

УДК 621.396.6

**ВИБІР ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ТОПОЛОГІЧНОЇ  
МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА**

*Кутін В.М., д.т.н., проф., Кутіна М.В., Ілюхін М.О.  
Вінницький національний технічний університет  
21021, Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95  
E-mail:*

Предложен метод анализа диагностической модели для определения диагностических параметров, который использует только топологические свойства модели и оценки ее элементов, а именно: определение области распространения влияния параметра по графу, разделение модели независимые части упорядочивания вершин графа. Вершины модели оцениваются с помощью интегрального показателя, а ребра графа оцениваются по количеству информации, которую они передают.

**Ключевые слова:** топологические свойства модели, диагностические параметры.

It was proposed the method of analysis of diagnostic model for the determining the diagnostic parameters, the method that uses only the topological characteristics of the model of estimation of its elements, namely: determination of the area of expansion of the parameter influence on the graph, the models were divided into independent parts of arranging the tops of the graph. The tops of the model are estimated with the help of integral factor, and the sides of the graph are estimated by the quantity of information they report.

**Key words:** topological characteristics of the model, diagnostic parameters.

**Вступ.** При виготовленні електрообладнання кожен із параметрів виконує свою певну функцію і по своєму важливий на етапі створення електрообладнання. 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 приходиться 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.

**Аналіз попередніх досліджень.** При оцінці робото здатності об'єкта за його характеристиками або параметрами для вибору сукупності контрольованих показників використовують значення їх чутливостей до змін, які відбуваються в стані об'єкта [1]. Чутливість показників можна

отримати в формі частинних похідних  $S_{b_j}^{a_i} = \frac{\partial a_i}{\partial b_j}$ ,

або  $F_{b_j}^{a_i} = \frac{\partial \ln a_i}{\partial \ln b_j}$ , де  $a_i$  – показники,  $b_j$  – величини,

які характеризують стан об'єкта.

В разі оцінки робото здатності 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 [2-5] 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 роботи** – спрощення процедури вибору

сукупності діагностичних показників і підвищення рівня їх інформативності.

**Матеріал і результати дослідження.** Запропоновано попередній вибір діагностичних параметрів здійснювати на основі топологічної моделі діагностування.

Для більшості діагностичних об'єктів в апорії 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 [6]

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

Вважається, що між двома властивостями існує причинно-наслідкові відношення  $W_i, \varphi, W_j$ , 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  $T^{\wedge}$  математично здійснюється методом неперервного відображення простора  $T$  в  $T^{\wedge}$ . Простір  $T$  безперервно відображається в просторі  $T^{\wedge}$ , якщо кожній точці  $W_i$  околиці  $U(W)$  із  $T$  відповідає околиця  $U(W^{\wedge})$  із  $T^{\wedge}$  така, що

$$\Gamma[U(W)] \subseteq U(W^{\wedge}),$$

де  $\Gamma$  – символ відображення простору.

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

$$W^{\wedge} = \bigcup_{\varphi=1}^m W^{\wedge}_{\varphi} = |N|,$$

де  $W^{\wedge}$  – точка дотику множини  $N$ .

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

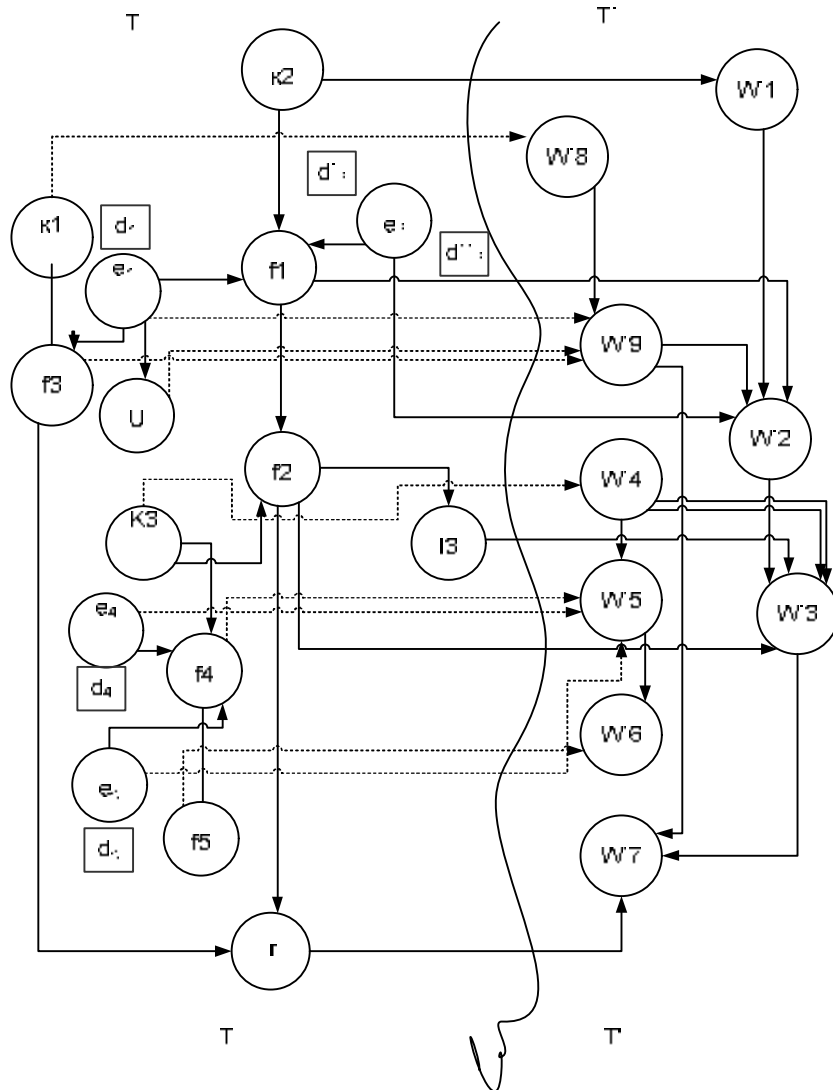


Рисунок 1 – Топологічна модель в просторі властивостей у вигляді графа

В просторі параметрів Т множина W складається із

$$W = KVRVFV\vartheta VE$$

де K – підмножина вхідних параметрів; R – підмножина характеристик; F – підмножина параметрів основних процесів;  $\vartheta$  – підмножина супутніх процесів; E – підмножина структурних параметрів.

Будемо вважати, що причиною виникнення несправності є наявність суттєвого дефекту або комплексу дефектів (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;  $\gamma, \delta, \varepsilon$ , - коефіцієнти значимості факторів:

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

В якості факторів можна використати: вартість інформаційно-вимірjuвальної системи, час вимірювання, точність вимірювання, заробітна плата оператора, періодичність контролю та інше. Кожній дузі графа може бути надана вагова характеристика  $I(\frac{W_i}{W_j})$  - відносна кількість

інформації про стан параметра  $W_j$ , отриманий при контролі  $W_i$ . 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.[7]

Розглянемо процедуру вибору діагностичних параметрів. Будемо виходити з того, що діагноз несправності за прямим вимірюванням значень елементів e 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  $P_{ei}$  вершин e. Синдромом вершин будемо вважати підмножину вершин які ми можемо досягнути по графу вершини, що розглядається. Склад синдромів коректується за допомогою інформаційної відстані вершин:

$$\rho(W_i, W_j) = \sum_{i=1}^{j-1} \Gamma(W_i / W_{i+1}),$$

де  $\Gamma(W_i / W_{i+1}) = (I_{max} + I_{min}) - I(W_i / W_{i+1})$ ;  $I_{max}, I_{min}$  – максимальне і мінімальне значення ваги дуг. В синдром входять вершини, інформаційна відстань

яких від e і менше або дорівнює  $\rho_{крит}$  (рис. 2).

Параметри які розпізнають визначимо як:

$$P = P_{e_1} U P_{e_2} U \dots U_{e/r}.$$

Робочу граф-модель складають вершини  $W = PUE$ .

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

$$D = \bigcup_{i=1}^S g_i.$$

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.

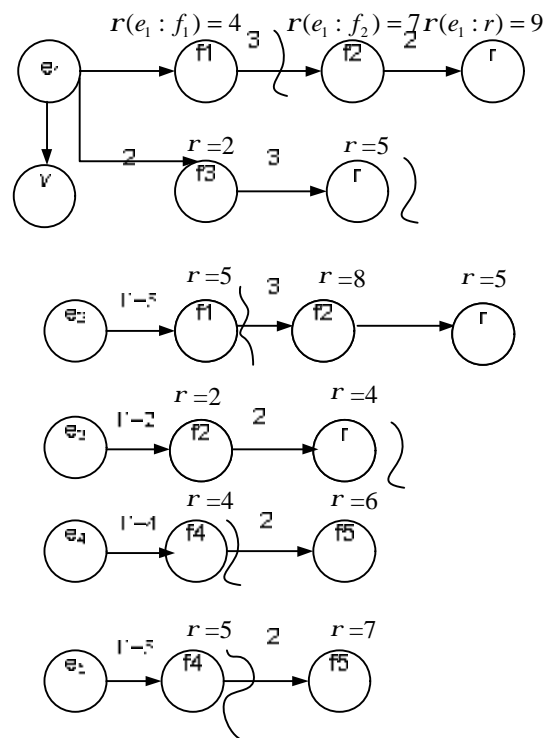


Рисунок 2 – Вибір діагностичних параметрів

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;  
 б) забезпечує високий рівень розділення робочої моделі на незв'язані підграфи при розпізнаванні окремих несправностей.

Визначення складу множини {A} здійснюємо 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} передусе упорядкована множина (ЗСП) граф-моделі так щоб менші порядкові номери отримали більш підходящі вершини. Упорядкування вершин здійснюється у відповідності з зменшенням показника Н:

$$H = \alpha \Omega_i^* + \beta \lambda_i^*$$

де  $\Omega_i^*$  - нормовані значення коефіцієнта переваги вершини по інформативності;  $\lambda_i^*$  - нормативне значення ваги вершини;  $\alpha, \beta$  - коефіцієнти значимості оцінок.

Коефіцієнт переваги  $\Omega_i^*$  дозволяє врахувати другу і шосту вимогу і може бути визначений як

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

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  $\Gamma$ ;  $\Gamma^{-1}(W_i)$ - прообраз вершини  $W_i$  при відповідності  $\Gamma$

Так як перевага вершини  $W_i$  по інформативності зменшується по мірі присвоювання 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  $\Omega$  і  $H$  для не пронумерованих вершин, що залишились. 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 С вершин в якій розташовують в порядку отриманих номерів. Множина {A} формується з перших номерів упорядкованої множини /С/

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

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мозгалевський А.В. , Гаскаров Д.В. Техническая диагностика (непрерывные объекты). – М.: Высш. Школа, 1975. – 207 с.
2. Пархоменко П.П., Согомоян Е.С. Основы технической диагностики. – 1981. – 320 с.
3. Веклич В.Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов\_М.: Транспорт 1990, 295с.
4. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.
5. Ключев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. Технические средства диагностирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
6. Осис Я.Я. Топологическая модель функционирования систем // Автоматика и вычислительная техника, Рига, Зинатие. – 1969. – №5. – С. 28-30.
7. Кутін В.М. Метод визначення залежності між параметрами структури та діагностичними ознаками складних систем // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2006. – №3(38). – С. 99-101.

Стаття надійшла 10.05.2008 р.