

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ГРЕБЕНЬ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 621.311

**МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА
ТЕМПЕРАТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, кафедри електричної інженерії
Наконечний Мирослав Степанович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук, старший викладач
кафедри фізики
Сіткар Оксана Андріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 24 грудня 2018 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 36 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми. Важливою умовою забезпечення надійності та тривалості експлуатації трансформаторного устаткування ефективно відведення частини енергії, що виділяється у вигляді теплоти в провідних елементах конструкції: в магнітній системі, в обмотках, в баках, в ярмових балках, в металевих пресувальних кільцях, в пресувальних пластинах і в крайніх пакетах стрижнів та ярем магнітних систем. Саме ефективність тепловідведення багато в чому визначає технічні, масогабаритні та економічні характеристики устаткування. Тому при його проектуванні важливим є наявність достовірних методів моделювання електромагнітного поля, додаткових втрат, температур в обмотках і в елементах конструкції, методів розрахунку індуктивних параметрів, електромагнітних сил, електричної та механічної міцності.

Розробка і поставка продукції на виробництво передбачає її моделювання, яке визначають як вивчення об'єкта (продукції) шляхом дослідження фізичної або математичної моделі, що відтворює або емітує окремі властивості об'єкта (продукції).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка математичних моделей трансформаторів та розрахунків їх електромагнітних і температурних характеристик.

Для досягнення цієї мети поставлено наступні *задачі дослідження*:

1. Розробити математичні моделі, які б дозволяли проводити розрахунок електромагнітних характеристик трансформаторів.
2. Провести дослідження електричних та магнітних параметрів трансформаторів.
3. Розрахувати втрати в трансформаторі та розподіл температури

Об'єкт дослідження - електромагнітні та температурні процеси в силових трансформаторах, зумовлені особливостями їх будови та матеріалами виготовлення.

Предмет дослідження – силові трифазні трансформатори

Наукова новизна роботи.

Розроблена математична модель для дослідження магнітних та електричних характеристик силового трансформатора, що дозволило враховувати особливості не лінійності характеристик його матеріалів.

Розроблено модель та метод розрахунку втрат потужності в елементах конструкції трансформатора.

Розвинуто математичну модель для спільного розрахунку температурних та електромагнітних характеристик трансформаторам

Практична значущість роботи.

Розроблена математична модель дає можливість отримати чіткі показники трансформатора на етапі його проектування. Розроблена модель

може бути використана для навчального процесу студентів.

Апробація.

Основні положення роботи і її результати доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 28-29 листопада 2018 р. (Тернопіль 2018 р.)

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (36 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 98 сторінок, 4 таблиці, 19 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розглянуто сучасні тенденції у виробництві трансформаторів, їх конструкції та методи регулювання напруги. Проведено аналіз фізичних процесів в трансформаторах та методів їх моделювання.

У **першому розділі «Аналітична частина»** розглянуто сучасні тенденції у виробництві трансформаторів, їх конструкції та методи регулювання напруги. Проведено аналіз фізичних процесів в трансформаторах та методів їх моделювання.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** обґрунтовано вибір методу моделювання електромагнітних характеристик трансформатора, сформована математична постановка крайових задач для знаходження вихрових струмів в елементах конструкції трансформатора

У **третьому розділі «Технологічна частина»** проведено попередній розрахунок трансформатора, визначено основні геометричні розміри, розраховано обмотки та конструкцію магнітної системи, визначено робочі характеристик.

У **четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** розроблено математичну модель та проведено розрахунок електричних, магнітних, теплових характеристик трансформатора, розраховано поверхневі електричні втрати, втрати на перемагнічування, побудовано картину теплового поля трансформатора

У **п'ятому розділі «Спеціальна частина»** показано алгоритм розробки математичної моделі трансформатора в програмному пакеті Comsol Multiphysics.

У **шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** дано оцінку ефективності заміни силових трансформаторів

У **сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведено заходи безпеки під час експлуатації трансформаторів і

реакторів, та засобів і заходів щодо електробезпеки, проведено організацію цивільного захисту на об'єкті господарської діяльності

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто основні екологічні проблеми традиційної енергетики та вплив парникового ефекту на екологічну ситуацію.

ВИСНОВКИ

На основі проведених в даній роботі досліджень була розроблена математична модель, що дає можливість розрахувати магнітні, електричні та температурні характеристики трансформаторів при їх конструюванні. Отримано наступні результати:

1. Розглянуті основні технічні та експлуатаційні особливості силових трансформаторів. Проаналізовано фізичні процеси, що в них протікають та методи їх моделювання.

2. На основі розглянутих методів моделювання приведено математичну постановку крайових задач для знаходження вихрових струмів в елементах конструкції трансформатора.

3. Проведено розрахунок трифазного сухого трансформатора потужністю 400 кВА. Було розраховано його геометричні розміри та основні електричні величини.

4. Проведено моделювання магнітного поля осердя трансформатора, розраховано його втрати, а також втрати на вихрові струми в елементах конструкції. На основі отриманих результатів було проведено моделювання теплового поля трансформатора, та показано що його температура при номінальному струмі не перевищує 38 °С.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Гребень С. І. Аналіз методів моделювання теплового поля трансформаторів». Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – , Т 3, С. 22.

АНОТАЦІЯ

Гребень С. І. Моделювання електричних та температурних характеристик силового трансформатора 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі проведено аналіз фізичних процесів в трансформаторах та методів їх моделювання, обґрунтовано вибір методу моделювання електромагнітних характеристик трансформатора, сформована математична постановка крайових задач для знаходження вихрових струмів в елементах конструкції трансформатора. розроблено математичну модель та проведено розрахунок магнітних, електричних та теплових характеристик

трансформатора, розраховано поверхневі електричні втрати, побудовано картину теплового поля трансформатора.

Ключові слова: силовий трансформатор, математична модель, магнітне поле, температура.

ANNOTATION

Hreben Serhii. Modeling of electrical and thermal characteristics of power transformer, 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2018.

In the diploma the analysis of physical processes in transformers and methods of their simulation was conducted, the choice of the method of simulation of the electromagnetic characteristics of the transformer was substantiated, the mathematical formulation of boundary value problems was found for finding vortex currents in the elements of the transformer construction. the mathematical model was developed and the magnetic, electrical and thermal characteristics of the transformer were calculated, surface electric losses were calculated, a picture of the thermal field of the transformer was constructed

Key words: power transformer, mathematical model, magnetic field, temperature.