

МЕТОДИКА СИНТЕЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Чечуй, И.Н. Майборода, канд. воен. наук

Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба

Предлагается методика с использованием алгебры диагностических алгоритмов и метода перечисления типовых диагностических моделей для автоматизированных систем контроля, что позволяет уменьшать сроки разработки и анализа диагностических алгоритмов, не теряя качества эксплуатационных показателей.

* * *

Запропонована методика з використанням алгебри діагностичних алгоритмів та методу перерахування типових діагностичних моделей для автоматизованих систем контролю, що дозволяє скоротити строки розробки і аналізу діагностичних алгоритмів без втрати якості експлуатаційних показників.

* * *

The technique with usage of algebra of diagnostic algorithms and method of listing of standard diagnostic models for the automated monitoring systems is offered, that allows to reduce terms of mining and analysis of diagnostic algorithms, not losing quality of plant-performance figures.

Постановка проблемы и ее связь с важными научными проблемами. Наиболее характерной тенденцией в развитии радиоэлектронных объектов является возрастание количества выполняемых функций при росте требований к качеству их исполнения. Это приводит к устойчивому повышению конструктивной сложности и, как следствие, к значительному росту затрат на обслуживание радиоэлектронных средств, связанное с контролем, диагностированием, ремонтом и восстановлением работоспособности, а также с устранением последствий аварий и катастроф. Одним из наиболее важных вопросов эксплуатации средств радиоэлектронных объектов (РЭО) является вопрос технического контроля и диагностирования, особенно в тех ситуациях, когда сведения о техническом состоянии объекта необходимы в любой момент времени.

Наиболее перспективным решением этого вопроса является автоматизация процессов контроля и технического диагностирования радиоэлектронных объектов, которая направлена на сокращение времени осуществления процессов контроля и диагностирования, повышение коэффициентов технического использования и готовности РЭО, а также по-

вышение достоверности получаемых результатов.

Передовой зарубежный и отечественный опыт показывает, что для реализации эффективной системы контроля и диагностирования необходимо уделять большее внимание разработке требований к ней, выбору контролируемых параметров, созданию математической модели объекта контроля, синтезу алгоритмов диагностирования и принятия решений [1].

Анализ исследований и публикаций. Проведенный анализ показал, что задача разработки метода синтеза оптимальных контрольных и диагностических алгоритмов актуальна, т.к. существующие точные методы эффективны для небольшого числа проверок, а с ростом количества проверок и количества неисправностей становятся достаточно трудоемкими. Приближенные же методы рассматривают частные случаи объектов, имеют множество ограничений, а получаемый результат далек от оптимального значения [2].

С другой стороны анализ известных методов перечисления [3,4] (метод производящих функций; теория перечисления Пойа основанная на лемме Бернсайда, результатах Редфилда и результатах

Пойа; асимптотические методы, вероятностно-комбинаторные задачи Харди и Рамануджана) показал, что они не учитывают специфику диагностических моделей и не могут быть в полной мере использованы для решения поставленных задач.

Постановка задачи. Поэтому для решения данной задачи необходимо искать новый подход, с помощью которого можно было бы:

- во-первых, получать оптимальное решение, по возможности менее зависимое от количества проверок и отказов;
- во-вторых, допускать легкую формализацию и автоматизацию процесса разработки ДА.

Для повышения эффективности решения задач синтеза диагностических моделей и алгоритмов предлагается комплексное использование алгебраического подхода и метода перечисления типовых диагностических моделей.

Для решения поставленной задачи заданы начальные условия: пусть

k – количество состояний объекта,

n – количество проверок,

$A = (a_1, \dots, a_k)$ – множество состояний объекта,

$E = (P_1, \dots, P_n)$ – множество элементарных проверок.

Диагностическая модель (ДМ) задана в виде матрицы неисправностей (табл. 1):

Таблица 1

Матрица неисправностей

P/A	a_0	a_1	a_2	...	a_k
p_1	0	b_{11}	b_{12}	...	b_{1k}
p_2	0	b_{21}	b_{22}	...	b_{2k}
...
p_n	0	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nk}

Основной материал исследований. С помощью алгебры диагностических алгоритмов предложенной в [5] решается задача построения оптимального диагностического алгоритма (ДА) или, иначе, подмножество проверок $E \in P$ минимальной мощности,

такое, что ДА $C(E)$ идентифицирует все состояния объекта диагностирования.

Алгоритм решения данной задачи состоит из следующих этапов [1]:

1. По ДМ записывается дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ) ДА $C(P_1, \dots, P_n)$.
2. Из множества термов, входящих в ДНФ ДА, выделяются пары термов, расстояние между которыми равно 1.
3. Определяются проверки, различающие пары термов, выделенных в п. 2. Множество выделенных различающих проверок обозначим E_1 .
4. Записывается каноническая форма (т.е. описание ДА не указывающее вид термов, а только указание соответствующих подмножеств) ДА $C(E_1)$.
5. Анализируются подмножества B_1, \dots, B_h , и выделяются подмножества, имеющие мощность больше 1 (т.е. не различающие некоторые состояния).
6. Определяется множество проверок, не входящих в множество E_1 , различающих состояния, выделенные в п.5 и записывается различающая функция.
7. Различающая функция преобразуется к ДНФ и выбирается произведение минимальной длины. Множество проверок, вошедших в это произведение обозначим E_2 .
8. Записывается ДНФ ДА $C(E_1)*C(E_2)$.
9. Конец.

Далее для унификации и типизации алгоритмических средств предлагается использование метода перечисления типовых ДМ и построения каталога типовых вариантов ДМ с использованием отношений эквивалентности на множестве ДМ. Из множества преобразований наиболее эффективной является группа НТ преобразований (перестановка строк и столбцов), т.к. при этом множество ДМ разбивается на более крупные классы эквивалентности (в дальнейшем рассматривается эта группа преобра-

зований).

В основе разработанного метода лежит порождение элементарных комбинаторных объектов и исследование всех элементов некоторого класса. В большинстве случаев, в зависимости от специфики объекта, разрабатываются специализированные методы. При этом существуют две возможные цели – систематическое порождение всех возможных конфигураций и порождение распределенных случайных конфигураций.

Алгоритм систематического порождения состоит из трех компонент: выбор начальной конфигурации, трансформация одного объекта в следующий и условие окончания.

В общем случае метод построения типовых вариантов ДМ состоит в следующем [6]:

1. Для заданного значения числа строк ДМ n формируется множество вариантов столбцов $(0,1)$ матрицы. Очевидно, что их количество t равно $2^n - 1$ (нулевой столбец не рассматривается). Обозначим множество вариантов столбцов $V = \{V_1, \dots, V_t\}$.

2. Для заданного количества столбцов k последовательно формируются сочетания по k столбцов из t , входящих в множество V .

3. Для каждого сочетания формируется $(0,1)$ матрица.

4. Проверяется выполнение условий:

- а) отсутствуют одинаковые строки;
- б) отсутствуют «нулевые» строки;
- в) отсутствуют «единичные» строки.

Если условия выполнены – переходим к п. 5.

5. Если проанализированы все варианты – переходим к п. 9, иначе к п. 3.

6. Определяется минимальный типовой представитель, соответствующий рассматриваемой кон-

фигурации.

7. Проверяется наличие минимального типового представителя в каталоге типовых представителей. Если выявлен новый представитель, то он записывается в каталог.

8. Переходим к п.9.

9. Конец.

В результате каждая ДМ, принадлежащая одному классу эквивалентности, путем заданных преобразований может быть реализована лишь одной схемой оптимального ДА. При решении многих задач (например, разработка методов построения диагностических тестов и анализ их эффективности) отпадает необходимость рассматривать все множество ДМ, а достаточно рассмотреть множество типовых ДМ, и определить минимального типового представителя класса эквивалентности. С ростом числа проверок и числа состояний объекта количество вариантов ДМ резко возрастает и эффективность метода типовых представителей увеличивается.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, в результате программной реализации с использованием алгебры ДА, при модернизации автоматизированной системы контроля МК-9.12, получен выигрыш по времени разработки ДА в 1,4 раза, а при комплексном использовании алгебраического подхода и метода перечисления типовых ДМ в 1.8 раза.

Следует отметить, что время диагностирования в системе МК-9.12 также уменьшилось, так, например, в системе АКРС-Н в 1,2 раза, в АКРС-ПК – в 1,5 раза.

Перспективными направлениями дальнейших исследований является разработка адаптивных методов организации вычислительного процесса, учитывающих структурные и функциональные особенности объектов контроля с возможностью автоматизации построения ДМ, а также разработка экспертных систем направленных на построение

автоматизированных систем контроля и диагностирования радиоэлектронных объектов с использованием каталога типовых вариантов ДМ.

Литература

1. Чечуй А.В., Жихарев В.Я. Способы разработки диагностических алгоритмов при построении автоматизированных средств контроля радиоэлектронных объектов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: «ХАИ», 2003. - №17. – С. 82-87.

2. Анализ математических методов диагностирования состояния объектов контроля/ О.В. Касьян, В.Н. Торчило, А.В. Чечуй, Н.В. Доценко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: “ХАІ”, 2002. – Вип.29. – С.164-171.

3. Стенли Р. Перечислительная комбинаторика. – М.: Мир, 1990. – 440 с.

4. Магнус В. и др. Комбинаторная теория групп. Представление групп в терминах образую-

щих и соотношений. – М.: Наука, 1974. – 455 с.

5 Алгебраический подход к анализу и разработке диагностических алгоритмов/ В.Я. Жихарев, Н.В. Доценко, В.Н. Торчило, А.В. Чечуй // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: «ХАИ», 2002. - №13. – С. 122-126.

6. Чечуй О.В. Метод перерахування типових діагностичних моделей з введенням відношень еквівалентності на множині діагностичних моделей // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Анотації допов. міжнар. наук.-практ. конф. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2003. – С.709.

Поступила в редакцію 12.09.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Жихарев В.Я., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков