

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

### Область применения

Рекомендации настоящей методики распространяются на проведение испытаний вторичных цепей измерительных трансформаторов тока применяемых в схемах защит, измерения и учёта электроустановок всех типов, напряжений и систем.

Измерительные трансформаторы тока используются во вторичных цепях (цепях релейной защиты, измерения, учёта и автоматики) для преобразования величины тока с целью питания обмоток реле, измерительных обмоток приборов учёта и измерения, обмоток катушек отключения (в схемах защит с реле прямого действия) и т.п. Кроме того, с помощью трансформаторов тока изолируются вторичные цепи от системы высокого напряжения, что позволяет персоналу работать во вторичных цепях при включённом первичном напряжении оборудования. Трансформаторы тока, за счёт соединения своих вторичных цепей, позволяют добиваться различных сочетаний токов фаз, необходимых для работы защит.

Принципиальное устройство трансформатора тока и его внешний вид показаны на рисунке 1. Сердечник трансформатора тока выполняется из листовой электротехнической стали. На сердечнике располагаются обмотки трансформатора – одна из них первичная (выполнена проводом или шиной большого сечения и имеет небольшое количество витков), другая – вторичная (выполняется изолированным проводом сечения  $4 \text{ мм}^2$ , количество витков пропорционально первичной обмотке таким образом, чтобы на при номинальном токе в первичной обмотке на вторичных зажимах ток был бы равен принятому для данного трансформатора тока стандарту: 1А; 2,5А; 5А). Первичная обмотка включается в рассечку тока (последовательно с нагрузкой)  $I_1$ ; к зажимам вторичной (вторичных обмоток, если у трансформатора несколько вторичных обмоток) обмотки подключаются обмотки различных реле, микропроцессорных устройств защиты, измерительных устройств приборов и аппаратов. В общем случае вторичный ток трансформатора тока всегда меньше первичного тока т.к.  $I_1 W_1 = I_2 W_2$  (если пренебречь током намагничивания)  $W_2 > W_1$ .

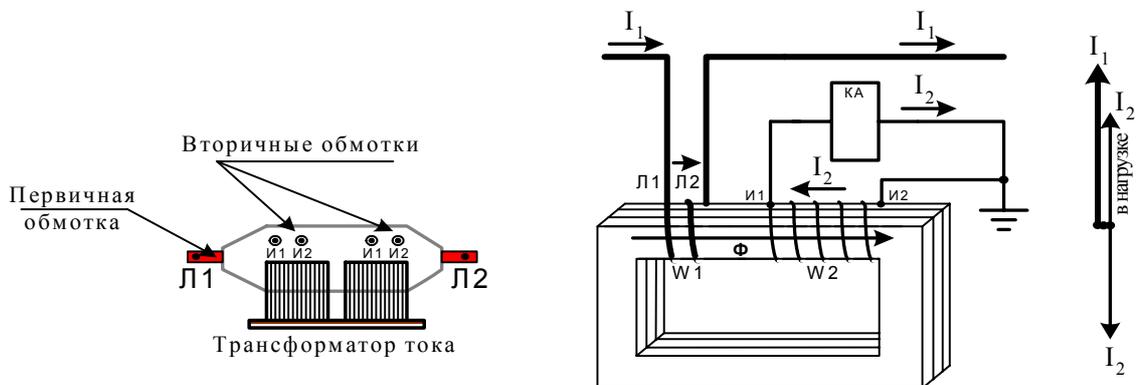


Рис. 1. Устройство трансформатора тока и распределение токов в обмотках

За положительное направление тока в первичной обмотке принимают направление от зажима Л1 к зажиму Л2. Вторичные обмотки трансформаторов тока и их маркировка выполняется таким образом, что положительному направлению тока в первичной обмотке соответствует направление тока от зажима И2 к зажиму И1 (смотри рисунок 1) – иначе говоря от конца обмотки к её началу. При этом направление тока в обмотке измерительного аппарата или реле, включённого во вторичную обмотку трансформатора, совпадает с направлением первичного тока. Иначе говоря, в любом аппарате, включенном во вторичные цепи, проходит такой ток, как если бы этот аппарат был включен в первичную цепь напрямую.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

Такая особенность работы трансформатора тока позволяет производить построение векторных диаграмм вторичных токов совпадающими с диаграммами первичных токов (рисунок 1), что значительно упрощает анализ работы релейной защиты.

Основной особенностью трансформаторов тока является независимость величины первичного тока от вторичной нагрузки. В отличие от силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения, работа трансформаторов тока с разомкнутой вторичной обмоткой недопустима: в таком режиме исчезает размагничивающее действие вторичного тока, весь первичный ток становится током намагничивания, что приводит к многократному увеличению магнитного потока в сердечнике трансформатора тока и Э.Д.С. на вторичной обмотке. Величина Э.Д.С. может достигать нескольких киловольт, что представляет опасность для изоляции трансформаторов тока и его вторичных цепей, а также для обслуживающего персонала.

Резкое увеличение магнитного потока приводит также к недопустимому перегреву сердечника, что может повлечь возгорание изоляции и разрушение трансформатора тока (далее - ТТ). Для предотвращения повреждений ТТ и для безопасности персонала всякие переключения и другие работы в токовых цепях ТТ, первичные обмотки которых обтекаются током, выполняются без разрыва цепей вторичных обмоток. Все неиспользуемые вторичные обмотки ТТ нужно замкнуть накоротко. Особое внимание следует обращать на надёжность контактных соединений в токовых цепях. Вторичная цепь ТТ должна быть заземлена только в одной точке, по традиции это условие выполняется как можно ближе к самим ТТ.

### Объект испытания.

Трансформаторы тока подвергаются испытанию в соответствии с «Методикой проведения испытаний измерительных трансформаторов тока и напряжения», их вторичные цепи проходят проверку в следующем объёме:

1. проверка схемы соединения вторичных обмоток и вторичных цепей
2. измерение сопротивления изоляции и испытание вторичных цепей в сборе (цепи трансформаторов тока с подключенными реле, измерительными приборами и т.п.);
3. измерение и расчётное определение нагрузки вторичных цепей;
4. проверка схемы токовых цепей первичным током нагрузки.

Схема соединений вторичных цепей ТТ зависит от применяемой схемы защиты, измерения, а также от применяемых устройств защиты и измерений.

На рисунках ниже приведены различные схемы соединений вторичных цепей трансформаторов тока.

Рисунок 1 – схема соединений «звезда». Данная схема применяется для организации защит ответственных присоединений. В случае применения данной схемы устройства защиты контролируют три фазных тока, при трёх- и двухфазном КЗ (коротком замыкании) на защищаемом объекте ток в нулевом проводе отсутствует. При однофазном КЗ в цепи

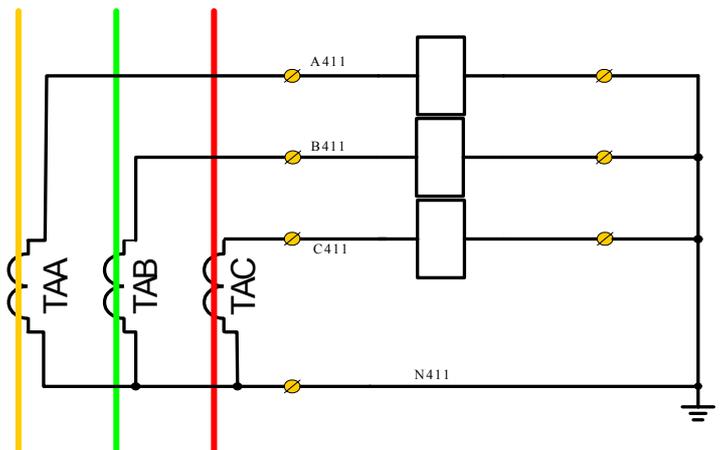


Рис. 2. Схема соединения вторичных цепей «звезда».

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

нулевого провода будет проходить вторичный ток повреждения. Данная схема используется для защиты объекта от всех видов токов КЗ – и от междуфазных и от однофазных. Недостаток данной схемы соединения – необходимость установки трёх трансформаторов тока.

Рисунок 2 – схема соединений «неполная звезда». Эта схема отличается от предыдущей отсутствием трансформатора тока (и его вторичных цепей) в фазе В.

Соответственно в нормальном режиме нагрузки в нулевом проводе проходит ток по величине равный току фазы В, а по направлению – обратный ему. Схема применяется для защиты сетей, работающих с изолированной нейтралью от междуфазных КЗ. Недостаток данной схему – нечувствительность к однофазным замыканиям.

Рисунок 3 – схема соединения вторичных цепей «на разность токов двух фаз». Трансформаторы тока устанавливаются в фазах А и С. Схема применяется для защиты от двухфазных и трёхфазных КЗ. При двухфазном КЗ между фазами с трансформаторами тока схема работает на удвоение фазного тока, при КЗ между фазой с трансформатором тока и фазой без него результирующий ток на реле равен фазному току повреждённой фазы, а в режиме нормальной работы и трёхфазного КЗ ток в реле лишь в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного тока. Таким образом, недостатки данной схемы соединений ограничивают её применение в устройствах защиты, по большей части данную схему применяют для защиты электродвигателей небольшой мощности, или в случае нехватки оборудования (реле).

Рисунок 4 – схема соединения вторичных цепей трансформаторов тока в «треугольник». Применение данной схемы соединений увеличивает нагрузку на трансформаторы тока при трёхфазном и двухфазном КЗ на защищаемом объекте в три раза, при однофазном КЗ происходит увеличение нагрузки в два раза.

Применение данной схемы целесообразно в случае защиты трансформатора с

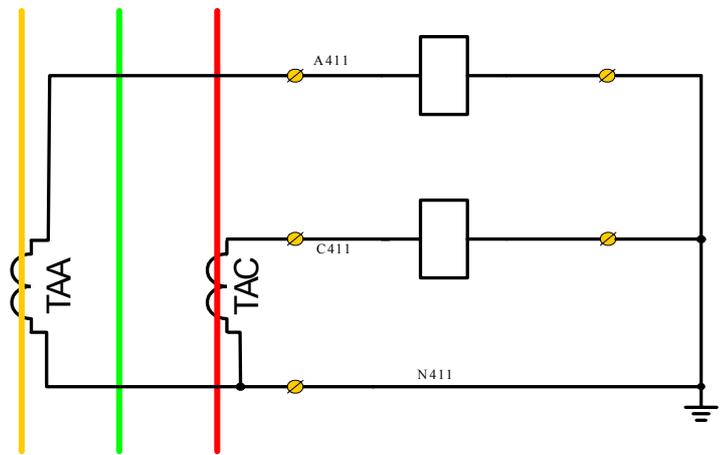


Рис. 3. Схема соединения вторичных цепей «неполная звезда».

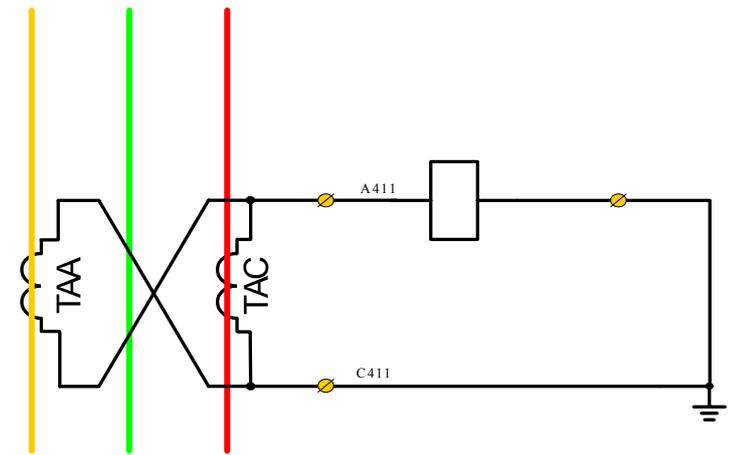


Рис. 3. Схема соединения вторичных цепей «на разность токов фаз».

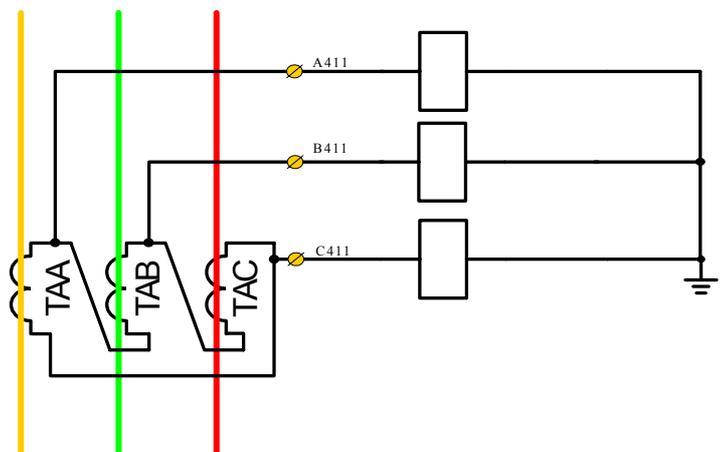


Рис. 4. Схема соединения вторичных цепей в «треугольник».

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

Рисунок 5 – последовательное соединение трансформаторов тока. Применяется при использовании маломощных трансформаторов тока и позволяет снизить нагрузку на каждый трансформатор, так как при данном соединении нагрузка поровну распределяется между трансформаторами и соответственно уменьшается для каждого из них в 2 раза. Схема на рисунке 5 приведена как частный случай – трансформаторы тока в фазах А и В не показаны, в реальности они могут быть установлены и использоваться таким же образом как в фазе С. Эта же схема применяется как частный случай при соединении трансформаторов нулевой последовательности установленных на двух параллельных кабельных линиях – защита от замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

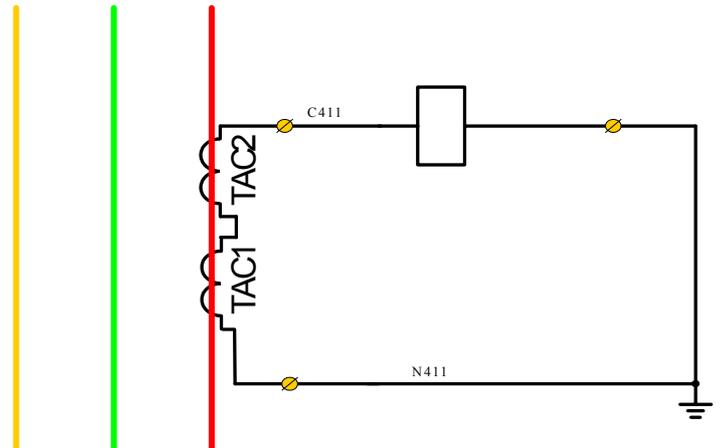


Рис. 5. Последовательное соединение трансформаторов тока.

Рисунок 6 – параллельное соединение трансформаторов тока. При параллельном соединении трансформаторов тока нагрузка на каждый трансформатор удваивается. Коэффициент трансформации всей схемы становится в два раза меньше чем у одного трансформатора. Это свойство используется для повышения мощности трансформаторов тока. Схема может использоваться для получения нестандартных коэффициентов трансформации, если таковое необходимо, например, для выполнения схемы учёта. При небольших нагрузках в первичной цепи можно используя трансформаторы тока с коэффициентом, например, 50/5 получить итоговый коэффициент схемы 25/5.

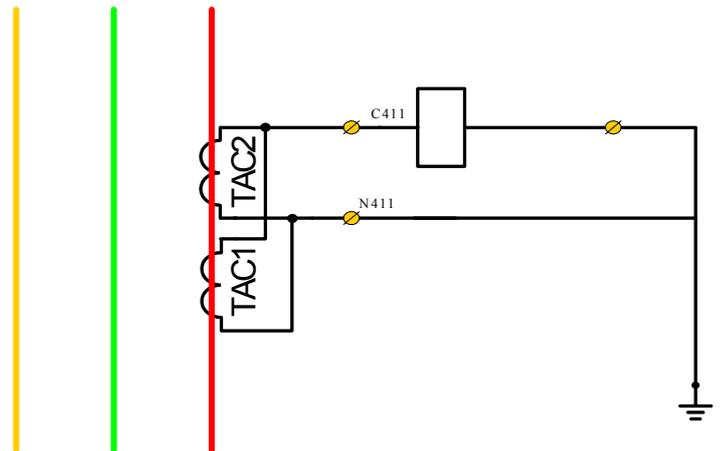


Рис. 6. Параллельное соединение трансформаторов тока.

Рисунок 7 – схема соединения вторичных цепей трансформаторов тока при выполнении дифференциальной защиты силового трансформатора с соединением обмоток  $Y/\Delta - 11$ . В схеме применены простые токовые реле, например РТ 40 (при использовании дифференциальных реле типа РНТ-565, схема соединения меняется – уравнивательная обмотка реле включаются в рассечку фазного провода вторичных цепей, а дифференциальная обмотка включается в схему звезды трансформаторов тока относительно нулевого провода). Схема позволяет компенсировать угловой сдвиг в трансформаторе и получить на реле в нормальном режиме ток небаланса, который зависит от самих трансформаторов тока (их свойств, коэффициента трансформации и т.п.). Аналогично схема может применяться при организации дифференциальной защиты кабельных линий, только в этом случае соединение трансформаторов тока с двух сторон линии выполняется одинаковым – «звездой», так как нет нужды компенсировать угловые сдвиги.

В реальности возможны различные комбинации схем включения реле во вторичные цепи трансформаторов тока, а также различные комбинации в самих схемах соединения трансформаторов тока. Поэтому определение реальной схемы проведения испытаний и расчётов производится в натуре выверкой схему по проектной и исполнительной документации.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

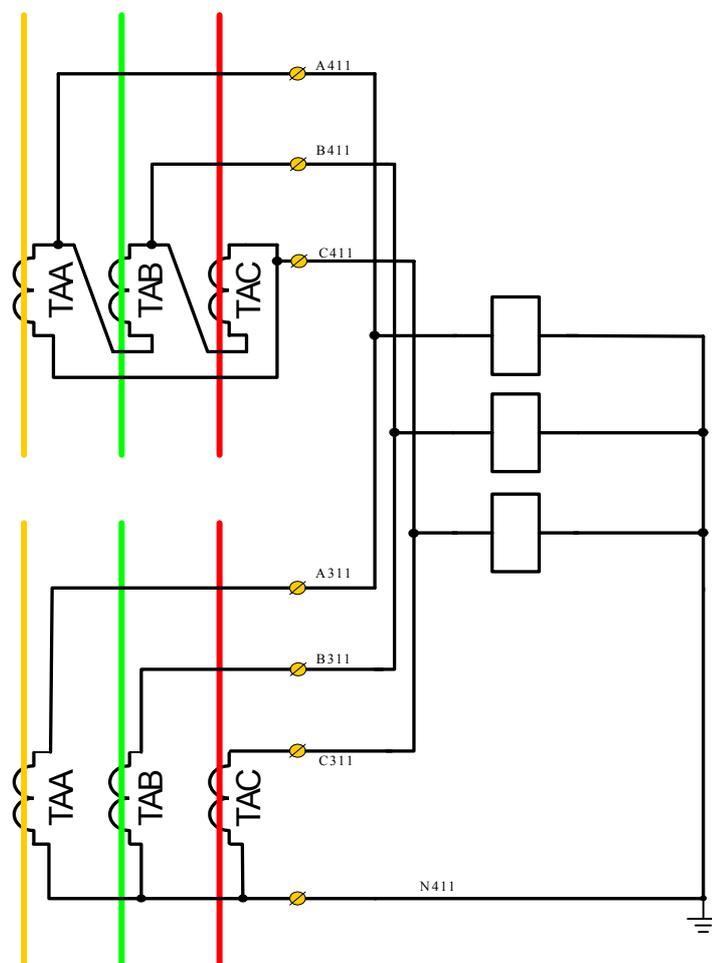


Рис. 7. Соединения вторичных цепей в схемах дифференциальных защит трансформаторов.

### Определяемые характеристики.

#### Проверка схемы соединения вторичных обмоток и вторичных цепей.

Производится при вводе в эксплуатацию (режим проверки защиты «Н»).

Проверка схемы соединения включает в себя работу с проектной документацией, проверку вторичных цепей на соответствие проекту. На основе проектной документации и проведённых работ по проверке вторичных цепей должны быть внесены изменения (если таковые существуют) в проектную документацию и составлена исполнительная документация, которая сдаётся заказчику.

В дальнейшем (в эксплуатации) проверка соединения вторичных обмоток и вторичных цепей не производится. Эксплуатирующая организация проводит постоянную работу с исполнительной документацией и вносит в схемы все изменения и дополнения, выполненные в процессе эксплуатации.

Проверка схемы вторичных цепей помимо визуальной выверки схемы должна включать в себя проверку цепей методом «прозвонки» и проверка схемы соединения первичным током от посто-

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru  
 ронного источника тока для определения правильного включения трансформаторов тока.

### Измерение сопротивления изоляции и испытание вторичных цепей.

Сопротивление изоляции вторичных цепей трансформаторов тока в сборе (с присоединёнными реле, приборами и т.п.) производится в режимах обслуживания цепей релейной защиты «Н» (наладка), «К1» (первый профилактический контроль) и «В» (восстановление). Сопротивление изоляции вторичных цепей должно быть не ниже 1Мом.

Испытание вторичных цепей повышенным напряжением промышленной частоты величиной 1кВ в течение 1 минуты производится в режиме обслуживания «В». Во всех остальных режимах обслуживания устройств вторичной коммутации (устройств релейной защиты) производится только измерение сопротивления изоляции.

### Измерение и расчётное определение нагрузки вторичных цепей.

Измерение (экспериментальное определение) нагрузки вторичных цепей производится в режиме обслуживания устройств вторичной коммутации «В». Во всех остальных режимах обслуживания экспериментальное определение не производится.

При внесении изменений в схему (включение новых реле, установка новых счётчиков и т.п.) разрешается произвести расчётное определение нагрузки. Если расчётом установлено, что нагрузка на трансформаторы тока близка к максимально допустимой для данного типа трансформаторов необходимо произвести экспериментальное определение нагрузки.

Максимально допустимая нагрузка для данного типа трансформаторов тока установлена заводом-изготовителем и является паспортным значением.

### Проверка схемы токовых цепей первичным током нагрузки.

Проверка схемы токовых цепей первичным током нагрузки производится после всех проверок и испытаний на вторичных цепях.

### Условия испытаний и измерений

Испытание производят при температуре окружающей среды не ниже +10°С. Вторичные цепи должны быть полностью собраны – подключены все реле, счётчики и приборы.

Влажность окружающего воздуха имеет значение при проведении высоковольтных испытаний обмоток, т.к. конденсат на вторичных клеммах и зажимах может привести к пробое изоляции и, соответственно, к выходу из строя оборудования (как испытательного, так и испытуемого).

Все вторичные устройства (провода, клеммы, реле и т.д.) должны быть очищены от пыли, грязи, избыточную влагу и конденсат удаляется, ячейка (шкаф) просушивается.

Атмосферное давление особого влияние на качество проводимых испытаний не оказывает, но фиксируется для занесения данных в протокол.

### Средства измерений.

Измерение сопротивления изоляции производят мегаомметрами на напряжение 1000В.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты производят с помощью различных установок, которые состоят из следующих элементов: испытательного трансформатора, регулирующего устройства, контрольно-измерительной и защитной аппаратуры. В настоящее время выпускаются установки для проведения испытаний повышенным напряжением промышленной

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

частоты: Т/3000 и другие. Установки способны произвести полноценное испытание вторичных цепей как повышенным напряжением, так и проверку первичным током.

Для проверки обтекаемости токовых цепей используют современные установки типа РЕТОМ-11 или аналогичные. Для измерения вторичных токов и снятия векторных диаграмм удобно применять приборы типа ПАРМА ВАФ или РЕТОМЕТР

*Все приборы должны быть поверены, а испытательные установки аттестованы в соответствующих государственных органах (ЦСМ).*

**Порядок проведения испытаний и измерений.**

*Проверка схемы соединения вторичных обмоток и вторичных цепей.*

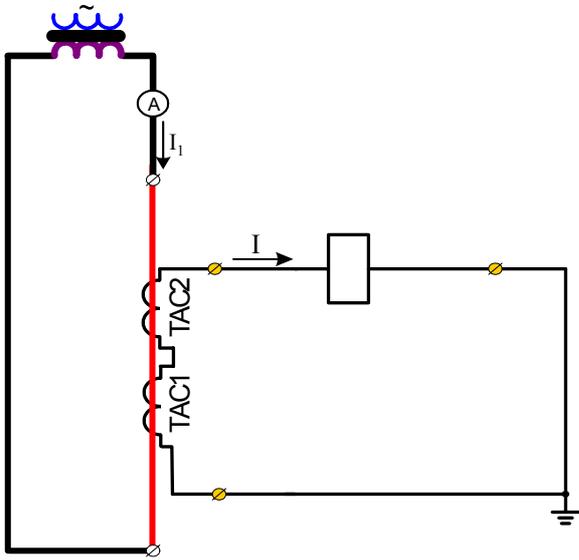
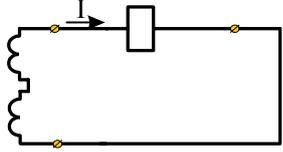
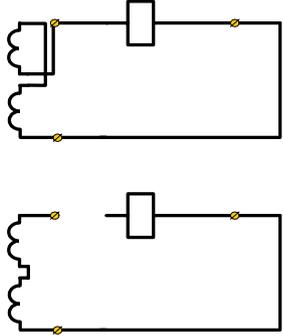
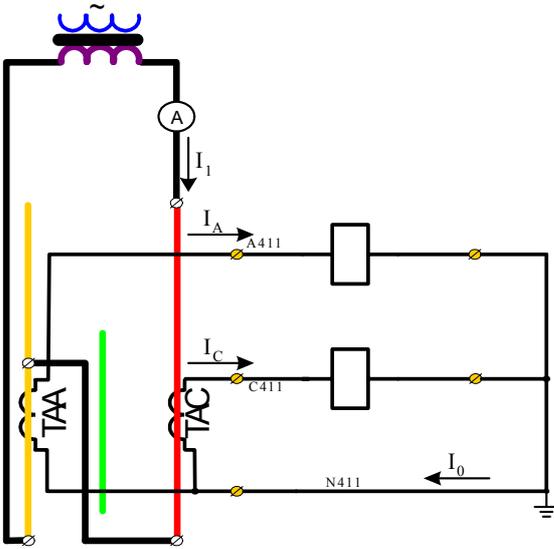
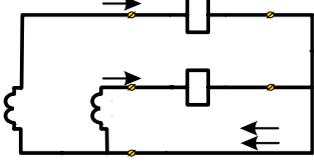
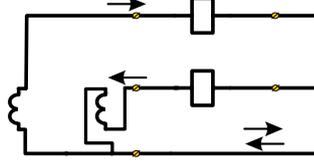
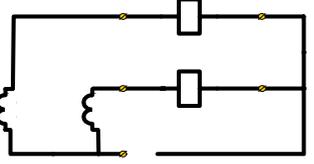
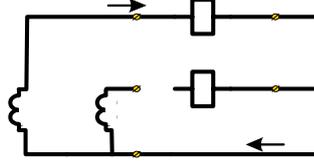
Выверка схемы на соответствие проектной документации производится методом «прозвонки» вторичных цепей с помощью различных приборов (мультиметры и т.п.). Так как в пределах ячейки или рейного шкафа (панели) можно визуально проследить заводской монтаж, то применение данных средств для прозвонки вполне оправдано. Если возникает необходимость в проверке цепей на большом расстоянии, то лучше пользоваться методом «прозвонки» с помощью двух телефонных трубок. Данным метод широко применяется на практике, поэтому здесь схема такой проверки не приводится.

Проверка обтекаемости токовых цепей и различные неисправности

Таблица 1.

Схема проверки	Результаты измерения вторичных токов	Схема вторичных цепей	Заключение
<b>Звезда</b>			
	$I_A = I_B = I_C = \frac{I_1}{n_T}$ $I_0 = 3 \frac{I_1}{n_T}$		Схема собрана правильно
	$I_A = I_B = I_C = I_0 = \frac{I_1}{n_T}$		Изменена полярность одного трансформатора тока
	$I_A = I_B = I_C = I_0 = 0$		Обрыв нулевого провода
	$I_A = I_B = \frac{I_1}{n_T}$ $I_C = 0$ $I_0 = 2 \frac{I_1}{n_T}$		Обрыв провода в фазе С

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

Схема проверки	Результаты измерения вторичных токов	Схема вторичных цепей	Заключение
<b>Последовательное соединение трансформаторов тока</b>			
	$I = \frac{I_1}{n_T}$		Схема собрана правильно
	$I = 0$		Изменена полярность одного из трансформаторов тока или обрыв в цепи защиты
<b>Неполная звезда</b>			
	$I_A = I_C = \frac{I_1}{n_T}$ $I_0 = 2 \frac{I_1}{n_T}$		Схема собрана правильно
	$I_A = I_C = \frac{I_1}{n_T}$ $I_0 = 0$		Изменена полярность одного из трансформаторов тока
	$I_A = I_C = I_0 = 0$		В обрыве нулевой провод
	$I_A = I_0 = \frac{I_1}{n_T}$ $I_C = 0$		В обрыве фаза С
<p>В таблице приведены частные неисправности схемы, в реальности может возникнуть аналогичная неисправность на другой фазе, например обрыв фазы А и т.д. по всем схемам защит.</p>			

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanvictor.narod.ru

Схема проверки	Результаты измерения вторичных токов	Схема вторичных цепей	Заключение
<b>Соединение трансформаторов на разность токов двух фаз</b>			
	$I_A = I_C = \frac{I_1}{n_T}$ $I_{AC} = 2 \frac{I_1}{n_T}$		Схема собрана правильно
	$I_A = I_C = \frac{I_1}{n_T}$ $I_{AC} = 0$		Изменена полярность ТТ
	$I_A = 0$ $I_C = I_{AC} = \frac{I_1}{n_T}$		Обрыв фазы А
	$I_A = I_C = I_{AC} = 0$		Обрыв в цепи нагрузки
	$I_C = I_{AC} = \frac{I_1}{n_T}$ $I_A = \frac{I_1}{n_T}$		Закорочен ТТ в фазе А
<b>Соединение трансформаторов тока в треугольник</b>			
	$I_A = 2I_B = I_C = 2 \frac{I_1}{n_T}$ $I_B = I_C = \frac{I_1}{n_T}$		Схема собрана правильно
	$I_A = 0$ $I_B = I_C = \frac{I_1}{n_T}$		Изменена полярность ТТ в фазе В
	$I_A = I_B = I_C = 0$		Обрыв цепи в фазе А

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

Схема проверки	Результаты измерения вторичных токов	Схема вторичных цепей	Заключение
	$I_A=I_C=\frac{I_1}{n_T}$ $I_B=0$		Обрыв цепи ТТ фазы В
	$I_A=I_C=\frac{I_B}{0,5}$ $I_B=\frac{I_1}{n_T}$		Закорочен ТТ фазы А

После выверки схемы производится проверка токовых цепей от постороннего однофазного источника тока, например нагрузочного трансформатора типа ТОН и ЛАТРа (лабораторного автотрансформатора), иначе – проверка обтекаемости токовых цепей. В таблице 1 приведены различные схемы подключения испытательной установки для разных схем соединений и наиболее часто встречающиеся неисправности в схемах соединений.

Для проверки обтекаемости токовых цепей удобно использовать прибор РЕТОМ-11 или ему подобные. В большинстве случаев достаточно подать в первичные цепи небольшой ток, достаточный для современных приборов типа ПАРМА ВАФ или РЕТОМЕТР. Именно этими приборами (используя для измерения токовые клещи, которые идут в комплекте) удобно измерять вторичные токи. Также с помощью данных приборов можно снимать векторные диаграммы.

### *Измерение сопротивления изоляции и испытание вторичных цепей.*

Измерение сопротивления изоляции и испытание повышенным напряжением промышленной частоты производят на полностью собранных цепях.

На время измерения сопротивления изоляции и испытания вторичных цепей необходимо отключить заземление.

Испытательный аппарат или мегаомметр подключается в любой точке токовых цепей, при этом цепи оперативного тока (ШУ) необходимо заземлить. Измеряют сопротивление изоляции токовых цепей относительно корпуса и относительно всех остальных цепей ячейки (панели защит и т.п.)

Сопротивление изоляции токовых цепей должно быть не ниже 1Мом.

Испытание напряжением промышленной частоты величиной 1кВ производится в течение 1 минуты.

### *Измерение и расчётное определение нагрузки вторичных цепей*

В паспортных данных на каждый тип трансформаторов тока указана максимальная нагрузка которая может быть подключена к трансформатору. Если нагрузка вторичных цепей выше максимально допустимой – трансформатор тока будет работать не в классе.

Для определения действительной нагрузки подключенных вторичных цепей производится экспериментальное или расчётное определение. На практике можно производить расчётное определение нагрузки, но если расчёты показывают нагрузку на трансформатору близкую к максимальной, необходимо подтвердить расчёты экспериментальным измерением

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

В таблице 2 приведены схемы и расчётные формулы для различных схем соединения трансформаторов тока и их вторичных цепей.

Схема соединений	Измеряемые величины	Расчёт по измеренным данным	Вид КЗ	Расчёт сопротивления
	$I$ ; $U_{AB}$ ; $U_{BC}$ ; $U_{CA}$ ;	$Z_A = \frac{U_{AB} - U_{BC} + U_{CA}}{2I}$ $Z_B = \frac{U_{BC} - U_{CA} + U_{AB}}{2I}$ $Z_C = \frac{U_{CA} - U_{AB} + U_{BC}}{2I}$	Трёхфазное и двухфазное	$Z_{(A,B,C)} = r_{нп} + Z_p + (r_k \cdot n_k)$ где: $n_k$ – количество клемм в цепи; $r_k = 0,05$ Ом
	$I$ ; $U_{A0}$ ; $U_{B0}$ ; $U_{C0}$ ;	$Z_{A0} = \frac{U_{A0}}{I}$ ; $Z_{B0} = \frac{U_{B0}}{I}$ ; $Z_{C0} = \frac{U_{C0}}{I}$	Однофазное	$Z_{(A0,B0,C0)} = 2r_{нп} + Z_p + Z_{p0} + (r_k \cdot n_k)$
	$I$ ; $U_{AC}$ ; $U_{C0}$ ; $U_{A0}$ ;	$Z_A = \frac{U_{AC} - U_{C0} + U_{A0}}{2I}$ $Z_C = \frac{U_{AC} - U_{A0} + U_{C0}}{2I}$	Трёхфазное	$Z_{(A,C)} = \sqrt{3} r_{нп} + Z_p + (r_k \cdot n_k)$ где: $n_k$ – количество клемм в цепи; $r_k = 0,05$ Ом
		$Z_0 = \frac{U_{A0} + U_{C0} - U_{AC}}{2I}$	Двухфазное (AB или BC) и однофазное	$Z_{(A0,C0)} = 2r_{нп} + Z_p + Z_{p0} + (r_k \cdot n_k)$
		$Z_{AC} = \frac{U_{AC}}{I}$ ; $Z_{A0} = \frac{U_{A0}}{I}$ ; $Z_{C0} = \frac{U_{C0}}{I}$	Двухфазное за трансформатором Y/Δ	$Z_{(A0,C0)} = 3r_{нп} + Z_p + Z_{p0} + (r_k \cdot n_k)$
	$I$ ; $U_{AB}$ ; $U_{BC}$ ; $U_{CA}$ ;	$Z_A = \frac{U_{AB} - U_{BC} + U_{CA}}{2I}$ $Z_B = \frac{U_{BC} - U_{CA} + U_{AB}}{2I}$ $Z_C = \frac{U_{CA} - U_{AB} + U_{BC}}{2I}$	Трёхфазное и двухфазное. Двухфазное за трансформатором Y/Δ	$Z_{(A,B,C)} = 3(r_{нп} + Z_p) + (r_k \cdot n_k)$ где: $n_k$ – количество клемм в цепи; $r_k = 0,05$ Ом
		Однофазное	$Z_{(A,B,C)} = 2(r_{нп} + Z_p) + (r_k \cdot n_k)$	

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

### *Снятие характеристик намагничивания трансформаторов тока.*

#### **Обработка данных, полученных при испытаниях.**

Первичные записи рабочей тетради должны содержать следующие данные:

- ✚ дату измерений.
- ✚ температуру, влажность и давление
- ✚ температуру изоляции измерительных трансформаторов
- ✚ наименование, тип, заводской номер трансформатора
- ✚ номинальные данные объекта испытаний
- ✚ результаты испытаний
- ✚ результаты внешнего осмотра
- ✚ используемую схему

Данные полученные при измерении сопротивления изоляции обмоток и сопротивлению обмоток постоянному току следует сравнивать с заводскими данными на данный трансформатор, с учётом температуры. Кроме того, данные по сопротивлению фаз не должны отличаться друг от друга не более чем на 2% (у трёхфазных трансформаторов напряжения).

Кривые намагничивания трансформаторов тока не должны отличаться от типовых (или паспортных) более чем на 10%. При большем отличии следует рассмотреть возможность работы трансформаторов тока в данной схеме (защита, учёт, измерение).

Определение полярности выводов трансформаторов тока следует учитывать при установке трансформатора на место и соответствующее подключение ко вторичным цепям.

Коэффициент трансформации и потери холостого хода должны соответствовать паспортным данным трансформатора.

Все данные испытаний сравниваются с требованиями НТД и на основании сравнения выдаётся заключение о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

#### **Меры безопасности при проведении испытаний и охрана окружающей среды.**

Перед началом работ необходимо:

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

- Получить наряд (разрешение) на производство работ
- Подготовить рабочее место в соответствии с характером работы: убедиться в достаточности принятых мер безопасности со стороны допускающего (при работах по наряду) либо принять все меры безопасности самостоятельно (при работах по распоряжению).
- Подготовить необходимый инструмент и приборы.
- При выполнении работ действовать в соответствии с программами (методиками) по испытанию электрооборудования типовыми или на конкретное присоединение. При проведении высоковольтных испытаний на стационарной установке действовать в соответствии с инструкцией.

При окончании работ следует:

- При окончании работ на электрооборудовании убрать рабочее место восстановив нарушенные в процессе работы коммутационные соединения (если таковое имело место).
- Сдать наряд (сообщить об окончании работ руководителю или оперативному персоналу).
- Сделать запись в кабельный журнал о проведённых испытаниях (при испытании кабеля), либо сделать запись в черновик для последующей работы с полученными данными.
- Оформить протокол на проведённые работы

Проводить измерения с помощью мегаомметра разрешается выполнять обученным работникам из числа электротехнической лаборатории. В электроустановках напряжением выше 1000В измерения проводятся по наряду, в электроустановках напряжением до 1000В – по распоряжению.

В тех случаях, когда измерения мегаомметром входят в содержание работ, оговаривать эти измерения в наряде или распоряжении не требуется.

Измерять сопротивление изоляции мегаомметром может работник, имеющий группу III.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром должно осуществляться на отключенных токоведущих частях, с которых снят заряд путём предварительного их заземления. Заземление с токоведущих частей следует снимать только после подключения мегаомметра.

При измерении мегаомметром сопротивления изоляции токоведущих частей соединительные провода следует присоединять к ним с помощью изолирующих держателей (штанг). В электроустановках напряжением выше 1000В, кроме того, следует пользоваться диэлектрическими перчатками.

При работе с мегаомметром прикасаться к токоведущим частям, к которым он присоединён, не разрешается. После окончания работы следует снять с токоведущих частей остаточный заряд путём их кратковременного заземления.

### Проведение работ с подачей повышенного напряжения от постороннего источника при испытании.

К проведению испытаний электрооборудования допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований, содержащихся в разделе 5.1 Правил Безопасности, комиссией, в состав которой включаются специалисты по испытаниям электрооборудования с соответствующей группой.

Испытания электрооборудования, в том числе и вне электроустановок, проводимые с использованием передвижной испытательной установки, должны выполняться по наряду.

Проведение испытаний в процессе работ по монтажу или ремонту оборудования должно оговариваться в строке «Поручается» наряда.

Испытания электрооборудования проводит бригада, в составе которой производитель работ должен иметь группу IV, член бригады – группу III, а член бригады, которому поручается охрана, - группу II.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

Массовые испытания материалов и изделий (средства защиты, различные изоляционные детали, масло и т.п.) с использованием стационарных испытательных установок, у которых токоведущие части закрыты сплошным или сетчатым ограждениями, а двери снабжены блокировкой, допускается выполнять работнику, имеющему группу III, единолично в порядке текущей эксплуатации с использованием типовых методик испытаний.

Рабочее место оператора испытательной установки должно быть отделено от той части установки, которая имеет напряжение выше 1000В. Дверь, ведущая в часть установки, имеющую напряжение выше 1000В, должна быть снабжена блокировкой, обеспечивающей снятие напряжения с испытательной схемы в случае открытия двери и невозможность подачи напряжения при открытых дверях. На рабочем месте оператора должна быть предусмотрена отдельная световая, извещающая о включении напряжения до и выше 1000В, и звуковая сигнализация, извещающая о подаче испытательного напряжения. При подаче испытательного напряжения оператор должен стоять на изолирующем ковре.

Передвижные испытательные установки должны быть оснащены наружной световой и звуковой сигнализацией, автоматически включающейся при наличии напряжения на выводе испытательной установки.

Допуск по нарядам, выданным на проведение испытаний и подготовительных работ к ним, должен быть выполнен только после удаления с рабочих мест других бригад, работающих на подлежащем испытанию оборудовании, и сдачи ими нарядов допускающему. В электроустановках, не имеющих местного дежурного персонала, производителю работ разрешается после удаления бригады оставить наряд у себя, оформив перерыв в работе.

При необходимости следует выставлять охрану, состоящую из членов бригады, имеющих группу III, для предотвращения приближения посторонних людей к испытательной установке, соединительным проводам и испытательному оборудованию. Члены бригады, несущие охрану, должны находиться вне ограждения и считать испытываемое оборудование находящимся под напряжением. Покинуть пост эти работники могут только с разрешения производителя работ.

При размещении испытательной установки и испытываемого оборудования в различных помещениях или на разных участках РУ разрешается нахождение членов бригады, имеющих группу III, ведущих наблюдение за состоянием изоляции, отдельно от производителя работ. Эти члены бригады должны находиться вне ограждений и получить перед началом испытаний необходимый инструктаж от производителя работ.

Снимать заземление, установленное при подготовке рабочего места и препятствующие проведению испытаний, а затем устанавливать их вновь разрешается только по указанию производителя работ, руководящего испытаниями, после заземления вывода высокого напряжения испытательной установки.

Разрешение на временное снятие заземлений должно быть указано в строке «Отдельные указания» наряда.

При сборке испытательной схемы прежде всего должно быть выполнено защитное и рабочее заземление испытательной установки. Корпус передвижной испытательной установки должен быть заземлён отдельным заземляющим проводником из гибкого медного провода сечением не менее 10 мм<sup>2</sup>. Перед испытанием следует проверить надёжность заземления корпуса.

Перед присоединением испытательной установки к сети напряжением 380/220В вывод высокого напряжения её должен быть заземлён.

Сечение медного провода, применяемого в испытательных схемах заземления, должно быть не менее 4 мм<sup>2</sup>.

Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В должно выполняться через коммутационный аппарат с видимым разрывом или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

Автор: Янсюкевич Виктор Александрович – yanviktor.narod.ru

Коммутационный аппарат должен быть оборудован устройством, препятствующим самопроизвольному включению, или между подвижным и неподвижным контактами аппарата должна быть установлена изолирующая накладка.

Провод или кабель, используемый для питания испытательной установки от сети напряжением 380/220В, должен быть защищен установленными в этой сети предохранителями или автоматическими выключателями. Подключать к сети передвижную испытательную установку должны представители организации, эксплуатирующие эти сети.

Соединительный провод между испытательной установкой и испытуемым оборудованием сначала должен быть присоединён к её заземлённому выводу высокого напряжения.

Этот провод следует закреплять так, чтобы избежать приближения (подхлестывания) к находящимся под напряжением токоведущим частям на расстояние менее указанного в таблице 1.

Присоединять соединительный провод к фазе, полюсу испытуемого оборудования или к жиле кабеля и отсоединять его разрешается по указанию руководителя испытаний и только после их заземления, которое должно быть выполнено включением заземляющих ножей или установкой переносных заземлений.

Перед каждой подачей испытательного напряжения производитель работ должен:

- Проверить правильность сборки схемы и надёжность рабочих и защитных заземлений;
- Проверить, все ли члены бригады и работники, назначенные для охраны, находятся на указанных им местах, удалены ли посторонние люди и можно ли подавать испытательное напряжение на оборудование;
- Предупредить бригаду о подаче напряжения словами «Подаю напряжение» и, убедившись, что предупреждение услышано всеми членами бригады, снять заземление с вывода испытательной установки и подать на нее напряжение 380/220В.

С момента снятия заземления с вывода установки вся испытательная установка, включая испытываемое оборудование и соединительные провода, должна считаться находящейся под напряжением и проводить какие – либо пересоединения в испытательной схеме и на испытываемом оборудовании не допускается.

Не допускается с момента подачи напряжения на вывод установки находиться на испытываемом оборудовании, а также прикасаться к корпусу испытательной установки, стоя на земле, входить и выходить из передвижной лаборатории, прикасаться к кузову передвижной лаборатории.

После окончания испытаний производитель работ должен снизить напряжение испытательной установки до нуля, отключить её от сети напряжением 380/220В, заземлить вывод установки и сообщить об этом бригаде словами «Напряжение снято». Только после этого допускается пересоединять провода или в случае полного окончания испытания отсоединять их от испытательной установки и снимать ограждения.

*При проверке полярности трансформаторов тока и напряжения следует помнить, что на обмотках может возникать ЭДС самоиндукции (если они разомкнуты) значения которой может достигать значительной величины.*