

## МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЮ НАДІЙНІСТЮ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ З ПОВІТРЯНИМИ ЛІНІЯМИ НАПРУГОЮ 6-35 КВ

*М. О. Ілюхін, асп.*

*Вінницький національний технічний університет*

*Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна*

*E-mail: julia4jesus@rambler.ru*

Запропоновано процес керування технічним станом відображати моделлю у вигляді структурного інформаційного графа системи зі стохастичними зворотними зв'язками. Методологія його побудови базується на узгодженні взаємопов'язаних детермінованого і стохастичних аналізів, коли основним є детермінований підхід, а стохастичний – його розвитком.

**Ключові слова:** інформаційна змінна, інформаційний граф, вихідний потік.

**Вступ.** Ефективність роботи розподільних мереж (РМ) залежить від безвідмовності роботи їх конструктивних елементів. Забезпечення необхідного рівня безвідмовності роботи електрообладнання неможливе без належної організації робіт з технічного обслуговування і ремонту.

**Аналіз попередніх досліджень.** У наявній системі технічного обслуговування та ремонту [1–3] періодичність технічного обслуговування визначається на основі суб'єктивних оцінок персоналу, який виходить із виробничої можливості і необхідності, які реалізуються за допомогою річного графіка. Останній складається в наперед визначений час і не може відображати реальний технічний стан окремих елементів, окремі елементи об'єкта працюють у різних умовах, і тому не можна гарантувати, що в міжремонтний період не будуть виникати відмови. При такій системі діагностування завжди будуть втрати від відмов і недовикористаного ресурсу.

**Мета роботи.** Оптимізувати взаємодію між об'єктивним процесом зміни технічного стану об'єкта і суб'єктивними процесами експлуатації.

**Матеріал і результати дослідження.** Принцип комбінованого діагностування ґрунтується на перевірці технічного стану РМ 6-35 кВ за сигналом інформаційної змінної неперервного контролю работоздатності системи за інтегральним діагностичним параметром та відмовами і оптимізації процесу пошуку пошкоджень шляхом спільного використання статичних та динамічних характеристик повітряних розподільних мереж (ПРМ). Методологія його побудови ґрунтується на узгодженні причинно-наслідкового детермінованого підходу з його стохастичним розвитком, тобто на структурно-інформаційній теорії надійності [4]. Функціональна схема комбінованої системи діагностування (КСД) повітряної розподільної мережі зображена на рис. 1.

У даній системі метою керування є підтримка експлуатаційних показників РМ на заданому рівні протягом визначеного часу. Для РМ як інтегральні експлуатаційні показники використовують

$$\alpha(t) = \{K_G, K_{ПР}, K_{ТВ}, K_{ОГ}\},$$

де  $K_G$  – коефіцієнт готовності;  $K_{ПР}$  – коефіцієнт простою;  $K_{ТВ}$  – коефіцієнт технічного використання;  $K_{ОГ}$  – коефіцієнт оперативної готовності.

До параметрів зовнішнього середовища  $L(t)$  відносять масив довідкової бази РМ та техніко-економічні показники, показники діяльності служби експлуатації та ремонту РМ, характеристики та параметри енергоремонтної бази, персоналу, технічного оснащення оперативних та ремонтних бригад, облік наявних матеріалів, запасних частин та комплектуючих пристроїв, дані про кліматичні умови експлуатації РМ та інші.

Для визначення умов работоздатності елементів ПРМ використовувались діагностичні моделі типу

$$\bar{V} = A\bar{X}; \quad A = A_0 \Rightarrow Q,$$

де  $\bar{X}, \bar{V}$  – вектори відповідно вхідної і вихідної величини;  $A, A_0$  – відповідно оператори, що характеризують работоздатність системи та норму.

На стадії локалізування пошкоджень крім технічних засобів використовуються евристичні методи оцінки технічного стану.

Взаємодію оператора з об'єктом можна відобразити в такій послідовності.

Оператор збирає інформацію в порядку зниження її надходження:

$$v_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(k) = \frac{1}{t_k} \sum_{\lambda_k} P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(\lambda_k) \times \quad (1)$$

$$\times \left[ \sum_D P_{\lambda_1, \dots, \lambda_k}(D) \log_2 P_{\lambda_1, \dots, \lambda_k}(D) - \sum_{\lambda_k} P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(D) \log_2 P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(D) \right],$$

де  $D$  – діагноз;  $k$  –  $k$ -й за чергою сприйняття об'єкта – носій діагностичної інформації;  $\lambda_k$  – результат порівняння  $k$ -го носія інформації з еталоном ( $\lambda_k = 0$  – носій співпадає з еталоном;  $\lambda_k \neq 0$  – носій не співпадає з еталоном);  $t_k$  – час отримання оператором  $k$ -го носія інформації;  $P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(\lambda_k)$  – ймовірність сприйняття оператором  $k$ -го носія інформації;  $P_{\lambda_1, \dots, \lambda_k}(D)$  – розподіл ймовірностей можливих діагнозів після сприйняття оператором  $k$  носіїв інформації.

Накопичує цю інформацію у відповідності з рівнянням:

$$P_{\lambda_1, \dots, \lambda_k}(D) = \frac{P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(D) \cdot P_{D, \lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(\lambda_k)}{\sum_D P_{\lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(D) \cdot P_{D, \lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(\lambda_k)}, \quad (2)$$

де  $P_{D, \lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}}(\lambda_k)$  – ймовірність, яка характеризує досвід оператора по вилученню інформації з  $k$ -го носія.

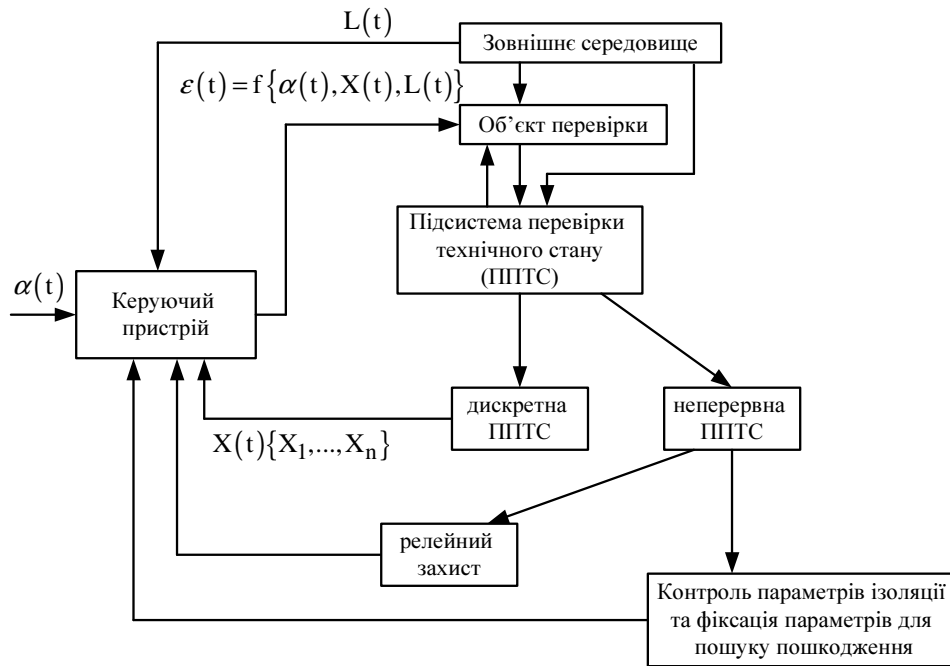


Рисунок 1 – Функціональна схема комбінованої системи діагностування:

$\alpha(t)$  – задана мета керування;  $X(t)\{X_1, \dots, X_n\}$  – параметри перевірки ТС об'єкту;  $L(t)$  – параметри зовнішнього середовища;  $\epsilon(t) = f\{\alpha(t), X(t), L(t)\}$  – керуюча дія.

Використовує її для вибору дії у відповідності з виразом:

$$P_{\lambda_1, \dots, \lambda_k}(D=d) = 1 - \delta, \quad (3)$$

де  $\delta$  – міра ризику оператора у виборі діагнозу в разі нестачі інформації.

Оскільки в основі детермінованого підходу лежить уявлення про інформаційну змінну [4], що визначає вихідний ефект функціонування РМ, а також зв'язаних з ним сигналів керування нею, то існує можливість установити взаємозв'язок усіх частин електротехнічного комплексу, який складається з об'єкта і кіл керування, в загальний алгоритм функціонування і врахувати їх вплив на кінцевий ефект системи.

Якщо задана множина станів  $\Omega = \{\Omega_X\}$ , подій  $\epsilon = \{\epsilon_{ij}\}$  і шляхи керування технічним станом РМ є незалежними подіями, то вихідний потік можна визначити як [27]:

$$\Theta_{вих} = \bigcup_{i \neq j} \epsilon_{ij} \theta_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

а ймовірність вихідного потоку:

$$P(\Theta_{вих}) = \sum_{i=1}^3 P(\theta_{ij}) P(\epsilon_{ij} / \theta_{ij}). \quad (5)$$

Для представлення (5) в розгорнутому вигляді проведемо аналіз інформаційних потоків.

$$\Theta_{вих} = \Theta_I + \Theta_{II} + \Theta_{III}.$$

На рис. 2 зображено граф керування технічним станом РМ за нормальних умов експлуатації. Граф керування за технічним станом і наробітком за відмовами зображені відповідно на рис. 3, 4. Для прикладу, розглянемо граф на рис. 3. Вітка

1-2 відображає подію  $\epsilon_{12}$  неперервного контролю технічного стану за вибраним діагностичним параметром. У випадку втрати роботоздатності з'являється інформаційний сигнал  $\theta_{втр.р.}$ , подія його передачі в керувальний центр відображається як  $\epsilon_{23}$ . На основі отриманої інформації в керувальному центрі (вузол 3) виробляється керувальна дія (направлення оперативно-виїзної бригади на підстанцію, від якої живиться РМ), яка є подією  $\epsilon_{31}$ .

У вузлі 2 відбувається перевірка отриманої інформації – подія  $\epsilon_{22}$  (сигнал  $\theta_{пер.}$ ). Якщо інформація достовірна, то відбувається процес пошуку пошкоджених елементів, перевірка технічного стану апріорно визначених деградуючих елементів, локалізуванню пошкоджених елементів та вмикання резерву, що є подією  $\epsilon_{24}$  (сигнал  $\theta_{н.л.}$ ). Якщо оперативно-виїзна бригада здатна сама відновити пошкодження, то це є подією  $\epsilon_{45}$ . Якщо ні – то передається інформація в керувальний центр – подія  $\epsilon_{53}$ , який приймає рішення – подія  $\epsilon_{34}$  про відновлення системи ремонтною бригадою.

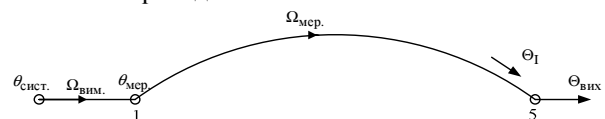


Рисунок 2 – Граф керування технічним станом РМ (нормальні умови експлуатації)

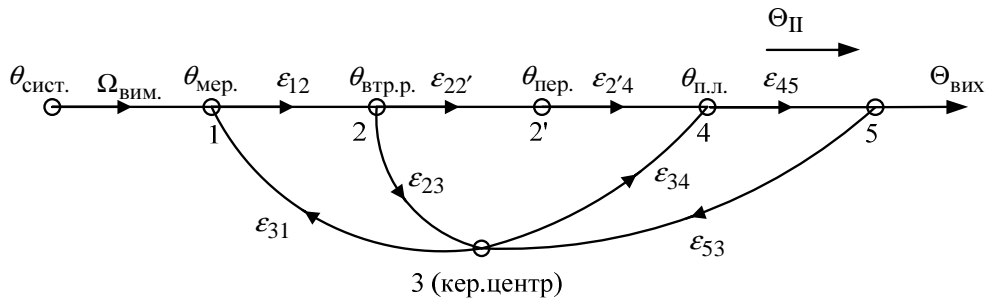


Рисунок 3 – Граф керування технічним станом РМ за технічним станом і наробітком на відмову

Вихідний потік при нормальних умовах експлуатації:

$$\Theta_{15} = \theta_{мер.} \Omega_{мер.} \text{ або } \Theta_I = \theta_{сист.} \Omega_{вим.} \Omega_{мер.}, \quad (6)$$

де  $\theta_{сист.}$  – сигнал системи (напруга джерела живлення);  $\theta_{мер.}$  – сигнал мережі;  $\Omega_{мер.}$  – роботоздатний стан мережі;  $\Omega_{вим.}$  – роботоздатний стан вимикача.

Для інформаційної змінної  $\theta_{втр.р.}$  справедливе рівняння [4]:

$$\theta_{втр.р.} (I - \Omega_{зв.2-3-1} \varepsilon_{12} \varepsilon_{23} \varepsilon_{31}) = \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \theta_{мер.} \quad (7)$$

де  $\Omega_{зв.2-3-1}$  – стан, коли зворотній стохастичний зв'язок 2-3-1 спрацьовує і настає подія передачі інформації про необхідність відновлення РМ;  $\overline{\Omega}_{зв.2-3-1}$  – стан, коли зворотній стохастичний зв'язок 2-3-1 не спрацьовує;  $I$  – достовірна інформація.

Якщо виконуються умови:

$$\overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{23} \varepsilon_{31} = \emptyset; \quad \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{12} = \emptyset;$$

$$\overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{12} + \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{23} \varepsilon_{31} = I,$$

то вихідний потік інформації передається без втрат, а тому

$$\theta_{втр.р.} = \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{12} \theta_{мер.}; \quad (8)$$

$$\theta_{пер.} = \theta_{втр.р.} \varepsilon_{22'};$$

$$\theta_{п.л.} = \theta_{пер.} \varepsilon_{2'4}; \quad \Theta_{25} = \overline{\Omega}_{зв.5-3-4} \varepsilon_{45} \theta_{п.л.}, \quad (9)$$

де  $\overline{\Omega}_{зв.5-3-4}$  – стан, коли зворотний зв'язок 5-3-4 не працює.

Тоді

$$\Theta_{II} = \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \overline{\Omega}_{зв.5-3-4} \varepsilon_{12} \varepsilon_{22'} \varepsilon_{2'4} \varepsilon_{45} \theta_{мер.} \quad (10)$$

Аналогічно у випадку керування технічним станом за відмовами (спрацювання релейного захисту).

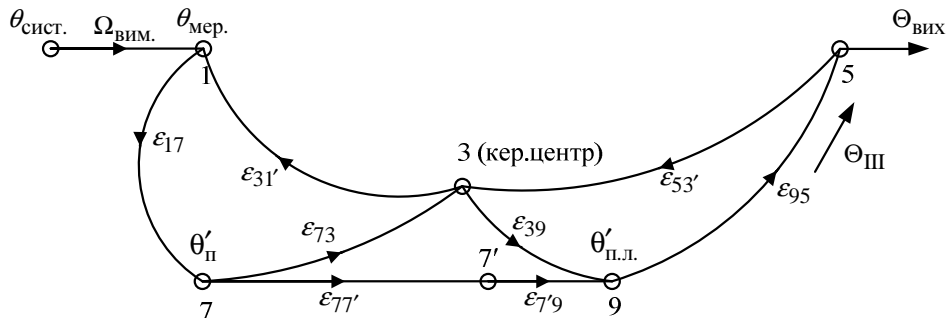


Рисунок 4 – Граф керування технічним станом РМ за відмовами

На рис. 4  $\varepsilon_{17}$  – надійшла інформація про спрацювання релейного захисту, диспетчер здійснює пробне ввімкнення;  $\varepsilon_{73}$  – вимикач вимкнувся, відмова стійка;  $\varepsilon_{31'}$  – направлення оперативно-виїзної бригади на підстанцію, від якої живиться РМ;  $\varepsilon_{77'}$  – у вузлі 7 відбувається перевірка отриманої інформації (сигнал  $\theta'_п$ );  $\varepsilon_{7'9}$  – якщо інформація достовірна, то відбувається процес пошуку пошкоджених елементів, перевірка ТС апріорно визначених деградуючих елементів, локалізування пошкоджених елементів та вмикання резерву (сигнал  $\theta'_{п.л.}$ );

$\varepsilon_{95}$  – локалізування відмови оперативною бригадою (якщо вона сама здатна це зробити);  $\varepsilon_{53}$  – якщо оперативно-виїзної бригада не здатна сама відновити пошкодження, тому передає інформацію в керувальний центр;  $\varepsilon_{39}$  – керувальний центр (3) приймає рішення про відновлення системи ремонтною бригадою.

$$, \quad (11)$$

де  $\Omega_{P3}$ ,  $\overline{\Omega}_{P3}$  – стани, коли релейний захист відповідно спрацьовує і не спрацьовує;  $\Omega_{зв.5-3-9}$ ,  $\overline{\Omega}_{зв.5-3-9}$  – стани, коли зворотній стохастичний

зв'язок 5-10-9 відповідно працює і не працює.

комплексу визначимо як

Враховуючи рівняння (6), (10), (11), отримаємо:

$$\Theta_{вих} = \theta_{сист.} \cdot \Omega_{вим.} \times \left( \begin{array}{l} \Omega_{мер.} + \overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \overline{\Omega}_{зв.5-3-4} \varepsilon_{12} \varepsilon_{22'} \varepsilon_{2'4} \varepsilon_{45} + \\ + \overline{\Omega}_{P3} \overline{\Omega}_{зв.5-3-9} \varepsilon_{17} \varepsilon_{77'} \varepsilon_{7'9} \varepsilon_{95} \end{array} \right). \quad (12)$$

Виходячи із рівняння (12), імовірність сигналу

$$P(\Theta_{вих}) = P(\theta_{сист.}) P(\theta_{вим.}) \times \left\{ P(\Omega_{мер.}) + \frac{P(\overline{\Omega}_{зв.2-3-1} \varepsilon_{12}) P(\varepsilon_{22'}) P(\varepsilon_{2'4}) P(\overline{\Omega}_{зв.5-3-4} \varepsilon_{45})}{[I - P(\varepsilon_{23} \varepsilon_{31} / \overline{\Omega}_{зв.2-3-1}) P(\varepsilon_{12})] [I - P(\varepsilon_{53} \varepsilon_{34} / \overline{\Omega}_{зв.5-3-4}) P(\varepsilon_{45})]} + \frac{P(\overline{\Omega}_{P3} \varepsilon_{17}) P(\varepsilon_{77'}) P(\varepsilon_{7'9}) P(\varepsilon_{95})}{[I - P(\varepsilon_{73} \varepsilon_{31'} / \overline{\Omega}_{P3}) \cdot P(\varepsilon_{17})] [I - P(\varepsilon_{53'} \varepsilon_{39} / \overline{\Omega}_{зв.5-3-9}) P(\varepsilon_{95})]} \right\}.$$

**Висновки.** Запропоновано процес керування технічним станом відображати моделлю у вигляді структурного інформаційного графа системи із стохастичними зворотними зв'язками. Методологія його побудови базується на узгодженні взаємопов'язаних детермінованого і стохастичних аналізів, коли основним є детермінований підхід, а стохастичний – його розвитком. Ефективність системи оцінюється ймовірністю випадкового вихідного потоку об'єкта – коефіцієнтом готовності.

2. Справочник по ремонту и техническому обслуживанию электрических сетей / под ред. К. Антипова, И. Е. Бандуилова. — М. : Энергоатомиздат, 1987. — 560 с.

3. Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г. Надежность систем электроснабжения. – К. : Вища шк., головное изд-во, 1984. – 192 с.

4. Пампура В. И. Структурная информационная теория надежности систем. – К.: Наук. думка, 1992. – 328 с.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Афанасьев Н.А., Юсипов М.А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

Стаття надійшла 09.06.2011 р.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

Сінчуком О.М.

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ВОЗДУШНЫМИ ЛИНИЯМИ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-35 КВ

*М. А. Илюхин, асп.*

*Винницкий национальный технический университет*

*Хмельницкое шоссе, 95, 21021, г. Винница, Украина*

*E-mail: julia4jesus@rambler.ru*

Предложено процесс управления техническим состоянием отображать моделью в виде структурного информационного графа системы со стохастическими обратными связями. Методология его построения базируется на согласовании взаимосвязанных детерминированного и стохастических анализов, когда основным является детерминированный подход, а стохастический – его развитием.

**Ключевые слова:** информационная переменная, информационный граф, выходной поток.

## MODEL OF DISTRIBUTIVE GRIDS INDIVIDUAL RELIABILITY MANAGEMENT WITH AIR LINES BY 6-35 KV VOLTAGE

*М. Пыухин, post-grad.*

*Vinnitsia National Technical University*

*Khmelnytske shose, 95, 21021, Vinnitsia, Ukraine*

*E-mail: julia4jesus@rambler.ru*

The process of management the technical state is suggested to represent a model as a structural informative count of the system with stochastic reverse copulas. Methodology of his construction is based on the concordance of connected determined and stochastic analyses, when basic is the determined approach, and stochastic his development.

**Key words:** informative variable, informative graph, outcome flow.