

УДК 568.8:622.8:621.311

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВЫХ КОНТАКТНЫХ СЕТЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ

И. О. Синчук, А. А. Харитонов

Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»
ул. 22 партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: Skariton@i.ua

Необходимость оценки параметров рудничных тяговых контактных сетей возникает всякий раз, когда разрабатываются или эксплуатируются устройства и системы, связанные с контактной сетью. На первом месте стоят вопросы защиты людей от поражения электрическим током. В данной работе приведены результаты исследований по определению электрических параметров контактных сетей, которые показали, что проводимость изоляции может изменяться в несколько раз, однако это проявляется в сетях с плохой изоляцией, особенно при наличии больших сосредоточенных «утечек тока», что нельзя считать нормальным. В контактных сетях с хорошей изоляцией такое явление практически отсутствует, а сопротивление стабильно. Измерения электрических параметров контактных сетей проводились на различных подземных горизонтах действующих шахт Криворожского железорудного бассейна. По результатам измерений полных сопротивлений в режимах холостого хода и короткого замыкания рассчитаны активные проводимости изоляции и активные продольные сопротивления контактных сетей.

Доказано, что специфические условия эксплуатации электрооборудования подземного электровозного транспорта, в отличие от общепромышленных, предъявляют дополнительные требования к техническим способам и средствам защиты, действенность и надежность работы которых напрямую зависит от учета параметров тяговой контактной сети. От эффективности используемых защитных мер и средств безопасности зависит обеспечение безопасности людей, занятых выполнением различного рода работ в откаточных выработках. В свою очередь, выбор путей повышения эффективности и создания более совершенных средств защиты основывается на знании причин возникновения электротравматизма и электрических параметров тяговых контактных сетей.

Ключевые слова: контактный провод, устройство защитного отключения, электрические параметры, сопротивление, индуктивность, емкость, проводимость.

ОЦІНКА ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВОЇ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

І. О. Сінчук, О. О. Харитонов

Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»
вул. 22 партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: Skariton@i.ua

Необхідність оцінки параметрів рудничних тягових контактних мереж виникає щоразу, коли розробляються або експлуатуються пристрої й системи, пов'язані з контактною мережею. На першому місці стоять питання захисту людей від поразки електричним струмом. У даній роботі наведено результати досліджень по визначенню електричних параметрів контактних мереж, які показали, що провідність ізоляції може змінюватися в кілька разів, однак це проявляється в мережах із поганою ізоляцією, особливо при наявності більших зосереджених «витоків струму», що не можна вважати нормальним. У контактних мережах з нормальною ізоляцією таке явище практично відсутнє, а опір стабільний. Виміри електричних параметрів контактних мереж проводилися на різних підземних горизонтах діючих шахт Криворізького залізорудного басейну. За результатами вимірів повних опорів у режимах холостого ходу й короткого замикання розраховано активні провідності ізоляції й активні поздовжні опори контактних мереж.

Доведено, що специфічні умови експлуатації електроустаткування підземного електровозного транспорту, на відміну від загальнопромислових, висувають додаткові вимоги до технічних способів і засобів захисту, дієвість і надійність роботи яких безпосередньо залежить від обліку параметрів тягової контактної мережі. Від ефективності використовуваних захисних заходів і засобів безпеки залежить забезпечення безпеки людей, зайнятих виконанням різного роду робіт у відкаточних виробітках. У свою чергу, вибір шляхів підвищення ефективності й створення більш досконалих засобів захисту ґрунтується на знанні причин виникнення електротравматизму та електричних параметрів тягових контактних мереж.

Ключові слова: контактний провід, пристрій захисного відключення, електричні параметри, опір, індуктивність, ємність, провідність.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Основным видом технологического транспорта по доставке полезных ископаемых на поверхность при шахтном способе добычи является электровозный [1].

В отличие от угольных шахт, 100 % электровозов,

обеспечивающих грузоперевозки, в железорудных шахтах являются контактными, т.е. когда питание их тяговых систем (ТС) осуществляется от тяговой сети: контактный провод (КП) – рельсы (Р).

Именно наличие КП является основной причиной опасности при несанкционированном, но возможном по условиям доступности прикосновения к нему горнорабочих и, как следствие, поражения горнорабочих электрическим током (ЭТ) [2]. При этом характерно, что практически все случаи прикосновения к КП заканчиваются летальным исходом для прикоснувшихся (рис. 1).

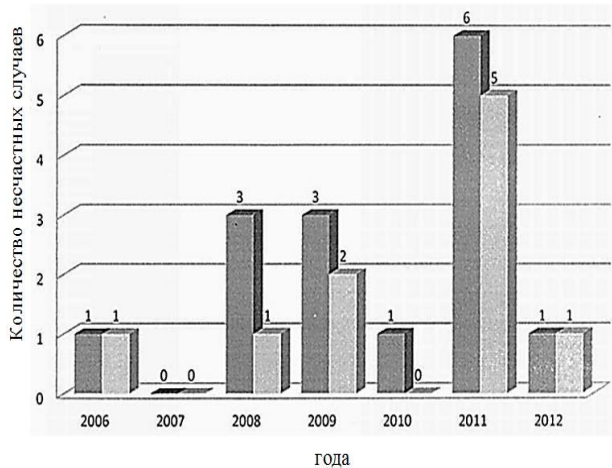


Рисунок 1 – Несчастные случаи со смертельным исходом от поражения электрическим током на подземных железорудных предприятиях

Особенно частота фактора прикосновения к КП проявляется в местах погрузки–разгрузки полезных ископаемых (ПИ), т.е. в тех независимых ортах-заездах горных выработок шахт [3].

Все орты-заезды имеют металлическое крепление, прерываемое пунктами погрузки. Высота подвески контактного провода составляет около 2,1 м, расстояние до кровли – 0,7 м.

К сожалению, в силу чрезвычайно низких электрических параметров тяговых сетей именно в ортах-заездах весьма нередки факты неработоспособности устройств защитного отключения (УЗО), которые по своей сути обязаны защищать человека при таких прикосновениях к КП.

Как показали исследования [4], причиной неработоспособности УЗО являются не только и не столько низкие значения электрических параметров тяговых контактных сетей (ТКС), сколько незнание диапазона их изменения. Последний же имеет способность изменяться в силу ряда факторов, обусловленных технологическими условиями эксплуатации КП в ортах-заездах [5, 6].

Необходимость оценки структур и параметров рудничных тяговых контактных сетей возникает всякий раз, когда разрабатываются или эксплуатируются устройства или системы, связанные с контактной сетью, например: защита от поражения людей электрическим током с частотным или полярным разделением; защиты от коротких замыканий контактной сети, использующие полные токи,

переходные процессы, гармонические составляющие тока; высокочастотная связь по контактной сети между диспетчером и машинистами электровозов; телеуправление электровозами при погрузке руды.

Все эти системы технологического комплекса функционирования внутришахтного транспорта специфичны и предполагают различный подход к исследованию параметров контактных сетей. Поэтому проводимые исследования выполнялись в различном объеме и с различными целями. Оценивая их результаты, можно отметить их общий недостаток – отсутствие комплексности исследования параметров контактных сетей в требуемом для обобщения объеме.

Отметим, что необходимо проведение или дополнение к известным результатам ряда основополагающих моментов. Так, при исследовании системы защитного отключения необходимо определить активную проводимость изоляции, емкость, индуктивность, активное сопротивление контактных сетей в диапазоне 0–1000 Гц; измерить сопротивления подключений к контактным сетям, величины наводок постоянного и переменного токов на секциях контактных сетей; исследовать схемы контактных сетей и определить количество подключений к ним, а также дать рекомендации по исходным параметрам для разработки систем защитного отключения.

В качестве объектов для исследования были приняты крупные шахты рудников Кривбасса, которые по условиям работы контактных сетей являются наиболее характерными, и, таким образом, результаты исследований параметров контактных сетей вполне могут быть распространены на остальные рудники.

Целью данного исследования является определение диапазона реальных электрических параметров тяговой контактной сети в ортах-заездах подземных горных выработок железорудных шахт для повышения эффективности и создания более совершенных средств защиты горнорабочих от поражения электрическим током.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Наиболее отработанными и близкими по содержанию к измерениям параметров контактной сети являются методы измерений, применяемые в проводной связи. Поэтому в основе методики измерения электрических параметров шахтных контактных сетей в низкочастотном диапазоне использованы методы измерения параметров линии связи [7].

Во всех случаях определение электрических параметров контактных сетей, как и любой линии, производится путем измерения полного входного сопротивления в режимах холостого хода и короткого замыкания. Измерение полного сопротивления на данной частоте сводится к определению активной и реактивной составляющих этого сопротивления или его модуля и угла. По результатам измерений затем оп-

ределяются различные параметры цепи, выявляется зависимость этих параметров от частоты.

В работе [8] отмечается, что активная проводимость изоляции в сети, находящейся под рабочим напряжением, меньше, чем в отключенной. После отключения контактной сети проводимость изоляции постепенно увеличивается до двукратного значения.

Для исследования и определения электрических параметров контактных сетей наиболее приемлемым является метод холостого хода и короткого замыкания, позволяющий в пределах 5 %-ной точности осуществлять определение исходных величин для расчета всех параметров контактных сетей: сопротивления и индуктивности петли «контактный провод–рельс», активной проводимости, емкости [5].

Проведенные превентивные исследования показали, что проводимость изоляции может изменяться в несколько раз, однако это проявляется в сетях с плохой изоляцией, особенно при наличии больших сосредоточенных «утечек тока», что нельзя считать нормальным. В контактных сетях с хорошей изоляцией такое явление практически отсутствует, а сопротивление стабильно.

Представляет практический интерес зависимость емкости и индуктивности контактных сетей от частоты тока в тяговой сети. Проведенные в широком диапазоне частот предварительные измерения показали, что емкости и индуктивности практически не зависят от частоты.

Это позволило в дальнейшем упростить схему измерения реактивных параметров.

Для исследований этого процесса авторами был принят комбинированный метод измерения электрических параметров контактных сетей: емкость и индуктивность измерялись мостом на частоте внутреннего генератора, а полные сопротивления определялись по схеме, представленной на рис. 2.

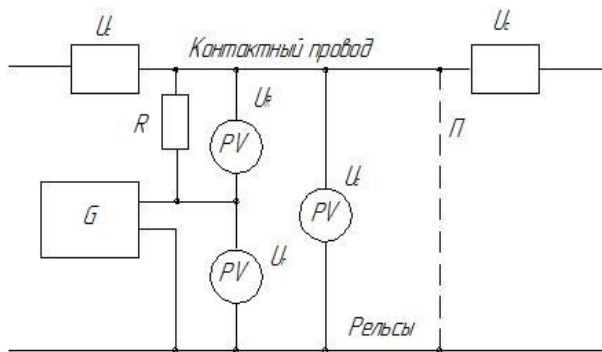


Рисунок 2 – Схема измерения входных сопротивлений (U_C – секционный изолятор; П – перемычка)

Измерительный ток в контактную сеть подается от генератора G через эталонное сопротивление R . Использован метод сравнения напряжений на эталонном сопротивлении U_R и сети U_C . Измерение

напряжений производилось одним электронным вольтметром РУ путем переключения на различные элементы схемы. Модуль полного сопротивления:

$$Z = R(U_s / U_k). \quad (1)$$

Поскольку измерения проводились одним прибором и по одной и той же шкале, относительная погрешность компенсируется и не влияет на полное сопротивление, что повышает точность измерений. При измерениях использован генератор звуковых частот типа ГЗ–33 на частоты от 20 Гц до 200 кГц.

Недостатком этого генератора в данном случае является отсутствие диапазона инфранизких частот. Для расширения диапазона измерений в область инфранизких частот был изготовлен генератор на транзисторах с частотами 5–1000 Гц, переключаемыми ступенями.

В основном использованы известные схемы RC-генераторов [9].

Как известно [10], активное сопротивление, индуктивность, емкость и проводимость изоляции распределены равномерно вдоль контактной сети. Для оценки этих параметров их значения принято относить к 1 км цепи: R – активное продольное сопротивление контактной сети, Ом/км; L – индуктивность контактной сети, Гн/км; C – емкость между контактным проводом и землей, Ф/км; G_I – проводимость изоляции контактного провода, Ом/км.

Задачу можно существенно упростить, если без ощутимой погрешности для измерений принять допущения, что параметры контактной сети сосредоточены; в режиме короткого замыкания входное сопротивление определяется только индуктивным и активным сопротивлениями, в режиме холостого хода входная проводимость определяется емкостной и активной проводимостями изоляции.

В этом случае индуктивность и емкость контактной сети измеряются непосредственно, а активные составляющие – простыми вычислениями:

$$R = \sqrt{Z_k^2 - w^2 L^2}; \quad (2)$$

$$G_I = \sqrt{Y_x^2 - w^2 C^2} \quad (3)$$

Принятые допущения, вместе с тем, вносят погрешность, которая определяется частотой и длиной линии: чем больше частота и длина линии, тем больше погрешность. Для оценки погрешности определена последовательность расчета и произведен расчет на ПЭВМ. При максимальной частоте 1000 Гц и длине секции контактной сети 0,3 км, используемых в процессе измерений, погрешность методики обработки результатов измерений не превышает 0,03 %, что вполне приемлемо.

Измерения электрических параметров контактных сетей (КС) проводились на различных подземных горизонтах действующих шахт Криворожского железорудного бассейна.

Измеренные значения индуктивности и емкости контактных сетей приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Индуктивность и емкость контактных сетей в ортах-заездах

Орт	Длина выработки, м	L , мГн	C , пФ	$L_{уд}$, мГн/км	$C_{уд}$ пФ/км
<i>Шахта «Родина»</i>					
1 гор. 1040 м	130	0,21	9300	1,58	71500
2 гор. 1040 м	140	0,21	20000	1,47	143000
3 гор. 1315 м	70	0,123	1550	1,68	22000
4 гор. 1315 м	156	0,26	4900	1,62	31400
<i>Шахта им. Артема, гор. 1045 м</i>					
1	145	0,23	1600	1,55	110000
<i>Шахта им. Ленина, гор. 1275 м</i>					
2	125	0,2	900	1,56	72000

Поскольку конструкции ортов и схемы размещения контактных сетей в них однотипны, то и индуктивности сетей отдельных ортов изменяются в небольших пределах, составляя 1,5–1,6 мГн/км. Емкости сетей изменяются в пределах 0,02–0,14 мкФ/км при среднем значении 0,07 мкФ/км. Большое значение емкости контактной сети в ортах объясняется наличием кабельных перемычек и присоединений, а также загрязнением изоляторов [11].

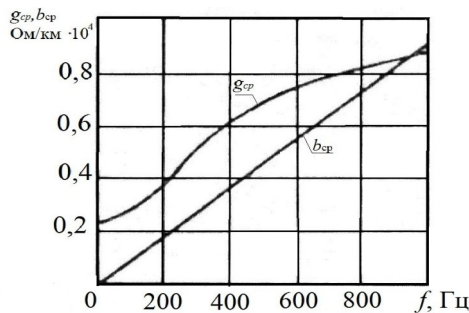


Рисунок 3 – Активная g_{sr} и b_{sr} емкостная проводимости изоляции контактной сети погрузочной выработки

По результатам измерений полных сопротивлений в режимах холостого хода и короткого замыкания рассчитаны активные проводимости изоляции и активные продольные сопротивления контактных сетей.

Следует отметить, что с ростом частоты активная проводимость возрастает, но при большой проводимости вследствие сосредоточенной утечки возрастание ее незначительно. Активная проводимость изменяется в широких пределах; так, при частоте 10 Гц она равна $(0,5...36) \cdot 10^{-4}$ См/км. В ряде ортов были отмечены большие сосредоточенные утечки через одинарные концевые изоляторы, являющиеся результатом неправильного монтажа контактных сетей, поэтому в общей оценке они не учитывались.

Проводимость изоляции контактных сетей, находящихся в хорошем состоянии, при частоте 10 Гц составляет $(0,5...2) \cdot 10^{-4}$ См/км. Для таких сетей построена усредненная характеристика активного сопротивления изоляции в функции частоты (рис. 3), приведенная к 1 км сети. Здесь же показана емкостная проводимость для средней емкости, равной 0,07 мкФ/км.

Рис. 3 рекомендуется использовать для определения ожидаемой проводимости изоляции контактных сетей погрузочных выработок. Возможные отклонения от указанных величин равны двукратным значениям. Измеренная на постоянном токе омическая проводимость в 1,1–9 раз меньше измеренной на переменном токе низкой частоты.

Активное продольное сопротивление контактных сетей в различных ортах имеет одинаковый характер зависимости от частоты и определяется в основном сопротивлением контактов в местах присоединения проводов и рельсовых стыков. Для устранения этого влияния усредненная характеристика приведена к начальной точке, равной 0,3 Ом/км и измеренной на постоянном токе большой величины (кривая 2, рис. 4). Приведенное индуктивное сопротивление контактных сетей при средней индуктивности 1,5 мГн/км характерно как для магистральных, так и ортовых контактных сетей.

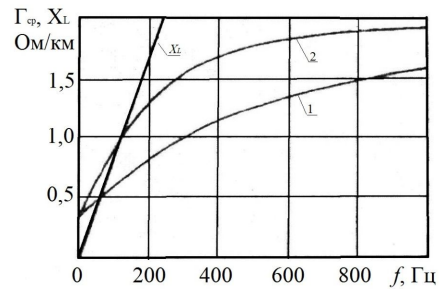


Рисунок 4 – Индуктивное X_L и активное G_{sr} сопротивления контактной сети главных (1) и погрузочных (2) выработок

Необходимо отметить, что устройство разрывов контактного провода у пунктов погрузки не только существенно увеличивает проводимость изоляции через кабельные перемычки и концевые изоляторы, но и имеет ряд других отрицательных проявлений, в частности, ограничиваются возможности совершенствования и применения новой техники на электровозном транспорте [10]. Контактный провод в ортах-заездах должен быть сплошным, а пункты погрузки в нерабочем положении не должны препятствовать прохождению токосемника. Рациональное решение этой задачи может быть достигнуто только совместными усилиями технологов, механиков, электриков и работников безопасности [12, 13].

Что касается сопротивления подключений к контактным сетям, то, как уже отмечалось, ток утечки определяется не только сопротивлением изоляции,

но также и количеством подключений к контактным сетям. Поэтому для оценки общих утечек и влияния их на систему защитного отключения необходимо знать входные сопротивления подключений различных видов.

Как правило, стрелочные переводы имеют электрифицированные приводы соленоидного типа. Включение соленоидов при переводе стрелки производится контакторами постоянного тока. Управление приводом может быть местным через контакты управляющих реле или дистанционным с помощью контактных датчиков с движущегося электровоза либо кнопками местного управления. В любом случае способ управления практически не оказывает влияния на входное сопротивление схемы.

При отключенном положении стрелочного перевода ток утечки I определяется током, протекающим через лампы подсушки, – обычно четыре лампы мощностью 60 Вт каждая на напряжение 127 В, соединенные последовательно, с общим сопротивлением 100 Ом. При выключенных лампах схема имеет достаточно высокое сопротивление с параметрами $R = 175$ кОм, $C = 900$ пФ. При включении привода стрелочного перевода к контактной сети подключается катушка соленоида. Сопротивление катушки на постоянном токе составляет 6 Ом.

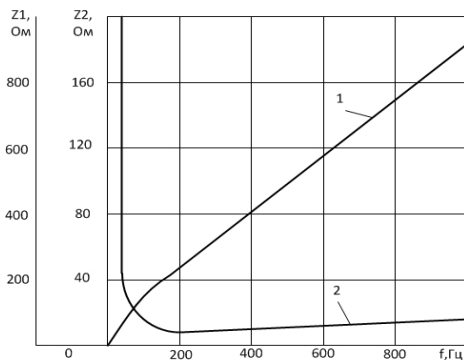


Рисунок 5 – Сопротивление стрелочного перевода (1) и контактного датчика (2)

Измерение сопротивления стрелочного перевода при включенной катушке на переменном токе производилось аналогично измерению входного сопротивления контактной сети по схеме (рис. 2). По результатам измерений построена зависимость сопротивления стрелочного перевода от частоты (кривая 1, рис. 5). Как видно, сопротивление стрелочного перевода имеет индуктивный характер. В целом сопротивление низкое, при частоте 10 Гц оно составляет около 30 Ом.

Весьма часты подключения к контактным сетям контактных датчиков. Конструктивно контактный датчик представляет собой отрезки медного провода (салазки), соединенные по кабелю с реле датчика, установленного в камере диспетчера. Проходящий электровоз токосъемником соединяет салазки с контактным проводом, в результате чего на реле датчика подается напряжение контактной сети. Для обес-

печения достаточного времени удержания контактов при кратковременной подаче напряжения обмотка реле датчика типа КДРШ зашунтирована конденсатором емкостью 20 мкФ, могут использоваться и другие конденсаторы.

Результаты измерений показали, что входное сопротивление контактного датчика мало (кривая 2), при частоте 10 Гц оно составляет около 200 Ом и имеет емкостный характер.

Светящиеся надписи плаката «Берегись провода», подключаемые к контактной сети, содержат две лампы по 40 Вт на напряжение 220 В. Сопротивление ламп в холодном состоянии составляет около 300 Ом, при свечении – в несколько раз больше. Поскольку светящиеся надписи имеют низкое сопротивление, они должны быть отделены от контактной сети.

Устройства высокочастотной связи диспетчера с машинистами электровозов обеспечивают относительно небольшое количество подключений к контактным сетям. Однотипные приемно-передающие станции устанавливаются в диспетчерской и на всех работающих электровозах. Входное сопротивление станций в диапазоне низких частот определяется сопротивлением разделительного конденсатора емкостью 1 мкФ, установленного на подключениях питающих линий, и емкостью 0,5 мкФ на электровозной станции. Кроме того, для зарядки аккумуляторов, питающих высокочастотную связь, установлены гасящие сопротивления 2,7 кОм. Однако эта цепь может быть включена за общим электровозным заградителем.

Наводки от блуждающих токов на секциях контактных сетей при постоянном токе 2,5 В достигают 1,5 А при переменном 0,2–0,02 А.

При разработке системы защитного отключения рекомендуется ориентироваться на параметры контактных сетей, приведенные в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры контактных сетей

Выработка	Диапазон изменения	
	емкости, МкФ/км	индуктивности, мГн/к м
Магистральная	0,02–0,08	1,1–1,8
Погрузочная	0,02–0,14	1,5–1,6

Активные составляющие проводимости изоляции и продольного сопротивления определяются по графикам (рис. 2, 3), в зависимости от частоты тока, отдельно для контактных сетей магистральных и погрузочных выработок. Возможны двукратные отклонения от указанных значений.

Протяженность контактных сетей в шахтах Кривбасса, получающих питание от одной тяговой подстанции, составляет в среднем 4 км и изменяется в пределах 2–8,5 км, максимальное расстояние от тяговой подстанции равно 1,3 км. Количество подключений к контактным сетям одной тяговой подстанции для стрелочных переводов равно 15–60, для

контактных датчиков – 50–95, для плакатов «Берегись провода» – 10–20.

ВЫВОДЫ. Проведенные исследования параметров контактных сетей позволяют сделать следующие заключения.

1. Для исследования параметров контактных сетей наиболее приемлемым является метод холостого хода и короткого замыкания, позволяющий в пределах 5 %-ной точности осуществлять определение исходных величин для расчета всех параметров контактных сетей: сопротивления и индуктивности петли «контактный провод–рельс», активной проводимости, емкости. Оценку значений сопротивления изоляции контактных сетей выпрямленному току можно получить, используя предложенный коэффициент эквивалентности.

2. Так как специфические условия эксплуатации электрооборудования подземного электровозного транспорта существенно отличаются от применяемых в общепромышленных электроустановках, необходимо рассмотреть дополнительные требования к техническим способам и средствам защиты, действенность и надежность работы которых для условий железорудных шахт напрямую зависит от учета параметров тяговой контактной сети.

3. Обеспечение безопасности людей, занятых выполнением различного рода работ в откаточных выработках, зависит от эффективности используемых защитных мер и средств безопасности. Для реализации требований по электробезопасности необходимо осуществить выбор путей повышения эффективности и создание более совершенных средств защиты, которые основываются на знании причин возникновения электротравматизма и электрических параметров тяговых контактных сетей.

4. Для обеспечения требуемого уровня обеспечения функционирования устройств защитного отключения шахтные тяговые контактные сети должны быть упорядочены. Контактный провод в ортах-заездах должен быть сплошным, а пункты погрузки не должны препятствовать прохождению токосъемника. Поскольку все подключения к контактным сетям – стрелочные переводы, контактные датчики, светящиеся надписи плакатов «Берегись провода», лампы для подсушки аппаратуры – имеют низкое сопротивление, они должны быть либо отключены, либо отделены от контактной сети награждающими диодами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синчук О.Н., Гузов Э.С., Ликаренко А.Г., Животовский А.Г. Электробезопасность рудничной откатки. – Київ: Техніка, 2009. – 188 с.

2. Ляхомский А.В., Синчук О.Н., Харитонов А.А. Физиологическая характеристика горнорабочих железорудных шахт как элемента эрготехнической системы обеспечения электробезопасности // Вестник Криворожского технического университета. – Кривой Рог: КНУ, 2013. – Вып. 35. – С. 152–156.

3. Синчук И.О., Скапа Е.И. Электротравматизм и пути его уменьшения при эксплуатации электрифицированных видов транспорта на подземных горнорудных предприятиях // Сборник научных работ IX Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, 07–08 апреля 2011. – Кременчуг: КрНУ, 2011. – С. 338–339.

4. Субботин А.И., Беляк Л.А., Каледина И.О. и др. Правила безопасности в угольных шахтах / ПБ 05–618–03 2004. – 302 с.

5. Цапенко Е.Ф., Шкундин С.З. Электробезопасность на горных предприятиях. – М.: МГГУ, 2006. – 104 с.

6. Бунько В.А., Волотковский С.А., Пивняк Г.Г. Повышение безопасности рудничной электровозной откатки. – М.: Недра, 1978. – 200 с.

7. Ляхомский А.В. Исследования условий и разработка мероприятий по обеспечению электробезопасности в контактных сетях электровозной откатки угольных шахт: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.09.03 / Ляхомский А.В. – М.: МГИ, 1977. – 15 с.

8. Кузнецов К.Б., Мишарин А.С. Электробезопасность в электроустановках железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 456 с.

9. Синчук И.О., Глебов А.А. Анализ параметров контактных сетей рудных шахт // Сборник научных работ IX Международной конференции молодых ученых и специалистов, 07–08 апреля 2011. – Кременчуг: КрНУ, 2011. – С. 337–338.

10. Волотковский С.А., Фурсов В.Д., Пивняк Г.Г. Полупроводниковые преобразовательные подстанции для подземного электровозного транспорта. – Киев: Высшая школа, 1971. – 224 с.

11. Гончаров В.Б. Защита от токов утечки в тяговой сети рудничного бесконтактного электрического транспорта: автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.09.03, 05.26.01. – Днепропетровск, ДГУ, 1984. – 22 с.

12. Щуцкий В.И., Ляхомский А.В., Израитель С.А. Электротравматизм и пути его снижения на горнодобывающих предприятиях чёрной металлургии // Горный журнал. – М.: МГИ, 1979. – Вып. 3. – С. 55–57.

13. Кибек Д. Методы учета несчастных случаев на производстве в Федеративной Республике Германии. Пер. с нем. // Бюллетень электротехнического союза, 1983. – Вып. 12. – 74 с.

ELECTRICAL DATA EVALUATION OF TRACTION LINES AT IRON-ORE MINES

I. Sychuk, A. Kharitonov

SIHE “Krivoy Rog National University”

ul. XXII Partsyezda, 11, Krivoy Rog, 50027, Ukraine. E-mail: sania.ss2013@yandex.ua

Each time when devices and systems connected with contact line are being developed or operated, necessity of mine traction lanes parameters evaluation appears. Protection of people from electric injure is foremost. Researches results on determining of contact lines electrical date which have shown that insulation is variable however it takes place only in

the lines with leaking particularly with localised current leak that is not considered to be normal are given in the article. Such effect is practically absent and resistance is stable at contact lines with good insulation. Testing of contact lines electrical data was carried out at different underground levels of Krivbass iron-ore basin operating mines. Based on impedance measurement at idling conditions and shortcut electrical conductance of insulation and longitudinal resistance of contact lines are calculated.

It has been proved that specific operating conditions of electrical equipment of underground electrical transport in contrast to industrial present particular requirements to technique and protection equipment which efficiency and reliability depend on parameters of contact lines taken into consideration. Life safety of people engaged into different haulage way operations depends on efficiency of implemented protective measures and safety features. In its turn choice of efficiency increasing and improved protection equipment creating is based on awareness of electrical injure occurrence causes and electrical parameters of traction contact lines.

Key words: contact wire line, residual current device, electrical parameters, resistance, inductivity, capacity, conductivity.

REFERENCES

1. Sinchuk, O.N., Guzov, E.S., Likarenko, A.G. and Zhivotovsky, A.G. (2009), *Elektrobezopasnost rudnichnoy otkatki* [Electrical safety at mine haulage], Technika, Kiev, Ukraine. (in Russian)
2. Lyakhomsky, A.V., Sinchuk, O.N. and Kharitonov, A.A. (2013), "Physiological characteristic of miners at ore mines as a part of the system for maintaining electrical safety", *Vestnik Krivorozhskogo Technicheskogo Universiteta*, vol. 35, pp. 152–156. (in Russian)
3. Sinchuk, I.O. and Skapa, E.I. (2011), "Electrical injury and ways to reduce it at electric machines operating at mining enterprises", *Zbirnyk naukovykh prats IX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistiv* [Collection of scientific papers IX International scientific and technical conference for young scientists and specialists], Kremen-chug, KrNU, pp. 338–339. (in Russian)
4. Subbotin, A.I., Belov, L.A., Kaledina, I.O. and oth. (2004), *Pravila bezopasnosti v ugolnykh shahtah* [Safety Rules at Coal Mines], SR 05–618–03, Moscow, Russia. (in Russian)
5. Tsapenko, E.F. and Shkundin, S.Z. (2006), *Elektrobezopasnost na gornykh predpriyatiyakh* [Electrical safety at mines], Izdatelstvo MNMU, Moscow, Russia. (in Russian)
6. Bunko, V.A., Volotkovsky, S.A. and Pivnyak, G.G. (1978), *Povishenie bezopasnosti rudnichnoy elektrovoznoy otkatki* [Improving the safety at mine haulage], Nedra, Moscow, Russia. (in Russian)
7. Lyakhomsky, A.V. (1977), "Research of conditions and development of activities to ensure electrical contact lines at locomotive haulage of coal mines", Manuscript, thesis for obtaining Ph.D. degree. tehn. Sciences: special 05.09.03, Moscow Mining Institute, Moscow, Russia. (in Russian)
8. Kuznetsov, K.B. and Misharin, A.S. (2005), *Elektrobezopasnost v elektroustanovkakh zheleznodorozhnogo transporta* [Electrical safety at electrical rail transport], Marshrut, Moscow, Russia. (in Russian)
9. Sinchuk, I.O. and Glebov, A.A. (2011), "Analysis parameters of contact lines at ore mines", *Zbirnyk naukovykh prats IX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistiv* [Collection of scientific papers IX International Conference for young scientists and specialists], Kremen-chug, KrNU, April 07–08, pp. 337–338. (in Russian)
10. Volotkovsky, S.A., Fursov, V.D. and Pivnyak, G.G. (1971) *Poluprovodnikovye preobrazovatelnye podstantsii dly podzemnogo elektrovoznogo transporta* [Semiconductor converter stations for underground electric transport], Visshaya shkola, Kiev, Ukraine. (in Russian)
11. Goncharov, V.B. (1984), "Protection from leakage in the traction line of mine contactless electric transport", Manuscript, thesis for obtaining Ph.D. degree tehn. Sciences: special 05.09.03, 05.26.01, Dnepropetrovsk Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine. (in Russian)
12. Shchutsky, V.I., Lyakhomsky, A.V. and Izraitel, S.A. (1979), "Electrical injury and ways to reduce it at the iron-ore enterprises", *Mining Journal Moscow Mining Institute*, vol. 3, pp. 55–57. (in Russian)
13. Kibek D. (1983), *Metody ucheta neschastnih sluchaev na proizvodstve v Federativnoy Respublike Germanii* [Methods for accounting accidents at work in FRG], Trans. from german. Electrical Union Bulletin, vol. 3, 74 p., Dnepropetrovsk Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine. (in Russian)

Стаття надійшла 06.11.2013.