В результате исследований получены тактовая частота регулировочной последовательности и множество углов регулировки. При данном пороге коэффициента гармоник получено множество регулировочных последовательностей, которые обеспечивают необходимые ресурсы для стабилизации выходного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Моин В.С.** Стабилизированные транзисторные преобразователи. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 375 с..

2. **Kato T., Kataoka A.** Double Buffer Control by a Microcomputer in Sinusoidal PWM Inverter for a Wide Band Harmonic Elimination // Proc. Inf. Conf. Ind. Electron. Contr. and Instrum. - 1985. - № 11. - P. 483- 488.

ГИУА 15.08.1995

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. L, № 3, 1997, с. 216-220.

УДК 621.3.01 **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Г.Д. АКОПДЖАНЯН, В.С. САФАРЯН

О РАСЧЕТЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И АЛГЕБРЫ СТРУКТУРНЫХ ЧИСЕЛ

Դիտարկվում է տոպոլոգիական մեթոդների և կառուցվածքային թվերի հանրահաշվի կիրառումը էլեկտրական շղթաների հաշվարկի համար: Առաջարկվում է էլեկտրական շղթայի գրաֆից «2-ծառ» և նրա նկատմամբ երկակի («2-լրացում» կոչված) ենթագրաֆների առանձնացման ալգորիթմ: Կառուցվածքային թվերի հանրահաշվի կիրառումը էլեկտրական շղթաների հաշվարկման համար հնարավորություն է ընձեռում, օգտվելով էլեկտրական շղթայի գրաֆի կառուցվածքային կամ լրացուցիչ կառուցվածքային թվերից, որոնց հաշվարկը դժվար չէ, լուծել խնդիրը առանց հավասարումների կազմման և լուծման՝ օգտվելով ստացված բանաձևերից: Խնդրի լուծումը հեշտությամբ ծրագրավորվում է:

Рассматриваются вопросы применения топологических методов и алгебры структурных чисел к расчету электрических цепей. Предлагается алгоритм выделения из графа электрической цепи подграфов "2-дерева" и дуальных им (названных "2-дополнениями"). Применение алгебры структурных чисел к расчету электрических цепей дает возможность, пользуясь структурным или дополнительным структурным числом графа цепи, которые легко определяются из графа, решить задачу без составления и решения уравнений с помощью полученных в работе формул. Решение задачи легко программируется.

Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

Problems of using topological methods and structured number algebra for electric circuit design is considered. An algorithm for extracting from the graph the electric circuit of the subgraphs "2-trees" and dual (called 2-additions) is proposed. Application of structured number algebra to the electric circuit design enables to solve the problem without drawing up and solving equations using the structured or additional

structured number of the circuit graph. The circuits are easily specified from the graph by means of the formula obtained. Problem solving is easily programmed.

III.1. Ref. 4.

Общеизвестные методы расчета электрических цепей основаны на составлении и решении уравнений, записываемых по законам Кирхгофа, методам токов ячеек (контурных токов) и узловых напряжений (напряжений сечений). Однако решение указанных систем уравнений методами классической алгебры - трудоемкая работа, требующая большого количества математических операций, значительную часть которых можно избежать, применяя топологические методы, а также методы алгебры структурных чисел.

Решение систем уравнений узловых напряжений и токов ячеек имеет вид [1]:

$$U_{kk}=\frac{1}{\Delta_y}\left(\Delta_{y1k}J_{11}+\Delta_{y2k}J_{22}+\cdots+\Delta_{ykk}J_{kk}+\ldots+\Delta_{ymk}J_{mm}\right), \qquad (1)$$

$$I_{kk}=\frac{1}{\Delta_z}\left(\Delta_{z1k}E_{11}+\Delta_{z2k}E_{22}+\cdots+\Delta_{zkk}E_{kk}+\ldots+\Delta_{zmk}E_{mm}\right), \qquad (2)$$

где U_{kk} — напряжение (потенциал) k-го узла; I_{kk} — ток k-й ячейки; J_{kk} — алгебраическая сумма токов источников тока ветвей, сходящихся в k-ом узле; E_{kk} — алгебраическая сумма ЭДС источников, входящих в состав k-й ячейки; Δ_y и Δ_z — определители матриц проводимостей уравнений узловых напряжений и сопротивлений уравнений токов ячеек; Δ_{ykm} и Δ_{zkm} — алгебраические дополнения указанных матриц.

Определители матриц уравнений узловых напряжений Δ_y и токов ячеек Δ_z после выделения "деревьев" графа электрической цепи рассчитываются [1, 2] как сумма произведений проводимостей ветвей деревьев Δ_y и как сумма произведений сопротивлений ветвей дополнений Δ_z.

Для расчета алгебраических дополнений указанных матриц (Δ_{ykm} и Δ_{zkm}) следует выделить соответствующие "2-деревья" [1, 2] и "2-дополнения" графа электрической цепи, которые рассчитываются как сумма произведений проводимостей и сопротивлений ветвей. При этом наиболее сложной частью расчета является выделение подграфов "2-дерева" и "2-дополнения". В статье предлагается упрощенный способ выделения указанных подграфов из графа электрической цепи.

При выделении "2-деревьев", необходимых при расчете алгебраического дополнения Δ_{ykm}, следует руководствоваться следующими условиями:

а) "2-дерева" должны содержать $(q-2)$ ветвей, где q — число узлов графа;

б) ветви "2-дерева" не должны составлять ячейку (контур) графа. Узлы k и m не должны иметь связи с базисным узлом, однако должен существовать путь между узлами k и m

При выделении "2-дополнений", необходимых при расчете алгебраического дополнения $\Delta_{z_{km}}$ выдвигаются следующие условия:

а) "2-дополнения" должны содержать (n-2) ветвей, где n - число ячеек графа.

б) ветви "2-дополнения" не должны составлять узел (сечение) графа.

От ячеек k и m через ветви "2-дополнения" нельзя провести сечение к базисной ячейке, однако должно существовать сечение между ячейками k и m.

На основании этих правил из графа электрической цепи легко выделяются ветви всех соответствующих (k и m) "2-деревьев" или "2-дополнений". Приведенный алгоритм выделения "2-деревьев" и "2-дополнений" легко поддается программированию. Расчеты электрических цепей можно более упростить, применив алгебру структурных чисел [3, 4], которая позволяет определить ветви всех возможных "деревьев", "дополнений", "2-деревьев" и "2-дополнений" графа цепи аналитическим путем.

Имея структурное число $A = P_1 \cdot P_2 \cdot \ldots P_i \cdot \ldots P_{q-1}$, $i = \overline{1, q-1}$) (P_i -структурное число i-го узла графа) или дополнительное структурное число $A^d = Q_1 \cdot Q_2 \cdot \ldots Q_j \cdot \ldots Q_{n-1}$ (Q_j - структурное число j-й ячейки) графа электрической цепи, которые определяются из графа аналитическим путем, при помощи формул, вытекающих из сути самих структурных чисел, рассчитываются определители и алгебраические дополнения, входящие в выражения (1) и (2). Первые из них определяются в виде

$$\Delta_y = \det_y A, \quad \Delta_z = \det_z A^d. \tag{3}$$

а алгебраические дополнения находятся из выражений

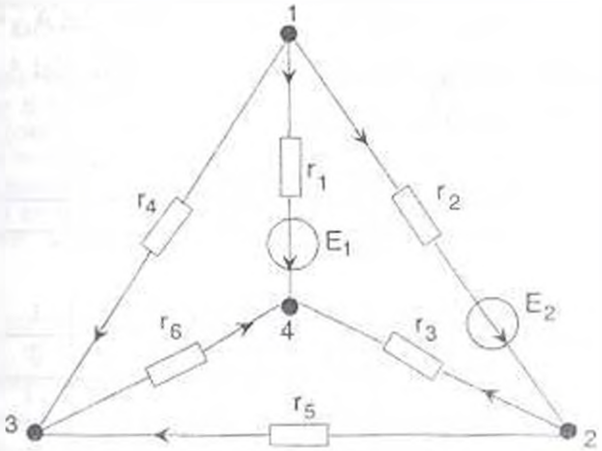
$$\begin{aligned} \Delta_{y_{km}} &= \det_y[(\partial A/\partial D_k) \cap (\partial A/\partial D_m)], \\ \Delta_{z_{km}} &= \det_z[(\partial A^d/\partial B_k) \cap (\partial A^d/\partial B_m)], \end{aligned} \tag{4}$$

где y и z – проводимости и сопротивления ветвей электрической цепи; D_k и D_m – структурные числа путей от узлов k и m до базисного узла; B_k и B_m – структурные числа сечений от ячеек k и m до базисной ячейки [3, 4].

Выражения (3) и (4) вытекают из того, что столбцы структурного числа A представляют собой ветви всех возможных деревьев графа цепи, а столбцы числа A^d - ветки всех возможных дополнений; $(\partial A/\partial D_k) \cap (\partial A/\partial D_m)$- структурное число, столбцы которого представляют собой ветви соответствующих "2-деревьев", а $(\partial A^d/\partial B_k) \cap (\partial A^d/\partial B_m)$-ветви соответствующих "2-дополнений".

Первые соотношения из (3) и (4) совместно с выражением (1), а также вторые совместно с (2) дают возможность рассчитать режим работы электрической цепи аналитическим путем, без составления уравнений по методам классической алгебры.

Таким образом, применение алгебры структурных чисел к расчету режимов электрических цепей упрощает расчет и облегчает его выполнение как вручную, так и на ЭВМ. Рассмотрим пример расчета на ЭВМ токов всех ветвей схемы (рис.) (цепь постоянного тока).



Рис

Исходная информация

Ветви		R	E	Ветви		R	E
1	4	1	-22	1	3	2	0
1	2	1	-7	2	3	2	0
2	4	5	0	3	4	6	0

Решение

$P_1 = [1 \quad 2 \quad 4]$, $P_2 = [2 \quad 3 \quad 5]$, $P_3 = [4 \quad 5 \quad 6]$,

$D_1 = [1]$, $D_2 = [3]$, $D_3 = [6]$;

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 4 & 6 & 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ 2 & 3 & 3 & 5 & 5 & 2 & 5 & 3 & 3 & 3 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 5 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 4 & 1 & 2 & 1 & 2 & 4 & 1 & 4 & 1 & 2 & 4 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_{11} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 2 & 3 & 5 & 2 & 3 & 2 & 3 & 5 \end{bmatrix}; \quad A_{12} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 5 & 2 & 2 \end{bmatrix};$$

$$A_{13} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 5 \\ 2 & 3 & 5 & 2 \end{bmatrix}; \quad A_{21} = \begin{bmatrix} 4 & 5 & 5 & 6 \\ 2 & 2 & 4 & 2 \end{bmatrix};$$

$$A_{22} = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 4 & 1 & 3 & 4 \end{bmatrix}; \quad A_{23} = \begin{bmatrix} 4 & 5 & 5 & 5 \\ 2 & 1 & 2 & 4 \end{bmatrix};$$

$$A_{31} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 4 & 4 \\ 5 & 5 & 2 & 3 \end{bmatrix}; \quad A_{32} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 4 & 1 \\ 5 & 5 & 2 & 5 \end{bmatrix};$$

$$A_{33} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 1 & 4 & 1 & 2 & 4 & 1 \\ 5 & 5 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 5 \end{bmatrix}.$$