
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
29.180.01.212-2016**

**Методические указания по подтверждению устойчивости обмоток
силовых трансформаторов к распрессовке в эксплуатации**

Стандарт организации

Дата введения: 29.02.2016

ПАО «ФСК ЕЭС»

2016

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2012.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».
2. ВНЕСЁН: Департаментом инновационного развития
 ПАО «ФСК ЕЭС»
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:
 Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 29.02.2016 № 61.
4. ВВЕДЕН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: vaga-na@fsk-ees.ru.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ПАО «ФСК ЕЭС».

Содержание

1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Термины и определения	4
4 Общие положения	5
4.1 Объекты испытаний, выбор образцов	5
4.2 Состав и последовательность испытаний	6
4.3 Общие требования к проведению испытания по подтверждению устойчивости обмоток силовых трансформаторов к распрессовке в эксплуатации	6
5 Испытания	7
5.1 Первый этап. Испытания с целью определения потери прессовки из-за температурной релаксации изоляции обмоток вследствие ускоренного старения изоляции	7
5.2 Второй этап. Испытания с целью определения потери прессовки из-за механической релаксации изоляции обмоток при электродинамических воздействиях	7
6 Общая оценка результатов испытаний	8
Библиография	9

1 Область применения

Требования настоящего стандарта распространяются на трехфазные и однофазные силовые трансформаторы (в том числе, автотрансформаторы), мощностью не менее 2500 кВА, прессующие конструкции которых не оборудованы специальными средствами и устройствами для автоматической подпрессовки обмоток, имеющих обмотки из проводов с бумажной изоляцией.

Стандарт не распространяется на специальные трансформаторы (преобразовательные, электропечные, тяговые, пусковые и др.).

Стандарт устанавливает требования по проведению испытаний с целью подтверждения способности трансформатора сохранять заданный изготовителем уровень запрессовки обмоток без необходимости подпрессовки обмоток в процессе эксплуатации.

Испытаниям на устойчивость обмоток к распрессовке подвергается типопредставитель – головной образец разработанного трансформатора данного типа. Испытания проводятся также при изменении технологии изготовления обмоток и при изменении изоляции обмоток.

Результаты испытаний на устойчивость обмоток к распрессовке могут быть распространены на другие типы трансформаторов, изготовленных на данном предприятии по аналогичной технологии с применением тех же изоляционных материалов.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 10518-88 Системы электрической изоляции и другие полимерные системы. Общие требования к методам ускоренных испытаний на нагревостойкость (с Изменением № 1).

ГОСТ 16110-82 Трансформаторы силовые. Термины и определения.

ГОСТ 20243-74 (СТ СЭВ 4493-84) Трансформаторы силовые. Методы испытаний на стойкость при коротком замыкании (с Изменениями № 1 - 3).

ГОСТ ИСО/МЭК 17025-09 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

ГОСТ Р 52719-07 Трансформаторы силовые. Общие технические условия.

3 Термины и определения

Ползучесть: Процесс нарастания остаточной деформации во времени при постоянных нагрузке или напряжении и температуре или длительных химических процессах.

Распрессовка обмоток: Снижение силы начальной прессовки обмоток из-за механической или температурной релаксации при испытаниях или в эксплуатации.

Релаксация: Изменение (уменьшение) во времени напряжений при постоянной деформации, является частным случаем ползучести.

Ускоренное испытание: Функциональное испытание, в котором применяется ускоренное старение с целью сокращения времени испытания по сравнению с предполагаемым сроком эксплуатации.

Ресурс материала: Суммарное время, в течение которого материал, система изоляции могут выполнять свои функции в работающем изделии.

Сила начальной прессовки обмоток: Статическая сила, с которой запрессовываются обмотки трансформатора на заводе-изготовителе.

Система изоляции: Изоляционный материал или совокупность изоляционных материалов, рассматриваемых вместе с относящимися к ним токоведущими частями, применительно к отдельному типу, типоразмеру или части электротехнического изделия.

Старение: Необратимые изменения, снижающие способность систем изоляции в эксплуатации. Такие изменения определяются частотой повреждений, возрастающей со временем.

Фактор старения: Фактор воздействия, вызывающий старение.

Функциональное испытание: Испытание, при котором обмотки силовых трансформаторов подвергают воздействию факторов старения, воспроизводящих условия эксплуатации, с целью получения сведений о способности к эксплуатации.

4 Общие положения

4.1 Объекты испытаний, выбор образцов

4.1.1 Испытаниям по подтверждению способности обмоток трансформатора сохранять заданное усилие прессовки в течение всего срока службы подвергается силовой трансформатор – типопредставитель (головной образец), изготовленный по стандартной заводской технологии.

4.1.2 Результаты испытаний по подтверждению устойчивости обмоток к распрессовке могут быть распространены на другие типы трансформаторов, обмотки которых изготовлены на данном предприятии по аналогичной технологии с применением тех же изоляционных материалов.

4.1.3 При изменении технологии изготовления обмоток, а также при изменении изоляционных материалов обмоток должны проводиться повторные испытания по подтверждению устойчивости обмоток к распрессовке.

4.1.4 Испытания по подтверждению устойчивости обмоток к распрессовке рекомендуется совмещать с испытаниями трансформатора на стойкость к токам короткого замыкания и ударным толчкам током.

4.1.5 Для испытаний в качестве образцов выбираются обмотки высшего и низшего напряжения трех фаз двухобмоточного трехфазного силового трансформатора номинальной мощностью не менее 10 000 кВА¹.

4.1.6 Обмотки, выбранные в качестве образцов, перед проведением испытаний должны быть запрессованы усилием прессовки, рассчитанным по методике завода-изготовителя, определяемым по условию возникновения зазоров в обмотке с учетом эмпирического коэффициента прессовки; коэффициенты прессовки выбираются в зависимости от мощности трансформатора и марки применяемого в обмотках электрокартона в соответствии с РД 16.431.

4.1.7 Испытаниям подвергаются намотанные по отдельности обмотки, а также их концевая изоляция и прессующие кольца и/или прессующие бруски (клинья) из изоляционного материала, подвергнутые сушке в сушильных печах по стандартной для данного предприятия технологии.

4.2 Состав и последовательность испытаний

Испытания по подтверждению устойчивости обмоток к распрессовке в эксплуатации проводятся в два этапа.

Первый этап: испытания с целью определения потери прессовки из-за температурной релаксации изоляции обмоток вследствие ускоренного старения изоляции.

Второй этап: испытания с целью определения потери прессовки из-за механической релаксации изоляции обмоток при электродинамических воздействиях.

4.3 Общие требования к проведению испытания по подтверждению устойчивости обмоток силовых трансформаторов к распрессовке в эксплуатации

4.3.1 Испытания с целью определения потери прессовки обмоток вследствие *температурной релаксации* проводятся на заводе-изготовителе. Испытания проводятся по методике завода-изготовителя с учетом рекомендаций ГОСТ 10518.

4.3.2 Испытания с целью определения потери прессовки обмоток вследствие *механических (электродинамических) воздействий* при коротких замыканиях и ударных толчках током проводятся по методике ГОСТ 20243 в специализированных лабораториях, аккредитованных на проведение испытаний силовых трансформаторов на стойкость при коротких замыканиях.

4.3.3 Погрешность при измерении усилий прессовки обмоток до и после испытаний не должна превышать $\pm 1 \%$.

¹ Для заводов с номенклатурой выпуска трансформаторов мощностью 10000 кВА и выше. Для остальных заводов в качестве образцов должны выбираться обмотки трансформаторов наибольшей мощности, выпускаемых этими заводами.

5 Испытания

5.1 Первый этап. Испытания с целью определения потери прессовки из-за температурной релаксации изоляции обмоток вследствие ускоренного старения изоляции

5.1.1 Обмотки фаз А и С, изготовленные по стандартной технологии, запрессовываются на расчетные усилия прессовки, при этом коэффициенты начальной прессовки выбираются в зависимости от мощности трансформатора и марки применяемого в обмотках электрокартона в соответствии с РД 16.431.

Примечание. Обмотки запрессовывают вместе с концевой изоляцией, а также с прессующими кольцами и прессующими брусками (клинья), если они выполнены из изоляционного материала.

5.1.2 Измеренные значения начальных усилий прессовки обмоток фиксируются для сравнения с результатами последующих измерений.

5.1.3 Зажатые прессующими устройствами запрессованные обмотки, а также образцы твердой изоляции обмоток подвергаются процедуре ускоренного теплового старения. Ускоренное старение проводится по методике завода-изготовителя с учетом рекомендаций ГОСТ 10518.

Примечание. При проведении ускоренного старения не должны применяться устройства автоматической подпрессовки обмоток, чтобы обеспечить возможность объективной оценки изменения усилия прессовки вследствие температурной релаксации изоляции обмоток вместе с концевой изоляцией и прессующими кольцами из изоляционных материалов.

5.1.4 После завершения процедуры ускоренного теплового старения производится измерение остаточных усилий прессовки каждой из обмоток фаз А и С.

Примечание. Температура обмоток при измерениях усилий прессовки до и после испытаний не должна отличаться более чем на 2 °С.

5.1.5 Определяется величина снижения усилия прессовки (потеря прессовки) для каждой из обмоток как разница между начальным (до ускоренного старения) и конечным (после ускоренного старения) значениями, выраженная в процентах. Результат испытаний считается положительным, если снижение прессовки каждой из обмоток не превысило 10 %.

5.2 Второй этап. Испытания с целью определения потери прессовки из-за механической релаксации изоляции обмоток при электродинамических воздействиях

5.2.1 Испытания проводятся на собранном трансформаторе.

5.2.2 На стержни фаз А и С устанавливаются обмотки высшего и низшего напряжения, успешно выдержавшие испытания первого этапа. Обмотки запрессовываются на остаточные усилия, зафиксированные после завершения первого этапа.

5.2.3 На фазе В устанавливается комплект обмоток, изготовленных по стандартной технологии, не подвергавшихся процедуре ускоренного

теплового старения. Обмотки запрессовываются на расчетные усилия прессовки (п. 5.1.1).

5.2.4 После проведения в полном объеме приемо-сдаточных и типовых испытаний, трансформатор направляется для проведения испытаний на стойкость при коротких замыканиях в специализированную лабораторию – испытательный центр.

5.2.5 Испытания на стойкость при коротких замыканиях и ударным толчком тока проводятся в однофазном режиме.

5.2.6 Обмотки фазы В подвергаются испытаниям в соответствии с требованиями ГОСТ 20243 - пяти зачетным опытам коротких замыканий с максимальной апериодической составляющей. Трансформаторы для питания собственных нужд электростанций предварительно подвергаются испытаниям ударными толчками током, длительность воздействий которых, кратность испытательного тока и количество опытов определяют по соглашению между изготовителем и заказчиком в программе испытаний. Результаты испытаний фазы В идут в зачет подтверждения требований ГОСТ Р 52719 в части стойкости трансформатора при коротких замыканиях.

5.2.7 Обмотки фазы А подвергаются двум зачетным опытам коротких замыканий (с максимальной апериодической составляющей) в режиме испытаний, в котором по результатам предварительно проведенных электродинамических расчетов действуют наибольшие осевые силы.

5.2.8 Обмотки фазы С подвергаются испытаниям ударным толчком током с длительностью воздействий и кратностью испытательного тока в соответствии с 5.2.6; количество опытов - не менее 25 % от числа опытов при испытаниях ударными толчками токов на фазе В. Испытания проводятся в режиме, обеспечивающем наибольшие осевые силы в обмотках.

5.2.9 Определяется величина снижения усилия прессовки (распрессовка) обмоток каждой фазы как разница между начальным (до электродинамических испытаний) и конечным (после электродинамических испытаний) значениями, выраженная в процентах.

5.2.10 Результат испытаний запрессовки обмоток считается положительным, если снижение прессовки обмоток не превысило 20 %.

6 Общая оценка результатов испытаний

6.1 Протокол испытаний на устойчивости обмоток к распрессовке в эксплуатации должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025, включая:

- информацию об испытуемом трансформаторе/образце (тип обмоток, прессующая система; тип, марка проводов, твердой изоляции);
- описание методики ускоренного старения;
- результаты расчета силы прессовки обмоток (с указанием применяемой методики расчета);
- фактическое значение начальной силы прессовки обмоток, обеспеченной перед проведением испытаний;

- информацию о применяемых средствах измерений (типы, характеристики, наличие действующего свидетельства о поверке/калибровке),
- описание метода измерений силы прессовки, оценку погрешности измерений;
- результаты измерений (начальные и конечные значения) параметров по каждому этапу испытаний.

6.2 Результат испытаний на устойчивость обмоток к распрессовке считается положительным, если суммарное снижение прессовки обмоток из-за температурной и механической релаксации не превысило 30 %.

Библиография

1. РД 16.431-88 Трансформаторы силовые. Расчёт электродинамической стойкости обмоток при коротком замыкании.
2. СТО 5694700-29.180.091-2011 Типовые технические требования к трансформаторам, автотрансформаторам (распределительным, силовым) классов напряжения 110-750 кВ (утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 11.05.2011 № 275 (в редакциях приказов от 18.06.2012 № 342 и от 15.01.2015 № 3).