

Лекция 5.1. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Быстрое развитие экономики, внедрение новых, иногда чрезмерно энергоемких технологий в обеспечении жизнедеятельности людей влечет за собой значительный рост энергопотребления. Ситуация с энергообеспечением существенно меняется. Возросшие требования к защите окружающей среды требуют нового подхода к энергетике. На смену традиционным углеводородным источникам приходят и занимают в энергетике все более значимое место нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Среди всех видов нетрадиционных и возобновляемых источников энергии самым большим потенциалом обладает солнечная энергия, которая уверенно завоевывает устойчивые позиции в мировой энергетике.

Солнечная энергетика – это направление альтернативной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Привлекательность солнечной энергетике обусловлена рядом обстоятельств:

- солнечная энергия, в первую очередь, – это возобновляемый источник энергии, в отличие от ископаемых видов топлива – угля, нефти, газа, которые не восстанавливаются;
- она обладает огромным потенциалом – поверхность Земли облучается 120 тыс. тераваттами солнечного света, а это в 20 тыс. раз превышает общемировую потребность в ней;
- солнечная энергия постоянна – ее нельзя перерасходовать в процессе удовлетворения нужд человечества в энергоносителях;
- энергия солнца доступна в каждой точке нашей планеты, поэтому она привлекательна для всех стран, отвечая их интересам в плане энергетической независимости;
- это экологически чистый источник энергии, позволяющий использовать его во все возрастающих масштабах без негативного влияния на окружающую среду;
- солнечная энергия обладает широким спектром приложений, от выработки электроэнергии в регионах, где отсутствует подключение к централизованной системе электроснабжения, до снабжения энергией спутников на околоземной орбите;
- солнечная энергия – это практически неисчерпаемый источник энергии, который будет доступен и через много лет

СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Возникновение, существование и развитие различных форм жизни на Земле обусловлено наличием солнечного излучения. Солнце является родоначальником практически всех горючих ископаемых нашей планеты, а также первоисточником новых и возобновляемых видов энергии. Солнечная энергия аккумулируется растениями в процессе фотосинтеза, в результате которого содержащийся в воздухе углекислый газ и солнечный свет участвуют в образовании углеводов. Все виды горючего топлива (уголь, нефть, природный газ, горючие сланцы, торф), а также древесина, сельскохозяйственные продукты являются производными этого феноменального механизма.

Солнце является главным источником энергии на Земле, мощность которого несравнима ни с какими другими источниками.

Источником энергии солнечного излучения являются термоядерные реакции, протекающие на Солнце.

Солнце излучает в окружающее пространство поток мощности, эквивалентный $4 \cdot 10^{23}$ кВт. Вследствие реакций ядерного синтеза в активном ядре Солнца достигаются температуры до 10^7 К, спектральное распределение потока излучения из ядра неравномерно. Это

излучение поглощается внешними неактивными слоями, в результате чего спектральное распределение солнечного излучения становится относительно непрерывным.

Земля находится от Солнца на расстоянии примерно 150 млн км. Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем, составляет около $5 \cdot 10^8$ км². Поток солнечной радиации, достигающей Земли, по оценкам экспертов составляет до $1,2 \cdot 10^{14}$ кВт, что значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии (для примера, суммарная мощность всех электростанций России примерно $2,2 \cdot 10^8$ кВт).

Солнечная радиация - это электромагнитное излучение, сосредоточенное в основном в [1]диапазоне волн длиной 0,28-3,0 мкм.

Солнечный спектр можно разделить на три основные группы:

- ультрафиолетовое излучение (длины волн до 0,4 мкм) – 9 % интенсивности;
- видимое излучение (длины волн от 0,4 мкм до 0,7 мкм) – 45 % интенсивности;
- инфракрасное (тепловое) излучение (длины волн более 0,7 мкм) – 46 % интенсивности.

Остальные части спектра играют незначительную роль в тепловом балансе Земли.

Для количественной оценки излучения применяется величина, называемая **интенсивностью**.

Интенсивность ($E = [\text{Вт}/\text{м}^2]$) – это мощность лучистой энергии, приходящей за пределами земной атмосферы в секунду на квадратный метр площадки, перпендикулярной солнечным лучам.

При прохождении через атмосферу солнечный свет ослабляется в основном из-за поглощения инфракрасного излучения парами воды, ультрафиолетового излучения – озоном и рассеяния излучения молекулами газов и находящимися в воздухе частицами пыли и аэрозолями.

Параметром, отражающим влияние атмосферы на интенсивность и спектральный состав солнечного излучения, доходящего до земной поверхности, является **атмосферная масса (АМ)**.

При нулевой воздушной массе $AM = 0$ интенсивность излучения равна $E_c = 1,35$ кВт/м². Величина $AM = 1$ соответствует прохождению солнечного излучения через безоблачную атмосферу до уровня моря при зенитальном расположении Солнца. Воздушная масса для любого уровня земной поверхности в любой момент дня определяется по формуле

$$AM = \frac{P}{P_0 \sin \theta},$$

где P – атмосферное давление, Па; P_0 – нормальное атмосферное давление ($1,013 \cdot 10^5$ Па); θ – угол высоты Солнца над горизонтом.

Наиболее характерной в земных условиях является величина $AM = 1,5$ ($\theta = 42^\circ$). Она принята за стандартную при интегральной поверхностной плотности солнечного излучения $E_c = 0,84$ кВт/м², что необходимо при обеспечении сравнимости результатов исследований различных солнечных элементов.

Энергия фотонов $h\nu = [\text{эВ}]$, в излучении с длиной волны λ определяется из соотношения:

$$h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{1,24}{\lambda},$$

где h – постоянная Планка, $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; c – скорость света, $2,99 \cdot 10^8$ м/с; λ – длина волны, мкм.

Электрон-вольт – работа, которую необходимо совершить, чтобы переместить электрон между двумя точками с разностью потенциалов 1 В. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Граничная длина волны, начиная с которой фотоны будут поглощаться в материале солнечного элемента с шириной запрещенной зоны

$$\lambda_{гр} = \frac{1,24}{E_g}.$$

Более длинноволновое излучение не поглощается в полупроводнике и, следовательно, бесполезно с точки зрения фотоэлектрического преобразования.

Запрещенная зона – зона, характеризующаяся отсутствием энергетических уровней, различна по ширине для разных материалов.

Солнечное излучение на поверхность Земли зависит от многих факторов:

- широты и долготы местности;
- географических и климатических особенностей;
- состояния атмосферы;
- высоты Солнца над горизонтом;
- размещение приемника солнечного излучения на Земле;
- размещение приемника солнечного излучения по отношению к Солнцу и т. д.

В целом можно выделить как закономерные особенности солнечного излучения, так и существенную долю его случайной составляющей. Суммарное солнечное излучение, достигающее поверхности Земли, обычно состоит из трех составляющих:

1. Прямое солнечное излучение, поступающее от Солнца на приемную площадку в виде параллельных лучей.

2. Диффузионное или рассеянное молекулами атмосферных газов и аэрозолей солнечное излучение.

3. Отраженная земной поверхностью доля солнечного излучения.

Необходимо помнить, что в течение как коротких (минуты, часы), так и длительных (сутки, недели) интервалов времени в конкретной точке Земли может отсутствовать полностью или частично первая составляющая солнечного излучения. А в ночные часы солнечное излучение отсутствует вообще. Это означает, что солнечная энергетическая установка на Земле имеет нулевую гарантированную мощность при использовании только солнечного излучения без сочетания с другими источниками энергии. Кроме того, применительно к России, солнечное излучение достигает своего максимума в летний период, когда обычно происходит закономерное уменьшение потребления электроэнергии. Соответственно максимум зимнего потребления энергии в стране приходится на период минимального прихода солнечного излучения.

Измерение составляющих солнечного излучения на Земле производится на актинометрических станциях. Как показывает мировой опыт, простой перенос имеющихся методов расчета солнечного излучения в одной стране на условия другой с иными климатическими условиями дает очень большие ошибки.

Дополнительные сложности для России вносит и очень ограниченное число актинометрических станций, измерения на которых можно использовать в расчетах режимов и параметров солнечных энергетических установок разного типа и вида.

Поток солнечного излучения на Земле существенно меняется, достигая максимума в 2200 (кВт·ч)/(м²·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 солнечного излучения меняется в пределах от 800 до 1400 (кВт·ч)/(м²·год). При этом продолжительность солнечного сияния в России находится в пределах от 1700 до 2000 часов в год. Максимум указанных значений на Земле составляет более 3600 часов в год. За год на всю территорию России поступает солнечной энергии больше, чем энергии от всех российских ресурсов нефти, газа, угля и урана.