

УДК 622.338
УКПП 73.10.13
№ держреєстрації 0117U000051
Інв.№

Національна академія наук України
Інститут загальної енергетики (ІЗЕ НАН України)
03150, м. Київ, вул. Антоновича, 172; тел. (044) 294-67-01

ЗАТВЕРДЖУЮ



Заст. директора ІЗЕ НАН України
канд. техн. наук, ст. наук. співр.
Сергій ШУЛЬЖЕНКО
.12.2021

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВУ РОБОТУ**

**Створення та розвиток математичних засобів прогнозування і
оптимізації енергетичних об'єднань на основі ефективних технологій
перетворення та використання енергії
(«Прогнозування»)**

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМІВ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ОБСЯГІВ
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В АТОМНІЙ ТА
ВІДНОВЛЮВАНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ В УМОВАХ КОНКУРЕНЦІЇ ТА
МІЖДЕРЖАВНИХ УГОД І ВИМОГ**

(остаточний)

Том 1

Науковий керівник
Директор ІЗЕ НАН України
академік НАН України

Михайло КУЛИК

Відповідальні виконавці:
Старший науковий співробітник
канд. техн. наук
Старший науковий співробітник
канд. техн. наук

Наталя ІВАНЕНКО

Віталій
ДУБРОВСЬКИЙ

2021

Рукопис закінчено 29 грудня 2021 р.
Результати роботи розглянуто вченою радою ІЗЕ НАН України, протокол
від 25.11.2021 № 9

РЕФЕРАТ

Звіт по НДР: 118 с., 48 табл., 10 рис., 32 джерел.

ОБ'ЄДНАНА ЕНЕРГОСИСТЕМА, МОДЕЛЬ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ, СТРУКТУРА ГЕНЕРУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СИСТЕМА АКУМУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, СОБІВАРТІСТЬ

Об'єкт дослідження – національна енергосистема.

Мета роботи полягає у розробленні програмних та інформаційних засобів аналізу і прогнозування процесів розповсюдження ефективних технологій в електроенергетиці.

Методи дослідження – системний аналіз, математичні засоби моделювання та прогнозування розвитку великих систем енергетики.

Вперше розроблено модель математичного програмування з цілочисловими змінними оптимізації складу да режимів навантаження генеруючих потужностей енергосистем, що функціонують в межах єдиної синхронної зони, зокрема, континентальної Європи ENTSO-E. Математична модель за своєю функціональністю відповідає кращим світовим аналогам, деякі з яких наразі використовуються операторами систем передачі ENTSO-E для дослідження напрямів розвитку як генеруючих потужностей, так і передавальної інфраструктури на тривалу перспективу, але на відміну від аналогів, модель більш детально враховує структуру генеруючих потужностей України, їх техніко-економічні і фізико-технічні показники та усталені притаманні ОЕС України характерні режими експлуатації електростанцій. В моделі кожна енергосистема представлена як окремий «незалежний» енерговузол із власною структурою генеруючих потужностей, яка представлена окремими енергоблоками, гідроагрегатами та електростанціями невеликої потужності, враховуються особливості профілів генерації відновлюваної енергетики, сезонні обмеженнями на гідроресурси, а також профілі споживання електроенергії, взаємодія між енергосистемами

здійснюється через міждержавні лінії електропередачі, пропускна спроможність яких задана (обмежена) для кожної суміжної пари енерговузлів. Моделювання спільного функціонування енергосистем, зокрема, перетоки потужності з певної енергосистеми до інших здійснюється з урахуванням конкуренції між ринковими цінами, що складаються в межах кожної енергосистеми, а також враховують витрати на передавання електроенергії міждержавними лініями електропередачі.

У моделі враховано специфічні особливості роботи резервних та накопичувальних потужностей енергосистеми України – граничні можливості зміни потужності накопичення та генерації електроенергії агрегатів енергосистеми України. Також реалізована можливість забезпечення підтримки резервів відновлення частоти (вторинного регулювання) на заданому рівні, що розміщуються на ТЕС, ГЕС, ГАЕС та накопичувачах великої потужності.

Вперше розроблено засоби реалізації моделі, що інтегровані в середовище MS Excel із використанням надбудови OpenSolver, яка підтримує реалізацію моделі на мові алгебраїчного програмування MathProg та програми оптимізації GLPSol. Така реалізація моделі дозволяє в межах єдиного програмного середовища, яким слугує MS Excel: здійснювати всі необхідні дії з підготовки вхідної інформації та її корегування; розробку, супроводження та модифікацію програмної реалізації моделі, зокрема, на мові MathProg; виконувати розрахунки з використанням спеціалізованих програм оптимізації – як тих що розповсюджуються вільно, так і комерційних; отримувати результати розрахунків безпосередньо на робочі аркуші MS Excel та здійснювати їх подальшу обробку і формування звітних документів у вигляді таблиць та діаграм.

Із застосуванням засобів реалізації моделі сформовано перспективну структуру генеруючих потужностей ОЕС України на період до 2040 року відповідно до базового сценарію, що передбачає нарощування встановленої потужності вітрових електростанцій до 7 ГВт, а сонячних до 11 ГВт. Також

наведені результати розрахунків, що враховують прогностичні умови синхронного функціонування енергосистем України, а також Польщі та Угорщини як найбільш перспективних напрямів нарощування потужності міждержавних ліній електропередачі, що зумовлює реальні можливості суттєвого зростання імпорту та експорту електроенергії на перспективу до 2040 року та як наслідок покращення збалансованості кожної енергосистеми.

Результати розрахунків показують, що нарощування пропускнув спроможності міждержавних ліній електропередачі між Україною та Польщею і Угорщиною, і як наслідок збільшення перетоків електроенергії між енергосистемами мають позитивний ефект як на збалансованість кожної енергосистеми, зокрема, більш рівномірні графіки генерування електричної потужності тепловими електростанціями, так і на екологічність електроенергетики енергосистем, зокрема, можливість збільшення навантаження енергоблоків АЕС в Україні та Угорщині і відповідно зменшення обсягів генерування електроенергії ТЕС, які є основним джерелом викидів шкідливих речовин та парникових газів.