

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ТА
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ:
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ –
REMS'18**

Збірник матеріалів конференції

17 - 19 квітня 2018 р.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

м. Київ

Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць V Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 17-19 квітня 2018 р. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 134 с.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ СПІВГОЛОВИ

ДЕНИСЮК Сергій
Директор Інституту
енергозбереження та енергоменеджменту
КПІ ім. Ігоря Сікорського

САВЧУК Сергій
Голова Державного агентства
з енергоефективності та енергозбереження
України

ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ:

Басок Борис, член-кор. НАН України
Інститут технічної теплофізики НАН України,
Україна
Випанасенко Станіслав, проф.
Національний гірничий університет, Україна
Дешко Валерій, проф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Догматов Анатолій, проф.
Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Україна
Дупак Олександр,
Науково-технічна спілка енергетиків та
електротехніків України
Жаркін Андрій, член-кор. НАН України
Інститут електродинаміки НАН України, Україна
Жуйков Валерій, проф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Заболотний Анатолій, доцент
Запорізький національний технічний університет,
Україна
Каплун Віктор, проф.
Київський національний університет технології та
дизайну, Україна
Качан Юрій, проф.
Запорізька державна інженерна академія, Україна
Кіорсак Михайло, проф.
Інститут енергетики АН Молдови, Молдова
Кудря Степан, проф.
Інститут відновлюваної енергетики НАН України,
Україна
Лежнюк Петро, проф.
Вінницький національний технічний університет,
Україна
Лазуренко Олександр, проф.
НТУ «Харківський політехнічний інститут»,
Україна
Лі Бернт, проф.
Університетський коледж Телемарк, Норвегія

Маліновський Антон, проф.
Національний університет «Львівська
політехніка», Україна
Марченко Андрій, проф.
НТУ «Харківський політехнічний інститут»,
Україна
Метельський Володимир, проф.
Запорізький національний технічний
університет, Україна
Нижник Олександр, проф.
Полтавський національний політехнічний
університет
ім. Ю. Кондратюка, Україна
Садовий Олександр, проф.
Дніпродзержинський державний технічний
університет, Україна
Сиченко Віктор, проф.
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка
В. Лазаряна, Україна
Сінчук Олег, проф.
Криворізький національний університет,
Україна
Бурбело Михайло, проф.
Вінницький національний технічний
університет, Україна
Танкевич Євген, проф.
Інститут електродинаміки НАН України,
Україна
Фіалко Наталія, член-кор. НАН України
Інститут технічної теплофізики НАН України,
Україна
Фомічов Євгеній, проф.
Одеський національний політехнічний
університет, Україна
Захарченко Віктор, проф.
Національний авіаційний університет, Україна
Щокін Вадим, проф.
Криворізький національний університет,
Україна

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Веремійчук Юрій, к.т.н, старший викладач
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Ярмолюк Олена, к.т.н, старший викладач
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Опришко Віталій, асистент,
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Соколовський Павло, асистент,
Інституту енергозбереження та
енергоменеджменту, КПІ ім. Ігоря Сікорського

АДРЕСА ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту. 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, корпус 22, к. 315, тел./факс (38-044) 204-85-14; сайт: pems.kpi.ua, e-mail: pems@kpi.ua

**ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

Басок Б.І., Лисенко О.М., Луніна А.О., Ляшенко Н.Є., ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ КОТЛАМИ	9
Басок Б.І., Кужель Л.М., Новіков В.Г., Олійник Л.В., ТЕПЛОФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ДВОКАМЕРНИЙ ВЕНТИЛЬОВАНИЙ СКЛОПАКЕТ.	10
Басок Б.І., Давиденко Б.В., Гончарук С.М., Калініна М.Ф., ВПЛИВ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТІНОВОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ЇЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ	11
Василенко В.І., ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ РАНГОВОГО АНАЛІЗУ	12
Денисюк С.П., Соколовський П.В., ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ.....	14
Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В. АНАЛІЗ ЗМІНИ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЛІ ПРИ ЗАМІНІ ВІКОН	16
Горенко Д.С., ВЗАЄМНИЙ ВПЛИВ ГРУП ЕЛЕМЕНТІВ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	17
Дєлов В.В., ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПРОМИСЛОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ (OPTIMIZATION OF MODES OF OPERATION INDUSTRIAL HVAC SYSTEM)	19
Єремєєв І.С., Єщенко О.І., АЛЬТЕРНАТИВНЕ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ (АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОГО ДОМА)	20
Замулко А.І., Чернецька Ю.В., Гордієнко К.І. ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ	22
Йовченко А.В., Беспалько С.А., Рога М.П., Поляков С.П., ОТРИМАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ СУСПЕНЗІЙ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ СВІЙ АГРЕГАТНИЙ СТАН.....	24
Костюк В.О., Тиндирика Ю.О., КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВКИ, ОСНАЩЕНОЇ ГІДРАВЛІЧНИМ АКУМУЛЯТОРОМ.....	26
Костюк В.О., Протащик О.В., ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	28

Костюк В.О., СПОСІБ СУБОПТИМАЛЬНОГО Й ЕКОНОМІЧНОГО КЕРУВАННЯ ЧАСТОТОЮ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (SUBOPTIMAL AND ECONOMIC FREQUENCY CONTROL APPLICABLE FOR INTERCONNECTED ENERGY SYSTEM).....	30
Круцяк М.О., ПОЛІТИКА У ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ.....	32
Кучанський В.В. ЗАХОДИ ПОДАВЛЕННЯ АПЕРІОДИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ СТРУМУ ПРИ КОМУТАЦІЯХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ ЕЛЕГАЗОВИМИ ВИМИКАЧАМИ (MEASURES FOR SUPRESION APERIODIC CURRENT COMPONENT AT SWITCHING EXTRA-HIGH VOLTAGE LINES 750 KV BY SF6 BREAKERS)	34
Миколюк О.А., ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА В КОНТЕКСТІ ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ УТВОРЕНЬ.....	36
Міщенко В.А., Клепікова С.В., ВПЛИВ ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА СПОТВОРЕННЯ ФОРМИ МЕРЕЖЕВОГО СТРУМУ ТА НАПРУГИ (ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ).....	38
Попов В.А., Ткаченко Ф.В., ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ ВІДНОСНО ВИКОРИСТАННЯ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ.....	40
Перекрест А.Л., Чорна В.О., Чеботарьова Є.О., ПІДГОТОВКА ЕНЕРГОАУДИТОРІВ ДЛЯ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ	42
Притискач І.В., Оникійчук В.О., МУЛЬТИКРИТЕРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ.....	44
Прокопенко В.В., Коротенко В.В., ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ	46
Стрелкова Г.Г., Пустовойтов А.М., АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ УКРАЇНИ	48
Стрелкова Г.Г., Пустовойтов А.М., ТЕХНІЧНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ.....	50
Халаміренко І.В., Коротков В.І., ВПЛИВ ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА СПОТВОРЕННЯ ФОРМИ МЕРЕЖЕВОГО СТРУМУ ТА НАПРУГИ	52

Халаміренко І.В., ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ (ОПТИМІЗАЦІЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ)	54
Чернявський А.В., Биковський А.О. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ.....	56

МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ

Бондаренко Є.А., Андрієнко Т.В., Кушнір Д.С., ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ ДЛЯ ПЕРСОНАЛУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА СИСТЕМ.....	59
Бориченко О.В., Остапчук Ю.Ю., ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	61
Веремійчук Ю.А., Замулко А.І., Лисенко О.М., ВИКОРИСТАННЯ ДВОЗОННИХ ТАРИФІВ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ НА РІВНІ РЕГІОНУ.....	63
Волошко А.В., Шершень О. І., КОРЕКЦІЯ ВПЛИВУ ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ПОТУЖНОСТІ ЦИФРОВОЮ ТЕХНІКОЮ.....	65
Денисюк С.П., ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ РОЗШИРЕНОМУ ВИКОРИСТАННІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	67
Денисюк С.П., Таргонський В.А., ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ.....	71
Денисюк С.П., Коцар О.В., ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ОСІБ, ЯКІ МАЮТЬ НАМІР ПРОВАДИТИ ДІЯЛЬНІСТЬ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ.....	74
Денисюк С.П., Чайковський С.І., ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МІКРОРАЙОНУ (SMART COMMUNITY)	79
Довбенко В.С., Кізеєв М.Д., Клюха О.О., Сорока В.С., ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	82
Дубовський С.В., Бабін М.Є., ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ	84

Дубовський С.В., Бабін М.Є., ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ТА ЄС	85
Зорін В.В., Мацкевич Ю.М., Е ПРОБЛЕМА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ	86
Коцар О.В., SMART-СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ, ОБЛІКУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ...	88
Маліновський А.А., Турковський В.Г., Покровський Б.К., Музичак А.З., ПРОГРАМНА ТА АЛГОРИТМІЧНА ПІДТРИМКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ.....	90
Наумов А.О., ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ.....	92
Немировський І.А. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РАКУРСІ «СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ДО 2035 РОКУ» (ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РАКУРСЕ «СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ ДО 2035 ГОДА»).....	94
Прокопенко В.В., Опришко В.П., СТАНОВЛЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАБІВ ДЛЯ ГОСПОДАРСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ.....	97
Райгер П.М., Харун В.Р., МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДУ СВЕРДЛОВИННОЇ ШТАНГОВОЇ УСТАНОВКИ ВІД ОБ'ЄМУ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТО- ПАРАФІНОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ.....	99
Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко Н.В., ВИЯВЛЕННЯ ТА УРАХУВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЗМІН ВОДОПОДАЧІ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ.....	101
Стрелков М.Т., Мороженко А.О., СИСТЕМНА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ	103
Стрелков М.Т., Мороженко А.О., СИСТЕМНА ДЕКОМПОЗИЦІЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ.....	105
Стрелкова Г.Г., Федосенко М.М., Замулко А.І., ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПІДХОДИ ТА СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ У СФЕРІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ....	107
Федорейко В.С., Загородній Р.І., Іскерський І.С., ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА БАЗІ БІОРЕСУРСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	109
Федосенко М.М., Артем'єв М.В., Артисюк Б.А., ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА РОЗРАХУНКИ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	111

Фомічов Є.П., Нечипорук Є.П., ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ – ІНСТРУМЕНТ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ СО ₂ (ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ СО ₂).....	113
Шовкалюк М.М., Лєконцева О.Е., РОЗВИТОК ПРОГРАМ СТИМУЛЮВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ.....	116
Ярмолюк О.С., Сукальська Л.А., Волошин С.О., Бондаренко Т.А., ОЦІНЮВАННЯ ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРО- ТА МІНІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЗА УМОВ ОБМЕЖЕНОСТІ СТАТИСТИЧНИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ	118

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Басок Б.І., Веремійчук Ю.А., Худенко В.О., СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ СО ₂ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	120
Ворфоломєєв А.В., ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	122
Коваленко А.В., ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ	124

ПАНЕЛЬ – ОБГОВОРЕННЯ

Василенко В.І., Голуб В.Д., Мельнікова К.І., ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЧНИХ РЕСУРСІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ РАЙОНУ МІСТА	126
Василенко В.І., Максименко А.М., Бубнов В.В. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЧНИХ РЕСУРСІВ ОКРЕМИХ ЦЕХІВ ПІДПРИЄМСТВА «МЕРИДІАН» ІМ. С.П. КОРОЛЬОВА	128
Василенко В.І., П'ятигорець Є.С., Федорусь Г.О., ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЧНИХ РЕСУРСІВ ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ РАЙОНУ МІСТА	130
Василенко В.І., Лях В.М., Чубенко Д.Е., ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЧНИХ РЕСУРСІВ СЕРЕДНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ РАЙОНУ МІСТА	132
Василенко В.І., Лях В.М., Чубенко Д.Е., ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЧНИХ РЕСУРСІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ШКОЛИ №159 М. КИСВА	133

Басок Б.І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Лисенко О.М., канд. техн. наук, **Луніна А.О.**, **Ляшенко Н.Є.**
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ КОТЛАМИ

Вступ. З постійним підвищенням тарифів на комунальні послуги виникає нагальна потреба в зменшенні споживання енергоносіїв. Одним зі шляхів вирішення питання ефективного використання теплової енергії в будівлях є впровадження індивідуальних теплових пунктів (ІТП).

Метою роботи є розробка, впровадження та дослідження особливостей експлуатації експериментального ІТП з електричними котлами для подальшого аналізу отриманих даних та ефективного теплоспоживання адміністративної будівлі.

Основна частина. В Інституті технічної теплофізики (ІТТФ) НАН України був розроблений та впроваджений автоматизований ІТП з гідравлічною стрілкою, який уже більше п'яти років експлуатується, забезпечуючи при цьому ефективне регулювання теплоспоживанням будівлі в залежності від температури зовнішнього повітря, що дозволяє в середньому за опалювальний сезон економити до 15 % споживання теплоти у порівнянні з попередніми роками, коли будівля була оснащена елеваторним тепловим пунктом без погодозалежного регулювання [1]. Також був розроблений та впроваджений ще один ІТП, особливістю якого є наявність електричних котлів різної потужності, що дозволяє ІТП не тільки регулювати, але й незалежно від теплових розподільних мереж генерувати теплоту, особливо це актуально при виникненні аварійних ситуацій в тепломережах. Однією з найбільших переваг даної розробки є можливість використання в ній провальної нічної електроенергії за пільговими тарифами, що на сьогодні надзвичайно актуально для стійкого та якісного функціонування Об'єднаної енергетичної системи України. До складу ІТП входить пластинчастий теплообмінник, що забезпечує приєднання системи опалення будівлі до зовнішньої теплової мережі за незалежною схемою. Також в ІТП встановлено: регулятор (прямої дії) перепаду тиску з клапаном в подавальному трубопроводі; регулюючий двоходовий клапан з електроприводом; здвоєний циркуляційний насос; розширювальний бак ємністю 300 л та три електрододатки потужністю 6, 30 та 120 кВт. Для вимірювання основних параметрів теплоспоживання впроваджено систему контролю та архівування даних. Для здійснення автоматичного регулювання температури теплоносія в систему опалення будівлі за погодними умовами в ІТП використовуються два електронні регулятори з картами з електронним чіпом за допомогою якої програмується робота регулятора. Один регулятор контролює ІТП, а інший – ІТП з використанням електрододатків. Наразі проводяться експериментальні дослідження роботи ІТП (без застосування електрододатків), результати яких в подальшому будуть надані.

Висновок. Розроблена та впроваджена в корпусі №2 ІТТФ НАН України по вул. Булаховського, 2 установка ІТП з електрододатками дозволить в подальшому значно зменшити енергоспоживання в будівлі шляхом ефективного регулювання теплоспоживанням.

Список використаної літератури

1. Лисенко О.М., Кужель Л.М., Божко І.К. Управління теплоснабченням будівлі на основі використання індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №1/8 (73). – С. 61-67.

References

1. Lysenko O.M., Kuzhel L.M., Bozhko I.K. Control of heat supply of building based on the use of individual heat point of original design // Skhidno-Yevropeysky zhurnal peredovykh tekhnolohiy. - 2015. - №1 / 8 (73). - P. 61-67 (Ukr.).

Басок Б.І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Кужель Л.М., канд. техн. наук, н.с.,
Новіков В.Г., канд. техн. наук, с.н.с, **Олійник Л.В.**, с.н.с.,
Інститут технічної теплофізики НАН України

ТЕПЛОФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВТРАТ ЧЕРЕЗ ДВОКАМЕРНИЙ ВЕНТИЛЬОВАНИЙ СКЛОПАКЕТ.

Проблеми ефективного використання енергоресурсів і енергозаощадження в сучасних умовах є головними завданнями забезпечення енергетичної безпеки, а тому відносяться до найважливіших стратегічних задач України. У відповідності до [1 - 2], проблеми енергозбереження в житлових та громадських будівлях залишаються важливим пріоритетом державної політики в сфері енергоефективності. Адже саме ця сфера є однією з найбільш енергоємних в країні та водночас має найбільший потенціал для підвищення енергоефективності.

Найбільш суттєві втрати теплоти з приміщень відбуваються через віконні конструкції [3 - 5]. Для розробки заходів зі зменшення цих втрат були проведені розрахункові дослідження теплопереносу через трансформований двокамерний склопакет, внутрішня камера якого продувається повітрям, що видаляється з приміщення. Для визначення ефективності даного варіанту склопакету нами запропонована нестационарна теплофізична модель для розрахунку теплових процесів у вентиляованих двокамерних склопакетах з врахуванням змінних кліматичних факторів, що дозволяє прогнозувати близькі до реальних значень інтегральних характеристик таких віконних конструкцій та оцінювати ефективність прийнятих рішень. Був розглянутий вентиляований двокамерний склопакет, в прошарок якого між внутрішнім і середнім склом направляється знизу вільноконвективний потік теплого повітря з приміщення. На цей склопакет діють зі сторони приміщення радіаційний та конвективний теплові потоки і теплопровідність повітря. Із зовнішнього боку – такого ж роду тепловий вплив, до яких додається сонячна радіація. Також нами був проведений інтегральний порівняльний енергетичний аналіз для одно-, дво- та трикамерних склопакетів.

Висновки. Встановлено, що подача теплого повітря до внутрішньої камери трансформованого склопакету привела до істотного скорочення (більш ніж в 2 рази) тепловтрат з приміщення в порівнянні із зовнішнім тепловим потоком. Крім того, такий спосіб дозволяє уникнути утворення «точки роси» в краєвих зонах склопакету. Для кліматичних умов України під час продування через вентиляований двокамерний склопакет повітря, що видаляється з приміщення, можна орієнтуватися на річні втрати через віконні конструкції порядку 376 МДж/м². Це значення майже в 2 рази менше, ніж при відсутності продувки (660 МДж/м²). Можливим є підігрів відведеного з приміщення повітря, однак, при цьому зростуть річні витрати теплоти на опалення. Тому, навіть у разі появи додаткового нетрадиційного джерела енергії, його нераціонально використовувати таким чином та слід обмежитися випадком продування двокамерного склопакету повітрям, що видаляється з приміщення.

Список використаних джерел:

1. Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи. Аналітична доповідь. URL: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/energoefekt-b40dc.pdf>
2. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року: постанова Каб. Міністрів України від 11.09.2015 р. № 1228-р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p>
3. Б.И. Басок, А.И. Накорчевский, Л.Н. Кужель, С.М. Гончарук, О.Н. Лысенко. Экспериментальные исследования теплопередачи через стеклопакеты с учетом климатических факторов. *XV Минский международный форум по тепло- и массообмену: тезисы докладов и сообщений* (г. Минск 23 - 26 мая 2016) г. Минск, ИТМ им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2016. Том 3. С. 280-283.
4. Басок Б.И., Накорчевский А.И., Гончарук С.М., Кужель Л.Н. Экспериментальные исследования теплопередачи через оконные стеклопакеты с учетом действия внешних факторов. *Инженерно-физический журнал*. 2017. Т.90. №1. С. 94-101.
5. Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, С.А. Исаев, С.М. Гончарук, Л.Н. Кужель. Численное моделирование теплопереноса через двухкамерный стеклопакет. *Инженерно-физический журнал*. 2016. Т.89. №5. С. 1288–1295.

Басок Б.І., чл.кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.,
Давиденко Б.В., д-р техн. наук, проф.,
Гончарук С.М., канд. техн. наук, **Калініна М.Ф.**, канд. техн. наук,
Інститут технічної теплофізики НАН України

ВПЛИВ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ СТИНОВОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ НА ЇЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Зовнішні огороджувальні конструкції (ОК) будівель повинні мати опір теплопередачі, що забезпечує нормативні санітарно-гігієнічні умови в приміщенні. Але водночас значення цього опору має бути економічно обґрунтованим. При виборі матеріалів для ОК необхідно передбачити заходи щодо запобігання надлишкового зволоження конструкції за рахунок впливу атмосферної або ґрунтової вологи, а також вологи, що пов'язана з виробничими процесами або побутовими умовами всередині приміщення. Перезволоження стінових конструкцій та теплоізоляційних покриттів може бути першочерговою причиною зменшення їх міцності та зниження термічного опору. У цілому це призводить до зменшення терміну експлуатації будівлі та зниження її енергоефективності. При розміщенні шарів в багатошаровій стіновій ОК необхідно враховувати, що матеріали з більш високими коефіцієнтами теплопровідності та теплостійкості і більш низьким коефіцієнтом паропроникненості доцільно розміщувати в конструкції стіни зі сторони приміщення. Це в свою чергу забезпечить більш високу температуру в місцях теплопровідних включень та вузлах сполучень ОК (стін та перекриттів, стінових конструкцій (СК) між собою, тощо), підвищить теплостійкість ОК при коливаннях температури зовнішнього повітря та зміні тепловіддачі опалювальних приладів, а також покращить вологісний режим матеріалів в конструкції.

До останнього часу прогнозування вологісно-температурних режимів ОК споруд виконувалося за досить спрощеними схемами на рівні застосування рівнянь для визначення зони конденсації за характером розподілу парціального тиску водяної пари і насиченої водяної пари у товщі шарів ОК. Існуючі методи не враховують складність та сукупність процесів, що протікають в зовнішньому середовищі та всередині приміщення. Для їх вдосконалення необхідно ретельно проаналізувати механізми переносу теплоти та вологи в пористих матеріалах, з яких складаються СК споруд. З цією метою створено теплофізичну модель для розрахунку тепло- та вологопереносу через ОК перед термомодернізацією та після її проведення. Побудовано діаграми розподілу температури та вологовмісту в ОК за різних умов теплопереносу та для різних варіантів її теплоізоляції. Крім того, в ІТТФ НАНУ розроблено та встановлено експериментальний вимірювальний комплекс для дослідження процесу тепловологопереносу через багатошарові різноваріантні термомодернізовані стінові ОК. За допомогою цього комплексу в режимі реального часу визначаються, аналізуються та кількісно оцінюються тепловтрати та інші, в тому числі вологісні характеристики ОК в залежності від зовнішніх кліматичних умов [1].

Висновки. Зниження температури зовнішнього повітря або збільшення вологості повітря всередині приміщення може бути причиною накопичення вологи на поверхні або всередині ОК. Встановлення додаткового шару теплоізоляції на зовнішній поверхні ОК запобігає утворенню конденсату як на поверхні, так і всередині огороджувальних конструкцій. З результатів чисельних досліджень випливає, що за рахунок нанесення додаткового теплоізоляційного шару на зовнішню поверхню ОК область конденсації водяної пари виноситься за межі несучої будівельної конструкції.

Список використаних джерел:

1. Басок Б.І. Температурно-вологісний стан стінової конструкції з шаром утеплювача в зимовий період року / Б.І. Басок, Б.В. Давиденко, А.В. Тимошенко, С.М. Гончарук // Промышленная теплотехника. – 2015. Т.38, №6. - С. 38-46.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ РАНГОВОГО АНАЛІЗУ

Технічна енергетична система (ТЕС) – сукупність обладнання і підприємств, що взаємодіють один з одним для виробництва, споживання або перетворення, зберігання, транспортування або обробки енергопродукту. Енергопродукт – готовий товар, який використовується, головним чином, для виробництва механічної роботи.

Продукти, які є виходами технічної енергетичної системи, є входами в інші технічні енергетичні системи або використовуються для надання послуг. В кінці терміну їх експлуатації вони повторно використовуються всередині техносфери або надходять назад у природне середовище як викиди. Таким чином, входами в техносферу є природні ресурси, а виходами послуги, що надаються суспільству, викиди та експлуатаційні впливи [1, 2].

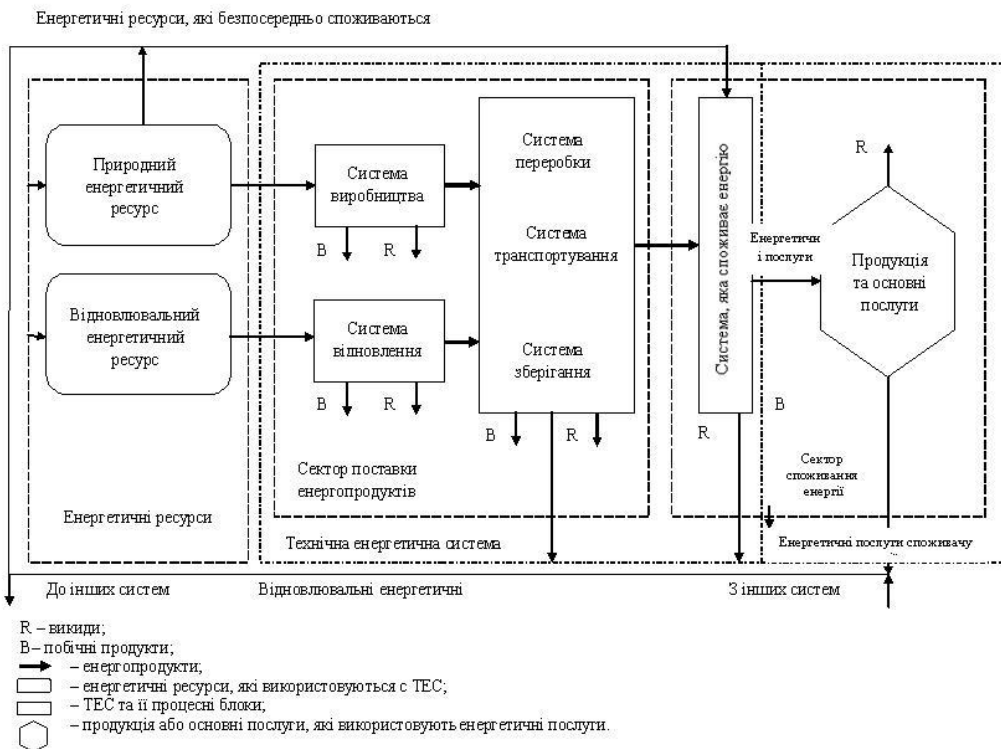


Рисунок 1 – Загальна модель технічної енергетичної системи

Загальна методологія досліджень та впровадження в області енергозбереження, відповідно до введеної в [3] класифікації, може бути умовно розділена на три рівні [4]:

- діяльність, націлена на конкретні технічні та технологічні розробки, які сприяють зниженню енергоспоживання (вдосконалення систем теплопостачання, заміна застарілих світлотехнічних приладів, впровадження енергозберігаючих частотно-регульованих електроприводів, модернізація внутрішнього устаткування будівель і споруд та ін.).
- оптимізація енергоспоживання ТЕС в цілому. Як методологічна основа на цьому рівні широко застосовується ранговий аналіз, що ґрунтується на техноценологічному підході, ципфовій математичній статистиці і теорії гіперболічних безмежно подільних розподілів. Саме цей рівень є ключовим при побудові методології управління енергозбереженням ТЕС. З огляду на принципові концептуальні та методологічні

відмінності, що лежать в основі досліджень на другому рівні, він розглядається як системний по відношенню до рівня досліджень, що стосуються конкретних технічних і технологічних рішень в галузі енергозбереження.

- стратегічне планування та прогнозування в ТЕС (маневрування максимального навантаження, зниження втрат у лініях, ефективний контроль, оптимальне диспетчерування та ін).

Дослідження техноценозу починається зі збору статистичної інформації про його об'єкти. Сама по собі ця операція надзвичайно трудомістка і вимагає багаторічних систематичних зусиль. Однак після завершення збору інформації настає не менш складний етап глибокої статистичної обробки отриманих даних.

З точки зору подальшої статистичної обробки даних велике значення має апроксимація емпіричних рангових розподілів. Її завдання полягає в підборі аналітичної залежності, найкращим чином описує сукупність точок. Ми задаємо в якості стандартної двопараметричну гіперболічного форму, описану в [5, 6].

Дослідження ценозів як цілісності зводять до їх системного опису ієрархічною системою показників (що обов'язково для ідентифікації ценоза) і до структурного ценологічного опису. Розглянемо техноценоз ТЕС на прикладі енергоспоживання особинами техноценозу (рисунок 2). Даний ценоз обмежений в просторі – загальна кількість включає в себе багато функціонально відокремлених особин, не пов'язаних один з одним сильними зв'язками. Також існує єдина інфраструктура, що включає в себе систему електропостачання, а також систему контролю експлуатації та забезпечення функціонування.

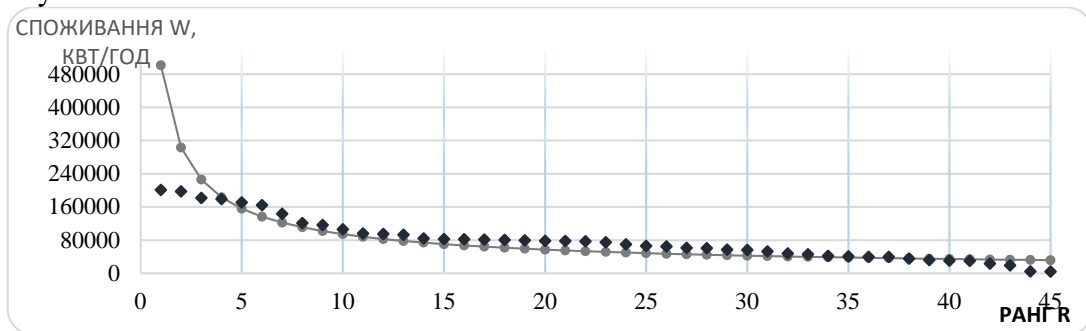


Рисунок 2 – Ранговий по параметру розподіл техноценозу ТЕС

Ранговий аналіз ніколи не закінчується апроксимацією відповідних розподілів техноценозу. За ним завжди слідує оптимізація, тому що головним завданням є визначення напрямів і критеріїв поліпшення існуючого техноценозу. Процедура оптимізації будь-якого ценозу спрямована на усунення аномальних відхилень на ранговому розподілі. Після виявлення аномалій на графічному розподілі по табульованому розподілу визначаються особини, «відповідальні» за аномалії, і намічаються першочергові заходи щодо їх усунення. Перевагою техноценологічного методу та проведення рангового аналізу є оптимальне відображення процесу функціонування об'єктів техноценозу в майбутньому з урахуванням можливих змін технології, інфраструктури, а також використання ресурсів.

Список використаної літератури:

1. ДСТУ ISO 13600-2001 Системи енергетичні технічні. Основні положення (ISO 13600:1997, IDT).
2. ДСТУ ISO 13601-2001. Системи енергетичні технічні. Структура для аналізу. Сектори постачання та споживання енергопродукту (ISO 13601:1998, IDT).
3. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>
4. Гнатюк В.И. Техника, техносфера, энергосбережение: Интернетсайт. – М.: КИЦ «Техноценоз», 2000 – 2012. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>.
5. Кудрин Б.И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
6. Гнатюк В.И. Теория и методология рангового анализа техноценозов. – Калининград: БНЦ РАЕН, 2000.

УДК 621.31

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф., Соколовський П.В., аспірант.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Для досягнення скоординованої інтеграції розосереджених енергетичних ресурсів в електричній мережі та вирішення завдань підвищення надійності функціонування енергетичних систем, скорочення втрат енергії в системах, зниження вартості системних послуг з передачі, розподілу та зберігання енергії, гнучкості, інтеграції, безпеки, диспетчеризації, необхідно розглянути можливість побудови та функціонування віртуальної електричної станції (Virtual Power Plant – VPP). VPP прагне досягти ситуації, коли всі учасники локальної енергетичної системи, включаючи споживачів знаходяться в умовах виграшу «win-win».

VPP – це одна з основних компонентів майбутніх енергосистем, інтелектуальних електричних мереж Smart Grid, яка забезпечує можливість централізованого агрегування енергії та дасть можливість поєднувати об'єкти розосередженої генерації (distributed generation – DG), активних споживачів (AC), з оптимальними варіаціями їх підключення. Гармонізація генерації енергії виконується на різних функціональних рівнях: технічному, економічному, організаційному [1 – 3].

VPP керують своїми складовими елементами найбільш економічним способом за рахунок здатності швидко реагувати на варіацію умов місцевого навантаження та враховувати мінливі параметри всіх постачальників електроенергії, здійснюючи при цьому цілодобову синхронізацію з енергоринком. Участь у таких ринкових відносинах може забезпечувати багато вартісних потоків («трансакцій») для VPP завдяки можливості надання декількох послуг одночасно: грошових, інформаційних та організаційних потоків [4].

Економічними стимулами в VPP є: програми керування попитом (Demand Side Management – DSM), запровадження програми енергозбереження та енергоефективності. За допомогою DSM, VPP наближують споживчий попит і пропозицію до необхідного оптимуму та економічно допомагають кінцевим користувачам отримувати вигоду від електроенергії для зниження їх попиту [2].

Модель VPP може поєднувати окремі локальні енергосистеми Microgrid, структурними одиницями яких можуть виступати підприємства (заводи). Об'єднання декількох підприємств, на яких діють програми з DSM, дасть можливість змінювати власну генерацію $P(t)$, виходячи з умов, які диктує енергоринок. За рахунок провадження програм з енергозбереження та енергоефективності, відбувається оптимізація.

Важливо переглянути тарифну політику та програму грошової (бонусної) мотивації активних споживачів. AC – учасник споживчого (prosumer) ринку енергії, який має можливість, виходячи зі своїх потреб та спроможності: 1) виконувати функції оптимізації графіка завантаження своїх власних потужностей, як з метою мінімізації власних витрат на електроенергію, так і з метою отримання доходу від продажу виробленої власними генеруючими установками, або накопичену власними акумуляторами електроенергію в систему енергопостачання, або безпосередньо іншим споживачам, які цього потребують; 2) надавати додаткові послуги системному оператору чи споживачам [5].

Бонус VPP складається з плати за фіксовану ціну на гнучкість та плати за фіксовану ціну на електроенергію, що забезпечує AC передбачуваний річний дохід. Мотивація AC

буде відбуватися на основі різних тарифів на купівлю та продаж електроенергії, тобто в пікові години споживач зможе продавати накопичену електроенергію за найбільш вигідним тарифом, а користуватись електроенергією вночі (заряджати електроавтомобілі, тощо), коли тариф значно нижче.

Організаційно VPP поділяють на такі структурні рівні, як:

- VPP верхнього рівня: оптовий ринок електроенергії;
- VPP середнього рівня: роздрібний ринок електроенергії, розподільні електричні мережі;
- VPP нижнього рівня: системи електропостачання промислових і комунальних об'єктів, будівель і споруд, DG, АС.

Технічно та інформаційно VPP можуть об'єднуватись з такими ж типами електричних станцій утворюючи спільну електричну мережу, яка може працювати як спільно, так і автономно з регіональними мережами.

Висновки. Концепція функціонування локальних електричних систем VPP перетворюється на децентралізовану систему, яка буде включати велику кількість DG, Microgrid та АС, й може працювати в енергетично віддалених і тупикових регіонах.

Визначено, що в умовах дефіциту генеруючих потужностей, VPP можуть бути використані для зниження навантаження протягом пікових періодів. Системи VPP з часом можуть замінити стандартні моделі функціонування локальних систем, забезпечуючи тим самим вищу ефективність та більшу гнучкість, що дасть змогу енергетичній системі краще реагувати на коливання. Проаналізовано вплив АС у структурі VPP. Описано оптимізаційні рівні на шляху до побудови VPP.

Для оптимізації функціонування VPP, необхідно вирішити ряд технічних завдань таких, як: особливості приєднання різної кількості DG; вибір оптимального місця розташування DG та їх вплив на мережу; вибір перетворювальної та комутаційної апаратури; забезпечення ефективності розподілу та споживання електроенергії, підбір оптимального регулювання навантаження та розташування оптимальних вимірювальних пристроїв високої надійності електропостачання та якості електроенергії; перехід на нові рівні напруги (20 кВ).

Список використаної літератури:

1. Стогній, Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Розвиток інтелектуальних електричних мереж на основі положень концепції Smart Grid // Інститут електродинаміки НАН України. – 2012. – С. 5–13.
2. Денисюк С.П., Базюк Т.М. Аналіз впливу джерел розосередженої генерації на електромережу та особливості побудови віртуальних електростанцій // Електрифікація транспорту. – 2012. – № 4. – С. 23–29.
3. Денисюк С.П., Горенко Д.С. Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – №2. – С. 25–33.
4. Jegadeesan M., Keerthana V. Optimal Sizing and Placement of Distributed Generation in Radial Distribution Feeder Using Analytical Approach // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2014. – Vol.3. – P. 358–364.
5. Денисюк С.П., Базюк Т.М. Особливості формування активного споживача в сучасних електромережах // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014. – № 3. – С. 75–79.

References:

1. Stogniy B.S., Kirilenko V.A., Denysiuk S.P. Global experience and perspectivebased intelligent energy systems in Ukraine // Institut elektrodinamiki NAN Ukrainy. – 2012. – P. 5-17. (Ukr).
2. Denysiuk S.P., Bazuk T.M. Analysis of influence of sources of distributed generation of electrical construction and features virtual power // Elektrifikatsiya transporta. – 2012. – № 4. – P. 23–29 (Ukr).
3. Denysiuk S.P., Horenko D.S. Analysis problems of implementation virtual power plants // Energetika: ekonomika, tekhnologii, ekologiya. – 2016. – №2. – P. 25–33 (Ukr).
4. Jegadeesan M., Keerthana V. Optimal Sizing and Placement of Distributed Generation in Radial Distribution Feeder Using Analytical Approach // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2014. – Vol.3. – P. 358–364.
5. Denysiuk S.P., Bazuk T.M. Features of forming of active user in modern electric systems // Vistnyk Vinnitskogo Politekhnicheskogo Instituta. – 2014. – № 3. – P. 75–79 (Ukr).

Дешко В.І., д-р техн. наук, проф., Білоус І.Ю., Гурсєв М.В.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

АНАЛІЗ ЗМІНИ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЛІ ПРИ ЗАМІНІ ВІКОН

Україна посідає перше місце за енергоємністю ВВП в кілограмах умовного палива, а саме 0,89 кг у.п./долар США. Для порівняння: у Франції та Німеччині – 0,26, в Угорщині – 0,30, у Білорусії – 0,50. Питома вага енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла сягає 60-80%. Витрати енергоресурсів на одиницю виготовленої продукції та наданих комунальних послуг більш ніж у 1,5 рази перевищують відповідні показники країн ЄС [1]. Міжнародні інвестиційні програми в Україні в більшій мірі зосередженні на термомодернізації соціальних об'єктів та майже небрали до уваги житлові будинки. В рамках Закону України "Про енергетичну ефективність будівель" [2] та державних програм фінансування енергозберігаючих заходів "теплі кредити" почали активно впроваджуватися енергозберігаючі заходи в житлових будівлях. Найбільш популярні заходи в житлових багатоквартирних будинках- заміна вікон та утепленням зовнішніх стін.

Класичні стаціонарні методи розрахунку енергопотребі будівлі для опалення використовують для усереднених по місячним або річному інтервалу часу укрупнених оцінок ефектів від провадження енергозберігаючих заходів. Динамічні моделі дозволяють провести розрахунки в погодинному розрізі та деталізовано розрахувати енергетичні характеристики будівлі. Метою роботи є уточнення енергопотребі будівлі зі світлопрозорими конструкціями при використанні динамічних моделей.

Об'єктом дослідження обрана кімната з термічним опором зовнішнього огороження складає 2,3 (м²С)/Вт. Репрезентативне приміщення орієнтоване на Пн. Розрахунки енергопотребі будівлі в динамічному режимі в програмному продукті EnergyPlus з використанням кліматичних даних типового року IWEC [3]. В роботі проведено оцінку заміни вікон на енергозберігаючі двокамерні склопакети: 1) з повітряним заповненням та інертним газом (аргон); 2) з селективним покриттям на зовнішньому, внутрішньому склі та з обох сторін; 3) з коефіцієнтом засклення 40, 60%.

Виробники вікон стверджують, що аргонове заповнення покращує енергетичні показники склопакету до 10%, в результаті моделювання показники склопакету в порівнянні з повітряним заповненням покращились на 3-4%. Двокамерний склопакет з аргоновим заповненням з селективним покриттям на зовнішньому та внутрішньому склі дозволяє зменшити енергопотребу на 8-10%, напилення на зовнішньому склі – на 5%, на внутрішньому – 8% в порівнянні з аргоновим двокамерним склопакетом без селективних покриттів для коефіцієнта засклення 40%. При збільшенні коефіцієнта засклення до 60% енергопотреба розглянутого приміщення орієнтованого на Пн збільшиться на 5%.

Висновки. Використання динамічних моделей для визначення енергопотребі будівлі для опалення дозволяють провести більш деталізований та точний розрахунок енергопотребі будівлі, підібрати кращий варіант конструкцій вікна при термомодернізації.

Список використаних джерел

1. Соціально-екологічні аспекти енергозбереження в житлово-комунальному секторі. З. Лавінська, О. Саницька "GEODESY, ARCHITECTURE & CONSTRUCTION 2009" (GAC-2009), 14-16 MAY 2009, LVIV, UKRAINE p.75-77.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» // ВВР України. – 2017. – № 2118-VIII. – Ст. 359.
3. Офіційний сайт EnergyPlus Energy Simulation Software. <https://energyplus.net>.

Горенко Д.С., аспірант,
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВЗАЄМНИЙ ВПЛИВ ГРУП ЕЛЕМЕНТІВ В ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Вступ. Розглядаючи локальні системи електроживлення (ЛСЕ) в межах розвитку концепції Smart Grid виникає потреба оцінки електромагнітної сумісності. Оскільки основні критерії якості електроенергії не дають можливості адекватно оцінити вплив окремих елементів (груп елементів) на роботу ЛСЕ, а також на її складові, необхідно обрати або виділити такі критерії, які це дозволять [1, 2].

Метою даного дослідження є аналіз взаємних впливів елементів (груп елементів) на елементи (групи елементів) в ЛСЕ, а також визначення основних критеріїв для оцінки взаємних впливів.

Матеріали дослідження. Для даного дослідження було обрано ЛСЕ, макромодель якої зображено на рисунку 1, та виділено умовно три групи об'єктів: $\{A\}$ – домінуюча група генераторів електроенергії, $\{B\}$ – група, що може генерувати та споживати електроенергію та $\{C\}$ – пасивні споживачі.

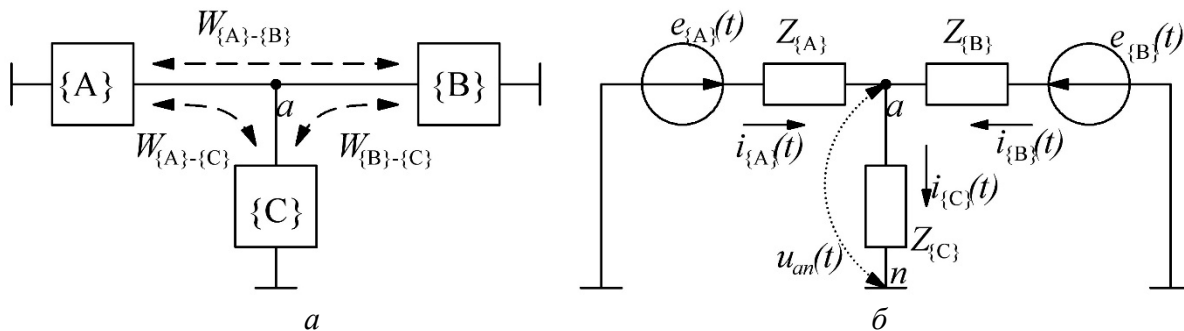


Рисунок 1 – Макромодель ЛСЕ з виділеними трьома групами елементів

Кожна група елементів описується відповідними умовно еквівалентними параметрами $e_{(i)}(t)$, $Z_{(i)}$. У вузлі a створюється напруга $u_{an}(t)$. За допомогою відомих методів ТОЕ (методу накладання, контурних струмів і т.п.) визначаються струми, що протікають в ланцюгах макромоделі (рисунок 1б) $i_{\{A\}}(t)$, $i_{\{B\}}(t)$, $i_{\{C\}}(t)$. Взаємний вплив груп елементів ЛСЕ доцільно визначати з врахуванням обмінної потужності (1) [2, 3]:

$$Q_{\text{об.}\{i\}} = \frac{1}{T} \int_0^{t^+} u_{an}(t) i_{p,\{i\}}(t) dt, \quad (1)$$

де $i_{p\{i\}}(t) = i_{\{i\}}(t) - i_{a\{i\}}(t)$ – реактивна складова струму в i -му ланцюзі ЛСЕ;
 $i_{a\{i\}}(t) = u_{an}(t) P_{\{i\}} / U^2$ – активна складова струму в i -му ланцюзі ЛСЕ; $i_{\{i\}}(t)$ – повний струм в i -му ланцюзі ЛСЕ; $P_{\{i\}} = \frac{1}{T} \int_0^T u_{an}(t) i_{\{i\}}(t) dt$ – активна потужність творена i -ю групою; $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{an}(t)^2 dt}$ – діюче значення напруги у вузлі a .

Потужність, що характеризуватиме обмінні процеси у вузлі a між групами елементів ЛСЕ $\{A\}$, $\{B\}$ та $\{C\}$, визначається за формулою (2) [2]:

$$Q_{\text{ОБ}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{ОБ.}\{i\}} = Q_{\text{ОБ.}\{A\}} + Q_{\text{ОБ.}\{B\}} + Q_{\text{ОБ.}\{C\}} \quad (2)$$

Відповідно доля впливу i -ої групи елементів на ЛСЕ визначається за формулою (3):

$$\Delta_{\{i\}} = \frac{Q_{\text{ОБ}}}{Q_{\text{ОБ.}\{i\}}}, \text{ в.о.} \quad (3)$$

Визначимо як залежатиме доля впливу окремих груп при зміні параметрів групи пасивних споживачів $\{C\}$, для цього запишемо комплексному вигляді $Z_{\{C\}} = |Z| e^{j\varphi}$ та окремо змінюватимемо $|Z|$ та φ . Відповідні графічні залежності зображено на рисунку 2.

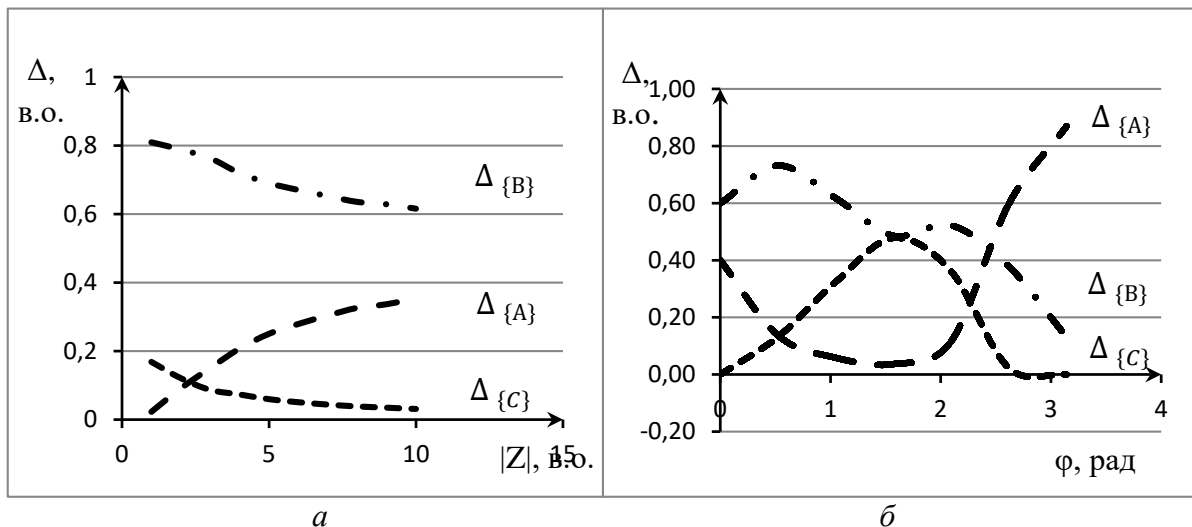


Рисунок 2 – Залежності долі впливу груп елементів на ЛСЕ при зміні модуля та аргументу пасивної групи $\{C\}$

Рисунок 2а демонструє, що при зростанні $|Z|$ для впливу групи $\{C\}$ навпаки зменшується, тим самим збільшуючи долю перерозподілу взаємообміну енергією між групами $\{A\}$ та $\{B\}$. Не дивлячись на те, що група $\{A\}$ є домінуючою ($E_{\{A\}} > E_{\{B\}}$) для впливу групи $\{B\}$ на систему є більшою. При зростанні $|Z|$ доля впливу групи $\{B\}$ знижується, а групи $\{A\}$ зростає. Залежності долі впливу на ЛСЕ від фази φ є нерівномірними, це можна пояснити початковим внеском зсувів фаз напруги окремих груп.

Висновки. Отже, виділений критерій для визначення долі впливу елементів (груп елементів) на елементи (групи елементів) ЛСЕ дає змогу адекватно оцінити взаємний вплив груп елементів. Крім того, даний коефіцієнт можна використовувати в якості додаткового коефіцієнту при визначенні рівня несиметрії.

Список використаної літератури

1. Гамм А.З., Голуб И.И. Адресность передачи активных и реактивных мощностей в электроэнергетической системе / Электричество. – 2003. – №3. – С. 9–16.
2. Денисюк С.П., Горенко Д.С. Обмінні процеси в трифазних автономних системах електроживлення // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2016. – № 45. – С. 9–15.
3. Denysiuk S., Horenko D. Analysis of exchange processes during parallel operation of wind electric units // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4(82). – С. 26–32.

V. Dielov, Master
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

OPTIMIZATION OF MODES OF OPERATION INDUSTRIAL HVAC SYSTEM

Abstract. In this work elaborates a model of heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system, carry out the simulation of different modes of operating, assessment and optimization of consumption electric energy. Develop recommendations for the exploitation of such systems

Keywords: heating, ventilation, conditioning, HVAC systems, optimization of modes of operation, energy saving, energy efficiency.

Introduction. This work considers HVAC system, development of the system a model which basically can be described by internal elements like a fan, heater, air piping and etc. Also, it will be found new strategies to achieve optimal regulation for such system, which allow confirming the best decision depending on the multivariable changing dynamic model. Developed model introduce evaluation [1] and prediction [2] of parameters of external environment like temperature.

Materials and methods. The methods used are based on a correlation-regression analysis, which allows determining the most important factor characteristics, also for modeling, LabView software and methods from the general theory of optimization and decision-making theory are used.

Conclusions. In this paper, we have addressed the modeling and optimization problem of a central cooling plant to target energy savings and verified the proposed approach [3]. By using the monitored data, mathematical models for the set-up components are developed and implemented in a transient simulation program in order to predict the performance of the integrated system operating in various conditions. Results showed that by applying this approach, an air-cooled central cooling plant HVAC system can achieve significant improvements in energy-efficiency and performance, especially in part-load conditions.

References

1. ASHRAE (2009). 2009 ASHRAE Handbook: Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, inc.
2. Magnussen, J. (2010). Increased energy efficiency in buildings using model predictive control, Technical report, Norwegian University of Science and Technology.
3. Underwood, C. P. (1999). HVAC Control Systems: Modelling, analysis and design, E & FN Spon.

Еремеев И.С., д-р техн. наук, проф.,
Национальный Таврический университет им. В.И. Вернадского, Украина
Ещенко А.И., канд. техн. наук, доцент.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Украина

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

«Энергоэффективные дома», т.е. дома, обеспечивающие свою жизнедеятельность в значительной части за счет альтернативных источников энергии и специальной конструкции, получили в последнее время широкое распространение в Европе и США, в основном, как особняки [1]. Но более важными для снижения энергопотребления окажутся многоквартирные энергоэффективные дома (МЭЭД). Широкому распространению ЭЭД мешают значительные капитальные затраты на их оборудование, которые жильцы часто не в состоянии финансировать. Поэтому реализация МЭЭД не совсем простая задача. Предлагается перманентный подход, заключающийся в постепенном дооборудовании дома, когда средства, сэкономленные за счет внедрения отдельных компонентов МЭЭД, могут быть направлены на дальнейшее повышение эффективности. Первый шаг в создании ЭЭД возможен там, где дом оборудован домовой котельной (котельная может обеспечивать и несколько домов). В этом случае в котельной необходимо оборудовать пиролизный реактор, который бы утилизировал энергию твердых бытовых отходов (ТБО), ежедневно выбрасываемых населением и содержащих от 50% до 75% органики, которая в процессе пиролиза превращается в горючий газ, который можно подавать в топку котла вместо природного газа. Это не только приводит к экономии газа (и снижению стоимости отопления), но и минимизирует загрязнение среды, причем включение котла на использование пиролизных газов должно быть исходным: только если температура воды в системе отопления упадет ниже заданного значения, должна подключиться подача природного газа. В случае, когда нет необходимости в отоплении, пиролизный газ может подаваться на вход газовой турбины, вращающей электрогенератор, устанавливаемые на втором этапе. От генератора можно питать аккумуляторную батарею, обеспечивающую снабжение внутренних потребителей энергии (например, электролизера для электролиза воды с целью получения водорода для питания котла) и накопление энергии, когда она в данный момент не нужна. Следующий этап – установка на крыше здания солнечных батарей для подогрева воды и зарядки аккумуляторной батареи. Наконец, солнечные батареи могут быть дополнены ветрогенератором, устанавливаемым на крыше. Кроме того, выхлопные газы газовой турбины могут использоваться в утилизационном котле для нагревания воды (котел может также подогреваться электронагревателем, питающимся от батареи) и затем - в теплообменнике для нагревания воздуха, питающего турбину или поступающего в обогреваемые помещения. Подобная схема (рис.1) может обеспечить в принципе полный отказ от природного газа, как источника энергии, что даст не только существенную экономию, но и будет способствовать улучшению экологических показателей города в целом. Однако, такой ЭЭД будет нормально функционировать только в случае четкой работы системы автоматики, которая должна работать в соответствии со следующими эвристиками:

ЕСЛИ ($t_{ГВО} < t_{31}$) **И** ($O_T = 1$) **И** ($P_{Пир} = 0$), **ТО** ($P_{PrГ} \rightarrow 1$), **ИНАЧЕ** ($P_{Пир} \rightarrow 1$),
ЕСЛИ ($t_{ГВГВС} < t_{32}$) **И** ($O_T = 0$) **И** ($P_{Пир} = 0$) **И** ($U_{AB} > U_{ABmin}$), **ТО** ($(УК + AB) \rightarrow 1$), **ИНАЧЕ**
($P_{Пир} \rightarrow 1$) **И** ($ЭГ \rightarrow 1$),
ЕСЛИ ($U_{ШПТ} < U_{AB3min}$) **И** {($t_{ГВО} < t_{31}$) **ИЛИ** ($t_{ГВГВС} < t_{32}$)}, **ТО** ($(УК + AB) \rightarrow 1$),

Где: $t_{гво}$ – температура горячей воды в системе отопления; $t_{з1}$ – минимально допустимое значение $t_{гво}$; $От=1$ – отопление включено; $Пир=0$ – пиролизный генератор отключен; $(ПрГ \rightarrow 1)$ – подача природного газа; $(Пир \rightarrow 1)$ – включение пиролизатора; $t_{гвгс}$ – температура горячей воды в системе ГВС; $От=0$ – отопление отключено; $U_{AB} > U_{ABmin}$ – напряжение на клеммах АБ превышает минимально допустимое; $((УК + АБ) \rightarrow 1)$ – Подключить УК к АБ; $(Пир \rightarrow 1)$ и $(ЭГ \rightarrow 1)$ – включить, соответственно, пиролизный и электрогенератор; ШПТ – шина постоянного тока; $(U_{ШПТ} < U_{ABzmin})$ – условие включения УК к ШПТ, если напряжение на зажимах последней ниже минимального напряжения, необходимого для зарядки АБ.

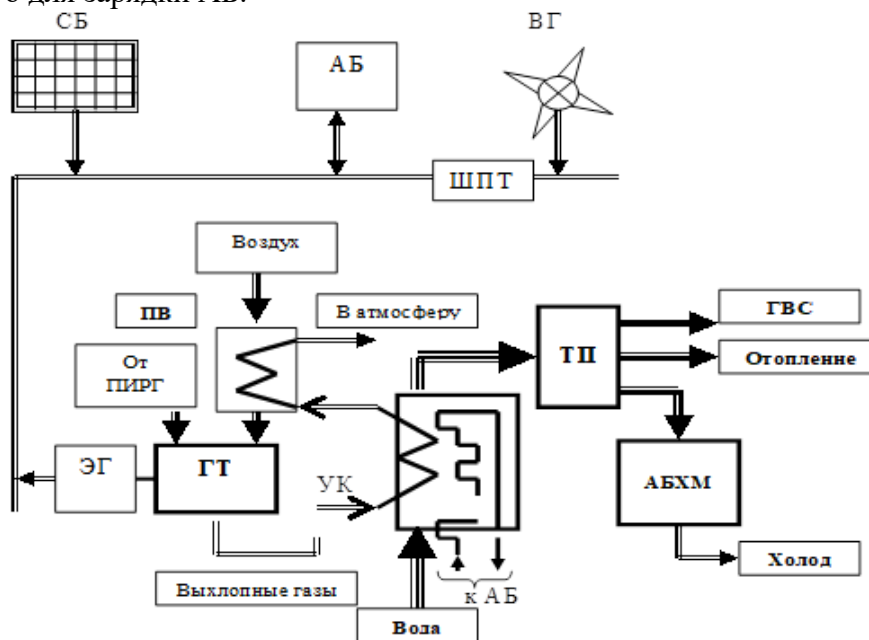


Рисунок 1 – Примерная схема энергоснабжения МЭЭД

ПВ – подогреватель воздуха; ТП – теплопункт; ГВС – горячее водоснабжение; ГТ – газовая турбина; УК – утилизационный котел; АБХМ – абсорбционная холодильная машина; ЭГ – электрогенератор; СБ – солнечная батарея; АБ – аккумуляторная батарея; ВГ – ветрогенератор.

Оборудованные на таких принципах дома позволят также существенно сократить их влияние на окружающую среду своего района или города.

За основу предварительных расчетов взяты результаты энергоаудита 9-ти этажного дома (97 квартир) в Киеве с данными за 2014 год. Годовые затраты тепловой энергии составили 744,52 Гкал, электрической энергии 11093 кВт*час. Данная нагрузка (тепловая и электрическая) при реализации предлагаемых технических решений может быть обеспечена полностью или частично в разной пропорции между энергоисточниками. Экологическая оценка: устранение выбросов только CO₂ при сжигании угольного топлива дает величину 395,62 т/год.

Выводы: резюмируя сказанное, следует подчеркнуть, что именно энергоэффективность, как результат использования новейших энергосберегающих решений в части тепло- и электрогенерации, приводит к значительному снижению потребляемых энергоресурсов и загрязнения окружающей среды.

Список использованной литературы

1. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома. – Санкт-Петербург, «БХВ-Петербург», 2011.-470 с.

References

1. Gabriel I., Ladener H. Reconstruction of buildings according to the standards of the energy-efficient house. St. - Petersburg, "BHV-Petersburg", 2011.-470 p

УДК 338.246.025:621.311

Замулко А.І., канд. техн. наук, доц.;
Чернецька Ю.В., асист.;
Гордієнко К.І., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна

ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Вступ. Однією із складових запровадження ринкових відносин в енергетичній галузі є забезпечення ефективної взаємодії як суб'єктів електроенергетики, споживачів електричної енергії, так і замовників послуг на приєднання до електричних мереж оператора системи розподілу (ОСР). Саме інформаційна відкритість в енергетичній галузі з питань наявності резервів електричної потужності на енергетичних об'єктах покликана забезпечити покращання показника рейтингу Doing Business для України шляхом своєчасного інформування бізнесу про можливості галузі у задоволенні потреб в енергетичних ресурсах, а також прозорість у формуванні вартісних показників на приєднання до електричних мереж ОСР.

Для забезпечення приєднання новозбудованих, реконструйованих чи технічно переоснащених електроустановок користувачів системи розподілу до електричних мереж ОСР принциповим питанням є завантаження трансформаторних підстанцій (ТП) та наявність на них резерву потужності.

Мета роботи: провести аналіз доступних для дослідження даних завантаженості трансформаторних підстанцій ОСР та сформулювати пропозиції щодо формування груп таких ТП, до яких можуть бути застосовані однакові вимоги щодо визначення плати за приєднання до електричних мереж.

Основний зміст. Досліджувалася інформація щодо ТП Бориспільського районного підрозділу ПрАТ «Київобленерго» у 2015-2017 рр., оприлюднена на офіційних веб-сайтах ОСР [1], згідно вимог [2], а саме: диспетчерська назва ТП 10/0,4 кВ; номінальна потужність підстанції, $S_{ном.}$, кВА; максимально допустима потужність підстанції, $P_{макс.}$, кВт; електричне навантаження в режимний день, $P_{реж.день}$, кВт; резерв дозволеної потужності споживачів, $P_{рез.дозв.пот.}$, кВт; приєднана (дозволена) потужність існуючих споживачів, $P_{пр.}$, кВт; потужність, що приєднується за договорами про приєднання, $P_{дог.}$, кВт; резерв приєднаної потужності з урахуванням укладених договорів про приєднання, $P_{рез.}$, кВт.

Аналіз опублікованих даних показав, що лише 12 % від загальної кількості ТП протягом усіх трьох досліджуваних років мають відмінне від нуля електричне навантаження у режимний день ($P_{реж.день} > 0$). Цей факт можна пояснити особливостями проведення вимірів електричного навантаження в режимний день [3]. На більшості ТП напругою 10/0,4 кВ відсутні автоматизовані системи обліку електроенергії, і дані про погодинні електричні навантаження у режимний день повинні були записуватися черговим персоналом ОСР. Що стосується зростання приєднаної потужності ТП згідно договорів зі споживачами, то приріст у Бориспільському районному підрозділі складає 1,9 % у 2015 р., 0,8 % у 2016 р. та 7,7 % у 2017 р. Разом з тим, зростання договірної потужності нерівномірне, понад 77 % загальної кількості ТП за три роки не мали нових приєднань ($P_{дог.} = 0$).

На думку авторів, серед наявної інформації для встановлення схожості ТП в частині їх завантаженості може бути застосовано два адекватних показника, а саме номінальна потужність підстанції, $S_{ном.}$ та завантаженість ТП, розрахована з урахуванням

приєднаної (дозволена) потужність існуючих споживачів та потужності, що приєднується за договорами про приєднання.

Задача встановлення схожості ТП в частині їх завантаженості за визначеними критеріями може бути реалізована з використанням кластерного аналізу.

Результатом такого аналізу завантаженості ТП Бориспільського районного підрозділу ПрАТ «Київобленерго» у 2015-2017 рр. навіть в умовах обмеженої інформації згідно вимог [2] стало виявлення трьох груп з показниками завантаженості до 0,48; до 0,97 та 1,54, які умовно можна визначити, як підстанції недовантажені, перевантажені, та ті, що працюють в нормативному режимі.

Сьогодні ставка плати за стандартне приєднання електроустановок до електричних мереж ОСР в межах адміністративних областей України диференціюється залежно від величини заявленої потужності, типу населеного пункту (місто чи сільська місцевість), категорії надійності електропостачання, схеми електрозабезпечення (одно- чи трифазна) та рівня напруги у точці приєднання. Тобто в межах однієї територіальної одиниці ставка плати за приєднання залишається фіксованою, що не відображає реальний стан справ з наявністю потужності в точці приєднання, а також відповідними витратами постачальника і потребує додаткової диференціації за рівнем завантаженості ТП, наприклад, з урахуванням запропоновано вище підходу.

Водночас, очевидним є той факт, що для отримання об'єктивних висновків щодо існуючого завантаженості та резервів потужностей ТП, які можуть бути використані для визначення вартості приєднання до ТП, віднесених до однієї з сформованих груп, необхідне проведення більш ґрунтовного дослідження, з використанням показників, наведених в [4].

Висновки.

1. За даними, які оприлюднювалися на офіційних сайтах ОСР, неможливо зробити об'єктивні висновки щодо існуючого навантаження та резерву потужностей ТП, а в умовах запровадження вимог, внесеними до Правил приєднання електроустановок до електричних мереж постановою НКРЕКП від 30.03.2017 р. № 441, повністю позбавляють такої можливості.

2. З метою забезпечення відображення реального стану справ з наявністю потужності в точці приєднання, а також відповідних витрат постачальника доцільним є здійснення диференціації ставки плати за приєднання до електричних мереж за критерієм завантаженості ТП.

Список використаної літератури:

1. Інформація щодо трансформаторних підстанцій Бориспільського РП ПрАТ «Київобленерго» станом на 01.08.2017 [Електронний ресурс]: ПрАТ «Київобленерго» : [Офіційний портал]: - Режим доступу: <http://www.koe.vsei.ua/koe/index.php?page=56> - Вільний. – Інформація щодо трансформаторних підстанцій
2. Правил приєднання електроустановок до електричних мереж, затверджених постановою НКРЕ від 17.01.2013 р. № 32.
3. Порядок організації проведення вимірів електричного навантаження в режимний день, затверджений наказом Мінпаливенерго України від 15.01.2008 № 7.
4. Study on tariff design for distribution systems: final report prepared for European Commission, Directorate-General for Energy, Directorate B – Internal Energy Market. 2015. 652 p. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20150313%20Tariff%20report%20final_revREF-E.PDF

УДК 532.613.2

Йовченко А.В., асист., Беспалько С.А., канд. техн. наук, доц.,
Рога М.П., асист., Поляков С.П., д-р техн. наук проф.,
Черкаський державний технологічний університет, Україна

ОТРИМАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ СУСПЕНЗІЙ, ЩО ЗМІНЮЮТЬ СВІЙ АГРЕГАТНИЙ СТАН

Вступ. В даний час у зв'язку зі збільшенням вартості теплопостачання все більше і більше уваги приділяється розвитку систем акумулювання теплової енергії відновлювальних джерел. Одними з перспективних теплоакумулюючих матеріалів які можуть бути використані в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВКП) є так звані фазозмінні суспензії (ФЗС), тобто суспензії що здатні змінювати свій агрегатний стан в області робочих температур. Зазвичай це суспензії типу вода-парафін і вони мають наступні переваги перед іншими теплоакумулюючими матеріалами: покращені теплоакумулюючі властивості за рахунок використання теплоти плавлення парафіну та високої теплоємності води; невеликі розміри теплоакумулюючого резервуару для зберігання суспензій у порівнянні з акумулюванням теплоти в резервуарі з водою; невеликі теплові втрати внаслідок ізотермічності процесу акумулювання; можливість транспортувати суспензію насосом; можливість заміни, в деяких випадках, традиційних теплоносіїв на суспензії, що здатна зазнавати фазовий перехід.

Однак на даний час технологія отримання та застосування ФЗС в системах акумулювання теплоти знаходяться на етапах розробки [1].

Мета та завдання. Метою даного експериментального дослідження було визначення оптимальної концентрації складових, а саме, води, парафіну та поверхнево-активних речовин (ПАР), для отримання стабільних суспензій (паст) типу «парафін у воді» та спостереження за їх стабільністю у часі.

Матеріал і результати досліджень. В якості фазозмінного матеріалу (ФЗМ) в більшості випадків використовують парафін, що складається з суміші переважно прямих ланцюгових n-алканів $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3$. Кристалізація CH_3 -ланцюга виділяє велику кількість прихованої теплоти. Перевагами парафіну, як компоненту суспензії є: безпечність, екологічна чистота, хімічна інертність до матеріалів конструкції акумулятора, мала зміна питомого об'єму при плавленні-кристалізації.

Процес змішування парафіну та води відбувається в гомогенізаторах з додаванням неіоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР) [2]. При цьому парафін утворює стабільну внутрішню фазу, а вода безперервну зовнішню фазу. До неіоногенних ПАР відносять ПАР серії Tween та Span, що мають гідрофільні та гідрофобні властивості відповідно.

ПАР серії Tween відрізняються довжиною вуглецевого ланцюга. Так Tween 20 має 12 атомів вуглецю, Tween 40 - 16 атомів вуглецю, Tween 60 - 18 атомів, Tween 80 - 18 атомів. В експериментальних дослідженнях для отримання суспензій типу «парафін у воді» використовували ПАР Tween 20, Tween 80, Span 20 та Span 80.

Порядок виконання експерименту для отримання пастоподібних, гелеподібних та текучих ФЗС:

1. Підігріту до $t=50$ °C дистильовану воду змішували з гідрофобною ПАР Span із застосуванням механічного пропелерного змішувача.
2. Розплавлений парафін змішували з гідрофільною ПАР Tween.
3. Безпосереднє перемішування сумішей вода-Span та парафін-Tween у водяній бані протягом 30 хв.
4. Після охолодження до кімнатної температури утворюється пластична паста чи

суспензія в залежності від концентрації компоненту ФЗМ.

Таким чином, варіюючи концентрацією основних компонентів можна створити пасти, гелі та суспензії з зазначеними властивостями, а саме: теплота фазового переходу, сумарна теплоємність акумулюючого матеріалу, температура фазового переходу, в'язкість, густина.

Застосування ПАР з так званими довгими вуглецевими ланцюгами (16 або 18 атомів вуглецю) приводить до утворення більш стабільних суспензій, які мають нижчий ступінь переохолодження завдяки утворенню більш компактних і упорядкованих адсорбційних шарів. Здатність ПАР стабілізувати суспензії типу «парафін у воді» визначається гідрофільною функціональною групою, такою як Tween 80 і помірно розвинутою гідрофобною частиною діфільної молекули – Span 20 [2]. У першому варіанті молекула ПАР вуглеводневою частиною розміщується в глобулі парафіну, а гідрофільною - у воді і захищає частинки дисперсної фази від коалесценції при їх зіткненні і, відповідно, запобігає наступному збільшенню розміру глобул. Фотографії отриманих зразків зображені на рис. 1.

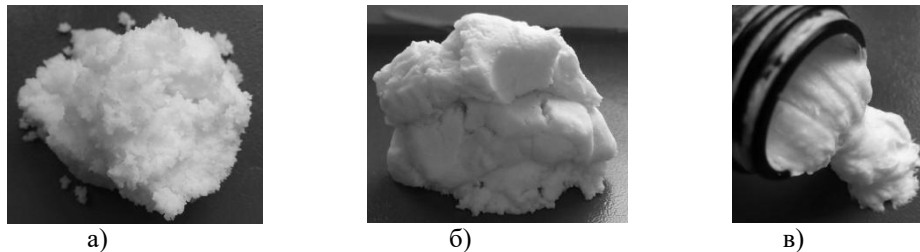


Рисунок 1 – Фото суспензій «парафін у воді», тривалість зберігання 3 міс.:
а) парафін 31,5%, води 63,5%, ПАР Tween 20 5%;
б) парафін 45%, вода 45%, ПАР Tween 80 10%
в) парафін 45%, вода 45% і 10% ПАР (Tween 80:Span 20, 1:1).

На рис. 1, а) зображена нестійка суспензія з використанням ПАР Tween 20. Для отримання стійких ФЗС необхідним є використання ПАР з гідрофобною та гідрофільною функціональною групою, тобто отримання гідрофобно-ліпофільного балансу (ГЛБ). Велике значення міжфазного натягу спостерігається при використанні ПАР з довгими вуглецевими ланцюгами. Для отримання стійких, пастоподібних сумішей необхідна концентрація ФЗМ 45% (рис. 1, б), для гелеподібних - 30-35% (рис.3, в). Для отримання текучих ФЗС максимальна концентрація ФЗМ складає 20%.

У пастоподібних суспензіях (див. рис. 1, б) через десять днів на дні пробірки утворився водний шар, у гелеподібних - через п'ять днів. Надалі даний процес протікав повільніше і, як правило, суспензія ставала стабільною.

Висновки: В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Для отримання стійких, пастоподібних сумішей необхідна концентрація ФЗМ 45%, для гелеподібних - 30-35%. Для отримання текучих ФЗС максимальна концентрація ФЗМ 20%.

2. Для отримання стійких суспензій необхідна бінарна суміш неіонних ПАР Tween та Span з ГЛБ 12. Мінімальна концентрація ПАР – 5%.

Для отримання дрібнодисперсних, стійких ФЗС необхідне подальше дослідження процесів емульгування в емульгаторах статичного та роторного типу, що будуть виконані в майбутніх працях.

Список використаних літературних джерел

1. J. Shao, J. Darkwa, G.Kokogiannakis, Review of Phase change emulsions (PCMEs) and their applications in HVAC systems, Energy and Buildings (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.003>.
2. Xiyao Zhang, Jian-yong Wu, Jianlei Niu, PCM-in-water emulsion for solar thermal applications: The effects of emulsifiers and emulsification conditions on thermal performance, stability and rheology characteristics /Solar Energy Materials & Solar Cells 147 (2016) 211–224.

Костюк В.О., канд. техн. наук, доц., **Тиндирика Ю.О.**, магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна
**КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ
ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВКИ, ОСНАЩЕНОЇ ГІДРАВЛІЧНИМ
АКУМУЛЯТОРОМ**

Вітроенергетика є однією з найбільш розвинених сфер практичного використання природних відновлюваних енергоресурсів. Значне поширення вітроенергетичних установок (ВЕУ) пояснюється їх універсальністю у використанні в порівнянні з іншими відновлюваними енергоджерелами. Вони можуть працювати автономно, а також бути приєднаними до розподільної електромережі.

Особливістю роботи автономних вітроелектрогенераторів є їх ізольованість від системи централізованого електропостачання. Серед основних недоліків – мала щільність енергетичного потоку і мінливість у часі робочих характеристик ВЕУ. Перша обставина змушує розширювати площу, зайняту вітроенергоустановками, що утворюють «вітрополе». Через другу обставину необхідним є резервування енергетичних установок за допомогою інших джерел, або акумуляторів [1].

Основними є два способи резервування: акумуляторне резервування і використання інших джерел електроенергії в якості резерву [2]. Використання паливних електростанцій, таких як дизельні та бензинові електростанції, призводить до того, що автономна система енергопостачання перестає бути екологічно чистою [3].

Акумуляторне резервування в переважній більшості випадків здійснюється із застосуванням електрохімічних акумуляторних батарей (АБ), які є компактними і мають високий ККД. Недоліками, такого резервування є: висока вартість електрохімічних акумуляторів і обмежена кількість циклів заряду-розряду [4].

У зв'язку з цим розробляються перспективні акумулятивні системи, які не потребують високих грошових витрат на акумуляцію енергії. До них належать акумулятори потенційної енергії на основі піднятого на певну висоту тіла, наприклад води. Однак вони мають дуже низькі показники енергоємності, тому запасання достатнього обсягу енергії зазвичай потребує спорудження громіздких конструкцій водонапірних веж.

Використання гідроакумуляторів та/або розташованих на висоті резервуарів дає змогу уникнути проблеми пошуку необхідного місця для розташування ВЕУ, а також може вирішити проблему постачання води, якщо об'єднати системи електропостачання та водопостачання у єдину комбіновану систему енергопостачання. У разі відсутності водоймищ можливим є використання підземних вод.

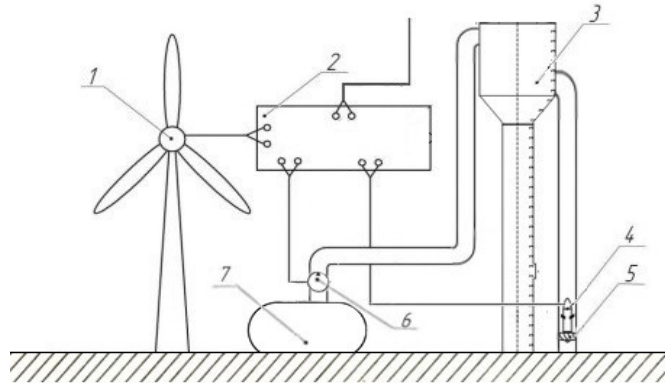
На рисунку зображена схема вітроелектростанції з використанням гідравлічного акумулятора електроенергії, де позначено: 1 – вітроелектроустановка, 2 – блок управління і перетворення струму, 3 – ємність для накопичення води, 4 – електрогенератор, 5 – гідротурбіна, 6 – насос, 7 – джерело води. Система працює таким чином:

1. Накопичення енергії. Якщо вироблена вітроустановкою енергія не використовується споживачем, або використовується частково, то отриманий від вітрогенератора струм використовується для живлення електродвигуна насоса. Насос перекачує воду в ємність водонапірної башти. Накопичення води припиняється у разі зупинки вітрогенератора, заповнення ємності, або якщо споживачеві потрібна вся електроенергія, що виробляється вітрогенератором.

2. Використання накопиченої енергії. Якщо вітрогенератор не здатен забезпечити споживача необхідним обсягом електроенергії внаслідок недостатньої швидкості вітру, або його відсутності, то вода з ємності починає надходити до гідроагрегату. Потік води

обертає гідротурбіну, яка з'єднана з якорем електрогенератора. Електрогенератор виробляє електроенергію, яка надходить на блок управління і перетворення струму, а потім до споживача.

Обсяг електроенергії, виробленої гідротурбіною, залежить від витрати води,



напору, обсягу резервуара. Потужність на валу гідротурбіни визначається за виразом:

$$N_T = gQ_T H_T \eta_T, \quad (1)$$

де g – прискорення вільного падіння, Q_T – витрата води, H_T – напір, η – ККД турбіни.

Висновки

Швидкий розвиток альтернативних технологій енергопостачання, вітроенергетики зокрема, стримується через мінливість робочих характеристик вітрогенераторів, зумовлені стохастичною природою енергії вітру. Зазвичай безперервність електропостачання забезпечують шляхом резервування вітроустановок. Акумуляування енергії, що виробляється вітроелектростанціями, є одним із ефективних способів підвищення надійності електропостачання споживачів. Застосування електрохімічних АБ, незважаючи на такі переваги як компактність і високий ККД, має значні недоліки, зумовлені високою початковою вартістю та обмеженим числом циклів заряд-розряд й необхідністю періодичної заміни. Вітроенергетична установка, оснащена водонапірною вежею (резервним накопичувачем) з метою підвищення ефективності комбінованої системи збільшує можливості застосування ВЕУ малої потужності в системах енергопостачання автономних об'єктів.

Список використаної літератури

- 1.Квитко А.В., Семенов Я.А., Отмахов Г.С. Автономные ветроэлектрические установки и системы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета – 2015, – №112. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/72.pdf>
- 2.Kostiuk, Vasyl. Economic and mathematical modeling to optimize competitive renewable technologies expansion plan / Vasyl O.Kostiuk // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017. – 6 p., DOI: 10.1109/UKRCON.2017.81005202017.
- 3.Воронин С.М., Бабина Л.В. Анализ автономных ветроэлектростанций // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. –№1. – С. 15-20.
- 4.Воронин С.М., Закиров И.В. Аккумуляирование энергии в ветроустановке // Вестник аграрной науки Дона. – 2013. – №4. – С. 26-30.

References

- 1.Kvitko A.V., Semenov Ya.A., Otmakhov G.S. Autonomous wind power installations and systems // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University – 2015, – №112. - Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/72.pdf>
- 2.Kostiuk, Vasyl. Economic and mathematical modeling to optimize competitive renewable technologies expansion plan / Vasyl O.Kostiuk // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017. – 6 p., DOI: 10.1109/UKRCON.2017.81005202017.
- 3.Voronin S.M., Babina L.V., The analysis of stand-alone wind-driven electric power stations// Bulletin of Don Agrarian Science. – 2010. –№1. – P. 15-20.
- 4.Voronin S.M., Zakirov I.V., Energy storage in wind installations // Bulletin of Don Agrarian Science. – 2013. – №4. – P. 26-30.

Костюк В.О., канд. техн. наук, доц., **Протащик О.В.**,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В Україні швидкими темпами зростає частка альтернативної енергетики. За рік загальна потужність об'єктів відновлювальної енергетики збільшилася більш як на 10% – до 1,5 ГВт. Згідно з даними Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП) в Україні протягом першого кварталу 2018 року введено в експлуатацію близько 159 МВт нових генерувальних потужностей з використанням поновлюваних технологій, що у 2,4 рази перевищує результати першого кварталу 2017 року [1]. За попередніми оцінками орієнтовна сукупна вартість цих інвестиційних проектів становить від 300 до 500 млн. дол.США.

З метою визначення доцільних обсягів виробництва теплової та електричної енергії енергетичними об'єктами на основі технологій відновлюваної енергетики (ТВЕ) та визначення пріоритетності розвитку (конкурентоздатності) основних ТВЕ, розроблено оптимізаційну двопродуктову економіко-математичну модель розширення існуючого виробництва галузі з розподілом інвестиційного капіталу, спрямованого на розвиток технологій виробництва теплової та електричної енергії: з біомаси та біогазу, з використанням теплоти геотермальних вод, малих ГЕС, енергії вітру та сонячного випромінювання.

Важливим етапом розроблення розрахункової моделі є створення її інформаційного забезпечення (ІЗ), що дає змогу перевірити модель на адекватність в режимі тестових розрахунків та виконати розрахунки відповідно до обраних прогнозних сценаріїв розвитку енергетичного сектора з упровадженням нових технологій генерування.

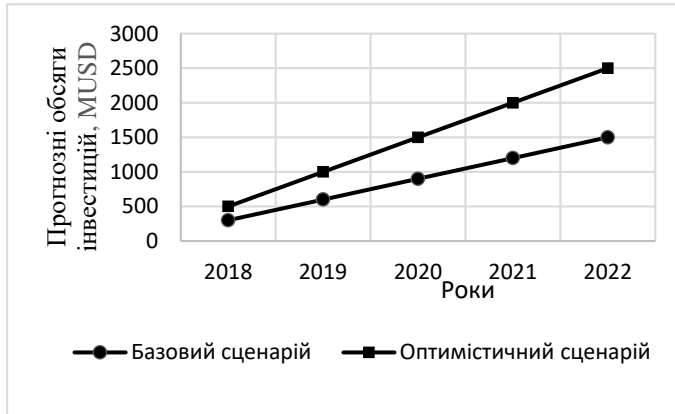
Алгоритм пошуку оптимального розв'язку економіко-математичної моделі виконує розподіл основних й обігових фондів, що обслуговують функціонування галузевих технологічних способів (забезпечують функціонування технологій генерування за умов дотримання проектних технічних та економічних показників) – відповідно до обсягу інвестиційного капіталу, спрямованого на розвиток галузі [3].

Основа інформаційного забезпечення моделі становлять прогнозні значення технологічних коефіцієнтів витрат і втрат електричної і теплової енергії у кожному технологічному способі і виробництва електричної, теплової енергії, або комбінованого виробництва електричної і теплової енергії на основі ТВЕ, а також показники питомих витрат палива та енергетичних ресурсів. Не менш важливою складовою є серія проміжних досліджень щодо визначення фондомісткості кожної екологічно-чистої технології: основних та обігових фондів, фондів оплати праці та інших витратних компонент. Їх виконано на підставі попередньо обчислених оцінок собівартості виробництва теплової та електричної енергії новими енергетичними об'єктами – за всіма технологіями із набору, охоплених технологічними способами моделі.

Протягом 2017-го року спостерігалася позитивна тенденція до зменшення собівартості виробленої вітрової та сонячної енергії, яка в середньому по світу знизилася на 18%. За дев'ятирічний період оцінки глобального рівня середньозваженої ціни виробництва електричної енергії (приведеної собівартості, визначної на основі моделі життєвого циклу LEC – Levelized Energy Cost) для фотоелектричної сонячної енергетики

знизився на 77%, для материкової вітроенергетики – на 38%. Станом на початок 2018 року середньосвітовий рівень цін становить: для об'єктів сонячної енергетики – 70 дол.США/МВт*год, для материкових вітрових електростанцій (ВЕС) – 55 дол.США/МВт*год, для офшорних ВЕС – 118 дол.США/ МВт*год [2].

Розрахунки з використанням моделі виконано за песимістичним сценарієм прогнозу надходження інвестиційних коштів, спрямованих на фінансування проектів будівництва нових генерувальних об'єктів на основі ТВЕ у період до 2020 року включно [4]. Обчислення максимально досяжних обсягів виробництва здійснено за умови обмежень на раціональне використання паливних і енергетичних ресурсів з урахуванням фондомісткості кожної технології.



Відповідно до ймовірних сценаріїв надходжень інвестиційних коштів, що спрямовуються на розвиток ТВЕ (зображено на рисунку), оптимізаційні розрахунки виконуються з використанням оптимізаційної програми *Lp_solve* [3]. Оброблення даних, яке супроводжує оптимізаційний розрахунок, виконується засобами табличного процесора *Excel*.

Висновки

Застосування результатів роботи дасть змогу оптимізувати систему державної підтримки розвитку ТВЕ, визначити пріоритетні напрямки та доцільні обсяги їх впровадження в системах забезпечення тепловою та електричною енергією споживачів України.

Список використаної літератури:

1. В Україні зростає частка відновлюваної енергетики [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://zik.ua/news/2018/03/28/v_ukraini_zroslo_chastka_vidnovlyuvanoi_energetyky__nkrekp_1294035.
2. Tumbling Costs for Wind, Solar, Batteries Are Squeezing Fossil Fuels [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://about.bnef.com/blog/tumbling-costs-wind-solar-batteries-squeezing-fossil-fuels>.
3. Добровольский В. К. Эффективность применения экономико-математических моделей. – В кн. Аграрно-промышленные комплексы (Проблемы развития и оптимального функционирования). – К.: Наукова думка, 1976, с. 219-245.
4. Kostiuk, Vasyl. Economic and mathematical modeling to optimize competitive renewable technologies expansion plan / Vasyl O.Kostiuk // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017. – 6 p., DOI: 10.1109/UKRCON.2017.81005202017.

References:

1. V Ukraini zroslo chastka vidnovlyuvanoi energetiki. Available at: https://zik.ua/news/2018/03/28/v_ukraini_zroslo_chastka_vidnovlyuvanoi_energetyky__nkrekp_1294035.
2. Tumbling Costs for Wind, Solar, Batteries Are Squeezing Fossil Fuels. Available at: <https://about.bnef.com/blog/tumbling-costs-wind-solar-batteries-squeezing-fossil-fuels>.
3. Dobrovol'skij V. K. Effektivnost' primeneniya jekonomiko-matematicheskikh modelej.// Agrarno-promyshlennye komplekxy (Problemy razvitiya i optimal'nogo funkcionirovaniya) // Naukova dumka, 1976, p. 219-245.
4. Kostiuk, Vasyl. Economic and mathematical modeling to optimize competitive renewable technologies expansion plan / Vasyl O.Kostiuk // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017. – 6 p., DOI: 10.1109/UKRCON.2017.81005202017.

УДК 621.311.001 + 621.316.13

Vasyl KOSTIUK, PhD

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

SUBOPTIMAL AND ECONOMIC FREQUENCY CONTROL APPLICABLE FOR INTERCONNECTED ENERGY SYSTEM

Interconnected power system (IPS) stability is one of the strategic issues much influencing the state energy independence today. The problem of IPS reliable functioning became even more dramatic after Ukrainian authorities approved the strategic plan to join the European Network of Transmission System Operators (ENTSO-E) during the coming decade. An incidental system's frequency deviations comprise the matter of concern here: frequency deviation value should be controllable not to exceed the critical values with respect to the scheduled one [1].

We need to provide active power balancing in terms of economically efficient supply and consuming of electricity (herewith thermal energy consumption is treated as a co-product) – by means of relevant frequency control within the requirements drawn by the 3-d European Energy Package thus to comply the key conditions of IPS dependable operation. The paper presents a technical approach for adjusting the frequency gain value of the Area Generation Controller (AGC) basing on the use of the best approximation of the static power frequency characteristics of the IPS. We propose the reasonable method, which is stemming from continuous monitoring results and the vast practical experience obtained by the engineers at the dispatch center of National Grid Operator – State Company NEC “Ukrenergo” [2].

Information uncertainties are the main difficulties, lying in wait for dispatchers, providing control of power and frequency in the steady-state modes of the IPS. Namely, the dispatcher does not get any information about instant *small power imbalances value* and in what particular area (regional subsystem, coordinated by RSO or TSO) that steady-state power imbalance has occurred. This urgently needed information being the key issue to comply the requirements, stipulated by ENTSO-E provisions (Operating Handbook, P1, [1]) for secondary control: each area (RSO) is obliged to compensate its inner frequency disturbances, if occurs, by means of controllable blocks, and should not to react to the disturbances of the neighboring areas. Simultaneously, if the inner disturbance occurs, the deviations of net interchange power flows should minimized with respect of the planned value. This specific feature of complicated control process is reasonably treated as AGC *selectivity* towards the location of disturbance [3].

Given the approach, the AGC of each control area is supposed to participate in the processes of secondary control of synchronous frequency, eliminating internal imbalances. However, in the case when AGC is not available or inactivated, the dispatcher does predominantly act by intuition, still being far from the optimal routine.

Mathematically the dispatching conditions for steady-state modes with respect of power and frequency we write in the form of simple equations [4]:

$$\begin{aligned} P_{Li}^{\Sigma}(f) - P_{Tj}^{\Sigma}(f) &= 0; \quad f - f_{plan_value} = 0; \\ P_{OHL1}^{\Sigma}(f) - P_{plan1}^{\Sigma} &= 0; \dots P_{OHLz}^{\Sigma}(f) - P_{planz} = 0 \end{aligned} \quad (1)$$

where $P_{Li}^{\Sigma}(f)$ – is the network electrical power of IPS, MW, consumed with n distributed consumers, $i = \overline{1, n}$; $P_{Tj}^{\Sigma}(f)$ – net value of total mechanical power of IPS, MW, represented with

turbines (primary engines) of m operated generators, $j = \overline{1, m}$; $P_{OHL1}^{\Sigma}(f)$ – subtotal instant frequency dependent interchangeable power netflow of the intersystem connection number 1, MW, supplied by means of k overhead lines; $P_{OHLz}^{\Sigma}(f)$ – an instant frequency dependent interchangeable power netflows of the intersystem connection number z , MW, supplied by means of l overhead lines; P_{plan1}^{Σ} , P_{planz} – planned values of power flow for intersystem connections number 1 and z respectively, MW; $f - f_{plan_value}$ – a steady-state frequency deviation, given the instant and planned frequency values f and f_{plan_value} , Hz.

Technically, the solution of problem (1) is provided by means of primary and secondary automatic control of IPS regimes with respect of power and frequency: once a rotating reserves specified for power automatic control are exhausted, or sustained activation of secondary control is expected – tertiary reserve's activation is needed, which is operated manually or due to time-scheduled procedure.

As far as interconnected power system of Ukraine (IPSU) is not equipped with AGC yet, the power and frequency control problem for normal steady-state modes of the IPSU entirely laid on the operational staff and engineers of technological services, responsible for energy regimes continuity through preparing the necessary data for dispatchers.

Conclusions

Here we stipulate that suboptimal control of IPS frequency is attainable technically and economically when the AGC frequency gain is set as much closer to the *stiffness factor value* of the IPS static characteristic, computed as the algebraic difference of the biases of the static characteristics of net mechanic and network electrical power. Enhanced AGC gain tuning will provide AGC selectivity conditions more accurately.

Both cases of isolated power system and IPS with two synchronous areas have been considered to demonstrate that ENTSO-E Policy requirements towards load-frequency control are eligible and satisfied, and no extra fuel resources for excessive cross-border power flows' generation should be spent. However, feasible techniques capable to determine the IPS stiffness factor with respect to the frequency should be developed further to implement the proposed approach.

References

1. ENTSO-E Operation Handbook – Policy 1: Load-Frequency Control // UCTE OH Policy – Final Version. Approved by SC on 19 March 2009. –33p. – Available at: https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/entsoe/Operation_Handbook/Policy_1_final.pdf.
2. Kostiuk V.O., Sidorov O.F. The Method of Optimum Secondary Frequency Regulating and Power Control. – Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu. – Vinnytsia: VNTU, 2017. – № 6(135). – P. 105-110. [in Ukrainian].
3. Intellectualnye elektroenergeticheskie sistemy: elementy i rezhymy: [Intellectual power systems: components and regimes]. Edited by A.V. Kyrylenko, acad of NAS, Ukraine / Institute of electrodynamics, NAS of Ukraine, 2014. – 408p. [in Russian].
4. Sidorov A.F. Raschet posleavariynykh rezhymov energosistemy po parametram pervichnykh chastotnykh kharakteristik // Kiev: Energetika I elektrifikatsia.– 2003.– №7.– P. 25-33. [in Russian].

Список використаної літератури

1. ENTSO-E Operation Handbook – Policy 1: Load-Frequency Control // UCTE OH Policy – Final Version. Approved by SC on 19 March 2009. –33p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/entsoe/Operation_Handbook/Policy_1_final.pdf.
2. Костюк В. О., Сідоров О. Ф. Спосіб оптимального вторинного регулювання частоти та потужності. – Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – № 6(135). – С. 105-110.
3. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы: Под общ. ред. Акад. НАН Украины А.В. Кириленко / Ин-т электродинамики НАН Украины, 2014. – 408с.
4. Сидоров А.Ф. Расчет послеаварийных режимов энергосистемы по параметрам первичных частотных характеристик // Киев: Энергетика и электрификация.– 2003.– №7.– С. 25-33.

Круцяк М.О., аспірант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПОЛІТИКА У ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Вступ. Вже понад 20 років національна економіка спрямована на реалізацію програми інтеграції ОЕС України в об'єднання енергосистем країн Європи UCTE. У результаті вдалося підключити Бурштинський енергооб'єкт на паралельну роботу з енергооб'єднанням UCTE. Однак процес такої інтеграції передбачає проведення не тільки регламентних технічних робіт з підключення, а й цілої низки інших, серед яких проведення політики технологічного переоснащення галузі у перспективі. З урахуванням відведеного для цих цілей відтинку часу, який відноситься до довгострокового, у підсумку мали б мати місце суттєві досягнення і трансформаційні ефекти на рівні всієї електроенергетики, а не лише її незначної частини. Успішний досвід реалізації такої політики свого часу продемонстрували всі країни-учасниці UCTE. Наукові доробки за проблематикою технологічного розвитку електроенергетики України здійснювалися вітчизняними та зарубіжними науковцями. Вагомі напрацювання мають такі міжнародні організації, як ENTSO-E, Європейська комісія ЄС, Європейський Енергетичний Союз, Євратом і Міжнародне енергетичне агентство.

Основні результати дослідження. Прискорений технологічний розвиток будь-якої галузі економіки не дарма часто ототожнюють з успішними результатами проведення технологічної політики, під якою слід розуміти систему завдань, що поставлені у відповідності до національних цілей і пріоритетів, а також містять відповідні механізми їх досягнення (заходи, методи та інструменти) як на загальнодержавному рівні, так і на регіональному рівні і рівні окремих суб'єктів господарювання. Електроенергетика не є виключенням і її перспективний розвиток потребує здійснення такої політики. Політику, спрямовану на забезпечення технологічного розвитку, у тому числі в електроенергетиці, слід розглядати як таку, що має два вектори дії: науково-технологічний і промислово-технологічний. Перший діє з метою розвитку наукового забезпечення умов функціонування галузі шляхом генерування інноваційних ідей і накопиченні попереднього досвіду і знань в освітніх, наукових, науково-дослідних і науково-виробничих установах, інститутах. Другий же – задля створення умов подальшої реалізації науково-технологічних знань у формі практичних технологічних і технічних рішень в електроенергетиці для їх впровадження на мікрорівні – рівні промислового електроенергетичного машинобудування та електроніки/автоматики. Таким чином технологічна політика має бути врахована загальнодержавною соціально-економічною політикою, стратегіями, а також базуватися на своєчасній ідентифікації актуальних проблем розвитку національної економіки у цілому й вбачати їх вирішення безпосередньо на секторальному і на мікрорівнях. Тому, тільки у результаті проведення правильної технологічної політики розвитку електроенергетики вбачається можливим отримання ефективного своєчасного технологічного оновлення галузі на мікро-, мезо- і макроекономічному рівнях.

З низки причин (критично високий рівень фізичного зносу основних виробничих засобів в електроенергетиці України [1] і стала тенденція його підвищення) технологічну політику розвитку електроенергетики України не можна вважати ефективною. Однією з основних причин її низької ефективності є вкрай низький рівень фінансового забезпечення. Так, світові лідери за показниками інноваційного та економічного

розвитку, – Японія, США і Китай, – бюджетують науково-дослідницьку діяльність на рівні, що відповідає 3,33 %, 2,79 % та 1,43 % від ВВП відповідно. В ЄС така практика є ще більш розповсюдженою: в середньому на рівні 3 % від ВВП, а у таких країнах як Ізраїль і Швеція – навіть перевищує 4 %. Що ж стосується України, посилаючись на Закон України "Про науку та наукову діяльність" держава має забезпечувати бюджетне фінансування наукової та науково-технічної діяльності в обсязі, не меншому ніж 1,7 % ВВП України, але фактичні бюджетні видатки не відповідають зазначеному рівню й становлять менше 1 % ВВП, не кажучи вже про те, що ВВП наведених країн й України не коректно співставляти. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є залучення вітчизняних освітніх, науково-дослідних і виробничих установ до міжнародних дослідницьких програм, що могло би надати можливість забезпечення достатнього рівня фінансування наукових досліджень і належного рівня наукової кооперації у сфері наукових досліджень з європейськими партнерами.

Ще однією з причин низької ефективності реалізації технологічної політики в Україні є низький рівень організації між учасниками процесу технологічного розвитку в галузі, причиною чому є прірва у відносинах між новаторами, розробниками технологій, виробниками готових вирішень/обладнання і споживачами. Такий ланцюг «від ідеї до споживача» є необхідною умовою розвитку всіх галузей економіки у перспективі й електроенергетики, зокрема. Такий традиційний принцип реалізації технологічної політики досить ефективно реалізований в ЄС та інших економічно успішних країнах світу. Особливої уваги, як зразок здійснення відповідної політики, заслуговує європейський досвід в управлінні технологічним розвитком електроенергетики в ЄС, де в рамках галузевої стратегії «Energy 2020: A strategy for competitive, sustainable and secure energy» технологічна політика подана у формі короткострокового плану розвитку стратегічних енергетичних технологій (SET-Plan – Strategic energy technology plan) [2], який слід ретельно вивчити й почати вже реалізовувати, адже з 2018 року цей захід є однією з вимог ENTSO-E до вітчизняної електроенергетики щодо короткострокового планування й реалізації положень розвитку галузі з урахуванням низки технологічних та екологічних вимог.

В Україні ж криза в реалізації технологічної політики набула настільки значного масштабу, що під загрозою існування опинилася ціла ланка ланцюга «від ідеї до споживача» – виробники готових рішень, у тому числі підприємства важкого і електроенергетичного машинобудування України. Така ситуація потребує невідкладних дій з боку влади, адже в протилежному випадку далі мова буде йти не про відновлення цієї ланки, а про її імпортозаміщення або її створення з нуля. В обох випадках Україна не буде у змозі забезпечувати технологічне оновлення електроенергетики і цілих секторів економіки, особливо у довгостроковому періоді. Звісно, підтримка технологічної політики у такий спосіб можлива, але тільки тимчасово.

Висновки: Проблема наявних обмежень у розвитку технологій, необхідних для забезпечення сталого розвитку електроенергетики України, може бути частково вирішена за рахунок міжнародної кооперації й відновлення всього ланцюга «від ідеї до споживача», що у першу чергу вимагає збереження підприємств електроенергетичного машинобудування і силової електроніки/автоматики.

Список використаної літератури:

1. План розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на 2016-2025 роки [ел. ресурс]. – Доступно з: <https://drive.google.com/file/d/0BwZR8kgLwyBtMjA2SHM4cWY3Nmc/view>.
2. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - A European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) "Towards a Low Carbon Future" [ел. ресурс]. – Доступно з: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/2009/7865.pdf.

MEASURES FOR SUPRESION APERIODIC CURRENT COMPONENT AT SWITCHING EXTRA-HIGH VOLTAGE LINES 750 kV BY SF₆ BREAKERS

General characteristics of the problem. In main power electrical networks of Ukraine, the replacement air circuit breakers on sulfur hexafluoride (SF₆) circuit breakers were implemented. This modernization is due to the fact that the modern electrotechnical industry does not manufacture air switches and, in case of accident, repairs these breakers and renews electrical supply will be impossible. In comparison with air circuit breaker, the SF₆ has certain advantages, the main ones being the speed and high switching power, as well as the possibility of installing an additional control switching device and pre-insertion resistors. The switching point of an SF₆ circuit breaker is a probabilistic parameter and it is impossible to perform switches at the required moment without the use of controlled switching. Such a disadvantage during the operation led to emergency situations, including the appearance of aperiodic (AP) current component at electromagnetic transients [1-3]

The aim of article is to study the conditions for the appearance of unacceptable values and the duration of the AP current component of the transition process to avoid damage of the poles SF₆ circuit breakers. This goal implies developing measures to prevent possible emergency situations in extra-high voltage lines 750 kV.

Proposed approach to problem solving. In this work, the modes of operation of switch are considered in the fast "on/off" cycle of the pause a three phase automatic reclose of extra high voltage line 750 kV, when at the moment of connection in the current of the switch there is mainly AP component whose value is not more than several hundred amperes. The presence of a significant AP causes long burning of the arc on the contacts and, as a result, a significant increase in the temperature of the gas and the growing of pressure inside the arc camera. The contacts of the switch during long burning of the arc can boil with each other. So, the initial value of the AP current component, for example in phase A (Fig.1), depends on the moment of closing the contacts of the switch. The permissible value of AP component for SF₆ circuit breakers 750 kV is 58% of total current at the transition process.

One of the solutions to mitigate the risk related to the magnitude and duration of AP component is pre-insertion resistors (PIR). There are basically two different PIR configurations: parallel and series. In parallel PIR configuration, the resistor switch is in series with the resistor bank, and both are in parallel with the circuit breaker interrupter, where the interrupter operation follows the PIR switch operation. In a series PIR configuration, the resistor switch is in series with the circuit breaker interrupter but in parallel with an overhead line. The second traditional measure to reduce the magnitude and duration of AP component is energizing overhead line by controlling the closing moments of the circuit breaker poles [3]. The purpose of this device is to close and/or unlock the terminals of the switch at the required point of the sinewave of the current or voltage. It should be noted that ABB (Asea Brown Boveri Ltd.) has developed switching device SwitchSync F236 [3], which is intended for SF₆ switches with polar control.

It should be noted that nowadays don't exist studies in which compare the effectiveness of the PIR using of different designs in combination with a controlled switching device for suppressing the AP current component. The (Fig.2) shows the results of comparing the efficiency of the application of two designs of PIR in combination with a control switching device. As can be seen from (Fig. 2), when using a PIR connected in series to the circuit breaker, it will be possible to suppress the AP component and, consequently, such a measure can be recommended for installation on extra-high voltage lines.

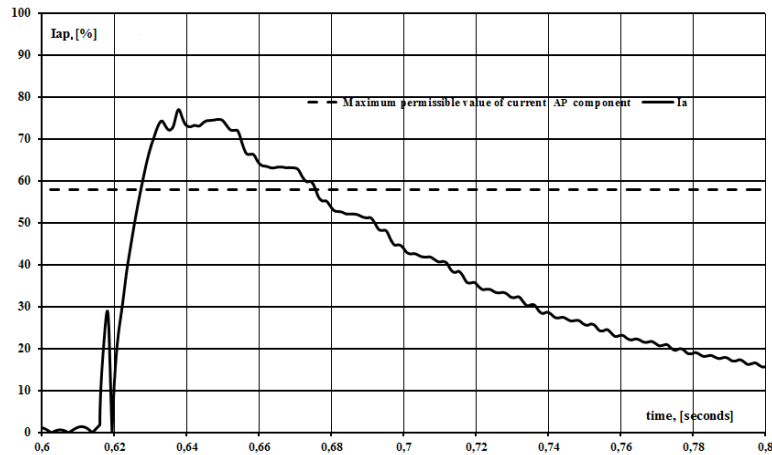


Figure 1 – Excess the current AP component the maximum permissible value

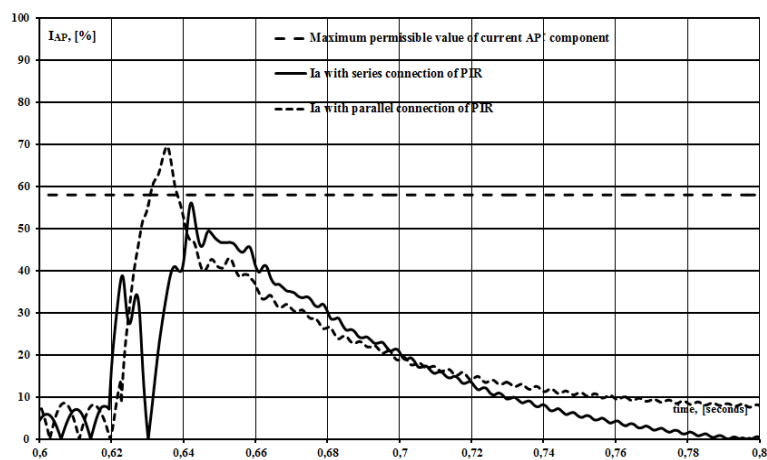


Figure 2 – Comparison the effectiveness of the PIR using of different designs in combination with a controlled switching device

Conclusions.

Thus, although the replacement of the traditional air circuit breakers on SF₆ as rule, leads to an increase reliability of electrical supply, nevertheless, it can be concluded that it is necessary to perform before the modernization the preliminary analysis of transient processes arising from switching, in particular the value of the current aperiodic component. The measure for preventing failures caused by the inability of the SF₆ circuit breaker poles to interrupt current that does not cross zero for a long period of time due to the presence of large aperiodic component is suggested.

References

1. Tugay Y.I., Mel'nychuk V.A. Transients in power distribution devices with SF₆ breakers // Pratsi Instytutu elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy – 2014. – №39. – P. 5–9.
2. Beanland M, Thomas S., Rostron P. Pre-insertion resistors in high voltage capacitor bank switching // Proceedings of international conference on western protective relay– 2004. – P. 1–12.
3. Controlled Switching // Buyers & Application Guide, Edition 3.1. ABB. – 2010. – P. 54.

Список використаної літератури

1. Тугай Ю.І., Мельничук В.А. Перехідні процеси в розподільчих пристроях електростанцій з элегазовими вимикачами // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України – 2014. – № 39. – С. 5–9.
2. Beanland M, Thomas S., Rostron P. Pre-insertion resistors in high voltage capacitor bank switching // Proceedings of international conference on western protective relay– 2004. – P. 1–12.
3. Controlled Switching // Buyers & Application Guide, Edition 3.1. ABB. – 2010. – P. 54.

Миколук О.А., канд. екон. наук, доц.,
Хмельницький національний університет, Україна

ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА В КОНТЕКСТІ ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КЛАСТЕРНИХ УТВОРЕНЬ

Вступ Активізація інноваційної діяльності передусім пов'язана із загостренням проблем енергозабезпечення країни, пошуком рішень, які дадуть поштовх для розвитку нових енергоефективних технологій та реалізації нових можливостей. Крім того, дана проблема загострюється в результаті зростання конкуренції, яку поглиблюють світові процеси глобалізації. Саме тому, створення конкурентоспроможної та енергоефективної економіки України значною мірою залежить від стабільного забезпечення власними енергетичними ресурсами, стану функціонування та розвитку матеріальної і нематеріальної сфер виробництва, що безпосередньо впливає на конкурентоспроможність вітчизняної продукції, а, отже, і на енергетичну безпеку держави. Формування інноваційних кластерних структур є запорукою досягнення сталого розвитку регіонів, позитивних зрушень в енергетичній, екологічній та соціальній сферах. Проблеми розвитку інноваційної кластерної концепції останнім часом широко висвітлюються як іноземними, так і вітчизняними науковцями [1-4]. Проте методологічні питання щодо розбудови енергетичних кластерів задля стійкого розвитку регіонів на інноваційній основі мало опрацьовані.

Метою статті є аналіз досвіду формування та практичної реалізації інноваційних енергетичних кластерних утворень, а також обґрунтування можливостей використання систем кластерів у контексті забезпечення енергетичної безпеки України на засадах інноваційного розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження Формування і розвиток інноваційних енергетичних кластерів є ефективним інструментом для розроблення і реалізації комплексної політики енергоефективності на підприємствах галузі, що входять до складу інноваційного енергетичного кластера. Розвиток кластерів дозволяє забезпечити переваги підприємств у виробничих ланцюжках створення вартості, сприяючи підвищенню якості перероблення сировини, що добувається, імпортозаміщенню і зростанню локалізації окремих виробництв, а також підвищенню рівня нецінової конкурентоспроможності товарів і послуг. Формування інноваційного енергетичного кластера, як і будь-якого іншого має здійснюватися з врахуванням ряду факторів. Кластери можуть об'єднувати як невелику, так і значну кількість підприємств, а також формуватися з великих та малих фірм у різних поєднаннях і співвідношеннях. До них доцільно віднести: географічну концентрацію компаній, що працюють у певному напрямку бізнесу; конгломерацію великих та малих фірм, частина з яких є власністю іноземців. Кластери виникають у традиційних базових галузях, високотехнологічних напрямках, виробничо-комерційному секторі і у сфері послуг. Центром формування є університет чи група науково-дослідних структур.

Концептуальна схема структури інноваційного кластерного утворення (рис. 1) показує складові, що забезпечують ефективність його діяльності.

Інноваційний енергетичний кластер є засобом, який дає можливість подолати замкнутість, інертність, негнучкість між суб'єктами господарювання за умов створення сприятливого навколишнього середовища, що має велике значення для вироблення якісної енергетичної стратегії розвитку регіону.



Рисунок 1 - Концептуальна схема структури інноваційного кластерного утворення [4]

Кластер створює винятково сприятливі умови для розвитку спеціалізованих виробництв, насамперед, обслуговуючого й підтримуючого характеру та організацій-постачальників енергетичних послуг.

Висновок Відтак, кластерний підхід є ефективним засобом підвищення конкурентоспроможності, сприяє зростанню життєвого рівня населення, активізації бізнесу, нарощуванню інноваційно-технологічного потенціалу, поліпшує інвестиційний клімат. Таким чином, спрямованість України у площині енергоефективності є найважливішим ресурсом і гарантом формування необхідного енергетичного потенціалу для забезпечення енергетичної безпеки та подальшого інноваційного розвитку держави і суспільства.

Список використаних джерел

1. Войнаренко М.П. Кластери в інституційній економіці: монографія / М.П. Войнаренко. – Хмельницький: ХНУ, ТОВ «Триада-М», 2011. – 502 с.
2. Соколенко С.І. Кластери в глобальній економіці / С.І. Соколенко. — К.: Логос, 2004. — 848 с.
3. Вишнякова О.Н. Структура энергетического кластера: организационно-управленческий аспект / О.Н. Вишнякова, А.В. Абрамова // Энергетика Татарстана. – № 1. – 2010. – С. 64-72.
4. Ильчук В. П. Кластерна стратегія розвитку економіки регіону : монографія / В. П. Ильчук, І. О. Хоменко, І. В. Лисенко. – Чернігів.: Черніг. держ. технол. ун-т, 2013. – 367 с.

References

1. Voynarenko M.P.(2011) Klasteri v instyutsiinii ekonomitsi: monohrafiia [Clusters in the institutional economy]. Khmelnytskyi: KhNU, TOV «Triada-M.» – 502 p.
2. Sokolenko S.I. (2004) Klasteri v hlobalnii ekonomitsi [Clusters in the global economy]/ Kyiv: Lohos – 848 p.
3. Vyshniakova, O.N, Abramova A.V. (2010) Struktura enerhetycheskoho klastera: orhanyzatsyonno-upravlencheskyi aspekt [Energy cluster structure: organizational and managerial aspect]. Enerhetyka Tatarstana. – vol. 1, p. 64-72.
4. Ilchuk V. P, Khomenko I. O., Lysenko I. V. Klasterna stratehiia rozvytku ekonomiky rehionu : monohrafiia [Cluster strategy for economic development in the region]. Chernihiv.: Chernih. derzh. tekhnol. un-t, 367 p.

Мищенко В.А., д-р эк. наук, проф., Клепикова С.В., ст. преп.
Национальный Технический Университет
«Харьковский Политехнический Институт», Украина

ОБЩЕГОСУДАРСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

В данной работе обосновывается целесообразность совершенствования на государственном уровне законодательной и нормативной базы стимулирования модернизации электроприводов (ЭП) машин и механизмов с учетом специфики ЭП, как средства оптимизации технологического процесса. Отмечена некорректность оценки экономии электроэнергии (ЭЭ) лишь по показателям счетчика по месту модернизации до нее и после. Показано общегосударственное значение экономии ЭЭ в предшествующем (а иногда и последующих) звеньях технологического процесса (ТП), превышающей (иногда в 10-50 раз) экономию, зафиксированную по счетчику. Поясняется сущность синергетического и умножающего эффекта повышения энергоэффективности при модернизации. Указано на необходимость учета вышеуказанных факторов при выполнении энергоаудита и выработке рекомендаций по управлению энергоэффективностью электрооборудования предприятия

Украина относится к числу стран средней обеспеченности энергетическими ресурсами [1]. 67% природного газа, 57% нефтепродуктов, 70% ядерного топлива и даже значительная доля угля поступают в виде импорта, на что расходуются очень большие валютные средства, острая нехватка которых ощущается в сферах науки, образования, здравоохранения, социального обеспечения и др.

Осознанием необходимости экономии энергетических ресурсов (ЭРС) на государственном уровне стали меры по правовому и нормативному обеспечению экономии энергетических ресурсов. В 1994 году был принят закон Украины «Об энергосбережении», а к настоящему времени еще 15 законов, издано 6 указов Президента, принято 35 постановлений Кабинета Министров, утверждено более 150 нормативных актов, создавались и упразднялись соответствующие общегосударственные и региональные структуры [2]. Важной научной составляющей стали материалы по стратегии энергосбережения в Украине [3]. Однако несмотря на столь активную вышеуказанную деятельность в 2007 г. Украина вышла на 1-ое место в Европе по энергозатратности на единицу ВВП, имея в 3,5 раза худшие показатели, чем в промышленно-развитых и в 2,5 раза- чем в странах Восточной Европы. И в настоящее время, несмотря на определенные сдвиги, вопрос экономии энергетических ресурсов исключительно актуален, т.к. ЭРС не только источник энергии, но и сырьё для производства пластмасс, пестицидов и др. Кроме того, экономия топливных энергетических ресурсов, напрямую связана с улучшением экологии, т.к. на сжигание углеводных ЭРС в мире тратится 17 млрд. т. кислорода и, по некоторым прогнозам, уже в 2050 г. будет ощущаться его недостаток. В Украине на долю энергетического сектора приходится 70% выбросов парниковых газов в атмосферы, при этом 40% приходится на электроэнергетику [4].

Определим роль управления энергоэффективностью электрооборудования в решении проблем экономии энергетических ресурсов в Украине. Хотя на производство ЭЭ расходуется 23% органических энергоресурсов, их экономия за счет экономии электроэнергии чрезвычайно эффективна.

При существующей в Украине изношенности энергоблоков, ухудшении состояния оборудования, качества угля, изменения графика сменности режимов в связи с сокращением промышленного производства КПД многих угольных блоков составляет

28%, а иногда 25% [4]. В [5, 6] показано, что с учетом затрат энергии на добычу и транспортировку ЭРС экономия единицы электроэнергии обеспечивает в энергетическом эквиваленте 5 единиц топливных энергетических ресурсов (даже без учета потерь в сетях при доставке электроэнергии от ТЭС к потребителю). Из общей величины потерь ЭЭ в цепи «передача-использование» основные потери энергии имеют место у потребителя. Основным потребителем ЭЭ является электропривод, на долю которого приходится около 70% всей вырабатываемой ЭЭ.

Из этого следует, что при определении мер управления энергоэффективностью электрооборудования (ЭО) предприятия первоочередное внимание должно быть обращено на ЭП машин и механизмов. Это необходимо не только из-за больших объемов ЭЭ, потребляемой ЭП, но и из-за особого влияния, автоматизированного ЭП на энергоэффективность, как средства оптимизации технологического процесса, которое обладает умножающим и синергетическим эффектом экономии ЭРС. В работах [7, 8] на примерах модернизации: ЭП насосного агрегата на станции второго подъема; четырех ЭП котельного агрегата, мощностью 300кВт; повышения точности регулирования толщины на полосовом прокатном стане «1700»; показано, что любое улучшение показателя технологического процесса обеспечивающее за счет оптимизации средствами регулируемого ЭП даст снижение расходных материалов (воды, газа, экономию металла), а так же намного большую (5-50 раз) экономию ЭЭ, а следственно первичных ЭРС на стадиях производства и транспортировки сэкономленных материалов. Вышесказанное позволяет: 1) сделать вывод о том, что регулируемый ЭП является уникальным средством повышения энергоэффективности работы предприятия; 2) при энергоаудите следует оценивать большую апосредственную экономию ЭРС, как имеющую общегосударственное значение и разработать законодательные и правовые акты, стимулирующие и предусматривающие этот фактор при определении приоритетности модернизации ЭО.

Список использованной литературы

1. Енергетичні ресурси та потоки /за загальн.ред. А.К. Шидловського- Київ: Українські енциклопедичні знання, 2003.-472с.
2. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.. Інтернет ресурс <http://sae.gov.ua/uk/regulations>
3. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах. За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія.-Київ: Академперіодика, 2006.-т.1-510с., т.2 – 600с.
4. Товажнянський Л.Л., Левченко Б.О. Проблеми енергетики на межі ХХІ століття. – Харків НТУ «ХПІ», 2006.-200с.
5. Клепиков В.Б. Розов В.Ю. О роли электропривода в решении проблемы энергосбережения в Украине. Вестник НТУ «ХПИ», «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика».-Харьков.- 2008.-С. 18-21.
6. Клепиков В.Б., Мехович С.А., Клепикова С.В. Экономический, энергосберегающий и экологический аспекты экономии электроэнергии в Украине// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит.-2010.-№12.- С.43-47.
7. Из опыта внедрения энергоресурсосберегающего электропривода в промышленности и ЖКХ Украины /Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Пересада С.М., Садовой А.В. и др. – Харьков: НТУ «ХПІ», 2013.-С.13-15
8. Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення.-Київ:Наш Формат, 2018.-310с.

References

1. Energy resources flows / A.K. Shidlovsky- Kyiv: Ukrainian Encyclopaedic Knowledge, 2003.-472p.
2. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. Internet resource <http://sae.gov.ua/uk/regulations>
3. Energy Saving Strategy in Ukraine: analytical and reference materials in 2 volumes. / V.A. Zhovtyanskogo, M.M. Kulika, B.S. Stognij.-Kyiv: Academperiodika, 2006.-v.1-510p., v.2 – 600p.
4. Tovazhniansky L.L., Levchenko B.O. Problems of power engineering in the interiors of the 21st century. - Kharkiv NTU "KhPI", 2006.-200p.
5. Klepikov V.B. Rozov V.Y. About the role of the electric drive in solving the problem of energy saving in Ukraine. West-nick NTU "KhPI", "Problems of automated electromagnet. Theory and practice".- Kharkov .- 2008.- P 18-21 .
6. Klepikov V.B., Mekhovich S.A., Klepikova S.V. Economic, energy saving and ecological aspects of electricity saving in Ukraine // Energy saving. Power engineering. Energy audit.-2010.-№12.- P.43-47.
7. From the experience of introducing an energy-saving electric drive in industry and housing and communal services in Ukraine / Zagirnyak M.V., Klepikov V.B., Peresada S.M., Sadovoi A.V. and others - Kharkov: NTU "KhPI", 2013.-P.13-15
8. Zagirnyak M.V., Klepikov V.B., Kovbasa S.M., Mikhalsky V.M., Peresada S.M., Sadovoi O.V., Shapoval I.A. Energoeffective electromechanical systems are widely technologically recognized.-Kyiv: Nash Format, 2018.-310p.

Попов В.А., д-р. техн. наук, проф., Ткаченко Ф.В., магістр,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ ВІДНОСНО ВИКОРИСТАННЯ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ.

Широке використання розосередженої генерації сьогодні є загальносвітовою тенденцією і перспективним напрямком розвитку електроенергетики. Є численні дослідження і обширна бібліографія, які обґрунтовують доцільність розвитку розосередженої генерації в плані можливості позитивного впливу на економічність електропостачання, зниження втрат електричної енергії та підвищення її якості. В той же час інтеграція джерел розосередженої генерації (ДРГ) в електричні мережі ставить перед енергокомпаніями ряд принципово нових питань, перш за все, технічного характеру.

Інтеграція РГ в існуючі системи розподілу електричної енергії має значний вплив на умови їх роботи. Характер та ступінь цього впливу суттєво залежать від кількості та потужності підключених ДРГ а також від місця їх приєднання. Інтеграція ДРГ до розподільних мереж створює ряд нових умов їх експлуатації, таких як підвищення напруги, можливе зменшення втрат потужності, проблеми з забезпеченням стабільності та відповідної надійності електропостачання, узгодження роботи засобів релейного захисту та автоматики. Більшість досліджень в цьому напрямку зосереджені на пошук рішення відносно розміщення ДРГ на основі урахуванні переважно одного з зазначених показників.

Всі перераховані характеристики мають різну фізичну природу і одиниці вимірювання. Більш того, при цьому відсутній нормативний показник, який відбиває якість електричної енергії в плані дотримання нормованих рівнів відхилення напруги, а відповідно до стандартів IEEE надійність електропостачання відображається рядом показників. Все це унеможливує використання єдиного критерію економічного характеру, який досить адекватно відображає наслідки застосування розосередженої генерації на умови роботи електричних мереж для можливості техніко-економічного порівняння різних варіантів застосування ДРГ. Зазначені обставини вимагають використання в даному випадку методів багатокритеріального порівняння альтернатив.

На сьогодні є очевидним, що у вітчизняних розподільних мережах існують поки що досить обмежені технічні вимірювальні засоби, що не дозволяють здійснити адекватне моделювання параметрів режиму без урахування фактичного рівня невизначеності інформації. Більш того, значимість даного чинника посилюється в припущенні появи в структурі електричних мереж ДРГ, особливо – якщо вони орієнтовані на використання відновлюваної енергії, що є важливою тенденцією розвитку сучасної електроенергетики.

Значною мірою це відноситься і до питань, пов'язаних з прийняттям оптимальних рішень на основі комплексної (багатокритеріальної) оцінки альтернатив, що в багатьох випадках є основою техніко-економічного порівняння варіантів. У зв'язку з цим інтерес представляє адаптація ряду методів багатокритеріального порівняння альтернатив для умов, коли частина або всі параметри завдання формуються з урахуванням реального рівня невизначеності інформації та представляються, наприклад, у вигляді нечітких множин.

Враховуючи наведені обставини були виконані наступні дослідження.

Розроблено методики для оцінки вихідної потужності відновлюваних джерел енергії, навантажень вузлів розподільної мережі, а, відповідно, і параметрів її режиму з урахуванням невизначеності інформації. Отримані результати дали можливість врахувати фактор невизначеності при визначенні таких показників як втрати потужності і електричної енергії, очікувана величина недовідпущеної електроенергії (що характеризує надійність електропостачання) та надати відповідні оцінки у вигляді нечітких множин з трапецієдальними і трикутними функціями належності.

З метою оцінки характеру впливу ДРГ на відхилення напруги, з огляду на різноманіття можливих ситуацій, пов'язаних як з переналаштуванням (в тій чи іншій мірі) засобів регулювання напруги, так можливістю отримання не тільки позитивного, але і негативного ефекту, були використані відповідні лінгвістичні експертні оцінки. Аналогічний підхід було застосовано і для оцінки очікуваних витрат, пов'язаних з необхідністю переналаштування засобів релейного захисту та автоматики, викликаним появою в мережі ДРГ.

Таким чином, кожен з варіантів застосування ДРГ оцінювався чотирма критеріями, кожен їх яких характеризувався відповідними нечіткими множинами.

Для порівняння альтернативних варіантів інтеграції ДРГ в електричні мережі була проведена адаптація методів TOPSIS і VIKOR до умов, коли вихідні дані представлені нечіткими множинами.

Ідея паралельного використання декількох методів багатокритеріального ранжування альтернатив полягає в наступному. Хоча обидва зазначених метода визначають оптимальне рішення на основі оцінки відстані до, так званого, ідеального рішення, але при цьому зазначена оцінка інтерпретується по-різному. У зв'язку з цим в разі збігу рядів ранжирування альтернатив, отриманих при використанні кожного з методів, є великі підстави для аргументованого вибору оптимального рішення. В іншому випадку виникає необхідність в проведенні додаткових досліджень.

Важливе місце в алгоритмах багатокритеріального порівняння альтернатив займають питання можливості ранжирування ступеня важливості кожного з врахованих при цьому критеріїв. У проведених дослідженнях для цієї мети використовувалося кілька процедур.

Найбільш поширеним на практиці є підхід, пов'язаний з використанням експертних оцінок. Це можуть бути як детерміновані бальні оцінки або оцінки, отримані в процесі попарного порівняння важливості окремих факторів (процедура Саати), так і лінгвістичні оцінки, які представляють у вигляді відповідних нечітких множин. Останній варіант було застосовано при виконанні експериментальних розрахунків.

Разом з тим в даному випадку найбільший інтерес представляє метод, заснований на оцінці ентропії інформації, що використовується при вирішенні конкретної задачі. При цьому з'являється можливість об'єктивної оцінки ступеня важливості критеріїв на основі міри їх впливу на прийняття рішення.

Були проведені експериментальні розрахунки, які показали досить високу ступінь подібності отриманих рядів ранжирування при всіх перерахованих умовах, де певні розбіжності мали місце тільки для варіантів, які мали низькі ранги. Таким чином, можна було з високим ступенем обґрунтованості вибрати єдиний оптимальний варіант, який найбільш гармонійно задовольняє вимогам усіх розглянутих критеріїв.

Перекрест А.Л., канд. техн. наук, доц.,

Чорна В.О., канд. техн. наук, доц., Чеботарьова Є.О., аспірант

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

ПІДГОТОВКА ЕНЕРГОАУДИТОРІВ ДЛЯ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ

Вступ. Енергоресурсозбереження є пріоритетною задачею сьогодення через вичерпність доступних корисних копалин та питання збереження клімату на планеті. Це підтверджується зростанням зацікавленості усіх без винятку розвинених країн у вирішенні проблем енергоефективності та у запровадженні енергоефективних технологій. У останні десять років уряди багатьох країн, у тому числі нашої держави, прийняли низку законів стосовно пріоритетних напрямків розвитку енергетичної сфери. Серед них – закон України «Про енергетичну ефективність будівель», згідно якого стан будівель має відповідати сучасним європейським вимогам енергетичної ефективності. Законом передбачено проведення енергетичного обстеження інженерних систем та сертифікації енергетичної ефективності будівель фахівцями – енергоаудиторами.

Мета роботи. Систематизація вимог для підготовки фахівців з сертифікації енергоефективності та обстеження інженерних систем будівель.

Матеріал і результати дослідження. Згідно з [1] фахівець з аудиту енергетичної ефективності будівель – фізична особа, яка отримала кваліфікаційний атестат та має право на проведення сертифікації енергетичної ефективності; фахівець з обстеження інженерних систем – фізична особа, яка отримала кваліфікаційний атестат та має право на проведення обстеження інженерних систем будівель. Відповідно до статі 9 даного закону професійну атестацію осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем мають проводитися атестаційними комісіями, створеними вищими навчальними закладами або саморегулюючими організаціями у сфері енергетичної ефективності [1].

Відповідно до [3] енергетичний аудит будівлі – технічне обстеження теплоізоляційної оболонки та інженерних систем будівлі (систем опалення, вентиляції, охолодження, кондиціонування, освітлення, гарячого водопостачання, стислого повітря, електропостачання, газопостачання та інших систем будівлі, у яких використовуються будь-які паливно-енергетичні ресурси) з визначенням достовірних даних з реального стану енергоспоживання будівлі, ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів під час експлуатації будівлі (фактичних або розрахункових показників енергетичної ефективності будівлі), що включає проведення аналізу архітектурно-планувальних рішень, встановлення теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку та енергетичних характеристик інженерного обладнання, структури енерговитрат упродовж періоду опалювання та охолодження, визначення відповідності фактичного енергоспоживання нормативним значенням (оцінка відповідності фактичних або розрахункових показників енергетичної ефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівлі), визначення потенціалу енергозбереження, розроблення технічно та економічно обґрунтованих рекомендацій з підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі разом з оцінкою надійності, безпечності, якості та економічності функціонування будівлі та інженерних систем.

Процедура енергетичної сертифікації будівлі полягає у визначенні показників енергоспоживання та визначення класу енергоефективності будівлі [4]. За результатами обстеження будівлі присвоюється клас енергоефективності від А до G, при цьому клас А

відповідає найвищій енергетичній ефективності, клас G – найнижча енергетична ефективність.

Проведений аналіз дозволив скласти орієнтовну навчальну програму, яка відповідає висунутим вимогам та враховує питання, що виносяться на іспит (рис. 1). У якості основних складових визначено нормативно-правове забезпечення, інженерні системи будівель, інструментарій та інформаційне забезпечення енергоаудиту.

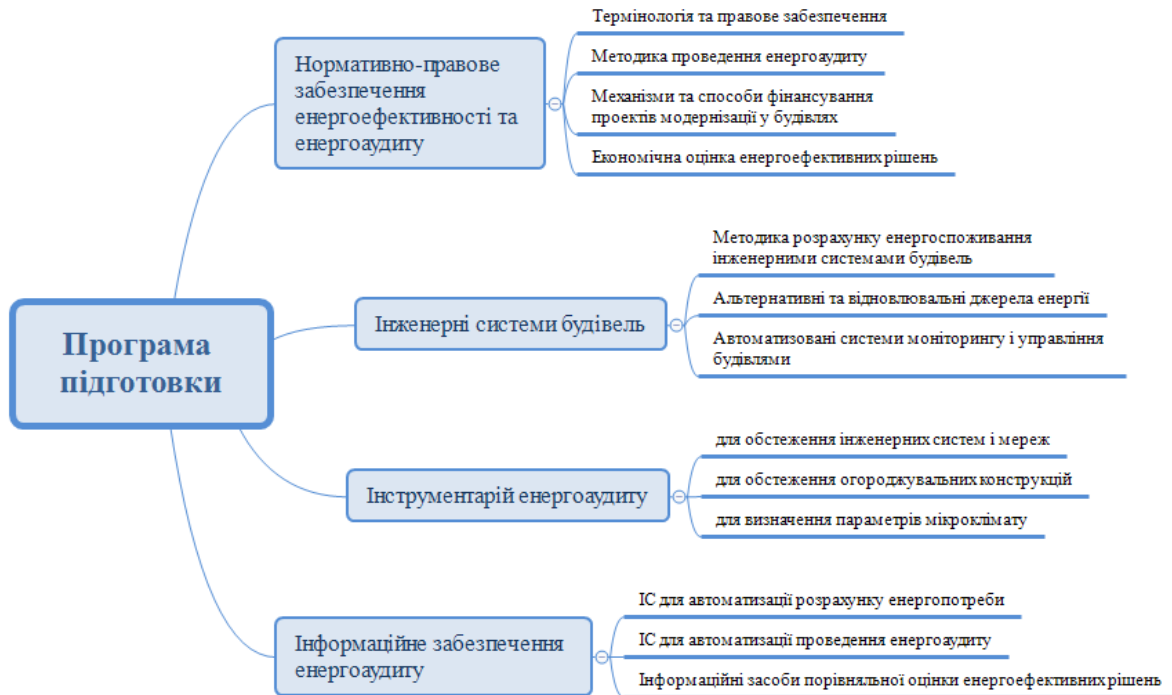


Рисунок 1 – Програма підготовки фахівців для сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем будівель

Висновки. У роботі розглянуто вимоги для підготовки фахівців з сертифікації енергоефективності та обстеження інженерних систем будівель та запропонована структура навчальної програми.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII // Відомості Верховної Ради України. – 2017. – № 33. – Ст. 359.
2. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. К. : Мінрегіон України, 2016. – 47 с.
3. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації (EN 15217:2007, IDT). – К. : Мінрегіон України, 2014. – 37 с.

References

1. The law of Ukraine “ About energy efficiency of buildings” (22 June 2017, no. 2118-VIII. Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, no. 33, cl. 359, 2017.
2. Ministry of Regional Development and Housing and Communal Services of Ukraine (2016), DSTU B V 2.2-39:2016 Metody ta etapy provedennia enerhetychnoho audytu budivel [DSTU B V 2.2-39:2016 Methods and stages of energy audit of buildings], Kyiv.
3. Ministry of Regional Development and Housing and Communal Services of Ukraine (2013) DSTU B EN 15217:2013 Enerhetychna efektyvnist. Metody predstavlennia enerhetychnykh kharakterystyk ta enerhetychnoi sertyfikatsii (EN 15217:2007, IDT) [EN 15217:2013 Energy efficiency Methods of representation of energy characteristics and energy certification], Kyiv.

УДК 621.31

Притискач І.В., канд. техн. наук, ст. викл., Оникійчук В.О., магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

МУЛЬТИКРИТЕРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНІХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ

Розроблено модель системи комплексного енергозабезпечення споживачів, у вигляді енергетичного хабу, який забезпечує потребу споживачів у електричній та тепловій енергії. До складу енергетичного хабу входять когенераційна установка та накопичувачі електричної та теплової енергії. Запропоновано мультикритеріальний підхід до оптимізації режимів роботи розглянутої системи енергозабезпечення.

The model of complex energy supply system of consumers is developed, in the form of an energy hub, which ensures the need of consumers in electric and thermal energy. The energy hub includes a cogeneration unit, storage units for electric and thermal energy. Multi-criteria approach for optimizing the operating modes of the considered energy supply system is proposed.

Вступ. Розвиток нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) слід розглядати як важливий фактор підвищення енергетичної безпеки. Масштабне використання потенціалу ВДЕ в Україні є не тільки національним, але має також значне міжнародне значення як важливий фактор протидії глобальним змінам клімату планети, що покращує загальний стан енергетичної безпеки в Європі.

На сьогодні концепція розвитку енергетики України потребує впровадження інтелектуалізації енергетичних мереж для ефективного функціонування розосередженої генерації і їх інтеграції до енергетичної мережі. Впровадження таких комбінованих багатогенераційних систем може призвести до значного підвищення енергоефективності, зменшення викидів CO₂ та економії коштів у процесі забезпечення кінцевих споживачів енергоресурсами.

Аналіз стану питання. Концепція інтегрованої енергопостачальної системи використовує поняття «енергетичних хабів», які можна розглядати як узагальнення поняття мережевих вузлів в традиційних електричних мережах на більшу кількість видів енергоносіїв із врахуванням можливості їх взаємного перетворення [1].

Енергетичний хаб є інтегрованою системою з кількома видами енергоносіїв, і яка поєднує технології виробництва, перетворення та зберігання енергії, зокрема нетрадиційні та відновлювані джерела енергії та накопичувачі енергії, для забезпечення кінцевих споживачів електроенергією, теплом, холодом та іншими видами енергоносіїв.

Мета роботи. Метою дослідження є вивчення можливостей ефективного використання енергії в інтегрованих енергопостачальних системах, а також розробка та вдосконалення моделей мультикритеріального планування та оптимізації режимів роботи інтегрованих систем комплексного енергозабезпечення споживачів із урахуванням економічних та екологічних факторів.

Методики матеріали і результати досліджень. Елементами енергетичного вузла, з точки зору функціональності, можуть бути три основних елементи: прямі з'єднання, перетворювачі, накопичувачі. Прямі з'єднання використовуються для доставки вхідного носія до виходу без перетворення його в іншу форму або суттєво змінюючи його якість (напр., електрична напруга, гідравлічний тиск). Приклади цього типу елементів – це електричні кабелі, лінії електропередачі та трубопроводи. Перетворювачі використовуються для перетворення енергії в інші форми або якості. Прикладами є парові і газові турбіни, поршневі двигуни внутрішнього згорання, електричні машини,

паливні елементи, електролізери, термоелектричні перетворювачі тощо. Компресори, насоси, клапани управління тиском, трансформатори, силові електронні інвертори-фільтри, теплообмінники та інші пристрої зазвичай використовуються для кондиціонування, тобто перетворення параметрів енергоносіїв до бажаних. Третій тип елемента використовується для зберігання енергії, і також може бути реалізований за допомогою різних технологій. Тверді, рідкі та газоподібні енергоносії можна зберігати в ємностях та контейнерах із порівняно низькими втратами.

Представимо модель функціонування інтегрованої системи комплексного енергозабезпечення, яка має на меті задовольнити потребу споживачів у електричній та тепловій енергії із максимальною ефективністю. Така система буде розглядатися як енергетичний хаб, який працює паралельно із існуючими централізованими системами електропостачання та тепlopостачання. Основними енергоносіями, які споживаються в енергетичному хабі є електроенергія та тепло. Виконавши чисельне моделювання розглянутого енергетичного хабу для оцінки особливостей результатів та адекватності моделі. Моделювання виконаємо для тривалості 24 години із дискретизацією 1 година. Для моделювання були використані типові графіки споживання електроенергії та тепла в системі гарячого водопостачання для змішаного побутового та промислового навантаження

Безпосередньо моделювання оптимізаційних задач виконувалося із використанням пакету Optimization Toolbox середовища MATLAB. Результати розрахунків представлені на рисунках 1 використовуючи мультикритеріальний підхід. Варіант а відповідає поживанню електроенергії із енергосистеми, б продуктивність КГУ, в – Обмін енергією із електричними акумуляторами.

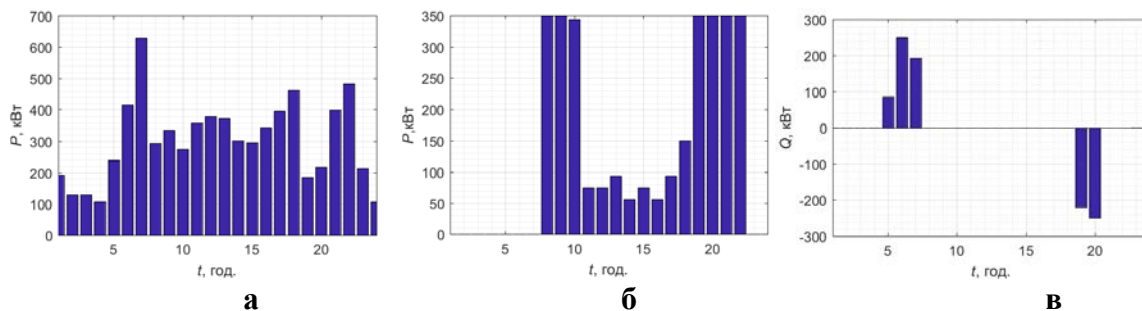


Рисунок 1 – Використання мультикритеріального підходу для оптимізації

Видно, що для варіанту застосування мультикритеріальної оптимізації відбувається активне накопичення електроенергії в години доби із низьким тарифом і споживання в години максимальних навантажень.

Висновки. Запропоновано мультикритеріальний підхід до планування та оптимізації режимів роботи систем комплексного енергозабезпечення споживачів із джерелами розосередженої генерації та накопичувачами енергії, який дає змогу підвищити ефективність функціонування таких систем. За результатами моделювання на прикладі енергетичного хабу із трьома видами енергоносіїв показано, що даний метод підходить для планування погодинного споживання електричної енергії, природного газу та гарячої води, при компромісі з точки зору мінімальних витратах на дані енергоресурси та викиди CO₂.

Список використаних літератури

1. Geidl, M., G. Koepfel, P. Favre-Perrod, B. Klockl, G. Andersson, and K. Frohlich, "Energy hubs for the future," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 5, no. 1, pp. 24-30, 2007.
2. Y. Veremiichuk, I. Prytyskach, O. Yarmoliuk, V. Opryshko, "Energy hub function optimization models during ukrainian energy resources market liberalization", Scientific Journal of Riga Technical University, Power and Electrical Engineering, vol. 34, 2017, pp. 14 - 17, Riga, RTU Press, ISSN 2256 - 0238 print, ISSN 2256 - 0246 online.
3. Parisio, A. , C. Del Vecchio, and A. Vaccaro, "A robust optimization approach to energy hub management," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 42, no. 1, pp. 98-104, 2012.

УДК 621

Прокопенко В.В., канд. техн. наук, доцент, **Коротенко В.В.**, магістр,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНОВИХ

Проведено аналіз та порівняння двох методів прогнозування споживання енергоресурсів: регресійний аналіз та метод, заснований на моделях нейронних зв'язків.

Ключові слова: прогнозування енергоспоживання, регресійний аналіз, нейронні мережі.

Вступ. Досить вагомою причиною падіння обсягів виробництва та ефективності українських підприємств є їх низька конкурентоспроможність, яка є результатом неефективного прогнозування споживання та використання паливно-енергетичних ресурсів. Стрімке зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів для підприємств мотивує до пошуку способів більш ефективного їх використання.

Одним із шляхів підвищення ефективності використання енергоносіїв є покращення структур прогнозування енергоспоживання.

Деякі підприємства вже роблять відповідні кроки на шляху до прогнозування енергоспоживання, але, в цілому, задача ще не вирішена. В більшій мірі така ситуація обумовлена відсутністю вихідних даних, сезонністю роботи підприємств та навантаженням, що часто змінюється.

Мета роботи – підвищення точності прогнозування енергоспоживання підприємств з переробки зернових.

Методи прогнозування.

Для короткострокового прогнозування навантаження на підприємствах з переробки зернових необхідними вихідними даними є кількість спожитої електроенергії, палива, кількості переробленої продукції за аналізований період та прогнозована кількість продукції.

Вперше нейронні мережі в енергетиці були використані в 1991 році. Але лише в наш час на них почали звертати увагу спеціалісти, які займаються прогнозуванням, в тому числі споживанням енергоресурсів.

Нейронні мережі - це нелінійні функції, які спроможні виконувати апроксимації нелінійних залежностей. Виходи штучної нейронної мережі являються лінійними або нелінійними математичними функціями її входів, а в свою чергу входи можуть бути виходами інших мережевих елементів. Перевагою технології нейронних мереж є інтелектуальна обробка, яка може імітувати роботу людського мозку. Недоліком є те, що процес навчання є відносно повільним, та це не гарантує схожості між фактичними та прогнозованими даними. Чим складніша штучна нейронна мережа, тим точніше відбувається прогнозування. Вибір структури штучної нейронної мережі здійснюється в відповідності з особливостями та складністю завдання.

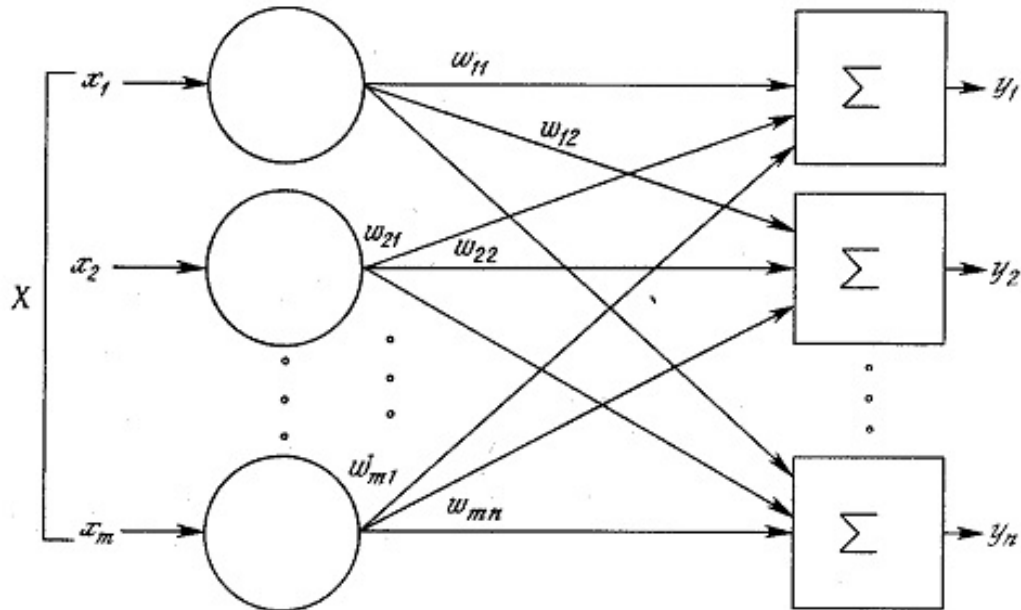


Рисунок 1 – Найпростіша одношарова нейронна мережа.

Регресійний аналіз має найбільш широке застосування в енергетиці. Методи регресійного аналізу зазвичай використовуються для моделювання взаємозв'язків споживача енергоресурсів з іншими факторами, наприклад, для підприємств з переробки зернових це вологість продукції, градус-доба та тип продукції.

Метод регресійного аналізу базуються на реальних даних навантаження в минулому для встановлення математичної моделі прогнозування майбутнього навантаження. Переваги: простота обчислювальних алгоритмів, наочність та інтерпритованість результатів. Недоліки: невисока точність прогнозу, відсутність пояснювальної функції, суб'єктивний характер вибору виду конкретної залежності.

Список використаної літератури:

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. / С. Хайкин. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
3. Мозгалин А.В. Методика обеспечения точного почасового прогнозирования электропотребления промышленных предприятий на сутки впе- ред. – Вестник МЭИ. – 2007. – № 2.
4. Валь П.В. Прогнозирование электропотребления с использованием авторегрессионного метода / П.В. Валь, А.С. Торопов // XVI Международная научно-практическая конференция (современная техника и технологии), 2009 - С. 23-24.

References:

1. Osovskiy S. Neural networks for information processing / Trans. from the Polish ID. Rudinsky. - Moscow: Finance and Statistics, 2004. - 344 p.
2. Khaikin S. Neural networks: full course, 2nd edition: Trans. with English. / S. Khaikin. - M.: Publishing house "Williams", 2006. - 1104 p.
3. Mozgalin AV Method for ensuring accurate hourly forecasting of power consumption of industrial enterprises per day ahead. - Bulletin of MPEI. - 2007. - No. 2.
4. Val PV. Forecasting power consumption using the autoregressive method. Val, A.S. Toropov // XVI International Scientific and Practical Conference (modern technology and technology), 2009 - P. 23-24

УДК 621.31

Стрелкова Г.Г., канд. фіз. мат. наук, доц. Пустовойтов А.М., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ УКРАЇНИ

Вступ. За оцінками фахівців значення технологічних витрат в розподільних електричних мережах України, у порівнянні з показниками таких країн як США, Канада, Японія, Велика Британія, Франція, Німеччина, Італія, зберігається впродовж багатьох років на дуже високому рівні. Відомо, що такі витрати обумовлені фізичними процесами у провідниках та обладнанні, але їх рівень суттєво залежить від технічного стану та ефективного функціонування мереж. Рівень технологічних витрат електроенергії при транспортуванні розподільними електричними мережами є одним з головних показників, за яким можна оцінювати енергетичну ефективність системи електропостачання. Дослідження таких видів витрат сприятиме посиленню інвестиційної активності, впровадженню цільових регуляторних рішень й організаційних заходів з підвищення ефективності роботи розподільних електромереж.

Мета роботи: проаналізувати технологічні витрати при транспортуванні електричної енергії розподільними електричними мережами України та провести порівняльний аналіз діяльності операторів систем розподілу для обґрунтування найбільш доцільного напрямку інвестицій у реконструкцію та модернізацію мереж.

Основний зміст. Аналіз технологічних витрат при транспортуванні електричної енергії розподільними електричними мережами України проведено за даними НКРЕКП на підставі форм звітності Міненерговугілля України щодо структури балансу електроенергії та технологічних витрат електроенергії на передачу по електричних мережах. Кількісний показник, за допомогою якого оцінювався рівень ефективності транспортування електроенергії розподільними мережами, був визначений як коефіцієнт фактичних технологічних витрат електроенергії (k_{el}). Цей показник розраховувався як відношення фактичних обсягів технологічних витрат при транспортуванні електроенергії до обсягів відпуску електроенергії в мережу. Тенденція щодо рівня фактичних технологічних витрат електроенергії визначалась в межах 2012-2017 рр. При оцінці ефективності роботи операторів систем розподілу України за базовий був обраний 2017 р.

У табл.1 наведені значення k_{el} , які отримані на підставі обробки статистичних даних із загальних обсягів відпуску електроенергії в мережу і загальних обсягів фактичних технологічних витрат при транспортуванні електроенергії розподільними мережами України впродовж 2012-2017 рр.

Таблиця 1. Показники транспортуванні електроенергії розподільними електричними мережами України, 2012-2017 рр.

Рік	Обсяги відпуску електроенергії в мережу, млрд кВт·год	Фактичні обсяги технологічних витрат електроенергії, млрд кВт·год	k_{el} , %
2012	166,19	17,52	10,54
2013	161,64	16,44	10,17
2014	150,66	15,19	10,09
2015	128,81	12,61	9,79
2016	130,10	12,90	9,90
2017	130,78	12,93	9,89

Як можна побачити, в цілому відмічається слабка тенденція до зменшення узагальненого значення k_{el} . Втім, у порівнянні з іншими країнами, такими як Німеччина, де цей показник оцінюється на рівні 5,0%, Японія - 5,2%, Італія - 6,4%, Франція - 7,4%, рівень

«ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ»

ефективності транспортування електроенергії розподільними мережами України залишається дуже низьким. Для проведення порівняльної характеристики ефективності роботи операторів систем розподілу України у 2017 р. значення k_{el} були розраховані по кожному з операторів та наведені у вигляді діаграми на рис.1 Як можна побачити, між операторами існує суттєва різниця у значеннях k_{el} (від 0,58 до 18,23), однак для переважної більшості цей показник суттєво перевищує світові аналоги.

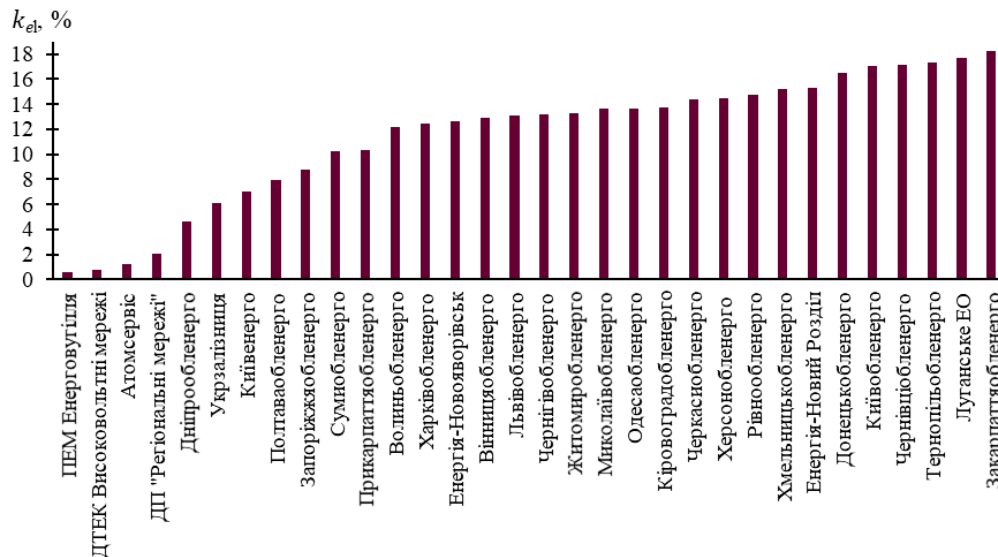


Рисунок 1 – Значення коефіцієнта фактичних технологічних витрат електроенергії при її транспортуванні розподільними мережами за операторами систем розподілу України, 2017 р.

Показники фактичних річних обсягів технологічних витрат електричної енергії в розподільних електричних мережах України за рівнями напруги були оцінені у фізичному та грошовому еквівалентах та наведені у Табл.2.

Таблиця 2. Обсяги технологічних витрат електроенергії в розподільних електромережах України за рівнями напруги, 2017 р.

Рівень напруги, кВ	Витрати	
	млн кВт·год/рік	млн грн/рік
220	6	7,0
150	888	1 065,7
110	2 460	2 951,9
35	1 478	1 774,0
10	3 137	3 765,0
6	1 298	1 557,4
0,38	3 664	4 397,1
Усього	12 932	15 518,1

Аналіз даних показав, що на мережі з рівнем напруги 10 – 0,38 кВ за рік припадало близько 8,1 млрд.кВт·год технологічних витрат електроенергії. Це склало майже 63% від загального обсягу технологічних витрат в розподільних мережах у 2017 р. Якщо для визначення грошового еквівалента обрати середньо закупівельну ціну на оптовому ринку електроенергії, яка на кінець 2017 р. дорівнювала 1,20 грн, то в грошовому еквіваленті ці витрати склали близько 10 млрд гривень за рік. На рівнях напруги 220 – 35 кВ фактичний обсяг технологічних витрат сягав близько 4,8 млрд кВт·год/рік, що в грошовому еквіваленті дорівнювало близько 5,8 млрд гривень за рік.

Висновки. Аналіз технологічних витрат електричної енергії в розподільних електричних мережах України свідчить про наявність значного потенціалу для підвищення їх енергоефективності. При визначенні інвестиційних напрямків та застосуванні інноваційних рішень найбільш доцільним є реконструкція та модернізація розподільних електричних мереж з рівнем напруги 10 – 0,38 кВ.

УДК 621.31

Стрелкова Г.Г., канд. фіз. мат. наук, доц., Пустовойтов А.М., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ

Вступ. За висновками багатьох експертів наявний технічний стан розподільних електричних мереж України оцінюється як незадовільний. Це призводить до високого рівня втрат електроенергії та спричинює низьку енергетичну ефективність процесу розподілу електричної енергії. Низька пропускна здатність таких електромереж створює перешкоди для задоволення зростаючого попиту на електричну енергію існуючих клієнтів, а також обмежує можливість приєднання нових споживачів та розподіленої генерації з використанням альтернативних джерел енергії. Невідповідний сучасним вимогам рівень автоматизації розподільних мереж України обумовлює значні операційні витрати на обслуговування, недостатній рівень надійності та безпеки енергопостачання.

Зношеність існуючого обладнання розподільних електричних мереж за різними оцінками складає на сьогодні від 40% до 80%, причому, внаслідок відсутності належного рівня капіталовкладень, цей стан з кожним роком продовжує погіршуватися. Проведення поглиблених досліджень технічного стану сприятиме більш цільовому запровадженню сучасних технологічних рішень з підвищення енергоефективності роботи розподільних електромереж та інвестиційній підтримці розвитку основних фондів обласних енергопередавальних компаній.

Мета роботи: провести аналіз технічного стану електромереж операторів систем розподілу України та здійснених інвестицій в розвиток цих мереж для підвищення ефективності їх роботи.

Основний зміст. Досягнення поставленої в роботі мети ґрунтувалось на обробці якісних та кількісних показників, що характеризують технічні параметри електричних мереж та підстанцій. Статистична база показників була сформована на підставі Інвестиційних програм операторів систем розподілу за даними на перше січня 2017 р.

Визначення та аналіз технічного стану об'єктів розподільних мереж проводилась відповідно до вимог нормативного документу "Настанова. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі", затвердженого наказом Мінпаливенерго від 03.02.2005 № 60.

Класифікація технічного стану розподільних електричних мереж за рівнями напруги проводилась за чотирма якісними критеріями: «добрий технічний стан» (К₁), «підлягає капітальному ремонту» (К₂), «підлягає реконструкції» (К₃), «підлягає повній заміні» (К₄). Об'єктами класифікації були лінії електропередачі (ЛЕП) та трансформаторні підстанції (ТП). Вибір якісного критерію класифікації визначався за значеннями коефіцієнта дефектності, що є кількісною мірою оцінки існуючої в об'єкті невідповідності нормативним вимогам.

Результати дослідження технічного стану розподільних електричних мереж України та зведені за рівнями напруги характеристики ЛЕП і ТП наведені у Табл. 1-2. В цілому, за підсумками аналізу даних, можна зазначити, що на початок 2017 р. у найгіршому стані за показником коефіцієнта дефектності перебували розподільні мережі та обладнання за рівнем напруги 6(10) та 0,38 кВ. Ускладнює цю ситуацію факт, що довжина ЛЕП з рівнем напруги 6 (10) кВ - 0,38 кВ складає близько 88 % від загальної довжини розподільних електромереж України, а кількість ТП з вищим рівнем напруги 6 (10) кВ сягає майже 96 %.

**V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція
«Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'18»**

«ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ»

Таблиця 1. Показники технічного стану ліній електропередачі розподільних електричних мереж України на 01.01.2017.

Рівень напруги ЛЕП, кВ	Довжина ЛЕП (по трасі)								
	загальна довжина, км	К ₁		К ₂		К ₃		К ₄	
		км	%	км	%	км	%	км	%
110 (150)	37 617	31 264	83,1%	4 129	11%	1 321	3,5%	903	2,4%
35	64 762	55 517	85,7%	6 619	10,2%	1 826	2,8%	799	1,2%
6 (10)	317 639	162 123	51%	132 301	41,7%	15 220	4,8%	7 995	2,5%
0,38	430 418	187 856	43,6%	173 977	40,4%	45 331	10,5%	23 255	5,4%
Усього	850 436	436 760	51,4%	317 026	37,3%	63 699	7,5%	32 951	3,9%

Таблиця 2. Показники технічного стану трансформаторних підстанцій розподільних електричних мереж України на 01.01.2017.

Вищий рівень напруги, кВ	Кількість трансформаторних підстанцій								
	загальна кількість, шт.	К ₁		К ₂		К ₃		К ₄	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
110 (150)	1 519	1 018	67%	305	20,1%	194	12,8%	2	0,1%
35	7 213	6 034	83,7%	912	12,6%	262	3,6%	5	0,1%
6 (10)	201 462	113 692	56,4%	55 257	27,4%	26 422	13,1%	6 091	3%
Усього	210 194	120 744	57,4%	56 474	26,9%	26 878	12,8%	6 098	2,9%

Аналіз здійснених інвестицій в розвиток розподільних електричних мереж був виконаний на підставі даних Інвестиційних програм операторів систем розподілу. Порівняльна характеристика обсягу інвестицій в розвиток розподільних електричних мереж України впродовж 2012-2017 рр. та відповідних обсягів відпуску електроенергії і технологічних витрат на її транспортування розподільними мережами представлена у Табл. 3.

Таблиця 3. Показники обсягу інвестицій в розвиток розподільних електричних мереж України та роботи операторів систем розподілу України, 2012-2017 рр.

Показник	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Обсяг інвестицій, млрд грн (з ПДВ)	5,09	4,01	2,54	2,45	3,88	3,96
Обсяги відпуску електроенергії в мережу, млрд кВт·год	166,19	161,64	150,66	128,81	130,1	130,78
Обсяги фактичних технологічних витрат електроенергії, млрд кВт·год	17,52	16,44	15,194	12,61	12,9	12,93

Порівняльний аналіз даних показав, що за період 2012-2017 рр. у розвиток розподільних електромереж було інвестовано близько 21,9 млрд грн. У грошовому еквіваленті фактичні технологічні витрати впродовж цього періоду склали більше 60 млрд грн. За цей же час відбулося зниження як відпуску електроенергії в мережу, так і фактичних технологічних витрат. Останні скоротилися в абсолютному значенні на 4,59 млрд кВт·год. Втім, порівняння процентного співвідношення «витрати-відпуск» для 2012 р. і 2017 р. показало зменшення цього показника лише на 0,65%, тому будь-якого суттєвого покращення ефективності роботи розподільних мереж за цей час не відбулось.

Висновки. За результатами комплексної оцінки технічного стану розподільних електричних мереж визначено, що на початок 2017 р. відсоток ЛЕП, які за показником коефіцієнта дефектності не відповідають критерію К₁ («добрий технічний стан»), для напруги 110 (150) кВ складає 16,9 %, для 35 кВ – 14,3 %, для 6 (10) кВ – 49 %, а для 0,38 кВ – 56,4 %. Відсоток ТП, які за показником коефіцієнта дефектності не відповідають критерію К₁, для напруги 110 (150) кВ складає 33 %, для 35 кВ – 16,3 %, а для 6 (10) кВ – 43,6 %. Одним із способів підвищення енергоефективності розподільних електричних мереж в Україні є перехід на двоступеневу схему їх побудови із запровадженням рівня напруги 20 кВ.

УДК 62-83:

Халаміренко І.В., канд. техн. наук, доц., Коротков В.І., магістр,
Одеський національний політехнічний університет, Україна

ВПЛИВ ЧАСТОТНО-КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА СПОТВОРЕННЯ ФОРМИ МЕРЕЖЕВОГО СТРУМУ ТА НАПРУГИ

Вступ. За об'єкт розрахунку приймався вплив частотно-керованих асинхронних електроприводів на спотворення форми мережевого струму та напруги в залежності від їхнього навантаження та використання вхідних мережних дроселів.

За виконання розрахунків щодо конкретного типу перетворювача частоти, до виходу якого підключено різну кількість (від 1 до 4) двигунів, що визначають зміну навантаження перетворювача. Частотний привод живиться від трансформатора з використанням мережного дроселя.

З використанням програми фірми VACON – Harmonics Simulation [1] були розраховані залежності параметрів спотворення синусоїдальності струму $THDi$ та напруги $THDu$ (Total Harmonic Distortion) мережі в залежності від конкретного типу перетворювача частоти, кількості двигунів, підключених до перетворювача частоти, які визначають зміну навантаження перетворювача, і напруги короткого замикання U_k трансформатора. Розрахунки виконані як за безпосереднього підключення перетворювача частоти до шин 0,4 кВ, так і з використанням мережного дроселя на вході перетворювача. Були розраховані параметри $THDi$ та $THDu$ для різних гармонік (5, 7 і 11) в мережі. За результатами розрахунків побудовані графіки залежностей $THDi$ та $THDu$.

На рис. 1 зображена залежність гармонік струмів від частоти і кількості двигунів при 6-ти пульсній схемі при 1 і 4 двигунах. Потужність двигунів – 45 кВт, потужність трансформатора – 240 кВ·А, тип перетворювача частоти – Vacon NX 385, 200 кВт.

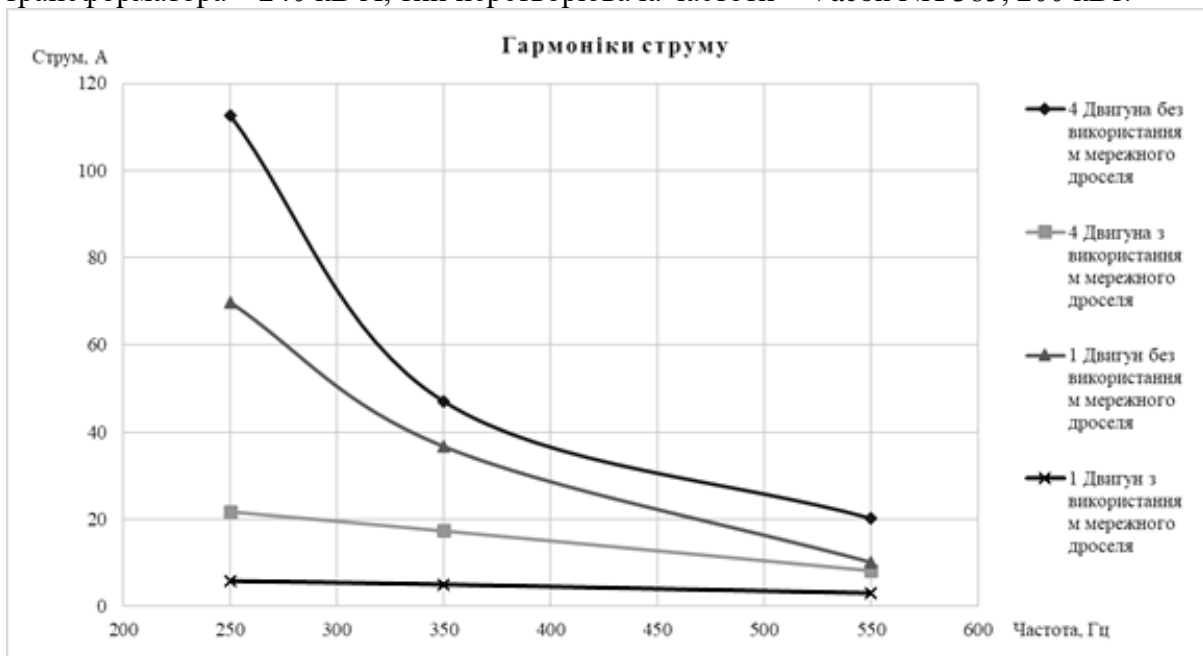


Рисунок 1 – Залежність гармонік струмів від частоти і кількості двигунів при 6-ти пульсній схемі при 1 і 4 двигунах

На рисунку 2 зображена залежність гармонік напруг від частоти і кількості двигунів при 6-ти пульсній схемі при 1 і 4 двигунах.

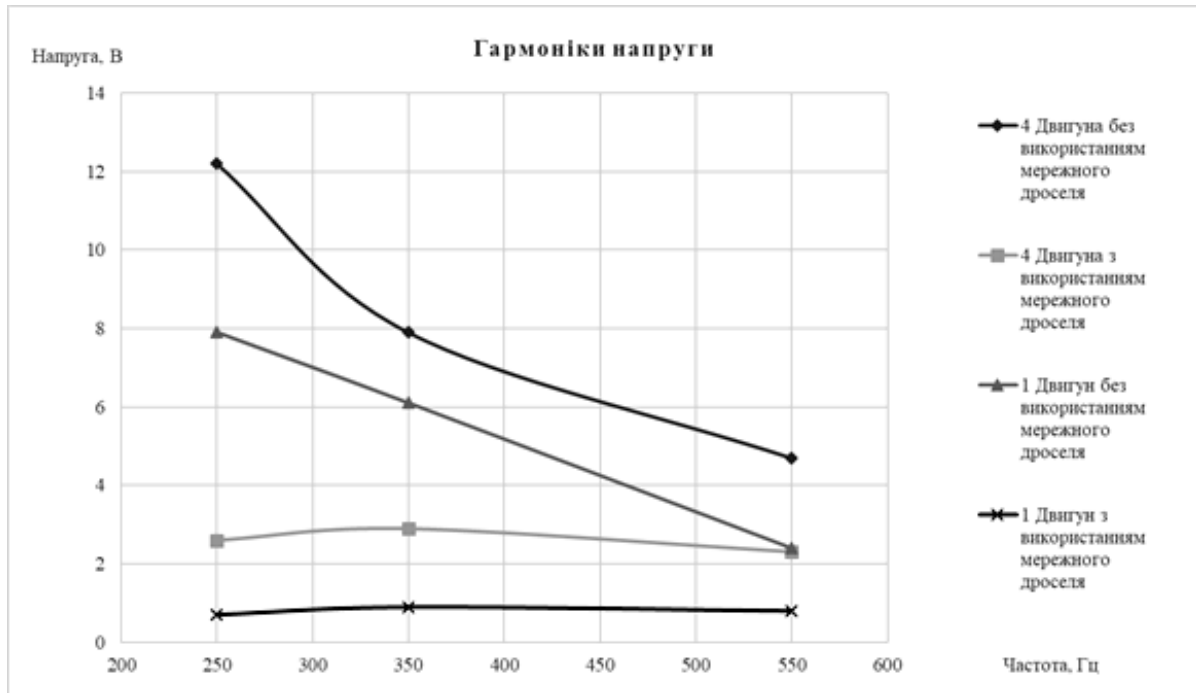


Рисунок 2 – Залежність гармонік напруг від частоти і кількості двигунів при 6-ти пульсній схемі при 1 і 4 двигунах

Висновки. З графіків видно, що при збільшенні номера гармоніки амплітуди струмів та напруг зменшуються. При збільшенні кількості двигунів амплітуди струмів та напруг відповідно збільшуються.

На сьогоднішній день застосовують наступні методи регулювання якості електроенергії і зменшення впливу на мережу перетворювача частоти технологічної установки:

- використання традиційних способів компенсації реактивної енергії. До них належать синхронні двигуни і компенсатори, а також батареї конденсаторів;
- застосування багатофункціональних пристроїв – силових резонансних фільтрів. До них належать: фільтрокомпенсуючі і фільтросиметруючі пристрої; пристрої «акумуляторна батарея – перетворювач»; коректори потужності; статичні тиристорні компенсатори;
- зниження рівнів гармонік засобами мережі живлення;
- використання спеціальних способів керування і схемних рішень частотних перетворювачів;
- застосування систем керування частотними перетворювачами, що дозволяють поліпшити енергетичні показники електропривода.

Разом з цим для зниження впливу різко змінного навантаження, створеного частотними перетворювачами, при проектуванні електропостачання необхідно передбачати наступне:

- відділення живлення потужних приймачів на окремі лінії, які йдуть безпосередньо від джерела живлення;
- застосування продольної компенсації;
- обмеження пускових струмів двигунів.

Список використаних літератури

1. Комп'ютерна програма Vacon Harmonics Simulation, v3.3

References

1. Computer program Vacon Harmonics Simulation, v3.3

Халамиренко І.В., канд. техн. наук, доц.,
Одеський національний політехнічний університет, Україна

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Рассмотрим, каким образом можно обеспечить практически постоянный и не зависящий от нагрузки коэффициент мощности K_M асинхронного двигателя (АД). Если в качестве тиристорного преобразователя напряжения (ТПН) применить преобразователь, содержащий в каждой фазе встречно-параллельно включенные тиристоры, то для него в установившемся режиме справедливо следующее соотношение, связывающее величины углов угла α открывания тиристоров, угла β закрывания тиристоров и соотношения активных и реактивных параметров нагрузки ТПН, которое характеризуется эквивалентным фазовым углом φ_3 [1]:

$$\sin(\beta - \alpha) + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_3) \cdot \cos(\beta - \alpha) = \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_3) - \exp\left(\frac{\alpha - \beta}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) \frac{2 + \exp\left(\frac{\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) - \exp\left(\frac{2\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right)}{2 + \exp\left(-\frac{\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right) - \exp\left(-\frac{2\pi/3}{\operatorname{tg} \varphi_3}\right)} \quad (1)$$

Графическая интерпретация этих зависимостей для угла φ_3 , изменяющегося в пределах от 25° до 50° , соответствующих номинальным значениям коэффициента мощности АД основного исполнения, приведена на рис 1. Поскольку для увеличения момента АД необходимо уменьшить угол α ТПН, то, как видно из графиков, с ростом нагрузки контролируемый параметр β при постоянном эквивалентном фазовом угле φ_3 несколько снижается. Поэтому для поддержания практически постоянным значения угла φ_3 при изменяющейся нагрузке АД достаточно применить в ТПН обычную отрицательную обратную связь по параметру β . Такой алгоритм оптимизации базируется на утверждении, что коэффициент мощности K_M , определяемый отношением потребляемых из сети активной P и полной S мощностей, измеренных на входе АД, и эквивалентный фазовый угол φ_3 в равной мере характеризуют комплексный характер входного сопротивления АД как объекта оптимизации и, следовательно, в равной степени могут быть регулируемой координатой.

С целью подтверждения данного предположения выполнены экспериментальные исследования режимов АД, управляемого ТПН с обратной связью по параметру β . Полученные для АД мощностью 0,75 кВт экспериментальные зависимости коэффициента мощности $K_M = f(M)$, $\cos \varphi_e = f(M)$, где M – момент двигателя при номинальном напряжении питания, приведены на рисунке 2 [2].

Коэффициент мощности K_M и $\cos \varphi_3$ в экспериментальных исследованиях измерялись двумя способами для каждого значения момента нагрузки. При первом способе производили измерения угла α и β , затем по (1) рассчитывались значения φ_3 и $\cos \varphi_3$.

Результаты измерений и расчетов отражены кривой $\cos \varphi_3$ на рисунке 2. Во втором способе измерялись мощности P , I_s и U_s , затем вычислялись значения K_M . Результаты измерений и расчетов показаны на рисунке 2 кривыми K_{MU} и K_{ME} .

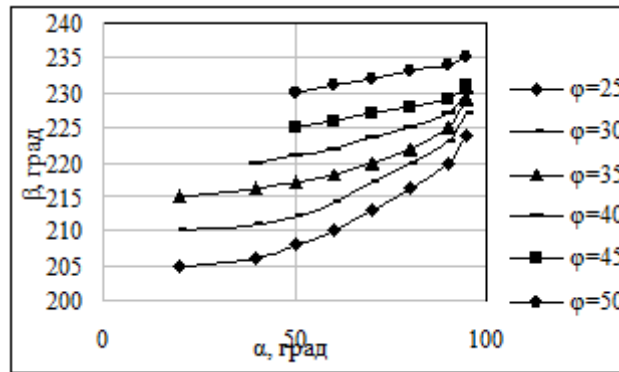


Рисунок 1 – Графическая интерпретация зависимости (1) при номинальном значении коэффициента мощности АД

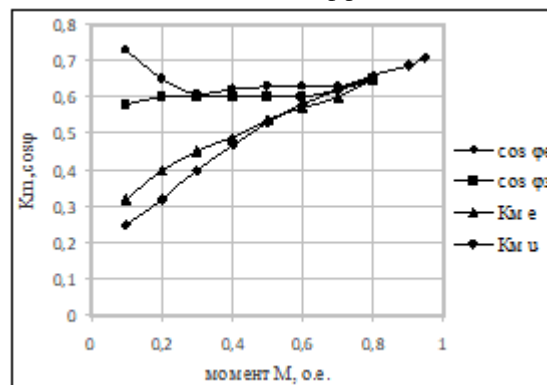


Рисунок 2 – Результаты измерений и расчетов K_M и $\cos \varphi_\beta$,

При измерении напряжения U_s на входе АД следует учитывать, что на обмотке АД, управляемого ТПН, в течение полупериода присутствует как фактическое напряжение, поступающее на двигатель от сети через ТПН, так и ЭДС вращения, наводимая в обмотках статора вращающимся потоком машины. В экспериментах применялось устройство, выделяющее фактическое напряжение на входе АД. При использовании в расчетах K_M фактического напряжения получена зависимость K_{MU} , практически не отличающаяся от зависимости $\cos \varphi_\beta$. Если же в расчетах K_M ориентироваться на напряжение с учетом ЭДС (кривая K_{Me}), то возникают существенные ошибки, достигающие 50%.

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы. Справедливо утверждение, что при применении в ТПН отрицательной обратной связи по параметру β обеспечивается практически постоянный и не зависящий от нагрузки коэффициент мощности K_M и $\cos \varphi_\beta$ АД.

Список использованной литературы

1. Асинхронный электропривод с тиристорными коммутаторами /Петров Л.П., Ладензон В.А., Обуховский М.П., Подзолов Р.Г. – М.: Энергия, 1970. – 128 с
2. Халамиренко И.В. Сравнение критериев оптимизации энергетической эффективности асинхронных электроприводов / Энергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції у місті Києві 25-27 квітня 2017 р. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 64–65.

References

1. Asynchronous electric drive with thyristor switches /Petrov LP, Ladenzon VA, Obukhovskiy MP, Podzolov RG - Moscow: Energia, 1970. – 128 p
2. Khalamirenko I. V. Comparison of the criteria for optimizing the energy efficiency of asynchronous electric drives/ Energy management: the state and prospects of development. Collection of cemetery works of the IV International scientific-technical and teaching-methodical conference in Kyiv, April 25-27, 2017 – Kyiv, KPI them. Igor Sikorsky, 2017. – P. 64–65.

Чернявський А.В., канд. техн. наук, доц.,
Биковський А.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОЧНОЇ ГАЛУЗІ

Молочна продукція займає істотне місце в світових ресурсах продовольчої продукції. Незважаючи на постійне зниження виробництва молока в останні роки, Україні все ще входить в десятку найбільших виробників молока і молочних продуктів. На вітчизняному продовольчому ринку на сегмент молока і молочних продуктів припадає третина за обсягами реалізації. Сьогодні в Україні близько 350 підприємств по переробці молока, з яких 15-18 підприємств виготовляють до 70% цільномолочної продукції. Реструктуризація власності, посилення впливу великих компаній, технічна модернізація виробництва, впровадження нових технологій – такими є основні тренди українського ринку молокопродуктів на сьогодні.

Ефективність діяльності підприємства молочної промисловості визначається низкою об'єктивних чинників: оптимальним поєднанням спеціалізації підприємства з раціональним його розміщенням стосовно сировинних зон і пунктів споживання молочної продукції; рівнем технічного й технологічного забезпечення виробництва; наявністю інноваційних та ресурсозберігаючих технологій; станом розробки і можливістю впровадження стратегічних і тактичних заходів цінової політики; можливістю удосконалення структури виробництва й організації праці; наявністю висококваліфікованих кадрів. Узагальнюючи вищезазначені чинники, можна виявити чітку залежність між економічним потенціалом і рівнем ефективного використання виробничої потужності підприємства [1].

Кількість використаної енергії на виробництво однієї тонни переробленого молока відрізняється значною мірою серед різних підприємств і залежить від асортименту продукції, завантаженості підприємства, ефективності використовуваного обладнання і його технічного стану. У виробничих витратах молокозаводів України витрати на енергоресурси становлять близько 10%, а в країнах-членах ЄС тільки 0,8-2%.

Здебільшого теплопостачання підприємств здійснюється від власних промислових котелень, оснащених паровими котлами. У більшості випадків котли обладнано системами автоматичного контролю і регулювання технологічним режимом їх роботи. Облік споживання пари в більшості випадків не ведеться. До споживачів теплової енергії відносяться технологічні установки, опалення, припливна вентиляція та комунально-побутові потреби.

Електропостачання підприємств здійснюється від енергосистеми через понижувальні трансформаторні підстанції 10/0,4 кВ. Рівень розвиненості обліку споживання електроенергії на підприємствах різний, починаючи від наявності тільки приладів комерційного обліку споживання електроенергії і закінчуючи сучасними високотехнологічними підприємствами, на яких практично всі електроспоживачі мають приладовий облік. Основне електроспоживаюче обладнання: компресорні і холодильні установки, припливні і витяжні установки, установки для приготування, стерилізації, упакування продукції, обладнання котелень (вентилятори, димососи, насоси) тощо.

Потреби підприємства в холоді та стиснутому повітрі забезпечують власні повітряна та холодильна компресорні станції.

Дієвим інструментом, що сприяє підвищенню рівня ефективності використання ПЕР, є практика розробки і впровадження системи енергетичного менеджменту (СЕНМ) [2]. Система енергетичного менеджменту відноситься до класу організаційно-технічних систем, які володіють такими властивостями, як відкритість, наявність замкнутих контурів взаємодії із зовнішнім середовищем, стійкість структури, наявність особи приймає рішення тощо.

Враховуючи той факт, що сучасні концепції побудови СЕНМ базуються на використанні процесного підходу, то логічним є провести декомпозицію цієї діяльності на більш прості процеси і проводити моніторинг цих процесів [3]. Основна мета енергетичного моніторингу - сприяти керівництву організації у виробленні оптимальних управлінських рішень і розробці рекомендацій щодо підвищення ефективності використання ПЕР на об'єкті шляхом проведення постійного спостереження і оцінки стану споживання ПЕР і рівня використання потенціалу енергозбереження, джерел втрат і обсягів нераціонального використання ПЕР окремими підрозділами та споживачами, результатів впровадження енергозберігаючих заходів.

При створенні системи моніторингу особлива увага повинна приділятися таким важливим складовим, як: організація регулярних потоків інформації та документообігу про споживанні енергоресурси окремих об'єктів.

Так як підприємства з виробництва та перероблення молокопродукції відносяться до багатоменклатурних підприємств, то для проведення оцінки ефективності їх діяльності у сфері енергоефективності необхідно встановити показники енергорезультативності (energy performance indicators - EnPIs). При цьому, в загальному випадку показники енергорезультативності повинні бути: конкретними; доступними (розрахунок показника не повинен вимагати серйозних витрат); дохідливими (необхідно розуміти, що означає дане значення показника); вимірними; релевантними (здатними точно відображати процес або мета); прив'язаними до певного періоду часу.

Як показники енергорезультативності можуть виступати як одиничні абсолютні та / або відносні показники, так і більш складні інтегральні показники або навіть одно- (багато) факторні математичні залежності [3].

Як приклад, пропонується застосовувати авторський підхід до встановлення вказаних показників. У якості базису для нормалізації запропоновано застосувати 1 т молока базової жирності, що необхідно переробити на підприємстві для отримання певного виду молокопродукції. Такий підхід застосовується в Україні для виконання сировинних розрахунків для певного виду продукції. Для приведення певної молокопродукції до базису рекомендовано застосовувати коефіцієнти перерахунку. Тоді показники енергорезультативності підприємства EnPI, за допомогою якого буде здійснюватися оцінка діяльності підприємства, визначається за виразом:

$$EnPI = (w_1 \cdot P_1 + w_2 \cdot P_2 + \dots + w_n \cdot P_n) / (K_{\delta,1} \cdot P_1 + K_{\delta,2} \cdot P_2 + \dots + K_{\delta,n} \cdot P_n), \quad (1)$$

де w_1, w_2, \dots, w_n – питоме енергоспоживання певного виду молокопродукції, кВт·год/т; P_1, P_2, \dots, P_n – обсяг річного виробництва певного виду молокопродукції, т; $K_{\delta,1}, K_{\delta,2}, \dots, K_{\delta,n}$ – коефіцієнти приведення до базису для певного виду молокопродукції.

У випадку, якщо відсутні дані щодо питомого енергоспоживання певного виду молокопродукції, можна скористатися загальною величиною енергоспоживання підприємства на виробництво усіх видів молокопродукції. У цьому випадку EnPI, за допомогою якого буде здійснюватися оцінка, визначається за виразом:

$$EnPI = W_{\text{зар}} / (K_{\delta,1} \cdot P_1 + K_{\delta,2} \cdot P_2 + \dots + K_{\delta,n} \cdot P_n), \quad (2)$$

де $W_{\text{заг}}$ – загальна величина енергоспоживання підприємства на виробництво усіх видів молокопродукції, кВт·год; P_1, P_2, \dots, P_n – обсяг річного виробництва певного виду молокопродукції, т; $K_{\bar{o}.1}, K_{\bar{o}.2}, \dots, K_{\bar{o}.n}$ – коефіцієнти приведення до базису для певного виду молокопродукції.

Список використаної літератури

1. Величко А.Є., Ткаченко І.П. Основні аспекти паспортизації умов виробництва підприємств молочної галузі // Спеповий зональний науково-дослідний Центр, 2010.-№5.-С.136-141.
2. Розен В.П., Чернявский А.В. К вопросу о формировании национальной модели стандартизации внедрения и функционирования системы энергетического менеджмента // Економічна безпека держави і науково-технологічні аспекти її забезпечення (Недінські читання): Праці III-го науково-практичного семінару з міжнародною участю. 20-21 жовтня 2011 р. / відпов. ред. Письменний Є.М., Карасва Н.В. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю.А. – 2011. – С. 433-448.
3. Энергетический мониторинг как составляющая часть системы энергетического менеджмента / Розен В.П., Чернявский А.В. // Економічна безпека держави: стратегія, енергетика, інформаційні технології («Недінські читання – 2014»): монографія / За науковою редакцією д.т.н., проф. Лук'яненко С.О., к.е.н., доц. Караєвої Н.В. – К.: Видавництво ООО «Юрка Любченка», 2014. – 468 с. (С.261-270).

УДК 621.3:614.8

Бондаренко Є.А., д-р. техн. наук, проф., Андрієнко Т.В., студ., Кушнір Д.С., студ.,
Вінницький національний технічний університет, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ ДЛЯ ПЕРСОНАЛУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА СИСТЕМ

Вступ. Сьогодні актуальним є: приведення нормативно-правової бази України в галузі електробезпеки у відповідність до сучасних вимог законодавства Європейського Союзу (ЄС) з урахуванням оцінювання професійних ризиків електротравмування й захисту здоров'я працівників в умовах виробничого середовища. Оцінювання вказаного ризику передбачає основна директива Європейського Союзу 89/391/ЄЕС та підпорядковані їй спеціальні директиви з безпеки праці на робочих місцях (89/654/ЄЕС, 89/655/ЄЕС, 90/269/ЄЕС та ін.).

Професійний ризик визначається як величина ймовірності порушення (ушкодження) здоров'я з урахуванням тяжкості наслідків у результаті несприятливого впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу. На даний час, оцінювання професійного ризику особливо важливе значення має для електротехнічного персоналу, що обслуговує електричні станції та системи надвисоких класів напруги (НВН), тобто напругою 330, 500, 750 кВ. Це обумовлено тим, що діяльність персоналу в електроустановках НВН пов'язана з деяким початковим ризиком електротравмування та професійного захворювання від дії електромагнітного поля. За стратегію удосконалення системи електробезпеки електроустановок НВН доцільно прийняти метод мінімізації ризику електротравм, відповідно до якого «Будь-який ризик повинен бути знижений настільки, наскільки це є практично розумно досяжним».

Метою роботи є аналіз сучасних підходів та методів щодо оцінювання професійного ризику електротравматизму та професійного захворювання електротехнічного персоналу, що обслуговує електроустановки НВН для його подальшої мінімізації.

Основний зміст. У ході дослідження встановлено, що на сьогоднішній день існують чотири різних підходи до оцінювання ризику.

Перший – інженерний. Він опирається на статистику поломок і аварій, на ймовірнісний аналіз безпеки: побудова й розрахунок так званих дерев подій і дерев відмов – процес оснований на орієнтованих графах. За допомогою першого методу передбачають можливі наслідки від відмови техніки, а за допомогою другого методу («дерева подій»), навпаки, допомагають простежити причини, які здатні викликати якісь небажані явища. Коли дерева побудовані, розраховується ймовірність реалізації кожного зі сценаріїв, а потім – загальна ймовірність аварії на об'єкті.

Другий підхід – модельний – побудова моделей впливу шкідливих факторів на людину й навколишнє середовище. У багатьох видах життєдіяльності ризик взагалі можна порівняти не з можливими збитками, а з показниками, що визначають певний вид діяльності, наприклад, з величиною електричного струму, напруги, кількістю отриманого радіаційного опромінення, з характеристиками механічних коливань, масою хімічно небезпечних речовин, що потрапили в організм. Для цього випадку актуальним є принцип: чим ризикуємо, те і є оцінкою ризику (використовуються числові методи «доза – ефект»).

Перші два підходи основані на розрахунках, однак для таких розрахунків не завжди вистачає надійних вихідних даних. У цьому випадку прийнятний третій підхід – експертний: імовірності різних подій, зв'язки між ними й наслідки аварій визначають не обчисленнями, а опитуванням досвідчених експертів. До робіт з експертного оцінювання

залучають досвідчених спеціалістів з техніки безпеки, ергономіки, електробезпеки та виробничої санітарії, які випробовують технологічний процес, а також спеціалізовані науково-дослідні та проектні інститути.

Нарешті, у рамках четвертого підходу – соціологічного – досліджується відношення населення до різних видів ризику, наприклад, за допомогою соціологічних опитувань.

На основі аналізу сучасних підходів та методів щодо оцінювання професійного ризику авторами запропонована класифікація методів кількісного оцінювання ризику, які можуть бути використані для розв'язання задач мінімізації ризику електротравматизму персоналу електричних станцій та систем. Дана класифікація подана на рис. 1 [1].

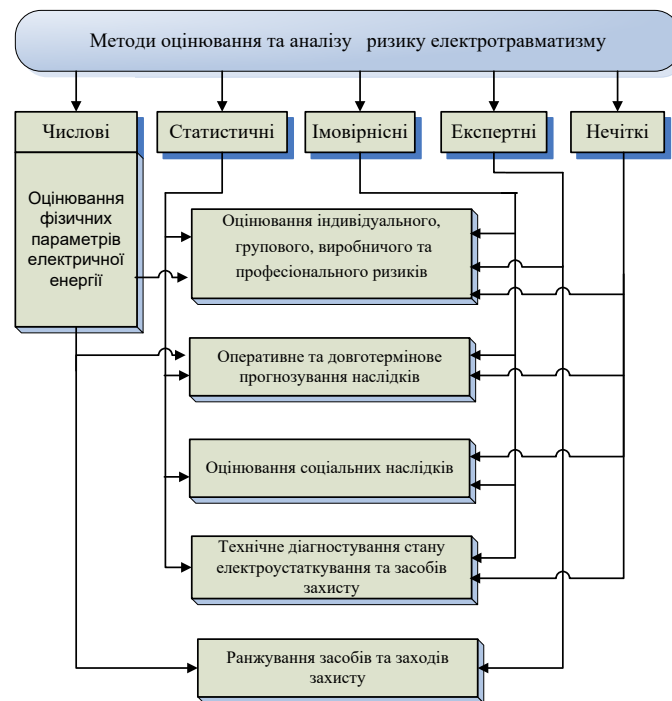


Рисунок 1 – Класифікація методів кількісного оцінювання ризику електробезпеки

Методи можуть застосовуватися окремо або доповнювати один одного, причому якісні методи можуть включати кількісні критерії ризику (в основному, за експертними оцінками з використанням, наприклад, матриці «ймовірність – вага наслідків» шляхом ранжування небезпеки). Повний кількісний аналіз ризику може включати всі зазначені методи. Приклад щодо оцінювання ризику електротравматизму за методом матриці наведено у [2]. Запропонована матриця оцінювання ризику дозволяє передбачити черговість та час проведення заходів захисту від дії ЕП ПЧ для мінімізації ризику електротравматизму при виконанні технологічних робіт в діючих електроустановках НВН.

Висновки. Врахування запропонованої класифікації підходів та методів оцінювання ризику електробезпеки дозволяє проводити теоретичні дослідження причинно-наслідкових зв'язків щодо ризику електротравмування персоналу, який обслуговує електроустановки НВН від дії електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Бондаренко Є. А. Методи аналізу та оцінювання ризику електротравматизму / Бондаренко Є. А. // Вісник Вінницького політехнічного інституту – 2013. – № 2. – С. 52-56.
2. Бондаренко Є. А. Менеджмент системи електробезпеки щодо мінімізації ризику дії електромагнітного поля на людину в електроустановках надвисокої напруги / Бондаренко Є. А. // НТУУ «КПІ». "ЕНЕРГЕТИКА: економіка, технології, екологія". – 2014. – № 2. – С. 14-21.

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доц., **Остапчук Ю.Ю.**, магістрант.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Згідно чинного національного стандарту України ДСТУ ISO 50006:2016 "Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанови" (ISO 50006:2014, IDT) для кількісної оцінки рівня досягнутої енергоефективності застосовують показники енергоефективності. Базовий рівень енергоспоживання застосовується для порівняння значень енергоефективності протягом тривалого часу та кількісного оцінювання змін в рівні досягнутої енергоефективності. Для здійснення оцінки рівня енергоефективності традиційно використовується регресійний аналіз. [1]

Вдосконалення системи управління споживання електроенергії сприяє підвищенню ефективності використання електроенергії. На підприємстві з виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв існує необхідність вдосконалення методів аналізу, оцінювання та управління процесами споживання електроенергії для зменшення рівня нераціонального використання електроенергії.

З числа відомих методів для вирішення задачі було обрано наступні методи: метод регресійного аналізу та метод головних компонент. В якості об'єкта дослідження взято карусельну сушарку солодового цеху підприємства.

Точність прогнозування споживання електроенергії об'єктом дослідження вимагає аналізу внутрішніх виробничих чинників. Як показало дослідження, може бути значна кількість чинників, які впливають на електроспоживання об'єкта дослідження. Існує необхідність визначення наявності лінійної залежності між чинниками в регресійній моделі з метою уникнення зміщення оцінок параметрів моделі, збільшення коваріації оцінок та незначущості параметрів моделі. Необхідно визначити найбільш інформативні чинники, які слід включити в математичну модель. Для вирішення задачі відбору інформативних чинників необхідно визначити такі, які не несуть корисної інформації в контексті вирішення поставленої задачі.

До розгляду було обрано чинники, значення яких можна визначити в період роботи карусельної сушарки. За методом експертних оцінок було опитано фахівців та технічних працівників підприємства, в результаті чого з перелічених чинників визначено такі, які можуть впливати на споживання електроенергії в процесі роботи карусельної сушарки. В результаті аналізу отриманих значень показників, з дослідження було вилучено чинники, значення яких є постійними.

Для проведення аналізу запропонованими методами дослідження було обрано наступні чинники, що впливають на споживання електроенергії: продуктивність сушарки (т/добу); продуктивність вентилятора ($\text{м}^3/\text{год}$); вологість зеленого солоду (%); відносна вологість зовнішнього повітря (%); температура солоду на вході в сушарку ($^{\circ}\text{C}$); зовнішня температура повітря ($^{\circ}\text{C}$); атмосферний тиск (мм. рт. ст.); статистичний тиск пари на вході у вентилятор (мм. вод. ст.).

При виконанні аналізу даних існує необхідність створення спрощеної моделі, яка повинна максимально точно описувати реальний стан технологічного процесу. Досить часто чинники, які впливають на споживання електроенергії, мають значну залежність один від одного і їх одночасна наявність є надлишковою. Деякі чинники мають неявну

залежність. Знаючи залежності та їх силу за допомогою методу головних компонент можна виразити декілька ознак через одну, тобто об'єднати, і працювати з більш простою моделлю. Уникнути втрати інформації при цьому неможливо, але метод головних компонент надає можливість їх мінімізувати. Даний метод апроксимує n-мірний простір спостережень до еліпсоїда, піввісі якого будуть майбутніми головними компонентами і при проекції на такі осі (зменшення розмірності) зберігається найбільша кількість інформації. [2]

Метод головних компонент заснований на конструюванні ознак (як метод відбору інформативних ознак). Головна ідея методу полягає в об'єднанні декількох корельованих змінних в одну, яка представлятиме собою лінійну комбінацію вихідних змінних. Метою методу є дослідження внутрішньої структури досліджуваної системи величин, "стиснення" цієї системи без істотної втрати інформації шляхом виявлення невеликого числа чинників, які пояснюють мінливість і взаємозв'язок величин. [2]

Для виконання розрахунків застосовується програмне забезпечення STATISTICA.

При формуванні моделі для карусельної сушарки солодового цеху методом головних компонент, програмою автоматично було визначено оптимальну кількість головних компонент. Отримані головні компоненти є фіктивними, тобто такими, що не мають фізичної реалізації, однак надають можливість об'єднувати декілька реальних кореляційно пов'язаних чинників в один.

В результаті застосування методу головних компонент визначено чинники, які мають найбільший вплив на споживання електроенергії.

Висновок. Результати моделювання показали, що точність моделі, побудованої на основі методу визначення головних компонент вища, ніж для регресійного аналізу, що надає можливість рекомендувати застосовувати метод головних компонент для визначення чинників, які найбільше впливають на споживання електроенергії при моделюванні процесу електроспоживання солодовим цехом.

Точність сформованих регресійних моделей електроспоживання оцінювалась на основі середньої відносної похибки, середньоквадратичної похибки, визначення коефіцієнта варіації.

Список використаної літератури

[1]- ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова (ISO 50006:2014, IDT).

[2] - Калинина В.Н. Введение в многомерный статистический анализ: учебное пособие / В.Н. Калинина, В.И. Соловьев. - М., 2003. - 66 с.

References

[1] - DSTU ISO 50006: 2016 Sistemy energeticheskogo menedzhmenta. Izmereniye urovnya dostignutoy energoeffektivnosti s ispol'zovaniyem bazovykh urovney energopotrebleniya i pokazateley energoeffektivnosti. Obshchiye polozheniya i rukovodstvo (ISO 50006: 2014, IDT).

[2] - Kalinina V.N. Vvedeniye v mnogomernyyu statisticheskiy analiz: uchebnoye posobiye / V.N. Kalinina, V.I. Solov'yev. - M., 2003. - 66 s.

Веремійчук Ю.А., канд. техн. наук, **Замулко А.І.**, канд. техн. наук, доцент,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Україна
Лисенко О.М., канд. техн. наук, Інститут технічної теплофізики НАН України

ВИКОРИСТАННЯ ДВОЗОННИХ ТАРИФІВ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ НА РІВНІ РЕГІОНУ

В умовах зростання цін на енергетичні ресурси, значної зношеності та не ефективної роботи мереж з централізованого опалення, побутові споживачі переходить на автономні, економічні та комбіновані системи енергозабезпечення з використанням відновлювальних джерел енергії [1]. При цьому споживач здійснює пошук можливостей щодо зменшення плати за спожиті енергетичні ресурси, шляхом використання різних тарифних систем, зокрема тарифів на електричну енергію, диференційованих за двома зонами.

Метою роботи є проведення оцінки активності споживачів щодо використання двозонних тарифів в умовах зростання плати за енергетичні ресурси.

Основною задачею запровадження двозонного тарифу є сприяння зменшенню навантаження в години контролю ранкового та вечірнього максимумів об'єднаної енергосистеми України (ОЕС України) і збільшення завантаження нічної зони. При цьому споживач, який ефективно використовує цю тарифну систему дозволяє, зменшити витрати за спожиту електричну енергію від 10 % до 30 %.

За інформацією електропередавальних організацій, станом на 01.01.2018 на підконтрольних Україні територіях налічується близько 16,9 млн. побутових споживачів. Серед яких кількість споживачів, що розраховується за двозонним тарифом у 2017 році склало 546,8 тис. шт. і збільшилося в порівнянні з минулим 2016 роком на 222,5 тис. шт. або на 68,6%, а споживання електричної енергії у 2017 році склало 2650,1 млн кВт год та збільшилося на 985,1 млн кВт год або на 59,2%.

Одним із прикладів збільшення частки споживачів на рівні Дніпропетровського регіону, які використовують двозонні тарифи – це перехід на електроопалення. У 2016 році місцеві органи влади міст Дніпропетровщини: Нікополя, Покрова, Орджонікідзе та Марганця відмовилися від централізованого опалення і перевели житло та соціальні об'єкти на електроопалення з поєднанням відновлювальних джерел енергії та іншого енергоефективного обладнання. Причини переходу цих міст на автономне опалення – зношеність міських тепломереж та центральних котелень, яка сягала 88%, а також підвищення ціни на газ.

Аналізуючи статистичні дані [2] кількість побутових споживачів, які використовують багатотарифні лічильники в Дніпропетровській області у 2017 році збільшилась в порівнянні з минулим 2016 роком на 457 % – однофазні; 177 % – трифазні (рисунок 1).

Тому враховуючи тенденцію використання споживачами багатотарифних лічильників нами був проведений аналіз участі побутових споживачів в управлінні електроспоживання регіону [3-4]. Аналізуючи зимові графіків електричних навантажень (ГЕН) Дніпропетровської області, особливо групу, переважна більшість споживачів в якій, складає побутове населення, розраховані коефіцієнти нерівномірності на заповнення (Таблиця 1). В результаті помітні незначні, але позитивні зміни, що характеризують групу, яка приймає участь в управлінні електроспоживанням і змінює свій ГЕН.

Також слід врахувати, що на території області знаходяться значні промислові потужності, які мають значний вплив на рівномірність споживання.

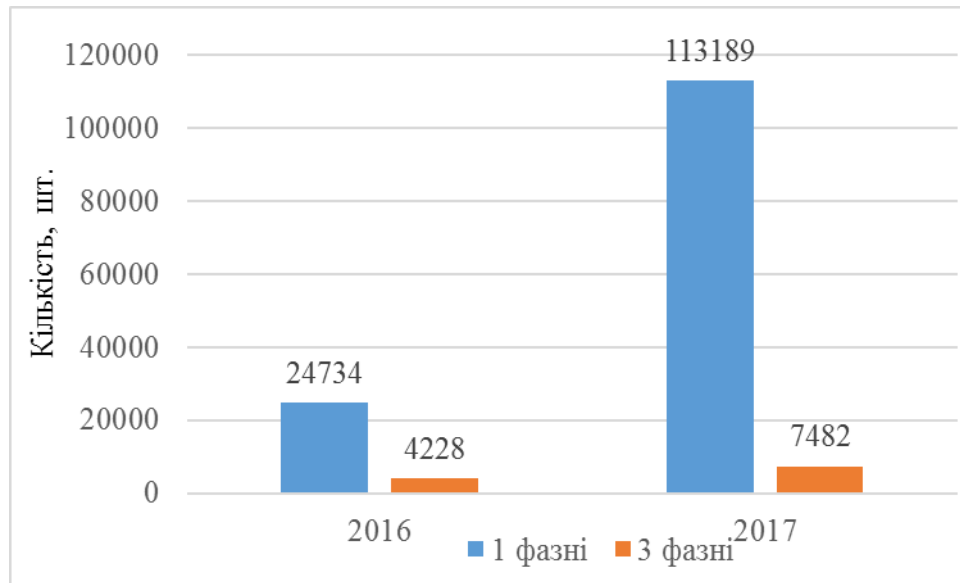


Рис. 1 Кількість багатотарифних лічильників у побутових споживачів в Дніпропетровській області

Таблиця 1. Аналіз ГЕН Дніпропетровської області

	Режимні дні		
	16.12.2015	21.12.2016	20.12.2017
Кз	0,739	0,758	0,777
Кн	0,409	0,405	0,429

Водночас перехід на використання електричної енергії для опалення призводить до перенавантаження електричної мережі та виходу з ладу основного обладнання. Що підтверджує інформації "ДТЕК Дніпрообленерго" навантаження на електромережі у Нікополі зросло на 150-160%, у Марганці - на 200%, у Покрові - на 35%. В результаті мережі та ряд підстанцій потребували проведення модернізації або повної заміни.

Висновки. Розглядаючи перехід споживачів від централізованого опалення на автономне з поєднанням різних джерел енергії потребує проведення моделювання сценаріїв з врахуванням економічних та технічних показників, що дозволить вирішувати актуальні питання відновлення та модернізації теплових мережі або реконструкцію (заміну) електричних мереж та обладнання.

Список використаних джерел

1. Б. І. Басок, О. М. Лисенко, Ю. А. Веремійчук Оцінка потенціалу кінцевого енергоспоживання теплової та електричної енергії населенням // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2017. № 2 С. 68-75 ISSN 1813-5420 (Print).
 2. Сайт ДТЕК Дніпрообленерго. Режим доступу : <https://doe.com.ua/>
 3. Веремійчук Ю.А., Замулко А.І. Дослідження графіків електричних навантажень груп споживачів електричної енергії. Вісник ВНТУ 2014. №2. С. 82-85.
 4. Сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Режим доступу : <http://mpe.kmu.gov.ua/>
- References
1. Borys Basok, Oksana Lysenko, Yuri Veremiichuk "Estimation of end-use thermal and electrical energy consumption potential for dwellers" Power engineering economics, technique, ecology № 2. 2017 pp.68-75
 2. Website DTEK Dnepropetrovsk Access mode: <https://doe.com.ua/>
 3. A. Zamulko, Y. Veremiichuk "The research of the charts of electrical loads of groups of electric energy users". Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute, [S.l.], pp. 82-85, june 2014. ISSN 1997-9274
 4. Website Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine. Access mode: <http://mpe.kmu.gov.ua/>

УДК 621.3.016.3

Волошко А.В., д-р техн. наук, проф., Шершень О. І., магістр.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

КОРЕКЦІЯ ВПЛИВУ ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ПОТУЖНОСТІ ЦИФРОВОЮ ТЕХНІКОЮ

Огляд літератури.

Обговорюються помилки в фазах через частотний дрейф та запропоновано нове ефективне корекційне поле для похибок. [1]. Термін корекції обчислюється по принципі циклу за циклом, і він реагує так швидко, як зміна частоти може бути обчислена. Проте з цього посилання не зрозуміло, наскільки рівняння визначають наявність гармонік та відхилення частоти в сусідніх періодах.

Особлива проблема виникає, коли процес відбору зразків не синхронізується з основним компонентом аналізу сигналу. У [2] ця похибка (асинхронний ефект вибірки) мінімізується шляхом регулювання кількості вибірок n так, що різниця між інтервалом підсумовування та часом для завершення інтегральної кількості циклів вхідного сигналу менша, ніж один інтервал вибірки. Показано, що максимальна похибка обернено пропорційна кількості зразків і не залежить від частоти сигналу.

Деякі методи були запропоновані для зменшення впливу нестабільності частоти мережі і наявності гармонік. У [3] розглянуто відповідні вікна та алгоритми інтерполяції для зменшення небажаних ефектів через спектральні витоки, спричинені процесом відбору проб, який не синхронізовано, а в роботі [4] сигнал зважується перед розрахунком дискретного перетворення Фур'є (ДПФ). Частоти і комплексні амплітуди різних компонентів сигналу отримують з ДПФ шляхом інтерполяції.

Виклад основного матеріалу.

Насиченість систем електропостачання з нелінійними та потужними джерелами, як енергетичною системою, так і споживачами електроенергії призвела до того, що сигнали в мережі стають нестационарними, нелінійними та зі значними коливаннями частоти.

У даній роботі запропоновані методи, засновані на визначенні значення відхилення частоти та введення корекційних коефіцієнтів (наприклад, при розрахунку активної потужності та напруги в електричній мережі). Запропоновані методи застосовуються як для синусоїдальної, так і несинусоїдальної форм сигналу.

Погіршення якості електроенергії спричиняє помилки в вимірювальних пристроях. В даному випадку особливе занепокоєння викликає вплив нестабільності частоти в мережі та наявності гармонік. В літературі було запропоновано ряд методів, що зменшують вплив цих факторів на вимірювання.

Фазова похибка не може бути зменшена за допомогою будь-яких кінцевих вікон. Використання методів інтерполяції може фактично зменшити цю похибку, але вимагає багато обчислень, а також залежить від незначних гармонійних перешкод. Тому прості та швидкі методи необхідні для зменшення впливу відхилення частоти на точність вимірювання. У цій роботі запропоновані методи визначення відхилення частоти. Обчислене відхилення частоти потім використовується для виправлення рівнянь, що використовуються в алгоритмах для обчислення споживання енергії. Запропоновані методи є простими, точними та швидкими.

Особлива проблема виникає, коли процес відбору зразків не синхронізується з основним компонентом аналізу сигналу. Ця похибка (асинхронний ефект вибірки) мінімізується шляхом регулювання кількості вибірок n так, що різниця між інтервалом

підсумовування та часом для завершення інтегральної кількості циклів вхідного сигналу менша, ніж один інтервал вибірки. Показано, що максимальна похибка обернено пропорційна кількості дискретних значень сигналу і не залежить від частоти сигналу. Дослідження показали, що зменшенням похибки різними алгоритмами є:

- за допомогою алгоритму FFT - 25 відсотків;
- за допомогою алгоритму ДПФ - 40 відсотків.

Подальші дослідження показали, що при визначенні вхідної частоти (з використанням результатів рівн.[1,7]) з точністю 0,006-0,008% не вплинули на основні результати. Загалом, однак, бажано досягти значення похибки в межах точності $\pm 0,001$ відсотка. Також рівняння, що описує вплив відхилення частоти у формі синусоїдальної хвилі від напруги силової системи $u(t)$ і струму $i(t)$, сигнали можуть бути використані для зменшення відносних похибок при визначенні всіх характеристик енергоспоживання.

Висновки.

В даній статті описані методи зменшення впливу відхилення частоти на визначення характеристик споживання енергії. Основними перевагами запропонованих методів є простота, точність та швидкість.

Запропоновані методи застосовуються як до синусоїдальної, так і до несинусоїдальної форм сигналу. Результати показують, що ці методи мають високу точність навіть з сигналами, що містять гармоніки, і для частоти, яка відхиляється від номінального значення.

Список використаної літератури

1. K. Srinivasan, "Errors in digital measurements of voltage, active and reactive powers and on-line correction for frequency drift", IEEE Trans, on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 1, January 1987, pp. 72-76.
2. Garg R. Geo-location estimation from electrical network frequency signal/R. Gard, A Hajj-Ahmad// www.ece.umd.edu/~minwu/public_paper/Conf13/1305_ENFLocalize_icassp13.pdf.
3. G.N. Stenbakken, "A wide band sampling watt meter", IEEE Trans, on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 10, October 1984, pp. 2919-2925.
4. F Adamo, F Attivissimo, A Di Nisio, M Savino, M Spadavecchia/ A spectral estimation method for nonstationary signals analysis with application to power systems// Measurement. 2015. - V. 73. – P. 247 - 261.
5. G. Andria, M. Savino, A. Trotta, "Windows and Interpolation Algorithms to improve Electrical Measurement Accuracy", IEEE Trans, on Instrum. & Meas., Vol. 38, No. 4, August 1989, pp. 856-863.
6. Ruipeng D. An Interpolation Algorithm for Discrete Fourier Transforms of Weighted Damped Sinusoidal Signals// D. Ruipeng, M. Qingfeng/ IEEE Transaction on Instrumentation and measurement. – 2013. – Volume 63. – Issue 6. – P. 1505 - 1513.
7. Ferrero A. A Calibration procedure for a digital instrument for electric power quality measurement//A. Ferrero, M. Lazzaroni, S. Salicone/ IEEE Transaction on Instrumentation and measurement. – 2002. – Volume 51. – Issue 4. – P. 716 – 722.
8. Ferrero A. On Testing the Electronic Revenue Energy Meters// A. Ferrero, M. Failer, S. Salicone/ IEEE Transaction on Instrumentation and measurement. – 2009. – Volume 58. – Issue 9. – P. 3042 – 3049.
9. J.H.R. Enslin, J.D. Van Wyk, "Digital Signal Processing in Electrical Power Systems: Calculation of Power under nonsinusoidal voltage and current conditions". Transactions, South African Institute of Electrical Engineers, Vol. 79, No. 1. July 1988.
10. Tarasiuk T. Interpolation based on wavelet coefficients for frequency measurement/Proc. XVII IMEKO World Congress , June 22 – 27. – 2003. – P. 895 – 898.
11. Asnin L. Using DSP methods for Accurate Dynamic measurement in power systems//L. Asnin, V. Backmuysky, M. Sedlachek/ Proc. XVII IMEKO World Congress , June 22 – 27. – 2003. – P. 441 - 445.
12. G.S. Hope, O. P. Malik, J. Chang, "Microprocessor-based active and reactive power measurement", Journal of Electric Power and Energy Systems, Vol. 3, No. 2, April 1981, pp. 75-83.

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИ РОЗШИРЕНОМУ ВИКОРИСТАННІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

За даними досліджень International Renewable Energy Agency (IRENA) (Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії) та Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (Глобальна мережа з питань політики щодо відновлюваних джерел енергії з багатьма зацікавленими стейкхолдерами, яка забезпечує міжнародне лідерство для швидкого переходу до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ)) та компанії «Рентехно» (rentechno.ua) прискорений розвиток енергетики із зростанням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) відбувається в усьому світі.

Проблеми узгодження традиційної та відновлюваної енергетики з властивою їй нерівномірністю і циклічністю генерації притаманні всім країнам без винятку. Однак одні країни мають поки практично непомітну частку ВДЕ в своєму енергобалансі (як, наприклад, Україна), а інші (Данія, Німеччина, Іспанія та інш.) вже досягли 20–40% використання змінної генерації з ВДЕ в своїй національній енергосистемі. Розширення частки ВДЕ в генерації триватиме й надалі, рівень застосування ВДЕ буде визначатися економічною доцільністю та економічною прийнятністю. Країни з відносно високим рівнем проникнення ВДЕ в свої енергосистеми (Німеччина, Франція), вже оголосили про відмову від вугільної та ядерної генерації до 2040 року, тобто відмову від основних генеруючих потужностей, що становлять базис нинішньої моделі енергетики в Україні. Планується, що трохи довше прослужать мазутні та газові станції. Газотурбінні і в меншій мірі дизель-генераторні станції на якийсь час збережуть свою роль в якості швидкодіючих компенсуючих потужностей.

У дослідженнях Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) під назвою «Renewables 2017. Global Status Report», опублікованому на початку листопада 2017 р., проаналізовано особливості зміни інфраструктури енергетики, здійснених країнами з високою часткою ВДЕ у виробництві енергії. Фактично фахівцями сформовано основи «Дорожньої карти» з впровадження ВДЕ зі змінним характером вироблення електроенергії (Variable Renewable Energy – VRE) в національній енергосистемі кожної країни, зокрема, і в Україні. Так, за темпами розвитку серед різних видів VRE лідирує сонячна PV-генерація. За 10 років сумарна потужність PV-станцій в світі виросла більш ніж в 50 разів, зараз їх щорічний приріст складає приблизно 25%. За 2016 р. у світі було встановлено, щонайменше, 75 ГВт нових сонячних електростанцій.

Особливості функціонування нинішньої моделі енергетики, яке передбачає формування базисного електричного навантаження, коли основні генеруючі потужності (ядерні та вугільні станції) працюють у стаціонарному режимі, що сприяє їхньому високому ККД. Для узгодження попиту і пропозиції (споживання та генерації) енергії використовуються швидкі «розгінні» потужності (ТЕС на мазуті і газі, газотурбінні і дизельгенератори). Відновлювані ресурси (середні ГЕС, біопаливні і геотермальні ТЕС) в традиційній парадигмі розвитку енергетики використовуються як потужності для практично постійної генерації, а ВДЕ у вигляді малих ГЕС і ГАЕС використовуються для деякого регулювання добової нерівномірності.

На сьогодні для багатьох традиційних енергосистем необхідно відзначити непристосованість (певну «косервативність») щодо сприйняття VRE-генерації. Зазначимо, що в якості VRE у більшості країн світу розглядається найбільш поширена вітрова та сонячна генерація. Переведення енергетики на шлях сталого розвитку – це,

перш за все, питання зміни структури і підходів до способів оперативного керування, диспетчеризації та зберігання надлишку обсягів генерації електроенергії, у першу чергу, на основі реалізації концепції Smart Grid та VRE.

На практиці для максимізації частки ВДЕ в єдиній енергосистемі з традиційними джерелами сьогодні починають широко використовуватися моделі, базовані на розосередженій генерації та системах зберігання енергії, Microgrid, системи зарядки електромобілів, програм керування попитом, різні типи просюмерів із застосуванням блокчейн-транзакцій.

Розвиток генерації з ВДЕ вимагає зміни та оновлення інфраструктури енергозабезпечення. При поширенні VRE змінний характер вироблення електроенергії створює проблеми для традиційних моделей з «базисним навантаженням». Проведені дослідження показують, що ВДЕ-генерація просувається від постійної генерації в область диспетчеризації попиту та пропозиції. Збільшення потужності підключених до мережі вітрових і сонячних електростанцій вносить характерну циклічність і нерівномірність в добову, місячну та сезонну генерацію. Оператори національних, регіональних і локальних енергомереж ще не повністю готові до активного керування VRE. Питання надлишку генерації вирішується плановим «зміщенням попиту» системних споживачів (в основному – промисловості) на більш прийнятний час. Виробників VRE змушують прогнозувати і погоджувати графіки генерації з операторами мереж. У роботі «Renewables 2017. Global Status Report» проведено *огляд дій і результатів зміни інфраструктури енергетики при зростанні частки VRE в загальному енергобалансі VRE: від несуттєвої до значної (від <math><1-3\%</math> до > 50% та визначено, що при підвищенні частки VRE в загальному енергобалансі понад 2% нинішні мережі більше технічно не справляються з піками генерації і перетіканнями, виявляються мало пристосованими до глибокого регулювання. Все це обумовлює необхідність в інфраструктурних змінах, модернізації і розбудові самих електричних мереж різного функціонального призначення.*

Розглянемо вплив на зміну інфраструктури енергетики зростання частки VRE в загальному енергобалансі. *Частку генерації VRE будемо характеризувати рівнями від 1 до 5: рівень 1 – частка генерації VRE складає <math><2\%</math>; рівень 2 – 2–5%; рівень 3 – 5–10%; рівень 4 – 10–20%; рівень 5 – частка генерації VRE складає 20% – >50%.*

Проведений аналіз в *REN21 2017 GSR* показав наступне:

1. Вплив VRE:

- Рівень 1: Відсутній помітний вплив;
- Рівень 2: На рівні оператора системи помітним є невелике зростання невизначеності та нестабільності пропозицій. Обмежений вплив на роботу окремих електростанцій;
- Рівень 3: Зростання нестабільності та невизначеності пропозиції має суттєвий вплив на рівні оператора системи; помітним є вплив на роботу окремих електростанцій;
- Рівень 4: Підвищена нестабільність пропозицій і невизначеність мають значний та визначальний вплив на рівні операторів системи; помітним є вплив на роботу практично всіх електростанцій;
- Рівень 5: Наявний структурний надлишок генерації від VRE та сезонні небаланси в енергосистемі.

2. Можливі коригуючі дії:

- Рівень 1: Корекція роботи мережі не потрібна;
- Рівень 2: Деякі типи регулювання в системі на рівні операторів системи і мережевої інфраструктури;
- Рівень 3: Значні зміни в роботі системи; більша гнучкість попиту та пропозицій; деяке посилення в мережі для стабільності напруги та частоти.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

– Рівень 4: Визначальні зміни в роботі системи; значна додаткова нестабільність попиту та пропозицій; суттєве посилення інфраструктури мережі для стабільності напруги та частоти;

– Рівень 5: Додаткові заходи для керування дисбалансом попиту та пропозицій.

Типи реагування та ступінь їх актуальності і повноти реалізації наведено в таблиці, де використано позначення: «-» – реагування відсутнє; «+», «++» та «+++» – реагування має здійснюватися при низькому, середньому та високому масштабі реагування.

Приклади реагування на зміни в інфраструктурі, технологічні та оперативні заходи:

– Рівень 1: Збір інформації про стан мережі та для планування, включаючи технічні стандарти для майбутнього зростання використання VRE;

– Рівень 2: Створення системи прогнозування відновлюваної енергії; впровадження вдосконалених технологій та процедур оперативного керування для ефективного планування і диспетчеризації системних ресурсів;

Таблиця – Огляд дій і результатів зміни інфраструктури енергетики при зростанні частки VRE в загальному енергобалансі VRE

Тип реагування	Частка генерації VRE				
	<2 %	2–5%	5–10%	10–20%	20% – >50%
Прогнозування ресурсів	–	+	++	+++	+++
Керування мережею	–	+	++	+++	+++
Збереження енергії	–	–	+	++	+++
Керування попитом	–	–	+	++	+++
Посилення мережевої інфраструктури	–	–	+	++	+++
Секторальний взаємозв'язок	–	–	–	+	+++

– Рівень 3: Керування нестабільністю розвинутих систем прогнозування генерації, покращена інфраструктура передачі та значно більш динамічне оперативне керування зростаючою кількістю ресурсів і елементів системи, які потребують диспетчеризації; координація об'єктів керування за допомогою розширеного обміну інформацією, технологій керування, міжмережевих зв'язків і керування перетоками;

– Рівень 4: Значне підвищення ефективності масштабу реагування на попит і перевантаження за допомогою більш вдосконалених технологій обміну інформацією та керування; розгортання значної кількості додаткових прогресивних швидкодіючих накопичувачів енергії в мережі, вимірювання та балансування енергії для стабільності напруги і частоти;

– Рівень 5: Секторальний взаємозв'язок – електропотачання, опалення, охолодження і транспорт разом як щоденний, щотижневий і навіть сезонний буфер для VRE-генерації; перетворення енергії в хімічні з'єднання, які можуть зберігатися та накопичуватися.

Із розвитком та здешевленням технологій ВДЕ стає економічно вигідною побудова розосереджених ВДЕ-станцій з одиничними блоками малої потужності (наприклад, біогазові та біопаливні, геотермальні, малі ГЕС і ГАЕС, мікро-ВЕС, когенераційні сонячні установки (технологія концентрації сонячної енергії для вироблення

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

електроенергії – та/або теплової енергії; геліотермоелектрична когенерація електроенергії та тепла). У міру зростання VRE в загальному енергобалансі від 10% до 20% величезну роль в поглинанні піків генерації починає відігравати електротранспорт (EV) і гнучке тарифне стимулювання вартості зарядки акумуляторів за часом доби. Використовуються можливості EV зі згладжування нічного і ранкового «провалу» споживання електроенергії (схеми V2G, vehicle-to-grid) і денного піку «перегоне-рації» від PV-станцій. З'являються значні потужності регіонального і національного масштабу з керуванням піковим перевантаженням – для оперативного зберігання та швидкої віддачі енергії. Зокрема, це пов'язано з триваючим здешевленням технології акумуляування електрики і поширення розосередженої генерації. Так, за 2016 р. кількість стаціонарних батарейних систем зберігання енергії, підключених до загальної мережі, зросла в світі на 50%.

Просування до парадигми >50% ВДЕ вимагає, в рамках «Дорожньої карти» дій щодо імплементації VRE, впровадження нових методів керування, прогнозування та інформаційного обміну для регулювання локальних і регіональних мереж на абсолютно новому рівні. Зростаюче впровадження VRE змінює весь порядок планування, проектування і експлуатації енергосистем. Для переходу до моделі >50% ВДЕ потрібно послідовно і покроково змінити підхід до організації і взаємодії всієї інфраструктури енергетики з врахуванням нової генерації.

УДК 621.3

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф., Таргонський В.А., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

Вступ. Сьогодні Україна переживає часи великих змін. У важких економічних умовах та при наявності складної ситуації на Сході країни доводиться приймати зважені рішення задля покращення ситуації. Одним із шляхів покращення економічного становища країни є перегляд споживання основних енергоресурсів. Енергоефективність є важливою ланкою в поступовому русі вперед. Для покращення ситуації необхідно розробити ряд заходів, поступове впровадження яких допоможе Україні стати на шлях раціонального енерговикористання. Необхідно використати досвід передових країн світу у сфері енергозбереження, але використання даного досвіду можливе лише з врахуванням локальних особливостей України внаслідок проведення моніторингу, що враховує наявний стан технологій, доступ до енергетичних ресурсів, економічний розвиток та соціальні особливості.

Стан енергоефективності регіонів України. Для більш адекватної оцінки рівня енергоефективності МЕА запропонована декомпозиція, тобто розгляд кінцевого споживання енергії в країні за секторами та галузями економіки та, відповідно, їх внеску в загальний ВВП. Такий підхід не тільки дозволяє розділити головні фактори, що визначають енергоспоживання, та відокремити окремі складові впливу на енергоефективність в порівнянні зі стандартними оцінками, але і вимагає певної широкої бази даних. Одним із варіантів декомпозиції можна вважати розгляд регіональних особливостей енергоспоживання та визначення ефективності використання енергії окремими регіонами країни. На підставі наявних статистичних даних Державної служби статистики України [1] Національним інститутом стратегічних досліджень були розраховані як стандартні рівні енергоефективності регіонів України (енергоємність валового регіонального продукту), так і рівні декомпозиційної ефективності (тепло- та електропостачання) та враховані загальні рівні енергоспоживання регіонів. Дані розрахунків представлені в таблиці [4].

Отримані дані показників енергоефективності регіонів України показують значні відмінності в рівнях ефективності використання енергоресурсів регіонами України. Даний показник коливається від максимального рівня в 148,9 грн/кг н.е. в Одеській та 145,3 грн/кг н.е. в Чернівецькій областях (максимальні рівні) до рівнів в 9,8 грн/кг н.е. – Луганська область, 6,5 грн./кг н.е. – Донецька область, та 10,5 грн/кг н.е. – Івано-Франківська область (мінімальні рівні): тобто за рівнем ефективності енергоспоживання відрізняються в десятки разів. Така значна різниця пояснюється не стільки бойовими діями на Сході України (найнижчі рівні енергоефективності в цих регіонах спостерігалися і раніше), скільки суттєвою різницею структури енергоспоживання: належністю в Луганській, Донецькій, а також Івано-Франківській, Дніпропетровській та Запорізькій областях значної кількості енерговитратних та низько ефективних промислових виробництв – про що свідчить суттєво більші рівні питомого енергоспоживання [2]. Згідно постанови Кабінету Міністрів України від 21.10.2015 № 856 «Про затвердження Порядку та Методики проведення моніторингу та оцінки результативності реалізації державної регіональної політики» [6] Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України було проведено рейтингове оцінювання регіонів України для оцінки стану енергоефективності областей станом на січень-вересень 2017 року [7].

**V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція
«Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'18»**

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

Таблиця – Основні розраховані енергетичні показники регіонів України за 2015 рік

Регіон	ЗПІЕ на особу, т н.е.	Теплоенергія на особу, Гкал	Електроенергія на особу, кВт*год	Енергоефективність, грн./кг н.е.
Вінницька	1,52	0,864	824,5	24,8
Волинська	0,30	0,527	531,3	101,3
Дніпропетровська	3,92	2,013	6402,9	16,8
Донецька	4,16	1,394	2071,0	6,5
Житомирська	0,34	0,589	895,5	90,3
Закарпатська	0,8	0,250	323,3	28,7
Запорізька	3,57	1,621	3460,7	14,2
Івано-Франківська	3,19	0,486	709,6	10,4
Київська	1,23	1,217	1280,2	48,9
Кіровоградська	0,63	1,082	2399,2	62,5
Луганська	1,10	0,832	887,7	9,8
Львівська	0,82	0,606	781,7	45,5
Миколаївська	0,78	2,305	1316,5	53,2
Одеська	0,28	0,779	1063,8	148,9
Полтавська	1,54	1,471	2644,0	43,1
Рівненська	0,50	1,812	2261,5	60,7
Сумська	0,65	0,629	941,4	57,2
Тернопільська	0,21	0,556	378,2	118,9
Харківська	1,06	0,832	1221,8	43,2
Херсонська	0,27	0,330	784,0	112,0
Хмельницька	0,46	0,556	722,6	68,8
Черкаська	1,22	1,438	1189,7	33,4
Чернівецька	0,14	0,313	321,3	145,3
Чернігівська	0,71	0,786	698,1	49,6
м. Київ	1,19	0,758	1221,2	131,0
Україна	1,56	1,030	1679,2	29,8

ЗПІЕ – загальне постачання первинної енергії.

Оцінювання було проведено за такими показниками:

1. Частка оснащення багатоквартирних житлових будинків побудинковими приладами обліку теплової енергії від загальної кількості багатоквартирних будинків, які підлягають оснащенню;
2. Частка обсягу теплової енергії, виробленої в регіоні з альтернативних видів палива або відновлюваних джерел енергії за звітний період, відсотків до загального обсягу виробленої теплової енергії в регіоні за звітний період;
3. Рівень впровадження енергозберігаючих джерел світла у зовнішньому освітленні населених пунктів, відсотків до загальної кількості світлоточок;
4. Частка сумарної потужності котелень на альтернативних видах палива в регіоні, відсотків до загальної потужності котелень регіону;
5. Частка домогосподарств, які уклали кредитні договори в рамках механізмів підтримки заходів з енергоефективності в житловому секторі за рахунок коштів державного бюджету (у тому числі із співфінансуванням з місцевих бюджетів), відсотків до загальної кількості домогосподарств регіону.

За результатами дослідження на січень–вересень 2017 року найвищого значення оснащення приладами обліку теплової енергії від загальної кількості багатоквартирних будинків, які підлягають оснащенню досягли Вінницька – 94,6%, Миколаївська – 92,3, Хмельницька – 91,7 області та місто Київ – 93,4%. Найнижчий рівень оснащення у Тернопільській – 17,6% та Луганській – 17 областях. Загальний рівень по Україні складає 77,1% порівняно з 61,7% станом на січень–вересень 2016 р.

Найвища частка обсягу теплової енергії, виробленої в регіоні з альтернативних видів палива або відновлюваних джерел енергії за звітний період, відсотків до загального обсягу виробленої теплової енергії в регіоні станом на 2016 рік притаманна для Волинської – 36,5%, Дніпропетровської – 19,3, Харківської – 17,4 та Херсонської – 16,9 областей. Найнижче значення у Донецької – 0,2%,

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

Запорізької – 0,5, Закарпатської – 1,3, Тернопільської – 2,7 областей та міста Київ –0,9%. Загальний показник по Україні у 2016 році складає 10,4%, що вдвічі більше ніж у 2015 році – 4,8%. Найвищий рівень впровадження енергозберігаючих джерел світла у зовнішньому освітленні населених пунктів у 2016 році показали Дніпропетровська – 61,7%, Черкаська – 51,1, Луганська – 47,9, Миколаївська – 41,6 та Рівенська – 40,5% області. Найнижчі значення мають Донецька – 17,7%, Херсонська – 19,9 та Чернівецька – 19,9% області. Загальне значення в Україні складає 34,2% у 2016 році, порівняно з 27,4% у 2015 році. За рівнем впровадження потужності котелень на альтернативних видах палива станом на січень–вересень 2017 року лідерами є Тернопільська – 23,1%, Харківська – 20,2, Рівенська – 19,0 та Волинська – 18,6% області. Найнижчий показник у Донецької – 0,1%, Луганської – 0,1 та Одеської – 0,3 області та у місті Київ – 1,5%. Загальний рівень в Україні складає 10,8%, порівняно з 8% станом на січень-вересень 2016 року. Найвищий рівень частки домогосподарств, які уклали кредитні договори в рамках механізмів підтримки заходів з енергоефективності в житловому секторі за рахунок коштів державного бюджету станом на січень-вересень 2017 року притаманний для Рівенської – 2,92%, Волинської – 2,42 та Сумської – 1,92% області. Найнижче значення у міста Київ – 0,23% , Донецької – 0,58, Одеської – 0,63, Харківської – 0,66 та Луганської – 0,67% областей. Загальне значення в Україні складає 0,97%, порівняно з 0,55% станом на січень-вересень 2016 року. Темпи зростання даного показника є дуже низькими для регіонів України та для країни в цілому.

Висновки. За результатами дослідження проблеми у сфері енергозбереження та енергоефективності наявні у кожному регіоні України, але присутні регіони, ситуація в котрих є критичною. До таких регіонів відносяться Донецька, Луганська, Одеська, Тернопільська області та місто Київ. Енергоефективність є ключовим фактором розвитку, оскільки підприємства України досі використовують застаріле неефективне обладнання, а технології виробництва не відповідають світовим нормам. Першочерговими галузями, де повинні відбутись зрушення, є житлово-комунальна сфера, сфера надання послуг та промисловість. Регіони з низьким рівнем енергоефективності потребують негайних зрушень.

Розвиток відновлювальної енергетики в Україні може значно поліпшити економічний та енергетичний стан країни та її регіонів, оскільки Україна володіє широкими можливостями для впровадження різноманітних джерел відновлювальної енергетики. Вступ України до ЄС та участь в різноманітних міжнародних енергетичних об'єднаннях сприятиме прискоренню даного процесу.

Подальше вирішення проблеми низького рівня енергоефективності України вимагає постійного контролю за виконанням поставлених директивних завдань.

Список використаної літератури

- 1 Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]: <https://ukrstat.org>
2. В.О. Бараннік. Енергоефективність регіонів України: проблеми оцінки та наявний стан. Інститут стратегічних досліджень, серпень 2017 [Електронний ресурс]: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/energoefekt-5eccc.pdf>
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Міністерство енергетики та вугільної промисловості [Електронний ресурс]: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245239554>
4. Енергетичний баланс України за 2015 рік / Державна служба статистики України.: [Електронний ресурс]: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2015/energ/en_bal/Bal_2015_u.zip
5. Енергетичний баланс України за 2016 рік / Державна служба статистики України.: [Електронний ресурс]: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2017/energ/en_bal/Bal_2016_u.zip
6. Постанова КМУ від 21.10.2015 № 856 «Про затвердження Порядку та Методики проведення моніторингу та оцінки результативності реалізації державної регіональної політики» [Електронний ресурс]: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/856-2015-п>
7. Рейтингова оцінка за січень-вересень 2017 року. Мінрегіонбуд. [Електронний ресурс]: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/Reytingova-otsinka-za-sichen-veresen-2017-roku-prezentatsiyni-materiali.pdf> ст. 36–39.

УДК 621.317

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф., Коцар О.В., канд. техн. наук, доц.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ОСІБ, ЯКІ МАЮТЬ НАМІР ПРОВАДИТИ ДІЯЛЬНІСТЬ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Вступ. На виконання положень Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» [1] в Україні повинно бути невідкладно розпочато діяльність з сертифікації та підвищення енергетичної ефективності будівель з метою створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей. Успішне розв'язання цього завдання вимагатиме підготовки в стислі терміни достатньої кількості кваліфікованих енергоменеджерів відповідного фаху.

Метою досліджень є формулювання базових засад та визначення напрямів розв'язання завдань з підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців з енергозбереження, енергоефективності та енергетичного менеджменту з метою задоволення нових викликів відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». Для досягнення поставленої мети в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблено модель фахівця з енергетичного менеджменту та реалізовано концепцію з комплексної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів в сфері енергозбереження, енергоефективності та енергетичного менеджменту. Запропонований комплексний підхід передбачає в рамках підготовки фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Енергетичний менеджмент та енергоефективність», наскрізну підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» для діяльності з енергетичних обстежень інженерних систем та розвиток їхніх компетенцій і навичок в ході підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» для діяльності з сертифікації енергетичної ефективності будівель.

Матеріал досліджень. Фахівець з енергетичного менеджменту – це особа, яка реалізує свою діяльність для досягнення найвищого рівня енергоефективності за умови забезпечення необхідних потреб підприємства, організації чи установи (в подальшому – підприємства) в енергії та запобігання шкідливому впливу на довкілля. Для здійснення професійної діяльності він потребує систематичних та фундаментальних знань у сфері енергозбереження, енергоефективних технологій та енергетичного менеджменту. Під час навчання фахівець-енергоменеджер повинен отримати всебічну змістовну інженерну підготовку, яка передбачає вивчення дисциплін електротехнічного, теплотехнічного, економічного та інформаційно-комунікаційного профілів, що має на меті забезпечити розв'язання ним в ході здійснення професійної діяльності технічних, економічних, організаційних, юридичних та інших завдань в рамках реалізації проектів з підвищення енергетичної ефективності, зокрема, будівель. Але будівлі є лише одним з видів об'єктів, що вимагають підвищення рівня енергоефективності. Головне завдання ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського полягає в комплексній підготовці кваліфікованих фахівців з енергетичного менеджменту, які спроможні забезпечити підвищення рівня енергетичної ефективності та запобігання шкідливому впливу на довкілля у різних сферах людської діяльності.

На виконання поставлених завдань в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського реалізовано комплексну наскрізну багатоетапну підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації кадрів в сфері енергозбереження, енергоефективності та енергетичного менеджменту. Запропонований комплексний підхід реалізовано в рамках підготовки

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Енергетичний менеджмент та енергоефективність».

На першому етапі здійснюється підготовка фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Після завершення навчання бакалаври з енергетичного менеджменту та енергоефективності повинні продемонструвати такі результати:

Знання щодо:

- законодавства України, національних стандартів, методичної і нормативної бази в сфері енергетики, енергоефективності, екології; основ інформатизації професійної діяльності та електронного документообігу, моделі інформаційного простору сучасного підприємства і рухів інформації в ньому, принципів застосування CRM та ERP систем; основ технологій виробництва, використання енергоносіїв, особливості та характеристики устаткування в системах енергопостачання та енерговикористання, режими їхньої роботи;

- сучасних світових практик і технологій в сфері енергозбереження та підвищення рівня енергетичної ефективності;

- принципів функціонування ринків енергії, структури тарифів на енергоносії, основ маркетингових досліджень в енергетиці; правил постачання різних видів енергоресурсів, правил технічної експлуатації електричних станцій та мереж, правил безпечної експлуатації електротехнічних та теплотехнічних установок споживачів, порядку планування і нормування енергетичних ресурсів, складання балансів енергії, маркування обладнання;

- основних понять і термінів в сфері енергоефективності та інноваційних енергоефективних технологій;

- основ енергосервісної діяльності, побудови систем енергетичного менеджменту за стандартом ISO 50001:2011, елементів проектного аналізу, енергоефективного проектування;

- принципів сучасної організації та керування виробництвом в енергетичній сфері;

- методологічних основ та методів енергетичного аудиту та енергетичних обстежень;

- методів визначення енергетичних характеристик обладнання і технологічних процесів;

- методів та засобів визначення енергетичної ефективності підприємства, виробничої одиниці, технологічного процесу, устаткування;

- методів розрахунку втрат енергоресурсів;

- шляхів та засобів підвищення енергоефективності під час виробництва, передавання, розподілу, перетворення та споживання енергії;

- принципів роботи та використання засобів вимірювань та вимірювальних інформаційних систем під час проведення енергетичного аудиту та енерготехнологічних обстежень;

- застосування сучасних методів і програм управління попитом;

- організаційних та технологічних умов застосування альтернативних і відновлюваних джерел енергії;

- безвідходних, екологічно чистих технологій, використання вторинних ресурсів;

- сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в енергетиці;

- ділової української мови; правил ділового етикету та спілкування; основ професійної етики, економіки, маркетингу, організації зв'язків з громадськістю, психології, соціології та економіки праці, трудового законодавства, безпеки

життєдіяльності людини та охорони праці; інструментальних засобів сучасного офісу (інформаційні технології та засоби оргтехніки) та принципів користування ними.

Уміння:

- аналізувати енергоспоживання для кожного виду енергії та надавати рекомендації щодо застосування різних тарифів під час розрахунків за спожиту енергію;
- складати та аналізувати синтезовані енергобаланси підприємств;
- визначати кількісні значення показників енергоефективності підприємства, окремих споживачів енергії;
- складати та аналізувати паливно-енергетичні баланси, як інструмент оцінки ефективності використання енергії;
- виявляти та визначати необґрунтовані витрати та втрати енергії;
- проводити розрахунки техніко-економічної ефективності впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій;
- визначати більш раціональний тип енергоносіїв та технологічних процесів для підприємства, використовувати альтернативні та відновлювані джерела енергії, вторинні енергетичні ресурси;
- розраховувати та контролювати питомі норми енергоспоживання за окремими типами обладнання та технологій;
- користуватися сучасними джерелами інформації щодо енергоефективних технологій, обладнання, методів, цін і тарифів тощо та надавати відповідні консультації адміністративному і технічному персоналу підприємств;
- створити систему енергоменеджменту, у т.ч. систему обліку енерговикористання на підприємстві та обґрунтувати необхідний рівень її автоматизації;
- надавати консультаційні послуги у сфері енергоефективності;

Досвід:

- складання звітів з енергетичного аудиту, розробки планів реалізації енергозберігаючих та енергоефективних заходів;
- використання сучасних програм управління попитом;
- виявлення джерел нераціональних та марнотратних енерговитрат на підприємстві та визначення інноваційних шляхів підвищення ефективності споживання електроенергії у промисловості;
- у визначенні рівня енергетичної ефективності промислових споживачів енергії, технологічних процесів, підприємств;
- розроблення організаційних та технічних інноваційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання промисловими підприємствами, промисловим устаткуванням;
- розрахунку енергетичних показників устаткування;
- застосування засобів вимірювань під час проведення енергоаудиту, енергетичних обстежень, енергомоніторингу;

В світлі реалізації положень [1] фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» готовий до виконання інженерних завдань, зокрема, проведення енергетичних обстежень інженерних систем будівель відповідно до таких компетенцій:

- впровадження енергоефективних технологій і обладнання;
- здійснення енергетичного аудиту та енерготехнологічних обстежень;
- управління попитом споживачів, зокрема, із залученням альтернативних та відновлювальних джерел енергії;

На другому етапі здійснюється підготовка фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр». Після завершення навчання магістри з енергетичного менеджменту та енергоефективності повинні додатково продемонструвати такі результати:

Знання щодо:

- законодавства України і країн ЄС, національних та міжнародних стандартів, методичної і нормативної бази в сфері енергетики, енергоефективності, екології; сучасних методів та засобів інформатизації підприємств;

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

- світових енергетичних і екологічних проблем, енергетичних і екологічних проблем країни, секторів економіки України, причини появи і підходи до їхнього вирішення;
- принципів інтегрального ресурсного планування;
- інноваційних методів підвищення рівня енергоефективності енергетичних установок за галузями економіки, стану, проблем та напрямів розвитку інноваційних енергоефективних технологій у в Україні та світі у теперішній час та на перспективу;
- шляхів підвищення рівнів самоенергозабезпечення регіонів;

Уміння:

- визначати оптимальні підходи до розв'язання енергетичних проблем в конкретних виробничих умовах;
- формувати політику та програму з енергозбереження на підприємстві;
- професіоналізації та стабілізації управління енергогосподарством та енергоспоживанням на підприємстві;
- розробляти технічні, технологічні, організаційні, управлінські та адміністративні заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності на промислових та комунальних підприємствах;
- оцінювати ефективність використання енергії за секторами економіки України, обладнанням, технологічними лініями;
- аналізувати складові енергозабезпечення підприємства;
- визначати потенціал енергозбереження у секторах економіки України, підприємств, технологічних ліній, окремих споживачів енергії при впровадженні інноваційних енергоефективних технологій;
- визначати пріоритети впровадження економічно обґрунтованих проектів з підвищення енергетичної ефективності підприємств;
- знаходити джерела інвестування та фінансування заходів з енергозбереження;
- керувати групою з раціонального використання енергії та проектами в сфері енергозбереження;
- проводити тренінги зі співробітниками підприємства з питань ефективного використання енергії, розробляти заходи заохочення робітників, які експлуатують обладнання на принципах енергоефективності.

Досвід:

- розробки програм енергозбереження, енергетичного паспорту та сертифікатів енергетичної ефективності;
- підготовки заяв і бізнес-планів до вітчизняних та міжнародних фінансових структур та фондів;
- побудови та підтримки систем енергетичного менеджменту відповідно до стандарту ISO 50001:2011;
- у визначенні рівня енергетичної ефективності по галузях промисловості України;
- розроблення організаційних та технічних інноваційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання галузями промисловості України;
- пошуку інноваційних енергозберігаючих технологій, які доцільно використовувати для підвищення рівня енергетичної ефективності промисловості України;
- фінансової оцінки інноваційних енергозберігаючих заходів, енергоефективних технологій при їх впровадженні у секторах економіки;
- розробки проектів внутрішніх стандартів та інших нормативних документів підприємства щодо енергоспоживання;
- розрахунку енергетичних показників устаткування;
- аналізу існуючої корпоративної документації у сфері енерговикористання на підприємстві;
- прогнозування потреби в паливно-енергетичних та інших ресурсах.

В світлі реалізації положень [1] фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» готовий до виконання інженерних завдань, зокрема, сертифікації енергетичної ефективності та

проведення енергетичних обстежень інженерних систем будівель відповідно до таких компетенцій:

- реалізація політики енергозбереження та впровадження енергоефективних технологій і обладнання;
- здійснення енергетичного аудиту та енерготехнологічного обстеження;
- управління попитом споживачів, зокрема, із залученням альтернативних та відновлювальних джерел енергії;
- розробка, побудова, впровадження та супроводження сертифікації систем енергетичного менеджменту за стандартом ISO 50001:2011;
- керування енергозабезпеченням підприємств.

В рамках навчальних програм з перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів на базі ЦПЕМ фахівці набувають актуальних теоретичних знань і практичних навичок щодо новітніх технологій в сфері енергоаудиту, підвищення рівня енергетичної ефективності та енергетичного менеджменту.

З метою задоволення потреб ринку в кваліфікованих фахівцях з енергетичного аудиту та енергетичного менеджменту в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського розроблено навчальні програми і на базі ЦПЕМ запроваджено курси з перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів за програмою «Енергетичний аудит» для фахівців, які набули освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» в галузях знань за технічними спеціальностями, а також в сфері архітектури і будівництва, і за програмою «Енергетичний менеджмент» для фахівців, які набули освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» в галузях знань за технічними спеціальностями, а також в сфері архітектури і будівництва, економіки, управління і права.

Базуючись на набутому понад 20-річному практичному досвіді з метою швидкого насичення ринку праці і збільшення обсягів підготовки осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем, в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського підготовлено навчальні програми та на базі ЦПЕМ запроваджуються курси з перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів за програмою «Сертифікація енергетичної ефективності будівель» для фахівців, які набули освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» і за програмою «Енергетичні обстеження інженерних систем» для фахівців, які набули освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» в галузях знань: 12. Інформаційні технології, 14. Електрична інженерія, 15. Автоматизація та приладобудування, 19. Архітектура та будівництво. Навчальний модуль «Енергетичні обстеження інженерних систем» є складовою курсів з перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів за програмою «Сертифікація енергетичної ефективності будівель». Йдеться про те, що за освітньою кваліфікацією фахівець з сертифікації енергетичної ефективності будівель, є, зокрема, фахівцем з енергетичних обстежень інженерних систем. Такий підхід до підготовки кадрів має забезпечити високу якість результатів відповідно до положень [1].

Висновки.

Запропонована і реалізована в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського концепція з комплексної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів в сфері енергозбереження, енергоефективності та енергетичного менеджменту дозволить в стислі терміни наситити ринок праці і забезпечить належну кваліфікацію та атестацію осіб, які мають наміри провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем.

Список використаної літератури

1. Про енергетичну ефективність будівель [електронний ресурс] // Верховна Рада України; Закон від 22.06.2017 № 2118-VIII – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. Directive 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings // Official Journal of the European Union, 08.06.2010. – L153/13-35.

Денисюк С.П., д-р. техн. наук, проф., Чайковський С.І.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МІКРОРАЙОНУ (SMART COMMUNITY)

Сталий розвиток суспільства передбачає забезпечення сталого розвитку енергетики та окремих регіонів, тобто розширене використання на системному рівні механізмів еергоефективності, програм керування попитом, відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). На рівні регіонів важливу роль відіграє формування інтелектуальних мікрорайонів. Інтелектуальний мікрорайон (Smart Community) – новітня інфраструктура, яка покликана забезпечити цей перехід, об'єднавши будинки, комерційні будівлі, транспортні системи та електростанції через ІТ-мережі, щоб забезпечити ефективне використання енергії в мережі. Інтелектуальний мікрорайон базується на використанні систем розосередженої генерації, реалізації на територіальному рівні концепції Smart Grid, формуванні ієрархічної системи енергетичного менеджменту.

Однак виробництво електроенергії з використанням ВДЕ залежить від погоди. З іншого боку, споживання електроенергії постійно змінюється. В інтелектуальному мікрорайоні контроль за зміною енергопостачання та попиту на базі ІТ дозволить ефективно та стабільно використовувати електроенергію. Центр керування інтелектуальної спільноти прогнозує попит на енергію та обсяги виробленої електроенергії на підставі поточного енергопостачання та попиту, а також інформації про погоду. Такий прогноз ВДЕ задовольняти значну частину попиту мікрорайону.

Інтелектуальний мікрорайон використовує не тільки електрику, але й інші види енергії. Тепло, що скидається із заводів та електростанцій, використовується для централізованого теплопостачання та охолодження. Використовується водень, побічний продукт деяких промислових процесів.

У інтелектуальному мікрорайоні транспортні системи також є інтерактивними. На основі інформації про дорожній рух, переданої інтелектуальними транспортними системами (ITS), транспортні засоби вибирають оптимальні маршрути, що призводить до зменшення заторів. Крім того, електромобілі також використовуються для зберігання електроенергії.

Поєднання джерел розосередженої генерації в одну систему дозволяє сформувати синергетичні структури електричних мереж, для яких досягається узгоджене функціонування всіх її елементів, що сприяє зменшенню технологічних втрат енергії.

Водночас, аналіз розподілу потоків споживання електроенергії свідчить, що велика частка електричної енергії припадає саме на локальні енергетичні об'єкти, що зумовлює в цілому актуальність вирішення питань еергоефективності їх експлуатації. До локальних об'єктів у промисловості, наприклад, відносяться електротехнічні системи електротермічних та електрозварювальних установок, установок з механічною та хімічною дією струму або поля на матеріал обробки, а також магнітодинамічні насоси та установки, електропостачання яких повинно забезпечуватися з заданим рівнем надійності та якості.

Microgrid є локальними електротехнічними системами з розосередженими джерелами енергії та децентралізованою архітектурою, які виявляють більшу гнучкість в керуванні. Вони дозволяють децентралізовано керувати та розподіляти керуючі впливи між багатьма зворотними зв'язками, не покладаючись на централізовану ієрархію.

Для максимально ефективною реалізації потенціалу системи розуміння складних систем спрощується для користувачів. Крім того, система, спрямована на гармонізацію людини та енергії, включає в себе розробку обладнання, рекомендацій по користувацькій поведінці, екологічних моделей, розробку технологій і рекомендацій для використання енергії (у вигляді набору варіантів та відповідних вартостей), розробку систем наочного відображення енергоспоживання для користувачів.

Подібні кроки неможливі без «оцифрування» всіх компонентів регіональної (локальної) енергосистеми. Аналітики Bloomberg на початку листопада 2017 року оприлюднили дослідження, згідно з яким інвестиції в цифрові технології керування енергетикою досягнуть до 2025 р. рівня 64 млрд. дол. США. При цьому вкладення в системи для традиційної енергетики знизяться вдвічі (рис. 1).

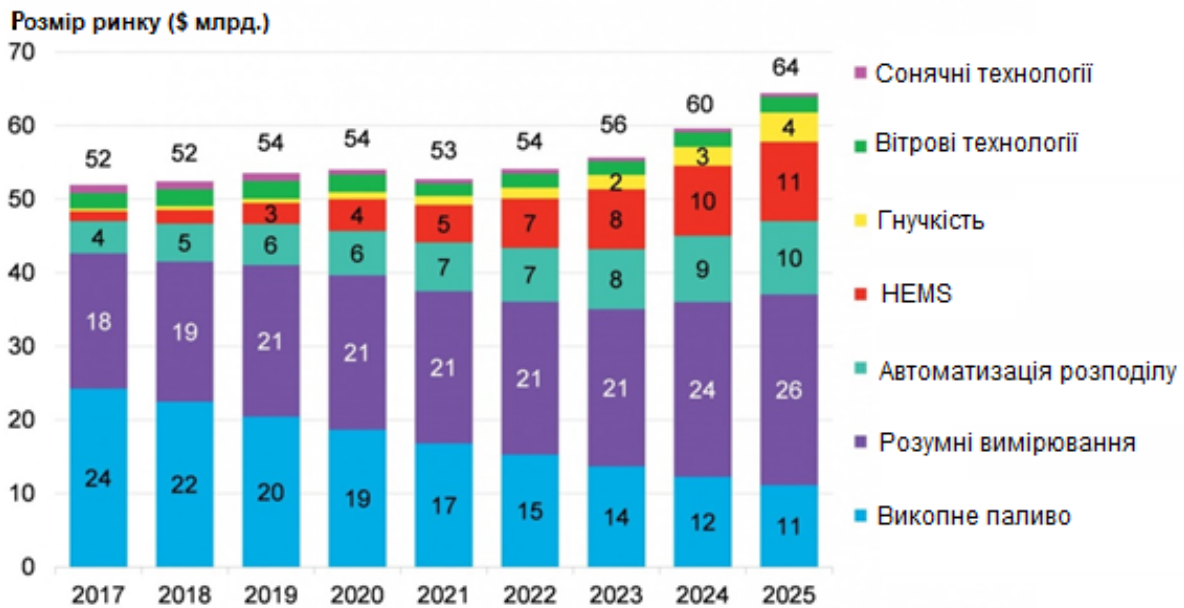


Рисунок 1 – Розміри ринку цифрових технологій в енергетиці, млрд. USD.
 Джерело: Bloomberg New Energy Finance, листопад 2017 р

Базова концепція

Інтелектуальний мікрорайон – це не простий набір окремих передових технологій та незалежних джерел енергії, він створюється на основі єдиних принципів із узгодженням роботи всіх компонентів керування. Схема управління господарством мікрорайону зображена на рис. 2.

Японська компанія JGC Corporation пропонує свій план утворення інтелектуальних мікрорайонів (<http://www.jase-w.eccj.or.jp/technologies-r/index.html>). В певний момент розростання міста відбувається перехід до формування інтелектуальних мікрорайонів. Як правило, цей перехід складається з декількох етапів:

1. Введення загальної розгалуженої інфраструктури відповідно до плану розвитку міста;
2. Будівництво екологічного міста з зонами для роботи і проживання та ефективним енергоспоживанням;
3. Скорочення енергії, що витрачається на переміщення, через будівництво бізнес-міст з низькою залежністю від автомобільного транспорту;
4. Підтримка розгалуженості і гнучкості інженерних мереж;

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

5. Реалізація «мікромережі» системи енергоменеджменту в масштабі, привабливому для державних інвестицій.



Рисунок 2 – Програма по керуванню господарством інтелектуального мікрорайону

При пошуку комфортних умов обсяги витрат енергії не розглядаються. Заходи для поступового зниження цих витрат реалізуються лише тоді, коли умови комфорту будуть забезпечені.

При визначенні сфери використання системи, для її елементів створюється низка «сценаріїв» для пошуку найбільш доцільного методу керування. Найефективніший сценарій певного елемента включається в сценарій більш високого рівня – систему енергетичного керування районом.

Основним завданням даної системи є гармонізація споживання і постачання енергії, накопичення різних видів енергії і формування правильної поведінки користувачів. За прогнозами, система буде більш ефективною, коли сфера застосування буде ширшою, а складові елементи – більш різноманітними.

УДК 620.9:005.336.1

Довбенко В.С., канд. техн. наук, доц., Кізеєв М.Д., канд. техн. наук, доц.,
Клюха О.О., канд. техн. наук, доц., Сорока В.С., канд. с/г, доц.,
Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Вступ. Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП) в м. Рівне є регіональним ВНЗ в якому здобувають вищу освіту близько 9000 студентів, в тому числі 5000 студентів за денною формою навчання. Навчальний процес проходить у 8 навчальних корпусах. Для забезпечення житлом студентів на території студентського містечка збудовано 8 гуртожитків. Навчальні корпуси та гуртожитки були побудовані в 1960-80 - х роках, і на сьогодні, не відповідають новим нормативним вимогам з енергоефективності. Враховуючи потужну матеріально-технічну базу університету основною складовою витрат є комунальні платежі.

Мета та завдання. Враховуючи тенденцію збільшення вартості енергоресурсів керівництво університету зацікавлено в створенні системи енергоменеджменту - набору взаємопов'язаних або взаємодіючих елементів, що визначають енергетичну політику та завдання, а також процеси і процедури для проведення та досягнення цілей цих завдань [1]. Іншими словами - це методологія постійного покращення «плануй-виконуй-перевірй-дій». До впровадження системи енергоменеджменту в НУВГП потрібно пройти значний шлях, але декілька кроків з енергетичної ефективності вже зроблено.

Результати. Одними з перших заходів з енергоефективності в НУВГП було встановлення лічильників теплової енергії впродовж 2000-2001 років, у мінімально необхідних місцях контролю її витрат. Далі, у 2006 році було введено в експлуатацію навчальний корпус № 8 з підвищеним термічним опором зовнішніх огорожень та автоматизованим вузлом регулювання теплової енергії (АВРТЕ).

У 2006-2008 роках було впроваджено ще 3 АВРТЕ – для частини гуртожитку № 8, яка була реконструйована в житловий будинок для співробітників НУВГП, в навчальному корпусі № 1 та в будівлі інституту післядипломної освіти.

Восени 2010 року було виконано частину заходів з термомодернізації будівель, зокрема проведено термосанацію зовнішніх стін, заміну вікон та покрівлі однієї з трьох великих поточних лекційних аудиторій, які розташовані відокремлено, але примикають до навчального корпусу №8 і мають по три зовнішніх стіни з вікнами великих розмірів.

Восени 2012 року було виконано термосанацію мінераловатними плитами частини зовнішніх стін навчального корпусу №4, в якому в попередньому році було замінено 168 старих вікон на металопластикові.

У 2012 році також було розпочато роботи над проектуванням та монтажем АВРТЕ в 15 будівлях студмістечка. Навесні 2013 року частина з них була введена в експлуатацію – спочатку в навчальних корпусах, а потім в гуртожитках. За перший опалювальний сезон 2013-2014 років АВРТЕ окупили себе. На даний час НУВГП має вже 18 таких вузлів, що дозволяє економити значну частину теплової енергії, особливо у осінній та весняний періоди, коли відбуваються значні коливання температури зовнішнього повітря протягом доби.

Паралельно з проектуванням та монтажем АВРТЕ у 2012 році було розпочато роботи над робочим проектом реконструкції (відновлення) котельні НУВГП.

В умовах різкого зростання тарифів на теплову енергію відновлення роботи власної котельні на альтернативному паливі стало дуже актуальною задачею. Було розроблено

проект реконструкції котельні, який у 2014 році пройшов державну будівельну експертизу (отримано позитивний звіт), але коштів на його реалізацію в університеті не було. Після тривалого пошуку фінансування, одному із підприємств, що спеціалізується на виготовленні та монтажі обладнання для котельних, було запропоновано оренду будівлі котельні з наданням послуг теплопостачання, за яким воно зобов'язалося провести реконструкцію котельні за власні кошти, а потім протягом декількох років забезпечувати теплом будівлі студмістечка НУВГП за тарифом меншим ніж у попереднього постачальника на 29%. Такий варіант співпраці є економічно вигідним як для університету (зменшення тарифу на теплопостачання), так і для підприємства, яке має постійного споживача своїх послуг на багато років.

Зменшення тарифу на теплову енергію, порівняно з існуючим, досягається за рахунок використання альтернативних джерел енергії (пелети, торф'яні гранули, тирса, відходи деревообробки столярної майстерні тощо), використання твердопаливних котлів і зменшення втрат тепла за рахунок наближення генератора теплової енергії (котельні) до споживачів (навчальних і допоміжних будівель та гуртожитків) [2].

Навесні 2017 року силами фахівців навчально-наукового інституту будівництва та архітектури НУВГП було проведено експрес-енергоаудит будівель навчальних корпусів № 1-8 НУВГП. У звітах з експрес-енергоаудиту будівель наведено витрати коштів на найнеобхідніші стандартні заходи із термомодернізації будівель (заміна вікон, термосанація зовнішніх стін, перекриттів та покриття).

Відповідно до ДСТУ ISO 50001 функціонування і регулювання системи енергоменеджменту є ефективним якщо:

- виконується планування регулярних обговорень у команді (в НУВГП створено групу щодо питань реалізації енергоефективних заходів, яка вивчає та обговорює їх);
- аналізуються результати внутрішнього аудиту та коригувальних дій (в НУВГП проведено експрес-енергоаудит та запропоновано необхідні енергоефективні заходи);
- виконується аналіз показників рівня досягнутої/досяжної енергоефективності (ПЕЕ), аномалії межі регулювання (в НУВГП тільки розпочато такий аналіз);
- запроваджено використання інструментів керування, таких як карт бізнес-показників і тенденцій в енергетичних даних (на етапі розроблення).

Висновки. Результати енергоаудиту стали базою для заповнення електронних форм, що розміщено на сайті Держкоменергоефективності з метою уніфікації даних про існуючі об'єкти бюджетних установ, що потребують термомодернізації, та укладання енергосервісних контрактів (ЕСКО) для її проведення.

Незважаючи на обсяг виконаних заходів з енергоефективності для впровадження системи енергоменеджменту є ряд труднощів, особливо щодо реалізації заходів з економії енергії, що потребують значних інвестицій, моніторингу енергоспоживання. Впровадження системи енергоменеджменту в НУВГП власними коштами викликає значні фінансові проблеми, вирішенням яких продовжує займатися група фахівців.

Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO 50001:2014 (ISO 50001:2011, IDT) Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання, Мінекономрозвитку України, 2015. – 24 с.
2. Кізєєв М.Д. Впровадження заходів з енергоефективності в НУВГП: навчальний процес, проектування, реалізація, проблеми і перспективи. / М.Д. Кізєєв // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки». Зб. наук. статей – Київ: КНУТД – 2015. – №5 (90). – С. 113-123.

References

1. DSTU ISO 50001:2014 (ISO 50001:2011, IDT) Energy management systems – Requirements with guidance for use. – Minekonomrozvutky Ukraine, 2015. – 2015 p.
2. Kizyeyev M.D. Implementation of measures on energy efficiency in NUWM: educational process, design, implementation, problems and prospects. / M.D. Kizyeyev // Bulletin of the Kiev National University of Technology and Design. Series "Technical Sciences". Collection of sciences articles - Kyiv: KNUTD - 2015. - No. 5 (90). - P. 113-123.

Дубовський С.В., д-р техн. наук, Бабін М.Є., ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна,

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

Мета роботи. Поряд з розгортанням нового житлового будівництва, яке здійснюється з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження в будівлях, значну частину міського житлового фонду України (23%) складають будівлі, зведені в 60-70-х роках ХХ ст. за проектами перших масових серій (ПМС). До недоліків будинків ПМС відносяться низька теплоізоляція зовнішніх стін, плоска м'яка покрівля, яка має невисокий термін служби (10-15 років). Такі недоліки призводять до значних перевитрат теплоти на опалення будинків, перевитрат палива на теплогенеруючих підприємствах, перевищення викидів забруднюючих речовин. З іншого боку, реконструкція таких будинків потребує значних енергетичних витрат у суміжному будівельному секторі. Мета роботи полягала у кількісному зіставленні суміжних витрат з ефектом зниження поточних витрат енергії на опалення будинків ПМС внаслідок утеплення, а також аналогічними витратами при новім будівництві.

Результати. На прикладі типового будинку ПМС серії 1-464 виконано оціночний розрахунок повної енергоємності будівництва 5-ти поверхового будинку з 4 секцій, яку оцінено у 11,2 ГДж/м² загальної площі. Це майже утричі нижче, ніж витрати на спорудження сучасних будинків класу енергоефективності «Б». Поряд із цим, виконано розрахунок енергетичних витрат на реконструкцію будинку з додатковим утепленням усієї поверхні стін та покрівлі будинку плитами з пінополістиролу, заміною м'якої покрівлі та встановленням нової шатрової покрівлі з шиферу.

Енергетичні витрати на реалізація такого заходу оцінено у 1,2 ГДж/м², при тому, що він дозволяє знизити тепловтрати через огороження будинку від 176,5 кВтг/м² до 115 кВтг/м². Умовний термін енергетичної окупності проекту утеплення оцінено у 5,5 років.

Висновки. Виконання реконструкції будинків ПМС з поліпшенням теплоізоляційних властивостей внаслідок утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій, перебудовою та утепленням покрівлі потребує додаткових витрат енергії у кількості 1,22 ГДж/м² що складає 10% від повної енергоємності зведення будинку. Ці витрати еквівалентні заощадженню енергії за 5,5 років експлуатації будинку після реконструкції, що на порядок нижче, ніж при новому будівництві за класом енергоефективності «Б».

УДК 69.003.13.059.7

Дубовський С.В., д-р техн. наук, Бабін М.Є., ст. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна,

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ ТА ЄС

Мета. Виявлення провідних трендів змін обсягів та структури споживання кінцевої енергії в житловому секторі України у 1990-2015 рр. порівняно з країнами ЄС на єдиній методологічній основі.

Порівняльний аналіз показників енергоефективності житлового сектору України і країн Європи, заснований звичайно на зіставленні нормативних, а не фактичних даних питомих тепловтрат на одиницю загальної площі житла, що іноді приводить до перебільшених оцінок щодо наявного потенціалу енергозбереження у житловому секторі України.

Зміст роботи. Зважаючи на існуючі складнощі статистичного обліку споживання теплоти в індивідуальному секторі житлової забудови, відповідні порівняння виконано на рівні споживання кінцевої енергії.

З використанням даних національної статистики та методології складання енергетичних балансів, прийнятих Міжнародним енергетичним агентством (МЕА) та Євростат представлено динаміку та основні причини змін споживання населенням електричної та теплової енергії, кінцевих видів палива, сумарних обсягів споживання кінцевої енергії по всіх роках періоду незалежності України. Надане об'єктивне порівняння питомих характеристик енергоспоживання житлового сектору України та країн ЄС-28 на одиницю площі, пересічну оселю та особу з урахуванням корекції на кліматичні відмінності.

Результати. На основі проведених досліджень встановлено, що за роки незалежності витрати кінцевої енергії на 1 м² загальної площі житла знижено в Україні на 40% – з 36 кг н.е./м² до 21,4 кг н.е./м², що перевищує пересічні темпи зниження енергоспоживання у країнах ЄС.

За показниками питомих витрат енергії на пересічну особу та оселю Україна наразі входить у п'ятірку країн Європи з його найнижчими значеннями. Енергетичні витрати на 1 м² житла в Україні знаходяться на рівні 10 країн сходу Європи з його найвищим значенням, але є на 25-30% нижчими, ніж розраховані за нормативними даними.

Висновки. Наявний потенціал збільшення енергоефективності житла внаслідок термомодернізації слід розраховувати за фактичними даними енергоспоживання з корекцією на кліматичні фактори.

УДК 621.311.01

Зорін В.В., д-р техн. наук, проф.;
Мацкевич Ю.М., магістр,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРОБЛЕМА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Розроблено метод визначення місць установки і потужності батарей конденсаторів на основі даних вимірювань втрат напруги на характерних ділянках схеми електричної мережі. Наведено алгоритм розрахунку таких параметрів режиму, як втрати активної потужності ΔP і реактивної потужності ΔQ в електричній мережі 0,38 кВ будинків висотної забудови міста. Розглянуто приклад розрахунку для багатоповерхового будинку даним методом. Переваги запропонованого методу визначення місць установки і потужності батарей конденсаторів це простота і можливість компенсувати реактивну потужність безпосередньо у побутових споживачів.

Вступ. В даний час проблема компенсації реактивної потужності у споживачів є актуальною темою. Стрімкий розвиток сучасної техніки і технологій зумовлює зростання електроспоживання в побутовому секторі. При нормальних робочих умовах всі споживачі електричної енергії, режим яких супроводжується постійним виникненням електромагнітних полів (електродвигуни пральних машин і кондиціонерів, блоки живлення комп'ютерів, люмінесцентні лампи і т. д.), навантажують мережу як активної, так і реактивної складовими повної споживаної потужності. З огляду на високу щільність комунально-побутового навантаження, постійна наявність перетоків потужності реактивної складової призводить до значних втрат електроенергії в розподільних мережах великих міст [1, 4]. У розподільних мережах комунально-побутових споживачів пристрої компенсації реактивної потужності застосовуються недостатньо, хоча за обсягами споживання цей сектор вже займає друге місце після промисловості [4].

Об'єктом дослідження в даній роботі є електричні розподільні мережі напругою 0,38 кВ районів міста з багатоповерховою забудовою.

Метою і завданнями даної роботи є розробка вдосконаленого методу визначення місць установки і потужності батарей конденсаторів на основі даних вимірювань втрат напруги на характерних ділянках схеми електричної мережі. Залежно від моделі, методу і критерію оптимізації можуть бути отримані різні результати. Для електричних розподільних мереж міст з багатоповерховою забудовою доцільніше застосувати метод вибору місця установки батарей конденсаторів в лініях з рівномірно розподіленим навантаженням [3]. А також один з відомих способів визначення втрат потужності та електроенергії в мережах 0,38 кВ, який заснований на використанні кореляційного зв'язку між втратою напруги і втратою потужності в мережі називається методом коефіцієнта $K_{м/н}$ [2].

Оцінка реального стану в діючих мережах свідчить неухильне зростання чисельності міського населення, насичення побуту електроприладами зумовило щорічне зростання електроспоживання міст при випереджаючому зростанні споживання реактивної потужності, викликаному зростанням дрібnodвигуним навантаженням, що має тривалий або цілодобовий режим роботи, роблячи істотний вплив на зниження $\cos\phi$ до значень від 0,65 до 0,8 [5]. Слід врахувати, що $\cos\phi$ ліфтових установок становить 0,6 - 0,7.

У роботі пропонується метод компенсації реактивної потужності в стояку житлового багатоповерхового будинку шляхом визначення оптимальної потужності і

місце установки конденсаторів. Для чого стояк з рівномірно розподіленим навантаженням поділяємо на 4 однакових ділянки (по 4 поверху будинку). Отримуємо магістральну лінію з глухим підключенням навантаження. Для розрахунку втрат напруги навантаження приєднується до середини кожної ділянки.

Оптимальний розподіл конденсаторів Q_{ki} слід проводити в такому порядку: якщо $Q_k \leq Q_l$ (найвіддаленішого навантаження), то всю Q_Σ слід встановити в точці 1. Якщо $Q_{k\Sigma} > Q_l$, то в точці 1 встановлюємо конденсатори потужністю Q_l , а залишок $Q_{k\Sigma} - Q_l$ розподіляється між іншими точками в тому ж порядку.

Висновки. 1. Запропоновано новий підхід до розв'язання оптимізаційної задачі компенсації реактивної потужності в лініях стояків висотних будівель шляхом еквівалентування лінії з рівномірно розподіленим навантаженням в магістральну з глухим підключенням навантажень в центрі кожної ділянки.

3. Подальше зменшення трудовитрат проведення вимірювань може бути досягнуто шляхом використання методу випадкової вибірки, коли вимірювання проводяться не у всіх мережах будинків, а тільки в їх частини.

4. Щоб отримати відчутний ефект від компенсації реактивної потужності в мережах стояків, слід обстежити більший обсяг житлових будівель.

Список використаної літератури

1. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.
2. Зорин В. В., Тисленко В. В. Системы электроснабжения общего назначения. – Ч.: ЧГТУ, 2005. – 340 с.
3. Зорин В. В., Докийчук Н. А., Буйный Р. А., Перепеченый В. А. Модели и методы определения потерь мощности и электроэнергии в сетях 0,38 кВ высотных зданий при проектировании и эксплуатации // ЭНЕРГЕТИКА: экономика, технологии, экология, №1, 2017. – с. 7-13
4. Лазуренко А. П., Прохоренко Ю. В. Современные методы и устройства компенсации реактивной мощности в бытовых системах электропотребления. – Х.: НТУ "ХПИ", 2011. – № 41–с. 83-87.
5. Говоров Ф. П., Перепеченный В. А., Говоров В. Ф., К вопросу о компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения городов // Энергетика та електрифікація. – 2007. – №7 – с. 54-58.

References

1. Zhelezko Yu.S. Choice of measures to reduce energy losses in electric networks. – М.: Energoatomizdat, 1989. – 176p. (Rus.)
2. Zorin V.V., Tislenko V.V. General Electric Power Supply Systems. – Ch.: ChSTU, 2005. – 340 p. (Rus.)
3. Zorin V.V., Dokiychuk N. A., Buinyi R.A., Perepechenyi V.A. Models and methods to determine the loss of power and electricity in 0.38 kV urban electric networks in projected and operated high-rise buildings. // POWER ENGINEERING: Economics, Technique, Ecology. – 2017. – №1. – p. 7-13 (Rus.)
4. Lazurenko A. P., Prokhorenko Yu. V. Modern methods and devices for reactive power compensation in household power consumption systems. – Kh.: NTU "KhPI", 2011. – № 41 – p. 83-87 (Rus.)
5. Govorov F. P., Perepechenny V. A., Govorov V. F. On the issue of compensation of reactive power in urban power supply systems // Power engineering and electrification. – 2007. – № 7 – p. 54-58 (Rus.)

Коцар О.В., канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

SMART-СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ, ОБЛІКУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ

Прийняття Закону України «Про ринок електричної енергії» спрямовано на подальшу лібералізацію ринку електричної енергії України, що має на меті, зокрема, забезпечення недискримінаційного доступу споживачів до електроенергетичних ресурсів на конкурентних засадах, стимулювання гравців ринку до енергоефективної поведінки та мінімізацію негативного впливу на довкілля, переважно, через широке застосування розосередженої генерації на базі альтернативних і відновлювальних джерел енергії, раціональне використання енергетичних ресурсів, енергозаміщення, а також узгоджене управління попиту відповідно до пропозицій ринку в реальному часі. «Ключовим аспектом є забезпечення гарантованого доступу споживачів до об'єктивних і прозорих даних стосовно споживання енергії, пов'язаних із ним цін та вартості обслуговування таким чином, щоб вони могли запросити на основі таких даних конкурентні пропозиції. З іншого боку, споживачі також повинні мати право на належне інформування з достатньою частотою про їхнє енергоспоживання та енерговитрати, що створить стимули для заощадження енергії, оскільки надасть надійний зворотній зв'язок щодо результатів інвестицій в енергоефективність та зміну поведінки».

Проблемами автоматизації обліку електроенергії в Радянському Союзі одними з перших почали займатися фахівці Київського політехнічного інституту (КПІ). Група молодих науковців, очолювана Артуром Веніаміновичем Праховником, під керівництвом завідуючого кафедрою електропостачання професора Василя Миколайовича Винославського ще наприкінці 60-х років минулого століття започаткувала розробки в галузі енергозбереження та управління електроспоживанням з використанням локальних пристроїв, на базі яких в подальшому почали створювати перші автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ). Саме науковцями КПІ було обґрунтовано, що головною метою створення АСОЕ є ефективне використання електричної потужності (електроенергії) через формування інформаційного забезпечення завдань управління режимами електроспоживання споживачів, і закладено методологічний базис застосування АСОЕ для управління енерговикористанням. Згодом АСОЕ дістали подальшого розвитку і стали підкласом більш широкого класу автоматизованих систем контролю, обліку та управління енерговикористанням (АСКОЕ). Термін АСКОЕ також часто застосовується у вузькому сенсі – автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії. З тих пір КПІ беззаперечно вважається провідною навчальною і науковою установою СРСР, а згодом й незалежної України, в сфері енергозбереження, енергоефективності, автоматизації обліку електроенергії та управління енерговикористанням. До речі, саме в Інституті енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) НТУУ «КПІ» в 1997 році вперше в Україні було розпочато підготовку, а згодом і перепідготовку та підвищення кваліфікації фахівців за новою спеціальністю – «Енергетичний менеджмент».

АСКОЕ, які розроблено і впроваджено фахівцями КПІ протягом чотирьох десятиліть на численних електроенергетичних і промислових підприємствах України та за її межами, надійно забезпечують формування інформаційного забезпечення комерційних розрахунків за електричну енергію, контролю параметрів режимів виробітку та споживання електроенергії, моніторингу результатів реалізації

енергозберігаючих заходів та впровадження енергоефективних технологій, а також завдань управління попитом, зокрема, в умовах функціонування і розвитку ринку електричної енергії України.

За результатами багаторічних досліджень в ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського протягом двох десятиліть було послідовно розроблено, зокрема, Концепцію побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України, яка і сьогодні залишається майже єдиним чинним цілісним нормативним документом, який визначає концептуальні положення побудови АСОЕ в умовах функціонування ринку електричної енергії України та містить базові технічні вимоги до автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на об'єктах енергетики, промисловості, побуту та сфери послуг; стандарт Оптового ринку електричної енергії (ОРЕ) «Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги»; технічні вимоги і попередні проектні рішення щодо створення Системи точного часу та підсистеми забезпечення синхронності вимірювань (СТЧіСВ) з метою забезпечення одночасності вимірювань та прив'язки результатів диференційованого обліку електричної енергії до національної шкали часу; Концепцію інформаційно-обчислювального комплексу (ІОК) Головного оператора Системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України, якою визначено напрями подальшого розвитку АСКОЕ ОРЕ України, зокрема, завдання Головного оператора щодо забезпечення надійного функціонування АСКОЕ ОРЕ, точності, повноти, достовірності та актуальності даних комерційного обліку електроенергії під час функціонування діючої і запровадження перспективних моделей ринку електричної енергії України та на перехідних етапах; а також низку нормативних документів з побудови та застосування АСКОЕ на ринку електричної енергії України.

Відповідно до розробленого нормативного забезпечення фахівцями ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського було створено і впроваджено, зокрема, Систему збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електричної енергії в ОРЕ, яка забезпечила інтеграцію в єдину автоматизовану систему комерційного обліку ОРЕ України АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та ІОК Головного оператора на принципах уніфікації інформаційної взаємодії; автоматизовану інформаційну систему «Використання даних, отриманих з автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ» (АІС ВДКО) з метою забезпечення повноти та достовірності даних комерційного обліку, які формуються АСКОЕ суб'єктів ОРЕ; численні АСКОЕ електроенергетичних, промислових та комунальних підприємств – суб'єктів оптового і роздрібного ринків електричної енергії України та за її межами.

Сьогодні фахівцями ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського проводяться наукові дослідження і практичні впровадження та закладається методологічний базис для широкого розгортання та ефективного застосування Smart-систем вимірювання, обліку та управління енерговикористанням, зокрема, в умовах подальшої лібералізації ринку електричної енергії України, маючи на меті в першу чергу підвищення рівня енергоефективності та скорочення шкідливого впливу на довкілля.

Маліновський А.А., д-р. техн. наук, проф.,
Турковський В.Г., канд. техн. наук, доц.,
Покровський Б.К., канд. техн. наук, доц.,
Музичак А.З., канд. техн. наук.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ПРОГРАМНА ТА АЛГОРИТМІЧНА ПІДТРИМКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ БУДІВЕЛЬ ТА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ

Енергетична безпека є одним із важливих факторів розвитку будь-якої держави. Це зумовлює актуальність зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності використання енергоресурсів, зокрема у сфері житлово-комунального господарства.

З цією метою ще у 2014 році Уряд України схвалив план заходів із імплементації директив ЄС у сфері енергоефективності. Стимулювати зменшення енергоспоживання покликаний також Закон України «Про енергетичну ефективність будівель», яким передбачено, зокрема, сертифікацію енергоефективності будівель. Низкою інших нормативних документів передбачено складання енергетичного паспорту будівлі.

Підставою для складання енергетичного паспорту будівлі та її енергетичного сертифікату є проведення енергетичного аудиту, одним із результатів якого є актуальний стан енерговитрат будівлі. Іншим важливим результатом є виважений відбір пріоритетних енергоощадних заходів з обґрунтуванням кожного з них.

Зважаючи на великі обсяги вхідної інформації та значні обсяги обчислень у процесі енергетичного аудиту, одним із обов'язкових допоміжних засобів енергоаудитора є відповідне сучасне програмне забезпечення. У літературі є багато згадок про різноманітні програми, які автоматизують обчислення на різних стадіях енергетичного аудиту. Однак значні зміни, які з метою адаптації вітчизняної нормативної бази до міжнародної останніми роками було внесено в нормативну базу виконання енергетичного аудиту будівель, формують низку нових вимог до таких програмних продуктів.

Першою принциповою зміною є зміна підходу до визначення класу енергоефективності будівлі. Згідно ДБН В 2.6-31-2006 його слід було визначати за питомими тепловитратами на опалення будинків, а згідно ДБН В 2.6-31-2016 – за річною енергопотребою будівлі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання. Останнє вимагає побудови енергетичного балансу будівлі.

Друга принципова зміна полягає у тому, що основним розрахунковим параметром є енергопотреба будівлі як для її опалення так і охолодження. Енергопотреби на опалення та на охолодження слід визначати за енергетичними балансами усіх зон будівлі, на які будівлю слід попередньо розділити. Межа зони будівлі складається з елементів будівлі.

Ці зміни є основою для формування трьох базових об'єктів програмного забезпечення, а саме:

будівля – інтегруючий об'єкт, навколо якого групуються усі інші об'єкти;
зона будівлі – множина таких об'єктів лежить в основі математичної моделі теплового режиму будівлі вцілому,
енергетичний баланс – базова одиниця, стосовно якої формуються усі результати роботи програми.

Далі кожен з базових об'єктів доповнюється іншими необхідними компонентами.

Згідно описаної архітектури у Львівській політехніці було модернізовано програму «Енергоефективна будівля», що входить до складу спеціалізованого пакету [8] та

розроблення якої було започатковано ще у 2004 р. Ця програма дозволяє виконувати такі основні завдання щодо паспортизації та сертифікації будівель:

сформувати математичну модель теплового режиму будівлі з врахуванням теплоенергетичного впливу довкілля; скласти на її основі тепловий баланс будівлі для опалювального та неопалювального періодів року;

сформувати розрахунковий енергетичний баланс будівлі з урахуванням реальних умов експлуатації будівлі, порівняти отриманий енергобаланс із фактичним енергоспоживанням за показами лічильників;

сформувати базовий енергетичний баланс за дотримання нормативного температурного режиму в приміщеннях, нормативного повітрообміну та забезпечення необхідних обсягів споживання інших енергоресурсів впродовж року;

скласти на основі математичної моделі теплового режиму будівлі та базового енергетичного балансу енергетичний паспорт будівлі та енергетичний сертифікат.

Додатково програма дозволяє виконувати завдання, що стосуються розроблення та обґрунтування енергоощадних заходів:

визначити потенціал запропонованих енергоощадних заходів та виконати їхнє техніко-економічне обґрунтування;

сформувати пакети енергоощадних заходів за їхнім пріоритетом та послідовністю впровадження;

сформувати енергетичний баланс будівлі після впровадження енергоощадних заходів та екологічну експертизу.

Розроблена програма відповідає вимогам чинної вітчизняної нормативної бази та є ефективним засобом виконання енергетичного аудиту будівель. Програму було верифіковано під час проведення енергетичного аудиту низки адміністративних будівель.

Висновки. Актуалізація нормативної бази України у сфері енергоспоживання, енергозаощадження та енергетичного аудиту зумовила появу низки нових вимог, яким повинні відповідати програмні інструменти супроводу енергетичного аудиту у житловій та адміністративній сфері.

Сформовано засади, яким повинні відповідати програмні інструменти супроводу енергетичного аудиту будівель. Відповідно до цих засад сформовано базовий набір об'єктів, які лежать в основі програмного продукту.

Розроблений програмний продукт відповідає низці нових вимог чинної нормативної бази щодо енергетичного аудиту будівель та їх енергетичної сертифікації.

Список використаних джерел

1. Маліновський А.А., Турковський В.Г., Музичак А.З. Децентралізоване тепlopостачання – альтернатива чи хибний шлях // Проблеми загальної енергетики. Науковий збірник Інституту загальної енергетики Національної академії наук України. – 2011. – №4(27). – С.53-56.

2. Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.

3. Закон України від 22 червня 2017 року № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».

4. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель – [Чинний від 01-01-2016] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. – 72 с.

5. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – [Чинний від 01-01-2016] – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. – 202 с.

6. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель – [Чинний від 01-04-2017] – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016. – 33 с.

7. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель – [Чинний від 01-01-2017] – К.: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2016. – 72 с.

8. Komputerowe wspomaganie audytu energetycznego miejskich systemów ciepłowniczych / A. Malinowski [etc] // IX Międzynarodowe seminarium naukowo-techniczne «Energodom 2008», 2008 – P.321-329.

9. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель – [Не чинний] – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.

УДК 658:620.9

Наумов А.О., студент,
ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
Україна

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Вступ. Побудова в Україні енергоефективного суспільства передбачає як формування системи енергоефективного господарювання з оптимальними мінімізованими витратами енергоресурсів і фінансових коштів, так і забезпечення гідного внеску енергетичного фактора в економічний розвиток країни і підвищення рівня життя її населення. Основним мотивом підвищення енергоефективності та метою енергозбереження енергетичних ресурсів, безсумнівно, є виснаженість природних копалин. Обмеженість енергоресурсів є величезною проблемою, яка зачіпає всі держави [1, с. 33].

Метою статті є ознайомлення з енергетичним менеджментом суб'єктів господарювання та визначення ефективності його застосування.

Завданням статті є застосування прогресивних методів прогнозування використання енергії в суб'єктах господарювання.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день, енергозбереження суб'єктів господарювання є нагальним завданням. Ціна на енергоносії, а з ними і на електроенергію, і тепло постійно зростає. У собівартості кінцевої продукції суб'єктів господарювання висока частка витрат на теплову і електричну енергію в півтора - два рази вище, ніж в промислово розвинених країнах, що негативно позначається на конкурентоспроможності товарів і обладнання виробленого на вітчизняному виробництві.

Під енергоємністю розуміється величина споживання енергії та (або) палива на основні і допоміжні технологічні процеси виготовлення продукції, виконання робіт, надання послуг на базі заданої технологічної системи.

Чисельним виразом енергоємності системи є показник, що є відношенням енергії, споживаної системою, до величини, що характеризує результат функціонування даної системи.

Збереження високої енергоємності української економіки веде:

- ✓ до зниження енергетичної безпеки України і гальмування економічного зростання;
- ✓ ускладнення виконання геополітичної ролі гаранта надійного постачання енергоносіїв на зовнішні ринки;
- ✓ ускладнення реалізації національних проектів;
- ✓ низьку конкурентоспроможність української промисловості;
- ✓ зростання навантаження комунальних платежів на міські бюджети і зниження фінансової стабільності;
- ✓ утруднення боротьби з бідністю;
- ✓ зниження екологічної безпеки країни.

Енергозберігаюча політика суб'єктів господарювання не тільки є визначальним фактором формування собівартості продукції, що забезпечує максимальну продуктивність функціонування організацій і додаткові стимули до перемоги в конкурентній боротьбі, а й частково вирішує проблеми ресурсної залежності української економіки.

Менеджмент енергоефективності суб'єктів господарювання тягне за собою впровадження наступних технічних заходів [2, с. 128]:

- ✓ впровадження ефективних електродвигунів і оптимізація систем електродвигунів (установка нових електродвигунів, що відповідають класу високоефективних; відмова від перемотування старих двигунів; заміна старих двигунів на високоефективні нові);
- ✓ впровадження регульованого електроприводу на суб'єктах господарювання;
- ✓ впровадження ефективних систем стисненого повітря;
- ✓ впровадження систем ефективного виробничого освітлення (підвищення ефективності систем освітлення за рахунок використання енергоефективних ламп з електронною пускорегулювальною апаратурою, запровадження систем контролю за освітленням при активізації використання денного світла, заміна 50% неефективних систем освітлення на ефективні, установка датчиків присутності);
- ✓ встановлення конденсатодвідників, використання вторинного тепла.

Основним інструментом фінансової підтримки для суб'єктів господарювання є застосування заходів стимулюючого характеру, передбачених законодавством про податки і збори, в тому числі шляхом відшкодування частини витрат на сплату відсотків за кредитами, позиками, отриманими в українських кредитних організаціях на здійснення інвестиційної діяльності, реалізацію інвестиційних проектів в галузі енергозбереження і підвищення енергетичної ефективності [3].

Висновки. Енергетичний менеджмент суб'єктів господарювання – це довгострокова програма дій, результатом якої є поліпшення енергетичної ситуації на підприємстві. Система енергоменеджменту спрямована на вимірювання, документальне обґрунтування і звітність щодо використання енергії, розробку методів оцінки ефективності використання енергії обладнанням, системами та процесами.

Відсутність на сьогоднішній день необхідної кількості технічних регламентів, які повинні замінити дію застарілих і таких, що не відповідають сучасним вимогам стандартів та інших технічних документів, гальмує процес інноваційного розвитку української промисловості та інтеграції України в світову економіку.

Список використаної літератури

1. Денисюк С.П. Енергетичні, економічні та екологічні показники енергоефективності // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. №1. С. 33-43.
2. Гололобова О.М.; Ларка М.І. Аналіз рівня використання потенціалу енергозбереження в промисловості України. // Сборник научных трудов «Вестник НТУ «ХПИ»» Технічний прогрес та ефективність виробництва 2015. № 25. С. 127-134.
3. Сердюк Б. М., Маслікевич М.Р. Сутність оцінки енергоефективності підприємства. [Електронний ресурс]: // http://probleconomy.kpi.ua/pdf/2011_29.pdf

References

1. Denysiuk S.P. Enerhetychni, ekonomichni ta ekolohichni pokaznyky enerhoefektyvnosti // Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia. 2016. №1. S. 33-43.
2. Hololobova O.M.; Larka M.I. Analiz rivnia vykorystannia potentsialu enerhozberezhennia v promyslovosti Ukrainy. // Sbornyk nauchnykh trudov «Vestnyk NTU «KhPY»» Tekhnichniy prohres ta efektyvnist vyrobnytstva 2015. № 25. S. 127-134.
3. Serdiuk B. M., Maslikevych M.R. Sutnist otsinky enerhoefektyvnosti pidpriemstva. [Elektronnyi resurs]: // http://probleconomy.kpi.ua/pdf/2011_29.pdf

УДК 620.621

Немировский И.А., канд. техн. наук, эксперт НКРЭ и МинЖКХ,
сертифицированный энергоменеджер и энергоаудитор.
Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ В РАКРУСЕ «СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ ДО 2035 ГОДА»

Знакомясь со Стратегией развития энергетики до 2035 года. «Безопасность, энергоэффективность, конкурентоспособность» (далее «Стратегия») следует отметить серьезное замечание разработчиков «здійснювалася в умовах високої невизначенності та складної ситуації через збройну агресію РФ щодо України, яка відбулася внаслідок намагань РФ зберегти суттєвий політичний вплив на Україну, що призвело до тимчасової окупації з її боку частини території України: анексії Криму та тривалого збройного конфлікту в окремих районах Донецької області» я бы также отметил и в отсутствие стратегии экономического развития Украины и приоритетов развития отраслей народного хозяйства.

В то же время, цели, поставленные в стратегии амбициозны:

- сокращение энергоемкости ВВП вдвое, а как вырастет ВВП ли упадет? В свое время Япония ставила цель двукратного сокращения потребления энергоресурсов при двукратном увеличении ВВП- это было понятно и конкретно;

- сокращение энергозависимости $\leq 33\%$. Из материалов Стратегии не понятно за счет каких средств – то ли за счет новых источников энергоресурсов, хотя прогнозные показатели до сих пор не внушали радужных надежд, то ли за счет развития экономики, которая позволит обеспечить энергонезависимость, то ли за счет закрытия энергоемких производств;

- планируемый объем выработки электроэнергии в 163,7 млрд. кВт·ч в год, когда несколько лет назад в Украине выработка была более 180 млрд. кВт·ч. при потреблении 152 млрд. кВт·ч.

- в газовом секторе полностью обеспечить собственными ресурсами. В Украине в среднем за последние 20 лет добыча не превышала 21 млрд. м³ в год, в 1991 24,4 млрд. м куб. Баланс природного газа за 2016 год (млрд. м³):/the-infographica-report-energy-2017/

Таблица 1- потери с учетом собственных нужд нефтегазового комплекса

Приход	Расход
Собственная добыча -20,1	Население – 11,9
Импорт – 11,1	ТКЭ для населения – 5,7
ПСГ -2,0	Промышленность -9,9
	Бюджетные и религиозные орг – 2,0
	Укртрансгаз -1,7
	Распредсети – 1,0
	Укргазвыдобування -0,5
	Укрнафта – 0,3
	Другие – 0,1
Всего 33,2	33,2

Как видно из таблицы 1, потери с учетом собственных нужд нефтегазового комплекса составляют более 10%, в электроэнергетике – 20%, в теплоэнергетике – 25%.

В Стратегии так и не определено, какое количество энергоресурсов и какого вида должно стать приоритетным, сколько и чего необходимо вырабатывать. На мой взгляд, это результат отсутствия энергетического менеджмента на всех уровнях управления государством.

Задача энергоменеджмента как процесса управления энергетическими потоками состоит в создании условий для наиболее эффективного использования ресурсной базы с минимальными затратами. В этом

плане энергоёмкость ВВП является определяющим критерием. При этом необходимо минимизировать финансовые затраты с учетом снижения экологической нагрузки.

E → min Z → min

В разделе 2.1 «Стратегии», наиболее полно представлено видение направлений и задач в области внедрения энергоменеджмента во все сферы общества.

В работе /И.А. Немировский. «Энергоменеджмент, как многоуровневая система управления энергоэффективностью» Энергетика.экономика,технологии, экология. №2, 2014, с.33-38/ была представлена концепция структуры управления энергоэффективностью в виде иерерхической вертикали с разными задачами на каждом уровне, что нашло отражение и в п.2.1 абз.1. «Стратегии».

Вопрос развития видов энергетики представленный в «Стратегии» весьма противоречив и не оценивает внешние факторы.

Атомная генерация – с одной стороны для Украины это наиболее перспективное направление. Строительство новых блоков взамен выводимых из эксплуатации требует значительных финансовых затрат и может вызвать негативную реакцию в Европе.

Гидроэнергетика.- потенциал водных ресурсов для крупных ГЭС практически исчерпан. Поэтому речь может идти о малой гидроэнергетике. Ее развитие должно найти особый отклик при разработке Концепции и планировании.

Тепловая энергетика – одно из самых проблемных направлений. Переход на газовые марки углей требуют существенной реконструкции всего комплекса ТЭС, особенно системам газоочистки, для соблюдения требований по выбросам. В табл.2 представлена структура источников и объемов производства электроэнергии в разных странах. Как видно, тепловые электростанции занимают га сегодня первое место в западноевропейских странах. Отличительной особенностью их эксплуатации является наличие качественных средств очистки выбросов.

Таблица 2. Структура производства электроэнергии %

Держава 2016 р.	Вугільні ТЕС,	Газові ТЕС та ТЕЦ,	АЕС,	ВДЕ, у т.ч ГЕС ГАЕС,
Данія	46	7,1	-	46,9
Германія	43	8,5	14,7	33,8
Кітай	67,4	3,7	3,7	25,7
США	31	34	20	15
Південна Корея	39	25	31	5
Росія	14,8	49,	18,3	17,4
Україна	31,3	7,8	55,6	5,30(4,3)

Газовый комплекс – элементарные расчеты по сегодняшним тарифам свидетельствуют, что переход на электроэнергию в системах отопления и коммунальных нужд населения дороже, чем использование природного газа. На мой взгляд, тарифы на энергоносители необходимо привязывать к тепловому эквиваленту любого вида энергии. В тоже время перспективы увеличения добычи природного газа мифические. В «Стратегии» не уделено достаточно места таким вопросам как переработка биомассы, мусора и совсем опущен вопрос газификации углей, что могло бы в значительной степени решить вопрос газовой зависимости даже без проблемы сланцевого газа.

Сектор теплоснабжения – наиболее энергоёмкий и с максимальными потерями. Мероприятия, представленные на стр. 33-34 известны и повторяются во многих документах.

- Применение когенерации на базе существующих котельных практически целесообразно для компенсации потребления электроэнергии на собственные нужды. Однако, при этом увеличивается потребление природного газа, как основного вида топлива в системе ЦТС. Одним из вариантов когенерационной установки может служить схема, разработанная нами, предусматривающая сброс обходящих газов не на теплообмнгтк, а непосредственно в котел. Это позволяет экономить до 20% топлива на газопоршневой установке.

-Установка модульных котельных приведет к увеличению выбросов в атмосферу, занятие площадей и практически невозможно в условиях плотной городской застройки.

- создание рынка теплоэнергии, разделение на генерацию и транспортировку позволит не только дать доступ третьих лиц на рынок тепла, но и позволит более качественно снизить потери в транспортных магистралях.

- применение на ТРС систем автоматического поддержания температуры теплоносителя после подогрева воды на горячее водоснабжение позволит снизить «перетопы»

- внедрение внутридомовых ИТП с учетом горячего водоснабжения позволит исключить протяженные сети горячего водоснабжения.

- переход на автономное и/или индивидуальное отопление, как показала практика г.Алчевска после аварии на теплотрассе, приводит к увеличению расхода газа по сравнению с централизованным теплоснабжением.

- термомодернизация зданий приводит к увеличению потерь в тепловых сетях за счет снижения величины присоединенной нагрузки. Кстати необходимо разработать механизм согласования величины присоединенной нагрузки с «Тепловыми сетями» после термомодернизации, которого пока нет.

- внедрение механизма удовлетворения спросом теплоты – до настоящего времени не разработан. Потребитель не может самостоятельно регулировать потреблением теплоты на рамке, не говоря уже о квартире. И это странно. В Германии много лет существуют приборы относительного контроля потребления теплоты на каждом отопительном приборе. В Украине он почему-то не приемлем.

- использование местных видов топлива для ЦТС требует очень серьезных финансовых расходов, связанных с фактической заменой существующего оборудования. Как пример могу привести выполненные нами проектные предложения по полной реконструкции системы отопления одного районного центра. Потенциал биомассы района позволял обеспечить 100% потребления тепло и электроэнергии, в том числе и восстановить горячее водоснабжение. Однако средств на строительство двух ТЭЦ с одновременной заменой теплотрасс и внутридомовых систем найти не удалось. Новая концепция позволяла полностью исключить использование природного газа.

Таким образом, представленные на стр. 31-33 «Стратегии» мероприятия по повышению энергоэффективности повторяют известные, многократно повторяющиеся в разных документах декларации и не дают конкретного механизма внедрения, с учетом разработки нормативно-правовых документов и источников финансирования.

Поэтому для принятия конкретных мер по энергетической безопасности необходимо создание службы энергоменеджмента на всех уровнях управления экономикой, разрабатывать реальные программы энергоэффективности с оценкой затрат и источников финансирования, реальных сроков внедрения и обязательным мониторингом выполнения, привлекая все возможные средства инвестиций.

Еще один момент, касающийся децентрализации контроля в сфере тарифов на все виды энергоресурсов. Сегодня эту функцию возложили на НКРЭ и КУ. В каждом регионе затраты на производство услуг различны. Контролировать из Киева и оценивать как удельные нормы так и потери в сетях не имея представления о конкретной ситуации – это нонсенс. Эта функция должна быть передана на места, возможно местным представительством НКРЭ и под контроль общественности. На местах достаточно квалифицированных специалистов, которые могут и проверить и доказать общественности полученные результаты. Как пример, потери в теплотрассах рассчитываются в соответствии с методикой, где не учитывается фактическое состояние теплоизоляции. Это приводит к заниженным показателям потерь теплоты, которые необходимо компенсировать за счет других не соответствующих действительности показателям.

Заключение

Анализ материалов «Стратегии» свидетельствует, что фактически роль энергоменеджмента, как системы управления, в этом документе не нашла отражения, так же как и приоритеты развития топливной и генерирующей отраслей. Без отсутствия законодательно – нормативных документов, которые можно надеяться будут разработаны вопросы внедрения энергоменеджмента останутся лишь как призраки желаемого.

УДК 621.31

Прокопенко В.В., канд. техн. наук, доц., **Опришко В.П.**, асистент.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

СТАНОВЛЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАБІВ ДЛЯ ГОСПОДАРСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПОПИТОМ

Загально світова тенденція розвитку енергопостачальних систем тісно пов'язана з проблемою створення інтелектуальних енергетичних систем згідно концепції SMART GRID [1]. Основними причинами загострення даного питання є: зростання дефіциту паливно-енергетичних ресурсів на тлі безперервного зростання попиту на енергетичні ресурси, інтеграції значної кількості відновлюваних джерел енергії в існуючі системи енергопостачання, проблем глобального потепління та сталого розвитку.

Інтелектуалізація енергетичних мереж та вирішення пов'язаних проблемних питань займає провідне місце не лише в наукових виданнях, а й в директивних документах провідних країн, їх керівних органів та енергетичних організацій. Міжнародне енергетичне агентство ІЕА, стверджує, що діяльність у сфері керування попитом повинна бути пріоритетною в енергетичній політиці та рішеннях стосовно сталих енергетичних систем [2]. Керування попитом (DSM) — це набір методів і стратегії, які діють, щоб змінити, частіше за все вирівняти, графік електроспоживання. DSM дає змогу контролювати споживачів в контексті ефективного управління системою [3]

Крім загальносвітових сталих енергетичних цілей, кожна країна паралельно розробляє та виконує власні енергетичні програми. Як приклад, згідно «Energy Performance Building Directive» всі нові будівлі мають наблизитись до «нульового енергоспоживання» до 2021 року у всіх державах членах ЄС [4].

Енергетичні показники окремих, одиничних господарств складно аналізувати, адже більшість з них пов'язана з зовнішніми енергетичними системами. При дослідженнях варто об'єднувати господарства, разом з їх системами, в загальний блок на рівні району. Децентралізовано чи з розподільчими мережами, такий район може розглядатись в цілому з власним споживанням, попитом та локальним енергетичним менеджментом [5]. Складність системи енергетичного менеджменту зростає пропорційно до кількості джерел енергії, блоків акумуляції енергії і загального рівня попиту району.

Одним з існуючих концептів, що застосовується для вирішення даних проблем є концепт енергетичного хабу [6] як фіксованого набору вузлів мережі, що становить єдиний спеціалізований простір, для постачання різноманітних видів енергоресурсів із фінансовими інструментами в тому числі й програм з керування попитом на електричну енергію. Необхідно зазначити, що концепція енергетичного хабу враховує можливість інтеграції та використання різних джерел енергії й енергоресурсів і може бути розроблена у різному просторовому масштабі залежно від наявних ресурсів та рівня складності.

Загалом розглядають два види: енергетичних хаби, які знаходяться у власності споживачів енергії та можуть постачати енергію в основну енергосистему, і хаби, які знаходяться у власності енергопостачальних організацій та використовують різноманітні енергоносії для вироблення енергії в межах розподільних мереж [7]. Кожен окремих хаб має вхідні та вихідні енергетичні потоки, що дозволяє вирішувати задачу оптимізації витрат шляхом зміни режиму: генерація, накопичення чи , споживання/накопичення, споживання.

Для реалізації спрощеної моделі енергетичного хабу на рівні району, можна використати такий підхід.

1. Скоротити споживання енергії чи енергетичних ресурсів на рівні житла та будівлі вцілому;
2. Збільшити кількість відновлюваних джерел енергії;
3. Збільшити гнучкість завдяки можливостям зберігання та перетворення енергії на рівні району;
4. Оптимізувати потоки енергоносіїв та попит на рівні районів у відповідності до системи тарифів.

Висновки.

Створення мережі енергетичних хабів перспективний процес згідно впровадження положень концепції Smart Grid, що вимагає модернізації побудови та корегування розвитку енергетичних систем України. Становлення енергетичних хабів – в українських реаліях згідно світових тенденції до зниження енергозалежності, пошуку альтернативних джерел і постачальників енергетичних ресурсів, може забезпечити енергонезалежність та сталий енергетичний розвиток.

Список використаної літератури:

6. Стогній, Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Розвиток інтелектуальних електричних мереж на основі положень концепції Smart Grid // Інститут електродинаміки НАН України. – 2012. – С. 5–13.
7. IEA, Strategic Plan, (n.d.). http://www.ieasm.org/wp/files/3.New_Strategy_2014-2019.pdf (accessed March 20, 2017)
8. Денисюк С.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко // Technology Audit & Production Reserves. – 2016. – том 3 (29) – С.69-73.
9. New buildings | BPIE - Buildings Performance Institute Europe, (n.d.). <http://bpie.eu/focus-areas/new-buildings/> (accessed April 12, 2017).
10. A. Monti, D. (Dirk) Pesch, K.A. Ellis, P. Mancarella, Energy positive neighborhoods and smart energy districts : methods, tools and experiences from the field, n.d.COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2016/ 1318 Comm. Recomm. (2016). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=FR>.
11. Veremiichuk Y. Energy Hub Function Optimization Models During Ukrainian Energy Resources Market Liberalization [Text] / Veremiichuk Y., Prytyskach I., Yarmoliuk O, Opryshko V. // Power and Electrical Engineering. – 2017. – № 34 P. 49-52
12. Geidl, M. The energy hub – a powerful concept for future energy systems [Text] / M. Geidl, G. Koppel, P. FavrePerrod et. al. // Third annual Carnegie mellon conference on the electricity industry. – 2007. – 10 p.

References:

1. Стогній, Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Розвиток інтелектуальних електричних мереж на основі положень концепції Smart Grid // Інститут електродинаміки НАН України. – 2012. – С. 5–13.
2. IEA, Strategic Plan, (n.d.). http://www.ieasm.org/wp/files/3.New_Strategy_2014-2019.pdf (accessed March 20, 2017)
3. Денисюк С.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко // Technology Audit & Production Reserves. – 2016. – том 3 (29) – С.69-73.
4. New buildings | BPIE - Buildings Performance Institute Europe, (n.d.). <http://bpie.eu/focus-areas/new-buildings/> (accessed April 12, 2017).
5. A. Monti, D. (Dirk) Pesch, K.A. Ellis, P. Mancarella, Energy positive neighborhoods and smart energy districts : methods, tools and experiences from the field, n.d.COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2016/ 1318 Comm. Recomm. (2016). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=FR>.
6. Veremiichuk Y. Energy Hub Function Optimization Models During Ukrainian Energy Resources Market Liberalization [Text] / Veremiichuk Y., Prytyskach I., Yarmoliuk O, Opryshko V. // Power and Electrical Engineering. – 2017. – № 34 P. 49-52
7. Geidl, M. The energy hub – a powerful concept for future energy systems [Text] / M. Geidl, G. Koppel, P. FavrePerrod et. al. // Third annual Carnegie mellon conference on the electricity industry. – 2007. – 10 p.

Райтер П.М., д-р. техн. наук, проф., Харун В.Р., канд. техн. наук, доц.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИВОДУ СВЕРДЛОВИННОЇ ШТАНГОВОЇ УСТАНОВКИ ВІД ОБ'ЄМУ АСФАЛЬТО-СМОЛИСТО-ПАРАФІНОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ

За умов видобутку нафти з свердловин з високим вмістом парафіну важливими є явища зростання навантаження внаслідок відкладення парафіну на стінки насосно-компресорних труб та штангову колону, оскільки такі відкладення призводять до значного росту навантаження привода. Енергоспоживання електродвигуна привода свердловинної штангової насосної установки (СШНУ) залежить від значення сили, що діє в точці підвіски штанг. Одним з негативних факторів, які сприяють зростанню навантаження привода, є зміна динамічного рівня рідини в експлуатаційній колоні (за трубами НКТ) свердловин з періодичним режимом роботи. Іншим типом свердловин у яких можливе зростання навантаження привода в процесі експлуатації, а отже й зміна величини споживаної потужності є свердловини з асфальто-смолисто-парафіновими відкладеннями (АСПВ).

Для оцінки зміни навантаження використано залежності (1) з [1]:

$$F_{max} = F_{ст(в)} + F_{ін(в)} + F_{вібр(в)} + F_{тер(в)}$$

$$F_{min} = F_{ст(н)} - F_{ін(н)} - F_{вібр(н)} - F_{тер(н)} \quad (1)$$

де, F_{max} , F_{min} - максимальне та мінімальне значення сили корисного опору; $F_{ст(в)}$, $F_{ст(н)}$ - статичні (постійні) навантаження спричинені вагою штанг у рідині та силою гідростатичного тиску стовпа рідини, що знаходиться в насосно-компресорних трубах (НКТ) на плунжер глибинного насосу; $F_{ін(в)}$, $F_{ін(н)}$ - інерційні навантаження спричинені прискоренням колони штанг у верхній та нижній мертвих точках та інерцією стовпа рідини в момент початку його руху; $F_{вібр(в)}$, $F_{вібр(н)}$ - вібраційні складові навантаження, викликані коливаннями колони штанг; $F_{тер(в)}$, $F_{тер(н)}$ - сили тертя, які складаються з тертя штанг об труби та плунжера об стінки циліндра насоса, а також сил гідравлічного опору та гідравлічного тертя штанг у рідині.

Відкладення АСПВ призводять до зростання сил гідравлічного опору та сил тертя, тобто останньої складової формули (1). Результати досліджень на нафтових промислах свідчать про можливість відкладень парафіну до значень, які відповідають максимальній вантажності привода. Тому виконані розрахунки привода UP12T, максимальна вантажність якого складає 120кН, оснащеного двигуном 30кВт, допустимий крутний момент редуктора – 55 кНм.

Оскільки закон зміни навантаження при відкладенні АСПВ є невідомим, то використано припущення: 1) діапазон зміни сили тертя можливий до значень, коли сили тертя прирівнюються до ваги колони штанг; 2) відкладення парафіну відбуваються рівномірно – закон зростання навантаження лінійний; 3) відкладення парафіну відбуваються нерівномірно – закон зростання навантаження нелінійний.

Розрахунки проводились для наступних параметрів глибинного обладнання: колона штанг – двоступінчата, глибина підвіски насосу 1456 м, довжина ходу плунжера - 3 м, привід – балансирний двоплечий верстат-гойдалка UP12T, кількість обертів кривошипа- 6,5 об/хв. В першому наближенні розрахунки виконані за припущення, що

парафін відкладається рівномірно вздовж всієї колони штанг, а це призводить до збільшення сил гідродинамічного тертя та сил тертя штанг по НКТ. Тобто лінійно зростає остання складова формули (1). Значення сили тертя приймалось у відсотках від ваги колони штанг, яка складала $G_{шт} = 42,88\text{кН}$ (таблиця 1).

Таблиця 1 Залежність силових параметрів привода від сили тертя

% $G_{шт}$	$F_{тер}, \text{кН}$	$F_{max}, \text{кН}$	$F_{min}, \text{кН}$	$M_{кр}^{max}, \text{кНм}$	$P_{дв}, \text{кВт}$
1	0,42	54,1	35,4	30	7,06
5	2,14	55,8	33,6	32,3	8,35
10	4,28	58,0	31,5	33,0	9,9
20	8,57	62,3	27,2	37,8	13,2
30	12,86	66,56	22,92	41,56	16,4
40	17,15	70,85	18,63	45,79	19,65
50	21,44	75,14	14,35	50,2	22,9
80	35,6	89,3	0,2	67,5	33,52

Сила тертя у 1% $G_{шт}$ відповідає нормальній роботі штангової колони, 80% $G_{шт}$ – зависанні колони штанг у парафіновій пробці. Як видно з таблиці вміст АСПВ призводить до двох негативних наслідків у роботі привода: 1) в 4,75 разів зростає споживна потужність двигуна; 2) максимальний крутний момент на кривошипі зростає у 2,25 рази і перевищує допустиме значення 55 кНм для редуктора.

Зростання потужності відповідає лінійному закону залежності відкладення АСПВ, проте така залежність може бути і нелінійною. Такі твердження можна висунути аналізуючи залежність зміни дебіту свердловини при парафінуванні [2]. Відповідно до досліджень автора відкладання АСПВ відбувається нерівномірно як по стовбуру свердловини, так і в часі. Параметром, який свідчить про величину парафінових відкладень, є дебіт свердловини, мінімальне значення якого свідчить про настання часу проведення депарафінізації свердловини. В такому випадку, аналізуючи криву падіння дебіту, отримуємо нелінійний закон зміни споживаної потужності приводного двигуна (рис.1).

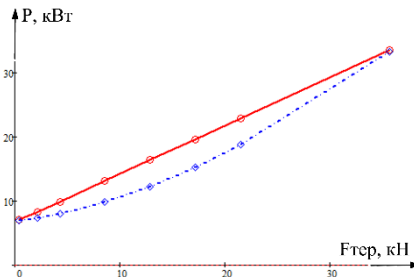


Рисунок 1 - Залежності споживаної потужності двигуна від тертя в колоні з АСПВ

Таким чином, енергоефективність привода свердловинної штангової насосної установки суттєво залежить від кількості відкладень АСПВ, тому, аналізуючи споживану потужність двигуна і дебіт рідини, є можливість як визначення кількості відкладень АСПВ та і вибору оптимального моменту періоду роботи СШНУ для реалізації процесів депарафінізації свердловини.

Список використаних літератури

1. Бойко В.С., Кондрат Р.М., Яремійчук Р.С. Довідник з нафтогазової справи. – К.: Львів, 1996. – 620с.
2. Люшин С.Ф. Борьба с отложениями парафина при добыче нефти / [С.Ф. Люшин, В.А. Рассказов, Д.М. Шейн-Али и др.]. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1961. – 95 с.

References

1. Boyko V.S., Kondrat R.M., Yaremichuk R.S. Oil and Gas Handbook. - K.: Lviv, 1996. – 620p.
2. Lyushin S.F., Struggle with paraffin deposits during oil production / [S.F. Lyusin, V.A. Rasskazov, D.M. Shane-Ali, etc.]. - M.: State Scientific and Technical Publishing House of Petroleum and Mining Fuel Literature, 1961. - 95 p.

Розен В.П., д-р. техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Давиденко Л.В., канд. техн. наук, доц.,
Луцький національний технічний університет, Україна
Давиденко Н.В., асист.

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ВИЯВЛЕННЯ ТА УРАХУВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЗМІН ВОДОПОДАЧІ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Вступ. Формування режиму електроспоживання насосних станцій (НС) системи комунального водопостачання здійснюється під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів, які потребують урахування під час визначення базового рівня електроспоживання (БРЕ) та контролю електроспоживання. Одним з них є водоспоживання, що визначає витрату води з мережі, а отже ефективність режиму водоподачі та ефективність електроспоживання.

Для здійснення коректного контролю ефективності електроспоживання часовий період дії БРЕ повинен відображати циклічні зміни технологічного процесу [1].

Мета. Удосконалення контролю ефективності електроспоживання НС шляхом урахування циклічних змін процесу водоподачі, зумовленого впливом зовнішніх чинників.

Основні матеріали дослідження. Основним режимним показником процесу водопостачання є добовий графік витрати води (ГВВ) з мережі. Витрата води є нерівномірною не лише протягом доби, але й відрізняється залежно від дня тижня. Тобто, спостерігається добова циклічність, циклічність протягом тижня і року.

Впровадження системи моніторингу забезпечує створення баз даних, що містять інформацію про режими роботи НС та їх електроспоживання, інтелектуальний аналіз якої забезпечує можливість вирішення задач, що передують формуванню БРЕ: аналіз режимів водоспоживання та виявлення тенденцій його зміни; опис режиму водоподачі з урахуванням цих тенденцій; побудова моделі електроспоживання, адаптованої до збурюючих впливів [2].

Задача виявлення тенденцій зміни водоспоживання може бути розв'язана шляхом формування класів подібних ГВВ. Об'єктами класифікації є добові ГВВ, ознаками – їх параметри [3]. Кластер - група ГВВ з подібними рисами.

На початковому етапі доцільним є використання процедур автоматичної класифікації, зокрема, кластерного аналізу (КА): ієрархічний КА та метод К-середніх. Використання методів КА дозволить виявити приховані закономірності у характері витрати води з мережі та виділити групи однотипних ГВВ за рівнем впливу зовнішніх чинників. Класифікація добових ГВВ передбачає два етапи: 1) за впливом сезонності; 2) за впливом соціальних чинників. Однак, КА не дає правил та чітких критеріїв оцінки якості класифікації.

Для формування правил розпізнавання належності добового ГВВ до одного з кластерів та перевірка якості отриманих результатів кластеризації доцільним є використання дискримінантного аналізу (ДА). Передбачається, що вихідні дані містять також групуючу змінну, яка визначає належність об'єкта до певної групи. Метод ДА дає змогу визначити змінні, значення яких істотно відрізняються для різних рівнів групуючої змінної, та оцінити можливість індикації належності до класів. Якщо зв'язок є суттєвим, можна отримати правило, за яким знаходять імовірність належності об'єкту до класу за

значеннями класифікаційних змінних. Отже, процедура виявлення подібності у добових ГВВ містить два етапи та полягає у послідовному використанні методів КА та ДА.

Розбиття ГВВ на кластери на етапі КА забезпечує формування навчальної вибірки. Це дасть змогу застосувати ДА для уточнення класифікації та розподілу ГВВ між типовими класами. Результатом такого розподілу є формування груп однотипних ГВВ. Це забезпечує можливість не лише виявлення циклічних змін технологічного процесу водоподачі та встановлення часових проміжків для визначення БРЕ, а й формування статистичних вибірок даних щодо електроспоживання, технологічних параметрів для кожного типового дня кожного сезону. Аналіз отриманих вибірок щодо витрат води з мережі водопостачання дозволяє виконати формалізований опис режиму водоподачі: визначити середні значення витрати води з мережі залежно від сезону, профіль її добового графіка для типового дня та його параметри. Результати опису є основою планування визначальних змінних з метою їх використання для визначення БРЕ, а також встановлення контрольних меж визначальних змінних для організації процедури контролю технологічних параметрів.

Для забезпечення коректного контролю ефективності електроспоживання необхідно передбачити перевірку відповідності фактичного ГВВ запланованому ГВВ, з урахуванням якого здійснювалось планування режиму водоподачі та планування електроспоживання. Використання ДА забезпечує можливість побудови функцій класифікації, які використовуються для класифікації ГВВ. Класифікаційні функції забезпечують можливість розпізнавання належності нових спостережень ГВВ до одного з типових класів (рис. 2).

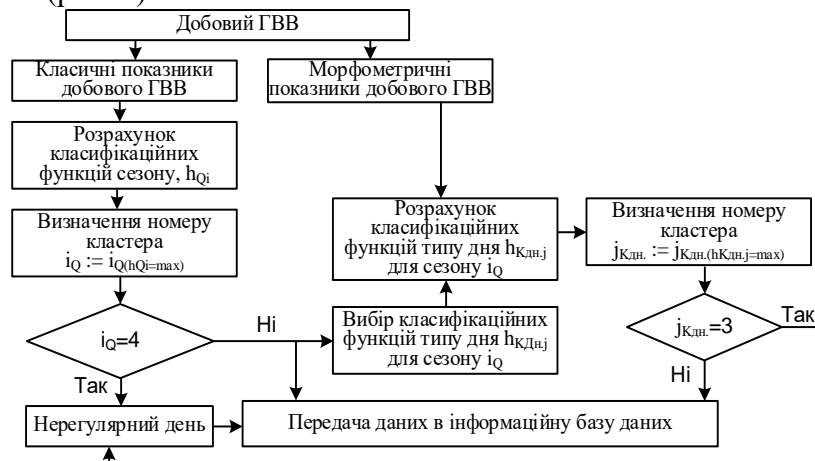


Рисунок 2 – Алгоритм ідентифікації належності ГВВ до типових кластерів

Процедура ідентифікації здійснюється у два етапи: спочатку за сезоном; за умови не відповідності ГВВ класу нерегулярних днів - за типом дня. У випадку встановлення факту належності ГВВ до класу нерегулярних днів проведення процедури контролю є недоречним.

Висновок. Використання запропонованої процедури виявлення циклічних змін технологічного процесу водоподачі, зумовлених впливом сезонних та соціальних чинників, дозволяє врахувати фактичні умови роботи НС під час планування електроспоживання та забезпечує коректність контролю його ефективності.

Список використаних джерел

1. DSTU ISO 50004:2016 (ISO 50004: 2014, IDT) Nastanova shchodo vprovadzhenia, suprovid ta polipshennia systemy enerhetychnoho menedzhmentu. Kyiv, 2016.
2. V. P. Rozen, L. V. Davydenko, and N. V. Davydenko, «Procedure of construction the energy baseline of water supply facilities with taking into consideration the external factors influence», *Power engineering: economics, technologies, ecology*, no. 3 (49), pp. 31-37, 2017.
3. V. P. Rozen, and N. V. Davydenko, «Formation of the characteristics set of the actual regime of water consumption in public water supply systems», *Power engineering: economics, technologies, ecology*, no. 3, pp. 85-92, 2015.

Стрелков М.Т., канд. техн. наук, доц., Мороженко А.О., магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

СИСТЕМНА ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ

Головними цілями реформування системи ринку електричної енергії, зокрема товарного ринку, є запровадження конкуренції між постачальниками товарної продукції (сторона пропозиції) та надання споживачам права вибору постачальника електричної енергії (сторона попиту).

Стратегія тарифікації електричної енергії, як механізм вибору (встановлення) тарифу/тарифів для фінансових розрахунків між постачальниками і споживачами, є замикаючою (визначальною) щодо ефективності ринкових перетворень на кожному з чотирьох етапів (реструктуризація, демонополізація, лібералізація, реорганізація) реформування системи ринку електроенергії [1].

Вибір (встановлення) тарифу/тарифів здійснюється із множини існуючих, які, як елементи, утворюють тарифну систему, яку можна побудувати (яку будують) із застосуванням системного підходу.

Системна тарифікація електроенергії розглядає тарифи на електричну енергію як інструменти інтегрованого ресурсного планування, оскільки враховує як виробничо-технічні, так і торгово-фінансові аспекти пов'язаних між собою й одночасних процесів електропостачання та споживання електроенергії [2]. Як наслідок, за системної тарифікації електричної енергії формуються три тарифні підсистеми за ознаками споживання (сторона попиту), постачання (сторона пропозиції) та часу споживання-постачання електроенергії, як показано на рисунку. Додавана ознака часу є необхідною, оскільки, перше, генерація, транспортування і споживання електричної енергії відбуваються у реальному масштабі часу та, друге, не існує на сьогоднішній день економічно виправданих способів накопичення електроенергії у великих обсягах.



Рисунок – Ознакова диференціація тарифної системи

Кожна із тарифних підсистем об'єднує свої елементи у групи тарифів із наперед заданими ознаками диференційованого тарифоутворення, за якими побудовані (будуються) тарифи [3].

Підсистема тарифів за ознаками споживання електроенергії базується на цінній дискримінації другого і третього ступеня та визначає чотири групи тарифів: з нульовою диференціацією (пряма тарифікація); кількісною диференціацією (за обсягом споживання); диференціацією використання (за метою споживання); перехресною диференціацією (за метою та обсягом споживання одночасно).

Групу тарифів з нульовою диференціацією утворює простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф. До групи тарифів за кількісною диференціацією входять ступінчастий та блочний тарифи. Посегментний простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф утворює групу тарифів за диференціацією використання. Прикладами перехресної диференціації є ступінчато-посегментний та блочно-посегментний тарифи.

Підсистема тарифів за ознаками постачання електроенергії враховує структуру витрат виробництва, стадії та продукти технологічного процесу електропостачання та визначає три групи тарифів за витратною, продуктовою і перехресною (витратно-продуктовою) диференціацією. Прикладами тарифів за витратною диференціацією є тарифи, побудовані на основі середніх або граничних витрат виробництва, які можуть бути як довгостроковими, так і короткостроковими. Тарифи за продуктовою диференціацією формуються із врахуванням вартості вироблюваної електроенергії та вартості всіх надаваних послуг з її постачання.

Підсистема тарифів за ознаками часу споживання-постачання електроенергії визначає п'ять груп тарифів за можливою частотою зміни тарифів протягом заданого часового інтервалу, що відповідає внутрішньочасовій, внутрішньодобовій, міждобовій, міжсезонній та перехресночасовій диференціації. Тарифи за ознаками часу споживання-постачання враховують варіювання споживання електроенергії у часі та відповідні цьому зміни витрат виробництва та постачання електричної енергії. Це можуть бути тарифи реального часу, багатозонні тарифи, календарні тарифи, сезонні тарифи та їх перехресні комбінації.

Тарифи за ознаками споживання і постачання електроенергії є інтегрованими у часі, тарифи за ознаками часу споживання-постачання електроенергії – диференційованими за часом. Оскільки, будь-який часовий інтервал теоретично можна розглядати як нескінченно довгий, то споживання і постачання електричної енергії на будь-якому часовому інтервалі можна вважати інтегрованими. Сказане автоматично робить інтегровані у часі тарифи складовими тарифів, диференційованих за часом. Тобто перехресний механізм диференційованої тарифікації електроенергії є загальносистемним і вихідним щодо декомпозиції самої тарифної системи.

Список використаних джерел:

1. Стрелков М.Т. Либерализация в системе рынка электрической энергии / М.Т. Стрелков // Энергетика та електрифікація. – 2012. – №10. – С.10-17.
2. Стрелков М.Т., Стрелкова Г.Г. Тарифи й інтегроване ресурсне планування в енергетиці / М.Т. Стрелков, Г.Г. Стрелкова // Зб. тез. доп. III Міжн. наук.-техн. та навч.-мет. конф. «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – 2016». – К.:НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – С.98-99
3. Стрелков М.Т. Регульована й диференційована тарифікація електроенергії / М.Т. Стрелков // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – №2. – С.123-130.

References:

1. Strelkov M.T. Liberalization in the system of electricity market / M.T. Strelkov // Energy and electrification. – 2012. – №10. – P.10-17.
2. Strelkov M.T., Strelkova H.G. Tariffs and integrated resource planning for energy sector // M.T. Strelkov, H.G. Strelkova // Conf. proc. III Int. sci.-techn., meth. conf. "Problems of energy management system – PEMS'16". – K.:NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 2016. – P.98-99
3. Strelkov M.T. Regulated and differentiated tariffification of electricity / M.T. Strelkov // Power engineering: economics, technique, ecology. – 2015. – №2. – P.123-130.

Стрелков М.Т., канд. техн. наук, доц., Мороженко А.О., магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

СИСТЕМНА ДЕКОМПОЗИЦІЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ

Декомпозиція системи тарифів на електричну енергію має на меті розділити існуючу множину тарифів, які, як елементи, утворюють систему, на частини (класи, підкласи), що відповідають визначеним (заданим) класифікаційним ознакам за кожним рівнем дерева декомпозиції.

Вихідним у декомпозиції тарифної системи є загальносистемний перехресний механізм диференційованого тарифоутворення, виходячи з якого, першим рівнем декомпозиції повинні бути класи тарифів, інтегрованих у часі, і класи тарифів, диференційованих за часом постачання і споживання електричної енергії, як показано на рисунку.

Другим рівнем, тепер вже подальшої декомпозиції інтегрованих у часі і диференційованих за часом тарифів, будуть підкласи однокомпонентних тарифів і підкласи багатоконпонентних тарифів. Однокомпонентні тарифи на електроенергію формуються на стороні попиту та є інтегрованими за своїм складом, тобто мають тільки одну компоненту. Багатоконпонентні тарифи на електроенергію формуються на стороні пропозиції та є диференційовані за своїм складом, тобто мають дві та більше компонент.

Третій рівень, за подальшої декомпозиції однокомпонентних та багатоконпонентних тарифів, утворюють підкласи одноставкових тарифів і підкласи багатоставкових тарифів. Одноставкові тарифи на електричну енергію за своєю структурою є інтегрованими та складаються з однієї ставки. Багатоставкові тарифи на електроенергію за своєю структурою є диференційованими та складаються з двох та більше ставок. Однокомпонентні тарифи можуть складатися з однієї або декількох ставок. Багатоконпонентні тарифи за кожною компонентою можуть бути як одноставковими, так і багатоставковими.

До підкласу однокомпонентних одноставкових тарифів входять простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф та посегментний простий (прямий по лічильнику електричної енергії) тариф. Підклас однокомпонентних багатоставкових тарифів утворюють ступінчастий та блочний тарифи, ступінчасто-посегментний та блочно-посегментний тарифи.

Прикладом багатоконпонентних тарифів є двокомпонентний тариф, основна компонента якого спрямована на покриття постійних витрат, а додаткова – на покриття змінних витрат електропостачання. Основна компонента є платою за електричну потужність споживача, додаткова – за спожиту ним електроенергію, враховану лічильником електричної енергії. Одночасно основна та/або додаткова компоненти можуть мати одну або декілька ставок, що робить цей двокомпонентний тариф одноставковим або багатоставковим. Ставки за основною і додатковою компонентами також можуть бути диференційованими за часом споживання-постачання електричної енергії.

Побудоване таким чином трирівневе дерево декомпозиції тарифної системи є симетричним для інтегрованих у часі і диференційованих за часом тарифів на електроенергію. Тобто достатньо мати декомпозиційне дерево інтегрованих у часі тарифів, а потім, задавши частоту їх зміни у часі, отримати декомпозиційне дерево диференційованих за часом тарифів. Але якщо обидва симетричні піддерева поєднати у

вигляді єдиного перехресного дерева, то отримаємо перехресну класифікацію тарифів на електричну енергію, як це і показано на рисунку.

Система тарифів на електроенергію також є багатомірною завдяки специфічним особливостям, притаманним тарифам, що дозволяє доповнити класифікацію тарифів у вигляді специфікації елементів тарифної системи.

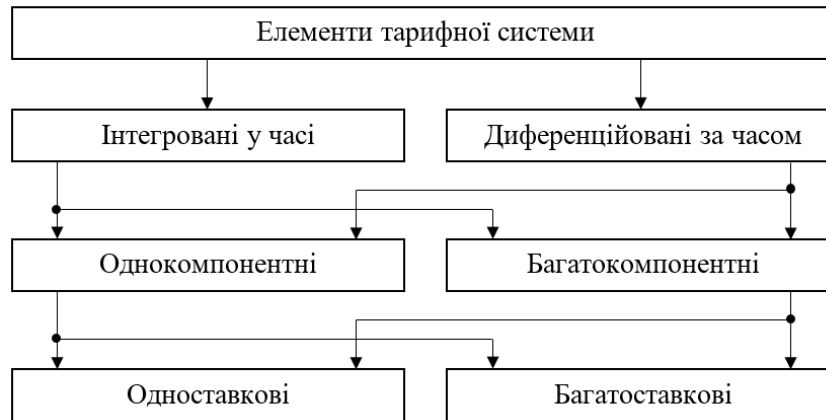


Рисунок – Ознакова декомпозиція тарифної системи

Оскільки в системі ринку електричної енергії ринок послуг передавання і розподілення електроенергії і ринок системних допоміжних технологічних послуг залишаються природними монополіями, тарифи за втручанням держави у тарифоутворення можуть бути регульованими і нерегульованими.

Враховуючи обсяг та мету споживання електроенергії, тарифи можуть встановлюватись за групами споживачів, наприклад, тарифи для промислових, комерційних та побутових споживачів.

Оскільки сьогодні електрична енергія є товаром першої необхідності, соціальні тарифи враховують дохід різних категорій верств населення, поділяючи їх на багатодітні, малозабезпечені, забезпечені та інші.

За географічним принципом, коли до уваги беруться наявність генеруючих потужностей, пропускна здатність ліній електропередачі та фізичні втрати при транспортуванні електроенергії до певних вузлів енергосистеми, тарифи можуть бути єдиними (не враховують географічне розташування споживачів) та зональними (залежать від географічного розташування споживачів).

Технологія електропостачання дозволяє технічно розділити тарифи за ступенями напруги та приєднаною потужністю споживачів електроенергії.

Щодо якості та надійності електропостачання, то виділяють тарифи для управління попитом на електроенергію, наприклад, тарифи на переривання за часом максимального навантаження енергосистеми.

Екологічну спрямованість сучасної генерації електроенергії відображають так звані «зелені» тарифи.

З точки зору функції видатків споживачів на куповану електроенергію, тарифи поділяються на лінійні та нелінійні (лінійне та нелінійне тарифоутворення).

Список використаних джерел:

1. Strelkov M.T. Regulated and differentiated tariffication of electricity / M.T. Strelkov // Power engineering: economics, technique, ecology. – 2015. – №2. – P.123-130.
2. Strelkov M.T., Strelkova H.G. Tariffs and integrated resource planning for energy sector // M.T. Strelkov, H.G. Strelkova // Conf. proc. III Int. sci.-techn., meth. conf. "Problems of energy management system – PEMS'16". – K.:NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 2016. – P.98-99

Стрелкова Г.Г., канд.фіз.мат.наук, доц.,
Федосенко М.М., канд.техн.наук, доц.,
Замулко А.І., канд.техн.наук, доц.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПІДХОДИ ТА СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ У СФЕРІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Вступ. Наявність методологічного підґрунтя є важливим елементом як при визначенні наукової проблеми, так і при плануванні та організації виконання емпіричних та теоретичних наукових досліджень робіт в рамках визначених тем та завдань магістерської дисертації. На цей час ще не існує єдиної уніфікованої та загально прийнятої системи класифікації методів наукового дослідження. З іншого боку, для кожної наукової галузі притаманні свої пріоритетні методологічні підходи та специфічні методи дослідження з урахуванням особливостей ознак і сутності об'єкту, предмету, мети та завдань досліджень. Тому, на думку авторів, підвищенню якості проведення наукових та науково-практичних досліджень студентами спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізацій «Інжиніринг систем забезпечення споживачів електричною енергією» і «Енергетичний менеджмент та енергоефективність», будуть сприяти структурно-логічні схеми, що надають типові методологічні підходи у зазначених напрямках.

Метою дослідження є визначення базових принципів проведення наукового дослідження для формування системи загальнонаукових підходів (методології, теорій) та спеціальних методів дослідження у сфері енергетичного менеджменту, електропостачання та електроспоживання.

Основний зміст. Законом України «Про вищу освіту» визначається, що освітній ступінь магістра здобувається завдяки успішному виконанню відповідної освітньої програми, яка, зокрема, включає дослідницьку (наукову) компоненту, що має інноваційний характер для відповідного рівня професійної діяльності. Створення і розвиток практичних умінь студентів, що здобувають ступінь магістра, з постановки, планування і виконання дослідження, формування навичок з розв'язання практично-наукових задач та обробки наукових результатів потребує певної системи знань щодо головних понятійних та структурних елементів науково-дослідної роботи. Підґрунтям для цього є розуміння методології та методів наукових досліджень, знання сфери їх застосування, переваг та обмежень.

Традиційно за ступенем загальності та сфери дії методи наукового пізнання прийнято поділяти на три основні ієрархічні складові. До першої входять загальнофілософські методи, що мають універсальний характер і застосовуються на всіх етапах та рівнях наукового пізнання. До другої складової належать загальнонаукові методи дослідження, які не мають обмежень за сферою їх застосування та розрізняються за рівнями теоретичного та емпіричного пізнання. За цими ознаками друга складова включає емпіричні, теоретичні та загальнологічні методи дослідження. Останню ієрархічну складову утворюють спеціальні методи для дослідження специфічних предметів, явищ і процесів, притаманних окремій галузі знання чи науковій дисципліні. Їх вибір визначається сутністю об'єкту дослідження.

Вагомою складовою професійної діяльності фахівця з енергетичного менеджменту є вміння досліджувати процеси та операції за цільовими показниками енергетичного

функціонування, надавати прогностичні оцінки, моделювати розвиток складних енергетичних систем, аналізувати вплив зовнішніх та внутрішніх факторів, що відбуваються у ринковому та правовому середовищі, на зміни таких систем, систематизувати та проводити статистичну обробку емпіричних результатів. Тому головні системоутворюючі елементи структурно-логічних схем з методології та методів наукових досліджень у сфері енергетичного менеджменту, електропостачання та електроспоживання мають надавати науковий інструментарій для вирішення завдань зі сфери майбутньої професійної діяльності. Це вимагає, крім загальних, ще і спеціальних методів наукових досліджень, що спричинені наявністю міждисциплінарних зв'язків.

Виходячи з аналізу наведеного вище традиційного ієрархічного підходу до класифікації та формування угруповань методів наукового пізнання найбільш важливими для наукових досліджень за тематиками спеціалізацій «Інжиніринг систем забезпечення споживачів електричною енергією» і «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» є друга та третя ієрархічні складові. Саме на них ґрунтується визначення ознак та сутності об'єкту і предмету наукового дослідження, визначається мета, формуються завдання, обирається методологія, пропонуються методи, необхідні для проведення теоретичних і експериментальних досліджень, визначаються способи пошуку, відбору та систематизації даних, а також методики обробки та представлення результатів наукової роботи. Визначальним фактором при проведенні таких досліджень є пошук можливостей (способів) впливу на керований об'єкт дослідження з метою ефективного та результативного вирішення широкого кола логістичних задач. Виходячи з цього, були визначені наступні системоутворюючі елементи структурно-логічних схем з методології, теорії і методів наукових досліджень у сфері енергетичного менеджменту, електропостачання та електроспоживання. Першим елементом є методологічний рівень, що включає методології системного підходу, дослідження операцій та прогностики. В рамках цих методологій використовується широкий спектр теорій. Тому наступним елементом структурно-логічних схем має бути теоретичний рівень, а його базовими складовими - теорії ймовірностей, математичної статистики, оптимізації, математичного, імітаційного, економіко-математичного, організаційного моделювання, програмування, прийняття рішень тощо. Завершальним елементом таких схем є рівень спеціальних методів, що використовує різноманітний математичний апарат і визначається специфікою конкретної тематики дослідження. До найбільш поширених логічних та математичних кількісних методів для обґрунтування прийняття рішень і оцінки їх ефективності у сфері енергетичного менеджменту, електропостачання та електроспоживання відносяться: кібернетичний метод, методи логістичного управління - нормативно-правові, соціально-психологічні, технологічно організаційні, економічні), комплексні аналітичні методи (комбінаторика, метод аналізу ієрархій, SWOT-аналіз, PETS-аналіз, топологія та ін.).

Висновки. На підставі проведеного аналізу визначені головні системоутворюючі елементи структурно-логічних схем та надані класифікаційні угруповання з найбільш поширених методологій, теорій і методів наукових досліджень в сфері спеціалізацій «Інжиніринг систем забезпечення споживачів електричною енергією» і «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» за тематикою енергетичного менеджменту, електропостачання та електроспоживання.

Практична цінність запропонованого принципу класифікаційних угруповань полягає у наданні студентам базових знань про систему, принципи, закономірності, методології, теорії та методи наукових досліджень, що сприятиме покращенню якості дисертаційних досліджень за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК. 621.31, 621.36

Федорейко В.С., д-р техн. наук, проф., **Загородній Р.І.**, канд. техн. наук,
Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка
Іскерський І.С., канд. техн. наук, докторант,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА БАЗІ БІОРЕСУРСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Фактологічні дослідження стану енергетики нашої держави свідчать про те, що енергозаміщення є одним із пріоритетних напрямів розвитку галузі, яка на протязі 25 років постійно дестабілізує економіку України. Тільки використання децентралізованих систем генерації на основі відновлювальних джерел може покращити стан найзатратнішої в світі економіки, побудованої на планово-олігархічних методах генерації, розподілу і реалізації традиційних енергоресурсів. Відсутність прозорих механізмів обліку і аудиту енергії призвело до стагнації цілих галузей, особливо теплокомуненерго де панують архаїчні схеми реалізації теплової енергії. На наше тверде переконання покращити такий стан речей може біоресурсна диверсифікація генерації теплової енергії. За даними USAID в системах європейських країн частка відновлювальної енергетики складає: Швеція – 65 %, Литва – 61 %. Латвія – 28 %, Україна – 1,3 %.

Слід відмітити, що в більшості країн біоенергія складає значну долю і постійно має тенденцію до зростання. Міжнародні експерти постійно наголошують, що Україна зобов'язана приділити цьому вектору розвитку відновлювальної енергетики належну увагу.

Сьогодні в державі функціонує близько 30 тисяч сміттєзвалищ, які займають приблизно 7 % території країни. Нагромаджено 54 млн. м³ відходів з 15–17 млн. тонн щорічним поповненням. Враховуючи той факт, що планета Земля з липня 2017 року увійшла в зону невідновлювального доквілля, цей фактор стає міжнародною загрозою.

В доповнення, необхідно відмітити, що при щорічному прирості деревини в межах 30 млн м³ ми використовуємо всього 40–50 %. Це найнижчий показник в Європі. На державному рівні ігнорується санітарно-енергетичні чистки природних і стихійних насаджень. Все це разом із соломою, елеваторними відходами, тощо може скласти вагомий внесок в енергетичний баланс держави.

В контексті задекларованого вище та керуючись рішеннями Паризької конференції 2015 року нами пропонується для реалізації 4 науково-технічних проекти на базі біоресурсних диверсифікаційних джерел.

1. Біотеплогенератор потужністю 1–4 МВт для сушіння зернових.

Сушіння зерна є одним із енергоємних процесів в агропромисловому комплексі. В даний час, основним джерелом енергії є природний газ. Запропонований проект націлений на значне зменшення енергії на сушіння (в 5 - 7 разів), а також на енергозаміщення палива місцевого походження (деревна стружка, тирса, елеваторні відходи, солома тощо).

Проект експлуатується на п'яти елеваторах Київської, Тернопільської та Чернігівської областей. Зараз ведуться роботи по розробці АСУ ТП комплексу на базі нейроконтролера, який буде керувати режимами генерації енергії в залежності від параметрів потокової зерносушарки. Це додатково дасть 10–15 % економії енергії, значно покращить технологічні показники.

Даний біотеплогенератор можна використовувати на елеваторах для сушки зерна, для обігріву житлових будинків, для забезпечення температурних режимів різних об'єктів господарювання. Розглядається питання про його імплементацію в суміжні

технології, пов'язані з тепловою генерацією для продукування електроенергії в локальних енергетичних системах.

Термін окупності проекту півтора сезону (150 робочих днів).

2. Генератори-утилізатори твердих побутових відходів, в тому числі – важколіквідних, потужністю 0,5–2 МВт.

Запропонований проект націлений на значне зменшення кількості наявних твердих побутових відходів. Це забезпечить витіснення імпортованих вуглеводнів за рахунок використання твердих побутових та важко ліквідних відходів. Такий підхід створить додаткові робочі місця для обслуговування технологічних процесів, пов'язаних із заготівлею, сортуванням, підготовкою та подачею відходів в утилізатор, при мінімальному техногенному навантаженні на довкілля.

Розробку можна використовувати для спалювання автомобільних шин, відходів хімічних та фармацевтичних компаній. Термін окупності буде залежати від режимів роботи, але не більше одного року.

3. Теплогенератор потужністю від 20 кВт до 50 кВт з термоелектричним модулем для автономних систем електроживлення (в тому числі для військових об'єктів).

В результаті реалізації проекту досягнуті наступні цілі: а) генерація теплової енергії практично з будь-якого палива; б) отримання гарячої води та можливості приготування їжі; в) отримання електричної енергії шляхом когенерації теплових викидів біотеплогенератора для живлення телекомунікаційних засобів.

Розробка дозволяє отримати найдешевшу теплову енергію з одночасним безшумним генеруванням електроенергії для живлення систем комунікації (радіозв'язок, мобільний зв'язок, планшети, освітлювальні пристрої тощо) на територіях і місцевості де відсутнє електроживлення. Таким чином об'єкт господарювання (підрозділ) може автономно вести повноцінну життєдіяльність, включаючи комунікаційні системи.

4. Біотехнологічний комплекс на базі твердооксидного паливного елементу та фотобіореакторів з мікроводоростями для автономних систем електроживлення.

В результаті реалізації проекту досягнуті наступні цілі: а) перетворення одним технологічним етапом хімічного палива (H_2 та CH_4) в електричний струм із ККД близько 70%; б) утилізація CO_2 шляхом використання мікробіотехнологій з подальшою генерацією високоякісної біосировини; в) генерація біометану та біодизеля із біомаси мікроводоростей та біологічної складової твердих побутових відходів.

Запропонований проект дозволить отримувати електроенергію для живлення об'єкту господарювання, генерувати високоякісну біосировину з подальшим продукуванням біодизеля та біометану та максимально знизити викиди діоксиду вуглецю в атмосферу, таким чином, зможе автономно вести повноцінну життєдіяльність, із низьким антропогенним впливом на довкілля.

Учасники реалізації проектів: Науково-дослідна лабораторія «Енергетичний менеджмент» Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка, підприємство "Українські технологічні системи", Науково-виробниче об'єднання «Енергоощадні технології» (м. Тернопіль).

Висновки:

1. Запропоновано нові науково-технічні проекти генерації та когенерації енергії для її диверсифікації в системах теплоелектропостачання.

2. Розроблені експериментальні комплекси і установки дозволяють в різних технологічних системах здешевити генерацію енергії в 3...5 разів з нульовим навантаженням на довкілля.

3. Застосування задекларованих розробок дозволить у значній мірі одночасно вирішити економічні, енергетичні, екологічні та соціальні проблеми в Україні.

Федосенко М.М., канд. техн. наук, доц.,
Артем'єв М.В., магістрант,
Артисюк Б.А., магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА РОЗРАХУНКИ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Вступ. У загальному числі параметрів, що характеризують режим розподільних електричних мереж (РЕМ), основними є оцінки розрахункових навантажень, втрат потужності і енергії в мережах, відхилень напруги у вузлах. Достовірність розрахунків визначається точністю вихідної інформації. Для оцінювання ймовірних похибок розрахунків в роботі здійснено аналіз основних причин зниження достовірності кожного виду вихідної інформації.

Вихідними даними для розрахунків режимів РЕМ міст слугують здебільшого результати опрацювання даних вимірювань електричних навантажень на стороні низької напруги трансформаторних пунктів (ТП) у характерні періоди року. Основні причини похибок: ймовірнісний характер навантаження, обмежені обсяги вимірювань.

При розрахунках режимів електричних мереж зазвичай приймаються усереднені параметри схем заміщення трансформаторів, визначені через отримані із каталогів параметри $u_{к.з.}$, $\Delta P_{к.з.}$, $\Delta P_{н.х.}$, $I_{н.х.}$ для кожної номінальної потужності трансформаторів. В дійсності має місце суттєве розсіювання значень вказаних параметрів трансформаторів, що випускаються навіть одним заводом-виробником. Крім того, характеристики змінюються, і часом досить суттєво, після проведення капітальних ремонтів.

Метою дослідження є реалізація системного підходу до отримання, систематизації та аналізу вихідної інформації в розподільних електричних мережах, формування алгоритмічного і програмного забезпечення та методології оцінювання достовірності інформації РЕМ, визначення найбільш впливових факторів і методів підвищення достовірності розрахунків.

Основний зміст. Зібрано та систематизовано статистичні дані про силові трансформатори 10/0,4 кВ, що знаходяться в експлуатації в РЕМ. Розміри вибірок обмежувались числом наявних трансформаторів кожної номінальної потужності та знаходились в межах 200-500 значень. Для перевірки, чи узгоджуються експериментальні дані з гіпотезою про те, що випадкова величина має певний теоретичний закон розподілу, застосовано критерій згоди χ^2 Пірсона. Для кожного параметра вирівнювання здійснювалось за нормальним законом розподілу, розподілом рівномірним, Релея та Вейбула. Результати дослідження свідчать, що для більшості параметрів правдива гіпотеза про те, що вони розподілені за нормальним законом. Коефіцієнти варіації паспортних значень параметрів трансформаторів сягають величин: 0,11 - 0,13 для повздовжніх елементів схем заміщення, 0,30-0,45 -для поперечних. З довірчою імовірністю $\beta = 0,9$ помилка отримуваних оцінок імовірнісних характеристик не перевищує 1-2%, що є прийнятним для використання даних при моделюванні. Крім того, мають місце похибки визначення параметрів схем заміщення трансформаторів, викликані наступними факторами: коливання температури обмоток; перемикання регульовальних відпайок трансформаторів. Похибки, що вносяться в розрахунки, знаходяться в межах $\pm 5\%$, закон розподілу – рівномірний.

Для визначення розподілу сумарної похибки значень розрахункових параметрів трансформаторів здійснено композицію законів розподілу. Виходячи з того, що похибки

у вихідних даних від розглянутих факторів розподілені по законам, близьким до нормального та рівномірного, з їх незалежності, впливає, що при композиції отримується нормальний закон розподілу.

Похибки визначення параметрів схем заміщення ліній електропередачі залежать від факторів, враховувати які в практичних задачах неможливо: вплив коливань температури провідника; похибки визначення довжин ліній – можливі через неточність промірів довжин ліній. В роботі похибки визначення опору ліній моделювались рівномірно розподіленими в діапазоні $\pm 10\%$ від розрахункових значень.

Дослідження законів розподілу навантажень ТП, проведені на кафедрі електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського за результатами статистичної обробки даних вимірювань різних типів споживачів для періоду вечірнього максимуму, свідчать про нормальний розподіл із значеннями коефіцієнту варіації в діапазоні 0,12-0,25.

Для реалізації задачі оцінювання достовірності експлуатаційних розрахунків режимів РЕМ у роботі використано метод статистичних випробувань (Монте-Карло). Розроблено і реалізовано алгоритми моделювання, що дозволило дослідити вплив похибок вихідної інформації на точність розрахунків параметрів режимів розподільних електричних мереж. Здійснювалась варіація будь-якого з параметрів із заданим законом розподілу, одночасно всіх вихідних параметрів, або будь-якої групи при незмінних значеннях інших. Передбачено перевірку достатності кількості випробувань для отримання результатів моделювання з заданою точністю при деякій довірчій імовірності β , яка відповідає умовам вирішуваної задачі.

Розрахунки проведено для різних схем реальних розподільних мереж. Досліджувалися мережі, що містять до 50-60 ТП. Визначався вплив похибки кожного типу вихідних даних на результати розрахунків, а також сумісний їх вплив.

Результати моделювання свідчать, що похибки визначення поточкорозподілу можуть сягати, з ймовірністю $\beta = 0,95$ для лінії з двома-чотирма ТП величини 30-40%, для групи з 40-50 ТП – 10-15%.

Співвідношення втрат в РЕМ $\Delta P_c : \Delta P_{\sim T} : \Delta P_{=T}$ приймає значення: (35-60)% : (20-25)% : (45-15)%. При малих завантаженнях трансформаторів співвідношення відповідає лівим межам діапазону, а при великих – правим. При визначенні сумарних втрат потужності можливі похибки оцінки від помилок у вихідних даних до 10-15% для мережі, яка живить 40-50 ТП, і до 20-25% для ланцюга із 10-15 ТП.

При існуючих завантаженнях трансформаторів втрати неробочого ходу складають до 45% сумарних втрат потужності. Похибки залежить від неврахування розсіювання параметрів трансформаторів та відмінності напруги від номінальної.

Відмінність напруги від номінальної в мережах сягає значень 5-10% U_n , що може вплинути на похибки розрахунків параметрів режиму до 5-20% від дійсних значень. Неврахування втрат активної потужності в трансформаторах та втрат в лініях вносить систематичну помилку в розрахунок, що не перевищує 2-3% переданої потужності.

Висновки. Визначено закони розподілу та імовірнісні характеристики похибок розрахункових параметрів схем заміщення елементів мережі і навантажень ТП.

Розроблено та реалізовано алгоритми методу статистичних випробувань та здійснено дослідження впливу похибок вихідної інформації на точність розрахунків параметрів встановленого режиму розподільних електричних мереж, виявлено найбільш впливові фактори і визначено заходи з підвищення достовірності результатів обстежень РЕМ та розрахунків і оптимізації їх режимів.

Запропоновано систему графіків, що можуть бути застосовані для приблизної оцінки достовірності розрахунків без проведення моделювання.

Пропонуються заходи із вдосконалення системи збору, обробки та зберігання інформації про елементи мережі, навантаження, що сприяє ефективності обстежень.

Фомичев Е.П., д-р. техн. наук, проф., **Нечипорук Е.П.**, інженер
Одеський національний політехнічний університет», Україна

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ CO₂

Озабоченность международного сообщества сочетанием двух тенденций – ростом выбросов CO₂ на 20 % в основном за счет роста потребления энергии за последние 20 лет и резким ростом цен на нефть и газ привела к поручению Международному энергетическому агентству (МЭА) разработать прогнозы выбросов CO₂ на ближайшие десятилетия. За 40 лет с 1965 по 2005 г. численность населения планеты выросла в 1,93 раза с 3347 до 6449 млн., а количество потребленного топлива увеличилось в 2,78 раза с 3866 до 10745 млн. т у.т. нефтяного эквивалента! Если такая положительная динамика роста народонаселения и потребления энергоресурсов сохранится на период до 2050 г., то спрос на энергию и выбросы CO₂ увеличатся более чем в 2 раза и составит 58 Гт, что может привести к катастрофическим последствиям глобального изменения климата. В середине 2006 г. МЭА обобщило все последние данные и представило несколько альтернативных сценариев развития мировой энергетики на период до 2050 г. (IEA, 2006). Вместо положительной обратной связи между ростом народонаселения и потреблением ископаемого топлива предусматривается отрицательная обратная связь со снижением потребления в 2050 г. нефти до 705 млн. т, газа до 680 млн. т и угля до 3359 млн. т н.э.; количество населения возрастет и составит в 2050 г. 8996 млн. человек. На Конференции по климату в Париже в 2015 году состоялось подписание международного соглашения по поддержанию увеличения средней температуры планеты на уровне ниже 2°C, применимого ко всем странам.

Преодолеть тенденции роста потребления ископаемого топлива планировалось только с помощью новой энергетической и климатической политики, внедрения новых эффективных технологий и более рационального использования уже существующих энергоэффективных технологий. По базовому сценарию принято продолжение развития в соответствии с существующими тенденциями роста спроса на энергию и выбросы CO₂. Сценарии «Ускоренного развития технологий» предусматривают эффекты ускоренного внедрения и массового использования четырех видов энергетических и климатических технологий:

- энергоэффективность в сфере конечного потребления энергии (энергосбережение);
- возобновляемые источники энергии;
- атомную энергетику;
- улавливание и захоронение CO₂ (Carbon Capture and Storage, CCS).

Эти сценарии демонстрируют возможность удовлетворения спроса наиболее эффективным способом при сохранении низких выбросов CO₂. Реализация их позволит с периода 2005-2015 годов до 2050 г. сокращать потребление ископаемого топлива и наращивать использование возобновляемых источников, что отражено ниже в таблице МЭА.

**V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція
«Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'18»
«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»**

Year	Oil	Gas	Coal	Total	Nuclear	Hydro	Wind	Solar PV	Other Renewables	Total	Population	Per capita energy
1965	1566	598	1482	3646	6	211	0	0	3	3865	3347	1,15
1975	2734	1082	1616	5432	82	328	0	0	5	5848	4084	1,43
1985	2792	1505	2075	6372	335	453	0	0	13	7173	4844	1,48
1995	3281	1939	2285	7505	526	570	0	0	39	8640	5682	1,52
2005	3897	2512	2957	9366	627	667	29	2	54	10745	6449	1,67
2015	3575	3043	3763	10381	763	777	119	18	67	12125	7141	1,7
2025	2535	3258	4004	9797	789	861	272	67	80	11865	7762	1,53
2035	1522	2591	3876	7989	672	921	488	165	91	10327	8310	1,24
2045	911	1219	3568	5698	615	951	767	332	101	8466	8785	0,96
2050	705	680	3359	4744	660	954	931	447	106	7842	8996	0,87

Рисунок 1 - Структура мирового потребления ТЭР (млн. т н.э.) и рост численности населения в период с 1965 по 2050 гг. (Международное Энергетическое Агентство)

В целом при комплексном применении всех новых технологий в сценарии АСТ Мар главный эффект – 45% дает энергосбережение и энергоэффективность потребления электроэнергии и тепла; использование биотоплива и других возобновляемых источников энергии в энергетике и на транспорте дает 16%, а CCS – 20%. На долю атомной энергетики приходится лишь 6%, примерно столько же при применении CCS дает и перевод ТЭЦ с угля на газ, что в числе других технологий отражено на рисунке 2.

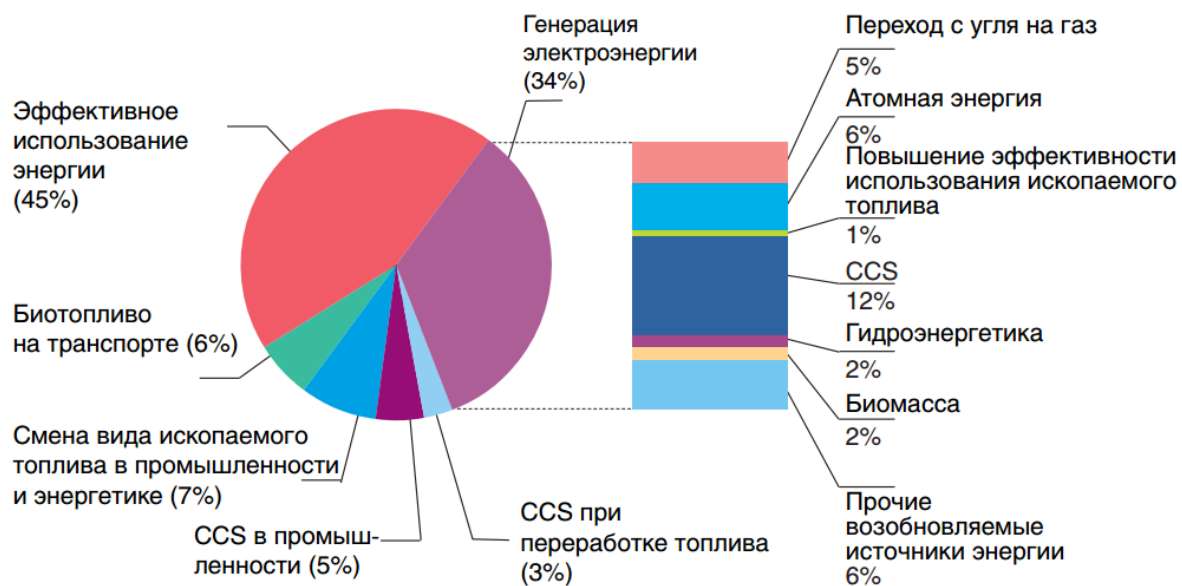


Рисунок 2 – Эффект комплексном применении всех новых технологий

По прогнозам МЭА, до середины XXI века в энергоснабжении сохранится ведущая роль ископаемого топлива (68,9 %) и традиционных технологий, основанных на сжигании топлива. Улучшений можно добиться путем повышения КПД генерирующих установок, совместного сжигания угля и биомассы, добавки биогаза к природному газу, замены угольного топлива на газовое и т. п. [1].

На реализацию сценариев «Ускоренного развития технологий» могут влиять несколько факторов. В мире в силу грядущего выхода из рецессии, увеличения уровня благосостояния жителей развивающихся стран и роста населения мира будет наблюдаться рост энергопотребления. Потенциально к 2035 году потребителями электроэнергии дополнительно станут 1,3 млрд. человек, не имеющих в настоящее время доступа к электроэнергии; 2,7 млрд. человек, которые «готовят на дровах»; еще 1,6 млрд. человек за счет прироста населения в мире. По данным МЭА до 2050 года спрос на

енергию в мировом масштабе вырастет на 151%, и это при базовом сценарии развития экономики и с учетом развития энергосбережения. Четвертая промышленная революция создала условия для начала реализации инновационных сценариев развития «умных» энергетических инфраструктур, что может отразиться на представленных выше прогнозных значениях [2]. Переход к новой технологической парадигме в электроэнергетике приведет к организации энергоснабжения в розничном секторе как экосистемы производителей и потребителей энергии, которые беспрепятственно интегрируются в общую инфраструктуру и обмениваются энергией (Internet of Energy). «Умная» сеть интегрированных микросетей, способных самостоятельно следить за собой и устранять неисправности, позволит широкое применение возобновляемых источников энергии, работа которых имеет локальные колебания в зависимости от погодных, и других условий. Система управления энергией (EMS) обеспечит балансирование спроса системы передачи энергии, вырабатывающих энергию организаций, и потребителей. Успехи силовой электроники обеспечат оптимизацию высоковольтных линий электропередачи постоянного тока (HVDC) и гибких систем передачи переменного тока (FACTS); интеллектуальные счетчики и автоматическая система подсчета и информации (AMIS) фиксирует потребление электроэнергии каждым отдельным потребителем (Siemens Power Техническое руководство).

Список использованной литературы

1. Развитие энергетики и снижение выбросов парниковых газов / Грицевич И. Г., Кокорин А. О., Луговой О. В., Сафонов Г. В.: WWF России, 2006.
2. Цифровой переход в электроэнергетике России, под общей редакцией В.Н. Княгинина и Д.В. Холкина, Москва, 2017.

УДК 690.9

Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доц., **Леконцева О.Е.**, аспірант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

РОЗВИТОК ПРОГРАМ СТИМУЛЮВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

Стан ЖКГ є болючою проблемою України, яка набула особливого суспільного значення у зв'язку із значним зростанням вартості енергоносіїв. Ключовими факторами є зношеність основних фондів галузі, застарілість технологій та низька енергоефективність. Рівень теплового захисту огорожень не відповідає сучасним вимогам [1]. Близько 70% житлового фонду збудовано до 1970р., енергоемність послуг у 2,5-3 рази перевищує показники розвинених країн, а понад третину житлових будинків потребують капітального ремонту.

Реформування житлово-комунальної галузі відбувається за різними напрямками:

- удосконалення і гармонізація з європейськими вимогами законодавчої і нормативної бази, що направлена на стимулювання енергоефективних технічних рішень (за останні роки розроблено систему стандартів та ДБН щодо організації енергоменеджменту та енергоаудиту, енергопаспортизації та сертифікації будівель, підвищення енергоефективності теплоізоляційної оболонки та інженерних комунікацій, а також прийнято нові ЗУ [2-5]);

- удосконалення системи управління в галузі з урахуванням ринкових відносин (зокрема, здійснюється підтримка створення ОСББ на державному та місцевому рівні, і на сьогодні їх вже більше 27 тисяч);

- технічне переоснащення галузі і всебічне залучення інвестицій на проекти з впровадження енергозберігаючих заходів в будівлях.

В Україні діють державні та регіональні програми підтримки енергоефективності, на рис. 1 в якості прикладу наведено деякі з них. На державному рівні ці програми адмініструють Держенергоефективності та НКРЕ. Державна програма «Теплі кредити», що має довіру і користується попитом у населення, направлена на такі основні цільові групи: ОСББ та ЖБК; мешканці квартир багатоквартирних будинків; власники приватних будівель. Аналіз інформації, що постійно оновлюється на сайті ДАЕЕ [7], показує, що найбільшою популярністю користуються наступні заходи: заміна вікон, модернізація освітлення, облік і регулювання енергоресурсів, модернізація індивідуальних теплопунктів; для приватних будинків - утеплення стін, заміна котлів.

На обласному та місцевому рівні майже в кожному населеному пункті діють різні програми, які направлені на підтримку енергоефективності в багатоквартирних будівлях: відшкодування відсоткових ставок та частини кредитів на енергоефективні заходи, комплексні проекти з термомодернізації бюджетних закладів та будівель ОСББ.

Найближчим часом має почати роботу і Фонд енергоефективності, створений відповідно до ЗУ [5], головними завданнями якого є залучення фінансування з різних джерел, створення умов для спів-фінансування проектів та контроль використання коштів. Крім того, реалізуються (в т.ч. за участю Мінрегіонбуду) міжнародні програми щодо енергозбереження при підтримці організацій та донорів: ЄБРР; ЄІБ; МБРР, Світовий банк, Уряд США через USAID; NEFKO, Уряд ФРН через GIZ; KfW, SIDA, E5P, ін. Все більший попит населення має Програма IQ energy (ЄБРР) для приватних будівель по компенсації частини кредитів на енергоефективне обладнання та монтаж.

Висновки: вирішення проблеми підвищення енергоефективності у будівельному фонді є одним із основних напрямків державної політики; в ході роботи проведено аналіз основних програм і проектів, що реалізуються в Україні.

**V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція
«Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'18»**

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

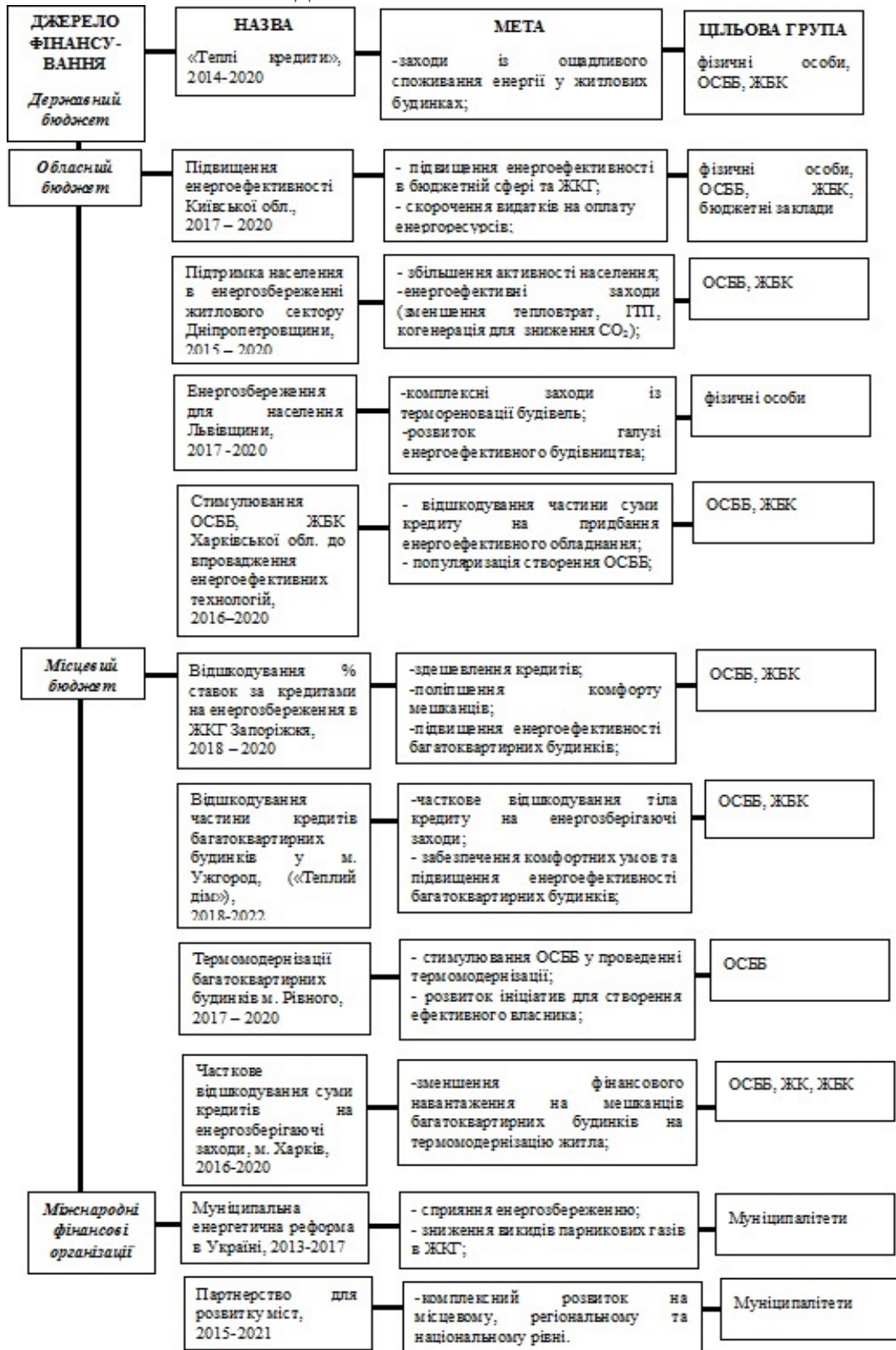


Рисунок 1 – Програми і джерела фінансування заходів з підвищення енергоефективності будівель в Україні

Список використаних джерел:

- ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель.
- ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» №, 2017.
- ЗУ «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирних будинках» №417-19.
- ЗУ «Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання» № 2119-VIII, 2017.
- ЗУ «Про Фонд енергоефективності» № 2095-19, від 08.06.2017р.
- ЗУ «Про ОСББ» N 1982-VIII, 2017.
- Офіційний сайт ДАЕЕ (*Держенергоефективності*), [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://sae.gov.ua/>

Ярмолюк О.С., канд. техн. наук, ст. викл., Сукальська Л.А., магістр,
Волошин С.О., магістр, Бондаренко Т.А., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОЦІНЮВАННЯ ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРО- ТА МІНІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЗА УМОВ ОБМЕЖЕНОСТІ СТАТИСТИЧНИХ ГІДРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Інтелектуалізація електричних мереж на основі положень концепції *Smart Grid* в індустріально розвинутих країнах сьогодні розглядається як основна ідеологія модернізації та розвитку енергетики й економіки в цілому. У сучасному суспільстві спостерігається різке підвищення вимог до ефективності енергозабезпечення широкого кола споживачів, забезпечення надійності енергопостачання й якості електричної енергії. Суттєво зростає потенціал використання малої енергетики, у першу чергу, альтернативних джерел енергії, які, приєднуючись до електричних мереж, формують інтегровані системи електропостачання. Окремі країни визначають власні пріоритети, черговість й обсяги впровадження нової енергетичної політики. У вітчизняних енергокомпаніях реалізації зазначеної політики заважають технічна зношеність обладнання, що використовується, відсутність адекватного інформаційного середовища, недосконалість нормативно-правової бази та низка інших факторів. При цьому існуючі матеріальні та фінансові обмеження не дають змоги орієнтуватися на широкомасштабну та швидку модернізацію сегмента енергетичної галузі, пов'язаного з передачею та розподілом електричної енергії. Для енергетики України актуальним є створення загальних методологічних засад і засобів докорінної модернізації розподільних електричних мереж таким чином, щоб впровадження нових технологій, формування мікромереж, як перспективного напрямку використання розосередженої генерації, і реалізація керуючих рішень у діючих системах електропостачання відбувалися не тільки безконфліктно, але й приносили максимальний позитивний ефект у плані покращення техніко-економічних показників їх функціонування [3].

Аналіз інформаційного забезпечення у вітчизняних системах електропостачання показує, що невизначеність низки початкових даних є і, принаймні, найближчим часом буде неминучим чинником будь-яких задач, пов'язаних із оцінюванням режимів та їх керуванням у подальшому. У першу чергу це стосується електричних навантажень і вихідних параметрів джерел розосередженої генерації. З розширенням обсягу інтеграції у розподільні мережі альтернативних джерел генерації енергії, значення фактичної потужності яких залежать від гідрометеорологічних, гідрологічних і ряду інших факторів, які дуже важко визначити або спрогнозувати, необхідність коректного врахування фактора невизначеності тільки зростатиме.

Оцінка вихідної потужності джерел розосередженої генерації визначається на підставі різних за складом й обсягом початкових даних, що передбачає і різні форми їх завдання з точки зору представлення рівня невизначеності (детерміновані, інтервальні та нечіткі оцінки).

Різноманітні фізичні процеси, що лежать в основі роботи окремих джерел генерації енергії, і геофізичні фактори, які впливають на їх функціонування, не дають змоги сформуванню уніфікований підхід для розрахунку їх вихідних характеристик. У зв'язку з цим з метою використання при розв'язанні задач побудови та розвитку інтегрованих систем електропостачання й оперативного керування режимами їх роботи запропоновано методики, які дають можливість найбільш раціонально задіяти всю наявну відповідну інформацію стосовно характеристик джерел генерації енергії,

конкретних умов експлуатації та фізичних процесів, що лежать в основі їх роботи, та низки гідрометеорологічних факторів для оцінки вихідної потужності в окремі періоди часу.

Наприклад, потенційними даними для розрахунку вихідної потужності, яку генерують мікро- та міні гідроелектростанції (МГЕС) є певні паспортні дані (напір води річки або річки-аналога/номінальна потужність гідрогенератора), типові характеристики за характерними періодами року (умовний гідрограф річки або річки-аналога; ймовірнісні характеристики стоку річки або річки-аналога; добовий типовий графік роботи МГЕС) та технічні показники (коефіцієнт, що враховує втрати у водопровідних спорудах і напрямних апаратах; ККД гідротурбіни та генератора) [1].

Типові показники, що відображають дійсний рівень невизначеності початкової інформації, враховують добову та сезонну нестаціонарність описаних ними процесів, обмеженість статистичних даних, які використовуються для їх побудови, задаються в інтервальної формі. Орієнтовні технічні характеристики окремих компонентів обладнання, що використовується, при відсутності конкретних даних більш природно задавати нечіткими величинами з трикутними функціями належності (ФН), отриманими на підставі аналізу відповідних довідкових даних, які отримуються з різноманітних відкритих джерел і частіше за все мають розбіжності. При цьому ліва та права межі ФН відповідають граничним значенням знайдених даних, а середина ФН – їх середньоарифметичному значенню. Враховуючи характер і форму завдання початкових даних із точки зору представлення рівня невизначеності та правил виконання операцій із нечіткими числами для будь-якого періоду доби t , оцінка потужності джерела генерації енергії описується нечіткою множиною (нечітким числом) з відповідною ФН.

У свою чергу вихідна електрична потужність, яка генерується МГЕС, визначається як

$$\tilde{P}_{ГЕСt} = \rho g Q_t H_{п} \tilde{\eta}_t \tilde{\eta}_r \tilde{k}_{втр},$$

де ρ – щільність води; g – прискорення вільного падіння; Q_t – витрата води, що використовується ГЕС у період часу t ; $H_{п}$ – висота падіння потоку води (напір); $\tilde{\eta}_t$, $\tilde{\eta}_r$ – нечіткі оцінки ККД відповідно гідротурбіни та генератора; $\tilde{k}_{втр}$ – нечітка оцінка коефіцієнта, який враховує втрати у водопровідних спорудах і напрямних апаратах.

Запропонована вище методика розрахунку вихідної потужності МГЕС для окремих періодів часу дає змогу безпосередньо враховувати реальну невизначеність основних показників і раціонально використовувати наявну відповідну початкову інформацію стосовно характеристик устаткування та конкретних умов його використання. Визначення вихідної потужності джерел енергії й електричних навантажень здійснюється у рамках єдиної методології [2], що дасть змогу ефективно використовувати отримані результати при оцінюванні параметрів інтегрованих системах електропостачання та керуванні режимами їх роботи.

Список використаної літератури

1. Дудюк Д.Л., Мазепа С.С., Гнатишин Я.М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі. 2008. 188 с.
2. Попов В.А., Ярмолук О.С. Евристичний алгоритм моделювання режимів інтегрованих систем електропостачання з урахуванням невизначеності вихідної інформації. *Праці Ін-ту електродинаміки НАН України*. 2012. Спецвип. С. 40–46.
3. Попов В.А., Ярмолук Е.С., Ткаченко В.В., Банузаве Сахрагард С. К вопросу рациональной интеграции источников распределенной генерации. *Праці Ін-ту електродинаміки НАН України*. 2011. Спецвип. Ч.1. С. 111–121.

References

1. Dudyuk D., Mazepa S., Hnatyshyn I. Alternative energy: basic theory and problems. 2008. 188 p. (Ukr.)
2. Popov V., Yarmoliuk O. Heuristic algorithm for modeling the integrated distribution system modes of operation considering initial information uncertainty. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2012. Special issue. Pp. 40–46. (Ukr.)
3. Popov V., Yarmoliuk O., Tkachenko V., Banuzade Sahragard S. К вопросу рациональной интеграции источников распределенной генерации. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2011. Special issue. p. 1. Pp. 111–121. (Rus.)

Басок Б.І., член кор. НАН України д-р техн. наук, проф.,
Інститут технічної теплофізики НАН України
Веремійчук Ю.А., канд. техн. наук, **Худенко В.О.**, магістрант,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Україна

СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ CO₂ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Згідно зі світовими тенденціями, що підтверджується Кіотським протоколом (1997) та Паризькою угодою (2015), більшість країн світу прагнуть зменшити викиди парникових газів. Україна не є винятком, адже в країні є значний потенціал щодо зменшення викидів оксиду вуглецю (CO₂). Значна частка викидів зумовлена енергетичною галуззю, так як більшість енергетичних підприємств є застарілими.

Тому одним із актуальних питань є проведення оцінки потенціалу скорочення викидів CO₂ енергетичної галузі України в регіональному розрізі за рахунок використання можливостей сонячної електроенергетики.

Згідно статистичних даних, результати яких представлено на рис. 1 помітно, що з 2000 року немає чіткої тенденції зміни викидів CO₂ в енергетичній галузі. Лише у 2014 та 2015 роках спостерігаємо зменшення викидів парникових газів, але це пояснюється втратою потужностей на сході країни та в Криму.

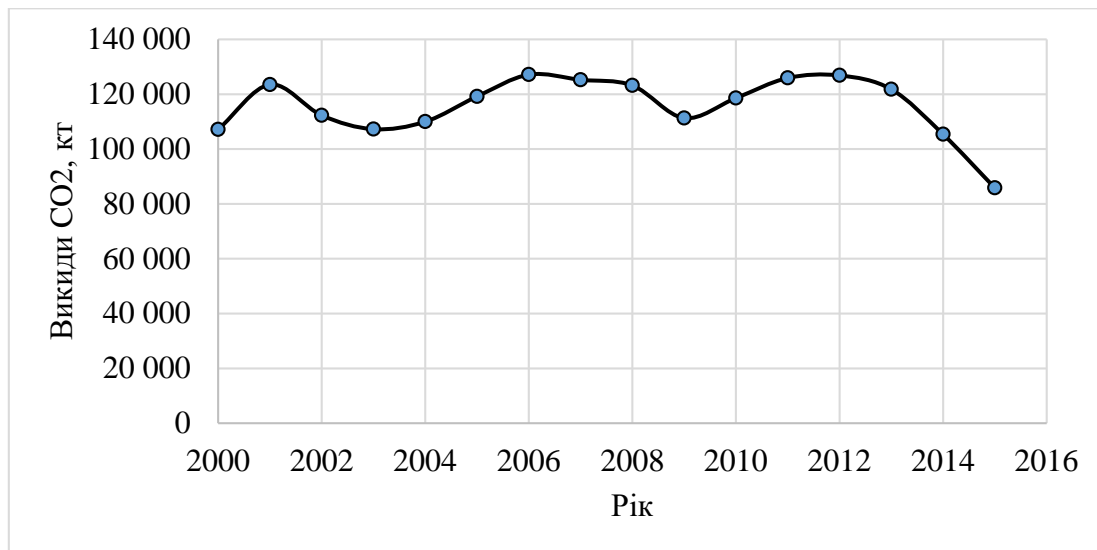


Рисунок 1 – Рівень викидів CO₂ в енергетичній галузі України

Викиди CO₂ енергетичної галузі за 2015 рік становили 85 852 кілотони [1]. Відзначимо, що енергетика України має значний потенціал зростання.

Одним з пріоритетних напрямів можна вважати відновлювані джерела енергії, а саме сонячні електричні станції. Використання фотоелектричного обладнання в Україні є одним із перспективних засобів для виробництва електроенергії і теплоти, яке, на відміну від традиційних методів (спалювання вуглеводнів, застосування атомної енергії та ін.), на території країни мало поширені, але становлять інтерес через свою екологічність та відновлюваність [2].

Середньорічна кількість енергії сонячного випромінювання в південних областях України складає близько 1300 кВт·годин/м². Виходячи з цього в Одеській області є

«ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ»

сприятливі умови для будівництва та експлуатації сонячних електричних станцій на основі фотоелектричних перетворювачів [3].

Станом на 01.01.2017 р. в області експлуатувались по «зеленому» тарифу 14 СЕС загальною потужністю 226,885 МВт.

Таблиця 1 – Характеристики СЕС в Одеській області станом на початок 2017 року

Рік початку експлуатації СЕС	Встановлена потужність, МВт	Потужність, введена в поточному році	Генерація електричної енергії, млн. кВт·год	Кількість СЕС
2012	129,533	129,533	25,625	6
2013	222,759	93,226	193,137	12
2014	222,759	0,00	243,128	12
2015	222,839	0,080	307,123	13
2016	226,885	4,030	295,564	14

Проаналізувавши фактичні дані генерації електричної енергії сонячними електричними станціями, можемо стверджувати, що на 1 МВт встановленої потужності генерація буде знаходитись на рівні, не нижчому 1300 МВт·годин/рік.

Для розрахунку скорочення викидів CO₂ використовуємо перехідний коефіцієнт, який показує рівень викидів оксиду вуглецю при генерації 1 кВт·годин електричної енергії за рахунок спалювання викопних видів палива. Таким чином 1 МВт встановленої потужності дозволить скоротити 1382 т·CO₂/рік.

Висновок: Сонячна енергетика на території України розвивається значною мірою завдяки «зеленому» тарифу. Також вона являється альтернативним рішенням по скороченню викидів CO₂. Вже існуючі СЕС лише в Одеській області скорочують викиди оксиду вуглецю на 313,555 кт·CO₂/рік, що зменшує викиди в енергетичному секторі всієї країни на 0,36%. Перспективи розвитку сонячної енергетики в південних регіонах в тому числі і в Одеській області мають значний потенціал.

Список використаної літератури

1. Міністерство екології та природних ресурсів України. Режим доступу: <https://menr.gov.ua/>
2. Б.І. Басок, В.П. Кравченко, В.О. Худенко. Експериментальні вимірювання інсоляції / XVIII міжнародна науково-практична конференція «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». – 27-29 вересня 2017 р. Київ.– С. 435–439.
3. Б.І. Басок, М.П. Новіцька, Ю.А. Веремійчук, В.О. Худенко. Стан сонячної енергетики Одеської області / X міжнародна конференція «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» 23-26 травня 2017 р. Київ.

Ворфоломєєв А.В., канд. техн. наук, ст. викл.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Розбудова ресурсоефективної економіки стала закономірним трендом розвинутих країн. Так, в Євросоюзі були прийняті два базових документи, спрямовані на «озеленення» економіки: «Дорожня карта ресурсоефективної економіки Європи» та «Стратегія економіки замкненого циклу» (2015). У 2017 році країни Великої двадцятки сформували нову платформу «Діалог з ресурсної ефективності G-20» для більш тісної співпраці у сфері ефективного та сталого використання природних ресурсів впродовж усього життєвого циклу природних ресурсів, продуктів та інфраструктури [1].

Україна намагається не стояти осторонь світових економічних перетворень. Так, на національному рівні було прийнято та адаптовано 17 Цілей сталого розвитку. Україна також підтримала Декларацію країн Східного партнерства про співробітництво в сфері екології та зміни клімату та Батумську ініціативу Зеленої економіки. Втім, за даними дослідження [2], за індексом «Малі та середні підприємства (МСП) в зеленій економіці» Україна поки посідає одне з останніх місць серед країн Східного партнерства».

Нові завдання побудови зеленої економіки України включатимуть роботу з підприємствами, адже одна із її складових – ресурсоефективне та чисте виробництво – повинна впроваджуватися на їхньому рівні. Ресурсоефективність підприємства має багато трактувань, але її основної ідеєю є «робити більше, витрачаючи менше». У випадку виробництва розглядається ефективність, з якою вхідні компоненти або ресурси (наприклад, енергія, сировина, вода) перетворюються у корисні вихідні (продукція) на всьому виробництві чи на якійсь його ділянці. При цьому звертається увага на некорисні вихідні компоненти (викиди, відходи, стічні води). Ресурсоефективність передбачає отримання тієї ж кількості вихідного продукту без погіршення його якості при зменшенні споживання ресурсів за рахунок зменшення втрат і відходів.

Для оцінки та моніторингу удосконалення виробничих процесів підприємств ключовими є показники ресурсоефективності. На даний момент нема єдиного показника, яким можна було б оцінити ефективність перетворення енергії, матеріалів і води в кінцеву продукцію, при цьому враховуючи також вплив на навколишнє середовище та соціальні аспекти. Тому для оцінки ресурсоефективності використовуються різні показники, зважаючи на конкретні цілі оцінки, її межі, а також доступну інформацію.

Так, щоб оцінювати прогрес у виконанні «Дорожньої карти ресурсоефективної економіки Європи» та відслідковувати прогрес країн чи окремих галузей виробництва, в ЄС ведеться панель «Ресурсоефективна Європа» [3]. Основним показником є продуктивність ресурсів, яка визначається як відношення валового внутрішнього продукту (ВВП) до загального споживання ресурсів і вимірюється в євро/кг. Середня продуктивність ресурсів у Європі з 2000 по 2016 рік зросла майже в півтора рази – з 1,47 до 2,08 євро/кг. Серед інших показників є споживання матеріалів на душу населення (т/душу населення), продуктивність земель (мільйонів стандартів купівельної спроможності/км²), індекс використання води (%), продуктивність води (євро/м³), еко-ефективність (відношення ВВП, вираженого в євро, до якогось загального показника впливу на довкілля) [4, 5]. Такі показники складно застосовувати на рівні підприємств.

Для оцінки ресурсоефективності підприємства доцільнішими є простіші показники, які охоплюють найважливіші чинники виробництва [6]: продуктивність

«ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ»

енергії як відношення випуску продукції до споживання енергії (т/кВт*год), продуктивність матеріалів (т/т), продуктивність води (т/м³), інтенсивність відходів як відношення утворення відходів до випуску продукції (т/т), інтенсивність стоків (м³/т), інтенсивність викидів (т СО₂-екв./т). Перші три показники відображають, скільки продукції виробляється з одиниці ресурсу, і в процесі розвитку підприємства вони мають збільшуватися. Останні три – скільки утворюється відходів при виробництві одиниці продукції, вони повинні зменшуватися. В Україні більш розповсюджені показники питомого споживання, тобто скільки енергії/ресурсів/води витрачено на виробництво одиниці продукції і скільки при цьому утворилося викидів/відходів/стоків.

Показники ресурсоефективності розраховуються за достатньо довгий, репрезентативний відрізок часу, наприклад, за рік. Для оцінки кількості виробленої продукції варто зупинитися на масових показниках, оскільки вони полегшують складання матеріального балансу виробництва.

Помилковим підходом є оцінка ресурсоефективності в абсолютних показниках. Так, зниження загального споживання електроенергії може бути викликане не ростом енергоефективності, а сезонним зменшенням випуску продукції. Також не рекомендується використовувати розрахунок частки ресурсу, наприклад, електроенергії у собівартості продукції. Такий поширений за радянських часів спосіб оцінки не відповідає сучасним умовам і економічним процесам: зміні цін, девальвації тощо.

Висновки:

1. Відстежування показників ресурсоефективності на державному рівні є необхідною умовою для визначення прогресу країни в напрямку «озеленення» її економіки.

2. Для оцінки ресурсоефективності підприємств та розробки заходів щодо її підвищення доцільно використовувати питомі показники споживання основних ресурсів і утворення відходів, виражені в натуральних одиницях.

3. Перспективним напрямком досліджень є розробка інтегрального показника з ресурсоефективності, який би включав матеріальні, екологічні та економічні критерії.

Список використаної літератури

1. Еко-інновації в ресурсоефективній економіці: сучасні концепції, рушії розвитку та бар'єри, рекомендації щодо політики поширення в Україні. – Демонстраційний проект «Ресурсоефективне та чисте виробництво» програми «Екологізація економіки в країнах Східного партнерства Європейського Союзу» (EaP GREEN), 2017. – 56 с.
2. SME Policy Index: Eastern Partner Countries 2016: Assessing the Implementation of the Small Business Act for Europe, SME Policy Index. – OECD Publishing, Paris, 2015. – 358 p.
3. Resource Efficient Europe <http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/resource-efficient-europe>
4. Analysis Associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe (Part II). – European Commission, Brussels, 2011. – 116 p.
5. Integrating Resource Efficiency, Greening of Industrial Production and Green Industries – Scoping of and Recommendations for Effective Indicators. – Ecologic Institute, Berlin, 2012. – 158 p.
6. Enterprise-Level Indicators for Resource Productivity and Pollution Intensity: a Primer for Small and Medium-Sized Enterprises. – UNIDO-UNEP, Austria, 2010. – 52 p.

References

1. Eco-innovation in the resource efficient economy: modern concepts, drivers and barriers, recommendations for spreading in Ukraine / Resource Efficient and Cleaner Production Demonstration Project under “Greening Economies in the European Union’s Eastern Partnership Countries” (EaP GREEN), Kyiv, 2017. – 56 p.
2. SME Policy Index: Eastern Partner Countries 2016: Assessing the Implementation of the Small Business Act for Europe, SME Policy Index. – OECD Publishing, Paris, 2015. – 358 p.
3. Resource Efficient Europe <http://ec.europa.eu/eurostat/web/europe-2020-indicators/resource-efficient-europe>
4. Analysis Associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe (Part II). – European Commission, Brussels, 2011. – 116 p.
5. Integrating Resource Efficiency, Greening of Industrial Production and Green Industries – Scoping of and Recommendations for Effective Indicators. – Ecologic Institute, Berlin, 2012. – 158 p.
6. Enterprise-Level Indicators for Resource Productivity and Pollution Intensity: a Primer for Small and Medium-Sized Enterprises. – UNIDO-UNEP, Austria, 2010. – 52 p.

Коваленко А.В., магістр
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Якість електроенергії – це основоположна сукупність властивостей електроенергії що визначають вплив на електрообладнання, прилади та пристрої й оцінюються показниками якості електроенергії.

Тому моніторинг параметрів якості електроенергії є запорукою безпеки підприємств, оскільки низька якість електричної енергії істотно впливає на техніко-економічні характеристики елементів мережі та електроприймачів.

Основними вимогами для забезпечення надійної та продуктивної роботи електронного і електротехнічного устаткування є дотримання якості електроенергії щодо часових, частотних і амплітудних параметрів кривої напруги на всіх ділянках енергосистеми.

Оцінка якості електричної енергії складається з виявлення і фіксації вимірюваних значень одного чи декількох параметрів груп показників якості, якими є: несинусоїдальність напруги, імпульсні спотворення форми напруги, швидкі відхилення тимчасових перенапруг та западин напруги, повільні коливання і збурення напруги та частоти. Також на даний момент для вирішення питань управління якістю та доцільного використання електроенергії у відповідності до [1] необхідно відслідковувати параметри якості на інтервалі часу не меншого за 24 години, а ще краще протягом всього шляху перетворення.

Тому для реєстрації спотворення, які викликають падіння напруги спотворюючи форму кривої напруги в вузлах електричної мережі використовуються різноманітні засоби.

Одним із універсальних методів для аналізу якості електричної енергії є дискретні перетворення Фур'є.

Перетворення Фур'є за [2] – це інтегральне перетворення однієї комплексозначної функції дійсної змінної на іншу. Це перетворення розкладає дану функцію на осциляторні функції. Перетворення Фур'є використовується для визначення великої кількості вищих гармонік, тобто для подання сигналу у вигляді суми гармонічних коливань, а також для отримання частотного спектру неперіодичної функції для розрахунку сигналів змінних у часі.

Однак перетворення Фур'є згідно з [3] має ряд недоліків:

- для однієї заданої частоти вимагається знання сигналу як в минулому, так і в майбутньому, що є навіть теоретично неможливим;
- відновлення сигналу після прямих і зворотних перетворень в умовах обмеження числа гармонік або спектра коливань є неможливим;
- базисною функцією при розкладанні в ряд Фур'є є гармонічне (синусоїдальне) коливання, яке математично визначено в інтервалі часу від $-\infty$ до $+\infty$ і має незмінні в часі параметри;
- чисельне інтегрування в часовій області від $-\infty$ до $+\infty$ у прямому перетворенні Фур'є і в частотній області від 0 до $+\infty$ у зворотному перетворенні Фур'є викликає великі обчислювальні труднощі;

«ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ»

- деякі особливості сигналу, такі як піки або розриви, викликають невеликі зміни частотного образу сигналу на інтервалі частот від $-\infty$ до $+\infty$, які розповсюджуються по всій частотній осі, через що виявлення їх за спектром практично стає неможливим;
- збільшення числа гармонік, які впливають на форму сигналу є єдиним засобом для представлення швидких змін сигналів, таких як піки або перепади;
- недоступність оцінки місця розташування особливостей на часовій залежності сигналу і їх характер за складом вищих складових спектра;
- труднощі для прямого і зворотного перетворення Фур'є для нестационарних сигналів, якими є осцилограми електроенергетичних сигналів.

Однак, для мінімізації цих недоліків останнім часом більш доцільно використовувати методи обробки даних сигналів основані на вейвлет-перетвореннях. Вейвлети – це математичні функції, які дозволяють аналізувати різні частотні компоненти даних. Вони мають усі переваги перетворень Фур'є, і водночас на відміну від них, дозволяють судити не лише о частотному спектрі сигналу, але й о тому в який момент часу з'явилась та чи інша гармоніка. Це виходить при декомпонізуванні осцилограм напруги на складові при аналізі нестационарних сигналів, які є згаданою і детальною версією. Потім при аналізі цих складових виявляють і виділяють різні типи відхилень якості електроенергії, характеристики яких містяться в коефіцієнтах вейвлет-розкладання. Перспективами в даному дослідженні буде аналіз і використання характеристик отриманих при розкладанні осцилограм напруги нестационарних сигналів для переведення з тимчасового уявлення в частотно-часове.

Список використаної літератури:

1. Кузнєцов В.Г., Шполянський О.Г., Яремчук Н.А. Узагальнений показник якості енергії в електричних мережах і системах // Технічна електродинаміка. 2011. № 3 С. 46-52.
2. Дубровін В.І., Твердохліб Ю.В., Харченко В.В. Комп'ютерні методи інтелектуальної обробки даних. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2013. – 105 с.
3. Лежнюк П.Д., Мірошник О.О. Застосування перетворень Фур'є та вейвлет-спектограм для ідентифікації спотворень режимів роботи розподільних мереж 0,38/0,22 кВ // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 1 С. 72-79.

References

1. Kuznetsov V.G., Shpolyansky O.G., Yaremchuk N.A. A generalized index of energy quality in electrical networks and systems // Technical electrodynamics. 2011. № 3 P. 46-52.
2. Dubrovin V.I., Tverdokhlib Yu.V., Kharchenko V.V. Computer methods of intelligent data processing. - Zaporozhye: ZNTU, 2013. - 105 p.
3. Lezhniuk P.D., Mirosnik O.O. Application of Fourier transforms and wavelet spectrographs for identification of distortion distortion modes of distribution networks 0,38 / 0,22 kV // Visnyk of Vinnytsia Polytechnic Institute. 2015. №. 1 P. 72-79.

УДК 621.31

Василенко В.І., асистент, Голуб В.Д., студент, Мельнікова К.І., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ РАЙОНУ МІСТА

Об'єктом дослідження є багатоповерхова житлова будівля, що знаходиться за адресою: м. Київ, вул. Патріарха Скрипника 40-А. Будівля побудована в 1992 році. Має 17 поверхів (68 квартир), неопалювальний підвал і дах, який межує з технічним поверхом. Загальний опалювальний об'єм 23702 м³. Площа зовнішніх стін 4375 м². Площа скління 1560 м².

Річна вартість використаних енергетичних ресурсів за поточний рік представлена вигляді діаграми, як ми бачимо основана частина коштів їде на оплату теплової енергії.



Рисунок 1 – Співвідношення річної вартості енергетичних ресурсів

Тепловізійна зйомка на рисунку 2 та 3 показала, що великі втрати теплової енергії відбуваються через відсутність ізоляції на трубопроводах системи опалення, а також через решітчане огороження

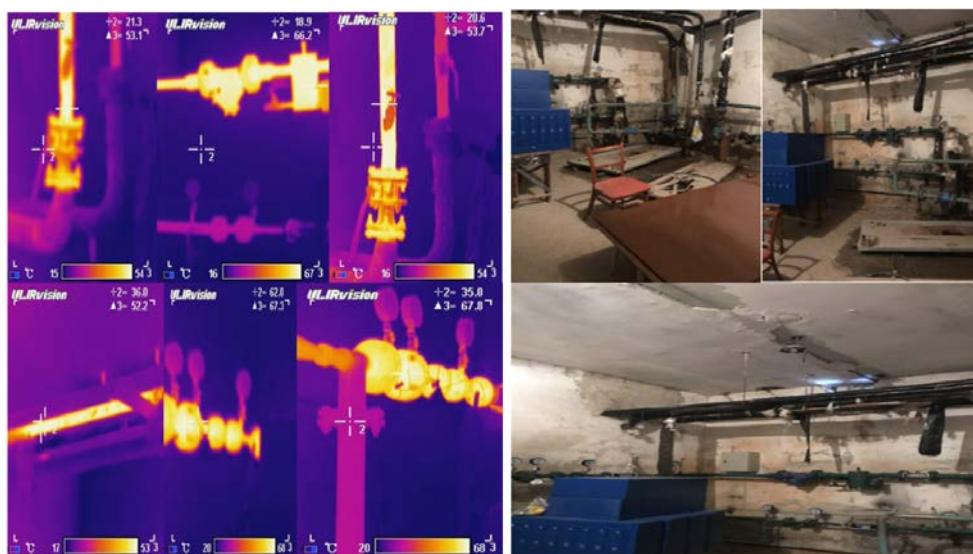


Рисунок 2 – Тепловізійна зйомка теплового пункту будинку

«ПАНЕЛЬ – ОБГОВОРЕННЯ»

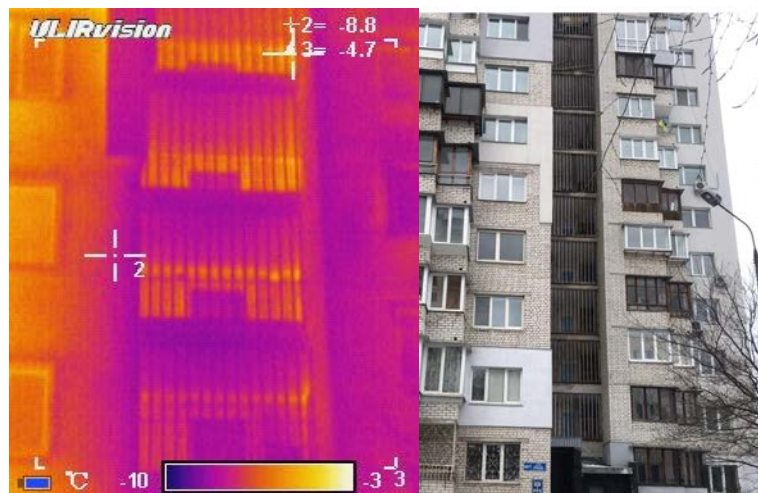


Рисунок 3 – Тепловізійна зйомка фасаду будинку

В ході виконання енергетичного обстеження було розглянуто та проаналізовано усі діючі енергетичні системи будівлі, їх поточний стан та параметри. За результатами проведеного дослідження були запропоновані заходи з енергозбереження, які могли б покращити енергоефективність даної будівлі.

Таблиця 1 – Енергозберігаючі заходи та економія від їх впровадження

Енергозберігаючі заходи	Інвестиції грн	Чиста економія		Окупність роки
		кВтгод/рік	грн	
Теплоізоляція трубопроводів системи опалення	77 944	27 710	29 763	2,6
Встановлення балансвальних клапанів та балансування системи опалення	135 000	41 565	44 644	3,0
Заміна старих вікон на енергозберігаючі	199 260	18 865	20 263	9,8
Утеплення стін	4 516 754	317 780	341 323	13,2
Утеплення даху, що межує з технічним поверхом	811 200	27 348	29 374	27,6
Всього	5 740 158	433 268	465 367	12

Від реалізації даних заходів очікуються загальна економія витрат на опалення житлового будинку за рахунок зменшення теплових втрат, виключення витоків теплоносія, більш якісного і раціонального використання теплової енергії, відповідно до погодних умов та збалансованій подачі теплоносія до кінцевого споживача. Результати впровадження даного проекту можна буде отримати вже в опалювальному сезоні 2018-2019 років. Також це поліпшить умови проживання в будинку, скоротяться витрати теплової енергії через неефективне її використання. Всі ці заходи дозволять більш економно та якісно споживати енергію.

Список використаної літератури:

1. В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 437 с.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15:2005. – [Чинні від 2006–01–01] – Київ: Держбуд України, 2005. – 45 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинний від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
5. Національна комісія регулювання енергетики України. Регулювання. Ціни та тарифи. <http://www.nerg.gov.ua>

Василенко В.І., асистент, **Максименко А.М.**, студент, **Бубнов В.В.**, студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ОКРЕМИХ ЦЕХІВ ПІДПРИЄМСТВА «МЕРИДІАН» ІМ. С.П. КОРОЛЬОВА

Об'єктом енергетичного аудиту є підприємство м. Київ, бул. І. Лепсе 8. Завод був заснований в 1953 році. Перед заводом було поставлено завдання розробки і серійного випуску радіовиміральної апаратури для забезпечення метрології літальних апаратів. У 1974 році на базі головного заводу було створено виробниче об'єднання ім. С.П. Корольова, до якого увійшли 2 галузевих НДІ, завод мікроелектроніки «Старт», два спеціальні конструкторські бюро і 5 заводів-філій в різних областях України. Сьогодні це сучасне багатопрофільне підприємство, яке спеціалізується на розробці і серійному виробництві як електронних приладів різного призначення, так і виготовленні та постачанні механічних вузлів і деталей до країн Західної Європи.

На підприємстві на момент проведення енергоаудиту, відбувається поступова модернізація станків майже у всіх цехах, зокрема і в цеху №16, який спеціалізується на випуску пластмасових виробів.

Слід зазначити, що через економічні фактори, випуск деякої продукції, наприклад, радіоприймачів, виявився невигідним, хоча й майже усі деталі, крім пластмасового корпусу, були імпортованими. Підприємство активно бере участь у тендерах та намагається покращити свої можливості за рахунок покращення економічних показників у процесі виробництва.

Згідно з аналізом економічних показників за 2015-2017рр., фактичний прибуток від виробленої продукції склав відповідно: 3187,5; 4426,9; 4920,6 тисяч гривень.

Розрахункова потужність цеху згідно з розрахунками, складає $P_p=1133$ кВт, а це 2 266 052,5 кВт. год на рік при 8-годинному робочому дні. А це у 4,2 рази більше, ніж у 2017 році, значить цех не використовує свої можливості на повну і втрати холостого ходу складають більшу частку у загальному споживанні, ніж повинні.

У минулому році була проведена модернізація освітлення на світильники ЛПО 1402 2x40, 228 штук.

З урахуванням всіх факторів, можна зробити висновок, що для економії електроенергії, єдиний можливий до реалізації у найкоротший термін захід з енергозбереження – перенесення роботи цеху на нічний період.

При роботі в нічний час (з 23 год. до 7 год.) з використанням тризонних тарифів з коефіцієнтом 0.25, можна знизити витрати на електроенергію до 4 разів, доведеться лише встановити новий лічильник.

Обстеження 16 цеху показало, що термічний опір стін і вікон набагато нижче нормативних значень, що призводить до досить низької температури всередині приміщення. Також нераціонально використовується вентиляція, надмірно висока кратність повітрообміну є одним із чинників дуже низької температури в цеху. На момент вимірювання (лютий 2018), температура в цеху була -9 °С. Через неможливість підвищення температури теплоносія, нами було прийнято рішення запропонувати утеплення стін і заміну вікон.

За розрахунками було встановлено, що термічний опір стін становить $1,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, у той час, як нормативне значення 3,3. Утеплення стін плитами мінеральної гафрованої структури товщиною 12 см. доведе значення до нормативного.

«ПАНЕЛЬ – ОБГОВОРЕННЯ»

Вікна в цеху не замінювали та не ремонтувались більше 20 років. Це призвело до того, що основні тепловтрати в приміщенні припадають на вікна. Заміна вікон на нові енергоефективні VIKNALAND B 70 / 4м-10Ar-4-10-4м.

Ці заходи не призведуть до економії теплової енергії, адже температура теплоносія підтримується 43°C на вході, що є набагато менше норми, але це значно підвищить комфортність умов в середині цеху.

Запропоновані заходи підвищення енергетичної ефективності зведені до таблиці 1.

Таблиця 1 – Заходи з енергозбереження

Загальні результати запропонованих засобів з енергозбереження					
Електрична частина			Теплова частина		
Назва заходу	Капітало-вкладення, грн	Річна економія, грн	Назва заходу	Капітало-вкладення, грн	Річна економія, грн
Перехід на нічний режим роботи	10450	1154063	Утеплення стін	83000	281414
Заміна ТПА на сучасні	2500000	570000	Заміна вікон	1345500	

Список використаної літератури:

1. В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 437 с.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинний від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).

УДК 621.31

Василенко В.І., асистент, П'ятигорець Є.С., студент, Федорусь Г.О., студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ РАЙОНУ МІСТА

Об'єктом проведення енергетичного аудиту є дошкільний навчальний заклад №712, що знаходиться в місті Києві, за адресою: вул. Стадіонна 4-а.

Має 2 поверхи, неопалювальний підвал, у якому розміщений тепловик. На сьогодні садочок відвідують 147 дітей. Працюють 27 осіб, у тому числі обслуговуючий персонал. Будівля дитячого садочку цегляна, плоский дах. Загальна площа забудови 2310 м². Загальна опалювальна площа 1506 м². Площа застелення 315 м².

З рисунку 1 можна побачити, що найбільше грошей витрачається на оплату теплової енергії – 76%, на електроенергію – 18%, а воду – 6%. Отже, у першу чергу акцентуємо увагу на впровадженні енергозберігаючих заходів задля зменшення споживання теплової енергії, а також паралельно покращувати стан у системах електро- та водопостачання.

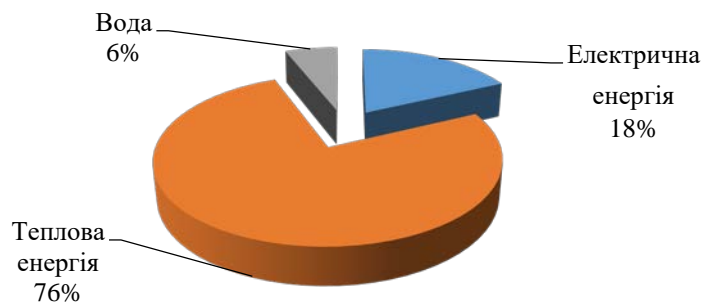


Рисунок 1 – Оплата за теплову, електричну енергію та воду

Тепловізійна зйомка на рисунку 2 показала, що найбільші тепловтрати відбуваються на стиках. Доцільно вхідні двері та стики утеплити, а також радіатори прогріваються нерівномірно. Це свідчить про те, що терміново необхідно провести захід по очищенню елементів теплопостачання.

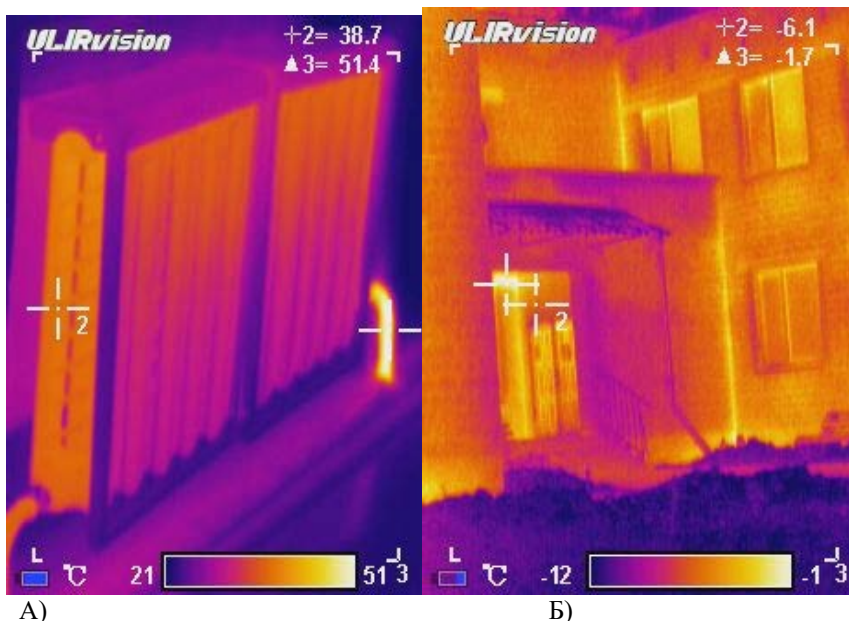


Рисунок 2 – Тепловізійна зйомка: А) радіатори системи опалення, Б) віконні конструкції, дверей, стиків

У результаті впровадження запропонованих заходів енергозбереження, таблиця 1, споживання енергоносіїв значно зменшиться і призведе до підвищення рівня енергоефективності, що і є метою даної роботи.

Таблиця 1 – Заходи з енергозбереження

Загальні результати запропонованих заходів з енергозбереження					
Електрична частина			Теплова частина		
Назва заходу	Капітало-вкладення, грн	Річна економія, грн	Назва заходу	Капітало-вкладення, грн	Річна економія, грн
Заміна люмінісцентних ламп на світлодіодні	10 000	13 450	Утеплення підлоги	212 000	135 000
			Утеплення даху	260 000	94 000
Заміна електричних плит	18 141	6 136	Утеплення стін	800 000	240 000
			Очищення системи опалення	120 000	85 000

Висновки: на сьогоднішній день питання енергозбереження є досить актуальним, адже споживання енергоресурсів стрімко зростає. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві.

Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі її соціально-економічного розвитку.

У даній роботі об'єктом дослідження є дошкільний навчальний заклад №712. Аналіз ефективності енергоресурсів показав основні проблеми, які в свою чергу сильно впливали на споживання енергоресурсів. Для початку, для вирішення даних проблем було запропоновано засоби з енергозбереження, що допоможуть зменшити споживання теплової та електричної енергії. Наступним кроком був проведений економічний аналіз ефективності впровадження МЕЗ на даному об'єкті. Запропоновані заходи показали значну економію енергоресурсів, що говорить про доцільність їх впровадження.

Список використаної літератури:

1. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5.-28-2006. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 63с.
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 11с.

УДК 621.31

Василенко В.І., асистент, **Лях В.М.**, студент, **Чубенко Д.Е.**, студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ СЕРЕДНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ РАЙОНУ МІСТА

Об'єктом проведення енергетичного аудиту є спеціалізована школа №43, яка знаходиться за адресою: м. Київ, вул. Преображенська 17. Школу було побудовано у 1952 році, а в 1986 році був добудований другий корпус школи. З 2001 року перший корпус перебував на реконструкції, яка завершилась у 2003 році. Після реконструкції школа має 44 навчальних кабінети, два спортивних зали, актовий зал, велику їдальню, три сучасних комп'ютерних класи.

В ході проведення енергетичного обстеження було виявлено, що внутрішня температура в приміщеннях будівлі не зовсім задовільна. В опалювальний період в кабінетах вона коливається в межах від +16 до +23 С в залежності від призначення та розміщення приміщень. Нормативне значення температури в приміщеннях складає +21 С відповідно до ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки та споруди».

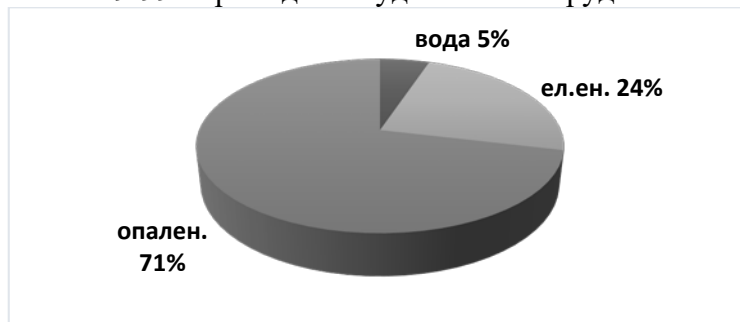


Рисунок 1 – Співвідношення річної вартості енергетичних ресурсів

В ході енергоаудиту було досліджено :

- конструктивні особливості будівлі;
- характеристики інженерних систем;
- енергоспоживання.

Дослідивши і проаналізувавши всю зібрану інформацію, зробивши всі необхідні розрахунки, було запропоновані енергоефективні заходи для даної будівлі, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Енергозберігаючі заходи та економія від їх впровадження

Загальні результати пропонованих заходів з енергозбереження		
Назва заходу	Капіталовкладення, тис. грн	Річна економія, тис. грн
Комплексна модернізація системи опалення	956,9	80,4
Часткова модернізація системи освітлення	27,5	9,9
Часткова модернізація фасаду	160,7	17,7
Заміна кухонного електрообладнання	97,4	34,8

Список використаної літератури:

3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 11с.
4.1. В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 437 с.

Василенко В.І., асистент,
Добровольський М.С., студент, **Гетманчук Г.О.**, студент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ШКОЛИ №159 М. КИЄВА

Об'єктом енергетичного аудиту є школа №159, яка знаходиться за адресою: м. Київ, вул. Г. Тупікова, 22. Споруда збудована в 1975 році, 1995 році була здійснена прибудова до їдальні та перехід до сусідньої школи.

Попередні заходи з енергозбереження: у 2017 році відбулася чистка системи опалення, шляхом промивання. Також проводились гідравлічні випробовування. Був модернізований тепловий пункт з автоматичним погодним регулювання. Встановлено GPS – налаштування, але в момент проведення аудиту двигуни працювали в ручному режимі регулювання. Підключена система балансування, встановлено 3 датчики.

В ході енергетичного обстеження було проаналізовано споживання всіх енергетичних ресурсів і витрат на об'єкті. Основну частку витрат складає теплопостачання 79-86%, електрична енергія складає 13-19%, вода - 1-2% (рисунок 1).

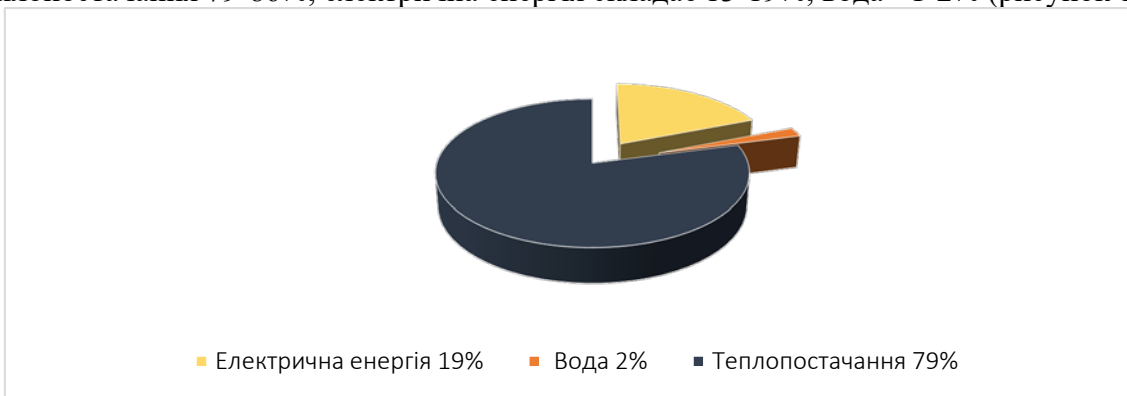


Рисунок 1 – Діаграма відсоткового відношення повних витрат енергоносіїв

В ході дослідження було знято та проаналізовано термограми вікон, участків фасадів, дверей з метою виявлення ділянок огорожувальних конструкцій з підвищеними тепловтратами.

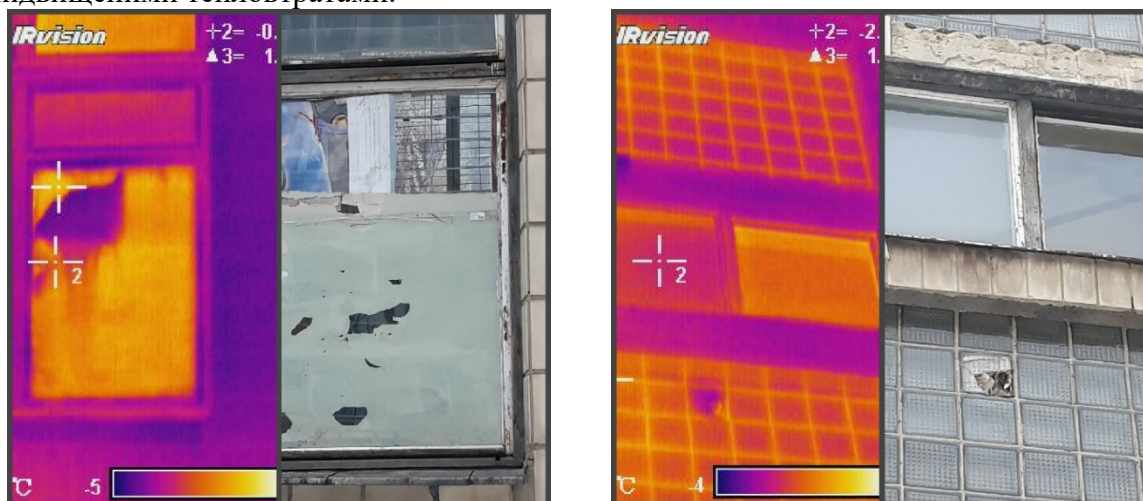


Рисунок 2 – Тепловізійна зйомка частини будівлі школи

**IV Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція
«Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'18»**

«ПАНЕЛЬ – ОБГОВОРЕННЯ»

За результатами проведеного дослідження були запропоновані заходи з енергозбереження, які могли б покращити енергоефективність даної будівлі. Всі пропозиції та розрахунки зведені до таблиці 1 та таблиці 2.

Таблиця 1 – Енергозберігаючі заходи та економія від їх впровадження (електрична частина)

№ п/п	Назва енергозберігаючого заходу	Капітало-вкладення, грн	Економія енергії, кВт·год/рік	Економія коштів, грн/рік	Термін окупності, років
1	Модернізація системи освітлення	169040	19 912,4	46993,2	3 роки 7 місяців
2	Заміна ПРА на електричний	91280	4179,3	9863,2	9 років 1 місяць
3	Заміна електроплит	52628	3504,83	8269,44	6 років 2 місяці
4	Встановлення датчиків руху	2100	1523,24	3594,8	9 років 1 місяць
5	Заміна насосу	1499	324	765	4 роки 6 місяців
6	Встановлення сонячних панелей	1044000	37400	161600	6 років 4 місяці

Таблиця 2 – Енергозберігаючі заходи та економія від їх впровадження (теплова частина)

№ п/п	Назва енергозберігаючого заходу	Капітало-вкладення, грн	Економія енергії, Гкал/рік	Економія коштів, грн/рік	Термін окупності, років
1	Утеплення даху	807 600	130,15	180 337,3	4 роки 6 місяців
2	Утеплення стін	559 000	101,43	140 538,73	4 роки
3	Утеплення трубопроводів у підвалі	13452	31,9	44 200,32	4 місяці
4	Теплоізоляція фланцевих з'єднань	1200,4	19,4	26 520,2	2 тижні
5	Модернізація теплопункту	200 000	95,694	132 628,06	1 рік 6 місяців
6	Встановлення терморегуляторів	68 411,2	63,796	88 407,86	9 місяців

В процесі проведення енергетичного аудиту були виявлені можливості підвищення ефективності енерговикористання, як за рахунок швидкоокупних заходів (до 3 років), що не потребують великих затрат, так і за рахунок заходів із середнім терміном окупності (5-10 років), які потребують фінансових вкладень.

Список використаної літератури:

1. В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 437 с.
2. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008 – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 56 с.
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006 – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с