

УДК. 622. 235. 32:658. 011. 54

Канд. техн. наук, *Ачеева Э. А.*,
д-р техн. наук, проф. *Шелехов П. Ю.*,
канд. хим. наук *Локьяева С. М.*,
канд. с.-х. наук, *Плиева М. Т.*

Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
г. Владикавказ, РСО-Алания, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ В ПНЕВМОПРОВОДЕ

В статье приведены результаты разработки бесконтактного метода регистрации электростатических явлений в зарядном шланге, которые позволяют повысить безопасность ведения взрывных работ на предприятиях горнодобывающей промышленности.

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей промышленности при ведении взрывных работ в подземных условиях эксплуатируется оборудование, работающее на принципах пневматического транспорта.

Пневматический способ транспортирования и заряжания взрывных скважин обеспечивает высокую экономическую эффективность за счёт повышения плотности заряжания шпуров и скважин, позволяет использовать дешёвые взрывчатые вещества (ВВ), отличающиеся малой чувствительностью к механическим воздействиям.

Однако пневматическому транспортированию и заряжанию россыпных ВВ при определённых условиях сопутствуют процессы электризации транспортируемого взрывчатого вещества и различных элементов пневмотранспортирующих систем. Отдельные наэлектризованные элементы этих систем (шланг с движущейся внутри аэровзвесью ВВ, зарядный аппарат, соединительные муфты и т. д.), являясь сосредоточенными источниками зарядов статического электричества, могут привести к преждевременному срабатыванию инициирующих устройств, вызвать

воспламенение пылевоздушных смесей ВВ или их компонентов. Параметры электростатических полей могут достигать значений, достаточных для возникновения искрового разряда с последующим воспламенением аэровзвеси ВВ и её детонации [1; 2].

Поток наэлектризованных частиц можно представить как движение электрических зарядов. Изменяющееся электрическое поле этих зарядов будет создавать эффект переменного магнитного поля в неподвижных обмотках электроприборов, находящихся вблизи пневмопровода. При этом характер исследуемого процесса не искажается присутствием в потоке наэлектризованных частиц каких-либо датчиков или зондов. В итоге, на основании взаимосвязи электрического поля потока гранулированных взрывчатых веществ в зарядном шланге и магнитного поля измерительной катушки был разработан бесконтактный метод регистрации электрических явлений, протекающих в шланге. На пневмопроводе была установлена высокочувствительная индукционная катушка типа измерительной, один конец которой был включён на вход электронного осциллографа (рис. 1).

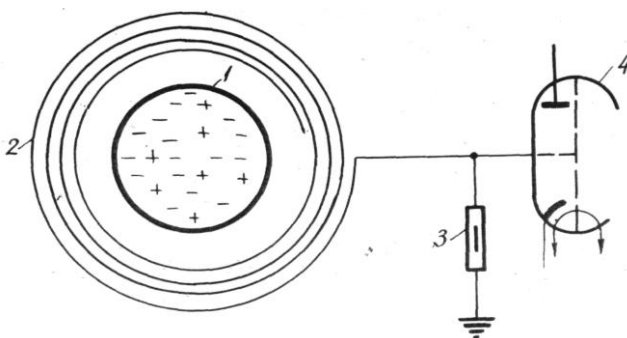


Рис. 1. Схема бесконтактного фиксирования электризации аэровзвеси ВВ в пневмопроводе.

1 – пневмопровод; 2 – измерительная катушка; 3 – сопротивление;
4 – входная лампа осциллографа.

Движущийся поток наэлектризованных частиц вызывал в катушке появление э.д.с. индукции, по изменению которой оценивался характер электризации. Явление э.д.с. индукции наблюда-

лось с момента работы пневмозаряжающей системы и продолжалось в течение всего периода транспортирования. Индуцированная э.д.с. исчезала через одну секунду после выключения заряжающего устройства. Некоторая задержка во времени может быть объяснена тем, что движение аэрозольного потока в силу инерционности не прекращается мгновенно с выключением подачи сжатого воздуха. В любом сечении пневмотранспортирующей магистрали суммарная величина этих зарядов различна. Изменяющееся электрическое поле таких зарядов может создавать эффект переменного магнитного поля в неподвижных обмотках электрических приборов, находящихся вблизи пневмопровода.

Бесконтактный метод исследования электризации позволяет изучить этот процесс в движении и во времени. Известно, что напряженность магнитного поля H в общем случае определяется выражением:

$$H = \frac{B}{\mu},$$

где B – магнитная индукция; μ – абсолютная магнитная проницаемость среды. В свою очередь, $B = \Phi/S$, где S – площадь, пересекаемая магнитным потоком « B ». Величина магнитного потока определяется потокосцеплением ψ и числом витков измерительной катушки. Параметры измерительной катушки обычно известны, именно они определяют S . Магнитная проницаемость μ также зависит от конструкции измерительной катушки. В конкретном случае, относительная магнитная проницаемость латунной ленты, из которой выполнены витки катушки, и материала их изоляции близки к единице. Поэтому в первом приближении можно принять

$$\mu_{\text{абс}} = \mu_0 \cdot \mu \approx \mu_0,$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

В итоге, данные, полученные в результате расшифровки осциллограмм, привели к выводу: электризация внутри провода имеет переменный вид, а это ведет к образованию областей с сосредоточением отрицательного заряда и положительного, что в свою очередь сопровождается искровым разрядом с выделением энергии электрического поля. Из осциллограмм видно, что разряды с проводящих элементов наэлектризованных поверхностей происходят через 0,12–0,3 секунд.

Следует отметить, что не существует достоверных критерильных величин минимальных энергий воспламенения аэровзвесей ВВ, сопоставление с которыми параметров электростатического поля наэлектризованного потока ВВ представило бы реальную картину возможности воспламенения аэровзвеси в случае возникновения электрической искры внутри пневмомагистрали.

Обработка осциллограмм, полученных бесконтактным методом, показала, что электризация аэровзвеси имеет знакопеременный пульсирующий характер, создавая условия для искровых разрядов внутри пневмопровода. Полученные осциллограммы показывают, что разряды с проводящих элементов наэлектризованных поверхностей происходят через 0,12–0,3 секунд (рис. 2).

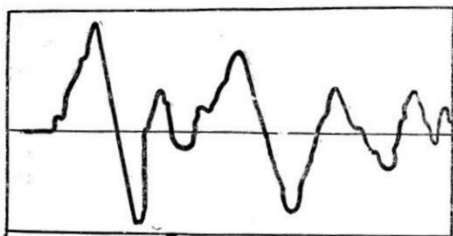


Рис. 2. Кривая тока, наведенного наэлектризованным потоком ВВ.

Указанная частота разрядов получена с электроёмкости 100 пФ, заряженной относительно земли до 10 кВ при транспортировании аммиачной селитры влажностью 0,1 % по диэлектрическому полиэтиленовому шлангу. Энергия искрового разряда определялась по электроёмкости и разности потенциалов наэлектризованных поверхностей, между которыми происходил разряд.

Как видно из рис. 2 пульсации идут из отрицательной в положительную часть и обратно, что подтверждает образование областей различных знаков внутри шланга. Суждение о степени

опасности электризации ВВ в процессе пневмотранспортирования можно сделать по двум обстоятельствам:

1. По значению текущего электрического заряда частиц и степени близости его к опасному значению с точки зрения возможности электрического пробоя среды в пневмомагистрале, имеющей заданную концентрацию мелкодисперсных частиц ВВ в газовой фазе;

2. По величине энергии, выделение которой возможно в искровом разряде (если последний произошел) и степени близости величины энергии к значению минимальной энергии воспламенения аэрозвеси ВВ или его компонентов.

Необходимость постановки вопроса о характере электризации ВВ в транспортируемом потоке вызвана невозможностью объяснения явления искрового пробоя внутри магистрала, опираясь на существующие представления этого процесса. Бесконтактный способ регистрации электрических явлений при транспортировании взрывчатых веществ позволяет оценить:

1. Степень электризации внутри пневмопровода по изменению магнитных характеристик в катушке;

2. Приближение электрического заряда к величине, близкой к пробойному значению, в результате чего выделяется энергия искрового заряда, которая идет на нагревание потока аэрозвеси до температуры воспламенения.

Таким образом, исследование бесконтактным методом процесса электризации в зарядном шланге позволяет изучить в динамике электризацию ВВ в его естественном виде при зарядании взрывных полостей и предотвратить воспламенение аэрозоли, приводящее к незапланированному срабатыванию электродетонаторов, которое провоцирует преждевременный взрыв.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ачеева Э. А., Шелехов П. Ю., Плиева М. Т.* Зависимость параметров электростатического поля в зарядном шланге от скорости транспортирования при пневмозарядании гранулированными ВВ // Уголь. 2013. № 8. С. 100–101.

2. *Шелехов П. Ю., Ачеева Э. А., Баликоева М. С.* Аналитические основы безаварийной технологии пневмозарядания взрывных полостей гранулированными взрывчатыми веществами // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 5. С. 275–279.