

УДК 621.315.211.3

## ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Абубакаров Р.А., студент гр. ЭРб-211, III курс

Малахова Т.Ф., Доцент(к.т.н.), каф.ЭГПП

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Испытание оборудования высоким напряжением - это процесс проверки электрического оборудования на его способность выдерживать рабочие напряжения без повреждения или изменения характеристик. Это важный этап в производстве и эксплуатации электрического оборудования, так как позволяет гарантировать его надежность и безопасность.

В процессе испытания оборудования высоким напряжением применяются различные методы и техники. Один из наиболее распространенных методов - это применение испытательных установок, которые позволяют создавать различные условия и уровни напряжения для проверки оборудования.

Основная цель испытания оборудования высоким напряжением - это выявление возможных дефектов или слабых мест в оборудовании, которые могут привести к его неисправности или повреждению. Также, испытание позволяет определить соответствие оборудования требованиям стандартов и нормативных документов.

В процессе испытания оборудования высоким напряжением используются различные параметры и характеристики, такие как напряжение, ток, мощность и время. Результаты испытаний могут быть представлены в виде таблиц, графиков и диаграмм, которые позволяют наглядно оценить качество и надежность оборудования.

Методы и техники испытания оборудования высоким напряжением могут варьироваться в зависимости от типа оборудования и целей испытания. Однако, в общем случае, можно выделить несколько основных методов и техник.

1. Метод испытания на прочность: этот метод заключается в постепенном увеличении напряжения на оборудование до определенного предела, который превышает рабочие значения. Затем напряжение снижается и оборудование проверяется на наличие повреждений или изменений характеристик. Этот метод позволяет оценить прочность и долговечность оборудования.

2. Метод испытания на стойкость: этот метод заключается в длительном воздействии на оборудование определенного уровня напряжения. Оборудование подвергается испытанию в течение определенного времени, чтобы определить его способность выдерживать длительные нагрузки.

3. Метод испытания на перегрузку: этот метод заключается в

кратковременном воздействии на оборудование повышенного уровня напряжения, превышающего рабочие значения. Оборудование проверяется на способность выдерживать перегрузки и сохранять работоспособность после таких экстремальных условий.

4. Метод испытания на импульсные перенапряжения: этот метод заключается в воздействии на оборудование импульсных перенапряжений, которые могут возникать в результате грозовых разрядов или других переходных процессов. Оборудование проверяется на способность выдерживать такие кратковременные и сильные перенапряжения.

5. Метод испытания на частотные характеристики: этот метод заключается в проверке способности оборудования работать на различных частотах. Оборудование подвергается испытанию на различных частотах электрического тока или напряжения, чтобы определить его способность работать в широком диапазоне условий.

Кроме того, при испытании оборудования высоким напряжением используются различные инструменты и средства измерения, такие как высоковольтные испытательные установки, амплитудно-частотные анализаторы, осциллографы и другие приборы. Эти инструменты позволяют точно измерять параметры и характеристики оборудования и получать надежные результаты испытаний.

Важно отметить, что конкретные методы и техники испытания оборудования высоким напряжением могут различаться в зависимости от типа оборудования и требований стандартов. Поэтому перед проведением испытаний необходимо ознакомиться с соответствующими руководствами, нормативными документами и рекомендациями производителей оборудования.

Параметры и характеристики, оцениваемые при испытании оборудования высоким напряжением: при испытании оборудования высоким напряжением оцениваются различные параметры и характеристики, которые влияют на его работу и надежность. Некоторые из основных параметров и характеристик, которые могут быть оценены при испытании, включают:

1. Напряжение: это основной параметр, который определяется при испытании. Напряжение может быть постоянным или переменным, и его уровень зависит от типа оборудования и требований стандартов. При испытании оценивается способность оборудования выдерживать заданный уровень напряжения без повреждений или изменений характеристик.

2. Ток: это параметр, который связан с потреблением энергии оборудованием. При испытании оценивается соответствие тока требованиям стандартов и нормативных документов, а также его влияние на работу и эффективность оборудования.

3. Мощность: это параметр, который характеризует энергетические возможности оборудования. При испытании оценивается соответствие

мощности требованиям стандартов и нормативных документов, а также ее влияние на работу и производительность оборудования.

4. Время: это параметр, который характеризует длительность работы оборудования при определенных условиях. При испытании оценивается соответствие времени работы требованиям стандартов и нормативных документов, а также его влияние на надежность и долговечность оборудования.

5. Температура: это параметр, который характеризует тепловое состояние оборудования. При испытании оценивается соответствие температуры требованиям стандартов и нормативных документов, а также ее влияние на работу и надежность оборудования.

6. Коэффициент полезного действия (КПД): это параметр, который характеризует эффективность работы оборудования. При испытании оценивается соответствие КПД требованиям стандартов и нормативных документов, а также его влияние на энергопотребление и производительность оборудования.

7. Факторы безопасности: это параметры, которые характеризуют соответствие оборудования требованиям безопасности. При испытании оценивается соответствие оборудования требованиям стандартов и нормативных документов, а также его способность предотвращать возникновение опасных ситуаций.

Это лишь некоторые из параметров и характеристик, которые могут быть оценены при испытании оборудования высоким напряжением. Конкретные параметры и характеристики зависят от типа оборудования и требований стандартов.

## Пример протокола испытания трансформатора:

**П Р О Т О К О Л №365/2-4**  
**испытаний трансформаторов тока до 10кВ**  
 Климатические условия при проведении измерений  
 Температура воздуха +10°C. Влажность воздуха 79 %. Атмосферное давление 765 мм.рт.ст.  
**Цель измерений (испытаний)**  
профилактические

**Нормативные и технические документы, на соответствие требованиям которых проведены измерения (испытания):** ПУЭ гл.1.8, п.1.8.17, табл. 1.8.13.

### 1. Место установки: ТП 578.

### 2. Паспортные данные

№ Ячейки	Монт. симв.	Наимен.	Фаза	Тип	Зав. №	Коэф. трансфор.	Класс	Нагрузка (VA)
<b>ТП 578 РУ-10кВ</b>								
1	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3328	400/5	0,5/10P	10
1	TAB	защита	«B»	ТПОЛ-10	3249	400/5	0,5/10P	10
1	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3237	400/5	0,5/10P	10
4	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3302	300/5	0,5/10P	10
4	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3378	300/5	0,5/10P	10
5	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3363	300/5	0,5/10P	10
5	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3285	300/5	0,5/10P	10
7	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3253	300/5	0,5/10P	10
7	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3345	300/5	0,5/10P	10
10	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3452	400/5	0,5/10P	10
10	TAB	защита	«B»	ТПОЛ-10	3321	400/5	0,5/10P	10
10	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3234	400/5	0,5/10P	10
<b>ТП 578 РУ-6кВ</b>								
1	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3211	600/5	0,5/10P	10
1	TAB	защита	«B»	ТПОЛ-10	3249	600/5	0,5/10P	10
1	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3247	600/5	0,5/10P	10
3	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3234	600/5	0,5/10P	10
3	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3547	600/5	0,5/10P	10
4	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3334	600/5	0,5/10P	10
4	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3376	600/5	0,5/10P	10
6	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3347	600/5	0,5/10P	10
6	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3462	600/5	0,5/10P	10
8	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3318	600/5	0,5/10P	10
8	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3285	600/5	0,5/10P	10
9	TAA	защита	«A»	ТПОЛ-10	3361	600/5	0,5/10P	10
9	TAB	защита	«B»	ТПОЛ-10	3399	600/5	0,5/10P	10
9	TAC	защита	«C»	ТПОЛ-10	3298	600/5	0,5/10P	10

### 3. Проверка коэффициента трансформации:

№ Ячейки	Фаза	Зав. №	Класс обмотки	Расчетный коэф. тр-ции	Измерения коэффициента трансформации		
					Перв.ток (A)	Вторич.ток (A)	Коэф.тр-ции
<b>ТП 578 РУ-10кВ</b>							
1	«A»	3328	0,5/10P	400/5	40	0,5	80
1	«B»	3249	0,5/10P	400/5	40	0,5	80
1	«A»	3237	0,5/10P	400/5	40	0,5	80
4	«C»	3302	0,5/10P	300/5	30	0,5	60

### 1.1. Паспортные данные трансформатора

№яч., наименование.	Тип	Зав. №	Мощн. (кВА)	Напряж. (кВ)	Ток (A)	Группа соед.	Охлаждение
<b>ТП 578 РУ-10кВ</b>							
Яч.№2 «TCH№1»	TЛС25/10/0,4	2000368	25 кВА	10,5/ 0,4	1,37/36,1	Y/Y-0	C
Яч.№9 «TCH№2»	TЛС25/10/0,4	2000309	25 кВА	10,5/ 0,4	1,37/36,1	Y/Y-0	C
<b>ТП 578 Т1</b>							
T1	TMГ/10/6	9880	2500 кВА	10/ 6	144.34/240.56	Y/Y-0	M
<b>ТП 578 Т2</b>							
T2	TMГ/10/6	9881	2500 кВА	10/ 6	144.34/240.56	Y/Y-0	M

### 1.2. Сопротивление обмоток постоянному току (допуск по НД - не должны отличаться от средних значений более чем 2%).

№яч., наименование.	Высокое напряжение R, Ом	Расхождение max, %	Низкое напряжение R, Ом	Расхождение max,%	Вывод
Яч.№2 «TCH№1»	RIU-IV 31,583	0,002	2U-2N 14,67	1,1	Годен
	R1U-IW 31,643		2V-2N 14,83		Годен
	R1V-1W 31,568		2W-2N 14,72		Годен
Яч.№9 «TCH№2»	RIU-IV 31,573	0,007	2U-2N 14,64	1,3	Годен
	R1U-IW 31,743		2V-2N 14,84		Годен
	R1V-1W 31,521		2W-2N 14,71		Годен
T1	RIU-IV 33,623	0,18	2U-2N 28,434	0,8	Годен
	R1U-IW 33,527		2V-2N 28,534		Годен
	R1V-1W 33,712		2W-2N 28,683		Годен
T2	RIU-IV 33,757	0,4	2U-2N 28,682	0,9	Годен
	R1U-IW 33,695		2V-2N 28,425		Годен
	R1V-1W 33,612		2W-2N 28,527		Годен

Температура обмотки при измерении  $+10^{\circ}\text{C}$

### 1.3. Измерение сопротивления изоляции обмоток и испытание повышенным напряжением 50Гц.

№яч., наименование.	Схема измерения или испытани я	Измерение сопротивление изоляции метроометром на напряжение 2500 В (Мом)				Испытание изоляции повышенным напряжением 50 Гц			
		Измеренные значения $R_{60}$ , $R_{60} / R_{15}$ при $T_{исп.} = +10^{\circ}\text{C}$ (МОм)				Класс напряже ния (кВ)	Испытате ль ное напряжен ие (кВ) испыт.	Продо лж. Прило ж., испыт. напр. (мин)	Резуль таты испы тания
		измер R <sub>15</sub>	Изм. R <sub>60</sub>	Коэффициент абсорбции $R_{60}/R_{15}$	Результаты испытания				
Яч.№2 «TCH№1»	BH+HH- “корпус”	2500	3700	1,48	Годен	10	21,6	1	Годен
	HH-BH+ “корпус”	550	1300	2,36	Годен	0,4	2,7	1	Годен
Яч.№9 «TCH№2»	BH+HH- “корпус”	2700	4700	1,74	Годен	10	21,6	1	Годен
	HH-BH+ “корпус”	650	2200	3,38	Годен	0,4	2,7	1	Годен
T1	BH+HH- “корпус”	2000	6000	3	Годен	10	31,5	1	Годен
	HH-BH+ “корпус”	2000	4000	2	Годен	6	22,5	1	Годен
T2	BH+HH- “корпус”	1500	4500	3	Годен	10	31,5	1	Годен
	HH-BH+ “корпус”	2000	5000	2,5	Годен	6	22,5	1	Годен

Испытание оборудования высоким напряжением имеет широкое применение в различных отраслях, где требуется обеспечение надежности и безопасности оборудования. Вот несколько примеров применения испытания оборудования высоким напряжением:

1. Электропередачи и высоковольтные линии: Испытание оборудования высоким напряжением используется для проверки и обеспечения надежности высоковольтных линий электропередачи. Это включает испытание высоковольтных проводов, опор, трансформаторов и других компонентов системы передачи электроэнергии.

2. Трансформаторы и подстанции: Испытание оборудования высоким напряжением применяется для проверки и обеспечения надежности трансформаторов и подстанций. Это включает испытание трансформаторов, высоковольтных выключателей, предохранителей и других компонентов системы передачи электроэнергии.

3. Электрические машины и генераторы: Испытание оборудования высоким напряжением используется для проверки и обеспечения надежности электрических машин и генераторов. Это включает испытание изоляции, системы охлаждения, электрических соединений и других важных компонентов оборудования.

4. Солнечные панели и ветрогенераторы: Испытание оборудования высоким напряжением применяется для проверки и обеспечения надежности солнечных панелей и ветрогенераторов. Это включает испытание фотоэлектрических модулей, инверторов, систем управления и других компонентов системы возобновляемой энергии.

5. Промышленность и производство: Испытание оборудования высоким напряжением широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как металлургия, химическая промышленность, машиностроение и другие. Это включает испытание различного оборудования, такого как сварочные аппараты, плавильные печи, высоковольтные насосы и другие.

Испытание оборудования высоким напряжением позволяет выявить возможные дефекты или слабые места в оборудовании и принять меры для их устранения. Это помогает обеспечить безопасность и надежность оборудования, а также повысить эффективность его работы.

## Список литературы:

1. Стандарт Сервис инженерная компания [Электронный ресурс] – URL:  
<https://stds.ru/catalog/ispytanija-RTP/>  
(дата обращения 25.12.2023)
2. Электролаборатория монтаж наладка ООО «ЭнергоСервисГарант»  
[Электронный ресурс] – URL:  
<https://energo-g.ru/services/vysokovoltnye-ispytanija-peredvizhnoj-vysokovoltnoj-laboratoriey-10-kv/ispytanie-izoljacii-povyshennym-naprjazheniem-rp-rtp-tp->  
(дата обращения 25.12.2023)
3. ГОСТ Р 55194-2012 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И  
ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА  
НАПРЯЖЕНИЕ ОТ 1 ДО 750 кВ [Электронный ресурс] – URL:  
<https://docs.cntd.ru/document/1200103683>  
(дата обращения 25.12.2023)