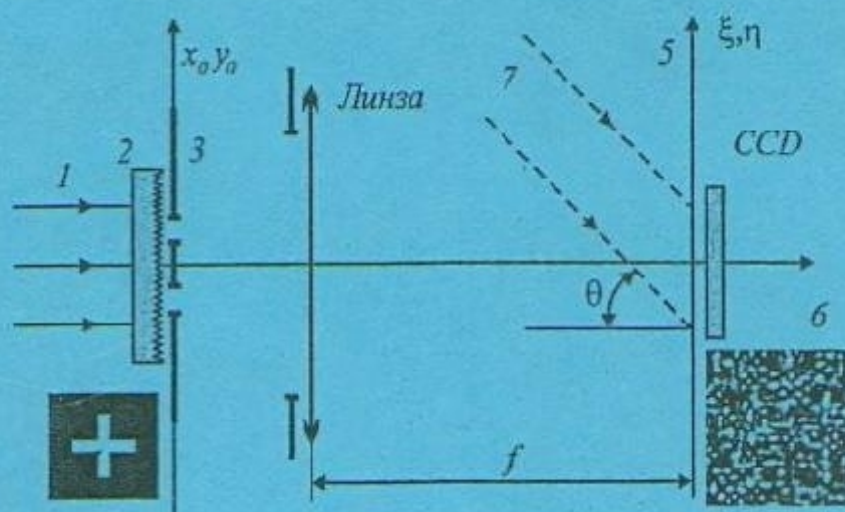


ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕЦИЗИОННОЙ МЕХАНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Материалы Международной конференции



2007

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНТАЖА. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ

Этап контроля электрической топологии является обязательным при производстве любого электронного изделия. Результатом контроля должен быть вывод о соответствии топологии электрического монтажа заданной либо о несоответствии с диагностикой ошибок.

Контроль электрической топологии объекта контроля (ОК) осуществляется путем измерения сопротивления между контролируемыми точками.

Автоматизированный контроль проводного монтажа реализуется на базе следующей измерительной схемы (рис. 1).

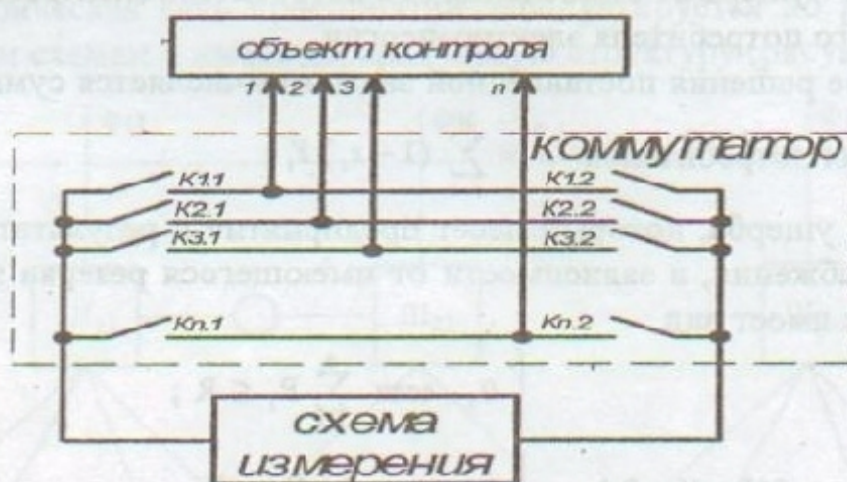


Рис. 1

Элементная база коммутатора в большинстве случаев определяет способы коммутации точек контроля:

- единичная коммутация;
- групповая коммутация.

Если при единичной коммутации возможно управление только одним ключом из каждой группы $K_{x.1}$ и $K_{x.2}$, то групповая коммутация позволяет управлять несколькими ключами из каждой группы одновременно.

Способ коммутации определяет алгоритмы контроля. Для описания алгоритмов вначале формализуем задачу контроля топологии.

Для формализации поставленной нами задачи примем следующее допущение - электрическое соединение существует, если его сопротивление меньше заданного. Данное допущение позволяет представить топологию электрических соединений объекта контроля в виде графа (рис. 2), вершинами которого являются исследуемые точки ОК, а ребрами - электрическое соединение между ними.

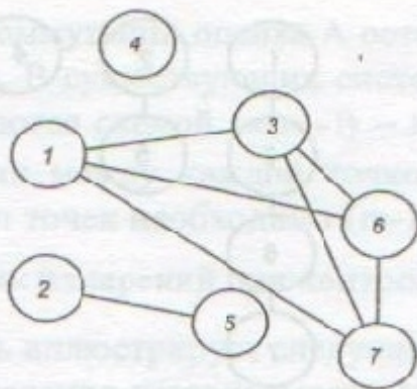


Рис. 2

Структуру объекта контроля будем представлять в виде матрицы смежности (таблица).

Структура объекта контроля

№ контакта	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0	1	0	0	1	1
2	0	1	0	0	1	0	0
3	1	0	1	0	0	1	1
4	0	0	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	1	0	0
6	1	0	1	0	0	1	1
7	1	0	1	0	0	1	1

Проверка соответствия электрической топологии цепи заданной заключается в контроле каждой ячейки матрицы.

Оценку трудоемкости алгоритмов будем оценивать количеством необходимых измерений.

Таким образом, для контроля матрицы размером $n \times n$ потребуется $N = n^2$ измерений.

Матрица смежности всегда является квадратной и симметричной относительно главной диагонали (для неориентированного графа). Поэтому число необходимых измерений представится в виде $N = \frac{n(n-1)}{2}$.

Это максимальное число измерений, оно необходимо лишь в случае, когда все вершины графа изолированы друг от друга. При наличии соединений между вершинами (смежные вершины) представленная оценка становится избыточной. Покажем это на примере графа (рис. 3). Разобьем граф на подграфы так, что все вершины в каждом подграфе связны, а вершины из различных подграфов несвязны (разбиваем граф на компоненты связности).

Для компонента связности справедливы следующие утверждения:

- для контроля вхождения вершины в компонент связности достаточно проверить ее смежность с любой вершиной компонента связности;
- компонент связности можно рассматривать как одну изолированную вершину.

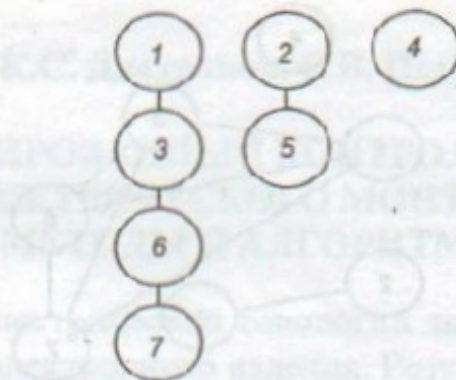


Рис. 3

Минимальное число измерений для контроля электрической топологии цепи достигается при следующем алгоритме проверки:

1. Контролируется входение вершин в соответствующие компоненты связности.
2. Контролируется изолированность компонентов связности друг от друга.

Таким образом, число измерений N складывается из числа измерений A , необходимых для контроля входения вершин в соответствующие компоненты связности, и числа измерений B , необходимых для контроля изолированности компонентов связности друг от друга: $N = A + B$, $A = n - m$, $B = \frac{m(m-1)}{2}$, где n — общее число вершин графа, m — число компонентов связности.

Данная оценка справедлива для контроля топологии. При наличии несоответствий контролируемой топологии эталонной число измерений может отличаться.

Алгоритм контроля электрической топологии монтажа с поиском несоответствий следующий:

1. При обнаружении изолированности вершины от соответствующего ей компонента связности вершина становится отдельным компонентом связности.
2. При обнаружении смежности двух компонентов связности компоненты объединяются в один.

В результате можно предложить алгоритм построения электрической топологии при отсутствии априорных сведений о топологии ОК:

1. Все вершины вначале рассматриваются как отдельные компоненты связности.
2. Контролируется изолированность компонентов связности, при обнаружении смежности компоненты связности объединяются в один.

Число необходимых измерений для построения топологии или для диагностирования несоответствий монтажа нельзя представить четкой оценкой.

Представленные выше алгоритмы контроля и диагностики электрической топологии монтажа используются при единичной коммутации. При

возможности групповой коммутации оценка A остается прежней, а оценку B можно заметно снизить. В существующих системах для контроля независимости вершин пользуются схемой $1 \times (m-1)$ — контролируется наличие электрического соединения между каждой точкой и оставшимися. Для контроля независимости m точек необходимо $(m-1)$ измерений. Возможно снизить число необходимых измерений при контроле по схеме $\frac{m}{2} \times \frac{m}{2}$.

Данную возможность иллюстрирует следующая теорема.

Теорема. Для определения независимости N множеств необходимо $\log_2 N$ операций конъюнкции.

Доказательство. Пусть даны четыре независимых множества (конъюнкция каждого множества с каждым равна пустому множеству). Покажем, что для контроля их независимости достаточно всего двух операций конъюнкции.

Пусть:

1. $(A \vee B) \wedge (C \vee D) = \emptyset$;
2. $(A \vee C) \wedge (B \vee D) = \emptyset$.

Раскрывая эти выражения, получим:

3. $(A \vee B) \wedge (C \vee D) = \emptyset \Rightarrow A \wedge (C \vee D) \vee B \wedge (C \vee D) = \emptyset \Rightarrow$
 $\Rightarrow A \wedge C = \emptyset \quad A \wedge D = \emptyset \quad B \wedge C = \emptyset \quad B \wedge D = \emptyset$;
4. $(A \vee C) \wedge (B \vee D) = \emptyset \Rightarrow A \wedge (B \vee D) \vee C \wedge (B \vee D) = \emptyset \Rightarrow$
 $\Rightarrow A \wedge B = \emptyset \quad A \wedge D = \emptyset \quad B \wedge C = \emptyset \quad C \wedge D = \emptyset$.

Из 1 и 2 следует соотношение

5. $A \wedge B = \emptyset \quad A \wedge C = \emptyset \quad A \wedge D = \emptyset \quad B \wedge C = \emptyset \quad B \wedge D = \emptyset \quad C \wedge D = \emptyset$.

Рассматривая необходимое число операций конъюнкции для 8, 16, 32 множеств, получим 3, 4, 5 операций конъюнкции соответственно. Методом индукции получим, что для контроля независимости N множеств необходимо $\log_2 N$ операций конъюнкции.

Таким образом, количество измерений, необходимое для контроля электрической топологии при групповой коммутации, будет равно: $N = A + B$, $A = n - m$, $B = \log_2 m$.

Как и в случае с единичной коммутацией, приведенная выше оценка применима только для контроля топологии, при необходимости диагностирования несоответствий она будет несколько иной.

В ходе выполнения алгоритмов, используемых при единичной коммутации, по сути, строилась электрическая топология цепи. Диагностирование несоответствий осуществляется по ходу тестирования. При групповой коммутации возможно лишь обнаружение несоответствия, способ его локализации рассмотрим на примере (рис. 4).

Дано множество независимых вершин A . Пусть на некоторой итерации контроля обнаружено несоответствие. Пусть в этом множестве смежными оказались вершины a_3 , a_5 и a_7 .

Для локализации несоответствия необходима следующая последовательность измерений:

$A1 \cap A2 \neq \emptyset \rightarrow A11 \cap A2 = \emptyset$; $A12 \cap A2 \neq \emptyset \rightarrow a3 \cap A2 \neq \emptyset$; $a4 \cap A2 = \emptyset \rightarrow$
 $a3 \cap A21 \neq \emptyset \rightarrow a3 \cap a5 \neq \emptyset \rightarrow a3$ и $a5$ – смежные вершины, $a5$ заносится
 в столбец к $a3$;
 $a3 \cap a6 = \emptyset \rightarrow a3 \cap A22 \neq \emptyset \rightarrow a3 \cap a7 \neq \emptyset \rightarrow a3$ и $a7$ – смежные вершины,
 $a7$ заносится в столбец к $a3$;
 $a3 \cap a8 = \emptyset$.

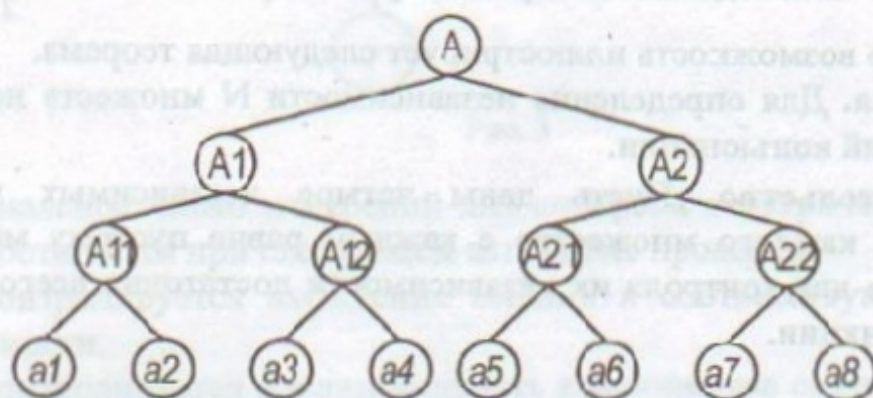


Рис. 4

После локализации ошибки в дальнейшем контроле участвует лишь вершина $a3$ (вершины $a5$ и $a7$ не участвуют).

Далее снова проводится измерение $A1 \cap A2$ на случай, если существуют другие смежные вершины.

Представленные методы и алгоритмы позволяют снизить трудоемкость и время операции контроля электрической топологии монтажа.

Библиографический список

1. *Свами М.* Графы, сети и алгоритмы / М. Свами, К.М. Тхуласираман. М.: Мир, 1984. 455 с.
2. *Коршунов Ю.М.* Математические основы кибернетики / Ю.М. Коршунов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 497 с.

УДК 681.5.01

В.Н. Осенин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОТОЧНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ НЕФТИ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ФОРМЕ

Использование электронагревателей для подогрева нефти в технологии ее подготовки и транспорта выявило их значительные преимущества по сравнению с использованием в этих же целях пара и воды [1]. Электроподогрев очень удобен при периодической потребности в подогреве, при необходимости регулирования температурного режима, прост в эксплуатации, не требует сложных подготовительных работ, к тому же может быть легко автоматизирован.