ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXIX, № 5, 1976 Серия технических наук

ЭНЕРГЕТИКА

А. А. АРУТЮНЯН, В. Г. ПОГОСОВ, П. А. КАРАПЕТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХОБМОТОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА СХОДИМОСТЬ ИТЕРАЦИИ В РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Важность проблемы сходимости итерации к единственному физически реализуемому решению в расчетах установившихся режимов электроэнергетических систем связана с тем, что указанные расчеты представляют собой неотъемлемую, главную составную часть в исследованиях статической и динамической устойчивости, потерь энергии в электрических сетях, оптимизации режимов систем и ряда других задач.

Расчеты установившихся режимов с использованием матрицы Y обладают тем преимуществом, что в программе расчетов учитываются лишь ненулевые элементы матрицы, что приводит к возможности расчета для схем с большим числом узлов [2]. В качестве недостатка метода расчета с использованием матрицы Y указывают на плохую сходимость при учете ветвей с отрицательными реактивными проводимостями [3]. К числу таких элементов относится одна из ветвей схемы замещения трехобмоточного трансформатора.

В настоящей статье изложены результаты исследований способов обеспечения сходимости итерации при учете в схеме замещения трехобмоточных трансформаторов с отрицательным сопротивлением одной из ветвей, выполненных в АрмНИИЭ по программе расчета установившегося режима с использованием матрицы Y [1].

Сопротивления ветвей схемы трехобмоточных трансформаторов определяются по формуле [5]:

$$R_i = \frac{\Delta P_k \cdot U_н^2 \cdot 10^3}{S_н^2} \ |Ом|; \qquad (1)$$

$$X_i = \frac{U_{к\%} U_н^2 \cdot 10}{S_н} \ |Ом|, \qquad (2)$$

где ΔP_k — потери короткого замыкания при номинальной нагрузке трансформатора, $кВт$;

$U_{к\%}$ — напряжение короткого замыкания в процентах от номинального;

$S_н$ — номинальная мощность трансформатора, $кВА$;

$U_н$ — номинальное напряжение трансформатора, $кВ$.

Схема замещения трехобмоточного трансформатора представляется в виде, приведенном на рис. 1,*а*.

В нашем примере рассматривается ветвь *3—4* с отрицательным реактивным сопротивлением.

Так как диагональные элементы матрицы Y равны сумме элементов строки с обратным знаком:

$$Y_{mm} = -\sum_{k=1}^{n} Y_{mk} = g_{mm} - jb_{mm}, \tag{3}$$

то для узла *4*

$$g_{44} = -\sum (g_{41} + g_{42} + g_{43}); \tag{4}$$

$$b_{44} = -\sum (b_{41} + b_{42} + b_{43}), \tag{5}$$

где

$$g_{43} = -\frac{r_{43}}{(r_{43})^2 + (x_{43})^2}; \tag{6}$$

$$b_{43} = -\frac{x_{43}}{(r_{43})^2 + (x_{43})^2}. \tag{7}$$

В выражении (7) реактивное сопротивление x_{43} принимает отрицательное значение из-за напряжения короткого замыкания ($U_{к\%}$), входящего в формулу (2):

$$U_{к\%3} = \frac{U_{к\%1-3} + U_{к\%2-3} - U_{к\%1-2}}{2}; \tag{8}$$

$x_{43} < 0$, т. к.

$$U_{к\%1-2} > U_{к\%1-3} + U_{к\%2-3}. \tag{8а}$$

Следовательно, $b_{44} < \sum_{k=1}^{3} |b_{4k}|$ не удовлетворяет критерию сходимости 4].

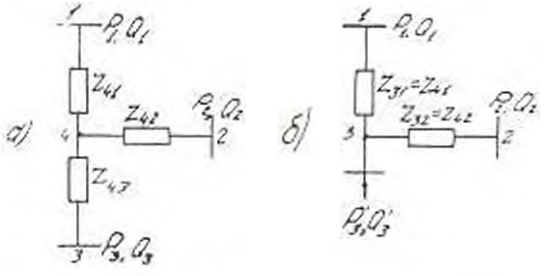

Рис. 1. Схемы замещения трехобмоточного трансформатора с отрицательным реактивным сопротивлением:
а—исходная; *б*—эквивалентная

Предлагаемый способ. Сущность предлагаемого способа заключается в эквивалентном преобразовании схемы рис. 1,*а* в схему рис. 1,*б*, что осуществляется следующим образом.

Мощности P_3, Q_3, приложенные в узле *3*, переносятся в узел *4* с учетом потерь мощности в ветви *4—3*.

Потери активной и реактивной мощностей определяются по формулам

$$\tau_{43}=\frac{P_3^2+Q_3^2}{U_4^2}\cdot r_{43}; \qquad q_{43}=\frac{P_3^2+Q_3^2}{U_4^2}\cdot x_{43}, \tag{9}$$

где τ_{43} и q_{43} соответственно потери активной и реактивной мощностей. Мощности, приложенные к узлу *4*, определяются так:

$$P_3'=P_3+\tau_{43}; \quad Q_3'=Q_3+q_{43}. \tag{10}$$

Примеры исследования нескольких схем замещения Армянской энергосистемы приведены в табл. 1, и, как видно, для I и II вариантов не удалось получить сходимость итерации при рассмотрении открытой схемы. Однако в общих случаях при замене открытой схемы эквива-

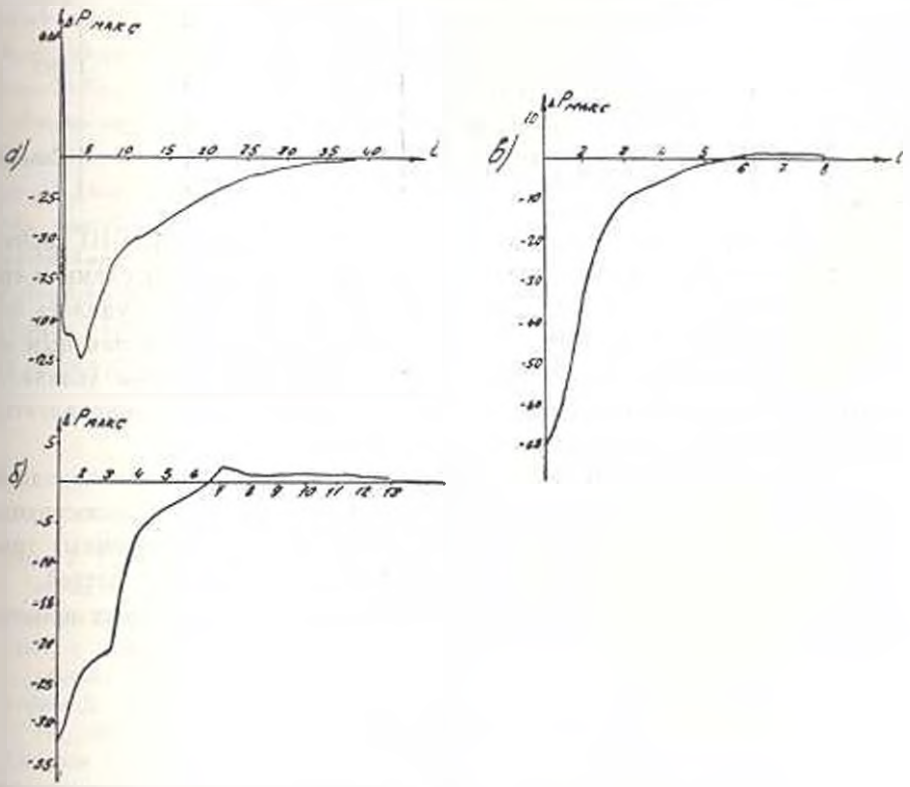

Рис. 2. Графики итерационных процессов.
а — вариант III—4; *б* — вариант II—2; *в* — вариант I—2.
($\Delta P_{макс}$ — максимальный небаланс активной мощности; *l* — итерация)

Таблица 1

Варианты	№ по порядку	Схема	Общее число узлов	Число генераторных и нагрузочных узлов	Число трехобмоточных трансформаторов	Число ветвей с отрицательными сопротивлениями	Сходимость итерации
I	1	Зангезурской электросети	78	33	10	8	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	33	33	10	8	Сходится
II	1	Западной электросети	80	36	9	7	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	36	36	9	7	Сходится
III	1	Армянской энергосистемы	134	74	24	19	Нет
	2	Та же схема после эквивалентирования	74	74	24	19	Нет
	3	Схема Армянской энергосистемы (n=134) без отрицательных ветвей	115	74	5	—	Нет
	4	Та же схема после эквивалентирования	74	74	5	—	Сходится

лентным многополюсником была получена сходимость. Для III варианта не удалось получить сходимость итерации для открытой схемы с сравнительно большим числом отрицательных ветвей — 19. Не удалось получить сходимость даже при замене открытой схемы эквивалентным многополюсником. При использовании предлагаемого способа эквивалентного преобразования для той же схемы, представленной эквивалентным многополюсником, сходимость обеспечивается.

Полученные для III варианта результаты наглядно показали эффект от замены открытой схемы эквивалентным многополюсником и от использования предлагаемого способа учета трехобмоточных трансформаторов с отрицательными сопротивлением одной из ветвей.

На рис. 2 дано графическое изображение итерационных процессов для сходящихся задач.

Выводы

1. Итерации, связанные с расчетом установившихся режимов энергосистем, содержащих трехобмоточные трансформаторы с отрицательными реактивными сопротивлениями ветвей, в ряде случаев оказываются расходящимися.

2. Одним из способов обеспечения сходимости итерации в таких расчетах является замена исходной схемы замещения системы эквивалентным многополюсником.

3. Наиболее эффективным для обеспечения сходимости итерации оказался предлагаемый способ эквивалентного переноса нагрузки в нейтральный узел схемы замещения трансформатора.

АрмНИИЭ Поступило 25.XI.1975.

Ա. Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Վ. Դ. ՊՈՂՈՍՈՎ, Ն. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԱՍՏԱՏՎԱԾ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐՈՒՄ ԻՏԵՐԱՑԻԱՅԻ ԶՈՒԳԱՄԻՏՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԽՈԱՓԱԹՈՒՅԹ ՏՐԱՆՍՖՈՐՄԱՏՈՐՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում շարադրված է հոափաթույթ տրանսֆորմատորների փոխարինման սխեմայում բացասական ռեակտիվ դիմադրության ճյուղի առկայության դեպքում իտերացիայի զուգամիտության ապահովումը էլեկտրաէներգահամակարգերի հաստատված ռեժիմների հաշվարկներում:

Բացասական ճյուղերով հոափաթույթ տրանսֆորմատորներ պարունակող էներգահամակարգերի հաստատված ռեժիմները հաշվարկելիս իտերացիաները չեն զուգամիտում: Այդպիսի հաշվարկներում իտերացիայի զուգամիտությունը ապահովելու մեթոդներից մեկը նախնական սխեմայից համարժեք բազմաբևեռի սխեմային անցնելն է: Իտերացիայի զուգամիտությունն ապահովելու մյուս, առավել էֆեկտիվ մեթոդը առաջարկվող մեթոդն է, որի էությունը բեռի համարժեք տեղափոխումն է տրանսֆորմատորի փոխարինման սխեմայի չեզոք կետ:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адонц Г. Т.* Метод расчета установившегося режима электрической системы. «Электричество», № 5, 1972.
2. *Фазылов Х. Ф.* Методы режимных расчетов электрических систем. Ташкент, 1964.
3. *Стотт Б.* Обзор методов расчета потокораспределения. Труды ИИЭР, США (русск. перевод), 1974, т. 62, № 7.
4. *Фадеев Д. К., Фадеева В. Н.* Вычислительные методы линейной алгебры. Физматгиз, 1963.
5. *Глазунов А. А.* Электрические сети и системы. ГЭИ, 1954.