

Содержание

Введение

1. Автотрансформаторы, их назначение

1.1 Автотрансформатор, его история

1.2 Виды автотрансформаторов, их значение

1.3 Основные части конструкции автотрансформатора

2. Принцип действия автотрансформатора

2.1 Базовые принципы действия автотрансформатора

2.2 Принцип работы однофазных и трехфазных автотрансформаторов
специального назначения

3. Примеры использования автотрансформаторов

3.1 Применение в электросетях

3.2 Применение в источниках электропитания

3.3 Другие применения автотрансформатора

Заключение

Список использованной литературы

Введение

Автотрансформаторы - наиболее распространенные устройства в современной электротехнике. Автотрансформаторы большой мощности на напряжение до сотен киловольт составляют основу систем передачи электроэнергии от электростанций в линии электропередачи. Эти автотрансформаторы повышают напряжение переменного тока до значений, необходимых для экономичной передачи электроэнергии на значительные расстояния. В местах распределения электроэнергии между потребителями применяют автотрансформаторы, понижающие напряжение до требуемых для потребителя значений. Наряду с этим автотрансформаторы являются элементами электроприводов, нагревательных и других установок, где они осуществляют преобразование напряжения питающей сети до значений, необходимых для работы электродвигателей, нагревательных печей и других электроустройств.

Автотрансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две (или более) индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством явления электромагнитной индукции одной (первичной) системы переменного тока в другую (вторичную) систему переменного тока.

Автотрансформаторы малой мощности различного назначения используются в устройствах радиотехники, автоматики, сигнализации, связи и т. п., а так же для питания бытовых электроприборов. Назначение силовых автотрансформаторов -- преобразование электрической энергии в электрических сетях и установках, предназначенных для приема и использования электрической энергии.

Автотрансформаторы специального назначения предназначены для непосредственного питания потребительской сети или приемников электрической энергии, отличающихся особыми условиями работы,

характером нагрузки или режимом работы.

Автотрансформаторы являются наиболее широко используемыми элементами в различной аппаратуре.

Более высокие представление можно обеспечить на основании детальных рассмотрений поставленных вопросов, что и является целью курсовой работы . Сказанное позволяет заключить, что выбранная тема курсовой работы «Автотрансформаторы, их значение, принцип действия, примеры использования» является актуальной.

Объектом исследования в курсовой работе выступает Автотрансформатор. Предметом исследования является принцип действия , проблемы их исполнения и использовании.

Цель курсовой работы – проанализировать, выявить проблемы и определить перспективы её развития.

Для достижения указанной цели, в работе поставлены следующие задачи:

- изучить исторический аспект изобретения.
- дать детальную характеристику электрического аппарата.
- выделить основные принципы, которые характерны для автотрансформатора
- проанализировать динамику востребованности с целью выявления основных тенденций;
- оценить перспективы развития;
- направления совершенствования
- В данной работе используются следующие научные методы: сравнение, анализ и синтез, индукция и дедукция, статистический анализ.

Теоретической базой курсовой работы выступили труды ведущих отечественных специалистов по физике.

1. Автотрансформаторы, их назначение

1.1 Автотрансформатор, его история

Трансформатор (от лат. *transformo* — преобразовывать) — электрический аппарат, имеющий две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенный для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока (ГОСТ Р52002-2003). Автотрансформатор может состоять из одной (автоавтотрансформатор) или нескольких изолированных проволочных, либо ленточных обмоток (катушек), охватываемых общим магнитным потоком, намотанных, как правило, на магнитопровод (сердечник) из ферромагнитного магнитомягкого материала.[1]

Автотрансформатор широко используется для питания бытовых электроприборов и устройств автоматического управления и имеет мощность от 10 и менее до 1000 ВА. Автотрансформатор получил широкое применение и в высоковольтных сетях для связи между системами с близкими значениями напряжения: 110 и 220; 220 и 500; 330 и 750 кВ. Мощность силовых автотрансформаторов достигает несколько сотен меговольт-ампер. Также автотрансформаторы применяются для пуска синхронных и асинхронных двигателей переменного тока.

В трехфазных сетях используют трехфазные автотрансформаторы, обмотки которых могут быть соединены в звезду или треугольник. Наибольшее распространение имеют трехфазные трансформаторы, обмотки которых соединены в звезду. В этом случае нулевую точку либо заземляют, либо присоединяют к нейтральному проводу.

Автотрансформатор целесообразно применять при невысоких

коэффициентах трансформации.

Автотрансформаторы могут быть опасны в электрическом отношении, особенно при коэффициентах трансформации значительно больших единицы, по этой причине применение автотрансформаторов при коэффициенте большем 2 запрещено правилами техники безопасности.

Автотрансформатор Автотрансформатор В энергетических системах наряду с однофазными двухобмоточными автотрансформаторами (рис. а) часто применяют трехфазные двухобмоточные автотрансформаторы (рис. с), а также однофазные (рис. б) и трехфазные (рис. d.) трехобмоточные автотрансформаторы. Однофазные обмотки, соединенные по автотрансформаторной схеме, обозначают символом I_{авто}, трехфазные обмотки, соединенные по автотрансформаторной схеме в звезду с выведенной нулевой точкой, обозначают символом Y_{н.авто}.

Для создания автотрансформаторов необходимо было изучение свойств материалов: немагнитных, магнитных и ферромагнитных, создания их теории.

Столетов Александр Григорьевич (профессор МУ) сделал первые шаги в этом направлении — обнаружил петлю гистерезиса и доменную структуру ферромагнетика (1880-е).

Братья Гопкинсоны разработали теорию электромагнитных цепей.

В 1831 году английским физиком Майклом Фарадеем было открыто явление электромагнитной индукции, лежащее в основе действия электрического автотрансформатора, при проведении им основополагающих исследований в области электричества.

Схематичное изображение будущего автотрансформатора впервые появилось в 1831 году в работах Фарадея и Генри. Однако ни тот, ни другой не отмечали в своём приборе такого свойства автотрансформатора, как изменение напряжений и токов, то есть трансформирование переменного

тока[2]. В 1848 году французский механик Г. Румкорф изобрёл индукционную катушку особой конструкции. Она явилась прообразом автотрансформатора.[3]

30 ноября 1876 года, дата получения патента Яблочковым Павлом Николаевичем, считается датой рождения первого автотрансформатора. Это был автотрансформатор с разомкнутым сердечником, представлявшим собой стержень, на который наматывались обмотки. Первые автотрансформаторы с замкнутыми сердечниками были созданы в Англии в 1884 году братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон. Большую роль для повышения надежности автотрансформаторов сыграло введение масляного охлаждения (конец 1880-х годов, Д.Свинберн). Свинберн помещал автотрансформаторы в керамические сосуды, наполненные маслом, что значительно повышало надежность изоляции обмоток. С изобретением автотрансформатора возник технический интерес к переменному току. Русский электротехник Михаил Осипович Доливо-Добровольский в 1889 г. предложил трёхфазную систему переменного тока, построил первый трёхфазный асинхронный двигатель и первый трёхфазный автотрансформатор. На электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне в 1891 г. Доливо-Добровольский демонстрировал опытную высоковольтную электропередачу трёхфазного тока протяжённостью 175 км. Трёхфазный генератор имел мощность 230 кВт при напряжении 95 В.[1]

1928 год можно считать началом производства силовых автотрансформаторов в СССР, когда начал работать Московский автотрансформаторный завод (впоследствии — Московский электрозавод).

В начале 1900-х годов английский исследователь-металлург Роберт Хедфилд провёл серию экспериментов для установления влияния добавок на свойства железа. Лишь через несколько лет ему удалось поставить заказчикам первую тонну автотрансформаторной стали с добавками кремния.
[5]

Следующий крупный скачок в технологии производства сердечников

был сделан в начале 30-х годов XX в, когда американский металлург Норман П. Гросс установил, что при комбинированном воздействии прокатки и нагрева у кремнистой стали появляются незаурядные магнитные свойства в направлении прокатки: магнитное насыщение увеличивалось на 50 %, потери на гистерезис сокращались в 4 раза, а магнитная проницаемость возрастала в 5 раз.



1.2 Виды автотрансформаторов, их значение

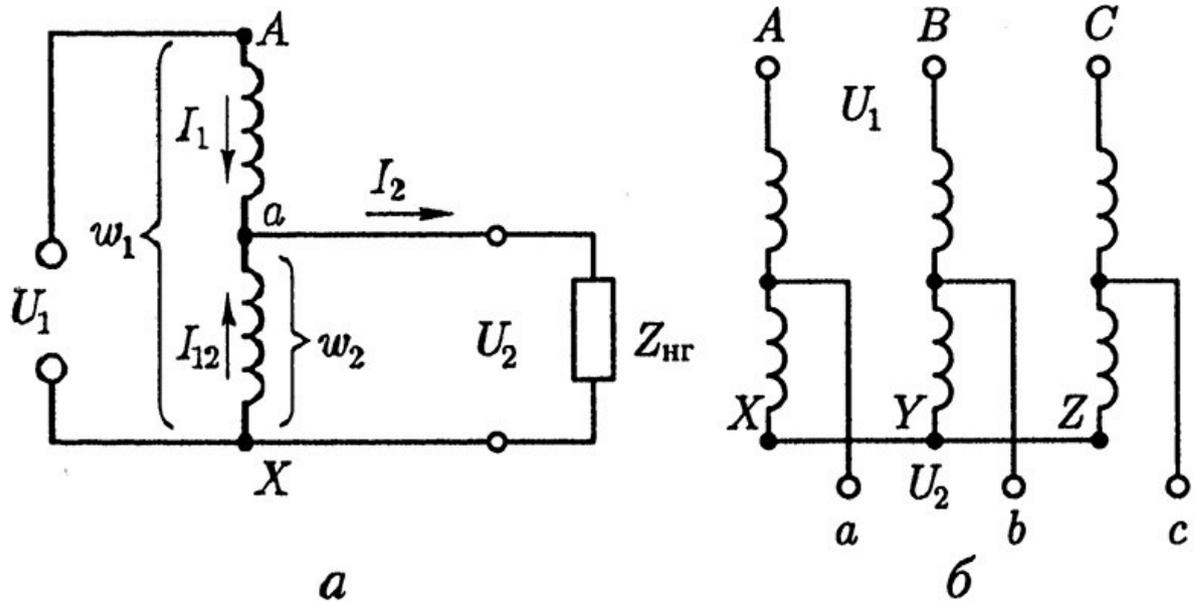
Как правило, рассматриваемые устройства используются в промышленных и бытовых применениях, которые рассчитаны на низкое энергопотребление. Они эффективны также для соединения систем, работающих при разных значениях напряжения. Этим объясняется разнообразие видов автотрансформаторов.

Рассматриваемые изделия различают:

1. По степени внешней защиты корпуса – устройства, предназначенные для функционирования снаружи, снабжаются водонепроницаемым корпусом.

2. По техническим характеристикам – диапазону рабочих частот, значениям максимального первичного и вторичного напряжения, наибольшему вторичному току, мощности и температуре.

3. По типу электрической сети, в которой они функционируют – одно – или трёхфазной.

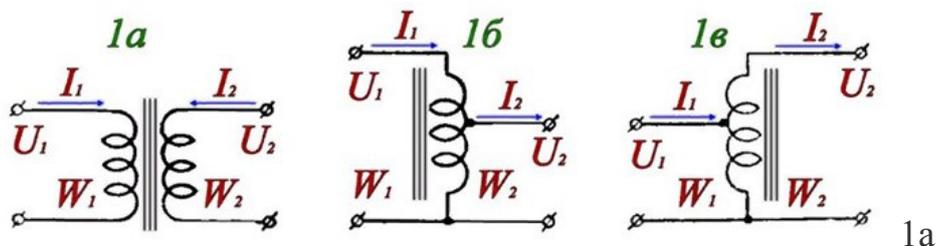


***a* – однофазный понижающий; *б* – трехфазный**



Однофазный(слева) и трёхфазный(справа)

4. По значению выходного напряжения автотрансформаторы могут быть повышающими или понижающими. Особый класс образуют устройства со скользящими отводами. Важной характеристикой, которую учитывают при выборе, является тип сердечника – ламинированный, сплит и тороидальный.



трансформатор, 1б – понижающий, 1в – повышающий

Основные виды автотрансформаторов

- ВУ-25-Б — служит для уравнивания вторичных токов в дифференциальных защитах силовых трансформаторов.
- АТД — мощность 25 Вт, долго насыщается, имеет старую конструкцию и поэтому используется очень редко.
- ЛАТР-1 — предназначен в сетях с напряжением 127 В.
- ЛАТР-2 — применяется с напряжением 220 В.
- ДАТР-1 — предназначен для малых нагрузок.
- РНО — предназначен для больших нагрузок.
- АТЦН — применяется в измерительных телеустройствах.

Расшифровка основных параметров

Обмотки обозначаются, как правило, заглавными буквами (А, В, С и т.д.), в то время как общее нейтральное соединение обозначается N или n. Для вторичных ответвлений номера цифровых индексов используются для всех точек ответвления вдоль первичной обмотки. А индексы обычно начинаются с цифры «1» и продолжают с возрастанием.

Обозначение бытовых автотрансформаторов отечественного производства, изготавливаемых по [ГОСТ 7518-83](#), включает в себя:

- Буквенные индексы, которые определяют класс устройства – переходные (АПБ) или регулировочные (АРБ);

- Номинал реактивной мощности, кВА, на которую рассчитаны обмотки.

ГОСТ 7518-83 предусматривает указание наибольшего напряжения на вторичной обмотке отдельно при отсутствии и наличии внешней нагрузки.

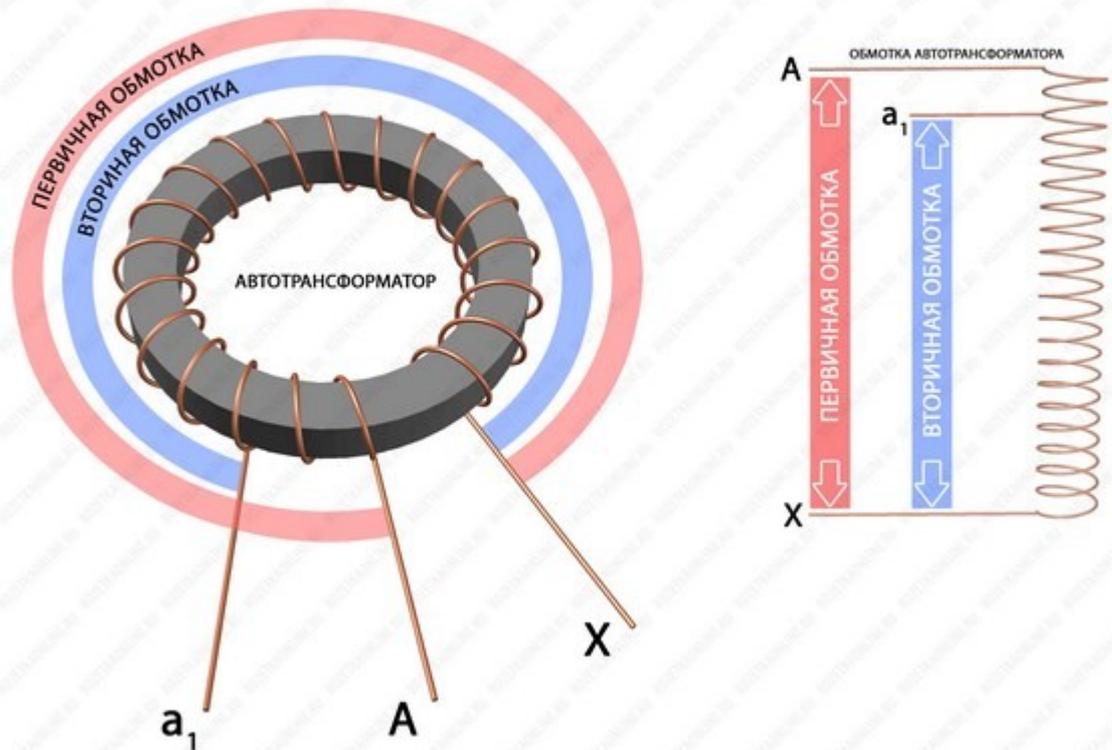
Отдельная маркировка принята для лабораторных автотрансформаторов – ЛАТРов: после буквенного обозначения указывается номинальная мощность прибора в кВт.

1.3 Основные части конструкции автотрансформатора

Чаще всего стандартный автотрансформатор представляет собой тороидальный магнитопровод – сердечник, сделанный из электротехнической стали в виде кольца, на который намотана медная проволока – называемая обмоткой.

Устройство автотрансформатора достаточно наглядно показано на изображении ниже:

УСТРОЙСТВО АВТОТРАНСФОРМАТОРА



В данном примере, вы можете видеть автотрансформатор, к крайним контактам которого подключается источник напряжения переменного тока, к A – фаза, к X – ноль. Все витки проволоки между этими точками считаются первичной обмоткой.

Нагрузка, какой-нибудь электроприбор, которому для работы требуется меньшее напряжение, чем поступает из сети, подключается к выводам a_2 и X – витки между этими контактами – это уже вторичная обмотка.

Как видите, у автотрансформатора есть всего одна обмотка, но при этом напряжение, если замерять в различных точках подключения, будет разным, почему оно меняется и как определить насколько (коэффициент трансформации) мы рассмотрим ниже.

В практической конструкции автотрансформатора производитель выбирает между тремя различными базовыми концепциями:

Стержневой

Броневой

Тороидальный

Любая из этих концепций не влияет на эксплуатационные характеристики или эксплуатационную надёжность автотрансформатора, но имеются существенные различия в процессе их изготовления. Каждый производитель выбирает концепцию, которую он считает наиболее удобной с точки зрения изготовления, и стремится к применению этой концепции на всём объёме производства.

В то время как обмотки стержневого типа заключают в себе сердечник, сердечник броневое типа заключает в себе обмотки. Если смотреть на активный компонент (т.е. сердечник с обмотками) стержневого типа, обмотки хорошо видны, но они скрывают за собой стержни магнитной системы сердечника. Видно только верхнее и нижнее ярмо сердечника. В конструкции броневое типа сердечник скрывает в себе основную часть обмоток.[8.9]

Ещё одно отличие состоит в том, что ось обмоток стержневого типа, как правило, имеет вертикальное положение, в то время как в броневой конструкции она может быть горизонтальной или вертикальной.

Основными частями конструкции автотрансформатора являются:

магнитная система (магнитопровод);

обмотки;

система охлаждения;

Магнитная система (магнитопровод).

Магнитная система (магнитопровод) автотрансформатора — комплект элементов (чаще всего пластин) электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, собранных в определённой геометрической форме, предназначенный для локализации в нём основного магнитного поля автотрансформатора. Магнитная система в полностью собранном виде совместно со всеми узлами и деталями, служащими для скрепления отдельных частей в единую конструкцию, называется остовом автотрансформатора.

Часть магнитной системы, на которой располагаются основные обмотки автотрансформатора, называется — стержень

Часть магнитной системы автотрансформатора, не несущая основных обмоток и служащая для замыкания магнитной цепи, называется — ярмо.

В зависимости от пространственного расположения стержней, выделяют:

Плоская магнитная система — магнитная система, в которой продольные оси всех стержней и ярм расположены в одной плоскости

Пространственная магнитная система — магнитная система, в которой продольные оси стержней или ярм, или стержней и ярм расположены в разных плоскостях

Симметричная магнитная система — магнитная система, в которой все стержни имеют одинаковую форму, конструкцию и размеры, а взаимное расположение любого стержня по отношению ко всем ярмам одинаково для всех стержней

Несимметричная магнитная система — магнитная система, в которой отдельные стержни могут отличаться от других стержней по форме, конструкции или размерам или взаимное расположение какого-либо стержня по отношению к другим стержням или ярмам может отличаться от расположения любого другого стержня

Обмотки

Основным элементом обмотки является виток — электрический проводник, или ряд параллельно соединённых таких проводников (многопроволочная жила), однократно обхватывающий часть магнитной системы автотрансформатора, электрический ток которого совместно с токами других таких проводников и других частей автотрансформатора создаёт магнитное поле автотрансформатора и в котором под действием этого магнитного поля наводится электродвижущая сила.

Транспонированный кабель применяемый в обмотке автотрансформатора. Дискровая обмотка

Обмотка — совокупность витков, образующих электрическую цепь, в которой суммируются ЭДС, наведённые в витках. В трёхфазном автотрансформаторе под обмоткой обычно подразумевают совокупность обмоток одного напряжения трёх фаз, соединяемых между собой.

Проводник обмотки в силовых автотрансформаторах обычно имеет квадратную форму для наиболее эффективного использования имеющегося пространства (для увеличения коэффициента заполнения в окне сердечника). При увеличении площади проводника проводник может быть разделён на два и более параллельных проводящих элемента с целью снижения потерь на вихревые токи в обмотке и облегчения функционирования обмотки. Проводящий элемент квадратной формы называется жилой.

Каждая жила изолируется при помощи либо бумажной обмотки, либо эмалевого лака. Две отдельно изолированных и параллельно соединённых жилы иногда могут иметь общую бумажную изоляцию. Две таких изолированных жилы в общей бумажной изоляции называются кабелем. Особым видом проводника обмотки является непрерывно транспонированный кабель. Этот кабель состоит из жил, изолированных при помощи двух слоёв эмалевого лака, расположенных в осевом положении друг к другу, как показано на рисунке. Непрерывно транспонированный кабель получается путём перемещения внешней жилы одного слоя к следующему слою с постоянным шагом и применения общей внешней изоляции.

Бумажная обмотка кабеля выполнена из тонких (несколько десятков микрометров) бумажных полос шириной несколько сантиметров, намотанных вокруг жилы. Бумага заворачивается в несколько слоёв для получения требуемой общей толщины.

Дисковая обмотка

Обмотки разделяют по:

Назначению

Основные — обмотки автотрансформатора, к которым подводится

энергия преобразуемого или от которых отводится энергия преобразованного переменного тока.

Регулирующие — при невысоком токе обмотки и не слишком широком диапазоне регулирования, в обмотке могут быть предусмотрены отводы для регулирования коэффициента трансформации напряжения.

Вспомогательные — обмотки, предназначенные, например, для питания сети собственных нужд с мощностью существенно меньшей, чем номинальная мощность автотрансформатора, для компенсации третьей гармонической магнитного поля, подмагничивания магнитной системы постоянным током, и т. П

Исполнению

Рядовая обмотка — витки обмотки располагаются в осевом направлении во всей длине обмотки. Последующие витки наматываются плотно друг к другу, не оставляя промежуточного пространства.

Винтовая обмотка — винтовая обмотка может представлять собой вариант многослойной обмотки с расстояниями между каждым витком или заходом обмотки.

Дисковая обмотка — дисковая обмотка состоит из ряда дисков, соединённых последовательно. В каждом диске витки наматываются в радиальном направлении в виде спирали по направлению внутрь и наружу на соседних дисках. Фольговая обмотка — фольговые обмотки выполняются из широкого медного или алюминиевого листа толщиной от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров.

2. Принцип действия автотрансформатора

2.1 Базовые принципы действия автотрансформатора.

Работа автотрансформатора основана на двух базовых принципах:

Изменяющийся во времени электрический ток создаёт изменяющееся во времени магнитное поле (электромагнетизм)

Изменение магнитного потока, проходящего через обмотку, создаёт ЭДС в этой обмотке (электромагнитная индукция)

На одну из обмоток, называемую первичной обмоткой, подаётся напряжение от внешнего источника. Протекающий по первичной обмотке переменный ток создаёт переменный магнитный поток в магнитопроводе. В результате электромагнитной индукции, переменный магнитный поток в магнитопроводе создаёт во всех обмотках, в том числе и в первичной, ЭДС индукции, пропорциональную первой производной магнитного потока, при синусоидальном токе сдвинутой на 90° в обратную сторону по отношению к магнитному потоку.

В некоторых автотрансформаторах, работающих на высоких или сверхвысоких частотах, магнитопровод может отсутствовать.

Режим холостого хода

Когда вторичные обмотки ни к чему не подключены (режим холостого хода), ЭДС индукции в первичной обмотке практически полностью компенсирует напряжение источника питания, поэтому ток через первичную обмотку невелик. Для автотрансформатора с сердечником из магнитомягкого материала (например, ферромагнитного материала, например, из автотрансформаторной стали) ток холостого хода характеризует величину потерь в сердечнике на вихревые токи и на гистерезис. Мощность потерь можно вычислить умножив ток холостого хода на напряжение, подаваемое на автотрансформатор.

Для автотрансформатора без ферромагнитного сердечника потери на перемагничивание отсутствуют, а ток холостого хода определяется сопротивлением индуктивности первичной обмотки, которое пропорционально частоте переменного тока и величине индуктивности.

Напряжение на вторичной обмотке в первом приближении определяется законом Фарадея

Режим короткого замыкания

В режиме короткого замыкания, на первичную обмотку

автотрансформатора подается переменное напряжение небольшой величины, выводы вторичной обмотки соединяют накоротко. Величину напряжения на входе устанавливают такой, чтобы ток короткого замыкания равнялся номинальному (расчетному) току автотрансформатора. В таких условиях величина напряжения короткого замыкания характеризует потери в обмотках автотрансформатора, потери на омическом сопротивлении. Мощность потерь можно вычислить умножив напряжение короткого замыкания на ток короткого замыкания.

Данный режим широко используется в измерительных автотрансформаторах тока.

Режим с нагрузкой

При подключении нагрузки к вторичной обмотке во вторичной цепи возникает ток, создающий магнитный поток в магнитопроводе, направленный противоположно магнитному потоку, создаваемому первичной обмоткой. В результате в первичной цепи нарушается равенство ЭДС индукции и ЭДС источника питания, что приводит к увеличению тока в первичной обмотке до тех пор, пока магнитный поток не достигнет практически прежнего значения.

Схематично, процесс преобразования можно изобразить следующим образом:

Мгновенный магнитный поток в магнитопроводе автотрансформатора определяется интегралом по времени от мгновенного значения ЭДС в первичной обмотке и в случае синусоидального напряжения сдвинут по фазе на 90° по отношению к ЭДС. Наведённая во вторичных обмотках ЭДС пропорциональна первой производной от магнитного потока и для любой формы тока совпадает по фазе и форме с ЭДС в первичной обмотке.

2.2 Принцип работы однофазных и трехфазных автотрансформаторов специального назначения

Пик-автотрансформаторы

Пик-автотрансформаторы применяются для преобразования синусоидального напряжения в импульсы пикообразной формы. Такие импульсы напряжения с крутым фронтом необходимы для управления тиристорами либо другими полупроводниковыми или электронными устройствами.

Принцип работы пик-автотрансформатора основан на явлении магнитного насыщения ферромагнитного материала. Существует несколько конструктивных исполнений пик-автотрансформаторов

Для обеспечения удовлетворительных энергетических показателей пик-автотрансформаторов их магнитопроводы изготавливают из сплава типа пермаллой.

Импульсные автотрансформаторы

В электронных устройствах для согласования полных сопротивлений, изменения знака и амплитуды импульсов, а также для размножения импульсов применяют импульсные автотрансформаторы. Одно из основных требований, предъявляемых к импульсным автотрансформаторам, - минимальное искажение формы трансформируемых импульсов.

Для уменьшения паразитных емкостей и индуктивности рассеяния обмоток последние делают с небольшим числом витков. При этом малая продолжительность трансформируемых импульсов позволяет выполнять обмотки импульсных автотрансформаторов проводом уменьшенного поперечного сечения, не вызывая недопустимых перегревов. Это способствует уменьшению габаритных размеров и массы импульсных автотрансформаторов.

Умножители частоты

Автотрансформаторные устройства, состоящие из магнитопроводов и обмоток, можно использовать для умножения частоты переменного тока, т. е. увеличения частоты в целое число раз.

Рассмотрим принцип работы удвоителя частоты. Два замкнутых

магнитопровода имеют пять обмоток. Первичную обмотку ω_1 выполняют так, чтобы она охватывала сразу два магнитопровода. При включении обмотки в сеть переменного тока с синусоидальным напряжением и частотой f_1 она создает в каждом магнитопроводе переменную МДС F_1 . Две секции вторичной обмотки ω_1' и ω_2'' , каждая из которых расположена на своем магнитопроводе, включены друг с другом последовательно согласно, так что результирующий магнитный поток, сцепленный с этими обмотками, равен сумме потоков магнитопроводов $\Phi_a + \Phi_b$. Кроме того, на каждом магнитопроводе имеется по одной обмотке подмагничивания ω_0 , включенных между собой последовательно. При включении этих обмоток на постоянное напряжение U_0 в каждом из магнитопроводов возникает подмагничивающая МДС $F_0 = I_0 \omega_0$.

При включении в сеть с синусоидальным напряжением u_1 и частотой f_1 обмотка ω_1 в течение первого полупериода напряжения u_1 создает МДС $F_1 = I_1 \omega_1$ в магнитопроводе а, направленную согласно с МДС постоянного тока F_0 . При этом магнитные потоки в магнитопроводе а складываются и создают результирующий поток $\Phi_a = \Phi_0 + \Phi_1$. За счет магнитного насыщения магнитопровода а график этого потока $\Phi_a = f(t)$ имеет уплощенный вид.

В магнитопроводе б в этом же полупериоде МДС потоки Φ_0 и Φ_1 действуют встречно, создавая результирующий поток $\Phi_b = \Phi_0 - \Phi_1$, имеющий значительный провал в середине первого полупериода.

Во втором полупериоде напряжения u_1 в магнитопроводе а создается поток, равный разности $\Phi_a = \Phi_0 - \Phi_1$, а в магнитопроводе б – поток, равный сумме $\Phi_b = \Phi_0 + \Phi_1$. Вторичную обмотку, состоящую из двух секций ($\omega_2 = \omega_2' + \omega_2''$), охватывает суммарный магнитный поток $\Phi_a + \Phi_b$, график которого $(\Phi_a + \Phi_b) = f(t)$ построен путем суммирования ординат потоков Φ_a и Φ_b . Этот поток содержит постоянную составляющую $\Phi_{\text{пост}}$, не принимающую участия в наведении вторичной ЭДС и явно выраженную переменную составляющую второй гармоники, которая наводит в секциях

вторичной обмотки ЭДС E_2 частотой $f_2 = 2 f_1$. Электродвижущая сила первичной обмотки E_1 , так же как и первичное напряжение U_1 , имеет частоту f_1 .

Для компенсации индуктивных падений напряжений во вторичную цепь удвоителя частоты включают конденсатор емкостью C , что повышает коэффициент мощности $\cos \varphi$ удвоителя и уменьшает наклон его внешней характеристики $U_2 = \dot{I}_2$.

Стабилизаторы напряжения

Стабилизаторы напряжения предназначены для поддержания практически неизменным напряжения на входе каких-либо устройств автоматики, чувствительных к колебаниям напряжения сети U_1 .

Основной показатель работы стабилизатора напряжения – коэффициент стабилизации по напряжению, показывающий, во сколько раз относительное изменение напряжения на выходе стабилизатора ($\Delta U_{\text{ст}} / U_{\text{ст}}$) меньше относительного изменения напряжения на его входе ($\Delta U / U_1$):

$$k_{\text{ст}} = (\Delta U / U_1) : (\Delta U_{\text{ст}} / U_{\text{ст}}) \quad (1)$$

где $\Delta U = U_1 \max - U_1 \min$;

$\Delta U_{\text{ст}} = U_{\text{ст}} \max - U_{\text{ст}} \min$. Основные виды стабилизаторов автотрансформаторного принципа действия: ферромагнитные стабилизаторы насыщенного типа и феррорезонансные стабилизаторы (содержащие емкость C).

Ферромагнитный стабилизатор напряжения представляет собой трехстержневой магнитопровод, на среднем стержне которого расположена первичная обмотка ω_1 . На правом стержне, работающем в условиях сильного магнитного насыщения, расположена вторичная обмотка ω_2 . На левом ненасыщенном стержне расположена компенсационная обмотка ω_k . При колебаниях напряжения U_1 на входе стабилизатора изменяется магнитный поток в среднем стержне, но поток в правом стержне изменяется

незначительно, так как стержень насыщен. Поэтому колебания напряжения U_2' на выходе вторичной обмотки стабилизатора незначительны и компенсируются напряжением U_k компенсационной обмотки, зависимость которого от напряжения U_1 имеет вид прямой линии, так как левый стержень стабилизатора ненасыщен. При правильном подборе параметров обмоток и магнитопровода стабилизатора напряжение на выходе оказывается стабилизированным:

$$U_{ст} = U_2' - U_k \quad (2)$$

Так, при колебаниях напряжения U_1 в пределах $\pm 20\%$ от номинального значения при неизменных нагрузке и частоте выходное напряжение колеблется в пределах $\pm 3\%$, т. е. коэффициент стабилизации по напряжению $k_{ст} \approx 7$. Обычно для ферромагнитных стабилизаторов $k_{ст}$ не превышает 10. Основные недостатки ферромагнитных стабилизаторов: небольшой коэффициент стабилизации по напряжению, низкий КПД (не более 40–60%), небольшой коэффициент мощности (не более 0,4), несинусоидальное выходное напряжение. Указанные недостатки ограничивают применение ферромагнитных стабилизаторов напряжения.

Феррорезонансный стабилизатор

Феррорезонансный стабилизатор напряжения обладает лучшими свойствами. Он состоит из реактора, магнитопровод которого при заданном диапазоне напряжений U_1 насыщен, конденсатора C , автоавтотрансформатора, магнитопровод которого ненасыщен. Обмотка автоавтотрансформатора включена так, что напряжение на выходе стабилизатора

$$U_{ст} = U_2' - U_2'' \quad (3)$$

где U_2' – напряжение на выводах реактора; U_2'' – напряжение на

выводах автоавтотрансформатора.

Напряжение U_2' благодаря резонансу токов в контуре L_1C , где L_1 – индуктивность реактора, имеет резко нелинейную зависимость от напряжения U_1 . Напряжение U_2'' пропорционально напряжению U_1 и компенсирует изменение напряжения U_2' на прямолинейном участке кривой. При этом условии напряжение на выходе стабилизатора $U_{ст}$ изменяется незначительно при заданном диапазоне колебания напряжения на входе стабилизатора. Коэффициент полезного действия феррорезонансного стабилизатора достаточно высок и составляет 80–85%, а коэффициент стабилизации по напряжению $k_U = 20 \div 40$.

3. Примеры использования автотрансформаторов

3.1 Применение в электросетях

Наиболее часто автотрансформаторы применяются в электросетях и в источниках питания различных приборов.

Поскольку потери на нагревание провода пропорциональны квадрату тока, проходящего через провод, при передаче электроэнергии на большое расстояние выгодно использовать очень большие напряжения и небольшие токи. Из соображений безопасности и для уменьшения массы изоляции в быту желательно использовать не столь большие напряжения. Поэтому для наиболее выгодной транспортировки электроэнергии в электросети многократно применяют автотрансформаторы: сначала для повышения напряжения генераторов на электростанциях перед транспортировкой электроэнергии, а затем для понижения напряжения линии электропередач до приемлемого для потребителей уровня.

Поскольку в электрической сети три фазы, для преобразования напряжения применяют трёхфазные автотрансформаторы, или группу из трёх однофазных автотрансформаторов, соединённых в схему звезды или треугольника. У трёхфазного автотрансформатора сердечник для всех трёх фаз общий.

Несмотря на высокий КПД автотрансформатора (для автотрансформаторов большой мощности — свыше 99 %), в очень мощных автотрансформаторах электросетей выделяется большая мощность в виде тепла (например, для типичной мощности блока электростанции 1 ГВт на автотрансформаторе может выделяться мощность до нескольких мегаватт). Поэтому автотрансформаторы электросетей используют специальную систему охлаждения: автотрансформатор помещается в баке, заполненном автотрансформаторным маслом или специальной негорючей жидкостью. Масло циркулирует под действием конвекции или принудительно между баком и мощным радиатором. Иногда масло охлаждают водой. «Сухие»

автотрансформаторы используют при относительно малой мощности (до 16000 кВт).

3.2 Применение в источниках электропитания

Для питания разных узлов электроприборов требуются самые разнообразные напряжения. Блоки электропитания в устройствах, которым необходимо несколько напряжений различной величины содержат автотрансформаторы с несколькими вторичными обмотками или содержат в схеме дополнительные автотрансформаторы. Например, в телевизоре с помощью автотрансформаторов получают напряжения от 5 вольт (для питания микросхем и транзисторов) до 30 киловольт (для питания анода кинескопа).

В прошлом в основном применялись автотрансформаторы, работающие с частотой электросети, то есть 50-60 Гц.

В схемах питания современных радиотехнических и электронных устройств (например в блоках питания персональных компьютеров) широко применяются высокочастотные импульсные автотрансформаторы. В импульсных блоках питания переменное напряжение сети сперва выпрямляют, а затем преобразуют при помощи инвертора в высокочастотные импульсы. Система управления с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ) позволяет стабилизировать напряжение. После чего импульсы высокой частоты подаются на импульсный автотрансформатор, на выходе с которого, после выпрямления и фильтрации получают стабильное постоянное напряжение. В прошлом сетевой автотрансформатор (на 50-60 Гц) был одной из самых тяжёлых деталей многих приборов. Дело в том, что линейные размеры автотрансформатора определяются передаваемой им мощностью, причём оказывается, что линейный размер сетевого автотрансформатора примерно пропорционален мощности в степени $1/4$. Размер автотрансформатора можно уменьшить, если увеличить частоту

переменного тока. Поэтому современные импульсные блоки питания при одинаковой мощности значительно легче. Автотрансформаторы 50-60 Гц, несмотря на их недостатки, продолжают использовать в схемах питания, в случаях, когда надо обеспечить минимальный уровень высокочастотных помех, например в высококачественном звуковоспроизведении.

3.3 Другие применения автотрансформатора

Разделительные автотрансформаторы (автотрансформаторная гальваническая развязка). Нейтральный провод электросети может иметь контакт с «землёй», поэтому при одновременном касании человеком фазового провода (а также корпуса прибора с плохой изоляцией) и заземлённого предмета тело человека замыкает электрическую цепь, что создаёт угрозу поражения электрическим током. Если же прибор включён в сеть через автотрансформатор, касание прибора одной рукой вполне безопасно, поскольку вторичная цепь автотрансформатора никакого контакта с землёй не имеет.

Импульсные автотрансформаторы (ИТ). Основное применение заключается в передаче прямоугольного электрического импульса (максимально крутой фронт и срез, относительно постоянная амплитуда). Он служит для трансформации кратковременных видеоимпульсов напряжения, обычно периодически повторяющихся с высокой скважностью. В большинстве случаев основное требование, предъявляемое к ИТ, заключается в неискажённой передаче формы трансформируемых импульсов напряжения; при воздействии на вход ИТ напряжения той или иной формы на выходе желательно получить импульс напряжения той же самой формы, но, быть может, иной амплитуды или другой полярности.

Измерительные автотрансформаторы. Применяют для измерения очень больших или очень маленьких переменных напряжений и токов в цепях РЗиА.

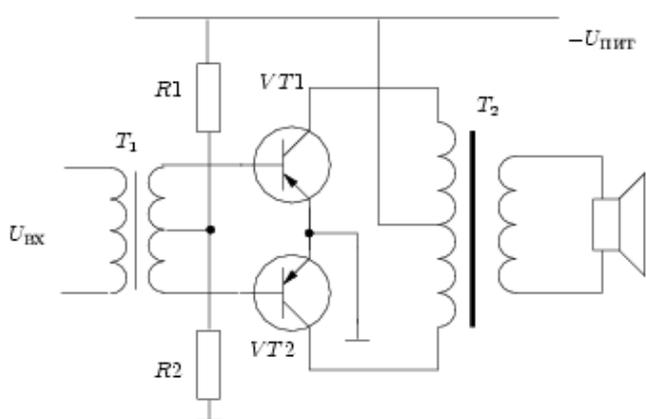
Измерительный автотрансформатор постоянного тока. На самом деле представляет собой магнитный усилитель, при помощи постоянного тока малой мощности управляющий мощным переменным током. При использовании выпрямителя ток выхода будет постоянным и зависеть от величины входного сигнала.

Измерительно-силовые автотрансформаторы. Имеют широкое применение в схемах генераторов переменного тока малой и средней мощности (до мегаватта), например, в дизель-генераторах. Такой автотрансформатор представляет собой измерительный автотрансформатор тока с первичной обмоткой, включённой последовательно с нагрузкой генератора.

Со вторичной обмотки снимается переменное напряжение, которое после выпрямителя подаётся на обмотку подмагничивания ротора. (Если генератор — трёхфазный, обязательно применяется и трёхфазный автотрансформатор). Таким образом, достигается стабилизация выходного напряжения генератора — чем больше нагрузка, тем сильнее ток подмагничивания, и наоборот.

Согласующие автотрансформаторы. Из законов преобразования напряжения и тока для первичной и вторичной обмотки ($I_1 = I_2 w_2 / w_1, U_1 = U_2 w_1 / w_2$) видно, что со стороны цепи первичной обмотки всякое сопротивление во вторичной обмотке выглядит в $(w_1 / w_2)^2$ раз больше. Поэтому согласующие автотрансформаторы применяются для подключения низкоомной нагрузки к каскадам электронных устройств, имеющих высокое входное или выходное сопротивление. Например, высоким выходным сопротивлением может обладать выходной каскад усилителя звуковой частоты, особенно, если он собран на лампах, в то время как динамики имеют очень низкое сопротивление. Согласующие автотрансформаторы также исключительно полезны в высокочастотных линиях, где различие сопротивления линии и нагрузки привело бы к отражению сигнала от концов линии, и, следовательно, к большим потерям.

Фазоинвертирующие автотрансформаторы. Автотрансформатор передаёт только переменную компоненту сигнала, поэтому даже если все постоянные напряжения в цепи имеют один знак относительно общего провода, сигнал на выходе вторичной обмотки автотрансформатора будет содержать как положительную, так и отрицательную полуволны, причём, если центр вторичной обмотки автотрансформатора подключить к общему проводу, то напряжение на двух крайних выводах этой обмотки будет иметь противоположную фазу. До появления широко доступных транзисторов с pnp типом проводимости фазоинвертирующие автотрансформаторы применялись в двухтактных выходных каскадах усилителей, для подачи противоположных по полярности сигналов на базы двух транзисторов каскада. К тому же, из-за отсутствия «ламп с противоположным зарядом электрона», фазоинвертирующий автотрансформатор необходим в ламповых усилителях с двухтактным выходным каскадом.



Фазоинвертирующие и согласующие автотрансформаторы в выходном каскаде усилителя звуковой частоты с транзисторами одного типа проводимости. Транзистор в такой схеме усиливает только половину периода выходного сигнала. Чтобы усилить оба полупериода, нужно подать сигнал на два транзистора в противофазе. Это и обеспечивает автотрансформатор T1. Автотрансформатор T2 суммирует выходные импульсы VT1 и VT2 в противофазе и согласует выходной каскад с низкоомным динамиком.

Заключение

Особо важными задачами являются повышение качества автотрансформаторов, использование прогрессивной технологии их производства, экономия материалов при их изготовлении и возможно низкие потери энергии при их работе в сети. Экономия материалов и снижение потерь особенно важны в распределительных автотрансформаторах, в которых расходуется значительная часть материалов и возникает существенная часть потерь энергии всего автотрансформаторного парка.

В данном реферате, в соответствии с поставленной целью, проведен анализ, сравнение, назначение, принцип действия, примеры использования автотрансформаторов.

Структурно работа состоит из введения, содержания, трех глава, заключения, списка использованных источников.

В первой главе, курсовой работы рассматривается историческое развитие автотрансформатора, определяется понятие, основные характеристики и принципы основ. Во второй главе были рассмотрены принципы действия.

Автотрансформаторы питания преобразуют переменное напряжение первичного источника в любые другие значения, необходимые для нормального функционирования аппаратуры. Кроме того, автотрансформатор питания позволяет получать ряд вторичных напряжений, электрически не зависимых друг от друга и от питающей сети. Наиболее просто применять для электропитающего устройства специально спроектированные автотрансформаторы для обеспечения высокого качества работы и требуемой надежности, низкой стоимости, минимальной массы и объема.

В тех случаях, когда напряжение или ток на вторичной стороне унифицированного автотрансформатора не соответствует требуемым

значениям, приходится рассчитывать и изготавливать автотрансформатор. Не применяют унифицированный автотрансформатор также, если остаются незадействованными некоторые секции вторичной обмотки, что приводит к нежелательному увеличению объема и массы устройства.

В третьей главе «Примеры использования автотрансформаторов» предлагаются конкретные мероприятия и рекомендации по применению автотрансформаторов

Таким образом, тема данной работы была полностью раскрыта.

Список литературы

1. Основы теории цепей, Г. И. Атабеков, Лань, С-Пб.,-М.,-Краснодар, 2006.
 2. Электрические машины, Л. М. Пиотровский, Л., «Энергия», 1972.
 3. Силовые автотрансформаторы. Справочная книга/Под ред. С. Д. Лизунова, А. К. Лоханина. М.:Энергоиздат 2004. — 616 с ISBN 5-98073-004-4
 4. Электрические машины: Автотрансформаторы: Учебное пособие для электромех. спец. вузов/Б. Н. Сергеенков, В. М. Киселёв, Н. А. Акимова; Под ред. И. П. Копылова. — М.: Высш. шк., 1989—352 с ISBN 5-06-000450-3
 5. Электрические машины, А. И. Вольдек, Л., «Энергия», 1974.
 6. Электромагнитные расчеты автотрансформаторов и реакторов. — М.: Энергия, 1981—392 с.
 7. Конструирование автотрансформаторов. А. В. Сапожников. М.: Госэнергоиздат. 1959.
- Расчёт автотрансформаторов. Учебное пособие для вузов. П. М. Тихомиров. М.: Энергия, 1976. — 544 с.