

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Ц**елями и задачами данного учебного издания являются подготовка студентов к практическому применению теоретических знаний, полученных при изучении учебной дисциплины «Электроснабжение»; развитие навыков студентов в рациональном выборе основного энергетического оборудования электрических станций и подстанций, распределительных устройств и аппаратуры защит; выработка комплексного подхода к выбору средств управления режимами энергопотребления и качеством электрической энергии.

*Первая часть* пособия состоит из трех глав, в которых рассмотрены способы производства электрической энергии с использованием традиционных топливных энергоресурсов, энергоресурсов рек, атомной энергии, а также с использованием возобновляемых источников энергии, в том числе энергии ветра, солнца, геотермальных вод, энергии приливов и отливов, биологических источников энергии. Приведена структура энергетики Российской Федерации, схемы электрических соединений источников энергии, в том числе энергетических блоков и электростанций. Изложены сведения о видах защиты энергетического оборудования, представлены составляющие системы электроснабжения, в том числе источники производства электрической энергии, трансформаторные и распределительные подстанции, линии передачи электроэнергии, выбор оптимального напряжения в системах электроснабжения, режимы нейтрали электрических сетей.

*Вторая часть* состоит из шести глав и посвящена расчету нагрузок, выбору и проверке электрооборудования систем электроснабжения. Рассмотрены графики нагрузки потребителей электроэнергии, режимы работы электроустановок сельхозпредприятий, способы определения расчетных нагрузок потребителей и мощности трансформаторных подстанций, их схемные решения и выбор коммутационной и защитной аппаратуры. Изложены принципы построения электрических сетей систем электроснабжения, основные положения о статической и динамической устойчивости электрических систем, способы повышения устойчивости систем электроснабжения.

Показаны основные причины и виды коротких замыканий в системах электроснабжения, даны способы составления и преобразования расчетных схем для расчета токов короткого замыкания в сетях выше 1000 В при симметричных и несимметричных коротких замыканиях, отмечены особенности определения токов короткого замыкания в низковольтных сетях и приведены методики расчета токов при несимметричных коротких замыканиях в них.

Значительное внимание уделено вопросу качества электроэнергии в системах электроснабжения: рассмотрены показатели качества электроэнергии и их влияние на работу электроприемников, определение и контроль показателей качества в системах электроснабжения, автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), электротехнический и технологический ущерб от ухудшения качества электроэнергии.

Важная роль в электроснабжении отводится надежности. Многочисленные исследования показали, что связь между энергосистемой, ее элементами и внешней средой носит вероятностный характер. Это обусловило разработку теории надежности энергосистем на основе ее вероятностно-статистической природы поведения. Вероятность наступления определенного события или выполнения заданных требований может быть определена, рассчитана, оценена, измерена, испытана, распределена между отдельными частями системы, объекта, аппаратуры. В связи с этим в учебном пособии рассмотрены основные положения и показатели теории надежности с практическим применением ее положений для определения надежности различных систем электроснабжения. Сравнительная оценка методов определения надежности показала, что коэффициентный метод расчета надежности весьма прост для использования и не требует знания значений интенсивностей отказов элементов, входящих в систему.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ  
ОБ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

ГЛАВА

# 1

# ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

## 1.1. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

### 1.1.1. ТРАДИЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Существуют различные виды тепловых электростанций (рис. 1.1) в зависимости от используемого в них топлива и внутреннего устройства.

**Тепловые конденсационные электростанции.** Государственные районные электрические станции (ГРЭС) оборудованы специальными конденсационными турбинами. Они предназначены для получения электроэнергии и не используются для выработки тепла и обогрева зданий.

На тепловых конденсационных электростанциях (КЭС) химическая энергия сжигаемого топлива преобразуется в *парогенераторе* (котле) в энергию водяного пара, приводящего во вращение *турбоагрегат* (паровую турбину, соединенную с генератором). Механическая энергия вращения преобразуется генератором в электрическую энергию. После этого пар конденсируется и снова становится водой, которая возвращается в систему труб. Получается замкнутый процесс. Топливом для электростанций служат уголь, торф, горючие сланцы, а также газ и мазут.

Значительная удаленность КЭС от потребителей электроэнергии определяет выдачу мощности на высоких и сверхвысоких напряжениях 110...750 кВ, а сами электростанции оснащаются блоками мощностью 200...800 МВт, что обеспечивает быстрое наращивание мощностей электростанции, приемлемую себестоимость электроэнергии и стоимость установленной мощности.



Рис. 1.1  
Тепловая электростанция

Блок представляет собой отдельную электростанцию со своим основным и вспомогательным оборудованием и центром управления — блочным щитом. Связь между соседними блоками по технологическим линиям обычно не предусматривается.

Построение КЭС по блочному принципу дает определенные технико-экономические преимущества.

Механизмы и установки, обеспечивающие нормальное функционирование всех этих элементов, входят в так называемую *систему собственных нужд* станции (блока).

КПД электростанции составляет для современных КЭС не более 40...42%.

*Баланс производства и потребления электроэнергии* в системе всегда характеризуется равенством производства и потребления с учетом компенсации потерь в системе и расходов на собственные нужды.

**Теплофикационные электростанции.** Этот вид тепловых электростанций (ТЭЦ) предназначен для централизованного снабжения промышленных предприятий и городов электроэнергией и теплом. ТЭЦ выгодно отличаются от КЭС использованием тепла «отработавшего» в турбинах пара в промышленном производстве, отоплении, кондиционировании воздуха и горячем водоснабжении, чем достигается значительная экономия топлива по сравнению с выработкой электроэнергии на КЭС и получением тепла от местных котельных. Поэтому ТЭЦ нашли широкое распространение в районах (городах) с большим потреблением тепла и электроэнергии.

Особенности технологической схемы ТЭЦ показаны на рис. 1.2. Основное отличие заключается в специфике пароводяного контура и способе выдачи электроэнергии.

Специфика электрической части ТЭЦ определяется положением электростанции вблизи центров электрических нагрузок. В этих условиях часть мощности может выдаваться в местную сеть непосредственно на генераторном напряжении. С этой целью на электростанции создается обычно генераторное

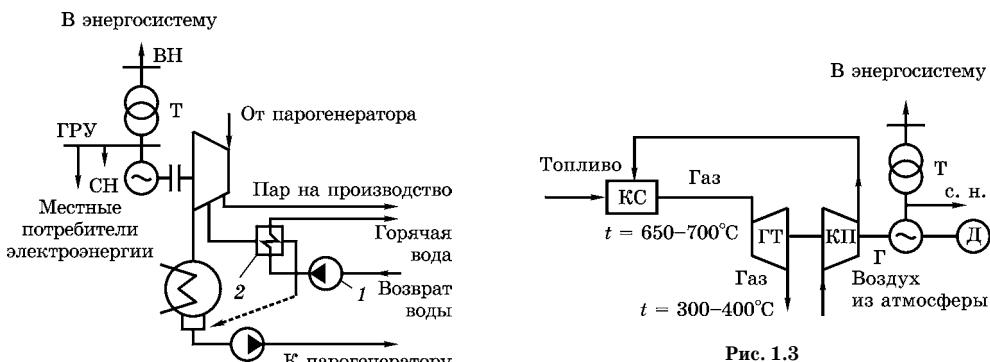


Рис. 1.2

Технологическая схема ТЭЦ:

1 — сетевой насос; 2 — сетевой подогреватель;  
СН — среднее напряжение; ВН — высокое напряжение.

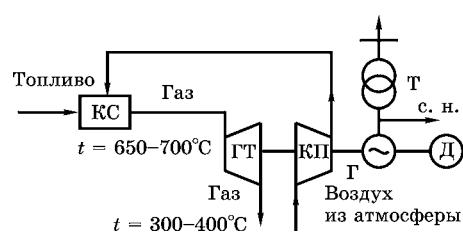


Рис. 1.3

Принципиальная технологическая схема электростанции с газовыми турбинами:  
КС — камера сгорания; КП — компрессор; ГТ — газовая турбина; Г — генератор; Т — трансформатор; Д — пусковой электродвигатель; с. н. — собственные нужды.

распределительное устройство (ГРУ). Избыток мощности выдается, как и в случае КЭС, в энергосистему на повышенном напряжении.

**Газотурбинные электростанции.** Основу современных газотурбинных электростанций (ГТЭС) составляют газовые турбины мощностью 25...100 МВт. ГТЭС работают на природном газе или жидким топливе. Упрощенная принципиальная схема блока газотурбинной электростанции представлена на рис. 1.3.

Топливо (газ, дизельное топливо) подается в камеру сгорания, туда же компрессором нагнетается сжатый воздух. Горячие продукты сгорания отдают свою энергию газовой турбине, которая вращает компрессор и синхронный генератор. Газотурбинные установки отличаются высокой маневренностью, поскольку запуск установки осуществляется при помощи разгонного двигателя и длится 1...2 мин.

КПД таких электростанций невысок, всего 27...29%, поэтому зачастую их используют как резервные источники электроэнергии для покрытия пиковых нагрузок на электрическую сеть в силу высокой маневренности или для электрификации небольших населенных пунктов.

**Электростанции с парогазотурбинной установкой.** Тепловые электростанции с парогазотурбинной установкой (ПГЭС) — это комбинированные электростанции, которые для повышения экономических показателей оснащены паротурбинными и газотурбинными механизмами. В них топливо сжигается в топке парогенератора, пар из которого направляется в паровую турбину. Продукты сгорания из парогенератора, после того как они охладятся до необходимой температуры, направляются в газовую турбину. Таким образом, ПГЭС имеет два электрических генератора, один из которых приводится во вращение газовой турбиной, другой — паровой турбиной. Мощность газовой турбины составляет 20% паровой. Такие электростанции позволяют использовать тепловую энергию, их КПД может достигать 41...44%.

Недостатком всех тепловых электростанций является то, что они работают на невосполнимых видах топлива. При этом сгорание этих видов топлива ведет к образованию вредных веществ, неблагоприятно воздействующих на окружающую среду. Это требует принятия жестких мер по защите окружающей среды.

**Электростанции, использующие энергоресурсы рек.** Вклад гидроэнергетики, обеспечивающей получение энергии от текущей воды, в общее мировое использование энергии не очень велик — примерно 6%. Однако в ряде стран мира она занимает ведущее место. Так, на долю ГЭС в Норвегии приходится почти 100% всего производства электроэнергии, в Бразилии, Канаде, Швеции — более 50%, в России — 19%.

Гидроэлектростанция (ГЭС) представляет собой комплекс сооружений и оборудования, преобразующий энергию воды в электроэнергию (рис. 1.4), при этом гидротехнические сооружения обеспечивают необходимую концентрацию кинетической энергии падающей воды, так как мощность ГЭС зависит от количества  $Q$  протекающей через нее воды и высоты  $H$  падения воды (напора). Для преобразования этой энергии применяют гидротурбины и гидрогенераторы.

Главной составляющей гидроэлектростанций являются гидравлические турбины. Они преобразуют энергию воды, текущей под напором, в механическую.



Рис. 1.4  
Гидроэлектростанция

скую энергию вращения вала. Турбины бывают разных видов и зависят от скорости течения и напора воды. Принцип работы всех видов турбин схож — вода, находящаяся под давлением (напор воды) поступает на лопасти турбины, которая начинает вращаться. Механическая энергия таким образом передается на гидрогенератор (синхронный генератор), который и вырабатывает электроэнергию. Турбины различаются некоторыми техническими характеристиками, а также камерами — железными или железобетонными, и рассчитаны на различный напор воды.

Конструкция гидрогенератора определяется частотой вращения и мощностью гидротурбины. Его устанавливают вертикально на под пятниках с соответствующими направляющими подшипниками. В него также входит замкнутая система воздушного охлаждения с теплообменниками и возбудитель.

Гидроэлектростанции разделяют на плотинные, в которых необходимый уровень реки обеспечивается за счет строительства плотины, увеличивающей напор воды и повышающей мощность гидроэлектростанции, и деривационные, где велик уклон реки.

В зависимости от вырабатываемой мощности ГЭС подразделяют на:

- мощные, вырабатывающие 250 МВт и выше;
- средние — до 25 МВт;
- малые — до 5 МВт.

В зависимости от максимального напора воды ГЭС подразделяют на:

- высоконапорные — более 60 м;
- средненапорные — от 25 м;
- низконапорные — от 3 до 25 м.

В электрической части ГЭС во многом подобны конденсационным электростанциям, поскольку гидроэлектростанции обычно удалены от центров по-

требления, так как место их строительства определяется природными условиями. Поэтому электроэнергия, вырабатываемая ГЭС, выдается на высоких и сверхвысоких напряжениях (110...750 кВ).

Отличительная особенность ГЭС — небольшое потребление электроэнергии на собственные нужды, которое обычно в несколько раз меньше, чем на ТЭС. Это объясняется отсутствием на ГЭС крупных механизмов в системе собственных нужд.

Технология производства электроэнергии на ГЭС довольно проста и легко поддается автоматизации. Пуск агрегата ГЭС занимает не более 50 с, поэтому резерв мощности в энергосистеме целесообразно обеспечивать именно этими агрегатами. Коэффициент полезного действия ГЭС обычно находится в диапазоне 85...90% .

Благодаря меньшим эксплуатационным расходам себестоимость электроэнергии на ГЭС, как правило, в несколько раз меньше, чем на тепловых электростанциях.

Достоинствами ГЭС можно считать экономию топлива и снижение загрязнения окружающей среды.

**Гидроаккумулирующие электростанции.** Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) имеют массу преимуществ. Они могут работать в насосном и турбинном режимах. При малых нагрузках гидроагрегаты станции работают в насосном режиме, перекачивая воду из низового водоема в верховой, запасая ее на случай повышенных нагрузок. Во время повышенной нагрузки происходит использование запасенной воды для выработки пиковой энергии. Таким образом, обратимые гидроагрегаты могут обеспечивать работу турбинных и насосных режимов и представляют собой соединение синхронной электрической машины и гидравлической насос-турбины. Энергия, которая тратится на перекачку, вырабатывается ГЭС во время пониженной загрузки, когда ее стоимость не слишком высока, т. е. дешевая ночная электроэнергия преобразуется в дорогую дневную.

Экономическая эффективность, как можно убедиться, довольно высока.

Например, во второй половине XX в. Австрия закупала у Германии электроэнергию в ночное время по 6 шиллингов за киловатт и в дальнейшем, используя каскад аккумулирующих гидроэлектростанций на горных реках, запасала энергию, с тем чтобы на следующий день в пиковое время ее продать назад в Германию по 42 шиллинга за киловатт! В нашей практике кубанская энергетика также переходит к строительству аккумулирующих гидроэлектростанций. В горах на высоте 1432 м над уровнем моря создается искусственный бассейн. Внизу, в долине реки строится такой же бассейн на высоте 555 м над уровнем моря. Водоемы соединяются трубой большого диаметра. Возле нижнего бассейна устанавливается турбина обратного действия, которая может работать и как генератор, и как мощный насос. Нижний бассейн без особого труда заполняется прямо из горной реки. Вочные часы, получая дешевую избыточную энергию Ростовской АЭС, турбина начинает накачивать воду в верхний бассейн, расположенный на вершине горы. Днем, в часы пиковых нагрузок, вода из верхнего бассейна по трубе спускается в нижний, но турбина работает уже как генератор. Мощность такой электростанции согласно проек-

ту 200 МВт. Ее сооружение стоит 170 миллионов долларов, и эти затраты окупаются в течение пяти лет.

Для ГАЭС проще выбрать место размещения, так как они требуют меньше воды. На них есть возможность использовать более крупные и эффективные гидрогенераторы.

Смешанный тип гидроэлектростанций ГЭС с ГАЭС позволяет накапливать больше воды и вырабатывать больше энергии за более длительный период.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Атомные электростанции (АЭС) — это, по существу, тепловые электростанции, которые используют тепловую энергию ядерных реакций (рис. 1.5).

Атомная энергия — наиболее эффективная форма выработки электроэнергии в наши дни. Ядерное топливо, запасы которого достаточно велики, обладает очень высокой теплотворной способностью (1 кг U-235 заменяет 2900 т угля).

В России широко используют расщепление урана-235 под действием тепловых нейтронов.

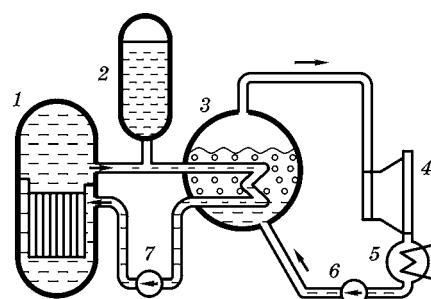
Для осуществления этого процесса в реакторе, кроме топлива (U-235), должны быть замедлитель нейтронов и, естественно, теплоноситель, отводящий тепло из реактора. В реакторах типа ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор) в качестве замедлителя и теплоносителя применяют обычную воду под давлением (рис. 1.6).



Рис. 1.5  
Атомная электростанция

Рис. 1.6  
Тепловая схема двухконтурной АЭС  
с водо-водяным реактором под давлением:

1 — реактор; 2 — компенсатор давления; 3 — парогенератор; 4 — паровая турбина; 5 — конденсатор пара; 6 — циркуляционный насос второго контура; 7 — циркуляционный насос первого контура.

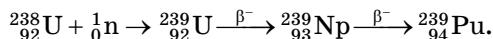


Активная зона ВВЭР набрана из тепловыделяющих сборок, которые заполнены пластинчатыми или цилиндрическими тепловыделяющими элементами. Корпус этой тепловыделяющей сборки изготавливают из листового материала (алюминий, цирконий), слабо поглощающего нейтроны. Сборки размещают в цилиндрической клетке, которая вместе со сборками помещается в корпус реактора. Вода, проходя снизу вверх через зазоры между тепловыделяющими элементами, охлаждает их. Таким образом, она исполняет роль теплоносителя, замедлителя и отражателя.

Первый контур включает в себя реактор 1, парогенератор 3, циркуляционный насос первого контура 7 и компенсатор давления 2. Циркуляционный насос создает циркуляцию воды в первом контуре. Вода нагревается в активной зоне и передает тепло для нагрева и испарения воды второго контура в парогенераторе. Рабочее давление в первом контуре составляет 160 атмосфер и поддерживается компенсатором давления за счет нагрева и кипения находящейся в нем воды. Температура воды первого контура на входе в реактор составляет +290°C, на выходе из реактора +330°C. В парогенераторе вода второго контура находится под давлением 70 атмосфер. При таком давлении вода кипит при температуре +280°C, что и происходит с водой второго контура в парогенераторе. Вода второго контура испаряется, пар с температурой +280°C и при давлении 70 атмосфер подается на паровую турбину 4 и вращает турбогенератор. На выходе из турбины пар при давлении 0,05 атмосфер конденсируется в конденсаторе 5 за счет охлаждения наружной водой. Сконденсированная вода циркуляционным насосом 6 второго контура подается опять в парогенератор. Водо-водянные реакторы под давлением являются реакторами на «тепловых» нейтронах. Общее количество контуров может меняться для различных реакторов. Например, реактор типа РБМК (реактор большой мощности канального типа) использует один водянной контур, теплоносителем является вода, замедлителем — графит. Оба эти реактора нашли широкое применение на АЭС.

Перспективными являются АЭС с реакторами на быстрых нейтронах (БН), которые могут использоваться для получения тепла и электроэнергии, а также и для воспроизведения ядерного горючего. В таких реакторах ядерным горючим является обогащенная смесь, содержащая не менее 15% изотопа урана-235.

Преимущество реакторов на быстрых нейтронах состоит в том, что при их работе ядра урана-238, поглощая нейтроны, посредством двух последовательных β-распадов превращаются в ядра плутония, которые затем можно использовать в качестве ядерного топлива:



Коэффициент воспроизводства таких реакторов достигает 1,5, т. е. на 1 кг урана-235 получается до 1,5 кг плутония. В обычных реакторах также образуется плутоний, но в гораздо меньших количествах.

Помимо воды, в различных реакторах в качестве теплоносителя может применяться также расплавленный натрий или газ. Использование натрия

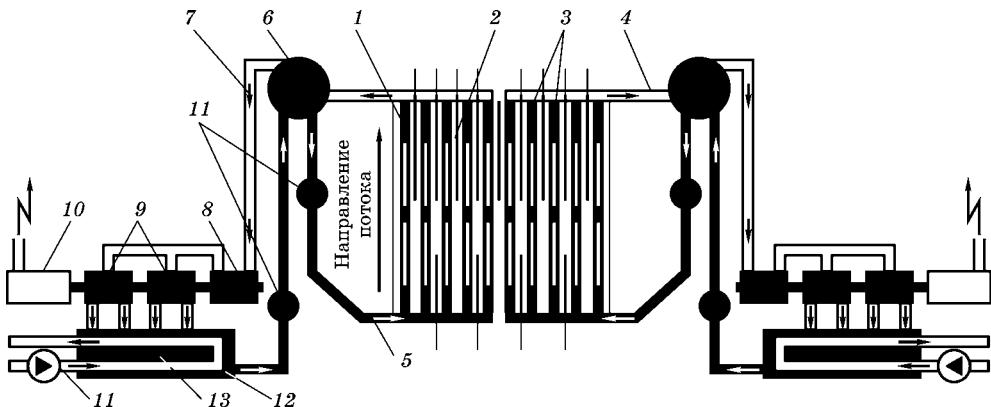


Рис. 1.7  
Схема реактора на быстрых нейтронах канального типа (РБНК):

1 — графитовый замедлитель; 2 — стержни управления и защиты; 3 — технологические каналы; 4 — пар; 5 — вода; 6 — барабан-сепаратор; 7 — сухой пар; 8 — турбина высокого давления; 9 — турбины низкого давления; 10 — электрический генератор; 11 — циркуляционные насосы; 12 — охладитель (конденсатор); 13 — вспомогательный водяной контур.

позволяет упростить конструкцию оболочки активной зоны реактора (в отличие от водяного контура, давление в натриевом контуре не превышает атмосферное), избавиться от компенсатора давления, но создает свои трудности, связанные с повышенной химической активностью этого металла.

Реакторы БН имеют два натриевых и один водяной контуры (рис. 1.7).

Турбина атомной электростанции является тепловой машиной, определяющей в соответствии со вторым законом термодинамики общую эффективность станции. У современных атомных электростанций коэффициент полезного действия приблизительно равен 1/3. Следовательно, для производства 1000 МВт электрической мощности тепловая мощность реактора должна достигать 3000 МВт. 2000 МВт должны уноситься водой, охлаждающей конденсатор. Это приводит к локальному перегреву естественных водоемов и последующему возникновению экологических проблем.

Первый ядерный реактор был построен в 1942 г. в США под руководством Э. Ферми. В нашей стране первый реактор был построен в 1946 г. под руководством И. В. Курчатова.

Первая в мире атомная электростанция мощностью 5 МВт была запущена 27 июня 1954 г. в СССР, в городе Обнинск, расположенном в Калужской области.

За пределами СССР первая АЭС промышленного назначения мощностью 46 МВт была введена в эксплуатацию в 1956 г. в Колдер-Холле (Великобритания). Через год вступила в строй АЭС мощностью 60 МВт в Шиппингпорте (США).

Мировыми лидерами в производстве ядерной электроэнергии являются США (788,6 млрд кВт·ч/год), Франция (426,8 млрд кВт·ч/год), Япония (273,8 млрд кВт·ч/год), Германия (158,4 млрд кВт·ч/год) и Россия (154,7 млрд кВт·ч/год).

На начало 2004 г. в мире действовал 441 энергетический ядерный реактор. В настоящее время в Российской Федерации на 10 действующих АЭС эксплуа-

тируется 31 энергоблок общей мощностью 23 243 МВт, из них 15 реакторов с водой под давлением, в том числе девять ВВЭР-440; 15 канальных кипящих реакторов (11 РБМК-1000 и 4 ЭГП-6) и 1 реактор на быстрых нейтронах.

АЭС, так же как и КЭС, строятся по блочному принципу — как в тепломеханической, так и в электрической части. АЭС выгодно строить блоками большой мощности. Тогда по своим технико-экономическим показателям они не уступают КЭС, а в ряде случаев и превосходят их.

И все же есть сдерживающие факторы в строительстве атомных электростанций. Первый фактор — стоимость содержания таких станций. Второй фактор — угроза окружающей среде. Отходы атомных электростанций по-прежнему очень опасны, как и катастрофические последствия аварий на АЭС.

### 1.1.2. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В последнее время значительное внимание во всем мире уделяется нетрадиционным источникам энергии. Это связано с решением проблемы энергосбережения и экономии традиционных источников энергии и с высокой степенью экологической чистоты возобновляемых источников энергии.

Альтернативными источниками энергии являются энергия ветра, энергия солнца, геотермальная энергия, энергия приливов и отливов.

Одним из наиболее перспективных видов возобновляемой энергетики является ветроэнергетика, которая стала самостоятельной отраслью энергетики во всем мире.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Энергию ветра в электрическую энергию превращают с помощью ветротурбин. Ветротурбины поглощают энергию ветра при помощи двух или трех лопастей, подобных пропеллеру и установленных на роторе генератора для выработки электричества. Турбины устанавливаются на башнях высотой 30 и более метров над землей, что дает преимущество в использовании более сильного и менее турбулентного ветра, обеспечивающего повышенную производительность генераторов в комфортных условиях работы. Ветровые генераторы объединяют в *ветровые энергетические станции* (рис. 1.8).

Мощность коммерчески используемых агрегатов составляет 5 МВт.

К преимуществам ветроэнергетической техники можно отнести сравнительно небольшие затраты на сооружение установок, непродолжительные сроки ввода в эксплуатацию, широкий диапазон использования энергии. Такие станции не требуют дорогостоящего топлива и практически не оказывают вредного воздействия на окружающую среду. Ветровые электростанции (ВЭС) подходят для



Рис. 1.8  
Ветровые станции

производства как малого, так и большого количества энергии. Чтобы увеличить мощность ветровой фермы, достаточно лишь добавить больше ветровых турбин.

Современные ветровые станции работают следующим образом.

1. Компьютер автоматически осуществляет контроль над каждой турбиной.

2. Компьютер управляет поворотом ротора, состоящего из трех лопастей и ступицы, находящейся в нише внутри, чтобы направить его на ветер.

3. Ротор вращается (в зависимости от типа ветротурбины) со скоростью 11...22 оборота в минуту. Когда дует ветер, наклон лопасти настраивается в соответствии с изменениями скорости ветра. В целях безопасности, если скорость ветра превышает 25 м/с, турбина автоматически выключается.

4. Лопасти приводят в действие главный вал, который при помощи коробки передач приводит в действие генератор, преобразовывая механическую энергию в электрическую.

5. Электричество идет по кабелю через башню турбины и, перед тем как попасть на главную подстанцию, проходит через ряд трансформаторов и подземных распределительных линий.

6. На подстанции электрическое напряжение повышается и подается к электрической линии. Увеличение напряжения повышает эффективность передачи энергии к домам и предприятиям.

Используя энергию ветра, необходимо учитывать его различные параметры. Помимо среднегодовой и максимальной скорости надо знать порывистость, плотность, турбулентность, температуру ветрового потока.

В нашей стране к зонам ветровой активности относятся острова Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, районы Нижней и Средней Волги и Каспийского моря, побережье Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей. Такие зоны также есть в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале. Осенью и зимой там наблюдается наиболее сильный ветер, именно в этот период существует наибольшая потребность в тепле и электричестве. Эти районы не относятся к центральному энергоснабжению, там будет целесообразно использовать ветровые электростанции для обеспечения их теплом и светом.

В наше время уже успешно работают Маркинская ВЭС (АО «Ростовэнерго»), ВЭС на о. Беринга (АО «Камчатэнерго») и Куликовская ВЭС (АО «Янтарьэнерго»). В Краснодарском крае действуют более 30 ветроагрегатов с единичной мощностью 4 кВт. В сентябре 2007 г. в Якутии была запущена ветровая электроустановка мощностью в 250 кВт.

Несмотря на экономичный и безопасный способ производства энергии, существует многое, что требует улучшения. Во-первых, ветряные электростанции недостаточно надежны для современной жизни. Если будет несколько безветренных дней, весь город останется без энергии. Во-вторых, звуки от вращающихся турбин и производственных генераторов слишком громкие, чтобы ветряные электростанции располагать вблизи города или поселка. В-третьих, на большей части нашей страны преобладают ветра с малой плотностью энергии, следствием чего является невысокая частота вращения

первичного двигателя — ветроколеса. Это обстоятельство обуславливает применение между ветроколесом и электрогенератором достаточно сложной трансмиссии. Исключение мультипликатора позволило бы существенно уменьшить стоимость ветроэнергетической установки. Осуществить это возможно при использовании специализированного низкооборотного генератора.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Одним из перспективных способов получения электрической энергии является использование солнечной энергии, так как ее много и она относится к возобновляемым энергоресурсам.

Получение электроэнергии от солнца давно применяется во всем мире. *Солнечные электростанции* преобразуют энергию солнечной радиации в электроэнергию (рис. 1.9).

Солнечные электростанции бывают двух видов:

1) *фотоэлектрические* — непосредственно преобразуют солнечную энергию в электроэнергию при помощи фотоэлектрического генератора;

2) *термодинамические* — преобразуют солнечную энергию в тепловую, а потом в электрическую; мощность термодинамических солнечных электростанций выше, чем мощность фотоэлектрических станций.

Такие способы получения электроэнергии наиболее безопасны для окружающей среды. Главной задачей здесь является усовершенствование имеющейся технологии, чтобы увеличить КПД станций.

**Фотоэлектрические солнечные электростанции.** Главным элементом фотоэлектрических станций являются солнечные батареи (рис. 1.10). Они состоят из тонких пленок кремния или других полупроводниковых материалов и могут преобразовывать солнечную энергию в постоянный электрический ток. Этот метод позволяет получить 120 Вт энергии с квадратного метра солнечных элементов!

Фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) отличаются надежностью и стабильностью, а срок их службы практически не ограничен. Они могут преобразовывать как прямой, так и рассеянный солнечный свет. Небольшая масса, простота обслуживания, модульный тип конструкции позволяют создавать установки любой мощности. К недостаткам солнечных батарей можно отнести



Рис. 1.9  
Солнечная электростанция



Рис. 1.10  
Солнечные батареи

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)