УДК 681.514:621.029

Н.Я. ВОЗНА
Тернопільський національний економічний університет

МЕТОД СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СТАНІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІЙ ПІДСТАНЦІЇ

Стаття стосується проблеми розпізнавання перехідних процесів у високовольтних лініях електропересилань, розробки нових ефективних способів захисту промислового обладнання ЛЕП від перевантажень та коротких замикань. Запропоноване структуризоване відображення образно-кластерної моделі дозволяє передбачати та прогнозувати розвиток передаварійних станів та підвищити інформативність контролю параметрів на електричних підстанціях високовольтних ЛЕП.

Ключові слова: структуризація, електрична підстанція, контроль параметрів, образно-кластерна модель, стан електричної підстанції.

NATALIIA VOZNA
Ternopil National Economic University

METHOD OF STRUCTURING INFORMATION FLOWS FOR DESCRIPTION TECHNOLOGICAL STATES ON ELECTRIC SUBSTATION

The article deals with the problem of recognition of transient processes in high-voltage transmission lines, the development of new effective methods for protecting industrial equipment of transmission lines from overloads and short circuits. The proposed structured mapping of the figurative cluster model allows predicting and predicting the development of transient states and increasing the informativeness of control of parameters at electric substations of high-voltage transmission lines. A fast-acting method for detecting and invariant identification of transient processes in transmission lines such as charges, short circuits and the launch of powerful electric drives has been developed. The theory of structuring of figuratively cluster models of monitoring of states of electric substations of high-voltage transmission lines is developed, which includes the development of theoretical foundations and algorithms for constructing a complex of models of quasi-stationary states of multi-parameter technological objects, analysis of the structure and characteristics of information flows that are formed on the electric substation 6-35 kV for monitoring their states. A structured representation of the spatial location of information about the states of the electric power station is presented. The software for constructing a figurative-cluster model in accordance with the proposed formalization of technological parameters in high-voltage transmission lines has been developed. The work is devoted to substantiation of the prospect of development and implementation in the monitoring systems of control and management of industrial objects of structured image-cluster models of interaction "operator-monitoring system". The application of in-depth analysis of quasi-stationary states of objects is a promising tool for increasing the efficiency of operators in the conditions of emergencies of unusual, transient and emergency situations not only in high-voltage transmission lines, but also in industrial facilities.

Keywords: structuring, electrical substation, parameter control, figurative cluster model, state of the electrical substation.

Постановка проблеми. Важливою проблемою у електроенергетиці є розпізнавання та ідентифікація перехідних процесів у високовольтних ЛЕП. Висока швидкодія перехідних режимів у ЛЕП на протязі кількох періодів частоти 50 Гц потребує адекватної швидкодії перетворювачів, пристроїв автоматики релейного захисту та спеціалізованих обчислювальних засобів – контролерів, які опрацьовують режими електропостачання у реальному часі.

У процесі експлуатації високовольтних ЛЕП можуть виникати особливі перехідні режими та можливість виникнення пошкоджень обладнання електричних та трансформаторних підстанцій. Такі пошкодження приводять до механічного виводу з ладу технологічного обладнання струмами короткого замикання або дугою, яка виникає у місці пошкодження.

Крім того, небезпечним також є пониження напруги у вузлових точках електроенергетичної системи внаслідок коротких замикань, що впливає на порушення технологічних процесів споживачів електроенергії та стійкості генераторів енергосистеми.

Метою даної роботи є розробка теорії та алгоритмів структуризації образно-кластерних моделей (ОКМ) моніторингу станів електричних підстанцій високовольтних ЛЕП, яка включає розробку теоретичних основ та алгоритмів побудови комплексу моделей квазістаціонарних станів багатопараметричних технологічних об’єктів, аналіз структури та характеристик інформаційних потоків, які формуються на електричній підстанції для моніторингу їх станів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Важливим характеристичним параметром сучасних інформаційних мереж є найповніший структуризовано-модельний опис властивостей ОУ, як джерел інформації. Теорія джерел інформації викладена в роботах [1, 2] систематизує методи побудови широкого класу інформаційних моделей ОУ. У роботах [3, 4] викладено теоретичні, методологічні та прикладні аспекти створення нового класу високо інтегрованих образно-кластерних моделей, які базуються на теорії, критеріях та методології структуризації поліфункціональних даних.

Виклад основного матеріалу. Електрична підстанція (ПС) являє собою ключовий вузол, що дозволяє організувати систему енергозабезпечення на об’єктах різної величини, що визначається рівнем максимального навантаження самої установки. В залежності від виконання, обладнання даного виду може підвищувати або знижувати напругу, а це безпосередньо визначає цільове призначення ПС.

Розподільна електрична підстанція відповідальна за прийом і перетворення електроенергії. При цьому напруга може знижуватися або підвищуватися, а при необхідності і випрямлятися, що обумовлюється

потребами споживача. На наступному етапі виконується розподіл отриманої енергії. У випадках, коли передбачається підвищення значення напруги, електроенергія приймається, наприклад, від генератора, а передається далі на ЛЕП. Якщо електроенергія подається від ліній електропередач, то для подальшої відправки споживачеві необхідно здійснити зниження напруги.

Електричні станції та підстанції можуть поставлятися на дільницю монтажу в готовому, повністю зібраному вигляді або ж окремими блоками і вузлами, при цьому обладнання буде носити назву комплектне. Основні елементи і вузли:

- камера для установки в ній апаратури, включаючи і трансформатор, а також шинопровід. Зустрічається два виконання: повністю закрите без сітчастих вставок і частково закрите з огорожею у вигляді сітки;
- збірні шини. Вони в сукупності становлять цілу систему. Електричні станції та підстанції можуть містити також окремі секції, які являють собою ті ж збірні шини, відокремлені комутаційним вузлом;
- струмопровідна система, що включає в себе шини або кабелі, які з'єднуються з ізоляторами;
- трансформатор в кількості від одного до декількох одиниць;
- розподільний пристрій забезпечує прийом і подальший розподіл енергії. РУ складається з декількох вузлів: комутаційна апаратура, збірні шини, елементи керування та захисту [5].

Приклад схеми підключення трансформаторної ПС 10 кВт показаний на рис. 1.

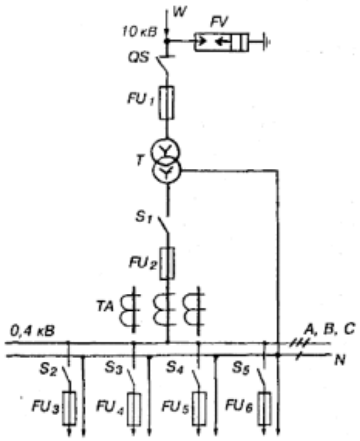

Рис. 1. Знімання однотрансформаторної підстанції 10 кВт

Основні схеми первинних з'єднань розподільного пристрою 10 кВ комплектної трансформаторної підстанції (КТП) наведені на рис. 2 (у деяких схемах не показані додаткові роз'єднувачі, які можуть встановлюватися на кінцевих опорах для приєднання КТП до ліній).

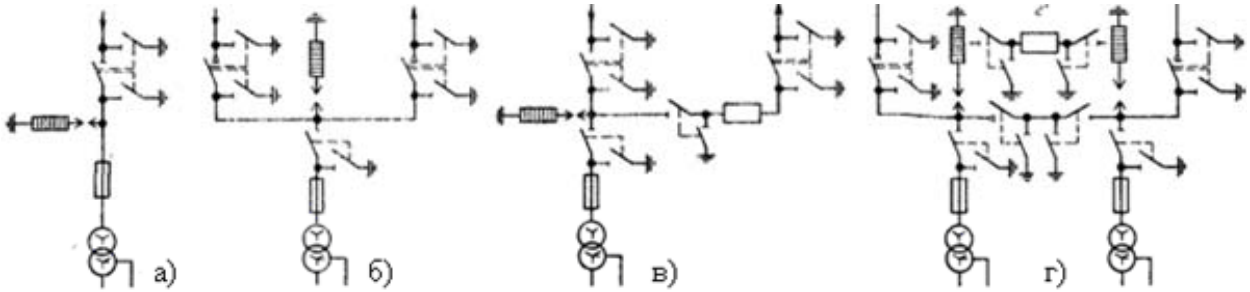

Рис. 2. Головні схеми з'єднань розподільного пристрою РУ 10 кВ трансформаторних підстанцій 10/0, 38 кВ.

Вхідними даними для розробки теоретичних основ та алгоритмів побудови комплексу моделей квазістаціонарних станів багатопараметричних технологічних об'єктів, аналізу структури та характеристик інформаційних потоків, які формуються на електричній підстанції для моніторингу їх станів, апробації алгоритмів на тестових та експериментальних сигналах є отримані інформаційно-діагностичними комплексами "Альтра", розроблені Інститутом мікропроцесорних систем керування об'єктами електроенергетики для моніторингу і аналізу аварійних процесів та нормальних режимів електроенергетичних систем.

Пристрої "Альтра" розміщують безпосередньо на підстанціях та електричних станціях. Схема приєднання пристрою захисту "Альтра" до зовнішніх кіл наведена на рис. 3.

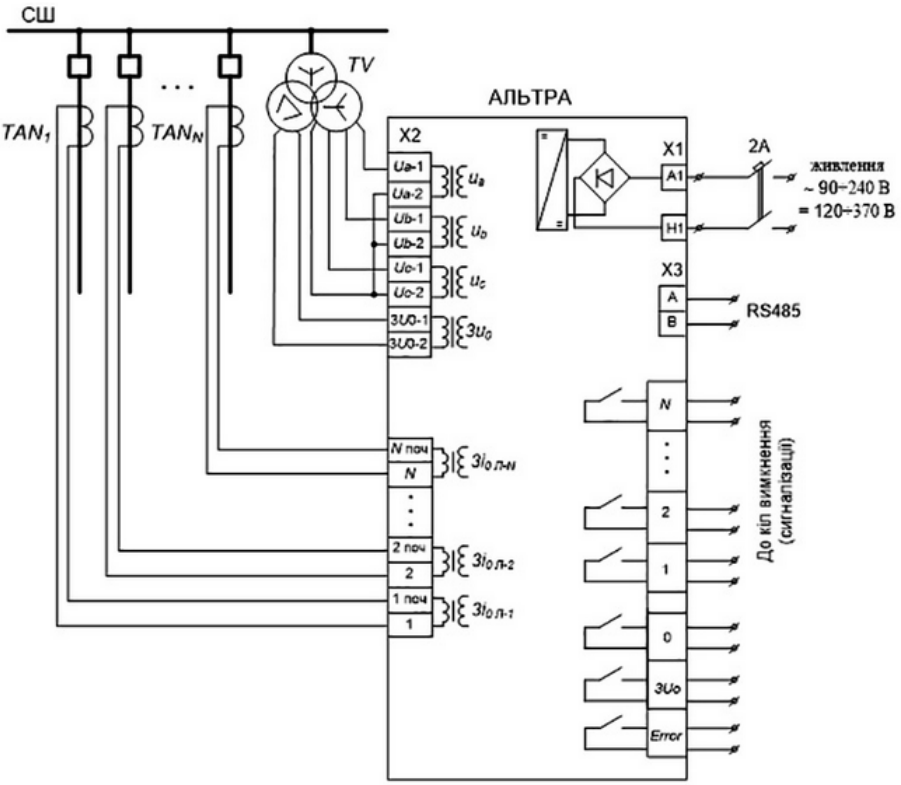

Рис. 3. Схема приєднання пристрою "Альтра" до зовнішніх кіл.

Функціональна схема інформаційно-діагностичного комплексу (ІДК) «Альтра» наведена на рис. 4. Комплекс побудований за трирівневою ієрархічною схемою.

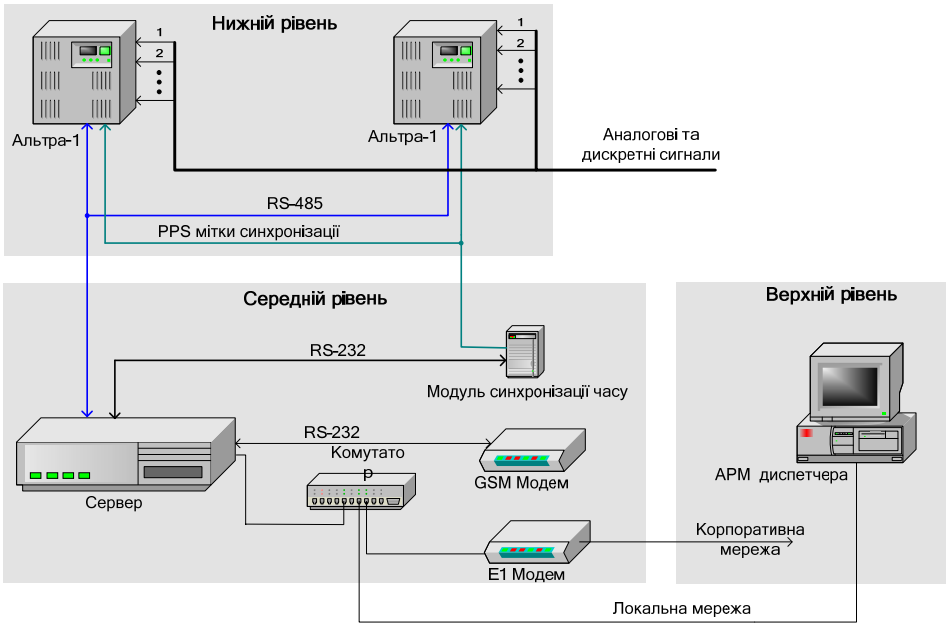

Рис. 4. Функціональна схема ІДК "Альтра"

Кількість пристроїв визначається кількістю аналогових та дискретних сигналів, що підлягають контролю. Один пристрій "Альтра" забезпечує моніторинг та реєстрацію 16-ти аналогових та 62-дискретних сигналів. Аналоговими сигналами є сигнали про фазні значення струмів (значення двох струмів, як правило, фаз А та фази С), фазних значень напруг, напруги нульової послідовності. Таким чином, один пристрій може контролювати до 6 ліній електропересилання. Дискретні сигнали – це сигнали про стан вихідних реле пристроїв релейного захисту та автоматики, стан проміжних реле цих пристроїв, положення комутаційних апаратів – вимикачів, роз'єднувачів, автоматів тощо. Дискретні сигнали – це не обов'язково сигнали, які стосуються обладнання 6 контрольованих ліній електропересилання, це можуть бути дискретні сигнали і іншого обладнання електроенергетичного об'єкту, на якому встановлені пристрої "Альтра".

Пристрої "Альтра" спрацьовують за фактом виходу будь-якої з контрольованих величин за межі заданого діапазону або примусово за командою від оператора. Після спрацювання відбувається реєстрація

(запис) контрольованої інформації в пам'ять пристрою [6].

На основі спрацювання пристрою визначається лінія, на якій відбулось пошкодження, його вид та віддаль до місця пошкодження. Визначається чи пошкодження є безпосередньо на даній лінії чи за її межами.

1. Теорія структуризації даних образно-кластерного моніторингу технологічних об'єктів. Запропонований спосіб контролю параметрів технологічного процесу, надає можливість передбачати та прогнозувати розвиток передаварійних станів технологічного процесу, а побудова та відображення образно-кластерної моделі дозволяє підвищити інформативність контролю його параметрів [7, 8].

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу включає циклічний вимір значень кожного параметра та їх запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра від заданих уставок регуляторів параметрів, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємокореляції, за якими визначають:

- ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, згідно виразів:

$$L_1 = \begin{Bmatrix} 0, a_1 < M_j < a_2 \\ 1, a_1 \geq M_j \geq a_2 \end{Bmatrix},$$

де $M_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} x_{i+j}, i = 1,2,...,I$, n – число контрольованих параметрів технологічного об'єкту;

- структурну кореляційну функцію, згідно виразу:

$$L_2 = \begin{Bmatrix} 0, b_1 < C_{xx}(j) < b_2 \\ 1, b_1 \geq C_{xx}(j) \geq b_2 \end{Bmatrix},$$

де $C_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - x_{i-j})^2, j = \overline{0,m}$;

- коефіцієнти нормованої взаємокореляції між двома параметрами, згідно виразу:

$$L_3 = \begin{Bmatrix} 0, 0 < \rho_{xy} < 1 \\ 1, 0 \geq \rho_{xy} \geq -1 \end{Bmatrix},$$

де $\rho_{xy} = \frac{R_{xy}(0)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$, $\sigma_x = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - M_{xj})^2$, $\sigma_y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (y_i - M_{yj})^2$.

- вибіркові математичні сподівання, згідно виразів:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i \ , \ M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Y_i \ ,$$

які характеризують відповідність значень уставкам регуляторів технологічного процесу;

- зважені ковзні математичні сподівання параметрів, згідно з виразами:

$$M_{vx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} X_{i+j} \ , \ M_{vy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} Y_{i+j} \ ,$$

які дозволяють виконувати екстраполяцію та передбачення зміни станів технологічного процесу в часі, де V_{i-j} – вагова функція, що визначає інформативність виміряного значення технологічного процесу з нульовим ефектом старіння інформації, що дозволяє прогнозувати тенденцію та майбутні стани технологічного процесу;

- спектральні характеристики вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, згідно виразів:

$$L_4 = \begin{Bmatrix} 0, S_1 < S_w < S_2 \\ 1, S_1 \geq S_w \geq S_2 \end{Bmatrix},$$

де $S_w = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m} \rho_{xx}(j) \cdot w_j \cdot e^{-\alpha \cdot j}$, w - кругова частота косинусного перетворення Фур'є, $\rho_{xx}(j) = \frac{R_{xx}(j)}{D_x}$ - нормована і центрована автокореляційна функція контрольованого параметру технологічного процесу, $D_x = \sigma_x^2$ - дисперсія технологічного процесу, $R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \dot{x}_i \cdot \dot{x}_{i+j}$ – центрована автокореляційна функція параметра технологічного процесу, $\dot{x}_i = x_i - M_x$;

- матрицю ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший P_{ij}, де

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mj} & \dots & P_{mn} \end{pmatrix},$$

де P_{ij} – ймовірнісний стан норми, $\boxed{P_{ij}}$ – ймовірнісний стан прогнозу різних видів передаварійних станів, P_{ij} – ймовірнісний стан аварії, $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$;

- оцінку кореляційної ентропії технологічного процесу, яка відображає деградацію кореляційних характеристик технологічного процесу і передбачає розвиток передаварійних станів технологічного процесу, згідно виразу:

$$I_x = n \cdot \hat{\mathrm{E}}\left[\frac{1}{2}\log_2 \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left(D_x^2 - R_{xx}^2(j)\right)\right],$$

де m – число точок автокореляційної функції, $\hat{E}[\bullet]$ – цілочисельна функція з округленням до більшого цілого [1];

Таким чином, контроль параметрів технологічного процесу з можливістю передбачення розвитку передаварійних та аварійних станів технологічного процесу, здійснюється згідно наступної послідовності операцій:

$$X_{ТП} = F(\{x_i\},\{y_i\}, S, M_j, M_{xj}, M_{yj}, \sigma_x, \sigma_y, C_{xx}(j), R_{xy}(0), \rho_{xy}, L_1, L_2, L_3, M_x, M_y, M_{vx}, M_{vy}, L_4, \mathrm{P_{ij}}, I_x),$$

де $\{x_i\},\{y_i\}$ – вимірювання параметрів технологічного процесу; S – ідентифікація квазістаціонарного стану технологічного процесу; M_j, M_{xj}, M_{yj} – визначення ковзних статистичних характеристик математичного сподівання; σ_x, σ_y – визначення середньоквадратичних оцінок дисперсії; $C_{xx}(j)$ – визначення структурної кореляційної функції; $R_{xy}(0)$ – визначення центрованої взаємокореляційної функції в нульовій точці між параметрами x_i, y_i; ρ_{xy} – визначення коефіцієнта нормованої взаємокореляції між кожною парою параметрів, на основі яких визначаються L_1, L_2, L_3, L_4 – логіко-статистичні оцінки порівняння вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, відповідно по амплітуді (L_1), по динаміці (L_2) та фазі (L_3), по спектру (L_4), M_x, M_y – визначення вибіркових математичних сподівань; M_{vx}, M_{vy} – визначення зважених ковзних математичних сподівань; P_{ij} – визначення матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший; I_x – визначення оцінки кореляційної ентропії технологічного процесу.

У результаті виконання даних операцій досягається розширення функціональних можливостей контролю параметрів технологічного процесу; формування еталонного зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма", порівняння параметрів еталонного стану з виміряними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія" та ідентифікацію стану технологічного процесу відображенням на моніторі оператора образно-кластерної моделі.

Таке структуризоване відображення образно-кластерної моделі дозволяє передбачати та прогнозувати розвиток передаварійних станів та підвищити інформативність контролю параметрів технологічного процесу.

2. Підсистема контролю та ідентифікації відхилень на електричній підстанції та формування просторового зображення ОКМ. Стани силових вимикачів (*C*) у конкретних структурах ПС повинні відображатися на дисплеї оператора у вигляді відповідно просторово розміщених компонентів ОКМ.

Крім діагностування та відображення станів силових вимикачів у розподільчих вузлах пересилання електроенергії контролюються наступні параметри: напруга (*U*), струм (*I*), споживана потужність (*P*), частота (*F*), спектр (*S*).

В якості інформаційних даних ОКМ також входить стан засобів релейного захисту (*RZ*), а також обладнання, що контролює технологічні параметри силових трансформаторів (*TR*) (температура, рівень масла та ін.), стани засобів розпізнавання накидів, коротких замикань та запуску ПЕД (*PR*).

Таким чином, в залежності від структурної конфігурації ПС та відповідної номенклатури

обладнання системи комутації, релейного захисту та контролю технологічних даних обладнання ПС базовою основою інформаційних даних для побудови ОКМ складають наступні масиви:

C_i – стани силових вимикачів, $i \in 1,k$;

$V_i = (U_i, I_i, P_i, F_i, S_i)$ – вимірювальні параметри напруги, струму, потужності у вузлових точках ПС, промислової частоти та спектру гармонік, $i \in 1,n$;

RZ_i – інформаційні дані про стани засобів релейного захисту, $i \in 1,m$;

$TR_i = (t, h, ...)$ – інформаційні параметри силових трансформаторів, $i \in 1,r$ $

$PR_i = (N, C, Z)$ – ідентифікаційні параметри відповідно накиду, к.з. та запуску ПЕД.

У результаті наведеної систематизації інформаційних даних, які ідентифікуються на ПС в реальному часі і підлягають побудові та відображенню ОКМ на дисплеї оператора у вигляді характеристичного функціоналу:

$$X_{ПС} = \mathrm{F}(\{\mathrm{C_i}\},\ \{V_i = (U_i, I_i, P_i, F_i, S_i)\},\ \{\mathrm{RZ_i}\},\ \{TR_i = (t, h, ...)\},\ \{PR_i = (N, C, Z)\}).$$

Реалізація образно-кластерної моделі для різних станів ПС у порівнянні з еталонним, показано в таблиці 1.

Таблиця 1

Стани технологічного процесу ПС у порівнянні з еталонним

Стан технологічного процесу	**Параметри технологічного процесу**									
	$\{\mathrm{C_i}\}$	$\{V_i\}$	U_i	I_i	P_i	F_i	S_i	M_x	D_x	L_x
Еталон	•	•	•	•	•	•	•			
Норма	+	+	+	+	+	+	+			
Прогноз аварії	+	-	+	+	-	-	+			
Аварія	+	-	+	-	-	-	-			
Стан технологічного процесу	**Параметри технологічного процесу**									
	RZ_i	TR_i	t	h	L_1	L_2	L_3	PR_i	N	C	Z
Еталон	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Норма	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Прогноз аварії	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аварія	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

На рис. 5 показано приклад просторового розміщення інформаційних даних про стани ПС:

1. Контроль відхилення параметрів логіко-статистичної інформаційної моделі: L_1, L_2, L_3 відхилення відповідно по амплітуді, динаміці, фазі (коефіцієнту взаємокореляції $\left\|\rho_{ij}\right\|$).
2. Стани силових вимикачів.
3. Відхилення по дисперсії.
4. Відхилення по частоті.
5. Контроль значень ковзних математичних сподівань M_x в межах заданих уставок регуляторів технологічних параметрів.
6. Відхилення параметрів відповідно накиду, к.з. та запуску ПЕД.
7. Математичні сподівання технологічних параметрів силового трансформатора.

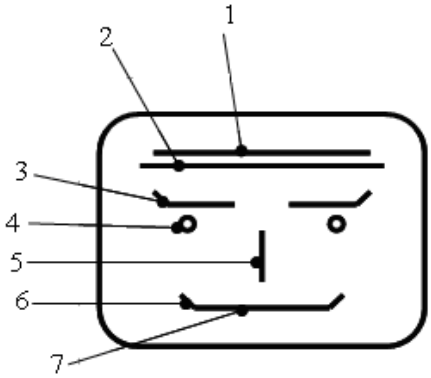

Рис. 5. Приклад просторового розміщення інформаційних даних про стани ПС

Просторове розміщення та склад контрольованих параметрів технологічних процесів на ПС можуть бути змінені згідно експертних висновків для конкретних типів ПС, їх архітектури та промислового

виконання.

3. Розробка програми та верифікація алгоритмів побудови ОКМ ПС для відображення технологічних станів ПС.

Система побудови образно-кластерної моделі стану об’єкту управління (ОУ) складається з двох частин – серверної та клієнтської.

Для реалізації серверної частини використано мову програмування Python (версія 3.4). Python – інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з строгою динамічною типізацією. Структури даних високого рівня разом із динамічною семантикою та динамічним зв'язуванням роблять її привабливою для швидкої розробки програм, а також як засіб поєднання існуючих компонентів. Python підтримує модулі та пакети модулів, що сприяє модульності та повторному використанню коду. Інтерпретатор Python та стандартні бібліотеки доступні як у скомпільованій так і у вихідній формі на всіх основних платформах (Windows. Linux. MacOS). В мові програмування Python підтримується декілька парадигм програмування, зокрема: об'єктно-орієнтована, процедурна, функціональна та аспектно-орієнтована. Серед основних її переваг можна назвати такі:

- чистий синтаксис;
- переносимість програм (що властиве більшості інтерпретованих мов);
- стандартний дистрибутив має велику кількість корисних модулів (включно з модулем для розробки графічного інтерфейсу);
- можливість використання Python в діалоговому режимі (дуже корисне для експериментування та розв'язання простих задач);
- стандартний дистрибутив має просте, але разом із тим досить потужне середовище розробки;
- зручний для розв'язання математичних та інших наукових задач (має засоби роботи з комплексними числами, може оперувати з цілими числами довільної величини тощо);
- відкритий код (можливість редагувати його іншими користувачами).

Елегантний синтаксис Python, динамічна обробка типів, а також те, що це інтерпретована мова, роблять її ідеальною для написання скриптів та швидкої розробки прикладних програм у багатьох галузях на більшості платформ. Інтерпретатор мови Python може бути розширений функціями та типами даних, розробленими на C (або на іншій мові, яку можна викликати із C). Python також зручна як мова розширення для прикладних програм, що потребують подальшого налагодження.

Клієнтська частина системи реалізована як веб-сторінка, побудована з використанням мови розмітки гіпертекстових документів HTML (англ. HyperText Markup Language) та каскадної таблиці стилів (англ. Cascading Style Sheets або скорочено CSS — спеціальна мова, що використовується для опису сторінок, написаних мовами розмітки даних). Така реалізація клієнтської частини дає можливість проводити моніторинг стану ОУ використовуючи практично будь-який браузер інтернет-сторінок з будь-якого сучасного пристрою, який має можливість доступу до локальних мереж або мережі Інтернет (стаціонарні комп’ютери, ноутбуки, нетбуки, планшети, смартфони та інші цифрові пристрої). Тобто, при правильному налаштування каналу доступу до сервера (наприклад через VPN) через Інтернет буде можливість проводити моніторинг системи перебуваючи практично у будь-якій точці світу.

Для реалізації безпосередньо моделі стану ОУ використовується зображення у форматі SVG (Scalable Vector Graphics – з англ. «масштабована векторна графіка» — специфікація мови розмітки, що базується на XML, та формат файлів для двовимірної векторної графіки, як статичної, так і анімованої та інтерактивної).

На сервері, до якого під’єднаний груповий контролер (на який поступає інформація від сенсорів) запускається програма-скрипт на мові Python (файл smile.py). Вказана програма циклічно опрацьовує інформацію (набори даних) від сенсорів (змінна SENSOR_QTY містить їх кількість, в даному випадку SENSOR_QTY = 8) і, на підставі проведення ряду розрахунків для кожного набору даних, вираховуються наступні характеристики: математичне сподівання вибіркове, математичне сподівання зважене, математичне сподівання ковзне, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, значення для побудови логіко-статистичних інформаційних моделей (ЛСІМ1-ЛСІМ4), …

Значення по кожній групі обчислених характеристик є базовими значеннями для побудови кінцевої матриці (у програмі змінна FINAL_MATRIX). Відповідно, ця кінцева матриця є джерелом для побудови безпосередньо моделі стану ОУ.

Результатом завершення кожного циклу програми-скрипта smile.py є векторне графічне зображення у форматі SVG – файл face_real.svg.

Висновки. Викладений новий метод структуризації інформаційних потоків стосовно дистанційного моніторингу ОУ, який суттєво підвищує рівень інтегрованості представлення моделі квазістаціонарного об'єкта. Показано, що результати реалізації такого класу моделей можуть бути ефективно використані у електроенергетиці, а також інших галузях, об'єкти яких характеризуються вибухо- і екологонебезпечними властивостями.

Література

1. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації / Николайчук Я.М. – Тернопіль : ТНЕУ, 2008. – 536 с.

2. Computer technologies in information security / Natalia Vozna and others / edited by Valeriy Zadiraka, Yaroslav Nykolaichuk. – Ternopil: "Kart-blansh", 2015. – 387 p.

3. Николайчук Я.М. Теоретичні основи формування ентропійних моделей на базі кореляційних функцій / Я.М. Николайчук, І.О. Сабадаш, А.І. Сегін // Інформаційні технології і системи : науково-технічний журнал. – Львів, 2002. – Т. 5. – № 1–2. – С. 13–21.

4. Николайчук Я.М. Коди поля Галуа: теорія та застосування : монографія / Николайчук Я.М. – Тернопіль : ТзОВ «Терно-граф», 2012. – 576 с.

5. Релейний захист електроенергетичних систем : навч. посібник / В.П. Кідиба. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 504 с.

6. Сабадаш І.О. Новітні мікропроцесорні технології в експлуатації мереж 6–35 кВ / І.О. Сабадаш. – Электрические сети и системы. – 2010. – № 6. – С. 53–57.

7. Пат. 107039 Україна МПК G05B 23/00 (2016.01), G06F 11/277 (2006.01). Спосіб контролю параметрів технологічного процесу / Пітух І.Р., Возна Н.Я., Процюк Г.Я., Николайчук Я.М. – №u201507057; заявл.15.04.2015 ; опубл.25.05.2016, Бюл. № 10/2016.

8. Метод структуризации образно-кластерной модели состояний квазистационарного объекта управления / Н.Я. Возна, Н.И. Алишов, Г.Я. Процюк, Я.Н. Николайчук // Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science. – Baku. Azerbaijan, 2015. – Volume 3, № 2. – P. 105–115.

References

1. Nykolaichuk Ya.M. Theory of information sources. Ternopol: TNEU. 2008. 536 p.

2. Computer technologies in information security / Natalia Vozna and others / edited by Valeriy Zadiraka, Yaroslav Nykolaichuk. - Ternopil: "Kart-blansh", 2015. - 387p.

3. Nykolaichuk Y.M., Sabadash I.O., Segin A.I. Theoretical Foundations of the Formation of Entropy Models Based on Correlation Functions // Information Technologies and Systems .- Scientific and Technical Journal. Lviv. 2002. - T. 5. - No. 1-2. - P. 13-21.

4. Nykolaichuk Ya. Galois field codes: theory and application. Monograph - Ternopil: Terno-graf, 2012. 576 p.

5. Relay protection of power systems: training. manual / V.P. Kidiba. - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2015. – 504 p.

6. Sabadash I.O. Newest microprocessor technologies in operation of networks 6–35 kV / Sabadash I.O. – Electrical networks and systems, 2010. - № 6. – P. 53-57.

7. Patent 107039 Ukraine MPK G05V 23/00 (2016.01), G06F 11/277 (2006.01). A method for controlling the parameters of a technological process / Pitukh I.R., Vozna N.Ya., Protsyuk G.Ya., Nykolaichuk Y.M., Bul. № 10/2016.

8. Method of structuring the image-cluster model quasi state control object / N. Vozna, N. Alishov, G. Protsyuk, Ya. Nykolaichuk // Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science. - Baku. Azerbaijan, 2015. - Volume 3, № 2. - P. 105–115.

Рецензія/Peer review : 15.11.2017 р. Надрукована/Printed :06.02.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Я.М. Николайчук