ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXI, № 4, 1968 Серия технических наук

ЭНЕРГЕТИКА

В. С. ХАЧАТРЯН

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ПОТЕРЬ МОЩНОСТЕЙ ПО МОЩНОСТЯМ ОТДЕЛЬНЫХ СТАНЦИОННЫХ УЗЛОВ

Рассматривается схема замещения энергосистемы, состоящей из станционных и нагрузочных узлов. Для станционных узлов принимается следующая система индексов:

$$m\,(n) = 1,\ 2,\ 3, \cdots,\ \Gamma, \text{ где } \Gamma \text{ — число станционных узлов.}$$

Предполагается наличие еще одного мощного станционного узла, который не входит в состав данной системы индексов и который в дальнейшем будет называться балансирующим.

Для нагрузочных узлов:

$$k\,(g) = \Gamma + 1,\ \Gamma + 2,\ \Gamma + 3, \cdots,\ \Gamma + N, \text{ где } N \text{ — число нагрузочных узлов.}$$

Для произвольных узлов:

$$i\,(j) = 1,\ 2,\ 3, \cdots,\ \Gamma,\ \Gamma + 1, \cdots,\ \Gamma + N = M.$$

Каждый узел характеризуется четырьмя переменными величинами, называемыми параметрами электрических режимов: активные и реактивные мощности ($P_{m\,(k)}$, $Q_{n\,(g)}$), модули и фазы напряжений ($U_{m\,(k)}$, $\Psi_{n\,(g)}$). Однако в качестве исходной информации задаются для каждого узла лишь два параметра электрических режимов, а другие — определяются после установления нормального режима. В зависимости от типа заданной исходной информации отличаются следующие узлы. В энергосистеме в одном станционном (обычно мощном) узле считаются заданными модуль и фаза напряжения, и он является зависимым узлом, который выбирается в качестве балансирующего. Для станционных узлов задаются активные мощности и модули напряжения, а нагрузочных — активные и реактивные мощности. Во многих случаях как станционных, так и для нагрузочных узлов, считаются заданными активные и реактивные мощности. Таким образом, для каждого узла существуют два параметра электрических режимов, которые подлежат варьированию.

Необходимо определить частные производные от потерь активных и реактивных мощностей по активным и реактивным мощностям отдельных станционных узлов.

Основные уравнения

Уравнение установившегося режима электрической сети в матричной форме записывается:

$$\dot{U}_i - \dot{U}_Б = Z_{ij}\dot{I}_j, \tag{1}$$

где $\dot{U} - U_Б$ — многомерный вектор узловых комплексных напряжений относительно напряжения базисного узла ($\dot{U}_Б = U_Б$);

$\dot{I}$ — многомерный вектор узловых комплексных токов за исключением тока базисного узла;

Z_{ij} — неособенная матрица узловых комплексных сопротивлений.

Матричное уравнение (1) представим в следующем виде:

$$\dot{U}_i = U_Б + Z_{ij}\dot{I}_j. \tag{2}$$

Умножая обе части матричного уравнения (2) на сопряженное значение узлового комплексного тока $\overset{*}{I}_i$ и разлагая на действительные и мнимые части, получим значения узловых активных и реактивных мощностей

$$\begin{aligned} P_i &= U_Б \cdot I_{ai} + \sum_{j=1}^{M}[(I_{ai}I_{aj} + I_{pi}I_{pj})R_{ij} - (I_{ai}I_{pj} - I_{pi}I_{aj})X_{ij}]; \\ Q_i &= -U_Б I_{pi} + \sum_{j=1}^{M}[(I_{ai}I_{aj} + I_{pi}I_{pj})X_{ij} + (I_{ai}I_{pj} - I_{pi}I_{aj})R_{ij}]. \end{aligned} \tag{3}$$

Активные и реактивные мощности базисного узла при поддержании постоянства модуля и фазы напряжения определяются из системы

$$\begin{aligned} P_Б &= -U_Б I_{a,\,Б}; \\ Q_Б &= U_Б I_{p,\,Б}. \end{aligned} \tag{4}$$

Здесь $I_{a,\,Б}$, $I_{p,\,Б}$ — активные и реактивные составляющие комплексного тока базисного узла.

Уравнения (3) и (4) позволяют определить потери активных $П_a$ и реактивных $П_p$ мощностей

$$П_a = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}(I_{ai}I_{aj} + I_{pi}I_{pj})R_{ij}; \tag{5}$$

$$П_p = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{M}(I_{ai}I_{aj} + I_{pi}I_{pj})X_{ij}. \tag{6}$$

Таким образом, потери активной и реактивной мощностей представляются квадратичной формой от активных и реактивных составляющих узлов комплексных токов.

Имея в виду, что

$$I_{ai} = \frac{1}{U_i}(P_i \cos \Psi_i + Q_i \sin \Psi_i);$$

$$I_{pj} = \frac{1}{U_i}(P_j \sin \Psi_j - Q_j \cos \Psi_j);$$

(5) и (6) можем представить в виде

$$\Pi_a = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{M} \left| P_i \left(\frac{R_{ij}}{U_i U_j} \cdot \frac{\cos \theta_{ij}}{\cos \varphi_i \cos \varphi_j} \right) P_j \right|; \quad (7)$$

$$\Pi_p = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{M} \left| Q_i \left(\frac{X_{ij}}{U_i U_j} \cdot \frac{\cos \theta_{ij}}{\sin \varphi_i \sin \varphi_j} \right) Q_j \right|. \quad (8)$$

Здесь

$$\theta_{ij} = \varphi_{ij} - \Psi_{ij}; \; \varphi_{ij} = \varphi_i - \varphi_j,$$

$$\Psi_{ij} = \Psi_i - \Psi_j; \quad \varphi_{i(j)} = \operatorname{arctg} \frac{Q_{i(j)}}{P_{i(j)}}.$$

Таким образом, если представить выражения потерь активной и реактивной мощностей, как неявные функции, получим

$$\Pi_a = \Pi_a (P_i, Q_i, U_i, \Psi_i); \quad (9)$$

$$\Pi_p = \Pi_p (P_i, Q_i, U_i, \Psi_i). \quad (10)$$

Искомые частные производные $\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_i}$, $\frac{\partial \Pi_a}{\partial Q_i}$, $\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_i}$ и $\frac{\partial \Pi_p}{\partial Q_i}$ являются функциями от следующих частных производных, вытекающих из зависимости параметров электрических режимов:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_i} &= \left(\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_i}\right) + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial Q_j} \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial P_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial U_j} \cdot \frac{\partial U_j}{\partial P_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial P_i}; \\
\frac{\partial \Pi_a}{\partial Q_i} &= \left(\frac{\partial \Pi_a}{\partial Q_i}\right) + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial P_j} \cdot \frac{\partial P_j}{\partial Q_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial U_j} \cdot \frac{\partial U_j}{\partial Q_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial Q_i}; \\
\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_i} &= \left(\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_i}\right) + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial Q_j} \cdot \frac{\partial Q_j}{\partial P_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial U_j} \cdot \frac{\partial U_j}{\partial P_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial P_i}; \\
\frac{\partial \Pi_p}{\partial Q_i} &= \left(\frac{\partial \Pi_p}{\partial Q_i}\right) + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial P_j} \cdot \frac{\partial P_j}{\partial Q_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial U_j} \cdot \frac{\partial U_j}{\partial Q_i} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial Q_i}.
\end{aligned} \quad (11)$$

Выражения (11) соответствуют случаю, когда приращение активной и реактивной мощностей в каком-либо узле приводит к новому режиму, т. е. к изменению параметров электрических режимов всех узлов. Однако, исходя из заданной информации, вышеуказанные формулы примут следующий вид:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_m} &= \left(\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_m}\right) + \sum_{n=1}^{\Gamma} \frac{\partial \Pi_a}{\partial Q_n} \cdot \frac{\partial Q_n}{\partial P_m} + \sum_{k=\Gamma+1}^{\Gamma+N} \frac{\partial \Pi_a}{\partial U_k} \cdot \frac{\partial U_k}{\partial P_m} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_a}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial P_m}; \\
\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_m} &= \left(\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_m}\right) + \sum_{n=1}^{\Gamma} \frac{\partial \Pi_p}{\partial Q_n} \cdot \frac{\partial Q_n}{\partial P_m} + \sum_{k=\Gamma+1}^{\Gamma+N} \frac{\partial \Pi_p}{\partial U_k} \cdot \frac{\partial U_k}{\partial P_m} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Pi_p}{\partial \Psi_j} \cdot \frac{\partial \Psi_j}{\partial P_m};
\end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{\partial\Pi_a}{\partial Q_m}=\left(\frac{\partial\Pi_a}{\partial Q_m}\right)+\sum_{j=}^{M}\frac{\partial\Pi_a}{\partial U_j}\cdot\frac{\partial U_j}{\partial Q_m}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\Pi_a}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial Q_m};$$

$$\frac{\partial\Pi_p}{\partial Q_m}=\left(\frac{\partial\Pi_p}{\partial Q_m}\right)+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\Pi_p}{\partial U_j}\cdot\frac{\partial U_j}{\partial Q_m}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\Pi_p}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial Q_m}.$$

Следует отметить, что частные производные, определяемые по последним двум формулам (12), получены в [1, 2], поэтому они не рассматриваются в дальнейшем.

Частные производные, взятые от потерь активных и реактивных мощностей по узловым параметрам электрических режимов, определяются непосредственно из аналитических выражений (7) и (8):

$$\left(\frac{\partial\Pi_a}{\partial P_m}\right)=\frac{2}{U_m}\sum_{j=1}^{M}\frac{P_j}{U_j\cos\varphi_j}R_{mj}\cos\vartheta_{jm};$$

$$\left(\frac{\partial\Pi_p}{\partial P_m}\right)=\frac{2}{U_m}\sum_{j=1}^{M}\frac{Q_j}{U_j\sin\varphi_j}X_{mj}\cos\vartheta_{jm};$$

$$\left(\frac{\partial\Pi_a}{\partial Q_m}\right)=\frac{2}{U_m}\sum_{i=1}^{M}\frac{P_i}{U_i\cos\varphi_i}R_{mi}\sin\vartheta_{im};$$

$$\left(\frac{\partial\Pi_p}{\partial Q_m}\right)=\frac{1}{U_m}\sum_{j=1}^{M}\frac{Q_j}{U_j\sin\varphi_j}X_{mj}\sin\vartheta_{jm};$$

$$\frac{\partial\Pi_a}{\partial Q_n}=\frac{2}{U_n}\sum_{i=1}^{M}\frac{P_i}{U_i\cos\varphi_i}R_{ni}\sin\vartheta_{in};$$

$$\frac{\partial\Pi_p}{\partial Q_n}=\frac{1}{U_n}\sum_{i=1}^{M}\frac{Q_i}{U_i\sin\varphi_i}R_{ni}\sin\vartheta_{in};$$

$$\frac{\partial\Pi_a}{\partial U_k}=-\frac{2P_k}{U_k^2\cos\varphi_k}\sum_{i=1}^{M}\frac{P_i}{U_i\cos\varphi_i}R_{ki}\cos\vartheta_{ki};$$

$$\frac{\partial\Pi_p}{\partial U_k}=-\frac{2Q_k}{U_k^2\sin\varphi_k}\sum_{i=1}^{M}\frac{Q_i}{U_i\sin\varphi_i}X_{ki}\cos\vartheta_{ki};$$

$$\frac{\partial\Pi_a}{\partial\Psi_j}=\frac{2P_j}{U_j\cos\Psi_j}\sum_{i=1}^{M}\frac{P_i}{U_i\cos\Psi_i}R_{ji}\sin\theta_{ji};$$

$$\frac{\partial\Pi_p}{\partial\Psi_j}=\frac{2Q_j}{U_j\sin\varphi_j}\sum_{i=1}^{M}\frac{Q_i}{U_i\sin\varphi_i}X_{ji}\sin\theta_{ji}.$$

При определении искомых частных производных $\left(\frac{\partial\Pi_a}{\partial P_m}, \frac{\partial\Pi_p}{\partial P_m}\right)$ необходимо определение частных производных типа $\frac{\partial Q_j}{\partial P_i}, \frac{\partial U_j}{\partial P_i}, \frac{\partial\Psi_j}{\partial P_i}$.

Как нетрудно заметить, из первых двух формул (12) в каждую входят $2M$ таких частных производных. Последние типы частных производных определяются, исходя из принципа зависимости параметров электрических режимов.

В качестве уравнения связи применяется уравнение (2). Разлагая матричное уравнение (2) на действительные и мнимые части, можно определить модули и фазовые сдвиги узловых комплексных напряжений:

$$U_i^2 = [U_Б + \sum_{j=1}^{M} (R_{ij} I_{aj} - X_{ij} I_{pj})]^2 + [\sum_{j=1}^{M} (X_{ij} I_{aj} + R_{ij} I_{pj})]^2; \qquad (13)$$

$$\operatorname{tg} \Psi_i = \frac{\sum_{j=1}^{M} (X_{ij} I_{aj} + R_{ij} I_{pj})}{U_Б + \sum_{j=1}^{M} (R_{ij} I_{aj} - X_{ij} I_{pj})}. \qquad (14)$$

Подставляя значения I_{ai}, I_{pj}, уравнения (13) и (14) можно представить через узловые параметры электрических режимов:

$$U_i^2 = \left(U_Б + \sum_{j=1}^{M} \frac{C_{ij}}{U_j}\right)^2 + \left(\sum_{j=1}^{M} \frac{d_{ij}}{U_j}\right)^2,$$

$$\operatorname{tg} \Psi_i = \frac{\sum_{j=1}^{M} \frac{d_{ij}}{U_j}}{U_Б + \sum_{j=1}^{M} \frac{C_{ij}}{U_j}},$$

где

$$C_{ij} = P_j a_{ij} + Q_j b_{ij};$$

$$d_{ij} = P_j b_{ij} - Q_j a_{ij},$$

в которых

$$a_{ij} = R_{ij} \cos \Psi_j - X_{ij} \sin \Psi_j;$$

$$b_{ij} = R_{ij} \sin \Psi_j + X_{ij} \cos \Psi_j.$$

Представим уравнение (13) и (14) в неявной форме:

$$\left.\begin{aligned} &\varphi_\nu (P_i, Q_i, U_i, \Psi_i) = 0; \\ &f_\nu (P_i, Q_i, U_i, \Psi_i) = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Здесь $\nu = 1, 2, \cdots, M$.

Таким образом, система уравнений (15) объединяет связи $2M$ зависимых параметров электрических режимов. Для определения частных производных типа $\frac{\partial Q_i}{\partial P_l}$, $\frac{\partial U_i}{\partial P_l}$, $\frac{\partial \Psi_i}{\partial P_l}$, пользуясь системой уравнений (15), можно составить относительно их следующие линейные уравнения:

$$\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial Q_j}\cdot\frac{\partial Q_j}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial U_j}\cdot\frac{\partial U_j}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial P_i}=0;$$

$$\frac{\partial f_\nu}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial f_\nu}{\partial Q_j}\cdot\frac{\partial Q_j}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial f_\nu}{\partial U_j}\cdot\frac{\partial U_j}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial f_\nu}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial P_i}=0. \qquad (16)$$

Полученная система уравнений (16) требует корректировки, исходя из заданной информации, при которой она примет следующий вид:

$$\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial P_m}+\sum_{n=1}^{\Gamma}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial Q_n}\cdot\frac{\partial Q_n}{\partial P_m}+\sum_{k=\Gamma+1}^{\Gamma+N}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial U_k}\cdot\frac{\partial U_k}{\partial P_m}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial P_m}=0;$$

$$\frac{\partial f_\nu}{\partial P_m}+\sum_{n=1}^{\Gamma}\frac{\partial f_\nu}{\partial Q_n}\cdot\frac{\partial Q_n}{\partial P_m}+\sum_{k=\Gamma+1}^{\Gamma+N}\frac{\partial f_\nu}{\partial U_k}\cdot\frac{\partial U_k}{\partial P_m}+\sum_{j=1}^{M}\frac{\partial f_\nu}{\partial\Psi_j}\cdot\frac{\partial\Psi_j}{\partial P_m}=0. \qquad (17)$$

Представим систему уравнений (17) в виде матричной записи:

$$\left[\begin{array}{c|c} A_{11\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} & A_{12\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} \\ \hline A_{21\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} & A_{22\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}\end{array}\right]\times\left[\begin{array}{c} t_1 \\ \hline t_2\end{array}\right]=\left[\begin{array}{c} l_1 \\ \hline l_2\end{array}\right]. \qquad (18)$$

Здесь

$$A_{11\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}=\left[\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial Q_n},\ \frac{\partial\varphi_\nu}{\partial U_k}\right];\ A_{12\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}=\left[\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial\Psi_j}\right];$$

$$A_{21\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}=\left[\frac{\partial f_\nu}{\partial Q_n}\ \frac{\partial f_\nu}{\partial U_k}\right];\ A_{22\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}=\left[\frac{\partial f_\nu}{\partial\Psi_j}\right];$$

$$t_1=\begin{bmatrix}\dfrac{\partial Q_n}{\partial P_m}\\ \dfrac{\partial U_k}{\partial P_m}\end{bmatrix};\quad t_2=\left[\frac{\partial\Psi_j}{\partial P_m}\right];\quad l_1=\left[-\frac{\partial\varphi_\nu}{\partial P_m}\right];\quad l_2=\left[-\frac{\partial f_\nu}{\partial P_m}\right].$$

Представление систем уравнений (17) в виде матричного уравнения (18) с разбиением матрицы коэффициентов на четыре подматрицы требуется для обеспечения необходимой точности.

После обращения матрицы коэффициентов уравнения (18) получим значения искомых частных производных

$$\left[\begin{array}{c} t_1 \\ \hline t_2\end{array}\right]=\left[\begin{array}{c|c} B_{11\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} & B_{12\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} \\ \hline B_{21\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)} & B_{22\,(\Gamma+H,\,\Gamma+H)}\end{array}\right]\times\left[\begin{array}{c} l_1 \\ \hline l_2\end{array}\right], \qquad (19)$$

где

$$B_{11}=A_{11}^{-1}+A_{11}^{-1}A_{12}\cdot B_{21};$$

$$B_{12}=-A_{11}^{-1}\cdot A_{12}\cdot B_{22};$$

$$B_{21}=-B_{22}A_{21}A_{11}^{-1};$$

$$B_{22}=[A_{22}-A_{21}A_{11}^{-1}\cdot A_{12}]^{-1}.$$

Следует отметить, что кроме искомых частных производных, входящих в (17), остальные частные производные, являющиеся постоянными коэффициентами для данной системы уравнений, определяются из следующих выражений:

$$\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial P_m} = \frac{2}{U_m}\left(U_{a\nu} a_{\nu m} + U_{p\nu} b_{\nu m}\right);$$

$$\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial Q_n} = \frac{2}{U_n}\left(U_{a\nu} b_{\nu n} - U_{p\nu} a_{\nu n}\right);$$

$$\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial U_k} = -\frac{2}{U_k^2}\left(U_{a\nu} C_{\nu k} + U_{p\nu} d_{\nu k}\right) - U_\nu\left[1 + (-1)^{\nu+k}\right];$$

$$\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial \Psi_j} = -\frac{2}{U_j}\left(U_{a\nu} d_{\nu j} - U_{p\nu} C_{\nu j}\right);$$

$$\frac{\partial f_\nu}{\partial P_m} = \frac{\left(U_{a\nu} b_{\nu m} - U_{p\nu} a_{\nu m}\right)}{U_m U_{a\nu}^2};$$

$$\frac{\partial f_\nu}{\partial Q_n} = -\frac{\left(U_{a\nu} a_{\nu n} + U_{p\nu} b_{\nu n}\right)}{U_n U_{a\nu}^2};$$

$$\frac{\partial f_n}{\partial U_k} = -\frac{(U_{a\nu} d_{\nu k} - U_{p\nu} b_{\nu k}}{U_k^2 U_{a\nu}^2};$$

$$\frac{\partial f_\nu}{\partial \Psi_j} = \frac{U_{a\nu} C_{\nu j} + U_{p\nu} d_{\nu j}}{U_j U_{a\nu}^2} - \frac{1}{2\cos^2 \Psi_\nu}\left[1 + (-1)^{\nu+k}\right].$$

После определения частных производных по матричному уравнению (19) можно определить и искомые значения частных производных.

В заключение отметим, что частные производные, определяющиеся по выражениям (11), имеют самостоятельные значения и они используются при решении разных задач, связанных с оптимизацией режимов сетей и энергосистем.

Для иллюстрации предложенного метода рассмотрим схему замещения электрической сети, состоящей из четырех узловых точек [3]. В качестве базисного узла выбран станционный узел 4, в котором поддерживается постоянное напряжение $U_Б = 220 \angle 0$. Для проведения расчета по определению искомых частных производных рассмотрим следующий сетевой режим:

Узлы	Электрические параметры			
	P, мвт	*Q, мвар*	*U, кв*	*Ψ, град*
ЭС—1	60,651099	30,067504	221,2000	0°29′
ЭС—2	101,848550	51,790779	222,1002	0°35′
ЭС—3	31,061346	21,273969	220,0000	0°0′
НГ—1	—189,892520	—94,946257	214,41731	—1°2′

Для данного режима искомые частные производные определяются помимо предложенного метода, методом вариации или потокораспределения [4].

Полученные результаты приведены в следующей таблице:

Узлы	Предложенный метод	Метод потокораспредел.
$\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_1}$	0,00495339	0,00503860
$\frac{\partial \Pi_a}{\partial P_2}$	0,00895187	0,00906473
$\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_1}$	0,01632058	0,01646790
$\frac{\partial \Pi_p}{\partial P_2}$	0,02103634	0,021332250

Как нетрудно заметить, результаты предложенного метода мало отличаются от результатов, полученных с помощью расчета потокораспределения. Поэтому предложенный метод можно успешно использовать при определении приводимых выше частных производных.

Резюмируя отметим, что предложенный метод определения частных производных позволяет учитывать взаимовлияние всех параметров электрических режимов. Определение искомых частных производных для каждого режима связано с расчетом одного лишь предварительного потокораспределения с использованием матрицы с действительными элементами.

АрмНИИЭ

Поступило 30.IV.1968.

Վ. Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՀԶՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԶՈՐՈՒԹՅԱՆ ԿՈՐՈՒՍՏՆԵՐԻ ՄԱՍՆԱԿԻ ԱԾԱՆՑՅԱԼՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄ ԸՍՏ ԱՌԱՆՁԻՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ

Ամփոփում

Հոդվածը նվիրված է հզորության կորուստների ածանցյալների որոշմանը ըստ առանձին կայանների հզորությունների։

Ստացված են հիմնական բանաձևեր և հավասարումներ, որոնք հնարավորություն են տալիս դրված խնդրի վերաբերյալ ստանալ որոշակի պատասխաններ։

Անհրաժեշտ արտահայտությունների արտածման ժամանակ հաշվի են առնված այն բոլոր փոխադարձ կապերը էլեկտրական պարամետրերի միջև, որոնցով պայմանավորվում է դիտվող ցանցի նորմալ աշխատանքային ռեժի-

մը։ Խնդրի վերջնական լուծումը բերվում է մեկ ընթացիկ հոսքա-բաշխվածության որոշման և իրական էլեմենտներով մեկ մատրիցայի շրջման, որը հանդիսանում է շատ կարևոր մոմենտ անհրաժեշտ ճշտությունն ապահովելու համար։ Այդ իսկ պատճառով, ելնելով մատրիցայի էլեմենտների ստրուկտուրայից, առաջարկվում է շրջման ժամանակ մատրիցան բաժանել չորս միևնույն կարգեր ունեցող ենթամատրիցաների։

Հոդվածում առաջարկված մեթոդը կիրառված է մեկ կոնկրետ օրինակի վրա և ստացվել է բավարար արդյունք։ Խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է օգտվել ժամանակակից արագ գործող հաշվիչ մեքենաների հնարավորություններից։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мельников А. А.* Учет потерь в сети при определении наивыгоднейшего режима энергосистемы. „Электричество", № 2, 1960.
2. *Маркович И. М.* Режимы энергетических систем. Госэнергоиздат, 1963.
3. *Хачатрян В. С.* К вопросу об определении собственных и взаимных сопротивлений энергосистемы относительно базисного узла при изменении конфигурации сети. Журн. „Электричество", № 3, 1964.
4. *Шаханов В. С.* Метод и алгоритм вычисления производных электрических потерь в сложных сетях энергосистемы на электронных цифровых машинах. Журн. „Электричество", № 1, 1960.