

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию К.А. Попкова «О проверяющих и диагностических тестах для контактов и функциональных элементов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика

Одной из актуальных и важных проблем математической кибернетики является контроль исправности и диагностика неисправностей управляющих систем и составляющих их элементов. При решении этой проблемы широко используются так называемые логические методы контроля, суть которых обычно заключается в следующем. Соответствующая система, скажем, схема из функциональных элементов, или контактная схема, рассматривается как некий «черный ящик» со входами и выходами. На входы подаются подходящие сигналы (входные наборы) и наблюдаются сигналы на выходах (выходные значения). По результатам такого эксперимента делается вывод о состоянии схемы, а именно об исправности или неисправности в случае проверяющего теста или о функции, реализуемой схемой, в случае диагностического теста. Число наборов, подаваемых в ходе эксперимента на входы схемы, составляет длину соответствующего теста, которую, как правило, и стремятся минимизировать. Для этого включают в тест наиболее подходящие входные наборы или даже, более того, подбирают при проектировании наиболее подходящие по тестопригодности схемы.

Сходная проблема, но вместе с тем и обладающая существенной новизной, рассматривается в диссертационной работе К.А. Попкова. Здесь ставится вопрос о проверке исправности и диагностике неисправностей отдельных элементов (контактов, функциональных элементов) из некоторого заданного множества, содержащего n однотипных элементов. Предполагается, что каждый элемент может находиться либо в исправном, либо в неисправном состоянии; как обычно, предполагается, что состояния элементов при диагностических экспериментах не изменяются, а неисправными могут оказаться не более k элементов. В исправном состоянии элемент, рассматриваемый как простейшая схема, реализует отвечающую ему функцию: за-

мыкающий контакт — тождественную функцию, размыкающий — инверсию, функциональный элемент — некоторую булеву функцию от входных переменных. В неисправном состоянии каждый элемент реализует булеву константу. Из заданных элементов можно строить произвольные схемы, двухполюсные для контактов или имеющие по одному выходу для функциональных элементов. Построенные схемы, составляющие (по определению) тест, можно «прозванивать», т.е. подавать произвольные входные наборы (сигналы) и наблюдать выдаваемые схемами значения (выходные сигналы) реализуемых функций. Таким образом в результате эксперимента (проверяющего или диагностического) находится набор функций, реализуемых построенными схемами. По этим функциям нужно дать ответ на вопрос об исправности (исправен или неисправен?) каждого элемента в случае проверяющего теста либо о состоянии (исправен или неисправен, и если неисправен, то какую константу — 0 или 1 — реализует) каждого элемента в случае диагностического теста. При этом желательно минимизировать длину теста, т.е. число построенных схем.

Легко заметить, что для множества из n элементов всегда можно взять тривиальный тест длины n , в который каждый элемент входит как отдельная схема. Но оказывается, что часто возможно строить тесты и меньшей длины. Исследованию таких возможностей с соответствующими оценками длины получающихся тестов и посвящена работа Попкова, естественным образом распадающаяся на две части (главы): в первой рассматриваются контакты и контактные схемы, а во второй — функциональные элементы и схемы из них. Основные результаты работы следующие.

В первой части, т.е. для контактов и контактных схем, установлено, что если k (максимальное число неисправных контактов) достаточно мало по сравнению с n (общим числом контактов), то в классах произвольных двухполюсных контактных схем и π -схем существуют проверяющие и диагностические тесты длины не более чем $k + 1$. Все верхние оценки длины тестов в работе устанавливаются конструктивно, с указанием соответствующих тестов (схем).

Получены нетривиальные нижние оценки для длин проверяющих и диагностических тестов. В случаях $k = n - 1, n$ установлено, что тривиаль-

ные тесты являются минимальными. Окончательное решение получено и для случая единичных неисправностей, когда неисправным среди всех контактов может оказаться единственный контакт. Оказалось, что для класса π -схем длина минимальных тестов при $n \geq 2$ равна двум, а для класса произвольных контактных схем длина минимальных тестов равна 2, если $n = 2, 3, 4$, а при $n \geq 5$ равна 1 — любопытный факт!

Во второй части установлено, что $2k + 1$ — мажоранта длины минимального проверяющего теста для n функциональных элементов в случае, когда k достаточно мало сравнительно с n , а реализуемая элементами функция отлична от конъюнкции, дизъюнкции и инверсии; если при этом реализуемая элементами функция еще и нелинейна, то $2k + 1$ остается мажорантой и для длины минимальных диагностических тестов.

Доказано, что k является минорантой длин проверяющих и диагностических тестов, причем в случае, когда реализуемая элементами функция имеет некоторый специальный вид, получены более сильные нижние оценки.

Окончательное решение задач проверки исправности и диагностики неисправностей функциональных элементов найдено в случаях, когда $k = 1$ или когда $k = 2, n - 1, n$ и выполнены некоторые ограничения на вид реализуемых элементами функций.

При построении коротких тестов и доказательстве их минимальности автор проявляет большую изобретательность, отменную математическую подготовку, способность находить решения трудных математических задач. Это видно, например, при построении минимальных тестов для множества элементов, реализующих инверсию (случай инверсии на первый взгляд может показаться довольно простым, но это далеко не так и при его рассмотрении автор преодолевает большие затруднения, но, тем не менее, находит изящные решения возникающих проблем).

Тема диссертации Попкова К.А. актуальна, полученные результаты новы, интересны как с теоретической, так и с прикладной точки зрения. Результаты диссертации могут быть использованы в научных исследованиях, ведущихся в МГУ им. М.В. Ломоносова, ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, Институте математики им. С.Л. Соболе-

ва СО РАН, Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского. Представленные в диссертации результаты снабжены строгими доказательствами, а приведенные и используемые известные факты — соответствующими ссылками. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Все основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах по рассматриваемой тематике и апробированы на различных семинарах и конференциях, в том числе и международных. Считаю, что диссертация «О проверяющих и диагностических тестах для контактов и функциональных элементов» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 — дискретная математика и математическая кибернетика, а ее автор Кирилл Андреевич Попков заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Д. ф.-м. н., профессор

Н.П. Редькин

29.09.2015 г.

Подпись Н.П. Редькина заверяю



Редькин В.П.