

ОБОСНОВАНИЕ, МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ВЫБОР ГЕЛИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

П.М. МИХАЙЛОВ (фото),
кандидат технических наук, профессор,
Д.О. СУРИНСКИЙ,
преподаватель,
В.А. КАНЦЛЕР,
аспирант,
С.Н. МАКСИМОВ,
соискатель, Тюменская ГСХА

Ключевые слова: насекомые-вредители, аккумуляторная батарея, токи заряда и разряда, солнечная батарея, методика расчета, эксплуатация солнечных батарей.

Основная причина потерь урожая и снижения качества продукции – это вредители и болезни, возникающие в период подготовки почвы, посадки (высева) и ухода за овощными растениями. В комплексе мероприятий, обеспечивающих получение высоких урожаев овощных культур как в сооружениях защищенного грунта, так и при открытом выращивании, обязательной является защита растений от вредителей и болезней.

В летний период, особенно в районах Сибири, крупный рогатый скот находится на летних пастбищах, где испытывает нападение кровососущих насекомых в период выпасов. Отсутствие средств защиты от них приводит к частичной потере продуктивности животных.

В сельскохозяйственной зоне в период посадки, сева, ухода и уборки урожая рабочие также подвержены нападению кровососущих насекомых. Применение против них аэрозолей, мазей и других химических препаратов спасает всего на некоторое время. В жаркое время они усиливают потовыделение, происходит раздражение кожи и т.п. При этом производительность работ снижается значительно.

Как показали исследования, наиболее эффективными способами защиты от кровососущих насекомых являются электрофизические. Применение их не ограничивает движение работающих, обеспечивает возможность защиты одним прибором группы людей, стада животных, больших площадей плодовых и овощных культур. Потребляемая мощность приборов в основном не превышает 100 Вт.

Для электроснабжения электрофизических приборов, находящихся на удаленном расстоянии от централизованных источников, в основном при-

меняются аккумуляторные батареи. Главным их недостатком является необходимость периодической подзарядки. Из альтернативных источников электроснабжения приборов для указанной цели возможно применение силы ветра, энергии малых рек, энергии солнца. Установки, использующие силу ветра, громоздки, не мобильные, вырабатываемая ими электроэнергия зависима от скорости ветра. Возможность применения энергии малых рек ограничена удаленностью их от основных производств. В связи с этим наиболее приемлемым способом получения энергии, достаточной для подпитки аккумуляторов, является использование энергии солнца.

Также возможно использование переносных электрических агрегатов и передвижных электростанций, представляющих собой конструкцию, в состав которой входит первичный двигатель внутреннего сгорания и генератор, вырабатывающий электрическую энергию. Такие изделия широко применяются в качестве основных источников электроэнергии в условиях отсутствия централизованного электроснабжения, а также в качестве резервных источников при аварийном отсутствии тока в электросети. Мобильность, простота конструкции и легкость эксплуатации делают их незаменимыми помощниками в таких отраслях, как сельское хозяйство, строительство и во множестве других сфер человеческой деятельности, где необходимо применение промышленного и бытового электрооборудования. Но необходимость их ежедневной заправки топливом и связанные с этим транспортные расходы, а также ограниченный моторесурс, не позволяют использовать их в качестве постоянно-го и надежного источника электричес-



625003, г. Тюмень,
ул. Республики, 7;
тел. 8 (3452) 46-16-43

кой энергии. Альтернативой автономным электростанциям малой мощности могут быть гелиоэлектростанции (солнечные преобразователи).

Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую может быть осуществлено с использованием фотоэлектрического эффекта. Элементы, изготовленные из специального полупроводникового материала, например кремния, при прямом солнечном облучении обнаруживают разность в напряжении на поверхности, то есть наличие электрического тока. Преимущество этой системы – в равной эффективности независимо от того, используется ли она в малых элементах (для электроснабжения камеры) или в крупных комплексах (для больших зданий). В то же время они дороги, малоэффективны и нуждаются в системе аккумуляторов (обычно батарей) для обеспечения непрерывного энергоснабжения ночью и в пасмурные дни [1].

Цель исследований

Определение оптимальных параметров солнечных преобразователей, выбор мощности с учетом реальных требований по мощности, токам заряда и разряда аккумуляторных батарей.

Методика исследований

Предусматривает разработку методики выбора и компоновки аккумуляторной батареи, определение вольт-амперных характеристик солнечных преобразователей.

Результаты исследований

Солнечная батарея может обеспечить зарядный ток аккумулятора в пределах 35-50 мА. Причем это будет при хорошем солнечном освещении. Следовательно, с помощью широко распространенных солнечных батарей можно обеспечить заряд маломощных аккумуляторов, имеющих емкость не более 0,45 А·ч. Широко распространенные аккумуляторы типа ЦНК-0,45 как раз имеют такую емкость.

Необходимо также учитывать, что в середине лета, в июле, световой пе-

Insects-wreckers, he storage battery, charge and category currents, the solar battery, design procedure, operation of solar batteries.

риод, в который батарея эффективно отдает энергию, обычно длится не более 7-9 часов. Наиболее эффективное время для работы солнечной батареи – с 10 до 17 часов. После этого времени ток солнечных батарей падает. Падает ток, генерируемый солнечной батареей в облачную погоду. Некоторая ориентировка солнечных батарей относительно положения солнца помогает увеличить генерируемый ими ток.

В большинстве случаев ток, снимаемый с солнечной батареи, много ниже паспортного (который примерно соответствует жаркому летнему дню на берегу южного моря). Тут и не всегда ясное небо, и неточная ориентация батареи на солнце, да и само солнце может быть не в зените. В результате ток с солнечной батареи оказывается зачастую не слишком превышающим безопасные для аккумуляторов величины, что и позволяет нам заряжать пальчиковые батареи напрямую, без специального зарядного устройства. И необходимость следить за перегревом возникает лишь при ярком солнце.

Проблемы реальной зарядки сложных устройств могут быть решены за счет использования электронных стабилизаторов напряжения на выходе солнечной батареи [1].

Стабилизатор не позволяет напряжению подняться выше заданного, поэтому исчезает риск появления высокого напряжения, опасного для потребителя электроэнергии.

Первые стабилизаторы были линейными, так как просто отсекали лишнее напряжение, не позволяя ему пройти к потребителю. Затем были разработаны стабилизаторы импульсного типа. Такой стабилизатор просто преобразует напряжение и ток одного уровня в другой с минимальными потерями (КПД около 80-90%), то есть он может генерировать 12 В и 0,5 А от источника и преобразовать в 6 В, но уже 1 А потребителю (в идеале – без учета КПД).

Таким образом, разработка источников питания для электроснабжения маломощных потребителей, применяемых для отпугивания насекомых-вредителей, возможна за счет использования солнечных преобразователей.

В случае необходимости ток солнечных батарей можно увеличить при помощи их параллельного включения. Конечно, необходимо включать солнечные батареи, имеющие одинаковое количество элементов и, следовательно, обеспечивающих одинаковое напряжение фото-ЭДС. Но параллельное включение солнечных батарей, как это показано на рисунке 1, нежелательно. Лучшие результаты будут получены при параллельном включении элементов солнечных батарей, как это показано на рисунке 2 [1].

Вследствие разной освещенности солнечных батарей при нежелательном параллельном включении солнечных батарей, показанном на рисунке 1,

генерируемые ими напряжения будут немного отличаться друг от друга. В результате этого эффективно будет работать только одна солнечная батарея. При включении солнечных элементов по схеме, показанной на рисунке

2, напряжения, генерируемые ими, более равномерно распределяются по солнечной батарее. Вследствие этого частичное затенение части элементов не принесет большого вреда для работы солнечной батареи. Однако парал-

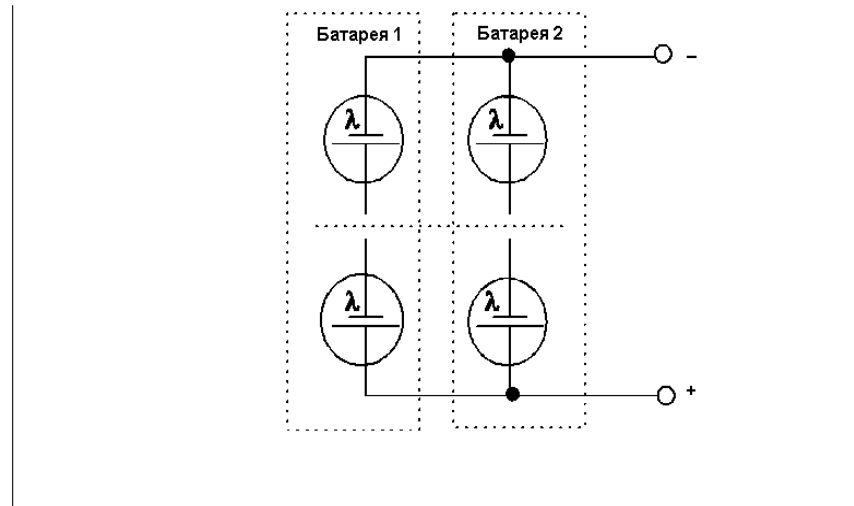


Рисунок 1. Нежелательное включение солнечных батарей

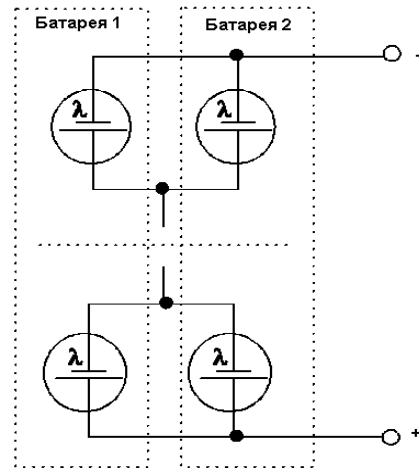


Рисунок 2. Параллельное включение элементов солнечных батарей

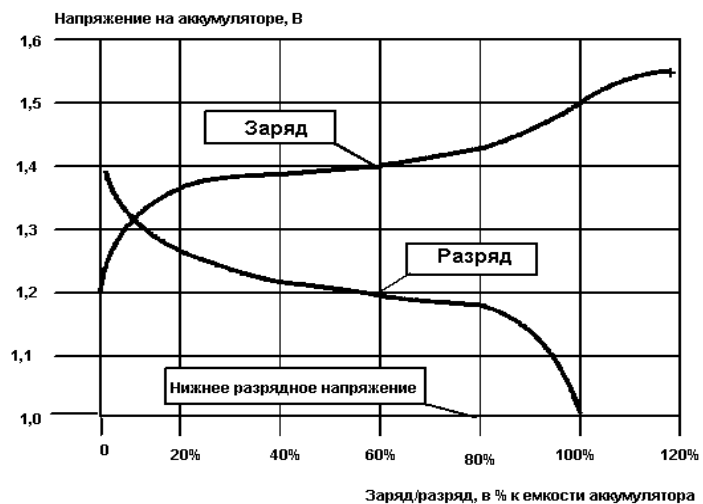


Рисунок 3. Разрядная и зарядная характеристика никель-кадмиевого аккумулятора

тельное включение потребует распайки готовых батарей, а затем нового включения их элементов между собой.

Для увеличения напряжения солнечной батареи можно включать последовательно большое количество солнечных элементов. Напряжение такой солнечной батареи будет равно сумме напряжений на всех составляющих ее солнечных элементах. Ток, от-

даваемый этой батареей, будет ограничен током худшего элемента.

Если полноценное солнечное освещение батареи бывает ограниченное время суток, желательно использовать солнечную батарею, обеспечивающую ускоренный зарядный ток, величина которого находится в пределах 0,15-0,3 от емкости аккумуляторов.

Если же солнечная батарея обеспе-

чивает ток, меньший чем номинальный зарядный ток (менее 0,08 от емкости аккумуляторов), то в данном случае речь может идти не о зарядке, а только о подзарядке аккумуляторов. Это означает, что в светлый период времени солнечная батарея должна быть постоянно подключена к аккумулятору, все это время постоянно подзарядая его. При этом необходимо контролировать, чтобы во время работы аккумуляторной батареи напряжение на одном элементе аккумулятора было бы не ниже 1,2-1,15 В. При напряжении ниже 1,15 В аккумулятор необходимо снять с работы и поставить на зарядку. В противном случае за короткое время напряжение на элементах аккумулятора упадет до 1,1 В, и такую разряженную аккумуляторную батарею уже невозможно будет использовать в работе без полноценной зарядки. Это указывает на то, что необходимо контролировать напряжение на аккумуляторной батарее под нагрузкой.

Разрядная и зарядная характеристика одиночного аккумулятора показана на рисунке 3. Подключение солнечной батареи к аккумуляторам желательно осуществлять последовательно с солнечной батареей через миллиамперметр. Он показывает, какой величины ток потребляет аккумулятор от солнечной батареи. А это дает возможность судить, находится ли аккумулятор под зарядным током или тренировочным и вообще работает ли в данный момент солнечная батарея или нет.

В рабочих условиях можно считать процесс зарядки аккумуляторной батареи оконченным, если напряжение на ее элементах под нагрузкой составляет не менее 1,25 В на элемент и их ЭДС составляет не менее 1,36 В на элемент.

Если же солнечная батарея используется только для подзарядки аккумуляторов, то ее необходимо производить по мере необходимости (по мере разряда аккумуляторов). При неблагоприятных условиях подзарядка может даже продолжаться целый световой день. Ночью солнечные батареи нет необходимости отключать от аккумуляторов, поскольку они будут отключены автоматически с помощью диода VD1 (рис. 7).

Для дальнейшего понимания процесса зарядки солнечной батареей аккумулятора рассмотрим характеристики элемента солнечной батареи. Зависимость тока одного элемента солнечной батареи типа БСК-2 от напряжения на нем показана на рисунке 4. Этот график снят при оптимальном освещении солнечного элемента. Он типичен и для других солнечных элементов. Значение максимального тока будет зависеть от мощности солнечного элемента. Для снятия этого графика к освещенному солнечному элементу подключают переменный резистор. Изменяют сопротивление переменного резистора и измеряют ток, поступающий в резистор, и напряжение на

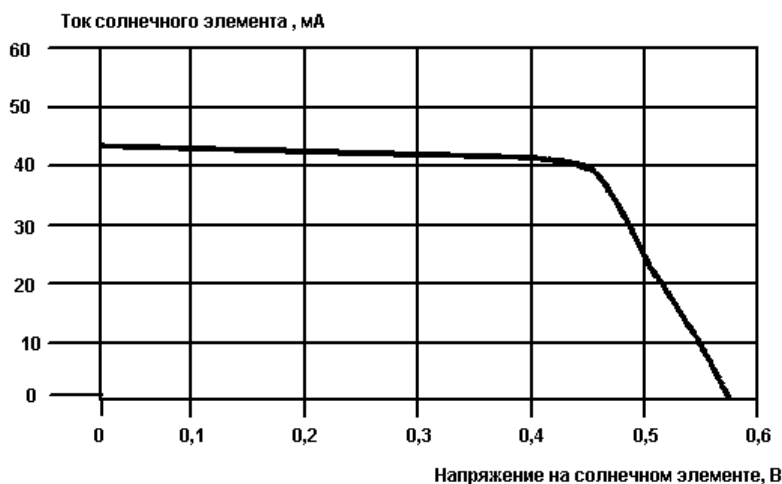


Рисунок 4. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента

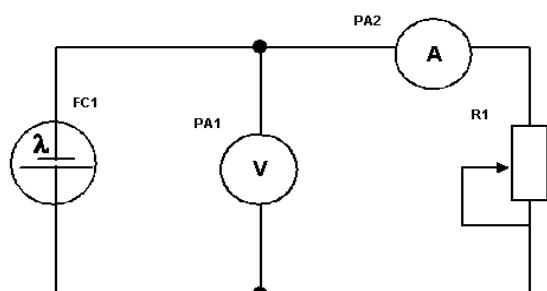


Рисунок 5. Схема для снятия вольт-амперной характеристики солнечного элемента

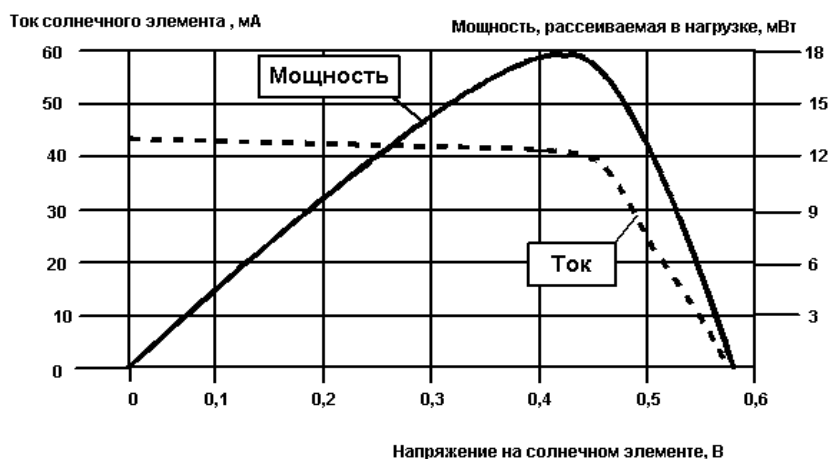


Рисунок 6. График зависимости рассеиваемой мощности в сопротивлении нагрузки от напряжения на ней

солнечном элементе. Схема для снятия вольт-амперной характеристики солнечного элемента показана на рисунке 5.

При работе солнечного элемента без нагрузки напряжение фото-ЭДС на нем составит около 0,6 В. При подключении нагрузки, а затем при уменьшении ее сопротивления ток в нагрузке начнет увеличиваться, а напряжение на нагрузке – снижаться. Напряжение примерно 0,45 В на нагрузке является оптимальным режимом работы солнечного элемента. При попытках увеличить отбор тока напряжение на солнечном элементе падает, а ток, который он генерирует, продолжает оставаться практически неизменным. Это говорит о том, что солнечная батарея является почти идеальным источником тока.

Для схемы измерения тока солнечного элемента (рис. 5) был построен график зависимости рассеиваемой мощности в сопротивлении нагрузки солнечного элемента от напряжения на ней (рис. 6). Этот график снят при оптимальном освещении солнечного элемента. Для постройки графика измерялось нагрузочное сопротивление солнечного элемента при различных напряжениях на нем. Затем исходя из значения сопротивления нагрузки и тока, протекающего через нагрузку, был построен график мощности, рассеиваемой в нагрузке. Из этого графика видно, что максимальная мощность, отдаваемая в нагрузку солнечным элементом, будет при напряжении на нагрузке 0,45 В. Оптимальное напряжение на нагрузке (0,45 В) отличается от напряжения фото-ЭДС (0,6 В) в 0,75 раза.

Следовательно, для зарядки аккумуляторов можно применить солнечную батарею, которая имеет максимальный генерируемый ток, примерно равный току зарядки аккумуляторов. В этом случае солнечная батарея автоматически будет производить зарядку аккумуляторов необходимым зарядным током при слабом освещении. Батарею необходимо подключать к аккумуляторам через диод, как это показано на рисунке 7. Это необходимо потому, что при неблагоприятном солнечном освещении напряжение на солнечной батарее может упасть ниже, чем напряжение на заряжаемых аккумуляторах. В этом случае аккумуляторы вместо своего заряда разрядятся через внутреннее сопротивление солнечной батареи. Буферный конденсатор С1 необходим, если аккумуляторы будут использоваться для работы во время своей зарядки/подзарядки.

Методика расчета параметров солнечной батареи

Приведем пример расчета солнечной батареи, необходимой для зарядки аккумуляторов. Как показано на рисунке 3, во время зарядки аккумулятора напряжение на нем находится в пределах 1,4 В. Для питания аппаратуры в полевых условиях обычно возможно

применение напряжения 12 В. Такое напряжение могут обеспечить 10 никель-кадмиевых аккумуляторов, включенных последовательно. Для зарядки батареи из 10 никель-кадмиевых аккумуляторов, включенных последовательно, необходимо обеспечить напряжение на них, равное 14 В ($10 \cdot 1,4 = 14$). При максимальном КПД работы солнечной батареи, когда напряжение на одном солнечном элементе составит 0,45 В, напряжение 14 В может обеспечить солнечная батарея, состоящая из 31 элемента ($14/0,45 = 31$).

Учитывая падение напряжения на диоде, равное 0,7 В, солнечная батарея должна иметь еще два лишних элемента. Суммарное количество солнечных элементов в батарее в этом случае будет равно 33 ($31 + 2 = 33$). Напряжение фото-ЭДС солнечной батареи, содержащей 33 элемента, составит 19,8 В. В паспорте на солнечные батареи указывают напряжение фото-ЭДС. В продаже имеются солнечные батареи на напряжение фото-ЭДС, равное 12 и 9 В. Следовательно, при оптимальном сопротивлении нагрузки (рис. 6) напряжение на этих батареях составит 6,75 В для 9 В солнечной батареи, 9 В – для 12 В солнечной батареи.

Две последовательно включенные солнечные батареи, имеющие напряжение фото-ЭДС 9 и 12 В, можно с успехом использовать для зарядки 12-вольтовой аккумуляторной батареи. Превышение суммарного напряжения для двух батарей составит 21 В, что для них не опасно. Это превышение будет компенсировано некоторым уменьшением выходного напряжения солнечной батареи, которое произойдет из-за неравномерного освещения элементов, составляющих солнечную батарею. Но необходимо, чтобы ток солнечных батарей не превышал зарядный ток аккумуляторов.

Две последовательно включенные

солнечные батареи на напряжение 9 В не смогут обеспечить полную зарядку аккумуляторной батареи. Они осуществят лишь ее подзарядку до уровня не более 20% от необходимого заряда (рис. 3). Однако подключенная к 12 В аккумуляторной батарее солнечная батарея с фото-ЭДС 18 В поможет разгрузить режим работы этой аккумуляторной батареи. Она сможет сгладить пиковые токовые нагрузки и обеспечить в соответствии с мощностью солнечного преобразователя подзарядку аккумуляторов.

Эксплуатация солнечных батарей

При использовании солнечных батарей необходимо стремиться к тому, чтобы они были размещены на максимально освещенном месте и были освещены одинаково. Необходимо принять меры, исключающие механическое повреждение батарей, а также прямое воздействие на них влаги и пыли. При транспортировке необходимо избегать тряски солнечных батарей.

Необходимо соблюдать температурный режим солнечных батарей, который указан в их паспорте. Обычно это температурный диапазон в пределах $40^\circ \dots 50^\circ \text{C}$. Летом, в жаркую погоду, необходимо располагать солнечные батареи на поверхности, мало подверженной нагреванию, например, на отрезе белой материи или на блестящей алюминиевой фольге. В этом случае они слабо нагреваются и обеспечивают удовлетворительную работу расположенной на них солнечной батареи.

Необходимо отметить, что никель-кадмиевые аккумуляторы тоже плохо работают при повышенных и пониженных температурах. Понижение температуры аккумулятора ниже 0°C приводит к значительному снижению их мощности.

Выводы

Исходя из анализа сельскохозяйственных потребителей установлена необходимая мощность солнечных пре-

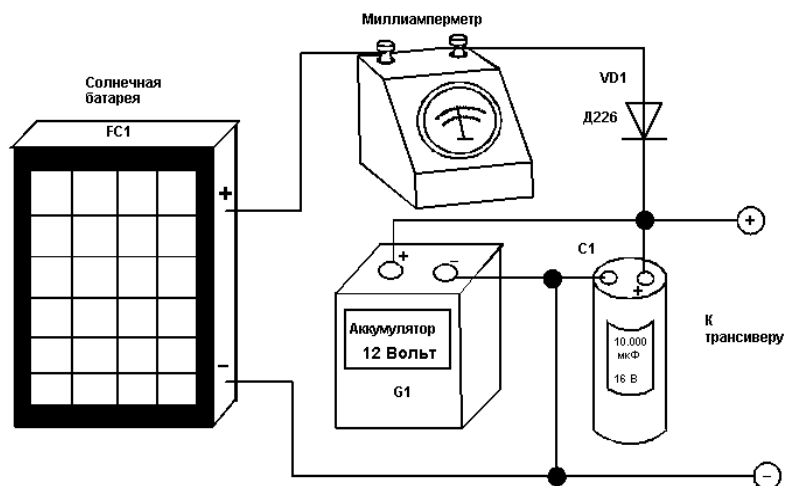


Рисунок 7. Схема подключения солнечной батареи к аккумуляторам

Инновационных технологии - Лесное хозяйство

образователей, не превышающих 100 Вт.
· Разработана схема подключения солнечной батареи к аккумуляторам, внесены изменения в схему, обеспе-

чивающие недопущение разряда их при недостаточной освещенности и высокого напряжения.

Вольт-амперные и зарядно-разрядные характеристики солнечного преобразователя и аккумулятора согласовываются с выбранными режимами работы.

Литература

1. URL: <http://www.akkumulyator.ru/>
2. Стребков Д. С. Солнечные фотоэлектрические модули с концентраторами для электроснабжения сельскохозяйственных объектов : тр. III Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М. : ГНУ ВИЭСХ, 2003. Ч. 4 : Нетрадиционные источники энергии. Вторичные энергоресурсы. Экология. С. 85-90.
3. Безруких П. П. Фотоэлектрическая станция с концентраторами мощностью 1 кВт : тр. III Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М. : ГНУ ВИЭСХ, 2003. Ч. 4 : Нетрадиционные источники энергии. Вторичные энергоресурсы. Экология. С. 78-84.
4. Алиев Р. К., Алиев К. Р. Методика расчета оптимальных параметров ФЭС : тр. III Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». М. : ГНУ ВИЭСХ, 2003. Ч. 4 : Нетрадиционные источники энергии. Вторичные энергоресурсы. Экология. С. 63-65.