ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XVI, № 6, 1963 Серия технических наук

ЭНЕРГЕТИКА

В. С. ХАЧАТРЯН

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ПОТЕРЬ ПО АКТИВНЫМ МОЩНОСТЯМ

В общем случае потери активной мощности в сетях являются функцией от следующих взаимосвязанных переменных

$$\Pi=\Pi\ (P_m,\ P_k,\ Q_m,\ Q_k,\ U_m,\ U_k,\ \psi_m,\ \psi_k), \tag{1}$$

где $m\ (n)=1,\ 2,\ 3,\cdots,\Gamma$—индекс станционных узлов схемы замещения Γ—число станционных узлов;

$k\ (l)=\Gamma+1,\ \Gamma+2,\cdots,\ \Gamma+N$ — индексы тех нагрузочных узлов, в которых мощности остаются постоянными по времени; N — число соответствующих узлов; $k\ (l)=\Gamma+N+1,\ \Gamma+N+2,\cdots,\ \Gamma+N+H$—индексы тех нагрузочных узлов, в которых мощности изменяются по времени; H — число соответствующих узлов.

Таким образом, общее число узлов будет $i\ (j)=1,\ 2,\ 3,\cdots\Gamma+N+H$.

В соответствии с принятой системой индексов [1] можно написать следующее выражение для определения частных производных от потерь активной мощности (Π) по активным мощностям отдельных узлов:

$$\frac{\partial\Pi}{\partial P_i}=\left(\frac{\partial\Pi}{\partial P_i}\right)+\sum_{j=1}^{\Gamma+N+H}\frac{\partial\Pi}{\partial Q_j}\frac{\partial Q_j}{\partial P_i}+\sum_{j=1}^{\Gamma+N+H}\frac{\partial\Pi}{\partial U_j}\frac{\partial U_j}{\partial P_i}+$$
$$+\sum_{j=1}^{\Gamma+N+H}\frac{\partial\Pi}{\partial\psi_j}\frac{\partial\psi_j}{\partial P_i} \tag{2}$$

Здесь $i=1,2\cdots\Gamma+N+H$, т. е. определяются частные производные относительно всех узлов. Формула (2) построена для самого общего случая, когда приращение активной мощности в каком-либо станционном узле приводит к изменению активных и реактивных мощностей и комплексных напряжений во всех узлах рассматриваемой энергосистемы. Формулу (2) можно принять для энергосистем любой сложной конфигурации при любом режиме работы. Однако, следует отметить, что для конкретной энергосистемы, исходя из ее особенностей, можно построить индивидуальные формулы потерь и производных от потерь. Кроме того, можно ввести некоторые упрощения, если это не приводить к недопустимой погрешности. Например, если нагрузочные узлы значительно удалены от станционных узлов, то небольшое приращение активной мощности какого-либо станционного узла не может привести к ощутимому изменению активных и реактивных мощностей и комплексных напряжений в нагрузочных узлах. При этом в формуле (2) сумма распространяется только на станционные узлы. Если во всех станционных узлах установлены регуляторы напряжения, а в нагрузочных узлах—синхронные компенсаторы, которые поддерживают модули напряжения во всех узлах постоянными, то из формулы (2) третий член отпадает. Кроме того, можно учесть постоянство активных или реактивных мощностей, комплексных узловых напряжений в отдельных узлах энергосистемы, что также приводит к некоторому упрощению формулы (2).

В формуле (2) частные производные типа $\left(\frac{\partial \Pi}{\partial P_i}\right)$, $\frac{\partial \Pi}{\partial Q_i}$ $\frac{\partial \Pi}{\partial U_i}$ и $\frac{\partial \Pi}{\partial \psi_i}$ определяются непосредственно из аналитического выражения формулы потерь. Для определения частных производных типа $\frac{\partial Q_i}{\partial P_i}$, $\frac{\partial U_i}{\partial P_i}$ и $\frac{\partial \psi_i}{\partial P_i}$ необходимо составить добавочные системы уравнений, связывающие данные зависимые переменные. В общем случае необходимо иметь 3 $(\Gamma+N+H)$ добавочных уравнений для определения указанных частных производных. В качестве таких уравнений рассматриваются системы уравнений, отражающие баланс во всех узлах исследуемой энергосистемы: модулей напряжений, углов напряжений, активных мощностей, реактивных мощностей.

По этому принципу можно составить 4 $(\Gamma+N+H)$ уравнений. Если в базисном узле поддерживается постоянное напряжение по модулю и фазе, то количество уравнений будет 4 $(\Gamma+N+H)-2$,

Для удобства представим данные системы уравнений в следующем виде:

$$\left.\begin{array}{l}\varphi_\nu\ (P_i,\ Q_i,\ U_i,\ \psi_i)=0 \text{ для баланса модулей напряжений;}\\ f_\nu\ (P_i,\ Q_i,\ U_i,\ \psi_i)=0 \text{ для баланса углов напряжений;}\\ \xi_\nu\ (P_i,\ Q_i,\ U_i,\ \psi_i)=0 \text{ для баланса активных мощностей;}\\ \eta_\nu\ (P_i,\ Q_i,\ U_i,\ \psi_i)=0 \text{ для баланса реактивных мощностей.}\end{array}\right\} \qquad (3)$$

Здесь $\nu=1,\ 2,\cdots,\ (\Gamma+N+H)$.

Так как формула потерь активной мощности получается непосредственно из третьего типа систем уравнений, то она исключается из системы добавочных уравнений.

Следовательно имеем 3 $(\Gamma+N+\text{H})$ уравнений с 4 $(\Gamma+N+H)$ неизвестными. Если представим, что все переменные $Q_1, Q_2 \cdots, Q_i$; U_1, $U_2 \cdots$, U_i, ψ_1, ψ_2, $\cdots$, ψ_i выражены через P_1, $P_2, \cdots$, P_i то в результате получается три системы функций для Q_i, U_i и ψ_i. Здесь одним из важных вопросов является выявление независимости этих функций. Ответ на вопрос о независимости функций дает рассмотрение, так называемой, матрицы Якобы, составленной из частных производных этих функций по всем независимым переменным $P_1, P_2, \cdots, P_l$:

$$
\left.
\begin{array}{l}
\begin{bmatrix}
\frac{\partial Q_1}{\partial P_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial P_l} \\
\vdots & \vdots & & \vdots \\
\frac{\partial Q_l}{\partial P_1} & \frac{\partial Q_l}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial Q_l}{\partial P_l}
\end{bmatrix}; \\
\begin{bmatrix}
\frac{\partial U_1}{\partial P_1} & \frac{\partial U_1}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial U_1}{\partial P_l} \\
\vdots & \vdots & & \vdots \\
\frac{\partial U_l}{\partial P_1} & \frac{\partial U_l}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial U_l}{\partial P_l}
\end{bmatrix}; \\
\begin{bmatrix}
\frac{\partial \psi_1}{\partial P_1} & \frac{\partial \psi_1}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial \psi_1}{\partial P_l} \\
\vdots & \vdots & \dots & \vdots \\
\frac{\partial \psi_l}{\partial P_1} & \frac{\partial \psi_l}{\partial P_2} & \dots & \frac{\partial \psi_l}{\partial P_l}
\end{bmatrix}.
\end{array}
\right\} \tag{4}
$$

Если определители матрицы (4) не равны нулю, то они характеризуют независимость рассмотренных функций.

Для определения частных производных из (3), пользуясь правилом дифференцирования неявных функций, получим:

$$
\left.
\begin{array}{l}
\frac{\partial \varphi_\nu}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial U_j} \frac{\partial U_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \varphi_\nu}{\partial \psi_j} \frac{\partial \psi_j}{\partial P_i} = 0 \\
\frac{\partial f_\nu}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial f_\nu}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial f_\nu}{\partial U_j} \frac{\partial U_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial f_\nu}{\partial \psi_j} \frac{\partial \psi_j}{\partial P_i} = 0 \\
\frac{\partial \eta_\nu}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \eta_\nu}{\partial Q_j} \frac{\partial Q_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \eta_\nu}{\partial U_j} \frac{\partial U_j}{\partial P_i} + \sum\limits_{j=1}^{\Gamma+N+H} \frac{\partial \eta_\nu}{\partial \psi_j} \frac{\partial \psi_j}{\partial P_i} = 0
\end{array}
\right\} \tag{5}
$$

В системе уравнений (5) все частные производные, за исключением искомых, определяются из аналитического выражения неявных функций (3). Данные частные производные являются постоянными коэффициентами в системе уравнений (5). Таким образом, относительно искомых частных производных $\frac{\partial Q_j}{\partial P_i}$, $\frac{\partial U_j}{\partial P_i}$, $\frac{\partial \psi_j}{\partial P_i}$ получили систему (5) линейных уравнений с действительными постоянными коэффициентами. Вышеприведенные рассуждения и выводы относятся к наивозможным общим случаям, когда приращение активной мощности какого-либо станционного узла приводит к новому режиму, т. е. к изменению активных и реактивных мощностей и комплексных напряжений во всех узлах рассматриваемой энергосистемы. Однако, большой практический интерес представляет также случай, когда нагрузочные узлы удалены от станционных узлов и приращение активной мощности в станционных узлах не может влиять на режимы нагрузки.

В первом случае формула потерь активной мощности имеет вид

$$\Pi = \sum_{i=1}^{\Gamma+N+H} \sum_{j=1}^{\Gamma+N+H} P_i \left[\frac{R_{ij}}{U_i U_j} \cdot \frac{\cos \theta_{ij}}{\cos\varphi_i \cos\varphi_j} \right] P_j, \tag{6}$$

где двойное суммирование распространяется на все узлы (как станционные, так и нагрузочные) рассматриваемой энергосистемы. Во втором случае формула потерь активной мощности принимает вид

$$\Pi = \sum_{m=1}^{\Gamma} \sum_{n=1}^{\Gamma} P_m \left[\frac{1}{U_m U_n} \cdot \frac{R_{m-n} \cos \theta_{mn} + X_{m-n} \sin \theta_{mn}}{\cos \varphi_m \cos \varphi_n} \right] P_n . \tag{7}$$

Здесь уже двойное суммирование распространяется только на станционные узлы.

В формулах (6) и (7)

$$\theta_{\lambda\mu} = \varphi_\lambda - \varphi_\mu - \psi_\lambda + \psi_\mu ; \tag{8}$$

$$\varphi_\lambda = \operatorname{arctg} \frac{Q_\lambda}{P_\lambda}, \quad \varphi_\mu = \operatorname{arctg} \frac{Q_\mu}{P_\mu} ; \tag{9}$$

ψ_λ, ψ_μ — углы напряжений $\dot{U}_\lambda$ и $\dot{U}_\mu$;

R_{ij} — активное сопротивление между узлами.

В формуле (7) сопротивления R_{m-n} и X_{m-n} принимаются постоянными [1].

В дальнейшем необходимые выводы приводятся для формулы (7), но одновременно будут указаны возможности формулы (6). Частные производные типа $\left(\frac{\partial \Pi}{\partial P_l}\right)$, $\frac{\partial \Pi}{\partial Q_l}$, $\frac{\partial \Pi}{\partial U_l}$ и $\frac{\partial \Pi}{\partial \psi_l}$ в соответствии с формулой (7) будут

$$\frac{\partial \Pi}{\partial P_l} = \frac{2}{U_l} \sum_{m=1}^{\Gamma} \frac{P_m}{U_m \cos \varphi_m} \left[R_{m-l} \cos \theta_{ml} + 0{,}5\, (X_{m-l} - X_{l-m}) \sin \theta_{ml} \right]; \tag{10}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Q_l} = \frac{2}{U_l} \sum_{m=1}^{\Gamma} \frac{P_m}{U_m \cos \varphi_m} \left[R_{m-l} \sin \theta_{ml} - 0{,}5\, (X_{m-l} - X_{l-m}) \cos \theta_{ml} \right]; \tag{11}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial U_l} = -\frac{2}{U_l} \sum_{m=1}^{\Gamma} \frac{P_m P_l}{U_m U_l} \left[\frac{R_{m-l} \cos \theta_{ml} + 0{,}5\, (X_{m-l} - X_{l-m}) \sin \theta_{ml}}{\cos \varphi_m \cdot \cos \varphi_l} \right]; \tag{12}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \psi_l} = -2 \sum_{m=1}^{\Gamma} \frac{P_m P_l}{U_m U_l} \left[\frac{R_{m-l} \sin \theta_{ml} - 0{,}5\, (X_{m-l} - X_{l-m}) \cos \theta_{ml}}{\cos \varphi_m \cdot \cos \varphi_l} \right], \tag{13}$$

где

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_{ml} &= \varphi_m - \psi_m + \psi_l ; \\ \theta_{ml} &= \vartheta_{ml} - \varphi_l . \end{aligned} \right\} \quad (l = 1, 2, \cdots, \Gamma) \tag{14}$$

Для формулы (6) частные производные $\left(\frac{\partial \Pi}{\partial P_i}\right)$, $\frac{\partial \Pi}{\partial Q_i}$, $\frac{\partial \Pi}{\partial U_i}$ и $\frac{\partial \Pi}{\partial \psi_i}$ имеют тот же самый вид, только без второго члена в квадратичных скобках. Разумеется, пределы суммирования здесь также другие. Для определении частных производных $\frac{\partial Q_h}{\partial P_l}$, $\frac{\partial U_h}{\partial P_l}$ и $\frac{\partial \psi_h}{\partial P_l}$ напишем систему уравнений типа (3)

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi_n(P_m, Q_m, U_m, \psi_m) = U_n^2 - \left[\left(U_Б + \sum_{m=1}^{Г} \beta_{nm}\right)^2 + \left(\sum_{m=1}^{Г} \gamma_{nm}\right)^2\right] = 0;\\
&f_n(P_m, Q_m, U_m, \psi_m) = \psi_n - \operatorname{arctg} \frac{\sum\limits_{m=1}^{Г} \gamma_{nm}}{U_Б + \sum\limits_{m=1}^{Г} \beta_{nm}} = 0;\\
&\eta_n(P_m, Q_m, U_m, \psi_m) = Q_n - \left[U_Б \frac{P_n}{U_n} \frac{\sin \theta_n}{\cos \varphi_n} + \sum_{m=1}^{Г} \gamma_{nm}^1\right] = 0.
\end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Для формулы (6) данная система уравнений, записанная со своими индексами имеет такой же вид. В системе уравнений (15) Г-ий узел с индексом Б принят за базисный, т. е. напряжение в нем поддерживается постоянным, следовательно, $\frac{\partial U_Г}{\partial P_l} = \frac{\partial U_Б}{\partial P_l} = 0$; $\frac{\partial \psi_Г}{\partial P_l} = \frac{\partial \psi_Б}{\partial P_l} = 0$. Кроме того, сделаем допущение, что $\frac{\partial Q_Г}{\partial P_l} = \frac{\partial Q_Б}{\partial P_l} = 0$. Для формулы (7), в соответствии с этими условиями в (2) и (5), пределы суммы в место $i = 1, 2, \cdots, Г + N + H$ будут $h = 1, 2, \cdots, Г - 1$. При этом в (15) индекс n пробегает значения от 1 до Г—1. Из системы (15) исключено третье уравнение и рассматриваются остальные типы. Частные производные, являющиеся постоянными коэффициентами в уравнении (5), определяются из системы уравнений (15).

Из первого типа уравнений системы (15) находим:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial \varphi_n}{\partial P_l} &= \frac{2}{U_l}\left[\left(U_Б + \sum_{m=1}^{Г} \beta_{nm}\right)(R_{nl}^0 \cos \psi_l - X_{nl}^0 \sin \psi_l) + \right.\\
&\qquad \left. + \sum_{m=1}^{Г} \gamma_{nm} (R_{nl}^0 \sin \psi_l + X_{nl}^0 \cos \psi_l)\right];\\
\frac{\partial \varphi_n}{\partial Q_l} &= \frac{2}{U_l}\left[\left(U_Б + \sum_{m=1}^{Г} \beta_{nm}\right)(R_{nl}^0 \sin \psi_l + X_{nl}^0 \cos \psi_l) + \right.\\
&\qquad \left. + \sum_{m=1}^{Г} \gamma_{nm}(-R_{nl}^0 \cos \psi_l + X_{nl}^0 \sin \psi_1)\right];\\
\frac{\partial \varphi_n}{\partial U_l} &= -\frac{2}{U_l}\left[\left(U_Б + \sum_{m=1}^{Г} \beta_{nm}\right)\beta_{nl} + \left(\sum_{m=1}^{Г} \gamma_{nm}\right)\gamma_{nl}\right] + \\
&\qquad + \frac{U_l^2}{2}\left[1 + (-1)^{n+l}\right];
\end{aligned}\right|$$

$$\frac{\partial\varphi_n}{\partial\psi_l}=2\left[\left(U_Б+\sum_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)(-\gamma_{nl})+\left(\sum_{m=1}^{\Gamma}\gamma_{mn}\right)\beta_{nl}.\right] \tag{16}$$

Из второго типа уравнений системы (15) находим:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial f_n}{\partial P_l}&=\frac{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)\left[\frac{1}{U_l}\left(X_{nl}^0\cos\psi_l+R_{nl}^0\sin\psi_l\right)\right]}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)^2}-\\
&\quad-\frac{\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\gamma_{nm}\left[\frac{1}{U_l}R_{nl}^0\cos\psi_l-X_{nl}^0\sin\psi_l\right]}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)^2};\\
\frac{\partial f_n}{\partial Q_l}&=\frac{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)\left[\frac{1}{U_l}\left(X_{nl}^0\sin\psi_l-R_{nl}^0\cos\psi_l\right)\right]}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)^2}-\\
&\quad-\frac{\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\gamma_{nm}\left[\frac{1}{U_l}\left(X_{nl}^0\cos\psi_l+R_{nl}^0\sin\psi_l\right)\right]}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{1}\beta_{nm}\right)^2};\\
\frac{\partial f_n}{\partial U_l}&=\frac{-\frac{1}{U_l}\left[\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)\gamma_{nl}-\left(\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\gamma_{nm}\right)\beta_{nl}\right]}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)^2};\\
\frac{\partial f_n}{\partial\psi_l}&=\frac{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)\beta_{nl}-\left(\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\gamma_{nm}\right)\gamma_{nl}}{\left(U_Б+\sum\limits_{m=1}^{\Gamma}\beta_{nm}\right)}-\\
&\quad-\frac{1}{\cos^2\psi_l}\left[1+(-1)^{n+l}\right].
\end{aligned}\right\} \tag{17}$$

Частные производные типа $\frac{\partial\eta_n}{\partial P_l}$, $\frac{\partial\eta_n}{\partial Q_l}$, $\frac{\partial\eta_n}{\partial U_l}$ и $\frac{\partial\eta_n}{\partial\psi_l}$ определяются из четвертого типа уравнений системы (15) по приведенным ниже выражениям (18) и (19).

Когда индексы одинаковы $(n=l)$

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\eta_l}{\partial P_l}=-\frac{U_Б}{U_l}\sin\psi_l+\frac{2P_l}{U_l^2}X_{ll}^0+\frac{1}{U_l}\sum_{\substack{m=1\\m\neq l}}^{Г}\frac{P_m}{U_m}\times\\
&\qquad\times\left(\frac{X_{lm}^0\cos\vartheta_{ml}-R_{lm}^0\sin\vartheta_{ml}}{\cos\varphi_m}\right);\\
&\frac{\partial\eta_l}{\partial Q_l}=\frac{U_Б}{U_l}\cos\psi_l+\frac{2Q_l}{U_l^2}X_{ll}+\frac{1}{U_l}\sum_{\substack{m=1\\m\neq l}}^{Г}\frac{P_m}{U_m}\times\\
&\qquad\times\left(\frac{X_{lm}^0\sin\vartheta_{ml}+R_{lm}^0\cos\vartheta_{ml}}{\cos\varphi_m}\right)-1;\\
&\frac{\partial\eta_l}{\partial U_l}=-\frac{1}{U_l}\left[\frac{U_Б}{U_l}P_l\frac{\sin\theta_l}{\cos\varphi_l}+\frac{2(P_l^2+Q_l^2)}{U_l^2}X_{ll}^0+\sum_{\substack{m=1\\m\neq l}}^{Г}\gamma_{lm}\right];\\
&\frac{\partial\eta_l}{\partial\psi_l}=-\frac{U_Б}{U_l}P_l\frac{\cos\theta_l}{\cos\varphi_l}+\sum_{\substack{m=1\\m\neq l}}^{Г}\frac{P_lP_m}{U_lU_m}\times\\
&\times\left[\frac{X_{lm}^0\sin(\varphi_m-\varphi_l+\psi_{ml})+R_{lm}^0\cos(\varphi_m-\varphi_l+\psi_{ml})}{\cos\psi_m\cdot\cos\psi_l}\right].
\end{aligned}\right\}\qquad(18)$$

Когда индексы разные, т. е. $n\neq l$, частные производные такого же типа определяются следующими формулами:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\eta_n}{\partial P_l}=\frac{1}{U_l}\left[\frac{P_n}{U_n}\left(\frac{X_{nl}^0\cos(\varphi_n+\psi_{ln})+R_{nl}^0\sin(\varphi_n+\psi_{ln})}{\cos\varphi_n}\right)\right];\\
&\frac{\partial\eta_n}{\partial P_l}=\frac{1}{U_l}\left[\frac{P_n}{U_n}\left(\frac{X_{nl}^0\sin(\varphi_n+\psi_{ln})-R_{nl}^0\cos(\varphi_n+\psi_{ln})}{\cos\varphi_n}\right)\right];\\
&\frac{\partial\eta_n}{\partial U_l}=-\frac{1}{U_l}\gamma_{nl}^1;\\
&\frac{\partial\eta_n}{\partial\psi_l}=\frac{P_lP_n}{U_nU_l}\left[\frac{R_{nl}^0\cos(\varphi_n-\varphi_l+\psi_{ln})-X_{nl}^0\sin(\varphi_n-\varphi_l+\psi_{ln})}{\cos\varphi_n\cdot\cos\varphi_l}\right].
\end{aligned}\right\}\qquad(19)$$

В формулах (15) — (19)

$$\beta_{\lambda\mu}=\frac{P_\mu}{U_\mu}\left(\frac{R_{\lambda\mu}^0\cos\theta_\mu+X_{\lambda\mu}^0\sin\theta_\mu}{\cos\varphi_\mu}\right);\qquad(20)$$

$$\gamma_{\lambda\mu}=\frac{P_\mu}{U_\mu}\left(\frac{X_{\lambda\mu}^0\cos\theta_\mu-R_{\lambda\mu}^0\sin\theta_\mu}{\cos\varphi_\mu}\right);\qquad(21)$$

$$\gamma_{\lambda\mu}^1=\frac{P_\lambda P_\mu}{U_\lambda U_\mu}\left(\frac{X_{\lambda\mu}^0\cos\theta_{\lambda\gamma}-R_{\lambda\mu}^0\sin\theta_{\lambda\mu}}{\cos\varphi_\lambda\cdot\cos\varphi_\mu}\right);\qquad(22)$$

$$\theta_\mu=\varphi_\mu-\psi_\mu;\ Z_{\lambda\mu}^0=Z_{\lambda\mu}-Z_{\lambda ЕН};\qquad(23)$$

$\lambda,\ \mu=1,2\cdots,Г$ для формулы (7); $\lambda,\ \mu=1,2\cdots Г+N+H$ для формулы (6). Значения частных производных, вычисленных по формулам (10)—(13) и (16)—(19), являются постоянными коэффициентами для систем линейных уравнений (5). После нахождения их величин не трудно определить искомые частные производные. Для определения числовых значений этих частных производных требуется знание величин активных и реактивных мощностей и комплексных напряжений во всех узлах рассматриваемой энергосистемы. Указанные величины целесообразно вычислить при совместном использовании модели сетей переменного тока и автоматических цифровых вычислительных машин.

Институт энергетики
АН Армянской ССР

Поступило 2.VI.1963 г.

Վ. Ս. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ԿՈՐՈՒՍՏԻ ԱԾԱՆՑՅԱԼԻ ԸՍՏ ԱԿՏԻՎ ՀԶՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ամփոփում

Էներգահամակարգի էկոնոմիկական ռեժիմների ուսումնասիրման ժամանակ անհրաժեշտ է որոշել էլեկտրական ցանցերում առաջացած հզորության կորուստի ածանցյալներն ըստ առանձին էլեկտրակայանների ակտիվ հզորության: Վերոհիշյալ մեծությունների որոշման համար գոյություն ունեն բազմաթիվ մեթոդներ, սակայն որոնք հիմնականում արտածված են հիմքում ունենալով մի շարք ենթադրություններ: Այդ իսկ պատճառով ստացված բանաձևերը մոտավոր բնույթ են կրում: Ամենանպատակահարմար ռեժիմների ուսումնասիրման ժամանակ տվյալ ածանցյալների որոշման համար մեծ ճշտություն է պահանջվում: Հոդվածում բերված մեթոդը համապատասխան խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ ճշտություն է ապահովում: Ամենաընդհանուր դեպքում պետք է օգտվել (2) բանաձևից, սակայն կախված դիտարկվող էներգահամակարգի առանձնահատկություններից, այդ բանաձևը կարող է փոփոխվել: (2) բանաձևի մեջ մտնող մեծությունների որոշման համար անհրաժեշտ է լուծել հաստատուն գործակիցներով գծային հավասարումների (5) սիստեմը: Սակայն ինչպես (2), այնպես էլ (3) մեջ մտնող առանձին մեծությունների արժեքների որոշման համար անհրաժեշտ է որոշել տվյալ էներգահամակարգի հոսքաբաշխվածությունը, այսինքն՝ ակտիվ և ռեակտիվ հզորությունները և կոմպլեքս լարումները բոլոր հանգույցներում: Հոսքաբաշխվածության որոշման համար անհրաժեշտ է օգտվել ժամանակակից արագ գործող հաշվիչ մեքենաներից, որոնք մեծ ճշտություն են ապահովում:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хачатрян В. С.* К вопросу об определении потерь мощности в высоковольтных сетях энергосистемы. Известия АН Армянской ССР (серия Т. Н.), № 5, 1963 г.