

**А.И. Ковалев**

(Украина, Кривой Рог, ОАО "Южный ГОК" )

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ПЕРЕРЫВОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

**Введение.** При выборе рационального варианта системы электроснабжения карьера как при проектировании, так и при его реконструкции намечают несколько вариантов, которые сравнивают по экономическим показателям. Все сравниваемые варианты должны удовлетворять требованиям ПУЭ как относительно качества электроэнергетики, так и степени надежности электроснабжения [1].

Для потребителей, у которых перерывы электроснабжения вызывают только материальные потери, что справедливо для условий открытых горных работ, оптимальный вариант системы электроснабжения выбирают по минимуму приведенных затрат с учетом математического ожидания ущерба:

$$Z = p_n K + C + U \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $p_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, который устанавливается для соответствующей отрасли;  $K$  – капитальные затраты на вариант схемы электроснабжения;  $C$  – годовые эксплуатационные расходы;  $U$  – ущерб от перерывов электроснабжения.

Из выражения (1) видно, что приведенные затраты при прочих равных условиях зависят от ущерба от перерывов электроснабжения, который определяется многими факторами, оказывающими влияние на бесперебойность питания электроприемников. В общем случае ущерб от перерывов электроснабжения карьеров зависит от длительности простоя добычных машин и, соответственно, недоотпуска продукции. На времени простоя экскаваторов отражается не только надежность системы электроснабжения и ее элементов, но и характер повреждений в карьерных распределительных сетях, а также виды применяемых средств защиты и качество их работы, наличие или отсутствие средств системной автоматики и другие факторы. По данным статистических исследований, при преобладающих в карьерных распределительных сетях несимметричных повреждениях до 50 % отключений поврежденных элементов системы электроснабжения сопровождается отключением одного или нескольких неповрежденных элементов. Причиной ложных отключений является несовершенство существующих средств защиты. К массовым простоям добычных машин и механизмов приводит также ложная (неправильная) работа второй ступени защиты от однофазных замыканий на землю за счет неправильного выбора уставки срабатывания и возникновения феррорезонансных процессов.

**Цель статьи** – представить характеристики составляющих экономического ущерба от перерывов электроснабжения карьерных потребителей и дать оценку причинам и параметрам простоев технологического оборудования.

**Изложение основного материала.**

Неоправданные простои оборудования, добычных и вспомогательных механизмов при неправильном действии устройств первой и второй ступени защиты от замыканий на землю происходят из-за длительного поиска несуществующих (при ложном срабатывании защитных устройств) повреждений. Однофазные замыкания на землю часто являются причиной также повреждения изоляции фаз сети относительно земли на других присоединениях и возникновения многоместных или многофазных повреждений, в результате которых увеличивается количество простаиваемых экскаваторов или других механизмов. Кроме того, существует возможность дополнительных простоев и, соответственно, дополнительного ущерба, из-за несовершенства структуры систем электроснабжения мощных горнодобывающих машин и, как результат, необходимость отключения потребителей на время дополнительных профилактических ремонтов силового электрооборудования карьерных распределительных пунктов и подстанций [2].

Народнохозяйственный ущерб от перерывов электроснабжения состоит из составляющих:

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

где  $Y_1$  – прямой (непосредственный) ущерб;  $Y_2$  – ущерб от невыработки продукции за время перерыва в электроснабжении;  $M$  – стоимость дополнительных материальных затрат на восстановление системы электроснабжения.

Прямой ущерб складывается из затрат на заработную плату работников, обслуживающих простаиваемые от перерывов электроснабжения экскаваторы и другие механизмы ( $Y_{1.3}$ ), и амортизационные отчисления на полное восстановление и капитальный ремонт простаиваемых электроприемников ( $Y_{1.a}$ ).

В соответствии с работой [3], оплата труда при простоях не по вине работника в металлургической, горнорудной и коксовой промышленности производится в размере двух третей тарифной ставки. В этом случае ущерб за счет затрат на заработную плату, например, для экскаваторов, определится выражением

$$Y_{1.3} = n_{\text{э}} t_{\text{ф}} \left[ \frac{2}{3} (Z_{\text{ч.м}} + Z_{\text{ч.н}}) + \frac{a_{\text{э}} K_{\text{э}}}{T_{1\text{э}}} \right], \quad (3)$$

где  $n_{\text{э}}$  – число экскаваторов, подключенных к отключенному участку системы электроснабжения карьера;  $t_{\text{ф}}$  – фактическое время простоя из-за перерывов электроснабжения;  $Z_{\text{ч.м}}, Z_{\text{ч.н}}$  – часовая тарифная ставка соответственно маши-

ниста экскаватора и его помощника, руб.·час;  $T_{1э}$  – плановое число часов работы экскаватора;  $a_э$  – коэффициент амортизационных отчислений на восстановление и ремонт экскаваторов;  $K_э$  – капитальные затраты на экскаваторный парк.

Прямой ущерб за счет затрат на заработную плату для других механизмов карьера может быть определен также по выражению (3) с учетом состава обслуживающего персонала и экономических характеристик оборудования.

Прямой ущерб от амортизационных отчислений для систем электроснабжения карьеров (линий электропередачи и распределительных устройств)

$$Y_{1.a} = t\phi \left( \frac{a_{кл} K_{кл}}{T_{1кл}} + \frac{a_{вл} K_{вл}}{T_{1вл}} + \frac{a_p K_p}{T_{1p}} \right), \quad (4)$$

где  $a_{кл}, a_{вл}, a_p$  – коэффициенты амортизационных отчислений на восстановление и ремонт соответственно кабельных линий, воздушных линий, силового электротехнического оборудования и распределительных устройств;  $K_{кл}, K_{вл}, K_p$  – капитальные затраты для схемы электроснабжения участка соответственно на кабельные, воздушные линии, силовое электротехническое оборудование и распределительные устройства;  $T_{кл}, T_{вл}, T_{1p}$  – плановое число часов эксплуатации по соответствующим нормативным документам кабельных и воздушных линий, электротехнического оборудования и распределительных устройств.

Ущерб, обусловленный недовыработкой продукции из-за перерывов электроснабжения, рассчитывается, например, для добычных экскаваторов, по формуле

$$Y_{2Д} = P_{Г} t \phi n_{э} \frac{(Ц - С)}{T_{Г}} n, \quad (5)$$

где  $P_{Г}$  – среднегодовая производительность добычных экскаваторов;  $Ц$  – расчетная (отпускная) цена полезного ископаемого;  $С$  – себестоимость полезного ископаемого;  $T_{Г}$  – годовой (действительный) фонд времени работы экскаваторов, ч;  $v$  – доля удельного веса условно-постоянных расходов себестоимости продукции.

Ущерб от недовыработки продукции из-за перерывов электроснабжения вскрышных экскаваторов

$$Y_{2В} = P_{Г} t \phi n_{э} \frac{(Ц - С)}{T_{Г}} \frac{n}{k_{П}}, \quad (6)$$

где  $k_{П}$  – коэффициент погашения вскрыши.

С учетом того, что часовая производительность экскаваторов  $P_{Г} = P_{ч} T_{Г}$ , выражения (5) и (6) можно записать в следующем виде:

$$Y_{2Д} = \Pi_{\phi} t_{\phi} n_{\phi} n (Ц - C); \quad Y_{2B} = \Pi_{\phi} t_{\phi} n_{\phi} n (Ц - C) / k_{II}. \quad (7)$$

Если в последних выражениях использовать замену  $\Pi_{\phi} t_{\phi} n_{\phi} = B_{Г}$  (объем недоданной продукции из-за перерывов электроснабжения), то

$$Y_{2Д} = B_{Г} n (Ц - C); \quad Y_{2B} = B_{Г} n (Ц - C) / k_{II}. \quad (8)$$

Основной показатель, обуславливающий народнохозяйственный ущерб при прочих равных условиях, – фактическая продолжительность перерыва электроснабжения. Состоит он из времени, необходимого для отыскания и устранения повреждения в элементах питающей электрической сети,  $t_{откл.}$ , выполнения соответствующих переключений  $t_B$ , наладки и доводки до нормального режима технологического процесса  $t_{mex}$ , т.е.

$$t_{\phi} = t_{откл.} + t_B + t_{mex}. \quad (9)$$

Среднее время простоя экскаваторов, подключенных к одной системе, в течение года

$$t_{\phi} = r_c \left[ \frac{n_{\phi}}{m_c} (t_{откл.} + t_B + t_{mex.}) \right], \quad (10)$$

где  $m_c$  – количество систем (карьерных ЛЭП, питающих экскаваторы);  $r_c$  – число отказов в одной системе электроснабжения.

Число отказов в одной системе электроснабжения

$$r_c = \left[ \frac{n_{\phi}}{m_c} (\omega_K + \omega_{III} + \omega_{BY} + \omega_{KII}) + \frac{L}{m_c} \right] t, \quad (11)$$

Где  $\omega_K, \omega_{III}, \omega_{BY}, \omega_{KII}, \omega_B$  – соответственно параметры потока отказов экскаваторного кабеля, приключательного пункта, вводного устройства экскаваторов, карьерных подстанций, 1 км воздушной линии напряжением 6 кВ;  $L$  – суммарная длина карьерных воздушных ЛЭП напряжением 6 кВ;  $t$  – время функционирования системы электроснабжения в течение года.

При оценке ущерба только от ложных отключений, которые часто сопровождаются несимметричными повреждениями, фактическое время простоя состоит из таких составляющих:

$$t_{\phi л} = t_{mo} + t_{нес} + t_{II} + t_{зр}, \quad (12)$$

где  $t_{mo}$  – время простоя за счет одновременного отключения карьерных линий

при многоместных повреждениях;  $t_{нес}$  – время простоя в результате неселективного действия защиты от однофазных замыканий на землю;  $t_{П}$  – время простоев, обусловленное одновременным отключением линий при перенапряжениях;  $t_{гр}$  – время простоя вследствие действия групповых защит (второй ступени защиты от замыканий на землю).

Уменьшить ущерб при несимметричных повреждениях можно повышением надежности системы электроснабжения в целом и ее отдельных элементов, применением устройств системной автоматики, оптимизацией режима работы нейтрали карьерной распределительной сети, совершенствованием средств защиты от несимметричных повреждений. В результате указанных мер сократится время простоя благодаря исправлению неселективного действия защиты от замыканий на землю, время поиска повреждения при групповых отключениях и время простоя за счет снижения повреждаемости распределительных сетей.

Общая сумма годового экономического эффекта от внедрения технических средств, направленных на повышение надежности электроснабжения, состоит из нескольких составляющих:

- экономия на эксплуатационных расходах при добыче за счет уменьшения простоев экскаваторов  $\mathcal{E}_1$ ;
- экономия на эксплуатационных расходах за счет сокращения простоев экскаваторов на вскрышных работах  $\mathcal{E}_2$ ;
- дополнительные затраты, связанные с текущим ремонтом и обслуживанием внедренных новых технических средств  $C$ ;
- экономия на капитальных вложениях за счет дополнительного прироста добычи руды  $\mathcal{E}_Д$ ;
- экономия на капитальных вложениях за счет дополнительного прироста объема вскрыши  $\mathcal{E}_В$ .

Тогда сумма годового экономического эффект:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 - C + E(\mathcal{E}_Д + \mathcal{E}_В - \sum n_i K_{дон}), \quad (13)$$

где  $n$  – количество установленных новых технических средств;  $K_{дон}$  – затраты, связанные с установкой единицы нового оборудования.

## Выводы

1. Экономический эффект от модернизации систем электроснабжения карьеров может быть оценен уменьшением ущерба от перерывов электроснабжения за счет сокращения времени простоя технологического оборудования.

2. Фактическое время перерывов электроснабжения (простоя) уменьшается не только за счет сокращения повреждаемости элементов системы электроснабжения, но и за счет исключения ложных отключений неповрежденных элементов.

## Список литературы

1. Зиновкин В.В., Лютый А.П., Зиновкин М.В. Анализ экономического ущерба в системах электроснабжения энергоемких промышленных предприятий // Техн. электродинамика. – 2001. – № 5. – С.60-63.
2. Филиппов В.И. Повышение надежности электроснабжения открытых горных работ. – М.: Недра, 1985. – 100 с.
3. Котов О.М., Нгуен В.К., Обоскалов В.П. Методы эквивалентности в задачах анализа надежности электроэнергетических систем // Современные технологии экономического и безопасного производства и использования электроэнергии: Сб. докл. науч.-техн. конф. –Д., 1997. – С.73–78.