



СТАТИЧЕСКИЕ ТИРИСТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЛЯ ГИДРО и ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Статические тиристорные системы возбуждения серии СТ(Р,Н)-1П-XXX-XXXX-УХЛ4 с цифровым управлением и регулированием возбуждения предназначены для питания автоматически регулируемым выпрямленным током обмоток возбуждения гидро и турбогенераторов средней мощности.

Системы возбуждения могут применяться как для комплектации вновь разрабатываемых, так и реконструируемых генераторов.

Структура условного обозначения систем возбуждения расшифровывается следующим образом:

СТ(Р,Н) - 1 П - XXX - XXXX - УХЛ 4	
	Категория размещения
	Климатическое исполнение
	Номинальный ток возбуждения, А
	Номинальное напряжение возбуждения, В
	С микропроцессорным управлением
	Число преобразовательно-регулирующих каналов (1 или 2)
	По схеме самовозбуждения (Р -резервная, Н - независимого возбуждения)
	Система возбуждения тиристорная

Система возбуждения предназначена для работы в следующих условиях:

- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- нормальное значение температуры окружающего воздуха от +5°C до +40°C;
- относительная влажность не более 98% при температуре +35°C.

Окружающая среда - невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли в концентрациях, снижающих уровень изоляции в недопустимых пределах.

Группа условий эксплуатации в части воздействия механических факторов внешней среды М39 по ГОСТ 17516.1-90. При этом вибрация пола, где установлена система возбуждения, не должна превосходить ускорение 2.5м/с² в диапазоне частот 0.5-100 Гц.

Выходные параметры систем возбуждения по току и напряжению выбираются в соответствии с ГОСТ18142.1-80 с учетом требований ГОСТ21558-2000. По требованию заказчика могут быть установлены другие значения указанных параметров.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1.1 Основные технические данные гидрогенераторов и заменяемых систем возбуждения применительно к параметрам гидрогенераторов Князегубской ГЭС даны в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение			
1. Станционный номер генератора	1	2	3	4
2. Тип генератора	СВ 850/120-60			
3. Предприятие-изготовитель	Электросила			
4. Год выпуска	1953			1953
5. Мощность генератора, МВА/МВт	40/35			
6. Номинальное напряжение статора, кВ	10,5			

7. Номинальный ток статора, А	2200			
8. Номинальное напряжение ротора, В	235			190
9. Номинальный ток ротора, А	1250	1195	1195	1195
10. Тип системы возбуждения	В183/36-12			
11. Мощность, кВт	320			
12. Напряжение якоря, В	250			
13. Ток якоря, А	1280			
14. Способ возбуждения	самовозбуждение			
15. Тип регулятора	ЭПА			

1.2 В соответствии с требуемыми параметрами возбуждения гидрогенераторов предлагается статическая тиристорная система возбуждения типа СТ(Р,Н)-1П-300-1400 УХЛ 4. Система выполняется по схеме самовозбуждения и содержит два преобразовательно-регулирующих канала, что позволяет отказаться от необходимости иметь резервную систему возбуждения. В таблице 2 приведены основные параметры и характеристики предлагаемой системы возбуждения.

Таблица 2

Наименование параметра	Значение
1. Номинальный ток возбуждения, А	1400
2. Номинальное напряжение возбуждения, В	300
3. Потолок по напряжению возбуждения не менее, о.е.	2,5
4. Потолок возбуждения по току не менее, о.е.	2,0
5. Длительность протекания тока форсировки не менее, с	50
6. Быстродействие системы возбуждения, с	0,07
7. Частота напряжения питания сети, Гц	50
8. Напряжение питания цепей постоянного тока, В	220
Допустимое длительное отклонение напряжения, %	+10, -15
9. Напряжение питания переменного тока, В	380
Допустимое изменение напряжения питания переменного тока, %	+10, -20
10. Номинальное напряжение цепей измерения напряжения статора (действующее значение), В	105
11. Номинальный ток по цепям измерения тока статора и ротора (действующее значение), А	5
12. Потребление мощности собственными нуждами: а) от сети 380 В, 50 Гц переменного тока, кВт, не более: длительно кратковременно (на время начального возбуждения 15 с) б) от сети 220 В постоянного тока, кВт, не более: длительно кратковременно, не более 50 с не более 15 с в) от измерительных трансформаторов напряжения (на фазу), ВА, не более г) от измерительных трансформаторов тока (на фазу), ВА, не более	0,5 3,0 - 30 0,5 1,0 3,0 10,0 10,0
13. Коэффициент полезного действия, %	93,0
14. Средний уровень звука на расстоянии 1 м от контура оборудования, дБА, не более	75

1.3 Система возбуждения обеспечивает следующие режимы работы и параметры возбуждения:

- начальное возбуждение от источника оперативного постоянного тока 220В (аккумуляторной батареи) и от сети собственных нужд станции 380 В, 50 Гц;
- холостой ход;
- включение в сеть методом точной (автоматической и ручной) синхронизации;
- включение в сеть методом самосинхронизации (при скольжении не более 5%);
- работу в объединенной и автономной энергосистемах с нагрузками от холостого хода до номинальной, а также с перегрузками, соответствующими ГОСТ 183-74 и ГОСТ 533-85;
- устойчивое регулирование возбуждения при резко переменных нагрузках, вплоть до отдельных набросов нагрузки, вызванных одновременным включением асинхронным двигателями с короткозамкнутым ротором общей мощностью до 30% номинальной мощности генератора;
- останов агрегата в нормальных и аварийных режимах;
- форсировку возбуждения с настраиваемой уставкой форсировки и с возможностью дозированного воздействия на нее от устройств противоаварийной автоматики;
- развозбуждение при нарушениях в энергосистеме, вызывающих соответственно снижение или увеличение напряжения на шинах станции или генератора по отношению к заданной статической характеристике;
- развозбуждение (гашение поля) при нормальном останове генератора переводом тиристорного преобразователя (в дальнейшем преобразователь) в инверторный режим;
- гашение поля в аварийных режимах при действии защит переводом преобразователя в инверторный режим;
- пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование напряжения статора по его отклонению от заданной статической характеристики генератора. Для расширения областей устойчивости при работе в сети под нагрузкой и повышения показателей качества переходных процессов может осуществляться стабилизация по производным напряжения статора и тока ротора генератора. При этом обеспечиваются следующие максимальные коэффициенты по каналам регулирования:
 - по пропорциональному каналу отклонения напряжения статора генератора $K_{OU} = 120 \text{ ед.напр.возб./ед.напр.статора (с шагом 1)}$;
 - по каналу первой производной напряжения статора генератора $K_{U1} = 20 \text{ ед.напр.возб./ед.напр.статора/с (с шагом 0,001)}$;
 - по каналу первой производной тока ротора генератора $K_{i1f} = 10 \text{ ед.напр.возб./ед.тока возб./с. (с шагом 1)}$.

Примечание: за относительную единицу напряжения статора, напряжения и тока возбуждения принимаются соответствующие номинальные значения генератора.

- поддержание напряжения на выводах генератора в соответствии с заданной уставкой с точностью $\pm 0,5\%$ относительно заданной статической характеристики. При этом величина статизма регулирования может выбираться в пределах от 0 до $\pm 10\%$;
- устойчивое распределение реактивной мощности между генераторами соизмеримой мощности, объединенными на уровне генераторного напряжения, без использования группового регулирования или уравнивающих связей;
- разгрузка генератора по реактивной мощности с точностью $\pm 5\%$ от номинального значения при его отключении;
- программное начальное возбуждение до $95 \pm 5\%$ номинального напряжения генератора и развозбуждение при плановом останове;
- местное и дистанционное изменение уставки регулятора напряжения в диапазоне от 80 до 110% номинального напряжения генератора;

- ограничение тока возбуждения двукратной величиной по отношению к номинальному току возбуждения генератора без выдержки времени, а также ограничение перегрузки ротора по время зависимой характеристике в соответствии с данными генератора;
- ограничение минимального тока возбуждения величиной, не допускающей переход генератора в режим глубокого потребления реактивной мощности (ограничение минимального тока ротора при номинальной активной нагрузке и потреблении реактивной мощности, соответствующей $\cos \varphi = 0,85$);
- работу с устройствами группового регулирования напряжения;
- стабилизацию токов статоров параллельно работающих блоков генератор-трансформатор, объединенных на шинах 110 кВ, путем введения статизма;
- независимость напряжения на выводах генератора от частоты в диапазоне от 45 Гц и выше, с пропорциональным уменьшением напряжения при снижении частоты ниже 45 Гц;
- защиту системы возбуждения и обмотки ротора от перенапряжений при гашении поля ротора и самосинхронизации;
- контроль и измерение изоляции обмотки ротора;
- регистрацию ненормальных и аварийных режимов работы системы возбуждения;
- возможность включения в АСУ ТП ГЭС.

1.4 Системы возбуждения выполняются с двумя автономными и равноценными преобразовательно-регулирующими каналами. Каждый канал содержит тиристорный преобразователь, автоматический регулятор возбуждения (АРВ) с системой импульсно-фазового управления тиристорами. Любой из каналов способен самостоятельно обеспечить все режимы работы генератора, в том числе и режим форсировки возбуждения.

На рисунке 1 приведена функциональная электрическая схема системы возбуждения СТС-2П-300-1400 УХЛ 4.

Один из каналов находится в работе, другой, резервный - в состоянии готовности. В резервном канале импульсы управления блокированы. В случае отказа работающего канала автоматически или по команде оператора в работу вводится резервный канал.

Благодаря автоматическому слежению исключаются броски тока возбуждения при переключении каналов.

При помощи автоматических выключателей и разъединителей на сторонах переменного и постоянного тока может быть снято напряжение с любого преобразовательно-регулирующего канала для проведения профилактики или ремонта без перерыва в работе генератора.

2. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ

2.1. Преобразовательный трансформатор сухого исполнения типа DGH («HELMKE», Германия), или другой фирмы.

2.2. Щит возбуждения одностороннего обслуживания в составе:

- двух силовых тиристорных секций (шкафов) со встроенными блоками автоматических регуляторов возбуждения и управления;
- распределительной секции (шкафа).

На рисунке 2 приведен общий вид статической тиристорной системы возбуждения СТС-2П-300-1400 УХЛ 4 с двумя преобразовательно-регулирующими каналами.

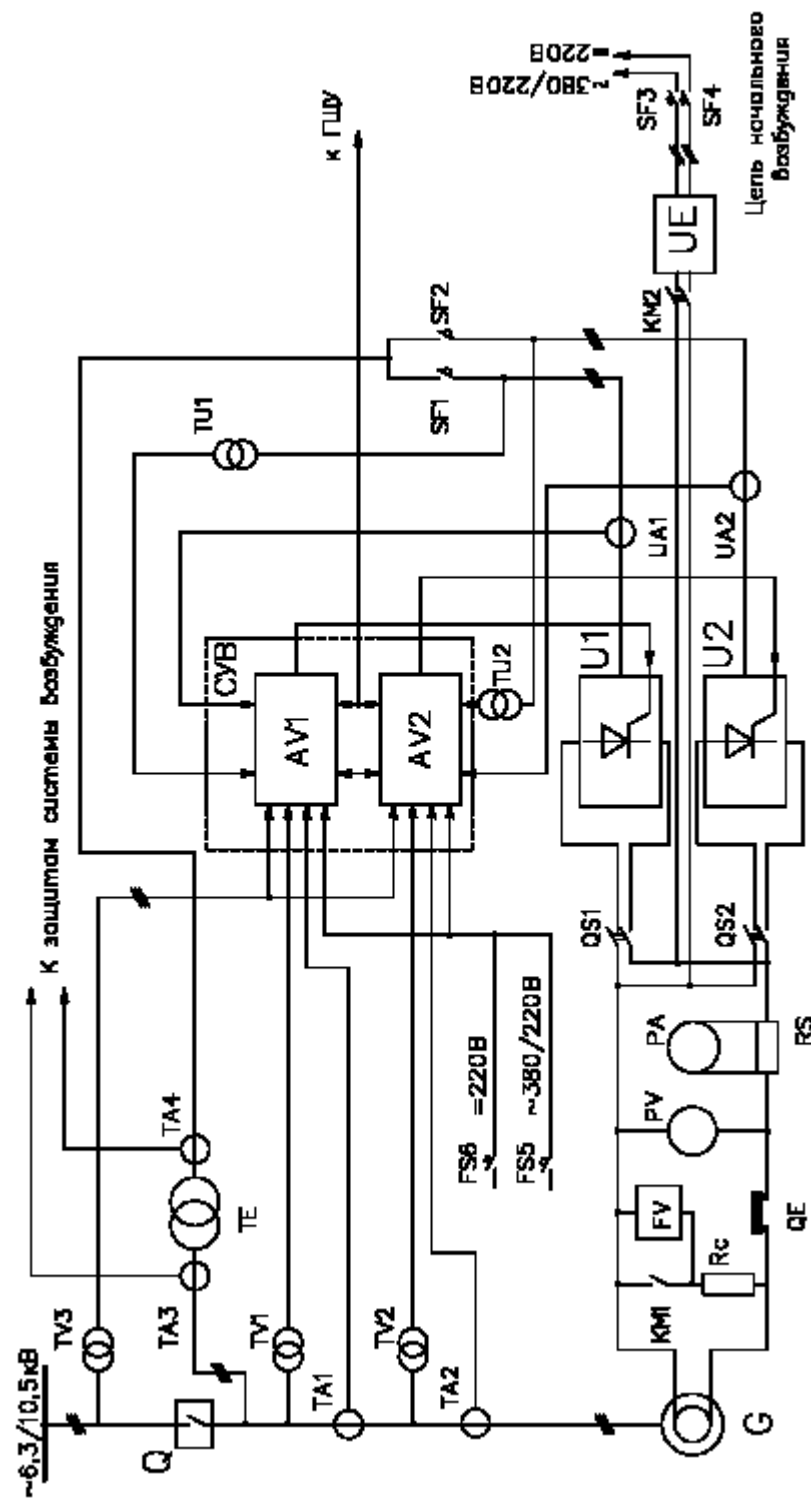


Рис. 1. Статическая система возбуждения СТС-2П-300-1400 УХЛ 4, схема электрическая функциональная

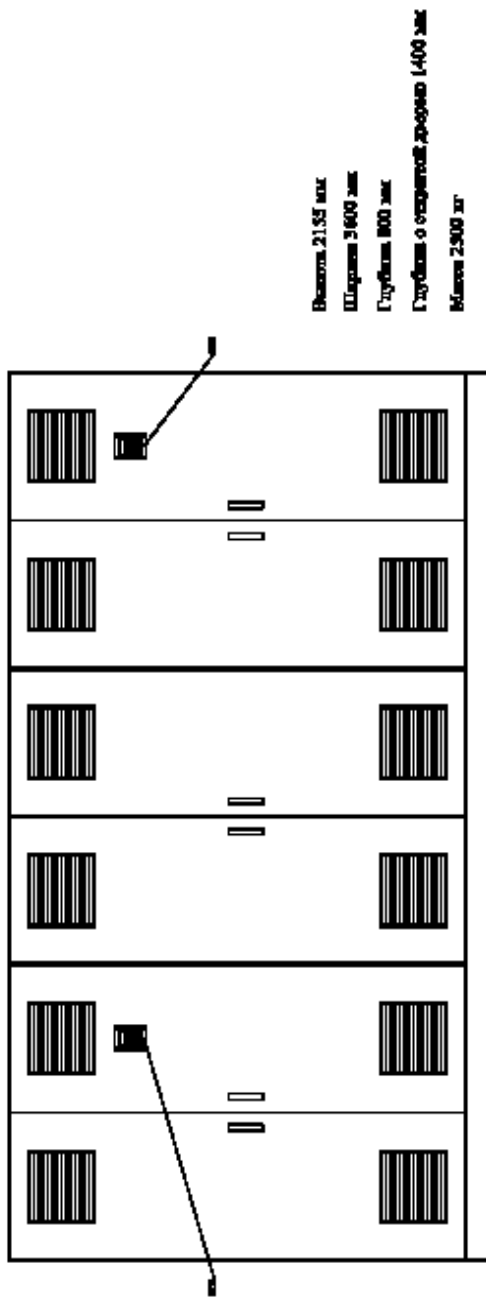


Рис. 2. Статическая система возбуждения СТС-2П-300-1400 УХЛ 4, общий вид и габаритно-присоединительные размеры щита возбуждения

3. ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ

3.1. Тиристорные секции

Тиристорные секции (U1 и U2 на рисунке 1) выполнены на базе унифицированного ряда тиристорных преобразователей фирмы «SIEI». Используемые в этих преобразователях тиристоры характеризуются весьма малыми потерями и дают возможность выполнить преобразователь при применении принудительного охлаждения с одним тиристором в плече. При этом преобразователи получаются достаточно компактными и технологичными при монтаже и обслуживании.

В состав каждой тиристорной секции входит тиристорный преобразователь, выполненный по трехфазной мостовой схеме.

Тиристорный преобразователь состоит из трёх модулей, содержащих по два тиристора, относящихся к анодной и катодной группам преобразователя. Тиристорные преобразователи снабжены предохранителями, RC-цепями, блоками оконечных усилителей, термодатчиками т.п.

Благодаря наличию выключателей и разъединителей в цепях переменного и постоянного тока тиристорная секция может быть выведена из эксплуатации для выполнения профилактических и ремонтных работ. Тиристорные модули преобразователей также легко отсоединяются для осмотра и ремонта.

Питание тиристорных секций осуществляется от преобразовательного трансформатора через автоматические выключатели QF1 и QF2 (см. рисунок 1).

3.2. Система управления и регулирования возбуждения (СУВ)

Каждый преобразовательно-регулирующий канал системы возбуждения снабжен собственным автоматическим регулятором возбуждения AV1 или AV2 (см. рисунок 1), выполняющих все функции управления, регулирования, ограничений и защит своего канала. Питание регуляторов осуществляется от преобразовательного трансформатора ТЕ через согласующие трансформаторы ТУ1 и ТУ2 и от сети собственных нужд 380В и оперативного постоянного тока 220 В при потере питания собственных нужд.

Каждый регулятор снабжен микропроцессорным блоком, обеспечивающим выполнение всех алгоритмов управления и регулирования, защит и сигнализации системы возбуждения.

Алгоритмы управления и регулирования формируются на основе внутренней математической модели генератора. Запись и накопление параметров состояния системы возбуждения позволяет вывести их для анализа переходных и аварийных процессов. В каждом регуляторе предусмотрено местное и дистанционное управление возбуждением, и автоматическое переключение каналов при отказе оборудования одной из тиристорных секций.

3.3. Пульт местного управления

Пульт местного управления содержит программируемый контроллер, дисплей и клавиатуру. При этом он способен выполнять следующие функции:

- ввод и коррекцию коэффициентов и постоянных времени регуляторов;
- ввод и коррекцию уставок;
- просмотр переменных и параметров регулирования;
- контроль состояния силовых цепей и элементов;
- контроль исправности элементов;
- автоматическое переключение преобразовательно-регулирующих каналов при отказе оборудования одного из тиристорных преобразователей;
- наглядное отображение на дисплее текущей информации и хранение предыдущей (дневник событий), хранение информации о действии внутренних защит, системы возбуждения, а также модификация параметров мониторинга и регулирования.

3.4. Защиты

3.4.1. В системе возбуждения предусмотрены следующие защиты:

- при отказе обоих каналов регулирования;
- цепей ротора от замыкания на землю (снижение изоляции);
- цепей ротора от перенапряжений посредством тиристорного разрядника;
- максимальные токовые;
- от короткого замыкания на шинах постоянного тока;
- от потери возбуждения;
- от короткого замыкания на шинах постоянного тока;
- от недопустимой длительности форсировки;
- от превышения максимального тока;
- при неуспешном инвертировании.

3.4.2. Оперативное гашение поля при нормальном останове выполняется посредством перевода тиристорных преобразователей в инверторный режим. Гашение поля ротора в аварийных режимах при действии любых защит выполняется выключателем гашения поля (при наличии) и переводом тиристорных преобразователей в инверторный режим. Оба способа гашения выполнены взаимонезависимыми, а при гашении поля осуществляется подхват команды до окончания процесса гашения.

3.5. Внешние команды и выходные сигналы

3.5.1. Система возбуждения обеспечивает прием из схемы управления агрегатом следующих основных релейных команд сухими контактами, рассчитанными на напряжение от 24 до 220В постоянного тока:

- возбуждение;
- положение генераторного выключателя;
- частота вращения агрегата $\geq 95\%$ номинального значения;
- возбуждение "больше";
- возбуждение "меньше";
- точная синхронизация;
- подгонка напряжения генератора к напряжению сети;
- разгрузка генератора по реактивной мощности до $\cos\varphi = 1$;
- развозбуждение;
- защиты агрегата.

3.5.2. Система возбуждения обеспечивает выдачу в систему управления агрегатом следующих основных релейных сигналов сухими контактами, рассчитанными на напряжение от 24 до 220В и ток 0,5А. Активное состояние контактов - замкнутое:

- канал 1 в работе;
- канал 1 неисправен;
- канал 2 в работе;
- канал 2 неисправен;
- работа на ручном регуляторе;
- окончание подгонки напряжения генератора к напряжению сети (разрешение работы синхронизатора);
- окончание разгрузки генератора по реактивной мощности;
- работа ограничителя максимального тока возбуждения;
- работа ограничителя минимального тока возбуждения;
- неисправность системы возбуждения;
- отключение при действии внутренних защит системы возбуждения.

3.5.3. Система возбуждения предусматривает при необходимости выдачу на главный щит управления генератора аналоговых сигналов от датчиков тока и напряжения ротора.

В системе возбуждения предусмотрены технические средства для передачи по цифровому интерфейсу в схему управления агрегатом информации о состоянии

оборудования системы возбуждения и ее параметров. Содержание сообщений и их форматы согласуются на стадии разработки АСУ ТП энергоблока.

4. СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТОРСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

4.1. Тиристорная система возбуждения с одним тиристором в плече не требует дорогостоящих мероприятий, направленных на деление токов между тиристорами. Конструкция получается более компактной и удобной для обслуживания и ремонта.

4.2. Вычислительные мощности микропроцессоров регуляторов позволяют строить процессы регулирования наиболее адекватным для машин переменного тока образом.

4.5. В системе управления широко применены безвыводные элементы и поверхностный монтаж.

5. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Система возбуждения обеспечивает следующие показатели надежности:

- коэффициент готовности, не менее, %	99.8
- средняя наработка на отказ (отключение генератора от сети), не менее, часов	60000
- установленный ресурс между капитальными ремонтами, лет	10
- средний срок службы (от начала эксплуатации до отказа оборудования или его части, при котором восстановление нецелесообразно), не менее, лет	40