© Р.Ю. Толченкин, 2006

УДК 621.3.011.1

Р.Ю. Толченкин

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ИСКРОБЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА В РУДНИЧНЫХ ПЕРЕНОСНЫХ ПРИБОРАХ

Семинар № 21

Выделение метана и его гомологов в угольных шахтах создает возможность образования взрывоопасной среды в результате смешивания их с воздухом, ее воспламенения и взрыва, влекущего за собой тяжелые последствия. По этой причине там используется взрывозащищенное электрооборудование, которое в сравнении с аналогичным по функциональному назначению электрооборудованием в общепромышленном исполнении имеет более низкие технико-экономические показатели. Наиболее прогрессивное искробезопасное исполнение взрывозащищенного электрооборудования также в настоящее время полностью не решает эту задачу.

Целью данной работы является разработка способов обеспечения искробезопасности рудничных переносных приборов, позволяющих максимально приблизить их к общепромышленному исполнению и благодаря этому снизить габариты, вес, стоимость и повысить их конкурентноспособность в сравнении с зарубежными аналогичными приборами

Для реализации данного подхода требуется:

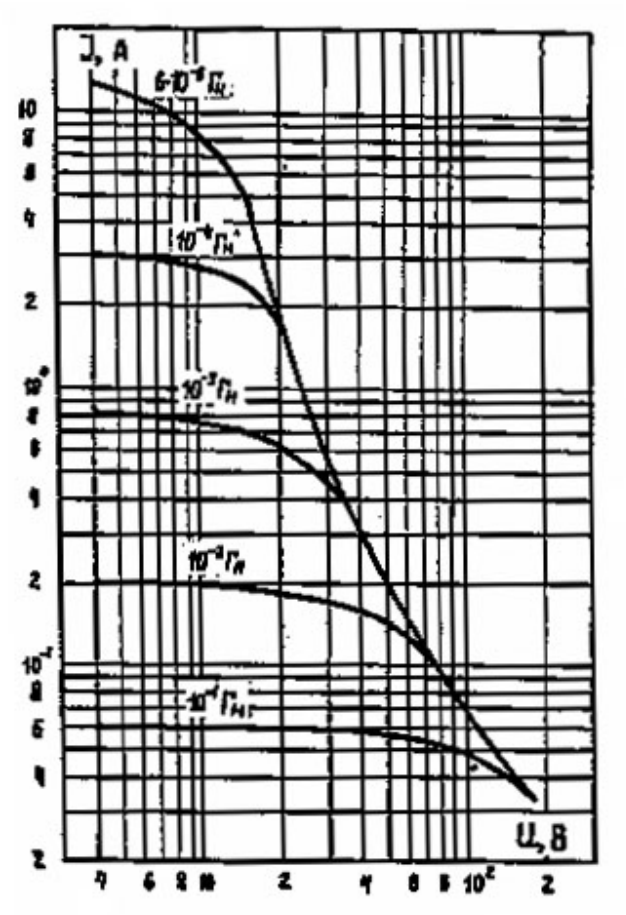
1. Разработать методику оценки искробезопасности химических источников тока без ограничительных элементов.

2. Используя данную методику оценить выпускаемые промышленностью химические источники тока, включая параллельное и последовательное их соединение, а также дать рекомендации заводам-изготовителям по обеспечению необходимых параметров их изделий для повышения эффективности использования их в переносных искробезопасных рудничных приборах.

3. Разработать методику оценки тел, нагреваемых химическим источником тока.

4. Разработать методы обеспечения искробезопасности реактивных нагрузок без искрогасящих шунтов.

Эта проблема как в России, так и за рубежом до настоящего времени не решена и действующие стандарты в области искробезопасности электрических цепей не содержат соответствующих материалов. Выполнение этой работы позволит повысить технико-эконо-мические характеристики переносных рудничных приборов. Кроме этого, выполнение этой работы будет инициировать у разработчиков искробезопасной аппаратуры стремление к миниатюризации приборов за счет умень-шения энергопотребления с помощью микроэлектроники, что приведет к дополнительному повышению их технико-экономических характеристик. В настоящее время эта мотивация практически отсутствует в виду невозможности снизить габариты источника питания с ограничительным сопротивлением.



Зависимости минимального воспламеняющего тока от э.д.с. источника питания и индуктивности цепи для водородо-кислородной (85% H_2 + 15% O_2) смеси.

В настоящее время наиболее полно изучены закономерности воспламенения взрывоопасных смесей электрическими разрядами, возникающими при размыкании омических и простых индуктивных цепей. Минимальный воспламеняющий ток в омических цепях имеет место при малых скоростях разведения контактов, а в простых индуктивных цепях – при больших скоростях разведения контактов. В работе [2] экспериментально установлены численные значения наиболее опасных скоростей разведения контактов в омических и простых индуктивных цепях применительно к метановоздушной смеси. Индуктивной с позиции искробезопасности следует считать не ту цепь, в которой содержится сосредоточенная индуктивность, а цепь, в которой в электрический разряд основная доля энергии поступает из индуктивности цепи. Одна индуктивность без взаимосвязи с другими ее параметрами не может характеризовать цепь. Например, цепь с индуктивностью порядка 10^{-7} Гн может быть индуктивной, а цепь с индуктивностью 1,0 Гн – безреактивной. Можно утверждать, что при любой индуктивности цепь может быть как безреактивной, так и индуктивной.

В этом случае все определяется комплексом всех ее параметров.

В начале в работе предстоит ответить на вопрос, что собой представляет с точки зрения искробезопасности электрических цепей химический источник тока.

В основе современной классификации искробезопасных электричес-ких цепей лежит предложенный В.С. Кравченко [1] признак – энергия, поступающая из элементов электрической цепи в электрический разряд. В омических цепях основная доля энергии поступает в электрический разряд из источника питания, в индуктивных – из индуктивного элемента, в емкостных – из емкости, а в смешанных – из источника питания и реактивных элементов цепи.

По характеристикам искробезопасности $I_в = f(L,E)$ (рисунок) омические цепи представлены правой граничной кривой. Все кривые, лежащие левее этой граничной кривой относятся к индуктивным цепям. При э.д.с. источника питания ниже минимального напряжения зажигания дуги, равного для пары контактов из кадмия и вольфрама 8 В, цепь может быть только индуктивной, так как электрические разряды при малой скорости разведения контактов будут невозможны. В качестве источника питания с э.д.с., превышающей минимальное напряжение зажигания дуги, химический источник тока может быть как индуктивной, так и омической цепью. Так как традиционно оценить на искробезопасность химический источник тока испытаниями во взрывной камере невозможно. Это вызвано, во-первых, тем, что при замыкании цепи имеет место значительный разряд батареи и невозможно при испытаниях обеспечить необходимое число искрений. Во-вторых, трудно во времени совместить начало размыкания цепи с достижением максимального тока в ней. В третьих, индуктивность химического источника тока на несколько порядков меньше индуктивности искрообразующего механизма и его присоединительных проводов, что приводит к тому, что мы будем испытывать взрывную камеру, а не химический источник тока. Поэтому единственным методом остается оценка с помощью характеристик искробезопасности $I_в = f(L,E)$. Применительно к активизированной водородокислородной смеси I категории взрывоопасности с помощью экспериментов получены характеристики искробезопасности $I_в = f(L,E)$ (рисунок). Для оценки на искробезопасность химического источника тока достаточно измерить его параметры (I, E, L), определяющие его воспламеняющую способность. Если э.д.с. источника питания легко измерить с помощью вольтметра, то определение тока короткого замыкания и его индуктивности представляют определенную сложность и требуется разработать методы их измерения. Установленные характеристики искробезопасности $I_в = f(L,E)$ необходимо дополнить аналогичными зависимостями при малых индуктивностях цепи и больших ее токах для распространения метода оценки искробезопасности на химические источники тока большей емкости и совместно с линией связи и индуктивными нагрузками.

Таким образом, в результате выполненной работы предложен метод оценки химических источников тока без ограничительных сопротивлений и намечены пути его развития в части совместного его рассмотрения с линией связи и реактивными нагрузками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравченко В.С.* Воспламеняющая способность электрического искрения. *Электричество, 1952, №9, с.21-28.*

2. *Ерыгин А.Т., Трембицкий А.Л., Яковлев В.П.* Методы оценки искробезопасности электрических цепей. – М.: Наука, 1980.- 144 с.

Коротко об авторах

Толченкин Роман Юрьевич - аспирант ИПКОН РАН.

© А.Т. Ерыгин, А.Ю. Охапкин, 2006

УДК 621.3.011.1

А.Т. Ерыгин, А.Ю. Охапкин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ ПО КАТЕГОРИЯМ ВЗРЫВООПАСНОСТИ

Семинар № 21

При воспламенении взрывоопасных смесей рассматриваются два источника воспламенения (механизма): высокотемпературный и низкотемпературный. К высокотемпературным источникам воспламенения относятся электрический разряд, пламя и нагретые тела малого размера. К низкотемпературным источникам воспламенения – нагретые поверхности. Из двух механизмов воспламенения наиболее важным считается признанный еще в 1914 году механизм воспламенения от электрического разряда. Результатом многочисленных исследований явились характеристики искробезопасности, полученные для смесей представительных газов с воздухом для стандартного искрообразующего механизма. Конструкторы взрывозащищенного электрооборудования использовали эти зависимости с учетом факторов безопасности для разработки искробезопасной аппаратуры. На практике все смеси горючих газов и паров жидкостей с воздухом разделены на 4 категории и для каждой категории выбран представительный газ. Такая классификация облегчает процесс конструирования и испытания взрывозащищенного электрооборудования. Взрывозащищенное электрооборудование может использоваться для всей группы газов и паров жидкостей в пределах данной категории. В соответствии с этой классификацией [1] все четыре категории взрывоопасных смесей приведены в табл.1 и 2. В качестве классификационных параметров используются БЭМЗ (безопасный экспериментальный максимальный зазор) и соотношение минимальных воспламеняющих токов (МТВ). Для того, чтобы оценить и классифицировать неизвестную взрывоопасную смесь, достаточно определить с помощью экспериментов один из основных классификационных параметров: БЭМЗ или соотношение МТВ.

Для правильного решения этой задачи необходимо установить связь между этими параметрами. Для этих целей необходимо будет в стандарте [1] внести дополнение по стандартизации условий определения минимальных воспламеняющих токов для установления соотношения МТВ. Например, использование стандартного искрообразующего механизма I-типа [2] при коммутации электрической цепи постоянного тока при E = 24В и L = 0,1 Гн при установленном значении вероятности воспламенения.

Представительные взрывоопасные смеси (табл. 1 и 2) выбирались для испытаний взрывозащищенного электрооборудования исходя из условия, что они являются одной из наиболее легко воспламеняемой смесью своей категории.

Таблица 1

Категория смеси	Границы категории	Представительный газ (мм БЭМЗ)
I	Более 1	Метан (1,14 мм)
IIA	Более 0,9	Пропан (0,92 мм)
IIB	Более 0,5 до 0,9	Этилен (0,65 мм)
IIC	До 0,5	Водород (0,28 мм)

Таблица 2

Категория смеси	Границы категории	Представительный газ (Соотношение МТВ)
I	Более 0,9	Метан (1,0)
IIA	Более 0,8	Пропан (0,81)
IIB	Более 0,44 до 0,8	Этилен (0,57)
IIC	До 0,44	Водород (0,25)

Во-вторых, это наиболее распространенные газы, их легко достать и с ними удобно работать при проведении испытаний. Основным же доводом для их выбора было то, что применительно к ним получены многие исходные данные, необходимые для проведения сертификационных испытаний на взрывозащищенность электрооборудования. Однако такой подход имеет и свой недостаток. Представительная взрывоопасная смесь не всегда находится на нижней границе своей категории, что влечет дополнительные сложности при проведении испытаний взрывозащищенного электрооборудования. Наиболее хорошо это решено для категории взрывоопасности IIC, так как более легко воспламеняемой смеси, чем водородовоздушная смесь, нет. Имеет место более легко воспламеняемая водородокислородная смесь, но она не классифицируется среди воздушных смесей. БЭМЗ пропановоздушной смеси равен 0,92 мм при нижней границе категории IIA, равной 0,9 мм. В данном случае также можно утверждать, что представительная смесь практически находится на нижней границе категории взрывоопасности. Сложнее дело предстоит с категорией взрывоопасности IIB. БЭМЗ этиленовоздушной смеси равен 0,65 мм при нижней границе категории IIB, для которой БЭМЗ равен 0,5 мм. При принятых коэффициентах безопасности при испытаниях взрывозащищенного электрооборудования необходимый уровень безопасности может быть обеспечен только применительно к взрывоопасным смесям, находящихся на уровне этиленовоздушной смеси и выше. Для взрывоопасных смесей, находящихся в диапазоне БЭМЗ от 0,5 мм до 0,65 мм, регламентируемый коэффициент безопасности не обеспечивается. Для того, чтобы были правомерны результаты испытаний на этиленовоздушной смеси распространить на взрывоопасные смеси всей категории взрывоопасности IIB, коэффициент безопасности при испытании оболочек на взрывонепроницаемость был увеличен с 1,42 до 1,85, где 1,42x1,3 = 1,85. Однако при испытаниях на искробезопасность электрических цепей, на электростатическую искробезопасность и на взрывобезопасность нагретых тел малого размера коэффициенты безопасности до настоящего времени не увеличены, что не

обеспечивает необходимой достоверности результатов выполненных испытаний.

Для первой категории нижняя граница определена в 1,0 мм БЭМЗ при БЭМЗ представительной метановоздушной смеси, равной 1,14 мм. Следовательно, испытания в метановоздушной смеси не позволяют обеспечить необходимый коэффициент безопасности при оценке взрывонепроницаемости оболочек, искробезопасности электрической цепи, электростатической искробезопасности и взрывобезопасности нагретых тел малого размера. Таким образом, из-за того, что представительные смеси не находятся на нижней границе своей категории взрывоопасности, возникают проблемы, которые могут быть решены одним из двух ниже перечисленных путей:

1) изменением границ категорий взрывоопасности (I и IIB), с тем, чтобы представительные взрывоопасные смеси находились на нижней границе;

2) увеличением коэффициента безопасности в 1,14 раза для I категории и в 1,3 раза для IIB категории при оценке взрывонепроницаемости оболочек, искробезопасности электрической цепи, электростатической искробезопасности и взрывобезопасности нагретых тел малого размера. При этом следует иметь в виду, что аналогичная задача применительно к оценке взрывонепроницаемости оболочек для категории IIB уже выполнена.

Выполненный анализ показал, что для категории взрывобезопасности IIB целесообразно изменить нижнюю границу, заменив значение ее БЭМЗ с 0,5 мм до 0,65 мм. При этом для данной категории взрывоопасности коэффициенты безопасности при всех четырех видах испытаний будут одинаковыми с действующими в настоящее время для категорий взрывоопасности IIA и IIC. В этом случае как для ранее сертифицированного электрооборудования, так и сертифицированного в соответствии с новой классификацией взрывоопасных смесей по категориям взрывоопасности применительно к категориям взрывоопасности IIB и IIC будут соблюдены для всех видов испытаний регламентированные значения коэффициентов безопасности. Следовательно, не придется менять маркировку взрывозащиты ранее сертифицированного электрооборудования для подгруппы IIB, а наоборот по области применения оно будет приведено в соответствие с ранее выполненными испытаниями. В методы испытаний необходимо будет внести только одно изменение, касающееся испытаний на взрывонепроницаемость оболочек, а именно, коэффициент безопасности должен быть изменен с 1,85 до 1,42 как это имеет место в случае подгрупп электрооборудования IIA и IIC. При этом состав активизированной взрывоопасной смеси должен соответствовать коэффициенту безопасности, равному 1,42.

В случае I категории взрывоопасности изменить значение БЭМЗ нижней границы с 1,0 мм до 1,14 мм невозможно, так как нижняя граница для первой категории выбиралась из учета того факта, в рудничную атмосферу кроме метана всегда выделяются его гомологи, которые в смеси с воздухом более легко воспламеняемы в сравнении с метановоздушной смесью. Принятая нижняя граница I категории взрывоопасности позволяет охватить приктически все угольные шахты. В этом случае для обеспечения такого же уровня испытаний, как и для электрооборудования группы II, необходимо коэффициенты безопасности при всех четырех видах испытаний (на взрывонепроницаемость оболочек, на искробезопасность электрических цепей, на электростатиче-

скую искробезопасность и на взрывобезопасность нагретых тел малого размера) увеличить в 1,14 раза. Такое изменение в классификации взрывоопасных смесей позволит для каждого вида испытаний для всех категорий взрывоопасности обеспечить одинаковый уровень и регламентируемый коэффициент безопасности.

Заключение

Современная классификация взрывоопасных смесей по категориям взрывоопасности характеризуется тем, что не для всех категорий представительные смеси находятся на нижней ее границе, что не позволяет для всех взрывоопасных смесей в пределах своей категории обеспечить регламентируемый коэффициент безопасности и объективность проведенных испытаний на взрывозащищенность электрооборудования. Данный недостаток может быть устранен путем корректировки современной классификации взрывоопасных смесей по категориям взрывоопасности путем изменения нижней границы категории взрывоопасности IIB с 0,5 мм значения БЭМЗ до 0,65 мм или увеличением коэффициентов безопасности в 1,14 раза для I категории при оценке взрывонепроницаемости оболочек, искробезопасности электрических цепей, электростатической искробезопасности и взрывобезопасности нагретых тел малого размера. Выполненная корректировка современной классификация взрывоопасных смесей по категориям взрывоопасности позволит для каждого вида испытаний для всех категорий взрывоопасности обеспечить одинаковый уровень и регламентируемый коэффициент безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51330.11-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам. Введ. от 01.01.00. -М.: Изд-во стандартов, 2000. - 10 с.

2. ГОСТ Р 51330.10-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь i. Введ. от 01.01.00. -М.:Изд-во стандартов, 2000. - 117 с.

Коротко об авторах

Ерыгин А.Т. – профессор, доктор технических наук,
Охапкин А.Ю. – кандидат технических наук,
ИПКОН РАН.