

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА УЩЕРБА ОТ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Р. И. БОРИСОВ, В. В. ЛИТВАК

(Представлена кафедрой электрических систем и сетей)

Опыт проектирования и эксплуатации распределительных сетей показывает, что именно на распределительные сети 10—0,4 кв приходится наибольшая относительная величина потерь электрической энергии и напряжения [1]. При проектировании таких сетей принято определять сечения проводов линий из условий допускаемых потерь напряжения до наиболее удаленного потребления. Затем величина допускаемых потерь напряжения сравнивается с действительными потерями в режиме максимальных нагрузок. Потери мощности и электрической энергии при этом не учитываются.

В работе предлагается уточнить существующие методики проектирования электрических сетей путем учета ущерба от понижения напряжения в узлах подключения нагрузок.

Расчетные затраты на электрическую сеть, приведенные к одному году, в функции от сечения линий сети возможно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} Z = (p_n + p_a) \left(A \sum_{i=1}^m l_i + B \sum_{i=1}^m l_i S_i \right) + \\ + 3\rho (c_1 \kappa_m p_n + c_2 \tau) \sum_{i=1}^m \frac{l_i I_{i\max}^2}{S_i}, \end{aligned} \quad (1)$$

где A и B являются коэффициентами функции удельных капитальных затрат на линию от сечения

$$K = A + BS.$$

Расчетные затраты в форме (1) учитывают потери электроэнергии за год и стоимость дополнительной генерирующей мощности в энергосистеме на покрытие потерь мощности.

Отклонение напряжения от номинального могут вызывать изменения в скорости протекания технологических процессов, изменение срока службы электротехнических устройств, увеличение капитальных затрат на средства регулирования напряжения и т. д. Отклонения напряжения у потребителей оцениваются величиной ущерба на производство единицы продукции, причем, видимо, и понижение, и повышение напряжения приводят к положительным значениям ущерба в том смысле, что затраты на производство единицы продукции увеличиваются.

Величину ущерба от отклонения напряжения у потребителей следует учитывать в формуле годовых расчетных затрат на сооружение и эксплуатацию электрической сети, при этом принимается, что ущерб пропорционален квадрату отклонения напряжения [2]. Тогда формула годовых расчетных затрат имеет вид:

$$Z = (p_n + p_a) \left(A \sum_{i=1}^m l_i + B \sum_{i=1}^m l_i S_i \right) + \\ + 3\rho (c_1 \kappa_m p_n + c_2 \tau) \sum_{i=1}^m \frac{l_i I_{i\max}^2}{S_i} + \sum_{q=1}^n D_q (U_n - U_q)^2.$$

Если каждая нагрузка является n -мерным вектором токов в соответствии с графиком нагрузок, расписывая формулу ущерба через потери напряжения до каждого q -того узла присоединения нагрузки, можно выразить расчетные затраты через искомые сечения проектируемой сети:

$$Z = (p_n + p_a) \left(A \sum_{i=1}^m l_i + B \sum_{i=1}^m l_i S_i \right) + \\ + 3\rho (c_1 \kappa_m p_n + c_2 \tau) \sum_{i=1}^m \frac{l_i I_{i\max}^2}{S_i} + E + \\ + D\rho^2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i^2}{S_i^2} \sum_{k=1}^n I_{ik}^2 \Delta t_k + \\ + 2D\rho^2 \sum_{i=1}^m \frac{l_i l_j}{S_i S_j} \sum_{k=1}^n I_{ik} I_{jk} \Delta t. \quad (2)$$

Величина E зависит от допустимых потерь напряжения, токов по участкам сети, графика нагрузок, реактивных сопротивлений и длин линий сети. В начале расчета можно считать величину реактивного сопротивления линии, не зависящей от сечения, и тогда E становится свободным членом.

Минимизация функции расчетных затрат (2) дает оптимальные сечения линий сети.

Таким образом, показана возможность учета ущерба от отклонений напряжения в узлах нагрузок уже при проектировании электрических сетей. Учет ущерба может оказывать существенное влияние на величину сечений линий сети. Покажем это на примере.

Выбрать сечение кабельных линий 10 кВ для питания нагрузок в соответствии со схемой на рис. 1.

$I_a = I_b = I_c = 70$ а; $l_1 = l_2 = l_3 = 2$ км; $\cos \varphi_a = \cos \varphi_b = \cos \varphi_c = 0,8$.

Графики нагрузок приняты одинаковыми и имеют $T_{\max} = 4200$ час. Для прокладки в земле принят кабель марки АСБ-10 кВ ($K = 2,8 + 0,0205 S$) [3].

Результаты расчетов представлены на рис. 2, 3. Расчетные затраты выражены в относительных единицах. Кривые 1, 3 построены без учета ущерба от отклонений напряжения, а кривые 2, 4 в соответствии с формулой (2).

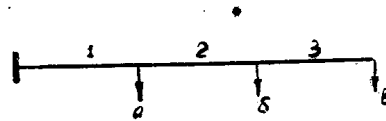


Рис. 1. Схема распределительной сети 10 кВ.

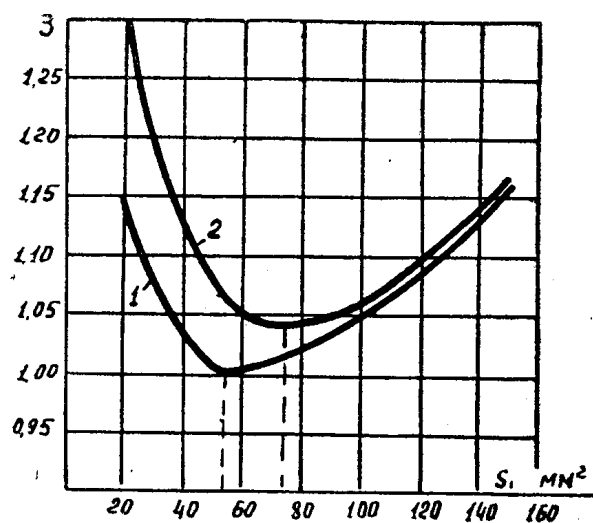


Рис. 2. Зависимость годовых расчетных затрат от сечения линии 1 при $S_2=70 \text{ мм}^2$ и $S_3=50 \text{ мм}^2$.

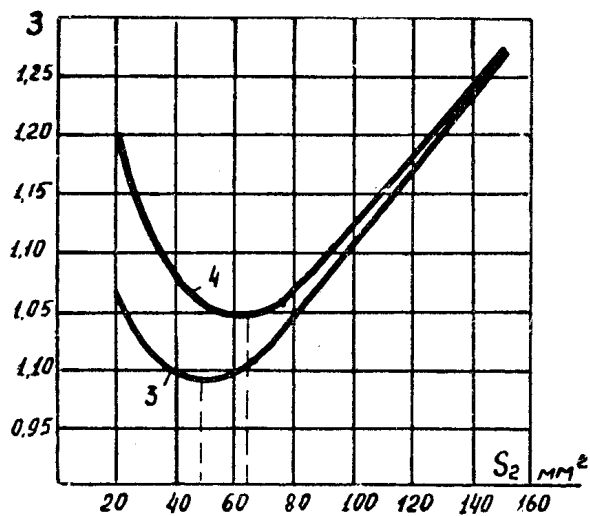


Рис. 3. Зависимость расчетных затрат от сечения линии 2 при $S_1=70 \text{ мм}^2$ и $S_3=50 \text{ мм}^2$.

Принятые обозначения:

$p_n = 0,125$ — нормативный коэффициент эффективности;
 $p_a = 0,1$ — отчисления на амортизацию, ремонт и обслуживание;

l — длина линии;

i, j — номер линии;

m — число линий;

S — искомое сечение линии;

$\rho = 31,5 \frac{\text{ом мм}^2}{\text{км}}$ — удельное сопротивление;

$c_1 = 154 \frac{\text{тыс. руб.}}{\text{мвт}}$ — стоимость установленного мегаватта генери-

рующей мощности на электростанции;

$\kappa_m = 0,95$ — коэффициент участия в максимуме;

$c_2 = 72 \frac{\text{тыс. руб.}}{\text{мвт. год}}$ — себестоимость потерянной энергии;

$\tau = 0,292$ — время потерь;

I_i, I_j — токи по участкам сети;

$D = 5 \frac{\text{тыс. руб.}}{\text{кв}^2 \text{ год}}$ — себестоимость потерянного квадратного кило-

вольта;

q — номер узла нагрузки;

κ — номер ступени графика нагрузок;

Δt_k — длительность κ -той ступени графика нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Глазунов, А. А. Глазунов. Электрические сети и системы. ГЭИ, 1960.
2. Б. А. Константинов. О качестве напряжения на промышленных предприятиях. Электричество, № 5, 1963.
3. Электротехнический справочник, ГЭИ, 1962.