

КУТІНА МАРІНА

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7185-6795>e-mail: kytinamv@gmail.com

КОВАЛЬОВ АРТЕМ

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-2212-7577>e-mail: kovallowartem@gmail.com

ДІАГНОСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ОБ'ЄКТА МОДЕЛІ

Запропоновано метод аналізу моделі діагностики для визначення параметрів, які використовує для властивостей моделі і оцінки її елементів, а саме визначення області впливу параметрів графа, розділ моделі незалежної частини укладання вершини графа. Вершини моделі графа за допомогою інтегрального показника, а ребра графа оцінюються по кількості інформації яку вони передають. На сьогоднішній день залишаються актуальними вимоги щодо ефективного функціонування та розвитку електричних мереж. При значній розвиненості мереж спостерігається істотний дисбаланс навантаження в окремих його елементах. За останні роки значно зросло навантаження на розподільні мережі, що живлять переважно побутових споживачів та суттєво знизилось споживання електричної енергії промисловим сектором.

Ключові слова: діагностичні параметри, моделі, електрообладнання.

KUTINA MARYNA, KOVALOV ARTEM

Vinnytsia National Technical University

DIAGNOSTIC PARAMETERS OF THE MODEL OBJECT

The object of the diagnosis can be in good condition if it meets all the technical requirements put forward to it at this moment in time. The serviceable state and all serviceable states of the diagnosis object reflect its technical state. Therefore, diagnostics can achieve its goal only as a result of the analysis of many working and malfunctioning states in which the object can be. This analysis can be performed theoretically during the development of a new car and its units or experimentally during the operation of the car. However, performing such an experiment in operation is complicated due to the large number of possible states of the object of diagnosis or is simply technically impossible to perform. In this regard, special methods are needed for theoretical analysis of many possible states of the car in general or its individual parts. Such methods are based on the study of diagnostic models. Diagnostic models determine cause-and-effect relationships between the technical condition of the object of diagnosis (initial and internal parameters of its structure) and their diagnostic signals (initial parameters). Diagnostic models can be in analytical, tabular, vector, structural-consequential or other forms. The choice of the model depends on some factors: operating conditions, possible constructions, degree of study of this object or its separate system, degree of abstraction from the real system, etc. Analytical models most fully describe the processes of the diagnostic system. However, with a large number of structural elements and external factors acting on the system, they are very cumbersome, which makes it difficult to use them in relation to the initial parameters. A method of analysis of the diagnostic model is proposed to determine the parameters used for the properties of the model and to evaluate its elements, namely, the determination of the area of influence of the parameters of the graph, the section of the model of the independent part of the stacking of the top of the graph. The vertices of the graph model are evaluated using an integral indicator, and the edges of the graph are evaluated by the amount of information they convey.

In recent years, the load on distribution networks, which supply mainly domestic consumers, has increased significantly, and the consumption of electrical energy by the industrial sector has significantly decreased.

Keywords: diagnostic parameters, models, electrical equipment.

Постановка проблеми та її зв'язок із науковими роботами

Для створення обладнання всі із параметрів мають свою певну функцію і по своєму важливі на етапі створення електрообладнання [3]. Але якщо розглядати електрообладнання з позиції його технічного обслуговування і ремонту, то підхід до значення параметрів інший. Так є така група параметрів, яка хоч і змінюється в процесі експлуатації однак практично не впливає на якість електрообладнання до його утилізації. В той час коли можна виділити таку групу параметрів які змінюються в процесі експлуатації і впливають на властивості електрообладнання безпосередньо, або через інші елементи до такої міри, що приходить приймати міри по їх відновленню декілька разів до повного морального або фізичного зносу електрообладнання. Це по суті справи, деградуючі параметри конструктивних і не конструктивних елементів – їх називають діагностичними параметрами, так як вони змінюються в процесі експлуатації і впливають на властивості електрообладнання.

Розробка принципів і методів визначення діагностичних параметрів – одна із найбільш важливих і складних задач створення діагностичного забезпечення на всіх етапах життєвого циклу електрообладнання.

Ця проблема підіймається в [7] в загальному вигляді, без чіткого параметру графу.

Результати досліджень

При оцінці роботоздатності об'єкта за його характеристиками або параметрами для вибору сукупності контрольованих показників використовують значення їх чутливостей до змін, які відбуваються в стані об'єкта[2].

Чутливість показників можна отримати в формі частинних похідних

$$S_{b_j}^{a_i} = \frac{\partial a_i}{\partial b_j} \tag{1}$$

де a_i – показники, b_j – величини, які характеризують стан об'єкта.

В разі оцінки роботоздатності об'єкта за його часовими характеристиками в якості показників використовують час перехідного процесу, величину перегулювання, час першого максимуму, або його величину, крутизну характеристик, частоту коливань, період коливань, і таке інше. В існуючих методах вибору сукупності контрольованих діагностичних показників враховують два аспекти:

1) вагу кожного показника в оцінці технічного стану об'єкта. Для цього використовують чутливість нулів та полюсів передатної функції до зміни показників.

2) технічну реалізацію об'єкта, тобто тип елементів, із яких складається об'єкт і спосіб їх з'єднання. З цієї точки зору любий технічний об'єкт характеризується ймовірністю безвідмовної роботи.

Оцінив об'єм інформації, яку несе кожний показник, можна визначити ймовірність оцінки дійного стану об'єкта, яка досягається при реалізації вибраної категорії перевірок. При цьому не враховується повний опис всіх класів технічного стану, доступність для контролю і вимірювання, мінімум вартості і часу контролю всіх параметрів, границя розділу при розпізнаванні окремих несправностей та інше.

Мета статті - спрощення процедури вибору сукупності діагностичних показників і підвищення рівня їх інформативності.

Запропоновано попередній вибір діагностичних параметрів здійснювати на основі топологічної моделі діагностування.

Для більшості діагностичних об'єктів в апіорі відсутній значний обсяг інформації для побудови достатньої аналітичної моделі для вибору сукупності контрольованих показників. Тому в якості математичного опису об'єкта запропоновано використовувати топологічну модель і варіанти її відображення у вигляді граф-моделі.

Будемо вважати, що топологічна модель – це пара (W, ξ) , де W - множина фізичних властивостей об'єкта; ξ - топологія задана у вигляді графа, або матриці з відображенням причинно – наслідкових відношень між фізичними властивостями.

Вважається, що між двома властивостями існує причинно-наслідкові відношення W_i, φ, W_j , якщо поява одного викликає появу другого без участі третього. Вилучення моделі із топологічного Для вибору діагностичних показників модель задається в просторі параметрів. Перехід від простора нормальних властивостей і функцій T в простір параметрів T' математично здійснюється методом неперервного відображення простора T в T' . Простір T безперервно відображається в просторі T' , якщо кожній точці W_i околиці $U(W)$ із T відповідає околиця $U(W')$ із T' така, що

$$\Gamma[U(W)] \subseteq U(W') \tag{2}$$

де Γ – символ відображення простору.

Простір математично уявляє собою замикання множини внутрішніх властивостей $[N]$:

$$W = \bigcup_{\varphi=1}^m W_{\varphi} = |N| \tag{3}$$

де W – точка дотику множини N .

Топологічна модель об'єкта в просторі властивостей відображається у вигляді графа з множиною вершин W і множиною дуг Q (рис. 1).

В просторі параметрів T множина W складається $W = KVRVFV \ni VE$

де K – підмножина вхідних параметрів; R – підмножина характеристик; F - підмножина параметрів основних процесів; ε - підмножина супутніх процесів; E - підмножина структурних параметрів.

Будемо вважати, що причиною виникнення несправності є наявність суттєвого дефекту або комплексу дефектів [1] (d). Дефектами є значення структурних параметрів e , які не відповідають установленим нормам. Кожній вершині моделі можна надати вагову характеристику:

$$\lambda = \gamma a + \delta b + \varepsilon c + \dots$$

де a, b, c – оцінки вершини за різними факторами; $\gamma, \varepsilon, \delta$, - коефіцієнти значимості факторів:

$$\gamma + \delta + \varepsilon + \dots = 1.$$

В якості факторів можна використати: вартість інформаційно-вимірювальної системи, час вимірювання,

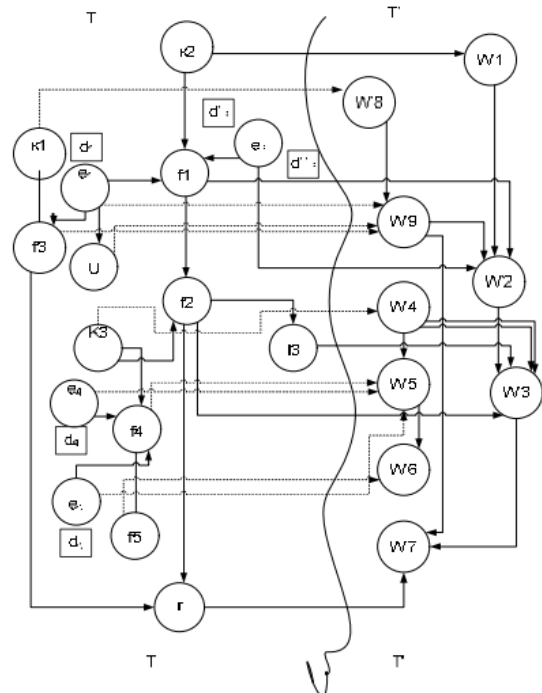


Рис. 1. Граф топологічної моделі

точність вимірювання, заробітна плата оператора, періодичність контролю та інше. Кожній дузі графа може бути надана вагова характеристика $I\left(\frac{W_i}{W_{i+1}}\right)$ відносна кількість інформації про стан параметра W_i , отриманий при контролі W_{i+1} . Оцінка елементів моделі здійснюється методом експертних оцінок. Ступінь згоди експертів визначається коефіцієнтом рангової кореляції, або конкордації. Після побудови моделі можна відмовитись від змістового вмісту і користуватись лише топологічними властивостями і вагою елементів.

Розглянемо процедуру вибору діагностичних параметрів [5]. Будемо виходити з того, що діагноз несправності за прямим вимірюванням значень елементів не завжди можна здійснити. В загальному випадку більшість несправностей необхідно визначати опосередковано через інші доступні для вимірювання параметри.

Всі несправності розпізнаються в множині параметрів $\{P\}$ і які ми розпізнаємо через ці параметри. Такими, що розпізнають будемо називати внутрішні параметри об'єкта, які є найбільш чутливі до тої чи іншої несправності елемента. Знаходити їх будемо шляхом об'єднання синдромів P_{e_i} вершин e_i . Синдромом вершини будемо вважати підмножину вершин які ми можемо досягнути по графу вершини, що розглядається. Склад синдромів коректується за допомогою інформаційної відстані вершин:

$$\rho(W_i, W_j) = \sum_{i=1}^{j-1} \Gamma\left(\frac{W_i}{W_{i+1}}\right) \tag{4}$$

де $\Gamma\left(\frac{W_i}{W_{i+1}}\right) = (I_{max} + I_{min}) - I\left(\frac{W_i}{W_{i+1}}\right)$

I_{max} , I_{min} – максимальне і мінімальне значення ваги дуг. В синдром входять вершини, інформаційна відстань яких від e_i менше або дорівнює $\rho_{крит}$ (рис.2)

Параметри які розпізнають визначимо як:

$$P = P_{e_1} U P_{e_2} U \dots U P_{e/r} \tag{5}$$

Робочу граф-модель складають вершини $W = P \cup E$.

Значення кожного параметра P , що розпізнає залежить від одного або групи структурних параметрів e , а тому від одиноких або кратних несправностей і характеризується підмножиною g_i множини несправностей D

$$d = \bigcup_{i=1}^s g_i \tag{6}$$

Параметри, які розпізнають вважаються незалежними, якщо підмножини несправностей не перетинаються. Розбиття множини $\{P\}$ на незалежні групи параметрів які розпізнають, дозволяє розділити робочу модель на незв'язані підгрупи (рис. 2) В подальшому кожний підграф можна розглядати окремо, що дозволяє значно зменшити розмірність задачі. Отримані підграфи в загальному випадку можуть не відповідати розділенню об'єкта на блоки і вузли в реальному об'єкті, що є дуже цінною властивістю математичної моделі

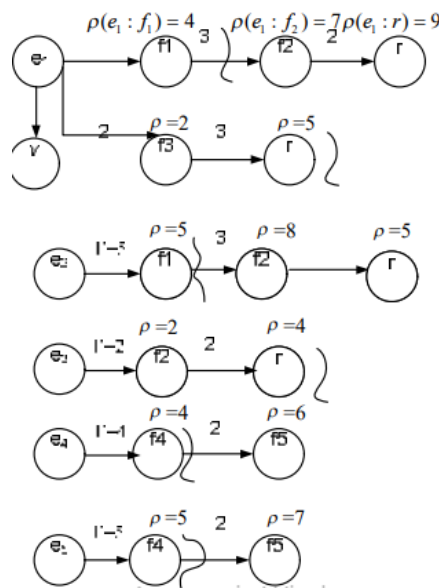


Рис. 2. Вибір діагностичних параметрів

Ефективною множиною діагностичних параметрів будемо вважати таку множину $\{A\}$, яка відповідає вимогам:

- 1) забезпечує опис всіх класів технічного стану (несправностей);
- 2) має найбільшу чутливість до зміни значень структурних параметрів;
- 3) має мінімальний склад (кількість параметрів);
- 4) має доступ для контролю та вимірювання;
- 5) забезпечує мінімум вартості і часу контролю всіх параметрів;
- 6) забезпечує високий рівень розділення робочої моделі на незв'язані підграфи при розпізнаванні окремих несправностей.

Визначення складу множини $\{A\}$ здійснимо шляхом дослідження зовнішньо стійкої підмножини (ЗСП) граф-моделі. Шляхом мінімізації числа контрольних точок визначимо множину $\{A\}$, граф-моделі, яка задовольняє першій вимозі. Для виконання третьої вимоги на зовнішньо стійку підмножину граф-моделі накладаємо обмеження мінімальності (МЗСП)

Для обмеження об'єму перебору сімейства МЗСП і задоволення іншим вимогам вибору $\{A\}$ передують упорядкована множина (ЗСП) граф-моделі так щоб менші порядкові номери отримали більш підходящі вершини. Упорядкування вершин здійснюється у відповідності з зменшенням показника H :

$$H = \alpha \Omega_i^* + \beta \gamma_i^* \quad (7)$$

* де Ω_i^* - нормовані значення коефіцієнта переваги вершини по інформативності; γ_i^* - нормативне значення ваги вершини;

α, β - коефіцієнт значимості оцінок.

Коефіцієнт переваги Ω_i^* дозволяє врахувати другу і шосту вимогу і може бути визначений як

$$\Omega_i = \frac{\sqrt{I^2(W_i) + \sum_{j \in \Gamma^{-1}(W_i)} I^2\left(\frac{W_j}{W_i}\right)}}{\sqrt{\sum_{j \in \Gamma(W_i)} I^2\left(\frac{W_j}{W_i}\right)}} \quad (8)$$

де $I(W_i)$ - відносна кількість інформації про стан параметра W_i , яка пропорційна власній вазі замикаючої дуги; $\Gamma(W_i)$ - образ вершини W_i при відповідності Γ ; $\Gamma^{-1}(W_i)$ - прообраз вершини W_i при відповідності Γ .

Так як перевага вершини W_i по інформативності зменшується по мірі присвоєння порядкових номерів вершинам, які входять в $\Gamma(W_i)$ і $\Gamma^{-1}(W_i)$ після присвоєння чергового номера будь-якій вершині необхідно здійснювати перерахунок показників в Ω і H для не пронумерованих вершин, що залишилися. При цьому чисельник (1) зменшується на кількість інформації яка надходить від пронумерованих вершин, а знаменник збільшується на кількість інформації яка переходить на пронумеровані вершини. В підсумку отримуємо упорядковану множину вершин граф-моделі. Вершини з меншим порядковим номером в більшій мірі задовольняють висунутим вимогам.

Для знаходження $\{A\}$ будується впорядкована матриця суміжності вершин в якій розташовують в порядку отриманих номерів. Множина $\{A\}$ формується з перших номерів упорядкованої множини.

Висновки з даного дослідження в перспективі подальшого використання

Запропоновану процедуру можна застосовувати неодноразово до моменту, коли будуть отримані не зв'язані між собою вершини. Вибраний таким чином склад ефективною множиною діагностичних параметрів задовольняє першим п'яти вимогам і в якійсь мірі шостій.

Література

1. Кідиба В.П. Редейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2013. – 533 с.
2. Калкаманов С.А. Конспект лекцій з дисциплін «Технічна діагностика електромеханічних систем», «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» (для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності "Електричний транспорт") / С. А. Калкаманов, А. В. Коваленко, В. М. Шавкун; Харк. нац. ун-т міськ. госпва ім. О. М. Бекетова – Х.: ХНУМГ, 2014. – 152 с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
4. Єрмолаєв С.О. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації / С.О.Єрмолаєв, В.Ф.Яковлев // За ред. С.О. Єрмолаєва. –К.: Урожай, 1996. – 336 с.

5. Осис Я.Я. Топологическая модель функционирования систем/ Осис Я.Я., Рига, Зинатие. – 1969. – №5. – С. 28-30.
6. Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М.. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК.: Підручник для студентів ВНЗ. – Харків: Факт, 2008. - 438 с.
7. Кутін В. М. Метод та система неперервного контролю технічного стану розподільної мережі напругою 6 - 35 кВ [Текст] / В. М. Кутін, В. В. Вашковський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2004. - № 3. - С. 42-45.

Referenses

1. Kidyba V.P. Releynyy zakhyst enerhetychnykh system: Pidruchnyk. – L'viv.: Vydavnytstvo Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politehnika», 2013. – 533 s.
2. Kalkamanov S.A. Konspekt lektsiy z dystsypliny «Tekhnichna diahnozyka elektromekhanichnykh system», «Diahnozyka rukhomoho skladu elektrychnoho transportu» (dlya studentiv usikh form navchannya za napryamom pidhotovky 6.050702 «Elektromekhanika» spetsial'nosti «Elektrychnyy transport») / S. A. Kalkamanov, A. V. Kovalenko, V. M. Shavkun; Khark. nats. un-t mis'k. hospva im. O. M. Beketova – KH.: KHNUMH, 2014. – 152 s.
3. Pravylya nalashtuvannya elektroustanovok. – Vydannya ofitsiyne. Minenerhovuhillya Ukrainy. – Kharkiv: Vydavnytstvo «Fort», 2017. – 760 s.
4. Yermolayev S.O. Eksploatatsiya i remont elektroobladnannya ta zasobiv avtomatyzatsiyi / S.O.Yermolayev, V.F.Yakovlyev // Za red. S.O. Yermolayeva. –K.: Urozhay, 1996. – 336 s.
5. Osys YA.YA. Topolohyetskaya model' funktsyonyrovanyya system/ Osys YA.YA., Ryha, Zynatyе. – 1969. – №5. – С. 28-30.
6. Lut M.T., Miroshnyk O.V., Trunova I.M.. Osnovy tekhnichnoyi eksploatatsiyi enerhetychnoho obladnannya APK.: Pidruchnyk dlya studentiv VNZ. – Kharkiv: Fakt, 2008. - 438s.
7. Kutin V . M. Metod ta systema neperervnoho kontrolyu tekhnichnoho rozpodilu stanu merezhi napruhoyu 6 - 35 kV [Tekst] / V.V. M. Kutin, V. V. Vashkovs'kyy // Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu. – 2004. – № 3. – С. 42-45.