

МЕТОД И АЛГОРИТМ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗА ПРОГРАММ КОНТРОЛЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2017

Ю. В. Мясникова

аспирант кафедры эксплуатации авиационной техники;
Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва;
mjv.s@mail.ru

Рассмотрена задача снижения размерности при построении программ автоматического контроля для сложных объектов электротехнического оборудования в рамках программирования задач диагностики. Для решения задачи предложен метод и алгоритм эффективного описания объектов электротехнического оборудования (ЭТО) для его декомпозиции (разбиения), т.е. сведения задач большой размерности к решению ряда более простых задач. Для снижения размерности объекта выбран адекватный язык описания задачи, построенный на базе теории графов. Для представления результатов использованы понятия теории образов У.Гренандера. При решении задач синтеза (проектирования) и анализа использована единая методология представления образов на базе использования моделей их компонентов (образующих), цепей из них (конфигураций) и изображений объектов производства как множества из них. Метод разбиения основан на исследовании модели объекта контроля на достижимость и связность и выделении на их базе сильных компонентов в матрицах электрических соединений элементов. Схема разбивается на отдельные функциональные модули. Каждый модуль включает в себя функционально законченную часть схемы, которая лежит в основе проектирования тестов для дискретных схем автоматических объектов.

Объекты электротехнического оборудования; размерность; декомпозиция; теория образов; теория графов; синтез и анализ; разбиение.

Цитирование: Мясникова Ю.В. Метод и алгоритм декомпозиции в задачах синтеза программ контроля сложных объектов электротехнического оборудования // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16, № 2. С. 172-182. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-2-172-182

Введение

Оценка технического состояния сложных объектов представляет собой специфический процесс управления ими, выполняемый по определённой программе, и составляет техническую диагностику объектов контроля и диагностики (ОКД). Реализация программ осуществляется с помощью автоматизированных систем контроля и диагностики (АСКД), представляющих сложные системы логического управления детерминацией решений и действий. Необходимость организации физических процессов, протекающих в ОКД, и сложный характер взаимодействия объекта с АСКД обуславливают трудности анализа объекта, синтеза диагностических программ распознавания состояний (образов), алгоритмизации и программирования задач управления. Большое число работ посвящено отдельным вопросам теории и практики контроля и испытаний ЭТО. К ним следует отнести работы П.П. Пархоменко, А.Г. Евланова, А.Н. Коптева, В.А. Прилепского, Н.А. Соловьёва, В.П. Чипулиса, Г. Чжена, Е. Меннига, Г. Метца и др.

Попытка создания эффективных программ для контроля, диагностики и испытаний больших и сложных многотактных (последовательностных) и комбинаторных схем обнаруживает общность основных подходов и методов, базирующихся на автоматных языках, лежащих в основе теории конечных автоматов, распознавании образов (состояний).

Постановка задачи

Цель работы состоит в рассмотрении метода декомпозиции сложного объекта для распознавания его состояния и построения программ контроля и диагностики сложных объектов электротехнического оборудования.

По существу, всегда задано множество объектов контроля (принципиальные схемы, схемы электрических соединений в формате Э1, Э2, Э3 и т.д.). Начальное состояние для каждого объекта этого множества является фиксированным, а изменения в них можно представить некоторым подмножеством упорядоченных пар отношений вход-выход, которое определяет функцию (образ) направленных действий с ними. Необходимо построить представление системы в пространстве состояний, направленные действия в котором задаются двумя другими множествами, называемыми «управлениями» и «возмущениями» в теории управления и «воздействиями» и «реакцией» – в теории мысленных экспериментов Мура [1].

В данной работе образ можно определить как множество состояний, описывающих в общем состоянии объекта. Основная проблема определения состояний состоит в эффективном описании, при котором результирующее утверждение о состоянии не является недопустимо длинным, а его проверку на истинность или ложность можно осуществить без большого объёма операций. Это ограничивает класс легко описываемых образов (состояний). Все объекты автоматики электротехнического оборудования относятся к одному классу.

Основная задача контроля и диагностики объектов ЭТО в данной работе сводится к следующей: «Дан класс образов. Создать описательный язык, который допускает краткое и удобное описание образов этого класса, чтобы сделать их обработку более эффективной для решения задач распознавания состояний».

Для решения задач системного синтеза (проектирования) и анализа предложен метод представления объектов на базе четырёх принципов У. Гренандера, объединяющих компоненты (образующие) в образе этого объекта, цепи (конфигурации), изображения множества последних и их соединения в образ (модель) объекта контроля (ОК). Для преобразования объекта в образ в рамках формальных представлений [2] введём множество образующих (непроизводных объектов), которые обозначим через A , а каждую из них – символом α . Таким образом, совокупность ОК, построенных на множестве всех образующих A , состоит из непересекающихся классов образующих A^α , $A^\alpha \subset A$, где α – общий индекс, индекс класса образующих и

$$A = \bigcup A^\alpha, \quad A^\alpha \text{ – непересекающиеся классы.} \quad (1)$$

Таким образом, классы-множества объектов состоят из образующих, относящихся в математической логике к классам первой степени, а в теории распознавания образов – к классам непроизводных объектов. В частности, к этим классам относится весь перечень (элементная база) объектов электротехнического оборудования воздушных судов всех типов. Из них построены схемы всех уровней, включающие электрические цепи – конфигурации, подобразы образов, объединение которых позволяет получить модель объекта в определённом состоянии, а множество последних описывает образ объекта. Следует отметить, что в перечисленных множествах можно выделить не только элементы, но и подмножества из них (части, модули, конфигурации, изображения).

Одной из центральных проблем построения образа ОКД ЭТО является их размерность, которая и ставит задачу декомпозиции. Для решения задачи декомпозиции прежде всего требуется разработка метода разбиения заданной принципиальной схемы электросборки на схемы, которые легко могут быть переведены в удобную форму для построения на их основе простых подобразов, поведение которых может быть описано на языке конечных автоматов.

Для построения образа (состояния) объекта в целом используется теория образов У. Гренандера, которая положена в основу представления заданного множества объектов ЭТО (принципиальных схем) для их анализа. Для анализа объекта ЭТО задаётся группа преобразований, которая этими преобразованиями разбивает объект на классы эквивалентности (подобразы).

Метод декомпозиции

Непроизводные элементы служат основными элементами образов, в рассматриваемом случае электросборок, и должны обеспечивать адекватное и сжатое описание исходных данных в терминах заданных структурных отношений (числа соединений). В то же время для обеспечения адекватного описания образов необходимо, чтобы образующие содержали информацию, важную для конкретного приложения. Например, любую образующую можно описать булевым выражением, содержащим значения утверждений, включающих предикаты типа:

$$P(k) = p,$$

где P – некоторое входное свойство; k – предикат вида $k \in K$; p – значение некоторого свойства, отличного от входного. Для решения задачи разбиения объектов ЭТО структурная информация в непроизводных элементах не важна, что делает их простыми и компактными подобразами образов этих объектов. На этом этапе будут использованы возможности языка и методы прикладной теории графов – алгоритмический подход [3].

Объект ЭТО в простом представлении может быть описан множеством монтажных точек, а их соединения в соответствии с электрической схемой объекта определяются его принципиальной схемой.

Определение базовых компонентов и геометризация проблем теории представлений дают возможность замены реальных компонентов их геометрическими эквивалентами: простой компонент – одномерным пространством, ограниченным точками, с помощью которых они включаются в сеть. Электрическая сеть объекта или системы – сложное пространство-структура, которое может быть представлено через компанд-тензор, т.е. тензор, представляющий объект или систему, состоящие из тензоров, описывающих относительно законченные образования – геометрические объекты (модуль, блок и т.п.). Компанд-тензор лежит в основе концепции компанд-сети [4; 5].

Формализм синтеза образов – описания и анализа регулярных структур, таких как «образующая», «конфигурация», «изображение» в наиболее общем виде может быть представлен следующим образом.

Для получения дискриминантного описания регулярных конфигураций ОК используется правило их порождения. Правило композиции образующих будем задавать с помощью грамматики, допускающей комбинацию элементарных предикатов, и при этом результирующие описания не являются недопустимо длинными.

Так как объекты ЭТО сложны и число возможных описаний велико, то для определения и распознавания их образа необходимо описание сложного объекта в виде более простых подобразов. Это замечание остаётся в силе и для описания конфигураций некоторой абстрактной структурой. В рассматриваемом случае, как правило, это граф отношений в структуре ОК.

Таким образом, этот этап синтеза связан с языком графов, который позволяет изобразить некоторую ситуацию в виде рисунка. Он состоит из точек (вершин) a_1, a_2, \dots, a_n , представляющих множество A всех образующих, и дуг (рёбер) l_1, l_2, \dots, l_m , соединяющих часть этих точек (L). Таким образом, граф, представляющий конфигурацию

подобного типа (частичное описание объекта), полностью задаётся структурой упорядоченных соединений σ в рамках пары (A, L) .

Распознавание может быть проведено лишь с использованием описания каждого подобраза, включающего реальные образующие и конфигурации из них. Модель каждого подобраза получается на базе его детального описания на языке теории графов.

Структура полученных конфигураций представляет собой обозримое множество соединений σ , вводимых между образующими, оцениваемых в рамках чётких правил R , определяющих регулярность конфигураций. Множества этих конфигураций, необходимых для решения поставленной задачи, получаются с помощью правил R для каждой конфигурации $b_n(R)$, где n – число образующих. Для множества всех допустимых соединений σ между ними вводится понятие типа соединений Σ .

Приведённые выше положения позволяют формально определить важные для описания конфигураций понятия. В частности, для задания состава (c) конфигурации будет использована дельта Кронекера, а для соединений $\sigma(c) \in \Sigma = \emptyset$, т. е. $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество образующих, представляющих связи между образующими – носителями информации, реализуемых дугами. В рамках графового представления такой тип соединения образует частичный порядок, который задаётся направлением дуг. Как правило, конфигурации c , имеющих структуру $\sigma \in \Sigma$, будут регулярными.

Для получения полной информации о структуре системы введём на множестве регулярных конфигураций отношение эквивалентности \vee . Например, конфигурации c_1 и c_2 при наличии эквивалентности $c_1 \vee c_2$ $b_n(R)$ воспринимаются оператором как идентичные.

Классы эквивалентности, индуцированные на множестве регулярных конфигураций $b_n(R)$, будем называть правилом идентификации ν . Они представляют собой изображения I , являющиеся функциями, которые выражают значение формул. Одной функции (изображение, полное представление о состоянии системы), как правило, соответствуют несколько формул. Это требует введения соединителей σ , объединяющих существующие регулярные конфигурации в новые регулярные конфигурации, которые в рамках формализма теории образов описывают возникновение наблюдаемых объектов или их состояний, т.е. позволяют получить полную информацию о них.

Пространство конфигураций, в сочетании с правилом идентификации и множеством соединителей, образуют некоторую алгебраическую систему или алгебру изображений F .

Таким образом, для оценки состояния ЭТО известно пространство конфигураций

$$b_n(R) = \langle A, S, R \rangle,$$

регулярность каждой из которых представлена отношением связи ρ , а общая регулярность определяется правилом

$$R = \langle \rho, \Sigma \rangle.$$

Всё это определяет абстрактную алгебру изображений

$$F = b(R) / \nu$$

с всевозможными способами соединения на F , которые могут быть реализованы при помощи координат связей сначала образующих в конфигурации, а затем конфигураций в изображения. При этом выбор системы координат не должен влиять на суть дела, например, на определение состояния ОК в целом. Биективные отображения, в частно-

сти $A \rightarrow A$, обеспечивают инвариантность связей и индекса класса образующих. Они образуют в общем случае группу преобразований. Это сложные математические преобразования, которые необходимо связать с физическими изменениями как самих образующих, так и конфигураций из них.

Изображения F , т.е. оценка состояния ЭТО в целом, состоит из всех функций – графов отношений изображений. Для представления глобальной оценки состояния ЭТО расширяем изображение путём организации множества инженерных задач (множества конфигураций) оценки параметров всего комплекса, представляющих целевые модели объекта, отображающие в явной форме систему «объект – среда – локальная оценка».

Одной из центральных задач оценки технического состояния является задача распознавания состояния объектов технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Распознавание состояния существенно связано с формированием образа состояния, который определяется средой порождения и обработки информации. В рамках развития формализма ТОиР, т.е. развития формальных методов оценки состояния объекта ТОиР, в работе будут использованы оба термина – образ и состояние. В связи с этим формализуем проблему распознавания и формирования образов состояния. Функционирующая система в рамках теоретико-множественного подхода включает некоторую среду, представляющую упорядоченную пару (U, P) , где U – абстрактное множество (специалисты, средства измерения, системы встроенного контроля, аппаратные средства контроля и диагностики и собственно ОК), а P – семейство нетривиальных разбиений на U . Множество U определяет область анализа (рассуждений).

Каждый элемент из P обладает свойством. Тогда, если P – свойство, то каждый элемент $p \in P$, где p является подмножеством из U , является значением. Эта терминология позволяет определить образ ОКД, исходя, например, из подмножества получаемых с помощью аппаратных средств контроля и диагностики значений свойств его элементов. Можно рекурсивно определить образ элементов ОКД как значение свойства, подмножество которых является образующими, лежащими в основе построения конфигурации текущего состояния элементов ОК – A_i^α . Состояние (образ) всего ОК может быть определено в рамках рекурсивного определения $A_1^\alpha \cup A_2^\alpha \cup \dots \cup A_n^\alpha$. Объединение значений свойств отдельных подмножеств есть множество всех непересекающихся классов образующих. При этом

$$A_{i1}^\alpha \cup A_{i2}^\alpha = \{x, x \in A_{i1}^\alpha, \text{ или } x \in A_{i2}^\alpha\}.$$

Для получения заключения о текущем состоянии объекта ЭТО в область рассуждений введём образ (понятие), определяемый $A \cap B$. А соответствует (1), а её первичными элементами являются значения отдельного свойства, представленные в рамках актуализации измерений отдельных параметров. В соответствии (1) с заменой символа A на B . Первичными элементами этого образа являются значения свойств, актуализированных в рамках заданных эталонных значений параметров. В ходе реализации оценки технического состояния объекта ЭТО множества A и B являются подмножествами множества U . Для случая оценки состояния ОК используется, как правило, окружающая среда – среда, в которую помещён объект, актуализированное абстрактное конечное множество, включающее P – конечные семейства и каждый элемент из P – конечное разбиение.

Образы конечного разбиения P обладают внутренней структурой и допускают разбиения на более мелкие составляющие, существенно влияющие на эффективность описания, и устанавливают границы различимости элементов области рассуждений.

Это разбиение порождает подсемейство P^1 из P , являющееся на некотором уровне формального описания изображениями или образующими в P . Подсемейство P^1 из P является семейством эффективной структуры. Так как эффективность описания важна для реализации процесса контроля и диагностики объектов ЭТО, рассмотрим фундаментальную роль эффективной структуры в определении состояния.

Введём определение среды с учётом подсемейства P^1 . Среда, дополненную эффективной структурой P^1 , лежащую в основе процесса контроля и диагностики в целом, с формальных позиций назовём теоретико-множественными представлениями реальной среды, описываемыми тройкой $\langle U, P, P^1 \rangle$. Элемент подсемейства P^1 обладает определёнными свойствами, в частности и входными. Эти свойства определяются признаками и связями.

Значение признака элемента ОКД определяется в зависимости от того, с какими показателями подобного элемента сравнивается этот объект. При контроле в качестве значений используются 0 или 1, а при диагностике признак характеризуется более специфической информацией. Связи, как типы свойств, в рассматриваемом случае представляют собой число входов и выходов этого элемента. Показатель связи существенно изменяется в зависимости от того, на какую прикладную область он ориентирован.

Реализация такого подхода для контроля и диагностики объектов ЭТО возможна лишь на базе логики первого порядка в рамках дискриминантного подхода к описанию образующих и синтеза образов их состояния в качестве структурного подхода к представлению сложных объектов, состоящих из этих образующих.

Первый логический шаг такой организации заключается во введении модели двойственной сети, замещающей отдельные изображения (функции, матрицы, множество параметров), несущие информацию о связанном состоянии того или иного объекта, которая представляет собой по существу множество графов, соответствующих заданному набору ветвей. Каждый граф представляет собой ветвь, в которой отдельные параметры заменяются функциями или n -матрицами различной размерности в рамках постулата первого обобщения, сформулированного Г. Кроном [6]. Целью такого подхода является сокращение в процессе анализа числа уравнений. Это существенно облегчает математические преобразования и решение задач. Как правило, решение задач оценки объекта или его состояния лишь изредка связано с нахождением неизвестных параметров. Чаще целью является установление соотношений между известными параметрами, удовлетворяющих некоторому критерию эффективности или совершенства. Функция ценности или качества диагностируемого регулярного объекта обобщённо характеризует соответствие оцениваемого объекта по ряду особо выделяемых свойств (на первой стадии – внешних, а на второй – внутренних) регулярному объекту, а также параметрам функционирования систем сложных объектов путём сравнения полученных оценок объектов с их регулярными (заданными) оценками.

Таким образом, совокупность конфигураций, каждая из которых является в простейшем случае конкатенацией – путём, составленным из набора образующих (ветвей) в сетевом представлении, а в более сложном – ориентированным графом или конечным множеством путей, выделенных в нём, составляет векторное пространство сети.

В соответствии с введёнными понятиями локальной и глобальной цели и их связи с конфигурацией, определяющей локальную оценку объекта или его состояния и их совокупности, связанной с глобальной оценкой изображений, требуется формирование некоторого пространства конфигураций, т.е. множества путей в сети, а затем его сравнение с регулярными.

Как отмечено выше, из множества свойств, присущих объектам ЭТО, для их характеристики соответствия или различия требованиям существенными являются пра-

вила идентификации для отдельных систем – конфигураций, описываемых их составом и структурой, например, для самолёта в целом – сетью из конфигураций. Вводя это правило \vee , формализуем оценку соответствия или несоответствия, записывая для базовой (заданной) конфигурации c и полученной в результате контроля c'

$$c \vee c'.$$

Тогда при выполнении требований правила идентификации получаем изображение I на базе отношения эквивалентности \vee и наблюдения других условий, которые дают оценку состояния для конфигурации $I(c)$ и для сети из них $I(F)$.

Для поиска несоответствия базису либо конфигурации $I(c)$, либо сети $I(F)$ введём три понятия: «преобразование», «группа», «инвариантность», которые образуют теорию анализа изображений для решения задачи распознавания состояния отдельных объектов или систем. При этом, главным образом, будут интересовать гомоморфизмы, т.е. такое отношение между базовыми и полученными изображениями систем A и A' , которое можно записать следующим образом:

$$A(a_1, a_2, \dots, a_n) = A'(a'_1, a'_2, \dots, a'_n).$$

В рамках рассматриваемого подхода будем отмечать, что полученное изображение – совокупность параметров текущего состояния ОК – представляет гомоморфный образ, т.е. модель первой совокупности требуемых параметров.

Таким образом, контроль и диагностика укладываются в формализм образов, так как они комбинируются посредством исчисления высказываний или предикатов первого порядка, исходя из множества A относительно простых признаков, определяющих сходство или различие объектов обслуживания, или, с общих позиций, объектов познания. Признаки сходства или различия являются при техническом обслуживании двоичными переменными, принимающими два возможных истинных значения «норма» и «не норма». С этих позиций эти признаки служат образующими состояния, например, систем ЭТО, а конфигурации и изображения являются формулами или функциями, построенными как отображения в булеву алгебру A на базе правил объединения пересечения и взятия дополнения A .

В качестве фундаментального уравнения используется зависимость между сильными компонентами графа $G = (A^0, \Gamma)$ объекта или систем ЭТО, представляемыми порождёнными подграфами

$$G' = \{A^0 - R(a_k^0) \cap Q(a_k^0)\},$$

где A^0 – множество точек; Γ – отображение множества A^0 в A^0 ; $R(a_k^0)$ – достижимые множества точек A^0 ; $Q(a_k^0)$ – контрдостижимое множество; и конечными ориентированными простыми цепями $c_v = \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^0$, которые совместно представляют систему координат:

$$\bigcup \{A^0 - R(a_k^0) \cap Q(a_k^0)\} = \sum_n \left\{ \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^0 \right\}.$$

Предложенная зависимость, рассмотренная в разных пространствах-структурах, введённых для представления структур объектов и систем электротехнического оборудования, формирует систему уравнений

$$\bigcup \{A^{0(q)} - R(a_k^{0(q)}) \cap Q(a_k^{0(q)})\} = \sum_n \left\{ \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^{1(1)} \right\},$$

где q – индекс данного подпространства-структуры.

Для анализа свойств связности компонентов объектов или систем решаются уравнения, описывающие континуум составляющих объекта или системы. При решении этой задачи получаем информацию о достижимости $R = [r_{ij}]$ и контрдостижимости $Q = [q_{ij}]$ вершин графа объекта или системы. Для определения функционального модуля необходимо найти $R(x_i) \cap Q(x_i)$. Каждый функциональный модуль будет определяться соотношением

$$G'(A_i) = \{A^0 - R(A_i) \cap Q(A_i)\},$$

а процедура выделения функциональных модулей G' будет повторена до тех пор, пока объект и его граф G не будут преобразованы в новый граф, вершинами которого будут функциональные модули, а дуги между ними будут определять жгут проводов, их соединяющий.

Алгоритм декомпозиции

Выше предложена процедура выделения модуля в объекте ЭТО на базе алгоритма нахождения сильных компонентов [3]. С помощью этой процедуры будет получено множество модулей. Модули представляют малоразмерные объекты, позволяющие использовать теорию конечных автоматов для синтеза тестовой информации.

Логическую схему алгоритма структурного анализа ОК можно представить графом (рис.1).

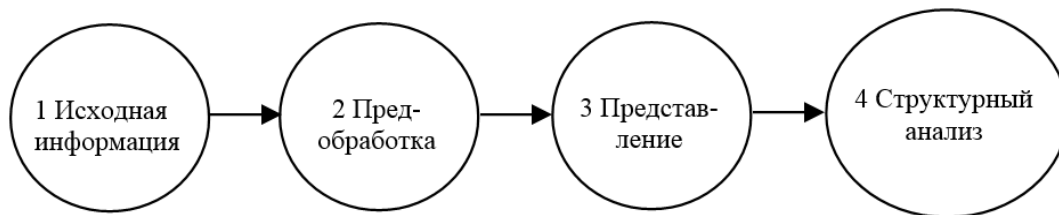


Рис. 1. Граф логической схемы алгоритма

Логическая схема алгоритма синтеза программы контроля с учётом процесса декомпозиции ОК представлена на рис. 2.

Процесс формирования входных воздействий и реакций на них полностью определяется полученной классификацией объектов и автоматным языком, в основе которого лежит теория конечных автоматов [5].

Представление объекта и решение задачи декомпозиции с помощью вышеприведённого метода возможно для любого объекта ЭТО по заданной принципиальной схеме.

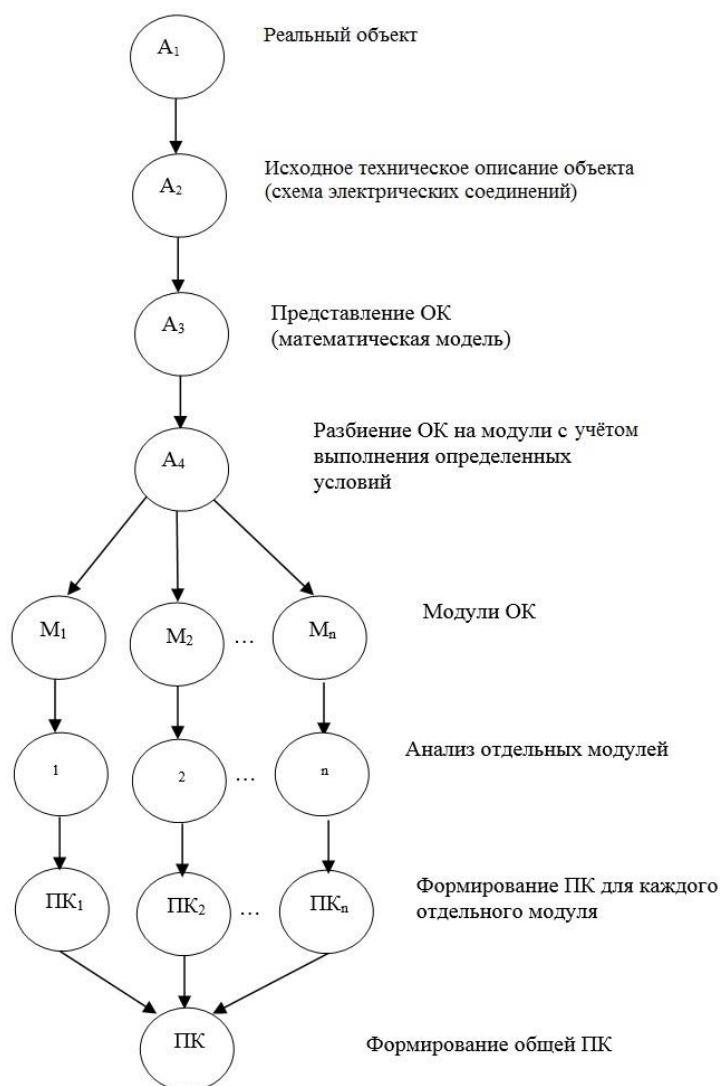


Рис. 2. Схема алгоритма синтеза программы контроля (ПК)

Таким образом, данный метод для разбиения сложных объектов ЭТО даёт сегментацию объекта на функциональные модули. В последующем, для построения оптимальной ПК отдельные цепи каждого функционального модуля заменяются отдельными тензорами преобразования [5; 7]. Монтажным тензором будет являться тензор преобразования, описывающий токи в сети составного компонента ЭТО.

Модуль выполняет определённую функцию, т.е. имеет вполне конкретный набор связей между компонентами. Функциональный модуль находится в одном из своих состояний, входящих в область возможных состояний этого модуля. Функция модуля в объекте может выражаться в некотором закономерном изменении его состояния при изменении, например, на его входах, полученных в результате приведённого ранее анализа электрических цепей, приложенных напряжений или воздействующих токов. При этом проблема контроля может быть сформулирована как проблема определения свойств объектов и сравнений этих свойств с заданной областью требуемых функциональных состояний. Каждый модуль включает в себя функционально законченную часть схем, которая и определяет основные требования к системе контроля, что значительно упрощает процесс построения ПК. Дальнейшая работа с модулями предусматривает разбиение на функциональные цепи и синтез тестовой информации.

Заключение

Предложенный в работе метод декомпозиции позволяет снизить требования к квалификации специалистов по проектированию программ контроля, уменьшить затраты времени на разработку тестов программы и унифицировать процедуру проектирования.

Библиографический список

1. Чжен Г., Мэннинг Е., Метц Г. Диагностика отказов цифровых вычислительных систем. М.: Мир, 1972. 232 с.
2. Гренандер У. Лекции по теории образов. Синтез образов. Т. 1. М.: Мир, 1979. 384 с.
3. Кристофидис Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978. 432 с.
4. Коптев А.Н., Миненков А.А., Марьин Б.Н., Иванов Ю.Л. Монтаж, контроль и испытания электротехнического оборудования ЛА. М.: Машиностроение, 1998. 295 с.
5. Хопкрофт Д.Э., Мотвани Р., Ульман Д.Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. 528 с.
6. Крон Г. Тензорный анализ сетей. М.: Советское радио, 1978. 720 с.
7. Коптев А.Н., Кириллов А.В., Тихонов А.Н. Синтез систем диагностического управления техническим состоянием бортовых комплексов оборудования летательных аппаратов: учеб. пособие. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2012. 293 с.

METHOD AND ALGORITHM OF DECOMPOSITION FOR THE SYNTHESIS OF PROGRAMS OF CONTROL OF ELECTRICAL EQUIPMENT COMPLEX OBJECTS

© 2017

Ju. V. Myasnikova

Postgraduate student of the Aircraft Maintenance Department;
Samara National Research University, Samara, Russian Federation;
mjv.s@mail.ru

The article considers dimension problems of electrical equipment complex objects in developing test programs in the context of programming diagnostic tasks. To solve the problem, we propose a method and an algorithm for the effective description of electrical equipment objects for its decomposition, i.e. reducing large-dimensional problems to the solution of a number of simpler problems. An adequate task description language based on the theory of graphs was chosen for solving dimension problems. To represent the results, we use the concepts of U. Grenander's patterns theory. To solve the problems of synthesis (design) and analysis we use a single methodology of pattern representation using models of their components, circuits (configurations) made up of them and images of production objects. The decomposition method is based on the analysis of the controlled object in the context of the graph theory and the separation of strong components in the matrices of the electrical connections of the elements. The scheme is divided into separate functional modules, each module including a functionally complete part of the scheme that forms the basis of designing tests for discrete circuits of objects.

Objects of electrical equipment; dimension; decomposition; pattern theory; graph theory; synthesis and analysis; fragmentation.

Citation: Myasnikova Ju.V. Method and algorithm of decomposition for the synthesis of programs of control of electrical equipment complex objects. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2017. V. 16, no. 2. P. 172-182. DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-2-172-182

References

1. Chang H.J., Manning E., Metze G. Fault diagnosis of digital systems. New York: Wiley-Interscience, 1970. 159 p.
2. Grenander U. Pattern synthesis. Lecture in Pattern Theory. V. 1. New-York: Springer-Verlag, 1976. 517 p.
3. Christofides N. Graph Theory: An Algorithmic Approach. New-York: Academic Press, 1975. 415 p.
4. Koptev A.N., Minenkov A.A., Mar'in B.N., Ivanov Yu.L. *Montazh, kontrol' i ispytaniya elektrotekhnicheskogo oborudovaniya LA* [Assembly, monitoring and testing of aircraft electrical equipment]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1998. 295 p.
5. Hopcroft J.E., Motwani R., Ullman J.D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. Addison-Wesley, 2001. 537 p.
6. Kron G. Tensor analysis of networks. J. Wiley and Sons, 1949. 635 p.
7. Koptev A.N., Kirillov A.V., Tikhonov A.N. *Sintez system diagnosticheskogo upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem bortovykh kompleksov oborudovaniya letatel'nykh apparatov: uch. posobie* [Synthesis of systems of diagnostic control of the technical condition of aircraft onboard equipment]. Samara: Samara State Aerospace University Publ., 2012. 293 p.