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 уклонного 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 $К_2$ и бурового вспомогательного оборудования. Переменная нагрузка связана с изменяющейся длиной конвейеров $К_1$ и $К_3$ (рис. 1, а) и вновь устанавливаемого конвейера $К_4$.

Соответственно потери электроэнергии имеют два слагаемых:

$$\Delta Э_{пз} = \Delta Э_{пост} + \Delta Э_{пер}, \qquad (1)$$

где $\Delta Э_{пост}$ – потери электроэнергии, обусловленные постоянной составляющей мощности потребителей подготовительного забоя, кВт·ч; $\Delta Э_{пер}$ – переменная часть потерь, кВт·ч.

Формула для определения постоянной части потерь получена профессором В.П. Муравьевым [1] из следующих соображений. При постоянной нагрузке $I_{м.п}$ годовые потери, кВт·ч, в кабеле длиной L_k:

$$\Delta Э_{кг} = \Delta P_к L_к \tau_м,$$

где $\Delta P_к = \frac{3 I^2_{м.п}}{gs} \cdot 10^{-3}$; $I_{м.п}$ – максимальный ток, А, который за время $\tau_м$ дает потери, эквивалентные действительным; g - проводимость меди, (мм^2·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

$$\Delta Э_{кп} = \sum_{i=1}^{n} \Delta P_к \cdot t \cdot l \cdot i = \Delta P_k \cdot t \cdot l \cdot \frac{n(n+1)}{2}. \qquad (2)$$

Просуммировав потери на отдельных отрезках и выполнив преобразования с учетом того, что $l = \frac{L_к}{n}$ и $t = \frac{\tau}{n}$, получим

$$\Delta Э_{кп} = \Delta P_к \frac{L_к}{n} \frac{\tau}{n} \frac{(1+n)n}{2} = \Delta P_к L_к \tau (\frac{1}{2} + \frac{1}{2n}), \qquad (3)$$

но $\Delta P_к L_к \tau = \Delta Э_к$ – потери электроэнергии при неизменной длине кабеля, поэтому

$$\Delta Э_{кп} = \Delta Э_к (\frac{1}{2} + \frac{1}{2n}). \qquad (4)$$

Отношение $\frac{\Delta Э_{кп}}{\Delta Э_к} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2n} = \alpha$ показывает, 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 $n \to \infty$, $\alpha \to 0.5$.

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-

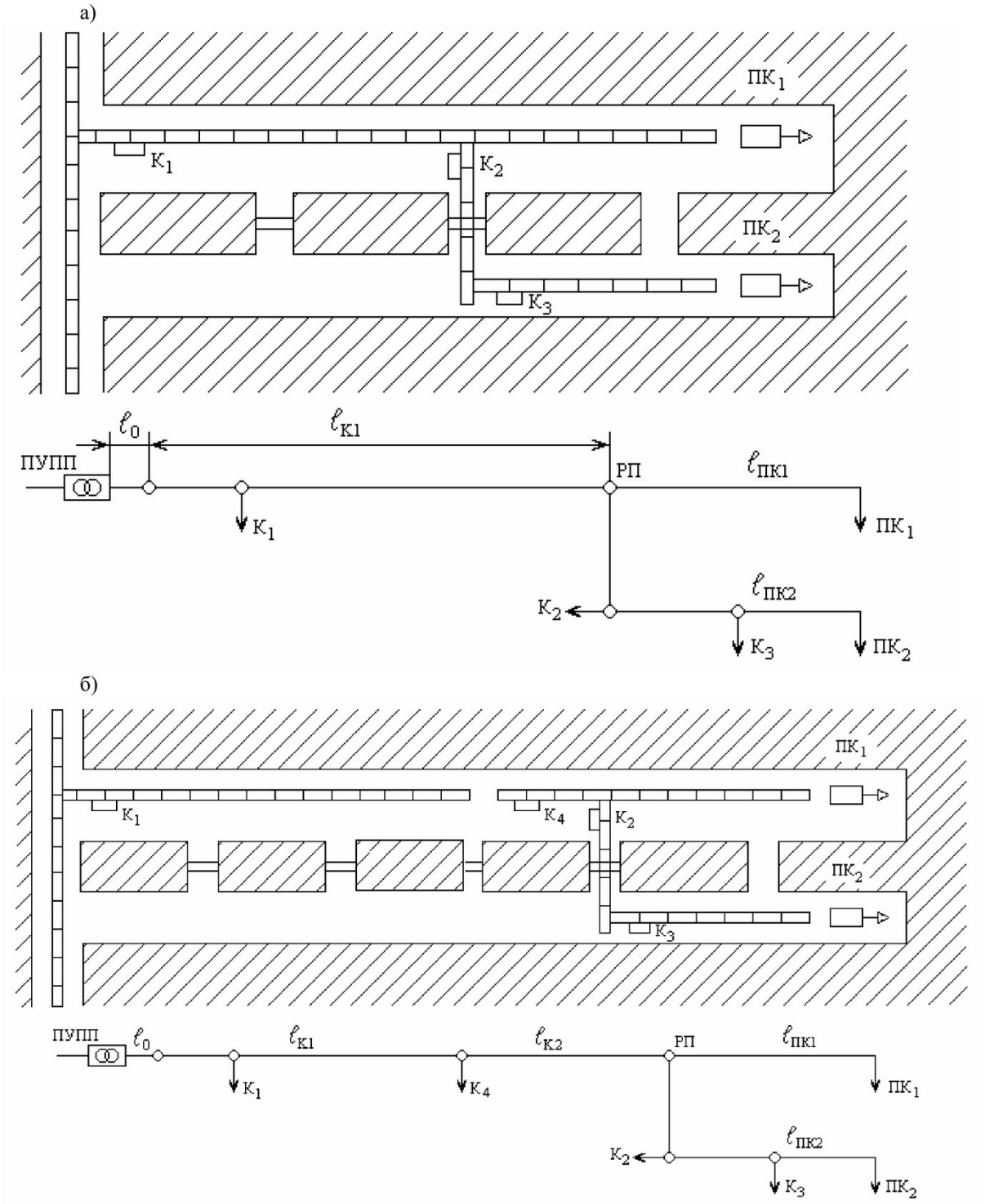

Рис. 1. Схема расстановки конвейеров в подготовительных забоях и схемы электроснабжения: а – после первой переноски РП; б – после второй переноски РП; $К_1$, $К_2$, $К_3$, $К_4$ – конвейеры; ПК – проходческие комбайны

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:

$$\Delta Э_{пост} = \frac{3I_{м.п}^2 L_к \tau_м \alpha \cdot 10^{-3}}{gs}, \qquad (5)$$

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

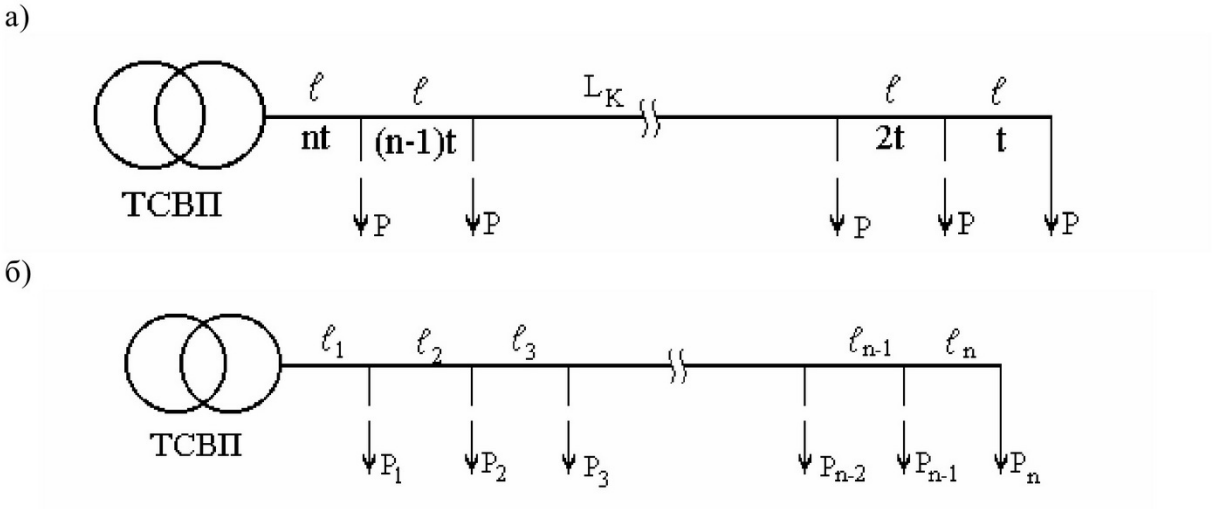

Рис. 2. К определению потерь электроэнергии в фидерном кабеле при увеличении его длины с постоянной нагрузкой (а) и при увеличении длины и нагрузки (б)

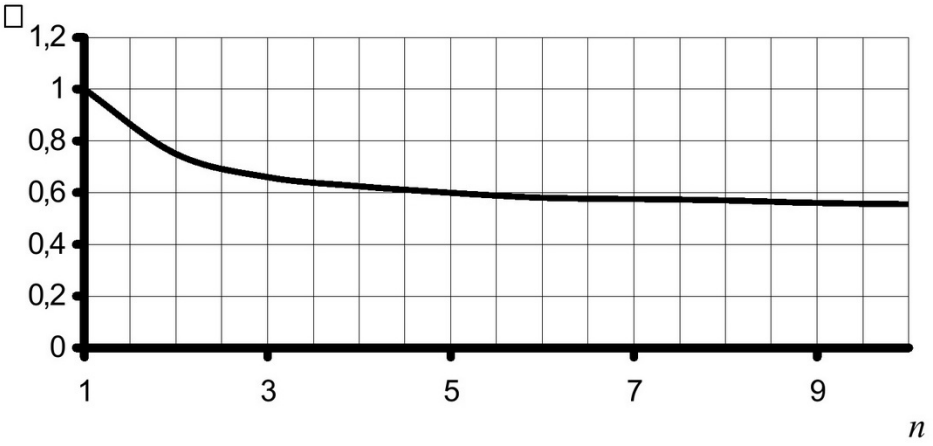

Рис. 3. К характеристике потерь электроэнергии в фидерном кабеле от числа отрезков n

беля; n – число отрезков кабеля длиной $l_к$, из которых составляется конечная его длина $L_к$, $l_к = L_к / n$; $\tau_м$ - 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-3р 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 $l_к$ метров (рис 2, б).

Потери энергии на отрезке кабеля l_1, будут

$$\Delta Э_1 = \Delta P_1 \, l_1 \, \tau_1;$$

на втором отрезке при увеличении нагрузки на P_2:

$$\Delta Э_2 = [(\Delta P_1 + \Delta P_2) \, l_1 + \Delta P_2 \, l_2] \, \tau_2;$$

на третьем при увеличении нагрузки на P_3:

$$\Delta Э_3 = [(\Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3) \, l_1 + (\Delta P_2 + \Delta P_3) \, l_2 + \Delta P_3 \, l_3] \, \tau_3;$$

на m-ом отрезке при увеличении нагрузки на P_m:

$$\Delta Э_m = [(\Delta P_1 + \Delta P_2 + ... + \Delta P_m) \, l_1 + ... + \Delta P_m \, l_m] \, \tau_m.$$

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

$$\Delta Э_{пер} = \frac{\Delta P L_K \tau_м}{m^2}[S_{m-1} + \frac{m(m+1)}{2}], \qquad (6)$$

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 потерь электроэнергии полностью зависит от типов конвейеров в подготовительных выработках: при применении ленточных и скребковых конвейеров соотношение $P_{пер}/P_{пост}$ составляет 0,75÷0,84; при применении комбайнов ПК-3р и 4ПУ; 0,33÷0,35 - с комбайнами ГПКС и 0,47÷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 наростков 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