

Содержание

Введение.....	3
1. Принципиальные тепловые схемы АЭС.....	4
2. Классификация паротурбинных установок АЭС.....	7
3. Особенности паровых турбин для атомных энергетических установок...	8
4. Преимущества и недостатки паротурбинных установок.....	9
5. Перспективы развития отрасли в России.....	11
Заключение.....	11
Список литературы.....	12

Введение

Атомная энергетика становится ведущей отраслью энергетики во многих странах мира. В настоящее время практически вся электро-энергия на атомных электростанциях вырабатывается с помощью паротурбинных установок, конструкция и эксплуатация которых имеют, как правило, особенности, связанные со спецификой источников пара.

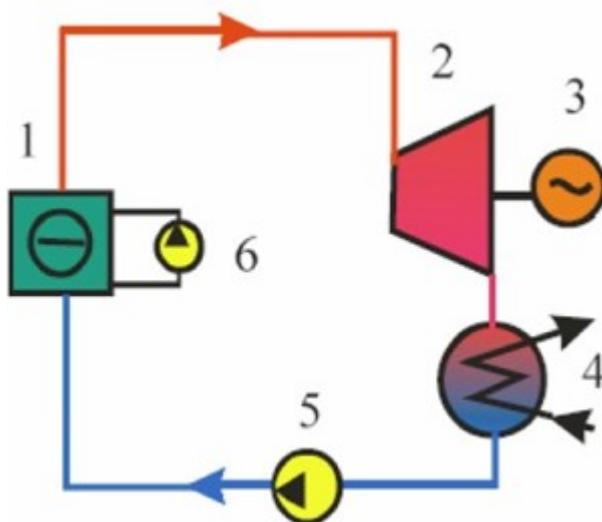
Увеличение доли электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, сопровождается созданием паротурбинных установок различных типов при неуклонном возрастании единичной мощности турбоагрегатов, повышаются и требования, предъявляемые к их надежности, экономичности, маневренности и другим эксплуатационным показателям.

Современные паровые турбины являются основными двигателями атомных электростанций. Они составляют более 80% в структуре выработки электроэнергии и около 80% в структуре установленной мощности. На протяжении всей истории развития турбостроения прослеживается линия на повышение экономичности паротурбинных установок и паровых турбин, а также увеличения единичной мощности энергетических турбин. В настоящее время для атомных электростанций, максимальная единичная мощность паровых турбин находится на уровне 1000-1200 МВт. Паровые турбины позволяют осуществлять совместную выработку тепловой и электрической энергии, что повышает эффективность их использования.

1 Принципиальные тепловые схемы АЭС

В общем случае в схеме электростанции используются теплоноситель и рабочее тело. Рабочее тело - газообразное вещество, которое применяют в машинах для преобразования тепловой энергии в механическую. Для АЭС рабочим телом является водяной пар сравнительно низких параметров, насыщенный или слегка перегретый. Теплоноситель - движущаяся жидкая или газообразная среда, используемая для осуществления процесса отвода теплоты, выделяющейся в реакторе. В схемах АЭС теплоносителем является обычная или тяжелая вода, а иногда органические жидкости и инертный газ.

Основная классификация АЭС производится в зависимости от числа контуров теплоносителя и рабочего тела. Различают одноконтурные, двухконтурные, не полностью двухконтурные и трехконтурные АЭС.



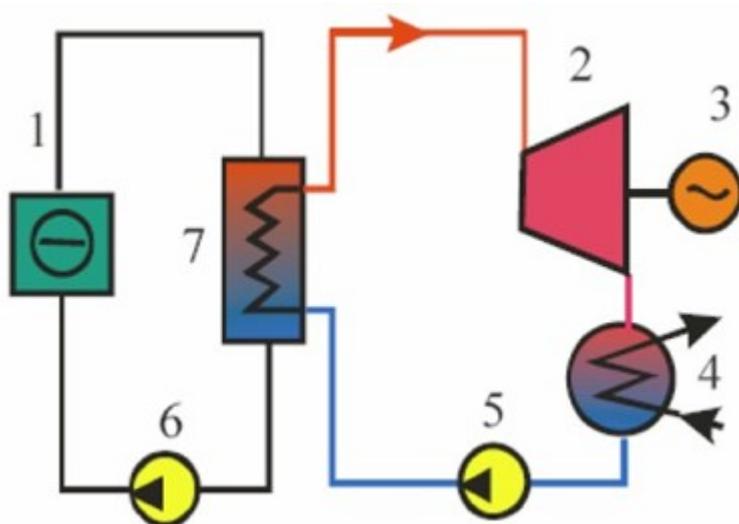
1- Реактор; 2 – паровая турбина; 3 – электрический генератор; 4 - конденсатор; 5 – питательный насос; 6 - циркуляционный насос

Рис. 1. Одноконтурная тепловая схема АЭС

При одноконтурной тепловой схеме АЭС (рис. 1) контуры теплоносителя и рабочего тела совпадают. В реакторе 1 происходит парообразование, пар направляется и паровую турбину 2, где производится механическая работа, которая в электрическом генераторе 3 превращается в электроэнергию. В конденсаторе 4 происходит конденсация отработавшего пара, и образовавшийся конденсат питательным насосом 5 подается снова в

реактор. Таким образом, контур рабочего тела является одновременно контуром теплоносителя и оказывается замкнутым. Реактор может работать как с естественной, так и с принудительной циркуляцией теплоносителя по дополнительному внутреннему контуру, на котором установлен соответствующий циркуляционный насос 6.

Большим преимуществом одноконтурных АЭС является их простота и меньшая стоимость оборудования по сравнению с АЭС, выполненными по другим схемам, а недостатком - радиоактивность теплоносителя, что выдвигает дополнительные требования при проектировании и эксплуатации паротурбинных установок АЭС.



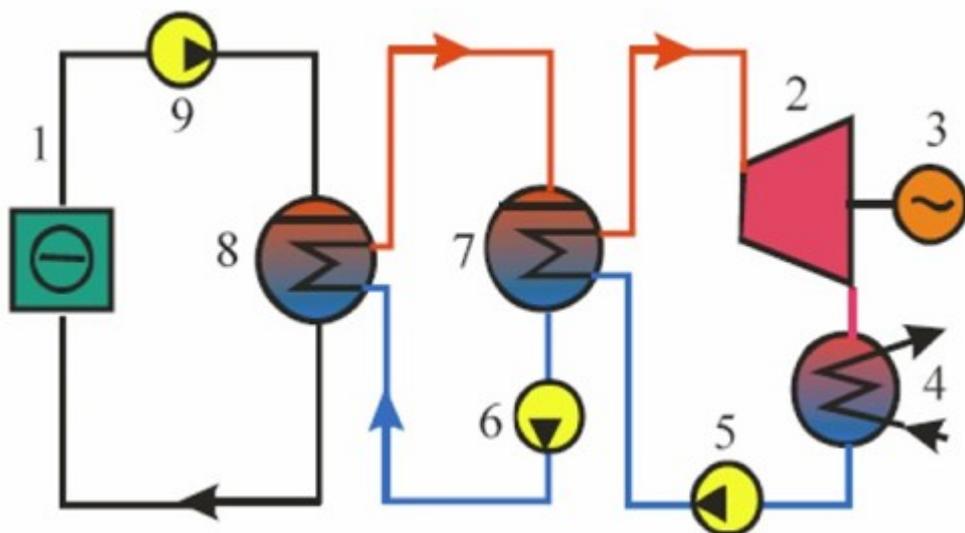
1 - Реактор; 2 – паровая турбина; 3 – электрический генератор; 4 - конденсатор; 5,6 – питательный насос; 7 – парогенератор

Рис. 2. Двухконтурная тепловая схема АЭС

В двухконтурной тепловой схеме АЭС (рис. 2) контуры теплоносителя и рабочего тела разделены. Контур теплоносителя, прокачиваемого через реактор 1 и парогенератор 7 циркуляционным насосом 6, называют первым или реакторным, а контур рабочего тела - вторым. Оба контура являются замкнутыми, и обмен теплотой между теплоносителем и рабочим телом осуществляется в парогенераторе 7. Турбина 2, входящая в состав второго контура, работает в условиях отсутствия радиационной активности, что упрощает ее эксплуатацию.

АЭС с двух контурной тепловой схемой обычно оборудуются турбинами насыщенного пара. Однако имеются схемы, при которых пар на входе в турбину слабо перегрет.

Экономичность АЭС с двухконтурной тепловой схемой при прочих равных условиях всегда меньше, чем с одноконтурной. Следует отметить, что стоимость второго контура и парогенератора соизмеримы со стоимостью биологической защиты в одноконтурной схеме. Поэтому стоимости 1 кВт установленной мощности на АЭС одноконтурного и двух контурного типов примерно одинаковы. На АЭС предполагается широкое использование в качестве теплоносителя жидкого металла, что позволит понизить давление в первом контуре, получить высокий коэффициент теплоотдачи и уменьшить расход теплоносителя. Обычно в качестве теплоносителя применяют жидкий натрий, температура плавления которого 98°C . Однако применение жидкого натрия вызывает ряд эксплуатационных трудностей. Особенно опасен его контакт с водой, приводящий к бурной химической реакции, что может создать опасность выноса радио активных веществ из первого контура в обслуживаемые помещения. Во избежание этого создается дополнительный промежуточный контур с более высоким давлением, чем в первом, и тепловая схема такой АЭС называется трехконтурной (рис. 3).



1 - Реактор; 2 – паровая турбина; 3 – электрический генератор; 4 - конденсатор; 5,6,9 – питательный насос; 7,8 – парогенератор

Рис. 3. Трехконтурная тепловая схема АЭС

В первом контуре радиоактивный теплоноситель насосом 9 прокачивается через реактор 1 и промежуточный теплообменник 8, в котором он отдает теплоту также жидкометаллическому, но не радиоактивному теплоносителю, прокачиваемому по промежуточному контуру теплообменник 8 - парогенератор 7. Контур рабочего тела аналогичен двухконтурной схеме АЭС (рис. 2).

Кроме приведенной классификации АЭС по числу контуров можно выделить отдельные типы АЭС в зависимости от следующих признаков: параметров и типов паровых турбин (например, АЭС на насыщенном и перегретом паре); способа перегрева пара (огневой или ядерный); параметров и типа теплоносителя; конструктивных особенностей и типа реактора и др.

2 Классификация паротурбинных установок АЭС

В зависимости от характера теплового процесса различают следующие основные типы турбин:

1) конденсационные паровые турбины, в которых весь свежий пар, за исключением пара, отбираемого на регенерацию, протекая через проточную

часть и расширяясь в ней до давления, меньшего, чем атмосферное, поступает в конденсатор, где теплота отработавшего пара отдается охлаждающей воде и полезно не используется;

2) турбины с противодавлением, отработавший пар которых направляется тепловым потребителям, использующим теплоту для отопительных или производственных целей;

3) конденсационные турбины с регулируемым отбором пара, в которых часть пара отбирается из промежуточной ступени и отводится тепловому потребителю при автоматически поддерживаемом постоянном давлении, а остальное количество пара продолжает работать в последующих ступенях и направляется в конденсатор;

4) турбины с регулируемым отбором пара и противодавлением, в которых часть пара отбирается при постоянном давлении из промежуточной 13 ступени, а остальная часть проходит через последующие ступени и отводится к тепловому потребителю при более низком давлении.

3 Особенности паровых турбин для атомных энергетических установок

Принципиально конструкции турбин для атомных электростанций являются повторением турбин для обычных электростанций, работающих на органическом топливе. Однако низкие параметры влажного пара в энергетических блоках с наиболее распространенными в настоящее время реакторами и радиоактивность рабочего тела в одноконтурных схемах выделяют турбины для АЭС из общепринятой серии паровых турбин.

При отсутствии начального перегрева располагаемый тепловой перепад в турбинах для АЭС значительно меньше, чем в обычных паровых турбинах. Если при этом учесть более низкую начальную температуру и связанный с этим более низкий термический КПД, то массовый расход пара в турбинах для АЭС почти в 2 раза больше, чем в обычных турбинах. Это означает, что турбины для АЭС одинаковые по мощности с обычными турбинами, должны

рассчитываться на массовый расход пара, вдвое больший, чем у обычных турбин. Поэтому выхлопные площади последних ступеней турбин для АЭС должны быть значительно большими.

Выполнение быстроходной турбины мощностью 1000 МВт требует применения или ступени Баумана с длиной лопатки около 1000 мм, или титановых лопаток длиной 1200 мм. В последнем случае, даже если считать решенными вопросы применения для лопаток титановых сплавов, остаются неясными условия работы верхних сечений рабочих лопаток при сверхзвуковых относительных скоростях потока на входе во всем диапазоне режимов.

Для турбин насыщенного пара поступающий в турбину пар уже содержит около 0,3% влажности, и если турбоустановка не будет иметь влагоотделителей, то на выходе из последней ступени турбины пар будет содержать 20% влажности и более. В таких условиях, лопатки последней ступени под воздействием влаги будут подвергаться сильной эрозии и будут иметь очень малый ресурс.

Для повышения экономичности цикла, а также для исключения многократной сепарации влаги в турбоустановках с влажно-паровыми турбинами применяется промежуточный перегрев рабочего тела — пара. Промежуточный перегрев на АЭС осуществляется свежим паром или паром из отбора турбины. Конденсирующимся свежим паром может быть осуществлен нагрев до 220—260°C.

Чаще всего применяется двухступенчатый промежуточный перегрев пара после сепарации влаги, в первой ступени — паром из отбора в турбине, а во второй ступени — острым паром.

4 Преимущества и недостатки паротурбинных установок

Преимущества паротурбинных установок:

- используют энергию распада радиоактивного топлива;

- мощность одной турбины для АЭС – до 1900 МВт. Самые мощные разработаны немецкой компанией Siemens и американской General Electric. Каждая имеет мощность – 1900 МВт и установлены на АЭС;
- позволяет использовать паровые турбины для разных нужд. Самые производительные — установлены на крупных атомных и теплоэлектростанциях. Средние и малые — вырабатывают тепло и электричество для заводов, фабрик, небольших городов, отдаленных поселков. Номинальная мощность находится в пределах 50-1900 МВт;
- нормативными документами установлены сроки эксплуатации турбины на АЭС – 30 лет. Для быстроизнашивающихся деталей, такие как лопатки, крепежные детали — до 6 лет. Обычно по истечении нормативных сроков службы, сохраняется остаточный ресурс и срок работы турбины продлевают;
- высокий коэффициент полезного действия. При преобразовании тепловой энергии водяного пара в механическую энергию вращения ротора паровой турбины. В современных установках КПД достигает 90%. Поэтому они установлены на электростанциях во всем мире.

Недостатки паротурбинных установок:

- инерционность. Пуск ротора процесс сложный, требует много времени и энергии. Перед запуском сначала проверяют исправность всех запорных, защитных механизмов, регулирующих клапанов, прочее. Затем прогревают при определенных температуре и давлении пара паропроводы, клапаны, ротор. Синхронизируют генератор, а затем дают полную нагрузку. На все это уходит несколько суток. На остановку и остывание турбины для планового ремонта требуется 5-6 суток;
- сложность монтажа, обслуживания. Для перевозки и установки турбины создаются особые условия. Она транспортируется специальными автопоездами или железной дорогой в собранном виде, чтобы исключить

попадание пыли, загрязнений. Для её погрузки/разгрузки, монтажа/демонтажа применяют краны большой грузоподъёмности, такелажное оборудование. Требуется большое количество грамотных специалистов для ведения работ по установке, обслуживанию, ремонту: машинисты паровых турбин, электрики, слесари, монтажники, инженеры и другие мастера;

- дороговизна. Это высокотехнологичное оборудование. Его стоимость зависит от производителя, размеров, мощности. Чем мощнее, тем дороже;

- загрязнение окружающей среды. Отработанный пар выделяется в атмосферу, повышая уровень «парникового эффекта» на нашей планете. На атомных электростанциях главная проблема – захоронение радиоактивных отходов.

5 Перспективы развития отрасли в России

В России реализуется масштабная программа развития атомной энергетики, предполагающая увеличение доли атомной энергетики с 16% до 25 — 30%.

Всего предполагается ввести в строй по обязательной программе 26 новых энергоблоков и довести энерговыработку до 384 млрд. кВт.ч.

Заключение

Несмотря на возможные недостатки, атомная энергия представляется самой перспективной. Альтернативные способы получения энергии, за счёт энергии приливов, ветра, Солнца, геотермальных источников и др. на данный момент отличаются невысоким уровнем добываемой энергии и её низкой концентрацией. К тому же данные виды получения энергии несут в себе собственные риски для экологии и туризма («грязное» производство

фотоэлектрических элементов, опасность ветряных станций для птиц, изменение динамики волн.

Список литературы

1. Косяк Ю.Ф. Паротурбинные установки атомных электростанций. - М.: Энергия, 1978. – 312 с, ил.
2. Стерман Л.С., Тевлин С.А., Шарков А.Т. Тепловые и атомные электростанции. – М.: Энергоиздат, 1982. – 456 с.
3. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электростанции: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.:Изд
4. Трояновский Б.М., Филиппов Г.А., Булкин А.Е. Паровые и газовые турбины атомных электростанций – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 256 с.
5. Злобин В.Г. Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций. Часть 1. Тепловые схемы. Конструкция: учебное пособие, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2020. – 136 с.