

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ.М.АКМУЛЛЫ»

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ, ЦИФРОВЫХ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра физики и нанотехнологий

Направление Электроника и
наноэлектроника

Юрьева Константина Константиновича

КУРСОВАЯ РАБОТА
*Трансформаторы силовые двухобмоточные с
расщепленными обмотками НИ с РМН типа ТРДНС*

Научный руководитель:
Доцент, кандфиз.-мат.наук
Исхаков И.Р

Дата защиты _____

Оценка _____

Уфа 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение. История развития трансформатора.

2. Основные понятия и виды трансформаторов

3. Основные характеристики трансформатора. Системы охлаждения

и пожаротушения

4. Трансформаторы с расщепленными обмотками

5. Заключение

б.Список использованной литературы

1. Введение. История развития трансформатора.

Одним из важнейших преимуществ переменного тока перед постоянным является легкость и простота, с которой можно преобразовать переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Достигается это посредством простого и остроумного устройства - трансформатора, созданного в 1876 г. замечательным русским ученым Павлом Николаевичем Яблочковым.

П.Н.Яблочков предложил способ «дробления света» для своих свечей при помощи трансформатора. В дальнейшем конструкцию трансформаторов разрабатывал другой русский изобретатель И.Ф.Усагин, который предложил применять трансформаторы для питания не только свечей Яблочкова, но и других приемников.

В дальнейшем несколько конструкций однофазных трансформаторов с замкнутым магнитопроводом были созданы венгерскими электротехниками О. Блати, М. Дери и К. Циперновским. Для развития трансформаторостроения и вообще электромашиностроения большое значение имели работы профессора А.Г. Столетов по исследованию магнитных свойств стали и расчету магнитных цепей.

Важная роль в развитии электротехники принадлежит М.О. Доливо-Добровольскому. Он разработал основы теории многофазных и, в частности, трехфазных переменных токов и создал первые трехфазные электрические машины и трансформаторы. Трехфазный трансформатор современной формы с параллельными стержнями, расположенными в одной плоскости, был сконструирован им в 1891 г. С тех пор происходило дальнейшее конструктивное усовершенствование трансформаторов, уменьшалась их масса и габариты, повышалась экономичность. Основные положения теории трансформаторов были разработаны в трудах Е. Арнольда и М. Видмара.

В развитии теории трансформаторов и совершенствовании их конструкции большое значение имели работы советских ученых В.В. Корицкого, Л.М. Пиотровского, Г.Н. Петрова, А.В.Сапожникова, А.В.Трамбицкого и др.

Трансформатор представляет собой сердечник из тонких стальных изолированных одна от другой пластин, на котором помещаются две, а иногда и больше обмоток из изолированного провода. Обмотка, к которой присоединяется источник электрической энергии переменного тока, называется первичной обмоткой, остальные обмотки - вторичными.

Если во вторичной обмотке трансформатора намотано в три раза больше витков, чем в первичной, то магнитное поле, созданное в сердечнике первичной обмоткой, пересекая витки вторичной обмотки, создаст в ней в три раза больше напряжение.

Применив трансформатор с обратным соотношением витков, можно так же легко и просто получить пониженное напряжение.

История развития трансформатора

Изобретателем трансформатора является русский ученый П.Н. Яблочков. В 1876 г. Яблочков использовал индукционную катушку с двумя обмотками в качестве трансформатора для питания изобретенных им электрических свечей. Трансформатор Яблочкова имел незамкнутый сердечник. Трансформаторы с замкнутым сердечником, подобные применяемым в настоящее время, появились значительно позднее, в 1884 г. С изобретением трансформатора возник технический интерес к переменному току, который до этого времени не применялся.

Выдающийся русский электротехник М.О. Доливо-Добровольский в 1889 г. Предложил трехфазную систему переменного тока, построил первый трехфазный асинхронный двигатель и первый трехфазный трансформатор. На электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне в 1891 г. Доливо-

Добровольский демонстрировал опытную высоковольтную электропередачу трехфазного тока протяженностью 175 км; трехфазный генератор имел мощность 230 КВт при напряжении 95 В.

В дальнейшем начали применять масляные трансформаторы, так как было установлено, что масло является не только хорошей изоляцией, но и хорошей охлаждающей средой для трансформаторов.

2. Основные понятия

Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат с двумя (или больше) обмотками, предназначенный чаще всего для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Преобразование энергии в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем. Трансформаторы широко применяются при передаче электрической энергии на большие расстояния, распределении ее между приемниками, а также в различных выпрямительных, усилительных, сигнализационных и других устройствах.

При изготовлении трансформаторов бытового и промышленного назначения применяют стандартизованные термины и определения, обязательные для применения в документации всех видов, научно-технической и справочной литературе.

Ниже приведены несколько таких терминов и их определений.

Трансформатор - статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.

Силовой трансформатор - трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и установках,

предназначенных для приема и использования электрической энергии. К силовым трансформаторам относятся трансформаторы трехфазные и многофазные мощностью 6,3 кВ*А и более, однофазные мощностью 5 кВ*А и более.

Повышающий *трансформатор* - трансформатор, у которого первичной обмоткой является обмотка низшего напряжения.

Понижающий *трансформатор* - трансформатор, у которого первичной обмоткой является обмотка высшего напряжения.

Специальный *трансформатор* - трансформатор малой мощности, предназначенный для передачи, преобразования, запоминания электрических сигналов.

Автотрансформатор - трансформатор, две или более обмотки которого гальванически связаны так, что имеют общую часть.

Импульсный сигнальный трансформатор - сигнальный трансформатор, предназначенный для передачи, формирования, преобразования и запоминания импульсных сигналов.

Коэффициент трансформации трансформатора малой мощности - отношение числа витков вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки.

Магнитная индукция - векторная величина, характеризующая магнитное поле и определяющая силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Магнитный поток - поток магнитной индукции.

Напряженность магнитного поля - векторная величина, равна геометрической разности магнитной индукции, деленной на магнитную постоянную, и намагниченности.

Индуктивная связь - связь электрических цепей посредством магнитного поля

3. Основные характеристики трансформатора

На рис.1 изображен внешний вид трансформатора ТРДН-40000/110.



В соответствии с принятой системой обозначений аббревиатура трансформатора ТРДН-40000/110-У1 расшифровывается так:

Т — трехфазный трансформатор;

Р — наличие рашепленной обмотки низкого напряжения;

Д — охлаждение производится с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха;

Н — регулирование напряжения производится под нагрузкой РПН;

40000 — номинальная мощность трансформатора, кВ•А;

110 — класс напряжения обмотки высокого напряжения, кВ;

У1 — климатическое исполнение, категория размещения по ГОСТу 15150.

Основные параметры этого трансформатора приведены в табл.1.1

Таблица 1.1 — Технические параметры ТРДН-40000/110-У1

Номинальная частота, Гц	50
УН/А-А-11-	
Схема и группа соединения обмоток	11
Номинальное значение напряжения ВН, кВ	1s5
Номинальное значение напряжения НН, кВ	11
Напряжение КЗ (ВН-НН), %	10.5
Ток холостого хода, не более, %	0.55
•9x1	78%
Ступени регулирования РПН в нейтрали ВН	
Полный срок службы, лет	25

В требованиях для силовых трансформаторов сказано, что для обеспечения продолжительной и надежной эксплуатации трансформаторов необходимо обеспечить:

- соблюдение необходимых нагрузочных, температурных режимов и уровня напряжений;
- соблюдение характеристик трансформаторного масла и изоляции в пределах установленных норм;
- содержание в исправном состоянии устройств охлаждения трансформатора, защиты масла, регулирования напряжения и т. д.

Системы охлаждения и пожаротушения

Как уже говорилось выше, ТРДН имеют систему охлаждения с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха. Это значит, что в навесных охладителях из радиаторных труб помещают вентиляторы. В этом случае, в навесных охладителях, из радиаторных труб

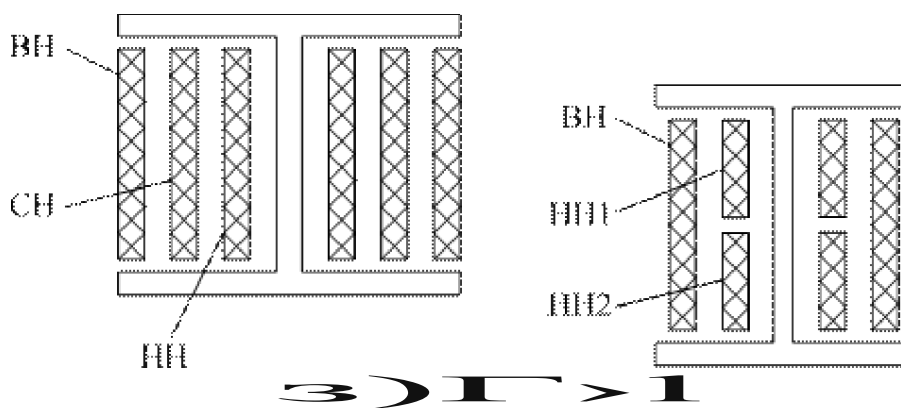
помещаются вентиляторы. Вентилятор засасывает воздух снизу трансформатора и обдувает нагретую верхнюю часть труб.

Для улучшения условий охлаждения масла, а следовательно, и обмоток магнитопровода трансформатора производится форсированный обдув радиаторных труб. Это позволяет изготавливать трансформаторы с расщепленной обмоткой мощностью до 100 000 кВ•А. В настоящее время, пуск и остановка вентиляторов, может осуществляться автоматически. Он зависит только от температуры нагрева масла и нагрузки

4. Трансформаторы с расщепленными обмотками

В некоторых случаях с целью создания более рациональных условий коммутации электрических цепей одна из обмоток трансформатора разделяется на две или большее число гальванически несвязанных частей. Суммарная номинальная мощность этих обмоток равна номинальной мощности трансформатора, а их напряжения КЗ относительно другой обмотки практически равны, так что эти части допускают независимую нагрузку или питание. Такие обмотки, обычно обмотки НН, называются расщепленными.

Трансформаторы с расщепленной обмоткой являются разновидностью двухобмоточного трансформатора. В таком трансформаторе обмотка НИ выполнена из двух или более обмоток, расположенных симметрично по отношению к обмотке ВН. Номинальные напряжения ветвей одинаковы, а их мощности составляют часть номинальной мощности трансформатора и в сумме равны мощности обмотки ВН. В этом состоит отличие трансформаторов с расщепленными обмотками от трехобмоточных трансформаторов, у которых суммарная мощность обмоток СН и НИ всегда больше мощности обмоток ВН.



Устройство трехобмоточного трансформатора (а) и двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой НН (б)

На электростанциях трансформаторы с расщепленными обмотками НИ обеспечивают возможность присоединения нескольких генераторов к одному повышающему трансформатору. Такие укрупненные энергоблоки позволяют упростить схему РУ 330 — 500 кВ, Широкое распространение трансформаторы с расщепленной обмоткой НИ получили в схемах питания собственных нужд крупных ТЭС с блоками 200 — 1200 МВт, а также на понижающих подстанциях с целью ограничения токов КЗ.

В настоящее время трехфазные двухобмоточные трансформаторы с расщепленными обмотками НИ являются основным типом трансформаторов мощных приемных подстанций напряжением 110 — 220 кВ.

Для регулирования напряжения на трансформаторах понижающих подстанций устанавливается специальное устройство - регулятор под нагрузкой (РПН). РПН представляет собой автоматическое устройство, меняющее рабочее ответвление витков обмотки трансформатора и изменяющее таким образом коэффициент трансформации трансформатора. РПН устанавливаются в трансформаторах напряжением 35 кВ и выше и размещаются в нейтрали обмотки ВН. Это, во-первых, позволяет иметь наиболее плавное регулирование, так как число витков у обмотки ВН больше, чем на НИ; во-вторых, при переключениях выполняется коммутация меньших по величине токов, чем на стороне НИ, и, в-третьих, включение РПН

на ВН в конец обмотки, присоединенной к заземленной нейтрали, значительно снижает требования к уровню изоляции устройства регулирования.

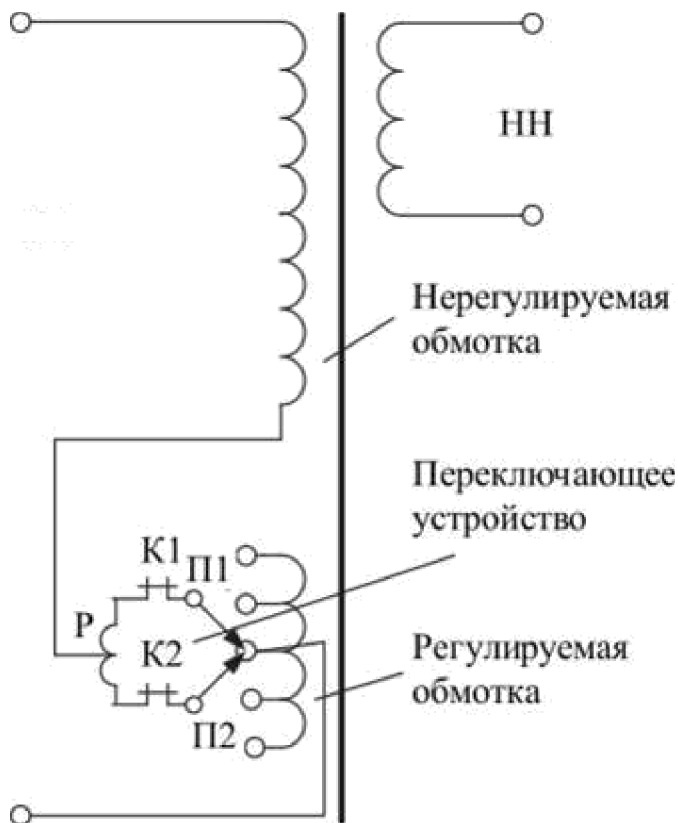


Рис. 2. Упрощенная схема регулирования напряжения двухобмоточного трансформатора

На стороне ВН трансформатора последовательно соединяются нерегулируемая и регулируемая обмотки. Обе обмотки размещены на одном магнитопроводе, на котором также находится обмотка НИ. Регулируемая обмотка может иметь 12, 16 или 18 ступеней регулирования по 1,5 или 1,78 % с диапазоном регулирования +9, 312 или 316 % от $u_{\text{н.н.}}$. Для простоты на рис. 2 показаны всего 4 ступени (32). Переключающее устройство состоит из двух переключателей П1 и П2, двух контакторов К1 и К2 и токоограничивающего реактора Р. В положении, показанном на рис. 2, ток в обмотке ВН проходит через плечи реактора в противоположных направлениях, вследствие чего результирующий магнитный поток реактора очень мал и его сопротивление незначительно.

В среднем положении переключателей отпаяк (номинальное ответвление) трансформатор работает с основным (номинальным) коэффициентом трансформации. В других положениях (на других ответвлениях) коэффициент трансформации уменьшается или увеличивается в зависимости от того, согласно или встречно с витками основной обмотки включаются дополнительные витки регулируемой обмотки. При подаче сигнала перехода на верхнюю соседнюю отпайку операции по переключениям выполняются в следующем порядке:

- отключается контактор К1;
- переключатель П1 переводится на верхнее соседнее ответвление;
- включается контактор К1;
- отключается контактор К2;
- переключатель П2 переводится на верхнее соседнее ответвление;
- включается контактор К2.

В то время, когда переключатели находятся на разных ответвлениях и оба контактора включены, по контуру, образованному всеми элементами переключающего устройства, протекает уравнительный ток, вызванный ЭДС, наводимой в замкнутых через переключающее устройство витках регулируемой обмотки. Плечи реактора для этого тока будут соединены последовательно, и реактивное сопротивление реактора велико, что будет препятствовать короткому замыканию между ответвлениями.

При переходе на нижнее ответвление работа переключателей и контакторов происходит в обратном порядке, т. е. вначале срабатывают К2 и П2, а затем К1 и П1.

Переключающее устройство размещают в баке трансформатора. Контактторы устанавливаются в отдельном, залитом маслом стальном кожухе, укрепленном как снаружи бака трансформатора, что обеспечивает наиболее удобную ревизию и ремонт их элементов, так и внутри бака трансформатора.

Поскольку при напряжении 220 кВ и выше реакторы переключающего устройства РПН получаются очень громоздкими, в таких трансформаторах применяют переключающие устройства с активными сопротивлениями, рассчитанными на кратковременную работу, что обеспечивается использованием мощных быстродействующих приводов контакторов со скоростями срабатывания порядка десятых долей секунды.

Рассмотренное устройство РПН называют *встроенным*.

Трансформаторы городских и сельских электрических сетей напряжением ниже 35 кВ снабжаются устройством переключения без возбуждения (ПБВ), т. е. с возможностью переключения ответвлений только при снятом напряжении. Трансформаторы с ПБВ имеют основное ответвление с номинальным напряжением и четыре ступени регулирования по 2,5 %, т.е. дополнительные ответвления с изменением напряжения относительно его номинального значения на +5; +2,5; -2,5% и -5 % (32 x 2,5 %). Коэффициенты трансформации этих трансформаторов изменяются либо при изменении схемы электроснабжения, либо при переходе от сезонных максимальных нагрузок к минимальным и наоборот. Суточное регулирование в этих сетях возлагается на

5. Заключение.

Силовые трансформаторы являются основой системы электроснабжения крупных предприятий. Выбор трансформаторов заключается в определении их требуемого числа, типа, номинальных напряжений и мощности, а также группы и схемы соединения обмоток.

Такие трансформаторы стали просто незаменимы во многих сферах. Таковой сферой, в первую очередь, являются промышленные предприятия, а также линии электропередачи железнодорожных путей. Словом, урбанистический пейзаж каждого города обязательно дополняется силовыми трансформаторами.

Такие трансформаторы создаются для того, чтобы передавать и распределять энергию электричества. Для этого строят подстанции, которые и распределяют энергию между домами, фабриками, заводами.

6.Список использованной литературы.

1. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. — 315 с.
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Учебник для вузов. 2-изд. - М.: Энергоатомиздат, 1986.-310 с.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок. Утвержден приказом Минтопэнерго Украины от 25.07.2006 г.
4. ГОСТ Р 52719-2007. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 2007. — 45 с.
5. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Издание электротехническое. Общие требования безопасности. — М.: Издательство стандартов, 1975. 12 с.
6. ГОСТ 12.2.007.2-75. Система стандартов безопасности труда. Трансформаторы силовые и реакторы электрические. Требования безопасности. — М.: Издательство стандартов, 1975. — 5 с.