

Теплообменник, пучок труб, математическое моделирование, межтрубные каналы, массогабаритные показатели.

Using the software package ANSYS Fluent simulations of processes of heat and mass transfer in channels with a compact tube heat exchanger tube bundles placement. The fields of velocity, temperature and pressure in the heat exchanger channel and analyzed in terms of hydrodynamic flow channels and heat transfer processes in these channels. Proposed and developed a new design of shell and tube heat exchanger with a compact arrangement of tubes in tube bundles.

Heat exchanger, tube bundle, mathematical modeling, shell side channels, mass and size parameters.

УДК 644 112

КРИТЕРИИ ОТБОРА ИСТОЧНИКОВ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ МИКРОСЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В.В. ХАРЧЕНКО, доктор технических наук

В.А. ГУСАРОВ, кандидат технических наук

ФГБНУ «Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства», г. Москва

Предложена концепция микросети на основе преимущественного использования возобновляемых источников энергии, представляющая собой новую форму реализации идеологии распределенной энергетики. Это впервые открывает возможность эффективного применения возобновляемых источников энергии для решения задачи энергоснабжения удаленных, в первую очередь, сельских территорий, малозэтажного строительства и автономного энергоснабжения отдельно располагаемых единичных объектов. Впервые микросеть на основе возобновляемых источников энергии выделена в самостоятельную группу среди микросетей, реализуемых на практике.

Микросеть, генерация, возобновляемые источники энергии.

Одной из стратегических задач сельской энергетики сегодня является снижение энергоемкости сельхозпроизводства на основе широкого использования новых прогрессивных технологий выработки и потребления энергетических ресурсов. Перспективным путем решения проблемы является расширение масштабов использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В этой ситуации актуальным становится организация автономного энергоснабжения. Однако основные источники возобновляемой энергии – солнце и ветер – непостоянны в своем проявлении имеют непрогнозируемые перерывы в поступлении энергии. Это требует создания мощных аккумулирующих систем и

© В.В. ХАРЧЕНКО, В.А. ГУСАРОВ, 2015

создания резервных источников энергоснабжения, что существенно удорожает создаваемые системы. Кроме того, трудно ожидать, что на одном объекте потенциал всех видов ВИЭ будет одинаково высок, поэтому важной задачей представляется поиск оптимальной структуры и состава генерирующей группы конкретной микросети.

Создание научно-методической базы для организации на практике микросетевых систем энергоснабжения представляется одним из способов содействия внедрению нового инновационного подхода организации теплоэлектроснабжения. Микросеть – это интегрированная энергетическая система небольшой мощности с распределёнными по всей сети генераторами и потребителями энергии [1].

Оптимальный выбор источников генерации для заданной микросети является залогом успешного ее функционирования в дальнейшем. В концепции энергоснабжения с помощью микросетей проблема решается следующим образом: электрической энергией потребители обеспечиваются подключением к микросети, а надёжность их электроснабжения обеспечивается надёжностью функционирования источников генерации и микросети в целом [2]. Проблема теплоснабжения на каждом объекте может решаться по-разному, в зависимости от имеющихся на этом объекте возможностей. Для этих целей могут использоваться самые разные технологии: от прямого сжигания до теплонасосных установок различного типа, использующие разнообразные источники низкопотенциальной теплоты.

Цель исследований – разработка критериев отбора источников генерации для микросетей на основе возобновляемых источников энергии.

Материалы и методика исследований. Исходя из опыта практического проектирования и строительства микросетей, можно выделить три типа энергетических микросетей. Сеть первого типа снабжает энергией одно здание, обеспечивая его независимость от централизованной сети переменного тока, или повышает эффективность электроснабжения путём снижения тарифа на централизованную энергию за счёт параллельного использования возобновляемой энергии и накопителей энергии. Сеть второго типа – кампусные сети, обеспечивающие энергией комплекс зданий на определенной территории. На этой территории создается внутренняя сеть распределения и внутренние источники энергии с накопителями энергии. Кампусная сеть, как и сеть первого типа, может работать как параллельно, так и независимо от централизованной энергосети". Сеть третьего типа это совокупность взаимно подключенных микросетей. Выше перечисленные сети могут действовать совершенно независимо, и только в экстренных случаях подключаться к внешним сетям [3].

Как показывает мировой опыт, в последние годы установленная мощность микросетей во всем мире неуклонно возрастает. Рост тарифов на электроэнергию вынуждает потребителей объединяться в микросети, что подтверждается прогнозом роста установленной мощности микросетей во всем мире (рис.1).

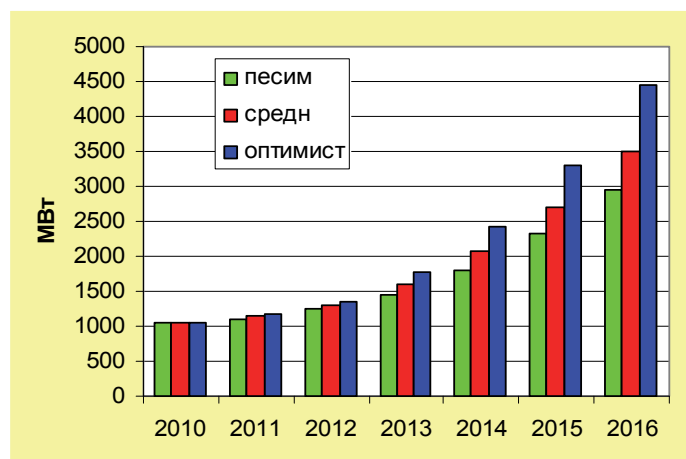
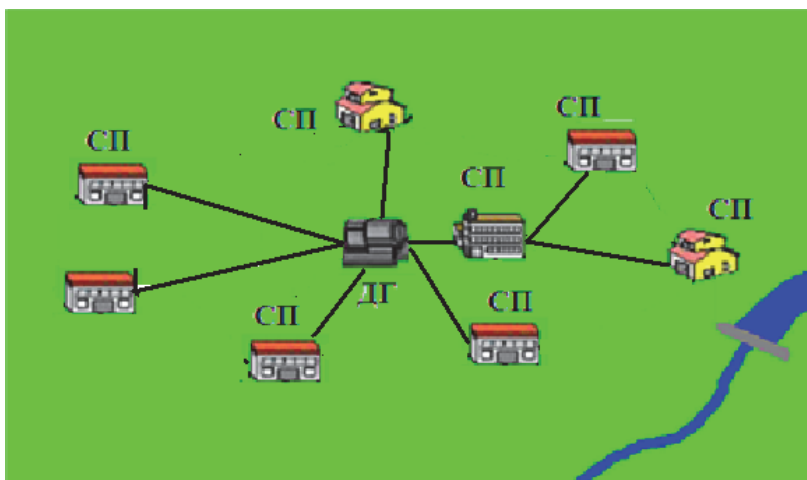


Рис.1. Прогноз развития микросетей до 2016 г. (источник: Pikeresearch)

Микросети подразделяются на автономные и подключенные к центральным сетям. Автономные классифицируются по видам генерации.

Автономная сеть с одним генератором, работающим на традиционных источниках энергии, т.е. распределённая сеть с дизельным или бензиновым генератором, газотурбинной установкой и др. представлена на рис. 2.



**Рис.2. Автономная микросеть с одним источником генерации:
ДГ – дизель-генератор; СП – сельские потребители**

Современная автономная сеть с одним источником генерации представляет собою энергетический центр, имеющий электрогенератор, воздушные или кабельные линии электропередачи, трансформаторные подстанции, распределительные узлы и приборы учёта, посредством которых вырабатывается, передаётся на реализацию потребителям и учитывается электроэнергия. Эта сеть охватывает определённый территориальный район с одним или несколькими населёнными пунктами. Мощность сети разнообразная, от нескольких сотен киловатт до десятков мегаватт, напряжение – до 35 кВ, протяжённость – до десятков километров.

Результаты исследований. Анализ существующих автономных систем электроснабжения показал, что организация бесперебойного энергоснабжения объектов сельскохозяйственного назначения на удаленных территориях сопряжена с большими трудностями, обусловленными значительными затратами на строительство распределительных сетей низкого напряжения и обеспечения их безаварийной работы.

Созданная по такому же принципу микросеть, охватывает территорию значительно меньших размеров. Связано это с тем, что длина кабельных или воздушных линий ограничивается падением напряжения в этих линиях, а так как напряжение в микросети составляет 380 В, то максимально возможный радиус охвата территории не превышает 2 км, что соответствует охватываемой территории площадью 12,0–12,5 км². Наибольшей трудностью в эксплуатации микросети с одним источником генерации представляет то, что, работая в круглосуточном режиме, дизель-генератор мог бы вырабатывать электроэнергию значительно больше её потребления, ограниченного графиком нагрузки. Из-за этого эффективность микросети снижается, а себестоимость электроэнергии возрастает. Для повышения эффективности системы необходимо создать условия, при которых необходимое потребителю количество электроэнергии производилось бы с минимально возможным превышением по объёму производства и минимальной себестоимостью. Это возможно в том случае, если в сети будет установлен накопитель энергии. Существует два варианта: установить один общий накопитель, работающий на всю сеть, или установить накопитель каждому потребителю. В любом случае накопители будут круглосуточно обеспечивать потребителя электроэнергией, даже в моменты отключения дизельного генератора. Расчёт баланса электроэнергии в микросети с одним источником генерации необходимо сделать, чтобы потребности в электроэнергии были полностью удовлетворены. Расчёт выполняется по формуле:

$$W_B = W_{\Pi} + W_H + W_{\text{пот.}}, \quad (1)$$

где W_B – среднесуточная выработка электроэнергии, кВт·ч/сут; W_{Π} – среднесуточное потребление электроэнергии, кВт·ч/сут; W_H – максимальное среднесуточное накопление электроэнергии, кВт·ч/сут; $W_{\text{пот}}$ – среднесуточные потери электроэнергии в сетях и оборудовании, кВт·ч/сут.

Оптимальная схема микросети с одним источником генерации приведена на рис. .3.

В настоящее время наиболее эффективные энергетические установки автономного энергоснабжения создаются преимущественно на базе традиционных дизельных генераторов и солнечных батарей в качестве возобновляемого источника генерации. Такой выбор не случаен. В последние годы замечен рост цен на органическое топливо, что обуславливает рост себестоимости электроэнергии, производимой дизельными генераторами. С другой стороны, в это же время стоимость солнечных модулей существенно снизилась, что сделало фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии вполне конкурентоспособным с традиционными системами выработки

электроэнергии. Уже сегодня по себестоимости производимой электроэнергии фотоэлектрические станции превосходят дизель-генераторные установки. Поэтому их замена в тех случаях, когда это возможно, представляется достаточно экономически эффективным шагом.

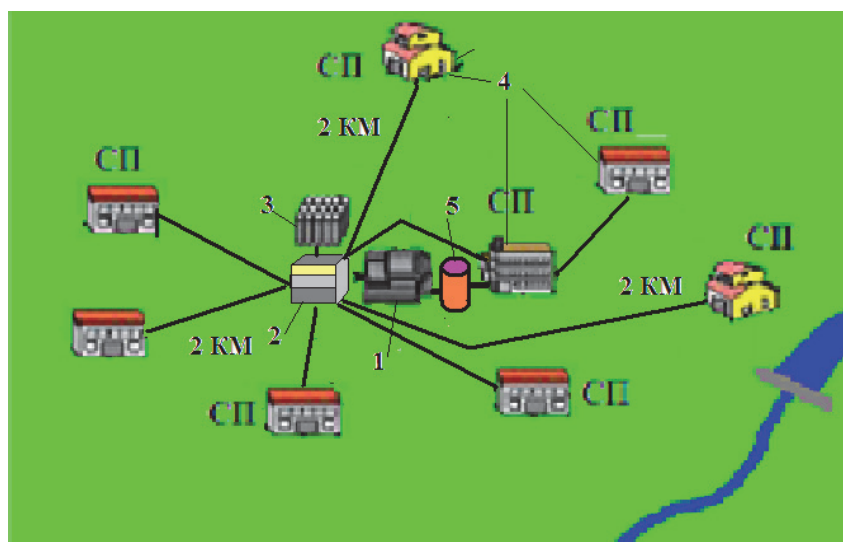


Рис.3. Оптимальная схема автономной микросети с одним источником генерации:

1 – дизель-генератор; 2 – инвертор; 3 – аккумуляторная станция; 4 – сельские потребители; 5 – утилизатор тепловой энергии

На рис. 4 приведена схема предприятия, энергообеспечение которого основано на использовании дизель-генераторных систем.

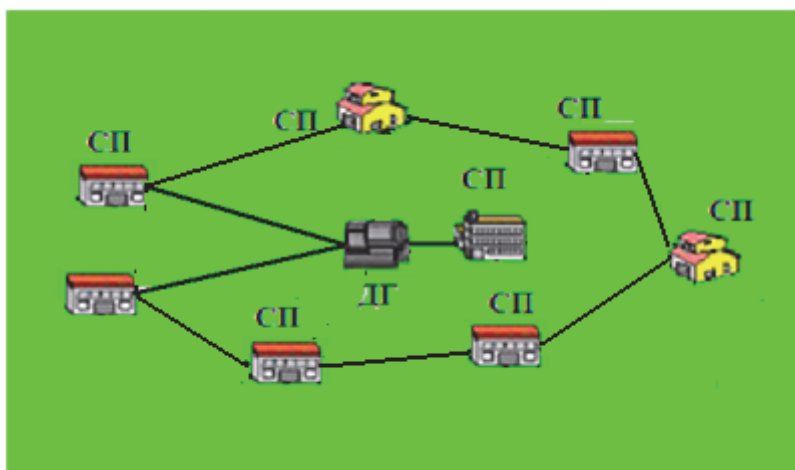


Рис.4. Предприятие с энергоснабжением от дизель-генератора

Наличие свободной площадки у подобного предприятия позволяет установить солнечную станцию небольшой мощности, которая в связи с высоким потенциалом солнечной энергии на данном объекте обещает быть эффективной, что означает создание микросети с двумя источниками генерации и одним потребителем (рис.5).

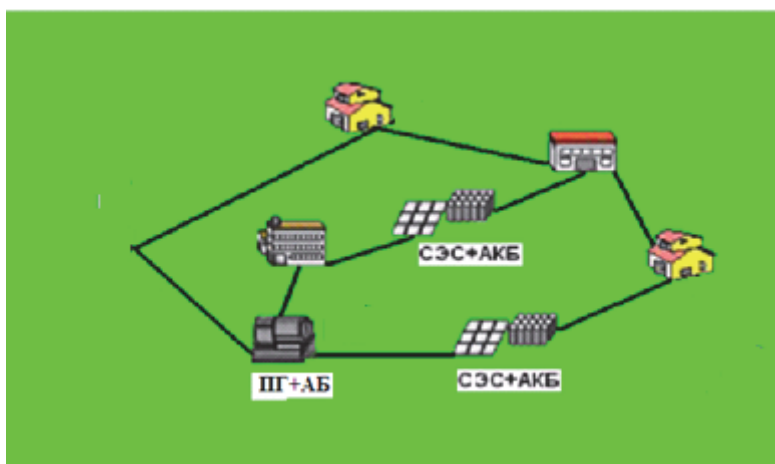


Рис.5. Предприятие с энергоснабжением от генератора и фотоэлектрических модулей

Добавляя в состав микросети дополнительные источники генерации, можно максимально заместить энергию, вырабатываемую традиционными способами, на энергию от ВИЭ. Но при этом никогда потребляемая и вырабатываемая генераторами возобновляемой энергетики энергия не будут строго соответствовать друг другу. Мощность генерации может либо превышать потребление, либо неполностью покрывать потребность. В первом случае возникнет проблема поиска применения излишкам вырабатываемой энергии (либо непосредственно в процессе выработки, либо аккумулируя энергию при ее избытке и поставляя потребителю в заданное время). Во втором случае дополнительный источник регулируемой мощности должен непрерывно покрывать возникающий дефицит. Возможен промежуточный вариант, когда периоды дефицита энергии у потребителя (по сравнению с выработкой ВИЭ генератора) чередуются с периодами, когда генераторы вырабатывают избыточный объем энергии.

Правильный выбор сочетания мощностей ВИЭ и традиционных ресурсов представляется важной задачей и может определяться специальными критериями, учитывающими ряд факторов, рассматриваемых далее.

На рис. 6 показана возможная схема микросети с несколькими источниками генерации на основе ВИЭ.

Пример комбинированной микросети приведен на рис. 7. Для расчёта энергетического баланса микросети с традиционными и возобновляемыми источниками энергии необходимо учитывать нестабильность поступления возобновляемой энергии в течении года, поэтому в расчёте применяется метод раздельного участия, заключающийся в том, что предполагается возможность ситуации, когда длительное время не будет поступления возобновляемой энергии, или длительной аварийной ситуации с дизельным или бензиновым генератором [4].

Кардинальным образом в положительную сторону меняется ситуация, когда в микросети в качестве генераторов включены предсказуемые источники энергии, такие как микроГЭС, биогазовая установка, парогенераторная установка и подобные источники возобновляемой энергии.

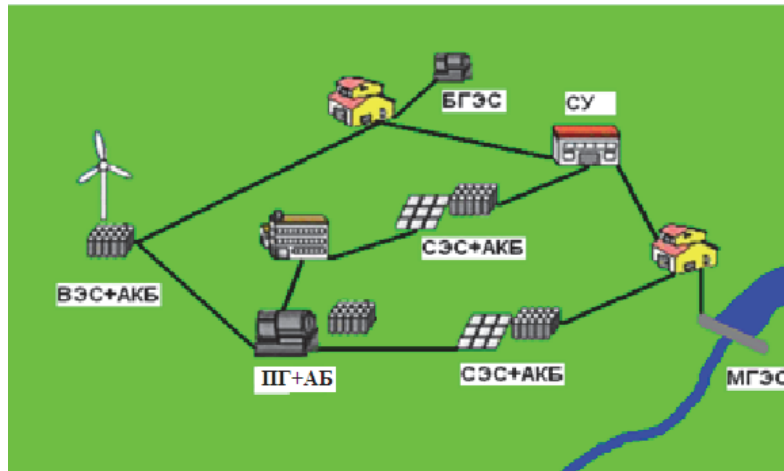


Рис.6. Автономная микросеть с генераторами от ВИЭ:
 ПГ – древесный паровой генератор; АКБ – аккумуляторная батарея; ВЭС – ветряная электростанция; СЭС – солнечная электростанция; МГЭС – малая гидроэлектростанция (микрогидроэлектростанция); БГЭС – биогазовая электростанция; СУ – система управления

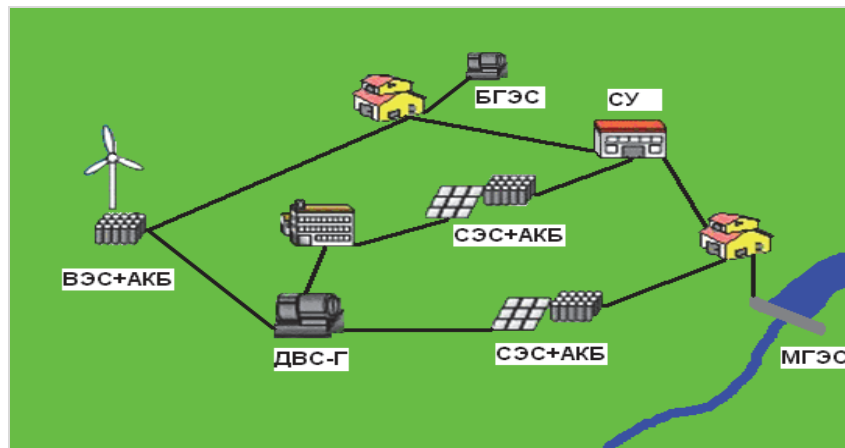


Рис.7. Автономная комбинированная микросеть с генераторами, работающими как на традиционных источниках энергии, так и на возобновляемых:

ДВС-Г – двигатель внутреннего сгорания – генератор; АКБ – аккумуляторная батарея; ВЭС – ветряная электростанция; СЭС – солнечная электростанция; МГЭС – малая гидроэлектростанция (микрогидроэлектростанция); БГЭС – биогазовая электростанция; СУ – система управления

Уравнение энергетического баланса можно представить равенством:

$$\frac{(W_{ВЭС} + W_{СЭС}) + W_{ЖТН}}{2} - W_{ПОТ} = W_{П}, \quad (2)$$

где $W_{ВЭС}$ – среднесуточная выработка электроэнергии ВЭС, кВт·ч/сут; $W_{СЭС}$ – среднесуточная выработка электроэнергии СЭС, кВт·ч/сут; $W_{ЖТН}$ – необходимая среднесуточная выработка электроэнергии жидко-топливной электростанцией, кВт·ч/сут; $W_{ПОТ}$ – среднесуточные потери электроэнергии

при её преобразовании и накоплении в АБ (учитываются при расчёте каждого из источников энергии в отдельности), кВт·ч/сут; W_P – среднесуточная потребность в электроэнергии, кВт·ч/сут.

Следовательно, суточная производительность резервного источника равна:

$$W_{ЖТ}^H = 2(W_{ВЭС} + W_{СЭС}) - (W_{П} + W_{ПТО}) \quad (3)$$

при условии, что аккумуляторная станция способна нести номинальную нагрузку системы в течение $T_P \geq 1$ сут.

Таким образом, определён критерий для отбора источников с генераторами, работающими на традиционных и возобновляемых источниках энергии, в составе микросети с традиционными и возобновляемыми источниками. Организация надежного энергоснабжения в децентрализованных районах России возможна только на основе комплексного использования традиционных и возобновляемых источников энергии. Метод эффективной генерации в распределённой энергетике предполагает, что преимущественное право на производство энергии сохраняется за возобновляемыми источниками. Невозобновляемые источники являются резервными источниками. Микросеть должна иметь систему управления, которая будет координировать подключение соответствующих генераторов в зависимости от уровня прихода возобновляемой энергии, степени зарядки аккумуляторной станции и действующей нагрузки.

Выводы. Предложенная и развитая концепция микросети на основе преимущественного использования возобновляемых источников энергии, представляющая собой новую форму реализации идеологии распределенной энергетике, открывает возможность эффективного применения возобновляемых источников энергии для решения задачи энергоснабжения удаленных, в первую очередь, сельских территорий, малоэтажного строительства и автономного энергоснабжения отдельно располагаемых единичных объектов. Микросеть на основе возобновляемых источников энергии рассмотрена как самостоятельная группа среди микросетей, реализуемых на практике. Кратко рассмотрены масштабы развития микросетей в мире. На основе анализа функционирования микросетей различной конфигурации рассмотрена важнейшая задача формирования оптимального состава и структуры создаваемых микросетей путем оптимизации выбора по разработанным критериям источников генерации для включения в их состав. Рассмотрена возможность использования в микросети и традиционных центров генерации электроэнергии.

Список литературы

1. Харченко В.В. Микросеть на основе ВИЭ как инструмент концепции распределенной энергетике / В. В. Харченко, В. Б. Адомавичюс, В. А. Гусаров //Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 02 (119). – С. 80–85.
2. Харченко В.В. Развитие распределенной энергетике как формы микросетей в России / В.В. Харченко, В.А. Гусаров // Тр. 9-й Междунар. науч.-техн. конф. «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», 21 - 22 мая 2014 г., г. Москва. Ч.4. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014.

3. Smart Microgrids – «умные энергетические микросети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2013/09/090213c.html>

4. Адомавичус В.Б., Харченко В.В., Гусаров В.А., Валицкас И.Ю. Источники регулируемой мощности в микросетях / В.Б. Адомавичус, В.В. Харченко, В.А. Гусаров, И.Ю. Валицкас // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – Вып.7. – С. 54–59.

Запропоновано концепцію мікромережі на основі переважного використання поновлюваних джерел енергії, що є новою формою реалізації ідеології розподіленої енергетики. Це вперше відкриває можливість ефективного застосування відновлюваних джерел енергії для вирішення завдання енергопостачання віддалених, в першу чергу, сільських територій, малоповерхового будівництва та автономного енергопостачання окремо розташованих одиничних об'єктів. Вперше мікромережа на основі відновлюваних джерел енергії виділена в самостійну групу серед мікромереж, що реалізуються на практиці.

Мікромережа, генерація, поновлювані джерела енергії.

The concept of microgrids on the basis of pre-emptive use of renewable energy, which is a new form of realization of the ideology of distributed power for the first time opens up the possibility of effective use of renewable energy sources to solve the problem of remote power supply, primarily in rural areas, low-rise construction and independent power supply separately disposable single objects. Micronet first time on the basis of renewable energy sources into separate group among microgrids implemented in practice.

Micronet, generation, renewable energy.

УДК 621.577.4

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ОТБОРА НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОТОКОВ В ЦЕЛЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В.В. ХАРЧЕНКО, доктор технических наук

А.О. СЫЧЁВ, аспирант*

**ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства», г. Москва**

Рассмотрен вопрос теплоснабжения малоэтажных зданий с помощью теплонасосной системы на основе использования низкопотенциальной теплоты небольших водотоков. Приведён пример конструкции погружного теплообменника вода-рассол, спроектированного для работы в составе подобных систем.

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор В.В. Харченко
© В.В. ХАРЧЕНКО, А.О. СЫЧЁВ, 2015*