

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Биленко Илья Игоревич

**Повышение энергоэффективности силового масляного
трансформатора**

Направление подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

2023

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель:

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электромеханика» ФГБОУ ВО «КНАГУ»

Рецензент:

Киница Олег Игоревич, кандидат технических наук, начальник отдела подбора и обучения персонала ПАО «Амурский Судостроительный Завод»

Защита состоится «03» марта 2023 года в 10 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 203/3.

Секретарь ГЭК

Н.Н. Мельникова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В нашей стране система электроснабжения крупно разрасталась в годы СССР, и хоть на тот момент она являлась достаточно современной, сейчас она требует крупномасштабной модернизации. Следовательно, существует потребность в различных способах осуществить эту модернизацию.

Стандартные способы с частичной или полной заменой оборудования на новые и более совершенные подойдут не всем предприятиям, так как требуют внушительных затрат, а в условиях рыночной экономики далеко не все предприятия могут себе это позволить. Таким образом появляется потребность в относительно дешевой модернизации.

Один из способов для решения этой задачи заключается в повышении энергосберегающих свойств неотъемлемой части любой энергосети - силового трансформатора. Для повышения энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора предложено в конструкцию его активной части, которая включает в себя два ярма, три стержня, и обмотки низкого и высокого напряжения, добавить нагревательный блок. Нагревательный блок представляет собой герметичную камеру из немагнитного электропроводного материала, через который циркулирует теплоноситель. Этот блок присоединяется к системе отопления и горячего водоснабжения отапливаемых помещений и предназначен для поддержания стабильной температуры теплоносителя, поступающего из нагревательного блока в систему отопления.

Степень разработанности. В процессе работы над диссертацией был проведен обзор существующих способов повышения энергоэффективности. Была разработана конструкция нагревательного блока.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является силовой масляный трансформатор. Предметом исследования являются тепловые и электромагнитные процессы.

Цели и задачи.

Целью диссертации является повышение энергоэффективности силового масляного трансформатора, для этого необходимо выполнить следующие задачи:

1. Разработка конструкции нагревательного блока предназначенного для нагрева жидкого теплоносителя децентрализованной системы теплоснабжения.

2. Разработка тепловой схемы замещения трансформатора и анализ тепловых процессов.

3. Создание имитационной модели для исследования электромагнитных процессов в силовом масляном трансформаторе с нагревательным блоком.

Личный вклад. Автором был проведен обзор наиболее перспективных и надежных способов повышения энергоэффективности. Разработка имитационной модели силового трансформатора с нагревательным модулем.

Научная новизна. Научная новизна заключается в разработке конструктивной модели нагревательного модуля.

Практическая значимость результатов работы. В повышении энергоэффективности силового трансформатора, уменьшение технических простоев на объекте.

Методы исследований.

В качестве решения поставленных задач использовались методы теории электрических цепей, метод тепловых схем замещения и метод имитационного моделирования электромагнитных процессов.

Положения, выносимые на защиту.

1. Эквивалентная тепловая схема замещения.

2. Имитационная модель для исследования электромагнитных процессов.

Публикации по теме диссертации. Основные содержания диссертационной работы опубликованы в сборнике научных трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 60-летию кафедры "Системы электроснабжения" и 100-летию плана ГОЭЛРО и в материалах 4-ой Всероссийской национальной конференции молодых ученых.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на научно-технической конференции с международным участием, посвященной 60-летию кафедры "Системы электроснабжения" и 100-летию плана ГОЭЛРО и 4-ой Всероссийской национальной конференции

молодых ученых (Комсомольск-на-Амуре 2021 г. КнАГУ)

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 33 наименований. Работа изложена на 92 страницах, содержит 29 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, дана характеристика научной проблемы, сформулированы цели и задачи.

В первой главе рассмотрены способы повышения энергоэффективности которые в своей основе представляют собой изменения материала основных элементов трансформатора, изменение процесса их изготовления либо совершенствование их конструкций. Возможными способами повышения энергоэффективности силового трансформатора являются: оптимальный коэффициент нагрузки; увеличение коэффициента мощности.

Так или иначе все эти способы направлены на сокращение потерь самого трансформатора. Способ, рассматриваемый в данной работе, подразумевает собой использование потерь трансформатора. В данном случае для нагрева технической жидкости, способов применения которой великое множество. На рисунке 1 представлена конструкция активной части трансформатора с нагревательным модулем.

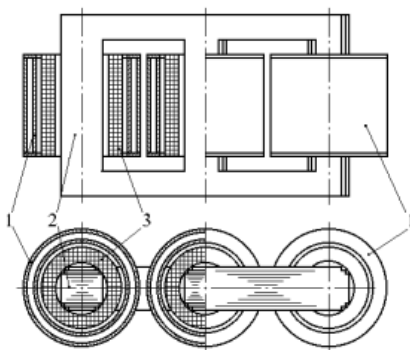


Рисунок 1 – Конструкция активной части силового трансформатора с нагревательным модулем

Во второй главе разработана методика расчета трансформатора, которая основывается на известной методике Тихомирова П.М., которая состоит из расчетов мощности фазы трансформатора, тока обмотки, различных коэффициентов потерь магнитной системы. Далее был выбран трансформатор ТМ-1600/35. Параметры данного трансформатора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры трансформатора

Название параметра	Числовое значение
Номинальная мощность(S), кВА	1600
Число фаз(m)	3
Частота(f), Гц	50
Напряжение обмотки ВН(U _{ВН}), В	35000
Напряжение обмотки НН(U _{НН}), В	690
Напряжение витка U _в , В	15,89
Мощность нагр. Блока (P _{нб}), кВт	100

Все это нам было необходимо для понимания построения модели нагревательного модуля и условий ее жизнеспособности

В третьей главе рассматриваются тепловые процессы, эффективность и надежность работы устройства. Составлена тепловая схема замещения, показанная на рисунке 2.

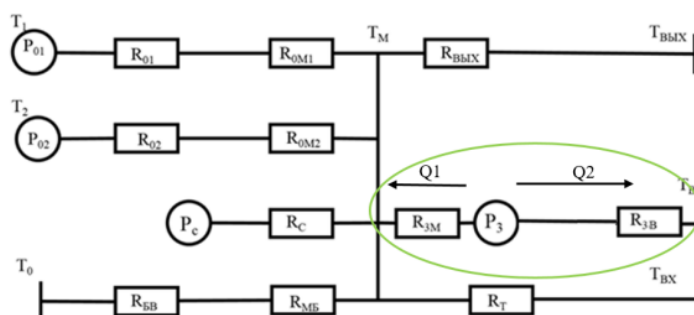


Рисунок 2 – Тепловая схема замещения

С помощью данной схемы замещения составлено уравнение теплового баланса. Было выяснено количество теплоты, передаваемое от нагревательного

элемента в воду и масло. Коэффициент эффективности нагревательного элемента, скорость и количество воды, протекающее в баке так же были рассчитаны и записаны в таблицу 2

Таблица 2 – результаты расчетов

V1	Qл	n	Q1	Q2
0	0	0	0	33333
$1 \cdot 10^{-4}$	$2,835 \cdot 10^{-5}$	$6,329 \cdot 10^{-4}$	21	33312
0,1	$2,835 \cdot 10^{-2}$	0,164	5471	27862
0,2	$5,617 \cdot 10^{-2}$	0,293	9756	23568
0,5	$1,418 \cdot 10^{-1}$	0,599	19970	13363
0,7	$1,985 \cdot 10^{-1}$	0,825	27490	5843
0.9	$2,552 \cdot 10^{-1}$	1.002	33400	-100
1	$2,835 \cdot 10^{-1}$	1.078	35950	-2650

Зависимость коэффициента эффективности нагревательного блока от расхода теплоносителя показана на рисунке 3.

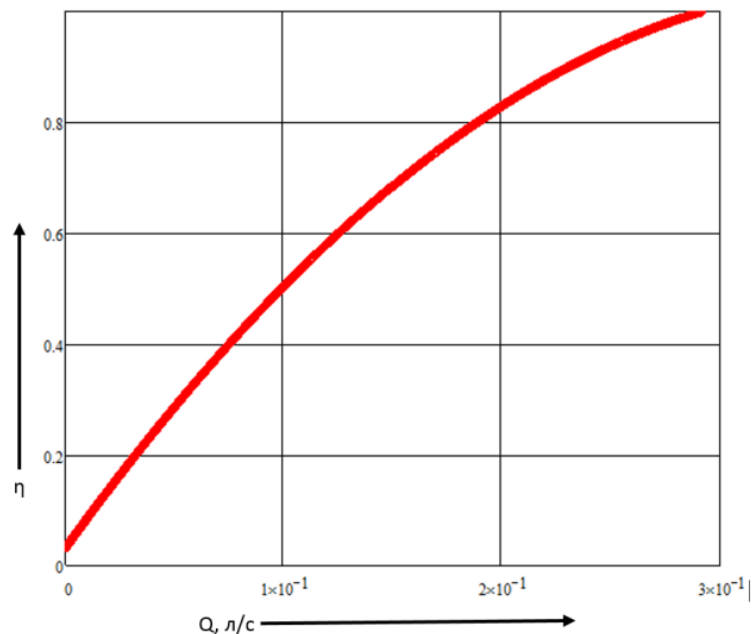


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента эффективности нагревательного блока от расхода теплоносителя.

В четвертой главе рассмотрены электромагнитные процессы, представлена модель нагревательного модуля, осциллограммы по результатам моделирования и его схематичная конструкция.

Модель нагревательного модуля состоит из:

- 1) Источника питания;
- 2) Высоковольтные выключатели;
- 3) Нагрузка;
- 4) Нагревательный блок;

На рисунке 5 представлена модель нагревательного модуля

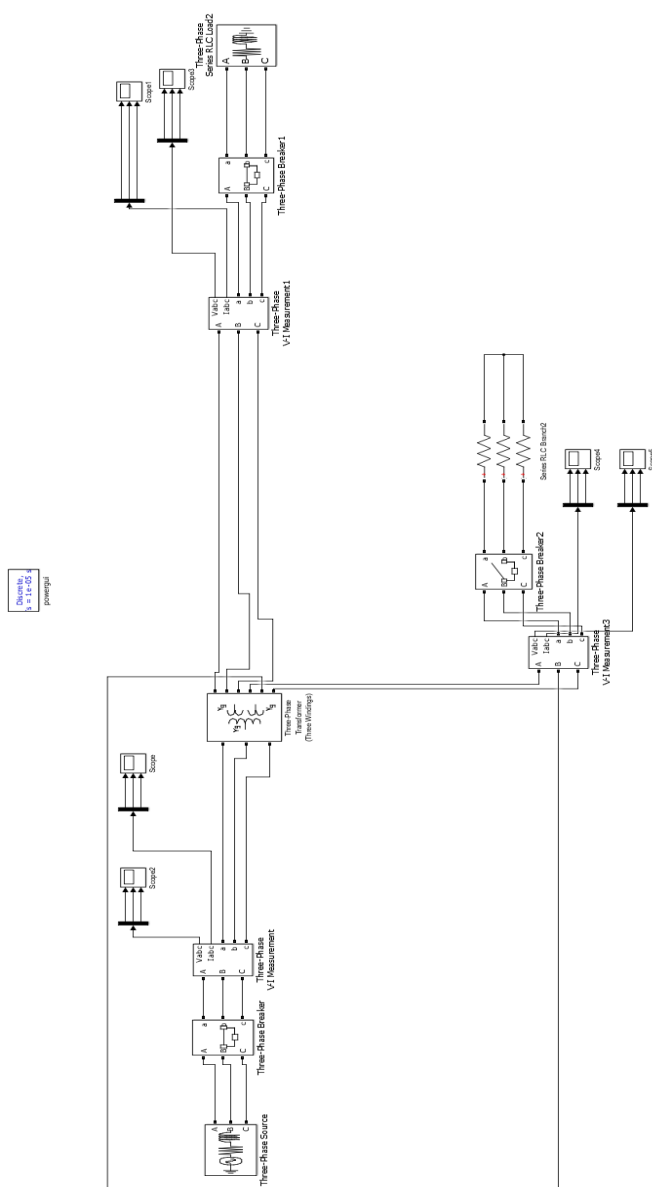


Рисунок 5 – Модель нагревательного модуля

На рисунке 6 представлена осциллограмма вольтамперной характеристики работающей модели на участке нагревательного модуля.

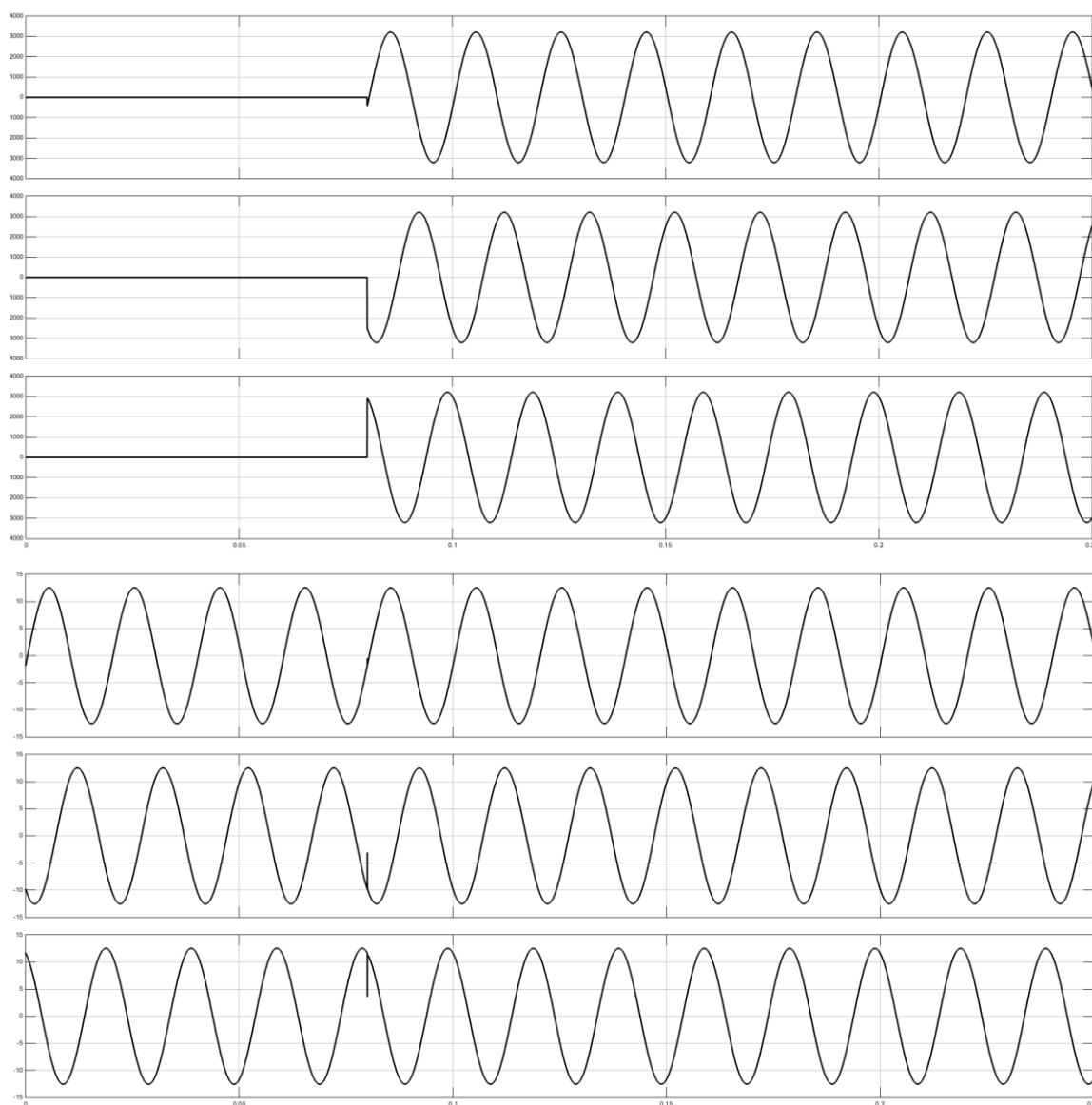


Рисунок 6 - осциллограммы нагревательного модуль

На рисунке 7 представлена конструкция нагревательного модуля, состоящая из следующих элементов:

- 1) Корпус
- 2) Нагревательный контур
- 3) Диалектические распорки
- 4) Диэлектрические вставки
- 5) шина

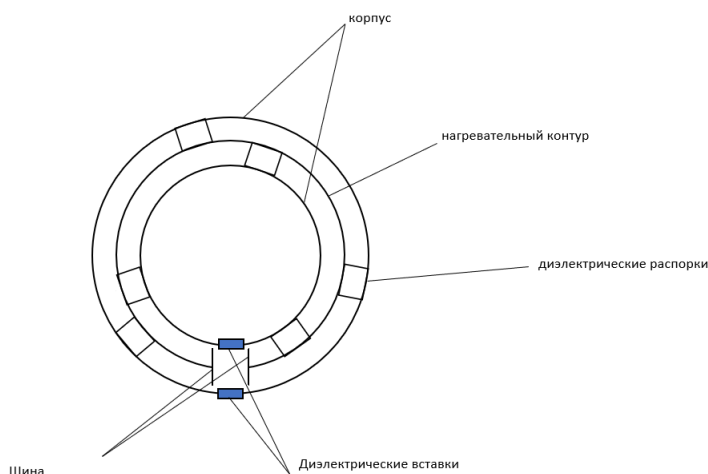


Рисунок 7 - конструкция нагревательного модуля

Как мы видим, из осциллограммы, переходный процесс при включении нагревательного модуля не повлиял негативно на работу системы что обеспечивает жизнеспособность и эффективность данного модуля.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Создание и использование нагревательных элементов трансформаторного типа с вторичной обмоткой, конструктивно выполненной в виде короткозамкнутого витка, позволяют решить важную научно-техническую проблему повышения энергоэффективности трансформатора.

Сформулированный принцип построения нагревательного модуля позволяет создать конструкции трёхфазных нагревательных элементов и устройств трансформаторного типа, которые являются более безопасными, долговечными и надёжными, чем традиционные теплогенерирующие устройства, используемые в системах децентрализованного теплообеспечения промышленных объектов.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

- 1) Рассмотрение общего принципа построения нагревательного модуля и их необходимость в современной энергосистеме промышленности России.
- 2) Необходимый расчет параметров трансформатора и оценки жизнеспособности проекта.

- 3) Рассмотрение тепловых процессов, протекающих в нагревательном модуле.
- 4) Рассмотрение электромагнитных процессов и их особенностей в нагревательном модуле.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Биленко И.И. Совершенствование конструкции и повышение энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора. / И.И. Беленко, Н.А. Карпов, В.В. Иванов, А.В. Сериков // Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива: Сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 60-летию кафедры "Системы электроснабжения" и 100-летию плана ГОЭЛРО Хабаровск : ФГБОУ ВО «ДВГУПС», 2020. – С. 53-56.

2 Биленко, И.И. Повышение энергоэффективности силовых трансформаторов. / И.И. Биленко, А.В. Сериков // Молодежь и наука: Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2021.-Ч. 2. – С. 113-115.