

Научная статья  
УДК 681.5/630.0

## ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

**Сергей Петрович Санников**

Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия  
sannikovsp@m.usfeu.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы исследования по использованию солнечной батареи в качестве альтернативного источника электропитания для электронных устройств на основе технологии RFID по управлению лесным фондом с использованием информационных систем сбора данных при мониторинге параметров отдельных свойств деревьев (древостоя) в лесу. Сформулированы цели и задачи по разработке автоматизированных систем сбора данных. Рассмотрена возможность солнечной инсоляции Свердловской области и других регионов России для нормальной работы солнечной батареи, изменение мощности при попадании ее зону тени от листьев, стволов деревьев. Разработана схема контроллер и принцип его работы для подзарядки основного источника электропитания на основе аккумулятора типа LFP.

*Ключевые слова:* электронное устройство RFID, мониторинг, древостой, управление лесным фондом

Original article

## PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF AUTOMATED FOREST MANAGEMENT SYSTEMS

**Sergey P. Sannikov**

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia  
sannikovsp@m.usfeu.ru

*Abstract.* The article discusses the issues of research on the use of a solar battery as an alternative source of electricity for electronic devices based on RFID technology for forest fund management using information systems for data collection when monitoring the parameters of individual properties of trees (stands) in the forest. The goals and objectives for the development of automated data col-

lection systems are formulated. The possibility of solar insolation of the Sverdlovsk region and other regions of Russia for the normal operation of the solar battery, the change in power when it gets into the shadow zone from leaves, tree trunks is considered. The controller circuit and the principle of its operation for recharging the main power source based on an LFP type battery have been developed.

**Keywords:** RFID electronic device, monitoring, tree stand, forest fund management

Управление древостоями – это важный аспект лесного хозяйства и экологии. Эффективные работы системы управления позволяют следить за состоянием лесов, предотвращать несанкционированную вырубку деревьев и поддерживать экосистемное равновесие в лесу. Разработка такой системы включает в себя использование технологий мониторинга древостоев с использованием электронных датчиков, устройств сбора, передачи данных и их анализа, а также компьютеров для принятия решений.

Проблема разработки системы управления древостоями является актуальной задачей для многих стран. Древостой – это совокупность древесных растений, образующих лесной фонд, и управление им включает множество задач. Разработка такой системы требует учета множества факторов и включает создание информационной системы и механизмов контроля. Управление включает в себя вопросы контроля состояния леса, планирование лесозаготовок и восстановление лесов.

Важным аспектом управления является внедрение электронных средств (устройств) мониторинга состояния древостоев, обучение специалистов. В целом, разработка такой системы – сложный и многоаспектный процесс.

Лесная отрасль плохо поддается автоматизации в силу своей специфики как объект управления. На сегодняшний момент используются переносные, автономные современные приборы, построенные на основе микроконтроллера. Использование электронных измерительных датчиков на длительное время работы невозможно при отсутствии надежных автономных источников электропитания.

Такие измерительные приборы учета древостоя и его состояния разрабатываются, в том числе и на кафедре автоматизации производственных процессов УГЛТУ. Проблема связана с длительной работы электронных устройств в лесу, по мониторингу состояния древостоев включает несколько аспектов:

1. Энергетическая зависимость: электронные устройства, такие как измерительные датчики и дроны, требуют энергии. Проблемы с длительной работой могут возникнуть из-за ограниченных источников питания в условиях леса.

2. Ограниченная доступность к энергии: отсутствие электросети в удаленных лесных районах может затруднить поддержание постоянного питания для электронных устройств.

3. Условия окружающей среды: экстремальные погодные условия, такие как низкая температура зимой, дождь, снег или высокая влажность, могут повлиять на работу электроники и уменьшить срок службы батарей.

4. Необходимость технического обслуживания: удаленность лесных участков может усложнить доступ к устройствам для замены батарей или проведения регулярного обслуживания.

Для решения этой проблемы можно исследовать и внедрять эффективные источники энергии, такие как солнечные батареи и другие альтернативные источники электропитания или технологии беспроводной зарядки. Также важно разрабатывать электронные устройства с учетом их устойчивости к условиям окружающей среды и оптимизировать программное обеспечение для экономии энергии.

Из вышеизложенной проблемы управления лесами с использованием электронных устройств автоматизированной системы вытекает направление на исследования в поиске альтернативного источника питания. Появляется необходимость в разработке подходящего источника электропитания автономных устройств, установленных в лесу по сбору данных для управления лесами.

Цель работы заключается в исследовании альтернативных источников питания для устройств мониторинга древостоев. Для решения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Исследовать схемные решения превращения физических явлений природы в электрическую энергию, таких как магнитные и электромагнитные поля Земли, потоки воды и ветра, инсоляции солнца, температуры и пр.

2. Исследовать источники накопления для накопления электрической энергии для автономных устройств мониторинга древостоев.

3. Провести анализ эффективности работы и проектирования автономных источников электропитания электронных устройств в лесу.

4. Разработать концепцию электронного преобразователя напряжения.

Проведенный анализ методов возможных к применению в качестве электропитания автономных электронных устройств в лесу в течение длительного времени эксплуатации показал, что некоторые вообще к применению не годятся, например, использование потока воды.

Использование ветрогенератора, здесь необходимо поднимать его на высоту деревьев. У него имеются механические детали вращения, которые требуют периодического обслуживания.

Использование разности температуры для получения электроэнергии малой мощности имеет свое место быть, но необходимо создать каким-то образом ее. О термо-ЭДС известно давно, и устройства, изготовленные по

предложению академика Иоффе, применялись, например, партизанами в годы Великой Отечественной войны, например «Партизанский котелок».

Массовое использование изотопных источников, например  $^{40}\text{Sr}$ , который используют для освоения труднодоступных мест на крайнем севере и в Сибири, или иных источников малой мощности не приемлем, его мы не рассматривали.

Поэтому в работе остановились на исследовании работы солнечных элементов (панелей) малой мощности. В последнее время к ним имеется определенный интерес для производства электроэнергии в больших масштабах, в космосе. Нас интересовали солнечные панели малой мощности, мощность до 2–10 Вт при напряжении от 3,5 В до 6–9 В.

Исследования проводили солнечными панелями размером от 40 × 40 мм до 100 × 140 мм. Для этой цели собрали установку с контроллером, который отслеживал снижения напряжения при наступлении темноты, включал дополнительную нагрузку для разряда аккумуляторной батареи. Фиксировали в разное время суток напряжение на солнечной панели (элементе) и на аккумуляторной батарее, ток заряда и разряда.

В результате исследования пришли к выводу, что есть смысл продолжить работу по поиску эффективного сочетания солнечного элемента и накопителя энергии. Некоторые результаты представлены ниже.

Малогобаритные солнечные панели по технологии их изготовления делятся на [1]:

- монокристаллические (на основе монокристаллов кремния, выращенных искусственно, и они имеют одинаковую кристаллическую структуру во всем объеме);

- поликристаллические (в основе кристаллы кремния, которые имеют разную ориентацию в кристаллической решетке, что делает их менее эффективными, чем монокристаллы);

- тонкопленочные (тонкая пленка из полупроводникового материала: кремний, теллурид кадмия или «медь – индий – галлий – селен»);

- аморфные (состоят из нескольких тонких слоев, один из которых кристаллы кремния аморфного состояния).

Первые два по конструкции жесткие, не подвергаются деформации, а последние два – гибкой структуры, т. е. им можно придать закругленную форму.

Проблема использования солнечной панели для зарядки основного источника электропитания электронного устройства в лесной среде является инсоляционная способность солнечного света [2, 3]. Средние показатели инсоляции в регионах России показаны на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что средний уровень инсоляции солнца в Свердловской области составляет 3–3,5 кВтч/м<sup>2</sup>/сутки. Это ниже среднего, если за средний

уровень принять 4 единицы инсоляции солнца. В тоже время вполне приемлемая возможность использования солнечной малогабаритной панели для электропитания электронных устройств в лесу.

Пиковая мощность исследуемых в течение года солнечных элементов мощностью 10 Вт с нагрузкой 2,6 Вт · ч/сут. представлена на рис. 2.



Рис. 1. Уровни инсоляции по территории России [2]

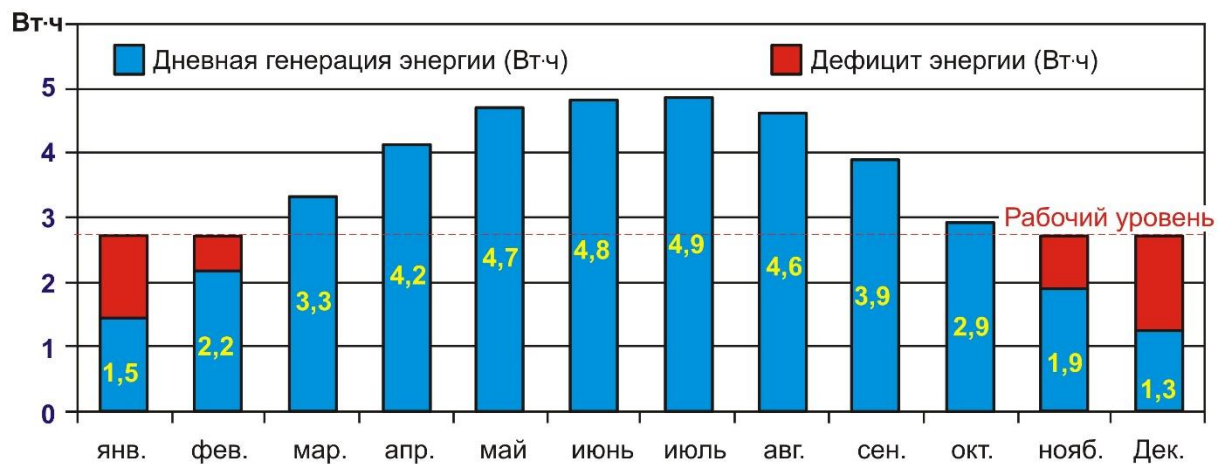


Рис. 2. Пиковая мощность солнечного элемента 10 Вт, при электропотреблении 2,6 Вт · ч/сут.

Наблюдаемый дефицит электропитания с ноября по февраль необходимо компенсировать продолжительностью работы электронных устройств в лесу. Если это активные датчики RFID, то их опрос нужно производить в относительно теплые дни, а холодное время суток они должны находиться

в спящем режиме. Это связано с использованием основного источника электропитания этих электронных устройств.

В качестве основного источника электропитания можно использовать сухие химические элементы (солевые или щелочные), а альтернативный солнечный элемент питания необходимо включать параллельно при хорошей инсоляции солнца. Эти элементы работают при отрицательных температурах и имеют продолжительный срок службы [4].

Также в качестве основного источника питания можно использовать аккумуляторную батарею, которую необходимо периодически подзаряжать. Анализ аккумуляторов показал, что лучше использовать «литий – железо – фосфатный аккумулятор» ( $\text{LiFePO}_4$ ), который способен работать при температуре  $-30\text{ }^\circ\text{C}$ . Здесь в качестве источника альтернативной энергии подойдет солнечная батарея.

Проблема использования солнечная батарея под кроной деревьев, это тень создаваемая листьями, хвоей и другими структурными элементами деревьев, например сучьями и стволом дерева. Тень, создаваемая хвоей и листвой – назовем легкой тенью, а тень от стволов – жесткой, по аналогии как это сделано в работе [5].

Проведенные исследования показали, что необходимо выделить три стадии инсоляции солнца на работу солнечной батареи. Первая стадия – это когда все элементы солнечной батареи освещены, т. е. незатененная. В этом случае от элементов солнечной батареи получаем напряжение и ток на 100 %. При второй стадии, когда на солнечную батарею частично падает тень от ствола дерева или затенена листвой, хвоей. Здесь затененные элементы солнечной батареи не дают полной своей электрической мощности, как показано на рис. 3.

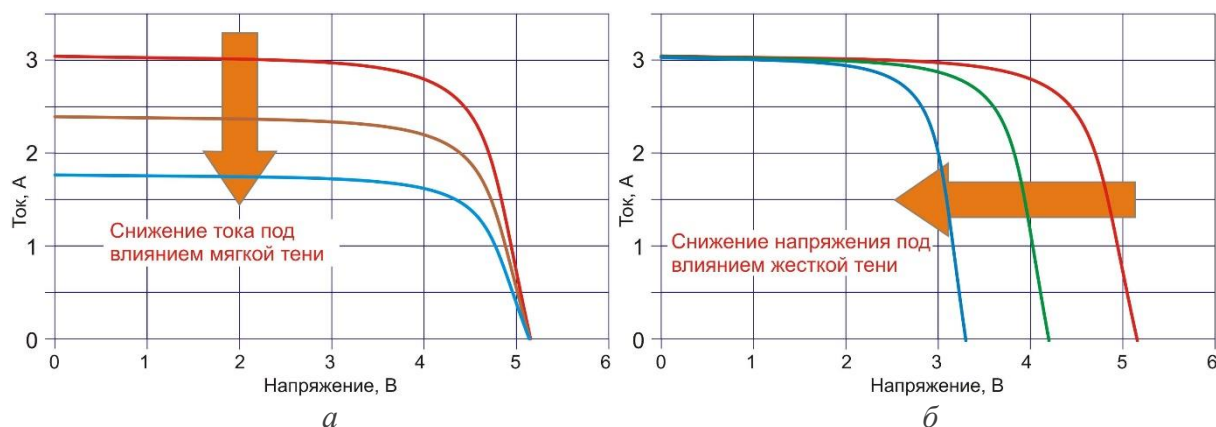


Рис. 3. Снижения напряжения и силы тока от падающей тени:  
*a* – мягкая; *б* – жесткая

Третья стадия – это когда элементы солнечной батареи полностью затенены. Здесь мощность вырабатываемой электрической энергии солнечной батареи снижается до минимума (см. рис. 3).

Это необходимо учитывать при проектировании по использованию альтернативной электрической энергии солнечными батареями в лесу. Для этого необходим контроллер, который обеспечивал энергией аккумуляторную батарею только в том случае, если напряжение на солнечной батарее превышает рабочее напряжения устройств учета свойств деревьев в лесу. Структурная схема разрабатываемого контроллера показана на рис. 4.

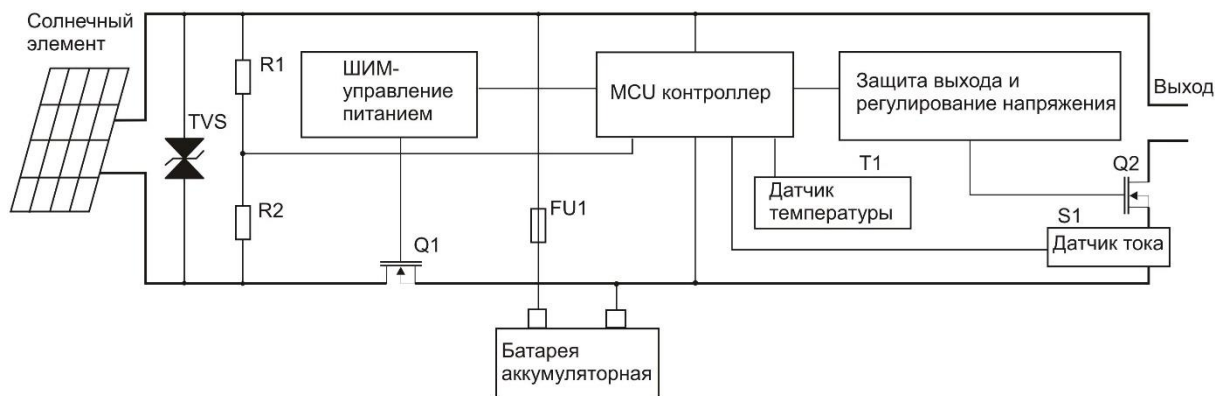


Рис. 4. Структурная схема разрабатываемого контроллера

Здесь диод TVS играет роль защиты контроллера, если напряжение на панели при максимальной инсоляции солнца превысит допустимые значения. Электронный ключ Q1 управляет подачей тока с солнечной батареи при попадании ее в тень. Датчиком сигнала для процессора MCU на солнечной батарее служит делитель напряжения на R1 и R2.

Таким образом, при получении информации для управления древостоями можно в качестве альтернативного источника электропитания использовать элементы солнечных батарей. Исследования подтвердили правильность выбранной цели по использованию солнечной батареи для альтернативного источника питания электронных устройств в лесу. При этом исследованы схемные решения с использованием контроллера для управления зарядкой основной аккумуляторной батареи типа LFP. В соответствии с задачей по разработке такого контроллера предложена схема и принцип работы. Рассмотрены системы хранения и накопления электрической энергии в литиевых аккумуляторах, а с использованием солнечных элементов и контроллера заряда получили эффективную систему.

### Список источников

1. Андреев А. Способы измерения мощности солнечных батарей. Напряжение солнечной панели // Энергетика : [сайт]. URL: <https://foraenergy.ru/ispolzovanie-solnechnoj-energii-v-rossii/> (дата обращения: 27.09.2023).

2. Осадчий Г. Б. Использование солнечной энергии в России // Энергетика : [сайт]. URL: <https://foraenergy.ru/ispolzovanie-solnechnoj-energii-v-rossii/> (дата обращения: 27.09.2023).
3. Солнечная инсоляция – справочные таблицы // Альтернативная энергетика : [сайт]. URL: <https://goo.su/c6Y0> (дата обращения: 27.10.2012).
4. Охоткин Г. П. Методика расчета мощности солнечных электростанций // Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С. 222–230.
5. Андреев А. Как тень влияет на работу солнечной панели // Энергетика : [сайт]. URL: <https://foraenergy.ru/ispolzovanie-solnechnoj-energii-v-rossii/> (дата обращения: 27.09.2023).