К.В. ХАЧАТРЯН, А.В. БОРОЯН

КОРРЕКЦИЯ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ P-U И P-Q ТИПАХ СТАНЦИОННЫХ УЗЛОВ

Предлагается метод коррекции установившегося режима ЭЭС при P-U и P-Q типах станционных узлов. Строится соответствующая математическая модель и предлагается метод ее реализации.

Ключевые слова: метод, модель, матрица, система, режим, коррекция, станция, мощность, узел, уравнение.

Как известно, задача расчета установившегося режима электроэнергетической системы (ЭЭС), с математической точки зрения, сводится к решению систем нелинейных алгебраических уравнений, которое осуществляется итерационным методом, требующим большого объема вычислительных работ [1-7]. Любое изменение относительно исходной информации порождает расчет нового установившегося режима, т.е. решение систем нелинейных алгебраических уравнений. Поэтому коррекция установившегося режима является актуальным вопросом.

В настоящей работе при решении задачи коррекции установившегося режима ЭЭС рассматривается случай, когда станционные узлы одновременно могут быть как типа P-Q, так и типа P-U.

Пассивная часть исследуемой ЭЭС задается в Y-Z форме, которую удобнее представить в следующем виде [6]:

$$\begin{bmatrix} \underline{Y}_{m,n} & | & \underline{Y}_{m,\ell} & | & \dot{\underline{A}}_{m,j} \\ \underline{Y}_{k,n} & | & \underline{Y}_{k,\ell} & | & \dot{\underline{A}}_{k,j} \\ \dot{\underline{B}}_{i,n} & | & \dot{\underline{B}}_{i,\ell} & | & \dot{\underline{Z}}_{m,j} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Для построения соответствующих систем нелинейных алгебраических уравнений принимается та же система индексов, что и в [6]. При этом:

$$\begin{cases} \Phi_{pm} = P_m - [P_{Bm} + \varphi_{pm}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell})] = 0, \\ \Phi_{qm} = Q_m - [Q_{Bm} + \varphi_{qm}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell})] = 0; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \Phi_{pk} = P_k - [P_{Bk} + \varphi_{pk}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell})] = 0, \\ \Phi_{qk} = Q_k - [Q_{Bk} + \varphi_{qk}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell})] = 0; \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \Phi_{pi} = P_i - [P_{\dot{A}i} + \varphi_{pi}(I'_j, I''_j)] = 0, \\ \Phi_{qi} = Q_i - [Q_{\dot{A}i} + \varphi_{qi}(I'_j, I''_j)] = 0. \end{cases} \quad (4)$$

В раскрытой форме выражения $\Phi_{pm}, \Phi_{qm}; \Phi_{pk}, \Phi_{qk}$ и Φ_{pi}, Φ_{qi} приводятся в [7] в виде уравнений (10)-(15) и (16)-(22).

Представим системы уравнений (2)-(4) в виде следующих неявных функций:

$$\begin{cases} \Phi_{pm}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell}) = 0, \\ \Phi_{qm}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell}) = 0; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \Phi_{pk}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell}) = 0, \\ \Phi_{qk}(U_n, \Psi_{Un}; U_\ell, \Psi_{U\ell}) = 0; \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \Phi_{pi}(I'_j, I''_j) = 0, \\ \Phi_{qi}(I'_j, I''_j) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Для определения реактивных мощностей станционных узлов типа P-U с индексами $k(\ell)$ достаточно иметь только аргументы комплексных напряжений. В силу этого системы уравнений (5) и (6) можно представить в виде

$$\begin{cases} \Phi_{pm}(U_n, \Psi_{Un}; \Psi_{U\ell}) = 0, \\ \Phi_{qm}(U_n, \Psi_{Un}; \Psi_{U\ell}) = 0, \\ \Phi_{pk}(U_n, \Psi_{Un}; \Psi_{U\ell}) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Системы уравнений (7), которые написаны относительно нагрузочных узлов с индексами $i(j)$, остаются неизменными. Полученные системы нелинейных алгебраических уравнений установившегося режима ЭЭС (8) и (7) решаются методами первого порядка и Ньютона-Рафсона. Рекуррентное выражение для решения систем нелинейных алгебраических уравнений (8) имеет вид

$$\begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{Un}} \\ \Psi_{U\ell} \end{bmatrix}^{I+1} = \begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{Un}} \\ \Psi_{U\ell} \end{bmatrix}^I - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{Un}} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{Un}} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{Un}} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U\ell}} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Phi_{pm} \\ \Phi_{qm} \\ \Phi_{pk} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

а для решения (7) -

$$\begin{bmatrix} I'_i \\ \vdots \\ I''_i \end{bmatrix}^{И+1} = \begin{bmatrix} I'_i \\ \vdots \\ I''_i \end{bmatrix}^{И} - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I''_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I''_j} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Phi_{pi} \\ \Phi_{qi} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Частные производные матрицы Якоби (9) определяются в следующем виде:

— при одинаковых индексах:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_m} &= - \left(\frac{\partial P_{\dot{A}m}}{\partial U_m} + \sum_{n=1}^{\dot{A}'} K_{m,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} K_{m,\ell} U_\ell \right); \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_m} &= - \left(\frac{\partial Q_{\dot{A}m}}{\partial U_m} + \sum_{n=1}^{\dot{A}'} N_{m,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} N_{m,\ell} U_\ell \right); \\ \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{Um}} &= - \left[\frac{\partial P_{\dot{A}m}}{\partial \Psi_{Um}} - U_m \left(\sum_{n=1}^{\dot{A}'} N_{m,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} N_{m,\ell} U_\ell \right) \right]; \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{Um}} &= - \left[\frac{\partial Q_{\dot{A}m}}{\partial \Psi_{Um}} + U_m \left(\sum_{n=1}^{\dot{A}'} K_{m,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} K_{m,\ell} U_\ell \right) \right]; \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_k} &= - \left(\frac{\partial P_{\dot{A}k}}{\partial U_k} + \sum_{n=1}^{\dot{A}'} K_{k,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} K_{k,\ell} U_\ell \right); \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{Uk}} &= - \left[\frac{\partial P_{\dot{A}k}}{\partial \Psi_{Uk}} - U_k \left(\sum_{n=1}^{\dot{A}'} N_{k,n} U_n + \sum_{\ell=\dot{A}'+1}^{\dot{A}} N_{k,\ell} U_\ell \right) \right]; \end{aligned} \quad (11)$$

— при разных индексах:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_n} &= -U_m K_{m,n}; & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_n} &= -U_m N_{m,n}; & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{Un}} &= -U_m N_{m,n}; \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{Un}} &= -U_m K_{m,n}; & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_\ell} &= -U_k K_{k,\ell}; & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U\ell}} &= -U_k N_{k,\ell}. \end{aligned} \quad (12)$$

В выражениях (11) и (12) приняты следующие обозначения:

$$K_{\alpha,\beta} = g_{\alpha,\beta} \cos(\Psi_{U\alpha} - \Psi_{U\beta}) + b_{\alpha,\beta} \sin(\Psi_{U\alpha} - \Psi_{U\beta}); \quad (13)$$

$$N_{\alpha,\beta} = g_{\alpha,\beta} \sin(\Psi_{U\alpha} - \Psi_{U\beta}) - b_{\alpha,\beta} \cos(\Psi_{U\alpha} - \Psi_{U\beta}). \quad (14)$$

Частные производные $\partial P_{Bm}/\partial U_m$, $\partial Q_{Bm}/\partial U_m$, $\partial P_{Bm}/\partial \Psi_{Um}$, $\partial Q_{Bm}/\partial \Psi_{Um}$, $\partial P_{PK}/\partial U_n$, $\partial P_{PK}/\partial \Psi_{Uk}$, а также производные, входящие в матрицу Якоби рекуррентного выражения (10), определяются соответственно выражениями (42)-(47), а также (51)-(53), приведенными в [6].

В качестве критериев сходимости решения систем нелинейных алгебраических уравнений (7) и (8) соответственно выбираются

$$\begin{aligned} |P_\lambda - (P_{\lambda k} + \phi_{p\lambda})| &\leq \Delta P_\lambda; \\ |Q_\lambda - (P_{\lambda k} + \phi_{p\lambda})| &\leq \Delta Q_\lambda, \end{aligned} \quad (15)$$

где $\lambda = m(n); k(\ell); i(j)$ и $\Delta P_\lambda, \Delta Q_\lambda$ характеризуют точность определения численных значений искоемых режимных параметров.

Как обычно, принимается:

$$\begin{aligned} \Delta P_m = \Delta P_k = \Delta P_\lambda = \Delta P; \\ \Delta Q_m = \Delta Q_k = \Delta Q_\lambda = \Delta Q. \end{aligned} \quad (16)$$

Пользуясь понятиями векторов X, U, W , которые были приняты в [7], можем написать:

$$[X] = \left[\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} P_0 \\ Q_0 \end{array} \right\} \text{ для базисного (балансирующего) станц. узла} \\ \text{типа } U - \Psi_U; \\ \left. \begin{array}{l} U_n \\ \Psi_{U_n} \end{array} \right\} \text{ для независимых станц. узлов типа } P - Q; \\ \left. \begin{array}{l} Q_\ell \\ \Psi_{U_\ell} \end{array} \right\} \text{ для независимых станц. узлов типа } P - U; \\ \left. \begin{array}{l} I'_{Z(Y)} \\ I''_{Z(Y)} \end{array} \right\} \text{ для } Z(Y) \text{ блока систем нелинейных алгебр.} \\ \text{уравнений;} \end{array} \right] \quad (17)$$

$$[U] = \left[\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} U_0 \\ \Psi_{U_0} \end{array} \right\} \text{ для базисного (балансирующего) станц. узла} \\ \text{типа } U - \Psi_U; \\ \left. \begin{array}{l} P \\ Q \end{array} \right\} \text{ для станц. узлов типа } P - Q; \\ \left. \begin{array}{l} P \\ U \end{array} \right\} \text{ для станц. узлов типа } P - U. \end{array} \right] \quad (18)$$

$$[W] = \left[\begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} P \\ Q \end{array} \right\} \text{ для нагруз. узлов типа } P - Q \\ \left. \begin{array}{l} I'_{Y(Z)} \\ I''_{Y(Z)} \end{array} \right\} \text{ для } Y(Z) \text{ блока систем нелинейных алгебр.} \\ \text{уравнений} \end{array} \right] \quad (19)$$

В силу этих обозначений системы уравнений (8) и (7) соответственно можно представить в следующем виде:

$$\Phi_{Y(Z)}(X, U; W) = 0; \quad (20)$$

$$\Phi_{Z(Y)}(X, U; W) = 0. \quad (21)$$

При соответствующих приращениях векторные уравнения (20) и (21) можно представить в виде

$$\Phi_{Y(Z)}(X^P + \Delta X, U^0 + \Delta U; W^0 + \Delta W) = 0; \quad (22)$$

$$\Phi_{Z(Y)}(X^P + \Delta X, U^0 + \Delta U; W^0 + \Delta W) = 0, \quad (23)$$

где X^P - вектор состояния в точке решения; U^0, W^0 - заданные значения векторов управления и возмущения.

Разлагая (22) и (23) в ряд Тейлора и пренебрегая частными производными второго порядка и выше, получим следующие выражения:

$$\Delta X_{Y(Z)} = S_{Y(Z)}^U \Delta U_{Y(Z)} + S_{Y(Z)}^W \Delta W_{Y(Z)}; \quad (24)$$

$$\Delta X_{Z(Y)} = S_{Z(Y)}^U \Delta U_{Z(Y)} + S_{Z(Y)}^W \Delta W_{Z(Y)}, \quad (25)$$

где

$$S_{Y(Z)}^U = - \left(\frac{\partial \Phi_{Y(Z)}}{\partial X} \right)^{-1} \frac{\partial \Phi_{Y(Z)}}{\partial U}; \quad (26)$$

$$S_{Y(Z)}^W = - \left(\frac{\partial \Phi_{Y(Z)}}{\partial X} \right)^{-1} \frac{\partial \Phi_{Y(Z)}}{\partial W}; \quad (27)$$

и

$$S_{Z(Y)}^U = - \left(\frac{\partial \Phi_{Z(Y)}}{\partial X} \right)^{-1} \frac{\partial \Phi_{Z(Y)}}{\partial U}; \quad (28)$$

$$S_{Z(Y)}^W = - \left(\frac{\partial \Phi_{Z(Y)}}{\partial X} \right)^{-1} \frac{\partial \Phi_{Z(Y)}}{\partial W}, \quad (29)$$

которые являются матрицами чувствительностей.

Векторы $\Delta X_{Y(Z)}$ и $\Delta X_{Z(Y)}$, выраженные через режимные параметры ЭЭС, можно представить в виде

$$\Delta X_{Y(Z)} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta U_n}{\Delta \Psi_{Un}} \\ \frac{\Delta \Psi_{U\ell}}{\Delta \Psi_{U\ell}} \end{bmatrix}; \quad \Delta X_{Z(Y)} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta I'_i}{\Delta I''_i} \end{bmatrix}. \quad (30)$$

Скорректированные режимные параметры определяются в виде

$$\begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{Un}} \\ \frac{\Psi_{U\ell}}{\Psi_{U\ell}} \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{Un}} \\ \frac{\Psi_{U\ell}}{\Psi_{U\ell}} \end{bmatrix}^\Phi + \begin{bmatrix} \frac{\Delta U_n}{\Delta \Psi_{Un}} \\ \frac{\Delta \Psi_{U\ell}}{\Delta \Psi_{U\ell}} \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I'_i \\ I''_i \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} I'_i \\ I''_i \end{bmatrix}^\Phi + \begin{bmatrix} \frac{\Delta I'_i}{\Delta I''_i} \end{bmatrix}, \quad (31)$$

где H и Φ - соответственно новый и исходный или функционирующий установившиеся режимы.

В развернутой форме выражения (31) принимают следующий вид:

$$\begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{U_n}} \\ \frac{\Psi_{U_n}}{\Psi_{U_\ell}} \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} \frac{U_n}{\Psi_{U_n}} \\ \frac{\Psi_{U_n}}{\Psi_{U_\ell}} \end{bmatrix}^\Phi - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial P_\ell} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial P_\ell} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial P_\ell} \end{bmatrix} \times \quad (32)$$

$$\times \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_n}{\Delta Q_n} \\ \frac{\Delta Q_n}{\Delta P_\ell} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial I'_i} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial I''_i} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial I'_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I'_i} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I''_i} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I'_j} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I'_i} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I''_i} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I'_j} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\Delta I'_i}{\Delta I''_i} \\ \frac{\Delta I''_i}{\Delta I'_j} \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} I'_i \\ - \\ I''_i \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} I'_i \\ - \\ I''_i \end{bmatrix}^\Phi - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I''_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I''_j} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial \Psi_{U_n}} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial \Psi_{U_n}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_n \\ \Delta \Psi_{U_n} \end{bmatrix} - \quad (33)$$

$$- \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I''_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I''_j} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial P_j} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial Q_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial P_j} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial Q_j} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta P_j \\ \Delta Q_j \end{bmatrix}.$$

В случае, когда учитывается только изменение вектора возмущения W , выражения (32) и (33) принимают вид

$$\begin{bmatrix} U_n \\ \Psi_{U_n} \\ \Psi_{U_\ell} \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} U_n \\ \Psi_{U_n} \\ \Psi_{U_\ell} \end{bmatrix}^\Phi - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_n}} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial \Psi_{U_\ell}} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial P_\ell} \\ \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial P_\ell} \\ \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial P_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial Q_n} & \frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial P_\ell} \end{bmatrix} \times \quad (34)$$

$$\times \begin{bmatrix} \Delta P_n \\ \Delta Q_n \\ \Delta P_n \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} I'_i \\ - \\ I''_i \end{bmatrix}^H = \begin{bmatrix} I'_i \\ - \\ I''_i \end{bmatrix}^\Phi - \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial I''_j} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I'_j} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial I''_j} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial \Psi_{U_n}} \\ \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial U_n} & \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial \Psi_{U_n}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta U_n \\ \Delta \Psi_{U_{ni}} \end{bmatrix}. \quad (35)$$

Частные производные $\frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial I'_i}$, $\frac{\partial \Phi_{pm}}{\partial I''_i}$, $\frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I'_j}$, $\frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I''_j}$, $\frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I'_j}$, $\frac{\partial \Phi_{qm}}{\partial I''_j}$, $\frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I'_i}$, $\frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I''_i}$ и $\frac{\partial \Phi_{pk}}{\partial I'_j}$ определяются на основании аналитических выражений функций Φ_{pm} , Φ_{qm} .

Частные производные $\frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial P_i}$, $\frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial Q_j}$, $\frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial P_j}$ и $\frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial Q_j}$ определяются в виде

$$\frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial P_j} = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j; \end{cases} \quad \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial P_j} = \begin{cases} 0 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j; \end{cases}$$

$$\frac{\partial \Phi_{pi}}{\partial Q_j} = \begin{cases} 0 & \text{при } i = k; \\ 0 & \text{при } i \neq k; \end{cases} \quad \frac{\partial \Phi_{qi}}{\partial P_j} = \begin{cases} 0 & \text{при } i = j; \\ 0 & \text{при } i \neq j. \end{cases}$$

Полученные матричные выражения (34) и (35) позволяют установить численные значения скорректированного установившегося режима на основании функционирующего установившегося режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А.** Развитие гибридного метода расчета установившегося режима электрической системы // Электричество .- 1991.- № 1.-С. 6-13.
2. **Хачатрян В.С., Аль-Дарвиш М.Б.** Решение Y-Z формы уравнений установившегося режима электроэнергетической системы с применением матрицы Гессе // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-1997.-Т. 50, № 3.- С.194-203.
3. **Хачатрян В. С., Бадалян Н. П.** Решение (Y-Z)-уравнений установившегося режима электроэнергетической системы методом декомпозиции // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-1997.-Т. 50, № 2.-С. 96-103.

4. **Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А., Бадалян Н.П.** Решение гибридных уравнений установившегося режима электроэнергетической системы методом диакоптики // Электричество .- 1999.- № 4.-С.7-12.
5. **Хачатрян К. В.** Расчет установившегося режима ЭЭС при P-U типе станционных узлов // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2000.-Т. 53, № 1.- С. 39-43.
6. **Хачатрян В. С., Бадалян Н. П., Хачатрян К. В., Гулян А. Г.** Решение систем гибридных уравнений установившегося режима ЭЭС при смешанном типе станционных узлов // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2001.-Т. 54, № 2.- С. 210-217.
7. **Хачатрян К. В., Бороян А. В.** Новый метод коррекции установившегося режима ЭЭС // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2002.-Т 55, № 2.- С. 222-232.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 9.08.2002.

Կ.Վ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Ա.Վ. ԲՈՐՈՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԿԱՅՈՒՆԱՑՎԱԾ ՌԵԺԻՄԻ ԸՇԳՐՏՈՒՄԸ P-U և P-Q ՏԵՄՔԻ ԿԱՅԱՆԱՑԻՆ ՀԱՆԳՈՒՑՑՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Առաջարկվում է էլեկտրաէներգետիկական համակարգի կայունացված ռեժիմի ճշգրտման նոր մեթոդ՝ խառը տեսքի կայանային հանգույցների դեպքում: Կառուցված է համապատասխան մաթեմատիկական մոդել և առաջարկված է վերջինիս իրացումը:

K.V. KHACHATRYAN, A.V. BOROYAN

STEADY-STATE CONDITION CORRECTION OF ELECTRIC POWER SYSTEM (EPS) in P-U AND P-Q TYPES OF STATION NODES

EPS steady-staty condition correction is proposed for P-U and P-Q types of station nodes. An appropriate mathematical model is constructed and the method of its realization is given.