

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ ТОКОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р. И. БОРИСОВ, В. Д. КОЗЫРЕВ

(Представлена научным семинаром кафедр электрических станций
и электрических систем и сетей)

Значения токов коротких замыканий в распределительных сетях зависят от степени реактирования схем и оказывают большое влияние на их эксплуатационную надежность и качественные показатели электроснабжения.

В эксплуатационной практике токи коротких замыканий на питающих центрах после реакторов, как правило, снижаются до 10 *ка* и меньше, вместо 20 *ка* (для выключателей ВМГ-133 и ВМП-10) [1]. Некоторые приводы не соответствуют характеристикам выключателей. Так, согласно противоаварийному циркуляру МЭ [2] 61 ток отключения выключателя ВМГ-133 с приводом типа ПС-10 установлен в 15 *ка* [3].

Увеличение значений токов коротких замыканий осуществляется некоторыми способами:

- 1) шунтированием реакторов;
- 2) запараллеливанием сдвоенных реакторов;
- 3) шунтированием вольто-добавочных трансформаторов;
- 4) изъятием из схем реакторов;
- 5) составлением эксплуатационных схем электроснабжения с учетом уровней токов коротких замыканий и т. п.— дает следующие преимущества:

- 1) повышает надежность работы потребителей за счет сокращения перерывов электроснабжения и сохранения устойчивой работы электродвигателей при внешних коротких замыканиях и посадках напряжения на их зажимах;

- 2) снижает колебание напряжения при изменениях нагрузки, что улучшает качество электроэнергии, подводимой к потребителям, и уменьшает пределы регулирования напряжения;

- 3) в нормальных условиях уменьшаются активные и реактивные потери мощности, а следовательно, уменьшаются потери энергии;

- 4) капитальные затраты в сети несколько уменьшаются за счет ограничения области применения токоограничивающих и пусковых реакторов, упрощения устройств для регулирования напряжения, компенсирующих устройств и реостатного пуска асинхронных двигателей.

С другой стороны, увеличение токов коротких замыканий требует более мощного дорогостоящего оборудования, приводит к увеличению сечений кабелей по условию термической устойчивости, требует установки быстродействующих защит и усложняет автоматику.

Уровень значений токов коротких замыканий в распределительных сетях является одной из технико-экономических категорий, которая должна быть обоснована для разных схем и параметров электроснабжения, и может быть использован как критерий построения рациональных схем электроснабжения. Поэтому для определения оптимальных значений токов коротких замыканий представляется возможным установить связи между надежностью, показателями качества электроснабжения, потерями мощности и энергии в электрических сетях и уровнями значений токов коротких замыканий, что можно сделать с использованием математического аппарата для многофакторных задач.

При выборе технических решений по определению оптимальных значений токов коротких замыканий в распределительных сетях 6—20 кВ изменением степени реактирования воспользуемся приведенными расчетными затратами Z_p :

$$Z_p = p_n K + I_r + Y, \quad (1)$$

где

K — капитальные вложения варианта электроснабжения, тыс. руб.;

I_r — годовые издержки, тыс. руб.;

Y — народнохозяйственный ущерб, тыс. руб.

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (2)$$

где

Y_1 — ущерб, вызванный перерывами электроснабжения потребителей;

Y_2 — ущерб при нарушении устойчивости нагрузки;

Y_3 — ущерб от отклонений напряжения у потребителей.

Надежность электроснабжения потребителей характеризуется составляющими народнохозяйственного ущерба: Y_1 и Y_2 .

$$Y_1 = y_0 \mathcal{E}_r, \quad (3)$$

где

y_0 — удельный ущерб от перерывов электроснабжения, руб./квт-ч.;

\mathcal{E}_r — недоотпущенная электроэнергия за год, квт-ч,

$$\mathcal{E}_r = h_e T_{\max} P_{\max}, \quad (4)$$

h_e — вероятная длительность перерывов электроснабжения, отн. ед.;

T_{\max} — время максимальной нагрузки, час;

P_{\max} — максимальная нагрузка, квт.

Для каждого узла нагрузки и варианта электроснабжения определяется критическое напряжение ($U_{кр}$), при котором происходит опрокидывание электродвигателей, т. е. для проверки устойчивости нагрузки воспользуемся одним из практических критериев устойчивости нагрузки:

$$\frac{dE}{dU} > 0 (U_{кр} \sim \frac{dE}{dU} = 0).$$

Для построения зависимостей $E = f(U)$ используем статические характеристики комплексной нагрузки. Следует отметить, что определение расчетных запасов статической устойчивости по напряжению нагрузки с помощью практических критериев устойчивости обеспечивает необходимую для инженерных расчетов точность [4]. Затем определяем восстанавливающееся напряжение (U_B) на шинах узла нагрузки после отключения короткого замыкания и срабатывания АВР. Значение U_B сравнивается с $U_{кр}$ и выявляются условия самозапуска электродвигателей. При больших внешних сопротивлениях самозапуск всех двигателей не-

возможен, поэтому часть электродвигателей приходится отключать, что приводит к некоторому ущербу:

$$Y_2 = y_0 h'_e P_{\text{откл}} \cdot T, \quad (5)$$

где

h'_e — вероятная длительность отключения электродвигателей, отн. ед.;

$P_{\text{откл}}$ — мощность нагрузки отключаемых электродвигателей;

$$T = 8760 \text{ час.}$$

Изменение отклонений напряжения от оптимального значения у потребителей, вызванное различным реактированием, оценивается по интегральным показателям народнохозяйственного ущерба, величина которого определяется «неодинаковостью» напряжения.

$$Y_3 = k_y N, \quad (6)$$

где

k_y — коэффициент ущерба по напряжению, тыс. руб./ $(\%)^2$;

N — «неодинаковость» напряжения, $(\%)^2$.

Критерий «неодинаковость» напряжения используется только при экономических расчетах ущерба для примерно однородных электроприемников или технологических процессов при отклонениях напряжения на зажимах электроприемников.

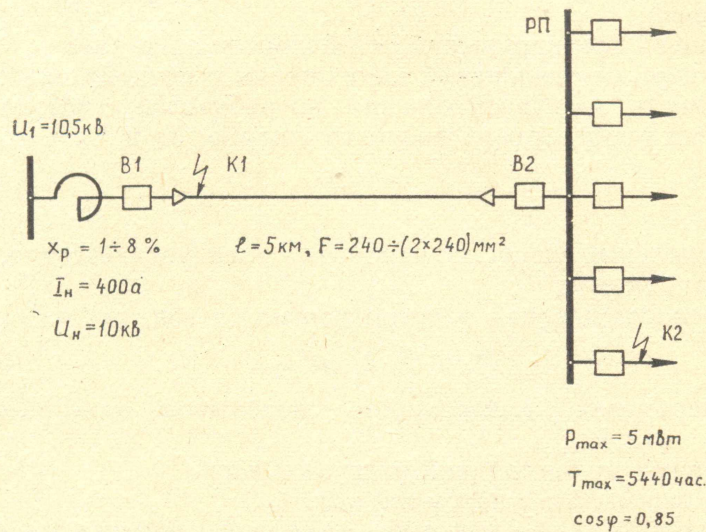


Рис. 1

Были выполнены расчеты для определения оптимальной величины тока короткого замыкания для схемы, показанной на рис. 1. Расчетные затраты определялись по формуле (1):

$$Z_p = f[C_p(x_p, I_n, U_n); C_b(U_n, I_n, I_{k3}); C_{\text{клзп}}(I_{k3}); Y].$$

Нагрузка задана графиком по продолжительности с $T_{\text{max}} = 5440 \text{ час.}$, $P_{\text{max}} = 5 \text{ мвт}$, $\cos \varphi = 0,85$.

Сопротивление реактора изменялось от 1 до 8%. Был произведен расчет токов коротких замыканий в точках K1 и K2.

Зависимость Z_p от I_{k1} (S_{k1}) показана на рис. 2. Минимум затрат получился для $I_{k1} = 20 \text{ ка}$, что соответствует $x_p = 2,1 \%$ и предельному значению мощности короткого замыкания 350 мва (для напряжения 10 кВ), принятому для отечественных сетей в настоящее время.

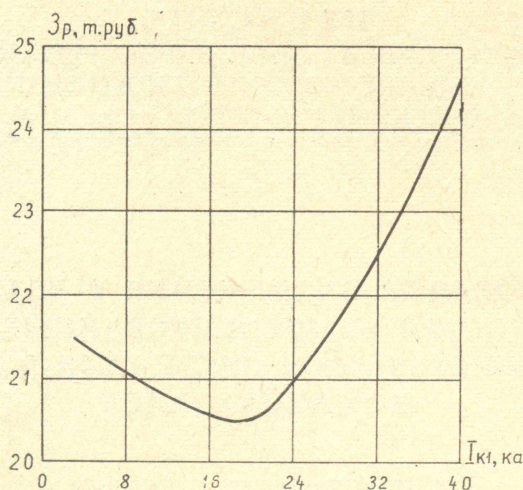


Рис. 2

Предлагаемая постановка задачи исследования приведенных расчетных затрат в функции токов коротких замыканий требует вывода таких стоимостных зависимостей:

$$C = f(I_{кз}, П_n), \quad (7)$$

где

C и $П_n$ — расчетная стоимость (тыс. руб.) и номинальные параметры используемого электрического оборудования.

Дальнейшие исследования показывают, что уровень значений токов коротких замыканий может быть использован как критерий рационального построения схем электрических сетей, используя при этом метод базовой точки в технико-экономических расчетах. Представляется возможным использовать алгоритм выбора оптимальной конфигурации, который позволяет, варьируя параметр схемы k , которым может служить мощность короткого замыкания, найти ряд схем электроснабжения, в числе которых будет вариант с наименьшими приведенными затратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Сыромятников. К вопросу о целесообразных значениях токов коротких замыканий в распределительных сетях. «Электричество», 1966, № 1.
2. Р. И. Борисов, В. Д. Козырев. К вопросу о целесообразных значениях токов коротких замыканий (дискуссия по статье Сыромятникова И. А.). «Электричество», 1968, № 9.
3. Б. Н. Неклепаев. Степень ограничения токов короткого замыкания и надежность работы крупного асинхронного электропривода на подстанциях. Доклады научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 1966—1967 гг., МЭИ, 1967.
4. С. А. Могылица. Исследование устойчивости промышленных узлов нагрузки. Автореферат кандидатской диссертации, Иркутск, 1960.