

УДК 621.313

Зеленькевич А.И., Прищепов М.А., Збродыга В.М.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ»

В работе рассмотрено конструктивное исполнение трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

Ключевые слова: трансформатор, конструктивное исполнение.

Конструктивное исполнение трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] определяется областью его применения. При использовании в электроустановках сельскохозяйственных потребителей в качестве силового трансформатора его рекомендуется выполнять с масляным охлаждением.

По конструкции трансформатор состоит из магнитной системы, системы обмоток с их изоляцией и системы охлаждения [2].

В магнитной системе локализуется основное магнитное поле, а также она является механической и конструктивной основой трансформатора. Магнитная система состоит из стержней и ярм. На стержнях расположены основные обмотки трансформатора, которые служат для непосредственного преобразования электрической энергии. Ярм предназначены для замыкания магнитной цепи, на них нет основных обмоток.

По схеме их взаимного расположения принят наиболее распространенный в практике трансформаторостроения плоский трехстержневой тип магнитной системы, в которой продольные оси всех стержней и ярм расположены в одной плоскости. Поперечное сечение стержня – ступенчатой формы, вписанной в окружность, и с обмотками в виде круговых цилиндров. Форма и размеры поперечного сечения ярма равны форме и размерам стержней. Стержни и ярмы выполнены из изолированных пластин холоднокатанной текстурованной электротехнической стали, обладающей анизотропией магнитных свойств. Ступенчатое сечение стержня и ярма образуется сечениями пакетов пластин. Число ступеней равно числу пакетов. С целью снижения потерь и намагничивающей мощности из-за анизотропии магнитных свойств стали применен косой стык пластин в углах магнитной системы. Для стяжки ярм применены прессующие балки, опрессовка стержней осуществляется после насадки обмоток путем расклинивания с внутренней обмоткой.

Обмотки трансформатора предназначены для преобразования электрической энергии. Система обмоток включает в себя первичные обмотки трех фаз, которые присоединяются к питающей сети системы электроснабжения, вторичные обмотки, к которым подключается нагрузка, а также главную и продольную изоляцию обмоток.

Вторичные обмотки состоят из трех частей, размещенных на разных стержнях и соединенных последовательно, причем половина вторичной фазной обмотки располагается на том же стержне магнитопровода, что и первичная обмотка этой же фазы, а вторая половина, состоящая из двух одинаковых частей — на двух других стержнях магнитопровода.

Первичные и вторичные обмотки могут быть выполнены изолированным медным либо алюминиевым проводом круглого или прямоугольного сечения в виде цилиндров и расположены на стержнях концентрически относительно друг друга (вторичные обмотки – внутри, первичные – снаружи). Высоты обеих обмоток должны быть одинаковыми.

По форме выполнения приняты круглые обмотки, являющиеся более простыми в конструктивном отношении и более прочными в механическом и электрическом отношении по сравнению с обмотками прямоугольной формы.

Схема соединения первичных фазных обмоток трансформатора «звезда без нулевого провода», вторичных – «двойной зигзаг с нулевым проводом».

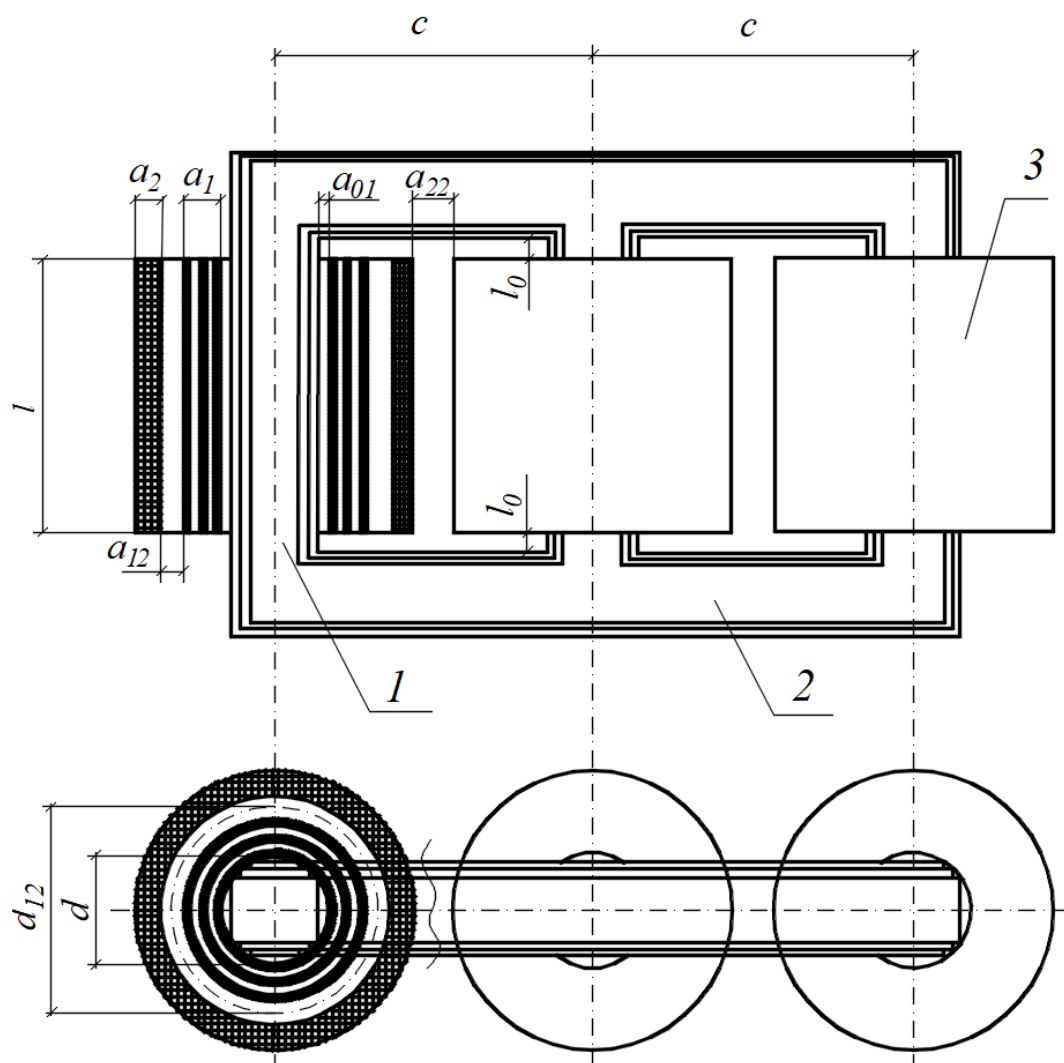
Обмотки изолированы одна от другой и от всех заземленных частей конструкции трансформатора – магнитной системы, деталей крепления, бака трансформатора. Эта изоляция является главной и создается путем сочетания изоляционных деталей, изготовленных из твердых диэлектриков, с изоляционными промежутками заполненными трансформаторным маслом. Изоляция между различными точками одной обмотки является продольной и включает в себя изоляцию между витками, слоями обмотки, катушками.

При работе трансформатора из-за потерь энергии в обмотках, магнитной системе и других элементах выделяется некоторое количество теплоты. В масляных трансформаторах отвод тепла от обмоток и магнитной системы осуществляется трансформаторным маслом, которое нагреваясь у поверхностей, интенсивно отводит тепло путем конвекции стенкам бака трансформатора. Стенки бака трансформатора, омываемые воздухом, отдают теплоту в окружающую среду.

На рисунке 1 представлены основные размеры и изоляционные расстояния трансформатора.

Задача оптимального выбора параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» и унификации всех деталей положена в основу расчета.

Загрузки магнитной и электрической систем должны находиться в пределах рациональных значений, которые установлены на основании имеющегося в стране опыта конструирования, изготовления и эксплуатации трансформаторов. Завышенное значение загрузки магнитной системы приводит к увеличению потерь холостого хода и перегреву магнитопровода, заниженное значение – к перерасходу обмоточных проводов и электротехнической стали. Завышенное значение загрузки электрической системы приводит к увеличению потерь короткого замыкания и перегреву трансформатора, к увеличению напряжения короткого замыкания, заниженное значение – к перерасходу проводникового материала и электротехнической стали.



1 – стержень; 2 – ярмо; 3 – обмотка; d – диаметр стержня магнитной системы; l – высота обмоток; d_{12} – диаметр осевого канала между обмотками; c – расстояние между осями стержней магнитопровода; a_1 – радиальный размер вторичных обмоток; a_2 – радиальный размер первичных обмоток; l_0 – изоляционные расстояния между ярмами и обмотками; a_{01} – изоляционные расстояния между вторичной обмоткой и стержнем магнитопровода; a_{12} – изоляционные расстояния между первичной и вторичной обмоткой; a_{22} – изоляционные расстояния между первичными обмотками разных фаз.

Рисунок 1 – Основные размеры трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

При разработке новой серии необходимо получить наиболее экономичные трансформаторы. Решение этой задачи для каждого типа трансформатора требует рассмотрения большого числа вариантов расчета, отличающихся соотношением основных размеров, а также параметрами холостого хода и короткого замыкания. Параметры холостого хода в значительной степени определяются заданной величиной магнитной индукции B в элементах магнитной системы, а параметры короткого замыкания – заданной величиной плотности тока в об-

мотках j . Соотношение основных размеров оказывает значительное влияние не только на параметры трансформатора, но и определяет его облик.

Для технико-экономической оптимизации конструктивных и технических параметров трехфазного силового трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» целесообразно использовать специальную программу для ЭВМ, которая должна предусматривать расчет параметров трансформаторов различной мощности и напряжения с учетом выбора типа и материала применяемого обмоточного провода, марки и толщины пластин электротехнической стали магнитопровода, соотношения основных размеров в широком диапазоне значений плотности токов в обмотках и магнитной индукции в элементах магнитопровода. При расчете необходимо предусмотреть возможность использования медных и алюминиевых проводов круглого и прямоугольного сечения с максимальным числом параллельных сечений равным четыре. В программе должен быть предусмотрен выбор сечения и габаритных размеров обмоточного провода первичной и вторичной обмотки из заложенного в нее массива стандартных значений. Программа должна позволять определять основные конструктивные размеры активной части трансформатора, расход обмоточного провода и электротехнической стали, производить расчет параметров холостого хода и короткого замыкания, а также проверочный тепловой расчет трансформатора. Для обеспечения требуемого теплового режима необходимо предусмотреть введение дополнительных каналов охлаждения в обмотки трансформатора.

Заключение

1. Предложенная конструктивная схема трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» определяется областью его применения и может иметь практическую реализацию.

2. При разработке новой серии трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» целесообразно выполнять технико-экономическую оптимизацию путем создания и применения специальной программы для расчета его параметров на ЭВМ.

Список использованных источников:

1. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.

2. Тихомиров, П.М. Расчет трансформаторов: учебное пособие/ П.М. Тихомиров. – 5-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.