

ЭНЕРГЕТИКА

А. А. АРУТЮНЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЭКВИВАЛЕНТНОГО
МНОГОПОЛЮСНИКА И ПЕРЕСЧЕТ МАТРИЦЫ УЗЛОВЫХ
ПРОВОДИМОСТЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ В ИСХОДНОЙ СХЕМЕ

В расчетах режимов электроэнергетических систем получает все большее распространение представление схем эквивалентными многополюсниками [1]. Преимущества метода многополюсника заключается в том, что взамен итерационного расчета режимов открытых схем с N узлами в итерацию вовлекаются только M уравнений эквивалентного многополюсника, режим оставшихся $C = N - M$ узлов определяются без итерации по данным расчетов режимов M узлов многополюсника. Исследования, проведенные в АрмИНИЭ, показали лучшую сходимость расчетов режимов электрических систем, схемы которых были представлены эквивалентными многополюсниками.

В [1-7] и в ряде других работ успешно применяется метод эквивалентирования исходной схемы путем последовательного исключения узлов по формуле

$$Y_{mk} = \frac{Y_{ms} Y_{ks}}{Y_{ss}}, \quad (1)$$

где s — номер исключаемого узла; Y_{mk} — проводимость ветвей m, k ; Y_{ss} — собственная проводимость исключаемого узла.

При реализации данной методики на ЦВМ для расчетов установившихся режимов больших электрических систем, учитывая, что напряжения $\dot{U}$ сетевых (исключенных) узлов определяются по следам эквивалентирования, имея при этом режим эквивалентной схемы, возникают следующие трудности:

1. Оптимальное распределение памяти ЦВМ;
2. Повторное эквивалентирование при изменениях в схеме, т. е. из-за подключения или отключения отдельных элементов сети.

В данной статье предложены методы преодоления этих трудностей.

1. Определение структуры эквивалентного многополюсника для оптимального распределения памяти ЦВМ при расчетах установившихся режимов электрических систем

Нумерация узлов исходной схемы производится в следующем порядке:

$1 \div \Gamma$ — генераторные узлы;

$\Gamma + 1 \div N1$ — нагрузочные узлы;

$N1 + 1 \div N$ — сетевые (исключаемые) узлы.

Постановка задачи. Дано: N — число узлов исходной схемы; MK — число ветвей исходной схемы, $N1$ — число узлов эквивалентной схемы; $m-k$ — связи исходной схемы.

Требуется определить: $MKЭ$ — количество ветвей эквивалентной схемы (число ненулевых элементов эквивалентной матрицы); $m-k$ — связи эквивалентной схемы; $MКС$ — количество связей следов эквивалентирования; $mс-kс$ — связи следов эквивалентирования.

Следы эквивалентирования — это связи в каждом этапе эквивалентирования с исключаемым узлом.

Для определения вновь образующихся ветвей вначале выбираются узлы, связанные с исключенным узлом C , затем производится переупорядочение узлов в порядке возрастания с целью сохранения условия $m < k$, характерного для треугольной матрицы. После этого образуются новые ветви, число которых определяется сочетанием C_n^m , где n — число узлов, связанных с исключаемым узлом. Эта процедура исключения повторяется до тех пор, пока будет соблюдаться условие $C = N1$. Блок-схема программы, реализующей данный алгоритм и составленная на языке „Фортран-4“, приведена на рис. 1.

Число элементов эквивалентной схемы $MKЭ$ и следов эквивалентирования $MКС$ используется в качестве размерности для массивов соответствующих индексов и проводимостей.

2. Пересчет матрицы узловых проводимостей эквивалентного многополюсника при изменении в исходной схеме

При расчетах установившихся режимов с предварительным эквивалентированием исходной схемы часто одна и та же схема несколько раз эквивалентруется из-за изменений в исходной схеме. На это тратится значительное машинное время, поэтому целесообразно производить пересчет только измененных элементов матрицы. Предлагаемый алгоритм дает возможность выполнить пересчет эквивалентной матрицы по той же программе эквивалентирования, реализующей формулу (1) с незначительными изменениями, не влияющими на основную программу.

Постановка задачи. Даны: ветви со связями $m-k$ и сопротивлениями $Z_{mk} = r_{mk} + jx_{mk}$ участка схемы, где произведено изменение; исходная эквивалентная матрица (ИЭМ), которая из внешней памяти вызвана на оперативную память ЦВМ.

Требуется пересчитать ИЭМ, учитывая вносимые изменения в исходной схеме. Для этого выбирается участок на той части схемы, где внесено изменение, имея в виду подключение или отключение отдельных элементов сети (рис. 2, а). При этом граничные узлы участка долж-

ны принадлежать к множеству узлов, которые остаются после эквивалентирования, и охватить ветви со всех сторон.

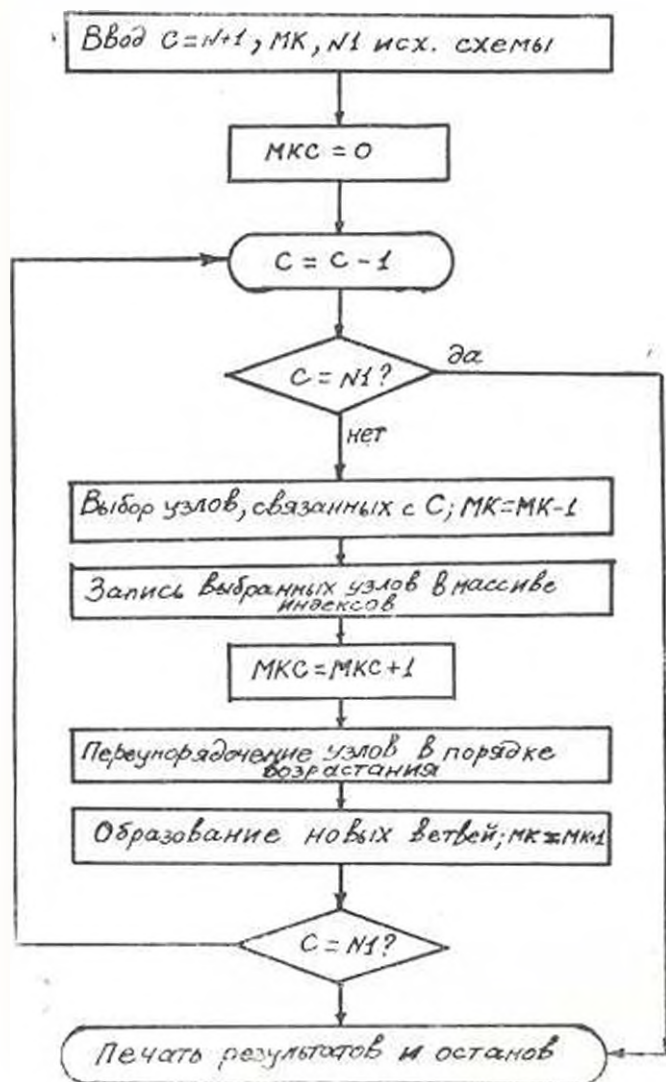


Рис. 1

Узлы, представляющие подключаемую или отключаемую ветвь $i-j$, могут принять значения:

- а) $i \in M; j \in M$;
- б) $i \in M; j \notin M$;
- в) $i \notin M; j \in M$;

где M —множество узлов, которые остаются после эквивалентирования.

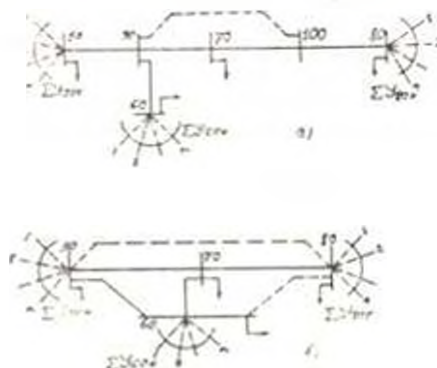


Рис. 2

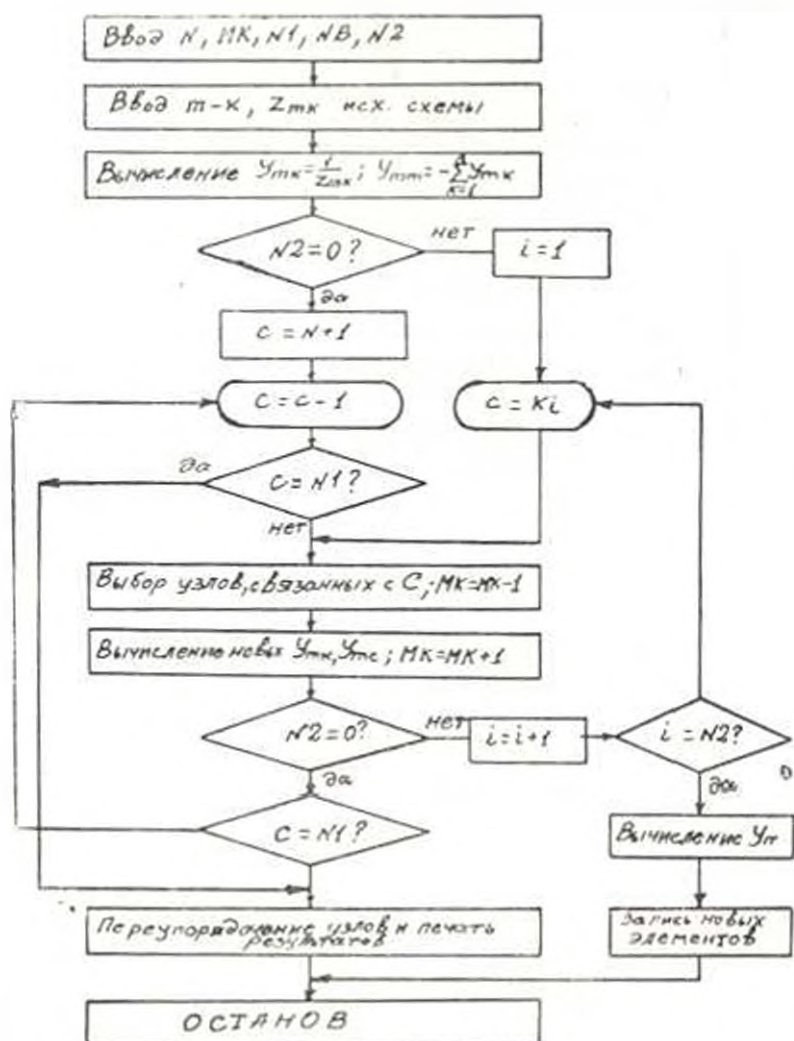


Рис. 3

Более общим является случай в), что и рассмотрено в блок-схеме программы, реализующей формулу (1) и предлагаемый алгоритм пересчета ИЭМ при изменении в исходной схеме (рис. 3), где NB — число ветвей участка; $N2$ — число исключаемых узлов, которые записаны в массиве K_i .

При $N2=0$ действует только программа эквивалентирования. Остальные обозначения на блок-схеме имеют значения, принятые выше.

Исключение узлов производится в том порядке, в каком их номера записаны в массиве K_i . После завершения процедуры исключения узлов новые значения элементов записываются на соответствующих местах в ИЭМ. В случае подключения новых линий могут образоваться такие связи, которых нет в ИЭМ, тогда эти новые элементы записываются в конце соответствующих массивов-связей и проводимостей. При отключении линий происходит обратное, ряд связей могут не образоваться, тогда эти элементы стираются в ИЭМ.

Пересчет значений собственных проводимостей (диагональных элементов ИЭМ) граничных узлов (50; 60; 80 на рис. 2,а) производится по следующей формуле:

$$Y_{rr} = Y'_{rr} + \sum_{k=1}^n Y_{rk} - Y_{rk}, \quad (2)$$

где Y'_{rr} — собственная проводимость граничного узла участка;

Y_{rk} — взаимная проводимость между граничным узлом и узлами, не входящими в участок.

Формулу (2) можно не включать в программу, если в участок включены также связи $r-k$.

Предложенные алгоритмы были применены в расчетах установившихся режимов с целью определения структуры потерь энергии в электрических сетях Армянской энергосистемы. Расчеты показали эффективность оптимального распределения оперативной памяти ЦВМ и пересчета ИЭМ при изменении в исходной схеме.

Выводы

В расчетах установившихся режимов больших электрических систем, сети которых представлены эквивалентной матрицей узловых проводимостей, целесообразно:

а) определить структуру эквивалентного многополюсника для оптимального распределения оперативной памяти ЦВМ;

б) пересчитать ИЭМ при ряде изменений в исходной схеме взамен повторного эквивалентирования.

Ա. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՀԱՄԱՐԺԵՔ ԲԱԶՄԱՐՆԵՎՈՒ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԵՎ ՀԱՆԿՈՒՑԱՅԻՆ
ՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՏՐԵՑԱՅԻ ՎԵՐԱՀԱՇՎԱՐԿԸ ՆԱԽՆԱԿԱՆ,
ՍԽԵՄԱՅԻ ՓՈԳՈՒՄԱՆ ԿԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում առաջադրված է համարժեք բաղադրիչների կառուցվածքը որոշելու մեթոդ, որը կիրառելի է 500—1600 հանգույց պարունակող էլեկտրական համակարգի փոխարինման սխեմաների վերակառուցման դեպքում: Շարադրված մեթոդի հիման վրա «ՖՈՒՏՐՈՒՆ—4» ալգորիթմական լեզվով կազմված է ծրագիրը, որն ապահովում է թվային հաշվիչ մեքենայի հիշողության շահավետ օգտագործման խնդրի լուծումը:

Շարադրված է նաև համարժեք բաղադրիչների հանգույցային հաղորդականությունների մատրիցայի վերահաշվարկման ալգորիթմ՝ հաշվի առնելով նախնական սխեմայում տեղի ունեցած փոփոխությունները առանց վերջինիս կրկնակի համարժեքափոխման:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адоян Г. Т. Многополюсник. Изд. АН АрмССР, 1975.
2. Максимович Н. Г. Линейные электрические цепи и их преобразования. ГЭИ, 1971.
3. Гамм А. Э. О нумерации узлов при расчетах установившихся режимов электрических систем методом Пьютона-Рафсона. «Электричество», 1970, № 2.
4. Коробчик К. В., Коваль А. Ю. Расчет установившихся электрических режимов при анализе статической устойчивости сложной энергосистемы. В кн. «Проблемы технической электродинамики», № 30, 1971.
5. Горюхов Ф. И., Журавлев В. Г. Применение метода преобразования цепей для расчета нормального режима электрических систем. «Электричество», 1969, № 5.
6. Качинова Н. А., Цукерник А. В. Вопросы методики и создания программ расчета установившихся электрических режимов больших энергосистем с числом узлов порядка 2000. В кн. «Проблемы технической электродинамики», № 30, 1971.
7. Бател В. С. и др. Расчет установившихся электрических режимов сложных энергосистем при эквивалентировании исходной схемы до заданного объема. В кн. «Проблемы технической электродинамики», № 42, 1973.