

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Методические указания по выполнению практических работ
по дисциплине «Возобновляемые источники энергии»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»
всех форм обучения

Составитель Р.А. Храмцов

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 8 от 1.04.2012

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
специальности 140211
Протокол № 9 от 11.04.2012

Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2012

1. Цель занятия

Целью занятия является закрепление полученных теоретических знаний по дисциплине «Возобновляемые источники энергии», овладение методикой расчета основных параметров солнечных установок и определения возможности их использования на примере климатических условий Кемеровской области. В методических указаниях по выполнению практических работ представлены варианты задач, методика расчета, приведены примеры решения. Данные, необходимые для решения задач, представлены в приложении.

2. Основные теоретические положения

Используют солнечную энергию в основном двумя методами – в виде тепловой энергии путем применения различных термосистем или посредством фотохимических реакций.

Наибольшее распространение в мире получили технологии использования солнечной энергии для горячего водоснабжения и отопления. Для этих целей достаточна низкотемпературная энергия. Установки и системы солнечного теплоснабжения делятся на пассивные и активные.

В пассивных системах поглощение и аккумулирование солнечной энергии осуществляется непосредственно элементами строительных конструкций зданий при незначительном использовании дополнительных устройств или без них. Человек на протяжении своей истории давно научился использовать солнечное тепло при строительстве своего жилища. Во многих странах для зданий характерны толстые стены, аккумулирующие энергию, и ориентация окон на солнечную сторону. Уже в наше время были разработаны усовершенствования этой «системы». Стена, обращенная на юг, окрашивается в черный цвет, перед стеной располагается остекленная поверхность, а между ними остается воздух, который нагревается и циркулирует в доме путем конвекции. Вместо каменной стены может быть «водяная стена», состоящая из наполненных водой резервуаров из стекловолокна.

Активные системы основаны на использовании коллекторов, устройств, преобразующих солнечную энергию в тепло.

Плоский солнечный коллектор состоит из поглощающей энергию плиты, остекления, и расположенных между плитой и стеклом труб. По трубам с помощью насоса циркулирует нагревающаяся жидкость.

Солнечные коллекторы могут использоваться в целом ряде низкотемпературных процессов. Например, в пищевой промышленности для пастеризации продуктов, для мойки банок, бутылок, для стирки белья в прачечных, сушки сельскохозяйственных продуктов и даже зданий.

Для получения высокой температуры или совершения механической работы применяют отражающие солнечные коллекторы, концентрирующие тепло и свет солнца и следящие за его перемещением. В таких коллекторах применяются либо зеркала, либо линзы. Зеркала могут быть параболическими, параболоидными или сферическими. Сконцентрированный солнечный свет попадает на центральный теплоприемник и нагревает жидкость, которая прокачивается насосом. В эту систему входит и бак-аккумулятор для нагретой жидкости.

Основная проблема широкого использования солнечных тепловых установок связана с их экономической эффективностью и конкурентоспособностью по сравнению с традиционными системами. Стоимость энергии, вырабатываемая солнечными установками более высока, чем стоимость энергии, получаемая при использовании традиционного топлива. Но для районов, удаленных от централизованного энергоснабжения, использование солнечных коллекторов экономически более выгодно.

Более эффективный путь использования солнечной энергии – непосредственное преобразование ее в электрическую в фотоэлементах. Фотоэлементы представляют собой светочувствительные пластины из полупроводникового материала: селена, кремния, арсенида галлия, диселенида кремния и т.д. Фотоэлектричество производится, когда частицы света (фотоны), поглощенные полупроводником, создают электрический ток. Солнечные батареи могут быть различной мощности – от портативных установок в несколько ватт до мегаваттных электростанций, покрывающих миллионы квадратных метров площади.

Для того, чтобы не зависеть от суточного и сезонного солнечного цикла и состояния атмосферы существуют технические

методы накопления энергии такие как: электрохимическое накопление аккумуляторами, механическое накопление (с помощью вращающихся маховиков) и в форме водорода. Также возможно сочетание фотоэлементов с другими источниками энергии, например, наиболее вероятно сочетание с ветровыми установками, а также с системами на ископаемом топливе.

Фотоэлектрические системы (солнечные батареи) требуют минимального обслуживания, в них не используется вода, и поэтому они хорошо приспособлены для отдаленных и пустынных районов. Этот способ преобразования солнечной энергии является долговечным и экологически чистым, а также сам может быть использован для улучшения экологической обстановки в месте использования, а в перспективе – и для регулирования экологических условий на больших территориях.

Основные потребности в солнечных батареях включают: освещение, работу бытовой электротехники (радио, телевизор, холодильник), насосов для подъема воды в удаленных сельских районах; энергообеспечение экологически чистых зон массового отдыха и лечения; обеспечение радио- и телекоммуникационных систем, маяков, буев. Установки использования солнечной энергии не только могут быть экологически чистыми, но и иметь положительное влияние на другие сферы жизни. Например, использование солнечных батарей в жарких пустынных районах в качестве «солнечного зонтика» обеспечивает благоприятные условия для выращивания под ним бахчевых и цитрусовых культур, для которых целесообразно использовать не слишком интенсивное солнечное излучение. Другим примером является использование солнечных батарей или солнечных коллекторов как строительных элементов в качестве облицовочных панелей садов зданий («солнечных домов»).

Солнечные электрические установки используют солнечные элементы для выработки электричества при освещении их солнечным светом. В отличие от солнечных коллекторов, они работают всегда, когда светит солнце. Солнечные батареи вырабатывают электричество даже в облачную погоду, хотя и в меньшем количестве. Солнечная электроустановка состоит из солнечных батарей, аккумуляторной батареи и преобразователя постоянного тока в переменный ток (рис. 1).

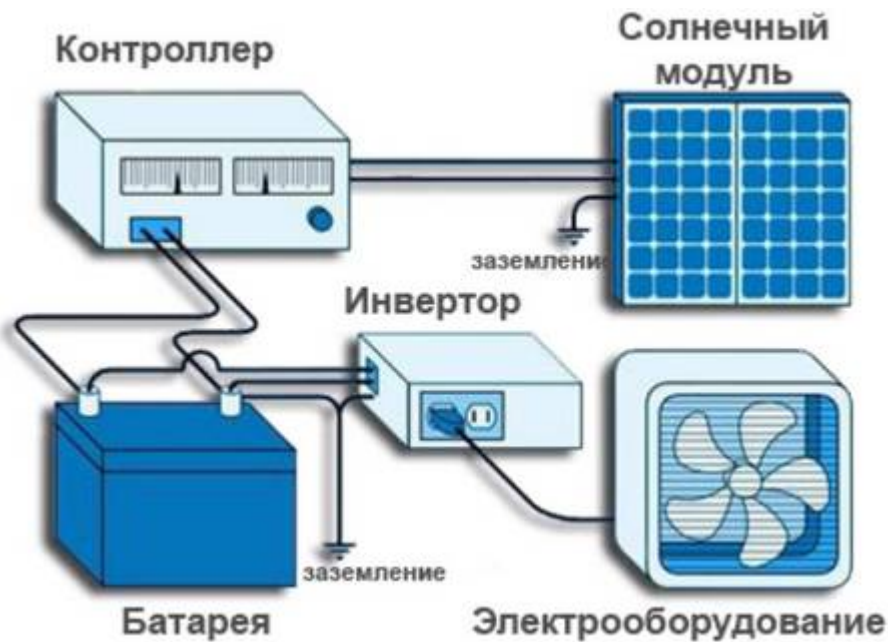


Рис. 1. Солнечная электроустановка

Современные фотоэлементы практически полностью основаны на кремнии.

Преобразование энергии в фотоэлементах основано на фотоэлектрическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечного излучения.

Неоднородность структуры фотоэлемента может быть получена легированием одного и того же полупроводника различными примесями (создание p-n переходов) или путём соединения различных полупроводников с неодинаковой шириной запрещённой зоны – энергии отрыва электрона из атома (создание гетеропереходов), или же за счёт изменения химического состава полупроводника, приводящего к появлению градиента ширины запрещённой зоны (создание варизонных структур). Возможны также различные комбинации перечисленных способов.

Мощность солнечных элементов, как правило, небольшая, и составляет в среднем 0,7...0,75 Вт. Для получения большей мощности солнечные элементы (СЭ) соединяют между собой последовательно, образуя солнечные модули (СМ), которые далее могут собираться в солнечную батарею (СБ). Необходимо учиты-

вать, что при последовательном соединении элементов неизбежны потери мощности. Коэффициент $\eta_{\Delta P}$, учитывающий эти потери принимается в расчетах равным 0,95-0,99. Коэффициент, определяющий потери энергии при передаче ее к потребителю (потери в инверторе, зарядном устройстве и др.) составляет $\eta_{\Delta \Sigma} = 0,9$.

Форма солнечных элементов может быть прямоугольной, квадратной, а также псевдоквадратной или псевдокруглой. Форма определяет коэффициент заполнения площадки солнечного модуля. Для прямоугольных и квадратных и псевдоквадратных СЭ этот коэффициент равен $K_{\text{зап}} = 0,95 \dots 0,99$; для круглых $K_{\text{зап}} = 0,85$. КПД преобразования солнечных лучей в электрическую энергию зависит от материала солнечного элемента, его многослойности и температуры окружающей среды. Температура окружающей среды определяется периодом года. Для условий Кемеровской области она составляет: для марта и октября $+0 \dots 5$ °С, для апреля, сентября $+5 \dots 10$ °С, мая $+10 \dots 15$ °С, июня, июля, августа $+15 \dots 20$ °С. Мощность СЭ может быть определена из вольтамперной характеристики (ВАХ). ВАХ солнечного элемента, (модуля, батареи) – это зависимость между током нагрузки и напряжением на клеммах солнечного фотоэлектрического элемента при постоянных значениях температуры солнечных элементов и интенсивности поступающего солнечного излучения (рис. 2).

Стандартные условия испытаний солнечного элемента, модуля, батареи STC (Standard test conditions for solar cell, module, array) – это условия испытаний, регламентированные по плотности потока солнечной энергии $R = 1000 \text{ Вт/м}^2$ и температуре фотоэлектрических солнечных элементов (25 ± 2) °С.

Солнечный модуль может работать при любой комбинации напряжения и тока на его вольтамперной характеристике (ВАХ). Однако в реальности модуль работает в одной точке в данное время. Эта точка выбирается не модулем, а электрическими характеристиками цепи, к которой данный модуль (или солнечная батарея) подключен.

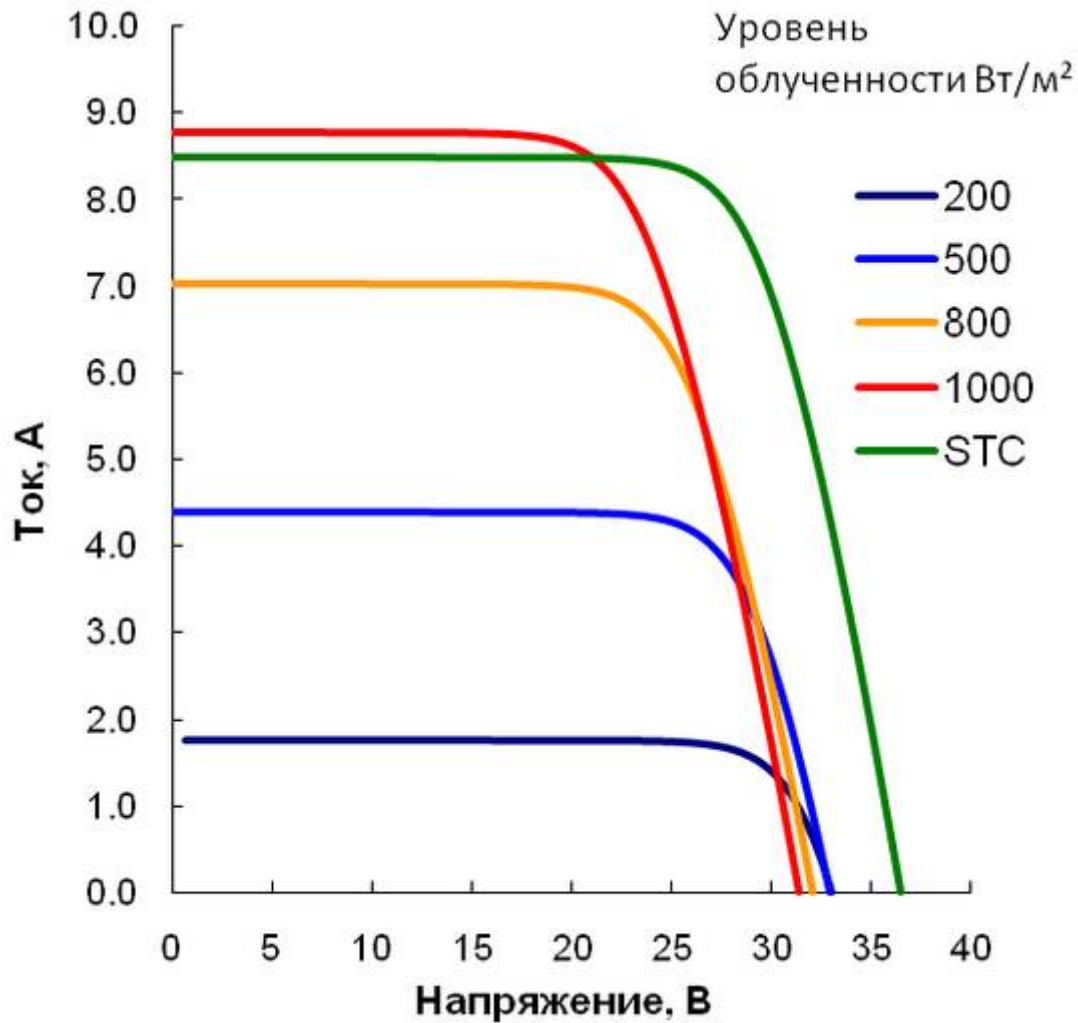


Рис. 2. Вольтамперная характеристика солнечного модуля

Напряжение, при котором ток равен 0, называется напряжением холостого хода. С другой стороны, ток, при котором напряжение равно 0, называется током короткого замыкания. В этих крайних точках ВАХ мощность модуля равна 0. На практике, система работает при комбинации тока и напряжения, когда вырабатывается достаточная мощность.

Лучшее сочетание называется точкой максимальной мощности (ТММ, или MPP). Соответствующие напряжение и ток обозначаются как U_p (номинальное напряжение) и I_p (номинальный ток). Именно для этой точки определяются номинальная мощность и КПД солнечного модуля.

Во многих странах происходит постоянный рост производства солнечных коллекторов. В настоящее время их мировая ус-

тановленная мощность оценивается в 10 ГВт. Общая площадь солнечных коллекторов в мире превысила по неполным данным 21 млн. м², при этом годовое производство солнечных коллекторов превышает 1,7 млн. м². Страны-лидеры: Япония – 7 млн. м², США – 4 млн. м², Израиль – 2,8 млн. м², Греция – 2,0 млн. м².

В бывшем СССР максимальное годовое производство составляло 40 тыс. м² коллекторов, а общая площадь установленных коллекторов, главным образом для горячего водоснабжения, достигала 250 тыс. м², но их технический уровень был низким. В России в настоящее время разработаны более совершенные конструкции, не уступающие зарубежным аналогам, но вследствие экономического кризиса в стране объем производства солнечных коллекторов сократился и составляет менее 1 тыс. м².

Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии является одним из наиболее быстро развивающихся в мире направлением использования возобновляемых источников энергии.

Таблица 1

Суммарные мощности фотоэлектрических станций 2010 год

№	Страна	Мощность, МВт
1	Германия	17320
2	Испания	3892
3	Япония	3617
4	Италия	3502
5	США	2519
6	Чехия	1953
7	Франция	1025
8	Китай	893
9	Бельгия	803
10	Ю. Корея	573
11	Австралия	504
Весь мир		39 778

Годовые темпы роста за последние 5 лет составляют 30 %. Лидируют страны: Япония – 80 МВт, США – 60 МВт, Германия –

50 МВт. По оценкам некоторых специалистов, к 2100 году солнце станет доминирующим источником энергии на планете, а аналитики Международного энергетического агентства (МЭА) прогнозируют, что уже к 2050 году солнечная энергетика будет обеспечивать 20...25 % мировых потребностей в электроэнергии. Во многих странах солнечная энергетика получила активную государственную поддержку и стремительно развивается. Опыт этих стран показывает, что при определенных климатических, экономических и политических условиях солнечная энергия и другие виды энергетики на основе возобновляемых источников сегодня может стать реальным конкурентом традиционной энергетике.

Но речь идет не только о далекой перспективе – смена глобальной энергетической парадигмы произойдет уже в ближайшее десятилетие. Так, страны ЕС планируют, что к 2020 году доля использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в европейском энергобалансе составит 20 %, а некоторые штаты США – например, Калифорния – планируют достичь доли ВИЭ в 33 % к 2020 году.

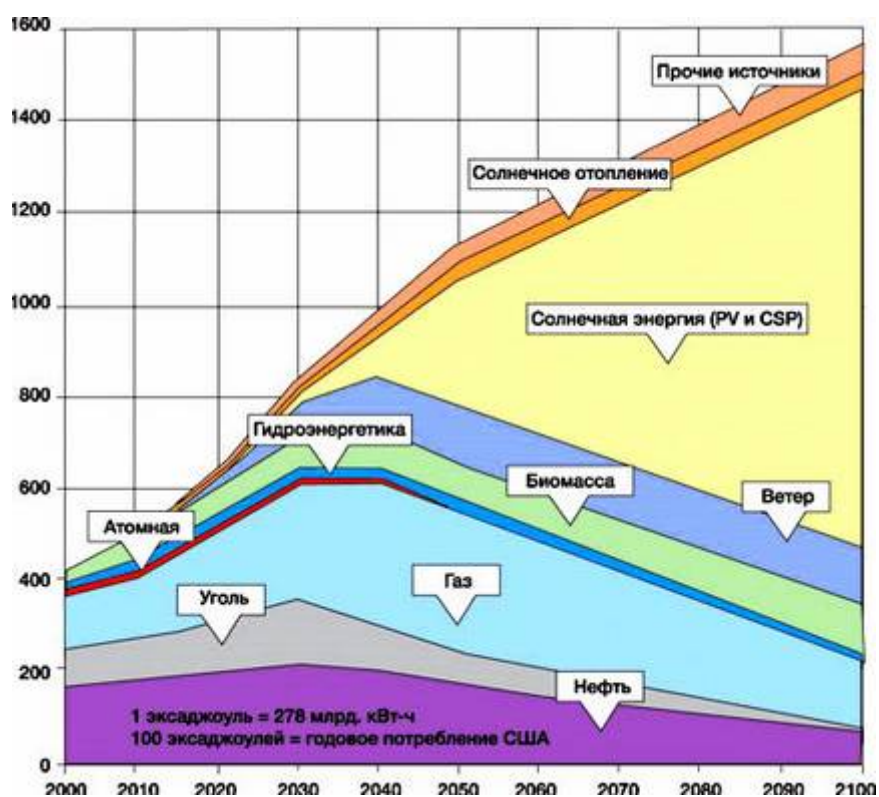


Рис. 3. Перспективы развития возобновляемой энергетики

Масштабы использования фотоэлектрических солнечных батарей ограничиваются более высокой стоимостью вырабатываемой электроэнергии, по сравнению с энергией, получаемой за счет использования традиционных источников энергии. Удельная стоимость мощности плоских модулей солнечных батарей на мировом рынке составляет 4-5 долл./Вт, а стоимость фотоэлектрических установок 7-10 долл./Вт. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой модулями, колеблется в пределах 20-30 цент./(кВт·ч), что значительно превышает стоимость электроэнергии от традиционных источников.

Масштабы использования фотоэлектрических солнечных батарей ограничиваются более высокой стоимостью вырабатываемой электроэнергии, по сравнению с энергией, получаемой за счет использования традиционных источников энергии. Удельная стоимость мощности плоских модулей солнечных батарей на мировом рынке составляет 4...5 долл./Вт, а стоимость фотоэлектрических установок 7...10 долл./Вт. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой модулями, колеблется в пределах 20...30 цент./(кВт·ч), что значительно превышает стоимость электроэнергии от традиционных источников.

В России есть большие районы с централизованным энергообеспечением, но испытывающие острый дефицит энергии, что приводит к значительным потерям, в том числе материальным и финансовым. Есть регионы, удаленные от централизованных энергосистем – отдельные поселки, деревни, рабочие точки. Использование возобновляемых источников энергии, в том числе солнечного излучения позволило бы решать энергетические и социально-экономические проблемы таких регионов и удаленных мест. То есть вопрос об экономической возможности и эффективности необходимо решать с учетом социально – экономических условий, в том числе дефицита энергии, стоимости топлива, географических и климатических условий.

Наиболее благоприятные районы для использования солнечной энергии в нашей стране, по оценкам специалистов, это: Северный Кавказ, Астраханская область, Калмыкия, Тува, Бурятия, Читинская область, Дальний Восток.

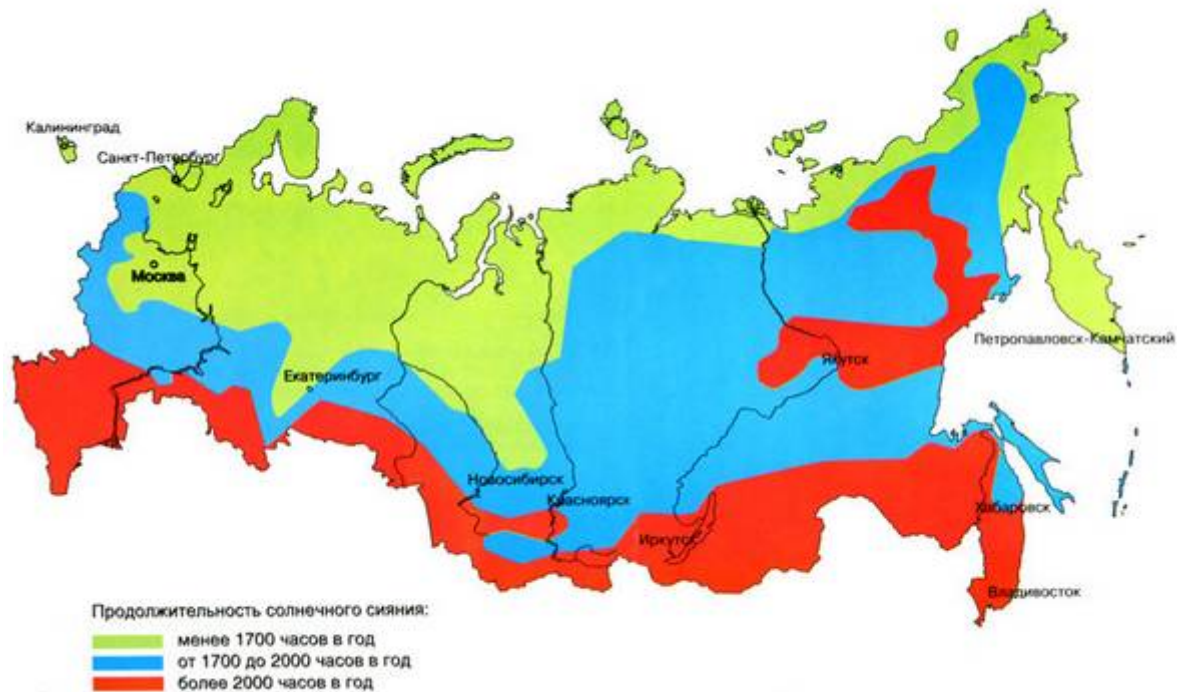


Рис. 4. Карта солнечной активности на территории России

В настоящий момент суммарный объем введенных мощностей солнечной генерации в России, по разным оценкам, составляет не более 5 МВт. Большая часть установок приходится на домохозяйства. Наиболее крупным промышленным объектом является солнечная электростанция, которая была введена в эксплуатацию в прошлом году в Белгородской области, ее мощность составляет 100 кВт (крупнейшая в мире – 80 000 кВт, в Канаде).

Среди проектов солнечной генерации в России можно отметить пилотные проекты компании «Хевел» по строительству солнечных парков в Ставропольском крае (мощностью 12 МВт) и Республике Дагестан (10 МВт), оба проекта находятся сейчас в стадии предварительной проработки, так как ожидают введения пилотного механизма стимулирования объектов ВИЭ. Кроме того, существует и ряд мелких проектов, которые компании-энтузиасты развивают, несмотря на отсутствие мер поддержки. Например, «Сахазэнерго» поставило маленькую экспериментальную станцию на 10 кВт в Якутии, есть маленькие установки в Москве, например в Музее космонавтики.

3. Выполняемое задание

Определить характеристики СМ типа PSM4-150 на кремниевых монокристаллических солнечных элементах и рассчитать его К.П.Д. в зависимости от мощности. Рассчитать выработку электроэнергии солнечной батареей, состоящей из m модулей на площадке, расположенной под углом β к горизонту в заданный период времени для условий Кемеровской области. Определить процент валового потенциала солнечной радиации, используемого солнечным модулем на 1 м^2 этого модуля. Сделать выводы о целесообразности использования СМ для получения электрической энергии в условиях Кемеровской области. Данные для расчета взять из табл. П.1 и П.2 приложения.

3.1. Методика расчета

Коэффициент полезного действия одного солнечного модуля определяется:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{пол}}}, \quad (1)$$

где P – мощность, определяемая по ВАХ солнечного модуля (прил., рис. П.1).

Для удобства расчетов СМ данные ВАХ рекомендуется внести в табл. 2, отметив точки холостого хода и короткого замыкания.

Полезная мощность $P_{\text{пол}}$ определяется:

$$P_{\text{пол}} = R \cdot F_{\text{см}}, \quad (2)$$

где R – уровень освещенности, Вт/м^2 (прил., рис. П.1); $F_{\text{см}}$ – площадь солнечного модуля, которая определяется по выражению:

$$F_{\text{см}} = F_{\text{сэ}} n K_{\text{зап}}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

где $F_{\text{сэ}}$ – площадь одного солнечного элемента, м^2 ; n – количество солнечных элементов в модуле; $K_{\text{зап}}$ – коэффициент заполнения солнечными элементами площади солнечного модуля. Значения $F_{\text{сэ}}$, n взять из прил. табл. П.2.

Результаты расчета для каждой точки характеристики рекомендуется занести в табл. 2

Таблица 2

Результаты расчета

I, A									
U, B									
$P, Bт$									
$\eta, \%$									

По данным таблицы построить зависимость $\eta = f(P)$. Определить максимальное значение КПД при соответствующем значении мощности.

Выработка электрической энергии солнечным модулем в i -том месяце определяется:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{\text{вал}} F_{\text{см}} m \eta_{\text{к}} K_t \eta_{\Delta P} \eta_{\Delta \mathcal{E}}, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{вал}}$ – валовой удельный приход солнечной радиации на рассматриваемую площадку, кВт·ч/м² (табл. П.2); m – количество модулей в солнечной батарее; $\eta_{\text{к}}$ – КПД кремниевого солнечного элемента (берется максимальное значение по ВАХ); K_t – коэффициент, учитывающий влияние температуры солнечного модуля на его КПД; $\eta_{\Delta P}, \eta_{\Delta \mathcal{E}}$ – соответственно потери мощности, определяемые последовательным соединением элементов и передачей энергии до потребителя.

Коэффициент, учитывающий влияние температуры солнечного модуля на его КПД определяется из выражения

$$K_t = 1 - [a(T - T_0)], \quad (5)$$

где T – температура окружающей среды для заданного месяца, °С; $T_0 = 25$ °С – стандартная температура солнечного элемента; a – градиент изменения КПД СЭ от изменения температуры. Для кремниевых солнечных элементов он определяется:

$$a = \frac{\eta_{\text{к}}}{120}, \quad (6)$$

где $\eta_{\text{к}}$ – КПД солнечного элемента для расчетных условий (берется максимальное значение).

Выработка электрической энергии рассчитывается для месяцев, указанных в задании.

Процент использования валового потенциала определяется отношением полученной выработки электрической энергии солнечным модулем на 1 м^2 модуля к валовому удельному приходу солнечной радиации для каждого месяца.

$$И_i = \frac{\mathcal{E}_i}{\mathcal{E}_{\text{вал}i}} 100 \%. \quad (7)$$

3.2. Пример расчета:

Исходные данные для расчета:

- расчетный месяц – июль;
- температура окружающей среды, $T = +20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- угол наклона солнечной батареи к горизонту, $\beta = 58^\circ$;
- количество модулей, $m = 3$.

1. Разбиваем ВАХ на несколько точек, включая точки х.х. и к.з. Для каждой точки по значению тока определяем соответствующее значение напряжения. Данные заносим в табл. 1. По этим данным определяется мощность солнечного модуля. Так, для тока $I = 1,5 \text{ А}$, напряжение равно $U = 34 \text{ В}$. Тогда мощность в этой точке характеристики:

$$P = U \cdot I = 34 \cdot 1,5 = 51 \text{ Вт}$$

Аналогично определяются все остальные значения мощности. Данные заносятся в табл. 1.

2. Площадь солнечного модуля:

$$F_{\text{см}} = F_{\text{сэ}} \cdot n \cdot K_{\text{зап}} = 0,0156 \cdot 72 \cdot 0,97 = 1,09 \text{ м}^2$$

3. Полезная мощность:

$$P_{\text{пол}} = R \cdot F_{\text{см}} = 800 \cdot 1,09 = 872 \text{ Вт}$$

4. КПД солнечного модуля для мощности $P = 51 \text{ Вт}$:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{пол}}} = \frac{51}{872} = 0,058.$$

Для остальных точек расчет аналогичный.

5. По данным табл. 1 строим зависимость $\eta = f(P)$ и определяем максимальное значение коэффициента полезного действия. Для нашего случая он равен 11,3 %.

6. Градиент a изменения КПД СЭ от изменения температуры:

$$a = \frac{\eta_k}{120} = \frac{11,3}{120} = 0,094.$$

7. Коэффициент, учитывающий влияние температуры СМ на его КПД:

$$K_t = 1 - [a(T - T_0)] = 1 - [0,094(20 - 25)] = 1,47.$$

8. Выработка электрической энергии солнечной батареей в июле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_7 &= \mathcal{E}_{\text{вал}} F_{\text{см}} m \eta_k K_t \eta_{\Delta P} \eta_{\Delta \mathcal{E}} = \\ &= 145,2 \cdot 1,09 \cdot 3 \cdot 0,113 \cdot 1,47 \cdot 0,97 \cdot 0,9 = 68,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \end{aligned}$$

9. Использование валового потенциала на 1 м² модуля для июля составляет

$$И_7 = \frac{\mathcal{E}_7}{\mathcal{E}_{\text{вал}7}} 100 \% = \frac{68,8}{145,2} 100 \% = 47 \%.$$

Эффективность использования энергии солнца для получения электрической энергии с помощью солнечных батарей из трех модулей в июле месяце составляет менее 50 %.

4. Контрольные вопросы

1. Расскажите, как устроен кремниевый фотоэлемент.
2. Поясните принцип действия фотоэлемента.
3. Назовите электрические характеристики фотоэлемента, ориентировочные цены на оборудование.
4. Перечислите технические требования к фотоэлементам.
5. Назовите и охарактеризуйте крупнейшие действующие солнечные электростанции.
6. Назовите недостатки солнечной энергетики.

Список используемой литературы

1. Андреев, В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / В.М. Андреев, В.А. Грилихес, В.Д. Румянцев – Л.: Наука, 1989. – 310 с.
2. Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика: учебное пособие / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
3. Compiled by Earth Policy Institute from European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), p. 13; EPIA, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2014 (Brussels: May 2010), pp. 5, 10-21.
4. Ассоциация солнечной энергетики России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pvruussia.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Исходные данные для расчета

Вариант	Месяц	Температура окружающей среды, °C	Угол наклона к горизонту, β	Количество модулей, m
0	март, апрель	5	28	4
1	июнь, июль	20	0	2
2	май, июнь	15	58	3
3	сентябрь, октябрь	5	43	4
4	апрель, май	15	0	2
5	июль, август	20	90	2
6	июнь, июль	20	28	1
7	август, сентябрь	10	58	3
8	апрель, май	10	90	3
9	июнь, июль	20	43	2

Таблица П.2

Валовой удельный приход солнечной радиации на поверхность солнечного модуля в кВт ч/(м² мес.) для различных углов наклона площадки β к горизонту

Месяц	$\mathcal{E}_{\text{вал}}$, кВт ч/(м ² ·мес)				
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 28^\circ$	$\beta = 43^\circ$	$\beta = 58^\circ$	$\beta = 90^\circ$
I	55,6	86,49	105,98	114,6	104,1
II	72,2	96,6	114,35	116,3	97,8
III	121,4	144,4	159,2	150,6	111,6
IV	138,8	145,5	149,69	129,1	76,8
V	172,0	171,7	163,35	128,2	66,7
VI	193,8	191,7	174,05	137,6	63,7
VII	201,7	191,7	181,32	145,2	65,2
VIII	171,5	174,8	178,03	147,5	80,3
IX	137,7	155,7	164,3	154,3	106,3
X	97,9	125,2	146,17	147,8	119,0
XI	53,0	75,3	92,8	97,9	85,8
XII	48,9	75,3	100,1	107,9	99,9
Год	1464,6	1634,4	1729,3	1576,1	1077,2

Таблица П.3

**Характеристика фотоэлектрического модуля PSM4-150
на основе монокристаллического кремния**

Характеристика	Значение
Общая площадь модуля в корпусе	1,28 м ²
Масса, кг	19
Лицевая поверхность	стекло марки М1 (4 мм)
Рама	крашеный алюминий
Солнечные элементы	ФЭП 125/150
Количество элементов	72
Форма элемента	псевдоквадрат
Размеры элемента	125 × 125 мм

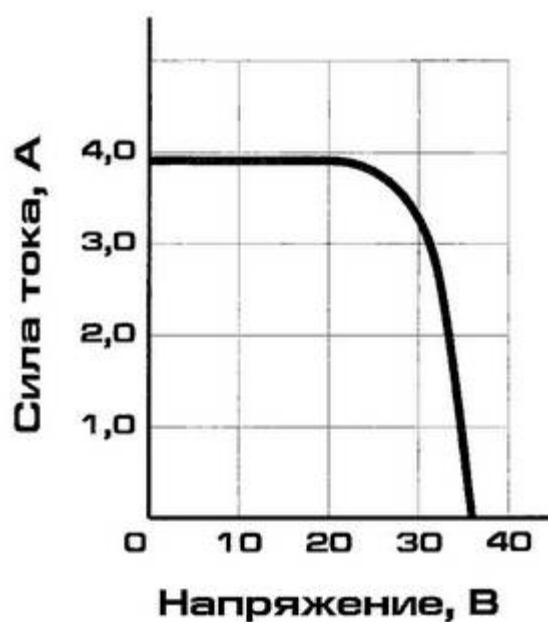


Рис. П.1. Вольтамперная характеристика (ВАХ) PSM4-150 при уровне освещенности 800 Вт/м²

Составитель
Храмцов Роман Анатольевич

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ СОЛНЦА
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Методические указания по выполнению практических работ
по дисциплине «Возобновляемые источники энергии»
для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 29.06.2012. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 26 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.