**Наименование работы:** Исследование работы измерительных трансформаторов тока.

**Цель работы:** Изучить устройство трансформаторов тока и схемы их включения в электрические цепи.

**Приобретаемые умения и навыки:**

1. уметь использовать измерительные приборы в практической деятельности.

**Общие сведения**

**Измерительные трансформаторы тока**

Измерительные трансформаторы служат для расширения пределов измерения электрических величин в цепях переменного тока и отделения вторичных цепей от первичных в целях безопасности обслуживающего персонала.

Измерительные трансформаторы тока используют как в целях техники безопасности — для отделения измерительной цепи от цепи сетевого напряжения, так и для расширения пределов измерения счетчиков, амперметров и других приборов, которые, как правило, рассчитаны на ток не более 5 А. При измерении токов, превышающих 5 А, используют трансформаторы тока, первичная обмотка которых включается в рассечку силовой цепи, а приборы включают во вторичную цепь. Шкалы приборов при этом градуируют с учетом коэффициента трансформации.

В обозначениях трансформаторов тока буквенные символы означают: Т — трансформатор тока, Ф —с фарфоровой изоляцией между обмотками, П —проходной, Ш —шинный, У —усиленный, Д — с сердечником для дифференциальной защиты, 3 — с сердечником для защиты от замыканий на землю, Р — с разъемным сердечником, О —одновитковый, К — катушечный, В — встроенный в выключатель, Л — с изоляцией из литой синтетической смолы, М — модернизированный, Н —для наружной установки и т.д.

В практике сельской электрификации широкое применение в сетях до 0,66 кВ нашли трансформаторы тока различных типов: ТК-20, ТК-40 с номинальными первичными токами от 5 до 1000 А; в сетях до 3 кВ — типа ТКЛ-3 (от 5 до 600 А); в сетях 6 и 10 кВ - типов ТКЛ-10 (5...200 А), ТПЛ-10 (5...3OO А), ТВЛМ и ТПЛМ-10 (от 5 до 1500 А) и др.; в сетях 35 кВ - типов ТПОЛ-35, ТФН-35М, ТФНД-35М и т.д. Номинальный вторичный ток этих трансформаторов 5 А, класс точности 0,5 и 1,0, номинальная вторичная мощность 10 В∙А, номинальная вторичная нагрузка 0,4...0,6 Ом (у ТК-20 0,2 Ом).

Трансформаторы тока типа ТНШЛ-0,66 со шкалой токов (А) от 300/5 до 15000/5 снабжены литой изоляцией и устанавливаются на шинах.

Трансформаторы тока ТШ — шиноподвесные и опорные — выпускаются со шкалой токов (А) от 300/5 до 1000/5 на 0,66 кВ и т. д.

Устройство трансформатора тока и схемы включения амперметра показаны на рис. 1, *а - в.* Магнитный поток в магнитопроводе *3* создается токами первичной *1* и вторичной *2* обмоток. Соотношение первичного *I1* и вторичного *I2* токов определяется формулой:

где Kтт — коэффициент трансформации;

ω1, ω2 — число витков первичной и вторичной обмоток.

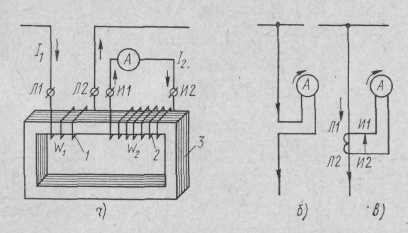


Рис. 1. Трансформатор тока:

*а* — устройство, *б, в* — схемы включения амперметра непосредственно в контролируемую цепь и через трансформатор

Если в силовых трансформаторах и трансформаторах напряжения увеличение сопротивления во вторичной цепи вызывает уменьшение тока во вторичной и в первичной цепях, а напряжение на выводах обеих обмоток почти не изменяется, то у трансформаторов тока увеличение сопротивления во вторичной цепи приводит к повышению напряжения на выводах вторичной обмотки. Это объясняется тем, что ток в первичной цепи не зависит от нагрузки трансформатора тока. Ток во вторичной цепи трансформатора тока практически не меняется с изменением ее сопротивления при данном режиме первичной цепи. Вследствие этого нагрузка трансформатора тока увеличивается с возрастанием сопротивления во вторичной цепи, складывающегося из сопротивлений, подключенных к трансформатору тока аппаратов и приборов, соединительных проводов и переходных контактов.

Особенность эксплуатации трансформаторов тока — необходимость замыкать вторичную обмотку через обмотки измерительных приборов или замыкать накоротко, если измерительные приборы отсутствуют.

Вторичную обмотку трансформатора тока нельзя оставлять разомкнутой, если по первичной обмотке проходит измеряемый ток, по следующим причинам.

При размыкании вторичной цепи, что может быть, например, при отключении амперметра, исчезает встречный магнитный поток *Ф2* (рис. 2), следовательно, по сердечнику начинает проходить большой переменный поток *Ф1,* который вызывает наведение большой ЭДС во вторичной обмотке трансформатора (до тысячи вольт), так как вторичная обмотка имеет большое число витков. Наличие такой большой ЭДС нежелательно потому, что это опасно для обслуживающего персонала и может привести к пробою изоляции вторичной обмотки.

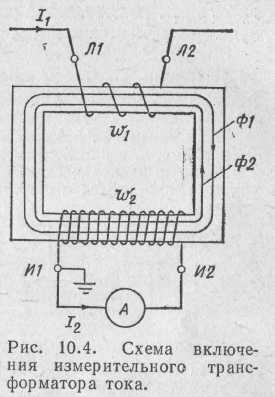


Рис. 2. Схема включения измерительного трансформатора тока.

При возникновении в сердечнике большого потока *Ф1* в самом сердечнике начинают наводиться большие вихревые токи, сердечник начинает сильно нагреваться, и при длительном нагреве может выйти из строя изоляция обеих обмоток трансформатора. Поэтому надо помнить, что, если надо отключить измерительные приборы, то необходимо, сначала закоротить либо вторичную, либо первичную обмотку трансформатора. Большую опасность представляет обрыв вторичной обмотки.

Основными параметрами трансформаторов тока являются номинальные токи первичной и вторичной обмоток, класс точности, напряжение, нагрузка вторичной цепи, определяемая мощностью в вольтамперах, или сопротивлением вторичной цепи в омах, а также максимальная кратность вторичного тока.

Номинальный ток вторичной обмотки большинства трансформаторов тока равен 5 А, а номинальные токи первичной обмотки определяют по шкале стандартных токов: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10 000 и 15 000 А.

Номинальный класс точности характеризуется погрешностью коэффициента трансформации и угловой погрешностью для данного трансформатора тока. Последнюю измеряют углом между векторами первичного и вторичного токов. Для трансформаторов тока установлено пять классов точности (0,2; 0,5; 1; 3; 10), характеризующих их максимальную относительную погрешность коэффициента трансформации. Номинальной нагрузкой трансформатора тока называют такую нагрузку, при которой погрешность не превышает значения, установленного для данного трансформатора тока.

Промышленность выпускает трансформаторы тока для электроустановок на напряжения до 1000 и выше 1000 В в различном конструктивном исполнении: для наружной и внутренней установок, а также встроенные (внутри выключателей, трансформаторов и других аппаратов или машин). По способу установки различают опорные и проходные трансформаторы тока, по виду первичной обмотки — многовитковые, одновитковые стержневые, одновитковые шинные.

Выводы обмоток трансформаторов тока обозначают: первичные— *Л1* (начало) и *Л2* (конец); вторичные — *И1* (начало) и *И2* (конец). Принцип маркировки принят следующий: направление тока в приборе должно быть одинаково независимо от включения последнего непосредственно в цепь или через трансформатор тока (см. рис. 1, *б, в),* т.е. при направлении тока от *Л1* и *Л2* направление тока во вторичной цепи будет от *И1* и *И2.*

Трансформаторы тока для электроустановок напряжением до 1000 В показаны на рис. 3, *а, б, в* (катушечный, шинный ТШ-0,5 и шинный с литой изоляцией ТШЛ-0,5). В шинных трансформаторах тока в качестве первичной обмотки используют шину, пропускаемую через окно *5* сердечника трансформатора тока, на который намотана вторичная обмотка.

Проходные трансформаторы тока для внутренней установки на напряжение 10 кВ выполняют многовитковыми, одновитковыми и шинными с фарфоровой и пластмассовой (литой) изоляцией (рис. 4, *а—в*).

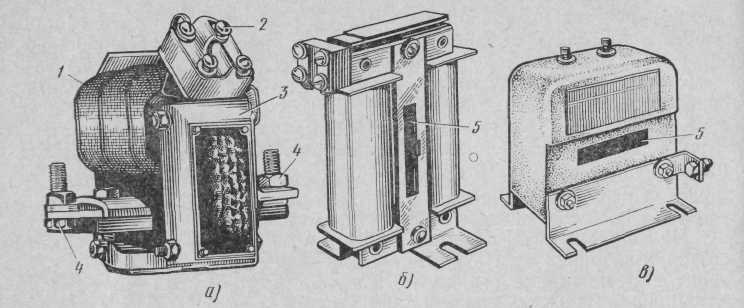


Рис. 3. Трансформаторы тока на напряжение до 1000 В:

*а —* катушечный, *б, в* — шинные ТШ-0,5 и ТШЛ-0,5; 1 — каркас, *2, 4 —* зажимы вторичной и первичной обмоток, *3* — защитный кожух, *5* — окно

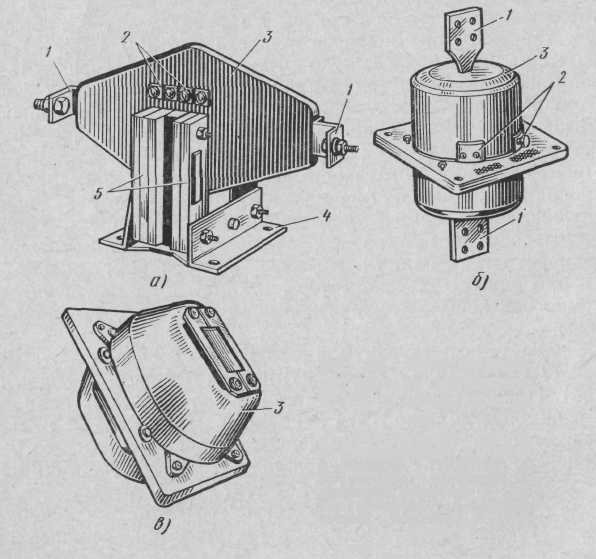


Рис. 4. Трансформаторы тока на напряжение 10 кВ с литой изоляцией:

*а —* многовитковый ТПЛ-10, *б —* одновитковый ТПОЛ-10, *в* —шинный ТПШЛ-10; *1, 2* — зажимы первичной и вторичной обмоток, *3 —* литая изоляция, *4 —* установочный угольник, 5 — сердечник

Для питания вторичных устройств используют различные схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока. Соединение в звезду (рис. 5, *а)* применяют при необходимости контроля тока во всех трех фазах электрической сети, соединение треугольником (рис. 5, б) — при получении большей силы тока во вторичной цепи или сдвига по фазе вторичного тока относительно первичного на 30 или 330°.

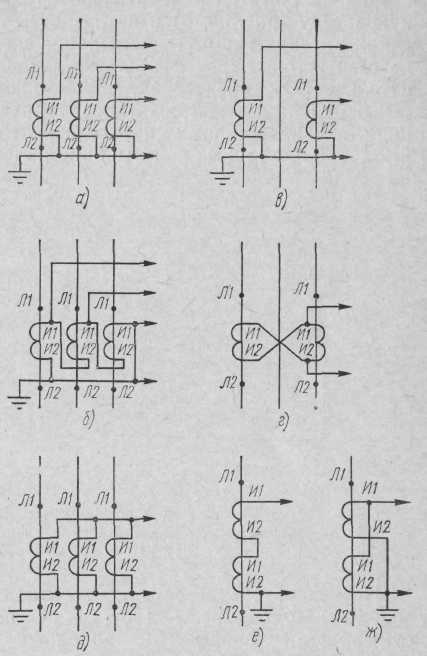


Рис. 5. Схемы соединений вторичных обмоток трансформаторов тока:

*а* — звездой, *б* — треугольником, *в —* неполной звездой, *—* наразность токов двух фаз, — на сумму токов трех фаз, е — последовательное, *ж* — параллельное

В сетях с изолированной нейтралью используют соединение вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока в неполную звезду (рис. 5, *в)* и на разность токов двух фаз (рис. 5, *г),* а для питания защит от замыкания на землю - схему соединения на сумму токов трех фаз (схема фильтра токов нулевой последовательности). Токовое реле, включенное на выходе цепей, собранных по такой схеме (рис. 5, *д),* не реагирует на междуфазовые короткие замыкания, но приходит в действие при всех видах повреждений, связанных с замыканием элементов электрической сети на землю.

Последовательное соединение вторичных обмоток трансформаторов тока одной фазы (рис. 5, *е)* позволяет получить от них суммарную мощность, а параллельное (рис. 5, *ж)* — уменьшить коэффициент трансформации, суммируя ток вторичных обмоток при данном токе в линии.

Для контрольных измерений токов в цепях без их разрыва используют трансформатор тока с разъемным сердечником (измерительные клещи). Первичной обмоткой в этом случае служит токоведущая часть распределительного устройства, охватываемая разъемным сердечником (рис. 6). На этом сердечнике расположена вторичная обмотка, в которую включен амперметр.

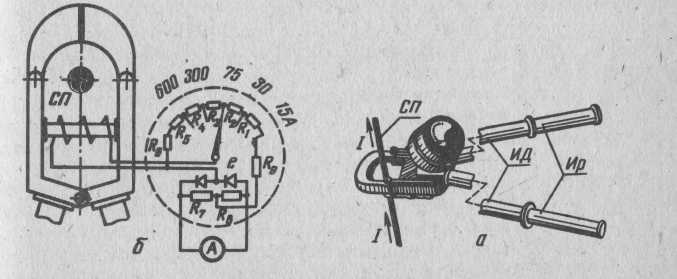


Рис. 6. Измерительные клещи:

*а* — общий вид; *б* — схема соединений; *СП* — силовой провод (до 10 кВ); *ИД* — изолирующие держатели; *Ир* —изолирующие ручки.

Электроизмерительные клещи выпускают нескольких типоразмеров, класса точности 4,0. Клещи типа Ц-90 для измерения тока рассчитаны для применения в установках до 10 кВ и измерения тока до 600 А, клещи Ц-91 — в установках до 1000 В для измерения тока от 10 до 500 А. Клещи Д-90 предназначены для измерения мощности в цепях переменного тока напряжением до 500 В. При напряжении в сети 220 В предел измерения мощности составляет от 25 до 75 кВт, при 380 В - от 50 до 150 кВ т.

## Оснащение рабочего места (используемые приборы и оборудование):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Приборы и оборудование | Тип (марка) | Кол-во | Пределы измерения | Примечание |
| Стенд лабораторный |  | 1 |  |  |
| Трансформатор тока | ТК-20 | 1 |  |  |
| Трансформатор тока | И514 | 1 |  |  |
| Лампа накаливания | БК100\* | 3 |  | Потребитель э/э |
| \*- приборы и оборудование могут быть заменены аналогичными | | | | |

**Задание по лабораторной работе:**

**1. Задание, выполняемое при подготовке к занятию (домашняя подготовка).**

1.1. Пользуясь методическими указаниями, учебником, справочной литературой повторите методику проведения измерений с помощью комбинированных приборов.

1.2. Оформите бланк отчета по лабораторной работе, указав в нем:

* наименование лабораторной работы;
* цель работы, получаемые умения и навыки;
* используемые приборы и оборудование (в форме таблицы);
* требуемые в пунктах 2.1.-2.7. схемы, таблицы и результаты выполнения заданий.

1. **Задание, выполняемое в лаборатории.**

2.1. Изучить устройство и технические данные трансформаторов тока тип ТК-20. Дать расшифровку обозначения. Собрать схему подключения. Измерить токи и внести в таблицу.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип трансформатора тока | I1, A | I2, А |
|  |  |  |
|  |  |  |

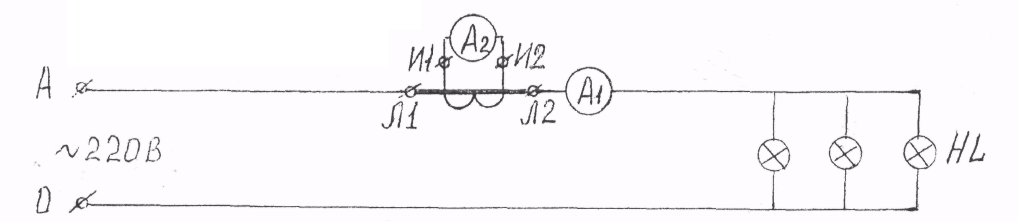


Рис. Схема подключения трансформатора тока ТК-20.

2.2. Изучить устройство и технические данные трансформаторов тока типа И-514. Выполнить в отчете принципиальную электрическую схему трансформатора. Составить схему для измерения первичных токов: I1= 0,5; 1; 2; 5;10; 25; 50.

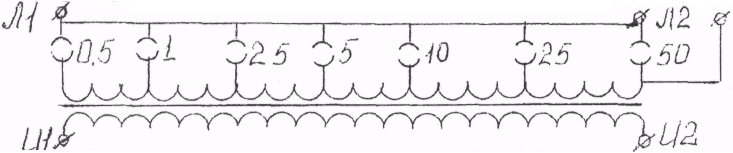


Рис. Принципиальная электрическая схема трансформатора тока И-514.

Собрать схему для измерения силы тока I1= 0.5 А

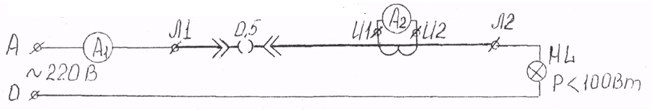


Рис. Схема подключения трансформатора тока И-514.

Записать показания приборов в таблицу №2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1, A | 0,5 | 1 | 2 5 | 5 | 10 | 25 | 50 |
| PA1 |  |  |  |  |  |  |  |
| PA2 |  |  |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы:**

1. Почему запрещается оставлять в разомкнутом состоянии вторичную обмотку трансформатора тока?
2. Как определить коэффициент трансформации трансформатора тока?
3. Описать особенности трансформатора тока ТК-20.
4. Что является первичной обмоткой токоизмерительных клещей?