© Г.М. Петров, Я.А. Жигарловский, 2008

УДК 622.86:621.3.048

Г.М. Петров, Я.А. Жигарловский

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА ПРИ КАСАНИИ КОВШОМ ЭКСКАВАТОРА КОНТАКТНОГО ПРОВОДА

Семинар № 22

При касании ковшом экскаватора контактного провода одним из основных вопросов при оценке условий безопасности для обслуживающего персонала и для электрооборудования в целом является определение величины тока в аварийном режиме.

Величина аварийного тока при касании ковшом экскаватора контактного провода зависит от:

- способов выполнения сети заземления;
- применяемых схем электроснабжения карьеров;
- величин переходных сопротивлении опорных поверхностей электрооборудования в процессе работы;
- способов выполнения питания контактных сетей карьерного электровозного транспорта.

Согласно ЕПБ [1] заземление экскаваторов, работающих на погрузке горной массы в забоях с контактными сетями электрифицированного транспорта, должно осуществляться:

- на общее заземляющее устройство при оборудовании забойной контактной сети защитой, отключающей напряжение контактной сети вследствие прикосновения ковша экскаватора к контактному проводу;

- на обособленный заземлитель, металлически не связанный с общей сетью заземления, но металлически связанный с рельсами железнодорожных путей горного участка, при отсутствии защиты, реагирующей на прикосновение ковша к контактному проводу.

Согласно данному обстоятельству аналитическое исследование параметров аварийного режима при касании ковшом экскаватора контактного провода проводиться для двух случаев:

- заземление экскаватора произведено на общее заземляющее устройство;
- заземление экскаватора произведено на обособленный заземлитель, металлически связанный с рельсами железнодорожных путей;

Заземление экскаватора произведено на общее заземляющее устройство

На рис. 1 приведена эквивалентная схема замещения цепи тока замыкания при касании контактного провода ковшом экскаватора, заземленного на общее заземляющее устройство, в которой употреблены следующие обозначения:

Rмзi - сопротивление отрезка магистрального заземляющего проводника; Rгз - сопротивление центрального или группового заземлителя; Rпл - сопротивление питающей линии; Rкп - сопротивление контактного провода; Rол - сопротивление отсасывающей линии; Rр - сопротивление отрезков рельсового

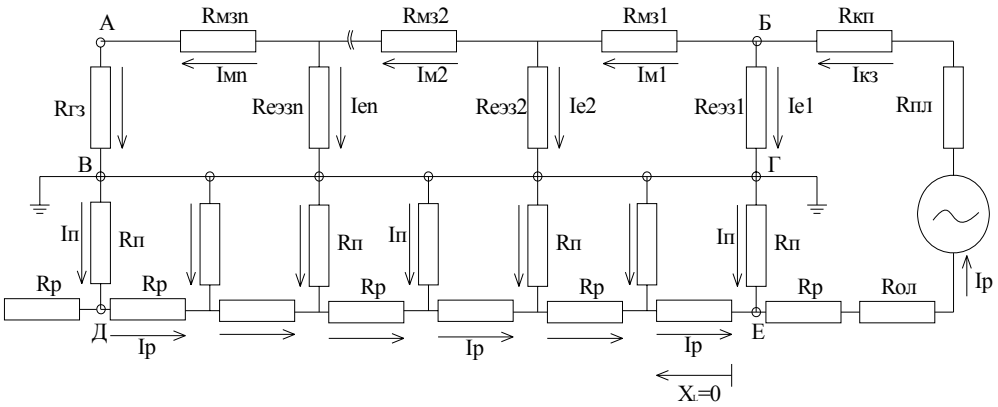

Рис. 1. Эквивалентная схема замещения цепи тока замыкания на сеть заземления при касании ковшом экскаватора контактного провода

пути; Rп - переходное сопротивление «рельс-грунт»; Rеэз - переходное сопротивление при стекании тока в землю через опорные поверхности приключательных пунктов и горных машин; Iмзi – ток протекающий в отрезке магистрального заземляющего проводника; Iеi – ток протекающий через опорные поверхности приключательных пунктов и горных машин; Iп – преходной ток цепи «рельс грунт»; Iр – ток протекающий в отсасывающей линии; Iкз – аварийный ток, возникающий в следствии касания ковшом экскаватора контактной сети.

Величина аварийного тока равна:

$$Iкз=\frac{Uкс}{Rсз+Rрц+Rкс}=\frac{Uкс}{R_{\Sigma}}, \qquad (1)$$

где Uкс - напряжение контактной сети; Rсз - эквивалентное сопротивление сети заземления (контур АБВГ); Rрц - эквивалентное сопротивление рельсовой цепи (контур ВГДЕ); Rкс - эквивалентное сопротивление контактной сети (цепь Rкп, Rпл, Rол); R_{Σ} - суммарное сопротивление схемы замещения.

Эквивалентное сопротивление сети заземления (Rсз) определяется для наиболее тяжелого случая, когда касание ковшом экскавтора контактного провода происходит в середине сети заземления.

В этом случае ток короткого замыкания Iкз распределяется по двум направлениям: вправо от места касания к началу заземляющей сети (k- секций) и влево от места касания к концу заземляющей сети [(m-k)-секций]. При этом схему замещения можно представить эквивалентной схемой рис. 2, состоящей из эквивалентных сопротивлений Rзк (k-секций) и $Rз_{(M-K)}$ [(m-k)-секций], соединенных параллельно, причем сопротивление $Rз_{(M-K)}$, в свою очередь соединено последовательно с Rmз. Следовательно, эквивалентное сопротивление цепи по отношению к точке касания определяется:

$$Rсз=\frac{Rзк\left[Rз(m-k)+Rm\right]}{Rзк+Rз(m-k)+Rm} \qquad (2)$$

где k - условная точка касания или условный порядковый номер экскаватора, прикоснувшегося к контактному проводу; m - количество секций с сопротивлениями Rеэз и Rmз.

Согласно [2] эквивалентные сопротивления Rзк и $Rз_{(M-K)}$ определяются из выражений:

$$Rзк=Re\left[1-\frac{sh\alpha к}{sh\alpha(к+1)}\right], \qquad (3)$$

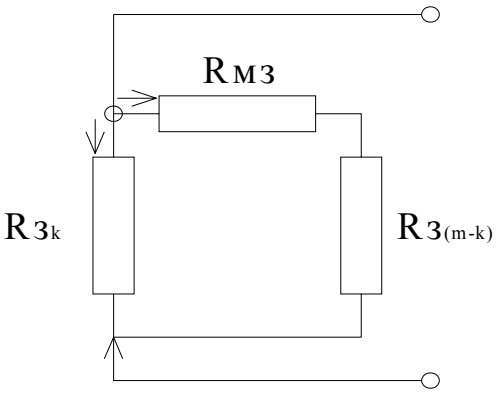

Рис. 2. Расчетная схема для определения эквивалентного сопротивления цепи заземления

$$Rз_{(М-К)}=Re\left[1-\frac{sh\alpha(m-к-1)}{sh\alpha(m-к)}\right], \qquad (4)$$

где α - коэффициент, характеризующий степень снижения тока в заземляющей магистрали.

Величина α определяется из выражения:

$$sh\frac{\alpha}{2}=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{Rmз}{Reзз}} \qquad (5)$$

Эквивалентное сопротивление рельсовой цепи (Rрц) для любой точки согласно закону Ома равно:

$$Rрц=\frac{\varphi x}{Ipx}, \qquad (6)$$

где φ_X, Ip_X – потенциал и ток рельса на расстоянии x от тяговой подстанции.

Величина потенциала и тока в точке x рельсовой цепи, согласно [3]:

$$\varphi_X=\gamma Iкз\frac{ch\lambda(lp-x)}{sh\lambda lp}, \qquad (7)$$

$$Ip_X=Iкз\frac{sh\lambda(lp-x)}{sh\lambda lp}, \qquad (8)$$

где lp- длина рельсового пути; Iкз- аварийный ток короткого замыкания; λ, γ - коэффициенты, характеризующие степень зависимости величин тока и потенциала от сопротивлений Rp и Rп;

$$\lambda=\sqrt{\frac{Rp}{Rп}}, \gamma=\sqrt{Rp\times Rп}$$

Следовательно,

$$Rрц=\gamma\frac{ch\lambda(lp-x)}{sh\lambda lp} \qquad (9)$$

Эквивалентное сопротивление контактной сети (Rкс) определяется как сумма сопротивлений контактного провода Rкп, питающих линий Rпл и отсасывающих линий Rол:

$$Rкс=\rho_{КП}L_{КП}+\rho_{ПЛ}L_{ПЛ}+\rho_{ОЛ}L_{ОЛ} \qquad (10)$$

где $\rho_{КП}$, $\rho_{ПЛ}$, $\rho_{ОЛ}$ – удельные сопротивления контактного провода и проводов, питающих и отсасывающих линий, Ом/км; $L_{КП}$, $L_{ПЛ}$, $L_{ОЛ}$ – длины контактного провода, питающих и отсасывающих линий, км.

На основе формул (2, 6, 10) можно определить величину аварийного тока при касании ковшом экскаватора, заземленного на общее заземляющее устройство, контактного провода с учетом специфических условий эксплуатации карьерного электрооборудования.

Заземление экскаватора произведено на обособленный заземлитель, металлически связанный с рельсами железнодорожных путей.

На рис. 3 приведена эквивалентная схема замещения экскаватора, заземленного на обособленный заземлитель, металлически связанный с рельсами железнодорожных путей, при касании ковшом экскаватора контактного провода, в которой наряду ранее приведенными обозначениям, употреблены следующие обозначения:

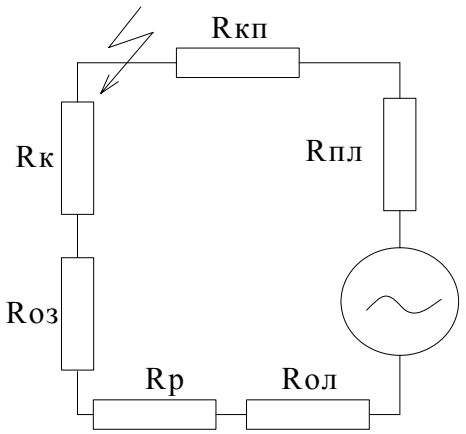

Рис. 3. Эквивалентная схема замещения заземления экскаватора, заземленного на обособленный заземлитель, металлически связанный с рельсами железнодорожных путей, при касании ковшом экскаватора контактного провода

Rк – сопротивление корпуса экскаватора; Rоз – сопротивление обособленного заземлителя.

Величина аварийного тока в данном случае равна:

$$I_{кз} = \frac{U_{кс}}{R_{ко} + R_{кс} + R_{рц}} = \frac{U_{кс}}{R_{\Sigma}}, \qquad (11)$$

где $U_{кс}$ - напряжение контактной сети; Rко - эквивалентное сопротивление корпуса экскаватора с обособленным заземлителем; Rрц - эквивалентное сопротивление рельсовой цепи (Rр); Rкс - эквивалентное сопротивление контактной сети (цепь Rкп, Rпл, Rол); R_{Σ} - суммарное сопротивление схемы замещения.

Эквивалентное сопротивление корпуса экскаватора с обособленным заземлителем (Rко) определяется путем экспериментальных исследований и равна сумме сопротивлений самого корпуса экскаватора и обособленного заземлителя.

Эквивалентное сопротивление рельсовой цепи (Rрц) определяется на основании формулы (6).

Эквивалентное сопротивление контактной сети (Rкс) определяется на основании формулы (10).

На рис. 4 приведен график зависимости аварийного тока от суммарного сопротивления схемы замещения для различных способов заземления экскаватора. Напряжение контактной сети равно 10,5 кВ.

Результаты выполненного аналитического исследования параметров аварийного режима при касании ковшом экскаватора, контактного провода позволяют сделать следующие основные заключения:

1. Величина аварийного тока может быть вполне определена при знании величин трех эквивалентных сопротивлении: сети заземления - Rсз, рельсовой сети – Rрц и контактной сети – Rкс.

2. Установлено, что при касании контактного провода ковшом экскавато-

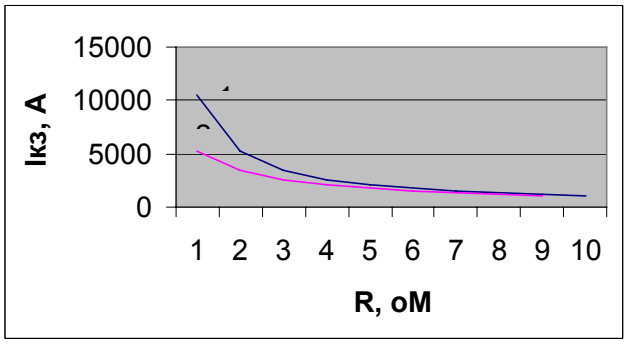

Рис. 4. Зависимость f=Iкз/: *1* - заземление экскаватора произведено на обособленный заземлитель, металлически связанный с рельсами железнодорожных путей; *2* – заземление экскаватора произведено на общее заземляющее устройство

ра, расположенного примерно в середине сети заземления, величина аварийного тока максимальна.

3. Установлено, что в условиях открытых горных разработок, характеризующихся, как правило, незначительной длиной боковых контактных сетей, при значительных величинах переходного сопротивления «рельс-грунт» последнее преимущественно определяет эквивалентное сопротивление рельсовой цепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Единые* правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. – М.: Госгортехнадзор России, 2003.
2. *Бариев Н.В.* На статью И.С. Самойловича и др. «Пересмотреть разделы «Электротехническое хозяйство» в ЕПБ и ПТЭ открытых работ». «Безопасность труда в промышленности», 1968, №8.
3. *Бессонов Л.А.* Теоретические основы электротехники. Высшая школа, 1964. ГИАБ

Коротко об авторах

Петров Г.М. – доцент, кандидат технических наук,
Жигарловский Я.А. – аспирант,

Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 22 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.В. Ляхомский.*

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА им. Д.А. КУНАЕВА МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ, ИНДУСТРИИ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН			
АХАНОВ Талгат Музарафович	Разработка эффективной технологии выемки целиков из искусственного массива	25.00.22	к.т.н.