

## *Введение*

Трансформаторы – это электромагнитные статические преобразователи электрической энергии, не имеющие вращающихся частей. В принципе их действия и устройстве есть много общего с вращающимися электрическими машинами, в частности с асинхронными. Основное назначение трансформаторов – изменять напряжение переменного тока. Они применяются также для преобразования числа фаз и частоты. Наибольшее распространение имеют силовые трансформаторы напряжения.

Для передачи электрической энергии необходимо *повысить* напряжение турбогенераторов и гидрогенераторов, установленных на электростанциях, с 16...24 кВ до значений 110, 150, 220, 330, 500, 750 и 1150 кВ, используемых в линиях передачи. Затем, для распределения и использования энергии в промышленности, сельском хозяйстве и быту необходимо *понижить* напряжение до 35; 10; 6; 3; 0,66; 0,38 и 0,22 кВ. Так как в энергетических системах имеет место многократная трансформация, мощность трансформаторов в 7...10 раз превышает установленную мощность генераторов на электростанциях.

По числу фаз трансформаторы делятся на одно-, двух-, трех- и многофазные. Силовые трансформаторы выпускаются в основном в трехфазном исполнении на частоту 50 Гц.

Трансформаторы имеют две или несколько обмоток, индуктивно связанных друг с другом. Обмотки, потребляющие энергию из сети, называются *первичными*. Обмотки, отдающие электрическую энергию потребителю, – *вторичными*.

Трехфазные трансформаторы имеют обмотки, соединенные в трехлучевую звезду (**Y**), треугольник (**Δ**) или зигзаг (**Z**).

В зависимости от соотношения напряжений на первичной и вторичной обмотках трансформаторы делятся на *повышающие* и *понижающие*. В повышающем трансформаторе первичная обмотка имеет низкое напряжение, а вторичная – высокое. В понижающем трансформаторе, наоборот, вторичная обмотка имеет низкое напряжение, а первичная – высокое.

Трансформаторы, имеющие одну первичную и одну вторичную обмотки, называются *двухобмоточными*. Достаточно широко распространены *трехобмоточные* трансформаторы, имеющие на каждую фазу три обмотки, например: две на стороне низкого напряжения, одну – на стороне высокого напряжения (или наоборот). Многофазные трансформаторы могут иметь несколько обмоток высокого и низкого напряжения.

По конструкции силовые трансформаторы делят на два основных типа – *масляные* и *сухие*. В масляных трансформаторах магнитопровод с обмотками находится в баке, заполненном трансформаторным маслом, которое является хорошим изолятором и охлаждающим агентом. Сухие трансформаторы охлаждаются воздухом. Их используют для жилых и промышленных помещений, в которых эксплуатация масляного трансформатора является нежелательной. Трансформаторное масло является горючим, и при нарушении герметичности

бака масло может повредить другое оборудование.

Наряду с трансформаторами широко применяются автотрансформаторы, в которых имеется электрическая связь между первичной и вторичной обмотками. При этом мощность из одной обмотки в другую передается как магнитным полем, так и за счет электрической связи. Автотрансформаторы строятся на большие мощности и высокие напряжения и применяются в энергосистемах, а также используются для регулирования напряжения в установках небольшой мощности.

В *первом – пятом разделах* учебного пособия приведены выдержки из стандартов, касающиеся терминологии, условных обозначений трансформаторов и видов систем охлаждения, обозначений их выводов и ответвлений, номинальных данных трансформаторов, а также буквенных обозначений элементов в электрических схемах.

В *шестом – девятом разделах* рассмотрены основы теории трансформаторов и описана последовательность проведения экспериментальных исследований процессов и явлений, а также обработки результатов: при холостом ходе, коротком замыкании и при нагрузке (*разд. 6*); при параллельной работе трансформаторов, причем уделено внимание изучению групп соединения обмоток (*разд. 7*); при несимметричной нагрузке трехфазных трансформаторов (*разд. 8*); при намагничивании магнитопровода трансформатора, в том числе и при включении трансформатора в сеть (*разд. 9*).

В *списке литературы*, наряду с традиционными источниками, *приведены URL-адреса* ряда предприятий, производящих электрические машины и трансформаторы, а также *URL-адрес* ПАО ЕЭС “Россия”. Использование Интернет-технологий позволит студентам непосредственно ознакомиться с номенклатурой и описанием электротехнической продукции, выпускаемой предприятиями.

В *Приложении приведены*: компьютерная Паскаль-программа для обработки экспериментальных данных, получаемых при исследовании трансформатора в опыте холостого хода (*прил. 1*); основы теории специальных трансформаторов, а именно – умножителей частоты, насыщающихся и управляемых реакторов. Этот материал предлагается в качестве возможной тематики учебно-исследовательской и научно-исследовательской работы студентов (*прил. 2*); форма отчета по лабораторной работе, предлагаемая в качестве образца (*прил. 3*); примерная программа дисциплины “Электрические машины” (*прил. 4*). Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 660300 – “Агроинженерия” (специальность 311400 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства).

*На кафедре “Электроснабжение и электрические машины” Московского государственного агроинженерного университета разработаны и изготовлены стенды для экспериментального исследования трансформаторов (рис. В.1 и рис. В.2). Реализован фронтальный метод проведения работ. Фотографии и описание стендов, а также электронный вариант настоящего учебного пособия, помещены на Web-странице <http://zei.narod.ru>.*



Рис. В.1. Общий вид лаборатории трансформаторов



Рис. В.2. Проектирование станда “Трансформатор”