

УДК 621.315.231:622.33.012.2



**А. М. БРЮХАНОВ,**  
доктор техн. наук  
(МакНИИ)



**Л. А. МУФЕЛЬ,**  
канд. техн. наук  
(МакНИИ)



**А. Б. КАЦ,**  
инж.  
(АО «Донецкая инжиниринговая  
группа»)



**А. А. ДУБинский,**  
канд. техн. наук  
(АО «Донецкая инжиниринговая  
группа»)

## Новая стратегия безопасности применения электроэнергии в шахтах

*Взрывонепроницаемая оболочка как вид взрывозащиты электрооборудования не имеет резервов по безопасности. Для повышения безопасности эксплуатации взрывобезопасного электрооборудования предложено ввести вторую линию защиты, основанную на выполнении безыскровой электрической части, устраняющей условия воспламенения метановоздушной смеси.*

В шахтных условиях поддержание заданных параметров взрывозащиты электрооборудования затруднено, так как требует периодического обслуживания и ремонта. Поэтому электрооборудование и кабели, выпускаемые для шахт, должны иметь такую конструкцию и электрическую часть, которые бы практически не требовали каких-либо предосторожностей во время эксплуатации. Они должны противостоять тяжелым природным шахтным условиям и любым неосторожным действиям человека, сохраняя при этом взрывопожаробезопасные свойства. Такая стратегия актуальна для решения проблемы безопасности применения электрической энергии в шахтах.

Цель статьи – обоснование требований и норм, регламентирующих разработку электрооборудования с системой технических мер безопасности, не допускающей формирования опасного искрения в электрической части и поражения людей электрическим током.

Обеспечение безопасности применения электрической энергии пока еще остается нерешен-

ной проблемой, поскольку в шахтах происходят взрывы, пожары и крупные аварии из-за искрения в системах электроснабжения, вызывающие гибель людей, разрушение горных выработок и оборудования.

Взрывонепроницаемая оболочка как вид взрывозащиты от воспламенения метана в выработках не обеспечена средствами автоматического контроля и защитного отключения в случае отклонения параметров взрывозащиты от нормированных требований. Вследствие этого электрооборудование необходимо периодически осматривать, а выявленные нарушения параметров взрывозащиты и другие отступления от заводской конструкции взрывобезопасного электрооборудования устранять [1].

На обслуживающий персонал возлагается большой объем работ по поддержанию электрооборудования с заданными параметрами взрывобезопасности [2]. Человек – обязательное функциональное (контролирующее и исполнительное) звено при выполнении таких работ. В силу природных и психофизиологических характеристик он способен допускать ошибки, а иногда выполнять несанкционированные действия. Нарушения такого рода классифицируют как человеческий фактор.

Взрывы и пожары, произошедшие за последние годы на шахтах «Дуванная» и «Суходольская-Восточная» ПАО «Краснодонуголь»,



в шахтоуправлении им. С. М. Кирова ГП «Макеев-уголь», на шахте «Краснокутская» ГП «Донбассантрацит», в ПАО «Шахтоуправление «Покровское», подтверждают, что причина их возникновения обусловлена человеческим фактором ввиду нарушения взрывонепроницаемости оболочек электрооборудования и возникновения при этом опасного искрения, контактирующего с газовой средой выработок.

Оценивая изложенное и учитывая, что взрывонепроницаемая оболочка как вид взрывозащиты при определенных нарушениях не может предупредить развития аварийной ситуации [3], предложена новая стратегия безопасности применения электрической энергии в шахтах, которая, наряду с взрывонепроницаемой оболочкой, предусматривает совокупность следующих решений: безыскровую электрическую часть, размещенную в электрооборудовании; контроль метана внутри взрывонепроницаемых отделений; информационно-диагностическую систему непрерывного контроля технического состояния электрооборудования. В этой стратегии также значимо повышение эксплуатационной надежности средств обеспечения взрывобезопасности, сохранения ими нормируемых параметров взрывозащиты на уровне требований «Правил безопасности в угольных шахтах» и других нормативных документов.

Безыскровая электрическая часть не допускает воспламенения метановоздушной смеси и базируется на следующих положениях:

- устранение условий для возникновения короткого замыкания (КЗ) внутри отделений электрооборудования путем выполнения специальных технических решений (жесткое крепление монтажных проводов, надежное крепление проводов в присоединительных зажимах, усиленная изоляция проводов, увеличение путей утечки и воздушных зазоров, предусмотрение защитной изоляции на нетоковедущих частях);
- изолирование токоведущих частей, в том числе в местах их подключения, перекрытие их изолирующими перегородками для невозможности прикосновения к ним человека и чтобы отсутствовала опасность поражения электрическим током;
- снижение температуры нагрева токоведущих частей за счет уменьшения токовой нагрузки в электрических цепях до 2/3 номинального значения;
- выполнение узлов и блоков, токоведущих шин и проводов с защитами от пыли, влаги и других факторов окружающей среды;
- выполнение силовых электрических цепей с использованием неискрящих блоков и узлов как в нормальном, так и в аварийном режимах;

- выполнение электрических цепей с пониженной токовой нагрузкой искробезопасными уровнями Ia.

Согласно ГОСТ 22782.3 и изложенным выше положениям безыскровую электрическую часть можно отнести к специальному виду взрывозащиты электрооборудования, с помощью которого устраняют искрение как источник воспламенения метановоздушной смеси и формируют вторую линию защиты от воспламенения и взрыва метана, образовавшегося в выработках шахт.

Кроме того, конструкция, схемно-технические решения, монтаж безыскровой электрической части должны быть такими, чтобы противостоять жестким шахтным условиям, неправильным и ошибочным действиям человека. Такой подход можно реализовать, если:

электрические защиты предусматривают чувствительными для распознавания возникающих повреждений в электросетях и чтобы они работали автоматически, без участия человека;

сложные, малоэффективные традиционные электромеханические блокировки заменить новыми, простыми в конструкции и действующими автоматически;

невозможно поражение человека электрическим током в случае прикосновения к токоведущим частям;

электрические цепи выполняют с параметрами, регламентирующими недопущение опасного нагрева (выше 85 °С согласно ГОСТ 24754);

электрооборудование имеет достаточную функциональную надежность и развитую диагностическую систему для автоматического определения возникающих отказов;

конструкцию взрывозащитных соединений электрооборудования выполняют устойчивой к механическим воздействиям;

в электрооборудовании применить специальный вид взрывозащиты на основе контроля содержания метановоздушной смеси внутри взрывонепроницаемых отделений с автоматическим отключением его при превышении нормируемого значения метана;

контроль электрических параметров электрооборудования осуществляют с поверхности шахты уполномоченные лица.

Рассмотрим некоторые положения по диагностике технического состояния электрооборудования.

Взрывы и пожары в шахтах происходят, как правило, во время ремонта, поиска отказов и обслуживания электрооборудования.

Коммутационные аппараты и другое электрооборудование не содержат встроенных средств диагностирования технического состояния и выделения воз-



никающих отказов. Отсутствие развитой диагностической системы и недостаточная надежность в работе выпускаемого электрооборудования вынуждают обслуживающий персонал нарушать заводскую конструкцию, чтобы осуществлять поиск отказов при включенном напряжении и открытой крышке взрывонепроницаемого отделения.

Технические средства диагностики должны обеспечивать поиск внезапных и параметрических неисправностей с глубиной диагноза, достаточной для определения возникающих отказов и причины неработоспособности. Поиск следует выполнять в процессе рабочего функционирования и в режиме «Проверка» (поиска возникающих отказов). В режиме «Проверка» отказы необходимо определять при рабочем напряжении и прямом включении в работу узлов и блоков. Подачу напряжения к нагрузке (отходящее присоединение) в данном режиме надо блокировать, а возникающие отказы определять без вскрытия взрывонепроницаемых отделений, ремонта электрической цепи и сложных переключений.

Внезапные отказы диагностируют, как правило, в процессе рабочего функционирования путем поузловой, поблочной и поэлементной оценки работоспособности (неработоспособности) электрической части оборудования. Параметрические отказы устанавливают по результатам оценки следующих измеряемых величин: сопротивления изоляции силовой цепи внутри изделия и в отходящем присоединении; напряжения на вводе и выводе изделия, а также на выходе источника питания собственных нужд; токопроводности (непрерывности цепи) межблочных линий связи; влажности и температуры нагрева воздуха внутри отделений.

В системе диагностирования предусматривают информационный дисплей, индицирующий показатели и величины, позволяющие обслуживающему персоналу оценивать техническое состояние изделия и определять возникающие отказы. Существенно, чтобы система диагностирования автоматически выделяла возникающие отказы и на информационном дисплее было сообщение о конкретной неисправности.

Важно, что в названной системе предусматривают блок с функцией «черного ящика», с помощью которого обеспечивается регистрация и хранение величин и параметров, характеризующих состояние электрической части и конструкции в реальном масштабе времени.

Основные параметры регистрации: текущее значение рабочего тока; время срабатывания электриче-

ских защит; уставка тока и чувствительность защиты от короткого замыкания (в коммутационных аппаратах); содержание метана внутри взрывонепроницаемых отделений; возникающие отказы; сопротивление изоляции силовой цепи; влажность и температура воздуха внутри отделений; открытая крышка взрывонепроницаемых отделений.

С учетом тенденции централизации сведений в специальных пунктах в электрической части формируют сигналы, характеризующие техническое состояние изделия для передачи их по специальному каналу (например, интерфейс RS485) данных в другие удаленные места (диспетчеру на поверхности и т. д.). Этот канал также может быть использован для контроля параметров безопасности электрооборудования уполномоченными лицами с поверхности шахты.

Разработка новой стратегии неразрывно связана с реализацией требований ГОСТ 22782.7, который регламентирует применение взрывозащиты вида «е», ГОСТ 22782.3, относящегося к использованию специального вида взрывозащиты, ГОСТ 22782.5, содержащего требования к обеспечению искробезопасности электрических цепей.

Положения статьи учтены в техническом задании на безыскровой взрывобезопасный пускатель.

**Выводы.** Предложенная стратегия безыскрового электрооборудования гарантирует защиту от взрывов и пожаров как при нарушении параметров взрывозащиты оболочки, так и при любых других видах повреждений, включая незакрытую крышку взрывонепроницаемого отделения. Впервые в электрооборудовании предусмотрены запасы по безопасности, выполняемые одновременно следующими независимыми видами взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка, безыскровая электрическая часть, контроль метана внутри отделений. Безопасность применения электрической энергии также достигается за счет предусмотрения развитой информационно-диагностической системы и контроля параметров безопасности с поверхности шахты уполномоченными лицами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила безопасности в угольных шахтах:* НПАОП 10.0-1.01-10. – Офиц. изд. – К.: Охрана труда, 2010. – 431 с.
2. *Ихно А. Г.* Безопасность эксплуатации шахтного участкового электрооборудования / А. Г. Ихно. – М.: Госгортехиздат, 1963. – 56 с.
3. *Каймаков А. А.* Взрывобезопасность рудничного электрооборудования / [А. А. Каймаков, В. С. Торгашов, С. А. Песок и др.]. – М.: Недра, 1982. – 207 с.