



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ

ЛОВЕЧ

Научна конференция

- Електротехника и електроенергетика
- Сензорна техника
- Метрология и качество
- Автоматика и управляваща техника
- Комуникационна и компютърна техника
- Машиностроене и уредостроене
- Технологии в текстилното производство
- Икономика и управление
- Природни науки, математика, физика и информатика

TechCo

ЛОВЕЧ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

27 юни 2025

ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ

ЛОВЕЧ



НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

TechCo
ЛОВЕЧ

27 юни 2025

Конференцията се провежда със съдействието на:



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ – ЛОВЕЧ
НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ
TechCo-2025, Ловеч

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Сборникът е вписан в Националния референтен списък на съвременни български научни издания с научно рецензиране на НАЦИД.

The Proceedings is included in the National Reference List of modern Bulgarian scientific publications with scientific peer review by National Centre for Information and Documentation.

Формат.: 70/100/16
Печатни коли: 16.94

Печат: Университетско издателство „Васил Априлов“ Габрово
ISSN 2535-079X

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

доц. д-р инж. Никола Драганов

СЕКРЕТАР

доц. д-р инж. Милко Дочев

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАРИ:

гл. ас. д-р инж. Мадлена Жилевска

инж. Теменуга Пенкова

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

проф. д-р инж. Илия Железаров

ЧЛЕНОВЕ

проф. д-р инж. Анатолий Александров, Технически университет – Габрово
проф. д-р инж. Венцислав Вълчев, Технически университет – Варна
проф. д-р инж. Иван Евстатиев, Русенски университет „Ангел Кънчев“
проф. д-р инж. Николай Маджаров, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Александър Вучев, Университет по хранителни технологии – Пловдив
доц. д-р инж. Валентина Кукенска, Технически университет – Габрово
доц. д-р Диана Изворска, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Димитър Спиоров, Университет по хранителни технологии – Пловдив
доц. д-р инж. Ивайло Беловски, Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас
доц. д-р инж. Красимир Друмев, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Пламен Цанков, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Светослав Иванов, Технически университет – София, Филиал Пловдив

НАУЧНИ НАПРАВЛЕНИЯ

- **Електротехника и електроника**
- **Комуникационна и компютърна техника**
- **Машиностроене**
- **Студентска**



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ – ЛОВЕЧ

гр. Ловеч, ул. „Д-р Съйко Съев“ 31
телефони: 0879 946 697, 0879 946 696
tklovech@mail.bg, www.tklovech.tugab.bg



CONTENTS

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА МИКРОРАСТЕНИЯ	15
Димитър Трифонов <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	
ПРОЕКТИРАНЕ НА КОМПАКТНА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА МИКРОРАСТЕНИЯ	20
Димитър Трифонов <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	
ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА СЛЕДЕНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННАТА ГОДНОСТ НА ОСВЕТИТЕЛНИТЕ ТЕЛА	25
Явор Нейков, Веселин Чобанов, Иван Кръстев <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	
ЕЛЕКТРОННО УСТРОЙСТВО ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЦЕНТРАЛНОТО ЗАКЛЮЧВАНЕ В АВТОМОБИЛ	30
Явор Нейков, Велионора Иванова <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	
РАЗРАБОТКА НА СОФТУЕРЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА ИЗМЕРВАНЕ И АНАЛИЗ НА ИЗМЕНЕНИЕТО НА НАПРЕЖЕНИЕТО В ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА МРЕЖА ЗА НИСКО НАПРЕЖЕНИЕ	35
Пламен Цанков <i>Технически университет - Габрово</i>	
ОПТИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ И ИНОВАЦИИ ЗА РЕДУЦИРАНЕ НА СИНЯТА СВЕТЛИНА	40
Веселина Стефанова <i>Технически университет - Габрово</i>	
ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ, ПРИЛОЖЕНИ В ТЕМАТА „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ФИЛТЪР, ИЗПОЛЗВАЙКИ РАДИОЧЕСТОТЕН АНАЛИЗАТОР“	45
Иванка Цветкова <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	
ИЗСЛЕДВАНЕ НА АМПЛИТУДНА МАНИПУЛАЦИЯ В ЦИФРОВИ СИСТЕМИ И ПРИЛАГАНЕТО НА ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ В ОБУЧЕНИЕТО	50
Иванка Цветкова <i>РУ „Ангел Кънчев“</i>	

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТАТИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ФОТОТРАНЗИСТОРЕН ОПТРОН.....	55
Генади Михайлов <i>Технически колеж – Ловеч</i>	
ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВОЛТ-АМПЕРНАТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СВЕТОДИОДИ.....	59
Генади Михайлов, Никола Драганов <i>Технически колеж – Ловеч</i>	
ИМПУЛСНО ЗАРЕЖДАНЕ НА АКУМУЛАТОР ОТ ФОТОВОЛТАИЧЕН ПАНЕЛ.....	64
Светослав Иванов <i>Технически университет – София, филиал Пловдив</i> Янка Иванова <i>Тракийски университет – Стара Загора</i>	
ЕЛЕКТРОНЕН ДВУЗОНОВ ТЕРМОМЕТЪР.....	69
Светломир Асенов, Никола Драганов <i>Технически колеж – Ловеч</i>	

КОМУНИКАЦИОННА И КОМПЮТЪРНА ТЕХНИКА

СТОХАСТИЧЕН МОДЕЛ НА УПРАВЛЕНИЕ НА СОЦИАЛНА МРЕЖА ПРИ ЕДИН ЦЕНТЪР НА ВЪЗДЕЙСТВИЕ	79
Петър Маринов, Дарина Ганчева <i>Технически университет - София</i>	
СТОХАСТИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА УЧАСТНИЦИТЕ НА СОЦИАЛНА МРЕЖА ПРИ ИНФОРМАЦИОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ	85
Петър Маринов, Дарина Ганчева <i>Технически университет – София</i>	
ПЕРСОНАЛЕН АСИСТЕНТ НА РЪКОВОДИТЕЛЯ НА НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА	92
Иван Стоянов <i>Институт по информационни и комуникационни технологии, БАН</i> Станислав Стоянов, Ася Стоянова-Дойчева, Венета Табакова-Комслова <i>ПУ „Паисий Хилендарски</i>	
ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКА	98
Ласка Костадинова-Цанкова, Станислав Стоянов Венета Табакова-Комслова, Ася Стоянова-Дойчева <i>ПУ „Паисий Хилендарски</i>	
СИНТЕЗИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА МУЛТИПЛЕКСИРАНИ ОПТИЧНИ СИГНАЛИ В PON МРЕЖА	104
Станислав Садинов <i>Технически университет – Габрово</i>	
СМАРТ ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА НАСТРОЙКА НА РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ НА ЕКСТРУДЕР ЗА ПЛАСТМАСОВИ ИЗДЕЛИЯ.....	110
Станислав Йорданов, Георги Михалев, Стефан Иванов <i>Технически университет – Габрово</i>	
ИЗКУСТВЕНИЯТ ИНТЕЛЕКТ В ОБУЧЕНИЕТО ПО КОМПЮТЪРНА ГРАФИКА.....	117
Антоанета Хинова <i>Технически колеж - Ловеч</i>	
ПРОЕКТИРАНЕ НА ОБЛАЧНО БАЗИРАНА БАЗА ОТ ДАННИ ЗА МАГАЗИН ЗА ОБЛЕКЛО.....	122
Биляна Василева	
АРХИТЕКТУРА И АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА ПРИ КРИПТИРАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИЗКУСТВЕНИ НЕВРОННИ МРЕЖИ В МАТЛАВ.....	128
Христина Стойчева <i>Технически университет - Габрово</i>	

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТЪМ ЗА КРИПТИРАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ БАЗИРАН НА НОВА ХИПЕРХАОТИЧНА СИСТЕМА В СРЕДА НА MATLAB	133
Христина Стойчева <i>Технически университет - Габрово</i>	
ИНТЕГРИРАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ В СИСТЕМИТЕ ЗА ПРЕДОТВРЯТЯВАНЕ НА ПРОНИКВАНИЯ (IPS)	139
Иван Златев <i>Технически колеж – Ловеч</i> Красен Ангелов <i>Технически университет - Габрово</i>	
ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА ЗА ПАСИВНА ОПТИЧНА МРЕЖА С РАЗДЕЛЯНЕ ПО ДЪЛЖИНА НА ВЪЛНАТА (WDM-PON) ЗА МРЕЖИ ЗА ДОСТЪП	145
Михаил Ангелакис <i>Технически университет - Габрово</i>	
ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА ОТ ПРИЛАГАНЕ НА WDM-DCFS КОМПЕНСАЦИЯ ВЪВ ВЛАКНЕСТО-ОПТИЧНИ КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ	151
Емануил Кипреос, Станимир Садинов, Михаил Ангелакис, Красен Ангелов <i>Технически университет - Габрово</i>	

МАШИНОСТРОЕНЕ

МЕТЧИЦИ – КОНСТРУКЦИИ И ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ	159
Христо Радев	
<i>Технически университет - Габрово</i>	
ОСНОВИ НА СТРУГОВАНЕТО	165
Христо Радев	
<i>Технически университет - Габрово</i>	
СЪЩНОСТ НА МЕТОДА ФРЕЗУВАНЕ.....	170
Христо Якимов	
<i>Технически университет – Габрово</i>	
ИНТЕГРИРАНЕ НА 3D ТЕХНОЛОГИИ ЧРЕЗ ПРОЕКТНО ОБУЧЕНИЕ В STEM СРЕДА.....	175
Полина Радева	
<i>ПТГ „Д-р Никола Василиади“ - Габрово</i>	
ЕКИПНИ ДЕЙНОСТИ В ИЗВЪНКЛАСНИТЕ ФОРМИ НА ОБУЧЕНИЕ	180
Полина Радева	
<i>ПТГ „Д-р Никола Василиади“ – Габрово</i>	
SWOT АНАЛИЗ И ИЗБОР НА МИТНИЧЕСКО ПРЕДСТАВИТЕЛСТВО ОТ ФИРМА	186
Биляна Василева	
ОБХВАТ НА УПРАВЛЕНСКОТО СЧЕТОВОДСТВО И ВРЪЗКАТА МУ СЪС СТРАТЕГИЧЕСКИЯ МЕНИДЖМЪНТ В ПРЕДПРИЯТИЕТО	190
Иван Събев	
<i>Тракийски университет – Стара Загора</i>	
ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ПЕРСПЕКТИВИ ПРИ УСЪВЪРШЕНСТВАНЕТО НА АНАЛИТИЧНОТО СЧЕТОВОДНО ОТЧИТАНЕ В ПРЕДПРИЯТИЯТА	195
Иван Събев	
<i>Тракийски университет – Стара Загора</i>	
АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА WDM КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА С ВИДИМА СВЕТЛИНА ЗА КОМУНИКАЦИЯ С ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА.....	199
Красен Ангелов	
<i>Технически университет - Габрово</i>	
РАДИОЧЕСТОТНА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА СПЕКТРАЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРИ НА РАДИОКОМУНИКАЦИОННИ СИГНАЛИ	205
Красен Ангелов	
<i>Технически университет – Габрово</i>	

LABORATORY BENCH FOR STUDYING THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF STANDARD SEMICONDUCTOR LIGHT SOURCES	211
Никола Драганов, Диана Дачева <i>Технически колеж - Ловеч</i>	
PRINCIPLE OF OPERATION OF THREE TERMINAL MICROELECTRONIC TEMPERATURE SENSORS	216
Никола Драганов, Диана Дачева <i>Технически колеж – Ловеч</i>	
УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМОБИЛНИ СЪЕДИНИТЕЛИ.....	221
Стефан Стойчев <i>Технически колеж – Ловеч</i>	

СТУДЕНТСКА

МОДУЛНО СГЛОБЯВАНЕ НА БИОНИЧЕН ПАЯК QD020	227
Иван Петков, Милко Дочев	
<i>Технически колеж – Ловеч</i>	
СОФТУЕРНО ПРОГРАМИРАНЕ НА БИОНИЧЕН ПАЯК QD020	234
Иван Петков, Милко Дочев	
<i>Технически колеж – Ловеч</i>	
ЛАБОРАТОРЕН МАКЕТ ЗА ИЗМЕРВАНЕ И КОНТРОЛ НА ОБОРОТИТЕ НА ПОСТОЯННОТОКОВ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ	241
Кирил Михайлов, Генади Михайлов	
<i>Технически колеж – Ловеч</i>	
ОБСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА И РАДИОЧЕСТОТНИ ИЗЛЪЧВАНИЯ В ГРАДСКА СРЕДА	246
Емануил Кипреос	
<i>Технически университет – Габрово</i>	
СЪЗДАВАНЕ НА ДИЗАЙН И КОНЦЕПЦИЯ ЗА РЕКЛАМНО ПАНО НА ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ – ЛОВЕЧ.....	252
Десислава Нейчева	
<i>Технически колеж – Ловеч</i>	
РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕСТОВЕ ЗА ПРОВЕРКА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА СВЪРЗАНОСТ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО НА СЕНЗОРИ, БАЗИРАНИ НА ИНТЕГРАЛНИ СХЕМИ – ПЪРВА ЧАСТ	258
Костадин Зикатанов, Георги Михалев, Христина Стойчева	
<i>Технически университет - Габрово</i>	
РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕСТОВЕ ЗА ПРОВЕРКА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА СВЪРЗАНОСТ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО НА СЕНЗОРИ, БАЗИРАНИ НА ИНТЕГРАЛНИ СХЕМИ – ВТОРА ЧАСТ.....	265
Костадин Зикатанов, Георги Михалев, Христина Стойчева	
<i>Технически университет - Габрово</i>	



Сико Солар е на пазара за **фотоволтаични системи** от 3 години, през които натрупа солиден опит в продажбата на продукти за фотоволтаични системи и изграждането им.



 **Основен представител на SolarEdge** за Балканския полуостров, включително и за Румъния, разполагащ със съпорт център в България за цяла Европа.

Продуктовата **гаранция е 25 години** за оптимизаторите и 12 години на инвертори SolarEdge с опция за удължаване до 20/25 години. **Ако инвертора дефектира, SolarEdge го подменя незабавно.**



 **Представява и производител за инвертори Sofar Solar** на Българския пазар. Продуктовата **гаранция** на мрежовите инвертори е **10 години и 5 години** на хибридни инвертори Sofar. Сико Солар предлага и литиеви



батерии Amasstore, съвместими с хибридни инвертори Sofar от **2,5kW – 25kW**, които имат продуктова гаранция 10 години или **6000** цикъла на зареждане.



 **Вносител на панели висок клас – DAH Solar, Suntech**, включително и двулицеви панели с различна мощност и продуктова гаранция 12 години.

Пазарът за фотоволтаични системи е много динамичен и Сико Солар се стреми винаги да бъде **в крачка със съвремените иновации**, да предоставя **конкуретни цени и висококачествени продукти** чрез които да задоволи всички желания, нужди и изисквания на своите клиенти и сътрудници.

www.sicosolar.com | trade@sicosolar.com | +359 884 555 518

НАПРАВЛЕНИЕ 1

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА



COPA HYDROSYSTEM



ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА МИКРОРАСТЕНИЯ

ELECTRONIC CONTROL SYSTEM FOR MICROGREEN GROWING INSTALLATION

Dimitar Trifonov
University of Ruse “Angel Kunchev”

Abstract

The cultivation of microgreen is characterized by a number of requirements, which complicates the process and increases the cost of production. Despite a number of advantages of their consumption, the price makes them inaccessible for everyday and mass use. The report aims to propose an algorithm for the structure of the electronic system for the management of a microgreen cultivation installation. This would increase the quality and quantity, which would lead to a reduction in the cost of producing microgreen.

Keywords: growing, microgreen, electronic system

ВЪВЕДЕНИЕ

Здравословното хранене, органичните храни и т.н. супер храни намират все по-голямо приложение във всекидневния ни живот. Консумацията на кълнове, сурови ядки и други става все по-популярен начин на живот. Интересна тенденция в здравословното хранене е консумацията на микрорастенията, който съвременния прочит на популярни растения, превръщай ги в „супер храни“ [4]. Пример за това са: броколи, ряпа, леща, кориандър и др. [4,5] Това което бива наречено микрорастеният, представляват етапа от развитието след покълването, а именно формирането на стебло и листа. Процеса е с продължителност от 14 до 20 дни, а готовите за консумация растения може да достигнат 15 cm височина [1,2]. Процеса на отглеждане на микрорастения може да бъде разделен на следните етапи. Поставянето на семената в заместител на почвата, като например торфен мъх, памучни влакна, перлит, хидропоника и др. В продължение на няколко дни започва етапа на покълване на семената, като през цялото време е необходимо поддържане на определени параметри на средата. След това следва етапа на развитие на стеблата и листата, за

разлика от предишния етап тук е необходимо наличие на изкуствена светлина. Правилното съотношение във времето за осветяване е ключово за правилното развитие [5]. Променят се температура, относителната влажност, интервалите за поливане, газовото съдържание и др. Следващият етап е аклиматизацията, при която получените растения се поставят в околната среда за т.н. укрепване. Тук определящо за състава и качеството на хранителните им вещества е комбинацията от освен естествената светлина и определени типове изкуствена светлина. Недостатък на съществуващите инсталации са цената или неефективното използване на площта за отглеждане. Доклада има за цел да предложи алгоритъм за работа и структура на електронната система за отглеждане на микрорастения, който би намерил приложение в изграждането на такива инсталации в различни мащаби.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Отглеждането на годни за консумация микрорастения създава редица предизвикателства, като максимален добив, минимална разходи и постигане на високо качество на продукцията. От друга

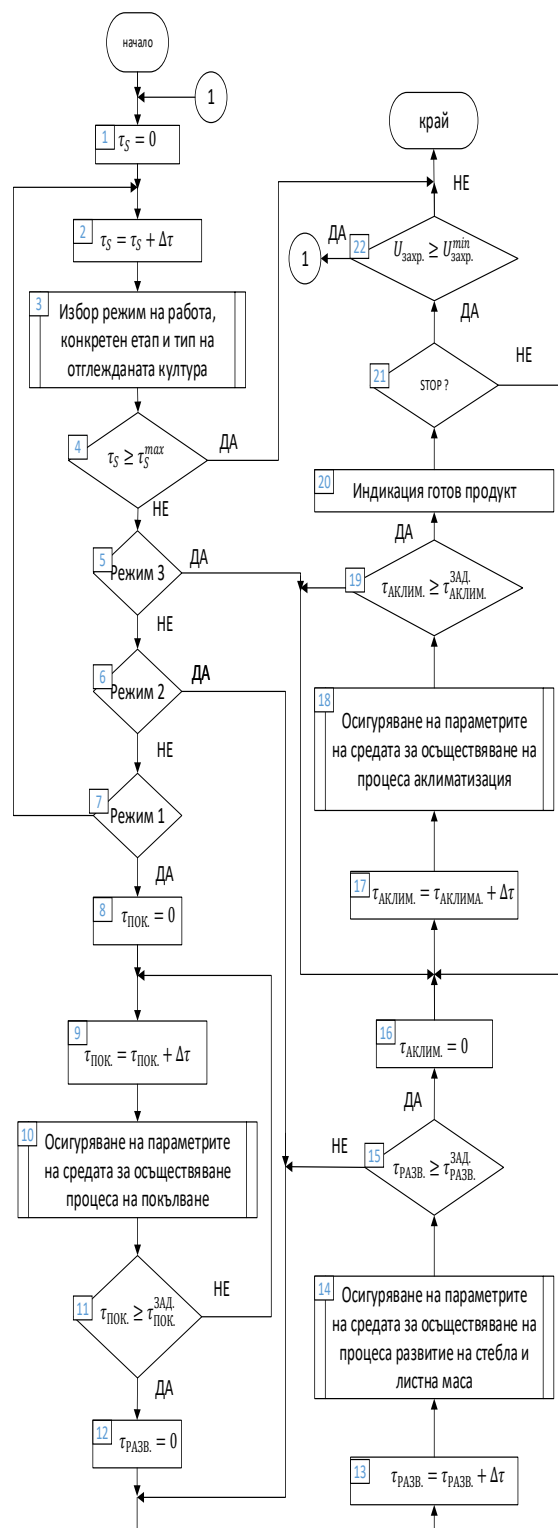
страна различните видове микрорастения имат различно време за развитие, изискват различни температурни диапазони, влажност, спектър светлината и време на осветяване. За изграждането на система за осигуряване на процеса по отглеждане на микрорастения е необходимо да се въведат следните критерии за управление:

- Автономна работа на инсталацията;
- Реализиране на отделните етапи на развитие на микрорастенията;
- Осигуряване на оптимални условия на микроклимата;
- Възможност както за автоматични, така и за ръчно въвеждане на параметри на процеса.

За осъществяване на процеса по отглеждане на микрорастения са обособени на следните три етапа:

- Покълване;
- Развитие на стебла и листа;
- Аклиматизация.

Предложените етапи на развитие са реализирани като на подпрограми в обобщения алгоритъм за работа (фиг. 1). Времетраенето и параметрите на процесите се определят по два начина, чрез автоматично зададени параметри за определени видове микрорастения. Другият е потребителски, т.е. потребителя определя параметрите на процеса. В блок 3 се реализира подпрограма за избира режима на работа, потребителя има възможност да избира от автоматичен и ръчен режим на работа на инсталацията. По този начин се дава възможност за гъвкаво управление на инсталацията, както и ръчно въвеждане на параметрите на процеса. В зависимост от избрания режим (блок 4 до 6) определя порядността на етапите. Например е изпълнено условието от блок 3 (т.е. избран режим за аклиматизация), се осъществява подпрограмата за аклиматизация (блок 18).



Фиг. 1. Обобщен алгоритъм на инсталация за отглеждане на микрорастения

Като времетраенето на процеса аклиматизация се определя от (блок 16,17 и 19). След изтичането на времето заложено за аклиматизация се индексира сигнал

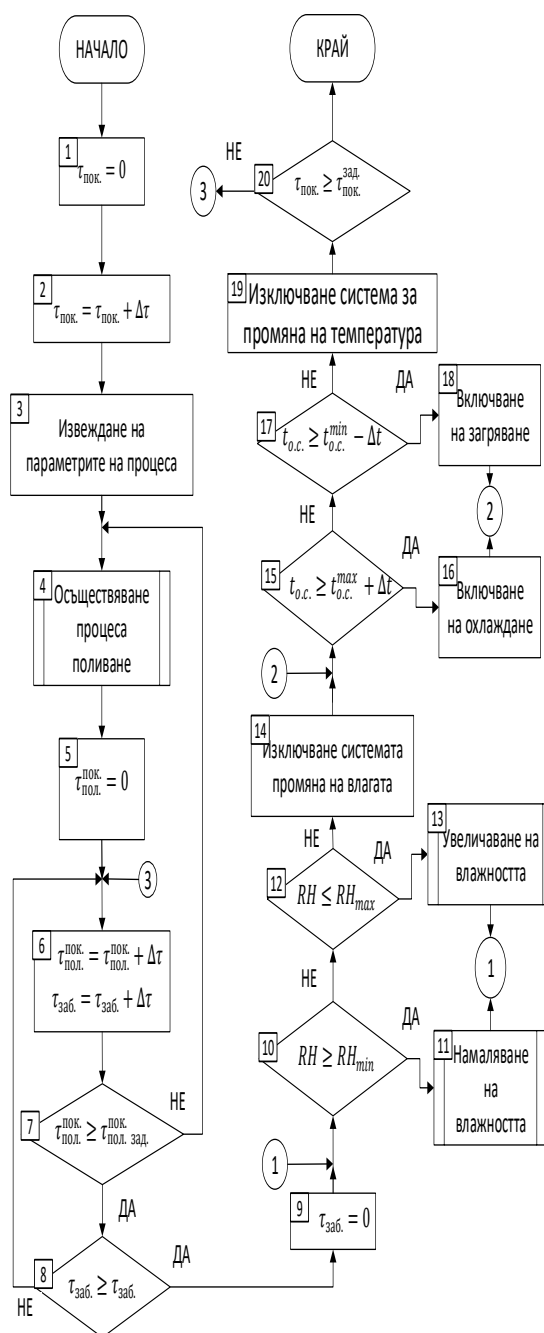
за завършен процес (блок 20), като се изчаква за въздействие от потребителя върху някой от бутоните на системата (блок 21). Ако такова въздействие отсъства процеса на аклиматизация продължава до появата му.

Възможно е потребителя да избере режим на работа 2 (изпълнено е условието от блок 6), в този случай се осъществява подпрограмата за развитие на стебла и листа (блок 14). Характерното за този режим е комбинацията от висока влажност, определена температура и определен спектър на светлинния източник. Времетраенето на процеса се осъществява от блок 12,13 и 15. След достигане на необходимото време (изпълнено условие от блок 15) алгоритма продължава към процеса на аклиматизация (блок 16 до 19).

Третата възможност е режим 1 (изпълнено условието от блок 7), тук се осъществява процеса на покълване на семената. За целта се поддържа определена относителна влажност, температура и отсъства необходимост от светлинен източник. Времетраенето му се определя от блок 8 до 11, след изпълнено условието в блок 11, алгоритма продължава с изпълнението на останалите етапи от развитието. Предимството на така структуриран алгоритъм е възможността на потребителя да определя момента от който да започне или продължи процеса на отглеждане на микрорастения.

На фиг. 2 е представен алгоритма на подпрограмата за осъществяване на процеса на покълване. Времетраенето на процеса се контролира посредством блокове 1,2 и 20. Блок 4 служи за осъществяване процеса на поливане, като тук съществуват различни варианти: - капково, създаване на мъгла от водни капки, посредством пръскачки на покрива на конструкцията и др. Тук не е необходимо използването на каквито и да е торове, а единственото изискване е използването на де йонизирана или дестилирана вода. Процеса на поливане би оказал

влияние върху температурата и относителната влажност, поради което е необходимо известно забавяне.



Фиг. 3. Алгоритъм на подпрограма за осъществяване процеса на покълване

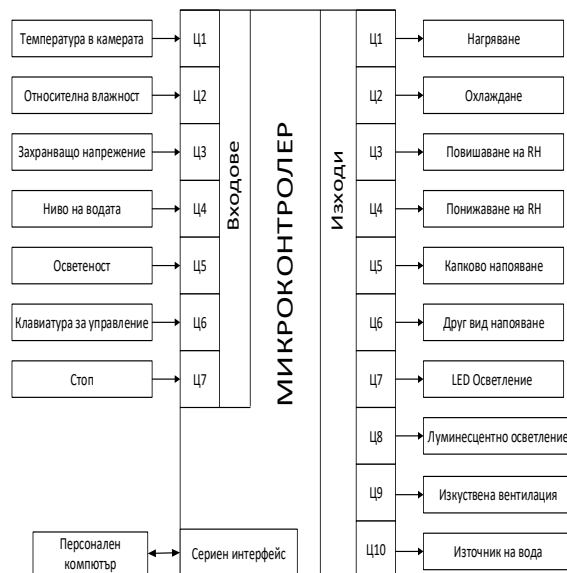
То се осъществява от блокове 6 и 8, след изтичане на определен интервал от време започва следенето на параметрите на средата от блок 10 до 19. При промяна на относителната влажност в инсталацията (RH) се осъществява корекция,

например за да се намали най-простият начин е вентилиране на въздух от околната среда. В зависимост от мащабите може да се използват различни устройства за контрол на влажността на въздуха, както и комбинации от методи (подпрограмата от блок 11). След достигане на определените граници на влажността програмата продължава с проверка на температура на средата (блок 15 и 17), корекцията се осъществява посредством включване на отделни системи или обща система за контрол на температура (блок 16 и 18).

Подпрограмите осъществяващи отделните процеси от обобщения алгоритъм (фиг.1), се различат от този за покълване с управлението на източници на светлина, както и различни стойности на контролираните параметри. Например при етапа на развитие на стебла и листа е необходимо определено съотношение както времетраенето, така и вида на светлината. Последното може да се осъществи посредством LED осветител, докато при аклиматизацията е желателно естествената светлина в комбинация с луминесцентна светлина. В последният етап растенията се поставят във външна среда, поради което се променят както изискванията за температура, така и тези за влажност.

В резултат от разработените алгоритми е синтезирана структура на електронната система за управление на инсталация за отглеждане на микрорастения (фиг. 3). Към цифровите входове постъпва информация за температура, относителна влажност, хранващо напрежение, ниво на вода, осветеност, въздействие от клавиатура за въвеждане и към стоп бутон. От цифровите изходи, чрез релета се осъществяват отделните процеси. Нагряването и охлаждането от Ц1 и Ц2, повишаването и понижаването на относителната влажност (Ц3 и Ц4). Избора на подходящия за етапа на развитие вид на напояването (Ц5 и Ц6). Подбора и управлението на осветлението Ц7 и

Ц8. Вентилацията в инсталацията необходима от една страна за понижаване на относителната влажност, а от друга за доставяне на свеж въздух в инсталацията (Ц9).



Фиг. 3 Структура на електронна система за осъществяване процеса на отглеждане на микрорастения

Управлението на външния (или вътрешния) източник на вода (Ц10). Към съществуващата система може да се добавят още входове (измерване на температура или влажност в различни места на инсталацията) в зависимост от мащабите на изгражданата система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осъществяването на процесите по отглеждане на микрорастения въвежда редица изисквания към системите

За изпълнението на процесите по отглеждане на микрорастения е предложен обобщен алгоритъм за работа на инсталация.

Предложена е подпрограма за управление на етапа покълване на семената в инсталацията за отглеждане на микрорастения.

Предложена е структура на електронната система за отглеждане на микрорастения.

Предложените алгоритми за управление биха намерили приложение в изграждането на инсталации за отглеждане на микрорастения независимо от мащаба си.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е подкрепено по договор с № 2025–ЕЕА-01 “Изследване и моделиране на обекти и системи в автоматиката и електрониката”, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Русенски университет „Ангел Кънчев“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lone, J.K.; Pandey, R. Microgreens on the rise: Expanding our horizons from farm to fork. *Heliyon* 2024, 10, e25870.
- [2] Teng, Z.; Luo, Y.; Pearlstein, D.J.; Wheeler, R.M.; Johnson, C.M.; Wang, Q.; Fonseca, J.M. Microgreens for Home, Commercial, and Space Farming: A Comprehensive Update of the Most Recent Developments. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 2023, 14, 539–562
- [3] Verlinden, S. Microgreens: Definitions, Product Types, and Production Practices. *Hortic. Rev.* 2020, 47, 85–124.
- [4] Zaręba, A.; Krzemińska, A.; Kozik, R. Urban Vertical Farming as an Example of Nature-Based Solutions Supporting a Healthy Society Living in the Urban Environment. *Resources* 2021, 10, 109
- [5] Zhang, X.; Bian, Z.; Yuan, X.; Chen, X.; Lu, C. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, 99, 203–216.

ПРОЕКТИРАНЕ НА КОМПАКТНА ИНСТАЛАЦИЯ ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ
НА МИКРОРАСТЕНИЯDESIGN OF A COMPACT INSTALLATION FOR GROWING
MICROPLANTS

Dimitar Trifonov

University of Ruse "Angel Kunchev"

Abstract

The aspiration of humanity towards a healthy life is a prerequisite for the use of microplants in everyday life. Their production, like any other, requires modern management solutions. This has been achieved by developing industrial systems for growing microplants that can reach 400 m². But they require significant capital investments, which increases the cost of the manufactured product. Small installations, on the other hand, do not require large capital investments, but they lack precise control. The purpose of the report is to propose a concept for building a working prototype of a microgreen growing installation applicable in domestic conditions. Allowing the process to be carried out with minimal capital investment.

Keywords: growing, home microgreen, electronic system

ВЪВЕДЕНИЕ

Ежедневието и стреса оказват значително влияние върху здравето на човека. Поради това все по актуален е въпроса е как да се намалят последиците върху здравето ни [1,2]. Като един от начините е чрез използването на био храни, супер храни и др [3]. Пример за такъв вид храни са микрорастенията, като недостатък с сравнително високата им цена. Това би

се променило с автоматизирането на процеса, като съществуват различни готови решения фиг.1. Системата е автоматизирана, като включва в себе си възможност за поливане, управление на изкуствен източник на светлина[8]. Предназначена е за използване в домашни условия. Микрорастенията се отглеждат в еднократни готови за отглеждане тави, които се закупуват отделно от системата. Предимството на такава система е до голяма степен автономност, но не предлага възможност за контрол на температура и влажността.

Друг вариант на системата е този от фиг. 2, предлагащ подобни функции но на значително по ниска цена [6]. Той предлага автоматизирано напояване, управление на източник на изкуствена светлина, тук е осигурено покривало за осъществяване на процеса на покълване. Площта за отглеждане е с размери 390 на 195 mm, като цялата инсталация е висока 218 mm. Въпреки ниската си цена, недостатък тук се явява липсата на контрол на температура и влажността.



Фиг. 1 InstaFARM инсталация за отглеждане на микрорастения



Фиг. 2 Hydroponics Growing System with Full Spectrum LED Light [6]

Процеса на отглеждане на микрорастения е сравнително нова тенденция, което е предпоставка за частичното навлизане на процеса в ежедневието ни. Съществуващите инсталации са не са толкова прецизни и като цяло почти не съществуват готови решение за използване в малки мащаби.

Докладът има за цел разработването концептуален модел на електронна система за управление на инсталация за отглеждане на микрорастения, с малки мащаби. Целта на такава система е опростяване и подобряване на процеса по отглеждане на микрорастения.

ИЗЛОЖЕНИЕ

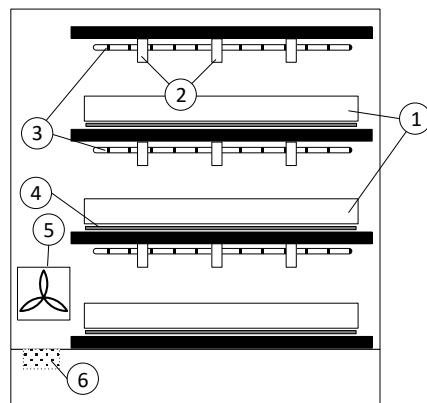
Както беше изтъкнато отглеждането на микрорастения е свързано с изпълнението на специфични изисквания към средата. Управлението температура, относителна влажност и осветеност. Целта е разработване на концептуален модел и подбор на компоненти за реализиране на работеща система отглеждане на микрорастения, като се използва предложения алгоритъм за работа [1].

Основните критерий за осъществяване на системата са:

- Автономна работа;
- Ниска цена и достъпност на предложените компоненти;
- Приложимост на предложената система в малки и средни мащаби.

За постигане на предложените цели е разработен примерен вариант на инсталацията (фиг. 3). В тавите за отглеждане

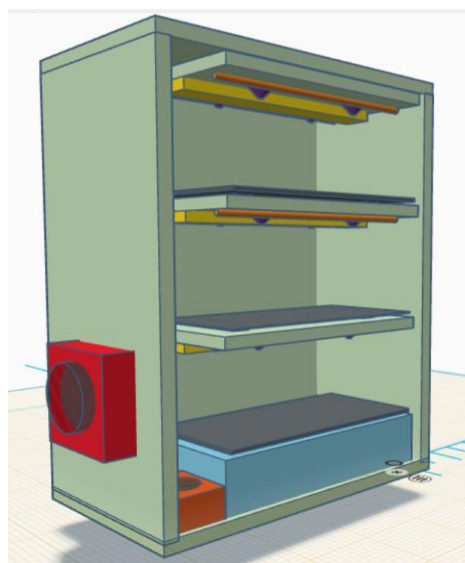
(1) са размери 200x400 mm и са 3 на брой. Всяка от тях се разполага на отделен рафт във вътрешността на системата. Семената се поливат посредством дюзи (2), а изкуствената светлина се осъществява посредством от LED лента (3).



Фиг. 3 Структура на инсталация за отглеждане на микрорастения

На дъното на всяка от тавите се разполага загряваща подложка (4) служеща за повишава температурата. Намаляване на относителната влажност, както и за понижаване на температура се използва вентилатор (5). При необходимост от повишаване на относителната влажност се използва системата за ултразвукови вибрации, като по този начин се създава водна пара (6).

На базата на предложения концептуален модел е разработен виртуален модел в платформата Tinkercad (фиг. 4) [5].



Фиг. 4 3D модел на инсталацията за отглеждане на микрорастения

Където с зелен цвят е представен корпуса и рафтове който се разполагат тави за отглеждане (със сив цвят). Под всеки рафт се разполагат система за поливане и LED лента. Предвидено е използването на вътрешен резервоар за поливане (със син цвят) в него се намира потопяема помпа с която се осъществява поливане. С червен цвят е представен вентилатора за входящ въздух, а с оранжев елемента за повишаване влажността на въздуха.

За реализирането на предложените системи е направен подбор на следните системи:

- Измерване: - температура и влажност.
- Процес на поливане: - подходящ дебит и напор
- Контрол на температурата: - охлаждане или нагряване.
- Осветеност: - продължителност и тип на осветителя.
- Контрол на системата: - микроконтролер и помощни устройства
- Захранване.

Температура и относителна влажност в инсталацията се измерват посредством цифров сензор HONEYWELL - HH6131-021-001 (фиг. 4). Притежаващ следните характеристики:

- диапазон на измерване от -20 до 85 °C
- диапазон на измерване от 0 до 100%RH
- захранващо напрежение 2,3 до 5,5 V
- комуникация посредством i2C изход.

Поливането се осъществява посредством изпомпването на водата под налягане през дюзи разположени над тавите за отглеждане. Приоритет при изграждането на инсталацията е съотношението качество към цена. В резултат на това се избира потопяема водна помпа BOYU FP-750 (фиг. 7). Притежаваща следните параметри:

- мощност 12W;
- височина на водния стълб 1.2 m;

- дебит 750 l/h;
- работно напрежение 220V.



Фиг. 5 BOYU FP-750

Инсталацията би намерила приложение в битови или подобни на тях условия. Поради тази причина повишаването на температура би било минимално. Т.е. закупуването на загряващи подложки за всяка от тавите не е целесъобразно. Ето защо се използва на загряващия шнур (фиг. 6). С мощност 15W, захранващо напрежение 220V, влаго и ударо устойчив.



Фиг.6 Sera heat cable 80706_80707

Постигането на оптимални резултати при отглеждането на микрорастения изисква специализирани източници на светлина. След осъществяване на подбор по цена, размери и предназначение е избран LED лента Secret Jardin Cosmorrow LED 20W PPE2.7 L50cm. Притежаваща следните параметри:

- покривна площ от 600 на 400 мм,
- мощност 20W
- захранващо напрежение 24 V
- съотношение на светлината: 33% UVA - 66% 6500°K.

Вентилацията се осъществява от два Cornwall DUCTO 1 - ø 100 мм вентилатора (фиг.7), с мощност 15W, капацитет

107 m³/h и захранващо напрежение 220V.



Фиг. 7 Cornwall DUCTO 1 - $\varnothing$ 100 мм

Повишаването на относителната влажност се осъществява на принципа на ултразвуковите овлажнители за въздух. В този случай се използва Ultrasonic Mist Maker RP0BA5SMETQFMPVD (фиг. 8):

- мощност 6W;
- осигурява 380ml/h мъгла;
- захранващо напрежение 24 V.
-



Фиг.8 Ultrasonic Mist Maker

Дотук подбраните компоненти изискват специфично напрежение или надвишават възможностите за комутиране на Микроконтролерите. Поради тази причина е необходимо избор на релета ELEGOO 8 Channel DC 5V Relay Module – R9933789:

- максимален ток на комутиране 10A при изходно променливо напрежение 220V
- максимален ток на комутиране 10A при изходно постоянно напрежение 30V.

Визуализацията и навигацията в менюто на инсталацията се осъществява посредством :

- LCD с размери: 2 реда по 16 символа;
- Работно напрежение: 4.5-5.5V;

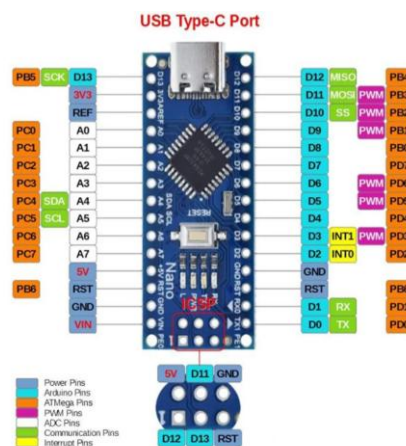
- Консумация на ток: 2.0mA (5.0V);
- Размери на символа: 2.95 мм ширина и 4.35 мм височина;
- Бутони за управление – 6 бр.



Фиг. 10 Keypad Shield LCD1602

Управление на инсталацията се осъществява посредством Микроконтролер ATmega328P CH340G 5V (фиг. 9):

- Външна комуникация – USB C.
- Аналогови входове: 8 бр.
- Операционно напрежение: 5 V.
- Цифрови входове/изходи – 14 (6 от които имат опция за ШИМ модулация).
- Аналогови входове: 8 бр.



Фиг. 9 ATmega 328P

- Максимален ток на изходите: 40 mA.
- Размери: 44 мм дължина, 18.5 мм ширина и 20 мм височина.

След осъществения подбор на елементи е предложена следната структура на електронната система за отглеждане

предстой разработване на действащ прототип на електронната система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е концептуален и виртуален модел на инсталация за отглеждане на микрорастения с размери . Която би намерила приложение за автоматизиране на процеса в малки обекти и битови условия.

Направен е подбор на компоненти за реализирането на отделните възли от системата. Подбора е осъществен относно достъпност, цена и качество.

Управлението на концептуалният модел би се осъществило от предложения в [1], като в този случай се управлява температура, влажност и времетраене на светлинния източник.

Реализираната електронна система би дала възможност за подобряване възможностите за отглеждане на микрорастения, като по този начин ги направи достъпни за широк кръг от хора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Baby, G., Paul, G., Kumar, R., & Rahman, A. Microgreens: The Tiny Superfoods Revolutionizing Healthy Eating.
- [2] Sharma, A., Hazarika, M., Heisnam, P., Pandey, H., Devadas, V. S., Wangsu, M., & Kartha, B. D. (2023). Factors affecting production, nutrient translocation mechanisms, and LED emitted light in growth of microgreen plants in soilless culture. *ACS Agricultural Science & Technology*, 3(9), 701-719.
- [3] Gupta, A., Sharma, T., Bhardwaj, V., Shubhamkumar Manojkumar, S., Sanjaykumar, D. Y., Singh, D. V., & Dhulipalla, M. (2025). Microgreens as Budding Medicine and Bountiful Source of Nutrition. In *Recent Trends and Applications of Leguminous Microgreens as Functional Foods* (pp. 579-604). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [4] Трифонов Д. "Електронна система за управление на инсталация за отглеждане на микрорастения ", В: TechCo-2025, Ловеч, Университетско издателство „Васил Априлов“ Габрово, 2024, стр., ISSN 2535-079X.
- [5] <https://www.tinkercad.com/things/15AsTAMryFF-surprising-stantia-turing/edit?sharecode=A6ys35iwEUX75FVOTKUsikBQ4sCTjTzLtXGgsDU5Npo>
- [6] <https://www.thompson-morgan.com/p/hydroponics-growing-system-with-full-spectrum-led-light-indoor-smart-gardening-microgreens-herb-germinator-for-kitchen-windowsill/grb02TM>
- [7] <https://www.urbanbotaniks.com>
- [8] <https://www.amazon.com/Instafarm-Microgreens-Soil-Based-Maintenance-Standalone/dp/B0DK9V2D6G>

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА СЛЕДЕНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННАТА ГОДНОСТ НА ОСВЕТИТЕЛНИ ТЕЛА

ELECTRONIC SYSTEM FOR MONITORING THE SERVICEABILITY OF LUMINAIRES

Yavor Branimirov Neykov, PhD

University of Ruse, Department of Automation and Electronics, yneikov@uni-ruse.bg

Veselin Chobanov, BEng

*University of Ruse,
veskochobanov@abv.bg*

Ivan Krastev, BEng

*University of Ruse,
s203017@stud.uni-ruse.bg*

Abstract

Traditional methods of monitoring the serviceability of luminaires consist of periodic inspections and maintenance at considerable cost in time and manpower. The lack of a centralised monitoring system makes it difficult to track serviceability and plan future repairs. The electronic luminaire serviceability monitoring system is designed to provide fast and accurate information on the condition and performance of lighting installations. It is useful for assessing the need to replace luminaires, improve energy efficiency and maintain optimum lighting in rooms and facilities. The system uses a light-sensitive resistor (LDR), an LED strip for indicating serviceability and a multimeter to determine the variation of current and voltage with respect to light level and power consumption. The data collected from the elements is processed by an Arduino microcontroller. The simulation study was conducted using the TinkerCAD programming environment.

Keywords: serviceability of luminaires; electronic monitoring system; Arduino microcontroller.

ВЪВЕДЕНИЕ

Въпросът, свързан с поддръжката на системите за следене на експлоатационната годност на осветителните тела е особено важен в контекста на нарастващия брой и сложност на съвременните осветителни системи. Експлоатационната годност на осветителните тела е критичен фактор свързан с безопасността, енергийната и икономическата ефективност на различните осветителни системи. Повредата на дадено осветително тяло може да доведе до извънредни разходи за подмяна и поддръжка. Неправилната работа на осветителните тела влошава качеството на осветление, което влияе на производителността и комфорта на работното място или до потенциални рискове за здравето и безопасността на хората.

Традиционните методи за следене на експлоатационната годност на осветителните тела се състоят от периодични проверки и поддръжка, което изисква

значителен човешки ресурс и време. Тези методи са неефективни и в повечето случаи проблемът не се открива навреме. Липсата на централизирана система за мониторинг прави трудно проследяването на експлоатационната годност и планирането на бъдещи ремонти.

Електронната система за следене на експлоатационната годност на осветителни тела е предназначена да предоставя подробна и точна информация за състоянието и ефективността на осветителни инсталации. Тя е полезна за предвиждане на необходимостта от подмяна, повишаване на енергийната ефективност и поддържане на оптимално осветление.

Системата използва светлочувствителен резистор (LDR), LED лента за индикация на годността за употреба на осветителното тяло и мултиметър за следене на изменението на тока и напрежението спрямо нивото на осветеност и консумацията на енергия. Данните, събрани от елементите, се обработват от микрокон-

тролер Arduino.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на настоящата разработка е да се проектира и изследва електронна система за следене на експлоатационната годност на осветителни тела. Това изисква решаването на следните основни задачи:

- Да се направи обоснован избор на параметър за оценка като критерий за експлоатационна годност на осветително тяло.

- Да се предложи структурна схема на електронната система на база избрания параметър.

- Да се предложи алгоритъм за работа и обясни работата на предложената система за следене на експлоатационна годност на осветителни тела.

- Да се проектира принципната електрическа схема на системата.

- Да се провери работоспособността на проектираната система.

За реализиране на поставената цел е разгледано влиянието на различни параметри върху експлоатационните характеристики на LED крушка.

Изразходваната енергия се изчислява с помощта на основната формула за електрическа енергия:

$$E = P \cdot t, kWh \quad (1)$$

E – изразходвана енергия, kWh

P – мощност на крушката, kW

t – време за работа в часове, h

Температурният корекционен фактор (K_T) може да бъде изразен като функция на разликата между текущата температура (T) и референтната температура (T_{ref}):

$$K_T = 1 + \alpha(T - T_{ref}) \quad (2)$$

α – температурен коефициент на ефективност на крушката, $^{\circ}C^{-1}$

T – текущата температура, $^{\circ}C$

T_{ref} – референтната температура, при която е измерена номиналната мощност на крушката, $^{\circ}C$.

Тогава замествайки (2) в (1) се получава:

$$E = P \cdot (1 + \alpha(T - T_{ref})) \cdot t, kWh \quad (3)$$

Коригирана мощност (P_T) на крушката при дадена температура:

$$P_T = P \cdot K_T, W \quad (4)$$

Осветеността l се изчислява по:

$$l = \frac{\text{Светлинен поток (lm)}}{\text{Повърхност (m}^2\text{)}}, lx \quad (5)$$

Определяне на намаляването на яркостта B_D :

$$B_D = \left(1 - \frac{E_t}{E_0}\right) \cdot 100, \% \quad (6)$$

E_t – измерена текуща осветеност на разстояние $r = 1m$

E_0 – измерена осветеност на нова крушка на разстояние $r = 1m$

Определяне на часовете на работа:

$$T_{operating} = T_{start} \cdot T_{current}, h \quad (7)$$

$T_{operating}$ – общо време на работа, h

T_{start} – време на работа от началния момент на включване на крушката, $days$

$T_{current}$ – време на работа от последния запис, h/day

Определяне на процента на оставащ живот (Remaining Life Percentage):

$$L_{remaining} = \left(1 - \frac{T_{operating}}{L_{nominal}}\right) \cdot 100, \% \quad (8)$$

$L_{remaining}$ – оставащия процент от живота на крушката

$T_{operating}$ – общо време на работа на крушката, h

$L_{nominal}$ – номинален живот на крушката, h

Създаване на график за подмяна (Replacement Schedule):

$$D_{replacement} = \frac{L_{nominal}}{h_{day}} \quad (9)$$

$D_{replacement}$ – брой часове до подмяна на крушката, $days$

$L_{nominal}$ – номинален живот на крушката, h

h_{day} – среден брой часове работа на ден, h/day

Определяне на живота на крушката (L):

$$L = L_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^n \quad (10)$$

L_0 – номинален живот

V_0 – номинално напрежение

V – реално приложено напрежение

n – експонент (12 за крушки с нажежаема жичка, от 1,5 до 2 за LED)

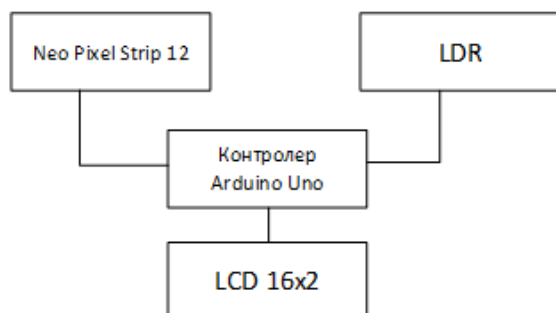
Определяне на ефективността E :

$$E = \frac{LF}{W}, lm/W \quad (11)$$

LF – светлинен поток на крушката, lm

W – мощност на крушката, W

Избраният параметър за оценка и следене е нивото на осветеност от светлинен източник. На тази база се предлага следната структурна схема на електронна система за измерване показана на фиг. 1.



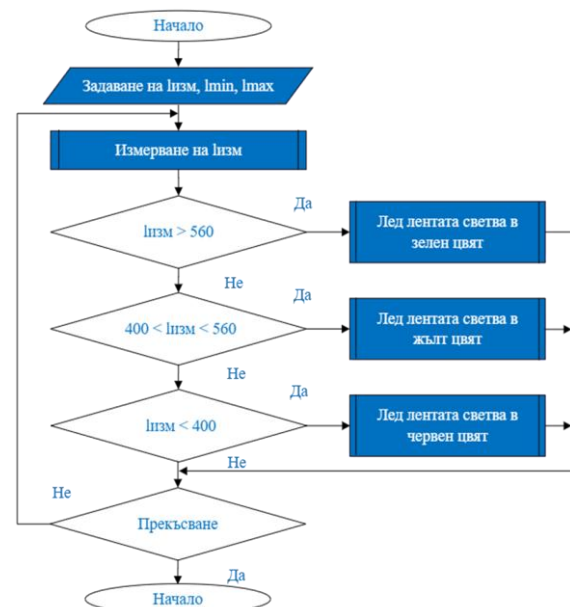
Фиг. 1. Структурна схема на системата

На фиг. 2 е представена блок-схема на алгоритъма за работа на електронната система. В блока за начално установяване се задават стойностите на основните параметри, които ще следи микропроцесорната система:

l_{min} – зададена стойност на осветеност, при която се приема, че осветителното тяло е за подмяна или предстои да се подмени;

l_{max} – зададена стойност на осветеност, при която се приема, че осветителното тяло е в добро здраве и е годно за употреба;

$l_{изм}$ – текуща (реална) стойност на осветеността, измерена системата.



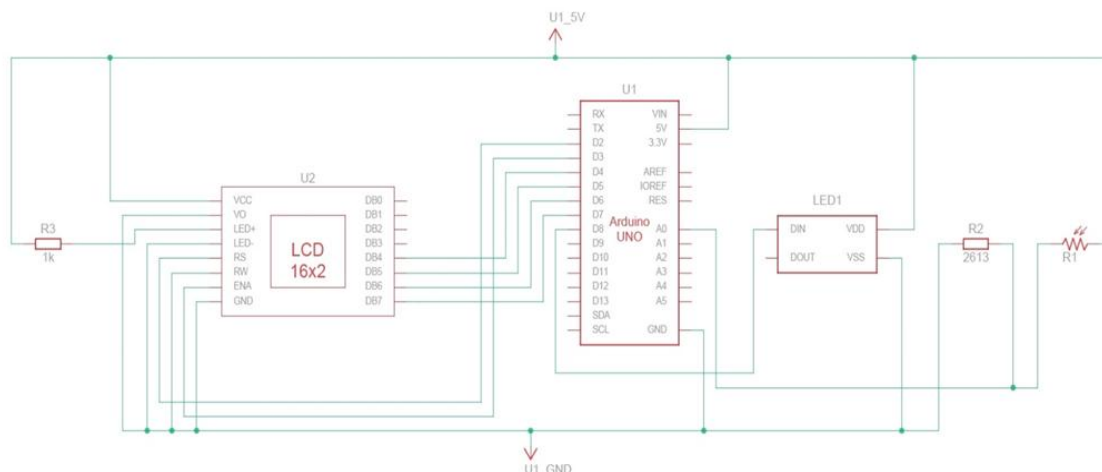
Фиг. 2. Алгоритъм за работа на системата

Извършва се проверка на нивото на осветеност на тялото, която се сравнява с предварително зададените стойности. Ако текущата стойност на осветеността $l_{изм}$ е равна или по-голяма от зададената препоръчителна осветеност l_{max} , LED лентата ще свети в зелен цвят индицираща, че всичко е наред и няма нужда от подмяна на осветителното тяло. Ако текущата стойност на осветеността $l_{изм}$ е по-голяма от стойността на l_{min} , LED лентата ще свети в жълт цвят индицираща, че осветителното тяло скоро подлежи на подмяна или поправ-

ка. Ако стойността на осветеността $I_{изм}$ е по-малка от I_{min} , LED лентата ще свети в червен цвят, което е признак за незабавната смяна на осветителното тяло.

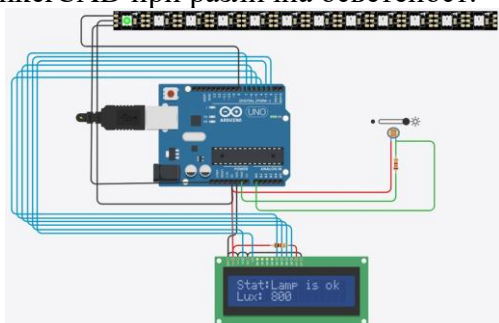
На фиг. 3 е представена принципната електрическа схема на системата. Блокът за следене на осветеността (LDR) се

свързва към аналоговия вход A0. За визуализация на измерените параметри, се използва LED лентата (Neo Pixel Strip 12). За да се визуализират измерените данни на дисплея (LCD 16x2) се подават сигнали от пинове на микроконтролера (D4, D5, D6, D7) към пиновете (DB4, DB5, DB6, DB7) на дисплея (LCD 16x2).



Фиг. 3. Принципна електрическа схема на системата

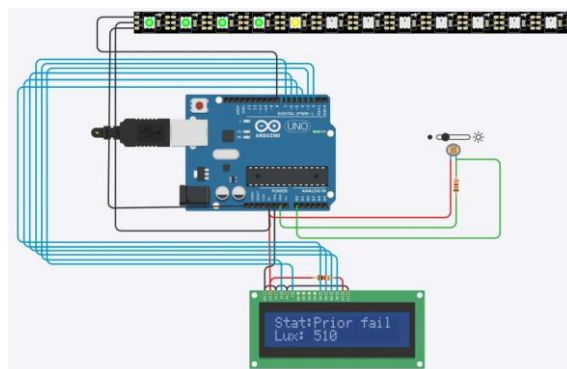
За провеждане на симулационното изследване е избрана LED лампа ADUROSMA RT ERIA E27. Тя осигурява светлинен поток от 800 лумена с мощност от 9W. Тя запазва интензитета на светлинния си поток на най-малко 70% от номиналната си стойност дори и след 20000 часа на експлоатация. Направени са изследвания за реакциите на проектираната система при различните нива на осветеност – добра (от 100% до 70%), средна (от 70% до 50%) и лоша (под 50%). На фиг. 4 са показани прозорци от проведена симулация за работоспособност на системата в програмната среда TinkerCAD при различна осветеност.



Фиг. 4а. Симулационно изследване при добра осветеност

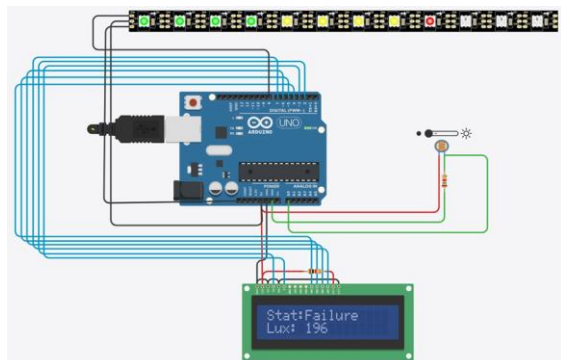
На фиг. 4а. е показан прозорец от симулацията при максимална осветеност, показващ че лампата е в добро здраве и не предстои поправка или смяна. LED първият диод на LED лентата светва в зелен цвят.

Постепенното намаляване на осветеността води до включване на следващите диоди. На фиг. 4б. е показан прозорец от симулацията при достигане на 70% от максимална осветеност, показващ че лампата е с влошено състояние. Първият диод на LED лентата светва в жълт цвят.



Фиг. 4б. Симулационно изследване при лоша осветеност

По-нататъшно влошаване на осветеността води до включване на следващите диоди, докато не се премине границата от 50% осветеност фиг. 4в. При това ниво на осветеност осветителното тяло се счита за неизползваемо и е належаща незабавната му подмяна. Включват се и червените диоди на LED лентата.



Фиг. 4в. Симулационно изследване при лоша осветеност

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектираната система позволява да се даде оценка на експлоатационната годност на избрано осветително тяло в реално време при различни работни режими и условия, което я прави подходяща за научни изследвания и учебни задачи.

Проектираната система предоставя възможност за автоматизиране на процеса по оценка на степента на годност на различни по вид и тип осветителни тела.

Проектираната система позволява провеждане на проверките с различни видове светлочувствителни елементи и оптимизиране на по-нататъшните изследвания съобразно предлаганите на пазара осветителни тела.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Thungtong A., Ch. Chaichan, K. Suwannarat, A web-based control system for traditional street lighting that uses high-pressure sodium lamps, Heliyon, Volume 7, Issue 11, 2021, e08329, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08329>.
- [2] Martinek, R.; Bilik, P.; Baros, J.; Brablik, J.; Kahankova, R.; Jaros, R.; Danys, L.; Rzigky, J.; Wen, H. Design of a Measuring System for Electricity Quality Monitoring within the SMART Street Lighting Test Polygon: Pilot Study on Adaptive Current Control Strategy for Three-Phase Shunt Active Power Filters. *Sensors* 2020, 20, 1718. <https://doi.org/10.3390/s20061718>
- [3] Kadirova S. Y., D. I. Kajtsanov (2017). A real time street lighting control system 15-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), 174 – 178.
- [4] Evstatiev, B., N. Evstatieva, S. Kadirova (2020). Influence of the Constructive and Environmental Parameters on the Thermal Conditions of a LED Driver 2020 Fifth Junior Conference on Lighting (Lighting), 1-4, doi: 10.1109/Lighting47792.2020.9240575
- [5] Evstatieva N., S. Kadirova (2019). Modelling the Thermal Conditions of a LED Lamp 2019 Second Balkan Junior Conference on Lighting (Balkan Light Junior), 56-59, doi:10.1109/BLJ.2019.8883611
- [6] https://www.lightingeurope.org/images/publications/general/LighingEurope_-_guidance_document-evaluating_performance_of_LED_based_luminaires_-_January_2018.pdf (24.04.2025)
- [7] <https://besenledlight.com/bg/calculate-luminous-efficiency-led/> (22.04.2025)
- [8] <https://www.auersignal.com/en/technical-information/visual-signalling-equipment/luminous-intensity/> (22.04.2025)
- [9] <https://www.replacementlightbulbs.com/ohmslaw.html> (23.04.2025)
- [10] <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/SEN-09088.pdf> (23.04.2025)
- [11] <https://www.elgiganten.se/product/hem-hushall-tradgard/belysning-elprodukter/lampor-belysning/led-lampor-glodlampor/aduros-smart-eria-e27-flame-bulb-2200k-gulaktigt-ljus-zigbee/160142> (25.04.2025)

ЕЛЕКТРОННО УСТРОЙСТВО ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЦЕНТРАЛНОТО ЗАКЛЮЧВАНЕ В АВТОМОБИЛ

ELECTRONIC DEVICE FOR CONTROLLING THE CENTRAL LOCKING IN A CAR

Yavor Branimirov Neykov, PhD

University of Ruse, Department of Automation and Electronics, yneikov@uni-ruse.bg

Velionora Ventsislavova Ivanova, BEng

University of Ruse, velionora123@gmail.com

Abstract

Central locking is essential for vehicle security and user convenience. Various technologies are used in modern vehicles to implement this function, including electronic controllers, microcomputers and sensors. This work focuses on the design and implementation of an electronic circuit based on Arduino microcontrollers to provide efficient wireless control of the central locking of a vehicle.

Keywords: central locking; wireless control; electronic device; Arduino microcontroller.

ВЪВЕДЕНИЕ

Системите за централно заключване се развиват от прости механични ключалки към електронни системи, които включват различни видове сензори, контролери и комуникационни протоколи. Едно от предизвикателствата в тази област е съчетаването на сигурност и удобство, като се избягва риска от злоупотреба или хакерски атаки.

В литературата се срещат различни подходи за реализацията на електронните системи за централно заключване, включително използването на криптографски алгоритми, биометрични данни и съвременни технологии за безжична комуникация. Някои изследвания се фокусират върху оптимизацията на хардуерните и софтуерните архитектури, докато други изследвания разглеждат възможностите за интеграция на централното заключване с други автомобилни системи, като например системите за сигурност и мониторинг.

Въпреки че има значителен напредък в областта на електронните системи за централно заключване, все още съществува потребност от допълнителни изследвания и разработки, особено с оглед

на постоянно развиващите се технологии и заплахите от кибернетични атаки.

Системата за централно заключване в автомобил е необходимо да осигурява повишено ниво на сигурност и удобство за потребителите, като ускори и автоматизира процесите на заключване и отключване на всички врати.

Системата за централно заключване допринася за по-лесно управление на достъпа до автомобила, като същевременно защитава от нежелано проникване или отнемане, като осигурява целостта на превозното средство и безопасността на пътниците в него.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Целта на разработката е да се проектира и оразмери електронна система за управление на централното заключване на автомобил с дистанционно управление. Това изисква решаването на следните основни задачи:

- Да се синтезира структурна схема на системата за управление на централното заключване в автомобил.

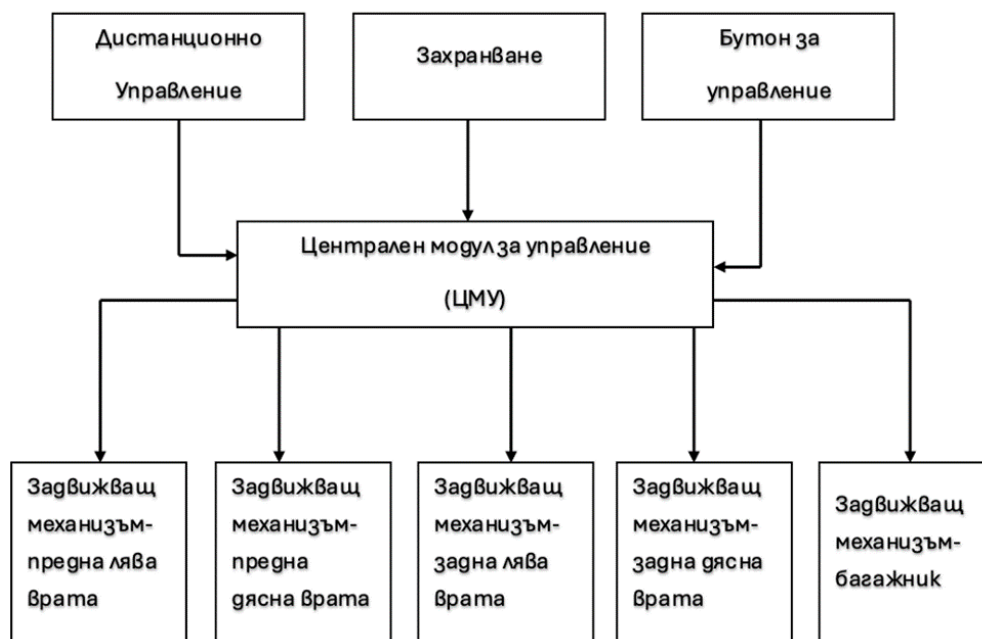
- Да се предложи алгоритъм за работа и опише принципа на действие на систе-

мата за управление на централното заключване.

- Да се проектира и оразмери принципна електрическа схема на системата

за управление на централното заключване.

Предлага се следната структурна схема на система за централно заключване (фиг.1.).



Фиг. 1. Структурна схема на системата за управление на централното заключване в автомобил

Връзките между компонентите показват посоките на взаимодействие и предаване на сигналите за управление. Основният централен модул за управление (ЦМУ) следи сигналите, получени от блока за дистанционно управление и от бутона за ръчно управление в автомобила и изработва управляващи команди към задвижващите механизми на вратите и багажника с цел изпълнение на операциите по заключване или отключване на ключалките.

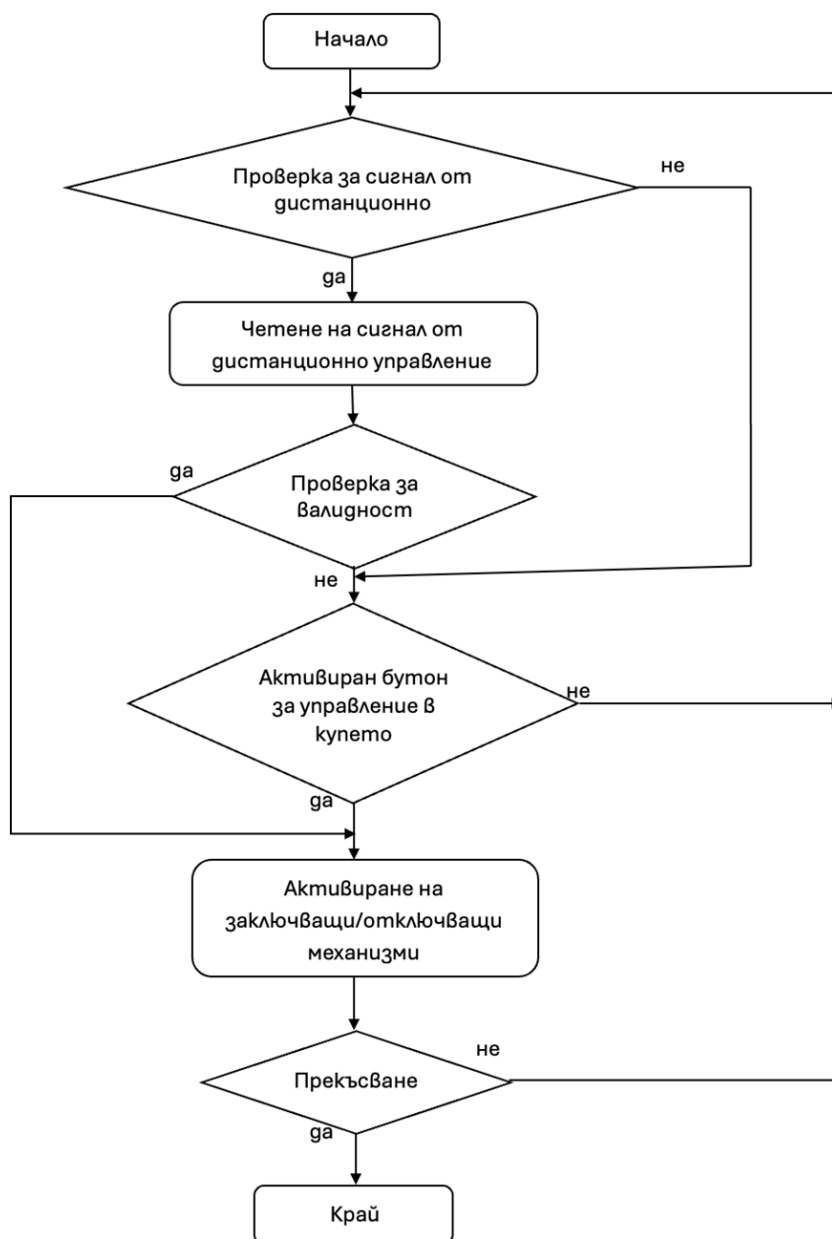
Блокът за дистанционно управление се състои от излъчвател с бутон за заключване и отключване и приемник в автомобила. При натискане на бутон, излъчвателят генерира и изпраща радиочестотен сигнал на съответната честота (2,4 GHz). Сигналят съдържа уникален код, който се използва за сравнение с предварително зададен код в централния модул на автомобила. Приемникът, интегриран в автомобила, е настроен да засича сигнали със съответната честота

(2,4 GHz). Когато приемникът засече такъв сигнал, той се преобразува в код и се предава към централния модул за управление.

Централният модул за управление (ЦМУ) прочита и проверява дали полученият код е валиден. Ако кодът е валиден, ЦМУ изпраща команда към съответните задвижващи механизми за извършване на операциите заключване/отключване на ключалките. Ако кодът не е валиден, ЦМУ не предприема никакви действия.

Задвижващите механизми са разположени в ключалките на всяка врата и багажника на автомобила. Те изпълняват подадените команди от ЦМУ, като извършват съответните операции по заключване и отключване на ключалките.

На фиг. 2. е показана блок-схемата за алгоритъма за управление на процесите по отключване/заключване на ключалките в автомобила.



Фиг. 2. Блок-схема на алгоритъма за управление на система за централно заключване

На фиг. 3а. е представен цялостният вид на принципната електрическа схема на системата за управление на централното заключване на автомобила. Показани са приемната част с централния модул за управление, базиран на микропроцесор Arduino Leonardo, и изходните изпълнителни модули – драйвери, мотори, управление на мигачи и др. Предавателят в дистанционното управление използва микроконтролер Arduino Pro Mini и безжичен модул за предаване на команди (фиг. 3б.). Модулът nRF24L01 на

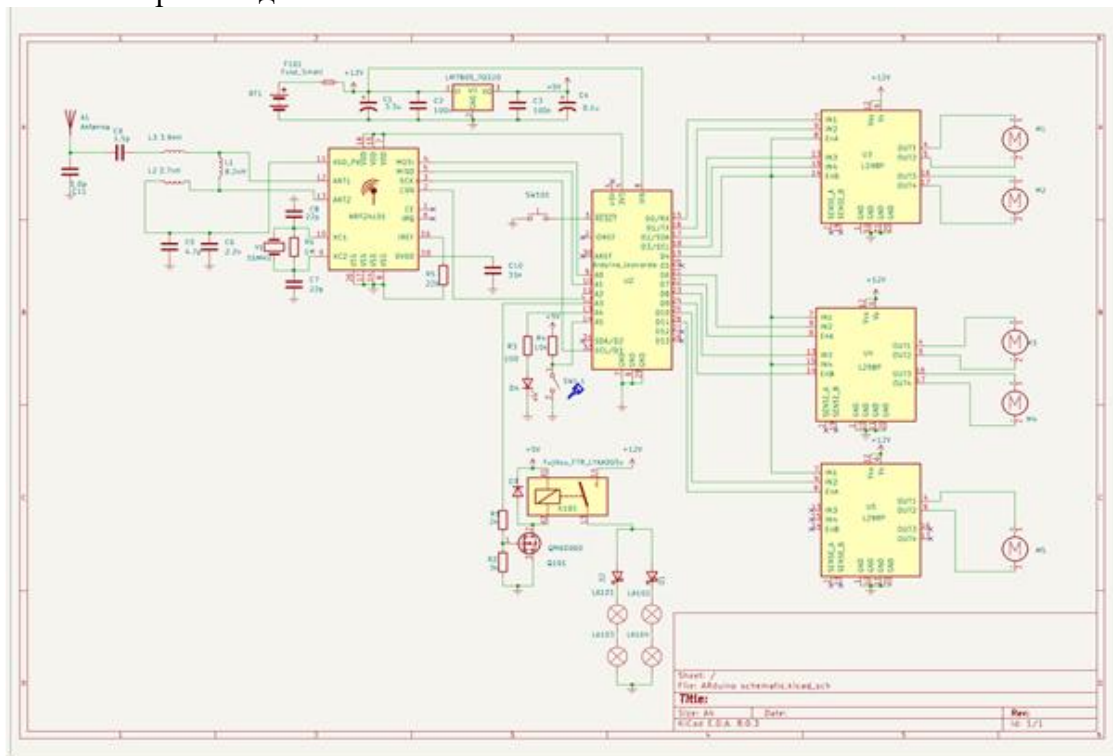
фирмата Nordic Semiconductor е идентичен на този в приемника.

Комуникацията между предавателя и приемника се осъществява по безжичен път чрез радиовръзка на честота 2.4 GHz, което осигурява надеждност и бърза реакция на системата. Всеки от модулите nRF24L01 е конфигуриран с уникален адрес за идентификация, като по този начин се предотвратяват смущения от външни източници и се осигурява сигурност на връзката. При получаване на команда от дистанционното управление,

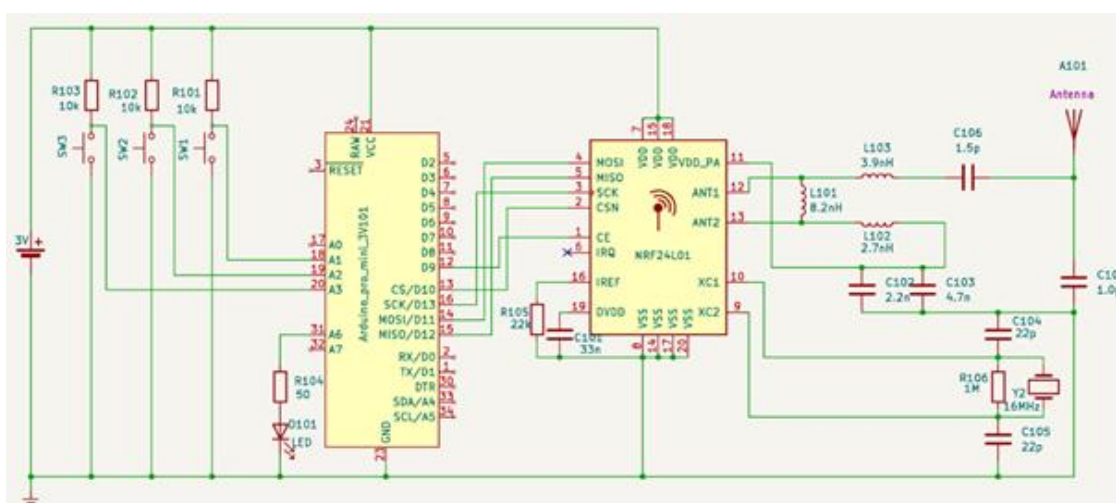
Arduino Leonardo обработва информацията и активира съответните изпълнителни елементи – например за отключване на вратите, светлинна индикация или звуков сигнал.

Допълнително, в схемата е предвидена възможност за двупосочна комуникация, която позволява предаване на обратна връзка към дистанционното управление, например за потвърждение на успешно извършено действие. Това по-

добрява удобството за потребителя и повишава надеждността на системата, като осигурява актуална информация за състоянието на заключващия механизъм. По този начин реализираната система демонстрира основните принципи на изграждане на съвременни автомобилни електронни модули, базирани на микроконтролери и безжична комуникация.



Фиг. 3а. Принципна електрическа схема на системата



Фиг. 3б. Принципна електрическа схема на предавателя в дистанционното управление

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е представен концептуален модел на микропроцесорна система за управление на централното заключване в автомобил, който служи като основа за анализ и усъвършенстване на електронни решения в областта на автомобилната сигурност. Предложената архитектура използва съвременни програмируеми микроконтролери и безжични комуникационни модули, като по този начин моделира основни принципи при реализиране на интелигентни заключващи механизми. Макар и на концептуално ниво, разработката предлага висока степен на структурна яснота и логическа завършеност, което я прави подходяща за използване в обучението на студенти по електроника, както и за провеждане на симулации и теоретични изследвания върху функционалността на подобни системи.

Системата създава предпоставки за бъдещо разширяване и детайлизиране както на хардуерно, така и на софтуерно ниво. Потенциалните насоки за развитие включват внедряване на алгоритми за криптографска защита, автентикация и управление на достъпа, което би повишило сигурността на комуникационния канал и устойчивостта на системата срещу злонамерени атаки. Освен това, чрез физическа реализация и лабораторно експериментиране може да се валидира работоспособността на предложеното решение и да се извърши по-

задълбочен анализ на неговата надеждност, енергийна ефективност и отзивчивост в реални условия..

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jamjoom L., A. Alshmarani, A Wireless Controlled Digital Car Lock For Smart Transportation 15th Learning and Technology Conference (L&T) 2018, DOI: 10.1109/LT.2018.8368510, pp 46-51
- [2] Breer, J, *and others*, Module unit comprising an interface for a communication device, EP3420540A1, European Patent Office 2019
- [3] Shih-Yao Chen, Car Central Locking System Remote Control System, US20140121858A1, United States 20
- [4] www.instructables.com/Automotive-Remote-Central-Locking/ (3.05.2025)
- [5] <https://customwritings.co/components-and-features-of-central-locking-system/> (3.05.2025)
- [6] <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/> (3.05.2025)
- [7] <https://www.homemade-circuits.com/infrared-controlled-car-door-lock/> (3.05.2025)
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Power_door_locks (2.05.2025)
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_keyless_system (2.05.2025)
- [10] <https://www.hella.com/techworld/za/technical/car-electronics-and-electrics/keyless-go/> (4.05.2025).

**РАЗРАБОТКА НА СОФТУЕРЕН ИНСТРУМЕНТ ЗА ИЗМЕРВАНЕ И
АНАЛИЗ НА ИЗМЕНЕНИЕТО НА НАПРЕЖЕНИЕТО В
ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА МРЕЖА ЗА НИСКО НАПРЕЖЕНИЕ****DEVELOPMENT OF A SOFTWARE TOOL FOR THE MEASUREMENT
AND ANALYSIS OF VOLTAGE VARIATION IN THE LOW VOLTAGE
POWER GRID****Plamen Tsankov***Technical University of Gabrovo**Center of competence "Smart mechatronic, eco- and energy-saving systems and technologies"***Abstract**

This scientific paper presents the development of software for analyzing voltage variations in a power supply network based on data recorded using a Metex M-3850 digital multimeter connected to a computer. The paper describes a custom software tool developed in the Microsoft Excel environment for computer-based analysis of the measurement results. The analysis is presented in both tabular and graphical form for real measurement data, confirming the functionality of the developed software. It is intended to automate the execution of a laboratory exercise on Electric Power Distribution at the Technical University of Gabrovo and can also be used in engineering practice for data collection and assessment of power supply quality in terms of voltage variation.

Keywords: voltage variation measurement; digital multimeter; Excel tool.

ВЪВЕДЕНИЕ

Качеството на електроснабдяването на потребителите в електрическата мрежа за ниско напрежение в България се оценява според препоръките на показателите, регламентирани в БДС EN 50160:2023 “Характеристики на напрежението на електрическата енергия, доставяна от обществените разпределителни електрически мрежи”[1] и БДС EN 61000-2-2:2002/A1:2018 “Електромагнитна съвместимост (ЕМС). Част 2-2: Околна среда. Нива на съвместимост за нискочестотни кондуктивни смущаващи въздействия и пренасяне на сигнали в обществени захранващи системи ниско напрежение”[2]. Сред най-важните контролирани в стандартите показатели са свързаните с изменението на ефективната стойност на захранващо напрежение. Най-разпространените методи за количествена оценка на качеството на напрежението са по отношение на показатели: изменение (отклонение) и бързо изменение (колебание) на напрежението. Оценката се извършва чрез измерване и

статистическа обработка на данни за изменението на напрежението при зададен период от време [3] – Табл. 1. [4]

Табл. 1 Изисквания към изменението на напрежението според БДС EN 50160

Параметър	Изменение на захранващото напрежение
Изменение на напрежението	$\pm 10\%$ за 95% от седмицата, средни 10 минутни ефективни стойности
Бързо изменение на напрежението	5% нормално, 10% рядко, $P_h \leq 1$ за 95% от седмицата

Изменението на напрежението се изразява в проценти от номиналното напрежение U_n с израз:

$$\delta U = \frac{U - U_n}{U_n} \cdot 100, [\%] \quad (1)$$

Изменението на напрежението извън допустимите граници води до влошаване на технико-икономическите показатели

на електропотребителите, поради което е наложително контролиране и поддържане на δU в предписания диапазон.

Изменението на напрежението е случайна величина, която зависи от времето и се изменя по закона за нормалното разпределение. Случайният характер се определя от това, че електрическите товари са също случайна величина във времето. Следователно за точна количествена оценка на δU се използват вероятностно-статистически методи. [5] Един от най-разпространените методи е методът на Айере. Той включва два показателя за количествена оценка на качеството на напрежение: нееднаквост N в [%²] и средно изменение на напрежението δU_{cp} в [%]:

$$N = \delta U_{cp.kv.}^2 = \frac{100^2}{T} \cdot \int_0^T \left(\frac{U - U_n}{U_n} \right)^2 \cdot dt, [\%^2] \quad (2)$$

$$\delta U_{cp.} = \frac{100}{T} \cdot \int_0^T \frac{U - U_n}{U_n} \cdot dt, [\%] \quad (3)$$

където: U е текущата стойност на напрежението в [V], T – продължителност на интервала от време, през който е контролирано изменението на напрежението [s]. [6]

Изискванията на актуалните стандарти за продължително измерване и статистическа обработка на изменението на напрежението пораждат необходимост от използване на сравнително скъпи анализатори на качеството на напрежението с памет и специализиран софтуер.

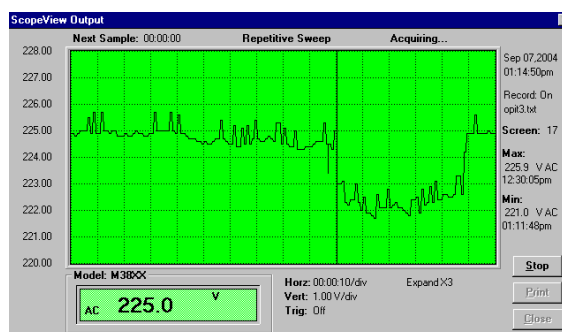
Целта на настоящата разработка е разработката на софтуерен инструмент за анализ на изменението на напрежението на захранващата мрежа на основата на данни, регистрирани с помощта на цифров мултиметър с ниска цена. Това осигурява достъпна възможност за провеждане на лабораторни упражнения със студенти и в инженерната практика за събиране на данни и оценка на качеството на напрежението.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Разработка на софтуерния инструмент се извършва в средата на Microsoft Excel, която да анализира измерени данни с помощта на свързан с компютър цифров мултиметър Metex M-3850 (Фиг. 1), които са записани от фирмената му програма Scope View – Фиг. 2.



Фиг. 1. Цифров мултиметър Metex M-3850



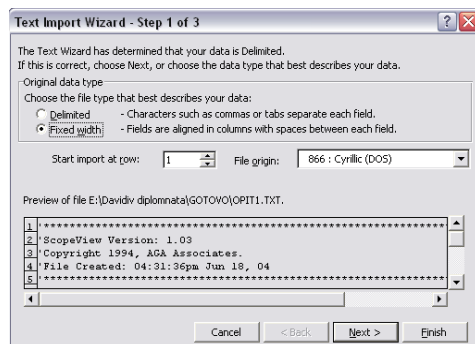
Фиг. 2. Програма Scope View на цифров мултиметър Metex M-3850

Разработката на Excel инструмента включва няколко етапа:

- импортиране на измерените външни данни в Excel;
- обработка чрез формули и функции на Excel;

- таблична и графична визуализация на резултатите и анализа на показателите на изменение на напрежението.

Импортирането на измерените от мултиметъра данни се извършва чрез Text Import Wizard на Excel, позволяващ селекция на данни по редове и колони, в които се задават необходимите настройки и данни за импортиране – *Фиг. 3*.



Фиг. 3. Импортиране на измерените данни чрез Text Import Wizard на Excel

След зареждането на данните се използват функции като IF, SUM, AVERAGE, COUNTA и NORMDIST, чрез които се изчисляват ключовите статистически показатели: средно напрежение, нееднаквост, плътност на разпределение.

С използване на логическата функция $IF(A5>0;(A5-230)/230;\"")$ се проверява наличието на стойности по-големи от 0, след което се изчислява отклонението на напрежението по формула (1). Функцията се копира за цялата колона изчисляваща показателя – *Фиг. 4*.

	A	B	C	D	E	F
1	Измервани					
2	величини					
3	U	T	ΔU	ΔU^2	N	ΔU_{cp}
4	[V]	[h]	[%]		[%²]	[%]
5	223.0	04:31:50pm	1.36%	0.0001860	0.88	0.87
6	222.3	04:31:51pm	1.05%	0.0001093		

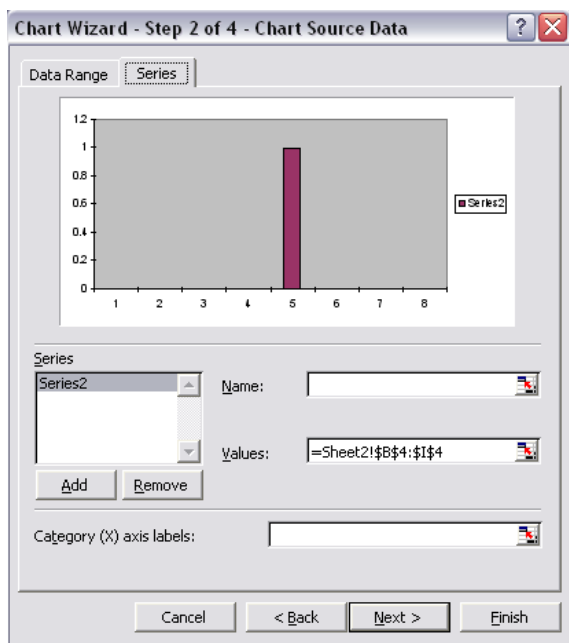
Фиг. 4. Импортиране на измерените данни чрез Text Import Wizard на Excel

Следващата стъпка е изчисляването на нееднаквостта N , по формула (2), която се реализира в Excel чрез функцията $POWER:=(POWER(100;2)/(COUNTA(B5:B10000)))*(SUM(D5:D10000))$, за повдигане на стойност на степен, като първият аргумент е числото което се степенува, а вторият – степента.

Следващата използваните използвани функции са COUNTA и SUM: $=(100/(COUNTA(B5:B10000)))*(SUM(C5:C10000))$. COUNTA изброява заетите клетки в Excel при конкретното измерване с мултиметъра. В случая на функцията е зададено да проверява до 10000 клетки, като има възможност за увеличение ако е необходимо по продължително измерване, т.к. запис на напрежението става на всяка секунда. Тази функция е използвана за да може да се въведе изчисленията продължителността на интервала от време, през който е измервано напрежението T. Функцията SUM сумира съдържанието на изброените клетки.

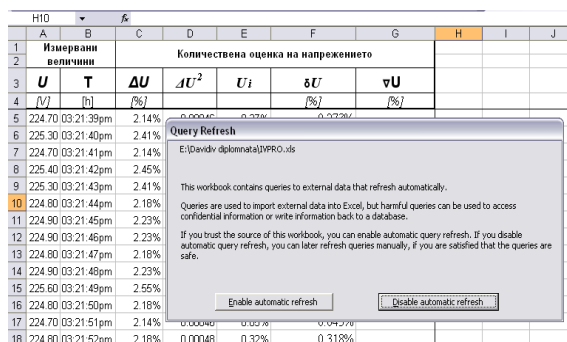
За да се изчисли плътността на разпределение $\sigma \Delta U \%$ на случайната величина отклонение на напрежението е използвана функцията NORMDIST. Формулата в Excel има следния вид: $=NORMDIST(P6;L3;L4;FALSE)$. Тази функция връща нормалното разпределение при зададена средна стойност и стандартно отклонение. Тази функция има много широк диапазон от приложения в статистиката, включително при проверка на хипотези.

За графична визуализация и оценка на качеството на напрежението е подходящо да се построи хистограмата [7] на отклонение и колебание на напрежението. За целта се използва Chart Wizard на Excel – *Фиг. 5*.



Фиг. 5. Създаване на графична визуализация на резултатите с Chart Wizard на Excel

Работата на разработения Excel инструмент е напълно автоматизирана, като при неговото стартиране се зарежда основния прозорец на Excel, както и съобщението за отваряне на файл с измервания на изменението на напрежението с мултиметър – Фиг. 6.



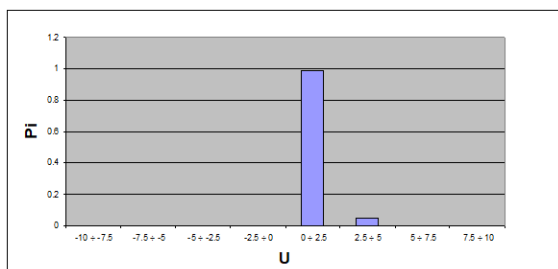
Фиг. 6. Отваряне на файл с измервания на изменението на напрежението в разработения Excel инструмент

С отварянето на файл с измервания на изменението на напрежението от мултиметра, изчисленията се извършват автоматично, а резултатите се визуализират таблично и графично.

Разработеният софтуерен инструмент е въведен в учебния процес за провеждане на лабораторни упражнения по „Електроснабдяване“ в катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“ в Технически университет – Габрово. Резултатите от измерване на изменението на напрежението с цифров мултиметър Metex M-3850 с продължителност на измерването 2 часа и 15 минути са показани на Фиг. 6 и Фиг. 7.

Показатели за количествена оценка на Айере											
$\Delta U_i [V]$	-10 ÷ -7.5	-7.5 ÷ -5	-5 ÷ -2.5	-2.5 ÷ 0	0 ÷ 2.5	2.5 ÷ 5	5 ÷ 7.5	7.5 ÷ 10		$N [%^2]$	2.43
n_i	0	0	0	0	9589	493	0	0		$\Delta U_{ср}$	1.50
P_i	0	0	0	0.000	0.993	0.051	0	0		$\sigma(\Delta U)$	0.43
σ	1E-03	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.004	0.004		n	9658

Фиг. 6. Резултати от анализ на изменението на напрежението с разработения Excel инструмент



Фиг. 7. *Хистограма на процентното изменение на напрежението, създадена с разработения Excel инструмент*

При направеното измерване и анализ на отклонението и колебанието на напрежението се установява, че напрежението по тези показатели е с много добро качество в границите на $\pm 5\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният софтуерен инструмент в Microsoft Excel предлага достъпно и ефективно решение за анализ на изменението на напрежението в електрически мрежи за ниско напрежение. Системата автоматизира изчисленията и представя резултатите по разбираем начин.

Резултатите от направените измервания и анализ с помощта Excel инструмента доказват неговата работоспособност и полезни възможности за анализ. Той се прилага както в университетска учебна лаборатория и дипломни работи, така и в реалната инженерна практика за събиране на данни и оценка на качеството на електроснабдяването по отношение на изменението на напрежението. Възможността за лесна адаптация към нови данни го прави подходящ за дългосрочен мониторинг и оценка на качеството на напрежението в електрически мрежи за ниско напрежение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е финансирано от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект № BG16RFPR002-1.014-0005

Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] BDS EN 50160:2023 “Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity distribution networks”.
- [2] BDS EN 61000-2-2:2002/A1:2018 "Electromagnetic compatibility (EMC). Part 2-2: Environment. Compatibility levels for low-frequency inductive interference and signal transmission in low-voltage public power systems”.
- [3] Julio Barros, Matilde de Apráiz, Ramón I. Diego, A review of international limits for rapid voltage changes in public distribution networks, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 144, 2021, 110966, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110966>
- [4] Tsankov, P, Electric Power Distribution, University Publishing House Vasil Aprilov, Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-683-514-7 (in Bulgarian)
- [5] M. I. Sudrajat, N. Moonen, H. Bergsma, R. Bijman and F. Leferink, "Evaluating Rapid Voltage Changes and its Propagation Effect using Multipoint Measurement Technique," 2020 *International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC EUROPE*, Rome, Italy, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/EMCEUROPE48519.2020.9245886.
- [6] Tsankov, P., M. Yovchev, Laboratory Exercise Manual in Electric Power Distribution, University Publishing House Vasil Aprilov, Gabrovo, 2017, ISBN 978-954-683-572-7 (in Bulgarian)
- [7] Dolník, Bystrík. (2015). The analysis of voltage variation in low voltage network. ELECTROTEHNICĂ, ELECTRONICĂ, AUTOMATICĂ, vol. 63 (2015), nr. 3, https://www.researchgate.net/publication/296938937_The_analysis_of_voltage_variation_in_low_voltage_network

ОПТИЧНИ ТЕХНОЛОГИИ И ИНОВАЦИИ ЗА РЕДУЦИРАНЕ НА
СИНЯТА СВЕТЛИНАOPTICAL TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS FOR REDUCING BLUE
LIGHT

Veselina Stefanova

*Technical University of Gabrovo, 4 Hadzhi Dimitar str., Gabrovo, Bulgaria
Center of competence "Smart mechatronic, eco-and energy-saving systems and technologies"***Abstract**

This article provides an overview of blue light reduction research and technologies, summarizing recent advances in the field and suggesting directions for future developments. Blue light affects various physiological processes and can be used as a means of correcting circadian rhythm disorders and sleep problems. However, it can also damage photoreceptor cells. For this reason, it is essential to pay attention to the spectral characteristics of LED lighting to limit the potential risks associated with exposure to blue light. Modern optical technologies strive to reduce the potential negative effects of blue light through various innovative solutions such as blocking lenses, intraocular implants, and LED lighting. This article analyzes the latest scientific research in the field and presents the prospects for future development of optical technologies to minimize the harmful effects of blue light.

Keywords: LED light sources; blue light; optical technologies.

ВЪВЕДЕНИЕ

Синята светлина е съществена част от естествения светлинен спектър излъчван от слънцето, който попада в обхвата на дължина на вълната от приблизително 400 до 490 nm и има висока енергия.

През дневните часове естествената синя светлина играе съществена роля в регулирането на циркадния ритъм, като активира неврофизиологични процеси, свързани с бодростта и вниманието.

Съвременният начин на живот обаче е свързан с честата употреба на екрани и LED осветление, увеличава се излагането на изкуствена синя светлина, което може да доведе до различни неблагоприятни последици за здравето.

Изкуствените източници на синя светлина включват различни електронни устройства като смартфони, таблети, компютърни монитори, телевизори и светодиодни (LED) осветителни тела.

С непрекъснато нарастване на технологиите, средно човек прекарва значително повече време в ангажиране с цифрови технологии.

Редуцирането на синята светлина е актуален проблем в осветителната техника и технологии.

ИЗЛОЖЕНИЕ

С развитието на LED дисплеите и дигиталните технологии иновациите в областта на оптичните системи се фокусират върху създаването на решения за филтриране на синята светлина, без компромис със зрителното качество [1].

Научно е установено, че силното излагане на синя светлина в часовете преди сън потиска производството на мелатонин, като по този начин влошава качеството на съня. [2, 3, 4]

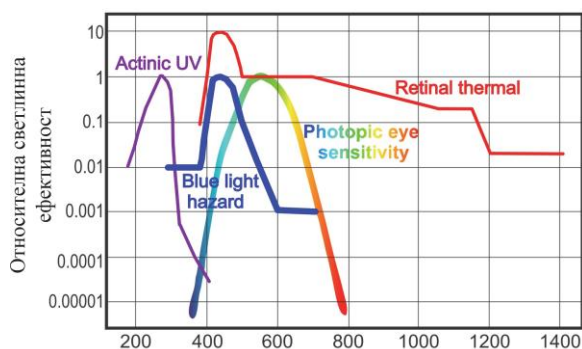
Синята светлина изпълнява важна роля за поддържането на циркадния ритъм – табл. 1.

Последните експериментални доказателства показват, че излагането на синя светлина освен, че може да повлияе на много физиологични функции, то тя може да се използва и за лечение на циркадни дисфункции и нарушения на съня. [5]

Табл. 1. Влияние на синята светлина върху хормоналните нива

Час от денонощието	Ниво на мелатонин	Ниво на кортизол	Влияние на синята светлина
06:00 – 08:00	Ниско	Високо	Стимулира бодростта
12:00 – 14:00	Много ниско	Средно	Поддържа концентрацията
18:00 – 20:00	Увеличава се	Намалява	Потиска мелатонина
22:00 – 00:00	Високо	Ниско	Нарушава съня

Многобройни изследвания показват, че прекомерното и продължително въздействие на опасно синя светлина може да бъде рисков фактор за развитие на офталмологични патологии, включително сенилна макулна дегенерация и катаракта [1].



Фиг. 1. Фотопична чувствителност на очите и спектри на ултравиолетова (UV), синя светлина и топлинни опасности. [6]

Преминаване от нормиране по фотопична яркост към нормиране по мезопична яркост позволява да се обърне по-сериозно внимание на цвета на светлината на използвания светлинен поток – при по-ниски нива на яркостта кривата на спектрална чувствителност на зрението се измества наляво.

За определяне на кривата $V_{mes}(\lambda)$ са изработени няколко модела, на базата на които Международната комисия по осветление препоръчва CIE 191:2010 [7]

Зрителното усещане при адаптация на окото на яркост над 5 cd/m^2 е функция на фотопичния поток, определен по формулата: [8]

$$\Phi = 683 \sum_{i=1}^n j(I_i) \cdot V(I_i) \cdot \Delta I \text{ [lm]} \quad (1)$$

където 683 [lm/W] е максималната спектрална светлинна ефективност на дневното зрение, получена за монохроматично излъчване с дължина на вълната $\lambda_m=555 \text{ nm}$ (лъчист поток с мощност $1/683 \text{ W}$, излъчен при $\lambda_m=555 \text{ nm}$ съответства на светлинен поток $\Phi=1 \text{ lm}$); $j(I_i) = \Delta\Phi_e(I_i)/\Delta I \text{ [W/nm]}$ – стойности на спектралната плътност на лъчистия поток $\Phi_e \text{ [W]}$ в диапазона $380\text{--}780 \text{ nm}$; $V(\lambda_i)$ – стойности на относителната спектрална чувствителност на дневното зрение; $\Delta\lambda$ – стъпка за дискретизация на диапазона $380\text{--}780 \text{ nm}$. [8]

Зрителното усещане при адаптация на окото на яркост под $0,005 \text{ cd/m}^2$ е функция на скопичния поток, определен по формулата: [8]

$$\Phi' = 1700 \sum_{i=1}^n j(I_i) \cdot V'(I_i) \cdot \Delta I \quad (2)$$

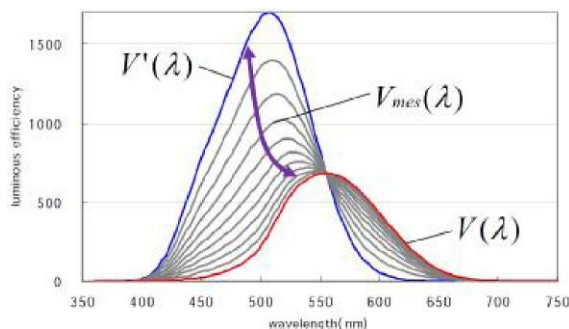
където 1700 [lm/W] е максималната спектрална светлинна ефективност на нощното човешко зрение, получена за монохроматично излъчване с дължина на вълната $\lambda_m=507 \text{ nm}$ (лъчист поток с мощност $1/1700 \text{ W}$, излъчен при $\lambda_m=507 \text{ nm}$ е равностоеен на светлинен поток $\Phi'=1 \text{ lm}$); $j(I_i) = \Delta\Phi_e(I_i)/\Delta I \text{ [W/nm]}$ – стойности на спектралната плътност на лъчистия поток $\Phi_e \text{ [W]}$ в диапазона $380\text{--}780 \text{ nm}$; $V(\lambda_i)$ – стойности на относителната спектрална чувствителност на дневното зрение; $\Delta\lambda$ – стъпка за дискретизация на диапазона $380\text{--}780 \text{ nm}$. [8]

Възможно е влияние на синята светлина върху растежа на окото

Дългосрочното излагане на синя светлина може да повлияе неблагоприятно

върху очното развитие особено при подрастващи. Един от ключовите фокуси на съвременните изследвания е въздействието ѝ върху аксиалното удължаване на очната ябълка — физиологичен процес, който играе съществена роля в развитието на миопия (късогледство).

Последни експериментални данни показват, че контролираното краткосрочно излагане на синя светлина може да потисне аксиалното удължаване на окото, особено в условия на индуциран дефокус чрез лещи [9]. Тези резултати предполагат, че добре регулираното излагане на определени спектрални диапазони от синя светлина може да има потенциален терапевтичен ефект в управлението и превенцията на миопията.



Фиг.2. Светлинна ефективност на фотопично, мезопично и скотопично зрение. [8]

Международната комисия по осветление препоръчва спектралната чувствителност на мезопичното зрение $V_{mes}(\lambda)$ да се определя като линейна функция на кривите за дневно и нощно зрение $V(\lambda)$ и $V'(\lambda)$ [7]

$$V_{mes}(\lambda) = [m \cdot V(\lambda) + (1 - m) \cdot V'(\lambda)] / M(m) \quad (3)$$

където $M(m)$ е нормализираща функция, така че максималната стойност на $V_{mes}(\lambda)$ да се получи 1, а $0 \leq m < 1$. За фотопичното зрение $m=1$, а за скотопичното $m=0$. На фиг.2 са показани стойностите на $V_{mes}(\lambda)$ в абсолютни единици на светлинната ефективност. При намаляване стойността на параметъра m максимумът на кривата расте и се измества наляво (синьозелени лъчи).

Сред основните оптични технологии, насочени към редуциране на синята светлина, се открояват следните:

1. Физически филтри за екрани

Това са допълнителни аксесоари, поставяни върху дисплеите на електронни устройства, които редуцират интензивността на излъчваната синя светлина. Освен това, те намаляват отблясъците и подобряват зрителния комфорт при продължителна работа.

2. Дисплеи с вградени филтри за синя светлина

Много съвременни устройства разполагат с интегрирани режими като Night Shift или Eye Comfort, които автоматично ограничават емисиите на синя светлина. Тези функции са насочени към минимизиране на влиянието върху циркадния ритъм и намаляване на зрителното напрежение [10].

3. Очила с филтриращо покритие за синя светлина

Този тип очила са снабдени със специално покритие, предназначено да блокира или абсорбира високочестотната синя светлина (400–500 nm), излъчвана от дигитални устройства. Те се предлагат както с диоптрични, така и с недиоптрични стъкла. Очилата със сини филтри редуцират проникването на синя светлина към ретината и ограничават потенциалното ѝ вредно въздействие. Те са особено ефективни при вечерна работа, в среди с изкуствена LED осветеност или при продължителна употреба на екрани. Част от моделите имат лек жълтеникав оттенък, докато други използват почти невидими филтри, които не нарушават значително възприятието на цветовете. В комбинация със здравословни навици при работа с електронни устройства, тези очила могат да допринесат за значително намаляване на негативните ефекти от синята светлина.

4. Контактни лещи с функция за блокиране на синята светлина

Контактните лещи, филтриращи синята светлина, представляват иновативно външно решение за защита на очите. За

разлика от вътреочните импланти, използвани при катаракта, тези лещи се поставят върху повърхността на окото и не изискват хирургична намеса. Те могат да бъдат както с диоптрична корекция, така и без, в зависимост от индивидуалните зрителни нужди. Основните видове контактни лещи с функция за филтриране на синя светлина включват:

Фотохроматични контактни лещи - Тези лещи автоматично адаптират своята светлопропускливост в зависимост от интензитета на околната светлина. При излагане на ярка светлина те потъмняват, а при по-слаба – възвръщат прозрачността си. Част от фотохроматичните лещи са проектирани да филтрират и синята светлина, включително при употреба на електронни устройства в затворени помещения. Те са особено подходящи за хора, които прекарват значително време както на открито, така и пред екрани. Не изискват специални настройки или период на адаптация и могат да бъдат предписани от офталмолог с или без диоптрична корекция.

Контактни лещи с вграден филтър за синя светлина - Тази технология е сравнително нова и включва вграждане на филтриращ компонент директно в материала на лещата. За разлика от фотохроматичните лещи, тези не променят цвета си, а селективно редуцират количеството синя светлина, достигащо до ретината. Те осигуряват ниво на защита, сравнимо с това на очилата със сини филтри, като същевременно запазват естественото възприятие на цветовете. Понастоящем тази технология все още не е широко разпространена, като цената ѝ остава по-висока в сравнение с традиционните контактни лещи.

5. Вътреочни лещи (импланти), филтриращи синята светлина

Разработването на вътреочни лещи (IOL – intraocular lenses), които филтрират синята светлина, представлява иновативен подход за дългосрочна защита на ретината. Вътреочната леща (ВОЛ) е синтетичен имплант, който се поставя в

окото хирургически след отстраняване на естествената кристална леща при операция на катаракта [11].

Лещите с вграден филтър за синя светлина (Blue Light Filtering – BLF IOLs) са проектирани да блокират не само ултравиолетовите, но и част от късовълновите лъчи в синия спектър, като по този начин се доближават до оптичните свойства на естествената човешка леща. Проучванията сочат, че BLF вътреочните лещи могат да осигурят защита срещу фототоксично увреждане на ретината, причинено от синята светлина, и да забавят развитието и прогресията на свързаната с възрастта макулна дегенерация [12].

Освен това е установено, че този тип лещи подобряват хроматичния контраст, намаляват времето за възстановяване след фотострес, редуцират отблясъците и подобряват зрителните характеристики при силно осветление. Нови разработки включват материали, които имитират естествените пигменти в човешката леща, блокирайки излишната синя светлина, без да влошават зрителната яснота [13].

Въпреки обещаващите резултати, са необходими допълнителни изследвания за по-дългосрочния ефект на лещите с вграден филтър за синя светлина върху здравето и функцията на макулата [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иновациите в оптичните технологии за редуциране на синята светлина предлагат различни стратегии за минимизиране на негативното ѝ влияние върху зрението и здравето. Докато блокиращите лещи и вътреочните импланти осигуряват защита срещу хроничното увреждане на ретината [13], технологиите за адаптивно осветление могат да регулират спектралния състав на светлината в различни среди [14].

В бъдеще комбинирането на тези решения с персонализирани стратегии на базата на индивидуални биологични нужди може да доведе до още по-

ефективни методи за опазване на зрението.

С развитието на нови материали и техники, бъдещите оптични решения ще стават все по-ефективни и адаптивни към нуждите на различните потребители.

Въпреки широкото приложение на тези технологии се препоръчва по-добра зрителна хигиена, включваща редовни почивки, правилно разположение на екрана и контрол върху времето прекарано пред устройствата.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е финансирано от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект № BG16RFPR002-1.014-0005 Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Comparetto, R., & Farini, A. Blue-blocking spectacles lenses for retinal damage protection and circadian rhythm: evaluation parameters. (2021).
- [2] Brittany Wood, Mark S Rea, Barbara Plitnick, and Mariana G Figueiro. Light level and duration of exposure determine the impact of selfluminous tablets on melatonin suppression. *Applied Ergonomics*, 44:237– 240, 2012.
- [3] Anne-Marie Chang, Daniel Aeschbach, Jeanne F Duffy, and Charles A Czeisler. Evening use of light-emitting ereaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(4):1232–1237, 2015.
- [4] Stephanie Van der Lely, Silvia Frey, Corrado Garbazza, Anna WirzJustice, Oskar G Jenni, Roland Steiner, Stefan Wolf, Christian Cajochen, Vivien Bromundt, and Christina Schmidt. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *Journal of Adolescent Health*, 56(1):113–119, 2015.
- [5] Tsankov, P.T. (2020). Lighting Technologies. In: Pavlovic, T. (eds) *The Sun and Photovoltaic Technologies. Green Energy and Technology*. Springer, Cham, 2020, pp. 213–270
- [6] licht.wissen 19 Impact of Light on Human Beings, https://www.licht.de/fileadmin/Publications/licht-wissen/1409_LW19_E_Impact-of-Light-on-Human-Beings_web.pdf
- [7] CIE 191:2010 “Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance”
- [8] Angel Pachamanov, Dimitar Pavlov, Opportunities for energy efficiency improvement of outdoor lighting design based in brightness.
- [9] Thakur, S., Short-term exposure to blue light shows an inhibitory effect on axial elongation in human eyes independent of defocus. (2021)
- [10] Lin JB, Gerratt BW, Bassi CJ, Apte RS. Short-wavelength light-blocking eyeglasses attenuate symptoms of eye fatigue. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2017;58(1):442-447. doi:10.1167/iovs.16-20489
- [11] Laura E Downie, Ljoudmila Busija, Peter R Keller, Blue-light filtering intraocular lenses (IOLs) for protecting macular health, 2018, <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD011977.pub2>
- [12] Billy R Hammond, The Effects of Blue Light-Filtering Intraocular Lenses on the Protection and Function of the Visual System, 2019, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/OPHTH.S213280>
- [13] Sasaki, H., Development of blue light-filtering intraocular lens materials. (2020).
- [14] Amjad, A. A., Blue-laser-diode-based high CRI lighting and high-speed visible light communication using narrowband green-/red-emitting composite phosphor film.

**ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ, ПРИЛОЖЕНИ В ТЕМАТА „ИЗСЛЕДВАНЕ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ФИЛТЪР, ИЗПОЛЗВАЙКИ
РАДИОЧЕСТОТЕН АНАЛИЗАТОР“****INTERACTIVE TEACHING METHODS USED IN THE TOPIC
“RESEARCHING FILTER CHARACTERISTICS USING A
VECTOR NETWORK ANALYZER”****Ivanka Tsvetkova***University of Ruse “Angel Kanchev”**E-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg***Abstract**

An important part of the radio transmitter is the filter. It is a key element in communications, it is used to regulate and manipulate frequency components in signals. The main purpose of filters is to improve the signal and reduce noise. To study its characteristics in this paper, a vector network analyzer is used. In order to increase the desire of students to work on a given topic, active and interactive methods are used. For engineering specialties such as "Internet and mobile communications", it is important for students to be able to handle specialized equipment. The paper presents the topic "Researching filter characteristics using a vector network analyzer", giving the tasks that students solve and the interactive methods used.

Keywords: interactive methods; filter; vector network analyzer.

ВЪВЕДЕНИЕ

Предаване на информация за различен вид съобщения с помощта на електромагнитни вълни се извършва чрез радиолиния [1]. В единия край на радиолинията се намира радиопредавател с предавателна антена, а в другия – радиоприемник с приемна антена, а между тях е средата, в която се разпространяват електромагнитните вълни (фиг. 1) [2].



Фиг. 1. Схема на радиолиния

Важна част от радиопредавателя е филтърът. Той е ключов елемент в комуникациите, използва се за регулиране и манипулиране на честотни компоненти в сигналите. Те позволяват преминаването на определени честоти и блокиране на други, което е важно за получаване на чисти и качествени сигнали [3]. Основ-

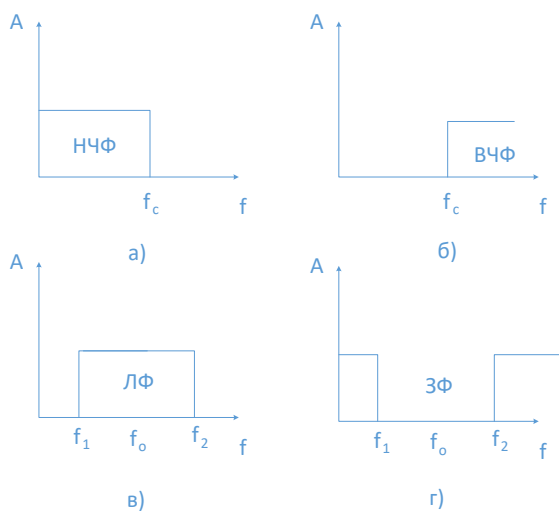
ната цел на филтрите в комуникациите е да подобрят сигнала и да намалят шума.

Чрез филтъра се осигурява ясна и надеждна комуникация. За изследването на неговите характеристики в този доклад, се използва радиочестотен анализатор. За да се увеличи желанието на студентите да работят по дадена тема се използват активни и интерактивни методи.

За инженерни специалности като „Интернет и мобилни комуникации“ е важно студентите да могат да боравят и със специализирано оборудване, не само със софтуерни продукти. Дисциплина, в която се използва реално оборудване, е „Радиокомуникационни технологии“. Една от темите, които се изучава е „Изследване на характеристиките на филтър, използвайки радиочестотен анализатор“, където се използват различни интерактивни методи. Студентите получават не само знания как да работят със специализирана апаратура, но и развиват ключови компетенции като критично мислене [4], решаване на проблем [5, 6], работа в екип [7] и аналитично мислене.

АНАЛИЗ НА ФИЛТРИТЕ

Електронните филтри са схеми, които пропускат сигнали в определена честотна лента и не пропускат всички останали сигнали [8]. Основните параметри на филтрите са: коефициент на предаване по напрежение, амплитудно-честотна характеристика (АЧХ) и входно съпротивление. Най-често за класифицирането им се използва вида на тяхната АЧХ: нискочестотни (фиг. 2 а)), височестотни (фиг. 2 б)), лентови (фиг. 2 в)) и загряждащи (фиг. 2 г)) [9, 10, 11].



Фиг. 2. АЧХ на филтър

Лентовите филтри намират голямо приложение. Причините са свързани с необходимост от отделянето на сигнал в тясна честотна лента и недопускане на паразитни сигнали извън лентата. За да се реализира лентов филтър, могат да се използват два каскадно свързани нискочестотен филтър и височестотен филтър с различни честоти на срязване [12].

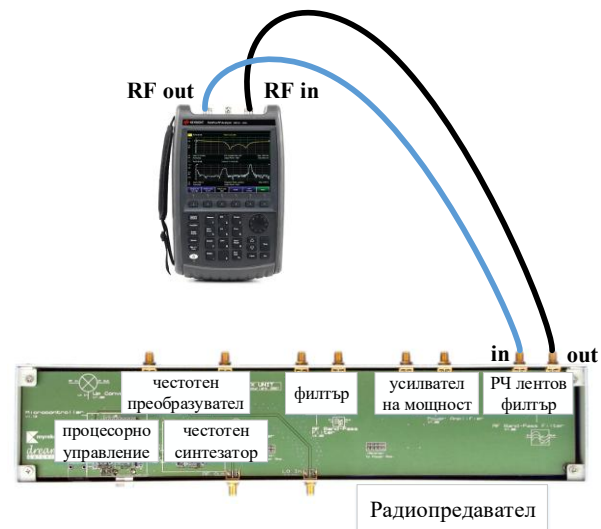
Лентовият филтър е верига, която позволява преминаването на сигнали от две различни честоти и отслабва сигналите, които не попадат в неговия диапазон на приемане.

Филтрите могат да се разделят на аналогови и цифрови, активни и пасивни [13]. Според приложението им се избира най-подходящ. Приложенията биват в радиокомуникациите (за подобряването им), в захранванията (за подобряване на

качеството), в аудио системи (за оптимизирането им), в обработката на цифрови сигнали (за подобряването им), в системите за изображения (за подобряването им), при запазване на целостта на данните (в комуникациите с данни) и др.

ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ ПРИЛОЖЕНИ В ТЕМАТА „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ФИЛТЪР, ИЗПОЛЗВАЙКИ РАДИОЧЕСТОТЕН АНАЛИЗАТОР“

Изходният сигнал на всеки радиопредавател преди да постъпи в антената преминава през радиочестотен (РЧ) лентов филтър. Задачата на филтъра е да пропусне основната лента на радиосигнала към антената и да подтисне възникналите в крайния усилвател висши хармонични на сигналите, така че те да не постъпват към антената. Схемата за изследване е дадена на фиг. 3.



Фиг. 3. Свързване на РЧ лентов филтър и радиочестотния анализатор

Изходът RF out на радиочестотния (РЧ) анализатор подава измервателен сигнал към входа на РЧ лентов филтър. Изходният сигнал на РЧ лентов филтър постъпва на входа RF in на РЧ анализатор.

По време на упражненията се правят два основни типа измервания: в режим на предаване и в режим на отразяване.

А) Измервания в режим на предаване
Студентите трябва да свържат РЧ лентов филтър и да настроят РЧ анализатор. Задачите, които трябва да решат са:

1 задача: Да се определи типът на изходния РЧ филтър.

2 задача: Да се използва функцията Маркер, за да се определят параметрите, дадени в табл. 1.

Табл. 1 Гранични честоти при ниво -3dB

честота	MHz
Долна гранична честота, f_L	
Горна гранична честота, f_H	
Пропускана честотна лента	
Централна честота, f_0	

Забележка: Централната честота се дефинира като средната между долната и горната гранични честоти.

3 задача: Да се обясни защо амплитудата на S_{21} се повишава в горния край на лентата на задържане при увеличаване на честотите до 4 GHz.

4 задача: Скицирайте характеристиката, която се наблюдава на радиочестотния анализатор.

Студентите трябва да получат следните отговори:

1 задача: лентов филтър

2 задача:

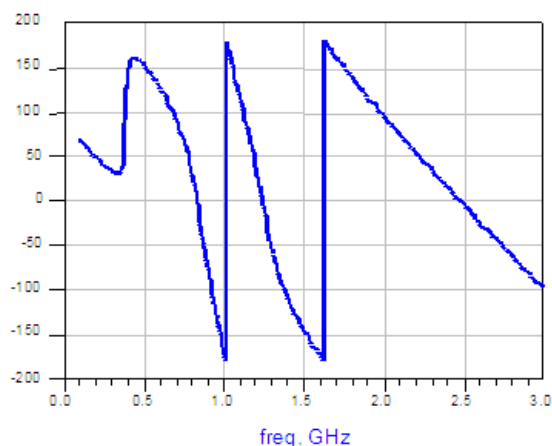
Табл. 2 Гранични честоти при ниво -3dB:
отговори

честота	MHz
Долна гранична честота, f_L	825
Горна гранична честота, f_H	1250
Пропускана честотна лента	425
Централна честота, f_0	1037,5

3 задача:

Това се нарича радиочестотно изтичане и може да се дължи на: първо паразитен капацитет, например свързване на електрическо поле между входните и изходните предавателни линии чрез околните метални структури; второ свойствата на дискретните компоненти, които се влошават с честотата.

4 задача: Примерна характеристика от екрана на радиочестотния анализатор е дадена на фиг. 4.



Фиг. 4. Характеристика от радиочестотния анализатор

Б) Измервания в режим на отразяване

1 задача: Отчетете измерената стойност на загубата на отражение, S_{11} , в лентата на пропускане.

Загуба на отражение, S_{11} , в лента на пропускане = dB

2 задача: Отчетете измерената стойност на загубата на отражение, S_{11} , в лентата на задържане.

Загуба на отражение, S_{11} , в лента на задържане = dB

3 задача: Какво е значението на загубата на отражение в лентата на пропускане?

4 задача: От стойностите на загубите в лентите на пропускане и задържане да се опише условието за съвпадение на филтъра и в двете ленти.

5 задача: Да се изчисли импедансът в лентата на пропускане.

Импеданс в лентата на пропускане = (..... $\pm j$ ) Ω

6 задача: Да се изчисли импедансът в лентата на задържане.

Импеданс в лентата на задържане = (..... $\pm j$ ) Ω

7 задача: Какъв е идеалният импеданс в пропускателната лента?

Идеален импеданс в пропускателната лента = Ω

8 задача: Какъв е идеалният импеданс в лентата на задържане?

Отговорите, които студентите трябва да получат са:

1 задача:

Загуба на отражение, S_{11} в пропускателната лента = 13 dB при 868 MHz, като най-високата загуба на отражение от 23,5 dB се наблюдава при 930 MHz.

2 задача:

Загуба на отражение, S_{11} в лентата на задържане = 1 dB (при честоти по-ниски от 700 MHz и при честоти по-високи от 1,4 GHz).

3 задача:

Загубата на отражение показва качеството на съгласуване на филтъра в лентата на пропускане спрямо източника. За добро съгласуване в лентата на пропускане е необходима голяма загуба на отражение (> 10 dB). За добро потискане е необходима малка загуба на отражение в лентата на спиране.

4 задача:

Лента на пропускане – Добро условие за съгласуване (всички честоти могат да преминат)

Лента на задържане – Условие за пълно несъответствие (всички честоти са отхвърлени)

5 задача:

Импеданс в лентата на пропускане = $54,4 - j 24,4 \Omega$ при 868 MHz, $56,8 + j 1,35 \Omega$ при 930 MHz.

6 задача:

Импеданс в лентата на задържане = $5,49 - j 0,232 \Omega$

7 задача:

Идеален импеданс в пропускателната лента = 50Ω

8 задача:

Идеалният импеданс в лентата на задържане трябва да бъде 0Ω .

Задачите са еднакви за всички студенти, за това се набляга на комуникацията и работата в екип, брейнсторминг и учене чрез правене. Изграждането на качества за работа в екип са важни качества за

реализирането им след това и ефективното постигане на различни цели. Използването на реално оборудване спомага за обучението чрез правене и чрез решаване на проблем. Когато даден студент има нужда от помощ, може да използва приложение с добавена реалност, от където да потърси информация или да използва метода „помисли, обсъди и сподели“, като студенти, които вече са решили задачата влизат в ролята на преподаватели. Задачите, които решават, помагат за развиването на аналитичното мислене. Студентите придобиват не само знания как да работят със специализирана апаратура, но и да развиват уменията си за комуникация и работа в екип.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Студентите от специалност „Интернет и мобилни комуникации“ изучават различни компоненти от радиопредавателите и радиоприемниците, като в разглеждания доклад е дадена темата „Изследване на характеристиките на филтър, използвайки радиочестотен анализатор“. Задачите, които студентите решават са еднакви за всички, което предполага, че те могат да се разделят на групи при необходимост и да си помагат взаимно, като усъвършенстват комуникационните си умения, уменията за работа в екип и придобиват нови умения за решаване на проблеми, докато използват реално специализирано оборудване. Не само в тази тема, но и в дисциплината „Радиокомуникационни технологии“ се използват различни активни и интерактивни методи с цел подобряване или научаване на нови компетенции, с които студентите да бъдат по-конкурентно способни на пазара на труда. Аналитичното мислене може да се прилага в различни ситуации и задачи, така че развиването му с подходящи задачи, е само предимство за студентите. Ангажираността на студентите е подобрена като се използва и приложение с добавена реалност.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект No 2025 – ФЕЕА – 03, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yang, S. M. M. Modern digital radio communication signals and systems. Springer, 2018.
- [2] Saunders, S. R., Aragón-Zavala, A. A. Antennas and propagation for wireless communication systems, John Wiley & Sons, 2024.
- [3] Singhal, C., Srivastava, N., & Singh, S. A Comparative Analysis of Radio Frequency Band Pass Filters for Wireless Communication Application, In 2022 IEEE Global Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GlobConPT), pp. 1-7, IEEE, 2022.
- [4] Anggraeni, D. M., Prahani, B. K., Suprpto, N., Shofiyah, N., & Jatmiko, B. Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills, Thinking Skills and Creativity, 49, 101334, 2023.
- [5] Lu, D., & Xie, Y. N. The application of educational technology to develop problem-solving skills: A systematic review, Thinking Skills and Creativity, 51, 101454, 2024.
- [6] Tsvetkova, I., & Borodzhieva, A. Project-Based Learning in the Topic of Harmonic Oscillators of Clapp. In 2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA), pp. 1-4, IEEE, 2021.
- [7] Michaelsen, L. K., & Sweet, M. Fundamental principles and practices of team-based learning. In Team-based learning for health professions education, pp. 9-34, Routledge, 2023.
- [8] Harris, F. J. Multirate signal processing for communication systems, River Publishers, 2022.
- [9] Snyder, R. V., Macchiarella, G., Bastioli, S., & Tomassoni, C. Emerging trends in techniques and technology as applied to filter design. IEEE Journal of Microwaves, 1(1), 317-344, 2021.
- [10] Madhumitha, M., Surendar, U., & Maheshwari, M. Design of bandpass filter for wireless application, IJARMATE, 44-47, 2016.
- [11] Islam, H., Das, S., Ali, T., Bose, T., Kumari, S., Prakash, O., & Kumar, P. Bandstop filter decoupling technique for miniaturized reconfigurable MIMO antenna, IEEE Access, 10, 19060-19071, 2022.
- [12] Palanisamy, S., Thangaraju, B., Khalaf, O. I., Alotaibi, Y., & Alghamdi, S. Design and synthesis of multi-mode bandpass filter for wireless applications, Electronics, 10 (22), 2853, 2021.
- [13] Cameron, R. J., Kudsia, C. M., & Mansour, R. R. Microwave filters for communication systems: fundamentals, design, and applications, John Wiley & Sons, 2018.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АМПЛИТУДНА МАНИПУЛАЦИЯ В ЦИФРОВИ СИСТЕМИ И ПРИЛАГАНЕТО НА ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ В ОБУЧЕНИЕТО

RESEARCH ON AMPLITUDE SHIFT KEYING IN DIGITAL SYSTEMS AND THE APPLICATION OF INTERACTIVE METHODS IN TEACHING

Ivanka Tsvetkova

University of Ruse "Angel Kanchev"

E-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg

Abstract

In telecommunications, modulation is important part for transmitting signals. Students need to investigate it thoroughly, but when the lecturer teaches this topic, he/she needs to use a student-centered approach. Active and interactive methods are used so students are more involved in the learning process. The paper describes different interactive methods that are used in the discipline Radio communication technologies, when students are learning the topic for amplitude shift keying in digital systems. With this approach students are more engaged and learn by doing. To be competitive, students need to be able to work in a team, solve problems, and think critically. Experiential learning and project-based learning help them to learn faster, retain the acquired knowledge for longer, to be prepared for real tasks and to learn different useful skills.

Keywords: amplitude shift keying; active methods; interactive methods; radio communication.

ВЪВЕДЕНИЕ

Обработката на радиосигнали играе жизненоважна роля в реализацията на безжичните мрежи, без значение от поколението им. Нарастващата сложност на системите и едновременната свързаност на все повече устройства изисква усъвършенстване на метода за обработка на информацията. Това може да бъде както предизвикателство, така и възможност за нов скок в ефективността. Важна част от обработката на радиосигнали е модулацията [1].

В телекомуникациите модулацията е процес на транспортиране на сигнал със съобщение, например цифров битов поток (сигнал в основната лента) в друг високочестотен сигнал (радио честотен сигнал), който може физически да бъде предаден [2]. В радиокомуникациите или кабелните телевизионни системи електрическите сигнали могат да бъдат предавани през ограничен спектър на честотната лента със специфични долни и горни гранични честоти. Модулирането на

синусоидален носещ сигнал дава възможност да се запази съдържанието на честотата на предавания сигнал колкото се може по-близо до централната честота (най-често носещата честота) на лентата на предаване [3, 4].

Съществуват две причини за модулацията. Първата причина е свързана със законите на електромагнитното разпространение, в които размерът на антената (излъчващият елемент), е обратно пропорционален на дължината на вълната на сигнала, който се предава. Втората е, че модулацията позволява едновременно предаване на различни сигнали.

Изследването на амплитудна модулация в цифровите системи и тема, която се изучава от студентите от специалност „Интернет и мобилни комуникации“ в дисциплината „Радиокомуникационни технологии“, като се използват реални устройства, както и симулационни продукти. Студентите имат възможност да придобият знания и умения за работа със специализирана апаратура, както и да

работят дистанционно, изучавайки същата тема и получавайки аналогични познания. Темата е актуална за съвременните телекомуникации, като има приложения дори и в биомедицинските устройства [5].

По дисциплината се използват различни активни и интерактивни методи, с които да се увеличи интересът на студентите, да са по-ангажирани, както и да развиват умения, като работа в екип, решаване на проблем и критично мислене, които ще им помогнат за по-успешното реализиране.

В доклада са представени интерактивните методи, които се използват по време на изучаването на темата за амплитудна манипулация в цифровите системи.

АМПЛИТУДНА МАНИПУЛАЦИЯ В ЦИФРОВИ СИСТЕМИ

В амплитудната манипулация (АМ) последователността от цифрови импулси се получава чрез превключване на носещия сигнал спрямо информационния сигнал [6]. Двоична амплитудна манипулация е техника за цифрова модулация, при която данните се представят чрез наличието или отсъствието на носеща вълна. Това е най-простата форма на амплитудно-изместващо манипулиране. Двоичната цифра едно се представя от включването на носещата вълна, а другата двоична цифра нула се представя от изключването ѝ. За да се генерира АМ сигнал, то той се описва като [7]:

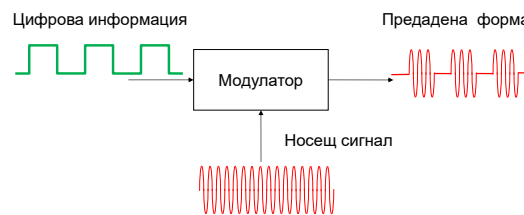
$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(\omega_c t) & \text{двоична 1} \\ 0 & \text{двоична 0} \end{cases} \quad (1)$$

където

A_c е пиковата амплитуда на носещия сигнал;

ω_c е ъгловата честота на носещия сигнал.

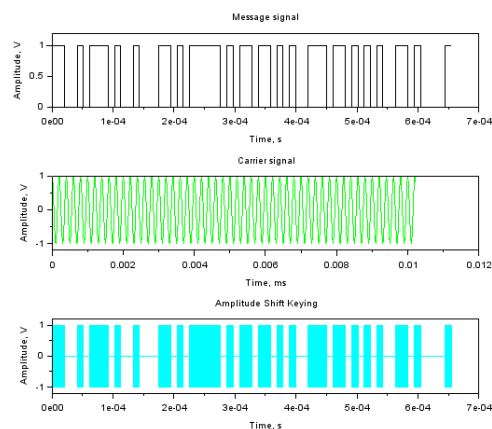
АМ сигнал може да се генерира като се приложи цифрова информация към носещия сигнал чрез модулатор, показано на фиг. 1.



Фиг. 1. Генериране на АМ сигнал

ИЗСЛЕДВАНЕ НА АМПЛИТУДНА МАНИПУЛАЦИЯ В ЦИФРОВИ СИСТЕМИ КАТО СЕ ИЗПОЛЗВАТ ИНТЕРАКТИВНИ МЕТОДИ

По дисциплината „Радиокомуникационни технологии“ студентите имат възможност да използват реално оборудване, както и специализиран софтуер. За да се генерира АМ сигнал с използване на софтуера Scilab, студентите трябва да създадат код, който да стартират и да получат резултат подобен на показания на фиг. 2, където на първата фигура с черно е показан сигналът-съобщение, на втората фигура със зелено е показан носещият сигнал и на последната фигура със синьо е показана амплитудната манипулация.



Фиг. 2. Резултат от програмата

При използването на софтуер студентите могат да променят различни параметри без да се притесняват, че ще повредят някое устройство, също така това е удачен вариант при онлайн занятия. Студентите могат самостоятелно да направят различни изследвания и отново да получат необходимите знания и умения за дадената тема.

Когато решават задачите, свързани с използването на софтуер, студентите могат да се разделят на групи и така да си помогнат при създаването на кода или при обяснението на материала чрез методи като „помисли, обсъди и сподели“, „въпроси и отговори“ или брейнсторминг [8, 9].

Когато часовете са присъствени, студентите имат възможност да използват и специализирана апаратура. Може да се зареди генерирания АМ сигнал в генератора на сигнали и да се провери с осцилоскоп или да се създаде АМ сигнал чрез генератор на сигнали, като резултатния сигнал се наблюдава на осцилоскоп.

Използването на специализирана апаратура подготвя студентите за реална работа, като повишава самочувствието им, че биха се справили с различни задачи, дава им основни познания като как се свързват и настройват конкретни устройства, както и им помага да се научат да отстраняват проблеми, свързани със самите устройства.

Студентите трябва да свържат генератора на сигнали и осцилоскопа по показания на фиг.3 начин. След това могат да включат устройствата и да направят необходимите настройки и измервания.



Фиг. 3. Схема за измерване на АМ

Задачите, които трябва да решат студентите по време на упражнения са еднакви за всички. Една от задачите, които решават е да се сравнят АМ сигналите: този, който се наблюдава на осцилоскопа и този, генериран със софтуера Scilab. Друга задача е да запишат наблюденията си.

Активните методи, които се използват в тази дисциплина са учене чрез правене (фиг. 4) и учене чрез решаване на проблем (фиг. 5) [10, 11, 12].



Фиг. 4. Учение чрез правене



Фиг. 5. Учение чрез решаване на проблем

Допълнително по дисциплината „Радиокомуникационни технологии“ студентите имат и курсов проект. По време на онлайн занятия се използват и тестове в Kahoot. Също по дисциплината има разработено приложение с добавена реалност, което студентите могат да използват с телефоните си.

В края на часа по дисциплината „Радиокомуникационни технологии“ обикновено се използва кратка писмена задача под формата на няколко изречения, за да се обобщи информацията, която студентите са получили по време на занятията. Това цели проверка дали новата информация е възприета, както и затвърждаването ѝ. Всеки студент може сам да прецени кое не е доразбрал и на коя част от темата трябва да обърне по-голямо внимание. Този метод не изисква допълнителни ресурси или оборудване, за да се прилага, като в същото време спомага и за преподавателите да се ориентират до къде студентите са усвоили материала, както и на самите студенти да преценят кое не е напълно изяснено.

Амплитудната манипулация се използва за основополагаща при изучаването на различни манипулации, като най-лесно реализуема. Студентите имат възможност да използват различни техники и подходи при изучаването ѝ, включително и приложение за телефон с добавена реалност. Използването на такива интерактивни методи повишава заинте-

ресуваността на студентите, спомага за по-бързото усвояване на нови знания и умения, но изисква допълнително време за подготвянето им, както и знания и компетенции на преподавателя, за да може да създава такива приложения, както и периодично да се променят или обновяват. Използването на методи като геймифициране също увеличават интереса на студентите, както и спомагат за по-лесното усвояване на нови знания, но не е подходящ за всички видове дисциплини и теми.

Преподавателите по дисциплината „Радиокомуникационни технологии“ се стремят постоянно да актуализират учебното съдържание, да добавят нови методи при изучаването на темите и да поддържат взаимовръзка със студентите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването на амплитудната манипулация в цифровите системи е важна тема, която се изучава в дисциплината „Радиокомуникационни технологии“. Преподавателите се стремят да използват различни активни и интерактивни методи по време на лекциите и упражненията, за да могат студентите да получават знания за по-дълъг период, като се учат чрез правене, решаване на проблеми и проектно-ориентирано обучение. Използва се добавена реалност, за да се онагледят някои процеси или студентите да имат достъп до конкретни видео материали, когато стигнат до конкретно място в упражнението. Използването на едни и същи задачи за всички студенти дава възможност да се работи по групи, което спомага студентите да развиват умения за работа в екип, използвайки и активни методи като „помисли, обсъди и сподели“, с което сами да си обясняват част от материала един на друг. За изучаването на амплитудната манипулация студентите имат възможност да използват специализиран софтуер и реално оборудване, което помага за увеличаването на уменията, които имат и ги прави по-

конкурентоспособни, излизайки на пазара на труда.

В бъдеще се планира да се увеличи използването на добавена реалност за онагледяване на материала и да се използват нови интерактивни методи, като геймифицирането.

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект 2025-ФЕЕА-03, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Русенски университет „Ангел Кънчев“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Pham, Q.-V., Nguyen, N. T., Huynh-The, T., Le, L. B., Lee, K., & Hwang, W.-J. Intelligent radio signal processing: A survey. *IEEE Access*, 9, 83818-83850, 2021.
- [2] D'heer, C., & Reynaert, P. Fundamentals of Telecommunication. In *THz and Sub-THz CMOS Electronics for High-Speed Telecommunication: Architectures and Circuits for Future 6G Transceivers* (pp. 27-98). Cham: Springer Nature Switzerland, 2024.
- [3] Sanatimehrizi, S. Deep learning-based automatic modulation classification for telecommunication systems, A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Engineering, The Department of Electrical and Computer Engineering, University of Victoria, 2023.
- [4] Trigui, A., Ali, M., Hached, S., David, J. P., Ammari, A. C., Savaria, Y., & Sawan, M. Generic wireless power transfer and data communication system based on a novel modulation technique. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 67(11), 3978-3990, 2020.
- [5] Lee, H. -S. and Lee, H. -M. “A Power-Efficient Envelope-Detector-Less Amplitude-Shift-Keying Forward Telemetry for Wirelessly Powered Biomedical

- Devices”, in IEEE Transactions on Bio-medical Circuits and Systems, vol. 19, no. 2, pp. 374-384, April 2025, doi: 10.1109/TBCAS.2024.3427396.
- [6] Chen, Y., Liu, Y., Li, Y., Wang, G., & Chen, M. An energy-efficient ASK demodulator robust to power-carrier-interference for inductive power and data telemetry. IEEE Transactions on Bio-medical Circuits and Systems, 16(1), 108-118, 2022.
- [7] Cheng, Y., Yang, Z., Gu, Z., Sun, D., Chen, Y., Guo, H., & Zhang, C. A Review of the Development of All-Electronic Terahertz Communication Technology Based on Amplitude Shift Keying, In China National Conference on Terahertz Biophysics, Springer, Singapore, pp. 539-550, 2025.
- [8] Orshanskyi, L., Krasnopol'skyi, V., Fednova, I., Vysochan, L., Noval'ska, T., & Ivantsiv, O. Interactive teaching methods as a change in the purpose of modern education. Systematic Reviews in Pharmacy, 11(10), 549-555, 2020.
- [9] Kalyani, D., & Rajasekaran, K. Innovative teaching and learning. Journal of applied and advanced research, 3(1), 23-25, 2018.
- [10] Borodzhieva, A. N. Using Project-Based Learning in the Course "Databases" on the Topic "Relational Algebra", In 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), pp. 1369-1374, IEEE, 2022.
- [11] Borodzhieva, A., Tsvetkova, I., Zaharieva, S., Dimitrov, D., & Mutkov, V. Active and Interactive Methods Used in Teaching and Learning the Topic "Cryptosystems Based on Nonlinear Feedback Shift Registers", In 2021 IEEE 27th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) pp. 137-142, IEEE, October 2021.
- [12] Aslan, A. Problem-based learning in live online classes: Learning achievement, problem-solving skill, communication skill, and interaction. Computers & Education, 171, 104237, 2021.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СТАТИЧНИТЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ФОТОТРАНЗИСТОРЕН ОПТРОНEXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE STATIC CHARACTERISTICS
OF PFOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLER

Genadi Mihaylov

Technical university of Gabrovo

Technical collage of Lovech

Abstract

Optocouplers are frequently used electronic components in the design of electronic devices. Depending on the need, different types of optocouplers are used. Of utmost importance in the design of electronic circuits are the parameters and characteristics of optocouplers. This report presents simulation-based experimental studies of the main characteristics of a phototransistor optocoupler. The studies were conducted using the Multisim software product. Experimental schemes, input, transmitter and output characteristics are presented.

Keywords: phototransistor optocouplers, optoelectronic isolation, LEDs, photodetectors

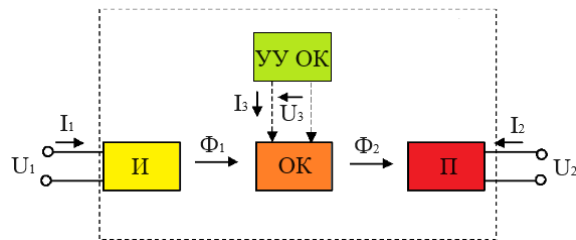
ВЪВЕДЕНИЕ

Оптроните са широко разпространени електронни компоненти в електрониката. Причината за това е основното им свойство, което те притежават – възможността за галванично разделяне на две електрически вериги. Това им качество се постига чрез обединяването на източник на светлина, оптична среда и фотоприемник [1]. С развитието на електрониката и по-специално един съществен дял от нея (микроелектрониката), се създаде възможност за изработване на оптрони с различни източници на светлина (лампи с нажежаема жичка, светодиоди, луминисцентни лампи и др.) и различни фотоприемници (фоторезистори, фототранзистори, фотодиоди, фототиристори, фотосимистори и дори фотокондензатори [1, 7]. Всички тези различни конфигурации са създадени да отговарят на различни задачи в електронната схемотехника за, която са избрани.

Благодарение на свойството им за двойно преобразуване на енергията оптроните имат както енергетични приложения, така и комуникационни, измервателни и дори сензорни всички те подробно описани в [2-6].

Въпреки широките възможности и приложения на оптроните, интерес за електрониката, микроелектрониката и сензорната техника остава въпроса за изследването на техните характеристики и параметри. Информацията за тях ще даде възможност за построяване на математически и симулационни модели, които да се използват при проектирането на големи електронни схеми на устройства.

На фиг.1. е представена обобщена функционална схема на оптрон, състояща се от излъчвател на светлина (И), оптичен приемник (П), оптичен канал (ОК) и в някои случаи устройство за управление на оптичния канал (УУ ОК).



Фиг.1. Функционалният модел на оптрон

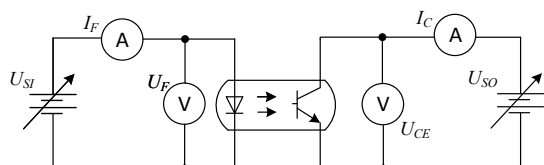
Заснемането на характеристиките на оптрона ще позволи описанието на всеки от описаните блокове от функционалния модел, което от своя страна ще

позволи оптимизиране на неговите режими и преизчисляване на стойностите на външните електронни компоненти.

Основната цел на доклада е да представят и опишат получените чрез симулационно експериментално изследване статични и характеристики на фототранзисторен оптрон.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ СХЕМИ

На фиг. 2 е представена експериментална електрическа схема за изследване на статичните характеристики на фототранзисторен оптрон.



Фиг. 2. Електрическа схема за изследване на статичните характеристики на фототранзисторен оптрон

Входната характеристика на оптрона показва зависимостта на тока през светодиода I_F от входното напрежение U_F при постоянно напрежение U_{CE} в изходната верига. Обикновено тази характеристика се заснема при $U_{CE}=0$.

Токът I_F във входната верига се задава от регулируемия източник U_{SI} и се измерва от амперметър. Отчитането на входното напрежение U_F се извършва чрез волтметъра, включен паралелно на светодиода на оптрона.

Токът в изходната верига се регулира посредством източника U_{SO} .

Захранващото напрежение U_{CE} се променя с равномерна стъпка в диапазон от 2V до 14V. Отчитането се извършва от волтметъра в изходната верига, а с мили амперметъра се отчита токът I_C през фототранзистора.

За изследването на предавателните характеристики, както се спомена по-горе се работи по схемата от фиг. 4.

Чрез регулиране на захранващото напрежение U_{SO} , се задават фиксирани стойности на U_{CE} - 5V, 10V и 15V.

Тока във входната верига I_F се променя в границите от 2mA до 20mA, а стойностите му се отчитат през мили амперметъра. Стойностите на колекторния ток на фототранзистора в изходната верига при $U_{CE}=\text{const}$ се отчитат от другия милиамперметър.

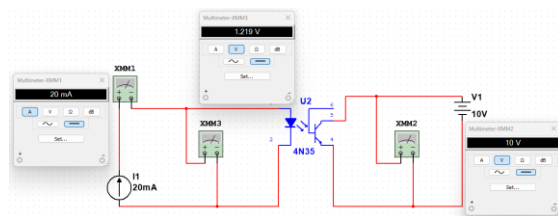
По време на измерването се наблюдава U_{CE} за изменения в зададените стойности.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

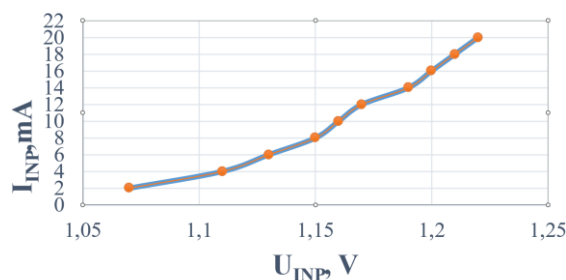
Експерименталните изследвания са проведени със специализираният софтуер Multisim.

На фиг. 3а) и б) са показани електрическите схеми за симулация за изследване на входните характеристики на фототранзисторен оптрон (а) и семейство експериментални входни характеристики (б).

На характеристиките токът през светодиода I_F се означава като входен ток I_{INP} , а напрежението U_F е означено като входното напрежение U_{INP} .



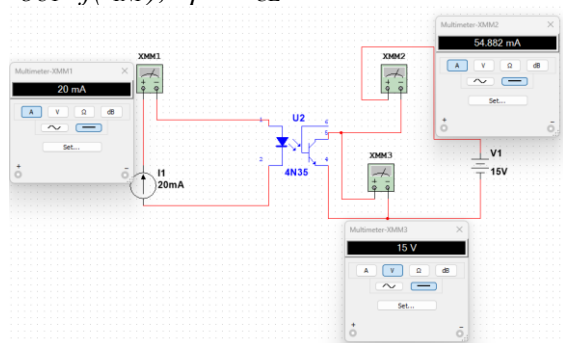
Фиг. 3а. Принципна схема за симулационно изследване на входните характеристики на фототранзисторен оптрон



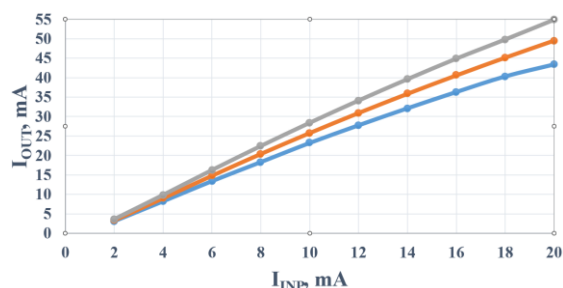
Фиг. 3б. Експериментална входна характеристика $I_{INP} = f(U_{INP})$ при $U_{CE} = \text{const}$

Входните характеристики на оптрона показват зависимостта на входното напрежение U_{INP} от входния ток I_{INP} , при изходно напрежение $U_{CE}=0$. С увеличаване на входния ток I_{INP} се наблюдава увеличение и на входното напрежение U_{INP} .

На фиг. 4а и 4б са показани схема за симулация за изследване на предавателните характеристики на фототранзисторен оптрон и семейство предавателни характеристики $I_{OUT}=f(I_{INP})$, при $U_{CE}=\text{const}$.



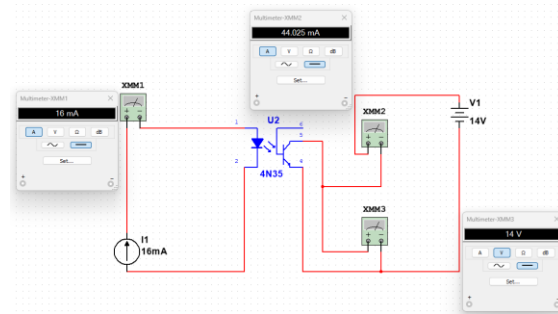
Фиг. 4а. Електрическа схема за изследване на предавателните характеристики на фототранзисторен оптрон



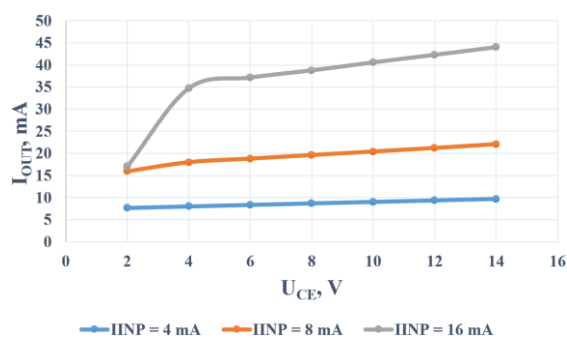
Фиг. 4б. Предавателна характеристика $I_{OUT} = f(I_{INP})$ при $U_{CE} = \text{const}$ на фототранзисторен оптрон

Анализът на получените резултати показва, че има въздействие на входния ток върху изходния т.е. с покачването стойностите на I_{INP} се покачват линейно стойностите и на I_{OUT} при различно зададени стойности на U_{CE} .

На фиг.5а и 5б са показани електрическата схема за симулация за изследване на изходните характеристики на фототранзисторен оптрон и семейство експериментални изходни характеристики.



Фиг. 5а. Електрическа схема за симулация на изходните характеристики на фототранзисторен оптрон



Фиг. 5б. Изходни характеристики $I_{OUT} = f(U_{CE})$, $I_{INP} = \text{const}$ на фототранзисторен оптрон

Изходните характеристики на фототранзисторният оптрон са подобни на семейството изходни характеристики на биполярен транзистор с тази разлика, че в случая фототранзисторът се управлява чрез светлината на светодиода, т.е. от I_{INT} .

В сравнение с другите видове оптрони, фототранзисторният оптрон е с най-голям коефициент по предаване на ток CTR (Current Transfer Ratio). Този параметър е най-съществен, описващ възможностите на оптрона. CTR представлява отношението на изходния ток към тока, протичащ във входната верига, т.е. през светодиода.

Следователно CTR може да се изчисли по формулата:

$$CRT = \frac{\Delta I_{out}}{\Delta I_{in}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

където: ΔI_{OUT} е изменението на изходния ток (I_C на фототранзистора); ΔI_{INP} е на входния ток (тока I_F на светодиода) при $T_a = 25^\circ\text{C}$.

От показаната по горе формула може да се изчисли минималния и максималния коефициент на предаване по ток, като се вземат резултатите от проведените изследвания:

$$CRT_{max} = \frac{44,01}{16} \cdot 100 = 275\%, \quad (2)$$

Изчисленията за CRT_{min} са аналогични на тези на CRT_{max} , но с по-нисък коефициент на предаване на ток.

$$CRT_{min} = \frac{7,68}{4} \cdot 100 = 192\%, \quad (3)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С проведените експериментални изследвания се доказва, че фототранзисторните оптрони са със значително високи изходни токове. Това ги прави удобни за използване за комутация на широк кръг от електрически вериги, тъй като притежават т.нар. схемотехническа гъвкавост, проявяваща се във факта, че колекторният ток може да се управлява както от светодиода, така и електрически по веригата на базата.

Докладът е във връзка с проект № НИП2025-3 на тема „Гама демонстрационни макети за фотофолтаични и ветрогенераторни електрически системи“ към Университетски център за научно

развитие и технологии в Технически университет – Габрово

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александров, А. Полупроводникови елементи и интегрални схеми. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2012, ISBN: 978-954-490-317-6
- [2] Драганов, Н. Сензори. Принципи, устройство, технологии, характеристики, параметри и приложения. Първа част. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2014, ISBN: 978-954-490-435-7
- [3] Драганов, Н. Сензори. Принципи, устройство, технологии, характеристики, параметри и приложения. Втора част. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2016, ISBN: 978-954-490-503-3
- [4] Драганов, Н. Сензори. Принципи, устройство, технологии, характеристики, параметри и приложения. Трета част. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2014, ISBN: 978-954-490-550-7
- [5] Драганов, Н. Сензорна техника Ръководство за лабораторни упражнения. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2019, ISBN: 978-954-490-619-1
- [6] Колев, И., Колева, Е. Некохерентна оптоелектроника. Университетско изд. Васил Априлов, Габрово, 2007г., ISBN: 978-954-683-373-0
- [7] Тодоров, П., В. Тодорова. Микроелектроника. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2014, ISBN: 978-954-490-123-3.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВОЛТ-АМПЕРНАТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА
СВЕТОДИОДИ

RESEARCH OF THE VOLTAGE-AMPERE CHARACTERISTIC OF LEDS

Genadi Mihaylov

Technical University of Gabrovo

Technical college of Lovech

Abstract*With their modern developments, LEDs are changing the way we see the world.**LED technology in modern lighting and visual communications highlights its revolutionary potential to improve the efficiency, durability and environmental friendliness of lighting systems.**LEDs open up new possibilities for innovative design and smart solutions in the home, urban environment and industry, combining energy efficiency with sustainability and better quality of light.**In the future, with the development of smart technologies, LEDs will continue to play a key role in integrating lighting with IoT systems and automation, improving comfort and energy efficiency in our lives.***Keywords:** Leds, Led technology, Light, Volt-ampere characteristics, Lighting systems, Optoelectronic elements.**ВЪВЕДЕНИЕ**

Светодиодите са малки, но мощни полупроводникови оптоелектронни елементи предлагащи редица предимства пред традиционните източници на светлина, като крушките с нажежаема жичка и флуоресцентните лампи [4,5].

Основното им предимство е високата енергийна ефективност, което води до значителни икономии на електроенергия и намалено въздействие върху околната среда. Светодиодите произвеждат повече светлина при по-малко консумирана енергия, което ги прави идеален избор за домашно, офис или улично осветление.

Една от най-значимата им и важна характеристика е тяхната дълготрайност. Те могат да работят десетки хиляди часове без значителна загуба на яркост.

Това ги прави изключително икономически изгодни в дългосрочен план [4,5].

Светодиодите предлагат разнообразие от цветови температури, което позволява персонализирано осветление, способно да създаде различни настроения и атмосфери в различни среди. Тази гъвкавост ги прави подходящи за широк спектър от приложения.

Технологичният напредък в областта на светодиодите продължава да разширява техните възможности. Днес те намират своето приложение не само в осветлението, но и в дисплеите на мобилни устройства, телевизори и дори в автомобилните фарове. Светодиодите са устойчиви на удари и вибрации, което ги прави подходящи за използване в различни условия, включително външни среди и промишлени приложения.

Имайки предимството да могат да бъдат включвани и изключвани много пъти без да губят своята ефективност или да се повредят и мигновенните им реакции им позволяват използването им в системи за димиране и контрол на яркостта. Освен това, светодиодите не съдържат вредни вещества като живак, които се срещат в някои други източници на светлина, което ги прави по-безопасен и екологичен избор.

Светодиодите вече не са просто източник на светлина, а важен компонент в индустриалното бъдеще на енергийна ефективност, комуникации и автоматизация [5].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Светодиодите представляват специален тип полупроводникови диоди, чиито волт-амперни характеристики определят тяхното поведение в електрическите вериги. Основната особеност на тези характеристики е нелинейната връзка между приложеното напрежение и протичащия ток през устройството [1,3].

Физическата основа на това поведение се корени в структурата на pn прехода. Когато напрежението е под определена критична стойност, енергийната бариера на прехода не позволява значително преминаване на носителите на заряда. В този режим токът остава в диапазона на микроамперите и светодиода не показва видима светлина.

Критичният момент настъпва при достигане на праговото напрежение, което варира според използваните полупроводникови материали. За светодиодите базирани на галиев арсенид (GaAs) праговото напрежение е относително ниско - около 1,6V-1,8V. Материалите с поширока забранена зона като (GaP) галиев фосфид изискват 2,0V-2,4V, докато цялата нитридна структура за сини и бели светодиоди работят при 3V-3,6V [1,3].

След превишаване на прага характеристиката претърпява драматична промяна. Токът започва да нараства по експоненциален закон, който означава, че дори минимални увеличения на напрежението водят до многократно нарастване на тока. Този стръмен участък е работната област на светодиода, където се постига ефективната електролуминесценция.

Практическите последици от тази стръмна характеристика са съществени за проектирането на осветителни системи.

Директното свързване на светодиода към източника на напрежение би довело до неконтролируемо нарастване на потока и повреда на устройството.

Поради това се налага комбинацията от токостабилизиращи елементи, като ре-

зистори, линейни регулатори или импулсни драйвери.

Температурната зависимост добавя допълнителна сложност към управлението. При повишаване на температурата праговото напрежение намалява, което при постоянно приложено напрежение води до увеличаване на тока. Това създава положителна обратна връзка, т.е. повишият ток генерира повече топлина, която допълнително намалява прага и увеличава тока. Този ефект изисква изключително термично управление при мощните светодиодни приложения.

Диференциалното съпротивление на светодиода е ключова физична величина, която определя как устройството реагира на малки промени в приложеното напрежение. Тази характеристика не само описва локалното поведение на волт-амперната крива, но и разкрива фундаменталните принципи на работа на полупроводниковия преход.

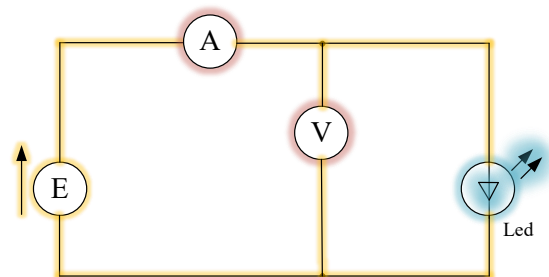
То показва, колко силно реагира светодиодът на малки промени в захранващото напрежение. Измерва степента на нелинейност на светодиода и определя неговата чувствителност към колебания в захранването.

С други думи, то ни казва доколко светлинният поток на светодиода ще се промени при малка промяна в подаваното му напрежение.

Определя се, чрез израза

$$rd = \frac{dU}{dI}, \Omega \quad (1)$$

ПРИНЦИПНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА СХЕМА



Фиг.1. Електрическа схема за изследване на волт-амперните характеристики на светодиоди

На фиг.1. е показана принципната електрическа схема за измерване на волт-амперната характеристика на различни светодиоди. Схемата се състои от източник на променливо напрежение (E), волтметър (V), който измерва напрежението на светодиода, амперметър (A), който измерва тока през светодиода и светодиод (Led), чиито характеристики ще се измерват.

Принципът на работа е следният:

При промяна на напрежението от захранващия източник (E), се наблюдава промяната в показанията на волтметъра (V) (напрежение на светодиода) и амперметъра (A) (ток през светодиода).

Волтметърът е свързан паралелно на светодиода за да измери точното напрежение на неговите краища, а амперметърът е включен последователно във веригата за да измери тока.

Провеждайки серия от измервания при различни стойности на захранващото напрежение, можем да построим волт-амперната характеристика на светодиода, чиято графика показваща зависимостта $I = f(V)$.

Първоначално при ниски напрежения токът ще бъде близо до нула. При достигане на праговото напрежение (различно за различните светодиоди), токът ще започне рязко да нараства и светодиодът ще започне да свети.

Тази експериментална схема е основният начин за определяне на електрическите параметри на светодиода включително праговото напрежение, работния ток и неговото диференциално съпротивление.

Температурата е един от най-важните фактори, които могат да развалят точността на измерванията при изследване на светодиоди. Нейното влияние се проявява по няколко начина, които усложняват експеримента.

Първият и най-очевиден проблем е промяната в праговото напрежение.

Когато температурата нараства, праговото напрежение намалява приблизително

с $2\text{mV}/^\circ\text{C}$. Това означава, че ако започнете измерването при 20°C , а лабораторията се загрее до 30°C , праговото напрежение ще се намали с около 20 миливолта.

Вторият проблем идва от самия светодиод.

Докато се извършват измерванията, той работи и се загрява от протичащия ток през него. Дори при умерени токове температурата му може да се вдигне с $10\text{--}15^\circ\text{C}$ над стайната. Това загряване ще доведе до промяна на характеристиката.

Третият проблем засяга диференциалното съпротивление, което също се променя с температурата. При по-висока температура то нараства, което променя формата на характеристиката в работната област. Това влияе особено на измерванията при високи токове [4,5].

Стандартната температура за изследване на светодиоди е 25°C (298K). Това е международно приетата референтна температура за характеризиране на полупроводникови устройства.

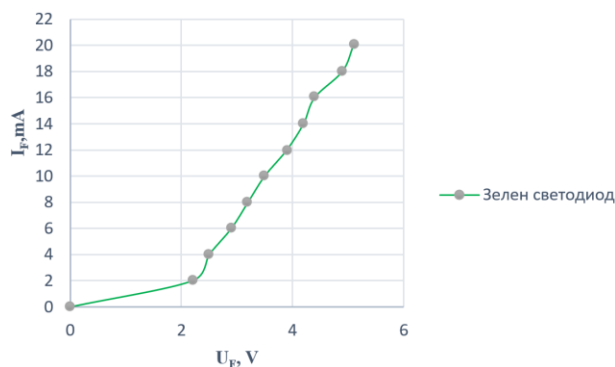
Тази температура е избрана като компромис между стайната температура в повечето лаборатории и необходимостта от стандартизация. Повечето технически спецификации на светодиоди се дават при тази температура, което позволява директно сравнение на резултатите.

За прецизни измервания температурата трябва да се поддържа в диапазона $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$. За учебни цели е приемлив толеранс от $\pm 2\text{--}3^\circ\text{C}$, но при по-големи отклонения резултатите стават ненадеждни [4,5].

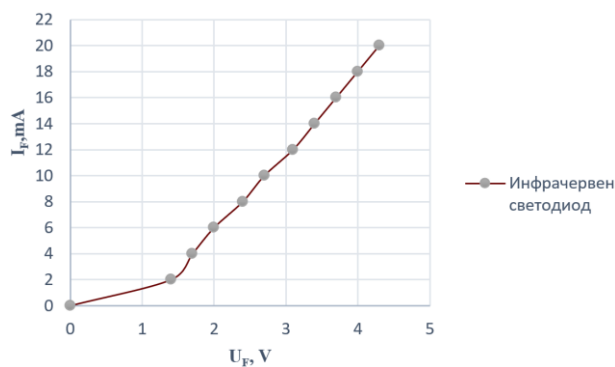
Температурата трябва да се измерва близо до светодиода (в радиус от 2-3 см), а не просто стайната температура.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

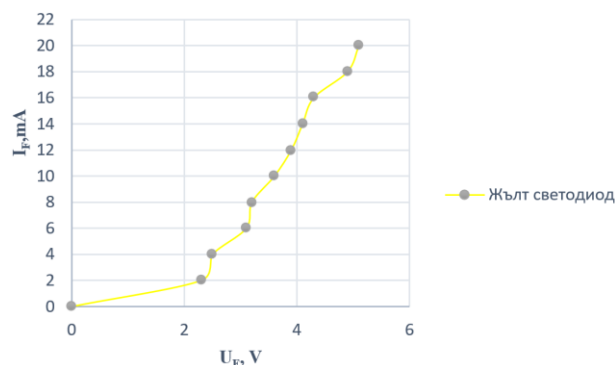
За провеждане на експерименталните резултати са използвани различни цвят светодиоди. Техните волт-амперни характеристики са показани на фигурите от 1 до 5.



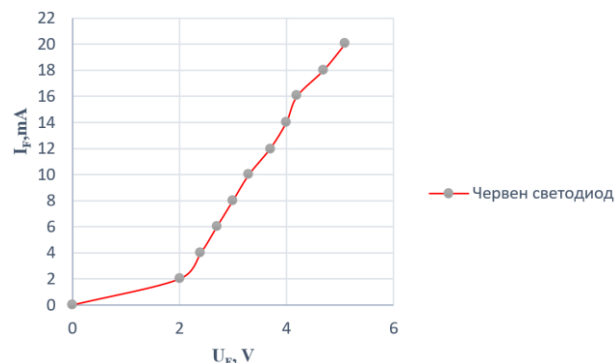
Фиг.1. Волт-амперна характеристика на зелен светодиод



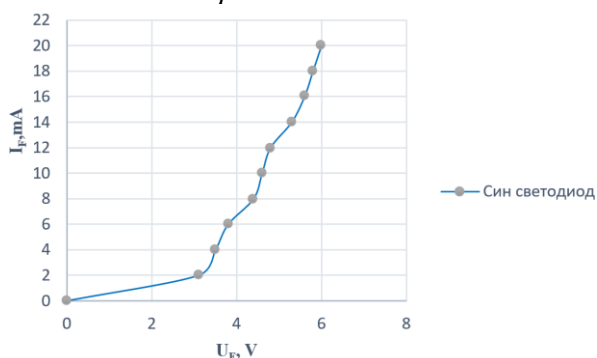
Фиг.5. Волт-амперна характеристика на инфрачервен светодиод



Фиг.2. Волт-амперна характеристика на жълт светодиод



Фиг.3. Волт-амперна характеристика на червен светодиод



Фиг.4. Волт-амперна характеристика на син светодиод

Анализът на показаните волт-амперните характеристики, разкрива типичното свойствено поведение за светодиоди, които работят в различни спектрални области.

Всички изследвани светодиоди проявяват ясно изразена експоненциална взаимозависимост между протичащия ток и приложеното напрежение. Това поведение е характерно и очаквано за полупроводникови елементи с p-n преходи.

Различните спектрални диапазони на светодиодите, са резултат от използването на различни полупроводникови материали и легиращи примеси.

Всеки материал има своя характерна енергия на забранената зона, което води до различни прагови напрежения и съответно различни цветове на излъчване. Наблюдаваните волт-амперни характеристики потвърждават качеството и правилното функциониране на изследваните светодиоди.

Широчината на забранената зона ΔW на полупроводниковия материал от, който е направен съответният светодиод е обратно пропорционална на дължината на вълната $\lambda_{\max}$ и се изчислява с изказа:

$$\Delta W = \frac{1240}{\lambda_{\max}}, \quad (2)$$

а максималната разсейвана мощност се дава с изказа :

$$P = U_{F_{\max}} \cdot I_{F_{\max}} \quad (3)$$

В таблица 1 са представени, техническите параметри на изследваните светодиоди.

Таблица 1

Параметър	Зелен светодиод	Жълт светодиод	Червен светодиод	Син светодиод	Инфракчервен светодиод
Дължина на вълната (nm)	560	590	630	470	940
Напрежение при ток 10mA (V)	3,5	3,6	3,3	4,6	2,7
Напрежение при ток 20mA (V)	5,1	5,1	5	6	4,3
Диференциално съпротивление (Ω)	160	150	150	140	160
Максимална разсейвана мощност (mW)	102	102	100	120	86
Ширина на забранената зона (eV)	~2,14	~2,10	~1,96	~2,63	~1,31

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените експериментални изследвания на различните светодиоди, показват характерни волт-амперни характеристики за различните области на електромагнитния спектър.

От таблица 1 се вижда, че инфрачервеният светодиод се отличава с най-ниска електрическа консумация, докато синият притежава най-високи работни напрежения за нормална работа.

Причината е във физическите свойства на полупроводниковия материал или по – точно, синият светодиод има по-голяма ширина на забранената зона от останалите светодиоди.

Докладът е във връзка с проект № НИП2025-3 на тема „Гама демонстрационни макети за фотофолтаични и ветрогенераторни електрически системи“ към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Draganov, N. Single-chip Electronic Converter for LED Backlight Contron in Modern Widescreen Displays. Science conference TechCo - Lovech 2020, July, 17, Lovech, Bulgaria, 2020, p-p: 23-29, ISSN 2535-079X
- [2] Floyd, L. T. Electronic Devices. Second edition. Macmillan Publishing Company, New York, USA, 1988, ISBN 87-61393.
- [3] Draganov, N., G. Mihailov, P. Velichkov. Infrared air visibility sensor system. Science Conference TechCo – 2024, June, 28, Lovech, Bulgaria, 2024, p: 60-64, ISSN 2535-079x
- [4] Александров, А. Електронни полупроводникови елементи. Изд. ЕКС-ПРЕС Габрово, 2012.
- [5] Драганов, Н. Сензори. Принципи, устройство, технологии, характеристики параметри приложения. Първа част. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2014, ISBN 978-954-490-435-7.

ИМПУЛСНО ЗАРЕЖДАНЕ НА АКУМУЛАТОР
ОТ ФОТОВОЛТАИЧЕН ПАНЕЛ

PULSE CHARGING OF A BATTERY FROM A PHOTOVOLTAIC PANEL

Svetoslav Cvetanov Ivanov

Technical University of Sofia, branch Plovdiv

E-mail: etehev@gmail.com

Yanka Nikolova Ivanova

Trakia University Stara Zagora

E-mail: yankakiss777@yahoo.com

Abstract

В предложения доклад е показана схема на проектиран импулсен захранващ източник за зареждане на Li-Ion акумулаторна батерия. Зарядният ток за акумулатора е с формата на правоъгълни токови импулси, които се генерират от вторичната намотка на импулсен преобразувател с обратно предаване на енергия. Амплитудната стойност на токовете импулси може да се регулира в зависимост от изменението на изходната мощност на фотоволтаичния панел и във функция от напрежението на акумулаторната батерия. В статията са представени резултати от направени симулационни и експериментални изследвания. Предложеното импулсно зарядно устройство е подходящо за зареждане на акумулаторни батерии за захранване на сензорни устройства с автономно захранване.

Keywords: Battery charger, Lithium-ion battery, Solar photovoltaic, Buck converters, Pulse width modulation, Voltage control

ВЪВЕДЕНИЕ

Фотоволтаичната (PV) система е една от най-надеждните, ефективни и икономични системи за възобновяема енергия, използвани в световен мащаб. Тази система има дълъг живот, ниски разходи за поддръжка и не замърсява. Фотоволтаичната система за производство се използва широко в самостоятелни или мрежови или хибридни системи [1]. V-I и P-I характеристики на фотоволтаичната клетка са нелинейни по природа и електрическата енергия, генерирана от фотоволтаичната клетка, зависи от слънчевата светлина и температурата на околната среда [2]. За извличане на максимална мощност от фотоволтаичната клетка при различни метеорологични условия се използва алгоритъм за проследяване на точката на максимална мощност (MPPT). Батерията е електрохимично устройство, което преобразува химическата енергия в електри-

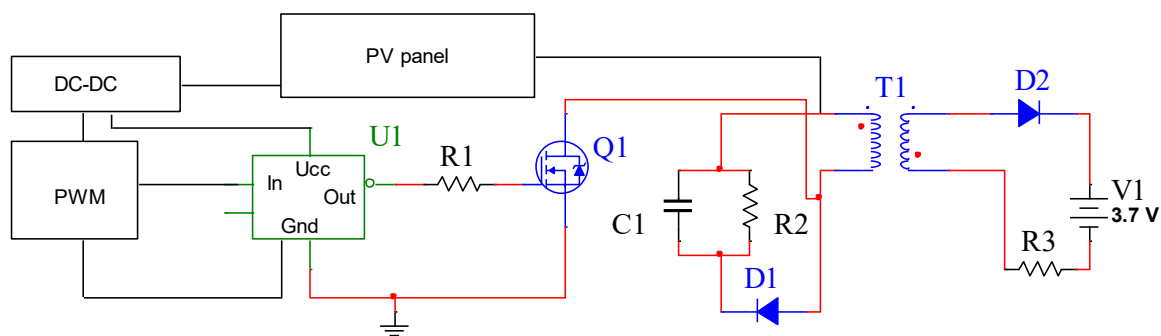
ческа чрез процес на електрохимично окисляване [3]. Батерията е една от основните части на фотоволтаичната система, тъй като работи като спомагателен източник. Системата за управление на батерията е значителен изследователски интерес, където е проучено цялостното състояние на батерията, зареждането и разреждането на батерията. Някои от широко използваните батерии са оловно-киселинна, литиево-йонна батерия, никел-кадмиева (Ni-Cd), никел-метал-хидридна (Ni-MH) и никел-желязна батерия [4]. В системата за управление на батерията се използва превключващ преобразувател на мощност за зареждане на батерията. Преобразувателят от повишаващ тип и друга топология на повишаващия преобразувател се използват, когато напрежението на батерията е по-високо от напрежението на фотоволтаичния панел [5]. Понижаващият преобразувател се

използва, когато напрежението на батерията е по-ниско от фотоволтаичния панел [6]. Изследователите също така използват понижаващ-повишаващ преобразувател [7] и преобразувател SEPIC [8] за приложение на зарядно устройство за слънчеви батерии.

Целта на тази статия е да се изследва метода на импулсно зареждане на Li-ion акумулатор с импулсен преобразувател с обратно предаване на енергия. Изследвана е възможността за директно зареждане на акумулатора с токови импулси, генерирани от вторичната намотка на импулсен трансформатор. Захранващото напрежение за преобразувателя трябва да се осигурява от фотоволтаичен панел, като се направят експерименти с цел намаляване големината на консумирания ток и на времето за зареждане.

Проектиране на схема на импулсен преобразувател с обратно предаване на енергия

За провеждане на изследванията е проектиран импулсен стабилизатор на



Фиг.1. Принципна схема на проектирания импулсен преобразувател

За захранващ източник е използван фотоволтаичен панел LDV-20W. Основните параметри на панела са следните:

- $P_{am} = 20W$;
- $V_{mp} = 18V$;
- $I_{mp} = 1,11A$.

Управляващите импулси за транзистора Q1 имат стойност 12V. При направените изследвания коефициента на запълване на импулсите е променян в ин-

напрежение захранван от изхода на фотоволтаичен панел. Като ключов елемент за захранване на първичната намотка на импулсния трансформатор T1 е включен MOSFET – Q1. За съгласуване на изхода на генератора на правоъгълни импулси с входната верига на транзистора е включена драйверна схема U1. Добавена е допълнителна верига за разреждане на първичната намотка на трансформатора C1, R2 и D1. Вторичната намотка на трансформатора T1 генерира токови импулси при изключване на транзистора Q1 и зарежда акумулаторната батерия V1. Управляващите импулси на изхода на широчинно-импулсния модулатор (ШИМ) имат честота $f = 60kHz$. Принципната схема на проектирания преобразувател е показана на фиг.1.

За генератор на широчинно-модулирани импулси е избрана интегралната схема SG 3524. Захранващото напрежение за генератора (PWM), а също и за драйверната схема U1 се осигурява от маломощен DC-DC преобразувател.

тервала от 10 до 25%. Драйверната схема за управление на транзистора е TC4422. Импулсният трансформатор е Ш – образен с феритна сърцевина E 65/32/27. Спазвайки равенството между произведенията ампер по навивки на първичната и на вторичната намотки на трансформатора, в този случай е избрано отношението 3,5 и в резултат от това токът във вторичната намотка достига 3,5 пъти по-голяма стойност в сравнение с първичната намотка. За експериментите е изб-

ран акумулатор с напрежение 3,7V и капацитет 3400mA/h.

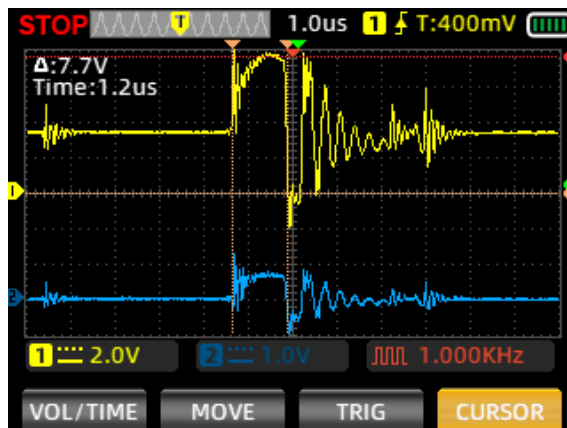
Експериментално изследване на процеса на зареждане на акумулатора

Експерименталните изследвания на импулсния захранващ източник за зареждане на акумулаторната батерия са проведени в лабораторни условия. Захранващото напрежение за преобразувателя е поддържано равно на изходното напрежение на фотоволтаичния панел при генериране на максимална мощност 18V. Ключовият транзистор Q1 е управляван с правоъгълни импулси с честота 60 kHz и коефициент на запълване $D = 20\%$. Снимка на опитната постановка е показана на фиг.2.



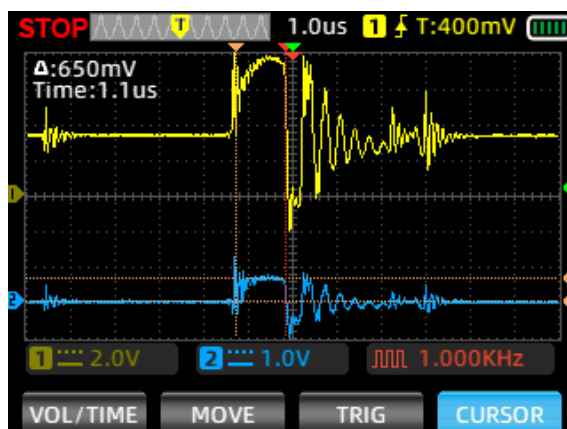
Фиг.2. Снимка на опитната постановка

Избраният метод за управление на трансформатора е с обратно предаване на енергия. Натрупаната магнитна енергия в трансформатора се преобразува в зареждащ импулс за акумулатора като напрежението достига стойност 7,7 V с продължителност на импулса 1.1 μs (лъч 1 на осцилограмата).



Фиг. 3. Зареждащ импулс за акумулатора

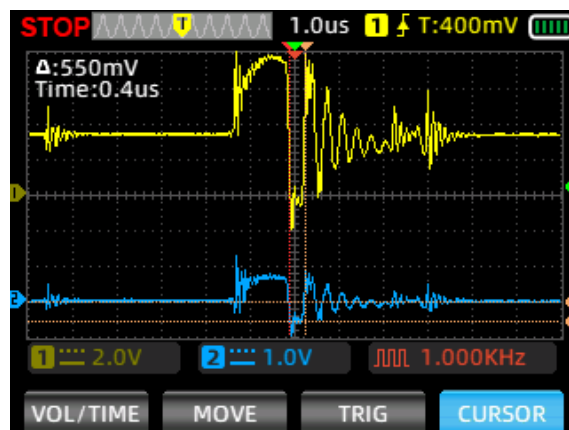
Амплитудната стойност на зарядния ток по време на зареждане измерена като пад от напрежение върху резистор със стойност 1Ω е равна на 6,5 A с продължителност на токовия импулс 1,1 μs (лъч 2 на осцилограмата).



Фиг. 4. Зареждащ токов импулс за акумулатора

Положителния ефект който се получава вследствие от взаимодействието между първичната и вторичната намотка на трансформатора е генерирането на разреждащ импулс с отрицателна полярност за кратко време след продължителния зареждащ импулс за акумулатора. От осцилограмата на фигура 5 (лъч 2 на осцилограмата) може да се определи продължителността на разрядния импулс 400 ns, а големината на разрядния ток достига стойност 5,5A. Процесът на зареждане на акумулатора с изменение на напрежението е показан на графиката

от фигура 6. Температурата на акумулатора в началото на зареждане е $27,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а края на зарядния процес е достигнала стойност $29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Целият процес на зареждане приключи за време равно 1 час и 30 минути. Консумираният ток от захранващия източник на напрежение е с почти постоянна стойност от 270 mA.



Фиг. 5. Разреждащ токов импулс за акумулатора

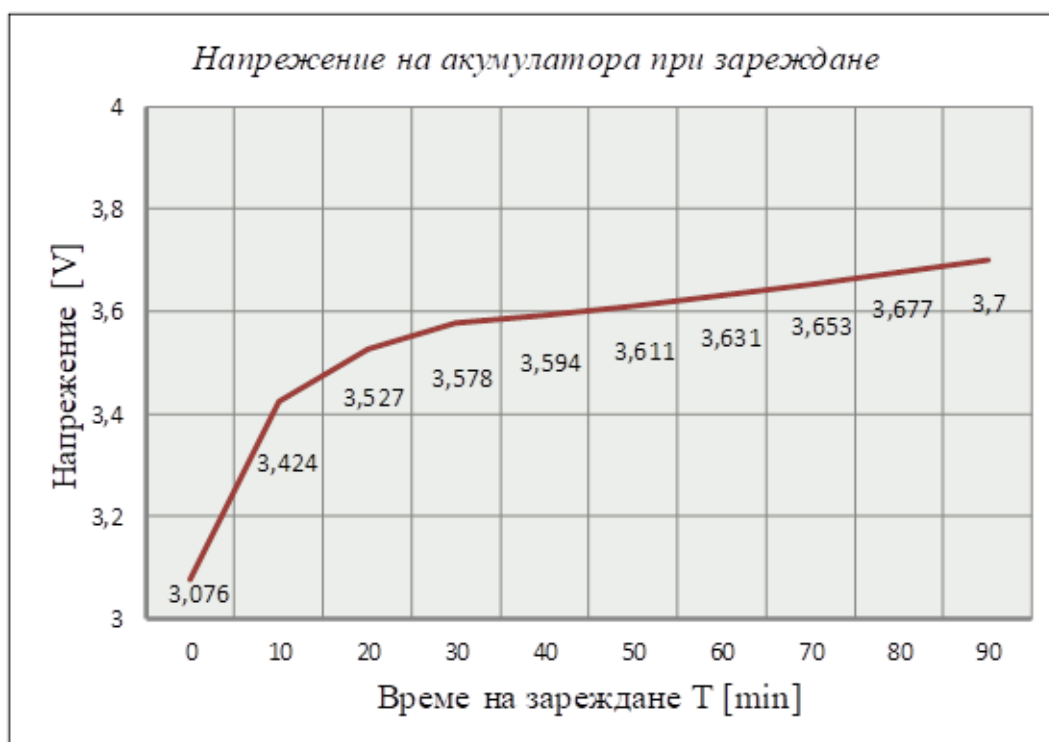


Fig. 6. Напрежението на акумулатора в процеса на зареждане

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от изследването на проектираното импулсно зарядно устройство дават възможност да бъде захранвано от фотоволтаичен панел с изходна мощност 20W дори и при слаба слънчева активност. Консумираната мощност от преобразувателя на зарядното устройство е 5,4W. С промяна на коефициента на

запълване на управляващите импулси може да се променя и големината на зарядния ток и зареждане и на други акумулатори с по-високо изходно напрежение и по-голям капацитет. За сравнение с данни извести в литературата, за изследвания в тази статия акумулатор е необходимо време от 1 час и 45 минути и постоянен ток 2A за пълното му зареждане с конвенционален драйвер. Предложеният метод и устройство с обратно

предаване на енергия може да бъде полезно за зареждане на акумулатори директно от изхода на фотоволтаични панели. С промяна на коефициента на запълване на импулсите системата за управление може да съгласува консумираната мощност от панела с максималния добив на енергия във функция от слънчевата светлина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mohapatra D., S. Padhee and J. Jena, "Design of Solar Powered Battery Charger: An Experimental Verification," 2018 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS), Bhopal, India, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/SCEECS.2018.8546929.
- [2] V.Vaideeswaran and S.Bhuvanesh, "Battery Management Systems for Electric Vehicles using Lithium Ion Batteries," 2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT), Vellore, India, 2019, pp. 1-9, doi:10.1109/i-PACT44901.2019.8959965.
- [3] T. L. Gibson and N. A. Kelly, "Solar photovoltaic charging of lithium-ion batteries," 2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, Dearborn, MI, USA, 2009, pp. 310-316, doi: 10.1109/VPPC.2009.5289834.
- [4] Pan J., C. Wang and F. Hong, "Research of photovoltaic charging system with maximum power point tracking," 2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments, Beijing, China, 2009, pp. 4-478-4-481, doi: 10.1109/ICEMI.2009.5274013.
- [5] Singh P., Sujil A. and P. Kumar, "Analysis and comparison of batteries charging time for stand alone photovoltaic system," 2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS), New Delhi, India, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICPES.2016.7584123.
- [6] T. Y. Hee and M. M. Isa, "Design of a mini solar power system," 2009 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), Serdang, Malaysia, 2009, pp. 300-302, doi: 10.1109/SCORED.2009.5443015.
- [7] Fathabadi H., "Novel photovoltaic based battery charger including novel high efficiency step-up dc/dc converter and novel high accurate fast maximum power point tracking controller," *Energy Conversion and Management*, vol. 110, pp. 200–211, 2016.
- [8] Switching power supply design, Abraham I. Pressman, Keith Billings, Taylor Morey, 3rd Edition, 2009 by The McGraw-Hill Companies, ISBN: 978-0-07-159432-5.

ЕЛЕКТРОНЕН ДВУЗОНОВ ТЕРМОМЕТЪР

DUAL ZONE ELECTRONIC THERMOMETER

Svetomir Asenov

Technical university of Gabrovo
Technical collage of Lovech

Nikola Draganov

Technical university of Gabrovo
Technical collage of Lovech**Abstract**

Information about the ambient temperature is of utmost importance not only for maintaining various technological processes, but also for managing air-conditioning installations and centrals. There are various methods and means for measuring temperature. Electronic thermometers have widely entered the field of temperature measurements.

The report presents the development of an electronic thermometer that allows measuring the temperature in the room in which it is located and outside the building. The thermometer displays the measured temperature data on the same seven-segment LED indicator.

Keywords: temperature measurement, temperature sensors, digital thermometers.

ВЪВЕДЕНИЕ

Все по-широко е навлизането на сензорната техника и оптоелектрониката, както в научната дейност, така и в промишлеността, медицината и бита на човек [2, 3, 4, 5]. Едно от най-често срещаните приложения е преобразуването и измерването на температурата, защото тя е навсякъде около нас и основна характеристика на всеки обект или пространство [1].

Съществуват различни методи и средства за измерване на температурата. Всички те са подробно описани в различни трудове [1].

С развитието на електрониката и измервателната техника, възникна необходимост да се търсят и прилагат по-конвенционални решения на сензори за измерване и преобразуване на температурата в електрически сигнал. Стандартните електромеханични преобразуватели все повече отстъпват на електронните сензори – терморезистори, термистори, пироелектрици и дори стандартни полупроводникови диоди и биполярни транзистори. От една страна, всички те имат своите предимства и недостатъци като тесен измервателен обхват, твърде малък или твърде голям наклон на преобразувателната характеристика, необходимост от включване в измервателен мост, той пък от своя страна трябва да

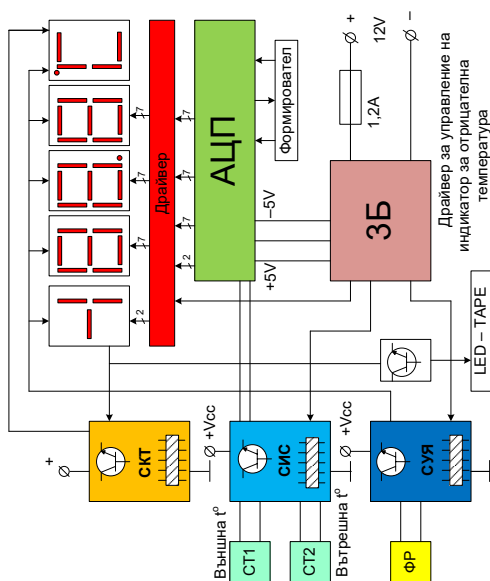
бъде с компенсация на проводниците и температурата и т.н. [1].

От друга страна, съвсем по друг начин стоят въпросите със смущенията, температурния капацитет на сензора, коефициентът на топлопредаване и т.н. [1]. Електронните термометри намират все по-широко приложение в практиката поради възможността им да представят информацията в цифров вид, което от своя страна улеснява нейното въвеждане и обработване от други цифрови устройства. Разбира се, че правилното конфигуриране на подходящ сензорен елемент с подходящ преобразувател на сигнал е предимство, тъй като се избягва включването на допълнителни схеми и електронни компоненти за настройка, компенсация или калибриране. Те от своя страна вкарват допълнителни смущения, усложняват и оскъпяват устройството – изделието [1].

Целта на настоящия доклад е да представи разработката на електронен цифров термометър, способен да измерва температурата на две независими зони, изписвайки информацията върху един и същ пет разряден светодиоден седемсегментен дисплей. Термометърът е разработен на базата на интегрален аналогово-цифров преобразувател със сензор – биполярен транзистор.

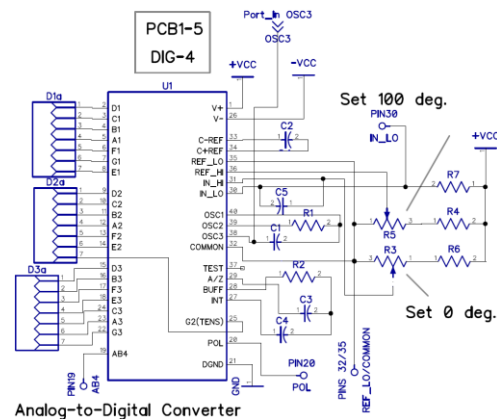
ИЗЛОЖЕНИЕ

Блоквата схема на разработеното устройство е представена на фиг. 1. Основен блок в нея е аналогово-цифровият преобразувател (АЦП). Той е изграден на базата на специализирана интегрална схема ICL7107, представляваща аналогово-цифров преобразувател с възможност за управление на 3,5 разрядна седемсегментна светодиодна индикация [6]. Блок формирова̀тел, определя тактовата честота на АЦП, времето за опресняване на индикацията и функцията на преобразуване на входния сигнал. Драйверът получава сигналите от АЦП за управление на седемсегментните цифрови индикатори и ги усилва, така че да може да ги захрани. Температурата в отделните зони се следи от два идентични сензора за температура – СТ1 и СТ2, съответно за външна и вътрешна температура. Схемата за избор на сензор СИС избира от кой сензор и за какво време да подава информация към АЦП. Индикация за това кой сензор е избран за преобразуване е мигането на символът за градуси в последния индикатор „°C“. Той се управлява от схемата за контрол на точката (СКТ). За по-добра енергийна ефективност е включена схема за управление на яркостта (СУЯ) на цифровите индикатори, която чрез фоторезистора ФР следи околната осветеност и регулира яркостта на светене.

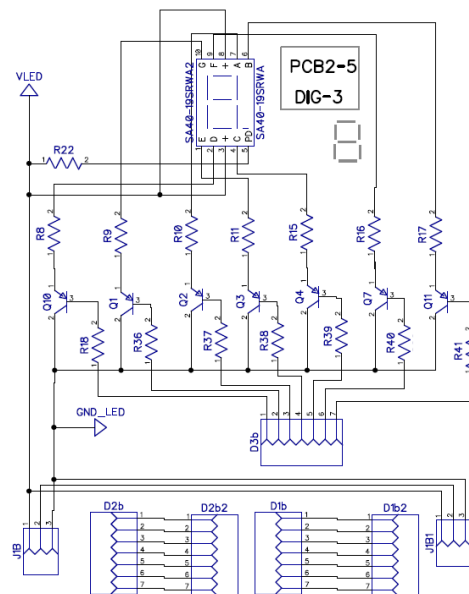


Фиг. 1. Блокова схема на двузонов термометър

Принципната електрическа схема на блок АЦП е показана на фиг.2. Както се вижда от нея сигналите от сензорите постъпват на изводи 30 и 32 на интегралната схема U1. Посредством тример-потенциометрите R3 и R5 се осъществява настройка на преобразувателната характеристика за две еталонни стойности на температурата.



Фиг. 2. Принципна схема на блок АЦП

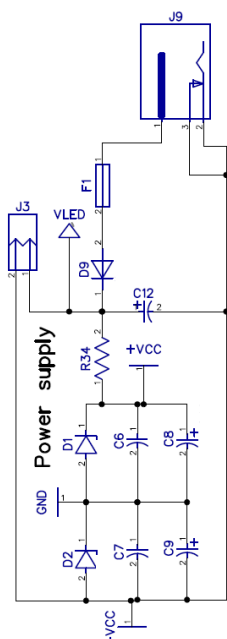


Фиг. 3. Принципна схема на цифра 3

Блок АЦП управлява посредством четири терминала четири седемсегментни светодиодни индикатора. Сигнали за тях се получават на изводите A1-G1 за най-младшия разряд, A2-G2 за единиците и A1-G1 за десетиците. За стотиците индикацията получава сигнал от извод АВ4 – извод 19 на интегралната схема U1.

Принципната електрическа схема на всеки от индикаторите, показващи стотни, единици, десетици и стотици, т.е. стандартните за управление от АЦП, е една и съща. Затова на фиг.3 е показана принципната електрическа схема само на цифра 3 от индикацията, индикираща десетиците. Тя се състои от седемсегментния светодиоден индикатор, тип SA40-19SRWA2 [8], който е общ анод (OA) и драйверните транзистори Q1-Q4, Q7, Q10 и Q11.

Разбира се, за да се осигури номиналният ток през светодиодните сегменти е необходимо да се изберат подходящи стойности на съпротивленията в емитерните и базовите вериги на всеки от транзисторите. За тази цел е известно от документацията на SA40-19SRWA2 [8], че за да свети нормално всеки от сегментите е необходим ток $I_{FS} = 20\text{mA}$, а за десетичната точка $I_{FP} = 10\text{mA}$.



Фиг. 4. Принципна схема на захранващия блок

Следователно, за стойностите на резисторите в емитерните вериги може да се запише:

$$R_C = \frac{U_S - U_{CE}}{I_F} = \frac{12 - 7,5}{0,02} = 225\Omega, \quad (1)$$

където: U_S – захранващо напрежение на схемата.

Следователно, всички резистори, включени в емитерните вериги на транзисторите, управляващи сегментите са със стойност на съпротивлението $220\Omega/0,125\text{W}$. По аналогичен начин се определя и стойността на резистора в емитерната верига на транзисторът, който управлява десетичната точка – 450Ω . Стойностите резисторите в базовите вериги се определят от изходното напрежение, получено от пиновете U1 и типа на транзисторите, които ще се използват за управление на мощните сегменти на светодиодните индикатори. В случая транзисторите се избират, тип PNP, тъй като индикаторите са общ анод. Максималният ток през тях трябва да е $I_{CMAX} \geq I_{FS}$, т.е. 20mA . Така, например, ако изберем транзистори BCX53 [7], при изходно напрежение от изводите на U1 – $U_{ODAC} = 3\text{V}$ и $\beta=100$, то за I_B се получава:

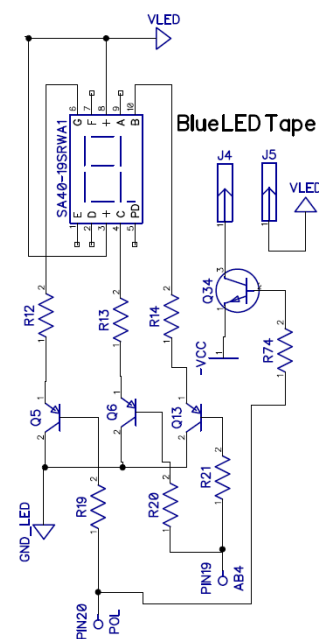
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0,02}{100} = 20\mu\text{A}, \quad (2)$$

а за резистора в базата:

$$R_B = \frac{U_{ODAC} - U_{BE}}{I_B} = \frac{3 - 0,7}{200 \cdot 10^{-6}} = 11,5\text{k}\Omega. \quad (3)$$

За правилната работа на схемата е добавен захранващ блок ЗБ, който има за цел да стабилизира захранващото напрежение от външният захранващ източник (12V) и да го раздели на двуполярно захранващо напрежение $\pm 5\text{V}$. Двуполярното захранващо напрежение се изисква от АЦП (U1).

Принципната електрическа схема на захранващия блок е показана на фиг. 4. Както се вижда от нея, плюсьт на постъпващото захранващо напрежение, през конектор J9, преминава през предпазителя F1, диодът D9, мощният резистор R34 и постъпва на катода на центровия



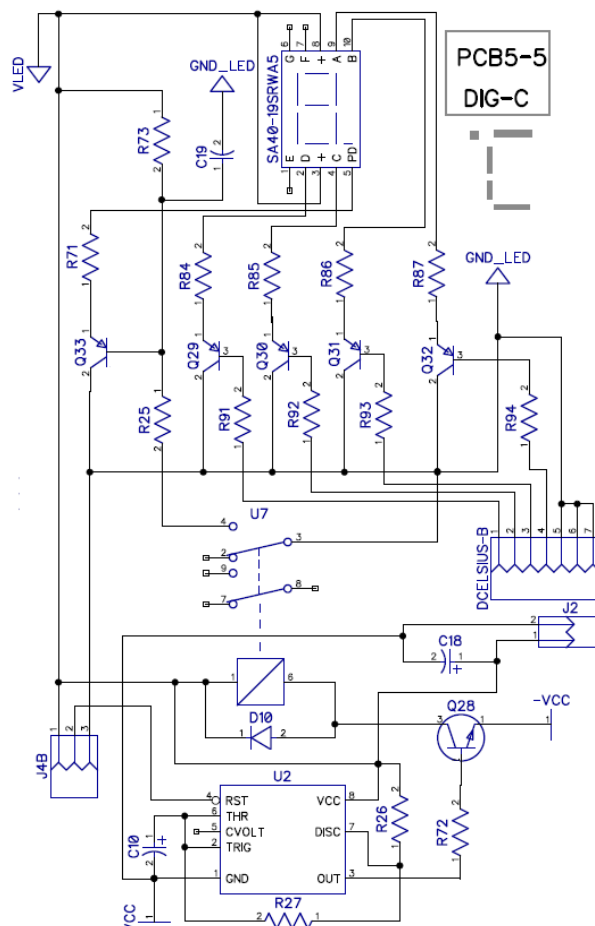
Фиг. 5. Принципна схема за изписване на символи „-“, „и“, „1“ в първи разряд

стабилитрон D1. Последният, заедно с D2 са еднакви ($U_Z=5,1V$) и са включени последователно по между си и паралелно на външния източник на напрежение. На междинната точка между двата стабилитрона се получава маса (GND) на захранването на U1.

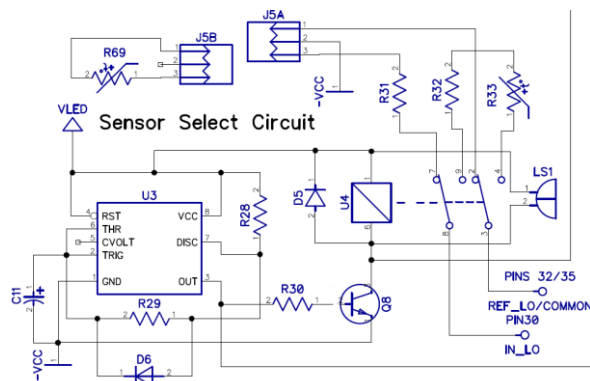
Тъй като консумацията на устройството е динамична, което предполага различна консумация и спад в захранващото напрежение, затова паралелно на входа, преди ценовата група е включен електролитният кондензатор C12, който има поддържаща функция.

Особеност, продиктувана от изработката е равномерното разпределение на електронните компоненти от схемата. Например, изписването на знак минус , при измерване на отрицателна температура, и единица  при измерване на температура над $100^{\circ}C$, се извършва с първият сегмент (фиг.1). Затова принципната схема на символи  и  е показана на фиг. 5.

По аналогия на електронната схема на първия сегмент се разработва и тази на последния, който ще изписва символът за градус Целзий . Цялата електронна схема заедно със СКТ се проектират върху една печатна платка. Принципната електрическа схема на последният сегмент е показана на фиг. 6. Както се вижда от нея управлението на сегментите е аналогично на това на другите разряди. Особеното при тази схема е управлението на кръгчето „“, което премигва, когато се измерва външната температура. СКТ представлява стандартна схема на автоколебателен мултивибратор, реализиран с интегрална схема U2 (NE555). Запускането на U2 се осъществява по сигнал на СИС за външна и вътрешна температура (СТ1 и СТ2), фиг. 7.



Фиг. 6. Принципна схема за изписване на символ „ $^{\circ}C$ “ в пети разряд



Фиг. 7. Схема за избор на сензор

Схемата за избор на сензор СИС е реализирана също с интегрален генератор U3 – NE555 в автоколебателен режим. Времеподаващите елементи C11, R28 и R29 в схемата за избор на сензор са така избрани, че един период на генерирания сигнал да е с времетраене 30s, т.е. 15s ще се измерва температурата от сензора R33

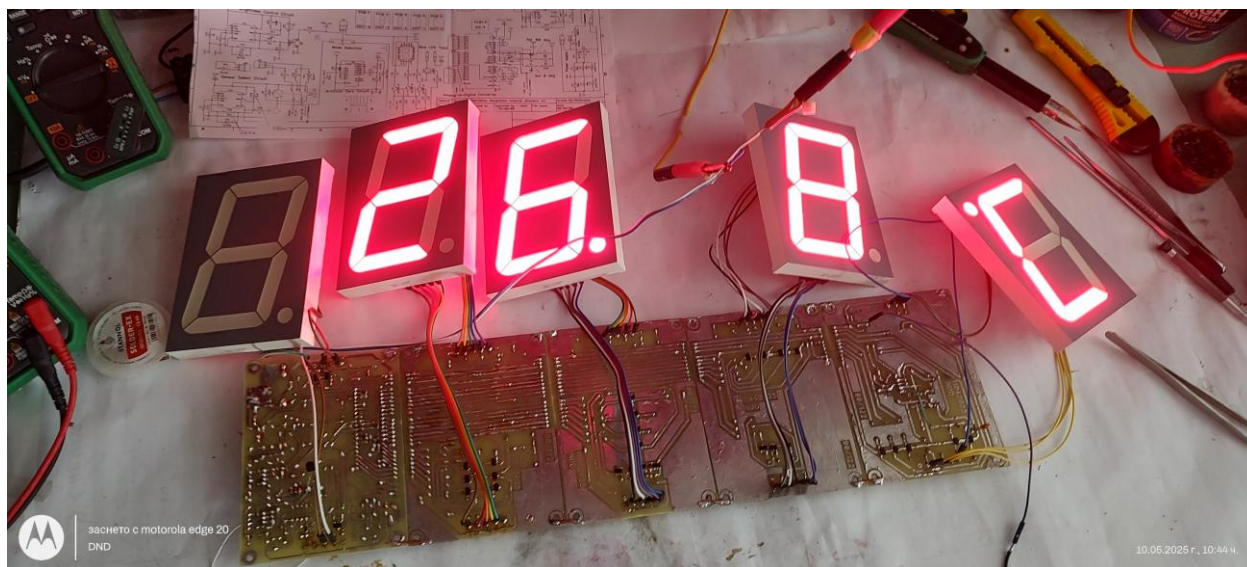
(СТ2-вътрешен) и 15s ще се измерва температурата от сензора R69 (СТ1-външен). От извод 3 на U3 се взима управляващ сигнал за запускане на U2 по вход 4 (виж фиг. 6).

При работа на електронния термометър най-голяма е консумацията на седемсегментните светодиодни индикатори SA40-19SRWA2. Всеки индикатор консумира по 140mA при положение, че са активни всички седем сегмента. На практика това означава да се изписва **888.8°C**. Такова показание е невъзможно. С цел презапасяване по ток на компонентите в изчисленията се взема максималната консумация – в случая 140mA. Първият индикатор, обаче, използва само три сегмента, а последният само четири. Така, ефективно използваните сегменти от всичките пет индикатора са двадесет и осем, чиято максимална консумация е 560mA.

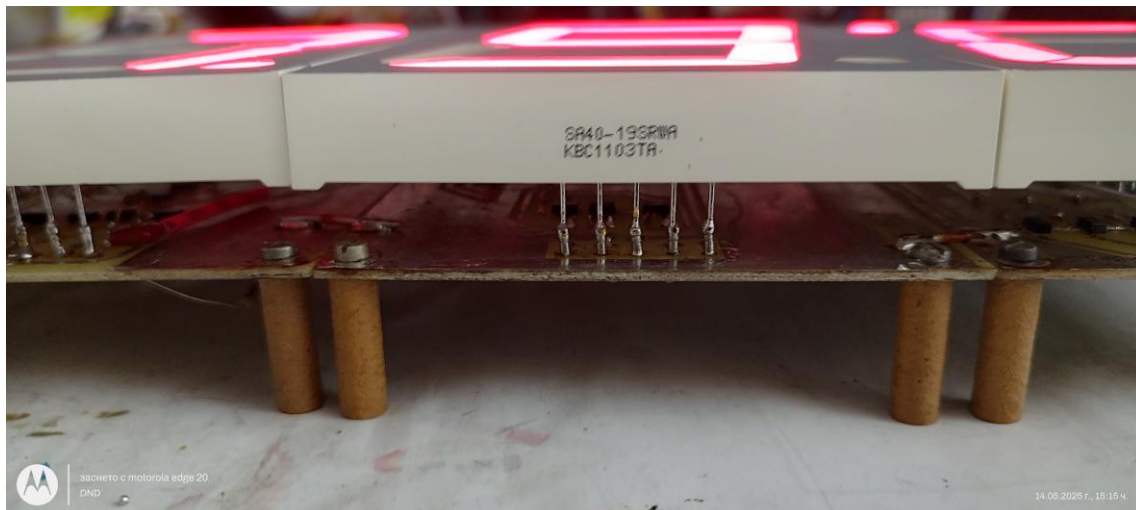
За да се получи ограничаване на консумирания ток е вградена СУЯ, която следи осветеността на помещението, в което е монтиран термометъра, фиг. 8. Посредством фоторезисторът RH1 се

следи осветеността на помещението в което е монтиран термометърът. При ниска осветеност съпротивлението на RH1 се повишава и това предизвиква увеличаване на широчината на импулсите управляващи мощният транзистор Q9. Той е включен в схема общ емитер, като така ограничава тока през светодиодните на индикаторите. При висока осветеност СУЯ изпълнява противоположно действие.

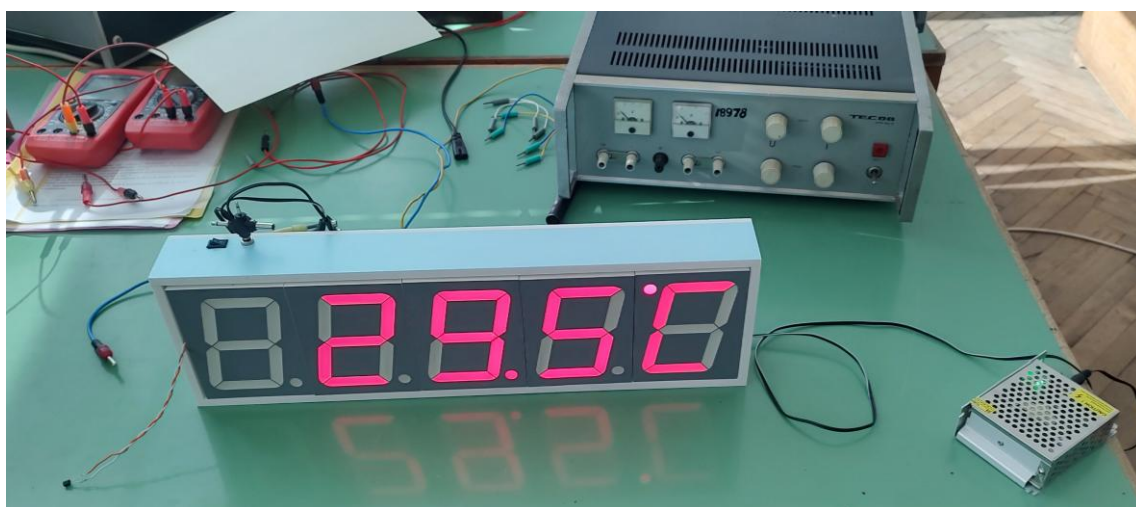
Като стана въпрос по-горе, разпределението на електронните компоненти е според натоварването на цифровите индикатори. За изработването на термометъра са проектирани пет печатни платки с размери идентични с размерите на индикаторите – 90mm x 122mm. Снимка на една от тях (първата), на която са разположени всички схеми от фиг. 2, 4, 5, 7 и 8 е показана на фиг. 10. А на фиг. 9 са представени фотографии от последния етап в разработването на термометъра – в процес на оживяване и настройка (фиг.9а),



a)

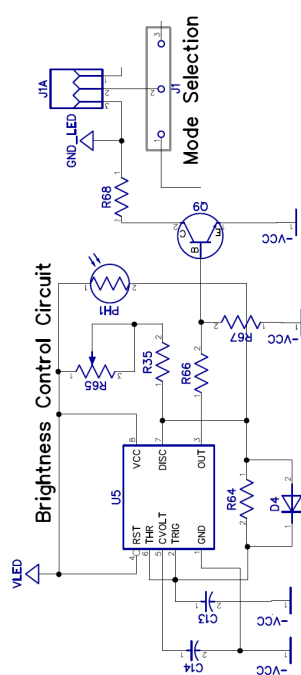


б)



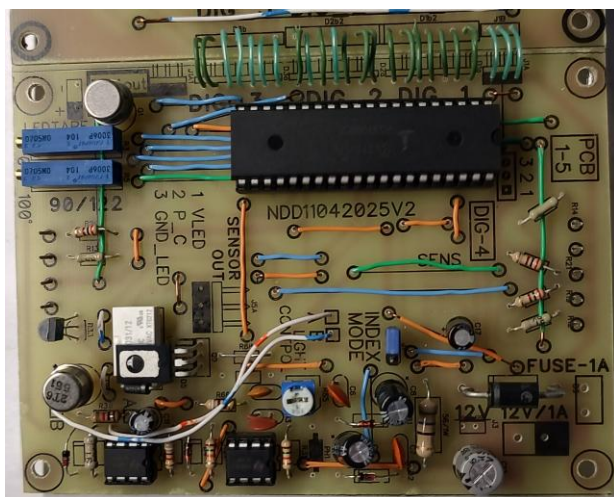
в)

Фиг. 9. Снимки на разработеното устройство: а) в разглобен вид при настройка; б) начин на монтиране на платките и колонките за кутията; в) термометърът в готов вид



Фиг. 8. Схема за контрол на яркостта

когато индикаторите са с дълги проводници за по-добра достъпност до печатната платка, начинът на монтиране на печатните платки една до друга, монтирането на индикаторните панели и дистанционните втулки за монтаж в кутията (фиг.9б) и монтиран в кутията от АВС работещ термометър.(фиг.9в).



Фиг. 10. Снимки на разработеното на компонентите на платка 1 с цифра 4

Електрическите връзки между печатните платки се осъществява с проводници от едножилен проводник, а монтажът на цифровите индикатори е директно върху платката, но от страната на печатните проводници.

Настройката на термометъра става лесно с помощта на двата тримерпотенциометъра R3 и R5. Посредством тримера R3 се настройват показанията на индикаторите на 000.0°C, като преди това сензорът се поставя в термос с лед. След това се настройва стръмността на преобразователната характеристика с R5. Сензорът се поставя във вряща вода и с помощта на тримера R5 се настройва показанието 100.0 °C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният термометър има няколко съществени предимства – много

добро бързодействие на измерването (почти безинертна), висока чувствителност 0,1°C, ниска грешка $\pm 5\%$, изключително проста конструкция и широк диапазон на захранващото напрежение от 12V до 20V и измервателен обхватът 000.0 °C до ± 199.9 °C.

Докладът е във връзка с проект № НИП2025-3 на тема „Гама демонстрационни макети за фотофолтаични и ветрогенераторни електрически системи“ към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Draganov, N. Sensors. Part 1, Publ. EXPRES, Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-490-435-7
- [2] Михайлов, Г. Електронен регулатор на обороти на постояннотоков електродвигател с приложение в автомобила. Научна конференция TechCo - 2021, Технически колеж Ловеч, 02-03 Юли Ловеч, стр. 61-65, ISSN 2535-079x,
- [3] Mihailov, G., N. Draganov, M. Stanchev. Demonstration model of wireless light transmission system. Science Conference TechCo - 2022, July, 1-2, Lovech, Bulgaria, 2022, p-p: 36-39, ISSN 2535-079
- [4] Mihailov, G., N. Draganov. Research on discrete optoelectronic converters. Science Conference TechCo - 2023, June, 30, Lovech, Bulgaria, 2023, p-p: 67-70, ISSN 2535-079x
- [5] Mihailov, G., N. Draganov. Optoelectronic sensor for measuring the thickness of paper. Science Conference TechCo - 2024, June, 28, Lovech, Bulgaria, 2024, p-p: 55-59, ISSN 2535-079x
- [6] Data sheet for ICL1707, <https://www.analog.com>
- [7] Data sheet for BCX53, <https://www.infineon.com>
- [8] Data sheet for sa40-19srwa, <https://www.kingbrightusa.com>

НАПРАВЛЕНИЕ 2

**КОМУНИКАЦИОННА И
КОМПЮТЪРНА ТЕХНИКА**



СТОХАСТИЧЕН МОДЕЛ НА УПРАВЛЕНИЕ НА СОЦИАЛНА МРЕЖА
ПРИ ЕДИН ЦЕНТЪР НА ВЪЗДЕЙСТВИЕSTOCHASTIC MODEL OF SOCIAL NETWORK MANAGEMENT AT ONE
CENTER OF INFLUENCE**P. Marinov***Technical university of Sofia*
e-mail: pmarinovtusofia@gmail.com**D. Gancheva***Technical university of Sofia*
e-mail: dannnnmarinooo@gmail.com**Abstract**

The article is devoted to the study of a social network, considered as a large group of people – its participants. Each participant makes a binary decision (active or inactive), taking into account the choices of other participants in the network. His decision to be active depends on a threshold, which represents the share of active participants from the set of participants with whom he contacts. A mathematical model of the participants' behavior is considered, which allows, under certain conditions, to obtain an analytical solution for the equilibrium collective behavior of all participants in the network. Additionally, the participants of the social network are influenced by an entity called the center, whose goal is to maintain collective equilibrium at a specific ratio of active and inactive participants. A control is sought for a random selection of initial states of some of the participants in order to change the number of those of them who, in equilibrium, choose the decision to act. A stochastic control approach is used. Two methods are considered: One is the control of the participants' thresholds, which changes the function of their probability distribution and leads to their activation. The second is management by introducing additional participants with zero and maximum thresholds, with the equilibrium of the network depending on the number of participants of the respective type introduced.

Keywords: social networks, threshold model, stochastic control.

ВЪВЕДЕНИЕ

Тази работа разглежда модел на прагово поведение на участници на социална мрежа, които вземат бинарни решения (да действат или да не действат) съобразявайки се с избора на други участници, с които контактуват. Поставя се задачата за управление на случаен избор на начални състояния на част от участниците с цел промяна на количеството на тези от тях, които в равновесие избират решението да действат [4]. Разглежда се случая, когато върху участниците въздейства един управляващ център.

Използва се стохастичен подход при изучаване на управление на поведението на участниците на социалната мрежа в случая, 1) когато количеството от участници, чиито прагове се променят, се избират произволно, или 2) когато самите прагове се избират на случаен принцип

[3]. Едно от средствата за такова управление в реални ситуации може да бъде влияние чрез медиите или всяко друго общоизвестно въздействие върху участниците [8].

Един потенциален ефект на такова управление може да бъде минимизиране, т.е. нулиране, на праговете на дадена част от участниците, избрани на случаен принцип (съответства на активиране) или максимизиране (съответства на деактивиране – пълен имунитет срещу обществено влияние) тези прагове. Като друг ефект от управлението може да се разглежда ситуацията, при която участниците могат да бъдат активирани и/или деактивирани с определена вероятност. Случайните изменения на праговете на участниците водят до промяна на колективното равновесно поведение (РКП) на управляваната социална мрежа.

Още един начин за управление на праговото поведение на участниците може да бъде управлението на самите участници на социалната мрежа, т.е. управление на броя им [8] чрез въвеждане в социалната мрежа на допълнителни участници с нулеви прагове (наречени активатори) и с максимални прагове (наречени деактиватори). Така колективното равновесно поведение (КРП) на мрежата ще зависи от количеството на въведените участници от съответния тип.

МОДЕЛ НА СОЦИАЛНА МРЕЖА

Нека множеството на участниците $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Участник $i \in N$ има влияние $t_{ij} \geq 0$ върху участник j , така че: $\sum_{i \neq j} t_{ij} = 1$, $t_{ii} = 0$.

Участникът i взема решение $x_i \in \{0; 1\}$ като има праг $\theta_i \in [0; 1]$, който определя дали ще действа в дадена ситуация. Разглежда се случаят при $t_{ij} = 1/(n-1)$. Тогава, решението x_i на i -тия участник се определя като най-добрият отговор (BR) на текущата ситуация:

$$x_i = BR_i(\bar{x}_{-i}) = \begin{cases} 1, & \text{ако } \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} x_j \geq \theta_i, \\ 0, & \text{ако } \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} x_j < \theta_i. \end{cases} \quad (1)$$

където $\bar{x}_{-i} = (x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n)$ [2]. Равновесието на Наш ще бъде векторът на действията на участниците

$$\bar{x}_N = BR(\bar{x}_N) = (BR_1(\bar{x}_{-1}), \dots, BR_n(\bar{x}_{-n}))$$

Нека означим

$$Q_0 = \emptyset, Q_k = Q_{k-1} \cup \{i \in N \mid \sum_{j \in Q_{k-1}, j \neq i} t_{ij} \geq \theta_i\} \quad (2)$$

$k = 1, 2, \dots, n-1$

Тогава $Q_0 \subseteq Q_1 \subseteq \dots \subseteq Q_n \subseteq N$.

Нека $T = \{t_{ij}\}$ е матрицата на влиянията на участниците, $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ е векторът на техните прагове и

$$q(T, \theta) = \min\{k = \overline{0, n-1} \mid Q_{k+1} = Q_k\} \quad (3)$$

Равновесното колективно поведение в мрежата се определя, като [2]:

$$x_i^*(T, \theta) = \begin{cases} 1, & i \in Q_{q(T, \theta)}, \\ 0, & i \in N \setminus Q_{q(T, \theta)}; \end{cases} \quad i \in N. \quad (4)$$

Съотношението x^* на участниците в равновесното колективно поведение е

$$x^* = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} x_i^*(T, \theta) \quad (5)$$

Функцията на разпределение на праговете на участниците $F(\cdot): [0; 1] \rightarrow [0; 1]$ е ненамаляваща, непрекъсната отляво във всяка точка и имаща граница отляво. Нека $\{x_t \in [0; 1]\}_{t \geq 0}$ е поредицата от множества на активните участници в моментите време t . Ако е известно x_t в момент t , то за следващите моменти е валидна следната рекурентна връзка, описваща динамиката на частта на активните участници [1],[7] наричана уравнение на Грановетер:

$$x_{k+1} = F(x_k), \quad k = t, t+1, \dots \quad (6)$$

Равновесните точки за ур. (6) зависят от началната x_0 (тук $x_0 = 0$) и корените на уравнението.

$$F(x) = x \quad (7)$$

Едно от равновесните състояния е винаги единица [1],[2],[5],[6],[7]:

Нека $y = \inf\{x : x \in (0, 1), F(x) = x\}$ е най-малкият ненулев корен на ур. (7). Равновесното колективно поведение (РКП) (както и равновесието на Наш в играта на участници [2]) е точка

$$x^* = \begin{cases} y, & \text{ако } \forall z \in (0, y), F(z) \geq z \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (8)$$

За ненулево равновесно колективно поведение (РКП) е достатъчно $F(0) > 0$.

По този начин, при известно x_0 системата (6) и нейното равновесно състояние зависят от $F(\cdot)$. Следователно, изменението на $F(\cdot)$ може да се използва като въздействие върху участниците в социалната мрежа.

УПРАВЛЕНИЕ ЧРЕЗ АКТИВИРАНЕ НА УЧАСТНИЦИТЕ

Нека праговете на участниците са случайни величини, които са независими и имат едно и също разпределение $F(\cdot)$. Така, в съответствие с ур. (6)-(8), равновесното колективно поведение на участниците се определя $F(\cdot)$. Следователно управлението, състоящо се в промяна на $F(\cdot)$, ще доведе до съответна промяна в равновесното колективно поведение.

Нека в резултат на управленско влияние прагът на всеки участник, независимо от другите участници, стане равен на нула с еднаква вероятност за всички участници $\alpha \in [0; 1]$. Ще наречем този модел **модел I**. Тъй като, в съответствие с ур. (1), участниците с нулеви прагове винаги избират да действат, α представя частта на участниците, които са били активни в началния момент.

В резултат на активирането на участниците, техните прагове ще бъдат описани с функцията на разпределение

$$F_\alpha(x) = \alpha + (1 - \alpha)F(x) \quad (9)$$

Като се постави $F_\alpha(x)$ от ур. (9) в ур. (7) се намира α , за което се реализира съответното равновесно колективно поведение y :

$$\alpha(y) = \frac{y - F(y)}{1 - F(y)} \quad (9-1)$$

От израза (9-1) следва, че ако за някое $y \in (0; 1]$ и $\alpha(y) < 0$, то даденото равновесно колективно поведение не може да бъде реализирано чрез разглеждания тип управленско въздействие.

Означаваме с $x^*(\alpha)$ равновесното колективно поведение ур.(8), при $F_\alpha(x)$ от ур. (9). Нека

$$W_\alpha = \bigcup_{\alpha \in [0; 1]} x^*(\alpha)$$

е множеството на достижимост, състоящо се от онези дялове от участници, чието активиране води до равновесно колективно поведение при някакво управление.

Ако функцията на разпределение на праговете е строго изпъкнала и е нула при нулев аргумент ($F(0)=0$), тогава множеството на достижимост е единичният интервал (т.е. $W_\alpha = [0; 1]$), т.е. чрез избиране на стойността на параметъра всяка част от активирани участници може да бъде реализирана като равновесно колективно поведение.

Ако е дадена печалбата на центъра $H(x)$ за активирането на частта на участниците x и са дадени неговите разходи $c_\alpha(\alpha)$ за прилагане на управленско влияние, тогава задачата за управление на активирането на участниците може да се формулира като

$$H(x^*(\alpha)) - c_\alpha(\alpha) \rightarrow \max_{\alpha \in [0; 1]} \quad (10)$$

Нека разгледаме конкретни функции на разпределение:

От ур. (9) за α при функция на разпределение на праговете $F_I(x) = x$, се получава $\alpha^I(y) = 0$ и има едно равновесно колективно поведение (РКП) $W^I = \{1\}$.

От ур. (9) при $F_{II}(x) = x^2$ се получава $\alpha^{II}(y) = \frac{y}{1+y}$, $x^{II*}(\alpha) = \frac{1-|1-2\alpha|}{2}$, $W_\alpha^{II} = [0; 1]$;

От ур. (9) при $F_{III}(x) = \sqrt{x}$ се получава

$$\alpha^{III}(y) = -\sqrt{y} \leq 0, \quad W_\alpha^{III} = \{1\}.$$

Модел I може да се разшири като се приеме, че във всеки период t от време всеки участник може независимо да се активира с вероятност α (включително един и същ участник да се активира няколко пъти). В този случай вместо функ-

ция (8) се получава следната функция на разпределение

$$F_{\alpha}(t, x) = 1 - (1 - \alpha)^t + (1 - \alpha)^t F(x) \quad (11)$$

Модел I може да се разшири и като се приеме, че вероятностите за активиране във всеки период от време са като цяло различни. Този вариант може да се сведе до случая на един период от време като вероятността α в ур. (8) за случая от два периода, например, се замени с израз

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 - \alpha_1 \alpha_2.$$

където α_1 и α_2 са съответните вероятности за независимо активиране

Друг метод за управление на равновесното положение е, когато към множеството N от n на брой участници в социалната мрежа се добави множество K от k на брой външни активатори. Този модел ще наречем **модел II**. За активаторите $\theta_i = 0$ за всяко $i = 1, 2, \dots, k$ и постоянно са активни. Тогава вероятността произволен участник от множество $N \cup K$ да има праг по-малък от x е сума от:

1) вероятността $\frac{k}{k+n}$ избран участник да е външен активатор;

2) вероятността $\left(1 - \frac{k}{k+n}\right) F(x)$ избран участник да не е външен активатор с праг по-малък от x .

Така се получава друго множество от участници с независими и еднакво разпределени прагове със следната функция на разпределение:

$$F_K(x) = \frac{k}{k+n} + \left(1 - \frac{k}{k+n}\right) F(x) \quad (12)$$

Нека в модел II означим $\alpha = k/(k+n)$

При активиране само на част от участниците, от функциите на разпределение (8) и (12) се вижда, че модели I и II са еквивалентни.

Нека сега разгледаме управление за намаляване на активирането, т.е. за деактивиране на участниците.

УПРАВЛЕНИЕ ЧРЕЗ ДЕАКТИВИРАНЕ НА УЧАСТНИЦИТЕ

Разглеждаме модел аналогичен на **модел I** в предходния параграф. В случая на управление на деактивиране на участниците, в резултат на управляващото въздействие прагът на всеки участник, независимо от другите участници, става равен на единица с еднаква вероятност за всички участници $\beta \in [0; 1]$. Тъй като в съответствие с ур.(1) участниците с прагове единица няма да действат, β може да се интерпретира като частта на първоначално неактивните участници. По аналогия с предходния параграф, при деактивиране функцията на разпределение на праговете на участниците им е

$$F_{\beta}(x) = \begin{cases} (1 - \beta)F(x), & x \in [0, 1] \\ 1, & x = 1 \end{cases} \quad (13)$$

Нека $x^*(\beta)$ е равновесното колективно състояние за $F_{\beta}(x)$, от ур. (13) и нека

$$W_{\beta} = \bigcup_{\beta \in [0; 1]} x^*(\beta)$$

е множеството на достижимост.

Поставяме $F_{\beta}(x)$ от ур. (13) в ур.(7) и намираме β , което води до реализацията на зададено равновесно колективно поведение y :

$$\beta(y) = 1 - \frac{y}{F(y)} \quad (14)$$

От ур. (14) следва, че ако за някое $y \in (0; 1]$ е изпълнено $\beta(y) < 0$, тогава това равновесно колективно поведение не може да бъде реализирано чрез разглеждания тип управленски действия.

Ако $F(\cdot)$ е строго вдлъбната функция и $F(0) = 0$, то $W_{\beta} = [0; 1]$, т.е. чрез избор на параметъра β всяка част от активирани участници може да бъде реализирана като равновесно колективно поведение.

За разглежданите в предишния параграф функции на разпределение на праговете:

при $F_I(x) = x$ от ур. (14) се получава $\beta^I(y) = 0$ и $W_\beta^I = \{0\}$;

при $F_{II}(x) = x^2$ от ур. (14) се получава $\beta^{II}(y) = 1 - \frac{1}{y} \leq 0$ и $W_\beta^{II} = \{0\}$;

при $F_{III}(x) = \sqrt{x}$ от ур. (14) се получава $\beta^{III}(y) = 1 - \sqrt{y}$, $x^{III}(\beta) = (1 - \beta)^2$ и $W_\beta^{III} = [0; 1]$.

Нека функцията на разпределение на праговете е $F_{III}(x) = \sqrt{x}$ и управляващият център се интересува от минимизиране на дела на активираните участници с печалба от деактивирането на частта x от участниците $H(x) = -x$ и разходи за дейността $c_\beta(\beta) = \lambda\beta$, където $\lambda \geq 0$. Стигаме до задача максимизиране на разликата от печалбата и разходите, аналогична на ур. (10)

$$H(x^*(\beta)) - c_\beta(\beta) \rightarrow \max_{\beta \in [0;1]}.$$

След заместване на $x^{III*}(\beta)$ и $c_\beta(\beta)$ се стига до оптимизационната задача

$$-(1 - \beta)^2 - \lambda\beta \rightarrow \max_{\beta \in [0;1]}.$$

Решението на тази задача е $\beta^* = 1 - \frac{\lambda}{2}$ и съответства на реализацията на равновесно колективно поведение $x^* = \frac{\lambda^2}{4}$.

При модел II – в метода за управление на равновесното положение към множеството N на всички участници в социалната мрежа се добавят деактиватори (множество L). Деактиваторите никога не действат и имат прагове $\theta_i = 1$ за всяко $x^* = \frac{\lambda^2}{4}$. Тогава вероятността произволен участник да има праг не превишаващ x (което x е по-малко от едно), е равна на вероятността участникът да не е деактиватор и да е с праг надвишаващ x :

$$\left(1 - \frac{l}{l+n}\right) F(x)$$

Тъй като вероятността прагът на произволно избран участник да не надвишава единица е равен на единица, получаваме друго множество от $N \cup L$ участници с независими и еднакво разпределени прагове:

$$F_L(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{l}{l+n}\right) F(x), & x > 1 \\ 1, & x = 1 \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{Нека} \\ \beta = \frac{l}{l+n}$$

При сравнение на функциите на разпределение ур.(13) и ур.(15) се вижда, че когато става дума само за деактивиране на част от участниците, модел I и модел II са еквивалентни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящия доклад е разгледан модел на поведението на участниците в социална мрежа. Прието е, че на участниците се оказва въздействие от един субект (център), играещо ролята на управление, което има за цел определено равновесно колективно поведение в мрежата. Поведението на всеки участник е конформно, бинарно и прагово. Разглежда се граничният случай, когато всички участници имат един и същ праг. Разгледани са две възможности за управление – когато въздействието води до изменение на функцията на разпределение на праговете на участниците в социалната мрежа и когато към регулярните участници се добавят допълнителни персони, които със своите решения колективното равновесно поведение. При втората възможност са разгледани ситуациите на целенасочено активиране или деактивиране на участниците в мрежата. Целта е с разгледания модел за управление да се достигне до желано ниво на равновесно колективно състояние, което в случая е избрано като равновесие (равновесна точка) на Наш.

Обсъденият модел по същество дава качествена картина на поведението на

участниците в социална мрежа при наличие на външно управление, която активно помага при откриване на тенденции, при прогнозни изследвания и при анализи на поведението на участниците в дадена социална мрежа. По нататъшни изследвания са възможни в посока на детайлизиране на параметрите, с които може да се влияе на процеса, както и намиране на достатъчно ефективни количествени оценки за тези параметри, така че получените качествени и количествени показатели да дават реални възможности за приложение върху съществуващи социални мрежи. Поради високата сложност при пресмятанята, съпътстваща в това направление задача е търсене на ефективни числени механизми.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hausken K. Game-theoretic and behavioral negotiation theory, Journal of Group Decision and Negotiation, 1997; 6(6): 511-528.
- [2] Marinov P., Mathematical approach to social network modelling. In Proceedings of the 32nd National Conference with International Participation "Telecom 2024", November, 2024, Sofia, Bulgaria. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/> 1835184/all-proceedings.
- [3] Amati V, Lomi A, Mira A. Social network modeling, Journal of Annual Review of Statistics and Its Application, 2018;5(1). DOI:10.1146/annurev-statistics-031017-100746
- [4] Albi G, Cristiani E, Pareschi L, Peri D. (2020). Mathematical models and methods for crowd dynamics control. In: Gibelli L. (eds) Crowd dynamics, N. 2., pp 159–197, Modeling and Simulation in Science, Engineering and Technology. Birkhäuser, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-50450-2_8.
- [5] Lowe J., Qualitative Systems Theory: Its Utility and Limitations, Journal of Anthropological Research, 1985;41(1): 42-61, Published By: The University of Chicago Press.
- [6] Mukovskiy A, Jean-Jacques E, Martin A, Analysis and design of the dynamical stability of collective behavior in crowds, Journal of WSCG, 2011;19(1): 69-76.
- [7] Granovetter M. Threshold models of collective behavior, The American Journal of Sociology, 1978;83(6): 1420-1443.
- [8] Marden J, Shamma JS. Game theory and control. Annu. Rev. Control Robot. Autom. Syst 2018; N. 1, p. 105–134.

СТОХАСТИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА УЧАСТНИЦИТЕ НА СОЦИАЛНА
МРЕЖА ПРИ ИНФОРМАЦИОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕSTOCHASTIC MANAGEMENT OF SOCIAL NETWORK
PARTICIPANTS IN THE EVENT OF INFORMATION COUNTERACTION**P. Marinov***Technical university of Sofia
e-mail: pmarinovtusofia@gmail.com***D. Gancheva***Technical university of Sofia
e-mail: dannnmarinooo@gmail.com***Abstract**

This article is devoted to the study of conformal threshold behavior of participants in a social network, who have two options – to be active or inactive. The participants are influenced by two centers through opposing informational influences (informational counteraction). One center activates one part of the participants, and the other center deactivates another part of the participants. Knowing the management of each of the centers separately, the task of their interaction is set from the point of view of game theory. A stochastic model of controlling the threshold behavior of the participants is described. The number of activated and deactivated participants of the network is taken as the controlling parameters. Conditions are sought for the equilibrium collective behavior of the participants of the entire social network under the conditions of informational counteraction of the controlling centers. Two cases of control are considered – by controlling the thresholds of the participants and by changing the number of participants. Using the function of distribution of the rights of the participants, the set of achievable stable equilibria of the social network is studied. The results are shown on real examples of a social network.

Keywords: social networks, stochastic control, information counteraction.

ВЪВЕДЕНИЕ

В работа [2] е разгледан прагов модел на поведението на участниците на социална мрежа. Всеки участник приема бинарно решение (активен или неактивен). В работа [1] се разглежда случая, когато допълнително върху участниците на мрежата се осъществява въздействие от един център с цел постигането на колективно равновесие на желано ниво.

Настоящата работа разглежда обобщение на случая от работа [1], когато върху участниците на социалната мрежа се осъществява въздействие от два центъра с противоположни интереси в условията на информационно противодействие [7], [8], [6], [9]. Пред-полага се, че са налични параметрите и поведението на всеки от двата центъра поотделно. Разглежда се задачата за тяхното взаимодействие от гледна точка на теорията на игрите както и за резултата относно рав-

новесното колективно поведение на участниците в мрежата.

Разглежданият модел на поведение на участниците позволява при определени условия да се получи аналитично решение за равновесното колективно поведение на всички участници на мрежата, зависещо от вероятностните параметри на центровете.

Търси се стохастично управление на равновесното колективно поведение на участниците в мрежата. Разглеждат се два начина: Единият е управление базиращо се на информационно въздействие водещо до промяна на функцията на вероятностното разпределение праговете и съответно на поведението на участниците [3], [4]. Вторият е управление чрез въвеждане на допълнителни участници с нулеви и максимални прагове като равновесието на мрежата зависи от броя на въведените участници от съответния тип.

ИНФОРМАЦИОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ

В [1] участниците на социалната мрежа се разглеждат като обект на управление, осъществяван от един управляващ център. В случай на няколко управляващи центъра, които се интересуват от определени състояния на мрежата [5], между тези субекти възниква взаимодействие, което в случай на информационни влияния се нарича *информационно противодействие* [6]. Такива ситуации в теория на игрите се описват с така наречената **игра в нормална форма** между центровете, а стратегиите, избрани от центровете, определят параметрите на играта между участниците в социалната мрежа [4],[7],[9],[10].

Нека разгледаме случая на информационно противопоставяне при два центъра като част $\alpha \in [0, 1]$ от участници се активират от първия център, а част $\beta \in [0, 1]$ от участниците се успокояват от втория център. При тези влияния се променят праговете на участниците (**модел I**). Ако някой участник е активиран и успокоен едновременно, неговият праг не се променя. Тогава функция на разпределение на праговете на участниците е следната:

$$F_{\alpha,\beta}(x) = \begin{cases} \alpha(1-\beta) + (1-\alpha-\beta+2\alpha\beta)F(x), & x \in [0; 1] \\ 1, & x = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Нека $x^*(\alpha, \beta)$ означава равновесното колективно поведение, съответстващо на функцията на разпределение ур. (1).

Нека означим също с израза

$$y(\alpha, \beta) = \inf(x) : x \in [0, 1], F_{\alpha,\beta}(x) = x$$

най-малкия различен от нула корен на уравнението $F_{\alpha,\beta}(x) = x$ [2]. Предвид уравнението на Грановетер [1]

$$x_{l+1} = F(x_l), \quad l = k, k+1, \dots \quad (2)$$

равновесното колективното поведение (както и равновесието на Наш [2]) ще бъде точка

$$x^*(\alpha, \beta) = \begin{cases} y(\alpha, \beta) : \forall z \in [0, y(\alpha, \beta)], F_{\alpha,\beta}(z) \geq z \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Равновесното колективно поведение $x^*(\alpha, \beta)$ се характеризира с това, че за всяко $\beta \in [0, 1]$ то е монотонно намаляващо по α , както и че за всяко $\alpha \in [0, 1]$ то е монотонно нарастващо по β .

Нека

$$W_{\alpha,\beta} = \bigcup_{(\alpha,\beta) \in [0;1]} x^*(\alpha, \beta)$$

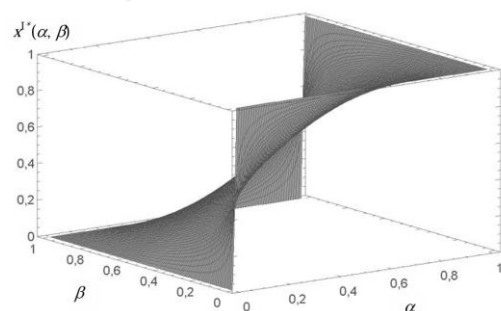
е множеството на достижимост.

Да означим с $V_{\alpha,\beta}$ множеството от достижими равновесия, т.е. множеството от онези точки, които при избора на някакво управление (α, β) се оказват точки на устойчиво равновесие на социалната мрежа, т.е. нейното равновесно колективно поведение. Тогава $W_{\alpha,\beta} \subseteq V_{\alpha,\beta}$. Точките на множеството $V_{\alpha,\beta}$ са точките, които реализират равновесно колективно поведение за някакъв избор на x_0 и $x_0 \neq 0$. Като заместим новата функция на разпределение ур. (1) в уравнението на Грановетер, намераме двойките управления (α, β) , които водят до прилагането на даденото равновесно колективно поведение.

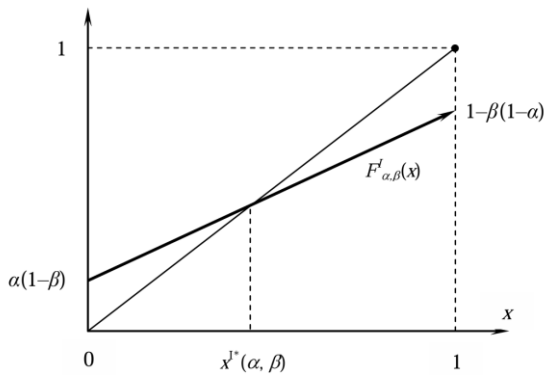
Нека като пример за функция на разпределение да разгледаме $F^1(x) = x$, за която получаваме

$$x^{1*}(\alpha, \beta) = \frac{\alpha(1-\beta)}{\alpha+\beta-2\alpha\beta} \quad (2)$$

Графиката на функцията на разпределение за $F^1_{\alpha,\beta}(x)$ е показана на Фиг. 1.



Фиг.1. $x^{1*}(\alpha, \beta)$ за $F(x) = x$



Фиг. 2. Графика на функцията на разпределение $F_{\alpha, \beta}'(x)$.

В този пример $W_{\alpha, \beta} \subseteq V_{\alpha, \beta} = [0, 1]$.

За намиране на множеството на достижимост, както и за определяне на класа функции, за които има $W_{\alpha, \beta} = [0, 1]$, записваме функцията на разпределение на прагове на участниците, получена в резултат на влиянието на центровете, във формата

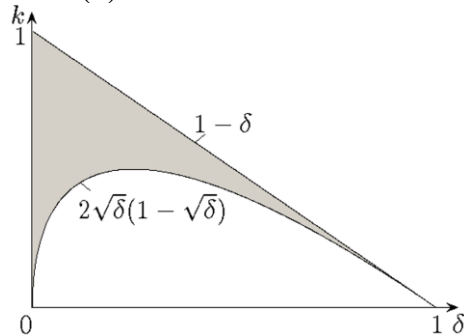
$$F_{\alpha, \beta}(x) = \begin{cases} \delta(\alpha, \beta) + k(\alpha, \beta)F(x), & x \in [0, 1] \\ 1, & x = 1, \end{cases} \quad \left(\min_{\alpha \in (0, 1)} k(\alpha, \delta) = k(\sqrt{\delta}) \right), \quad \delta = 2\sqrt{\delta}(1 - \delta).$$

където

$$\begin{cases} \delta(\alpha, \beta) = \alpha(1 - \beta) \\ k(\alpha, \beta) = 1 - \alpha - \beta + 2\alpha\beta \end{cases} \quad (4)$$

Не всички стойности $\delta \in [0, 1]$, $\delta \in [0, 1]$ могат да бъдат получени чрез преобразуването ур. (4) за някои $\alpha \in [0, 1]$ и $\beta \in [0, 1]$. Освен това ограничението $k + \delta \leq 1$ не е единствено (Фиг. 3).

Множеството от стойности на преобразуването ур. (3) и ур. (4) е множеството от точки (δ, k) на единичния квадрат $[0, 1] \times [0, 1]$, удовлетворяващи условията (5)



Фиг.3. Областта от стойности на преобразуването $(\alpha, \beta) \rightarrow (\delta, k)$ (сиво)

$$2\sqrt{\delta}(1 - \sqrt{\delta}) \leq k \leq 1 - \delta \quad (5)$$

Като заместим $\delta(\alpha, \beta)$ в израз (4) за $k(\alpha, \beta)$ и отчетем, че $\beta(1 - \alpha) \geq 0$, получаваме едната част от неравенството, че $k(\alpha, \beta) \leq 1 - \delta(\alpha, \beta)$.

Продължавайки, изразяваме β от първото равенство на ур. (4) чрез α и $\delta(\alpha, \beta)$ и го заместваме във второто получавайки

$$k(\alpha, \beta) = \alpha + \frac{\delta(\alpha, \beta)}{\alpha} - 2\delta(\alpha, \beta) \quad (6)$$

От условието за екстремум за $k(\alpha, \beta)$ по отношение на α

$$\frac{\partial k(\alpha, \delta)}{\partial \alpha} = 1 - \frac{\delta}{\alpha^2} = 0$$

и установяваме, че има $\alpha = \sqrt{\delta} > 0$, за което

$$\left(\min_{\alpha \in (0, 1)} k(\alpha, \delta) = k(\sqrt{\delta}) \right), \quad \delta = 2\sqrt{\delta}(1 - \delta).$$

Освен това отбелязваме, че всяка точка (δ_0, k_0) , лежаща в посочената област (Фиг. 3), е образ на точка от единичния квадрат.

За намирането на множеството на достижимост за произволна гладка функция на разпределение $F(x)$, може да се използва твърдението отразено на Фиг. 4.

Освен това, точка $x \in [0, 1]$ принадлежи на множеството на достижимо равновесие на функцията на разпределение $F(\cdot) \in C[0, 1]$ тогава и само, когато е изпълнено или $F(x) = 0$ или

$$\frac{F'(x)}{F(x)} \cdot \left[x - \frac{\left(\sqrt{1 + \frac{x}{F(x)} \left(\frac{1}{F(x)} - 2 \right) - 1} \right)^2}{\left(\frac{1}{F(x)} - 2 \right)^2} \right] < 1 \quad (6)$$

където $F_{\alpha, \beta}'(x)$ е производната на $F_{\alpha, \beta}(x)$. Това е показано на Фиг. 4.

За $F(x) = 1/2$ условие (6) приема вида

$$2x(1 - x)F'(x) < 1.$$

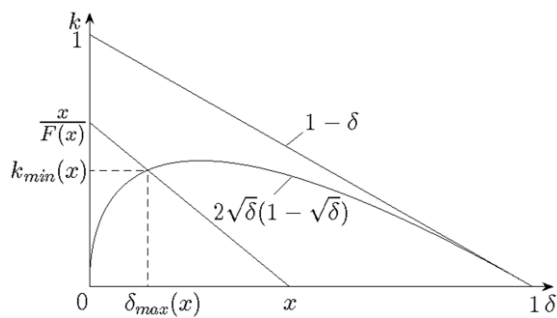
Принадлежността на точка към множеството на достижимост означава съществуването на двойка $(\alpha, \beta) \in [0, 1] \times [0, 1]$, такива че $F_{\alpha, \beta}(x) = x$ (условие за равновесие) и $F'_{\alpha, \beta}(x) < 1$ (условие за устойчивост на равновесието), където $F_{\alpha, \beta}(x)$ е преобразуването (1) на $F(x)$. С други думи, дадена точка принадлежи на множеството за достижимост тогава и само тогава, когато

$$\min_{\alpha \in [0,1], \beta \in [0,1]: F_{\alpha, \beta}(x) = x} F'_{\alpha, \beta}(x) < 1$$

и множеството $\alpha \in [0,1], \beta \in [0,1]: F_{\alpha, \beta}(x) = x$ не е празно.

Нека въведем обозначението

$$k_{\min}(x) = \min_{\alpha \in [0,1], \beta \in [0,1]: F_{\alpha, \beta}(x) = x} k(\alpha, \beta).$$



Фиг. 4. Намиране на множеството на достижимост

От Фиг. 4 се вижда, че за произволни стойности x и $F(x)$, минималната стойност $k_{\min}$ се постига в точката на пресичане на тази линия с кривата $k(\delta) = 2\sqrt{\delta}(1 - \sqrt{\delta})$, чиято абсциса е $\delta_{\max}(x)$.

Като намерим стойността

$$k_{\min}(x) = \frac{1}{F(x)} (x - \delta_{\max}(x))$$

и изразим чрез нея $F'_{\alpha, \beta}(x)$ получаваме ур. (6).

Освен това точката $x \in [0,1]$ принадлежи към множеството на достижимост на функцията на разпределение

$F(\cdot) \in C[0,1]$ тогава и само, когато принадлежи към нейното

$$\min_{y \in [0,x]} (\delta_{\max}(x) + \delta_{\min}(x)F(y) - y) \geq 0 \quad (7)$$

където

$$\delta_{\max}(x) = \frac{\left(\sqrt{1 + \frac{x}{F(x)} \left(\frac{1}{F(x)} - 2 \right)} - 1 \right)^2}{\left(\frac{1}{F(x)} - 2 \right)^2},$$

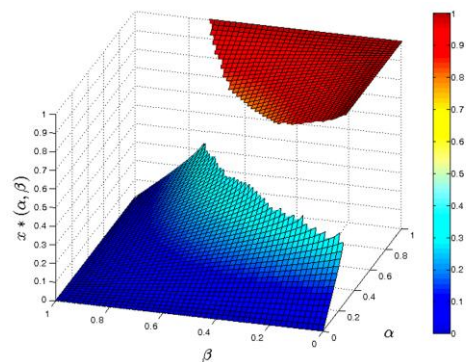
$$k_{\min}(x) = \frac{1}{F(x)} (x - \delta_{\max}(x))$$

ВАЛИДАЦИЯ

Нека приведем един пример. В работата [2] е проведено изследване на реални онлайн социални мрежи Facebook и Twitter („X“) и е показано, че $F(x)$ може да бъде апроксимирана с функция от семейството

$$F(x, \theta, \lambda) = \frac{\arctg(\lambda(x-\theta)) + \arctg(\lambda\theta)}{\arctg(\lambda(1-\theta)) + \arctg(\lambda\theta)} \quad (8)$$

където θ е параметър, който не зависи от структурата на социалната мрежа, а λ е параметър характеризиращ графа на връзките на мрежата и не зависи от протичащия в нея процес. (тук приемаме, че $\lambda_F \approx 11$). На Фиг. 5 е показана зависимостта на равновесното колеливо поведение от действията на два центъра.



Фиг.5. Компютърно пресмятане на $x^*(\alpha, \beta)$ на модел I за Facebook ($\theta = 0.45, F = 11$) с функция на разпределение (8)

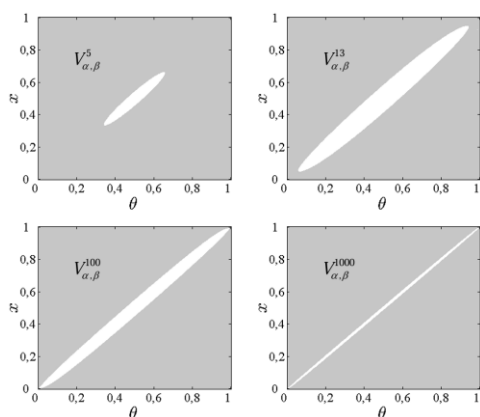
Както се вижда от Фиг. 5, множеството на достижимост не е интервалът $[0, 1]$, т.е. не всяко състояние на социалната мрежа Facebook може да се реализира като равновесно колективно поведение от въздействието на два центъра според теорията на игрите.

Нека въведем обозначенията:

$$V_{\alpha,\beta}^{\lambda} = V(x, \theta) : x \in V_{\alpha,\beta} \text{ за } F(x, \theta, \lambda) \text{ и}$$

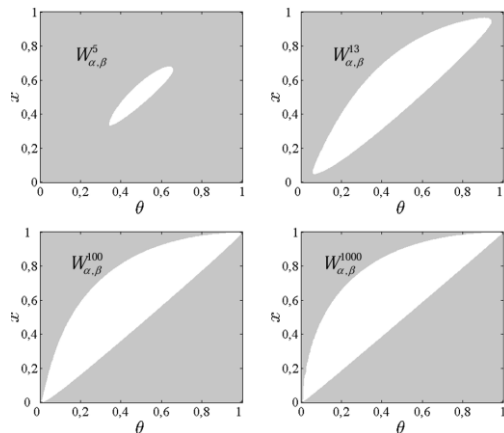
$$W_{\alpha,\beta}^{\lambda} = W(x, \theta) : x \in W_{\alpha,\beta} \text{ за } F(x, \theta, \lambda)$$

където $F(x, \theta, \lambda)$ се описва с ур. (8). На Фиг. 6 и Фиг. 7 са показани множествата от данни за различни стойности на λ за фиксирано θ , получени при компютърните изследвания.



Фиг. 6. Множеството $V_{\alpha,\beta}^{\lambda}$ за $\lambda = 5, 13, 100$ и 1000 (сиво)

От Фиг. 7 за социалната мрежа Facebook при $\lambda = 11$ и $\theta = 0.45$ намираме $W_{\alpha,\beta} \approx [0, 0.38] \cup (0.76, 1]$. Този резултат е в съответствие с Фиг. 5.



Фиг. 7. Множеството $W_{\alpha,\beta}^{\lambda}$ за различни λ = 5, 13, 100, 1000 (сиво)

Сега ще разгледаме ситуацията на информационно противодействие за модел II. Т.е. добавяме множествата K с k активатори и L с l деактиватори към множеството N на участниците в социалната мрежа. Тогава вероятността случайно избран участник да има праг, който не надвишава $x < 1$, е сумата от вероятностите на две независими събития:

1) вероятността избраният участник да е активатор с праг 0, т.е. $\frac{k}{k+l+n}$;

2) вероятността избраният участник да е конформист с праг при $x < 1$, т.е. $\frac{n}{k+l+n} F(x)$.

Нека означим дяловете с активатори и деактиватори с:

$$\alpha' = \frac{k}{k+l+n}; \quad \beta' = \frac{l}{k+l+n} \quad (9)$$

Очевидно $\alpha' + \beta' < 1$. Величините α' и β' и съответстват на стойностите на вероятностите и в рамките на модел I на противодействие между двата центъра. Вероятността произволно избран участник да бъде външно активиран (при модел I) е равна на вероятността α' произволно избран участник да бъде външен активатор (при модел II). По същия начин е и за вероятностите β и β' .

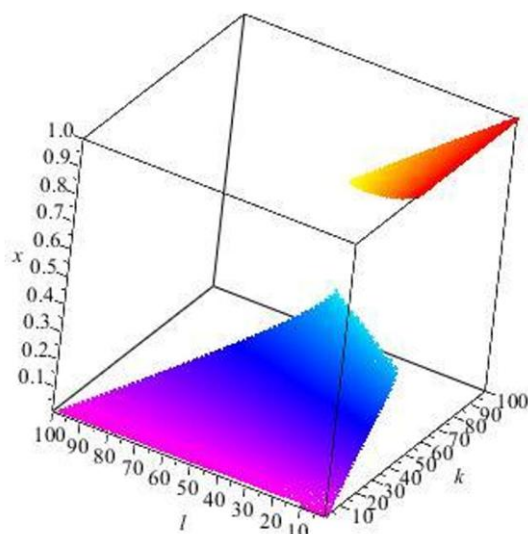
Тъй като вероятността прагът на произволно избран участник да не надвишава единица, е равна на единица, се получава ново множество от участници $N \cup K \cup L$, чиито прагове са независими и еднакво разпределени величини със следната функция на разпределение, съответстваща на модел II:

$$F_{KL}(\alpha', \beta', x) = \begin{cases} \alpha' + (1 - \alpha' - \beta')F(x), & 0 \leq x < 1 \\ 1, & x = 1 \end{cases} \quad (10)$$

Функциите на разпределение (1) и (10) са различни и съответно модели I и II разглеждани в този подраздел не са еквивалентни.

За модел II, множеството на достижимост е $W_{kl} = (0, 1]$, а ако $F(0) = 0$, тогава $W_{kl} = [0, 1]$.

На Фиг. 8 е показана графика на точките на равновесие за модел II за социалната мрежа Facebook ($\theta = 0.45$, $\alpha_F = 11$) с функция на разпределение ур. (8).



Фиг. 8. Компютърно изчисляване на равновесното положение за k активатори и l деактиватори при $n = 100$ участници в социалната мрежа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати от анализа на едновременните противоположно насочени влияния върху дадена социалната мрежа – свойствата на монотонността на равновесието по отношение на управленията и свойствата на структурата на множествата на достижимост са основа за теоретично изследване на игрите на модели на информационно противодействие. По този начин се предлага обобщено описание (спрямо [2]) на праговото поведение на участниците в резултат на управленските влияния, упражнени върху социалната мрежа. Значително предимство на използването на такъв стохастичен модел е простата форма на аналитична зависимост на функциите на разпределение на праговете на участниците (и равновесните състояния на участниците) от избраните управления. Това позволява да се поставят и решават управленски задачи (активиране и деактивиране на участниците), да се анализира информационното противодействие

на центровете, прилагащи управление върху участниците. Разглеждат се два подхода за управление: модел I с влияние върху праговете на участниците и модел II с управление на множеството от участници. В случая при един център [1] получените модели на управление са еквивалентни, но в настоящия случай на два центъра с противопоставяне на интереси те се различават значително.

Обещаващи направления за по-нататъшни изследвания са:

Откриване на типични прагови функции на разпределение по аналогия с израз (8) както и количествени изследвания на техните параметри и анализ на съответните типични управленски решения.

Свеждането на задачата за информационното противопоставяне при управление на участниците на социална мрежа до формулировка на задача от теория на игрите, което позволява да бъде приложен богатият апарат на съвременната теория на игрите към този важен клас проблеми.

Приложението и детайлизирането на получените резултати за други социални мрежи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маринов П, Ганчева Д, Стохастичен модел на управление на социална мрежа при един център на въздействие. ДокладиTechCo2025, Ловеч България – в печат.
- [2] Marinov P., Mathematical approach to social network modelling. In Proceedings of the 32nd National Conference with International Participation "Telecom 2024", November, 2024, Sofia, Bulgaria. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1835184/all-proceedings>.
- [3] Amati V, Lomi A, Mira A. Social Network Modeling, March 2018, Annual Review of Statistics and Its Application, Vol. 5, N. 1. DOI:10.1146/annurev-statistics-031017-100746.

- [4] Marden J, Shamma J. Game Theory and Control, *Annu. Rev. Control Robot. Autom. Syst.*, 2018, N. 1, pp. 105–134.
- [5] Mikkilineni R. Understanding Distributed Systems and Their Management, In: *Designing a New Class of Distributed Systems*, Springer Briefs in Electrical and Computer Engineering, pp 9–28, 2012, Springer, New York. NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1924-2_2.
- [6] Yuxin Ye, Chen Yp Han W, Influence maximization in social networks: Theories, methods and challenges. *Array*, Vol.16, December 2022, 100264, pp.1-19.
- [7] Long Ch, Chen J, Xia Ch. Social network behavior and public opinion manipulation, *Journal of Information Security and Applications*, February 2022, Vol. 64.
<https://doi.org/10.1016/j.jisa.2021.103060>
- [8] McKenney D, White T. Towards distribution-based control of social networks. *Comput. Soc. Netw.* 2018;5(3).
<https://doi.org/10.1186/s40649-018-0052-z>.
- [9] Choudhury A, Mudaliar SS, Hatkar A, Singh H. Developing an IoT based Mass Crowd Management System Reviewing Existing Methodologies. 2022 IEEE International Power and Renewable Energy Conference (IPRECON), DOI:10.1109/IPRECON55716.2022.10059484
- [10] Bartholomae F, Wiens M. *Game Theory and Applications*. Springer. 2024. 330 p.

ПЕРСОНАЛЕН АСИСТЕНТ НА РЪКОВОДИТЕЛЯ НА НАЦИОНАЛНАТА
ГЕНБАНКА

PERSONAL ASSISTANT OF THE NATIONAL GENE BANK MANAGER

Ivan Stoyanov*Institute of Information and Communication
Technologies - BAS, Sofia, Bulgaria***Stanimir Stoyanov***University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria***Asya Stoyanova-Doycheva***University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria***Veneta Tabakova-Komslova***University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria***Abstract**

The National Gene Bank of Bulgaria maintains over 60,000 specimens and is the largest such collection on the Balkan Peninsula. The collection is published in the European Electronic Catalogue of Plant Genetic Resources EURISCO. In a previous project, our team developed an information system to support the management of the national genebank resources. In a current project, we are expanding the information system with new components, one of which is a professional personal assistant. The assistant is created to support the genebank manager in planning control inspections, monitoring the implementation of the inspection plan, identifying and locating anomalies, and making predictions. This article briefly presents the architecture of the personal assistant. The personal assistant is developed as a BDI (Beliefs-Desires-Intention) agent using the development environment JaCaMo. The behaviour and program implementation of the assistant for planning control checks in the gene bank are described in more detail. Control checks in the gene bank are carried out regularly every 10 years. A control check includes a germination test, a quantitative test and a moisture test. The assistant plans the controls in two stages - first creating a general schedule and then detailed schedules for each sample subject to control.

Keywords: gene bank planning, personal assistant, intelligent agents, BDI architecture.

ВЪВЕДЕНИЕ

Националната генбанка е изградена през 1984 г. за дългосрочно и средносрочно съхранение на зародишна плазма чрез семена при контролирани условия. Запазването на разнообразието от културни растителни видове и техните диви родственици може да се счита като елемент от националната сигурност на България. Националната генбанка поддържа над 60 000 образци, от които 43 147 при условията за дългосрочно съхранение. Базовата колекция е представена от 33 семейства, 150 рода и 600 растителни вида. Генбанката е най-голямата на Балканския полуостров. Колекцията поддържа в Националната генбанка е публикувана в Европейския електронен каталог за растителни генетични ресурси EURISCO.

В предишен проект нашият екип работи информационна система за подпомагане управлението на ресурсите на националната генбанк. В настоящ проект искаме да усъвършенстваме тази система чрез разработване и интегриране на интелигентни компоненти. Един от тези компоненти е персонален асистент, подпомагащ ръководителя на генбанката в следните дейности: планиране, контрол, прогнозиране и отчетност.

В тази статия ще представим първите резултати от работата за специфициране на подходяща обща архитектура, както и на отделните нейни компоненти, на професионален персонален асистент. Накратко се дискутира и разработения първи прототип, който е предназначен да подпомага специалистите при планиране на контролните проверки.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Професионалният персонален асистент (ППА), подпомагащ ръководителя на генбанката, се разработва за изпълнение на следните четири основни дейности:

- Планиране на контролни проверки – изпълнявайки тази задача ППА трябва да идентифицира и подготви съответни графици за извършване на контролните проверки за образците, подлежащи на проверка съответно правилата на генбанката.
- Мониторинг изпълнението на плана за проверки – в този оперативен режим ППА следи за спазване на графичите и точното изпълнение на контролните дейности. При забелязани отклонения или неточности той подготвя и изпраща предупреждения към ръководителя на генбанката.
- Идентифициране и локализиране на аномалии (отклонения) – ППА следи и се опитва да идентифицира нетипични състояния в контролираните образци.
- Прогнозиране - в този режим ППА ще се опитва да прави различни прогнози, които ще улесняват работата на ръководителя на генбанката за по-ефективен контрол. Прогнозите могат да бъдат краткосрочни, средносрочни и дългосрочни. Основната цел при прогнозиране на продължителността на живота на семената в ген-банката е да се гарантира запазването на растителното генетично разнообразие. Така например, на база на натрупаните данни от тестовите за кълняемост може да се прогнозира съхранимостта на семената.

Целта на една контролна проверка е да оцени качеството (жизненост на семената) и количеството (съществуващите запаси по брой или тегло) на образците, съхранявани в генбанката. Резултатът от контролната проверка трябва да покаже дали проверяваните образци се нуждаят от репродуциране или размножаване (или от двете). Жизнеността на семената, съхранявани в генбанката, намалява по време на съхранението. Затова е важно да се следи тяхната жизненост, за да се гарантира, че те не губят способността си когато е необходимо да произвеждат жизнеспособни растения. Друг съществен аспект е, че изваждането на семена за разпространение или за тестване за кълняемост води до намаляване на семената с течение на времето. Важно е да се знае колко материал има на склад, за да се избегне цялостното му използването преди да е приключило репродуцирането.

За да се избегне прекомерното влошаване на качеството или количеството на семената, образците в генбанката следва да се проверяват както за жизненост, така и за количеството на семената по време на съхранението. Идентифицираните по време на мониторинга образци със зародишна плазма с ниска кълняемост или с недостатъчно количество трябва да се репродуцират или размножат възможно най-скоро, като се използват специфични за всяка една култура методи и изисквания.

Контролните проверки в генбанката се правят регулярно през 10 години, т.е. първата проверка се извършва на 10-тата година от постъпването на образца за съхранение, втора контролна проверка – след 20 години на съхранение, трета проверка- след 30 години на съхранение и т.н.

Подробни данни за необходимостта от контролни проверки и дейностите, свързани с тяхното провеждане, както и подлежащите на проверка параметри са дадени в [1,2,3,4].

ППА се разработва като BDI (Beliefs-Desires-Intention) агент в средата за разработка на агентно-ориентирани приложения JaCaMo [5]. Моделът BDI има своите корени във философската традиция за разбиране на практическите разсъждения и мотивация за действия при хората. Едно практическо разсъждение е ориентирано към действие или към процес на търсене за извършване на рационално действие в конкретна ситуация. В този контекст едно практическо разсъждение може да се интерпретира като въпрос на претегляне на противоречиви съображения за и против конкуриращи се опции, зависещи от желанията, опасенията или ценностните преценки на агента [6].

Като процес този вид разсъждения се реализират посредством две отделни дейности [7]. Първата, известна като *обмисляне*, е да се реши какво състояние на нещата (цел) иска да постигне агентът. Втората, наречена *планиране*, е да реши как да постигне желаното състояние на нещата (генерираната в предишната стъпка цел).

Едно от предимствата на тази архитектура е способността за гъвкаво представяне и работа с околната среда на агента, което е от съществено значение за изпълняване на задачите като персонален асистент. Околната среда на агентите може да бъде физическа, символна или смесена (физическо-символна).

Друго предимство е, че ППА работи с проверени от експерти знания и опит за интересуващата ни проблемна област (в нашия случай управление на фонда и ресурсите на ген-банката).

В съответствие с класическия BDI подход [8], предложената от нас архитектура на ППА включва следните базови компоненти:

- База на вярата (БВ);
- Библиотека с планове (БП);
- Възможни опции (или намерения) на асистента;
- Цели за постигане от асистента.

БВ е дискретна структура, която моделира възприятията на агента за неговата околна среда. Индивидуалните вярвания са представени като предикати (в стила на езика за логическо програмиране Prolog [9]). В БВ различаваме два базови компонента - статичен и динамичен. Статичният компонент съдържа параметри с непроменяеми (или рядко променяеми) стойности (обикновено прагови и гранични стойности), използвани за оценка на необходимостта от извършване, управление и мониторинг на контролните проверки. Този компонент се инициализира чрез взаимодействие със специализирани онтология и релационна база данни, съхраняващи необходимите специализирани знания и данни, които персоналният асистент използва за подпомагане управлението на ген-банката. Динамичният компонент моделира текущото състояние на образците в ген-банката. Стойностите на динамичните параметри се доставят от сензорите, монтирани в помещенията за съхраняване на образците, от измервателните устройства, монтирани в лабораториите на ген-банката, или от наблюденията на лаборантите.

Вторият съществен компонент в архитектурата е БП. Там се съхраняват планове, изпълнението на които определя поведението на асистента в различни ситуации. Един план е трикомпонентна структура *triggering_event : context $\leftarrow$ body*, където : и $\leftarrow$ служат като разделители. Актуализациите на вярата или целите на ППА – добавяния (+) или изтривания (-) – се моделират чрез събития. Събития, променящи вярата възникват, когато асистентът актуализира своите убеждения въз основа на нови възприятия за околната среда. Събитията, променящи целите обикновено са резултат от изпълнението на други планове. Контекстът определя кога даден план е приложим за агента. Във всеки конкретен случай, отчитайки актуалното състояние на околната среда (т.е. записите в БВ), възможните опции и генерираната акту-

ална цел, ППА селектира от БП приложим план. Изпълнявайки селектирания план асистентът се опитва да постигне актуалната цел.

Тялото на плана съдържа поредица от изпълними действия, разделени със знак „;“. Планът може да включва подцели, които се постигат с помощта на собствени подпланирове. Продължаването на плана изисква съответните подцели да бъдат изпълнени, т.е. свързаните подпланирове да бъдат окомплектовани. Разграничаваме два вида подцели:

- Цели за постигане (обозначени с „!“);
- Тестови подцели (обозначени с „?“) – тези одцели обикновено се използват за извличане на данни от различни структури от данни или хранилища.

Първоначалната цел на ППА е да планира контролните проверки. Планирането се извършва на две етапа. На първия етап се генерира глобален график за извършване на контролни проверки. Сегмент от AgentSpeak [10] кода, имплементиращ генерирането на глобален график е даден на Фиг.1.

```
// Initial Goals
```

```
! control_checks
```

```
// Plans (global schedule)
```

```
+! control_checks : true
```

```
    ← !last_control ;
```

```
    .date(Y,M,D);
```

```
    +current_date(Y,M);
```

```
    if (Year+10=Y & Month=M+1) { .print("През следващия месец трябва да бъде извършена контролна проверка на "+Crop+"!");  
    !monitor_check_progress [ ] else { true } } ;  
    .wait(86400000);  
    +!control_checks.
```

```
+!last_control : true
```

```
← fetchValue(Crops).
```

Фиг.1. Генериране на глобален график

За целта асистентът първо си поставя подцел за установяване кога са извършени последните контролни проверки за

отделните образци. Използвайки артефакта на релационната база данни, посредством метода *fetchValue* ППА извлича от нея последната проверка за всяка култура и информацията се добавя в БВ на агента под формата *Crop(Year, Month)*.

Следващото действие в плана е установяването на настоящата дата и записването ѝ в БВ, отново с параметри за годината и месеца. Ако настоящата година е десетата след последната проверка и следващият месец съвпада с месеца на последната проверка, персоналният асистент изпраща съобщение до персоналното устройство на ръководителя на ген-банката, с което го известява за скорошна нужда от контролна проверка на дадената култура.

След това агентът изчаква един ден и отново проверява данните за нови наблюдаващи събития. В случай на наличие на ново събитие и след като е информиран ръководителят на ген-банката, агентът има за цел да следи успешното протичане на проверката, за което първоначалната подцел е да задейства метода *fetchParameters* от артефакта на онтологията, където се съхраняват данни на всяка от културите за нейните оптимални параметри, чиито достигане при проверката ще означава пълна жизненост на културата.

Крайнният резултат от първия етап е месечен график за извършване на контролни проверки. Този график доставя на ръководителя на ген-банката един общ поглед за необходимите дейности през конкретния месец.

Втората стъпка в етапа на планиране на контролните проверки е генериране на детайлни разписания за извършване на всяка една контрола. Една контролна проверка включва следните три теста:

- Тест за кълняемост;
- Количествен тест - проверка на количеството съхранявани семена (брой семена, тегла на семената);

- Влажностен тест - проверка на влажността на семената (% влажна маса).

Една контролна проверка включва голям брой (обикновено 16) съпътстващи дейности. След като пробата се извади от камерата (-18 °C), тя подлежи на няколко последователни темперираня с различна продължителност (1-2 денонощия) и при различна температура (2°C - 12°C), преди да бъде разопакована и семената да бъдат отделени за залагане за тест за кълняемост. След това пробата се поставя в сушилнята за доизсушаване (между 1-2 седмици), преди да се вземат малки количества семена за тест за влага. След приключване на тестовите пробата се прехвърляне в нови опаковки и се вакумира. Преди прибиране на пробата за съхранение в камерата, тя се темперира отново (в обратен ред).

Някои от тези дейности зависят от вида на културата, която съхраняват конкретните образци. В генбанкаата се съхраняват около 600 вида култури, което предполага огромно разнообразие от възможни разписания за провеждане на контролните проверки. Същевременно разнообразието на видове култури усложнява значително разработването на такива планове на асистента, които да отчитат най-точно спецификите.

Отчитайки огромното разнообразие от видове култури, съхранявани в генбанката и възможностите за ефективно управление работата на ППА, ние се опитваме да разработим стандартизирани общи планове (наречени генеративни), които могат да бъдат адаптирани и параметризирани в зависимост от конкретния вид култура. Една първа версия на такъв план е представена на Фиг.2.

// Plans (activities)

```
!activities : Crop = SelectedCrop ←
```

```
.print ("1. Изваждане на пробата от камерата  
(-18 °C)
```

```
2. Темпериране на пробата за две де-  
нонощия при 2°C
```

```
3. Темпериране на пробата за две  
денонощия при 12° C  
4. Темпериране на пробата за 1 дено-  
нощия при стайна температура  
5. Разопаковане на пробата  
6. Отделяне на семена и залагане на  
семената за тест за кълняемост  
7. Поставяне на пробата в сушилнята  
за доизсушаване за 1-2 седмици  
8. Вземане на малки количества се-  
мена за тест за влага  
9. Двучасов тест за влажност на се-  
мената  
10. Определяне масата на хиляда се-  
мена след приключване на теста за кълняемост  
11. Прехвърляне на пробите в нови  
опаковки и вакумиране на пробите  
12. Темпериране на пробите при 12°  
C за две денонощия  
13. Темпериране на пробите при 2°C  
за две денонощия  
14. Прибиране на пробата за съхра-  
нение в камерата.");
```

```
!monitor_check_progress.
```

```
...
```

```
+!monitor_check_progress : true ←  
fetchParameters(Crop, Germintion, Quantity,  
Weight, Moisture).
```

Фиг.2. Пример за генеративен план

Изборът на проба и установяване на вида на селскостопанската култура (*SelectedCrop*) предизвиква промяна на БВ, което от своя страна генерира събитие, активиращо дадения по горе (Фиг.2.) план.

Параметрите, наблюдавани по време на контролната проверка (*monitor_check_progress*), са кълняемост (отчитана в проценти), брой семена от образец, количеството на съхраняваните семена от образец (изразявана като общо тегло на семената от образец в грамове, съдържанието на влага в семената).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са представени първите резултати от изследванията за създаване на професионален персонален асистент, който ще подпомага работата на ръководителя на Националната генбанка при планиране, провеждане и отчитане на контролните проверки на съхраняваните

образци. Националната генбанка на България е разположена на територията на Института по растителни генетични ресурси „К. Малков” – Садово.

Една от следващите дейности по първата задача на ППА е усъвършенстване на генеративните му планове така, че да се отчитат допълнителни параметри, които са съществени за коректното инстанциране на тези правила. Предстои анализ на установяване на такива значещи параметри.

Други бъдещи дейности са разширяване на имплементация на ППА във връзка с подпомагане мониторинга на изпълнението на плана за проверки, идентифициране на аномалии и прогнозиране.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е проведено в рамките на проекта IS-PGR-SADOVO „Интелигентна система за управление на българския растителен генофонд, съхраняван в генбанката на ИРГР-Садово“, с финансовата подкрепа на Министерството на образованието и науката, договор № КП-06-Н86/9/09.12.2024 г. на Националния фонд за научни изследвания на България.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. DESHEVA, The longevity of crop seeds stored under long-term condition in the National gene bank of Bulgaria. Agriculture, vol. 62, 2016, no. 3, p. 90–100.
2. G. Desheva, S. Petrova, M. Deshev, Germinability of soybean seeds stored more than 30 years in the Bulgarian national seed genebank, World Scientific News 69 (2017) 29-46.
3. M. Deshev, G. Desheva, S. Stamatov, Monitoring of oil seed viability after 25 years long term storage, Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2018, 21 (3), 312-327.
4. Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ, eds., Seed conservation: turning science into practice, 2003, London.
5. Olivier Boissier, Rafael H. Bordini, Jomi F. Hübner, Alessandro Ricci, Multi-Agent Oriented Programming Programming Multi-Agent Systems Using JaCaMo, 2020, The MIT Press.
6. M. E. Bratman, M. E., What is intention? In: P. R. Cohen, J. L. Morgan, M. E. Pollack (eds), Intentions in Communication, The MIT Press, Cambridge, MA, 1990, 15-32.
7. M. Wooldridge, M., An Introduction to MultiAgent Systems, Wiley, 2009.
8. Wooldridge, M., Reasoning about rational agents, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2003, The MIT Press.
9. Bratko, I. (1988) Prolog Programming for Artificial Intelligence. Addison Wesley.
10. R. H. Bordini, J. F. Huebner, M. Wooldridge, Programming Multi-Agent Systems, Wiley, 2007.

ИНТЕЛИГЕНТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ВЕРИГА ЗА ДОСТАВКА

SMART SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Laska Kostadinova-Tsankova

*University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria*

Stanimir Stoyanov

*University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria*

Veneta Tabakova-Komslova

*University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria*

Asya Stoyanova-Doycheva

*University of Plovdiv "Paisii Hilendarski",
Plovdiv, Bulgaria*

Abstract

The article presents a prototype implementation of an intelligent system for managing the supply of agricultural products. The prototype is programmed in the knowledge representation language KSL in the FLEX environment. To perform the necessary logical reasoning, two approaches are used, implemented in the inference engine component: forward linking and backward linking. The knowledge base contains two types of rules: rules and relations. The prototype also implements a conflict resolution mechanism. The user interface is implemented as menus for selecting the desired options. Initial experiments with the system have been conducted using test data. We plan to integrate the system into the ZEMELA smart agriculture platform and interact with the national gene bank.

Keywords: supply chain; knowledge presentation; FLEX.

ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на изследването, някои от резултатите от което са представени в настоящата статия, е да предложи подходящ модел и съответен прототип на система за интелигентно управление на верига за доставки. Като резултат системата ще генерира график за доставки на избрани институции и желани стоки или продукти, отчитайки различни ограничения.

Мотивация за провеждане на такова изследване произтича от нарастващата необходимост от ефективно и адаптивно управление на веригите за доставки в условия на динамична и често непредсказуема бизнес среда. Все по-честите прекъсвания във веригите – причинени от глобални кризи, логистични затруднения или резки промени в търсенето – налагат използването на интелигентни системи, способни да вземат информирани решения в реално време [1].

Верига за доставки представлява съвкупност от процеси и участници, свързани с движението на стоки и услуги от точката на произход до крайния потребител. Тя обхваща дейности като снаб-

дяване със суровини, производство, складиране, транспорт, дистрибуция и обслужване след продажбата. Съществуват различни видове вериги за доставки – традиционни, дигитални, устойчиви (зелени), интегрирани и др., като изборът зависи от целите на организацията и спецификата на индустрията [2].

Конкретната верига за доставки, която е предмет на настоящото изследване, обхваща доставката на хранителни продукти от регионални производители до институции като училища и детски градини. Тази верига се характеризира с необходимостта от спазване на кратки срокове, гарантиране на качество и проследимост на продуктите, както и отчитане на сезонност, логистични ресурси и административни ограничения [3].

Състоянието на изследванията в областта на интелигентното управление на вериги за доставки показва засилен интерес към прилагането на изкуствен интелект, машинно обучение, многокритериална оптимизация и цифрови двойници [4], [5]. Множество съвременни изс-

ледвания се фокусират върху изграждането на адаптивни и устойчиви модели, използващи реалновременни данни за предвиждане на търсене, оптимизация на маршрути и управление на запаси. Въпреки постигнатия напредък, все още съществуват предизвикателства, свързани с интеграцията на тези подходи в реални системи, особено в публичния сектор и при ограничени ресурси [6].

Реалният пример е от района на град Пловдив и е свързан с логистиката на веригата за доставки на хранителен склад, който свързва производителите (напр. фермери, производители на храни) с детските градини като потребители. В него са включени множество стъпки и нива на координация, за да се гарантира доставката на прясна, питателна храна за малки деца. Това е сложен процес, при който централна роля играе складът – като логистичен възел между доставчиците и крайния потребител. Разбивката на ключови елементи включва описаните по-долу.

Снабдяване от производители. Складът доставя хранителни продукти директно от производители като: местни фермери (пресни продукти); производители на храни (предварително опаковани); специализирани доставчици (артикули, които отговарят на специфични диетични изисквания). Основните дейности на този етап са: надеждни доставки; контрол на качеството; прогнозиране на търсенето; управление на доставчици.

Входяща логистика към склада. Транспортирането на стоките от производителите до склада включва: управление на студената верига (за нетрайни стоки може да са необходими хладилни камиони за поддържане на свежестта); график и координация (съгласуване на графици за доставка); проверка при пристигане.

Съхранение и управление на инвентара. Хранителният склад трябва ефективно да съхранява и управлява инвентара, който включва: температурни зони (различните секции на склада са предназначени за различни видове храни); система

FIFO (First In, First Out): критичен метод в хранителната логистика, за да се гарантира, че по-старите запаси се използват първо, за да се избегне развалянето; проследяване на инвентара; управление на партиди и срокове на годност.

Обработка и опаковане на поръчки. След като детската градина направи поръчка, складът трябва да: окомплектова поръчката; опаковане; етикетиране.

Изходяща логистика към детските градини. Последният етап от пътуването е доставката на храната до детските градини. Това изисква: оптимизиране на маршрута; график на доставка; продължаване на студената верига.

Обратна логистика (връщане, управление на отпадъци). Ако има проблеми с продуктите, складът трябва да разполага с процес за управление на връщанията. Обработване на върнати артикули, проблеми с регистриране и осигуряване на заместители бързо, за да се избегнат хранителни отпадъци или забавяния. Също така трябва да се погрижи за устойчивост и управление на отпадъците, като може да се наложи неизползваната храна или храната с изтекъл срок на годност да се третира по екологичен начин, като даряване на хранителни банки или компостиране.

Информационен поток и комуникация. По цялата верига на доставки ефективната комуникация и споделянето на данни са от решаващо значение: ERP системи; наблюдение в реално време (технологии като GPS проследяване за превозни средства или сензори с активиран IoT за складови условия гарантират безопасността на продуктите и навременни доставки); комуникация с детските градини за осигуряване на актуализации в реално време за графиците за доставка и състоянието на поръчките.

Съответствие и безопасност. Логистиката за доставка на храна в детските градини включва стриктно спазване на стандартите за безопасност на храните, като: HACCP (Анализ на опасностите, критична контролна точка), включващ

систематичен подход за идентифициране и контролиране на рисковете за безопасността на храните по време на обработка, съхранение и разпространение; местни здравни разпоредби (складът и всички логистични дейности трябва да отговарят на местните разпоредби за безопасност на храните); проследимост на хранителни артикули до техния източник е важна, като се гарантира, че всички проблеми с безопасността на храните могат да бъдат адресирани бързо.

Инициативи за устойчивост. С нарастващото осъзнаване на устойчивостта, веригата за доставки може да включва усилия за намаляване на въздействието върху околната среда: местни източници (за намаляване на емисиите от транспорта); екологична опаковка; ефективни превозни средства.

В тази верига за доставка на храни, свързваща производители и детски градини, складът за храни играе критична роля в координирането на доставките, съхранението и дистрибуцията. Успехът зависи от осигуряването на качество, безопасност и навременна доставка на храна, които са от съществено значение за поддържане на благополучието на децата в детските градини. Освен това фактори като проследяване в реално време, спазване на разпоредбите за безопасност на храните и усилия за устойчивост допълнително повишават ефективността и надеждността на системата.

В предлагания модел се използват следните технологии и методи: база от знания и логически правила за приоритизация на доставките според типа продукт и нуждите на институциите; облачна инфраструктура за съхранение и обработка на данни; потребителски интерфейс за въвеждане на заявки и визуализация на графика; модели за прогнозиране на търсенето, базирани на исторически данни и сезонни зависимости [7].

Интегрирането на тези компоненти в прототипа цели създаване на практическа и мащабируема система, приложима

както в публичния, така и в частния сектор.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Софтуерното приложение за управление на верига за доставки се разработва като система, базирана на знания (или експертна система). Такива системи позволяват оскъдните и скъпи знания на експертите да бъдат експлицитно съхранявани в компютърни програми и да се предоставят за подпомагане на потребители с по-малко опит и специализирани знания. Те варират по мащаб от прости системи, базирани на правила с плоски данни, до много мащабни, интегрирани разработки, отнемачи много време за разработване. Основни елементи на такива системи обикновено са имат набор от правила, които формират базата знания, и специален механизъм за извод, който осигурява избора и активиране на правилата, необходими за изпълнение на заявките на потребителите. Това контрастира с конвенционалните програми, където знанията в областта и контролът на изпълнението са тясно преплетени, така че знанието се съхранява имплицитно в програмата. Експлицитното разделяне на знанието от механизма за контрол улеснява изследването на специализираните знания, включването на нови и модифицирането на съществуващите знания.

Софтуерът за управление на верига за доставки е разработен с технологията Flex [8]. Flex е мощен инструментариум за експертни системи, който поддържа фрейм-базирани разсъждения с възможности за наследяване, както и базирано на производствени правила програмиране и управлявани от данни процедури, напълно интегрирани в среда за логическо програмиране. Технологията е създадена на основата на собствен език за спецификация на знания, наречен KSL (Knowledge Specification Language). Архитектурата на системата включва следните три базови компонента: база зна-

ния, машина за извод и потребителски интерфейс.

Машината за извод използва две стратегии за търсене на отговор на заявките на потребителите – свързване напред и свързване назад. Производствените правила чрез свързване напред във Flex следват класическия формат на if-then-else правила. Свързването напред е задвижвано от данни и е много подходящо за проблеми, които включват твърде много възможни резултати. Механизмът за извод чрез свързване напред анализира условната част, търсейки правила, чиито условия могат да бъдат изпълнени, и избира правило, което да използва или задейства, като изпълни неговата then (else) част. В нашата система е вграден модул за динамичен механизъм за оценяване за разрешаване на конфликти по време на избора на правила в процеса на генериране на графици за доставка. Разрешаването на конфликти обикновено използва свързване напред. Представеният тук пример разрешава конфликти с доставчици.

```
rule resolve_supplier_conflict
  if детска градина C необходимо
  разписание for период P
    and T може достави S to детска
    градина C в период P
    and S is not доставя to C at any
    друг P1 така is наличен for период P
    and T доставя детска градина C1 в
    период P и не може доставя детска
    градина C
    and T1 може сигурно достави S1 to
    детска градина C1 в период P
    and T1 is different from T
    then forget that детска градина C1
    is доставка something by T в период P
    and remember that детска градина C1
    is доставка S1 by T1 в период P
    and remember that детска градина C
    is доставка S by T в период P .
```

Машината за извод използва също свързване напред за управление последователността на изследване и прилагане на правилата, както е показано в следния програмен сегмент:

```
ruleset forward_chaining_timetable
  contains extend_timetable,
           resolve_supplier_conflict,
           resolve_product_conflict ;
```

```
select rule using first come first
served;
update ruleset by removing any un-
satisfied rules;
initiate by doing restart.
```

```
rule extend_timetable
  if детска градина C необходимо
  разписание for период P
    and T може сигурно достави S to
    детска градина C в период P
    then remember that детска градина C
    is доставка S by T в период P.
```

Наборът от правила (правилата за свързване напред във Flex се идентифицират с ключовата дума rule) първо непрекъснато задейства правилото extend_timetable, докато вече не може да бъде задействано. След това, това правило се премахва от актуалното работно множество и свързването напред продължава само с двете правила за разрешаване на конфликти.

Правилата за свързване назад, които съответстват точно на предикатите в Пролог, се наричат relation във Flex. Те имат едно-единствено заключение, което е вярно, ако всички условия могат да бъдат доказани. Свързването назад се нарича също целенасочено и е тясно свързано с понятието за доказуемост. Така например с долната релация се осигурява доставчик T на продукт S за детска градина C в период P, като се вземат под внимание какви продукти за кои детски градини извън свободното си време може да достави даден доставчик.

```
relation T може достави S to детска
градина C в период P
if T is an instance of доставчик
whose свободно_време does not include P
and whose продукти include S and
whose детски_градини include C.
```

Потребителят може да избира метода за генериране на графика за доставка посредством следния сегмент на машината за извод:

```
action run;
do ask timetable_method
and write( 'Разсъждавайки ...' )and nl
and if the answer to timetable_method
is 'forward chaining solution'
then do forward_chaining_timetable
else do backward_chaining_timetable
end if.
```


За подготовка на един конкретен график системата използва фактология (нарича се още оперативна база данни), специфицираща конкретната ситуация. Знанията в оперативната база данни са представени като фреймови структури. Една примерна оперативна база, специфицираща достачиците, е дадена по-долу чрез фрейма „доставчик“ (Фиг. 1).

```
frame доставчик ;
  default свободно_време is nothing and
  default детски_градини are every детска_градина .

instance иван is a доставчик ;
  продукти are { мляко and сирене } and
  свободно_време is { 3 } .

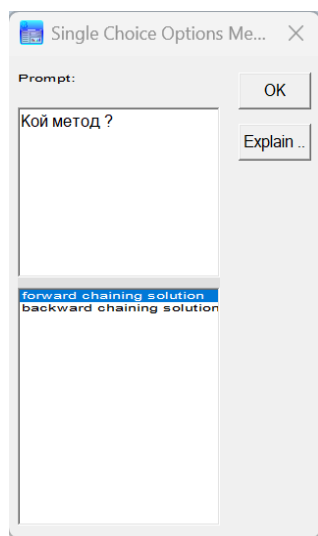
instance ласка is a доставчик ;
  продукти are { плодове } and
  свободно_време is { 4 } and
  детски_градини are { астра and гергина } .

instance стоян is a доставчик ;
  продукти are { вода and сок } and
  свободно_време is { 1 } .

instance венета is a доставчик ;
  продукти are { хляб } and
  свободно_време is { 5 } .

instance георги is a доставчик ;
  продукти are { месо } and
  свободно_време is { 2 } .
```

Фиг.1. Фрейм „доставчик“



Фиг.2. Избор на метод

Допълнителни входни данни системата може да получава от потребителите чрез потребителския интерфейс под формата на интерактивни диалози.

По-долу е представена примерна сесия, която демонстрира работата на системата. Потребителят може да избере метода, по който машината за извод ще избира и обработва знанията от базата

знания за генериране на конкретния график (Фиг.2.).

Резултатите от окомплектоване на примерната сесия са дадени на Фиг.3.

```
| ?- run.
Разсъждавайки ...
детска_градина (астра)
период (1, мляко, иван)
период (2, сирене, иван)
период (3, плодове, ласка)
период (4, вода, стоян)
период (5, месо, георги)

детска_градина (божур)
период (1, хляб, венета)
период (2, вода, стоян)
период (3, сок, стоян)
период (4, месо, георги)
период (5, сирене, иван)

детска_градина (гергина)
период (1, плодове, ласка)
период (2, хляб, венета)
период (3, месо, георги)
период (4, мляко, иван)
период (5, вода, стоян)

yes
```

Фиг.3. Примерен график

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията представя новаторска система за интелигентно управление на вериги за доставки, насочена към дистрибуцията на земеделски продукти от местни производители до институции като детски градини. Създаденият прототип използва езика за представяне на знания KSL в рамките на средата FLEX, като интегрира база от знания, изведен механизъм и потребителски интерфейс.

Сред основните предимства на системата се открояват: автоматизирано управление на конфликти чрез динамичен механизъм за разрешаване на противоречия между доставчици и потребители; висока гъвкавост и адаптивност; интегриране на устойчиви практики, като подкрепа за местните производители и екологични решения.

Системата е валидирана с реални данни от региона на Пловдив, което демонстрира потенциала ѝ за оптимизация на доставките в публичния сектор. В бъдеще се предвижда нейното свързване с платформата за интелигентно земеделие „ЗЕМЕЛА“ и с националната генбанка, което ще допринесе за още по-голяма ефективност и възможност за мащабиране на решението.

Наред с вече планираната интеграция с „ЗЕМЕЛА“ и генбанката, бъдещото развитие на системата предвижда включването на модули за прогнозен анализ въз основа на исторически данни и сензорна информация в реално време. Това ще позволи по-добро планиране на доставки и предотвратяване на кризи в снабдяването. Предвижда се и разработването на мобилно приложение за улесняване на комуникацията между участниците във веригата за доставки, както и използване на машинно обучение за динамично оптимизиране на графици и предложенията за алтернативни доставчици. Допълнително, ще се проучват възможности за интернационализация на решението и неговото адаптиране към други сектори.

Тази разработка представлява значим принос към усъвършенстването на интелигентни системи за управление на доставки, предлагайки приложимо решение за предизвикателствата в динамична и непредсказуема бизнес среда.

БЛАГОДАРНОСТИ

Тази изследователска работа е проведена в рамките на проекта IS-PGR-SADOVO „Интелигентна система за управление на българския растителен генофонд, съхраняван в генбанката на ИРГР-Садово“, с финансовата подкрепа на Министерството на образованието и науката, договор № КП-06-Н86/9/09.12.2024 г. на Националния фонд за научни изследвания на България.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ivanov, D. Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives—lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic. *Ann Oper Res* 319, 1411–1431 (2022), <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>.
- [3] Handfield, R., & Nichols, E. (2002). *Supply Chain Redesign: Transforming Supply Chains into Integrated Value Systems*. FT Press, ISBN-10 0768682215, ISBN-13 978-0768682215.
- [4] Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, Volume 176, 2016, Pages 98-110, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.03.014>.
- [5] Min, H. (2009). Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(1), 13–39. <https://doi.org/10.1080/13675560902736537>.
- [6] Queiroz, M.M., Ivanov, D., Dolgui, A. et al. Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Ann Oper Res* 319, 1159–1196 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>.
- [7] Choi, T., Wallace, S. W., & Wang, Y. (2018). Big Data Analytics in Operations Management. *Production and Operations Management*, 27(10), 1868-1883. <https://doi.org/10.1111/poms.12838> (Original work published 2018)
- [8] R. Shalfield, C. Spenser, B. D Steel, A. Westwood, Flex Reference, Logic Programming Associates Ltd, 2021.

СИНТЕЗИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА
МУЛТИПЛЕКСИРАНИ ОПТИЧНИ СИГНАЛИ В PON МРЕЖАSYNTHESIS AND STUDY OF A SIMULATION MODEL OF MULTIPLEXED
OPTICAL SIGNALS IN A PON NETWORKStanimir Mihaylov Sadinov
Technical University Gabrovo**Abstract**

The paper presents a simulation implementation of an example model of multiplexed optical signals in a passive optical network (PON) and simulation studies are performed. They have been made for different input parameters - for different powers of the power introduced by the optical transmitter into the optical fiber and for different lengths of the optical line. For the simulation studies, an academic version of the OptiSystem software product was used. The purpose of the simulation is to search for optimization approaches for different combinations of input parameters and selection of optical equipment and their effective settings in the construction of the network.

Keywords: ключова дума на английски език; ключова дума на английски език.

ВЪВЕДЕНИЕ

Пасивните оптични мрежи (PON) са широко използвани в съвременните комуникации за широколентов достъп. Основен проблем от гледна точка на проектирането и обслужването на този вид мрежи е да се осигурят възможности за управление, мониторинг и изследване. Това определя разработката и синтезирането на симулационен модел на примерен проект за изследване на мултиплексирани оптични сигнали в пасивна оптична мрежа (PON) като актуална задача [1, 3].

PON мрежата се състои от устройство за терминиране на оптичната линия, наречено OLT (Optical Line Termination) от страната на мрежата на доставчика на услуги, а от страната на потребителите – от множество оптични мрежови устройства, наречени ONU (Optical Network Unit)

В общият случай начинът на предаване на информация е по една честота (дължина на вълната) да се изпращат данните от OLT-устройството към ONU/ONT-устройствата. При този начин всички абонати получават една и съща като вид информация. ONU-устройството разпознава информацията, която е предназначена за съответния потребител. За възхода от ONU към OLT се из-

ползва времево мултиплексиране (Time Division Multiplex – TDM), където на всеки потребител му се присвоява времеви интервал, в който може да изпрати информация. Това се осъществява на различна честота от тази на правия канал. При тази схема, сплитерите играят роля на обединители в обратния канал. Ъпстрийм предаването по обратния канал се осъществява, когато потребителя има данни за изпращане. При необходимост системата му осигурява необходимият времеви интервал. Тъй като методът за времево мултиплексиране TDM включва множество потребители да излъчват едновременно, скоростта на възход е винаги по-бавна от тази за даунлоуд.

PON мрежата използва мултиплексиране по различни дължини на вълната (Wavelength Division Multiplexing – WDM) за осигуряването на работа в пълен дуплекс върху едно оптично влакно. Приема се че данните към клиента се предават на 1490nm, а в обратната посока — на 1310nm. Сигнал с дължина на вълната 1550nm се използва понякога за предаване на данни към клиента при предоставяне на допълнителна услуга, например цифрова телевизия по стандарт DVB C [2, 3, 4].

ПРИЛАГАНЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАН СОФТУЕР ЗА ОПТИЧНИ СИМУЛАЦИИ

За провеждане на симулационния модел и експеримента, използвам софтуерен продукт от семейството продукти на Optiwave, а именно програмата - OptiSystem. Тя е създадена да отговори на нуждите на изследователи, инженери по оптични телекомуникации, системни интегратори, студенти и голямо разнообразие от други потребители, OptiSystem задоволява търсенето на развиващия се пазар на фотоника за мощен, но лесен за използване инструмент за проектиране на оптична система [5].

OptiSystem дава възможност на потребителите да планират, тестват и симулират (както във времевата, така и в честотната област):

- Оптични мрежови проекти, включително OTDM, SONET/SDH пръстени, CWDM, DWDM, PON, кабел, OCDMA, едномодово/многомодово предаване.

- Оптика за свободно пространство (FSO), Радио с влакно (ROF), OFDM (директно, кохерентно)

- Усилватели и лазери (EDFA, SOA, Raman, Hybrid, GFF оптимизация, Fiber Lasers)

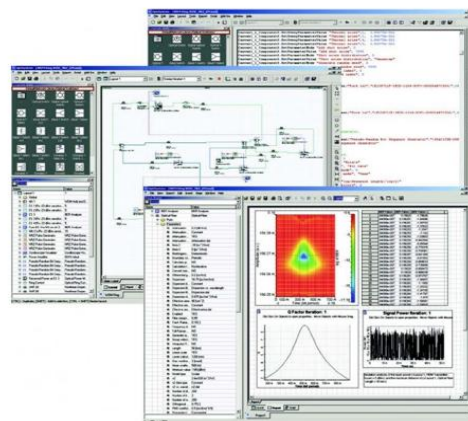
- Обработка на сигнала (електрическа, цифрова, изцяло оптична)

- Предавател и приемник (директен/кохерентен) дизайн на подсистемата

- Формати за модулация (RZ, NRZ, CSRZ, DB, DPSK, QPSK, DP-QPSK, PM-QPSK, QAM-16, QAM-64)

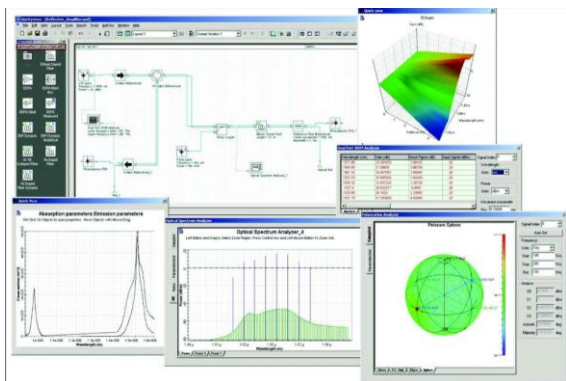
- Анализ на производителността на системата („око“ диаграма/Q-фактор / BER, Сила на сигнала/OSNR, Поляризационни състояния, Диаграми на констелация, Линейни и нелинейни наказания), като примерни екрани са показани на фиг. 1.

Библиотеката на компонентите на OptiSystem включва стотици компоненти, които ви позволяват да въведете параметри, които могат да бъдат измерени от реални устройства.



Фиг. 1. Анализ на производителността на системата

Интегрира се с оборудване за изпитване и измерване от различни доставчици. Потребителите могат да включват нови компоненти въз основа на подсистеми и дефинирани от потребителя библиотеки или използвайте съвместна симулация с инструмент на трета страна като MATLAB или SPICE. OptiSystem позволява да използва специфични софтуерни инструменти на Optiwave за интегрирана и оптична оптика на ниво компонент и схема: OptiSPICE, OptiBPM, OptiGrating и OptiFiber. OptiSystem обработва смесени сигнални формати за оптични и електрически сигнали в библиотеката на компонентите. OptiSystem изчислява сигналите, използвайки подходящите алгоритми, свързани с необходимата точност и ефективност на симулацията. За да предскаже производителността на системата, OptiSystem изчислява параметри като BER и Q-фактор, използвайки числени анализи или полуаналитични техники за системи, ограничени от интерсимволни смущения и шум. Проектантите могат да избират между усъвършенствани физически или базирани на измервания (емпирични) модели за моделиране на статичното и динамичното поведение на полупроводниковите лазери. Физически базирани модели включват 1D и 2D многорежимни уравнения на скоростта на лазера, като предоставят на дизайнерите възможността да превключват между модели на обемни лазерни скорости и матричен метод на преносната линия (TLM). Примерни графични визуализации на моделите са представени на фиг. 2.



Фиг. 2. Примерни графични възможности на OptiSystem

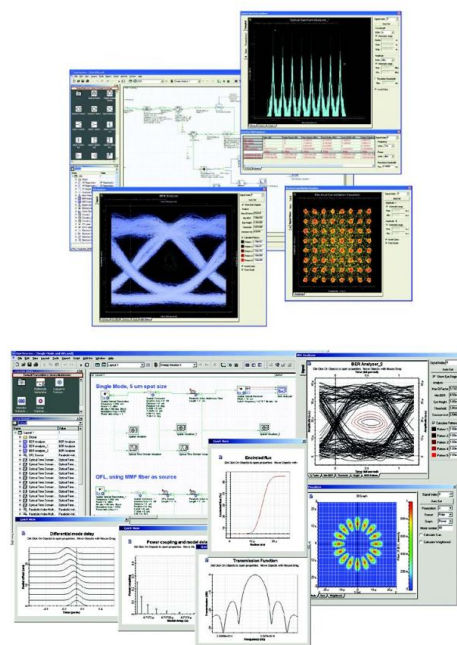
Инструментите за мрежово проектиране включват идеални и неидеални модели за оптични превключватели, мултиплексори, демултиплексори, масивни вълноводи (AWG), влакнести конектори и емулятори на PMD. Предлагат се разнообразие от електрически и оптични филтри за симулация на подсистема и система, включително стандартни функции на филтъра (Bessel, Gaussian, RC, Raised Cosine и др.), Цифрови IIR/FIR филтри, периодични филтри, отразяващи/FBG филтри, измерени филтри, филтър за S-параметри и акустооптичен. Предлагат се и модели, които позволяват на проектантите да използват измерени данни, за да характеризират функциите за прехвърляне на устройства, включително малки матрици за разсейване на сигнала (S) и матрица на Джоунс.

Предвидени са инструменти за обработка на сигнали за манипулиране на оптични, електрически и двоични сигнали. Функциите и операциите включват генератори на пристрастия, усилване, добавяне и изваждане на сигнала, нормализатори, електрически диференциатори и интегратори, семплери, серийно-паралелни и паралелно-серийни преобразуватели, електрически тригери и електрически/двоични логически оператори.

Инструменти за проектиране на оптика за пространствено и свободно пространство OptiSystem разполага със специализирани компоненти, които могат да моделират оптични канали за свободно пространство (характеристики на антената, разпространение на атмосферата) и пространствен анализ на мултирежимно свързване на сигнала между

устройства (многорежимни генератори, пространствени конектори, тънки лещи, пространствени визуализатори) [5, 6].

Инструментите за визуализация и пост-симуляционен анализ включват BER тестови комплекти и анализатори, анализатори на „око“ диаграми, анализатори на спектъра, осцилоскопи, оптични визуализатори на времева област, измерватели на мощността, анализатори на поляризация, пространствени визуализатори, обхванат поток, DMD анализатор, фотонен анализатор на всички параметри, анализатор на филтри и S-параметър екстрактор. Примерни работни екрани от тези инструменти са представени на фиг. 3.

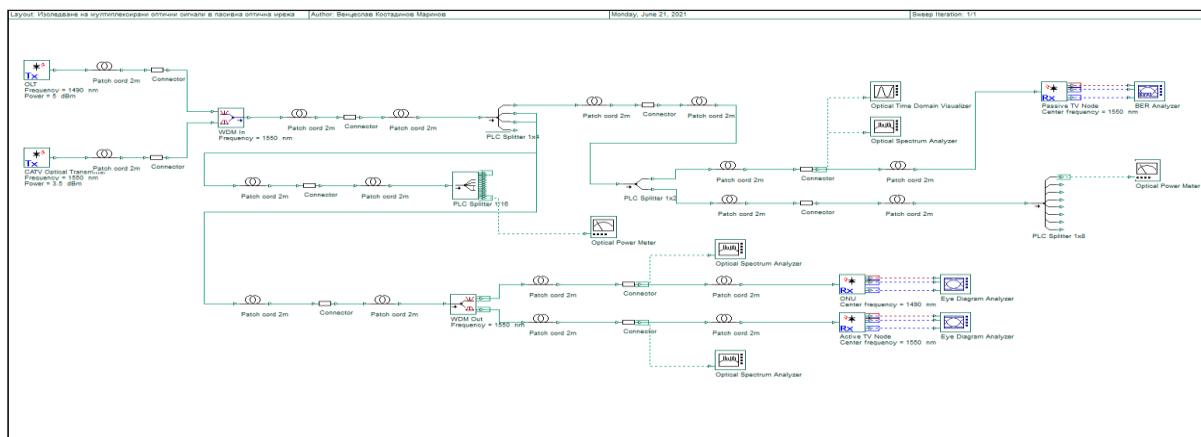


Фиг. 3. Диаграми и инструменти за визуализация на OptiSystem

СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ НА МУЛТИПЛЕКСИРАНИ ОПТИЧНИ СИГНАЛИ В ПРИМЕРЕН ПРОЕКТ НА PON МРЕЖА

Симуляционния модел на мултиплексирани оптични сигнали в PON мрежа, предлагам да се състои от три канала (фиг. 4):

- два канала в права посока (DS) – един за предаване на разпръсквателни услуги (като например телевизионно съдържание) и за предаване на IP данни в права посока (даунлоуд);



Фиг. 4. Симуляционен модел на за изследване на мултиплексирани оптични сигнали в пасивна оптична мрежа (PON)

- един канал в обратна посока (US) – за предаване на IP данни в обратна посока (ъп-лоуд).

Каналите в права посока са с дължини на вълната 1550 nm и 1310 nm, каналът в обратна посока – на 1490 nm [6].

Правият канал на дължина на вълната 1550 nm е формиран от следните блокове:

- Блок оптичен предавател CATV Optical Transmitter ;
- Свързващи оптични влакна Patch cord;
- Блок оптичен приемник Active TV Node.

Правият канал на дължина на вълната 1310 nm е формиран от следните блокове:

- Блок оптичен предавател ONU;
- Свързващи оптични влакна Patch cord;
- PLC сплитери;
- WDM;

Обратният канал на дължина на вълната 1490 nm е формиран от следните блокове:

- Блок оптичен предавател OLT;
- Свързващи оптични влакна Patch cord;
- PLC сплитери;
- WDM;

Трите канала са спектрално мултиплексирани чрез използване на суматори на оптична мощност – WDM [7].

Трите канала се демултиплексират чрез използване на оптични сплитери – WDM.

За максимално доближаване до реалните условия между отделните основни блокове са предвидени връзки чрез оптични конектори – блокове Connector със зададено затихване в тях от 0,5 dB.

За изследване на различните параметри и стойности на входните и изходни оптични сигнали, предавани по оптичната мрежа за всеки от каналите, са използвани различни видове визуализатори:

- Оптичен спектрален анализатор – блокове Optical Spectrum Analyzer ;
- Визуализатор на оптичния сигнал във времевата област – блока Optical Time Domain Visualizer;
- Измервател на оптична мощност – блокове Optical Power Meter;
- Анализатор на BER – блокове BER Analyzer.

Чрез този симуляционен модел може да се изучава поведението на схемата при следните допускания:

- Въведена входна оптична мощност 0dBm за DS и US каналите;
- NRZ кодиране на оптичния сигнал в предавателите;
- Симулация при различни дължини на оптичната линия: от 8 m (ограничена от сумарната дължина на пач-кордите, използвани в практическия модел) до 10 km (типична дължина на PON-мрежи за градски условия, например за доставка на телевизия и интернет);
- Използване на едномодово оптично влакно (SMF) с километрично затихване $\alpha = 0,3 \text{ dB/km}$.

Този симуляционен модел може да бъде използван, например, за:

- Определяне на оптималната стойност на Q-фактора (респективно необходимата стойност на оптичното отношение сиг-

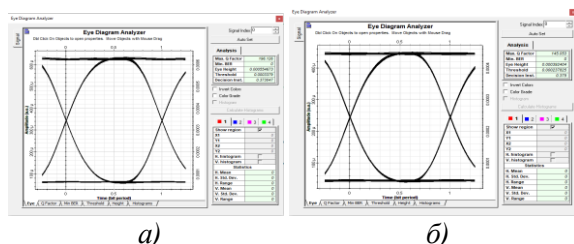
нал/шум OSNR) на линията когато е зададена необходимата стойност на коефициента BER, т.е. да се определи QBER.

- За изследване на BER характеристики-те на зададена оптична мрежа при различни входни параметри;

- За определяне на изискваната стойност на OSNR на оптичната линия при дадена чувствителност на използвания оптичен приемник.

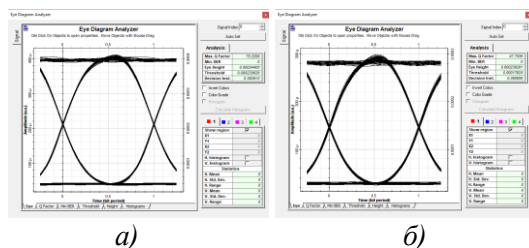
Използвайки свързаните към отделните точки на линията визуализатори може да се изведат различни диаграми.

На фиг. 5 са показани око-диаграмите за трите оптични канала за случаи на практическата реализация на модела – при дължина на оптичната линия 8 m, а на фиг. 6 – око-диаграмите за двата оптични канала за граничния случай – при максимална дължина на оптичната линия 10 km.



Фиг. 5. Око-диаграма и Q -фактор на оптичната линия за дължина 8 m на оптичната линия:

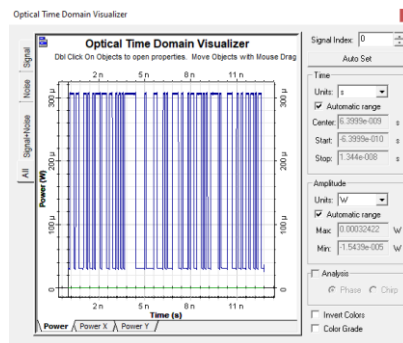
a) DS 1490 nm, b) DS 1550 nm



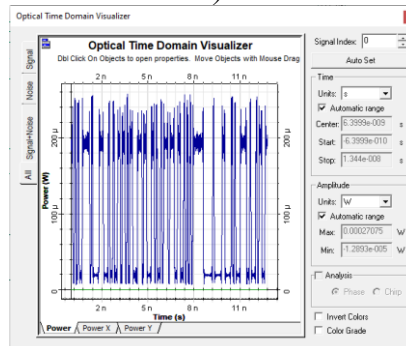
Фиг. 6. Око-диаграма и Q -фактор на оптичната линия за дължина 10 km на оптичната линия:

a) DS 1490 nm, b) DS 1550 nm

На фиг. 7 са показани времедиаграмите на оптичния сигнал преди демултиплексването на двата канала при дължини на оптичната линия респективно за случая на практическия модел (8m) и за максимално допустимия случай (10km).



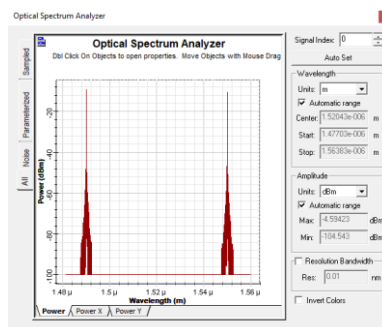
a)



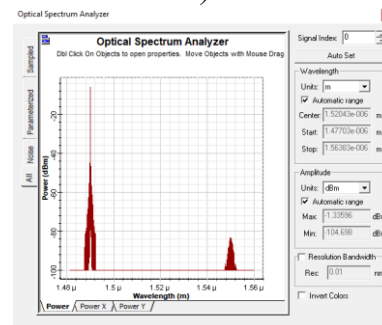
b)

Фиг. 7. Времедиаграми на приетия оптичен сигнал преди демултиплексване за дължина на оптичната линия: a) 8 m и б) 10 km

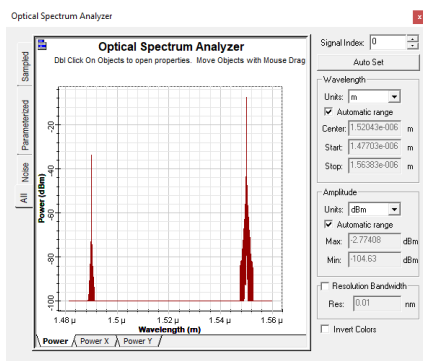
На фиг. 8 са показани спектралните характеристики на оптичния сигнал преди демултиплексването на трите канала при дължини на оптичната линия респективно за случая на практическия модел (8m) и за максимално допустимия случай (10km).



a)



b)



в)

Фиг. 3.7. Спектрални диаграми на приетия оптичен сигнал преди демултиплексиране за дължина на оптичната линия: а) тук се виждат двете дължини и б) тук 1550nm са изрязани от WDM и в) тук е показан изхода 1550 nm от WDM

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представената симулационна реализация на предложения проект за модел на пасивна оптична мрежа и извършените симулационни изследвания могат да се направят следните изводи:

- С увеличаване на дължината на оптичната линия в оптичните импулси започва да се наблюдава деградация – неравномерности в платото им и разширяване на предния и задния им фронт (фиг. 7). Освен това причиненото затихване може да доведе до грешни резултати в решаващото устройство в приемника – при спад на нивото на импулсите под праговото да се получат голям брой грешно интерпретирани и следователно приети битове;

- С увеличаване на дължината на линията в спектъра на сигнала се получават и допълнителни съставлящи, които се дължат на дисперсията и различните нелинейни ефекти възникващи във влакното (фиг. 8).

В заключение може да се каже, че синтезирания примерен модел на PON мрежа дава възможност за провеждане на теоретични и симулационни изследвания, чрез използване на различни типове и дължини на оптичните влакна, оптимизация на параметрите на оборудването, изследване на оптични нелинейни ефекти в преносната мрежа, емулиране на сигнали за различни видове услуги и анализ

на трафикното натоварване, емулиране на голям брой потребители и др. По този начин той може да се използва за практическо обучение на студенти, технически персонал, като платформа за провеждане на различни симулационни и практически изследвания в областта на пасивните оптични мрежи и доставката на широколентови услуги.

Благодарности: Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2024 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Койчев К., К. Ангелов, С. Садинов, Проектиране на интерактивни кабелни телевизионни мрежи, Екс-Прес, Габрово, 2010, ISBN 978-954-490-183-7.
- [2] Лапшин А., Аналоговые транспортные сети 1550nm или 1310nm, сп. Теле-Спутник №12, 2000, С. Петербург, стр. 60-61.
- [3] Рабов Ст., Л. Христов, Оптични комуникации, Нови знания, София, 2002.
- [4] Freeman R., Fiber-Optic Systems for Telecommunications, John Wiley & Sons, New York, 2002.
- [5] <https://optiwave.com/optisystem-overview/>
- [6] Sadinov S., Simulation Study and Analysis in Transmitting RZ and NRZ Coded Signals into 10Gbps Optical Line with Optical Amplifying Sections, Scientific and technical journal “Electrotechnica & Electronica E+E”, Vol. 52, No 9-10/2017, CEEC, Sofia, Bulgaria, 2017, pp.9-14, ISSN 0861-4717.
- [7] Sadinov S., Simulation Study of Parameters and Characteristics of Optical Communication Line With Spectral Multiplexing, International Scientific Conference–Unitech 2023, 17-18 November 2023, Gabrovo ISSN: 2603-378X, pp. I-238-243.

**СМАРТ ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА НАСТРОЙКА НА РАБОТНИ ПАРАМЕТРИ
НА ЕКСТРУДЕР ЗА ПЛАСТМАСОВИ ИЗДЕЛИЯ****SMART APPLICATION FOR CONFIGURING OPERATING PARAMETERS
OF A PLASTIC EXTRUDER****Stanimir Yordanov***Technical university of Gabrovo,***Georgi Mihalev***Technical university of Gabrovo***Stefan Ivanov***Technical university of Gabrovo***Abstract**

This study examines the development of an Android application designed for configuring the parameters of a plastic extrusion machine. An overview of the production line, the organization of the calibration database, and the methods used in the design and programming of the Android application is provided.

Keywords: smart control, Android application, VPN communication, industrial processes

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременната производствена индустрия екструдерните технологии играят ключова роля при формоването на пластмасови изделия – от опаковъчни материали и тръби до медицински компоненти и битови продукти. Ефективността на този процес зависи от прецизната настройка на работните параметри, като температура, налягане, скорост на подаване и охлаждане. Грешки в управлението на тези параметри могат да доведат до дефекти в продукцията, висок разход на енергия и дори повреда на оборудването.

Традиционните методи за контрол на екструдерите често разчитат на ръчни настройки и експериментални корекции, което води до забавяне на производствените процеси и липса на стандартизация. В отговор на тези предизвикателства интелигентните (SMART) решения се налагат като иновативен подход за автоматизирано управление и оптимизация. Внедряването на смарт приложения, базирани на изкуствен интелект (ИИ), интернет на нещата (IoT) и машинно обучение, позволява мониторинг в реално време и адаптивна настройка на пара-

метрите, повишавайки качеството на продукцията и намалявайки производствените разходи.

Целта на настоящата разработка е да се проектира смарт приложение за управление на работните параметри на екструдер за пластмасови изделия, което да интегрира:

- Сензорни системи за събиране на данни (температура, налягане, влажност);
- Алгоритми за прогнозиране на оптималните настройки според вида на материала и желаните характеристики на продукта;
- Потребителски интерфейс за визуализация на процесите и известия за отклонения.

Приложението ще позволи автоматична корекция на параметрите, предотвратяване на дефекти и адаптация към различни производствени условия, което ще повиши конкурентоспособността на предприятията в бързо развиващия се пазар на пластмасови изделия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на изследване е производствена линия за ламинирани туби. Линията се

състои от пет машини, свързани помежду си чрез т.нар. акумулатори (буфери), които служат за транспортиране на тубите между отделните етапи на производствения процес.

В началото на линията се намира екструдерът на фирма BREYER (фиг. 1), който реално е основният обект на настоящото изследване. Екструдерът е способен да произвежда еднослойни, двуслойни и многослойни ръкави с различни размери, диаметри и цветове. Производственият капацитет достига до 120 детайла в минута. Устройството работи с разнообразни материали, включително LDPE, LLDPE, MDPE, HDPE, PP и други термопластмаси.



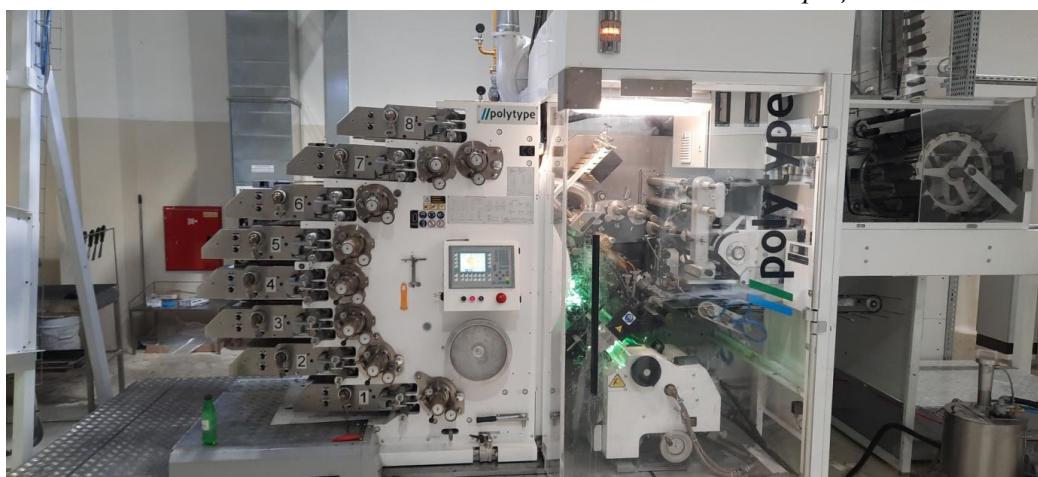
Фиг. 1. Екструдер BREYER

Вторият агрегат в линията е офсетна печатна машина на фирма POLYTYPE (фиг. 2). Машината позволява печат до осем цвята и включва опция за предпечатна подготовка, което я прави подходяща за висококачествено персонализиране на тубите.

Третата машина е шприц машина тип HEADER (фиг. 3) на фирма COTUPLAS. Тя монтира челната част (хедъра) на тубите. Машината поддържа различни видове челни части – набивни и навивни – с резби и отвори от 1.5, 3 и 5 mm. Работната ѝ скорост също достига до 120 туби в минута.



Фиг. 3. Шприц HEADER



Фиг. 2. Офсетна печатна машина POLYTYPE

Към производствената линия принадлежат още:

- Машина за поставяне на капачки на фирма МЕХАТРОНИКА, отговаряща за финалния етап на затваряне на тубите;

- Машина за пакетиране в кутии (боксови туби) – модел KOMBIS, която автоматизира процеса на опаковане.

Цел и обосновка на разработката

Основната цел на настоящия проект е

създаването на интелигентно приложение за управление на работните параметри на екструдер BREYER ECO-LINE, предназначено за производство на пластмасови изделия. Съществуващият софтуер на машината предлага ограничена функционалност – липсва възможност за:

- Съхранение на множество производствени „рецепти“ (настройки за различни материали и продукти).
- Отдалечен контрол и адаптивна оптимизация на параметрите.
- Потребителски интерфейс с лесен достъп до исторически данни и отчети.

Тези ограничения наложиха разработката на специализирано приложение,

което:

1. Да се интегрира с екструдера чрез защитена VPN връзка (както е описано в документацията [1]).
2. Да разшири възможностите за управление със съхранение на настройки, анализ на данни и сигурен достъп.

Избор на технологична платформа

Приложението е проектирано за Android OS (версия 9 и по-нови), използвайки средата за разработка Download Android Studio Meerkat Feature Drop | 2024.3.2 Patch 1. Изборът на тази платформа е направен въз основа на следните критерии показани в таблица 1.

Табл. 1. Критерии за избор на платформа

Критерий	Предимства
Функционалност	Възможност за реализиране на сложна логика за управление на параметрите.
Приложимост	Широка употреба на мобилни устройства в производствени среди.
Минимизация на разходи	Не изисква допълнителен хардуер или лицензен софтуер.
Удобство	Интуитивен интерфейс за операторите, достъпен от всяко място.
Отдалечен достъп	Връзка с машината през VPN за контрол в реално време.
Сигурност	Шифроване на данните и защита срещу неоторизиран достъп.

Архитектура и компоненти

За функциониране на система са необходими следните елементи: приложение SmartControl.apk, XML файлове с настройки и VPN връзка.

Предназначението на отделните елементи е:

1. **Smart приложение SmartControl.apk**
Това е ядрото на системата и притежава следните елементи:
 - Интерактивен потребителски интерфейс за въвеждане на параметрите на процеса;
 - Визуализация на данни от екструдера (температура, налягане, скорост и др).
 - Функционални инструменти за анализ и генериране на отчети.
2. **XML база данни** – съхраняваща:
 - table_clients.xml: Информация за клиенти (име на фирма, контакти,

адреси и др.).

- table_articuls.xml: Данни за видове изделия и материали.
- table_client_articuls.xml: Връзки между клиенти и техните поръчки.

3. **VPN връзка** – за осъществяване на сигурна комуникация с екструдера.

Таблица table_clients.xml съдържа информация за клиента за който ще се произвежда даденото изделие. За правилното функциониране на системата е необходима следната информация за клиента: Идентификационен номер, име на компанията, лице за връзка, телефон за връзка, електронен и пощенски адрес. Тази информация е необходима за да може да се идентифицира съответната поръчка.

В таблица table_articuls.xml се съдържа информация за артикулите. Заложената информация за даден артикул

(изделие) е обособена в две функционални групи.

В първата група се намира персоналният идентификационен ключ на артикула, наименованието на артикула и разширена информация за него включваща Диаметър, Дължина и Рецепта (използвани материали). Тази информация не се изпраща към машината.

Втората група от параметри включва информация за параметрите на процеса. Тази информация е групирана в три подгрупи, които са :

- Данни за настройка на екструдера;
- Данни за калибратора;
- Данни за режещата машина.

Този файл е с формата на ресурсен файл и съдържа пълната информация за артикулите. Изграден е от стрингови масиви (string-array) в два формата.

Първият масив съдържа персоналните идентификатори на артикулите. Този масив има име articleID. Първият елемент на масива носи информация за това какво се съдържа в него. Следващите елементи са имената на отделните стрингови масиви съдържащи конкретните данни. Тези имена са уникални и не трябва да се повтарят. Първите два елемента на тези масиви съдържат името на артикула и обща информация за него. Останалите елементи са числовите стойности на параметрите за настройка подредени хронологично на въвеждането им в машината.

Третият масив table_client_articuls.xml. обвързва данните за клиентите и артикулите. Файла отново е изграден като ресурсен XML и съдържа стрингови масиви с данни. Във всеки масив се съдържат персоналните идентификатори на артикулите произведени за дадена фирма. Например ако за първата фирма са зададени 3 артикула описани с идентификатори articleParams1, articleParams2 и articleParams5, а за втората articleParams2 и articleParams4, то тогава XML файла би имал следната организация:

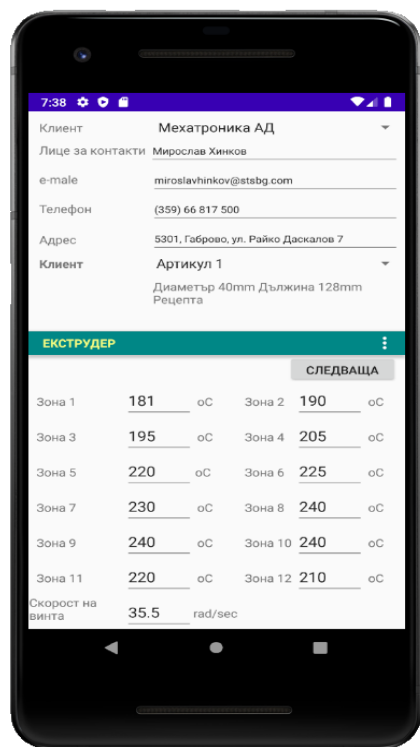
```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<resources>
  <integer name="companyCount">
    4</integer>
  <string-array name="company_id1"
    id="1" translatable="false">
    <item id="1">articleParams1</item>
    <item id="2">articleParams2</item>
    <item id="5">articleParams5</item>
  </string-array>
```

Описание на изгледа и структурата на Android приложението

В среда на **Android Studio** е създаден изглед на програмата, при който работното пространство е разделено на две основни области.

Първа област – избор на фирма и артикули

В първата област се намира **падащ списък**, от който се избира фирма. При избор на фирма на екрана се визуализира информация за нея в подходящи полета. Освен това, в друг падащ списък се зареждат имената на артикулите, които са активни за избраната фирма.

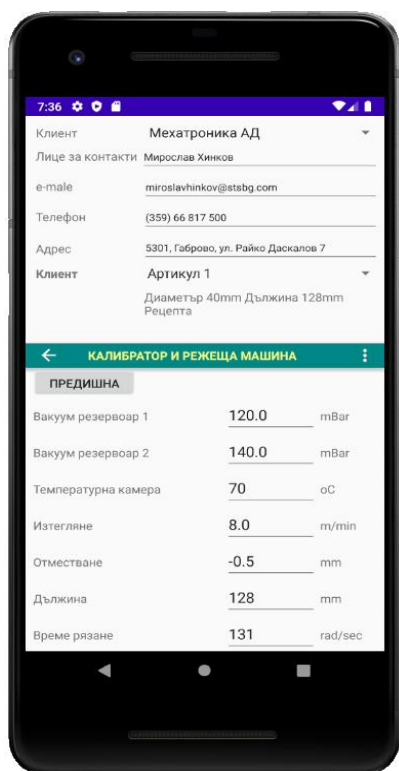


Фиг.4. Първи фрейм от приложението

Втора област – параметри на артикула

Във втората област се извежда информация за параметрите на избрания артикул (рецепта). Поради големия брой параметри, те са разделени на две групи, които се показват самостоятелно в два допълнителни фрейма:

- **Първият фрейм** съдържа данни, свързани с екструдера (фиг. 4).
- **Вторият фрейм** представя параметри на режещата машина и калибратора (фиг. 5).



Фиг.5 Втори фрейм от приложението

Използваните елементи при изграждането на Activity_main фрейма са: LinearLayout, TableLayout, TextView, Spinner, EditText, AppBarLayout и Toolbar.

Първо се поставя вертикален LinearLayout. В него се поставя таблица от няколко реда изградена от TableLayout и TableRow. Във всеки един ред от таблицата има по два елемента TextView -съдържащо описание на данните които ще се извеждат в EditText поле или падащ списък Spinner. След леара се поставя AppBarLayout с вграден

в него Toolbar.

Тези елементи оформят горната част на изгледа на програмата. Данните във втората част се съдържат в други два фрейма. Основната функционалност на приложението е разработена в класа MainActivity.java. В инициализацията на първо място са декларирани използваните променливи. Идентификационните имена на контролите се инициализират в събитието onCreate().

```
private AppBarConfiguration
appBarConfiguration;
private ActivityMainBinding binding;
private Spinner spinner1; // клиенти
private Spinner spinner2; // артикули
// Съдържа всички данни за артикула
private String[] arrayArticleValues;
// Съдържа ID на артикулите за клиента
private String[] arrayArticleID;
// брой артикули за активния клиент
int articleCount;
int activePos; // Избран клиент
private static MainActivity instance;
public int activePage;
```

Свързване с машината

Както бе посочено по-горе управляващия софтуер на екструдера BREYER ECO-LINE има възможност за отдалечен достъп през VPN. VPN създава **сигурен тунел** между устройството (телефона с Android) и отдалечената машина/мрежа. След свързването всички или част от мрежовите заявки минават през VPN тунела, което позволява на приложението да работи с отдалечени ресурси, недостъпни по интернет. За сигурна комуникация между Android приложение и индустриална машина (напр. екструдер) през VPN се използва следната схема:

[Android Device]

- (VPN Tunnel)
- [Corporate Network]
- [Industrial Machine]

Също така са необходими и следните компоненти:

- **VPN библиотеки:** OpenVPN, StrongSwan или вграден VPN клиент
- **Автентикация:** X.509 сертификати, API ключове, LDAP
- **Мрежова инфраструктура:** Статичен IP, конфигурирани портове (напр.

502 за Modbus TCP)

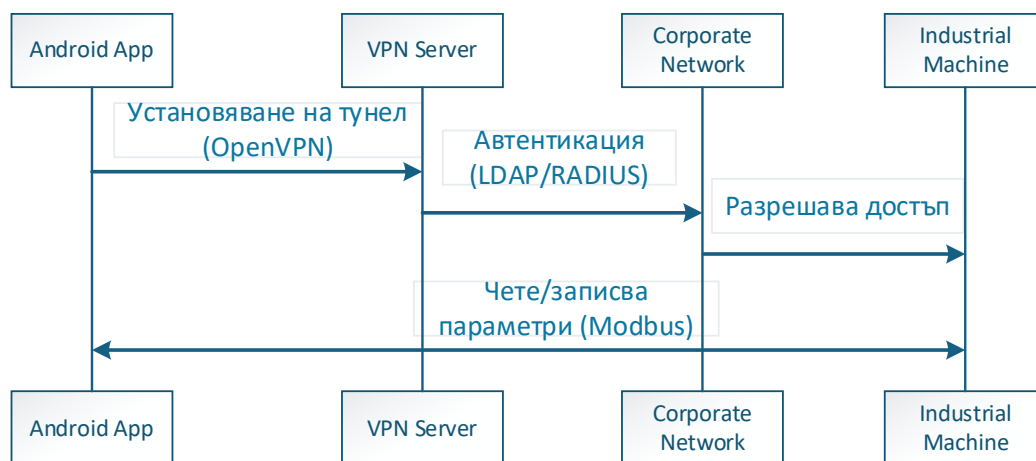
- **Протоколи:** Modbus TCP, OPC UA, MQTT или custom TCP/UDP сокет.

Имплементация на VPN връзката в проекта се изпълнява на следните стъпки:

- Проверка на VPN статус;

- Отваряне на връзката през OpenVPN;
- Осъществяване на операции по четене и запис с контролера;
- Затваряне на VPN канала.

Сценарият по който се осъществява комуникацията с машината е показан на фиг. 6.



Фиг. 6. Примерен сценарий за комуникация

Реализацията изисква:

- Строго спазване на индустриалните стандарти за сигурност
- Надеждни механизми за възстановяване при грешки
- Ефективна обработка на данни в реално време

Горният подход е валидиран в индустриални среди с оборудване на Siemens, Allen-Bradley и Schneider Electric, като производителността на системата се характеризира с:

- **Латентност:** < 150 ms за операции
- **Пропускателна способност:** Минимум 5 Mbps за стабилна работа
- **Стабилност:** 99.95% uptime гаранция

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С разработената система се постига по-бързо стартиране на процеса при смяната на производството въз основа на поръчките на различните клиенти. С предварително разработените настройки на параметрите се постига по-голяма точност, бързина на смяната на настройката, елиминира се възможността за

грешки, поради по-ниска квалификация на изпълнителските кадри и по-добър контрол при стартиране на поръчката. Увеличават се възможностите за бърза смяна на производството на по-голям набор от асортименти. С отдалеченото мобилно управление при настройките на параметрите се подобрява използването на работното време на високо квалифицираните кадри, като се намалява времето за ръчна настройка на процесите. Не на последно място се подобрява контролът на изпълнението на настройките по отношение на времето, който го е извършил и съответно отговорността при евентуално допуснатите грешки. Всичко това води до подобряване на производителността, гарантиране качеството на произвежданите изделия, недопускане на брак и намаляване себестойността и конкурентоспособността на производството.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това проучване е проведено в рамките на проект НИП2025-12, финансиран от Фонд за научни изследвания при ТУ-Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Android Programming Cookbook,
Exelixis Media P.C., 2016
- [2] J. Paul Cardle, Android App
Development in Android Studio, Java +
Android Edition for
Beginners, Manchester Academic

Publishers

- [3] Rick Rogers, John Lombardo, Zigurd
Mednieks, and Blake
Meike, Android Application
Development, O'REILLY, 2009
- [4] Parse XML data,

ИЗКУСТВЕНИЯТ ИНТЕЛЕКТ В ОБУЧЕНИЕТО ПО КОМПЮТЪРНА
ГРАФИКА

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COMPUTER GRAPHICS TRAINING

Antoaneta Ivanova Hinova

Techical koledge-Lovech

Abstract

Настоящият доклад определя параметрите и възможностите на някои инструменти на изкуственият интелект, които биха били приложими в обучението по компютърна графика. Тези инструменти подпомагат развитието на творческия потенциал на обучаемите. Успешно могат да се прилагат и в обучението по инженерна графика, автоматизация на инженерния труд и други дисциплини. В таблици се дават указания за използването, предимствата и ограниченията на всяко приложение.

Keywords: artificial intelligence, tools, applications,

ВЪВЕДЕНИЕ

Изкуствен интелект (ИИ) е една от най-вълнуващите области на компютърните технологии. Приложенията на ИИ са безбройни и проникват в различни сфери на живота ни. Машинното обучение и невронните мрежи се използват за създаване на системи, които могат да разпознават образи, да генерират текст и дори да играят шахмат срещу световни шампиони. ИИ променя начина, по който работим, учим и комуникираме, откривайки нови възможности за иновации и автоматизация.[1].

В последните години квантовите компютри също са взели централната сцена на компютърните технологии. Тези устройства използват принципите на квантовата механика, за да извършват изчисления, които биха отнели години на класически компютри. Квантовите компютри имат потенциала да променят драматично области като криптографията, оптимизацията на процеси и симулациите на сложни системи. Въпреки че технологията на квантовите компютри е все още в ранна фаза на развитие, вече сме свидетели на промишлени използвания и академични изследвания, които се стремят да изградят основите за бъдещето на изчислителната мощност.

Освен ИИ и квантови компютри, други постижения в компютърните техно-

логии не са за пренебрегване. Разработката на графен, материал със свръхпроводими свойства, определено променя начина на проектиране и използване на компютърни чипове. Колективните умове (swarm intelligence) и роботиката се използват за създаване на автономни системи, които могат да се справят със сложни задачи в реално време. Интернетът на нещата (IoT) и разширената реалност (AR) създават връзка между физическия и цифровия свят, предлагайки нови начини за интеракция и обогатяване на нашия ежедневен живот [2]

ИЗЛОЖЕНИЕ

Инструментите на ИИ осигуряват добра възможност за ефективно обучение по компютърна графика, чрез генериране на допълнителни изображения, тематично зададени и със създаване на междудисциплинарна връзка с инженерната графика с приложението Gamma, например. Останалите инструменти имат по-широко приложение, включително и в средното училище. Отделни платформи разполагат с богат набор от инструменти за генериране на тест в документ или google forms, презентация, план на упражнение, изготвяне на критерии за оценяване, шаблони по дадена тема, промяна на ниво на сложност на задание и др.

Табл. 1 Карта-описание на инструмент

Учебна област	Добра възможност за междудисциплинарна връзка с инженерната графика.
Друго	няма
Име на инструмент/приложение	Gamma
Интернет адрес	https://gamma.app/
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	Формиращо
Начин на оценяване	Подходящо за проектно задание, за част от проектно задание, за част от задача за работа по групи.
Кратко описание на инструмент/приложение	Генериране на power-point презентации по зададени параметри. Добавя изображения, генерирани от AI или от интернет.
Възможност за обратна връзка /отговори /точки	Добре е преподавателят да зададе ясни критерии за презентацията, а от обучаемият да се изисква не просто да я генерира, а да я редактира при необходимост и да умее добре да я представи. Не на последно място, обучаемият да провери и от други източници представената от AI

	информация в презентацията, тъй като са възможни грешки.
Учебна област	Всяка
Друго	Ограничена употреба – до 10 презентации
Име на инструмент/приложение	Quizgecko
Интернет адрес	https://quizgecko.com/
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	Формиращо, сумативно
Начин на оценяване	В проценти
Кратко описание на инструмент/приложение	Генератор на тестове. По зададен текст до 4000 символа се генерира тест до 10 въпроса, които могат да бъдат тип multiple choice, true/false, short answer, fill in the blank, matching. Може да се зададе степен на трудност от три нива. Има и български език.
Възможност за обратна връзка /отговори /точки	Тестът се споделя под формата на линк с обучаемите. Те трябва да влязат в сайта с google account/apple account/email и да направят теста. Имат възможност предварително да се запознаят с въпросите и отговорите, за да се

	подготвят за теста под формата на карти с въпроси. Резултатите са видими в проценти и по въпроси за всеки участник в акаунта на преподавателя.
Учебна област	Работи се със зададен текст – езици, природни науки, обществени науки.
Друго	Много ограничени опции в безплатната версия.
Име на инструмент/приложение	<u>Brisk Teaching - Free AI for Teachers</u>
Интернет адрес	https://www.briskteaching.com/
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	Формиращо, сумативно
Начин на оценяване	Google Forms
Кратко описание на инструмент/приложение	Представлява добавка (add on/extension) за Google chrome, която се инсталира в браузъра. По отворена уеб страница или качен pdf файл до 5MB може да се генерира готов тест в Google forms, като се задават вид и брой въпроси, степен на трудност и др. Ограничение – до 20 въпроса.

Възможност за обратна връзка/отговори/точки	Стандартни за Google Forms
Учебна област	Всяка
Друго	Освен тестове, генерира презентации, план на урок, работни листи, отзиви за текстове и др.
Име на инструмент/приложение	School AI
Интернет адрес	https://app.schoolai.com
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	Формиращо, сумативно
Начин на оценяване	Google Forms, друго
Кратко описание на инструмент/приложение	Богат набор от AI ботове, компетентни по различни учебни дисциплини, научни области, теми, книги, езици и др. Могат да се зададат подробни настройки на бот, който да изпълнява определена задача заедно с обучаемите, като ги насочва - например да им задава въпроси, за да напишат по-лесно текст, или да отговаря на техни въпроси, свързани с тематиката. Ботът играе

	ролята на виртуален асистент на преподавателя. Например може да задава на обучаемите оператори за упражнение на програмен език от високо ниво и да поправя грешките им.
Възможност за обратна връзка/отговори/точки	Създава се отделно пространство, подобно на чат между бота и всеки отделен обучаем, а преподавателят има достъп да наблюдава всичките чатове едновременно. Може да проследи работата на всеки обучаем, като има възможност и да се извади файл/разпечатка на чатове.
Учебна област	всяка
Друго	Отделно платформата разполага с богат набор от инструменти за генериране на тест в документ или google forms, презентация, план на упражнение, изготвяне на критерии за оценяване, шегички по дадена тема, промяна на ниво на сложност на задание и др.
Име на приложение	TTS Maker
Интернет адрес	https://ttsmaker.com/
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	не е подходящо за оценяване

Начин на оценяване	Може да се използва най-вече за упражнение от учениците – да слушат прочетен текст.
Кратко описание на инструмент/приложение	Free text to speech - автоматично прочитане на текст на глас, с различни гласове.
Възможност за обратна връзка /отговори /точки	няма
Учебна област	Всяка
Друго	
Име на инструмент/приложение	Suno
Интернет адрес	Suno.com
Вид оценяване /формиращо, сумативно/	формиращо
Начин на оценяване	Един от възможните аспекти на оценяване е как обучаемите са успели да напишат заданието (prompt). Друг вариант е работа с текста на генерираното задание – да го изпълнят, да го проверят, го оценят приложимостта му, да го включат в по-голямо задание за проект,

	презентация или филм, който правят.
Кратко описание на инструмент/приложение	Инструмент за генериране на идеен проект по зададена тема и обект.. Генерира цели завършени алгоритми с текст, с различни препратки. Подробни настройки на семантика.
Възможност за обратна връзка/отговори/точки	По преценка на преподавателя.
Учебна област	Особено подходящо за междудисциплинарна връзка с математика.
Друго	няма
Име на инструмент/приложение	Udio
Интернет адрес	Udio.com
Вид оценяване/формиращо, сума-тивно/	формиращо
Начин на оценяване	Един от възможните аспекти на оценяване е как учениците са успели да напишат заданието (prompt). Друг вариант е работа с текста на генерирания идеен проект – изпълнение , проверка, практическа приложимост, да се включи в по-голямо задание за проект,

	презентация или филм, който правят. Възможност за създаване на алгоритъм за определен идеен проект.
--	---

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В табличен вид са систематизирани отделните приложения на изкуствения интелект, които биха били подходящи за използване в обучението по компютърна графика, както и по други учебни дисциплини от областта на компютърните технологии. Изработката на анимации, генериране на нови фрагменти в изображенията може да бъде подпомогнато и рационализирано, независимо от използвания програмен продукт за работа. Посочени са възможностите за обратна връзка, междудисциплинарната връзка, начините за оценяване, кратко описание на инструмента с основната му характеристика. Могат да се зададат подробни настройки на богат набор от AI ботове, компетентни по различни учебни дисциплини, научни области, теми, книги, езици и др. AI ботът играе ролята на виртуален асистент на преподавателя. Като методичната подготовка на преподавателя е основен критерий за успешното приложение на всеки от разгледа-ните инструменти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кордон Артур. Перспективата изкуствен интелект, Изток-Запад, София. ISBN 9786190112518 ,2023.
- [2] Тодорова Мариана Изкуственият интелект, Изток-Запад, София., ISBN 978-619-01-0560-2, 2020 стр.56-57
- [3] Скардили Фабио. Изкуствен срещу естествен интелект, Сиела, С., ISBN 978-619-01-1482-6, 2024
- [4] Хърман Сара, Изкуствен интелект, Книгомания, С., ISBN 978-619-19-5368-4, 2023
- [5] Шнуренко Игор, Анатомия мна изкуствения интелект, Изток-Запад, С. ISBN 978-619-01-1111-5, 2022

ПРОЕКТИРАНЕ НА ОБЛАЧНО БАЗИРАНА БАЗА ОТ ДАННИ ЗА
МАГАЗИН ЗА ОБЛЕКЛОDESIGNING A CLOUD-BASED DATABASE FOR A CLOTHING
STORE

Bilyana Vasileva
bibitovasileva@gmail.com

Abstract

The report presents the results of the design and implementation in commercial practice of a cloud-based database for a clothing store. Several stages were implemented: installation of SQL Server and SQL Server Management Studio, design of the database in SQL Server, creation of an account in Microsoft Azure and migration of the database from SQL Server to Azure SQL Database. The development is open, allowing to perform common administrative tasks, such as managing logical aspects of the database, including logins, index settings and query optimization.

Keywords: database; cloud platform; database as a service.

ВЪВЕДЕНИЕ

Нарастващата глобализация, все по-високите клиентски изисквания и засилващата се конкуренция, ежедневно поставят нови предизвикателства пред бизнеса. В стремежа си да се справят бързо и ефективно с тях и да се подобри конкурентоспособността на фирмите, които представляват, мениджърите разчитат все повече на съвременните информационни технологии, като постоянно търсят най-новите и оптимални възможности, които се предлагат.

Наред с функционалностите на самия софтуер, важна роля при избора на решение за управление на бизнеса имат още моделът на лицензиране, хардуерната платформа и гъвкавостта, която тези елементи предоставят на фирмите, за да могат да посрещнат както нуждите си днес, така и тези на утрешния ден. Не на последно място е и размерът на инвестицията, като все по-често компаниите търсят алтернативни начини за оптимизиране на ИТ разходите.

До неотдавна единственият начин, по който компаниите можеха да използват софтуерно бизнес решение, бе като закупят желан продукт и го инсталират на собствена инфраструктура. Това означава значителна първоначална инвес-

тиция в лицензи, хардуер, консултантски услуги по внедряване и настройка на софтуерните системи. Към това се прибавя и нуждата от наемане на специализиран персонал, който да поддържа системите и да гарантира правилното им функциониране, и още други разходи.

Облачното пространство започва да придобива все по-голямо значение в интернет. Хиляди компании ежедневно започват да ползват облачни услуги, за да се възползват от предимства като полесен достъп до приложения и ИТ технологии.

Предимствата на облачно базираните база от данни /ОББД/ пред традиционните са [1, 2,3]:

- Не изискват познания за операционната система;
- По-добра производителност;
- Скалируемост и мащабируемост;
- Малки инвестиционни разходи;
- Бързо автоматично възстановяване при срыв;
- Достъпни от различни точки на света;
- Ниска цена и заплащане, според извършената работа;
- Включените в по-голяма платформа не изискват конфигуриране, а другите

предлагат лесен интерфейс за конфигуриране;

- Управление на архивите, репродукциите и планирането на автоматични задачи;
- Независими от хардуер;
- Бързо инсталиране на нови БД в облака

Някои недостатъци на облачно базираните база от данни са:

- Засягат неприкосновеността на личността;
- Изискват постоянна връзка с глобалната мрежа и разходи за трафика;
- Данните са обвързани с доставчика;
- Под въпрос е собствеността на данните и кой ще поеме отговорност за компрометираните данни;
- Риск от загуба на контрола над ресурсите;

Windows Azure SQL база данни е релационната база данни за платформата Windows Azure, която е отворена и гъвкава cloud платформа, осигуряваща възможност за бързо изграждане, внедряване и управление на приложения през глобалната мрежа от центрове за данни на Microsoft.

Подобно на една инстанция на SQL Server, Windows Azure SQL Database излага (TDS) интерфейс за Transact – SQL – базиран достъп до базата данни. Това позволява на тези приложения за база данни да използват Windows Azure SQL Database по същия начин, по който те използват SQL Server.

С Windows Azure SQL база данни, може се да разположат данните на момента.

Това намалява първоначалните разходи, като позволява да се използват само ресурсите, които са нужни, а когато нуждите се променят, може лесно да се разшири базирания на облак storage, за да се отговори на тези нови потребности.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Проектирането на облачно базирана база от данни има няколко етапа:

1. Инсталиране на SQL Server и SQL Server Management Studio.

2. Проектиране на базата от данни в SQL Server.

3. Създаване на акаунт в Microsoft Azure.

4. Миграция на базата данни от SQL Server към Azure SQL Database.

SQL Server е цялостна платформа за работа с бази от данни, произведена от Microsoft, която позволява манипулиране с всякакви данни от всяко място и по всяко време. SQL Server предлага съхранение на данни от структурирани, полуструктурирани и неструктурирани документи, като изображения и музика, директно в базата данни. Извършва широк набор от интегрирани услуги за създаване на заявки, търсене в базите данни, синхронизиране, анализ и генериране на отчети. С SQL Server се съхраняват и се разполага с данни без значение от тяхната локация.

Management Studio е интегрирана среда за управление на SQL бази данни. Студиото за управление представлява лесен за употреба графичен интерфейс, който предоставя възможности за достъпване, конфигуриране, управление, администриране и развиване на всички компоненти на SQL Server. Тъй като SQL Server работи на заден план като процес без интерфейс и потребителите получават възможност да изпълняват различни команди на сървъра.

Разработка и реализация на ОББД за магазин за облекло:

Проектната реализация съдържа 11 таблици:

1. Таблица с клиенти на фирмата: clients;

ID_CLIENT - уникален идентификатор; MOL – материално отговорно лице; FIRMA- име на фирма;

GRAD – град; ADRES – адрес; DANACHENNO – данъчен номер; BANKA – банка; BANKOWKOD – банков код; BANKOWASMETKA – банкова сметка;

BULSTAT – булстат; OTSTAPKA – отстъпка;

KONSIGNANT – консигнант;
ID_GRAD – уникален идентификатор за град (релация към таблица GRAD);

2. Таблица със служителите на фирмата: opera-tors.

OPER_ID – уникален идентификатор;
OPER_ID_MASTER – ID на пряк началник; OPERATOR_NAME – име на оператора; ZAPLATA – заплата на служителя на фирмата; DLAZNOST – длъжност; KOMISIONNA – ко-мисионна; ADRES – адрес; OPER_EMAIL – имейл; TELEFON – телефон;

3. Таблица с градове: grad.

ID_GRAD – уникален идентификатор;
OBLAST – област; GRAD – град;

4. Таблица с документи: document_gl.

ID_M – уникален идентификатор;
SKLAD_ID – склад (релация към таблица wid_sklad);

ID_CLIENT – клиент (релация към таблица clients); NOMERRAZP – номер на разписка; DATARAZP – дата на разписка; NOMERFAKT – номер на фактура; DATAFAKT – дата на фактура; PLATENO – платено; WSICHKO – всичко; OBSHTO – общо; OSNOWANIE – основа-ние;

OPER_ID- оператор, издал документа (релация към таблица operators); ID_V – валута (релация към таблица valuta); TIP_DOC_ID – вид доку-мент (релация към таблица tip_doc); OTSTAPKA – отстъпка;

5. Таблица с документи: document_re.

ID_S- уникален идентификатор; ID_M – доку-мент (релация към таблицата document_gl);

PRODKOD_ID – продукт(релация към таблица obleklo); KOLICHESTWO – количество; CENA – цена; WSICHKO – всичко; PARTIDA – партида;

6. Таблица с документи: wid_sklad.

SKLAD_ID – уникален идентификатор; SKLAD_NAME – име на склад;

7. Таблица с информация за количеството на стоката в различните складове: sklad

ID – уникален идентификатор;
SKLAD_ID – склад (релация към таблица wid_sklad);

PRODKOD_ID – стока (релация към таблица obleklo); KOLICHESTWO – количество;

8. Таблица с видовете документ: tip_doc.

TIP_DOC_ID – уникален идентификатор; TIPDOC – тип на документа;

9.Таблица с валути: valuta

ID_V – уникален идентификатор;
VALUTA_NAME – име на валута;
VALUTA_COUNTRY – страна;

10.Таблица със стойностите за валутите: valu-ta_re

ID_S – уникален идентификатор;
ID_V- валута (релация към таблица valuta); DATE_V – дата;

STOJNOST – стойност;

11. Таблица със стоката:obleklo

PRODKOD_ID – уникален идентификатор; PRODKOD – код на стоката;

PRODNAME – име на стоката;
MERKA – мерка; DOSTAWNACENA – доставна цена на стоката;

PRODAJNACENA – продажна цена на стоката; OPISANIE – описание на стоката;

CWQT – цвят; RAZMERI – размери;
MARKA – марка; GRUPA – група;

Една от привлекателните характеристики на SQL Database е почти нулевата поддръжка, която осигурява. Microsoft се справя автоматично с всички подобрения, конфигуриране на сървъри, балансиране на натоварването и платформа за бази данни. Освен това, SQL Database обработва автоматично управлението на системните таблици и файловете групи. От вас се изисква да изпълнявате общи административни задачи, като управление на логически аспекти на базата данни, включително влизания, настройки на индекси и оптимизиране на заявки.

Когато използвате SQL Database, можете да използвате същите инструменти, програмни езици и рамки, които сте свикнали да използвате със SQL Server. SQL Database и SQL Server са подобни

по много начини, въпреки че не всяка функция на SQL Server е налична в SQL Database. Двете обаче споделят една много важна характеристика: и двете използват TDS като клиентски протокол. Това позволява инструменти като SQL Server Management Studio (SSMS) да се свързват с SQL база данни.

Преди да можете да се свържете с SQL база данни от всеки инструмент, включително SQL Server Management Studio, ще трябва да коригирате настройката на защитната стена. SQL база данни е предварително конфигурирана с настройки на защитната стена, които изрично ще откажат достъп от всеки IP адрес. Когато създавате нов сървър на SQL база данни в портала Azure, по подразбиране е възможно да позволите на всяка Azure услуга (като например Azure Web App) в абонамент Azure за достъп до сървъра.

Обикновено не се препоръчва да се допуска сървърният достъп (чрез правила на защитната стена) до всички услуги на Azure. Вместо това препоръчваме да активирате достъп само до конкретни IP адреси, които изискват достъп.

За достъп до сървъра на SQL база данни извън Azure - например от SQL Server Management Studio - ще трябва да промените защитната стена на сървъра, за да позволите достъп от желания IP адрес (или обхват). От блейда на SQL Server в секцията Essentials кликнете върху връзката Show Firewall Settings (Настройки на защитната стена) и въведете тези IP-та, за които искате да имате достъп.

SQL база данни предоставя няколко опции, за да отговори на изискванията за непрекъснатост на бизнеса. Един от начините, по които SQL Database осигурява защита, е чрез резервиране на инфраструктура. По всяко време в Azure центровете за данни може да има хардуерна неизправност (като твърд диск, мрежа или цели сървъри). SQL Database осигурява висока достъпност в случай на такива хардуерни повреди, като съхра-

нява копия на данните на физически отделни възли. Три възли на база данни или реплики винаги се изпълняват: една основна реплика и две вторични копия. За операциите за запис, данните се записват в основната и в една от вторичните копия, преди транзакцията за запис да се счита за завършена. В случай на повреда на основната реплика, SQL Database установява неизправността и не успее да влезе в вторична реплика. Ако е необходимо, след това се създава нова реплика.

Освен това непрекъснатостта на бизнеса по отношение на базите данни често включва две категории: възстановяване на база данни и възстановяване след бедствие. Възстановяването на база данни се отнася до способността да се намали рискът и да се възстанови от неволно изменение или заличаване на данни. За да подпомогне възстановяването на база данни, SQL Database предоставя функция, наречена Point-in-Time Restore. Възстановяването на точка в час ви позволява да възстановите база данни, на която и да е предишна точка. Времовата рамка, от която можете да възстановите, варира в зависимост от избрания подразбиращ се SQL Database: 7 дни за Basic, 14 дни за Standard и 35 дни за Premium.

Миграция на данни от SQL Server към SQL Azure Database

Съветникът за мигриране на SQL база данни (SQLAzureMW) е разработен така, че да помогне за миграцията на базите данни на SQL Server 2005/2008/2012/2014 към Azure SQL Database. Съветникът за мигриране на SQL база данни (SQLAzureMW) дава възможност за анализ, генериране на скриптове и мигриране на данни (чрез BCP) от:

- SQL Server към базата данни на Microsoft Azure SQL
- Microsoft Azure SQL база данни към SQL Server
- Microsoft Azure SQL база данни на Microsoft Azure SQL база данни

След изпълнението на тези стъпки, базата данни, която сме избрали, вече е прехвърлена на сървъра в Azure SQL Database и вече може да си създаваме заявка с определени критерии [4,5,6] .

Примери:

Пример 1. Да се изведе стоката, мярката, цената, количеството и мястото, където се намират (фиг.1):

PRODNAME	MERKA	DOSTAVNACENA	KOLICHESTVO	SKLAD_NAME
Данска пано с калчука	бр	29.60	3	Склад конюханти
Данска пано с калчука	бр	29.60	7	Външен склад
Данска блуза с калчука	бр	4.80	5	Основен склад
Данска блуза с калчука	бр	4.80	3	Основен склад
Данска блуза с дълъг ръкав	бр	19.20	4	Магазин
Данска блуза с дълъг ръкав	бр	19.20	34	Склад конюханти
Данска блуза с дълъг ръкав	бр	19.20	5	Склад тежовици
Данска блуза с дълъг ръкав	бр	19.20	3	Магазин
Каса данска рокля	бр	21.60	7	Основен склад
Каса данска рокля	бр	21.60	4	Магазин
Данска блуза с блуза	бр	14.32	2	Магазин
Данска блуза с блуза	бр	14.32	0	Магазин

Фиг. 1. Скриншот на реализацията на ОББД –стока, марка, цена, количество, склад

Пример 2. Да се визуализират данните на фактурите, ДДС и крайна стойност с ДДС (фиг.2):.

NOMERFAKT	WSICHKO	ДДС	ОБЩО
394 1000007478	220.88	44...	265.056
395 2671	8500.78	170...	10200.936
396 25420	4192.50	838...	5031.000
397 2000005306	22.25	4.450	26.700
398 2024	141.19	28...	169.428
399 2672	47.00	9.400	56.400
400 25421	54.00	10...	64.000
401 25422	73.00	14...	87.600
402 25423	54.20	10...	65.040
403 25424	59.50	11...	71.400
404 1738	184.80	36...	221.760
405 1000007479	485.50	97...	582.600

Фиг. 2. Скриншот на реализацията на ОББД - данни по фактури, ДДС и крайна стойност с ДДС (фиг.2).

Пример 3. Да се изведе името, заплатата и длъжността на продавач - консултантите.

OPERATOR_NAME	DLAZNOST	ZAPLATA
Димитър Михайлов	Магазинец	600.00
Иван Георгиев	Магазинец	600.00

Фиг. 3. Скриншот на реализацията на ОББД - име, заплата и длъжността на продавач -консултантите

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Могат да се направят следните изводи и заключения:

1.Облачните БД са важен аспект за успешното мигриране към облачните структури, които през последните години търпят изключително бързо развитие и обхващат все повече потребители. Облачните БД като услуга са тенденция в развитието на БД, тъй като отключват потенциала за решаване на съществуващите проблеми при традиционните БД. Те имат редица предимства пред традиционните БД като по-висока производителност, автоматична скалируемост и мащабируемост, малки инвестиционни разходи, бързо автоматично възстановяване при срыв и др.

2. Голяма част от доставчиците на облачни услуги (напр. Amazon AWS) включват DbaaS като компоненти на по-големи платформи (като PaaS) и разширяват обкръжението на разработчиците с пълен стек от технологии за разработка и изпълнение на програмни приложения в облак.

3. Наблюдава се непрекъснато нарастване на броя на доставчиците на DbaaS.

По-голяма част от тях предлагат релационни DbaaS (Xeround, SQL Azure Database, EnterpriseDB Postgres Plus Cloud Database), тъй като нерелационните (Amazon SimpleDB, Google BigQuery) имат смисъл само в определен контекст и имат редица недостатъци, свързани с операции по обединяване на масивите от данни, гъвкавостта и управлението на транзакциите.

4. Разработеният вариант на ОББД реално е внедрен в малък търговски обект, което доведе до оптимизирането на числеността на персонала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Димитров, Г. Базы от Данных и приложения за работа с тях. Часть II. София, Про Лангс, 2015, с. 177.
- [2] Димитров, Г. Проектиране на база данни. Часть I. София, Про Лангс, 2014, с. 139.
- [3] Димитров, Г. Основы на SQL. Часть I. София, Про Лангс, 2015, с. 129.
- [4] Георгиева-Трифопова, Цв. Практикум по бази от данни. Часть I. Велико Търново, 2012 г.
- [6] Рашидов, Алдениз. Облачно базираните бази от данни – бъдещето на традиционните бази от данни. Международна научна конференция „УНИТЕХ-12“ - Габрово, 16-17 ноември 2012.
<https://www.researchgate.net/publication>
- [7] Colier, Michael and Robin Shahan. Fundamentals of Azure. Second edition. Microsoft Azure Essentials. 2016.

**АРХИТЕКТУРА И АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА ПРИ
КРИПТИРАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИЗКУСТВЕНИ НЕВРОННИ
МРЕЖИ В MATLAB****ARCHITECTURE AND PERFORMANCE ANALYSIS OF IMAGE
ENCRYPTION WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN MATLAB****Hristina Stoycheva***Technical University - Gabrovo***Abstract**

This paper presents a novel approach to image encryption based on artificial neural networks (ANNs), developed and implemented in MATLAB. The encryption process involves training feedforward neural networks with backpropagation to learn specific encoding functions, which are then applied to transform grayscale images into encrypted forms. Three types of encoding functions—ranging from polynomial to trigonometric and hybrid expressions—are used to evaluate the network's learning and encryption capabilities. The study also investigates how the size and structure of the neural network affect encryption performance, comparing single hidden-layer networks to deeper architectures with varying neuron counts.

Keywords: secure communications, image encryption, artificial neural network.

ВЪВЕДЕНИЕ

Значителният интерес наблюдаван в областта на защитеното предаване на данни и в частност на криптирането на изображения е до голяма степен провокиран от непрекъснатият обмен на дигитална информация в различни интернет платформи и социални мрежи. Необходимостта от защита на чувствителна информация обаче, не касае само потребителите на комуникационни приложения, а засяга много и различни области като теле-медицина [1], национална сигурност [2], промишлена индустрия [3], и др. Това обуславя непрекъснатото развитие, разработване и модифициране на различни алгоритми за криптиране на изображения.

Съществуват разнообразни алгоритми за криптиране на изображения, които обикновено се класифицират в няколко основни групи: симетрични [4], асиметрични [5], хаотични [6], хибридни [7], и др. Част от широко използваните алгоритми се основават на класически подходи [8], докато други използват нестандартни стратегии, включително

хаотични синхронизиращи схеми [9]. През последните години нараства броят на научни публикации свързани с иновативни подходи, в които се интегрират изкуствен интелект (ИИ) и в частност изкуствените невронни мрежи, с цел повишаване на сигурността и адаптивността на системите за криптиране на изображения.

Разнообразието от архитектури и методи за обучение на ИНМ дават възможност за множество комбинации и вариации. От избраните структура, метод на обучение и обучителна функция, зависи постигането на задоволителни резултати и добро ниво на криптиране на изображението.

Настоящата статия има за цел да изследва и представи влиянието на различните архитектура и функция на обучение на ИНМ върху на производителността и степента на криптиране на едно и също стандартно изображение. Използвани са фундаментални метрики касаещи оценката на качеството на криптиране на изображение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Математически е доказано, че всяка невронна мрежа с поне един скрит слой от достатъчно на брой неврони между входния и изходния слой, може да моделира поведението на всяка съществуваща функция.

Теглата на връзките между невроните определят функционалността и поведението на невронната мрежа. За да бъде една невронна мрежа използвана и приложима към даден проблем, тя трябва да бъде предварително изучена.

Изучаването на една невронна мрежа се постига чрез промяна на теглата на връзките между невроните и се осъществява чрез правила, които определят как да се променят тези тегла. Най-разпространеното сред тях е метода на обратното разпространение на сигнал за грешка (back-propagation), където за всеки изходен неврон се изчислява разликата от желаното му поведение, като се формира сигнал за грешка, който се движи назад към входния слой и по пътя си променя теглата на връзките така, че при следващата активация на мрежата грешката да бъде по-малка от сегашната.

Описание на алгоритъма

Алгоритъмът за кодиране и декодиране на изображения, реализиран чрез изкуствени невронни мрежи, се състои от три основни етапа. В началото се зарежда изображение и се формира входен сигнал, който представлява числова трансформация на пикселните стойности в подходящ диапазон. След това се дефинира кодираща функция, с която невронната мрежа трябва да се обучи. Обучава се първа невронна мрежа с обратна връзка, която запомня тази функция чрез зададени входни и изходни вектори. След успешното обучение, мрежата се използва за генериране на криптиращ ключ, с който изображението се кодира. Полученото криптирано изображение се използва като основа за обучение на втора невронна мрежа, която трябва да възстанови оригиналния сигнал. След

обучение, втората невронна мрежа декриптира изображението. На фиг. 1 е представен псевдокод на изследваният алгоритъм.

Algorithm 1: Алгоритъм за кодиране и декодиране на изображения с ИНМ

Input: Изображение I
Output: Кодирано изображение $EncI$, декодирано изображение $DecI$

1. Зареждане на изображението:
- 2 $I \leftarrow \text{imgread}(\text{файл})$
- 3 2. Подготовка на входен сигнал и кодираща функция:
- 4 $tf \leftarrow \text{генериране на сигнал}$
- 5 $f \leftarrow \text{кодираща функция}$
- 6 3. Обучение на първа ИНМ:
- 7 Дефиниране на мрежа: $net \leftarrow \text{feedforward network}$
- 8 Обучение: $net \leftarrow \text{train}(net, P = tf, T = tf)$
- 9 4. Криптиране:
- 10 $M \leftarrow \text{sim}(net, tf)$
- 11 $EncI \leftarrow \text{imageProcess}(I, M)$
- 12 5. Обучение на втора ИНМ:
- 13 $net_1 \leftarrow \text{нова мрежа}$
- 14 Обучение: $net_1 \leftarrow \text{train}(net_1, P = tf, T = M)$
- 15 6. Декриптиране:
- 16 $V \leftarrow \text{sim}(net_1, M)$
- 17 $DecI \leftarrow \text{imageProcess}(EncI, V)$
- 18 7. Визуализация на резултатите:
- 19 $\text{imshow}(I), \text{imshow}(EncI), \text{imshow}(DecI)$

Фиг.1 Псевдокод на алгоритъм за криптиране и декриптиране.

Алгоритъмът е реализиран в среда на MATLAB и позволява гъвкавост чрез промяна на структурата и параметрите на невронните мрежи.

Запомняне на кодиращи функции

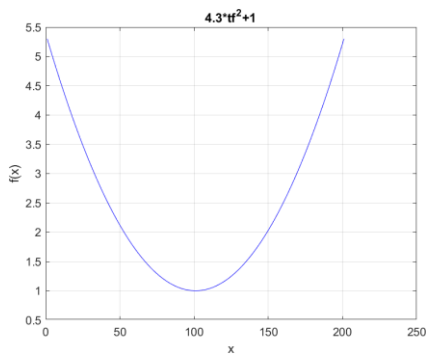
ИНМ може да запомни и да се нагоди, както към сложен тип функции съдържащи тригонометрични и обратно тригонометрични функции, така и към по-елементарен тип като полиноми от нисък ред. За целите на изследването са избрани три различни по сложност функции, а именно:

$$y = 4.3tf^2 + 1, \quad (1)$$

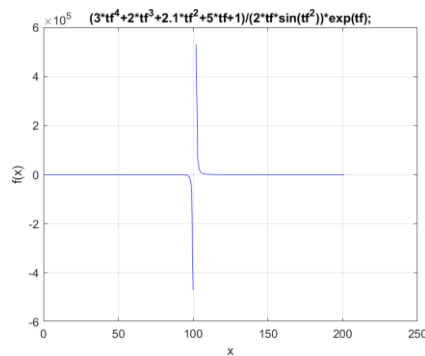
$$y = \frac{3tf^4 + 2tf^3 + 2.1tf^2 + 5tf + 1}{2tf \sin(tf^2)} \exp tf, \quad (2)$$

$$y = -3 \sin(tf^3) tf^2. \quad (3)$$

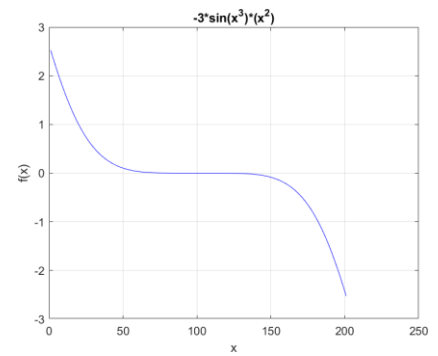
Фигура 2 представлява графична интерпретация на трите функции, получени, чрез успешно обучена ИНМ, достигайки предварително зададена граница на грешката от обучение 1.10^{-9} .



а)

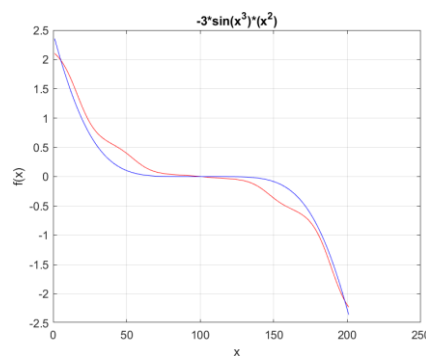


б)

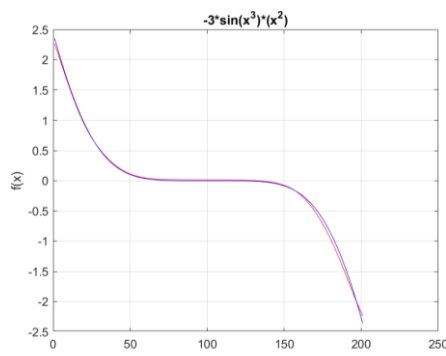


в)

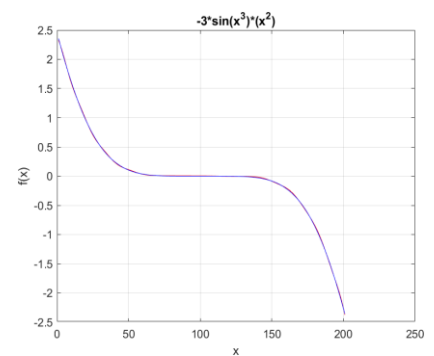
Фиг.2 Кодиращи функции



а)



б)



в)

Фиг.3 ИНМ с един скрит слой - а); ИНМ с два скрити слоя - б); ИНМ с два скрити слоя и двойно повече неврони - в);

Запомняне на кодираща функция от различни по размер ИНМ

Способността на ИНМ да се нагажда към определени функции зависи от нейната големина (брой неврони и слоеве). На фиг. 3 а) се вижда, че ИНМ с един скрит слой от 5 неврона е не достатъчен за копирането на кодиращата функция $y = -3 \sin(tf^3)tf^2$. На фиг. 3 б) са представени резултати при ИНМ с два скрити слоя, а на фиг. 3 в) ИНМ е с два пъти повече неврони от използваната на фиг. 3 б), а именно 10 в първият скрит слой и 20 във втория. Може да се заключи, че за запомнянето на по-сложни функции е необходимо да се използват ИНМ с три и повече скрити слоеве с не по-малко от 10 неврона на слой.

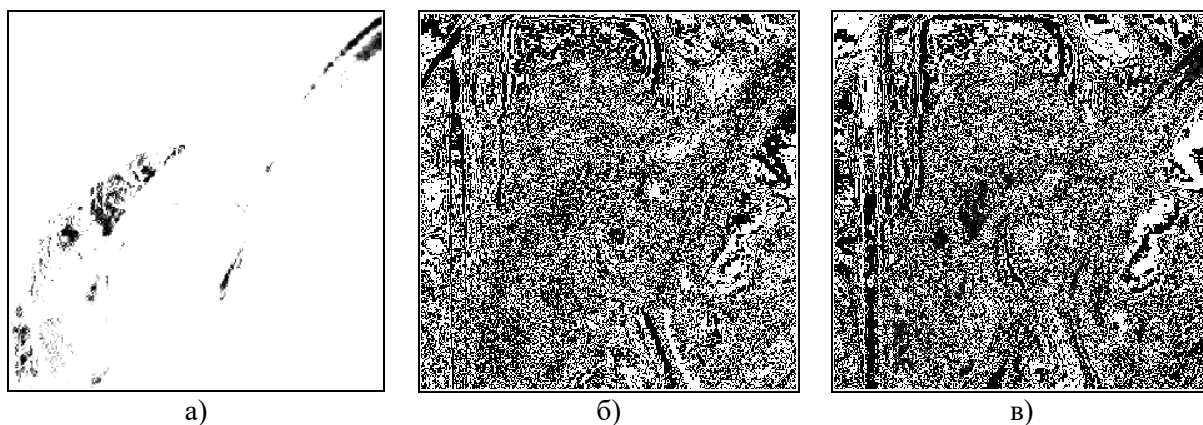
Кодиране и декодиране на изображение, чрез ИНМ обучени с различни функции

На фиг. 4 е представено оригиналното тестово изображение „Lena“.

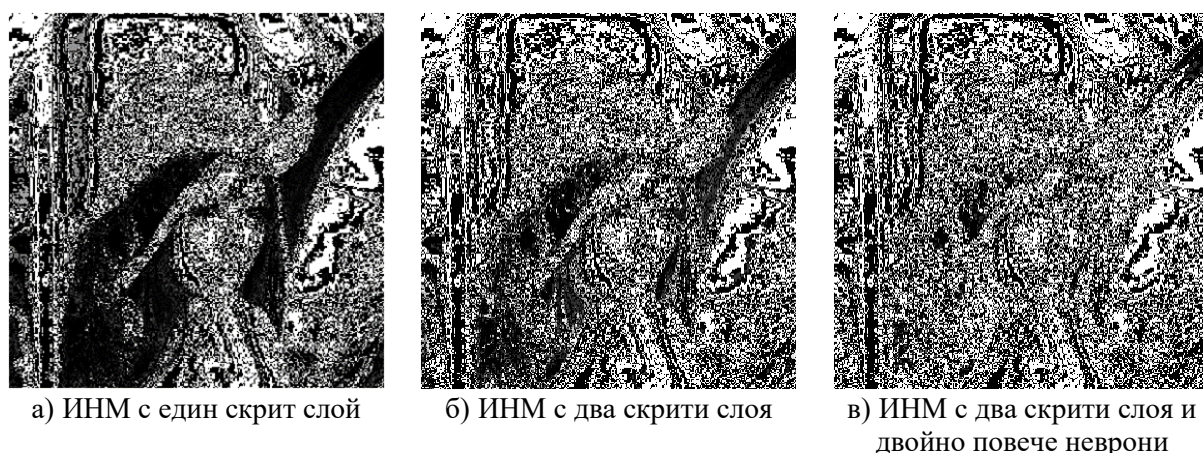


Фиг.2 Тестово изображение „Lena“

Фигура 5 а), б) и в) представя криптирано тестово изображение с трите различни кодиращи функции при ИНМ с два скрити слоя. На фигурите ясно се вижда зависимостта на степента на криптиране от сложността на кодиращата функция.



Фиг. 5 Кодирани изображения с трите функции а), б) и в)



Фиг. 5 Кодирани и декодирани изображения с различни по големина ИНМ

Кодирание и декодирание на изображение чрез различни по големина ИНМ

На фиг. 5 са показани кодирани и декодирани изображения с различни по големина ИНМ и една и съща кодираща функция - $y = -3 \sin(tf^3)tf^2$. При ИНМ с един скрит слой (фиг. 5 а) – кодирано изображение, фиг. 5 г) – декодирано изображение), с два скрити слоя (фиг. 5 б) – кодирано изображение, фиг. 5 д) –

декодирано изображение) и с два скрити слоя и двойно по-голям брой неврони в тях (фиг. 5 в) – кодирано изображение, фиг. 5 е) – декодирано изображение). Резултатите от фигура 5 показват значителна разлика в степента на криптиране с различните по големина невронни мрежи. Очевидно е, че степента на кодиране на изображението расте с увеличаване големината на невронната мрежа, но е важно да се отбележи, че няма при-

чина да се увеличава големината на невронната мрежа, повече от необходимото за апроксимиране на съответната кодираща функция, тъй като неминуемо ще се увеличи и времето за кодиране и декодиране. По-голяма ИНМ, с по-сложна структура е наложително да се използва само тогава, когато кодиращата функция го изисква. Вижда се че по-малките ИНМ не възприемат добре кодиращата функция и съответно влошават криптирането на изображението.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното изследване демонстрира ефективността на изкуствените невронни мрежи като инструмент за кодиране и декодиране на изображения. Разработеният алгоритъм, реализиран в среда на MATLAB, използва невронни мрежи, обучени с различни кодиращи функции, като показва способността им да моделират и запомнят както прости, така и сложни математически зависимости. Експерименталните резултати потвърждават, че структурата и размерът на ИНМ оказват съществено влияние върху степента на криптиране и качеството на възстановеното изображение. По-големи мрежи с повече слоеве и неврони показват по-добри резултати при работа със сложни функции, но увеличават и изчислителната сложност. Изследването показва също, че оптималната конфигурация на мрежата трябва да бъде съобразена с конкретната кодираща функция, за да се постигне баланс между сигурност, точност и производителност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shafique, A., Naqvi, S. A. A., Raza, A., Ghalaii, M., Papanastasiou, P., McCann, J., Imran, M. A., “A hybrid encryption framework leveraging quantum and classical cryptography for secure transmission of medical images in IoT-based telemedicine networks.”, Scientific Reports, 2024, 14(1), 31054.
- [2] Youssef, M., Gabr, M., Alexan, W., Mansour, M. B. M., Kamal, K., Hosny, H., El-Damak, D., “Enhancing satellite image security through multiple image encryption via hyperchaos, SVD, RC5, and dynamic S-Box generation.”, IEEE Access, 2024.
- [3] Alawida, M., “A novel image encryption algorithm based on cyclic chaotic map in industrial IoT environments.”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2024.
- [4] Güvenoğlu, E., “An image encryption algorithm based on multi-layered chaotic maps and its security analysis.”, Connection Science, 2024, 36(1), 2312108.
- [5] Ningthoukhongjam, T. R., Heisnam, S. D., Khumanthem, M. S., “Medical image encryption through chaotic asymmetric cryptosystem.”, IEEE Access, 2024.
- [6] Alawida, M., “A novel DNA tree-based chaotic image encryption algorithm.”, Journal of Information Security and Applications, 2024, 83, 103791.
- [7] Demirkol, A. S., Sahin, M. E., Karakaya, B., Ulutas, H., Ascoli, A., Tetzlaff, R., “Real time hybrid medical image encryption algorithm combining memristor-based chaos with DNA coding.”, Chaos, Solitons & Fractals, 2024, 183, 114923.
- [8] Lin, Y., Yang, Y., Li, P., “Development and future of compression-combined digital image encryption: A literature review.”, Digital Signal Processing, 2024, 104908.
- [9] Yang, C. H., Lee, J. D., Tam, L. M., Li, S. Y., Cheng, S. C. “FPGA Implementation of Image Encryption by Adopting New Shimizu–Morioka System-Based Chaos Synchronization.”, Electronics, 2025, 14(4), 740.

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТЪМ ЗА КРИПТИРАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ
БАЗИРАН НА НОВА ХИПЕРХАОТИЧНА СИСТЕМА В СРЕДА НА
MATLAB****A STUDY OF AN IMAGE ENCRYPTION ALGORITHM BASED ON NOVEL
HYPERCHAOTIC SYSTEM IN MATLAB ENVIRONMENT****Hristina Stoycheva***Technical University - Gabrovo***Abstract**

This paper presents an image encryption algorithm based on a novel fifth-order hyperchaotic system, implemented in the MATLAB environment. The proposed system exhibits hyperchaotic behavior with more than one positive Lyapunov exponent, making it highly suitable for generating cryptographic keys with strong unpredictability and entropy. The algorithm applies a one-time XOR operation between the original image and a key generated through chaotic dynamics, combined with a second static key for enhanced security. The effectiveness of the method is evaluated through visual and statistical analyses, including histograms, correlation coefficients, information entropy, and resistance to differential attacks measured by NPCR and UACI metrics. The results confirm the algorithm's capability to achieve a high level of confusion and diffusion, making it a promising solution for secure image protection in communication environments that require strong data confidentiality.

Keywords: secure communications, image encryption, chaos.

ВЪВЕДЕНИЕ

Интегрирането на хаотични системи в алгоритмите за криптиране на изображения се утвърждава като ефективен и иновативен подход за постигане на висока степен на сигурност при цифрова обработка на визуални данни. Хаотичните системи се характеризират с чувствителност към начални условия, непредсказуемост и висока комплексност [1]. Тези свойства на хаотичните системи са изключително ценни при изграждането на криптографски механизми. Доказателство за това е непрекъснати научен интерес към методите за криптиране на изображения базирани на хаос, и в частност: Пермутационно-дифузионни схеми [2]; Хаотични поточни шифри [3]; Блокови хаотични шифри [4]; Хаотични генератори на ключове [5]; Хаотично криптиране чрез диференциални уравнения [6]; Хаотични невронни мрежи [7]; и др.

Прилагането на хаос в алгоритмите за криптиране позволява генериране на псевдослучайни последователности с

висока ентропия, които могат да се използват за създаване на динамични ключове, трудни за възпроизвеждане или разбиране чрез класически методи за криптоанализ. В контекста на изображението, хаотичните карти допринасят за ефективна разпределеност на пикселите, разрушаване на корелацията между съседни стойности и минимизиране на структурната предвидимост. Това ги прави особено подходящи за приложения, изискващи бърза обработка, сигурност и ниска изчислителна сложност спрямо традиционни криптографски алгоритми.

Въпреки ефективността на класическите хаотични системи, в последните години все по-голямо внимание привлича внедряването на хиперхаос в криптографски алгоритми [8-11]. Допълнително, високата размерност на хиперхаотичните системи позволява изграждане на множество проекции и независими потоци от криптиращи стойности, които могат да се използват паралелно или йерархично в структурата на алгоритъма. Това прави алгоритмите за криптиране бази-

рани на хиперхаос особено подходящи за приложение в информационната сигурност, най-вече при обработка на визуални или мултимедийни данни.

В настоящата статия се предлага внедряване на нова хиперхаотична система в алгоритъм за криптиране на изображения с еднократно прилагане на битова операция XOR. Представени са графични и числови резултати потвърждаващи качествено криптиране на изображения и устойчивост на диференциални атаки.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Хиперхаотичните системи се характеризират с наличие на повече от един положителен показател на Ляпунов. Това означава, че динамиката на системата е още по-непредсказуема и комплексна, в сравнение със стандартните хаотични модели.

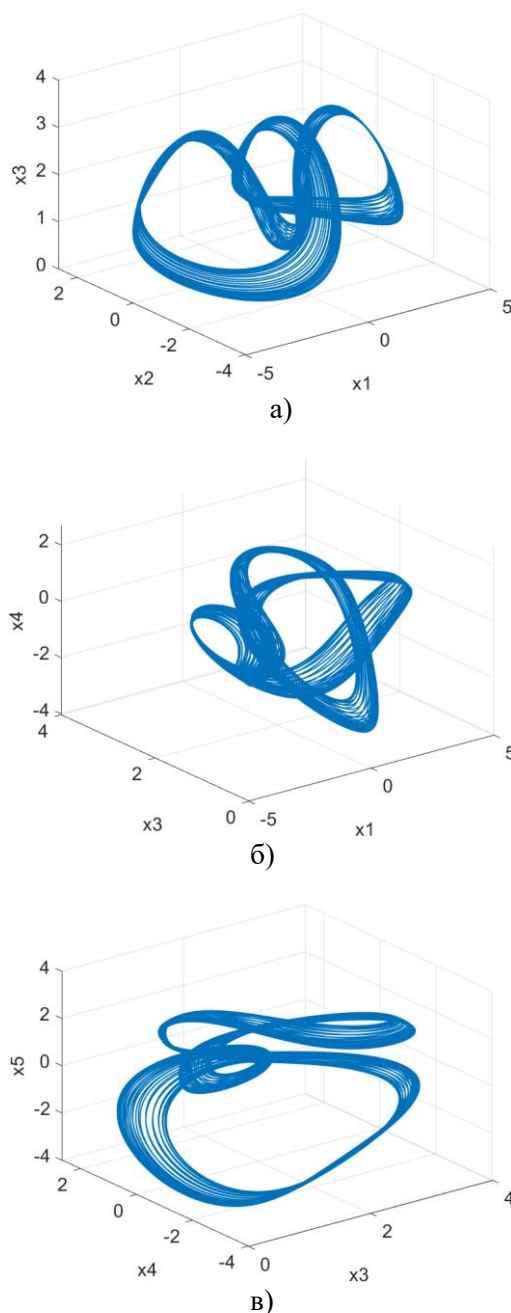
Хиперхаотична система

През 2024 г. е предложен нов математичен модел на хиперхаотична система от пети ред, чиято динамика са описва със следната система от уравнения [12]:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 x_2 + b x_1 + a x_5 \\ \dot{x}_2 = -x_1^2 + x_3^2 \\ \dot{x}_3 = -x_2 x_3 + x_3 x_4 \\ \dot{x}_4 = -x_3^2 + x_5^2 \\ \dot{x}_5 = -x_4 x_5 - a x_1 - b x_5 \end{cases} \quad (1)$$

За стойности на параметрите $a = 1$, $b = 1$ и следните произволно избрани начални условия: $\mathbf{x} = [2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2]^T$, системата има хиперхаотично поведение.

Хаотичният атрактор на петмерна хиперхаотична система се намира в 5D пространството. Не съществува способ за единно графично представяне на толкова сложна проекция. Прието в практиката е да се използват тримерни проекции в пространство на състоянието. За представяне на една хиперхаотична система от пети ред са необходими десет тримерни проекции. Три от тях са представени на фиг. 1.



Фиг. 1. Тримерни проекции на хаотичен атрактор

Алгоритъм за криптиране на изображения базиран на хиперхаотична система

Представеният алгоритъм реализира криптиране и декриптиране на изображения с използване на комбинация от хаотично генерирани ключове и еднократно прилагане на битова операция XOR. Псевдо-код на програмата е представен на фиг. 2.

Algorithm 1: Псевдокод за криптиране и декриптиране на изображение с хаотичен ОТР ключ

Input: Изображение I
Output: Криптирано изображение $EncI$, декриптирано изображение $DecI$

1. Зареждане на изображението:
- 2 $I \leftarrow \text{imgread}(\text{път})$
3. Генериране на хаотични ключове:
- 4 Извличане на променливи x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 от система
- 5 Генериране на бинарен хаотичен поток чрез итерации
- 6 Изграждане на ключ key_1 от хаотичния поток
- 7 Генериране на статичен ключ key_2
- 8 Комбиниране: $key \leftarrow key_1 \oplus key_2$
9. **Криптиране:**
- 10 $EncI \leftarrow \text{imageProcess}(I, key)$
11. **Декриптиране:**
- 12 Повторно генериране на key със същите начални условия
- 13 $DecI \leftarrow \text{imageProcess}(EncI, key)$
14. **Визуализация:**
- 15 Показване на $I, EncI, DecI$ с помощта на `imshow`

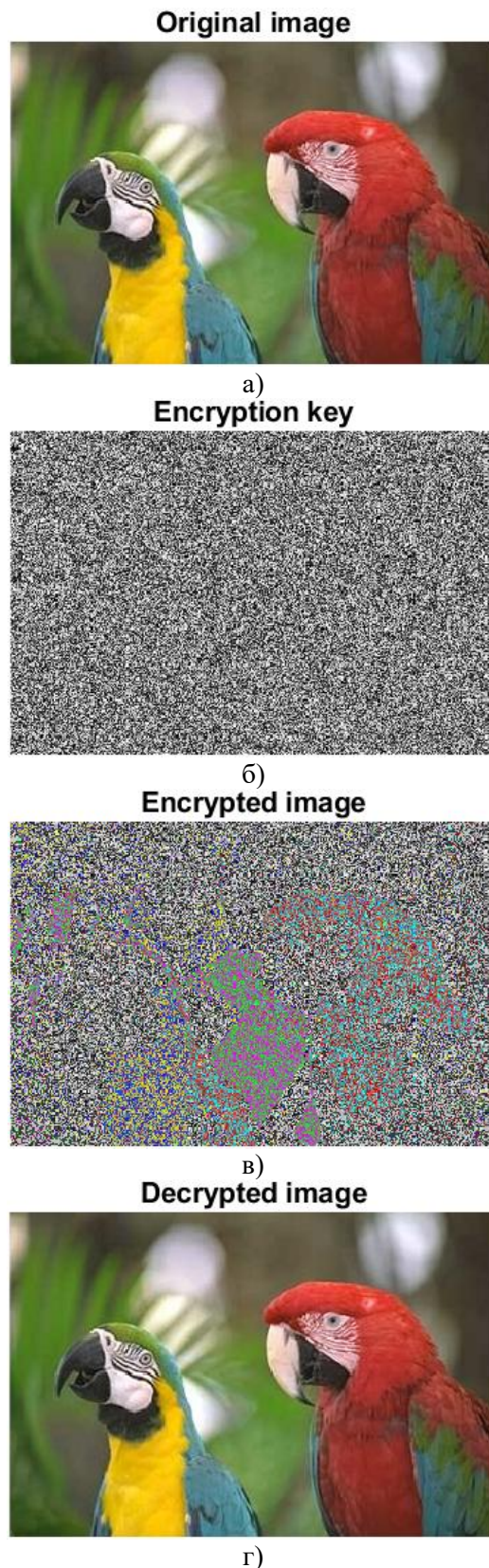
Фиг. 2. Псевдо-код за криптиране и декриптиране на изображение с хиперхаотичен ключ

Алгоритъмът започва със зареждане на изображение (фиг. 3 а)) и извличане на пет стойности от предварително изчислената хиперхаотична система. Въз основа на тези стойности се създава бинарен поток чрез итеративна формула, чиито стойности се преобразуват в ключ. Успоредно с това се генерира втори, статичен ключ. Полученият криптиращ ключ (фиг. 3 б)) е резултат от XOR между двата ключа, което повишава сигурността чрез допълнителна ентропия. С помощта на този ключ оригиналното изображение се кодира (фиг. 3 в)). За декриптиране се повтаря процесът по генериране на ключ, при същите начални условия, и полученият ключ се използва за възстановяване на изображението (фиг. 3 г)). Алгоритъмът демонстрира висока ефективност и сигурност, които се потвърждават графично чрез резултатите показани на фиг. 3.

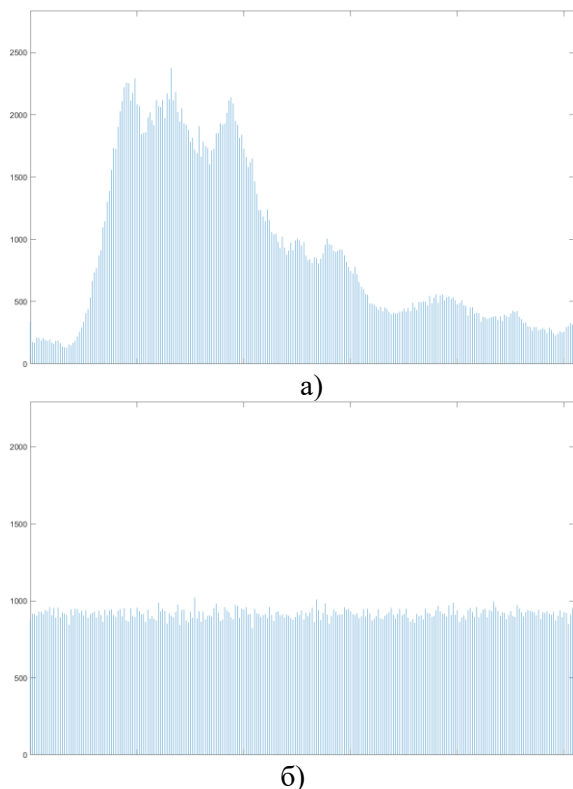
Оценка на качеството на кодиране и устойчивостта срещу диференциални атаки

От техническа гледна точка, крайната оценка за това дали даденото изображение е с висока степен на кодиране или с добро качество след възстановяването, се базира на субективната преценка на човека. Поради тази причина анализа на резултатите от процеса по декриптиране се осъществява на база два основни метода, широко разпространени в публика-

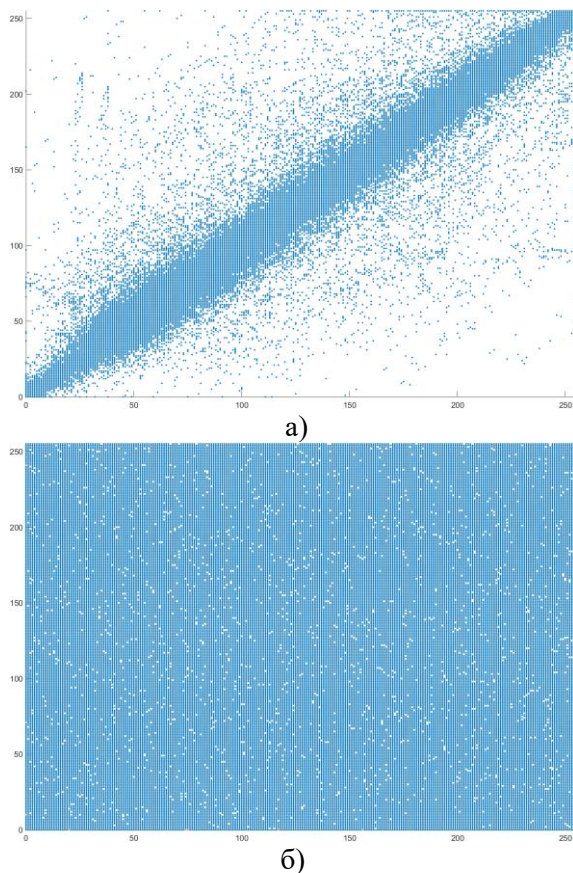
циите по тематиката, а именно хистограми и корелации.



Фиг. 3. Резултати от процеса по криптиране и декриптиране



Фиг. 4. Хистограми на а) оригинално изображение, б) криптирано изображение



Фиг. 5. Графично представяне на корелация - а) оригинално изображение, б) криптирано изображение

Хистограма - Хистограмата измерва качеството на криптиране по отношение на това как увеличава максимално отклонението между оригиналното и криптираното изображения. Хистограмите получени при изследване на предложеният алгоритъм са представени на фиг. 4.

Корелация - Корелационният анализ е метод за обработка на статистически данни използвани за изучаване на коефициенти (корелации) между променливи. При анализа се сравняват коефициентите на корелацията между една или повече двойки променливи, за да се установят статистически взаимозависимости между тях. Полезен показател за оценка на качеството на криптиране на дадено изображение е коефициентът на корелация между пикселите при едни и същи индекси в оригиналните и криптираните изображения.

Освен чрез графично представяне (фиг. 5), коефициентът на корелация между оригиналното изображение и неговото криптирано изображение може да се изчисли, като неговата идеална стойност се намира около нулата. Получените стойности за коефициент на корелация при изследване на предложеният алгоритъм са представени в Таблица 1.

Информационната ентропия е статистически тест, който оценява неопределеността и случайността в комуникационните системи. При криптирането на изображения ентропията се използва за измерване на случайността на разпределението на пикселите в шифрованото изображение. Високата стойност на ентропията показва по-добра обърканост и липса на какъвто и да е различим модел в криптираното изображение. Теоретично максималната стойност на информационна ентропия е 8. Получените стойности за коефициент на информационна ентропия при изследване на предложеният алгоритъм са представени в Таблица 1.

Табл. 1 Гранични размери на страницата

	Корелация	Ентропия	NPCR	UACI
Оригинално изображение	1.000	7.4122	99.5806	30.4716
Криптирано изображение	0.0029	7.9977		

Диференциални атаки се използват от криптоаналитиците с цел, да се открие връзката между оригинално и криптирано изображение, като се внасят малки изменения в оригиналното изображение и в последствие то се криптира със същия ключ. Алгоритъмът за криптиране трябва да има отлични характеристики на дифузия, при които промяната на един пиксел в оригиналното изображение би трябвало да генерира напълно различно шифровано изображение. Способността на алгоритъма за криптиране да устои на диференциални атаки може да бъде оценена чрез анализ на производителността на алгоритъма, използвайки тестовите за NPCR и UACI [13].

Честота на промяна на пикселите - Метриката NPCR (Number of Pixels Change Rate) измерва процента на разликите между две шифровани изображения, получени чрез криптиране на две изображения, които се различават само по един пиксел, а всички останали пиксели в двете изображения са еднакви. По-високата стойност на NPCR показва по-голяма реакция на алгоритъма към промени в изображението или ключа и по този начин по-добра устойчивост на диференциални атаки. Идеалната стойност на NPCR е $\geq 99,6094\%$. Получената стойност за NPCR при изследване на предложените алгоритъм са представени в Таблица 1.

Средна степен на изменение на интензитета – UACI (Unified Average Changing Intensity) е друг показател, който се използва за оценка на способността на алгоритъм за криптиране да устои на диференциални атаки чрез измерване на средния интензитет на промяната между две шифровани изображения, получени чрез криптиране на две

еднакви изображения, различаващи се само по един пиксел. Подобно на NPCR, по-високата стойност на UACI показва по-добра устойчивост на диференциални атаки. Идеалната стойност за UACI е $\geq 33,4635\%$. Получената стойност за UACI при изследване на предложените алгоритъм са представени в Таблица 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията е представен криптографски алгоритъм за защита на изображения, който използва нова хиперхаотична система като основа за генериране на криптиращ ключ. Чрез комбиниране на хаотично поведение и битови операции се постига висока степен на сигурност, особено благодарение на чувствителността към начални условия и разширеното ключово пространство. Експерименталните резултати, подкрепени с визуални и числови анализи, показват ниски стойности на корелация, висока информационна ентропия, както и силна устойчивост към диференциални атаки, потвърдена чрез метриците NPCR и UACI. Направеното изследване демонстрира, че предложената методика е подходяща за практическа реализация в области, изискващи надеждно криптиране на изображения и защита на визуална информация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Boccaletti, S., Grebogi, C., Lai, Y. C., Mancini, H., Maza, D., „The control of chaos: theory and applications.“, Physics reports, 2000, 329(3), 103-197.
- [2] Bezerra, J. I. M., de Almeida Camargo, V. V., Molter, A., „A new efficient permutation - diffusion encryption algo-

- rithm based on a chaotic map.“, Chaos, Solitons & Fractals, 2021, 151, 111235.
- [3] Dridi, F., El Assad, S., El Hadj Youssef, W., Machhout, M., „Design, hardware implementation on FPGA and performance analysis of three chaos-based stream ciphers.“, Fractal and Fractional, 2023, 7(2), 197.
- [4] Alawida, M., Teh, J. S., Mehmood, A., Shoufan, A., Alshoura, W. H., „A chaos-based block cipher based on an enhanced logistic map and simultaneous confusion-diffusion operations.“, Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 2022, 34(10), 8136-8151.
- [5] Shajin, F. H., Rajesh, P., „FPGA realization of a reversible data hiding scheme for 5G MIMO-OFDM system by chaotic key generation-based paillier cryptography along with LDPC and its side channel estimation using machine learning technique.“, Journal of Circuits, Systems and Computers, 2022, 31(05), 2250093.
- [6] Ali-Pacha, H., Hadj-Said, N., Ali-Pacha, A., Özer, Ö., „Numerical methods for differential equations as encryption key.“, Journal of Interdisciplinary Mathematics, 2022, 25(8), 2209-2237.
- [7] Wang, S., Hong, L., Jiang, J., „An image encryption scheme using a chaotic neural network and a network with multistable hyperchaos.“, Optik, 2022, 268, 169758.
- [8] Ma, X., Wang, C., „Hyper-chaotic image encryption system based on $N+2$ ring Joseph algorithm and reversible cellular automata.“, Multimedia Tools and Applications, 2023, 82(25), 38967-38992.
- [9] Li, Q., Chen, L., „An image encryption algorithm based on 6-dimensional hyperchaotic system and DNA encoding.“, Multimedia Tools and Applications, 2024, 83(2), 5351-5368.
- [10] Wang, X., Zhang, X., Gao, M., Tian, Y., Wang, C., Lu, H. H. C., „A color image encryption algorithm based on hash table, hilbert curve and hyper-chaotic synchronization.“, Mathematics, 2023, 11(3), 567.
- [11] Zhao, C., Wang, T., Wang, H., Du, Q., Yin, C., „A novel image encryption algorithm by delay induced hyper-chaotic chen system.“, The Journal of Imaging Science and Technology, 2023, 10501(1).
- [12] Sun, X., Zhao, J., Fan, Z., Du, B., „A novel five-dimensional non-Hamiltonian conservative hyperchaotic system with multiple amplitude-modulated behaviors.“, AEU-International Journal of Electronics and Communications, 2024, 183, 155376.
- [13] Özkaynak, F., „Role of NPCR and UACI tests in security problems of chaos based image encryption algorithms and possible solution proposals.“, In 2017 International conference on computer science and engineering (UBMK), 2017, October, IEEE, pp. 621-624.

**ИНТЕГРИРАНЕ НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ В СИСТЕМИТЕ ЗА
ПРЕДОТВРЯВАНЕ НА ПРОНИКВАНИЯ (IPS)****INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO INTRUSION
PREVENTION SYSTEMS (IPS)****Ivan Zlatev***Technical College of Lovech, Bulgaria***Krasen Angelov***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

With the increasing complexity of cyber threats, traditional signature-based network security systems are becoming increasingly ineffective. In this context, there is a growing interest in the application of Artificial Intelligence (AI), including machine and deep learning, in Intrusion Prevention Systems (IPS). This study aims to analyze the possibilities for integrating AI into IPS by evaluating the advantages, challenges, and real-world applications of such technologies.

A combined methodology has been used, including a literature review, comparative analysis between classical and AI-based IPS, analysis of real-world case studies, and identification of key challenges. The theoretical framework explains the differences between IDS and IPS, as well as the role of AI in behavioral analysis. Key AI methods are examined: supervised, unsupervised, and deep learning, with a focus on algorithms such as SVM, Decision Trees, LSTM, and Autoencoders.

Three practical case studies (Cisco Secure IPS, Palo Alto Cortex XDR, and Snort with an ML module) demonstrate significant improvements in system accuracy and responsiveness when AI is utilized. Challenges such as the need for large volumes of data, explainability of decisions, and ethical considerations are also addressed.

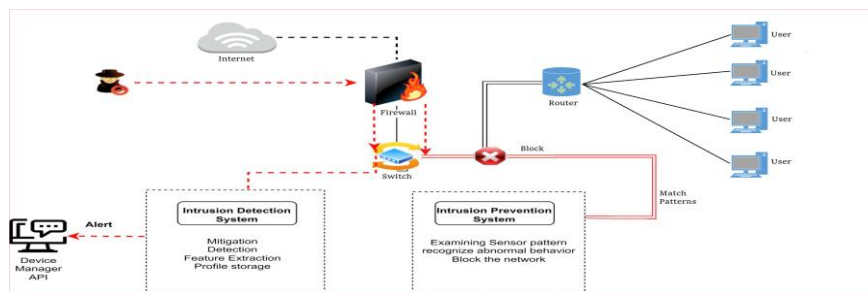
In conclusion, the integration of AI into IPS systems offers new opportunities for proactive and adaptive protection, supporting the development of more resilient and intelligent network solutions in the dynamic cyber environment.

Keywords: *Artificial Intelligence; Intrusion Prevention Systems; Intrusion detection System; deep learning.*

ВЪВЕДЕНИЕ

С нарастващата дигитализация и развитието на ИТ, информационната сигурност се изправя пред нови предизвикателства, свързани с увеличаващия се брой и сложност на киберзаплахите. Традиционните IPS системи, базирани на сигнатури и статични правила, се оказват недостатъчно ефективни срещу нови и непознати атаки. Това налага интеграцията на изкуствен интелект (AI), включително машинно и дълбоко обучение, в системите за откриване и предотвратяване на прониквания (IDPS). AI предлага по-висока адаптивност и точност чрез анализ на големи обеми данни и разпознаване на сложни модели в реално време.

Изследването представя архитектурата на IDPS и ролята на AI в поведенчески анализ, с фокус върху алгоритми като SVM, Decision Trees, LSTM и Autoencoders. Разгледани са реални примери (Cisco Secure IPS, Palo Alto Cortex XDR и Snort с ML модул), които демонстрират подобрения в ефективността чрез използване на AI. Анализирани са и предизвикателства като нуждата от големи набори данни, обяснимостта на алгоритмите и етични аспекти. Целта е да се оцени потенциалът на AI за трансформиране на киберсигурността в съвременната дигитална ера.



Фиг. 1. Схеми на IDPS архитектура

На фиг.1 е показана архитектурата на IDPS.

1. Цели на изследването

Целта на изследването е да се анализира интеграцията на изкуствен интелект в системите за предотвратяване на прониквания (IPS) с цел подобряване на ефективността срещу съвременни киберзаплахи. За постигане на тази цел се поставят следните задачи:

- Да се дефинират функциите и ограниченията на традиционните IPS системи.
- Да се изяснят основните AI концепции (ML, DL) и тяхната приложимост в сигурността.
- Да се анализират методи и алгоритми за интеграция на AI в IPS архитектури.
- Да се проучат реални примери от практиката – комерсиални и с отворен код.
- Да се оценят ползите и предизвикателствата при внедряването на AI-базирани IPS решения.
- Да се формулират изводи и препоръки за бъдещото развитие на интелигентни системи за киберсигурност.

Така се осигурява систематичен подход към оценка на ролята на AI в изграждането на модерна, устойчива и адаптивна киберзащита.

2. Методология на изследването

Настоящото изследване е основано на комбиниран подход, в който са съчетани качествени и количествени методи за събиране и анализ на данни, с цел пос-

тигане на обективност и научна обосновка. Методологията обхваща следните основни етапи:

2.1. Преглед на научна литература и технически източници

Проведен е систематичен анализ на част от съществуващата литература в областта на изкуствения интелект, информационната сигурност и системите за предотвратяване на прониквания. Използвани са академични доклади, научни публикации, стандарти на индустрията (NIST Quality System for Measurement Services), както и документация на водещи доставчици на IPS решения от (Cisco, Palo Alto, Fortinet). Обърнато е внимание основно на публикации от последните 5 години с оглед на бързото развитие на технологията.

2.2. Сравнителен анализ

Сравнителният анализ е извършен между традиционните IPS системи и тези, базирани на AI технологии. В сравнението са включвани няколко критерии:

- способност за откриване на нови заплахи;
- процент на фалшиви положителни и отрицателни резултати;
- възможност за адаптация към нови данни;
- необходимост от човешка намеса.

2.3. Казуси от практиката

В изследването са включени реални примери за внедряване на AI в IPS системи, чрез три подробно разгледани ка-

зуса: две комерсиални решения (напр. Cisco Secure IPS и Palo Alto Cortex XDR) и едно решение с отворен код, използващо AI разширения (Snort или Zeek в комбинация с ML). Тези казуси предоставят емпирична основа за анализ на ефективността и приложимостта на интелигентните решения.

2.4. Анализ на предизвикателствата и рисковете

Открити са ключови предизвикателства пред интеграцията на AI в IPS, като нужда от големи обеми обучаващи данни, обяснимост на вземаните решения (explainable AI) и съответствие с правни и етични норми.

2.5. Синтез и изводи

На базата на събраните данни и проведените анализи, са формулирани изводи относно ефективността на AI-базирани IPS, представени са препоръки за бъдещи изследвания и внедрявания.

3. Основни понятия

За да бъде разбрана ролята на изкуствения интелект в системите за предотвратяване на прониквания (IPS), е необходимо да се разгледат основните технологични концепции, свързани както със сигурността, така и с AI. В тази част е предоставена теоретичната рамка за дълбокото разбиране на приложимостта и потенциала на интелигентните системи свързани с мрежовата защита.

3.1. IDS vs IPS

Системите за откриване на прониквания (Intrusion Detection Systems – IDS) и системите за предотвратяване на прониквания (Intrusion Prevention Systems – IPS) са фундаментални компоненти на мрежовата сигурност. Основната разлика между двата вида системи е:

- IDS системите наблюдават мрежовия трафик и сигнализират за подозрителни действия, без да предприемат директни мерки.

- IPS системите не само откриват, но и активно блокират, пренасочват или прекратяват зловредния трафик в реално време.

IPS се разглежда като по-усъвършенстван етап в еволюцията на IDS, особено в среди, където автоматичната реакция е критична.

3.2. Подходи за откриване: сигнатурен срещу поведенчески

Сигнатурният анализ е ефективен срещу известни атаки, но не открива нови заплахи. Поведенческият анализ открива аномалии чрез сравнение с нормална активност, като засича непознати атаки, но може да генерира фалшиви аларми. Изкуственият интелект значително подобрява поведенческия подход чрез самообучение и разпознаване на сложни модели.

3.3. Машинно обучение (ml)

Машинното обучение позволява на IPS системите да се самообучават от данни. Използват се:

1. Надзиравано обучение – за откриване на известни заплахи чрез етикетирани данни.

2. Ненадзиравано обучение – за идентифициране на нови и непознати атаки без предварителни етикети.

3. Полуненадзиравано и усилващо обучение – в хибридни модели за адаптивна и динамична защита.

3.4. Дълбоко обучение (deep learning)

Дълбокото обучение е разширение на ML, използващо невронни мрежи с много слоеве. Алгоритми като LSTM (Long Short-Term Memory) и CNN (Convolutional Neural Networks) могат да обработват последователности от мрежов трафик и да разпознават сложни заплахи, невидими за класическите методи.

3.5. Предизвикателства при традиционните IPS

Традиционите IPS системи изпитват трудности при адаптация към нови атаки, подават висок процент от фалшиви сигнали (false positives), изпитват голяма необходимост от честа актуализация на сигнатурите, както и им липсва самостоятелно вземане на решения в реални време.

Интеграцията на AI в IPS цели да преодолее тези слабости, като предостави интелигентно и адаптивно поведение на защитните системи.

4. AI-базирани подходи за предотвратяване на прониквания

Интеграцията на изкуствен интелект в системите за предотвратяване на прониквания (IPS) цели да повиши тяхната ефективност чрез автоматизация, адаптивност и способност за откриване на нови и сложни атаки. В тази част се разглеждат основните AI подходи и алгоритми, използвани в съвременните IPS решения.

4.1. Анализ на мрежов трафик чрез машинно обучение

Машинното обучение позволява моделиране на нормалното поведение на мрежата и отклонения от него. За целта се извличат характеристики от трафика, като скорост на трансфера, брой свързвания за единица време, честота на използване на определени портове и модели на комуникация между хостове. За да се анализира мрежовия трафик се използват техники, като класификация (дали даден трафик е нормален или атака), кластериране (групиране на подобни трафични модели) и регресия (предсказване на поведение).

4.2. Надзиравано обучение

Подходът изисква предварително етикетирани данни – например от публични набори като KDD Cup 99, NSL-KDD, CICIDS2017. При този подход често използват алгоритмите:

- Support Vector Machines (SVM): добър при бинарна класификация.

- Decision Trees / Random Forests: устойчиви на шум и подходящи за големи обеми данни.

- Naïve Bayes: прост, но ефективен при ограничени ресурси.

4.3. Ненадзиравано обучение

Ненадзираваното обучение се използва за откриване на аномалии, без нужда от ръчно етиктиране. Това обучение е подходящо за откриване на нови или непознати атаки (zero-day), както и за мрежови среди с динамични характеристики. При този вид обучение са популярни алгоритмите:

- K-Means Clustering: групиране на сходни трафични записи.

- Principal Component Analysis (PCA): редукция на размерността и откриване на извънредни точки.

- Autoencoders (DL): възстановяване на входни данни; използва се за разпознаване на "необичайни" входове.

4.4. Дълбоко обучение

Дълбокото обучение използва многослойни невронни мрежи за обработка на сложни, неконвенционални модели в мрежовия трафик. Конкретни примери за това са:

- Long Short-Term Memory (LSTM) – подходящ е за времеви последователности, като анализира връзки в трафика през време.

- Convolutional Neural Networks (CNN): извличат пространствени характеристики от структурираните входни данни.

- Recurrent Neural Networks (RNN): полезни са при проследяване на повтарящи се модели.

Тези алгоритми се използват не само в изследователски прототипи, но и в комерсиални продукти. Те предлагат висока точност на разпознаване и възможност за самостоятелно подобряне чрез обучение върху нови данни.

4.5. Хибридни системи

Много от съвременни IPS решения комбинират сигнатурни и AI-базирани методи. С използването на сигнатури, хибридните модели бързо разпознават извесни заплахи. А с прилагането на AI в тях анализират непознати подозрителни модели. Хибридните системи адаптират динамично правила според връзките. При този подход се балансира скоростта и гъвкавостта на системата, като минимизира фалшивите сигнали и подобрява отговора при атаки в реално време.

5. Казуси от практиката

За да бъде по-ясно онагледено прилагането на изкуствения интелект в IPS системите, в тази точка разглеждам три казуса: два от комерсиалната практика и един отворен проект. Всеки от казусите представя различен подход към интеграцията на AI, нивото на автоматизация и резултатите по отношение на откриване на заплахи.

5.1. Cisco secure ips и ai анализ с talos intelligence

Cisco Secure IPS комбинира сигнатурно и поведенческо откриване с машинно обучение, базирано на облачна AI инфраструктура от Cisco Talos. Системата се самообучава чрез глобални данни за заплахи, поддържа автоматично блокиране и обяснима AI логика за администраторите. В лабораторни тестове отчита над 96% точност при откриване на сложни атаки, с под 2% фалшиви положителни резултата.

5.2. Palo alto cortex xdr и поведението като индикатор

Palo Alto Cortex XDR използва AI-базирано поведенческо профилиране и аномален анализ за откриване на заплахи чрез наблюдение на взаимодействия между потребители, устройства и приложения. Системата анализира трафик в реално време, автоматично реагира и визуализира инциденти с помощта на интелигентен интерфейс. Във финансов сектор решението съкращава времето за

откриване на сложни атаки от 8 часа на под 30 минути.

5.3. Snort + machine learning модул (отворен код)

Snort, популярна отворена IDS/IPS система, може да бъде разширена с машинно обучение чрез Python и библиотеки като Scikit-learn или TensorFlow. Логовете се обработват от ML модел, който класифицира трафика, а интеграцията със SIEM позволява автоматични реакции. Обучение се извършва с реални или симулирани данни (напр. CICIDS2017). В университетски проект (NCI, 2023) подобрената версия на Snort достига 93% точност при DDoS атаки и 88% при "infiltration", значително превъзхождайки стандартната. Това доказва потенциала на AI за по-добро откриване, адаптивност и автоматизация в отворени решения.

6. Предизвикателства и съображения при прилагане на AI в IPS

Въпреки значителните ползи, свързани с внедряването на изкуствен интелект в системите за предотвратяване на прониквания, съществуват редица предизвикателства и рискове, които трябва да бъдат отчетени от проектанти, администратори и регулатори. Тази секция обобщава основните технологични, организационни, етични и правни съображения.

6.1. Качество и обем на данните

AI моделите са силно зависими от данните, с които се обучават. Предизвикателства:

- Неравномерност в представянето на различни типове атаки.
- Недостатъчно реални или актуални данни (особено при zero-day сценарии).
- Рискове от overfitting, когато моделът "запаметява" вместо да "научава" закономерности.

6.2. Фалшиви положителни и отрицателни резултати

AI може да подобри точността на откриване, но не гарантира пълно елиминиране на грешки. Особено опасни са:

- False negatives (пропуснати атаки): могат да доведат до реални компрометирания.
- False positives: претоварват администраторите с ненужни сигнали и понижават доверието към системата.

6.3. Обяснимост и прозрачност на AI решенията (explainable AI)

Много от AI модели, особено дълбоките невронни мрежи, действат като „черни кутии“, което затруднява проверката на взетите решения, става трудно провеждането на одити и регулаторна съвместимост, затруднено е и разбирането от страна на ИТ персонала.

6.4. Етични и правни аспекти

Нарушаване на поверителността – AI може да обработва чувствителна информация (пр. трафик със съдържание на лични данни).

Автоматични санкции и действия – автоматичните блокировки, предприети от AI-базирани IPS, могат да засегнат легитимни потребители.

- Съответствие с регулации като GDPR, NIS2, ISO 27001.

6.5. Сложност и поддръжка

Интеграцията на AI изисква:

- експерти по киберсигурност, но и по данни и машинно обучение;
- изграждане на инфраструктура за обучение и тестване на модели;
- редовно актуализиране на моделите според нови заплахи.

6.6. Атаки срещу самите AI модели

AI системите могат да бъдат обект на специфични атаки:

- Adversarial examples: умишлено подготвени входове, които заблуждават модела.
- Data poisoning: манипулиране на обучаващи данни с цел изкривяване на поведението на IPS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграцията на изкуствен интелект в IPS системите значително повишава ефективността им срещу съвременни киберзаплахи чрез динамично и интелигентно поведение. Изследването потвърждава, че AI подобрява точността на откриване, особено чрез дълбоко обучение и хибридни модели, като демонстрира предимства в реални приложения. Въпреки това, остава необходимостта от справяне с предизвикателства, свързани с прозрачност, етика и надеждност. Бъдещото развитие следва да включва Explainable AI, регулаторна интеграция, актуализация на модели и междудисциплинарно сътрудничество. AI не е универсално решение, но е ключов компонент за изграждане на адаптивна и проактивна киберсигурност.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Разработка и изследване на интелигентни методи за мониторинг и управление на IoT/5G-базирани комуникационни платформи и приложения“, договор НИП2025-17/2025 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Scarfone, K., Mell, P., Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS). NIST Special Publication NIST SP 800-94, 2007.

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИЯТА ЗА ПАСИВНА ОПТИЧНА МРЕЖА
С РАЗДЕЛЯНЕ ПО ДЪЛЖИНА НА ВЪЛНАТА (WDM-PON) ЗА МРЕЖИ
ЗА ДОСТЪП****APPLICATION OF WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING PASSIVE
OPTICAL NETWORK (WDM-PON) TECHNOLOGY FOR ACCESS
NETWORKS****Mihail Angelakis***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

Wavelength division multiplexing – passive optical networks (WDM-PON) introduces high data rate and large bandwidth. A bidirectional WDM-PON system based on a Fabry-Perot laser diode (FP-LD) optical transmitter with two cascaded waveguide gratings (AWG) is proposed. The downstream transmission rate is 10 Gbps and the upstream data rate is 2.5 Gbps. This network complies with the 10GPON standard. The FP-LD will be used in the optical network unit (ONU) as a transmitter. The main idea of using AWG in the system is to increase the capacity, security and confidentiality. The AWG will be used to multiplex and demultiplex different wavelengths in the wavelength-division multiplexing (WDM-PON).

Keywords: *optical communications; wavelength division multiplexing; passive optical network; optical network unit; optical transmitter.*

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години пасивните оптични мрежови (PON) системи активно се използват за изграждане на мрежи за абонатен достъп [1,2]. За целта се използват прости и евтини оптични мрежови модули (optical network unit – ONU). Но с нарастване на изискванията към пропускателната способност на оптичните мрежи за достъп, активно се разработват системи, комбиниращи пасивната оптична технология с възможностите за мултиплексиране по дължина на вълната – WDM-PON, чрез което многократно се увеличава капацитета на каналите в съществуващите оптични влакна [2,3].

В докладът се разглежда модел на двупосочна WDM-PON мрежа, използващ вълнов мултиплексор с отражателен филтър и циклична вълноводна решетка (Array Waveguide Grating – AWG) [4], където двупосочното предаване на данни може да се осигури с помощта на един оптичен източник. В предложената схема даунстрийм сигналят е модулиран от

един лазерен диод с непрекъсната вълна (Continues Wave – CW) и е ремодулиран в ONU като ъпстрийм сигнал (в обратна посока). Предложената WDM-PON схема може да използва за доставка на услуги в мрежи за достъп (напр. за доставка на кабелна телевизия и интернет).

Нискобюджетни ONU за WDM-PON мрежи може да се реализират чрез използване на отражателни полупроводникови оптични усилватели (Reflective Semiconductor Optical Amplifiers – RSOA) като ядро на ONU в двупосочна едновълнова топология с една дължина на вълната [5, 6]. В този доклад, като алтернатива се предлага използването на оптичен предавател, базиран на лазерен диод на Фабри-Перо (FP-LD) като модулатор [7], за WDM мрежи за абонатен достъп. Разработен е модел на WDM-PON мрежа с разстояние между главната станция (ГС) и абонатно оптичното мрежово устройство (ONU) от 10 km. Скоростта на данни в даунстрийм канала ще бъде 10 Gbps, а в ъпстрийм канала – 2,5 Gbps. Този доклад включва важно

сравнение при използването на RSOA и FP-LD като източници в ъпстрийм канала на ONU.

ИЗЛОЖЕНИЕ

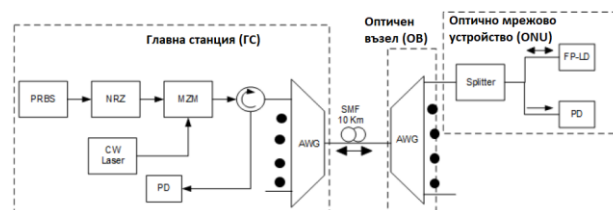
А) Общо описание на модела

В средата на софтуерната платформа OptiSystem е разработен модел на WDM-PON мрежа, която съдържа модулатор, AWG мултиплексор, PON връзка, демодулатори и FP-LD модулатор.

Предложената PON архитектура е показана на фиг. 1. В даунстрийм канала, оптичният лъч от CW лазер с честота 193.1 THz се модулира от MZM модулатор (Mach-Zehnder Modulator). Използва се NRZ кодиран цифров модулиращ сигнал със скорост 10 Gbps [8]. Генерираният сигнал се изпраща към първия AWG мултиплексор в главната станция. След това сигналът се подава по двупосочно оптично влакно и преминава през втория AWG мултиплексор в оптичния възел (OV). Той отново мултиплексира входния сигнал и го изпраща към ONU, където през оптичен сплитер (splitter) част от него се подава към приемника. За формиране на ъпстрийм канала, другата част от мултиплексирания даунстрийм сигнал от сплитера се ремодулира с NRZ модулиращ сигнал с 2,5 Gbps скорост от FP-LD модулатора в ONU [9]. Ремодулираният NRZ-OOK (On-Off Keying) сигнал преминава отново през AWG стъпалото, където се демултиплексира ъпстрийм сигналът и се изпраща по двупосочно оптично влакно. Демултиплексираният ъпстрийм сигнал преминава през първото AWG стъпало и постъпва в главната станция. Чрез използване на циркулатор, за да се избегне влиянието върху даунстрийм сигнала, ъпстрийм сигналът се изпраща към фотодетектор PD (photo detector) за неговото приемане, детектиране и преобразуване от оптичен към електрически сигнал [9].

Общият модел включва четири основни части, а именно Главна станция (ГС), одномодов оптичен канал (SMF), оптичен възел (OV) и оптично мрежово

устройство (ONU). Конфигурационните параметри на модела са представени в таблица 1.



Фиг. 1. Блокова диаграма на предложението модел на двупосочна WDM-PON система

Табл. 1. Конфигурационни параметри на модела на WDM-PON система

Параметър	Стойност
Общи параметри	
Скорост (прав канал)	10 Gbps
Скорост (обратен канал)	2,5 Gbps
Големина на пакета	128 bits
Брой дискрети за бит	64
Брой дискрети	8192
Оптичен предавател (CW лазер)	
Входна мощност на лазера, P_{in}	1mW (0 dBm)
Честота/дължина на вълната	193,1 THz / 1550 nm
Честотна лента на оптичния източник	10 MHz
Оптична линия	
Дължина	10 km
Затихване	0,2 dB/km
Дисперсия	16,75 ps/(nm×km)
Оптичен затихвател	
Затихване	10 dB
Оптичен приемник (PIN фотодетектор)	
Чувствителеност	1 A/W
Ток на тъмно	10 nA
Тип на филтъра	
НЧ филтър на Бесел (LPBF) за правия канал	4 GHz
LPBF за обратния канал	1,7 GHz

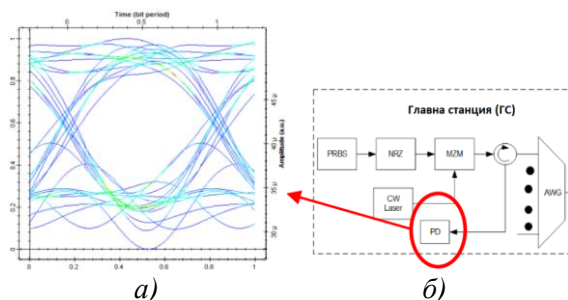
Б) Моделиране на двупосочната WDM-PON система

Моделът на двупосочната WDM-PON система е базиран на FP-LD модулатор и два каскадно свързани AWG мултиплексора.

• Модел на Главната станция (ГС)

Приемопредавателят в ГС е показан на фиг. 2б) и включва AWG стъпало

след оптичния циркулатор. AWG стъпалото работи като мултиплексор за даунстрийм канала и като демултиплексор за ъпстрийм канала. Минималната стойност на BER е $3,6 \cdot 10^{-12}$. Око-диаграма на получения ъпстрийм сигнал в ГС е показана на фиг. 2а).



Фиг. 2. Модел на ГС на WDM-PON мрежата: а) око-диаграма на ъпстрийм сигнала, б) приемопредавател,

- *Модел на двупосочния канал за връзка и оптичния възел*

Каналът включва едномодово оптично влакно (SMF) и AWG стъпало. SMF влакното е с дължина 10 km и се използва за двупосочно предаване на даунстрийм и ъпстрийм сигнала в канала с оптично закъснение между тях от 1 единица, за да се разделят сигналите в двете посоки. В таблица 2 са представени основните конфигурационни параметри на едномодовото оптично влакно в модела.

Табл. 2. Параметри за модела на двупосочния канал за връзка по стандарт GPON

Параметър	Стойност
Обхват на дължината на вълната	1550 nm
Дължина	10 km
Затихване	0.2 dB/km
Дисперсия	16.75 ps/(nm×km)
Наклон на дисперсията	0.075 ps/(nm×km)

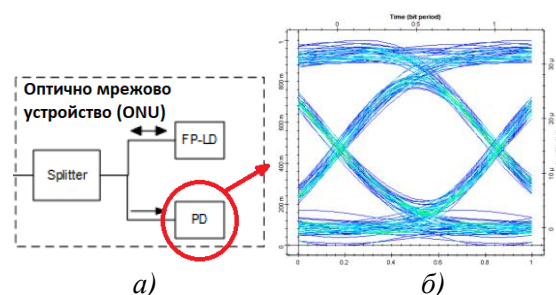
Оптичният даунстрийм сигнал преминава през AWG стъпало в оптичния възел, което се използва като демултиплексор за даунстрийм канала и като мултиплексор в ъпстрийм канала. Основните конфигурационни параметри на AWG стъпалото са посочени в таблица 3.

Табл. 3. Параметри за модела на AWG стъпало в оптичния възел

Параметър	Стойност
Формат	2 (2 водни и 2 изходи порта)
Честота	193,1 THz
Честотна лента	25 GHz
Честотно отстояние	100 GHz
Внесени загуби	0 dB
Обратни загуби	65 dB
Дълбочина	100 dB
Тип на филтъра	Гаусов
Ред на филтъра	2

- *Модел на оптичното мрежово устройство (ONU)*

Приемопредавателят в ONU се състои от две части: първата част се използва за приемане на сигнала от Главната станция, а втората част – за предаване на сигнал към нея. На фиг. 3 е показан моделът на ONU.



Фиг. 3. Модел на оптичното мрежово устройство (ONU): а) приемопредавател, б) око-диаграма на даунстрийм сигнала

ONU включва набор от компоненти за приемане на даунстрийм сигнала и за предаване на ъпстрийм сигнал. Приемната част включва оптичен сплитер, оптичен атенюатор, PIN фото детектор (PD), нискочестотен филтър на Бесел (LPBF), регенератор и BER анализатор. Предавателната част включва генератор на псевдослучайна двоична последователност (PRBS) като източник на данни, NRZ кодър и FP-LD модулатор.

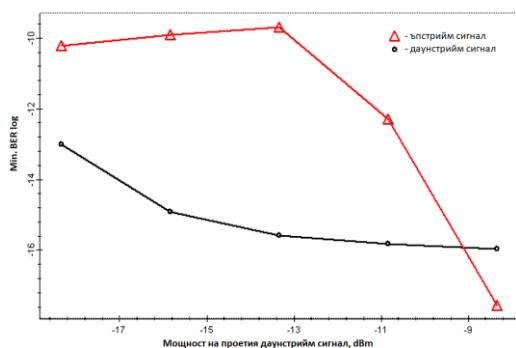
Сплитерът се използва за разделяне на даунстрийм сигнала на две части: едната се приема от PIN PD фотодетектора, а другата част се предава на FP-LD модулатора. BER анализаторът се използва

за оценка на BER на даунстрийм сигнала, като граничната стойност на BER е $1 \cdot 10^{-6}$. Око-диаграма на даунстрийм сигнала е показана на фиг. 3б).

В) Резултати от симулационните изследвания

- BER във функция от мощността на приетия сигнал за WDM-PON с AWG стъпала

Зависимостите на BER за даунстрийм и ъпстрийм сигналите във функция от приетата мощност във фото детектора (PD) в оптичното мрежово устройство (ONU) са показани на фиг. 4.



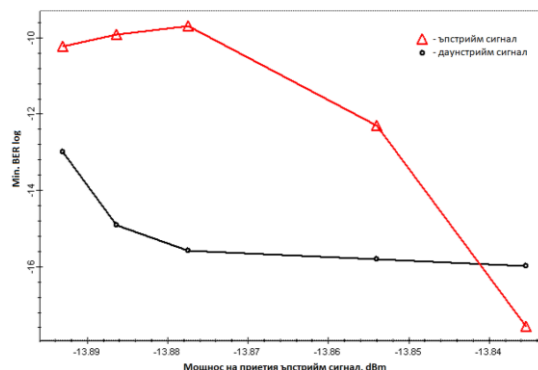
Фиг. 4. BER във функция от мощността на приетия сигнал във PD в ONU

От фиг. 4 се вижда, че стойността на BER във функция от приетата мощност P_d (инжектираната мощност) на даунстрийм сигнала към ONU намалява (т.е. подобрява се) с увеличаване на P_d : при $P_d = -18\text{dBm}$, $\text{BER} = 6 \cdot 10^{-11}$, докато при $P_d = -8\text{dBm}$, $\text{BER} = 2,7 \cdot 10^{-18}$. За ъпстрийм сигналът стойността на BER се изменя по подобен начин както следва: при $P_d = -18\text{dBm}$, $\text{BER} = 1 \cdot 10^{-13}$, а при $P_d = -8\text{dBm}$, $\text{BER} = 1 \cdot 10^{-16}$.

Зависимостите на BER за даунстрийм и ъпстрийм сигналите във функция от приетата мощност във фото детектора (PD) в Главната станция (ГС) са показани на фиг. 5.

От фиг. 5 се вижда, че стойността на BER във функция от приетата мощност P_d на ъпстрийм сигнала в ГС намалява (т.е. подобрява се) с увеличаване на P_d : при $P_d = -13,89\text{dBm}$, $\text{BER} = 6 \cdot 10^{-11}$, докато при $P_d = -13,835\text{dBm}$, $\text{BER} = 2,7 \cdot 10^{-18}$.

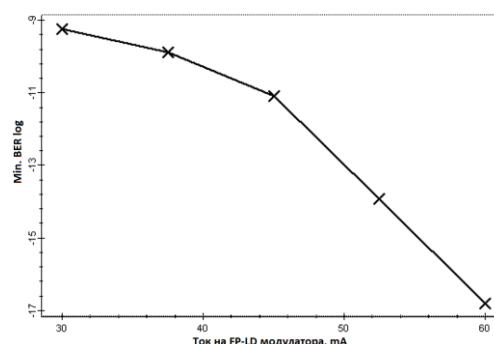
За даунстрийм сигналът стойността на BER се изменя по подобен начин както следва: при $P_d = -13,89\text{dBm}$, $\text{BER} = 1 \cdot 10^{-13}$, а при $P_d = -13,835\text{dBm}$, $\text{BER} = 1 \cdot 10^{-16}$.



Фиг. 5. BER във функция от мощността на приетия сигнал във PD в ГС

- BER във функция от големината на тока в FP-LD модулатора за ъпстрийм сигнал в WDM-PON с AWG стъпала

Тук се анализира влиянието на тока на FP-LD модулатора върху стойността на BER за ъпстрийм канала в ГС. Входната мощност на оптичния лазерен източник в ГС е фиксирана на 0dBm . Фиг. 6 и таблица 4 показват резултатите за BER характеристиките на ъпстрийм сигнала във функция от промяната на тока на FP-LD модулатора.



Фиг. 6. BER характеристики на ъпстрийм сигнала във функция от промяната на тока на FP-LD модулатора

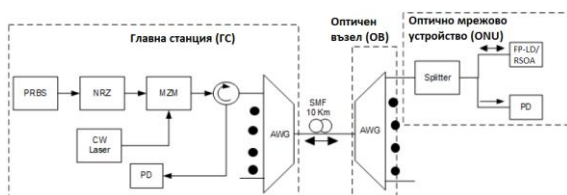
Табл. 4. BER на ъпстрийм сигнала във функция от тока I_b на FP-LD модулатора

I_b , mA	30	37,5	45	52,5	60
BER	$5,7 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-14}$	$1,5 \cdot 10^{-17}$

От данните в таблица 4 може да се заключи, че BER на ъпстрийм сигнала намалява и се подобрява с увеличаване на тока I_b на FP-LD модулатора.

- Сравнение между WDM-PON базиран на FP-LD модулатор и WDM-PON базиран на RSOA усилвател

Изследва се влиянието на мощността на CW лазера върху BER в Главната станция за двата варианта на реализация на WDM-PON мрежата. Входната мощност е с фиксирана стойност от 0 dBm. Фиг. 7 показва архитектурата на модела за симулация двата варианта.



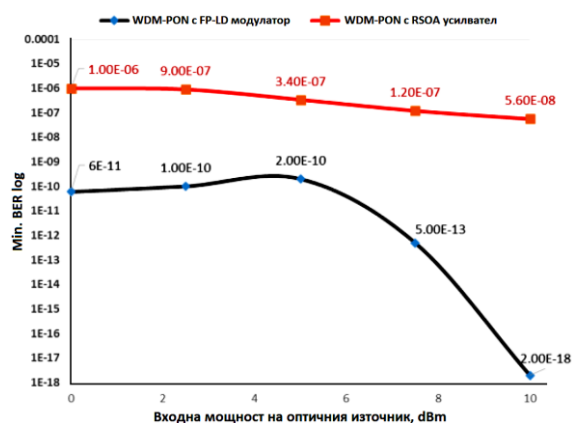
Фиг. 7. Архитектура на WDM-PON мрежа в два варианта на ONU: с RSOA усилвател или с FP-LD модулатор

FP-LD модулаторът или RSOA усилвателят се използват в ONU за ремодулация на полученият даунстрийм сигнала с данни за ъпстрийм канала със скорост 2,5 Gbps, които се изпращат към Главната станция. Изследва се ефекта от използването на FP-LD модулатор върху ъпстрийм сигнала в Главната станция, като минималната стойност на BER за ъпстрийм сигнала е равна на 6.10^{-11} , докато при използване на RSOA усилвател е равна на 1.10^{-6} . Мощността на приетия ъпстрийм сигнал при използване на FP-LD модулатор е равна на -13.89 dBm, а при използване на RSOA усилвател е -3 dBm. Получените резултати от сравнителния анализ за двата варианта на ONU са представени в таблица 5.

На фиг. 8 са показани резултатите от сравнението между BER характеристиките на ъпстрийм сигнала за двата варианта на ONU за WDM-PON мрежа, във функция от входната мощност на оптичния източник при увеличаването и от 0 dBm до 10 dBm.

Табл. 5. резултати от сравнителния анализ за двата варианта на реализация на ONU: с RSOA усилвател или с FP-LD модулатор

WDM-PON тип с ONU базирано на:	FP-LD	RSOA
Min. BER за ъпстрийм сигнала в ГС	6.10^{-11}	1.10^{-6}
Приета мощност на ъпстрийм сигнала в ГС	-13,89 dBm	-3 dBm
Цена на реализацията	ниска	висока
Усилване на входния сигнал	не	да



Фиг. 8. Сравнение в BER характеристики на ъпстрийм сигнала във функция от входната мощност на оптичния източник за WDM-PON мрежа базирана на FP-LD модулатор и на на RSOA усилвател

От фиг. 8 се вижда, че WDM-PON мрежата с ONU устройство, базирано на FP-LD модулатор се отличава със значително по-добри BER характеристики на ъпстрийм сигнала в сравнение с варианта на използване на RSOA усилвател.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният модел включва два каскадни AWG мултиплексора/демултиплексора и ONU устройство реализирано с FP-LD усилвател. Този модел съдържа две AWG стъпала, за да увеличи броя на ONU устройствата, каналите за мултиплексиране и демултиплексиране и да поддържа по-голяма сигурност и поверителност. FP-LD модулатора е много ефективно устройство в този модел поради ниската цена на оп-

тичния източник в него. Всички получени резултати в този модел са сравнени с модел, използващ RSOA усилвател в ONU устройството. Резултатите показват, че използването на FP-LD модулатор осигурява по-добър вариант от използването RSOA усилвател, защото при използване на FP-LD блок се постига значително по-ниска стойност на BER в ъпстрийм канала. Единствен недостатък на използването на FP-LD модулатор е, че той не осигурява усиление на сигнала в сравнение с използването на RSOA усилвател. Този недостатък може да се окаже от значение само за WDM-PON мрежи, в които обхвата на мрежата значително надвишава 10 km.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2024 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Houtsma V., D. Veen, High Speed Optical Access Networks For This Decade And The Next (Invited), 2022 IEEE Photonics Conference (IPC), Vancouver, BC, Canada, 2022, pp. 1-2, doi: 10.1109/IPC53466.2022.9975573.
- [2] Terada J., T. Shimada, A. Otaka, Optical access network technologies for future radio access networks, 2017 IEEE Photonics Society Summer Topical Meeting Series (SUM), San Juan, PR, USA, 2017, pp. 37-38, doi: 10.1109/PHOSST.2017.8012639.
- [3] Honda K., et al., Flexible Management of WDM-PON Using AMCC for 5G Radio Access Networks, 2019 24th OptoElectronics and Communications Conference (OECC) and 2019 International Conference on Photonics in Switching and Computing (PSC), Fukuoka, Japan, 2019, pp. 1-3, doi: 10.23919/PS.2019.8817815.
- [4] Jin W., J. Zou, T. T. Lang, J. -J. He, Design of cyclic arrayed waveguide grating with distributed waveguide directions for uniform loss, 2013 12th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), Chengdu, China, 2013, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICOON.2013.6617250.
- [5] Dong T., Y. Bao, Y. Ji, A. P. T. Lau, Z. Li, C. Lu, Bidirectional Hybrid OFDM-WDM-PON System for 40-Gb/s Downlink and 10-Gb/s Uplink Transmission Using RSOA Remodulation, in IEEE Photonics Technology Letters, vol. 24, no. 22, pp. 2024-2026, Nov.15, 2012, doi: 10.1109/LPT.2012.2218590.
- [6] Roy P., S. Ghosh, S. Zaman, E. Karim, Symmetric Wavelength Reused Bidirectional RSOA Based WDM-PON with NRZ Data in Downstream and Upstream, 2021 International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry 4.0 (ACMI), Rajshahi, Bangladesh, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ACMI53878.2021.9528112.
- [7] Lee M., H. Chen, B. Nakarmi, S. Pan, Y. H. Won, Multi-Band Linear Frequency Modulation in External Cavity FP-LD Subjected to Multi-Input Injection, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 33, no. 11, pp. 565-568, 2021, doi: 10.1109/LPT.2021.3073602.
- [8] Sadinov S., K. Angelov, P. Kogias, Modelling and Performance Analysis of DWDM Passive Optical Network, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1032 (1), art. No 012003, 2021, pp 1-8. ISSN 17578981, doi: 10.1088/1757-899X/1032/1/012003
- [9] Angelov K., S. Sadinov, P. Kogias, Modelling and optimization of multi-channel optical communication lines, International Scientific Conference UNITECH 2019, 15-16 November 2019, Gabrovo, ISSN 1313-230X, Vol. 1, pp. I-322-326.

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА ОТ ПРИЛАГАНЕ НА WDM-DCF
КОМПЕНСАЦИЯ ВЪВ ВЛАКНЕСТО-ОПТИЧНИ КОМУНИКАЦИОННИ
СИСТЕМИ****STUDY ON THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTING WDM-DCF
COMPENSATION IN FBER-OPTIC COMMUNICATION SYSTEMS****Emanuil Kipreos***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Stanimir Sadinov***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Mihail Angelakis***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Krasen Angelov***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

In the field of optical communication systems, maximizing transmission efficiency is a primary goal. This study examines an approach that combines wavelength division multiplexing (WDM) with dispersion-compensated fiber (DCF) to address the persistent challenges of signal degradation due to dispersion. Simulation models and analysis are developed to evaluate the effectiveness of this integrated solution. By integrating WDM and DCF, improvements in transmission performance are achieved, characterized by signal accuracy, long transmission distances, and high data transfer rates over long distances.

Keywords: *optical communications; wavelength division multiplexing; dispersion-compensated fiber; signal degradation; transmission efficiency.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Оптичните комуникационни системи позволяват високоскоростно предаване на данни на дълги разстояния. Едно от ключовите предизвикателства в тези системи е ефектът на дисперсия, който може да влоши качеството на сигнала и да ограничи разстоянията на предаване. В отговор на това предизвикателство, се въвежда оптично влакно за компенсация на дисперсия (dispersion compensation fiber – DCF). DCF е проектирано да въвежда прецизно контролирано количество дисперсия, което компенсира дисперсията, натрупана по време на предаване, като по този начин подобрява качеството на сигнала и удължава разстоянието на предаване [1, 2].

В допълнение, интеграцията на мултиплексването с разделяне по дължина на вълната (wavelength division multiplexing – WDM) с DCF привлича значително внимание през последните години. Технологиата WDM позволява

едновременно предаване на множество сигнали по едно оптично влакно, като използва различни дължини на вълната за всеки сигнал. Чрез комбиниране на WDM с DCF, предимствата на двете технологии могат да бъдат използвани синергично за допълнително повишаване на ефективността и капацитета на предаване [3, 4].

Използването на WDM мултиплексване същевременно представя и някои ограничения, които могат да повлияят на производителността и мащабируемостта на системата. Едно ограничение произтича от присъщите дисперсионни свойства на оптичните влакна, които могат да доведат до дисперсионно индуцирани изкривявания в WDM системите [2].

В допълнение, управлението на дисперсията, базирано на WDM, може да се сблъска с предизвикателства при ефективното минимизиране на дисперсията в широк диапазон от дължини на вълните – WDM системите може да се затруднят

да поддържат качеството на сигнала и производителността на системата в целия спектрален диапазон [2, 3, 5].

Този доклад има за цел да проучи синергичните ползи от интегрирането на WDM с DCF в оптични комуникационни системи. Чрез цялостни симулации и анализи се изследва въздействието на този интегриран подход върху производителността на предаване, включително качеството на сигнала, разстоянието на предаване и скоростта на предаване на данни.

ИЗЛОЖЕНИЕ

А) Прилагане на схеми за компенсация на дисперсията

На фиг. 1 са представени реализации на две схеми: на пост-компенсация и на разпределената пост-компенсация на дисперсията. Когато се работи с множество едномодови влакна (single mode fiber – SMF), може да се наложи използването на множество DCF влакна, което води до използването на разпределено разположение за модула за компенсация на хроматичната дисперсия (chromatic dispersion compensation module – CDCM). Това разпределено разположение, изобразено на фиг. 1, отговаря на необходимостта от множество DCF при работа с множество SMF.

За да се подобри цялостната производителност на системата и да се сведе до минимум въздействието на дисперсията върху качеството на предаване, са предложени множество технологии за компенсация на дисперсията [6, 7, 8]. Те включват прилагане на DCF влакна, FBG решетки (chirped fiber Bragg grating – FBG) и HOM влакна (high-order mode – HOM).

При моделиране на предаването на сигнали по по-дълги оптични връзки, фактори като четири-вълново смесване (four-wave mixing – FWM) и кръстосана фазова модулация (XPM) често се пренебрегват, като вместо това се фокуса пада само върху самофазовата модула-

ция (self-phase modulation – SPM) и ефектите на дисперсията [9].

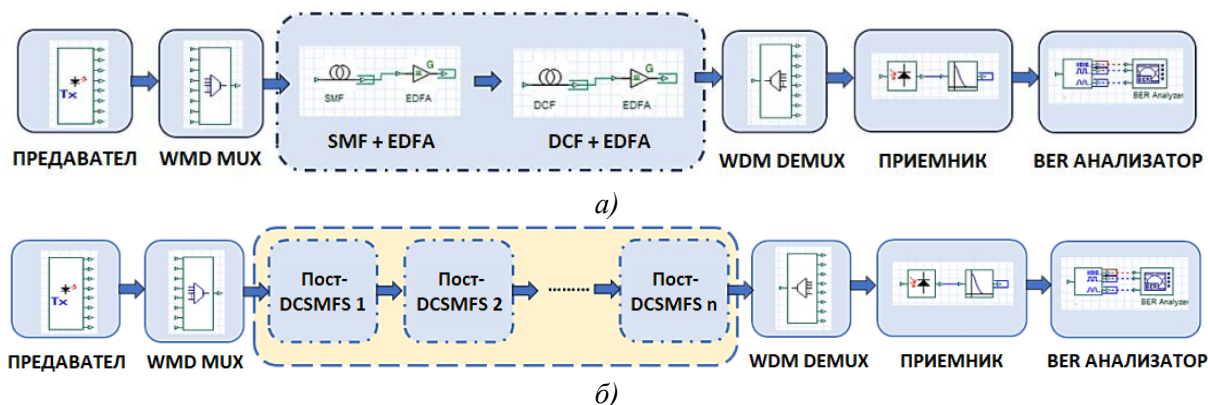
Б) Синтез на симулационен модел

В този доклад се разглежда симулационен модел на 8-канална оптична мрежа с разделяне по дължина на вълната, която е проектирана да работи със скорости на трансфер данните от 20, 40 и 80 Gbps, разработен в средата на OptiSystem. Основната блокова схема на модела е представена на фиг. 1. Моделът е разширена версия, базиран на разработените модели в предходни работи, представени в [9, 10].

В предавателната секция, източник на данни генерира псевдослучайна битова последователност със скорости на данни от 20, 40 и 80 Gbps. В източникът се прилага два вида кодиране на сигнала: без връщане към нулата (non-return-to-zero – NRZ) и с връщане към нулата (return-to-zero – RZ), съгласно необходимата модулационна схема. Електрическите NRZ/RZ импулси външно модулират сигнала от оптичния източник чрез Мах-Зендер (Mach-Zehnder – MZ) модулатор. В симулационния модел се използват осем оптични източници и модулатори за генериране на оптичните сигнали с различни дължини на вълната. Отстоянието между каналите на тези дължини на вълната е зададено на 100 GHz.

Мултиплексорът (WDM MUX) интегрира входните канали и ги предава през оптичен канал, съставен от SMF влакно и влакно за компенсиране на дисперсията (DCF). При достигане на приемника, 1:8 демултиплексор (WDM DEMUX) извежда от композитния сигнал осем отделни канала. Всеки канален изход на демултиплексора се детектира от PIN фотодетектор, последван от нискочестотен електрически филтър на Бесел. Накрая сигналът се подлага на BER (Bit Error Rate) анализатор за оценка на коефициента на двоична грешка.

Позиционирането на SMD и DCF в оптичната линия е от решаващо значение и се избира въз основа на използваната схема за компенсация.



Фиг. 1. Схеми за компенсация на дисперсията с DCF:
а) пост-компенсация, б) разпределена пост-компенсация

В едномодовите оптични схеми с разпределена DCF пост-компенсация на дисперсията (Dispersion-compensated single-mode fiber system – DCSMFS) броят на участъците се приема за 2 или повече. В оптичните комуникационни системи „участък“ се отнася до сегмент от оптично влакно между две точки на усилване или точки за компенсация на дисперсията. Всеки участък представлява дължина от влакно, върху която оптичният сигнал се разпространява, преди да претърпи влошаване на сигнала поради фактори като затихване или дисперсия. За да се усилят сигналите се използват EDFA усилватели (Erbium-Doped Fiber Amplifier) в отделните участъци.

За да се оцени производителността на WDM системата за различни разстояния на предаване, са избрани специфични дължини на едномодово влакно (SMF) и влакно за компенсация на дисперсията (DCF), представени подробно в Таблица 1.

Освен това, симулацията включва различни параметри както за SMF, така и за DCF, както е посочено в Таблица 2. Тези параметри са от съществено значение за точното моделиране на характеристиките на оптичното предаване и възможностите за компенсация на дисперсията в системата. Чрез промяна на дължините на SMF и DCF и регулиране на съответните им параметри, симулацията позволява цялостен анализ на произ-

водителността на WDM системата при различни условия на предаване.

Табл. 1. Изследвани варианти на дължини на оптичните участъци

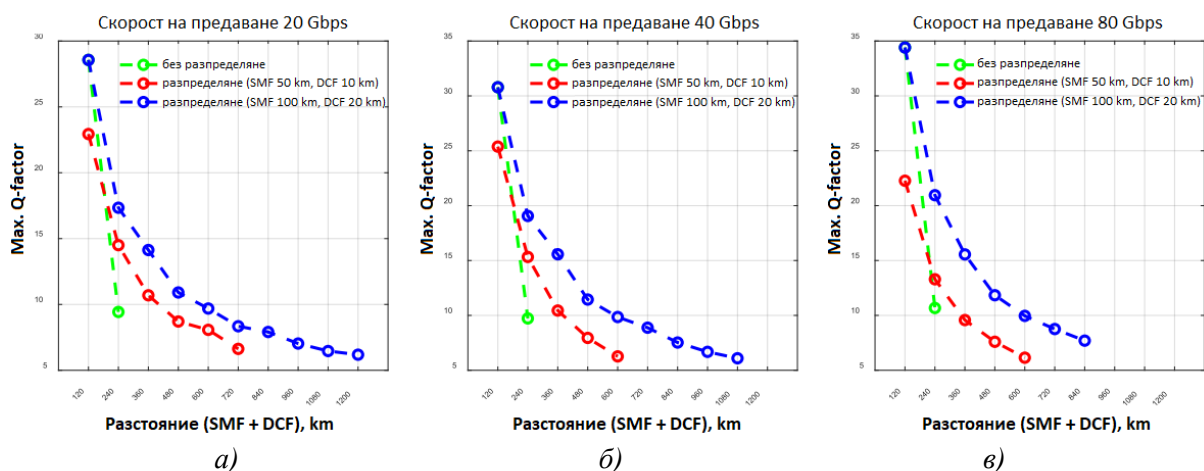
Дължина на SMF, km	Дължина на DCF, km
50	10
100	20
200	40
300	60
400	80
500	100
600	120

Табл. 2. Параметри на симулацията

Параметър	SMF	DCF
Дисперсия, ps/nm/km	16	-80
Затихване, dB/km	0,2	0,6
Наклон на дисперсията (ps/nm ² /km)	0,075	0,2
Ефективна площ (μm ²)	80	30

В) Анализ на получените резултати

Анализира се производителността на SMF оптичните системи с DCF компенсация на дисперсията при различни конфигурации на SMF и DCF оптичните влакна, както и влиянието на различните разстояния на предаване и скорости на предаване на данни върху производителността на системата. Като параметър за оценка се използва качеството на сигнала, представено чрез Q-фактора и ефективността на предаване.



Фиг. 2. Максимални стойности на Q -фактора във функция от дължината на оптичната линия за различни схеми за компенсация при различни скорости на предаване:
а) 20 Gbps, б) 40 Gbps, в) 80 Gbps

Табл. 3. Сравнение на максималните стойности на Q -фактора за различни схеми за компенсация на дисперсията при различни разстояния и скорости на предаване на данни

SMF+ DCF (km)	Max. Q-фактор								
	без разделяне			с разделяне SMF=50km & DCF=10km			с разделяне SMF=100km & DCF=20km		
	20Gbps	40Gbps	80Gbps	20Gbps	40Gbps	80Gbps	20Gbps	40Gbps	80Gbps
120	28.5673	30.7897	34.4100	22.9388	25.3800	22.2698	28.5673	30.7897	34.4100
240	9.4297	9.7257	10.6714	14.5007	15.3263	13.2892	17.3431	19.0602	20.9512
360	*	*	*	10.6932	10.4430	9.5735	14.1325	15.5698	15.5538
480	*	*	*	8.7035	7.9479	7.5953	10.9077	11.4446	11.8374
600	*	*	*	8.0702	6.2650	6.1458	9.6887	9.8522	9.9554
720	*	*	*	6.6254	*	*	8.3433	8.8803	8.7554
840	*	*	*	*	*	*	7.9080	7.5270	7.6981
960	*	*	*	*	*	*	7.0302	6.6780	*
1080	*	*	*	*	*	*	6.4621	6.0942	*
1200	*	*	*	*	*	*	6.1840	*	*

* Max. Q-фактор < 6 (BER по-лош от 1.10^{-13})

При отчитане на максималните стойността на Q -фактора за различни разстояния и скорости на предаване се вижда, че схемата с разпределена пост-компенсация осигурява по-ефективна компенсация на дисперсията и подобрена производителност на системата. Понататъшната оптимизация на техниките за компенсация на дисперсията ще увеличи максимално Q -фактора и ще осигури надеждна комуникация в едномодови оптични системи с DCF компенсация на дисперсията.

Фиг. 2 и таблица 3 предоставят подробно сравнение на максималните стойности на Q -фактора, получени за двете схеми за компенсация на дисперсията: без разделяне и с конфигурации с разде-

ляне (SMF=50 km и DCF=10 km, и SMF=100 km и DCF=20 km). Резултатите са категоризирани въз основа на разстоянията на предаване (от 120 km до 1200 km) и скоростите на предаване на данни (20 Gbps, 40 Gbps и 80 Gbps). В първоначалните експерименти е използвана непрекъсната дължина на SMF или DCF без редуване между тях. Този подход е използван за оценка на въздействието на използването на непрекъснати сегменти върху компенсацията на дисперсията. Но липсата на разделяне между SMF и DCF намалява общата ефективност на компенсацията на дисперсията на по-дълги разстояния, което води до влошаване на сигнала, особено при по-високи скорос-

ти на предаване на данни (20 Gbps, 40 Gbps и 80 Gbps).

Това подчертава значението на редуването на SMF и DCF сегменти за подобряване на целостта на сигнала на дълги разстояния. При по-високи скорости на данни, като например 80 Gbps, влошаването на сигнала става по-изразено поради дисперсия, затихване и нелинейни ефекти, което прави компенсацията на дисперсията по-критична.

Резултатите от изследването показват, че редуващите се SMF и DCF (разпределени конфигурации) се представят значително по-добре от непрекъснатите конфигурации. От резултатите се вижда, че разпределена конфигурация с SMF = 100 km и DCF = 20 km се очертава като най-ефективна, предлагайки най-високите стойности на Q-фактора и най-добра производителност по отношение на разстоянието на предаване и качеството на сигнала.

В разпределената конфигурация с SMF = 50 km и DCF = 10 km, редуващите се сегменти на SMF и DCF подобряват компенсацията на дисперсията, особено при по-дълги разстояния на предаване. Разпределената конфигурация с SMF = 100 km и DCF = 20 km обаче я превъзхожда, демонстрирайки висока ефективност на компенсацията. Този подход с по-дълги сегменти минимизира влошаването на сигнала и подобрява надеждността на предаването, особено на дълги разстояния, поддържайки по-високи скорости на данни до 80 Gbps.

Тези резултати подчертават важността на оптимизирането на стратегиите за DCF компенсация на дисперсията, за да се осигури стабилно предаване на сигнала.

Чрез схемата с разпределената пост-компенсация с SMF = 100 km и DCF = 20 km, се постига Q-фактор от 9,95 при 80 Gbps на 600 km, което е значително подобрене спрямо стойностите на Q-фактора в [8, 11-13] при подобни разсто-

яния на предаване, но по-ниски скорости на данни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Това изследване успешно демонстрира ефективността на интегрирането на WDM система с оптично влакно за компенсация на дисперсията (DCF) за преодоляване на предизвикателствата на влошаването на сигнала, дължащо се на дисперсията в оптични комуникационни системи на дълги разстояния. Чрез оптимизиране на разположението на едно-модовото влакно и DCF влакното, предложеният подход значително подобрява производителността на предаване при множество конфигурации и скорости на предаване на данни. Резултатите показват, че предложеният метод, по-специално разпределената конфигурация от 100 km SMF влакно и 20 km DCF влакно, превъзхожда традиционните методи, като осигурява върхови стойности на Q-фактора и удължава разстоянията на предаване със скорости на предаване на данни до 80 Gbps.

В сравнение с предишни проучвания, тази конфигурация осигурява подобрена прецизност на сигнала, по-голяма мащабируемост и икономическа ефективност, което я прави по-практично решение за съвременни мрежи с висок капацитет. Освен това, тази работа подчертава важността на избора на подходяща схема за компенсация за постигане на най-добра производителност. Констатациите подчертават потенциала за по-нататъшна оптимизация на WDM-DCF системите в бъдещи изследвания, фокусирайки се върху увеличаване на разстоянията на предаване и постигане на още по-високи скорости на предаване на данни без значително увеличение на сложността или разходите. В обобщение, това проучване предлага значително подобрение в ефективността на предаване на оптични комуникационни мрежи, осигурявайки солидна основа за разработването на комуникационни системи на дълги разстояния от следващо поколение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2024 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sivalingam, K., Subramaniam S., Optical WDM networks: Principles and practice (Vol. 554). Springer, Science & Business Media. 2000.
- [2] Agrawal G., Fiber-Optic Communication Systems (4th ed.). John Wiley & Sons Inc., ISBN:9780470505113, 2010.
- [3] Keiser G., Optical Fiber Communications (4th ed.). McGraw-Hill Education, ISBN 978-0-07-338071-1, 2011.
- [4] Sadinov S., K. Angelov, P. Kogias, Influence of the efficiency of optical conversion modules on the performance in passive optical networks, AIP Conference Proceedings Vol. 2570, Article number 020017, International Scientific Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems, CIEES 2021, pp. 1-5, 2021. ISBN 978-073544375-4, doi: 10.1063/5.0100141.
- [5] Ramaswami R., K. Sivarajan, G. Sasaki, Optical networks: a practical perspective. Morgan Kaufmann, ISBN 978-0-12-374092-2, 2010.
- [6] Yu J., Y. Bojun, K. Guan, Q. Yang, X. Zhang, J. Yu, Dispersion-Allocated Soliton Technology with Long Amplifier Spacing and Long Distance. In IEEE Photonics Technology Letters, vol. 9, No. 7, pp. 952-954, 1997. doi: 10.1109/68.593363
- [7] Yadav M., A. Jaiswal, N. Agrawal, N. Nitin, Design performance of high speed optical fiber WDM system with optimally placed DCF for dispersion compensation. In International Journal of Computer Applications, vol. 122 - No20, pp. 36-39, 2015. doi: 10.5120/21819-5149
- [8] Bobruk T., Chromatic dispersion compensation in existing fiber optic telecommunication lines with the growing bit rates needs of DWDM system. Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, vol. 11 No. 4, pp. 38-41, 2021. doi: 10.35784/iapgos.2805.
- [9] Sadinov S., K. Angelov, P. Kogias, Modelling and Performance Analysis of DWDM Passive Optical Network, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1032 (1), art. no 012003, 2021, pp 1-8. ISSN 17578981, doi: 10.1088/1757-899X/1032/1/012003
- [10] Sadinov S., K. Angelov, Study and Analysis of Performance Limits Due to Nonlinearities in OQPSK Modulated DWDM System, Proceedings of The Bulgarian Academy of Sciences, ISSN 2367 -5535 (Online), Vol. 74, Issue No7, 2021, pp.1050-1057.
- [11] Sharma A., I. Singh, S. Bhattacharya, S. Sharma, Performance comparison of DCF and FBG as dispersion compensation techniques at 100 Gbps over 120 km using SMF. In Nanoelectronics, Circuits and Communication Systems: Proceeding of NCCS 2, Springer Singapore, pp. 435-449, 2019. doi: 10.1007/978-981-13-0776-8_40
- [12] Gul, B., F. Ahmad, Comparative performance analysis of tanh-apodized fiber Bragg grating and Gaussian-apodized fiber Bragg grating as hybrid dispersion compensation model. In IoT and Analytics for Sensor Networks: Proceedings of ICWSNUCA, Springer Singapore, pp. 71-82, 2022. doi: 10.1007/978-981-16-2919-8_7
- [13] Jha N., S. Sidhishwari, Analysis of Dispersion Compensation Techniques Used in Optical Fiber Communication. In Proceedings of the Fourth International Conference on Microelectronics, Computing and Communication Systems: MCCS 2019, Springer Singapore. vol. 673, pp. 897-910. ISBN 978-981-15-5546-6. doi: 10.1007/978-981-15-5546-6_74.

НАПРАВЛЕНИЕ 3

МАШИНОСТРОЕНИЕ

WELGA®

Медени за Нову хопѧ

МЕТЧИЦИ – КОНСТРУКЦИИ И ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ

TAPS - CONSTRUCTIONS AND FIELD OF APPLICATION

Христо Радев

hradew81@abv.bg

катедра МТТ, ТУ-Габрово, 5300, БЪЛГАРИЯ

Hristo Radev

hradew81@abv.bg

Department of Mechanical Engineering and Technologies, Technical university of Gabrovo

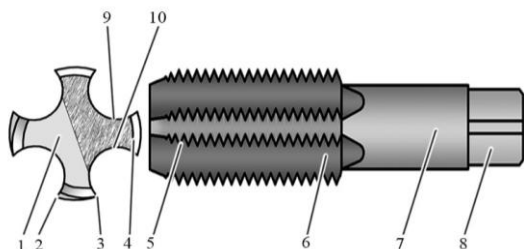
Abstract

The article presents taps as tools for forming internal threads. A classification of different tap designs and their areas of application is made. The three main types are considered - cutting, deforming and cutting-deforming taps, as well as some non-standard tool designs.

Keywords: taps, thread, internal threading, threading tools, constructions, application.

ВЪВЕДЕНИЕ

Метчиците (фиг. 1) са инструменти, които се използват за ръчно или машинно формообразуване на вътрешни резби в светли и глухи отвори. Процесът се извършва при две съгласувани движения – главно въртливо движение около оста на обработвания отвор и подавателно праволинейно движение по оста на отвора. Принудително е само въртливото движение, което се изпълнява ръчно или машинно. Подавателното движение също може да е принудително, но строго съгласувано с въртливото, или става чрез самоподаване на инструмента [1, 2].

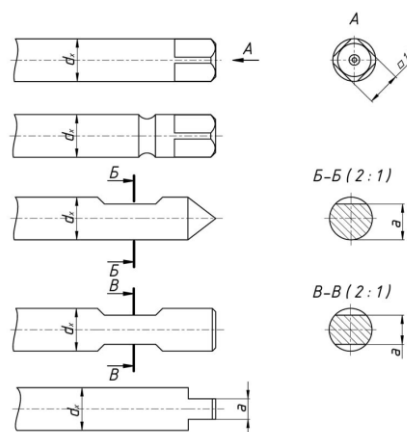


Фиг.1. Конструктивни и геометрични елементи на метчик: 1-сърцевина, 2-заден чгъл, 3-преден ъгъл, 4-затиловка, 5-режещ зъб, 6-стружков канал, 7-опашка, 8-квадрат, 9-предна повърхнина, 10-задна повърхнина

Повечето от метчиците работят чрез самоподаване, като само в началния момент е необходимо да се предаде осов

натиск, докато започне нарязването на резбата.

Метчикът се състои от работна част и опашка, а работната част – от формообразуваща и калибруваща част. Опашката завършва с квадратен, шестостенен или друг специфичен участък подходящ за предаване на въртящия момент (фиг. 2).



Фиг.2. Опашка на метчик:

Метчиците се изработват предимно от бързорежеща стомана, но в последните години все по-често и по методите на праховата металургия от металокерамични твърди сплави, в комбинация с различни покрития [1, 5, 6], например от титаниев нитрид (TiN) - фиг.3.

Комбинирането на покрития и смазочно-охлаждаща течност значително намаляват триенето и удължават живота на метчика, като по този начин се понижава и рискът от счупване и износване.



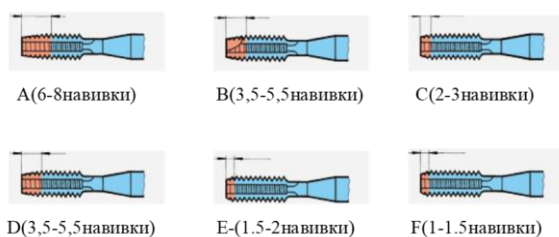
Фиг.3. Твърдосплавен метчик с покритие от TiN

Целта на статията е да се представят видовете метчици като инструменти за формообразуване на вътрешни резби. Да бъдат разгледани трите основни вида – режещи, деформиращи и режещо-деформиращи метчици, както и някои нестандартни конструкции на инструментите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Режещи метчици

Режещата част е основен конструктивен елемент на режещия метчик, която сменя почти цялата прибавка в процеса на формообразуване на резбата, и от нейната дължина зависят специфичното съпротивление на рязане, голямината на въртящият момент и времето за нарязване на резбата. Тя се оформя като пресечен конус, като включва в себе си от 1,5 до 8 навивки от резбата на метчика, според което са класифицирани няколко форми на метчиците (фиг. 4), [1, 2].



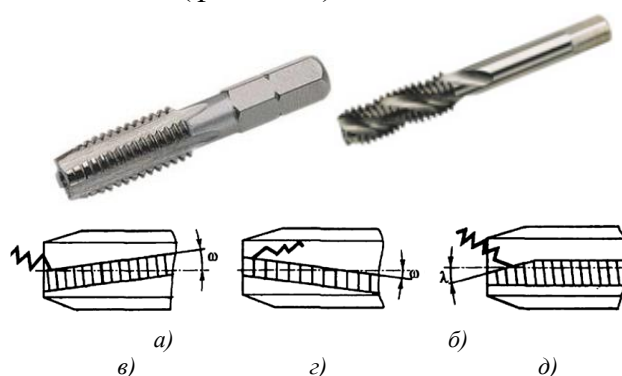
Фиг.4. Различни дължини на режещата част на метчиците

Режещата част на метчиците се изработва с три или четири стружкови канала, които определят профила на зъбите и образуват правилно формиране, побиране и отвеждане на стружката. Предният ъгъл

трябва да е положителен, а за получаване на заден ъгъл режещата част на метчиците се затилова.

Метчиците се изработват с прави (фиг. 5–а) или винтови (фиг. 5 – б) стружкови канали – леви (за обработване на светли отвори – фиг. 5–в) и десни (за глухи отвори – фиг. 5–г). Винтовите стружкови канали осигуряват надежно отвеждане на стружките и плавна работа на метчика.

При формиране на резба в светли отвори, с цел отвеждане стружките напред, режещите ръбове на метчиците с прави стружкови канали се изработват наклонени с ъгъл λ_s (фиг. 5 – д).



Фиг.5. Видове стружкови канали

2. Деформиращи (валцовачи) метчици

Деформирането (валцоването) на резби е процес, при който профилът на резбата се получава чрез студено пластично деформиране, без да се сменя стружка. За тази цел инструментът натиска върху заготовката, деформира метала по повърхността и придава своя профил на резбата върху самата заготовка. Деформиращият метчик (Фиг.6) се състои от конусна формообразуваща част с конусна резба и калибровача част с цилиндрична резба. В напречно сечение формообразуващата и калибровачата част имат многостенна форма[3].



Фиг.6. Деформиращи (валцовачи) метчици

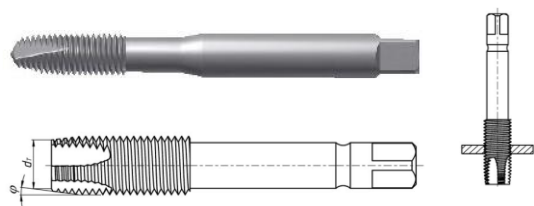
Валцоващите метчици се използват при обработка на пластични материали, като резбата, получена по този метод, е по-плътна и по-здрава, тъй като материалът в точката на валцоване се уплътнява, ставайки по-твърд и по-устойчив на износване.

Производителността на метчиците е 1,5 пъти по-висока от традиционния метод за стружкообразуване.

3. Режещо-деформиращи метчици

При обработване на резба с тези инструменти присъстват както елементи на процеса рязане, така и елементи на процеса пластично деформиране, тъй като комбинираният инструмент има и режещи, и деформиращи зъби – фиг.7. Режещата част изрязва цялата или по-голяма част от прибавката по различни схеми, както класическите режещи метчици, а деформиращата част дооформя и уякчава резбата чрез пластично деформиране.

Конструктивното оформяне на формообразуващата част е най-съществената разлика на тези метчици спрямо стандартните режещи метчици, както и отсъствието на стружкови канали по повърхността на калибровачната част.



Фиг.7 Комбиниран режещо – деформиращ метчик

Работната му част се състои от конусна формообразуваща и от калибровачна част. Формообразуващата част включва режеща част с прави или винтови стружкови канали с необходимата за рязане геометрия и деформираща част[4].

Използват се за гарантиране на висока точност и якост при формообразуване на вътрешни резби с малък диаметър в непластични материали.

4. Специфични конструкции метчици

Двустранен метчик

Използва се за удобство, когато често се нарязват два повтарящи се размера резби.



Фиг.8. Двустранен метчик

С шахматно разположени зъби(BAZ)

Благодарение на разположението на зъбите (през всеки втори зъб) – фиг.9, се намалява контактът на работната част на метчика с обработваната повърхност, намалява се силата на триене и се предотвратява заклиняването на резбите по време на процеса на нарязване на резбата. Именно тези свойства на метчика позволяват използването му за нарязване на резби в тънкостенни детайли и в материали склонни към образуването на наслой-



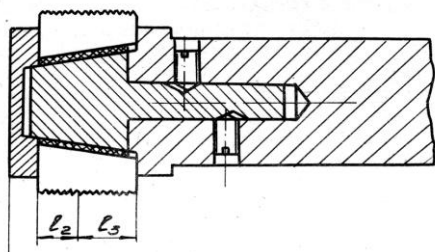
ка [5, 6].

Фиг.9. Метчик с резба през зъб

Регулируем метчик

Регулируемите метчици (фиг. 10) имат вложки, които могат да се настроят на даден размер на резбата. Такива конструкции значително увеличават издръжливостта на метчика. Тези метчици, освен че се регулират по даден размер на резбата, позволяват гребените да се съберат в края на работния ход, така че обратният ход да се извърши без развиване на метчиците от изрязания отвор. Това предпазва метчика от повреда и намалява време-

то, необходимо за изваждането им от отвора. Конструкцията на такива метчици е доста сложна и е осъществима с диаметри на резбата от М36 и по-големи.



Фиг.10. Регулируем метчик

Със сменяеми твърдосплавни пластини

Тази конструкция метчици се използва за размери от М16 до М30. Целта е да се спести скъп материал и вместо целият метчик да е от твърда сплав, само на режещата част се поставят стандартизирани твърдосплавни пластини – фиг.11. По този начин инструмента е с повишена трайност и износоустойчивост спрямо метчиците от инструментална стомана, като цената е в приемливо съотношение.



Фиг.11. Метчик със сменяеми пластини

С вътрешни канали за охлаждане

Това е продуктивен и издръжлив инструмент за дългосрочна работа при машинно нарязване на резби. През каналите за охлаждане се подвежда охлаждаща течност с високо налягане (15-20 bar), което премахва стружките от зоната на рязане и в същото време спомага за по-добро смазване на инструмента. Конструкцията се използва както при режещи, така и при валцовачи метчици – фиг. 12.

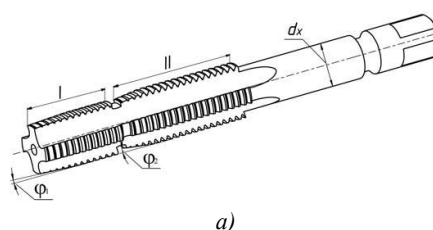
Тези метчици се произвеждат от твърда сплав и се използват когато има повишено изискване към качеството на обработената повърхнина [5, 6].



Фиг.12. Метчици с вътрешни канали за охлаждане

Стъпални метчици

Метчици с две (фиг. 13-а) и повече (фиг. 13-б) работни зони. Използват се за оформяне на стъпални резби с различни размери. Има и конструкции при които работната част на инструмента е разделена на две зони – едната реже, а другата изглажда резбата.



а)

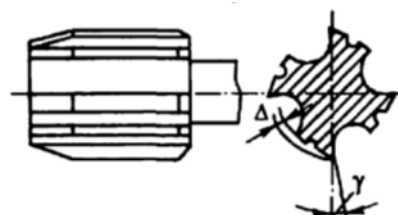


б)

Фиг. 13. Стъпален метчик с две – а) и три – б) работни зони

Метчик с режещо-калибровачни зъби

Режещо-калибровачите метчици (фиг. 14) са предназначени за калибриране и почистване на резби, предварително нарязани с други инструменти. Снемат малка прибавка.

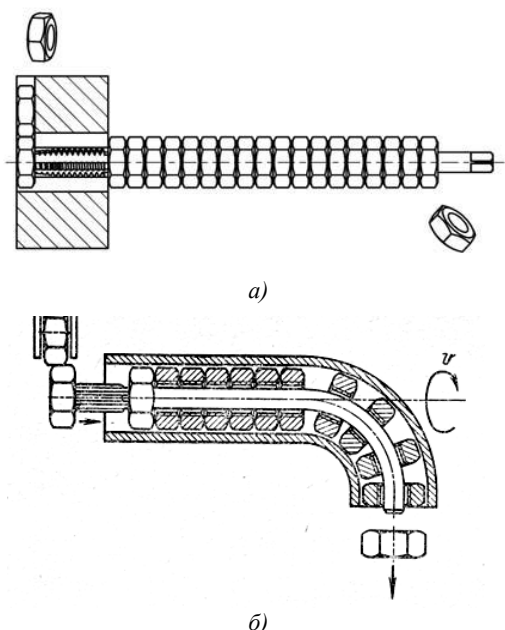


Фиг.14. Режещо-калибровач метчик

В сравнение с конвенционалните метчици, ръчни или машинни, калибровъчните метчици имат по-къса режеща част и значително по-голям брой пера.

Гайков метчик

Предназначени са за нарязване на резби на гайки. Те имат дълга опашка, която може да бъде права (фиг. 15-а) или извита (фиг. 15-б). Извитата опашка на метчика позволява процесът да бъде автоматизиран.



Фиг.15. Гайкови метчици с права опашка – а) и с извита опашка – б)

Сглобяем метчик

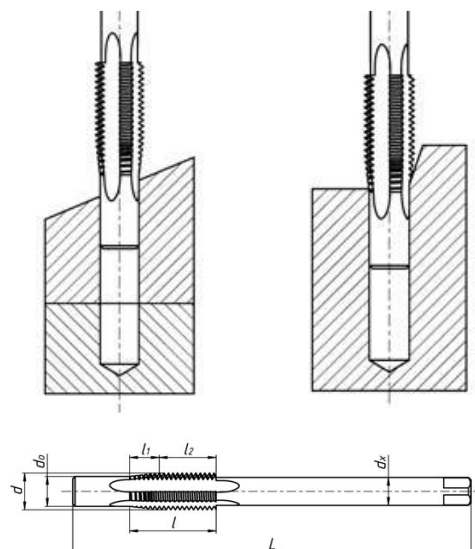
Сглобяемите метчици се изработват с вложки, които се фиксират в тяло, чрез винт – фиг. 16. За предаване на въртящия момент най-често се използва шпонково съединение. Основната цел на такъв дизайн е да се спести инструментална стойност. Използват се за размери над М30.



Фиг. 16. Сглобяем метчик

Метчик с направляваща част

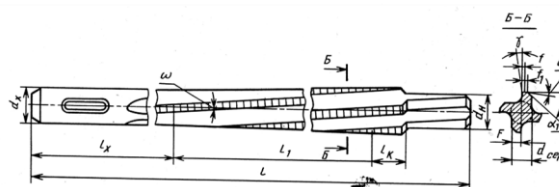
Конструкцията е направена с шлифована водеща част, която има диаметър равен на диаметъра на отвора който е необходим за конкретната резба. Благодарение на този водач се осигурява стабилно подвеждане на метчика в трудно достъпни места и наклонени повърхнини – фиг.17.



Фиг. 17. Метчик с направляваща част

Резбови протяжки и прошивки

Използват се при нарязването на вътрешни трапецовидни, квадратни и полукръгли резби с големи стъпки ($P > 2.5$), където се сменя голям обем материал, което усложнява обработването им с метчици – фиг. 18.

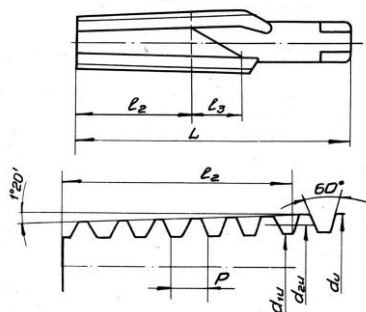


Фиг. 18. Резбова протяжка

Плашков метчици

Предназначени са за нарязване на резби в плашки. За да се увеличи точността и да се намали грапавостта на нарязаната резба, работната част е направена удъл-

жена - режещата част (36 навивки) се нарязва на 16 навивки по конус с ъгъл $1^{\circ}20'$, останалите 20 навивки - по цилиндър – фиг. 19. Тази конструкция гарантира, че първите зъби работят по целия профил на резбата, а останалите зъби работят по върховете на профила, което спомага за постигане на ниска грапавост.



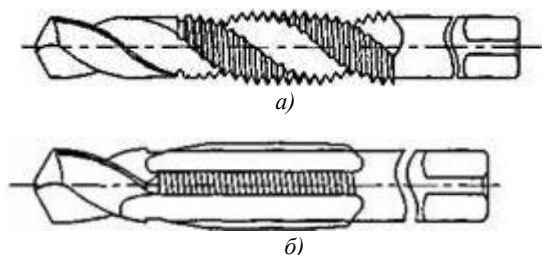
Фиг. 19. Плашков метчик

5. Комбинирани инструменти

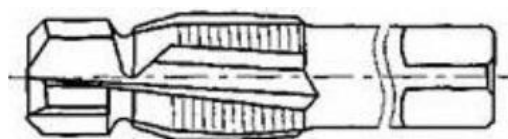
Комбинираните инструменти се използват за последователно изпълнение на няколко етапа на обработка – пробиване и нарязване на резба, разпробиване и нарязване на резба и др. Тези инструменти се състоят от няколко работещи фрагмента, които са отделени един от друг с шийка, като са проектирани да изпълнява няколко функции едновременно – фиг.20 – фиг. 23 [2].

Сверло-метчик

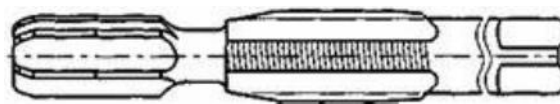
При използване на този тип метчик не е необходимо предварително пробиване на отвор – фиг. 20.



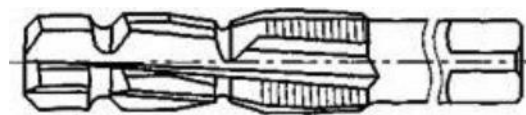
Фиг. 20. Сверло-метчик с винтови – а) и прави – б) канали



Фиг. 21. Зенкер-метчик



Фиг. 22. Райбер-метчик



Фиг. 23. Зенкер-райбер-метчик

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са основни видове метчици и нестандартни конструкции на инструменти за формообразуване на вътрешни резби.

С оглед практическото приложение на различните конструкции метчици при обработване на различни материали е необходимо да се подбере правилният инструмент и метод на обработка в зависимост от конкретните работни условия: предназначение на резбовата повърхнина, обработваемия материал (твърдост, химичен състав, структура и неговата податливост на пластична деформация), вид на отвора (глух или проходен), мажещо-охлаждаща течност (вид, метод и интензивност на подаване в зоната на формообразуване) и други.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радев, Хр., Формообразуване на вътрешни резби с метчици. Национална научна конференция UNITECH 2021, GABROVO, vol.II, ISSN 1313-230X, pp.II, 48-53
- [2] Попов, С. Рязане на металите. Техника, София, 1983.
- [3] Urlapov GP, Menshakov VM, Sereda VS, Determination of diameters of chipless taps (1970) Vestn Mashinostr, pp. 74-76.
- [4] Aleksandrova, I.S., Ganev, G.N. Combined cutting-deforming taps (2013) Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 59 (2), pp. 106-111.
- [5] www.guehring.com/wp-content/
- [6] www.emuge.com/products/holders/tap

ОСНОВИ НА СТРУГОВАНЕТО

BASICS OF TURNING

Христо Радев

hradew81@abv.bg

кафедра МТТ, ТУ-Габрово, 5300, БЪЛГАРИЯ

Hristo Radev

hradew81@abv.bg

Department of Mechanical Engineering and Technologies, Technical university of Gabrovo

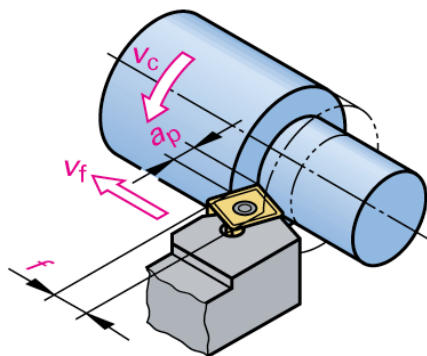
Abstract

The article presents turning as a mechanical processing process for obtaining external and internal rotational and end surfaces. The geometry of cutting tools is presented, and basic recommendations for different areas of application are given. Advantages and disadvantages of different cutting tool geometries are described and some basic rules are established that are recommended to be followed for successful turning work.

Keywords: turning, elements of the cutting mode, geometry of cutting tools, turning angles

ВЪВЕДЕНИЕ

Струговането е високопроизводителен процес за механично обработване, който се прилага за получаване на външни и вътрешни ротационни (цилиндрични, конусни и профилни) и челни повърхнини. То се извършва на струг. Струговането е комбинация от две движения: главното въртливо движение на заготовката и подавателното (праволинейно) движение на режещия инструмент – фиг.1. Тези движения се извършват и при външно и при вътрешно струговане. Подавателното движение на ножа, може да бъде надлъжно – по оста на заготовката, напречно – перпендикулярно на оста на заготовката или наклонено.



Фиг.1. Процес на струговане

Изборът на правилна геометрия на режещия инструмент е от съществено значение за максималното увеличаване на ефективността, прецизността и рентабилността на процесите по механична обработка. Той изисква разбирането на различни фактори, оказващи влияние върху експлоатационните показатели и сервисния живот на инструмента.

Геометрията на инструмента обхваща формата, ъгъла на режещия ръб и дизайна на стружкочупача.

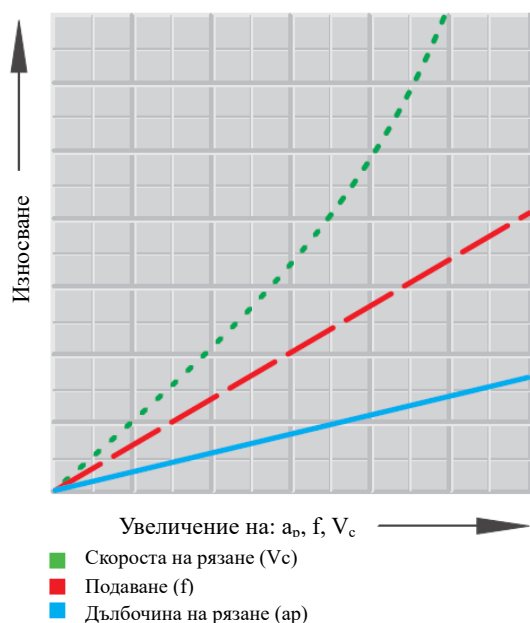
Скоростта на рязане, подаването и дълбочината на рязане пряко влияят върху трайността и работоспособността на избрания инструмент. Правилният избор на тези режими включва избора на инструмент, който може да се справи с необходимите параметри на рязане, без това да доведе до прекомерно износване или счупване.

Целта на статията е да се представят елементите на режима на рязане и геометрията на режещите инструменти при струговане, както и да се изведат препоръки при различни области на приложение на процеса.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Елементи на режима на рязане

Заедно с геометрията на инструмента, най-важните параметри, характеризиращи струговането са технологичните – дълбочина на рязане a_p , подаване f и скорост на рязане V_c – фиг. 2 и физичните – дебелина на срязвания слой h , ширина на срязвания слой b и площ на напречното сечение A – фиг. 3, елементи на режима на рязане [1, 2].



Фиг.2. Влияние на технологичните елементи на режима на рязане

Дълбочината на рязане (a_p) има най-малко влияние върху живота на инструмента. При малка дълбочина на рязане:

- Лош контрол на стружката;
- Вибрация;
- Голямо налягане и температура;
- Не е икономично;

При голяма дълбочина на рязане:

- Висока консумация на енергия;
- Счупване на пластината;
- Високи сили на рязане;

Подаването (f) има средно влияние върху живота на инструмента. При малко подаване:

- Образуване на дълга стружка;

- По-голямо износване на страничната повърхност;

- Не е икономично;

При голямо подаване:

- Няма контрол на стружката;
- Лошо качество на повърхността;
- Образуване на кратери;
- Висока консумация на енергия;

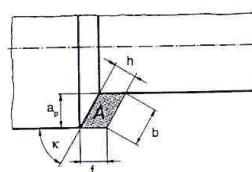
Скоростта на рязане (V_c) има най-голямо влияние върху живота на инструмента – така че тя трябва да бъде адаптирана за най-добра рентабилност. При твърде ниски скорости на рязане:

- Образуване на наслойка;
- Неикономично;
- Лошо качество на повърхността;

При твърде високи скорости на рязане:

• Образуване на кратери, износване на страничната повърхност и пластична деформация;

- Бързо износване на инструмента;
- Лошо качество на повърхността;



$$h = f \cdot \sin \kappa \quad [\text{mm}]$$
$$A = a_p \cdot f = b \cdot h \quad [\text{mm}^2]$$
$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa} \quad [\text{mm}]$$

Фиг.3. Напречно сечение на стружката

Напречното сечение на стружката A се получава от дълбочината на рязане a_p и подаването f . В зависимост от установъчния ъгъл χ_r , се получава дебелината h и ширината b на стружката.

2. Геометрия на инструмента

Геометричните елементи се избират в зависимост от вида на инструмента, физикомеханичните свойства на обработвания и инструменталния материал и вида на обработването. Те оказват влияние както върху работоспособността на инструмента, така и върху физичните, технологичните и икономическите параметри на процеса рязане. От стойността им зависят силите и температурата на рязане, якостта на режещия клин, износоустой-

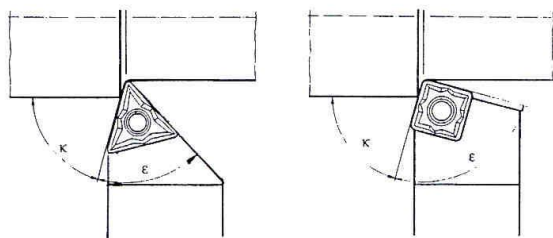
чивостта и трайността на режещия инструмент, качеството на обработените повърхнини, производителността и себестойността на обработката [1, 3, 4].

Ъгли на режещия ръб

Ъглите на режещия ръб са главен установъчен ъгъл χ_r , ъгълът на наклона на главния режещ ръб λ_s и ъгъл при върха ϵ_r .

Установъчен ъгъл

Главният установъчен ъгъл χ_r – фиг. 4, влияе върху температурата на рязане и върху големината на радиалната сила на рязане.



Фиг.4. Установъчен ъгъл χ_r и ъгъл при върха ϵ_r

Табл. 1. Приложение на установъчния ъгъл χ_r

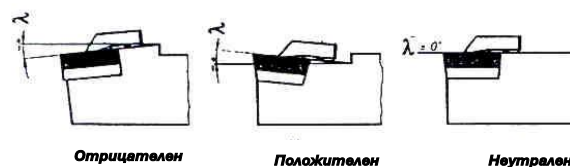
Установъчен ъгъл χ_r	Област на приложение
$\chi_r < 30^\circ$ 	-Струговане със силно прекъснато рязане -Обработка на твърди материали -Белене -Малка дебелина на стружката и поради това незначително натоварване и износване - Недостатъци: -изисква голяма стабилност на детайл, машина и закрепване
$\chi_r = 45^\circ, 75^\circ$ 	-груба обработка -незначително специфично натоварване, като при $\chi_r = 90^\circ$, незначително износване -режещия ръб е защитен в началото и края на рязането -висока стабилност на детайл, машина и закрепване -Установъчен ъгъл 45° се предпочита за обработка на отливки
$\chi_r = 90^\circ$ 	-Незначителни сили на рязане по оста на инструмента -Незначително огъване поради което се използва за дълги и вибриращи детайли -Окончателна обработка -За струговане на стъпаловидни детайли и рамена -Струговане с канални ножове -Копирна обработка
$\chi_r > 90^\circ$ 	-Надлъжно и копирно струговане -Освободения -Опасност от изкъртвания на режещия ръб

Той се изменя в границите от 15° до 95° . С намаляване на ъгъл се увеличава

дължината на контакта между главния режещ ръб и повърхнината на рязане, подобрява се топлоотвеждането и намалява температурата на рязане. Това създава условия за увеличаване на скоростта на рязане, а като резултат и на производителността на обработване при постоянна трайност на инструмента. Намаляването му обаче води до увеличаване на радиалната сила на рязане, а като резултат до големи деформации и недопустими трептения в технологичната система – табл. 1. Затова големината на минималния установъчен ъгъл, който се използва при дадена операция, зависи от стабилността на технологичната система [4].

Ъгъл на наклона на главния режещ ръб

Чрез ъгъла на наклона на главния режещ ръб се определя мястото на възникването на контакт на стружката върху режещия ръб и това е от значение за отвеждането на стружката – фиг. 5. При $\lambda_s = 0^\circ$ стружката се отвежда в направление, перпендикулярно на режещия ръб. При $\lambda_s > 0^\circ$ стружката се отвежда наляво, в направление на обработваната повърхнина, а при $\lambda_s < 0^\circ$ – надясно, в направление на обработаната повърхнина [1].



Фиг.5. Изпълнение на ъгъла на наклона λ_s

Преден ъгъл

Предният ъгъл γ влияе върху характера на стружкообразуването и стружкоотвеждането. Увеличаването му води до намаляване на силите на рязане, но е ограничено от якостта на режещия клин на инструмента и от якостта и твърдостта на обработвания материал – фиг. 6. Използват се инструменти с положителна и отрицателна геометрия. При отрицателна геометрия предимството е стабилен режещ ръб, подходящ при ударно рязане, а недостатъците са:

- по-високи сили на рязане;
- трудно стружкоотвеждане;
- изисква по-високи мощности;

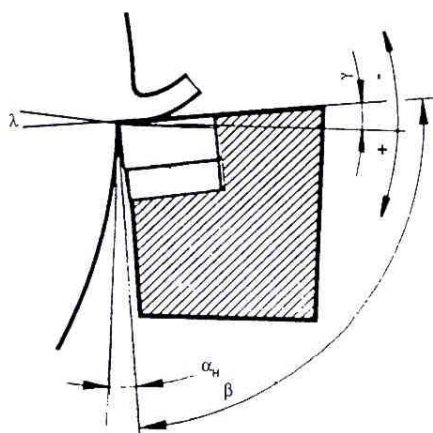
При използване на положителна геометрия има следните предимства:

- ниски сили на рязане;
- по-малко вибрации;
- по-лесно стружкоотвеждане;
- приложими при машини с малки мощности;

Основният недостатък е силното износване на режещия клин, което създава опасност от счупване.

Задни ъгли

Главният заден ъгъл α оказва влияние върху големината на силата на триене между главната задна повърхнина на инструмента и повърхнината на рязане, а като резултат и върху грапавостта на обработената повърхнина. Стойностите на задните ъгли се избират в границите от 6° до 14° , като за чисто обработване се избират по-големи ъгли. Инструментите със сменяеми режещи пластини от твърдосплавни материали имат по-голям заден ъгъл от инструментите от бързорежещи стомани. Големината на задните ъгли зависи от физикомеханичните свойства на обработвания материал - жилавите и пластичните материали се обработват с ножове с по-голям заден ъгъл, а твърдите и крехките - с по-малък.



Фиг.6. Преден ъгъл γ , заден ъгъл α и ъгъл на клина β
Ъгъл на клина

На фиг. 7 са показани комбинации от стойности на преден ъгъл γ и ъгъл на клина β при обработване на различни видове материали.

$\gamma = 20-40^\circ$ $\beta = 40-50^\circ$ Дърво и изкуствени материали	$\gamma = 10-30^\circ$ $\beta = 50-65^\circ$ Алуминий, мед, олово	$\gamma = 10-25^\circ$ $\beta = 60-75^\circ$ Стомана 350-600 N/mm ²
$\gamma = 5 \text{ bis } -15^\circ$ $\beta = 75-90^\circ$ Стомана до 1200 N/mm ² Чугун до 400 HB Неръждаеми стомани	$\gamma = -5 \text{ bis } -25^\circ$ $\beta = 90-110^\circ$ Стомана над 1200 N/mm ² Твърд чугун	$\gamma = -25 \text{ bis } -50^\circ$ $\beta = 110-145^\circ$ Камък

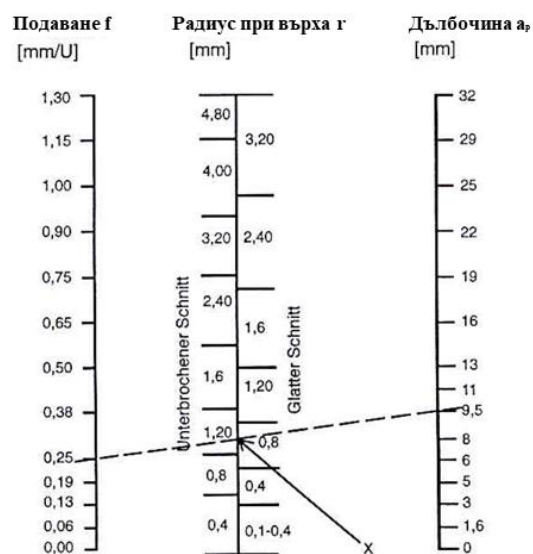
Фиг.7. Стойности на преден ъгъл γ и ъгъл на клина β при различни материали

Към геометричните елементи на стругарския нож се отнасят също радиусът на закръгление на върха на ножа и радиусът на закръгление на режещия ръб.

Радиус на закръгление при върха на ножа

Радиусът при върха на ножа r зависи от подаването f и от дълбочината на рязане a_p .

На фиг. 8 е показано как в зависимост от избраното подаване се определя качеството на обработената повърхност на детайла, което може да бъде постигнато.



Фиг.8. Избор на радиусът при върха в зависимост от подаването f и от дълбочината на рязане a_p

При груба обработка стабилността на върха се повишава чрез по-големи радиуси на закръгление. По-големият радиус при върха при едно и също подаване дава възможност да се постигне по-добро качество на повърхността, в сравнение с по-малкият. Въпреки това големи радиуси на закръгление при окончателна обработка се използват рядко, защото при много малки подавания се получават проблеми със стружкочупенето.

При лабилни детайли и закрепвания би трябвало да се използват по възможност малки радиуси на закръгление при върха на инструмента.

Изпълнение на режещия ръб

В табл. 2 са показани различни изпълнения на режещия ръб и тяхната зона на приложение [4].

Табл. 2. Изпълнение на режещ ръб

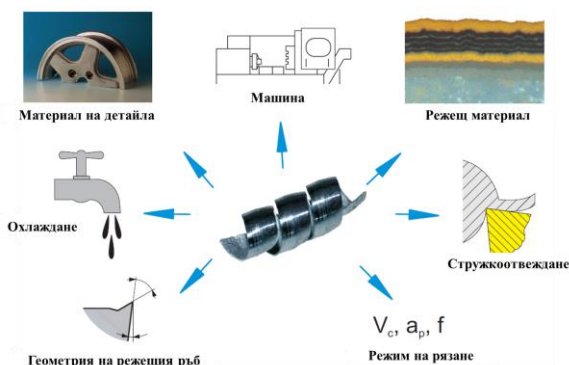
Изпълнение на режещ ръб	Област на приложение	Недостатъци
Остр ръб  Изпълнение F	-Чистова обработка -Хубави повърхнини -Неметали -Струговане и канали в неръждаеми стомани -Нестабилни закрепвания и детайли -За меки и жилави материали	-Откъртване на режещия ръб и образуване на наклеп -Не се препоръчва при прекъснато рязане
Закръгление  Изпълнение E	-Груба обработка -Приложение при прекъснатата обработка с високи скорости на рязане	-За чистова обработка само при определени условия -Увеличава силите на рязане и температурата
Фаски  Изпълнение T	-При груба обработка и изключително ударно натоварване -Обработка на закалени стомани и твърд чугун	-Подаването трябва да бъде по-голямо от ширината на фаската -Високи температури и сили на рязане
Фаски и закръгление  Изпълнение S	-Най-стабилният режещ ръб, за най-тежките условия -силно прекъснато рязане с променящи се прибавки	-Високи температури и сили на рязане -Склонност към образуване на вибрации

Изисквания към модерната геометрия на инструментите и влияещи фактори

На фиг. 9 и фиг.10 са посочени изискванията към геометрията и факторите които влияят на модерните режещи инструменти [4].



Фиг.9. Изисквания към геометрия на инструментите



Фиг.10. Фактори влияещи върху стружкообразуването

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преди започване на работа трябва да се вземат под внимание следните правила:

1. За всеки вид обработка да се намери съответно най-оптималната и приемлива форма на стружката. Това означава редуцирана сила на рязане и оптимална издръжливост.
2. Да се направи правилен избор на дълбочината на рязане – a_p .
3. След избор на геометрията на стружкочупенето и дълбочина на рязане, трябва да се избере най-подходящото подаване – f .
4. Да се избере най-точната скорост на рязане V_c .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александрова, И. Рязане на материалите. Университетско издателство „В. Априлов“, Габрово, 2015.
- [2] Попов, С. Рязане на металите. Техника, София, 1983.
- [3] Македонски, А. Рязане на материалите. Издателство на ТУ-София, 2011
- [4] <https://cuttingtools.ceratizit.com/>

СЪЩНОСТ НА МЕТОДА ФРЕЗОВАНЕ

ESSENCE OF THE MILLING METHOD

Hristo Hristov Yakimov

Technical University of Gabrovo

yakimov@tugab.bg

Abstract

In the real world, of the rapidly developing mechanical engineering processing, a main aspect is focused on the processing of complex profile surfaces, on metal-cutting machines (milling machines, lathes, machining centers, etc.) with numerical program control. According to their geometric characteristics, the parts subjected to processing are typified (rotational and prismatic). Parts processed by milling occupy the second largest share of all mechanical processing methods, after drawing and boring, which, despite the low cutting speeds, is determined by the many teeth simultaneously involved in the chip removal process. This article focuses on introducing the milling process, as a fundamental process occupying a major share of machining methods.

Keywords: milling, milling machines, metal cutting machines**ВЪВЕДЕНИЕ**

В машиностроенето съществуват различни методи за обработване на даден материал (чрез стружко-отнемане, пластична деформация, топлинна обработка и др.), като за обработване на ротационни повърхнини най-често се използват:

- ✓ Стругови;
- ✓ Пробивни;
- ✓ Кръгло-шлифови обработки, върху съответните машини.

За обработване на равнинните повърхнини в това число джобове, издатини, хоризонтални, вертикални, наклонени и други повърхнини се използват най-често методите:

- ✓ Фрезоване;
- ✓ Стъргане;
- ✓ Протегляне;
- ✓ Прошиване;
- ✓ Плоско шлифование;
- ✓ Профилно шлифование и др.

Метода фрезоване, като метод заемаш огромен дял от методите за обработка посредством стружкоотнемане се зак-

лючва в снемането на материал посредством фрезови режещ инструмент, наричан накратко „фреза“, върху фрезова металоурежеща машина, фрезо-пробивна металоурежеща машина или фрезови център.

За осъществяване на процеса рязане посредством метода фрезоване, главното движение на рязане е ротационно и се извършва от инструмента, докато установъчните и подавателните движения се извършват от заготовката посредством масата или от шпинделния възел, според компоновката на машината.

Фрезите притежава различна геометрична и конструктивна характеристика - определен брой зъби, върху които са разположени режещи ръбове, захващаща част, инструментален материал и др.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Кинематиката на процеса на рязане при фрезоване се характеризира с въртливо главно движение на инструмента и праволинейно постъпателно, въртливо или комбинирано (винтово) подавателно движение [1].

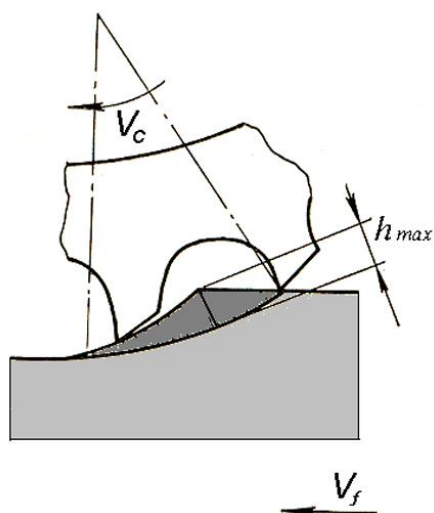
С праволинейно подавателно движение се извършва обработването на различни повърхнини и комбинации от повърхнини – равнинни повърхнини, канали и профилни повърхнини. С въртливо подавателно движение се обработват външни и вътрешни цилиндрични повърхнини, а с винтово подавателно движение – винтови повърхнини, например резби [1].

Видове фрезозане

Само по себе си фрезозането се разделя на:

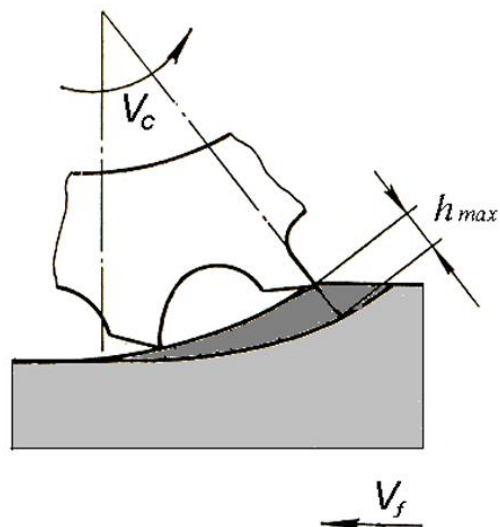
- ✓ Еднопосочно;
- ✓ Насрежно.

Еднопосочното фрезозане се характеризира със съвпадение на подавателното движение и посоката на главното движение на инструмента. Характерно за вида на фрезозането, е че всеки зъб на инструмента се „врязва“ с максимална стойност на подавателното движение V_f , а в изходната си част завършва с нулева прибавка (фиг. 1).



Фиг. 1. Еднопосочно цилиндрично фрезозане [3]

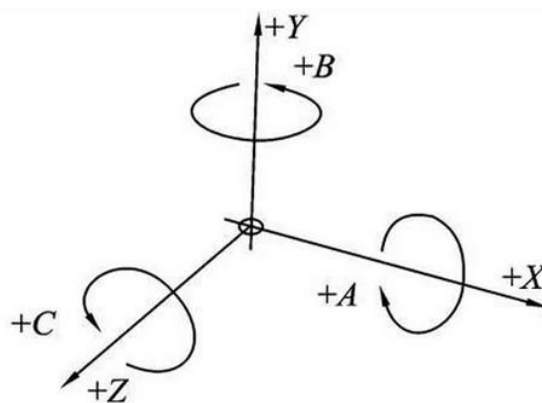
Насрежното фрезозане е вид на обработка, при която всеки зъб инструмента се врязва при нулева прибавка, т.е. приплъзва при задната си повърхнина, и излиза с максимална стойност на подавателното число V_f (фиг. 2).



Фиг. 2. Насрежно цилиндрично фрезозане [3]

Координатна система и оси

Фрезите металорежещите машини имат според степента си на автоматизация имат до 6 степени на свобода в декартова координатна система – три линейни и три ротационни (фиг. 3).



Фиг. 3. Степени на свобода

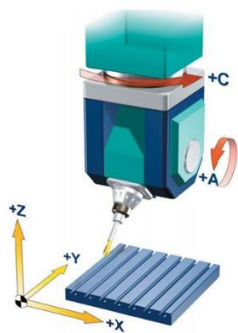
Линейни са осите X, Y, Z

Ротационни са осите A, B, C

За обработване на призматични детайли, изискващи обработки от няколко страни, като корпуси на предавателни кутии, редуктори и др., са подходящи структурите с допълнителна ос на въртене на масата.

При машините с 3 оси, ориентацията на инструмента остава непроменена по протежение на цялата траектория. При 3 + 2 управляеми оси две от осите са във

фиксирано положение при работа на останалите 3, така ориентацията на инструмента или позицията на масата може да се променя (фиг. 4а и 4б).

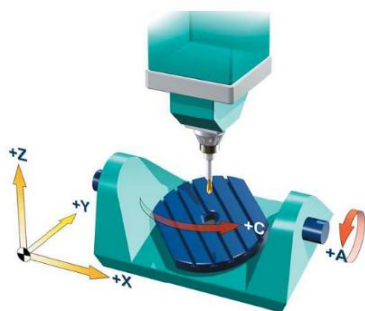


Фиг. 4а. Обработка с ориентация на инструмента



Фиг. 4б. Обработка с ориентация на масата

Съвременните обработващи центри с 5 оси могат да контролират движенията на инструмента синхронно по 5-те оси: 3- линейни оси плюс допълнителни 2 въртящи се оси. Най-често срещаните структурни решения са показани схематично. Те обработват детайли без ограничения във формата и взаиморазположението на повърхнините (фиг.5).



Фиг. 5. Компановка с 5осна обработка

Инструменти за фрезова обработка

Инструментите използвани за фрезови обработки се класифицират според определени признаци (геометрия на челото, начин на установяване и др.)

Според разположението на зъбите върху работната част най-често използваните фрези биват:

- ✓ Челни;
- ✓ Цилиндрични;
- ✓ Челно-цилиндрични;
- ✓ Дискови;
- ✓ Червячни;
- ✓ Профилни.

Според начина изработването си фрези биват:

- ✓ Цели;
- ✓ Съставни.

Според начина на установяване върху вретения възел на фрезовата машина фрези биват:

- ✓ Дорникови;
- ✓ Опашкови.

Според формата на зъбите врезите биват:

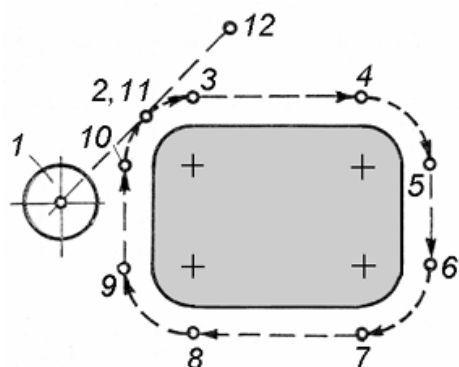
- ✓ Затиловани;
- ✓ Острозаточени.

Схеми на рязане

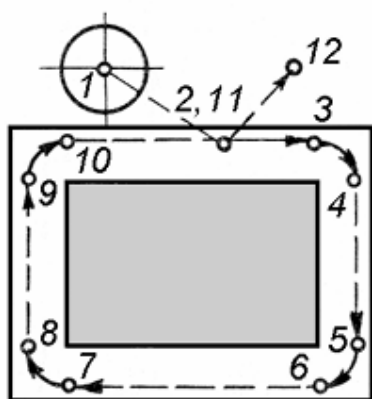
Важен елемент при прецизирането на фрезовата обработка е избора на схема на рязане.

Сами по себе се схемите на рязане са типизирани, като основните различия между схемите са:

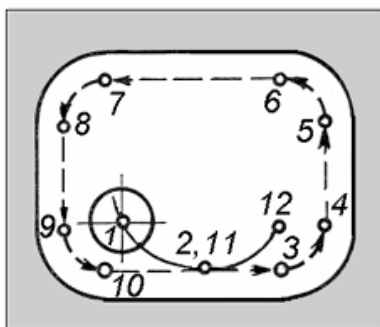
- ✓ Врязване на инструмента (фиг.6а, 6б и 6в);
- ✓ Празни ходове на инструмента;
- ✓ Вид на обработваните повърхнини (открити, полу-открити, закрити)



Фиг. 6а. Чистово обработване на контур с връзване по допирателна към радиус [4]



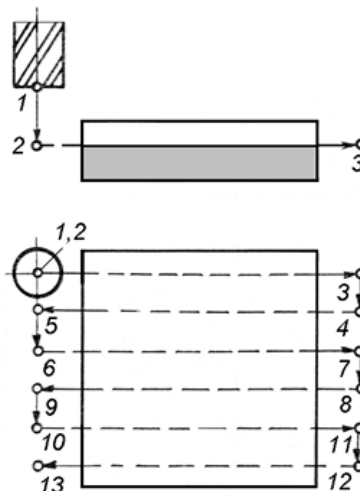
Фиг. 6б. Обработване на контур с връзване по прав участък [4]



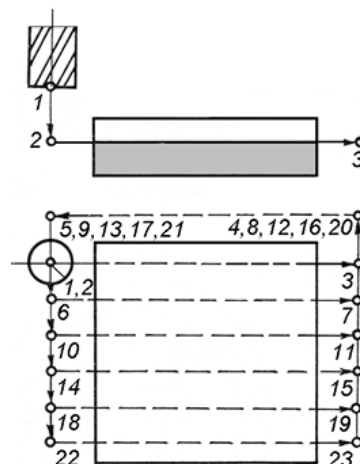
Фиг. 6в. Обработване на вътрешен контур [4]

Типовите схеми на движение на инструмента в този случай са показани на фиг. 7. Обработването на откритите повърхнини се извършва по схемата „зиг-заг“ (фиг. 7а) при грубо фрезозване и по схема „бримка“ (фиг. 7б) при чистово фрезозване. За обработване на полуоткритите повърхнини се използва схемата „лента“ (фиг. 7в), а за закритите – схема-

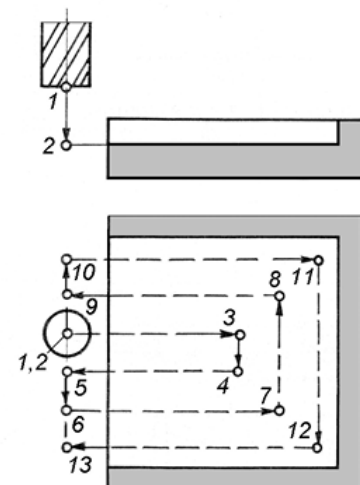
та „навивка“ (фиг. 7г). Разстоянието между проходите се приема $(0,6 \div 0,8) D_\Phi$ [3].



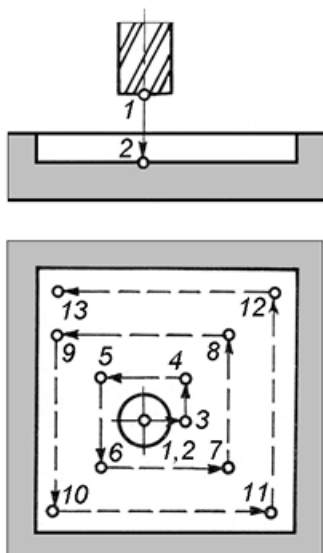
Фиг. 7а. Схема „зиг-заг“ за фрезозване на равнинна повърхнина



Фиг. 7б. Схема „бримка“ за фрезозване на равнинна повърхнина



Фиг. 7в. Схема „лента“ за фрезозване на равнинна повърхнина



Фиг. 7а. Схема „навивка“ за фрезование на равнинна повърхнина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата статия структурира и дава представа за основните понятия на фрезването, като метод за обработка на призматични и профилни повърхнини. Показана е кинематиката на процеса в двата варианта на посоката на подавателното движение. Показани са осите и

координатната система използвана при фрезовите машини, показани са най-често срещаните и използвани инструменти за фрезова обработка, както и схемите на рязане.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александрова И. „CNC машини инструменти и технологии“ университетско издателство „Васил Априлов“, Габрово 2023
- [2] Метев Х., Крумов К. „Металорежещи машини“ университетско издателство „Васил Априлов“, Габрово 2023
- [3] Метев Х. „Технологии за механично обработване“, изд. „ЕКС-ПРЕС“, Габрово 2017
- [4] Кузманов Т., Метев Х. „Технология на машиностроенето част IV технологични процеси за машини с ЦПУ“ университетско издателство „ЕКС-ПРЕС“, Габрово 2007
- [5] <https://www.engineering-review.bg/bg/instrumenti-za-frezovi-mashini/2/3561/>

**ИНТЕГРИРАНЕ НА 3D ТЕХНОЛОГИИ
ЧРЕЗ ПРОЕКТНО ОБУЧЕНИЕ В STEM СРЕДА****INTEGRATING 3D TECHNOLOGIES THROUGH
PROJECT-BASED LEARNING IN A STEM ENVIRONMENT****Paolina Radeva***Secondary Technical School "D-r Nikola Vassiliadi" Gabrovo***Abstract**

This paper presents activities and stages related to the integration of 3D modeling, 3D printing and laser engraving technologies in educational STEM projects, implemented within the framework of an interest club. The stages of development are traced from the idea or task set to the creation and production of a complete prototype using a 3D printer or laser engraver. 3D technologies combine three-dimensional modeling, prototyping and visual representation. 3D modeling training in a STEM environment develops spatial thinking, engineering logic and problem-solving skills through design and stimulates students' interest in innovation and broadens their horizons for professional development.

Keywords: 3D; modeling; printing; prototyping.

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното образование се отдава голямо значение на добиване, формиране и развиване на практически умения, технологична грамотност и креативност у учениците.

STEM обучението (наука, технологии, инженерство и математика) предоставя мултидисциплинарна рамка, която подготвя учениците за справяне с реални задачи, проблеми и предизвикателства чрез решаване на практически задачи. Проектно-базираното обучение е един ефективен подход в STEM среда, тъй като дава възможност на учениците да прилагат наученото чрез работа по реални задачи и проблеми, създаване на прототипи и разработка на иновативни решения.

Особено актуални в този процес са 3D технологиите, които съчетават в себе си триизмерно моделиране, прототипиране и визуално представяне.

В настоящия доклад се представят дейности и етапи свързани с интегрирането на 3D технологиите моделиране, 3D принтиране и лазерно гравирание в учебни STEM проекти, осъществени в рам-

ките на клуб по интереси. Проследяват се етапите на разработките от идеята или поставената задача, до създаването и изработката на цялостен прототип чрез 3D принтер или лазерен гравьор.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се реализира STEM проект чрез използване на 3D технологии – моделиране, визуализиране, принтиране и лазерно гравирание, е обърнато съществено внимание на работата в екип, креативността и придобиването на знания и практически умения за моделиране и прототипиране.

Проектът цели учениците:

- ✓ Да се запознаят с основите на 3D моделирането и визуализирането, както и с работата със специализиран софтуер;
- ✓ Да прилагат научни и инженерни принципи за създаване на завършен продукт;
- ✓ Да придобият опит с 3D принтиране и лазерно гравирание;
- ✓ Да работят в екип, като преминават през целия процес – от идеята до крайната реализация.

Пред учениците се поставят конкретни задачи, свързани с даден проект:

- ✓ Формиране на екип и разпределяне на ролите в него;
- ✓ Идентифициране на проблемите и генерирането на идеи;
- ✓ Създаване на 3D модел с помощта на подходящ софтуер;
- ✓ Подготовка на модела за 3D принтиране и/или обработка чрез лазерен гравьор;
- ✓ Представяне на проекта и реализацията му пред публика или жури.

1. 3D моделиране

3D моделирането е процесът на създаване на триизмерни цифрови обекти чрез специализиран софтуер. Триизмерното моделиране е съвременна технологична област, която дава възможност за създаване на цифрови триизмерни обекти. То намира широко приложение в индустрии като архитектура, дизайн, инженерство, кино, компютърни игри и 3D печат.

За учениците изучаването на 3D моделиране и приложенията му предоставят ценни награждащи знания и умения и им дава добра подготовка за бъдеща професионална реализация.

Чрез 3D моделирането учениците придобиват знания за:

- ✓ Пространствени обекти (тела) – цифрова геометрична форма, която има ширина, височина и дълбочина.
- ✓ Моделирането като процес за създаване и манипулиране на 3D обекти.
- ✓ Структура на моделите (върхове, ръбове и лица), която описва обекта.

Правилната методи и средства за създаване на 3D моделите позволява ефективното им използване при:

- ✓ Рендериране – визуализиране на 3D сцената с осветление, материали и текстури.
- ✓ Анимиране – създаване на движение чрез последователност от кадри.
- ✓ Раздвижване – поставяне на стави и изграждане на скелет.

Чрез триизмерното моделиране се постигат различни образователни цели:

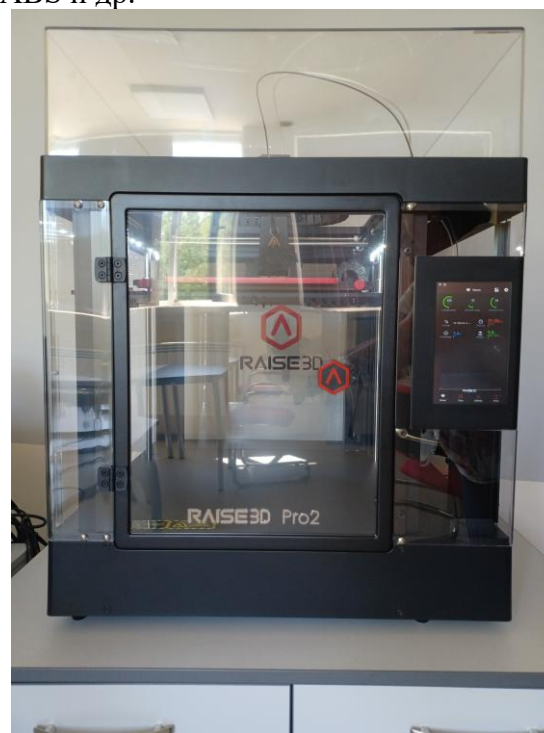
- ✓ Развитие на пространствено мислене и визуална култура.
- ✓ Формиране на дигитални и технологични умения.
- ✓ Насърчаване на креативността и дизайнерското мислене.
- ✓ Подготовка за бъдещи професии в областта на технологиите, инженерството и изкуствата.

2. 3D принтиране

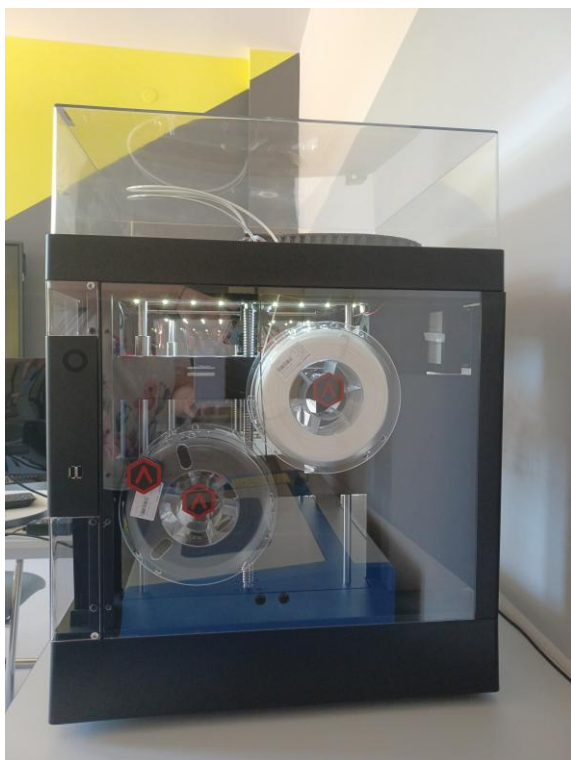
3D принтирането е процес на изграждане на физически обект чрез наслагване на материал слой по слой по предварително зададен 3D модел, най-често във формат .STL или .OBJ.

Тази технология е ключова за прототипиране, създаване на образователни модели, инструменти и изделия със специфична форма.

При обучението на учениците се използва 3D принтер Raise3D Pro2 (фиг.1), който предлага много висока прецизност и качество на печат, подходяща за детайлни обекти. Работи с материали PLA, ABS и др.



Фиг. 1.а 3D принтер Raise3D Pro2



Фиг. 1.6 3D принтер Raise3D Pro2

Принтерът разполага с двойна екструдерна система (фиг.2) и дава възможност за печат на големи обекти.



Фиг. 2. 3D принтер с двойна екструдерна система

3. Лазерно гравирание

Лазерното гравирание използва концентриран лазерен лъч за изрязване или маркиране на повърхността на даден материал.

При обучението на учениците се използва CO₂ лазерен гравьор 50W (фиг.3), който е подходящ за гравирание върху дърво, стъкло, плексиглас, кожа, хартия, гума и някои пластмаси.



Фиг. 3 Лазерен гравьор

Гравьорът подпомага създаването на прецизни декоративни елементи, като текст и/или изображения, както и комбиниране с 3D принтирани модели за създаване на мултиматериални продукти – съчетаване на пластмаса с дърво или стъкло, например.

Тази технология допринася за естетическия завършек на проекта и развива дигиталната креативност.

4. STEM образователна среда

STEM подходът съчетава:

- ✓ Наука (S): разбиране на физични принципи, температура, лазерна енергия, механични свойства и др.;
- ✓ Технологии (T): използване на хардуер и софтуер в синхрон;
- ✓ Инженерство (E): проектиране на обекти с конкретно предназначение;
- ✓ Математика (M): измервания, пропорции, работа в мащаб, прецизни координати.

В училището [2,3] е изграден на високотехнологичен STEM център, който ще покрива широк спектър от технически професии на бъдещето. Създаването на центъра е подкрепно от много фирми от града, ТУ - Габрово и Община Габрово и е успешна реализация на връзката Професионално образование - Наука - Бизнес.

Високотехнологичният STEM център осигурява изцяло нова образователна среда (фиг.4).



Фиг. 4 Част от оборудването в STEM центъра, пространство 3D моделиране

Специализираното техническо оборудване осигурява съвременното обучение за програмиране, роботика, 3D моделиране и прототипиране, изкуствен интелект, техника, мехатронни системи и природни науки.

Интеграцията на 3D технологии в STEM среда осигурява пълноценно и ангажиращо обучение чрез реални приложения на научните знания.

5. Реализирани проекти

Проектите се осъществяват в рамките на извънкласна дейност – клуб по интереси с ученици от 9 до 12 клас. Преобладават учениците от втори гимназиален етап.

Учениците работят в малки екипи, преминавайки през всички етапи на създаване на 3D модели – от идея до завършен проект, прилагайки принципи на проектно-базираното обучение в STEM среда (фиг.5).



Фиг. 5 Пространство 3D моделиране

Етапи на реализация на проектите:

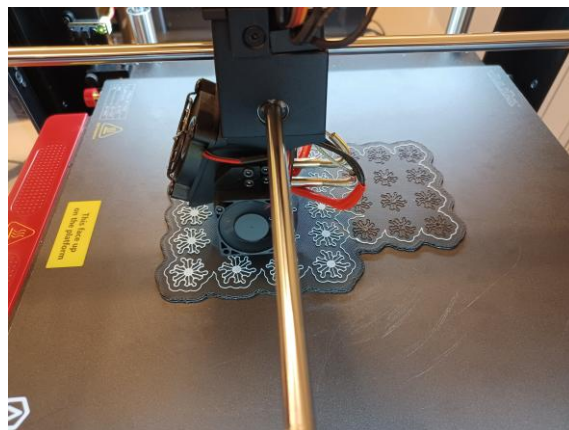
✓ Генериране на идея и планиране – учениците обсъждат различни идеи като

се съобразяват с наличните материали, технически възможности и време.

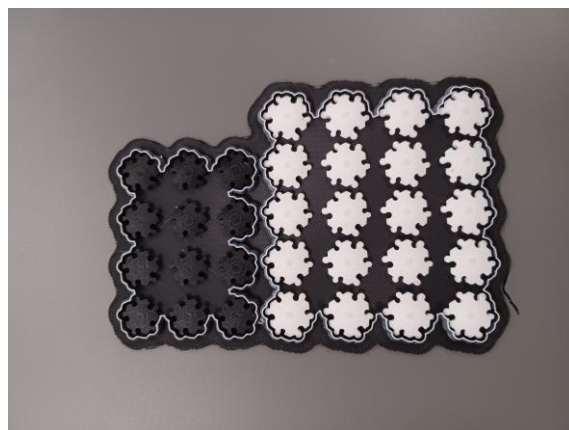
✓ Скициране и проектиране – създаване на скици и рисунки, ръчно или дигитално. На този етап се развиват умения по техническо чертане, пространствено мислене и инженерно планиране.

✓ Подготовка за 3D принтиране – запис на модела в подходящ файлов формат (.STL). Задаване на параметри като височина на слоя, запълване, температура, материал и др.

✓ Изработва физическият прототип – проследява се стабилността, точността на геометрията, нуждата от корекции или допълнителни елементи (фиг.6).



Фиг. 6.а 3D принтиране



Фиг. 6.б Резултат от принтирането

✓ При лазерно гравирание могат да се добавят надписи, декоративни мотиви, лого на екипа, клуба или училището (фиг.7).



Фиг. 7.а Гравиране на лого върху дърво



Фиг. 7.б Гравиране на лого върху стъкло

✓ Представяне на проекта

След реализация учениците подготвят кратка презентация, с която представят (фиг.8) процеса на работа, използваните технологии, получените нови знания, придобитите нови умения, срещнати трудности и преодоляването им.



Фиг. 8. Част от реализирани проекти

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3D моделирането е вълнуваща и перспективна дейност, която съчетава творчество и технологии. Въвеждането на такива занимания в горните класове стимулира интереса на учениците към иновации и разширява хоризонтите им за професионално развитие.

Обучението по 3D моделиране в STEM среда развива пространствено мислене, инженерна логика и умения за решаване на проблеми чрез дизайн.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.mon.bg/regulation/zakon-za-preduchilisthnoto-i-uchilisthnoto-obrazovanie/https://www.mon.bg/profesionalno-obrazovanie/>
- [2] <https://www.ptg-gabrovo.com/?q=content/%D0%BD%D0%BF-%D0%B8%D0%B7%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B5-%D0%BD%D0%B0-%D1%83%D1%87%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%BD%D0%B0-stem-%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0>
- [3] <https://www.gabrovonews.bg/news/171860>

ЕКИПНИ ДЕЙНОСТИ В ИЗВЪНКЛАСНИТЕ ФОРМИ НА ОБУЧЕНИЕ

TEAM ACTIVITIES IN EXTRA-CURRICULAR FORMS OF TRAINING

Paolina Radeva

Secondary Technical School "D-r Nikola Vassiliadi" Gabrovo

Abstract

The paper provides an overview and outlines the main goals and objectives of extracurricular forms of learning. Working with students in accordance with their wishes and preferences, with the support of parents and the school community, allows for the motivation and achievement of high levels of creativity and satisfaction of students. Team activities in extracurricular forms of learning and the joint work of students in the development and implementation of projects, in particular the creation of computer games, ensure the accumulation of new knowledge and the formation and improvement of skills and competencies. The creation and development of presentation skills, teamwork, and opportunities for expression support the future professional realization of students.

Keywords: team activities; extra-curricular forms of training; education.

ВЪВЕДЕНИЕ

В България училищата предлагат голямо разнообразие от клубове по интереси, които имат за цел развитие на извънкласната дейност на учениците. Тези клубове по интереси обхващат голям брой области, като дигитална креативност, математика, изкуства, технологии, гражданско образование, екологично възпитание и спорт.

ИЗЛОЖЕНИЕ**1. Нормативни документи**

Основните нормативни документи [1,2,3,4], свързани със създаване, организиране и функциониране на клубовете по интереси в училищата са:

- ✓ Закон за предучилищното и училищното образование (ЗПУО);
- ✓ Национална програма (НП) „Образование за утрешния ден“;
- ✓ НП „Иновации в действие“;
- ✓ Наредба за приобщаващото образование и други.

ЗПУО урежда общите правила за организацията на образованието в България, включително и извънкласните дейности и клубовете по интереси. В него са

описани правомощията на училищата да организират допълнителни форми на обучение и занимания.

ЗПУО насърчава екипните дейности като част от интерактивното обучение.

В наредби на министерството на образованието и науката (МОН) се регламентират различни видове извънкласни дейности и условията за тяхното организиране, включително планиране и осъществяване дейностите в училищата. Наредба № 11 за оценяване на резултатите от обучението на учениците включва работа в екип като критерий при оценяване на уменията, а в Наредба № 10 се регламентират организационните форми, включително групова форма на обучение. В Наредбата за приобщаващото образование е регламентирано осигуряването на обща подкрепа за личностно развитие.

Общата подкрепа за личностно развитие се осигурява съобразно индивидуалните му потребности и е насочена към развиване на потенциала на всяко дете и всеки ученик в предучилищното и училищното образование.

Общата подкрепа за личностно развитие е насочена към всички и включва:

- ✓ екипна работа между учителите и другите педагогически специалисти;
- ✓ занимания по интереси;
- ✓ грижа за здравето;
- ✓ ранно оценяване на потребности и превенция на обучителни затруднения;
- ✓ поощряване с морални и материални награди;
- ✓ дейности за превенция на насилието и преодоляване на проблемно поведение;
- ✓ логопедична работа.

2. Занимания по интереси

Чрез заниманията по интереси се подкрепя развитието на ключовите компетентности на учениците в областите: математика, информатика, природни науки и технологии и се подпомага кариерното и професионално ориентиране на учениците.

Чрез заниманията по интереси се развиват интегрирането на ключови компетентности, възпитание в ценности, патриотично, гражданско, здравно, екологично и интеркултурно възпитание, насърчаване на иновациите и креативно мислене на учениците.

Заниманията по интереси се организират от детските градини, както и от общинските и държавните училища за учениците от I до XII клас в съответствие с желанието на родителите на децата, с желанието на учениците със съгласието на родителите, както и със спецификата на заниманията и с възможностите на училището.

Заниманията по интереси може да се провеждат чрез различни форми - клуб, състав, ансамбъл, секция, отбор и други. Те включват провеждане на учебни часове и изяви на учениците, посещения на обекти, институции, публични и стопански организации и други.

Заниманията по интереси се организират приоритетно в тематичните направления: "Дигитална креативност", "Природни науки", "Математика", "Технологии", "Изкуства и култура", "Гражданско образование", "Екологично обра-

зование и здравословен начин на живот", "Спорт". Може да се провеждат извън часовете по учебен план, по време на целодневната организация на учебния ден извън дейностите по самоподготовка с оглед осигуряване на разнообразие от занимания по интереси, през почивните дни и ваканциите. Заниманията може да се провеждат в училището и/или в бази на други външни организации.

Заниманията по интереси в училище за съответната учебна година се избират от учениците със съгласието на родителите им. Изборът на занимания по интереси се извършва чрез проучване на желанията на учениците въз основа на анкета, разработена и приложена от училището и съдържаща индикатори за отчитане на: индивидуални потребности, интереси и познавателно развитие на ученика; предишен опит на ученика в участията му в занимания по интереси; съответствие между потребностите и желанията на ученика, регистрираните предложения и конкретни възможности и спецификата на училището.

Групите за занимания по интереси в училището се формират в зависимост от посоченото първо желание на ученика, като може да се формират с ученици от различни класове.

Общите цели на проектните дейности в клубовете по занимания по интереси са:

- ✓ Стимулиране на интерактивно обучение и учене чрез правене.
- ✓ Развитие на личностни, социални и граждански компетентности.
- ✓ Изграждане на култура на сътрудничество, взаимопомощ, емпатия и толерантност.
- ✓ Удовлетвореност от направеното и постигнатото.
- ✓ Желание за усъвършенстване.
- ✓ Подпомагане на ранното професионално ориентиране.

Заниманията по интереси се организират със седмичен брой часове и/или на модулен принцип, който включва средно

не по-малко от два часа седмично по броя на учебните седмици, съгласно работен времеви график от ръководителя на групата с разпределение на темите. Часовете за занимания по интереси не формират и не допълват нормата за задължителна преподавателска работа.

Училището организира и подпомага публичните изяви на учениците, участници в групите за занимания по интереси.

3. Екипни дейности

Екипните дейности в обучението на ученици са ключов елемент в съвременното образование, особено в контекста на компетентностния подход, заложен в ЗПУО и свързаните наредби. Те развиват комуникационни умения, сътрудничество, критическо мислене и умения за работа по проекти.

Основните типове екипни дейности в училищното обучение са:

✓ Групова проектна работа – учениците работят съвместно по задача или проект. Изисква се разпределяне на роли и отговорности. Може да се използва в STEM обучението.

✓ Учебни дискусии и дебати – провеждат се в малки екипи или в целия клас, разделен на групи, като целта е да се защити теза или да се обсъди даден проблем.

✓ Работа по учебни станции – при тях учениците са разделени по групи и преминават през различни станции със определени задачи. Може да се използва в STEM обучението.

✓ Ролеви игри – учениците влизат в различни роли в симулирана ситуация.

✓ Решаване на проблем – екип от ученици трябва да намери решение на даден технически, логически или социален проблем. Често се използва в STEM обучението.

✓ Кооперативно обучение – всеки член на екипа има конкретна роля (напр. координатор, говорител, наблюдател).

✓ Екипни състезания и викторини – учениците работят в отбори, за да отго-

варят на въпроси или решават задачи и така се насърчава бързото мислене, обобщаване на знания и работа в екип.

Екипните дейности, областите им на приложимост и очакваните резултати са представени в табл.1.

Табл. 1 Екипни дейности

Вид екипна дейност	Подходящи предмети	Очаквани резултати
Групова проектна работа	Човек и общество География Биология Технологии	Развиване на умения за сътрудничество планиране представяне на резултати
Учебни дискусии дебати	Гражданско образование История Литература	Критическо мислене аргументация уважение към чуждо мнение
Работа по станции	Природни науки Математика Чужди езици	Активно участие разнострани умения обмяна на опит
Ролеви игри	История Етика Български език Чужди езици	Емпатия разбиране на различни гледни точки комуникативни умения
Съвместно решаване на проблем	Математика Физика Информатика Екология	Творческо мислене работа под напрежение колективно търсене на решение
Кооперативно обучение	Всички предмети универсален подход	Лидерство отговорност взаимопомощ специфични роли в група
Екипни състезания викторини	Всички предмети езици логика	Затвърждаване на знания бързо мислене работа в напрегатната среда

Екипните дейности могат да се прилагат както в редовни часове, така и в клубовете по интереси.

4. Примерен план на урок с екипна дейност

Представям примерен план на урок за създаване на компютърна игра в занятия в клуб по интереси. Учениците трябва да работят в екипи, като използват базови

знания от програмирането с цел да развият и усъвършенстват умения за сътрудничество, творчество, лидерство и работа в екип.

Тема на урока: „Създай своя игра“

Форма: клуб по интереси

Ученици: 8.–9. клас

Софтуер: в зависимост от възрастта и ресурса, напр. Scratch, Visual Studio, Unity

Цел на урока: Учениците да създадат в екип проста компютърна игра.

Тип екипна дейност: Групова проектна работа и ролево разпределение

Продължителност: 90-120 минути

Структурата на урока е представена в табл.2.

Табл. 2 Структура на урок

Етап	Време	Дейности
Въведение	10 мин.	Учителят показва пример на проста игра и представя заданието
Формиране на екипи и разпределение на роли	10 мин.	Всеки екип от ученици разпределя ролите в екипа
Работа по проекта	60 мин.	Екипите проектират и реализират своята игра. Учителят подпомага при нужда.
Представяне на проектите	30 мин.	Всеки екип демонстрира своята игра. Презентаторът обяснява и представя разработката.
Обратна връзка	10 мин.	Класът и учителят дават обратна връзка. Гласуване за „най-креативна“, „най-забавна“ и др.

Примерните роли и задачите, с които трябва да се справят учениците са показани в табл. 3.

Табл. 3 Роли и задачи

Роля	Задачи
Програмист	Създава логиката и управлява блоковете с код
Дизайнер	Изработва герои, фон, добавя звук и визуални ефекти
Сценарист	Измисля идея за сюжета, нивата, игровите цели
Презентатор	Демонстрира играта пред останалите и обяснява как работи

Учителят наблюдава участието на всеки ученик. Извършва оценяване на извършените дейности по критерии: идея, функционалност, екипна работа, визуално оформление. Учениците отговарят на въпросите: „Какво направих аз?“, „С какво най-много се гордеем?“, „Какво бихме подобрили?“.

Изготвен е формуляр, по който учениците работят, контролират и отчитат дейностите си (фиг.1).

Проект – Създай своя игра (екипна работа)

Име на екипа:

Заглавие на играта:

Разпределение на роли в екипа:

Роля	Име на ученика	Задачи
Програмист		Създава логиката на играта, пише програмни код
Дизайнер		Избира фонове, герои, добавя звук и визуални ефекти
Сценарист		Измисля идея, цели, сюжети, нива на трудност
Презентатор		Представя играта, обяснява как се играе

Контролен списък с извършени дейности:
(Поставяме ✓, когато е изпълнено)

Задача	Изпълнено
Името на играта е измислено	
Ролите са разпределени	
Гласуват герои и създатели	
Добавени са поне 2 сюжета/нива	
Играта има правила/цели	
Тествали сме играта	
Играта работи без грешки	
Подготвили сме се да я представим	

Рефлексия (попълва се от всеки ученик):

Въпрос	Програмист	Дизайнер	Сценарист	Презентатор
Какво направих в екипа?				
С какво най-много се гордея?				
Какво бих подобрил/а следващия път?				

Фиг. 1. Работен формуляр за контрол и отчет на дейностите

5. Екипна дейност за напреднали ученици

Учениците трябва да работят в екипи, като освен да използват знания от програмирането, придобиват и развиват знанията си за триизмерното моделиране с цел да усъвършенстват уменията си за менторство, сътрудничество, лидерство и работа в екип. Задачите са с по-висока техническа сложност и изискват работа със специализиран софтуер. Добавят се и/или се разширяват ролите на участниците в екипа. Представям примерен план на урок за създаване на 3D компютърна игра в занятия в клуб по интереси.

Тема на урока: „Създай своя 3D игра“

Форма: клуб по интереси

Ученици: 11.–12. клас

Софтуер: в зависимост от възрастта и ресурса, напр. Blender, Visual Studio, Unity

Цел на урока: Учениците да създадат в екип 3D компютърна игра.

Тип екипна дейност: Групова проектна работа и ролево разпределение

Продължителност: 360 минути

Структурата на урока е представена в табл.4.

Табл. 4 Структура на урока

Етап	Време	Дейности
Въведение	15 мин.	Учителят показва пример на игра и представя заданието
Формиране на екипи и разпределение на роли	15 мин.	Всеки екип от ученици разпределя ролите в екипа
Работа по проекта	240 мин.	Екипите създават своята игра. Учителят подпомага екипите.
Представяне на проектите	60 мин.	Всеки екип демонстрира своята игра. Презентаторът представя разработката.
Обратна връзка	30 мин.	Класът и учителят дават обратна връзка. Гласуване за „най-креативна“, „най-забавна“ и др.

Ролите и задачите за учениците са показани в табл. 5.

Табл. 5 Роли и задачи на екипа

Роля	Задачи
Програмист	Създава логиката и пише скриптове за движение в 3D пространство, камери, колизии
3D Дизайнер	Създава 3D обекти и сцени моделира герои
Визуални ефекти	Настройва физика, осветление, материали, навигация
Сценарист	Измисля идея за сюжета и игровите цели и нива с обекти и събития в пространството
Презентатор	Демонстрира играта пред останалите и обяснява как работи

Учителят наблюдава участието на всеки ученик. Извършва оценяване на

извършените дейности по критерии: креативност, функционалност, екипна работа, визуални ефекти. Учениците отговарят на въпросите: „Какво направих аз?“, „С какво най-много се гордеем?“, „Какво бихме подобрили?“.

Изготвен е нов формуляр, по който учениците работят, контролират и отчитат дейностите си (фиг.2).

Проект – Създай своя 3D игра (екипна работа)

Име на екипа:

Заглавие на играта:

Разпределение на роли в екипа:

Роля	Име на ученика	Задачи
Програмист		Създава логиката и пише скриптове за движение в 3D пространство, камери, колизии
3D Дизайнер		Създава 3D обекти и сцени моделира герои
Визуални ефекти		Настройва физика, осветление, материали, навигация
Сценарист		Измисля идея за сюжета и игровите цели и нива с обекти и събития в пространството
Презентатор		Демонстрира играта пред останалите и обяснява как работи

Контролен списък с извършени дейности:
(Поставяме „/“ когато е изпълнено)

Задача	Изпълнено
Идеята на играта е измислена	
Ролите са разпределени	
Добавени са поне 2 сцени/нива	
Играта има правила/цели	
3D модели	
Камерата е позиционирана правилно	
Добавени са светлини	
Играчът може да се движи в 3D пространство	
Програмирани са основни събития (движение, скок)	
Има интеракция (напр. събиране на обекти)	
Тествали сме играта	
Играта работи без грешки	
Подготвили сме се да я представим	

Рефлексия (попълва се от всеки ученик):

Въпрос	Програмист	3D Дизайнер	Визуални ефекти	Сценарист	Презентатор
Какво направих в екипа?					
С какво най-много се гордеем?					
Какво бих подобрил/а следващия път?					

Фиг. 2. Работен формуляр за контрол и отчет на дейностите за напреднали

Екипните дейности в извънкласните форми на обучение и съвместната работа на учениците при разработване и реализация на проекти, в частност създаването на компютърни игри, стимулират натрупването на нови знания и формирането и развитието на умения и компетентности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е направен преглед и са посочени основни цели и задачи пред извънкласните форми на обучение. Работата с учениците в съответствие с техните желания и предпочитания, с подкрепата на родителите и училищната общност, позволяват мотивирането и достигането

на високи нива на креативност и удовлетвореност на учениците.

Заниманията по интереси формират в учениците култура и умения за търсене и ползване на информация, изгражда у тях навици за непрекъснато и всестранно самообразование, подтиква към креативност, подпомага достъпа до културни и образователни събития, мотивира личностното израстване и гражданската отговорност.

Учениците се поощряват с морални и материални награди за своите високи постижения в образователната дейност, в заниманията по интереси и за приноса им към популяризирането и развитието на институционалната общност.

Създаването и развитието на презентационни умения, работата в екип, възможностите за изява подпомагат бъдещата професионална реализация на учениците.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.mon.bg/regulation/zakon-za-preduchilisthnoto-i-uchilisthnoto-obrazovanie/https://www.mon.bg/profesionalno-obrazovanie/>
- [2] <https://www.mon.bg/dokumentatsiya/normativni-aktove/naredbi/>
- [3] <https://www.mon.bg/regulation/naredba-za-priobsthavasthoto-obrazovanie/>
- [4] <https://www.mon.bg/profesionalno-obrazovanie/>

SWOT АНАЛИЗ И ИЗБОР НА МИТНИЧЕСКО ПРЕДСТАВИТЕЛСТВО ОТ ФИРМА

SWOT ANALYSIS AND SELECTION OF A CUSTOMS REPRESENTATIVE OFFICE BY A COMPANY

Bilyana Vasileva
bibitovasileva@gmail.com

Abstract

The report presents the results of the analysis based on selected criteria when choosing a customs representative office for a company. A specific SWOT analysis was conducted between two legal entities working in this field and a variant proposed to the company was selected. The advantages, disadvantages and opportunities offered by the two customs representatives were examined and selection criteria were derived. The development is of practical focus and applicable in the training of students and trainees in the field of logistics and customs representation.

Keywords: SWOT analysis; customs representation; logistics.

ВЪВЕДЕНИЕ

Преговорите за присъединяване на България към Европейския съюз по глава 25 "Митнически съюз" са безспорно признание за постигнатото от администрацията на Агенция "Митници" за последните години.

В момента около 70% от българското митническо законодателство вече е хармонизирано с правото на Общността. Законът за митниците и Правилникът за неговото прилагане създадоха подробна и ясна регламентация на цялата митническа дейност и въведоха облекчения и прозрачни правила за икономическите оператори.

Освен хармонизирането на законодателството и повишаването на административния капацитет, митническата администрация постигна напредък и в областта на компютъризацията и засилването на граничния контрол.

Взаимоотношенията с икономическите оператори бяха подобрени, предприеха се мерки за улесняване на търговията [1].

Докладът представя резултатите от направения анализ на основата на подбрани критерии при избора на митническо представителство на фирма.

Направен е конкретен SWOT анализ между две юридически лица, работещи в тази сфера и е избран вариант, предложен на фирмата.

Разгледани са както предимствата и недостатъците, така и предлаганите възможности от двете митнически представителства.

Изведени са критерии за избор.

Разработката е с конкретна практическа насоченост, с приложимост в обучението на студенти и курсисти в областта на логистиката и митническото представителство.

Функции на митническия агент

Условията и редът, при които представителството се осъществява от митнически агент, се определят в Правилника за прилагане на Закона за митниците.

Представителят трябва да бъде местно лице, освен в изрично посочените в този закон случаи.

Митническите органи изискват от всяко лице, което заявява, че действа като представител, да представи писмени доказателства за това.

За издаване на решение от митническите органи във връзка с прилагането на митническите разпоредби лицето, поискано издаването му, трябва да представи

цялата необходима информация и документация.

Решението трябва да бъде взето и съобщено на молителя в срок, определен в правилника. Когато искането за решение е направено писмено, решението трябва да се вземе в предвидения в правилника срок, считано от датата, на която искането е получено от митническите органи. Решението се съобщава писмено на молителя.

Когато митническите органи не могат да се произнесат в определения срок поради необходимостта от събиране на допълнителна информация, те трябва да уведомят молителя преди неговото изтичане, като посочат причините и необходимия им срок за вземане на исканото решение.

Решенията на митническите органи, с които се отхвърлят исканията на лицата или са неблагоприятни за тях, трябва да са мотивирани.

Правомощията и функциите, които един митнически агент може да изпълнява и поема са следните[1,2,3,4,5]

- митническо агентиране;
- изготвяне на митнически документи, сертификати, удостоверения и др.
- съгласуване с ведомства;
- обезпечаване на стоки и товари при транзитиране със собствена банкова гаранция;
- митническо складиране;
- консултации;
- застраховки;
- превод и легализация;
- международна спедиция;
- посредничество за контакт със сходни митнически агенции в страната.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Разглежда се дейността на фирма „А арматури“ в контекста да се реши дилемата за избор на митническо представителство, предвид нарасналият обем на експорт на производи на фирмата, основно метални изделия.

За целта се разработва подробен SWOT анализ на два варианта за митническо обслужване:

Фирма „А арматури“ е изправена пред избора между две различни опции за митническо представителство:

- Веско - „Гривната“ (неофициален митнически агент с 15-годишен опит);
- Интернешънъл логистик груп (ИЛГ) (професионална логистична компания);

За да се вземе обосновано решение, се разглеждат както предимствата, така и недостатъците, възможностите и заплахите (SWOT анализ) за всяка от опциите, които се предлагат при двата варианта.

1. Веско - „Гривната“:

Положително влияние:

Предимства:

- ✓ Бързина и гъвкавост – Веско предлага експресно обработване на митническите документи (15 минути на митница).
- ✓ Денонощна наличност – Винаги е на разположение (24/7), без значение от деня и часа.
- ✓ Лични контакти в митническите служби – Благодарение на дългогодишните си връзки, Веско може да улесни процесите по преминаване на граници и избягване на административни усложнения.
- ✓ Минимална бюрокрация – Изисква малко документи и опростена комуникация.
- ✓ Гъвкавост в плащанията – Част от сумата може да бъде без фактура, което потенциално намалява разходите.

Възможности:

- ✓ Лесно навлизане в новата дейност – С минимални усилия фирмата може да започне логистичната си дейност.
- ✓ Персонализиран подход – Услугите се адаптират според конкретните нужди на фирмата, без строги изисквания.
- ✓ Ниски първоначални разходи – Поради неформалния характер на услу-

гити, не се изискват високи такси и гаранции.

Отрицателно влияние:

Недостатъци

- Липса на официална правна защита – В случай на проверка или проблеми с митническите власти, фирмата няма гаранции.
- Риск от корупционни практики – Възможно е Веско да разчита на неформални методи за улесняване на процесите, което носи правни рискове.
- Липса на прозрачност – Плащанията и обработката на документи не винаги са изцяло регламентирани.
- Ограничена експертиза – Веско не е специалист в митническото законодателство и може да допусне грешки.

Заплахи:

- Риск от глоби и санкции – В случай на неправилно попълнени документи или разкрития за нерегламентирани практики, фирмата може да бъде глобена.
- Несигурност в дългосрочен план – При промени в митническите регулации или засилен контрол, този модел може да стане неработещ.
- Проблеми при международни проверки – Работата с международни клиенти може да бъде затруднена заради липсата на официално митническо представителство.

2. Интернешънъл логистик груп (ИЛГ)

Положително влияние:

Предимства:

- ✓ Професионализъм и законово съответствие – ИЛГ работи изцяло по регламентиран начин и спазва митническите и законови изисквания.
- ✓ Пълна правна защита – Всички операции се извършват официално, с документи и договори, което гарантира сигурност.
- ✓ Оптимизирана логистика – Осигурява пълен пакет услуги, включително транс-

порт, митническо представителство и складова логистика.

✓ Фактуриране и отчетност – Всички плащания минават по банков път, което гарантира прозрачност и удобство за счетоводството.

✓ Възможност за работа с международни клиенти – Официалната логистична компания предоставя необходимите сертификати и документи за износ/внос.

Възможности:

✓ Изграждане на дългосрочни партньорства – Работата с голяма логистична фирма отваря врати за международен бизнес.

✓ По-малък риск от санкции – Намалява вероятността от глоби и проблеми при проверки.

✓ Достъп до по-добри логистични решения – Оптимизиране на транспортните разходи и подобрен контрол върху логистиката.

Отрицателно влияние:

Недостатъци:

○ Високи разходи – Официалните услуги са значително по-скъпи от тези на Веско.

○ Фиксирано работно време – Няма гъвкавост при спешни случаи, освен срещу допълнителни такси.

○ Бюрократични процедури – Изискват се множество документи, което може да забави процеса.

○ Зависимост от трети страни – Фирмата ще бъде зависима от ИЛГ за всички митнически операции, без директен контрол.

Заплахи:

○ Скъпо допълнително обслужване – В случай на извънредни ситуации разходите за митническо обслужване могат да скочат значително.

○ По-бавен процес – Работата с международна компания изисква повече време за одобрение на документи.

- Липса на персонализиран подход – ИЛГ работи по строги правила, които не винаги могат да се нагодят към конкретните нужди на фирмата.

Изводи :

- Изборът между двете фирми: „Веско - Гривната“ и ИЛГ зависи от приоритетите на фирма „А арматури“:
- Ако приоритетът е бързина, гъвкавост и минимални разходи – Веско - „Гривната“ е по-добрият избор.
- Но този вариант крие сериозни правни и регулаторни рискове, които могат да доведат до бъдещи проблеми.
- Ако приоритетът е сигурност, официалност и дългосрочна устойчивост – Интернешънъл логистик груп (ИЛГ) е по-добрата опция.
- Но този вариант изисква повече средства и време за обработка на документите.

Анализът позволява да се направят следните изводи:

Интернешънъл логистик груп (ИЛГ) е по-подходящият избор за „А арматури“, тъй като предлага законово съобразени, прозрачни и сигурни митнически услуги, които минимизират риска от санкции и регулаторни проблеми.

Въпреки че този вариант е по-скъп и по-бавен от неформалния подход на Веско „Гривната“, той гарантира дългосрочна стабилност, улеснява работата с международни клиенти и осигурява

пълнен контрол върху логистичните процеси.

Изборът на ИЛГ ще позволи на фирмата да разширява дейността си без притеснения за административни усложнения и непредвидени рискове.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изведени са критерии за извършване на SWOT анализ на два варианта за митническо обслужване на фирма, износител на метални изделия.

2. Направен е SWOT анализ и избор на фирма, митнически агент.

3. Изборът гарантира сигурност и дългосрочна стабилност в експортната дейност на фирмата, производител на метални изделия, основно арматура за строително-монтажни дейности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Величков, В., „Митническа теория, митническа граница“, Тракия - М, София, 2000.
- [2] Гълъбов, И., „Временен внос/ износ на стоки“, Апис, София, 1999.
- [3] Конвенция за договора за международен автомобилен превоз на товари, АЕТРИ, София, 1993.
- [4] Закона за митниците, Изд. „Тракия“, София, 2000.
- [5] Бенев, Б., „Основи на теорията на държавната администрация“, Фенея, 2000.
- [6] Димитров, Е., „Митница“, 2000.

ОБХВАТ НА УПРАВЛЕНСКОТО СЧЕТОВОДСТВО И ВРЪЗКАТА МУ
СЪС СТРАТЕГИЧЕСКИЯ МЕНИДЖМЪНТ В ПРЕДПРИЯТИЕТОTHE SCOPE OF MANAGEMENT ACCOUNTING AND ITS RELATIONSHIP
WITH STRATEGIC MANAGEMENT IN ENTERPRISE

Ivan Nikolaev Sabev

Trakia University: Stara Zagora

Department "Social Sciences and Business Language Training"

e-mail: isabev@mail.bg

Abstract

The identified practical topic is significant in the contemporary financial and economic environment. **The relevance** of the investigation is determined by the need for scientific clarification and practical research on the implementation of accounting practices. **The primary objective** of the report is to examine the nature and extent of management accounting, explore its linkages with strategic management, and examine its role in decision-making processes in operations.

Keywords: accounting, accounting information, enterprise, management accounting

ВЪВЕДЕНИЕ

Динамичните промени в съвременните икономически условия изискват рационален и ефективен мениджмънт в хода на осъществяваната от предприятието дейност. Настоящата разработка изследва икономическата същност, функционалното проявление и значението на управленското счетоводство при вземането на стратегическия решения. Въз основа на направените изводи и констатации, мениджърите на предприятието осъществяват контрол при вземането на адекватни и ефективни управленски решения, насочени към оптимизиране на извършените разходи и повишаване на финансовите резултати.

У нас управленското счетоводство се появява и започва да се използва в края на миналия век, породено от необходимостта да се анализират и изследват извършените разходи и реализираните приходи, чрез задълбочено изучаване в различните им аспекти. Чрез него се цели както изчисляване себестойността на продукцията и услугите, така и избора на най-подходящия метод за калкулиране разходите на предприятието. Основното

значение на управленското счетоводство се състои в неговата управленска функция, която служи за детайлизиран анализ състоянието на предприятието и допринася за вземане на управленски решения на различни нива.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Управленското счетоводство няма единна дефиниция относно същността и обхвата си. В обобщен вид информацията, която се получава от него, може да се систематизира в следните точки:

- Определяне продуктивния и стоковия портфейл на предприятието;
- Разработване на нови инвестиционни проекти;
- Разкриване или преустановяване на нова дейност;
- Разработване на производствен модел;
- Определяне ценообразуването в предприятието;
- Определяне начина на продажби.

По своята същност и значение управленското счетоводство допринася за анализ на резултатите при измерване на постиженията, определяне на проблеми-

те и намиране на решения по най-рационалния и ефективен начин. Управленският процес предполага наличието на обратна информационна връзка, чрез която се осигурява информация от обекта към субекта на управлението, както и за резултатите от това изпълнение. В този смисъл управлението може да се характеризира и разглежда като информационен процес – процес на създаване, обработване, преработване и предаване на информация, насочена към запазване целостта на системата – предприятието и поддържането му в състояние да изпълнява поставените от предприемача цели и задачи.

От ключово значение за вземането на ефективни управленски решения, е реализирането на обратна информационна връзка. Тя се осъществява чрез създаваната в предприятието отчетна информация. Последната е съвкупност от данни и сведения, с която се характеризират състоянието и промените в средствата и техните източници, както и резултатите от осъществяваната практическа дейност през различните отчетни периоди.

Известно е, че счетоводството обхваща голяма част от съществуващите информационни системи, но не осигурява на управляващите оперативна информация на всички нива, което налага използването на управленското счетоводство. В условията на съвременната пазарна икономика, всяко предприятие има свобода и самостоятелност при разработването на своите производствени програми и производствени планове. При разработването на ефективни и навременни решения, мениджърите се нуждаят от пълна, всеобхватна и надеждна информация, както за производственото, така и за финансовото състояние на предприятието. **Именно създаването на нетрадиционни системи за предоставяне на информация, относно производствените разходи и финансовите резултати, използването на нови методи в управлението, важността на получаваната информация за вземане на решения, се**

очертават като едни от най-актуалните проблеми пред счетоводството, контрола и анализа на стопанската дейност.

Информацията е важна и неразделна съставна част от управлението, една от неговите съставни части. Няма успешно управление без информация, както и не съществува ефективна стопанска дейност без управление. Според Н. Градев, информацията, която се използва при управлението на стопанската дейност, т.е. при осъществяване процеса на стопанското управление, се нарича икономическа информация. Тя представлява съвкупност от сведения за стопанските явления, факти и процеси, които са свързани с възпроизводството на материалните блага или са елемент на самия възпроизводствен процес [1].

Следователно управленската информация може да се представи, като съвкупност от сведения за производствено-стопанската дейност на предприятието и за външната конкурентна среда, които се събират, обработват и обобщават, за да се предоставят на мениджърите, при вземане на обосновани решения.

В съвременните икономически условия се откриват много общи черти между информацията, получавана от управленското счетоводство и финансово-счетоводната информация, защото и двете се базират на данни от основната счетоводна система на предприятието. Бизнесът първо създава счетоводните системи, с цел събиране и предоставяне на информация за финансовите сделки и едва на следващ етап предприятията започват да използват счетоводната информация за управление на вътрешните дейности, когато тези дейности са достигнали необходимото ниво на сложност. Много организации и предприятия се опитват механично да вземат своите финансово-счетоводни системи и да ги променят за управленски цели. Получените резултати често не са добри, тъй като мениджърите не получават доста-

тъчна информация, необходима за вземане на адекватни управленски решения. Необходимо е да осъзнаят, че за различните цели се нуждаят от различни видове счетоводна информация.

Управленският процес протича във формата на информационен процес, т.е. като процес на получаване, обработване, предаване, съхраняване и използване на информацията. Без нея е невъзможно да се определят целите на управлението, да се оцени ситуацията, да се формулира проблема, да се вземе решение и да се контролира неговото изпълнение. В икономическата литература се приема, че неправилно формулираната мисия и цел водят до загуба на време и сили за старателно изпълнение на действия, които не е нужно да се предприемат въобще. В резултат на това се определя твърдението, че системата на движение на счетоводно-управленската информация трябва по най-добрия начин да осигури достигането на целите на организацията. **От тук следва, че основната цел на управленското счетоводство е да оцени, анализира и докладва финансовата и нефинансовата информация, която да помага на мениджърите при вземането на решения за изпълнението на целите на предприятието.**

При оперативните управленски решения може да бъде използвана пълна и непълна информация за обекта на изследване. Това позволява на управленското счетоводство да се представи във вид на процес ограничен в рамките на предприятието, който подготвя за ръководителите на различните нива на управление информация за планиране, управление, контрол на дейността на структурните подразделения и на предприятието, като цяло.

Необходимо е също да се отбележи, че информацията, генерирана в системата на управленското счетоводство трябва да отговаря на определени критерии. Основните критерии за качеството на информацията са: ефективност; точност; уместност; съвместимост и лекота на

възприятието. Според М. Павлова основните характеристики на полезната информация за управленското счетоводство могат да бъдат: уместност, разбираемост, своевременност, възможност за сравняване, обективност, надеждност, цялостност (завършеност) и цена на информацията [2]. По думите на Б. Йонкова информацията предоставена от управленското счетоводство трябва да е уместна по отношение на потребностите на управляващите, които вземат решения [3]. Посочените автори твърдения показват, че в системата на управленското счетоводство, изискванията към информацията, от една страна са по-либерални: допуска се по-голяма свобода при нейното формиране, за разлика от финансовото счетоводство, т. е. възможност да се използва неколичествена, недокументална, несчетоводна информация, примерни прогнозни оценки. В същото време в системата на управленското счетоводство изискванията са по-високи от гледна точка на качествата и детайлизацията, дълбочината на представената информация. Също е важно да се отбележи и строго конфиденциалния характер на управленската информация, до която достъп имат само определени лица вътре в предприятието (мениджърите на различните нива в йерархията на организацията).

В съвременната счетоводна практика информацията предоставена от финансовото счетоводство, често пъти е недостатъчна, което обуславя нуждата пред мениджърите от допълнителна и по-подробна информация за планиране и контролиране на осъществяваната дейност. Потребителите на счетоводна информация на предприятието се разделят основно на четири групи:

- лица, имащи достъп до вътрешна информация, които участват при вземането на управленски решения – мениджъри (ръководители) и собственици;
- лица, имащи достъп до вътрешна информация, които не участват

при вземането на управленски решения – персонал, контролиращи органи, одитори и други;

- лица, които нямат достъп до вътрешна информация, но участват при вземането на управленски решения – държавата, чрез своите агенти и отделни собственици;
- лица, които нямат достъп до вътрешна информация и не участват при вземането на управленски решения – купувачи, клиенти, доставчици, кредитори, външни аналитици и други.

Въз основа на посочените групи, могат да се разгледат различните потребители, тяхната заинтересованост от използването на счетоводната информация създавана в предприятието и до каква степен те участват в процеса на вземане на управленски решения.

Системата на управленското счетоводство е ориентирана към вътрешните потребители в лицето на висшето ръководство на организацията, а така също и към ръководителите и отговорните лица на нейните подразделения. В съответствие с това, потребители на информацията, създадена в рамките на системата на управленското счетоводство в предприятието се явяват [4]:

Първо. Висшия мениджмънт – формира стратегическите цели за управление на организацията. Получават интегрирани управленски отчети за постигнатите поставени цели, които отразяват действителните резултати на производството, на инвестиционната и финансовата дейност на организацията, като цяло и в основните структурни подразделения за последния период или за конкретен момент от време; анализ на външните и вътрешните фактори, влияещи върху резултатите при изпълнението на дългосрочните цели на организацията, а така също и на планираните и прогнозни дейности за предстоящия период.

Второ. Ръководството на структурните подразделения на всички нива

– създават оперативната стратегия за реализация на дългосрочните цели за развитие на организацията, и в съответствие с това получават управленски отчети, включващи в себе си стойностите на ключови показатели за дейността на подразделения за конкретен момент от време, и резултатите от тяхната аналитична обработка; информация от планов и прогнозен характер, а така също и информация за свързаните с тях подразделения и контрагенти.

Трето. Специалистите от структурните подразделения – отговорни за разработването и прилагането на дългосрочни цели за развитие на компанията. В рамките на своята компетентност, те получават информация за дейността на компанията, за нейните дъщерни дружества, прогнози за вътрешните и външните фактори, оказващи влияние върху резултатите от дейността на организацията.

Всеки един от тези потребители, участващ в управлението на дейността на предприятието, ще използва управленската и счетоводната информация, но тя ще удовлетворява различни информационни потребности. По този начин управленското счетоводство е неразделна част от управленската информационна система, от която всички нива на управление получават необходимата информация за вземане на решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се обобщи, че в изложението на настоящия доклад се систематизират теоретичната същност, обхвата и функционалното проявление на управленското счетоводство като практически значим компонент от стратегическия мениджмънт на всяко предприятие. То способства за осъществяването на стопанската дейност и постигането на ефективно управление и стабилност.

В резултат на направеното проучване може да се формулира извода, че водеща функция на управленското счетоводство

е осигуряването с информация на ръководителите на всички нива на управление, както и да се създаде информация, която да служи като средство за вътрешна комуникационна връзка между отделните нива на управление и структурните подразделения, за да се реализират поставените цели в предприятието.

Акцентът за бъдещи изследвания може да бъде насочен към изграждане на ефективна управленска информационна система за управленското счетоводство, която да отговаря на динамично променящите се условия, в които функционира всяко предприятие и на необходимостта

от полезна информация за вземане на ефективни управленски решения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Градев, Н., Тотев, Т., Спасов, Д., Петров, Л. Обща теория на счетоводната отчетност. Варна, Изд. "Г.Бакалов".
- [2] Павлова, М. Управленско счетоводство. София, Изд. "Ромина", 2002.
- [3] Йонкова, Б. Управленско счетоводство. София, Изд. "Ромина", 2008.
- [4] Мансуров, П. Управленческий учет. Ульяновск: УлГТУ, 2010.

ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ПЕРСПЕКТИВИ ПРИ
УСЪВЪРШЕНСТВАНЕТО НА АНАЛИТИЧНОТО СЧЕТОВОДНО
ОТЧИТАНЕ В ПРЕДПРИЯТИЯТА

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR THE ADVANCEMENT OF
ANALYTICAL ACCOUNTING IN BUSINESS ENTERPRISES

Ivan Nikolaev Sabev

Trakia University: Stara Zagora

Department "Social Sciences and Business Language Training"

e-mail: isabev@mail.bg

Abstract

The report examines the key challenges and prospects associated with the advancement of analytical accounting in enterprises. This form of accounting represents a crucial element of managerial planning and control, as it provides detailed information regarding the asset and financial position of an organisation.

*The chosen topic is both timely and relevant, possessing clear academic value. **The primary aim** of this study is to analyse the main challenges facing analytical accounting within enterprises and to explore potential avenues for its enhancement.*

*This objective is pursued through the accomplishment of the following **core tasks**: clarifying the essence and significance of analytical accounting as a tool for internal control and managerial decision-making; identifying the principal challenges confronting enterprises and analysing contemporary technologies and approaches for improving analytical accounting; and proposing concrete guidelines for the development and refinement of analytical accounting with the aim of enhancing business competitiveness.*

The ultimate goal is to contribute to the improvement of managerial efficiency, competitiveness, and the sustainable development of enterprises.

***The methodological foundation** of this work is based on the application of general scientific approaches and research methods..*

Keywords: analytical accounting; financial management; enterprise development; accounting system enhancement; internal reporting

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременната икономическа обстановка счетоводната информация заема стратегическо място за нуждите и целите на ефективното управление на предприятието. Аналитичното счетоводно отчитане играе ключова роля като предоставя детайлна и систематизирана информация за имущественото и финансовото състояние на организацията. В условията на динамична бизнес среда и повишени изисквания за ефективност и прозрачност, качественото аналитично счетоводно отчитане се превръща в основен инструмент за постигане на конкурентни предимства и устойчиво развитие на предприятието.

Избраната тема на настоящия доклад е актуална, значима и има своите специ-

фики за счетоводната теория и практика.

Основната цел на разработката е да анализира основните предизвикателства пред аналитичното счетоводно отчитане в предприятията и да разкрие възможните перспективи за неговото усъвършенстване.

Дефинираната цел се осъществява чрез решаването на следните **основни задачи**:

а) изясняване същността и значението на аналитичното счетоводно отчитане като инструмент за вътрешен контрол, при вземането на управленски решения;

б) определяне на основните предизвикателства пред предприятията и анализ на съвременните технологии и подходи, при усъвършенстване на аналитичното счетоводно отчитане;

в) предлагане на конкретни насоки за развитие и подобрене на аналитичното счетоводно отчитане, с цел повишаване конкурентоспособността на предприятията.

На база посочените цел и задачи в настоящия доклад, може да се дефинира и **научноизследователската теза**, която се изразява в разкриване на предизвикателствата и перспективите при усъвършенстването на аналитичното счетоводно отчитане в предприятията като ключов фактор за подобряване на управленската ефективност и конкурентоспособност. В резултат на внедряването на съвременни информационни технологии, стандартизацията на методите и професионалното развитие на персонала, се цели преодоляване на съществуващите предизвикателства и постигане на устойчиво развитие.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Аналитичното счетоводно отчитане представлява система за детайлизирано класифициране и анализ на финансово-икономическата информация, насочена към обслужване на вътрешните управленски нужди на предприятието [1]. То е в основата на финансовото планиране, контрола и вземането на ефективни решения. Аналитичното отчитане осигурява специфична информация от синтетичните сметки, с висока степен на детайлност и насоченост към конкретните обекти. Посредством него се постига индивидуализиране на обекта на отчитане и класифицирането му според предварително определени критерии за разграничаване [2]. Основните функции на аналитичността включват:

- Изчисляване себестойността на продукцията и услугите – допринася за по-вярно и точно ценообразуване и анализ на разходите.
- Подпомагане управлението на ресурсите – предоставя актуална информация за реално използваните ресурси.

- Оценка на ефективността и рентабилността на отделните процеси – осигурява база за бюджетирание и прогнозиране.

Като основна характеристика на аналитичното отчитане може да се открие неговата информационна насоченост. Освен за нуждите на контрола, анализа и планирането вътре в организацията, информацията от него служи и за външни потребители. Проявлението на аналитичното отчитане е силно изразено в следните направления:

- Осигурява детайлна и точна информация за обектите на счетоводно отчитане;
- Проследимост на вземания и задължения;
- Повишаване на вътрешния контрол и отчетността;
- Подпомага вземането на управленски решения;
- Възможност за автоматизация и подобрена отчетност.

В условията на динамично променящата се бизнес среда и повишените критерии за ефективност и прозрачност, аналитичното счетоводно отчитане заема водещо място за постигането на конкурентни предимства и устойчиво развитие на предприятието.

Аналитичното счетоводно отчитане е в основата на осигуряването на детайлна информация за нуждите на управлението. Въпреки ползите от него, в практиката се срещат редица предизвикателства при неговото приложение. По-важните сред тях могат да се систематизират в следното [3]:

а) сложност при структуриране на данните и информационните потоци – нарастването на обема данни и разнообразия им характер, изправят предприятията пред предизвикателството да обработват и генерират масивна информация от различни източници. В резултат на това съществува риск от загуба на съществена информация и допускане на грешки.

б) липса на ясни стандарти и единна методология – липсата на точна стандартизация и единни методи и подходи при аналитичното счетоводно отчитане, създават трудности и усложнения при сравнимостта на данни между отделните звена.

в) ограничения на човешкия фактор и липса на експертиза – недостатъчната квалификация на персонала и липсата на нужния капацитет, затрудняват ефективното използване на аналитичната информация, необходима на мениджърския екип.

г) зависимост от технологични предизвикателства – ограничената адаптивност към новите технологии, недостатъчно гъвкавите и остарели счетоводни програми възпрепятстват развитието на предприятията [4]. Съвременните информационни системи изискват значителен финансов ресурс и постоянна адаптация към бизнес процесите.

В резултат на посочените по-горе предизвикателства пред аналитичното счетоводно отчитане, може да се направи извода, че неговото ефективно прилагане изисква правилно структуриран подход и ясна методология, квалифициран персонал и инвестиции в съвременните технологии. Преодоляването на съществуващите предизвикателства е ключът към постигане на по-висока управленска ефективност и подобряване на отчетността в предприятията. На тази основа аналитичността може да се очертае като водещ стратегически ресурс за вземане на рационални и ефективни управленски решения.

Съвременните икономически условия и динамиката в иновациите, изискват непрекъснато усъвършенстване и адаптиране на счетоводното отчитане към реалната бизнес среда. С цел да отговори на тези изисквания, аналитичността следва да се усъвършенства в следните насоки:

Първо. Внедряване и използване на автоматизирани информационни технологии – това е ключов фактор за ус-

пешното развитие на предприятията в нарастващата конкуренция и непрекъснато променящата се и динамична бизнес среда. Използването на информационните системи и автоматизираните технологии, в лицето на съвременните системи за планиране ресурсите на предприятието (ERP системи – SAP, Microsoft Dynamics), роботизирана автоматизация (RPA), изкуствен интелект и ML алгоритми, бизнес интелигентност (BI), Balanced Scorecard и други, разкриват възможността за по-бързо и точно обработване на данните от аналитичното отчитане [5]. Това очертава стратегическата роля на системите за финансово управление и оперативно счетоводно отчитане.

Второ. Интегриране с други системи за управление – за нуждите на аналитичното счетоводно отчитане е приоритетно то да се свърже с други бизнес системи за управление, с цел повишаване ефективността на решенията на мениджърския екип. Тези системи включват: управление на производството (MES), управление на взаимоотношенията с клиенти (CRM), управление на човешките ресурси, маркетинг и др. [6]. Интегрирането на системите с аналитичността допринася за автоматизиране на данните и осигурява надеждна информация за управленския процес.

Трето. Развиване на еднородни стандарти и регулации – Международните стандарти за финансово отчитане (МСФО/IFRS) и новите стандарти за устойчиво развитие, създават достоверна и надеждна финансово-счетоводна информация както на национално, така и на международно ниво [6]. На тази основа се усъвършенства аналитичното отчитане на предприятията, чрез интегриране на нови технологии.

Четвърто. Обучение и квалификация на счетоводния персонал – квалификацията и обучението на персонала са пряко свързани с успешното усъвършенстване на аналитичното отчитане. Адаптирането към новите информационни

технологии и системи, изисква инвестиции и непрекъснато обучение, имащи за цел да повишат професионалните умения и компетенции. Развитието на персонала е постоянен процес, оказващ влияние върху цялостната дейност на предприятието.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представеното изложение в настоящата разработка, може да се формулира изводът, че в резултат на анализа на процеса аналитично счетоводно отчитане, се очертават основните предизвикателства и перспективи при неговото усъвършенстване. То е водещ компонент за модерното управление на всяко предприятие и инструмент за вземане на ефективни решения. Получената от аналитичността информация допринася за детайлизиране и обобщаване на получените резултати от дейността на стопанските субекти.

Въз основа на това се повишава качеството на отчетната информация и възможностите за анализ и оценка при вземане на съответните рационални управленски решения. Въпреки съществуващите предизвикателства, чрез необходимите експертни качества, дигитализацията и добрите счетоводни практики, перспективата пред аналитичното отчитане е стратегическа и икономически обоснована.

Очертаните в настоящият доклад предизвикателства и перспективи при усъвършенстването на счетоводното отчитане, позволяват да се обособят следните по-важни особености:

Първо. Проявява се нуждата от инвестиции в модерни информационни системи, чрез което се осигурява високо ниво на сигурност на използваните аналитични данни.

Второ. Ключов фактор и задължително условие за успех са непрекъснатите специализирани обучения и квалификация на персонала, ангажираността на мениджърския екип и стратегическото планиране в организацията.

Трето. Автоматизацията на счетоводното отчитане, интеграцията на базите от данни, както и възможностите на изкуствения интелект, подпомагат предприятията при генериране на нови бизнес възможности, с по-малко рискове и минимални ресурси.

На база представените особености, може да се констатира, че усъвършенстването на аналитичното счетоводно отчитане в практиката е сложен и непрекъснат процес, при който ползите от неговото прилагане са безспорни за предприятията, които ще постигнат по-голяма ефективност, прозрачност и високи стандарти на конкурентоспособност.

Акцент за евентуални бъдещи изследвания по поставената тематика, биха били предложения за въвеждане на конкретни счетоводни сметки, подобряващи аналитичността, както и въведения в счетоводните и софтуерни програми, с цел по-голяма прозрачност и информираност за вътрешни и външни ползватели на информация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Horngren, C. T., Datar, S. M., Rajan, M. V. Cost accounting: A managerial emphasis, 16 th. Pearson Education, 2021.
- [2] Андреев, И. Счетоводни аспекти на паричните потоци на предприятието. Свищов, АИ „Ценов“, 2013, стр. 84.
- [3] Колев, П. „Автоматизация в счетоводната дейност“, в: „Счетоводна мисъл“, бр. 2, 2022.
- [4] Deloitte Insights. The Digitalization of Accounting and Finance Functions, 2023. <https://www2.deloitte.com>
- [5] ACCA. The future of the accountant in a digital world. Association of Chartered Certified Accountants, 2020. <https://www.accaglobal.com>
- [6] FRS Foundation. Sustainability reporting standards. International Financial Reporting Standards Foundation, 2023. <https://www.ifrs.org>

АНАЛИЗ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА WDM КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА С ВИДИМА СВЕТЛИНА ЗА КОМУНИКАЦИЯ С ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА**PERFORMANCE ANALYSIS OF A VISIBLE LIGHT WDM COMMUNICATION SYSTEM FOR VEHICLE COMMUNICATION****Krasen Angelov***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

Vehicle-to-everything (V2X) communication is a new development in traffic management and road safety. In this context, visible light communication (VLC) has emerged as a promising alternative to meet the requirements for high-speed, low-latency communication. LED lamps, mainly used for street lighting, can also serve as a data transmission medium. This paper proposes a VLC system using wavelength division multiplexing (WDM) to simultaneously transmit data streams from different sources over a free space (FSO) channel. Such a type of communication can be applied to the specific needs of both urban and non-urban environments.

Keywords: *wavelength division multiplexing; visible light communication, vehicle-to-everything; free space channel*

ВЪВЕДЕНИЕ

Комуникацията с видима светлина (VLC) разчита предимно на LED светодиоди, които могат да осветяват и едновременно с това да предават информация. С приложението на LED осветлението в градска среда и за автомобилни фарове, VLC предоставя нови възможности за взаимосвързаност на устройства, правейки ги по-интелигентни и по-ефективни. Технологиата за комуникация с видима светлина (VLC) на открито притежава значителен потенциал за комуникация между превозни средства или между превозни средства и инфраструктура (V2X) и би могла да реши проблеми със свързаността в специфични области и да помогне за облекчаване на натоварването в радиочестотния спектър [1-3].

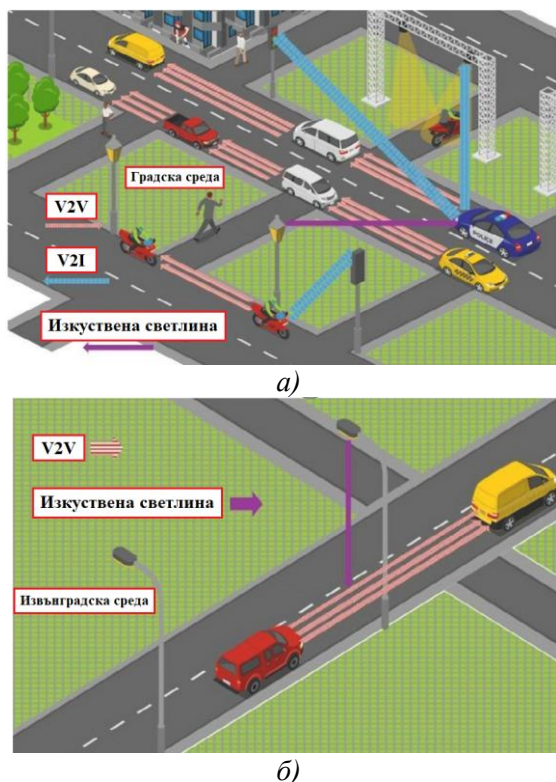
Прилагането на WDM позволява увеличаване скоростта на предаване на данни по един оптичен канал и ефективно позволява преноса на големи обеми данни, като позволява едновременното изпращане на различни потоци от данни по един и същ канал [3,4]. Целта на този доклад е да се проучи и анализира производителността на система за комуни-

кация с видима светлина (VLC), използваща WDM мултиплексване за два модулационни формата в оптичния предавател (NRZ-OOK и RZ-OOK), за да се определи влиянието на типа модулация върху производителността на WDM/VLC системата. Извършва се оценка на производителността на разработен за целта модел въз основа на процента на битови грешки, факторите за качество, пропускателната способност, вида на модулацията, разстоянието и метеорологичните условия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Предложената система разчита на използването на WDM мултиплексване за V2X комуникации, използващи видима светлина, предлагайки значителни предимства пред единична система за достъп. Чрез използването на светодиоди като множество точки за достъп (AP), всяка дължина на вълната в WDM системата функционира като независима оптична микроклетка, позволявайки едновременна комуникация между превозни средства и крайпътна инфраструктура.

V2X комуникациите могат да бъдат класифицирани за две основни среди: градска и извънградска – фиг. 1.



Фиг. 1. Сценарии на V2X комуникация чрез WDM VLC система: а) в градска среда; б) в извънградска среда с комуникацията

В градските райони (фиг. 1а), характеризиращи се с висока плътност на светлинните източници, относително къси разстояния между тях и активен пътен трафик, предложената система може ефективно да използва тези условия, за да осигури високи скорости на пренос на данни, отговаряйки на изискванията на приложения с интензивно използване на данни (напр. управление на трафика в реално време). В извънградските райони (фиг. 1б), светлинните източници са по-малко и по-раздалечени и системата трябва да се адаптира, за да поддържа надеждна комуникация на по-дълги разстояния, с оптимизирано управление на ресурсите, за да се справи с ограничената инфраструктура.

За да се осигури оптимална производителност в тези две среди, следва да се тестват и оценят различните видове мо-

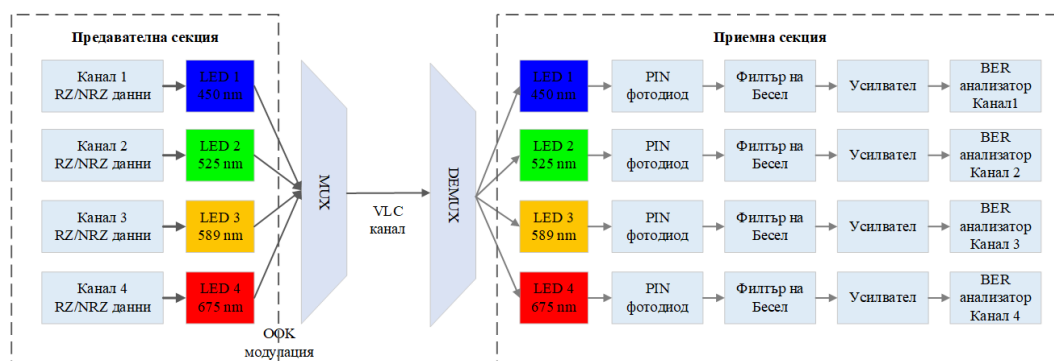
дулация, въз основа на специфичните характеристики на всяка среда. Модулация, подходяща за градски райони, трябва да може да се справя с интензивни и чести потоци от данни, докато в извънградските райони фокусът ще бъде върху устойчивостта и обхвата.

Метеорологичните условия като мъгла, дъжд или запрашеност могат значително да повлияят на производителността на комуникациите с видима светлина. Тези фактори се включват в моделите на предаване, а изборът на модулация трябва да се адаптира към тези вариации, за да се осигури надеждна и стабилна комуникация при всички външни условия.

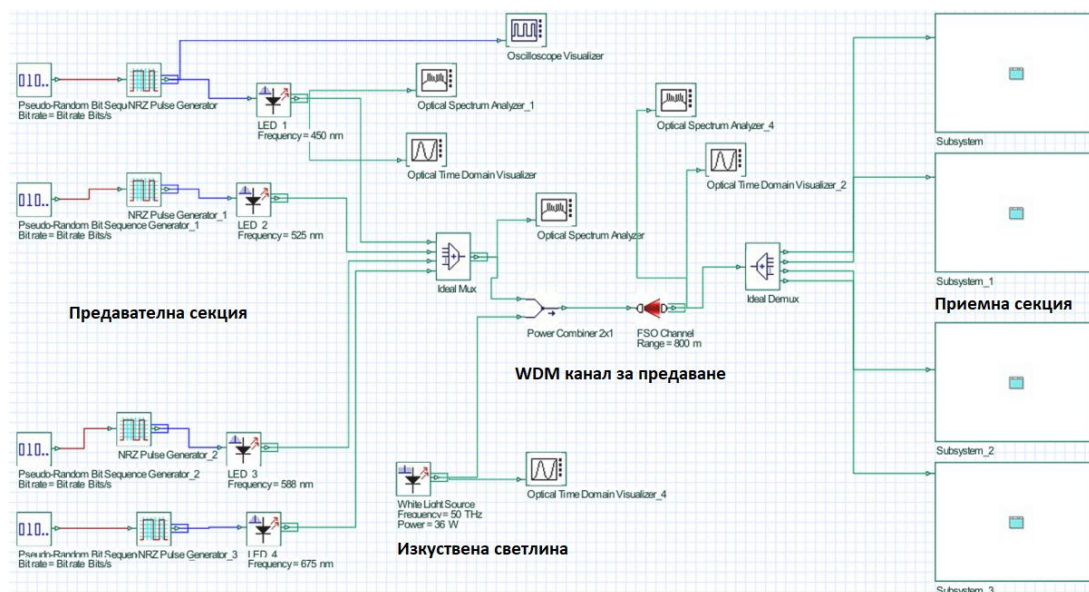
А) Описание на WDM VLC връзката

WDM VLC системата е нов тип решение за бъдещи комуникационни мрежи с видима светлина. Чрез включването на подходящ брой WDM канали, системата може да поддържа по-голям брой активни потребители, използващи RGBA LED предаватели. Тук се разглежда вариант на предаване на данни на четири различни дължини на вълната: червено (675 nm), зелено (525 nm), синьо (450 nm) и жълто (589 nm). Организацията на потребителските данни е предназначена да подобри ефективността на комуникацията чрез тези източници на светлина, позволявайки ефективна многоточкова свързаност (фиг. 2).

Топологията на системата включва четири канала, използващи монохроматични източници на светлина за разделяне на видимия оптичен спектър на множество комуникационни канали. Светлината от предавателите се комбинира в свободното пространство, произвеждайки смесена светлина, която след това се предава в свободното пространство. В приемника се използват оптични теснолентови филтри за детектиране на сигнали с определени дължини на вълните, всяка от които е свързана с отделен канал. Моделът на канала по линия на пряка видимост (line-of-sight – LOS) се използва за характеризиране на канала на видимата светлина в системата.



Фиг. 2. Блокова схема на многоканална WDM VLC комуникационна система



Фиг. 3. Симулационна модел на WDM VLC комуникационна система (за RZ-OOK формат на модулация)

Б) Симулационен модел на WDM VLC връзката

В средата на OptiSystem е разработен симулационен модел, показан на фиг. 3, в съответствие с предложената WDM VLC архитектура на V2X комуникационна система, показана на фиг. 2.

Моделът се състои от три секции: предавателната секция в WDM режим, използваща два различни вида модулация: RZ-OOK и NRZ-OOK; предавателен канал, представен от свободното пространство между предавателя и приемника; приемна секция с опто-електронен преобразувател за възстановяване на електрическа форма на сигнала.

- Модел на предавателната секция:

Предавателната секция включва 4 канала, формирани от следните блокове:

- генератор на псевдослучайна битова последователност (PRBS);
- RZ енкодер, който в последствие се заменя от NRZ енкодер за изследване влиянието на кодирането върху производителността;
- четири LED източника с различни дължини на вълната: 675 nm (червен), 525 nm (зелен), 450 nm (син) и 589 nm (жълт);
- 4x1 WDM мултиплексор;
- източник на бяла светлина.

Модулираните сигнали се комбинират с помощта на мултиплексор и се предават през свободно пространство между предавателя и приемника.

- Модел на WDM канала за пренос:

За VLC системата в сценарий на открито е приложен модел на канала с линия на пряка видимост (LOS) между

предавателя и приемника [4]. В каналът е добавен и източник на шум, моделиран чрез допълнителен фото-ток в приемника, дължащ се от смущаващи оптични източници в околната среда, моделирани чрез източника на бяла светлина [5,6].

- Модел на приемната секция:

Каналните приемници включват:

- оптичен филтър за минимизиране на фоновия шум и филтрация на спектъра на основния канал;
- PIN фотодиод за преобразуване на оптичния сигнал в електрически;
- филтър на Беселов от пети ред за подобряване на съотношението сигнал/шум (SNR);
- електронен усилвател: поставя се преди и след филтъра на Бесел за усилване на сигнала;
- BER анализатор за оценка параметрите на приетия канален сигнал.

В) Кодирание и модулация на оптичния сигнал

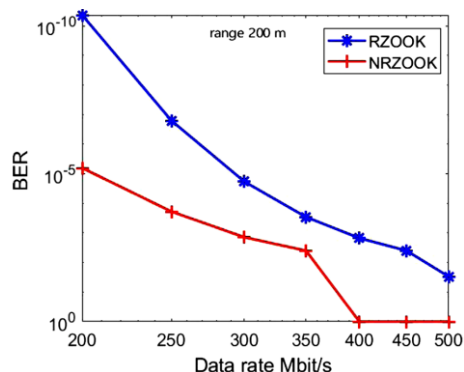
За модулиране на оптичния сигнал от източника се прилага ключова амплитудна модулация – On-Off Keying (OOK) с два формата на кодиране на модулирания сигнал: Return-to-Zero (RZ) и Non-Return-to-Zero (NRZ) [3,7,8]. Оценка на ефективността на двата варианта на модулация се извършва отчитане на коефициента на двоична грешка (BER) и съотношението сигнал/шум (SNR) при различни сценарии.

Г) Моделиране на влиянието на метеорологичните условия

Важно е да се определи мощността на получения сигнал на разстояние L от предавателя, когато сигналът се предава през атмосферата. Тя ще се влияе от началния интензитет на излъчения сигнал и атмосферните условия по пътя на разпространение на сигнала. На разстояние L от предавателя тя може да се изрази, както е представено в [9], като важен компонент е коефициентът на атмосферно затихване (γ , dB/km). Функцията $\gamma(\lambda)$ е сума от коефициентите на абсорбция за молекули и аерозоли и коефициентите на разсейване за същите обекти [9].

Д) Резултати от анализа на производителността на системата

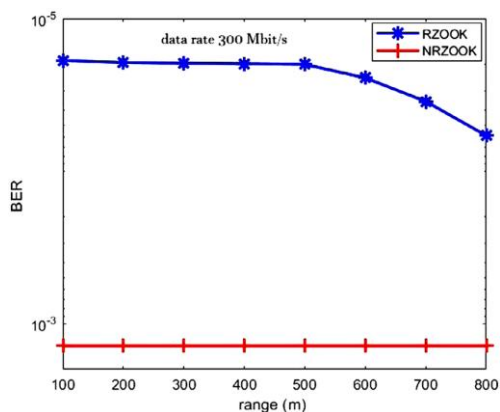
Извършен е симулационен анализ на разработеният модел при различни параметри и сценарии: за двата типа модулация RZ-OOK и NRZ-OOK под влияние на оптичния фонов шум, скорости на предаване на данни и влиянието на разстоянието на предаване при различни метеорологични условия върху производителността на двата типа модулация.



Фиг. 3. BER във функция от скоростта на предаване на данни при RZ-OOK и NRZ-OOK модулация при разстояние 200 m

От фиг. 3 се вижда, че производителността на системата намалява с увеличаване на скоростта на предаване на данни. Системата, използваща RZ-OOK модулация, показва по-добра устойчивост в сравнение със системата с NRZ-OOK модулация. При NRZ-OOK комуникацията се срива при скорост на предаване на данни от 400 Mbit/s, докато при RZ-OOK се поддържа оперативна производителност при същата скорост и $BER=1,5 \cdot 10^{-3}$. От това следва, че RZ-OOK модулацията е по-подходяща за поддържане на високи скорости на предаване на данни в сравнение с NRZ-OOK, което я прави предпочитан избор в сценарии, изискващи големи капацитети на пренос и високоскоростни приложения.

Фиг. 4 показва оценка на обхвата на комуникация за фиксирана скорост на предаване на данни от 300 Mbit/s за двата варианта на модулация. По отношение на разстоянието на комуникация, NRZ-OOK се оказва по-устойчива за по-големи разстояния.



Фиг. 4. BER във функция от разстоянието на предаване на данни при RZ-OOK и NRZ-OOK модулация при скорост 300 Mbps

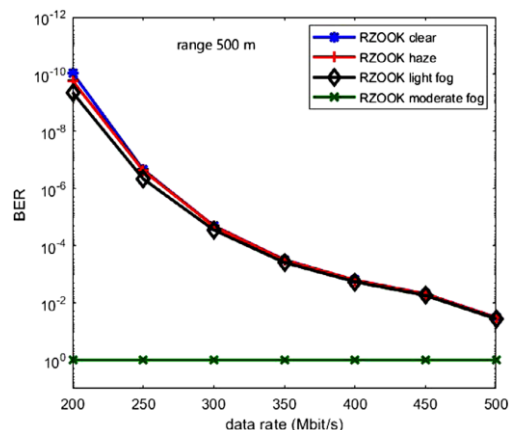
От фиг. 4 се вижда, че за разстояние по-големи от 500 m, производителността при RZ-OOK модулация започва да намалява, докато при NRZ-OOK остава стабилна, показвайки постоянен BER от $1,4 \cdot 10^{-3}$. Тези резултати подчертават, че NRZ-OOK модулацията дава предимство при по-ниски скорости на данни и по-дълги разстояния, позиционирайки я като жизнеспособна опция в сценарии, където обхватът е от съществено значение, въпреки ограниченията ѝ по отношение на скоростта на данни.

Осъществено е изследване при моделиране на различни метеорологични условия: ясно време (clear), мараня (haze), лека мъгла (light fog) и умерена мъгла (moderate fog). Симулацията е реализирана при фиксирано разстоянието на предаване от 500 m. Резултатите са показани на фиг. 5 и фиг. 6.

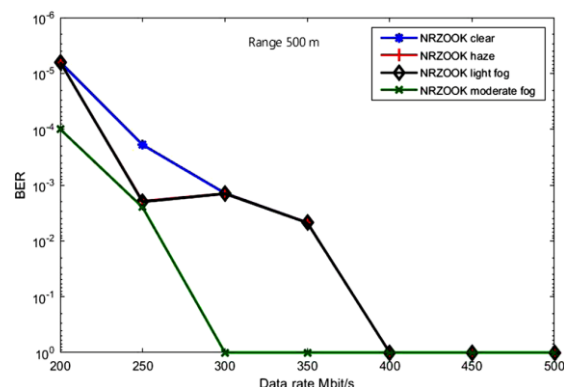
На фиг. 5 се вижда, че системата, използваща RZ-OOK модулация, не показва значително влошаване на производителността при преход от ясно време към мараня и след това към лека мъгла, но при умерена мъгла комуникацията отпада за всички тествани скорости на предаване на данни.

За разлика от това, за системата с NRZ-OOK модулация (фиг. 6), производителността не се влияе значително от метеорологичните условия. Спадът в производителността на тази система е свързан предимно с нейната чувствител-

ност към високи скорости на предаване на данни, както бе споменато по-рано. По този начин можем да квалифицираме системата NRZ-OOK като по-устойчива на промени в метеорологичните условия.



Фиг. 5. BER във функция от скоростта на предаване на данни при RZ-OOK модулация за разстояние 500 m и различни климатични условия



Фиг. 6. BER във функция от скоростта на предаване на данни при NRZ-OOK модулация за разстояние 500 m и различни климатични условия

WDM системата с RZ-OOK модулация постига системна скорост на данните от 4x500 Mbps при разстояния до 300 m и се утвърждава като предпочитан избор за градска среда, характеризираща се с висока плътност на трафика и повишени изисквания за обмен на данни. Тя осигурява плавно предаване без смущения, като същевременно оптимизира използването на оптичната мощност. NRZ-OOK WDM системата се оказва подходяща за извънградска среда, където светлинните източници са по-

разпръснати. Освен това, при неблагоприятни метеорологични условия, тя показва повишена устойчивост при скорост на данните от 200 Mbps. Тези резултати позиционират WDM с NRZ-ООК като по-надеждно решение за комуникации на дълги разстояния до 800 m и среди, подложени на метеорологични смущения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Валидираната система се оказва особено подходяща за V2X автомобилни комуникации, които изискват достъп от множество потребители с ниска латентност (напр. приложения за управление на трафика в реално време и усъвършенствани системи за подпомагане на водача (ADAS)).

Стратегическият избор между двете модуляции отговаря на специфичните нужди на V2X приложенията, независимо дали в градска среда, изискваща високи скорости на данни (в полза на RZ-ООК), или в извънградски райони и при неблагоприятни метеорологични условия, където постоянната производителност е приоритет (в полза на NRZ-ООК).

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2025 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ouamna H., Z. Madini, Y. Zouine, 6G and V2X communications: Applications, features, and challenges. 2022 8th International Conference on Optimization and Applications, ICOA, 2022, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICOA55659.2022.9934407.
- [2] Kharbouche A., Z. Madini, Y. Zouine, Performance improvements of a VLC system, in a V2X context, using a different multiplexing technique, TELKOMNIKA Telecommun. Comput. Electron. Control 21 (4) (2023) 4, doi: 10.12928/telkomnika.v21i4.24042.
- [3] Angelov K., S. Sadinov, P. Kogias, Modelling and optimization of multi-channel optical communication lines, International Scientific Conference UNITECH 2019, 15-16 November 2019, Gabrovo, ISSN 1313-230X, Vol. 1, pp. I-322-326.
- [4] Karbalayghareh M., F. Miramirkhani, H.B. Eldeeb, R.C. Kizilirmak, S.M. Sait, M. Uysal, Channel modelling and performance limits of vehicular visible light communication systems, IEEE Trans. Veh. Technol. 69 (7), 2020, pp.6891–6901, doi: 10.1109/TVT.2020.2993294.
- [5] Yaseen M., M. Alsmadi, A. Canbilan, S. Ikki, Visible light communication with input-dependent noise: Channel estimation, optimal receiver design and performance analysis, J. Lightwave Technol. 39 (23), 2021, pp. 7406–7416.
- [6] Chatterjee S., B. Roy, An approach to ensure joint illumination & communication performance of a forward error corrected indoor visible light communication (VLC) system in presence of ambient light interference, J. Opt. Commun. 44 (1), 2023, pp.1767–1776, doi: 10.1515/joc-2019-0212.
- [7] Goel P., R. Kaushik, Analysis of 10 Gbps-80 GHz millimeter-wave over fiber system for RZ and NRZ formats, J. Opt. 52 (4), 2023, pp. 2090–2095, doi: 10.1007/s12596-023-01137-6
- [8] Sadinov S., K. Angelov, P. Kogias, Modelling and Performance Analysis of Modulation Formats and Dispersion Compensation Schemes in a High-Speed Optical Communication Network, Journal of Engineering Science and Technology Review (JESTR), Kavala Institute of Technology ISSN: 1791-9320, E-ISSN:1791-2377, 2019, pp. 22-25.
- [9] Alnajjar S., A. Noori, A. Moosa, Enhancement of FSO communications links under complex environment, Photonic Sens. 7 (2), 2017, pp.113–122, doi: 10.1007/s13320-017-0336-1.

**РАДИОЧЕСТОТНА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА
СПЕКТРАЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРИ НА
РАДИОКОМУНИКАЦИОННИ СИГНАЛИ****RF PLATFORM FOR RESEARCH AND ANALYSIS OF SPECTRAL
CHARACTERISTICS AND PARAMETERS OF RADIO COMMUNICATION
SIGNALS****Krasen Angelov***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

The development of communication technology is associated with the development of measurements in communications. It can be said that the fastest way to assess the state of a given communication system in a given state is obtained from the assessment of the measurements that are made and the way in which the data obtained from them are used. The main purpose of this article is the study of a compact platform for practical experimental measurements of the spectral characteristics and parameters of radio communication signals and training in communications. The platform is based on the hardware module with the ability to study the processes of generating signals of various shapes and receiving modulated radio communication signals.

Keywords: *radio communication, spectral characteristics; signal parameters; signal generation; modulation.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Софтуерно дефинираното радио - SDR е парадигма на комуникационната система, в която много от традиционните функции на радиопредавателя, по-често обработката на сигнали, се изпълняват чрез софтуерни команди, а не чрез хардуерно внедряване, било то аналогово или цифрово.

Повечето от процесите в комуникационни системи и обработка на сигнали, които изискват богат набор от абстрактни математически инструменти и модели, свързани с аналогова/цифрова модулация/демодулация, се разбират по-добре чрез симулация. Това обикновено се извършва със Simulink, Python/Scilab/Matlab/Octave код или подобни инструменти. В днешно време инструментите за изграждане на SDR, като GNU Radio, се превръщат в ключов инструмент за развойна, изследователка и учебна дейност, както е посочено в [1, 2,3,4], предвид относително лесния и евтин преход от симулация към обработка на сигнали от реалния свят в реално време.

В този доклад се представя потенциала на SDR и предложената комбинация от нискобюджетни инструменти като сериозен набор от инструментариум за разработване на различни проекти и прототипи в комуникациите. Фокусът в този доклад е върху имплементацията и тестването на хибридна радиочестотна платформа за изследване и анализ на спектралните характеристики и параметри на радиокомуникационни сигнали – нискобюджетен SDR-базиран спектрален анализатор с възможности за FM/AM демодулация, реализиран чрез еднполтаков компютър Raspberry Pi2 [5], RTL-SDR базиран радиоприемник [6] и софтуера GNU Radio [7]. Разглеждат се ключови аспекти относно конфигурирането на платформата. Полученото устройство може да демодулира AM и FM модулирани сигнали в честотния диапазон от 30MHz до 1,7GHz, а също така може да изпълнява функцията на спектрален анализатор в приложения с умерена чувствителност.

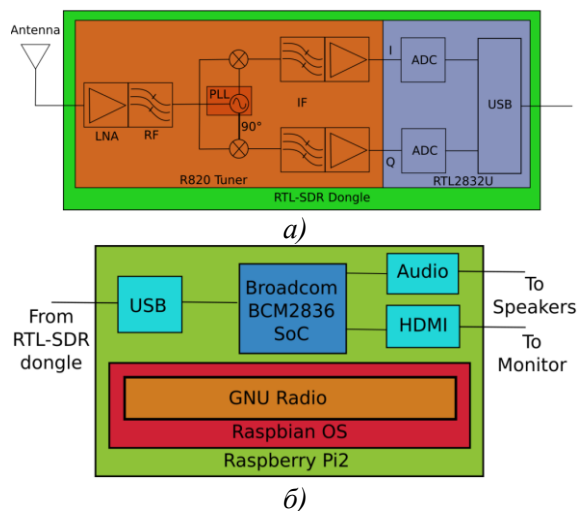
ИЗЛОЖЕНИЕ

Разработката се фокусира върху извършването на цялата обработка от едноплатковия компютър Raspberry Pi 2, работещ със самостоятелна версия на GNU Radio Companion, използвайки RTL-SDR модул като източник на сигнал. Този вариант значително намалява разходите и с всички възможности, предоставени от GNU Radio, позволява с малко усилия много различни приложения чрез прости манипулации на блокове в графичния му интерфейс или в по-сложни случаи разработване и използване на персонализирани блокове за обработка. Следователно този принос е стъпка към автономни SDR системи, които не разчитат на персонални компютри за обработка на сигнали в реално време и/или за изпълнение на когнитивните алгоритми.

Реализацията на SDR-платформата се основава на компактна диполна антена, свързана с RTL-SDR адаптера, който служи като приемник на радиочестотните (RF) сигнали в честотната лента от 0,03 до 1,7 GHz и доставя цифрови I и Q канали чрез USB връзка. RTL-SDR модулът е директно свързан към един от USB портовете на едноплатковия компютър Raspberry Pi 2, работещ с Raspberry OS, където в сесия с GNU Radio програмата се извършва демодулация на входящия сигнал и получените данни се подават за визуализация от GNU Radio към монитор чрез HDMI интерфейс. Блоквата диаграма на платформата е представена на фиг. 1.

Едноплатковият компютър Raspberry Pi 2, пуснат на пазара през февруари 2015 г., е избран за това приложение поради своята изчислителна мощност (може да работи с пълната гама от ARM GNU/Linux дистрибуции и относително ниската си цена. Raspberry Pi 2 е базиран на чип Broadcom BCM2836 SoC, който съдържа четириядрен ARM Cortex-A7 процесор с тактова честота 900 MHz и двуядрен графичен процесор VideoCore 4, като също така е снабден с 1 GB RAM,

Ethernet интерфейс, HDMI интерфейс, USB интерфейс и входно-изходни портове с общо предназначение (GPIO).



Фиг. 1. Блоква диаграма на имплементираната SDR платформа: а) блоква диаграма на SDR-RTL модула, б) блоква диаграма на Raspberry Pi 2

RTL-SDR адаптерът е много популярно устройство сред радиолюбителската общност, първоначално замислен като приемник за наземната версия на стандарта за цифрово видео излъчване – DVB-T. Той се превърна в полезен нискобюджетен RF интерфейс [6, 8]. Избраният за имплементацията RTL-SDR адаптер включва радиопредавател, базиран на тунер RafaelMicro R820T, използваем в диапазона от 24 MHz до 1,76 GHz, с входен RF порт с импеданс (Z) 75 Ω , шумов коефициент (NF) 3,5 dB, чувствителност в най-лошия случай – 81,5 dBm, избираема междинна честота (IF) 4 MHz. Ядрото на RTL-SDR е интегралната схема Realtek RTL2832U, която е DVB-T Coded-OFDM демодулятор. Този чип отговаря за дискретизирането и доставянето на цифровизирани битови потоци през USB порт, като всяко дискретизиране се извършва с 8-битов аналогово-цифров преобразувател (ADC) с максимална честота на семплиране 3,2 MS/s. Тези фактори значително ограничават работата на адаптера в вискателни приложения. RTL-SDR адаптерът, избран за този проект, се отличава с ниска цена,

липсата на нужда от вътрешна настройка в сравнение с професионални устройства като USRP или др.

Софтуерът GNU се отличава с лекотата и интуитивен характер на свързването на блокове, както и с широки възможности за мащабиране в бъдещи разработки.

А) Конфигуриране на едноплатковия компютър Raspberry Pi 2

Първата стъпка е инсталирането на операционна система. Съществуват няколко варианта за операционна система, например такива, базирани на Linux ядрото, като Raspbian, Arch Linux, OSMC и OpenELEC. Има и други опции, като RISC OS, която е операционна система, проектирана специално за ARM процесори. Използвана е операционна система Raspbian, поддържаща необходимите по-нататък Debian jessie пакети, даващи възможност стартирането на GNU Radio.

След инсталиране на Raspbian, следващата стъпка е инсталиране на GNU Radio и необходимите драйвери за SDR-RTL модула.

Б) Инсталиране на GNU Radio и неговите модули на Raspberry Pi 2

На първо място трябва да бъдат изтеглени необходимите пакети на jessie трябва да бъдат изтеглени. Това се прави чрез редактиране на *sources.list*, който е текстов архив в директорията */etc/apt/*. За целта следва да се добави следния ред в споменатия архив:

```
deb http://archive.raspbian.org/raspbian
jessie main
```

След това хранилищата на Raspbian трябва да бъдат актуализирани и тогава е възможно да се инсталира средата за изпълнение и разработка на GNU Radio. Това се постига чрез изпълнение на следните команди:

```
apt-get update
# And the instruction to install GNU radio
apt-get install gnuradio gnuradio-dev
```

След като GNU Radio е инсталирано правилно, следващата стъпка е да се настройат RTL-SDR драйверите, за да може адаптерът да се използва правилно като източник на сигнал под формата на блок от GNU Radio companion. За целта трябва да се предотврати разпознаването на SDR-RTL адаптера от операционната система като DVB-T тюнер по време на зареждане. В този смисъл файлът *raspi-blacklist.conf*, разположен в директорията */etc/modprobe.d/*, трябва да бъде създаден/модифициран, като се добавят следните редове:

```
blacklist rtl2832
blacklist r820t
blacklist rtl2830
blacklist dvb_usb_rtl28xxu
```

Последната стъпка включва инсталирането на RTL компонентите [8], които позволяват използването на RTL-SDR адаптера като изходен блок в GNU Radio, чрез изпълнение на следните команди:

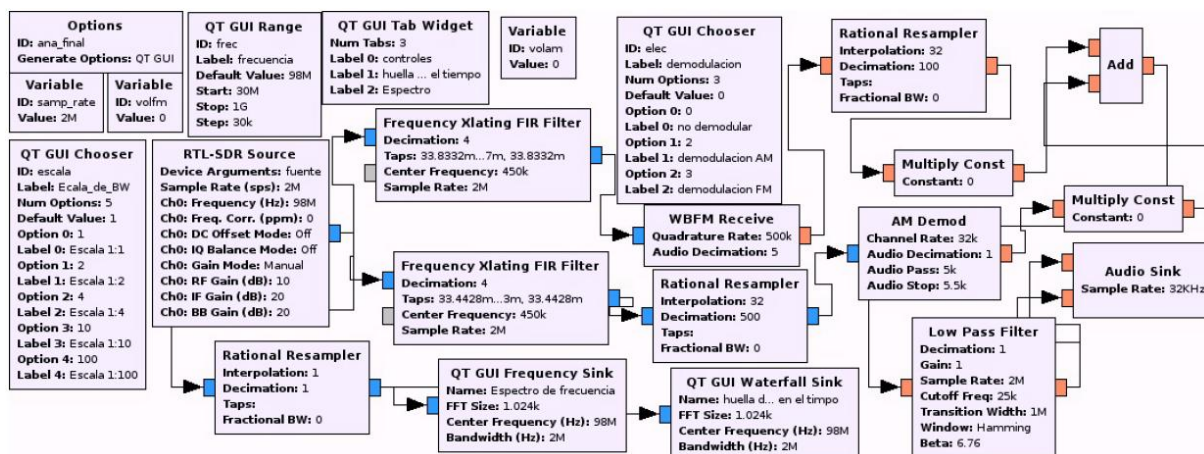
```
apt-get install rtl-sdr gr-osmosdr
```

В) Тестване на RTL-SDR модулта и GNU радио върху Raspberry Pi 2

На фиг. 2 е показан в асемблиран вид хардуерната реализация на SDR-базирания платформа.



Фиг. 2. Хардуерна реализация на SDR-базирания платформа



Фиг. 3. Поточна блокова диаграма на конфигуриране на GNU Radio companion на функциите на спектрален анализатор и FM детектор

След описания по-горе етап на настройка, първият тест, за да се докаже, че всичко работи както се очаква, е да се използват вградените функционалности на библиотеката RTL-SDR, която може да се изпълни от командния ред на Raspbian и включва широколентов FM радиоприемник и команда за тестване на работните честоти и честотата на дискретизация на адаптера.

За целта се използва RTL FM програма, която може да инициализира RTL адаптера, да настрои определена честота и да извлече декодирания сигнал. Следваща стъпка е използването на RTL SDR програма, която предоставя суровите I-Q данни за анализ: задава се възможният диапазон на настройка, дефинира се честотата на дискретизация и се проверява дали има загубени дискрети. Тези команди се използват последния начин:

```
rtl_fm -f 98.5e6 -M wbfm -s 200000 -r 48000
- |aplay -r 48k -f S16_LE
rtl_test -t
rtl_test -s 3.2e6
```

Г) Резултати от тестването на SDR платформата

След настройване на всички хардуерни и софтуерни компоненти, следващата стъпка се състои в стартиране на GNU Radio companion – графичния интерфейс на GNU Radio върху Raspberry Pi 2 с цел директно изграждане, редактиране и изпълнение на SDR чрез проста манипула-

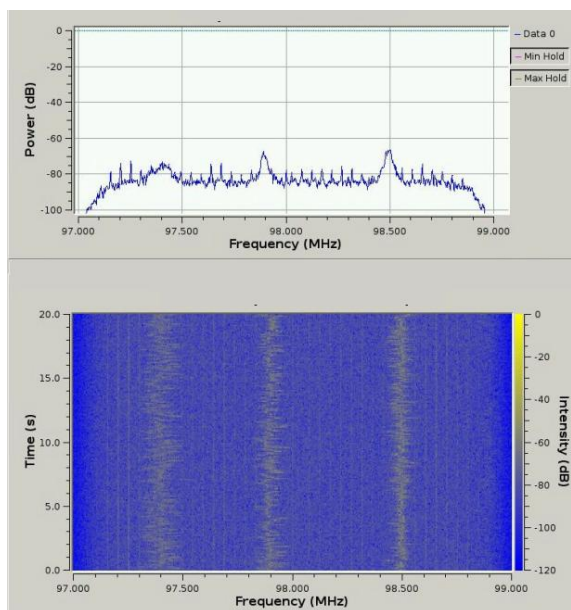
ция на принципа на редакция на поточна блокова диаграма.

За оценка на ефективността на реализираната платформа са проведени два основни теста:

- визуализация на спектралните характеристики на FM радиостанции;
- сравнение с тестов лабораторен спектрален анализатор в различни честотни ленти.

В GNU Radio Companion е конфигурирана поточна диаграма на радиоприемник и спектрален анализатор, както е показано на фиг. 3. В поточната диаграма се конфигурира прилагането на FFT и методите на визуализация за изпълнение на функциите на спектрален анализ. Използва се стандартният широколентов FM приемник на GNU Radio за откриване на FM модулирани сигнали, а различни блокове се използват за филтриране и промяна на честотата на дискретизация на сигналите. Препоръчително е използването на QT GUI приемни блокове, предвид високата им производителност в сравнение с WX GUI-базираните блокове. Блокът WBFM приемник, отговарящ за изпълнението на демодулацията на квадратурния FM сигнал, може да бъде заменен с други опции, като например подходящо разработен C++/Python детектор, например използвайки архитектури за подходяща обратна връзка или автоматично регулиране.

На фиг. 4 е представена характеристика на спектралната плътност на мощността и спектралната характеристика на генериран тестов сигнал в честотния диапазон от 90 до 91,5 MHz, където може да се оцени наличието на две активни излъчвания на 90,4 и 90,9 MHz, и двете с около 20 dB над шумовия праг на приемника.

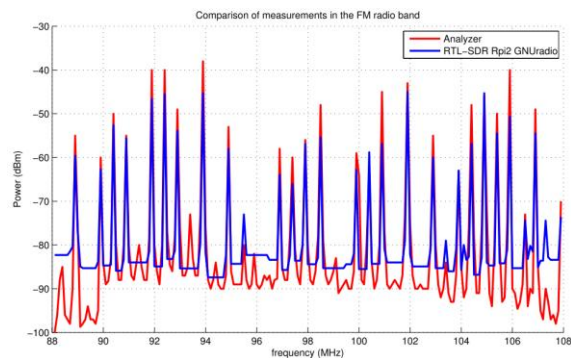


Фиг. 4. Измерена спектрална плътност на мощността и спектралната характеристика на тестов сигнал

Във втория проведен тест разработената платформа е сравнена с наличния спектрален анализатор Gw Instek GSP 810, чрез който може да се измерват и анализират сигнали в честотен диапазон от 150 kHz до 1 GHz с разделителна способност RBW от 3k, 30k, 220k и 4MHz. Този измервателен уред има и възможността да демодулира WBFM сигнали с честотно отклонение 120 kHz.

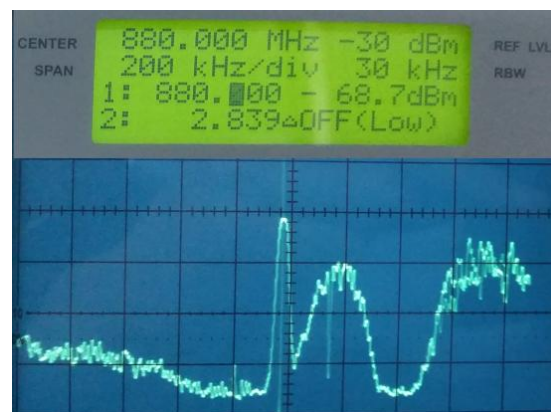
Проведено е директно сравнение в разпределената честотна лента с FM радиоизлъчвания. Резултатите са показани на фиг.5.

От фиг. 5 се вижда, че спектралните характеристики се държат по много подобен начин, въпреки разликата в чувствителността.

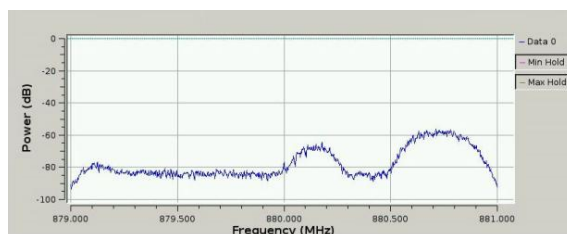


Фиг. 5. Сравнителен анализ на спектралните характеристики с лабораторен спектрален анализатор и разработената SDR платформа

Втори тест е проведен в други честотни ленти, за да се сравни честотният обхват на приемниците. Избран е честотният диапазон от 900 MHz за обследване на излъчвания от мобилните мрежи (GSM). Резултатите са показани на фиг. 6, от която се вижда съответствието между показанията на двата инструмента.



а)



б)

Фиг. 6. Сравнение на чувствителността: а) на лабораторното измервателно оборудване, б) на разработената SDR платформа

Накрая, с цел сравняване на шумовата чувствителност на двата приемника, е избрана централна честота от 150 MHz, поради факта, че в близките честотни ленти има малко ниво на смущения. Лабораторният спектрален анализатор може да детектира нива на сигнала от приблизително -100 dBm, докато SDR базираната платформа има чувствителност от около -83 dBm.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приложението на GNU Radio и едноплатков компютър осигурява необходимата хибридна платформа и ресурс за обработката на сигналите реално време и се извършва визуализация на FFT спектралната плътност на мощността и различните форми на представяне на спектралните характеристики. Независимо, че чувствителността е по-ниска в сравнение с лабораторните/професионалните измервателни устройства, резултатите, постигнати с RTL-SDR базираната платформа, са повече от задоволителни и доказват отлична стойност за съответната цена.

Този проект показва реализацията на напълно самостоятелна SDR платформа, базирана на свободно достъпни инструменти и модули с ниска цена. Много други приложения би трябвало да използват подобни хардуерни и софтуерни настройки, като с по-нататъшни подобрения могат да се реализират по-сложни системи. Предлагат се хардуерни разширения, като например използването на USRP, за да се постигнат приемо-предаватели, които позволяват едновременно предаване и приемане на модулирани сигнали. Също така, по-сложни сигнали могат да бъдат тествани посредством възможностите на GNU Radio софтуера, които не са изследвани в този подход. Реконфигурируемостта е очевидна следваща стъпка, която трябва да се преследва, а използването на тези гъвкави хардуерни и софтуерни платформи може да позволи много по-сложни системи с подобрена производителност.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2025 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Machado R., M. Wyglinski, Software-Defined Radio: Bridging the Analog-Digital Divide, Proceedings of the IEEE, vol. 103, no. 3, pp. 409–423, 2015.
- [2] Nagurney L., Software defined radio in the electrical and computer engineering curriculum, 2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference, pp. 1–6, 2009.
- [3] Angelov K., S. Sadinov, P. Kogias, Development of a Simple SDR-based System for Monitoring of VHF and UHF Radio Frequency Bands, XXIX International Scientific Conference Electronics (ET), Sozopol, Bulgaria, 2020, Electronic ISBN:978-1-7281-7426-6, pp. 1-4, doi: 10.1109/ET50336.2020.9238302
- [4] Мюмюнали С., Х. Христов, М. Томов, К. Ангелов, Разработка и изследване на SDR-базиран честотен понижавач преобразувател за сателитен приемник по стандарт DVB-S2, Сборник доклади от научна конференция TechCo– Lovech 2022, стр. 59 – 64, 2022 (ISSN: 2535-079X).
- [5] Raspberry Pi hardware [Online] <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html> (посетен на 12.04.2025 г.)
- [6] Markgraf S., D. Stolnikov H. Welte. What is RTL-SDR [Online] <http://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/> (посетен на 12.04.2025 г.)
- [7] Blossom, J. Corgan. (2015) GNU Radio Overview [Online] <http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio> (посетен на 12.04.2025 г.)
- [8] Markgraf and Hoernchen. (2015) Osmocom SDR [Online] <http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr> (посетен на 12.04.2025 г.)

LABORATORY BENCH FOR STUDYING THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF STANDARD SEMICONDUCTOR LIGHT SOURCES

Nikola Draganov

*Technical university of Gabrovo
Technical collage of Lovech*

Diana Dacheva

Technical university of Gabrovo

Abstract

Different types of LED light sources are being developed. Both different technologies for their production and different materials used for LEDs are known. This rich diversity necessitates the creation of test benches for the electrical characteristics of LEDs.

The report presents the developed laboratory stand for researching the electrical characteristics of standard low-power LEDs, as well as a scheme of the model and a methodology for working with it.

Keywords: semiconductor light sources, LED, study of LEDs

INTRODUCTION

LEDs are widely used in all areas of science, technology, and people's lives. Their different varieties, which are due to the materials and technologies for their manufacture, also classify their applications [1, 2, 3, 4, 5]. It is precisely the differences in LEDs that require knowledge of their electrical parameters and characteristics.

This report aims to present an exemplary development of a laboratory bench for studying the electrical characteristics of standard LED light sources.

THEORETICAL FORMULATION

It is known that light has both quantum and wave nature [4]. The quantum nature is manifested in the emission and absorption of light. Both physical effects are well known [4].

It is known that the flow of electric current in the forward direction through a PN junction is accompanied by recombination of the injected minority carriers, which in turn is accompanied by the release of energy.

In some cases, this energy is released in the form of light (quanta, photons), and in others it is spent on increasing the thermal oscillations of the crystal lattice (phonons).

LEDs are semiconductor diodes in which, when current flows in the forward direction, the PN junction emits light.

What is their effect?

After entering the foreign crystal, the electrons injected from the N crystal into the P crystal travel a certain distance and recombine. Distance traveled is known as diffusion length l [2]. The same applies to holes injected from the P crystal into the N crystal. If certain conditions are present, it is precisely during this recombination that energy is released in the form of light. Therefore, the light is emitted from the region of the PN junction and has a length no greater than the diffusion length of the current carriers.

The emission of light is more pronounced in semiconductor junctions with a wider band gap ΔE_G and is given by the following relationship:

$$\lambda = \frac{h}{\Delta E_G} \quad (1)$$

where: h – Planck's constant, λ – wavelength.

It is known that visible light occurs with a wavelength in the range from about 370 nm to about 780 nm. The color of the emitted light is also influenced by impurities, and therefore in some cases semiconductors are doped with boron, nitrogen, aluminum, etc.

The correct switching of the LEDs is in the forward direction. However, when reversely switched on, radiation is also generated from the LED, but significantly weaker. *Fig. 1* shows the spectral characteristics of the emission of a GaP LED when the PN junction is forward and reversely switched on. When forwardly switched on, the LED emits much more strongly, and the emitted light has a maximum in the red zone $\lambda=(640-680)\text{nm}$.

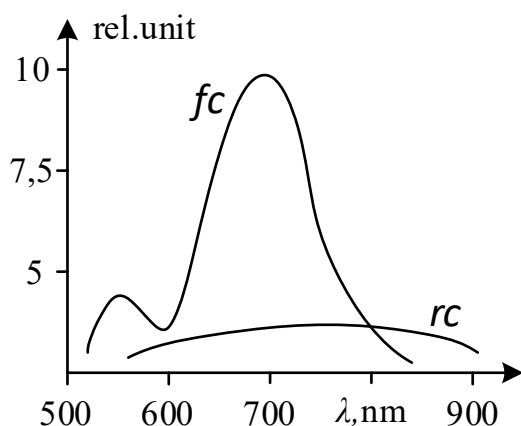


Fig. 1. Spectral characteristic of GaP LED emission in forward connection (*fc*) and reverse connection (*rc*)

On *fig. 2* shows the structure of a standard LED. It clearly shows the semiconductor crystal mounted on the widest electrical lead. It has a built-in reflector that reflects the emitted light.

The anode is bonded to the top of the semiconductor LED chip. The entire structure is protected by an epoxy housing. The electrical leads of the LED (anode and

cathode) are extended close to the housing. This is done to reduce thermal stress to the semiconductor chip during soldering.

Of interest when designing electronic circuits with standard LEDs with plastic housings are their electrical characteristics, such as: current-voltage characteristic, band gap width, emission current, nominal voltage, etc.

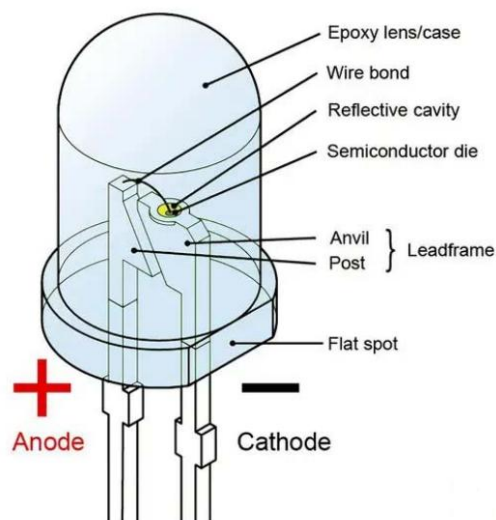


Fig. 2. Structure of a standard LED

The model parameters of the LED can also be determined from them, which allows creating electronic models and simulating the characteristics of the LEDs.

LAB BENCH DESCRIPTION

The laboratory bench for the study of the electrical characteristics of light-emitting diodes is realized by means of a standard electrical camera for recording volt-ampere characteristics of semiconductor circuits, also known as an AV circuit, *fig. 3*. The circuit consists of a series-connected current source I_F , through which the current through the LED is set, an ammeter and the LED under test. A voltmeter is connected in parallel to the LED, measuring the voltage U_F drop across the diode.

On the basis of the presented scheme, a laboratory bench for researching the electrical characteristics of LEDs has been implemented. It is presented in *fig. 4*.

The current through the LED is created by the potentiometer PR, and its magnitude

is measured as a voltage drop across the measuring resistor R_{LED} . The latter is selected with an accurate resistance ($\pm 0.1\%$) and a power $PR_{LED}=1W$. When measured, the voltmeter reading will be equal according to Ohm's Law to:

$$I_F = \frac{U_R}{R_{LED}} \quad (1)$$

$$U_R = I_F \cdot R_{LED} \quad (2)$$

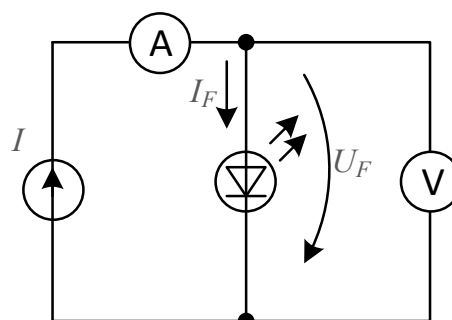


Fig. 3. Schematic diagram for recording the volt-ampere characteristic of an LED

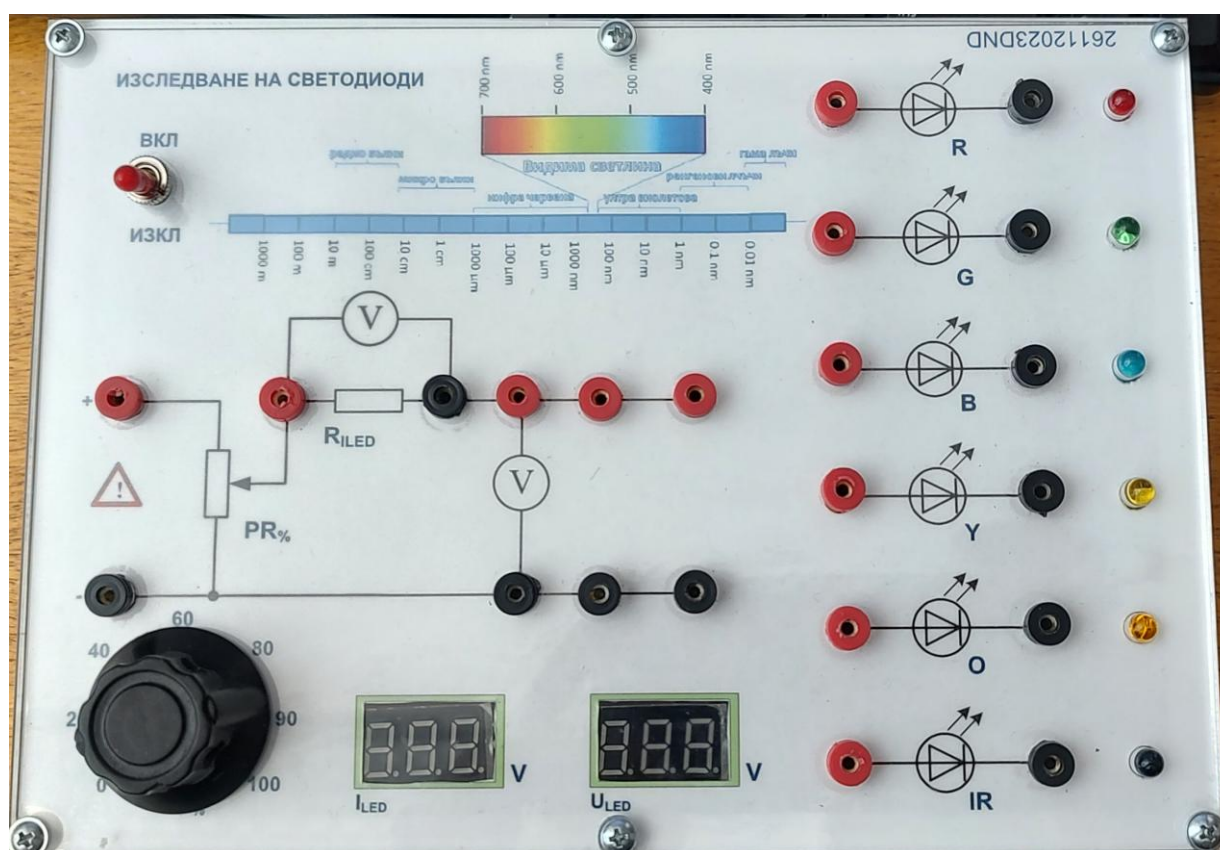


Fig. 4. Laboratory bench for the study of the electrical characteristics of LEDs

Tab. 1. LED Parameters

LED, type	Red	Green	Blue	Yelow	Orange	IR
Size, mm	5	5	5	5	5	5
Wavelength, nm	625	570	470	590	605	940
Lens type	diffused	clear	clear	clear	clear	clear
Beam angle, °	60	30	15	30	30	30
Light intensity, mcd	12-80	1120	2000	80	150	
Forward voltage, V	2,0	2,2	3,1	2,1	2,1	1,6
Test current in forward direction, mA	20,0	20,0	30,0	30,0	30,0	4,0
Maximum forward current, mA	30,0	25,0	30,0	30,0	30,0	20,0

Therefore, when choosing a resistor with a resistance of $1k\Omega \pm 0.1\%$, the voltmeter reading will be directly in mA.

From a practical point of view, the same measuring instruments (voltmeters) are used to measure the current and the voltage drop across the LED.

The developed laboratory bench has an integrated autonomous power supply. It is powered directly from the alternating current network 230V/50Hz.

On the one hand, this allows for independence in conducting research, because an additional power supply unit will not be needed. On the other hand, it allows for smooth current regulation within wide limits ($I_F = 0 \div 100$ mA), which in turn allows for research of LEDs of different power.

The developed stand can be used for conducting laboratory exercises by students studying the discipline "Optoelectronics". For this purpose, on its panel, in addition to the potentiometer PR and the measuring instruments, six LEDs of different semiconductor materials and colors are mounted. Red, green, blue, yellow, orange and infrared LEDs are used. Their terminals are connected to banana plugs, which allows them to be connected separately to the AV circuit without additional switching switches that complicate the operation of the stand. To test a given LED, it is connected to the AV circuit via external wires. Other LEDs, different from those on the stand, can also be tested.

EXPERIMENTAL RESEARCH

Experimental studies of LEDs are obtained by sequentially setting the forward current value I_F for the selected LED and measuring the voltage U_F across it. The forward current is set using the potentiometer PR and measured by the voltmeter I_{LED} , and the voltage drop across the diode is measured using the voltmeter U_{LED} .

Using the constructed laboratory stand for studying electrical characteristics, the current-voltage characteristic can be recorded, and from it the static and differential resistance of the LED can be determined.

The obtained experimental current-voltage characteristics of the LEDs from the prototype are shown in fig. 5. The current-voltage characteristic $I_F = f(U_F)$ is obtained using the electrical diagram in fig. 3.

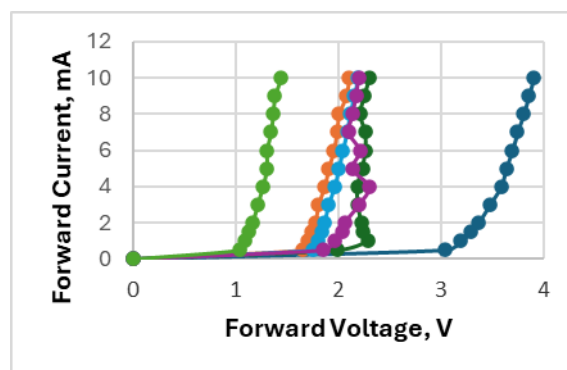


Fig. 5. $I_F = f(U_F)$

The obtained characteristics reflect the possibility of normal conduct of experimental studies. From the obtained results, the differential resistance of the studied LEDs can be determined and their operating modes can be determined.

CONCLUSION

An experimental model has been developed to study the electrical characteristics ($I_F = f(U_F)$) of LEDs. The stand is developed based on a basic electrical A-V circuit, including an adjustable current source ($I_F = 0 \div 100$ mA), the magnitude of which is regulated by a potentiometer on the panel and measured as a voltage drop across a reference resistor.

The laboratory stand can be used in the educational process for conducting laboratory research on LEDs. It can also be used for research work on various semiconductor light sources.

Acknowledgements *The authors express special gratitude to Assoc. Prof. Dr. Eng. Milko Dochev for his useful advice in the development of the research and the presentation of the data in connection with the report.*

The report is connection with a contract reg. No. HИИП2025-3 with the topic "Gamma demonstration modules for photovoltaic

and wind generator electrical systems" at the University Center for Scientific Research and Technology at the Technical University of Gabrovo.

REFERENCE

- [1] Draganov, N. Single-chip Electronic Converter for LED Backlight Contron in Modern Widescreen Displays. Science conference TechCo - Lovech 2020, July, 17, Lovech, Bulgaria, 2020, p-p: 23-29, ISSN 2535-079X
- [2] Floyd, L. T. Electronic Devices. Second edition. Macmillan Publishing Company, New York, USA, 1988, ISBN 87-61393
- [3] Mihailov, G., N. Draganov, M. Stanchev. Demonstration model of wireless light transmission system. Science Conference TechCo - 2022, July, 1-2, Lovech, Bulgaria, 2022, p-p: 36-39, ISSN 2535-079
- [4] Aleksandrov, A. Semiconductor elements and integrated circuit. Publ. EXPRES, Gabrovo, 2012, ISBN 978-954-490-317-6
- [5] Draganov, N. Sensors. Part 1, Publ. EXPRES, Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-490-435-7

PRINCIPLE OF OPERATION OF THREE TERMINAL MICROELECTRONIC TEMPERATURE SENSORS

Nikola Draganov

Technical university of Gabrovo

Diana Dacheva

Technical university of Gabrovo

Abstract

Temperature is one of the most frequently measured physical quantities. Thanks to its values, different states of both machines and people can be determined. Temperature is characteristic of all objects, which makes its nature different. The search for better measurement results in science and technology has led to the creation of various sensors for converting one of the most frequently measured quantities.

Form a long time, engineers have been interested in the effect of temperature on the operation of electronic semiconductor elements. It is this shortcoming of theirs that turns out to be key to creating temperature sensors with very good conversion and measurement qualities.

The report examines the principle of converting temperature into an electrical signal, through its influence on the PN junction of a diode. The principle of operation of integral temperature sensors with a PN junction converter - a diode or transistor - is also explained.

Keywords: temperature sensor, semiconductor sensors, temperature dependence, temperature coefficient

INTRODUKTION

Temperature is one of the most frequently measured physical quantities. It is in itself a very important characteristic of the state of substances and bodies. Therefore, its accurate measurement is necessary in science, industry, and everyday life.

Determining the numerical values of temperature is a fundamental problem. Indeed, the numerical values of most physical quantities can be determined as the ratio of the measurand to a corresponding one, taken as a unit of measurement.

There are various temperature sensors, which mainly differ in the way they obtain (effect) the sensor quantity (temperature). They are contact and non-contact [3].

Contact sensors convert temperature through the phenomenon of heat transfer.[3] They are classified according to the conversion effect – resistive, semiconductor, acoustic, chemical, etc.

Of interest to electronics, and in particular sensor technology, is the conversion of temperature with standard electronic components such as diodes and bipolar transis-

tors. Their application in electronics allows them to be manufactured simultaneously with another electronic circuit in a common chip and thus serve for temperature compensation, mode adjustment, and even measurement of other sensor quantities (for example, air flow in automotive flow meters) [3].

However, the application of temperature transducers such as diodes and bipolar transistors requires knowledge of their operating principles to design the most appropriate circuit for their signal generation.

The purpose of this report is to present the features and some of the applications of microelectronic sensors for converting temperature into an electrical signal.

WAY OF WORKING

The characteristics of semiconductor elements with a PN junction, such as diodes, bipolar transistors, etc., are strongly dependent on temperature.

If we connect a PN junction in the forward direction to a DC generator (Fig. 1a), the voltage measured across it is directly

proportional to the change in temperature [1].

Fig. 2 presents the conversion characteristics $U=f(T)$ of Si at current I_S 1mA and $10\mu A$. The advantage of using this type of electronic components as sensors is both their linearity of the conversion characteristic over a wide temperature range and their natural ability for measurement dynamics. They allow the slope of their conversion characteristic to be determined at only two points [3].

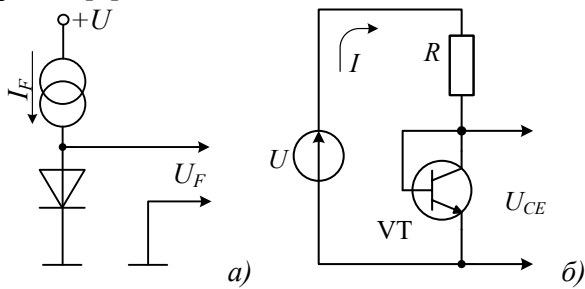


Fig. 1. a) diode and b) transistor in diode connection as temperature sensors

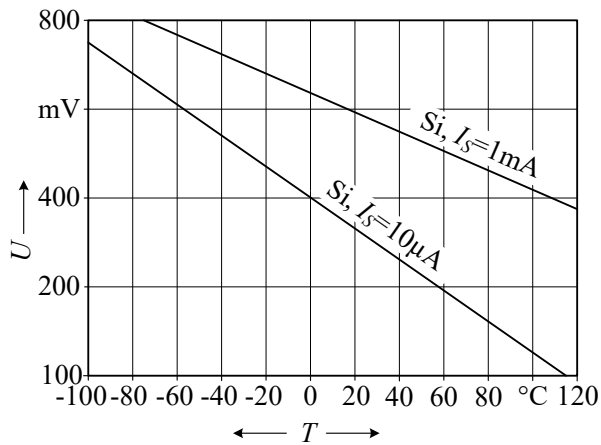


Fig.2. Dependence of the voltage drop U on a semiconductor diode on the temperature T at constant current

The dependence of the current on the voltage of the PN junction can be expressed by the following equation:

$$I = I_S \cdot (e^{\frac{U}{\varphi_T}} - 1), \quad (1)$$

where:

I_S – saturation current, the magnitude of which depends on temperature;

$\varphi_T = k_B \cdot T / q$ – temperature coefficient, which includes:

k_B – Boltzmann's constant;
 q – electron charge;
 T – absolute temperature.

The dependence of the junction voltage on temperature can also be expressed as follows:

$$U = \varphi_T \cdot \ln \left(\frac{1}{I_S} - 1 \right). \quad (2)$$

From the above equation it clear that when the PN junction operates in DC mode, the voltage drop across it is proportional to the temperature. The slope of the characteristic can be determined from the following equation:

$$b = TKU_F = \frac{dU_F}{dT}. \quad (3)$$

Most discrete diodes and bipolar transistors are suitable for use as temperature sensors. Fig. 1b shows a diagram of a temperature sensor [3], implemented on the basis of a bipolar transistor, in which a voltage source and a resistor R are used instead of a current source. The current flowing through the resistor is expressed according to Ohm's law:

$$I = \frac{U - U_{CE}}{R}. \quad (4)$$

It is recommended that the operating current be around $100\mu A$. As the temperature increases, the voltage U_{CE} decreases, which leads to a significant increase in current. According to equation (3), this will lead to a decrease in sensitivity, which will be expressed by the appearance of nonlinearity.

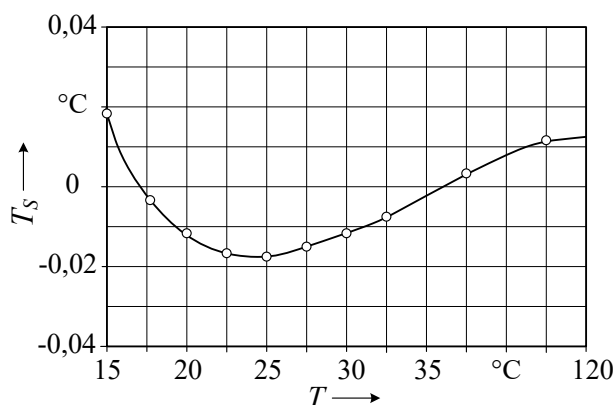


Fig. 3. Dependence of the measured temperature on the set temperature of the PN100 sensor – $T_s = f(T)$

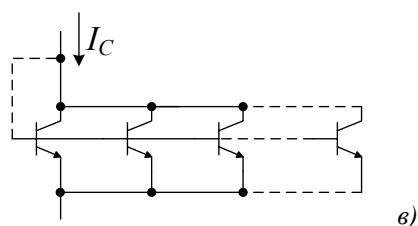
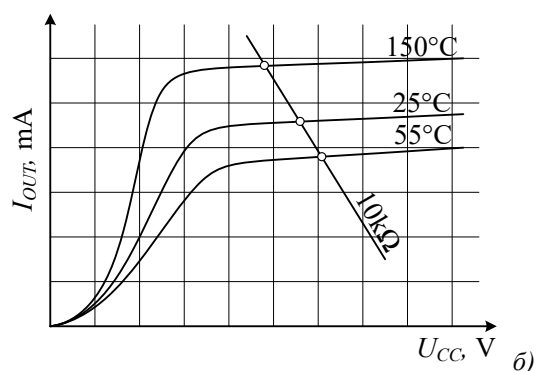
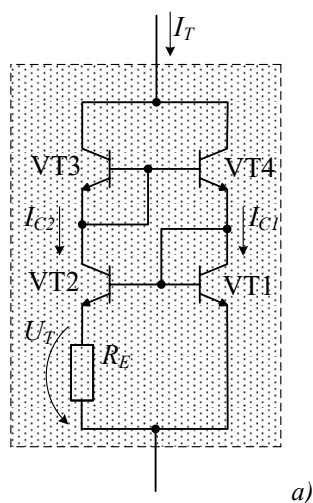


Fig. 4. Temperature sensor: a) simplified circuit diagram, b) dependence of current on voltage, c) parallel-connected integrated transistors

In most cases, this nonlinearity is ignored, but it is considered in signal processing.

Transistors and diodes as temperature sensors have become widespread due to their simplicity and low cost.

Fig. 3 shows the temperature dependence of the error of a transistor, type PN100, at an operating current of 100 μ A.

Analysis of the characteristic shows that the error is small, around 0.02, and for the most part no correction is necessary.

Temperature sensors based on diodes or diode-connected transistors are often embedded in the silicon substrates of monolithic integrated circuits to provide temperature compensation.

For example, in the silicon membranes of pressure sensors using the diffusion method, such type of temperature detectors are manufactured to compensate for the temperature dependence of the piezoresistive elements. The voltage U_{CE} is proportional to the absolute temperature in Kelvin. Based on them, sufficiently accurate temperature sensors can be implemented. In these sensors, the voltage can be measured directly, or it can be converted into a current, the magnitude of which determines the temperature [3]. Such a semiconductor temperature sensor is built based on the dependence of voltage U_{BE} and collector current I_C of a bipolar transistor. Fig. 4a shows a simplified circuit diagram of an integrated temperature sensor. In it, transistors VT3 and VT4 form a so-called "current mirror" [2], producing two identical currents I_{C1} and I_{C2} , which flow to transistors VT1 and VT2, respectively. The magnitude of the collector currents is determined by the value of the resistor R. In an integrated version, the transistor VT2 is made as several (eight) identical transistors connected in parallel (Fig. 4c).

Therefore, the current density flowing through the transistor VT1 will be eight times greater than that flowing through each of the transistors forming VT2. The difference in voltages U_{BE} of the two tran-

sistors VT1 and VT2 is determined by the equation:

$$\Delta U_{BE} = U_{BE1} - U_{BE2} = \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{nI}{I_{CE0}}\right) - \varphi_T \cdot \ln\left(\frac{I}{I_{CE0}}\right) = \varphi_T \cdot \ln n \quad (5)$$

where:

n – current multiplier (in this case $n=8$).

The current I_{CE0} is the same for both transistors. When current flows through the resistor R_E , a voltage drop $U_{RE}=179\mu\text{V/K}$ is created, which does not depend on the collector current. Therefore, the expression for the total current flowing through the sensor can be found:

$$I_T = 2 \cdot \frac{U_{RE}}{R_E} = \left(2 \cdot \frac{k_B}{q \cdot R_E} \cdot \ln n \right) \cdot T. \quad (6)$$

at $n=8$ and $R_E=358\Omega$, the sensor exhibits a linear conversion characteristic with a slope of $1\mu\text{A/K}$.

Fig. 4b shows the dependence of the output current I_{OUT} on the supply voltage U_{CC} at different temperatures. The value of the expression in brackets in equation (6) in this particular case is a constant value and can be precisely set in the process of manufacturing the sensor to obtain the required sensitivity I_T/T . The current I_T can be easily converted to voltage by connecting a resistor with a nominal value of $10\text{k}\Omega$ in series with the sensor. The voltage across the resistor will be directly proportional to the absolute temperature.

The operation of the circuit shown in Fig. 4a can be described by equations (5) and (6) only in the case when the transistors are ideal (i.e. at $\beta=\infty$). Since such transistors do not exist, many additional electronic elements are introduced into practical circuits.

Many manufacturing companies produce

integrated temperature sensors based on the principle described above. Examples of such are the Texas Instruments LM35 type [6] and the Analog Device AD590 type [4, 5], which have a voltage output.

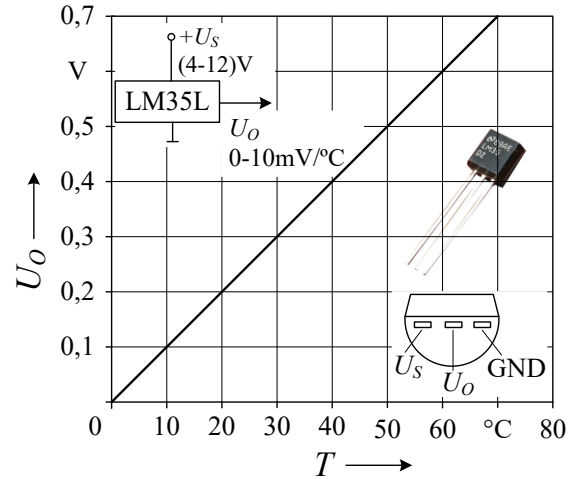


Fig. 5. Transformative characteristic of a semiconductor temperature sensor, type LM35L from Texas Instruments [6]

Fig. 5 shows the conversion characteristic of the LM35L sensor, the sensitivity of which is $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. The sensor's nonlinearity is on the order of $\pm 0.1^\circ\text{C}$. The transfer function of the LM35L can be described by the following equation:

$$U_{OUT} = U_0 + b \cdot T, \quad (7)$$

where:

T – temperature in $^\circ\text{C}$.

In the ideal case, $U_0 = 0$. In practice, however, the output voltage fluctuates within a range of $\pm 10\text{mV}$, which corresponds to an error of 1°C . The slope of the characteristic b varies in the range from 9.9 to $10.1\text{mV}/^\circ\text{C}$.

Fig. 6 presents the internal circuit and the conversion characteristic of an integrated temperature sensor from Analog Device, type AD590 [5]. The operating principle of this type of sensor is similar to that described above.

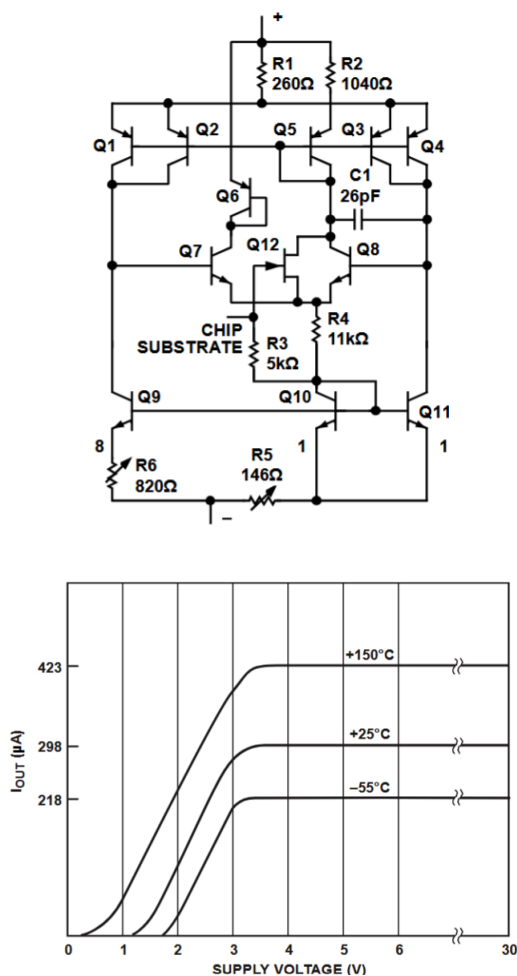


Fig. 6. Transformative characteristic of a semiconductor temperature sensor, type AD590 by Analog Device [5]

CONCLUSION

The principle of converting temperature into an electrical signal using a diode or transistor in a diode circuit as a sensitive element is presented.

The derived equations for the current through the semiconductor junction and the voltage drop across it allow the creation of electronic functional models describing the conversion characteristics.

This in turn makes it possible to create simulation studies in an electronic environment. The internal circuits and characteristics of some of the most common integrated temperature sensors LM35L and AD590, from Texas Instruments and Analog Device, respectively, are presented and described.

The report is in connection with a contract reg. No. HИП2025-3 with the topic "Gamma demonstration modules for photovoltaic and wind generator electrical systems" at the University Center for Scientific Research and Technology at the Technical University of Gabrovo.

REFERENCES

- [1] Aleksandrov, A. Semiconductor elements and integrated circuit. Publ. EXPRES, Gabrovo, 2012, ISBN 978-954-490-317-6
- [2] Geshev, P., V. Todorova. Microelectronics. Publ. EXPRES, Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-490-1233
- [3] Draganov, N. Sensors. Part 1, Publ. EXPRES, Gabrovo, 2014, ISBN 978-954-490-435-7
- [4] M.P. Timko, "A Two-Terminal IC Temperature Transducer," IEEE J. Solid State Circuits, Vol. SC-11, p. 784-788, Dec. 1976
- [5] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad590.pdf>
- [6] <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМОБИЛНИ СЪЕДИНИТЕЛИ

AUTOMOTIVE CLUTCH CONTROL

Stefan Stoychev

Technical college-Lovech

Abstract

The automobile clutch transmits the mechanical power from the engine to the gearbox of the vehicle. The types of automobile clutches are considered according to the methods of their control. A methodology for the design and calculation of a mechanical automobile clutch with and without a hydraulic booster is proposed. The correct choice of clutch, regarding construction, control and operation, guarantee successful operation of the vehicle.

Keywords: automobile clutch, design, calculation.

ВЪВЕДЕНИЕ

Автомобилният съединител е предназначен за краткотрайно разединяване на колянния вал на двигателя от трансмисията и след това свързването им, което е необходимо за плавно потегляне на автомобила от място и смяна на предавките по време на движение. Съединителът служи и за защита на трансмисията и двигателя на автомобила от претоварвания, дължащи се на инерционни моменти.

Съществуват различни видове автомобилни съединители класифицирани според характерни признаци, но като най-масово използван се е утвърдил еднодисковият триещ съединител.

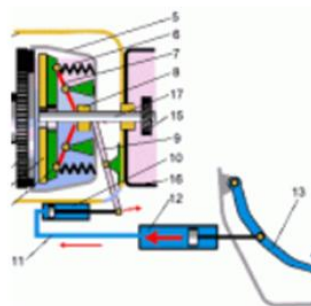
Целта на настоящата разработка е да се предложат методики за проектиране на управления на автомобилни съединители.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Масово разпространени при съвременните автомобили са механичните триещи съединители.

За предаване на въртящ момент, съединителят е в включено положение. При нужда от прекъсване на механичния енергиен поток от двигателя към трансмисията /тръгване, спиране, смяна на предавка/ се натиска педала на съединителя, при което триещия диск се отделя от маховика на двигателя.

Конструкцията на еднодисков триещ автомобилен съединител е показана на фиг.1, [4].



Фиг.1. Еднодисков триещ автомобилен съединител

1 – колян вал; 2 – маховик; 3 – задвижван диск; 4 – притискателен диск; 5 – капак на съединителя; 6 – пружини; 7 – освобождаващ лост; 8 – лагер; 9 – вилка за включване на съединителя; 10 – работен цилиндър; 11 – тръби; 12 – главен цилиндър; 13 – педал на съединителя; 14 – корпус на съединителя; 15 – по-висока скорост на задвижването; 16 – корпус на предаването; 17 – предавателен вал, [4].

Според начина на предаване на усилието от педала на съединителя към притискателния диск се използва, най-често механично, електрическо, електронно, хидравлично и хидравлично с пневматичен усилвател задвижване.

Електрическото управление на съединителя включва използването на електромагнитен, индукционен или хистерезисен такъв, като задействането им става чрез електрическата система на автомобила.

При електронните системи за управление на съединител /ЕКМ, ЕКС/ има електронни и хидравлични блокове, задаващи работата на съединителя. Електронният блок получава информация от съответни сензори за ъгловата честота на въртене на колянвия и входящия вал на скоростната кутия [3] , положението на дроселовата клапа и педала на газта, избраната предавка и други показатели. Получените данни се обработват и се подават като сигнали към хидравличния блок, който активира работния цилиндър на хидравличното задвижване на съединителя. Тези системи се характеризират с липса на педал на съединителя, специално електромеханично устройство активира съединителя при потегляне, спиране, смяна на предавки.

При автомобилите използващи механичен съединител, педала на съединителя е свързан с предавателната вилка с помощта на метално жило.

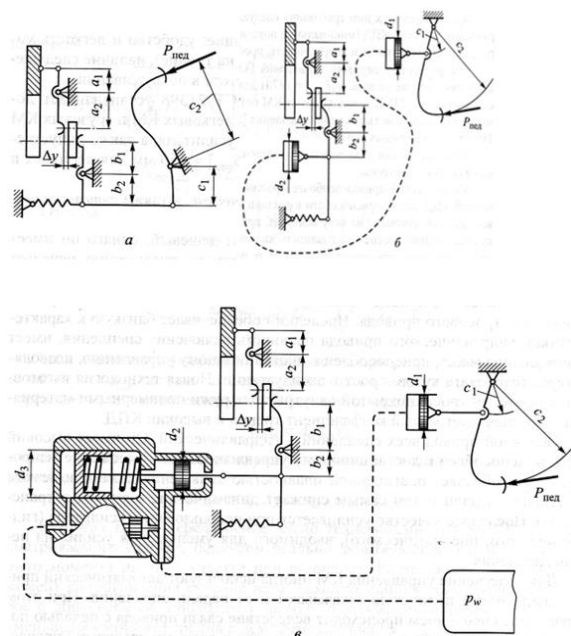
Предавателния механизъм на съединител – хидравличен тип се състои от:

- педал
- главен цилиндър
- работен цилиндър
- вилка за включване на предаването

С натискане педала на съединителя, силата на крака на водача, чрез пръта и буталото подава течност, която предава натиска от буталото на главния цилиндър – на работното бутало. След това пръта на работния цилиндър задвижва предавателната вилка и опорния лагер, който предава силата на механизма на съединителя. Когато водачът отпусне педала, под въздействието на възвратните пружини всички движещи се компоненти заемат изходни позиции.

Механично , хидравлично и хидравлично с пневмоусилвател управление на автомобилен съединител

На фиг.2 са показани схеми за управление на автомобилен съединител [1].



фиг.2. Схеми на механично (а) , хидравлично (б) и хидравлично с пневмоусилвател (в) управление на автомобилен съединител.

Последователността за изчисление на задвижването на съединителя е следната:

1. Определяне на работния ход на притискателния диск при изключване на съединителя
(на базата на диафрагмената пружина):

$$h_{раб} = (2\Delta_n + \omega) z_d \quad (1)$$

където Δ_n е разстоянието при нови накладки между триещите се повърхности, когато съединителят е напълно изключен; $\Delta_n = 0,875\text{mm}$

ω е аксиалната деформация на задвижвания диск; $\omega = 0,125\text{mm}$;

z_d е броят на задвижваните дискове.

2. Избира се размера на хлабината Δy между краищата на лостовите и освобождаващия лагер на съединителя (фиг. 2).

$$\Delta y = 2 \dots 4 \text{ mm.}$$

С износването на накладките тази хлабина намалява, така че по време на работа тя трябва да се поддържа, за да се осигури пълно зацепване на съединителя.

3. Определя се предавателното число на задвижването $i_{зад.}$ и хода на педала за управление S_n

За механично задвижване (фиг. 2, а)

$$i_{зад.} = \frac{c_2}{c_1} \frac{b_2}{b_1} \frac{a_2}{a_1} \quad (2)$$

(обикновено $i_{зад.} = 30 \dots 45$,
 $a_2 / a_1 = 3,8 \dots 5,5$);

$$S_n = h_{раб.} i_{зад.} + \Delta y \left(\frac{c_2}{c_1} \right) \left(\frac{b_2}{b_1} \right) \quad (3)$$

където $h_{раб.}$ и $i_{зад.}$ – определят стойността на работния отстъп на притискателния диск,

$\Delta y \left(\frac{c_2}{c_1} \right) \cdot \left(\frac{b_2}{b_1} \right)$ – определят хлабината Δy .

За хидравличния привод (фиг.2, б)

$$i_{за...х.} = \frac{c_2}{c_1} \frac{b_2}{b_1} \frac{a_2}{a_1} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \quad (4)$$

обикновено $\frac{d_2}{d_1} = 1,0$

$$S_{nx} = h_{раб.} i_{зад.} + \Delta y \left(\frac{c_2}{c_1} \right) \left(\frac{b_2}{b_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \quad (5)$$

Ако полученият ход на педала S_n или $S_{n.x}$ не надвишава $[S_n]$, следва определяне на максималната сила, в противен случай се променя предавателното число.

4. Определяне на максималната сила върху педала за управление

$$P_{n \max} = \left(\frac{P_{\max}}{i_3 \eta_3} \right) \quad (6)$$

където $P_{\max}$ е максималната сила, действаща върху притискателния диск (определена от изчислението на фрикционните накладки и притискателните пружини. За диафрагмен съединител $P_{\max} = P_{n \max}$);

η_3 е коефициентът на полезно действие на задвижването. За механично задвижване

$\eta_3 = 0,5 \dots 0,8$, за хидравлично задвижване – $\eta_3 = 0,8 \dots 0,9$.

Ако $P_{n \max} > [P_n]$, е необходимо да се монтира усилвател.

P_n обикновено се приема за 150-300 N.

5. Определяне на параметрите на усилвателя.

Разглеждаме пневматичен усилвател (фиг.2, в). Водачът трябва да може да изключи съединителя, дори когато пневматичната система не работи, схемата на задвижване е същата като без пневматичен усилвател. За изчисленията приемаме максималната сила, действаща върху притискателния диск. В този случай последователността на изчисление е следната:

5.1. Изчисляване на необходимата сила върху лоста на пневматичния усилвател:

$$P_n = \frac{P_{\max}}{\left(\frac{a_2}{a_1} \right) \left(\frac{b_2}{b_1} \right) \eta_c} \quad (7)$$

където $\eta_c = 0,9 \dots 0,95$ – коефициент на полезно действие на съединителния механизъм.

5.2. Определете максимално допустимата сила, предавана на пръта чрез хидравличната система:

$$P_{nx} = [P_n] \left(\frac{c_2}{c_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \quad (8)$$

5.3. Изчисляване на максималната необходима сила, развита в цилиндъра на пневматичния усилвател и предадена на лоста:

$$P_{ц\max} = P_n - [P_{пх}] - P_{пруж.} \quad (9)$$

където $P_{пруж.}$ е максималната сила, оказвана от възвратната пружина на пневматичния усилвател.

5.4. Изчисляване диаметъра на цилиндъра на пневматичния усилвател

$$d_{ц} = 2 \left(\frac{P_{ц\max}}{p_w} \right)^{0,5} \quad (10)$$

където p_w е налягането в приемника (обикновено $p_w = 0,65 \dots 0,75$ МПа)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задвижването на съединителя е проектирано да осигурява връзка между педала за управление и втулката за освобождаване на съединителя. Към него се налагат следните изисквания: удобство и лекота на управление, висока ефективност (минимални загуби от триене), безаварийност и дълготрайност, лекота на поддръжка.

В настоящата разработка са описани възможните варианти за управление автомобилни съединители.

Предложена е методика за предварителни изчисления на едnodискови триещи автомобилни съединители с или без хидравлични усилватели.

Благодарности

Докладът е във връзка с проект № НИП2025-3 на тема „Гама демонстрационни макети за фотофолтаични и ветрогенераторни електрически системи“ към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Острецов, А.В. и др. АВТОМОБИЛЬНЫЕ СЦЕПЛЕНИЯ Издательство МГТУ «МАМИ», 2011
- [2] Иванов Р., Устройство на автомобилната техника, Русе, 2016
- [3] <https://servo.bg/saedinitel/>

НАПРАВЛЕНИЕ 4
СТУДЕНТСКА

МОДУЛНО СГЛОБЯВАНЕ НА
БИОНИЧЕН ПАЯК QD020MODULAR ASSEMBLY OF
BIONIC SPIDER QD020

Ivan Georgiev Petkov
petkov951127@gmail.com
Technical College - Lovech

Milko Ganchev Dochev
dochev@mail.com
Technical College - Lovech

Abstract

The paper presents the hardware assembly process of the Bionic Spider QD020, a multifunctional educational robotic platform. The study begins with an overview of the project's background and objectives, focusing on the integration of mechanical and electronic components for precise limb coordination. The applied methodology includes step-by-step assembly instructions, wiring diagrams, and component testing procedures. The research framework outlines the key stages of hardware development, emphasizing modular design and compatibility with microcontrollers. The achieved results include a fully operational prototype capable of walking and reacting to environmental stimuli. The study concludes with practical recommendations for enhancing structural stability and ease of maintenance. Limitations include the reliance on 3D-printed components, which may affect durability. Practical implications are discussed in the context of STEM education and robotics training. The originality of the project lies in its simplified design, making it accessible for students and hobbyists. The study offers a reliable foundation for further improvements in bionic robotics platforms.

Keywords: Bionic spider, hardware assembly, microcontroller

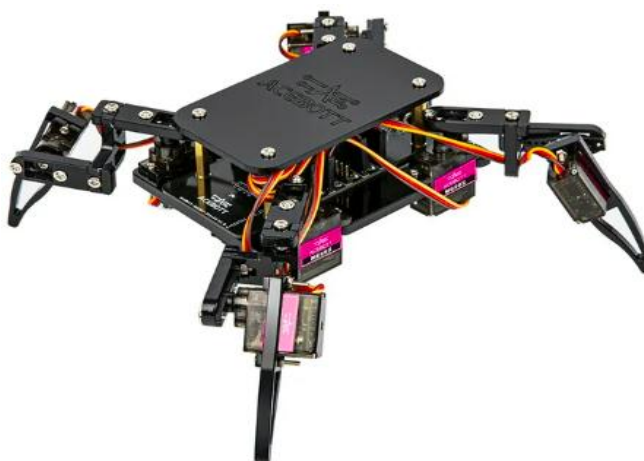
ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът, който проектът адресира, е необходимостта от достъпен, но функционален хуманоиден/базово-инспириран робот за практически занимания в областта на STEM образованието. Съществуващите решения на пазара често са или твърде скъпи, или прекалено ограничени откъм възможности за персонализация и разширение.

Настоящото изследване има за цел да документира етапите на сглобяване, да опише избраната методология и да представи препоръки за подобрение.

Проектът се основава на идеята за модулност и отворен хардуерен/софтуерен дизайн, което позволява гъвкаво адаптиране към различни образователни и практически цели. Бионичният паяк QD020 е създаден като проект да се наблегне върху лесно сглобяване, подмяна на компоненти и възможност за надграждане, което го прави подходящ както за начинаещи, така и за напреднали потребители.

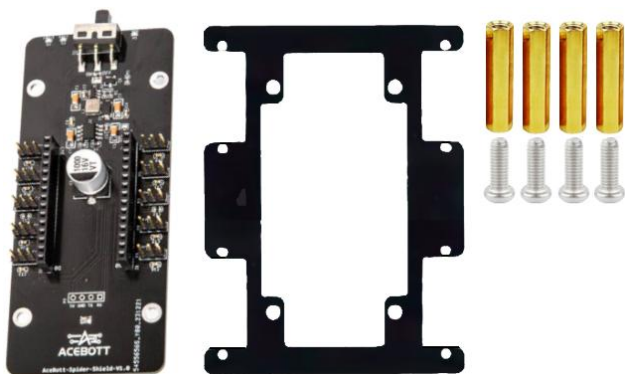
Чрез използване на евтини, широко достъпни електронни елементи (като микроконтролери ESP8266 и серво мотори), както и 3D принтирани структурни части, се постига баланс между цена, функционалност и възможности за обучение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Фиг.1. Общ изглед на бионичен паяк QD020

Бионичният паяк “QD020” е компактен, четирикрак робот, изграден от плосък листов материал(акрил), който се реже с лазер или фрезова машина и е задвижван от серво мотори, които позволяват имитиране на паякообразно движение. Конструкцията му е лека и модулна, като върху основната платка се монтира микроконтролер за управление на движенията. Роботът е проектиран с образователна цел, подходящ за демонстрации, тестове и разширения с допълнителни сензори и функционалности. Сглобяването на бионичния паяк QD020 включва последователно монтиране на отделните хардуерни компоненти, съобразно предварително зададена конфигурация. Всяка стъпка е илюстрирана със визуални изображения и кратко описание на необходимите действия.

Стъпка 1: Монтиране на разширителна платка “Spider-Shield v1.0”



Фиг.2. 1x Разширителна платка “Spider-Shield” v1.0, 1x механична рамка, 4x двойно проходни медни стълбчета, и 4x M3×10mm болтове

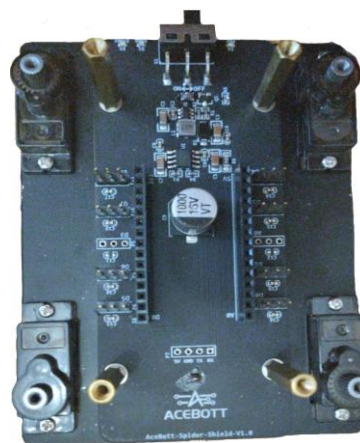


Фиг.3. Предна и задна част на сглобен електронен модул с монтажна рамка

Стъпка 2: Монтиране на серво моторите върху механичната рамка



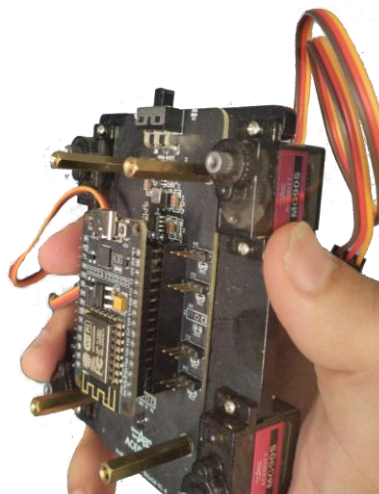
Фиг.4. 8x Гайки M2, 8x M2×14mm болтове, 4x Серво



мотори MG90S

Фиг.5. Монтаж на серво моторите върху механичната рамка

Стъпка 3: Монтиране на контролерна платка „NodeMCU ESP8266“ към разширителната платка „Spider-Shield“

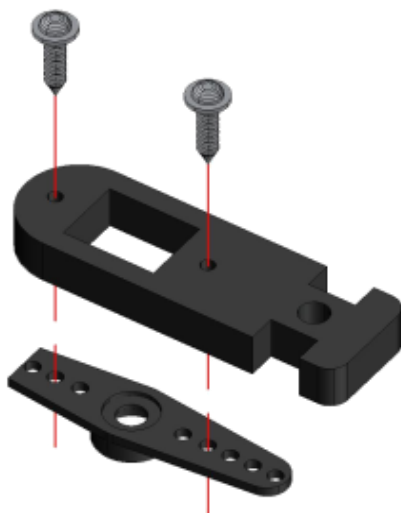


Фиг.6. Монтиране на контролерна платка „NodeMCU ESP8266“ към разширителната платка „Spider-Shield“ v1.0

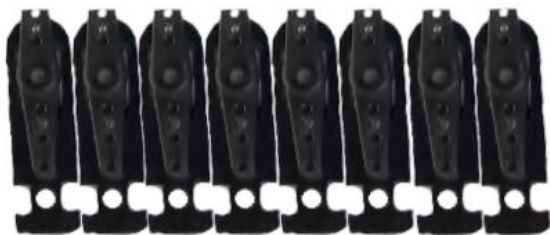
Стъпка 4: Монтиране на люлеещото се рамо (steering rocker) към кокса (coxa)



Фиг.7. 8x Кокса, 16x M2x8mm болтове, 8x люлеещи се рамена



Фиг.8. Монтиране на люлеещото се рамо към кокса
Люлеещото рамо се монтира към коксата за да се създаде лостовият механизъм който е необходим за сглобяването на съединителната става на робота.



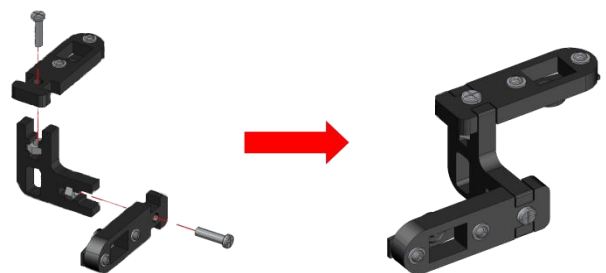
Фиг.9. 8x Сглобени лостови механизми за серво управление

Тези лостови механизми ще бъдат свързани с бедрата и ще се използват в сглобяването на съединителните стави на робота.

Стъпка 5: Монтиране на частите от съединителната става към бедрото



Фиг.10. 8x Сглобени лостови механизми за серво управление, 4x Бедрa, 8x M3*10 болтове, 8x гайки M3, 8x гайки M2



Фиг.11. Сглобяване на съединителна става



Фиг.12. Готови съединителни стави за монтаж

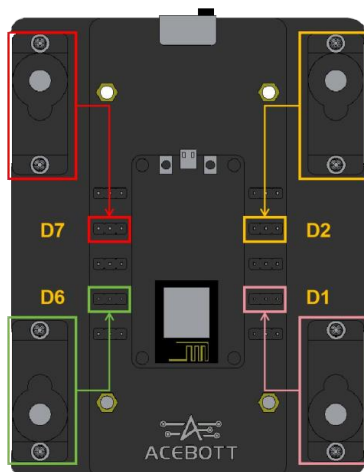
Стъпка 6: Свързване



Фиг.13. Зареждане на батерия



Фиг.14. Поставяне на батерия



Фиг.15. Местоположения за свързване на серво моторите към разширителната платка

Това е местоположението на първите 4 серво мотора които са монтирани към разширителната платка и механичната рамка.

Стъпка 7: Сглобяване на четирите стъпала на робота



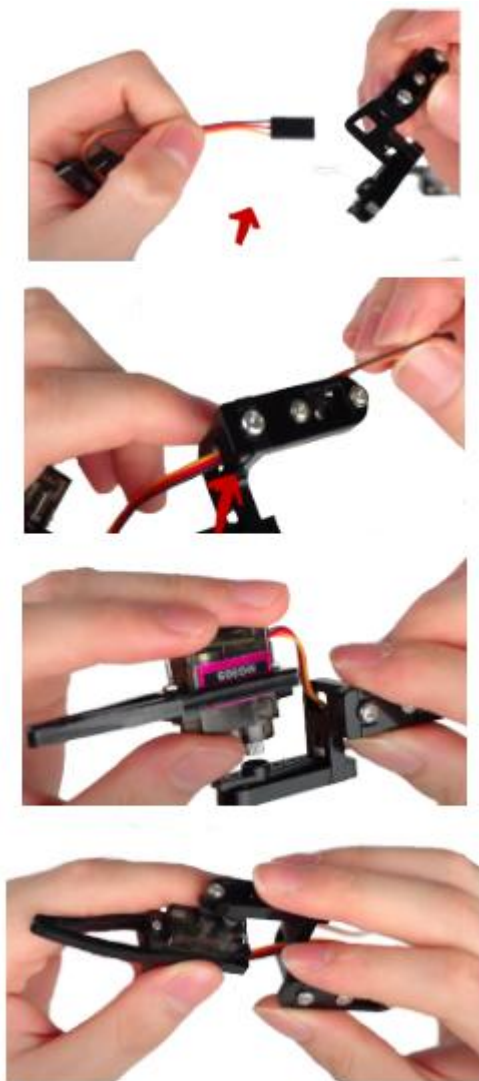
Фиг.16. 4x Серво Мотори, 8x гайки M2, 4x тибий, 8x M2x14mm болтове



Фиг.17. Огледална симетрия при сглобяване на тибийте

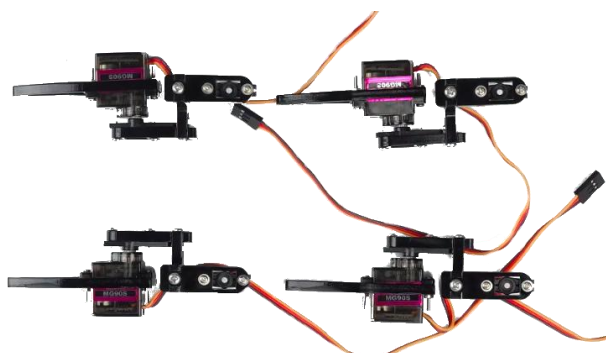
Фибийте трябва да се монтират симетрично понеже 2 от тях са за предните крака, а другите 2 са предназначени за задните.

Стъпка 8: Монтиране на четирите стъпала към съединителните стави



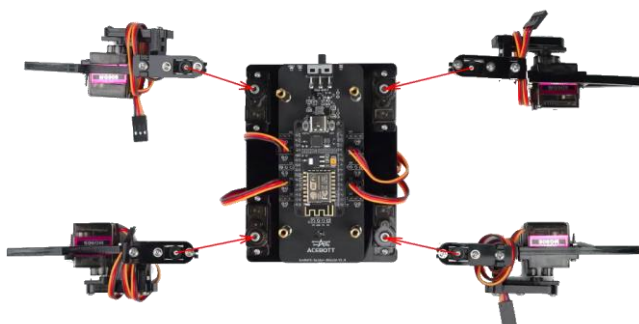
Фиг.18, Фиг.19, Фиг.20, Фиг.21. Прекарване на кабелите и монтиране на серво моторите към ставите

Серво моторите на предните крака се монтират по един начин а серво моторите на задните симетрично на тях.



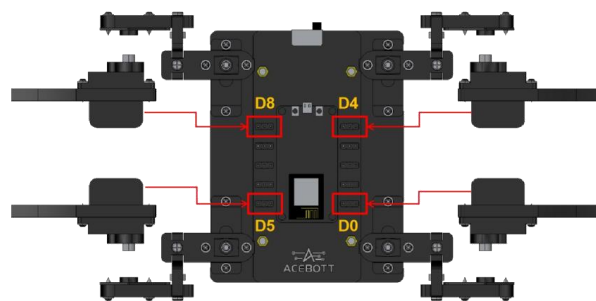
Фиг.22. Завършен монтаж на четирите серво мотора към съединителните стави

Стъпка 9: Монтиране на четирите крака към монтираните серво мотори.



Фиг.23. Монтиране на краката към роторите на монтираните към разширителната платка серво мотори

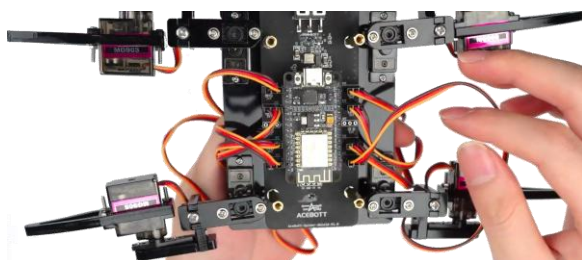
Четирите крака на паяка се поставят върху роторчетата на вече монтираните серво мотори и се завинтват с болтове за да се осигури стабилност. Трябва да се внимава как се поставят понеже има голяма вероятност начинът на монтиране да не отговаря на стойностите на програмираните ъгли за движение. В противен случай краката трябва да се разглобят и да се наместват наново.



Фиг.24. Теоретично свързване на краката

Паякът използва осем серво мотора, по два за всеки от четирите крака. Всеки мотор е свързан с контролна линия (сигнал), захранване (VCC) и земя (GND).

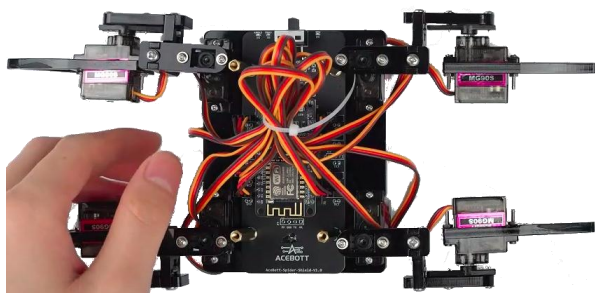
Затова кабелите имат различен цвят. Всеки пин управлява по 2 серво мотора. На фигурата са показани пиновете които отговарят за сервомоторите на лапите. Обозначени са като места за свързване на сервомоторите след като бъдат монтирани.



Фиг.25. Практическо свързване на краката

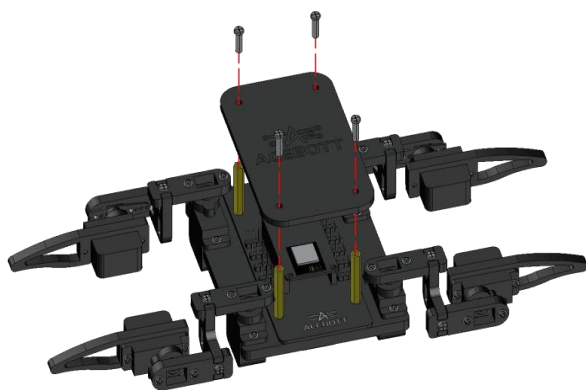
Жълтите кабели от лявата страна трябва да са позиционирани отдясно при свързване, а жълтите кабели от дясната страна – отляво.

Стъпка 10: Връзване на кабелите със свински опашки



Фиг.26. Връзване на кабелите

Стъпка 11: Монтиране на горната част на механичната рамка (Body-Top)



Фиг.27. Монтиране на горната част на механичната рамка с помощта на кръстата отвертка „Philips“ и 4x болтове M3x10mm

Четири медни стълбчета се поставят вертикално върху основната долна платка.

Повърхността с логото ACEBOTT се поставя върху медните стълбчета така, че отворите да съвпадат с отворите на стълбчетата.

Използват се четири болта, които се слагат отгоре през отворите на капачето, преминават през стълбчетата и се фиксират в долната основа.



Фиг.28. Краен резултат на хардуерното сглобяване

След като роботът (бионичният паяк QD020) е напълно сглобен, както механично, така и електронно, следващият етап е инициализация, тестване и програмиране. Това са ключови стъпки за осигуряване на правилна работа и подготовка за реално управление. За да се стигне дотам обаче, първо трябва да се провери дали всички серво мотори са свързани към правилните пинове според схемата. След това се проверява захранването. Серво моторите трябва да получават стабилно напрежение (обикновено 5–6V). Накрая проверяваме дали всички пинове са свързани заедно.

Серво моторите никога не трябва да се захранват директно от пиновете на микроконтролера. Те не могат да осигурят нужния ток и може да се повредят. Робота трябва винаги да се стартира на равна повърхност, свободна от препятствия. Спазването на тези предпазни мерки не само удължава живота на робота, но и осигурява сигурност за потребителя и неговата околна среда. Те са особено важни при използване в образователен контекст, където често участват начинаещи ученици или студенти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящият доклад представя подробно процеса по хардуерно сглобяване на бионтичния паяк QD020, като дава отговор на поставения в началото въпрос за необходимостта от достъпна, лесно конфигурируема и функционална платформа за практически STEM занимания. Представената методология, стъпка по стъпка демонстрира, че чрез модулен подход и прецизна документация е възможно успешното сглобяване и пускане в действие на четирикрако роботизирано устройство.

Получените резултати позволяват пряко приложение в учебна среда, където обучаемите могат да се запознаят с основите на роботиката, микроконтролерите и механиката чрез практическа работа. Освен това, проектът може да се използва като отправна точка за разширяване с допълнителни сензори, управление чрез Wi-Fi и разработване на потребителски интерфейси – аспекти, които могат да бъдат обект на бъдещи изследвания.

Ограниченията, свързани с конструктивните материали (акрил), дават възможности за подобрене в посока повишаване на здравината и дълготрайността на механичните части. За целите на по-нататъшна работа се препоръчва интег-

риране на алгоритми за автономна навигация, управление чрез мобилни приложения и допълнителна функционалност чрез използване на други микроконтролерни платформи.

Проучването служи като стабилна основа за бъдещи разработки в областта на образователната роботика и насърчава проектно-базираното обучение като ефективен подход за развитие на технически умения.

Докладът е разработен по договор № НИП2025-3 за провеждане на научни изследвания към ТУ-Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Монк С. Програмиране с Arduino: Първи стъпки със скетове. Ню Йорк: McGraw-Hill Education, 2011.
- [2] Марголис М. Рецепти за Arduino: Ръководство за начинаещи и напреднали. O'Reilly Media, 2020.
- [3] Хоровиц П., Хил У. Изкуството на електрониката. 3-то изд., Cambridge University Press, 2015.
- [4] Карвинен К., Валтокари Т. Създаване на Arduino роботи и джаджи. 2-ро изд., Maker Media, 2014.

СОФТУЕРНО ПРОГРАМИРАНЕ НА
БИОНИЧЕН ПАЯК QD020SOFTWARE PROGRAMMING OF
BIONIC SPIDER QD020)

Ivan Georgiev Petkov
petkov951127@gmail.com
Technical College - Lovech)

Milko Ganchev Dochev
dochev@mail.com
Technical College - Lovech

Abstract

This paper describes the development of a hardware programming system for the bionic robot spider QD020. The goal of the project is to create a functional robotic platform that can move both autonomously and by remote control. The work focuses on the connection and coordination of key hardware components, including a microcontroller, servo motors, and sensors. The applied methodology involves analyzing the hardware setup, configuring communication between modules, and writing control code using Arduino IDE. The achieved results demonstrate smooth and stable movement, accurate sensor responses, and reliable task execution. Some limitations were identified, such as limited expansion options and relatively high power consumption. Despite these, the project shows strong potential for use in education, demonstrations, and further development in robotics. The originality of the work lies in combining simple and affordable components to achieve advanced, lifelike motion in a small robotic system.

Keywords: : Bionic spider, hardware programming, ESP8266 microcontroller, arduino-based control, embedded systems

ВЪВЕДЕНИЕ

Създаването на бионични роботи, вдъхновени от природата, придобива все по-голямо значение в съвременната роботика. Един от основните проблеми при разработването на такива системи е осигуряването на ефективно и гъвкаво хардуерно програмиране, което да позволи на робота да се движи плавно и координирано в различни среди.

Съществуват множество решения, свързани с управление на роботи чрез микроконтролери, но повечето от тях са или твърде сложни за обучение, или прекалено скъпи и трудни за адаптиране към нови задачи.

В настоящото изследване се предлага хардуерно програмиране на бионичен паяк QD020, който използва достъпни компоненти и платформа Arduino за постигане на стабилно и реалистично движение. Основният принос е в комбинирането на лесна за изграждане хардуерна ар-

хитектура с ефективен код за управление на моторите и сензорите.

Основното ограничение на проекта е свързано с капацитета на използвания микроконтролер и енергийната ефективност при по-продължителна работа.

Очакваният резултат е да се демонстрира напълно функциониращ бионичен паяк, който може да служи за образователни, демонстрационни или изследователски цели.

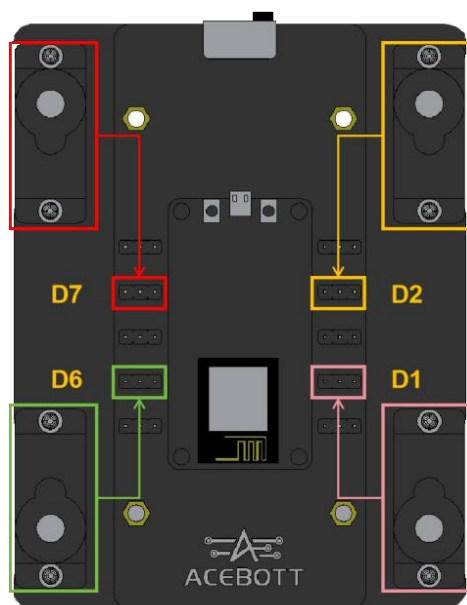
ИЗЛОЖЕНИЕ

Фиг. 1. Общ изглед на бионичен паяк QD020

Бионичният паяк “QD020” е компактен, четирикрак робот, изграден от плосък листов материал (акрил), който се реже с лазер или фрезова машина. Паякът се задвижва от серво мотори, които позволяват имитиране на паякообразно движение.

Конструкцията му е лека и модулна, като върху основната платка се монтира микроконтролер за управление на движенията. Роботът е проектиран с образователна цел, подходящ за демонстрации, тестове и разширения с допълнителни сензори и функционалности.

Двете части на крайниците (крак и стъпало) са свързани към определен GPIO (General Purpose Input/Output) пин на микроконтролера ESP8266. Тези пинове изпращат PWM сигнали към сервомоторите, за да ги управляват.



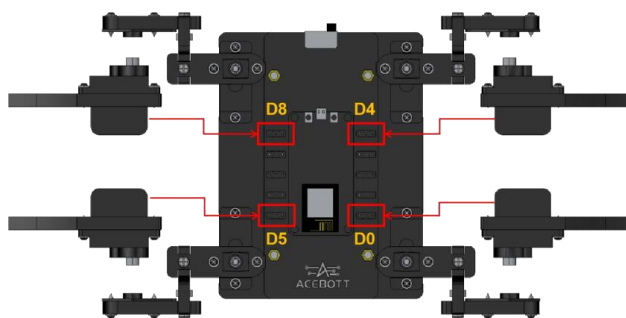
Фиг.2. Теоретично свързване на пиновете D7, D6, D2 и D1 към серво моторите на QD020

На фигура 2 е представена схема на разширителната платка Spider-Shield v1.0 (ESP8266), в която се визуализира свързването на първите четири серво мотора

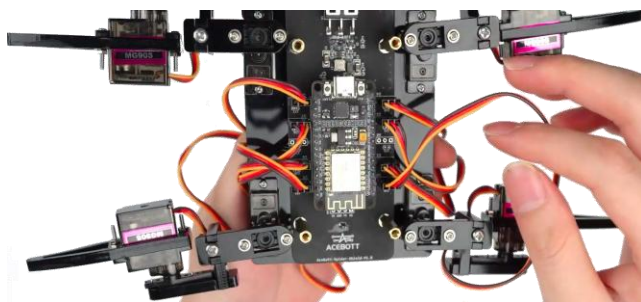
към пиновете D7, D6, D2 и D1. Тези пинове управляват съответно два от левите и два от десните серво мотора. За по-голяма яснота, пиновете и връзките са означени с цветове, съответстващи на физическите позиции на моторите по тялото на робота.

Фигура 3 допълва горната схема, като представя останалите четири серво мотора, свързани към пиновете D8, D4, D5 и D0. Така се осигурява пълно разпределение на осемте GPIO пина за управление на всички крайници. Отново, схемата използва цветни линии за визуално представяне на логическата свързаност между платката и краката на паяка.

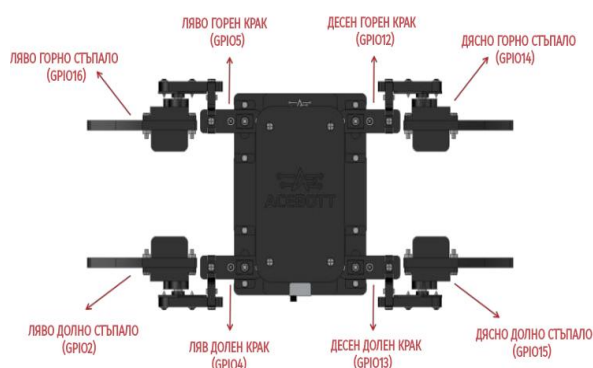
На Фигура 4 е показано реалното физическо свързване на серво моторите към микроконтролера, като част от процеса по сглобяване. Видимо е разположението на сервомоторите върху шасито на паяка, както и организирането на окабеляването чрез конектори. Манипулацията се извършва ръчно, като се следват схемите, представени във Фигура 2 и Фигура 3.



Фиг.3. Теоретично свързване на пиновете D8, D4, D5 и D0 към серво моторите на QD020



Фиг.4. Практическо свързване на серво моторите към съответните пинове



Фиг.5. Визуално разположение на серводвигателите и съответните GPIO пинове на бионичен паяк QD020

Фигура 5 представя визуално разположение на серво моторите и тяхното съответствие с GPIO пиновете на микроконтролера ESP8266, използван в бионичния паяк QD020. Изображението е изглед отгоре на роботизираната платформа и ясно демонстрира кои крайници (крак и стъпало) се управляват от кои GPIO пинове.

Табл. 1 Разпределение на GPIO пиновете към съответните сервомотори на робота

№	Входно-изходни пинове на микроконтролера	Псевдоними на пиновете	Задвижвани части на робота
1	GPIO14	D5	Дясно горно стъпало
2	GPIO12	D6	Десен горен крак
3	GPIO13	D7	Десен долен крак
4	GPIO15	D8	Дясно долно стъпало

5	GPIO16	D0	Ляво горно стъпало
6	GPIO5	D1	Ляв горен крак
7	GPIO4	D2	Ляв долен крак
8	GPIO2	D4	Ляво долно стъпало

Тази таблица представя разпределението на входно-изходните пинове (GPIO) на микроконтролера и техните съответстващи псевдоними (D-пинове), използвани в Arduino средата, към различните серводвигатели, управляващи движението на крайниците на бионичния паяк QD020.

1. Примерна функция за движение



Фиг.6. Позиция за режим на готовност (Standby Mode)

Фигурата показва бионичния паяк в неутрална, стабилна позиция - така наречения "Standby Mode" или режим на готовност. Тази позиция е обикновено начална или междинна преди изпълнение на движение. Позицията може леко да се измени според даденият модел и начинът по който са монтирани краката.

1.1. Описание на функцията

```

1  #include <Servo.h> // Тази библиотека
2
3  Servo servo_14; // Дясно горно стъпало
4  Servo servo_12; // Десен горен крак
5  Servo servo_13; // Десен долен крак
6  Servo servo_15; // Дясно долно стъпало
7  Servo servo_16; // Ляво горно стъпало
8  Servo servo_5;  // Ляв горен крак
9  Servo servo_4;  // Ляв долен крак
10 Servo servo_2;  // Ляво долно стъпало

```

Фиг.7. Деклариране на променливи за сервомотори за управление на крайниците на робота

➤ “Servo” е клас, който предоставя функционалности за управление на серво мотори.

➤ “servo_14” и останалите са обекти, създадени от класа Servo, които представят конкретни серво мотори.

Друга част от кода е функцията “setup()”, която се изпълнява само веднъж, когато Arduino платката стартира или се рестартира.

```
12 void setup() {  
13     servo_14.attach(14);  
14     servo_12.attach(12);  
15     servo_13.attach(13);  
16     servo_15.attach(15);  
17     servo_16.attach(16);  
18     servo_5.attach(5);  
19     servo_4.attach(4);  
20     servo_2.attach(2);  
21  
22     // Standby режим  
23     standby();  
24 }  
25
```

Фиг.8. Инициализация на сервомоторите и активиране на „standby“ режим във функцията setup()

➤ “attach(pin)” свързва обекта (даден серво мотор) към конкретен пин на платката Arduino (например пин 14 за servo_14). Това позволява Arduino да управлява серво мотора, свързан към този пин, чрез обекта.

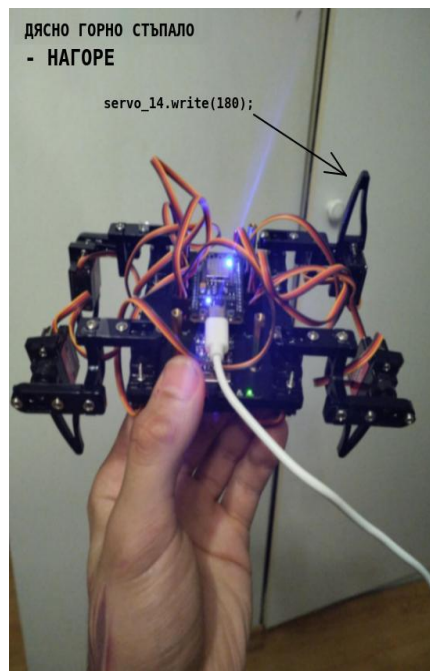
След като всички серво мотори са свързани към съответните пинове, се извиква функцията “standby()”. Тази функция (дефинирана по-късно) настройва всички серво мотори в стабилна начална позиция. Тя гарантира, че роботът ще стартира в контролирано състояние, преди да започнат по-сложни движения. След като функцията standby() позиционира всички серво мотори в начално стабилно положение, системата е готова да приеме команди от потребителя. Тези команди могат да бъдат подадени чрез уеб интерфейс, мобилно приложение или директно чрез HTTP заявки.

```
25  
26 void standby() {  
27     servo_14.write(40); // Дясно горно стъпало  
28     servo_12.write(140); // Десен горен крак  
29     servo_13.write(40); // Десен долен крак  
30     servo_15.write(150); // Дясно долно стъпало  
31     servo_16.write(150); // Ляво горно стъпало  
32     servo_5.write(50); // Ляв горен крак  
33     servo_4.write(165); // Ляв долен крак  
34     servo_2.write(30); // Ляво долно стъпало  
35     delay(500); // Изчакване за стабилизиране  
36 }  
37  
38 void loop() {  
39     // Празен цикъл - програмата остава в Standby режим  
40 }
```

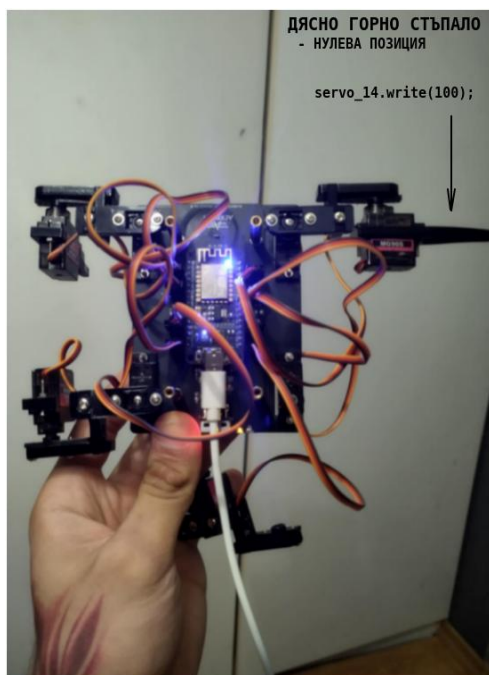
Фиг.9. Ардуино код за “standby” позиция на сервомотори

2. Експериментиране с различни ъглови стойности

За да се определи подходящата ъглова стойност, която трябва да се въведе в скобите на съответните кодови изрази, е необходимо експериментиране с различни стойности. Чрез този процес се установява как конкретната стойност влияе на положението на робота и се постига настройка, която отговаря точно на желаната му позиция. Експериментира се със стойностите на всеки крак поотделно понеже има възможност да е монитран малко по-различно от останалите и това може да попречи на синхронизацията.



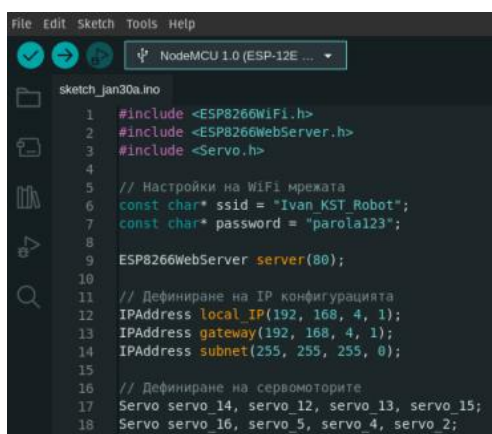
Фиг. 10. Иллюстрация на повдигане на дясното горно стъпало чрез командата „servo_14.write(180)”



Фиг.11. Задаване на нулева позиция на дясното горно съпало чрез „servo_14.write(100)“

3. Уеб управление

След реализирането на основните функции за движение на робота се преминава към следващия етап от разработката - създаване на програма за безжично управление. За тази цел се използва микроконтролерната платка ESP8266, чрез която се изгражда Wi-Fi мрежа. В рамките на тази мрежа функциите за движение на робота се преобразуват в HTTP заявки, които могат да бъдат извиквани дистанционно през уеб интерфейс или друг клиент. Това позволява роботът да бъде управляван безжично чрез стандартен браузър или мобилно устройство.



Фиг.12. Инициализация на WiFi връзка и серво моторите за уеб управление на робота

Редове 1–3: Включване на библиотеки:
1. “ESP8266WiFi.h” - библиотека за управление на WiFi на ESP8266.

2. “ESP8266WebServer.h” - създава малък уеб сървър, който може да отговаря на HTTP заявки.

3. “Servo.h” - библиотека за управление на серво мотори.

Редове 6–8: Настройки за WiFi мрежата

6. “const char* ssid = “Ivan_KST_Robot”;;”

7. “const char* password = “parola123”;;”

Задава име на мрежата (SSID) и парола - това ще бъде името на точката за достъп, която ESP8266 ще създаде.

Ред 10: Създаване на уеб сървър

10. “ESP8266WebServer server(80);”

Създава HTTP сървър, който очаква входящи HTTP заявки на порт 80 - стандартен порт за уеб страници.



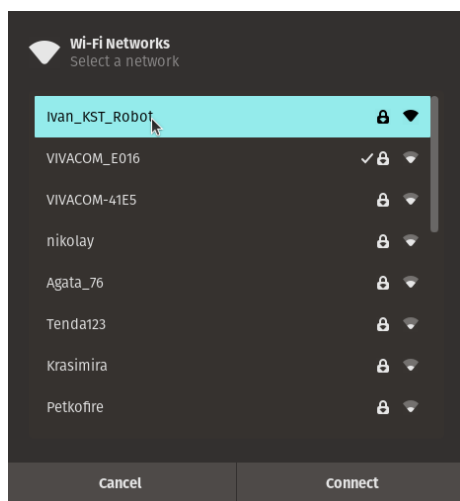
Фиг.13. Стартиране на WiFi точка за достъп и инициализация на серво моторите

Този snippet показва част от програма за стартиране на WiFi точка за достъп (Access Point) и инициализация на серво моторите за бионичния паяк QD-020. Ето подробно описание на това какво прави всеки елемент:

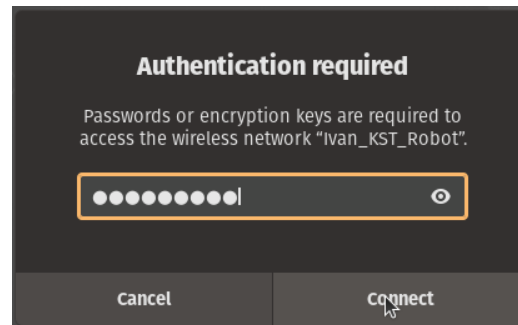
1. Функция “setup()“ - Това е стандартна функция в Arduino, която се изпълнява само веднъж при стартиране на устройството.

2. “Serial.begin(115200)” - Инициализира серийна комуникация със скорост 115200 baud, което позволява отпечатване на съобщения в Serial Monitor за отстраняване на грешки или наблюдение.
3. “if (!WiFi.softAPConfig(local_IP, gateway, subnet)) { Serial.println("Failed to configure AP"); }” - Конфигурира статичен IP адрес за точката за достъп. Ако не успее, извежда съобщение за грешка.
4. “if (!WiFi.softAP(ssid, password)) { Serial.println("Failed to start AP"); return; }” - Стартира точката за достъп с зададени SSID и парола. При неуспех отпечатва грешка и прекъсва setup() функцията.
5. “Serial.println("Access Point started"); Serial.print("IP Address: "); Serial.println(WiFi.softAPIP());” - Потвърждава, че AP е стартирала, и показва нейния IP адрес в Serial Monitor.

Wi-Fi мрежата на работа се открива и се установява връзка от даденото устройство към нея. След въвеждане на зададената парола, потребителят получава достъп до локалната мрежа на работа.



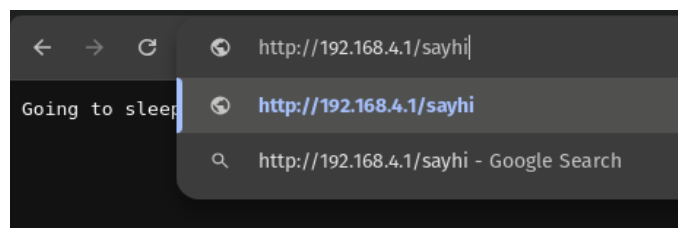
Фиг.14. Откриване на Wi-Fi мрежата на работа



Фиг.15. Въвеждане на парола за Wi-Fi мрежата на работа

4. Списък с URL команди

Напред: <http://192.168.4.1/forward>
Назад: <http://192.168.4.1/backward>
Наляво: <http://192.168.4.1/leftmove>
Надясно: <http://192.168.4.1/rightmove>
Лицеви опори: <http://192.168.4.1/pushup>
Централна позиция: <http://192.168.4.1/central>
Танц 1: <http://192.168.4.1/dance1>
Танц 2: <http://192.168.4.1/dance2>
Танц 3: <http://192.168.4.1/dance3>
Боеен режим: <http://192.168.4.1/fighting>
Поздрав: <http://192.168.4.1/sayhi>
Сън: <http://192.168.4.1/sleep>
Режим на готовност: <http://192.168.4.1/standby>
Завъртане наляво: <http://192.168.4.1/turnleft>
Завъртане надясно: <http://192.168.4.1/turnright>
За да бъде изпълнена конкретна функция за движение, в адресното поле на браузъра се въвежда съответната HTTP заявка.



Фиг.16. Изпълнение на команда чрез URL в браузъра

При изпращане на тази заявка, ESP8266 обработва информацията и извиква съответната функция в програмата, в резултат на което роботът изпълнява зададеното движение. Освен чрез въвеждане на URL адреси в браузъра, може да се използва и мобилно приложение за бързо и удобно управление на паяка. След като ESP8266

стартира като точка за достъп и хоства уеб сървър, всеки URL като ["http://192.168.4.1/forward"](http://192.168.4.1/forward) може да бъде свързан към конкретно движение или позиция на серво моторите. Това става чрез допълнително настройване на даденото приложение което ще бъде използвано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Този доклад разглежда изграждането на хардуерна програмна система за бионичния паяк QD020, която набляга върху координацията между микроконтролера ESP8266, серво моторите и механичната платформа. Въпросът, поставен в началото на доклада намира положителен отговор чрез постигнатите резултати.

Създадената архитектура демонстрира стабилно поведение на роботизираните крайници, визуализирана както чрез логическите схеми (фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 5), така и чрез реално движение, управлявано с Arduino-базиран код (фиг. 6–9). Програмните функции за инициализация, както и описаната конфигурация на GPIO пиновете, показват, че с ограничен набор от ресурси може да се постигне плавно и синхронизирано движение, близко до бионичния модел.

Ограниченията на разработката се изразяват главно в броя на разширителните

пинове на микроконтролера, както и в нуждата от прецизно калибриране на позициите за всяка стойност в "standby" режим. В бъдещи версии на платформата може да се разгледа използването на мощни микроконтролери или на библиотека с обратна връзка от сензори, които да увеличат автономността на системата.

Предложеният подход показва реална приложимост в практиката - както в образователна среда, така и при прототипиране в хоби и изследователски проекти. Проектът допринася с конкретен пример за ефективно използване на програмируем хардуер в малка, но функционална роботизирана система.

Докладът е разработен по договор № НИП2025-3 за провеждане на научни изследвания към ТУ-Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Монк С. Програмиране с Arduino: Първи стъпки със скетчове. Ню Йорк: McGraw-Hill Education, 2011.
- [2] Марголис М. Рецепти за Arduino: Ръководство за начинаещи и напреднали. O'Reilly Media, 2020.
- [3] Хоровиц П., Хил У. Изкуството на електрониката. 3-то изд., Cambridge University Press, 2015.

ЛАБОРАТОРЕН МАКЕТ ЗА ИЗМЕРВАНЕ И КОНТРОЛ НА ОБОРОТИТЕ
НА ПОСТОЯННОТОКОВ ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛLABORATORY MODEL FOR MEASURING AND VONTROLLING THE
SPEED OF A DC MOTOR

Kiril Mihaylov

Technical university of Gabrovo
Technical college of Lovech

Genadi Mihaylov

Technical university of Gabrovo
Technical college of Lovech

Abstract

DC motors are an important element in modern electromechanical engineering, especially in applications requiring compactness, reliability and precise control. Due to their simple design, linear relationship between voltage and speed and the possibility of smooth regulation, these motors are widely used as actuators in the automotive industry.

The purpose of the article is to show an exemplary laboratory mockup of a device with which the turnovers of a DC motor can be easily determined

Keywords: DC motor control, PWM regulator, Turnovers DC motor, Hall sensor

ВЪВЕДЕНИЕ

С нарастващата нужда от автоматизация, удобство и енергийна ефективност, малките постояннотокowi електродвигатели заемат все по-важно място в съвременните технологии.

Особено популярни са тези, които благодарение на компактните си размери, лесното управление и ниското работно напрежение, намират широко приложение в разнообразни системи.

В автомобилния сектор тези двигатели се използват не като основен двигател, а като надеждни изпълнителни механизми в спомагателни функции, от електрическото регулиране на седалки и огледала до управлението на вентилационни клапи и заключващи системи [2,4].

Макар и маломощни, те изпълняват важна роля за осигуряване на комфорта, без опасността и функционалността на модерния автомобил.

Разбирането на принципа на работа и параметрите на тези електродвигатели, включително и тяхната скорост на въртене (обороти), е от ключово значение при проектиране, управление и диагностика на електромеханичните системи, в които участват.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Постояннотокowите електродвигатели продължават да бъдат основен компонент в съвременната електротехника и електроника.

Въпреки появата на по-усъвършенствани технологии, техните качества, като проста конструкция, ниска цена и добри възможности за управление, ги правят незаменими в множество приложения. Особено при ниски мощности и прецизни движения, те остават предпочитан избор в електротехниката, транспорта и ежедневието като цяло.

Техният принцип на работа се основа на взаимодействието между магнитно поле и електричен ток. Те се състоят от два основни компонента [2,4]:

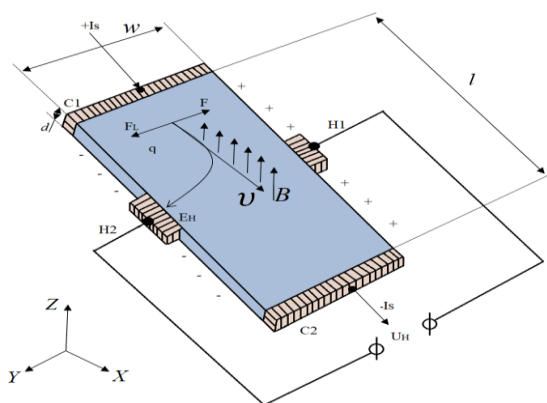
Статор, който създава постоянно магнитно поле (чрез постоянни магнити или възбуждаща намотка) и ротор, който съдържа намотки, в които протича ток и под действието на магнитното поле се създава въртящ момент.

Комутацията е процесът на смяна на посоката на тока в роторните намотки, който е от решаващо значение за работата на постояннотокowите двигатели.

Този процес се извършва чрез механичен колектор - устройство от медни сегменти, разположени около вала на

двигателя. Въглеродни четки се притискат към колектора и осигуряват електрически контакт. При въртенето четките поредно се свързват с различните медни сегменти, което автоматично променя посоката на тока в намотките в точния момент, необходим за непрекъснатото въртене на двигателя.

Магнитните сензори, базирани на ефекта на Хол, представляват широко използвани елементи в съвременната електроника и автоматизация. Те работят на принципа на ефекта на Хол (фиг.1), открит от Едвин Хол през 1879 г., според който при протичане на електрически ток през проводник или полупроводник, поставен в магнитно поле, се създава напречен електрически потенциал (напрежение), пропорционален на големината на магнитното поле [1,3,4,5].



Фиг.1 Ефект на Хол

Тези сензори позволяват безконтактно измерване и детекция на магнитни полета и се използват за определяне на позиция, скорост, въртене и ток. Благодарение на своята надеждност, компактност и ниска консумация на енергия, сензорите на Хол намират приложение в множество области, от автомобилната индустрия и потребителската електроника до роботиката и индустриалното управление [1,3,4,5].

В автомобилите например, те се използват за отчитане на обороти на двигателя, позиция на разпределителен вал, скорост на колелата (ABS), положение на педали, и много други.

Предимствата на сензорите на Хол включват висока издръжливост, нечувствителност към прах и влага и възможност за точно отчитане дори при високи скорости или вибрации. Тези устройства се отличават и с изключителна устойчивост на температурни колебания. Благодарение на компактните си габарити, те могат да се вградят дори в много тесни и ограничени пространства, където други сензори не биха се поместили.

Особено впечатляваща е тяхната способност за детекция на изключително слаби магнитни полета, като същевременно запазва отлична линейност и повторяемост на измерванията. Това ги прави особено ценни за прецизни приложения [1,3,4,5].

За измерване на оборотите на постоянноходовия двигател от примерното устройство на (фиг.6) е избран магнитен сензор на Хол показан на фиг.2.



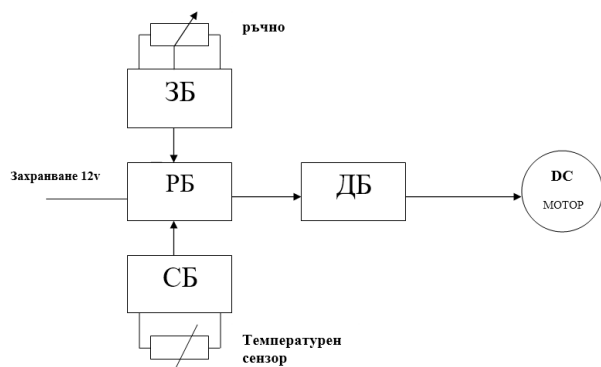
Фиг.2. Магнитен сензор на Хол за измерване на оборотите на постоянноходов електродвигател

В таблица 1 е представена техническата спецификация на устройството.

Таблица 1. Техническа спецификация на сензора на Хол

Захранващо напрежение	8V - 24V DC
Консумация на ток	40mA
Обхват на измерване	10 - 9999 RPM/min
Опресняване на дисплея	1Hz
Размер на дисплея	0.56"
Точност на измерването	0.1%
Сензор	Сензор на Хол
Размери	79mm x 43mm x 26mm

На Фиг. 3 е представена блокова схема на реализираният експериментален макет.



Фиг.3. Блокова схема

Системата се състои от четири основни блока с различни функции:

Задаващият блок (ЗБ) служи за ръчно настройване на желаните обороти на двигателя. Чрез него операторът може да зададе необходимата скорост на въртене.

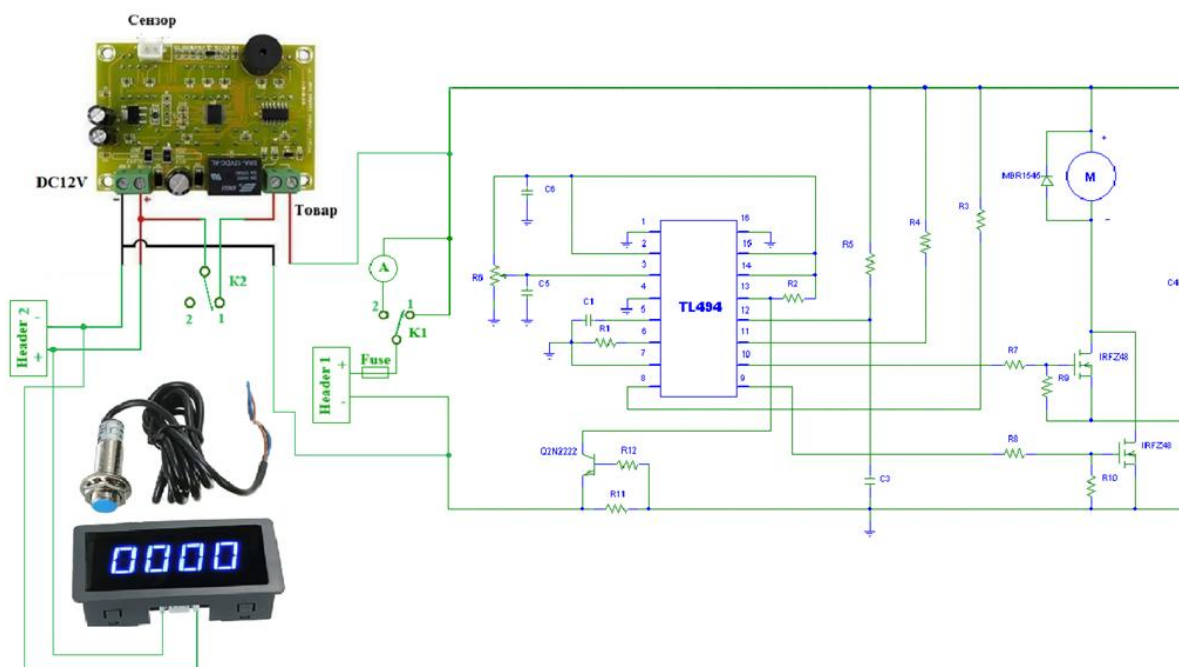
Драйверният блок (ДБ) отговаря за захранването на постояннотоковия електродвигател. Той е изграден с два

MOSFET транзистора, свързани паралелно, които осигуряват необходимата мощност за задвижване на мотора [1,2].

Регулаторният блок (РБ) представлява сърцето на управлението и е базиран на интегралната схема TL494, която е една от най-широко използваните и съвременни специализирани интегрални схеми, за широчинно импулсно модулиране (ШИМ). Тази схема е много популярна при проектиране на импулсни стабилизатори и регулатори, поради нейната надеждност и гъвкавост в управлението.

Сензорният блок (СБ) е изграден от магнитният сензор на Хол, следящ оборотите на постояннотоковия електродвигател и температурен сензор, който регулира режимите на работа на системата, чрез терморегулатор.

На фиг.4 е представена принципната електрическа схема на регулатор на обороти на постояннотоков електродвигател.



Фиг.4. Принципната електрическа схема

Самата електрическа схема функционира като регулатор за контрол на оборотите на постояннотоков двигател и предлага гъвкавост чрез няколко работни режима.

В автоматичен режим (когато и двата ключа K1 и K2 са настроени в позиция 1) системата работи самостоятелно въз основа на предварително зададени температурни параметри. При достигане на определени температурни стойности схемата автоматично се активира или деактивира, докато регулирането на оборотите на двигателя остава под ръчен контрол.

Превключването на ключ K2 в позиция 2 деактивира термоконтролната функция и превежда цялата система в режим на изцяло ръчно управление. В

този режим операторът може да наблюдава чрез амперметър тока, който се консумира от постояннотоковият двигател при различни нива на оборотите, определени от коефициента на запълване

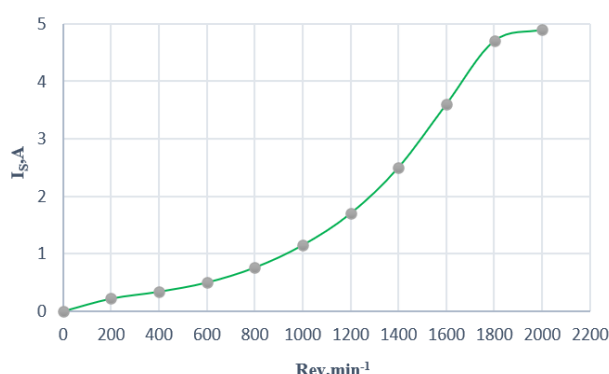
Обороти се отчитат от сензора на Хол, а показанията се появяват на четири сегментния дисплей.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

В таблица 2 са показани експерименталните резултати от проведеното изследване. От тях е заснета експерименталната зависимост, която показва зависимостта на оборотите на въртене на електродвигателя от консумирания ток. (фиг.5.).

Таблица 2. Експериментални изследвания

$t_i, \%$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
REV, min^{-1}	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
I_s, A	0,22	0,34	0,5	0,76	1,15	1,7	2,5	3,6	4,7	4,9



Фиг.5. Експериментална зависимост на оборотите от консумирания от електродвигателя ток при различен коефициент на запълване $I_s = f(\text{Rev}, \text{min}^{-1})$

Характеристиката показва нелинейна зависимост с няколко отличителни области:

Начална област (0-400 Rev, min^{-1}): Токът нараства много бавно и остава под 1А. Това е област на ниски обороти, където двигателят работи с минимално натоварване.

Преходна област (400-1200 Rev, min^{-1}):

Наблюдава се постепенно нарастване на тока от около 1А до 3А. Кривата започва да се изкривява в посока нагоре, показвайки нарастващо съпротивление или натоварване.

Област на рязко нарастване (1200-1600 Rev, min^{-1}):

Токът нараства драстично от 3А до около 5А. Това е критичната област, където се достигат ограниченията на системата. Максимална област (над 1600 Rev, min^{-1}): Кривата започва да се изравнява, като достига максимума от около 5А, което представлява границата на работните възможности на двигателя или защитните му параметри.

Тази характеристика е типична за постояннотокови двигатели, където при високи обороти се увеличава консумацията на ток поради нарастващото съпротивление и механичното натоварване.

От уравнение (1), може да се изчисли мощността на постояннотоковия електродвигател.

$$P = I_{s\max} \cdot U_s \quad (1)$$

$$P=4,9.12,5=61,25W \quad (2)$$

На фиг.6 е показана снимка на разработения макет за измерване на оборотите на постояннотоков електродвигател.



Фиг.6. Макет за измерване на оборотите на постояннотоков електродвигател.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното устройство работи с напрежение от 12,5V, което го прави съвместимо с много стандартни захранващи системи. То предоставя възможност за плавно управление на скоростта на електродвигателя, осигурявайки гъвкавост при работа.

Основното предимство на предложената принципна схема е нейната икономичност. Използват се евтини електронни компоненти, което прави цялостната конструкция достъпна. Освен това схемата се отличава с простота при изработката, което означава, че не са необходими сложни технологии или специализирано оборудване за нейното изпълнение.

Допълнително предимство е лесната настройка на устройството, което го прави подходящо за широк кръг потребители, включително и такива с ограничени познания в областта на електрониката. Тази комбинация от ниска цена,

простота на изработка и лесна настройка, правят схемата особено функционална за практическо приложение.

Докладът е във връзка с проект № НИП2025-3 на тема „Гама демонстрационни макети за фотофолтаични и ветрогенераторни електрически системи“ към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Драганов, Н. Сензори. Принципи, устройство, технологии, характеристики параметри приложения. Първа част. Издателство ЕКС-ПРЕС Габрово, 2014 ISBN 978-954-490-435-7
- [2] Владимиров П., Д. Спиров, С. Стойчев, М. Дочев. Електрораздвижване на шевна машина с Постояннотоков двигател. Национален комитет по теория на механизмите и машините, Книга 2 2010г. стр. 17-20 ISSN 0861-9727
- [3] Драганов, Н., А. Александров. Интелигентен сензор за измерване на магнитно поле. Научна публикация - статия в бълг. Списание, издателство Машиностроене и електротехника, 2012, № 4, 45-47.
- [4] Draganov, N., T. Angelova, D. Draganov. Electronic Module for 2D Positioner Manuel Control. Proceedings of papers ICEST-16, Ohrid, Macedonia, 28-30 Juny, 2016, ISBN 978-9989-786-89-1
- [5] Драганов, Н., А. Александров. Изследване на съвместната работа на елементите на Хол с ортогонална магниточувствителност. Сборник доклади научна конференция – ЕЛЕКТРОНИКА-08, 29-30 Май, София, 2008, ISSN 1313-3985, стр.158-163.

**ОБСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА
ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ПОЛЕТА И РАДИОЧЕСТОТНИ ИЗЛЪЧВАНИЯ В
ГРАДСКА СРЕДА****SURVEY AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC
FIELDS AND RADIO FREQUENCY EMISSIONS IN URBAN
ENVIRONMENTS****Emanuil Kipreos***Technical University of Gabrovo, Bulgaria***Abstract**

Electromagnetic fields and radio frequency emissions are an inevitable part of our modern lives and are widely used in communications and technology. Despite the existence of standards and regulations, scientific research and monitoring of their impact on human health continues. It is important to comply with regulations and exercise caution when using devices and technologies to ensure the safety and good health of people. The main objective of this report is to analyze and assess the impact of electromagnetic fields (EMF) and radio frequency emissions (RFE) in the urban environment through a survey and based on monitoring data.

Keywords: *electromagnetic field; radio frequency emission; monitoring; mobile communication, urban environment.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Електромагнитните полета и радиочестотните излъчвания са важна част от нашия съвременен свят, като играят роля в комуникациите, технологиите и различни аспекти на ежедневието ни живот [1-3].

Радиочестотните излъчвания се използват в различни технологии и приложения, като радио и телевизия, мобилни комуникации, безжични мрежи, сателитна комуникация и други [2].

За да се гарантира безопасното използване на радиочестотните излъчвания и съответствието с изискванията за електромагнитна съвместимост, различни страни имплементират законодателство и регулации, които установяват максимално допустимите нива на излагане и изисквания за радиочестотните съоръжения и радиокомуникационната инфраструктура [3-6].

Основната цел на настоящия доклад е да се направи анализ и оценка на въздействието на електромагнитните полета (ЕМП) и радиочестотните излъчвания (РЧИ) в градска среда за град Пловдив

чрез извършването на обследване и на база данни от периодичен мониторинг.

ИЗЛОЖЕНИЕ***А) Обща методология за обследване и мониторинг на електромагнитни полета и радиочестотни излъчвания в градска среда***

Общата методология задава базовите изисквания и включва следните етапи:

1. Идентификация на ключови източници и области:

Първата стъпка е да се идентифицират основните източници с висока плътност на електромагнитни полета и радиочестотни излъчвания в градската среда [1,7].

2. Определяне на параметрите за измерване:

Следва да се определят параметрите, които ще се измерват и оценяват: честотата на излъчване, интензитета на полето, времето и пространственото разпределение на излъчванията и други [2, 5].

3. Използване на професионални инструменти и оборудване:

За измерването на електромагнитните полета и радиочестотните излъчвания се използват специализирани инструменти и оборудване: спектрални анализатори, дозиметри, антенни измерватели и др. [2, 5, 6].

4. Определение на местата за измерване:

Методологията трябва да определи местата, където ще се извършват измерванията: обществени места, жилищни райони, работни места, образователни институции и други обекти в градската среда, с високо използване на безжични технологии [7].

5. Извършване на измервания:

Измерванията трябва да се извършват в съответствие с утвърдените протоколи и стандарти [5-9]: измерване на интензитета на полето в различни точки, мониторинг на времевото разпределение на излъчванията, провеждане на анализ на спектъра и други измервания.

6. Анализ на данните и оценка:

След събирането на данните от измерванията се извършва анализ и оценка на резултатите: сравнение със стандартните гранични стойности, които определят безопасните нива на излъчване [9, 10]. Оценката може да се базира и на сравнение с резултатите от предишни измервания или референтни стойности.

7. Информационно предаване и комуникация:

Резултатите от изследванията трябва да бъдат представени и комуникирани на обществото, заинтересованите страни и регулаторите [7]: публикуване на доклади, организиране на информационни кампании и др.

Методологията за обследване и мониторинг на електромагнитни полета и радиочестотни излъчвания в градската среда трябва да бъде изготвена съобразно националните и международните стандарти и регулации в областта на безопасността на електромагнитните полета и радиочестотните излъчвания [5, 8].

За да се получат надеждни и представителни измервания на ЕМП и РЧИ в

градска среда, е важно да се определят местата за измерване, да се определят протоколите за измерване, които да се следват, както и оборудването, което да се използва.

Б) Обследване и анализ на въздействието на ЕМП и РЧИ и оценка за съответствие с нормативните изисквания

Основен обект на обследване и анализ на въздействието на ЕМП и РЧИ в градска среда в този доклад е град Пловдив и опериращите на територията му базови приемо-предавателни станции в мрежите на телекомуникационните оператори.

Измерените нива на електромагнитни полета и радиочестотни излъчвания трябва да отговарят на съответните норми, дефинирани в набора от Европейски и национални препоръки и наредби [7-9].

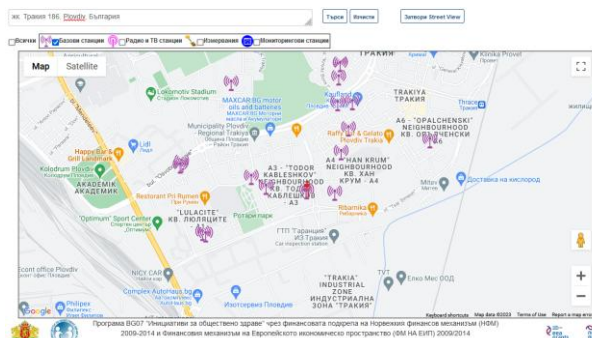
За целите на обследването е използван съществуващият съгласно чл. 36, ал. 3 от Закона за здравето и поддържан от РЗИ – Пловдив, *публичен регистър, на обектите с обществено предназначение* [11], част от които са обектите с източници на нейонизиращи лъчения.

Основната цел на обследването и анализа е установяване съответствието на нивата на електромагнитните полета, от обекти с обществено предназначение в Обл. Пловдив, с действащите норми и изисквания на Наредба № 9 от 1991 г., на Министерство на Здравеопазването [9].

Планът за работа по методологията за мониторинг на ЕМП и РЧИ включва следното:

1. Идентификация на ключовите източници на ЕМП и РЧИ в град Пловдив:

Основните обекти и източници на ЕМП и РЧИ в градската среда на гр. Пловдив, разположени на територия с голяма концентрация на население и жилищни сгради са базовите приемо-предавателни станции на телекомуникационните оператори. Локациите на базовите станции (БС) на мобилни оператори извлечена от публичния регистър, за които са направени измервания, са представени на фиг. 1.



а) БС № PD 2308А, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 186 вх. Б



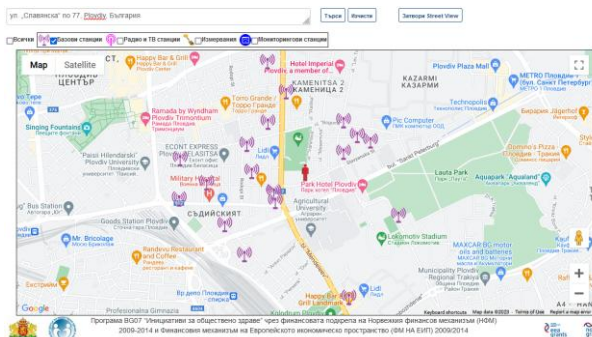
б) БС № PD 2339_A / Plovdiv 339, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 272 вх. Г



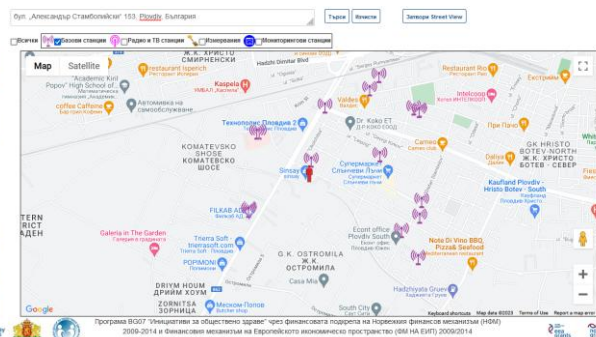
в) БС № 3076, монтирана върху покрива на 15-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 26



г) БС № PD 2067/ Plovdiv - Trakia, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 91 вх. Б



д) БС № PD 2063 C, монтирана върху покрива на 6-етажна сграда в гр. Пловдив, ул. "Славянска" № 77 бл. 4711



е) БС № PD 2066B/ Plovdiv 28, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, бул. "Александър Стамболийски" бл. 153 вх. Е

Фиг. 1. Локация на базови станции на мобилните оператори за които е осъществено обследване и са извършени измервания

2. Определяне на параметрите за измерване:

Измерва се плътността на енергийния поток (плътност на мощност или вектор на Пойтинг) - $S [\mu W/cm^2]$.

3. Измервателно оборудване и технически средства, с които са проведени измерванията:

За целите на обследването са използвани преносим уред за измерване на ЕМП - Wavecontrol SMP2 и Сонда WPF8 с работна честотна лента от 100 kHz до 8 GHz, показани съответно на фиг. 2 а) и б) [12, 13].

Wavecontrol SMP 2 е комбиниран уред за измерване на силата на електромагнитни полета с възможности за спектра-

лен анализ и измервания на широколен-
тови и статични полета.



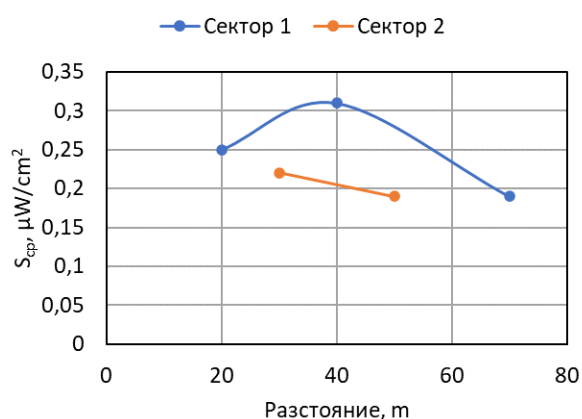
Фиг. 2. Wavecontrol SMP2 (а) и Сонда WPF8 (б) с работна честотна лента от 100 kHz до 8 GHz

4. Определяне на местата за измерване:

Обектите подлежащи на мониторинг са подбрани в две групи, според различни критерии:

- Първа група - разположени в близост до детски, учебни и лечебни заведения, които попадат или са разположени по границите на ХЗЗ;

- Втора група - 10% от всички обекти, източници на ЕМП, разположени на територия с голяма концентрация на население и жилищни сгради (или разположени в урбанизирани зони и територии, с по-продължително пребиваване на хора).



а) БС № PD 2308A, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 186 вх. Б

Измерванията са извършени в околната среда на носещата сграда, на различно отстояние от нея и разположени, по посока на излъчване на секторните антени;

Местата, където са извършени измерванията, са така подбрани, че да попадат в радиуса на хигиенно-защитната зона (ХЗЗ), като се отчитат най-високите измерени стойности на плътността на мощността на ЕМП.

5. Извършване на измерванията:

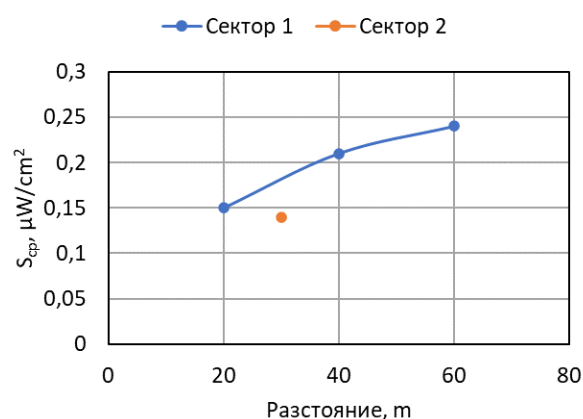
Измерванията са извършени в съответствие с представената методика, утвърдените протоколи и стандарти [6-9].

6. Резултат от извършените измервания:

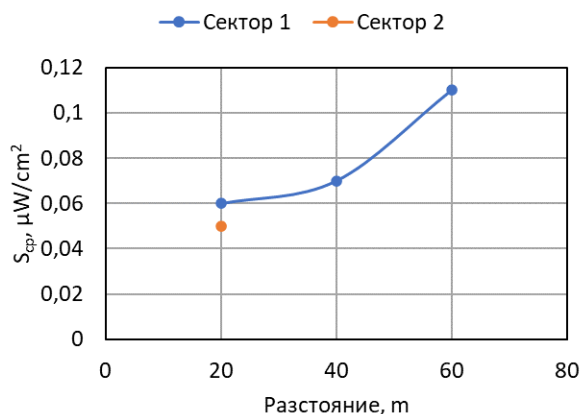
Резултатите от проведените измервания са обобщени и представени в графичен вид на фиг. 3.

При всички извършени измервания, не е установено превишаване на пределно допустимото ниво - $10 \mu W/cm^2$.

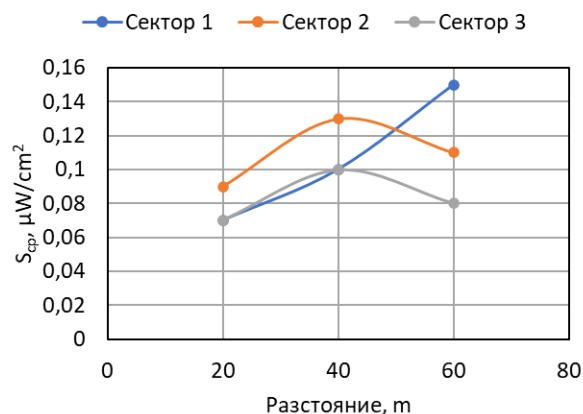
Получените резултати от измерването на радиочестотните излъчвания от разглежданите базови станции на мобилни оператори, разположени на територията на Област Пловдив, са в съответствие с действащите норми, определени в Наредба № 9/ 1991 г.



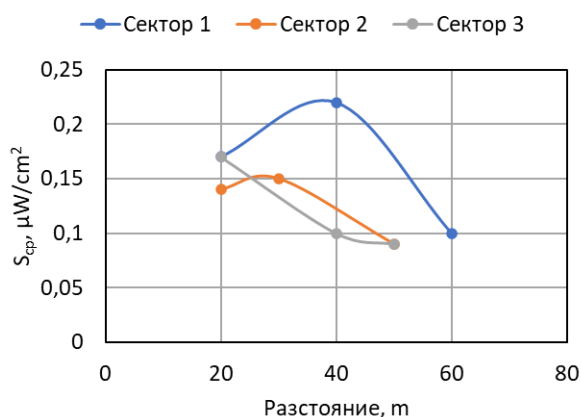
б) БС № PD 2339_A / Plovdiv 339, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 272 вх. Г



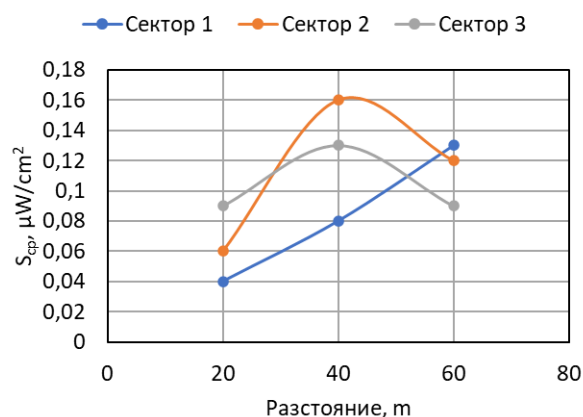
в) БС № 3076, монтирана върху покрива на 15-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 26



г) БС № PD 2067/ Plovdiv - Trakia, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, ж.к. "Тракия" бл. 91 вх. Б



д) БС № PD 2063 С, монтирана върху покрива на 6-етажна сграда в гр. Пловдив, ул. "Славянска" № 77 бл. 4711



е) БС № PD 2066B/ Plovdiv 28, монтирана върху покрива на 8-етажна сграда в гр. Пловдив, бул. "Александър Стамболийски" бл. 153 вх. Е

Фиг. 3. Резултати от измерената плътност на енергийния поток при обследване и оценка на радиочестотните излъчвания от мобилни оператори в градска среда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В този доклад беше представено обследване и анализ на въздействието на електромагнитни полета и радиочестотни излъчвания в части от градската среда на гр. Пловдив. Местата, където са извършени измерванията, са така подбрани, че да попадат в радиуса на хигиенно-защитната зона. Изследвани са нивата на излагане на радиочестотни излъчвания в различни области на града се оценени потенциалните въздействия върху общественото здраве и околната среда.

Изследването предоставя ценни данни и информация за нивата на експозиция на радиочестотни излъчвания в градска-

та среда на гр. Пловдив. Това може да бъде полезно за целите на мониторинга и управлението на потенциалните рискове, свързани с радиочестотните излъчвания.

В заключение, резултатите от проведеното обследване и анализ потвърждават, че въздействието на електромагнитните полета и радиочестотните излъчвания в градската среда на гр. Пловдив е в граници, определени от международните и национални стандарти за безопасност. Не се наблюдават отклонения от тези стандарти, което подкрепя сигурността и надеждността на съществуващите комуникационни системи и технологии. Все пак, е важно да се осъществява непре-

къснат мониторинг и контрол и да се следи технологичния напредък и новите източници на излъчване, за да се осигури безопасна и здравословна градска среда.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Съвременни методи и AI решения за защитено предаване на данни в широколентови комуникационни мрежи“, договор НИП 2025-14/2024 г. към УЦНИТ при ТУ – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tse D., Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge University Press, doi: 10.1017/CBO9780511807213 2005.
- [2] Panagopoulos D. (ed.), Electromagnetic Fields of Wireless Communications: Biological and Health Effects (1st ed.), CRC Press., 2022. doi: 10.1201/9781003201052.
- [3] Fazli M., A. Sayed, S. Maftunzada, The role of electromagnetic waves in modern communications. Academic Research in Educational Sciences, Vol. 5, Issue 7, Academic Research in Educational Sciences, ISSN: 2181-1385, 2024, pp. 80-89.
- [4] Pasarelska T., Analysis of radio frequency spectrum planning and allocation for the deployment of new modern broadband networks and technologies, Yearbook Telecommunications 2023, vol. 10, pp. 79-88 eISSN 2534-854X, DOI: doi: 10.33919/YTelecomm.23.10.8
- [5] "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz," in *IEEE Std C95.1-2019 (Revision of IEEE Std C95.1-2005/ Incorporates IEEE Std C95.1-2019/Cor 1-2019)*, vol., no., pp.1-312, 4 Oct. 2019, doi: 10.1109/IEEESTD.2019.8859679.
- [6] ITU Overview of the Radio Regulations <http://life.itu.int/radioclub/r/rfr.htm> (посетен на 02.04.2025 г.)
- [7] Комисия за регулиране на съобщенията. Публични регистри по Закона за електронните съобщения и Закона за пощенските услуги, <https://crc.bg/ords/f?p=723:HOME> (посетен на 03.04.2025 г.)
- [8] Комисия за регулиране на съобщенията. Технически изисквания за работа на мобилни наземни мрежи и съоръженията, свързани с тях.
- [9] Министерство на Здравеопазването. Наредба № 9 от 14 март 1991 г. за пределно допустими нива на електромагнитни полета в населени територии и определяне на хигиенно-защитни зони около излъчващи обекти.
- [10] Пасарелска Т., Р. Пасарелски Ключовият момент в генезиса на мобилните клетъчни системи. Контрол на радиовръзките в универсалните мобилни клетъчни системи. Годишник Телекомуникации 2022, том 9, стр. 69-77, eISSN 2534-854X, doi: 10.33919/YTelecomm.22.9.7
- [11] Министерство на здравеопазването. Информационна система за източниците на ЕМП (електромагнитни полета). Публичен регистър, на обектите с обществено предназначение, <https://public-emp.ncpha.government.bg/Geolocation/ViewBaseStationsOnMap.aspx> (посетен на 05.04.2025)
- [12] Wavecontrol. Field Strength Meter: SMP2 – Data sheet. <https://www.wavecontrol.com/rfsafety/en/products/emf-meter-smp2> (посетен на 12.11.2024 г.)
- [13] Wavecontrol. Field Probe 100 kHz – 8 GHz: WPF8 – Data sheet. <https://www.wavecontrol.com/emf-products/field-probes/field-probes-wpf8> (посетен на 12.11.2024 г.)

СЪЗДАВАНЕ НА ДИЗАЙН И КОНЦЕПЦИЯ ЗА РЕКЛАМНО ПАНО НА ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ - ЛОВЕЧ

CREATION OF A DESIGN AND CONCEPT FOR AN ADVERTISING BILLBOARD FOR THE TECHNICAL COLLEGE - LOVECH

Desislava Neycheva

Technical university of Gabrovo

Technical collage of Lovech

Abstract

In the modern world, advertising plays a key role in promoting educational institutions. The goal of this project is to develop a conceptual concept for an advertising billboard for a Technical College that will attract the attention of potential students, partners and the public.

The project will highlight the main advantages of the college through visual impact, easy recognition and key information.

Keywords: design, billboard, computer graphics, Photoshop, Corel draw.

ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременния свят рекламата играе ключова роля за популяризирането на образователни институции. Целта на настоящия проект е да се разработи идейна концепция за рекламno пано на Технически колеж, което да привлече вниманието на потенциални студенти, партньори и обществеността. Проектът ще подчертае основните предимства на колежа чрез визуално въздействие, лесна разпознаваемост и ключова информация.

Рекламата е промоционална дейност, която има за цел да продаде продукт или услуга на целевата аудитория. Тя е една от най-старите форми на маркетинг, която се опитва да повлияе на действията на целевата аудитория, за да купи, продаде или направи нещо конкретно. Използвайки силно персонализирано послание, рекламата може да бъде нишова / насочена към малка аудитория/ или обща / насочена към голяма аудитория/

Рекламата е много по-стара от повечето други маркетингови дейности, като например имейл маркетинга и маркетинга в търсачките. Откакто интернет се превърна в норма, рекламата е разделена

на две области: традиционна реклама и цифрова реклама.

Традиционната реклама се отнася до печатната, телевизионната и радиорекламата, която е популярна повече от 150 години.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Успешният бизнес и устойчивото развитие на всяка организация са немислими без ясното разбиране на това кой е техният краен потребител, тоест тяхната целева аудитория. Тези, които умеят точно да идентифицират своята аудитория и да насочат усилията си за привличането ѝ, имат по-голям шанс за успех в съвременната конкурентна среда. Това важи с особена сила за образователни институции като Технически колеж – Ловеч, чиято мисия е да подготвя кадри, отговарящи на нуждите на пазара на труда.

Проектът "Създаване на дизайн и концепция за рекламno пано на Технически колеж" е създаден с цел да предостави визуална идентичност и уникалност на Технически колеж в този сектор. Основната цел на проекта е създаването на ефективен дизайн за рекламno

пано, който да популяризира Техническият колеж и да подчертае неговите предимства. Паното ще бъде ключов инструмент за комуникация с целевите аудитории, включително бъдещи студенти, родители и бизнес партньори. Проектът следва три основни цели:

Създаване на привлекателна визуална концепция, която отразява съвременната идентичност на колежа.

Изграждане на съдържание, което е ясно, кратко и ориентирано към целевата аудитория.

Улесняване на достъпа до информация чрез QR код и контактни данни.

Следвайки анализа на целевата аудитория и конкурентния преглед, концепцията за паното акцентира върху модерната учебна база, практическата подготовка и възможностите за професионална реализация. Визуалната част ще включва технологични елементи и вдъхновяващия слоган: „Инженери на утрешния ден!“.

Дизайнът на рекламното пано ще следва принципите на визуалната привлекателност, яснота и консистентност. Паното ще бъде разделено на три основни зони:

Горна част (10% от паното):

Логото на Техническият колеж, разположено вляво или централно.

Слоганът „Инженери на утрешния ден!“ в лесно четим шрифт и подчертан с контрастен цвят.

Средна част (70% от паното):

Основна снимка на ръце на човек и робот, в далечен план сгради и небе.

Графични елементи като зъбни козла, човешки мозък, сгради, облаци, изображения, които подсилват темата за технологии.

Долна част (20% от паното):

Предимства на колежа, представени чрез икони и кратък текст.

QR код за директен достъп до уебсайта.

Контактна информация: адрес, телефон и имейл.

Шрифт:

Използването на модерен и лесно четим шрифт ще улесни възприемането на посланието. Изчистените линии и съвременният дизайн ще подсилат визията за иновативност.

Цветова палитра:

Синьо: Символизира стабилност, технологии и иновации.

Бяло: Създава усещане за чистота и професионализъм.

Кафяво: Предава енергия и прогрес, стабилност, надеждност и сигурност. Създава чувство за пълнота, професионален растеж и бизнес продуктивност.

Черно: Внушава усещане за качество и престиж.

ЕТАПИ НА СЪЗДАВАНЕ НА ДИЗАЙН НА РЕКЛАМНО ПАНО НА ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ-ЛОВЕЧ

Процесът на изработка на пано с помощта на програмата **Adobe Photoshop** и с **Adobe Illustrator** започва със създаването на уникален дизайн, който включва различни елементи и личен почерк. Създаденото пано съдържа различни картини и изписани елементи и мотиви. **Adobe Photoshop** е професионална комерсиална програма за обработка на растерна графика от софтуерната компания **Adobe**. **Photoshop** позволява интерактивна редакция на сканирани и цифрово заснети графични материали в реално време чрез набор от инструменти. **Adobe Illustrator** е мощен инструмент за векторна графика, който позволява на дизайнерите да се създават сложни и детайлни изображения, които могат лесно да бъдат мащабирани без загуба на качество. Първата стъпка в процеса на изработка на паното е събирането на идеи и вдъхновение

АНАЛИЗ НА БРАНДА

Концепцията е най-важният елемент – тя е тази, която авторът споделя и заради която целевата аудитория ще дойде. Концепцията е същността на изкуството. Тя е част от вътрешния свят на автора и от емоцията на аудиторията. Ето

защо трябва да сме наясно каква част от нея най-пълно кореспондира с нагласите и стремежите на аудиторията. Така ще можем да покажем публично най-точното послание.

Процесът на изработка започва с ясното дефиниране на концепцията и идеята, която ще бъде представена чрез дизайна. Основната концепция е създаването на ефективен дизайн за рекламното пано, който да популяризира Техническият колеж и да подчертае неговите предимства. Тази концепция трябва да бъде визуално представена по начин, който да подчертае индивидуалността и уникалния стил на твореца. За създаването на паното е необходимо да се разбере същността на бранда и неговата целева аудитория. Логото трябва да бъде привлекателно за целевата аудитория, която включва бъдещи студенти, родители и бизнес партньори, а рекламното пано да придава усещане на уникалност, креативност и внимание към детайлите.

Някои изображения могат да съдържат само пиксели, докато други могат да съдържат смес от пиксели и вектори. Няколко формати на файлове също използват техники за компресиране, за да намалят размера на изображението, а някои опции за компресия умишлено изхвърлят данните, за да намалят размера на файла. За да се запазят всички функции на Adobe Photoshop, включително ефекти, маски и слоеве, се използва файловият формат на Photoshop (PSD).

ОПИСАНИЕ НА КЛЮЧОВИ ЕЛЕМЕНТИ

Лого и слоган: Слоган е запомняща се сентенция, фраза или мото и представлява водещ мотив в политическа, търговска, рекламна или друга целенасочена кампания. Обикновено това е кратък текст с иносказание, чрез който се създава връзка между казаното и целта на кампанията. Подобно е на логото, но в писмен вариант и често то е подсилващ

елемент към него и придава живост и емоционална нотка към бранда.

Слоганът (фирменият лозунг) представлява постоянно използван девиз. Думата произлиза от галската *sluagh-gharim*, която в древността е означавала „войнствен призив за бой“. **Това е призив за някакво действие!** Понякога те са избрани от хубаво заглавие, но поради честото им повтаряне се превръщат в призив.

Основната цел на слогана е да осигури приемственост на цяла серия реклами и да придаде стратегия на рекламното съобщение или да предизвика положително отношение сред аудиторията.

Много често слоганът осигурява разпознаване на марката, например *Coca Cola* не е сменяла слогана си с години. Поради тези причини добрият слоган трябва да отговаря на следните принципи:

- да бъде кратък и да се помни;
- да се съчетава с стила на сайта и фирмата;
- да има емоционална украса;
- да е насочен към подходяща аудитория;
- да е недвусмислен;

Почти винаги слогана съпровожда някакво лого.

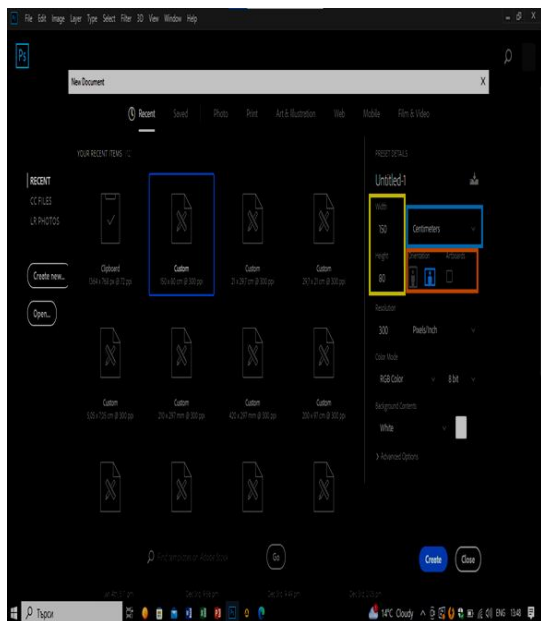
Логото (фирменият знак) е оригинално изображение на фирмения бранд и според психолозите в текстовите реклами трябва да се разполага в долния десен ъгъл. По-добре се запомня това, което се намира в края. В Интернет поради бързата посетители е точно обратно и логото обикновено се разполага в хедъра на сайта.

Централни елементи, които подчертават идентичността на Техническият колеж и създават първоначално впечатление.

За създаване на табелата се използва програмата **Adobe Photoshop**

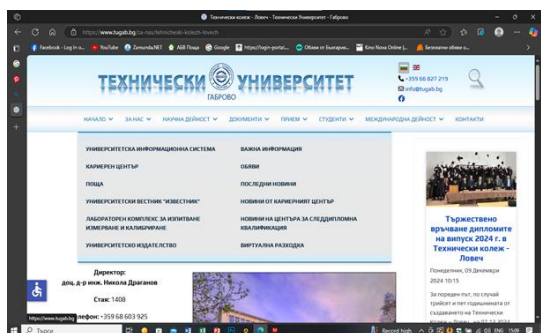
Второто най-важно нещо е размера на табелата, каква трябва да бъде самата табела, хоризонтална или вер-

тикална и използване на мерни единици. Задаване на всички параметри.



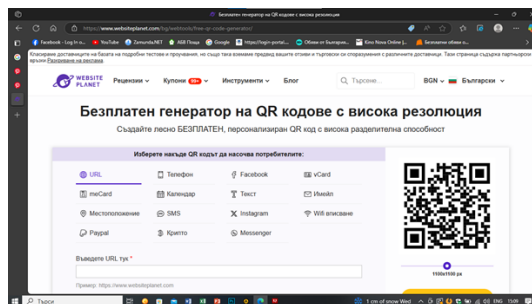
Фиг. 1. Размери на рекламното пано

Събиране на нужната информация за създаването на рекламната табела - за целта използвах сайта на Технически Колеж – Ловеч.



Фиг. 2. Страница на ТК- Ловеч

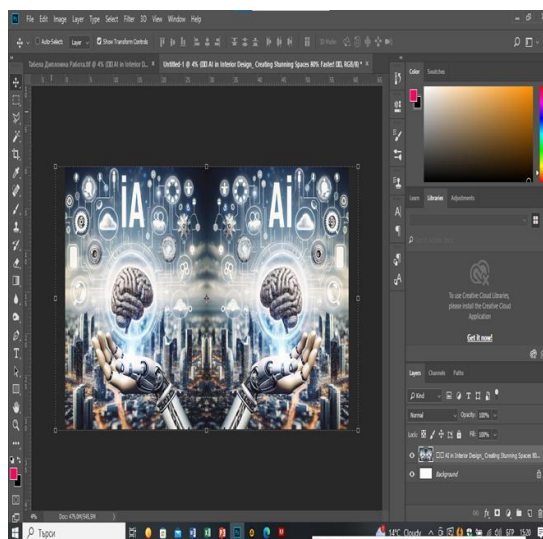
За създаването на самия QR код използвах www.websiteplanet.com.



Фиг. 3. QR код

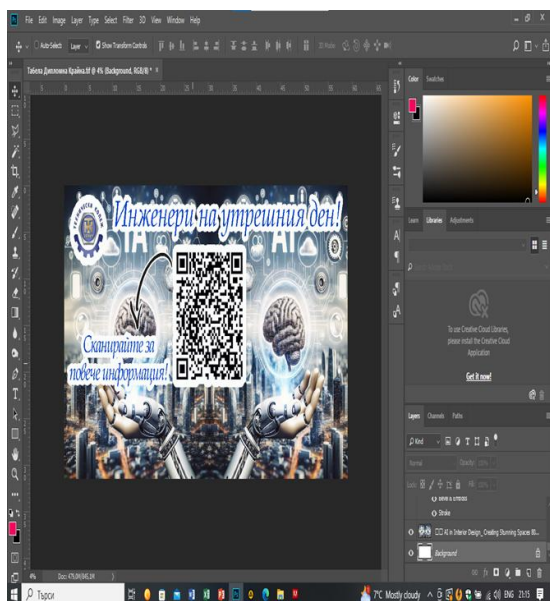
След събирането на цялата нужна информация започваме самата изработка на рекламното пано.

Първо - поставяме фона който сме избрали.



Фиг. 3. Първи етап

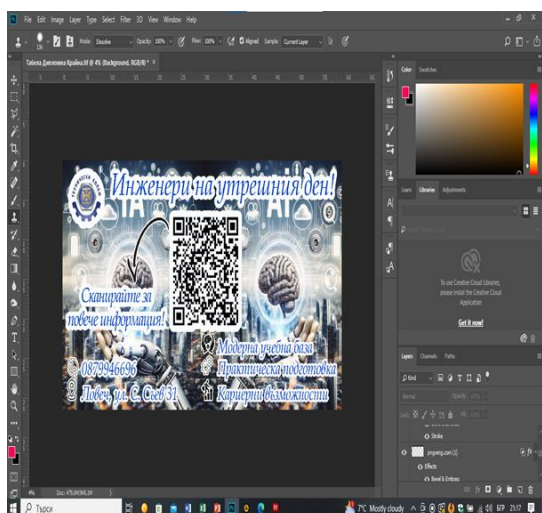
Второ - разполагаме информацията, която искаме да покажем и да остане в човешката памет, като я правим по – голяма и по – четлива.



Фиг. 4. Втори етап

Трето - добавяме всичко друго, което сме решили да има като информация.

Четвърто - оформяме самата табела, която трябва да е четлива и изглеждаща добре.



Фиг. 5. Трети и четвърти етап

Аз предпочетох слогана „Инженери на утрешния ден“ и самия QR код, тъй като живеем в свят, където всеки използва своя мобилен телефон и почти никой не обръща внимание на дигиталните, тъй като те трябва да се

четат, а е много по – лесно да се провери през самия телефон.

Табелата има завършен вид



Фиг. 6. Последен етап

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рекламното панно е добър начин за първоначална визуализация на идеите и концепциите. То позволява бързо и лесно да се проучат различни варианти, преди да се премине към дигитализация. Ключовите елементи са добре подбрани и изразяват основната идея на логото. Дигитализацията на логото позволява по-голяма прецизност и гъвкавост при по-нататъшното му използване и модификация, рекламния текст е кратък и прецизен, привличайки вниманието на читателя за секунди. Впоследствие акцентира върху основните предимства на даден продукт или услуга. Той използва убедителен език, за да подтикне към желано действие. Тези действия могат да включват посещение на уебсайт. Прехвърлянето на паното в дигитален формат и използването на софтуер за векторна графика за по-прецизно и мащабируемо изображение. Векторните форми осигуряват висококачествено изображение, което може да бъде използвано в различни размери и приложения без загуба на

качество. Цветовата палитра е жизнена и динамична, което подчертава креативността и енергията на паното, а синия цвят се използва, за да се осигури контраст и четливост. Подходящата типография допълва визуалната идентичност на логото и подчертава основните му послания. Изборът на шрифтове, които отразяват личния характер на марката. Процесът на създаване на рекламното пано премина през няколко ключови етапа, включващи подготовка, концептуализация, дигитализация, добавяне на цветове, и финализиране. Всеки етап беше внимателно изпълнен, за да се осигури максимално качество и ефективност на крайния продукт. Логото успешно предава посланието за Техническият колеж с използването на живи цветове и прецизни векторни форми. Важно е да се уверим, че логото изглежда добре както на малки, така и на големи формати. Получаването на мнение от целевата аудитория може да помогне за финални корекции и оптимизации. макар че текуща-

та палитра е ярка и привличаща внимание, може да се изследват и други цветови комбинации, които да подчертаят различни аспекти на марката.

Докладът е разработен по договор № НИП2025-3 за провеждане на научни изследвания към ТУ-Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Belch, G. E., & Belch, M. A. (2020). Advertising and Promotion: An Integrated Marketing Communications Perspective. McGraw-Hill Education.
- [2] Drucker, P. F. (1974). Management: Tasks, Responsibilities, Practices. Harper & Row.
- [3] Adobe Illustrator Tutorials - официалния сайт на Adobe предлага разнообразие от уроци и насоки за работа с векторни графики и дизайн: Adobe Illustrator Tutorials
- [4] Zander, M. F. (2006). Music and Advertising: Effects of Tempo and Tonality. Psychology of Music.
- [5] <https://www.tugab.bg/zanas/tehnicheski-kolezh-lovech>

**РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕСТОВЕ ЗА ПРОВЕРКА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА
СВЪРЗАНОСТ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО НА СЕНЗОРИ, БАЗИРАНИ НА
ИНТЕГРАЛНИ СХЕМИ-ПЪРВА ЧАСТ****DEVELOPMENT OF ELECTRICAL CONNECTIVITY VERIFICATION
TESTS IN THE DESIGN OF INTEGRATED CIRCUIT-BASED SENSORS
PART 1****Kostadin Zikatanov***Technical university of Gabrovo,***Georgi Mihalev***Technical university of Gabrovo***Hristina Stoycheva***Technical university of Gabrovo***Abstract**

This paper presents the development of automated tests aimed at verifying electrical connections and device parameters during the design of integrated circuits (ICs), with a focus on LVS (Layout vs Schematic) verification within the Cadence design environment. The primary goal of this work is to create a robust suite of tests to validate the physical implementation of ICs in CMOS technology, ensuring that the physical layout of the chip accurately corresponds to its logical design. The tests are designed to automate the verification of critical elements, such as connections, devices, MOS transistors, resistors, and the detection of short circuits. By applying these tests, the reliability and performance of the ICs are significantly enhanced, reducing the likelihood of defects in mass production. The analyzed results from the verification process demonstrate the importance of automated checks in improving the quality and efficiency of IC development, ensuring alignment between the logical design and physical layout, while minimizing errors during the manufacturing phase.

Keywords: LVS verification, CMOS technology, integrated circuits, automated tests, Cadence, electrical connections, short circuits, MOS transistors.

ВЪВЕДЕНИЕ

Проектирането на интегрални схеми (ИС) е сложен и многоетапен процес, изискващ висока прецизност. Ключов елемент е точното съответствие между логическата схема и физическото оформление (layout). Дори минимални отклонения между двете могат да доведат до функционални грешки и производствени дефекти, които често се откриват твърде късно [1]. Това води до финансови загуби и забавя пазарната реализация, особено при съвременните CMOS технологии с висока плътност и сложност [2].

Проблемът е особено значим при интегрални сензори, използвани в индустриалната автоматизация, медицинската техника, автомобилостроенето и потребителската електроника. Тези системи обединяват аналогови, цифрови и MEMS компоненти, изискващи висока точност

на електрическите връзки в рамките на целия чип. Дори малки несъответствия могат да нарушат работата на сензора [3].

LVS (Layout vs. Schematic) проверката е утвърден метод за верификация, който сравнява електрическите връзки в схемата и layout-а. Тя автоматично открива критични грешки като къси съединения, липсващи връзки, неправилно свързани компоненти и структурни отклонения [4]. Това е особено важно при сензори за измерване на температура, налягане, газове или движение. Докато в миналото тези проверки са били ръчни и бавни, съвременни инструменти като Cadence Virtuoso предлагат висока автоматизация и точност [4]. Това улеснява интеграцията на сензори с аналогови и цифрови блокове като АЦП/ЦАП, интерфейси и логика за обработка на сигнали.

Настоящата разработка цели създаването на специализирани LVS тестове за автоматична проверка на електрическите връзки в CMOS-базирани сензорни ИС. Реализирани в среда Cadence, тези тестове ще гарантират коректност на връзките, намаляване на производствените дефекти и повишена надеждност. Целта е не само оптимизация на верификационния процес, но и подобряване на качеството и дълготрайността на сензорните продукти в съвременни интелигентни системи [6].

ИЗЛОЖЕНИЕ

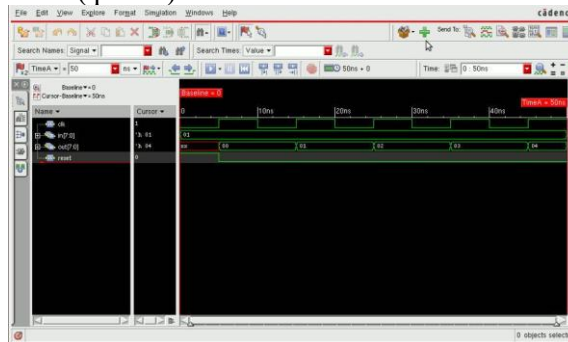
Разработването на автоматизирани тестове за сравнение между топология (layout) и логическа схема (schematic) – известни като **LVS (Layout versus Schematic) проверки** – е критичен етап в съвременното проектиране на интегрални схеми. Целта на тези проверки е да се гарантира, че физическата реализация на схемата, получена след layout синтез, **отговаря на логическото ѝ описание**, дефинирано чрез нетлист или йерархична схема. Като част от физическата верификация наред с DRC (Design Rule Check) и ERC (Electrical Rule Check), LVS проверките откриват разминавания, които могат да доведат до дефектни чипове и скъпо повторно производство.

Автоматизацията на LVS процеса позволява ефективно и мащабируемо откриване на грешки дори в схеми с милиони елементи. Това намалява нуждата от ръчен анализ, повишава точността и осигурява високо качество на крайните продукти.

Cadence Design Systems предлага интегрирани EDA решения, обхващащи целия цикъл на проектиране – от логическа симулация до физическа верификация и tape-out. Основният дизайн интерфейс – **Design Framework II (DFII)** – предоставя унифицирана среда за schematic capture, layout редактиране, LVS/DRC верификация, параметрична симулация и управление на йерархични

структури и технологични правила.

Инструментите **Assura LVS**, **PVS** и **Virtuoso Layout Suite** осигуряват автоматизирана проверка на съответствие между layout и schematic, включително сравнение на транзисторни параметри, мрежи (netlists) и пълнота на компонентите (фиг. 1)



Фиг. 1. Примерен изглед от Design Framework II (DFII)

Средата Design Framework II предоставя инструменти за визуализация и анализ на схемната топология, позволявайки ранно откриване на проблеми още в началните етапи на проектиране. LVS проверката, автоматично сравнява логическата схема с физическата топология и валидира електрическите връзки и устройства. Тази проверка е критична за избягване на функционални дефекти.

Разработка на конфигурационни файлове за LVS тестове

За успешното изпълнение на автоматизирана LVS верификация е необходимо създаването на конфигурационни файлове, които дефинират правилата, алгоритмите и параметрите за проверка. Тези файлове са от съществено значение за точността и ефективността на процеса, тъй като ръководят начина, по който се извличат устройствата и връзките от физическата топология.

Конфигурационен файл за LVS: cmos28lp.lvs.cal

Файлът cmos28lp.lvs.cal съдържа основните правила за съпоставяне на логическата схема с физическото оформление на чипа. Той извлича електрическа мрежа от layout, като идентифицира активни устройства (MOS транзистори, резистори, кондензатори) и проверява

тяхната свързаност и параметри спрямо schematic представянето.

Конфигурационният файл съдържа:

- Правила за разпознаване на устройства чрез специфични слоеве (poly, diffusion, metal и др.),
- Условия за измерване на геометрични параметри (ширина, дължина),

- Допустими отклонения за параметри (толеранси),
- Метод за съпоставяне на мрежи и йерархични клетки.

Например, файлът включва правила за проверка на връзките между транзисторите, резисторите и другите устройства.

```
// Include the necessary configuration and RULE files for LVS:  
INCLUDE $TECHDIR/LVS_Diplomna_Rabota/Include/cmos28_config.lvs.cal  
INCLUDE $TECHDIR/LVS_Diplomna_Rabota/Include/cmos28_LAYER_s_gds.lvs.cal  
INCLUDE $TECHDIR/LVS_Diplomna_Rabota/Include/cmos28_DEVICES.lvs.cal
```

Основната цел на този файл е да осигури, че всички компоненти са правилно свързани и техните електрически характеристики съответстват на проектните спецификации. При откриване на несъответствия, LVS инструментът автоматично генерира подробен отчет с описание на грешките и указания за необходимите корекции.

Файл за дефиниране на слоевете: cmos28_LAYERS_gds.lvs.cal

В CMOS технологиите всяка интегрална схема се реализира, чрез множество последователно наслагвани физически слоеве, като всеки от тях изпълнява конкретна функция – проводяща, изолационна, активна или бариерна. Тези слоеве включват:

- **Метални слоеве (Metal1, Metal2, ...)** – за реализиране на междуверижни връзки;
- **Полисилиций** – за изграждане на управляващи електроди (гейтове);
- **Диелектрични слоеве** – за изолация между метални нива;
- **Контакти и виас** – за вертикални връзки между нива;
- **Активни области (Active, NWell, PWell)** – за транзисторни структури.

Файлът cmos28_LAYERS_gds.lvs.cal играе ключова роля в процеса на LVS верификация, тъй като съдържа **описания и съответствия между логическите слоеве (layer names)**, използвани в CAD средата, и **реалните GDSII layer/datatype номера**, използвани при layout импортиране и екстракция.

Основни функции на файла:

1. **Слой-номер на корелация (layer mapping)** Файлът дефинира кои GDS слоеве съответстват на логическите слоеве в layout-базата. Например:

```
LAYER METAL1 DRAWN 45 0  
LAYER POLY DRAWN 32 0
```

Това позволява инструментът да разпознае, че GDS layer 45 с datatype 0 представлява метален слой 1.

2. **Контрол върху геометрични обекти.** Определя какви обекти се очакват на даден слой (напр. полигони, пътища), което е критично за извличането на електрически мрежи и устройства.
3. **Извеждане на derived слоеве.** Възможно е дефиниране на **derived layers** чрез булеви операции между физически слоеве – например, ACTIVE AND N-WELL → NMOS.
4. **Валидация на разположението на слоевете.** Чрез използване на този файл, LVS инструментът проверява дали слоевете са поставени правилно и съобразно с проектните правила. Това предотвратява ситуации като:
 - Припокриване на несъвместими слоеве → къси съединения;
 - Липсващи контакти между метали;
 - Неправилно дефинирани области на транзистори.
5. **Поддържане на технологични правила.** Файлът често се предоставя от PDK (Process Design Kit) на съ-

ответния foundry и е съобразен с физическата реализация на даден технологичен процес (напр. 28nm CMOS).

Примерна секция от
cmos28_LAYERS_gds.lvs.cal:

```
/** BEGIN - GDSII LAYER Map RULE s for LVS
LAYER M1_orig 1579 // Metal 1 LAYER (M1)
LAYER MAP 15 DATATYPE == 0 1579 // Metal 1, LAYER number 15 in GDS, datatype 0
LAYER M2_orig 1580 // Metal 2 LAYER (M2)
LAYER MAP 16 DATATYPE == 0 1580 // Metal 2 (M2), LAYER number 16
LAYER VIA1 1371 // Via between Metal 1 and Metal 2 (Vial)
LAYER MAP 13 DATATYPE == 0 1371 // Vial, LAYER number 13, used to CONNECT Metal 1
and Metal 2
LAYER CA_orig 1171 // CONTACT LAYER (CA)
LAYER MAP 14 DATATYPE == 0 1171 // CONTACT LAYER (CA), LAYER number 14
```

Файлт за дефиниране на слоевете е неразделна част от LVS потока, тъй като без него екстракцията на layout-а би била невалидна или непълна. В случай на неправилно тар-ване на слоевете, LVS сравненията ще дадат **фалшиви несъответствия**, въпреки че схемата може да е проектирана коректно.

• **Файл за проверки на устройствата (cmos28_DEVICEs.lvs.cal)**

Файлт cmos28_DEVICEs.lvs.cal съдържа правилата за проверка на основните елементи в схемата, като транзистори, резистори и кондензатори. Основната цел на този файл е да гарантира, че

всички устройства са коректно реализирани по отношение на своите **физически и електрически параметри**.

Например, файлът извършва проверки дали транзисторите имат правилна **дължина и ширина на канала**, както и дали всички електрически връзки към тях са правилно дефинирани и свързани. По аналогичен начин се проверяват и пасивните компоненти – резистори и кондензатори – за съответствие с техните **логически спецификации и физическа реализация**. При откриване на несъответствия, тестовите автоматично предоставят детайлна информация за корекция.

Ето и един пример за описание на устройство в конфигурационния файл:

```
DEVICE NMOS { // Определение на NMOS транзистор
// Разпознаване на транзистора чрез слоеве: N+ дифузия и полисилиций
RECOGNIZE NPLUS DIFF POLY;
PARAMETER WMIN 0.12; // Минимална ширина на канала (120 nm)
PARAMETER WMAX 10.0; // Максимална ширина на канала
PARAMETER LMIN 0.05; // Минимална дължина на канала (50 nm)
PARAMETER LMAX 2.0; // Максимална дължина на канала
CONNECT GATE POLY; // GATE е свързан към слоя POLY
CONNECT DRAIN DIFF; // DRAIN е свързан към DIFF слой
CONNECT LAYOUT NPLUS; // LAYOUT is connected to the N+ DIFFUSION
};
DEVICE PMOS// PMOS транзистор – описанието следва същия формат
```

Основни проверки и алгоритми, използвани в LVS тестовите

След създаването на конфигурационните файлове, автоматизираните **Layout Versus Schematic (LVS)** тестове извършват серия от проверки, които потвърждават съответствието между **логическата схема (netlist)** и **физическата реализация (layout)** на интегралната схема.

Тези проверки включват:

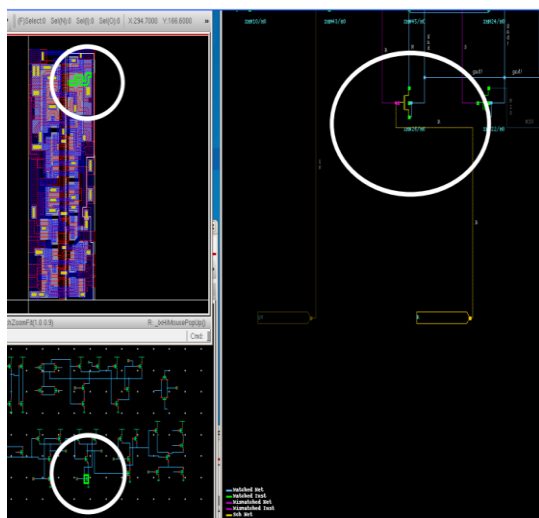
- Разпознаване на всички активни и пасивни устройства в топологията;
- Проверка на геометричните параметри на устройствата;
- Съпоставяне на електрическите връзки между компонентите;
- Засичане на несъответствия (missing/mismatched devices, floating nodes и др.).

Тези тестове са от критично значение за **гарантиране на коректната работа**

на чипа и за **предотвратяване на производствени дефекти**, които могат да възникнат в резултат на грешки при проектирането, симулацията или изработката на схемата.

Проверка на MOS транзистори

MOS транзисторите са основни активни елементи в CMOS технологията, като тяхната правилна реализация е от критично значение за надеждната работа на интегралната схема.



Фиг. 2. Автоматично разпознат MOS в схемата и лейаута

LVS тестовите (Layout Versus Schematic) автоматично проверяват дали:

- всички транзистори, описани в логическата схема, присъстват във физическата топология (layout);
- те са правилно свързани – включително входният (Gate), изходните (Source и Drain) изводи;
- физическите им параметри – дължина (L) и ширина (W) на канала – съответстват на зададените в netlist стойности.

Нарушения в тези параметри могат да доведат до сериозни отклонения в работата на схемата. Например, транзистор с по-малка дължина на канала може да превключва по-бързо, но с увеличени leakage токове и нестабилно поведение.

```
// LVS правило за разпознаване на различни видове MOS транзистори
@RULE LVS_MOS_RECOGNITION {
// Определяне на транзисторите според дебелината на оксидния слой и напрежението
DEVICE MOSFET HIGH_SPEED_MOS {
    OXIDE_THICKNESS <= 2nm
    VTHRESHOLD <= 1.2V
    LAYOUT_LAYER "MOS_HS_LAYER"
}
.....
// Проверка за съответствие между транзисторите в schematic и layout
COMPARE DEVICE HIGH_SPEED_MOS {
    COMPARE PARAMETERS (OXIDE_THICKNESS, VTHRESHOLD)
    REPORT ERROR "High-speed MOS mismatch: Schematic and Layout values differ"
}
. . . . .
// Проверка дали транзисторите са правилно разпределени по слоеве в layout
CHECK MOS_LAYER_MATCHING {
    LAYOUT_LAYER MOS_HS_LAYER MATCHES DEVICE HIGH_SPEED_MOS
    LAYOUT_LAYER MOS_LL_LAYER MATCHES DEVICE LOW_LEAKAGE_MOS
    LAYOUT_LAYER MOS_HV_LAYER MATCHES DEVICE HIGH_VOLTAGE_MOS
    REPORT ERROR "Mismatch in MOS layer assignment in Layout"
}}
}
```

При наличие на несъответствия, LVS инструментът генерира отчет с подробности за грешките, което дава възможност на проектантите да извършат нав-

ременни корекции преди производството.

Проверка на резистори и кондензатори

Резисторите играят ключова роля в

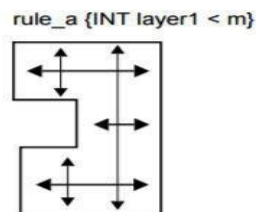
интегралните схеми, тъй като регулират електрическия ток и осигуряват правилната работа на различни функционални блокове. **LVS тестовите** (Layout Versus Schematic) проверяват дали:

- всеки резистор присъства в логическата схема и във физическото оформление;
- физическите параметри на резистора – като дължина, ширина и форма – съответстват на очакваните стойности;
- връзките към резистора са правилно реализирани.

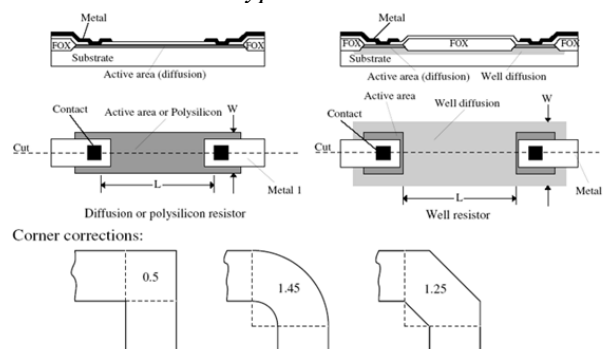
Дори незначителни отклонения в геометрията на резистора могат да доведат до съществени промени в неговото съпротивление, което от своя страна може да повлияе негативно върху цялостната работа на схемата. LVS тестовите използват алгоритми за сравнителен анализ между физическото оформление и логическата схема (netlist). При откриване на несъответствия, автоматично се генерира доклад с описанието на грешките и необходимите корекции.

```
// Разпознаване на резистори
DEVICE RESISTOR{
// Резисторът се разпознава между Metal1 и Metal2
    RECOGNIZE METAL1 METAL2;
// Стойност на съпротивлението: 100 ома
    PARAMETER RESISTANCE 100;
};
// Разпознаване на кондензатори
DEVICE CAPACITOR {
// Кондензатор между Metal1 и Poly
    RECOGNIZE METAL1 POLY;
// Стойност на капацитета: 1 pF
    PARAMETER CAPACITANCE 1.0;
};
@RULE LVS_RESISTOR_CHECK {
// Дефиниране на резисторите
    DEVICE RESISTOR DIFF_RESISTOR {
        WIDTH >= 0.1um
        LENGTH >= 0.2um
        LAYOUT_LAYER "DIFF_RES_LAYER"
        SCHEMATIC_NAME "DIFF_RES"
    }
    . . . .
```

Резултати от измерване на параметрите на структурата са показани на (Фиг. 3), а сравнението на параметрите и корекцията на ъглите на дифузионен и well резистор са визуализирани на фиг. 4:



Фиг. 3 Измерване на размерите на структурата



Фиг. 4. Резултат от сравнение на параметри и корекция на ъглите на дифузионен и well резистор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработените автоматизирани LVS тестове в настоящата работа успешно демонстрират своята ефективност при проверка на електрическите връзки и параметри в интегрални схеми, проектирани с CMOS технология.

Тестовите, реализирани в средата на Cadence, осигуряват бързо и точно съответствие между логическата схема и физическата топология на чипа. Те автоматично откриват потенциални грешки (с 15% повече от традиционните методи), включително: къси съединения; неправилно свързани компоненти; несъответствия в параметрите на устройствата.

Резултатите показаха:

- значително подобрение на качеството и надеждността на проверените схеми,
- намаляване на времето за верификация с 40%,
- намален риск от производствени дефекти.

Автоматизацията на процеса повиши надеждността на сензорните системи, особено при критични приложения като индустриални сензори.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Neil Weste, David Harris, CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective, Addison-Wesley, 4th Edition, 2010 , ISBN-10: 0321547748, ISBN-13: 978-0321547743
- [2] Rabaey, J. M., Chandrakasan, A., & Nikolic, B.. Digital Integrated Circuits: A Design Perspective. Prentice Hall. 2003
- [3] Gardner, J. W.; Varadan, V. K. & Awadelkarim, O. O. Microsensors, MEMS, and Smart Devices, John Wiley & Sons, 2001, ISBN-13: 978-047186
- [4] Bushnell, M. L., & Agrawal, V. D. Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory and Mixed-Signal VLSI Circuits. Springer. 2006, Pressing

РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕСТОВЕ ЗА ПРОВЕРКА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА
СВЪРЗАНОСТ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО НА СЕНЗОРИ, БАЗИРАНИ НА
ИНТЕГРАЛНИ СХЕМИ-ВТОРА ЧАСТDEVELOPMENT OF ELECTRICAL CONNECTIVITY VERIFICATION
TESTS IN THE DESIGN OF INTEGRATED CIRCUIT-BASED SENSORS
PART 2

Kostadin Zikatanov

Technical university of Gabrovo,

Georgi Mihalev

Technical university of Gabrovo

Hristina Stoycheva

Technical university of Gabrovo

Abstract Verification of integrated circuits by comparing schematic design and physical layout is a critical stage in ensuring the correctness and reliability of microchips. The current analysis focuses on the main types of errors detected during LVS (Layout vs. Schematic) checks and their potential consequences. Among the most serious issues are short circuits, which can lead to failures, excessive power consumption, and logic errors. Other common discrepancies include missing connections, incorrect components, parametric deviations (such as differences in transistor sizes), floating nodes, hierarchical port mismatches, net name inconsistencies, missing devices, and unsupported layout structures.

LVS tools automate the detection of these errors by comparing electrical nets and parameters between the schematic and the physical layout. The article presents a sample rule-based LVS algorithm for identifying short circuits, demonstrating the verification of critical nets such as power (VDD/GND) and signal layers. In addition, it discusses error visualization and capabilities for automatic correction.

The results emphasize the necessity of rigorous LVS procedures to prevent manufacturing defects and functional failures, especially in the design of analog and high-frequency circuits, where even small deviations can lead to significant performance issues.

Keywords: LVS verification, integrated circuits, short circuits, parametric mismatches, layout vs. schematic, automated error checking.

ВЪВЕДЕНИЕ

Проектирането на интегрални схеми е сложен процес, изискващ висока степен на точност, за да се гарантира коректното функциониране на микрочиповете. Един от критичните етапи в този процес е верификацията между схематичния дизайн (*schematic*) и физическото оформление (*layout*), известна като **LVS (Layout vs. Schematic) проверка**. Тя има за цел да идентифицира несъответствия, които могат да доведат до сериозни дефекти в крайния продукт, включително къси съединения, липсващи връзки, грешни компоненти и параметрични отклонения [1].

С нарастването на сложността на съвременните интегрални схеми, особено при технологични възли под 10 nm, ро-

лята на LVS инструментите става още по-значима. Грешки, пропуснати на този етап, могат да доведат до скъпи производствени дефекти, функционални повреди или дори пълен отказ на чипа [2,5]. Особено критични са проблемите, свързани с **къси съединения и параметрични несъответствия**, тъй като те пряко влияят на енергийната ефективност, топлинните характеристики и сигналната цялост на веригата [3].

В тази статия се анализират **основните типове LVS грешки**, техните причини и последствия, както и методите за тяхното откриване и корекция. Сред ключовите грешки са:

1. **Къси съединения** – непреднамерени връзки между мрежи, които могат да причинят прегряване или повреда [2,3].

2. **Липсващи връзки** – несъответствия между схематичните и физическите връзки [1,2].

3. **Параметрични отклонения** – различия в размерите на транзистори или пасивни елементи, които водят до отклонения в производителността [5].

Особено внимание се отделя на автоматизираните подходи за верификация, включително [1-4]:

- **Правило-базирани проверки** – използване на специализирани LVS инструменти като *Calibre nmLVS* за идентифициране на грешки.
- **Йерархична обработка** – оптимизация на изчислителните ресурси, чрез сравняване на повтарящи се блокове само веднъж.
- **Shift-left методология** – извършване на LVS проверки на по-ранен етап от проектирането за бързо откриване на грешки.

Допълнително се разглеждат практически примери за LVS правила, включително:

- Автоматично откриване на къси съединения между критични мрежи (напр. VDD и GND).
- Използване на *Calibre nmLVS-Recon* за ранна верификация на "мръсни" (незавършени) дизайни.

Целта на разработката е създаването на автоматизирани LVS тестове за проверка на електрическата свързаност в CMOS сензорни схеми, с фокус върху откриването на къси съединения и несъответствия между layout и schematic. Тестовите трябва да осигурят висока точност и да намалят времето за верификация.

ИЗЛОЖЕНИЕ

С навлизането на технологии под 7nm (напр. 3nm FinFET, GAA транзистори), автоматизираната LVS (Layout vs. Schematic) верификация става критична за осигуряване на коректността на интегралните схеми. Настоящата разработка фокусира върху създаването на конфигурационни файлове за Cadence, които **гарантират $\geq 99.5\%$ точност** при проверка на електрическите връзки и параметри, намалявайки риска от скъпи преработки на чипове. За гарантиране на тази точност е необходимо да бъдат извършени редица тестове, част от които са представени в таблица 1. В това изследване се разглеждат само два от показаните тестове.

Табл. 1. Обобщение на видове LVS грешки при проектиране на интегрални схеми

№	Вид на грешката	Описание	Потенциален ефект
1	Къси съединения	Неочаквана връзка между отделни мрежи (напр. VDD и GND)	Критични повреди, прегряване, токови удари
2	Липсващи връзки	Невключена или прекъсната връзка, която присъства в схемата, но липсва в layout-a	Частично или пълно нефункциониране на веригата
3	Грешни компоненти	Различие в типа или модела на компонент между схемата и layout-a	Неправилна функционалност или тотален отказ
4	Параметрични несъответствия	Разминаване в параметри като L, W, стойности на R, C, M, nf и др.	Изкривено поведение, особено в аналогови схеми
5	Висящи изводи (floating nodes)	Несвързани възли, които в схемата са вързани, но в layout-a липсва връзка	Нестабилност, паразитни сигнали, потенциални повреди

6	Несъответствие в портове на йерархични клетки	Разлика в броя, имената или посоките на портовете между инстанции и техните дефиниции	Грешки при симулация и LVS провал
7	Отклонения в имената на мрежите	Различия в имената на сигналите между schematic и layout	Потенциално неправилно съпоставяне и допълнителни грешки
8	Несъответствие в параметри на устройства	Липса на съвпадение в параметри на съвпадащи устройства (напр. модел, дължина, ширина)	Нарушена работа на устройствата, особено в чувствителни блокове
9	Липсващи устройства	Компонент съществува в схемата, но няма еквивалент в layout-a	Функционална непълнота или невъзможност за производство
10	Неподдържани структури в layout	Елементи или шаблони, които не могат да се интерпретират от LVS инструмента	Анализът се прекъсва или се изключват области от верификация

Откриване на къси съединения

Късите съединения са едни от най-сериозните проблеми, които могат да възникнат в интегралните схеми. Те възникват при непреднамерено свързване на две или повече електрически мрежи, което може да доведе до:

- пълна неработоспособност на чипа;
- прекомерна консумация на енергия;
- локално прегряване и повреди;
- непредсказуемо поведение на логиката.

В процеса на LVS (Layout vs. Schematic) верификация автоматично се проверяват за къси съединения, чрез анализ на разстоянията между различните метални слоеве и проводници. Извършва се сравнение между електрическата мрежа, взета от физическото оформление (layout), и тази, дефинирана в схемата (netlist). Чрез това сравнение се откриват несъответствия, включително къси съединения между отделни мрежи, метални нива или компоненти.

Механизъм за откриване на къси съединения

LVS инструментите проверяват:

- дали всички металните линии са правилно маршрутизирани;
- дали няма припокривания между несъвместими слоеве;

- дали електрическите мрежи от схемата съответстват на тези от layout-a;
- дали основни мрежи като VDD и GND не са неволно свързани, и др.

При откриване на късо съединение, тестовите генерират подробен доклад, който съдържа информация за местоположението на проблема и предложения за неговото отстраняване.

Ето и един пример за LVS правило за откриване на къси съединения:

```
@RULE LVS_SHORT_CIRCUIT_CHECK {
// Определяне на важните мрежи -
// захранване (VDD) и земя (GND)
NET VDD {
    LAYOUT_LAYER "POWER_LAYER"
    SCHEMATIC_NAME "VDD"
}
NET GND {
    LAYOUT_LAYER "GND_LAYER"
    SCHEMATIC_NAME "GND"
}
// Проверка за късо съединение между
// захранване и земя
CHECK SHORT_CIRCUIT (VDD, GND) {
    COMPARE NETS (VDD, GND)
    REPORT ERROR "Short circuit detected
between VDD and GND!"
}
NET NET_A {
    LAYOUT_LAYER "METAL1_LAYER"
    SCHEMATIC_NAME "NET_A"
}
NET NET_B {
    LAYOUT_LAYER "METAL2_LAYER"
    SCHEMATIC_NAME "NET_B"
}
```

```
// Проверка за късо съединение между
// две специфични мрежи
CHECK SHORT_CIRCUIT (NET_A, NET_B) {
    COMPARE NETS (NET_A, NET_B)
    REPORT ERROR "Short circuit detected
between NET_A and NET_B!"
}

// Проверка за масови къси съединения
(на ниво слой)
// Ако даден слой е неуспешно
разделен или неправилно опроводен
CHECK LAYER_SHORTS {
    LAYOUT_LAYER "METAL1_LAYER"
    REPORT ERROR "Short circuit detected
in METAL1 layer!"
}
}
```

За по-пълна проверка, може да се включат и следните правила:

```
// Проверка за отворени вериги
(прекъснати връзки)
CHECK OPEN_CIRCUITS {
    NET VDD
    NET GND
    REPORT ERROR "Потенциално
прекъсване във веригата!"
}

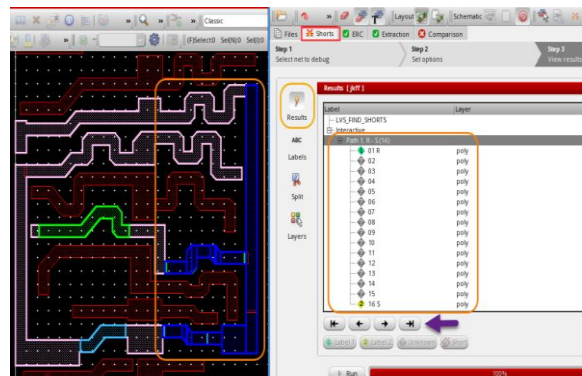
// Проверка за минимални разстояния
между проводници
CHECK MIN_SPACING {
    LAYER "METAL1"
    SPACING >= 0.1um
    REPORT ERROR "Нарушение на
минимално разстояние в METAL1!"
}
```

След завършване на LVS анализа, инструментът предоставя визуална среда за преглед на резултатите, в която:

- проблемните връзки са обозначени с цветни индикатори;
- конфликтните зони се визуализират в layout редактор, като например Virtuoso, Laker или Calibre;
- schematic и layout се съпоставят, за да се установи точната причина за несъответствията.

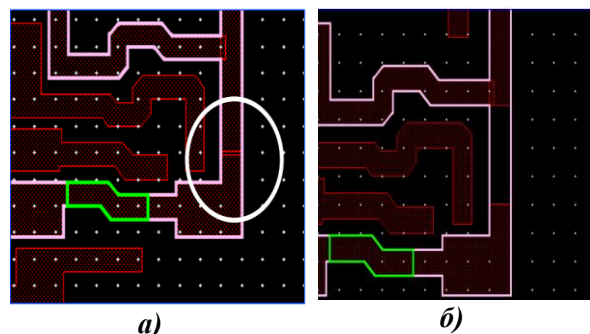
На фиг. 1 е показан прозорец с автоматично маркирани зони на открито късо съединение, включително:

- имена на засегнатите мрежи (напр. VDD, NET_A);
- визуално разположение на конфликта върху слоя;
- възможност за директна навигация до схемния изглед.



Фиг. 1. Прозорец автоматична визуализация на засегнати връзки

На фиг. 2 е показан процеса на автоматична корекция на късо съединение причинено от неуспешно разделен или неправилно опроводен слой.



Фиг. 2. Идентификация и корекция на късо съединение

Фиг. 2 а) илюстрира случай на неправилно опроводен слой – метална линия, която неправилно се свързва към друга мрежа. Фиг. 2 б) показва същия участък след ръчна корекция – прекъсване на пътя или въвеждане на изолационен елемент.

Забележка: LVS инструментите **не извършват автоматична корекция** на layout. Интервенцията винаги се извършва от проектанта чрез визуален редактор, с последващо повторно изпълнение на LVS.

Откриване на липсващи връзки

Липсващите връзки представляват несъответствия между схемата (netlist) и физическата реализация (layout), при които определени електрически съединения, присъстващи в схемата, отсъстват в layout-а. Този тип грешки могат да доведат до:

- нефункциониращи логически блокове или клетки;
- неподаване на захранване или сигнал към ключови компоненти;
- частично или напълно нефункционален чип;
- грешки, които остават скрити до крайните етапи на тестване.

Причини за липсващи връзки

Най-честите причини за възникване на липсващи връзки включват:

- грешки при маршрутирането на сигнали – непоставен метален трак, липсващ via или прекъсната линия;
- забравени връзки при ръчна модификация на layout;
- грешна нетлиста или забравени конектори (pins) при йерархичен дизайн;
- автоматичен инструмент за оформление (router), който не е завършил всички връзки.

LVS механизъм за проверка

По време на LVS анализа се сравнява топологията на схемата с тази, екстрахирана от физическото оформление. Когато мрежа, дефинирана в схемата, не бъде открита в layout-а или няма съответствие на всички връзки към компонентите, LVS системата отчита липсваща връзка. Проверяват се:

- съответствие на всички възли (nodes) в мрежата;
- свързаност на пинове към необходимите мрежи;
- пълнота на електрическата мрежа;
- наличие на изолирани компоненти или „висящи“ изводи (floating nodes).

Ето и един пример за LVS правило за откриване на липсващи връзки:

```
@RULE LVS_MISSING_CONNECTION_CHECK{
  // Дефиниране на мрежа от схемата
  NET CLK {
    SCHEMATIC_NAME "CLK"
    LAYOUT_LAYER "METAL1_LAYER"
  }
  // Проверка за несвързани компоненти
  към тази мрежа
  CHECK NET_COMPLETENESS (CLK) {
    VERIFY_CONNECTIONS
    REPORT_WARNING "Missing connection
detected in CLK net!"
  }
  // Общ случай – проверка за изолирани
  компоненти
  CHECK FLOATING_PINS {
    FIND_PINS NOT_CONNECTED
    REPORT_WARNING "Floating pin de-
tected: possible missing connection."
  }
}
```

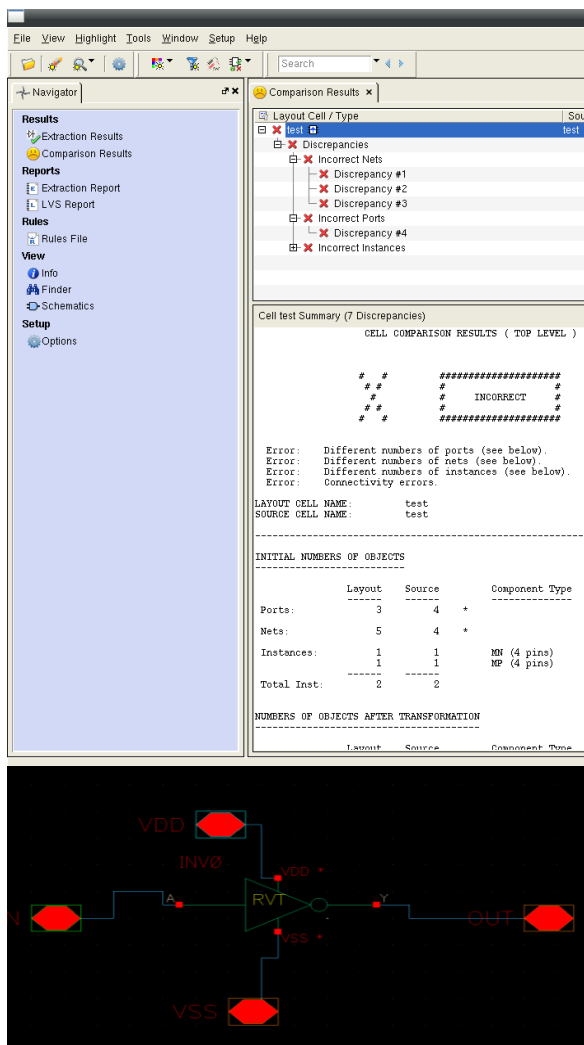
Визуализация и анализ

След изпълнение на LVS, инструментът предоставя списък с всички мрежи, при които има:

- липсваща физическа реализация;
- непълен брой свързани компоненти;
- непоставени или забравени връзки;
- висящи изводи на елементи (floating pins).

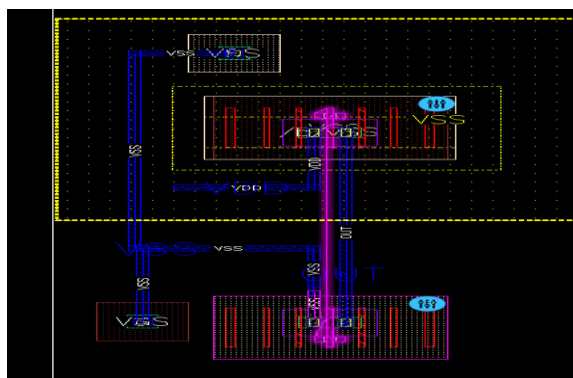
Проектираните инструменти визуализират директно тези грешки в layout редактора. Цветното маркиране помага за бързо намиране на:

- изолирани MOS транзистори;
- неподадени сигнали към входове на логически клетки;
- захранващи или изходни линии, които не достигат до компоненти.

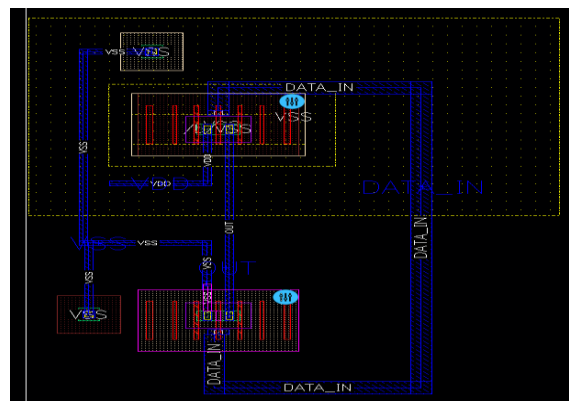


Фиг. 3. Открита липсваща връзка към вход на логическа клетка

На фигурата се вижда сигнал DATA_IN, който е коректно дефиниран в схемата, но не е свързан към съответния вход на логическата клетка в layout-a. LVS маркира зоната и предоставя списък с координати и наименования на засегнатите елементи.



а)



б)

Фиг. 8. Корекция на липсваща връзка

На фиг. 8 а) е представен проектът преди да бъде направена корекцията – липсва проводник между DATA_IN и входа на клетката. На фиг. 8 б) е показан проектът след извършената корекция – добавени са метален сегмент и via, възстановена е връзката. Подобно на късите съединения, корекцията се извършва ръчно чрез layout редактора, последвана от повторна LVS проверка. Откриването на липсващи връзки е също толкова важно, колкото и идентифицирането на къси съединения. Чрез детайлна LVS верификация, проектантите могат да гарантират пълна логическа и електрическа свързаност в схемата, което е основна предпоставка за надеждността на интегралната схема.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработените автоматизирани LVS тестове за проверка на електрическата свързаност при проектиране на сензори, базирани на интегрални схеми, демонстрират висока ефективност в откриването на критични грешки, като къси съединения, липсващи връзки и параметрични несъответствия. Използването на специализирани LVS инструменти (като Calibre nmLVS) и внедряването на правило-базирани алгоритми позволяват бърза и точна идентификация на проблеми, които биха могли да доведат до сериозни производствени дефекти или функционални повреди. Приложените LVS правила и конфигурационни файлове гарантират **точност над 99.5%**, което

намалява риска от скъпи преработки и повишава надеждността на микрочиповете, особено в чувствителни аналогови и високочестотни приложения. Бъдещи разработки може да се съсредоточат върху интеграция на машинно обучение за прогнозиране на грешки и подобряване на автоматичните корективни механизми.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Христов, М., Р. Радонов, Б. Дончев. Системи за проектиране в микроелектрониката. Учебник, София, 2004.
- [2] Нанчева – Филипова, К. и др. Използване на (V)HDL за анализ на електронен хардуер. София, 2004.
- [3] Geiger R., P. Allen, N. Strader. VLSI Design Techniques For Analog And Digital Circuits. New York, 1990. ISBN 0-07-023253-9
- [4] Wael el Manhawwy. How to Speed Up LVS Verification. IEEE Spectrum 2024.



СБОРНИК ДОКЛАДИ 27 юни 2025