

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Анушенко Софья Юрьевна,
ассистент, e-mail: antonovasonya@mail.ru

Семыкина Ирина Юрьевна,
доктор техн. наук, доцент, e-mail: siyu.eav@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация

В последнее время возрос интерес к возобновляемым источникам энергии, в частности к гидроэнергетике. В статье рассмотрена возможность электрификации труднодоступных районов Кемеровской области с помощью свободнопоточных микро ГЭС, и приведены сведения о гидроэнергетическом потенциале рек района Горной Шории. В работе была проведена классификация основных типов конструкций микро ГЭС. Проанализирована возможность построения автономной системы электроснабжения на основе микро ГЭС, приведены основные требования к таким системам и принципы их построения. К положительным сторонам гидроэнергетики относится, в первую очередь, отсутствие выбросов продуктов горения в атмосферный воздух, а также относительная дешевизна получаемой энергии. Гидроэнергетические ресурсы области практически не используются и располагают к развитию малой гидроэнергетики.

Ключевые слова: гидроэнергетика, возобновляемые источники энергии, автономное электроснабжение, малая гидроэлектростанция, электроэнергия

Кемеровская область характеризуется наличием большого количества малых и средних рек, большая часть из которых способна служить источником получения электроэнергии.

В связи с этим в некоторых районах области со сравнительно низкой плотностью населения приемлемым и экономически оправданным может стать использование установок микрогидроэнергетики мощностью до 100 кВт в различном исполнении и создание на их основе автономных систем электроснабжения (АСЭ). Малая гидроэнергетика важна для отдаленных, труднодоступных и изолированных энергодефицитных районов, которые не подключены к Единой энергетической системе, а также для локального водоснабжения небольших городов и поселений.

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) отличаются экологичностью, щадящим отношением к окружающей среде, а также дополнительными преимуществами, например, возможностью каптажа — накопления и последующего использования воды питьевых кондиций.

Благоприятными условиями для эффективного функционирования мини и микро ГЭС обладают территории с контрастным рельефом, отличающиеся повышенным перепадом высот.

Для Кемеровской области — это в первую очередь район Горной Шории и прилегающие к нему территории, где реки имеют типично горный или

ближний к нему характер и большие скорости течения. Сейчас примерно в 40 деревнях Горной Шории, нет постоянного электроснабжения, поскольку затраты на прокладку линий электропередач в эти отдаленные места составили бы 600 млн. рублей [1].

Сейчас жители пользуются дизельными генераторами, однако они вырабатывают электричество лишь 3–4 часа в сутки. С этой точки зрения мини ГЭС обладают бесспорным преимуществом, они используют гидравлическую работу рек — работу, которую совершает текущая в них вода.

Работа водного потока осуществляется под действием силы тяжести, поэтому работа воды определяется разностью уровней воды в начале и конце рассматриваемого участка реки. При разности уровней H (м), длине участка L (м) и среднем на участке реки расходе воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) мощность водотока N (Вт) на рассматриваемом участке составит:

$$N = \rho g Q H = 9,81 Q H, \quad (1)$$

где ρ — плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$; g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$,

За промежуток времени t (с) работа A ($\text{кВт}\cdot\text{ч}$) совершающаяся водотоком, определяется по формуле:

$$A = \mathcal{E} = 9,81 Q H t / 3600 = W H / 367, \quad (2)$$

где $W = Qt$ — объем стока, м^3 .

Для расчета полезной мощности и выработки

Таблица 1 Характеристики рек района Горной Шории

Река/ населенный пункт	L , км	F , км ²	H , м	Q , м ³ /с	N		M , кВт/км ²
					кВт	кВт/км	
р. Кондома / г. Таштагол	77	842	423	15,3	31745	412,3	37,7
р. Марс-Су/ п. Усть - Кабырза	137	3170	808	61,5	243739	1779,1	76,89
р. Мундыбаш/ пгт. Мундыбаш	117	1060	1158	22,7	128936	1102	121,64
р. Урюп/ с. Изындаево	157	5000	848	32,8	136430	869	27,29
р. Кия/ с. Макарский	174	3420	992	85,4	415536	2388,1	121,5

электроэнергии в формулах (1)-(2) учитывают коэффициент полезного действия (КПД) η .

Согласно формулам (1) и (2), для функционирования микро ГЭС преимущественно используются либо напор (создается достаточный перепад уровней воды), либо водность потока при скорости течения, превышающей некоторый критический минимум. В соответствии с формулами (1) и (2) рассчитаны характеристики некоторых рек района Горной Шории, результаты расчета приведены в табл.1.

Гидроэнергетические ресурсы (ГЭР), под которыми понимается часть водных ресурсов, используемых для производства электроэнергии, делят на потенциальные, технические и экономические. К потенциальным, относится мощность водотока, рассчитанным по формуле (2), которая теоретически может быть использована для нужд гидроэнергетики. Технически возможно реализовать не весь гидроэнергетический потенциал (ГЭП) [2].

Сопоставление стоимости электроэнергии от различных энергоисточников для удаленных населенных пунктов с общим энергопотреблением 50 кВт в сутки показало, что использование микро ГЭС значительно более эффективно. Стоимость электроэнергии полученной при использовании микро ГЭС примерно составляет 0,22 \$ за 1 кВт·ч, в то время как при использовании ветровых установок 0,50 \$, дизель-генераторов 0,80 \$, линии электропередач 1,05 \$ и солнечных батарей 1,35 \$ соответственно [2].

Принципиальные схемы современных ГЭС разнообразны и позволяют вырабатывать электроэнергию индивидуальными погружными агрегатами, оборудованными турбиной и генератором.

По мощности ГЭС классифицируются:

- микро ГЭС – мощностью до 100 кВт;
- мини ГЭС – мощностью от 100 до 500 кВт;
- малые гидроэлектростанции – мощностью 500 кВт до 10МВт;
- средние гидроэлектростанции – мощностью – 10–1000 МВт;
- крупные гидроэлектростанции – мощностью выше 1000 МВт;

По условиям эксплуатации: работа параллельно с промышленной сетью или работа на изолированного потребителя.

ГЭС классифицируются и в зависимости максимального использования напора воды на: высоконапорные с напором более 100 м, средненапорные – от 25 до 100 м, низконапорные – до 25 м соответственно [3].

В настоящее время имеется успешный опыт эксплуатации оборудования с использованием существующих плотин, каналов, систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий и объектов городского хозяйства, очистных сооружений, оросительных систем и питьевых водоводов.

Перспективным является направление упрощения конструкции микро и мини ГЭС, прежде всего, за счёт использования нерегулируемых гидротурбин, а стабилизацию генерируемой электроэнергии осуществлять, используя статические полупроводниковые регуляторы.

Таким образом, малая энергетика – это на сегодняшний день наиболее экономичное решение энергетических проблем для территорий, относящихся к зонам децентрализованного электроснабжения, которые составляют более 70 % территории России [2].

Гидростанции малой энергетики по характеру исполнения подразделяются на:

- стационарные приплотинные, с совмещением плотины и здания ГЭС;
- стационарные бесплотинные с трубопроводом напорной деривации;
- мобильные в контейнерном исполнении, с использованием в качестве напорной деривации пластиковых труб или гибких армированных рукавов;

– переносные мощностью до 10 кВт, при использовании их, в качестве сооружения небольшой плотины, так и с напорной деривацией;

– погружные бесплотинные мощностью до 5 кВт (при скорости течения воды в водотоке порядка 3-х метров в секунду).

Наиболее просты в создании бесплотинные

ГЭС, поскольку сооружение плотины является сложным и дорогим процессом, часто требующим согласования с местными властями или соседями, экологических расчетов, а так же водохранилища, образованные плотинами, оказывают вредное воздействие на окружающую среду, наносят ущерб ландшафту района расположения водохранилища. Существует четыре основных типа безплотинных ГЭС: гирляндная ГЭС, водяное колесо, пропеллер и ротор Дарье.

Основу гирляндных ГЭС составляет общий рабочий вал с нанизанными на него гидророторами. Плотин и прочих крупномасштабных гидротехнических сооружений для своей установки они не требуют. Способны работать с полной отдачей даже на мелководье, что в сочетании с простотой, компактностью и надежностью конструкции делают эти ГЭС весьма перспективными для индивидуального использования.

Водяное колесо механическое устройство для преобразования энергии падающей воды в энергию вращательного движения с тем, чтобы на оси колеса можно было совершать работу. При подъёме воды на некоторый уровень в ней запасается соответствующая этому уровню потенциальная энергия, поэтому падающая вода может совершать работу.

Пропеллерные и поворотно-лопастные водяные турбины быстроходны, просты и дешевы, поэтому они широко применяются на небольших ГЭС.

Ротор Дарье – это тип турбины низкого давления, ось вращения которой перпендикулярна потоку воды. Ротор Дарье характеризуется высоким коэффициентом быстроходности при малых скоростях потока воды, недостатком является высокая сложность изготовления.

Из зарубежных разработок особенно интересными представляются мини ГЭС на тросах в которых используют аппарат RiverStar, разработанный американской компанией BourneEnergy. Это капсулированный модуль с поплавком для удержания ротора на заданной глубине, плавником-стабилизатором, медленной вращающейся крыльчаткой, генератором и преобразователем напряжения. Аппарат держится на паре идущих под водой натянутых поперек реки стальных тросов, вместе с ними на берег идут кабели, по которым поступает ток. Мощность одной капсулы составляет 50 кВт, при скорости течения 7,4 км/час [5].

Еще одной разработкой этой компании является микро ГЭС капсулного типа в переносном исполнении. Это модель BVP-1, его длина составляет 0,9 м, вес — примерно 13 кг, а номинальная мощность — 500 Вт при течении 2,3 м/с. В её торпедообразном корпусе размещаются генератор, управляющая электроника с датчиками и система охлаждения. Для монтажа такой микро ГЭС достаточно участка реки или ручья с глубиной более 1,2 метра. Кроме того, эти агрегаты приспособлены для соединения в сеть мощностью в десятки киловатт [5].

Анализ существующих разработок показывает,

что микро ГЭС могут работать как параллельно с сетью, так и автономно, т.е. непосредственно питая потребителя. Полный ресурс работы станции составляет в среднем 40 лет. Выработка электроэнергии с использованием энергии движущейся воды является наиболее экологически чистым и экономичным решением энергетических проблем для территорий, относящихся к зонам децентрализованного электроснабжения и в отличии от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии, таких как солнце или ветер, малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу электроэнергии.

Таким образом в труднодоступных районах АСЭ могут выполнять функцию надежного поставщика электроэнергии для потребителей. Конструктивно АЭС представляет собой комплекс электротехнических устройств, взаимодействующих между собой в сложном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической энергии с заданными параметрами между потребителями [10]. Структура АСЭ определяется конкретными требованиями потребителей электроэнергии.

К САЭ предъявляются следующие основные требования:

1. *Высокая надежность и непрерывность (бесперебойность) электроснабжения.* Здесь под надежностью понимается способность системы обеспечивать потребителей электроэнергией требуемого качества в течение заданного времени (включая время хранения) и в заданных условиях эксплуатации. Бесперебойность электроснабжения – это такое обеспечение потребителей электроэнергией, при котором в случае аварийных режимов в системе электроснабжение потребителей не нарушается или имеется перерыв на время включения резерва.

2. *Высокое качество электрической энергии,* которое характеризуется стабильностью показателей указанных в ГОСТ 13109 – 97.

3. *Минимальная масса и габариты* при обеспечении максимальной мощности.

4. *Высокие энергетические показатели,* которые, оцениваются значением КПД.

5. *Максимальная автоматизация,* при этом АЭС являются необслуживаемыми или с минимальным обслуживанием и должны иметь большой срок службы. Помимо перечисленного структура АСЭ должна быть ремонтопригодной и предусматривать возможность дальнейшего развития и модернизации.

6. *Низкая стоимость,* т.е. затраты на изготовление и эксплуатацию системы должны быть минимальными.

Примерный состав АСЭ включает в себя следующие элементы.

1. Источник электрической энергии (ИЭЭ). АСЭ как правило содержит несколько источников: основной, резервный и аварийный. Ими могут

быть:

- жидкотопливный генератор (бензо- или дизель- электрический аппарат);
- фотоэлектрическая батарея;
- ветроэлектрическая установка;
- микро или мини ГЭС.

2. Аккумуляторная батарея (АБ). В системах на возобновляемых источниках

энергии, в силу непостоянства возобновляемого ресурса, это необходимый элемент.

3. Инвертор, т.е. преобразователь постоянного тока в переменный.

4. Контроллер заряда АБ. Он необходим для предотвращения перезаряда и переразряда АБ и часто бывает встроен в инвертор.

5. Электротехническое оборудование - щиты, выключатели, автоматы, предохранители, кабели, система заземления и т.д.

6. Нагрузка. В автономной системе электроснабжения необходимо использовать только энергоэффективные приборы.

При проектировании и использовании АСЭ на основе микро ГЭС следует учитывать, что уровень энергии, поступающий от воды, не всегда является стабильным. Исходя из этого, предполагается использование комбинированной АСЭ, в состав которой входят как минимум два источника электроэнергии дизель-генератор и микро ГЭС. Предполагается, что в этом случае гибридная АСЭ будет более экономичной и эффективной.

Наиболее простая АСЭ, изображенная на рис. 1,[10] состоит только из основных элементов. Данная схема содержит два источника питания микро ГЭС и дизель-генератор, предназначенный для периодов, когда количество электроэнергии от микро ГЭС недостаточно для текущего энергопотребления. В состав данной АСЭ входит автоматическая балластная нагрузка, предназначенная для утилизации избыточной энергии от микро ГЭС. Так же в

данной схеме предусмотрен инвертор и коммутирующий элемент, который осуществляет отключение дизель-генератора в периоды избыточной генерации, так и подключение к нему в случае, если мощность, вырабатываемая за счет микро ГЭС, является недостаточной для покрытия потребительской нагрузки.

Наличие балластной нагрузки и отсутствие аккумуляторной батареи делает эту схему менее эффективной. Данный вариант исполнения АСЭ целесообразен в системах, где в качестве основного источника электроснабжения используют дизель-генератор. В этом случае основное назначение микро ГЭС — экономия расходов на топливо при достаточной мощности водного потока.

Более сложная структура АСЭ показана на рис. 2, [11] где микро ГЭС подключена к общей шине через выпрямитель, имеется инвертор и стабилизатор. К общим шинам так же подключен дизель-генератор. К инвертору подключена аккумуляторная батарея, которая может работать как самостоятельный источник питания, так и совместно с микро ГЭС. Управляющая и входная цепи инвертора работают под управлением блока формирования сигналов, который генерирует сигналы в зависимости от величины и пульсации выпрямленного напряжения.

При недостаточной вырабатываемой мощности микро ГЭС, или низкого напряжения для стабилизации, микро ГЭС отключается от нагрузки, тогда питание осуществляется от аккумуляторной батареи через инвертор и стабилизатор. Когда же напряжение на зажимах генератора увеличивается, электроснабжение осуществляется от микро ГЭС.

Во время совместной работы аккумуляторной батареи с микро ГЭС она постепенно разряжается на нагрузку, при снижении её заряда до минимально допустимого значения зарядное устройство перейдет в режим «зарядка», при этом подается команду на запуск дизель-генератора. После пуска и



Рис. 1. Структурная схема АСЭ №1

синхронизации, дизель-генератор подаёт питание на общие шины, а аккумуляторная батарея отключается от инвертора и происходит её заряд в этом случае микро ГЭС может работать параллельно с дизель-генератором. В случае отсутствии нагрузки дизель-генератор отключается через заданное время, а напряжение на общих шинах поддерживается от аккумуляторной батареи.

Предлагаемая АСЭ способна обеспечивать потребителя качественной электроэнергией с напряжением 220 В и с частотой 50 Гц за счет подключения нагрузки через инвертор, стабилизатор и выпрямитель. Наличие аккумуляторной батареи обеспечивает гарантированное электроснабжения потребителя в течение 2-3 суток. За счет наличия общих шин в данной схеме появляется возможность проведения технического обслуживания и ремонтных работ без перерыва в электроснабжении потребителя.

Комбинированная структурная схема изображенная на рис. 3, [11] обеспечивает электроснабжение потребителей за счет трех источников энергии: микро ГЭС, солнца или ветра и жидкого топлива. Учитывая то, что энергия воды является бо-

лее надежным и устойчивым источником электроэнергии в климатических условиях Горной Шории, приоритет при выборе базового источника возобновляемой энергии должен быть отдан микро ГЭС.

Электростанция работает следующим образом: два источника включены параллельно и независимо друг от друга. Они вырабатывают переменный ток, который поступает в блок управления, где он трансформируется и выпрямляется до напряжения заряда аккумуляторной батареи. Инвертор обеспечивает питание потребителей переменным током стандартной частоты. Подзаряд аккумуляторной батареи при работе дизель-генератора осуществляется с помощью зарядного устройства. Контроль и защита аккумуляторной батареи от перезаряда и глубокого заряда осуществляется автоматически блоком управления. При разряде аккумуляторной батареи до установленного уровня напряжения происходит автоматическое отключение нагрузки. В этом случае потребитель должен вручную включить дизель-генератор для того чтобы обеспечить питание нагрузки и подзаряд аккумуляторной батареи через зарядное устройство, что является большим недостатком данной схемы. Наличие двух



Рис. 2. Структурная схема АСЭ №2



Рис. 3. Структурная схема АСЭ №3

альтернативных источников увеличивает стоимость данной системы, что так же является недостатком.

Проанализировав структурные схемы АСЭ можно сделать вывод, о том что наиболее предпочтительной является схема с общими шинами. Такая АСЭ состоит из основных и необходимых элементов для надежного обеспечения потребителя качественной электроэнергией, в отличие от рассмотренных вариантов здесь основным источником электроэнергии является микро ГЭС, что позволяет сократить расходы на топливо, а так же обладает экологичным эффектом, так как сокращает количество вредных выбросов.

Так же можно отметить, что АСЭ значительно дешевле и выгоднее, чем строительство линий электропередач или эксплуатация дизельных уста-

новок. Система на основе микро ГЭС в большинстве случаев не требует каких либо масштабных строительных работ, нет необходимости строить дамбы. К тому же сооружение АСЭ обладает низкими затратами и быстрой окупаемостью.

Это имеет высокую актуальность для Кузбасса, так как современные АСЭ способны обеспечить электроэнергией широкий круг потребителей, начиная с индивидуальных хозяйств, садоводческих кооперативов, туристических баз и небольших поселков, расположенных в отдаленных районах Горной Шории.

Это позволит решить вопрос электроснабжения, и сократить расходы на привозное дизельное топливо и создать комфортабельные условия для проживания местного населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективы возобновляемой энергетики Кузбасса. — Кемерово: Государственное учреждение «Кузбасский центр энергосбережения», 2008. — 236 с.
2. Безруких П. П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии в России и местным видам топлива (показатели по территории.) – М. : ИАЦ «Энергия», 2007. — 272 с.
3. Гидроэнергетические установки малой и средней мощности: справочное руководство / ред. Ф. Т. Марковский. - Киев ; Москва : Машгиз, 1952. - 519 с.
4. Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Папарова Е.Б. Автономное электроснабжение от микрогидроэлектростанции. Томск, 2001. — 104 с.
5. RIVERSTAR [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bourneenergy.com/future.html>
6. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, В.В. Виссарионов и др. - СПб.: Наука, 2002. 314 с.
7. Малая гидроэнергетика/Л.П.Михайлов, Б.Н. Фельдман, Т.К.Марканова и др.; Под ред. Л.П. Михайлова.- М.: Энергоатомиздат, 1989.- 184с.
8. Кацман, М. Электрические машины : учеб.для студентов средн. проф. учеб. заведений / М. Кацман. – М. : Высшая школа, 2000. – 463 с.
9. Роцин О.А. Обзор систем электроснабжения сельских потребителей. Инновации в сельском хозяйстве. 2012. №2. С. 2-9.
10. Григораш О.В. Системы автономного электроснабжения: Монография / О.В. Григораш, Н. И. Богатырёв, Н. И. Курзин; под общ. ред. Н. И. Богатырёва. – Краснодар: Б/И. – 2001. – 333 с.
11. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
12. Гуревич Ю. Е. Особенности электроснабжения, ориентированного на бесперебойную работу промышленного потребителя / Ю. Е Гуревич, К. В. Кабиков – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2005. – 408 с.: ил.
13. Левин А.В. Автономные системы электроснабжения / А.В. Левин, Н.Н. Лаптев // Интеграл. 2003. № 1(9). С. 12-13.
14. Цыркин М. И. Дизельные агрегаты резервногопитания / М. И. Цыркин., А. Я. Гольдингер. – С-Пб.:Чистое письмо, 2003. – 276 с.
15. Маркович И. И. Режимы энергетических систем / Маркович И. И. – М.: Энергия, 1969. - 350 с.

Поступило в редакцию 14.05.2015

PROSPECTS OF POWER AUTONOMOUS SYSTEMS IN KEMEROVO REGION

Anushenko Sofya U.,
assistant, e-mail: antonovasonya@mail.ru

Semykina Irina U.,
Dr. Sc. in Engineering, e-mail: siyu.eav@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russia Federation

Abstract:

In recent years, increased interest in renewable energy sources, in particular hydroelectricity. The article considers the possibility of electrification of remote areas of the Kemerovo region with micro hydroelectric power station, and provides information about the hydroelectric potential of the rivers region Mountain Shoria. The work was carried out classification of the main types of structures of micro hydroelectric power station. The possibility of a stand-alone power supply system based on micro hydro, are the basic requirements for such systems and their design philosophy. On the positive side of hydropower refers, first of all, the absence of emissions of combustion products into the atmosphere, as well as the relatively low cost of the energy produced. Hydropower resources of the region are not used and are conducive to the development of small hydropower.

Ключевые слова: гидроэнергетика, возобновляемые источники энергии, автономное электроснабжение, малая гидроэлектростанция, электроэнергия

Key words: hydro energy, renewables, independent power supply, small hydroelectric power station, electric power

REFERENCES

1. [Perspektivy vozobnovlyaemoyenergetiki Kuzbassa.] — Kemerovo: Gosudarstvennoeuchrezhdenie «Kuzbasskiytsentrenergosberezhniya», 2008. — 236 p.
2. Bezrukikh P. P. [Spravochnik po resursam vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Rossii i mestnym vidam topliva (pokazateli po territoriyam).] — M. : IATs «Energiya», 2007. — 272 p.
3. Gidroenergeticheskie ustanovki maloy i sredney moshchnosti: spravochnoe rukovodstvo / red. F. T. Markovskiy. - Kiev ; Moscow : Mashgiz, 1952. - 519 p.
4. Lukutin B.V., Obukhov S.G., Papdarova E.B. [Avtonomnoe elektrosnabzhenie ot mikrogidroelektrostantsii.] Tomsk, 2001. — 104 p.
5. RIVERSTAR — URL: <http://www.bourneenergy.com/future.html>
6. [Resursy i effektivnost' ispol'zovaniya vozobnovlyaemykh istochnikov energii v Rossii] / P.P. Bezrukikh, Yu.D. Arbuzov, V.V. Vissarionov i dr. - SPb.: Nauka, 2002. 314 p.
7. [Malaya gidroenergetika]/L.P.Mikhaylov, B.N. Fel'dman, T.K.Markanova i dr.; Pod red. L.P. Mikhaylova.- M.: Energoatomizdat, 1989.- 184 p.
8. Katsman, M. [Elektricheskiemashiny : ucheb. dlyastudentovsredn. prof.ucheb. zavedeniy] / M. Katsman. – M. : Vysshayashkola, 2000. – 463 p.
9. Roshchin O.A. [Obzor sistem elektrosnabzheniya sel'skikh potrebitelyey.] Innovatsii v sel'-skom khozyaystve. 2012. №2. P. 2-9.
10. Grigorash O.V. Sistemy avtonomnogo elektrosnabzheniya [Autonomous power supply systems] Mono-grafiya / O.V. Grigorash, N. I. Bogatyrev, N. N. Kurzin; pod obshch. red. N. I. Bogatyreva. – Krasnodar: B/I. – 2001. – 333 p.
11. Budzko I.A., Leshchinskaya T.B., Sukmanov V.I. [Elektrosnabzhenie sel'skogo khozyaystva.] – M.: Kolos, 2000. – 536 p.
12. Gurevich Yu. E. [Osobennosti elektrosnabzheniya, orientirovannogo na bespereboynuyu rabotu promyshlennogo potrebitelya] / Yu. E Gurevich, K. V. Kabikov – M.: ELEKS-KM, 2005. – 408 p.
13. Levin A.V. [Avtonomnye sistemy elektrosnabzheniya] / A.V. Levin, N.N. Laptev // Integral. 2003. № 1(9). P. 12-13.
14. Tsyrkin M. I. [Dizel'nye agregaty rezervnogopitanija] / M. I. Tsyrkin., A. Ya. Gol'dinger. – S-Pb.:Chistoepis'mo, 2003. – 276 p.
15. Markovich I. I. [Rezhimyenergeticheskikh sistem] / Markovich I. I. – M.: Energiya, 1969. - 350 p.

Received 14.05.2015