



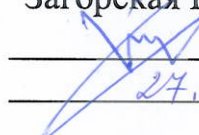
Филиал ПАО «РусГидро» – «Загорская ГАЭС»

Служба релейной защиты, автоматики и метрологии

13085

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора -  
главный инженер  
Филиала ПАО "РусГидро" -  
"Загорская ГАЭС"

  
В.А. Крымов  
24.10.2025 г.

**ИНСТРУКЦИЯ**

**по эксплуатации тиристорной системы возбуждения СТС-1Е-264-1850  
генератора–двигателя А1 (А2÷А6) Загорской ГАЭС**

---

Выпущена в 9 экз. и выдана:

- |           |          |
|-----------|----------|
| 1. ПТС    | - 1 экз. |
| 2. ОС     | - 3 экз. |
| 3. СЭ     | - 2 экз. |
| 4. СРЗАиМ | - 2 экз. |
| 5. СОТиПК | - 1 экз. |

пгт. Богородское

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения.....	3
2.	Назначение и краткая характеристика.....	5
3.	Критерии и пределы безопасного состояния и режимов работы...	44
4.	Порядок ввода в работу.....	45
5.	Обслуживание в период нормальной эксплуатации.....	53
6.	Обслуживание в аварийных режимах.....	55
7.	Порядок подготовки к выполнению осмотра, ремонта и испытаний.....	64
8.	Требования по охране труда, взрыво- и пожаробезопасности.....	65
	Приложение 1. Структурная схема системы возбуждения.....	66

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая инструкция разработана на основании:

1.1.1. Заводской инструкции фирмы ОАО «Электросила» на систему тиристорную самовозбуждения СТС-1Е-264-1850-2,5 УХЛ4 «Руководство по эксплуатации» 6БС.158.428 РЭ;

1.1.2. Заводской инструкции фирмы ОАО «Электросила» на секцию управления и регулирования «Руководство по эксплуатации» 6БС.385.141 РЭ;

1.1.3. Заводской инструкции фирмы ОАО «Электросила» на модуль управления и защит «Руководство по эксплуатации» 6БС.400.005 РЭ;

1.1.4. Заводской инструкции фирмы ОАО «Электросила» на секцию тиристорную типа ТСЕ-2000 «Руководство по эксплуатации» ОБС.467.807 РЭ;

1.1.5. Технических описаний и инструкций по эксплуатации АГП, КШР, УЗП, УЗОР;

1.1.6. Правил технической эксплуатации (ПТЭ).

1.1.7. Руководство по эксплуатации Шкаф ШЭЭ 219 0901-61Е2 УХЛ4 ООО НПП «ЭКРА»;

1.1.8. Схема электрическая функциональная ЭКРА.656453.1335/3410-3415 Э2»;

1.1.9. Схема электрическая принципиальная ЭКРА.656453.1335/3410-3415 Э3»;

1.2. Настоящей инструкцией должны руководствоваться:

- начальник службы релейной защиты, автоматики и метрологии (СРЗАиМ);

- заместитель начальника СРЗАиМ;

- персонал участка релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗиПА);

- персонал участка технологической автоматики и возбуждения (ТАиВ);

- персонал участка измерений;

- персонал оперативной службы (ОС);

- начальник службы эксплуатации (СЭ);

- начальник участка электротехнического оборудования (ЭТО) СЭ.

1.3. В настоящей инструкции приведены технические данные на систему тиристорную самовозбуждения СТС-1Е-264-1850-2,5 УХЛ4 Загорской ГАЭС на базе щита возбуждения ЩВ-1Е-1850-562, описание конструкций и принципа их работы, устройств защиты и управления, а также сведения, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации.

1.4. Используемые в тексте сокращения:

АЩУ - агрегатный щит управления;

АЕ1 - секция силовая в составе щита возбуждения (ШСВ);

АЕ2 - секция тиристорная в составе щита возбуждения (АМ1-АМ4);

АЕ3 - секция управления и регулирования (СУР) в составе щита возбуждения (панель №1);

АЕ4 - секция управления и защит (СУЗ) в составе щита

	возбуждения (панель №2);
АБ	- аккумуляторная батарея, общее обозначение;
АГП	- автомат гашения поля (QE1) в составе АЕ1(ШСВ);
АМ	- мост тиристорного выпрямителя в составе АЕ2;
АРВ	- автоматический регулятор возбуждения AVR-2М в составе секции СУР (АЕ3);
AVR	- программный модуль АРВ автоматического регулирования напряжения статора (Automatic Voltage Regulator);
АСР	- программный модуль АРВ ручного управления током возбуждения (Adjustment Current Regulator);
БП	- блок питания (источник питания), общее обозначение;
БУВ	- блок устройства выходного, составная часть тиристорного блока;
ВТ	- выпрямительный трансформатор типа ТСЗП в составе СВ;
ГА	- гидроагрегат;
КНВ	- контактор начального возбуждения;
КТР	- контроллер токораспределения в составе кассеты токораспределения (АЕ3);
КШР	- контактор, шунтирующий ротор на резисторы самосинхронизации;
МУЗ	- модуль управления и защит СВ в составе АЕ4;
МУЗА	- микропроцессорное устройство защит и автоматики СВ в составе МУЗ (АЕ4);
ОМВ	- ограничитель минимального возбуждения в составе АРВ;
ОПР	- ограничитель перегрузки ротора в составе АРВ;
ПЛК(PLC)	- программируемый логический контроллер, общее обозначение;
ПТУ	- пусковое тиристорное устройство ЗГАЭС;
СИФУ	- система импульсно-фазового управления тиристорами, общее обозначение;
СВ	- система возбуждения, общее обозначение;
СТС	- система тиристорная самовозбуждения типа СТС-1Е-264-1850;
СУР	- секция управления и регулирования (АЕ3) в составе щита возбуждения;
СУЗ	- секция управления и защит (АЕ4) в составе щита возбуждения;
ТВ	- тиристорное возбуждение, общее обозначение;
ТП	- тиристорный преобразователь, общее обозначение;
ТСН	- трансформатор собственных нужд (Т1, Т2), в составе АЕ1;
УЗОР	- устройство защиты цепей ротора от замыкания на «землю» в составе АЕ1;
УНВ	- устройство начального возбуждения в составе АЕ1(ШСВ);
ФИМ	- формирователь импульсов в составе кассеты

ГЩУ	токораспределения (АЕЗ);
ЩВ	- главный щит управления электростанцией;
	- щит возбуждения, состоящий из секций АЕ1, АЕ2, АЕ3, АЕ4;
ЩПТ	- щит постоянного тока = 220V, в составе системы оперативного постоянного тока;
СУТ	- система управления тиристорами.
СОТИ АССО	- система обмена технологической информацией с автоматизированной системой системного оператора
КСВД	- концентратор синхронизированных векторных данных
СМПР	- система мониторинга переходных режимов
МИП	- микропроцессорный измерительный преобразователь
РАС	- регистратор аварийных событий
СКИ	- система контроля изоляции

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1. Система возбуждения тиристорная типа СТС-1Е-264-1850-2,5УХЛ4 представляет собой комплекс устройств, предназначенных для питания обмотки ротора обратимой синхронной гидротурбинной электрической машины (генератора-двигателя) регулируемым током возбуждения в эксплуатационных режимах работы гидроагрегата Загорской ГАЭС.

2.2. Основные технические данные.

Таблица 2.1.

СТС-1Е-264-1850 Однотиповая тиристорная система возбуждения (самовозбуждения)		
№ поз.	Параметры	Значение
1	Номинальное выпрямленное напряжение	264 V
2	Номинальный выпрямленный ток	1850 A
3	Номинальное напряжение возбуждения	240/210 V *)
4	Предельное напряжение, не менее	480 V
5	Номинальный ток возбуждения	1680/1480 A *)
6	Предельный ток форсировки	3360 A
7	Длительность форсировки	50 sec
8	Принцип возбуждения	Параллельное самовозбуждение
9	Схема выпрямления	Шести импульсная мостовая
10	Количество единичных мостов	4
11	Число тиристоров в плече моста	1
12	Общее число тиристоров	24

	преобразователя	
13	Тип тиристоров	T173-1600-32, 1600А, 3200V
14	Охлаждение тиристоров	Естественное воздушное
15	Питание тиристорных преобразователей	3x562 V от ВТ-1(2÷5), 3x520 V от ВТ-6, подключенных к стороне генераторного напр. главного трансформатора
16	Питание устройств управления и защиты	Резервированное: 3x380 V от ТСН, подключенных к вентильной обмотке ТЕ1; =220 V, от АБ станции
17	Закон регулирования напряжения генератора при автоматическом регулировании	Пропорционально – интегрально – дифференциальный (ПИД)
18	Закон регулирования тока возбуждения при ручном регулировании	Пропорционально – интегральный (ПИ)
19	Диапазон изменения уставки напряжения генератора в автоматическом режиме	0.8 ... 1.1 $U_{G.NOM}$
20	Диапазон изменения уставки регулятора тока ротора: при работе генератора на холостом ходу	0.0 ... 1.1 $I_{F.UNL}$
21	Диапазон изменения уставки регулятора тока ротора: при работе генератора в сети	0.2 ... 1.1 $I_{F.NOM}$

\*) в числителе - генераторный, в знаменателе - двигательный режим.

Принцип действия СВ заключается в преобразовании переменного трёхфазного напряжения промышленной частоты в постоянный ток регулируемой величины в обмотке ротора синхронной машины для создания основного магнитного потока.

СВ выполнена по способу независимого возбуждения, со 100% резервированием системы управления с избыточным числом мостов (N+1), одnogрупповым ТП с естественным охлаждением.

Структурно СВ (приложение 1) состоит из двух равноценных регулирующих каналов с общим тиристорным преобразователем. Каждый канал содержит цифровой автоматический регулятор возбуждения (АРВ) с системой импульсно - фазового управления. Любой из каналов совместно с тиристорным преобразователем способен самостоятельно обеспечить все режимы работы генератора, в том числе и режим форсировки возбуждения.

Один из каналов находится в действии (активный), второй - в состоянии готовности (резервный). В резервном канале импульсы управления заблокированы.

Активным может быть любой канал. Резервный канал работает во всех режимах как следящий для обеспечения плавного перехода при переключении каналов. При одновременной подаче питания на регуляторы рабочим становится АРВ1, резервным – АРВ2. При неодновременном включении питания рабочим становится АРВ, первым получивший питание.

В случае отказа работающего канала автоматически в работу вводится резервный канал. Резервный канал может быть введен в работу также по команде оператора с сенсорного дисплея.

Нормально каналы работают как регуляторы напряжения.

Переход на работу с регулятором тока возбуждения происходит автоматически при работе СВ с ПТУ в режимах разгона и торможения ГА.

Автоматическое включение регулятора тока выполняется также при отказе регуляторов напряжения в обоих каналах, при этом регулирование тока возможно, как с АЦУ, так и с пульта ЩВ. В этом случае обратный переход на работу с регулятором напряжения производится по команде оператора с сенсорного дисплея после устранения неисправности, вызвавшей отказ.

Каждый канал оснащен собственной автономной системой электропитания, работающей как от собственных нужд системы возбуждения ( $3 \times 380$  V AC), так и от стационарной аккумуляторной батареи (220 V DC).

Питание обмотки ротора осуществляется через ТП от выпрямительного трансформатора, подключенного к генераторному напряжению 15,75 кВ между генераторными выключателями и блочным трансформатором без коммутационных аппаратов.

Напряжение сети промышленной частоты, поступающее от ВТ, выпрямляется тиристорным выпрямителем, выполненным по трёхфазной мостовой, полностью управляемой схеме.

Выпрямитель содержит четыре единичных моста, соединенных параллельно по постоянному и переменному току. Каждый единичный мост представляет собой трехфазный полностью управляемый тиристорный мост. Каждое плечо единичного моста имеет тиристор, предохранитель и блок устройства выходного, представляющий собой импульсный трансформатор для передачи импульса управления на тиристор от системы управления и регулирования. При отказе одного выпрямительного моста оставшиеся в работе три моста обеспечивают все режимы работы генератора, без ограничений режимов возбуждения включая режим форсировки. При отказе двух мостов осуществляется запрет форсировки и обеспечивается возможность работы с током возбуждения не более 1400 А. При отказе трех мостов осуществляется гашение поля.

Равномерное распределение токов между синфазно работающими тиристорами преобразователя обеспечивается путем динамической коррекции угла управления тириستоров.

Преобразователь оснащен разъединителями на сторонах переменного и

выпрямленного напряжения.

СВ обеспечивает следующие режимы работы генератора-двигателя:

- холостой ход, подгонку напряжения статора ГА к напряжению сети и включение в сеть методом точной синхронизации в режиме генераторного вращения;
- включение в сеть методом самосинхронизации в режиме генераторного вращения;
- разгон от ПТУ, подгонку напряжения статора ГА к напряжению сети и включение в сеть методом точной синхронизации в режиме насосного вращения;
- поддержание напряжения ГА в соответствии с заданной уставкой при работе агрегата в энергосистеме;
- работу в энергосистеме с нагрузками и перегрузками в соответствии с требованиями ГОСТ 5616-89 «Генераторы и генераторы - двигатели электрические гидротурбинные. Общие технические условия»;
- режим синхронного компенсатора в генераторном и насосном вращении;
- переводы из режимов генератора или насоса в режим синхронного компенсатора и обратные переводы;
- форсировку возбуждения с заданной кратностью по напряжению и току при нарушениях в энергосистеме, вызывающих снижение напряжения на шинах станции;
- развозбуждение при нарушениях в энергосистеме, вызывающих увеличение напряжения на шинах станции;
- гашение поля при действии защит переводом преобразователя в инверторный режим с отключением устройства гашения поля;
- разгрузку генератора по реактивной мощности до величины, близкой к нулю, и режим рекуперативного торможения при нормальном останове генератора;
- отключение от сети вручную или автоматически, в том числе, действием защит;
- режим управления током ротора от ПТУ, при разгоне или торможении от ПТУ.

2.3. Состав устройств и расположение оборудования на каждое устройство.

СВ СТС-1Е-264-1850-2,5УХЛ4 включает в себя:

- щит возбуждения ЩВ-1Е-1850-562 (шкафы АЕ1-АЕ4) отм. 6.10;
- выпрямительный трансформатор ВТ-1(2÷5) типа ТСЗП-2500/15 отм. 4.70;
- выпрямительный трансформатор ВТ-6 типа ТСЗП-1600/15-В-У3 отм. 4.70;
- активное сопротивление  $R_{сc}$  для шунтирования обмоток ротора (сопротивление самосинхронизации) типа СН-28 отм. 6.10.

А также шкафы и панели станции, в которых размещены отдельные элементы системы возбуждения:

- шкаф вторичных цепей трансформаторов напряжения ТН1-А1(2÷6) отм.4.70;

- шкаф распределения постоянного тока 1ШОТ-А1(2÷6) отм. 11.85;
- сборки собственный нужд: ЩВ-1 Д11.16, ЩВ-2 Д12.16, ЩВ-3 Д21.16, ЩВ-5 Д31.16, ЩВ-6 Д32.16, ЩВ-4 Д22.16 отм. 4.70;
- агрегатный щит управления АЩУ отм. 11.85.

2.3.1. Щит возбуждения ЩВ-1Е-1850-562 (рис. 1.1) состоит из четырех секций: секции силовой АЕ1 (2 шкафа ШСВ), секции тиристорной АЕ2 (2 шкафа АМ1-АМ4), секции управления и регулирования АЕ3 (шкаф СУР), секции управления и защиты АЕ4 (шкаф СУЗ).

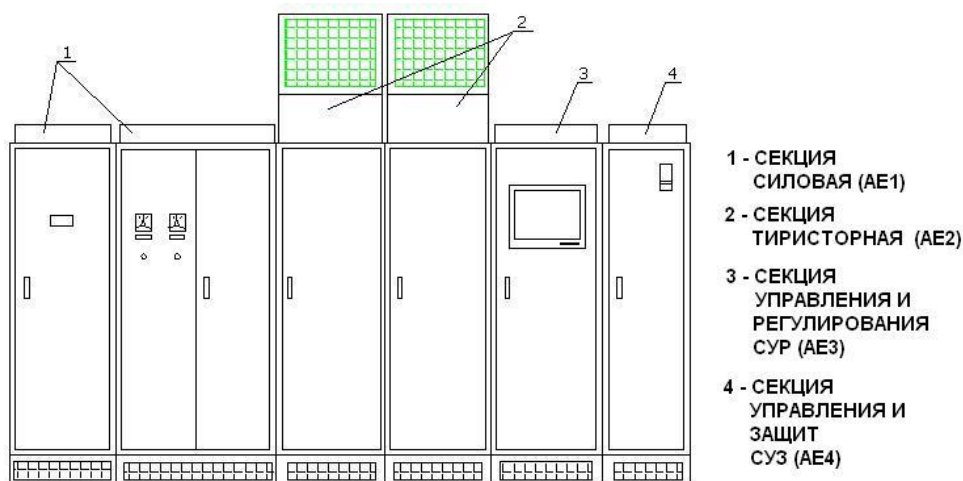


рис. 1.1. Щит возбуждения ЩВ-1Е-1850-562.

2.3.1.1. Секция силовая АЕ1 щита возбуждения состоит из 2-х шкафов – силового и релейного. В силовом шкафу размещена силовая коммутационная аппаратура:

- Рубильники: ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С, РП-1, РП-2.
- Автомат гашения поля;
- Контактор, шунтирующий ротор;
- Устройство защиты ротора от перенапряжений;
- Аппаратура начального возбуждения.

Рубильники ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С (QS1 – QS3) силовых цепей переменного напряжения тиристорного преобразователя, и РП-1, РП-2 (QS4, QS5) цепей выпрямленного напряжения тиристорного преобразователя, предназначенные для отсоединения ЩВ от цепей ВТ и ротора ГА при ревизии или ремонте системы возбуждения или ГА.

Автомат гашения поля (QE1) типа АГП30-44Р (рис. 1.2.). Автомат установлен в цепи выпрямленного тока (положительный полюс) и предназначен для отключения тока возбуждения в аварийных режимах работы ГА или системы возбуждения. Конструкция АГП обеспечивает эффективное гашение поля ГА путем приложения к ротору обратного напряжения, возникающего на 30 последовательных дуговых промежутках дугогасительной камеры и остающегося постоянным до полного прекращения тока. АГП является аппаратом защиты, отключается по командам защит ГА или СВ. АГП также

осуществляет резервирование основного способа гашения поля (инвертирования тиристорных преобразователей), отключаясь в случае неисполнения команды на гашение поля. Включение АГП выполняется автоматически при пуске ГА. Управление АГП (включение и отключение) возможно также от кнопок местного управления, расположенных рядом с АГП;



рис. 1.2. Автомат гашения поля типа АГП30-44Р.

Контакты, шунтирующий ротор КМ5, КМ6 типа КМ2146-48-М4 (рис.1.3.), включены последовательно по главной цепи, предназначены для замыкания ротора ГА на резисторы  $R_{сс}$  при потере возбуждения ГА, в режиме аварийного гашения поля и в режиме самосинхронизации ГА. При потере возбуждения, шунтирование ротора требуется для исключения перенапряжений, наводимых от статора на цепи возбуждения. При аварийном гашении поля КШР резервирует АГП, создавая контур для затухания тока возбуждения. При самосинхронизации шунтирование ротора необходимо для создания контура протекания наведенного тока в роторе невозбужденного генератора, благодаря чему исключается перенапряжение на выводах ротора и создается дополнительный момент, способствующий «втягиванию» ГА в синхронизм. КШР также служит для шунтирования и «отключения» тиристорного разрядника FV1 в случае его срабатывания.

Управление КШР производится по командам, поступающим от аппаратуры секций СУР (АРВ-2М), СУЗ (МУЗА или терминалы ЭКРА на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5, ЩВ-6) и от устройства УЗП-38 (FV1);



рис. 1.3. Контактор, шунтирующий ротор (КШР) типа KM2146-48-M4.

Устройство защиты ротора от перенапряжений FV1 типа УЗП-38 (рис. 1.4.) представляет собой тиристорный разрядник многократного действия и предназначено для защиты цепей возбуждения от перенапряжений. При возникновении перенапряжения между положительным и отрицательным полюсом ротора FV1 срабатывает, шунтируя ротор ГА на резисторы Rсс. При протекании по разряднику токового импульса кратковременно включается КШР (KM5, KM6), шунтируя разрядник и создавая тем самым условия для его восстановления (закрытия тиристоров FV1), после чего разрядник вновь готов к работе.



рис. 1.4. Устройство защиты ротора от перенапряжений (УЗП) типа УЗП-38.

Аппаратура начального возбуждения (включая контакторы KM1, KM2 типа KM2242-23-M4 и диодную развязку VD1, VD2) (рис. 1.5.) предназначена для питания обмотки ротора ГА от цепей  $\approx 220V$  аккумуляторной батареи в процессе самовозбуждения ГА. Цепи начального возбуждения не задействованы, так как в режиме нормальной эксплуатации начальное возбуждение не требуется.



рис. 1.5. Аппаратура начального возбуждения.

В силовом шкафу секции AE1(ШСВ) размещены также: трансформаторы собственных нужд Т1, Т2, обеспечивающие питанием 3х380V аппаратуру управления, защит и сигнализации СВ, трансформаторы тока ТА, являющиеся датчиками тока возбуждения ГА для аппаратуры управления преобразователем, микропроцессорная защита ротора от замыкания на землю «УЗОР», в режиме нормальной эксплуатации «УЗОР» находится в резерве. (рис. 1.6.).



рис. 1.6. УЗОР.

К шинам силовой секции подключен токопровод от трансформатора ВТ, а также шинопровод, соединяющий ЦВ с ротором, и силовой кабель к сопротивлению Rсс.



рис. 1.7. Коммутационная аппаратура релейного шкафа ШСВ.

В релейном шкафу силовой секции – левый шкаф секции AE1(ШСВ) размещены:

- Реле управления АГП и КШР;
- Автоматические выключатели SF1, SF5 (рис.1.7) трансформаторов Т1, Т2 соответственно;
- Рубильник QS6 цепей начального возбуждения. При нормальной эксплуатации QS6 отключен;
- Блоки защитных РС-цепей, предохраняющие силовые тиристоры секции AE2 от коммутационных перенапряжений.

- Преобразователи измерительные, напряжения и тока возбуждения, сигналы от которых используется в алгоритмах работы устройств АРВ-1(2), МУЗА-1(2) или терминалов ЭКРА 1(2) комплекты защит если ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 (преобразователи фирмы LEM);

- Система измерений, состоящая из преобразователей измерительных напряжения (UVE1) и тока (UAE1) возбуждения, сигналы от которых выводятся на щитовые приборы (Амперметр (РА), Вольтметр (РV), расположенных на лицевой стороне шкафа ШСВ А1 (А2÷А6) и ПТК ИСУ А1(А2÷А6) соответственно) и ВУ АСУ ЭТО. Показания с измерительных преобразователей тока (UAE1) так же выводятся на узкопрофильные приборы ГЩУ А1(А2÷А6).

- Система мониторинга переходных режимов, состоящая из многофункционального измерительного преобразователя (AU1), информация с которого передается на сервер КСВД, а далее по каналу связи СОТИ АССО – системному оператору ОДУ ЦЕНТРА.

Питание преобразователей осуществляется от автоматов:

- SF10 (00.SF10 - СУЗ ЩВ-2, СУЗ ЩВ-4, СУЗ ЩВ-5, СУЗ ЩВ-6) «Питание измерительного преобразователя тока ротора UAE1 напряжением ~220V»;

- SF11 (00.SF11 - СУЗ ЩВ-2, СУЗ ЩВ-4, СУЗ ЩВ-5, СУЗ ЩВ-6) «Питание измерительного преобразователя напряжения ротора UVE1 напряжением ~220V»;

- SF20 (00.SF20 - СУЗ ЩВ-2, СУЗ ЩВ-4, СУЗ ЩВ-5, СУЗ ЩВ-6) «Питание преобразователя МИП СМНР», установленных на панели АЕ4 СУЗ и подключенных к разделительному трансформатору через общий автомат SF17 (00.SF17 в СУЗ ЩВ-2, СУЗ ЩВ-4, СУЗ ЩВ-5, СУЗ ЩВ-6). Подача питания на внутреннее оборудование шкафа АЕ4 осуществляется от автомата QF5, расположенного в шкафу преобразователей А1(А2÷А6) соответственно. Питание в шкафы преобразователей подается от автоматов, установленных в РЩ СГП А1÷А3, секция 1.1 (2.1) и в РЩ СГП А4÷А6, секция 1.2 (2.2), находящихся на отметке 6.10 м.

2.3.1.2. Секция тиристорная АЕ2 ТСЕ-2000/1050 предназначена для преобразования переменного тока, поступающего от трансформатора ВТ, в постоянный регулируемый ток возбуждения ГА. Упрощенная электрическая схема секции АЕ2 приведена в приложении 1. Секция содержит 4 единичных выпрямительных моста АМ1 ... АМ4, соединенных параллельно как на стороне переменного тока, так и на стороне выпрямленного тока. Тиристоры мостов имеют естественное воздушное охлаждение. Конструктивно секция АЕ2 состоит из 2-х шкафов, в каждом из которых размещено 2 тиристорных моста (по одному с лицевой и обратной стороны шкафа). Каждый мост представляет собой трехфазный полностью управляемый тиристорный преобразователь. Мост состоит из 6-ти тиристорных блоков, в каждом из которых находится 1 силовой тиристор типа Т173-1600-32, 1600А, 3200V.

Каждый тиристор защищен быстродействующим силовым предохранителем типа ПП57, 630А.

Для защиты от напряжения пробоя параллельно каждому тиристоры включены индивидуальные RC-цепи.

Для визуального определения исправности тиристоров параллельно каждому тиристоры подключена неоновая лампа HL1, выведенная на лицевую панель тиристорного блока. При нормальной работе лампа должна гореть. Погасание лампы может свидетельствовать о пробое тиристора и/или перегорании предохранителя.

Для гальванической развязки между силовыми цепями и цепями управления каждый тиристор снабжен импульсным трансформатором и выпрямителем, составляющим блок устройства выходного БУВ. Для сигнализации исправности БУВ на лицевую панель блока выведен светодиод HL2. Желтое свечение светодиода свидетельствует об исправной работе БУВ, красное или зеленое свечение, а также отсутствие свечения HL2 при поступлении на БУВ импульсов управления говорит о частичной или полной неисправности БУВ.

Импульсы управления поступают на каждый тиристор по отдельному каналу от секции СУР. Вырабатываются импульсы программой СИФУ в AVR-2M и подаются на тиристоры через кассету КТ. Кассета КТ содержит формирователи импульсов ФИМ и контроллеры токораспределения КТР, благодаря которым выполняется выравнивание нагрузки единичных мостов.

Для обеспечения работы КТР и для возможности контроля тока на каждом из тиристоров, в фазах каждого моста установлены датчики тока.

Тиристорная секция содержит избыточное число мостов (N+1), чем обеспечивается требуемая надежность силовой схемы. **При отказе одного из мостов тиристорный выпрямитель обеспечивает все режимы, включая форсировку.** При отказе двух из четырех мостов производится автоматическое ограничение тока ротора и запрет форсировки. При отказе трех мостов осуществляется аварийное гашение поля с отключением АГП.

**Тиристорные блоки каждого моста имеют различия в полярности установки силового тиристора. При замене тиристора следует учитывать данную особенность конструкции.**

2.3.1.3. Секции управления и регулирования АЕЗ содержит аппаратуру управления и автоматики, два независимых цифровых автоматических регулятора возбуждения (АРВ) типа AVR-2M, один из которых является основным, второй - резервным (рис. 1.8.). Конструктивно регуляторы выполнены на базе микроконтроллера ST10F269 и не имеют отличий, конфигурирование «Основной/Резервный» производится путем установки переключки ХР2 на плате С269 регулятора АРВ1 (у регулятора АРВ2 переключка отсутствует). В состав каждого регулятора входит система импульсно – фазового управления.



рис. 1.8. Аппаратура управления и автоматики.

При включении питания, по умолчанию, активным становится регулятор АРВ1. При одновременном включении питания активным становится регулятор, первым получивший питание. Второй регулятор при этом становится резервным и не генерирует управляющие импульсы.

Резервный регулятор работает как следящий для обеспечения плавного перехода при переключении регуляторов. Регулятор, находящийся в резерве, контролирует исправность активного регулятора, при этом каждый регулятор выполняет программу самотестирования. Обмен информацией между АРВ1 и АРВ2 осуществляется по CAN – интерфейсу и посредством дискретных сигналов.

Переключение с активного регулятора на резервный производится либо автоматически – при отказе активного регулятора, либо вручную – по командам оператора с сенсорного дисплея СУР.

Ручной переход на резервный регулятор запрещен в следующих случаях:

- отказ резервного регулятора или потеря им питания от постоянного тока ("220 V");
- неисправен CAN–интерфейс, используемый для обмена информацией между АРВ1 и АРВ2.

При отказе обоих регуляторов по сигналу «Отказ АРВ1 и АРВ2» выполняется отключение АГП.

Сигналы управления режимами работы системы возбуждения могут поступать на входы регуляторов либо с сенсорного дисплея СУР, либо дистанционно – от системы автоматики и со щита управления агрегатом. При местном управлении (с дисплея СУР), поступление команд управления от внешних цепей блокируется.

Каждый АРВ снабжен набором технологических функций. В эту группу объединены функции, выполняемые по внешним командам (схемы автоматики или оператора) для изменения состояния генератора и системы возбуждения. К ним относятся:

- возбуждение;

- гашение;
- возбуждение генератора методом самосинхронизации;
- подгонка напряжения генератора к напряжению сети перед включением генератора в сеть методом точной синхронизации;
- разгрузка генератора по реактивной мощности по внешней команде схемы автоматики;
- переключение режимов регулирования АРВ (режим регулирования тока возбуждения, напряжения генератора, реактивной мощности или коэффициента мощности);
- перевод управления с основного регулятора на резервный и обратно по команде оператора.

Основной функцией регулирования АРВ является поддержание напряжения на шинах станции в соответствии с заданной статической характеристикой («Автоматический режим»). Альтернативой является функция поддержания заданного значения тока ротора («Ручной режим»).

**В автоматическом режиме регулятор реализует пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) закон регулирования напряжения  $U_G$ , в ручном режиме пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования тока ротора  $I_f$ .**

Для обеспечения статической и динамической устойчивости генератора, в АРВ формируется стабилизирующее воздействие по изменению и производной частоты генератора и производной тока ротора.

По умолчанию, при отсутствии внешних команд, в работу вводится регулятор напряжения  $U_G$ .

Информация о состоянии регуляторов АРВ1 и АРВ2 по интерфейсу RS485 и дискретными сигналами передается на ПЛК (National Instrument) и отображается на сенсорном мониторе СУР. Кроме того, релейными сигналами информация передается во внешние цепи.

Импульсы управления с выходов регуляторов поступают в кассету токораспределения и выходных формирователей. Кассета токораспределения и выходных формирователей КТ (рис. 1.8.) предназначена для электронного распределения токов между параллельно работающими тиристорами тиристорного выпрямителя, а также для усиления по мощности и высокочастотного заполнения импульсов управления. В состав кассеты входят четыре ячейки токораспределения и четыре ячейки выходных формирователей. Каждому мосту тиристорного выпрямителя соответствует одна ячейка ТР и связанная с ней ячейка ФИМ.

Импульсы управления тиристорным выпрямителем, сформированные активным АРВ, поступают на вход контроллера токораспределения КТР, являющегося основным элементом ячейки токораспределения. На контроллер также поступают три токовых сигнала от датчиков тока, расположенных в трех фазах каждого моста. Выходом контроллера являются шесть импульсов управления, сдвинутых на расчетную задержку относительно входных импульсов АРВ. Величина задержки для каждого тиристора рассчитывается динамически каждый период сети.

Связь между контроллерами осуществляется через резервированную CAN – сеть. Неисправность контроллера токораспределения приводит к отключению моста, управляемого данным контроллером.

КТР поддерживает режимы распределения токов или распределение мощности. Режим распределения токов используется для проверки работоспособности КТР при испытаниях системы возбуждения. Режим распределения мощности используется для выравнивания температур тиристоров и является основным режимом работы КТР. В этом режиме токи параллельных тиристоров будут различаться. Перед вводом режима распределения мощности с пульта управления вводится таблица падений напряжения на каждом тиристоре. Данная операция выполняется на заводе-изготовителе и требует повторения только в случае замены тиристора. При обнаружении непроводимости тиристора он выводится из расчета токов. При этом оставшиеся тиристоры продолжают делить ток в заданном режиме. Переходный процесс по выравниванию токов или мощности для этого случая длится не более 1с.

Контроллеры токораспределения связаны с программируемым логическим контроллером по последовательному интерфейсу RS-485 и дискретными сигналами.

ПЛК является верхним уровнем иерархии в локальной системе управления СВ. ПЛК (PLC) производства компании National Instrument (рис.1.9) связан по сети Ethernet с контроллерами АРВ, КТР и промышленным компьютером РС с сенсорным дисплеем, установленным на двери секции СУР.



рис. 1.9. Программируемый логический контроллер ПЛК.

Под термином ПЛК в данном разделе понимается собственно программируемый контроллер PLC с блоками ввода/вывода, и сенсорный дисплей с управляющим компьютером РС.

ПЛК выполняет следующие функции:

- отображение на экране дисплея текущих значений параметров системы возбуждения;
- отображение на экране дисплея состояния системы возбуждения и генератора;
- контроль исправности тиристорного выпрямителя;
- отображение причин неисправностей АРВ;
- диагностика оборудования системы возбуждения;
- контроль исправности источников питания и состояния автоматических

выключателей;

- формирование текстовых сообщений на экране дисплея о неисправностях в системе возбуждения и о срабатывании защит;
- формирование внешних релейных сигналов о состоянии системы возбуждения;
- хранение информации в памяти РС о неисправностях в системе возбуждения и срабатывании защит с указанием времени и даты их возникновения.

При помощи сенсорного дисплея выполняются следующие функции: местное управление системой возбуждения, контроль аппаратуры и диагностика отказов, сервисные функции.

Местное управление системой возбуждения становится возможным при нажатии соответствующей виртуальной кнопки «МЕСТНОЕ УПР.» на главном экране (странице) сенсорного дисплея.

В режиме местного управления с монитора возможны:

- возбуждение и гашение поля генератора;
- выбор способа регулирования – автоматическое  $U_G$  либо ручное  $I_f$ ;
- управление уставкой активного регулятора (Больше/Меньше);
- выбор активного регулятора (АРВ1 или АРВ2).

**Перечисленные сигналы, поступающие на СВ от внешней схемы, в режиме МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ блокируются!**

На главном экране дисплея представляется полная информация о текущем состоянии СВ и генератора-двигателя.

ПЛК производит анализ всех дискретных сигналов, поступающих на его входы, и на основании этого анализа формирует выходные сигналы о неисправностях и аварийных режимах в системе возбуждения. Одновременно сообщения о неисправностях выводятся на соответствующий экран дисплея.

На экраны (страницы) дисплея выведены:

- все анализируемые параметры;
- неисправности и их причины;
- состояния дискретных входов и выходов контроллеров регуляторов;
- состояния дискретных входов и выходов ПЛК.

В архиве событий РС хранится информация о неисправностях системы возбуждения с указанием даты и времени.

С помощью соответствующих экранов дисплея возможна настройка параметров АРВ и ПЛК.

2.3.1.4. Секция управления и защит АЕ4, в составе ЩВ-1, ЩВ-3 (рис. 1.10.) содержит оборудование релейной схемы управления СВ и модули управления и защит МУЗ.



рис. 1.10. Секция управления и защит.

Аппаратура управления размещена в тыловой части секции АЕ4. К аппаратуре управления относятся:

- Автоматические выключатели цепей вторичной коммутации СВ;
- Автоматический выключатель цепей СН станции SF16, переключатель «Работа – Испытания», трехфазный ЛАТР и вольтметр с переключателем фаз, используемые для питания устройств СВ при наладке;
- Релейная аппаратура управления АГП, КШР и контакторами начального возбуждения;
- Выходные реле защит СВ KL7.1- KL7.3 и кнопка деблокировки реле защит;
- Реле-повторитель защит ГА KL8.

Оборудование модуля МУЗ размещено с лицевой стороны секции АЕ4, и включает в себя:

- Автоматические выключатели SFM цепей питания МУЗ;
- Микропроцессорное устройство защит и автоматики МУЗА;
- Панель управления с PLC Momentum.

В состав устройства входят два канала микропроцессорных защит МУЗА1 и МУЗА2 (для резервирования защит системы возбуждения). Устройство МУЗА выполнено на базе микроконтроллера типа SAB-C167-CR-LM фирмы SIEMENS. Устройство имеет изолированный порт RS-232, используемый для связи с персональным компьютером при настройке, а также порт RS-485 - для связи с PLC MOMENTUM по сети ModBus+.

Через блоки аналоговых преобразователей, размещенных в АЕ1 и АЕ4, в устройство МУЗА вводятся текущие значения тока ВТ, СВ и ГА, а также напряжения СВ и ГА.

В панель управления встроены технологический контроллер TSX Momentum, представляющий собой два процессорных модуля и базы дискретного ввода и ввода/вывода, соединенные между собой сетью Ethernet. На панели установлен сенсорный дисплей Magelis, по сети Ethernet связанный с контроллером. Связь контроллера с устройством МУЗА выполнена через порт

RS-485 по протоколу ModBus+.

На панели управления размещены также светодиодные индикаторы для контроля исправности оборудования (зеленого цвета) и для сигнализации о работе защит (красного цвета), и кнопки возврата защит и сброса индикации (рис. 1.11.).



рис. 1.11. Панель управления и защит.

В памяти дисплея организован дневник событий.

Программируемый логический контроллер "Momentum" выполняет следующие функции:

- отображение на экране дисплея текущих значений параметров и уставок защит;
- контроль срабатывания защит;
- контроль исправности источников питания и состояния автоматических выключателей;
- формирование текстовых сообщений на экране дисплея о неисправностях в системе возбуждения и срабатывании защит;
- формирование внешних релейных сигналов о неисправностях защит;
- хранение в памяти дисплея информации о неисправностях и срабатывании защит с указанием времени и даты их возникновения.

2.3.2.5 Секция управления и защит АЕ4 в составе ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 представляет собой шкаф ШЭЭ 219 0901-61Е2 УХЛ4 который содержит микропроцессорную аппаратуру защит, регистратор аварийных событий, коммутационное и релейное оборудование, аппаратуру контроля сопротивления изоляции.

В состав СУЗ, для контроля, управления и отображения текущего состояния микропроцессорных защит (далее МП) с лицевой стороны шкафа входит следующее оборудование (сверху в низ):

1. Терминал 01А1 МП защит первого комплекта – ЭКРА 213 0024-61Е2;
2. Терминал 02А1 МП защит второго комплекта – ЭКРА 213 0024-61Е2;
3. Терминал 03А1 Регистратор аварийных событий (далее РАС) – ЭКРА 233 0045-6142;

4. Терминал 04А1 контроля сопротивления изоляции основной - ЭКРА-СКИ-М-АР;
5. Терминал 05А1 контроля сопротивления изоляции основной - ЭКРА-СКИ-М-АР;
6. Органы управления, коммутационное оборудование, индикация.

2.3.2. Выпрямительные трансформаторы ВТ-1(2÷5) типа ТСЗП-2500/15 и ВТ-6 типа ТСЗП 1600/15ВУЗ предназначены для питания тиристорной секции АЕ2 переменным током. Первичная обмотка ВТ подключена к цепям генераторного напряжения главного трансформатора (15750V), вторичная обмотка 3x560V для ВТ-1(2÷5) и 3x520V для ВТ-6 посредством трехфазного токопровода подключена к шинам переменного напряжения щита возбуждения ЩВ-1Е-1850-562.

Описанная схема подключения ВТ обеспечивает питание тиристорного преобразователя при пусках ГА как в генераторный, так и в насосный режим без применения дополнительных устройств питания ротора ГА для начального возбуждения или разгона. Следует иметь в виду, что при остановленном ГА трансформатор ВТ остается **ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ!**

Основные технические характеристики выпрямительных трансформаторов предоставлены в табл. 2.2. для ВТ-1(2÷5) и табл. 2.3. для ВТ-6.

Таблица 2.2.

Тип ТСЗП 2500/15ВУЗ Завод - изготовитель – «Уралэлектротяжмаш»		
№ поз.	Наименование	Значение
1	Номинальная мощность, $S_{T.N}$ , kVA	2219
2	Номинальное первичное линейное напряж., $U_{1\text{ NOM}}$ , kV	15,75
3	Номинальный первичный фазный ток , $I_{1\text{BT.NOM}}$ , A	82,5
4	Номинальное вторичное линейное напряж., $U_{2\text{ NOM}}$ , V	562
5	Номинальный вторичный фазный ток , $I_{2\text{ NOM}}$ , A	2280
6	Группа соединения обмоток	Y/Δ-11
7	Напряжение короткого замыкания, $U_{K3}$ , %	6,37
8	Коэффициент трансформации ТТ (на выводах ВН), $K_{\text{ТТ}}$	400/5
9	Класс нагревостойкости изоляции	F (150°C)

Таблица 2.3.

Тип ТСЗП 1600/15ВУЗ Завод - изготовитель – ОАО «Сафоновский электромашиностроительный завод»		
№ поз.	Наименование	Значение
1	Номинальная мощность, $S_{T.N}$ , kVA	1455
2	Номинальное первичное линейное напряж., $U_{1\text{ NOM}}$ , kV	15,75

3	Номинальный первичный фазный ток , $I_{1BT.NOM}$ , А	53,34
4	Номинальное вторичное линейное напряж., $U_{2.NOM}$ , V	520
5	Номинальный вторичный фазный ток , $I_{2.NOM}$ , А	1615
6	Группа соединения обмоток	Y/Δ-11
7	Напряжение короткого замыкания, $U_{K3}$ , %	6,4
8	Коэффициент трансформации ТТ (на выводах ВН), $K_{TT}$	400/5
9	Класс нагревостойкости изоляции	Н по ГОСТ886 5-93

2.3.3. Блоки резисторов  $R_{cc}$  типа СН-28 подключаются параллельно обмотке ротора ГА при срабатывании контактора КШР (КМ5, КМ6) или разрядника FV1 и выполняют следующие функции:

- ограничение перенапряжения величиной, безопасной для изоляции цепей ротора при работе разрядника;
- создание замкнутого контура обмотки ротора с целью создания потокосцепления с полем статора при самосинхронизации ГА;
- получения падения напряжения, способствующего гашению поля ГА при работе КШР в случае потери возбуждения или работы электрических защит ГА.

#### 2.4. Ограничения, защиты и сигнализация СВ.

Основные защиты выполнены в виде алгоритмов, запрограммированных и выполняемых микропроцессорным устройством защит типа МУЗА или терминалами ЭКРА на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6.

2.4.1. В устройствах микропроцессорных защит МУЗА и ЭКРА реализованы следующие защиты:

##### 2.4.1.1 Защита от неуспешного инвертирования.

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата команда в СУР;
- отключение АГП;
- первый и второй комплекты электрических защит РЗА;
- выдачу аварийной сигнализации и индикации по месту и в АСУ ГА;

##### 2.4.1.2 Защита от неограниченной по времени форсировки

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата
- отключение АГП;
- первый и второй комплекты электрических защит РЗА;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР
- выдачу аварийной сигнализации и индикации по месту и АСУ ГА.;

##### 2.4.1.3 Защита от неограниченной по току форсировки

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата;
- отключение АГП;
- первый и второй комплекты электрических защит РЗА;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;

- выдачу аварийной сигнализации и индикации по месту и АСУ ГА;

#### 2.4.1.4 Защита от перегрузки по току ротора

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата
- отключение АГП;
- первый и второй комплекты электрических защит РЗА;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР
- выдачу аварийной сигнализации и индикации по месту и АСУ ГА.;

2.4.1.5 Защита от потери возбуждения (Защита от неограниченного снижения реактивной мощности для СУЗ ЩВ-2, СУЗ ЩВ-4, СУЗ ЩВ-5, СУЗ ЩВ-6)

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата команда в СУР;
- отключение АГП;
- включение КШР;
- первый и второй комплекты электрических защит;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- аварийную сигнализацию с индикацией по месту и АСУ ГА.
- В ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 защита действует только на сигнализацию, т.к. защита является дублирующей, но работает на другом принципе).

#### 2.4.1.6 Защита от короткого замыкания на стороне постоянного тока

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата команда в СУР;
- отключение АГП;
- включение КШР;
- первый и второй комплекты электрических защит;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- выдачу аварийной сигнализации и индикацией по месту и АСУ ГА.;

#### 2.4.1.7 Защита от повышения напряжения статора на ХХ ГА

При срабатывании защита воздействует на:

- отключение АГП;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- выдачу аварийной сигнализации и индикацию по месту;
- выдачу аварийной сигнализации в АСУ ГА.
- в ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 такая защита не используются, т.к. является дублирующей.

#### 2.4.1.8 Защита от замыкания цепей возбуждения на «землю»

При срабатывании защита воздействует на:

- отключение АГП;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- выдачу аварийной сигнализации и индикацию по месту;
- выдачу аварийной сигнализации в АСУ ГА.

2.4.1.9 Защита от длительной подачи возбуждения на остановленный ротор

При срабатывании защита воздействует на:

- отключение АГП;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- выдачу аварийной сигнализации и индикацию по месту;
- выдачу аварийной сигнализации в АСУ ГА;

#### 2.4.1.10 Защита от понижения / повышения тока возбуждения при работе с ПТУ

При срабатывании защита воздействует на:

- развозбуждение гидроагрегата команда в СУР;
- отключение АГП;
- первый и второй комплекты электрических защит;
- выдачу аварийной сигнализации в СУР;
- выдачу аварийной сигнализации и индикацией по месту и АСУ ГА.

МУЗА1 или МУЗА2 могут быть выведены из работы без отключения питания для выполнения проверок или настройки уставок защит. С этой целью, для вывода из работы МУЗА1 следует отключить разъединитель **X5**, для вывода МУЗА2 – разъединитель **X6**. Разъединители расположены на ДИН-рейке в нижней части секции АЕ4 (П2) справа. При отключении разъединителей снимается питание с обмоток выходных релейных модулей защит.

#### 2.4.3. Ограничения и защиты, предусмотренные в АРВ.

Для предотвращения работы ГА и/или системы возбуждения в недопустимых режимах, в регуляторе осуществлены следующие ограничители:

- ограничитель максимального (двукратного) тока ротора, который ограничивает мгновенное значение тока ротора на заданном уровне (по умолчанию  $2I_{f\_NOM}$ );

- ограничитель перегрузки по току ротора (статора). При снижении уровня напряжения в энергосистеме возможны режимы, когда ток ротора и/или статора ГА превышает длительно допустимое значение. В таких режимах по истечении времени, которое зависит от кратности перегрузки, регулятор снижает ток ротора (и/или статора) до номинального значения (время зависимое ограничение перегрузки);

- релейное форсирование возбуждения при работе в режиме ограничения тока ротора. Если в процессе ограничения перегрузки по току ротора в энергосистеме происходит короткое замыкание, то действие ограничителя блокируется на время, равное  $1s$ . Благодаря этому обеспечивается форсировка возбуждения и повышение предела динамической устойчивости;

- ограничитель минимального возбуждения. При повышении уровня напряжения в энергосистеме регулятор снижает ток ротора, переводя ГА в режим потребления реактивной мощности (режим недовозбуждения). Допустимая реактивная мощность, которую может потреблять ГА, зависит от его активной мощности и напряжения и задается семейством характеристик. В соответствии с этими характеристиками регулятор ограничивает реактивную мощность ГА на заданном уровне;

- ограничитель V/Hz. При снижении частоты ГА и неизменном уровне

напряжения увеличивается индукция, и возрастают токи намагничивания статора ГА и блочного трансформатора, сопровождающиеся увеличением их нагрева. Для предотвращения этого явления предусмотрено снижение максимальной уставки регулятора по напряжению пропорционально снижению частоты.

К защитным функциям, выполняемым АРВ, относятся:

- быстродействующая защита от короткого замыкания. При коротком замыкании на стороне постоянного тока тиристорного выпрямителя, АРВ производит съём импульсов управления тиристорами и через заданное время формирует внешний сигнал на отключение автомата гашения поля;

- аварийное инвертирование. При отключении автомата гашения поля регулятор, с выдержкой времени, переводит тиристорный выпрямитель в инверторный режим с максимально допустимым углом управления.

2.4.4. Сигнализация, диагностическая информация устройств АРВ.

2.4.4.1. Сигнализация о неисправностях.

Под неисправностью понимается нарушение в работе аппаратуры регулятора или системы возбуждения, при которой регулятор может выполнять функции управления, но, возможно, в ограниченном объеме. Переход на резервный регулятор и изменение закона регулирования при этом не происходит. Информация о возникновении неисправности передается контроллеру СУР, который формирует обобщенный сигнал о неисправности системы возбуждения.

Таблица 2.4.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
А01	Не включился АГП	По истечении 1 s после установки сигнала <i>Включить АГП</i> на вход регулятора не поступил сигнал <i>АГП вкл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
А02	Не отключился АГП	По истечении 1 s после установки сигнала <i>Отключить АГП</i> с входа регулятора не снялся сигнал <i>АГП вкл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
А03	Не включился КНВ	По истечении 1 s после установки сигнала <i>Включить КНВ</i> на вход регулятора не поступил сигнал <i>КНВ вкл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
А04	Не отключился КНВ	По истечении 1 s после съема сигнала <i>Включить КНВ</i> с входа регулятора не снялся сигнал <i>КНВ вкл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
А05	Не включился КШР	По истечении 1 s после съема сигнала <i>Включить КШР</i> с входа регулятора не снялся

Код	Сообщение	Дополнительная информация
		сигнал <i>КШР откл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
A06	Не отключился КШР	По истечении 1 s после съема с выхода регулятора сигнала <i>Включить КШР</i> на вход регулятора не поступил сигнал <i>КШР вкл.</i> Проверить цепи управления и сигнализации
A07	Неуспешное возбуждение	Проанализировать дополнительную диагностическую информацию
A08	Неуспешная самосинхронизация	Проанализировать дополнительную диагностическую информацию
A09	Неуспешное электроторможение	Проанализировать дополнительную диагностическую информацию
A10	Нет связи по CAN-2 с другим AVR	Запрещен ручной переход на резервный регулятор. Проверить наличие сигналов между CAN-2H и CAN-2L на контрольных разъемах ячеек PS обоих регуляторов. Проверить кабель связи между регуляторами
A11	Неисправность цепей контроля CAN-2	Проверить кабель связи между регуляторами
A12	Нет связи с PLC	<p>В течение времени <i>T880 TimeoutPLC</i> не поступали запросы от технологического контроллера.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить наличие сигналов интерфейса с PLC между DATA+ и DATA- на контрольном разъеме ячейки PS.</li> <li>2. Проверить кабель связи между регуляторами и контроллером.</li> <li>3. Проверить соответствие перемычек XР:4, XР:5, установленных на плате микроконтроллера, типу интерфейса</li> <li>4. Проверить соответствие скорости обмена между регулятором (настройка <i>T881 115,2Kbaud:</i>) и PLC.</li> <li>5. При использовании старой версии программы PLC установить <i>T885 swExcept r49-64 = 1</i>.</li> </ol> <p>Контроль блокируется при <i>TimeoutPLC = 0</i>.</p>
A13	Залипание ключа Больше-Меньше	Команда Больше или Меньше непрерывно длится более <i>T404 tMaxMoveSet</i> . Действие

Код	Сообщение	Дополнительная информация
		команды блокируется.
A14	Недопустимое Ubar	При установленной команде Ug->Ubar выявлено, что напряжение сети находится вне диапазона <b><i>T401 MinSetUg...T402 MaxSetUg</i></b> . Проверить датчик напряжения сети
A15	Недопустимая Fsyn	Гашение произошло в результате выхода частоты синхронизации Fsyn из диапазона <b><i>T702 MinFsyn...T703 MaxFsyn</i></b>
A16	Недостовверный сигнал Выключатель откл.	При наличии сигнала Выключатель откл ток генератора $I_g > T165 I_g@GenOnBar$ . Регулятор выполняет функции, соответствующие работе генератора в сети
A17	Максимальная Trot	Температура ротора $Trot > T361 MaxTrot$
A18	Защита от повышения напряжения при зарядке линии	Защита срабатывает при $U_g > T072 MaxU_g$ в течение времени <b><i>T073 tMaxU_g</i></b> или при $U_g > T074 HugeU_g$ в течение времени <b><i>T075 tHugeU_g</i></b>
A19	После завершения ЭТ не снят сигнал Готовность ТВ к ЭТ	Через 5 с после завершения электроторможения не снят сигнал Готовность ТП к ЭТ.
A20	Нет сигнала Готовность АЕ1 к ЭТ	Через 5 s после подачи сигнала Подготовка к ЭТ на вход регулятора не подан сигнал Готовность АЕ1 к ЭТ. В процессе электроторможения исчез сигнал Готовность АЕ1 к ЭТ.
A21	Нет прерываний от Ig при ЭТ	Заменить ячейку PASG
A22	Управление от ТПУ при $F_g > 0,95 F_{nom}$	На вход регулятора подан сигнал Управление от ТПУ или Управление от ТПУ-2 при частоте вращения генератора, близкой к номинальной. Эти сигналы игнорируются
A23	Гашение из-за длительного ограничения	Гашение поля генератора на холостом ходу в результате превышения допустимой длительности работы ограничителя максимального тока ротора

## 2.4.4.2. Сигнализация об отказах. Катастрофические отказы.

При возникновении катастрофического отказа регулятор не может управлять системой возбуждения. Управляющие выходы регулятора заблокированы, импульсы управления ТВ сняты. Производится переход на резервный регулятор. Снимается сигнал *Регулятор исправен*, управляющий реле с нормально замкнутым контактом. При возникновении катастрофических отказов на обоих регуляторах автоматика СУР отключает АГП.

Таблица 2.5.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
<b>b01</b>	Отключен переключатель On/Off	При необходимости перевести переключатель в верхнее положение
<b>b02</b>	Запрет перехода при тестировании	Формируется на резервном регуляторе в режиме тестирования. Для тестирования этого регулятора следует снять питание с обоих регуляторов, после чего включить питание этого регулятора
<b>b03</b>	Отказ питания +15 V	Проверить наличие напряжения между контактами +15 V и 0V контрольного разъема ячейки PS
<b>b04</b>	Отказ питания -15 V	Проверить наличие напряжения между контактами -15 V и 0V контрольного разъема ячейки PS
<b>b05</b>	Отказ CAN-2 при инициализации	При инициализации регулятора зафиксирован отказ интерфейса CAN-2. Проверить наличие сигналов между CANavrH и CANavrL на контрольных разъемах ячеек PS обоих регуляторов. Проверить кабель связи между регуляторами
<b>b06</b>	Разные положения дисковых переключателей	Установить переключатели в одинаковое положение, отключить и вновь включить питание регулятора
<b>b07</b>	Запрещенный режим контроллера	Установка дискового переключателя в положения 5, 6, 7 запрещена
<b>b08</b>	Потеря Usyn	Нет напряжения синхронизации. Проверить напряжения на контактах UsynAB, UsynBC контрольного разъема ячейки PASE
<b>b09</b>	Потеря UsynA	Проверить напряжение на контакте UsynAB контрольного разъема ячейки PASE
<b>b10</b>	Потеря UsynB	Проверить напряжения на контактах UsynAB, UsynBC контрольного разъема ячейки PASE
<b>b11</b>	Потеря UsynC	Проверить напряжение на контакте UsynBC контрольного разъема ячейки PASE
<b>b12</b>	Неуспешная синхронизация СИФУ	Проверить напряжения на контактах UsynAB, UsynBC контрольного разъема ячейки PASE.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
		Возможная причина – обратное чередование фаз напряжения синхронизации
<b>b13</b>	КЗ ротора	Срабатывание защиты от короткого замыкания в цепях ротора
<b>b14</b>	Отказ ADC ячейки PASE	Заменить ячейку PASE
<b>b15</b>	Отказ ТВ	На входе регулятора установлен сигнал <i>Отказ ТВ</i>
<b>b16</b>	Отказ датчиков генератора	Формируется, если конфигурацией регулятора не предусмотрен переход на ручное управление. Проанализировать дополнительную диагностическую информацию
<b>b17</b>	Отказ тиристора #1	Проанализировать дополнительную диагностическую информацию, проверить целостность предохранителей и цепей управления тиристором
<b>b18</b>	Отказ тиристора #2	
<b>b19</b>	Отказ тиристора #3	
<b>b20</b>	Отказ тиристора #4	
<b>b21</b>	Отказ тиристора #5	
<b>b22</b>	Отказ тиристора #6	
<b>b23</b>	Недопустимое длительное повышение напряжения ВГ	Напряжение ВГ превышало <i>T074 HugeUg</i> в течение времени <i>T075 tHugeUg</i>
<b>b24</b>	Usyn недопустимо меньше Usyn-R	Формируется при $Usyn < UsynR - (T293 hCompareUsyn)$ . Проверить цепи датчика напряжения синхронизации. Возможен обрыв фазы

#### 2.4.4.3. Сигнализация об отказах. Условные отказы.

При возникновении условного отказа происходит переход на резервный регулятор, если тот исправен (нет катастрофического, условного или частичного отказа). В противном случае регулятор остается в работе. Информация о возникновении условного отказа передается контроллеру СУР, который формирует обобщенный сигнал о неисправности системы возбуждения. Для обеспечения селективности условный отказ устанавливается активным регулятором. Сброс условного отказа производится командой *Сброс сигнализации*.

Таблица 2.6.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
<b>C01</b>	Кратковременная потеря Usyn	Если при возбужденном генераторе напряжение синхронизации отсутствовало

Код	Сообщение	Дополнительная информация
		дольше, чем $T289 tLossUsyn$ , то вместо этого признака формируется признак катастрофического отказа
C02	Отказ ОМВ	Недопустимое длительное снижение реактивной мощности относительно уставки ОМВ. Формируется при $Qg < SetLimQg - (T621 hLimQgFail)$ в течение $T622 tLimQgFail$
C03	Отказ ОПП	Ограничения перегрузки не произошло, т.к. перегрев по току ротора достиг значения $T316 HeatFfail$ , или перегрев по току возбуждения бесщеточного возбудителя достиг значения $T685 HeatEfail$
C04	Отказ ОПС	Ограничения перегрузки не произошло, т.к. перегрев по току статора достиг значения $T336 HeatGfail$
C05	Отказ ограничителя максимального тока ротора	Недопустимое длительное превышение током ротора уставки ограничителя. Формируется при $If > Set + (T638 hLimIfFail)$ в течение $T639 tLimIfFail$ , где $Set = T631 SetLimIfMax$ при работе генератора в сети и $Set = T632 SetLimIfMaxOff$ при работе генератора на холостом ходу
C06	Снижение напряжения возбужденного генератора	При возбужденном генераторе длительность снижения напряжения относительно $T070 MinUg$ превысила время $T071 tMinUg$
C07	Повышение напряжения возбужденного генератора	Длительность повышения напряжения ВГ относительно $T072 MaxUg$ превысила время $T073 tMaxUg$
C08	Недопустимое повышение напряжения возбужденного генератора	Напряжение ВГ превысило $T074 HugeUg$ . Если продолжительность повышения $Ug$ превысит время $T075 tHugeUg$ , то вместо этого признака будет сформирован признак катастрофического отказа

#### 2.4.4.4. Сигнализация об отказах. Частичные отказы.

При частичном отказе регулятор не может выполнять функции автоматического управления. Если перед возникновением частичного отказа регулятор работал в автоматическом режиме, а на резервном регуляторе не было частичного отказа, то управление будет передано резервному регулятору. Если при конфигурации программного обеспечения был предусмотрен режим ручного управления, то неисправный регулятор будет переведен в этот режим. В противном случае такой отказ квалифицируется как катастрофический.

Таблица 2.7.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
F01	Потеря $U_g$	Нет напряжения генератора. Формируется при $U_g < (T115 U_g @ CheckUg)$ , если генератор работает в сети или при $I_e < (T114 I_e @ CheckUg)$ . Проверить цепи измерения напряжения генератора
F02	Потеря $U_{gA}$	Проверить напряжение на контакте $U_{gAB}$ контрольного разъема ячейки PASG
F03	Потеря $U_{gB}$	Проверить напряжения на контактах $U_{gAB}$ , $U_{gBC}$ контрольного разъема ячейки PASG
F04	Потеря $U_{gC}$	Проверить напряжение на контакте $U_{gBC}$ контрольного разъема ячейки PASG
F05	Потеря $PlsU_{gAB}$	При поданном напряжении $U_g$ проверить наличие инверсного меандра на контакте $PlsU_{gAB}$ / контрольного разъема ячейки PASG
F06	Потеря $PlsU_{gBC}$	При поданном напряжении $U_g$ проверить наличие инверсного меандра на контакте $PlsU_{gBC}$ / контрольного разъема ячейки PASG
F07	Потеря $PlsU_{gCA}$	При поданном напряжении $U_g$ проверить наличие инверсного меандра на контакте $PlsU_{gCA}$ / контрольного разъема ячейки PASG
F08	Отключен автомат $3 \times 100 U_g$	На входе регулятора нет сигнала $3 \times 100 U_g$ вкл
F09	Обратное чередование фаз $U_g$	Проверить $V130 PhaseU_{gBC}$ , которая должна отличаться от $120^\circ$ не более чем на $T121 h120$ . Проверить форму и фазу сигналов на контактах $PlsU_{gAB}$ /, $PlsU_{gBC}$ / и $PlsU_{gCA}$ / контрольного разъема ячейки PASG
F10	Отказ ADC ячейки PASG	Заменить ячейку PASG
F11	$U_g$ недопустимо меньше $U_{g-R}$	Формируется при $U_g < U_{g-R} - (T113 hCompareU_g)$ . Проверить цепи датчика напряжения генератора. Возможен обрыв фазы

#### 2.4.4.5. Сигнализация о работе ограничителей.

Перечисленные ниже сигналы формируются при работе ограничителей. После прекращения режима ограничения сигналы автоматически снимаются.

Таблица 2.8.

Код	Причина
L01	Перегрузка по току ротора и/или току возбуждения бесщеточного возбудителя
L02	Ограничение перегрузки по току ротора или току возбуждения бесщеточного возбудителя
L03	Запрещена перегрузка по току ротора или току возбуждения бесщеточного возбудителя
L04	Перегрузка по току статора
L05	Ограничение перегрузки по току статора
L06	Запрещена перегрузка по току статора
L07	Ограничение минимального возбуждения
L08	Ограничение напряжения генератора при снижении частоты (ограничение V/Hz).
L09	Ограничение максимального тока ротора
L10	Ограничение максимального напряжения ротора
L11	Ограничение максимального тока возбуждения возбудителя
L12	Ограничение напряжения синхронизации
L13	Ограничение номинального тока ротора при запрете форсировки
L14	Ограничение тока ротора на уровне $\cos \varphi = 1$
L15	Ограничение минимального тока ротора

#### 2.4.4.6. Сигнализация о неготовности к возбуждению.

При появлении одного из этих сигналов, а также сигналов о неисправности, условном, частичном или катастрофическом отказе возбуждение генератора запрещено. Выходной сигнал *Готовность к возбуждению* не формируется.

Таблица 2.9.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
U01	АЕ, ТВ не готовы	На входе регулятора нет сигнала <i>АЕ, ТВ готовы к возбуждению</i> .
U02	Аварийное отключение	На входе регулятора есть сигнал <i>Аварийное отключение</i>
U03	Нет напряжения синхронизации	Подать напряжение синхронизации. Проверить датчик напряжения синхронизации.
U04	Отключен АГП	Включить АГП
U05	Отключен автомат $3 \times 100 U_g$	На входе регулятора нет сигнала $3 \times 100 U_g$ <i>вкл</i>

2.4.4.7. Сигнализация о несовпадении входных дискретных сигналов AVR1 и AVR2.

Таблица 2.10.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
d01 ... d48	DI.1...DI.48 отличается от другого регулятора	Сигнал с указанным номером отличается от такого же сигнала на входе другого регулятора. Достоверным считается сигнал, поступающий на вход активного регулятора

2.4.4.8. Местная сигнализация.

Дополнительная диагностическая информация, предназначенная для наладочного персонала; при ее появлении сигнализация о неисправности не формируется, возбуждение генератора разрешено.

Таблица 2.11.

Код	Сообщение	Дополнительная информация
r01	Отключите переключатель On/Off	Вход в режим тестирования должен производиться при отключенном переключателе On/Off. Затем, при необходимости, следует его включить
r03	Отказ питания драйвера CAN-2	Заменить ячейку PS
r04	Отказ питания драйвера RS-232	
r05	Отказ питания драйвера RS-485	
r06	Нет Usyn при возбуждении	Неуспешное начальное возбуждение. В независимой системе возбуждения напряжение синхронизации должно быть подано перед подачей сигналов <i>Возбуждение</i> и $95\% F_{nom}$
r07	Не снят сигнал Гашение	Неуспешное начальное возбуждение. Перед подачей сигналов <i>Возбуждение</i> и $95\% F_{nom}$ сигнал <i>Гашение</i> должен быть снят
r08	Не снят сигнал Останов	Неуспешное начальное возбуждение. Перед подачей сигналов <i>Возбуждение</i> и $95\% F_{nom}$ сигнал <i>Останов</i> должен быть снят
r09	Нет Ie при возбуждении	Неуспешное начальное возбуждение. За время $T576$ $t_{WaitIe}$ после включения КНВ ток возбуждения не достиг значения $T575$ $I_{eOffKNV}$
r10	Не достигнута исходная	Неуспешное начальное возбуждение.

	уставка	При автоматическом управлении: за время $T577 tReachSetBgn$ напряжение генератора не достигло значения $0,75(T570 SetUgBgnExc)$ . При ручном управлении: за время $T577 tReachSetBgn$ ток возбуждения не достиг значения $0,75(T572 SetIeBgnExc)$
r11	Потеря $I_e$ при подъеме уставки	Неуспешное начальное возбуждение. Формируется на этапе подъема уставки. При автоматическом управлении: напряжение генератора снизилось до значения $0,25SetUg$ . При ручном управлении: ток возбуждения снизился до значения $0,25SetIe$
r12	Есть Возбудить и нет $95\% F_{nom}$	Ожидание сигнала $95\% F_{nom}$
r13	Запрет перехода Ручное->Автоматическое	При $Ug < MinSetUg$ , а также при зарядке линии запрещен переход с ручного на автоматическое управление
r14	Гашение в сети запрещено	При работе генератора в сети и $T010 swInvertGenOn = 0$ на вход регулятора поступил сигнал <i>Гашение</i>
r15	Ликвидировано КЗ ротора	Успешная ликвидация КЗ ротора. При работе защиты после съема импульсов восстановилось напряжение ротора
r16	Есть $I_e$ и/или $I_g$ перед ЭТ	Наличие тока ротора и/или тока генератора перед ЭТ
r17	Короткое ЭТ	Длительность электроторможения меньше, чем $T564 tMinEstop$
r18	Затянутое ЭТ	Длительность электроторможения больше, чем $T565 tMaxEstop$
r19	Не было тока при ЭТ	При возбуждении в режиме электроторможения не было тока возбуждения и/или тока статора
r20	Потеря $I_e$ при ЭТ	В процессе электроторможения исчез ток возбуждения
r21	Потеря $I_g$ при ЭТ	В процессе электроторможения исчез ток статора
r22	Нет сигнала <i>Готовность AE1 к ЭТ</i>	Нет сигнала <i>Готовность AE1 к ЭТ</i>
r23	Не снят сигнал <i>Готовность AE1 к ЭТ</i>	Не снят сигнал <i>Готовность AE1 к ЭТ</i>

r24	Потеря PlsIgB	При поданном на вход регулятора токе статора проверить наличие инверсного меандра на контакте PlsIgB/ контрольного разъема ячейки PASG
r25	Несанкционированное гашение при ЭТ	В процессе электроторможения произошло несанкционированное гашение поля
r26	Нет Ie при самосинхронизации	За время $T543 tWaitIeSS$ после подачи импульсов на ТВ ток возбуждения не достиг значения $T542 isIeSS$
r27	Нет Ubar при самосинхронизации	Регулятор переводится в режим ручного управления
r28	Нет синхронизации СИФУ при самосинхронизации	Проверить цепи напряжения синхронизации
r29	Недостовверный сигнал 95% Fnom	Есть сигнал <i>Возбуждение от ПТУ</i> и есть сигнал $95\% Fnom$
r33	Непроводимость плеча	Непроводимость плеча
r34	Сплошной импульс управления плечом	Сплошной импульс управления плечом
r35	Осталось менее 10 версий настроек	Предупреждение о скором исчерпании объема flash-памяти контроллера, используемой для хранения версий настроек
r36	Переполнение буфера настроек	Запрет записи новой версии настроек из-за исчерпания объема flash-памяти контроллера
r41	Немаскируемое прерывание	Информация для разработчика
r42	Переполнение стека	
r43	Исчерпание стека	
r44	Несуществующий код операции	
r45	Нарушение формата защищенной команды	
r46	Обращение к слову по нечетному адресу	
r47	Обращение к команде по нечетному адресу	
r48	Обращение по шине к несанкционированному адресу	
r49	$U_{gAB}-U_{gBC} > 5\%$	
		Длительная несимметрия напряжений генератора. Проверить напряжения на контрольном разъеме ячейки PASG

<b>r50</b>	Смещение $U_{gAB} > 5\%$	Недопустимое смещение напряжения $U_{g-AB}$ . Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r51</b>	Смещение $U_{gBC} > 5\%$	Недопустимое смещение напряжения $U_{g-BC}$ . Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r52</b>	$U_{synAB} - U_{synBC} > 5\%$	Длительная асимметрия напряжений синхронизации. Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r53</b>	Смещение $U_{synAB} > 5\%$	Недопустимое смещение напряжения $U_{syn-AB}$ . Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r54</b>	Смещение $U_{synBC} > 5\%$	Недопустимое смещение напряжения $U_{syn-BC}$ . Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r58</b>	Смещение $I_{gB} > 5\%$	Недопустимое смещение тока $I_{g-B}$ . Проверить напряжение на контрольном разъеме ячейки PASG
<b>r63</b>	Гашение из-за недопустимой частоты	Частота напряжения синхронизации вышла из диапазона, заданного настройками <i>T702 MinFsyn... T702 MaxFsyn</i>
<b>r64</b>	Было короткое замыкание	Регулятор формировал управляющее воздействие, соответствующее режиму короткого замыкания в энергосистеме

#### 2.4.5. Сигнализация, диагностическая информация устройств МУЗА.

##### 2.4.5.1. Предупредительная сигнализация.

Таблица 2.12.

<b>Код</b>	<b>Причина сигнала</b>	<b>Дополнительная информация</b>
<b>A01</b>	сброс	Сигнал с ЩУ
<b>A02</b>	Перегрузка по ротору при токе 1.05	Для контроля величины тока ротора
<b>A03</b>	Перегрузка по статору при токе 1.05	Для контроля величины тока статора
<b>A04</b>	Перегрузка по ротору (1-я ступень)	Перегрузка ротора без отключения АГП
<b>A05</b>	Перегрузка по статору (1-я ступень)	Перегрузка статора без отключения АГП
<b>A06</b>	Замыкание положительного полюса	Для контроля места КЗ ротора на землю

<b>Код</b>	<b>Причина сигнала</b>	<b>Дополнительная информация</b>
<b>A07</b>	Замыкание отрицательного полюса	Для контроля места КЗ ротора на землю
<b>A08</b>	Неисправность цепей измерения тока утечки изоляции ротора	Для контроля состояния цепей измерения тока утечки изоляции ротора
<b>A09</b>	Сброс с ЩУ	По фронту этого сигнала квитируются сигналы неисправностей и отказов
<b>A10</b>	Гашение	Сигнал от АРВ для выявления режима неуспешного гашения
<b>A11</b>	Ген.выкл. отключен	Сигнал от генераторного выключателя для выявления режима холостого хода
<b>A12</b>	Включено питание	Сигнал от выключателя питания
<b>A13</b>	Включено 100 V	Сигнал от выключателя 100 V
<b>A14</b>	Сброс МУЗА1(2)	По фронту этого сигнала квитируются сигналы неисправностей и отказов конкретного МУЗА
<b>A15</b>	Питание ПКИ	Сигнал от выключателя и реле контроля питания ПКИ
<b>A16</b>	Защиты с.в. и генератора	Сигнал о срабатывании вых. реле защит
<b>A17</b>	МУЗА-1(2) вкл.	Сигнал готовности МУЗА-1(2)
<b>A18</b>	Сброс сетевой	Сброс сигнализации по сети
<b>A19</b>	Режим самосинхронизации	Для случая самосинхронизации
<b>A20</b>	Возбуждение погашено от СУР	Гашение от СУР
<b>A25</b>	АЦП ig имеет насыщение	Для контроля АЦП
<b>A26</b>	АЦП uf имеет насыщение	
<b>A27</b>	АЦП iav имеет насыщение	
<b>A28</b>	АЦП ibv имеет насыщение	Для контроля АЦП
<b>A29</b>	АЦП icv имеет насыщение	
<b>A30</b>	АЦП itea имеет насыщение	
<b>A31</b>	АЦП iteb имеет насыщение	
<b>A32</b>	АЦП itec имеет насыщение	
<b>A33</b>	АЦП itema имеет насыщение	
<b>A34</b>	АЦП itemb имеет насыщение	
<b>A35</b>	АЦП itemc имеет насыщение	

## 2.4.5.2. Аварийная сигнализация.

Таблица 2.13.

<b>Код</b>	<b>Причина сигнала</b>	<b>Дополнительная информация</b>
<b>B01</b>	Срабатывание защит	Для регистрации (в СУР)

Код	Причина сигнала	Дополнительная информация
<b>В02</b>	Релейное развозбуждение	Команда на релейное развозбуждение и переход на другой канал в (в СУР)
<b>В03</b>	Отключить ген. Выключатель	Отключение ген. Выключателя (в ЩУ)
<b>В04</b>	Аварийное развозбуждение	Команда на аварийное отключение от защит в СУР (в СУР)
<b>В05</b>	Зашунтировать ротор	Команда на шунтирование ротора (в СС)
<b>В06</b>	Разгрузка агрегата	Команда на закрытие направляющего аппарата турбины, останов генератора (в ЩУ)
<b>В07</b>	Отключить АГП	Отключение АГП (в СС)
<b>В08</b>	Длит. ток на остановленном Г	Длительный ток на останов. генер. в ЩУ
<b>В09</b>	Запрет АПВ выключателя блок-линия	Команда «Запрет АПВ» подается в ЩУ
<b>В10</b>	При пуске от ПТУ ток ротора за предел ХХ	При пуске от ПТУ в ЩУ
<b>В11</b>	Блокировка МУЗА	Команда «Неисправность и блокировка»

## 2.4.5.3. Информация о частичных отказах.

Таблица 2.14.

Код	Причина отказа	Дополнительная информация
<b>F01</b>	Неисправность цепей измерения напряжения генератора.	Подключить цепи измерения напряжения генератора. На гнездах ячейки PAS проверить амплитудную и фазовую симметрию сигналов $U_{abg}$ , $U_{bcg}$ , $U_{cag}$
<b>F02</b>	отсутствуют прерывания от $U_g$	На гнездах ячейки PAS проверить сигналы $Pls\_uabg$ , $Pls\_ubcg$ , $Pls\_ucag$
<b>F03</b>	на ХХ угол между векторами фаз В и С не равен 95-145 °	Фазовый угол между сигналами ячейки PAS $Pls\_ubcg$ , $Pls\_uabg$ ( <b><i>VI30 PhaseUbc</i></b> ) должен быть равен 120°
<b>F04</b>	Резерв	-
<b>F05</b>	отказ источника питания (от MR)	Формируется ячейкой MR. Проверить уровни напряжений +5V,+15V,-15V,+24V
<b>F06</b>	отсутствуют прерывания от $U_{abg}$	На гнездах ячейки PAS проверить сигналы $Pls\_uabg$ , $Pls\_ubcg$ , $Pls\_ucag$
<b>F07</b>	отсутствуют прерывания от $U_{bcg}$	
<b>F08</b>	отсутствуют прерывания от $U_{cag}$	

## 2.4.5.4. Информационные сообщения.

Таблица 2.15.

Код	Причина сигнала	Дополнительная информация
U01	Нагрев ротора при токе 1.06	Для контроля уставки по току ротора
U02	Нагрев статора при токе 1.06	Для контроля уставки по току статора
U03	Срабатывание фазы А	Для фазовой диагностики
U04	Срабатывание фазы В	Для фазовой диагностики
U05	Срабатывание фазы С	Для фазовой диагностики
U06	Генераторный выкл. отключен	Г в режиме ХХ
U07	От тумблера LC BLOCK	Переключить тумблер BLOCK
U08	Отключение автомата SFM(2-6)	Для контроля питания секции защит

2.4.5.5. Индикаторы срабатывания защит (красного свечения) на панели управления АУ.

Таблица 2.16.

Индикация АУ МУЗА1 (МУЗА2)	Сигнал
L05 (P05)	Сигнал «Неуспешное инвертирование»
L06 (P06)	Не ограниченная форсировка по длительности
L07 (P07)	Не ограниченная форсировка по величине тока ротора,
L08 (P08)	Перегрузка ротора (2-я ступень)
L11 (P11)	Потеря возбуждения
L12 (P12)	Защита от КЗ на стороне постоянного тока
L14 (P14)	Защита от КЗ на землю
L13 (P13)	Защита от превышения напряжения на холостом ходу
L15 (P15)	Защита от длительной подачи тока возбуждения на остановленный ротор
L16 (P16)	Выход тока ротора за пределы мин. или мах. значения при работе с ПТУ

2.4.5.6. Индикаторы исправности (зелёное свечение) на панели управления АУ.

Таблица 2.17.

Индикация АУ МУЗА1 (МУЗА2)	Сигналы исправности
A01 (B01)	МУЗА1 (МУЗА2) исправна
A02 (B02)	Источник 24 V для выходных дискретных сигналов МУЗА1 (МУЗА2)
A03 (B03)	Источник 24 V для входных дискретных сигналов МУЗА1 (МУЗА2)

Индикация АУ МУЗА1 (МУЗА2)	Сигналы исправности
А04 (В04)	Источник +15 V -15V для входных аналоговых сигналов МУЗА1 (МУЗА2)
А05 (В05)	Источник 24 V GU1(GU2) панели АТ-2
А06 (В06)	Источник 24 V GU1(GU2) панели АУ
А07 (В07) А16 (В16)	Резерв

2.4.5. Сигнализация, диагностическая информация МП защит терминалов ЭКРА.

2.4.5.1. Предупредительная сигнализация.

Таблица 2.18.

Наименование	Срабатывание	Состояние
01.HL1 «Неисправность »	1. Вывод терминала МП защит ЭКРА 01А1 из работы. 2. Неисправность терминала МП защит ЭКРА 01А1 первый комплект.	Свечение (зеленый цвет)
02.HL1 «Неисправность »	1. Вывод терминала МП защит ЭКРА 02А1 из работы. 2. Неисправность терминала МП защит ЭКРА 02А1 второй комплект.	
03.HL1 «Неисправность »	1. Вывод терминала РАС ЭКРА 03А1 из работы. 2. Неисправность терминала РАС ЭКРА 03А1.	
01.HL2 «Вызов»	1. Срабатывание предупредительных ступеней первого комплекта защит. 2. Неисправность первого устройства СКИ или отсутствие питания входных цепей.	Свечение (желтый цвет)
02.HL2 «Вызов»	1. Срабатывание предупредительных ступеней второго комплекта защит. 2. Неисправность второго устройства СКИ или отсутствие питания входных цепей.	
03.HL2 «Срабатывание»	Запуск осциллографа без фиксации.	Свечение (красный цвет)

2.4.5.2. Аварийная сигнализация.

Таблица 2.19.

Наименование	Срабатывание	Состояние
00.HLW	Неисправность ЩВ сигнал из СУР.	Свечение

«Неисправность»	Работа внутренних защит ЩВ.	(красный цвет)
00.HLR «Режим испытания»	Ключ 00.SA1 переведен в положение ИСПЫТАНИЕ	
01.HL3 «Срабатывание»	Работа первого комплекта защит.	
02.HL3 «Срабатывание»	Работа второго комплекта защит.	






2.4.5.3. Светодиодная индикация действия защит СВ на терминалах 01A1 и 02A1 ЭКРА 213 0024-61E2

Таблица 2.20.

№ П. П	Условное обозначение	Наименование защит	Действие защит		
			Отключение	Предупредительная сигнализация	Аварийная сигнализация
1.	$I_p > I_P$	Защита генератора от неуспешного инвертирования	Красный	Нет	Красный
2.	$I_p > R$	Защита от неограниченной по времени форсировки ротора генератора	Красный	Нет	Красный
3.	$I_{pDC} > R$	Защита от неограниченной по времени форсировки ротора генератора	Выведена		
4.	$I_p >$	Защита от неограниченной по току форсировки ротора генератора	Красный	Нет	Красный
5.	$I_{pDC} >$	Защита от неограниченной по току форсировки ротора генератора	Выведена		
6.	$I_p$	Защита ротора от перегрузок по расчету переменного тока	Нет	Красный	Нет
7.	$I_p 2ст.$	Защита ротора от перегрузок (2 ступень) по расчету переменного тока	Красный	Нет	Красный
8.	$I_{pDC}$	Защита ротора генератора от перегрузок по датчику постоянного тока	Выведена		
9.	$I_{pDC} 2ст.$	Защита ротора генератора от перегрузок (2 ступень) по датчику постоянного тока.	Выведена		
10.	II	Защита от симметричных перегрузок обмотки статора	Нет	Красный	Нет
11.	II 2ст.	Защита от симметричных перегрузок обмотки статора (2 ступень)	Красный	Нет	Красный

12.	$P T G$	Трехфазный измерительный орган максимального тока генератора	Выведена		
13.	$I >>$	Защита от короткого замыкания на стороне постоянного тока	Красный	Нет	Красный
14.	$I_p I >$	Контроль повышения тока ротора генератора при работе с ПТУ	Красный	Нет	Красный
15.	$I_p I <$	Контроль понижения тока ротора генератора при работе с ПТУ	Красный	Нет	Красный
16.	$U <$	Трехфазный орган минимального напряжения	Выведена		
17.	$Q(P)$	Защита от недопустимого потребления реактивной мощности (защита от потери возбуждения)	Красный без воздействий на основное оборудование	Красный	Красный

2.4.5.4. Светодиодная индикация состояния терминалов 01A1, 02A1, 03A1 ЭКРА 213 0024-61E2

Состояние светодиодов	Состояние терминала	Назначение
	«РАБОТА»	Терминал находится в рабочем состоянии. На дисплее терминала в пункте меню <b>Диагностика</b> – Состояние терминала в строке <b>Состояние</b> указано «РАБОТА». Терминал находится в данном состоянии при отсутствии аварийной неисправности и наличии управляющего сигнала «РАБОТА». Дисплей терминала может перейти в «дежурное» состояние, при котором отсутствует подсветка дисплея
Питание  Готовность  Неисправность 	«ТЕСТ»	Используется для комплексного тестирования прохождения сигнала (физического сигнала или сигнала по протоколам связи) от терминала до места квитирования, а также для визуального тестирования светодиодных индикаторов на лицевой панели терминала. Вход в данный режим осуществляется через клавиатуру терминала путем входа в меню <b>Тесты</b> блоков, <b>Тест Goose</b> , <b>Тест Sampled Values</b> , <b>Автотестирование</b> и ввода пароля для активирования режима. При выходе из данного пункта меню автоматически осуществляется выход из режима «ТЕСТ». Также возможно войти в режим «ТЕСТ» через программу АРМ-релейщика или программу <b>Smart Monitor</b> , при этом на дисплее терминала отображается сообщение о том, что терминал находится в режиме «ТЕСТ». <b>ВНИМАНИЕ: В РЕЖИМЕ «ТЕСТ» ВОЗМОЖНО ОТКЛЮЧЕНИЕ ПЕРВИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ!</b>
	«НЕИСПРАВНОСТЬ» ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ	Незначительная неисправность, не выводящая из работы терминал. Возможно кратковременное появление на дисплее терминала экрана загрузки. Данное состояние подтверждается свечением служебного светодиода «ДИАГНОСТИКА» / «ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ НЕИСПРАВНОСТЬ»
Питание  Готовность  Неисправность 	«НЕИСПРАВНОСТЬ» АВАРИЙНАЯ	Терминал выведен из работы и находится в состоянии аварийной неисправности. Данное состояние определяется наличием аппаратных или программных неисправностей (например, в случае если напряжение оперативного питания не удовлетворяет необходимым требованиям, в случае одновременного наличия управляющих сигналов «РАБОТА» и «ВЫВОД» в течение более 0,5 с)
	«ЭМУЛЯЦИЯ»	Служит для проверки логики защит терминала и активизируется только с сервисного порта на лицевой панели терминала. Вход и выход в данное состояние осуществляется только с помощью комплекса программ <b>EKRASMS-SP</b> . На дисплее терминала в пункте меню <b>Диагностика</b> – Состояние терминала в строке <b>Эмуляция</b> указано положение «ВКЛ». В режиме эмуляции напряжение с выходов реле снимается. <b>ВНИМАНИЕ: ПЕРЕД ВХОДОМ В РЕЖИМ «ЭМУЛЯЦИЯ» НЕОБХОДИМО ОБЯЗАТЕЛЬНО ПЕРЕВЕСТИ ТЕРМИНАЛ В СОСТОЯНИЕ «ВЫВОД»!</b>
Питание  Готовность  Неисправность 	«ВЫВОД»	Терминал находится в выведенном состоянии (см. 2.4.5). В данном состоянии происходит аппаратное отключение питания обмоток выходных реле терминала, а все остальные заложенные функции в терминале выполняются в полном объеме. Терминал находится в состоянии «ВЫВОД» при отсутствии аварийной неисправности и наличии управляющего сигнала «ВЫВОД»
	«ЗАГРУЗКА»	Имеется напряжение питания терминала, но терминал не готов к работе. Данное состояние происходит при включении терминала. При этом на дисплее отображается экран загрузки

### 3. КРИТЕРИИ И ПРЕДЕЛЫ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ

3.1. Устройство СВ обеспечивает номинальные параметры и характеристики при следующих показателях качества электрической энергии на входе:

Отклонение напряжения питающей сети от номинального по ГОСТ 32144-2013, %	От -10 до +10
Отклонение частоты питающей сети от	$\pm 2,5$

номинального по ГОСТ 6697-83, %	
Коэффициент не синусоидальности кривой напряжения по ГОСТ 32144-2013 не хуже, %	8

### 3.2. Устройство СВ сохраняет работоспособность при:

Отклонение напряжения питающей сети и вспомогательных цепей, %	От -15 до +10
Отклонение частоты питающей сети, Гц	$\pm 2,5$

### 3.3. Номинальное значение климатических факторов:

Верхнее рабочее значение температуры воздуха окружающей среды, °С	+ 40
Нижнее рабочее значение температуры воздуха окружающей среды, °С	+ 1
Верхнее значение относительной влажности при температуре 20 °С, %	65

3.4. Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, не насыщенная токопроводящей пылью и водяными парами, ведущих к снижению параметров изделий в недопустимых пределах. Отсутствие непосредственного воздействия солнечной радиации.

3.5. ЩВ должен функционировать и сохранять свои параметры в процессе воздействия механических факторов по ГОСТ 16962.1-89 и соответствовать группе условий эксплуатации М6 по ГОСТ 17516.1-90.

3.6. Рабочее положение ЩВ – вертикальное, допускается отклонение от рабочего положения не более  $5^{\circ}$  в любую сторону.

3.7. Степень защиты от соприкосновения с токоведущими частями.

Вся аппаратура ЩВ расположена в шкафах двухстороннего обслуживания. Шкафы с силовой аппаратурой и аппаратурой регулирования и управления имеют степень защиты IP20 по ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013).

3.8. Допустимая кратность перегрузки гидрогенератора по току возбуждения с косвенным охлаждением обмоток определяется допустимой перегрузкой статора в соответствии с требованиями п. 422 Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утвержденных приказом от 4 октября 2022 года N 1070. Характеристика приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Кратность $I_G/I_{G.NOM}$	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	2.0
Продолжительность перегрузки, мин., не более	60	15	6	5	4	3	2	1

3.9. Характеристика допустимого потребления реактивной мощности (характеристика ОМВ) приведена в табл. 3.2.

Настроенная характеристика ОМВ при напряжении генератора  $U_G = U_{Gnom}$

Таблица 3.2.

Генераторный режим							
<b>P(МВт)</b>	0	23,5	70,5	117,5	164,5	211,5	223
<b>Q(МВар)</b>	-120	-120	-110	-94	-77	-61	-51,7
Двигательный режим							
<b>P(МВт)</b>	0	-23,5	-70,5	-117,5	-164,5	-211,5	-223
<b>Q(МВар)</b>	-120	-120	-110	-94	-77	-61	-51,7

Примечание: Точка срабатывания ОМВ зависит от величины напряжения на статоре генератора. В АРВ настроено 3 характеристики ОМВ, при  $U_G = U_{Gном}$ ,  $U_G = 0,85U_{Gном}$ ,  $U_G = 1,1U_{Gном}$

Генераторный режим при  $U_G = U_{Gн}$ :  $P_n = 200\text{МВт}$   $Q_{max} = -65\text{МВар}$

Двигательный режим при  $U_G = U_{Gн}$ :  $P_n = -220\text{МВт}$   $Q_{max} = -50\text{МВар}$

Режим СК при  $U_G = U_{Gн}$ :  $P_n = 0 - 20\text{МВт}$   $Q_{max} = -120\text{МВар}$

#### 4. ПОРЯДОК ВВОДА В РАБОТУ

##### 4.1. Органы управления СВ.

Под управлением оперативного персонала станции находятся следующие элементы схемы системы возбуждения (таб. 4.1.).

Таблица 4.1.

Наименование	Размещение	Назначение	Примечание
Рубильники ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С	ЩВ, секция АЕ1(ЩСВ)	Рубильники однополюсные цепей переменного (анодного) напряжения СВ	Подключение силовых цепей ВТ к тиристорному преобразователю
Рубильники РП-1, РП-2		Рубильники однополюсные цепей выпрямленного напряжения СВ	Подключение силовых цепей ТП к ротору ГА
Кнопки SBC1, SBT1		Кнопки управления АГП «QE1 (зеленая)» - включить, «QE1(красная)» - отключить	
Кнопка SBT2 для МУЗА (00.SBV1 для ЭКРА ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6)	ЩВ, секция АЕ4(П2)	Кнопка «Деблокировка (красная)» возврат реле защит KL7.1-KL7.3 (00.KL7.1-00.KL7.3 для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6)	

Выключатели SF41, SF42		Выключатели цепей напряжения ГА для АРВ1, АРВ2 (от ТН-1-А1(2÷6))	
Выключатели SF43, SF44	Шкаф ТН-1-А1(2÷6)	Выключатели цепей напряжения ГА для МУЗА1, МУЗА2, терминалов ЭКРА 1(2) комплектов защит для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 (от ТН-1-А1(2÷6))	
Выключатели 1SF1, 1SF2	1ШОТ-А1(2÷6)	Питание от оперативного постоянного тока 220VDC цепей вторичной коммутации СВ (питание АГП, КШР, защит)	
Выключатель SF90	ЩПТ	Питание цепей начального возбуждения	При нормальной эксплуатации - отключен
Выключатель SF4	Сборка А1--Д11.16 А2--Д12.16 А3--Д21.16 А5--Д31.16 А6--Д32.16	Ввод напряжения от СН станции 3х380VАС	Используется также при наладке и проверках АРВ
SF6	А4-- Д22.16		

Примечание: Автоматические выключатели секции АЕ4(П2) не являются элементами оперативного управления системой возбуждения. Перечень выключателей, их функциональное назначение и указание нормального состояния приводится в разделе.

В нормальном режиме эксплуатации управление системой возбуждения выполняется автоматически.

По любой из команд пуска ГА в генераторное или насосное вращение проходит команда на включение АГП (QE1). Как правило, в нормальном режиме эксплуатации АГП постоянно включен. Если по какой-либо причине АГП отключался, то при пуске ГА он включится при условии, что сигналы от защит агрегата или СВ отсутствуют.

Управление АГП возможно осуществлять по месту, кнопками SBT1, SBC1 в силовой секции СВ (рис.1.2).

**При срабатывании защит СВ выходные реле защит KL7.1 – KL7.3 блокируются («защелкиваются»). Включение АГП при этом невозможно. Для деблокировки реле, после снятия сигналов защит, необходимо нажать кнопку SBB1 «Деблокировка» в релейном шкафу секции АЕ4(П2) (рис. 1.12).**

## В СУЗ ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 кнопка 00.SBB1 «Деблокировка защит».



рис. 1.12. Деблокировка защит.

SAE «Управление реактивной мощностью» (на планшете управления ГА ГЩУ) и SA2 «Управление возбуждением» (на лицевой панели ПТК ИСУ АЩУ). – ключи управления уставкой реактивной мощностью регулятора, которые используются для управления режимом реактивной мощности ГА, работающего в сети. При отказе автоматической подгонки напряжения ключ может быть использован для управления напряжением ГА при ручной синхронизации. Команды от ключа подаются на активный регулятор АРВ. В зависимости от режима работы регулятора (Регулятор напряжения/ Регулятор тока), изменяется уставка по напряжению ГА, или уставка по току возбуждения.

А так же возможно управление системой возбуждения с АРМ ГЩУ, согласно инструкции по эксплуатации верхнего уровня автоматизированной системы управления гидроагрегатами № 13155 приложения 3 пункт 12 «Управление задатчиками», и по месту с главного экрана сенсорного дисплея секции СУР (рис. 1.15), на экране которого имеются кнопки «Возбуждение/Гашение», «Больше/Меньше», «Включение АРВ1/Включение АРВ2», «Управление по напряжению  $U_g$ /Управление по току  $I_f$ », «Регулирование Q/Регулирование  $\cos \phi$ » и кнопка «Сброс сигнализации».

Для активизации управления системой возбуждения с дисплея необходимо прежде всего нажать кнопку «Местное». Внешние команды управления от схемы автоматики АЩУ при этом блокируются.

Кнопками «Включение АРВ1/Включение АРВ2» можно выбрать активный регулятор. По умолчанию, при поступлении на регуляторы напряжения питания, активным становится регулятор АРВ1, при этом АРВ2 находится в состоянии «горячего резерва». Кнопкой можно принудительно активировать регулятор АРВ2 и перевести АРВ1 в горячий резерв, а также выполнить обратный перевод. Подсветка кнопки указывает какой регулятор активный в данный момент. Переключения регуляторов произойдет автоматически в случае неисправности активного регулятора. Команда на активирование регулятора блокируется в

случае, если вводимый регулятор неисправен (отключен по питанию, отключены цепи напряжения).

4.2. Подготовка СВ к включению в работу заключается в установке коммутационной аппаратуры силовой схемы и вторичных цепей в эксплуатационное положение.

4.2.1. Внешним осмотром убедиться в отсутствии механических повреждений и дефектов оборудования СВ, визуально убедиться в отключенном состоянии АГП (QE1), силовых рубильников ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С, РП-1, РП-2 (ШСВ), рубильник QS6 цепей НВ (ШСВ). Проверить отсутствие переносных заземлений на шинопроводах СВ.

4.2.2. В релейном шкафу секции АЕ4 (панель управления и защит панель №2: проверить отключенное положение автоматического выключателя SF16-при несоответствии отключить; проверить, что переключатель SA1 (00.SA1 – для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6) установлен в положение «Работа» (рис.1.13), при несоответствии установить.

**SF16 (00.SF16 – ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6) включается только при наладке или проверке системы возбуждения, при этом, при наличии 380V от СН ГАЭС, должна гореть предупредительная лампа.**



рис. 1.13. Ключ выбора пуско-наладочных испытаний СВ.

4.2.3. В шкафу силового ввода включить силовые рубильники ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С, РП-1, РП-2.

4.2.4. В шкафу цепей напряжения ТН1 А1-А6 проверить включенное состояние/включить автоматы SF41 – SF44 цепей напряжения первого и второго каналов управления и защит СВ.

4.2.5. В 1ШОТ-А1(2÷6) включить (проверить включенное состояние) автоматы 1SF1 - 1SF2 ввода оперативного постоянного тока СВ.

4.2.6. В сборке соответственно Д11.16, Д12.16, Д21.16, Д31.16, Д32.16 включить автомат (проверить включенное состояние) SF4, в сборке Д22.16 автомат SF6, ввод цепей СН СВ.

4.2.7. Проверить остальные выключатели СВ и привести их положение в соответствие с таблицами 4.2, 4.3

Таблица 4.2.

Разме- щен.	Наимен- ов.	Назначение	Норм- сост.
ШСВ	SF1	Питание ТСН Т1 (канал 1) от напряжения 3x560V ЩВ-1(2÷5), 3x520V ЩВ-6	Вкл.
СУЗ АЕ4 (П2)	SF2	Питание АРВ (канал 1) переменным напряжением 3x380V	Вкл.
	SF3	Цепи синхронизации АРВ1 (канал 1) 3x380V	Вкл.
	SF4	Питание АРВ (канал 1) напряжением постоянного тока =220V	Вкл.
ШСВ	SF5	Питание ТСН Т2 (канал 2) от напряжения 3x560V ЩВ-1(2÷5), 3x520V ЩВ-6	Вкл.
СУЗ АЕ4 (П2)	SF6	Питание АРВ (канал 2) переменным напряжением 3x380V	Вкл.
	SF7	Цепи синхронизации АРВ2 (канал 2) 3x380V	Вкл.
	SF8	Питание АРВ (канал 2) напряжением постоянного тока =220V	Вкл.
	SF9	Питание сигнального фонаря (дверь модуля защит) напряжением ~220V	Вкл.
	SF10	Питание измерит. преобр. тока ротора UAE1 напряжением ~220V	Вкл.
	SF11	Питание измерит. преобр. напряжения ротора UVE1 напряжением ~220V	Вкл.
	SF12	Питание ШУ ЗАЩИТ СВ напряжением постоянного тока =220V	Вкл.
	SF13	Питание ШУ АГП (QE1) напряжением постоянного тока =220V	Вкл.
	SF14	Питание цепей освещения щита возбуждения	Вкл.
	SF15	Питание розеток ~220V в секциях щита возбуждения	Вкл.
	SF16	Ввод напряжения 3x380V от СН станции (только для наладочных работ)	Откл
	SF17	Ввод напряжения ~220V от РЩ СГП агрегатов (питание SF9 – SF11, УЗОР)	Вкл.
	SF20	Питание преобразователя СМПР МИП	Вкл.
МУЗА АЕ4 (П2)	SFM2	Питание МУЗА-1 (канал 1) переменным напряжением 3x380V	Вкл.
	SFM3	Питание МУЗА-2 (канал 2) переменным напряжением 3x380V	Вкл.
	SFM4	Питание МУЗА-1 (канал 1) напряжением постоянного тока =220V	Вкл.

	SFM5	Питание МУЗА-2 (канал 2) напряжением постоянного тока =220V	Вкл.
	SFM6	Питание устройства контроля изоляции УЗОР напряжением =220V	Вкл.
	МУЗ (АЕ4) Х5	Питание выходных релейных модулей МУЗА-1 (канал 1)	Вкл.
	МУЗ (АЕ4) Х6	Питание выходных релейных модулей МУЗА-2 (канал 2)	Вкл.
ШСВ	SF	Питание УЗОР	Вкл.

Перечень автоматических выключателей, назначение и состояние при нормальной (штатной) эксплуатации СВ для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6:

Таблица 4.3.

Наименование	Назначение	Нормальное состояние
00.SF2	Питание АРВ-1 380V AC	Вкл.
00.SF3	Синхронизация АРВ-1	Вкл.
00.SF4	Питание АРВ-1 380V DC	Вкл.
00.SF6	Питание АРВ-2 380V AC	Вкл.
00.SF7	Синхронизация АРВ-2	Вкл.
00.SF8	Питание АРВ-2 380V DC	Вкл.
00.SF10	Питание UAE1 (Измерение IF)	Вкл.
00.SF11	Питание UVE1 (Измерение IF)	Вкл.
00.SF12	Питание ШУ КШР	Вкл.
00.SF13	Питание ШУ АГП	Вкл.
00.SF14	Питание цепей освещения	Вкл.
00.SF15	Питание розеток	Вкл.
00.SF16	Питание СТС при наладке	Откл
00.SF17	Ввод напряжения 220V AC (SF10 – SF11)	Вкл.
01.SF1	Питание дискретных входов 01А1	Вкл.
01.SF2	Питание 01А1, 03А1, 04А1	Вкл.
02.SF1	Питание дискретных входов 02А1	Вкл.

02.SF2	Питание 02А1, 05А1	Вкл.
03.SF1	Питание дискретных входов 03А1	Вкл.
04.SF1	Питание 04А1 ЭКРА-СКИ	Вкл.
05.SF1	Питание 05А1 ЭКРА-СКИ	Вкл.
00.SF20	Питание МИП	Вкл.

4.2.8. Нажать кнопку деблокировки реле защит SBT2 в шкафу АЕ4(П2)

4.3. В шкафу СУР панель №1:

4.3.1. По светодиодной индикации на кассетах АРВ, ТР и МУЗА (терминалах ЭКРА для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6) убедиться в наличии питания и отсутствие кодов неисправностей на семи сегментных индикаторах;

4.3.2. Убедиться, что все переключатели на панелях блоков МУЗА находятся в нижнем положении, дисковый переключатель АРВ – в положении «0», на панелях АРВ и МУЗА индикаторы «ГОТОВ» светятся, индикаторы «РАБОТА» моргают с частотой 1 Гц (в СУЗ ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 на терминалах ЭКРА 213 0024-61Е2 1(2) комплектов защит светятся индикаторы «РАБОТА»)

4.3.3. Активировать сенсорный дисплей (легким прикосновением к сенсорной панели). По пиктограммам на главном экране убедиться в готовности АРВ1 и АРВ2, а также в готовности регуляторов к переводам (пиктограмма двухсторонней стрелки между регуляторами должна быть зеленого цвета).

На дисплее, во вкладке «НЕИСПРАВНОСТИ», убедиться в отсутствии сообщений о текущей неисправности системы возбуждения.

4.3.4. Проверить, что на дисплее горит индикатор «Дистанционное управление». При несоответствии – включить режим управления «Дистанционное»;

**Если при включении автоматических выключателей согласно табл. 4.2 сенсорный дисплей на двери СУР не запустился, то необходимо проверить включенное состояние компьютер РС по светодиодной индикации возле кнопки включения компьютера (красный – РС отключен, зеленый – РС включен), которая располагается на верхней части корпуса РС (рис. 1.14.). При свечении красного светодиода включить компьютер РС кратковременным нажатием кнопки включения РС.**



рис. 1.14. Панельный компьютер РС.

4.3.5. На панели ПТК АУГ и ПТК ИСУ АЩУ-1(2÷6) убедиться в отсутствии индикации неисправности. При необходимости нажать кнопку «Сброс сигнализации», квитирова возможные сигналы неисправности.

4.3.6. Ввести ключи на панелях релейных защит АЩУ-1(2÷6):

- SA14 «Защиты СВ на 1 комплект защит А-1(2÷6)» в шкафу №1 «1 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA14 «Защиты СВ на 2 комплект защит А-1(2÷6)» в шкафу №2 «2 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA9 «Действие агрегатных защит на СВ» в шкафу №1 «1 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA9 «Действие агрегатных защит на СВ» в шкафу №2 «2 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

4.3.7. Кнопкой SVC1 в релейном шкафу АЕ1(ШСВ) включить АГП QE1. По индикаторам на двери шкафа и визуально убедиться во включенном состоянии АГП.

4.3.8. APB1 становится рабочим (активным) регулятором, если при последовательном включении автоматов питания вторичных цепей сначала включить питание первого регулятора APB1. При необходимости, на главном экране сенсорного дисплея можно выбрать в качестве рабочего (активного) регулятор APB2 (см. рис. 1.15). APB1 при этом автоматически становится резервным. Выбор выполняется в режиме «Местное управление», при завершении перехода с рабочего на резервный установить режим «Дистанционное управление».

Закрывать двери секций щита возбуждения. Подготовка СВ к работе считается оконченной.

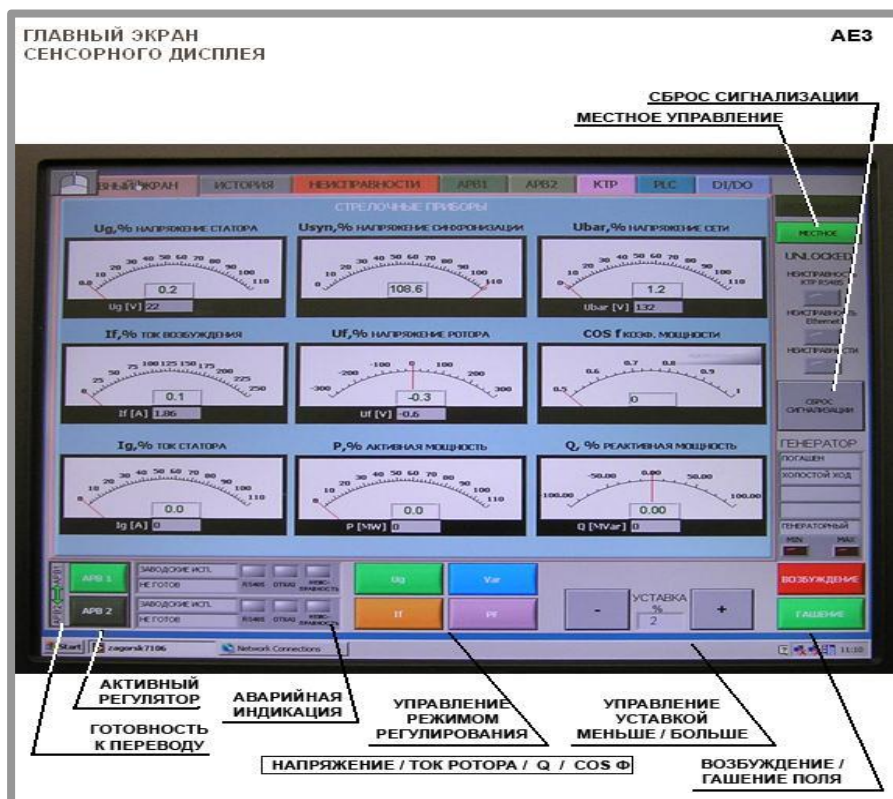


рис. 1.15. Главный экран сенсорного дисплея.

## 5. ОБСЛУЖИВАНИЕ В ПЕРИОД НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1. Персонал ОС (ДЭС, НСМ) Загорской ГАЭС должен регулярно, один раз в смену, производить осмотр работающего оборудования, системы возбуждения.

5.1.1. По приборам секции АЕ1(ЩСВ) определить ток и напряжение возбуждения ГА. Показания тока возбуждения не должны отличаться от показаний соответствующего прибора ПТК ИСУ.

5.1.2. Визуально и по сигнальным лампам на панелях щита возбуждения оценить состояние коммутационных аппаратов системы возбуждения. **При нормальных режимах эксплуатации АГП должен быть включен, КШР отключен** (в секции АЕ3 (П.1) включены (есть индикация) реле УН53 и УН54).

5.1.3. Проверить состояние автоматических выключателей системы возбуждения. Состояние выключателей должно соответствовать таблицам 4.2 и 4.3 настоящей Инструкции.

5.1.4. Проверить состояние индикаторов в блоках силовых тиристорov. Во всех эксплуатационных состояниях в т.ч. и резерве должна гореть индикаторная лампа НЛ1. Во время работы тиристорного преобразователя (подан ток в ротор), свечение светодиода НЛ2 должно быть желтым (красное или зеленое свечение, а также отсутствие свечения НЛ2 свидетельствует о возможном отказе блока БУВ или перегоревшем предохранителе).

5.1.5. Проверить отсутствие сообщений о неисправности на экране дисплея во вкладке «НЕИСПРАВНОСТИ» секции АЕ3 (П.1).

5.1.6. На экране дисплея во вкладке «КТР» секции АЕ3 (П.1) проверить распределение токов по тиристорам мостов. Разность распределения токов между параллельными тиристорами мостов во всех режимах работы ГА не должна превышать 5%;

5.1.7. На экранной панели устройства МУЗА проверить отсутствие сообщений о неисправностях, ( для СУЗ ЭКРА ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 - отсутствие световой сигнализации на двери “Неисправность”, “Срабатывание” и/или “Вызов”,) на панели управления устройства МУЗА должны светиться индикаторы готовности зеленого цвета ( для ЭКРА ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 - присутствие световой сигнализации - “Работа” на терминалах МП защит ЭКРА 1(2) комплектов, регистратора аварийных сигналов (далее РАС), первого и второго терминалов ЭКРА-СКИ), а все индикаторы сработанных защит красного цвета должны быть погашены.

5.1.8. При осмотре обращать внимание на необычные шумы, запахи гари, следы электрической дуги или пробоя на оборудовании, на механические дефекты шкафов и блоков, исправность замков и дверей шкафов, на исправность освещения, на закрытые двери камеры холодного воздуха генератора для предотвращения попадания горячего воздуха на панели ЩВ. Проверять отсутствие видимых следов нагрева болтовых соединений токоведущих частей шинопроводов.

5.1.9. В случаи отсутствия отклика сенсорного экрана, панели управления и регулирования п. №1, необходимо воспользоваться устройством управления

курсором «Мышь» с USB-разъемом, подключив её к панельному компьютеру (установленного на внутренней части двери секции АЕЗ (П. 1)) в соответствующий слот. Стационарно «Мышь» находится в кармане двери секции АЕЗ (П. 1) ЩВ5 с внутренней стороны.

5.1.10. Один раз в полгода, при нахождении агрегатов в «Резерве», согласно графику перевода основного канала регулирования АРВ-2М на резервный, осуществлять перевод рабочего (активного) регулятора АРВ на резервный. Перевод АРВ осуществляет оперативный персонал под контролем специалиста участка ТАиВ службы РЗАиМ.

Перевод регуляторов осуществляется следующим образом:

1. Панель №1 (АЕЗ) СУР ЩВ А-1(2÷6), сенсорный дисплей, нажать кнопку UNLOCKED (активации пароля для доступа к местному управлению). Ввести пароль, нажать кнопку «ОК», после чего панель управления становится активным, а кнопка UNLOCKED изменяется на LOCKED.

2. Панель №1 (АЕЗ) СУР ЩВ А-1(2÷6), сенсорный дисплей, переключатель управления возбуждением «ДИСТАНЦИОННОЕ» или «МЕСТНОЕ», установить в положение «МЕСТНОЕ»;

3. Панель №1 (АЕЗ) СУР ЩВ А-1(2÷6), сенсорный дисплей, выбрать регулятор, находящийся в резерве (кнопка АРВ1 или АРВ2 не будет подсвеченной). Активировать резервный регулятор нажав соответствующую кнопку, при этом резервный АРВ становится рабочим (основным) (кнопка АРВ1 или АРВ2 будет подсвеченной), а рабочий становится резервным (не активным);

4. Панель №1 (АЕЗ) СУР ЩВ А-1(2÷6), сенсорный дисплей, переключатель управления возбуждением «ДИСТАНЦИОННОЕ» или «МЕСТНОЕ», установить в положение «ДИСТАНЦИОННОЕ»;

5. Панель №1 (АЕЗ) СУР ЩВ А-1(2÷6), сенсорный дисплей, нажать кнопку LOCKED (активация запрета для доступа к местному управлению без ввода пароля), после чего панель управления становится не активной, а кнопка LOCKED изменяется на UNLOCKED.

5.2. Для анализа причин возникновения неисправности и поиска скрытых дефектов оборудования очень важной представляется информация о последовательности развития аварии или о событиях, приведших к неисправности. Такие события (случайные отклонения или единичные броски напряжений и токов, подозрительные шумы, слабые запахи, и т.д.) могли быть замечены до возникновения неисправности, но признаны несущественными и не были зафиксированы. Часто исключительно полезной бывает информация о явлениях, сопутствующих неисправности, но не связанных с ней напрямую (о проведении сварочных работ вблизи оборудования, искрениях в соседних панелях, операциях с коммутационными аппаратами на соседнем участке, о повышенной вибрации, о повышенной влажности или температуре в зоне работы оборудования и т.д.).

Вся информация о дефекте СВ персоналом службы РЗАиМ должна быть зафиксирована по форме учета дефектов, их признаков и причин в периодической сводке, образец которой приведён в приложении О СТО РусГидро 02.02.125-2022.

Персонал службы РЗАиМ должен фиксировать и систематизировать информацию о неисправностях СВ с оформлением протоколов по устранению неисправностей. В протоколе также должна учитываться информация о мерах, принятых для устранения неисправности, включая наименования и номера блоков, подвергшихся ремонту, наименования элементов, подвергшихся замене или перенастройке.

## 6. ОБСЛУЖИВАНИЕ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

6.1. Все ненормальные события и режимы СВ можно условно разделить на следующие группы:

6.1.1. Режимы, определяемые ситуацией в энергосистеме, и при исправности СВ, не приводящие к ее повреждению. К этой группе относятся перегрузки статора или ротора, вызывающие работу ОПС или ОПР, режим ОМВ. События сопровождаются индикацией на дисплее в ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6) и производится запись о событии в архив ПЛК.

6.1.2. Неисправности, возникновение которых не приводят к изменению режима работы системы возбуждения. Их появление сопровождается сообщением на экране дисплея ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6) и панели №1 ЩВ.

6.1.3. Неисправности, возникновение которых сопровождается автоматическим переходом работающего АРВ на резервный канал СУР или на ручной регулятор, с сообщением о причинах на экранах дисплея панели №1 ЩВ, и в архиве событий. Неисправности данной группы сопровождаются индикацией на дисплее в ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6), изменению свечения индикаторов, фиксирующих состояние аппаратуры, на основном экране дисплея панели №1 ЩВ.

6.1.4. Неисправности, возникновение которых сопровождается ограничением режима возбуждения или максимального тока (режим  $\cos \varphi = 1$ ). К такой неисправности относится выход из строя двух тиристорных мостов. Неисправность сопровождается сообщением о причинах на экранах дисплея и в архиве событий.

6.1.5. Отказ, возникновение которого сопровождается гашением поля и отключением АГП, при этом сообщения «Неисправность», «Авария» появляются на дисплее ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6), выполняется соответствующая запись на экранах неисправностей и в архиве событий с указанием причины отключения на дисплее панели №1 ЩВ.

6.2. На лицевых панелях АРВ и устройств МУЗА имеются 7-сегментные индикаторы «Ошибка», также фиксирующие неисправности названных устройств. Каждая неисправность имеет свой уникальный код. Трехзначный код неисправности выводится путем последовательного отображения на индикаторе одной буквы и двух цифр. Коды неисправности и их расшифровка приведены в п. 2.4.3. «Сигнализация, диагностическая информация устройств АРВ», п. 2.4.4. «Сигнализация, диагностическая информация устройств МУЗА» данной инструкции.

6.3. Предупредительные и аварийные сигналы выведены на дисплей

ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6). Назначение сигналов следующее:

- «ПЕРЕГРУЗ» - индикация перегруза статора или ротора ГА, расшифровка индикации выполняется по сообщению на дисплее секции СУР;
- «ОГРАНИЧЕНИЕ» - в работе алгоритм ограничения режима возбуждения ГА (ограничение перегрузки, ограничение минимального возбуждения). В указанном режиме автоматически ограничивается также диапазон изменения уставки АРВ;
- «НЕИСПРАВНОСТЬ» - любая неисправность системы возбуждения, в т.ч. некритическая, не приводящая к ограничению режима возбуждения. Вид неисправности расшифровывается по сообщению на дисплее секции СУР;
- «АВАРИЯ» - аварийное отключение возбуждения внешними или внутренними защитами СВ. Причина отключения расшифровывается по информации на дисплее секции СУР, на дисплее и по светодиодам панели управления МУЗА(на терминалах ЭКРА для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6) и/или по информации о работе внешних защит. Расшифровка светодиодной индикации панели управления МУЗА и терминалов ЭКРА приводится в п. 2.4.4. табл. 2.13 и табл. 2.20 данной инструкции;
- «МЕСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ» - включен режим «Местное управление» на дисплее секции СУР. В данном режиме дистанционное управление системой возбуждения от сигналов системы автоматики ГА становится невозможным. Для работы ГА в автоматическом режиме необходимо установить режим «Дистанционное управление».

6.4. Во всех случаях, при возникновении любой неисправности, оперативный персонал должен определить место и характер неисправности, зафиксировать время ее возникновения, осмотреть соответствующее оборудование и принять меры по устранению неисправности. При необходимости вызвать для ликвидации неисправности персонал СРЗАиМ.

В случае работы защит МУЗА необходимо определить по индикации панели АУ вид сработавшей защиты по таб. 2.16. настоящей инструкции или по перечню защит на внутренней стороне двери панели №2. После устранения причины срабатывания защит, необходимо выполнить сброс, для этого следует нажать кнопки «Сброс МУЗА1» и «Сброс МУЗА2» на панели АУ.

В случае срабатывания МП защит ЭКРА на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 необходимо определить по светодиодной индикации на лицевой панели терминалов 01А1 и 02А1 ЭКРА 213 0024-61Е2 вид сработавшей защиты. После устранения причины срабатывания защит, необходимо выполнить сброс, для этого следует нажать кнопки 01.SB1 «Съем сигнализации» для первого комплекта защит и 02.SB1 «Съем сигнализации» для второго комплекта защит.

Для сброса сигнализации о неисправности ТП необходимо нажать на виртуальную кнопку «Сброс сигнализации» главного экрана сенсорного дисплея на панели №1 СУР.

После устранения неисправности необходимо нажать на кнопку «Деблокировка защит» на задней стороне панели №2 СУЗ (рис. 1.12.), на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6 передняя панель шкафа СУЗ ЭКРА.

При неисправности или не правильной работе (ложное срабатывание) одного из устройств МУЗА1 или МУЗА2, и необходимостью эксплуатации ГА во всех режимах, с одним исправным каналом защит СВ, требуется вывести неисправное устройство из работы, не снимая с него питание с помощью разъединителя Х5 для МУЗА1, разъединителя Х6 для МУЗА2 (разъединители расположены на ДИН-рейке в нижней части секции АЕ4 (П2) справа) или извлечь опто-реле К1÷К5, К7÷К12 из своих колодок релейного ряда ХТ-К1 для МУЗА1 или релейного ряда ХТ-К2 для МУЗА2. В этом случаи все аварийные и/или предупредительные сигналы на неисправном МУЗА по-прежнему будут присутствовать, но при этом выходное воздействие МУЗА будет заблокировано, а не готовность системы возбуждения будет снято.

После действий по устранению неисправности, оперативный персонал должен сделать запись в оперативном журнале. Запись, по возможности, должна содержать самую полную информацию:

- наименования сигналов, сигнализирующих о неисправности;
- выписку из экрана событий, содержащую код неисправности;
- примерное время возникновения неисправности;
- коды неисправности на 7-сегментных индикаторах устройств АРВ, МУЗА, КТР;
- характер изменения параметров ГА (напряжения и тока ротора, реактивной и активной мощности, напряжения статора) после поступления сигнала (обнаружения неисправности);
- состояние тиристорных преобразователей и коммутационных аппаратов системы возбуждения и главной схемы в момент поступления сигнала;
- наименования коммутационных аппаратов, отключившихся после поступления сигнала;
- действия, предпринятые оперативным персоналом после поступления сигнала или обнаружения неисправности.

О неисправностях, потребовавших изменения режима возбуждения (отключение АРВ; переход на резервный канал управления и т.д.), а также при наличии "Земли" в роторе, включении КШР, или неисправности разрядника в цепи ротора, а также всех других неисправностях и ненормальных режимах немедленно поставить в известность НСС и начальника СРЗАиМ.

При эксплуатации СВ следует иметь в виду, что тиристоры весьма чувствительны к перегрузкам и перенапряжениям, несвоевременное устранение которых может привести к необратимому пробое и повреждению тиристоров, потере возбуждения. Наиболее опасным является:

- перегрев р-п-переходов свыше 140°С из-за нарушения охлаждения или перегрузок;
- появление недопустимого обратного напряжения, превышающего напряжение, определяемое классом тиристора, возможно при неисправности разрядника или РС-цепей;
- превышение допустимых питающих преобразователь линейных напряжений, что может привести к повреждениям защитных РС-цепей и других элементов преобразователя.

6.5. В аварийных режимах перегрузки СВ определяются кратковременно допустимыми перегрузками по току статора генератора, см. табл. 3.1.

Перегрузка устраняется автоматически ограничителями перегрузки АРВ. Персоналу не следует вмешиваться в работу ограничителей.

Только в случае, если перегрузка произошла из-за ошибочного повышения уставки по напряжению АРВ и происходит при напряжении статора, близком к номинальному, следует снижением уставки по напряжению вывести ГА из режима перегрузки, контролируя при этом параметры генератора.

Если за время допустимой перегрузки не произойдет ограничения тока статора или ротора до номинального, сработает первая и вторая ступень защиты МУЗА, действующая на гашение поля генератора.

6.6. При авариях в энергосистеме (или на параллельно работающих генераторах), сопровождающихся снижением напряжения, АРВ обеспечивает форсировку возбуждения. При этом ограничители АРВ не дают ток ротора превысить двухкратное номинальное значение тока ротора.

Персонал не должен вмешиваться в работу АРВ. Длительность перегрузки при форсировке автоматически ограничивается.

6.7. При повышении напряжения в энергосистеме АРВ обеспечивает снижение возбуждения генератора. При этом минимальный уровень возбуждения обеспечивается ограничителем минимального возбуждения (ОМВ), имеющим уставку, зависящую от активной мощности и напряжения на статоре. Персонал не должен вмешиваться в работу ограничителя ОМВ.

В случае если вступление ОМВ в работу связано с ошибочным снижением уставки АРВ и происходит при напряжении статора, не превышающем номинальное, следует увеличением уставки вывести ОМВ из работы, контролируя при этом параметры генератора.

6.8. Если СВ перестаёт стабилизировать (демпфировать) напряжение на шинах генераторного напряжения или плавно регулировать напряжение ГА (возникновение интенсивного колебания параметров тока и напряжения ротора) - неустойчивый режим работы СВ или безосновательное включение форсировки, при отсутствии в энергосистеме аварийной ситуации, отсутствии качаний в энергосистеме, то следует перейти на резервный АРВ как указано в п. 5.1.10 настоящей инструкции. Если при управлении от резервного АРВ режим возбуждения устойчив, следует продолжать работать до возможности устранения неисправности.

Если после переключения АРВ неустойчивый режим не прекратился, то следует перевести регулятор в режим «Ручного регулирования» (кнопка «If» на главном экране сенсорного дисплея СУР).

Если после описанных действий по-прежнему сохраняется неустойчивый режим возбуждения, то следует вывести агрегат из работы или, в экстренных случаях, отключить АГП кнопкой SBT1 (ШСВ).

6.9. Ряд неисправностей (например, неисправность защит) не приводит к изменению режима работы системы возбуждения. Их появление сопровождается сообщением на экране дисплея ПТК АУГ АЩУ-1(2÷6) дисплея СУР панель №1 или МУЗА (дисплея и индикации терминалов ЭКРА на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и

ЩВ-6), и в ряде случаев – индикацией кода неисправности на 7-сегментном индикаторе неисправного устройства.

**Решение о возможности эксплуатации СВ принимается главным инженером станции в зависимости от вида неисправности и наличия резерва.**

6.10. При неисправности одного из тиристорных мостов допускается длительная работа оставшихся трех, так как при этом обеспечивается работа СВ при всех режимах, включая форсировку. Вместе с тем, при первой возможности целесообразно вывести ГА для выполнения ремонта.

6.11. При неисправности двух мостов следует подать заявку на останов ГА для ремонта. Длительная работа без двух мостов не допускается не только из-за запрета форсировки и ограничения тока ротора. При такой работе не обеспечивается селективная работа предохранителей силовых тиристоров.

6.12. Автоматическое отключение работающего канала АРВ с переходом на резервный происходит при:

- неисправности источника питания АРВ;
- отсутствии напряжения  $\pm 220V$  от аккумуляторной батареи;
- отсутствии напряжения  $3 \times 100V$  от трансформатора напряжения ГА;
- отсутствии напряжения синхронизации канала АРВ;
- отказе системы измерения режимных параметров;
- внутренних неисправностях канала (приводится в Руководстве по эксплуатации AVR2).

Во всех случаях информация о неисправности выводится на дисплей СУР.

Оперативный персонал должен по имеющейся информации определить место и причину неисправности.

В случае, если отключение канала произошло по причине отключения автоматического выключателя в шкафу ТН-1-А-1(2÷6) (SF41, SF42) или в секции АЕ1(ЩСВ) (SF1...SF4, SF5...SF8), оперативный персонал должен предпринять попытку однократного включения выключателя. При успешном включении предпринимается попытка перевода управления на отключенный канал (кнопкой на дисплее главного экрана СУР панель №1 ЩВ).

В случае неуспешного включения автоматического выключателя, неуспешного перевода управления на отключенный канал, а также в случае иной причины отключения канала необходимо оставить СВ в работе на резервном канале управления. Отключившийся канал рекомендуется вывести из работы путем отключения автоматов питания панель АЕ4 (П.2) ЩВ:

- для вывода из работы канала 1 отключить SF2, SF3, SF4;
- для вывода из работы канала 2 отключить SF6, SF7, SF8.

При отключении одного канала допускается работа СВ во всех режимах.

При действии защит агрегата, а также защиты от замыкания на землю в цепях возбуждения УЗОР или МУЗА, дальнейшие действия персонала определяются инструкцией по эксплуатации ГА.

6.13. При аварийном отключении АГП от защит СВ на дисплее ПТК АУТ АЩУ-1(2÷6) появляется аварийная сигнализация. По информации на дисплее СУР ЩВ и на панели управления МУЗА (терминале ЭКРА для ЩВ-2, ЩВ-4,

ЩВ-5 и ЩВ-6) определить сработавшую защиту. Определить и устранить повреждения на отключенном от сети и невозбужденном генераторе.

При действии защит агрегата, а также защиты от замыкания на землю в цепях ротора от УЗОР или МУЗА (ЭКРА-СКИ на ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6), дальнейшие действия персонала определяются инструкцией по эксплуатации ГА.

6.14. В табл. 6.1 и 6.2 приведен перечень возможных неисправностей СВ и описан порядок действий оперативного персонала в случае их возникновения.

Неисправности, приводящие к отключению ГА от сети.

Таблица 6.1

Наименование неисправности, внешние проявления и дополнительные признаки	Вероятная причина	Методы устранения
Перегрузка ротора током выше уровня ограничения - отказ ограничителя	Неисправность в цепях системы управления и регулирования	По диагностической информации на экране МУЗА (терминалах ЭКРА для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6), терминале СУР и сопровождающейся индикацией (табл. 2.4-2.20) определить неисправность, сообщить об этом инженерам участка ТАиВ и действовать согласно их указаниям.
Длительная форсировка	1) То же, что в п.1.2; 2) аварийное состояние в энергосистеме	
Снижение сопротивления изоляции в цепях возбуждения.	Повреждение изоляции в одном из элементов цепи возбуждения (обмотке ротора, выпрямительном трансформаторе, тиристорном преобразователе, цепях, связанных с обмоткой возбуждения)	
Потеря возбуждения	1) Отказ ограничителя минимального возбуждения канала АРВ; 2) потеря импульсов управления тиристоров	
Неисправность выпрямителя	1) Отказ в работе более чем 2-х мостов или 2-х одноименных плеч выпрямителя; 2) отказ двух комплектов РС - цепей	
Короткое замыкание на стороне	Короткое замыкание (перекрытие) на	

постоянного тока тиристорного преобразователя	контактных кольцах генератора или в цепи от щита возбуждения до колец ротора генератора.	
Отключение (отказ) 2-х каналов системы управления и регулирования (АРВ1 и АРВ2)	Возникновение неисправности в одном из каналов при отключенном (выведенном из работы) другом канале регулирования	

Неисправности, приводящие к появлению предупредительной сигнализации.

Таблица. 6.2

Наименование неисправности, внешние проявления и дополнительные признаки	Вероятная причина	Методы устранения
Неисправность тиристорного преобразователя (общий сигнал). Расшифровка выполняется на дисплее панели управления в секции управления и регулирования	1) Отказ в работе (тиристора или предохранителя); 2) отказ в работе РС – цепи; 3) нарушение распределения токов между параллельными тиристорами; 4) отсутствие импульсов управления тиристорами.	По диагностической информации на экране МУЗА (теминалах ЭКРА для ЩВ-2, ЩВ-4, ЩВ-5 и ЩВ-6), терминале СУР и сопровождающейся индикацией (табл. 2.4-2.20) определить неисправность, сообщить об этом инженерам участка ТАиВ и действовать согласно их указаниям.
АРВ неисправен. Общий сигнал	Вероятные причины раскрываются на дисплее секции СУР	
Перегрузка в системе возбуждения	Аварийное состояние в энергосистеме при работе с АРВ.	
Перегрев ротора	Перегрузка током обмотки возбуждения, вызванная режимом работы энергосистемы, превысила допустимое для генератора значение	

Перегрев статора	Перегрузка током обмотки статора, вызванная режимом работы энергосистемы, превысила допустимое для генератора значение	
Ограничение минимума возбуждения (Снижение тока возбуждения под действием АРВ ограничено)	Потребляемая генератором реактивная мощность превысила допустимое по диаграмме мощности значение вследствие низкого уровня напряжения в энергосистеме	
Снижение сопротивления изоляции цепей возбуждения (I ступень)	Снижение изоляции в одном из элементов цепи возбуждения (обмотке ротора, трансформаторе возбуждения, цепей, связанных с обмоткой возбуждения)	
Неисправность возбуждения (общий сигнал)	Неисправности, возникающие в системе возбуждения	
Отсутствие показаний СМПР на верхнем уровне	Отключен автомат SF20 Питание преобразователя СМПР МИП	Однократно включить автомат питания SF20
Отсутствие показаний тока на щитовых приборах, ВУ АСУ ЭТО и ГЩУ	Отключен автомат SF10 Питание измерит. преобр. тока ротора UAE1 напряжением ~220V	Однократно включить автомат питания SF10
Отсутствие показаний напряжения на щитовых приборах и ВУ АСУ ЭТО	Отключен автомат SF11 Питание измерит. преобр. тока ротора UAE1 напряжением ~220V	Однократно включить автомат питания SF11

6.15. При деблокировке защит на системе возбуждения после аварийного отключения агрегата (пункт 6.4 настоящей инструкции) оперативному персоналу необходимо убедиться, что АРВ находится в режиме регулирования по напряжению («регулятор  $U_g$ »). Если регулятор находится в режиме

регулирования по току «Регулятор If» необходимо вызвать персонал участка ТАиВ службы РЗАиМ.

Для перевода АРВ в режим регулирования по напряжению персоналу участка ТАиВ необходимо нажать LOCKED и с помощью виртуальной клавиатуры ввести пароль. Далее перейти в местное управление путем нажатия на кнопку монитора «Местное», нажать кнопку «сброс сигнализации» и перевести АРВ в режим регулирования по напряжению, путем нажатия кнопки Ug. Переход совершен, если появилась запись с левой стороны в нижней части монитора - «регулятор Ug». После окончания всех сбросов и переводов перейти в дистанционное управление, путем нажатия на кнопку «Дистанционное» и активизировать пароль, нажав UNLOCKED.

## 7. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОСМОТРА, РЕМОНТА И ИСПЫТАНИЙ

7.1. Единоличный осмотр оборудования СВ ГА могут выполнять лица из числа оперативного персонала, находящиеся на дежурстве и имеющие группу по электробезопасности не ниже III, либо работники из числа административно-технического персонала, имеющие не ниже IV группу по электробезопасности, включенные в список лиц, имеющих право единоличного осмотра.

Осмотр оборудования СВ ГА должен проводиться:

- оперативным персоналом – согласно графику, а также при срабатывании соответствующей сигнализации о неисправности оборудования.
- административно-техническим персоналом по графику.

При осмотрах оборудования СВ ГА не допускается прикосновение к находящимся под напряжением, неогражденным или неизолированным токоведущим частям.

При осмотре электроустановок разрешается открывать двери щитов, сборок, пультов управления и других устройств.

Не допускается выполнение какой-либо работы во время осмотра.

7.2. При необходимости проведения технического обслуживания, ремонтных работ на оборудовании ЩВ-1(2÷6):

7.2.1. Вывести в ремонт ЩВ-1(2÷6) по бланку переключений.

7.2.2. Произвести необходимое техническое обслуживание, ремонтные работы ЩВ-1(2÷6).

7.3. В случае отказа какого-либо узла СВ, а также при обнаружении дефекта, способного вызвать отказ, производится ремонт или замена дефектного оборудования с последующей настройкой требуемых характеристик.

7.4. Вывод СВ из работы производится после аварийных остановов ГА, в случае неисправности СВ – для ее ревизии и ремонта, при отключении автоматов цепей напряжения SF41, SF42, SF43, SF44, расположенных в шкафу ТН1-А-1(2÷6), либо других работах, которые требуют отключения рубильников ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С, РП-1, РП-2. Порядок вывода следующий:

7.4.1. Кнопкой SBC (панель ШСВ) - отключить АГП;

7.4.2. Вывести ключи на панелях релейных защит АЩУ-1(2÷6):

- SA14 «Защиты СВ на 1 комплект защит А-1(2÷6)» в шкафу №1 «1 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA14 «Защиты СВ на 2 комплект защит А-1(2÷6)» в шкафу №2 «2 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA9 «Действие агрегатных защит на СВ» в шкафу №1 «1 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

- SA9 «Действие агрегатных защит на СВ» в шкафу №2 «2 комплект защит агрегата А-1(2÷6)»;

7.4.3. В панели ШСВ отключить автоматы SF1 и SF5 питание ТСН Т1 (канал 1) от анодного напряжения 3х560V и питание ТСН Т2 (канал 2) от анодного напряжения 3х560V;

7.4.4. В панели ШСВ отключить рубильники ВР ф.А, ВР ф.В, ВР ф.С, РП-1, РП-2;

7.4.5. Если нужно по условиям работы, то отключить автоматы SF41, SF42, SF43, SF44, расположенные в шкафу ТН1-А-1(2÷6).

## 8. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА, ВЗРЫВО- И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

8.1. К обслуживанию устройств СВ ГА допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению указанной работы, изучившие принципиальные электрические схемы и Руководства по эксплуатации СВ, настоящую инструкцию и имеющие подготовку в соответствии с требованиями Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ), Правил пожарной безопасности (ППБ).

8.2. Корпуса оборудования и шкафов СВ должны быть заземлены.

8.3. Открывать двери шкафов (АЕ1-АЕ4) разрешается только при осмотрах, при этом не допускается приближаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на не допустимое расстояние.

8.4. О возникновении на оборудовании ситуаций, которые могут неблагоприятно сказаться на безопасности необходимо немедленно сообщить оперативному персоналу и НСС.

8.5. Работы в цепях, как правило, должны выполняться со снятием напряжения с оборудования и вторичных цепей.

Вывод из работы оборудования и вторичных цепей системы возбуждения должен производиться в соответствии с требованиями настоящей инструкции и «Инструкции по производству оперативных переключений в электрических распределительных устройствах Загорской ГАЭС».

При работах в цепях с подачей напряжения от постороннего источника должны быть приняты меры, исключающие возможность обратной трансформации.

При работе в токовых цепях вторичной коммутации не допускается раскорачивание токовых цепей.

8.6. Во время работы, а также при возникновении пожара необходимо руководствоваться №17003 «Инструкцией Общеобъектовой о мерах пожарной безопасности на Загорской ГАЭС».

И.о. начальника СРЗАиМ



А.Д. Родин

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель главного инженера  
по эксплуатации



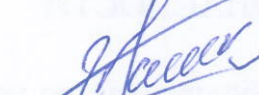
Д.А. Литвиченко

Начальник ОС



С.В. Касаткин

Начальник СОТ и ПК

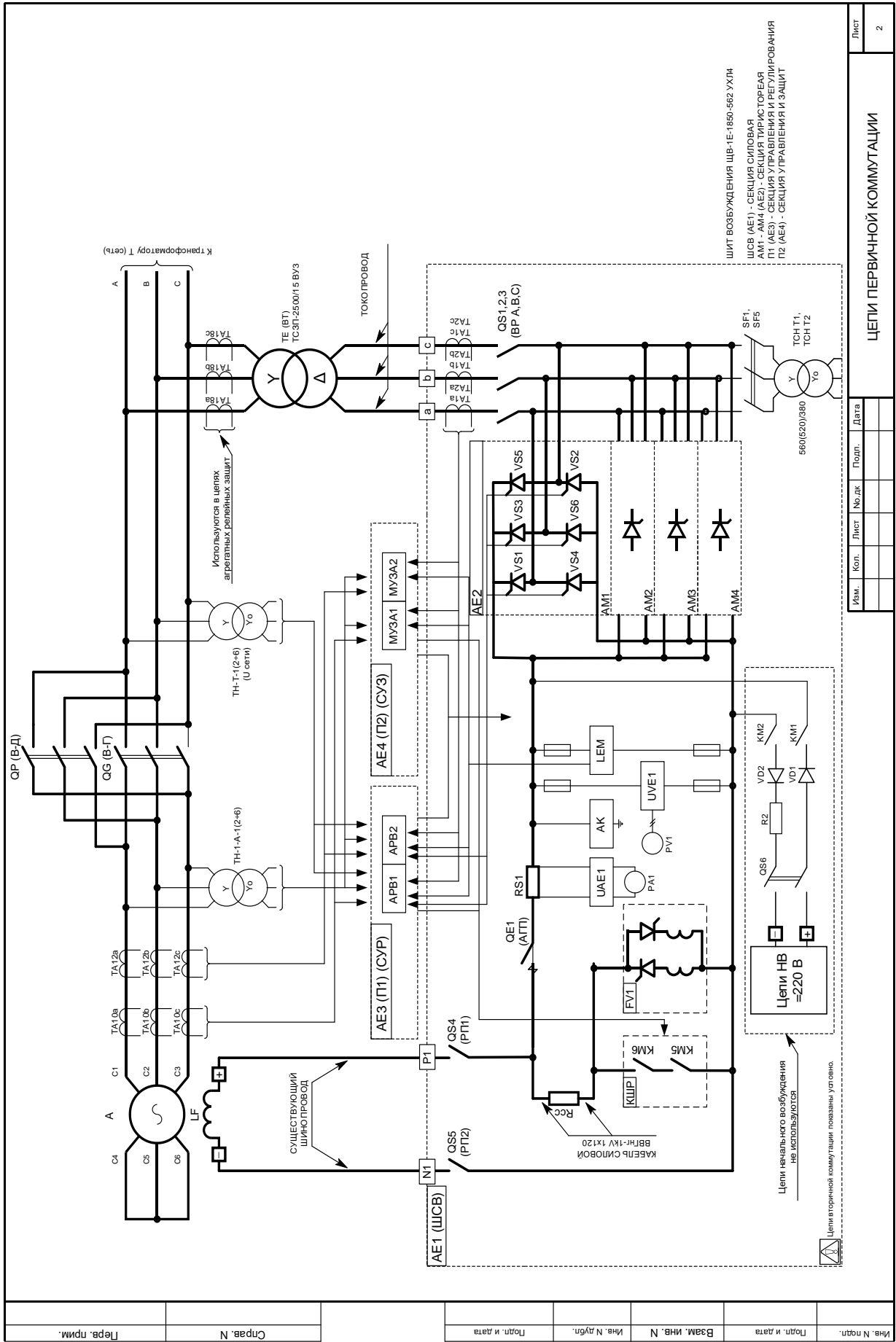


М.М. Машков

Начальник ПТС



В.А. Горин



Структурная схема системы возбуждения.

## ЛИСТ ОЗНАКОМЛЕНИЯ С ИНСТРУКЦИЕЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ № 13085

№ п/п	Фамилия, имя, отчество работника	Должность	Дата	Подпис ь
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
26.				
27.				
28.				
29.				
30.				
31.				
32.				
33.				
34.				
35.				
36.				
37.				
38.				