ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ВЕНЕСУЭЛЕ

В.А. Кузнецова¹, Р.В. Пугачев¹, М.Е. Росендо Чакон^{1,2}, А.С. Лопес Сааб^{1,2}

¹ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет
«Московский энергетический институт»

РФ 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14
тел.: 8(495)362-72-51; e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru

²Национальный экспериментальный политехнический университет
национальных вооруженных сил

Венесуэла 02101, Маракай, ул. Маракай-Марияра
тел.: +58(243)554-64-21; e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

doi: 10.15518/isjaee.2015.10-11.004

Заключение совета рецензентов: 12.05.15 Заключение совета экспертов: 19.05.15 Принято к публикации: 27.05.15

В связи с принятой в Венесуэле государственной программой развития электроснабжения на базе солнечной энергии анализируются графики электрической нагрузки различных потребителей в зависимости от уровня их жизни, приводятся параметры элементов схем теплоснабжения и электроснабжения на основе использования солнечной энергии. Подчеркивается важность задачи энергоснабжения автономных потребителей в удаленных районах Венесуэлы. Производится сравнение технических параметров схем энергоснабжения при использовании различных типов солнечных модулей для условий области Алта Гуахира в Боливарианской Республике Венесуэла. Рассматривается использование вакуумных солнечных коллекторов для горячего водоснабжения потребителей.

Ключевые слова: солнечный модуль, схема энергоснабжения, автономный потребитель.

POSSIBILITIES OF THE SOLAR ENERGY USE FOR THE POWER SUPPLY OF INDEPENDENT CONSUMERS IN VENEZUELA

V.A. Kuznetsova¹, R.V. Pugachev¹, M.E. Rosendo Chacon^{1,2}, A.C. Lopez Saab^{1,2}

¹National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250 Russian Federation
ph.: +7(495)362-72-51, e-mail: nvie@fee.mpei.ac.ru

²Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional
Vieja Maracay-Mariara St., Maracay, 02101 Venezuela
ph.: +58(243)554-64-21, e-mail: ingresopregrado@unefa.edu.ve

Referred 12 May 2015 Received in revised form 19 May 2015 Accepted 27 May 2015

The paper analyzes the schedules of the electric load to the different consumers depending on their level of life, and the parameters of the elements of heat and power supply based on schemes of the solar energy use concerning the adopted Venezuela's government program of development of power supply on the basis of solar energy. In addition, it stresses the importance of a problem of power supply of independent consumers in remote areas of Venezuela. Moreover the paper presents a comparison of the technical parameters of schemes of power supply using different types of solar modules for the conditions of the Alta Guajira area in the Bolivarian Republic of Venezuela and examines the use of vacuum solar collectors for hot water supply consumers.

Keywords: solar module, scheme of power supply, independent consumer.

Валентина Андреевна
Кузнецова
Valentina A. Kuznetsova

Сведения об авторе: старший преподаватель кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1972).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика, гидроэнергетика.

Публикации: более 60.

Information about the author: senior lecturer of the “Hydropower and Renewable Energy” department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1972).

Research area: renewable energy, solar and wind energy, hydropower.

Publications: more than 60.

Роман Викторович Пугачев
Roman V. Pugachev

Сведения об авторе: доцент кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: НИУ Московский Энергетический институт (1999).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии.

Публикации: 40.

Information about the author: professor of the “Hydropower and Renewable Energy” Department.

Education: NRU Moscow Power Engineering Institute (1999).

Research area: renewable energy.

Publications: 40.

Милица Елена Росендо Чакон
Militza E. Rosendo Chacon

Сведения об авторе: аспирантка кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the “Hydropower and Renewable Energy” department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

Андрес С. Лопес Сааб
Andres C. Lopez Saab

Сведения об авторе: аспирант кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ.

Образование: Экспериментальный политехнический национальный университет национальных вооруженных сил, Венесуэла (2009).

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

Публикации: 5.

Information about the author: postgraduate student of the “Hydropower and Renewable Energy” department.

Education: Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (2009).

Research area: renewable energy, solar energy.

Publications: 5.

Введение

Энергоснабжение автономных изолированных от электрических сетей сельских жителей – одна из главных проблем развивающихся стран. В настоящее время объединенная энергосистема Венесуэлы не покрывает всю территорию страны (рис. 1). Существуют районы, которые не получают электроэнергию от объединенной энергосистемы, и население кото-

рых практически не имеет доступа к электричеству (313 057 человек). В некоторых районах сельские жители сами производят электричество, используя дизельные генераторы, однако не все могут себе это позволить, а строительство линий электропередачи в регионах со сложными географическими и климатическими условиями обходится очень дорого. В связи с этим сегодня особое внимание уделяется освоению солнечной энергетики [1,2].

Рис. 1. Схема объединенной электроэнергетической системы Венесуэлы
Fig. 1. Scheme of the electric power transmission system of Venezuela

Развитие солнечной энергетики в мире идет быстрыми темпами: так, в 2013 году было установлено 39 Гвт фотоэлектрических мощностей, в итоге суммарная мощность всех фотоэлектрических установок составила в 139 Гвт. В настоящее время в Венесуэле, несмотря на значительные ресурсы, использование солнечной энергии очень невелико. В стране существует программа развития солнечной энергетики, которая включает, в частности, обеспечение электроэнергией автономных потребителей в удаленных районах. В ходе реализации этой программы учитываются не только потребности различных районов в электроэнергии, но и возможности софинансирования государственной программы жителями региона. В данной работе на примере области Алта Гуахира рассмотрены характерные группы автономных по-

требителей, структура и параметры схем энергоснабжения.

Для электроснабжения автономных потребителей этой области предполагается применять как обычные солнечные модули (СМ) на основе кремния, так и солнечные модули с голографическим концентратором. Учитывая экваториальное положение страны и весьма высокие дневные температуры, можно ожидать существенного снижения энергоотдачи кремниевых фотоэлектрических модулей. Поэтому при оценке финансовой эффективности проектов энергоснабжения на базе фотоэлектричества важно учитывать влияние температуры воздуха на энергоотдачу. Использование водяного охлаждения моду-

лей позволит уменьшить отрицательное влияние высокой температуры, хотя и приведёт к некоторому увеличению стоимости системы энергоснабжения.

Доминирующий климат в этой области – сухой и полусухой – характеризуется высокой температурой воздуха в течение всего года. Средняя температура колеблется от 26,9 °С до 29,1 °С; интенсивность дождя колеблется между 200 и 600 мм; среднее годовое испарение превышает 1 800 мм из-за сильной дневной интенсивности солнечного излучения (10,2 час и 11,2 час) и низкой облачности. Даже в сезон дождей осадков выпадает недостаточно, но существует еще сухой сезон, который продолжается с декабря по апрель. Эти климатические характеристики объясняются географическим положением области.

В настоящее время только около 21 % жителей этой области подключены к электросети, около 14 % снабжаются от собственных генераторов, а 65 % вообще не обеспечиваются электроэнергией, поэтому проблема электроснабжения автономных областей, в том числе Алта Гуахира, стоит очень остро.

Потребности в электроэнергии во многом зависят от категории дома, в котором проживает население: 67 % имеют большие дома, остальные 33 % – маленькие. В соответствии с этим для определения количества солнечных модулей рассматриваются два типа потребителей [3,4].

Электрическая нагрузка автономного потребителя

График нагрузки потребителя определяется набором электроприборов в доме, который связан со стилем жизни и зависит от таких факторов, как доходы семьи, привычные условия жизни, стремление и возможность приобретения современных электрических приборов, размер дома.

Анализ информации об условиях жизни в области Алта Гуахира показал, что уровень потребления относительно невелик: большую часть населения составляют семьи со средним и низким доходом. Эти две группы населения были приняты за типовые при оценке энергопотребления.

Семьи со средним доходом используют такие электроприборы, как холодильник, микроволновая печь, утюг, блендер и кондиционер и имеют, как правило, большие дома (130,5 м²). Ежедневное потребление электроэнергии этой категорией составляет 33,2 кВт/ч (рис. 2).

Ежедневное потребление электроэнергии семьями с низким доходом очень невелико, так как электричество необходимо им для обеспечения минимальных потребностей в электроприборах, таких как холодильник, лампы, вентилятор и радио. Семьи этой категории имеют маленькие дома (72 м²), следовательно, их нагрузка тоже очень низкая. Таким образом, ежедневное потребление энергии семьями с низким доходом составляет 16,8 кВт/ч (рис. 2).

Рис. 2. Суточный график электрической нагрузки для выходного дня

Fig. 2. Schedule of the daily electrical load for the weekend

Так как нагрузка кондиционеров и вентиляторов составляет существенную долю потребления, а температура воздуха в течение года изменяется мало,

графики нагрузки потребителя можно принять постоянными для всего расчетного периода.

В связи с тем, что разница в потреблении электроэнергии в будний и выходной день составляет менее 17 %, представленный график нагрузки был принят одинаковым для всех дней года.

Тепловая нагрузка автономного потребителя

Рассматриваемая схема энергоснабжения базировалась на установках, использующих возобновляемые источники энергии: фотоэлектрические модули, солнечные коллекторы. В качестве источника электрической энергии рассматривались фотоэлектрические модули, для обеспечения горячего водоснабжения рассматривались вакуумные солнечные коллекторы.

Предложенная система разработана для решения проблемы горячего водоснабжения каждого дома этой области. Исходя из того, что потребление горячей воды в течение года стабильно, а температура

практически не изменяется, был предложен постоянный ежедневный профиль тепловой нагрузки на целый год для всех домов.

Средний расход теплоты на горячее водоснабжение (ГВС) за j -й час определяется по формуле:

$$Q_{г.в.j} = q_j n_{чел} (t_{г.в} - t_{х.в}) \rho C_p, \quad (1)$$

где $Q_{г.в.j}$ – тепловая нагрузка на ГВС, кВт/ч; q_j – расход горячей воды одним человеком в час, л/чел-час; $n_{чел}$ – количество проживающих в доме человек, 5; ρ – плотность воды, равная 1 кг/л; $t_{г.в}$ – температура горячей воды 55 °С; $t_{х.в}$ – температура холодной воды, 14°С; C_p – удельная изобарная теплоемкость воды, $C_p = 4190 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} = 1,164 \text{ Вт} \cdot \text{ч/(кг} \cdot \text{°C)}$.

На рисунке 3 представлены данные о количестве необходимой энергии для горячего водоснабжения.

Рис. 3. Суточный график тепловой нагрузки для выходного дня
Fig. 3. Schedule of the daily heat load for the weekend

Схема системы автономного электроснабжения

Энергоснабжение автономного потребителя предполагается осуществлять следующим образом: электрическая нагрузка частично или полностью обеспечивается за счет фотоэлектрических батарей, при этом рассматриваются солнечные модули различных типов, наличие или отсутствие системы охлаждения. В качестве дополнительного или резервного источника электроэнергии используется бензиновый или дизельный генератор.

Горячее водоснабжение обеспечивается частично или полностью за счет использования вакуумных солнечных коллекторов. В качестве дополнительного источника горячей воды выступает нагреватель. Также рассматривается возможность утилизации тепла, полученного жидкостью в системе охлажде-

ния СМ, для получения горячей воды.

Система автономного электроснабжения (САЭС) должна включать следующие функциональные элементы:

- ✓ Солнечная фотоэлектрическая установка (СФЭУ) для производства электрической энергии.
- ✓ Вакуумные солнечные коллекторы (ВСК) для обеспечения горячего водоснабжения.
- ✓ Аккумуляторные батареи (АБ) для хранения выработанной энергии и обеспечения потребителя в ночные часы или пасмурные дни.
- ✓ Инвертор – прибор преобразования постоянного тока, вырабатываемого СФЭУ, в переменный, который требуется потребителю.
- ✓ Контроллер – устройство обеспечения корректного функционирования аккумуляторной батареи (режимы заряд/разряд).

- ✓ Резервный источник энергии – бензиновый или дизельный двигатель-генератор (бензиновая электроустановка, БЭУ).
- ✓ Электронагреватель – дополнительное обеспечение горячего водоснабжения.

Целесообразно использовать вариант схемы соединения элементов в САЭС, представленный на рис. 4. В рассматриваемой структурной схеме СФЭУ

подключена к контроллеру заряда аккумуляторных батарей. Конструкция контроллера позволяет передавать вырабатываемые СФЭУ мощности непосредственно на инвертор, минуя АБ. В случае избытка или недостатка в системе вырабатываемой мощности контроллер осуществляет заряд или разряд аккумуляторных батарей.

Рис. 4. Схема системы автономного электроснабжения на базе солнечных модулей
Fig. 4. Scheme of the autonomous power supply system based on solar modules

АБ и обычные генераторы на традиционном топливе являются еще одним важным компонентом системы. АБ необходимы для хранения избыточной энергии, полученной в периоды высокого производства солнечной энергии и для обеспечения нагрузки в период низкого производства. Бензиновый или дизельный генератор используется в периоды, когда приходящей и запасенной в АБ солнечной энергии недостаточно для питания потребителя или в случае временной неисправности отдельных элементов системы [5].

Модели элементов системы автономного теплоснабжения и электроснабжения

Выходная мощность вакуумного коллектора, Вт, описывается уравнением

$$N_{CKJ}^T = A(\eta_0 R_{\Sigma}^{\beta} - a_1 \Delta T - a_2 \Delta T^2), \quad (2)$$

где A – площадь апертуры, м^2 ; η_0 – оптический коэффициент полезного действия без учёта потерь тепла, т.е. при равенстве максимально достижимой температуры нагрева жидкости T_m и температуры окружающей среды T_a ; R_{Σ}^{β} – интенсивность суммарного солнечного излучения в плоскости коллектора, $\text{Вт}/\text{м}^2$; a_1 – коэффициент тепловых потерь при температуре рабочей жидкости, приведенной к температуре окружающей среды, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{К}$; a_2 – температурная зависимость коэффициента тепловых потерь, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{К}^2$; ΔT – разница температур между средней температурой рабочей жидкости в коллекторе (T_T) и температурой окружающей среды (T_a), $^\circ\text{К}$.

$$T_T = \frac{(T_{out} + T_{in})}{2}, \quad (3)$$

где T_{in} – температура холодной рабочей жидкости на входе в коллектор, $^\circ\text{К}$; T_{out} – температура горячей рабочей жидкости на выходе из коллектора, $^\circ\text{К}$.

В работе рассматривался коллектор типа ВСК, имеющий следующие параметры: $\eta_0 = 67,99\%$; $a_1 = 1,696 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{К}$; $a_2 = 0,0099 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{К}^2$; $A = 1,876 \text{ м}^2$.

Рис. 5. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различных коллекторов и необходимая энергия $Q_{твс}$

Fig. 5. Annual load of consumers using various collectors and necessary energy for heat load

Из представленных данных видно, что в течение года для выработки около 70 % тепловой энергии достаточно двух ВСК, а 3 ВСК полностью обеспечивают потребности в горячей воде. На рисунке 5 представлена выработка коллекторов и необходимая энергия $Q_{твс}$ в течение года [6].

Для определения электрической мощности, вырабатываемой СФЭУ, используется формула:

$$Э_{СФЭУ} = Э_{уд} n F_m \eta_m, \quad (4)$$

где $Э_{СФЭУ}$ – энергия, получаемая от солнечных модулей, Вт·ч; $Э_{уд}$ – удельное поступление солнечной радиации на приемную площадку, Вт·ч/м²; n – количество солнечных модулей, шт; F_m – площадь одного солнечного модуля, м²; η_m – коэффициент полезного действия солнечного модуля, % [7–10]. В качестве фотоэлектрической солнечной установки рассматривались: кремниевый модуль, выпускаемый фирмой Astronergy, с КПД 15,4% и модуль фирмы AsGaSpectrolab с голографическим концентратором, имеющий следующие параметры: КПД = 19 %, $S_{PEC} = 0,127 \text{ м}^2$, $S_{hf} = 0,873 \text{ м}^2$, $k'_{op} = 0,87$, $k_h = 0,97$.

На рисунках 6–9 представлено потребление и различное количество солнечных модулей на основе кремния без системы охлаждения и с ней в течение года.

Рис. 6. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей без системы охлаждения в маленьком доме
Fig. 6. Annual load of consumers using different numbers of solar modules without the cooling system in a small house

Рис. 7. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с системой охлаждения в маленьком доме
Fig. 7. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with the cooling system in a small house

Рис. 8. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей без системы охлаждения в большом доме
Fig. 8. Annual load of consumers using different numbers of solar modules without the cooling system in a big house

Рис. 9. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с системой охлаждения в большом доме
Fig. 9. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with the cooling system in a big house

Рис. 10. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения в маленьком доме
Fig. 10. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator without the cooling system in a small house

Для определения электрической мощности, вырабатываемой СМ с голографическим концентратором, используется формула (5):

$$\mathcal{E}_{\text{ПК}} = \eta_{\text{PEC}} R_{\text{PEC}} n, \quad (5)$$

$$R_{\text{PEC}} = k'_{\text{оп}} R + k'_{\text{оп}} k_h k_c R, \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ПК}}$ – энергия, получаемая от СМ с голографическим концентратором, Вт·ч; η_{PEC} – коэффициент полезного действия солнечного фотоэлемента (СЭ), %; R_{PEC} – поступление солнечной радиации, попадающей на поверхность СЭ, (Вт/м²); n – количество СМ с голографическим концентратором, шт; R – поступление солнечной радиации, Вт/м²; $k'_{\text{оп}}$ – оптический коэффициент проводимости поликарбонатного слоя; k_h – коэффициент эмиссии голографической плёнки; $k_c = \frac{S_{\text{hf}}}{S_{\text{PEC}}}$ – коэффициент концентрации [11–14].

На рисунках 10–13 представлено потребление в течение года и различное количество солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения и с данной системой.

Рис. 12. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором без системы охлаждения в большом доме

Fig. 12. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator without the cooling system in a big house

Рис. 11. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором с системой охлаждения в маленьком доме
Fig. 11. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator with the cooling system in a small house

Рис. 12.

Рис. 13. Обеспечение годовой нагрузки потребителя при использовании различного количества солнечных модулей с голографическим концентратором с системой охлаждения в большом доме

Fig. 13. Annual load of consumers using different numbers of solar modules with a holographic concentrator with the cooling system in a big house

Анализ результатов

Проведенный анализ показал, что наличие системы охлаждения обычных солнечных модулей обеспечивает покрытие электрической нагрузки с меньшим числом СМ, а именно, в расчетном случае в маленьком доме количество СМ уменьшается с 19 до 14 шт (26,31 %) (см. рис. 6 и 7). Кроме того, не нужен нагреватель для системы ГВС, потому что температура на выходе СМ составляет 40,2 °С, и объем воды достаточен. В большом доме 34 СМ без охлаждения и 28 шт с системой охлаждения полностью обеспечивают нагрузку (см. рис. 8 и 9).

Установка 6 шт СМ с голографическим концентратором без охлаждения покрывает 112,27 % нагрузки в маленьком доме, а с системой охлаждения количество их уменьшается до 3 шт. В большом доме количество СМ с голографическим концентратором уменьшается с 10 до 6 шт. Кроме того, не нужен нагреватель для системы ГВС, так как температура на выходе СМ составляет 35,41 °С, и объем воды достаточен (см. рис. 10 до 13).

Заключение

На базе проведенных исследований, можно сделать вывод о значительном улучшении энергетических характеристик СМ с использованием голографического концентратора с системой охлаждения. Однако окончательный вывод о целесообразности её установки можно сделать на основе технико-экономического расчета.

Список литературы

1. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas,

indígenas y fronterizas, Junio 2012.

2. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. www.fundelec.gov.ve/.

3. Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Geoambiental 2007 estado Zulia, Junio 2010.

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. <http://www.ine.gov.ve>.

5. Kaldellis J., Kavadias K., Zafirakis D. Experimental validation of the optimum photovoltaic panels' tilt angle for remote consumers // Renewable Energy. 2012. Vol. 46, Issue C. P. 179–191.

6. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов. Москва: Издательством МЭИ, 2008.

7. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Scotland, 2001.

8. Bergene T. and Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell // Solar Energy. 1995. Vol. 55, No. 6. P. 453–462.

9. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest // Scientific bulletin. Series C: electrical engineering and computer science. 2013. Vol. 75.

10. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems. Solar Energy. 2002. No 72(3). P. 217–234.

11. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator. 1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa, 17–22 October, 2011.

12. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E. and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy // OSA Technical Digest. 2010. Paper STuD3.

13. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, PhD thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA, 2012.

14. Iurevych O., Gubin S., Dudeck, M. Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration // Electrical Engineering Research (EER). April 2013. Volume 1. Issue 2.

References

1. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Energías renovables en zonas aisladas, indígenas y fronterizas, Junio 2012 (in Span.).

2. La Fundación para el Desarrollo del Servicio Eléctrico. Available at: <http://www.fundelec.gov.ve/> (in Span.).

3. Instituto Nacional de Estadísticas. Informe Geoambiental 2007 estado Zulia, Junio 2010 (in Span.).

4. República Bolivariana de Venezuela, Instituto Nacional de Estadísticas. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Octubre 2013. Available at: <http://www.ine.gov.ve> (in Span.).
5. Kaldellis J., Kavadias K., Zafirakis D. Experimental validation of the optimum photovoltaic panels' tilt angle for remote consumers. *Renewable Energy*, 2012, vol. 46, issue C, pp. 179–191 (in Eng.).
6. Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Kuznetcova V.A., Malinin N.K. Solnečnââ énergetika: učebnoe posobie dlâ vuzov. Moscow: Izdatel'stvo dom MÈI Publ., 2008.
7. Chaniotakis E. Modelling and analysis of water cooled photovoltaics, MSc thesis, Faculty of Energy System and Environment, Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Scotland, 2001(in Eng.).
8. Bergene T. and. Lovvik O.M. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cell. *Solar Energy*, 1995, vol. 55, no. 6, pp. 453–462 (in Eng.).
9. Croitoru A.M., Badea A. Water cooling of photovoltaic panels from passive house located inside the University Politehnica of Bucharest. *Scientific bulletin*, series C: *electrical engineering and computer science*, 2013, vol. 75 (in Eng.).
10. Tripanagnostopoulos Y., Nousia Th., Souliotis M. and Yianoulis P. Hybrid photovoltaic/thermal solar systems, *Solar Energy*, 2002, no. 72(3), pp. 217–234 (in Eng.).
11. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Combined receiver of solar radiation with holographic planar concentrator. *1st International Symposium on electrical Arc and Thermal Plasma in Africa*, 17–22 October 2011 (in Eng.).
12. Castillo J.E., Russo J.M., Aspnes E., and Rosenberg G. Low concentration planar holographic cigs, in Optics for Solar Energy. *OSA Technical Digest*, 2010, paper STuD3 (in Eng.).
13. Castillo-Aguilella J.E. Non imaging applications of volume diffractive optics, Ph.D thesis, Department of electrical and computer engineering, the university of Arizona, USA, 2012. (in Eng.).
14. Iurevych O., Gubin S., Dudeck M. Modelling of a Hybrid Solar Panel with Solar Concentration. *Electrical Engineering Research (EER)*, April 2013, vol. 1, issue 2 (in Eng.).

Транслитерация по ISO 9:1995

Преподаватели кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии» НИУ МЭИ

Виссарионов Владимир Иванович

25.07.1939–14.04.2014

Родился в г. Молога (Ярославской обл.). Окончил Ленинградский политехнический институт (ЛПИ) им. М.И. Калинина по специальности «Гидроэнергетические установки (1962) и аспирантуру при институте. С 1987 г. по 2004 г. зав. кафедрой «Гидроэнергетика».

Направления научной деятельности: теория и методы обоснования параметров и режимов работы энергетических установок и комплексов на базе возобновляемых источников энергии; экологические и экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии.