ОАО «ПК ХК ЭЛЕКТРОЗАВОД»
Испытательный центр

Аккредитован Федеральной
службой по аккредитации
Аттестат № RA RU.22MB12
от 16.06.2016
Адрес: 107023, Россия, г. Москва,
ул. Электрозаводская, д. 21, стр. 68

УТВЕРЖДАЮ
Начальник
Испытательного центра
_____ В.В. Скарлыкин
20 июня 2016 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 1122-16
от 20.06.2016

Объект испытаний:	шунтирующий реактор типа РТМ-100000/330 У1 № 1519451, № з.з 200012/1
Нормативные документы:	технические условия ТУ 3411-005-49890270-2015 расчётная записка ВГЕИ.672772.005 РР3; программа и методика испытаний ВГЕИ.672772.005 ПМ
Наименование, адрес заказчика:	ОАО «ПК ХК ЭЛЕКТРОЗАВОД» 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, д. 21
Вид испытаний:	типовые испытания
Место проведения испытаний:	высоковольтный зал ИЦ
Дата начала испытаний:	20 мая 2016 г.
Дата окончания испытаний:	20 июня 2016 г.
Протокол содержит:	всего листов 28

Настоящий протокол распространяется на все реакторы указанного типа климатического исполнения У и УХЛ категории размещения 1, 4 по ГОСТ 15150-69.
Частичная или полная перепечатка или размножение настоящего протокола испытаний возможны только по разрешению заказчика или испытательного центра.
Исправления или дополнения не допускаются

Содержание

Стр.

1 Объект испытаний 3

2 Цель испытаний 3

3 Программа и методики испытаний 3

4 Используемые испытательное оборудование и средства измерений 5

5 Атмосферные условия проведения испытаний 5

6 Результаты испытаний 6

7 Заключение 27

Приложение 1. Протокол № 1122-16/1 от 20.06.2016.
Результаты измерений характеристик частичных разрядов
при испытании одноминутным и длительным напряжениями
по ГОСТ 1516.3-96, ГОСТ 1516.2-97 реактора типа
РТМ-100000/330 У1 № 1519451, № з.з. 200012/1 28

1 Объект испытаний

Шунтирующий реактор типа РТМ-100000/330 У1 № 1519451, № з.з. 200012/1 (далее – реактор), изготовленный по техническим условиям ТУ 3411-005-49890270-015 (далее – ТУ), предназначенный для компенсации реактивной мощности линий электропередач.

Основные технические данные реактора:

- номинальное напряжение ($U_{ном}$), кВ	354,0
- наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение ($U_{н.р.}$), кВ	363,0
- мощность при номинальном напряжении, кВА	100000 ± 5 %
- ток при номинальном напряжении, А	163
- номинальная частота, Гц	50
- потери при номинальном напряжении, кВт	не более 220 + 15 %
- вид системы охлаждения	М

Охлаждение реактора масляное с естественной циркуляцией масла. Реактор снабжён 11 радиаторами «Eurocooler» типа EC FG 100.

2 Цель испытаний

Проверка соответствия реактора требованиям:
- п.п. 1.1.2 – 1.1.6, 1.1.9 – 1.1.11, 1.1.14 – 1.1.16, 1.1.21, 1.2.10, 1.3.5, 5.2 ТУ;
- п. 3.3.7 ГОСТ 12.2.007.0-75;
- п.п. 4.11, 5.4.12, 5.1.1, 5.3.1, 5.7 ГОСТ 1516.3-96;
- п.п. 3.2.1, 3.5.18 ГОСТ 11677-85.

3 Программа и методика испытаний

Испытания проводились по программе, приведённой в таблице 1, соответствующей документу ВГЕИ.672772.005 ПМ (далее – ПМ).

Приёмо-сдаточные испытания проводились в объёме п.п. 1 – 11 и п. 15 (в части проверка среднеквадратичных значений вибрационных перемещений стенки бака) таблицы 1.

Таблица 1

№	Наименование проверок и испытаний	Технические требования	Методика испытаний
1	Испытание бака реактора на герметичность	ТУ п. 1.2.10	ГОСТ 3484.5-88; ТУ п. 5.4
2	Проверка сопротивления постоянному току между заземляющим болтом и расширителем (сопротивление цепи заземления)	ГОСТ 12.2.007.0-75 п. 3.3.7 (не более 0,1 Ом)	ГОСТ 3484.1-88 раздел 4
3	Измерение сопротивления изоляции обмотки реактора ($R_{изол}$), ёмкости (С) и тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ)	ТУ п. 5.2 (не нормируется)	ГОСТ 3484.3-88
4	Проверка сопротивления изоляции магнитной системы	не нормируется	ГОСТ 3484.3-88
5	Измерение сопротивления обмотки реактора постоянному току	ТУ п. 5.2 (не нормируется)	ГОСТ 3484.1-88 раздел 4; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.3
6	Измерение индуктивности при напряжении 220 В	3,996 Гн ± 5 %	ГОСТ 3484.1-88 раздел 5; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.4
7	Проверка мощности, тока и реактивного сопротивления реактора	ТУ п.п. 1.1.2, 1.1.3	
8	Проверка потерь реактора		

№	Наименование проверок и испытаний	Технические требования	Методика испытаний
9	Измерение сопротивления нулевой последовательности	ТУ п.п. 1.1.2, 1.1.3	раздел 7 ГОСТ 3484.1-88; п. 3.6 ВГЕИ.672772.005 ПМ3
10	Испытание изоляции обмотки одноминутным напряжением промышленной частоты	ТУ п.п. 1.1.9, 1.1.10; ГОСТ 1516.3-96 п. 5.4.12	ГОСТ 1516.2-97 раздел 7, ГОСТ 22756-77; ВГЕИ.672772.005 ПМ4
10.1	Испытание изоляции нейтрали приложенным напряжением		
10.2	Испытание изоляции обмотки индуктированным напряжением		
11	Испытание электрической прочности изоляции длительным напряжением промышленной частоты с измерением уровня частичных разрядов (ЧР)	ТУ п. 1.1.11; ГОСТ 1516.3-96 п. 5.7	ГОСТ 1516.2-97, ГОСТ 22756-77, ГОСТ 20074-83; ВГЕИ.672772.005 ПМ4
12	Измерение амплитуды тока 3-й гармоники при номинальном синусоидальном напряжении	ТУ п. 1.1.5	ГОСТ 3484.1-88 раздел 8; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.5
13	Испытание внешней изоляции переменным напряжением на отсутствие видимой короны	ГОСТ 1516.3-96 п. 4.11	ГОСТ 1516.2-97 п. 7.7
14	Проверка уровня радиопомех при напряжении $1{,}1U_{н\,р}/\sqrt{3} = 231$ кВ	ТУ п. 1.1.21	ГОСТ 1516.2-97 п. 7.6
15	Проверка среднеквадратичных значений вибрационных перемещений стенки бака и полностью собранного реактора (с системой охлаждения)	ТУ п. 1.1.15	ГОСТ 12.1.012-90; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.8
16	Испытание на нагрев	ТУ п.п. 1.1.6, 1.1.14, ГОСТ 11677-85 п. 3.2.1	ГОСТ 3484.2-88; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 раздел 4
17	Акустические испытания	ТУ п.1.1.16	ГОСТ 12.2.024-87; ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.9
18	Испытание бака реактора на механическую прочность при вакууме и повышенном внутреннем давлении	ТУ п. 1.3.5, ГОСТ 11677-85 п. 3.5.18	ГОСТ 3484.4-88, ВГЕИ.672772.005 ПМ2
19	Испытание электрической прочности внутренней изоляции напряжением полного грозового импульса (ПГИ), срезанного грозового импульса (СГИ) и коммутационного импульса (КИ)	ТУ п. 1.1.9, ГОСТ 1516.3-96 п.п. 5.1.1, 5.3.1	ГОСТ 1516.2-97, ГОСТ 22756-77; ВГЕИ.672772.005 ПМ4
20	Проверка линейности вольтамперной характеристики (ВАХ) при напряжении от 0 до $1{,}4\ U_{н\,р}/\sqrt{3}$	ТУ п. 1.1.4	ВГЕИ.672772.005 ПМ3 п. 3.7

4 Используемые испытательное оборудование (ИО) и средства измерений (СИ)

4.1 Используемое ИО приведено в таблице 2.

Таблица 2

№	Наименование ИО, тип, инвентарный номер	Дата и номер документа об аттестации ИО, срок его действия
1	Генератор импульсного напряжения ГИН-5000, ИН.413396	Аттестат № 11/10 от 15.06.2010 Протокол периодической аттестации № 1096-15 от 08.06.2015, 5 лет
2	Установка переменного напряжения 350 кВ WP 175/350, ИН. 413400	Аттестат № 09/10 от 08.06.2010 Протокол периодической аттестации № 1099-15 от 05.06.2015, 5 лет

4.2 Используемые СИ приведены в таблице 3.

Таблица 3

№	Наименование СИ, тип, инвентарный номер	Класс точности (КТ), погрешность измерений (ПГ)	Свидетельство о поверке (калибровке) СИ, номер документа, срок действия
1	Система управления и измерений КСУИ, ИН.413387, 413394, 413404 – 413406	ПГ ± 0,1 %	№ 206.1-6429-15 до 26.06.2017
2	Делитель высокого напряжения УДН–4, ИН.413396	ПГ ± 1,5 %	№ 206.1-14269-14 до 28.09.2016
3	Делитель напряжения емкостной WMC 200/700, ИН.413399	ПГ ± 1,5 %	№ 06.1-14274-14 до 28.09.2016
4	Измерительная система ИС-500Б, ИН.411986	ПГ ± 3,0 %	№ 206.1-14275-14 до 28.09.2016
5	Миллиомметр типа МИКО-7, ИН. ТМЦ 3510106/6	ПГ ± (0,1 %+ + 0,5 мкОм)	№ Мк7-37 до 18.11.2017
6	Мегаомметр М1-ЖТ № 00010, ИН.400117	ПГ ± 5 %	№ АА6213808 до 13.07.2016
7	Мост СА-7100-2, ИН.406075	ПГ ±0,01 %	№ АА6219725 до 25.08.2016
8	Шумомер, виброметр SVAN 958, ИН.413182	КТ 1 ПГ±0,7 дБ	№ СП 11034091 до 04.12.2016
9	Осциллограф цифровой смешанных сигналов DLM2024, ИН.413885	ПГ: по напряжению ± 1,5 % от 8 дел.; по оси времени ± 0,002 %	СП 1199251 до 03.04.2017
10	Измерительно-вычислительный комплекс MIC-018-3 ИН.413244	КТ 0,1	№ СП 0173459 до 19.06.2016
11	Линейка измерительная ГОСТ 427-75 ИН. ТМЦмат. 28964	ПГ ± 0,2 мм	№ 2 до 30.03.2017
12	Барометр-анероид БАММ-1 № 175 ИН 411433	ПГ ±0,2 кПа	№ СП 0985472 до 05.08.2016
13	Гигрометр психометрический ВИТ-2 ИН. ТМЦ 3510107/94	ПГ термометров ±0,2 ºС; ПГ гигрометра ± (5 - 7) %	Мб 2.844.000-01 ПС до 01.11.2017

5 Атмосферные условия проведения испытаний

Испытания проводились при нормальных климатических условиях:
- температура воздуха +25 ± 5 ^{o}C;
- атмосферное давление 98 – 100 кПа;
- относительная влажность 60 ± 10 %.

6 Результаты испытаний

Результаты приёмо-сдаточных испытаний приведены в п.п. 6.1 – 6.11 и п. 6.15 (в части проверки среднеквадратичных значений вибрационных перемещений стенки бака).

6.1 Испытание бака на герметичность

Испытание проводилось столбом масла высотой 5 м в течение 3 часов. Температура масла была +25 ºС. Течи масла не обнаружено. Бак испытание выдержал.

6.2 Проверка сопротивления постоянному току между заземляющим болтом и расширителем (сопротивление цепи заземления)

Измерение производилось миллиомметром МИКО-7. Результаты измерений приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сопротивление цепи заземления, Ом	
максимальное измеренное значение	допустимое значение (ГОСТ 12.2.007.0-75 п. 3.3.7)
0,0005	не более 0,1

6.3 Измерение сопротивления изоляции обмотки реактора ($R_{изол}$), ёмкости (С) и тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ)

Измерение сопротивления изоляции обмотки проводилось мегаомметром М1-ЖТ на напряжение 2500 В. Измерения ёмкости (С) и тангенса угла диэлектрических потерь (tgδ) проводились мостом СА–7100–2. Результаты измерений не нормируются и приведены в таблице 5.

Таблица 5

Участок изоляции	**Сопротивление изоляции, МОм** при $t_{всм}$ [1)] =+34 ºС		$К_{абс}$	tgδ, %	С, пФ
	R_{15}	R_{60}			
А В С 0 – бак	3825	4820	1,26	0,208	10106
[1)] $t_{всм}$ – температура верхних слоёв масла					

6.4 Проверка сопротивления изоляции магнитной системы

Измерение проводилось мегаомметром М1-ЖТ. Результаты измерений не нормируются и приведены в таблице 6.

Таблица 6

Сопротивление изоляции магнитная система – бак, МОм	Измеренное значение
	4440

6.5 Измерение сопротивления обмотки постоянному току

Измерения проводились миллиомметром МИКО-7. Результаты измерений приведены в таблице 7. Результаты измерения не нормируются, приводятся как исходные данные для сравнения с результатами их измерений в эксплуатации.

Таблица 7

Выводы обмотки	**Сопротивление постоянному току, Ом** при $t_{всм}$ = +34 ºС
А – 0	1,667
В – 0	1,668
С – 0	1,663

6.6 Измерение индуктивности при напряжении 220 В

Измерения проводились КСУИ. Результаты измерений приведены в таблице 8.

Таблица 8

Выводы обмотки	Результат измерения				Номинальное значение L, Гн	Δ_L – отклонение измеренного значения L от номинального, %	Предельное Δ_L, %
	Напряжение, В	Ток, А	Частота, Гц	**Индуктивность (L), Гн**			
А – 0	220	0,176	50,0	3,972	3,996	-0,6	± 5
В – 0	220	0,177	50,0	3,956		-1,0	
С – 0	220	0,176	50,0	3,972		-0,6	

6.7 Проверка мощности, тока и реактивного сопротивления реактора

Измерения проводились КСУИ. Результаты измерений приведены в таблице 9.

Таблица 9

Мощность реактора (S)						
Измеренное значение, приведённое к номинальному напряжению, кВАр				Номинальное значение, кВАр	Δ_S – отклонение суммарного значения от номинального, %	Предельное значение Δ_S, %
фаза А	фаза В	фаза С	суммарное значение	100000	0,02	± 5
33338	33354	33330	100022			

Ток реактора (I)										
Измеренное значение, приведённое к номинальному напряжению, А			Среднеарифметическое значение, А	Δ_{I1} – отклонение измеренного значения от среднеарифметического, %			Предельное, Δ_{I1}, %	Номинальное значение, А	Δ_{I2} – отклонение среднеарифметического значения от номинального, %	Предельное значение Δ_{I2}, %
фаза А	фаза В	фаза С		фаза А	фаза В	фаза С	± 2	163	0,08	± 5
163,12	163,20	163,08	163,13	-0,01	0,04	-0,03				

Реактивное сопротивление реактора (Z)										
Измеренное значение, приведённое к номинальному напряжению, Ом			Среднеарифметическое значение, Ом	Δ_{Z1} – отклонение измеренного значения от среднеарифметического, %			Предельное, Δ_{Z1}, %	Номинальное значение, Ом	Δ_{Z2} – отклонение среднеарифметического значения от номинального, %	Предельное значение Δ_{Z2}, %
фаза А	фаза В	фаза С		фаза А	фаза В	фаза С	± 2	1254	- 0,09	± 5
1253,0	1252,4	1253,3	1252,9	0,01	-0,04	0,03				

6.8 Проверка потерь реактора

Измерение потерь реактора проводилось КСУИ. Результаты приведены в таблице 10.

Таблица 10

Потери реактора (P), Вт		Δ_P – отклонение измеренного значения от номинального, %	Предельное значение Δ_P, %
Измеренное значение, приведённое к номинальному напряжению и температуре +75 °С	Номинальное значение		
203834	220000	- 7,8	+ 15

6.9 Измерение сопротивления нулевой последовательности

Измерение проводилось КСУИ. Результаты измерений приведены в таблице 11

Таблица 11

Результат измерения			Номинальное значение Z_0, Ом	Δ_{Z0} – отклонение измеренного значения от номинального, %	Предельное значение Δ_{Z0}, %
Напряжение, В	Ток, А	**Сопротивление нулевой последовательности (Z_0), Ом ABC - xyz**			
18058	42,6	1271,7	1254	1,4	± 2

6.10 Испытание изоляции обмотки одноминутным напряжением промышленной частоты

6.10.1 Испытание изоляции нейтрали обмотки приложенным напряжением

Схема испытаний соответствовала рис. 2 ВГЕИ.672772.005 ПМ4. Испытание проводилось от установки переменного тока 350 кВ типа WP 175/350. Напряжение измерялось посредством емкостного делителя напряжения WMC 200/700.

Изоляция обмотки по отношению к корпусу испытание приложенным напряжением 85 кВ частоты 50 Гц в течение 1 минуты выдержала.

6.10.2 Испытание изоляции обмотки индуктированным напряжением

Схемы испытаний соответствовали рис. 5 и 6 ВГЕИ.672772.006 ПМ4. Напряжение измерялось посредством измерительной системы ИС-500Б. Испытание проводилось с использованием системы КСУИ.

Изоляция фаз А, В, С обмотки реактора испытание одноминутным индуктированным напряжением 395 кВ относительно земли частоты 225 Гц в течение 27 секунд выдержала.

Междуфазная изоляция обмотки реактора испытание одноминутным индуктированным напряжением 525 кВ частоты 225 Гц в течение 27 секунд выдержала.

Испытания по п.п. 6.1 – 6.10 провели:
начальник ИС Ю.Г. Барков

20 июня 2016 г.
(дата окончания испытаний)

ведущий инженер А.А. Переста

20 июня 2016 г.
(дата окончания испытаний)

6.11 Испытание электрической прочности изоляции длительным напряжением промышленной частоты с измерением уровня частичных разрядов (ЧР)

6.11.1 Схема возбуждения реактора – аналогичная п. 6.10.

6.11.2 На подъёме и спуске напряжения (на ступенях напряжения 100 % и 140 % $U_{н.р}/\sqrt{3}$) и в ходе выдержки при 140 % $U_{н.р}/\sqrt{3}$ проводилось измерение уровня ЧР с помощью штатного измерительного блока ЧР ВИТ № 1 методом ГОСТ 20074–83. Для наблюдения и регистрации формы импульсов ЧР использовался цифровой осциллограф YOKOGAWA DLM 2024.

6.11.3 Реактор испытание электрической прочности изоляции обмотки длительным напряжением 293 кВ ($1{,}4U_{н.р}/\sqrt{3}$) частоты 225 Гц в течение 60 минут выдержал.

Протокол № 1122-16/1 измерения характеристик ЧР реактора приведён в Приложении 1.

Наибольший уровень ЧР при напряжении 293 кВ ($1.4U_{н.р}/\sqrt{3}$) составил 120 пКл, что соответствует требованиям ТУ п. 1.1.11 – не более 300 пКл.

Испытание по п. 6.11 провёл:
главный специалист Е.Г. Дарчева

20 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.12 Измерение амплитуда тока 3-й гармоники при номинальном синусоидальном напряжении

Амплитуда тока 3-й гармоники при номинальном синусоидальном напряжении составила 0,02 %, при допустимом значении в п. 1.1.5 ТУ – не более 1 %.

Испытания по п. 6.12 провёл:
начальник ИС Ю.Г. Барков

20 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.13 Испытание внешней изоляции переменным напряжением на отсутствие видимой короны

6.13.1 Схема возбуждения реактора – аналогичная п. 6.10.

6.13.2 Видимость короны определялась визуально при напряжении линейного вывода реактора относительно земли 272,5 кВ ($1,3U_{н\,р}/\sqrt{3}$). Предварительно испытательное напряжение плавно поднималось до 300 кВ, затем без отключения снижалось до 272,5 кВ.

6.13.3 При напряжении 272,5 кВ видимая корона отсутствовала.

Испытание по п. 6.13 провёл:
зам. начальника ИЦ С.Ю. Чуйков

20 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.14 Проверка уровня радиопомех при напряжении $1,1U_{н\,р}/\sqrt{3}$= 231 кВ

6.14.1 Испытание проводилось с использованием системы КСУИ и цифрового осциллографа Yokogawa DLM2024.

Измерения проводились на полностью собранном реакторе при нормальных климатических условиях и частоте 50 Гц. Бак был заземлён. С изолирующих поверхностей удалены волокна и пыль.

Измерения уровня радиопомех проводились в диапазоне (0,5 ± 0,05) МГц при напряжении 231 кВ после выдержки реактора под напряжением в течение 5 минут.

6.14.2 Результаты измерения уровня радиопомех представлены в таблице 12.

Таблица 12

Частота, кГц	Напряжение, кВ	**Уровень радиопомех, мкВ**	
		измеренное значение	допустимое значение (п. 1.1.21 ТУ)
500	231	200	не более 2500

Испытания по п. 6.14 провёл:
начальник ИС Ю.Г. Барков

20 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.15 Проверка среднеквадратичных значений вибрационных перемещений стенки бака и полностью собранного реактора (с системой охлаждения)

6.15.1 Испытаниям подвергался полностью собранный реактор с системой охлаждения, установленный на паллету.

6.15.2 Измерения вибрационных смещений проводились при номинальном напряжении виброметром SVAN 958. Расположение точек измерения вибрации соответствовало Приложению 1 ВГЕИ.672772.005 ПМ3.

6.15.3 Результаты измерений приведены в таблице 13.

Таблица 13

Среднеквадратичное значение вибрационных перемещений (мкм) по точкам											
стенок бака и расширителя											
№ точки	6	7	8	9	10	11	17	18	19	20	21
мкм	***3***	***2***	***6***	***4***	***4***	***3***	***2***	***3***	***5***	***4***	***2***
№точки	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	—
мкм	***5***	***8***	***7***	***2***	***3***	***2***	***2***	***2***	***4***	**2**	
Допустимое значение (п. 1.1.15 ТУ) – не более 30 мкм											
элементов системы охлаждения											
№точки	1	2	3	4	5	12	13	14	15	16	32
мкм	***5***	***4***	***12***	***3***	***5***	***2***	***4***	***10***	***10***	***3***	**2**
Допустимое значение (п. 1.1.15 ТУ) – не более 50 мкм											

Испытание по п. 6.15 провёл:
главный специалист Н.Ю. Володин

09 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.16 Испытание на нагрев

6.16.1 Испытанию подвергался полностью собранный реактор с системой охлаждения.

6.16.2 Испытания на нагрев проводились при 93 % номинального напряжения частоты 50 Гц с использованием КСУИ. Нагрев велся до установившегося теплового режима в течение 20 часов.

Превышения средней температуры обмоток над температурой окружающего воздуха определялись по изменению их сопротивления постоянному току, измеренного прибором МИКО-7. Температура магнитопровода, масла измерялась с помощью термопар. Сигналы термопар регистрировались блоком ТЕРМОХРОН системы КСУИ.

6.16.3 Результаты испытания, приведённые к номинальному току, представлены в таблице 14.

Таблица 14

Конструктивные части реактора	**Превышение температуры конструктивных частей реактора над температурой окружающего воздуха, °С**	
	измеренное значение, приведенное к номинальному току	предельно-допустимое значение (п. 3.2.1 ГОСТ 11677-85)
Обмотка фаза А	47,9	65
Обмотка фаза В	47,4	
Обмотка фаза С	48,2	
Верхние слои масла	52,2	60
Верхнее ярмо магнитопровода	64,1	75
Верхняя ярмовая балка	59,3	

6.16.4 Превышение температуры частей реактора над температурой окружающего воздуха не превышает допустимых значений п. 3.2.1 ГОСТ 11677-85. Реактор испытание на нагрев выдержал.

Испытание по п. 6.16 провёл:
главный специалист И.И. Евдокимов

09 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.17 Акустические испытания

6.17.1 Испытаниям подвергался полностью собранный реактор с системой охлаждения, установленный на паллету.

6.17.2 Установка реактора на испытаниях:

- высота над отражающим полом 0,3 м;
- расстояние от других отражающих поверхностей более 10 м;

Данные об испытательном помещении: вид пола – бетон, отделка стен – бетон, металл.

6.17.3 Измерения уровня звука проводились при номинальном напряжении и частоте шумомером SVAN 958. Измерительные линии располагались на расстоянии 2,0 м от излучающей поверхности на высоте, равной 1/3 и 2/3 высоты бака (1/3Н и 2/3Н). Точки измерения располагались равномерно по измерительной линии так, что расстояние между соседними точками не превышало 1,0 м. Микрофон устанавливался в каждой точке измерения в направлении объекта испытания. Перед испытаниями проводились акустическая калибровка шумомера и измерение уровней помех.

6.17.4 Исходные данные для проведения расчётов среднего уровня звука приведены в таблице 15.

Таблица 15

Параметр		Расчётная формула	Значение
наименование	обозначение		
Размеры испытательного помещения, м		—	40 × 40 × 40
Площадь ограничивающих поверхностей (стен, потолка и пола) испытательного помещения, м^2	S_v	$S_v = (40 \cdot 40) \cdot 6$	9600
Средний коэффициент звукопоглощения (по таблице А.1 ГОСТ 51401-99)	α	—	0,15
Эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении, м^2	A	$A = \alpha \cdot S_v$	1440
Габаритные размеры реактора с системой охлаждения:			
- длина, м	L	—	8,13
- ширина, м	B	—	6,00
- высота, м	H	—	4,10
Длина периметра измерительной линии на расстоянии 2 м от реактора, м	$l_{2,0}$	$l_{2,0} = (L + B) \cdot 2 + 12,6$	40,9
Площадь измерительной поверхности на расстоянии 2 м от реактора, м^2	$S_{2,0}$	$S_{2,0} = (H + 2) \cdot l_{2,0}$	249,5
Коэффициент звукоотражения испытательного помещения по ГОСТ 51401-99	$K_{2,0}$	$K_{2,0} = 10 \lg (1 + 4 S_{2,0} / A)$	2

6.17.5 Результаты измерения уровня звука и расчёта среднего уровня звука приведены в таблице 16.

Таблица 16

№ точки измерения		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уровень помех, дБА		65	64	66	65	65	64	66	65	65	65	—	—	—	—
№ точки измерения		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Уровень звука на высоте, дБА	1/3Н	***72***	***77***	***75***	***75***	***72***	***75***	***74***	***75***	***72***	***72***	***71***	***78***	***70***	***77***
	2/3Н	***73***	***76***	***76***	***77***	***76***	***74***	***72***	***74***	***73***	***72***	***71***	***77***	***71***	***76***
№ точки измерения		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Уровень звука на высоте, дБА	1/3Н	***74***	***73***	***76***	***77***	***76***	***74***	***72***	***74***	***73***	***72***	***71***	***77***	***71***	***76***
	2/3Н	***73***	***74***	***75***	***75***	***72***	***75***	***74***	***75***	***72***	***72***	***71***	***78***	***70***	***77***
№ точки измерения		29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	—
Уровень звука на высоте, дБА	1/3Н	***73***	***74***	***75***	***75***	***72***	***75***	***74***	***75***	***72***	***72***	***71***	***78***	***70***	
	2/3Н	***74***	***73***	***76***	***77***	***76***	***74***	***72***	***74***	***73***	***72***	***71***	***77***	***71***	

Средний измеренный уровень помех, дБА	65
Средний измеренный уровень звука — $L_{a2,0}$, дБА	74
Поправка на уровень помех — $\Delta L_{a2,0}$, дБА	0
Средний уровень звука с учетом поправок — $L_{A2,0}$, дБА $L_{A2,0} = L_{a2,0} - \Delta L_{a2,0} - K_{2,0}$	72
Допустимое значение $L_{A2,0}$ (п. 1.1.16 ТУ), дБА не более	80

6.17.6 Средний уровень звука реактора не превышает допустимого значения. Реактор акустические испытания выдержал.

Испытание по п. 6.16 провёл:
главный специалист Н.Ю. Володин

09 июня 2016 г.
(дата испытаний)

6.18 Испытание бака реактора на механическую прочность

6.18.1 Испытание проводилось в соответствии с требованиями ВГЕИ.672772.005 ПМ2 (далее ПМ-2) при следующих нагрузках:

- вакуум с остаточным давлением 0,5 мбар;
- избыточное внутреннее давление 0,5 атм (50 кПа) на уровне крышки бака (столб масла над крышкой бака 5,6 м);
- подъём полностью собранного реактора.

6.18.2 Измерения напряжений и прогибов при испытаниях производились в точках, указанных на чертеже в ПМ2. Регистрация результатов измерений проводилась измерительно-вычислительным комплексом МІС-018-3 при установке тензорезисторов типа 2ФКРВ-3-400 в измерительных точках, указанных в ПМ-2. Остаточные прогибы измерялись линейкой.

6.18.3 При испытаниях во всех режимах производился визуальный осмотр бака с целью обнаружения нарушений уплотнений, потерь устойчивости или разрушения элементов конструкции бака.

6.18.4 Результаты измерений механических напряжений и прогибов при вакууме с остаточным давлением 0,5 мбар (максимальные значения из трёх нагружений) приведены в таблице 17.

Таблица 17

Испытание вакуумом

№ точки	Действующее напряжение, МПа		№ точки	Остаточный прогиб, мм	
	измеренное значение	допустимое значение: не более		измеренное значение	допустимое значение; не более
Т1	224	не более 310	1	0	15
Т2	222				
Т3	215		2	0	15
Т4	213				
Т5	133		3	0	15
Т6	155				

6.18.5 Результаты измерений механических напряжений и прогибов при испытании избыточным давлением 0,5 атм (максимальные значения из трёх нагружений) приведены в таблице 18.

Таблица 18

Испытание избыточным давлением

№ точки	Действующее напряжение, МПа		№ точки	Остаточный прогиб, мм	
	измеренное значение	допустимое значение		измеренное значение	допустимое значение
Т1	190	не более 310	1	0	не более 15
Т2	185				
Т3	170		2	0	
Т4	185				
Т5	131		3	0	
Т6	140				

6.18.6 Результаты измерений механических напряжений при подъёме реактора краном (максимальные значения из трёх подъёмов) приведены в таблице 19.

Таблица 19

Испытание при подъёме реактора

№ точки		Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	Т13	Т14	Т15
Действующее напряжение	измеренное значение, МПа	90	85	96	96	117	123	118	126
	допустимое значение, МПа	не более 170				не более 260			

6.18.7 Бак реактора испытание на механическую прочность выдержал:
- течей, трещин в сварочных швах и на стенках бака не обнаружено:
- видимые остаточные деформации отсутствовали;
- измеренные напряжения не превысили допустимых значений.

Испытание по п. 6.18 провёл:
главный специалист Н.Ю. Володин

20 мая 2016 г.
(дата испытаний)

6.19 Испытаний электрической прочности внутренней изоляции обмотки реактора импульсными напряжениями

6.19.1 Испытания проводились трехударным методом импульсами отрицательной полярности. Схемы испытаний соответствовали рис. 3, 4 ВГЕИ.672772.005 ПМ4.

Для обнаружения недопустимых повреждений изоляции в качестве основного метода применялся метод, основанный на изменении при повреждениях изоляции формы колебаний напряжений и токов в обмотках при приложении к испытуемой обмотке импульса напряжения.

Используемое испытательное оборудование:

- генератор импульсных напряжений 5000 кВ – ГИН-5000;
- универсальный делитель напряжения 3500 кВ – УДН-4;
- измерительная импульсная система HIAS-743.

6.19.2 Изоляция обмотки реактора выдержала приложения напряжений трёх ПГИ амплитудой 1050 кВ ± 3 % отрицательной полярности поочередно со стороны линейных вводов А, В, С.

6.19.3 Изоляция обмотки реактора выдержала приложения напряжений трёх СГИ амплитудой 1175 кВ ± 3 % отрицательной полярности поочередно со стороны линейных вводов А, В, С.

6.19.4 Изоляция обмотки реактора выдержала приложения напряжений трёх КИ амплитудой 850 кВ ± 3 % отрицательной полярности поочередно со стороны линейных вводов А, В, С.

6.19.5 Временные параметры, амплитуды импульсов, номера осциллограмм и другие сведения по испытаниям п.п.6.19.2 – 6.19.3 представлены в таблице 20. Осциллограммы испытаний приведены на рис. 1 – 9.

Таблица 20

Вид испытаний	Испытательное напряжение, кВ	Параметры импульса, мкс	Подача напряжения	Номер рис. осциллограмм	Амплитуда прикладываемого импульса		Номер осциллограммы	
					кВ	%	импульса	формы тока в заземлении обмотки
ПГИ	1050 ± 3 %	1,3/50	ввод А	рис. 1	663,1	63,2	396/61404	396/61405
					1027	97,8	398/61408	398/61409
					1027	97,8	399/61410	399/61411
					1038	98,9	400/61412	400/61413
		1,3/50	ввод В	рис. 2	665,6	63,4	392/61396	392/61397
					1038	98,9	393/61398	393/61399
					1037	98,8	394/61400	394/61401
					1038	98,9	395/61402	395/61403
		1,4/50	ввод С	рис. 3	675,2	64,3	386/61384	386/61385
					1022	97,3	389/61390	389/61391
					1046	99,3	390/61392	390/61393
					1043	100,6	391/61394	391/61395
СГИ	1175 ± 3 %	$T_{ср}$=2,2	ввод А	рис. 4	707,9	60,2	408/61428	408/61429
					1165	99,1	411/61434	411/61435
					1166	99,2	412/61436	412/61437
					1156	98,4	413/61438	413/61439
		$T_{ср}$=2,1	ввод В	рис. 5	719,2	61,2	414/61440	414/61441
					1162	98,9	415/61442	415/61443
					1169	99,5	417/61446	417/61447
					1167	99,3	418/61448	418/61449
		$T_{ср}$=2,2	ввод С	рис. 6	715,3	60,9	419/61450	419/61451
					1170	99,6	420/61452	420/61453
					1169	99,5	421/61454	421/61455
					1172	99,7	423/61458	423/61459

Таблица 20 (продолжение)

Вид испы-таний	Испытательное напряжение, кВ	Параметры импульса, мкс	Подача напряжения	Номер рис. осциллограмм	Амплитуда прикладываемого импульса		Номер осциллограммы	
					кВ	%	импульса	формы тока в заземлении обмотки
КИ	850 ± 3 %	22/734 (T_{90} = 130)	ввод А	рис. 7	519,5	61,1	434/61480	434/61481
					842,1	99,1	436/61484	436/61485
					840,7	98,9	437/61486	437/61487
					844,6	99,4	438/61488	438/61489
		22/732 (T_{90} = 128)	ввод В	рис. 8	520,0	61,2	429/61470	429/61471
					852,2	100,3	431/61474	431/61475
					848,6	99,8	432/61476	432/61477
					844,4	99,3	433/61478	433/61479
		22/734 (T_{90} = 130)	ввод С	рис. 9	525,3	61,8	424/61460	424/61461
					841,4	99,0	426/61464	426/61465
					843,5	99,2	427/61466	427/61467
					849,5	99,9	428/61468	428/61469

6.19.6 Во время испытаний недопустимых повреждений изоляции не обнаружено.

Искажений формы осциллограмм, полученных при испытательных напряжениях 100%$U_{исп}$, по сравнению с образцовыми осциллограммами при сниженном напряжении (60 – 70) % $U_{исп}$, не отмечено (рис. 1 – 9).

Реактор выдержал испытание импульсными напряжениями.

Испытание по п. 6.19 провёл:

главный специалист Е.Г. Дарчева

13 июня 2016 г.
(дата испытаний)