

НПО «ЭЛСИБ» ПАО

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор

НПО «ЭЛСИБ» ПАО

А.В. Чириков

“14” 08. 2024 г.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТФ-90-2УХЛ4

С ПОДСИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКЕ
РОТОРА (СКВЗ)

ЯКУТСКАЯ ГРЭС-2

Техническое задание и заказная спецификация

101.1710-24 ТЗ

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления

силовой электроники

А.И. Кадышев

“17” 04. 2024 г.

Заместитель начальника

Управления силовой

электроники

Р.В. Трудов

“17” апреля 2024 г.

Новосибирск 2024

1. НАЗНАЧЕНИЕ

- 1.1. Комплекс программно-технический технологического мониторинга "ПТК СТК" предназначен для укомплектования турбогенераторов типа ТФ-70Н-2УЗ производства НПО «ЭЛСИБ» ПАО.

2. ТИП И ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРА

- 2.1. Тип турбогенератора-ТФ-90-2УХЛ4

- 2.2. Основные технические данные турбогенератора:

- номинальная мощность:

-полная - 112,5 МВА

-активная - 90 МВт

- номинальное напряжение - 10,5 кВ

- номинальный ток - 6186 А

- номинальная частота - 50 Гц

- номинальная частота

вращения - 3000 об/мин

- номинальное напряжение

возбуждения - 220 В

- номинальный ток

возбуждения - 1350 А

- 2.3. Заказчик турбогенератора:

АО «УТЗ»

- 2.4. Место установки генератора: Якутская ГРЭС-2, республика Саха (Якутия), Российская Федерация.

3. ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА И СИСТЕМ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- 3.1. Параметры контроля турбогенератора и его систем обеспечения приведены в «Перечне сигналов и датчиков турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 (без системы тиристорного возбуждения)».

Перечень сигналов и датчиков турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4
(без системы тиристорного возбуждения) для системы технологического
контроля

Диапазон измерения	Вых. сигнал датч.	Тип датчика	Наименование параметра (В скобках номера по схеме теплоконтроля)	Кол. дат.	Вид параметра	Примечание
Аналоговые сигналы						
0-20 кВ	4-20 мА		Линейные напряжения статора, мгновенные значен.	3	Измер.	
0-15 кА	4-20 мА		Ток статора по фазам, мгновенные значения	3	Измер.	
0-3000 А	4-20 мА		Ток возбуждения	1	Измер.	
0-1000 В	4-20 мА		Напряжение возбуждения	1	Измер.	
0-120 МВт	4-20 мА		Активная мощность	1	Измер.	
±100 Мвар	4-20 мА		Реактивная мощность	1	Измер.	
0-1000 В	4-20 мА		Напряжение нулевой последовательности $3U_0$	1	Измер.	
0-1000 А			Ток обратной последовательности I_2		Вычисляем.	
46-52 Гц	4-20 мА		Частота напряжения генератора	1	Изм.	
0-150 °С	ТС Pt100	ТС-1388/ BF3/13/ Pt100	Температура сердечника статора	9	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °С	ТС Pt100		Температура обмотки статора	9	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °С	ТС Pt100	ТС-1288/ -рис10/ Pt100	Температура горячего воздуха	6	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °С	ТС Pt100		Температура холодного воздуха	8	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °С	ТС Pt100	ТС-1388/ BF2/рис.5/ Pt100	Температура вкладыша подшипника генератора ст. В	4	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °С	ТС Pt100	ТС-1088/-/ рис.8/-/ Pt100	Температура масла на сливе из подшипников генератора	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ 1 шт. ст. В
0-150 °С	ТС Pt100		Температура масла на входе в подшипники	1	Измер.	

0-150 °C	ТС Pt100	ТС-1088/- /рис.8 Pt100	Температура охлаждающей воды на входе в воздухоохладители	1	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °C	ТС Pt100	ТС-1088/- /рис.8 Pt100	Температура охлаждающей воды на выходе из воздухоохладителей ВО1, ВО2, ВО3, ВО4	4	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-150 °C	ТС Pt100	ТС-1388- /21 Pt100	Температура горячего воздуха в камере щеточной траверсы	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
			Температура холодного воздуха подставке траверсы			
			Разность температур (tr-tx) в щетоно-контактном аппарате по ТС	1	Вычис- ляем. Сигни. при (tr-tx) +2 °C	Опреде- ляется при пуско- наладке
0-150 °C	ТС Pt100	ТС-1088/-/ рис.8/-/ Pt100	Температура воздуха до и после испарительного аппарата в системе влагоудаления (ТС2, ТС1)	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-100 %	4-20 мА	ИПТВ- 206/МЗ-04	Влажность воздуха в корпусе генератора	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-100 °C	4-20 мА	ИПТВ- 206/МЗ-04	Температура воздуха по преобразователю влажности	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-100 °C			Определение точки росы по преобразоват. Влажности	2	Вычис- ляем.	
0-1,6 кПа	4-20 мА	АИР-20	Давление воздуха в уплотнениях генератора	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-1,6 кПа	4-20 мА	Напоромер НМП- 100М1	Давление воздуха после вентиляторов наддува и в цепи влагоудаления	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-600 кПа	4-20 мА	АИР-20	Давление охлад. воды на входе в воздухоохладит.	1	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-600 кПа	4-20 мА	АИР-20	Давление охлаждающей воды на выходе из воздухоохладителей	1	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-400 м³/ч	4-20 мА	ВЗЛЕТ УРСВ 744	Суммарный расход охлаждающей воды на четыре воздухоохладителя	3	Измер.	Постав. ЭЛСИБ

0-100 м³/ч	4-20 мА	ВЗЛЕТ УРСВ 744	Расход охлаждающей воды через каждый воздухоохладитель	4	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
0-100 кПа	4-20 мА		Давление масла на входе в подшипники генератора ст. В и ст. Т	2	Измер.	
0-16 м³/ч	4-20 мА		Расход масла на входе в подшипники генератора ст. В и ст. Т	1	Измер.	
0-30 мм/с или 0-20 мм/с			Вибрация подшипника генератора стороны выводов, СКЗ в полосе 10-1000 Гц	3	Измер. непре- рывно всех кана- лов	
			Вибрация подшипника генератора стороны турбины, СКЗ в полосе 10-1000 Гц	3		
		Емкостные датчики CS-12-1300	Частичные разряды в изоляции статора.	3	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
		ПМИ-2	Определение витковых замыканий	2	Измер.	Постав. ЭЛСИБ
Входные дискретные сигналы						
		РИЗУР-901	Жидкость в корпусе генератора	3		Постав. ЭЛСИБ
		JUVTEK K40-4	Контроль изоляции подшипника генератора	1		Постав. ЭЛСИБ
			Аварийное отключение центробежных вентиляторов системы наддува и влагоудаления	3		
			Включение двигателей приводов запорной арматуры системы наддува и влагоудаления	4		
			Включение двигателей насосов подачи охлаждающей воды в воздухоохладители генератора	2		
Выходные дискретные сигналы						
			Сигнализация на ГЩУ	1		По согласовани ю с орган, проектирую щей станцию
			Сигнализация в АСУТП	1	АСУТП	

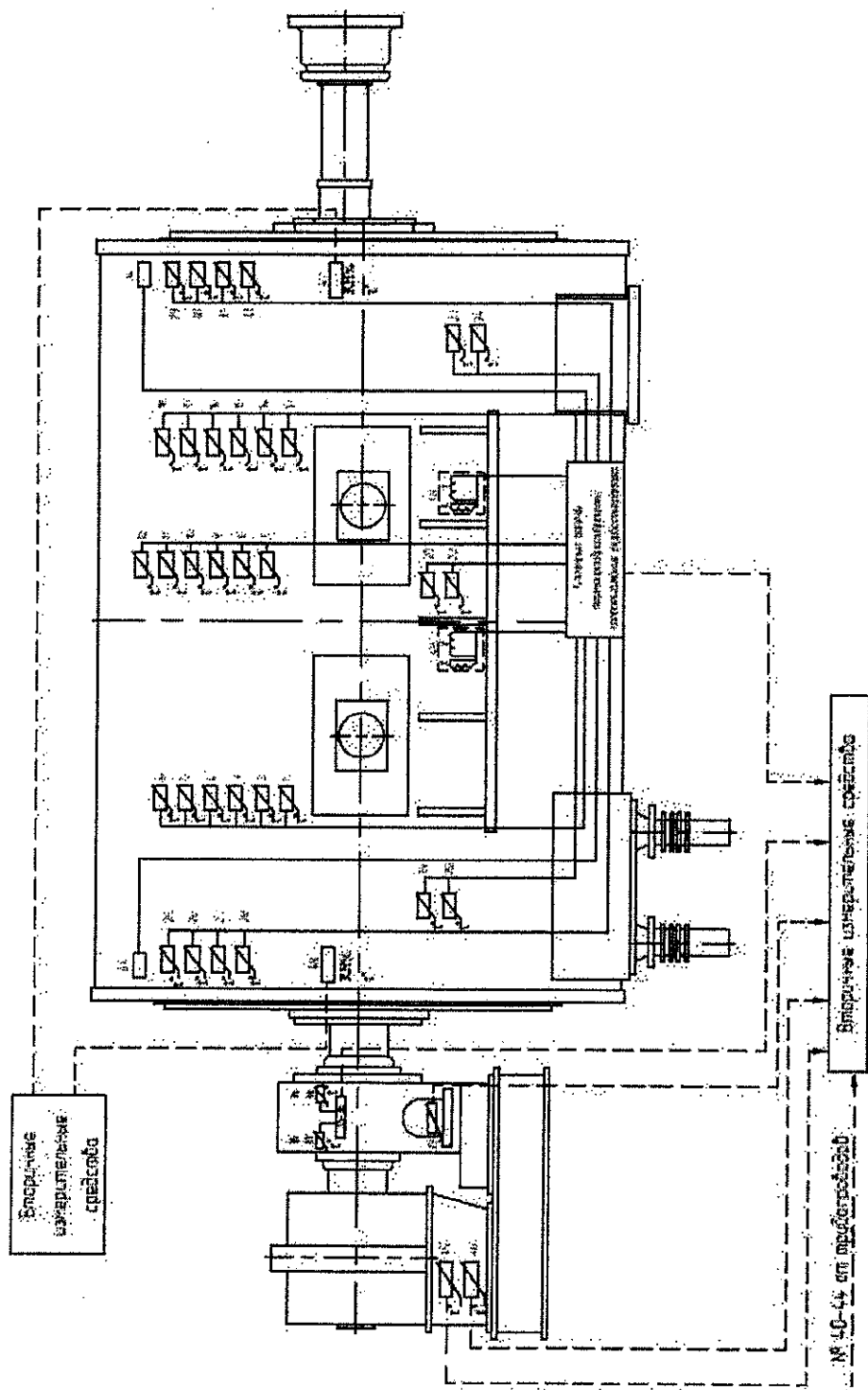


Рис.1 - Установка теплоконтроля (термопреобразователей сопротивления, измерительных преобразователей влажности и пожарных извещателей) соответствует чертежу «Схема теплоконтроля», датчиков давления в камерах уплотнений – схеме

ИАЕЛ.651 121.005-01 ХЗ

- 3.2. Полный перечень конкретных измеряемых, вычисляемых, входных и выходных дискретных параметров, и сигналов приведен в таблицах, входящих в «Заказную спецификацию на комплекс программно-технический технологического мониторинга параметров ПТК СТК турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для ЯКУТСКОЙ ГРЭС-2.
- 3.3. Сигналы технологических параметров турбогенератора, необходимые для обеспечения электрических и технологических защит, от соответствующих датчиков передаются непосредственно в АСУТП энергоблока, минуя ПТК СТК:
- все электрические параметры турбогенератора (Y1... Y12);
 - сигналы по температуре вкладышей подшипника генераторов (Y53... Y56);
 - сигналы по температуре масла на сливе из подшипников (Y57... Y59);
 - сигнал о суммарном расходе охлаждающей воды на четыре воздухоохладителя (Y75... Y77);
 - сигналы о вибрации подшипников (Y88... Y93).
- 3.4. Остальные сигналы параметров турбогенератора и его систем передаются в ПТК СТК.
- 3.5. Для целостного отражения состояния турбогенератора и его систем сигналы, указанные в п. 3.3, должны передаваться в ПТК СТК в цифровом виде по интерфейсу Ethernet, протокол обмена Modbus TCP.
- 3.6. ПТК СТК должен обеспечивать возможность выдачи в АСУТП энергоблока всей имеющейся в ПТК СТК информации по контролируемому турбогенератору (измеренной и полученной после алгоритмической обработки), по интерфейсу Ethernet, протоколу Modbus/TCP
- 3.7. При выходе значений контролируемых параметров за предупредительные и аварийные уставки, при отклонениях от нормы, при неисправностях системы на выходе ПТК СТК должны выдаваться соответствующие групповые сигналы.
- 3.8. Предусмотреть питание от ПТК СТК всех датчиков технологического контроля генератора с выходным сигналом 4-20 мА, по двухпроводной линии с индивидуальной гальванической изоляцией каждого канала.

Параметры питания датчиков, поставляемых НПО «ЭЛСИБ» ПАО:

- датчик давления воздуха в уплотнениях генератора Метран 150 CG1 0-1,6 кПа AS5 – 2 шт.

Питание: 12-42 В постоянного тока, 0,8 ВА

-датчик влажности и температуры воздуха в корпусе генератора
ИПТВ-206/МЗ-04 – 2 шт.

Питание: постоянный ток: 24В±2,4В, 1 Вт.

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (ПО)

4.1 Программное обеспечение должно быть разделено на базовое (фирменное), поставляемое разработчиком, и прикладное(пользовательское).

4.2 Все ПО должны быть лицензионно чистым.

4.3 ПО должно поставляться с бессрочными правами пользования.

4.4 Прикладное ПО должно обеспечивать возможность редактирования технологических программ, компиляцию и загрузку в контроллеры персоналом Заказчика без ограничений по времени и количеству.

4.5 Технологические программы должны быть строго структурированы, написаны в едином стиле и иметь комментарии. Поясняющие работу ключевых алгоритмов.

4.6 Объекты и линии связи программ, написанных с использованием графических редакторов, должны быть взаимно упорядочены и разбиты по экранам для обеспечения возможности анализа в процессе сопровождения системы.

4.7 Должна быть возможность задания паролей и установления границ санкционированного доступа при внесении изменений в прикладное ПО.

4.8 Базовое и прикладное ПО должны сопровождаться полным комплектом эксплуатационной документации.

4.9 ПО ПТК СТК должно иметь полностью русифицированный интерфейс пользователя.

4.10 Защита программного обеспечения от преднамеренных и непреднамеренных изменений должна соответствовать не ниже «среднего» по Р50.2.077-2014.

4.11 Математическое обеспечение должно включать в свой состав совокупность всех алгоритмов, обеспечивающих реализацию возложенных на систему функций во всех режимах работы. Все алгоритмы должны быть переданы Заказчику.

4.12 Система кодирования сигналов, алгоритмов, видеокадров должна быть единой для стадий проектирования, монтажа и наладки, эксплуатации.

4.13 Должна быть использована система кодирования KKS.

5 ТРЕБОВАНИЯ К ИСПОЛНЕНИЮ ШКАФА ПТК СТК

5.1 Исполнение шкафа ПТК СТК – напольное с односторонним обслуживанием.

5.2 Вид климатического исполнения УХЛ4 по ГОСТ 15150-69.

5.3 Шкаф должен сохранять работоспособность при величине интенсивности сейсмического воздействия по шкале MKS-64-7 баллов.

5.4 Степень защиты шкафа – не ниже IP54 ГОСТ 14254-96.

5.5 Условия транспортирования 8 (ОЖЗ) ГОСТ 15150-69.

Схема транспортирования:

-Перевозка по железной дороге;

-Перевозка автотранспортом.

5.6 Упаковка оборудования должна быть прочной и герметичной, чтобы защитить оборудование от механических и климатических воздействий при транспортировке.

6 ТРЕБОВАНИЯ К КОМПЛЕКСУ ПТК СТК

6.1 Для повышения отказоустойчивости в ПТК СТК должен быть предусмотрен резервный контроллер. В случае выхода из строя работающего контроллера должен происходить автоматический переход управления на резервный контроллер.

6.2 Комплекс должен поставляться с первичной проверкой и калибровкой (метрологической аттестацией) измерительных каналов.

6.3 Межповерочный (межкалибровочный) интервал приобретаемых средств измерения должен быть не менее 5 лет.

6.4 ПТК СТК в части безопасности должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0-75, а в части пожаробезопасности ГОСТ 12.1.004-91.

6.5 Комплекс ПТК СТК должен иметь подтверждение соответствия требованиям Технических регламентов Таможенного союза:

ТР ТС №04/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»;

ТР ТС №020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

7. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

7.1 В комплект поставки должны входить:

- шкаф ПТК СТК;
- комплект КД; Эксплуатационная и техническая документация на бумажном носителе в 3-х экземплярах и в электронном виде (на диске) - 1 экземпляр;
- комплект прикладного ПО на оптическом носителе и USB-флеш-накопителе;
- паспорт;
- руководство по эксплуатации на шкаф ПТК СТК;
- упаковочная ведомость;
- комплект ЗИП;
- методика поверки.

8 СРОК ПОСТАВКИ

8.1 Срок поставки ПТК СТК:

Ноябрь 2024 г.

**ЗАКАЗНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ
НА КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ
«ПТК СТК» ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТФ-90-2УХЛ4
ЯКУТСКОЙ ГРЭС-2**

ЗАКАЗНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ	1
1. Таблица аналоговых измеряемых параметров турбогенератора типа ТФ-90-2УХЛ4, Якутская ГРЭС-2	2
2. Таблица дискретных входных сигналов турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2	9
3. Таблица вычисляемых параметров турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4, Якутская ГРЭС-2 ..	11
4. Алгоритмы определения вычисляемых параметров турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4	12
4.1 Вычисляемые параметры	12
4.2 Алгоритмы вычисляемых параметров, используемых для сигнализации	14
5. Выходные сигналы ПТК СТК турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2 ...	17
6. Сводные данные по измеряемым, вводимым параметрам и выходным сигналам турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2	18

Начальник Управления
силовой электроники



А.И. Кадышев

Заместитель начальника
Управления силовой электроники



Р.В. Трудов

1. Таблица аналоговых измеряемых параметров турбогенератора типа ТФ-90-2УХЛ4, Якутская ГРЭС-2

Таблица 1

Идентификатор	Системный идентификатор	Наименование	Ед. измер ения	Диапазон измерений	Номина. значение или рабочий диапазон	Уставки				Тип измерительного или нормирующего преобразователя (выходной сигнал)	Ответственный за поставку преобразователя	Прим.
						Верхняя аварийная	Верхняя предупредите льная	Нижняя предупредите льная	Нижняя аварийная			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y1		Напряжение статора лин. UV	кВ	0 – 20	10,5	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y2		Напряжение статора лин. VW	кВ	0 – 20	10,5	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y3		Напряжение статора лин. WU	кВ	0 – 20	10,5	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5с	*	
Y4		Ток статора фаза U	кА	0 - 15	6,186	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y5		Ток статора фаза V	кА	0 - 15	6,186	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y6		Ток статора фаза W	кА	0 - 15	6,186	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y7		Ток возбуждения	А	0 - 3000	1350	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	**	
Y8		Напряжение возбуждения	В	0-1000	220	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	**	
Y9		Мощность активная	МВт	0-120	90	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y10		Мощность реактивная	Мвар	±100	-42...+90	-	-	-	-	4±20 мА,0,5 с	*	
Y11		Напряжение нулевой последовательности 3U0	В	0-1000	0-100	-	-	-	-	4-20 мА, 0,5 с	*	
Y12		Частота напряжения генератора	Гц	46-52	50	-	51	49	46	4-20 мА, 0,5 с	*	

ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y21	XXMKA 10CT052	Температура (Т) сердечника статора паз № 14 (ст. В)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y22	XXMKA 10CT058	Т серд. статора паз № 14, середина	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y23	XXMKA 10CT064	Т серд. статора паз № 14 (ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y24	XXMKA 10CT054	Т серд. статора паз № 35 (ст.В)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y25	XXMKA 10CT060	Т серд. статора паз № 35, середина	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y26	XXMKA 10CT066	Т серд. статора паз № 35 (ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y27	XXMKA 10CT056	Т серд. статора паз № 55 (ст.В)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y28	XXMKA 10CT062	Т серд. статора паз № 55, середина	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y29	XXMKA 10CT068	Т серд. статора паз № 55 (ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 120	-	120	-	-	Pt100	**	
Y30	XXMKA 10CT051	Т обм. статора паз № 13 (ф. U, ст.В)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y31	XXMKA 10CT057	Т обм. статора паз № 13 (ф U сред)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y32	XXMKA 10CT063	Т обм. статора паз № 13 (ф. U, ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y33	XXMKA 10CT053	Т обм. статора паз № 34 (ф. W ст.В)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y34	XXMKA 10CT059	Т обм. статора паз № 34 (ф. W сред)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y35	XXMKA 10CT065	Т обм. статора паз № 34 (ф. W, ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y36	XXMKA 10CT055	Т обм. статора паз № 53 (ф. V, ст.В)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y37	XXMKA 10CT061	Т обм. статора паз № 53 (ф. V сред)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	
Y38	XXMKA 10CT067	Т обм. статора паз № 53 (ф. V, ст.Т)	° C	0 – 150	30 – 125	-	125	-	-	Pt100	**	

ТФ-90-2УХЛ14 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y39	XXMKA 10CT001	Т холодного воздуха сторона выводов (ст. В)	° C	0-150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y40	XXMKA 10CT002	Т холодного воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y41	XXMKA 10CT003	Т холодного воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y42	XXMKA 10CT004	Т холодного воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y43	XXMKA 10CT005	Т холодного воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y44	XXMKA 10CT006	Т холодного воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y45	XXMKA 10CT007	Т холодного воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y46	XXMKA 10CT008	Т холодного воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-55	55	-	22	-	Pt100	**	
Y47	XXMKA 10CT009	Т горячего воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y48	XXMKA 10CT010	Т горячего воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y49	XXMKA 10CT011	Т горячего воздуха (ст. Т)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y50	XXMKA 10CT012	Т горячего воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y51	XXMKA 10CT013	Т горячего воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y52	XXMKA 10CT014	Т горячего воздуха (ст. В)	° C	0 - 150	22-95	100	95	-	-	Pt100	**	
Y53	XXMKD 10CT051	Т вкладыша подшипника	° C	0 - 150	40-75	80	75	-	-	Pt100	**	
Y54	XXMKD 10CT052	Т вкладыша подшипника	° C	0 - 150	40-75	80	75	-	-	Pt100	**	
Y55	XXMKD 10CT053	Т вкладыша подшипника	° C	0 - 150	40-75	80	75	-	-	Pt100	**	
Y56	XXMKD 10CT054	Т вкладыша подшипника	° C	0 - 150	40-75	80	75	-	-	Pt100	**	

ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
У57	ХХМВ 01СТ001	Т масла на сливе из подшипника ст. В	° С	0 – 150	40-60	65	60	-	-	Pt100	**	
У58		Т масла на сливе из подшипника ст. Т	° С	0 – 150	40-60	65	60	-	-	Pt100	*	
У59		Т масла на входе в подшипники	° С	0 – 150	20 - 45	-	45	35	-	Pt100	*	
У60	ХХРСМ 70СТ001	Т воды на входе в воздухоохладители	° С	0 – 150	12 - 33	37	33	12	-	Pt100	**	
У61	ХХРСМ 71СТ001	Т воды на выходе из воздухоохладителя ВО1	° С	0 – 150	18 - 47	-	47	-	-	Pt100	**	
У62	ХХРСМ 72СТ001	Т воды на выходе из воздухоохладителя ВО2	° С	0 – 150	18 - 47	-	47	-	-	Pt100	**	
У63	ХХРСМ 73СТ001	Т воды на выходе из воздухоохладителя ВО3	° С	0 – 150	18 - 47	-	47	-	-	Pt100	**	
У64	ХХРСМ 74СТ001	Т воды на выходе из воздухоохладителя ВО4	° С	0 – 150	18 - 47	-	47	-	-	Pt100	**	
У65	ХХМКА 10СТ017	Т горячего воздуха в камере щеточной traversы	° С	0 – 150	20 - 85	-	70	-	-	Pt100	**	
У66	ХХМКА 10СТ018	Т холодного воздуха в подставке traversы	° С	0 – 150	20 – 55	-	-	-	-	Pt100	**	
У67	ХХМКГ 10СТ001	Температура воздуха на входе в испарительный аппарат	° С	0 – 150	15 - 55	-	-	-	-	Pt100	**	
У68	ХХМКГ 10СТ002	Температура воздуха на выходе из испарительного аппарата	° С	0 – 150	0 - 15	-	5	-	-	Pt100	**	
У69	ХХРСМ 70СР001	Давление воды на входе в воздухоохладители (ВО)	кПа	0 – 400	-	-	343	196	-	4-20мА, 2с	**	
У70	ХХРСМ 70СР002	Давление воды на выходе из ВО	кПа	0 – 400	0 - 100	-	-	-	-	4-20мА, 2с	**	
У71	ХХРСМ 71СР001	Расход воды через ВО1	м³/ч	0 – 100	70	-	80	52,5	35	4-20мА, 2с	**	

ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
У72	XXPCM 72CF001	Расход воды через ВО2	м³/ч	0 – 100	70	-	80	52,5	35	4-20мА, 2с	**	
У73	XXPCM 73CF001	Расход воды через ВО3	м³/ч	0 – 100	70	-	80	52,5	35	4-20мА, 2с	**	
У74	XXPCM 74CF001	Расход воды через ВО4	м³/ч	0 – 100	70	-	80	52,5	35	4-20мА, 2с	**	
У75	XXPCM 70CF001	Суммарный расход воды на четыре воздухоохладителя	м³/ч	0 – 400	280	-	320	210	140	4-20мА, 2с	**	
У76	XXPCM 70CF002	Суммарный расход воды на четыре воздухоохладителя	м³/ч	0 – 400	280	-	320	210	140	4-20мА, 2с	**	
У77	XXPCM 70CF003	Суммарный расход воды на четыре воздухоохладителя	м³/ч	0 – 400	280	-	320	210	140	4-20мА, 2с	**	
У78		Расход масла на входе в подшипник ст. В	м³/ч	0-16	9	-	-	-	-	4-20мА, 2с	*	
У79	XXMKAI 0CM002	Влажность воздуха в корпусе генератора (ст. Т)	%	0 – 100	30	-	30	-	-	4-20мА, 2с	**	
У80	XXVMAI 0CM001	Влажность воздуха в корпусе генератора (ст. В)	%	0 – 100	30	-	30	-	-	4-20мА, 2с	**	
У81	XXMKA 10CT016	Т воздуха по преобразователю влажности (ст. Т)	°С	0 – 100	0-40	-	-	-	-	4-20мА, 2с	**	
У82	XXMKA 10CT015	Т воздуха по преобразователю влажности (ст. В)	°С	0 – 100	0-40	-	-	-	-	4-20мА, 2с	**	
У83	XXMKA 10CP002	Давление воздуха в камере уплотнения вала (ст. В)	кПа	0-1,6	-	-	-	0,2	-	4-20мА, 2с	**	
У84	XXMKA 10CP001	Давление воздуха в камере уплотнения вала (ст. Т)	кПа	0-1,6	-	-	-	0,2	-	4-20мА, 2с	**	
У85	XXMKG 10CP501	Давление воздуха после вентиляторов наддува	кПа	0-1,6	-	-	-	-	-	4-20мА, 2с	**	
У86	XXMKG 10CP502	Давление воздуха в цепи влагоудаления	кПа	0-1,6	-	-	-	-	-	4-20мА, 2с	**	

ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
У87		Давление масла на входе в подшипники генератора	кПа	0 - 100	30 - 50	-	-	30	-	4-20мА, 2с	*	
У88		Вибрация подшипников генератора стороны выводов СКЗ	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20мА, 2с	*	
У89		Вибрация подшипников генератора стороны выводов СКЗ	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20мА, 2с	*	
У90		Вибрация подшипников генератора стороны выводов СКЗ в полосе 10-1000 Гц	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20 мА, 2с	*	
У91		Вибрация подшипников генератора стороны турбины СКЗ в полосе 10-1000 Гц	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20 мА, 2с	*	
У92		Вибрация подшипников генератора стороны турбины СКЗ в полосе 10-1000 Гц	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20 мА, 2с	*	
У93		Вибрация подшипников генератора стороны турбины СКЗ в полосе 10-1000 Гц	мм/с	0 - 30 или	-	11.2	7.1	-	-	4-20 мА, 2с	*	
У94	ХХМКА 10СЕ004	Магнитное поле в воздушном зазоре, датчик 1, тангенциальное									**	
У95		Магнитное поле в воздушном зазоре, датчик 1, радиальное									**	
У96	ХХМКА 10СЕ005	Магнитное поле в воздушном зазоре, датчик 2, тангенциальное									**	
У97		Магнитное поле в воздушном зазоре, датчик 2, радиальное									**	
У98	ХХМКА1 0СЕ001	Частичные разряды, фаза U									**	

ТФ-90-2УХЛ14 для Якутской ГРЭС-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Y99	XXMK10 CE002	Частичные разряды, фаза V									**	
Y100	XXMK10 CE003	Частичные разряды, фаза W									**	
Y101		Резервный канал								4-20 мА, 0,5с		
Y102		Резервный канал								4-20 мА, 0,5с		
Y103		Резервный канал								4-20 мА, 0,5с		
Y104		Резервный канал								4-20 мА, 0,5с		
Y105		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y106		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y107		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y108		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y109		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y110		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y110		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y112		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y113		Резервный канал								4-20 мА, 2с		
Y114		Резервный канал								Pt100		
Y115		Резервный канал								Pt100		
Y116		Резервный канал								Pt100		
Y117		Резервный канал								Pt100		
Y118		Резервный канал								Pt100		
Y119		Резервный канал								Pt100		
Y120		Резервный канал								Pt100		
Y121		Резервный канал								Pt100		
Y999		Т в шкафу СТК	°С	-	-	-	-	-	-	-	***	

Примечания: * - не входит в комплект поставки НПО «ЭЛСИБ» ПАО
 ** - входит в комплект поставки НПО «ЭЛСИБ» ПАО
 *** - поставка изготовителя ИПК
 **** - на знакоместах «G» и «Fo» в коде KKS вместо XX применять:
 10 - для энергоблока №1;
 20 - для энергоблока №2.

Термопреобразователи сопротивления с НСХ Pt100 4-х проводные

2. Таблица дискретных входных сигналов турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

Таблица 2

Идентификатор	Системный идентификатор	Наименование параметра	Тип датчика	Пределы измерений	Вид сигнала	Поставщик датчика	Примечание
D1	XXMKG10CL101	Жидкость в корпусе генератора РУ1 (сигнал)	РИЗУР-901		СК	**	
D2	XXMKG10CL102	Жидкость в корпусе генератора РУ2 (сигнал)	РИЗУР-901		СК	**	
D3	XXMKG10CL103	Жидкость в корпусе генератора РУ3 (сигнал)	РИЗУР-901		СК	**	
D4	XXMKD30CE001	Контроль изоляции подшипника генератора	JUVTEK K40-4		СК	**	
D5	-	Работает насос воздухоохладителей Н1 (сигнал)			220В	*	
D6	-	Аварийное отключение насоса воздухоохладителей Н1			220В	*	
D7	-	Работает насос воздухоохладителей Н2 (сигнал)			220В	*	
D8	-	Аварийное отключение насоса воздухоохладителей Н2			220В	*	
D9	-	Работает вентилятор ЦВ1 (сигнал)			220В	*	
D10	-	Аварийное отключение вентилятора ЦВ1			220В	*	
D11	-	Работает вентилятор ЦВ2 (сигнал)			220В	*	
D12	-	Аварийное отключение вентилятора ЦВ2			220В	*	

D13	-	Работает вентилятор ЦВЗ (сигнал)			220В	*	
D14	-	Аварийное отключение вентилятора ЦВЗ			220В	*	
D15	-	Включение электропривода крана В2 (сигнал)			220В	*	
D16	-	Включение электропривода крана В6 (сигнал)			220В	*	
D17	-	Включение электропривода крана В7 (сигнал)			220В	*	
D18	-	Включение электропривода крана В14 (сигнал)			220В	*	
D19		Резервный канал			СК		
D20		Резервный канал			СК		
D21		Резервный канал			СК		
D22		Резервный канал			СК		

Примечание: * не входит в поставку НПО «ЭЛСИБ» ПАО

** входит в комплект поставки НПО «ЭЛСИБ» ПАО

3. Таблица вычисляемых параметров турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4, Якутская ГРЭС-2

Таблица 3

Иден-тификатор канала	Системный идентификатор	Наименование параметра	Предел измерения	Единица измерения	Уставки					Примечание
					ВА	ВП	ПП	НП	НА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ZY1		Мощность полная	0-120	МВА	-	112,5	-	-	-	АЛГ.4.1.1
ZY2		Коэффициент мощности	0-1	Отн. ед.	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.2
ZY3		Ток обратной последовательности	0-100	%	-	5	-	-	-	АЛГ.4.1.3
ZY4		Температура обмотки ротора	0-150	°C	-	120	-	-	-	АЛГ.4.1.5
ZY101		Мощность активная	0-120	МВт	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY102		Мощность реактивная	±100	МВАр	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY103		Частота	46-52	Гц	51,5	51	-	49	46	АЛГ.4.1.4
ZY104		Напряжение статора UV	0-20	кВ	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY105		Напряжение статора VW	0-20	кВ	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY106		Напряжения статора WU	0-20	кВ	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY107		Ток статора фаза U	0-15	кА	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY108		Ток статора фаза V	0-15	кА	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY109		Ток статора фаза W	0-15	кА	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY110		Напряжение возбуждения	0-1000	В	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY111		Ток возбуждения	0-3000	А	-	-	-	-	-	АЛГ.4.1.4
ZY21		Т. хол. газа средняя ст. В	0-150	°C	55	40	-	-	22	АЛГ.4.1.6
ZY22		Т. хол. газа средняя ст. Г	0-150	°C	55	40	-	-	22	АЛГ.4.1.6
ZY23		Т. хол. газа средняя	0-150	°C	55	40	-	-	22	АЛГ.4.1.6
ZY24		Т. гор. газа средняя	0-150	°C	-	95	-	-	-	АЛГ.4.1.7
ZY25		Превыш. Т серд. статора (паз№14, ст. В)	0-150	°C	-	80	-	-	-	АЛГ.4.1.8

* Максимальная разность температур уточняется для каждого генератора при работе в режиме номинального тока ротора.
Уставка на сигнал задается на 2°С больше этой максимальной разности.

4. Алгоритмы определения вычисляемых параметров турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4

4.1 Вычисляемые параметры

4.1.1 Определение полной мощности ZY1.

$$ZY1 = \text{SQRT}(Y9^{**2} + Y10^{**2})$$

4.1.2 Определение коэффициента мощности ZY2.

$$ZY2 = Y9 / ZY1$$

4.1.3 Определение тока обратной последовательности ZY3.

$$ZY3 = [\text{SQRT}((2 * Y4 - Y5 - Y6)^{**2} + 3 * (Y5 - Y6)^{**2})] / 6$$

4.1.4 Определение максимальных значений за 5с параметров, опрашиваемых каждые 0.5с.

ZY101-ZY109

$$ZY101 = \text{MAX}(Y9(1) \dots Y9(10))$$

$$ZY102 = \text{MAX}(Y10(1) \dots Y10(10))$$

$$ZY103 = \text{MAX}(Y12(1) \dots Y12(10))$$

$$ZY104 = \text{MAX}(Y1(1) \dots Y1(10))$$

$$ZY105 = \text{MAX}(Y2(1) \dots Y2(10))$$

$$ZY106 = \text{MAX}(Y3(1) \dots Y3(10))$$

$$ZY107 = \text{MAX}(Y4(1) \dots Y4(10))$$

$$ZY108 = \text{MAX}(Y5(1) \dots Y5(10))$$

$$ZY109 = \text{MAX}(Y6(1) \dots Y6(10))$$

$$ZY110 = \text{MAX}(Y8(1) \dots Y8(10))$$

$$ZY111 = \text{MAX}(Y7(1) \dots Y7(10))$$

4.1.5 Определение температуры обмотки ротора

$$ZY4=(2071*Y8/Y7)-235$$

4.1.6 Температура холодного воздуха (средняя)

$$ZY21=(Y39+Y40+Y41+Y42)/4 \text{ сторона В}$$

$$ZY22=(Y43+Y44+Y45+Y46)/4 \text{ сторона Т}$$

$$ZY23=(ZY21+ZY22)/2$$

4.1.7 Температура горячего воздуха (средняя)

$$ZY24=(Y47+Y48+Y49+Y50+Y51+Y52)/6$$

4.1.8-16 Превышение температуры сердечника статора ΔT_c

$$4.1.8 \quad ZY25=Y21-ZY21 \text{ (паз №14, ст. В)}$$

$$4.1.9 \quad ZY26=Y22-ZY23 \text{ (паз №14, середина)}$$

$$4.1.10 \quad ZY27=Y23-ZY22 \text{ (паз №14, ст.Т)}$$

$$4.1.11 \quad ZY28=Y24-ZY21 \text{ (паз №35, ст.В)}$$

$$4.1.12 \quad ZY29=Y25-ZY23 \text{ (паз №35, середина)}$$

$$4.1.13 \quad ZY30=Y26-ZY22 \text{ (паз №35, ст.Т)}$$

$$4.1.14 \quad ZY31=Y27-ZY21 \text{ (паз №55, ст. В)}$$

$$4.1.15 \quad ZY32=Y28-ZY23 \text{ (паз №55, середина)}$$

$$4.1.16 \quad ZY33=Y29-ZY22 \text{ (паз №55, ст.Т)}$$

4.1.17-25 Превышение температуры меди обмотки статора ΔT_m

$$4.1.17 \quad ZY34=Y30-ZY21 \text{ (ф.У, ст. В, паз №13)}$$

$$4.1.18 \quad ZY35=Y31-ZY23 \text{ (ф.У, середина, паз №13)}$$

$$4.1.19 \quad ZY36=Y32-ZY22 \text{ (ф.У, ст.Т, паз №13)}$$

$$4.1.20 \quad ZY37=Y33-ZY21 \text{ (ф.В, ст. В, паз 34)}$$

$$4.1.21 \quad ZY38=Y34-ZY23 \text{ (ф.В, середина, паз №34)}$$

- 4.1.22 $ZY39=Y35-ZY22$ (ф. W, ст. Т, паз №34)
 4.1.23 $ZY40=Y36-ZY21$ (ф. V, ст. В, паз №53)
 4.1.24 $ZY41=Y37-ZY23$ (ф. V, середина, паз №53)
 4.1.25 $ZY42=Y38-ZY22$ (ф. V, ст. Т, паз №53)

4.1.26 Превышение температуры обмотки ротора

$$ZY43=ZY4-ZY23$$

4.1.27 Разность температур горячего и холодного воздуха в камере щеточной траверсы

$$ZY44=Y65-Y66$$

4.1.28 Точка росы

Точка росы

$ZY47=K1 * ZY45 - T01$ - точка росы, где:

$ZY45=(Y81+ Y82)/2$ (средняя температура по датчикам влажности),

$ZY46=(Y79+ Y80)/2$ (средняя относительная влажность по датчикам влажности).

$K1= 1-0,218*(1-ZY46/100) +0,239* ((1- ZY46/100) **2)-0,388((1- ZY46/100) **3)$

$T01=21,89*(1- ZY46/100)-29,3*((1- ZY46/100) **2) +42,38*((1- ZY46/100) **3)$

4.2 Алгоритмы вычисляемых параметров, используемых для сигнализации

4.2.1 Обобщенный сигнал «Отклонение температуры от нормы» ZD1.

$ZD1=1$, если хотя бы на одном канале зафиксирован выход температуры за пределы уставок.

$ZD1=0$, если все температурные параметры в пределах нормы.

4.2.2 Обобщенный сигнал «Неисправность системы маслоснабжения подшипников» ZD2.

$ZD2=1$ вырабатывается при условии возникновения хотя бы одного из следующих событий:

- температура баббита вкладышей подшипников $Y53...Y56$ выше нормы;

- температура масла на сливе подшипников Y57...Y58 выше нормы.

- температура масла на входе в подшипники Y59 находится за пределами уставок;

- давление масла на входе в подшипники генератора Y87 ниже нормы;

Сигнал не вырабатывается ($ZD2=0$), если ни одно из перечисленных выше событий не имело места.

4.2.3 Обобщенный сигнал «Неисправность системы охлаждения генератора» ZD3

ZD3=1 вырабатывается при условии возникновения хотя бы одного из следующих событий:

- температуры холодного воздуха Y39...Y46 находятся за пределами уставок;

- температуры горячего воздуха Y47...Y52 находятся за пределами уставок;

- температура горячего воздуха в камере щеточной траверсы Y65 находится за пределом уставки;

- разность температур горячего и холодного воздуха в камере щеточной траверсы ZY44 превышает уставку;

- температуры технической воды на выходе из воздухоохладителей генератора Y61...Y64 находятся за пределами уставок;

- температура технической воды на входе в воздухоохладители генератора Y60 находится за пределами уставок;

- давление воды на входе Y69 находится за пределами уставок;

- расходы воды через воздухоохладители Y71...Y74 находятся за пределами уставок;

- температура воздуха на выходе из испарительного аппарата Y68 выше уставки;

- влажность воздуха в корпусе генератора Y79...Y80 выше уставки;

- давление воздуха в камерах уплотнения вала Y83, Y84 ниже уставки.

Сигнал не вырабатывается ($ZD2=0$), если ни одно из перечисленных выше событий не имело места.

4.2.4 Обобщенный сигнал «Жидкость в корпусе генератора» ZD4.

ZD4=1, если имеет место хотя бы один сигнал D1=1, D2=1, D3=1

ZD4=0, если D1 =0, D2=0, D3=0.

4.2.5 Сигналы «Срабатывание технологической защиты» выдаются при любом из следующих условий:

4.2.5.1 При снижении суммарного расхода охлаждающей воды в воздухоохладителях до 50% номинального (Y75, Y76, Y77) - сигнал DD09;

4.2.5.2 При повышении температуры вкладышей подшипников генератора до 80°C (Y53...Y56) - сигнал DD10.

5. Выходные сигналы ПТК СТК турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

Таблица 4

Идентифи- катор канала	Системный идентификатор	Наименование параметра	Примечание
1	2	3	4
DD00		Звуковой сигнал	Штатный сигнал ПТК
DD01		Выход за пред. предупредительной уставки	Штатный сигнал ПТК
DD02		Выход за пред. аварийной уставки	Штатный сигнал ПТК
DD03		Неисправность измерительного канала	Штатный сигнал ПТК
DD04		Неисправность ПТК	Штатный сигнал ПТК
DD05		Отклонение температуры от нормы	АЛГ 3.2.1
DD06		Жидкость в корпусе генератора	АЛГ 3.2.4
DD07		Неисправность системы маслоснабжения подшипников	АЛГ 3.2.2
DD08		Неисправность системы охлаждения генератора	АЛГ 3.2.3
DD09		Срабатывание технологической защиты при снижении суммарного расхода воды в воздухоохладителях до 50% номинального	АЛГ 3.2.5.1
DD10		Срабатывание технологической защиты при повышении температуры вкладышей подшипника генератора до 80°C	АЛГ 3.2.5.2
DD11		Подозрение на витковое замыкание в обмотке ротора	
DD12		Резерв	
DD13		Резерв	
DD14		Резерв	

6. Сводные данные по измеряемым, вводимым параметрам и выходным сигналам турбогенератора ТФ-90-2УХЛ4 для Якутской ГРЭС-2

Тип преобразователя или его выходной сигнал	Цикл опроса	Количе- ство	Примечание
1	2	3	4
Токовый сигнал 4-20 мА; 0,5 с	0,5 с	12	
Резерв токовых сигналов 4-20 мА; 0,5 с	0,5 с	4	
Токовый сигнал 4-20 мА; 2 с	2 с	25	
Резерв токовых сигналов 4-20 мА; 2 с	2 с	8	
Термосопротивление Pt100	2 с	48	Схема включения: 4-х проводная
Резерв каналов измерения температуры	2с	8	
Дискретный сигнал «сухой контакт»	-	18	
Резервные дискретные сигналы «сухой контакт»	-	4	
Выходной сигнал		12	
Резерв выходных каналов		3	

Таблица 5

Количество входных токовых каналов	49
Из них каналов с циклом опроса 0,5 с	12
резервных токовых каналов 0,5 с	4
Из них каналов с циклом опроса 2 с	25
резервных токовых каналов 2 с	8
Количество входных температурных каналов	56
Из них: число каналов измерения температуры	48
резервных каналов	8
Количество дискретных входных каналов	22
Из них: дискретных каналов	18
резервных каналов	4
Количество выходных каналов	15
Из них: дискретных каналов	12
резервных каналов	3

Турбогенератор ТФ-90-2УХЛ4

Для Якутской ГРЭС-2

Охлаждение генератора воздушное

Исполнение умеренный климат

Станция оперативного контроля не требуется (функции СОК выполняет панельный компьютер пульта оператора, встроенный в шкаф ПТК СТК)

Программное обеспечение интерфейсов с АСУ ТП станции требуется

Сетевые средства для связи с АСУ ТП станции требуются

Документация: на русском языке - на бумажном носителе - 3 экз. + CD

Начальник Управления
Силовой электроники



А.И. Кадышев

Заместитель начальника Управления
Силовой электроники



Р.В. Трудов