

ЭНЕРГЕТИКА
ENERGETICS

Громов А. А., Колякин В. Л., Толочкин А. С.
A. A. Gromov, V. L. Kolyakin, A. S. Tolochkin

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ АВТОНОМНЫХ УСТАНОВОК

POWER SUPPLY SYSTEMS ON THE BASIS OF STAND-ALONE INSTALLATIONS

Громов Александр Александрович – магистрант кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел.: +7 (914) 165-96-69. E-mail: gromoff_87@mail.ru.

Mr. Alexander A. Gromov – Master's degree student, Electrical engineering department, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str.; tel.: +7 (914) 165-96-69. E-mail: gromoff_87@mail.ru.

Колякин Виктор Леонидович – магистрант кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел.: +7 (914) 779-43-36. E-mail: Kolyakin-82@mail.ru.

Mr. Viktor L. Kolyakin – Master's degree student, Electrical engineering department, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str.; tel.: +7 (914) 779-43-36. E-mail: Kolyakin-82@mail.ru.

Толочкин Антон Сергеевич – магистрант кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел.: +7 (914) 160-80-09; +7 (999) 083-01-53. E-mail: anton_tolochkin@mail.ru.

Mr. Anton S. Tolochkin – undergraduate Department of Electromechanics, Komsomolsk-on-Amur State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str.; tel.: +7 (914) 160-80-09; +7 (999) 083-01-53. E-mail: anton_tolochkin@mail.ru.

Аннотация. Разработка автономных систем электроснабжения на базе современных аппаратно-программных позволяет существенно повысить показатели качества электроэнергии. Проведено исследование возможностей теоретической базы, обеспечивающей создание и исследование структурированных моделей систем электроснабжения. В статье рассмотрены примеры формирования элементной базы системы электроснабжения на основе различных источников первичной электроэнергии. Показано, что эффективность систем электроснабжения в большинстве случаев может быть рассчитана на основе частных показателей качества процессов генерации, транспортирования и потребления электроэнергии. Сформулированы требования обеспечения системных параметров электроснабжения с учётом реальных параметров основных нагрузок. Показана целесообразность использования комбинированных установок с использованием современных информационно-коммуникационных технологий для контроля, мониторинга и оценки определяющих параметров и режимов работы систем электроснабжения при эксплуатации.

Summary. Development of Autonomous power supply systems based on modern hardware and software can significantly improve the quality of electricity. The study of the possibilities of the theoretical basis for the creation and study of structured models of power supply systems. The article considers examples of the formation of the element base of the power supply system based on various sources of primary electricity. It is shown that the efficiency of power supply systems in most cases can be calculated on the basis of specific indicators of the quality of the processes of generation, transportation and consumption of electricity. Requirements of providing system parameters of power supply taking into account real parameters of the main loadings are formulated. The expediency of use of combined installations with use of modern information and communication technologies for control, monitoring and an assessment of defining parameters and modes of operation of power supply systems at operation is shown.

Ключевые слова: фотоэлектрическая установка, микроГЭС, совмещённые энергетические системы.

Key words: photovoltaic plant, micro hydro power station, combined energy systems.

УДК 621.311.22:697.34

В последние десятилетия в мировой энергетике произошли существенные структурные изменения за счёт развития возобновляемых источников электроэнергии. Это связано не только с общими тенденциями развития электроэнергетики, но и проблемой обеспечения энергией потребителей, удалённых от централизованной энергосистемы. Подключение таких потребителей к централизованной энергосистеме во многих случаях нецелесообразно. Это связано со значительной удалённостью, рассредоточенностью и труднодоступностью объектов, нуждающихся в обеспечении энергией. Особенно остро эта проблема проявляется в северных регионах, для которых целесообразно применение автономных систем энергообеспечения. Использование автономных источников в распределённых системах позволяет значительно ослабить зависимость потребителей от централизованного электроснабжения, снизить нагрузку на окружающую среду в процессе строительства и на этапе эксплуатации.

В настоящее время данные системы обладают большим разнообразием, и их исследованию посвящено большое количество работ [5; 6; 9]. Подобные системы обладают рядом очевидных недостатков, главным из которых является их дороговизна и необходимость постоянных поставок топлива к труднодоступным объектам, что делает экономически целесообразным применение фотоэлектрических установок, ветро- и микроГЭС и их комбинаций.

По данным, содержащимся в работе [7], в настоящее время доля использования фотоэлектрических панелей (см. рис. 1) в мировой энергетике составляет 1,1 %.

Прирост мощности в 2015 году составил около 50 ГВт, в 2016-м – примерно 77 ГВт, в 2017-м – 99 ГВт, а в 2018-м – 109 ГВт. На данный момент суммарная мощность солнечных фотоэлектростанций составляет примерно 500 ГВт (см. рис. 2).

Мониторинг развития альтернативной энергетики по отдельным странам [10] показывает, что наша страна занимает слабую позицию на фоне мировых разработчиков и потребителей автономных установок для генерации электроэнергии, в которых развитию возобновляемых источников энергии уделяется значительная часть внимания (см. рис. 3).

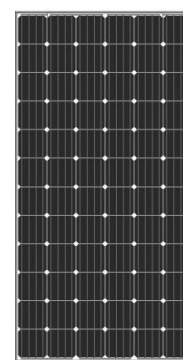


Рис. 1. Фотоэлектрическая панель

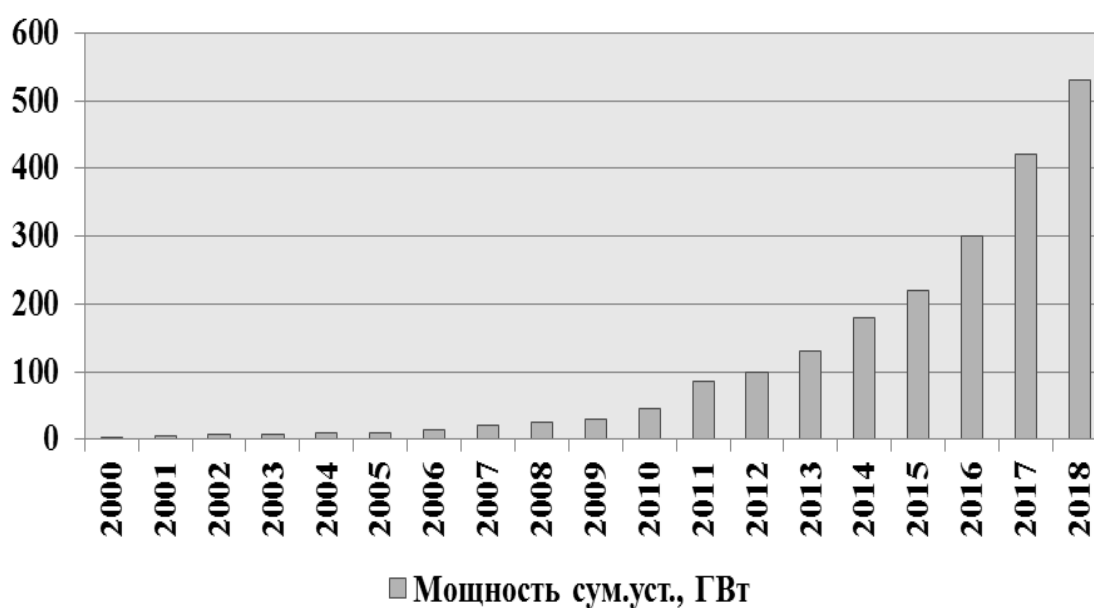


Рис. 2. Динамика суммарной мощности солнечных фотоэлектростанций

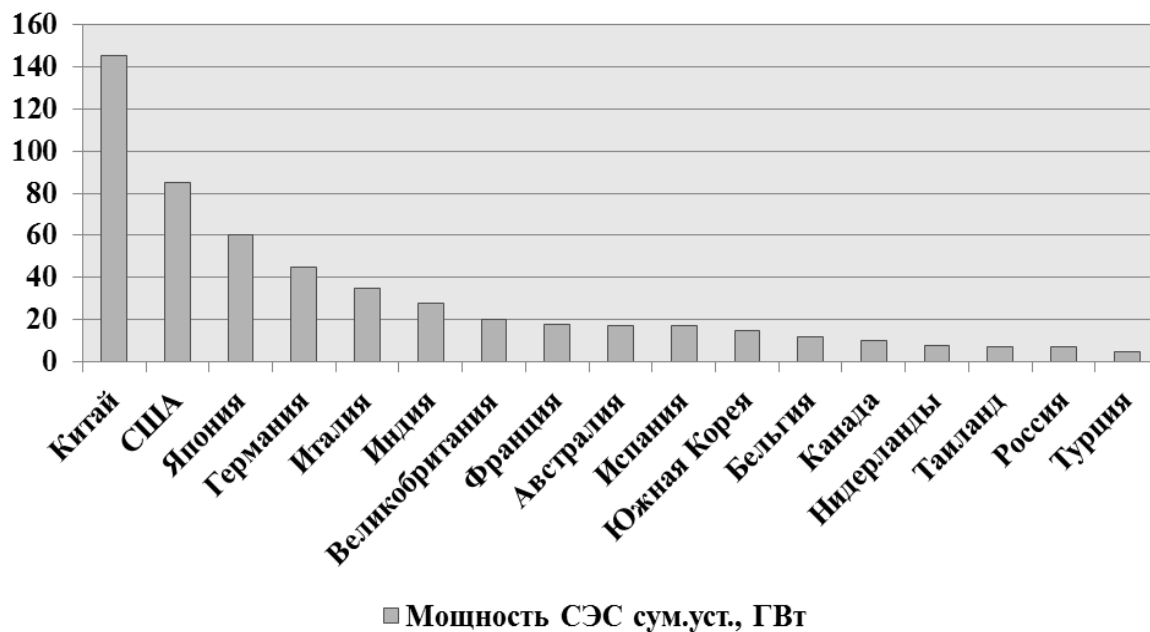


Рис. 3. Суммарная мощность солнечных электростанций по странам мира

Одним из наиболее перспективных объектов реализации является внедрение солнечных фотоэлектрических панелей в качестве систем электроснабжения жилых зданий и помещений. Данная система должна обладать такими свойствами, как аккумулирование электрической энергии, синхронизация с основной бытовой однофазной сетью. Таким образом, перед разработчиками стоит первостепенная задача создания распределённой системы электроснабжения.

Решением данной задачи является обеспечение требований технических параметров и характеристик, заложенных в действующем базовом стандарте ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [3; 4]. При этом важным фактором является расчётное соотношение между потреблённой электроэнергией, общей генерацией и автономным источником.

Такой фактор иногда называется коэффициентом «самопотребления» и определяется по формуле

$$K_{cn} = \frac{E_{du} + E_{bc}}{E_{pv}},$$

где E_{du} – количество произведённой энергии, затраченной на потребителя; E_{bc} – количество произведённой энергии, затраченной на накопление заряда; E_{pv} – количество общей сгенерированной энергии.

Ещё одним критерием эффективности является коэффициент «самодостаточности», который определяется по формуле

$$K_{cd} = \frac{E_{du} + E_{bd}}{E_l},$$

где E_{du} – количество произведённой энергии, использованной напрямую через нагрузку или заряд и последующий разряд накопителя E_{bd} ; E_l – суммарная годовая нагрузка.

Проектирование и реализация фотоэлектрических установок включает несколько этапов: мониторинг современного опыта эксплуатации фотоэлектрических модулей и определение перспективных направлений их дальнейшей разработки; повышение эффективности процессов энергетического обмена между общей генерацией и автономной системой, например, с использованием автоматизированной системы управления на базе программируемых логических контроллеров семейства АВВ; имитационное моделирование совмещённой системы электроснабжения и определение основных показателей качества электроэнергии.

Использование в децентрализованных системах электроснабжения на основе микроГЭС требует повышения эффективности, особенно в условиях мало- и мелководных низконапорных потоков, характерных для равнинных рек.

Микрогидрогенераторы (микроГЭС) могут обеспечивать электроэнергией удалённых от основных энергоресурсов потребителей, если качество электроэнергии соответствует существующим нормам [3; 4]. Возможность использования альтернативных источников электроэнергии в первую очередь требует учёта географических особенностей региона применения. Например, применение микроГЭС предполагает наличие водного ресурса, обеспечивающего требуемую разность высоты на озёрных сбросах воды, систем водоочисток, водоподготовки и различных трубопроводов. При наличии требуемой инфраструктуры задача повышения эффективности генерации сводится к выбору типа и конструкции источника, схемы управления и режимов работы установки.

В Российской Федерации большое применение наряду с малыми гидроэлектростанциями находят микроГЭС. Если малые имеют общую мощность до 30 МВт, то к микроГЭС относятся станции мощностью до 100 кВт, при этом мощность единичного гидроагрегата достигает 10 МВт, а диаметр рабочего колеса гидротурбины – до 3 м. К категории микроГЭС относятся все гидроэлектростанции, которые строятся на равнинных реках и имеют энергетический потенциал, достигающий 2,0 МВт, и горных, где потенциал достигает 1,7 МВт.

Очевидные достоинства микроГЭС: генерация электроэнергии происходит от возобновляемого источника, более стабильного, чем солнечная и ветровая; минимум или полное отсутствие энергетических потерь на транспортировку; низкая стоимость электроэнергии; минимальное воздействие на атмосферу и водные бассейны; выход на проектную мощность у малых гидроэлектростанций занимает меньше времени, чем у генераторов на жидком или газовом топливе.

Наряду с этим существует ряд недостатков: сезонная зависимость – русла небольших водотоков часто пересыхают летом и промерзают зимой; производительность микроГЭС связана с напором и расходом жидкости.

Особенностью таких установок является большое количество конструктивных исполнений, то есть могут строиться с использованием плотины плюс деривационного типа, предусматривающих создание напорных трубопроводов.

Достоинством бесплотинных малых гидроэлектростанций является относительно низкая стоимость и простота в монтаже и установке, не требующей согласования с государственными органами.

Общими недостатками всех малых гидроэлектростанций являются низкая удельная энергопроизводительность (не более 5 кВт, чаще до 2 кВт), необходимость достаточного расстояния между берегами реки и глубины более полуметра, повреждения при столкновении с плавающими объектами, невозможность использования зимой при обледенении водоёма.

Наиболее интересными вариантами малых гидроэлектростанций являются гирляндные, рукавные, гравитационные (водоворотные) мини- и микроГЭС.

Гирляндные мини-ГЭС используют полуметровые крыльчатки пропеллеров, которые изготавливаются из оцинкованного металла толщиной 0,5...0,7 мм, нанизанных и закреплённых на приводном вале генератора – стальном тросе диаметром 10...15 мм. Трос закрепляется подшипниковым соединением на металлической стойке на одном берегу, а на другом крепится к валу ротора генератора. По расчётам разработчиков, при скорости течения порядка 2,5 м/с каждый гидроагрегат с гирляндной микроГЭС произведёт в среднем 1,5...2 кВт.

Недостатками гирляндных гидроэлектростанций являются высокая материалоемкость, невысокий КПД, создание препятствий для движения по водной магистрали.

Рукавные микроГЭС разрабатываются с 70-х гг. XX века одновременно с гирляндными гидроэлектростанциями. Их преимущество заключается в возможности использования малых водоемов – для выработки электроэнергии достаточным является водный поток с расходом, составляющим не менее 50 л/с и имеющим перепад высот более 5 м. Водозабор производится с помощью сужающегося трубопровода, широкий верх которого подведён к наиболее быстрой части течения, а в её нижней части расположена гидротурбина.

В 2003 году австрийский инженер Франц Цотлетерер запатентовал гравитационную (водоворотную) микроГЭС. Водоворотная микроГЭС базируется на проектах вихревых гидроэлектростанций, над которыми работали Кенард Браун и Пол Коурус. По сравнению с их разработками, имеющими КПД 35...40 %, Цотлетерер добился КПД, равного 76...80 %.

Водоворотная микроГЭС при перепаде высоты в 1,3 м и расходе воды 0,9 м³/с генерирует максимальную мощность 9,5 кВт, суммарная выработка электроэнергии за год порядка 35 МВт/ч. Благодаря постоянному вращению воды, гравитационно-вихревая гидроэлектростанция исправно работает в зимнее время – в центре воронки поток воды наиболее плотный, и его температура составляет примерно 4 °С, а формирующийся по периферии бетонного цилиндра лёд препятствует охлаждению воды в центре, экранируя тепло обратно в воду.

Недостатками водоворотной микроГЭС Цотлетерера является высокая стоимость, связанная с бетонными работами, и ограниченная единичная мощность, не превышающая 150 кВт.

Наряду с рассмотренными видами возобновляемых источников энергии отдельно следует выделить комбинированные установки обеспечения бесперебойного электроснабжения автономных объектов, уменьшения ёмкости аккумуляторных батарей. Для гибридных установок, в частности ветровых (ВЭУ) и солнечных, необходимо учитывать среднегодовую скорость ветра и солнечную активность [8]. Предварительно такое соотношение составляет 70...30 % (в процентном соотношении), при этом основной вклад приходится на ФЭС, так как среднегодовая ветровая нагрузка на территории расположения предварительно не превышает 3 м/с. Использование составных систем электроснабжения целесообразно, например, в качестве резервных для высококачественных потребителей (автономное электроснабжение объектов охраны и надзора [11]).

Необходимое количество солнечных панелей зависит от многочисленных факторов (климатических условий, времени года, технологических особенностей места установки, затенения и др.). Солнечная электрическая система должна вырабатывать такое количество электроэнергии, чтобы можно было круглосуточно покрывать потребности электроснабжения. При этом ВЭУ повышает надёжность системы автономного электроснабжения.

Ветроустановки с вертикальным ротором обладают рядом преимуществ для местностей с низкими скоростями ветра [1]. В частности, для начала движения ротора ветрогенератора достаточны малые начальные значения скорости ветра. Для отдельных моделей эти показатели начинаются уже с 0,3 м/с (следует учитывать, что для номинальной работы ветрогенератора необходимо движение воздушного потока со скоростью не менее 3...5 м/с).

Ветрогенератор с вертикальной осью, в отличие от горизонтальных конструкций, обладает низким уровнем шума, редко превышающего 18...20 Дб; работает независимо от направления движения воздушного потока. Конструкция вертикального ветряка способна улавливать ветер под любыми углами его атаки. Более подробная информация о ветрогенераторах приведена в работе [2].

Выводы

Рассмотренные системы электроснабжения на базе автономных установок позволяют повысить эффективность генерации, передачи и использования электроэнергии с заданными показателями качества. Выбор системы электроснабжения и её элементов, определяющих качество основных процессов, характеризующих эффективность систем электроснабжения, определяется технической базой, обеспечивающей возможность выбора, обоснования и использования автономных источников электроэнергии, средств контроля информационных потоков в объектах энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветрогенератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vetrogenerator.ru/index.html> (дата обращения: 22.05.2019).
2. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/> (дата обращения: 22.05.2019).
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.
4. ГОСТ ИЕС 61000-4-30-2017. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-30. Методы испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии. – Введ. 2018-12-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 55 с.
5. Лукутин, Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии: учеб. пособие / Б. В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.
6. Обухов, С. Г. Микрогидроэлектростанции: курс лекций к магистерской программе «Возобновляемые источники энергии» / С. Г. Обухов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 63 с.
7. План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт (далее – микрогенерация ВИЭ) от 19.07.2017.
8. Энергия солнца и ветра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mig-energo.ru/diod/> (дата обращения: 22.05.2019).
9. Ясинский, В. А. Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики / В. А. Ясинский. – М.: Алматы: Евразийский банк развития, 2011. – 36 с.
10. A Snapshot of global PV (1992–2017). Report IEA PVPS T1-33:2018 (ISBN 978-3-906042-72-5) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ieapvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS> (дата обращения: 15.06.2019).
11. Ivanov, S. Gearless Electromechanical Drive for Complex Security System of an Organization / S. Ivanov, S. Htike, A. V. Ulyanov // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon – 2018, 4 January 2019.