

6. Макконнелл К. Р., Брю С. Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика / Пер. с англ.: В 2 т. – М.: Республика, 1992. – 799 с.

7. Отчет по Проекту программы ТАСИС «Реструктуризация и акционирование энергетического комплекса Республики Беларусь». – Мн., 1999.

8. Догиль Л. Ф., Семенов Б. Д. Предпринимательство и малый бизнес: Учеб. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1997. – 266 с.

9. Томпсон А. А., Стрикленд Ш. А. Дж. Стратегический менеджмент: Концепции и ситуации: Учеб. для вузов / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2000. – XX, 412 с.

Представлена кафедрой
охраны труда

Поступила 16.04.2001

УДК 621.311.017

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЕ УРОВНИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Канд. техн. наук ФУРСАНОВ М. И.

Белорусская государственная политехническая академия

При некотором сочетании параметров электрических сетей (типы и номинальные мощности генераторов и трансформаторов, марки и сечения проводов, длины ЛЭП и т. д., включая характеристики располагаемых средств регулирования) и электрических нагрузок существует теоретически возможный минимум технологического расхода электрической энергии [1–3]. Он соответствует идеальным условиям эксплуатации электрических сетей, когда имеется совершенно полная и достоверная отчетная информация (топологическая и режимная), выбор управляющих воздействий (оптимизация режимов вместе с разработкой мероприятий по снижению потерь) осуществляется математически точной оптимизацией решений, а реализация управления электрическими сетями также не содержит каких-либо искажений.

Осуществить названные идеальные условия на практике сложно, в частности, если расчеты потерь, поиск и анализ возможных мероприятий по снижению технологического расхода энергии проводить непрерывно, а экономически оправданные мероприятия внедрять регулярно, то общий уровень технологического расхода электроэнергии в сетях также будет непрерывно приближаться к экономически обоснованному. И если окажется, что ни одно из мероприятий более не приводит к экономически обоснованному снижению потерь, то достигнутое состояние сети можно считать оптимальным.

Ниже исследована зависимость стоимости передачи электрической энергии от основных режимных параметров – потерь мощности и

электроэнергии с целью определения экономически обоснованных уровней потерь.

Стоимость передачи электроэнергии $C_{п}$ в общем виде состоит из двух составляющих

$$C_{п} = C_{пс} + C_{пл},$$

где $C_{пс}$ и $C_{пл}$ – соответственно подстанционная и линейная составляющие стоимости.

Для изложения принципа нахождения экономических значений режимных параметров рассмотрим одну из составляющих стоимости, например линейную:

$$\begin{aligned} C_{пл} &= \frac{p_l K_l}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{\Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{\Delta W_{\text{н}} \beta_{\text{н}}}{P_{\max} T_{ма}} = \frac{p_l K_l}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{\Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \tau \beta_{\text{н}}}{U^2 \cos^2 \varphi T_{ма}} = \\ &= \frac{p_l K_l}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{\Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{P_{\max} T_{ма}} + \frac{P_{\max} r_l \tau \beta_{\text{н}}}{U^2 \cos^2 \varphi T_{ма}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Имея ввиду, что:

$$\Delta P_{\text{н}} = \frac{P_{\max}^2 r_l}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (2)$$

$$\Delta P_{\text{н}} \% = \frac{P_{\max} r_l \cdot 10^2}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (3)$$

$$P_{\max} = \frac{\Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi}{r_l \cdot 10^2}; \quad (4)$$

$$W = P_{\max} T_{ма}; \quad (5)$$

$$\Delta W_{\text{н}} = \frac{P_{\max}^2 r_l \tau}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (6)$$

$$\Delta W_{\text{н}} \% = \frac{P_{\max} r_l \cdot 10^2 \tau}{U^2 \cos^2 \varphi T_{ма}}, \quad (7)$$

получим

$$\begin{aligned} C_{пл} &= \frac{p_l K_l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}}{\frac{\Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi}{r_l \cdot 10^2} T_{ма}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \% \tau \beta_{\text{н}}}{T_{ма} \cdot 10^2} = \frac{(p_l K_l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_l \cdot 10^2}{\Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi T_{ма}} + \frac{\Delta P_{\text{н}} \% \tau \beta_{\text{н}}}{T_{ма} \cdot 10^2} = \\ &= \frac{\tau \beta_{\text{н}}}{T_{ма} \cdot 10^2} \left[\frac{(p_l K_l + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}}) r_l \cdot 10^4}{\tau \beta_{\text{н}} \Delta P_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi} + \Delta P_{\text{н}} \% \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Зависимость (8) имеет минимум. Поэтому из условия $\frac{\partial C_{пл}}{\partial \Delta P_{н} \%} = 0$ найдем экономические потери мощности в линии в максимальном режиме, соответствующие минимуму стоимости передачи электроэнергии:

$$\frac{\partial C_{пл}}{\partial \Delta P_{н} \%} = \frac{\tau \beta_{н}}{T_{ма} \cdot 10^2} \left[- \frac{(p_{л} K_0 l + \Delta P_{кор} T \beta_{кор}) r_0 l \cdot 10^4}{\tau \beta_{н} \Delta P_{н} \%^2 U^2 \cos^2 \varphi} + 1 \right] = 0. \quad (9)$$

Видно, что

$$\tau \beta_{н} \Delta P_{н} \%^2 U^2 \cos^2 \varphi = (p_{л} K_0 l + \Delta P_{кор} T \beta_{кор}) r_0 l \cdot 10^4,$$

откуда искомое значение $\Delta P_{эл} \%$ с учетом потерь на корону $\Delta P_{кор}$ будет равно

$$\Delta P_{эл} \% = \frac{10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_{л} K_0 l + \Delta P_{кор} T \beta_{кор}) r_0 l}{\tau \beta}}. \quad (10)$$

Без учета короны

$$\Delta P_{эл} \% = \frac{l \cdot 10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{p_{л} K_0 r_0}{\tau \beta}}. \quad (11)$$

Анализируя аналогичным образом подстанционную составляющую стоимости, можно рассчитать значение экономических нагрузочных потерь мощности в одиночном трансформаторе $\Delta P_{эт} \%$ с активным сопротивлением $r_{т}$.

И действительно

$$C_{пс} = \frac{p_{т} K_{т}}{P_{макс} T_{ма}} + \frac{\Delta W_0 \beta_0}{P_{макс} T_{ма}} + \frac{\Delta W_{нт} \beta_{т}}{P_{макс} T_{ма}}. \quad (12)$$

Очевидно, что здесь

$$C_{пс} = \frac{\tau_{т} \beta_{т}}{T_{ма} \cdot 10^2} \left[\frac{(p_{т} K_{т} + \Delta P_0 T \beta_0) r_{т} \cdot 10^4}{\tau_{т} \beta_{т} \Delta P_{нт} \% U_{т}^2 \cos^2 \varphi} + \Delta P_{нт} \% \right], \quad (13)$$

и значение $\Delta P_{эт} \%$ будет равно

$$\Delta P_{эт} \% = \frac{10^2}{U_{т} \cos \varphi_{т}} \sqrt{\frac{(p_{т} K_{т} + \Delta P_0 T \beta_0) r_{т}}{\tau_{т} \beta_{т}}}, \quad (14)$$

или без учета потерь холостого хода ΔP_0

$$\Delta P_{\text{э}} \% = \frac{10^2}{U_{\tau} \cos \varphi_{\tau}} \sqrt{\frac{p_{\tau} K_{\tau} r_{\tau}}{\tau \beta_{\tau}}}. \quad (15)$$

Расчет экономически обоснованных уровней потерь электроэнергии в режиме максимальных нагрузок. Выше получены формулы для определения экономических потерь мощности в сети. Аналогичным образом можно найти искомые аналитические выражения для расчета потерь электрической энергии.

В самом деле

$$\Delta W_{\text{н}} = \frac{P_{\text{ма}}^2 r_{\text{л}} \tau}{U^2 \cos^2 \varphi}, \quad (16)$$

откуда

$$P_{\text{ма}} = \frac{\Delta W_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}}{r_{\text{л}} \cdot 10^2 \tau}. \quad (17)$$

Тогда величина $C_{\text{пл}}$ будет равна:

$$C_{\text{пл}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}}{P_{\text{ма}} T_{\text{ма}}} + \frac{\Delta W_{\text{н}} \beta_{\text{н}}}{P_{\text{ма}} T_{\text{ма}}} = \frac{(p_{\text{л}} K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}) r_{\text{л}} \cdot 10^2 \tau}{\Delta W_{\text{н}} \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}^2} + \frac{\Delta W_{\text{н}} \% \beta_{\text{н}}}{10^2}; \quad (18)$$

$$\frac{\partial C_{\text{пл}}}{\partial (\Delta W_{\text{н}} \%)} = \frac{\beta_{\text{н}}}{10^2} \left[- \frac{(p_{\text{л}} K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}) r_{\text{л}} \cdot 10^4 \tau}{\beta_{\text{н}} \Delta W_{\text{н}}^2 \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма}}^2} + 1 \right] = 0. \quad (19)$$

Окончательно

$$\Delta W_{\text{эл}} \% = \frac{10^2}{U \cos \varphi T_{\text{ма}}} \sqrt{\frac{(p_{\text{л}} K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}) r_{\text{л}} \tau}{\beta_{\text{н}}}}, \quad (20)$$

или без учета потерь электроэнергии на корону

$$\Delta W_{\text{эл}} \% = \frac{l \cdot 10^2}{U \cos \varphi T_{\text{ма}}} \sqrt{\frac{p_{\text{л}} K_0 r_0 \tau}{\beta_{\text{н}}}}. \quad (21)$$

Для трансформаторов:

$$\Delta W_{\text{э}} \% = \frac{10^2}{U_{\tau} \cos \varphi_{\tau} T_{\text{ма.т}}} \sqrt{\frac{(p_{\tau} K_{\tau} + \Delta W_0 \beta_0) r_{\tau} \tau}{\beta_{\tau}}}, \quad (22)$$

а без учета потерь электроэнергии холостого хода ΔW_0

$$\Delta W_{\text{эт}} \% = \frac{10^2}{U_{\text{T}} \cos \varphi_{\text{T}} T_{\text{ма.т}}} \sqrt{\frac{p_{\text{T}} K_{\text{T}} r_{\text{T}} \tau_{\text{T}}}{\beta_{\text{T}}}}. \quad (23)$$

Переходя от электропередачи типа линия (индекс «л») – трансформатор (индекс «т») к разветвленной эквивалентной электрической сети (индекс «с»), можно использовать следующее аналитическое выражение для ориентировочной оценки экономических потерь электроэнергии в сети с параметрами $K_{\text{лс}}, K_{\text{тс}}, R_{\text{эл}}, R_{\text{эт}}$:

$$\Delta W_{\text{эс}} \% = \frac{1}{k_{\Delta W}} \frac{10^2}{U_{\text{с}} \cos \varphi_{\text{с}} T_{\text{ма.с}}} \times \sqrt{\frac{(p_{\text{лс}} K_{\text{лс}} + \Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}) R_{\text{эл}} \tau_{\text{л}} + (p_{\text{тс}} K_{\text{тс}} + \Delta W_{\text{э0}} \beta_{\text{э0}}) R_{\text{эт}} \tau_{\text{т}}}{\beta_{\text{с}}}}. \quad (24)$$

Здесь $k_{\Delta W}$ – поправочный коэффициент ($k_{\Delta W} = 1, 1 \dots 1, 15$), отражающий разницу в расчете ΔW по обобщенным и индивидуальным данным.

Расчет критериальных режимных параметров по средним нагрузкам. Выше получены аналитические соотношения для определения экономических потерь мощности и электроэнергии в линиях и трансформаторах в режиме максимальных нагрузок. В условиях эксплуатации электрических сетей для оценки величины потерь электрической энергии часто применяются формулы, базирующиеся на использовании средних значений $\bar{U}, \bar{P}, \bar{k}_{\text{ф}}$. Поэтому необходимо уметь определять значения критериальных режимных параметров и для режима средних нагрузок электрических сетей. Искомые аналитические выражения получены ниже.

Расчет экономически обоснованных потерь мощности в режиме средних нагрузок. Значение $C_{\text{пл}}$ определяется по формуле

$$C_{\text{пл}} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}}}{PT} + \frac{\Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}}{PT} + \frac{\Delta W_{\text{нл}} \beta_{\text{н}}}{PT} = \frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}}}{PT} + \frac{\Delta W_{\text{кор}} \beta_{\text{кор}}}{PT} + \frac{\bar{P} r_{\text{л}} k_{\text{ф}}^2 \beta_{\text{н}}}{U^2 \cos^2 \varphi}, \quad (25)$$

но:

$$\Delta \bar{P}_{\text{н}} = \frac{\bar{P}^2 r_{\text{л}}}{U^2 \cos^2 \varphi}; \quad (26)$$

$$\bar{P} = \Delta \bar{P}_{\text{н}} \% \frac{U^2 \cos^2 \varphi}{r_{\text{л}} \cdot 10^2}. \quad (27)$$

Тогда:

$$C_{\text{пл}} = \frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}}\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^2}{\Delta P\% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + \frac{\overline{\Delta P_{\text{н}}}\% \beta_{\text{н}}}{10^2}; \quad (28)$$

$$C_{\text{пл}} = \frac{\beta_{\text{н}}}{10^2} \left[\frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta P_{\text{кор}}T\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^4}{\beta_{\text{н}}\overline{\Delta P_{\text{н}}}\% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + \Delta P\% \right]; \quad (29)$$

$$\frac{\partial C_{\text{пл}}}{\partial \Delta P_{\text{н}}\%} = \frac{\beta_{\text{н}}}{10^2} \left[- \frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta P_{\text{кор}}T\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^4}{\beta_{\text{н}}\overline{\Delta P_{\text{н}}}\% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + 1 \right] = 0. \quad (30)$$

Экономические потери мощности в линии в режиме «средних» нагрузок $\Delta P_{\text{эл}}\%$ равны

$$\Delta P_{\text{эл}}\% = \frac{10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta P_{\text{кор}}T\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}}}{T\beta_{\text{н}}}} \quad (31)$$

или при $\Delta P_{\text{кор}} = 0$

$$\Delta P_{\text{эл}}\% = \frac{l \cdot 10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{p_{\text{л}}K_{\text{л}}r_0}{T\beta_{\text{н}}}}. \quad (32)$$

Аналогично

$$\Delta P_{\text{эт}}\% = \frac{10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_{\text{т}}K_{\text{т}} + \Delta W_0\beta_0)r_{\text{т}}}{\beta_{\text{т}}T}}. \quad (33)$$

Расчет экономически обоснованных потерь электроэнергии в режиме средних нагрузок.

$$\Delta W_{\text{н}} = \frac{\bar{P}^2 r_{\text{л}} k_{\text{ф}}^2 T}{\bar{U}^2 \cos^2 \varphi}, \quad (34)$$

откуда

$$\bar{P} = \frac{\Delta W_{\text{н}}\% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi}{r_{\text{л}} \cdot 10^2 k_{\text{ф}}^2}. \quad (35)$$

Тогда:

$$C_{\text{пл}} = \frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}}\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^2 k_{\phi}^2}{\Delta W_{\text{н}} \% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + \frac{\Delta W_{\text{н}} \% \beta_{\text{н}}}{10^2} =$$

$$= \frac{\beta_{\text{н}}}{10^2} \left[\frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}}\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^4 k_{\phi}^2}{\beta_{\text{н}} \Delta W_{\text{н}} \% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + \Delta W_{\text{н}} \% \right];$$

$$\frac{\partial C_{\text{пл}}}{\partial \Delta W_{\text{н}} \%} = \frac{\beta_{\text{н}}}{10^2} \left[- \frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta W_{\text{кор}}\beta_{\text{кор}})r_{\text{л}} \cdot 10^4 k_{\phi}^2}{\beta_{\text{н}} \Delta W_{\text{н}}^2 \% \bar{U}^2 \cos^2 \varphi T} + 1 \right] = 0;$$

$$\Delta W_{\text{эл}} \% = \frac{k_{\phi} \cdot 10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_{\text{л}}K_{\text{л}} + \Delta P_{\text{кор}} T \beta_{\text{кор}})r_{\text{л}}}{T \beta_{\text{н}}}}$$

или

$$\Delta W_{\text{эл}} \% = \frac{l \cdot 10^2 k_{\phi}}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{p_{\text{л}} K_{\text{л}} r_{\text{л}}}{T \beta_{\text{н}}}}$$

Аналогично для трансформаторов

$$\Delta W_{\text{эт}} \% = \frac{k_{\phi} \cdot 10^2}{U \cos \varphi} \sqrt{\frac{(p_{\text{т}}K_{\text{т}} + \Delta W_{\text{о}}\beta_{\text{о}})r_{\text{т}}}{\beta_{\text{т}} T}}$$

Подтверждение аналитических соотношений по расчету экономически обоснованных уровней потерь электроэнергии в сетях энергосистем. Новые аналитические зависимости требуют тщательной проверки и доказательности. Ниже проведено исследование для подтверждения корректности формул, полученных выше для расчета экономически обоснованных уровней потерь электроэнергии в сетях энергосистем. Расчеты производились на примере трансформаторов распределительных электрических сетей 6–20 кВ. Напомним, что формула для определения величины $\Delta W_{\text{эт}}\%$ в режиме максимальных нагрузок выглядит следующим образом:

$$\Delta W_{\text{эт}} \% = \frac{10^2}{U_{\text{т}} \cos \varphi_{\text{т}} T_{\text{ма.т}}} \sqrt{\frac{(p_{\text{т}}K_{\text{т}} + \Delta W_{\text{о}}\beta_{\text{о}})r_{\text{т}}\tau_{\text{т}}}{\beta_{\text{т}}}}$$

и что получена она из условия минимума $C_{\text{пс}}$

$$C_{\text{пс}} = \frac{p_{\text{т}}K_{\text{т}} + \Delta W_{\text{о}}\beta_{\text{о}}}{W} + \frac{\Delta W_{\text{пт}}}{W} \beta_{\text{т}}$$

Если

$$\Delta W_{\text{нт}} = \Delta W_{\text{нт}} \% \frac{W}{10^2}$$

и

$$P_{\text{max}} = \frac{\Delta W_{\text{нт}} \% U^2 \cos^2 \varphi T_{\text{ма.т.}}}{r_{\tau} \tau_{\tau} \cdot 10^2},$$

то

$$C_{\text{пс}} = \frac{(p_{\tau} K_{\tau} + \Delta W_{\text{нт}} \% \beta_0) r_{\tau} \cdot 10^2}{\Delta W_{\text{нт}} \% U_{\tau}^2 \cos^2 \varphi} \frac{\tau_{\tau}}{T_{\text{ма.т.}}} + \Delta W_{\text{нт}} \% \frac{\beta_{\tau}}{10^2} \quad (43)$$

является функцией $\Delta W_{\text{нт}} \%$.

Рассчитаем значения $\Delta W_{\text{зт}} \%$ для трансформаторов ТМ-25...ТМ-630 кВ·А по формуле (41) (табл. 1) и построим зависимости $C_{\text{пс}} = f(\Delta W_{\text{нт}} \%)$ по формуле (43) в диапазоне $\Delta W_{\text{нт}} \% = 0,1 - 4 \%$ (рис. 1).

Минимумы построенных графиков должны быть равны значениям $\Delta W_{\text{зт}} \%$, вычисленным по (41).

Исходные данные по трансформаторам и совместные результаты расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные и результаты расчета значений $\Delta W_{\text{зт}} \%$
в трансформаторах 6–20 кВ

№ пп.	$S_{\text{ном}}$, кВ·А	K_{τ} , тыс. у.е.	ΔP_0 , кВт	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	$\Delta W_{\text{зт}} \%$	
					По формуле (41)	Из рисунка
1	25	0,29	0,13	0,69	2,75	2,75
2	40	0,35	0,18	1,00	2,30	2,30
3	63	0,41	0,24	1,47	1,95	1,95
4	100	0,57	0,33	2,27	1,80	1,80
5	160	0,74	0,51	2,65	1,42	1,42
6	250	1,00	0,74	4,2	1,34	1,34
7	400	1,41	0,95	5,5	1,12	1,12
8	630	2,04	1,31	7,6	1,00	1,00

Из таблицы видно, что значения $\Delta W_{\text{зт}} \%$, полученные по (41) и из анализа зависимостей, представленных на рис. 1, совпадают. Исследуемые аналитические зависимости являются достоверными и могут быть использованы для расчета оптимальных уровней потерь электроэнергии

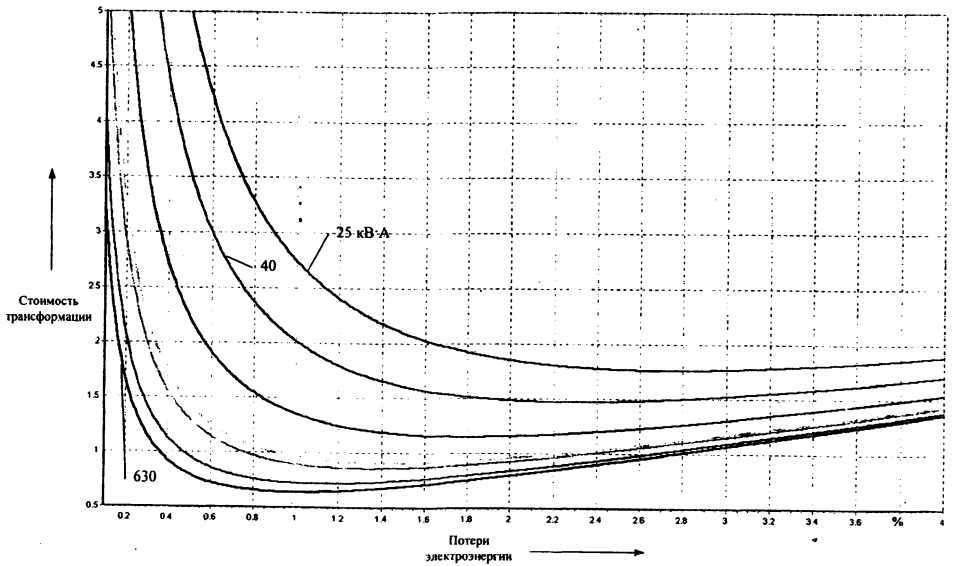


Рис. 1. Зависимости стоимостей трансформации электрической энергии трансформаторами 6–20 кВ от процента нагрузочных потерь (минимумы: для ТМ-25 – 2,75 %; ТМ-40 – 2,3; ТМ-63 – 1,95; ТМ-100 – 1,8; ТМ-160 – 1,42; ТМ-250 – 1,34; ТМ-400 – 1,12; ТМ-630 – 1,0 %)

в трансформаторах электрических сетей. Формулы (20), (21), (38), (39) для определения значений $\Delta W_{эл}, \%$ подобны формулам для расчета $\Delta W_{ст}, \%$, следовательно, их вид и корректность также не вызывают сомнений.

Следует отметить, что оптимальные уровни потерь в сетях могут быть обеспечены только в условиях оптимальных режимов работы отдельных звеньев энергосистем. Для соблюдения таких условий необходимо поддерживать оптимальную загрузку k_c линий и трансформаторов, которая однозначно может быть определена с использованием полученных в статье формул, например для трансформаторов в режиме максимальных нагрузок:

$$k_{ст} = \sqrt{\frac{p_1 K_T + \Delta P_0 T \beta_0}{\Delta P_{кз} \tau \beta_T}} \quad (44)$$

ВЫВОДЫ

1. Определено понятие и существование экономически обоснованного уровня потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем.

2. Получены, исследованы и подтверждены аналитические соотношения для расчета экономически обоснованных уровней потерь в линиях и трансформаторах электрических сетей в режимах максимальных и средних нагрузок.

3. На основе полученных формул могут быть рассчитаны значения оптимальных нагрузок дискретных параметров электрических сетей, обеспечивающие оптимальные уровни потерь в сетях.

4. Результаты данного исследования положены в основу структурного анализа технических потерь электроэнергии, позволяющего на основе

сопоставления расчетных фактических и оптимальных уровней потерь в сетях однозначно определить направление движения в сторону оптимального состояния электрических сетей и стратегические способы его осуществления на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф у р с а н о в М. И. Методология и практика расчетов потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – Мн.: Тэхналогія, 2000. – 247 с.
2. Ф у р с а н о в М. И., М а к а р е в и ч В. В. Об оптимальных уровнях потерь в электрических сетях 6–20 кВ // Энергосбережение. Электроснабжение. Автоматизация: Сб. науч. тр. / Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого». – Гомель, 2001.
3. Ф у р с а н о в М. И. Об оптимальной загрузке дискретных параметров электрических сетей // Энергосбережение. Электроснабжение. Автоматизация: Сб. науч. тр. / Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого». – Гомель, 2001.

Представлена кафедрой
электрических систем

Поступила 12.11.2001