

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Г. Т. АДОНЦ, Р. М. ГАБРИЕЛЯН

К МЕТОДАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СХОДИМОСТИ ИТЕРАЦИИ В
РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В настоящее время в ВЦ энергетики решается целый ряд задач по расчетам установившихся режимов энергосистем. В этих задачах схемы замещения электрических сетей, так называемые открытые схемы, большей частью представляются параметрами $[Y]$. Последняя форма уравнений целесообразна для случаев систем с большим числом узлов.

В отличие от представления схем замещения открытыми в АрмНИИЭ развиваются методы расчетов, основанные на представлении схемы замещения эквивалентными многополюсниками. Из математических методов, применяемых для решения этих задач, отметим следующие: метод итерации, метод Гаусса с выбором главного элемента, метод Ньютона, метод градиента.

Практика решения задач по расчету установившихся режимов показала, что в ряде случаев получаются сходящиеся решения, которые не могут быть реализованы в энергосистеме, т. е. решения, не имеющие физического смысла.

Задача обеспечения сходимости итерации к единственному физически реализуемому решению становится наиболее трудной в случае задания напряжения только одного узла баланса мощностей. В связи с этим стала актуальной задача обеспечения сходимости решений к единственному физически реализуемому. Здесь возможны разные подходы к решению этой задачи.

Цель настоящей заметки—рассмотрение примера обеспечения сходимости итерации, при задании напряжения только балансирующего узла, к единственному физически реализуемому решению.

Постановка задачи. Принимаются заданными: а) параметры d_{mk} , b_{mk} ($m, k=1, \dots, n$) эквивалентного многополюсника с выделенными генераторными и нагрузочными узлами системы; б) активные (P) и реактивные (Q) мощности генерирующих и нагрузочных узлов, кроме узла баланса мощностей; в) модуль (U) и фаза (ψ) напряжения узла баланса; г) ограничения, налагаемые на искомые модули напряжений.

Принимаются искомыми: а) модуль и фаза комплексных напряжений генераторных и нагрузочных узлов; б) реактивные и активные мощности узла баланса.

Комплексные токи в ветвях и активные и реактивные мощности в них могут быть определены по результатам расчета параметров режима многополюсника.

Уравнения, используемые для решения этой задачи, берутся согласно [1, 2].

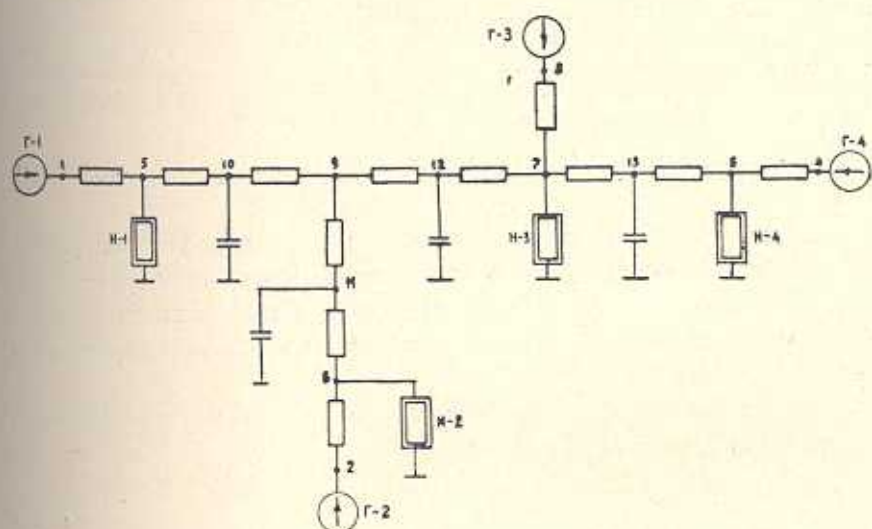


Рис. 1.

Пример расчета. Рассматривается схема (рис. 1) с 4-я генераторными, 4-я нагрузочными и 5-ю линейными узлами ($n = 13$). Параметры многополюсника, эквивалентного этой схеме, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

m, k	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8
g	195,461	70,8854	73,5112	731,707	525,772	320,763	640,829	1159,50
b	1841,45	1086,91	1492,5	3414,63	3835,54	2948,18	4533,09	5202,99

Продолжение таблицы 1

m, k	1,5	2,6	3,7	4,8	5,6	5,7	6,7	7,8
g	-195,461	-70,8854	-73,5112	-731,707	-219,17	-111,071	-94,5442	-427,499
b	-1841,45	-1086,91	-1492,50	-3414,63	-1316,42	-705,443	-576,851	-1857,13

Величины, приведенные в табл. 1, следует умножить на 10^{-5} (СИМ).

Заданные активные и реактивные мощности генераторных (1, 2, 4) и нагрузочных (5, 6, 7, 8) узлов, а также напряжение узла (3) баланса мощностей приводятся в табл. 2.

Таблица 2

$m=$	1	2	4	5	6	7	8	$m=$	3
$P(\text{Мвт})$	157,7	-54,6	418,3	-229	-116,9	-64,7	-322,8	$U(\text{кв})$	259
$Q(\text{Мвар})$	131,8	137,4	87,4	-79,5	-67,7	-32,4	-81,2	$\psi(\text{град})$	0

Ограничение по искомым модулям напряжений принято $U^{\min} \geq 170 \text{ кв}$, $U^{\max} \leq 250 \text{ кв}$.

Для решения этой задачи были использованы: программа АрмНИИЭ, программа Сибирского энергетического института (СибЭИ), основанная на применении метода Ньютона, и программа Киевского института электродинамики (КИЭД), основанная на методе итерации по Зейделю.

Результаты расчетов, выполненных по программе СибЭИ и по программе КИЭД, приводятся в табл. 3.

Таблица 3

$m=$	1	2	4	5	6	7	8	$m=$	3
$U(\text{кв})$	319,3	332,4	296,0	294,3	294,9	278,3	281,9	$P(\text{Мвт})$	241,4
$\psi(\text{град})$	-21,55	-31,77	-2,22	-26,24	-28,79	-12,98	-9,92	$Q(\text{Мвар})$	-48,4

Результаты расчета, выполненного по программе АрмНИИЭ, приводятся в табл. 4.

Таблица 4

$m=$	1	2	4	5	6	7	8	$m=$	3
$U(\text{кв})$	207,6	227,1	187,9	171,6	173,0	184,6	172,2	$P(\text{Мвт})$	284,5
$x = \sin \psi$	-0,2055	-0,6338	0,5339	-0,4121	-0,5284	0,2093	0,3275	$Q(\text{Мвар})$	334,8

Анализ результатов расчета. Согласно табл. 3 в узлах 1, 2 получились напряжения выше 300 кв, что свидетельствует о физической нереализуемости полученного решения. В отличие от этого, результаты расчета, приведенные в табл. 4, полученные по программе АрмНИИЭ,

являются единственными физически реализуемыми параметрами режима.

Заметим, что, в отличие от ограничений U^{min} и U^{max} , используемых в программе АрмНИИЭ, в программе СибЭИ используется принцип контроля по максимуму небаланса и по величине шага. В программе КИЭД используется принцип ограничения по максимальным и минимальным реактивным мощностям.

Отличительной особенностью решения задачи по программе АрмНИИЭ является также и следующее: при выборе нулевого приближения величины искомого напряжения в первом шаге итерации принимаются

$$U_m^{i-0} = U_m^{ном} + \sqrt{|Q_m^0 - C|},$$

где $U_m^{ном}$ — номинальное напряжение сети; Q_m — заданная реактивная мощность узла; C — константа; i — индекс шага итерации. В рассмотренном примере были приняты следующие нулевые приближения искомого величин:

$m =$	1	2	4	5	6	7	8
$U^{i-0}(\text{кВ})$	225,3	225,2	215,6	214,1	213,5	211,1	214,7
$\psi^{i-0}(\text{град})$	0	0	0	0	0	0	0

В ы в о д ы

1. Метод представления схемы замещения электроэнергетической системы эквивалентным многополюсником обладает преимуществом по сравнению с методом представления систем открытыми схемами при решении задач расчетов установившихся режимов с обеспечением сходимости к единственному физически реализуемому решению.

2. Ограничения, налагаемые на модули искомого напряжений, а также выбор начальных значений искомого напряжений в зависимости от заданных реактивных мощностей оказывают существенное влияние на сходимость итерации к единственному физически реализуемому решению.

АрмНИИЭ

Поступило 24.VII. 1974

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адонц Г. Т. Метод расчета установившегося режима электрической системы. «Электричество», № 5, 1972.
2. Адонц Г. Т. О сходимости итерации к единственному решению в расчетах установившихся режимов электрической системы. «Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт», № 3, 1971.
3. Оксезян Н. А. К исследованиям сходимости итерации в расчетах установившихся электрических режимов энергосистем. «Изв. АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXVI, № 3, 1973.

4. Крумя Л. А. Применение метода Ньютона—Рафсона для расчета стационарного режима сложных электрических систем. «Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт», № 5, 1965.
5. Качанова Н. А. и др. Новые программы института электродинамики АН УССР расчетов на ЦВМ установившихся электрических режимов сложных энергосистем. «Применение вычислительной техники в электроэнергетике», № 1, М., 1970.