

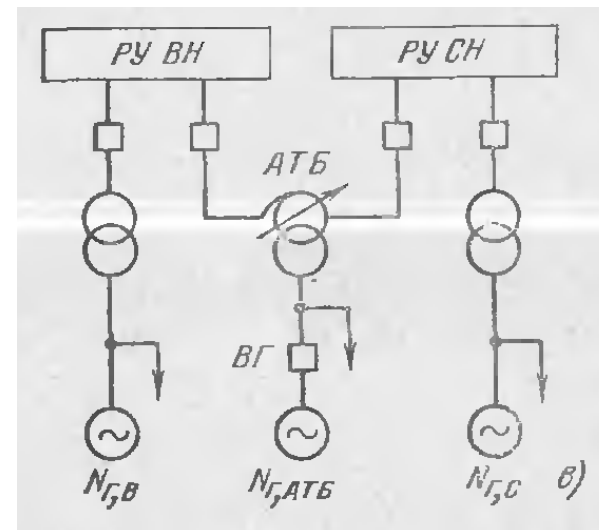
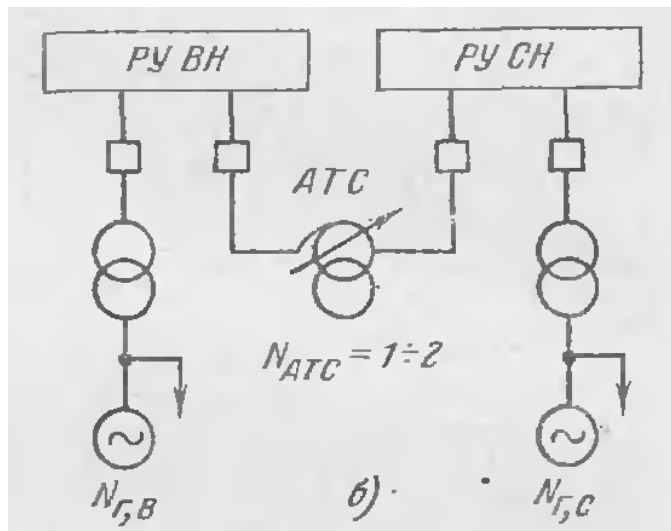
Электрическая часть ГЭУ
кафедра «Электрические станции», МЭИ

Лекция 1
Структурная схема ГЭС

Структурная схема ЭС*

Структурная схема определяет:

- вид энергоблока (моноблок, укрупненный блок, объединенный блок);
- распределение генераторов (блоков) ЭС между РУ* повышенных напряжений;
- способ электромагнитной связи между ними.



Чо Г.Ч., МЭИ, 2020

*ЭС – электростанция; РУ – распределительное устройство

Структурная схема ГЭС

Главная схема эл. соедин. ГЭС

Схема системы СН ГЭС

Главная схема эл.соед. – последовательность соедин.основного оборудования эл.ст.между собой и отходящими линиями. (Т, АТ, ЛЭП, КА, ТСН)

Структурная схема – распределение Г эл.ст между РУ повыш.напряжений и эл.магнитная связь между ними (единичная мощность гидрогенераторов, положение в энергосистеме, транзит мощности, напряжений выдачи мощности)

Вид энергоблока

Моноблок а)

Применяется при большой единичной мощности генераторов (как правило, более 100 МВт) – большие токи КЗ на генераторном напряжении!

Укрупненный блок б)

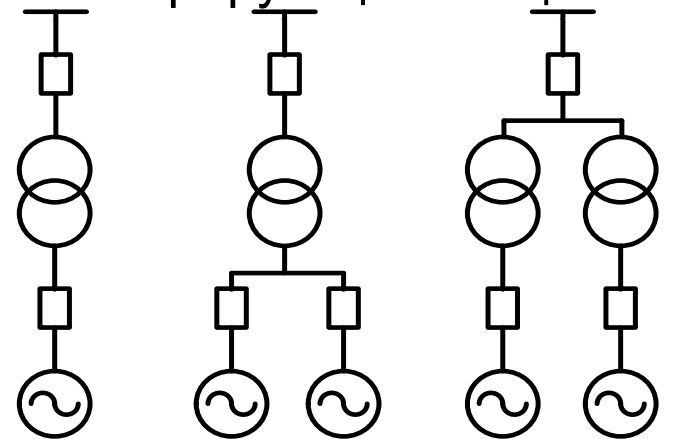
Применяется на ГЭС малой и средней мощности, если не превышает значение допустимой потери генерирующей мощности (аварийного резерва)

Объединенный блок в)

Экономия на ячейке РУ повышенного напряжения – целесообразно при напряжениях 330 кВ и выше.

Возможно объединение двух

укрупненных блоков $P_{\text{бл.уст}} \leq P_{\text{ав.}}$



а)

б)

в)

4

*бл.уст – установленная мощность энергоблока; ав. – аварийный резерв

Генераторный выключатель

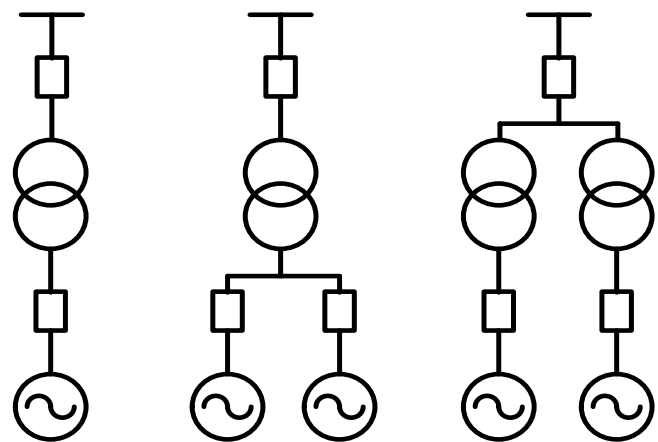
На современных ЭС установка предусматривается всегда.

+ снижение количества коммутаций в РУ ВН (СН)*

+ мощность РТСН* равна мощности ТСН*

РТСН обеспечивает резервирование ТСН. Без генераторного выключателя РТСН выполняет резервирование ТСН

- снижение надежности



*РУ ВН – РУ высшего (среднего) напряжения;

ТСН – трансформатор собственных нужд

РТСН – резервный ТСН

48-1-4, МЭИ, 2020

Подключение блока к РУ ВН (СН)

Чем **выше установленная мощность** энергоблока, тем **выше класс напряжения** выдачи мощности

- до 30 МВт – 110 кВ и ниже
- до 160 МВт – не ниже 110 кВ
- до 330 МВт – не ниже 220 кВ
- более 330 МВт – не ниже 500 кВ (330 кВ при отсутствии сети 500 кВ вблизи ГЭУ)

Пример (1)

ГЭС 8 генераторов СВ1340/150-96 (АО Электросила)

(наружный диаметр/длина статора - 1340/150 см)

номинальное напряжение - 13,8 кВ;

номинальная мощность генератора - 65 МВт; $\cos\varphi = 0,8$;

синхронная частота вращения - 62,5 об/мин;

установленная мощность ГЭС – 520 МВт

Допустимая потеря генерирующей мощности – 450 МВт

Какие виды энергоблока можно применить - ?

Какое напряжение РУ ЭС выбрать - ?

Некоторые возможные варианты

Моноблоки, подключаемые к РУ 110 кВ

Укрупненные блоки по 2 генератора к РУ 110 кВ

Укрупненные блоки по 4 генератора к РУ 300 (330) кВ

Чо ГЧ, МЭИ 2020

Новые термины

Схема выдачи мощности (СВМ) ЭС - совокупность технических решений и параметров технологического присоединения строящихся ЭС к объектам электросетевого хозяйства, обеспечивающих выдачу мощности данной ЭС

Пропускная способность СВМ – сумма максимальных передаваемых по ЛЭП мощностей (пропускных способностей) всех классов напряжения, отходящих от ЭС, включая перспективные

Максимальная передаваемая по ЛЭП мощность определяется:
для 35 кВ и ниже – по нормированной плотности тока;
для 110 кВ и выше – по натуральной мощности $K \cdot P_{\text{ЛЭПнат.}}$

K – коэфф.приведения натуральной мощности
равен 1 для 330 кВ и выше, 1,2 для 220 кВ и 1,4 для 110 кВ

Пропускная способность линий

Допустимая загрузка линий электропередачи (ВЛ/КЛ)

Напряжение, кВ	Допустимая мощность, МВт	Наибольшая допустимая длина, км
10(6)	2,1/4	5/0,35
20	7,5/12,5	8/0,25
35	9,3/19	20/0,25

Натуральная мощность и наибольшая допустимая длина ВЛ

Номинальное напряжение, кВ	Натуральная мощность ВЛ, МВт	Наибольшая допустимая длина ВЛ, км
110(157)	30	80
220	135	250
330	360	400
500	900	500
750	2100	1000

Новые термины (2)

Пропускная способность РУ ЭС – сумма пропускных способностей ЛЭП и трансформаторов данного РУ

Пропускная способность трансформаторов РУ – сумма номинальных мощностей трансформаторов связи данного РУ с РУ более высокого напряжения, за вычетом мощности наиболее мощного из них при $\cos\phi=0,85$

Условия выбора основных решений по СВМ ЭС

1. Сумма номинальных мощностей генераторов ЭС (установленная мощность ЭС) **не должна превышать** пропускную способность СВМ ЭС
2. Сумма номинальных мощностей генераторов, подключенных к данному РУ **не должна превышать** пропускную способность РУ
3. Номинальная мощность наиболее крупного генератора **не должна превышать** пропускную способность трансформаторов данного РУ

Дополнительные условия

4. Отключение одной линии **не должно приводить** к ограничению в выдаче мощности ЭС;
5. Связь ЭС с узловой подстанцией ЭЭС **не более чем** по четырем ЛЭП

Пример (2)

ГЭС 8 генераторов СВ1340/150-96 (АО Электросила)

(наружный диаметр/длина статора - 1340/150 см)

номинальное напряжение - 13,8 кВ;

номинальная мощность генератора - 65 МВт; $\cos\varphi = 0,8$;

синхронная частота вращения - 62,5 об/мин;

установленная мощность ГЭС – 520 МВт

допустимая потеря генерирующей мощности – 450 МВт

расстояние до узловой подстанции ЭЭС – 200 км

промышленный потребитель - 75 МВт, 60 км

Какое напряжение РУ ЭС для связи с ЭЭС выбрать - ?

Некоторые возможные варианты

220 кВ – 3 ВЛ, пропускная способность до $(3 \cdot 135 \cdot 1,2)$ МВт

330 кВ- 2 ВЛ, пропускная способность до $(2 \cdot 360)$ МВт

Дополнительные варианты

220 кВ – 4 ВЛ, пропускная способность до $(4 \cdot 135 \cdot 1,2)$ МВт

330 кВ- 3 ВЛ, пропускная способность до $(3 \cdot 360)$ МВт

Пример (3)

ГЭС 8 генераторов СВ1340/150-96 (АО Электросила)

(наружный диаметр/длина статора - 1340/150 см)

номинальное напряжение - 13,8 кВ;

номинальная мощность генератора - 65 МВт; $\cos\varphi = 0,8$;

синхронная частота вращения - 62,5 об/мин;

установленная мощность ГЭС – 520 МВт

допустимая потеря генерирующей мощности – 450 МВт

расстояние до узловой подстанции ЭЭС – 200 км

промышленный потребитель - 75 МВт, 60 км

Напряжение РУ ЭС для подключения потребителя - ?

Некоторые возможные варианты

110 кВ – 2 ВЛ, пропускная способность до $(2 \cdot 30 \cdot 1,4)$ МВт

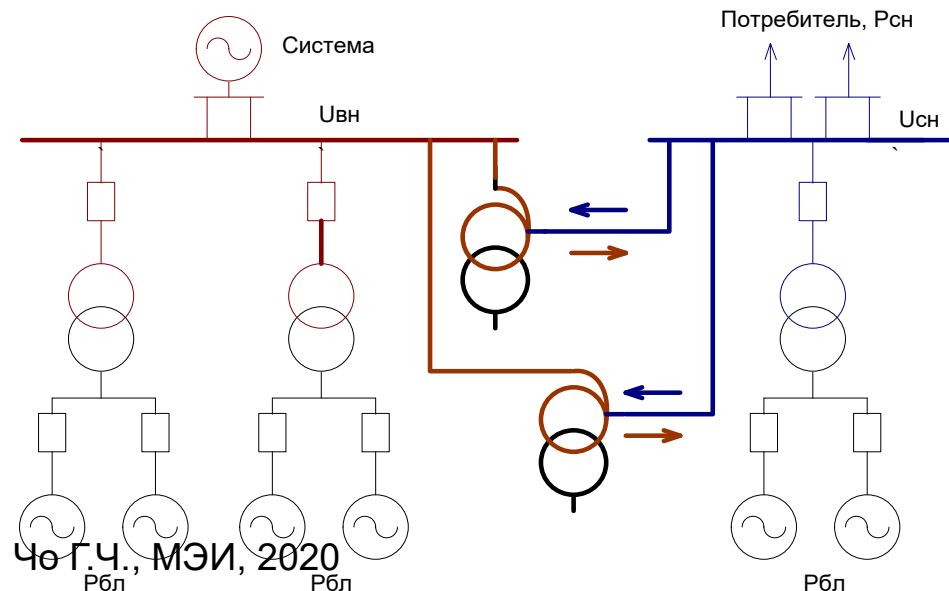
110 кВ – 3 ВЛ, пропускная способность до $(3 \cdot 30 \cdot 1,4)$ МВт

220 кВ- 2 ВЛ, пропускная способность до $(2 \cdot 135 \cdot 1,2)$ МВт

Распределение генераторов между РУ

Критерии:

- Минимальный переток электроэнергии через связь между РУ;
- Покрытие нагрузки, подключенной к РУ СН при отказе трансформатора связи, наложении отказа на ремонт.



Пример (4)

номинальная мощность генератора - 65 МВт; $\cos\varphi = 0,8$;
промышленный потребитель - 75 МВт, 60 км

Как распределить генераторы/блоки между РУ ЭС - ?

Некоторые возможные варианты

110 кВ – 1 генератор, остальные на РУ ВН

110 кВ – 2 генератора, остальные на РУ ВН

Связь между РУ ЭС

5.4.3. Связь РУ на электростанции должна осуществляться с применением двух и более трансформаторов (автотрансформаторов) номинальной мощностью не менее номинальной мощности наиболее крупного генератора (энергоблока) станции, подключенного к РУ более низкого напряжения из двух рассматриваемых РУ.

4.1.2. Достаточности предварительной пропускной способности РУ электростанции - сумма номинальных мощностей генерирующего оборудования электростанции, подключенного к данному РУ, не должна превышать предварительную пропускную способность РУ электростанции:

(повторно)

$$\Sigma P_{ГномРУ} \leq P_{РУпредв}$$

Пример (5)

номинальная мощность генератора - 65 МВт; $\cos\varphi = 0,8$;
промышленный потребитель - 75 МВт, 60 км

**Тип, мощность и количество трансформаторов связи
между РУ ЭС - ?**

Тип

110/220 – автотрансформатор

110/330 – автотрансформатор

110/500 – автотрансформатор

Количество

два

Мощность по критерию

- мощность наиболее крупного блока на РУ СН (2*65/0,8 МВА)

- пропускная способность РУ СН

Сн.ч., МЭИ, 2020

Связь ЭС* с ЭЭС**

Мощность ЭС и длина линий связи определяет напряжение выдачи мощности

110, 220 кВ – подключение промышленной нагрузки или выдача мощности в ЭЭС

330 кВ и выше – выдача мощности в систему

Как правило 2 РУ повышенных напряжений, реже - 1 или 3 РУ

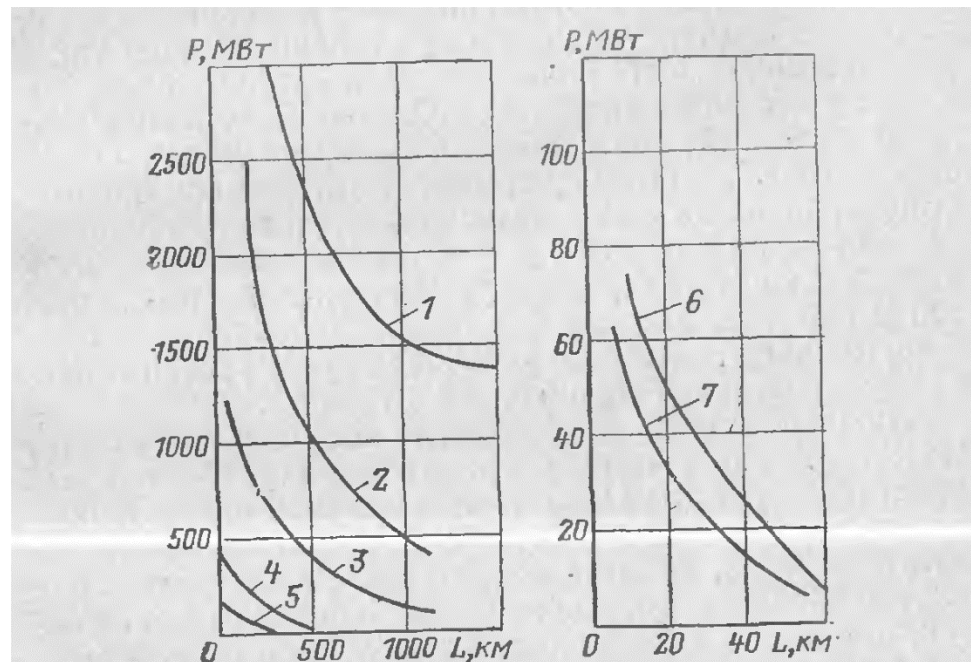


Рис. 5.1. Области применения линий электропередачи различных напряжений.

1 — 1150 и 500 кВ; 2 — 750 и 330 кВ; 3 — 500 и 220 кВ; 4 — 330 и 150 кВ; 5 — 220 и 110 кВ; 6 — 150 и 35 кВ; 7 — 110 и 35 кВ.

Отключение одной линии не должно приводит к ограничению в выдаче мощности ЭС;

*ЭС – электростанция

Чо Г.Ч., МЭИ, 2020

19

**ЭЭС – электроэнергетическая система

Исходные данные при проектировании ЭС

Класс напряжения связи ЭС с ЭЭС

Класс напряжения подключения потребителя и характеристики нагрузки (мощность, график нагрузки)

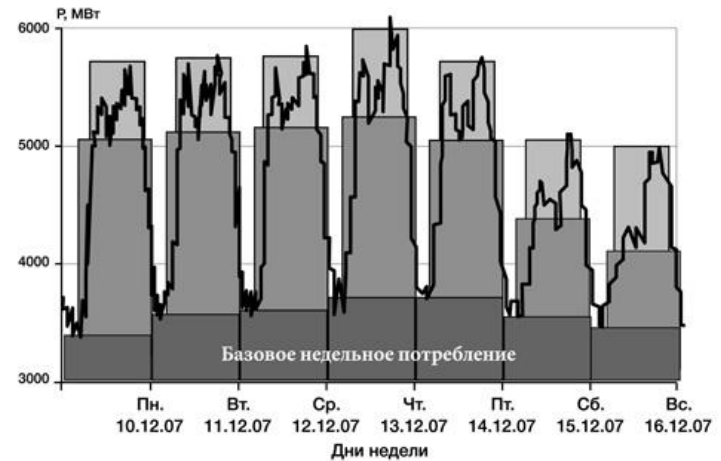
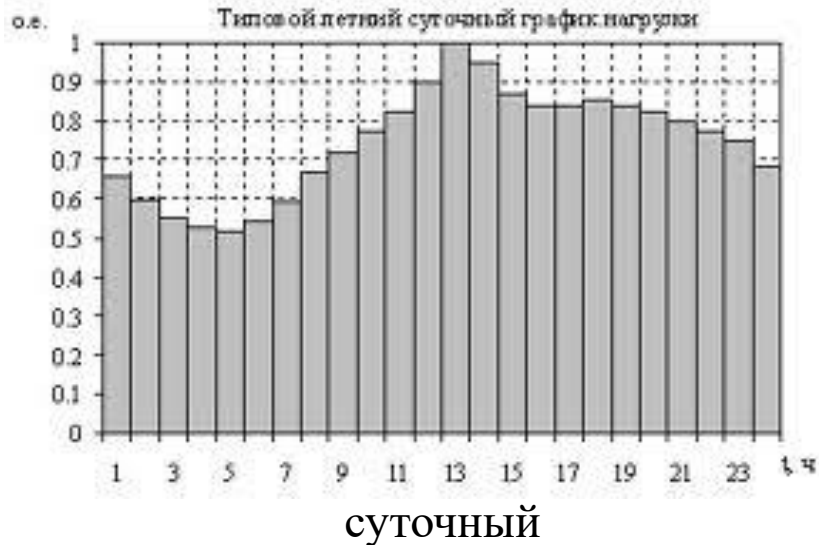
Схемы прилегающих сетей, число, длины, протяженность и сечения линий связи с ЭЭС и нагрузкой

Допустимая потеря генерирующей мощности по условию параллельной работы с ЭЭС и резерва мощности в ЭЭС, $\Delta P_{ав}$

Графики выработки станции активной и реактивной мощности, с учетом ее роли в покрытии графика нагрузки системы;

Токи КЗ в месте подключения станции к системе.

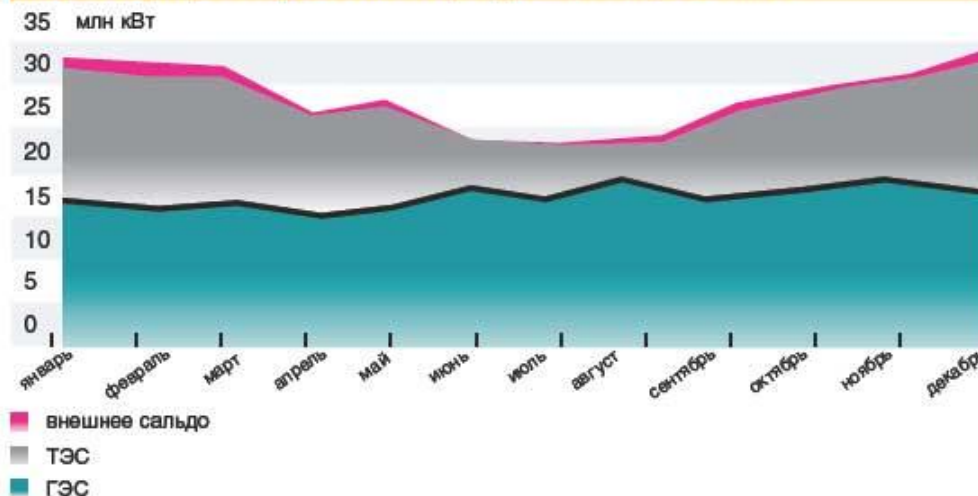
Графики нагрузки энергосистемы



недельный

Рисунок 4

Покрывание графика нагрузки по месяцам для ОЭС Сибири за 2006 г.



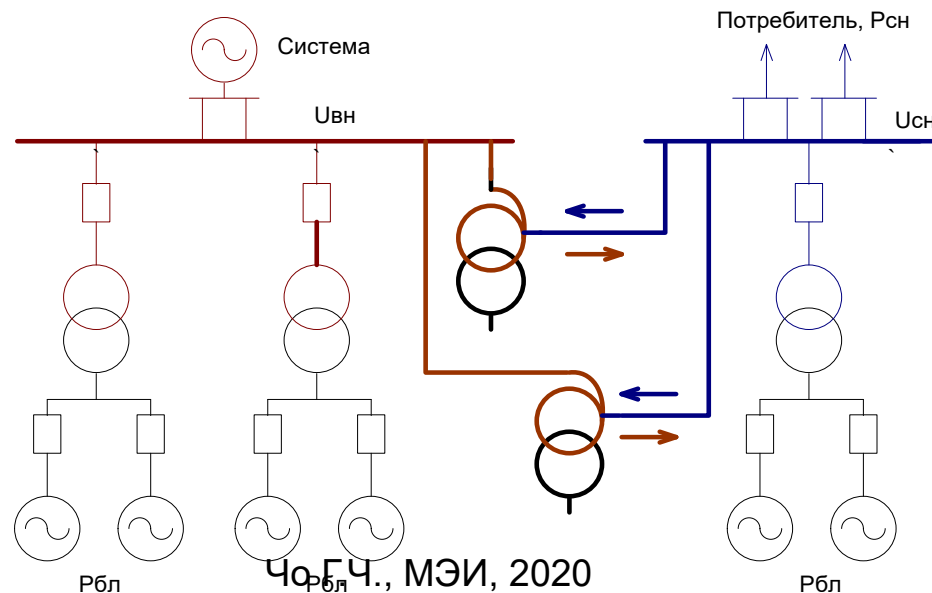
годовой

Чо Г.Ч., МЭИ, 2020

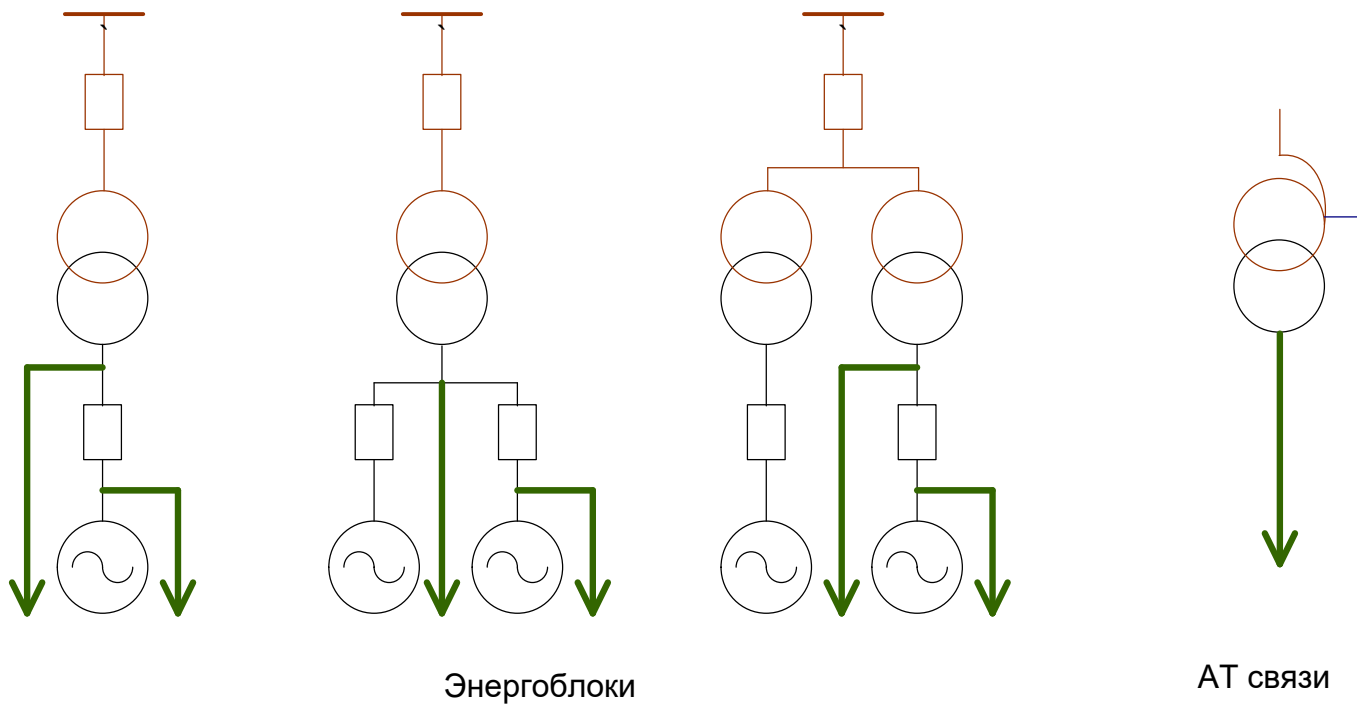
*Какие
графики
бывают?*

Структурная схема ГЭС

*Укажите место отбора мощности
на собств. нужды ГЭС*



Структурная схема ГЭС



Собственные нужды ГЭС – вспомогательные механизмы и система управления, необходимые для экономичной и надежной работы станции