



РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”

Област на висше образование 5. Технически науки
Професионално направление 5.1. Машинно инженерство,
Докторска програма Хидравлични и пневматични задвижващи системи

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Георги Славчев Илиев

Тема на дисертационния труд: **ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНА ПОЗИЦИОНИРАЩА СИСТЕМА С ОТЧИТАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПНЕВМАТИЧНИТЕ ЛИНИИ**

Рецензент: проф. д-р Генчо Стойков Попов
Русенски университет „Ангел Кънчев“

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

В съвременната техника все по-голямо приложение намират електропневматичните позициониращи системи. Безспорен факт за това е непрекъснатото усъвършенстване и разширяване на елементната база, даваща възможност за реализиране на различни по сложност и качество на изпълнение схеми на пневматични задвижвания. Използването в тях на пневматични пропорционални разпределители прави възможно успешното заместване в редица случаи на класическите електрически и хидравлични задвижващи системи.

Добре известен факт е, че електропневматичните задвижващи системи намират все по-широко приложение в практиката и поради това остава засилен интересът на изследователите към тях. Все още обаче съществуват значителен брой нерешени въпроси, които изискват по-нататъшни изследвания, които да доведат до подобряване на методите за проектиране на пропорционални пневматични системи, методите за тяхното регулиране и др. В тази посока са и изследванията в рецензираната дисертация, което прави представената работа особено актуална.

2. Обзор на цитираната литература

Ползваната литература е от 160 източника, като тези на кирилица са 19. По-голямата част от литературните източници са от последните 10-15 години, което е предпоставка за добра информираност на докторанта по отношение съвременното състояние на изследванията в научната област, към която се отнасят тези в разработваната дисертация. Добро впечатление прави фактът, че са ползвани основни публикации на колеги от обучаващото

звено и по-точно от колектива, занимаващ се и имащ значителни постижения в областта на изследванията на електрохидравлични и електропневматични задвижващи системи.

В Глава I „Състояние на проблема. Постановка на задачата“ дисертантът е направил обзор на съвременни задвижващи електропневматични системи. Дадена е значителна информация за използването на такива системи за различни приложения в съвременната техника.

Основният акцент е върху особеностите, подходите и използваните уравнения в съвременните изследвания на такива системи. Анализирани са характерни математични модели за представяне на дебитната характеристика на пропорционален разпределител и на пневмосистемите със сервоуправление. В т.1.3, засягаща съществуващите математични модели за дебитната характеристика на пропорционален разпределител, е добре първо да се запише уравнението на St.Venant и Wentzel в неговия най-общ вид както за изтичане на идеален газ, така и за реален газ (с включване на коефициента на аеродинамично съпротивление). След това това уравнение да се даде във вида (1.1), включващо функцията на дебита Ψ . Така по-ясно ще стане физическият смисъл на тази функция и зависимостта ѝ от съответните величини.

Особено внимание е отделено на въпроса за моделиране силите на триене в пневматичните цилиндри. Тук е добре да се формулира какво се има предвид под „сухо триене“. В пневмосистемите, според мен, се реализира гранично триене (въздухът е омаслен чрез пневмоподготвящата група, включваща омаслител). В действителност по-нататък в изложението се посочва, че триещата сила включва и вискозно триене, което е характерно за режима на гранично триене. Не става ясно, какво се разбира под Кулоново триене, „слепване“ и вискозно триене, Stribeck триене, експоненциално триене. Добре е да се даде известен коментар по този въпрос, като се ползват графиките, дадени на фиг. 1.7. Считам, че материалът от средата на стр. 30 до края на подточка 1.5 не се отнася за силите на триене, а за особеностите на моделите за пневматични задвижващи системи и не му е тук мястото.

Представеният анализ на използваните в електропневматичните задвижващи системи регулатори показва едно много добро познаване от докторанта на особеностите по изграждане, настройване и изследване на системи за автоматично управление на хидро и пневмосистеми.

На база направения анализ и изводите от него е формулирана целта и са поставени задачите на дисертационното изследване. Целта звучи малко общо и широкообхватно и би могло да се прецизира за конкретното изследване.

3. Методика на изследването.

Методиката на дисертационното изследване е много добре подбрана. Тя се основава на класическата структура на една дисертация в областта на машинното инженерство – теоретични изследвания, свързани със създаване на съответни математични модели и последващи експериментални изследвания за проверка и уточняване на теоретичните модели. Следвайки тази схема в дисертацията е възприет интересен и според мен много удачен подход: първоначално се извършват изследвания (теоретични и експериментални) за изясняване и уточняване на основни, възлови въпроси, свързани с разработване на подходящи математични модели, преди да се пристъпи към моделиране на процесите в конкретна електропневматична позиционираща система.

Глава II е посветена на изследване дебитната характеристика на пропорционален

пневматичен разпределител. Задачата за получаване на подходящ модел за дебитната характеристика е решена, като са проведени експериментални изследвания на конкретен пропорционален разпределител и на тяхна база са уточнени необходимите параметри – проводимостта на разпределителя C_v и коефициентът за критичния пад на налягането X_T . За целите на експерименталното определяне на праметрите, включени в математичния модел на дебитната характеристика на изследвания пропорционален разпределител, е синтезирана подходяща опитна уредба. Получените резултати са дадени графично – от фиг. 2.4 до фиг. 2.11. На тяхна база са построени характеристиките за проводимостта C_v от управляващото напрежение на разпределителя. Не става обаче ясно, как се определя проводимостта C_v – не достатъчно ясно и пълно е описана методиката за получаване на стойностите на C_v чрез получените експериментални данни. Даденото сравнение на модела ISA с експерименталните данни на фиг. 2.14 е необходимо по-подробно да се анализира. Не ми става ясно, дали много доброто съвпадение между теоретичните криви с опитните точки не се дължи на това, че величините в модела са получени с помощта на същите тези опитни данни.

В глава III се изследва влиянието на дължината на пневматичните линии върху динамичните характеристики на електропневматична позиционираща система. Чрез подробно математическо описание е получена зависимост (3.10) за масовия дебит през пневматични линии (тръбопроводи), с помощта на която може да се оценява влиянието на дължината на свързваща пневматична линия върху времето закъснение на подавания пневматичен сигнал в управляващи линии. Не става ясно, изводът на този математичен модел на пневматичните линии оригинално решение на докторанта ли е, или е използван от литературни източници (такива не са посочени при извода). От представените публикации по дисертацията не се вижда той да е публикуван и ако е оригинално решение, добре е да се публикува в подходящо списание.

В началото на т.3.3 е поставена като цел верификация на получения математичен модел чрез експериментално изследване на преходни процеси в пневматични линии. И при това изследване е създадена специална опитна уредба. Получените експериментални преходни процеси за изменението на налягането и дебита на входа и изхода на пневматични линии с различна дължина са представени графично на фиг. 3.2 до 3.11. Тук обаче не се дава сравнение с математичния модел и не става ясно правено ли е такова.

С помощта на програмата "SIMULINK" от продукта "MatLab" е извършена симулация на динамични процеси в пневматичните линии при спазване на условията на проведените експериментални изследвания. Сравнителният анализ на получените при симулацията резултати с тези от опитните изследвания показва едно много добро припокриване – фиг. 3.16а до фиг. 3.16г. Изводите в края на главата отразяват основните резултати от проведеното изследване

Глава IV е посветена на изследване на триенето в пневматични прътови и безпрътови цилиндри. Това е един сложен въпрос както инженерен, така и от гледна точка на моделиране на различни машини и системи. В този смисъл проведеното изследване представлява актуална задача и е едно от достойнствата на дисертационното изследване. Решаването на задачата за получаване на данни за триещите сили в използвания конкретен пневмоцилиндър от изследваната система е решена експериментално. Интересен е методът за определяне на силата на триене – чрез измерване на разликата в положенията на буталото при свиване на товарна пружина и при обратно задвижване чрез

свитата пружина. Не е посочено дали този метод е заимстван от литературата, или е авторско предложение. Методът обаче не е много добре обоснован. Добре е да се разпишат силите, които действат върху буталото при двата хода и да се изясни как се контролира всяка една от тях. Посочено е, че не се отчитат хистерезисните загуби в товарната пружина. В случая би било добре да се направи един ориентиран анализ на влиянието на тези загуби, като се зададат няколко стойности за тях и да се оцени влиянието им върху крайния резултат. Не е ясно как се осигуряват еднакви триещи сили при двата хода, ако наляганята в камерите на цилиндъра са различни при двете движения, тъй като силите на триене в уплътнителните възли бутало-цилиндър и бутален прът-уплътнителен капак зависят от налягането, което действа върху съответните уплътнителни елементи. Допълнително не е изяснено влиянието на различните скорости при двата хода, което следва от фиг. 4.3.

Получените стойности за силата на сухо триене и на вискозно триене се отнасят само за изследвания цилиндър (с конкретна конструкция и размери), което ограничава тяхното използване при решаване на други аналогични задачи, свързани с моделиране на пневматични задвижващи системи. Препоръката ми е в следващи разработки докторантът да проведе по-широки изследвания, а резултатите да ги обобщи, като се дадат зависимости за коефициентите на триене, с помощта на които да се пресмятат съответните сили.

Посочените по-горе забележки по отношение определянето на силата на триене се отнасят и за проведеното експериментално изследване на безпрътов пневмоцилиндър, представено в т. 4.4.

В глава V е представен разработеният математичен модел на електропневматична позиционираща система, с помощта на който се симулира динамиката на процесите в системата. Последователно са дадени особеностите при моделиране на отделните елементи на пневматичната система – компресорен агрегат (с неговите съставни елементи), използвания електропневматичен пропорционален разпределител и електронния PID регулатор. Разписани са съответните уравнения, влизащи в математичния модел, като в тези от тях, свързани с дебита през пропорционалния разпределител, движението на газа по тръбопроводите и при описание движението на буталото на цилиндъра са използвани получените в предходните глави резултати. Това е предпоставка за подобряване точността на получаваните резултати при последващите симулационни изследвания. Считаю, че заглавието на т.5.9 „Определяне на силите на сухо триене“ не е коректно, тъй като става въпрос за уравнения, описващи движението на буталото на пневмоцилиндъра, още повече, че в подточка 5.9.1 се дава зависимостта за масовия дебит, напускащ пневмоцилиндъра.

Симулационните изследвания са извършени в средата на MatLab, като получените резултати при две дължини на свързващите линии са дадени графично.

Глава VI е посветена на експериментална проверка на получените теоретични резултати. Представен е разработеният за целите на изследванията стенд, който е синтезиран на база на стандартни пневматични елементи и подходящи измервателни уреди. За събиране и обработване на получаваните сигнали от уредите е разработен виртуален инструмент в софтуера „LabView“, така както е направено и при синтезиране на съответните опитни уредби в предходните експериментални изследвания.

Представени са графично получените честотни характеристики на изследваната

електропневматична позиционираща система с безпрътов пневматичен цилиндър и с пневмоцилиндър с двустранен бутален прът. Направен е и съответния анализ на тези характеристики.

Допълнително са изследвани динамичните характеристики на хранващия (компресорния) агрегат, необходими при последващото моделиране на пневматичната задвижваща система.

Специално трябва да се отбележи извършеният сравнителен анализ между експериментално получените резултати и тези от симулационните изследвания на преходните процеси в електропневматичната позиционираща система с различни по дължина пневматични линии. Може да се отбележи, че в по-голямата си част експерименталните данни добре съответстват на теоретично получените. Това безспорно е един показател за точността на разработения модел, с помощта на който са проведени симулационните изследвания.

4. Приноси на дисертационния труд.

Посочените в дисертацията приноси са класифицирани като научно-приложни и приложни. Считам, че те добре отразяват основните резултати, получени при това дисертационно изследване.

Приносите могат да се отнесат към следните групи

- *Доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области, проблеми, теории, хипотези.*

Тук се отнасят създадените математични модели за динамични изследвания на пневмосистеми с отчитане геометричните размери на пневматичните линии и вида на изпълнителния механизъм (пневмоцилиндър); моделът на действителната дебитна характеристика на изследвания пропорционален разпределител; симулационните модели за преходните процеси в изследваната електропневматична позиционираща система.

- *Създаване на нови класификации, методи, конструкции, технологии.*

Към тази група могат да се посочат следните приноси: методът за определяне на триещата сила в пневмоцилиндрите; експерименталните уредби с разработените към тях подходящи виртуални инструменти за събиране и обработка на експерименталните данни в реално време.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

По дисертацията са публикувани 5 работи, едната от които е самостоятелна. Те са от научни конференции, като една от тях е от конференция в чужбина. Не са дадени сведения дали някои от тези публикации са цитирани от други автори. Фактът, че те са публикувани в трудовете на конференции в четири университета е една предпоставка за по-широко разпространение на проведените изследвания сред учените от областта на хидравличните и пневматични задвижвания.

6. Авторство на получените резултати

Обикновено тук посочвам, че отговор на този въпрос могат да дадат научният ръководител и членовете на научното звено, в което се е обучавал докторантът. Доколкото познавам инж. Г. Илиев и работата на колегите от катедра „Енергийна техника“ считам, че в преобладаващата си част резултатите от това изследване са лично дело на докторанта, а другата част са съвместни с научния му ръководител.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е разработен в обем от 60 стр., което е твърде голям по обем документ за една докторска дисертация. На практика той почти покрива текста от дисертацията и може да се каже, че в известен смисъл се обезмисля неговото съществуване. В автореферата трябва да се дадат основните резултати от изследванията в сбит, но много добре представен текст, с което читателят да си изясни основните приноси на проведеното дисертационно изследване.

8. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Бях рецензент на вътрешната защита на дисертанта инж. Георги Илиев. В рецензията си посочих доста забележки и направих немалко препоръки. По-голямата част от тях са отчетени в последния вариант на дисертацията. В предходните точки посочих няколко забележки и препоръки, които са конкретно по разглежданите въпроси.

Бих си позволил някои по-обща препоръки:

– Препоръчвам на докторанта в своите бъдещи изследвания на електропневматични задвижващи системи да ограничи използването на термина „сила на сухо триене“, като използва само „триеща сила“ и където е необходимо да се посочва, че тя е от сухо и вискозно триене (на практика от гранично триене).

– В текста все още се срещат доста граматични и пунктуационни грешки. Добре е да се свикне с практиката, текстът старателно да се редактира окончателно, преди да се публикува.

9. Заключение.

Дисертационното изследване се характеризира с широк кръг изследвани въпроси. Извършена е значителна по обем изследователска работа. Съставени са подходящи математични модели, като на тяхна база са проведени редица симулационни изследвания. Разработени са подходящи опитни уредби и подходящи измервателни системи със съвременни уреди, както и виртуални инструменти, синтезирани с използване на съвременни компютърни програмни продукти. Безспорен принос са получените множество експериментални резултати. Всичко това показва, че проведеното изследване покрива изискванията към една дисертация за ОНС Доктор в областта на машинното инженерство. Отправените забележки и препоръки не омаловажават постигнатите резултати. Те имат за цел подобряване представянето на постигнатите резултати от проведеното научно изследване.

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание **да предложи** да бъде придобита образователната и научна степен „Доктор“

от **маг. инж. ГЕОРГИ СЛАВЧЕВ ИЛИЕВ**

в област на висше образование - 5. Технически науки,
професионално направление - 5.1. Машинно инженерство,
докторска програма „Хидравлични и пневматични задвижващи системи“.

20.06.2021 г.
гр. Русе

РЕЦЕНЗЕНТ: _____ /п/
/проф. д-р Генчо Попов/