Министерство образования Российской Федерации

Вологодский государственный технический университет

Кафедра электроснабжения

Общая энергетика

Рабочая программа, контрольные задания и методические указания

для самостоятельной работы студентов специальности 100400-

электроснабжение промышленных предприятий.

Электроэнергетический факультет

Вологда

1999

УДК 621.311

Общая энергетика. Рабочая программа, контрольные задания и методические указания для самостоятельной работы студентов специальности 100400-электроснабжение промышленных предприятий. – Вологда: ВоГТУ, 1999 – 19 с.

Рабочая программа составлена в соответствии с рабочим учебным планом специальности 100400. За основу программы приняты требования Государственного стандарта высшего профессионального образования к минимуму содержания и уровню подготовки инженеров по специальности 100400 – электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания содержат рекомендации по изучению дисциплины и выполнению контрольных заданий.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составитель: В.А.Барабушкин. канд.техн.наук.доц.

Рецензент: Корюкин С.И., канд.техн.наук. доц.

Рабочая программа

Распределение часов учебного плана

по формам обучения и видам занятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды занятий | Очное обучение | Заочное обучение |
| семестр1 | Всего часов | семестр 1 | Всего часов |
| Лекции | 34 | 34 | 12 | 12 |
| Упражнения | 17 | 17 | 4 | 4 |
| Самостоятельная работа | 49 | 49 | 84 | 84 |
| Всего часов | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Итоговый контроль | Зачет |  | Зачет |  |

Лекционные занятия

**Тема 1.** **Тепловые и атомные электростанции (4 часа)**

Типы атомных и тепловых электростанций. Технологические схемы паротурбинных, газотурбинных, парогазовых, электростанций.

**Тема 2. Теоретические основы преобразования энергии в тепловых двигателях (10 часов)**

Термодинамическая система и параметры её состояния. Уравнение состояния. Термодинамические процессы. Внутренняя энергия и работа. Первый закон термодинамики и его аналитическое выражение. Теплоемкость. Энтальпия. Основные процессы состояния рабочего тела: изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный. Изображение процессов в pv- и Ts-координатах. Второй закон термодинамики. Термический КПД, холодильный коэффициент. Цикл Карно. Цикл газотурбинной установки. Термодинамические процессы парообразования. Pv-, Ts-, is-диаграммы процесса парообразования. Циклы паротурбинных установок. Теплопередача: теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, сложный теплообмен. Теплообменные аппараты.

**Тема 3. Парогенераторы и их схемы (4 часа)**

Общие сведения о топливе. Состав топлива, теплота сгорания, условное топливо. Характеристика процесса горения. Котельная установка, её основные элементы, их назначение. Тепловой баланс котельного агрегата. Расход топлива. Циркуляция воды в паровых котлах. Парогенераторы атомных электростанций.

**Тема 4. Ядерные энергетические установки (2 часа)**

Типы ядерных реакторов. Главный циркуляционный контур. Обеспечение безопасности работы реакторных установок.

**Тема 5. Паровые турбины (2 часа)**

Основы теории истечения. Действие пара на рабочие лопатки турбины. Активные и реактивные паровые турбины. Классификация паровых турбин.

**Тема 6. Энергетические балансы и тепловые схемы тепловых и атомных электростанций (2 часа)**

Тепловые схемы ТЭС с конденсационными и теплофикационными турбинами. Тепловые схемы АЭС. Энергетические балансы и тепловая экономичность тепловых и атомных электростанций.

**Тема 7. Гидроэнергетические установки (4 часа)**

Гидроэнергоресурсы, схемы использования гидравлической энергии, процесс преобразования гидроэнергии в электрическую энергию. Комплексное использование гидроресурсов. Регулирование речного стока. Работа гидроэлектростанции в энергосистеме.

**Тема 8. Нетрадиционные источники энергии (4 часа)**

Возобновляемые нетрадиционные источники электроэнергии: солнечные, ветровые, геотермальные, малые ГЭС, волновые, приливные электроустановки. Невозобновляемые нетрадиционные источники электроэнергии: магнитогидродинамические генераторы, топливные элементы, термоядерная энергетика.

**Тема 9. Вторичные энергетические ресурсы (2 часа)**

Источники энергопотенциала. Использование сбросной теплоты тепловых, атомных электростанций. Аккумуляторы энергии: тепловые аккумуляторы, воздушные аккумуляторы, сверхпроводящие индуктивные накопители, емкостные накопители.

**Темы практических занятий**

1. **Элементы технологической схемы тепловой электрической станции (4 часа)**
2. **Элементы технологической схемы атомной электрической станции (2 часа)**
3. **Первый закон термодинамики (2 часа)**
4. **Расчет параметров состояния водяного пара с помощью is-диаграммы и таблиц (2 часа)**
5. **Термический КПД паросиловых циклов (4 часа)**
6. **Показатели, характеризующие режим работы и экономичность тепловых электростанций (3 часа)**

**Рекомендуемая литература**

1. **Основная**
	1. Веников В.А., Путятин Е.В.Введение в специальность: Электроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 239 с.
	2. Непорожий П.С., Обрезков В.И. Введение в специальность: Гидроэнергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
	3. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Энергоатомиздат, 1983.- 416 с.
	4. Немцев З.Ф., Арсеньев Г.В. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 400с.
	5. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1988. – 469 с.
	6. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции. – М.: Высшая школа, 1984. – 304 с.
	7. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
2. **Дополнительная**
	1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергия, 1976. – 447 с.
	2. Белинский С.Я., Липов Ю.М. Энергетические установки электростанций. – М.: Энергия, 1974. – 305 с.
	3. Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике: Учебное пособие. – М.: Высш.шк., 1995. – 238 с.
	4. Гиршфельд В.Я., Кароль Л.А. Общий курс электростанций. – М.: Энергия, 1976. – 272 с.
	5. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.

**Методические указания по изучению дисциплины**

**Тема 1. Тепловые и атомные электростанции [1.1, введение, глава 1, 2, п. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.9], [1.2, главы 1, 2 (п.2.1, 2.2. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6)], [1.4, глава 20], [1.6, главы 1,2], [2.1], [2.4]**

По первичным энергоресурсам тепловые электрические станции (ТЭС) разделяют на топливозжигающие и атомные. На топливозжигающих электростанциях технологический процесс заключается в сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива в топке парогенератора (котла) и в использовании получаемого пара в паровой турбине, которая приводит в движение электрический генератор. Многоступенчатое преобразование энергии (химическая энергия топлива – тепловая энергия пламени горения – энергия пара – механическая энергия вращения турбины – электрическая энергия) требует создания сложного теплового и водного хозяйства. Принципиальная схема станции содержит ряд технологических систем: топливное хозяйство, систему подготовки топлива, газовоздушный тракт тягодутьевую установку, систему золошлакоудаления, водопаровой тракт, систему технического водоснабжения, установку водоподготовки. С целью снижения потребности в больших площадях и объемах зданий, упрощения подготовительных и пусковых операций при включении станции в работу находят применение электростанции с дизельным двигателями и газовыми турбинами. На некоторых электрических станциях газотурбинные установки комбинируют с паротурбинными в виде парогазовых энергоблоков. На атомных электрических станциях (АЭС) используется энергия ядерного топлива, а в качестве первичного двигателя применяются паровые турбины. Паротурбинная электростанция предназначается для выработки либо электрической энергии, либо для комбинированного производства электрической и тепловой энергии. В первом случае используют конденсационные паровые турбины. Станции, использующие такие турбины, называются конденсационными (КЭС). Основное различие технологических схем конденсационных АЭС от схем КЭС заключается в том, что вместо котла применяют ядерный реактор, в котором образуется пар или нагретая под высоким давлением до высокой температуры вода. В первом случае пар направляется прямо в турбину (одноконтурная АЭС), а во втором случае должен использоваться промежуточный парогенератор (двухконтурная АЭС). Подача воздуха и отвод дымовых газов отпадают, а вместо топливоподачи и золоудаления появляется система ввода в реактор тепловыделяющих элементов и их удаление после выгорания. На КЭС энергия превращения воды в пар отбирается в конденсаторе и отводится в водоемы. Энергетическая эффективность ТЭС может быть повышена при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии. Такие станции называются теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). На них используют турбины с промежуточным отбором пара или с противодавлением. Получаемый пар отпускается потребителям технического пара или используется в теплообменниках для получения горячей воды, отдаваемой в систему центрального отопления (теплофикации) или на технологические нужды.

При изучении темы следует получить представление о технологических процессах производства электроэнергии на топливозжигающих и атомных станциях; рассмотреть технологические системы станции и механизмы собственных нужд; ознакомится с основными видами и характеристиками энергоресурсов (уголь, нефть, природный газ, ядерное топливо).

**Тема 2. Теоретические основы преобразования энергии в тепловых двигателях [1.1, глава 2 (п.2.1)], [1.3, главы 1, 2, 3, 7, 9, 10 (п.10.2), 11], [1.4, главы 1, 2, 3, 4, 7 (п.7.2), 8, 9, 10, 11], [1.5 главы 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 18, 19, 20 (п.20.1, 20.2), 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30], [1.7], [2.2, главы 10, 11, 12, 13, 14, 15]**

Основой обоснования теории тепловых двигателей являются первый и второй законы термодинамики. Выделенное для термодинамического анализа тело называется термодинамической системой. Вместо термина термодинамическая система часто употребляют термины: рабочее тело, теплоноситель, газ, пар. Энергетическое состояние термодинамической системы характеризуется температурой, давлением, объемом, внутренние энергией, энтальпией, энтропией. В условиях равновесия системы параметры состояния для любого вещества определяются управлением состояния. Термодинамический процесс представляет собой непрерывный ряд изменений состояния системы и может быть изображен графически с помощью двухмерной диаграммы. Многообразие процессов удается в значительной степени описать с помощью политропных процессов: изобарного, изотермического, адиабатного, изохронного. Основой теории тепловых двигателей является цикл Карно. Коэффициент полезного действия (КПД) цикла Карно больше КПД любого другого цикла в тех же пределах температур. Однако для паротурбинных электростанций такой цикл не применяется. Вместо цикла Карно применяется цикл Ренкина. Причиной этого являются свойства воды и водяного пара. Цикл Ренкина на насыщенном паре используется на АЭС. На ТЭС для повышения термического КПД применяется перегрев пара. Преобразование теплоты в работу связано с процессами теплообмена, который может осуществляться тремя способами: теплопроводностью, конвенцией и тепловым излучением. В реальных установках элементарные способы теплообмена могут находится в самых разнообразных сочетаниях.

При изучении темы следует обратить внимание на различные математические формулировки первого и второго законов термодинамики, научиться составлять уравнения процессов, находить соотношения между параметрами состояния в начале и конце процесса, вычислять неизвестные параметры, определять изменения калорических параметров состояния, а также определять теплоту и работу процесса, давать его графическое изображение в различных координатах. Необходимо изучить свойства воды и водяного пара, научится изображать процесс парообразования в pv- и Ts- координатах, усвоить смысл таких понятий как пограничные кривые, критическая точка, влажный пар, сухой насыщенный пар, перегретый пар, получить представление о способах повышения коэффициента полезного действия энергоустановок, научиться изображать циклы различных энергоустановок на pv-, Ts-, is- диаграммах.

**Тема 3. Парогенераторы и их схемы [1.1, глава 2(п.2.2)], [1.4, глава 16], [1.6, глава 11], [1.7], [2.1], [2.2, главы 16, 17, 18, 19, 20,21]**

Парогенератор – устройство, имеющее систему поверхностей нагрева для получения пара из питательной воды путем использования теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. В современных парогенераторах электростанций организуется факельное сжигание в камерной топке. Топливо и необходимый для его сжигания воздух вводятся в топку котла через горелки. Топка в верней части соединяется горизонтальным газоходом с вертикальной конвективной шахтой. В топке, горизонтальном газоходе и конвективной шахте находятся поверхности нагрева, выполняемые в виде труб, в которых движется рабочее тело. Подогрев воды до температуры насыщения происходит в экономайзере, образование пара в – в испарительной поверхности нагрева, его перегрева – в пароперегревателе. Для непрерывного отвода теплоты и обеспечения приемлемого температурного режима металла поверхностей нагрева в них организуется непрерывное движение рабочего тела. При этом вода в экономайзере и пар в пароперегревателе проходят через низ однократно. Движение рабочего тела через испарительные поверхности нагрева может быть однократным и многократным. В первом случае парогенератор называется прямоточным, а во втором – парогенератором с многократной циркуляцией. Разделение тепла, выделившегося при сжигании топлива, на полезное и потери называется тепловым балансом котельного агрегата. Управление теплового баланса в приходной части содержит располагаемое тепло топлива, в расходной – полезно используемое тело и потери тепла. В парогенераторах АЭС греющей средой является теплоноситель первого контура (вода или пароводяная смесь). Для увеличения поверхности теплообмена вода пропускается по большому числу параллельных труб малого диаметра, которые расположены под уровнем воды второго контура. Насыщенные неактивный пар образуется на поверхности трубных пучков, осушается в паровом пространстве барабана, жалюзийном сепараторе и попадает в паропровод.

При изучении темы необходимо получить представление о конструктивном исполнении парогенераторов тепловых и атомных станций, рассмотреть схемы водопаровых трактов котлов, уяснить каким образом создается движущий напор рабочего тела, ознакомиться с формами записи уравнения теплового баланса котельного агрегата, характеристикой различных видов потерь и методикой их определения.

**Тема 4. Ядерные энергетические установки [1.1, глава 2 (п.2.9)], [1.2, глава 2 (п.2.6)], [1.6, главы 10, 20]**

Современная ядерная энергетика основана на использовании теплоты, выделяющейся при делении природного изотопа урана – 235 или получаемых искусственным путем изотопов урана – 233 и плутония – 239, которые принято называть ядерным топливом. На АЭС управляемая реакция деления ядер осуществляется в ядерном энергетическом реакторе. По характеру цепных реакций деления различают два типа реакторов: реакторы на тепловых нейтронах; реакторы на быстрых нейтронах. В реакторах не тепловых нейтронах в качестве ядерного топлива используется обогащенный уран с содержанием изотопа урана – 235 от 2 до 5 %. В России используется два типа реакторов на тепловых нейтронах: водо – водяные (вода – замедлитель и теплоноситель) и водографитовые (вода – теплоноситель, графит – замедлитель). Реактор имеет активную зону, в которую загружают ядерное топливо и замедлитель. Для уменьшения утечки нейтронов из активной зоны её окружают отражателем, за отражателем размещается биологическая защита от радиоактивных излучений. На АЭС с водо – водяным реакторами используется двухконтурная схема. Такие реакторы имеют проточный корпус, в который вставляются кассеты с тепловыделяющими элементами. Вода прокачивается через кассеты под давлением и поступает затем в парогенератор. Водографитовый реактор состоит из отдельных каналов, работающих независимо друг от друга. На АЭС с реактором канального типа используется одноконтурная схема, а охлаждение производится кипящей водой. В реакторах на быстрых нейтронах, использующих природный уран, кроме тепловой энергии получают новые виды ядерного топлива (изотопы урана – 233 и плутония – 239). В таких реакторах отвод тепла осуществляется жидкометаллическим теплоносителем, а на станции используется трехконтурная схема.

При изучении темы необходимо получить представление и составе реакторных установок различных типов, главном циркуляционном контуре, о мерах обеспечения безопасности реакторных установок и их вспомогательных системах.

**Тема 5. Паровые турбины [1.1, глава 2 (п.2.2)], [1.2, глава 2 (п.2.2)], [1.3, глава 8], [1.4, главы 6 (п.6.1, 6.2), 19], [1.5, глава 13], [1.6, глава 12], [1.7], [2.1], [2.2, главы 7, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32], [2.4]**

В зависимости от способа преобразования потенциальной энергии пара в механическую работу различают активные и реактивные турбины. В обоих типах турбин пар поступает сначала в сопловые аппараты, где происходит его расширение и преобразование заключенной в нем потенциальной энергии в кинетическую энергию струи. Законы, по которым происходит этот процесс, изучается в теории истечения. Механическая энергия вращения вала вырабатывается на рабочих лопатках, жестко скрепленных с дисками, насаженными на вал турбины. Механическая энергия вала через муфту передается валу электрического генератора. В активной турбине потенциальная энергия пара превращается в кинетическую энергию струи только в соплах, и на рабочих лопатках расширения пара не происходит. В реактивной турбине расширение пара происходит не только в соплах, но и на рабочих лопатках.

Необходимо изучить основы теории истечения струи пара, рабочий процесс в активной и реактивной турбине; исходя из законов механики, рассмотреть действующие в турбине силы; уяснить смысл таких понятий, как ступень турбины, проточная часть, статор и ротор турбины; ознакомиться со схемами работы пара в многоступенчатых турбинах; понять, в чем отличие теплофикационной турбины от конденсационной.

**Тема 6. Энергетические балансы и тепловые схемы тепловых и атомных электростанций [1.1, глава 2(п.2.2, 2.3)], [1.2, глава 2 (п.2.2)], [1.4, глава 20], [1.6, глава 18], [2.1], [2.4]**

Тепловая схема станции объединяет технологические схемы установок, входящих в её состав. Принципиальная тепловая схема включает в себя основные установки – котельную (или реакторную и парогенераторную), паротурбинную, конденсационную и деаэрационно-питательную. На схему наносят основные трубопроводы, соединяющие эти установки в единую технологическую систему, и указывают направления потоков пара и конденсата. Многократные преобразования энергии на ТЭС сопровождаются потерями. Эффективность процесса преобразования первичной энергии топлива в электрическую энергию и потери на различных стадиях производства можно выявить из анализа баланса электрической станции.

При изучении темы необходимо получить представление о тепловых схемах ТЭС с конденсационными и теплофикационными турбинами, а также рассмотреть одно-, двух-, трехконтурные тепловые схемы АЭС, их отличительные особенности и составляющие тепловых балансов.

**Тема 7. Гидроэнергетические установки [1.1, глава 2 (п.2.6, 2.7)], [1.2, главы 2 (п.2.7), 3.6]**

На гидроэлектростанциях (ГЭС) электрическая энергия получается в результате преобразования энергии водного потока. Гидроэлектростанция состоит из гидротехнических сооружений, обеспечивающих концентрацию потока воды и создание напора, а также энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в электрическую энергию. Такое преобразование осуществляется с помощью гидравлической турбины, вращающей электрический генератор. Мощность ГЭС определяется напором и расходом воды. Необходимый напор воды создается при помощи плотины, дополняемой иногда (в горных условиях) напорным водоводом (деривацией), выполняемым в виде открытого канала, туннеля или трубопровода. За плотиной образуется водохранилище, являющееся накопителем гидроэнергии и позволяющее регулировать речной сток. Различают регулирование водно-энергетическое и водохозяйственное. Процесс водно-энергетического регулирования связан с изменением расхода и напора воды. При водохозяйственном регулировании изменяется лишь расход. Если водоток предназначен для удовлетворения как энергетических, так и неэнергетических целей, осуществляется комплексное регулирование. Гидротурбины и гидрогенераторы изготавливают в большом диапазоне номинальных мощностей и напора. Так, номинальная мощность выпускаемых гидрогенераторов находится в пределах от нескольких киловатт до 720 МВт, номинальный напор от нескольких метров до примерно 1800 м. Широкая номенклатура гидроагрегатов и большое разнообразие гидравлических и геологических условий сооружения привели к различному исполнению ГЭС. В энергосистемах единичная мощность ГЭС составляет обычно не менее 1 МВт и доходит примерно до 10 ГВт. Наиболее крупные ГЭС: «Гури» на реке Карони (Венесуэла) имеет мощность 10300 МВт; «Итайпу» на реке Парана (Бразилия – Парагвай) – 1200 МВт; Саяно-Шушенская – 6400 МВт. Если количество и мощность ГЭС недостаточно для покрытия пиковых нагрузок энергосистемы, то для этой цели сооружают гидроаккумулирующие станции (ГАЭС). В мире имеется более 200 ГАЭС, что свидетельствует об экономической эффективности таких станций.

Необходимо иметь представление о технологическом процессе получения электроэнергии на ГЭС и ГАЭС, о составе и компоновки основных сооружений; рассмотреть принцип действия гидротурбин, их типы и классификацию; сделать вывод формул, выражающих потенциальную мощность потока воды и выработку электрической энергии; обратить внимание на основные виды регулирования стока, график сработки – наполнения водохранилища, цикл регулирования.

**Тема 8. Нетрадиционные источники энергии [1.1, главы 2 (п.2.8),3],[1.2,главы 2 (п.2.8),7],[1.3,глава 12]**

Источники энергии, ресурсы которых не зависят от деятельности человека, назвают возобновляемыми. К их числу относят солнечную энергию, энергию рек и ветра, морских приливов, волн и океанических течений. В настоящее время в попытках преобразовать энергию солнечного излучения в электрическую энергию применяются два способа: использование полупроводниковых фотопреобразователей; создание паросиловых установок, в которых пар получают с помощью «солнечного» котла. Вопрос использования энергии ветра ещё не имеет определённого решения, так как непостоянство ветра по силе и направлению затрудняет использование его энергии. Противопоставить этому можно применение совместно с ветроустановкой аккумулятор, либо использование энергии ветра для процессов, не требующих постоянства действия механизмов, либо передачу электрической энергии непосредственно в достаточную мощную энергосистему, для которой небольшие колебания количество поступающей электроэнергии малочувствительны. Во многих странах, в том числе и в России, исследуют возможности применение приливных и волновых электрических станций. Из-за большого объёма строительных работ и удалённости возможного местоположения таких станций от центров потребления электрической энергии они не находят пока широкого применения. Наиболее крупная приливная электрическая станция – «Ранс» (Франция) – имеет мощность 240 МВт, а наиболее крупная волновая «Берген» (Норвегия) – 1 МВт. В России на Кольском полуострове с 1968 г. находится в эксплуатации Кислогубская приливная станция 0,4 МВт. Запасы невозобновляемых энергетических ресурсов не имеет пополнения и постепенно уменьшается в связи с деятельностью человека. Поэтому большой интерес представляет применение установок прямого преобразования тепловой или химической энергии в электрическую энергию – магнитогидродинамических (МГД) генераторов, термоэлектрогенераторов, термоэмиссионных преобразователей и топливных элементов.

При изучении темы необходимо ознакомится с оценками запасов органического топлива, гидравлической и ядерной энергии, изучить принципы действия различных типов солнечных электростанций, ветроэнергетических и волновых установок, океанических тепловых электростанций, установок прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую энергию.

**Тема 9. Вторичные энергетические ресурсы [1.2 глава 8],[2.5]**

В ходе технологических процессов и работы агрегатов тепловых электростанций и промышленных предприятий после потребления ими первичных энергоресурсов образуются другие виды энергоресурсов в виде горючих продуктов, различных носителей физической теплоты, а также газов и жидкостей с избыточным давлением. Энергоресурсы, образующиеся в технологических агрегатах, принято называть вторичными энергоресурсами. Характерной особенностью вторичных энергоресурсов является неравномерный график их выхода вследствие особенностей технологических процессов и режимов работы агрегатов. Одним из путей сведения баланса источников и потребителей энергии является её аккумулирование.

При изучение темы следует обратить внимание на то, в каких случаях необходимо аккумуляция энергии, какие виды аккумуляции энергии могут явиться альтернативой гидроаккумулирующих станций; необходимо изучить принцип действия тепловых, воздушных, емкостных аккумуляторов, сверхпроводящих индуктивных накопителей, понять назначение водородной аккумуляции.

**Контрольное задание**

По заданию необходимо написать реферат, решить 5 задач и ответить на 8 вопросов.

**Рекомендуемые темы рефератов**

1. Состояние и перспективы развития энергетики.
2. Тепловая энергетика, её состояние и перспективы развития.
3. Атомная энергетика, её состояние и перспективы развития.
4. Гидроэнергетика, её состояние и перспективы развития.
5. Комплексное развитие водных ресурсов.
6. Гидроаккумулирующие электрические станции и их роль в современных энергосистемах.
7. Тепловая энергетика и природная среда.
8. Атомная энергетика и природная среда.
9. Гидроэнергетика и природная среда.
10. Необходимость поиск новых источников электроэнергии.
11. Ветровая энергетика.
12. Солнечная энергетика.
13. Энергия океана и моря.
14. **Роль аккумуляции энергии в регулировании графика нагрузки энергосистемы.**
15. Водородная энергетика.
16. Перспективы использования емкостных накопителей.
17. Перспективы использования сверхпроводящих индуктивных накопителей.
18. Перспективы использования тепловых аккумуляторов.
19. Транспорт первичных ресурсов.
20. Ветровые электрические станции и их работа в энергосистеме.
21. Солнечные электрические станции и их работа в энергосистеме.
22. Гидравлические турбины.
23. Гидроэлектрические станции и их работа в энергосистеме.
24. Принцип действия атомных реакторов на тепловых нейтронах.
25. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах.
26. Паровые турбины.
27. Геотермальные электрические станции.
28. Источники электроснабжения города (посёлка) и их принцип действия.
29. Схемы и принцип действия парогазовых установок.
30. Схема и принцип действия электростанций с МГД – установками.
31. Газотурбинные электростанции и их работа в энергосистеме.
32. Установки прямого преобразования тепловой или химической энергии в электрическую энергию.

**Решите следующие задачи**

**Задача 1.**Азот массой 1 кг при начальных параметрах p1 и t1 расширяется до давления p2 по изохоре, изобаре, изотерме, адиабате и политропе. Найти начальные и конечные параметры v1,v2,t2 и работу расширения l для указанных процессов. Изобразить процессы графически на pv.-диаграмме и показать на ней работу. Принять показатель k= 1,41 (адиабаты); n=1,2 (политропы). Значения названных величин принять согласно выбранному варианту.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| p1,MПa | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,4 |
| t1,oC | 100 | 120 | 200 | 150 | 180 | 160 | 140 | 220 | 250 | 240 |
| p2,MПа | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 |

**Задача 2.** Паросиловая установка работает по циклу Ренкина. Давление p1 температура t1 пара на входе в турбину и давление в конденсаторе pk приведены в таблице. Определить влажность пара за последней ступенью турбины и термический коэффициент полезного действия в идеальном цикле. Изобразить цикл в диаграммах pv, Ts, is. Каким образом можно уменьшить влажность пара за последней ступенью турбины?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| p1,MПa | 1,9 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 9 | 7 | 11 | 12 | 14 |
| t1,oC | 320 | 310 | 290 | 280 | 520 | 500 | 480 | 540 | 550 | 570 |
| p2,MПа | 4 | 2 | 3 | 6 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 5 |

**Задача 3.** Определить скорость истечения водяного пара из сопла и изобразить процесс истечения в координатах is, если заданы начальные значения давления p1, температуры t1 и давления за соплом p2, скоростной коэффициент φ. Скоростью пара на входе в сопло пренебречь. Критическое отношение давлений p2к/p1=0,546.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| P1, МПа | 8,0 | 4,1 | 7,0 | 3,4 | 1,5 | 12,8 | 12 | 10 | 8,8 | 11 |
| t1, 0C | 500 | 445 | 465 | 450 | 350 | 565 | 550 | 500 | 500 | 510 |
| pk, кПа | 4 | 2 | 3 | 6 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| φ | 0,96 | 0,98 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,96 |

**Задача 4.** Конденсационная электрическая станция имеет установленную мощность Р МВт и работает на топливе с тепловым эквивалентом Э. Число часов использования установленной мощности составляет Ту часов. Удельный расход условного топлива равен bykx кг/(кВт-ч). Расход электрической энергии на собственные нужды 5% от количества выработанной электроэнергии. Определить коэффициенты полезного действия станции брутто и нетто. Численные значения названных величин даны в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| P | 35 | 600 | 280 | 160 | 20 | 48 | 36 | 40 | 900 | 160 |
| Ту | 5000 | 6400 | 5650 | 5500 | 4350 | 6565 | 5500 | 5840 | 6315 | 5100 |
| Bykx | 0,45 | 0,35 | 0,37 | 0,4 | 0,46 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,42 |
| Э | 0,29 | 0,92 | 0,86 | 0,95 | 0,38 | 0,59 | 0,65 | 0,7 | 0,97 | 0,9 |

**Задача 5.** Теплоэлектроцентраль имеет установленную мощность Р МВт и работает на топливе с тепловым эквивалентом Э и коэффициентом использования установленной мощности kм. Удельный расход условного топлива на выработку 1 кВТ\*ч электроэнергии равен byэтец кг/(кВт ч). Удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж теплоты равен byqтец кг/(МДж). Количество тепловой энергии, отпускаемой потребителям, составляет 70 % от количества выработанной электроэнергии. Определить коэффициент полезного действия станции брутто. Численные значения названных величин даны в таблице.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| P | 35 | 250 | 280 | 160 | 20 | 48 | 36 | 40 | 200 | 160 |
| Kм | 0,63 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,7 | 0,65 | 0,72 | 0,64 | 0,73 | 0,69 |
| Byэтец | 0,45 | 0,35 | 0,37 | 0,4 | 0,46 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,42 |
| Byqтец | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 |
| Э | 0,29 | 0,92 | 0,86 | 0,95 | 0,38 | 0,59 | 0,65 | 0,7 | 0,97 | 0,9 |

Контрольные вопросы:

1. Какие типы электрических станций Вы знаете?
2. Назовите известные Вам наиболее крупные тепловые электрические станции в России и их электрическую мощность.
3. Назовите известные Вам атомные электрические станции в России и их электрическую мощность.
4. Назовите известные Вам гидроэлектрические станции в России и их мощность.
5. Назовите известные Вам электрические станции в Вологодской области и их электрическую мощность.
6. Какое количество электрической энергии производится в России на тепловых, атомных и гидравлических электрических станциях (в процентном отношении)?
7. Как классифицируют тепловые электрические станции по типу первичного двигателя?
8. Назовите электрическую мощность типовых энергоблоков, установленных на конденсационных электрических станциях в нашей стране.
9. Назовите электрическую мощность наиболее крупных агрегатов теплоэлектроцентралей, выполненных по блочной схеме.
10. Назовите тип и электрическую мощность атомных реакторов, установленных на атомных электростанциях России.
11. В каких единицах измеряется электрическая энергия?
12. В каком соотношении находятся между собой следующие величины: 1 кВт, 10 6  Вт, 1 МВт?
13. В каких элементах тепловой, атомной, газотурбинной электростанций происходит преобразование первичной энергии топлива в теплоту?
14. В каком элементе тепловой электрической станции происходит преобразование тепловой энергии в механическую энергию?
15. В каком элементе электрической станции происходит преобразование механической энергии в электрическую энергию?
16. Какие элементы входят в состав тяго-дутьевой установки тепловой электростанции?
17. Назовите элементы и механизмы, образующие пароводяной тракт тепловой электростанции.
18. Назовите элементы системы технического водоснабжения тепловой электростанции.
19. Назовите основные механизмы собственных нужд тепловой электрической станции.
20. Назовите элемент тепловой электрической станции, в котором теряется наибольшее количество тепла, получаемого при сжигании топлива.
21. Какие элементы образуют главный циркуляционный контур атомной электростанции?
22. Назовите основные элементы газотурбинной электростанции
23. Изложите основные сведения о термических параметрах состояния термодинамической системы и единицах их измерения.
24. Напишите уравнение связи между термодинамической температурой и температурой по Цельсию.
25. Напишите уравнение состояния для одного килограмма идеального газа. Поясните смысл, входящих в него величин.
26. Изложите основные сведения о калорических параметрах состояния термодинамической системы и единицах их измерения
27. Изобразите в pv-координатах работу расширения рабочего тела.
28. Математическая формулировка первого закона термодинамики для закрытой термодинамической системы.
29. Математическая формулировка первого закона термодинамики для потока

рабочего тела.

1. Как проявляется внешняя работа в термодинамическом процессе?
2. Техническая и располагаемая работа. Дайте геометрическую интерпретацию располагаемой работы.
3. Дайте определение удельной теплоемкости. В каких единицах она

измеряется?

1. Какое соотношение между удельной теплоемкостью при постоянном давлении и теплоемкостью при постоянном объеме?
2. Изобразите в Ts-координатах количество теплоты, подведенной в изохорном, изобарном, изотермическом процессах.
3. Температура источника тепла t1=600°C, температура охладителя t2=20°C.

Определите КПД цикла Карно.

1. Изобразите в pv-координатах работу, совершаемую в изобарном, изотермическом, адиабатном процессах.
2. Изобразите в pv-координатах изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы идеального газа для закрытых систем.
3. Изобразите в Ts-координатах изохорный изобарный, изотермический, адиабатный процессы идеального газа для закрытых систем.
4. Изобразите is-координатах изохорный изобарный, изотермический, адиабатный процессы идеального газа для закрытых систем.
5. Приведите формулировки второго закона термодинамики.
6. Какие условия необходимы для осуществления кругового термодинамического процесса?
7. Термический КПД цикла и холодильный коэффициент.
8. Изобразите цикл Карно в Ts-, pv-, is- координатах.
9. Температура источника тепла t1=600°C, температура охладителя t2=20°C.

Определите КПД цикла Карно.

1. Изобразите процесс парообразования в pv-, Ts-, is-координатах при постоянном давлении.
2. Изобразите в is-координатах кривую кипящей воды, кривую сухого насыщенного пара, изобару, изотерму в области насыщенного и перегретого пара.
3. Состояние воды определяется параметрами: 1) р=6 Мпа, t=320 0C; 2) р=0,4 Мпа, v=0,015 м3/кг, 3) t=170°C, v=0,000105 м3/кг, 4) p=18,2 Mпa, t=357,87 0C. Каковы качественно эти состояния (жидкость, кипящая вода, влажный пар, сухой насыщенный пар, перегретый пар)?
4. Состояние пара задано следующими параметрами: р=8,5 Мпа и β=0,12 г/см3. Определить температуру, внутреннюю энергию энтальпию и энтропию 1 кг пара.
5. Напишите выражение для теплового потока через двухслойную стенку.
6. Напишите выражение для теплового потока между двумя жидкостями через двухслойную разделительную стенку
7. Под действием какого напора движется рабочая среда в парогенераторе с естественной циркуляцией?
8. Назовите элементарный состав рабочей массы твердого топлива.
9. Приведите схему парогенератора с естественной циркуляцией.
10. Назначение воздухоподогревателя парогенератора.
11. Какие элементы входят в негорючую часть топлива?
12. Теплота сгорания мазута 40000 КДж/кг. Определите тепловой эквивалент мазута.
13. Приведите прямоточную схему парогенератора.
14. Какие элементы входят в горючую часть топлива?
15. Назначение экономайзера парогенератора.
16. Назовите основные элементы ядерного реактора на тепловых нейтронах.
17. Какое вещество используется в качестве теплоносителя и замедлителя в ядерном реакторе типа ВВЭР?
18. Какие виды энергии преобразуются в тепловую энергию в ядерном реакторе?
19. Какие вещества используются в качестве замедлителя и теплоносителя в ядерном реакторе типа РБМК?
20. Назовите основные элементы ядерного реактора на тепловых нейтронах.
21. С какой целью снижают энергию нейтронов, образующихся при ядерной реакции деления?
22. Цикл паросиловой установки в pv-, Ts-, is-координатах для перегретого пара.
23. Цикл паросиловой установки в pv-, Ts-, is-координатах для сухого насыщенного пара.
24. Цикл паросиловой установки в pv-, Ts-, is-координатах для сверхкритических параметров пара.
25. Напишите формулу для определения скорости истечения пара из сопла турбины.
26. Для каких целей в паровой турбине устанавливается сопловой аппарат?
27. Назовите наиболее эффективный способ уменьшения потерь тепла на тепловых электростанциях, связанных с нагревом охлаждающей воды в конденсаторах.
28. Запишите формулу для определения мощности потока воды в кВт через расход Q (M3/C) и напор Н (М).
29. При какой температуре происходит ионизация газов, используемых в магнитогидродинамических генераторах?
30. Назовите возможную величину КПД у современных термоэлектрических генераторов: -0,6%; -6%; -60%.
31. Назовите типы электрических станций, на которых электроэнергия получается без использования теплоты.
32. В каких случаях необходима и целесообразна аккумуляция энергии?
33. Какие вилы аккумуляции энергии могут явиться альтернативой гидроаккумулирующих станций?
34. Принципы действия океанических тепловых электростанций.
35. От каких параметров зависит мощность ветроэнергетической установки.
36. Принципы действия водородно-кислородного топливного элемента.

Методические указания по выполнению задания

Вариант задания определяется по соответствию последних цифр вопроса или варианта задачи и шифра. Тема реферата должна соответствовать порядковому номеру фамилии студента в списке группы. Условия решаемых задач, формулировки контрольных вопросов, темы рефератов должны быть переписаны полностью. В процессе решения задач необходимо сначала привести расчетные формулы и лишь затем подставлять числовые значения. Ход решения следует сопровождать краткими пояснениями. Нужно указывать размерность заданных в условии задач и найденных в результате её решения величин. Ответы на контрольные вопросы должны быть не очень пространными, но исчерпывающими. При решении задач, в ответах на вопросы и в реферате следует придерживаться принятой системы условных обозначений, терминов, единиц измерений, а также правил оформления текстовых документов, рисунков. Реферат должен заканчиваться списком использованных источников, на каждый из которых в тексте реферата должны быть ссылки. Контрольная работа выполняется на листах формата А4.