

Лекция 9

Схемы электроснабжения собственных нужд станций и подстанций.

1. Назначение и роль СН
2. Потребители СН и нагрузка СН.
3. U и f установок СН.
4. Тип электропривода установок СН.
5. Схемы электроснабжения СН КЭС.
6. Схемы электроснабжения СН ТЭЦ.
7. Схемы электроснабжения СН АЭС.
8. Схемы электроснабжения СН ГЭС.
9. Схемы электроснабжения СН ПС.

Процесс производства электроэнергии на электрических станциях полностью механизирован. Экономичная работа современных мощных котлоагрегатов и паротурбинных агрегатов ТЭС возможна только при участии множества вспомогательных рабочих машин, необходимых для приготовления и транспорта топлива, подачи воздуха в камеры горения и удаления из них продуктов сгорания и золы, подачи воды в котлы, поддержания вакуума в конденсаторах турбин. Водоснабжения станции, перекачки горячей воды для теплоснабжения, вентиляции помещений и многого другого.

Основным источником электроэнергии для собственных нужд станций являются генераторы и электрическая система в целом. Вместе с тем, как показывает опыт эксплуатации, необходимы также не зависящие от энергосистемы источники энергии ограниченной мощности.

Вспомогательное оборудование, необходимое для экономичной и надежной работы станции: рабочие машины с приводными электродвигателями (паровыми турбинами), приемники электроэнергии всех видов, электрические сети, РУ, понижающие трансформаторы, независимые источники энергии, а также соответствующая система управления – составляют систему собственных нужд (СН) электростанции.

Установки собственных нужд являются важным элементом электрических станций и подстанций. Повреждения в системе собственных нужд неоднократно приводили к нарушению работы электростанций и к аварийному состоянию энергосистем.

Состав электроприемников собственных нужд, потребляемые ими мощность и энергии зависят от типа электростанции(подстанции),вида топлива, мощности агрегатов и т.п.

Основное оборудование:

КЭС:

Система разгрузки топлива, система топливоприготовления, система топливоподачи, дутьевые вентиляторы, дымососы, циркуляционные насосы, конденсатные насосы, питательные насосы, системы охлаждения, системы смазки, системы гидрозолоудаления, система приготовления водорода, система вентиляции, система освещения, различные вспомогательные службы.

ГЭС:

Потребители, связанные с гидрозатвором, дренажные системы, система технического водоснабжения, система охлаждения трансформаторов, потребители плотины и шлюза.

АЭС:

Специфичные потребители перегрузки топлива, системы транспорта, системы вентиляции безынерционные системы защиты.

ТЭЦ:

Системы пароводяного снабжения.

П/С:

Система охлаждения трансформаторов, система технического водоснабжения, освещение.

В таблице приведены усредненные значения максимальной нагрузки собственных нужд электростанций P_{CHmax} , отнесенные к их установленной мощности $P_{уст}$, расхода энергии на собственные нужды W_{CH} в процентах годовой выработки энергии электростанции $W_{выр}$.

Выбор схем СН электроустановок производят с учетом состава и характеристик электроприемников, мощности приводных механизмов, требований к надежности электроснабжения отдельных групп потребителей и т.д.

Тип электроустановки	$\frac{P_{снmax}}{P_{уст}} \cdot 100, \%$	$\frac{W_{сн}}{W_{выр}} \cdot 100, \%$
ТЭЦ:		
пылеугольная	8-14	8-10
газотурбинная	5-7	4-6
КЭС:		
пылеугольная	6-8	5-7
газотурбинная	3-5	3-4
АЭС:		
С газовым теплоносителем	5-14	3-12
С водным теплоносителем	5-8	4-6
ГЭС:		
Малой и средней мощности	3-2	2-1,5
Большой мощности	1-0,5	0,5-2
Подстанция:		
Районная	50-200 кВт	-
Узловая	200-500 кВт	-

Электроприемники СН по их влиянию на технологический режим электроустановки условно делят на ответственные и неответственные.

К ответственным относят электроприемники выход из строя которых может привести к нарушению нормального технологического режима работы или к аварии на электростанции или подстанции. Такие электроприемники требуют особо надежного питания.

К не ответственным относят электроприемники, выход из строя которых не сказывается непосредственно на технологическом режиме электроустановки.

На электростанциях обычно принимают две ступени напряжения СН: *высшее* (3;6 или 10 кВ) – для питания мощных электроприемников и *низшее* (660/380/220 В с глухозаземленной нейтралью) - для питания мелких электроприемников.

На КЭС, ТЭЦ, а также АЭС высшее напряжение в системе СН, как правило, принимается равным 6 кВ; при расширении электростанций, уже имеющих напряжение 3 кВ, а также на электростанциях средней мощности с генераторным напряжением 10 кВ экономически оправданным может быть использование напряжения 3 кВ. На КЭС с агрегатами мощностью 800 – 1200 МВт и соответственно с крупными механизмами СН целесообразно применение напряжения 10 кВ.

На ГЭС электродвигатели основных механизмов питаются от сети 380/220 В, а электродвигатели крупных механизмов – от сети 6(10) кВ. На подстанциях в системе СН принимается напряжение 380/220 В.

Для питания электродвигателей собственных нужд мощностью 200 кВт и выше должно применяться напряжение 6-10 кВ. Допускается, в отдельных случаях, применение электродвигателей мощностью 200 кВт на напряжение 0,4 кВ. Для остальных электродвигателей переменного тока собственных нужд должно применяться напряжение 0,4 кВ. Сеть 0,4 кВ должна выполняться с заземленной нейтралью. Выбор режима работы нейтрали в сети 6-10 кВ определяется проектом.

Основная частота:

$f=50$ Гц – Асинхронные двигатели

$f=0$ Гц – двигатели постоянного тока

Основным приводом механизмов СН являются асинхронные короткозамкнутые электродвигатели различного исполнения с прямым пуском. Для тихоходных механизмов (шаровые мельницы), а также для очень мощных механизмов находят применение синхронные электродвигатели. Для механизмов, требующих регулирования частоты вращения в широких пределах, применяют двигатели постоянного тока, а также асинхронные двигатели с дросселями насыщения или с управляемыми тиристорами в цепи статора.

Выбор трансформаторов собственных нужд

Номинальную мощность рабочих трансформаторов собственных нужд (ТСН) выбирают в соответствии с их расчетной нагрузкой. С учетом повышенных требований надежности, перегрузка рабочих ТСН не допускается. Расчетная мощность ТСН определяется суммой мощностей всех электроприемников, которые присоединены к данному трансформатору.

Требования к схемам питания СН.

Схемы рабочего и резервного питания собственных нужд являются составной частью главной схемы электрических соединений станции. От построения этих схем зависит устойчивость технологического режима выработки электроэнергии, расход электроэнергии на собственные нужды, капитальные вложения в систему электроснабжения механизмов собственных нужд.

К схемам питания собственных нужд предъявляются следующие требования.

1. Схемы рабочего и резервного питания собственных нужд должны обеспечить надежную работу отдельных агрегатов и электростанции в целом.
2. Схема собственных нужд должна быть экономичной и допускать расширение более мощными агрегатами, не требуя изменения схемы и электрооборудования собственных нужд ранее установленных агрегатов меньшей мощности.
3. Источники питания и схема электрических соединений должны обеспечить успешный самозапуск электродвигателей ответственных механизмов.

Кроме того, к схемам собственных нужд блочных электростанций предъявляются дополнительные требования: схема питания собственных нужд должна быть такой же блочной, как и основная электрическая и тепловая схема; на секциях собственных нужд каждого блока должно осуществляться независимое регулирование напряжения под нагрузкой. Сохранение блочного принципа в структуре схемы питания собственных нужд увеличивает надёжность работы электростанции, так как при любых режимах работы повреждение любого элемента схемы собственных нужд может привести к отключению не больше чем одного блока.

Для ТЭС

На электростанциях с поперечными связями по пару должно устанавливаться не менее одного резервного трансформатора. При этом должно устанавливаться по одному резервному трансформатору или реактированной линии питания собственных нужд 6-10 кВ на каждые четыре рабочих трансформатора или линии.

Число резервных трансформаторов собственных нужд 6 кВ на станциях без поперечных связей по пару принимается:

При отсутствии генераторных выключателей в цепи всех генераторов:

- один резервный трансформатор собственных нужд - при числе блоков один или два;
- два резервных трансформатора собственных нужд - при числе блоков от трех до шести включительно;
- два резервных трансформатора собственных нужд, присоединенных к источнику питания, и один резервный трансформатор генераторного напряжения, не присоединенный к источнику питания, но установленный на фундаменте и готовый к перекалке - при числе блоков семь и более.

При наличии генераторных выключателей в цепи каждого блока ТЭС:

- один резервный трансформатор, присоединенный к источнику питания (при числе блоков один или два);
- один резервный трансформатор, присоединенный к источнику питания и один резервный трансформатор генераторного напряжения, не присоединенный к источнику питания, но установленный на фундаменте и готовый к перекалке (при числе блоков три и более).

Число резервных трансформаторов 6-10/0,4 кВ принимается:

- для станций с блочной тепловой схемой 1 резервный трансформатор в главном корпусе для каждого блока;
- для станций с поперечными связями по паре, но с блочной электрической схемой - два резервных трансформатора 6/0,4 кВ в главном корпусе при количестве рабочих трансформаторов от 2 до 6;
- для станций с поперечными связями по паре 1 резервный трансформатор 6/0,4 кВ в главном корпусе при числе рабочих трансформаторов 4 и менее;
- 2 резервных трансформатора при числе рабочих трансформаторов от 5 до 8 включительно;
- при числе трансформаторов сверх 8 по 1 резервному трансформатору на каждые 4 рабочих трансформатора;
- для вспомогательных цехов станций всех типов - 1 резервный трансформатор при числе рабочих трансформаторов 6 и менее; 2 резервных трансформатора при числе трансформаторов от 7 до 12 включительно; при числе рабочих трансформаторов сверх 12 по 1 резервному трансформатору на каждые 6 рабочих трансформаторов.

В качестве оперативного тока в системе собственных нужд 0,4 кВ применяется переменный ток на напряжение 220 В (фазное напряжение сети 0,4 кВ). В схемах с центральным питанием оперативного переменного тока выполняется резервирование питания шинок переменного тока от разных источников, обеспечивающее сохранение их питания при практически возможных аварийных режимах (питание шинок от одной секции РУСН 0,4 кВ блока, резервирование от другой секции данного блока и от секции РУСН другого блока).

В схемах с центральным питанием шинок оперативного переменного тока могут применяться агрегаты бесперебойного питания (АБП).

Распределительная сеть переменного оперативного тока должна быть оборудована селективной защитой.

Управление выключателями вводов рабочего и резервного питания секций РУСН 0,4 кВ осуществляется на постоянном оперативном токе 220 В от аккумуляторной батареи. Для вводов питания на секции РУСН 0,4 кВ малоответственных вспомогательных сооружений, находящихся на значительном расстоянии (свыше 1000 м) от главного корпуса электростанции, следует применять питание оперативным выпрямленным током или при соответствующем обосновании оперативным переменным током.

На выпрямленном токе также выполняется: - блокировка разъединителей; - технологическая сигнализация на блочных и групповых щита управления.

Допускается управление, сигнализацию и блокировку выполнять на переменном оперативном токе для управления разъединителями, для схем сигнализации на местных щитах управления и т.п.

СН КЭС

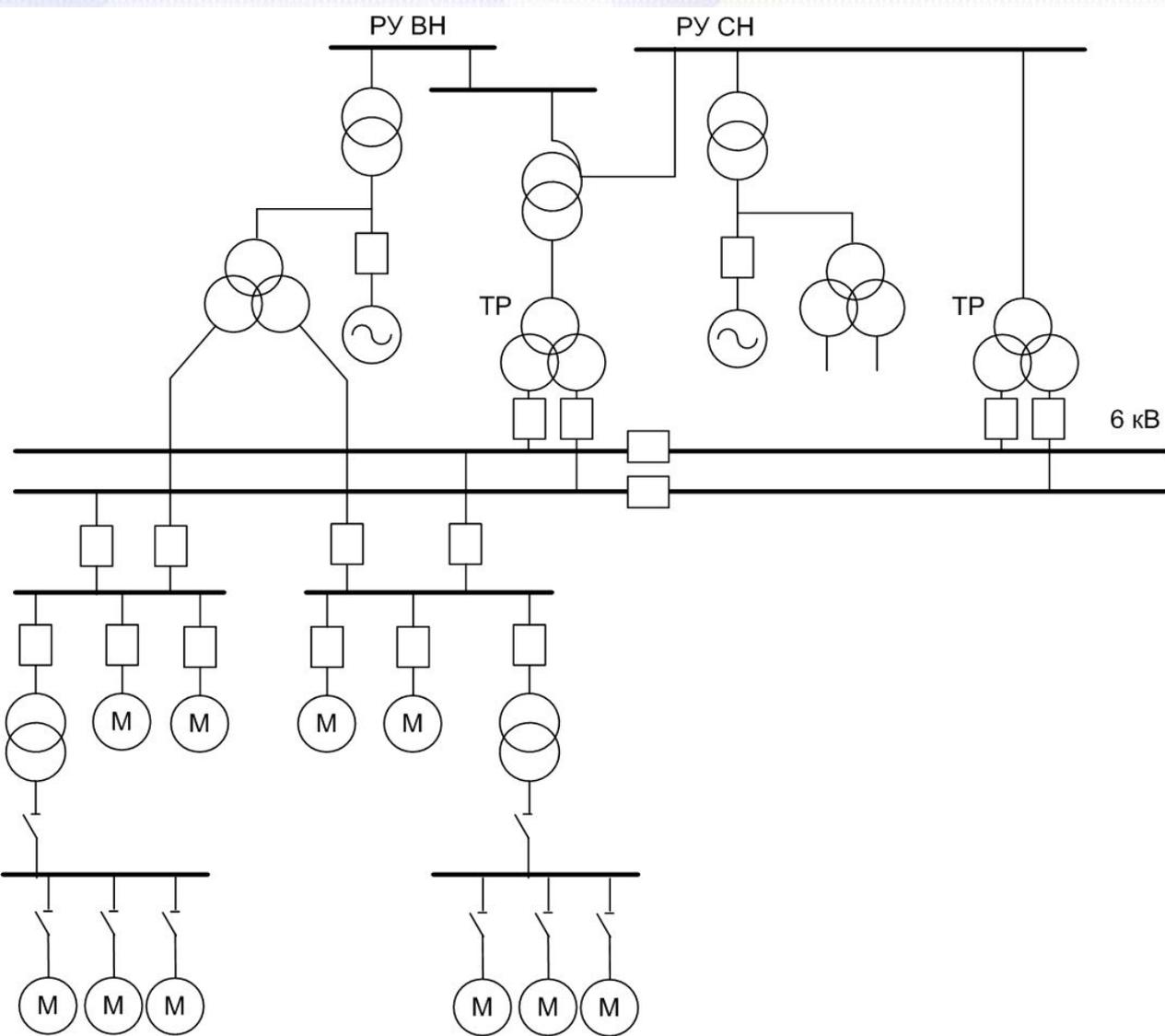
Для электроснабжения системы СН каждого блока предусматривают отдельный рабочий трансформатор соответствующей мощности, который присоединяют к блокам на участке между генератором и повышающим трансформатором. Эти трансформаторы являются основными источниками электроснабжения системы СН блоков. Кроме рабочих трансформаторов необходимы один или два резервных трансформатора для замены рабочих трансформаторов в случае их повреждения. Они могут быть присоединены:

- а) к сборным шинам РУ среднего напряжения (110-220 кВ);
- б) к третичным обмоткам автотрансформатора связи;
- в) к токопроводам блоков при наличии выключателей у генераторов;
- г) к линиям 110 – 220 кВ от ближайших подстанций.

Необходимы также резервные токопроводы 6-10 кВ, с помощью которых резервные трансформаторы могут быть присоединены к любой секции СН блоков.

Единичная мощность рабочих и резервных трансформаторов составляет 25-32 МВА и более. Их целесообразно иметь с расщепленными обмотками низшего напряжения и устройствами РПН для регулирования напряжения.

Поскольку трансформаторы СН имеют расщепленные обмотки низшего напряжения, сборные шины 6 кВ блоков должны быть разделены на две секции, что соответствует двойному числу рабочих машин.



Особенность схемы заключается в том, что один из резервных трансформаторов СН присоединен к сборным шинам среднего напряжения. Чтобы обеспечить возможность кратковременной параллельной работы этого трансформатора с одним из рабочих трансформаторов при переключении, схема и группа соединения обмоток резервного трансформатора должны быть согласованы со схемой и группой соединения рабочих трансформаторов.

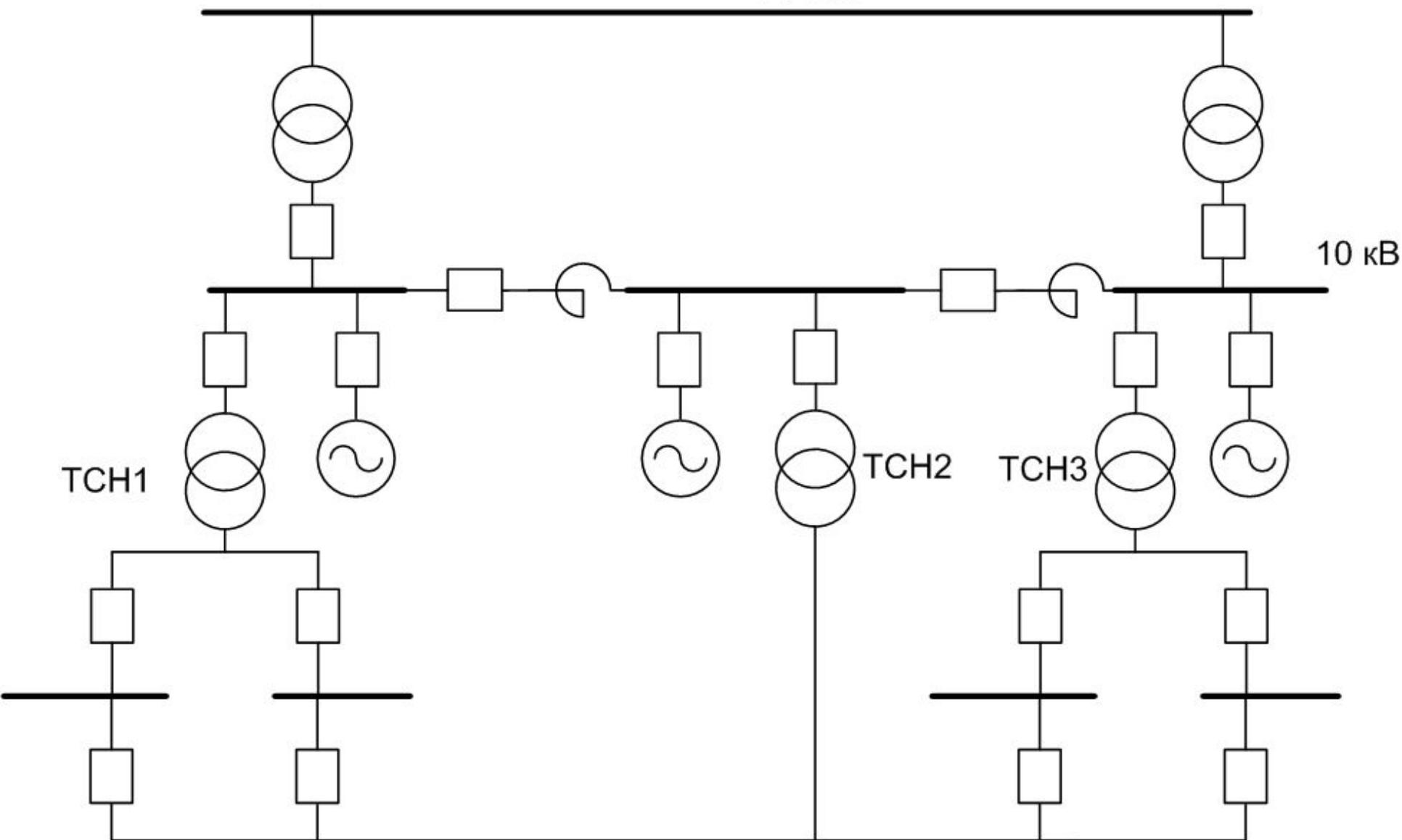
СН ТЭЦ.

Электрическая схема системы собственных нужд ТЭЦ должна быть согласована с тепловой схемой станции. Для ТЭЦ с поперечными технологическими связями (без промежуточного перегрева пара) секционирование системы СН целесообразно осуществлять по числу котлов.

РУ собственных нужд 6 кВ состоит из четырех секций с питанием от двух рабочих и одного резервного трансформаторов. Основную нагрузку секций составляют электродвигатели котельных агрегатов. Электродвигатели, обеспечивающие работу турбин, а также общестанционная нагрузка распределены между секциями. При такой схеме система СН обеспечена электроэнергией во всех режимах станции. Резервные трансформаторы необходимы лишь для замены рабочих трансформаторов в случае их повреждения. При числе рабочих трансформаторов более шести НТП рекомендуют установку двух резервных трансформаторов. Резервный трансформатор должен быть присоединен так, чтобы исключить возможность одновременной потери рабочего и резервного трансформаторов. Последний может быть присоединен к одной из секций главного РУ, свободной от рабочего трансформатора, или к трансформатору связи ТЭЦ с системой на участке между трансформатором и выключателем.

На ТЭЦ с агрегатами блочного типа систему СН выполняют аналогично рассмотренным выше схеме СН КЭС.

РУ ВН



СН АЭС

Наличие на АЭС особо ответственных электроприемников, требующих повышенной надежности электроснабжения, определяет необходимость трех источников питания: ими являются генераторы АЭС, энергосистема, с которой АЭС должна иметь связь не менее чем по трем линиям, и автономный аварийный источник.

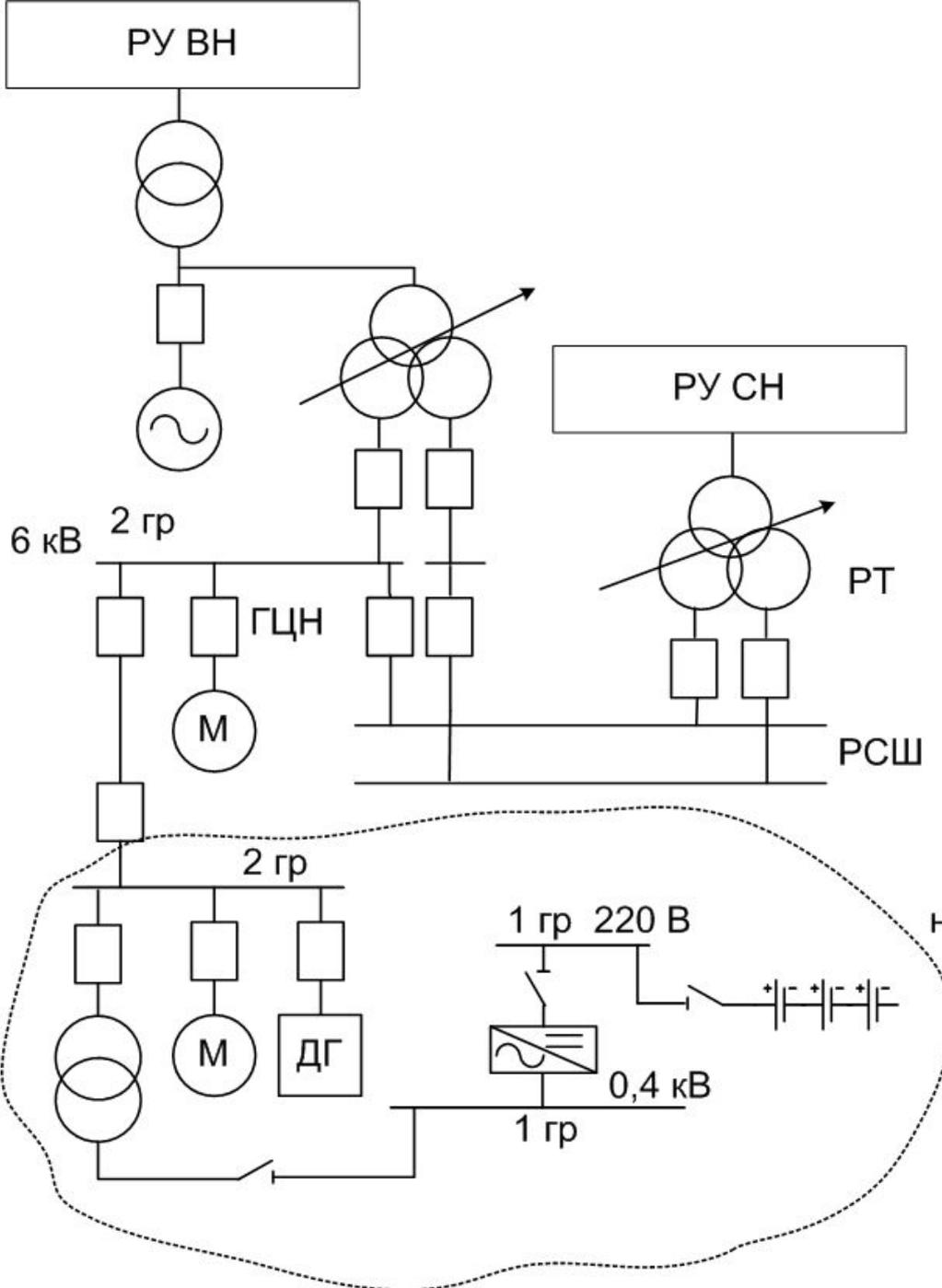
Нормальное электроснабжение СН осуществляют от генераторов через трансформаторы СН, подключаемые на ответвлении от них. Выключатель у генераторов обязателен. В случае исчезновения рабочего питания, не связанного с полной потерей напряжения АЭС, резервирование электроснабжения СН происходит от энергосистемы через соответствующие резервные трансформаторы. Места их присоединения и число выбирают так же, как на ТЭС.

Для электроприемников группы III достаточно использовать только источники нормального рабочего и резервного питания, тогда как электроприемники групп I и II требуют еще и третьего независимого источника питания – аварийного резервного. В качестве такого на АЭС применяют аккумуляторные батареи, автоматизированные дизель – генераторы, газотурбинные установки, или используют энергию выбега турбогенераторов. На отечественных АЭС наибольшее применение получили аккумуляторные батареи (для электроприемников группы I) и дизель – генераторы (для потребителей группы II). Каждая из трех систем безопасности имеет свои автономные источники питания.

В схеме надежного питания для электроприемников II группы ?предусматривают два уровня напряжения трехфазного переменного тока: 6(10) кВ для питания мощных потребителей и 0,4(0,66) кВ для мелких двигателей и прочей электрической нагрузки II группы. Повышенное требование надежности электроснабжения обуславливает необходимость использования независимого (автономного) источника питания. Обычно в качестве такого используют дизель-генератор. Дизель – генератор нормально не работает, но может быть автоматически включен (АВР).

Электроприемники I группы имеют небольшую единичную мощность и требуют для питания источников энергии как трехфазного переменного тока 0,4(0,66) кВ, так и постоянного тока 220 В. Независимым источником энергии для потребителей I группы служит аккумуляторная батарея. Так как электроприемники I группы требуют непрерывности электроснабжения, то их независимый источник постоянно включен.

Резервный ТСН присоединяется к сборным шинам РУ низшего из полученных напряжений при условии, что эти шины могут получить питание от внешней сети при остановке генераторов станции. Резервный ТСН может присоединяться к посторонним источникам питания, расположенным вблизи АЭС, при условии обеспечения самозапуска электродвигателей СН.



Система
надежного
питания



СН ГЭС и ГАЭС

Электроприемники СН ГЭС удобно разделить на агрегатные, которые обслуживают гидроагрегаты и расположены около них и общестанционного назначения, которые размещены по всей территории ГЭС. Кроме того, к РУ системы СН ГЭС могут быть присоединены потребители энергии, не имеющие прямого отношения к станции, но расположенные вблизи нее. Сюда относят судоходный шлюз, поселок для обслуживающего персонала и др.

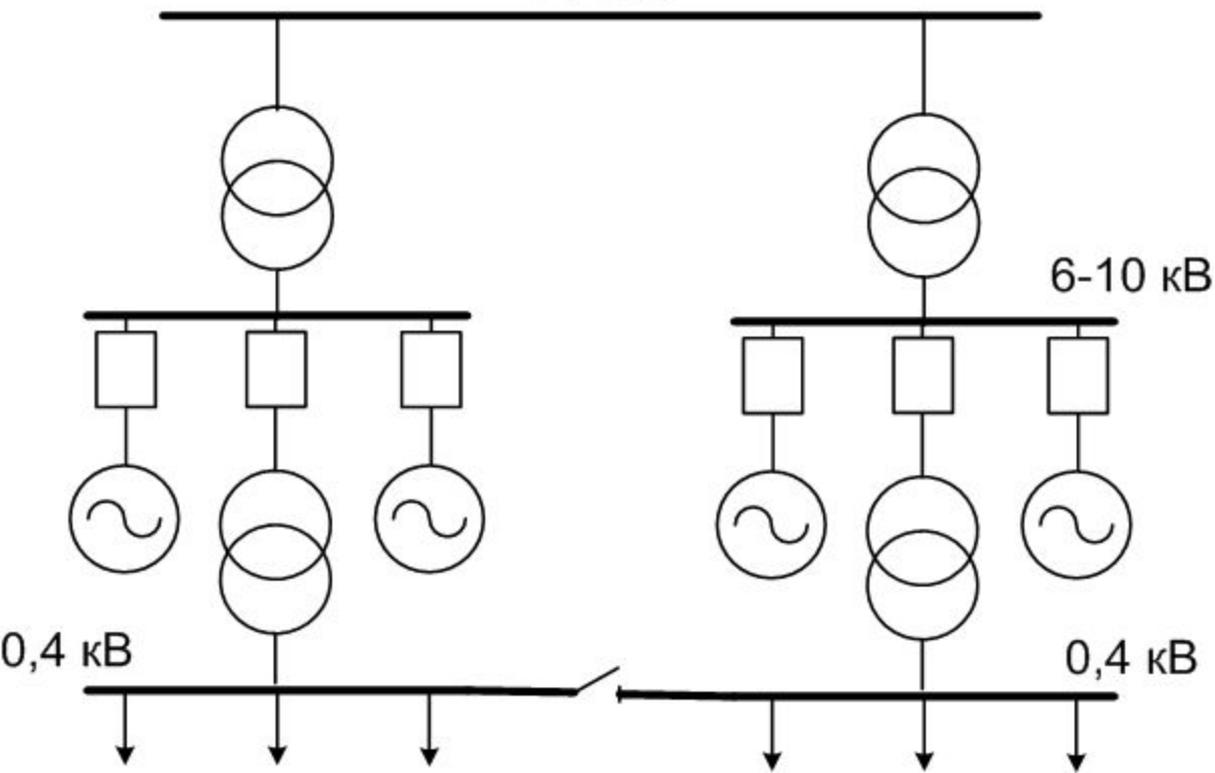
Все приемники электроэнергии СН ГЭС, за исключением системы управления, релейной защиты, автоматики и связи, допускают кратковременный перерыв электроснабжения в течение времени действия АВР.

В отличие от паротурбинных агрегатов система СН гидроагрегатов не нуждается в электроэнергии в процессе их останова при внезапном отключении, так как маслonaпорная установка имеет достаточный запас энергии, чтобы закрыть направляющий аппарат и затормозить агрегат. Рабочие машины ГЭС не требуют регулирования производительности. Для привода их применяют исключительно асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. В отличие от тепловых станций, где основную нагрузку системы СН составляют электродвигатели большой мощности, на гидростанциях применение имеют в основном электродвигатели небольшой мощности, которые целесообразно присоединять к сети 380/220 В. Основными источниками электроэнергии для системы СН ГЭС являются генераторы и электрическая система. В качестве независимых источников энергии для электроснабжения системы управления, релейной защиты, автоматики и связи предусматривают аккумуляторные батареи.

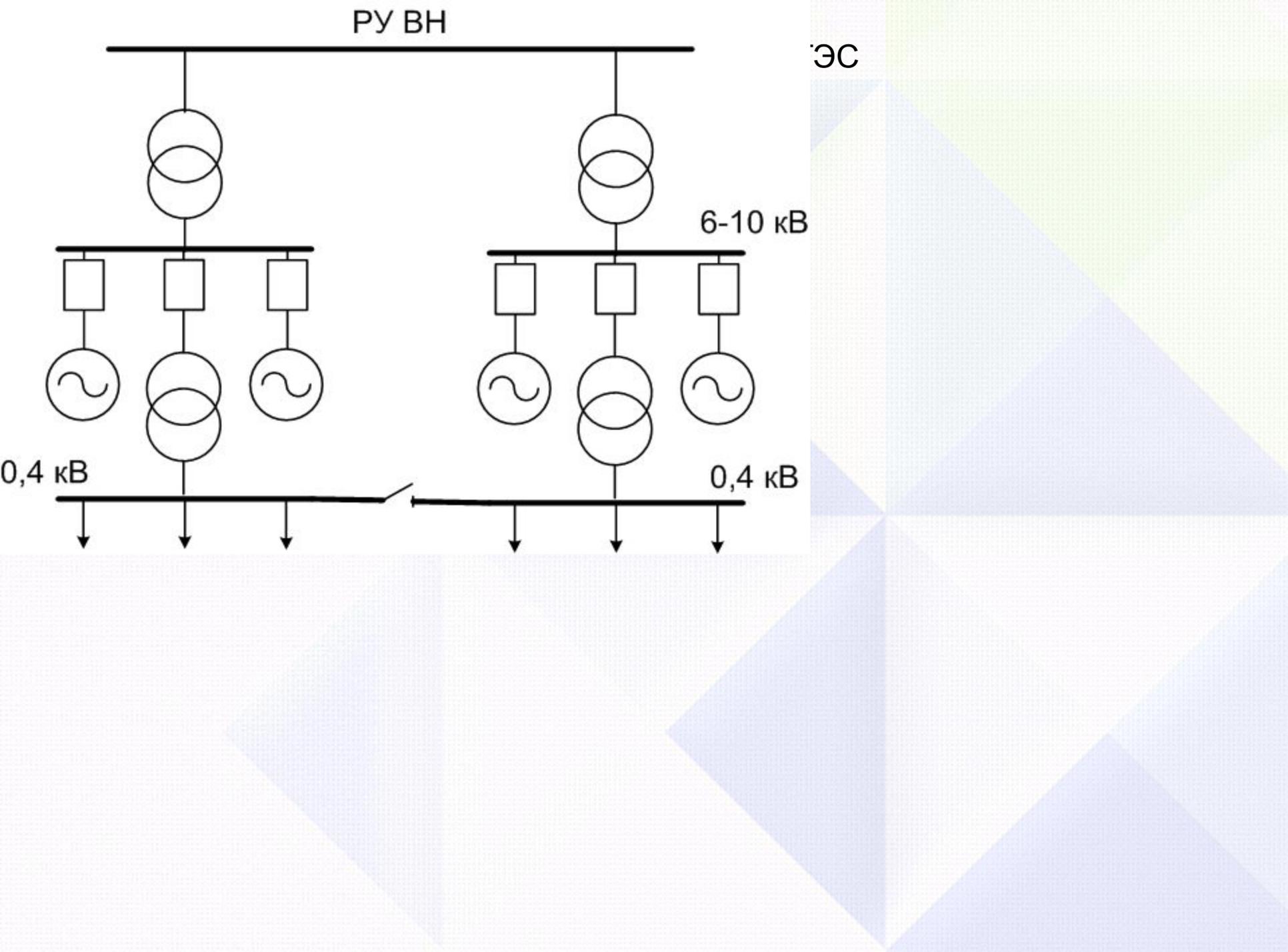
Для электроснабжения потребителей СН ГЭС предусматривается не менее двух независимых источников питания. На время остановки всех гидрогенераторов питание осуществляется от одного источника при условии, что один из генераторов находится в резерве. Шины РУ 0,4 кВ приемников 1 группы секционируются автоматически выключателями, и каждая секция получает питание от своего независимого источника.

Трансформаторы агрегатных потребителей СН 6/0,4 кВ выбираются по суммарной нагрузке агрегатов из условий работы без перегрузки с явным резервом

РУ ВН



ЭС



Схемы электроснабжения системы СН ГАЭС практически не отличаются от аналогичных схем ГЭС. Исключение составляют ГАЭС с обратными агрегатами, для пуска которых используют вспомогательные разгонные двигатели с напряжением 6 кВ. Эти двигатели являются самыми мощными электроприемниками системы СН. Они подключаются к РУ 6 кВ. Остальные электроприемники имеют относительно небольшую мощность и присоединяются к сети 380/220 В через понижающие трансформаторы.

Система СН подстанций.

Приемниками энергии системы СН подстанций являются: электродвигатели системы охлаждения трансформаторов и синхронных компенсаторов; устройства обогрева масляных выключателей и шкафов с установленными в них электрическими аппаратами и приборами; электродвигатели компрессоров, снабжающих воздухом воздушные выключатели пневматические приводы; электрическое отопление и освещение; система пожаротушения. Наиболее ответственными приемниками электроэнергии системы СН являются приемники систем управления, телемеханики и связи, электроснабжение которых может быть осуществлено или от сети переменного тока через стабилизаторы и выпрямители, или от независимого источника энергии – аккумуляторной батареи. В последнем случае должны быть предусмотрены преобразователи для заряда батареи. Для электроснабжения потребителей системы СН подстанций предусматривают трансформаторы с вторичным напряжением 380/220 В. Они могут быть присоединены к сборным шинам РУ 6 – 10 кВ. Однако такая схема обладает недостатком, который заключается в нарушении электроснабжения системы СН при повреждениях в РУ. Поэтому трансформаторы СН предпочитают присоединять к выводам низшего напряжения главных трансформаторов – на участках между трансформатором и выключателем.

