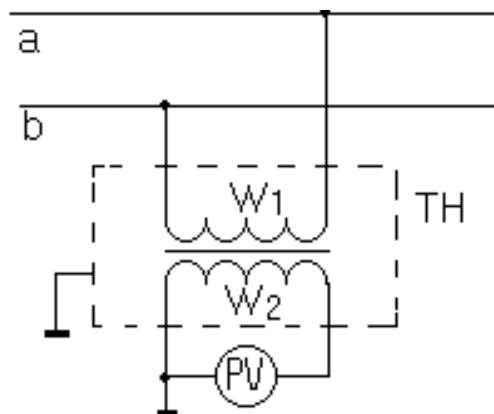


Специальные трансформаторы напряжения и тока

Измерительные трансформаторы тока и напряжения предназначены для уменьшения первичных токов и напряжений до значений, наиболее удобных для подключения измерительных приборов, реле защиты, устройств автоматики. Применение измерительных трансформаторов обеспечивает безопасность работающих, так как цепи высшего и низшего напряжения разделены, а также позволяет унифицировать конструкцию приборов и реле.

Трансформаторы напряжения

Измерительный трансформатор напряжения (ТН) применяется при измерениях в сетях переменного тока напряжением свыше 220 В. ТН представляет собой понижающий трансформатор с таким соотношением витков в первичной и вторичной обмотках, чтобы при номинальном первичном напряжении вторичное напряжение составляло 100В.



ТН работает в режиме, близком к режиму "холостого хода", т.е. $I_2 = 0$. Класс точности прибора зависит от выбора рабочей точки на петле гистерезиса ($B_m=0,1 \dots 0,2$ Тл, $I_1=I_0$). Для этого увеличивают количество витков первичной цепи. Соотношение витков в трансформаторе подбирается таким образом, чтобы получить во вторичной цепи $U=100$ В. Для обеспечения надежной работы ТН обязательно заземляется вторичная цепь и корпус трансформатора. Система уравнений для трансформатора имеет вид:

$$\begin{cases} U_1 = -E_1 + I_1 Z_1 \\ U_2 = E_2 - I_2 Z_2 \end{cases},$$

Так как $U_1 = -E_1$, $U_2 = E_{2\text{ном}}$, то напряжение в первичной обмотке определяется выражением:

$$U_1 = \frac{W_1}{W_2} \cdot U_2.$$

Технические характеристики измерительных трансформаторов напряжения

Номинальные первичное и вторичное напряжение измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения характеризуются номинальными значениями первичного напряжения, вторичного напряжения (обычно 100 В или 100/), коэффициента трансформации $K=U_{1ном}/U_{2ном}$. В зависимости от погрешности различают следующие классы точности трансформаторов напряжения: 0,2;0,5; 1;3.

Нагрузка трансформаторов напряжения

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения - это мощность внешней вторичной цепи. Под номинальной вторичной нагрузкой понимают наибольшую нагрузку, при которой погрешность не выходит за допустимые пределы, установленные для трансформаторов данного класса точности.

Конструкции трансформаторов напряжения

В установках напряжением до 18 кВ применяются трехфазные и однофазные трансформаторы, при более высоких напряжениях — только однофазные. При напряжениях до 20 кВ имеется большое число типов трансформаторов напряжения: сухие (НОС), масляные (НОМ, ЗНОМ, НТМИ, НТМК), с литой изоляцией (ЗНОЛ). Следует отличать однофазные двухобмоточные трансформаторы НОМ от однофазных трехобмоточных трансформаторов ЗНОМ. Трансформаторы типов ЗНОМ-15, -20 -24 и ЗНОЛ-06 устанавливаются в комплектных токопроводах мощных генераторов. В установках напряжением 110 кВ и выше применяют трансформаторы напряжения каскадного типа НКФ и емкостные делители напряжения НДЕ.



Схемы включения трансформаторов напряжения

В зависимости от назначения могут применяться разные схемы включения трансформаторов напряжения. Два однофазных трансформатора напряжения, соединенные в неполный треугольник, позволяют измерять два линейных напряжения. Целесообразна такая схема для подключения счетчиков и ваттметров. Для измерения линейных и фазных напряжений могут быть использованы три однофазных трансформатора (ЗНОМ, ЗНОЛ), соединенные по схеме «звезда — звезда», или трехфазный типа НТМИ. Так же соединяются в трехфазную группу однофазные трехобмоточные трансформаторы типа ЗНОМ и НКФ.

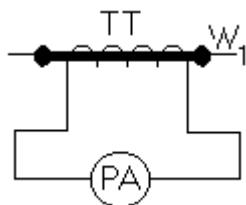
Присоединение расчетных счетчиков к трехфазным трансформаторам напряжения не рекомендуется, т.к. они имеют, обычно, несимметричную магнитную систему и увеличенную погрешность. Для этой цели желательно устанавливать группу из двух однофазных трансформаторов соединенных в неполный треугольник.

Трансформаторы напряжения выбирают по условиям $U_{уст} \leq U_{1ном}$, $S_2 \leq S_{2ном}$ в намечаемом классе точности. За $S_{2ном}$ принимают мощность всех трех фаз однофазных трансформаторов напряжения, соединенных по схеме звезды, и удвоенную мощность однофазного трансформатора, включенного по, схеме неполного треугольника.

Трансформатор тока

Измерительный трансформатор тока (ТТ) применяется для включения амперметров и обмоток тока ваттметров, счетчиков энергии и фазометров в цепях переменного тока, чаще всего в сильно точных (с большим значением тока).

ТТ работает в режиме, близком к "короткому замыканию". Первичная обмотка ТТ выполняется из провода большого сечения и включается в сеть последовательно (количество витков первичной цепи равно 1). Вторичная обмотка - многовитковая.



Уравнение МДС имеет вид: $I_1 W_1 + I_2 W_2 = I_0 W_1$; Точность тока измерительной цепи определяется выбором точки на петле гистерезиса ($B_m = 0,1 \dots 0,2 Tл$, $I_0 = 0$). Количество витков во вторичной цепи подбирается таким образом, чтобы во вторичной цепи протекал ток 5 А, откуда

$$n = \frac{W_1}{W_2} = \left| - \frac{I_2}{I_1} \right|.$$

Данный трансформатор является опасным при эксплуатации, так как нельзя размыкать вторичную цепь под нагрузкой. При размыкании цепи произойдет рост потерь в магнитопроводе в квадратичной зависимости (B^2), что приведет к пробое изоляции и обслуживающий персонал может попасть под высокое напряжение.

Технические характеристики трансформаторов тока

Номинальный первичный и вторичный ток трансформаторов тока

Трансформаторы тока характеризуются номинальным первичным током $I_{ном1}$ (стандартная шкала номинальных первичных токов содержит значения от 1 до 40000 А) и номинальным вторичным током $I_{ном2}$, который принят равным 5 или 1 А. Отношение номинального первичного к номинальному вторичному току представляет собой коэффициент трансформации $K_{ТА} = I_{ном1} / I_{ном2}$

Токовая погрешность трансформаторов тока

Трансформаторы тока характеризуются токовой погрешностью $\Delta I = (I_2 - I_1) * 100 / I_1$ (в процентах) и угловой погрешностью (в минутах). В зависимости от токовой погрешности измерительные трансформаторы тока разделены на пять классов точности: 0,2; 0,5; 1; 3; 10. Наименование класса точности соответствует предельной токовой погрешности трансформатора тока при первичном токе, равном 1—1,2 номинального. Для лабораторных измерений предназначены трансформаторы тока класса точности 0,2, для присоединений счетчиков электроэнергии — трансформаторы тока класса 0,5, для присоединения щитовых измерительных приборов -классов 1 и 3.



Нагрузка трансформаторов тока

Нагрузка трансформатора тока — это полное сопротивление внешней цепи Z_2 , выраженное в Омах. Сопротивления r_2 и x_2 представляют собой сопротивление приборов, проводов и контактов. Нагрузку трансформатора можно также характеризовать кажущейся мощностью S_2 В*А. Под номинальной нагрузкой трансформатора тока $Z_{2ном}$ понимают нагрузку, при которой погрешности не выходят за пределы, установленные для трансформаторов данного класса точности. Значение $Z_{2ном}$ дается в каталогах.

Электродинамическая стойкость трансформаторов тока

Электродинамическую стойкость трансформаторов тока характеризуют номинальным током динамической стойкости $I_{м.дин.}$ или отношением $k_{дин}$. Термическая стойкость определяется номинальным током термической

стойкости I_T или отношением $k_T = I_T / I_{ном}$ и допустимым временем действия тока термической стойкости t_T .



Конструкции трансформаторов тока

По конструкции различают трансформаторы тока катушечные, одновитковые (типа ТПОЛ), многovitковые с литой изоляцией (типа ТПЛ и ТЛМ). Трансформатор типа ТЛМ предназначен для КРУ и конструктивно совмещен с одним из штепсельных разъемов первичной цепи ячейки.

Для больших токов применяют трансформаторы типа ТШЛ и ТПШЛ, у которых роль первичной обмотки выполняет шина. Электродинамическая стойкость таких трансформаторов тока определяется стойкостью шины.

Для ОРУ выпускают трансформаторы типа ТФН в фарфоровом корпусе с бумажно-масляной изоляцией и каскадного типа ТРН. Для релейной защиты имеются специальные конструкции. На выводах масляных баковых выключателей и силовых трансформаторов напряжением 35 кВ и выше устанавливаются встроенные трансформаторы тока. Погрешность их при прочих равных условиях больше, чем у отдельно стоящих трансформаторов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат 603332450510203670830559428146817986133868575803

Владелец Артемьев Михаил Владимирович

Действителен с 23.03.2021 по 23.03.2022