

## РЕЦЕНЗИЯ

от проф. дн инж. Димитър Андонов Дичев на дисертационния труд на маг. инж. Дочо Светлозаров Димитров на тема: „*Изследване на динамични процеси при управление с широчинно-импулсна модулация на пневматични двигатели*“ за присъждане на образователната и научна степен “доктор” в професионално направление “5.1 *Машинно инженерство*” и научна специалност „*Хидравлични и пневматични задвижващи системи*“  
научен ръководител: доц. д-р инж. Христо Недев Христов,  
Технически университет-Габрово

### 1. Представени материали

Докторантът маг. инж. Дочо Светлозаров Димитров е зачислен в редовна докторантура към катедра „Енергийна техника“ при факултет „Машиностроене и уредостроене“ на Технически университет - Габрово. За изготвяне на настоящата рецензия са получени всички необходими за защитата документи, включително дисертационен труд, автореферат, копия на 5 публикационни материала по дисертацията, автобиография, копия от диплома за магистър и др.

### 2. Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем

Пневматичните задвижващи системи намират широко приложение в съвременната индустрия поради своята конструктивна простота, висока надеждност, ниска цена и възможност за реализиране на бързодействащи работни цикли. Те се използват в автоматизирани производствени линии, роботизирани системи, транспортни и манипулационни устройства, както и в различни системи за позициониране и управление.

С развитието на индустриалната автоматизация непрекъснато нарастват изискванията към точността, динамичните характеристики и енергийната ефективност на електропневматичните системи. Това поставя редица научни и инженерни задачи, свързани с усъвършенстването на методите за управление и разработването на адекватни математически модели, позволяващи по-точно описание на протичащите динамични процеси.

Особен интерес представляват електропневматичните системи, използващи бързодействащи електромагнитни клапани тип 2/2, управлявани чрез широчинно-импулсна модулация (ШИМ). Тези решения се разглеждат като икономически ефективна алтернатива на пропорционалните и сервоклапаните, но същевременно водят до възникване на сложни динамични процеси, свързани с преходните режими на работа на клапаните, компресируемостта на работната среда и нелинейния характер на пневматичните процеси. Тези особености оказват съществено влияние върху точността на позициониране, устойчивостта и енергийната ефективност на системите.

Въпреки значителния брой публикации в областта на пневматичните задвижвания, редица въпроси, свързани с моделирането и анализа на динамичните процеси при ШИМ управление на бързодействащи електромагнитни клапани, остават недостатъчно изследвани. Това обуславя необходимостта от провеждането на по-задълбочени теоретични и експериментални изследвания, насочени към разработване и верифициране на математически модели, които да позволят по-прецизно описание на поведението на такива системи.

В този контекст изследването на динамичните процеси при управление с широчинно-импулсна модулация на пневматични двигатели представлява актуална научно-приложна задача с важно значение както за развитието на теорията на електропневматичните системи, така и за тяхното практическо приложение в съвременните автоматизирани производства. Поради това темата на дисертационния труд може да бъде оценена като актуална, навременна и значима.

### **3. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал**

В дисертационния труд е представен обстоен литературен обзор на съществуващите решения и научни изследвания в областта на електропневматичните системи за управление и позициониране. Разгледани са основните подходи за управление на пневматични задвижвания, използващи пропорционални клапани, сервоклапани и бързодействащи електромагнитни клапани, както и съществуващите методи за управление чрез широчинно-импулсна модулация.

Специално внимание е отделено на математическото моделиране на пневматични системи, на изследванията върху динамичните характеристики на пневматичните цилиндри и електромагнитните клапани, както и на различните подходи за управление, включително PID регулатори и системи с размита логика. Анализирани са също така съществуващи модели на дебитните характеристики на пневматични клапани и техните възможности за приложение при моделиране на реални електропневматични системи.

Представеният литературен обзор показва, че докторантът познава добре състоянието на проблема в разглежданата научна област. Литературният материал не е използван единствено с описателна цел, а е анализиран с оглед установяване на нерешените и недостатъчно изследвани проблеми в разглежданата област, което е послужило като основа за формулиране на целта и задачите на дисертационното изследване.

Положително впечатление прави стремежът на автора да проследи връзката между съществуващите теоретични постановки, използваните математически модели и тяхното практическо приложение при изграждането на електропневматични системи с управление чрез широчинно-импулсна модулация. Извършеният анализ създава необходимата научна основа за последващото разработване на математическите модели и провеждането на експерименталните изследвания, представени в следващите глави на дисертационния труд.

Като цяло може да се приеме, че дисертационният труд се основава на достатъчно широка и актуална литературна база, а направеният анализ демонстрира добро познаване

на състоянието на проблема и способност за творческо интерпретиране на наличната научна информация.

#### **4. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд**

В дисертационния труд ясно са формулирани целта и задачите на изследването, насочени към изследване на динамичните процеси в електропневматични системи, използващи бързодействащи електромагнитни клапани с управление чрез широчинно-импулсна модулация.

За постигането на поставената цел авторът използва комплексен изследователски подход, включващ анализ на съществуващите научни публикации и технически решения в областта на електропневматичните системи, разработване на математически модели на отделни елементи на системата и тяхното интегриране в общ модел на електропневматична позиционираща система. Паралелно с това са проведени експериментални изследвания за определяне на параметрите на разработените модели и за проверка на тяхната адекватност.

Методиката на изследването се основава на последователно преминаване през етапите на литературен анализ, математическо моделиране, експериментално изследване, симулационно изследване и верификация на получените резултати. В процеса на работа са използвани методи за математическо моделиране на динамични системи, експериментални методи за изследване на пневматични устройства, както и съвременни програмни средства за симулация и анализ на динамични процеси.

Избраната методика на изследване може да бъде оценена като подходяща и съответстваща на поставената цел и задачи на дисертационния труд. Чрез нейното прилагане авторът достига до разработване на математически модели на бързодействащи пневматични клапани и електропневматична позиционираща система, както и до тяхната експериментална проверка и верификация.

#### **5. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд**

Дисертационният труд е посветен на изследване на динамичните процеси в електропневматични системи, използващи бързодействащи електромагнитни клапани тип 2/2 с управление чрез широчинно-импулсна модулация. Основното съдържание на изследването е свързано с разработването на математически модели на отделни елементи на системата и на интегриран модел на електропневматична позиционираща система, както и с тяхната експериментална проверка и верификация.

В дисертационния труд са разгледани както теоретичните аспекти на моделирането на пневматични системи, така и практически въпроси, свързани с определянето на дебитните характеристики на бързодействащи клапани и изследването на динамичните характеристики на реална електропневматична система. Разработени са математически модели на дебитните характеристики на клапаните, на тяхната електромагнитна и механична динамика, както и на електропневматична позиционираща система, включваща основните елементи на реалното задвижване.

Характерна особеност на дисертационния труд е съчетаването на математическо моделиране, симулационни изследвания и експериментална проверка на получените резултати. За целта е разработен експериментален стенд, чрез който са проведени изследвания на реална електропневматична система и са получени данни за определяне на параметрите на моделите и за оценка на тяхната адекватност.

Достоверността на получените резултати се основава на използването на утвърдени теоретични постановки и математически зависимости от областта на пневматичните задвижващи системи, както и на експериментални изследвания, проведени при реални условия на работа. Съществено значение за обосноваването на направените изводи има съпоставянето на резултатите от математическото моделиране със съответните експериментални данни, което показва добро съответствие между разработените модели и поведението на реалната система.

Представените разработки са логически последователни и взаимно свързани, като направените изводи и обобщения произтичат от проведените теоретични и експериментални изследвания. Това дава основание да се приеме, че използваният материал и приложените методи създават достатъчно надеждна основа за формулирането на научно-приложните резултати и приносите на дисертационния труд.

## **6. Научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд**

Посочените от автора приноси в дисертационния труд са коректно формулирани и отразяват основните резултати от проведеното изследване. С оглед на по-ясното им систематизиране и в съответствие с общоприетите методически категории за класификация на научните резултати, приемам приносите на дисертационния труд да бъдат формулирани и групирани по следния начин.

### **А. Научно-приложни приноси**

#### ***А1. Създаване на нови методи, конструкции и технологии***

1. Разработен е математически модел на реалната дебитна характеристика на бързодействащи електромагнитни пневматични клапани тип 2/2, като моделът е верифициран чрез експериментално определени статични характеристики.
2. Разработен е математически модел на електромагнитната и механичната динамика на бързодействащи 2/2 пневматични клапани, позволяващ анализ на процесите на отваряне и затваряне на клапана и определяне на динамичните му характеристики.
3. Разработен е разширен математически модел на електропневматична позиционираща система с управление чрез широчинно-импулсна модулация, който обединява моделите на основните елементи на системата.
4. Създадени са симулационни модели в средата Matlab/Simulink за изследване на преходните процеси и динамичните характеристики на електропневматична позиционираща система с бързодействащи клапани и ШИМ управление.

### **Б. Приложни приноси**

#### ***Б1. Създаване на нови конструкции и технически решения***

1. Разработена е автоматизирана измервателна система с виртуални инструменти в средата LabVIEW за събиране, обработване и визуализация на експериментални данни.
2. Реализиран е експериментален стенд за изследване на динамиката на електропневматична позиционираща система с управление чрез широчинно-импулсна модулация.
3. Разработен е енергийно ефективен електронен блок за ШИМ управление на бързодействащи пневматични клапани.

#### ***Б2. Получаване на потвърдителни факти***

4. Експериментално е изследвано влиянието на честотата на управляващия сигнал и коефициента на запълване на ШИМ сигнала върху динамичните характеристики на електропневматична позиционираща система.

Посочените научно-приложни и приложни приноси са достатъчни по обем и значимост и отговарят на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.

#### **7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите**

Оценката ми за степента на личното участие на докторанта се основава на представените по процедурата материали. Не разполагам с данни, които да поставят под съмнение авторството на представените резултати и приноси, поради което приемам, че те са получени с неговото съществено участие.

#### **8. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

По дисертационния труд са представени пет публикации, в които са отразени основните резултати от проведените изследвания. Публикациите са тематично свързани с предмета на дисертацията и разглеждат различни аспекти на изследването, свързани с моделирането, управлението и експерименталното изследване на електропневматични системи с широчинно-импулсна модулация.

Резултатите от дисертационния труд са представени на национални и международни научни форуми, което създава условия за тяхното обсъждане и популяризиране в научната общност. Част от публикациите са посветени на експериментални изследвания на електропневматични системи с бързодействащи клапани, а други разглеждат въпроси, свързани с приложението на ШИМ управлението и анализа на динамичните характеристики на такива системи.

Считам, че представените публикации са достатъчни по обем и съдържание и отразяват съществена част от резултатите, получени в рамките на дисертационния труд.

#### **9. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика**

Резултатите от дисертационния труд имат ясно изразена практическа насоченост и са свързани с актуални задачи в областта на електропневматичните системи за управление и позициониране. Разработените математически модели разширяват възможностите за анализ на динамичните процеси в системи с бързодействащи електромагнитни клапани и широчинно-импулсно управление и създават основа за тяхното по-прецизно проектиране и настройване.

Получените резултати имат значение за разработването на съвременни системи за индустриална автоматизация, мехатронни устройства и позициониращи системи, при които се използват пневматични задвижвания и се поставят високи изисквания към бързодействието, енергийната ефективност и качеството на управление.

Практическа стойност имат разработените технически средства и експериментална база за изследване на електропневматични системи с ШИМ управление. Създадените автоматизирани средства за управление, измерване и експериментално изследване осигуряват условия за анализ на динамичните процеси, верифициране на разработените математически модели и оценка на влиянието на различни режими на управление върху характеристиките на електропневматичните системи.

Резултатите от дисертационния труд имат значение и за учебната и научноизследователската дейност, като създават добра основа за подготовката на специалисти и за бъдещи изследвания в областта на автоматизацията, мехатрониката и пневматичните системи за управление.

#### **10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му**

Авторефератът е в обем от 52 страници и като цяло съответства на изискванията за неговото изготвяне. Той коректно отразява съдържанието на дисертационния труд и представя основните резултати, изводи и приноси на проведеното изследване. В същото време считам, че част от изложението би могло да бъде представено в по-синтезиран вид, което би допринесло за по-ясното открояване на най-съществените резултати и приноси на дисертационния труд

#### **11. Мнения, препоръки и бележки**

Нямам съществени забележки, с които да оспорвам получените резултати и формулираните научно-приложни и приложни приноси в дисертационния труд. Представените разработки са логически последователни, добре аргументирани и са насочени към решаването на актуален проблем, свързан с изследването на динамичните процеси в електропневматични системи с широчинно-импулсно управление.

Като препоръка може да се посочи необходимостта от по-ясно представяне на възможностите за практическо приложение на получените резултати в конкретни технически системи. Разработените модели и експериментални изследвания са пряко свързани с електропневматични системи за позициониране, роботизирани и манипулационни устройства, автоматизирани производствени линии, транспортни системи и други мехатронни приложения, използващи бързодействащи пневматични задвижвания. По-детайлното разглеждане на подобни приложения би допринесло за по-пълното разкриване на практическата значимост на получените резултати. Много често именно конкретните области на приложение поставят нови изисквания към изследваните системи и разкриват допълнителни аспекти на разглеждания проблем, които създават предпоставки за по-нататъшното развитие и усъвършенстване на научните и инженерните решения.

#### **12. Заключение**

По мое мнение дисертацията представлява напълно завършен научен труд.

Материалът е добре структуриран, ясно и прегледно изложен.

В заключение мога да отбележа, че дисертационният труд напълно отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за неговото прилагане. Във връзка с гореизложеното предлагам на почитаемото Научно жури да присъди на **маг. инж. Дочо Светлозаров Димитров** образователната и научна степен **"Доктор"** в професионално направление **„5.1 Машинно инженерство“** и научна специалност **„Хидравлични и пневматични задвижващи системи“**.

04.06.2026 г.

Рецензент:

/проф. дн инж. Димитър Дичев/