УДК 620.92+502.174.3

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ПРИ АВТОНОМНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Канд. техн. наук, доц. ПЕТРЕНКО Ю. Н., асп. ТРЕЩ А. М.

Белорусский национальный технический университет

Последние десятилетия минувшего и начало XXI в. для многих стран стали периодом поиска новой стратегии энергетического развития. Необходимые изменения в энергетической политике связаны с осознанием мировым сообществом глобальной экологической опасности, связанной с громадными масштабами сжигания органического топлива, с грядущим истощением в обозримой перспективе запасов нефти и соответствующим повышением мировых цен на нее, с опасностью использования атомного топлива, включающей и проблемы захоронения радиоактивных отходов. Это заставляет человечество уже сейчас прогнозировать целесообразность использования экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Согласно классическим представлениям о возобновляемой энергетике, в мире существует только три вида первичных ВИЭ: солнечная энергия, тепловая энергия Земли и энергия орбитального вращения Земли и планет Солнечной системы. Солнечная энергия частично превращается в рассеянную энергию воды, воздуха и поверхностного слоя Земли. Энергия Земли (геотермальная энергия) является результатом тепловых процессов в ядре Земли и сухих породах толщи земной коры. Энергия орбитального движения планет сопряжена с энергией морских приливов. К ВИЭ многие специалисты относят также источники, позволяющие вырабатывать энергию на основе постоянных или периодически повторяющихся процессов в природе, жизненных циклов растительного и животного мира, а также жизнедеятельности человеческого общества.

Развитые страны на протяжении многих лет ежегодно вкладывают в развитие альтернативных источников энергии миллиарды долларов. Существуют государственные программы поддержки развития ВЭИ. Однако в настоящее время возобновляемые (альтернативные) источники энергии пока не могут конкурировать с традиционными. Основная причина неконкурентоспособности – экономическая: дороговизна вырабатываемой энергии [1]. Кроме того, все ВИЭ имеют ограничения, связанные, например, с расположением объекта, наличием определенных климатических условий, характеризуются либо ограниченным потенциалом, либо значительными трудностями широкого использования [2].

За последние 20–30 лет темпы роста солнечной энергетики составляли в среднем примерно 25 %. Согласно прогнозам, в XXI в. развитие солнечной энергетики будет оставаться основным среди всех альтернативных источников. По оценкам специалистов, к 2050 г. солнечная энергия может обеспечить 20–25 % мирового производства энергии, а к концу XXI в. солнечная энергетика должна стать доминирующим источником энергии с долей, достигающей 60 % [3–6].

В связи с тем, что надежное и устойчивое электропитание является приоритетным направлением государственной политики, возрастает роль исследований и разработок возобновляемых источников питания, в частности фотоэлектрических преобразований на основе солнечных батарей [7, 8]. Условие максимума отбираемой мощности от батареи в целом и способ его реализации при непостоянстве параметров освещенности и нагрузки рассмотрены в [9, 10].

Наиболее важными объектами коммерческой реализации должны стать солнечные электроустановки, включаемые в общую сеть энергосбережения. В качестве критерия целесообразности создания солнечных электростанций используется удельная стоимость мо-

дулей различных типов. Стоимость 1 кВт·ч производимой электрической энергии зависит от объема промышленного производства модулей солнечных батарей (СБ) [9, 10].

В настоящее время наиболее перспективным направлением развития солнечной энергетики является создание тонкопленочных элементов на базе аморфного кремния и его сплавов. Основные проблемы при проектировании автономных смешанных энергосистем на базе возобновляемых источников энергии сопряжены с необходимостью эффективного накопления и хранения энергии с учетом неравномерного поступления энергии солнечной радиации и изменения КПД ее преобразования в течение суток и года (КПД СБ достигает 12–15 %). В [11] сообщается о разработке многослойной структуры солнечного элемента, каждый из которых улавливает определенную часть солнечного спектра. Это позволяет, по утверждению разработчиков, получить КПД 44 %, а в планах компании Solar Junction уже есть цифра 50 %.

Использование энергии солнца в качестве энергоснабжения наиболее перспективно для стран Северной Африки и Ближнего Востока в силу климатических особенностей. В статье рассматривается актуальность применения автономных солнечных электростанций в качестве энергоснабжения на примере Ливии.

Географическая, климатическая и экономическая характеристики Ливии. Ливийская Республика – государство в Северной Африке на побережье Средиземного моря. Площадь территории Ливии составляет 1,76 млн км^2, население – 6,6 млн чел., плотность населения – 3,2 чел. на 1 км^2. Около 90 % составляют пустыни.

На перспективы развития энергетики Ливии влияют в основном факторы собственной обеспеченности энергоресурсами [12]. Но расширение использования нефти усугубляет экологические проблемы, а политические события последних лет показывают, что нефтяные месторождения не могут являться гарантией надежного энергоснабжения и ориентация только на них ставит под угрозу безопасность страны.

Учитывая географическое положение и климатические условия Ливии, потребление энергоресурсов может быть обеспечено широким использованием экологически чистых ВИЭ, в частности энергией солнца: солнечная радиация достигает 7,5 кВт на 1 м^2 в день при 3000–3500 солнечных часов в году. Затруднения в использовании солнечной энергетики связаны с тем, что наиболее пригодные для ее развития районы расположены далеко от источников воды, а районы, прилегающие к источникам воды, на которых сосредоточена большая часть населения, в свою очередь не отличаются такими благоприятными условиями для производства солнечной энергии.

Потенциал ветроэнергетики страны также значителен: средняя скорость ветра составляет 6,0–7,5 м/с, наибольшая его скорость наблюдается в прибрежных районах.

Потенциал биоэнергетики составляет 2 ТВт в год, в области геотермальной энергетики в настоящее время не используется.

Общий потенциал ВИЭ в стране составляет 157 ТВт в год, из которых на солнечную энергию приходится 140 ТВт в год, на ветряную – 15 ТВт в год, на биомассу – 2 ТВт в год.

В соответствии с Дорожной картой по развитию ВИЭ до 2030 г., одобренной министерством электричества и энергии Ливии, ВИЭ должны покрывать до 25 % энергопотребления страны к 2025 г. и до 30 % – к 2030 г. В среднесрочной перспективе – 6 % к 2015 г. и 10 % к 2020 г.

Исходя из климатических условий, географического положения, плотности населения и удаленности потребителей от источников общего энергоснабжения, в Ливии наиболее актуально использование в качестве энергоисточников автономных фотоэлектрических установок (ФЭУ).

Автономная фотоэлектрическая установка. Структурная схема разработанной ФЭУ, которая является преобразователем солнечной энергии в электрическую, приведена на рис. 1.

С целью повышения КПД в ФЭУ используется ряд импульсных преобразователей напряжения. Для формирования переменного выходного напряжения схема может быть снабжена автономным инвертором напряжения (АИН), подключение которого на рис. 1 показано пунктирными линиями.

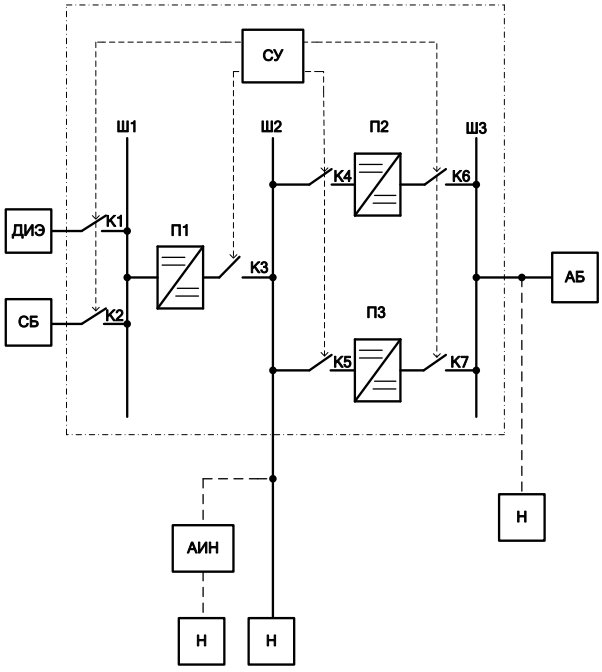

Рис. 1. Структурная схема ФЭУ со стабилизированным выходным напряжением

Автономная солнечная электростанция включает следующие основные узлы: дополнительный источник энергии (ДИЭ), используемый в темное время суток либо при неблагоприятных погодных условиях; солнечную батарею (СБ), представляющую набор фотогальванических элементов кремниевого типа; импульсные преобразователи постоянного напряжения в переменное: повышающий (П1) и комбинированные (П2, П3); шины постоянного тока Ш1, Ш2 и Ш3; набор ключей К1–К7; систему управления (СУ), предназначенную для задания алгоритма работы ФЭУ; аккумуляторную батарею (АБ); нагрузку (Н); автономный инвертор напряжения (АИН) для преобразования постоянного напряжения в переменное.

Как видно из рис. 1, схема ФЭУ содержит три шины подключения: две входные Ш1, Ш3 и одну выходную Ш2. Напряжения на шинах Ш1–Ш3 определяются в зависимости от требований потребителей и подключаемых нагрузок. Импульсные преобразователи постоянного напряжения П1 и П3, выполненные по классическим схемам понижающего и повышающего преобразователей, обеспечивают стабилизацию выходного напряжения электростанции на шине Ш2. ИППН понижающего типа П2 используется в качестве зарядного устройства аккумуляторных батарей. Напряжение на второй входной шине Ш3 медленно уменьшается по мере разряда аккумулятора. Система управления включает и выключает ключи К1–К7 по заданному алгоритму, обеспечивая высокую надежность электроснабжения ФЭУ.

Рассмотрим алгоритм управления ФЭУ: при наличии достаточной освещенности солнечных батарей (дневное время суток, солнечная погода) формируется достаточное количество энергии для питания нагрузки и заряда аккумуляторных батарей. В этом случае система управления включает ключи К2, К3, К4 и К6 для питания нагрузки и заряда аккумуляторных батарей от СБ. После полного заряда аккумуляторных батарей СУ выключает ключи К4 и К6.

При недостаточной освещенности СБ (ночь, пасмурная погода) и достаточной степени заряженности АБ система управления включает ключи К5 и К7 для питания нагрузки от АБ. При недостаточной освещенности СБ и разряженных аккумуляторных батареях СУ включает ключи К1, К3, К4 и К6 для питания нагрузки и заряда АБ от дополнительного источника энергии. После полного заряда АБ все включенные ранее СУ ключи выключаются и включаются ключи К5 и К7 для питания нагрузки от АБ.

Рассмотренный алгоритм управления ключами К1–К7 позволяет обеспечить высокую надежность электрообеспечения ФЭУ потребителей независимо от погодных условий и времени суток. Автономная солнечная электростанция обеспечивает питание потребителей, включенных на шину Ш2, стабильным постоянным или переменным напряжением. Потребители с менее жесткими требованиями к стабильности постоянного напряжения могут быть подключены непосредственно ко второй входной шине Ш3.

Схема ФЭУ (рис. 1) способна формировать на шине Ш2 любые значения выходного напряжения. Для этого потребуется увеличить выходное напряжение солнечных батарей путем последовательного соединения солнечных модулей и выбрать преобразователи П1–П3 на требуемое выходное напряжение.

В Ы В О Д

В силу географического положения рассматриваемого региона актуально использование солнечной энергии в качестве автономных солнечных электростанций, обеспечивающих потребителей требуемым энергоснабжением независимо от погодных условий и времени суток.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **Де Роза, А.** Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учеб. пособие: пер. с англ. / А. Де Роза. – М.: Изд. дом МЭИ, 2010. – 704 с.

2. **Андреев, В. М.** Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии / В. М. Андреев // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 7. – С. 93–98.

3. **Thin-film** silicon solar cells. Editor: Arvind Shah // EPFL Press. – 2010. – 430 p.

4. **Алферов, Ж. И.** Будущее солнечной энергетики. Наука и жизнь. Интернет-интервью. – Режим доступа: http://www.nkj.ru/interview/8370. – Дата доступа: 21.02.2007.

5. **Шпак, Г.** Солнечный свет в конце тоннеля / Г. Шпак // Наука в Сибири. – 2007. – № 15 (2600).

6. **Рязанов, К. В.** Перспективы развития солнечной энергетики / К. В. Рязанов // КАБЕЛЬ-news. – 2009. – № 12–1. – С. 81–85.

7. **Трещ, А. М.** Экспериментальные исследования характеристик солнечных батарей / А. М. Трещ // XIX Туполевские чтения: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Казань, 2011 г.: в 2 т. / Казан. гос. ун-т, Казань, 24–26 мая 2011 г. – Т. 1. – С. 374–375.

8. **Tresh, A. M.** Standalone reneable wind power system of hybrid design / A. M. Tresh, Y. N. Petrenko // Национальный и европейский контексты в научных исследованиях: сб. науч. статей материалов III Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 27–28 апреля 2011 г. / Новополоцкий ГУ. – Новополоцк, 2011. – С. 144–146.

9. **Кохреидзе, Г. К.** Энергосбережение средствами смешанной энергосистемы постоянного и переменного напряжения. Проблемы автоматизированного привода / Г. К. Кохреидзе, Д. П. Лаошвили, В. Ш. Метревели // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 2001. – Вып. 10. – С. 231–322.

10. **Якименко, Ю. И.** Фотоэнергетические системы / Ю. И. Якименко, А. Н. Шмырева // Техническая электродинамика. Проблемы современной электротехники. – Киев, 2001. – С. 115–119.

11. **Powerful** PVs Approach 50 Percent Efficiency. IEEE Spectrum, December 2012. – P. 12–13.

12. **Tresh, A. M.** Renewable energy in Lybia, present and future / A. M. Tresh, Y. N. Petrenko // Доклады БГУИР. – 2011. – № 2 (56). – С. 40–46.

Поступила 22.11.2012