

Відділення фізико-технічних проблем енергетики  
Національної академії наук України  
Інститут електродинаміки

## ПРАЦІ

# Інституту електродинаміки Національної академії наук України

### Збірник наукових праць

Виходить тричі на рік

Засновано у 1999 році

### Спеціальний випуск

Частина 2

Київ

2011

Збірник наукових праць  
Праці Інституту електродинаміки НАН України

Головний редактор:  
Заступник головного редактора:

Кириленко О.В., академік НАН України  
Антонов О.Є., докт. техн. наук

Редакційна колегія:

Гриневич Ф.Б.	академік НАН України	Шидловська Н.А.	член-кор. НАН України
Стогній Б.С.	академік НАН України	Щерба А.А.	член-кор. НАН України
Счастливиий Г.Г.	академік НАН України	Авраменко В.М.	докт. техн. наук
Шидловський А.К.	академік НАН України	Буткевич О.Ф.	докт. техн. наук
Волков І.В.	член-кор. НАН України	Васецький Ю.М.	докт. техн. наук
Жаркін А.Ф.	член-кор. НАН України	Кондратенко І.П.	докт. техн. наук
Кузнецов В.Г.	член-кор. НАН України	Липківський К.О.	докт. техн. наук
Резцов В.Ф.	член-кор. НАН України	Монастирський З.Я.	докт. техн. наук
Розов В.Ю.	член-кор. НАН України	Новік А.І.	докт. техн. наук
Таранов С.Г.	член-кор. НАН України	Римша В.В.	докт. техн. наук
Титко О.І.	член-кор. НАН України	Юрченко М.М.	докт. техн. наук

Відповідальний секретар Новік Н.В.

Збірник представлено у таких системах реферування: загальнодержавному депозитарії «Наукова періодика України»; загальнодержавній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»); науковій електронній бібліотеці періодичних видань НАН України (Na Splib) (<http://www.dspace.nbuv.gov.ua>); Реферативному журналі, Росія.

УДК 621.3+612.13+621.314

Друкується за постановою  
вченої ради Інституту електродинаміки Національної академії наук України.  
Протокол № 8 від 20 жовтня 2011 року.

Зареєстровано 07.02. 2002. Свідоцтво: серія КВ, № 5843  
Засновник та видавець: Інститут електродинаміки НАН України  
Україна, 03680, м. Київ-57, пр. Перемоги, 56

Адреса редакції:

03680, м. Київ-57, пр. Перемоги, 56  
Інститут електродинаміки НАН України  
Тел. (044) 456-88-69, конт. тел. (044) 454-91-00

ISSN 1727-9895

© Інститут електродинаміки НАН України, 2011

Відділення фізико-технічних проблем енергетики  
Національної академії наук України  
Інститут електродинаміки

Праці  
Інституту електродинаміки  
Національної академії наук України

Спеціальний випуск

2011 р.

ЗМІСТ

<i>Сиченко В.Г.</i> Показники якості електроживлення у тягових мережах постійного струму.....	5
<i>Праховник А.В., Калінчик В.П., Волошко А.В., Коцар О.В.</i> Системи обліку електроенергії в умовах функціонування Smart Grid технологій.....	14
<i>Попов В.А., Петров А.А., Ткаченко В.В., Манойло Ю.Д.</i> Особенности оптимизации надежности воздушных распределительных сетей в условиях применения Smart Grid-технологий.....	22
<i>Депишук С.П., Дерев'яник Д.Г., Колесник П.С.</i> Оптимізація режимів електропостачання в локальних системах з розосередженою генерацією.....	30
<i>Жаркин А.Ф.</i> Установление уровней электромагнитной совместимости и норм качества напряжения для магистральных сетей Украины.....	37
<i>Праховник А.В., Петров О.А., Савченко А.С.</i> Багатокритеріальний аналіз можливих сценаріїв побудови та/або модернізації сталої інтегрованої системи енергозабезпечення.....	43
<i>Волошко А.В., Лутчин Т.М.</i> Електромагнітна сумісність у системах Smart Grid.....	52
<i>Яндутьський О.С., Новаківський С.М., Гримуд Г.І., Качаленко Г.К.</i> Теплова енергія силових трансформаторів як основа зменшення витрат електроенергії на високовольтних підстанціях.....	60
<i>Хижняк Т.А., Коваленко С.Ю.</i> Дистанційне керування електричним обладнанням у складі автономних систем опалення.....	67
<i>Прокопенко В.В., Атауш І.О.</i> Оцінювання режиму енергосистеми в режимі реального часу.....	72
<i>Мигалина Ю.В., Кабачий В.Н., Радий І.П.</i> Устройство сигнализации в электроэнергетических системах на базе оптоэлектронного сенсора газа.....	78
<i>Воронина З.А., Глебов О.Ю., Колушко Г.М.</i> Определение уровней электромагнитных помех в кабелях ТТ при стекании больших токов с ЗУ с целью обеспечения электромагнитной совместимости.....	84
<i>Данилов О.А.</i> Аналіз ефективності схеми живлення тягової мережі змінного струму з відсмоктуючими трансформаторами.....	92
<i>Танкевич Є.М., Танкевич С.С., Блінов І.В.</i> Особливості випробувань високовольтних адаптивних вимірювальних перетворювачів струму та напруги.....	97
<i>Руденко Ю.В., Руденко Т.В.</i> Багатомодульне джерело для електроживлення нестационарних технологічних навантажень.....	104
<i>Трофименко С.О.</i> Створення триканальних компенсаторів електричних завод.....	110
<i>Лежнюк П.Д., Комар В.А.</i> Математическое моделирование и показатели качества функционирования электрической системы.....	115
<i>Коновал В.С., Козовий А.Б., Скрипник О.І., Товстияк Т.О.</i> ДАКАР – комплекс програм для дослідження режимів роботи інтелектуальних енергетичних систем.....	121
<i>Негодуйко В.О., Пертко П.П., Радий І.П.</i> Особливості застосування програмного комплексу HOMER ENERGY для аналізу гібридних електроенергетичних систем розосередженої генерації.....	129
<i>Стахів П.Г., Гоголюк О.П.</i> Ієрархічне макромоделювання для розрахунку електроенергетичних систем.....	137
<i>Мирошник А.А.</i> Моделирование несимметричного рабочего режима сети 0,38/0,22 кВ.....	141
<i>Седеда М.С., Дудурич О.Б.</i> Моделювання режимів роботи ВЕУ у складі електроенергетичної системи.....	148

<b>Яндутьський О.С., Денисюк П.Л., Яндутьський С.О.</b> Моделювання режимів електроенергетичних систем з вітровими електричними станціями.....	157
<b>Сегеда М.С., Равлик Н.О.</b> Режими роботи асинхронних двигунів власних потреб ТЕС під час однофазних замикань на землю.....	161
<b>Прокопенко В.В., Верещак Н.С.</b> Возможности энергосбережения путем компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий.....	164
<b>Рендішник С.Й., Козак Ю.Я.</b> Розрахунок динамічних режимів різномірних систем діакотичними методами з застосуванням нелінійних дискретних макромоделей.....	171
<b>Ишеков С.М., Козуб О.М.</b> Використання концепції карбонового сліду при впровадженні проектів з енергозбереження.....	175
<b>Дорошенко О.І.</b> Щодо моделювання електроенергетичної системи.....	182
<b>Юхименко А.О., Гуз В.П., Гуз В.В.</b> Досвід і проблеми використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та альтернативного палива в енергетичних мережах Рівненської області.....	187
<b>Мельничук Г.В.</b> Особливості моделювання систем електропостачання з розосередженою генерацією.....	191

- [14] Скрыпник А.И., Лоханин Е.К., Глазлов В.А. Моделирование синхронных машин. Энергосистема: управление, конкуренция, образование // Сб. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. 13-16 октября 2008. Том I. – Екатеринбург. – 2008. – С. 236-240.
- [15] Skrypyk O., Tovstyak T., Konoval V. Analysis of long electromechanical transients treatment based on the implement systems to control the frequency and power, thermal and emergency automatic // Energetyka. – Zeszyt tematyczny nr XX. – Poland. – Czerwiec 2010. – P. 57-60.
- [16] Skrypyk O., Konoval V. Interactive Automated Complex for Load Flow Analysis. //Proc. of XVI Conference "Computer applications in electrical engineering" ZKwE'11, Poznan (Poland), April 11-13, 2011. – P.75-76.
- [17] R. P. Schultz. Impacts of new technology and generation and storage processes on power system stability and operability // In Proceedings of DOE/ORNL Conference Research needs for the Effective Integration of New Technologies into the Electric Utility. - 1983. - P. 193-219.
- [18] P. Sorensen, A.D. Hansen, L. Janosi, J. Bech, B. Bak-Jensen. Simulation of interaction between wind farm and power system. RisøNational Laboratory, Risø, Denmark, December 2001.
- [19] <http://dakar.eleks.com>
- [20] [http://plans.com.pl/resources/warsztaty/koscielisko\\_2010/Zadania\\_warsztatowe.pdf](http://plans.com.pl/resources/warsztaty/koscielisko_2010/Zadania_warsztatowe.pdf)

В.С. Коновал<sup>1</sup>, к.т.н., А.Б. Козовой<sup>2</sup>, к.т.н., А.И. Скрыпник<sup>2</sup>, д.т.н., Т.О. Товстяк<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет «Львовская политехника»,

ул. С. Бандеры, 28а, Львов, 79016, Украина

<sup>2</sup>ООО «ЭЛЕКС»,

ул. Научная, 7, Львов, 79016, Украина

#### ДАКАР – КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Увеличение объектов распределенного генерирования в основном за счет ветрогенераторов в электроэнергетических системах многих стран влияет на режимы работы систем. Для анализа этих процессов, повышения качества управления ЭЭС необходимо иметь соответствующий комплекс программ. В статье приведены основные характеристики и функциональные возможности программного комплекса ДАКАР, разработанного в Украине. Предложено использование этого комплекса для анализа процессов и режимов интеллектуальных электроэнергетических систем. Библ. 20, рис. 9.

**Ключевые слова:** электроэнергетическая система, объекты распределенного генерирования, моделирование процессов, устойчивый режим, статическая стойкость, динамическая стойкость, противоаварийная автоматика, асимметричные режимы, ток короткого замыкания.

#### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ HOMER ENERGY ДЛЯ АНАЛІЗУ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ВОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

В.О. Негодуйко<sup>1</sup>, П.П. Пертко<sup>2</sup>, І.П. Радич<sup>3</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУ України «КП»,

вул. Борщагівська, 115, Київ, 03056, Україна

<sup>2</sup>Львівський державний університет,

вул. Ужгородська, 26, Мукачеве, 89600, Україна

Розглядається можливість застосування різних програмних пакетів з метою моделювання та аналізу роботи гібридних електроенергетичних систем та пропонується використання програмного пакету Homer energy, а також дається його детальний опис з прикладами побудови гібридних систем за допомогою нього. Библ. 3, рис. 7, табл. 2.

**Ключові слова:** екологічно чисті джерела енергії, гібридні енергосистеми, відновлювані джерела енергії, Homer energy, RETScreen, Hybrid2.

У наш час існує – період небаченого досі загрозливого для існування цивілізації зростання рівня антропогенного впливу на навколишнє середовище. Провідними вченими більшості країн світу оптимальним шляхом подолання цієї проблеми було визнано Сталій розвиток, як керований. Основою його керованості є мережевий системний підхід та сучасні інформаційні технології, які дають змогу дуже швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку з високою точністю прогнозувати їхні результати та вибирати найбільш оптимальний.

Це вимагає пошуку для отримання електроенергії екологічно чистих джерел енергії. Оптимальними рішеннями за багатьма критеріями (енергетичними, економічними, екологічними, соціальними) усе частіше стають відновлювані джерела енергії (ВДЕ), що зумовлено їх відносною екологічною чистотою та безпекою; перманентним підвищенням цін на ресурси з традиційних джерел енергії, нерівномірністю їх розміщення в природі, що змушує транспортувати енергію або енергоносії на великі відстані з величезними затратами. Через мінливість та непостійність відновлюваних джерел, пов'язаних з їх залежністю від природи, їх ефективне використання можливе лише у випадках комбінованого використання декількох різновидних джерел або так званої розосередженої генерації. Для максимального використання потенціалу ВДЕ їх потужність, поєднання та структура системи мають бути узгоджені з навантаженням і наявним рівнем доступності відновлюваних енергоресурсів у конкретному регіоні. Реалізація розв'язання цієї проблеми потребує визначення оптимальної (з економічної та/або екологічної, соціальної точки зору) структури побудови системи. Найкращий результат досягається за допомогою використання комп'ютерних моделей для вибору оптимальних варіантів поєднання ВДЕ з метою побудови електроенергетичної системи. Комп'ютерні моделі, на жаль, не здатні врахувати усі аспекти, які можуть призвести до неефективної роботи розосереджених систем, проте, вони можуть значно спростити виконання величезного обсягу однотипної роботи, а в деяких випадках взагалі здатні усунути необхідність проведення детального аналізу.

Шаблони моделей розосереджених систем генерації енергії дають змогу користувачеві легко прорахувати велику кількість конфігурацій системи і обрати раціональну, керуючись власними потребами та побажаннями.

Поділимо програмне забезпечення відповідно до функціонального призначення на чотири групи:

*Група 1. Розрахункові інструменти Dim (Dimensioning tools).*

Застосовуються для обчислення параметрів системи на основі початкових даних (тип навантаження, кліматичні дані, компоненти системи). За допомогою цих програм можна підібрати оптимальне енергетичне обладнання для задоволення потреб в енергії. Різні інструменти використовуються для досягнення різних цілей. Деякі з них мінімізують вартість життєвого циклу системи, інші підбирають тип, параметри обладнання для ефективного функціонування системи. Більшість розрахункових інструментів надають детальну інформацію про потоки енергії між компонентами системи та їх сезонні коливання протягом року. Такі програми, як правило, є невеликими пакетами програмного забезпечення та мають зручний і легкий у використанні інтерфейс.

*Група 2. Інструменти моделювання Sim (Simulation tools).*

Використовують вхідні дані для моделювання поведінки системи протягом певного періоду часу. На відміну від розрахункових інструментів, користувачеві потрібно вказати технічні характеристики кожного компонента системи. Потім інструмент моделювання надає детальний аналіз поведінки системи. Часові інтервали моделювання залежать від заданого користувачем рівня деталізації та наявності вихідних даних (наприклад, дані про кліматичні умови). Погодинне моделювання системи є найпоширенішим і використовується для перевірки придатності обладнання, дослідження впливу майбутніх змін у навантаженні, спостереження за продуктивністю системи при нетипових умовах (наприклад, погана погода), аналізу можливих пошкоджень компонентів системи. За допомогою інструментів моделювання можна отримати інформацію про фінансові та екологічні характеристики



системи, такі як життєвий цикл витрат і викиди CO<sub>2</sub>. Зазвичай це складні програмні пакети, які розповсюджуються науково-дослідними центрами і спеціалізованими компаніями.

*Група 3. Дослідницькі інструменти Res (Research tools).*

Мають високий ступінь гнучкості і широкі можливості налагодження. Ці програми доповнюють моделювання різних систем для дослідницьких цілей. Традиційні інструменти моделювання пропонують широкий аналіз чутливості, проте вони, як правило, не дозволяють користувачеві змінювати алгоритми програми, згідно з якими визначаються поведінка системи і взаємодія окремих її компонентів. Для цього потрібна відкрита архітектура: програмне забезпечення складається з вибору «процедури», що описує компоненти, а також платформи для об'єднання цих підпрограм в одне ціле. Користувач може змінювати процедури або додавати абсолютно нові. Такі дослідницькі інструменти можуть бути написані такою мовою, як Fortran, C++ або Pascal.

*Група 4. Інструменти проектування електричних мереж Des (Mini-Grid Design tools).*

Дозволяють користувачеві визначити, що є квазіоптимальним рішенням для електропостачання деякого об'єкта: автономна установка або підключення до централізованої мережі. З їхньою допомогою можна мінімізувати втрати потужності в розподільчих мережах за рахунок правильного вибору рівня напруги і площі перерізу кабелів.

У табл. 1 представлені інструменти різного програмного забезпечення.

Таблиця 1

Назва програми	Назви інструменти
RETScreen	dim
HOMER	sim/dim
Hybrid2	sim

Homer energy розроблено для надання допомоги в розробці систем розосередженої генерації і для полегшення порівняння технологій виробництва електроенергії у широкому діапазоні використання. Ця розробка була здійснена Національною лабораторією відновлюваної енергії США (NREL), розроблена комп'ютерна оптимізаційна модель енергосистеми, яка отримала назву Homer energy. [<http://www.homerenergy.com/>]

Щоб уникнути можливих ускладнень у роботі, а також зробити оптимізаційні обчислення і аналіз чутливості більш швидкими, модель програми є менш докладною, ніж деякі інші програми для моделювання часових рядів енергетичних систем, таких як Hybrid, PV-DesignPro, PV SOL. З іншого боку, Homer energy більш докладний, ніж статистичні моделі, такі як RETScreen, які не виконують моделювання часових рядів. З усіх цих моделей Homer energy є найбільш гнучким з точки зору різноманітності систем, які він може моделювати.

Розглянемо програму RETScreen, яка є продуктом, що дає змогу інженерам, архітекторам, спеціалістам з фінансового планування здійснювати моделювання та аналіз будь-якого проекту з використанням екологічно чистої енергії. Програма надає інформацію керівникам, необхідну для прийняття рішень, завдяки виконанню стандартного аналізу з п'яти етапів (рис. 1), а саме: енергоаналізу; аналізу собівартості; аналізу емісії парникових газів; фінансового аналізу; аналізу ризиків та чутливості системи.

Базові модулі та напрями проектів, що охоплює програма – це технології, які включені до моделей проектів RETScreen, охоплюють традиційні та нетрадиційні джерела екологічно чистої енергії, а також загальноприйняті традиційні джерела енергії та технології. Прикладами таких проектних моделей можуть бути:

- проекти з раціонального використання енергії, тобто проекти з енергоефективності (від промислових підприємств до окремих будівель);
- проекти з опалення та охолодження (наприклад, з використанням біомаси, теплових насосів, сонячної енергії для повітряного та водяного опалення);

- проекти з генерації електроенергії, включно з відновлюваними джерелами енергії, а саме сонячної, вітрової, енергії хвиль, гідро- та геотермальної енергії, а також загальноприйнятими технологіями, такими як газові та парові турбіни, поршневі двигуни;
- проекти з комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (когенерації).

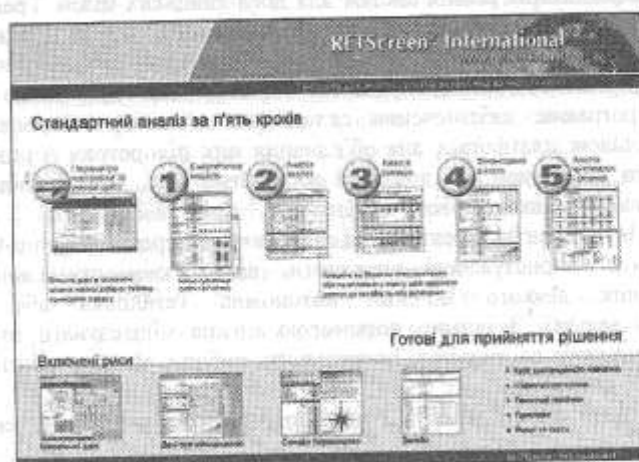


Рис. 1

Основними недоліками програми RETScreen у порівнянні з програмним пакетом Homer energy є неспроможність моделювати багатоваріантні розрахунки системи для порівняння, що базується на їх технічних і економічних характеристиках у реальному часі, вимагає їх послідовного введення. Homer energy при моделюванні сам обирає оптимальну комбінацію необхідного поєднання заданих технологій. Homer energy також надає допомогу в розумінні і кількісній оцінці ефекту при змінних вихідних даних (Sensitivity analysis), що відсутнє в RETScreen.

Аналогом Homer energy є програма Hybrid2 – це ймовірна комп'ютерна модель, що використовує такі вихідні дані: навантаження, швидкість вітру, сонячну інсоляцію, температуру і потужність системи, обраної користувачем, щоб спрогнозувати продуктивність гібридної енергетичної системи. Зміни швидкості вітру та навантаження у кожен момент часу враховуються при прогнозуванні генерації енергії.

Hybrid2 дає змогу знайти оптимальний варіант побудови системи електропостачання з точки зору технічних та економічних аспектів. Перелік початкових даних для роботи програми та результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Вхідні дані	Вихідні дані
Тип навантаження, підключення до змінного або постійного струму	Споживання енергії: кожним компонентом системи, для кожного часового інтервалу
Кліматичні умови: швидкість вітру, інсоляція, температура навколишнього середовища, висота над рівнем моря, географічні координати	Результати оптимізації: сонячний та вітровий потенціали, ємність акумуляторної батареї, потужність генераторних установок, життєвий цикл проєкту, аналіз витрат
Параметри системи: конфігурація, технічні дані обладнання	
Економіка: вартість обладнання, витрати на обслуговування, фінансові показники	



Головними недоліками Hybrid2 є відсутність інтеграції з базами NASA, складний інтерфейс, відсутність розрахункових інструментів Dim та більш складний алгоритм роботи (робота з програмою потребує апаратного забезпечення високого рівня).

У свою чергу Homer energy дає змогу моделювати багато різних варіантів структур системи для порівняння: моделюються як фізичні, так і економічні характеристики системи, що допомагає в розумінні та кількісній оцінці ефекту при змінних вихідних даних (Sensitivity analysis).

Homer energy може моделювати широкий спектр конфігурацій систем розосередженої генерації, що включають будь-яку комбінацію з масиву фотоелементів, однієї або декількох вітрових турбін, гідротурбін, дизель-генераторів, акумуляторних батарей, AC-DC перетворювачів, електролізерів і бак для зберігання водню. Система може бути технологічно підключеною до централізованої мережі або автономно покривати навантаження постійного і змінного струму, а також теплове навантаження.

У Homer energy можливо промоделювати:

- a – електричне навантаження змінного струму, що обслуговується дизельною системою;
- b – електричне навантаження постійного струму, що обслуговується системою з фотоелементами;
- c – гібридну гідро-вітро-дизельну систему з резервною батареєю і випрямлячем;
- d – вітро-дизельну систему, яка обслуговує електричне та теплове навантаження з двома генераторами, акумуляторними батареями, бойлером та скидним навантаженням, що дає змогу здійснювати теплове постачання навантаження шляхом передачі надлишкової потужності вітрової турбіни через резистивний нагрівач;
- e – фото-водневу систему, в якій електролізер перетворює надлишкову потужність фотоелемента у водень, що зберігається у водневому баку і використовується у паливних елементах під час нестачі потужності від фотоелементу;
- f – вітряну систему з використанням акумуляторних батарей і водню для акумуляції енергії, де водень є паливом для генератора;
- g – мережу, підключену до системи фотоелементів;
- h – мережу, підключену до системи когенерації, в якій мікротурбіна виробляє електроенергію і тепло;
- i – мережу підключену до системи когенерації, в якій паливний елемент забезпечує електроенергію і теплом.

На рис. 2 наведено окремі приклади принципових схем енергетичних систем.

Аналіз і проектування систем розподіленої генерації ускладнюється через велику кількість складових з використання альтернативних джерел енергії, що суттєво ускладнює побудову системи, через недостатню вихідну потужність або її непостійність, сезонність, відсутність диспетчеризації. Все це разом з високою ціною ставить під сумнів використання відновлюваних джерел енергії. Homer energy було розроблено для подолання цих проблем.

Homer energy виконує три основні задачі: моделювання; оптимізація; аналіз чутливості.

Під задачею моделювання мається на увазі, що програмою моделюється виконання заданої системи, можливість її функціонування з метою перевірки її технічної відповідності, і життєвого циклу.

У процесі оптимізації здійснюється моделювання великої кількості системних конфігурацій, побудованих для різних варіантів поєднання елементів заданих на першому етапі. Під час виконання даного етапу здійснюється пошук такої конфігурації системи, яка б за своїми техніко-економічними показниками та своїм життєвим циклом була найбільш прийнятною з економічної і екологічної точки зору.

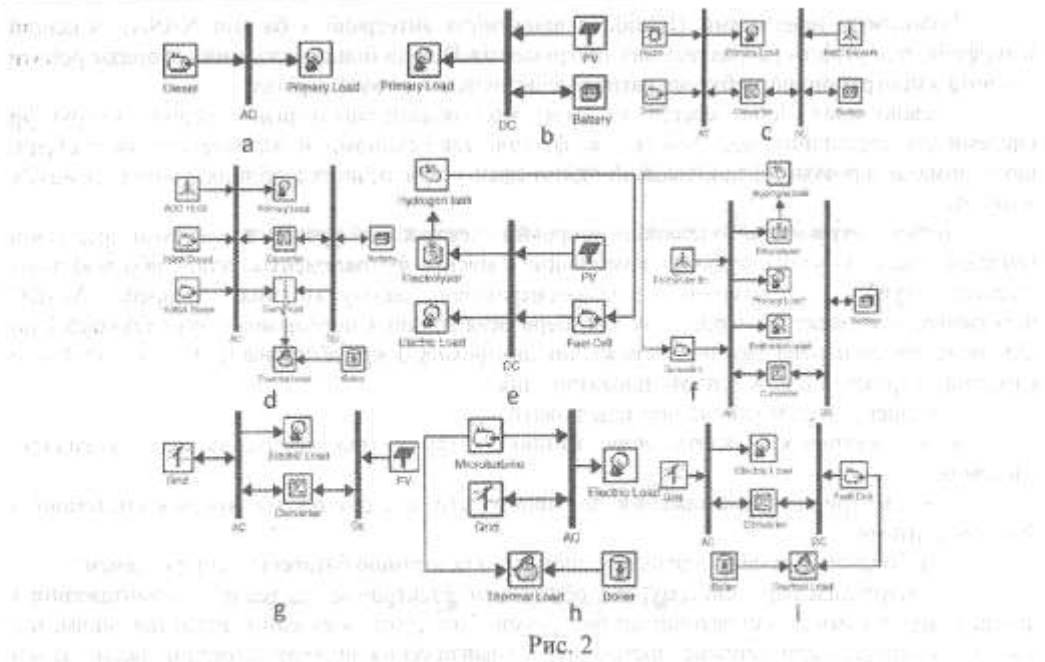


Рис. 2

Під час аналізу чутливості Homer energy виконує багаторазову оптимізацію, в діапазоні, який був заданий при введенні початкових даних. Така процедура дає змогу оцінити змінні, задані на початковому етапі, за кожним елементом даних. Також аналіз чутливості допомагає оцінити ефекти нестійкості або варіативності змінних, на які ми не впливаємо, наприклад, швидкість вітру, ціна на паливе.

Графічний інтерфейс програми Homer energy розроблено з метою спрощення задачі вводу даних, а також надання великої кількості форматів для перегляду результатів. Графічний метод представлення інформації наведений на рис. 3.

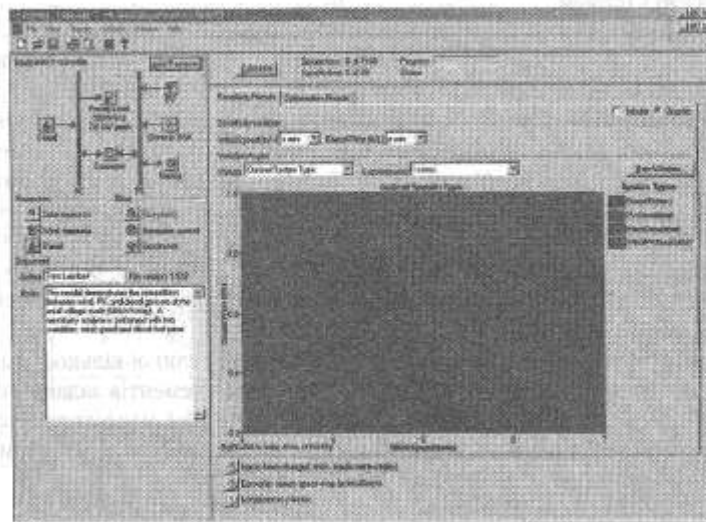


Рис. 3

У програмі наявне графічне відображення схеми компонентів, що мають бути модельовані. Дане рішення дозволяє швидко отримати доступ до технічних та економічних даних для кожного компонента методом простого натискання на окремому елементі. Приклад відображення схеми компонентів, їх з'єднання та підключення наведено на рис. 4.

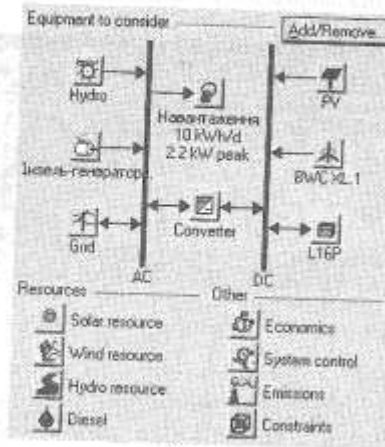


Рис. 4

На рис. 5 представлено вікно «Навантаження, компонентів і ресурсів», (Load, Component and Resource), в які можна самостійно вводити данні, імпортувати їх, або синтезувати інформацію про потребу в електроенергії, складових потужності і витрат, та наявності її запасів.

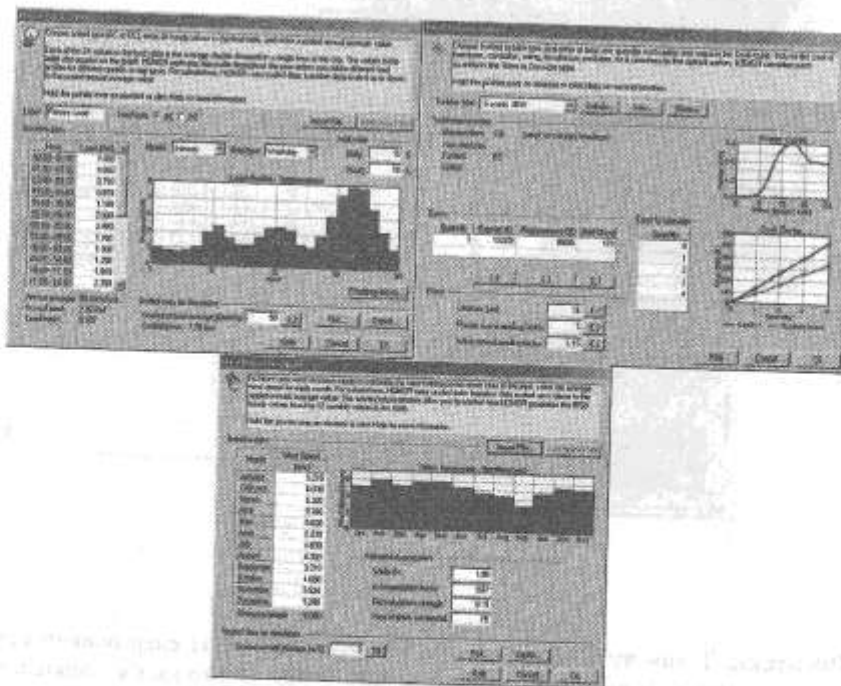


Рис. 5

Вікно «оптимізації і чутливості» (Optimization and Sensitivity), дасть змогу вводити значення, коли ви хочете використовувати Homer energy для оптимізації системи, створення її за будь-якими вихідними значеннями, наприклад, мінімальним життєвим циклом, при його мінімальній вартості або коли ви хочете виконати аналіз чутливості до зміни початкових даних. Зображення даного меню наведено на рис. 6.

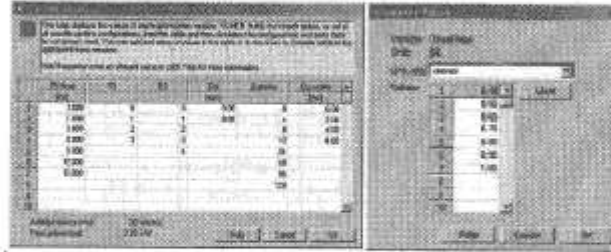


Рис. 6

Також Homer energy представляє результати моделювання, оптимізації, і чутливості результатів у вигляді таблиць і графіків. При цьому можна експортувати таблиці для використання, в електронну таблицю або інше програмне забезпечення. Графіки і таблиці зображено на рис. 7.

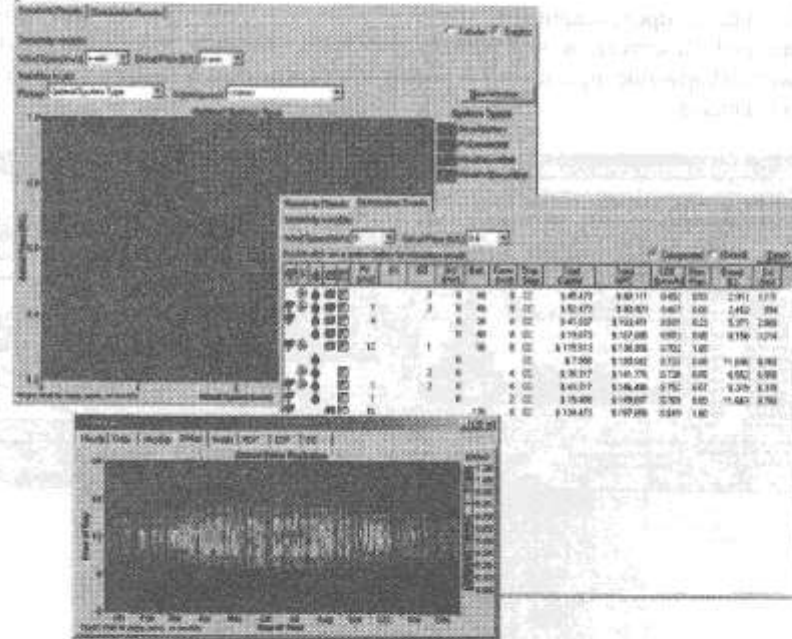


Рис. 7

**Висновки.** Таким чином, підвищення енергоефективності енерговикористання, та підвищення екологічної безпеки України не можливі без застосування альтернативних джерел енергії, і програмних пакетів, що дають змогу більш ефективно та раціонально, а основне в такій ситуації економічно доцільно впроваджувати альтернативні джерела енергії

не тільки як децентралізовані, але й створити передумови до поєднання різних альтернативних джерел енергії з метою їх під'єднання до об'єднаної енергетичної системи України, або паралельного електропостачання окремих будівель, населених пунктів з метою згладжування графіка електронавантаження. Ці заходи в свою чергу будуть відповідати політиці сталого розвитку. Одним із шляхів досягнення такої мети є використання програми Homer.

[1] <http://www.retscreen.net/ru/home.php>

[2] <http://www.homerenergy.com/>

[3] <http://www.homerenergy.com/pdf/HOMERGettingStarted210.pdf>

В.О. Негодуйко<sup>1</sup>, П.П. Пертко<sup>2</sup>, І.П. Радим<sup>3</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup>Інститут енергозбереження та енергоменеджмента НТУ України «КПІ»,

ул. Борщаговская, 115, Київ, 03056, Україна

<sup>2</sup>Мукачевский государственный университет,

ул. Ужгородская, 26, Мукачево, 89600, Україна

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА HOMER ENERGY ДЛЯ АНАЛИЗА ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

*Рассматривается возможность применения различных программных пакетов с целью моделирования и анализа работы гибридных электроэнергетических систем, предлагается использование программного пакета Homer energy, а также предоставляется его подробное описание с примерами построения гибридных систем с помощью его. Библ. 3, рис. 7, табл. 2.*

**Ключевые слова:** экологически чистые источники энергии, гибридные энергосистемы, возобновляемые источники энергии, Homer energy, RETScreen, Hybrid2.

### ІЄРАРХІЧНЕ МАКРОМОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

П.Г. Стахів, д.т.н., О.П. Гоголюк, к.т.н.

Національний університет "Львівська політехніка",

вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

*Постійний розвиток електроенергетичних систем ускладнює завдання для підтримання стабільності та довготривалості їх роботи. Удосконалення розрахункових моделей і макромоделей усіх елементів ЕЕС, алгоритмів та програм для ЕОМ, їх реалізація на паралельних обчислювальних структурах надають можливість аналізувати різні типи процесів у ЕЕС як у цілому, так і привидувати їх розрахунок. Бібл. 9, рис. 4.*

**Ключові слова:** електроенергетичні системи, математичне моделювання режимів, макромоделі, розрахунок електроенергетичних систем.

Електроенергетичні системи (ЕЕС) є надскладним об'єктом, який містить велику кількість різновидних електротехнічних та електромеханічних компонентів, ліній електропередач тощо, що складають єдину динамічну систему. Очевидно, розрахунок такої системи, зокрема часовий, вимагає потужних обчислювальних засобів та значних затрат часу. Тому на цей час зазначену задачу розв'язують шляхом її спрощення (лінеаризація, врахування симетрії, аналіз у частотній області, вимір якості змінних інтегральних характеристик) або аналізу відокремлених її фрагментів. Отримана інформація про стан ЕЕС з допомогою зазначених вище підходів не завжди є достатньою, а також час її

**ПРАЦІ**

**Інституту електродинаміки  
Національної академії наук України**

**Збірник наукових праць**

**Спеціальний випуск  
Частина 2**

*Науковий редактор* Денисюк С.П. докт. техн. наук

*Відповідальний за випуск* Дерев'яно Д.Г.

*Комп'ютерна верстка* Перзко П.П.

Зареєстровано 07.02.2002. Свідоцтво; серія КВ. № 5843.

Підп. до друку 25.08. 2011 Формат 60x84 / 8. Папір офс. Офс. друк. Ум. друк. арк. 19,8 . Обл.-вид. арк. 19. Тираж 300 прим. Зам. № 206. Ціна за домовленістю.

---

Віддруковано в типографії ТОВ «Лазурит-Поліграф»,  
01042, м. Київ, вул. Костянтинівська, 73