

## ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

**Аннотация:** Данная статья посвящена трансформаторам напряжения. В статье рассматриваются технические характеристики, точность преобразования, классификации трансформаторов напряжения и конструктивные особенности. Отличительные особенности работы трансформаторов напряжения и их функции.

**Ключевые слова:** трансформаторы напряжения, технические характеристики ТН, классификация ТН.

**Annotation:** This article is devoted to voltage transformers. The article discusses the technical characteristics, conversion accuracy, classification of voltage transformers and design features. Distinctive features of the operation of voltage transformers and their functions.

**Key words:** voltage transformers, technical characteristics of VT, classification of VT.

**Трансформаторы напряжения** (ТН) являются измерительными преобразователями, выполняющими масштабированное понижение первичного напряжения (U) электрической сети, необходимое для работы схем измерения, учёта, защиты и автоматики.

Поскольку понижение (или повышение) значения U осуществляет также любой силовой трансформатор, может возникнуть вопрос — в чём

заканчиваются отличительные особенности работы ТН? Рассмотрим их по пунктам.

### **Точность преобразования**

Трансформатор напряжения, вторичные цепи которого подключаются к аппаратуре РЗА и измерительным цепям, оказывает влияние на точность результата измерения. ТН наряду с измерительными приборами относится к средствам измерений (СИ).

Это означает, что погрешность ТН, возникающая в процессе трансформации, строго нормируется рамками присвоенного ему класса точности, а сам ТН подвергается регулярной процедуре поверки уполномоченной организацией.

Кроме этого, тип применяемого ТН должен присутствовать в Государственном реестре средств измерений. На практике это выполняется только в случаях, когда речь идёт о коммерческом учёте электроэнергии.

Чаще всего ТН имеет несколько вторичных обмоток различного назначения, класс точности которых отличается. Класс точности обмоток, нагрузкой которых являются цепи измерения, может быть от 0.1 до 3.0, в зависимости от допустимой погрешности измерения. Для питания цепей защиты и автоматики применяются обмотки класса 3Р или 6Р (таким образом, основная задача ТН заключается в высокой и строго нормируемой точности трансформирования сетевого значения  $U$ , как по величине, так и по фазе).

Выбор конструктивных решений и материалов, из которых изготавливаются элементы ТН, нацелен на решение именно этой задачи.

Что касается силовых трансформаторных установок, их функция заключается в преобразовании электрической энергии с минимальными потерями, в ходе которого фазовый угол исходной синусоиды  $U$  практически всегда изменяется.

Кстати, это является причиной запрета на работу в параллельном режиме линий электропередачи одного класса, приходящих с разных

подстанций, так как угол сдвига по фазе у них, как правило, различный.

Режим работы.

Силовой трансформатор может работать как в режиме повышения, так и в режиме понижения, ТН предназначен только для понижения первичных параметров сети, то есть, питающей является обмотка ВН, нагрузка всегда подключается к выводам НН. Это вытекает из основного назначения ТН, обеспечивающего цепи измерения и защит пониженным значением  $U$ .

Мощность.

Этот показатель силовых трансформаторов может исчисляться сотнями мегаватт, предельная же мощность ТН составляет порядка 1кВА. Как видно, величины несопоставимы. Для ТН мощность важна лишь с точки зрения её влияния на точность измерения.

### **Классификация и конструктивное исполнение трансформаторов напряжения**

Конструктивное исполнение ТН зависит от того, для работы в каких электрических сетях он предназначен, где его предполагается устанавливать и какие приборы будут к нему подключены.

Классификация трансформаторов напряжения может производиться по следующим признакам:

- класс напряжения, на которое рассчитана первичная обмотка;
- однофазное или трёхфазное исполнение;
- величина  $U$  вторичного;
- общее число обмоток — двухобмоточные или трёхобмоточные;
- класс точности, значение которого может быть 0.1, 0.2, 0.5, 1, 3, 3Р, 6Р;
- тип изоляции — сухие, литые, маслонаполненные;
- место предполагаемого монтажа — наружной либо внутренней установки.

Вторичное значение  $U$  в ТН унифицировано, его величина зависит от схемы подключения первичной обмотки. Трёхфазные и однофазные трансформаторы, подключаемые к фазам первичной сети, на выходе выдают

100 вольт. Однофазные ТН, при включении их на фазное напряжение имеют на низкой стороне  $100/\sqrt{3}$  вольт.

Вид исполнения изоляции и способ охлаждения тепла при изготовлении ТН выбирается так же, как для силовых трансформаторов (сухая либо литая изоляция может применяться в устройствах до 35 кВ, в остальных случаях используются только маслonaполненные конструкции).

Обмотки и магнитная система маслonaполненного ТН помещены в стальной бак, заполненный трансформаторным маслом. Масло в данном случае играет роль изолятора и осуществляет отвод тепла к стенкам бака и в окружающее пространство.

Чаще всего бак имеет форму цилиндра, на верхнем торце которого установлены фарфоровые изоляторы проходного типа. Изоляторы являются вводами ТН.

### **Технические характеристики**

К основным техническим параметрам трансформаторов напряжения относятся:

- номинальное значение напряжения электрической сети, для работы в которой предназначен ТН;
- коэффициент трансформации;
- мощность — номинальная величина и её максимально допустимое значение.

Поскольку величина  $U$  на низкой стороне трансформатора напряжения любого класса имеет одинаковое значение, числовое значение коэффициента трансформации равно напряжению первичной сети, делённому на 100 или на  $100/\sqrt{3}$ .

Вторичные измерительные приборы обычно имеют шкалу на 100 вольт, которая проградуирована в первичных единицах. Например, при измерении в сети 35 кВ номинальное значение  $U$  вольтметра составляет 100 вольт, при этом показания прибора составляют 35 кВ.

В схемах учёта при определении реального значения потреблённой

электрической энергии показания счётчика умножаются на коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения.

При определении фактической мощности нагрузки измерительных трансформаторов обычно пользуются величиной суммарного сопротивления приборов, подключенных к низкой стороне.

Оптимальное значение мощности нагрузки, при которой обеспечивается соответствие основных параметров ТН, лежит в пределах 25% – 100% номинала.

**Заключение.** Трансформаторы напряжения применяются в цепях переменного тока электроустановок при высоких напряжениях и больших токах, когда непосредственное включение контрольно-измерительных приборов, реле и приборов автоматики в первичные цепи технически невозможно, нерационально или недопустимо по условиям безопасности.

#### **Литература:**

1. Александров А.Н. Электрические аппараты высокого напряжения. Л.: Энергоатомиздат, 1989. 343 с.
2. Чунихин А.А., Жаворонков М.А. Аппараты высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1985. 432 с.
3. Шпиганович А.Н., Огарков Н.М., Шпиганович А.А. Высоковольтное электрооборудование распределительных устройств. ЛГТУ. Липецк, 1998. 80 с.