

УДК 620.17

Касимахунова Анархан Мамасадиқовна

д.т.н., профессор,

Ферганский политехнический институт, кафедры «Электроэнергетика»

a.kasimakhunova@ferpi.uz

Касимахунова Анархан Мамасадиқовна

т.и.д., профессор,

Фергана политехникалык институтунун «Электроэнергетика» кафедрасы

Kasimahunova Anarkhan Mamasadikovna

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Fergana Polytechnic Institute, Department of Electric Power Engineering

Абдуллаева Миргул Пазылбековна

научный сотрудник,

Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева ЮО НАН КР

Абдуллаева Миргул Пазылбековна

илимий кызматкер,

УИАнын ТБнун А.С. Джаманбаев ат. Жаратылыш байлыктары институту

Abdullayeva Mirgul Pazylbekovna

Researcher,

Institute of Natural Resources named after A.S. Dzhamanbaeva Southern Branch of the
National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic**Атажонов Мухиддин Одилжонович**

доцент кафедры “Альтернативные источники энергии”,

Андижанский машиностроительный институт

atajonovmuhiddin@gmail.com, тел.: +998-97-737-28-28

Атажонов Мухиддин Одилжонович

“Альтернативдик энергия булактары” кафедрасынын доценти,

Андижан машина куруу институту

Atajonov Muxiddin Odiljonovich

Associate Professor of the Department of Alternative Energy Sources,

Andijan Machine Building Institute

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЗДАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В работе приведены результаты научно-исследовательских работ по созданию эффективных комбинированных преобразователей энергии в электрическую и показаны перспективность данного направления. Указаны постановки задачи и правильного выбора элементов гибридных устройств. Обсуждаются вопросы комбинирования фотоэлектрических преобразователей с термоэлектрическими преобразователями и микро ГЭСом. Приведены конструкции установок и результаты теоретико-экспериментальных исследований.

Ключевые слова: преобразование, солнечный элемент, термоэлемент, микроГЭС, энергия, световое излучение, тепло, эффективность, конструкция, эксплуатация.

АЛЬТЕРНАТИВДУУ ЭНЕРГИЯНЫН КОМБИНАЦИЯЛАНГАН АЙЛАНДЫРГЫЧТАРЫН ЖАРАТУУНУН ӨНҮГҮҮСҮНҮН КЕЛЕЧЕГИ

Аннотация. Документте эффективдүү комбинацияланган энергияны электрдик конвертирлөөчү түзүлүштөрдү түзүү боюнча илимий-изилдөө иштеринин натыйжалары берилген жана бул багыттын перспективалары көрсөтүлгөн. Проблеманын түзүлүшү жана гибридик түзүлүштөрдүн элементтерин туура тандоо көрсөтүлгөн. Фотоэлектрдик конверторлорду термоэлектрдик конверторлор жана микро ГЭСтер менен айкалыштыруу маселелери талкууланат. Установкалардын конструкциясы жана теориялык жана эксперименталдык изилдеелердун натыйжалары келтирилген.

Негизги сөздөр: конверсия, күн батареясы, термоэлемент, микро ГЭС, энергетика, жарык нурлануусу, жылуулук, эффективдүүлүк, долбоорлоо, эксплуатация.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF CREATION OF COMBINED ALTERNATIVE ENERGY CONVERTERS

Abstract. The paper presents the results of research work on the creation of efficient combined energy-to-electrical converters and shows the prospects of this direction. The formulation of the problem and the correct selection of elements of hybrid devices are indicated. The issues of combining photoelectric converters with thermoelectric converters and micro hydroelectric power stations are discussed. The design of installations and the results of theoretical and experimental studies are presented.

Key words: conversion, solar cell, thermoelement, microhydroelectric power station, energy, light radiation, heat, efficiency, design, operation.

Введение

Бурное развитие научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по разработке, созданию и эксплуатации устройств альтернативных источников энергии способствовало запуску различных видов электростанций. Они между собой отличаются по конструктивному исполнению, принципам работы и видом преобразующей энергии. Кроме того, в зависимости от вырабатываемой мощности бывают электростанции малой и средней мощности. Электрические станции большой мощности пока единичны, и те тоже по определенным причинам, не смогут найти своё широкое применение, о котором будем говорить позже.

Эти исследования для науки дали многое. В результате поисков были созданы разнообразные конструкции преобразователей энергии солнца, ветра, морских и океанских вод, тепла и недр земли. Также находились различные материалы в качестве рабочих веществ, соединения, позволяющие в той, или иной степени улучшить эксплуатационные параметры преобразователей, технология развивалась и модернизировалась и т.п.

Однако, за последние десять лет, и в настоящее время, по применению конкретного одного преобразователя с всесторонними преимуществами, существенных сдвигов пока не наблюдается. Вроде заканчивается варианты улучшения свойств и электрофизических параметров материалов, а также конструкций элементов станций. Поэтому, некоторые исследователи перешли к поиску создания высокоэффективных преобразователей энергии способом комбинирования двух, или наиболее больших преобразователей в единую конструкцию. Рассмотрим важности постановки такой задачи.

Постановка задачи

Отметим, что основной причиной невозможности создания высокоэффективных приборов и устройств являются несоответствии значений физических параметров исходных материалов к требуемым показателям, сложность технологии их изготовления, экономически не выгодно и так далее. Поэтому раздумывается исследовать возможности компенсировать недостаток одной установки с преимуществом другого агрегата. Так, например, солнечные преобразователи работают только при дневном свете, вопрос аккумуляции сопровождается огромными расходами, ветроэнергетические установки без ветренной погоде становится бесполезным, микроГЭСы требуют определённого водяного потока, термоэлектрические преобразователи обладают относительно низкими значениями коэффициента полезного действия и т.д. Поэтому, при комбинировании таких преобразователей, следует учитывать кроме перечисленных недостатков, но и критерии области применения их. Последняя объясняется следующими. Во-первых, значение потребляемой мощности потребителя. Этот показатель является важным фактором при выборе типа и место расположения установки. Во-вторых, значение конструктивных и эксплуатационных расходов, потому что создание дорогостоящего устройства не сможет найти своего покупателя. В-третьих, информация о суточных графиках потребления энергии, данная информация позволяет произвести типа преобразователя и тому подобных важных данных следует учитывать. Ещё одним немаловажным моментом является то, что научная работа должна быть продолжением предыдущего независимо от того, кто был первоначальным исследователем этого направления. Для этого следует непрерывно изучать результаты проделанных работ в этой области. Таким образом, правильная постановка задачи позволяет ускорить достижение поставленной цели. Ниже рассмотрим несколько работ, в которых в той или иной степени решались проблемные вопросы.

Теория методов комбинации термоэлектрических преобразователей энергии и микро ГЭС с солнечными преобразователями

Идея комбинирования термоэлектрических преобразователей энергии с солнечными элементами (рис.1) был предложен С.Соминским [1]. Попытка к реализации этой идеи была проделана М.Тарнижевским [2]. Однако это работа не увенчалась успехом. Позже над этим работали авторы работ [3], у которых был получен положительный результат в виде эффективно работающего фототермоэлектрического преобразователя (ФТП), при выполнении определённых условий.

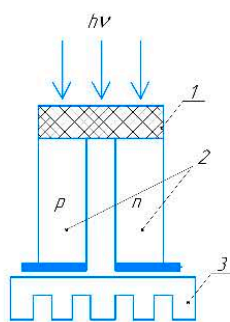


Рис.1. Фототермоэлектрический преобразователь: 1-фотоэлемент; 2-термоэлемент; 3-радиатор.

Поскольку эффективным комбинированным преобразователем оказался ФТП с раздельной нагрузкой, то для теоретических исследований использовались формулы:

$$\eta_{\text{фэ}} = \frac{W_{\text{фэ}}^{\text{макс}}}{W_{\text{пад}}^{\text{си}}} \quad (1)$$

$$\eta_{\text{тэ}} = \frac{T_r - T_x}{T_r} * \frac{M - 1}{M + \frac{T_x}{T_r}} \quad (2)$$

где $\eta_{\text{фэ}}$ и $\eta_{\text{тэ}}$ – соответственно коэффициенты полезного действия фотоэлемента и термоэлектрического преобразователя (термоэлемента); $W_{\text{фэ}}^{\text{макс}}$ и $W_{\text{пад}}^{\text{си}}$ – соответственно значения максимальной мощности, выделяемой на нагрузке фотоэлемента и интегральная мощность падающего на фотовоспринимающей поверхности фотоэлемента, солнечного излучения; T_r и T_x – температура горячих и холодных спаев термоэлемента; M – параметр, характеризующий эффективности термоэлектрического материала ТЭ:

$$M = \sqrt{1 + Z_{\text{ср}} * T_{\text{ср}}} \quad \text{отсюда } Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\chi}$$

Параметры α , σ , χ являются электрофизическими параметрами и носят название соответственно коэффициенты термо э.д.с., электропроводности и теплопроводности.

Затем, для вычисления к.п.д. фототермоэлектрического преобразователя была разработана формула

$$\eta_{\text{ФТП}} = \eta_{\text{фэ}} + \eta_{\text{тэ}} (1 - \eta_{\text{фэ}}) \quad (3)$$

Дальнейшее развитие по созданию ФТП привели к разработке каскадных ФТП а также конструкцию ФТП, предназначенной при селективном освещении (рис. 2, 3.).

ФТП селективного излучения характеризуется тем, что ФЭП работает только на фотоактивном световом излучении солнечного света. Чтобы выделить этот часть спектра использовались дифракционная картина Гюйгенса-Френеля [4]. Это хорошо видно на рисунке 4. Распределение света осуществлялось использованием совокупности линз и призм. Действие этих оптических приборов основано на явление дисперсии, то есть зависимости показателя преломления ϕ вещества от длины волны света λ . Излучение, которое подвергается к распределению по спектру, пройдя через шель S , попадает на линзу $Л_1$. Шель S на которую падает свет, находится на фокальной плоскости линзы $Л_1$.

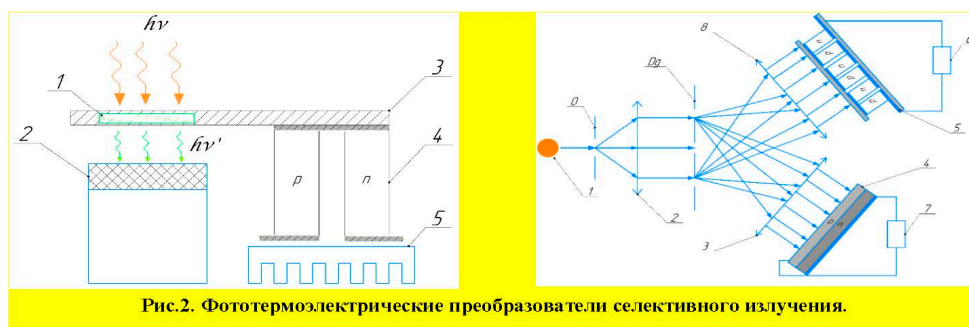


Рис.2. Фототермоэлектрические преобразователи селективного излучения.

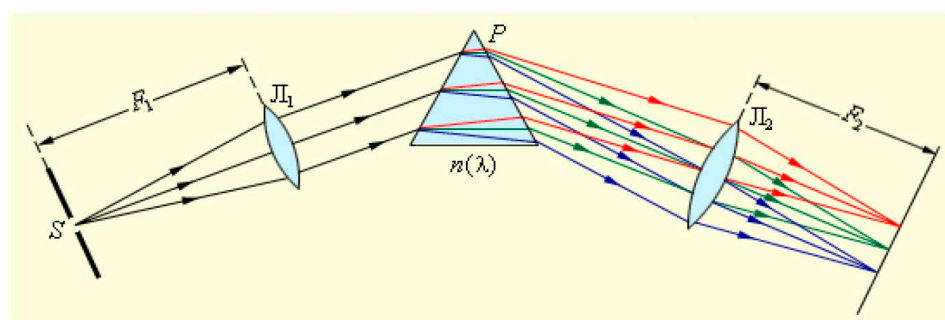


Рис.3. Метод разделения светового излучения с помощью набора оптических линз

Условием получения интерференционного максимума является то, что для того, чтобы на экране (или фотопластинке), на которой фокусируется излучение наблюдался интерференционный максимум, разность хода Δ между волнами, испущенными соседними щелями, должна быть равна целому числу длин волн:

$$\Delta = d \sin \theta_m = m\lambda \tag{4}$$

где d – период решетки, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ -порядок дифракционного максимума. В фокальной плоскости линзы расстояние y_m от максимума нулевого порядка ($m = 0$) до максимума m -го порядка при малых углах дифракции равно:

$$y_m = m \frac{\lambda}{\alpha} F, \tag{5}$$

В формуле (5) F – фокусное расстояние.

Отметим, что в каждой точке фокальной плоскости линзы происходит интерференция N волн, приходящих в эту точку от N щелей решетки. Это объясняется много волновой (или «многолучевой») интерференцией. При переходе из главного максимума в соседний минимум разность хода $\Delta = d \sin \theta$ должна измениться на λ/N . Из этого условия можно оценить угловую полуширину $\delta\theta$ главных максимумов:

$$\Delta\delta = \delta(d \sin \theta) = d \cos \theta \delta\theta \approx d * \delta\theta = \frac{\lambda}{N} \tag{6}$$

Здесь для простоты полагается, что дифракционные углы достаточно малы. Следовательно,

$$\delta\theta = \frac{\lambda}{Nd} \quad (7)$$

где Nd – полный размер решетки. Это соотношение находится в полном согласии с теорией дифракции в параллельных лучах, согласно которой дифракционная расходимость параллельного пучка лучей равна отношению длины волны λ к поперечному размеру препятствия.

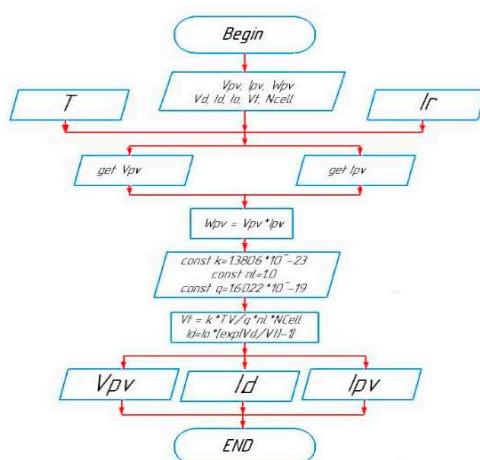


Рис. 4. Алгоритм расчета гибридной системы «МикроГЭС-Солнечная электростанция»

Следующим вариантом комбинирования преобразователей в наших исследованиях являлся создание гибридной системы микроГЭС и солнечная электростанция малой мощности [5]. Теория исследования таких систем основывался на математическое моделирование с использованием языка программирования МАТЛАБ [6,7]. Алгоритм расчета приведен на рисунке 4. Для расчета брались следующие данные: выходные электрические параметры солнечной панели: $P=100\text{Вт}$, $U=12\text{В}$, $I=8\text{А}$. Материал солнечной панели кремний. Из справочной книги брались температурные зависимости электрофизических параметров и к.п.д. солнечного элемента из кремния. Интенсивность света в расчетах изменялись от $AM0$ до $AM2$ (то есть, атмосферная масса ноль и до двух). Для микро ГЭС исходными служили скорость водяного потока речки Маргилансай, расположенный и протекаемый по середине города Ферганы. Поскольку проведение испытания устройства намечалась в течении одной недели, скорость потока принималась постоянной. Потому что за такой короткий период климатические изменения существенно не сказываются. Первоначальные геометрические размеры спирали Архимеда предполагались следующими: высота $h=100\text{мм}$ диаметр $\varnothing=300\text{мм}$. Затем, исходя из важности обеспечения требуемой мощности, размеры были увеличены.

После получения соответствующих результатов была создана установка, рисунок которого приведен на рис.5.

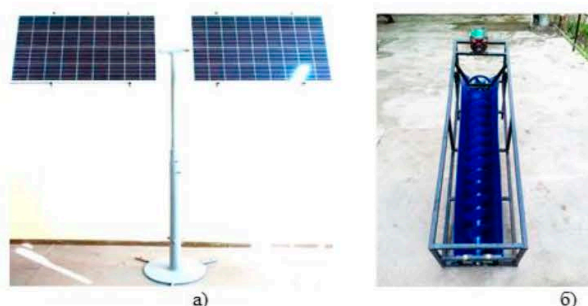


Рис. 5. МиниСЭС а) и ГЭС б) предназначенной для комбинированной работы с автоматическим переключением

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований самой последней конструкции селективного гибридного фототермоэлектрического преобразователя приведены на рисунке 6. Эта картина представляет собой вольт-амперную характеристику и зависимости полезной мощности, выделяемой на нагрузке прибора от напряжения на его зажимах. Этот график, ещё неявно демонстрирует, зависимости основных характеристик преобразователя от интенсивности фотоактивного света. То есть, чем больше выделить спектр, на который чувствителен фотопреобразователь, тем больше значения падения напряжения на нагрузке. Поскольку, практически температура в данном случае меняется не существенно, ток короткого замыкания изменяется очень мало.

На рисунке 7 приведены такие же характеристики, полученные экспериментальным и расчетным путем, для гибридной системы «микроГЭС-солнечный панель». 7а представляет собой вольт-амперную характеристику солнечной панели. 7б-гласит о зависимости максимальной мощности солнечной электростанции от интенсивности света. Здесь значения тока короткого замыкания и, следовательно, полезная мощность растет традиционно. Такая характеристика была получена из автономной работы преобразователей. В системе предусматривались параллельная работа обеих составляющих. Такой режим был выполнен при максимально загруженном состоянии системы.

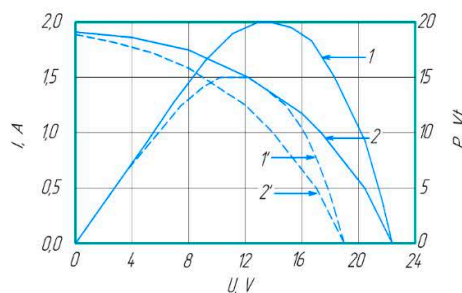


Рис. 6. ВАХ и зависимость выходной мощности ФТЭП. 1', 2'-ВАХ, 1, 2-зависимость мощности от спектра света

Эксперименты показали, что при работе ФТЭП селективного освещения паразитный эффект, связанный с ухудшением к.п.д. преобразования солнечного света фотоэлементами устраняется удовлетворительно. Солнечные преобразователи достаточно долго смогут поддерживать свои рабочие температурные режимы с значениями равными на к.п.д. при комнатной температуре. Кроме того если учесть формулу (1), то можно убедиться на значительного повышения к.п.д. преобразования, за счет уменьшения составляющего в знаменателе.

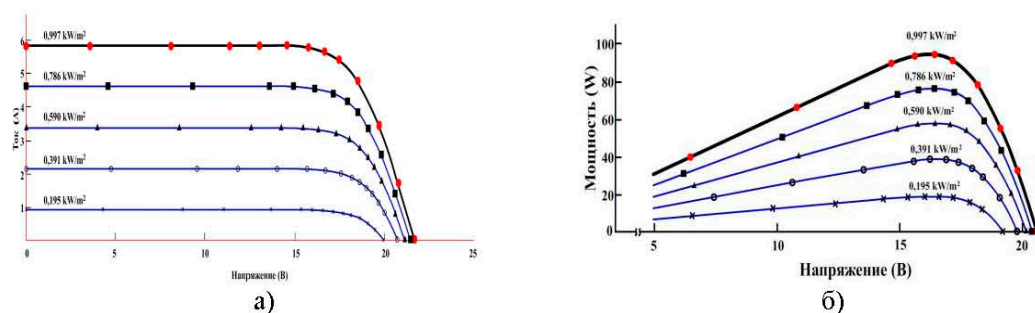


Рис. 7. Вольт-амперная (а) и ватт-вольтная (б) характеристика солнечной панели

Во втором случае, положительно решается непрерывность электроснабжения потребителя вне освещенной времени. Поскольку этот комбинированный прибор был предназначен для объекта одного предпринимателя с известной потребляемой мощностью приборов энергии, то удалось обеспечить непрерывную энергоснабжению без применения аккумуляторных батарей. Ночное энергообеспечение осуществлялось использованием микроГЭСа с мощностью 700 Вт.

Заключение

По результатам теоретико-экспериментальных исследований вопроса создания комбинированных приборов альтернативной энергии можно сделать следующие выводы: во-первых, следует проанализировать недостатков существующих преобразователей, во-вторых, подбирать именно такого преобразователя, котрый смог бы устранить, или компенсировать тот недостаток, который имеется в основном преобразователе, в-третьих, следует конкретно выбрать потребителя энергии данной конструкции, его окружающую среду, наличия возможности установки альтернативного источника электрической энергии, в-четвертых, важно обратить внимание на простоту эксплуатации, транспортабельности и технологии изготовления, в-пятых, тщательно проанализировать влияние на природные и окружающую среду.

При выполнении таких условий создание комбинированных устройств становится полезным, экономичным и удобным.

Список использованной литературы:

- [1]. Соминский М.С. Полупроводники в науке и технике. Изд-во “Наука и техника”, №3, 1956, стр.327.
- [2]. Малевский Ю.Н., Смиронова А.Н. Тарнижевский Б.В. Исследование фототермоэлектрического преобразователя солнечной энергии. “Гелиотехника”, 1968г, №3, стр.29.
- [3]. С.Н.Борисов, С.Н.Городецкий, Е.К.Иорданишвили, Т.Л.Любашевская, Н.В.Каган, А.М.Касымахунова, Т.П.Дорохина. Исследование энергетических характеристик фототермоэлементов. Издательство «Фан» Гелиотехника, №3, 1980 г. стр. 5.
- [4]. <https://nauchniestati.ru //Справочник//Физика>.
- [5]. A.M. Kasimahunova, F. T. Yusupova. “**Rationale for the relevance and results of the creation of a hybrid microhes with a solar installation in the fergana valley**”. Journal of Engineering and Technology (JET) ISSN(P):2250-2394; ISSN(E): Applied Vol. 13, Issue 1, Jun 2023, 143–154. TJPRC Pvt. Ltd.
- [6]. М.О.Атажонов. “Повышение энергоэффективности фототермоэлектрической батареи”. VI Международная конференция по Оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро - и наноструктурах. 28-30 сентября 2023 года Фергана. Ст. 128-130.
- [7]. M.O. Atajonov, S.J. Nimatov, A.I.Rakhmatullaev, A. B. Sadullaev. «Formalization of the dynamics of the functioning of petrochemical complexes based on the theory of fuzzy sets and fuzzy logic» AIP Conference Proceedings 2552, 050014 (2023); Published Online: 05 January 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0112403>