ляют засылку размеров в соответствующие подпрограммы вычисления логарифмов с.г.р. (11, 26 или 29). Блок 28 формирует треугольную матрицу логарифмов с.г.р., 30 – преобразовывает треугольную матрицу в квадратную, 32 – производит очистку матриц правых и левых частей, вычисляет активные сопротивления элементов и засылает их в соответствующие места матрицы, 33 – составляет квадратную матрицу коэффициентов левых частей системы уравнений, а 34 – столбцовую матрицу правых частей. Блок 35 – осуществляет решение системы уравнений.

Результаты счета выводятся на печать в виде таблицы.

Результаты расчета сверены с измерениями распределения тока в пакетах из алюминиевых шин корытного профиля размером $2(100 \times 45 \times 6)$ мм^2 при токах 4000 А и различных вариантах расположения фаз. Измерения проводились с помощью магнитного пояса компенсационным методом. На рис. 3 приведены векторные диаграммы токов, построенные по результатам вычислений при различных расположениях шин.

Литература

1. Стрелюк М.И., Скварко Э.А. Расчет токораспределения в шинах пакетных токопроводов с помощью ЭЦВМ. – "Изв. вузов. Энергетика",1971,№5. 2. Загоровский Е.Н., Скварко Э.А. Распределение токов в однофазном токопроводе на ЭЦВМ "Минск-22". – "Изв. вузов. Энергетика",1974,№4. 3.Тозони О.В., Колерова Т.Я. Многофазные промышленные токопроводы. Киев, 1966. 4. Чальян К.М. Распределение переменного тока по сечениям параллельных токопроводов с учетом эффекта близости. Rev Roum. "Techn-Electrotechn. et Energ".,t. 12 no 2, 243 Bucarest,1967. 5. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей. Л., 1970.

Н.Д. Решетникова

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БУЛЕВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ

В задачах диагностики релейных устройств для получения диагностических тестов применяется [1] математический аппарат, называемый булевым дифференцированием [2]. Частная производная функции выхода по аргументу x_i представляет собой условие влияния x_i на выход схемы, что и используется при составлении тестов.

Для определения производной исследуемая схема или ее отдельные цепи представляются структурной формулой, которая в общем виде может быть записана как некоторая булева функция:

$$F(x) = f(x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots x_n),$$

где x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n – элементы схемы.

Производная этой функции по аргументу x_i (булева производная) определяется [2] следующим образом:

$$\frac{\partial F(x)}{\partial x_i} = F(x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_n) \oplus F(x_1, x_2, \ldots, \bar{x}_1, \ldots, x_n), \tag{1}$$

где $\oplus$ – сложение по модулю 2.

Как правило, функция $F(x)$ записывается в скобочной или дизъюнктивной нормальной форме. В этом случае при большом количестве аргументов дифференцирование оказывается затруднительным, поскольку необходимо дважды получать инверсии указанных форм, что приводит к большому объему логических операций. Их сокращения можно добиться путем преобразования исходной схемы и соответственно ее структурной формулы к виду, в котором исследуемый элемент x_i выделяется из схемы. Соотношения между x_i и остальными элементами схемы в этом случае определяются в теории релейно-контактных схем с применением следующей специальной символики: F – исходная схема; x_i – элемент, вершинами которого являются точки i и i'; $\underline{i}$ – индекс, означающий короткое замыкание между точками i и i'; i – индекс, означающий разрыв цепи между точками i и i'; $f[i]$ – цепи, проходящие через точки i и i'; $f\{i\}$ – цепи, проходящие между точками i и i'; $f[x_i]$ – цепи, проходящие через элемент x_i; $f\{x_i\}$ – цепи, проходящие параллельно ветви с элементом x_i.

С учетом этих обозначений всякая схема может быть представлена следующими формулами [3]:

$$F = F_i + f[x_i];$$

$$F = F_{\underline{i}} \cdot f\{x_i\}.$$

Окончательно выделяя x_i, получим

$$F = F_i + f[i]_{\underline{i}} \cdot x_i ; \tag{2}$$

$$F = F_{\underline{i}} \cdot (f\{i\}_i + x_i). \tag{3}$$

Выражения (2) и (3) удобны для дифференцирования. Используя (1), находим

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = (F_i + f[i]_{\underline{i}}) \oplus F_i = \overline{(F_i + f[i]_{\underline{i}})} \cdot F_i + (F_i + f[i]_{\underline{i}}) \cdot \overline{F}_i = \overline{F}_i \cdot f[i]_{\underline{i}} ; \tag{4}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = F_{\underline{i}} \oplus F_{\underline{i}} \cdot f\{i\}_i = \overline{F}_{\underline{i}} \cdot F_{\underline{i}} \cdot f\{i\}_i + F_{\underline{i}} \cdot \overline{F_{\underline{i}} \cdot f\{i\}_i} = F_{\underline{i}} \cdot \overline{f\{i\}_i} . \tag{5}$$

Формулы (4) и (5) могут быть использованы для непосредственного определения булевой производной после выделения в схеме последовательных и параллельных цепей. Их применение показано на примере преобразования схемы (рис. 1, а), представляющей собой схему цепей реле 9РПф дистанционной защиты ПЗ-159 в символах теории релейных устройств. Дифференцирование производится по аргументам x_1, $\overline{x}_2$, x_3, y_7; выделение остальных элементов схемы не рассматривается.

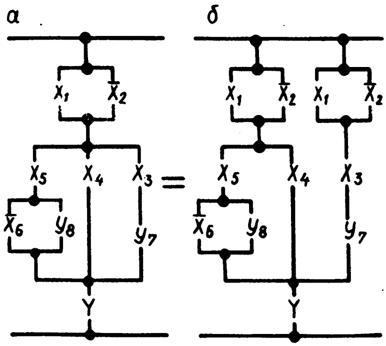

Рис. 1.

Условия работы элемента   в схеме на рис. 1, а определяются следующей структурной формулой:

$$F(Y) = (x_1 + \overline{x}_2)\left[x_3 y_7 + x_4 + x_5 (y_8 + \overline{x}_6)\right].$$

Здесь уже в первоначальном виде выделены элементы x_1 и x_2, так как

$$f\left\{1\right\}_1 = \overline{x}_2;$$

$$f\left\{2\right\}_2 = x_1;$$

$$F(Y)_{\underline{1}} = F(Y)_{\underline{2}} = x_3 y_7 + x_4 + x_5 (y_8 + \overline{x}_6);$$

$$F(Y) = F(Y)_{\underline{1}} \cdot (f\left\{1\right\}_1 + x_1) = F(Y)_{\underline{2}} \cdot (f\left\{2\right\}_2 + \overline{x}_2).$$

Для выделения из схемы x_3, y_7 удобнее преобразовать схему к (2), что показано на рис. 1, б.

Поскольку очевидно, что цепи, проходящие через x_3 и через y_7, одни и те же, из схемы выделяется не каждый элемент в отдельности, а вся цепь, к которой они принадлежат:

$$f\left[3\right]_{\underline{3}} = y_7(x_1 + \overline{x}_2);$$

$$f\left[7\right]_{\underline{7}} = x_3(x_1 + \overline{x}_2);$$

$$F(Y)_3 = F(Y)_7 = (x_1 + \overline{x}_2)\left[x_4 + x_5(y_8 + \overline{x}_6)\right];$$

$$F(Y) = F(Y)_3 + f\left[3\right]_{\underline{3}} \cdot x_3 = F(Y)_7 + f\left[7\right]_{\underline{7}} \cdot y_7 .$$

Булевы производные определяются согласно (4) и (5):

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial x_1} = x_2\left[x_3 y_7 + x_4 + x_5(y_8 + \overline{x}_6)\right];$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial \overline{x}_2} = \overline{x}_1\left[x_3 y_7 + x_4 + x_5(y_8 + \overline{x}_6)\right];$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial x_3} = y_7(x_1 + \overline{x}_2)\,\overline{(x_1 + \overline{x}_2)\left[x_4 + x_5(y_8 + \overline{x}_6)\right]};$$

$$\frac{\partial F(Y)}{\partial y_7} = x_3(x_1 + \overline{x}_2)\,\overline{(x_1 + \overline{x}_2)\left[x_4 + \overline{x}_5(y_8 + \overline{x}_6)\right]} .$$

Для приведения получаемых выражений к виду, удобному для составления тестов, требуется образовать инверсию скобочной или дизъюнктивной нормальной формы только один раз.

Литература

1. Селлерс Ф. Методы обнаружения ошибок в работе ЭЦВМ. М., 1972. 2. Akers S.B. On a theory of Boolean functions. - J. Soc. Ind. and Appl. Math.,1959 , №4. 3. Гаврилов М.А. Теория релейно-контактных схем. М.,1950.

А.И. Чаплина

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Процессы выработки, преобразования, передачи распределения и потребления электроэнергии протекают быстро и одновременно во многих самых разнородных элементах, расположенных далеко друг от друга и взаимодействующих между собой. К работе электрических установок предъявляются высокие требования по надежности. Большие масштабы электропотребления определяют важность проблем энергетики.

Трудность исследования электрических систем объясняется отношением их к категории сложных динамических систем.

Существуют следующие основные особенности электрических систем: протяженность системы в пространстве; множественность и избыточность элементов; сложность взаимодействий между элементами и наличие обратных связей; динамичность характеристик, одновременность и высокие скорости процессов.

Цель управления электрической системой — обеспечение наиболее эффективной работы ее, т.е. оптимизация параметров режима и технико-экономической показателей.

Для решения задачи оптимизации необходимо иметь большой объем сведений о свойствах отдельных элементов системы и связей между ними. Вся эта обширная информация должна быть переработана, обобщена и использована для анализа и планирования состояний системы.

При решении задач управления электрической системой неизбежно появление некоторой неопределенности в исходных значениях параметров. Это обусловлено указанными особенностями электрических систем, а также тем, что каждое последующее состояние системы не может быть однозначно определено по предыдущему состоянию.

Исследование процессов в электрических системах в настоящее время может быть выполнено двумя принципиально отличными друг от друга группами методов: детерминистическими и методами теории вероятностей.

Детерминистические методы позволяют описать характер протекания процесса в общих чертах. При пользовании этими методами неизбежны допущения, вызванные необходимостью пренебречь многими факторами, влияющими на реальный процесс.

Методы теории вероятностей оказываются лучше приспособленными к исследованию электрических систем, так как про-