

Г.М. Петров

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРО-
БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ**

Рассмотрены меры защиты от поражения электрическим током на предприятиях горного профиля. Предложен способ обеспечения электробезопасности при совместной эксплуатации карьерной электрической сети и контактной тяговой сети.

Ключевые слова: Электробезопасность. Электрические сети с изолированной и глухозаземленной нейтралью источника питания. Меры защиты от поражения электрическим током. Контактная электрическая сеть.

В горнодобывающей отрасли на работающее электрооборудование влияют не только факторы, определяемые горно-геологическими условиями и условиями окружающей среды, но и факторы электрического характера:

- токи нагрузки
- изменение питающего и рабочих напряжений
- число коммутационных переключений
- токи КЗ
- характер перегрузок, их длительность и т. д.

На предприятиях горного профиля требования безопасного электроснабжения, в основном, сводится к исключению опасности возникновения взрывов пылевоздушной, газовоздушной или пылегазовоздушной среды; возникновения пожаров; поражения персонала электрическим током. Не смотря на меры предосторожности и защиты, случаи электротравматизма на горных предприятиях все еще продолжают иметь место. По данным МГГУ [1], число несчастных случаев от прикосновения к токоведущим частям электроустановок в 2 ÷ 3 раза больше числа электротравм от прикосновения к нетоковедущим частям электроустановок, случайно оказавшимся под напряжением (главным образом по причине ухудшения состояния изоляции электроустановок).

Для защиты от поражения электрическим током, согласно ПУЭ [2], должны применяться меры, которые можно разделить на меры защиты от прямого прикосновения и меры защиты от косвен-

ного прикосновения. Электрооборудование предприятий горнодобывающей промышленности согласно [2] относится к специальным электроустановкам, и их устройство регламентируется отраслевыми нормативными документами, например, на горных работах с открытой разработкой Едиными правилами безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом (ЕПБ) [3]. Как известно, на предприятиях горного профиля в электрических сетях напряжением как до 1 кВ, так и выше применяется изолированный режим нейтрали источника тока, которая с точки зрения электробезопасности является более безопасной.

К мерам защиты от прямого прикосновения в электрических сетях с изолированной нейтралью можно отнести:

1. *Основная изоляция токоведущих частей.* Данная мера защиты выполняется с помощью применения кабельных линий вместо воздушных (нет возможности прямого прикосновения).

2. *Ограждение и оболочки.* Данная мера защиты выполняется с помощью исполнения корпусов электрооборудования – все токоведущие части и электрические аппараты, находящиеся в открытом исполнении, размещаются в специальном корпусе: взрывозащищенном для условий опасных по взрывам и пожарам, рудничном нормальном (РН) – для не опасных условий.

В качестве дополнительной меры защиты от прямого прикосновения применяются реле утечки, которые фактически обеспечивают две меры: контроль параметров изоляции и компенсацию емкостных токов утечки.

К мерам защиты при косвенном прикосновении в электрических сетях с изолированной нейтралью источника тока относятся:

1. *Защитное заземление.* Эта мера выполняется устройством общешахтной заземляющей сети на предприятиях с подземной разработкой или общекарьерной заземляющей сети на предприятиях с открытой разработкой. Причем по сравнению с глухозаземленной нейтралью, которая применяется на общепромышленных предприятиях, требования к защитному заземлению усилены. Так согласно отраслевым Правилам безопасности (ПБ) в электрических сетях напряжением до 1 кВ для подземных горных условий сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 2 Ом, а на поверхности – не более 4 Ом. В электрической же сети с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1 кВ сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно

при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ сети с изолированной нейтралью сопротивление заземляющего устройства при прохождении расчетного тока замыканий на землю в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей должно быть, согласно [2]

$$R \leq 250/I_{расч}$$

но не более 10 Ом, где $I_{расч}$ – расчетный ток замыкания на землю, А.

2. *Автоматическое отключение питания.* Согласно 7-го издания ПУЭ [2] к данной мере защиты усилены требования по времени отключения. Так в п.1.7.78 сказано, что для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток со временем отключения, которые представлены в табл. 1 и табл. 2. В табл. 1 приведены значения для времени автоматического отключения питания в электрической сети с глухозаземленной нейтралью, а в табл. 2 – в электрической сети с изолированной нейтралью.

3. *Уравнивание потенциалов.* Согласно ПУЭ уравнивание потенциалов – электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов. Данная мера защиты выполняется с помощью главной заземляющей шины (Г.З.Ш.). В электрической сети с глухозаземленной нейтралью (система TN) Г.З.Ш. выполняется, как правило, медной внутри вводного устройства (рекомендуется использовать шину РЕ) или отдельно в доступном, удобном для обслуживания месте, вблизи вводного устройства. В электрической сети с изолированной нейтралью (система IT) в качестве Г.З.Ш. можно принять заземляющую шину, соединяющую две главных заземлителя (основной и резервный), расположенные соответственно в зумпфе и водосборнике шахты.

На горных предприятиях встречаются случаи одновременной эксплуатации электрических сетей с различными режимами нейтрали. Так, в карьерах с электровозным транспортом (например, Лебединский ГОК) в карьерной электрической сети

Таблица 1

Наибольшие допустимые времена защитного автоматического отключения для системы TN

Номинальное фазное напряжение $U_{фн}, В$	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
более 380	0,1

Таблица 2
Наибольшие допустимые времена защитного автоматического отключения для системы IT

Номинальное линейное напряжение $U_{лн}, В$	Время отключения, с
220	0,8
380	0,4
660	0,2
более 660	0,1

для питания экскаваторов и буровых станков применяется система IT, а в тяговой электрической сети для питания локомотивов – система TN, причем контактная электрическая сеть питается от однофазной сети напряжением 6 кВ. Контактная электрическая сеть характеризуется появлением КЗ как с большими токами (в случае замыкания провода контактной сети на рельс вблизи тяговой подстанции), так и с малыми (в случае касаний ковшом экскаватора контактного провода и в случае замыкания контактного провода на землю через горную массу в думпкаре или в случае его обрыва). Причем, в последнем случае токи КЗ сопоставимы с токами нагрузки, поэтому защита на тяговой подстанции не всегда способна своевременно среагировать на данный ток КЗ.

В случае касания ковшом экскаватора контактного провода тяговой сети может выйти из строя питающий экскаваторный кабель, релейная защита в комплектном распределительном устройстве (КРУ) и сгореть заземляющая жила питающего кабеля, что нарушит целостность непрерывности сети заземления карьера. Кроме того, возникает опасность поражения электрическим током работающего персонала из-за опасного потенциала на корпусах электрооборудования. Вследствие вышесказанного при эксплуатации электрических сетей с разными режимами нейтрали источника тока возникает необходимость

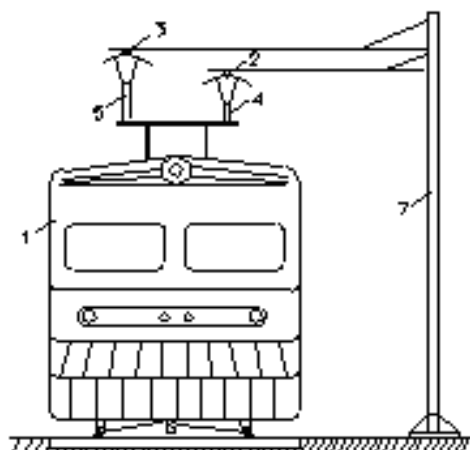


Рис. 1. Устройство карьерной контактной сети: 1 – электровоз; 2, 3 – соответственно фазный (L) и нулевой рабочий (N) проводники; 4, 5 – соответственно токосъемники (L) и (N) проводников; 6 – рельсы (РЕ-проводник); 7 – опора контактной сети

применения устройств защиты от касания ковшом экскаватора контактного провода. Согласно [4], данные защитные устройства разделяются на три основ-

ных класса:

1. Устройства, не допускающие касания ковшом экскаватора контактного провода, находящегося под напряжением.
2. Устройства, отключающие тяговую сеть при касании ковшом контактного провода.
3. Устройства, ограничивающие распространение опасности аварии при касании ковшом контактного провода.

Однако до настоящего времени нет устройств, позволяющих достаточно полно обеспечить безопасность при касании ковшом контактного провода. На рис. 1 представлено устройство карьерной тяговой электрической сети, предложенное автором. Особенность ее заключается в том, что электродвигатели локомотива подключаются не между токонесущим проводом и рельсами, а между двумя проводами, один из которых выполняет роль фазного проводника (L), а другой – нулевого рабочего проводника (N). Рельсы контактной сети выполняют роль нулевого защитного проводника (PE). На тяговой трансформаторной подстанции можно установить устройство защиты с дифференциальным трансформатором, которое будет контролировать не только токи утечки между фазным проводником и корпусом локомотива, но также будет осуществлять защиту от обрыва контактного провода и касания его на землю, а также от касания ковшом контактного провода. Заземляю-

щую сеть контактной сети можно устроить по системе TN-S или TN-C-S и связать ее с общекарьерной сетью заземления.

Устройство нулевого рабочего проводника следует устраивать со стороны экскаватора, осуществляющего погрузку горной массы, что значительно повысит уровень электробезопасности, так как даже при обрыве нулевого рабочего проводника должно сработать устройство, работающее на дифференциальном токе.

Выводы

Устройство карьерной контактной электрической сети по предложенному способу позволит повысить уровень электробезопасности на промышленных предприятиях с электровозной откаткой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Электроснабжение* железорудных горно-обогатительных комплексов. Под ред. В.И. Щуцкого. – М.: Недра, 1978.
2. *Правила устройства электроустановок*. Седьмое издание. – М.: ЗАО "Энергосервис", 2002.
3. ПБ 03-498-02. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. ГУП "НТЦ "Промышленная безопасность", 2003.
4. *Чеботаев Н.И.* Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ: Учебник для вузов. – М.: Издательство "Горная книга", 2006. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Петров Г.М. – профессор кафедры "Электрификация и энергоэффективность горных предприятий", кандидат технических наук, тел. 236-95-35
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

