НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ ІМ. Г.Є. ПУХОВА

МАТЕРІАЛИ V НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ»

22 листопада 2023 року

Київ – 2023

УДК [621.3+620.9]::[004[056.53+42+94] + 504.06]
ББК 31
Б-39

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (протокол №10 від 30 листопада 2023 р.)

Б-39 **Безпека енергетики** в епоху цифрової трансформації, V науково-практична конференція Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України : матеріали (Київ, 22 листопада 2023 р.). Київ : ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2023. 152 с.

B-39 **Energy security** in the digital transformation era, V scientific-practical conference of the G.E. Pukhov Institute for Modeling in Energy Engineering National Academy of Sciences of Ukraine : materials (Kyiv, November 22, 2023). Kyiv: PIMEE NAS of Ukraine, 2023. 152 p.

© Автори публікацій, 2023
© ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2023

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ
ім. Г.Є. ПУХОВА НАН УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ IV НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

22 листопада 2023 року
м. Київ

2023

Вельмишановний учасник _____

_____

Запрошуємо Вас прийняти участь в роботі V науково-практичної конференції «Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації», яка буде проходити 22 листопада 2023 року в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України (м. Київ).

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (м. Київ)

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Мохор Володимир Володимирович
член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту, голова програмного комітету

Чемерис Олександр Анатолійович
доктор технічних наук,
заступник директора з наукової роботи

Артемчук Володимир Олександрвич
доктор технічних наук,
заступник директора з науково-організаційної роботи

Чьочь Вікторія Володимирівна
кандидат технічних наук,
т.в.о. заступника директора з науково-технічної роботи

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙКОМІТЕТ

Артемчук Володимир Олександрвич
доктор технічних наук,
заступник директора з науково-організаційної роботи

Клименко Тетяна Михайлівна
завідувачка науково-організаційного відділу

Цуркан Оксана Володимирівна
молодший наковий співробітник

Потенко Олександр Сергійович
науковий співробітник

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський, В.В. Папазов, Г.В. Анфімова

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ГАЗОВИХ КОТЛІВ

Група Технічної діагностики ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАНУ здійснює розробку програмних засобів для автоматизації процесу визначення коефіцієнта корисної дії газових котлів (ККД) за допомогою випробувального стенду [1]. Стенд входить до комплексу обладнання, яке призначене для експериментального підтвердження виконання вимог європейських стандартів що стосуються газового обладнання (ДСТУ EN 625, ДСТУ EN 677, ДСТУ EN 483, ДСТУ EN 15417, ДСТУ EN 15420, ДСТУ EN 297, ДСТУ EN 15502-1:2017 (EN 15502-1:2012 + A1:2015, IDT), EN 15502-2-1:2012+A1:2016, EN 15502-2-2:2014, ДСТУ EN 676, ДСТУ EN 267 та ін.).

Стенд оснащений необхідними регулюючими пристроями, які забезпечують можливість створення теплового навантаження під час випробування газових котлів потужністю від 6 до 70 кВт. Використання обладнання за призначенням потребує підключення до мережі газу (до 18 м3/год.), води (8 м3/год.), каналізації, витяжної вентиляції, електромережі.

Реалізуються схеми вимірювань, передбачені стандартом - з прямою циркуляцією та з теплообмінником. Схема стенду відображається на екрані комп'ютера у вигляді мнемосхеми. З інтервалом 5 або 10 секунд оновлюються результати вимірювання основних режимних параметрів.

Під час проведення випробувань стенд вводиться у потрібний робочий режим, автоматично ідентифікується стан теплової рівноваги, тобто коли температура води на вході і на виході котла стабілізується в межах ±2°С. Протягом 10 хвилин реєструється параметри роботи обладнання. Автоматичний розрахунок ККД здійснюється за методиками викладеними в стандарті на підставі показань лічильників газу та води, численних вимірювачів температури, ваг, коректора газу а також деяких інструментальних параметрів стенду.

Протокол випробування (Табл.1) формується у вигляді таблиці Excel. Розрахункові формули винесені до таблиці, завдяки чому спрощується перевірка коректності розрахункових операцій при сертифікації стенду.

Таблица.1. Протокол вимірювання параметрів котла

Рном _ кВт	**Паливо**				**Умови випробувань**					
Місце випробувань:	*Вид: природний газ*				$P_{ном}$=	**26,6**	***кВт***	$B_{бар}$=	***100***	***кПа***
Дільниця 2, Київська обл., Бучанський р-н,	$Q_н^P$=	*36237,11*	*кДж/нм³*	*(0°C)*	$Q_н^P$=	8655	*ккал/нм³*		***20,0***	***°C***
Петропавлівська Борщагівка, вул. Білоцерківська, 53.	$Q_н^P$=	*34349,76*	*кДж/м³*	*(15°C)*	$Q_н^P$=	8204	*ккал/м³*	волог.	***75***	**%**
Дата:8.10.2023	$CO_2^{макс}$	11,8			$P_{мин}$=	**8,2**	***кВт***	швидк.		***м/с***
	Позна-чення	Розмір-ність	Дослідження							
Найменування параметру			A, 100%							
Час початку вимірювання		год:хв	17:46							
Навантаження		%	598,64							

Таблиця 1. Продовження

ВОДА										
Контрольний об'єм		м3	1,14							
Тривалість вимірювання		с	600,00							
Маса води за 10 хв. випробувань	m1	кг	1141,00							
Маса води, що випаровувалась за 10 хв. випробувань	m3	кг	0,05							
Коригована маса води	m	кг	1141,05							
Витрата води	B	$м^3$/год	6,846							
Теплові втрати випробувального стенду	Dp	кДж	1,14							
Температура води на вході котла	$t_в^{вих}$	°С	60,00							
Температура води на виході котла	$t_в^{вх}$	°С	80,00							
Різниця температур		°С	20,0							
Теплопродуктивність	$P_к^н$	кВт	159,238							
Тиск води на вході	$P_{вих}$	МПа	0,2							
Тиск води на виході	$P_{вх}$	МПа	0,19							
ГАЗ										
Контрольний об'єм (лічильник)	δV	$м^3$	3,1							
Контрольний час	δT	с	600,00							
Витрата за лічильником	$G_г^{лч}$	$м^3$/год	18,330							
Температура газу	$t_г$	°С	20,0							
Тиск газу перед лічильником	$P_г^{лч}$	кПа	20,00							
Тиск газу перед клапаном	$P_г^{кл}$	кПа	2,0							
Тиск газу перед пальником	$P_г^{пал}$	кПа	0,43							
Коефіцієнт перерахування	кн		1,105							
Витрата газу (0 °С, 101,3 кПа)	$G_г^н$	$нм^3$/год	20,260							
Коефіцієнт перерахування	кст.		1,186							
Витрата газу (20 °С, 101,3 кПа)	$G_г^н$	$м^3$/год	21,74							
Коефіцієнт перерахування	кст.		1,186							
Витрата газу (15 °С, 101,3 кПа)	$G_г^н$	$м^3$/год	21,745							
Теплова потужність пальника	$P_п$	кВт	207,48							
ПОВІТРЯ										
Тиск повітря після вентилятора	Рв	кПа	0,7							
Температура повітря	$t_{пов}$	°С	20							
ВІДХІДНІ ГАЗИ										
Вміст кисню	O_2	%	3,9							
Вміст вуглекислого газу	CO_2	%	9,61							
Вміст оксиду вуглецю	CO	ppm	60							
Вміст оксиду вуглецю (приведений)	$CO_{пр}$	%	0,00737							
Вміст оксиду вуглецю (приведений)	$CO_{пр}$	$мг/м^3$	92							
		мг/кВтгод	79,2							
Вміст оксидів азоту	NO_x	ppm	30							
Вміст оксидів азоту (привед)	$NO_{xпр}$	$мг/м^3$	76							
		мг/кВтгод	65,1							
Коефіцієнт розбавлення	λ	-	1,23							
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	1,21							
Температура відхідних газів	$t_г^{відх}$	°С	72							
Тиск в топці		Па								
Розрідження (тиск) за котлом		мбар								
Економічні показники										
Втрати тепла з відхідними газами	q_2	%	2,43							
Втрати тепла з хімнедопалом	q_3	%	0,022							
Втрати в довкілля	Q	кВт	0,03							
Втрати в довкілля	q_5	%	0,01							
Загальні втрати тепла	q	%	2,5							
ККД за оберненим балансом	$\eta_{об}$	%	97,54							
ККД за прямим балансом	$\eta_{пр}$	%	76,75							
Різниця ККД		%	20,79							
Розрахунковий КПД за ДСТУ EN 15502-1										
при номінальній потужності		%	76,739							
при мінім.потужності (30%)		%								
Теплопотери продуктов сгорания в дымоходе за ДСТУ EN		%	2,43							
Граничні значення КПД за ДСТУ EN (стандартний котел)										
при номінальній потужності		%	86,850							
при середній потужності		%	86,481							
при мінім.потужності (30%)		%	87,722							
Граничні значення КПД за ДСТУ EN (конденсаційний котел)										
при номінальній потужності		%	92,425							
при неповн.потужності		%	92,241							
Теплопродуктивність по кпд	$P_к^н$	кВт	159,22							

1. О.А. Владимирський, І.А. Владимирський, В.В. Папазов, Г.В. Анфімова. Автоматизація процесу визначення коефіцієнта корисної дії газових котлів. Зб. матеріалів XLI Науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня 2023 р. / ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2023. – с118-119.

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський

ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ У КОРЕЛЯЦІЙНОМУ ТЕЧЕШУКАЧІ

Перехід від фільтрації сигналів до фільтрації кореляційної функції

Для пошуку координат витоків трубопроводів широко застосовується кореляційний метод. Він заснований на реєстрації акустичних шумів, що генеруються у місцях витоків. Відомо, що відстань від одного з датчиків до витоку можна визначити так

$$L_o = \frac{L}{2} - \frac{v\tau_o}{2},$$

де: L - довжина діагностованої ділянки трубопроводу, на кінцях якої встановлені датчики, v - швидкість поширення шумів уздовж трубопроводу, τ_o - затримка між сигналами, що визначається за максимумом взаємної кореляційної функції (ВКФ) сигналів з датчиків

$$R_{xy}(\tau_o) = \max_{\tau}\{R_{xy}(\tau)\}.$$

Для підвищення достовірності кореляційних течешукачів застосовується фільтрація вхідних сигналів. Характеристики фільтрів вибираються таким чином, щоб максимум кореляційної функції найкраще виділявся на осі затримок [1]. Однак фільтрація саме сигналів та вибір оптимальних характеристик фільтрів потребує значних витрат часу та обчислювальних ресурсів, тому що при цьому, для кожного пробного налагодження фільтрів, доводиться обчислювати кореляційну функцію. Для підвищення ефективності обробки даних доцільно здійснити перехід від лінійної фільтрації сигналів до лінійної фільтрації їхньої ВКФ [2], як це випливає з наступних Z-перетворень:

$$R_{вих}(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} E\left[\sum_{l=0}^{\infty} h_x(l)x(k-l)\sum_{m=0}^{\infty} h_y(m)y(k+n-m)\right] z^{-n} =$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty}\left[\sum_{m=0}^{\infty} h_y(m)z^{-m}\sum_{l=0}^{\infty} h_x(l)E\left[x(k-l)y(k+n)\right]\right] z^{-n} =$$

$$= H_y(z)\sum_{n=-\infty}^{\infty}\sum_{l=0}^{\infty} h_x(l)R_{xy}(n+l)z^{-n} =$$

$$= H_y(z) \sum_{n=-\infty}^{\infty} R_{xy}(n) z^{-n} \sum_{l=0}^{\infty} h_x(l) z^{l} = H_y(z) H_x(z^{-1}) R_{xy.}(z), \quad (1)$$

де: $R_{вих}(z)$ - Z - перетворення $R_{xy}(n)$ після фільтрації; $x(k)$ і $y(k)$ - стаціонарні випадкові вхідні сигнали; $h_x(l)$ і $h_y(m)$ - імпульсні характеристики фільтрів, причому $h_x(l) = 0$ при $l<0$ і $h_y(m) = 0$ при $m<0$; E - оператор математичного очікування. Зазвичай фільтри однакові, тобто $h_x(l) = h_y(m)$ при $l=m$, тому (1) набуває вигляду:

$$R_{вих}(z) = |H(z)|^2 R_{xy}(z) \ , \quad (2)$$

де: $H(z)$ - Z – перетворення $h_x(l)$.

Ефективність обчислювального процесу підвищується шляхом винесення фільтрації в рівняннях (1) за оператор математичного очікування. У цьому випадку виключаються тривалі статистичні накопичення під час обчислення $R_{вих}(\tau)$ для кожного $H(z)$. Під час роботи на аварійних об'єктах можна випробувати більше різних фільтрів кореляційної функції, ніж фільтрів сигналів, та вибрати більш оптимальний варіант. Реалізувати (2) можна у вигляді

$$R_{вих}(z) = R_{xy}(z) H_{ф}(z) \Omega(z) \ ,$$

де: $H_{ф}(z)$ - Передатна функція фільтра; $\Omega(z)$ - передатна функція компенсатора фазових спотворень, що вносяться $H_{ф}(z)$ у $R_{вих}(z)$.

Якщо не компенсувати фазові спотворення, координату витоку буде визначеною з помилкою:

$$\Delta L_o(w) \le \frac{v \cdot d\varphi(w)/dw}{2},$$

де: $\varphi(w)$ - фазочастотна характеристика фільтра з передавальною функцією $H(z)$, v - швидкість поширення сигналів уздовж трубопроводу.

Вирази для практичної реалізації

Перехід від фільтрації сигналів до фільтрації оцінки їхньої ВКФ представимо у такому вигляді. Нехай $h_x(k)$ и $h_y(k)$ - імпульсні характеристики фільтрів із кінцевою імпульсною характеристикою. Позначимо n - ті відліки і-тих вибірок сигналів, прийнятих від датчиків одночасно - $x(i,n)$ і $y(i,n)$. Для них приймемо $x(i,n)=0$ і $y(i,n)=0$ при $n<0$. Тоді вирази для сигналів після фільтрації та для їхньої ВКФ набудуть вигляду:

$$\bar{x}(i,n)=\sum_{k=0}^{L_x-1}h_x(k)x(i,n-k),\qquad \bar{y}(i,n)=\sum_{k=0}^{L_y-1}h_y(k)y(i,n-k),$$

$$R_{xy}(i,\tau)=\frac{1}{N-|\tau|}\sum_{j=0}^{N-|\tau|-1}\bar{x}(i,j)\bar{y}(i,j+\tau)=\sum_{k=0}^{L_x-1}\sum_{l=0}^{L_y-1}h_x(k)h_y(l)\times$$

$$\times\frac{1}{N-|\tau|}\sum_{j=0}^{N-|\tau|-1}x(i,j-k)y(i,j+\tau-l), \qquad (3)$$

де: L_x и L_y - кількість відліків відповідно $h_x(k)$ і $h_y(k)$.

Після усереднень (3) за і, отримаємо:

$$\hat{R}_{вих}(\tau)=\sum_{k=0}^{L_X-1}\sum_{l=0}^{L_y-1}h_x(k)h_y(l)\hat{R}_{xy}(k+\tau-l) \qquad (4)$$

З (4) випливають два алгоритми обчислення $\hat{R}_{вих}(\tau)$.

1. Перепишемо (4) у вигляді

$$\hat{R}_{вих}(\tau)=\sum_{k=0}^{L_X-1}h_x(k)\eta(k+\tau), \qquad (5)$$

Де : $$\eta(k+\tau)=\sum_{l=0}^{L_y-1}h_y(l)\hat{R}_{xy}(k+\tau-l). \qquad (6)$$

Таким чином (4) обчислюється шляхом знаходження двох згорток: спочатку (6) потім (5).

2. Запишемо (4) у вигляді

$$\hat{R}_{вих}(\tau)=\sum_{l=0}^{L_X+L_y-2}a(l)\hat{R}_{xy}(\tau-L_y+1+l) \qquad (7)$$

де: $$a(l)=\sum_{k=0}^{L_x-1}h_x(k)h_y(L_y-1-l+k) \text{ для } l\in[0...L_x+L_y-2]. \qquad (8)$$

У цьому випадку для обчислення (4) також потрібно обчислювати дві згортки. Однак на відміну від (5) і (6) одна з них не вимагає участі $\hat{R}_{xy}(\tau)$, що дозволяє (8) обчислювати не в умовах обмеженого часу під час пошуку витоків, а заздалегідь. Незважаючи на те, що в (7) межі підсумовування більші ніж у (5) і (6), застосування алгоритму швидкої згортки на основі ШПФ дозволяє віддати перевагу другому алгоритму як більш економічному за часом обчислення (4) при роботі в польових умовах. При виборі $h_x(k)=h_y(k)$ виразу (7) відповідає вираз (2).

За формулою (7) авторами реалізована фільтрація ВКФ в течешукачах сімейства "К-10" [3,4] на базі ПК типу "notebook".

1. Безпрозванный А.А., Владимирский А.А., Владимирский И.А., Ненюк А.Т. Повышение достоверности поиска утечек трубопроводов тепловых сетей. Энергетика и электрификация. –2000. № 2(199). с.29-31.

2. Владимирский А. А., Владимирский И. А. Способ повышения эффективности корреляционного течеискателя. Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. 2006. Вип. 32. С. 110-113.

3. Владимирский А.А.. Особенности структуры корреляционных течеискателей семейства "К-10". Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 20, Київ, 2003р.-с.35-42.

4. Владимирский А.А, Владимирский И.А., Криворучко И.П, Савчук Н.П. Разработка модернизированного корреляционного течеискателя К-10.5М2. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 79, Київ, 2017р.-с.69-70.

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський

ЕТАПИ СТВОРЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕЧЕШУКАЧІВ СІМЕЙСТВА К10

Кореляційні течешукачі розробки ІПМЕ ім.Г.Є.Пухова НАН України знайшли успішне застосування на підприємствах теплопостачання. При їх створенні можна виділити кілька етапів, які є найважливішими. Наведений далі сукупний розгляд цих етапів може бути корисним не тільки для фахівців з розробки течешукачів, а й з розробки інших приладів та програмних засобів, які використовують кореляційні функції.

Забезпечення точності отримання оцінок взаємних кореляційних функцій (ВКФ) виконано за розробленими методиками [1,2]. У цих роботах містяться способи узгодженого вибору рівнів сигналів від датчиків, числа розрядів аналого-цифрового перетворення, параметрів цифрових фільтрів та алгоритмів швидких згорток при розробці кореляційних шукачів. При цьому величини зміщень і статистичних похибок оцінок ВКФ, що одержуються через інструментальні похибки, не виходять за задані межі.

Апробація показників відношення сигнал-перешкода Q стосовно ВКФ виконана в [3] при розробці алгоритмів автоматичного налаштування фільтра ВКФ, включаючи адаптивний обіляючий алгоритм. В [3] показано, що максимізація Q при розкладанні вихідної ВКФ по ортогональному базису має аналітичне рішення: на першому етапі за отриманою формулою визначається досяжний максимум відношення для кожного відліку ВКФ, на другому етапі замість вихідної ВКФ виводиться графік отриманих показників якості Q для всіх її значень.

Дослідження впливу на ВКФ просторового положення датчиків на трубопроводі проведено в [4,5,6]. З'ясовано, що інтерференційні спотворення складних сигналів, що виникають при їх реєстрації, можна врахувати шляхом цілеспрямованого та узгодженого, параметричного вибору точок реєстрації сигналів у місцях технологічного доступу до трубопроводу та смуги частот, запропонований відповідний спосіб.

Перша версія параметричного методу, вперше запропонована в [7], пройшла багаторічну успішну апробацію у Київенерго у складі розробленого в ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України діагностичного обладнання при виробничому пошуку витоків за заявками теплових мереж. Запропонований метод ґрунтується на наступному. За допомогою смугових цифрових фільтрів виконують розкладання ВКФ на вузько смугові складові, після чого для кожної частотної смуги визначають параметри затримки, при якій спостерігається максимум кореляції; якості максимуму кореляційної функції (виразність, відношення сигнал-перешкоди); потужності. Результати розрахунків представляють у вигляді трьох об'єднаних графіків як функції

центральної частоти смугових фільтрів. У [8] дано обґрунтування методу з погляду множинності хвиль, джерел сигналів та просторово-частотного механізму їх поділу, в остаточному вигляді дані формули для параметрів ВКФ з урахуванням просторових позицій m пари датчиків на трубопроводі. В результаті для фіксованої позиції m датчиків отримали три спектри: потужності $A_m(f)$, відносини сигнал-перешкода $Q_m(f)$ та координати $L_{xm}(f)$. На графіку $L_{xm}(f)$ важливими є ділянки із стійкими до зміни частоти, майже однаковими значеннями координати $L_{xm}(f)$. Кожна така ділянка описується сукупністю значень координати та відповідного їй діапазону частот $f = f_1 ... f_2$, в межах якого $L_{xm}(f)$ є майже постійною. Цю зручну для аналізу кореляції сукупність координати та діапазону частот її прояву у частотно-часовій структурі ВКФ зручно називати координатною поличкою [6,8] та позначати її у складі координатного спектру $L_{xm}(f)$ як структуру $L_{xmf1f2}(f)$. За наявності координатних поличок судять про ймовірні координати пошкоджень, а за відповідними величинами $A_m(f)$, $Q_m(f)$ і f_2-f_1 визначають достовірність цих координат. Тому дані параметри є параметрами різної якості кореляції та відповідної координатної полички.

1. Владимирский А. А., Владимирский И. А. Методика учёта инструментальных погрешностей при разработке корреляторов. *Электронное моделирование.* 2008. 30 (1). С. 71-88.
2. Владимирский А. А., Владимирский И. А. Выбор числа точек БПФ и типа данных при вычислении оценки корреляционной функции. *Моделювання та інформаційні технології* (збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України). 2000. Вип. 6. С. 43-46.
3. Владимирский А. А., Владимирский И. А. О некоторых способах автоматической настройки фильтров в течеискателях корреляционного типа. *Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України.* 1998. Вип. 4. С. 179-188.
4. Владимирский А. А., Владимирский И. А., Семенюк Д. Н. Уточнение диагностической модели трубопровода для повышения достоверности течеискания. *Акустичний вісник* Інституту гідромеханіки НАН України. – 2005, 3 (8). - С. 3-16.
5. Владимирський О.А. Параметричні методи діагностування підземних трубопроводів з урахуванням багатохвильового поширення інформаційних сигналів. Електронне моделювання. 2019. 41 (1). С. 3-17. https://doi.org/10.15407/emodel.41.01.003.
6. Патент на корисну модель № 144444; G01M 3/24, G01M 3/18, F17D 5/02. Владимирський О.А., Владимирський І.А. Параметричний кореляційний спосіб визначення координат витоків трубопроводів. Публікація відомостей 25.09.2020, Бюл. №18.
7. Владимирский А. А., Владимирский И. А. Способ частотного анализа характеристик корреляционных функций вибросигналов. XX науково-технічна конференція "Моделювання": тези конференції (12-14 січня 2000 р., Київ). Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України. - К., 2000. - С. 23-24.
8. Владимирський О.А., Владимирський І.А. Кореляційні параметричні методи визначення координат витоків підземних трубопроводів// Електронне моделювання, 2021, 43, № 3, с. 3-17. https://doi.org/10.15407/emodel.43.03.003.

О.В. Васильєв, В.В. Чьочь

ОСНОВНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ СФЕРИ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Аналіз тенденцій у соціально-економічній та науковій сферах є наріжним каменем для ефективного прийняття рішень, стратегічного планування та проактивного реагування на поточні та майбутні виклики та можливості. Це допомагає скеровувати суспільства та економіку до зростання, стійкості та покращення якості життя. Розуміння тенденцій у наукових дослідженнях і технологічному розвитку має вирішальне значення для того, щоб залишатися попереду в інноваціях. Це допомагає у визначенні нових галузей дослідження, потенційних технологічних проривів і областей, придатних для інвестицій або розвитку.

Інформаційною базою для дослідження і аналізу тенденцій є бібліометричний (для відповідної тематики ще й патентний) пошук з подальшим застосуванням статистичних та кластерних методів обробки великих масивів даних.

На основі масиву науково-технічних публікацій (результату інформаційного пошуку у БД SCOPUS за допомогою ключового термінологічного сполучення «Energy security") обсяг якого складає 14621 документів на кінець листопада 2023 року був проведений контент аналіз і кластеризація тематики вибраних документів. Хронологічний діапазон публікацій складає майже 50 років, але значне зростання їх кількості спостерігається починаючи з 2007 року. В інтервалі 2017 -2023 року темпи такого зростання збільшилися на 30 відсотків.

Додатково були проаналізовані публікації, які були безпосередньо присвячені темі визначення тенденцій в обраному напрямку [1-4]

По результатах проведених досліджень енергетична безпека в епоху цифрової трансформації визначається кількома ключовими трендами:

1. **Інтеграція відновлюваних джерел енергії** (Smart Grid Development): все більше уваги приділяється інтеграції відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та гідроенергетика, в енергетичний мікс. Цифрові технології полегшують керування цими періодичними та розподіленими джерелами енергії, забезпечуючи стабільне та надійне енергопостачання.

2. **Розвиток розумних мереж** (Smart Grid Development): цифрова трансформація сприяє розвитку розумних мереж, які використовують цифрові комунікаційні технології для виявлення та реагування на локальні зміни у використанні. Розумні мережі підвищують ефективність, надійність і сталість розподілу електроенергії.

3. **Покращення кібербезпеки** (Cybersecurity Enhancement): оскільки енергетичний сектор стає все більш цифровим, він стає все більш вразливим до кібератак. Посилення заходів кібербезпеки має вирішальне значення для захисту критичної інфраструктури та забезпечення безперебійного енергопостачання.

4. **Удосконалення зберігання енергії** (Energy Storage Advancements): розвиток технологій накопичення енергії, таких як системи зберігання енергії, має вирішальне значення для управління переривчастістю

відновлюваних джерел енергії. Цифрові технології допомагають оптимізувати використання та розподілення накопиченої енергії.

5. **Аналітика даних і штучний інтелект** (Data Analytics and AI): використання аналітики великих даних і штучного інтелекту (ШІ) в енергетичному секторі зростає. Ці технології використовуються для прогнозного обслуговування, прогнозування попиту та оптимізації виробництва та розподілу енергії.

6. **Децентралізація енергетичних систем** (Decentralization of Energy Systems): цифрова трансформація дає змогу децентралізувати енергетичні системи, створюючи менші локалізовані мережі та розподілені енергетичні ресурси. Ця тенденція дає можливість споживачам стати «просьюмерами», виробляючи та споживаючи власну енергію.

7. **Інтеграція електромобілів** (Electric Vehicle Integration): розвиток електромобілів (EV) підтримується цифровими технологіями, які керують зарядною інфраструктурою та інтегрують електромобілі в електромережу, перетворюючи їх на мобільні накопичувачі.

8. **Регуляторна діяльність та адаптація** (Regulatory Adaptation): Уряди та регуляторні органи адаптують політику для підтримки інтеграції цифрових технологій в енергетичний сектор. Це включає стимули для відновлюваних джерел енергії, правила безпеки даних і рамки для нових бізнес-моделей.

9. **Залучення споживачів і реагування на попит** (Consumer Engagement and Demand Response). Цифрові платформи сприяють більшому залученню споживачів до використання та управління енергією. Програми реагування на попит, створені за допомогою цифрових технологій, допомагають збалансувати попит і пропозицію, особливо в періоди пік.

10. **Підвищення енергоефективності** (Energy Efficiency Improvements:). Цифрові технології впроваджуються для підвищення енергоефективності в різних секторах, зокрема промисловому, комерційному та житловому. Це включає в себе розумні лічильники, системи управління енергією та пристрої IoT.

У сукупності ці тенденції представляють трансформаційні зміни в тому, як виробляється, керується та споживається енергія, що робить енергетичні системи більш стійкими, стійкими та ефективними.

1. Thanh, T.T., Ha, L.T., Dung, H.P. et al. Impacts of digitalization on energy security: evidence from European countries. Environ Dev Sustain 25, 11599–11644 (2023). https://doi.org/10.1007/s10668-022-02545-7.

2. Yu Z, Li R, Ma L. Has the Digital Economy Affected the Status of a Country's Energy Trade Network? Sustainability. 2022; 14(23):15700. https://doi.org/10.3390/su142315700.

3. Siuta-Tokarska B, Kruk S, Krzemiński P, Thier A, Żmija K. Digitalisation of Enterprises in the Energy Sector: Drivers—Business Models—Prospective Directions of Changes. *Energies*. 2022; 15(23):8962. https://doi.org/10.3390/en15238962.

4. Ha, L.T. Are digital business and digital public services a driver for better energy security? Evidence from a European sample. Environ Sci Pollut Res 29, 27232–27256 (2022). https://doi.org/10.1007/s11356-021-17843-2.

О.В. Васильєв, В.В. Васильєв

ЕТАПИ ВРОВАДЖЕННЯ ТАКСОНОМІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ

Реалізація таксономії в контексті енергетичної безпеки стосується застосування структурованої системи класифікації для організації та управління різними аспектами енергетичної безпеки [ ]. Цей процес передбачає визначення та класифікацію ключових концепцій, ресурсів, загроз, політики та технологій, пов'язаних з енергетичною безпекою. Впровадження такої таксономії має вирішальне значення з кількох причин:

- таксономія сприяє уніфікації розуміння термінології та концепції енергетичної безпеки;
- таксономія забезпечує основу для ефективної організації «великих» даних про джерела енергії, енергетичну інфраструктуру, моделі споживання та ризиками енергетичної безпеки, полегшуючи доступ даних, аналізуючи та інтерпретуючи їх;
- впровадження таксономії допомагає розробляти узгоджену та цілеспрямовану енергетичну політику та відповідні стратегії;
- таксономія допомагає у комплексній оцінці ризиків і розробці ефективних стратегій;
- таксономія може спрямовувати зусилля з розробки нових енергетичних технологій, удосконалення існуючих і зосередження досліджень на ключових сферах енергетичної безпеки
- таксономія допомагає створювати стандарти та нормативи, які є послідовними та зрозумілими для різних регіонів і секторів енергетичної галузі.

Можна запропонувати наступні кроки для впровадження таксономії в енергетичну безпеку

1. Визначення основних ключових компонентів енергетичної безпеки, такі як джерела енергії, інфраструктура, політика, технології та ризики.

2. Визначення категорій і підкатегорій для кожного компонента. Наприклад, у розділі «Джерела енергії» категорії можуть включати відновлювані та невідновлювані джерела, а підкатегорії можуть далі розбивати ці джерела.

3. Встановлення зв'язків між різними категоріями та компонентами. Наприклад, як енергетична політика впливає на розвиток інфраструктури та управління ризиками.

4. Інтеграція з системами даних та запровадження таксономії в системах управління даними, гарантуючи, що всі дані, пов'язані з енергетичною безпекою, класифікуються відповідно до таксономії.

5. Впровадження заходів щодо використання таксономію для введення даних, аналізу та процесів прийняття рішень.

6. Регулярне оновлення таксономії, з метою відображення результатів нових розробок, вдосконалення технологій в енергетичному секторі.

Впровадження таксономії в енергетичну безпеку є динамічним процесом, який потребує регулярних оновлень і коригувань, щоб залишатися актуальними в енергетичному ландшафті, що розвивається. Це критично важливий інструмент для ефективного управління енергетичними потребами та ресурсами країни, регіону, чи організації та забезпечення їх енергетичної безпеки.

1. Kubín A., Králík T., Vašíček J. Impacts of EU Taxonomy Implementation on the Energy Sector. Proceedings of the 11th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2022, pp. 256.

2. Kunikowski, G. From the taxonomy of threats to the definition of energy security. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2020, 106, 73-84. ISSN: 0209-3324. DOI: https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.106.6.

В.С. Волошин, О.Ю. Азархов

ЛЮДИНА, ЯК ДЖЕРЕЛО СИНЕРГІЇ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ БАЛАНСІ ПЛАНЕТИ

Сонячна енергія вкрай важлива для людини, втім, як і для всього живого на цій планеті. Відомо, що Земля отримує від Сонця теплову і світлову енергію, яка досягає поверхні, приблизно $3{,}85 \cdot 10^{24}$ кДж на рік. Отже, за 4,5 млрд років на Землю прийшло близько $17{,}3 \cdot 10^{33}$ кДж сонячної енергії (табл. 1). Тут та надалі використовуються цифри, з різних джерел літератури останніх років, як об'єктивні, наприклад [1, 2, 3, 4, 5].

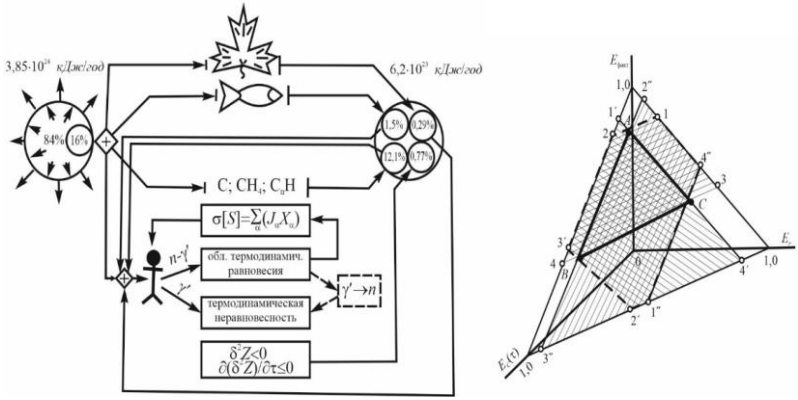
Таблиця 1. - Оціночні данні щодо обміну сонячною енергією (тепловою та світовою) на планеті Земля.

№№ п/п	Характеристика,	Абсолютна величина. кДж	Відносна величина, %
1	Кількість сонячної енергії, що досягла поверхні Землі за всю історію її існування	$17{,}3 \cdot 10^{33}$	-
2	Кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі за рік.	$3{,}85 \cdot 10^{24}$	-
3	Сумарні втрати сонячної енергії планетою Земля за всю її історію	$13{,}86 \cdot 10^{33}$	-
4	Сонячна енергія, що залишається на планеті протягом року	$6{,}2 \cdot 10^{23}$	16
5	Те ж саме за весь час існування Землі	$2{,}8 \cdot 10^{33}$	-
6	Теплова і світлова енергія Сонця, що втрачається планетою протягом року	$3{,}08 \cdot 10^{24}$	84
7	Енергія Сонця, освоєна рослинами за допомогою фотосинтезу протягом одного року	$1{,}8 \cdot 10^{21}$	0,29
8	Енергія Сонця, освоєна на планеті фітопланктоном протягом одного року	$9{,}3 \cdot 10^{21}$	1,5
9	Сонячна енергія, зосереджена у вуглеводнях (розвідані дані)*	$7{,}5 \cdot 10^{22}$	12,1
10	Енергія Сонця, яка використовується людиною на планеті протягом року	$4{,}8 \cdot 10^{21}$	0,77

*- за весь період накопичення (цифра наводиться з урахуванням розрізнень у періодах накопичення вуглеводнів у Природі і термінах її використання людиною.

Природа має свої і особливі механізми перетворення і зберігання сонячної енергії. Наприклад, це величезна зелена біомаса рослин, що акумулює енергію сонця за допомогою фотосинтезу, та поглинає приблизно $1{,}8\cdot 10^{21}$ кДж в рік, або 0, 29% всієї сонячної енергії, виробленої на планеті. Тільки фітопланктон в екосистемах океану здатний протягом року накопичувати до $9{,}3\cdot 10^{21}$ кДж сонячної енергії і давати початок багатьом харчовим ланцюжкам в океані (див. табл. 1). Або локалізація сонячної енергії шляхом синтезу вуглеводнів в сумарній кількості $7{,}5\cdot 10^{22}$ кДж розвіданих запасів вугілля, нафти, газу. Перетворення речовин і прихованої в них енергії за допомогою процесів розпаду біомаси, концентрації мінералів за допомогою тектонічних рухів в надрах і на поверхні Землі. Такі механізми існують дуже обмежено, але є і досить ефективними. Але цього, мабуть, недостатньо і їх актуальність для освоєння природної різноманітності надзвичайно висока. Можливо, саме тому природне різноманіття породило таку субстанцію, як мисляча людина.

Можна зробити спонтанне припущення, що загальна мисляча субстанція людини, унікальна в середовищі всіх інших живих істот на планеті, має свою ж унікальну місію, пов'язану з енергетичними обмінами на нашій планеті. Місія, яка не може бути реалізована жодною іншою з існуючих екосистем на Землі. Спробуємо показати це (рис. 1, а).



а) б)

Рисунок 1. Модель реалізації сонячної енергії на планеті Земля та участь у ній людини (а), та одинична поверхня переваг в енергетичних взаємодіях людини і результатів її праці (б).

У своїй діяльності людина використовує 0,77% всієї енергії Сонця, яку освоює планета Земля. Але вже в сукупності з усім їх акумулюванням, в тому числі, вуглецевими та ядерними накопиченнями, цей відсоток збільшується в десятки і сотні разів, роблячи діяльність людини порівнянною з сукупними технологіями фотосинтезу рослин на Землі і навіть перевищуючи їх.

Створивши істоту у вигляді людини що мислить, Природа протягом тисячоліть витримувала послідовні етапи її розвитку, починаючи від збирання і полювання, відкриваючи перед прото-людиною свої багатства і поки ще не розраховуючи на її майбутню енергоентропійну місію. І тільки після того, як людина, освоївши вогонь в вогнищі як поза біологічну енергію, придбала потребу в більшій кількості їжі, вона стала переходити до обробітку земель, одомашненню тварин з метою сезонного і більш тривалого накопичення їжі, і природа стала отримувати від людини те, заради чого, можливо, вона була створена як мисляча істота - Homo sapience. А саме, використовувати опосередковану енергію Сонця, на сам перед у вигляді рослинної і тваринної їжі, отриманої з її допомогою, а потім, у вигляді культурних злаків і приручених травоїдних спочатку для себе, а потім і для інших представників свого роду, що призвело до появи торгівлі, грошей, будівельних споруд, шляхів, промисловості, інтернету, економічного розвитку та ін.

Таким чином, для Природи нашої планети людина і її 8-мільярдне співтовариство, поступово перетворилося в реальний механізм розвитку та перетворення частки сонячної енергії, яка забезпечує цю планету надовго всім, що дозволяє їй зберігати різноманітність видів життя - атмосферу, запаси води і мінералів, створювати все нові харчові ланцюжки для підтримки життя багатьох істот, що, в свою чергу, підтримує різноманіття видів живої і взаємопов'язаної проміж собою неживої матерії на планеті Земля.

Антропометричний розвиток людини все більше набував цілеспрямованості, в основі якої лежали її майбутні можливості в області «приборкання» енергії Сонця, вкрай важливої для майбутнього планети. Навіть простий розрахунок показує [6], що людина наділена надлишковим внутрішнім енергетичним потенціалом в порівнянні з його витратами на метаболізм, включаючи витрати на роботу мозку і всієї нервової системи.

Розглядаємої мети (синергізму) сприяють також організаційні структури, в яких знаходиться суспільство. Наприклад: держава є синонімом створення. Армія, війни є синонімом руйнування. І те, і друге є енергетичними системами, функції яких різні. Але людина не може жити поза таких систем. І тільки в системі вона здатна виконувати свою антиентропійну функцію.

М. Веллер правильно зазначив, що сутність людини на базовому рівні зосереджена між його об'єктивною енергетичною складовою, як будь-якої фізичної системи у Всесвіті і, з іншого боку, суб’єктивним психофізичним компонентом, заснованим на діяльності його нервової системи. Таким чином, людина представляється як двоєдина термодинамічна система, яка на рівні термодинамічної нерівноважності за рахунок зовнішньої енергії виконує дії, у тому числі, спрямовані на перетворення самої енергії, а на рівні, близькому до термодинамічної рівноваги, за рахунок внутрішньої енергії, використовує виникаючі суб'єктивні відчуття (див. рис. 1, а).

З таких позицій, людина має можливість за допомогою розуму, своїх відчуттів, своєї фізичної, а дещо пізніше і інтелектуальної праці, здійснювати дії, що сприяють мінімізації зростання природної ентропії, будучи джерелом багатьох штучних організаційних процесів на Землі. Заради такої організації людина, яка, ще раз додамо, переслідує тільки свої суто людські цілі, використовуючи свій розум, придумує безліч технологічних процесів, в результаті яких з'являються все нові вироби, речі, матеріали, які раніше не були відомі природі в принципі. І вони не могли з'явитися без участі людини. Але в цих речах і матеріалах, так чи інакше, є організована по-своєму специфічним чином енергія Сонця, яка в найрізноманітніші періоди часу прийшла на Землю і тільки через людський розум не зникла, а зосередилася в тому, що не могло б з'явитися і існувати без людини. Ця енергія залишається на планеті, використовується на благо цієї планети, і не втрачається в космічному просторі.

Уже на етапі освоєння вогню, процесів організованого горіння людина прийшла до висновку, що існують такі способи збереження цього тепла, при яких горіння одиниці органічного палива може давати більше або менше теплової енергії, в залежності від того, наскільки організованим є джерело горіння, наскільки ізольоване місце теплопостачання (індивідуальний одяг, печера, житло, побудоване з каменю, дерева, глини). Далі, освоївши теплові машини, людина придумав коефіцієнт корисної дії, який показав, наскільки ефективно він використовував цю теплову енергію.

Таким чином, Природа створила невичерпне джерело штучних, тобто рукотворних, способів накопичення сонячної енергії на Землі. Це, мабуть, одне з головних природних призначень людини і його розуму.

Розум, у цієї площині представлений тут як здатність людини організовувати процеси залучення і перетворення практично необмеженої кількості зовнішньої енергії на Землі заради своїх потреб, а насамперед – задля зниження сукупної ентропії на планеті.

Є побоювання, що ми не зможемо точно підрахувати, скільки саме сонячної енергії на Землі було отримано і використано людством за весь час свого існування, у вигляді біологічної (рослинної і тваринної) їжі, організованого руху тяглових тварин, падаючої води і вітру, парових поршнів і лопатей турбін, енергії горючого вугілля і нафти, деревини і газу, електричної енергії і енергії атома, що розпадається, морських припливів і підземного тепла, тощо. Результат тут можна тільки оцінити.

Такий розрахунок також може бути дуже обтяжливим і неточним. Тому простіше прийняти всю концентровану енергію Сонця, яку людина використовувала в усі часи за умовну одиницю. Позначимо її як $E_S = 1$. І таким чином можливо робити оціночні розрахунки щодо цієї величини. Повну енергію, яка залишається на планеті у вигляді всього створеного людиною в цей момент часу, уявимо як $E_{\text{факт}}$. Далі. Людині потрібно не просто щось створити, а зуміти це зберегти. Тому умовні «експлуатаційні витрати» у вигляді енергії, витраченої на підтримку всього створеного, ми

позначаємо як $E_c(\tau)$. І, звичайно, за час свого існування людина змогла зруйнувати частину того, що вже було створено раніше, або використовувати вже накопичену Природою енергію Сонця у вигляді, наприклад, вуглеводнів. Енергія, витрачена на руйнування (наприклад, війни) вже створеного або використання природних енергетичних ресурсів, позначимо як E_r. Нас можуть зацікавити пропорції, в яких існують ці види накопиченої енергії. Тут ми можемо оцінити їх лише в якомусь засвоюваному діапазоні, який береться виходячи з логіки даного питання.

В одиничних координатах $E_{\text{факт}}, E_c(\tau), E_r$ побудуємо поверхню (див. рис. 1, б), описану рівнянням $E_S = 1 = E_{\text{факт}} + E_c(\tau) + E_r$. У ньому область трикутника ABC відображає пропорційну взаємодію всіх трьох перерахованих вище компонентів пошуку. Область, позначена як $A, 2, 3', B, 2', 1'', C, 4'', 1$ без урахування зазначеної ABC, містить трапецієподібні області, які відображають бінарну взаємодію кожної пари шуканих параметрів. Площі цих фігур легко обчислюються за координатами кожної із зазначених точок.

Відтак: Область ABC відображає $E_{\text{факт}} \cup E_c(\tau) \cup E_r$ і дорівнює 0,26 $(\text{од.})^2$; область $C, 4'', 1, A$ відображає $E_{\text{факт}} \cup E_r$ і дорівнює 0,16 $(\text{од.})^2$; область $A, 2, 3', B$ відображає $E_{\text{факт}} \cup E_c(\tau)$ і дорівнює 0,09 $(\text{од.})^2$; область $B, 2', 1'', C$ відображає $E_c(\tau) \cup E_r$ і дорівнює 0,17 $(\text{од.})^2$. Таким чином, відношення площ, пропорційних сконцентрованої на них енергії, до її максимального значення, що визначається площею всієї одиничної тривимірної поверхні 1,1,1 в координатах, $E_{\text{факт}}, E_c(\tau), E_r$ рівних 0,855 $(\text{од})^2$, становить:

- для показника ABC - 0,26/0,855→ 30, 4%. Це означає, що, за оцінками, тільки 30,4% всього того, що створила людина за всю свою історію, служить Природі сьогодні, як штучно концентрована енергія Сонця. Цей показник не є високим. Аналогічно:

- для показника $C, 4'', 1, A$ – 0,16/0,855;→ 18,7%. Іншими словами, людина витрачала 18, 7% концентрованої енергії на створення того, що потім було знищено;

- для показника $A, 2, 3', B$ - 0,09/0,855 →10,5%. Тобто трохи більше 10% концентрованої енергії витрачається на підтримку того, що існує сьогодні на планеті, як справа рук людини;

- для показника $B, 2', 1'', C$ – 0,17/0,855→ 19,9%. І, нарешті, близько 20% створеної ним енергії людина витрачала на руйнування або втрату того, що ним було створено раніше.

ВИСНОВОК. Таким чином, у всьому, що створено людиною, було 30, 4% + 18, 7% + 10, 5% = 59, 6% енергії Сонця, яка використовувалася в тому чи іншому вигляді і у відносних одиницях. Ця енергія використовувалася, в кінцевому результаті, для мінімізації ентропії, тобто нові форми енергії збережені на Землі як фактор її організованості, як результат діяльності

людини нарівні з іншими механізмами: створенням ландшафтів, морів та інших геологічних процесів, поряд з фотосинтезом і харчовими ланцюгами в біологічному світі та ін. Ще 19, 9% енергії, яка так чи інакше потрапила у володіння людини, було витрачено даремно або було втрачено з плином часу і не може бути віднесена до синергізму. Решта енергії, що сприймається людиною (трохи більше 20%) як похідна від сонячної енергії, відноситься до його внутрішнього енергоспоживання самого організму, за рахунок чого, у тому числі, центральна нервова система людини забезпечує цю синергію.

1. Данные о мировой энергетике и климате – Ежегодник 2022. https://energystats.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html8.
Хрисанфорова Е.Н., Мажуга П.М. Очерки эволюции человека. Киев.: Наукова думка, 1985. 136 с.

2. Manabe S., Wetherald R. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity // Joum. Atmospheric Sciences. 1967. V. 24. P. 241-259.

3. Schroder K.P., Smith R.C. Distant future of the Sun and Earth revisited // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2008. V. 386. P. 155-163.

4. Еськов Е. К. Эволюция Вселенной и жизни. Энергетический баланс Земли. Адамант Моторс, Чернигов, 2015. https://studref.com /497984/geografiya/ energeticheskiy_balans_zemli.

5. Подолинский С.А Труд человека и его отношение к распределению энергии / С.А. Подолинский // Слово, 1880. тт. IV–V. С. 135–211.

6. Волошин В. С., Азархов А. Ю. Сравнительный анализ термодинамики организма человека с позиций отходообразования в сопоставлении с искусственными технологиями.// Вісник ПДТУ. Технічні науки. Зб. наук. праць. 2019. Вип. 39. – С. 175-185.

С.Я. Гільгурт, О.Г. Кіслов, В.М. Попова

ОЦІНКА КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СХЕМ НА СКІНЧЕННИХ АВТОМАТАХ ДЛЯ РЕКОНФІГУРОВНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Серед підходів до побудови апаратних схем розпізнавання патернів у реконфігуровних (на базі ПЛІС) системах захисту інформації найбільш ефективними вважаються три напрями, що базуються на використанні [1]:

– асоціативної пам'яті на цифрових компараторів;

– фільтрів Блума, що використовують геш-функції;

– скінченних автоматів.

В попередніх роботах авторів було розглянуто питання оцінки кількісних характеристик схем асоціативної пам'яті на цифрових компараторах [2] і схем на базі фільтра Блума [3] В даному дослідженні розглянуто напрям, що базується на використанні скінченних автоматів (які апаратно реалізують алгоритм Ахо–Корасік [4, 5]). Запропоновано методики оцінки кількісних характеристик схем розпізнавання, побудованих на основі цього напряму.

В роботі [6] докладно розглянуті принципи побудови скінченних автоматів Ахо–Корасік (СА-АК) реконфігуровними засобами для вирішення задач інформаційної безпеки. До переваг апаратних схем пошуку патернів підозрілої активності такого типу належать [7]:

– помірні витрати логічних ресурсів та тригерів;

– передбачуваність пропускної здатності створюваних систем захисту інформації;

– здатність реалізовувати функціональність динамічної реконфігурації та селективного розпізнавання;

– гарна масштабованість за довжиною патернів.

В якості недоліків схеми СА-АК можна перелічити наступне:

– надмірне споживання ресурсів пам'яті;

– погана масштабованість за об’ємом словнику сигнатур;

– складність реалізації режиму запобігання вторгнень.

Недоліком також є відносно невисока пропускна здатність порівняно з пристроями на основі асоціативної пам'яті та фільтрів Блума. Але дослідження чисельних розробників дозволили суттєво пом'якшити згадані проблеми.

Запропонований в роботі [8] метод прискореного розрахунку кількісних характеристик компонентів реконфігуровних систем захисту інформації дозволяє швидко знаходити оцінки апаратних витрат таких компонентів без виконання ресурсномісткої процедури синтезу цифрової схеми за допомогою системи автоматизованого проектування. Метод заснований на обчисленні так званих функцій оцінки (ФО), які в умовних одиницях розраховують апаратні витрати всіх видів, а саме логічних таблиць, тригерів, блоків пам’яті

тощо, потрібних для синтезу відповідних схем, а також їх швидкісні характеристики. Щоб зробити співрозмірними різнорідні типи апаратних ресурсів в згаданому методі вони зводиться до єдиної умовної одиниці, в якості якої використовується логічна таблиця (LUT) як мінімальний елемент структури ПЛІС. Тобто підрахунки здійснюються в умовних логічних таблицях (УЛТ).

Використовуючи такій підхід, значення R ресурсів, що потрібні для синтезу деякого компоненту обчислювальної структури, може бути подано у вигляді:

$$R = L + \alpha F + \beta B + \gamma M \text{ ,}$$

де L – об'єм ресурсів логіки ПЛІС (кількість ЛТ), F – ресурси розподіленої пам'яті ПЛІС (кількість тригерів), B – об'єм ресурсів блокової пам'яті ПЛІС (число блоків BRAM), M – об'єм ресурсів зовнішньої пам'яті – бортової пам'яті реконфігуровного обчислювача (у Мбайтах), α, β, γ – коефіцієнти нормалізації відповідних ресурсів відносно УЛТ.

При створенні схем розпізнавання на базі СА-АК потрібні логічні ресурси та тригери для побудови керуючого пристрою (КП), контролера зовнішнього оперативного запам'ятовуючого пристрою (КОЗП), якщо ОЗП зовнішній, а ПЛІС не містить апаратно реалізованого контролера, а також ресурси пам'яті.

Як свідчить аналіз, кількість ресурсів, що потрібні для побудови КП та КОЗП незначною мірою залежить від словнику патернів. Фактично ця залежність зводиться лише до зміні розрядності регістрів КП та КОЗП при зміні розміру пам'яті скінченого автомату. Запропонована в дослідженні техніка підрахунку ресурсів керуючих пристроїв для схем СА-АК полягає в тому, що кількості ЛТ та тригерів, потрібних для створення кожного з керуючих пристроїв, подаються як функціональна залежність від розрядності шини адреси пам'яті. Експериментально було з'ясовано, що лінійна апроксимація забезпечує прийнятну точність для ресурсів обох типів. Відповідні коефіцієнти (окремо для ЛТ та тригерів) знаходяться емпірично в результаті виконання синтезу декількох тестових варіантів пристроїв.

Кількість ресурсів пам'яті, потрібних для створення скінченного автомату Ахо–Корасік, складно подати у вигляді аналітичної функції від змінних, що є властивостями словнику патернів, та параметрів, що є властивостями реконфігуровного обчислювача. Суть запропонованої в дослідженні техніки підрахунку ресурсів пам'яті для схем СА-АК полягає у використанні реалізованого програмними засобами функціонального перетворення ProcAC(P, Tr_{dr}, Tr_{cr}, Tr_{fl}, Tr_{rs}), яке для обраного варіанту реалізації СА-АК з поданого на його вхід набору патернів P шляхом швидкого будування в пам'яті комп'ютера віртуального скінченного автомата Ахо–Корасік знаходить кількості прямих (Tr_{dr}), перехресних (Tr_{cr}), хибних (Tr_{fl}) та післястартових (Tr_{rs}) переходів. З отриманих значень згідно з

використаним кодуванням та задіяною технікою скорочення запам’ятовуючих ресурсів розраховуються об’єми пам'яті, що потрібні для зберігання переходів кожного типу та загальний об’єм ресурсів ЗП:

$$B_{\text{ЗП}} = f_{\text{dr}}(\text{Tr}_{\text{dr}}) + f_{\text{cr}}(\text{Tr}_{\text{cr}}) + f_{\text{fl}}(\text{Tr}_{\text{fl}}) + f_{\text{rs}}(\text{Tr}_{\text{rs}}) + f_{\text{MV}},$$

де $f_{\text{dr}}()$, $f_{\text{cr}}()$, $f_{\text{fl}}()$, $f_{\text{rs}}()$ та f_{MV} – функціонали, які визначають, скільки ресурсів пам'яті (в байтах) потрібно для зберігання переходів кожного типу та векторів збігу відповідно. Для більшості реалізації СА-АК дані функціонали являють собою множення на коефіцієнт, який дорівнює кількості байтів, потрібних для зберігання даних про один перехід відповідного типу.

Використовуючи запропоновані методи, отримуємо наступне представлення ресурсної складової ФО для схеми СА-АК із зовнішньою пам'яттю ACRAM:

$$\theta^{R}_{\text{ACRAM}} = A_{\text{ЛКП}} + A_{\text{ЛКОЗП}} + (B_{\text{ЛКП}} + B_{\text{ЛКОЗП}})(\lceil \log_2 M_{\text{РУО}} \rceil + 20) +$$

$$+ \alpha\,(A_{\text{ТКП}} + + A_{\text{ТКОЗП}} + (B_{\text{ТКП}} + B_{\text{ТКОЗП}})(\lceil \log_2 \rceil + 20)) + \gamma B_{\text{ЗП}}, \ldots\ldots (1)$$

де $A_{\text{ЛКП}}$, $B_{\text{ЛКП}}$, $A_{\text{ТКП}}$, $B_{\text{ТКП}}$, $A_{\text{ЛКОЗП}}$, $B_{\text{ЛКОЗП}}$, $A_{\text{ТКОЗП}}$, $B_{\text{ТКОЗП}}$ – коефіцієнти лінійної апроксимації, знайдені емпіричним шляхом для схем КП та КОЗП – окремо для витрат логіки (з літерою "Л" в індексах) та тригерів (з літерою "Т" в індексах).

Наявність у виразі ……(1) коефіцієнтів α і γ нормалізації відносно УЛТ свідчить, що схема ACRAM використовує три типи ресурсів: логічні таблиці, тригери та зовнішню пам'ять.

Часова складова ФО для схеми ACRAM знаходиться як:

$$\theta^{T}_{\text{ACRAM}} = T_{\text{ACRAM}} = T_{\text{RAM}} \frac{N_{\text{dr}} R_{\text{dr}} + N_{\text{cr}} R_{\text{cr}} + N_{\text{fl}} R_{\text{fl}} + N_{\text{rs}} R_{\text{rs}} + N_{\text{MV}} R_{\text{MV}}}{5 R_{\text{ОЗП}}}, \quad (2)$$

де N_{dr}, N_{cr}, N_{fl}, N_{rs} та N_{MV} – кількості звернень до ОЗП за такт роботи СА у випадку здійснення прямого, перехресного, хибного, післястартового переходу та отримання коду прийнятного стану відповідно, R_{dr}, R_{cr}, R_{fl}, R_{rs} та R_{MV} – об’єми пам'яті (в байтах), потрібні для зберігання відповідно прямих, перехресних, хибних і післястартових переходів та векторів збігу відповідно, $R_{\text{ОЗП}}$ – сумарний об’єм пам’яті, потрібної для всіх переходів автомату та векторів збігу.

При реалізації СА-АК на базі пам'яті BRAM виникають ті ж складнощі, що і при побудові фільтрів Блума. Тому вирази для РС і ЧС ФО схеми АК із внутрішньою пам'яттю ACBRAM виявляються більш складними.

Зауважимо, що отримані вище вирази (1) – (2) є функціональними залежностями кількісних характеристик схеми ACRAM від параметрів реконфігуровного обчислювача (як констант) та характеристик заданого набору патернів (як змінних).

Отже, в проведеному дослідженні розглянуто техніку прискореного обчислення технічних параметрів реконфігуровної схеми розпізнавання, що базується на використання скінченного автомата Ахо–Корасік. Наведені формули побудови ресурсної та часової складових функції оцінки, які дозволяють швидко знаходити, відповідно, апаратні витрати, потрібні для побудови схеми СА-АК, і її швидкісні характеристики

1. Rouget P., Badrignans B., Benoit P., Torres L. "FPGA Implementation of Pattern Matching for Industrial Control Systems," 2018 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW), Vancouver, BC, Canada, 2018, pp. 210-213, doi: 10.1109/IPDPSW.2018.00040.
2. Гільгурт С.Я., Кіслов О.Г, Попова В.М. Оцінка кількісних характеристик схем асоціативної пам'яті на цифрових компараторах для реконфігуровних засобів захисту інформації // Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації: Матеріали наук.-практ. конф. Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 28 – 29 грудня 2020. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2020. – С. 8-9.
3. Гільгурт С.Я., Кіслов О.Г, Попова В.М. Оцінка кількісних характеристик схем фільтра Блума для реконфігуровних засобів захисту інформації // Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації: Матеріали наук.-практ. конф. Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 22 грудня 2021. – К.: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, С. 25-26.
4. Aho A., Corasick M., "Efficient String Matching: An Aid to Bibliographic Search," Communications of the ACM, vol. 18, no. 6, pp. 333-340, 1975.
5. Tashev K., Durdona I., Mokhinabonu A., "Comparative performance analysis the Aho-Corasick algorithm for developing a network detection system," 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146815.
6. Гільгурт С. Побудова скінченних автоматів реконфігуровними засобами для вирішення задач інформаційної безпеки // Захист інформації. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 111-120. doi: 10.18372/2410-7840.21.13768.
7. Гільгурт С.Я. Порівняльний аналіз підходів до побудови компонентів реконфігуровних засобів технічного захисту інформації // Проблеми інформатизації та управління. – Київ, 2021. – Том. 2, № 66. – С. 17-26, doi: 10.18372/2073-4751.66.15712.
8. Гільгурт С.Я. Метод прискореної кількісної оцінки компонентів реконфігуровних сигнатурних систем кіберзахисту // Електронне моделювання. – 2022. – Т. 44, № 5. – С. 3-24. doi: 10.15407/emodel.44.05.003.

В.А. Дюков, О.А. Владимирський, В.А. Артемчук

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ВИГОРОДКИ РЕАКТОРА ВВЕР-1000

Особливістю експлуатації вигородки реактора є те, що потужний потік нейтронів і гамма-квантів призводить до її суттєвих змін внаслідок зростання термопружних напруг і процесу низькотемпературного радіаційного розпушування. Розпухання металу вигородки зменшує сумарні зазори між тепловиділяючими складаннями в активній зоні і може призводити до їх викривлення в процесі експлуатації. Також це може призвести до механічного навантаження шахти реактора, погіршення умов тепловідведення та прогресуючого зростання температур у вигородці та шахті, що призведе до підвищення радіаційного розпушування матеріалу вигородки.

Контроль геометричних параметрів вигородки реактору ВВЕР-1000 є нетривіальним технічним завданням. Розмір об'єкта більш ніж 4х3 м, вага – 35 т. Роботи з проведення вимірювань внутрішніх геометричних розмірів виконуються в період проведення ремонту, а саме у момент вивантаження/завантаження палива, коли можливий фізичний доступ до внутрішньокорпусних конструкцій реактора.

Відомі системи вимірювань внутрішніх геометричних розмірів вигородки реактора.

1. У системи вимірювання геометрії вигородки **СТС-К-ВКУ** реалізовано тріангуляційний метод визначення відстані від оснащеного лазером та ТВ-камерою зонда системи до точки падіння променя лазера на поверхню вигородки. Вимірювання здійснюються шляхом запису телевізійного зображення при обертанні вимірювального зонду навколо осі штанги з подальшою цифровою обробкою отриманих зображень з метою визначення відстані від умовного центру вигородки до внутрішньої поверхні вигородки. Після виконання одного оберту, зонд переміщується вертикально і проводяться вимірювання розмірів у новій горизонтальній площині.

Система СТС-К-ВКУ застосовувалася для проведення вимірювань геометрії вигородки реакторів Балаківської, Калінінської та ін. АЕС. Отримані відомості використано для індивідуалізації та зниження консервативності розрахунку допустимого терміну служби ВКУ конкретних енергоблоків. У 2020р. за допомогою модернізованої системи СТС-К-ВКУ-М проведено вимірювання геометрії вигородки реактора ВВЕР-1000

енергоблоку №6 АЕС «Козлодуй» з метою підтвердження можливості 60-річного терміну експлуатації.

Недоліками систем СТС-К-ВКУ и СТС-К-ВКУ-М є недостатня точність вимірювань і неможливість вимірювань через розсіювання променів від осі вигородки до її стінки та назад при наявності каламутного розчину всередині вигородки. Розчин борної кислоти повинен бути присутнім з міркувань безпеки.

2. Вимірювання внутрішніх розмірів вігородки у системи **ССИ ВКУ** здійснюється за допомогою чотирьох ультразвукових мікрометрів УУС-01, які встановлені на кінцях двох швелерів, закріплених під кутом 90°. Система закріплюється до штанги машини перезавантажувальної, яка транспортує систему в середину вигородки на певну висоту. Вимірювання здійснюються шляхом ультразвукового сканування внутрішньої поверхні вигородки в горизонтальній площині при обертанні системи навколо осі штанги. Завдяки тому, що датчики закріплені діаметрально протилежно, отримані відстані від датчиків до поверхні вигордки підсумовуються, додається відома відстань між датчиками і, в результаті, отримуємо відстань між двома протилежними точками на поверхні вигородки. Так як у складі системі передбачено дві пари датчиків, осі яких перетинаються під кутом 90°, для отримання значень відносних діаметрів на окружності 360° достатньо здійснити обертання системи на кут 90°.

Після виконання обертання на кут 90°, система переміщується вертикально і проводяться вимірювання розмірів у новій горизонтальній площині при обертанні системи навколо осі штанги на кут 90° у протилежному напрямку. Прозорість робочого середовища (розчин борної кислоти) не потрібна.

Вимірювання внутрішніх розмірів вигородки проводились на блоках ВП ЮУАЕС та на блоках ВП ЗАЕС. Основний недолік систем ССІ СКУ – точність у 6 разів нижча за потрібну.

3. В комплексе ВК-5 [1] (ВП “КБ “Атомприлад”) измерения проводятся под прямым углом к параллельным граням выгородки із врахуванням особливостей конструкції вигородки. У горизонтальному січенні вигородка (рис.1) має 6 симетричних секторів, які розташовані по периметру вигородки з кроком 60°. Кожна грань вигородки має паралельну грань, яка розташована симетрично відносно осі вигородки. У кожному секторі 15 граней. Всього граней 15 х 6 = 90. Так як кожній грані відповідає паралельна грань, можна провести перпендикулярно до граней 90/2 = 45 хорд. Довжини хорд однозначно визначають внутрішні геометричні розміри вигородки. Всього існує сім типорозмірів хорд.

При практичній реалізації експериментальної системи ВК-5 з метою спрощення та здешевлення системи прийнято рішення скоротити кількість вимірюваних хорд з 15 до 5 для кожного з положень, наведених на рис. 3.5, а саме, тільки в тих місцях, де вигородка має максимальне, мінімальне та середнє значення товщини.

Конструкція комплексу ВК-5 детально представлена в [1]. Транспортування та орієнтація вимірювального модуля (МВ) всередині вигородки здійснюється за допомогою машини перевантажувальної (МП) та роликовими опорами.

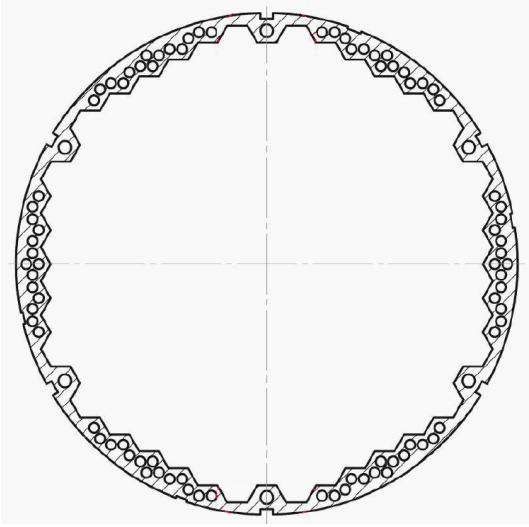


Рис.1. Горизонтальний переріз вигородки реактора ВВЕР-1000.

Вимірювання здійснюються одночасно між 10 гранями вигородки за допомогою п’яти Лінійок вимірювальних [ЛВ].

Схема вимірювань передбачає вертикальне сканування вигородки з кроком 100 мм у початковому нульовому кутовому положенні МВ відносно осі реактора І з подальшим послідовним поворотом МВ за годинниковою стрілкою на мінус 60º та проти годинникової стрілки на 60º з вертикальним скануванням у кожному кутовому положенні. Таким чином, за три вертикальних сканування здійснюються вимірювання відстаней між 30 гранями, які мають максимальні формозміни.

В установці ВК5 використовується лазерний тріангуляційний перетворювач відстані РФ603-80/25, діапазон – 25…32,5мм; границі похибки - ±12,5 … ±16,3 мкм.

Випробування системи ВК5 проводилися на енергоблоках ЗАЕС у 2020р. та у 2021р. Апробація вимірювального комплексу ВК-5 підтвердила його здатність проводити вимірювання внутрішніх розмірів вигородки в реальних умовах. Метрологічні параметри в цілому досягнуто. Контроль розмірів вигородки по хордах між паралельними гранями обґрунтований та перспективний. Конструкція МВ та прийняті технічні рішення щодо її переміщення штатним реакторним обладнанням забезпечують її позиціонування та стабілізацію. Можливе доопрацювання системи для

проведення одночасного або послідовного контролю всіх хорд вигородки для забезпечення повноцінного контролю.

Суттєвою проблемою виявилася **низька надійність лазерних вимірювачів** за умов високої радіації. Справа в тому, що через конструктивні особливості системи ВК5 вимірювачі повинні знаходитися в безпосередній близькості від вигородки. Було проведено комплекс технічних заходів, що дозволило підвищити час безвідмовної роботи з початкових 45 хвилин до кількох годин. При цьому потрібно замінити весь комплект лазерних вимірювачів РФ603-80/25 – дорогих імпортних комплектуючих. Оптимізація програми випробувань та виключення простоїв чутливого до радіації обладнання в місцях з підвищеною радіацією принципово проблему малого часу безвідмовної роботи лазерних вимірювачів не вирішує.

Висновки

Перспективну систему слід будувати на основі конструкції стабілізованої платформи – доопрацьованого модуля вимірювальної системи ВК5. Це вдалий, продуманий засіб доставки, кутового та лінійного переміщення, точного позиціонування засобів вимірювання всередині вигородки, добре адаптований до штатних засобів, що є на АЕС.

Застосування лазерних тріангуляційних перетворювачів для вимірювання хорд вигородки є малоперспективним. Дистанційні вимірювання неможливі через наявність каламутного рідкого середовища, а поблизу стінки вигородки є висока радіація. Вибір більш стійких до радіації лазерних вимірювачів та створення захисного бар'єру може виявитися дорогим і малоефективним.

У рамках виконання НДР "ВИГОРОДКА" в ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України запропоновано створення вимірювачів хорд вигородки на основі інкрементної магнітної системи. Магнітна стрічка наклеюється на тестовий зонд. При переміщенні зонда магнітні мітки реєструються сенсорною головкою та підраховуються зовнішнім контролером. Роздільна здатність системи, наприклад, Limes LI50/B2 – 5 мкм є достатньою для розв'язуваного завдання.

1. Дюков В.А. Досвід розробки конструкції системі контролю розмірів вигородки ядерного реактора. Зб. матеріалів XLI Науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня 2023 р. / ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2023. – с124-126.

O. Dzhyhun

INCREASING THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UKRAINE AND ASSESSING THE FLEXIBILITY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM

An increase in the production of electricity from renewable energy sources (RES) has been observed in recent years all over the world. According to current legislation, renewable energy sources include solar, wind, geothermal, hydrothermal, aerothermal energy, wave and tidal energy, hydropower, biomass energy, gas from organic waste, gas from sewage treatment plants, biogas, and secondary energy resources, to which include blast furnace and coke gases, methane gas from degassing of coal deposits, transformation of the waste energy potential of technological processes.

The share of electricity produced by RES is growing, so a key issue for the Ukrainian energy system is its flexibility - the ability of the energy system to effectively manage the variability and uncertainty of changes, its ability to absorb and store energy produced by renewable sources. In 2019 alone, RES capacity increased by 200%. These are significant changes in the power system that require modeling of various scenarios of the system's response to changes. Therefore, the system of reforming the energy sector and the speed of response to challenges are key.

In parallel with the development of RES in Ukraine, new maneuvering and storage capacities should be developed. According to [1], to ensure stable operation of the combined power system, the structure of generating capacities should contain 30–35% of semi-peak and 15% of peak generating units. According to NEC Ukrenergo [2], at the end of 2021, the capacity of hydro- and hydro-accumulating power plants in Ukraine was 4,829 and 1,488 GW, which corresponds to 8.60% and 2.65% of the total capacity of all power generating plants. However, the requirements for peak generating capacities are fully met only by hydroaccumulating power plants, because they do not have any, including seasonal and climatic, restrictions on participation in frequency regulation in the power system in cases of both a decrease and an increase in electricity consumption.

Over the past few years, the share of power plants using renewable energy sources in the structure of generating capacities of UES of Ukraine has significantly increased. The presence of a significant share of such generating capacities leads to the fact that daily fluctuations in the consumption (generation) of electrical energy are superimposed on significant fluctuations in the capacity of RES installations, associated with changes in atmospheric conditions. In the winter season, the presence of such fluctuations is compensated for by the general participation in the regulation of the frequency of hydroelectric power plants, gas power plants, and thermal power plants. At the same time, thermal power plants (TPP) in operation operate within their regulation range and change their load

from 65% of nominal at night to nominal during the period of maximum consumption. In the summer season, when the total capacity of RES installations increases significantly during the day, the regulatory capabilities of hydroelectric power plants and thermal power plants become insufficient, which may lead to the need to reduce the capacity of power plants designed to operate in the basic mode. To prevent such situations, there is a need for the construction and commissioning of additional peak and semi-peak capacities

According to the scenarios of the Report on the Assessment of Compliance (Sufficiency) of Generating Capacities, Ukraine needs 2 GW of new highly maneuverable capacities with a quick start. However, the appropriate regulatory base has not been created, and modern fast maneuvering facilities have not been built. Balancing occurs mostly through outdated coal-fired power generation, which does not meet today's requirements and causes large emissions of pollutants and CO2. TPPs and CHPs can be used as semi-peak and in some cases even peak capacities in case of significant improvement of their technical and economic indicators. This can be achieved both through the modernization of existing power plants and through their radical reconstruction with the installation of new plants on CHP sites with better efficiency and better maneuvering characteristics. Gas turbine and gas piston cogeneration plants of small size can also be used as peak plants. capacities that operate on secondary fuel resources [3].

Experts of the Energy Security Project (PES) analyzed the situation with the growing share of RES and proposed various response models. PES studies on increasing the share of RES and assessing the flexibility of the electric power system have shown that dispatching (preemptive limitation) of RES, with proper compensation, is currently the most cost-effective tool for increasing flexibility in the power system. This will also make it possible to reduce investments in new and still quite expensive high maneuverability capacities.

Most analyzes of the future European energy strategy conclude that it is necessary to increase the use of RES. Therefore, issues such as the impact of unstable energy sources on the reliability and adequacy of the power system, the impact of regulations governing curtailment or energy storage, or how much reserve dispatching capacity may be needed to ensure that energy needs are met safely must be considered. Many of these issues are usually addressed by detailed models of the electricity sector with a high technological level. On the other hand, typical system-wide energy models cannot easily implement such levels of detail, which becomes overly complex, and therefore recent research projects attempt to combine energy system models with more detailed sectoral energy models and other special support tools [4, 5].

Correct assessment of system flexibility requires a large amount of data and a detailed modeling system. Thus, attempts have been made to improve power system model flexibility and to increase the temporal resolution of models such as TIMES to hourly resolution, but this approach has the limitation that hourly resolution is insufficient to capture important aspects of power system flexibility. It is important to model the detailed technical characteristics of an individual

installation, since power plant power aggregation in power system models leads to undesirable results.

In large power system models such as TIMES, the transmission network is essential for system flexibility. Transmission congestion can limit the flexibility that can be realized in practice, the transmission network will affect the dispatching process of power plants. Depending on the nature of the power system (e.g. small isolated versus large interconnected) different problems of lack of sufficient inertia, short-circuit power, dynamic reactive power support, frequency change problems, etc. arise and tend to become bottlenecks in renewable energy and require appropriate modeling.

The proposed models of energy systems to meet future energy needs generate the paths of a complete energy system, choosing energy technologies for end use, transformation and energy supply technologies with the possibility of setting restrictions, such as maximum carbon dioxide emissions, minimum renewable energy, maximum energy security, etc. Computationally, this makes the problems more manageable, but there are trade-offs in terms of accuracy and solution quality.

Currently available models are not able to adequately reflect flexibility issues, so new approaches are needed in power system modeling. To simplify the model, it is necessary to achieve the right trade-off between utility and computational complexity.

Future energy systems are likely to be a complex combination of centralized and decentralized energy production with a wide range of energy resources and new energy technology. As electricity consumption becomes more important, the use of flexibility in demand is difficult. In order to adequately analyze and mitigate the impact of the increasing share of variable generation in the power system, the existing methodological analysis and modeling of power systems need improvement at all levels, including frequency and voltage stability studies, economic dispatching, regional planning models, and global integrated assessment models.

1. O. Yu. Chernousenko The state of Ukraine's energy industry according to the results of the modernization of TPP power units. Problems of general energy, 2014, 39, pp. 20—28.

2. NEC "Ukrenergo". Installed capacity of the energy system of Ukraine. 2019. Removed from https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosystemy-ukrayiny/.

3 V. I. Filatov, I. L. Golenko Use of thermal power plants as peak and semi-peak capacities. International Scientific Journal "Grail of Science", 2022,No. 12–13, pp 288—294.

4. J. Ma, V. Silva, R. Belhomme, D. Kirschen, L. Ochoa Evaluating and planning flexibility in sustainable power systems// IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2013, Vol. 4, no. 1, pp. 200—209.

5. J. Ma Evaluating and Planning Flexibility in a Sustainable Power System with Large Wind Penetration /University of Manchester, 2012.

В.О. Дерій, В.В. Станиціна

СТАН ТА СТРУКТУРНИЙ РОЗВИТОК СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ

Теплопостачання населених пунктів України забезпечується системами автономного, децентралізованого, помірно-централізованого та централізованого теплопостачання [1]. Держстатом України [2] вся теплова енергія, яка виробляється в Україні і постачається населенню та на комунально-побутові потреби, поділена на наступні статистичні групи за потужністю котелень та джерелами їх отримання: до 3 Гкал/год; 3–20 Гкал/год; 20–100 Гкал/год; більше 100 Гкал/год; одержання теплової енергії зі сторони (від енергії котельних промислових та інших підприємств). Частка котелень першої групи в теплопостачанні більшості регіонів України, збільшувалась протягом 2005-2014 рр., що пояснюється процесами децентралізації. Особливо значні зміни відбулися в таких областях, як Івано-Франківська, Херсонська та Закарпатська, де частка цих котелень у збільшилась майже втричі [3]. По Україні у 2005–2014 рр. спостерігалося незначне збільшення частки СЦТ з 63 % до 65,2 % в загальному обсязі постачання теплової енергії з подальшим її зменшення до 52% у 2017 р. [4].

До війни сектор централізованого теплопостачання (ЦТ) забезпечував опаленням близько половини всіх житлових багатоквартирних будинків в Україні (83590 будинків) та 16267 громадських будівель. Крім того, близько 40% усіх будівель, під'єднаних до ЦТ, отримували з мережі гарячу воду для побутових потреб [5]. Загальний обсяг відпуску теплової енергії в 2020 р. всіма джерелами системам теплопостачання з урахуванням споживання промисловістю становив 88954,1 тис. Гкал. Структура відпуску теплової енергії показана на рис 1 [6].

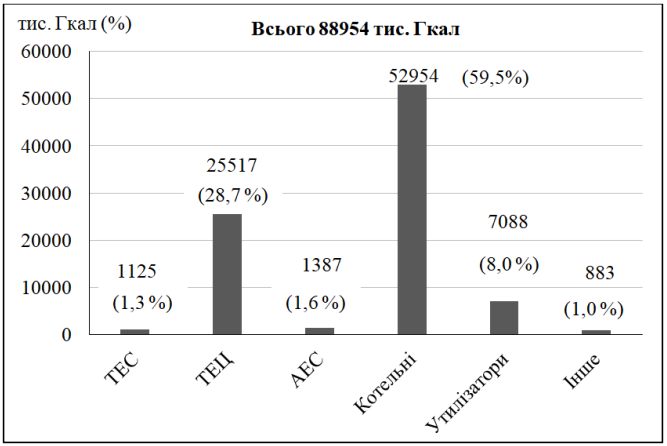


Рисунок 1 – Структура відпуску теплової енергії в 2020 р.

Основне обладнання систем теплопостачання України фізично зношене та технологічно застаріло. Близько 60% котелень відпрацювали свій нормативних термін, 38% обладнані застарілими малоефективними котлами з низьким коефіцієнтом корисної дії [7]. Термін експлуатації більшості теплових мереж перевищує 20-25 років. Реальні втрати теплової енергії в мережах становлять 16–22% [3]. Загальна довжина трубопроводів мережі ЦТ у 2017 році становила 20100 км у двотрубному вимірі. Найдовші мережі ЦТ знаходяться у місті Києві та Дніпропетровській області. При цьому, станом на кінець 2017 року 38% усіх мереж в Україні були в аварійному стані та потребували заміни [5].

Стан систем теплопостачання багатьох населених пунктів України значно погіршився через руйнування, які принесла агресія Росії. Станом на березень 2023 р. було зруйновано 472 котельні, 122 центральних теплових пунктів, 145,4 км теплових мереж, 23 газорозподільчі станції, за різними даними 11 або 13 ТЕЦ (більше 70 % від довоєнного часу). Значна частина інфраструктури централізованого теплопостачання у постраждалих від війни районах країни повністю зруйнована [8, 9]. Станом на середину вересня 2023 р. було відремонтовано майже 80 % обладнання ТЕЦ, до опалювального сезону були готові 15,2 тис. котелень, 84 % тепломереж, 78 % центральних теплових пунктів [10].

Повоєнне відновлення зруйнованих міст із їхніми системами теплопостачання та нове будівництво призведе до ущільнення існуючої забудови, що обумовить підвищення щільності теплових навантажень. В результаті цього зросте ефективність та збільшиться рівень конкурентоспроможності СЦТ. А застосування новітніх технологій і комплектуючих у будівництві теплових мереж дасть змогу значно знизити теплові втрати. У разі застосування технологічно ефективних систем вартість теплової енергії для споживачів СЦТ буде нижчою, ніж у разі використання інших варіантів.

Таким чином, Україна стала перед фактом необхідності проведення масової реконструкції та відновлення систем теплопостачання населених пунктів і це дає її унікальний шанс використати сучасні енергоефективні теплогенеруючі технології, які суттєво зменшать споживання викопного палива та обсяги викиди парникових газів, що дозволить виконати свої зобов'язання, як країни-підписанта Паризької угоди щодо декарбонізації власної економіки.

1. Про теплопостачання. Закон України. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text.

2. Про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж в Україні. Державна служба статистики України. Статистичні бюлетені за 2005-2014рр. Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/05/Arch_tep_bl.htm (дата звернення: 24.10.2023).

3. Дерій В.О. Можливості впровадження електричних теплогенераторів в системах централізованого теплопостачання України. *Проблеми загальної енергетики*. – 2017. –3(50). – С. 50-59. https://doi.org/10.15407/pge2017.03.050.

4. Домбровський О., Савчук С., Корсакайте Д., Гелетуха Г. Як зберегти і розвивати централізоване теплопостачання в Україні. Інформаційне агентство «Україна Комунальна»: веб-сайт. Режим доступу: http://jkg-portal.com.ua/ua/publication/one/jak-zberegti--rozvivati-centralzovane-teplopostachannja-v-ukrajin-53570 (дата звернення: 17.10.2023).

5. Кузін М. Оперативна оцінка руйнувань та економічних втрат у секторі централізованого теплопостачання, спричинених російською агресією в Україні - Вокс Україна. - 18 Жовтня 2022. Режим доступу: https://voxukraine.org/operatyvna-otsinka-rujnuvan-ta-ekonomichnyh-vtrat-u-sektori-tsentralizovanogo-teplopostachannya-sprychynenyh-rosijskoyu-agresiyeyu-v-ukrayini (дата звернення: 25.10.2023).

6. Постачання та використання енергії за 2020 р. [Електронний ресурс] // Державна служба статистики. - Режим доступу : https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/energ/pve/pve2020.xls (дата звернення: 25.10.2023).

7. Децентралізоване опалення в Україні: потенціал та шляхи впровадження. – березень 2017 року. Режим доступу: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Detsentralizovane-opalennya.-Potentsial-ta-shlyahi-vprovadzhennya.pdf. (дата звернення: 17.10.2022).

8. Ukraine Energy Damage Assesment. Executive summary. March 2023. UNDP & the World Bank. Режим доступу: https://www.undp.org/ukraine/publications/ukraine-energy-damage-assessment. (дата звернення: 17.10.2023).

9. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. Режим доступу: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report.pdf. (дата звернення: 23.10.2023).

10. Ковалено О. 80% обладнання ТЕЦ готове до зими, - Шмигаль. УНІАН. 2023-09-13 Режим доступу: https://www.unian.ua/economics/energetics/pidgotovka-do-zimi-shmigal-rozpoviv-pro-remont-tec-12391647.html (дата звернення: 25.10.2023).

В.Ю. Зубок, Р.С. Драгунцов

ОСОБЛИВОСТІ РОЗСЛІДУВАННЯ ТА РЕАГУВАННЯ НА ІНЦИДЕНТИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В УМОВАХ МАСОВИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Загальна проблематика

Впродовж російсько-української війни, зокрема зими 2022-2023 року російські війська активно застосовували атаки на цивільну енергетичну інфраструктуру в якості фактору військового впливу. Спровоковані таким чином перебої в роботі енергосистеми держави мали вплив на усі галузі господарства, і зокрема мали вплив у сфері кібербезпеки. Основним чинником впливу була втрата зв'язку.

Окрім очевидних впливів на доступність IT-систем, серйозної шкоди зазнає спостережність інформації, суттєво ускладнюються процедури відновлення, розраховані на відносно нетривалі періоди відключень електропостачання [1], та операційні процеси кібербезпеки, здійснювані командами SOC та CSIRT [2]. Окремим фактором складності, який привноситься масовими відключеннями електропостачання є проблематика розслідування інцидентів кібербезпеки. В той час, як будь-який інцидент інформаційної та кібербезпеки представляє собою ситуацію з високим рівнем невизначеності, аналогічний інцидент в умовах істотних порушень спостережності інформації спричинених дійсним або вірогідним відключенням компонентів системи від мережі електроживлення стає набагато менш прозорим для аналізу та дослідження. Проблематика розслідування інцидентів в умовах зменшеної спостережності інформації представляється достатньо актуальною не лише в контексті масових відключень електропостачання, зумовлених військовими ризиками, а і в умовах катастроф стихійного характеру, перевантаження енергосистеми, тощо.

Найбільш серйозні ризики має втрата зв'язку між елементами критичної інформаційної інфраструктури. Відповідно до [3] критична інфраструктура складається з об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) – інфраструктурних об'єктів, систем, їх частин та їх сукупностей, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам.

Ступінь, або відносний рівень важливості об'єкта критичної інфраструктури, класифікований залежно від впливу ОКІ на виконання життєво важливих функцій та/або надання життєво важливих послуг, визначається категорією критичності. Категоризація ця є окремим законодавчо визначеним процесом.

Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури та, власне, перелік секторів критичної інфраструктури вже зазнавали змін протягом 2022-2023 років [4], [5]. Але на сьогодні в результаті дослідження Порядку віднесення об'єктів до критичної інфраструктури (в редакції ПКМУ від 16 грудня 2022 р. № 1384) можна дійти невтішного висновку, що українське законодавство значно відстає від європейського не тільки у формуванні переліку ОКІ та визначення категорії за рівнем негативних наслідків, а й у визначенні критичних підсекторів. Так, в підсекторі електронних комунікацій України критичним типом основної послуги визначено лише «адміністрування адресного простору українського сегмента Інтернету». Інші послуги електронних комунікацій формально лишаються по-за уваги органу, відповідального за захист критичної інфраструктури підчас особливого стану.

Натомість, видаються інші, паралельні законодавчі акти, які очевидно прирівнюють всю галузь електронних комунікації залученою до критичної інформаційної інфраструктури. Так, [6] було зобов'язано постачальників електронних комунікаційних мереж та/або послуг невідкладно, до 28 листопада 2022 року, забезпечити надання електронних комунікаційних послуг з дотриманням установлених показників якості для переліку об'єктів, визначених відповідним розпорядженням Національного центру оперативно-технічного управління мережами телекомунікацій (НЦУ), з урахуванням можливої відсутності електроживлення на таких об'єктах щонайменше протягом трьох діб.

Рішення [7] взагалі пропонує Національній комісії, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку (НКЕК), у місячний строк опрацювати питання щодо внесення змін до ліцензійних умов провадження діяльності операторів зв'язку з метою забезпечення резервним / автономним живленням об'єктів зв'язку, що забезпечують роботу об'єктів критичної інфраструктури. «Внесення до ліцензійних умов» означає вже не право, а обов'язок постачальників мереж та електронних послуг (термінологія [8]) забезпечувати безперервне функціонування ОКІІ.

Специфіка відключень електропостачання в розрізі кібербезпеки

Допоки підвищення надійності електронних комунікації до рівня критичної інфраструктури є далекою перспективою, ризики безпеки інформації, пов'язані з масовими відключеннями електропостачання є актуальними і впливають на кібербезпеку за декількома напрямками:

- Ураження доступності інформації;
- Перевантаження команд реагування хибнопозитивними спрацюваннями;
- Порушення цілісності інфраструктури захисту;

- Проблеми десинхронізації компонентів системи.

Розглядаючи дані проблеми можна дійти висновку, що всі вони мають вплив на процес розслідування інцидентів кібербезпеки.

Специфічні атрибути інцидентів кібербезпеки в умовах ураженої спостережності систем

Масові, систематичні відключення електропостачання мають істотний вплив на спостережність інформації в інформаційно-комунікаційній системі. Зменшення спостережності інформації призводить до збільшення невизначеності в ситуації та відповідно зумовлює ряд характерних атрибутів таких інцидентів. До таких належать:

- Неповнота отримуваної інформації – в умовах, коли можливість фізичного відключення того чи іншого компоненту інфраструктури та, зокрема, систем безпеки розглядається як високоімовірна в будь-який момент часу, перерва в надсиланні журнальної інформації певним інформаційним активом стає нормальною ситуацією.
- Знижені гарантії достовірності отримуваної інформації – ситуація, коли не вся журнальна інформація надсилається з інформаційного активу до центру керування кібербезпекою зумовлює збільшення толерантності до неповноти отримуваних даних та, відповідно, зменшує рівень довіри співробітників кібербезпеки до отримуваної інформації.
- Розширені можливості порушника безпеки для маніпуляції інформацією, отримуваною командою реагування – враховуючи дві попередні тези, порушник має змогу маніпулювати даними, що надаються для аналізу команді кібербезпеки – вилучаючи певні компоненти та додаючи інакші.

Складності пов’язані з розслідуванням інцидентів кібербезпеки в умовах масових відключень електропостачання

Враховуючи вище наведені атрибути інцидентів кбіербезпеки в умовах обмеженої спостережності інформації, виникає ряд складнощів під час розслідування таких інцидентів, викладені нижче.

Затримка виявлення інциденту. Неповний обсяг інформації збільшує часовий проміжок необхідний для виявлення інциденту кібербезпеки, або певних його атрибутів, що ставить під загрозу можливість своєчасного реагування та захисту від подальших атак.

Обмежені можливості атрибуції. Недостатність наявної інформації обмежує можливості атрибуції, тобто ідентифікації атрибутів та фігурантів інциденту, що ускладнює прийняття рішень щодо заходів протидії.

Недостатня глибина аналізу. Неповнота отримуваної інформації спричинена відмовою певних джерел журнальних даних, або порушенням цілісності інфраструктури захисту може призводити до обмеження глибини аналізу інциденту. Це, в свою чергу, ускладнює розуміння активності та методів покладених в основу досліджуваної кібератаки.

Різнорідний рівень довіри до різних компонентів системи. Дана проблема поєднує усі вище згадані. У разі, якщо в момент інциденту відсутнє електропостачання на певному об'єкті інфраструктури, чи є підозра на таку відсутність, змінюється рівень довіри до отримуваної інформації в різних компонентах мережі. Це ж правило застосовується до випадків обмеження спостережності певних компонентів інфраструктури внаслідок впливу інших деструктивних факторів.

Пропозиції методів розслідування інцидентів кібербезпеки в умовах масових відключень електропостачання

Зважаючи на вище викладені фактори складності розслідування інцидентів кібербезпеки пропонується підхід до зменшення складності задачі розслідування та зведення її до стандартної задачі розслідування з використанням стандартних, прийнятих в конкретному середовищі підходів. Головним ускладнюючим фактором, що впливає на застосовність звичайного, прийнятого метода розслідування інцидентів вважається нерівномірний рівень довіри до різних компонентів системи внаслідок втрати спостережності даних компонентів. Істотна частина інформаційно-комунікаційних систем, що складаються з більш ніж одного компоненту, мають властивість бути географічно розподіленими, що робить проблему спостережності та централізованого управління/моніторингу більш нагальною. В такій ситуації спостережність віддалених компонентів стає важливим фактором утримання кіберстійкості і саме цей параметр інформації на ряду з доступністю отримує суттєвий вплив під час масових відключень електропостачання. Втрата спостережності або доступності одного чи декількох компонентів призводить до зменшення рівня довіри до них та всіх інших, пов'язаних, оскільки таку ситуацію неможливо надійно відрізнити від результатів активності порушника безпеки. Для усунення даної проблеми під час розслідування інциденту кібербезпеки з високим рівнем ризику та вірогідності реалізації, пропонується використання алгоритму послідовної ізоляції та кластерізованого розслідування активності компонентів системи. Опис даного алгоритму викладено на блок-схемі на рис.1.

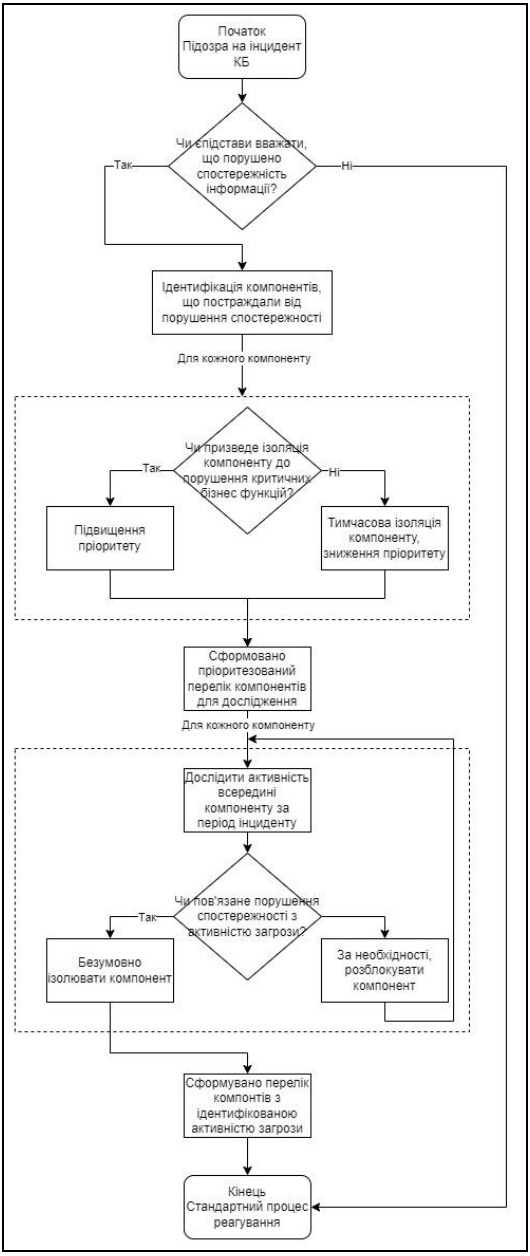


Рисунок. 1 - Алгоритм послідовної ізоляції та кластерізованого розслідування активності компонентів системи

Метою алгоритму є відсіювання компонентів системи, які не зазнали втрат у спостережності інформації або зазнали їх внаслідок відключення електроживлення, від тих, в яких аналогічні наслідки стали результатом активності загрози. Принцип алгоритму полягає в попередній обробці та кваліфікації компонентів системи, що можуть бути уражені внаслідок інциденту на підставі статусу порушення спостережності інформації у компонентів. Формується перелік компонентів системи, спостережність інформації в яких зазнала або потенційно зазнала ураження. Після цього на підставі критерію критичності компоненту виконується тимчасова ізоляція менш критичних компонентів та пріоритизація більш критичних. На наступному етапі, використовуючи сформований пріоритизований перелік компонентів проводиться розслідування активності в кожному з них – у разі, якщо активність загрози фіксується, компонент безумовно ізолюється та додається до переліку потенційно скомпрометованих. У разі, якщо ні – компонент розблоковується, його можливості спостережності відновлюються, та вилучається з процесу розслідування. За результатом даного етапу формується перелік ізольованих компонентів системи, які імовірно зазнали ураження кіберзагрози – даний перелік передається на стандартний процес розслідування.

Висновки

Основну складність в розслідуванні інцидентів кібербезпеки високого рівня ризику та імовірності в умовах масових відключень електропостачання становить різнорідний рівень довіри до інформації, що поступають від компонентів системи та відсутність достатньої прозорості цих компонентів. Для усунення даних складностей можливе використання алгоритму послідовної ізоляції та кластеризованого розслідування активності компонентів системи, що дозволяє здійснити декомпозицію задачі першочергової ізоляції та пріоритизації розслідування інциденту. Таким чином, існує можливість сформувати перелік компонентів системи, уражених загрозою безвідносно до стану спостережності інформації у компоненті та перейти до виконання стандартного процесу розслідування інциденту.

1. Liévanos R. S., Horne C. Unequal resilience: The duration of electricity outages. Energy Policy. 2017. Vol. 108. P. 201–211. URL: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.058 (date of access: 16.11.2023).

2. В. Зубок, А. Давидюк, Т. Клименко. Кібербезпека критичної інфраструктури в законодавстві Україні та в директиві (ЄС) 2022/2555. // Електронне моделювання. - 2023 - 45(5).

3. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 р. № 1882-IX : станом на 5 груд. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text (дата звернення: 16.11.2023).

4. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109 : Постанова Каб. Міністрів України від 16.12.2022 р. № 1384. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1384-2022-п#Text (дата звернення: 16.11.2023).

5. Про внесення змін до переліку секторів критичної інфраструктури : Постанова Каб. Міністрів України від 09.05.2023 р. № 455. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/455-2023-п#Text (дата звернення: 16.11.2023).

6. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 26 листопада 2022 року "Про забезпечення електронними комунікаційними послугами в умовах воєнного стану" : Указ Президента України від 26.11.2022 р. № 802/2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/802/2022#Text (дата звернення: 16.11.2023).

7. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 7 листопада 2023 року "Щодо додаткових заходів із посилення стійкості функціонування енергетичної системи та підготовки національної економіки до роботи в осінньо-зимовий період 2023/24 року" : Указ Президента України від 07.11.2023 р. № 737/2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/737/2023#Text (дата звернення: 16.11.2023).

8. Про електронні комунікації : Закон України від 16.12.2020 р. № 1089-IX : станом на 29 лип. 2023 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text (дата звернення: 16.11.2023).

А.О. Запорожець, Г.П. Костенко

ПОКАЗНИКИ СТІЙКОСТІ В СИСТЕМІ ІНДИКАТОРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Енергетична безпека - це не лише гарантія стабільності та добробуту нації, але й ключовий елемент підтримки державного суверенітету та незалежності України [1]. Починаючи з 2006 р., з посиленням після 2014, та потужною ескалацією з 2022 р., енергетика стала однією з передових ліній фронту у спротиві гібридній агресії РФ [2]. Спроби дестабілізації систем енергозабезпечення, які призводять до порушення звичних умов життя громадян, підкреслюють першочерговість забезпечення захисту та стійкості об'єктів електроенергетичного комплексу, щоб ефективно протистояти виникаючим загрозам і реагувати на кризові ситуації у сфері енергетики.

Електроенергетичний комплекс (ЕЕК) є ключовим елементом критичної інфраструктури, що забезпечує підтримку стабільності економіки та добробуту громадян. З ростом глобальних технологічних інновацій, зміною клімату, політичною нестабільністю та іншими чинниками ЕЕК стикається з численними викликами, які можуть загрожувати його безпеці та стійкості. Такі виклики вимагають постійного перегляду та оновлення параметрів безпеки та стійкості для забезпечення надійної роботи системи. Це, у свою чергу, вимагає докладного аналізу, вивчення та класифікації ключових параметрів, що впливають на безпеку та стійкість ЕЕК.

Для оцінки безпеки та стійкості об'єктів електроенергетичного комплексу виділено ряд параметрів, наведених в табл. 1, які можна розділити на індикатори достатності ресурсів, експлуатаційної (операційної) надійності та індикатори резильєнтності.

Достатність ресурсів є вирішальною для функціонування будь-якої електроенергетичної системи та характеризує здатність ЕЕК забезпечувати достатню кількість електроенергії з використанням комбінації всіх доступних ресурсів (генеруючих, паливно-енергетичних, накопичувачів, ліній електропередачі та мережевої інфраструктури, тощо).

Експлуатаційна надійність - це здатність електроенергетичної системи збалансовувати постачання та попит у реальному часі та швидко реагувати на непередбачені події.

Стійкість ЕЕК визначається його здатністю відновлюватися після руйнівних катастрофічних подій (військових атак, стихійних лих, кіберзагроз та ін.). Ефективність систем реагування на кризові ситуації вказує на готовність системи адаптуватися та відновлюватися після аварій чи катастроф.

Таблиця 1 - Основні параметри безпеки та стійкості електроенергетичного комплексу.

Індикатори достатності ресурсів (інфраструктурна стійкість)	***Індикатори експлуатаційної надійності (операційна стійкість)***	***Індикатори резильєнтності***
- Достатність генеруючих потужностей; - Частка ВДЕ; - Достатність паливно-енергетичних ресурсів; - Диверсифікація джерел енергії; - Достатність мережевої інфраструктури; - Наявність установок зберігання енергії; - Інфраструктурна готовність.	- Частота перерв в електропостачанні; - Тривалість перерв в електропостачанні; - Стабільність частоти; - Тривалість перехідного процесу; - Достатність резервів; - Реагування на мінливість ВДЕ; - Здатність до інтеграції ВДЕ - Здатність до відновлення після аварійних ситуацій.	- Ефективність системи реагування на кризові ситуації; - Здатність забезпечувати роботу критичної інфраструктури під час руйнівних подій; - Інвестиції в стратегії стійкості; - Кількість та тип екстремальних подій, які мережа може витримати; - Здатність мережі витримувати, реагувати та швидко відновлюватися після серйозних порушень живлення; - Здатність мережі витримувати кібератаки.; - Постійний моніторинг стійкості; - Тривалість відновлення живлення після відключення внаслідок руйнівних подій.

Слід зазначити, що для оцінки стійкості в Стратегії енергетичної безпеки розроблено ряд індикаторів, які включають частку імпорту від основного постачальника, технологічну залежність від певних джерел енергії, а також наявність стратегічних резервів та запасів паливно-енергетичних ресурсів, тощо [3, 4].

Однак серед них є два ключові показники, що найбільше співвідносяться з резильєнтністю енергосистеми, це індекс тривалості довгих перерв в електропостачанні (SAIDI) та ефективність системи реагування на кризові ситуації. Індекс SAIDI вимірює, наскільки часто та як довго споживачі залишаються без електроенергії протягом року. Цей показник

допомагає оцінити надійність мережі та готовність до відновлення після збоїв. Ефективність системи реагування на кризові ситуації демонструє, наскільки добре країна підготовлена до викликів у сфері енергетики, а також її здатність швидко та ефективно відновлювати роботу системи після аварій чи інших непередбачуваних обставин.

Індекс SAIDI, динаміка зміни якого представлена на Рис.1, вимірює тривалість перерв в електропостачанні на одного споживача і служить показником стійкості енергосистеми країни. Він відображає якість та здатність системи забезпечувати постійне електропостачання.

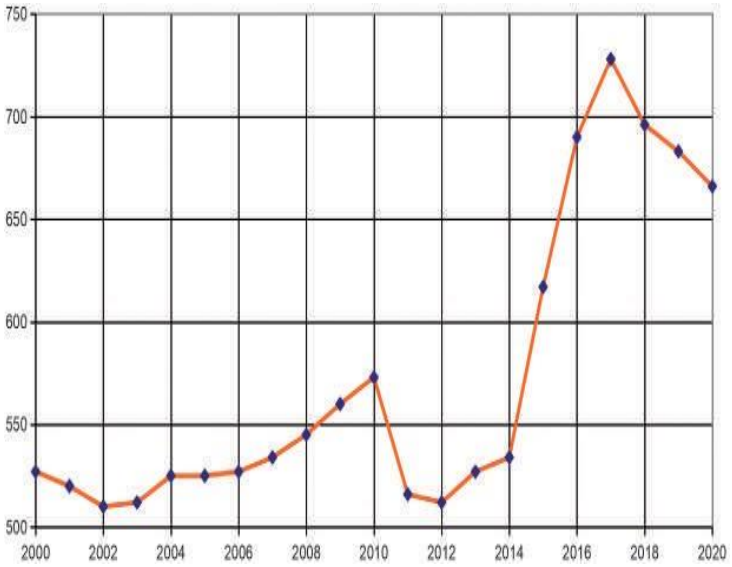


Рисунок 1 - Динаміка індексу SAIDI в Україні
у період 2000–2020 рр., хв/рік [4]

У 2019 році цей показник становив 683 хв/рік, а в 2020 - 666 хв/рік, при цільовому значенні 200 хв/рік. Погіршення цього індексу у період 2000-2020 рр. вказує на проблеми в електромережах, зокрема через старіння обладнання і нестачу інвестицій в модернізацію. Зростання тривалості перерв з 2014 року напряму пов'язане з російською агресією і пошкодженнями електроенергетичної інфраструктури.

Індикатор "Ефективність системи реагування на кризові ситуації" вимірює здатність країни відгукатися на кризові ситуації в енергетичному секторі, його динаміка представлена на Рис.2. Він вказує на організаційну спроможність та адекватність системи до поточних викликів. За 2019 рік ефективність цієї системи була 58%, а за 2020 рік - 56%. Метою є досягнення

показника в 80%, що відображає цілі національної безпеки та готовність ринкових учасників до змін.

Рисунок 2. - Динаміка індексу ефективності системи реагування на кризові ситуації в Україні у період 2000–2020 рр., хв/рік [4]

Визначення адекватних показників стійкості ЕЕК набуло ще більшого значення з початку військових дій в Україні. У цих умовах енергетична інфраструктура через її економічне, гуманітарне та геополітичне значення, є особливо частою метою військової агресії та цілеспрямовано піддається атакам, що призводить до великих збитків та перебоїв у постачанні електроенергії [5]. Визначення показників стійкості стає особливо актуальним, оскільки дозволяє готувати та відновлювати енергетичну систему швидко та ефективно в надзвичайних та кризових умовах.

В дослідженні визначено ключові параметри стійкості в системі індикаторів енергетичної безпеки України. Аналіз цих параметрів дозволяє отримати об'єктивний погляд на поточний стан ЕЕК, а також ідентифікувати потенційні слабкі місця та загрози, що в сумі дозволить реалізовувати основні напрямки та завдання, спрямовані на підвищення ситійкості енергетики України, серед яких основні:

- Розробка та впровадження системи моніторингу ключових показників стійкості ЕЕК.
- Підвищення рівня диверсифікації джерел енергії та технологічних рішень.
- Подальша автоматизація та цифровізація процесів у ЕЕК, що дозволить швидко реагувати на виклики та збої.
- Створення резервних планів для відновлення роботи ЕЕК після надзвичайних ситуацій.

Окрім аналізу параметрів безпеки та стійкості ЕЕК, існує ряд напрямків для подальших досліджень. Особливий інтерес представляє розгляд взаємодії ЕЕК з іншими секторами економіки, а також вивчення міжнародного досвіду в галузі безпеки та стійкості електроенергетики. Крім того, з урахуванням швидкого розвитку технологій, важливо проводити регулярний аналіз інноваційних рішень та їх впливу на роботу ЕЕК.

1. Про національну безпеку: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text.

2. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналіт. доп. ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2020. 178 с. URL: https://cutt.ly/31bQvBL.

3. Про схвалення Стратегії енергетичної безпеки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 04.08.2021 № 907-р. URL: https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-strategiyi-energetichn-a907r.

4. Визначення рівня та оцінювання загроз енергетичній безпеці України : збірн. аналіт. доп. /[Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.] ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2022. -160 с.

5. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про запровадження національної системи стійкості»: Указ Президента України від 27.09.2021 № 479/2021. URL: https://www.president.gov.ua/documents/4792021-40181.

Н.В. Заїка, В.С. Ракович, М.Ю. Комаров

ЗАСТОСУВАННЯ СТАНЦІЙ НАЗЕМНОГО БАЗУВАННЯ БПЛА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗА СТАНОМ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗЗОВНІ

При будівництві об'єкта часто потрібна якісна аерофотозйомка для відстеження процесу будівництва. Припустимо, що літальний апарат повинен здійснювати виліт 12 разів на добу. Таким чином, інтервали між вильотами складе 2 години, а сам політ займає близько 30 хвилин.

Для вирішення цього завдання потрібна присутність оператора безпілотного літального апарату (БПЛА), а також оператора корисного навантаження на майданчику цілодобово, що не завжди можливо. Для виконання такого польотного завдання простіше використовувати станцію наземного базування, яка займатиметься зарядкою та обслуговуванням безпілотного літального апарату. Доопрацювання інтерфейсу для операторів та після встановлення додаткового обладнання станція зможе сповіщати про стан БПЛА та погодні умови ззовні станції базування БПЛА, та екологічний стан довкілля поряд зі станцією.

Станція наземного базування це будинок для БПЛА, в якому він зберігається, заряджається і обслуговується. Для здійснення зйомки з повітря за допомогою станції наземного базування БПЛА можна заздалегідь запрограмувати програму управління БПЛА і запускати його по одній і тій же програмі та траєкторії польоту. Вильоти можуть проводитись з будь-яким заданим інтервалом, але таким чином, щоб забезпечити безперервний моніторинг необхідного нам об'єкта. Людина в даному випадку займатиметься виключно обслуговуванням інфраструктури та станції наземного базування кілька разів на місяць. У порівнянні з варіантом проведення моніторингу за допомогою двох операторів - моніторинг з використанням станції наземного базування ефективніший.

Підготовка обладнання для роботи станції наземного базування мають значно ширші можливості:

- апарат у складі станції наземного базування, через свою автономність, може мати більший охоплення робочого поля, і займатися моніторингом відразу кількох об'єктів.

- використання декількох станцій базування одночасно дозволяє дуже суттєво розширити робоче поле БПЛА, та використовувати декілька апаратів одночасно. Однак виникають високі вимоги до точності навігаційної системи для посадки в станцію наземного базування. При використанні кількох БПЛА слід враховувати траєкторію обльоту інфраструктури, для зменшення ризику зіткнень. Використання таких інноваційних рішень на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ) [1], дозволить проводити дистанційний моніторинг стану ОКІ безпечніше, та потребуватиме менших витрат на обслуговування та зберігання БПЛА.

Якщо карта простору відсутня і на шляху літального апарату можуть зустрітися перешкоди, такі об'єкти як люди, автомобілі та інші об'єкти інфраструктури, необхідно оснастити літальний апарат спеціальними пристроями для виявлення таких перешкод та додатковим програмним забезпеченням. Наприклад, можна встановити ультразвукові і лазерні далекоміри або Stereo Camera, - такі пристрої дозволяють локалізувати об'єкт на шляху прямування, а також побудувати карту приміщення або навколишнього середовища.

Процес зарядки акумуляторної батареї (АКБ) досить простий у реалізації, проте має наступний ряд недоліків:

- акумулятори за своєю природою мають обмежений термін служби, тобто АКБ можна заряджати та розряджати лише певну кількість циклів, після закінчення цього терміну акумулятор необхідно своєчасно замінити. При недотриманні своєчасної заміни АКБ виникає великий ризик втрати апарату у повітрі, тобто апарат може просто не долетіти до станції наземного базування.

- Частота зарядки та розрядки. Якщо наш апарат здійснює кілька десятків вильотів на день, то термін служби акумуляторної батареї складатиме близько двох місяців або менше. При закінченні терміну служби АКБ починає деградувати, через що зменшується його ємність і збільшується внутрішній опір.

- Час зарядки АКБ займає деякий час, зазвичай в районі кілька годин, у зв'язку з цим використання апарата в безперервному режимі неможливо. Для усунення подібних недоліків можна використовувати інший підхід, а саме заміна акумуляторної батареї за допомогою робото-технічного комплексу наземної станції. Позиціонування БПЛА, - після посадки безпілотного літального апарату та здійснення позиціонування за допомогою робото-технічного комплексу робот витягує акумулятори з БПЛА. Після здійснення заміни акумуляторних батареї, станція наземного базування здійснює аналіз та контроль стану АКБ, усередині самої станції.

Станції наземного базування допомагають вирішити питання розташування, збереження, часткового обслуговування БПЛА. Моніторинг за довкіллям, передача різних показників стану погодних умов та екології місцевості.

1. Організаційні та правові аспекти забезпечення безпеки і стійкості критичної інфраструктури України : аналіт. доп. / [Бобро Д. Г., Іванюта С. П., Кондратов С. І., Суходоля О. М.] / за заг. ред. О. М. Суходолі. – К. : НІСД, 2019. – 224 с.

2. Андрій Мошенський; Сергій Чумаченко; Юрій Мудрак; Валерій Попель; Назар Заїка; Рустам Мурасов. Розробка складових елементів захисту критичної енергетичної інфраструктури з використанням блокування глобальних супутникових систем позиціонування та можливі шляхи її інтегрування з системою ппо та про. european science 2022-12-30. journal article. doi: 10.30890/2709-2313.2022-15-01-008. part of issn: 2709-2313.

О.В. Згуровець, Г.П. Костенко

РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ВДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПОТУЖНОСТІ

В контексті глобального переходу до сталої енергетики, Україна взяла курс на збільшення частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), особливо вітрових (ВЕС) та сонячних електростанцій (СЕС), у своїй Об'єднаній енергетичній системі (ОЕС). Таке зростання ставить перед енергетичною системою країни нові виклики, зокрема, щодо забезпечення стабільності та надійності в умовах потенційних аварійних режимів [1]. Основною метою цього дослідження є аналіз впливу інтеграції ВЕС та СЕС на системи автоматичного регулювання частоти та потужності (АРЧП) і розробка моделей для оптимізації їхньої роботи в аварійних режимах.

Для аналізу впливу ВЕС та СЕС на аварійні режими ОЕС України, були застосовані методи математичного моделювання та комп'ютерної симуляції. Цей підхід дозволив створити детальні моделі, які враховують не тільки фізичні та технічні характеристики ОЕС, але й змінність виробництва енергії від ВДЕ. Особлива увага була приділена аналізу того, як флуктуації у виробництві вітрової та сонячної енергії можуть впливати на загальну стабільність та надійність системи, особливо в критичних ситуаціях.

Розроблені моделі дозволили симулювати різноманітні сценарії, включаючи екстремальні погодні умови та раптові зміни в навантаженні, щоб зрозуміти, як ОЕС може відреагувати на такі виклики в присутності значної частки ВДЕ. Також було використано методи аналізу даних для вивчення історичних даних про аварійні ситуації в ОЕС України. Це дало можливість ідентифікувати патерни та потенційні зони ризику, а також вивчити, як впровадження ВЕС і СЕС може вплинути на частоту та характеристики цих аварій. Особлива увага була зосереджена на тому, як енергосистеми можуть бути адаптовані для кращої взаємодії з ВДЕ, з метою запобігання аварійних ситуацій та покращення загальної реакції системи на непередбачувані зміни.

Було виявило декілька ключових аспектів, пов'язаних з інтеграцією значних потужностей ВЕС та СЕС в ОЕС України. Одним з головних висновків є те, що без здійснення відповідних змін у системах розподілу та балансування енергії, така інтеграція може призвести до збільшення ризику аварійних ситуацій у ОЕС.

Цей ризик особливо проявляється в моменти, коли виробництво енергії від ВДЕ характеризується високою непередбачуваністю, що часто виникає через змінність погодних умов. Наприклад, коли вітряні умови або сонячне випромінювання є нижчими або вищими за очікувані, це може спричинити раптові коливання у виробництві електроенергії. Такі коливання можуть

створювати великі навантаження на системи АРЧП, які традиційно розраховані на більш стабільні та передбачувані умови виробництва енергії.

На практиці це може означати, що в умовах, коли ВДЕ забезпечують значну частку загального енергопостачання, стандартні механізми балансування та регулювання можуть опинитися недостатніми для ефективного реагування на швидкі зміни виробничих потужностей. Наприклад, системи можуть не встигати адекватно реагувати на стрімке збільшення або зменшення виробітку від ВДЕ, що може призвести до нестабільності в електромережі, включаючи відхилення частоти, перепади напруги, збої в постачанні електроенергії, а в крайніх випадках - до відключення споживачів.

Аналіз, проведений в рамках дослідження, виявив, що інтеграція систем накопичення енергії може зіграти вирішальну роль у вирішенні проблем, пов'язаних з інтеграцією великих потужностей ВДЕ, зокрема ВЕС та СЕС, в Об'єднану енергетичну систему України. Системи накопичення енергії, такі як літій-іонні батареї, гідроакумулюючі електростанції або інші технології, забезпечують унікальну можливість згладжування пікових навантажень та компенсації коливань у виробництві ВДЕ [2, 3]. Це дозволяє ВЕС та СЕС не тільки забезпечувати більш стабільний внесок у загальний енергобаланс, але й ефективніше взаємодіяти з системами АРЧП, покращуючи загальну надійність та стабільність ОЕС.

Впровадження накопичувачів енергії у систему дозволяє використовувати вироблену електроенергію від ВДЕ в періоди низького попиту, зберігаючи її для подальшого використання під час пікових навантажень або у моменти, коли виробництво енергії з ВДЕ є недостатнім. Це не тільки знижує ризик перевантаження системи, але й дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії, особливо в час пікових навантажень.

Крім того, інтеграція систем накопичення енергії може суттєво підвищити гнучкість та адаптивність ОЕС до різноманітних збурень та небалансів. Наприклад, вони можуть швидко реагувати на втрати потужності у випадку аварій чи інших непередбачуваних подій, забезпечуючи надійну підтримку для системи, поки інші джерела енергії або мережі не відновлять свою роботу. Таким чином, накопичувачі енергії можуть виступати як ключовий елемент у стратегії управління ризиками та підвищення резервної потужності ОЕС.

Враховуючи ці аспекти, можна сказати, що інтеграція систем накопичення енергії є не тільки ефективним способом вирішення проблем, пов'язаних з не прогнозованістю виробництва енергії ВДЕ, але й важливим кроком на шляху до створення більш стійкої, надійної та гнучкої енергосистеми. Це забезпечує підвищену адаптивність до змінних умов роботи та покращує загальну якість управління енергетичними ресурсами країни.

Це дослідження підкреслює важливість адаптації енергетичних систем України до викликів, які виникають внаслідок інтеграції значних обсягів ВЕС та СЕС. Виявлено, що без належних змін у системах розподілу та балансування, збільшення частки ВДЕ може призвести до зростання ризику аварійних ситуацій у ОЕС. Особливо це стосується моментів, коли виробництво енергії від ВДЕ є непередбачуваним через змінність погодних умов.

Аналіз також виявив, що інтеграція систем накопичення енергії може бути ключовим рішенням для вирішення цієї проблеми. Накопичувачі енергії дозволяють згладжувати пікові навантаження та компенсувати коливання виробництва ВДЕ, що значно підвищує гнучкість та адаптивність ОЕС до різноманітних збурень та небалансів. Це сприяє створенню більш стійкої та надійної енергетичної системи, здатної адекватно реагувати на непередбачувані виклики.

Загалом, результати дослідження вказують на необхідність комплексного підходу до модернізації ОЕС України, який включає розвиток та впровадження новітніх технологій накопичення енергії, а також удосконалення систем балансування та регулювання для забезпечення ефективного управління зростаючою часткою ВДЕ.

1. Костюковський, Б. А., Шульженко, С. В., & Масюк, Р. С. (2019). Проблеми та перспективи прискореного зростання потужностей ВЕС та СЕС в Об'єднаній енергосистемі України. *Енергетика та електрифікація*, (5-6), 16-20.

2. Asian Development Bank. (2018). Handbook on battery energy storage system. https://www.adb.org/sites/default/files/publication/479891/handbook-battery-energy-storage-system.pdf.

3. International Renewable Energy Agency. (2017). Electricity storage and renewables: costs and markets to 2030. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf.

О.Ю. Коновалов

ІІОТ ЯК ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ МОДЕЛЕЙ

Широке впровадження у виробництво та різні сфери життя новітніх цифрових технологій призводить до оцифрування і обробки оцифрованої інформації. Таке явище вимагає значної модернізації, або створення специфічної ІТ-інфрастуктури і потребує підготовки спеціалістів з ІТ-технологій. Впровадження у виробничі процеси нових технологічних рішень призводить до зміни продуктивних відносин і виробничої культури. Як показала практика економічно розвинутих країн, ці процеси викликають зміни у більшості сфер економіки — від управління бізнес-процесами і впровадження нових технологій і обладнання, до нових моделей управління бізнесом [1].

Крім того технології значною мірою впливають на процеси взаємодії з клієнтами. Нові форми взаємодії значно відрізняються від тих, що були звичними для нас протягом останніх десятиліть. Цифровізація в більшості випадків допомагає переосмислити звичні нам правила і тенденції, що дозволяє ефективно реагувати на потреби ринку і вимоги клієнтів на фоні революційних інформаційних зрушень в економіці і принципах обробки інформації. Технологічна революція Industry 4.0 і технологічні інновації у сфері інформаційних технологій вплинули на виробничі відносини і призвели до «підривних інновацій» (Disruptive innovation) у багатьох сферах економіки і стали рушійною силою різких змін соціально суспільних відносин, і особливо на ринку продуктивних відносин.

Одною з ключових технологій програми Industry 4.0 вважається Інтернет Речей (IoT). Industry 4.0 означає розумне використання даних і цифрових технологій для вдосконалення бізнес-процесів і виробничих систем у виробничому секторі [2,3]. Зростаючий розвиток Індустрії 4.0 має потенціал для ще більшого впливу, відкриваючи переваги для промисловості, працівників і суспільства. Впровадження Industry 4.0 можна зробити багатьма способами, зокрема шляхом підвищення ефективності виробництва, що веде до появи більшої кількості кращих продуктів і послуг, а також відкриває можливості для підвищення кваліфікації робітників, щоб зберегти якісні робочі місця.

ІІоТ можна розглядати як складну інфраструктуру компютерного обладнання поєднаного між собою різними типами телекомунікаційних мереж. В різних місцях цієї системи знаходяться виробничі об’єкти на яких розташовані ІІоТ датчики і спеціалізоване програмне забезпечення для контролю за станом процесів, автоматизації управління і контролю параметрів і характеристик технологічних процесів. Створення такої інфраструктури досить складний процес і вимагає декількох етапів, починаючи від монтажу датчиків, запуск і програмування контролерів,

регулювання виконавчих механізмів та відладку програмного забезпечення. Тільки після цього можна виконувати моніторинг і обробку отриманої інформації. Отримані дані аналізуються і на їх основі приймаються відповідні рішення щодо стану технологічного процесу, точності вимірювання характеристик, необхідності регламентних або відновлювальних робіт і робляться висновки про стан і якість функціонування підприємства в цілому [2,3].

Основною проблемою стає питання обробки отриманих даних, і відповідна інтерпретація результатів вимірювання, або аналіз використання відповідниго обладнання при виконанні робочих завдань. Для цього використовуються спеціалізовані програмні платформи, основне завдання яких проводити збір інформації з датчиків IIoT, її обробку і керування технологічними процесами. Адміністративна оболонка (Administration Shell Industry 4.0 (AAS)) – формат стандартизованого обміну даними IoT на платформі Industry 4.0. Це сполучна ланка між матеріальними активами та світом IIoT [2,3].

AAS є інструментом, який забезпечує будь-який промисловий компонент можливостями спілкування та обміну інформацією з цифровим світом IIoT рисунок 1.

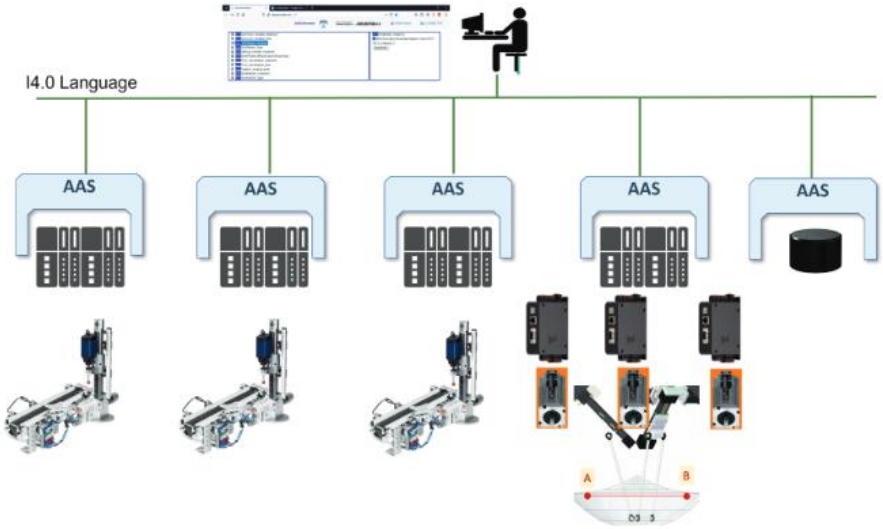


Рисунок 1 – Архітектура автоматизації станції вибору та розміщення (*Pick and Place station)*

Адміністративна оболонка (Administration Shell Industry 4.0 (AAS)) - це стандартизоване цифрове представлення активу для забезпечення взаємодії між програмами, що управляють виробничими системами. Це обмін даними,

пов'язаними з активами, між промисловими активами та між активами та системами управління виробництвом або інженерними інструментами.

Типи адміністративних оболонок (Administration Shell Industry 4.0 (AAS))

- Пасивні - прямої взаємодії з AAC не передбачено
- Реактивні - реагує на зовнішні запити взаємодії.
- Проактивні - ініціювання активної поведінки і, якщо потрібно, на запити зовнішніх учасників системи, що надсилаються AAS.

Технологія IIoT може бути розгорнута на виробництвах і дозволяє значною мірою заощаджувати кошти за рахунок автоматизації контролю і управління, а також використання безпроводових технологій і мобільних додатків на безпроводовому обладнанні з підтримкою або спеціалізованих протоколів або стеку протоколів TCP/IP. Крім того асортимент датчиків постійно розширюється за рахунок нових моделей, що мають більше функцій і можливостей підтримки широкого спектру промислового обладнання і керування ним.

Багато виробників обладнання для IIoT з кожним роком розширюють асортимент датчиків і оновленого програмного забезпечення, що дозволить вже найближчим часом змінити парадигму організації виробничого процесу, що в першу чергу призведе до скорочення витрат на підтримку технологічних операцій. Крім того стрімкий розвиток технологій штучного інтелекту дозволить винести локальні виробничі процеси якими керують програмовані контролери в хмарну інфраструктуру. Така ситуація надасть можливість оперативно керувати значними кількостями виконавчих механізмів на розподілених виробництвах по всьому світу.

Основною проблемою такого підходу до організації виробничих потужностей є слабка захищеність таких систем від зловмисників. Тому найближчим часом будуть розвиватись напрямки пов’язані з безпекою IIoT. Покращення безпеки IIoT пристроїв повинно значною мірою стимулювати дану галузь до швидкого розвитку. В першу чергу потрібно приділяти увагу спеціалізованим рішенням по сертифікації обладнання, заходів мережевого захисту периметра промислової мережі, механізми шифрування і контроля доступу до апаратних засобів IIoT розрахованих на підключення до Інтернету.

Згідно майбутнє індустріального Інтернету речей (IIoT) у 2023 році та далі відзначене кількома ключовими тенденціями [4] :

1. Більше підключених пристроїв: кількість пристроїв IIoT збільшиться щонайменше вдвічі, і вони стануть розумнішими, враховуючи ШІ, хмарні обчислення та віртуальну реальність.

2. IIoT Manufacturing as a Service: з’явиться новий підхід під назвою IIoT Manufacturing as a Service. Це схоже на модель виробництва з оплатою за використання, де компоненти можуть надходити від третіх сторін, зберігаючи певні стандарти.

3. Хмарні та периферійні обчислення: використання хмарних та периферійних обчислень швидко зростатиме. Це означає, що пристрої на межі мережі можуть збирати дані та підключатися до хмари для швидшого доступу.

4. Прогнозне технічне обслуговування: Виробники передбачають можливі проблеми ще до їх виникнення, мінімізуючи час простою та знижуючи витрати.

5. Управління даними процесу (PDM): виробники зосередяться на PDM для швидкої обробки величезних обсягів даних IIoT. Ці дані допомагають покращити роботу та захистити від кібератак.

6. Цифрові близнюки: створюються віртуальні копії фізичних об'єктів, що дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі, оптимізувати продуктивність, прогнозувати несправності та скорочувати час простою.

7. Відстеження місцезнаходження: потрібна для моніторингу активів, обладнання та персоналу в режимі реального часу.

8. Блокчейн для ланцюжка поставок: потрібна для прозорості ланцюжка поставок і цілісності продукту.

9. Інтелектуальне виробництво: інтелектуальне виробництво запропонує комплексне уявлення про діяльність заводу, допоможе виявити аномалії та підвищити ефективність роботи.

10. Машинне навчання. Машинне навчання відіграватиме вирішальну роль, визначаючи шаблони процесів, прогнозуючи проблеми та пропонуючи аналітику в реальному часі.

Ці тенденції свідчать про те, що IIoT швидко розвивається, дає змогу краще приймати рішення на основі даних і змінює такі галузі, як виробництво, транспорт та енергетика.

1. Everything you need to know about AI in 2023: the 6 must-read blogs https://www.weforum.org/agenda/2023/11/ai-2023-governance-summit/.

2. Six IIoT Technology Trends to Watch in 2017. (б. д.). Schneider Electric Blog. https://blog.se.com/industry/machine-and-process-management/2017/02/23/six-iiot-technology-trends-watch-2017/.

3. Digital Twin and AAS in the Industry 4.0 Framework https://www.researchgate.net/publication/336880479_Digital_Twin_and_AAS_in_the_Industry_40_Framework.

4. *Asset Administration Shell Reading Guide*. (б. д.). https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/AAS_Reference_Modelling.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

5. WELLNUTS. (2023, 1 серпня). Trends of IoT to Keep an Eye on in 2023. LinkedIn: Log In or Sign Up. https://www.linkedin.com/pulse/trends-iot-keep-eye-2023-wellnutscg.

Г.П. Костенко

СТРАТЕГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

З огляду на світові тенденції збереження екології та підвищення енергоефективності, електротранспорт набуває все більшої популярності. Його швидке поширення створює нові виклики та можливості для систем електропостачання на глобальному рівні та в Україні зокрема. Сьогоднішній стан парку електромобілів в Україні вимагає від енергетичної системи не тільки адаптації до зростаючого навантаження, але й гнучкості для відповіді на нові технологічні можливості та виклики [1].

У контексті глобального переходу на відновлювані джерела енергії, роль електротранспорту в енергосистемі стає критично важливою. Інтеграція електромобілів може значно посилити не тільки ефективність, але й надійність енергетичної інфраструктури, зокрема шляхом використання автомобілів як мобільних накопичувачів енергії, що може мати вирішальне значення у випадках природних або техногенних аварій, а також в умовах військової агресії.

Це дослідження спрямоване на аналіз стратегій використання електротранспорту з метою покращення стійкості системи електропостачання в Україні.

1. Типи інтеграції електротранспорту в енергосистему

Реальним місцем взаємодії між транспортним і енергетичним секторами є процес та технологія зарядки електромобіля [2,3]. Сюди входять і зарядна інфраструктура, і стратегії заряджання, і додаткові послуги енергосистемі, а отже участь в ринках, і в перспективі спеціальна система тарифів на електроенергію і великі системи накопичення енергії ВДЕ.

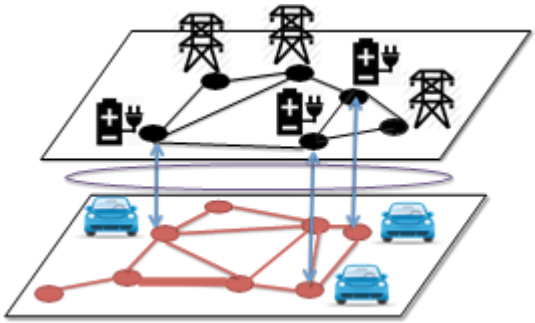


Рисунок 1 – Точки взаємодії електромобілів та енергосистеми

Однонаправлена зарядка (Grid-to-Vehicle, G2V)

Однонаправлена зарядка, відома як Grid-to-Vehicle (G2V), є традиційним способом заряджання електротранспорту, де енергія передається від електромережі до батареї автомобіля. Цей процес може чинити значний вплив на мережу, особливо коли пік споживання збігається з піковими навантаженнями системи. Інтелектуальне управління заряджанням може мінімізувати ці ефекти, розподіляючи зарядку впродовж часу, коли запит на електроенергію є нижчим, тим самим вирівнюючи навантаження на енергосистему.

Двоспрямована зарядка до будівлі (Vehicle-to-Building, V2B) та до дому (Vehicle-to-Home, V2H)

Технології Vehicle-to-Building (V2B) та Vehicle-to-Home (V2H) відкривають можливості для зворотного потоку енергії від батареї електромобіля до будівельного електромережевого комплексу або домогосподарства. Це дозволяє використовувати енергію, накопичену в батареї автомобіля, для зменшення навантаження на головну мережу під час пікових годин або у випадках непередбачених перебоїв у постачанні енергії. B2B та V2H також можуть служити як аварійне джерело електропостачання, забезпечуючи електроенергією важливі об'єкти у критичні моменти.

Двоспрямована зарядка до мережі (Vehicle-to-Grid, V2G): можливості та виклики

Vehicle-to-Grid (V2G) - це технологія, за якою електромобілі не тільки споживають енергію, але й здатні повертати її назад у мережу, виступаючи в ролі мобільних накопичувачів. Це створює нові можливості для стабілізації енергосистеми шляхом гнучкого управління навантаженням і зберіганням енергії, а також може використовуватися для підтримки мережі під час піків споживання або коливань вироблення енергії джерелами ВДЕ. Однак, для ефективного впровадження V2G необхідно розв'язати ряд задач, зокрема стандартизацію протоколів зарядки, регулювання питань власності та використання енергії, а також забезпечення довговічності батарей електромобілів під час їх регулярної розрядки та зарядки.

2. Електромобілі як накопичувачі енергії

Зберігання енергії відновлюваних джерел (ВДЕ)

Батареї електромобілів можуть служити як гнучкі мобільні накопичувачі, керуючи зберіганням і відпусканням енергії, отриманої з відновлюваних джерел. Під час високої генерації, наприклад у вітряні або сонячні дні, електромобілі можуть заряджатися, поглинаючи надлишкову енергію. Вони потім можуть відпускати енергію назад в мережу або використовувати її для власних потреб у періоди низької продуктивності ВДЕ, допомагаючи стабілізувати енергопостачання.

Забезпечення електроенергією громад та критичної інфраструктури в надзвичайних ситуацій

У ситуаціях, коли звичайні лінії електропередач пошкоджені або недоступні, наприклад під час природних катастроф, військових конфліктів

або значних аварій, електромобілі можуть стати тимчасовими джерелами енергії. З їх допомогою можливо відновити електропостачання критичних об'єктів інфраструктури або забезпечити елементарні потреби громад, поки основні системи відновлюють свою роботу.

3 Вторинне використання батарей електротранспорту в енергетичному секторі

Коли батареї електромобілів досягають кінця свого життєвого циклу в транспорті, їх можна вторинно використовувати в стаціонарних системах зберігання енергії (Рис. 2).

Рисунок 2 – Стадії життєвого циклу батарей електромобілів

Такі системи можуть включатися до енергомереж для підтримки балансування навантаження, забезпечуючи додаткові можливості для згладжування піків попиту на енергію або для збереження енергії від ВДЕ. Вторинне використання батарей також сприяє зменшенню відходів та підвищує екологічну стійкість виробництва батарей.

ЛІБ електротранспорту для повторного використання можуть сприяти підвищенню продуктивності та створювати нові економічні можливості [4]. Дослідження, зокрема, свідчать, що витрати на електромобілі можуть зменшитися завдяки вторинному використанню батарей, що фактично розподіляє початкову вартість між двома застосуваннями.

Крім того, вторинне використання літій-іонних батарей може сприяти покращенню резильєнтності енергетичної системи. Прикладом є робота автомобільних компаній, таких як Nissan, Mitsubishi та Toyota в Японії після стихійних лих, де впроваджувались системи від автомобілів до мережі (Vehicle-to-Grid), які можуть діяти як генератори під час надзвичайних ситуацій [5]. Стратегії циркулярної економіки для ЛІБ електротранспорту

може у підсумку сприяти зменшенню викидів CO2, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечи стабільне функціонування системи електропостачання.

Висновки

Застосування електротранспорту містить значний потенціал для підвищення стійкості та ефективності систем електропостачання. Аналіз використання електромобілів як активних елементів енергосистеми вказує на можливості збільшення гнучкості енергомережі за допомогою впровадження концепцій V2G, V2H та V2B. Окрім того електромобілі можуть надавати критично необхідні допоміжні послуги, такі як балансування навантаження, регулювання частоти та забезпечення резервів потужності, сприяючи оптимізації виробництва та споживання електроенергії.

Використання електромобілів як мобільних накопичувачів здатне підтримати енергосистему у випадках пікових навантажень або коли вироблення енергії від ВДЕ нестабільне, тим самим знижуючи ризики відповідно до змін вироблення та споживання. У кризових ситуаціях електромобілі можуть виступати в якості автономних джерел енергії для критично важливих об'єктів та у разі відсутності доступу до основної енергосистеми.

Відпрацьовані батареї електротранспорту, які більше не відповідають стандартам для використання в транспорті, можуть знайти нове життя в стаціонарних системах зберігання енергії, допомагаючи створювати більш надійні, екологічно та економічно ефективні енергосистеми.

1. Kostenko G. P. (2022). Overview of European trends in electric vehicle implementation and the influence on the power system. *System Research in Energy*, (1 (70), 62-71. https://doi.org/10.15407/srenergy2022.01.062
2. GP Kostenko, OV Zgurovets, MM Tovstenko. SWOT analysis of electric transport and V2G implementation for power system sustainable development in the terms of Ukraine. 2023 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012030.
3. Г.П. Костенко. Ситуаційний аналіз перспектив розвитку електротранспорту та його інтеграції до енергосистеми України. *«Енергетика: економіка, технології, екологія»*, №1 (2023). .https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.276185.
4. Neubauer, J, 2012. Techno-economic analysis of PEV battery second use: Repurposed battery selling price and commercial and industrial end-user value. NREL.
5. Esteban, M., Portugal-Pereira, J., 2014. Post-disaster resilience of a 100% renewable energy system in Japan. Energy 68, 756–764.

І.П. Криворучко, О.А. Владимирський

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЧАСТОТО-ВИБІРКОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СКЗ СИГНАЛУ В УСТАНОВЦІ НАВКУ-3

Під час випробувань різноманітних пристроїв (акселерометрів) на віброкалібровочних установках, поряд з основною випробувальною частотою виникає ряд завадових сигналів, викликаних зовнішніми впливами, нерівномірністю руху каретки з випробувальними пристроями та ін. Для оцінки параметрів руху використовують величину СКЗ сигналу основної частоти коливань каретки установки. Виділення окремих гармонік з вихідного сигналу здійснюється з допомогою частото-вибіркових цифрових фільтрів. Більші вимоги до параметрів фільтрів забезпечуються збільшенням порядку фільтру. Однак ріст порядку фільтру збільшує час перехідного процесу перед початком визначення СКЗ, що особливо відчутно для діапазону інфранизьких частот.

Для ілюстрації наявності такого перехідного періоду була використана Simulink модель, у якій у якості вхідного сигналу використано сигнал, що є сумою корисного (F_o=15Гц) , чотирьох завадових синусоїдальних сигналів з частотами 11, 13, 17 та 19 Гц та сигналу білого шуму. У якості досліджуваного фільтру був взятий рекурсивний фільтр типу Чебишева 1 роду 18 порядку.

Вимірювання СКЗ дискретного сигналу проводиться у відповідності з рівнянням:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} V^2(i)}, \quad (1)$$

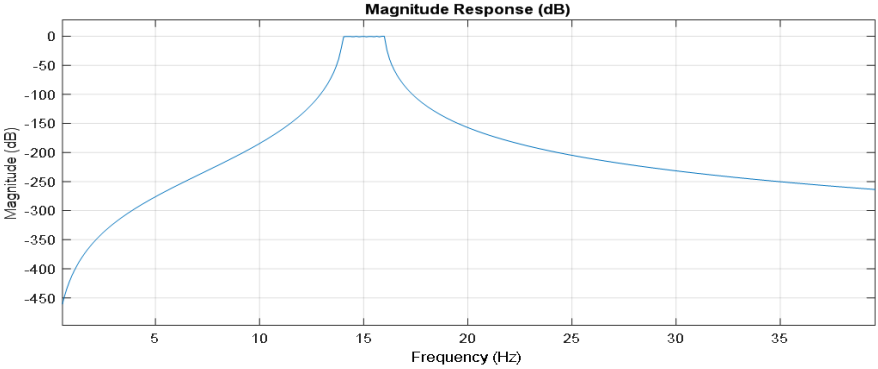
але при цьому важливо виконувати умову рівності часу вимірювання цілому числу періодів сигналу [1,2]. З іншого боку для чистої синусоїди справедливе співвідношення:

$$V_{RMS} = 1/\sqrt{2} * V_{AM}, \quad (2)$$

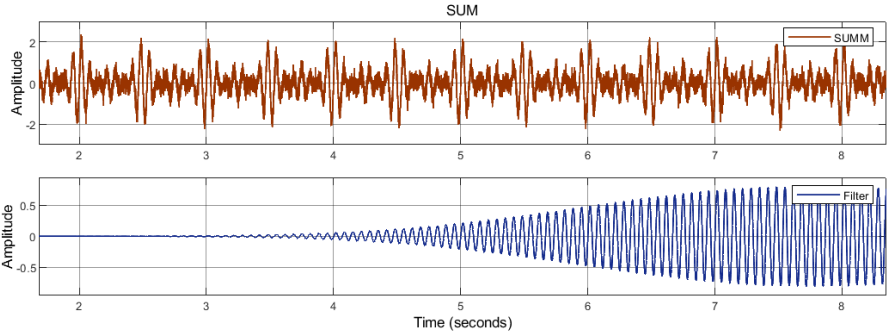
де V_{AM} – амплітудне значення сигналу. Використання вузько-смугових фільтрів дозволяє формувати вихідний сигнал близький по формі до синусоїдального. У якості міри такої подібності використовується коефіцієнт нелінійних спотворень (THD). Проведено дослідження залежності THD від ширини смуги пропускання для деяких типів вузько-смугових рекурсивних фільтрів з метою визначення можливості використання рівняння (2) для розрахунків СКЗ сигналу. Коректніші результати можна отримати при дослідженні реального сигналу з датчика.

Оскільки частота настройки будь-якого цифрового фільтру пропорційна частоті дискретизації, для її зміни достатньо змінювати останню (*Fs*) за бажаним законом, не змінюючи значення коефіцієнтів фільтру.

У роботі розглядаються алгоритмічні рішення визначення часової затримки перед вимірюванням сигналу після фільтрації в установці НАВКУ-3 [3]. Підтримання постійної величини співвідношення частоти дискретизації та коливань визначає точність вимірювань. Тому нестабільність частоти коливань каретки установки, викликана наявністю в механічній системі пружних елементів (муфта, шків), напряму впливатиме на положення частоти корисного сигналу відносно центральної частоти фільтру.



a)



b)

Рис. 1 АЧХ фільтру на F_o=15Гц (а) та змодельована реакція фільтру на адитивний вхідний сигнал (б)

1. С.В. Бушуев, А.Н. Попов Исследование точности измерений среднеквадратических значений электрических сигналов на ограниченных интервалах времени. Транспорт Урала №2(29)//2011 с. 46-50.

2. Айфичер, Эммануил С., Джервис, Барри У. Цифровая обработка сиг налов: практический подход. - М.: Изд. дом "Вильямс", 2008. - 992 с.

3. О.А. Владимирьский, І.А. Владимирський, А.П. Іващенко, І.П. Криворучко. Розробка структури низькочастотної автоматизованої віброкалібрувальної установки НАВКУ-3. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 89, Київ, 2019р.

І.П. Каменева

ПРОБЛЕМА ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ: АДАПТИВНИЙ ТА КОГНІТИВНИЙ ПІДХІД

Передбачення та прогнозування небезпечних подій ми сприймаємо як активну форму діяльності, спрямовану на визначення та оцінку імовірності певних небажаних подій або ситуацій, які ще не відбулися, але можуть відбуватися в майбутньому. Передбачення створюються на свідомому або підсвідомому рівні: на основі логічних міркувань і кількісних розрахунків або з використанням певних підсвідомих відчуттів. При цьому важливу роль відіграють інтуїтивні відчуття або певні аспекти суб'єктивного досвіду, тобто неусвідомлені процеси, які дуже важко або просто неможливо пояснити на логічному рівні [1]. Психологічні дослідження підтверджують, що інтуїція допомагає швидко інтегрувати великі обсяги інформації, необхідні для здійснення вдалого вибору в умовах небезпеки або невизначеності. Також психологи підтримують гіпотезу підсвідомого використання шаблонів, побудованих в процесі роботи з аналогічними або схожими ситуаціями.

Зауважимо, що термін «передбачення», на відміну від більш відомого поняття прогнозування, краще підходить для оцінки подій або ситуацій, які можуть виникати спонтанно і створювати значні загрози для суспільства. В останній час такі події відбуваються занадто часто. Серед них переважають природні катастрофи, військові конфлікти та техногенні аварії з великими обсягами руйнувань і численними жертвами, що вкрай негативно впливають на стабільність виробництва та забезпечення енергією.

Слід зазначити, що більшість катастроф та інцидентів виникає на фоні підвищеної сонячної активності, сонячних спалахів і практично безперервних магнітних збурень. Графік аномальних температурних коливань для України за останні 120 років наведено на рис. 1 [2]. Таким чином, аналіз існуючих засобів та нових можливостей щодо передбачення і попередження аварійних ситуацій в енергетичній галузі наразі набуває особливого значення.

Математичні моделі та адаптивні засоби.

До найбільш поширених засобів передбачення та побудови прогнозів належать математичне моделювання складних динамічних систем, прогнозування на основі статистичних методів, або засоби, що поєднують статистичний аналіз і використання математичних моделей. На якісному рівні передбачення майбутніх подій можна здійснювати за допомогою найбільш інформативних параметрів, або параметрів порядку [3].

До найбільш видатних досягнень в галузі передбачення слід віднести роботи видатного українського вченого О.Г. Івахненка та його учнів [4, 5], присвячені адаптивним моделям та засобам передбачення (зокрема, МГУА),

які одержали міжнародне визнання та численні практичні застосування ще в кінці 60-х років минулого століття.

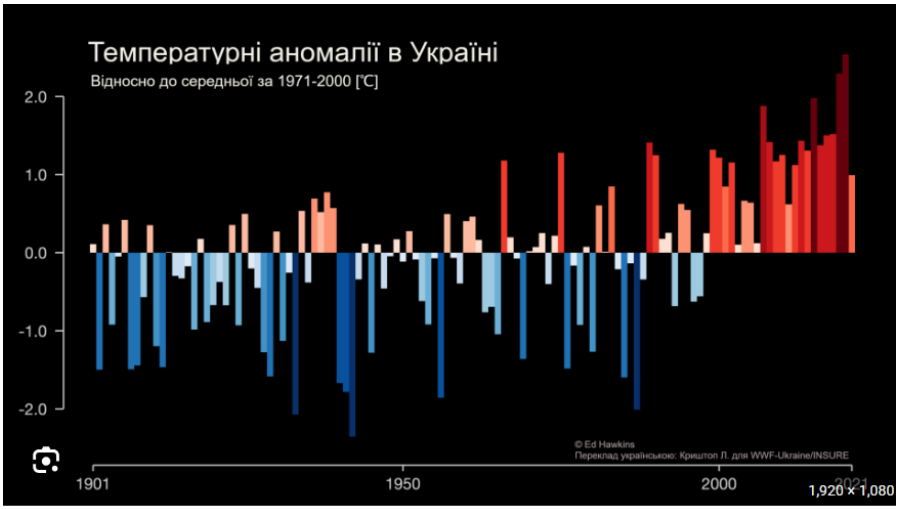


Рис.1. Температурні аномалії в Україні

Серед найбільш загальних підходів до передбачення певних подій або ситуацій розрізняють детерміновані, імовірнісні та адаптивні моделі передбачення. Якщо детермінований підхід вимагає, щоб потрібні характеристики були визначені з заданою точністю, то при використанні імовірнісних моделей апріорні характеристики показників розглядаються як випадкові величини, визначені на основі статистичних методів за відомою сукупністю реалізацій. Адаптивний підхід запропоновано для випадків, де необхідні характеристики на перших етапах аналізу занадто складно визначити, але алгоритм пошуку рішення можна удосконалити в процесі накопичення інформації. Саме для задач з високим рівнем невизначеності в рамках адаптивного підходу О.Г. Івахненка розроблено методи та засоби самоорганізації моделей передбачення небезпечних подій [5], зокрема, методи групового урахування аргументів (МГУА).

В сфері екологічних досліджень до адаптивного підходу можемо віднести також концепцію «багатовимірного екологічного термометра», запропоновану в 1982 р. В.Б. Георгієвським, що включає ряд засобів багатовимірного аналізу даних моніторингу для оцінювання екологічного стану складних природних та соціально-природних систем [6]. Аналіз інформації реалізовано в рамках визначеної системи еталонів, які описують певну сукупність природних систем з різним рівнем забруднення, побудовану на основі ретроспективних даних спостережень та експертних оцінок. Якщо можна передбачити значення окремих ознак, то

багатовимірний підхід надає можливість визначити образ певної події в майбутньому, точніше, окіл її можливого розташування в імовірнісному просторі подій.

Отже, сучасний статистичний підхід до передбачення включає як традиційні моделі (зокрема, регресійні), так і багатовимірний статистичний аналіз даних моніторингу, в тому числі, засоби багатовимірного шкалювання, які допомагають одержати візуальну інтерпретацію одержаних прогнозів.

Когнітивні моделі та експертні оцінки

Незважаючи на широку практику використання статистичного підходу та наявність великих обчислювальних ресурсів, практичне застосування таких методів принципово обмежується лише обробкою ретроспективних кількісних даних, що монотонно змінюються, або так званих "розмитих" даних. Тобто при застосуванні формальних методів прогнозування моделі майбутніх подій фактично будуються як продовження або екстраполяція минулого досвіду, що суттєво обмежує можливості зазначених методів. Насамперед тому, що наразі відбуваються нетипові надзвичайні події, суттєво відмінні від накопиченого досвіду.

В першу чергу це неочікувані кліматичні явища, катастрофічні події (землетруси, цунамі, вулканічні виверження, жахливі посухи або зливи, нетипові для окремих регіонів), які відрізняються суттєво нелінійним характером. Також сюди можна віднести численні техногенні аварії та небезпечні інциденти, що досить нелегко передбачити традиційними методами, обмежуючись лише статистичними даними.

На жаль, на даний момент універсальних та досконалих підходів до вирішення проблеми передбачення все ще не існує. Втім, запропоновано багато моделей для побудови можливих сценаріїв розвитку тих чи інших явищ у майбутньому. На сучасному етапі розвитку досліджень важливою відмінністю від колишньої практики слід вважати той факт, що перевага віддається методам передбачення, які мають переважно якісний характер. Окремі з них відомі досить давно і успішно використовуються для вирішення спеціальних, предметно орієнтованих задач. Дослідження методів якісного передбачення показало, що відомі методи певною мірою можна застосувати на окремих етапах процесу передбачення майбутніх подій. Але в повному обсязі жоден такий метод не вирішує проблеми в цілому. Тому передбачення наразі потребує розробки складної послідовності окремих засобів, з чітко визначеними взаємозв'язками між ними, що базується на універсальній методології системного аналізу [6], із врахуванням основних індикаторів та загроз, суттєвих для оцінки стану енергетичної безпеки України.

Сучасні засоби передбачення спрямовані на побудову формалізованих методів із залученням експертних оцінок і моделей знань, що враховують досвід фахівців на свідомому та інтуїтивному рівнях. В даному напрямі для підтримки прийняття рішень в галузі енергетичної та екологічної безпеки

запропоновано когнітивні моделі аналізу даних моніторингу, що включають можливості передбачення небезпечних подій із врахуванням експертних знань і набутого досвіду [3]. Приклад когнітивної моделі аналізу даних, що враховує такі прогнози для прийняття рішень, наведений на рис. 2.

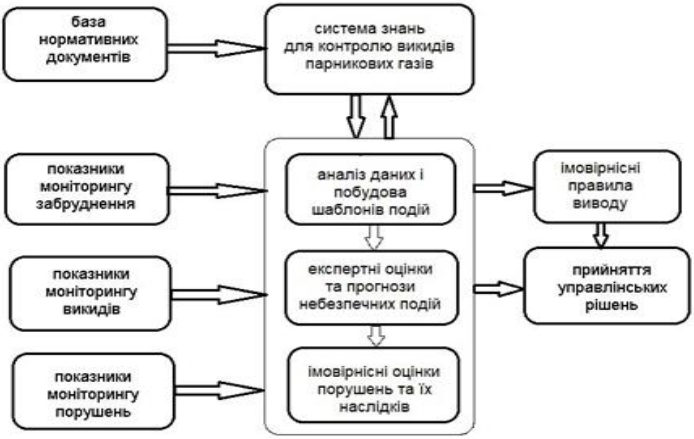


Рис. 2. Структура когнітивної моделі для прогнозу небезпечних подій

Розроблена система знань орієнтована на моніторинг і прогнозування викидів в атмосферне повітря небезпечних речовин (зокрема, парникових газів). Вона базується на методах систематизації даних, що включають засоби аналізу та імовірнісного моделювання набутого досвіду, а також експертні оцінки та інтуїтивні знання фахівців в галузі техногенної безпеки.

1. Андерсон Дж. Р. Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2002. С. 496.
2. Криштоп Л. Матеріали для проєкту INSURE: movIng Nature baSed climate solutions into Ukraine's Reform agenda / Запровадження природоорієнтованих кліматичних рішень у Порядок денний реформ в Україні / в рамках завдання № 2 [Електронний ресурс] Режим доступу: https://nbs.wwf.ua/shcho-my-rozumiiemo-pid-zminoiu-klimatu/.
3. Каменева І.П., Артемчук В.О. Проблема інформативності та визначення інформативних структур для підтримки прийняття рішень в галузі екологічної безпеки // Електронне моделювання, 2022, 44, № 3, с. 50-64.
4. Івахненко О.Г., Лапа В.Г. Передбачення випадкових процесів. — Київ: «Наукова думка», 1969.
5. Ивахненко А.Г., Мюллер Й.А. Самоорганизация прогнозирующих моделей. – К.: Техніка, 1985. – 223 с.
6. Георгиевский В.Б., Каменева И.П. Интерактивный анализ данных в задачах экологического мониторинга // Проблемы энергосбережения, 1990, «Наукова думка», вип. 5, с. 3-7.
7. Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г та ін. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: аналітична доп. / за заг. ред. О. М. Суходолі. – Київ: НІСД, 2020. – 178 с. [Електронний ресурс] Режим доступу: sukhodolia_energy_security_sayt-1.pdf (niss.gov.ua).

А.В. Ковилін

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ЛОГІВ SIGMA ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Критична інфраструктура в сучасному світі є фундаментальним чинником сталого та успішного розвитку суспільства. Вона включає в себе системи енерго- та водопостачання, транспортні мережі, інші об'єкти, які надають життєво важливі послуги. Забезпечення її резильєнтності стає викликом в умовах зростаючого числа загроз і кібератак.

Будь-яка система, пов'язана з комп'ютерними технологіями, має можливість реєструвати у спеціальних журналах (логах) процеси, що в ній відбуваються, для подальшого аналізу і виявлення проблем та загроз. Використання моделей машинного навчання для аналізу логів дозволяє досліджувати та виявляти аномалії, передбачувати потенційні проблеми і сприяти оперативному реагуванню на них, що безпосередньо впливає на властивість резильєнтності об'єктів критичної інфраструктури.

Методи та моделі машинного навчання (Machine Learning – ML) дозволяють створювати системи, які навчаються відрізняти нормальну поведінку системи від аномальної. Основні завдання ML у контексті резильєнтності критичної інфраструктури включають:

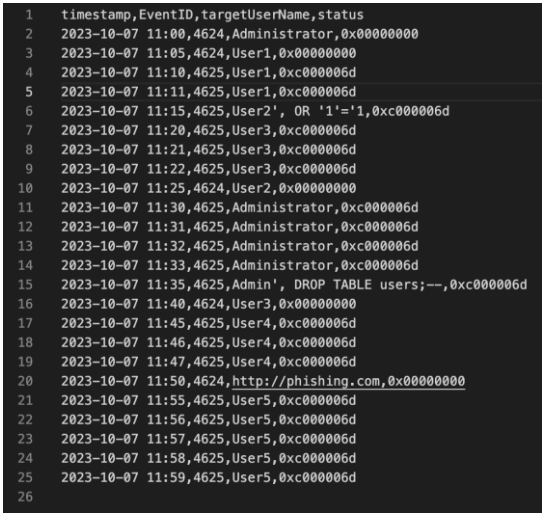
- виявлення аномалій: моделі можуть аналізувати дані з сенсорів, обладнання та систем моніторингу комп'ютерних систем з метою виявлення аномальних змін в роботі об'єктів інфраструктури [1];
- прогнозування проблем: ML може використовувати збережені дані про попередні інциденти для передбачення можливих майбутніх проблем і аномалій [2];
- оптимізація реакції: моделі можуть пропонувати оптимальні дії для реагування на виявлені проблеми та забезпечення найшвидшого відновлення роботи [3].

Аналіз логів є важливою складовою забезпечення резильєнтності об'єктів критичної інфраструктури. Логи дозволяють фіксувати події, які відбуваються в системі, що допомагає виявляти аномалії та відстежувати їх наслідки, або збирати статистику для подальшого використання в якості даних для машинного навчання.

Одним з потужних інструментів для аналізу системних логів та виявлення є мова ***Sigma***. Вона дозволяє описувати шаблони аномальної поведінки і використовувати їх для обробки великої кількості логів (рис. 1). Застосування ML разом із мовою Sigma дозволяє створювати більш точні та ефективні системи виявлення аномалій [4].

На основі даних, зібраних за допомогою Sigma, модель машинного

навчання може бути навчена відрізняти штатне функціонування системи від аномального. Вона аналізує логи, моніторингові дані та іншу інформацію, щоб виявити несподівані або підозрілі події, наприклад, несанкціонований доступ або атаки на систему.



```
timestamp,EventID,targetUserName,status
2023-10-07 11:00,4624,Administrator,0x00000000
2023-10-07 11:05,4624,User1,0x00000000
2023-10-07 11:10,4625,User1,0xc000006d
2023-10-07 11:11,4625,User1,0xc000006d
2023-10-07 11:15,4625,User2', OR '1'='1,0xc000006d
2023-10-07 11:20,4625,User3,0xc000006d
2023-10-07 11:21,4625,User3,0xc000006d
2023-10-07 11:22,4625,User3,0xc000006d
2023-10-07 11:25,4624,User2,0x00000000
2023-10-07 11:30,4625,Administrator,0xc000006d
2023-10-07 11:31,4625,Administrator,0xc000006d
2023-10-07 11:32,4625,Administrator,0xc000006d
2023-10-07 11:33,4625,Administrator,0xc000006d
2023-10-07 11:35,4625,Admin', DROP TABLE users;--,0xc000006d
2023-10-07 11:40,4624,User3,0x00000000
2023-10-07 11:45,4625,User4,0xc000006d
2023-10-07 11:46,4625,User4,0xc000006d
2023-10-07 11:47,4625,User4,0xc000006d
2023-10-07 11:50,4624,http://phishing.com,0x00000000
2023-10-07 11:55,4625,User5,0xc000006d
2023-10-07 11:56,4625,User5,0xc000006d
2023-10-07 11:57,4625,User5,0xc000006d
2023-10-07 11:58,4625,User5,0xc000006d
2023-10-07 11:59,4625,User5,0xc000006d

```

Рисунок 1 – Приклад активності системи, трансформованої за допомогою Sigma в CSV формат

Однією з потужних моделей ML для виявлення аномалій є ***Isolation Forest***. Принципі її дії полягає в ізоляції аномалій, відокремлені їх від штатних станів у просторі даних [5, 6]. Перевагами Isolation Forest є швидкість, висока точність та масштабованість.

Головна ідея Isolation Forest полягає в тому, що аномалії є рідкісними точками у просторі даних і можуть бути швидко виділені за допомогою дерева рішень. Це дерево "ізолює" аномальні точки, рекурсивно поділяючи простір даних на менші області, внаслідок чого аномалії потрапляють до окремих листяних вузлів дерева.

Можливими сферами застосування моделі машинного навчання Isolation Forest та аналізу логів з використанням Sigma стосовно об’єктів критичної інфраструктури є: енергетичні об'єкти, транспортні системи, мережі водопостачання і каналізація, засоби телекомунікації та медичне обладнання.

Захист від злому є важливою частиною забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Однією з ефективних стратегій для захисту є використання інтелектуальних систем виявлення та запобігання вторгнень (IDS/IPS), які можуть співпрацювати зі системами на базі Sigma та Isolation

Forest з метою: виявлення атак, використання ML, співпраця, відповідь на інцидент, навчання на основі інцидентів.

В даному дослідженні пропонується застосувати модель Isolation Forest для аналізу статистичних даних, зібраних за допомогою Sigma, використовуючи платформу NodeJS та мову програмування Javascript.

Створення правил виявлення аномальної активності в даних журналу Windows Event Log та оброблених Sigma дозволило отримати результати, подані на рис. 2.

Anomalous Login Attempts


```
[
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:10",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User1",
    "status": "0xc000006d"
  },
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:11",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User1",
    "status": "0xc000006d"
  },
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:12",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User1",
    "status": "0xc000006d"
  },
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:13",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User1",
    "status": "0xc000006d"
  },
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:14",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User1",
    "status": "0xc000006d"
  },
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:15",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "User2'",
    "status": " OR '1'='1",
    "__parsed_extra": [
      "0xc000006d"
    ]
  },
```


Detected SQL Injections


```
[
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:35",
    "EventID": "4625",
    "targetUserName": "Admin'",
    "status": " DROP TABLE users;--",
    "__parsed_extra": [
      "0xc000006d"
    ]
  }
]
```


Detected Phishing Attempts


```
[
  {
    "timestamp": "2023-10-07 11:50",
    "EventID": "4624",
    "targetUserName": "http://phishing.com",
    "status": "0x00000000"
  }
]
```


Рисунок 2 – Результати виявлення аномальної активності в системі

Як бачимо, дана модель виявила підозрілу активність при спробі користувачів отримати доступ до системи з використанням логіну, а також потенційну активність типу фішинг та SQL Injection. Важливо, що модель дуже швидко адаптувалась та навчилась виявляти аномалії на основі відносно невеликої кількості даних, що свідчить про її високу ефективність.

Отже, результати проведеного дослідження свідчать, що використання Sigma та Isolation Forest для аналізу логів систем та виявлення аномалій на об'єктах критичної інфраструктури здатне забезпечувати безпеку та підвищувати резильєнтність цих об'єктів. Правильно налаштовані та інтегровані системи можуть виявляти потенційні загрози та допомагати вчасно реагувати на них, забезпечуючи безперебійну роботу критичної інфраструктури. Моделі машинного навчання допомагають дейта-аналітикам, спеціалістам з безпеки та комп'ютерних систем виявляти підозрілу активність і вживати заходів з підвищення рівня захисту та резильєнтності даних систем. Для досягнення максимальної ефективності необхідно вчасно збирати дані активності, обробляти їх та налаштовувати моделі ML, а також забезпечувати постійний моніторинг та оновлення систем безпеки.

1. Rajalingam, K., & Yang, S. H. (2018). Machine Learning Applications in Fault Detection and Diagnosis. IEEE Access, 6, 6656-6667.
2. Garcia, S., Stips, A., & Herrera, F. (2019). A Review on Ensembles for the Class Imbalance Problem: Bagging-, Boosting-, and Hybrid-Based Approaches. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), 49(3), 463-484.
3. Gómez-Verdejo, V., & Camacho, D. (2019). Multivariate Time Series Classification with LSTM Recurrent Neural Networks. Expert Systems with Applications, 115, 455-466.
4. Risi, C., García, S., & Herrera, F. (2017). A Study on the Use of Non-Parametric Tests for Analyzing the Evolutionary Algorithms' Behaviour: A Case Study on the CEC'2005 Special Session on Real-Parameter Optimization. Journal of Heuristics, 23(4), 263-290.
5. Breunig, M. M., Kriegel, H. P., Ng, R. T., & Sander, J. (2000). LOF: Identifying density-based local outliers. In ACM sigmod record (Vol. 29, No. 2, pp. 93-104).
6. Liu, Fei Tony; Ting, Kai Ming; Zhou, Zhi-Hua (December 2008). "Isolation Forest". 2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining. pp. 413-422.

О.І. Клюзко

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ДАНИХ ЩОДО СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ

Робота постачальника на ринку електричної енергії передбачає регулярне прийняття рішень в умовах невизначеності. Одним із основних етапів прийняття стратегічних рішень є прогнозування загального погодинного графіку споживання електроенергії за укладеними договорами її постачання споживачам, з урахуванням особливостей споживчих графіків, притаманних різним групам споживачів.

На оптовому та балансуючих сегментах ринку електричної енергії, постачальник має незначний вплив на ціни, тобто, фактично, він приймає запропоновані ціни за моделлю «price-taker». Рентабельність постачальника здебільшого залежить від його можливості ефективно спрогнозувати графік споживання електроенергії всієї множини своїх споживачів та здійснити закупівлю оптимального погодинного обсягу електроенергії на оптовому ринку за середньозваженими цінами, нижчими за ціни продажу на роздрібному ринку.

Отже, вирішення задачі збільшення рентабельності постачальника потребує математичного моделювання задач прогнозування змін графіків споживання електроенергії.

Починаючи з лютого 2022 року, бойові дії, спричинені повномасштабним вторгненням РФ, мають значний вплив на графіки споживання електричної енергії. Впродовж осінньо-зимового періоду 2022-2023 років щонайменше 255 ракетних ударів було завдано по енергетичній інфраструктурі [2], що призводило до відключень споживачів електричної енергії та, відповідно, мало суттєвий негативний вплив на роботу постачальників.

В умовах військових дій перед постачальниками постає проблема дослідження впливу руйнувань енергетичної інфраструктури на зміни графіків споживання електроенергії.

Метою дослідження є визначення можливості виокремлення змінених графіків споживання електроенергії в результаті ураження об’єктів енергетичної інфраструктури.

Для проведення дослідження було застосовано ієрархічну агломеративну кластеризацію погодинних даних споживання електроенергії в одній з областей України та визначено особливі графіки споживання, сформовані в умовах ракетних обстрілів. Таке дослідження є ефективним методом поділу закономірностей у графіках споживання електричної енергії [3].

Проведення досліджень виконувалось в інтерактивному середовищі Google Colabs, яке надає зручний інтерфейс до бібліотеки алгоритмів

кластеризації даних з використанням мови програмування Python. За допомогою Google Colabs було проведено ієрархічну агломеративну кластеризацію погодинних даних споживання електроенергії в мережі одного с операторів системи розподілу впродовж 4 місяців, з вересня по грудень 2022 року. Програмою було проаналізовано 2928 значень та визначено 3 кластерні групи.

Опис програмного коду, що застосовується в рамках дослідження:

1. Створення NumPy масиву для розміщення даних:

```
x = p['val_01'].to_numpy().reshape(-1, 24)
```

У цьому фрагменті коду дані з колонки "val_01" DataFrame p перетворюються в NumPy масив та змінюють форму, поділяючи дані на групи по 24 елементи.

2. Створення об'єкту AgglomerativeClustering та виконання кластеризації даних:

```
kmeans = AgglomerativeClustering(n_clusters=3).fit(x)
```

Створюється об'єкт з методом агломеративної кластеризації даних на 3 кластери. Цей метод застосовується до даних x.

3. Визначення міток кластерів:

```
Yhat = kmeans.fit_predict(x)
```

Мітки кластерів отримуються за допомогою методу fit_predict для кластеризованих даних x.

4. Побудова результуючого графіка з використанням бібліотеки Matplotlib:

```
import matplotlib.pyplot as plt
print("Clustering 3")
plt.figure(figsize=[20,3])
plt.plot(kmeans.fit_predict(x), '-rs')
plt.show()
```

Здійснюється імпорт методів з бібліотеки Matplotlib, за допомогою яких будується графік, що відображає результати кластеризації. Точки на графіку є номерами кластерів, за якими здійснено розподіл початкових даних x.

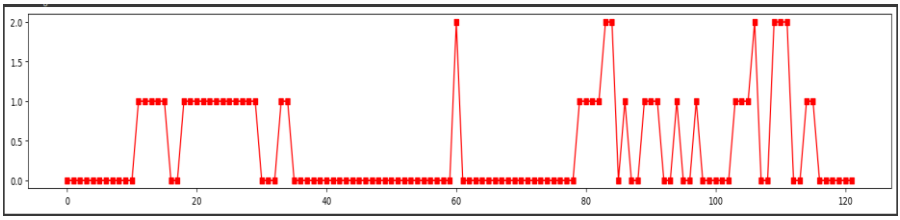


Рисунок 1 – Лінійний графік відображення розподілу даних між кластерними групами

За результатами проведеного розрахунку в кластерну групу за номером 2 було відібрано 7 добових графіків: 31.10.2022, 23-24.11.2022, 16.12.2022, 19-21.12.2022. Відповідно до даних з відкритих джерел саме в ці дні в мережі ОСР відбувались масові відключення споживачів електричної енергії через ураження об'єктів енергетичної інфраструктури в цій області.

Встановлена адекватність отриманих результатів агломеративної кластеризації даних дозволяє досліджувати особливі зміни у добових графіках споживання електроенергії в регіонах, що зазнали ракетних обстрілів, та враховувати очікування щодо таких змін в прогнозах погодинного споживання електроенергії, що виконуються з метою прийняття оптимальних рішень постачальниками електричної енергії.

1. Закон України №2019-VIII вид 13.04.2017 «Про ринок електричної енергії»: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text.

2. Tkach, D., & Tkach, D. (2023).The main losses of the ukrainian energy system as a result of massive attacks by russia. Economics, Finance and Management Review, (2), 51–59. https://doi.org/10.36690/2674-5208-2023-2-51-59.

3. Y. Wang, M. Jia, N. Gao, L. Von Krannichfeldt, M. Sun and G. Hug, "Federated Clustering for Electricity Consumption Pattern Extraction," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 13, no. 3, pp. 2425-2439, May 2022, doi: 10.1109/TSG.2022.3146489. Y. Wang, M. Jia, N. Gao, L. Von Krannichfeldt, M. Sun and G. Hug, "Federated Clustering for Electricity Consumption Pattern Extraction," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 13, no. 3, pp. 2425-2439, May 2022, doi: 10.1109/TSG.2022.3146489.

В.О. Меркулов, В.В. Горанчук, В.І. Борисенко

MCNP-МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ СТРУМУ ДЕТЕКТОРА ПРЯМОГО ЗАРЯДУ В ВВЕР-1000

Наведено результати числового моделювання в коді MCNP процесу формування сигналу детекторів прямого заряду (ДПЗ) під дією нейтронного та гама-випромінювання в активній зоні ВВЕР-1000. Проведено валідацію моделі MCNP на результатах експериментального визначення струму ДПЗ, отриманих на трьох різних енергоблоках з ВВЕР-1000 протягом паливної кампанії. Запропоновано новий гама-спосіб визначення теплової потужності реактора (ТПР) ВВЕР-1000 на основі сигналів фонових жил ДПЗ.

Моделі формування струму ДПЗ розроблено в коді MCNP [1]. При розрахунках MCNP використовувалася бібліотека оцінених ядерних даних ENDF/B-VI. Модель включає: канал нейтронних вимірювань (КНВ) у складі 7 ДПЗ з сигнальними і фоновими жилами (див. рис. 1.); центральну трубку тепловидільної збірки (ТВЗ) в якій розміщено КНВ; ТВЗ у складі 312 твелів і 18 направляючих каналів. Схему розміщення елементів ТВЗ в моделі наведено на рис.2.

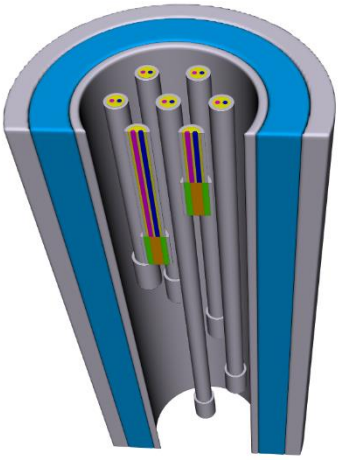


Рис. 1. Схема розміщення 7-ми ДПЗ в центральній трубці ТВЗ

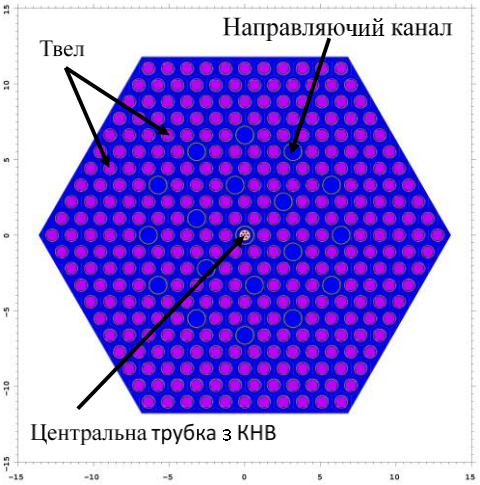


Рис. 2. Модель ТВЗ

Параметри теплоносія: густина теплоносія по висоті ТВЗ змінна – з 0,752 г/см3 (на вході) до 0,685 г/см3 (на виході), концентрація бору у теплоносії – 1100 ppm.

ТВЗ моделюється повністю, на боковій поверхні ТВЗ прийняті умови повного відбиття (нейтронів і гама-квантів) – «Дзеркало», на торцевих сторонах ТВЗ – шар теплоносія 30 см.

Довжина емітера ДПЗ – 250 мм, радіус родієвого дроту – 0,24 мм, крок розташування ДПЗ у КНВ становить 437,5 мм. Схема розміщення ДПЗ і сигнальних жил на рівні ДПЗ № 4 у КНВ наведено на рис. 3.

Матеріалами сигнальної та фонової жил виступає хромель та алюмель, ізолятора – Al_2O_3, оболонки кабелю – сталь 08Х18Н10Т. Склад хромелю (у вагових відсотках): Ni – 90%, Cr – 9,2%, Co – 0,8%; а алюмелю: Ni – 94,5%, Al – 2%, Mn – 2%, Si – 0,8%, Co – 0,7%. Радіус жил – 0,1 мм, внутрішній радіус оболонки кабелю – 0,35 мм, а зовнішній – 0,5 мм. Густина хромелю – 8,72 г/см^3, алюмелю – 8,67 г/см^3, ізолятора кабелю – 3,98 г/см^3, оболонки кабелю – 7,8 г/см^3.

Модель MCNP при формуванні струму в фоновій жилі враховує: Комптон-ефект, фото-ефект, утворення пар.

Валідацію MCNP-моделі формування струму фонової жили ДПЗ проведено на даних фактичних вимірів струму фонових жил ДПЗ, отриманих на різних енергоблоках з ВВЕР-1000 впродовж паливної кампанії.

На рис. 4 наведено:

усереднене значення струму фонової жили, отримане за 3 місяці роботи на номінальній потужності ВВЕР-1000;

розрахункове значення струму фонової жили ДПЗ № 1÷7 (для розрахунку використовувалася карточка MCNP +F8).

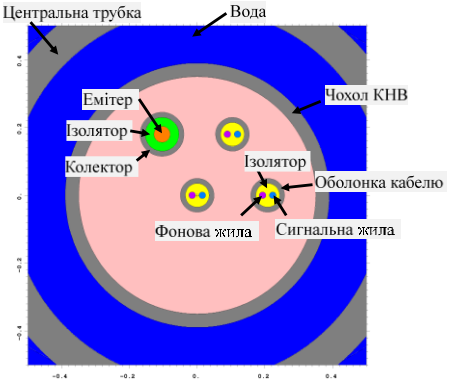


Рис. 3 Модель КНВ на рівні ДПЗ № 4

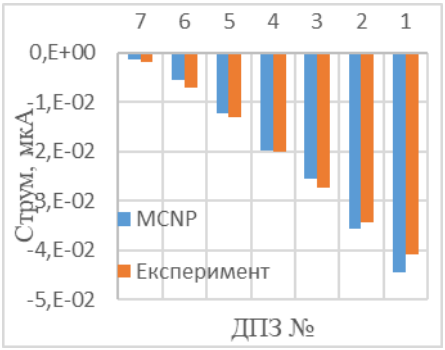


Рис. 4. Струм фонової жили для ДПЗ № 1÷7.

ТПР є важливим параметром безпеки ВВЕР- 1000, тому підвищення точності визначення ТПР при впровадженні додаткового гама-способу її визначення є актуальною задачею, враховуючи плани по підвищенню ТПР ВВЕР-1000. Наведено результати експериментального визначення ТПР

ВВЕР-1000 традиційним нейтронним способом за сигналами ДПЗ, вказано на проблемні питання щодо похибки визначення ТПР нейтронним способом. В роботі наведено результати моделювання з дослідження впливу основних факторів, що впливають на зміну коефіцієнта пропорційності $К_{ФЖ}$ між фактичною ТПР і ТПР визначеною за гама-способом. Для підвищення точності визначення ТПР за гама-способом запропонована модель корекції $К_{ФЖ}$, яка враховує вплив вигоряння ядерного палива на зміну сигналу фонових жил ДПЗ. Враховуючи, що сигнал фонових жил ДПЗ є безінерційним, по відношенню до зміни нейтронної потужності реактора, впровадження способу визначення ТПР за гама-методом є перспективним для реалізації додаткового альтернативного каналу формування сигналу аварійного захисту як по потужності, так і по періоду реактора).

Розрахунок ТПР за сигналами ДПЗ реалізовано в системі внутрішньореакторного контролю (СВРК) через визначення лінійного енерговиділення (ЛЕВ) ТВЗ в місцях розташування ДПЗ.

ЛЕВ ТВЗ в місцях розташування ДПЗ визначається за формулою [2]:

$$q_{nm} = a_{nm}(Y_{nm} - Y_{nm}^{F}), \quad (1)$$

де Y_{nm} – значення струму m-го ДПЗ в n-му КНВ; Y_{nm}^{F}– значення фонового струму; a_{nm} – коефіцієнт, який залежить від параметрів активної зони в місці розташування ДПЗ, а саме: збагачення і вигорання палива, температури і тиску теплоносія, концентрації борної кислоти в теплоносії 1-го контуру, вигорання емітеру ДПЗ.

ТПР за сигналами ДПЗ визначається за формулою:

$$N_{SPND} = K \cdot \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} q_{nm} \cdot h, \quad (2)$$

де K– коефіцієнт, що враховує співвідношення потужності активної зони і в призмах з ДПЗ, і який визначається співвідношенням середньої лінійної потужності в активній зоні до середньої лінійної потужності в (N·M) призмах з ДПЗ;

h – висота призми з ДПЗ, см.

Найбільшу похибку в визначення ТПР за сигналами ДПЗ вносить невизначеність коефіцієнта a_{nm}, який у СВРК розраховується окремо для кожного типу палива.

Однак, в СВРК досі використовується алгоритм розрахунку коефіцієнтів a_{nm} побудований на спрощених моделях більш ніж 30-ти річної давнини, в яких неповною мірою враховано вплив таких факторів, як [3]:

спектральний фактор – врахування в сигналі ДПЗ зміни спектру нейтронів внаслідок вигорання палива, зміни концентрації борної кислоти в теплоносії 1-го контуру, зміни температури теплоносія в місці розташування ДПЗ;

геометричний фактор – сигнал ДПЗ на 25-30 % формується нейтронами суміжних ТВЗ; тому коефіцієнти a_{nm} необхідно розраховувати не тільки для

кожного типу палива, а і для реального завантаження паливної кампанії, для врахування впливу на сигнал ДПЗ нейтронів суміжних ТВЗ;

фактор вигорання ДПЗ – зменшення імовірності долетіти електронам з емітеру до колектора детектора, через більше вигорання зовнішніх шарів ДПЗ;

При визначенні ТПР за сигналами ДПЗ необхідно також враховувати і можливе зміщення положення ДПЗ по висоті від проектного.

Для визначення ЛЕВ в реактора ВВЕР-1000 використовуються сигнали 448 ДПЗ, що розташовані в 64 КНВ. Кожен КНВ складається з 7 ДПЗ, які рівномірно розташовані по висоті активної зони. ДПЗ функціонально є джерелом струму, який виникає за рахунок електронів, що утворюються в нейтронно-чутливій частині детектора (емітері) при β-розпаді, активованого під дією нейтронів ядра ізотопу родію ^{103}Rh. Рух електронів від емітера до колектора ДПЗ створює електричний струм, який можна виміряти в СВРК. Струм ДПЗ пропорційний потоку нейтронів у місці його розташування, а потік нейтронів, у свою чергу, визначає енерговиділення в твелах.

Важливою є задача переходу від сигналів ДПЗ до ЛЕВ. При цьому розраховується коефіцієнт навантаження шести твелів, що оточують центральну трубку з КНВ, і який визначається як відношення середнього енерговиділення шести твелів ТВЗ, що оточують ДПЗ, до середнього енерговиділення всіх 312-ти твелів ТВЗ.

В роботі було досліджено вплив місця розташування ТВЗ в активній зоні ВВЕР-1000 на величину коефіцієнта навантаження шести центральних твелів. Результати роботи будуть застосовані для удосконалення моделі визначення ТПР у СВРК ВВЕР-1000.

1. MCNP, A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4C, Manual, Edited by Judith F. Briesmeister, LA-13709-M, 2000, 790 p.

2. Брагин В.А., Батенин И.В., Голованов М.Н., Кужиль А.С. и др. Системы внутриреакторного контроля АЭС с ВВЭР. М., Энергоатомиздат, 1987. с.128.

3. Борисенко В.И. Исследование моделей родиевого эмиттера детектора прямого заряда / Борисенко В.И., Пионтковский Ю.Ф., Горанчук В.В.// Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля, вып. 28, научно-технический сборник, г. Чернобыль. 2017. С. 15-26.

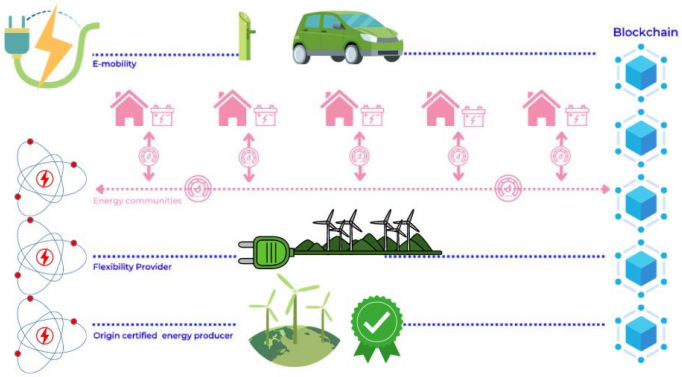
O. Ogir

THE DIGITAL TRANSFORMATION TRENDS IN THE ENERGY INDUSTRY

The prevailing developments in the energy industry involve the adoption of cutting-edge technologies to automate processes and facilitate energy decentralization. One notable illustration is the utilization of blockchain in conjunction with IoT platforms to monitor the operational history of devices and bolster security measures.

The Joint Research Centre's report, titled 'Blockchain Solutions for the Energy Transition,' suggests that the energy sector stands to undergo a significant transformation through the application of blockchain technologies.

Blockchain technology offers a way to enhance transparency in peer-to-peer energy trading. By utilizing blockchain, it becomes possible to monitor the origin of renewable energy sources and document their environmental impact. Moreover, energy firms can employ smart meters to store surplus power within the blockchain network. Subsequently, algorithms can be deployed to autonomously pair surplus energy sellers with buyers using smart contracts [1].



What Are the Primary Focus Areas of Digital Transformation in the Energy Sector?

The energy industry is currently experiencing a digital revolution propelled by technological advancements and shifts in consumer behavior. Here are some of the core domains where digital transformation is making a significant impact:

1. Smart Grids: Energy companies are harnessing digital technologies to enhance the efficiency, reliability, and security of the electrical grid. This entails the deployment of smart meters for real-time energy consumption monitoring and the integration of renewable energy sources like wind and solar power.

2. Energy Management Systems: Digital technologies are applied to optimize energy utilization in various settings, including buildings, industrial processes, and transportation. Energy Management Systems (EMS) play a pivotal role in reducing energy consumption and costs, as well as facilitating the integration of renewable energy sources into the grid.
3. Electric Vehicle Charging Infrastructure: With the increasing prevalence of electric vehicles (EVs), there is a growing need for digital transformation in the realm of charging infrastructure. This transformation involves managing the charging process, monitoring charging stations in real time, optimizing charging schedules to mitigate peak demand, and integrating EVs into the grid as flexible energy storage sources.
4. Renewable Energy Generation: Companies leverage digital sensors, data analysis, and machine learning algorithms to optimize the production of renewable energy.

Digital transformation in the energy sector not only enhances the effectiveness and sustainability of energy systems but also opens up new business models and opportunities for improvement.

Digital transformation has revolutionized the energy trading landscape. Online platforms and blockchain technology enable more efficient and transparent energy trading, allowing consumers, producers, and prosumers to participate in energy markets. This digital evolution fosters greater competition and innovation, promoting the integration of diverse energy sources. Digital tools such as Internet of Things (IoT) devices and predictive analytics have become invaluable in the maintenance of energy infrastructure. By monitoring equipment conditions in real-time and predicting maintenance needs, energy companies can reduce downtime, lower maintenance costs, and enhance the overall reliability of their systems.

Demand Response is digital technologies empower consumers and businesses to actively manage their energy consumption. Demand response programs utilize real-time data and automation to encourage load shifting during peak periods, resulting in cost savings and reduced strain on the grid. These initiatives align with the broader goal of achieving a more resilient and sustainable energy ecosystem. As the energy sector becomes increasingly digitized, cybersecurity and resilience are paramount concerns. Digital transformation efforts include bolstering cybersecurity measures to protect critical infrastructure from cyber threats and ensuring that the energy grid can quickly recover from disruptions caused by natural disasters or other emergencies.

Data analytics tools enable energy companies to gain valuable insights from vast amounts of data. This data-driven approach helps in optimizing energy generation, distribution, and consumption. Advanced analytics can identify patterns and opportunities for energy efficiency, reducing waste and carbon emissions.

And finally, digital transformation also impacts how energy companies comply with regulations. Automation and digital record-keeping assist in meeting reporting requirements, ensuring transparency, and adhering to environmental standards. Compliance in the digital age is more streamlined and less prone to errors [2,3].

In summary, the energy industry's digital evolution has played a pivotal role in its rapid growth. Companies engaged in oil and gas production, mining, and renewable energy are harnessing artificial intelligence, machine learning, the Internet of Things (IoT), and blockchain technologies, which have resulted in significant enhancements for both individual companies and the industry.

Technology exhibits substantial promise within the energy sector, particularly in applications like real-time predictive analytics, demand response management, remote asset monitoring, and research and development. For a fruitful digital transformation, businesses should rely on software solutions. By collaborating with a proficient software development partner, companies can effectively achieve their digital transformation goals.

1. Ghobakhloo, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. J. Clean. Prod. 2020, 252, 119869. [Google Scholar].

2. Hustoft, J.; Weber, B. The Impact of Digital Transformation on the Electric Power Industry, An Explorative Study of the Largest Norwegian Distribution System Operators; Norwegian School of Economics: Bergen, Norway, 2019. [Google Scholar].

3. Zaoui, F.; Souissi, N. Roadmap for digital transformation: A literature review. In Proceedings of the 7th International Conference on Emerging Inter-Networks, Communication and Mobility (EICM), Leuven, Belgium, 9–12 August 2020. [Google Scholar].

Т.В. Пучко

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ У РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ

Для позначення прикладних програмних інтерфейсів, що поєднують компоненти розподілених програмних систем, в англійській мові використовується термін web API, який можна перекласти українською як вебінтерфейс прикладного програмування (ВПП). Це набір правил та протоколів, які дозволяють програмам взаємодіяти через мережу Інтернет [1]. Він визначає формати запитів, які можуть надсилатися клієнтами, та формати відповідей, які повертаються. Спершу ВПП використовувалися лише вебслужбами, але сьогодні, в еру контейнеризації, мікросервісів, та хмарних обчислень, без них неможливо обійтися [2]. Вони не лише сполучають застосунки на пристроях користувачів з необхідними сервісами, а й дозволяють побудувати розподілені системи, складові частини яких можуть розвиватися незалежно одна від одної.

ВПП постійно розвиваються. На перший погляд, ВПП не повинні змінюватися, але на практиці при створенні нового ВПП розробники ще недостатньо добре знають свою предметну область і не мають усіх вимог від своїх клієнтів, тому перша версія ВПП зазвичай недосконала. Але з часом навіть якісний ВПП вимагає змін: з'являються нові поняття предметної області, відбуваються зміни в законодавстві, і клієнти починають потребувати нових функціональних можливостей [3]. Також з'являється необхідність виправляти помилки та проблеми безпеки і продуктивності.

ВПП стали суттєвою частиною програмного забезпечення, тому організаціям, що їх розробляють, надзвичайно важливо мати стратегію їх стійкого розвитку. Така стратегія має передбачати як довгострокові вкладення, так і підтримання оперативної діяльності, про яку далі піде мова. Ця діяльність потребує витрат часу, тому перед цими організаціями постає питання, як оцінювати такі витрати. Оцінювання потрібне, щоб

1. передбачати фінансування;
2. аналізувати ризики та компроміси;
3. планувати та керувати проєктом;
4. аналізувати інвестиції у покращення програмного забезпечення [4].

Різні підходи до розвитку ВПП вимагають різних трудовитрат [5]. Основними є такі підходи [6][7]:

1. Зворотна сумісність (backward compatibility), коли усі зміни вносяться до ВПП таким чином, щоб уникнути негативного впливу на клієнтів, які продовжують користуватися цим ВПП.

2. Версіонування (versioning), коли усі покращення застосовуються до нової версії ВПП, а клієнти певний час продовжують користуватися попередніми версіями.
3. Застарівання (deprecation), коли певні елементи або цілі версії ВПП поступово виводяться з експлуатації.

Для забезпечення розвитку ВПП характерні такі роботи:

1. Координація з користувачами:
   - 1.1. отримання нових вимог;
   - 1.2. сповіщення про заплановані зміни;
   - 1.3. отримання зворотного зв'язку;
   - 1.4. допомога в адаптації коду клієнтів до змін.
2. Реалізація змін:
   - 2.1. проєктування на рівні інтерфейсів;
   - 2.2. реалізація змін на рівні коду;
   - 2.3. мігрування даних;
   - 2.4. зусилля з підтримання зворотної сумісності;
   - 2.5. створення нових версій ВПП;
   - 2.6. оголошення елементів ВПП застарілими та їх поступове видалення;
   - 2.7. виправлення проблем безпеки;
   - 2.8. виправлення проблем продуктивності;
   - 2.9. виправлення помилок.
3. Тестування, щоб переконатися у відсутності несумісних змін.
4. Документування:
   - 4.1. довідники з технічним описом ВПП;
   - 4.2. приклади використання;
   - 4.3. посібники з міграції коду клієнтів на нову версію ВПП.
5. Навчання власних співробітників, в т. ч. служби підтримки.
6. Моніторинг використання ВПП.

На сьогодні дуже мало досліджень, які спрямовані на оцінювання трудовитрат саме на забезпечення розвитку ВПП, таких, як дослідження ефективності механізму застарівання [8]. Але існує багато методів оцінювання трудовитрат загалом на розроблення програмного забезпечення [9].

Такі методи будуються:

1. на основі моделі (методи COCOMO, SLIM, Checkpoint, SEER);
2. на основі експертизи (Delphi, на основі правил);
3. з орієнтацією на навчання (нейронні мережі, на основі випадків);
4. з орієнтацією на динаміку;

5. з використанням регресійного аналізу;
6. з об’єднанням кількох підходів [4].

Щоб оцінити трудовитрати на забезпечення розвитку ВПП, доцільно використовувати наявні методи оцінювання трудовитрат на розроблення програмного забезпечення, адаптувавши їх до робіт, які специфічні для забезпечення розвитку ВПП, або розробити новий метод, використовуючи наявні підходи.

Отже, питання забезпечення стійкого розвитку ВПП актуальне, а оцінювання трудовитрат має практичну цінність для організацій, що розробляють ВПП, бо дозволяє передбачати фінансування, аналізувати ризики та компроміси, планувати та керувати проєктом, а також аналізувати доцільність інвестицій у покращення ВПП.

На сьогодні питання оцінювання трудовитрат на забезпечення розвитку ВПП мало досліджене, але існують підходи та методи оцінювання трудовитрат при розробленні програмного забезпечення загалом, які можливо застосувати і до робіт з розвитку ВПП.

Необхідні подальші дослідження структури попиту на зміни функціональних можливостей ВПП, а також трудовитрат на задоволення такого попиту. Це дозволить розробити метод оцінювання трудовитрат на забезпечення розвитку ВПП, або адаптувати наявні методи оцінювання трудовитрат при розробці програмного забезпечення до завдань, що стосуються розвитку ВПП.

1. Raatikainen, M., Kettunen, E., Salonen, A., Komssi, M., Mikkonen, T., & Lehtonen, T. (2022). State of the practice in application programming interfaces (APIs): A case study. In S. Biffl, E. Navarro, W. Löwe, M. Sirjani, R. Mirandola, & D. Weyns (Eds.), *Software architecture: 15th European conference, ECSA 2021, virtual event, Sweden, September 13-17, 2021, proceedings. LNCS 12857* (pp. 191–206). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86044-8_14.
2. Bonorden, L., & Riebisch, M. (2022). API deprecation: A systematic mapping study. In *2022 48th euromicro conference on software engineering and advanced applications (SEAA)* (pp. 451–458). IEEE. https://doi.org/10.1109/seaa56994.2022.00076.
3. Wang, S., Higashino, W. A., Hayes, M., & Capretz, M. A. M. (2014). Service evolution patterns. In *2014 IEEE international conference on web services (ICWS)* (pp. 201–208). IEEE. https://doi.org/10.1109/icws.2014.39.
4. Boehm, B., Abts, C., & Chulani, S. (2000). Software development cost estimation approaches – A survey. *Annals of Software Engineering*, *10*(1/4), 177–205. https://doi.org/10.1023/a:1018991717352.
5. Bogart, C., Kästner, C., Herbsleb, J., & Thung, F. (2016). How to break an API: cost negotiation and community values in three software ecosystems. In *FSE'16: 24nd ACM SIGSOFT International Symposium on the Foundations of Software Engineering*. ACM. https://doi.org/10.1145/2950290.2950325.
6. Lübke, D., Zimmermann, O., Pautasso, C., Zdun, U., & Stocker, M. (2019). Interface evolution patterns: Balancing compatibility and extensibility across service life cycles. In *EuroPLop '19: Proceedings of the 24th European conference on pattern languages of programs*. ACM Press. https://doi.org/10.1145/3361149.3361164.

7. Wang, S., Higashino, W. A., Hayes, M., & Capretz, M. A. M. (2014). Service evolution patterns. In *2014 IEEE international conference on web services (ICWS)* (pp. 201–208). IEEE. https://doi.org/10.1109/icws.2014.39.

8. Kao, C. H., Chang, C.-Y., & Jiau, H. C. (2022). Towards cost-effective API deprecation: A win–win strategy for API developers and API users. *Information and Software Technology*, *142*, 106746. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106746.

9. Jadhav, A., Kaur, M., & Akter, F. (2022). Evolution of Software Development Effort and Cost Estimation Techniques: Five Decades Study Using Automated Text Mining Approach. *Mathematical Problems in Engineering*, *2022*, 1–17. https://doi.org/10.1155/2022/5782587.

М.В Оболонський, О.М Любименко

ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

Метою даного проєкту є розробка ефективної системи захисту інформаційної системи підприємства з використанням генетичних алгоритмів для оцінки ризиків та впровадження контрзаходів. Об'єктом дослідження є процеси створення ефективної системи захисту інформаційної системи підприємства. Предметом дослідження є методи та алгоритми функціонування системи захисту інформаційної системи (ІС) підприємства. Методи дослідження, які використані при розробці системи базуються на основних положеннях інформаційної безпеки (ІБ), теорії алгоритмів, проєктування бази даних, проєктування програмного забезпечення, модульного програмування.

Ключові слова: Інформаційна безпека, Інформаційна система, Система захисту інформації, База даних, Ризик, Контрзахід, Генетичні алгоритми, Мінімізація ризиків.

Управління ризиками ІБ стає обов'язковим завданням для підприємств, які повинні не лише ідентифікувати потенційні загрози, але й розробляти стратегії та механізми для зниження ризиків та впровадження контрзаходів [1]. Проєкт спрямований на дослідження і вирішення ключової проблеми ІБ підприємств – мінімізації ризиків. Подолання цієї актуальної проблеми вимагає комплексного підходу та використання сучасних технологій, серед яких особливе місце займають генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми – це ефективні інструменти, які визначають своє походження з біологічних еволюційних процесів [2]. Вони здатні вирішувати складні оптимізаційні задачі та пошукові завдання, що створює можливості застосування їх в галузі оцінки ризиків ІС.

Розробці системи передував ретельний об’єктний аналіз предметної області. Було розглянуто існуючі методи оцінки ризиків ІС, проведено порівняльний аналіз конкуруючих систем, обрано і обґрунтовано сучасні інформаційні технології для створення ефективної системи захисту ІС підприємства.

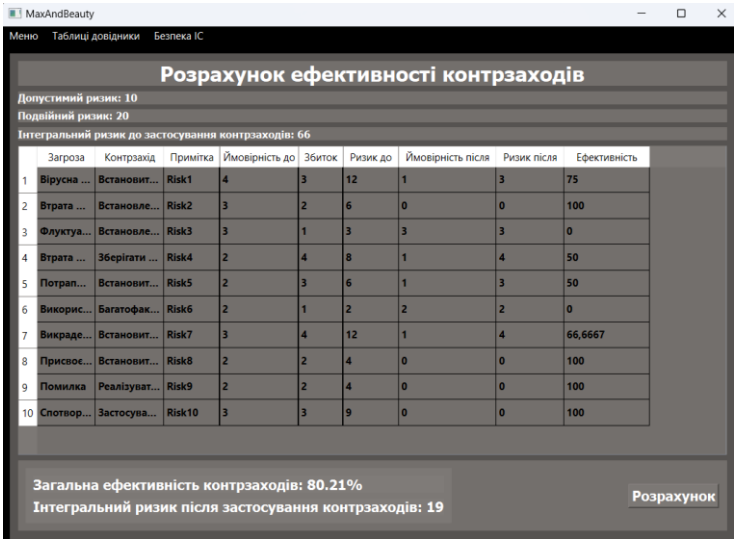
Реалізація ефективної системи захисту ІС підприємства передбачає необхідність зберігання інформації про активи підприємства, загрози, які пов’язані з ресурсами, їх ймовірність та збиток, а також вразливості та впроваджені контрзаходи [3]. Система передбачає створення матриці ризиків та впровадження контрзаходів для зниження ризиків ІБ. Враховуючи ці вимоги, було спроєктовано базу даних з певними таблицями. З дотриманням основних положень програмного проєктування були створені макети користувацького інтерфейсу. На основі наданої інформації, програмну

систему було розбито на окремі модулі відповідно до принципів модульного програмування.

Програмна реалізація системи здійснювалася в середовищі PyCharm мовою Python з використанням SQLite3. Для створення графічного інтерфейсу систему задіяно прив'язку Python, Pyside6 для середовища застосування Qt6, який дозволяє використовувати фреймворк для створення графічних інтерфейсів користувача (GUI). Створений алгоритм оцінки ризиків за допомогою генетичних алгоритмів включає:

- створення початкової популяції, яка представляє можливі стратегії зменшення ризиків в ІС;
- розробка функції пристосованості, для оцінки кожного рішення;
- використання схрещування та мутації для розвитку популяції рішень;
- відбір кращих рішень на основі функції оцінки;
- впровадження рекомендованих контрзаходів або стратегій зменшення ризиків в ІС.
- моніторинг стану ІС та рівня ризиків, та адаптація контрзаходів згідно з новими загрозами та змінами в ІС.

Макет інтерфейсу (рис. 1) створювався за допомогою QT Designer.



	Загроза	Контрзахід	Примітка	Ймовірність до	Збиток	Ризик до	Ймовірність після	Ризик після	Ефективність
1	Вірусна ...	Встановит...	Risk1	4	3	12	1	3	75
2	Втрата ...	Встановле...	Risk2	3	2	6	0	0	100
3	Флуктуа...	Встановле...	Risk3	3	1	3	3	3	0
4	Втрата ...	Зберігати ...	Risk4	2	4	8	1	4	50
5	Потрап...	Встановит...	Risk5	2	3	6	1	3	50
6	Використ...	Багатофак...	Risk6	2	1	2	2	2	0
7	Викраде...	Встановит...	Risk7	3	4	12	1	4	66,6667
8	Присвоє...	Встановит...	Risk8	2	2	4	0	0	100
9	Помилка	Реалізуват...	Risk9	2	2	4	0	0	100
10	Спотвор...	Застосува...	Risk10	3	3	9	0	0	100

Рис. 1 – Варіант візуалізації розрахунку контрзаходів системи захисту ІС

1. Важливість управління ризиками для підприємств. URL: https://www.ey.com/uk_ua/consulting/information-security-risk-management.

2. Генетичні алгоритми. Вступ. URL: https://vlp.com.ua/files/43.pdf.

3. Основи управління інформаційною безпекою : навч. посіб. / А.М. Гребенюк, Л.В. Рибальченко. Вид-во ДДУВС, 2020. – 144 с.

І.В. Плетяний

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЛЮДСЬКОЇ СКЛАДОВОЇ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ В ЕНЕРГЕТИЦІ

В енергетиці існує безліч людино-машинних систем де важливість і значення надійності людської складової важко переоцінити. Наявність і ефективність тренажерної підготовки в системі підтримання і підвищення кваліфікації персоналу – один з вагомих чинників що забезпечує таку надійність. Наймасовішим класом тренажерів в системі тренажерної підготовки в енергетиці, на думку авторів, повинні стати локальні тренажери, імітаційна складова яких відтворює функціонування локальної частини або ділянки технологічного обладнання. Масовість і широке впровадження їх в систему підготовки зумовлене відносно низькою вартістю їх створення та педагогічною ефективністю їх застосування. Враховуючи сучасний стан і темпи розвитку світових інформаційних технологій існує відповідний вплив і тиск на розвиток і удосконалення інформаційних технологій в сфері розробки тренажерів. В загальному вигляді, розвиток індустрії виробництва тренажерів здійснюється в наступних напрямках:

- використання мережевих і дистанційних технологій навчання;
- широке застосування елементів віртуальної та доповненої реальності;
- аналіз можливостей використання режимів онлайн – ігор;
- можливості і доцільність використання елементів ШІ на всіх етапах проектування і виробництва тренажерів.

В науково – технологічному плані основним напрямком у розробці локальних тренажерів є розвиток методу сценарно – імітаційного моделювання, а також побудова на базі сучасних універсальних програмних пакетів для розробки додатків – авторських, проблемно – орієнтованих систем модельного конструювання та відповідних засобів автоматизації.

Метод сценарно – імітаційного моделювання формує нову парадигму в існуючих підходах до створення тренажерів, яка полягає у фундаментальній перевазі сценарію тренування на тренажері над глибиною і масштабом моделювання енергетичного обладнання. Локальний тренажер – це в першу чергу засіб навчання. Тому основною його характеристикою повинна бути не «ступінь подоби» або «глибина моделювання», а сукупність реалізованих тренажерних занять, які формують необхідні професійні навички щодо управління енергетичним обладнанням. Тренажерне заняття реалізується у формі сценарію, основною якого є робоча діяльність персоналу, до якої добавлені елементи навчальної діяльності та відповідна реакція енергетичного обладнання на дії персоналу. Саме сценарій тренажерного заняття визначає масштаб моделювання і обмежує «все режимність» математичної (імітаційної) моделі енергетичного об’єкта.

Основною складовою сценарію заняття є робоча діяльність персоналу. Робоча діяльність персоналу в енергетиці має три складові: оперативну діяльність, технічний нагляд та адміністративну діяльність. Основною є оперативна діяльність, яка полягає в оперативному управління енергетичним обладнанням. Робоча діяльність персоналу регламентується відповідними експлуатаційними інструкціями. Такі експлуатаційні інструкції є одним із основних джерел інформації для визначення і формалізації початкового і кінцевого станів енергетичного обладнання, а також найбільш прийнятного шляху між цими станами при розробці тренажерних занять.

Основною формою опису робочої діяльності, а також всіх інших процесів, які супроводжують створення локального тренажера має бути єдиний міжнародний стандарт BPMN [1]. Такий підхід має багато переваг, серед яких основними є зрозуміла універсальна технічна мова для фахівців різноманітних галузей та наявність правил використання. Для розробки BPMN – діаграм та документування відповідних процесів можливе широке застосування сучасних засобів автоматизації у вигляді поширених спеціалізованих програмних пакетів, наприклад Bizagi Modeler [2].

Моделювання енергетичного обладнання і процесів, які відбуваються при його функціонуванні здійснюється загально відомими методами і способами, але обмежується рамками сценарію, що надає безліч переваг як щодо вибору варіантів математичного опису так і щодо інструментарію алгоритмічної реалізації. Такий підхід дозволяє перейти до використання методології модельного конструювання [3]. У відповідності з нею розробка імітаційної моделі реакції об'єкта управління здійснюється як конструювання причинно – наслідкової структури на основі бібліотеки проблемно – орієнтованих елементів і шаблонів силами галузевих експертів.

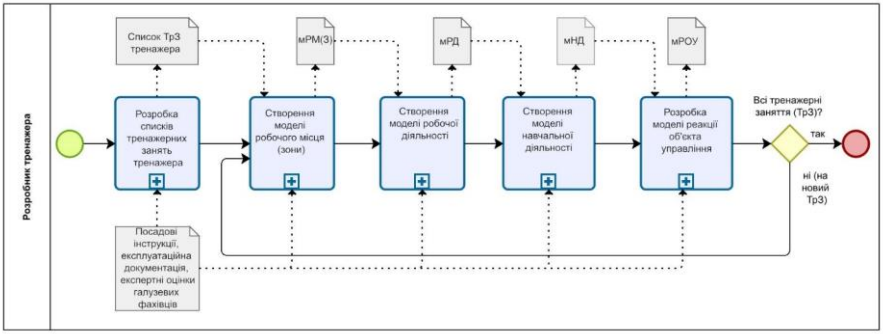


Рисунок 1 – Технологія розробки локального тренажера

Конструювання моделі енергетичного обладнання – це тільки однин із етапів розробки локального тренажера. На рис. 1 зображена діаграма всього технологічного процесу створення локального тренажера для підготовки персоналу в енергетиці у форматі BPMN, де ТрЗ – тренажерне заняття,

мРМ(З)) – модель робочого місця (зони), мРД – модель робочої діяльності, мНД – модель навчальної діяльності, мРОУ – модель реакції об'єкта управління.

Перелік тренажерних занять, які потрібно реалізувати під час створення локального тренажера це свого роду його майбутні технічні можливості або характеристики. Вони формуються на етапі розробки технічного проекту локального тренажера, де серед іншого виробляється замисел щодо застосування тренажера в системі підготовки, його призначення, визначення персоналу який підлягає тренажерній підготовці і таке інше.

Не менш важливим етапом створення локального тренажера є його реалізація – програмування або кодування. Однією з актуальних наукових проблем в цьому напрямку є створення технологій та відповідних інструментальних засобів конструювання локальних тренажерів, орієнтованих на галузевих фахівців та досвідчених експертів в енергетиці. Основним шляхом вирішення даної наукової проблеми є побудова на базі сучасних універсальних програмних пакетів для розробки додатків авторських, проблемно – орієнтованих підсистем конструювання локальних тренажерів. Відомі програмні пакети графічно-візуальної розробки додатків аналізуються на можливість створення і послідовне накопичення бібліотеки типових компонентів, шаблонів та моделей, орієнтованих на енергетику. Також аналізується відповідний набір інструментів та сервісних функцій, націлених на конструювання і реалізацію тренажерів. Таким програмним пакетом може бути, наприклад, Unity [4].

Таким чином, розвиток методології створення локальних тренажерів для підготовки персоналу в енергетиці на основі сценарно – імітаційного моделювання дозволить зробити локальні тренажери найбільш масовим і найбільш затребуваним класом тренажерів на підприємствах енергетики України що, в свою чергу, має підвищити якість людської складової людино – машинних систем і підвищити безпеку енергетики в цілому.

1. Офіційна специфікація стандарту BPMN. https://www.omg.org/spec/BPMN/.
2. Офіційний сайт Bizagi. https://www.bizagi.com/.
3. Самойлов В.Д., Модельное конструирование компьютерных приложений// Киев: Наукова думка, 2007. – 198 с.
4. Офіційний сайт Unity. https://www.unity3d.com/.

Н.А. Походенко

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

У роботі проведено аналіз стану галузі підвищення енергетичної ефективності світлодіодних систем освітлення.

Метою роботи було визначення проблем у галузі підвищення енергетичної ефективності світлодіодних систем освітлення та пошук їх рішень.

У сучасному світі, який стрімко розвивається, сталий розвиток міст став ключовою метою у будь-якій галузі, а особливо у сфері підвищення енергетичної ефективності є сталий розвиток міст. Це обумовлюється постійним зростанням кількості населення та дуже швидкими темпами урбанізації нашого суспільства, що вимагає в свою чергу нових підходів до планування та управління міським середовищем.

Розглянувши усі завдання сталого розвитку, які були викладені в Резолюції ООН, можна виділити ціль під номером 7, яка безпосередньо стосується галузі, яка розглядається. [1] Ця ціль визначає необхідність забезпечення доступу суспільства до надійних, дешевих, сталих та сучасних джерел енергії. В рамках цієї цілі також виділено окремі завдання, а саме:

- забезпечення доступу до надійного, дешевого і сучасного енергопостачання;
- збільшення частки відновлюваних джерел енергії;
- подвоєння глобального показника підвищення енергоефективності
- активізація міжнародного співробітництва з екологічно чистої енергетики.

Саме тому можна казати, що підвищення енергоефективності світлодіодних систем освітлення є обов'язковою вимогою для досягнення цієї поставленої цілі і є важливим завданням, що зможе зробити великий внесок у зменшення споживання енергії людьми та буде сприяти сталому розвитку.

Якщо ж розглядати загальні світові тенденції розвитку даної галузі, то можна сміливо говорити про світове визнання важливості внеску підвищення енергоефективності світлодіодних систем в ефективне використання енергії. І за останні декілька років відбувся значний скачок у розвитку галузі, який можна визначити такими ключовими тенденціями:

1. Технологічний прогрес та велика кількість інновацій.
2. Ріст популярності систем інтелектуального освітлення.
3. Впровадження стратегії енергозбереження та сталого розвитку.
4. Ріст екологічної свідомості населення планети.
5. Ріст глобального ринку.

Підсумовуючи можна говорити про неабиякий розвиток технологій галузі, ріст попиту та свідомості у сфері енергоефективності серед населення. Так ці тенденції поставили освітлення у центрі сучасного міжнародного стратегічного планування, що допоможе світу створити енергоефективні та екологічно чисті міські середовища.

Та незважаючи на велику актуальність теми, суспільство все ще стикається з деякими проблемами у галузі підвищення енергоефективності світлодіодних систем освітлення. Такими проблемами є:

- теплові втрати, які супроводжують роботу світлодіодів;
- ефективність перетворення енергії на світло;
- виклики пов'язанні із підвищенням популярності інтернету речей (IoT);
- питання економічної та соціальної ефективності;
- вплив на здоров'я людини;
- недобросовісність виробників;
- відсутність необхідних технічних документів контролю якості.

Рішення цих питань можуть бути як простими так і досить складними у виконанні, розглянемо можливі варіанти. Для проблеми теплових втрат рішенням є розробка та вдосконалення високоефективних систем охолодження, які є одним із важливих питань галузі.

Що стосується ефективності перетворення енергії на світло, то нові технології та матеріали з області напівпровідникових приладів можуть допомогти у вирішення питання, але це потребує подальших наукових досліджень та інженерних рішень.

Зростання популярності IoT поставило чимало питань перед науковцями, оскільки розумні системи керування світлодіодами мають можливість значно збільшити оптимальність використання енергії, але необхідним є розробка наднадійної інфраструктури та стандартів безпеки таких систем, при чому на державному рівні.

Щодо економічної ефективності, перед суспільством постає питання вирішення проблеми економічної вигоди. В першу чергу необхідно заохочувати виробників збільшенням державних інвестиції та спеціалізованими програмами. Також необхідно активно працювати у напрямку зменшення витрат на електроенергію та обслуговування, щоб мотивувати виробників збільшувати обсяги виробництва продукції, в той же час надавати більше продукції покупцям за меншою ціною. [2,4]

А от у соціальному аспекті необхідно забезпечити потужну рекламну кампанію серед населення та доступність цих технологій для всіх верств населення. При цьому розвиток енергоефективних рішень повинен ґрунтуватися на принципах сталого розвитку та соціальної відповідальності.
Вплив освітлення на організ зараз активно досліджується і підтверджується неймовірний його вплив на усі системи людського організму. Але проблема

неякісного освітлення все ще не вирішена. Тому необхідно встановити контроль не тільки за кількісними, а й за якісними показниками світлодіодної продукції. В той час, як оптимізація спектру світла та розробка технологій, що дозволяють адаптувати освітлення до біологічних ритмів людини, стають важливими завданнями для забезпечення не лише енергоефективності, а й комфорту користувачів.

Також необхідно звернути окрему увагу на недобросовісність виробників, які часто маніпулюють поняттями і не вірно зазначають технічні характеристики такої продукції. А відсутність затвердженої обов'язкової технічної документації погіршує цю проблему. Так в дослідженнях українських вчених було виявлено, що більшість продукції на ринку має на 25-35% меншу світлову віддачу, ніж заявлено виробником і відповідно мають набагато нижчу категорію енергоефективності. Також виробники дуже часто недобросовісно вказують набагато вищі показники кольоропередавання, ніж вони є насправді. Але незважаючи на це для більшості галузей застосування, така продукція є загалом безпечною. [3,5] Вирішенням є розробка міжнародних стандартів кількісних та якісних характеристик світлотехнічної продукції та їх активне впровадження по всьому світу. А також обов'язкова перевірка відповідності товару кожної партії для всіх світових виробників.

Узагальнюючи, можна сказати, що актуальність питання підвищення енергетичної ефективності світлодіодних систем освітлення очевидна. А вирішення наявних проблем вимагає спільних зусиль науковців, інженерів, бізнесу та суспільства загалом для створення стабільних, екологічно чистих та високоефективних технологій освітлення, більшого контролю за виробниками.

1. ООН. (2018, 18 травня). Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року.
https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/перетворення-нашого-світу-порядок-денний-у-сфері-сталого-розвитку-до-2030-року.
2. Shenzhen Light Victor Technology Ltd. (2022, 27 february). Analysis of the market size and development trend of the global smart lighting industry in 2022.
https://www.light-victor.com/news/analysis-of-the-market-size-and-development-tr-54378825.html.
3. Неєжмаков, П., Пітяков, О., Шпак, С., Кислиця, С., Кожушко Г. (2022) Стан енергоефективності та якості світла світлодіодної продукції. *Український метрологічний журнал*, 1, с.12-19.
https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2022.258690.
4. ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО». (2017). Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн.Відокремлений підрозділ.
https://docplayer.net/84214294-Dosvid-krayin-ievrosoyuzu-z-pidvishchennya-energoefektivnosti-energoauditu-ta-energomenedzhmentu-z-energooshchadnosti-v-ekonomici-krayin.html.
5. Міністерство розвитку громад та території України. (2018) Про необхідність впровадження енергоефективних заходів.
https://www.minregion.gov.ua/press/news/pro-neobhidnist-vprovadzhennyaenergoefektyvnyh-zahodiv-rozyasnennya-minregionu/

О.С. Потенко, А.М. Давиденко

ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ВИБОРУ СКЛАДУ ПРОФІЛЮ ПРОТИДІЇ ЗАГРОЗАМ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Питання інформаційної безпеки в інформаційно-телекомунікаційних системах (ІТС) та розробка комплексних систем захисту інформації (КСЗІ) привертають все більшу увагу з боку фахівців, особливо якщо такі системи застосовуються на об'єктах критичної інфраструктури. Комплексна система захисту інформації представляє собою сукупність заходів, включаючи організаційні, інженерно-технічні, програмно-апаратні засоби, які призначені для забезпечення безпеки інформації в ІТС.

Необхідність створення КСЗІ в ІТС регулюється законодавством України. Оцінку наявності послуг безпеки у комп'ютерній системі проводять із використанням функціональних критеріїв, а критерії гарантій дозволяють оцінити правильність реалізації цих послуг. Для відповідності вимогам безпеки оброблюваної в ІТС інформації комплекс засобів захисту (КЗЗ) обчислювальної системи повинен відповідати профілю захищеності, який включає перелік мінімально необхідних рівнів послуг.

Для розробки методики проектування адаптивних профілів для підкласів автоматизованих систем (АС), пропонується використовувати метод динамічного програмування. За допомогою класичного підходу [1], можна створити прикладний алгоритм (методику) для оцінки адаптивних профілів загроз для підкласів автоматизованих систем АС-1, АС-2, АС-3 під час проектування систем захисту. Для цього необхідно провести дослідження реалізації вимог НД ТЗІ 2.5-004-99, НД ТЗІ 2.5-005-99 та визначити прикладний фізичний зміст, що дозволить розробити методику обчислення параметрів цільової функції під час оптимізації. За основу розрахунків використано зворотне алгоритмічне завдання, яке використовує цільову функцію апроксимованого виду за формулою (1) за умови та обмеження (2).

$$\Psi_i(x_i) = [1 - (1 - \gamma_i)]^{x_i - a_i}, \qquad (1)$$

$$x_i \geq a_i,\ i = 1, 2, \ldots, n, \qquad (2)$$

$$a_i = -\ln [w_i (1 - ß_i)]^{m_i}, \qquad (3)$$

γ_i – параметр динамічного програмування цільової функції, визначається по наступній формулі (4).

$$\left.\begin{array}{l} \gamma_i = 0,\ x_i \leq a_i, \\ \gamma_i = w_i,\ x_i > a_i \end{array}\right\} \qquad (4)$$

З формули (3) бачимо, що параметр a_i є, в свою чергу, функцією ще трьох параметрів w_i, $ß_i$, m_i, де

$ß_i$ – імовірність протидії і-ї профільної послуги безпеки загрозі за підкласом АС, вона визначається її адаптивним рейтингом та розраховується програмно-алгоритмічним методами моделювання системи “Профіль” по окремій методиці

w_i – вразливість від загроз за підкласом АС і-й профільної послуги безпеки УБ-ПР, вона визначається ризиком безпеці, також розраховується програмно-алгоритмічним методами моделювання системи “Профіль”

m_i – рівень і-й функціональної послуги безпеки, регламентованої в нормативному документі НД ТЗИ 2.5-004-99, наприклад, для услуги КД-1 рівень $m_i = 1$.

Для реалізації алгоритму було створено програмний додаток у середовищі Visual Studio Community Edition. Додаток написаний мовою програмування C# і використовує програмну платформу Microsoft .NET Framework. Програмний продукт придатний для роботи в операційних системах Windows 10 та Windows 11. Реальний вигляд інтерфейсу додатку можна побачити на рисунку 1.

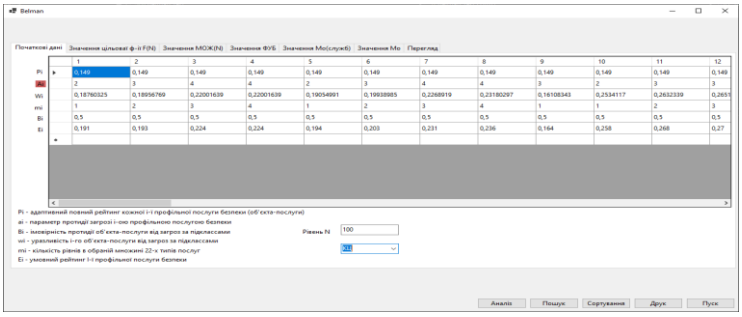


Рисунок 1 – Приклад інтефейсу застосунку

Методика обчислення параметрів цільової функції під час оптимізації, яка за рахунок використання методу динамічного програмування надає можливість реалізувати принцип оптимальності Р. Беллмана, була реалізована в вигляді застосунку. Головною властивістю застосунка є незалежність результату від початкових умов пошуку: з якого б етапу ми не почали визначати новий склад профілю для протидії загрозам в залежності від наявності ресурсів захисту щодо апаратного та програмного забезпечення (модернізація, удосконалення, переоснащення, нова політика безпеки тощо), то всі подальші етапи будуть більш оптимальними.

1. Richard E. Bellman. Dynamic Programming. - Princeton University Press, 2010. - 392p.

2. НД ТЗІ 2.5-004-99 Критерії оцінки захищеності інформації в комп’ютерних системах від несанкціонованого доступу, №22, 67с., 1999.

С.Є. Саух

МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ В УМОВАХ МІЛІТАРНИХ ЗАГРОЗ

Цілеспрямовані терористичні та військові загрози енергетиці спостерігаються та реалізуються в багатьох країнах сучасного світу [1].

Впродовж осені-зими 2022 року на електроенергетичну систему України було здійснено 255 масованих російських атак. Їх важкі наслідки відображено в статті [3]. На сьогодні, напередодні осінньо-зимового періоду 2023 року, енергетикам України, за підтримки іноземних донорів, вдалося провести ремонтні роботи з відновлення 80% пошкоджених мереж та енергоблоків ТЕС. Щодо маневрових генеруючих блоків ТЕЦ та ТЕС, то обсяги їх відновлення не перевищують 50%, що є найбільшою проблемою [2].

Активним бойовим діям, розпочатим 24 лютого 2022 року російським військовим вторгненням в Україну, передував період кібератак. Лише продовж 2014-2017 років російськими хакерами було здійснено 10 кібератак на енергосистему України [4]. Одна з таких атак, здійснена у 2015 році, мала масштабний характер і призвела до втрати керованості енергосистемою та знеструмлення майже 225 тис. споживачів. Роботи з ліквідації наслідків такої атаки виконувались впродовж 7 годин.

Особливістю терористичних атак є їх обмежений вплив на енергосистему країни. Такі атаки здійснюються значно меншими за масштабами ураження засобами і, тому, призводять до руйнування енергетичних об’єктів лише окремих підсистем [5-6].

З наведених фактів випливає, що саме ракетні атаки на енергетичну систему призводять до таких масштабних руйнувань, ліквідація яких потребує виконання довготривалих відновлюваних робіт. Винятковий характер дії таких загроз зумовлений метою їх планування та реалізації – руйнування цілісності ЕЕС та утворення енергетичних островів із суттєво обмеженими або повністю відсутніми можливостями виробництва, передачі та постачання електроенергії споживачам. Цілеспрямованість терористичних та мілітарних атак на енергосистему є їх головною відмінністю від нецілеспрямованих руйнівних впливів аномальних чи катастрофічних природних явищ або помилкових дій людини. Ціллю терористичної або мілітарної атаки на національну енергосистему є масштабне її руйнування, яке може призвести до значної деградації соціально-економічного стану країни та у такий спосіб примусити її керівництво до прийняття рішень на користь атакуючої сторони.

У звіті [4] досліджено два підходи до стримування атак на енергомережу США в умовах зростаючої кіберагресії: стримування за допомогою відмови від використання та використання загрози відплати для стримування шляхом накладення витрат.

Використання загрози відплати є поширеним підходом з задачах мінімізації загроз та підвищення резильєнтності енергосистем. Разом з цим слід зазначити, що такий підхід є дієвим як в умовах мирного часу, коли функціонує система міжнародно-правових відносин, так і в умовах війни, коли реалізується право сили. У крайньому випадку загроза відплати, зазвичай, буде на стороні сильнішого.

Інший підхід до стримування атак – відмова від використання загрози відплати, - може бути дієвим навіть на стороні слабшої сторони конфлікту. У цьому випадку слабша сторона повинна мати таку електроенергетичну систему, щоб її руйнування не супроводжувалося значною деградацією соціально-економічного стану країни.

Розроблені методи та засоби, що вже застосовуються для протидії терористичним та мілітарним атакам на електроенергетичну систему, засновані на покращенні надійності та резильєнтності електроенергетичних систем [7-8].

В статті [5] представлена методологія, що використовує комбінацію топологічного аналізу мережі та теорії ігор для оцінки ефективності стратегій захисту певних компонентів критичної інфраструктури за різних сценаріїв атак на них. Запропоновану методологію застосовано для захисту підстанції електропостачання в Ізраїлі, яка зазнає періодичних терористичних атак. Така методологія не може поширюватись на національні енергосистеми через їх топологічну складність та неможливість оцінювання ефективності захисту великої кількості енергетичного устаткування.

Роботи [7-8] містять всебічний і критичний огляд поточної практики моделювання екстремальних подій та їх впливу на електроенергетичні системи, визначають методи реагування на екстремальні події, пропонують оцінки стійкості та резильєнтності систем.

За таких обставин набору технічних рішень лише проблем стійкості, робастності, довговічності та резильєнтності ЕЕС недостатньо для забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору в умовах терористичних та мілітарних загроз.

Мета дослідження полягає у розробленні підходу відмови від використання загрози відплати для стримування терористичних та мілітарних атак на національну електроенергетичну систему. Такий підхід передбачає побудову структурно мінливої ЕЕС, здатної пом’якшити соціально-економічні наслідки атак та забезпечити:

– стабільне електропостачання населення, житлово-комунального господарства, транспорту та сільського господарства України в умовах;
– сталий розвиток локальних енергосистем (ЕЕС);
– формування ринкових механізмів управління локальними ЕЕС.

Сучасні підходи до планування розвитку ЕЕС передбачають пошук оптимальної структури генеруючого устаткування з урахуванням гнучкості

його навантаження в умовах декарбонізації енергетики та інтенсивного використання ВДЕ.

Запропонована математична модель задачі планування розвитку локальної ЕЕС представляється єдиною системою задач розвитку генеруючих потужностей та визначення оптимальних режимів їх навантаження. Математична модель є задачею змішаного цілочисельного лінійного програмування великої розмірності.

Модель задачі планування розвитку локальних ЕЕС використана у дослідженні такого розвитку в умовах мирного часу та військових дій. Обчислювальні експерименти з моделлю виконувались в наступних умовах:

- мирного часу, коли постачання електроенергії її споживачам підтримується з'єднанням локальної ЕЕС з мережею системного оператора ЕЕС країни;
- військових дій, коли в зимовий період локальна ЕЕС від'єднується від ЕЕС країни та працює в ізольованому режимі.

За результатами проведених експериментів встановлено, що в умовах військових дій значні витрати на компенсацію збитків споживачів призводять до необхідності введення більшої кількості генеруючого устаткування СЕС, додаткового енергоблока АЕС та потужностей з накопичення електроенергії, але меншої кількості генеруючого устаткування ВЕС.

Зважаючи на значний вплив військових дій на режими навантаження ЕЕС та розвиток їх виробничих потужностей, для країн, які потерпають від подібних загроз, актуальним є формування та розвиток локальних ЕЕС, здатних підтримати життєдіяльність кожної громади.

1. S.-A. Mitoulis, S. Argyroudis, M. Panteli, C. Fuggini, S. Valkaniotis, W. Hynes and I. Linkov, "Conflict-resilience framework for critical infrastructure peacebuilding," Sustainable Cities and Society, Vol. 91, 104405, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104405.

2. НЕК «Укренерго», Telegram, 2022. https://t.me/Ukrenergo/1725.

3. D. Tkach and D. Tkach, "The main losses of the ukrainian energy system as a result of massive attacks by russia", Economics, Finance and Management Review," Issue 2(14), 2023, pp. 51–59. https://public.scnchub.com/efmr/index.php/efmr/article/view/246/178.

4. A. Narayanan, J. W. Welburn, B. M. Miller, S. T. li, A. Clark-Ginsberg, "Deterring Attacks Against the Power Grid. Two Approaches for the U.S. Department of Defense,' RAND Corporation, Santa Monica, Calif., 2020, 78 p.

5. X. Yao, H. H. Wei, I. M. Shohet and M. J. Skibniewski, "Assessment of Terrorism Risk to Critical Infrastructures: The Case of a Power-Supply Substation," Applied Sciences, 2020, vol. 10 (20), 7162; https://doi.org/10.3390/app10207162.

6. D. J. Mosquera Palacios, E. R. Trujillo and J. M. López-Lezama, "Vulnerability Analysis to Maximize the Resilience of Power Systems Considering Demand Response and Distributed Generation," Electronics, 10, 2021. https://doi.org/10.3390/electronics10121498.

7. N. Bhusal, M. Gautam, M. Abdelmalak and M. Benidris, "Modeling of Natural Disasters and Extreme Events for Power System Resilience Enhancement and Evaluation Methods," 2020 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), Liege, Belgium, 2020, pp. 1-6.

8. N. Bhusal, M. Abdelmalak, M. Kamruzzaman and M. Benidris, "Power System Resilience: Current Practices, Challenges, and Future Directions," in IEEE Access, vol. 8, 2020, pp. 18064-18086.

Д.В. Столярчук

ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА ПОТОЧНУ БЕЗПЕКОВУ СИТУАЦІЮ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Автоматизація – це процес впровадження у діючі виробничі процеси автоматичного обладнання та автоматизованих комплексів, з метою керування, контролю чи моніторингу заданих технологічних процесів. В наш час практично кожна галузь людської діяльності на певному етапі свого розвитку проходить процес автоматизації: проектування, будівництво, навчання, виробництво, дослідження, управління і багато інших. На сьогоднішній день, кожна розвинена країна намагається автоматизувати кожну галузь діяльності, з метою полегшення та покращення життя своїх громадян з урахуванням економічної доцільності даного процесу.

Процеси автоматизації класифікують [1]:

- повна (автоматизовані всі етапи технологічного процесу, робота виконується системою керування; оператор бере участь лише в аварійних ситуаціях або інших можливих відхилення);
- комплексна (автоматизовані процеси або окремі цикли виробництва; оператор бере участь у виборі режиму роботи, налаштуванні технологічних параметрів та узгодження окремих дій системи керування);
- часткова (автоматизовані окремі процеси чи механізми).

З огляду на високу ефективність та економічну доцільність, цілком очевидно, що процеси автоматизації широко застосовуються і в енергетичній галузі.

Перша енергосистема, на території сучасної України, розпочинає свій відлік ще з 1926 року і називалась вона – Донбаською. Подальші роки активного розвитку енергетичної галузі призвели до того, що вже в 1940 році були перші кроки до створення об’єднаної енергосистеми (споруджено лінії електропередач довжиною у 87 кілометрів між Донбаненерго та Дніпроенерго) [2]. Протягом століття відбувались значні зміни і станом на сьогоднішній день маємо об’єднану енергетичну систему України, яка складається з атомних, теплових, гідроакумулюючих та гідравлічних, електростанцій з відновлювальними джерелами енергії (вітрова, сонячна, біогазова), магістральних та розподільчих електромереж, які слугують для виробництва, передачі та розподілу електричної чи теплової енергії до кінцевого споживача. Разом із розвитком енергетики в Україні, в її структурі впроваджувались нові та модернізувались старі процеси автоматизації, які з кожним роком збільшують свій вплив на безпекову ситуацію в енергетиці.

Для кращого розуміння зв’язку між процесами автоматизації та власне безпекою в енергетиці розглянемо детальніше питання «безпеки». З-поміж усіх секторів нашого енергетичного комплексу, розглянемо саме атомні

електричні станції, адже саме на майданчиках цих об'єктів питанням безпеки приділяється особлива увага. Це пов'язано з двома основними факторами:

- вплив АЕС на національну безпеку та енергетичну незалежність (атомні станції виробляють понад 50% електроенергії від загально виробленої в Україні, яку найближчим часом нічим буде диверсифікувати);
- вплив АЕС на радіаційну безпеку (недотримання вимог безпеки при експлуатації можуть призвести до масштабного катастрофічного впливу на населення та навколишнє середовище).

Отож, безпека АС – це властивість не перевищувати встановлені межі радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище при нормальній експлуатації АС, порушеннях нормальної експлуатації і проектних аваріях, а також обмежувати радіаційний вплив при за проектних аваріях [3].

Одним з найважливіших показників безпеки є збереження цілісності бар'єрів для унеможливлення пошкодження АС, що відповідає концепції глибокоешелонованого захисту. До таких бар'єрів захисту відноситься: паливна матриця, оболонка ТВЕЛ, межі обладнання першого контуру та герметична оболонка реакторного відділення [4].

З огляду на зазначену вище інформацію можна спостерігати наступне: є певні бар'єри захисту, нормальне функціонування яких забезпечує властивість не перевищувати встановлені межі радіаційного впливу, що в свою чергу призводить до безпечного функціонування АС в цілому. Цілком очевидним є те, що впровадження процесів автоматизації в діюче технологічне обладнання з позитивним впливом вже хоча б на один з бар'єрів глибокоешелонованого захисту – підвищує рівень безпеки енергооб'єкта в цілому.

Візьмемо для подальшого аналізу два бар'єри захисту: оболонку ТВЕЛ та межі обладнання першого контуру. Як відомо, у водо-водяних енергетичних реакторах ВВЕР-1000 в якості теплоносія у першому контурі (між зовнішньою поверхнею оболонки ТВЕЛ та внутрішньою поверхнею обладнання першого контуру) використовується вода. З метою встановлення певних граничних показників якості теплоносія для нормальної та безпечної роботи енергоблока виникла необхідність впровадження такого терміну як водно-хімічний режим (ВХР) - сукупність заходів, що регламентують відповідну якість теплоносія з метою забезпечення надійної та економічною експлуатації устаткування, що з ним контактує. З огляду на це – якість теплоносія безпосередньо впливає на два бар'єри захисту, а автоматизована система, яка може впливати на водно-хімічний режим теплоносія першого контуру – безпосередньо впливає на загальний рівень безпеки АС.

Однією з таких систем, яка на сьогоднішній день позитивно себе зарекомендувала на АС України, є система автоматизованого хімконтролю (АХК). Вона складається з засобів обчислювальної техніки, яка виконує функції:

- збору, обробки, відображення, реєстрації, зберігання та документування основних параметрів ВХР першого контуру;
- оперативного відображення поточного технологічного процесу ведення ВХР;
- діагностування поточних показників з подальшим формуванням рекомендацій по веденню ВХР.

Очевидно, що незважаючи на впровадження даної автоматизованої системи, основним центром з управління та забезпечення безпеки залишається людина, але значна частина функцій вже буде виконуватись обчислювальною технікою, а отже вплив людського фактору на технологічний процес буде зменшено.

Значний досвід експлуатації на майданчиках АС, а також результати імовірнісного аналізу безпеки, свідчать про те, що помилки персоналу вносять значний вплив у ймовірність виникнення аварій. За роки експлуатації АС, значення помилок персоналу знизилося з 80% до 15-35%, від загальної кількості вихідних подій для виникнення аварійних ситуацій [5]. Це можна пояснити тим, що разом зі зростанням процесів автоматизації і вдосконаленням взаємодії людина-машина, вплив персоналу на частоту пошкодження активної зони зменшується.

1. Глушков В. М., Амосов М. М., Артеменко І. П. (1973). *Енциклопедія кібернетики.* АН Української РСР. – Київ.

2. Дзюка І. М., Жуковський А. І., Железняк М. Г. [та ін.] (2009). *Енциклопедія сучасної України.* НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України.

3. НП 306.2.141-2008. *Загальні положення безпеки атомних станцій* (2008). Державний комітет ядерного регулювання України/.

4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (1996). *Defence in Depth in Nuclear Safety*. Vienna.

5. Весклер Л. М. (1995). *Методологические проблеми вероятностного анализа безопасности АЭС*. Атомная техника за рубежом.

С.В. Сушко, О.А. Чемерис

ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ЧАСОМ ВИКОНАННЯ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Проблеми енергоспоживання обчислювальних системам привертають увагу вже давно багато часу. На це є декілька причин. По-перше, вимога збільшити обчислювальну потужність продуктивність збільшила кількість і активність вузлів в обчислювальних системах. Другою причиною є розробка обчислювальних систем різноманітного призначення, наприклад автономних пристроїв, мобільних пристроїв або бортових комп'ютерів. Розробка та дослідження вбудованих систем привернули особливу увагу до питань використання енергії [1]. Третьою причиною є розвиток обчислювальних комплексів на базі багатопроцесорних обчислювальних систем, таких як мережеві сервери, центри обробки даних, багатомашинні комплекси для вимог високопродуктивних обчислень. Особливістю даного класу систем є вимога до організації спеціальної інфраструктури з підтримкою сталого живлення, охолодження, обслуговування, тощо.

Питання зростання енергоспоживання торкнулося сфери мобільних інформаційних технологій. Зростання споживання енергії випереджає розвиток технологій зберігання енергії, зокрема, ємності акумуляторів. Це відображається в значному скороченні терміну служби акумуляторів мобільних пристроїв при збільшенні їх функціональності. Таким чином, завдання підвищення енергоефективності інформаційних технологій полягає не тільки в економії енергії, але й у подовженні терміну служби батареї мобільних пристроїв.

Автори у [2] показали залежність продуктивності та енергоспоживання комп'ютерних систем від якості програмного коду. Автори продемонстрували, що для забезпечення найкращих показників продуктивності комп'ютерних систем існує баланс між продуктивністю, потужністю та споживанням енергії, а вибір правильного стилю кодування разом із «правильним» компілятором визначає досягнення цього балансу.

На даний момент більшість електронних компонентів побудовано з використанням технології комплементарних метал-оксидних напівпровідників (КМОН). Ця технологія була досліджена різними авторами [3, 4], і відомі всі ефекти, які призводять до збільшення енергоспоживання. Усі джерела розсіювання потужності цифрових схем КМОН можна розділити на 4 групи.

- Струм короткого замикання
- Паразитний струм витоку
- Розсіювання статичної електрики
- Динамічне розсіювання

Динамічне розсіювання є основним джерелом розсіювання потужності, і воно може розсіювати до 80% загальної розсіювання енергії [5].

Авторами проводилося широке дослідження методів оптимізації обчислювальних циклів комп'ютерних програм [6, 7]. Головною метою досліджень було визначення параметрів блоків розбиття для методу розбиття циклу на блоки та оптимального їх визначення. Було виконано декілька експериментів щодо визначення часу виконання тестових програм при різних параметрах розмірів блоків розбиття. Також проводилось вимірювання енергоспоживання до та після застосування оптимізаційних методів.

Енергоспоживання при застосуванні методів блоків розбиття одночасно з розпаралелюванням могло значно зростати, проте це компенсувалося ще більш значним скороченням часу виконання. При цьому загальна кількість електричної енергії, а отже і енергоефективність обчислень змінювались у широкому діапазоні.

Для кількісної оцінки ефективності використання оптимізації з точки зору використаної енергії було введено коефіцієнт енергоефективності, що є відношенням між загальною електричною енергією до оптимізації E_s та після оптимізації E_o. Відповідно, це відношення може бути розкрито через час виконання T_s, T_o та питому середню споживану потужність P_s, P_o відповідно до та після оптимізації:

$$K_E = \frac{E_s}{E_o} = \left(\frac{T_s}{T_o}\right) \cdot \left(\frac{P_s}{P_o}\right) \quad (1)$$

Для оцінки енергоефективності було обраний одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 3B. Відмінність необхідної енергії для обчислень тестових програм була в діапазоні від -58% до +42% для однопроцесорного обчислення та від -73% до +344% для розпаралелювання. Результати вимірювання коефіцієнту енергоефективності обчислень наведено на Рисунку 1. Синім кольором зображено результати методу розбиття на блоки, червоним – результати методу розбиття на блоки одночасно з розпаралелюванням. Легко відзначити, що коли метод розбиття на блоки ефективний, енергоефективність обчислень значно покращується разом з розпаралелюванням.

Можна зробити висновок, ті методи оптимізації комп'ютерних програм, що спрямовані на прискорення виконання комп'ютерних програм також можуть позитивно впливати на енергоефективність обчислень. Однак ефект може бути і зворотнім, тому необхідне експериментальне вимірювання для кожного конкретного випадку.

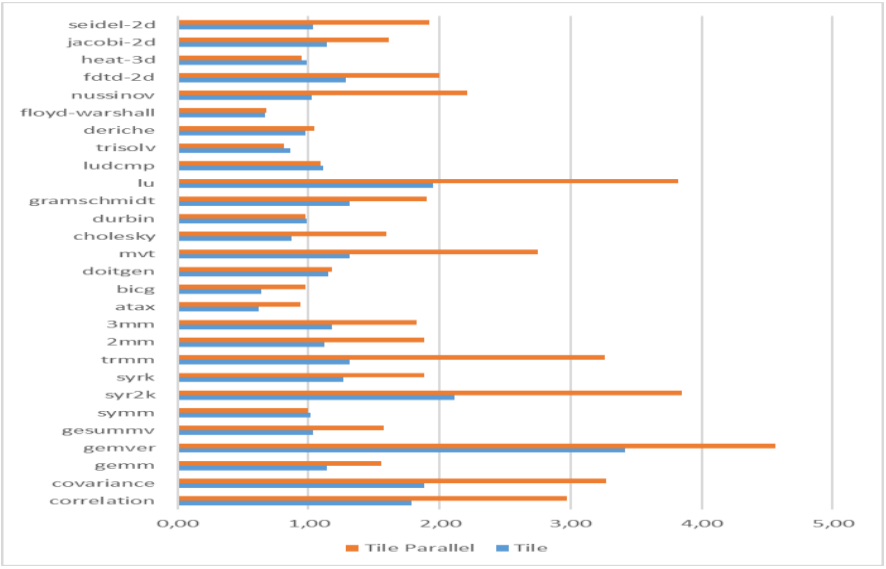


Рисунок 1 – Коефіцієнти енергоефективності обчислень для різних тестових програм і двох методів оптимізації

1. Fornaciari W, Gubian P, Sciuto D and Silvano C 1998 IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems 6(2) 266–275 URL https://doi.org/10.1109/92.678887.

2. Hassan H H M, Moussa A S and Farag I 2017 International Journal of Advanced Computer Science and Applications 8(12) URL https://doi.org/10.14569/IJACSA.2017.081217.

3. Ellis C S 2007 Controlling Energy Demands in Mobile Computing Systems Synthesis Lectures on Mobile & Pervasive Computing (San Rafael: Morgan & Claypool) URL https://doi.org/10.1007/978-3-031-02475-7.

4. Glökler T and Meyr H 2004 Design of Energy-Efficient Application Specific Instruction Set Processors (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers) URL https://doi.org/10.1007/b105292.

5. Havinga P J M and Smit G J M 1997 Low Power system Design techniques for mobile computers (CTIT Technical Report Series no 97-32) (Netherlands: Centre for Telematics and Information Technology (CTIT)) URL https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/47275318/energy.design_havinga.pdf.

6. Sushko S. Dependency between Tiles' Sizes and Program Execution Time. In Proceedings: Reconfigurable Ubiquitous Computing (RUC-2018), 12 October 2018, Dzivnuv, Poland.

7. Chemeris A. Usage of Discrete Particle Swarm Optimization Method for the Searching of Optimal Tile Size. 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T-2019), October 8-11, 2019, Kyiv, P. 202-206. ISBN: 978-1-7281-4183-1.

В.В. Станиціна, В.О. Артемчук

ШЛЯХИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Атаки, проведені Росією на енергосистему України, що мали наслідком відключення електропостачання в цілих містах та зупинення централізованого теплопостачання, показали ризики та недоліки, пов'язані із залежністю від великомасштабних централізованих систем енергопостачання для громад та їх уразливість.

Україна декларує своєю метою приєднання до Європейського Союзу, для чого імплементує його законодавство, в тому числі про охорону навколишнього природного середовища та заявляє про наміри декарбонізації економіки [1, 2].

Сферою економіки, яка забезпечує життєдіяльність населення, споживає значні обсяги паливно-енергетичних ресурсів та є значним джерелом викидів забруднюючих речовин та парникових газів є теплопостачання.

Внаслідок військових дій пошкоджено чи зруйновано багато об’єктів критичної інфраструктури. Станом на березень 2023 р. було зруйновано чи пошкоджено 472 котельні, 13 ТЕЦ, 122 центральних теплових пунктів, повністю зруйновано 145,4 км теплових мереж [3].

Постає проблема їх відновлення і запровадження рішень, які б підвищили резильєнтність систем теплопостачання та сприяли декарбонізації і зменшенню викидів забруднюючих речовин. Цьому сприятиме наступне: диверсифікація джерел енергії, збільшення обсягів споживання відновлюваних джерел енергії; запровадження розосередженої генерації, що сприятиме підвищенню надійності енергопостачання як локальних населених пунктів, так і великих споживачів; створення енергетично незалежних окремих територіальних громад; проведення термомодернізації будинків та споруд, будівництво нових будинків з високими показниками енергоефективності; впровадження резервних джерел енергії та обладнання; використання технологій зберігання енергії; впровадження сучасних систем моніторингу, управління та автоматизації, що дозволяють операторам швидко реагувати на проблеми та оптимізувати роботу системи; створення бар'єрів для кіберзагроз; навчання персоналу щодо ефективного управління та відновлення роботи систем в разі виникнення проблем. Особливо важливими для декарбонізації є перші 4 напрямки.

До відновлюваних джерел енергії, які можливо використовувати у теплопостачанні, відносяться в першу чергу біопалива (біомаса, відходи сільського господарства, різні види пелет тощо), та, за наявності фінансової підтримки громад, теплові насоси, які частково використовують відновлюване тепло навколишнього середовища [4].

Впровадження згаданих технологій і заходів, вимагає великих інвестицій в об’єкти системи теплопостачання, і в багатьох випадках, часу та

висококваліфікованих кадрів, розвитку вітчизняного машинобудування, проте є необхідним як для декарбонізації економіки, так і для підвищення резильєнтності систем теплопостачання.

1 Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. Сайт Міндовкілля. URL: https://mepr.gov.ua/news/34424.html.

2 Остап Семерак: Уряд України підтримав Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. 12.04.2021. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/ostap-semerak-uryad-ukrayini-pidtrimav-strategiyu-nizkovuglecevogo-rozvitku-ukrayini-do-2050-roku.

3 Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report.pdf.

4 Станиціна, В., Нечаєва, Т., Троханяк, В., Горський, В., & Тесленко, О. (2023). Технології електрогенерації та теплопостачання для підвищення енергетичної незалежності окремих територіальних громад. *Системні дослідження в енергетиці*, 4 (75), 32-44. https://systemre.org/index.php/journal/article/view/814.

Д.М. Семенюк

ВИЯВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ МІКРОВИТОКІВ У ТРУБОПРОВОДАХ ВНУТРІШНЬОБУДИНКОВИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНОГО ТЕЧЕШУКАЧА А-10Т3

Витоки води в трубопроводах водопостачання та опалення - досить поширене явище. Як правило, аварії сталевого трубопроводу викликані сильною корозією ділянки труби, але і при використанні полімерних трубопроводів аварійні витоки достатньо часте явище. Полімерні трубопроводи в новобудовах багатоквартирних та приватних будинках, почали масово використовувати в холодному та гарячому водопостачанні та системах опалення, замуровувати в підлозі та стінах. Як показує багаторічний досвід діагностики прихованих трубопроводів, полімерні трубопроводи низької якості мають низький термін експлуатації до 5 років, а більш якісні трубопроводи також мають ефект старіння, особливо під дією температури, час експлуатації систем опалення та гарячого водопостачання без витоків 15-20 років, а потім починається деградація матеріалу трубопровода та виникають мікровитоки.

Враховуючи те, що велика частина таких комунікацій знаходиться під підлогою у діючих житлових приміщеннях, приховані витоки можуть нанести велику матеріальну та психологічну шкоду власникам приміщень та сусідам. Визначення місця прихованого витоку є важливим завданням та потрібує застосування технічних засобів з підвищеною точністю.

Серед пристроїв, що давно використовуються для пошуку витоків в трубопроводах, працюючих під тиском, широке поширення отримали акустичні течешукачі.

Як вже писалося раніше в роботі [1], було вдосконалено прилад акустичний, течешукач А-10Т3 виробництва ІПМЕ ім. Г.Е.Пухова НАН України [2 - 4], за рахунок встановлення високочастотного фільтра з частотою 100-7000 Гц, що значно покращило практичне застосування приладу. Але при пошуку місця мікро витоку води з трубопроводів, особливо в приватних будинках у підлогах з багатошаровою структурою стяжки, спостерігались складності виміру високочастотного шуму від витоку. Після вивчення шляхів можливого розповсюдження акустичного шуму у багатошаровій структурі підлоги, прийшли до висновків, що високочастотний шум, генерований витоком води з дефекту трубопроводу, дуже швидко загасає з причини неоднорідності та багатошарової структури поверхні підлоги.

Стало питання, як змусити витік генерувати шум з більшою інтенсивністю та низькою частотою, щоб зменшити загасання сигналу та покращить якість вимірів ? Були проведені експерименти з додаванням у трубопроводи з водою з витоком стисле повітря за допомогою компресора.

Під час витікання води і повітря з дефекту трубопроводу спостерігалось гідродинамічна кавітація, що різко збільшувала рівень шуму. Даний методичний прийом значно покращив виміри шуму витоку на поверхні підлоги, але іноді стандартний датчик ВДМ-6 течешукача А10Т3 не фіксував корисну вібрацію.

Запропоновано покращити чутливість датчика ВДМ-6 течешукача А-10Т3 за рахунок застосування п'єзоелектричного перетворювача з більшим коефіцієнтом перетворення. Розробникам А10-Т3 [4] був наданий п'єзоелектричний перетворювач низькочастотний ДН-5, які створили експериментальний датчик з кращими характеристиками. Датчик має більшу чутливість в три рази порівняно з ВДМ-6, він зручний при застосуванні, особливо при роботі під меблями (рис.1, рис.2).

Рисунок 1 - Практичне застосування А10Т3 з датчиком підвищеної чутливості.

Рисунок 2 - Виміри датчиком під меблями

Практичне застосування комплексної методики додавання повітря в трубопровід та експериментального датчика підвищеної чутливості акустичного течешукача А-10Т3 дало змогу більш ефективно знаходити мікровитоки води у внутрішньо будинкових трубопроводах з багатошаровою структурою підлоги та стін і завдяки цьому розширити можливості застосування приладу.

1 Семенюк Д.М.. Виявлення прихованих мікровитоків в трубопроводах внутрішньо будинкових мережах за допомогою удосконаленого термоакустичного течешукача А-10Т3. Зб. матеріалів XLI Науково-технічної конференції молодих вчених та спеціалістів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, 17 травня 2023 р. / ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2023. – с127-129.

2 А.А. Владимирский, И.А. Владимирский. Разработка термо-акустического течеискателя А-10Т. Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 57, Київ, 2010р.-с.31-34.

3 Владимирський О.А., Криворучко І.П. Пристрій для установки вібродатчика з магнітним тримачем на ґрунт при пошуку витоків. Патент на корисну модель № 142320; G01M 3/00, F17D 5/02. Публ. 25.05.2020р., Бюл. №10.

4 А.А. Владимирский, И.А. Владимирский, И.П. Криворучко. Термоакустический течеискатель А-10Т3. XXXVIII науково-технічна конференція молодих вчених та спеціалістів інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. Збірник тез конференції. Київ. 15 травня 2020р. – С 72.

О.О. Ткаченко, В.С. Грінченко

ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНОГО ТА ЧИСЕЛЬНОГО ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ

Анотація. В роботі розглянуто два підходи до розрахунку пропускної спроможності кабельної лінії високої напруги: за допомогою стандарту IEC-60287 та шляхом чисельного моделювання. Визначено залежності пропускної спроможності кабельних ліній, заземлених з одного кінця та з обох кінців, від термічного опору ґрунту. При розрахунку пропускної спроможності враховувалися такі параметри силових кабелів: площа перерізу жили та екрана кабелю, товщина ізоляції та захисного покриття, теплопровідності складових шарів кабелю, тощо. Результати розрахунків представлено графічно. У відсотковому вимірі визначено розбіжність при використанні різних підходів до розрахунку пропускної спроможності.

Abstract. The paper deals with two techniques to calculating the high-voltage cable line capacity. The first one uses the standard IEC-60287 and the second one uses the numerical simulation. We find the dependences of the cable line capacity from the soil thermal resistance in single-point bonding and solid bonding cases. When calculating the capacity, the following parameters of power cables are taken into account: the cross-sectional area of the core and the shields of cable, the thickness of the insulation and protective coating, the thermal conductivity of the component layers of the cable, etc. The calculation results are presented on the graph. We find the percentage discrepancy when using different techniques to calculate the capacity.

Типова кабельна лінія високої напруги складається з трьох одножильних силових кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену (XLPE). Основними елементами силового кабелю є алюмінієва або мідна жила, XLPE ізоляція та мідний екран. Екрани кабелів потребують заземлення. Для цього їх замикають між собою і заземлюють в одній або кількох точках. В рамках даного дослідження розглянуто кабельні лінії, заземлені з одного та обох кінців, із прокладанням кабелів за схемою «у площині» [1].

Аналітичний розрахунок пропускної спроможності кабельних ліній виконано за допомогою стандартів Міжнародної електротехнічної комісії IEC-60287 [2, 3]. Інший підхід до розрахунку пропускної спроможності кабельних ліній полягає у вирішенні оберненої задачі, коли максимально допустимий струм визначається виходячи з граничних температурних показників. Чисельне моделювання теплового поля кабельної лінії проведено методом скінченних елементів за допомогою програмного середовища COMSOL Multiphysics. Теплове поле кабельної лінії вважається плоскопаралельним, та, відповідно, формулювання задачі виконано в

двовимірній постановці [4]. Розрахункова область є прямокутною. Параметри кабельної лінії та навколишнього середовища є такими:

– навантаження кабельної лінії складає 100%;
– кабелі на напругу 110 кВ прокладено в ґрунті на глибині 1,5 м;
– максимальна робоча температура жили 90°С;
– жила алюмінієва з перерізом 500 мм^2;
– екран мідний з перерізом 100 мм^2;
– товщина ізоляції складає 16 мм;
– питомий термічний опір ізоляції дорівнює 3,5 К·м/Вт;
– товщина захисного покриття кабелю складає 4 мм;
– питомий термічний опір захисного покриття дорівнює 6,0 К·м/Вт;
– відстань між осями суміжних силових кабелів складає 135 мм;
– питомий термічний опір ґрунту варіюється від 0,6 до 3,0 К·м/Вт;
– температура на поверхні ґрунту дорівнює 20°С.

На рис. 1 представлено результати розрахунків пропускної спроможності кабельної лінії, тобто максимально допустимі струми в жилах кабелів, за яких температура жил не перевищує 90°С. Суцільні криві 1 і 2 відповідають випадку заземлення кабельної лінії з одного кінця, штриховані криві 3 і 4 – заземлення з обох кінців. Розбіжність результатів між 1 і 2 сягає 3,5% та пов'язана з нерівномірністю розподілу густини струму в жилах кабелів, яка враховується при чисельному моделюванні. Різниця між кривими 3 і 4 є більшою та складає 7,6÷11,1%. Це пояснюється використанням при чисельному моделюванні точних виразів для струмів, індукованих в екрані кожного з кабелів. В той час як аналітичний розрахунок за IEC-60287 передбачає використання єдиного (максимального) значення екранного струму для всіх кабелів. Це також пояснює вищі значення пропускної спроможності кабельної лінії, отримані за допомогою чисельного моделювання. Варто зауважити, що при збільшенні діаметру кабелів (та, відповідно, діаметру екрана кабелю) розбіжність між результатами розрахунків, отриманими за допомогою представлених двох підходів, зростає. Та навпаки: чим менший діаметр екрана, тим більшим є збіг.

Таким чином, обидва розглянуті підходи щодо розрахунку пропускної спроможності приводять до ідентичних результатів для кабельної лінії, заземленої з одного кінця. При заземленні з обох кінців результати різняться. За допомогою чисельного моделювання показано, що пропускна спроможність розглянутої кабельної лінії 110 кВ є більшою на 50 А, ніж показує розрахунок за допомогою стандарту IEC-60287. Відповідно, кабельна лінія здатна передавати до 10 МВт більшу потужність, ніж демонструє аналітичний розрахунок згідно стандарту. Важливість отриманого висновку щодо можливості передачі додаткової потужності обумовлено потенційним дефіцитом засобів для транспортування електроенергії.

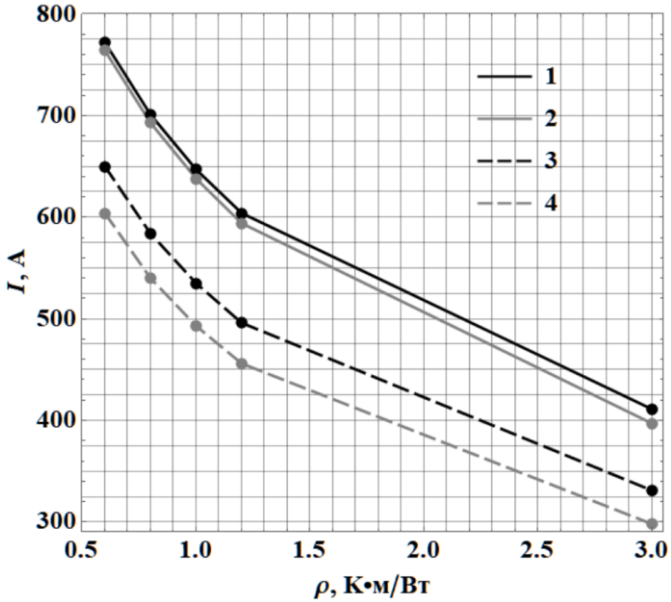


Рисунок 1 – Залежність пропускної спроможності кабельної лінії від термічного опору ґрунту при заземленні з одного кінця (1 – чисельне моделювання, 2 – аналітичний розрахунок) та при заземленні з обох кінців (3 – чисельне моделювання, 4 – аналітичний розрахунок)

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. – Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.

2. Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General, IEC 60287-1-1, 2014.

3. Electric cables – Calculation of the current rating – Part 2-1: Thermal resistance – Calculation of thermal resistance, IEC 60287-2-1, 2015.

4. Grinchenko V., Tkachenko O. Reduction of high-voltage cable line capacity caused by implementation of magnetic field shielding techniques. *Problemele Energeticii Regionale*, 2023, no. 3 (59), pp. 33-41. doi: 10.52254/1857-0070.2022.3-59.04.

О.В. Харченко

МОДЕЛЮЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

В умовах терористичних та військових загроз, спрямованих на цілеспрямоване руйнування електроенергетичної системи (ЕЕС), важливим напрямком наукових досліджень є розробка моделюючого середовища для розв'язку задач планування розвитку ЕЕС в умовах існування таких загроз.

В [1] запропонована концепція побудови структурно мінливої ЕЕС, що реалізує стратегією випередження викликів і загроз сталому розвитку електроенергетики в умовах терористичних та військових загроз.

Побудова структурно мінливої ЕЕС передбачає розвиток локальних ЕЕС з власними потужностями виробництва, зберігання, розподілу та постачання електроенергії, достатніх для споживання населенням, житлово–комунальними господарствами, транспортом та сільським господарством в межах окремого регіону.

Задачі планування розвитку локальних ЕЕС є задачами математичного моделювання множини режимів навантаження енергетичного устаткування, визначених на тривалому прогнозному періоді часу. Адекватність математичних моделей локальних ЕЕС забезпечується відображенням можливих відключень таких ЕЕС від національної ЕЕС, особливо в зимовий та осінній пори року.

Задачі математичного моделювання множини режимів навантаження локальних ЕЕС на тривалому прогнозному періоді часу є задачами змішаного цілочисельного лінійного програмування великої розмірності. Розв'язування таких задач потребує використання потужних вирішувачів (солверів) і значних обчислювальних ресурсів.

Під час дослідження, мета якого полягає в розробці моделюючого середовища для розв'язку задач планування розвитку ЕЕС, аналізуються можливості розв'язку таких задач засобами пакету програм SCIP Optimization Suite [2], який спеціалізується на розв'язанні задач змішаного цілочисельного програмування і є відкритим програмним забезпеченням, доступим для використання на безкоштовній основі.

Для формалізації математичної моделі, яка є частиною моделюючого середовища, використана високорівнева мова моделювання оптимізаційних задач Zimpl [3], що входить до складу пакету програм SCIP Optimization Suite.

В ролі вирішувача в моделюючому середовищі використано SCIP, також входить до складу пакету програм SCIP Optimization Suite, який обмежений можливістю паралелізації обчислень на багатоядерній і багатовузловій архітектурі обчислювальних ресурсів.

Для дослідження, в частині паралелізації обчислень на багатоядерній

архітектурі, використано UG [4], який є високорівневим середовищем для паралелізації обчислень і включає в себе таке розширення як FiberSCIP, що також входить до складу пакетів SCIP Optimization Suite.

Результати аналізу обчислень, отримані в розробленому моделюючому середовищі, порівнюються з можливостями програмного забезпечення CPLEX (IBM ILOG CPLEX Optimization Studio) [5], яке є загальновідоме як потужний ефективний вирішувач, але для наукових досліджень може використовуватись тільки на багатоядерній (одновузловій) архітектурі. Використання CPLEX для розв'язку задач на багатовузловій архітектурі обчислювальних ресурсів можливе тільки на комерційній основі, що суттєво обмежує можливість його застосування для розв'язку задач змішаного цілочисельного лінійного програмування великої розмірності.

Отримані результати є проміжними і враховуючи актуальність задач розробки моделюючого середовища для розв'язку задач планування розвитку ЕЕС вимагають продовження дослідження у напрямку паралелізації обчислень на багатоядерній та багатовузловій архітектурі обчислювальних ресурсів.

1. Саух С.Є., "Концепція побудови структурно мінливої електроенергетичної системи України", Технічна Електродинаміка, 2023, (5), 048. https://doi.org/10.15407/techned2023.05.048.

2. Ksenia Bestuzheva, Mathieu Besançon, Wei-Kun Chen, et al., "The SCIP Optimization Suite 8.0", Optimization Online and as ZIB-Report 21-41, December 2021. https://scip.zib.de/.

3. Thorsten Koch, "Rapid Mathematical Programming", Technische Universität Berlin, 2004. http://opus4.kobv.de/opus4-zib/frontdoor/index/index/docId/884.

4. Yuji Shinano, Tobias Achterberg, Timo Berthold, at al., "ParaSCIP – a parallel extension of SCIP", Competence in High Performance Computing 2010, pages 135–148, Springer, 2012. http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24025-6_12.

5. IBM ILOG CPLEX Optimization Studio. https://www.ibm.com/products/ilog-cplex-optimization-studio.

С.С. Шевченко

ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦИФРОВУ ЕПОХУ

Безпека у цифрову епоху великим чином спирається на надійність комп'ютерних систем. Особливо це стосується об'єктів енергетики. Якщо система запроектована та/або реалізована неналежним чином, то це може дати можливість здійснити несанкціоноване втручання в роботу об'єкту та вивести його з ладу, або завдати будь-якої іншої шкоди. Протидією цим ризикам є різноманітні заходи з кібербезпеки аж до повного ізолювання від зовнішнього впливу важливих систем, а також різноманітні сучасні автоматизовані системи контролю, що мониторять не тільки зловмисне втручання, але й будь-які нештатні ситуації. Це все – так званий активний захист, що лежить суто у межах компетенцій спеціалістів із захисту.

Але процес захисту – завжди двосторонній. Треба не тільки захищати самі системи, але й підвищувати грамотність всіх співробітників, щоби вони були:

а) менш вразливими до прийомів соціальної інженерії та розуміли, яким чином зловмисники можуть використати їх для здійснення впливу на систему;

б) мали необхідні знання та навички в межах своїх компетенцій, щоб не робити розповсюджених помилок, розпізнавати проблеми з безпекою на ранніх етапах їх утворення та сповіщати про це профільних спеціалістів. [1]

Саме у цифрову епоху підвищення грамотності співробітників отримує більш ефективні та гнучкі інструменти, в основі яких завжди лежить передача вже набутого досвіду спеціалістами у певній сфері.

Якщо це навчання загальним підходам з кібербезпеки, про що йшлося у пункті а), то це можуть бути підходи з навчання, що базуються на вивченні текстового матеріалу та простих тестах з перевірки отриманих знань, а можливо це будуть навчальні відео із випадками та кейсами ситуацій, які раніше призводили до аварій та/або зловмисного впливу на систему енергетики, і які навчають, що можна в таких випадках зробити. Можливо це будуть інтерактивні програми, в яких учень буде залучений у сценарій ситуації із зловмисним впливом та буде реагувати на події і таким чином навчатися правильним у такий ситуації діям.[2]

Якщо це навчання у більш конкретних галузях, про що пункт б) (а у об'єктах енергетики це зазвичай робота з обладнанням), то тут можна задіяти ще більш складні та ефективні системи навчання, які будуть навчати роботі з обладнанням та нештатними ситуаціями прямо у 3D-просторі [3].

Найбільш бюджетні в експлуатації, прості та зручні системи в даному напрямку – це звичайні інтерактивні сценарні 3D-програми, що можуть бути запущені на будь-якому із сучасних пристроїв: ПК, смартфоні, або планшеті. [4]

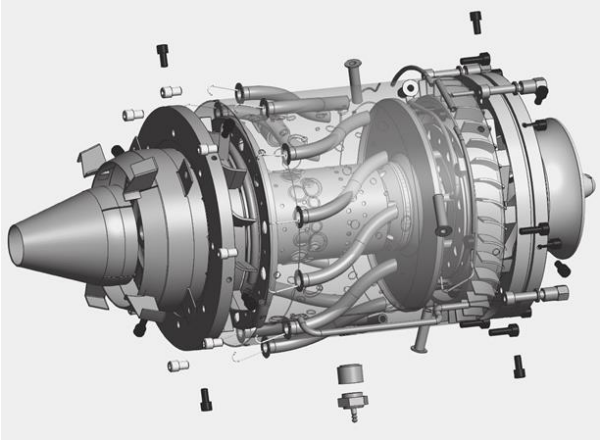


Рисунок 1 – приклад роботи інтерактивної системи на базі 3D-технологій

Більш коштовні, але й більш ефективні системи – це ті, що використовують у своїй роботі технології AR/VR (доповненої та віртуальної реальності), що більш глибоко деталізують роботу з обладнанням та створюють ефект зануреності у події інтерактивного сценарію.

Рисунок 2 – приклад роботи інтерактивної AR/VR системи

Коректне та ефективне навчання персоналу – це один з елементів фундаменту надійної роботи систем енергетики, який може компенсувати навіть недостатні інвестиції у активні системи безпеки. А в цифрову епоху таке навчання стає все більш ефективним. Тому варто цій галузі приділити достатню увагу і таким чином забезпечити безпеку об'єктів енергетики.

1. Martsinkovsky V.A., Shevchenko S.S. Pumps of nuclear power plants: calculation, design, operation: monograph / ed. ed. S.S. Shevchenko. Sumy: PF "Publishing house" University book", 2018. 472 p. ISBN 978-966-680-866-3.

2. Shevchenko S.S. Creation of interactive automated educational and training systems Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-2023). Тези двадцять третьої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2023.

3. Samoilov V.D., Abramovich R.P., Lepatiev A.O. Computer technologies for the development of training systems for the energy industry. Electronic modeling. – 2020. – Vol. 42, No. 3. – P. 89-98 https://doi.org/10.15407/emodel.42.03.089.

4. Shevchenko S.S. Patent UA 149786 U, G09B 19/00, publ. 01.12.2021, Bull. No. 48.

В.В. Шкарупило, В.В. Душеба

АСПЕКТИ ВВЕДЕННЯ МУЛЬТИПОТОЧНОСТІ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ФОРМАЛЬНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ TLC

Методи і засоби формальної верифікації (ФВ) є інструментарієм, рекомендованим до залучення до складу засобів досягнення заданого рівня функційної безпечності у процесі розроблення широкого спектру систем критичного призначення, зокрема – програмно-алгоритмічної складової названих систем [1–5]. За результатами проведеного аналізу актуальних наукових публікацій за окресленою тематикою можна узагальнити, що одним з поширених і дієвих методів реалізації процесу ФВ є метод перевірки на моделі TLC (TLA Checker) [6–8].

Результати проведених експериментальних досліджень методу TLC, що охоплюють, у тому числі, сценарії енергетики, аерокосмічної галузі, показали, що одержуваний корисний ефект від залучення мультипоточності до складу відповідних програмних реалізацій методу істотним чином залежить як від застосованої реалізації, так і від характеристик формальних специфікацій, по відношенню до яких метод задіяно – кількість змінних, аспекти архітектурної складової (структури та зав'язків); досліджено дві реалізації методу – на основі обходу простору станів системи переходів методами обходу у ширину і у глибину теорії графів [9–13].

Для узагальнення одержуваних результатів, а також для формулювання рекомендацій стосовно застосування тієї чи іншої реалізації методу TLC, прийнято рішення розширити набір охоплюваних предметно-орієнтованих сценаріїв мультипоточного залучення методу, і продовжити дослідження у даному напрямі.

Дослідження проведено згідно задач, вирішуваних у межах наступних науково-дослідних робіт Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України: НДДКР № 0120U102683 «Розроблення спеціалізованих комп'ютерних технологій моделювання та опрацювання оперативної інформації в задачах енергетики»; НДДКР № 0121U110615 «Розроблення методів та засобів верифікації артефактів процесу проєктування систем критичного призначення».

1. ДСТУ EN 61508-3:2019. (2019). Функційна безпечність електричних, електронних, програмованих електронних систем, пов'язаних із безпекою. Частина 1. Загальні вимоги (EN 61508-1:2010, IDT; IEC 61508-1:2010, IDT). [Чинний від 2019-09-01]. https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0249774-19#Text.

2. ISO 26262:2018. (2019). Road vehicles. Functional safety. Part 1: Vocabulary. [Published: December 2018]. https://www.iso.org/standard/68383.html.

3. CENELEC - EN 50128. (2020). Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems, by European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), June 2020. https://standards.globalspec.com/std/14317747/EN%2050128.

4. ДСТУ ISO 9000:2015. (2016). Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. [Чинний від 01.07.2016]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016, 45. https://dnaop.com/html/62656/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_ISO_9000_2015.

5. IEEE 1012-2016. (2017). IEEE Standard for system, software, and hardware verification and validation. [Approved: 28 September 2017]. https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2017.8055462.

6. Lamport, L. (2002). Specifying systems: The TLA+ language and tools for hardware and software engineers. Boston, MA, United States : Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 364. https://dl.acm.org/doi/10.5555/579617.

7. Newcombe, C., Rath, T., Zhang, F., Munteanu, B., Brooker, M., & Deardeuff, M. (2015). How Amazon web services uses formal methods. *Communications of the ACM*, 58(4), 66–73. https://doi.org/10.1145/2699417.

8. Konnov, I., Kuppe, M., & Merz, S. (2022). Specification and Verification with the TLA+ Trifecta: TLC, Apalache, and TLAPS. In: T. Margaria & B. Steffen (Eds.), Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation. Verification Principles. ISoLA 2022. *Lecture Notes in Computer Science*, 13701. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-19849-6_6.

9. Shkarupylo, V., Blinov, I., Dusheba, V., & Alsayaydeh J.A.J. (2023). Case Driven TLC Model Checker Analysis in Energy Scenario. *CEUR Workshop Proceedings*, 3392, 65–75. ISSN 1613-0073. https://doi.org/10.32782/cmis/3392-6.

10. Шкарупило, В.В., Чемерис, О.А., Душеба, В.В., & Кудерметов, Р.К. (2020). Дослідження мультипоточної реалізації методу перевірки на моделі для темпоральної логіки дій. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського, серія «Технічні науки»*, 31(70), № 6, Ч. 1, 173–177. https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/28.

11. Шкарупило, В.В., Чемерис, О.А., & Душеба, В.В. (2020). Дослідження впливу мультипоточності на швидкодію методу перевірки на моделі. *Безпека енергетики в епоху цифрової трансформації: Друга науково-практична конференція Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України*, Київ, Україна, 28–29 грудня, 2020. Київ : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 75–77. https://ipme.kiev.ua/wp-content/uploads/2021/01/Програма-та-матеріали-КБЕЕЦ-2020.pdf.

12. Шкарупило, В.В., Блінов, І.В., Душеба, В.В., & Кучанський, В.В. (2021). Щодо мультипоточного застосування формального методу перевірки на моделі TLC. *Topical issues of modern science, society and education. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua"*, Kharkiv, Ukraine, September 5–7, 2021. 231–236. https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/09/TOPICAL-ISSUES-OF-MODERN-SCIENCE-SOCIETY-AND-EDUCATION-5-7.09.21.pdf.

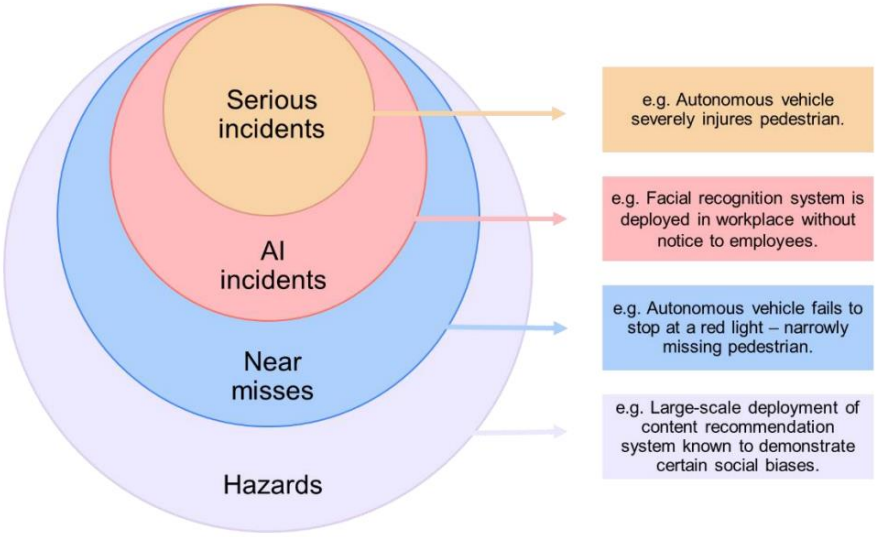
13. Shkarupylo, V.V., Blinov, I.V., Chemeris, A.A., Dusheba, V.V., & Alsayaydeh, J.A.J. (2022). On Applicability of Model Checking Technique in Power Systems and Electric Power Industry. In: A. Zaporozhets (Eds.) *Systems, Decision and Control in Energy III. Studies in Systems, Decision and Control*, 399. Springer, Cham, 3–22. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3_1.

O.O. Tsypliak, V.O. Artemchuk

RISKS USING LLM-BASED PLATFORMS IN ENERGY DIGITALIZATION CONTEXT

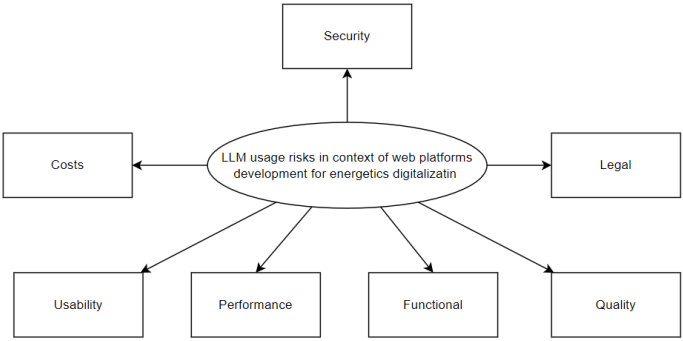
The usage of LLM (large language model) boosted digitalization in different areas. Classic digitalization in the context of energetics is a key way to meet a number of the most important needs in the energy sector: increasing energy efficiency and environmental friendliness, ensuring the reliability of the energy grid in the face of risks.[1] In addition, digitalization usage of LLM can enrich existing processes with semi-automation. Research demonstrated that it can be used both for educating freshmen [2] and already experienced workers to boost their productivity [3].

Unfortunately, getting these benefits leads to more risks for existing processes. Mostly LLMs are used for developing AI systems bringing the benefits listed above, but research show usage of AI can lead to so-called “AI incidents” [4]. Even being though it is a new field in the scope of risk management there are already defined approaches to mitigate those risks. [5]



Picture 1. AI incidents examples

Let’s review in the details some aspects of AI usage in context of energetics following the scheme bellow. Worth highlights that the list above can be extended, mentioned below emphasize risks in the context of web application development with elements of AI, that will appear on the initial stages of development and even beta production usage.



Picture 2. LLM usage risks categorized

Legal – not all LLM providers are even allowed for commercial usage. Even the famous LLaMa 2 which allowed free and open autonomic usage [6] has some limitations from its authors. Considering the usage of third-party solutions may even cause problems with national law in the context of even the expected exchange of sensitive data with a third party. So legal advice will be necessary and may impact the project of such as a digital platform significantly. For the rest of the points let's consider the usage of an autonomous model like LLaMa 2 without access to the external network

Security – even usage of a locally hosted (other words autonomous) model leads to security risks. Even after only several months after the release WWW is full of "jailbreak" guidelines [7]. In the current context "jailbreak" means passing some prompt to LLM that will cause it to do something that it's forbidden to do or disclosure information that should be kept secret. In addition to classic security and penetration testing applications should pass new specific not yet described jailbreak tests.

Functional – with the growth of LLMs popularity our days there are a lot of speculations around the functional limits of LLM-based systems [8], meaning what is possible to do/automate using it and what is not. There are a lot of different products and approaches that be used to solve the problem. But will it work as designed is a matter of detailed functional testing and the problem is that other than classic automation system testing can show that LLM approach won't work for a specific problem solution and it will be impossible to fix because of technological limitations. So, the cost of the project will be impacted by developing multiple Proof Of Concepts before the main development stage.

Quality – quality assurance is a process of improving web products based on requirements. However testing of LLM based solutions would be strictly limited by technological barriers, meaning the ability or disability of a specific model to

perform the required action. Any potential bug can lead to architectural change or urge to use another model which will have an additional impact on project duration.

Costs – because of mentioned above usage of LLM mitigating the risks mentioned above will cost significantly more than classic digitalization based on an usual web platform with automation. Considering that such innovative projects can be just impractical.

Performance – using autonomous LLM, based on LLaMA 2 research demonstrates that the host machine requires a significant amount of RAM, CPU time and speed disk computational resources. But even having all these resources getting expected answer(s) from the model is time-consuming and to test whether it follows initial response time Service Level Agreements and non-functional requirements is a matter of extended performance testing, especially considering the complexity of the LLM task impact on time of execution.

Usability – chat-based platforms can be convenient when it works as expected, but the mentioned above risks can cause slowness of platform usage and the usability of such system will be low compared to classic digital platform.

In conclusion, the usage of LLM in digital platforms for energetics needs is a potential space for multiple web products that can significantly boost existing processes via full and semi-automation. But considering the risks mentioned above usage of LLM in architecting new web platforms is a decision related to additional risks that should be investigated in detail before development project initialization.

1. Organizational and economic determinants of digital energy development in Ukraine, Victoria Nebrat https://www.researchgate.net/publication/337437309_Organizational_and_economic_determinants_of_digital_energy_development_in_Ukraine.
2. Requirements, Barriers and Tools for Participation in an Inclusive Educational Digital Environment, Melanie Schaur, Reinhard Koutny https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHTI230658.
3. Tsypliak O.O., Artemchuk V.O. Prospects for the Use of Llama 2 Architecture Neural Network Based Chat Bots for Training of Critical Infrastructure Repair Personnel. Technologies for the creation and use of the critical infrastructure personnel training tools – 2023 : collection of materials of the scientific and practical conference, Kyiv, November 8, 2023, PIMEE of NAS of Ukraine. - 2023. - p. 22-27.
4. Stocktaking for the development of an AI incident definition https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/stocktaking-for-the-development-of-an-ai-incident-definition_c323ac71-en.
5. Common guideposts to promote interoperability in AI risk management https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/common-guideposts-to-promote-interoperability-in-ai-risk-management_ba602d18-en.
6. Introducing Llama 2, https://ai.meta.com/llama.
7. Universal LLM Jailbreak: Explained https://www.lakera.ai/blog/jailbreaking-large-language-models-guide#:~:text=Universal%20LLM%20Jailbreak%3A%20Explained,-Numerous%20studies%20have&text=However%2C%20while%20there%20are%20useful,set%20by%20the%20LLM%20vendors.
8. New models and developer products announced at DevDay https://openai.com/blog/new-models-and-developer-products-announced-at-devday.

Я.Ю. Дорогий, Д.В. Скринник

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У сучасному світі цифрової комерції, де споживачі зіткнулися з небувалою різноманітністю вибору, виникає складність у ефективному навігуванні по великих каталогах товарів. Це ставить перед користувачами задачу знаходити продукти, що відповідають їх індивідуальним потребам та вподобанням. І хоча ця різноманітність надає більше можливостей, вона також створює певні труднощі. Однією з ключових проблем є питання, як допомогти користувачам ефективно орієнтуватися у великих каталогах, щоб знайти те, що їм потрібно.

У відповідь на це, виникає необхідність у розробці систем рекомендацій, які виступають важливим рішенням цієї проблеми, збагачуючи досвід користувачів і одночасно оптимізуючи коефіцієнти конверсії продажів. Для вирішення цієї проблеми розглядається застосування системи рекомендацій, що використовує гібридний метод фільтрації. Цей підхід поєднує фільтрацію на основі вмісту, яка аналізує атрибути товарів, та колаборативну фільтрацію, яка враховує поведінку та вподобання користувачів, з метою створення більш точних та релевантних рекомендацій.

У рамках проекту здійснюється збір та попередня обробка даних, що включають інформацію про взаємодію користувачів із товарами, а також атрибути самих товарів. Використовуються техніки, такі як косинусна подібність для визначення схожості між товарами та сингулярний розклад матриць для аналізу користувацьких переваг. Особливу увагу приділено механізму «багаторукого бандита», який дозволяє експериментувати з різними варіантами рекомендацій та вибирати найефективніші, тим самим покращуючи точність рекомендацій та загальну корисність системи для користувачів.

Структура пропонованої гібридної системи рекомендації

Структура гібридної системи рекомендацій (рис. 1) може бути описана таким чином:

1. збір даних: збір інформації про взаємодії користувачів та їх оцінки;
2. обробка даних: перетворення зібраних даних у вектори ознак для елементів та профілів користувачів;
3. контент-орієнтована фільтрація: аналіз властивостей елементів і порівняння їх з інтересами користувачів;
4. колаборативна фільтрація: аналіз взаємодій між користувачами та елементами для знаходження схожих зацікавлень;
5. інтеграція та комбінування: об'єднання результатів з обох підходів за допомогою важелевого комбінування;

6. видача рекомендацій: надання кінцевих рекомендованих елементів користувачам;

7. використання стратегії багаторукого бандита для оптимізаціції вагів.

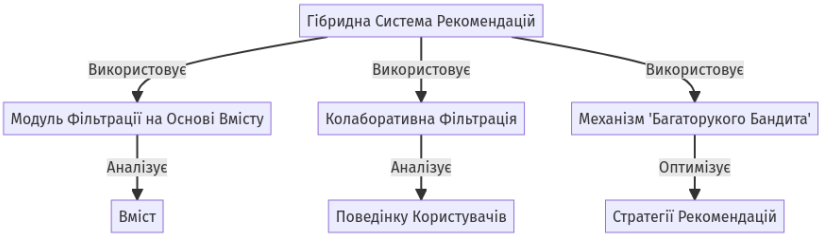


Рисунок 1 – Загальна схема роботи гібридної системи з впровадженням стратегії багаторукого бандита

Для першої частини гібридної системи використовується фільтрація вмісту. Механізм рекомендацій працює шляхом порівняння характеристик елементів із профілем користувача та ранжування елементів на основі їхньої схожості з уподобаннями користувача. Кінцевим результатом є список рекомендованих елементів, які, швидше за все, зацікавлять користувача. Одним із основних способів досягти цього, особливо з текстовими даними, є косинусна подібність, яку часто отримують із представлень вмісту TF-IDF [1].

Основою для цього підходу є метрика TF-IDF (1) та (2). Вона кількісно визначає важливість слова в конкретному документі порівняно з його поширеністю в колекції документів. Обчислення складається з двох частин:

$$TF = \frac{n_i}{\sum_k n_k}, \quad (1)$$

де n_i – число входжень слова в документ;

n_k – кількість слів в документ.

$$IDF = \log\frac{|D|}{|(d_i \ni t_i)|}, \quad (2)$$

де $|D|$ – кількість документів колекції;

$|(d_i \ni t_i)|$ – кількість документів, в яких зустрічається слово t_i.

Після визначення ваги TF-IDF для всіх термінів у всіх документах кожен документ можна представити як вектор у багатовимірному просторі, де кожен вимір відповідає вазі TF-IDF терміна [1].

Далі, щоб оцінити подібність між будь-якими двома документами, використовується міра косинусної подібності. Ця метрика обчислює косинус кута між двома векторами (3).

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\|\|B\|}, \quad (3)$$

де $A \cdot B$ – скалярний добуток векторів;

$\|A\|$ та $\|B\|$ – скалярні значення цих векторів [2].

Для реалізації фільтрації вмісту використовується бібліотека scikit-learn вона може аналізувати текстові описи книг та обчислювати схожості між ними. Бібліотека використовує інструменти TfidfVectorizer для створення матриці TF-IDF на основі текстових описів книг та linear_kernel для обчислення косинусної подібності між книгами на основі цієї матриці.

Другою важливою частиною гібридної системи є колаборативна фільтрація яка базується на ідеї, що користувачі, які мають схожі зацікавлення чи вподобання в минулому, ймовірно, матимуть схожі вподобання й у майбутньому. Цей метод працює на основі аналізу взаємодії користувачів з продуктами, для цього зручно використовувати сингулярне розкладання матриці [3].

Припустимо, що є матриця R (4):

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

Де R – матриця з розміром m x n, де m це кількість користувачів, n це кількість ознак товару;

r_{ij} – оцінка, яку користувач *i* дав товару j.

Декомпозицію матриці R можна представити наступним чином (5):

$$R = U\Sigma V^T, \quad (5)$$

де U – ортогональна матриця розміром m×m, що представляє вектори ознак, які відповідають користувачам у прихованому просторі ознак;

Σ – це діагональна матриця розміром m×n з невід'ємними дійсними числами, відомими як сингулярні значення;

V^T – ортогональна матриця розміром n×n, що представляє вектори ознак, що відповідають елементам у прихованому просторі ознак.

Після декомпозиції, можна виділити рейтинг r_{ij} (6) користувача i, товару j:

$$\widehat{r_{ij}} = \sum_{k=1}^{K} u_{ik}\sigma_k u_{jk}, \quad (6)$$

де k – кількість сингулярних значень, які необхідно зберегти [3].

Для колаборативної фільтрації використовується бібліотеки scikit-learn і pandas. Вона використовує метод головних компонент для зменшення розмірності матриці, обчислює схожість користувачів за допомогою cosine_similarity та рекомендує книги на основі замовлень схожих користувачів.

Ключовим етапом є об'єднання обох рекомендацій, що дозволяє вирішити обмеження, характерні для окремих типів систем, забезпечуючи більш високу якість та точність рекомендацій. Для гібридної системи було обрано важелеве комбінування результатів. Це означає, що якщо одна модель має більшу вагу, інша модель відповідно матиме меншу вагу [4].

Комбінований рейтинг *R* для колаборативної фільтрації та фільтрація на основі вмісту може бути обчислений за формулою:

$$R = w_1 R_{colab} + w_2 R_{content}, \quad (7)$$

де w_1 – вага колаборативного метода;

R_{colab} – рекомендаційний рейтинг колаборативної фільтрації;

w_2 – вага фільтрації на основі вмісту;

$R_{content}$ – рекомендаційний рейтинг фільтрації на основі вмісту;

Для забезпечення коректності, зазвичай ваги нормалізують, тобто: $w_1+w_2=1$ [4].

Але в гібридній системі рекомендацій, досить складно обрати правильні ваги, тому використовується ідея «багаторукого бандита», де кожна «рука» відповідає певній комбінації ваг, що визначає баланс між колаборативними та контентними рекомендаціями. Для оптимального вибору цих ваг використовується стратегія верхньої довірчої межі, яка адаптивно регулює ці ваги залежно від накопиченого досвіду [5].

$$R_{ui}^{(s)} = w_1^{(s)} R_{colab_{ui}} + w_2^{(s)} R_{colntent_{ui}} + P(u)\lambda, \quad (8)$$

де $w_1^{(s)}, w_2^{(s)}$ представляють коефіцієнти користувачів *u* та товару *i* для вибраної рук *s* [5].

Стратегію багаторукого бандита застосовано до сайту, що є макетом інтернет-книгарні. В якості серверної части використано Flask, досить потужний вебфраймворк. Для тестування, створено користувача, який купує різні книги, на основі яких йому пропонуються схожі товари. Приклад рекомендацій зображено на рисунку 2.

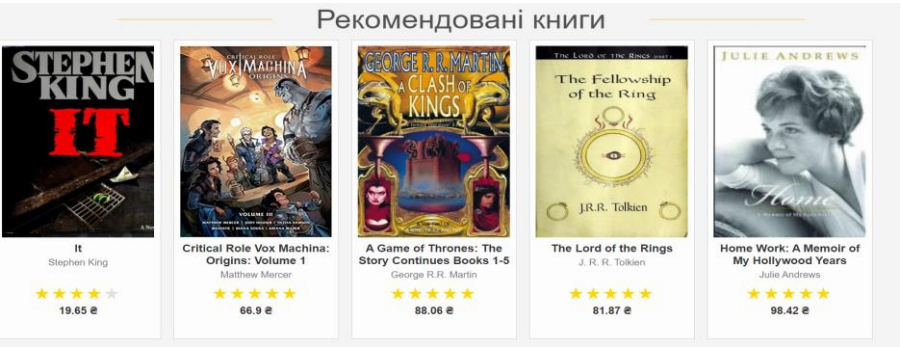


Рисунок 2 – Результат роботи рекомендаційної системи

1. Recommender System Series, Part 1: Introduction & Content-Based Filtering [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/encora-technology-practices/recommender-system-series-part-1-introduction-content-based-filtering-785ade61d2dc.

2. Understanding Cosine Similarity in Recommendation Engines [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/@TechTalkWithAlex/understanding-cosine-similarity-in-recommendation-engines-3d98068f2b73.

3. https://medium.com/hackernoon/introduction-to-recommender-system-part-1-collaborative-filtering-singular-value-decomposition-44c9659c5e75.

4. 7 Types of Hybrid Recommendation System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/analytics-vidhya/7-types-of-hybrid-recommendation-system-3e4f78266ad8.

5. Know all About UCB Algorithm in Reinforcement Learning [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.turing.com/kb/guide-on-upper-confidence-bound-algorithm-in-reinforced-learning.

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлістратова

ОБ'ЄКТНА ЕНЕРГЕТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ У БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЯХ І ПАРАДИ КОНФЛІКТІВ

Діджиталізація неухильно увійшла в життя сучасного суспільства. Зокрема, з такими технологіями, як блокчейн та методами прийняття рішень, що не може не відбуватися на тлі постійного конфлікту інтересів. Є одна залежність, що робить такі, здавалося б, незалежні технології, як генерація віртуальних валют, досить згубними для їх автономії та децентралізованої незалежності. Це енергетична залежність цих технологій, їх участь в процесах енергоспоживання що саморозвиваються, та генерація з цієї енергії «деякого чогось», віртуальне значення якого поступово претендує на реальність.

Блокчейн, незважаючи на переконання його творців в тому, що система досить децентралізована та інклюзивна, насправді має одну, досить централізовану функцію управління. Це об'єктні технологічні витрати енергії, які контролюються і можуть при певних зусиллях надавати інформацію про стан системи і бути для неї домінуючим фактором. Діяльність майнера зводиться до пошуку варіантів рішень задачі визначення потрібного хешу. Для цієї роботи потрібно:

- доступ до джерела електричної енергії;
- відповідна потужність комп'ютерного обладнання;
- швидкість його роботи;
- об'єм хешування.

Вузьким місцем для блокчейн-технологій проекту біткоїна є доступ до електроенергії. Майнінг не може здійснюватися без використання джерел електроенергії. Поряд з покупкою дорогого обладнання для майнінгу, витрати на електроенергію як і раніше залишаються найвищою статтею витрат, а поступово і самою непереборною перешкодою в розвитку блокчейн-технологій.

У міру збільшення обсягу операційного фонду прийнятих в роботу біткоінів, зростає складність завдання пошуку варіантів хешу, збільшується довжина його запису, що значно ускладнює завдання пошуку хеш-відповіді, і, в свою чергу, вимагає значного збільшення енергоспоживання. Тільки за період з 2016 по 2020 рік, складність хешування біткоіна зросла в 5 разів, що також не могло не позначитися на зростанні витрат на енергоносії.

Починаючи з 2012 року, усереднений час транзакцій, включених в наступний блок, що визначає швидкість цих операцій, варіюється в досить широких межах [1, 2] в залежності від навантаження на систему. Стабільна динаміка (рис.1) спостерігається тут лише у зв'язку з появою нових майнінгових пристроїв та технологій, наприклад, у період активного майнінгу приватними учасниками у 2012-2016 роках (зона I) на базі перших GPU-відеокарт на початку 10-х років та об'єднання у майнінгові ферми, або

в період 2017-2020 років (зона III), коли з'явилося більш потужне обладнання для системного майнінгу: сучасний ASIC-майнінг (Application Specific Integrated Circuit), зокрема, ставша відомою система ASIC Antiminer S9, Bitmain S9, розвиток «хмарного» майнінгу, більш традиційні Antiminer S7, Antimner D3 від Bitmain [3], з використанням алгоритму Scrypt. Всього сучасний майнінг біткоіна здійснюється пристроями загальною потужністю понад 9×10^3 МВт.

Перехід процедур майнінгу до великих спеціалізованих компаній, що володіють величезним технологічним ресурсом, призводить до того, що багато країн починають лімітувати доступ до джерел електроенергії для них. Самі ферми, як правило, створюються в регіонах з дешевою електроенергією і вільним енергетичним балансом. Проте Китай, що охоплює понад 80% світового ринку майнінгу, запровадив обмеження на енергоресурси, які використовуються для криптовалюти, не тільки за лімітами, а й за привілеями в ціновій політиці. Окремі штати в США, канадські, італійські постачальники поступово вводять подібні ліміти для своїх майнінгових ферм, спеціальних "цехів", що включають велику кількість потужних відеокарт. Компанії-майнери всерйоз розглядають питання створення власних енергетичних потужностей, суто під майнінгові цілі.

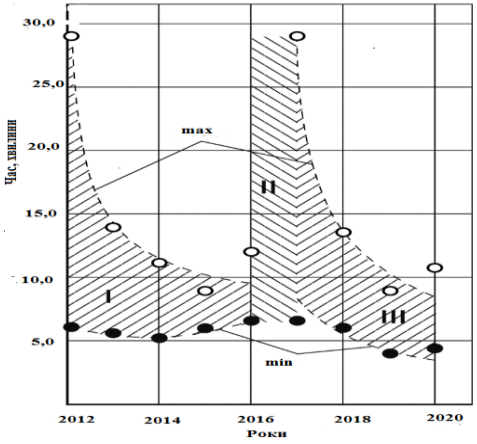


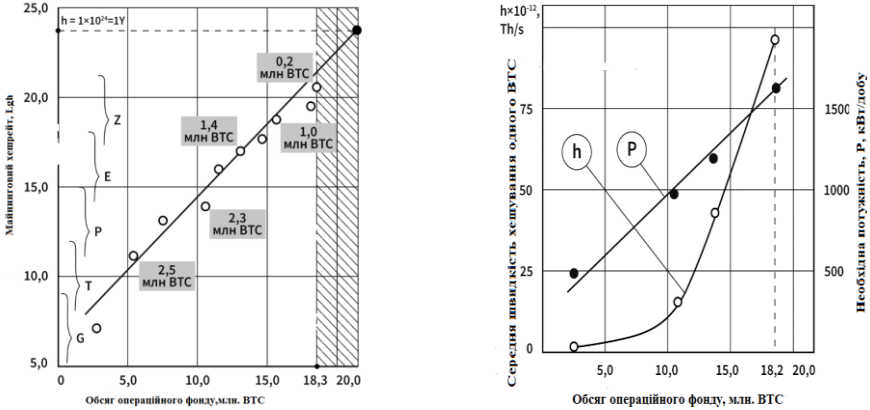
Рисунок 1 - Динаміка усередненої тривалості транзакції та підтвердження майнінгового блоку (за даними джерела [2-6])

У 2010 році хешрейт майнінгу одного блоку з 50 біткоїнів становив 1 Th/s, або на один біткоїн припадало 0,2 Th/s [4-6]. Пізніше, після кожних 250 тис. відпрацьованих блоків (12,5 млн. біткоїнів) система заявляла новий розмір блоку, з 25 біткоїнів, хешрейт кожного з яких становив уже Th/s [5, 6], а після 2015 року кожен з 12,5 блокових біткоїнів потребував уже Th/s.

Зростання числа переборів варіантів знаходження нового хеша також вимагало зростання витрат енергії від інженерної техніки (рис. 2, а). Логічно стверджувати, що перегляд об'єму одного блоку в бік його збереження або збільшення може сприяти енергозбереженню, це варіант, який може обговорюватися. Хешрейт таких обсягів уже не підвладний приватним майнерам, а для великих компаній обходитиметься в перебір варіантів, що позначаються числом із 21 нулем (zetta), і за такої потужності останні монети біткойнів теоретично повинні вимагати одиниць хешрейту (рис. 2, б).

Майнінг біткоїнів за період з 2015 по 2020 роки зріс з 13,1 до 18,2 млн. одиниць віртуальної валюти. Проте рентабельність біткоїна залишається вкрай високою. Для середньої ціни 1 в $ 0,05 енерговитрати на майнінг одного біткоїна становлять близько $2160, за ринкової ціни цієї криптовалюти в межах $6,58,7 тис.

Перший парад конфліктів, пов'язаний із генеруванням основної продукції проекту, виник саме на ґрунті стрімкого зростання енерговитрат на операціях хешування. Протиріччя було пов'язане, з одного боку, з масованою рекламою швидкого збагачення за допомогою майнінгових операцій з відносно невеликою потужністю, а з іншого боку, з дедалі зростаючими вимогами до комп'ютерного обладнання та зростанням витрат на енергію.



(а) (б)

Рисунок 2 - Динаміка хешування одного біткоїна та потреби в потужному обладнанні (а), для забезпечення необхідної потужності хешрейту, залежно від освоєння всього операційного фонду в 21 млн. монет біткоїна (б) (за даними джерела [6])

Ще один конфлікт пов'язаний з так званим "вуглецевим слідом" біткоїна. Це протиріччя також пов'язане з енергозалежністю проекту і,

наприклад, за даними групи Крістіана Столла річний сумарний викид CO_2 можна порівняти з аналогічними викидами такої країни, як Словаччина.

І ще один конфлікт нас чекає попереду. І він також пов'язаний з енергетичною залежністю проекту. Біткоїн при народженні (3.01.2009 р.) зажадав для генерації перших 50 біткоїнів лише близько 0,05 кВтг проектної енергії. У 2023 році цей 1 біткоїн, згенерований у 2009 році, вже коштує понад $30 тис., які відносяться теж до цієї кількості енергії. Сьогодні одна тисяча сатоши, які коштують $0,3, вимагають до себе застосування приблизно 2,66 майнінгової енергії, що в перерахунку на один біткойн становитиме 2,66 кВтг. Така невідповідність рано чи пізно призведе до серйозних потрясінь всього проекту Сатоші Накамото.Такі протиріччя не минають безслідно і потребують до себе уваги.

Висновок. Незважаючи на системне зростання обсягів хешування та енергетичної цінності кожного згенерованого біткоїна, у системі блокчейн технології відбувається зниження загальних енергетичних витрат. З огляду на популярність і перспективи розвитку, зокрема, біткоїна, можливості для децентралізації та довірливості під час отримання цього продукту, у який уже повірили мільйони людей, ми вправі очікувати на появу більш енергоефективних технологій, безконфліктних і несуперечливих, які дають змогу великій кількості споживачів створювати локальні системи розподіленого реєстру.

1. https://www.blockchain.com/charts/median-confirmation- time?timespan=all.
2. https://www.blockchain.com/ru/charts.
3. https://mining-cryptocurrency.ru/oborudovanie-dlya-majninga/.
4. https:// www.rbc.ru/crypto/news/5e578c759a79479afbbdb2ad.
5. Дурдыева Д. А., Трапизонян А. А. Состояние криптовалютного рынка и перспективы развития биткоина. «Инновационная наука». №01-1, 2017.С. 43-47.
6. Саакян А. Г. Криптовалюта как первичный инструмент в формировании валютного регулирования государства. «Научный вестник ЮИМ», №4. 2015. С.17-20.

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлистратова

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ВІРТУАЛЬНИХ ВАЛЮТНИХ ПРОЕКТІВ

Одним з найбільш популярних і гучних проектів у галузі цифрових технологій останньої години є проект Сато Накамото "біткоін", що позиціюється як найнезалежніша від централізованого управління система генерування віртуальної валюти. Ахіллесовою п'ятою цього проекту, як це не дивно, стала його енергоємність, динаміка якої була спочатку не поміченою, але за подальшого розвитку проекту стала наріжним камнем для його творців, найчастіше непереборною перешкодою для окремих майнерів, які активно займаються в системі проекту. Це призвело до створення цілих компаній, які можуть дозволити застосування протоколу випадкової обробки даних, з використанням величезної кількості енергії. Особливо це стосується сучасного етапу проекту, коли більша частина заявленого обсягу біткоїнів вже згенерована, а залишкова маса генерації однозначно залежить від енергетичних потужностей майнера. Енергоємність проекту виявилася настільки високою, що довелося вводити дрібну одиницю біткоїну - сатоші, рівну 1×10^{-8} біткоїну. За її майнінгу сьогодні витрачається енергії більше, ніж на початку проекту витрачалося на один біткоїн.

За даними І. Камінскі, усереднену кількість енергії, що витрачається на операції майнінгу в сучасному світі, можна порівняти з витратами енергії на острові Кіпр [1]. Діно Марк Ангарітіс представляє, на 2015 рік середня кількість рішень щодо пошуку хешу для кожного майнінгового завдання у кількості хешей, що далеко не кожному комп'ютерному ресурсу під силу [2]. Оцінки витрат електроенергії на операції майнінгу з різних літературних джерел дуже відрізняються, показуючи лише досить велику величину, порівнянну з енергоспоживанням таких країн, як Швейцарія, Кувейт, Австрія, Аргентина та ін.

Автор індексу Digiconomist А. де Вріс вважає, що із застосуванням найсучаснішого комп'ютерного обладнання, на майнінг має витрачатися не менш 15×10^6 МВт·год. світової електроенергії на рік і навіть цифра в 30×10^6 МВт·год. не межа, оскільки система сучасного майнінгу, включаючи режими роботи, це своєрідний «чорний ящик» [4]. За даними [5], вже проведена генерація 18 млн. біткоїнів зажадала близько 20×10^6 МВт·год., або 0,13% всього енергоспоживання у світі. За даними [6], при загальному світовому споживанні енергії в 158×10^9 МВт·год., генерація біткоїнів коштувала всього $9{,}6 \times 10^6$ МВт·год. або 0,006% мирового расхода. У роботі авторів [7], загальні витрати світової електроенергії на біткоїн склало: у 2018 році - $1{,}8 \times 10^6$ МВт·год. енергії, у 2019 році 53×10^6 МВт·год.

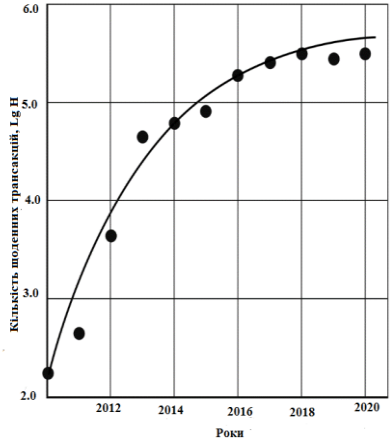


Рисунок 1 - Динаміка щоденних підтверджуваних транзакцій у системі біткоїну (за даними джерела [3])

Розрахункові дані німецького математика М. Страубе [8] показують річне споживання енергії не менше14×10^6 МВт·год.

За словами вчених із Лабораторії ім. Лоуренса в Берклі передбачалося, що до 2020 року енергоефективність галузі може підвищитися на 45%, умовне зростання склало всього 3-5%.

Загалом такі порівняльні та численні оцінки дають інформацію лише про те, що не існує достовірних методів оцінювання енергетичних витрат при майнінгу і, в цілому, для блокчейн технологій.

Динаміка усереднених щоденних транзакцій із 2010 року представлена на рисунке 1. Лише з квітня 2019 року до березня 2020 року сумарний хешрейт біткоїнів знаходився в межах від 40 Th/s до 100 Th/s, при зростанні складності завдання майнінгу в 2,5 раза. Безумовно, від цього слід очікувати зростання енерговитрат на одиницю криптовалюти, розрахункові дані яких представлені на рисунке 2.

Зусиллями Мішель Раухс із Кембриджського центру альтернативних фінансів розроблено індекс споживання енергії біткоїном CBECI (Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index), за допомогою якого запущено в реальному часі лічильник загального споживання електроенергії в мережі біткоїнів. На сьогодні це найбільш ефективна методика та реальні дані щодо енерговитрат у блокчейн технологіях. На грудень 2020 року (момент початку підготовки до цієї роботи) індекс змінювався в межах $(33,5 \div 96,1)\times10^6$ [4], що становить 0,21% від світових постачань електроенергії. У рік генерується $12,5\times6\times24\times365 = 657$ тис. біткоїнів, таким чином, що один біткоїн у 2020 році обходився в 96,4 МВт·год, (правда розрахункові дані, (рис. 2), дають результат наполовину заявленого у цьому джерелі).

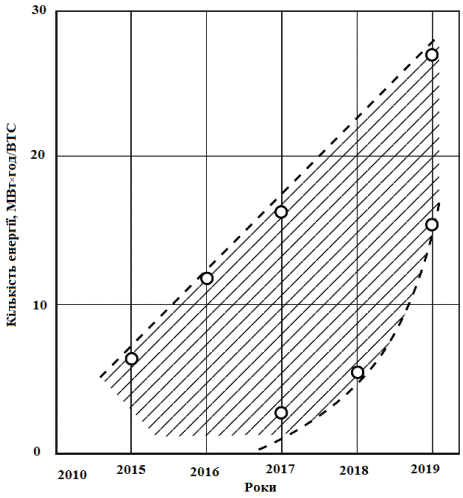


Рисунок 2 - Розрахункова енергетична ємність біткоїну за роками

При середній ціні 1 кВт·години в $0,07 вартість електроенергії, що витрачається, на майнінг одного біткоїну становить $4820. За тими ж даними М. Раухс [4] у 2018 році енерговитрати на один біткоїн становили 33×10^6 МВт·год. і коштував він $2310. Ця цифра можна порівняти з нашими розрахунками (рис. 2). Очевидним є зростання як енерговитрат на отримання одного біткоїну так і частка енергоємності у його собівартості. Незважаючи на збільшення обсягів хешування та енергетичної цінності кожного наступного біткоїну, загальні витрати електроенергії на майнінгові операції в системі біткоїну системно знижуються (рис. 3). Причина цього поки що тільки в тих можливостях, які представляють нам розробники сучасного майнінгового обладнання, і тільки.

Професійний майнінг дедалі більше орієнтується на малі форми енергозбереження, наприклад замість алгоритму доказового консенсусу типу PoW (Proof-of-Work), запропоновано використання системи PoS (Proof-of-Stake) як способу скорочення споживання енергії майнінговим обладнанням та забезпечення безпеки системи. Слід зазначити, що графік (рис. 3) не враховує таких пояснень, як, наприклад, банкрутство компанії Mt. Gox і втрату в 2014 році понад 750 тис. одиниць біткоїну, або випуск фінальної версії Bitlicense як розвиток проекту біткоїну в 2015 року, або скандал 2013 року з вебсайтом «Silk Road", замішаним у використанні системи біткоїнів для торгівлі наркотиками, що очевидно не могло не впливати на динаміку та на енергетику хешування та підтримки транзакцій у цій системі.

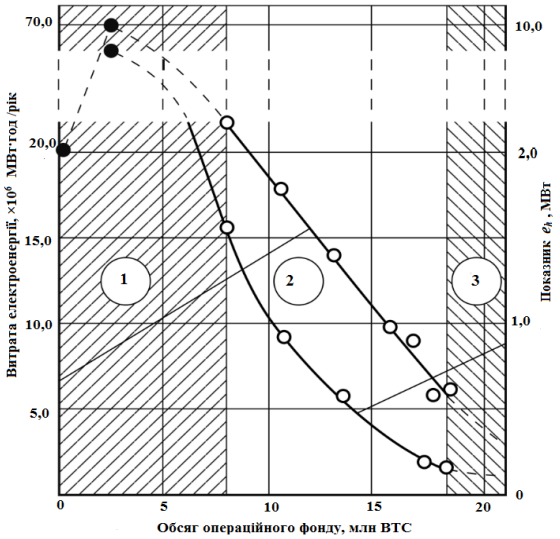


Рисунок 3 - Динаміка енергоємності ринку біткоїнів 2000 - 2020 роки та наведена енергетична цінність одного біткоїну: 1 – область оцінних даних; 2 – область розрахункових даних; 3 – область прогнозу

Більш точно генеровану енергоємність біткоїнів відображає безрозмірна величина енергоспоживання (e_h), наведена не тільки до одного біткоїну (N_{BTS}), а й до одного хешрейту в його логарифмічному відображенні ($Lg\ H$):

$$e_h = \frac{E_{gen}}{N_{BTS} \times LgH} \quad (1)$$

У формулі (1) враховується не тільки зниження кількості біткоїнів, що генеруються у часовому інтервалі, але і зростання обсягів необхідного хешрейту в цьому ж інтервалі. Ці показники взаємопов'язані та супроводжують подальший розвиток блокчейн технології біткоїну. Показник (e_h), на відміну від енергоємності, на графіку показує можливість до мінімального насичення енергоємності біткоїну з наближенням до запрограмованої межі 21 млн. біткоїнів (рис.3). Умови технології біткоїну такі, що дуплекс $N_{BTS} \times LgH$ постійно зростає, своїм існуванням менша наведена цифра енергоємності біткоїну.

З іншого боку, за даними Digiconomist, на біткоїн у 2019 році припадало близько 100 млн. фінансових транзакцій на рік. Із застосуванням традиційних фінансових інструментів проводиться 500 млрд. транзакцій на рік. Тобто у 5000 разів більше. Але на одну традиційну фінансову транзакцію

витрачається в середньому 3×10^{-7} МВт·год. енергії, а на майнінг одного блоку (9 байтів) у біткоїні нами підраховано 96,4 МВт·год. Таким чином, 100 млн. транзакцій вимагають майже 1×10^{4} МВт·год. енергії (без майнінгу), а 500 млрд. традиційних фінансових операцій потребують 15×10^{4} МВт·ч**.** При цьому слід враховувати, що, з наближенням до заповітного числа 21 млн біткоїнів, енергоємність кожного з них зростає в геометричній прогресії та досягнення позначки 150×10^{6} МВт·год., настане дуже швидко. Вже зараз очевидно, що складність майнінгу біткоїну, що росте, повинна бути порівняння з його енергоємністю, що поступово стала природним обмежувачем у будь-яких системах блокчейну.

Генерація 2758 тис. біткоїнів, що залишилися до 2032 року (сумарно згенеровано 99,8% всього пулу біткоїнів), шляхом екстраполювання до нинішнього стану, може вимагати енерговитрат більше, ніж $0{,}9\times10^{9}$ МВт·год., що може становити вже 4,3% від світового споживання електроенергії, і буде рівнозначно економічним втратам від виробництва товарів на суму $50 млрд. Це фактична плата за довірливість. На це сьогодні мало звертають уваги, бо вже 80% біткоїнів перебувають у роботі, а енергетичного колапсу поки що не спостерігається.

1. Kaminska I. Bitcoin’s Wasted Power-and yow it could de used to heat homes. FT Alphaville, Financial Times, September 5, 2014.
2. Тапскотт Д., Тапскотт А. Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня. Пер. с англ. К. Шашковой, Е. Ряхиной. – М.: Эксмо, 2018. – 448 с.
3. https://www.blockchain.com/ru/charts/n-transactions?timespan=all3
4. https://masterok.livejournal.com/4485604.html
5. https://powercompare.co.uk/bitcoin/
6. https://vc.ru/crypto/30588-bitkoin-mayning-i-potreblenie-energii
7. https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption
8. Palacio N. S. Blockchein: A technological tool for sustainable development or a massive energy consumption network, Bionatura 2018, Vol. 3, № 4.

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлістратова

ТЕРМОДИНАМІКА УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ТА СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Якщо відволіктися від теоретичних досліджень на користь прикладної енергетики, то стає зрозуміло, що енергетичні та економічні аспекти проблем відтворення відходів у сучасному суспільстві мають свої пояснення з позицій використання енергії виробничими системами, які створені або створюються людиною на протязі всієї її історії.

Світ не знає таких економічних укладів, при яких зростання валового продукту не супроводжувалося б збільшенням витрат на енергоносії. З часів Римської імперії і до наших днів енергетична вартість життя на одну людину зросла майже в десять разів (з 0,2 т. н. е./люд. 2000 років тому до 1,9 т. н. е./ люд. в наш час). При тому, що збільшення енергоспоживання на тонну нафтового еквівалента склало від $ 2500 до $ 5500.

Енергетична залежність – критерій, за яким може відбутися навіть переформатування сучасного суспільства. Зростання такої залежності є однією з головних причин можливої зміни соціальних конфігурацій.

Створення ЄС було, серед іншого, відповіддю найбільш розвиненої частини світової спільноти на власні енергетичні виклики, які могли або звеличити Старий Світ, або поставити його на службу більш гнучкій економіці США, або в залежність від відсталої економіки Росії. В перші ж роки існування ЄС його країни позбулися індивідуального енергетичного голоду шляхом перерозподілу всього виробленого продукту і почали інтенсивно використовувати вуглеводні Північного моря, налагодив колективні відносини з країнами ОПЕК. Для цивілізованої Європи це був шанс, яким вона скористалася.

У літературі наведені дані про граничні витрати споживання енергії в загальному світовому валовому продукті в розмірі 10%, вище якого починається поріг нестабільності в економіці будь-якої країни. Якщо це правильно, то країни колишнього СНД давно і «комфортно» влаштувалися в зоні економічної кризи. Більш того, кілька країн ЄС також знаходяться в зоні кризи (табл. 1).

Природа створила величезну кількість джерел енергії, які використовує людина - органіка, природні вуглеводні, водень, атомна енергія, сонячна радіація, тепло надр і атмосфери, в залежності від того, якими технологіями переробки володіє людина. Історично склалося так, що суспільство швидше реагувало на вуглеводневі матеріали як на реальне джерело енергії, і протягом багатьох років і століть розробляло і вдосконалювало машини для переробки вуглеводневмісного викопного палива в корисну енергію. У XIX столітті теплова машина підкорила світ тим, що вона виробляла дію, хоч і з дуже низькоякісної теплової енергії. Наступні роботи і

Таблиця 1 – Діапазони часток витрат на первинні енергоносії у валовому продукті деяких країн, Δ в порівнянні зі споживанням нафти Ω (дані 2009 року)

№	Країна	Δ (частка одиниці)	Ω (млн барелів/добу)
1	США	0,075	18,69
2	Німеччина	0,095	2,437
3	Великобританія	0,084	1,669
4	Греція	0,144	0,414
5	Україна	0,145	0,348
6	Казахстан	0,165	0,241
7	Румунія	0,135	0,214
8	Беларусь	0,115	0,173
9	Болгарія	0,120	0,125

дослідження в області збереження енергії Майера (1842), Гельмгольца (1847), початкові дослідження другого закону термодинаміки, виконані Лазарем і Саді Карно (1824), Клаузіусом (1850), Томсоном (1852), зробили теплову машину мало не єдиним і незамінним джерелом корисної енергії, створивши, таким чином, своєрідний тупиковий бар'єр в науці XIX століття на майбутнє, який благополучно перекочував і в XX століття

У XX столітті І. Пригожин, реалізувавши знамените рівняння $\mathrm{d}S = \mathrm{d}S_e + \mathrm{d}S_i$, сміливо розділив необоротне розсіювання енергії і ентропії, на три частини: зростаючу, оборотну $\mathrm{d}S_e$ і на рівноправну вироблену, але незворотну частину $\mathrm{d}S_i$, тим самим покладаючи на останню відповідальність за економічні та екологічні аспекти енергоефективності.

Сьогодні витрата енергії на добичу і переробку одиниці нафти по відношенню до її енергетичної продуктивності, як палива, становить 1:5, тобто 20% нафти у вигляді енергії витрачається на її виробництво. Через 20 років цей показник очікується 1:1. Ентропія таких процесів, а ще з використанням існуючих засобів, як правило, дуже висока.

Це вдосконалення теоретичних моделей дало змогу краще розуміти процеси, пов'язані з втратою та розподілом енергії в хімічних реакціях. При загальній невизначеності і величезній кількості теплових та інших процесів,

що дозволяють отримувати сучасну корисну енергію, спробуємо сформувати для них область феноменологічних кривих Л. Онсагера за раніше запропонованим методом (рис. 1) від стану $X_1 = X_2 = X_3 = 0$ (мінімальна дисипація, крива 1) до $X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq 0$ (максимальна ентропія процесу, крива 2). І потребуємо особистих співвідношень репаративних і дисипативних процесів для різних способів отримання корисної енергії, серед яких: за допомогою чисто механічних сил (закони Ньютона, Архімеда, крива 3), процесів термомеханічного перетворення (на основі закону Фур'є, крива 4), фотоелектричного синтезу (закон Столєтова, крива 5) і керованого термоядерного синтезу (крива 6).

Беручи до уваги, що феноменологічні криві Л. Онзагера призначені для опису слабо нерівноважних лінійних систем в так званих «відносинах взаємності», а отримання корисної енергії, за даними І. Пригожина, слід відносити до сильно нерівноважних процесів, на наш погляд, уваги повинні заслуговувати тільки області асимптотичних збіжностей I, II і III (рис. 1), далеких від атракцій. Тобто там, де процеси виробництва енергії можна вважати відносно стійкими. Відомо, що стійкість термодинамічної системи отримання енергії відображається перетином енергетичних кривих $P(\lambda)\cdot(3\div 6)$ з однією з феноменологічних кривих $\{\delta[S](\lambda)\}$ Л. Онзагера. Показані екстремуми задаються атракторними станами, до яких спонтанно прагне енерговиробляюча термодинамічна система.

Розрахункові дані показують, що термодинамічна ефективність всіх сукупних теплових процесів отримання енергії, в першу чергу, пов'язаних зі згорянням вуглеводнів, в інтегральному показнику не може перевищувати позначку λ=0,5 навіть в нестійкому режимі.

Сталий режим робить цю позначку ще менше (рис. 1, крива 4, зліва). І навпаки, термодинамічна ефективність термоядерного синтезу, фотоелектричного синтезу відбувається практично при λ>0,5 і в окремих випадках навіть при λ>0,9 (криві 5 і 6, справа). Ці процеси здійснюються з мінімальною дисипацією споживаної енергії або з мінімальним збільшенням оборотної ентропії dS_e для таких систем. Такий підхід дає можливість оцінити можливі варіанти економічно ефективного виробництва енергії з позиції її втрат, або відходів.

Таким чином, формується висока сукупна, в тому числі економічна та екологічна, ціна на сучасні вуглеводневі способи виробництва споживаної енергії, що вже сьогодні робить цю галузь господарювання фактором тупикового розвитку для людства. Типове джерело енергії XX і початку XXI століть - вуглеводні, сприяло розвитку одного з найбільш безальтернативних методів переробки сировини - теплової. Величезна кількість машин і механізмів, технологічних процесів, обладнання та матеріалів створюється на основі використання вуглеводнів. Переважна більшість з них засновані на теплових процесах.

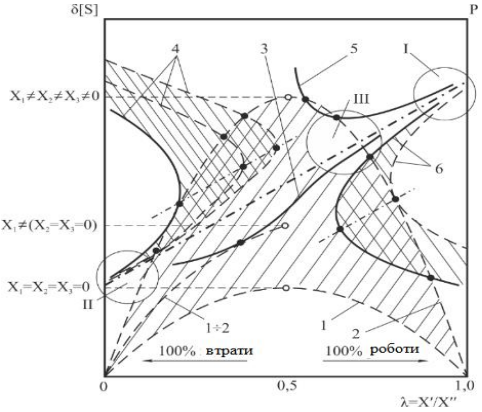


Рисунок 1 – Відображення стійкості і нерівноважності в різних системах отримання корисної енергії (позначення по тексту)

Двигуни внутрішнього згоряння, дизельні та газові двигуни автомобілів, турбіни, реактивні двигуни, технології виробництва чавуну та сталі, прокату та аміаку, численних синтетичних речовин, гуми вимагають величезної кількості вуглеводневмісних матеріалів. З кожних 100 патентів, які з'являються в світі, 13 належать пристроям і методам спалювання або переробки вуглеводневмісних палив і речовин.

З деякими уточненнями можна стверджувати, що при сучасному рівні розвитку науки і суспільства глобальне виробництво енергії тільки з вуглеводневого палива шляхом активації тільки теплової енергії або енергії нагрітої пари є стратегічною та перспективною науково-технічною помилкою. Те, що було визнано прогресом в минулому столітті, необхідно розглядати в цьому столітті як глухий кут, з якого потрібен вихід. Науковий вихід з такого глухого кута давно існує, у вигляді розвитку інших джерел енергії, крім вуглеводнів.

Сучасна наука створила безліч так званих невуглеводневих джерел енергії. Їх провозвісником була атомна енергетика. З 2011 року ведуться розробки в області так званого низькоенергетичного ядерного синтезу (*E-cat* effect або генератори Россі). Існує цілий науковий напрямок, яке називається воднева енергетика. Природа зробила все можливе для людини, природним чином відокремивши надзвичайно високоенергетичний водень від складу підземних вод і упакувавши його в так звані металогідридні конгломерати. Людству є з чого вибирати, щоб зробити раціональну репаративну альтернативу екологічному забруднювачу, яким є вуглеводневе паливо. Ця проблема напряму стикається з проблемами мінімізації відходів усіх видів без виключення у сучасних технологіях, які залежні від енергетичних джерел, що в них використовуються. Ціна питання - перспективи майбутніх поколінь.

Н.В. Заїка, В.С. Ракович, В.В. Цуркан

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Питання цифрової трансформації в нашій країні зараз винесені на найвищий рівень – це підтверджується створенням Міністерства цифрової трансформації [1] та переліком покладених на нього завдань [2]. До того ж цифровізація охоплює і критичну інфраструктуру, зокрема, енергетичної галузі. Процеси по цифровізації у галузі енергетики ведуть не тільки до позитивних зрушень, але й призводить до появи нових ризиків у сфері кібербезпеки [3], що вже врегульовується на законодавчому рівні [4]. Особливістю енергетичної галузі є наявність великої кількості різноманітного обладнання та необхідність підтримання його постійної працездатності, особливо в умовах війни. Ця особливість вимагає наявності великої кількості різноманітної технічної документації. Тож в епоху цифрової трансформації технічна документація також конвертується до цифрового вигляду та одразу стає суб'єктом законодавчого регулювання [5].

Законодавством [5] регулюється створення, відправлення, передавання, одержання, зберігання, оброблення, використання та знищення електронних документів. Особливістю технічної документації є наявність інформації з обмеженим доступом, витік якої може завдати шкоди як об'єкту енергетики, так і критичній інфраструктурі загалом (схеми роботи пристроїв, схеми забезпечення живленням об'єктів критичної інфраструктури). Тому необхідно забезпечувати непорушність властивостей цифрової технічної документації у кіберпросторі.

Технічна документація – сукупність документів, необхідних і достатніх для безпосереднього використання на усіх стадіях життєвого циклу продукції [6]. Продукцією в даному випадку є будь-яке обладнання та устаткування у галузі енергетики, а також, наприклад, програмне забезпечення, системи. Відповідно до визначення – одними з основних властивостей інформації, що містяться у технічній документації та потребують захисту є конфіденційність, цілісність, доступність і, в окремих випадках, приватність. Для перевірки цілісності законодавством [5] пропонується застосовувати електронний підпис. Тоді як для забезпечення доступності здебільшого використовується резервування інформаційних ресурсів або використання декількох дублюючих джерел інформації, які рознесені в мережі інформаційного обміну за різними ознаками. З огляду на це, сховище інформації (технічної документації) характеризується децентралізованістю з необхідністю реалізування заходів забезпечення конфіденційності, цілісності та достовірності. Однією з перспективних технологій створення такого сховища технічної документації є блокчейн.

Під блокчейном розуміється інформаційна технологія в основі якої лежить безперервний послідовний ланцюг блоків [7–9]. Кожним з них

можливе зберігання інформації, зокрема, й технічної документації. Дана технологія вже використовується у багатьох сферах людського життя, наприклад: (1) банківський сектор; (2) посвідчення особистості; (3) платіжний засіб; (4) онлайн голосування; (5) будівельна діяльність. Характерними особливостями використання даної інформаційної технології є, по-перше, обчислення ідентифікатора кожного блоку з використанням інформації з попередніх блоків; по-друге, децентралізація операцій; по-третє, виконання значних обсягів розрахунків.

Отже, одним з основних завдань цифрової трансформації галузі енергетики є оцифрування технічної документації і, як наслідок, пов'язані з цим нові виклики. Цифрова технічна документація сприятиме збільшенню кількості видів подання інформації (текст, схеми, аудіо, відео та контент віртуальної і доповненої реальностей). Крім того зменшенню складності обслуговування обладнання. Разом з новими викликами, оцифрування технічної документації призведе до появи інших проблем. Насамперед необхідності оцінювати та за його результатами обробляти ризики інформаційної безпеки та кібербезпеки зокрема. Деякі з проблем оцифрування технічної документації можливо подолати використання децентралізованого підходу до її цифрової трансформації на основі інформаційної технології блокчейн.

1. Деякі питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.2019 № 829. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/29-2023-%D0%BF#Text.

2. Питання Міністерства цифрової трансформації : Постанова Кабінету Міністрів України від 18.09.2019 № 856. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/856-2019-%D0%BF#Text.

3. Системи виявлення вразливостей і реагування на кіберінциденти та кібератаки : звіт про роботу. URL: https://scpc.gov.ua/api/files/22c75b41-d1d8-4da6-bd46-fa 5489af9c6e.

4. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. Дата оновлення: 05.12.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text.

5. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 №851-IV. Дата оновлення: 01.08.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15#Text.

6. ДСТУ 3278-95 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення. [Чинний від 1997-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1995. 59 с. (Інформація та документація)

7. Blockchain. URL: https://www.merriam-webster.com/dictionary/blockchain.

8. Ma C.-Q., Lei Y.-T., Ren Y.-S., Chen X.-Q., Wang Y.-R., Narayan S. Systematic analysis of the blockchain in the energy sector : trends, issues, and future directions. *Telecommunications Policy*. 2023. Vol. 47. ID 102677. DOI: https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102677.

9. Borkovcová, A.; Černá, M.; Sokolová, M. Blockchain in the Energy Sector—Systematic Review. *Sustainability.* 2022. Vol. 14. No. 22. DOI: https://doi.org/10.3390/su142214793.

В.В. Мохор, О.В. Цуркан, Р.П. Герасимов, Т.М. Клименко,
С.Р. Коженевський, В.П. Яшенков

АНАЛІЗ МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ АТАК СОЦІАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ І ЗАХИЩАННЯ ДАНИХ

Модель виявлення атак соціальної інженерії і захищання даних (англ. Social Engineering Attack Detection and Data Protection Model SEADDPM) запропоновано в [1]. Серед типових припущень її розроблення виокремлено контролювання і впливання на користувача шляхом входження до нього в довіру [1, 2]. З огляду на це акцентовано увагу на необхідності і водночас складності розроблення оптимальної моделі виявлення атак соціальної інженерії з необхідною точністю та достовірністю отриманих результатів [3–6]. Це пов'язано зі спробами інформування або передбачення таких загроз шляхом надання відповідей на визначенні питання, обирання атрибутів користувача як індикаторів. Результат врахування даних аспектів запропоновано в [1]. Тож аналізування моделі виявлення атак соціальної інженерії і захищання даних є актуальним завданням.

Використання моделі орієнтоване на два рівні – виявлення атак соціальної інженерії і захищання даних [1]. До того ж характерною особливістю виокремлення і реалізування кожного з них є врахування застосовності телефону як засобу впливання на користувача [1, 2]. Тому першочерговим завдання є усвідомити та попередити його про потенційну небезпеку. Це реалізується створенням дерева рішень, вузлами якого є питання – від оцінювання емоційного стану до захищеності файлів. На основі відповідей на визначений набір питань встановлюється вмотивованість того, хто телефонує. Насамперед цікавить прагеність отримання доступу до конфіденційної інформації шляхом обману користувача. Як результат, від нього очікується поведінка щодо унеможливлення реалізованості атаки соціальної інженерії.

На другому рівні захищання даних забезпечується збереженість конфіденційності інформації користувача [1]. Така діяльність обумовлюється у випадках прийняття рішення про спробу реалізування атаки соціальної інженерії. Запобігання цьому досягається завдяки наданню користувачу можливості завантажити файли з конфіденційною інформацією зашифрованими в хмару. Так, перешкоджається доступ зловмиснику до вихідних даних після введення в оману користувача. Для шифрування у моделі використано змішаний криптографічний механізм. Його використанням передбачається виділення трьох складників. Вони зберігається в окремому файлі, кожен з яких зашифровується різним методом, а саме: симетричним алгоритмом блокового шифрування (англ. Advanced Encryption Standard, AES), симетричним алгоритмом шифруванням даних (англ. Data Encryption Standard, DES), алгоритм потокового шифрування (Rivest Cipher, RC2). Дешифрування файлів з конфіденційною інформацією можливе авторизованим користувачем

через обліковий запис електронної пошти.

Прикладне застосування моделі демонструвалося на основі тестувань спроб отримання доступу до конфіденційної інформації атакою соціальної інженерії [1]. При цьому встановлено її обумовленість рівнем обізнаності користувачів щодо протидії реалізуванню таких загроз. За результатами апробування показано зменшення кількості вдалих спроб отримання доступу до конфіденційної інформації. Разом з тим збільшилися прояви «нешкідливих» сценаріїв. Це можна пояснити хибними явленнями та, як наслідок, хибною послідовністю дій з боку користувача в певній ситуації. Характерною її особливістю є те, що вона не призводить до досягнення зловмисником успішності атаки соціальної інженерії. Отримані та апробовані результати зіставлено з відомими аналогами [1, 3–6]. На думку авторів [1] одними з суттєвих переваг моделі є додаткова функція захищання даних у випадку виявлення ознак атаки соціальної інженерії, деталізований набір питань, за результатами відповідей на які можливе формування поведінки користувача залежно від ситуації; надійний змішаний криптографічний механізм шифрування.

Отже, основними аспектами застосування розробленої моделі в [1] є як виявлення атак соціальної інженерії, так і захищання даних. Її застосовність обумовлюється визначенням набору питань і відповідей на них користувачів. Попри акцентування уваги на особливостях соціальної інженерії поза увагою залишається урахування психологічних аспектів її практичного реалізування. Водночас розроблена модель зіставляється з результатами, більшість з яких отримано до 2010 року. Це суттєво може впливати і на результати зіставлення, і на способи їх використання.

1. Dan A., Gupta S. Social Engineering Attack Detection and Data Protection Model (SEADDPM). *Advances in Intelligent Systems and Computing* / M. Chakraborty, S. Chakrabarti, V. Balas, J. Mandal. Singapore : Springer, 2019. Vol. 811. P. 15–24. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-1544-2_2.

2. Мохор В. В., Цуркан О. В., Цуркан В. В., Герасимов Р. П. Оцінювання захищеності інформації в комп'ютерних системах за соціоінженерним підходом. *Information Technologies and Security*. Aachen, Germany, 2018. Vol. 2067. P. 92–98. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2067/paper13.pdf. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo. 6945276.

3. Bezuidenhout M., Mouton F., Venter H.S. Social engineering attack detection model : SEADM. *Information Security for South Africa* (Johannesburg, South Africa, 02–04 August 2010). IEEE, 2010. P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.1109/ISSA.2010.5588500.

4. Mouton F., Leenen L., Venter H.S. Social engineering attack detection model : SEADMv2. *International Conference on Cyberworlds* (Visby, Sweden, 07–09 October 2015). IEEE, 2015. P. 216–223. DOI: https://doi.org/10.1109/CW.2015.52.

5. Sandouka H., Cullen A.J., Mann I. Social engineering detection using neural networks. *International Conference on CyberWorlds* (Bradford, UK, 07–11 September 2009). IEEE, 2009. P. 273–278. DOI: https://doi.org/10.1109/CW.2009.59.

6. Hoeschele, M., Rogers, M.: Detecting Social Engineering. *Advances in Digital Forensics* / M. Pollitt, S. Shenoi. Boston, MA : Springer, 2006. Vol. 194, pp. 67–77. DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-31163-7_6.

ЗМІСТ

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський, В.В. Папазов, Г.В. Анфімова
ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ ГАЗОВИХ КОТЛІВ 6

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський
ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ У КОРЕЛЯЦІЙНОМУ ТЕЧЕШУКАЧІ ……... 8

О.А. Владимирський, І.А. Владимирський
ЕТАПИ СТВОРЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТЕЧЕШУКАЧІВ СІМЕЙСТВА К10 ……. 12

О.В.Васильєв, В.В. Чьочь
ОСНОВНІ ТРЕНДИ РОЗВИТКУ СФЕРИ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ …… 14

О.В.Васильєв, В.В. Васильєв
ЕТАПИ ВРОВАДЖЕННЯ ТАКСОНОМІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ ……...……...…... 16

В.С. Волошин, О.Ю. Азархов
ЛЮДИНА, ЯК ДЖЕРЕЛО СИНЕРГІЇ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ БАЛАНСІ ПЛАНЕТИ ……...…….... 18

С.Я. Гільгурт, О.Г. Кіслов, В.М. Попова
ОЦІНКА КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СХЕМ НА СКІНЧЕННИХ АВТОМАТАХ ДЛЯ РЕКОНФІГУРОВНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ……. 24

В.А. Дюков, О.А. Владимирський, В.А. Артемчук
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ВИГОРОДКИ РЕАКТОРА ВВЕР-1000 …….……. 28

Джигун О.М.
INCREASING THE SHARE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN UKRAINE AND ASSESSING THE FLEXIBILITY OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM ……... 32

В.О. Дерій, В.В. Станиціна
СТАН ТА СТРУКТУРНИЙ РОЗВИТОК СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ ……...…….. 35

В. Ю. Зубок, Р. С. Драгунцов
ОСОБЛИВОСТІ РОЗСЛІДУВАННЯ ТА РЕАГУВАННЯ НА ІНЦИДЕНТИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В УМОВАХ МАСОВИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ……...…….. 38

А.О. Запорожець, Г.П. Костенко.
ПОКАЗНИКИ СТІЙКОСТІ В СИСТЕМІ ІНДИКАТОРІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ ……... 45

Н.В. Заїка, В.С. Ракович, М.Ю. Комаров
ЗАСТОСУВАННЯ СТАНЦІЙ НАЗЕМНОГО БАЗУВАННЯ БПЛА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗА СТАНОМ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗЗОВНІ …… 50

О.В. Згуровець, Г.П. Костенко
РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У ВДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПОТУЖНОСТІ ……..…….. 52

О.Ю. Коновалов
ІІОТ ЯК ЗАСІБ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ МОДЕЛЕЙ ……..…….. 55

Г.П. Костенко
СТРАТЕГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ …… 59

І.П. Криворучко, О.А. Владимирський
ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЧАСТОТО-ВИБІРКОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СКЗ СИГНАЛУ В УСТАНОВЦІ НАВКУ-З……. 63

І.П. Каменева
ПРОБЛЕМА ПЕРЕДБАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ: АДАПТИВНИЙ ТА КОГНІТИВНИЙ ПІДХІД ……... 65

А.В. Ковилін
ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ЛОГІВ SIGMA ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ …….. 69

О. І. Клюзко
КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ДАНИХ ЩОДО СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ ……..……. 73

В. О. Меркулов, В. В. Горанчук, В. І. Борисенко
MCNP-МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ СТРУМУ ДЕТЕКТОРА ПРЯМОГО ЗАРЯДУ В ВВЕР-1000 …….. 76

O. Ogir
THE DIGITAL TRANSFORMATION TRENDS IN THE ENERGY INDUSTRY …… 80

Т. В. Пучко
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ У РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ 83

М.В Оболонський, О.М Любименко
ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА …….. 87

І.В. Плетяний
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЛЮДСЬКОЇ СКЛАДОВОЇ ЛЮДИНО-МАШИННИХ СИСТЕМ В ЕНЕРГЕТИЦІ ……... 89

Н.А. Походенко
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ……... 92

О.С.Потенко, А.М.Давиденко
ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ВИБОРУ СКЛАДУ ПРОФІЛЮ ПРОТИДІЇ ЗАГРОЗАМ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ …… 95

С.Є. Саух
МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ В УМОВАХ МІЛІТАРНИХ ЗАГРОЗ ……... 97

Д.В. Столярчук
ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА ПОТОЧНУ БЕЗПЕКОВУ СИТУАЦІЮ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ …… 101

С.В. Сушко О.А. Чемерис
ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ЧАСОМ ВИКОНАННЯ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ …… 104

В.В. Станиціна, В.О. Артемчук
ШЛЯХИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ПІДВИЩЕННЯ РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ …….. 107

Д.М. Семенюк
ВИЯВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ МІКРОВИТОКІВ У ТРУБОПРОВОДАХ ВНУТРІШНЬОБУДИНКОВИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МЕТОДИКИ ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНОГО ТЕЧЕШУКАЧА А-10Т3 …… 109

О.О. Ткаченко, В.С. Грінченко
ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНОГО ТА ЧИСЕЛЬНОГО ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ …. 112

О.В. Харченко
МОДЕЛЮЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ …… 115

С.С. Шевченко
ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ ЯК ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕНЕРГЕТИКИ У ЦИФРОВУ ЕПОХУ ……. 117

В.В. Шкарупило, В.В. Душеба
АСПЕКТИ ВВЕДЕННЯ МУЛЬТИПОТОЧНОСТІ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ФОРМАЛЬНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ TLC …….. 120

O.O. Tsypliak, V.O. Artemchuk
RISKS USING LLM-BASED PLATFORMS IN ENERGY DIGITALIZATION CONTEXT …….. 122

Я.Ю.Дорогий, Д.В. Скринник
ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ СПОЖИВАЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ……. 125

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлістратова
ОБ'ЄКТНА ЕНЕРГЕТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ У БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГІЯХ І ПАРАДИ КОНФЛІКТІВ ……... 130

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлистратова
ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ВІРТУАЛЬНИХ ВАЛЮТНИХ ПРОЕКТІВ …….. 134

В.С. Волошин, Н.Ю. Єлістратова
ТЕРМОДИНАМІКА УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ТА СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ …….. 139

Н.В. Заїка, В.С. Ракович, В.В. Цуркан
ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИЙ ПІДХІД ДО ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ …… 143

В.В. Мохор, О.В. Цуркан, Р.П. Герасимов Р.П., Т.М. Клименко, С.Р. Коженевський, В.П. Яшенков
АНАЛІЗ МОДЕЛІ ВИЯВЛЕННЯ АТАК СОЦІАЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ І ЗАХИЩАННЯ ДАНИХ …… 145

МАТЕРІАЛИ
V НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«БЕЗПЕКА ЕНЕРГЕТИКИ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ»

22 листопада 2023 року
м. Київ

Формат 60×90/16. Тираж 100.
Підписано до друку 30.11.2023. Заказ № 10

Інститут проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова Національної академії наук України,
Україна, 03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15,
тел.: +38 044 424 10 63
https://ipme.kiev.ua/, ipme@ipme.kiev.ua