

УДК 621.012:621.316.9

А.Г. Захарова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЕВ

Основными особенностями подготовительных забоев являются высокая вероятность их загазирования и, следовательно, образования взрывчатой метано-воздушной среды, периодическое удлинение кабельной сети по мере подвигания забоев и повышение потребляемой мощности за счет ввода в работу новых ленточных или скребковых конвейеров.

При подготовке нового очистного забоя в пределах уклона или бремсбергового полей возможно либо проведение спаренных подготовительных выработок с оставлением между ними целиков, либо одной тупиковой выработки. В первом случае проветривание забоев осуществляется за счет общешахтной депрессии, во втором – по крайней мере двумя резервирующими друг друга вентиляторами местного проветривания (ВМП), электроснабжение которых для обеспечения бесперебойности работы должно осуществляться от двух независимых источников электроснабжения.

Обычно подготовительные забои в силу относительно небольшой нагрузки питаются напряжением 380 – 660 В. Потери электрической энергии обусловлены присоединением дополнительных потребителей в виде конвейеров и увеличением протяженности кабельной сети.

На рис. 1 показано расположение горношахтного оборудования (ГШО) при проведении спаренных выработок проходческими комбайнами и системы электроснабжения до переноски распределительного пункта (РП) (рис. 1, а) и после установки нового конвейера К4 и переноски РП на расстояние l_{k2} (рис. 2, б).

Из приведенных на рис. 1 схем видно, что при проведении спаренных выработок имеет место постоянная и переменная во времени нагрузка, появляющаяся по мере увеличения протяженности выработки. Постоянная нагрузка определяется мощностью электродвигателей комбайнов или погрузочных машин, конвейера K_2 и бурowego вспомогательного оборудования. Переменная нагрузка связана с изменяющейся длиной конвейеров K_1 и K_3 (рис. 1, а) и вновь устанавливаемого конвейера K_4 .

Соответственно потери электроэнергии имеют два слагаемых:

$$\Delta\mathcal{E}_{n3} = \Delta\mathcal{E}_{noct} + \Delta\mathcal{E}_{nep}, \quad (1)$$

где $\Delta\mathcal{E}_{noct}$ – потери электроэнергии, обусловленные постоянной составляющей мощности потребителей подготовительного забоя, кВт·ч; $\Delta\mathcal{E}_{nep}$ – переменная часть потерь, кВт·ч.

Формула для определения постоянной части

потерь получена профессором В.П. Муравьевым [1] из следующих соображений. При постоянной нагрузке $I_{M,n}$ годовые потери, кВт·ч, в кабеле длиной L_k :

$$\Delta\mathcal{E}_{kz} = \Delta P_k L_k \tau_m,$$

где $\Delta P_k = \frac{3I_{M,n}^2}{gs} \cdot 10^{-3}$; $I_{M,n}$ – максимальный

ток, А, который за время τ_m дает потери, эквивалентные действительным; g – проводимость меди, ($\text{мм}^2 \cdot \text{м}$)/Ом; s – сечение кабеля, мм^2 .

Для определения годовых потерь в фидерном кабеле при последовательном во времени наращивании его длины при одинаковом сечении удобно воспользоваться рис. 2, а [2]. Если обозначить через l длину отдельного отрезка кабеля, t – время максимальных потерь при работе электроприемников через последний отрезок, а n – число отрезков, то общие потери будут равны сумме потерь на отдельных отрезках, то есть

$$\Delta\mathcal{E}_{kn} = \sum_{i=1}^n \Delta P_k \cdot t \cdot l \cdot i = \Delta P_k \cdot t \cdot l \cdot \frac{n(n+1)}{2}. \quad (2)$$

Просуммировав потери на отдельных отрезках и выполнив преобразования с учетом того, что

$$l = \frac{L_k}{n} \text{ и } t = \frac{\tau}{n}, \text{ получим}$$

$$\Delta\mathcal{E}_{kn} = \Delta P_k \frac{L_k}{n} \frac{\tau}{n} \frac{(1+n)n}{2} = \Delta P_k L_k \tau \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \right), \quad (3)$$

но $\Delta P_k L_k \tau = \Delta\mathcal{E}_k$ – потери электроэнергии при неизменной длине кабеля, поэтому

$$\Delta\mathcal{E}_{kn} = \Delta\mathcal{E}_k \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2n} \right). \quad (4)$$

Отношение $\frac{\Delta\mathcal{E}_{kn}}{\Delta\mathcal{E}_k} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2n} = \alpha$ показыва-

ет, во сколько раз уменьшаются годовые потери в кабеле, если его длина принята сразу не максимальной, а последовательно во времени составляется из отрезков по мере подвигания забоя. При непрерывном наращивании кабеля, то есть при $n \rightarrow \infty$, $\alpha \rightarrow 0.5$.

На рис. 3 показана зависимость $\alpha = f(n)$, откуда видно, что при $n = 2$ $\alpha = 0.75$ и при $n = 3$ $\alpha = 0.67$.

Дальнейшее увеличение числа отрезков кабеля незначительно уменьшает потери. Вместе с этим при увеличении количества отрезков возникают практические трудности наращивания ка-

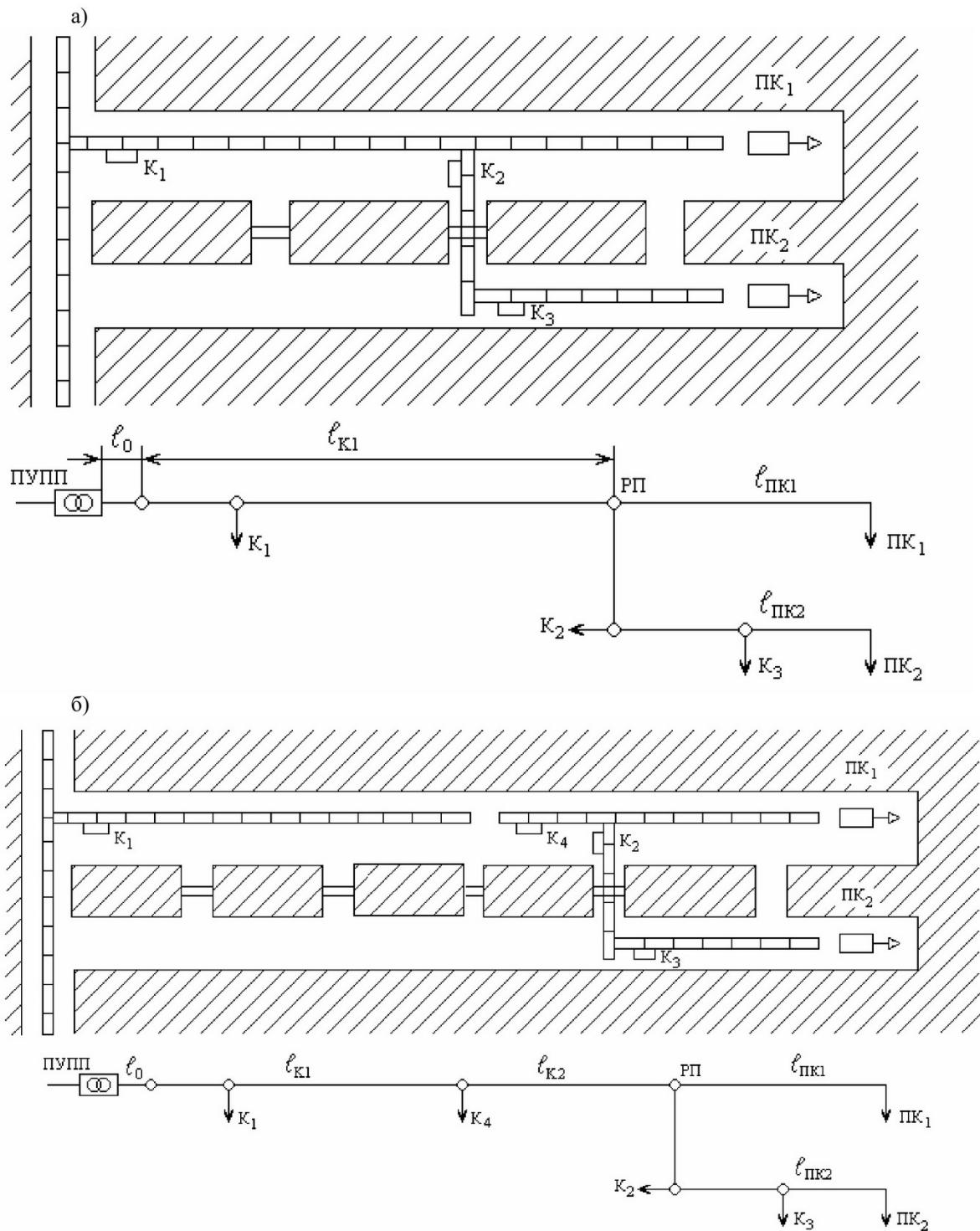


Рис. 1. Схема расположения конвейеров в подготовительных забоях и схемы электроснабжения: а – после первой переноски РП; б – после второй переноски РП; К₁, К₂, К₃, К₄ – конвейеры; ПК – проходческие комбайны

беля.

Поэтому, исходя из потерь энергии, целесообразно общую длину низковольтного фидерного кабеля брать не сразу равной максимальной, определяемой из условия допустимых потерь напряжения, а составлять из нескольких отрезков.

Таким образом, постоянная составляющая потерь, кВт·ч, имеет вид:

$$\Delta \mathcal{E}_{postm} = \frac{3I_{m,n}^2 L_k \tau_M \alpha \cdot 10^{-3}}{gs}, \quad (5)$$

где $I_{m,n}$ – суммарный максимальный ток постоянной части потребителей, А; L_k – конечная длина бронированного кабеля, м; $\alpha = (\frac{1}{2} + \frac{1}{2n})$ – коэффициент роста потерь при увеличении длины ка-

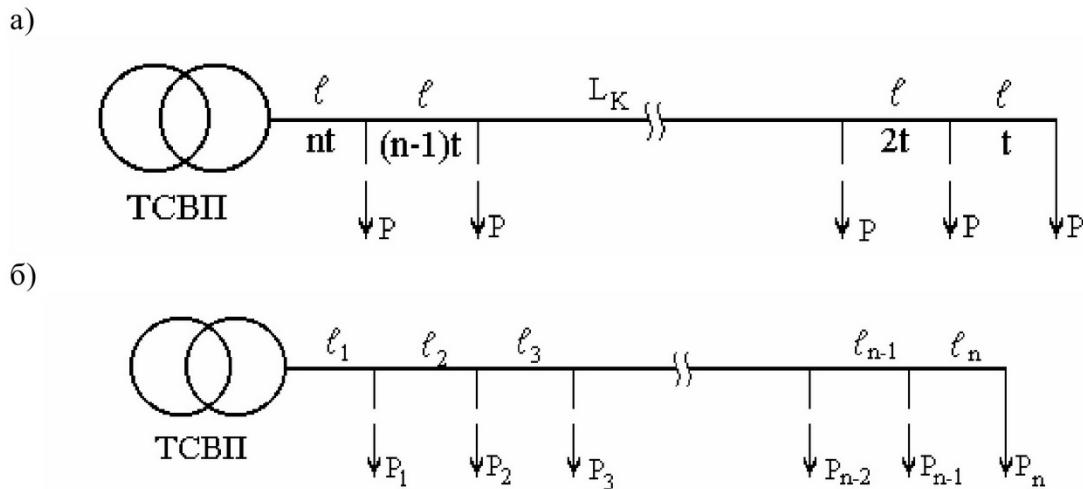


Рис. 2. К определению потерь электроэнергии в фидерном кабеле при увеличении его длины с постоянной нагрузкой (а) и при увеличении длины и нагрузки (б)

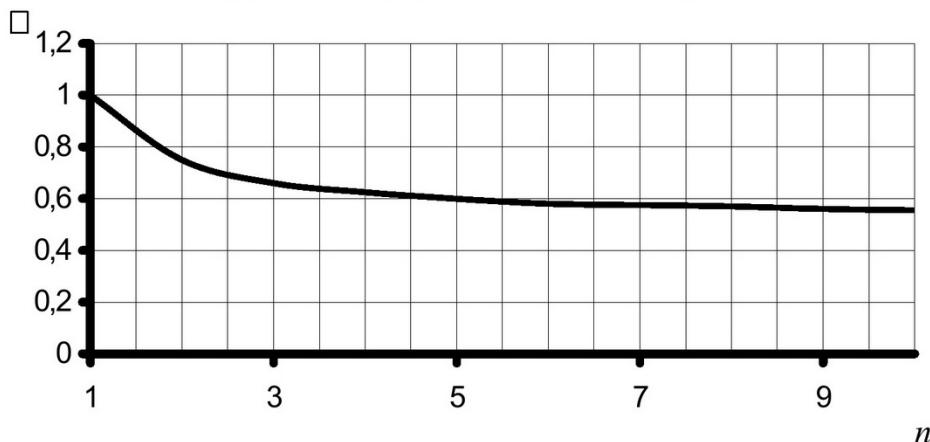


Рис. 3. К характеристике потерь электроэнергии в фидерном кабеле от числа отрезков n

беля; n – число отрезков кабеля длиной l_k , из которых составляется конечная его длина L_k , $l_k = L_k / n$; τ_m – число часов максимальных потерь.

На значение потерь в СЭС подготовительных забоев существенное влияние оказывают различные вспомогательные операции: подготовка крепежного материала, крепление выработок и др., в результате чего коэффициент машинного времени не превышает 0,3 – 0,4. По этой причине время максимальных потерь в (5) может составить 2200 – 2500 ч.

Анализ СЭС подготовительных забоев показал, что постоянная составляющая установленной мощности электродвигателей подготовительного забоя зависит от типа применяемого комбайна: для комбайнов ПК-Зр и 4ПУ она составляет 160÷180 кВт; ГПКС – 380÷400 кВт, 4ПП-2м – 280÷285 кВт. Переменная часть потерь формируется за счет периодического роста нагрузки, например, при пуске в работу дополнительного оборудования, в том числе конвейеров.

Рассмотрим случай, когда рост нагрузки происходит за счет периодического удлинения ленточного конвейера по мере подвигания подготовительного забоя на l_k метров (рис 2, б).

Потери энергии на отрезке кабеля l_1 , будут

$$\Delta\mathcal{E}_1 = \Delta P_1 l_1 \tau_1;$$

на втором отрезке при увеличении нагрузки на P_2 :

$$\Delta\mathcal{E}_2 = [(\Delta P_1 + \Delta P_2) l_1 + \Delta P_2 l_2] \tau_2;$$

на третьем при увеличении нагрузки на P_3 :

$$\begin{aligned} \Delta\mathcal{E}_3 = & [(\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3) l_1 + \\ & + (\Delta P_2 + \Delta P_3) l_2 + \Delta P_3 l_3] \tau_3; \end{aligned}$$

на m -ом отрезке при увеличении нагрузки на P_m :

$$\begin{aligned} \Delta\mathcal{E}_m = & \\ & = [(\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_m) l_1 + \dots + \Delta P_m l_m] \tau_m. \end{aligned}$$

Просуммировав потери на отдельных отрезках и выполнив преобразования с учетом того, что $\Delta P_1 = \Delta P_2 = \dots = \Delta P_m = \Delta P$, $l_1 = l_2 = \dots = l_m = l$ и $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_m = \tau$, определим переменные потери как

$$\Delta \mathcal{E}_{nep} = \frac{\Delta PL_K \tau_m}{m^2} [S_{m-1} + \frac{m(m+1)}{2}], \quad (6)$$

где $S_m = S_{m-1} + \frac{m(m+1)}{2}$ – сумма m членов

арифметической прогрессии [3]; L_K – конечная длина кабеля при окончании проведения выработки, м.

Расчеты показывают, что переменные потери электроэнергии за счет удлинения кабеля и роста нагрузки увеличиваются при $m = 5$ в 1,4 раза, а при $m = 7$ в 1,7 раза против первоначальных.

Переменная составляющая потеря электроэнергии полностью зависит от типов конвейеров в подготовительных выработках: при применении ленточных и скребковых конвейеров соотношение P_{nep}/P_{post} составляет $0,75 \div 0,84$; при применении комбайнов ПК-3р и 4ПУ; $0,33 \div 0,35$ - с комбайна-

ми ГПКС и $0,47 \div 0,5$ – с комбайнами 4ПП-2м. При применении скребковых конвейеров переменная часть установленной мощности в 2-3 раза превышает постоянную часть, что означает соответствующий рост энергопотребления.

При проведении тупиковых выработок формулы (5) и (6) справедливы при условии учета в составе нагрузки электродвигателей вентиляторов местного проветривания.

Анализ соотношения (6) показывает, что увеличение числа удлинений способствует росту потерь электроэнергии. По этой причине с точки зрения энергосбережения удлинение конвейеров следует производить не более 2-3 раз за время проведения выработки, в то время как увеличение числа наросток кабеля приводит к заметному снижению потерь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муравьев, В. П. Расчет электрических сетей угольных предприятий. – М.: Недра, 1975. – 184 с.
2. Захарова, А.Г. Закономерности электропотребления на угольных шахтах Кузбасса: монография /Захарова А.Г.; Гос. учреждение Кузбас. гос. техн. ун–т. – Кемерово, 2002. – 198 с.

Автор статьи:

Захарова
Алла Геннадьевна
- докт. техн. наук, проф. каф. электропривода и автоматизации