ЭНЕРГЕТИКА

А. А. ГАРИБЯН, Н. М. СААКЯН, К. С. САГАТЕЛИАН

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ В РАСЧЕТАХ
 УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В СЕТЯХ 35 кВ И ВЫШЕ

Задача обеспечения сходимости итераций в расчетах установившихся режимов является предметом исследований энергетических организаций, занимающихся такими расчетами. При исследовании структурных потерь в схемах сети 35кВ и выше наблюдаются частые случаи несходимости итераций.

Постановка задачи. Задана схема замещения электрической сети 35кВ и выше. Требуется, пользуясь уравнениями установившегося режима сети, определить причины несходимости итерации и предложить способ, обеспечивающий сходимость.

Расчетные уравнения. Заданы уравнения установившегося режима, записанные по методу Ньютона [1]:

$$\frac{\partial P_m}{\partial s_m} \Delta s_m + \sum_{\omega} \frac{\partial P_m}{\partial s_{\omega}} \Delta s_{\omega} = \Delta P_m; \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q_k}{\partial U_k} \Delta U_k + \sum_{\omega} \frac{\partial Q_k}{\partial U_{\omega}} \Delta U_{\omega} = \Delta Q_k, \quad (2)$$

где m, k, ω — соответственно, индексы узлов с заданными P, Q , а также узлов ветвей, исходящих из m или k ; $\Delta P_m, \Delta Q_k$ — небалансы активной и реактивной мощностей в узлах m и k ; U_k, U_{ω} — модули напряжений узлов k и ω ; s_m, s_{ω} — синусы фаз напряжений узлов m и ω ; $\Delta s, \Delta U$ — приращение искоемых величин S и U .

$$\frac{\partial P_m}{\partial s_m} = \frac{1}{c_m} (U_m^2 b_{m,m} - Q_m^*), \quad \frac{\partial P_m}{\partial s_{\omega}} = \frac{1}{c_{\omega}} U_m U_{\omega} z_{m,\omega}$$

$$\frac{\partial Q_k}{\partial U_k} = \frac{1}{c_k} U_k \sum_{\omega} U_{\omega} z_{k,\omega}, \quad \frac{\partial Q_k}{\partial U_{\omega}} = U_k z_{k,\omega}$$

$$z_{\omega,\omega} = R_{\omega\omega} c_{\omega} - b_{\omega\omega} s_{\omega}, \quad z_{m,\omega} = g_{m\omega} s_{\omega} + b_{m\omega} c_{m\omega}$$

$$\Delta P_m = P_m^* - P_m^i, \quad \Delta Q_k = Q_k^* - Q_k^i$$

Здесь P_m^*, Q_k^* — соответственно, заданные P и Q в узлах m и k ; P_m^i, Q_k^i — вычисленные значения P и Q в i -том шаге итерации; g, b — активные и реактивные проводимости элементов схемы; c_m, c_{ω}, c_k — синусы фаз напряжений узлов m, ω, k .

В результате решения уравнений (1) и (2) находятся Δs^{i+1} и ΔU , что соответствует $i+1$ -ому шагу итерации, а величины s^{i+1} , U^{i+1} определяются как

$$s^{i+1} = s^i + \Delta s^{i+1}, \quad U^{i+1} = U^i + \Delta U^{i+1}. \quad (3)$$

Причины несходимости. Исследования показали, что некоторыми из причин несходимости итераций при решении уравнений (1) и (2) являются:

— разреженность матрицы $[Y]$, т. е. большое число нулевых элементов;

— наличие ветвей с отрицательной проводимостью, что возникает при учете схем замещения трехобмоточных трансформаторов.

Ограничения по напряжению и реактивной мощности представляются записями:

$$U^{\min} \leq U^i \leq U^{\max}; \quad Q^{\min} \leq Q^i \leq Q^{\max}. \quad (4)$$

Примеры расчетов. Рассматривались 5 подсистем Армянской энергосистемы. Сведения о них приводятся в табл. 1.

Таблица 1

№ сх.	Число узлов				Число ветвей		Число узлов с задан. U	i'	m'
	генер.	нагр.	сетев.	всего	продольн.	поперечн.			
1	3	56	71	133	132	9	6	1	51
2	4	42	51	100	100	—	1	1	40
3	1	38	48	87	87	7	1	1	34
4	3	29	37	69	69	10	1	1	23
7	3	59	78	140	141	17	1	1	65

Здесь i' — номер шага итерации, в котором нарушалась сходимость; m' — число узлов, в которых имело место нарушение ограничения по U .

Обеспечение сходимости. Исследования показали, что на всех рассмотренных расчетах установившегося режима пяти схем сходимость обеспечивалась путем предварительного эквивалентирования схем.

В результате этого общее число узлов сокращено до числа суммы генераторных и нагрузочных узлов, что, в свою очередь, привело к увеличению числа ненулевых элементов матрицы $[Y]$. Сведения о результатах эквивалентирования представлены в табл. 2.

Здесь i'' — номер шага завершения сходящейся итерации.

Из табл. 2 видно, что увеличение числа ветвей с отрицательными b не повлияло на сходимость. Это является положительным свойством программы, по которой проводились расчеты.

Таблица 2

№№ п. сч	число узлов		% ненулевых элем. матрицы		число ветвей с отриц. Я		r ⁰
	до эквив.	после эквив.	до эквив.	после эквив.	до эквив.	после эквив.	
1	133	59	2,2	62,1	9	149	5
2	100	46	3	34,2	9	59	4
3	87	39	3,4	95,1	6	77	9
4	59	32	4,4	69,7	6	39	5
7	140	62	2,2	79,6	9	140	4

В узлах, где имело место нарушение ограничений по U , принимались новые значения заданных в указанных узлах Q путем вычисления:

$$\Delta Q_k = \frac{\partial Q_k}{\partial U_k} \Delta U_k + \sum_{i=1}^n \frac{\partial Q_k}{\partial U_i} \Delta U_i, \quad (5)$$

где $\Delta U_k = U^{\min} - U^i$ или $\Delta U_k = U^{\max} - U^i$, а ΔU_i берется по результатам расчета шага, в котором нарушены ограничения по U .

По результатам расчета по (5) определяется новое значение Q_k .

$$Q_k^{**} = Q_k^* + \Delta Q_k. \quad (6)$$

Вывод. Несходящую итерацию в расчетах установившегося режима системы (подсистемы) напряжением 35кВ и выше можно обратить в сходящуюся путем эквивалентирования, т. е. преобразованием открытой схемы в эквивалентированный многополюсник.

АрмНИИЭ

Поступило 16.1.1978.

Ա. Ա. ԳԱՐԻԲՅԱՆ, Ե. Մ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Գ. Ս. ՍԱԳՍԵՅԱՆ

ԿԱՅՈՒՆԱՅՎԱԾ ՈՒՆԺԻՄՆԵՐԻ ԶՈՒԿԱՄԻՏՄԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ
35 ԿՎ ԵՎ ԵՎ ԲԱՐՁՐ ԼԻՆԻԱՆ ՑԱՆՅԵՐՈՒՄ

Ա. Ա. Գ Ա Ս Ա Ս Ա Ս

Հողովածում դիտարկվում են կայունացված ունիվերսիտետի խոհրացիաների զուգամիտման հարցերը, որոնք ներկայումս հանդիսանում են հետադադարի առարկա էներգետիկայում:

Կորուստների հետադադարի մասանակ 35 կՎ և բարձր բարձան ցանցերում հաճախակի դիտվում են չզուգամիտվող խոհրացիաներ, որոնց էկվիվալենտացման ճանապարհով կայունացած ունիվերսիտետի հաշվարկներում կարելի է դարձնել զուգամիտվող, վերափոխելով բաց սխեման էկվիվալենտ բաղադրանքով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адоны Г. Т. Исследования алгоритмов решения уравнений установившегося режима электрической системы. «Известия АН АрмССР (серия Т. Е.)», т. XXX, № 5, 1977.