

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.88.62.005

УДК 621.315.22

© М.В. Гришин, 2020

М.В. ГРИШИН

канд. техн. наук,
ведущий научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: mvgrishin@gmail.com



СТАНДАРТЫ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В статье приведен обзор разработанных стандартов по безопасности шахтных электроустановок, связанных с вопросами эксплуатации защитного заземления, электрических защит и силовых кабелей в подземных выработках. Рассмотрены перспективы применения и использования стандартов.

Ключевые слова: ШАХТНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ, ШАХТНЫЕ ГИБКИЕ КАБЕЛИ, СТАНДАРТЫ.

Шахтные электроустановки, представляющие собой совокупность взрывозащищенного электрооборудования и кабельных сетей, эксплуатируются в специфических условиях подземных выработок при возможном наличии взрывоопасной метановоздушной среды вместе с угольной пылью. Поэтому, кроме традиционной защиты от поражения током, особое значение для электроустановок в шахте имеет предотвращение возникновения источника воспламенения. Это подтверждается и результатами расследования крупных аварий последнего времени, в которых электрооборудование, особенно кабели, ча-

сто рассматриваются в качестве потенциальных источников опасного искрения или перегрева. Всего взрывы метана в 50 % случаев происходят от действия электрического тока.

В связи с этим в АО «НЦ ВостНИИ» в последние годы разработан ряд стандартов по электробезопасности (рис. 1), которые дополняют существующие нормативные документы. Основой работы являются идеи и направления ранее выполненных научных исследований, которые и сейчас не утратили своей перспективности и актуальности. Кроме того, большое значение имеет опыт участия в расследованиях аварий и проведения



Рис. 1. Система стандартов по безопасности шахтных электроустановок

сертификаций и экспертиз нового оборудования. Стандарты разрабатывались исходя из основных целей и принципов стандартизации [1], а именно:

- внедрение передовых технологий;
- повышение уровня безопасности;
- обеспечение соответствия современному уровню развития науки, техники и технологий, передовому отечественному и зарубежному опыту.

Для повышения безопасности применения электроэнергии в шахте необходимо, прежде всего, надежное и эффективное выполнение защитного заземления. В связи с этим общая направленность разработанного стандарта ГОСТ 28298–2016 [2] заключается в необходимости создания системы уравнивания потенциалов. Для этого все оболочки и наружные металлические части электрического оборудования, металлокрепь должны быть электрически соединены между собой и присоединены к заземляющему проводнику (отдельный внешний проводник или заземляющая жила кабеля). Таким образом, кроме защиты от поражения, заземление в шахте должно иметь цель — уменьшить вероятность искрений во взрывоопасной среде за счет надежной электрической связи всех металлических частей.

Большое значение имеет использование естественных заземлителей. Проведенные АО «НЦ ВостНИИ» исследования позволили широко применять в качестве местных заземлителей металлические элементы крепи. Установлено, что металлическая решетка анкерной крепи, плотно поджатая к кровле опорными плитами (швеллерами, спецпрофилем), образует общее заземляющее устройство, имеющее низкое сопротивление заземления за счет большой площади контакта с горными породами на протяжении всей выработки. Выполнение заземления предложенным способом не только повышает уровень электробезопасности, но и снижает трудоемкость работ. Особенно эффективно такое выполнение заземления в высокопроизводительных забоях при частых перемещениях трансформаторной подстанции, когда прихо-

дится постоянно бурить шпуров под местные заземлители.

Важную роль заземление играет и для предотвращения электростатических разрядов, т. к. изолированный незаземленный проводник может приобрести заряд и вызвать опасное искрение. Большое значение имеет единая система заземления и уравнивания потенциалов и для предотвращения воздействий импульсов внешних перенапряжений от замыканий в сети и разрядов молнии на поверхности.

Эффективность защитного действия заземления определяется, в первую очередь, постоянным контролем непрерывности цепи заземления. Благодаря широкому применению на шахтах для питания участковых подстанций высоковольтных кабелей с заземляющей и вспомогательной жилами, в стандарте предложен контроль непрерывности заземляющей жилы этих наиболее протяженных кабелей.

С целью систематизации требований национальных и международных нормативных документов, опыта эксплуатации электрооборудования и результатов расследования аварий был разработан ГОСТ 33968–2016 [3], основные положения которого заключаются в следующем.

1. В шахтных электрических сетях системы ИТ (нейтраль, изолированная от земли или заземленная через сопротивление) должно производиться автоматическое отключение питания при снижении сопротивления изоляции электрооборудования или первом замыкании на землю.

2. В стандарте установлены нормы сопротивления срабатывания устройств постоянного контроля изоляции и сопротивлений срабатывания устройств, блокирующих подачу напряжения после замыкания.

3. Параметры выходных цепей устройства блокировки должны быть искробезопасными с учетом емкости присоединенного кабеля.

4. Достоверная проверка изоляции может быть осуществлена только повышенным напряжением, то есть проверкой ее электрической прочности. В связи с этим, для участ-

кового электрооборудования напряжения 3,3 кВ следует проводить диагностическое высоковольтное тестирование, которое заключается в кратковременной подаче через высокоомный резистор фазного напряжения. При этом необходим газовый контроль в выработках, в которых расположены кабели и электрооборудование.

5. Для рудничных аккумуляторных электровозов, исходя из результатов расследования аварий, кроме предварительной индикации о критическом состоянии сопротивления изоляции следует производить автоматическое отключение питания при снижении сопротивления изоляции аккумуляторной батареи ниже 5 кОм.

6. Проверку изоляции и поиск поврежденных кабелей и силового электрооборудования допускается проводить устройствами с импульсным напряжением. Импульсное напряжение имитирует перенапряжения, возникающие при коммутациях в шахтных сетях, и позволяет эффективно определять повреждения в изоляции.

Стандарт ГОСТ Р 58585–2019 [4] разработан на основе существующих «Нормативов по безопасности забойных машин, комплексов и агрегатов» и вызван необходимостью нового подхода к некоторым техническим решениям, а также переосмыслением ряда требований с учетом значительного развития электронных и электрических систем. Стандарт включает требования безопасности к системам электроснабжения и управления механизированными комплексами, очистными и проходческими комбайнами, бурильными станками.

Значительное внимание при разработке стандартов уделено наименее защищенным элементам шахтного электрооборудования — кабелям. Методы ГОСТ Р 58718–2019 [5] позволяют оценить безопасность применения гибкого шахтного кабеля в случае его повреждения. По методам стандарта кабель при испытании на раздавливание должен обеспечивать отключение под действием электрических защит до повреждения с опасным открытым искрением (более подробно об этом в статье [6]).

Разработка данного стандарта обусловлена появлением в 2016 г. пункта 417 ПБ в угольных шахтах, предписывающего заменять гибкие кабели, которые при раздавливании должны отключаться «до повреждения изоляции основных жил и возникновения короткого замыкания». После этого изготовители кабелей и аппаратуры значительно перестроились под требования ПБ, а именно на выпуск гибких кабелей только с металлической броней в качестве контролирующего проводника. Однако практического приемлемого решения достигнуто так и не было. Требование пункта 417 ПБ «до повреждения изоляции» значительно ограничивает применение других более гибких и надежных экранированных кабелей, способных обеспечить отключение существующей защитой, например, кабелей Type 7 по Британскому стандарту BS 6708 с однослойной оболочкой из прочной и гибкой резины, которые эффективно применялись на шахтах Кузбасса в комплексах «Joy».

Выходом в данной ситуации может стать завершение разработки Изменения № 1 Регламента ТР ТС 012/2011, в котором будут установлены в том числе и требования к шахтным кабелям и защитной аппаратуре по обеспечению опережающего отключения при повреждении кабеля с целью предотвращения воспламенения рудничного газа и пыли. Уровень выполнения данного требования регламента во многом будет определяться совершенствованием конструкции и материалов гибких шахтных кабелей и подтверждаться методами испытаний. Для этой цели как раз и разработан ГОСТ Р 58718–2019, который сейчас внесен в проект перечня стандартов, подтверждающих требования регламента ТР ТС 012/2011. В АО «НИКИ» и ООО «Томск-кабель» созданы стенды в соответствии с новым стандартом.

При эксплуатации в шахте кабели сами по себе редко выходят из строя по причине электрического старения. В основном происходит механическое повреждение, в первую очередь, защитной оболочки кабеля. Если кабель не будет качественно и своевременно

отремонтирован, то уже в дальнейшем при повреждении изоляции жил (например, ударом обрушившегося куска породы) может возникнуть опасное открытое электрическое искрение.

Для ремонта шахтных гибких кабелей с резиновой изоляцией и оболочкой до недавнего времени наиболее приемлемым считался способ горячей вулканизации комплектами починочных резин. Проведение вулканизации возможно непосредственно в шахте с помощью взрывобезопасных вулканизаторов, но качественно эту работу может провести только опытный персонал и лучше в чистом и сухом помещении на поверхности шахты. Вместе с тем, за последние годы в конструкциях гибких кабелей расширяется применение полимерных материалов, обладающих повышенными электрическими и механическими свойствами по сравнению с резинами. Однако ремонт, например, оболочек кабелей из термопластического полиуретана посредством горячей вулканизации и комплектами сырой резины не представляется возможным из-за низкой адгезии между материалами.

В связи с этим, совместно с компанией «3М Россия» разработан ГОСТ Р 58717–2019 [7], в котором преимущественно рассматриваются более универсальные и эффективные методы ремонта шахтных кабелей на основе применения самовулканизирующихся лент, трубок холодной усадки и заливных компаундов с высокой адгезией к любым современным типам оболочек кабелей, чего не всегда удается достичь посредством традиционной вулканизации. Кроме этого, отсутствие источников высокой температуры при

данных технологиях позволит безопасно и эффективно проводить ремонт кабелей непосредственно в подземных выработках шахт.

Разработанные стандарты для шахтных электроустановок могут иметь следующее применение.

1. Применение изготовителем продукции в случае публичного заявления стандарта в качестве обязательного согласно пункту 3 статьи 26 закона № 162-ФЗ [1]. Например, при признании ГОСТ Р 58717–2019 изготовитель комплектов починочным материалов для кабелей может производить маркировку продукции и документации знаком национальной системы стандартизации.

2. Подтверждение требований технического регламента ТР ТС 012/2011 «Оборудование для взрывоопасных сред» в соответствии с пунктом 2 статьи 26 закона № 162-ФЗ [1].

Следует отметить, что обязательные требования технического регламента касаются, прежде всего, безопасности. Однако эффективность применения шахтных электроустановок во многом определяется и другими важными параметрами, такими как надежность, работоспособность, качество и т. д. В связи с этим стандарты, наряду с соответствием требованиям технических регламентов, наиболее полно отражают условия для внедрения достижений науки и техники, инноваций, передовых технологий, знаний и решений. При этом несмотря на статус «добровольности», стандарты являются официальным документом, а процедура их разработки происходит на основе консенсуса между всеми заинтересованными сторонами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О стандартизации в Российской Федерации: федер. закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ.
2. ГОСТ 28298–2016. Заземление рудничных электроустановок. Технические требования и методы контроля. М.: Стандартинформ, 2017.
3. ГОСТ 33968–2016. Защита от сверхтоков и контроль изоляции рудничного электрооборудования. М.: Стандартинформ, 2017.
4. ГОСТ Р 58585–2019. Оборудование горно–шахтное. Общие требования безопасности к системам электроснабжения и управления. М.: Стандартинформ, 2019.
5. ГОСТ Р 58718–2019. Горное дело. Кабели гибкие шахтные. Методы проверки обеспечения опережающего отключения при раздавливании. М.: Стандартинформ, 2019.

6. Гришин М.В. Опережающее отключение шахтных гибких силовых кабелей при их повреждении // Вестник Научного Центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2019. № 2. С. 48–52.

7. ГОСТ Р 58717–2019. Горное дело. Ремонт и испытание шахтных силовых кабелей. Общие технические требования. М.: Стандартиформ, 2019.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.88.62.005

UDC 621.315.22

© M.V. Grishin, 2020

M.V. GRISHIN

Candidate of Engineering Sciences,

Leading Researcher

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: mvgrishin@gmail.com

SAFETY STANDARDS FOR MINE ELECTRICAL INSTALLATIONS

The article provides an overview of the developed safety standards for mine electrical installations related to the operation of protective grounding, electrical protections and power cables in underground operations. Prospects of application and use of standards are considered.

Keywords: SHAFT ELECTRICAL INSTALLATIONS, GROUNDING, INSULATION CONTROL, SHAFT FLEXIBLE CABLES, STANDARDS.

REFERENCES

1. On standardization in the Russian Federation: federal. law of June 29, 2015 No. 162-FZ. (In Russ.).
2. GOST 28298–2016. Earthing of mine electrical installations. Technical requirements and control methods. M.: Standartinform, 2017. (In Russ.).
3. GOST 33968–2016. Protection against overcurrent and insulation monitoring mine electric equipment. M.: Standartinform, 2017. (In Russ.).
4. GOST P 58585–2019. Mining equipment. General safety requirements for power supply and control systems. M.: Standartinform, 2019. (In Russ.).
5. GOST P 58718–2019. Mining. Flexible mine cables. Test methods for ensuring advance shutdown during crushing. M.: Standartinform, 2019. (In Russ.).
6. Grishin M.V. Advance shutdown of shaft flexible power cables when they are damaged // Bulletin of Scientific Center VostNII for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2019. No. 2. P. 48–52. (In Russ.).
7. GOST P 58717–2019. Mining. Repair and testing of mine power cables. General technical requirements. M.: Standartinform, 2019. (In Russ.).