

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд, за получаване на образователна и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд:

маг. инж. Пламен Антонов Станчев

Тема на дисертационния труд:

„Анализ на селективността и чувствителността на релейните защиты в съвременните електрически мрежи средно напрежение“

Изготвил рецензията:

доц. д-р инж. Юлиан Емилов Рангелов

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и мащаб на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

В дисертационния труд е засегната проблематика, която във висока степен засяга осигуряването на електрозахранването на потребителите на ниво електроразпределение – електрически мрежи за средно напрежение. Релейните защиты на електропроводите за средно напрежение допринасят за намаляване на неотстранимите повреди и икономически загуби от прекъсване на електрозахранването. В тази връзка решените задачи в дисертацията помагат за прецизиране на настройката им. За актуалност може да се говори, както в научно, така и в научно-приложно отношение.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Представеният ми дисертационен труд е с обем 149 страници, на които са разположени четири глави (131 страници), заключение, приноси, списък на публикациите по тезата, библиографска справка и шест приложения. Докторантът е разгледал и анализирал достатъчен брой публикации – 120. Вижда се задълбочено запознаване със състоянието на изследваната проблематика в научно-приложен аспект.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

Целта на дисертационния труд изисква решаването на няколко конкретни задачи, свързани със симулации на преходни процеси за определяне на настройките на релейните защиты в електрически мрежи средно напрежение. Това включва отчитането ограничителни условия, гарантиращи селективността и чувствителността им. Докторантът е избрал използването на програмен продукт за моделиране, симулации и визуализация с много възможности и с доказана тежест в научните среди.

Методиката на изследването съответства на избрания подход за решаване на задачите в дисертационния труд.

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

В първа глава (25 стр.) е направен литературен обзор. Накратко са разгледани изискванията към релейните защиты в електрически мрежи средно напрежение, съпроводени със съответните изчислителни изрази. Описани са предимствата и недостатъците на начините на заземяване на звездните центрове на силовите трансформатори на страна средно напрежение в подстанциите. Изброени са определящите фактори при избора на заземяване

на звездния център за различните видове електрически мрежи за средно напрежение и нормативните изисквания по въпроса. Показани са необходимите режимни параметри, зависимости и нормативни изисквания за решаване на поставените в дисертацията задачи. В приложение са изнесени известните от електротехниката заместващи схеми, изрази за определяне на параметрите им и зависимости между режимните параметри. Направена е обосновка, защо за моделиране на релейни защиты е избран Matlab/Simulink само чрез изброяване на предимства и недостатъци на множество софтуерни приложения без да се влиза в дълбочина. Разгледани са накратко проблемите, които възникват при определяне на селективността и чувствителността на релейните защиты. В края главата са изведени основните изводи от литературния обзор и са посочени целта и задачите на дисертацията.

Във втора глава (25 стр.) са показани разработените симулационни модели на релейни защиты интегрирани към конкретни прости трифазни модели на електрическа мрежа за средно напрежение. Всички модели са съставени на база елементи от библиотеките на Simulink и Simscape/Power System. Формулите за изчисляване на необходимите схемни параметри са дадени в приложения. Представени са подробно възможностите на всеки модел. Показани са резултати от конкретни симулации и реални записи на събития от релейни защиты. Накрая под формата на изводи са изложени възможностите на моделите и предложения за тяхното приложение.

В трета глава (34 стр.) са представени резултатите от направените симулации със създадените и описани във втора глава модели. Списъкът със събития включва: земни съединения и надлъжни несиметрии в електрически мрежи с различно третиране на звездния център на силовия трансформатор; междуфазни повреди за различна дължина, вид (кабелен, въздушен) и сечение на проводниците. В изложението и в приложение са показани резултати за токове, напрежения и пренапрежения по време на преходния процес и след затихването му. В края на главата под формата на изводи са изложени подробно резултатите и съответните заключения, които могат да се направят на тяхна база.

Четвърта глава (47 стр.) символично може да се раздели на две части. В първата част са изведени и/или изследвани: Ограничителни условия осигуряващи изискванията за селективност и чувствителност при настройка на основните видове защиты на електропроводи за средно напрежение; Изчислителни зависимости за определяне на коефициента на запас по чувствителност; Оценка спрямо коефициента на запас по чувствителност на цифрови релейни и електромеханични защиты; Токът на заработване на максималнотокова защита при настройка спрямо допустимия ток на проводниците и при използване на номиналния първичен ток на токовия трансформатор; Максималните дължини на електропроводите, при които защитата ще бъде чувствителна, като се използва за настройка по ток номиналния първичен ток на токовите трансформатори; Ограничителните условия относно минималната стойност на тока на трифазно късо съединение в края на извода при максимален режим на работа на захранващия трансформатор за селективна токова отсечка; Токът на заработване при различни мощности на мрежовите силови трансформатори и сума на намагнитващите токове за неселективна токова отсечка с отчитане на изведените изчислителни зависимости за ограничителните условия; Ограничителните условия за максималните дължини на електропроводите и токът на заработване, при които ще са удовлетворени изискванията за чувствителност за земни защиты.

Във втората част е представена методика за изчисляване на настройката на релейните защиты в електрически мрежи 20 kV с отчитане на всички изисквания на нормативните наредби при заземен звезден център на силовия трансформатор - комбинирано или през активно съпротивление; Предложена е и методика за изчисляване настройките на съвременните релейни защиты с отчитане топологията на електрическата мрежа, вида на електропроводите и сеченията им, монтираните токови измервателни трансформатори, както и коефициента на запас.

В приложения са показани режимни параметри в електрически мрежи средно напрежение. Математични описания на елементите в електрически мрежи средно напрежение. Симулационни модели в MATLAB/Simulink; Формули за определяне на параметрите на заместващите схеми в MATLAB/Sumulink; Обобщени резултати от изследвания на процесите при земни съединения в електрически мрежи с компенсирана неутрала за въздушна електрическа мрежа със сумарна дължина 200 km и 250 km и при наличие на надлъжна несиметрия; Програмен код на приложението за настройка на релейни защиты в MATLAB

Всяка от главите е съпроводена от изводи, в които са систематизирани резултатите от работата. Има основание резултатите да се приемат за достоверни и в тях да се търсят приносите на дисертационната работа.

5. Основни приноси на дисертационния труд.

Приносите на дисертационния труд могат да се класифицират като създаване на нови методи и да се разделят в групи както следва:

- **научни приноси** – Изведена е зависимост за оценка на запаса по чувствителност и ограничителни условия при настройка на релейни защиты на електропроводи за средно напрежение
- **научно-приложни приноси** – Изведени са условията, при които напреженията в звездния център са по-големи от нормираните при надлъжна несиметрия в електрически мрежи средно напрежение; Усъвършенствана е методика за настройка на релейни защиты, като се отчита вида на защитата и спецификата на защитавания извод и се определя коефициента на запас по чувствителност.
- **приложни приноси** - разработени са симулационни модели на релейни защиты и автоматика за повторно включване в MATLAB/Simulink; Създаден е скрипт в MATLAB за изчисляване на настройките на релейните защиты; Относно настройките на използваните релейни защиты е систематизирана информацията приложима за използване в практиката; Направено е обобщаване на получените резултати за кратността на пренапреженията и тока в преходния режим при земни съединения при различните начини на заземяване на звездния център в електрически мрежи за средно напрежение.

Съгласен съм с класифицирането на приносите от страна на докторанта. Личното ми мнение е че научния принос може да бъде причислен и към научно-приложните приноси. В дългосрочен план разработените в дисертацията методики могат да имат приложен принос. Към момента няма приложени документи за реализирано внедряване на резултатите.

6. Оценка в каква степен дисертационния труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?

По личните ми впечатления от докторанта, след обстойно прочитане на дисертационния труд и публикациите по темата мога да потвърдя, че разработката е дело на дисертанта под критичното наблюдение и споделения опит на научния ръководител.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Докторантът е представил шест публикации (две самостоятелни), които са свързани с темата на дисертацията. Две са публикувани в журналы, четири са публикувани на конференции, от които две са индексирани в SCOPUS

Реномето на форумите, в които е участвал докторанта ми дават основание да смятам, че резултатите от дисертационната му работа са достигнали до научната общност.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

По думите на автора към настоящия момент няма внедряване на резултатите.

9. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси.

Постигнатите резултати в дисертацията могат да се използват на първи етап в учебния процес и в нови научни начинания. На второ място, реални ползи от работата може да имат и електроразпределителните дружества при избор на настройките на релейни защиты на електропроводи за средно напрежение.

10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

Авторефератът отговаря на изискванията на Правилника за условията и реда на придобиване на научни степени в Технически университет-Варна и отразява основните положения и приносите на дисертационния труд.

11. Мнения, препоръки и бележки

Нямам съществени забележки към автора и неговия дисертационен труд. Определено има текстове, които могат да бъдат подобрени, за да се подчертаят по-добре резултатите от работата. На места се усеща липсата на коментари и анализи на резултати. Като препоръки мога да изтъкна следното: В първа глава може да се покаже опитът на лидерите в създаването на софтуер за изследване на електроенергийни системи, в разработката на модели на релейни защиты. Представянето на симулационните модели във втора глава по начина, по който е направено не дава възможност читателя да вникне в същината на труда. Много по-добре би било моделите да се представят с класически принципни схеми. Да се покажат точките, в които се прави измерването. Релейните защиты да се изобразят с логически блокови схеми, а Simulink моделите да се сложат в приложение. Представените записи на реални събития, на практика биха били полезни ако чрез симулационните модели автора може да ги повтори. С използваните цветове схеми и големина на шрифтовете при визуализация на резултатите е много трудно да се оценят достойнствата на свършената работа. В глава 2, 3 и в приложенията липсват данни за схемните параметри на разработените модели освен няколко прозореца с въведени параметри дадени в приложение 3. Получените резултати в трета глава като цяло се покриват с известните, които могат да се намерят в специализираната литература по въпроса. Не са показани в явен табличен вид началните условия, например не става ясно при какви напрежения на източника са изчислени токовете на късо съединение в минимален и максимален режим и т.н. В четвърта глава, където са основните приноси, ако по логиката на автора за извеждане на изчислителни изрази се запише израз за определяне на ограничение по дължина на въздушните електропроводи по допустима загуба на напрежение и допустим ток на нагряване за АС 95, лесно може да се изчисли, че максималната дължина на електропровод за 20 kV е около 6 km. Т.е. направените разсъждения за единични електропроводи с дължини средно 25 km и повече за сечения 50, 70, 95 mm² изглежда че трудно могат да бъдат обосновани, като необходими. Практиката показва, че е пълно с изключения, например за североизточна България има изводи с магистрали максимум около 30 km и сумарна дължина с отклоненията двойно повече. Тези факти са важни когато става дума за земни съединения, междуфазни къси съединения или напречни несиметрии. Такива уточнения, статистика за дължините на електропроводите за средно напрежение и др. липсват в дисертацията. Липсват също така и изследвания на двойни земни съединения и координация на настройките на земните защиты на всички изводи в една подстанция. Подобни разсъждения могат да се направят и за други гранични резултати. Както споменах по-горе липсват подробно

описани схемни параметри на заместващите схеми използвани в моделите. Например не е пояснено как са получени или са взети, като каталожни данни капацитетите на нулева последователност. Относно разработения скрипт за определяне на настройките разгледах представения код в приложението. Видно е, че описаните в дисертацията изчислителни изрази, способности за настройка и ограничения са налични. Възниква въпросът с какво създадения код е по-добър от методиките (програмите), които се използват в електроразпределителните дружества, т.е. не е направен сравнителен анализ, който да покаже какво ново е постигнато.

12. Заключение

Изложението на дисертацията, обема изследвания и използваните методи за изчисления и анализ ми дават основание да приема, че както образователната, така и научната част на дисертацията са налице. Считаю, че представеният дисертационен труд покрива изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагането му и Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научната степен „доктор на науките“ в Технически университет - Варна.

В заключение, базирайки се на гореизложеното, моето становище е: да бъде присъдена образователна и научна степен “доктор” на маг. инж. Пламен Антонов Станчев.

Дата: 03.02.2023 г.

РЕЦЕНЗЕНТ:.....

/ доц. Ю. Рангелов /