

## ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УЩЕРБА ПО НАПРЯЖЕНИЮ

Р. И. БОРИСОВ, В. В. ЛИТВАК

(Представлена кафедрой электрических сетей и систем)

Задачи организации эксплуатации электрических сетей и проектирования вновь сооружаемых и расширяемых схем электроснабжения состоят в непрерывном улучшении качественных показателей электроснабжения. Весьма важным показателем такого рода является величина неодинаковости напряжения, которая характеризует ущерб по напряжению. Как было показано ранее [1], схемы электроснабжения промышленных предприятий и основные сети системы должны проектироваться с учетом экономических характеристик оборудования по параметрам качества. Однако возникают значительные организационные и методологические трудности при практическом снятии и расчетах этих характеристик [2]. Отклонения напряжения сопровождаются одновременным изменением других переменных, (состава сырья, интенсивности труда и т. п.), которые влияют на стоимость производства единицы продукции. Произвести разделение этих переменных оказывается весьма затруднительным или невозможным. Поэтому наряду с прямыми методами снятия экономических характеристик, по нашему мнению, заслуживают внимания также и косвенные, которые позволяют оценить значение коэффициента ущерба по другим исходным данным.

Отклонения напряжения у потребителей при разных вариантах питающей и распределительной сети оказываются разными, что обуславливает различную стоимость производства единицы продукции. Каждый вариант выполнения сети имеет соответствующие расчетные затраты, поэтому стоимость ущерба от отклонений напряжения следует относить к его затратам, так как себестоимость продукции зависит от качества электроэнергии по данному варианту.

$$Z = p_n K + C + Y; \quad (1)$$

$$Y = k_y \sum_{i=1}^T \left( \frac{U_n - U_i}{U_n} 100 \right)^2 \frac{\Delta t_i}{T} = k_y \cdot N_t, \quad (2)$$

где  $N_t$  — неодинаковость напряжения,  
 $k_y$  — коэффициент ущерба по напряжению,  
 $U_n, U_i$  — номинальное и действительное напряжение у потребителя,  
 $\Delta t_i, T$  — длительность  $i$ -той ступени и рассматриваемый интервал графика нагрузки.

Дополнительные затраты на средства регулирования и поддержания напряжения уменьшают эти отклонения и снижают ущерб. Если

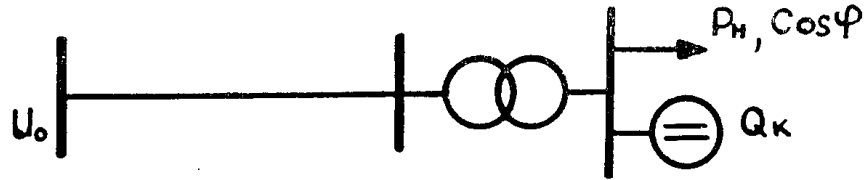


Рис. 1. Схема сети.

приведенные расчетные затраты на средства регулирования напряжения оказываются больше, чем величина ущерба от отклонений напряжения за расчетный срок, то это значит, что у потребителей такого рода допустим этот ущерб. При обратном соотношении составляющих следует признать целесообразность дополнительных затрат на ликвидацию отклонений напряжения. Величина ущерба оказывается соразмерной с затратами на дополнительные устройства регулирования. А именно: равенство ущерба и приведенных затрат на дополнительные средства по регулированию напряжения определяет возможное значение коэффициента ущерба.

Пусть на подстанции (рис. 1) установлен компенсатор, мощность которого достаточна для поддержания желаемого напряжения на шинах вторичного напряжения в любом рабочем режиме нагрузки. Тогда можно считать, что отклонения напряжения в каждом режиме минимальны, а суммарный ущерб равен нулю. При отсутствии средств регулирования напряжения ущерб будет наибольшим. Приравняв затраты обоих вариантов, получим соотношение для определения коэффициента ущерба:

$$\begin{aligned} & 3_1 - 3_2 = 0, \\ & (\Delta P_{M1} + \Delta P_{Л1}) [r_{HK1} K_{CT} + \tau_1 (r_{HK} T T b_{CT} + \beta_{CT})] + ((P_H + P_A) Q_k k_k + \\ & + \Delta P_k [r_{HK1} K_{CT} + t (r_{HK} T T b_{CT} + \beta_{CT})] - k_y N_t - \\ & - (\Delta P_{M2} + \Delta P_{Л2}) [r_{HK1} K_{CT} + \tau_2 (r_{HK} T T b_{CT} + \beta_{CT})] = 0. \end{aligned}$$

Если пренебречь активными потерями в компенсирующем устройстве и приращением потерь в линии и трансформаторе, получаем

$$k_y N_t = (P_H + P_A) Q_k k_k, \quad (3)$$

где  $Q_k$  — мощность компенсирующего устройства,

$k_k$  — удельная стоимость компенсирующего устройства.

Минимальная мощность компенсирующего устройства, не используемого в режиме недовозбуждения, определяется [3]:

$$Q_k = \frac{1}{x} [P_1 r + Q_1 x - k_T U_{ж1} (U_0 - k_T U_{ж1})], \quad (4)$$

$P_1, Q_1, U_{ж1}$  — активная и реактивная мощности нагрузки, желаемое напряжение на вторичной стороне подстанции в режиме максимальных нагрузок,

$U_0$  — напряжение источника питания.

Коэффициент трансформации  $k_T$  для трансформатора без РПН определяется по условию поддержания желаемого напряжения в минимальном режиме нагрузки:

$$k_T = \frac{U_0 U_H - P_2 r - Q_2 x}{U_{ж2} U_H}.$$

Желаемое напряжение на шинах низшего напряжения подстанции в соответствии с законом встречного регулирования можно определить:

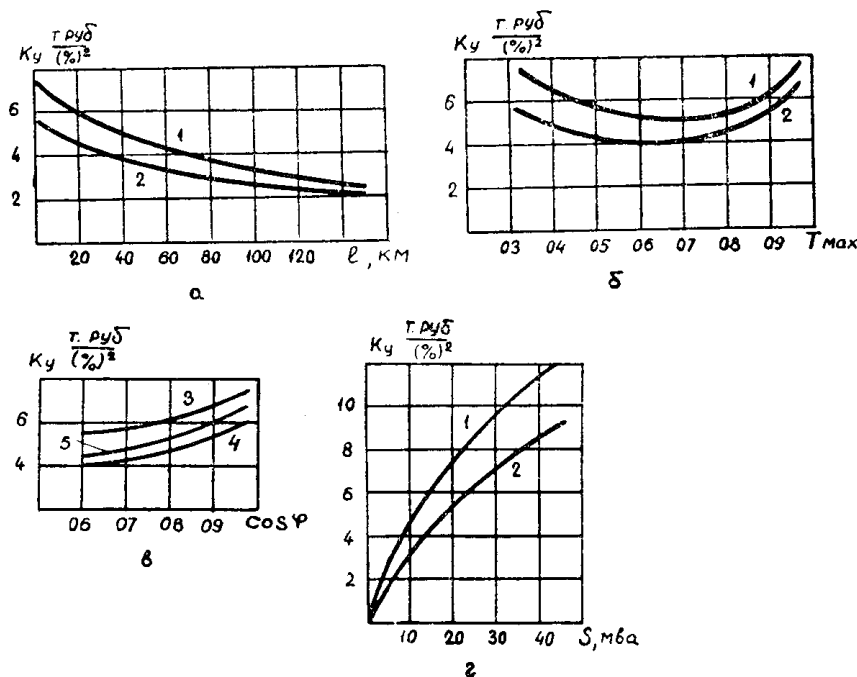


Рис. 2. Зависимость коэффициента ущерба по напряжению от длины линии (а), числа часов использования максимальной мощности (б), коэффициента мощности нагрузки (в), мощности потребителя (г)

$$U_{\text{ж}} = \left( 1 + 0,05 \frac{P}{P_1} \right) U_{\text{н.}}$$

Расчеты по определению ущерба  $k_y$  т. руб./ $(\%)^2$  по напряжению для схемы на рис. 1 произведены на ЭВМ М-20 и результаты показаны на рис. 2 а, б, в, г.

Зависимости 1 и 2 построены при значениях коэффициента мощности 0,9 и 0,6 соответственно; 3, 4, 5 (рис. 2 в) — построены при значениях времени использования максимальной нагрузки  $T_{\text{м}}$ , равных 0,333, 0,7 и 0,85 соответственно.

Можно считать, что коэффициент ущерба не зависит от  $\cos \varphi$ ,  $T_{\text{м}}$  и длины передачи, поскольку изменения  $k_y$  происходят в пределах  $2 \div 6$  т. руб./ $(\%)^2$  при изменении  $\cos \varphi = 0,6 \div 1$ ,  $T_{\text{м}} = 0,333 \div 0,95$ ,  $l = 10 \div 150$  км.

Зависимость коэффициента ущерба от величины передаваемой мощности показана на рис. 2 г.

### Выводы

1. Оценка коэффициента ущерба по сетевым исходным данным делит все потребители на две группы. Для потребителей первой группы коэффициент ущерба незначителен, значение его меньше 0,1 т. руб./ $(\%)^2$ , и необходимость его учета при проектировании схем электроснабжения требует обоснования.

Потребители второй группы имеют значения коэффициентов ущерба 0,1 т. руб./ $(\%)^2$  и выше, они нуждаются в средствах дополнительного регулирования напряжения и полученные значения коэффициентов должны учитываться при проектировании схем электроснабжения.

2. Отнесение вида потребителя к той или другой группе по величине коэффициента ущерба должно быть обосновано.

3. Слабая зависимость коэффициента ущерба от  $\cos \varphi$ , длины пи-

тающих линий и числа часов использования максимума позволяет наметить области его возможных значений в рабочем диапазоне указанных параметров.

4. Коэффициент ущерба по напряжению нелинейно связан с максимальной мощностью потребителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Р. И. Борисов, В. В. Литвак.** О необходимости учета ущерба от отклонений напряжения при проектировании распределительных сетей. Изв. ТПИ, т. 159, 1968.
2. **Б. А. Константинов.** О качестве напряжения на промышленных предприятиях. Электричество, № 5, 1963.
3. **А. А. Глазунов, А. А. Глазунов.** Электрические сети и системы, ГЭИ, 1960.