**Тема: Электрические станции и подстанции**

**Лекция 2. ТИПЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ.**

Оглавление

[2.1 Тепловые конденсационные электрические станции (КЭС) 1](#_Toc427312742)

[2.2 Теплофикационные станции (ТЭЦ) 2](#_Toc427312743)

[2.3 Атомные электрические станции (АЭС) 3](#_Toc427312744)

[2.4 Гидроэлектростанции 4](#_Toc427312745)

[2.5 Потребительские ПС 6](#_Toc427312746)

Основную часть электрической энергии вырабатывают:

1. тепловые станции (ТЭС), которые подразделяются на конденсационные(КЭС) и теплофикационные (ТЭЦ), пока незначительную часть энергии вырабатывают ТЭС с газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми установками (ПГУ);
2. атомные электрические станции (АЭС);
3. гидравлические электрические станции (ГЭС) и их разновидность - гидроаккумулирующие станции (ГАЭС)

Ниже рассмотрены особенности основных электрических станций и их структурных схем.

*Структурная схема станции* представляет собой схему, на которой показываются в их связи основное электрооборудование: генераторы и силовые трансформаторы, и условно представленные распределительные устройства (РУ). Коммутационные и измерительные аппараты в РУ на этой схеме не изображаются. Эти схемы показывают пути выдачи энергии производимой станцией потребителю. Подробнее структурные схемы разных типов станций и подстанций будут рассмотрены в следующих лекциях.

# 2.1 Тепловые конденсационные электрические станции (КЭС)

В отечественных энергосистемах на долю тепловых конденсационных электростанций приходится приблизительно три четверти всей вырабатываемой энергии. Мощность отдельных электростанций этого типа достигла 6000 МВт и имеет тенденцию к дальнейшему увеличению до 8000 МВт. На КЭС устанавливают экономичные паротурбинные агрегаты с параметрами пара 24 МПа и 560/565 °С с промежуточным перегревом пара мощностью 300, 500, 800 и 1200 МВт, рассчитанные на работу в базисной части суточного графика нагрузки энергосистемы с продолжительностью использования установленной мощности Ту = W/Py = 5000 ч/год и более.

Тепловые станции с агрегатами столь большой мощности по техническим и экономическим соображениям выполняют из ряда автономных частей — блоков. Каждый блок состоит из парогенератора, турбины, электрического генератора и повышающего трансформатора, полная мощность которого соответствует полной мощности генератора. Поперечные связи между блоками в тепломеханической части в виде паропроводов и водопроводов отсутствуют.

Блоки связаны между собой только на сборных шинах высшего или среднего напряжения, откуда мощность станции поступает в сеть системы.

Важнейшим условием, определяющим место строительства мощной КЭС, является наличие источника водоснабжения. Коэффициент полезногодействия КЭС с учётом расхода энергии на собственные нужды не превышает 0,32 — 0,40.

Конденсационные электростанции недостаточно маневренны. Это означает, что подготовка к пуску, синхронизация и набор нагрузки блока требуют значительного времени — от 3 до 6 ч. Поэтому для турбоагрегатов КЭС предпочтительным является режим работы с достаточно равномерной нагрузкой, изменяющейся в пределах от технического минимума, определяемого видом топлива и конструкцией агрегата, до номинальной мощности.

Недостатком КЭС, как и других тепловых станций, использующих органические виды топлива (уголь, нефть, газ), является то, что они выбрасывают в атмосферу окислы серы и азота, а также углекислый газ, который накапливается в верхних слоях атмосферы и способствует парниковому эффекту.

# 2.2 Теплофикационные станции (ТЭЦ)

Теплоэлектроцентрали предназначены для централизованного снабжения промышленных предприятий и городов теплом и электроэнергией. Они отличаются от конденсационных электростанций использованием тепла «отработавшего» в турбинах пара для нужд производства, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. При такой комбинированной выработке электрической и тепловой энергии достигается значительная экономия топлива сравнительно с раздельным энергоснабжением, т. е. выработкой электроэнергии на конденсационных электростанциях и получением тепла от местных котельных. Поэтому станции типа ТЭЦ получили широкое распространение в районах и городах с большим потреблением тепла.

Радиус действия мощных городских ТЭЦ — снабжения горячей водой для отопления — не превышает 10 км. Загородные ТЭЦ передают горячую воду при более высокой начальной температуре на расстояния до 30 км. Пар для производственных процессов при давлении 0,8 — 1,6 МПа может быть передан не далее чем на 2 — 3 км. При средней плотности тепловой нагрузки мощность ТЭЦ обычно не превышает 300 — 500 МВт. Лишь в самых больших городах (Москве, Петербурге) с большой плотностью нагрузки целесообразны ТЭЦ мощностью до 1000-1500 МВт.

Близкое расположение ТЭЦ к потребителю позволяет передавать электроэнергию в местную нагрузку на гененераторном напряжении. По этой причине на ТЭЦ могут создаваться генераторные распределительные устройства (ГРУ) напряжением 6 – 10 кВ, к которым и подключают турбогенераторы.

Режим ТЭЦ — суточный и сезонный — определяется в основном потреблением тепла. Станция работает наиболее экономично, если ее электрическая мощность соответствует отпуску тепла. В периоды, когда потребление тепла относительно мало, например, летом, а также зимой при температуре воздуха выше расчётной и в ночные часы электрическая мощность ТЭЦ, соответствующая потреблению тепла, уменьшается. Если энергосистема нуждается в электрической мощности, ТЭЦ должна перейти в смешанный режим, при котором увеличивается поступление пара в части низкого давления турбин и в конденсаторы. Экономичность электростанции при этом снижается.

Максимальная выработка электроэнергии теплофикационными станциями «на тепловом потреблении» возможна только при совместной работе с мощными КЭС и ГЭС, принимающими на себя значительную часть нагрузки в часы снижения потребления тепла. В отечественных энергосистемах на долю ТЭЦ приходится около 40% всей вырабатываемой энергии. Приблизительно половина этой энергии вырабатывается «на тепловом потреблении» и половина — с пропуском пара в ступени низкого давления и конденсаторы.

Большинство ТЭЦ используют природный газ, транспортируемый по газопроводам.

# 2.3 Атомные электрические станции (АЭС)

Это тепловые станции, использующие энергию ядерных реакций. В качестве ядерного горючего используют обычно изотоп урана U-235, содержание которого в природном уране составляет 0,714%.

Реакция деления происходит в ядерном реакторе. Ядерное топливо используют обычно в твёрдом виде. Его заключают в предохранительную оболочку. Такого рода тепловыделяющие элементы называют твэлами. Их устанавливают в рабочих каналах активной зоны реактора. Тепловая энергия, выделяющаяся при реакции деления, отводится из активной зоны реактора с помощью теплоносителя, который прокачивают под давлением через каждый рабочий канал или через всю активную зону. Наиболее распространенным теплоносителем является вода, которую подвергают тщательной очистке в неорганических фильтрах.

Реакторы с водяным теплоносителем могут работать в водном или паровом режиме. Во втором случае пар получается непосредственно в активной зоне реактора.

В настоящее время наиболее освоены реакторы на тепловых нейтронах. Такие реакторы конструктивно проще и легче управляемы по сравнению с реакторами на быстрых нейтронах. Однако перспективным направлением является использование реакторов на быстрых нейтронах

На атомных станциях России используют ядерные реакторы следующих основных типов:

РБМК (реактор большой мощности, канальный) — реактор на тепловых нейтронах, водографитовый;

ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) — реактор на тепловых нейтронах, корпусного типа;

БН (быстрые нейтроны) - реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Единичная мощность ядерных энергоблоков достигла 1500 МВт. В настоящее время считается, что единичная мощность энергоблока АЭС ограничивается не столько техническими соображениями, сколько условиями безопасности при авариях с реакторами.

Действующие в настоящее время АЭС по технологическим требованиям работают главным образом в базовой части графика нагрузки энергосистемы с продолжительностью использования установленной мощности 6500 — 7000 ч/год.

Технологическая схема АЭС зависит от типа реактора, вида теплоносителя и замедлителя, а также от ряда других факторов. Схема может быть одноконтурной, двухконтурной, и трехконтурной.

Так же, как и КЭС АЭС строятся по блочному принципу. В блок входят реактор, парогенератор, турбина, генератор, повышающий трансформатор. Блоки имеют связь только в распределительных устройствах, к которым подключаются повышающие трансформаторы блоков.

# 2.4 Гидроэлектростанции

При сооружении ГЭС обычно преследуют цель выработки электроэнергии, улучшения условий судоходства по реке и орошения земель. ГЭС обычно имеют водохранилища, позволяющие аккумулировать воду и регулировать ее расход и, следовательно, рабочую мощность станции так, чтобы обеспечить наивыгоднейший режим для энергосистемы в целом.

Процесс регулирования заключается в следующем. В течение некоторого времени, когда нагрузка энергосистемы мала (или естественный приток воды в реке велик), гидроэлектростанция расходует воду в количестве, меньшем естественного притока. При этом вода накапливается в водохранилище, а рабочая мощность станции относительно мала. В другое время, когда нагрузка системы велика (или приток воды мал), гидроэлектростанция расходует воду в количестве, превышающем естественный приток. При этом расходуется вода, накопленная в водохранилище, а рабочая мощность станции увеличивается до максимальной. В зависимости от объёма водохранилища период регулирования или время, необходимое для наполнения и срабатывания водохранилища, может составлять сутки, неделю, несколько месяцев и более. В течение этого времени гидроэлектростанция может израсходовать строго определённое количество воды, определяемое естественным притоком.

При совместной работе гидроэлектростанций с тепловыми и атомными станциями нагрузку энергосистемы распределяют между ними так, чтобы при заданном расходе воды в течение рассматриваемого период обеспечить спрос на электрическую энергию с минимальным расходом топлива (или минимальными затратами на топливо) в системе. Опыт эксплуатации энергосистем показывает, что в течение большей части года гидроэлектростанции целесообразно использовать в пиковом режиме. Это означает, что в течение сутокрабочая мощность гидроэлектростанции должна изменяться в широких пределах — от минимальной в часы, когда нагрузка энергосистемы мала, до максимальной в часы наибольшей нагрузки системы. При таком использовании гидроэлектростанции нагрузка тепловых станций выравнивается, и работа их становится более экономичной.

В периоды паводка, когда естественный приток воды в реке велик, целесообразно использовать гидроэлектростанции круглосуточно с рабочей мощностью, близкой к максимальной, и таким образом уменьшить холостой сброс воды через плотину. Наивыгоднейший режим гидроэлектростанции зависит от множества факторов и должен быть определён соответствующим расчётом.

Работа гидроэлектростанций характеризуется частыми пусками и остановами агрегатов, быстрым изменением рабочей мощности от нуля до номинальной. Гидравлические турбины по своей природе приспособлены к такому режиму. Для гидрогенераторов этот режим также приемлем, так как в отличие от паротурбинных генераторов осевая длина гидрогенератора относительно мала и температурные деформации стержней обмотки проявляются меньше. Процесс пуска гидроагрегата и набора мощности полностью автоматизирован и требует всего несколько минут.

Продолжительность использования установленной мощности гидроэлектростанций, как правило, меньше, чем тепловых электростанций. Она составляет 1500 — 3000 ч для пиковых станций и до 5000 — 6000 ч для базовых.

Удельная стоимость гидростанции (руб/МВт) выше удельной стоимости тепловой станции той же мощности вследствие большего объёма строительных работ. Время сооружения гидроэлектростанции также больше. Однако себестоимость электроэнергии на ГЭС ниже т. к. нет затрат на топливо.

Структурные схемы ГЭС близки структурным схемам КЭС.

Подстанции (ПС)

Главными признаками, определяющими тип ПС, являются ее местоположение, назначение и роль в энергосистеме, число и мощность установленных трансформаторов, их типы и высшее напряжение.

Все ПС можно разбить на следующие три основные категории:

I — по упрощённым схемам, как правило, без выключателей на стороне ВН;

II — проходные (транзитные) с малым числом ВЛ и выключателей на стороне ВН;

III—узловые (мощные коммутационные узлы системы).

По своему назначению ПС разделяются на следующие основные группы:

потребительские — для электроснабжения потребителей, территориально примыкающих к ПС;

сетевые для электроснабжения небольших районов;

системные — для отбора мощности и осуществления управления перетоком мощности в энергосистеме.

Подстанции I категории — главным образом потребительские; ПС II категории — преимущественно сетевые, как правило, со смешанными функциями, где наряду с транзитом относительно небольшой мощности на ВН имеются значительные местная на низком напряжении (НН) и районная (на СН) нагрузки; ПС III категории — во всех случаях мощные системные ПС, со значительным перетоком мощности по магистральным сетям ВН, а также в сеть СН.

# 2.5 Потребительские ПС

В основном характеризуются наличием двух напряжений (ВН и НН), т. е. установкой, как правило, двухобмоточных трансформаторов. В соответствии с существующей практикой двухобмоточные понижающие трансформаторы выпускаются вплоть до напряжения 330 кВ. К потребительским ПС могут относиться в ряде случаев ПС с установкой трехобмоточных трансформаторов 110—150/38,5/6—10 кВ, а также трансформаторов 220/38,5/6—10 кВ и 220/110/6—10 кВ.

Все *системные* ПС проектируются, как правило, с установкой автотрансформаторов. По характеру выдачи мощности и питанию нагрузки *системные ПС можно разбить на следующие основные группы*:

подстанции, через шины которых преимущественно протекают обменные потоки мощности на ВН между системами или энергорайонами по ВЛ магистрального напряжения;

подстанции, преимущественно выдающие мощность через автотрансформаторы из сети ВН в сеть СН для электроснабжения на этом напряжении целых районов;

подстанции с реверсивными потоками мощности через автотрансформаторы из сети ВН в сеть СН или из сети СН в сеть ВН (наличие электростанций в сети СН);

подстанции с комбинированным режимом работы, когда наряду с обменными потоками мощности в сети ВН, а также между ВН и СН имеется нагрузка на стороне 10—-35 кВ.

На указанных ПС, за исключением ПС с комбинированным режимом работы, третичная обмотка является только компенсационной и имеет небольшую мощность (от 3 до 15% номинальной проходной мощности автотрансформатора), тогда как на ПС с комбинированным режимом работы третичная обмотка, используемая для питания нагрузки, достигает типовой мощности.

*По способу присоединения к сети* ПС разделяются на: тупиковые (блочные)—питаемые по одной или двум тупиковым ВЛ; ответвительные (блочные) — питаемые в виде ответвления от одной или двух проходящих ВЛ с односторонним или двусторонним питанием; проходные (транзитные) — включаемые в рассечку одной или двух проходящих ВЛ с односторонним или двусторонним питанием; комбинированные — когда кроме питающих от ПС отходят дополнительно радиальные или транзитные ВЛ.

*По способу защиты трансформаторов* ПС I категории разделяются на ПС: с предохранителями (только 35 кВ); с короткозамыкателями; с короткозамыкателями и отделителями (а при отсутствии отделителей в холодностойком исполнении — разъединителями с дистанционным приводом с включением их в цикл автоматики); с короткозамыкателями и выключателями нагрузки; с различными системами передачи телеотключающего импульса (ТОЙ) и резервирующего его короткозамыкателя.

Трансформаторы на ПС II категории со схемой на ВН 110 и 220 кВ мостика, а также на ПС III категории со схемой на ВН 220 и 330 кВ расширенного четырехугольника также защищаются короткозамыкателями (110 и 220 кВ или ТОЙ при 330 кВ) и отделителями (или, как на ПС I категории, разъединителями 110—330 кВ с приводом, включенным в цикл автоматики). Все остальные трансформаторы на ПС II и III категорий во всех схемах РУ, кроме вышеуказанных, защищаются выключателями.

По типам устанавливаемой коммутационной аппаратуры на стороне высшего напряжения ПС можно разбить на три группы: с выключателями; без выключателей (с тремя подгруппами — с выключателями нагрузки, с отделителями, с разъединителями, с дистанционными приводами, включенными в цикл автоматики); комбинированные с применением вышеуказанной коммутационной аппаратуры в различных сочетаниях.

*По типам устанавливаемых компенсирующих устройств* ПС можно разбить на ПС: с синхронными компенсаторами; с батареей шунтирующих статических конденсаторов; с продольной емкостной компенсацией (УПК); с установкой шунтирующих реакторов на стороне ВН, СН или НН.

*По способу управления* различаются ПС с автоматизированным управлением — телеуправляемые с телесигнализацией; только с телесигнализацией; с управлением с общестанционного поста управления (ОПУ) при наличии телесигнализации.

*Подстанции оперативно обслуживаются* оперативно-выездными бригадами (ОВБ); дежурным на дому; дежурным на щите управления; совместно с распределительными сетями.

Ремонтное оборудование ПС осуществляется специализированными выездными бригадами централизованного ремонта (с ремонтно-производственных баз — РПБ) или местным персоналом ПС.

*По способу сооружения и конструктивному типу* ПС разделяются на: комплектные, заводской поставки (КТП и КТПБ) и сборные из крупноблочных индустриальных узлов.

В зависимости от местных климатических условий и степени загрязнения окружающей среды на ПС применяются: открытые РУ (ОРУ); закрытые РУ (ЗРУ); комплектные РУ в виде герметизированных металлических шкафов, заполненных элегазом (SFe) в качестве изолирующей и дугогасящей среды (КРУЭ), последние выполняются преимущественно для внутренней установки. В последнее время появляются РУ смешанного типа, в которых основная аппаратура высокого напряжения (выключатель, выходной разъединитель и трансформатор тока) заключена в металлические шкафы, заполненные элегазом (КУВ — комплектный универсальный выклю­чатель), а сборные шины, ошиновка и шинные разъединители уста­навливаются на открытом воздухе.

Комплектные РУ (КРУ) низшего напряжения 6—10 кВ выполняются в виде металлических шкафов с воздушной изоляцией для закрытой и для наружной установки (КРУН).

***Егырлыдская***