

РЕЦЕНЗИЯ
на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен "Доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.2. Електротехника, електроника и автоматика
докторска програма – „Електроснабдяване и електрообзавеждане”

Автор: маг. инж. Ивайло Димитров Иванов
Тема: Взаимно влияние между електроснабдяване, електрообзавеждане и електрически товари за средно напрежение
Рецензент: проф. д-р инж. Васил Димитров Димитров,
Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София,
катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане на транспорта“

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Дисертационният труд е разработен в обем от 209 страници и включва увод, пет глави, заключение, приноси, публикации на автора, цитирания, библиография, списък с използвани съкращения. Представени са и четири приложения с данни за изследваните асинхронни двигатели и сертификати за участие в международни научни конференции.

В увода накратко са обосновани актуалността и необходимостта от прилагане на интердисциплинарен подход в научното изследване

В Глава първа (обем от 12 страници) са разгледани особеностите при управлението на асинхронни двигатели с накъсосъединен ротор (АДНСР) за средно напрежение (СН), подчертано е практическото значение на изследването на влиянието на стойността на захранващото напрежение и сумарния инерционен момент на електрозадвижването върху възникващите ударни моменти и токове и при пускане на такива мощни асинхронни двигатели. Обоснована е необходимостта от анализа на протичащите преходни процеси, които са пряко свързани с правилната настройка на цифровите релейни защиты, обуславят дълготрайността и сигурността при експлоатация на двигателите и предотвратяването на аварийни ситуации, определят особеностите при организацията на диагностиката и мониторинга на състоянието на този тип АД. В края на главата е формулирана и основната **цел на дисертацията**, която може да бъде конкретизирана по следния начин:

Разработване и анализ на инженерни подходи, методи, модели и алгоритми за изследване на електромеханичните преходни процеси при задвижвания с асинхронни двигатели с накъсосъединен ротор за средно напрежение от гледна точка на взаимното влияние между електроснабдяването и електрообзавеждането, както и за диагностика и контрол на състоянието по време на експлоатация.

Формулираната цел се постига чрез последователното решаване на следните основни **задачи**:

✓ Изследване на влиянието на стойността на захранващото напрежение и сумарния инерционен момент на електрозадвижването върху възникващите ударни моменти и токове и времето за пускане на АДНСР за СН.

✓ Изследване на преходните процеси при самопускане на АДНСР за СН при различни механични характеристики на куплираните механизми и в различни условия и избор на метод за опростено изчисляване на самопускане.

✓ Извеждане на зависимости за загубите на мощност и енергия в АДНСР за СН от захранващото напрежение, които предоставят възможност за компютърно моделиране и симулация.

✓ Разработване на симулационен модел за изследване влиянието на едновременното изменение по определен закон на захранващото напрежение и честотата върху показателите на преходните процеси и загубите на енергия при различни стойности на началния съпротивителен момент в мощни АДНСР за СН с честотно управление.

✓ Анализ на функционалните възможности на цифровата релейна защита (ЦРЗ) и изчисляване на необходимите настройки, с цел осигуряване на качествена експлоатация на АДНСР за СН и на електроснабдителната система на дадено предприятие, включително при самопускане на различни агрегати.

✓ Систематизиране на изискванията към автоматично включване на резервата (АВР) и предложение за съвременни системи с висока надеждност и бързодействие, осигуряващи необходимото качество на преходния процес.

✓ Систематизиране на данните за аварийност на АДНСР за СН в единни графично представени модели, с цел онагледяване на разпределението на повредите според мястото на проявяване.

✓ Систематизиране на методи за диагностика на състоянието на АДНСР за СН и препоръки за организацията ѝ.

✓ Верификация на разработените модели и методики посредством експериментално изследване на преходни процеси и на техническото състояние на АДНСР за СН със съвременна специализирана апаратура.

В Глава втора (обем от 39 страници) са обобщени показателите за качеството на електрическата енергия от гледна точка на влиянието им върху работата на асинхронни двигатели с накъсосъединен ротор за средно напрежение (изменението на температурния режим, двигателния момент, хлъзгането, токовете в статора и ротора и др.). Анализирани са механичните характеристики и на тази база са класифицирани механизмите за собствени нужди от електрическите уредби за средно напрежение в електрически централи във връзка с необходимостта от осигуряване на устойчива работа на електрозадвижването във всички експлоатационни режими – установени и преходни. Систематизирани са принципните схеми, използвани в системата за средно напрежение на електрически централи и възможните аварии и повреди в зависимост от мястото на късо съединение и влиянието му върху работата на асинхронните двигатели с накъсосъединен ротор, което е свързано с функциите и настройката на цифровите релейни защиты и автоматичното включване на резервно захранване. Разработен е топлинен модел на асинхронен двигател с накъсосъединен ротор, отчитащ особеностите, свързани със захранването със средно напрежение, както и методика за определяне на топлинните времеконстанти. Извършено е изследване на статичната и динамичната устойчивост на асинхронни двигатели за средно напрежение при промяна на товара или снижаване на

напрежението, като са разработени модели, проведена е симулация и са дефинирани допустимите граници на изменение на изследваните параметри.

В Глава трета (обем от 51 страници) е разработен математически модел на АД за СН с двойнокафезен ротор, като се прилага теорията на обобщената електрическа машина. Проведени са симулации с цел изследване на влиянието на захранващото напрежение, инерционния момент на задвижването и началния съпротивителен момент върху показателите на преходните процеси и загубите на електрическа енергия при пускане на помпен агрегат, изведени са апроксимационни зависимости. Разработеният модел позволява изследване и на работата на АД при управление с честотен преобразувател – при едновременно изменение на захранващото напрежение и честота по определен закон. Проведени са експериментални изследвания в лабораторни условия на центробежни механизми (помпа и вентилатор), задвижвани с асинхронен двигател за ниско напрежение, като се използва анализатор на качеството на електрическата енергия. Анализирано е влиянието на натоварването върху енергийните показатели.

В Глава четвърта (обем от 38 страници) са проучени и систематизирани аварията и причините за откази при експлоатацията на асинхронни двигатели с накъсосъединен ротор за средно напрежение при различни конкретни условия на работната среда. Класифицирани са техники за диагностика на състоянието, предложена е съвременна измервателна апаратура, направена е оценка за ефективността на различни методи при откриване на неизправности.

В Глава пета (обем от 39 страници) е извършен анализ на конкретен обект (група помпени станции за водоснабдяване на голям град), включително идентификация на параметрите на електроснабдителната система и електромашинните агрегати, практически измервания с мрежови анализатор на процесите в установен и преходен режим на асинхронните двигатели за средно напрежение, определяне на токовете на късо съединение и най-опасните варианти при различни схемни решения. Предложено е ново решение – въвеждане на съвременна система за бързо автоматично включване на резерва, анализирани са ползите, с цел подобряване на статичната и динамична устойчивост на електроснабдяването и електрообзавеждането на помпени станции с голяма значимост за сигурността на водоподаването.

В заключението са обобщени накратко получените резултати и тяхното приложение.

С оглед на представените научни изследвания може да се отбележи, че тематиката е изключително актуална: осигуряване на сигурна и надеждна работа на високоотговорни мощни електрозадвижвания при създаване на възможности за подобряване на енергийната им ефективност както чрез избор на подходяща структура и настройка на системите за управление и защита, така и посредством организационно-технически мероприятия при провеждане на диагностични процедури. С помощта на математическо моделиране и анализ са постигнати резултати, сравними с реални експериментални данни, получени със съвременна измервателна апаратура. Използването им води до изпълнението на поставените цел и задачи и до формулирането на приносите на дисертационния труд.

Приложени са отзиви от известни фирми и специалисти от индустрията, потвърждаващи актуалността на разглежданата тематика.

2. Обзор на цитираната литература

Библиографията включва 187 литературни източници, от тях 65 са на латиница, 99 – на кирилица, 23 – сайтове от Интернет. Цитирана е коректно в текста. Използвани са трудове на български и чуждестранни изследователи, като голяма част от тях са публикувани през последните 25 години, но се забелязват и издания от преди повече от 40 години. Включена е и техническа справочна литература, свързана с тематиката на дисертационния труд. Това показва, че докторантът маг. инж. Ивайло Димитров Иванов е запознат в достатъчна степен със състоянието на проблематиката, притежава задълбочени теоретични знания по специалността, умее да използва правилно литературния материал при провеждане на научни изследвания, при работа със специализирани програмни продукти, при анализа и тълкуването на постигнатите резултати, което показва способност за творческа интерпретация на зависимостите, известни от литературата.

3. Методика на изследване

Докторантът е приложил интердисциплинарен подход при провеждане на научните изследвания и постигане на поставената цел в дисертационния труд – съвместно използване на специфични познания в областта на електроснабдяването, електрообзавеждането, електрическите машини, математическото моделиране и компютърната симулация – което съвместно с използването на микропроцесорна измервателна апаратура е едно от съвременните изисквания при организирането и провеждането на научни изследвания, анализа на получените резултати и формулирането на конкретни препоръки с дългосрочен ефект.

4. Приноси на дисертационния труд

Съгласен съм по същество с предложените осем приноса на дисертационния труд, които докторантът е класифицирал като научно-приложни. Желателно е към всеки от тях да се отбележи съответният раздел, в който са разгледани и доказани. Те могат да бъдат отнесени към Създаване на нови класификации, методи и технологии, Доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области и проблеми, Получаване на потвърдителни факти.

Резултатите от проведените изследвания ми дават основание да обобщя приносите като научно-приложни и приложни по следния начин:

✓ Предложени са нови математически модели на протичащите процеси и взаимодействия в конфигурацията „Асинхронна електрическа машина – помпен агрегат за средно напрежение“ с отчитане на фактора хлъзгане на обединената електромеханична система и с възможности за изследване влиянието на различни параметри върху експлоатационната надеждност и енергийната ефективност на задвижването.

✓ Създадени са компютърно ориентирани алгоритми за прякото практическо приложение на разработените модели и е избран подходящ софтуер за решаване на системите диференциални уравнения, описващи електромагнитните и електромеханичните преходни процеси при различни условия и параметри на електрозадвижванията на помпени агрегати за средно напрежение.

✓ Проведени са теоретични изследвания на помпени агрегати за средно напрежение, предложени са систематизиран анализ и класификация на видовете куплирани към АДНСР за СН механизми и техните характеристики.

✓ Извършен е обзор на аварийността при АДНСР за СН, систематизирани са причините за възникване на неизправности по време на експлоатация, като повредите са класифицирани в зависимост от мястото на проявление, предложени са методи за организация на диагностиката.

✓ На базата на изследвания на преходни и установени процеси в електроснабдителната система и в помпени агрегати за средно напрежение е установена връзката между електроснабдяване и електрообзавеждане в преходен режим за редица значими параметри.

✓ Въз основа на изследвания и анализ на качеството на преходните процеси при самопускане на АДНСР за средно напрежение са разработени методики за извършване на правилни настройки на цифровите релейни защиты, с цел осигуряване на самопускане.

✓ Изследвано е влиянието на времето върху качеството на преходния процес при протичане на АВР и е предложено ново техническо решение с цел увеличаване на бързодействието.

✓ На базата на практически измервания със съвременен диагностичен комплекс по време на експлоатация на помпена станция е доказана по нов начин ефективността от използването на системи за функционална диагностика.

Трябва да се отбележи, че разработените модели са верифицирани чрез резултатите от проведените експериментални изследвания и могат да се използват като база за реализация на отправените конкретни предложения за подобряване на енергийната ефективност и повишаване на сигурността по време на експлоатация на електрозадвижвания с АДНСР за средно напрежение.

Получените резултати по време на моделирането и симулацията могат да имат широкоспектърно приложение в областта на енергетиката и промишлеността при проектиране на силови електрозадвижвания и системи за управление, при изследване и оптимизиране на динамичните процеси от гледна точка на механична част, конструкция на електродвигател и регулирането му при различни цикли на работа при определени от потребителите изисквания.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

По дисертационния труд са представени девет публикации, една от тях е самостоятелна – доклад на Международната научна конференция “UNITECH 2019”. Останалите публикации са в съавторство – с три и повече автори.

Три от публикациите са в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация (индексирани в Scopus), три са в научни списания (две в „Machines, Technologies, Materials“ и една в университетското издание „Eftimie Murgu“, Решица, Румъния).

Представени са 4 доклада на международни научни конференции в чужбина – Букурещ и Крайова - Румъния и Кавала - Гърция.

Приложена е справка за 6 цитирания на трудовете, като пет от тях са от чуждестранни автори. Четири от цитиранията са в издания, индексирани в Scopus – авторът има h-index 2.

Публикациите отразяват основни резултати от изследванията в дисертацията и може да се счита, че е постигната необходимата публичност пред инженерната общност.

6. Авторство на получените резултати

Предвид представените научни изследвания, съчетаващи теоретичен анализ, статистическа обработка на информация, разработване и симулация на модели за оценка на състоянието на изследваните обекти чрез използване на съвременни софтуерни продукти и работа със специализирана измервателна апаратура, както и богатият опит на маг. инж. Ивайло Иванов при работата му в енергийния сектор, считам, че дисертационният труд е разработен в значителна степен от докторанта, под ръководството на научните ръководители. Към дисертацията е приложена декларация за авторство.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е структуриран в общ обем от 58 стр., формат А5. Включва обща характеристика на дисертационния труд и изложение, което представлява достатъчна по обем извадка от разработката. Отразени са основните изследвания, резултати и изводи (в обем от 48 стр.), както и приносите, публикациите, свързани с дисертацията, цитиранията на научните трудове. Представена е и кратка анотация на английски език.

В авторската справка е упоменато участието в пет научноизследователски проекти, финансирани целево от държавния бюджет, които са подпомогнали разработването на дисертацията. Представени са резюмета на български и английски език на публикациите, свързани с дисертационния труд.

Считам, че Авторефератът и авторската справка удовлетворяват изискванията и отразяват достатъчна част от постигнатите резултати.

8. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Нямам съществени забележки към представения дисертационен труд, който е разработен в добър стил. Имам някои забележки от технически характер и следните препоръки:

✓ Съкращението „СН“ се използва на някои места за обозначаване на „Средно напрежение“, а на други – за „Собствени нужди“. Целесъобразно е да се прецизират с цел избягване на двусмислието.

✓ Да се представят подходящи критерии, според които биха могли да се използват съвместно резултатите от симулацията на АД за средно напрежение и получените резултати от експерименталните изследвания на АД за ниско напрежение.

✓ В много литературни източници, технически спецификации и ръководства за експлоатация на ел. двигатели се използва терминът „летящ старт“ (на англ. „Flying restart“) – функция, която определя поведението на задвижването при подаване на захранване към въртящ се двигател – вместо използваният в дисертацията термин „самопускане“.

9. Заключение

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. **Ивайло Димитров Иванов**

в област на висше образование - 5. Технически науки,
професионално направление - 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
докторска програма - „Електроснабдяване и електрообзавеждане”.

01.06.2021 г.

Рецензент: /п/

/проф. д-р инж. Васил Димитров/
(съгласно Заповед З-01-208/17.05.2021 г.)