

УДК 621.311.4.031

И.О. Синчук, доц., канд. техн. наук, А.Н. Яловая, соискатель*Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина***С.Н. Бойко, канд. техн. наук***Кременчугский национальный университет имени М. Остроградского, г.Кременчуг, Украина, E-mail: bsn1987@i.ua*

Специфика моделирования возобновляемых источников энергии в среде Homer Energy с целью реализации мероприятий по повышению электро-энергоэффективности железорудных предприятий

Приведена характеристика программных комплексов для моделирования и расчетов электроэнергетических систем на базе возобновляемых источников энергии. Исследовано в программном пакете Homer energy систему электроснабжения участка осветительной сети на базе возобновляемых источников энергии подземной выработки железорудной шахты. Предложено использовать программный пакет Homer energy для исследования электроэнергетических сетей, определения их оптимальных составных элементов и технико-экономической оценки, а также для реализации мероприятий по повышению электроэнергоэффективности отечественных железорудных предприятий.

возобновляемые источники энергии, Homer energy, электроэнергоэффективность, технико-экономическая оценка, электроэнергетические сети

І.О. Синчук, доц., канд. техн. наук, О.М. Ялова, здобувач*Криворізьський національний університет, м. Кривий Ріг, Україна***С.М. Бойко, канд. техн. наук***Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, м. Кременчук, Україна*

Специфіка моделювання відновлюваних джерел енергії в середовищі Homer energy з метою реалізації заходів щодо підвищення електроенергоєфективності залізорудних підприємств

Приведена характеристика програмних комплексів для моделювання і розрахунків електроенергетичних систем на базі поновлюваних джерел енергії. Досліджено в програмному пакеті Homer energy систему електропостачання ділянки освітлювальної мережі на базі поновлюваних джерел енергії для умов підземних виробок залізорудних шахт. Запропоновано використовувати програмний пакет Homer energy для дослідження електроенергетичних мереж, визначення їх оптимальних складових елементів і техніко-економічної оцінки, а також для реалізації заходів щодо підвищення електроенергоєфективності вітчизняних залізорудних підприємств.

відновлювані джерела енергії, Homer energy, електроенергоєфективність, технико-экономическая оценка, электроэнергетические сети

Постановка проблемы. Отечественная железорудная промышленность потребляет более 20 % электрической энергии (ЭЭ), производимой на Украине, что вызывает к необходимости поиска альтернативных источников ЭЭ. Одними из таковых могут быть автономные миниэлектростанции, использующие энергию ветра, которые могут функционировать как в подземных выработках шахт, та и в условиях окружающего горнорудные предприятия ландшафта (отвалах и т.д.) [1].

Для оценки потенциала использования энергии в производстве, а также определения эффективности мероприятий по энергосбережению необходимы объективные показатели, которые могли бы отразить реальное использование

энергоресурсов и давали бы возможность сопоставить результат оценки с максимальными возможностями обеспечения энергосбережения. Установлено, что к основными причинами повышенного уровня расхода энергоресурсов относятся три группы: организационные и эксплуатационные, сырьевые и производственно-технологические. Одним из критериев эффективности энергосбережения, позволяющим оценить его динамику и тенденции, является показатель энергоэкономического уровня производительности. Реализуя в должном объеме мероприятия, имеющие максимальный коэффициент эффективности в пределах выделенных средств, можно добиться максимальной экономии энергоресурсов.

Постановка задания. Цель исследования – анализ возможности использования программного обеспечения для реализации мероприятий повышения электроэнергетической эффективности железорудных предприятий.

Изложение основного материала. На современном этапе развития энергетики управление энергетическими системами требует качественно новых подходов к решению проблемы оптимизации режимов её работы. В нормальных режимах значения параметров, которые определяют условия надёжности, качества, экономичности и экологии генерации, передачи и потребления электроэнергии близки к граничным. Это обусловлено такими причинами как, концентрация электроэнерго генерирующих мощностей в районах отдаленных от узлов нагрузки, недостаточным развитием электросетей, уменьшение показателей надёжности энергетического оборудования, недостаточными резервами мощностей в энергосистемах, высокий уровень загрязнённости окружающей среды. Поэтому, оптимизация режима, которая направлена только на увеличение экономичности работы энергосистемы, минимизацию суммарного расхода топлива в заданном цикле управления, недостаточная и недопустимая. Необходимо расширить количество критериев и оптимизировать режим не по одному критерию, а по всей совокупности критериев одновременно.

Рациональное и эффективное, с экономической точки зрения, внедрение альтернативных источников энергии, в том числе на предприятиях горнорудной отрасли, нуждается в детальном предпроектном анализе, который осуществляется с помощью специализированных программных пакетов (например, Homer Energy, Hybrid2, RETScreen и тому подобное). Программные пакеты, к сожалению, не способны учесть все аспекты, которые могут привести к неэффективной работе рассредоточенных систем энергоснабжения, однако они могут помочь в выполнении огромного объема работы и, в некоторых случаях, вообще способны устранить необходимость проведения детального анализа.

Модели рассредоточенных систем генерации энергии дают возможность пользователю легко просчитать большое количество конфигураций системы и выбрать, руководствуясь собственными потребностями и пожеланиями, наиболее рациональную.

Приведем характеристику программных комплексов, которые целесообразно использовать для моделирования и расчетов систем на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ): Homer Energy, Hybrid2, RETScreen [2].

Программное обеспечение в соответствии с функциональным назначением условно можно разделить на четыре группы, которые коротко проанализируем далее.

Группа 1. Расчетные инструменты Dim (Dimensioning tools). Применяются для вычисления параметров системы на основе исходных данных (тип нагрузки, климатические данные, компоненты системы). С помощью этих программ можно подобрать оптимальное энергетическое оборудование для покрытия потребностей в энергии [2].

Группа 2. Инструменты моделирования Sim (Simulation tools). Используют входные данные для моделирования поведения системы в течение определенного периода времени [3].

Группа 3. Исследовательские инструменты Res (Research tools). Имеют высокую степень гибкости и широкие возможности настройки. Эти программы дополняют моделирование разных систем для исследовательских целей. Эти исследовательские инструменты могут быть написаны на таких языках, как Fortran, C++ или Pascal.

Группа 4. Инструменты проектирования электрических сетей Des(Mini-Grid Design tools). Дают возможность пользователю определить, что является квазиоптимальным решением для электроснабжения некоторого объекта: автономная установка или подключение к централизованной сети. С их помощью можно минимизировать потери мощности в распределительных сетях за счет правильного выбора уровня напряжения и площади перереза кабелей [3].

Таким образом, поскольку группы программ Sim и Dim являются наиболее доступными широкому кругу пользователей без специальных знаний программирования, имеют удобный и легкий в использовании интерфейс и распространяются научно-исследовательскими центрами, то в дальнейшем, будем рассматривать программное обеспечение именно этих групп.

К широко использованным программным продуктам относятся RETScreen из группы Dim, Hybrid2 из группы Sim и программа Homer energy (HOMER) которая относится к группам Sim и Dim.

Программа предоставляет информацию руководителям, необходимую для принятия решений, благодаря выполнению стандартного анализа из пяти этапов: энергоанализа, анализа себестоимости, анализа эмиссии парниковых газов, финансового анализа, анализа рисков, анализа чувствительности системы.

Базовые модули и направления проектов, что охватывает программа, это технологии, которые включены к моделям проектов RETScreen и охватывают традиционные и нетрадиционные источники экологически чистой энергии, а также общепринятые традиционные источники энергии и технологии. Примерами таких проектных моделей могут быть [4]:

- проекты рационального использования энергии, то есть проекты по энергоэффективности (от промышленных предприятий к отдельным зданиям);
- проекты по отоплению и охлаждению (например, с использованием биомассы, тепловых насосов, солнечной энергии для воздушного и водяного отопления);
- проекты по генерации электроэнергии, включительно с возобновляемыми источниками энергии, а именно: солнечной, ветровой, энергии волн, гидро- и геотермальной энергии, а также общепринятыми технологиями, такими как газ и паровые турбины, поршневые двигатели;
- проекты комбинированного производства тепловой и электрической энергии (когенерации).

Прорабатывая большие объемы информации о ВИЭ, программа Hybrid2 дает возможность найти оптимальный вариант построения системы электроснабжения с точки зрения технических и экономических аспектов. Главными недостатками Hybrid2 является отсутствие интеграции с базами данных NASA, сложный интерфейс, отсутствие расчетных инструментов Dim и более сложный алгоритм работы (работа с программой нуждается аппаратного обеспечения высокого уровня).

Более детально остановимся на использовании программного комплекса Homer energy, поскольку он является наиболее актуальным на сегодня, для широкого

использования. Этот программный комплекс создан для предоставления помощи в разработке систем рассредоточенной генерации и для облегчения сравнения технологий производства электроэнергии в широком диапазоне использования. В результате исследования была разработана компьютерная оптимизационная модель энергосистемы, которая получила название Homer energy [3].

Homer energy одна из программ, которая выполняет моделирование часовых рядов, чем и отличается от статистических моделей, таких как RETScreen. Из перечня этих моделей Homer energy является наиболее гибкой с точки зрения разнообразия систем, которые она может моделировать.

Homer energy при моделировании сама избирает оптимальную комбинацию необходимого сочетания заданных технологий. Также Homer energy оказывает помощь в понимании и количественной оценке эффекта при переменных исходных данных (Sensitivity analysis), что отсутствует в RETScreen.

Использование Homer energy дает возможность моделировать много разнообразных вариантов структур системы электроснабжения для сравнения, как физических, так и экономических характеристик системы, что помогает при анализе и количественной оценке эффекта при переменных исходных данных (Sensitivity analysis).

Homer energy может моделировать широкий спектр конфигураций систем рассредоточенной генерации, которая включает любую комбинацию из массива фотоэлементов, одной или нескольких ветровых турбин, гидротурбин, дизель-генераторов, аккумуляторных батарей, AC - DC и DC - AC преобразователей, технологических систем, например, систем на основе электролизера и бака для хранения водорода. Энергетическая система может быть подключена к централизованной сети или быть автономной, может покрывать нагрузку постоянного и переменного тока, а также тепловую нагрузку [4].

В Homer energy возможно смоделировать отдельные функционально-структурные схемы таких энергетических систем как:

- электрическая нагрузка переменного тока, которая питается от дизельного генератора;
- электрическая нагрузка постоянного тока, электропитание которой обеспечивается системой с фотоэлементами;
- гибридная гидро-ветро-дизельная система с резервной батареей и выпрямителем;
- ветродизельная система, которая питает электрическую и тепловую нагрузку с двумя генераторами, аккумуляторными батареями, бойлером и сбросной нагрузкой, что позволяет поставлять тепловую энергию путем передачи избыточной мощности ветровой турбины через резистивный нагреватель;
- фотоводородная система, в которой электролизер превращает избыточную мощность фотоэлемента в водород, который хранится в водородном баке и используется в топливных элементах во время недостатка мощности от фотоэлемента;
- системы с ветрогенераторами и использованием аккумуляторных батарей, и водорода для аккумулирования энергии, где водород является топливом для генератора;
- электрическая система, подключенная к системе фотоэлементов;
- энергетическая система, подключенная к когенерационной установке, в которой микротурбина производит электроэнергию и тепло;
- энергетическая система, подключенная к когенерационной установке, в которой топливный элемент обеспечивает систему электроэнергией и теплом.

Homer energy обеспечивает выполнение трех основных задач: моделирование; оптимизация; анализ чувствительности.

В случае реализации задачи моделирования, программой Homer energy моделируется построение заданной системы и осуществляется оценка возможности ее функционирования, что дает возможность проверить ее техническую валидность и стоимость эксплуатации.

При оптимизации осуществляется моделирование большого количества системных конфигураций, построенных для разных вариантов применения элементов, заданных на первом этапе. Во время выполнения этого этапа осуществляется поиск такой конфигурации системы, которая бы по своим технико-экономическим показателям и своему жизненному циклу была наиболее приемлемой.

При осуществлении анализа чувствительности, Homer energy выполняет многократную оптимизацию в диапазоне, заданном при введении начальных данных (ограничений). Такая процедура дает возможность оценить «ценность» переменных на начальном этапе, которые присутствуют на каждом элементе данных. Также анализ чувствительности помогает оценить эффекты постоянства или вариативности переменных, на которые мы не можем влиять, например, скорость ветра, цена на горючее и тому подобное.

В программе есть графическое отражение схемы компонентов, которые будут промоделированы. Это дает возможность быстро получить доступ к техническим и экономическим данным каждого компонента простым нажатием на отдельный элемент на функциональной схеме.

В ряде работ [3-6] рассматривается возможность использования энергий потоков атмосферного воздуха на отвалах карьеров, между отвалами карьеров и в условиях подземных выработок железорудных шахт (ЖРШ).

Анализ условий генерирования и передачи ЭЭ от ВЭУ к электропотребителям ЖРШ должен проводиться с учетом функционирования всего комплекса шахты, кроме того, с учетом детально изучения влияния работы ВЭУ на организацию работы ЖРШ и состояние окружающей среды [6].

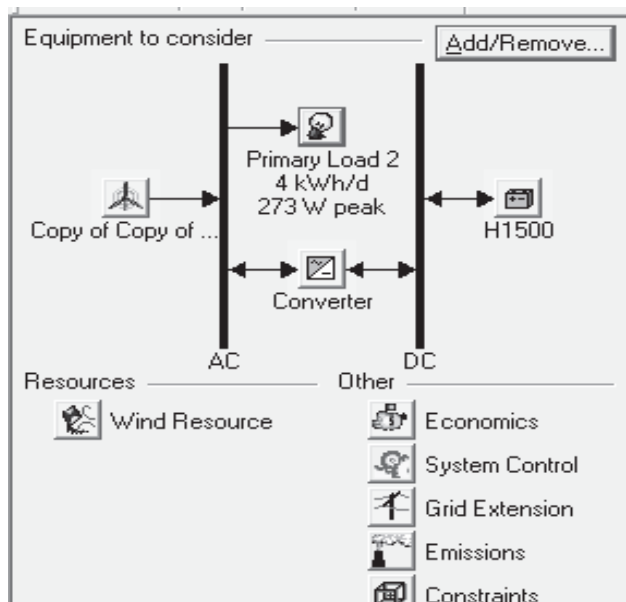


Рисунок 1 – Схема электроснабжения в программе Homer energy

В основу исследований должно быть взято использование современного математического аппарата и вычислительной техники, для анализа процессов и

физически обоснованных явлений, связанных с внедрением ВЭУ, их работой, экономического анализа и целесообразности эксплуатации ВЭУ в условиях ЖРШ [7].

Особенностью работы ВЭУ является то, что она есть нелинейным нестационарным объектом управления и находится под воздействием динамических ветровых нагрузок, энергия которых имеет стохастическую природу [1].

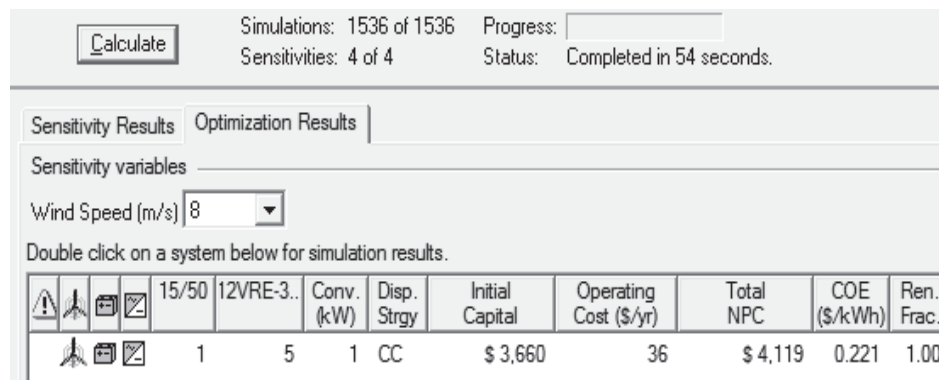


Рисунок 2 – Оптимальное технико-экономическое решение элементной базы автономной энергетической системы в программе Homer energy

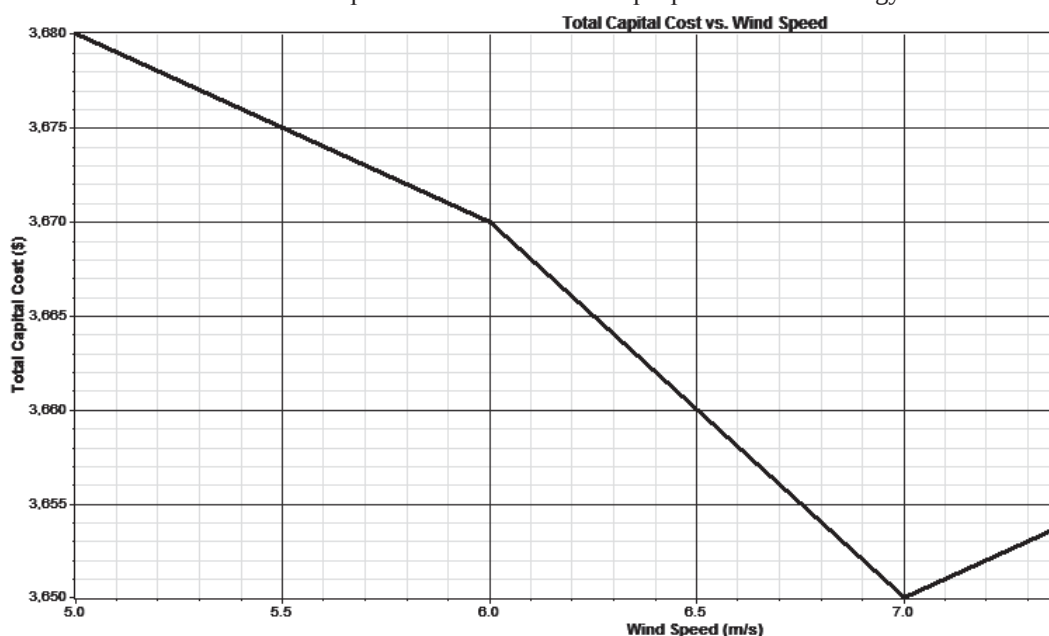


Рисунок 2 – График себестоимости ветроэнергетической системы в программе Homer energy

Принимая во внимание раньше полученные результаты [5] исследований, можно сделать вывод о возможности использования ВЭУ на отвалах карьеров железорудных предприятий для освещения карьера и для передачи остаточной сгенерированной мощности в сеть.

В результате исследования аэродинамических характеристик воздушных потоков промышленных предприятий горно-добывающего комплекса (ГДК) был сделан вывод о том, что использования ВЭУ, которые используются как автономно так и в составе системы электроснабжения, является целесообразными и достаточно рентабельными [7].

Таким образом, в среде программы Homer energy было смоделировано ранее предложенную систему автономного электроснабжения на базе ВЭУ (рис. 1-2).

Выводы. 1. Принимая во внимание приведенные выше результаты исследований и результаты, полученные ранее [4-6], можно сделать вывод о том, что

использование ВЭУ в условиях отечественных железорудных добывающих комплексов является реальным источником повышения энергоэффективности добываемого железорудного сырья.

2. Для оценки энергетического потенциала возобновляемых источников энергии целесообразно использовать программный пакет Homer energy, позволяющий осуществить исследования электроэнергетических сетей, определения их оптимальных составных элементов и технико-экономической оценки, а также для реализации мероприятий по повышению электроэнергоэффективности железорудных предприятий.

Список литературы

1. Азарян А.А. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв. / А. А. Азарян, Ю. Г. Вілкул та ін. // монографія – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
2. Сайт DiGSILENT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://support.homerenergy.com>
3. Сайт DMCC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.homerenergy.com/training.html>.
4. Денисюк С. П. Перші кроки до створення дієвих механізмів стимулювання розвитку альтернативної енергетики в Україні / С. П. Денисюк, О. Б. Рибіна, В. О. Негодуйко // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. – 2011. – № 30. – С. 5–14.
5. Сінчук О. М. Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки для використання в підземних виробках залізрудних шахт / О.М. Сінчук, С.М. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/8 (67). – С. 13-21
6. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії: навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник // навчальний посібник – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2015. – 270с.
7. Лежнюк П. Д. Особливості роботи відновлюваних джерел енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, В. В. Кулик // Відновлювана енергетика XXI століття: XII міжнарод. наук.–практ. конф.: матеріали конференції. – 2011. – С. 42–46.

Igor Sinchuk, Assos. Prof., PhD tech. sci., Olena Yalovaya, applicant

Kyryvyi Rih National University, Kyryvyi Rih, Ukraine

Sergiy Boyko, PhD tech. sci.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

The specifics of modeling of renewable energy sources in the environment of Homer energy for the purpose of implementation of measures to improve electrical energy efficiency of iron ore mines

Description of programmatic complexes is resulted for the design and calculations of the systems on the base of renewable energy sources.

The work has the results. As a result of analysis selected and offered for the researches aims of group of the programs of Sim and Dim, as they are most accessible to the wide circle of users without the special knowledges of programing, have comfortable and interface easy to use and spread by researches focus free of charge. The Homer energy system of energy system power station lighting network is investigational in a programmatic package on the base of renewable energy sources of the underground making of iron-ore mine.

Conclusion. It is offered to use the programmatic package of Homer energy for research of electroenergy networks, determination of their optimum constituents of elements and technically-economic evaluation, and also for realization of measures on the increase electro-energy efficiency of iron-ore enterprises. **alternative energy sources, Homer energy, electro energy efficiency, feasibility assessment, electricity grid**

Одержано 15.12.15