УДК 620(075.8)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Канд. техн. наук, доц. **Муровский С.П.**
Канд. техн. наук, доц. **Муровская А.С.**
Ассистент **Иванова Е.В.**
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Аннотация. *В работе рассмотрены перспективы повышения эффективности комбинированных систем энергоснабжения удаленных объектов на базе возобновляемых источников энергии. Разработанное схемное решение комбинированного энергоснабжения удаленных объектов на базе мини-ГЭС, ГТ и термоэлектрических генераторов, установленных на газоотводной трубе котла, позволит перераспределять энергию между потребителями внутри объекта или накапливать ее в системе электрохимического аккумулирования в период минимального потребления.*

Ключевые слова: *гидротурбина, термоэлектрический генератор, возобновляемые источники энергии, вторичные энергоресурсы, автономное энергоснабжение*

Территория Республики Крым имеет достаточно разнообразный рельеф местности. Большое количество площади полуострова занимают возвышенности и горные массивы. Следовательно, поставлять бесперебойно электроэнергию удаленным потребителям не всегда является возможным или влечет за собой большое количество затрат. Выход из данной ситуации очевиден: децентрализованное генерирование электричества непосредственно на объектах при помощи использования установок на базе возобновляемой энергетики (ВИЭ). Учитывая сложившуюся ситуацию в энергопроизводстве и состояние энергосетей, можно прийти к выводу о необходимости развития в Крыму собственных производственных мощностей и разработки инновационных решений на базе ВИЭ, которые бы повысили уровень надежности энергоснабжения потребителей. Одним из направлений развития собственной генерации является установка мини-ГЭС в комплексе с другим источником электрогенерации вблизи удаленных объектов [1].

Целью данного проекта является оценка возможности установки комбинированного энергокомплекса, на базе гидротурбин и термоэлектрических генераторов, установленных на трубе отходящих газов нагревательного котла, для обеспечения автономного электроснабжения объекта. Оценка возможности и целесообразность установки мини-ГЭС на полноводной реке, расположенной вблизи объекта, обеспечивающих генерацию электроэнергии для собственных нужд за счет избыточной энергии проходящей воды с учетом климатических и рельефных особенностей, имеющегося специализированного оборудования на энергорынке Крыма.

Для разработки технических решений по применению мини-ГЭС и термоэлектрических генераторов (ТЭГ) в качестве дополнительного источника электрогенерации в системе децентрализованного электроснабжения удаленного объекта, был проведен анализ гидрологических параметров горных рек Крыма по данным многолетних наблюдений [2]; обоснован выбор рациональной конструкции мини-ГЭС и ТЭГ с учетом особенности территории размещения объекта. Предлагаемые технические решения являются весьма актуальными для децентрализованного электроснабжения удаленных объектов Крымского региона учитывая требования госпрограммы, направленной на энергосбережение традиционных энергоносителей.

Установка мини-ГЭС на реках, которые протекают вблизи жилого объекта, позволит использовать избыточную энергию воды путем генерации электроэнергии для собственных нужд (рис. 1).

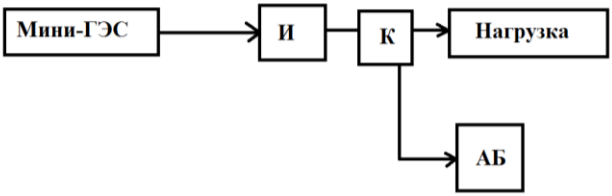

Рис. 1. Блок схема электроснабжения жилого дома на базе мини-ГЭС и аккумулирующего устройства

Гидроэлектростанции малой мощности обладают целым рядом преимуществ, которые делают это оборудование все более популярным. Прежде всего, стоит отметить экологическую безопасность мини-ГЭС – критерий, который становится все более важным в свете проблем защиты окружающей среды. Малые ГЭС не оказывают вредного

влияния ни на параметры, ни на качество проходящей воды. Дополнительными преимуществами мини-ГЭС является возможность работы в автоматическом режиме без обслуживающего персонала.

Так же есть возможность установить гидроагрегат на водогрейном котле в контуре циркуляции теплоносителя, что позволит использовать энергию циркулирующего теплоносителя для вращения гидротурбины и, тем самым, выработки дополнительной электрической энергии. Необходимым условием подобных проектов является установка запасающих электрическую энергию устройств. Они будут установлены с целью запасания излишков электрической энергии, вырабатываемой за счет всех генерирующих устройств. В момент пиковой нагрузки мы сможем использовать запасенную энергию для электропитания потребителей дома. Таким образом сможем избежать дополнительной генерации энергии за счет дизель-генератора (ДГ) или питающей линии [3]. В работе будет рассмотрен усовершенствованный проект автономного электроснабжения жилого дома, расположенного вблизи реки, который заключается в установке ТЭГ на дымоходе от котла, гидротурбины (ГТ) в контуре циркуляции теплоносителя котла и установке более мощных гидроагрегатов на русле протекающей речки. Как результат, разработанное схемное решение (рис. 2) окажет положительный эффект на экономическую и экологическую сторону данного проекта. Так же позволит приобрести большую независимость и автономию от центральной электрической сети [4].

Мини – ГЭС является основным источником электроэнергии в неотопительный период. На время отопительного сезона предусмотрена комбинированная система для генерации электрической энергии, которая включает в себя ТЭГ, установленный на газоотводящей трубе действующего котла и ГТ, установленную в контуре циркуляции теплоносителя котла. Конструкция ТЭГ, применяемая в качестве автономного источника питания, содержит узел нагревателя, имеющий в поперечном сечении развитую поверхность, узел охладителя и батареи термоэлементов, выполненные в виде модулей, которые собраны в блок, размещенный между узлами нагревателя и охладителя [5].

Нагрев поверхности нагревателя, происходящий за счет конвекционного тепла от выходящих газов котла и одновременно охлаждение холодных спаев термоэлементов за счет притока наружного воздуха в котел приводит к возникновению разности температур между холодными и горячими спаями термоэлементов, на которых благодаря эффекту Зеебека возникает термо-ЭДС, которая по специальным токоотводам направляется в нагрузку общего электрического контура.

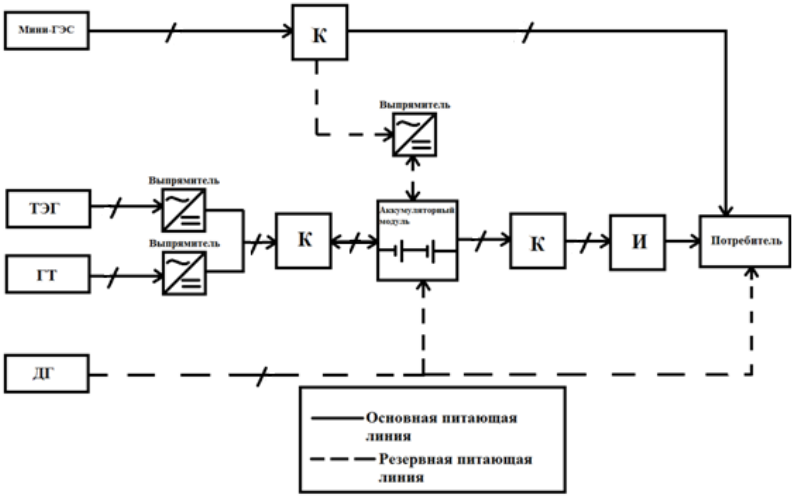

Рис. 2. Предлагаемая комбинированная система автономного энергоснабжения объекта

Рабочая температура рассматриваемых элементов Пельтье составляет от +50°С до +90°С. Поскольку, температура отходящих газов котла составляет, порядка 100°С, а температура окружающей среды не будет превышать 5-10°С, следовательно, работа элементов Пельтье будет наиболее эффективной.

Технической задачей проекта явилось совершенствование конструкции комбинированной системы автономного электроснабжения (КСАЭС) в составе энергоустановки на базе ТЭГ и микро-ГЭС, снижение случайных отказов и обеспечение бесперебойной работы за счет введения дополнительного генерирующего устройства, расширение эксплуатационных возможностей, повышение надежности и безопасности.

Техническая задача решается тем, что КСАЭС, подключенная к потребителю электроэнергии, содержит два внешних источника генерации электроэнергии на базе ТЭГ и микро-ГЭС, силовой блок и преобразователь напряжения, соединенный с аккумуляторной батарей и блоком управления газового котла.

Исходя из проведенных расчетов, потребление электроэнергии выбранным объектом, с учетом имеемого оборудования, в неделю со-

ставило $\boldsymbol{W}_{\text{пер}} = \mathbf{115}$ кВт · ч. С целью определения пика потребляемой нагрузки был построен недельный график распределения нагрузки всего оборудования объекта. Анализируя полученный суммарный график нагрузки видно, что максимальное значение составляет 3 560 Вт. Для накопления излишков генерируемой электроэнергии выбираем аккумуляторную батарею (АБ) типа GLP 12-200 с номинальным напряжением $U_{\text{ном}} = 12$ В, и емкость $q_{\text{ном}} = 200$ А · ч [6]. Для обеспечения объекта электроэнергией потребуется 22 аккумуляторные батареи. Был проведен эксперимент с элементами Пельтье. На металлическую трубу дымохода были закреплены элементы Пельтье, с целью обеспечения хорошего теплового контакта применялась термопаста. Элементы были соединены последовательно для выработки требуемого напряжения [5]. Для чистоты эксперимента внутри трубы поддерживалась постоянная температура, соответствующая температуре отходящих газов котла (рис. 3).

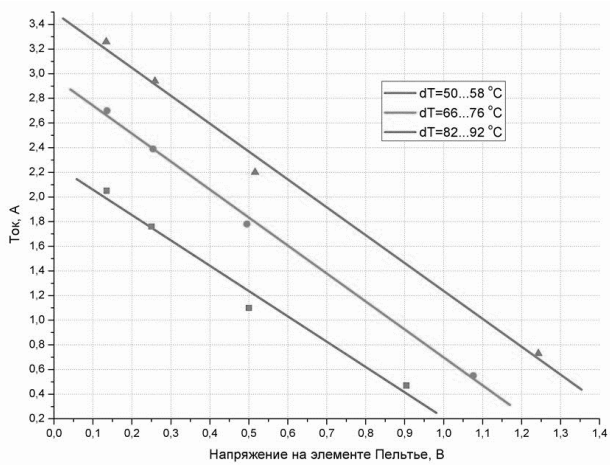

Рис. 3. ВАХ исследуемого элемента Пельтье

Входе эксперимента было установлено, что данный проект имеет право на существование и может быть применен в практических целях. Согласно проведенным расчетам по действующим методикам и исходя из описания установки и размеров трубы, было получено, что для данного проекта потребуется 24 одинаковых блока элементов Пельтье, которые будут вырабатывать электроэнергию и подавать её на АБ.

Суммарная генерируемая мощность составит 1,4 кВт, что позволит обеспечить до 30% от всей требуемой электроэнергии. В ходе разработки комбинированной энергоустановки, включающей в себя ТЭГ и ГТ на циркуляции теплоносителя, появилась необходимость автоматического включения и переключения заряда АБ от ТЭГ и ГТ. Было принято решение о разработке автоматического контроллера, который бы переключал заряд АБ от ТЭГ и ГТ.

Разработанная КСАЭС работает следующим образом. Источники генерации электроэнергии на базе мини-ГЭС с однофазным генератором обеспечивают потребителя электроэнергией с требуемыми параметрами. При выработке мощности больше потребления объектом, избыток электроэнергии идет на заряд накопителя энергии, который разряжается при недостатке мощности выработки на источниках генерации, компенсирую недостающую мощность потребления. Главной чертой данного комплекса является наличие внешнего источника генерации электроэнергии на базе ВИЭ, подключенного к шинам питания потребителя электроэнергии (рис. 4).

В проекте предусмотрен объем автоматизации, который обеспечивает оптимальный режим энергоснабжения удаленного объекта, экономию материальных и энергетических ресурсов, обеспечение условий для обслуживания технологического оборудования [4].

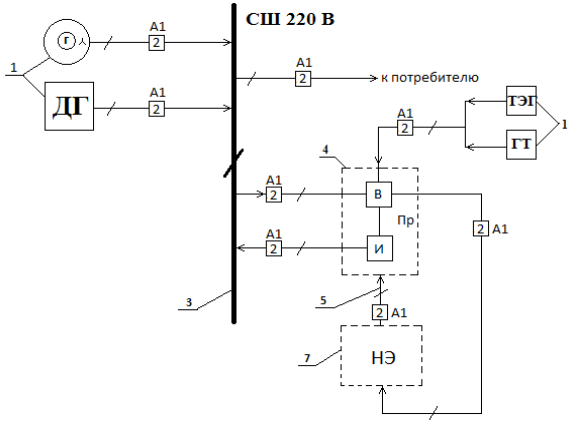

Рис. 4. Схемное решение децентрализованного энергоснабжения удаленного объекта в составе мини-ГЭС, ТЭГ и ГТ:
1– электрогенерирующие устройства; 2 – контроллеры; 3 – система шин; 4 – преобразователь; 5 – питающая линия

Выводы

1. Рассмотрена возможность внедрения перспективных технологий на базе ВИЭ для децентрализованного электроснабжения удаленных объектов, которые позволяют существенно снизить потребление традиционных энергоресурсов.

2. Проведен расчет системы энергопотребления объекта, с учетом возможного перспективного развития, выбраны и рассчитаны с применением математического моделирования наиболее эффективные электрогенерирующие агрегаты для данного объекта, разработаны преобразовательные устройства для обеспечения качественной электроэнергией объекта.

3. Проведенные расчеты показали, что разработанная комбинированная система энергоснабжения является эффективной, позволит обеспечить электроэнергией дом с пиковой нагрузкой - 3,6 кВт. Генерация электроэнергии от мини – ГЭС составит 3 кВт при работе в нормальном режиме, а от ТЭГ и ГТ в контуре котла - 1,6 кВт. Экономия электроэнергии от центральных сетей в течении года составит 8000 руб.

Библиографический список

1. **Муровский С.П., Курзо А.Н.** Система автономного электроснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии // Успехи современной науки: Сб. ст. Межд. научно-практ. конф. Белгород: Эпицентр, 2017. С. 54-58. [eLIBRARY ID: 29119124]

2. Поверхностные водные объекты Крыма. Справочник. Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. 113 с.

3. Statistical data processing during wind generators operation / M. Zaliskyi, Y. Petrova, M. Asanov, E. Bekirov // International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications. 2019. Vol. 8(1). P. 33-38. DOI: 10.18178/ijeetc.8.1.33-38. [eLIBRARY ID: 38694737]

4. **Муровский С.П., Сокут Л.Д.** Оптимизация состава и структуры автономных систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии // Строительство и техногенная безопасность. 2012. № 44. С. 115-124. [eLIBRARY ID: 25516978]

5. **Шостаковский П.** Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники // Компоненты и технологии. 2010. № 1. С. 120-126. [eLIBRARY ID: 15136041]

6. **Kuvshinov V.V., Al-Rufaee F.M.** The use of solar power plants to provide energy security of the crimean region // Applied Solar Energy. 2019. Vol. 55(4). P. 252-255. DOI: 10.3103/S0003701X19040066. [eLIBRARY ID: 41818684]

7. Тахистов Ф. Ю. Расчет параметров термоэлектрических модулей с учетом температурных зависимостей термоэлектрических свойств // Термоэлектрики и их применения: Докл.VIII Межгос. сем. СПб.: ФТИ, 2002. С. 311-316.

EFFICIENCY INCREASE OF COMBINED POWER SUPPLY SYSTEMS OF REMOTE FACILITIES

S.P. Murovskii, A.S. Murovskaia and E.V. Ivanova
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Abstract. The paper has examined the outlook for efficiency increase for combined power supply systems of remote facilities on the basis of renewable energy sources. The developed schematic solution of combined power supply for remote facilities on basis of mini HPP, Gas turbine, and thermoelectric generators, installed on the gas outlet pipe of the boiler, will allow to redistribute the energy between consumers inside the facility or accumulate it in the electrochemical storage system when consumption is minimal.

Keywords: hydro turbine, thermoelectric generator, renewable energy source, secondary energy resources, stand-alone power supply.