

Автоматика беспилотных объектов электрических сетей с малой синхронной генерацией

(ООО МС Торнадо, НГТУ)

Общее описание автоматики

Назначение

Автоматика предназначена для осуществления полностью автоматического управления режимами объектов электрических сетей с малой синхронной генерацией по активной и реактивной мощности в нормальных и аварийных условиях с выбором состава работающего оборудования и вариантов работы – островном или параллельном с внешней электрической сетью.



Объекты управления

Объектами являются:

- локальные системы энергоснабжения (ЛСЭ) на базе многоагрегатной малой синхронной генерации, способные к островной работе и включаемые напрямую (синхронные связи) на параллельную работу с внешними электрическими сетями;
- районы существующих электрических сетей, образуемые при включении электростанций малой мощности, способных сохранить электроснабжение всех или части потребителей при отключении от остальной электрической сети. Подобные районы обладают потенциалом создания на их основе полноценных областей (зон) Smart grid

Типовые схемы ЛСЭ, присоединяемых к внешней электрической сети, представлены на рис. 1-3

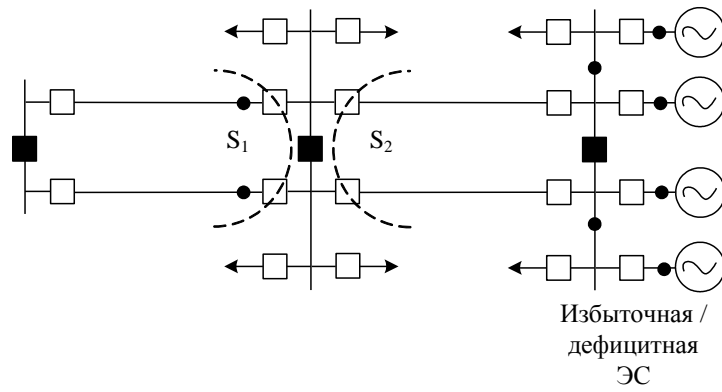


Рис.1. Схема ЛЭП с многоагрегатной электростанцией и распределительным пунктом в собственной сети электроснабжения, присоединенной двумя синхронными связями на разделенные шины ПС внешней электрической сети. Точками обозначены места измерения режимных параметров, в т.ч. векторных, для осуществления управления АОСГ

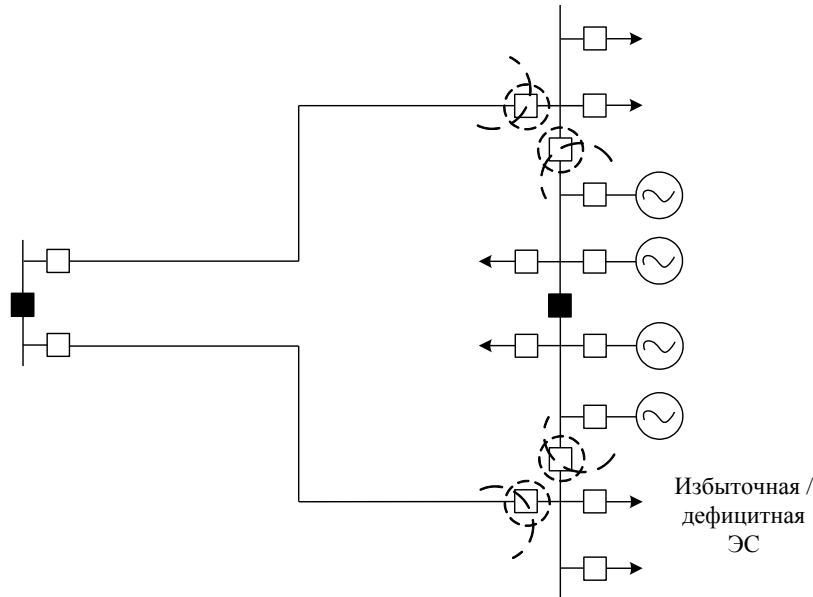


Рис. 2 Схема ЛЭП с многоагрегатной электростанцией с дополнительным секционированием шины, присоединенной двумя синхронными связями на разделенные шины ПС внешней электрической сети

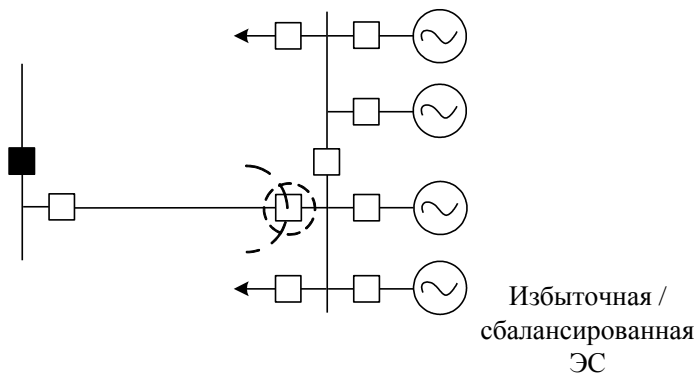


Рис. 3 Схема ЛЭП с многоагрегатной электростанцией, присоединенной одной синхронной связью к шине ПС внешней электрической сети

При присоединении ЛСЭ в ПС внешней электрической сети двумя синхронными связями необходимость разделения станции и сети ЛСЭ на две части определяется требованиями недопустимости шунтирования разделенных шин ПС подключения, а также ограничения токов подпитки КЗ.

В схеме (Рис. 1) сечения для деления в режимах выдачи мощности во внешнюю сеть (S1) и потребления из сети (S2) являются естественными (не требуют специального создания).

В схеме (Рис.2) естественным является лишь одно сечение (для деления сети в режимах выдачи мощности или полной сбалансированности ЛСЭ (нулевой выдачи мощности)), поэтому для создания сечения для деления в режимах дефицита мощности (потребления из внешней сети), необходимо дополнительное секционирование шины станции ЛСЭ.

В схеме (Рис. 3) деление станции и сети ЛСЭ не требуется, т.к. одиночная связь не создает шунтирования шин ПС присоединения.

Функционал автоматики

Оперирование

- Ввод в работу/вывод энергоблоков (вывод на номинальные параметры регуляторами)
- Синхронизация генераторов и подсистем
- Выбор состава включенных генераторов, их функционализация и загрузка
- Восстановление нормального режима регуляторами
- Перевод группы энергоблоков в режим регулирования мощности
- Перевод однородной группы энергоблоков в режим регулирования частоты
- Оперативный и аварийный перевод полустанции в островной режим
- Перевод полной электростанции в режим островной работы
- Перевод станции в режим параллельной работы с разделением на полустанции

Режимное управление

- Регулирование частоты в островном режиме

- Регулирование перетока мощности по разным сечениям в режиме параллельной работы
- Регулирование напряжения в островном режиме
- Регулирование напряжения в режиме параллельной работы

Противоаварийное управление

- Опережающее сбалансированное деление системы
- Измерение прямой и обратной последовательностей напряжений в узлах с выключателями сечений для деления
- Предотвращение и ликвидация нарушений режимных ограничений в стационарных режимах (регуляторами).

Контроль и измерение

- Контроль текущего коммутационного состояния схемы сети
- Измерение режимных параметров оборудования и поддержание их допустимости
- Векторное измерение параметров в опорных узлах сети
- Достоверизация коммутационного состояния схемы сети, измеряемых параметров
- Идентификация классов состояния электростанции
- Идентификация установившихся режимов для всех процессов управления состояниями

Блокировка и превентивные действия

- Блокировка включений на параллельную работу несинхронизированных частей по всем сечениям сети
- Блокировка оперативных включений/отключений с недопустимыми набросами/сбросами мощности в островных режимах
- Перевод подсистем в островной режим работы при нарушениях связи и автоматики

Сигнализация и визуализация

- Визуализация текущего коммутационного состояния
- Визуализация режимных параметров и ограничений
- Визуализация функциональной готовности (неготовности) подсистемы управления
- Сигнализация о нарушениях в объекте и системе управления

Контрольно-измерительная подсистема

Автоматика может использовать существующие системы телесигнализации, телеуправления и телеизмерений, осуществляя обмен

данными по стандартным протоколам, либо осуществлять самостоятельно опрос датчиков положения, трансформаторов тока и напряжения с последующим анализом достоверности, расчетом электрических параметров режима (напряжения, активной и реактивной мощности в точках контроля). Кроме того, в центрах питания контролируемой сети осуществляются векторные измерения токов и напряжений. Векторные измерения напряжений используются автоматикой при синхронизации центров питания.

Режимная автоматика

Режимная автоматика обеспечивает регулирование напряжения, активной мощности и частоты (в режиме автономной работы электрической станции), как индивидуальное (при работе одного энергоблока), так и групповое (при параллельной работе нескольких энергоблоков). В групповом режиме один из энергоблоков является ведущим, остальные – ведомыми, принимая доленое участие в его активной и реактивной мощности.

Изменение режимов регуляторов под разные цели управления осуществляет автооператор. На рис. 4 представлена осциллограмма работы регуляторов мощности при изменениях их режимов для физической модели электростанции с тремя энергоблоками.

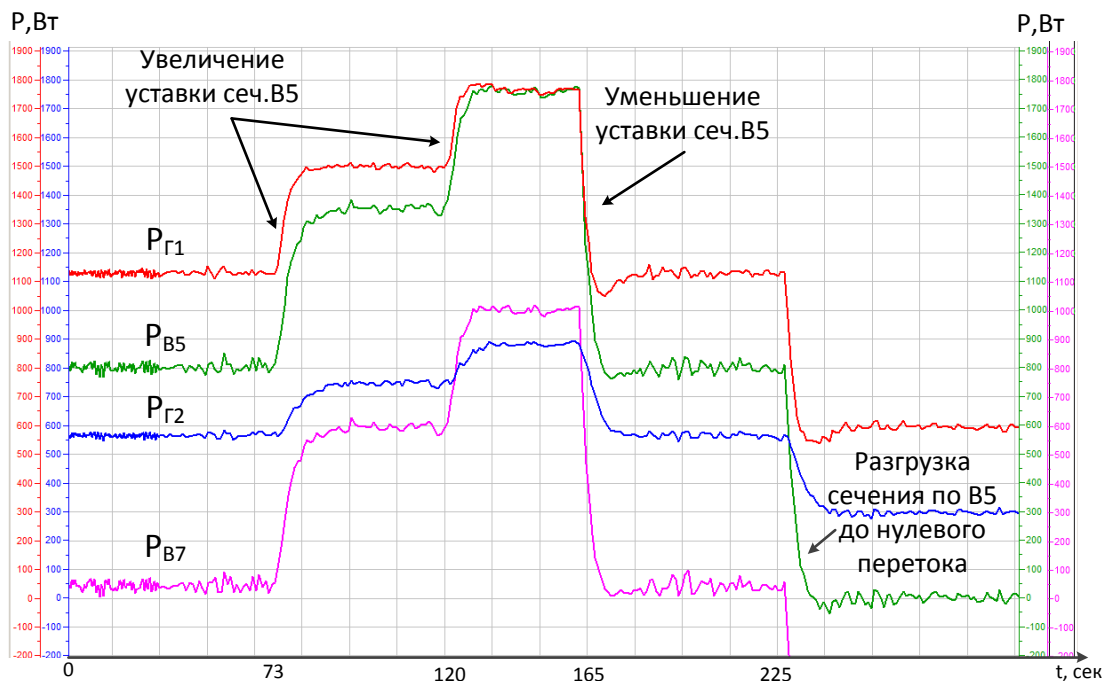


Рис.4 Осциллограмма группового регулирования мощности по разным сечениям сети (S1,S2) генераторами Г1 и Г2 с долевым участием Г2 в мощности Г1 ($K_u=0.5$) при изменениях уставки в сторону увеличения и уменьшения

Противоаварийная автоматика

Модуль ПА осуществляет выдачу команды на опережающее деление связей с внешней электрической сетью. Пусковой орган ПА выявляет факт снижения (провала) напряжения прямой последовательности ниже уставки срабатывания и выдает сигнал на отключение выключателя(лей) за время менее 20 мс.

Сигнал на отключение проходит по заранее подготовленным маршрутам с воздействием на отключение либо одного из выключателей в цепи связи с внешней эл. сетью, либо дополнительно на отключение генераторов, осуществляющих выдачу мощности во внешнюю сеть. Совместное действие (поддержание условий сбалансированного деления) режимной автоматики и быстрого деления (отключение сетевого выключателя и, при необходимости, генераторных) при КЗ в эл. сети приводит к сбалансированному делению без нарушения электроснабжения потребителей.

Осциллограмма переходного процесса при КЗ в электрической сети и срабатывании ПО ПА приведена на рис. 5.

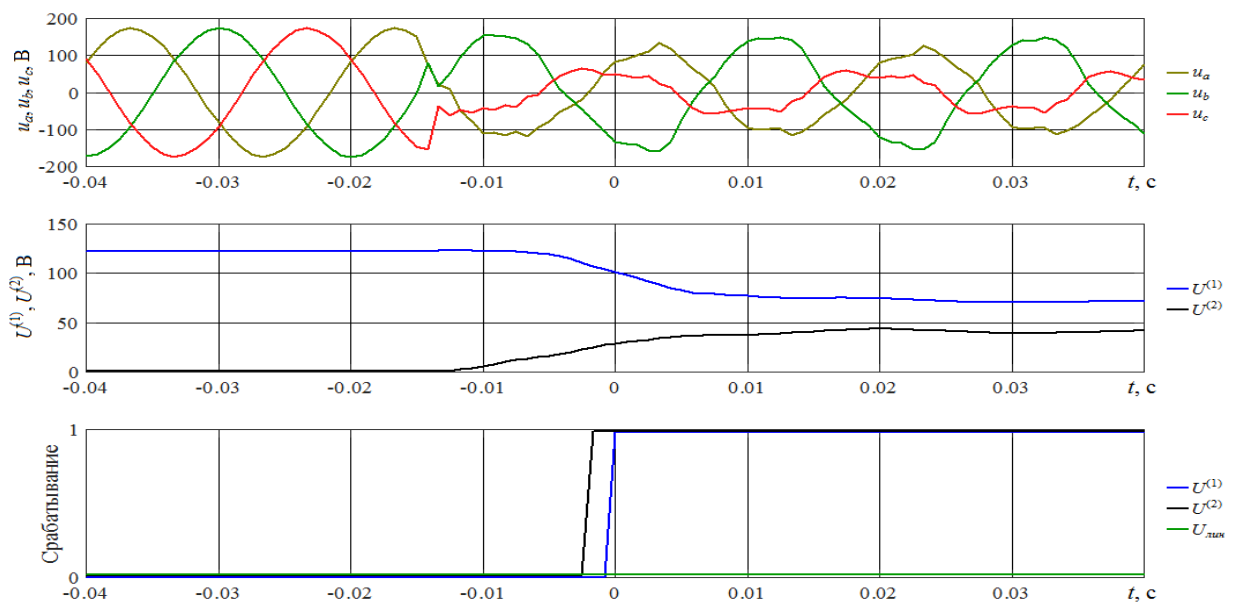


Рис. 5 Осциллограммы напряжения прямой и обратной последовательностей на шинах РП в переходных процессах при проверке срабатываний ПО АОСД
Напряжения в фазах, напряжения прямой и обратной последовательностей, сигналы срабатывания по каналам прямой и обратной последовательностям

Автооператор

Назначение автооператора – автоматический перевод текущего состояния (структуры и режима локальной системы энергоснабжения, ее режимной и противоаварийной автоматик) в одно из двух нормальных состояний

- состояние с параллельной работой ЛСЭ с внешней сетью (при наличии всех условий параллельной работы)
- состояние автономной работы (при запрете параллельной работы со стороны дежурного персонала ЛСЭ или внешней эл. сети)

Безусловным предпочтением обладает режим параллельной работы с внешней сетью, обеспечивающий повышение надежности работы электростанции при сбросах/набросах нагрузки, экономичности за счет использования свободных генерирующих мощностей для выдачи электроэнергии во внешнюю сеть.

Маршрутная карта автооператора с указанием 2-х конечных состояний ЛСЭ и 11 промежуточных приведена на рисунке 6, а принятые обозначения в табл.1.

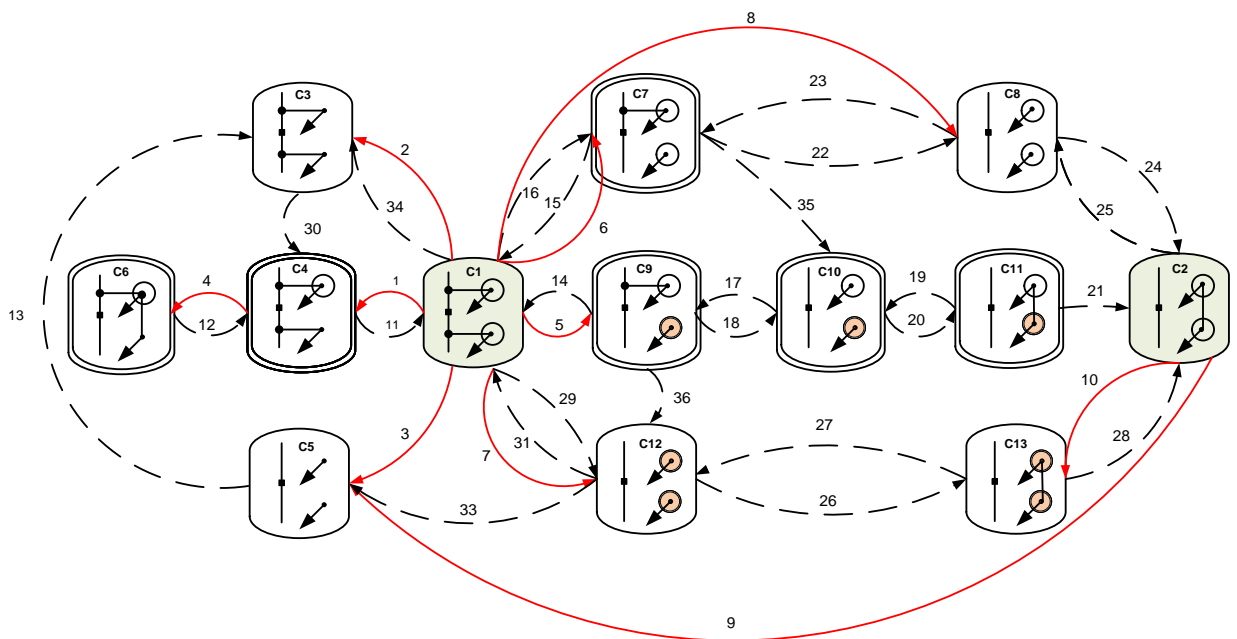


Рис. 6 Состояния и переходы ЛСЭ под управлением автооператора

Табл.1 Обозначения к маршрутной карте

№ пп / Item No.	Обозначение и пиктограмма / Designation and pictogram	Содержание / Content
1		Режим одиночный (симметричный относительно полустанций)
2		Режим бинарный (несимметричный относительно полустанций)
3		Режим нормальный
4		Шина секционированная (секционный выключатель отключён)
5		Связь электрическая между объектом и распределительной электрической сетью
		Шина секционированная (секционный выключатель включён)
6		Нагрузка
7		Генерация полустанции
8		Полустанция сбалансированная нагрузкой
9		Полустанция несбалансированная нагрузкой

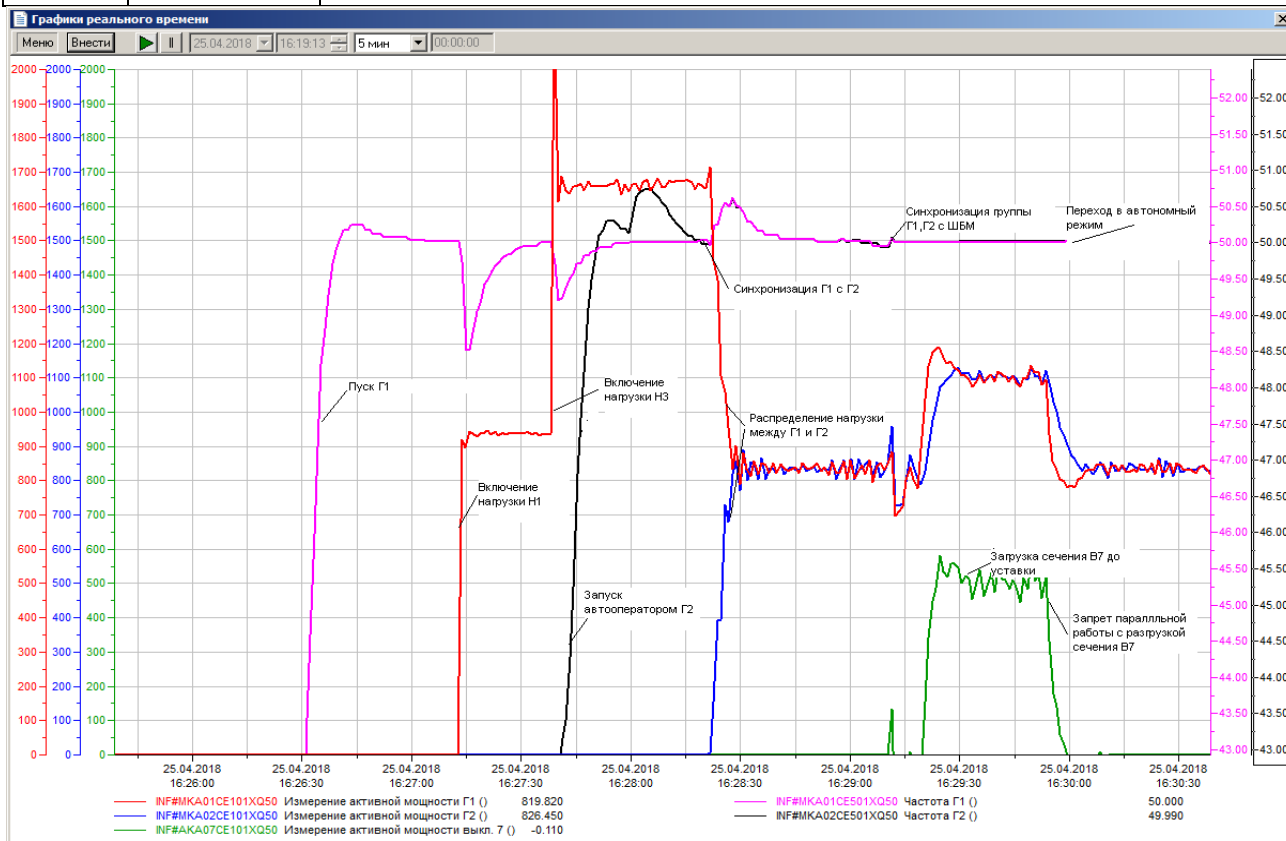


Рис.4 Переходный процесс при запуске генератора Г1, набросе нагрузки, вводе Г2 для разгрузки Г1, синхронизации Г1,Г2 с ШБМ (переход к режиму параллельной работы), запрете параллельной работы с разгрузкой сечения В7 и отделением Г1,Г2 от ШБМ (переход в автономный режим) под управлением автоматики с автооператором

Структура аппаратных средств

Структура аппаратных средств автоматики для ЛСЭ с многоагрегатной электростанцией приведена на рис. 7.

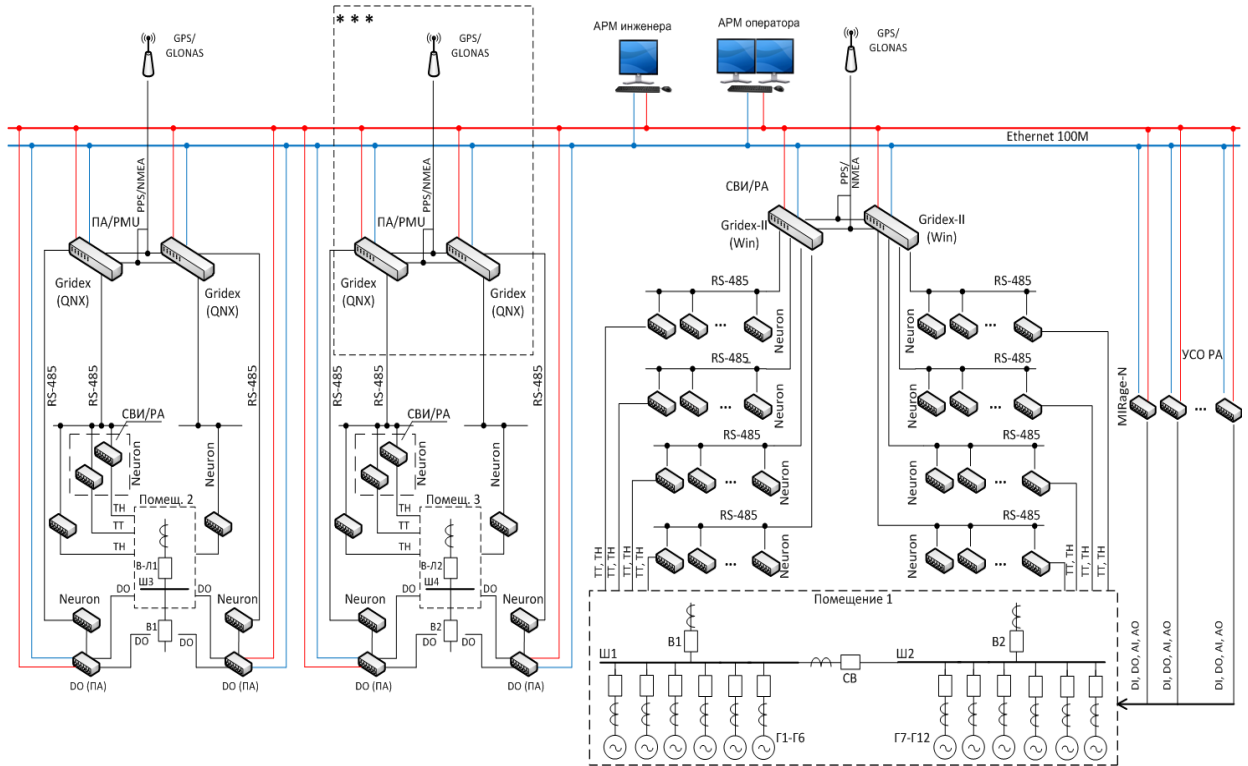


Рис. 7 Структура аппаратных средств автоматики

Конструктивное исполнение

Конструктивно автоматика выполнена в виде стандартного шкафа автоматики.

Основные технические характеристики

Размеры щита (шкафа) автоматики, не более	3x800x2200x800 мм
Вес, не более	3x300 кг
Потребляемая мощность	3x300 Вт
Число энергоблоков электростанции	≤12
Подключение телесигнализации	Потенциальные входы 220В AC/DC
Подключение к измерительным ТТ и ТН	3-х фазное, стандартное
Сигналы управления выключателями	цепи выходных реле
Сигналы управления возбуждения и мощностью энергоблоков	Аналоговые ±10 В или 4-20 мА

Максимальная продолжительность цикла автоматики	50 мс
Погрешность измерения угла основной гармоники	0,1 град
Время срабатывания ПО ПА на опережающее деление от внешней электрической сети	≤ 20 мс
Законы регулирования возбуждения и мощности	ПИ
Групповое регулирование активной и реактивной мощности энергоблоков	По принципу ведущего и ведомого генератора

Фишов Александр Георгиевич

fishov@ngs.ru