

Тема «**Типовые электрические схемы КЭС**»

Вопросы:

- *Требования НТП к электрическим схемам КЭС.*
- *Электрические схемы блоков генератор-трансформатор.*
- *Типовые электрические схемы мощных КЭС.*
- *Выбор числа и мощности трансформаторов связи на КЭС.*
- *Требования НТП к схемам электроснабжения собственных нужд КЭС. Выбор количества и мощности рабочих и резервных трансформаторов с.н. Типовые схемы электроснабжения с.н. КЭС.*

Требования НТП к электрическим схемам КЭС.

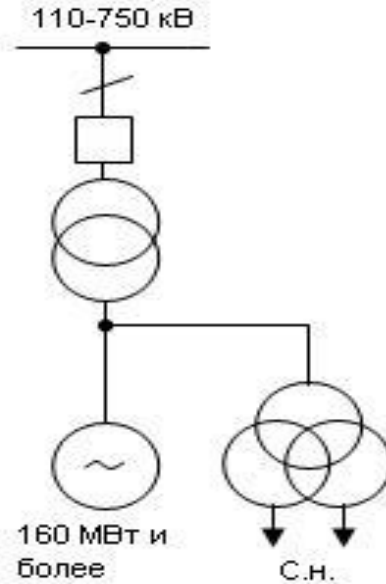
Крупные КЭС играют очень ответственную роль в энергосистеме.

К схеме электрических соединений КЭС помимо общих требований предъявляются и другие специфические требования

- *Главная схема должна выбираться на основе утверждённого проекта развития энергосистемы, т.е. должны быть согласованы напряжения, на которых выдаётся электроэнергия, графики нагрузки на этих напряжениях, схема сетей и число отходящих линий, допустимые токи КЗ на повышенных напряжениях, требования в отношении устойчивости и секционирования сетей, наибольшая допустимая потеря мощности по резерву в энергосистеме и пропускная способность линии электропередачи.*
- *На электростанциях с энергоблоками 300 МВт и более повреждение или отказ любого выключателя, кроме шиносоединительного и секционного, не должны приводить к отключению более одного энергоблока и одной или нескольких линий, если при этом сохраняется устойчивость энергосистемы. При повреждении шиносоединительного и секционного выключателя допускается потеря двух энергоблоков и линий, если при этом сохраняется устойчивость энергосистемы. При совпадении повреждения или отказа одного выключателя с ремонтом другого также допускается потеря двух энергоблоков.*
- *Повреждение или отказ любого выключателя не должны приводить к нарушению транзита через шины электростанции, т.е. к отключению более одной цепи транзита, если он состоит из двух параллельных цепей.*

- *Энергоблоки следует присоединять через отдельные выключатели и трансформаторы на стороне повышенного напряжения.*
- *Отключение линий электропередачи должно производиться не более чем двумя выключателями, а энергоблоков и трансформаторов с.н. – не более чем тремя выключателями РУ каждого напряжения.*
- *Ремонт выключателей напряжением 110 кВ и выше должен быть возможен без отключения присоединения.*
- *Схемы РУ высокого напряжения должны предусматривать возможность секционирования сети или деления электростанции на самостоятельно работающие части с целью ограничения токов КЗ.*
- *При питании от одного РУ двух РТСН должна быть исключена возможность потери обоих трансформаторов при повреждении или отказе любого выключателя.*
- *Главная схема энергосистемы должна удовлетворять режимным требованиям энергосистемы, обеспечивать минимальные расчётные затраты.*

Блок с двухобмоточным трансформатором



В блоке с двухобмоточным трансформатором выключатели на генераторном напряжении, как правило, отсутствуют. Включение и отключение энергоблока в нормальном и аварийном режимах производится выключателем со стороны повышенного напряжения. Такой энергоблок называют моноблоком. Соединение генератора с блочным трансформатором и отпайка к трансформатору с.н. выполняются закрытыми комплектными токопроводами с разделёнными фазами, которые обеспечивают высокую надёжность работы, практически исключая междуфазные КЗ в этих соединениях. В этом случае никакой коммутационной аппаратуры между генератором и повышающим трансформатором, а также на ответвлении к трансформатору с.н. не предусматриваются. Отсутствие выключателя на ответвлении к с.н. приводит к необходимости отключения всего блока при повреждении в трансформаторе с.н. (отключаются выключатели со стороны повышенного напряжения, 6 кВ трансформатора с.н. и АГП генератора)

Блок с автотрансформатором

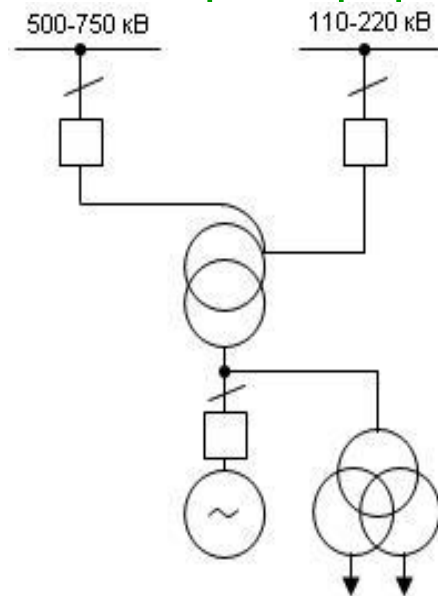
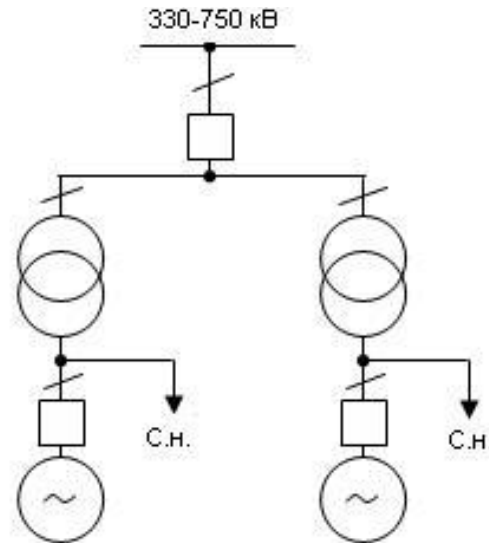


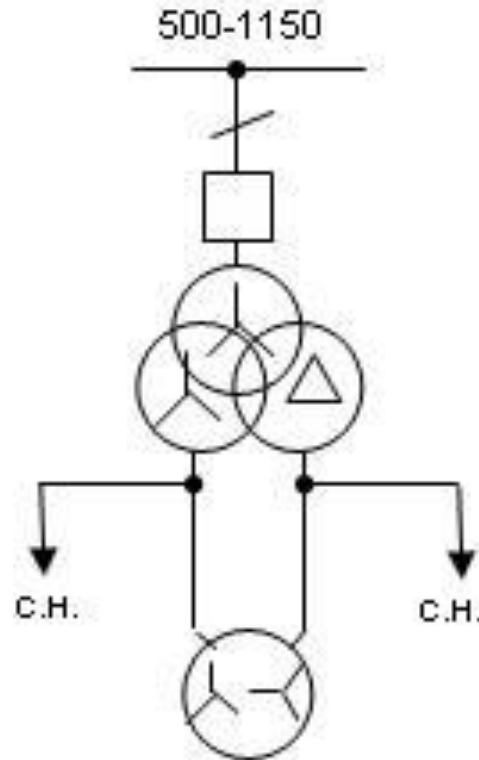
Схема блока с автотрансформатором применяется при наличии двух повышенных напряжений на КЭС. При повреждении в генераторе отключается генераторный выключатель, связь между РУ повышенного напряжения сохраняется. При повреждении на шинах напряжением 110-220 и 500-750 кВ отключатся их выключатели соответственно, а блок останется работать на шинах напряжением 500-750 или 110-220 кВ. разъединители между выключателями и автотрансформатором необходимы для возможности вывода в ремонт выключателей при сохранении в работе блока или АТ.

Объединённый блок



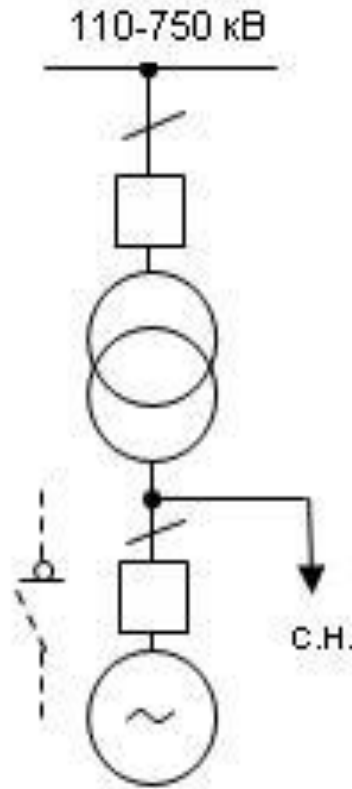
С целью упрощения и удешевления конструкции РУ 330-750 кВ применяется объединение блоков с отдельными трансформаторами под общий выключатель генераторные выключатели необходимы для включения генераторов на параллельную работу без использования РТСН. В этом случае при отключенном выключателе генератора питание на шины с.н. подаётся через блочный трансформатор и рабочий трансформатор с.н. После всех операций по пуску генератор синхронизируется и включается генераторным выключателем.

Схема блока с двухобмоточным трансформатором



- Генераторы 1200 МВт, имеющие две независимые обмотки статора (шестифазная система), соединяются в блок с повышающим трансформатором с двумя независимыми обмотками НН: одной, соединённой в треугольник, а другой – в звезду для компенсации сдвига в 30° между векторами напряжения обмоток статора

Схема блока с двухобмоточным трансформатором



- В ряде случаев применяют блоки с генераторными выключателями. Отключение и включение генератора осуществляется генераторным выключателем или выключателем нагрузки, при этом не затрагивается схема на стороне ВН. Такие схемы применяются для энергоблоков, которые участвуют в регулировании графика нагрузки энергосистемы.

Типовые электрические схемы КЭС

На современных КЭС устанавливаются энергоблоки 500, 800, 1000, 1200 МВт. Выдача электроэнергии производится на напряжении 220, 330, 500, 750 кВ.

На рисунке 1 показана схема КЭС с восемью энергоблоками по 40 МВт каждый. Генераторы по схеме объединенного блока подключаются к РУ разных напряжений (330 и 110 кВ). РУ 330 кВ выполнено по схеме с двумя системами сборных шин и четырьмя выключателями на три цепи (4/3 выключателя на присоединение); РУ 110 кВ – с двумя рабочими и одной обходной системой сборных шин. При увеличении числа присоединений к шинам РУ 110 кВ одна секция СШ секционируется.

На рисунке 2 показана схема КЭС с тремя энергоблоками по 320 МВт каждый. Генераторы по схеме блока подключаются к РУ разных напряжений (330 и 220 кВ). РУ 330 кВ выполнено по схеме с двумя системами сборных шин и тремя выключателями на две цепи (3/2 выключателя на присоединение); РУ 220 кВ – с двумя рабочими и одной обходной системой сборных шин. При увеличении числа присоединений к шинам РУ 220 кВ одна секция СШ секционируется.

Установка в РУ 110 или 220 кВ элегазовых выключателей позволяет отказаться от обходной системы сборных шин

Схема КЭС-320 (8х40) МВт

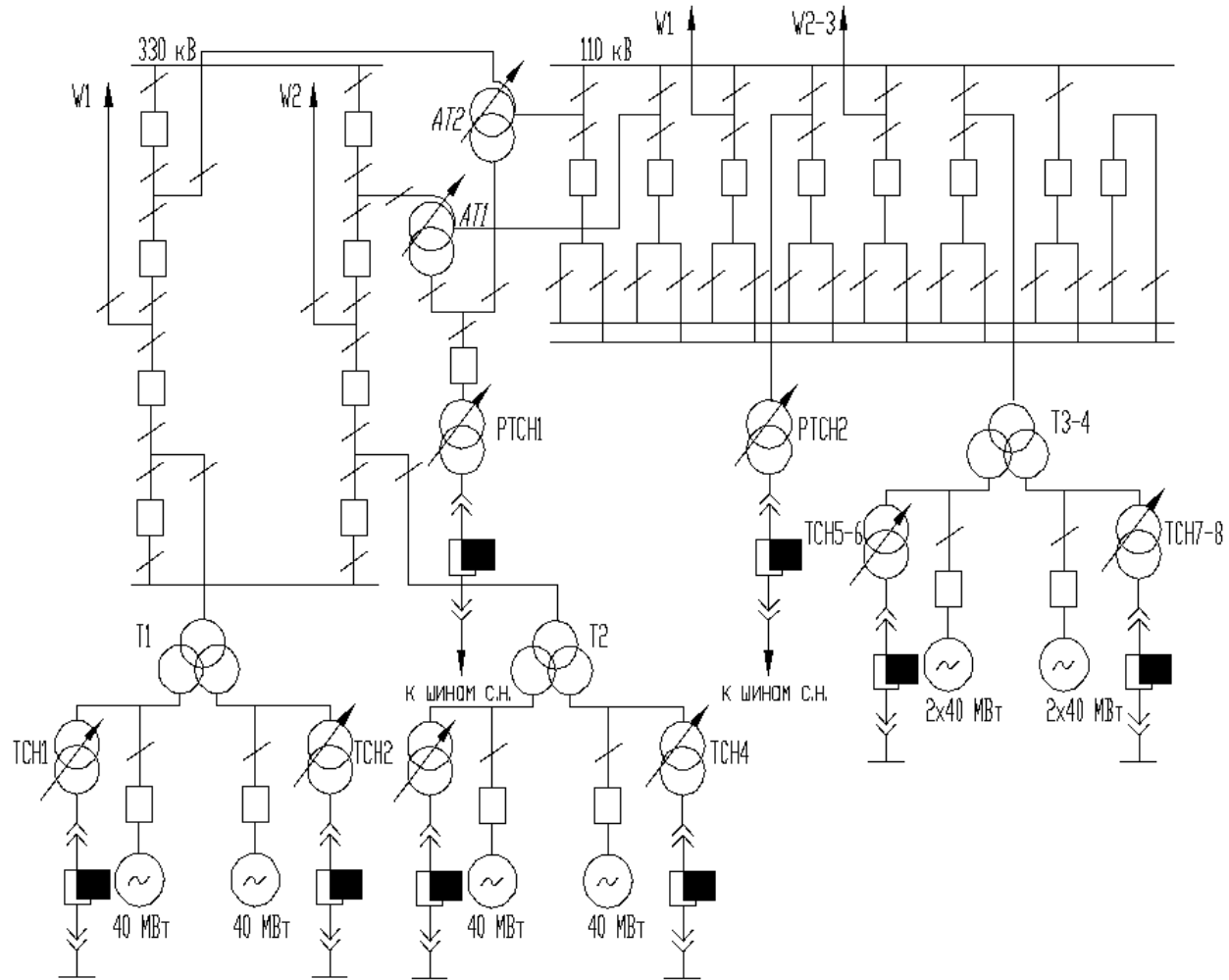
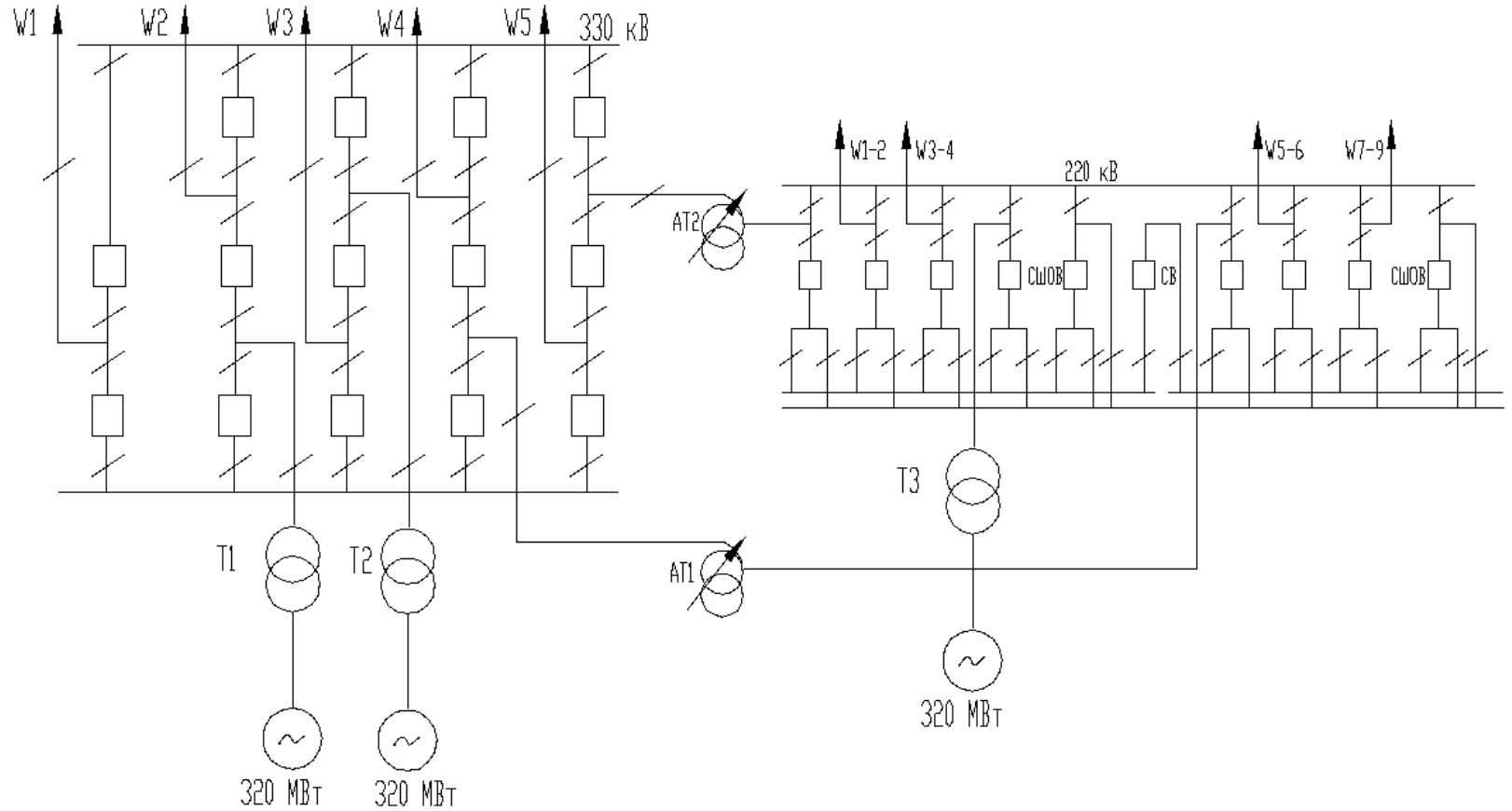
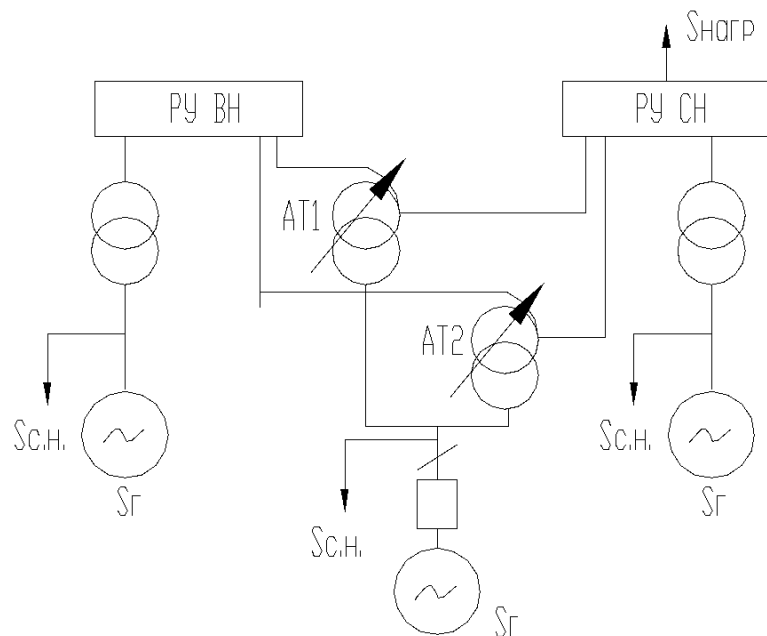


Схема КЭС-960 (3x320) МВт



Выбор числа и мощности трансформаторов связи на КЭС



- На мощных КЭС выдача энергии в энергосистему происходит на двух, а иногда на трех повышенных напряжениях.
- Связь между распределительными устройствами разного напряжения осуществляется с помощью автотрансформаторов, применение которых обусловлено рядом преимуществ.....
- Мощность АТ выбирается по максимальному перетоку между распределительными устройствами высшего и среднего напряжения, который определяется по наиболее тяжёлому режиму.

- Расчетным режимом может быть выдача мощности из РУ среднего напряжения в РУ высшего напряжения, имеющего связь с энергосистемой. При этом необходимо учитывать в расчете минимальную нагрузку на шинах СН. Более тяжелым может оказаться режим передачи мощности из РУ высшего напряжения в РУ среднего напряжения при максимальной нагрузке на шинах СН и отключении одного из энергоблоков, присоединенных к этим шинам.
- Число АТ связи определяется схемой прилегающего района энергосистемы.
- При наличии дополнительных связей между линиями высшего и среднего напряжения в энергосистеме на электростанции может быть установлен один АТ.
- Если связей между линиями высшего и среднего напряжения в прилегающем районе нет, то устанавливаются два АТ связи.
- Переток мощности через АТ связи определяется выражением

$$S_p = \sum S_g - \sum S_{с.н.} - S_{нагр}$$

Где S_g – мощность генераторов, присоединенных к шинам среднего напряжения, МВ·А; $S_{с.н.}$ – нагрузка собственных нужд блоков, присоединенных к шинам среднего напряжения, МВ·А; $S_{нагр}$ – нагрузка на шинах СН.

Расчетная мощность определяется для трех режимов: максимальная, минимальная нагрузка СН и отключение энергоблока, присоединенного к шинам СН при максимальной нагрузке потребителей. По наибольшей расчетной мощности выбирается номинальная мощность АТ с учетом допустимой перегрузки:

$$S_{ат} \geq S_{нб} / 1,4$$

Возможна установка АТ в блоке с генератором. Мощность АТ выбирается с учетом коэффициента выгодности. Обмотка низшего напряжения рассчитывается на типовую мощность АТ:

$$S_{нн} = S_{тип} = K_{выг} \cdot S_{ном}$$

Где **S_{ном}** – мощность автотрансформатора по каталогу; **K_{выг}** – коэффициент выгодности.

Обмотка низшего напряжения должна быть рассчитана на полную мощность генератора:

$$S_{г} \leq S_{нн} = K_{выг} \cdot S_{ном}$$

$$S_{ном} \geq S_{г} / K_{выг}$$

Коэффициент **K_{выг}** зависит от коэффициента трансформации АТ и находится в пределах **0,33-0,67**.

Мощность АТ в блоке с генератором составляет **S_{ном} = 3 ÷ 1,5 S_г**.

Увеличение мощности АТ при установке его в блоке с генератором снижает эффективность применения схемы связи, показанной на рисунке. В этой схеме АТ работает в комбинированном режиме, т.е. передает электроэнергию со стороны низшего напряжения на сторону высшего или среднего напряжения и осуществляет переток между РУ среднего и высшего напряжения. комбинированные режимы требуют строгого контроля загрузки обмоток.

Требования НТП к схемам электроснабжения собственных нужд КЭС. Выбор количества и мощности рабочих и резервных трансформаторов с.н. Типовые схемы электроснабжения с.н. КЭС.

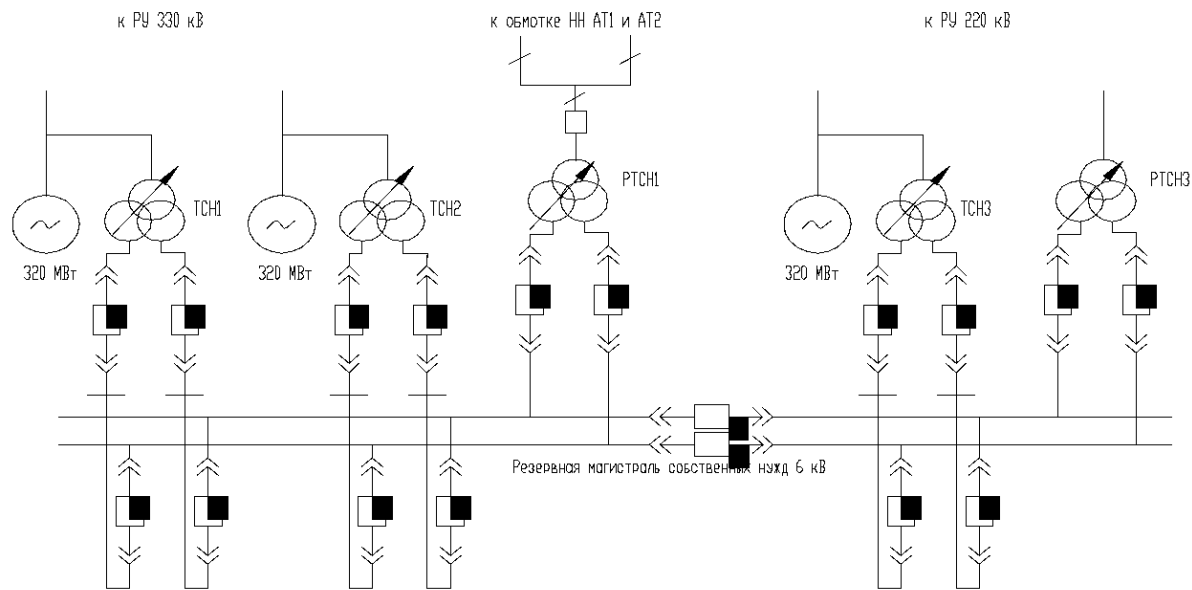
Основные требования, предъявляемые к системе собственных нужд:

1. Схемы рабочего и резервного питания с.н. должны обеспечить надежную работу механизмов с.н. и электрической станции в целом;
2. Источники питания и схема электрических соединений установок с.н. должна обеспечить успешный самозапуск электрических двигателей ответственных механизмов;
3. Схема с.н. должна быть экономичной и допускать расширение электрической станции с установкой более мощных агрегатов;
4. На блочных электрических станциях схема питания установок с.н. должна быть такой же блочной как и основная тепловая и электрическая схемы.

Потребители с.н. относятся к потребителям I категории. Основными напряжениями, применяемыми в системе с.н. являются 6 кВ (для электродвигателей мощностью 200 кВт) и 0,38/0,23 кВ для остальных электродвигателей и освещения.

Для мощных ТЭС возможно применение напряжения 0,66 кВ для электродвигателей 16-630 кВт и напряжения 10 кВ для крупных электродвигателей.

Выбор количества и мощности рабочих и резервных трансформаторов с.н.



Рабочие трансформаторы собственных нужд блочных КЭС присоединяются отпайкой от энергоблока. Мощность трансформаторов определяется по формуле:

$$S_{с.н.} = \sqrt{P_{с.н.}^2 + Q_{с.н.}^2} = \sqrt{\left(\frac{P_{с.н.} \cdot P_{ном,г}}{100}\right)^2 + \left(\frac{P_{с.н.} \cdot P_{ном,г} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{с.н.}}{100}\right)^2}$$

Распределительное устройство с.н. выполняется с одной секционированной системой шин. Количество секций 6-10 кВ блочных ТЭС принимается: две на каждый энергоблок (при мощности энергоблока более 160 МВт).

Каждая секция или секции попарно присоединяются к рабочему трансформатору с.н.

Резервное питание секций с.н. осуществляется от резервных магистралей, связанных с пускорезервными трансформаторами с.н.

Резервные магистрали для увеличения гибкости и надежности секционируются выключателями через каждые два-три энергоблока.

Согласно НТП число резервных трансформаторов с.н. на блочных ТЭС без генераторных выключателей принимается: один – при двух блоках; два – при числе энергоблоков от трех до шести; при большем числе энергоблоков предусматривается третий резервный трансформатор генераторного напряжения, не присоединённый к источнику питания, но установленный на электростанции и готовый к замене любого рабочего трансформатора с.н.

Если в схемах энергоблоков установлены генераторные выключатели, то число РТСН принимается: один – при двух блоках, один присоединённый и один готовый к замене,- при трех и более. Если часть энергоблоков с выключателями, а часть без выключателей, то число РТСН выбирается по первому условию.

РТСН должны присоединяться к сборным шинам повышенного напряжения, которые имеют связь с энергосистемой по линиям ВН (на случай аварийного отключения всех генераторов электростанции); к шинам среднего напряжения (110, 220 кВ) при условии, что они связаны через АТ с шинами ВН; к обмотке НН АТ, если обеспечиваются допустимые колебания напряжения на шинах РУСН при регулировании напряжения АТ и условия самозапуска электродвигателей; при помощи ответвления от блока генератор-трансформатор с установкой генераторного выключателя.

РТСН на КЭС с энергоблоками 160 МВт и более присоединяются к разным источникам питания (РУ разных напряжений, разные секции сборных шин РУ одного напряжения, обмотки НН АТ).

Мощность каждого РТСН на блочных электростанциях без генераторных выключателей должна обеспечить замену рабочего трансформатора одного энергоблока и одновременно пуск или аварийный останов второго энергоблока. При этом мощность РТСН выбирается на ступень больше, чем рабочего. Если в схемах энергоблоков установлены генераторные выключатели, то мощность РТСН принимается равной мощности рабочих трансформаторов. В любом случае мощность РТСН должна быть проверена по условиям самозапуска.

Для поддержания необходимого уровня напряжения на шинах с.н. трансформаторы имеют РПН. Схема соединения обмоток рабочих и резервных трансформаторов выбирается таким образом, чтобы возможно было их кратковременное параллельное включение в моменты перехода с рабочего на резервное питание и наоборот.

Применение трансформаторов с расщеплённой обмоткой и раздельная работа секций 6 кВ приводят к ограничению тока КЗ до такого значения, которое позволяет применить ячейки КРУ.

Самозапуск электродвигателей

Под **самозапуском** понимают процесс увеличения частоты вращения после восстановления напряжения и без вмешательства эксплуатационного персонала затормозившихся или полностью остановившихся двигателей.

Успешным считается такой самозапуск, при котором значение остаточного напряжения на шинах с.н. обеспечивает ускорение электродвигателей до номинальной частоты вращения за время, допустимое по условиям их нагрева и сохранения устойчивости технологического режима ТЭС.

Допустимое время самозапуска для электродвигателей ТЭС среднего давления с поперечными связями по воде и пару (для ТЭЦ) составляет **30-35 с** и определяется условиями нагрева электродвигателей.

Для энергоблоков высокого и сверхвысокого давления КЭС допустимое время составляет **10-12 с** и определяется сохранением технологического процесса парогенератора при прекращении подачи питательной воды.