

31я7  
Б.95

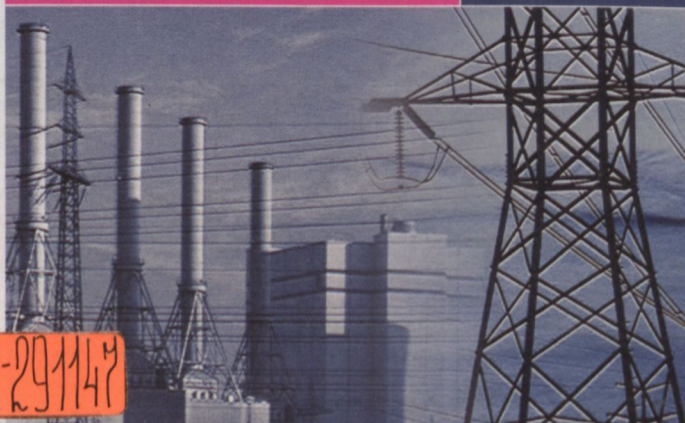
СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Г. Ф. Быстрицкий

# ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ЭНЕРГЕТИКА

ACADEMA



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

СА-291147

Г. Ф. БЫСТРИЦКИЙ

# ОБЩАЯ ЭНЕРГЕТИКА

CA-291147

Допущено

Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебного пособия для студентов

образовательных учреждений среднего профессионального образования

Рекомендовано

Учебно-методическим советом Института электротехники МЭИ (ТУ)  
в качестве учебного пособия для студентов

электротехнических специальностей вузов по направлению обучения  
654500 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии»

Москва



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО КУЛЬТУРЫ  
2005  
"ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТНАЯ  
УНИВЕРСАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА  
ИМ. Н. К. КРУПСКОЙ"

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни.

История цивилизации — история изобретения все новых и новых методов преобразования энергии, освоения ее новых источников и, в итоге, увеличения энергопотребления.

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережают темпы развития других отраслей.

В то же время энергетика — один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Она влияет на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, влаги и твердых частиц), гидросферу (потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов), биосферу (выбросы токсичных веществ) и литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение ландшафта).

Известно, что электрическая энергия считается основой современной цивилизации. Можно без преувеличения сказать, что без электрической энергии невозможна нормальная жизнь современного общества. Электрическая энергия широко используется в промышленности для приведения в действие самых различных механизмов и непосредственно в технологических процессах, на транспорте, в быту. Работа современных средств связи — телеграфа, телефона, радио, телевидения — основана на применении электрической энергии. Без нее невозможно было бы развитие кибернетики, вычислительной техники, космической техники и т. п.

Основные отличительные свойства электрической энергии состоят в том, что она может легко передаваться на большие расстояния и относительно просто с малыми потерями преобразовываться в другие виды энергии.

Электроэнергия вырабатывается на специальных предприятиях — электростанциях, преобразующих в электрическую энергию другие виды энергии: химическую энергию топлива, энергию воды,

энергию ветра, атомную энергию и др. Выработанная электростанцией электроэнергия передается по воздушным или кабельным линиям электросетей различным потребителям — промышленным, коммунальным, сельскохозяйственным, бытовым и т.д.

В зависимости от используемого вида энергии различают тепловые электростанции (ТЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), ветровые, атомные (АЭС) и др.

На тепловых электростанциях используется твердое, жидкое и газообразное топливо. В зависимости от рода первичного двигателя, приводящего во вращение электрический генератор, тепловые электростанции можно подразделить на станции с паровыми турбинами, с двигателями внутреннего сгорания и с газовыми турбинами. Станции с паровыми турбинами, кроме того, подразделяются на конденсационные (КЭС) и теплофикационные (ТЭЦ). Конденсационные электростанции снабжают потребителей только электрической энергией, а теплофикационные электростанции — электрической и тепловой энергией.

В России более 90 % существующего потенциала электроэнергетики объединено в Единую энергетическую систему (ЕЭС) России, которая охватывает всю обжитую территорию страны от западных границ до Дальнего Востока и является одним из крупнейших в мире централизованно управляемых энергообъединений.

### 6.3. Солнечная энергетика

Лучистая энергия Солнца, поступающая на Землю, представляет собой самый значительный источник энергии, которым располагает человечество. Поток солнечной энергии на земную поверхность эквивалентен  $1,2 \cdot 10^{14}$  т условного топлива. Солнце, как и другие звезды, является раскаленным газом. В его составе 82 % водорода, 17 % гелия, остальные элементы составляют около 1 %. Внутри Солнца существует область высокого давления, где температура достигает 15... 20 млн °С. Кислород на Солнце имеется в незначительном количестве, поэтому процессы горения, понимаемые в обычном смысле, не протекают сколько-нибудь заметно. Огромная энергия образуется на Солнце за счет синтеза легких элементов водорода и гелия.

Одна из проблем использования солнечной энергии заключается в том, что наибольшее количество ее поступает летом, а наибольшее потребление энергии происходит зимой.

*Солнечная энергетика* — отрасль науки и техники, разрабатывающая основы, методы и средства использования солнечного излучения или солнечной радиации для получения электрической, тепловой и других видов энергии и использования их в народном хозяйстве.

*Солнечное излучение* (СИ) — это процесс переноса энергии при распределении электромагнитных волн в прозрачной среде. По квантовой теории электромагнитные волны — это поток элементарных частиц и фотонов с нулевой массой покоя, движущихся в вакууме со скоростью света. В космосе через  $1 \text{ м}^2$  в 1 с проходит  $3 \cdot 10^{21}$  фотонов, энергия которых зависит от длины волны (мкм).

Земля находится от Солнца на расстоянии примерно 150 млн км. Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем, составляет около  $500 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ . Поток солнечной радиации, достигающей Земли, по разным оценкам составляет  $(7,5 \dots 10) \cdot 10^7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$ , что значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии.

Солнечное излучение на поверхность Земли зависит от многих факторов: широты и долготы местности, ее географических и климатических особенностей, состояния атмосферы, высоты Солнца над горизонтом, размещения приемника СИ на Земле по отношению к Солнцу и т. д.

Поток солнечного излучения на Землю меняется, достигая максимума в  $2200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$  в год для северо-запада США, запада Южной Америки, части юга и севера Африки, Саудовской Аравии и Центральной части Австралии. Россия находится в зоне, где поток СИ меняется в пределах от 800 до  $1400 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$  в год. При этом продолжительность солнечного сияния в России находится в пределах от 1700 до 2000 ч/год. Максимум указанных значений на

Земле составляет более 3600 ч/год. За год на всю территорию России поступает солнечной энергии больше, чем энергия от всех российских ресурсов нефти, газа, угля и урана.

В мире сегодня солнечная энергетика весьма интенсивно развивается и занимает важное место в топливно-энергетическом комплексе ряда стран, например в Германии. В этой стране и в некоторых других развитых и развивающихся странах принят ряд законов на государственном уровне, которые дают существенную поддержку развитию нетрадиционных возобновляемых источников энергии и, в частности, солнечной энергетике.

Солнечная энергия на Земле используется с помощью солнечных энергетических установок, которые можно классифицировать по следующим признакам:

виду преобразования солнечной энергии в другие виды энергии — теплоту или электричество;

концентрированию энергии — с концентраторами и без концентраторов;

технической сложности — простые (нагреватели воды, сушилки, нагревательные печи, опреснители и т.п.) и сложные.

Первый вид установок базируется в основном на системе преобразования солнечного излучения в теплоту, которая чаще всего используется в обычных схемах тепловых электростанций. К ним относятся: башенные солнечные электростанции, солнечные пруды, солнечные энергетические установки с параболоцилиндрическими концентраторами.

Второй вид базируется на прямом преобразовании солнечного излучения в электроэнергию с помощью солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ).

Солнечные коллекторы (СК) — это технические устройства, предназначенные для прямого преобразования СИ в тепловую энергию в системах теплоснабжения для нагрева воздуха, воды или других жидкостей. Системы теплоснабжения принято разделять на пассивные и активные. Самыми простыми и дешевыми являются пассивные системы теплоснабжения, которые для сбора и распределения солнечной энергии используют специальным образом сконструированные архитектурные или строительные элементы зданий и сооружений и не требуют дополнительного специального оборудования.

В настоящее время в мире все большее распространение получают активные системы теплоснабжения со специально установленным оборудованием для сбора, хранения и распространения энергии СИ, которые по сравнению с пассивными позволяют значительно повысить эффективность использования СИ, обеспечить большие возможности регулирования тепловой нагрузки и расширить область применения солнечных систем теплоснабжения в целом.

Солнечные коллекторы классифицируют по следующим признакам:

назначению — для горячего водоснабжения, для отопления;  
виду теплоносителя — жидкостные и воздушные;  
продолжительности работы — сезонные и круглогодичные;  
техническому решению — одно-, двух- и многоконтурные.

Сегодня наиболее распространены плоские водонагреватели или СК, позволяющие использовать как прямую, так и диффузную составляющие СИ, которая весьма значительна в условиях России.

Такой СК представляет собой теплоизолированный с тыльной стороны к СИ и боков ящик (рис. 6.3). Внутри него расположены теплопоглощающие каналы, по которым движется теплоноситель. Сверху СК закрыт светопрозрачным материалом. Циркуляция теплоносителя (чаще всего воды) в таком подогревателе может осуществляться принудительно с помощью небольшого насоса или естественным путем за счет разности гидростатических давлений в столбах холодной и горячей воды.

Обычный солнечный водоподогреватель для нагрева воды до  $60^{\circ}\text{C}$ , в котором облучаемая поверхность ориентирована на юг под углом  $25\ldots 35^{\circ}$  к горизонту имеет дневную производительность в среднем  $70\ldots 80$  л воды с  $1\text{ м}^2$  поверхности нагревателя.

В ряде стран мира солнечные коллекторы систем теплоснабжения стали обычным атрибутом жизни. Технологии эффективного нагрева воды для бытовых целей с помощью СИ достаточно хорошо отработаны. Например, в США более 60 % находящихся в среднем на широте Крыма частных и общественных бассейнов

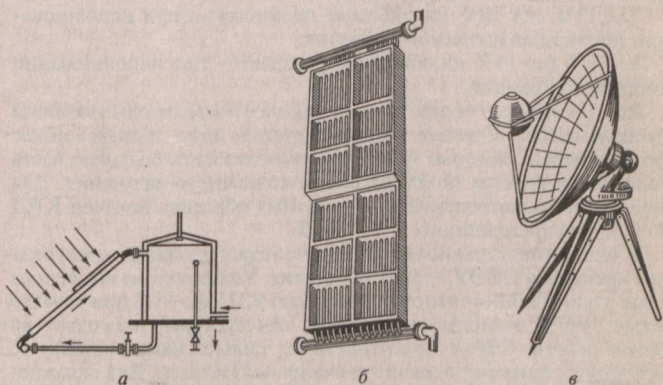


Рис. 6.3. Солнечный водонагреватель:

*а* — схема установки; *б* — секция солнечного водонагревателя; *в* — параболический концентратор

обогревается за счет СИ. При этом используются простейшие и дешевые системы — бесстекольные, без тепловой изоляции, пластиковые.

Солнечные фотоэлектрические установки в настоящее время находят все более широкое распространение и применение как источники энергии для средних и малых автономных потребителей, а иногда и для больших солнечных электростанций, работающих в энергосистемах параллельно с традиционными ТЭС, ГЭС и АЭС. Конструктивно СФЭУ обычно состоит из солнечных батарей в виде плоских прямоугольных поверхностей, работа которых состоит в преобразовании энергии СИ в электрическую энергию. Электрический ток в фотоэлектрическом генераторе возникает в результате процессов, происходящих в фотоэлементах при попадании на них СИ. Наиболее эффективны фотоэлектрические генераторы, основанные на возбуждении электродвижущей силы (ЭДС) на границе между проводником и светочувствительным полупроводником (например, кремний) или между разнородными проводниками.

Фотоэнергетика сделала очень большие шаги в решении двух основных проблем: повышении КПД СФЭУ и снижении стоимости их производства.

Наибольшее распространение получили СФЭУ на основе кремния трех видов: монокристаллического, поликристаллического и аморфного. В промышленном производстве находятся СФЭУ со следующими КПД:

15...16 % (до 24 % на опытных образцах) — при использовании монокристаллического кремния;

12...13 % (до 16 % на опытных образцах) — при использовании поликристаллического кремния;

8...10 % (до 14 % на опытных образцах) — при использовании аморфного кремния.

Все эти данные соответствуют так называемым однослойным фотоэлементам. Сегодня уже исследуются двух- и трехслойные фотоэлементы, которые позволяют использовать большую часть солнечного спектра по длине волны солнечного излучения. Для двухслойного фотоэлемента на опытных образцах получен КПД 30 %, а для трехслойного — 35...40 %.

В последние годы появился весьма перспективный конкурент для кремния в СФЭУ — арсенид галлия. Установки на его основе даже в однослойном исполнении имеют КПД до 30 % при гораздо более слабой зависимости КПД от температуры, поскольку во время работы СФЭУ поверхности их сильно нагреваются, что приводит к снижению энергетических показателей. Для охлаждения таких установок необходимо использовать охлаждающую воду.

В настоящее время СФЭУ с успехом используются в ряде стран мира, особенно в Японии, Германии и США.



По экспертным оценкам, вновь вводимая за год мощность СФЭУ в мире в 2005 г. составит 200 МВт, а в 2010 г. — 700 МВт при среднегодовом приросте около 25 %.

Сегодня в России имеются достаточная научная база для развития фотоэнергетики и мощное промышленное производство, которое способно создавать любые современные СФЭУ.