

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

3
2009

**БГТН и ИИЭ-ОДУ
г. Красноярск**

Учредитель издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

Главный редактор
КАНТОВИЧ Л.И.

Зам. гл. редактора
ИВАНОВ С.Л.
ЛАГУНОВА Ю.А.

Редакционный совет:

КОЗОВОЙ Г.И.
(сопредседатель)
ТРУБЕЦКОЙ К.Н.
(сопредседатель)
АНТОНОВ Б.И.
ГАЛКИН В.А.
КОЗЯРУК А.Е.
КОСАРЕВ Н.П.
МЕРЗЛЯКОВ З.Г.
НЕСТЕРОВ В.И.
ЧЕРВЯКОВ С.А.

Редакционная коллегия:

АНДРЕЕВА Л.И.
ГАЛКИН В.И.
ГЛЕБОВ А.В.
ЕГОРОВ А.Н.
ЕДЫГЕНОВ Е.К.
ЖАБИН А.Б.
ЗЫРЯНОВ И.В.
КАРТАВЫЙ Н.Г.
КРАСНИКОВ Ю.Д.
КУЛАГИН В.П.
МАХОВИКОВ Б.С.
МИКИТЧЕНКО А.Я.
МЫШЛЯЕВ Б.К.
ПЕВЗНЕР Л.Д.
ПЛЮТОВ Ю.А.
ПОДЭРНИ Р.Ю.
САВЧЕНКО А.Я.
САМОЛАЗОВ А.В.
СЕМЕНОВ В.В.
СТАДНИК Н.И.
СТРАБЫКИН Н.Н.
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.
ХОРЕШОК А.А.
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

Редакция:

ДАНИЛИНА И.С.
КАРТАВАЯ Н.В.

Телефоны редакции:

(499) 269-53-97, 269-55-10

Факс (499) 269-55-10

E-mail: gma@novtex.ru

<http://novtex.ru/gormash>

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Андреева Л.И., Лапаева О.А. Технология ведения горных работ и производство техники для горно-добывающей промышленности. 2

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Хорешок А.А., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю., Дрозденко Ю.В., Прейс Е.В., Рябов В.Е. Систематизация узлов проходческого комбайна СМ-130К по наработкам. 11

ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

Савченко А.Я. Анализ производительной работы одноковшовых экскаваторов на основе показателей качества 15

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. АВТОМАТИЗАЦИЯ

Кузьмин С.В., Зыков И.С., Майнагашев Р.А., Ящук К.П. Анализ аварийности в системе электроснабжения 6-10 кВ горно-металлургических предприятий Сибири 23
Гринберг Я.П., Соловьев В.С. Оптимизация параметров механической характеристики электродвигателей угольных комбайнов 25

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Картавый А.Н. Ресурсосберегающие принципы конструирования технологических вибрационных машин. 28

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Кобзов Д.Ю., Ереско С.П. Методика определения эксцентриситета в опорах крепления гидроцилиндров 38
Петров В.Л. Новый класс математических моделей электромеханических систем горных машин 44

ГОРНЫЙ ТРАНСПОРТ

Галкин В.И., Шоджааталхоссейни А. Установление рациональной геометрической формы роликоопор линейных секций мощных ленточных конвейеров 50
Хорешок А.А., Стенин Д.В., Костюк С.Г., Стенина Н.А. Влияние степени загрузки карьерных автосамосвалов на себестоимость транспортирования горной массы 54

Читатели



Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

УДК 621.316.542.027: 622.012

С.В. Кузьмин, канд. техн. наук, И.С. Зыков, Р.А. Майнагашев, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, К.П. Ящук, гл. энергетик, ОАО "РУСАЛ-Ачинск"

Анализ аварийности в системе электроснабжения 6–10 кВ горно-металлургических предприятий Сибири

Выполнен анализ аварийности в системах электроснабжения 6–10 кВ горно-металлургических предприятий на базе алюминиевых заводов и угольных разрезов, расположенных в Сибири. Установлено, что на современном этапе основной причиной повышения аварийности являются коммутационные перенапряжения, а наиболее поврежденными элементами – высоковольтные электродвигатели и разделки кабелей. Показано, что комплексное использование низкоомного заземления нейтрали сети 6–10 кВ совместно с RC-газителями позволит значительно снизить число однофазных замыканий на землю.

Ключевые слова: горно-металлургические предприятия, система электроснабжения, аварийность, коммутационные перенапряжения, однофазное замыкание на землю, электродвигатель, кабель, нейтраль сети, RC-газитель, нелинейный ограничитель перенапряжений.

S.V. Kuzmin, I.S. Zykov, R.A. Mainagashev, Siberian Federal University, K.P. Yatschuck, the Open Joint Stock Company "Rusal-Achinsk"

The Analysis of the Accident Rate in the System of Supplying the Mining and Metallurgical Enterprises of Siberia with the 6-10 kV Electric Power

There was analyzed the accident rate in the systems of supplying the mining and metallurgical enterprises with the 6–10 kV electric power. The analysis was carried out on the basis the aluminum producing plants and coal open pit mines situated in Siberia. It is established that at present the main cause of increasing the accident rate is the commutation overvoltage. And the most damaged things are high-voltage electric motors and cable terminations. It is shown that the complex utilization of the neutral wire of the 6–10 kV circuit in combination with the RC circuits, will allow to considerably decrease the number of single-phase short circuits on the ground.

Keywords: mining and metallurgical enterprises, power supply system, accident rate, commutation overvoltage, single-phase short circuits on the ground, electric motor, cable, circuit neutral wire, RC circuits, non-linear overvoltage limiter.

Анализ аварийности в системах электроснабжения 6–10 кВ горно-металлургических предприятий (ГМП) был выполнен на базе угольных разрезов и металлургических алюминиевых заводов Красноярского края, Иркутской и Кемеровской областей и охватил период с 2002 по 2008 г.

Отличительной чертой данного периода является глубокая модернизация систем электроснабжения 6–10 кВ. Особенностью данной модернизации является замена масляных выключателей на вакуумные выключатели. Широкое внедрение вакуумных выключателей на угольных разрезах и металлургических заводах с одной стороны снизили затраты на обслуживание парка выключателей, а с другой – аварийность в распределительных сетях 6–10 кВ по сравнению с 2000 г. возросла на угольных разрезах в 2,5 раза, а на металлургических заводах – в 1,5 раза. Таким образом, целью выполненных исследований

являлось определение основных причин повышения аварийности и выявление наиболее поврежденных элементов систем электроснабжения и технологического оборудования.

Обработка данных по аварийным отключениям в сетях 6–10 кВ угольных разрезов показала, что процентное соотношение между короткими замыканиями (КЗ), однофазными замыканиями на землю (ОЗЗ) и обрывом фаз следующая: 17, 66 и 14%. Для распределительных сетей 6–10 кВ алюминиевых заводов соотношение между вышеуказанными аварийными ситуациями следующее: 13, 80 и 4%. В 3% случаев тип аварии установить не удалось. Следовательно, основными видами аварий в сетях 6–10 кВ для горно-металлургических предприятий являются ОЗЗ.

Анализ показывает, что для угольных разрезов распределение ОЗЗ имеет резко выраженный сезонный характер. Наибольшее число ОЗЗ приходится на

май и сентябрь. Это связано с тем, что на угольных разрезах кабельные линии находятся на поверхности земли. В осенний и весенний периоды дневная температура положительная, влага заполняет микротрещины изоляции кабельных линий и электрооборудования. В ночное время температура опускается, как правило, ниже нуля градусов. Влага в микротрещинах превращается в лед, что сопровождается объемным расширением микротрещин. С повышением дневной температуры в микротрещинах снова образуется влага, но микротрещины обладают большим размером, следовательно, диэлектрическая прочность изоляции уменьшается и незначительные термические перегрузки, коммутационные или грозовые перенапряжения могут привести к электрическому пробое изоляции, т.е. к ОЗЗ.

В летний период количество ОЗЗ уменьшается, это связано с тем, что прекращается резкое изменение температуры в течение суток. Температура окружающей среды повышается, что приводит к эффекту "подсушивания кабеля", диэлектрическая прочность изоляции кабеля повышается, число ОЗЗ уменьшается.

В зимний период за счет низкой температуры окружающей среды изоляция кабельных линий имеет наибольшую диэлектрическую прочность, что способствует снижению числа ОЗЗ.

Для Ачинского глиноземного комбината и алюминиевых заводов распределение ОЗЗ в течение года имеет плавный характер с небольшим повышением числа ОЗЗ в мае—июне и сентябре—октябре. Это связано с тем, что основное количество кабельных линий уложено в специальных кабельных каналах или в траншеях. Поэтому в осенний и весенний периоды влияние резкого изменения температуры в течение суток на изоляцию кабельных линий сведено к минимуму.

Установлено, что удельный вес основных причин ОЗЗ до 2002 г. составлял: грозовые перенапряжения — 5 %, перенапряжения в режиме ОЗЗ, которые вызвали повторный пробой изоляции — 25 %, коммутационные перенапряжения (КП) — 10 %, естественное старение изоляции — 54 %, механические воздействия — 2 %, прочие причины — 4 %. В период с 2002 по 2008 г. удельный вес основных причин ОЗЗ сильно изменился; на грозовые перенапряжения приходится 4 %, перенапряжения при ОЗЗ составили 33 %, на КП приходится 38 %, естественное старение изоляции — 20 %, механические воздействия — 3 %, прочие причины — 2 %. Из указанных данных видно, что широкое внедрение вакуумных выключателей привело к росту ОЗЗ за счет КП. Число аварийных отключений, связанных с КП, возросло в 3,8 раза. Увеличение числа ОЗЗ за счет КП привело к росту повторных пробоев изоляции за счет перенапряжений в режиме ОЗЗ в 1,3 раза. Замена высоковольтных кабелей с длительным сроком эксплуатации на современные кабели из сшитого полиэтилена и на кабели с пластиковой изоляцией позволили снизить число ОЗЗ за счет естественного старения изоляции в 1,7 раза. Таким образом, на современном этапе модернизации и развития систем электроснабжения 6–10 кВ ГМП основной причиной ОЗЗ являются КП.

С внедрением вакуумных выключателей электрической пробой изоляции высоковольтных электродвигателей на угольных разрезах, Ачинском глиноземном комбинате и алюминиевых заводах происходит чаще в 6,5; 3,4 и 3 раза соответственно.

Трансформаторы более устойчивы к КП, поэтому электрической пробой изоляции происходит гораздо реже, чем у двигателей. Однако число трансформаторов, вышедших из строя из-за пробоя изоляции, за период после 2002 г. по сравнению с периодом до 2002 г. на указанных выше предприятиях увеличилось соответственно в 1,7; 2,1 и 1,4 раза. Кроме этого, внедрение вакуумных выключателей привело к увеличению числа электрических пробоев изоляции разделок кабелей и кабельных муфт в среднем в 3,6 раза.

Таким образом, наиболее повреждаемыми элементами являются высоковольтные электродвигатели и разделки высоковольтных кабелей.

До 2003 г. для ограничения КП широко использовались нелинейные ограничители перенапряжения (ОПН). Анализ эффективности защиты от КП с помощью данных устройств показывает, что средний срок эксплуатации ОПН на угольных разрезах составляет два с половиной месяца в летний и зимний периоды эксплуатации и полтора месяца в осенний и весенний периоды эксплуатации. На металлургических заводах средний срок эксплуатации составляет пять с половиной месяцев. Основной причиной выхода из строя ОПН является их низкая термическая устойчивость в режиме ОЗЗ. Установлено, что в момент дугового ОЗЗ в неповрежденных фазах сети кратность перенапряжений может колебаться в пределах от 2,6 до 3,6 [1]. Очевидно, если перенапряжения на неповрежденных фазах превышают порог срабатывания ОПН, внутреннее сопротивление ОПН резко снижается, что приводит к возникновению кратковременного двухфазного КЗ через землю. Если защита от ОЗЗ не отключает поврежденную линию, то, как правило, наступает термическое разрушение ОПН. Визуально термическое разрушение ОПН не определяется, так как внешний вид и геометрические размеры ОПН не изменяются. Следовательно, электропотребитель остается без средств защиты от КП.

Для повышения работоспособности ОПН в режиме ОЗЗ необходимо снизить перенапряжения в режиме дугового ОЗЗ. Наиболее эффективным способом ограничения перенапряжения в режиме ОЗЗ является использование заземления нейтрали сети через низкоомный резистор [2]. Величина резистора не должна превышать 600 Ом. В этом случае максимальная кратность перенапряжения в режиме дугового ОЗЗ не будет превышать значения 2,5, что позволит избежать возникновения двухфазных КЗ через ОПН. Кроме этого, наложение добавочного активного тока величиной от 8 до 12 А на емкостный ток ОЗЗ позволяет обеспечить высокую селективность токовых защит от ОЗЗ, которые в настоящее время широко используются в системах электроснабжения ГМП. Например, в системах электроснабжения алюминиевых заводов токовая защита от ОЗЗ используется в 87 случаях из 100.

Однако анализ аварийности электродвигателей, оснащенных ОПН и без них, показал, что использование ОПН для защиты электродвигателей от КП не дают должного эффекта, так как аварийность электродвигателей с ОПН и без них находится практически на одном и том же уровне. Поэтому для защиты электродвигателей от КП рекомендуется использовать трехфазные РС-гасители, основой которых являются РС-цепи, включенные по схеме "звезда с изолированной нейтральной точкой" [3].

Сотрудниками кафедры "Электрификация горно-металлургического производства" Сибирского федерального университета совместно с научно-производственным предприятием ООО "Рутас" был налажен серийный выпуск трехфазных РС-гасителей типа РС-6,6-0,25/50-УХЛ1. Данное устройство эксплуатируется на угольных разрезах Красноярского края, Иркутской и Кемеровской областей, на алюминиевых металлургических заводах Красноярска, Братска и Саяногорска. Опыт эксплуатации РС-гасителей в период с 2002 по 2008 г. показал, что из 460 электродвигателей, которые эксплуатируются совместно с РС-гасителями, до настоящего времени вышли из строя 12 электродвигателей мощностью от 630 до 1250 кВт. Выход электродвигателей из строя наблюдался за счет пробоя изоляции под рабочим напряжением, т.е. основной причиной являлись не КП, а ес-

тественное старение изоляции, так как средний срок эксплуатации электродвигателей превышал 25 лет.

Таким образом, для эффективного снижения аварийности в сетях 6–10 кВ ГМП необходимо совместное использование метода низкоомного заземления нейтрали сети и защитных устройств от КП, при этом средства защиты от КП должны подключаться к зажимам электродвигателей или трансформаторов, а для защиты электродвигателей от КП необходимо использовать РС-гасители.

Опыт эксплуатации комплексного использования РС-гасителей и низкоомного заземления нейтралей сетей 6–10 кВ на Ачинском глиноземном комбинате позволил за период с 2004 по 2007 г. снизить количество ОЗЗ в 3,5 раза, при этом выход из строя высоковольтных электродвигателей снизился в 5,5 раза.

Список литературы

1. Перенапряжения в сетях 6–35 кВ / Ф.А. Гиндуллин, В.Г. Гольдштейн, А.А. Дульзон, Ф.Х. Халилов. М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. Серов В.И., Шущий В.И., Ягудаев Б.М. Методы и средства борьбы с замыканиями на землю в высоковольтных системах горных предприятий. М.: Наука, 1985.
3. РС-ограничители и РС-гасители – устройства глубокого ограничения коммутационных перенапряжений в сетях 6–10 кВ / А.Ф. Гончаров, С.В. Кузьмин, В.В. Павлов, Р.С. Кузьмин, В.А. Меньшиков // Горное оборудование и электромеханика. 2005. № 3. С. 38–40.

УДК 621.001.4:622.232

Я.П. Гринберг, канд. техн. наук, В.С. Соловьев, канд. техн. наук, СПГИ (ТУ) им. Г.В. Плеханова

Оптимизация параметров механической характеристики электродвигателей угольных комбайнов

Обоснованы параметры оптимизации коэффициента демпфирования электро-механической характеристики электродвигателей механизма резания угольных комбайнов при работе на случайную нагрузку.

Ключевые слова: очистные комбайны, асинхронный электропривод, механическая характеристика, коэффициент демпфирования, оптимизация.

J.P. Greenberg, V.S. Soloviev, Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

Optimization of Parameters of the Mechanical Characteristic of Electric Motors in Coal Combines

Presented the results of researches smooth factor for electro-mechanical parameters of electric motors in cutting mechanism of coal combines at operation on stochastic loading.

Keywords: clearing combines, the asynchronous electric drive, the mechanical characteristic, coefficient of damping, optimization.

Асинхронный электродвигатель механизма резания угольного комбайна работает с резкопеременной нагрузкой на валу. График нагрузки носит случайный характер, обладает стационарностью и отве-

щает нормальному закону распределения [1]. На рабочей части механической характеристики асинхронный двигатель может быть представлен звеном второго порядка и в нормализованном виде переда-