

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ



РУБЦОВСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (филиал)

Государственного образовательного учреждения высшего
образования

«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

Н.И. Черкасова

Электроэнергетические системы и сети

Методические указания к лабораторным работам
для студентов направления 13.03.02 всех форм обучения

Рубцовск 2019 г

УДК 621.311

Черкасова Н.И. Электроэнергетические системы и сети: Методическое указание к выполнению лабораторных работ для студентов направления 13.03.02 всех форм обучения. /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: РИО, 2019. - 24 с.

Описаны методы основных испытаний силовых трансформаторов с использованием измерительных средств. Даны сведения о требованиях Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП), требования Системы технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования (ТО РЭО) и Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, касающиеся эксплуатации и испытания силовых трансформаторов.

Рассмотрено и одобрено на заседании научно-методического совета Рубцовского индустриального института.
Протокол № 11 от 28.11.19

Рецензент:

профессор В.В. Борисовский

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. (4 часа)

ИСПЫТАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы проводятся параллельно с лекционными занятиями по курсу «Электроэнергетические системы и сети». Лабораторные работы имеют своей целью закрепление, углубление и расширение знаний студентов в процессе выполнения конкретных практических задач; овладение практическими приемами, развитие профессиональных навыков, чтобы обладать готовностью к участию в выполнении ремонтов оборудования по заданной методике; приобретение умений и навыков использования технических средств и эксплуатации оборудования.

Лабораторные работы выполняются бригадами по три-четыре студента в соответствии с графиком, составленным преподавателем.

Перед выполнением работы студент обязан:

- ознакомиться с объемом, последовательностью и правилами ее выполнения, проработать теоретический материал, необходимый для усвоения знаний по работе;
- ознакомиться с правилами техники безопасности и охраны труда;
- получить допуск на проведение работы у преподавателя;
- выполнить работу согласно методическим указаниям;
- оформить работу и защитить ее у преподавателя.

1.1 Цель работы

Основная задача данной лабораторной работы состоит в ознакомлении с методами измерений и профилактических испытаний электрооборудования электроустановок потребителей. Параллельно с этим следует изучить требования Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приложение 2), требования Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) (Приложение 3), и

Системы технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования (Приложение 4), касающиеся эксплуатации и испытания силовых трансформаторов.

Целью работы является ознакомление с методами основных испытаний силовых трансформаторов мощностью до 10 МВ·А и напряжением до 35 кВ.

1.2 Предмет и содержание работы

Надежная работа электрооборудования может быть обеспечена при условии своевременного проведения периодических осмотров, текущих и капитальных ремонтов, профилактических испытаний.

Силовые трансформаторы являются одним из основных элементов систем электроснабжения и от их безаварийной работы во многом зависит надежность электроснабжения потребителей.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) гласят:

(П. 2.1.2.) При эксплуатации силовых трансформаторов должна обеспечиваться их надежная работа. Нагрузки, уровень напряжения, температура, характеристики масла и параметры изоляции должны находиться в пределах установленных норм;

Трансформаторы конструируются из расчета длительной непрерывной работы в течение 20 – 25 лет. Для обеспечения в течение этого времени надежной безаварийной работы эксплуатация трансформатора должна вестись с соблюдением номинальных его данных по нагрузке, уровню напряжения и режиму охлаждения. Нарушение этих правил может привести к повышенному нагреву трансформатора, ускоренному износу его изоляции и преждевременному выходу его из работы.

Для обеспечения надежности работы необходимо в процессе эксплуатации трансформатора проводить очередные испытания и ремонты.

Необходимо поддерживать на высоком уровне характеристики изоляции

трансформатора, качество его масла, а также следить за исправностью различной, установленной на трансформаторе аппаратурой.

(П. 2.1.39.) Испытание трансформаторов, находящихся в эксплуатации, должно производиться в соответствии с нормами испытания электрооборудования (Приложение 3') и заводскими инструкциями. Результаты испытаний оформляются актами или протоколами и хранятся вместе с документами на данное оборудование.

Профилактические испытания силовых трансформаторов производятся в сроки, устанавливаемые системой ТО РЭО (Приложение 4, таблица 4.1).

Для трансформаторов мощностью до 10 МВ·А и напряжением до 35 кВ. Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) предусмотрены следующие виды испытаний:

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток с определением отношения R_{60}/R_{15} .
2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
3. Измерение коэффициента трансформации.
4. Испытание трансформаторного масла.
5. Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты.

Испытание изоляции состоит из комплекса различных измерений. В него входит измерение сопротивления изоляции, определение увлажненности изоляции, определение диэлектрических потерь и определение прочности изоляции повышенным напряжением. В данной лабораторной работе предусмотрено проведение трех первых пунктов испытаний (изоляция, сопротивление обмоток и коэффициента трансформации). Измерение сопротивления изоляции обмоток с определением отношения R_{60}/R_{15} производят для определения увлажненности изоляции и производят по **методу абсорбции**.

Метод абсорбции. Метод основан на сравнении показаний мегаомметра, снятых через 15 и 60 секунд после приложения напряжения. Метод

применяется для определения увлажненности гигроскопичной изоляции трансформаторов и электрических машин. Измерение сопротивления изоляции производится между каждой обмоткой и корпусом и между обмотками при изолированных свободных обмотках.

Коэффициент абсорбции равен:

$$K_{abc} = \frac{R_{60}}{R_{15}},$$

Где R_{60} и R_{15} - сопротивления изоляции, измеренные соответственно через 60 и 15 секунд после приложения напряжения мегаомметра.

Для неувлажненных обмоток при температуре 10 – 30 °С этот коэффициент равен 1,3 – 2,0, для увлажненных обмоток он близок к единице. Измерения производят мегаомметром на напряжение 1000 или 2500 В.

Измерение коэффициента абсорбции производится при температуре не ниже 10°С. Перед производством измерений должны быть приняты меры, устраняющие причины, вносящие погрешности в измерения (поверхность изоляции и выводы должны быть чистыми и сухими).

Метод диэлектрических потерь. Методом диэлектрических потерь проверяется изоляция трансформаторов, вводов, проходных изоляторов и т. д. Точное измерение этих потерь не представляется возможным, поэтому при испытаниях изоляция диэлектрика рассматривается как диэлектрик конденсатора и измеряется тангенс угла между полным и емкостным током этого конденсатора, т. е. тангенс угла диэлектрических потерь (рисунок 1).

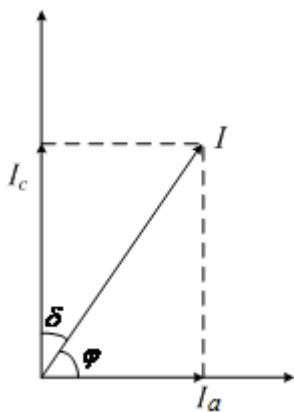


Рисунок 1. Векторная диаграмма токов в диэлектрике

По значениям потерь можно судить о надежности изоляции по отношению к тепловому пробую (тепловой устойчивости), увлажненности и общем старении изоляции

Потери в диэлектрике

$$P = U \cdot I_a = U \cdot I \cdot \cos \varphi = U \cdot I_c \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

где I , I_a , I_c – соответственно полный, активный и емкостной токи диэлектрика, U – приложенное к диэлектрику напряжение. Потери мощности P и тангенс диэлектрических потерь пропорциональны друг другу:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{I_a}{I_c}$$

Значение $\operatorname{tg} \delta$ обычно не превышает сотых или десятых долей единицы, поэтому $\operatorname{tg} \delta$ принято измерять в процентах:

$$\operatorname{tg} \delta \% = 100 \operatorname{tg} \delta .$$

В качестве объекта для испытания используется трехфазный трансформатор напряжения НТМИ - 10.

1.3 Порядок проведения работы

1.3.1. Измерить сопротивление изоляции обмоток.

Измерение произвести по схемам таблицы 1.1 мегомметром на напряжение 2500 В. Показания прибора фиксировать через 15 и 60 с. после его включения.

Наименьшие допустимые сопротивления изоляции R_{60} приведены в таблице 1.2.

Отношение R_{60} / R_{15} при $t^\circ = 10-30^\circ\text{C}$ должно быть не менее **1,3** (после капитального ремонта и заливки масла).

1.3.2. Измерить сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение произвести мостом постоянного тока.

Измерить сопротивление всех обмоток высокого и низкого напряжения. Измеренные сопротивления должны отличаться не более чем на $\pm 2\%$ от

сопротивления, полученного на соответствующих ответвлениях других фаз или от значений заводских или предыдущих эксплуатационных измерений.

1.3.2. Измерение коэффициента трансформации.

Измерение коэффициента трансформации произвести методом двух вольтметров, один из которых присоединить к обмотке низшего напряжения, а другой - к обмотке высшего напряжения.

Напряжение $U = 200 \text{ В}$ от автотрансформатора (АТ) подать на обмотку высокого напряжения и вторым вольтметром замерить напряжение на одноименных выводах низкого напряжения.

Определить коэффициенты трансформации $K_T = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}}$.

Коэффициенты трансформации на фазах не должны отличаться более чем на $\pm 2 \%$

1.3.4. Заполнить протокол испытания силового трансформатора.

(Приложение 1)

1.4 Содержание отчета

1. Цель работы и последовательность ее проведения.
2. Протокол испытания трансформатора.
3. Сравнение результатов испытания с предельно допустимыми величинами и заключение о пригодности трансформатора к дальнейшей эксплуатации.

1.5 Контрольные вопросы

1. Какие испытания силовых трансформаторов предписано проводить в соответствии с техническим регламентом в процессе их эксплуатации.
2. Для чего проводится измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора и определяется отношение R_{60} / R_{15}
3. Каким методом проверяется коэффициент трансформации?
4. Для чего измеряется сопротивление обмоток постоянному току и
5. Какие неисправности трансформатора выявляются по результатам проводимых испытаний?

Образец титульного листа ОТЧЕТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Министерство образования и науки РФ
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

Технический факультет
Кафедра «Электроэнергетика»

Отчет
о лабораторной работе № _____

Работу выполнил
студент группы

подпись, дата

и.о. фамилия

Работу принял

должность
ученое звание

подпись
дата

и.о. фамилия

Рубцовск 2020

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ)
2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). _ СПб.: Издательство ДЕАН, 2003. -304 с.
3. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – 5-е изд. (по состоянию на 1 июня 2006 года). – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2006. -176 с. ISBN 5-94087-686-2
4. Пособие для изучения «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» Разделы 6,7 - М.: Энергия, 1989.
5. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005
6. Справочник по наладке электроустановок. Под ред. А.С. Дорофеева, А.П. Хечумяна. - М.: Энергия, 1986.
7. Черкасова Н.И. Эксплуатация систем электроснабжения: Учебное пособие для студентов специальности 140211 РИИ, Рубцовск, 2009. - 340 с.

Таблица 1.1 (таблица 3 ПТЭЭП)

Схемы измерения характеристик изоляции трансформаторов

Последовательность измерений	Двухобмоточные трансформаторы		Трехобмоточные трансформаторы	
	Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора	Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора
1	НН	Вак, ВН	НН	Бак, СН, ВН
2	ВН	Бак, НН	СН	Бак, НН, ВН
3	(ВН + НН)*	Бак	ВН	Бак, НН
4			(ВН + СН)*	Бак, НН
5			(ВН+СН+НН)*	Бак

* Измерения обязательны только для трансформаторов мощностью 16000 кВ·А и более.

Таблица 1.2 (таблица 2 ПТЭЭП)

Наименьшие допустимые сопротивления изоляции R_{60} обмоток трансформатора в масле

Номинальное напряжение обмотки высшего напряжения ВН, кВ	Значения R_{60} МОМ при температуре обмоток, град С						
	10	20	30	40	50	60	70
до 35	450	300	200	130	90	60	40
110	900	600	400	260	180	120	80
свыше 110		Не нормируется					

Примечание - Значения, указанные в таблице, относятся ко всем обмоткам данного трансформатора

ПРОТОКОЛ №

испытания силового трансформатора 200__ года объект ТП №_____

1. Паспортные данные

тип.....МощностьКВ·А

Коэффициент трансформации

Заводской номер.....Группа соединения обмоток.....

2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току

Положе- ние перекл.	Обмотки ВН			Обмотки НН		
	А-В	В-С	С-А	а в	в с	с а
<i>I</i>						
<i>II</i>						
<i>III</i>						

Измерения произведены
прибором.....

Заводской номер №.....

Дата госповерки.....

3. Проверка коэффициента трансформации

Положение переключа- теля	АВ	ав	К	ВС	вс	К	СА	са	К
	<i>I</i>								
<i>II</i>									
<i>III</i>									

Измерения произведены приборами.....

Заводской номер № ____ _

Дата госповерки_____

4. Измерение сопротивления изоляции

Обмотки, на которых проводят измерения	Заземляемые части трансформатора	R_{15}	R_{60}	$K_a = \frac{R_{60}}{R_{15}}$
НН	ВН-Бак			
ВН	НН-Бак			

Измерения произведены прибором

Заводской номер № _____

Дата госповерки _____

5. Заключение

Измерения и расчеты
произвел

Подпись, фамилия

