

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТУВАННЯ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ

А.В. Гнатов, М.Б. Старостенко, О.В. Храмов
(Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба)

Стаття присвячена представленню та опису основних математичних моделей на основі електромагнітної обстановки (електромагнітних характеристик) на комплексі технічних засобів

електромагнітна обстановка, математична модель, діагностування

Постановка проблеми. З аналізу оцінок достовірності функціонування систем контролю і діагностування (КД) виходить, що вони в першу чергу залежать від достовірності КД, яка характеризується перш за все повнотою і здатністю виявляти використовуваного методу [1]. Що ж представляє собою метод КД по електромагнітній обстановці (ЕМО)? Він може бути визначений як сукупність моделей, правил, алгоритмів, що описують процедуру розпізнавання технічного стану об'єкту з заданим ступенем деталізації по електромагнітним характеристикам даного об'єкту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом все більше з'являється публікацій та різного роду наукових робіт, які присвячені електромагнітній сумісності (ЕМС) і технічних засобів [2]. Про це свідчить і той факт, що проблема електромагнітної сумісності щорічно підіймається на найвпливовіших науково-технічних конференціях і симпозиумах [3 – 5]. На цей час вже зібрано чимало матеріалів по проблемі ЕМС, але ще багато питань залишаються не розкритими. Це стосується й такого напрямку в науці і техніці, як технічна діагностика та контроль технічного стану обладнання, який тільки починає свій розвиток. Більшість праць по цій тематиці носить лише загальний характер [6].

Мета статі. Ця стаття присвячена представленню та опису математичних моделей для КД на основі ЕМО, що дасть можливість достовірно, зручно та оперативно провести контроль та діагностування складних технічних комплексів та систем.

Основна частина. Основу будь-якого методу контролю і діагностування складають два компоненти:

а) модель об'єкту КД, яка описує його поведінку в різних технічних станах (ТС). Які повинні бути розпізнані при реалізації методу (працездатному і непрацездатному ТС, справному і несправному ТС тощо.)

б) сукупність правил, процедур, що дозволяють розпізнати технічний стан об'єкту, що описується вибраною моделлю. Тому перш ніж перейти до розгляду конкретних методів КД по ЕМО, необхідно проаналізувати моделі об'єктів перевірки.

Формалізований опис поведінки в альтернативних технічних станах електромагнітних обстановок визначимо, як математична модель об'єкту контролю і діагностування, яка заснована на ЕМО об'єкту. На рис. 1 представлено класифікацію основних математичних моделей (ММ) об'єктів контролю і діагностики (ОКД) по ЕМО.

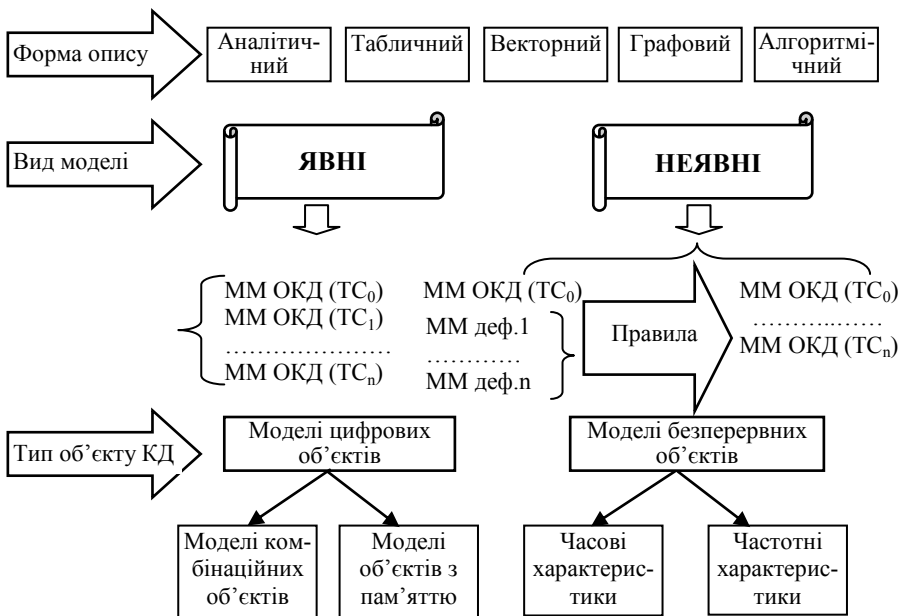


Рис. 1. Класифікація математичних моделей об'єктів КД по ЕМО

За формою завдання розрізняють аналітичні, таблицні, векторні, графові, алгоритмічні та інші моделі.

Математична модель ОКД по ЕМО в аналітичній формі задається у вигляді аналітичної залежності, що зв'язує вхідні X і вихідні Z_0 сигнали (вектора) за початкових умов (стани) Y_0 для різних моментів часу t

$$Z_0 = f_0(X, Y_0, t). \quad (1)$$

При i -му дефекті вираз (1) записується у вигляді

$$Z_i = f_i(X, Y_i, t), i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де Z_i, Y_i, f_i – вихідні сигнали, початковий стан і виконувана функція; n – число допустимих дефектів.

У табличній формі математична модель є таблицею, кількість стовпців в якій визначається розрядністю вхідних і вихідних сигналів і числом даних дефектів, а кількість рядків – числом вхідних наборів.

Векторна форма є компактним варіантом аналітичної форми. При використанні графових ММ вершини зіставляються з різними технічними і (або) функціональними станами. А ребра – з умовами (вхідним сигналом, дефектом тощо), при яких здійснюється переходи між станами.

Алгоритмічні моделі описують роботу ОКД на мовах логічних, матричних і граф-схем алгоритмів.

На практиці часто використовуються декілька типів моделей, які доповнюють одна одну.

Приведемо приклади деяких форм опису математичних моделей.

Припустимо, об'єктом перевірки є двухвхідний елемент G (рис. 2). У працездатному стані TC_0 (рис. 2, а) виконує функцію $Z_0 = X_1 \cdot X_2$.

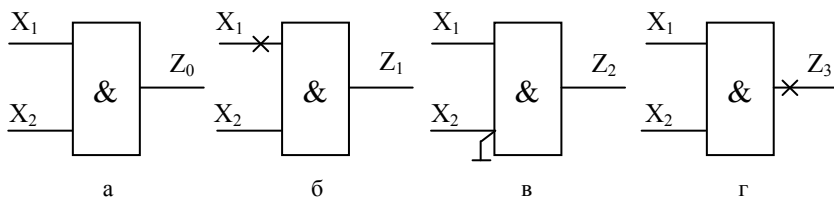


Рис. 2. Схеми двухвхідного елемента G :
а – працездатного; б – з обривом входу;
в – з коротким замиканням; г – з обривом виходу

При обриві входу X_1 (рис. 2, б), що для елементів, наприклад для ТТЛ-логіки, еквівалентно подачі одиничного рівня сигналу (дефект TC_1) $X_1 = 1$. Тоді логічна функція, що описує роботу при такому дефекті, дорівнює $Z_1 = X_2$.

Якщо відбулося коротке замикання по входу X_2 (рис. 2, в, дефект TC_2), то відповідна функція $Z_2 = 0$.

При обриві вихідного кола елемента (рис. 2, г, дефект TC_3) $Z_3 = 1$.

Аналогічно можуть бути одержані логічні функції, що описують роботу елементу G при інших дефектах.

Таким чином, даному елементу, як ОКД відповідає математична модель, що є в аналітичній формі сукупність логічних функцій $Z_0, Z_1, Z_2, \dots, Z_n$.

Очевидно, що математична модель станів об'єкту для розглянутого випадку може бути легко задана в табличній формі (табл. 1). Відповідно ці стани об'єкту характеризуються своїми, визначеними, електромагнітними характеристиками. Дані характеристики можна визначити виходячи з електромагнітних процесів, які протікають в даному об'єкті, при перебуванні останнього в одному з перерахованих станів.

Можна стверджувати, що електромагнітні властивості об'єкту, які описуються його електромагнітними характеристиками і відображають електромагнітні процеси, також відображають і ТС об'єкту під час його роботи.

Таблиця 1

Математична модель станів об'єкту

Вхідні сигнали		Вихідні сигнали			
X_2	X_1	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	1

Математична модель електромагнітних процесів об'єкту перевірки повинна бути адекватна задачі, яка вирішується, з точки зору повноти і ступеня деталізації опису його поведінки і працездатного стану, за наявності дефектів. У цьому сенсі дуже важливо правильно визначити множину допустимих дефектів в даному об'єкті. Потужність цієї множини залежить від того, наскільки всебічно і глибоко потрібно описати і розпізнати можливі технічні стани об'єкту. При цьому необхідно враховувати, які вірогідність виникнення тих або інших дефектів, їх вплив на працездатність.

Зайва деталізація дефектів по їх ЕМО приводить до переускладненню математичної моделі, а недостатній їх облік може привести до того, що в процесі КД з'являться нерозпізнавані технічні стани, а у підсумку одержаний результат ЕМО об'єкту не повною мірою характеризуватиме його технічний стан.

За виглядом моделі (рис. 1) розрізняють явні і неявні математичні моделі. Явні математичні моделі описують поведінку працездатного об'єкту і всіх його допустимих модифікацій. Іншими словами, явна математична модель (ЯММ) є сукупністю математичних моделей ОКД в технічних станах TC_0 і TC_1, \dots, TC_n

$$\text{ЯММ} = \{ \text{ММОКД}(TC_0), \text{ММОКД}(TC_1), \dots, \text{ММОКД}(TC_n) \}.$$

При явній математичній моделі, ОКД був розглянутий вище для елементу G.

Неявна математична модель (НММ) складається з моделі працездатного об'єкту ММ ОКД (ТС), математичних моделей різних дефектів, $i = \overline{1, n}$ і правил, що визначають перехід до математичних моделей ОКД за наявності і-го дефекту

$$\text{НММ} = \left\{ \text{ММОКД}(TC_0), \{ \text{ММ}_{\text{деф}i} \}_{i=1}^n, \varphi: \text{ММОКД}(TC_0) \xrightarrow{\text{деф}i} \text{ММОКД}(TC_i) \right\}.$$

Очевидно, що неявні моделі об'єктів контролю і діагностування по ЕМО відрізняються більшою компактністю і тому їх використання доцільно для складних ОКД.

Усі системи складних технічних комплексів при отриманні їх математичних моделей як об'єктів контролю і діагностування по ЕМО доцільно розділити на цифрові (дискретні) і аналогові (безперервні). Відповідно до цього по типу об'єктом КД математичні моделі діляться на моделі дискретних і безперервних ОКД. У свою чергу залежно від характеру дискретних систем, розрізняють моделі комбінаційних об'єктів або об'єктів з пам'яттю. Для комбінаційних об'єктів математична модель містить ММ ОКД (і ММ ОКД (TC_i)) та має вигляд [1]:

$$Z_0 = \omega_0(X_0); \quad (3)$$

$$Z_i = \omega_i(X), i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

де ω_0 – функція виходу TC_0 ; ω_i – функція виходу TC_i .

Оскільки в таких об'єктах вихідний сигнал Z залежить тільки від вхідного X . Функція, що описує цю можливість, називається функцією виходів, ω_i – її дефектна модифікація.

Об'єкти з пам'яттю описуються двома групами функцій – переходів δ і виходів ω :

$$Z_0 = \omega_0(X, Y_0), Y_0(t+1) = \delta_0[X(t), Y_0(t)]; \quad (5)$$

$$Z_i = \omega_i(X, Y_i), Y_i(t+1) = \delta_i[X(t), Y_i(t)], i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Функція переходів δ зв'язує стан об'єкту в такті часу $t+1$ з його станом і вхідним сигналом в попередній момент часу t .

Висновок. У математичних моделях для систем складних технічних засобів слід виділити їх часові і частотні електромагнітні характеристики і модифікації для різних дефектів. Це дозволить більш повно і достовірно описати всі електромагнітні процеси, як в системі технічних засобів, так і на окремому об'єкті, та провести якісну діагностику устаткування по ЕМО з оперативним виявленням різноманітних нештатних режимів роботи, збоїв в роботі та дефектів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Харченко В.С. Основы построения и проектирования АСУ техническим состоянием летательных комплексов. Ч. 2. Введение в техническую диагностику систем летательных комплексов: Учебное пособие. – МО СССР, 1991. – 107 с.
2. Гнатов А.В. Математична модель корисних сигналів та завдань на комплексі технічних засобів // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2005. – Вип. 3(43). – С. 175-183.
3. Самойленко Б.Ф., Гнатов А.В., Гнатова Щ.В. Методика оцінки електромагнітних завдань для комплексу радіотехнічних засобів // Вісник НТУ "ХПИ". – Х.: "ХПИ", 2003. – № 7. – Т. 3. – С. 40-44.
4. Аполонский С.М., Вілесов Д.В., Воршевский А.А. Электромагнитная суми-ність в системах электропоставчання // Электричество. – 1991. – № 4. – С. 91-93.
5. Гнатов А.В. Диагностика сложных систем комплексов технических средств по электромагнитной обстановке. // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 10(38). – С. 16-25.
6. Князев А.Д. Конструювання радіоелектронної і електронно-обчислювальної апаратури з урахуванням ЕМС. – М.: Радио и связь, 1989. – 222 с.

Надійшла 1.03.2006

Рецензент: доктор технічних наук, професор Б.Ф. Самойленко,
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
