

ЭНЕРГЕТИКА

Г. Т. АДОЦ, А. М. ЮЗБАШИЯН, А. С. ГАИЛАНЯН

К ИССЛЕДОВАНИЮ ТРЕХ СПОСОБОВ ОБРАЩЕНИЯ МАТРИЦЫ
 КОМПЛЕКСНЫХ ПРОВОДИМОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Исследования показывают, что расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем, а также оптимизацию этих режимов целесообразно выполнять путем предварительного эквивалентного преобразования открытых схем замещения систем в многополюсники [1]. При этом процедура преобразования описывается формулой

$$[Y_{mk}^*] = [Y_{mk}] - [Y_{mc}] \cdot [Y_{fc}]^{-1} [Y_{fk}], \quad (1)$$

где $[Y_{mk}^*]$ — матрица комплексной проводимости эквивалентного многополюсника;

$[Y_{mk}]$ — квадратная подматрица, соответствующая выделяемым m, k узлам многополюсника;

$[Y_{fc}]$ — квадратная подматрица, соответствующая исключаемым (внутренним) f, c узлам многополюсника;

$[Y_{mc}], [Y_{fk}]$ — прямоугольные (в общем случае) подматрицы, соответствующие электрическим связям выделяемых m, k и исключаемых f, c узлов схемы замещения.

Для реализации на ЭВМ формулы (1) могут быть предложены различные способы.

Целью настоящей статьи является изложение результатов исследований трех различных способов реализации на ЭВМ указанной формулы.

Первый способ реализации состоит в использовании при определении числовых значений элементов обращенной подматрицы $[Y_{fc}]^{-1}$ метода Гаусса [2]. Все прочие вычислительные операции, связанные с получением $[Y_{mk}^*]$, являются одинаковыми во всех трех исследуемых способах реализации (1).

Второй способ реализации состоит в использовании при определении $[Y_{fc}]^{-1}$ метода Ершова [3] с проверкой условия

$$[Y_{fc}] \cdot [Y_{fc}]^{-1} = [1], \quad (2)$$

Третий (предлагаемый) способ реализации отличается от первых двух тем, что процедура (1) последовательно повторяется $f=c$ раз путем выделения в качестве подматрицы $[Y_{fc}]$ только одного элемента (диагонального) последовательно получаемой эквивалентной

матрицы. Например, если $m + f = k + c$ есть порядок исходной матрицы узловых проводимостей открытой схемы замещения, то после первого эквивалентирования получаем матрицу $(m + f - 1)$ -го порядка. Далее, получаем эквивалент для схемы $(m + f - 2)$ -го порядка и т. д. На

последнем этапе получается иско-мая матрица эквивалентного m -полюсника с $m - k$ независимыми узлами. на рис. 1 приводится блок-схема вычислительных процедур, связанных с реализацией на ЭВМ Урал-14 Д формулы (1) по третьему (предлагаемому) способу.

Представляет интерес исследование преимуществ и недостатков указанных трех способов реализации формулы (1) на ЭВМ. Простой анализ показывает, что третий способ обладает наибольшей точностью. Объясняется это тем, что в этом способе по существу нет операции обращения матрицы. Здесь имеет место вычисление с любой точностью величины $\frac{1}{Y_{fc}}$, где Y_{fc} — диагональный элемент подматрицы $[Y_{fc}]$ и всех последующих подматриц, получаемых в результате последовательного эквивалентирования.

К сожалению, трудно оценить погрешности при обращении матриц методами Гаусса и Еринова. А между тем, в практике расчетов матриц Y эквивалентных m -полюсников важно пользоваться способом, обеспечивающим наибольшую точность. Для оценки этого вопроса обратимся к примеру расчета.

Пример. Дана схема замещения системы с 28 генераторными и нагрузочными узлами и 18 внутренними узлами [4]. Заданы величины $\frac{1}{j}$ всех ветвей указанной схемы. Требуется вычислить элементы матрицы эквивалентного m -полюсника с 28 независимыми генераторными и нагрузочными узлами.

С учетом обозначений формулы (1) для этого примера имеем: $m = k = 28$; $f = c = 18$.

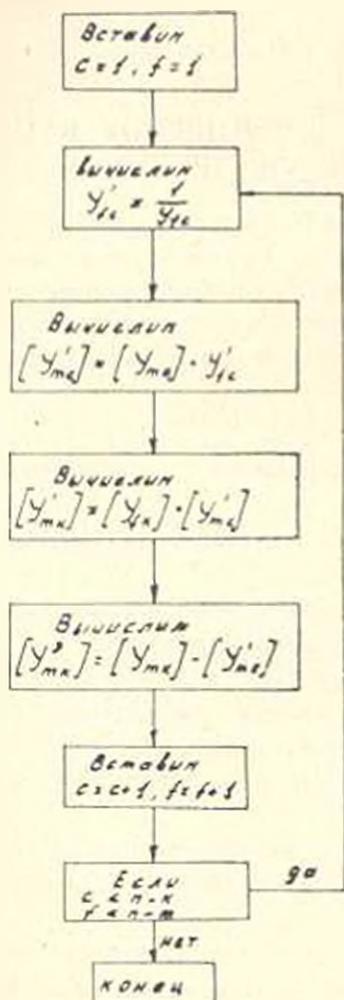


Рис. 1. Блок-схема вычислительных операций

Задача была решена перечисленными тремя способами. Были получены одинаковые результаты по множеству узлов и расхождению по ряду узлов. В табл. 1 приводятся параметры g_{mk} , b_{mk} для ряда узлов схемы по результатам расчетов.

Из данных табл. 1 видно, что имеют место значительные расхождения между данными, полученными способами 1 и 3, с одной стороны, и способом 2, с другой.

В заключение целесообразно оценить значения числа вычислительных операций при реализации на ЭВМ способов 1 и 3.

Формулы для расчета числа вычислительных операций по способам 1 и 3 имеют следующий вид:

$$N_{(1)} = m^2 + 2mc^2 + 2m^2c + \frac{2}{3}c(c+1)(c+2) + c(c-1); \quad (3)$$

Таблица 1

Узел m, k	$g_{mk} \times 10^{-4}$			$b_{mk} \times 10^{-4}$		
	по Гауссу	по Ершову	по предлагаемому способу	по Гауссу	по Ершову	по предлагаемому способу
6.6	54.6474	13.9956	54.6475	352.8282	339.4690	352.8282
6.7	1.5660	-0.3014	1.5689	39.326	-38.3802	-39.3257
6.19	-6.5796	-1.5334	-6.5796	32.448	-31.0822	-32.4483
6.20	-40.1386	-9.8445	-40.1386	-225.789	-217.0031	-225.7895
6.22	-9.9425	-2.1819	-9.9425	-40.884	-38.9788	-40.8840
6.23	0.4473	-0.1342	0.4473	-14.380	-14.0246	-14.380
7.7	36.3538	19.2381	36.4362	341.015	336.4780	341.0185
7.19	-5.0349	-1.6252	-5.0337	-14.677	-13.9347	-14.6774
7.20	-20.4893	-6.4905	-20.4853	-50.874	-48.1579	-50.875
7.22	-11.0964	-3.7774	-11.0935	-37.814	-36.0953	-37.814
7.23	-1.2992	-7.1036	-1.2841	-198.324	-199.909	-198.324
11.13	-5.1621	-4.2951	-5.1588	-46.732	-46.5167	-46.7184
11.16	-0.3013	-0.1199	-0.3014	-2.786	-2.7588	-2.787
13.13	150.660	148.8655	150.6527	838.819	838.494	838.7916
16.18	-7.6722	-5.6754	-7.6721	-178.7901	-178.5287	-178.7917
18.18	60.676	54.4599	60.6742	1214.019	1213.2267	1214.0131

Таблица 2

Число $m-f$	Число m	$N_{(1)}$	$N_{(3)}$
46	28	52018	27130
13	8	1264	722
17	14	1670	1063
100	65	491495	251620

$$N_{(3)} = \frac{1}{2}m(m-1) + \frac{1}{2}c(c+1) + \sum_{l=1}^{c-1} (m-l)(m-l-1) + \sum_{l=1}^{c-1} (m-l). \quad (4)$$

Выше, в табл. 2, приводятся значения $N_{(1)}$ и $N_{(3)}$ для ряда примеров эквивалентирования.

Выводы

1. Предлагаемый способ для расчета узловых проводимостей эквивалентного m -полюсника предпочтительнее как по точности, так и по скорости реализации на ЭВМ, по сравнению с методом Ершова.

2. Предлагаемый способ, обладая точностью метода по Гауссу, для своей реализации на ЭВМ требует меньшего числа вычислительных операций.

АрмИИИЭ

Поступило 13.IX.1973.

Ն. Տ. ԱԳՈՆՅ, Ա. Մ. ՅՈՒՋՐԱՇԵԱՆ, Ա. Ս. ԳԱՓԼԱՆՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ՍԻՆՄԱՆՆԵՐԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍ ՀԱՎՈՐԳԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՄԱՏՐԻՑԱՅԻ ՇՐՋՄԱՆ ՆՐԻՔ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՆ
ՇՈՒՐՋԸ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Հոդվածում շարադրված է (1) բանաձևը էՀՄ-ի վրա երեք եղանակներով իրացնելիս ստացվող արդյունքների հետազոտությունները:

Իրացման առաջին եղանակը Գաուսսի մեթոդի [2] սպտագործումն է $[Y_{jc}]^{-1}$ շրջված ենթամատրիցայի էլեմենտների թվային արժեքների որոշման համար: Իրացման երկրորդ եղանակը $[Y_{jc}]^{-1}$ որոշման համար երջոփի մեթոդի [3] օգտագործումն է:

Իրացման երրորդ՝ առաջարկվող, եղանակը առաջին երկուսից տարբերվում է նրանով, որ (1) պրոցեդուրան հաջորդաբար կրկնվում է $f = \infty$ անգամ, հաջորդաբար ստացվող համարժեք մատրիցայից անջատելով որպես $[Y_{jc}]$ ենթամատրիցա միայն մեկ էլեմենտ (անկյունագծային):

Համարժեք m -բևեռանու հանգույցային հաղորդականությունների հաշվարկման համար առաջարկվող եղանակը, համեմատած երջոփի մեթոդի հետ, գերազանցի է ինչպես ըստ ճշտության, այնպես էլ ըստ արագության: Առաջարկվող եղանակը, տեղեկավոր Գաուսսի մեթոդի ճշտությունը, էՀՄ-ի վրա իրացնելիս պահանջում է ավելի քիչ թվով հաշվողական գործողություններ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Адоц Г. Т. Многополюсник. Изд. АН Арм. ССР, 1965.
2. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. Физматгиз, 1970.
3. Фидеев Д. К., Фидеева В. И. Вычислительные методы линейной алгебры. Физматгиз, 1960.
4. Адоц Г. Т., Гажбурян К. А., Мурадян С. Г. Об одной тестовой задаче расчета установившегося режима энергосистемы. «Электрические станции», 1971, № 12.