

## Микрогенерирующий комплекс ВИЭ высокой заводской готовности для удаленных потребителей

Велькин Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент  
 Денисов Константин Сергеевич, аспирант  
 Уральский федеральный университет (г.Екатеринбург)

**Аннотация.** В статье рассмотрены теоретические основы создания микрогенерирующего транспортного комплекса с использованием возобновляемых источников энергии. Показаны варианты его оснащения и внутреннего устройства оборудования. Приведены примеры составов мКС ВИЭ с различным составом оборудования.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, микрогенерация, комплексные системы на основе ВИЭ

В январе 2015г. в России принято постановление Правительства №47 "...по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии...". В июле 2017 г. на заседании высшего исполнительного органа РФ рассмотрены вопросы по стимулированию микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии. Процесс поддержки внедрения малой генерации в РФ на основе ВИЭ совершенствуется.

В этой связи, для поддержания многочисленных частных хозяйств, потребителей на удаленных децентрализованных территориях, становится актуальной задача разработки новых малых систем ВИЭ мощностью от единиц до десятков кВт и их оптимизация с задачей комплексного использования имеющегося на конкретной территории энергетического потенциала ВИЭ в условиях России.

Одним из решений стоящей перед специалистами задачи может быть применение микрогенерации на основе ВИЭ вообще [1] и внедрение мобильных микрогенерирующих комплексов ВИЭ высокой (модульной) заводской готовности в частности.

мКС ВИЭ – микрогенерирующие системы на базе возобновляемых источников энергии, использующие комплексно имеющийся на данной территории, в районе, на объекте потенциал ВИЭ (ветровой, солнечный, гидро-, био-, геотермальный). В условиях России такой подход для большей части территории страны, особенно удаленных децентрализованных территорий, оправдан.

Теоретические основы микрогенерации, расчета и оптимизации мКС ВИЭ описаны в [2]. Результаты экспериментов и сравнительный анализ использования мКС ВИЭ приведены в [3].

Основная идея модульного комплекса ВИЭ – создание контейнерной конструкции с размещением в ней оборудования ВИЭ, оптимизированного под конкретные условия территории (с учетом актинометрических характеристик, наличия гидротехнических сооружений, рельефа местности, окружающей растительности, сельскохозяйственных производств).

Пример энергетической микро КС ВИЭ в модульном исполнении приведён на рис.1.

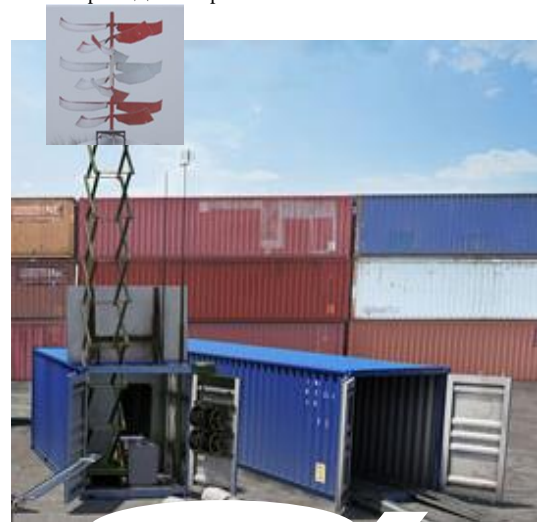


Рис.1. Модульный микрогенерирующий комплекс ВИЭ высокой заводской готовности с развернутой в рабочее состояние ветроустановкой «Кардэя» [4]

Таблица 1. Характеристики оборудования в транспортном контейнере

	Оборудование	Ед. мощность, (Вт)	Кол-во	Суммарная мощность (кВт)
1	Солнечные панели ФЭП	100	20	2,0
2	Ветроэнергетическая установка	2000	1	2,0
3	АКБ гелевые (Ач)*	100*	10	1000*
4	Контроллер	2000	2	4,0
5	Инвертор	4000	1	4,0
6	Дизельгенератор (аварийно-резервный)	4000	1	4,0
7	мГЭС с ротором «Банки»	2500	1	2,5
8	Солнечные коллекторы КУМЗ	1800 (т)	2	3,6 (т)
9.	Шкаф распределительный		1	
10	Набор подключенных розеток		5-10	
11	Шлейф (кабель к потребителю)(м)	100 м	1	-
12	Аппаратура КИП и контроля	комплект	1	-
13	Резервная емкость для горючего (л)	200	1	

Размещение оборудования в контейнере выполняется в соответствии с требованиями эргономики, техники безопасности и удобства пользования потребителем (рис.2).

Для обеспечения функционирования потребителей контейнер оборудуется вспомогательными устройствами: ин-

вертором, контроллером, АКБ, LED-светильниками, распределительным шкафом (ШР), набором кабелей, комплектом розеток (Рис.2).

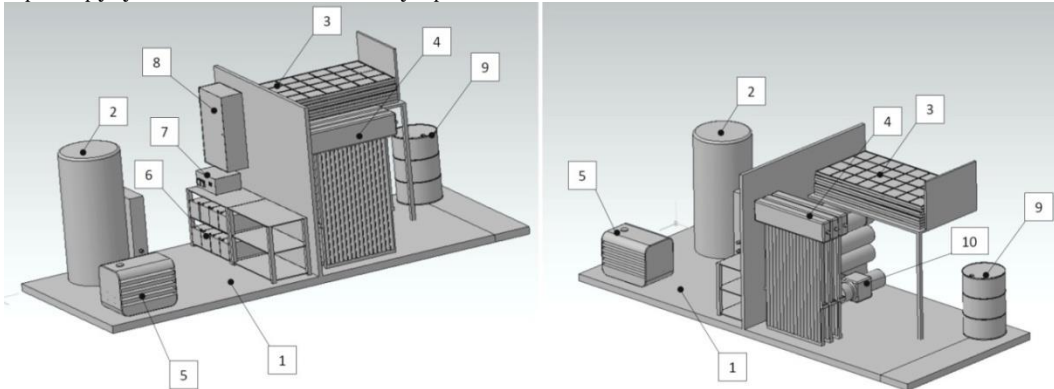


Рис.2. Размещение оборудования ВИЭ в контейнере для транспортировки

1-платформа контейнера, 2 – Бак накопитель, 3 – панели ФЭП, 4 – Солнечные коллекторы, 5 – ДГ, 6 – этажерка АКБ, 7 – инвертор, 8 – шкаф управления, 9 – резервная емкость горючего для ДГ, 10 – рукавная микроГЭС.

Актуальность применения модульных установок высокой заводской готовности обусловлена для России целым рядом обстоятельств:

- необходимостью повышения надежности энергообеспечения децентрализованных потребителей;
- требованием высокого уровня готовности оборудования к развертыванию и запуску;
- отсутствием навыков эксплуатации высокотехнологичного оборудования у населения;
- удаленностью территорий расположения объектов потребителя и отсутствием сервисного обслуживания в течение длительного времени.

Среди задач, которые могли бы, в частности, решать МКС ВИЭ в модульном исполнении:

- надежное энергоснабжение средств связи и жизнеобеспечения для Минобороны на удаленных объектах;
- энергоснабжение аварийных участков и строящихся объектов Минтранса;
- решение задач Министерства ЧС по энергоснабжению в период катастроф и природных катаклизмов;
- катодная защита подземных участков нефте- и газопроводов,
- обеспечение электрической и тепловой энергией коттеджных поселков и коллективных садов, метеостанций, геологических партий, пастбищ и пасек;
- энергоснабжение удаленных или децентрализованных объектов инфраструктуры: мачт сотовой связи, маяков, систем связи и военных объектов.

Линейка МКС ВИЭ в модульном исполнении может представлять из себя:

по мощности (кВт): 0,5; 1,0; 1,5; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0.

по составу оборудования МКС ВИЭ:

h- МКС ВИЭ (ДГ+ВЭУ+ АКБ) или (ФЭП+ВЭУ+АКБ)

к- МКС ВИЭ (ФЭП+ВЭУ+мГЭС+АКБ) или (ДГ+ФЭП+ВЭУ+АКБ)

р- МКС ВИЭ (ДГ+ФЭП+ВЭУ+мГЭС+АКБ) ; (ФЭП+ВЭУ+СК+ТН+АКБ)

s- МКС ВИЭ (ДГ+ФЭП+ВЭУ+мГЭС+БГУ+АКБ)

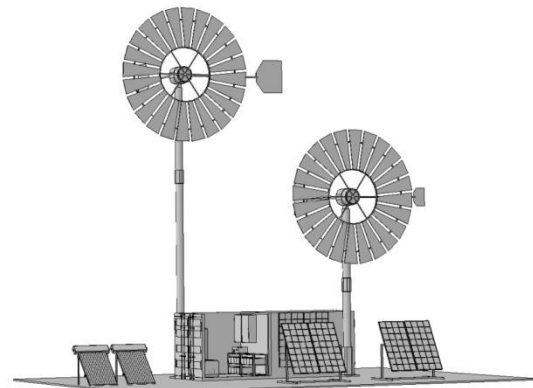


Рис. 3. Развертывание оборудования на площадке расположения МКС ВИЭ

Уточненная конфигурация (состава и мощности каждого вида оборудования) модульной МКС ВИЭ зависит от конкретных условий территории, на которой предполагается её использование. Оптимизация осуществляется с использованием специально разработанной компьютерной программы «АРК-ВИЭ» [5] с применением математических методов оптимизации (поиск глобального минимума выпуклой функции) [6].

Для создания эффективного МКС ВИЭ необходима математическая оптимизация состава оборудования. В качестве целевой функции для МКС ВИЭ была принята квадратичная функция от  $x_1, x_2, \dots, x_n$  следующего вида:

$$D(Y/a) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} x_i x_j \Rightarrow \min,$$

где  $x_i$  – доли установленной мощности каждого из видов возобновляемых источников энергии, входящих в МКС ВИЭ;

$\sigma_{ij}$  - выборочная ковариация, посчитанная по выборкам для  $Y_i, Y_j$

Физический смысл функции - дисперсия стоимости энергии, вырабатываемой МКС ВИЭ за единицу времени.

Решение указанной задачи достигается построением графической модели оптимальной МКС ВИЭ, представленной на рис.4.



Рис.4. Графическая интерпретация области определения МКС ВИЭ и оценки риска обеспечения энергией (%)

Величина  $\sigma_{ij}$  является оценкой риска, т.е. разброса стоимости электроэнергии, вырабатываемой кластером за единицу времени. Задача такого типа известна в инвести-

#### Литература:

1. Велькин В.И. Оптимизация выбора энергообеспечения на основе кластерного подхода в использовании возобновляемых источников энергии // *Альтернативная энергетика и экология* №2, 2012 С.67-71.
2. Велькин В.И., Логинов М.И. Выбор оптимального состава оборудования в кластере возобновляемых источников энергии на основе регрессионного анализа // *Альтернативная энергетика и экология*, №3, 2012, С. 100-104.
3. Велькин В.И., Щеклеин С.Е., Логинов М.И., Чернобай Е.В. Графический анализ экспериментальных данных и результатов математической модели кластеров ВИЭ // *Альтернативная энергетика и экология*, №2, 2013, С.131-136.
4. Велькин В.И., Дмитриевский В.А., Прахт В.А., Якимов А.И., Якимов Ю.И. Модульная ветроэнергетическая установка с тихоходным генератором приземного расположения // *Энергобезопасность и энергосбережение*, №6, 2012 г., С.28-31.
5. Свидетельство о Гос.регистрации программы для ЭВМ № 2013613097, Программа Автоматизированного расчета кластера ВИЭ «АРК-ВИЭ», Велькин В.И., Логинов М.И., Чернобай Е.В.. Зарегистрировано 25 марта 2013 г.
6. Аттенков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. М., МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001 г., 440 с.
7. Tobin J. *The Theory of Portfolio Selection* // F.H.Hahn and F.R.P.Brechling (eds) *The Theory of Interest Rate*. London, Macmillan, 1965. P.3-51.

ционном анализе, где соответствующая модель, содержащая как рискованные, так и безрисковые финансовые инструменты, называется портфелем Дж.Тобина [7]

Выводы:

1. Создание микрогенерирующих комплексных систем ВИЭ позволит эффективно использовать разнообразный энергетический потенциал территории, региона, для энергообеспечения удаленных автономных потребителей.

2. Повышение эффективности (минимальная стоимость выработки 1 кВт.ч энергии) обуславливается математической оптимизацией состава оборудования для конкретного региона расположения.

3. Новизна подхода к оптимизации ВИЭ заключается в приложении стохастической финансово-экономической теории в практику оптимизации также стохастических возобновляемых источников энергии.