

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Трансформаторы силовые трехфазные масляные с регулированием под нагрузкой типа ТМН

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее руководство по эксплуатации распространяется на трансформаторы силовые трехфазные двухобмоточные масляные типа ТМН общего назначения номинальной мощностью от 1600 до 6300 кВ·А с классом напряжения до 35 кВ включительно, оснащенные устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН).

Руководство предназначено для изучения устройства трансформаторов и устанавливает требования к транспортированию, хранению, монтажу, введению в эксплуатацию, использованию по назначению, техническому обслуживанию, ремонту и утилизации.

Трансформаторы ТМН предназначены для передачи и распределения электроэнергии переменного тока частотой 50 Гц в сетях энергосистем и потребителей. Ключевая особенность трансформаторов данной серии — возможность регулирования уровня рабочего напряжения без отключения питания потребителей. Трансформаторы пригодны для внутренней и наружной установки.

Трансформаторы соответствуют требованиям ГОСТ 11677-89 и ГОСТ 11920-85.

2. РАСШИФРОВКА ТИПА

ТМН — трехфазный масляный с регулированием под нагрузкой:

- **Т** — трансформатор трехфазный;
- **М** — охлаждение масляное с естественной циркуляцией воздуха и масла;
- **Н** — наличие регулятора напряжения под нагрузкой (РПН).

Структура условного обозначения:

ТМН — Х1/Х2 У(ХЛ)1 — ХЗ

где:

- **X1** — номинальная мощность, кВ·А (1600, 2500, 4000, 6300);
- **X2** — класс напряжения обмотки ВН, кВ (до 35 кВ);
- **У(ХЛ)1** — климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69;
- **X3** — уровень потерь холостого хода и короткого замыкания.

Пример условного обозначения: **ТМН-4000/35-У1** — трансформатор трехфазный масляный с регулированием под нагрузкой, номинальной мощностью 4000 кВА, класс напряжения 35 кВ, климатическое исполнение У (умеренный климат), категория размещения 1.

3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

3.1. Конструкция

Трансформатор ТМН состоит из следующих основных элементов:

- **Бака** — сварная металлическая конструкция прямоугольной формы с радиаторами для увеличения поверхности охлаждения. Для подъема бака и трансформатора в сборе используются крюки, расположенные под верхней рамой бака. К дну бака приварены поперечные опорные рамы с отверстиями для крепления;
- **Крышки** с вводами ВН и НН, расположенными на крышке. Вводы ВН и НН — наружной установки, съемные, изоляторы проходные фарфоровые;
- **Активной части**, состоящей из магнитопровода, обмоток и устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН);
- **Магнитопровода (сердечника)** — шихтуется из пластин холоднокатаной электротехнической стали с косым стыком пластин по схеме *step-lap*;
- **Обмоток высшего напряжения (ВН) и низшего напряжения (НН)** — многослойные цилиндрические, выполняются из медного или алюминиевого провода. Прессовка обмоток осуществляется прессующими винтами;
- **Маслорасширителя** — состоит из двух отсеков: левый отсек для устройства РПН, правый — для трансформатора. Обеспечивает наличие масла при всех режимах работы и колебаниях температуры;
- **Устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН)** — главное отличие трансформаторов ТМН от аналогов серий ТМ и ТМГ. РПН позволяет производить переключение отпаяк обмотки ВН без отключения питания потребителей;
- **Катков** для продольного и поперечного перемещения трансформаторов;
- **Термометра** для контроля температуры верхних слоев масла;
- **Газового реле**.

В нижней части бака имеются:

- пробка для спуска масла;
- кран (пробка) для взятия пробы масла;
- болт заземления.

На крышке бака имеется кран (пробка) для залива масла.

3.2. Принцип работы

Принцип работы трансформатора ТМН основан на процессе **электромагнитной индукции**. При подаче переменного напряжения на первичную обмотку в магнитопроводе создается переменный магнитный поток, который, пронизывая вторичную обмотку, индуцирует в ней ЭДС. Благодаря разному числу витков обмоток осуществляется преобразование напряжения.

3.3. Устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН)

РПН является ключевым элементом трансформаторов ТМН. Регулирование напряжения осуществляется под нагрузкой без отключения трансформатора от сети.

Процесс регулирования напряжения осуществляется без разрыва токовой цепи нагрузки благодаря применению специальной схемы, содержащей два параллельных переключающих ответвления и токоограничивающий реактор. Работа регулятора не сопровождается возникновением электрической дуги.

Механизм привода РПН переключается под воздействием электродвигателей переменного или постоянного тока. Шкаф привода РПН располагается на боковой поверхности трансформаторного бака. Переключение отпаяк может производиться:

- вручную от привода;
- дистанционно, ключом управления из диспетчерского пункта;
- автоматически (команда формируется реле контроля напряжения).

Конструкция РПН может иметь несколько вариантов исполнения, отличающихся количеством отпаяк и шагом регулирования:

- 16 ступеней регулирования с шагом 1,5% ($\pm 8 \times 1,5\%$);
- 16 положений переключателя с шагом 1,25% ($\pm 8 \times 1,25\%$);
- 12 положений с шагом 2,5%.

В трансформаторах ТМН-6300/35 применяется переключающее устройство РПН CVIII-350-Y-40.5-10090 либо SYXZZ-40,5/200-9.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметр	Значение
Номинальная мощность	1600–6300 кВ·А
Номинальное напряжение обмотки ВН	до 35 кВ включительно
Номинальное напряжение обмотки НН	6,3 или 10,5 кВ (по согласованию — другие сочетания)
Номинальная частота	50 Гц
Регулирование напряжения	РПН, диапазон $\pm 4 \times 2,5\%$ от номинального значения
Схемы и группы соединения обмоток	У/Д-11
Климатическое исполнение	У (умеренный), ХЛ (холодный)
Категория размещения	1 по ГОСТ 15150-69
Высота установки над уровнем моря	не более 1000 м
Режим работы	длительный
Срок службы	не менее 25 лет
Гарантийный срок	5 лет + 1 год при регистрации

Предельные отклонения технических параметров (согласно ГОСТ 11677):

- Напряжение короткого замыкания: $\pm 10\%$;
- Потери короткого замыкания на основном ответвлении: $+10\%$;
- Потери холостого хода: $+15\%$;
- Полная масса: $+10\%$.

5. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. Допустимые условия

Трансформаторы ТМН предназначены для работы в следующих условиях:

- **Температура окружающего воздуха:**
 - исполнение У (умеренный климат): от -45 °C до $+40\text{ °C}$;
 - исполнение ХЛ (холодный климат): от -60 °C до $+40\text{ °C}$;
- **Относительная влажность воздуха:** не более 80% при 25 °C ;
- **Высота над уровнем моря:** не более 1000 м;
- **Окружающая среда:** невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли в концентрациях, снижающих параметры оборудования;
- **Режим работы:** длительный.

5.2. Запрещенные условия

Трансформаторы **не предназначены** для работы:

- во взрывоопасной и агрессивной среде (содержащей газы, испарения, пыль повышенной концентрации и т.п.);
- при вибрации и тряске;
- при частых включениях со стороны питания (более 10 раз в сутки).

6. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ

6.1. Транспортирование

Транспортирование трансформаторов должно осуществляться в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации. При транспортировании необходимо обеспечить:

- надежное крепление трансформатора на транспортном средстве;
- защиту от механических повреждений и атмосферных осадков;
- соблюдение температурного режима, установленного для данного исполнения.

Трансформаторы ТМН отправляются собранными, залитыми маслом.

6.2. Хранение

Хранение трансформаторов должно производиться под навесом (группа ОЖ4) в собственных кожухах, герметически закрытых и залитых маслом, в условиях, исключающих воздействие атмосферных осадков, агрессивных сред и механических повреждений.

7. МОНТАЖ

7.1. Подготовка к монтажу

Перед монтажом необходимо:

- проверить комплектность поставки;
- ознакомиться с паспортом и руководством по эксплуатации;
- подготовить фундамент в соответствии с проектной документацией;
- подготовить помещение, оборудование, инструменты и материалы, необходимые для монтажа.

7.2. Установка

При монтаже трансформатора необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- установка производится при точном следовании проектной документации;

- трансформаторы должны быть установлены таким образом, чтобы были обеспечены удобные и безопасные условия для осмотра: уровня масла в маслоуказателях, давления на манометрах, состояния приводных механизмов РПН без снятия напряжения;
- фиксация трансформатора осуществляется в соответствии с проектом с использованием катков для продольного и поперечного перемещения.

7.3. Заливка маслом

Трансформатор ТМН следует заливать маслом, имеющим температуру не ниже 10 °С, без вакуума. Трансформатор должен быть залит маслом до уровня на 150–200 мм ниже крышки.

7.4. Заземление

Бак трансформатора должен обязательно заземляться. Для присоединения заземляющей шины в нижней части бака имеется болт заземления.

8. ВВЕДЕНИЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед вводом трансформатора в эксплуатацию необходимо:

1. Провести внешний осмотр трансформатора, убедиться в отсутствии механических повреждений.
2. Проверить состояние изоляторов (отсутствие трещин, сколов, загрязнений).
3. Проверить уровень масла по маслоуказателю.
4. Проверить отсутствие течи масла.
5. Убедиться в исправности заземления.
6. Проверить надежность всех контактных соединений и ошиновки.
7. Проверить характер гудения сердечника.
8. Проверить состояние приводных механизмов РПН.
9. Произвести необходимые электрические измерения и испытания согласно нормативной документации: сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции, коэффициент трансформации, группу соединения и фазировку, проверку переключющего устройства и трансформаторного масла.

Первое включение трансформатора произвести в соответствии с «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)».

9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

9.1. Общие положения

В процессе эксплуатации силового трансформатора ТМН осуществляют его оперативное и техническое обслуживание, а также планово-предупредительные ремонты.

Оперативное обслуживание трансформаторов включает:

- управление режимом работы;
- проведение периодических и внеочередных осмотров;
- контроль значений параметров, характеризующих режим работы;
- обеспечение безопасного технического обслуживания и ремонта.

9.2. Периодичность осмотров

Осмотры без отключения:

- Общий осмотр — **1 раз в сутки** (оперативный персонал): показания термометров, уровень масла, отсутствие течи масла, состояние системы охлаждения, состояние изоляторов, ошиновки, заземления, характер гудения сердечника;
- Общий осмотр — **1 раз в месяц** (ответственный инженер).

Внеочередные осмотры производятся:

- при резком понижении температуры наружного воздуха;
- при отключении трансформатора от дифференциальной и газовой защит.

Профилактический контроль проводится в межремонтный период и включает проверку трансформаторного масла, профилактические испытания, выполнение регламентных работ по замене изношенных частей и материалов.

9.3. Состав технического обслуживания

При техническом обслуживании проводятся следующие работы:

1. Визуальный осмотр:

- проверка характера гула трансформатора и отсутствия посторонних звуков;
- состояние маслоуказателя и уровень масла;
- температура масла (по термометру);
- отсутствие течи масла;
- состояние системы охлаждения;
- состояние проходных изоляторов, ошиновки, заземления.

2. Проверка трансформаторного масла (отбор проб и физико-химический анализ).

3. Профилактические испытания:

- сопротивление изоляции;
- коэффициент абсорбции;
- коэффициент трансформации;
- группа соединения и фазировка;
- проверка переключающего устройства РПН;
- проверка трансформаторного масла;
- проверка качества уплотнения вводов;
- проверка манометров вводов.

4. Регламентные работы.

5. Эксплуатация устройств переключения отпаяк обмоток (РПН).

Все данные осмотра фиксируются в специальном журнале.

Категорически запрещается производить переключения трансформатора под напряжением вручную без использования штатного привода РПН.

10. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВА РПН

Устройство РПН предусматривает местное и автоматическое управление процессом регулирования напряжения трансформатора.

Особенности эксплуатации РПН:

- Переключение отпаяк может производиться вручную от привода либо дистанционно, ключом управления.
- Управление РПН может быть автоматическим — команда на переключение формируется реле контроля напряжения, настроенным на определённые уставки срабатывания.
- При эксплуатации необходимо регулярно контролировать состояние приводных механизмов РПН.

11. АВАРИЙНЫЙ ВЫВОД ИЗ РАБОТЫ

Трансформатор должен быть **аварийно выведен из работы** при:

- сильном неравномерном шуме и потрескивании внутри трансформатора;
- ненормальном и постоянно возрастающем нагреве при нагрузке ниже номинальной и нормальной работе охлаждения;
- выбросе масла из расширителя;
- течи масла с понижением его уровня ниже допустимого;
- срабатывании газовой или дифференциальной защиты;
- необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

12. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

12.1. Общие требования

Работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту трансформатора разрешается проводить лицам, ознакомившимся с руководством по эксплуатации и имеющим соответствующую квалификацию.

При изучении и эксплуатации изделий дополнительно необходимо руководствоваться:

- «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)»;
- «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок»;
- «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей».

12.2. Противопожарные меры

При эксплуатации трансформатора необходимо соблюдать противопожарные меры в соответствии с действующими нормативными документами.

12.3. Запрещается

- воздействие на трансформатор вибраций, колебаний или механических ударов;
- эксплуатация во взрывоопасной и химически активной среде;
- эксплуатация при наличии токопроводящей пыли в недопустимых концентрациях;
- производить переключения трансформатора под напряжением вручную без использования штатного привода РПН;
- включать трансформатор при наличии трещин и сколов на вводах;
- исключать заземление;
- эксплуатировать трансформатор с пониженным уровнем масла.

13. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Неисправность	Возможная причина	Метод устранения
Повышенный нагрев	Перегрузка, нарушение охлаждения	Снизить нагрузку, проверить систему охлаждения
Неравномерный шум, потрескивание	Ослабление креплений, повреждение изоляции	Отключить трансформатор, провести диагностику

Течь масла	Повреждение уплотнений, коррозия	Отключить трансформатор, устранить течь
Понижение уровня масла	Нарушение герметичности	Проверить герметичность, при необходимости долить масло
Загрязнение или изменение цвета масла	Старение масла, попадание влаги	Провести анализ масла, при необходимости заменить
Отказ РПН	Неисправность привода, контактов	Отключить трансформатор, провести ревизию РПН

14. УТИЛИЗАЦИЯ

Утилизация трансформаторов должна производиться в соответствии с действующим законодательством в области охраны окружающей среды. Трансформаторное масло подлежит сбору и передаче специализированным организациям для переработки или утилизации. Металлические части (бак, магнитопровод, обмотки) сдаются как металлолом.

Примечание: В связи с постоянным совершенствованием конструкции и технологии изготовления изделий в настоящем руководстве могут иметь место отдельные расхождения между описанием и изделием, не влияющие на работоспособность, технические характеристики и установочные размеры изделия. При ознакомлении с устройством трансформатора необходимо руководствоваться также паспортом и документами, входящими в комплект эксплуатационных документов на трансформатор.