

УДК 681.327

В.Г. Рикун, В.М. Уваров, М.О. Пахолко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МЕТОДИ СИНТЕЗУ ДИСКРЕТНИХ ПРИСТРОЇВ

В статті розглянуті моделі об'єктів діагностування та шляхи вдосконалення методів синтезу систем контролю та діагностування, побудованих на напівпровідникових вентилях.

Ключові слова: граф алгоритму, діагностуючий пристрій, початкова вершина, кінцева вершина, таблиця функцій несправності об'єкта.

Вступ

Будь-який метод може бути визначений як сукупність моделей, правил, алгоритмів, які описують процедуру визначення поведінки об'єкта в різних станах та режимах роботи.

Основу будь-якого методу складають два компоненти:

– модель об'єкта, яка описує його поведінку в різних станах та режимах, які повинні бути враховані при реалізації метода;

– сукупність правил, процедур (алгоритмів), які дозволяють виявити стан та поведінку об'єкта, які описуються вибраною моделлю.

Вдосконалення методів синтезу систем управління тісно пов'язано з підвищенням ефективності виробництвом та споживанням електроенергії, в сфері яких широко використовується перетворювальна техніка. Перетворення електричної енергії відбувається, як правило, пристроями, які виконані на напівпровідникових вентилях, тому далі мова буде йти про вдосконалення методів синтезу систем діагностування цих перетворювачів.

Основна частина

В зв'язку з тим, що система управління представляє собою сукупність об'єкта управління та засобів управління, а будь-які методи представляють собою сукупність моделей та алгоритмів управління, виникає науково-технічна задача створення таких моделей та алгоритмів, які б були спроможні підвищити ефективність систем управління. Систему управління можна представити сукупністю системи управління технічним станом та системи управління функціональним станом. З іншого боку, ядром системи управління технічним станом являється система контролю та діагностування.

Діагностична процедура являє собою сукупність елементарних перевірок, тобто фізичних експериментів над об'єктом діагностування (ОД), обумовлених значенням впливу, що подається на об'єкт, а також реакцією об'єкта на цей вплив. Виявити дефект можна в тому випадку, якщо існує такий тесто-

вий вплив, реакція на який в справного й несправного об'єктів різна. У загальному випадку може існувати кілька елементарних перевірок, що дозволяють виявити певний технічний стан. Вони розрізняються безліччю контрольних точок, видом і послідовністю вхідних тестових впливів.

Робоче діагностування вимагає вибору сукупності контрольованих параметрів, тобто контрольних точок і датчиків відповідних величин: струмів, напруг, часових співвідношень, температур. При тестовому діагностуванні число ступенів свободи більше – можна додатково варіювати види тестових сигналів.

Різноманітність перерахованих можливостей викликає необхідність формалізації розробки діагностичної процедури. Перший етап формалізації припускає наявність деякого опису об'єкта і його поведінки в справному й несправному станах. Такий формальний опис в аналітичній, табличній, векторній і графічній формах називають математичною моделлю об'єкта.

Об'єкти, всі параметри яких змінюються в часі безупинно, тобто можуть приймати незліченну безліч значень у деякому діапазоні, відносять до класу безперервних. Об'єкти, всі параметри яких змінюються в часі дискретно, тобто можуть приймати кінцеве число (зазвичай два) значення відносять до класу дискретних.

Любий об'єкт характеризується залежністю безлічі вихідних параметрів Y від безлічі вхідних X і внутрішніх A змінних. Модель об'єкта в загальному випадку залежить від часу t :

$$Y = F(X; A; t). \quad (1)$$

Такий запис представляє систему передавальних функцій справного об'єкта. Несправність, що виникла в об'єкті, приводить до перекручування передавальних функцій, характеризуємих безліччю моделей несправного об'єкта:

$$Y^i = F^i(X; A^i; t), \quad (2)$$
$$i = 1, 2, 3, \dots, M_n.$$

Часто в явному виді задається тільки модель справного об'єкта, а моделі (2) підлягають розробці.

Для більшості складних об'єктів, зокрема для вентильних перетворювачів, звичайно не вдається скласти модель (2), використовуючи тільки зовнішні вузли – основні входи й виходи. Тому система (2) звичайно повинна включати опис внутрішніх, електричних і часових залежностей, що виявляють на розширеній безлічі функціональних вузлів.

Позначимо безліч всіх припустимих перевірок обсяг $P = \{p_j\}$. Припустимими будемо вважати всі фізично здійсненні елементарні перевірки в умовах діагностування. Кожна перевірка характеризується значенням X впливу, що подається на входи об'єкта, складу контрольних точок і значенням R реакцій об'єкта.

У загальному випадку реакція представляється n -мірним вектором, що є функцією вхідних впливів. Число можливих результатів перевірки визначається числом контрольних точок і потужністю безлічі X . Можна записати

$$R_j = F(p_j) \quad (3)$$

для справного об'єкта й

$$R_j^i = F^i(p_j) \quad (4)$$

для об'єкта, що перебуває в i -му несправному стані.

Процедура дозволяє виявляти будь-який стан з безлічі S_n , якщо знайдеться хоча б одна перевірка p_j , для якої $R_j \neq R_j^k$. Якщо для кожної пари станів з S знайдеться хоча б одна елементарна перевірка, для якої $R_j^i \neq R_j^k$, то процедура має властивості виявлення будь-якого дефекту.

Для розробки діагностуючої процедури за допомогою моделей (4) і (3) необхідно одержати безліч реакцій для всіх припустимих перевірок p_j , і вибрати ті перевірки з множини P , які дозволяють розрізнити всі стани з множини S .

Природно, що така робота вимагає глибокого аналізу процесів у схемах з дефектами, великої кількості обчислювальних операцій і багаторазового порівняння їхніх результатів. Велика кількість попарних порівнянь, можливість перекриття результатів елементарних перевірок між собою значно ускладнюють процес розробки діагностуючої процедури за допомогою аналітичної моделі. Тому аналітичні методи розробки процедур знайшли застосування в тих випадках, коли потужність множини S обмежена (наприклад, тільки одиночними несправностями) і елементарні перевірки проводяться за допомогою однотипних вхідних впливів. Прикладом застосування аналітичної моделі служать методи побудови діагностуючих тестів для логічних пристроїв.

Більш наочна й зручна при аналізі й розробці процедур таблична модель об'єкта. Таблиця, що відображує реакції об'єкта на всі припустимі елементарні перевірки для всієї безлічі можливих технічних станів, називається таблицею функцій несправності

об'єкта (ТФН). Вона являє собою універсальну математичну модель об'єкта. Завдання ТФН еквівалентно завданню моделей (2) і (3). Рядкам ТФН відповідають припустимі елементарні перевірки p_j з множини P , а стовпцям – технічні стани об'єкта. У клітці, що перебуває на перетинанні рядка й стовпця, проставляється реакція R_j^i на елементарну перевірку p_j об'єкта, що перебуває в даному технічному стані. Множина P дозволяє виявляти дефект, якщо стовпець ТФН, що відповідає справному стану, відрізняється від кожного з інших її стовпців. Якщо всі стовпці ТФН попарно помітні, то відповідна безліч елементарних перевірок дозволяє діагностувати стан об'єкта.

У загальному випадку спрощення відбувається при зменшенні розмірів ТФН, тобто скороченні числа стовпців і рядків. Ефективних формалізованих шляхів скорочення розміру ТФН практично немає. У цьому полягає основна причина пошуків і розробки, більш економічних діагностичних моделей об'єктів. У цей час знайшли застосування логічні й графоаналітичні моделі. Логічна модель будується на основі відомої структури об'єкта.

Для аналізу вентильних кіл найбільш зручні моделі, що представляють собою графи, у яких вершини відповідають вузлам кола, а дуги – елементам. Структурно-графічну модель легко одержати із принципової схеми (рис. 1, а), замінивши елементи відповідними дугами, як показано на рис. 1, б. Діоди й тиристори зображуються на структурно-графічній моделі орієнтованими дугами, що відображує вентильні властивості цих елементів. Така модель представляє зручну можливість формування безлічі моделей відмов, обумовленими несправностями елементів типу обриву або замикання, при цьому відповідні дуги розриваються або відбувається об'єднання пари вершин. Особливо варто розглянути можливість топологічних змін через порушення ізоляції в реакторах і трансформаторах, а також інші види замикань на землю; такі дефекти не зводяться до зміни параметрів елементів кола.

На рис. 1, в показана структурно-графічна модель інвертора при втраті керованості тиристорами VT_1 й VT_2 , а на рис. 1, г, д – при пробіі тиристора VT_1 і діода VD_2 відповідно. Логічні, графоаналітичні й особливо структурно-графічні моделі можуть бути використані для вибору тестових сигналів і контрольних точок, а також для побудови скорочених ТФН при розробці алгоритмів тестового діагностування силової частини вентильних перетворювачів.

Залежно від способу подачі на об'єкт діагностування (ОД) перевірочних впливів розрізняють системи тестового й робочого діагностування.

Однак обмеженість набору робочих впливів при робочому діагностуванні не завжди дозволяє оптимально вирішувати завдання діагностики.

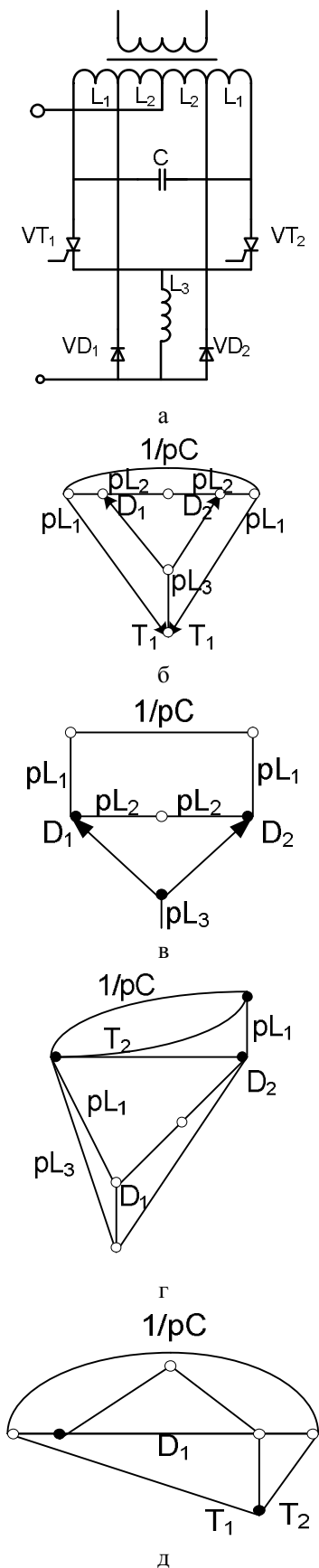


Рис. 1. Вентильне електричне коло (а) та його структурно-графічні моделі: для робочого кола (б), при втраті керуваності тиристорами (в), при пробі тиристора VT_1 (г), при пробі діоду VD_2 (д)

Обмеженість набору робочих впливів характерна для вентильних перетворювачів (ВП), тому метою робочого діагностування ВП зазвичай є виявлення каналу, що відмовив (фази, групи вентилів).

У системах тестового діагностування перевірочні впливи здійснюються діагностуючим пристроєм (ДП). Тому як склад, так і послідовність подачі цих впливів можна знаходити з умов ефективної організації процедури, вибору безумовного або умовного алгоритмів. При тестовому діагностуванні для подачі впливів й одержання відповідних реакцій можна використати не тільки основні входи-виходи об'єкта, але також внутрішні вузли й галузі ланцюга. Це також сприяє одержанню великої глибини пошуку дефектів при малих витратах часу й устаткування. Тестові перевірки можуть проводитися не тільки під час налагодження й профілактичних робіт, але й при нормальному функціонуванні. Для того щоб тестові впливи не впливали на нормальну роботу об'єкта, їх можна подавати, наприклад, під час робочих пауз для даної частини обладнання.

У ряді випадків зручна перевірка об'єкта при подачі сигналів в уповільненому темпі, наприклад при контролі тригерів, лічильників регістрів й ін., коли стан пристрою контролюється, після подачі кожного одиночного імпульсу. Навпроти, у ВП можливо одержання діагностичної інформації шляхом швидкого опитування датчиків струму й напруги на міжкомутаційних інтервалах. За результатами опитування робиться висновок про можливість чергової комутації, необхідності припинення роботи, відключення навантаження або аварійного відключення.

Діагностування параметрів дає відповідь на наступні питання:

- чи відповідають електричні режими кола розрахунковим або заданим значенням. При цьому перевіряються такі величини, амплітуди імпульсів, коефіцієнти передачі, гармонійний склад, часові співвідношення (затримки, інтервали й ін.);

- чи відповідають, параметри елементів паспортним величинам. Вимір параметрів ускладнюється тим, що в колі може бути обмірювана лише деяка еквівалентна величина, обумовлена декількома зв'язаними елементами. Тому важливе завдання діагностування параметрів – пошук таких методів одержання інформації, при яких порівняно легко визначаються й розраховуються параметри окремих елементів. Значні складності викликає визначення граничних параметрів, пов'язаних з подачею більших амплітуд тестових сигналів. Тим часом саме цей вид діагностування параметрів становить особливий інтерес у перетворювальній техніці. Працездатність перетворювачів залежить від здатності устаткування витримувати максимальні електричні навантаження, зберігати необхідні динамічні параметри. Із цим видом діагностування тісно зв'язаний новий напрям досліджень – прогнозування стану об'єкта, що за поточним значен-

ням вектора параметрів і його похідній забезпечує проорокування поведінки об'єкта в майбутньому.

Діагностування параметрів має сенс не тільки для аналогових систем й електричних кіл, але й для цифрових і логічних пристроїв, у яких контролюються електричні значення логічних сигналів (рівні, часи наростання й ін.).

Таким чином, діагностування параметрів може використовуватися для виявлення поступових відмов (допускаючи перевірки), для прогнозування стану об'єкта, а також для виявлення раптових відмов, включаючи ті, які викликають зміна структури кола: обриви або замикання областей (структурне діагностування).

Прикладом систем робочого діагностування служать розповсюджені системи централізованого контролю, у яких про стан об'єкта судять за результатами порівняння параметра з верхніми й нижніми припустимими значеннями. Модель об'єкта в цьому випадку являє собою апаратури зберігання й видачі припустимих значень контрольованих параметрів.

Системи тестового діагностування відрізняється від робочого діагностування наявністю генератора тестових впливів ГТ. Принцип дії багато в чому аналогічний робочому діагностуванню. Послідовність тестових впливів може бути безумовною або вона може враховувати результати попередніх перевірок. Зі сказаного вище ясно, що для діагностування потрібно мати джерела тестових сигналів, датчики відповідних реакцій, пов'язані з об'єктом, вузли комутації для перемикавання джерел і датчиків, лінії зв'язку ДП з об'єктом, пристрій обробки й відображення інформації. Бажано передбачити можливість самоперевірки ДП.

Структура ДП повинна відповідати ряду суперечливих вимог: ДП не повинний знижувати надійність ОД, отже, при заданій глибині пошуку дефектів число датчиків і точок їхнього підключення повинне бути мінімальним; вимоги електробезпеки змушують забезпечити надійну ізоляцію датчиків від силового кола, елементи якого можуть перебувати під високою напругою; відстань між силовими блоками й пультом оператора, на який виводиться діагностична інформація, може досягати декількох

десятиків метрів, тому число ліній зв'язку повинне бути зведене до мінімуму; однак при цьому ускладнюється комутаційна апаратура, що, головним чином, визначає надійність ДП. Недорогих та компактних вмонтованих датчиків струму, напруг, температури поки не випускаються промисловістю. Таким чином, розробка ДП являє собою завдання великого обсягу, що вимагає технічних рішень на різних рівнях.

Тому основними напрямками вдосконалення методів синтезу систем автоматичного управління є вдосконалення моделей об'єктів, вдосконалення алгоритмів функціонування та контролю, декомпозиція системи на підсистеми.

Висновки

Таким чином, в роботі встановлено, що вдосконалення методів синтезу системи контролю, як підсистеми загальної системи управління, може здійснюватися шляхом підвищення ефективності алгоритмів контролю за інформаційним критерієм. Напрямами цієї роботи є зменшення інформаційної ємності алгоритмів за рахунок підвищення інформативності тестів, скорочення середньої довжини маршруту діагностування з урахуванням апріорної імовірності різних станів об'єкта та застосування алгоритмів з відновленням, в яких інформаційна ємність алгоритму скорочується за рахунок збільшення числа можливих результатів перевірки.

Список літератури

1. Пархоменко П.П. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / П.П. Пархоменко, Е.С. Согомонян; под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.
2. Кинит Н.В. Диагностика электрических цепей / Н.В. Кинит, Г.Н. Герасимова, М.А. Кац. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 192 с.
3. Маркин В.В. Техническая диагностика вентиляционных преобразователей / В.В. Маркин, В.Н. Миронов, С.Г. Обухов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 152 с.

Надійшла до редколегії 11.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДЫ СИНТЕЗА ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ

В.Г. Рыкун, В.Н. Уваров, М.А. Пахолко

В статье рассмотрены модели объектов диагностирования и пути совершенствования методов синтеза систем контроля и диагностирования, построенных на полупроводниковых вентилях.

Ключевые слова: граф алгоритма, диагностирующее устройство, начальная вершина, конечная вершина, таблица функций неисправности объекта.

METHODS OF SYNTHESIS OF DISCRETE DEVICES

V.G. Rykun, V.M. Uvarov, M.O. Pakholko

There are the considered models of objects of diagnosticating and way of perfection of methods of synthesis of the checking and diagnosticating, built on semiconductor valves systems in the article.

Keywords: count of algorithm, diagnosing device, initial top, eventual top, table of functions of disrepair of object.