

УДК 621.316.1

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ
HIGH VOLTAGE TEST TRANSFORMERS**

В.И. Юрченко А.А. Зайцев

Научный руководитель – В.П. Счастный, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, Минск

V. Yurchenko A. Zaytsev

Scientific Supervisor – V. Schastny, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

***Аннотация:** Рассмотрены основные принципы работы испытательных высоковольтных трансформаторов, их конструктивные особенности и требования к проведению испытаний.*

***Annotation:** The basic principles of operation of test high-voltage transformers, their design features and requirements for testing are considered.*

***Ключевые слова:** испытательные высоковольтные трансформаторы, высоковольтные трансформаторы.*

***Keywords:** test high-voltage transformers, high-voltage transformers.*

Введение

Высоковольтные трансформаторы играют ключевую роль в обеспечении работы электрических сетей и подстанций, передавая электроэнергию на большие расстояния и преобразуя напряжения для различных потребителей. Однако, чтобы гарантировать их безопасность и надежность, эти трансформаторы должны проходить испытания на прочность и устойчивость к различным воздействиям

Важно понимать, что правильный выбор и проведение испытаний высоковольтных трансформаторов обеспечивает не только их надежную работу, но и безопасность для персонала и окружающей среды. Ранние трансформаторы высокого напряжения были разработаны в конце 19 века и использовались для передачи электроэнергии на большие расстояния. В 1880-х годах было изобретено устройство, которое позволяло безопасно проводить эксперименты с высоким напряжением, и это стало основой для создания испытательных трансформаторов актуальной и требует постоянного внимания и изучения

В 1900 году был создан первый высоковольтный испытательный стенд, который использовался для тестирования изоляции и определения характеристик новых материалов. Это стало важным шагом в развитии высоковольтных испытательных трансформаторов и позволило проводить более точные и надежные испытания

Во время Второй мировой войны испытательные трансформаторы стали использоваться для тестирования военной техники и оборудования, что способствовало их развитию и улучшению. После войны трансформаторы стали активно использоваться в науке, промышленности и тестировании оборудования

Современная эра испытательных трансформаторов началась в 1970-х и 1980-х, когда были разработаны новые технологии и материалы, позволяющие

создавать более эффективные и безопасные трансформаторы. В это время были созданы трансформаторы с масляным заполнением, которые обеспечивали более высокую безопасность и надежность при проведении испытаний/

Сегодня испытательные высоковольтные трансформаторы совершенствуются. Они используются в различных отраслях, включая энергетику, электронику, телекоммуникации и другие. Современные трансформаторы могут быть адаптированы для проведения испытаний на различные напряжения и мощности, а также имеют более высокую точность и надежность

Основная часть

Испытательные трансформаторы (ИТ) – это специальные устройства, используемые в электроэнергетике для измерения высоких напряжений и больших токов. Это трансформатор с определенными параметрами, который без потери точности позволяет получить значения высоких напряжений и токов, уменьшенные в несколько раз, с наиболее близким приближением к измеренным значениям.

Принцип работы испытательного трансформатора основан на преобразовании значений напряжения и тока. ИТ состоит из первичной обмотки, подключенной к измеряемому высокому напряжению или току, и вторичной обмотки, с которой снимается уменьшенное значение напряжения или тока. Вторичная обмотка обычно имеет большее число витков, чем первичная, для достижения требуемого снижения напряжения или тока

Характерной особенностью испытательных трансформаторов по сравнению с силовыми является большой коэффициент трансформации (100-500), малая мощность, ограниченное время включения и, как следствие, значительная индуктивность рассеяния. Кроме того, изоляция испытательных трансформаторов испытывается напряжением $1,1 - 1,2 U_{ном}$ и таким образом имеет существенно меньшие запасы электрической прочности, чем у силовых трансформаторов. Режим работы испытательного трансформатора также существенно отличается от условий работы силового трансформатора, так как при испытаниях часто происходят разряды, приводящие к короткому замыканию обмоток ВН. При этом на обмотках ВН испытательного трансформатора возникает срез напряжения. Поэтому обмотка ВН должна изготавливаться так, что распределение напряжения по ее длине было относительно равномерным не только в стационарном режиме, но и при воздействии срезов или импульсов напряжений. Преимуществами испытательных трансформаторов являются высокая точность, широкий диапазон измерений и возможность безопасного измерения высоких напряжений и токов

Высоковольтные испытательные трансформаторы широко применяются на производстве в следующих областях: электрическая промышленность. В основном используются для испытания изоляции электротехнических изделий и оборудования, таких как провода, кабели, трансформаторы, генераторы и электродвигатели; Энергетическая отрасль. Высоковольтные испытательные трансформаторы необходимы для проверки изоляции и надежности

высоковольтных компонентов энергосистем, включая электростанции, подстанции и линии электропередачи; Производство электроники. Испытания изоляции и безопасности являются неотъемлемой частью процесса проектирования и производства электронных компонентов, печатных плат и других устройств; Исследовательские и научные центры. В высоковольтной лаборатории, таких центрах выполняются различные исследования в области электротехники, электроники и электроэнергетики. Испытательные трансформаторы позволяют создавать и измерять высоковольтные импульсы и проверять различные электрические параметры.

В эксплуатации находится множество различных типов испытательных высоковольтных трансформаторов. Наиболее часто используемыми являются:

Трансформаторы с масляным наполнением: используются для проведения испытаний на высокие напряжения и обеспечивают высокую степень безопасности; Сухие трансформаторы: применяются для испытаний на низкое напряжение и не требуют использования масла; Индуктивные трансформаторы: используются для тестирования индуктивности и емкости электрических устройств; Емкостные трансформаторы: применяются для тестирования конденсаторов и других емкостных устройств.

Рассмотрим устройство испытательных высоковольтных трансформаторов на примере трансформаторов ТВИ-100 и ИОМ-100/25.(Рисунок.1)



Рисунок 1 – Испытательный трансформатор ТВИ-100, ТВИ-100/140

Трансформатор высоковольтный испытательный серии ТВИ-100 предназначен для преобразования переменного напряжения в постоянное напряжение с частотой 50 Гц, выпрямления тока через диодный выпрямитель и

формирования напряжения постоянного тока. Применяется для испытания изоляции, защитных покрытий, твердых диэлектриков, средств защиты и другие материалы, которые требуют высокого напряжения.

Трансформаторы выполнены в металлическом корпусе. В состав входят следующие узлы (рисунок 2):

- высоковольтный трансформатор;
- выводной изолятор;
- дисковый антикоронный экран;
- клемма заземления и разъем для подключения.

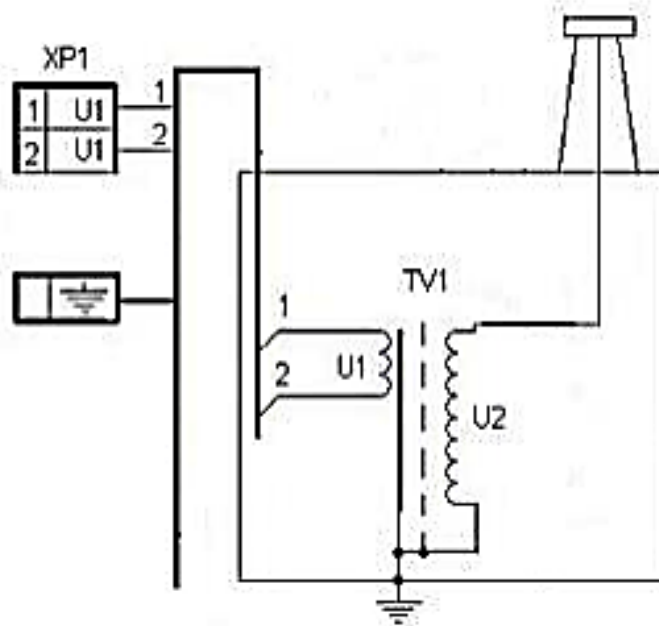


Рисунок.2 – Трансформатор ТВИ-100

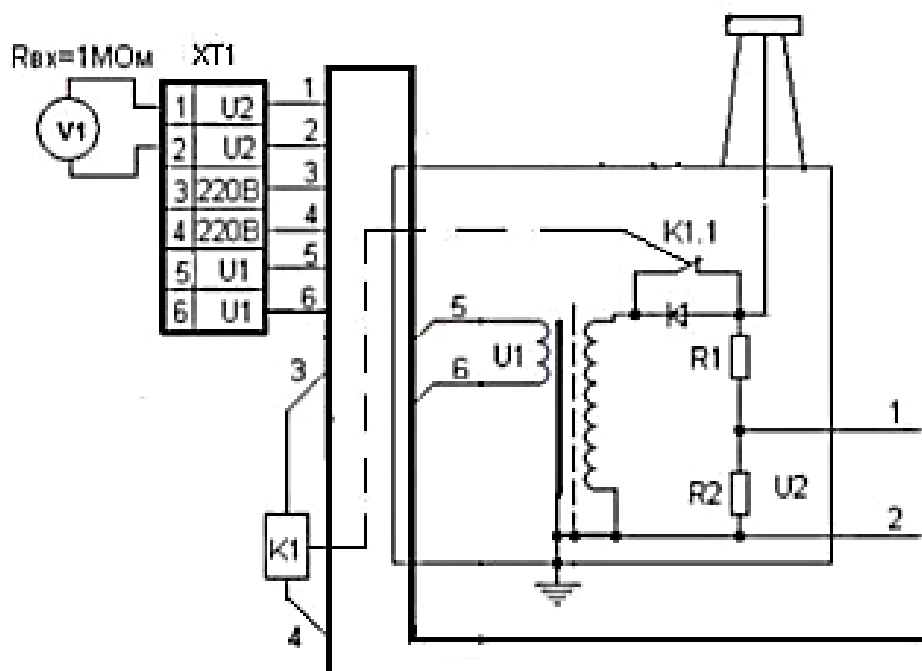


Рисунок 3 – Трансформатор ТВИ-100/140 с клеммным соединителем

Трансформатор ТВИ-100/140 (рисунок 3) отличается от ТВИ-100 наличием дополнительных узлов: разрядное устройство, выпрямительный блок, для получения выпрямленного напряжения до 140 кВ, делитель напряжения с коэффициентом деления 1:1000, 1:10000

Трансформатор испытательный однофазный масляный ИОМ-100/25 (Рисунок4) необходим для проведения широкого спектра работ по испытанию изоляционного материала электрического оборудования и машин с разной мощностью при помощи приложенного напряжения переменного тока, который характеризуется частотой 50 Гц. Трансформатор предназначен для эксплуатации в районах с умеренным климатом и имеет климатическое исполнение У категории размещения 2 по ГОСТ 15150-69.

Работа трансформатора допускается в следующих режимах:

- кратковременный режим, предусматривающий проведение одного испытания, состоящего из шести циклов. Каждый цикл – одномоментная нагрузка и трехминутный перерыв. Промежуток между испытаниями 60 минут. Время, затрачиваемое на подъем и снижение напряжения в одномоментный режим не учитывается;
- длительный режим, предусматривающий проведение испытания в течение 1 часа.

Перед началом работы на трансформаторе ввод X обмотки ВН должен быть заземлен.



Рисунок 4 – Испытательный трансформатор ИОМ-100/25

Электрическая схема трансформатора приведена на рисунке 5

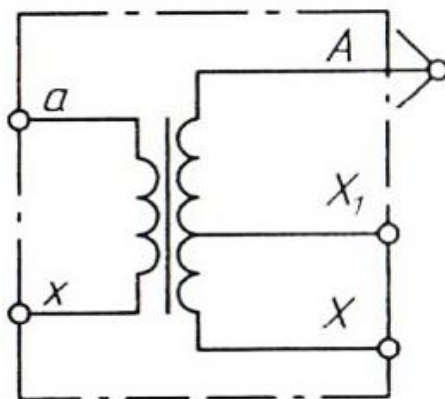


Рисунок 5 – Схема трансформатора ИОМ-100/25

Охлаждение трансформатора естественное масляное. Для контроля величины вторичного напряжения предусмотрен измерительный вывод на напряжение 100 В (X_1) со стороны обмотки ВН. Трансформатор состоит из следующих основных узлов: бак, активная часть, ввод ВН с маслорасширителем, вводы НН.

Технические характеристики всех измерительных трансформаторов тока описываются несколькими основными параметрами. Они обязательно указываются в паспорте устройства или другой прилагаемой документации. Специалисты рекомендуют по этим показателям выбирать модель прибора, которую мастер может установить на ту или иную конструкцию.

Главные параметры: Номинальное напряжение. Величина этого показателя для каждой конкретной модели трансформатора указывается в техническом паспорте. В зависимости от разновидности прибора она может составлять от 0,66 до 1150 кВ; Номинальный ток первичной обмотки. Этот важный параметр можно найти в технической документации и литературе. Некоторые производители указывают его в паспорте. Величина тока зависит от исполнения прибора и варьируется от 1 до 40 тыс. ампер; Номинальный ток во вторичной обмотке. В отличие от предыдущего показателя, этот имеет стандартные значения (1 или 5 ампер). Трансформаторы, которые изготавливаются по индивидуальному заказу, могут иметь параметр, который будет равен 2 или 2,5 А; Коэффициент трансформации. Он представляет собой значение, показывающее соотношение показателей тока в первичной и вторичной обмотках. Профессионалы различают 2 разновидности этого коэффициента (действительный и номинальный) и используют их в различных расчётах.

Заключение

Использование высоковольтных испытательных трансформаторов является неотъемлемой частью процесса сертификации электротехнической продукции. Они позволяют убедиться в соответствии изделий и систем электроснабжения стандартам и требованиям безопасности. Высоковольтные испытательные трансформаторы играют важную роль в научных исследованиях, особенно в области электротехники и энергетики для проведения испытаний изоляционных материалов, определения их электрических свойств и проверки надежности

изоляции, для разработки новых материалов с улучшенными диэлектрическими свойствами и создания более надежных изоляционных систем. Они помогают исследователям расширить границы знаний в области электротехники и энергетики, а также разрабатывать новые технологии и материалы, которые могут быть полезными в различных сферах жизни.

Литература

1. ТП Консалт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tpconsult.by/catalog/oborudovanie-dlja-poverochnyh-laboratorij/transformatory-ispytatelnye/tvi-100-100-140>. – Дата доступа: 29.10.2023
2. Энергетика Оборудования Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forca.ru/knigi/arhiv/vybor-apparatury-dlya-ispytaniy-elektrooborudovaniya-4.html>. – Дата доступа: 29.10.2023
3. Электрические Сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://leg.co.ua/transformatory/teoriya/transformatory-teoriya-i-ustroystvo/Page-14.html>. – Дата доступа: 29.10.2023