

УДК 621.372.061

О.Г. Крук

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИБОРІВ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

Розглянуто основні підходи до автоматизації діагностування аналогових електронних пристроїв. Запропоновано алгоритм діагностування електронних пристроїв у часовій області в режимі великого сигналу, який ґрунтується на методі довідників несправностей. Як приклад виконано діагностування пристрою електроживлення.

Ключові слова: *автоматизоване діагностування, метод довідників несправностей, алгоритм, моделювання, аналоговий електронний пристрій.*

Вступ

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, технічне діагностування, відповідно до ГОСТ 20911-75, являє собою процес визначення технічного стану об'єкта, зокрема електронного пристрою, з певною точністю за допомогою засобів технічного діагностування і контролю [1,2]. Діагностування електронних пристроїв є вкрай необхідним для забезпечення надійної роботи різноманітних електронних систем озброєння і військової техніки Сухопутних військ Збройних Сил України з огляду на тривалий час їх експлуатації. За результатами діагностування можна встановити, які дії з об'єктом необхідно виконати для забезпечення його функціонування відповідно до нормативно-технічної документації, а саме: регулювання, заміну несправних елементів, ремонт.

Час пошуку відмови складних систем суттєво збільшує час їх усунення, отже є актуальним завдання автоматизації діагностування електронних систем.

Автоматизоване діагностування аналогових електронних пристроїв пов'язане зі значними труднощами, які на сьогоднішній день ще потребують ефективного розв'язання. Це зумовлено і складними процесами в аналогових пристроях, які, здебільшого, описуються диференціальними рівняннями, переважно нелінійними, і відсутністю простих моделей несправностей елементів, складністю вимірювань напруг і струмів всередині схем.

Проблемам автоматизованого діагностування аналогових електронних пристроїв присвячено багато публікацій [3-6]. Найбільш повний аналіз методів діагностування електронних кіл наведено в роботі [3]. Всі методи автоматизованого діагностування, аналогових кіл можна поділити на такі класи: методи параметричної ідентифікації, методи контролю несправностей, набліжені методи та методи довідників несправностей [3].

Методи параметричної ідентифікації забезпечують визначення параметрів всіх елементів схеми шляхом складення і розв'язування систем діагностичних лінійних або нелінійних рівнянь з використанням вимірних значень напруг і (або) струмів у всіх або в більшості вузлів схеми. Похибки вимірювань, а також необхідність виконувати значні обчислення безпосередньо під час діагностування роблять застосування цих методів в окремих випадках проблематичним. Вони переважно застосовуються для лінійних або ж лінеаризованих схем. За їх допомогою можна ідентифікувати як поступові (м'які) несправності, спричинені процесами старіння, радіацією, кліматичними факторами тощо, так і катастрофічні (жорсткі) несправності, які виникають внаслідок закорочення або розриву елементів чи їх виводів. Однак у деяких випадках катастрофічних несправностей можуть мати місце труднощі в зв'язку з виникненням некоректних задач і погіршенням збіжності чисельних процедур. Також дуже важливо, що методи параметричної ідентифікації дозволяють ідентифікувати і поодинокі (зміна параметрів якогось одного елемента), і множинні (одночасна зміна параметрів декількох елементів) несправності.

Методи контролю несправностей застосовуються у тих випадках, коли кількість вимірювань є обмеженою. В них приймається, що несправних елементів в схемі є небагато, а параметри решти елементів перебувають в межах вказаних допусків.

Набліжені методи, які поділяються на ймовірнісні та оптимізаційні, призначені для ідентифікації за певним критерієм перевірки елементів з найбільшою ймовірністю відмови при обмеженому числі вимірювань. Ці методи характеризуються дуже великими обсягами обчислень і забезпечують локалізацію поодиноких поступових відмов.

В основі методу довідників несправностей лежить пошук на множині значень електричних величин в контрольних точках, які отримують в результаті

моделювання схем і зберігають в таблиці несправностей, таких, що найбільше відповідають значенням, отриманим в процесі вимірювань в пристрої, який діагностується [3, 5].

Методи довідників несправностей переважно використовуються для виявлення поодиноких катастрофічних несправностей, а також поступових несправностей з великим відхиленням параметрів. Вважається, що такі несправності охоплюють понад 70% випадків, які зустрічаються на практиці. А врахування специфічних несправностей, властивих діагностованому пристрою, дозволяє довести частку охоплення можливих несправностей до 85% [3].

Методи довідників несправностей застосовуються для діагностування як лінійних, так і нелінійних пристроїв, причому обсяг оперативних обчислень, які необхідно виконати безпосередньо під час пошуку несправності, в обох випадках є майже однаковим.

Метою статті є адаптація алгоритму діагностування на основі методу довідників несправностей для пошуку критичних несправностей в нелінійних електронних пристроях в часовій області в режимі великого сигналу та апробація його на пристрої електроживлення.

Виклад основного матеріалу

Для багатьох суто нелінійних електронних пристроїв (автогенератори релаксаційних коливань, випрямлячі, високочастотні генератори гармонічних коливань) задачу діагностування неможливо розбити, як це переважно робиться для різноманітних підсилювачів, на дві підзадачі: пошук відмов в режимі постійного струму і визначення несправних елементів в режимі малого сигналу в частотній або в часовій областях. Тому описаний в [3] алгоритм на основі методу довідників несправностей, що орієнтований на режим постійного струму, пропонується адаптувати для нелінійних схем в часовій області в режимі великого сигналу.

Діагностування методом довідників складається з декількох етапів. На першому етапі відбувається складення таблиці несправностей – розробником або користувачем формується список найбільш ймовірних несправностей і вибирається вид моделювання пристрою. За видом моделювання розрізняють моделі пристроїв в режимі постійного струму, в частотній області (малосигнальні моделі) та в часовій області в режимі малого і великого сигналу. В описуваному алгоритмі вибрано моделювання в часовій області в режимі великого сигналу, що передбачає формування математичної моделі у вигляді системи нелінійних диференціально-алгебричних рівнянь і розв'язування її чисельними методами.

При формуванні таблиці несправностей дуже важливо описати всі ймовірні випадки відмов, що можуть виникнути в пристрої, який досліджується, оскільки тільки ці несправності можуть бути ідентифіковані в подальшому. Очевидно, що від кількості

цих потенційних відмов будуть залежати розміри і час опрацювання довідника. В даному алгоритмі пропонується враховувати всі катастрофічні відмови, спричинені кожним елементом пристрою.

На другому етапі виконується моделювання пристрою для кожної несправності із списку, в результаті чого формуються вектори вхідних впливів і вихідних реакцій, на основі яких будуть виявлятися несправності. Характеристики вихідних реакцій (сигнатури) заносяться в довідник з метою подальшого використання для оперативної ідентифікації несправностей.

Другий етап є ітераційною процедурою, в результаті якої для кожної несправності повинні бути визначені з метою її правильної ідентифікації вхідні сигнали, а також вихідні реакції в деяких вузлах. Тому в алгоритмі пропонується першу ітерацію діагностичних випробувань виконувати з використанням такого самого вхідного сигналу, який діє на пристрій в штатному робочому режимі. В результаті після першої ітерації всі несправності, які внесені в таблицю, будуть поділені на декілька груп: основну групу складуть ті несправності, які однозначно ідентифікуються за формою сигналу у вихідному вузлі, інші групи будуть утворені тими несправностями, які викликають дуже подібні вихідні реакції, внаслідок чого їх неможливо розрізнити. Такі групи називаються множинами неоднозначності і для їх усунення, тобто для ідентифікації несправностей, що в них входять, пропонується на наступних ітераціях подавати на пристрій вхідні сигнали спеціального виду.

В методах довідників несправностей здебільшого використовується невелика кількість тестових вузлів, що є важливим з огляду на те, що на практиці число вузлів електронного кола, доступних для вимірювання, завжди обмежене. У даному випадку пропонується формувати на перших ітераціях довідник несправностей тільки на основі вимірювання вхідних і вихідних сигналів кола. І лише в разі неможливості розрізнити окремі вихідні реакції для різних вхідних сигналів використовувати для вимірювання внутрішні вузли, послідовно збільшуючи їх кількість.

На третьому етапі на пристрій, що діагностується, подається такий самий сигнал, який використовувався при формуванні довідника. Отримані характеристики порівнюються з характеристиками, що зберігаються в довіднику. Для ототожнення несправності з одним із записаних в довідник типів використовують критерій локалізації.

У методах довідників несправностей зазвичай використовуються нескладні критерії локалізації, які передбачають виконання тільки простих арифметичних операцій. Завдяки цьому ці методи забезпечують мінімальний обсяг оперативних обчислень.

Для апробації алгоритму було взято пристрій електроживлення, схема якого наведена на рис. 1.

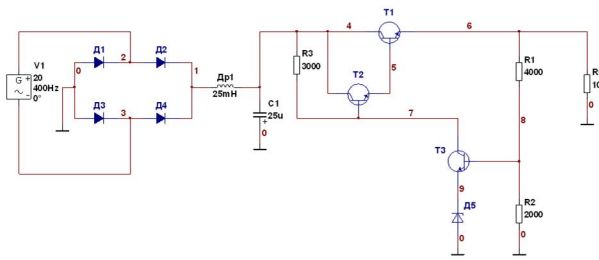


Рис. 1. Схема пристрою електроживлення

Далі було складено таблицю несправностей пристрою, в яку було занесено всі катастрофічні несправності елементів (табл. 1).

Таблиця 1

Таблиця катастрофічних несправностей

№ з/п	Опис несправності
1	Обрив виводу бази транзистора T1 або емітера транзистора T2
2	Обрив виводу колектора транзистора T1
3	Обрив виводу емітера транзистора T1
4	Обрив виводу бази транзистора T2
5	Обрив виводу колектора транзистора T2
6	Закорочення виводів резистора R2
7	Обрив виводу бази транзистора T3
8	Обрив виводу колектора транзистора T3
9	Обрив виводу емітера транзистора T3
10	Закорочення виводів емітера і бази транзистора T1
11	Закорочення виводів колектора і бази транзистора T1
12	Закорочення виводів колектора і емітера транзистора T1
13	Закорочення виводів колектора і бази транзистора T2
14	Закорочення виводів емітера і бази транзистора T2
15	Закорочення виводів емітера і колектора транзистора T2
16	Закорочення виводів емітера і бази транзистора T3
17	Закорочення виводів колектора і бази транзистора T3
18	Закорочення виводів колектора і емітера транзистора T3
19	Обрив виводів діода D1
20	Обрив виводів діода D2
21	Обрив виводів діода D3
22	Обрив виводів діода D4
23	Закорочення виводів діода D1
24	Закорочення виводів діода D2
25	Закорочення виводів діода D3
26	Закорочення виводів діода D4
27	Закорочення виводів резистора R3
28	Закорочення виводів діода D5
29	Обрив виводів дроселя Dp1
30	Обрив виводів конденсатора C1
31	Обрив виводів резистора R1
32	Обрив виводів резистора R2
33	Обрив виводів резистора R3
34	Закорочення виводів дроселя Dp1
35	Закорочення виводів конденсатора C1
36	Закорочення виводів резистора R1

Моделювання пристрою виконувалось в середовищі системи програм Multisim [7]. Необхідно

зазначити, що ні обриви, ні закорочення виводів елементів не призводили до ускладнень чи аварійних ситуацій в роботі системи Multisim – всі несправності були успішно промодельовані.

Результати моделювання у вигляді часових діаграм вихідної напруги V(6) наведені на рис. 2.

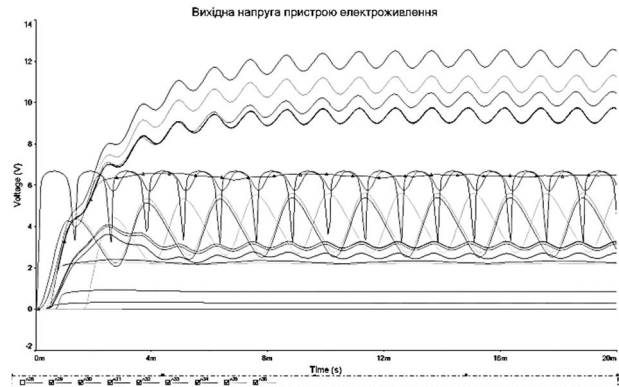


Рис. 2. Вихідна напруга при всіх несправностях

Для кількісного порівняння графіків вихідної напруги при номінальних значеннях і для кожної несправності розраховувалось середньоквадратичне відхилення, наведене в табл. 2. Як бачимо, основну групу склали несправності: 2, 5, 12, 17, 18, 28, 30, 32, 34, 36; в першу групу невизначеності увійшли несправності: 6, 7, 8, 9, 16, 31; в другу – 1, 3, 4, 29, 33, 35; в третю – 19, 22; в четверту – 10, 14; в п'яту – 11, 15; в шосту – 13, 27; в сьому – 24, 25.

З метою подальшого розрізнення несправностей необхідно оперувати з напругами у внутрішніх вузлах пристрою.

Таблиця 2

Таблиця катастрофічних несправностей

№ з/п	Сер.кв.відх.	№ з/п	Сер.кв.відх.
1	38.46	19	6.81
2	13.40	20	7.99
3	38.46	21	7.99
4	38.46	22	6.81
5	10.61	23	7.06
6	6.44	24	5.83
7	6.45	25	5.83
8	6.43	26	7.06
9	6.44	27	9.37
10	9.90	28	17.64
11	14.60	29	38.46
12	23.90	30	0.20
13	9.37	31	6.45
14	9.90	32	15.84
15	14.60	33	38.46
16	6.44	34	2.37
17	28.92	35	38.46
18	34.92	36	16.53

Висновки

В результаті виконаних досліджень підтверджено ефективність адаптованого алгоритму діагностування нелінійної схеми електроживлення в часовій області на рівні множин неоднозначності.

У випадку великих схем доцільно використовувати методи діакоптики і діагностувати пристрій спочатку на рівні підсхем, а потім окремі підсхеми на рівні елементів.

В подальшому планується дослідити вплив розкиду параметрів елементів на показники локалізації несправностей, що забезпечить підвищення достовірності діагностування вузлів електронних систем озброєння і військової техніки сухопутних військ Збройних Сил України.

Список літератури

1. Давыдов П.С. *Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем*. М.: «Радио и связь», 1988. – 256 с.

2. Байлов В.В., Плаксиенко В.С. *Диагностика и обслуживание радиоэлектронных систем бытового назначения: Учебное пособие*. – Таганрог: Издательство ТТИ ЮФУ, 2007. – 64 с.

3. Бэндлер Дж. *Диагностика неисправностей в аналоговых цепях* / Дж. Бэндлер, А.Э. Салама // ТИИЭР. – 1985. — Т. 73, № 8. — С. 35-104.

4. Блажитко Б.Я. *Основы теории диагностики аналоговых электронных цепей по постоянному току* / Б.Я. Блажитко, В.Г. Рабык // Теоретическая электротехника. – 1988. – Вып. 44 – С.121-129.

5. Воловикова Е.В., Увайсов С.У. *Метод диагностирования радиоэлектронных устройств на основе комплексного электротеплового моделирования*. Журнал «Информационные технологии», № 10. – 2009. – С. 57 – 60.

6. Kasand U., Novak F., Azas F. *Extending IEEE Std. 1149.4 Analog Boundary Modules to Enhance Mixed-Signal Test*. Magazine «IEEE Design & Test» Issue 2, March, 2003. p. 32 - 39.

7. Хернитер М. *Multisim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств*. – М.: Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488 с.

Рецензент: д.т.н., доц. З.О. Колодій, Національний університет "Львівська політехніка", Львів.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

О.Г. Крук

Рассмотрены основные подходы к автоматизации диагностирования аналоговых электронных устройств. Предложен алгоритм диагностирования электронных устройств во временной области в режиме большого сигнала, основывающийся на методе справочников неисправностей. В качестве примера выполнено диагностирование устройства электропитания.

Ключевые слова: автоматизированное диагностирование, метод справочников неисправностей, алгоритм, моделирование, аналоговое электронное устройство.

APPLIED ASPECTS OF AUTOMATED DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC SYSTEMS POWER CIRCUITS

O. Kruk

The main approaches to the automation of diagnosing of analog electronic circuits are considered. The algorithm for diagnosing of electronic circuits in the large signal regime in time domain mode, based on the reference method for fault dictionary is proposed. Diagnosing of power circuit is made as an example.

Key words: automation of diagnosing, method for fault dictionary, algorithm, modeling, analog electronic circuit.