

2. Компьютерная программа «VizProRES» явилась развитием программы «АРК-ВИЭ» и позволила визуализировать графики покрытия нагрузки комплексной системой возобновляемых источников энергии.

Список использованных источников

1. Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. Курс методов оптимизации. М. : Наука, 2005. 386. с.
2. Программа автоматизированного расчета кластера ВИЭ «АРК-ВИЭ» : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610600, 29.01.2013 / Велькин В. И., Логинов М. И., Чернобай Е. В. ; свидетельство РФ 2013613097 25.03.2013.
3. Markovitz H. M. Portfolio Selection // Journal of Finance. 1952. Vol. 7. № 1. P. 77–91.
4. Программа визуализации поиска оптимального кластера ВИЭ «VIZPO-RES» : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611503, 25.02.2014 / Велькин В. И., Денисов К. С., Чернобай Е. В. ; свидетельство РФ 2014614024 14.04.2014.
5. Land A. H., Doig A. G. An automatic method of solving discrete programming problems // Econometrica. 1960. Vol. 28. P. 497-520.

УДК 574.46

Денисов К. С., Хайретдинова Л. Р., Велькин В. И.
Уральский федеральный университет
denser93@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «VizProRES» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ АВТОНОМНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ВИЭ

Аннотация. Разработана компьютерная программа «VizProRES» для расчета автономной комплексной системы ВИЭ. Произведен расчёт оптимального состава оборудования на базе НиВИЭ для реальных природно-климатических условий различных регионов страны, при условии полного электроснабжения автономного потребителя. Найдены наиболее эффективные варианты, осуществлен анализ полученных результатов. Получены данные о выработке электрической энергии различными источниками в течение года.

Развитие и внедрение установок возобновляемой энергетики является одной из приоритетных задач во многих стран мира. При этом для повышения эффективности комплексных ВИЭ необходимо знать оптимальный состав основного и вспомогательного оборудования.

В настоящее время за рубежом разработано около ста компьютерных программ по расчету энергосистем на базе ВИЭ. Однако каждая из этих программ имеет свои преимущества и недостатки.

После анализа зарубежного опыта с учетом всех преимуществ и недостатков в Уральском федеральном университете началась разработка отечественного программного комплекса для поиска оптимального состава оборудования кластера ВИЭ [1]. На сегодняшний день зарегистрированы две программы:

- «Автоматизированный расчет кластера ВИЭ» (АРК-ВИЭ), написанная в среде пакета Microsoft Excel [2].
- Программа «VIZPO-RES» выполнена в среде «Adobe Flash Professional CS6» на языке программирования Action Script 3.0 и экспортирована в формат «EXE» [3].

Эти программы были разработаны на кафедре АСиВИЭ УрФУ.

Функциональность программы «VizProRES»:

- Данная программа позволяет найти оптимальный состав оборудования на базе ВИЭ с учетом полного обеспечения автономного потребителя, для определенного географического района.
- Рассчитывает количество оборудования каждого вида на основе технико-экономического сравнения различных вариантов.
- При расчете оптимального кластера, моделирует поведение системы в течение года, учитывая суточные или часовые колебания выработки энергии.
- Позволяет провести графический анализ различных вариантов компоновки системы.
- Существует возможность сохранения рассчитываемого варианта для последующей его загрузки и продолжения работы без потери данных.

Технологические характеристики:

Компьютерная программа «VizProRES» выполнена в среде «Adobe Flash Professional CS6» на языке программирования Action Script 3.0 и экспортирована в формат «EXE» для удобства запуска на различных компьютерах.

Для решения поставленной задачи нахождения оптимального состава оборудования используется метод «Ветвей и границ».

Выполнение расчета в компьютерной программе «VizProRES»:

Для анализа работы программы и выполнения расчетов по оптимизации комплексной системы на базе ВИЭ были выбраны следующие населенные пункты: г. Екатеринбург, село Териберка (Мурманская область), г. Сочи, г. Владивосток.

В качестве потребителя был выбран жилой дом со средним потреблением электричества 15 кВт·ч/сутки.

Примеры полученных результатов расчета приведены для г. Сочи (табл. 1) и для г. Екатеринбурга (табл. 2).

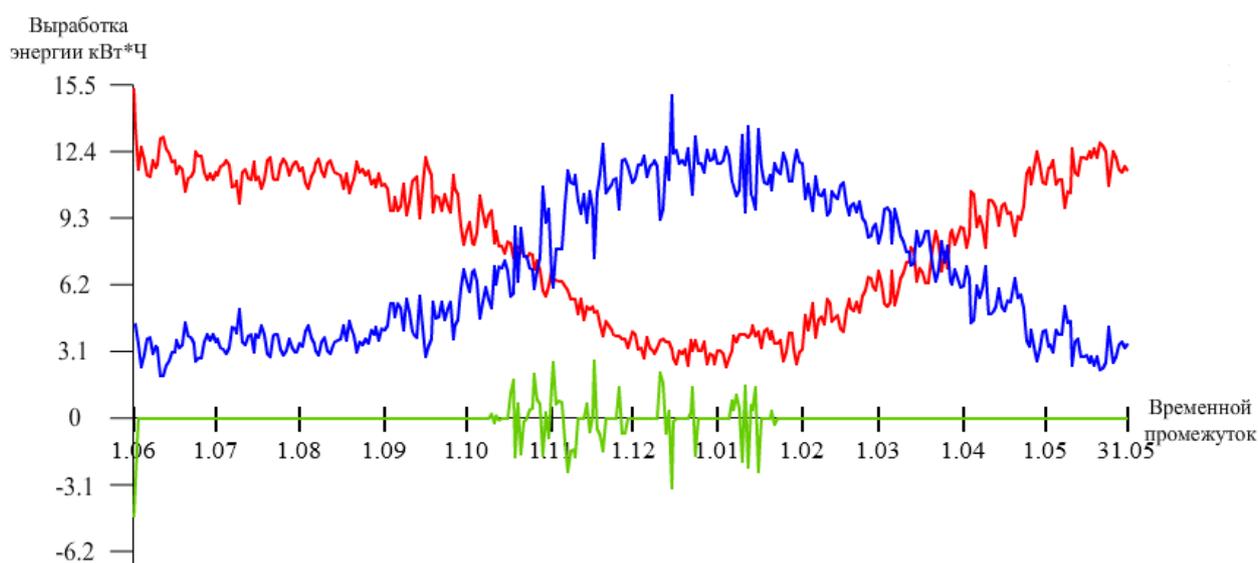
Таблица 1

Результаты расчетов для г. Сочи

Тип	Модель	Кол-во	Доля ист-ка (%)	Стоимость оборудования (руб.)	Суммарная стоимость оборудования (руб.)	Стоимость кВт·ч э/э (руб.)
ФЭП	TSM-200-24M	14	54,6	168000	383000	5,81
ВЭУ	Low Wind 2,5/3,5; 48	1	45,4	131800		
АКБ	Tyumen Battery 6СТ-132L	16	0	83200		

Результаты расчетов для г. Екатеринбург

Тип	Модель	Кол-во	Доля ист-ка (%)	Стоимость оборудования (руб.)	Стоимость топлива за год (руб.)	Суммарная стоимость оборудования (руб.)	Стоимость кВт·ч э/э (руб.)
ФЭП	TSM-200-24M	6	20,6	72000	1435	459200	7,25
ВЭУ	Low Wind 2,5/3,5; 48	2	77,5	263600			
АКБ	Tyumen Battery 6СТ-132L	16	0	83200			
БГ	СКАТ УГБ-4000E	1	1,9	40400			



Выработка энергии в течение года для г. Сочи

Для города Сочи солнечная инсоляция летом находится на высоком уровне (рисунок), потому и выработка от ФЭП выше, чем от ВЭУ в этот период. Это подтверждает адекватность выбора 14 солнечных панелей. Однако в зимний период выработка от ФЭП низкая и этот недостаток покрывается ВЭУ.

В связи с тем, что уровень солнечной инсоляции и скорости ветра в г. Сочи выше, чем в г. Екатеринбурге, стоимость кВт·ч снижается, так как для обеспечения одинакового количества энергии в г. Сочи требуется меньшее количество установок и тем самым уменьшаются капитальные затраты.

На основании расчетов сделанных в программе «VizProRES» определено, что в регионах, где погодные условия сильно изменяются в течение года, выгодно применять установки с несколькими источниками электроэнергии (ФЭП, ВЭУ, АКБ).

Список использованных источников

1. Велькин В. И., Денисов К. С., Завьялов А. С. Разработка отечественного комплекса «VIZPRO-RES» на основе анализа зарубежных программ расчета ВИЭ // Неделя науки СПбГПУ. СПб. : СПбГПУ, 2014. С. 60-63.

2. Программа автоматизированного расчета кластера ВИЭ «АРК-ВИЭ» : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013610600, 29.01.2013 / Велькин В. И., Логинов М. И., Чернобай Е. В. ; свидетельство РФ 2013613097 25.03.2013.

3. Программа визуализации поиска оптимального кластера ВИЭ «VIZPO-RES» : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611503, 25.02.2014 / Велькин В. И., Денисов К. С., Чернобай Е. В. ; свидетельство РФ 2014614024 14.04.2014.

УДК 620.93

Ершов М. И., Волкова Ю. В., Плотников Н. С., Мунц В. А., Мунц Ю. Г.
Уральский федеральный университет,
ООО «Уральская производственная компания»
gibridsofc@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ КПД ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ С ВОЗДУШНЫМ РИФОРМЕРОМ ПУТЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ УХОДЯЩИХ АНОДНЫХ ГАЗОВ

Аннотация. В работе описана методика расчета минимальной степени рециркуляции анодных газов и границы сажеобразования в энергоустановке на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). Приведены результаты расчета α_{c_rec} от $\alpha_{f,out}$ для степени рециркуляции $z = 0,6$ для температурного диапазона от 600 до 900 °С. Расчеты показали, что при работе при более низких температурах (600-700 °С), кислорода в связанном виде (CO_2 и H_2O) в уходящих анодных газах не хватит для осуществления риформинга, но путем добавления небольшого количества воздуха, можно обеспечить устойчивую работу риформера природного газа в автотермическом режиме.

Энергетические установки на ТОТЭ доказали свою экологичность и эффективность, именно поэтому во всем мире сегодня активно занимаются разработками в области оптимизации схем установок для различных отраслей [1]. Одним из основных недостатков установок у применяемых сегодня воздушных риформеров является несколько меньший КПД при сравнении с паровым. С другой стороны, уходящие из анодного канала газы состоят в основном из CO_2 и H_2O и путем их возвращения в риформер, можно повысить КПД всей установки [2]. На рис. 1 изображена схема ТОТЭ с рециркуляцией анодных газов.

При использовании для риформинга никелевого катализатора главное избегать осаждения свободного углерода. Поэтому необходимо знать границы сажеобразования и минимальные степени рециркуляции для рабочего диапазона температур электрохимического генератора на ТОТЭ и риформера в случае возвращения уходящих анодных газов, которые будет исключать сажеобразование.