

Панченко Владимир Анатольевич

канд. техн. наук, доц. Российского университета транспорта

с. н. с. Федерального научного агроинженерного центра ВИИМ, Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В КОНЦЕНТРАТОРНОМ СОЛНЕЧНОМ МОДУЛЕ

Аннотация: В статье представлены результаты испытаний фотоэлектрических преобразователей концентраторного теплофотоэлектрического модуля. В состав модуля кроме концентратора входит цилиндрический радиатор водяного охлаждения и несколько групп фотоэлектрических преобразователей различных типов. Результаты испытаний показали увеличение эффективности матричных высоковольтных фотоэлектрических преобразователей в концентраторной установке. Использование планарных фотопреобразователей в концентраторной установке возможно, но эффективность их падает, что ставит под сомнение целесообразность использования. Подобного рода концентраторные теплофотоэлектрические модули обеспечивают автономное и параллельное с сетью энергоснабжение потребителей.

Ключевые слова: солнечная энергия, энергоснабжение, концентратор солнечного излучения, теплофотоэлектрический модуль, матричные высоковольтные фотоэлементы, эффективность.

Annotation: The article presents the test results of the photovoltaic converters of the concentrator photovoltaic thermal module. Besides the concentrator, the module also includes a cylindrical water cooling radiator and several groups of various types of photoelectric converters. The test results showed an increase in the efficiency of matrix high-voltage photoelectric converters in a concentrator

installation. The use of planar photoconverters in a concentrator installation is possible, but their efficiency decreases, which casts doubt on the feasibility of use. Such concentrator photovoltaic thermal modules provide autonomous and parallel power supply to consumers.

Keywords: solar energy, energy supply, solar radiation concentrator, photovoltaic thermal module, matrix high-voltage photocells, efficiency.

Солнечные установки во всём мире набирают большую популярность [1; 2; 3]. В большинстве электростанций используются планарные солнечные фотоэлектрические модули, в основе которых лежат кремниевые фотоэлектрические преобразователи. Нагрев модулей неизбежен, так как модули находятся под прямыми солнечными лучами. Однако этот нагрев снижает электрическую эффективность фотоэлектрических преобразователей [4; 5]. Охлаждение фотоэлектрических преобразователей с одновременным получением тепловой энергии позволяет увеличить общую эффективность солнечного модуля. Ещё одним способом, позволяющим усовершенствовать солнечные модули, является установка концентраторов солнечного излучения совместно с фотоэлектрическими преобразователями, что значительно снизит их количество и увеличит количество тепловой энергии, получаемой с модуля. Но следует отметить, что в концентраторных системах могут работать только специальные фотоэлектрические преобразователи, например, матричные высоковольтные [6; 7; 8], которые изначально создавались для работы в концентрированном потоке. Для такого рода фотоэлектрических преобразователей необходим специально спроектированный концентратор солнечного излучения [9; 10; 11], профиль которого обеспечивает равномерную освещённость в фокальной области.

Вышеперечисленные положительные моменты и конструктивные решения применены в солнечном теплофотоэлектрическом модуле с концентратором параболического типа. Конструкция модуля представлена на рисунке 1 слева. В солнечном модуле использованы планарные кремниевые фотоэлектрические преобразователи различных типов и высоковольтные матричные (рисунок 1 справа).



Рис. 1. Солнечный теплофотоэлектрический модуль с концентраторами параболического типа (слева), планарные и матричные фотоэлектрические преобразователи (справа)

Испытания теплофотоэлектрического концентраторного солнечного модуля проводились с целью определения вольтамперных характеристик планарных и матричных фотоэлектрических преобразователей при различных условиях освещенности и охлаждения.

На рисунке 2 представлены вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей различных типов, установленных на цилиндрическом фотоприёмнике-радиаторе без течения теплоносителя.

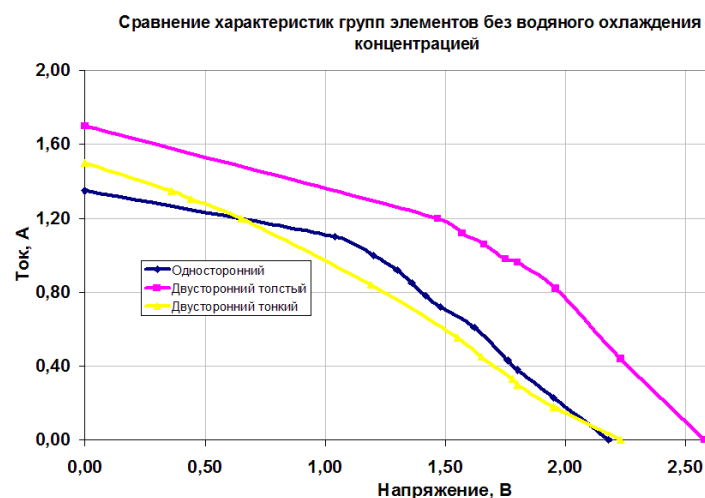


Рис. 2. Вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей, находящихся в фокусе концентратора и без теплоносителя

Электрическая эффективность планарных фотоэлектрических преобразователей варьировалась от 5 % до 6,5 % (в зависимости от типа преобразователей), а высоковольтных матричных составила 10,4 %. Как видно из графиков вольтамперных характеристик работа фотоэлементов происходит не при номинальном режиме их работы (вольтамперная характеристика далека от прямоугольной формы). Причиной

снижения электрической эффективности является концентрированное солнечное излучение и высокая температура, величина которой составила 75 °С.

При охлаждении радиатора с установленными на нём фотоэлектрическими преобразователями теплоносителем (водой) с расходом около 0,4 литров в минуту получены вольтамперные характеристики фотоэлектрических преобразователей, представленные на рисунке 3. Температура самих фотопреобразователей составила около 60 °С, а электрическая эффективность планарных фотоэлектрических преобразователей варьировалась от 5 % до 8,5 %. Эффективность высоковольтных матричных фотоэлектрических преобразователей составила 12,5 %.

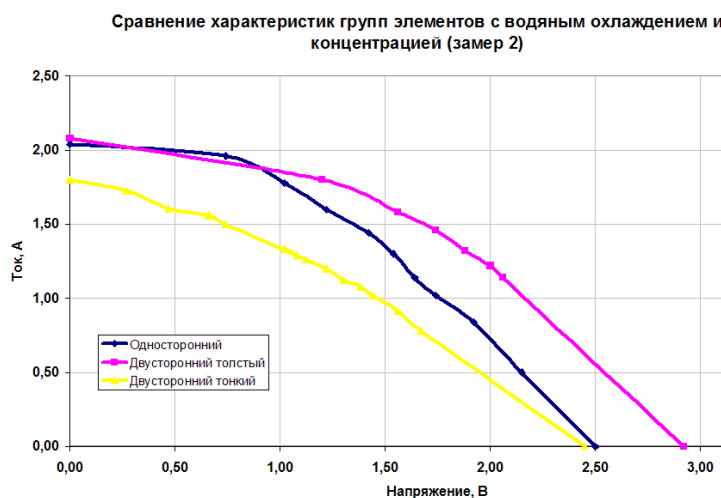


Рис. 3. Вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей, находящихся в фокусе концентратора с подачей теплоносителя

Как видно из рисунка 3 формы вольтамперных характеристик незначительно улучшилась, также как и эффективность фотопреобразователей.

Для определения характеристик каждого типа фотоэлектрических преобразователей проведены испытания при различном их освещении и охлаждении. На рисунке 4 представлены вольтамперные характеристики секции планарных фотоэлектрических преобразователей с фотоактивной поверхностью только на одной стороне.

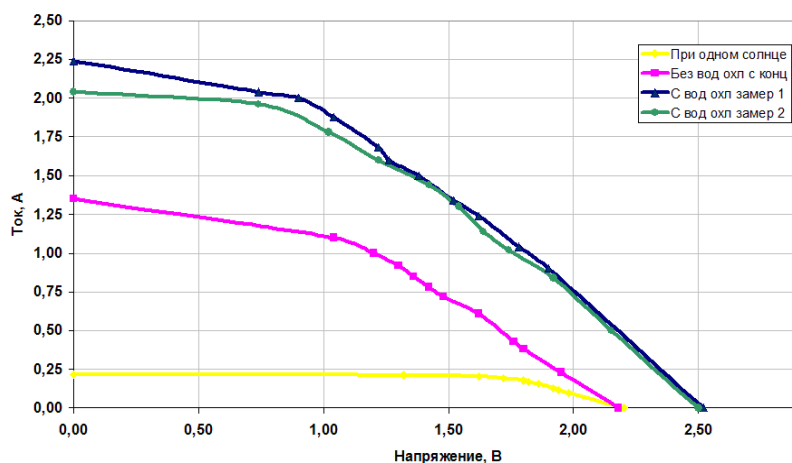


Рис. 4. Вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей с односторонней фотоактивностью

При естественной освещённости электрическая эффективность составила около 8 %, при концентрированном солнечном излучении и без теплоносителя 5 %, в испытаниях с охлаждением теплоносителем с различным расходом от 5 % до 5,5 %.

На рисунке 5 представлены вольтамперные характеристики секции фотоэлектрических преобразователей с фотоактивной поверхностью с двух сторон фотоэлементов.

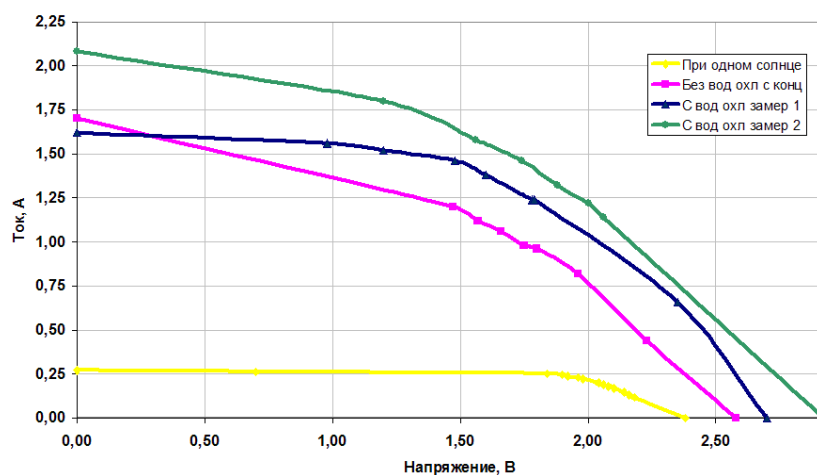


Рис. 5. Вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей с двусторонней фотоактивностью

При естественной освещённости электрическая эффективность составила около 11 %, при концентрированном солнечном излучении и без теплоносителя 6,5 %, в испытаниях с охлаждением теплоносителем с различным расходом от 7,5 % до 8,5 %.

На рисунке 6 представлены вольтамперные характеристики секции фотоэлектрических преобразователей с малой толщиной и фотоактивной поверхностью с одной стороны фотоэлементов.

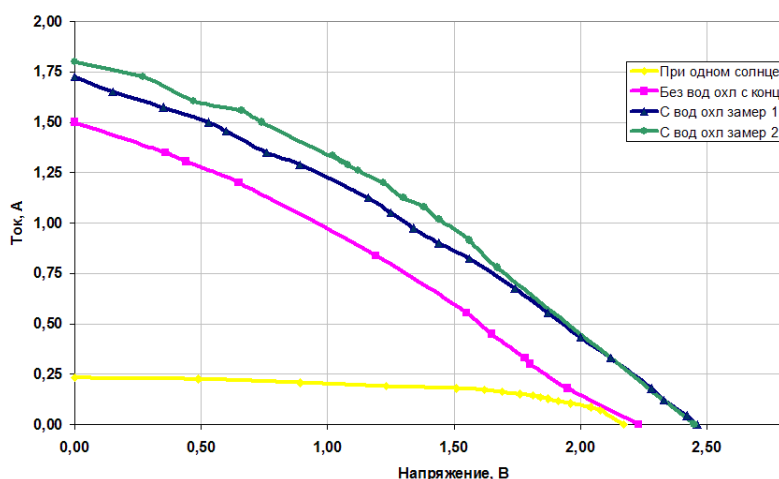


Рис. 6. Вольтамперные характеристики планарных фотоэлектрических преобразователей с малой толщиной и односторонней фотоактивностью

При естественной освещённости электрическая эффективность составила около 7 %, при концентрированном солнечном излучении и без теплоносителя 4 %, в испытаниях с охлаждением теплоносителем с различным расходом от 4,5 % до 5 %. Форма вольтамперных характеристик далека от номинальной. Эффективность планарных фотоэлектрических преобразователей значительно уменьшилась при работе в концентрированном солнечном потоке.

Большой интерес представляют вольтамперные характеристики высоковольтных матричных фотоэлектрических преобразователей, так как они специально созданы для работы в концентрированном солнечном потоке и при повышенных температурах работают стабильно, причём с увеличением эффективности (рисунок 7).

В результате проведённых исследований отмечена высокая электрическая эффективность матричных фотоэлектрических элементов. При естественной

освещённости электрическая эффективность составила 9,5 %, при концентрированном солнечном излучении и без теплоносителя 11 %, в испытаниях с охлаждением теплоносителем с различным расходом от 11,5 % до 12,5 %. Форма вольтамперных характеристик правильной прямоугольной формы, нагрев и концентрированное солнечное излучение не оказывают негативного влияния на работу матричных фотоэлектрических преобразователей.

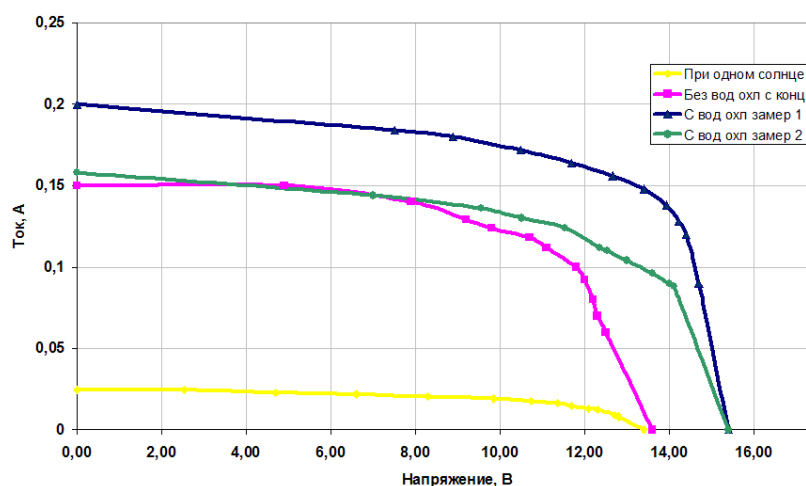


Рис. 7. Вольтамперные характеристики высоковольтных матричных фотоэлектрических преобразователей

Концентрация солнечного излучения во время испытаний составляла около 7 крат. В случае с матричными высоковольтными фотоэлектрическими преобразователями возможно дальнейшее увеличение концентрации до 100 крат и более без ухудшения их работы и с увеличением электрической эффективности. Работа планарных фотоэлектрических преобразователей в концентрированном солнечном излучении возможна, однако происходит уменьшение их эффективности, что говорит о нецелесообразности их использования в таких системах. Теплофотоэлектрические установки позволят потребителю наряду с электроэнергией получать и тепловую энергию автономно или параллельно с сетью.

Библиографический список:

1. Панченко В.А. Обзор и применение солнечных модулей, разрабатываемых и выпускаемых ГНУ ВИЭСХ // Вестник ВИЭСХ, 2014, № 4 (17), с. 20 – 29.

2. Панченко В.А. Солнечные модули Федерального научного агроинженерного центра ВИМ различных типов и конструкций для автономного энергоснабжения // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017, с. 1030 – 1033.
3. Дегтярёв К.С., Панченко В.А. Развитие и реализованные проекты солнечной энергетики в России // Сантехника, отопление, кондиционирование, №9, 2019, с. 74-79.
4. Панченко В.А., Филиппченкова Н.С.. Теплофотоэлектрические бесконцентраторные солнечные модули (гибридные солнечные коллекторы) // Инновации в сельском хозяйстве, № 5 (15), 2015, с. 128 – 133.
5. Филиппченкова Н.С., Панченко В.А.. Разработка и исследование солнечных теплофотоэлектрических модулей // Инновации в сельском хозяйстве, № 5 (20), 2016, с. 136 – 141.
6. Стребков Д.С., Поляков В.И., Панченко В.А. Исследование высоковольтных солнечных кремниевых модулей // Альтернативная энергетика и экология, 2013, № 6-2 (128), с. 36-42.
7. Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д., Панченко В.А. Высоковольтные солнечные модули третьего поколения // Инновации в сельском хозяйстве, № 3(8), 2014, с. 159 – 165.
8. Панченко В.А., Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д. Высоковольтные солнечные модули с напряжением 1000 В // Альтернативная энергетика и экология, 2015, № 19 (183), с. 76 – 81.
9. Синицын С.А. Информационная методика управления качеством поверхности солнечного концентратора, заданной дискретным множеством точек // E-Scio, 2020, № 1 (40), с. 421-427.
10. Синицын С.А. Моделирование линейных погрешностей при конструировании поверхности концентратора солнечного модуля // Научный электронный журнал Меридиан, 2020, № 4 (38), с. 219-221.
11. Синицын С.А., Стребков Д.С., Панченко В.А. Паркетирование поверхности параболического концентратора солнечного

теплофотоэлектрического модуля по заданным дифференциально-геометрическим требованиям // Геометрия и графика, 2019, Т. 7, № 3, с. 15-27.