



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ГАБРОВО

ОТЧЕТ

НАЦИОНАЛНА ПРОГРАМА „МЛАДИ УЧЕНИ И ПОСТДОКТОРАНТИ - 2“ - ЕТАП II

Тема на проекта: „Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление“

Факултет: „Машиностроене и уредостроене“

Постдокторант: Гл. ас. д-р Георги Славчев Илиев

Период на отчитане: 01.02-01.08.2025 г.

1. Актуалност на научното изследване и прилагане на нови решения или нови методически подходи:

Съвременната техника се развива с бурни темпове за постигане на Индустрия 4.0. Мащабността на внедряване на интелигентни, компютърни и адаптивни технологии навлизат масово в задвижващи системи. Кое то ги прави водещи технологии за проектиране и разработка. Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление намират широко приложение в съвременната индустрия. В последно време, във връзка с повсеместното внедряване в производството на автоматизирани устройства и машини, роботи и манипулатори, се разшири неимоверно и кръга на съвместната работа на пневматичните системи и управляващите ги електронни устройства. Тъй като те притежават редица положителни качества, това предизвиква едно засилено увеличаване на научно-изследователските и приложните разработки върху електропневматични позициониращи системи. Гъвкавото управление и възможностите за лесно формиране на необходимия закон за регулиране, постигнати от електронните и компютърните устройства, се съчетават с добро съотношение тегло/мощност и добрите динамични характеристики на пневматичните механизми и системи. Внедряването на бързи клапани с ШИМ управление за задвижване на пневматични позициониращи системи представлява алтернативен вариант за заместване на класическите пропорционални пневматични системи и хидравличните задвижващи системи в роботиката, металорежещите машини, авиацията, военното производство, леката и тежката промишленост, както и в различни индустриални процеси. Пневматичните задвижвания имат сравнително малки размери и могат да се реализират с достатъчна мощност в сравнение с аналогични електрически решения. Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление системи могат плавно да регулират силата и скоростта на движение на изпълнителния механизъм. Пневматичните системи издържат на претоварвания и температурни колебания, позволяват развиване на големи скорости (до 3 m/s, двигатели за сгъстен въздух до 30 000 min⁻¹). Въздухът като задвижваща среда, в повечето случаи, осигурява достатъчно охлаждане на движещите се части. При наличието на малки пропуски на въздух от системата това не може да предизвика замърсяване на околната среда (само

загуба на пневматична енергия). Пневматичните задвижвания са сравнително прости и по-безопасни спрямо същите електрически и хидравлични позициониращи системи. Търговските им цени са в съотношение 10:1 в сравнение с класическите задвижвания, което води до реализиране на значителни финансови ползи.

Въпреки това, управлението на точността на позициониране и съотношението тегло /мощност на тези задвижвания в приложения които изискват висока прицизност, е трудно, поради свиваемостта на въздуха и силната нелинейност на пневматичните елементи.

Основните изисквания към развитието на съвременните автоматични системи за управление, каквито са електропневматичните позициониращи системи, са следните

- увеличаване на бързодействието;
- подобряване на точността на следене;
- увеличаване на честотния им диапазон на действие;
- увеличаване на мощността;
- подобряване на статичната и динамична грешка;
- бърза и бавна обработка на изменящи се сигнали и др.

На тези изисквания отговарят електропневматичните позициониращи системи, построени на основата на електропневматични елементи. По този начин се постига увеличаване на бързодействието и намаляване на размерите на системата за управление при зададена мощност.

Въпреки множеството изследвания в тази насока, постоянно растящото темпо на развитие на съвременната индустрия, усъвършенстването на компютърните технологии и автоматичните измервателни системи имат нужда от допълнителни изследвания, за да станат Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление по-надеждни, с по-добро бързодействие и качество на динамичните процеси.

Някои от изследваните величини, които са приемани за пренебрежимо малки или са били инженерно предполагагани в миналото, сега могат да се измерват, анализират и използват за подобряване на съществуващите модели на задвижващи системи. Прилагане на съвременни системи за автоматизирано събиране и обработка на данни съществено може да подобри моделирането и свойствата в динамичен режим на задвижващите електропневматични системи.

В много от случаите се използват линейни модели от нисък ред, които улесняват изследванията, но при сравнение с експериментите се вижда не особено доброто съвпадение в характеристиките. За подобряване на процеса на управление е необходимо да се използват смесени модели, които отчитат съществените нелинейности.

За определяне на дебита през бързите пневматични клапани съществуват различни аналитични модели, но почти всички те са частен случай, създадени за точно определена конструкция и точно определени геометрични параметри. Някои от използваните величини в тях са експериментално доказани или инженерно предположение, което ги прави не подходящи за общо използване. За това се налага създаването на нови такива или адаптиране на съществуващите.

Повечето изследователи провеждат редица експерименти за определяне на сили на триене в пневматичния цилиндър, които променят динамиката на пневматичната задвижваща система. В резултатите се наблюдава завишаване на коефициентите спрямо експериментално получените. Това се дължи на постоянното производство на много видове конструкции и модели на пневматични двигатели (с едностранно изнесен прът, с двустранно изнесен прът, безпрътови пневматични цилиндри и др.). Налага се за определяне на силите от триене допълнителна работа за експериментално изследване и пресмятане за подобряване на съществуващите математически модели на пневматични цилиндри.

От по-нататъшни изследвания се нуждае и ШИМ управлението. Поради сравнително малкото адекватни модели е необходимо да се направи изследване. Представените математически модели са изключително сложни и трудни за решаване. Някои от тях използват параметри, които са инженерно доказани в практиката. Налага се създаването на по-точен и подробно разписан математически модел. Необходимо е така създаденият модел да се верифицира с експериментални резултати.

2. Изпълнение на поставените цели и задачи:

Разработени са успешни методи и подходи за изследване на динамичните процеси в Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление с оглед усъвършенстване на системата, както и са установят някои характерни особености, които са спомогнат за създаване на по-точни математически модели характеризиращи работата на електропневматична позиционираща система и управлението на скоростта на пневматичните цилиндри чрез ШИМ.

Задачи

- Създаден е математически модел и методика за изследване на динамичните процеси Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление.

Получени са експериментални резултати в реално време при изследването на електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

- Моделирани са и симулиране са математически модели за изследване на Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

Направен е анализ и изводи на получените динамичните характеристики.

3. Извършена научно-изследователска и експериментална работа:

Направен е задълбочен анализ на съществуващите математични модели на Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

Експериментално са определени параметрите на математичните модели на Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

Създаден е симулационен модели на в MATLAB Simulink

Верифицирани са получените резултати .

4. Получени крайни резултати:

Създаден е математичен модел на Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

Създаден е математически модел за изследване на динамиката на управление на Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление.

Получени са експериментални изследвания на динамични процеси в Електропневматична позиционираща система с бързи клапани и ШИМ управление

Получен е математичен модел който лесно може да се използва при по-нататъшно оптимизиране на динамиката на пневматичната система

Симулационни модели в MATLAB Simulink е с адекватност на математичните модели.

5. Използване и разпространение/внедряване на научните резултати (прилагат се към отчета):

- публикации, реферирани в Scopus и Web of Science

[1]. Georgi Iliev and Hristo Hristov (2025) "Selection and Verification of an Accurate Mathematical Model of a Proportional Directional Control Valves" AMITANS-2025; IOP Publishing; Journal of Physics: Conference Series 3145 (2025) 012025; [doi:10.1088/1742-6596/3145/1/012025](https://doi.org/10.1088/1742-6596/3145/1/012025)

[2]. Georgi Iliev and Hristo Hristov (2025) "Mathematical Models of the Static Flow Characteristic Curve of an Electropneumatic Proportional Control Valves" AMITANS-2025; Journal of Physics; IOP Publishing; [doi:10.1088/1742-6596/3145/1/012024](https://doi.org/10.1088/1742-6596/3145/1/012024)

[3]. Georgi Iliev, Hristo Hristov (2025) "Experimental Investigation of Dynamic Processes in an Electropneumatic Positioning System with High Speed Valves and PWM"; Environment. Technology. Resources. Rezekne, Latvia Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference, <https://doi.org/10.17770/etr2025vol4.8430>

[4]. Georgi Iliev, Hristo Hristov, Dimitrov D,(2025) "Experimental Study of the Frequency Characteristics of an Electropneumatic Tracking System with High Speed Pneumatic Valves and PWM Control" Environment. Technology. Resources. Rezekne, Latvia Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference, <https://doi.org/10.17770/etr2025vol4.8427>

- други публикации

Не

- патенти и полезни модели

Не



Дата: 03.12.2025 г.

Изготвил:

/ Гл. ас. д-р Г. Илиев/