

# Повышение надежности трансформаторов напряжения

*Основные функции, которые выполняют трансформаторы напряжения, — это измерение (учет электроэнергии) напряжения и контроль изоляции сети.*

Измерительные трансформаторы напряжения делятся на два основных типа: заземляемые и незаземляемые. В незаземляемых трансформаторах функция контроля изоляции сети отсутствует, так как их первичная обмотка не заземляется. Они выполняют только функцию измерения.

Как правило, незаземляемые трансформаторы соединяются в схему открытого треугольника, в трехфазной сети устанавливается два незаземляемых трансформатора. Вторичные обмотки этих трансформаторов также соединяются по схеме открытого треугольника. То есть высоковольтные обмотки включаются на линейное напряжение, а низковольтные имеют номинальное напряжение 100 В. Схема соединения «открытый треугольник» редко используется в схемах учета и поэтому не получила широкого распространения.

Также в схемах учета с незаземляемыми трансформаторами применяется схема «треугольник — треугольник», которая не предполагает заземления вторичных обмоток, поэтому счетчики, которые предназначены для измерения линейных напряжений, имеют «ложное» резистивное заземление.

Из-за отсутствия заземления схемы учета с незаземляемыми вторичными обмотками, в сравнении со схемами, в которых вторичные обмотки заземлены, имеют ряд недостатков. По этой причине многие энергосбытовые организации предпочитают использовать в схемах учета заземляемые трансформаторы напряжения для измерения фазных напряжений даже в тех сетях, где проектом не предусмотрен контроль изоляции сети. Но, как показала практика, заземляемые трансформаторы наряду со своими плюсами имеют ряд минусов. Так как первичная обмотка заземляемых трансформаторов напряжения заземлена, то это создает условие для существования феррорезонанса.

Исходя из этого, энергосбытовые компании, которые эксплуатируют измерительные трансформаторы напряжения, стоят перед выбором: потерять либо в точности энергоучета, либо

в его надежности. Оба варианта не приемлемы для эксплуатации. Казалось бы, ситуация безвыходная, но решение есть.

## РЕШЕНИЕ НАЙДЕНО

Специалисты ОАО «СЗТТ» разработали трехфазную группу на базе незаземляемых трансформаторов. Высоковольтные обмотки трехфазной группы соединяются по схеме треугольника, а ее вторичные обмотки соединяются в звезду с заземлением нейтральной точки и имеют номинальное напряжение  $100/\sqrt{3}$ . Тем самым решаются две основные задачи.

Так как высоковольтная обмотка не заземлена, следовательно, отсутствует основное условие для возникновения феррорезонанса.

Так как вторичные обмотки соединены в звезду с заземлением нейтральной точки, в этом случае применяются классические счетчики, рассчитанные на фазное напряжение, в которых отсутствуют недостатки, связанные с резистивной ложной землей.

Еще одно преимущество незаземляемых трансформаторов перед заземляемыми — это возможность испытания электрической

прочности изоляции первичной обмотки одноминутным напряжением промышленной частоты. В отличие от заземляемых трансформаторов, у которых вывод «Х» имеет ослабленную изоляцию, изоляция высоковольтной обмотки незаземляемых трансформаторов рассчитана на полное напряжение, что дает возможность проводить высоковольтные испытания без «расшиновки».

## СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

Где могут найти свое применение трехфазные группы на базе незаземляемых трансформаторов? Это, прежде всего, пункты коммерческого учета, где контроль изоляции сети не предусмотрен. Пункты коммерческого учета (ПКУ) предназначены для использования исключительно в сетях с воздушной изоляцией и только для учета электроэнергии, функция контроля изоляции сети в них отсутствует. Но, несмотря на это, в ПКУ очень часто применяются заземляемые трансформаторы напряжения, которые, в отличие от незаземляемых, могут резонировать с сетью.

Применение незаземляемых трансформаторов напряжения в ПКУ в значительной степени увеличивает надежность всего измерительного комплекса. Применение незаземляемых трансформаторов должно стать нормой в тех случаях, когда требуется учет электроэнергии без контроля изоляции сети.

Несмотря на все преимущества незаземляемых трансформаторов напряжения, в эксплуатации все же требуется контроль изоляции сети, поэтому нельзя полностью исключить заземляемые трансформаторы напряжения. Для обеспечения качества ОАО «СЗТТ» проводит большую работу в отношении заземляемых трансформаторов напряжения. Разработаны и внедрены в производство различные схемы защиты заземляемых трансформаторов напряжения от воздействия феррорезонанса.

## СЗТН-2 — ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ

Самое простое и в то же время эффективное средство защиты от феррорезонанса — это СЗТН-2. Согласно проведенным расчетам и испытаниям, устройство для защиты от феррорезонанса СЗТН-2 можно использовать с любой трехфазной группой нашего производства. Устройствами

можно дооснастить уже находящиеся в эксплуатации трехфазные группы, у которых дополнительные обмотки рассчитаны на номинальное напряжение 100/3 В. Устройство СЗТН-2 включается в схему разомкнутого треугольника и может эксплуатироваться параллельно с ранее установленными средствами защиты и сигнализации.

СЗТН-2 состоит из активного и индуктивного сопротивлений, которые находятся в едином литом корпусе. Индуктивное сопротивление позволяет защищать заземляемые трансформаторы напряжения от феррорезонанса, который протекает на субгармониках 25 Гц и ниже. Литая конструкция позволяет эксплуатировать его в любых климатических условиях, без дополнительного обогрева и вентиляции. Устройство СЗТН-2 надежно защищает заземляемые трансформаторы классов напряжения 6–35 кВ и позволяет безаварийно эксплуатировать их в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, во всех возможных режимах и параметрах сети.

## НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА

Что касается испытаний, то на промплощадке ОАО «СЗТТ» работает стенд для испытаний трехфазных групп на устойчивость к феррорезонансу при однофазных дуговых замыканиях, при отключении однофазного замыкания на землю, а также на «опрокидывание фазы». Устройство СЗТН-2 было всесторонне испытано со всеми трехфазными группами производства ОАО «СЗТТ» при различных параметрах сети. Испытания показали, что СЗТН-2 — это недорогое, универсальное и высокоэффективное средство защиты заземляемых трансформаторов напряжения от феррорезонанса, которое может применяться с любой трехфазной группой заземляемых трансформаторов производства ОАО «СЗТТ».

На сегодняшний день применение СЗТН-2 в составе с трансформаторами напряжения ЗНОЛ класса напряжения 35 кВ является обязательным условием. В случае эксплуатации трансформаторов ТН-35 (выпуска после 2021 года) без СЗТН-2 гарантийные обязательства на эти трансформаторы не распространяются.

Наряду с применением дополнительных защит завод провел глубокую модернизацию активной части всех заземляемых трансформаторов напряжения. Выбран общий курс на существенное снижение рабочей индукции во всех типах и модификациях трансформаторов напряжения. Снижение рабочей индукции позволило повысить устойчивость трансформаторов к различного рода перенапряжениям, уменьшилась вероятность насыщения магнитопровода. Понижение рабочей индукции было достигнуто за счет увеличения количества витков обмотки высокого напряжения, а это, в свою очередь, привело к увеличению индуктивности рассеяния трансформаторов, что также повысило устойчивость к феррорезонансу.

Все проводимые ОАО «СЗТТ» мероприятия, направленные на повышение надежности трансформаторов, производитель сначала подтверждает лабораторными испытаниями, затем проводит натурные испытания опытной эксплуатацией в наиболее неблагоприятных условиях, и только после получения результатов всех испытаний и их оценки принимает решение о внедрении усовершенствований и модернизаций в производство.

**Е. В. ИГНАТЕНКО, главный конструктор ОИТ ОАО «СЗТТ»**



Устройство СЗТН-2 надёжно защищает заземляемые трансформаторы классов напряжения (6–35 кВ) и позволяет безаварийно эксплуатировать их в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью, во всех возможных режимах и параметрах сети.



Трёхфазные группы на базе незаземляемых трансформаторов в первую очередь применяются в пунктах коммерческого учета (ПКУ) в значительной степени увеличивает надёжность всего измерительного комплекса.