

УДК 614.841.332

**Ю. В. КУДИНОВ**, д-р техн. наук, зав. отд., МакНИИ, г. Макеевка,  
**О. Я. СОЛЁНАЯ**, аспирант ДВНЗ «ДонНТУ», г. Донецк

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

*Разработаны основные принципы применения новых технических решений для обеспечения взрывопожаробезопасности низковольтных электрических сетей.*

**Ключевые слова:** загазирование, метановоздушная смесь, низковольтная электрическая сеть, искробезопасное коммутационное устройство, взрывопожаробезопасность.

Согласно статистическим данным, на протяжении 2011 года в Украине произошло 66 чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с пожарами и взрывами. В результате этих аварий в угольных шахтах погибло 82 человека, а в жилых домах 133 человека. Большинство чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с пожарами и взрывами, приходится на Донецкую и Луганскую области, где расположена основная часть шахт и предприятий горной промышленности Украины [1].

Один из основных источников поджигания при авариях – наличие электрического искрения при коммутации в электрических сетях. Поэтому совершенствование электрических коммутационных устройств является актуальной задачей.

При подземной разработке газоносных угольных пластов выделение метана происходит не только в горные выработки, но в отдельных случаях и на земную поверхность, в жилые и производственные помещения. Накапливаясь, он вызывает их загазирование, что сопряжено с опасностью воспламенения образующейся метановоздушной смеси и, как следствие, может привести к взрыву.

Этот процесс происходит при наличии источников метана и каналов для его миграции к поверхности. Отечественные и зарубежные специалисты причинами выделения метана считают горные работы, нарушающие естественное равновесие системы «метан-уголь», осушающие тектонические трещины и вызывающие образование в подработанном горном массиве системы эксплуатационных трещин [2].

Основным путем движения метана к поверхности считаются: осушенные в результате ведения горных работ трещины водоносных пород; трещины во вмещающих породах, образующиеся в результате подработки; ликвидированные вертикальные и наклонные выработки, имеющие выход на поверхность; незатампонированные буровые скважины; осушенные трещины тектонических разрушений [3].

Следовательно, на поверхности метан попадает в электрифицированные помещения или жилые дома, расположенные на шахтном отводе, поэтому существует риск возникновения взрывопожароопасных ситуаций и взрыва метана при наличии источника воспламенения. Также возможно образование взрывоопасной газовой смеси при использовании сжиженных газов (бутан, пропан) на предприятиях общественного питания, о чем свидетельствуют произошедшие за последние годы взрывы и пожары в Украине и России.

Целью данной работы является совершенствование коммутационных устройств, применяемых в помещениях, находящихся на поверхности шахт и на предприятиях общественного питания.

Зачастую электрифицированные помещения оснащены обычными выключателями, в которых в момент коммутации возникает электрическая дуга. При образовании взрывчатой концентрации газа в помещении электрическая дуга может стать источником возгорания и привести к взрыву. При эксплуатации бытовых электрических нагрузок обычными выключателями происходит старение их контактных соединений (как подвижных, так и разборных стационарных), что приводит к разогреву контактных соединений даже при номинальных нагрузках. Вследствие этого происходит нагрев элементов, из которых изготовлен выключатель (зачастую это пластик), и при достижении температуры их самовозгорания может произойти пожар.

Также возможны и другие комбинации случайных совпадений, которые могут стать причиной взрывов или пожаров в производственных помещениях и жилых домах.

Согласно Закону Украины «О пожарной безопасности», утвержденному постановлением Верховной Рады Украины от 17.12.1993 г. № 3745-ХІІ (с изменениями от 12.09.2002 г. № 138-ІV), спроектированные и те, что находятся в эксплуатации низковольтные электрические сети электрифицированных объектов должны отвечать действующим нормативным документам, правилам устройства электроустановок, ведомственным нормам и правилам по обеспечению пожарной безопасности низковольтных электрических сетей. Но, как показывает статистика, третья часть пожаров происходит от загорания в электротехнических изделиях при повреждении элементов распределительных низковольтных электрических сетей. Изо-

лированные провода и кабели занимают в этой статистике первое место по рангам числа возмущений и пожаров, размеру ущерба, по количеству людей, получивших травмы, и по пожарной опасности, а также по рангу количества погибших. По коэффициенту значимости пожарной опасности изолированные провода и кабели имеют показатель – 1,0 [1].

Причины возникновения пожаров в электротехнических изделиях распределяются таким образом: 70 % – образование монотонно изменяющихся переходных сопротивлений или искрение в контактных соединениях; 12 % – утечки тока; 8 % – короткие замыкания; 5 % – перегрузки; 5 % – другие [4].

Поскольку контактные соединения являются неотъемлемой частью различных электротехнических устройств и аппаратов, от их правильной работы зависят не только нормальные эксплуатационные характеристики низковольтной электрической сети, но и состояние пожарной безопасности объекта, в котором она расположена [5].

Нагрев контактных соединений может быть причиной пожаров и обусловливается существованием переходного сопротивления между контактирующими элементами контактных соединений. При недопустимом перегреве мест соединений возможно возгорание электрических проводов с изоляцией или материала, из которого изготовлены элементы низковольтной электрической сети, и вследствие этого возможно возникновение пожара в объекте.

Современными нормативными документами (ПУЭ, ПТЭ и СНиП) регламентировано для защиты распределительных сетей напряжением до 1 кВ применять стандартный набор защитно-коммутационных аппаратов, а именно – плавкие предохранители, автоматические предохранители, автоматические выключатели, выключатели дифференциального тока, устройства защитного отключения и так называемые сетевые фильтры.

Однако во всех перечисленных коммутационных устройствах при включении/отключении в нормальном режиме происходит опасное искрение.

Кроме того, как уже упоминалось выше, существуют аварийные режимы работы сети, которые приводят к загоранию ее изолирующих материалов, при этом все вышеперечисленные устройства защиты и автоматики будут бездействовать.

На сегодняшний день ПУЭ, а также разнообразные ДСТУ и ГОСТ не регламентируют применения средств защиты, которые могут реагировать на выше упомянутые аварийные режимы работы сети, однако такие разработки существуют и некоторые из них применяются на практике. Они имеют следующую классификацию:

- контактные соединения с технологией постоянного нажатия, самозатягивания и виброустойчивости;
- тяжеловоспламеняющиеся изоляционные материалы и не распро-

страняющие горение;

- лакокрасочные покрытия, сигнализирующие изменением цвета о температурном состоянии контактных соединений и кабелей;
- термокабели – линейные пожарные извещатели.

При всей перспективности перечисленных технологий их использование в потенциальных газоопасных помещениях не позволяет исключить появление опасного электрического искрения. Таким образом, все рассмотренные средства защиты электрических сетей не исключают возможность взрыва метановоздушной смеси в загазированных помещениях.

Такое состояние вопроса подтверждает актуальность исследований в направлении усовершенствования способов и средств защиты низковольтных электрических сетей от проявления взрывопожароопасных режимов их работы. Данную задачу можно реализовать путем применения бесконтактных или взрыво- и пожаробезопасных коммутационных аппаратов с элементами принудительного и дистанционного управления. Для чего необходимо разработать выключатель нагрузки, который позволит обеспечить искробезопасную дистанционную и принудительную коммутацию, достаточную для подключения нагрузок к электрической сети.

Такой выключатель нагрузки должен отвечать формату бытовых выключателей нагрузки (масса, габариты, дизайн, эргономика и др.).

В ДонНТУ совместно с МакНИИ разработан, изготовлен и запатентован экспериментальный образец искробезопасного коммутационного устройства для низковольтной электрической сети. Данное устройство может осуществлять искробезопасную (бездуговую или безыскровую) защиту и коммутацию нагрузок низковольтных электрических сетей мощностью до 2,5 кВт. Дополнительно искробезопасное коммутационное устройство наделено функциями дистанционного управления [6].

Разработанное устройство позволяет:

- проводить бездуговые коммутации в низковольтных электрических сетях как в ручном, так и дистанционном режимах;
- проводить бездуговое дистанционное управление элементами систем обеспечения взрывопожаробезопасности объектов.

Также коммутационное устройство может использоваться в качестве исполнительного органа в электрических защитах низковольтных электрических сетей (от коротких замыканий, утечек тока, повышения/понижения напряжения и др.).

Представленное на рисунке искробезопасное коммутационное устройство содержит основу 1, выполненную в виде панели, оборудованной бортиками 2, в которую вмонтирован магнитоуправляемый контакт 3 в герметичной оболочке 4.

Для присоединения к низковольтной электрической сети имеются вы-

воды 5, которые подключаются в разрыв нулевого провода, и вывод 13, который подключается непосредственно к фазному проводу (рис., а).

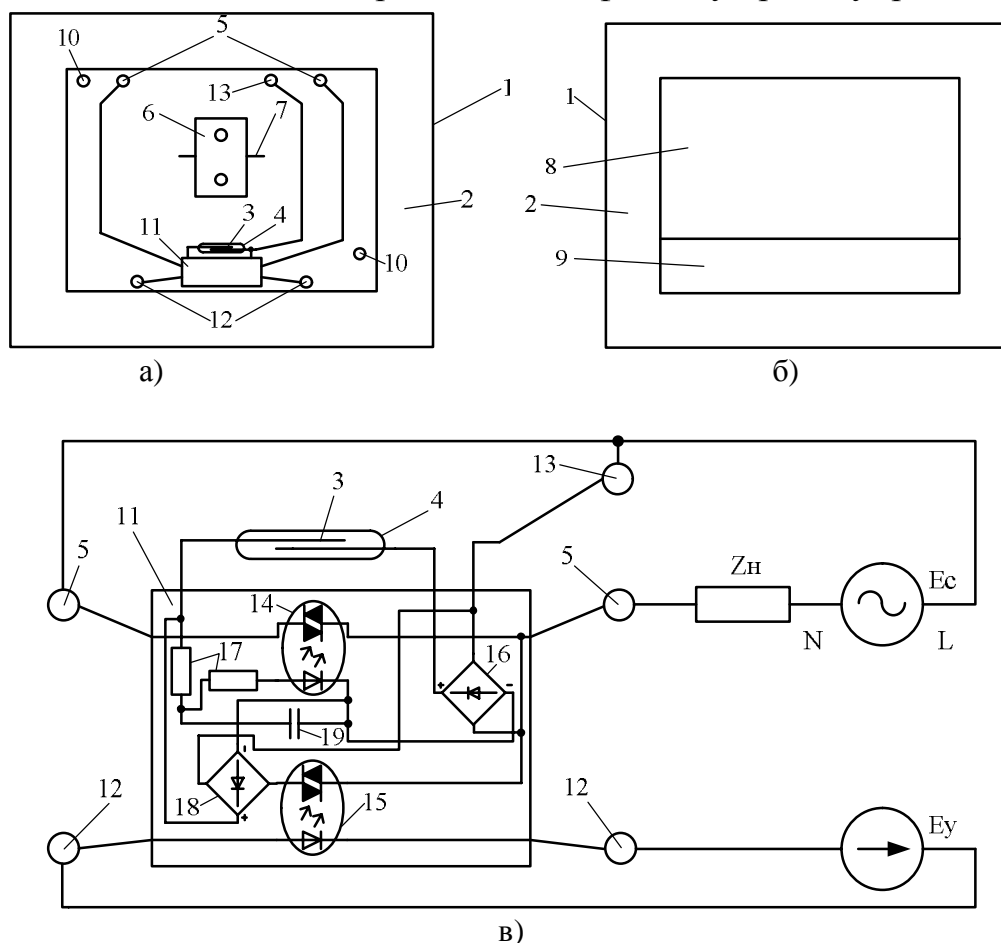


Рисунок – Искробезопасное коммутационное устройство для низковольтной электрической сети: без крышки ручного управления (а), с крышкой ручного управления (б), внутренняя конструкция блока дистанционной и ручной коммутации (в)

В центр основы 1 вмонтирована прямоугольная пластина 6, через противоположные большие стороны которой проходит ось 7. Пластина 6 выполнена с возможностью поворота на некоторый угол вокруг оси 7. На пластине 6 крепится подвижный элемент 8, который закрывает основу 1 сверху и служит крышкой ручного управления. В подвижный элемент 8 со стороны магнитоуправляемого контакта 3 вмонтирован постоянный магнит 9 (рис., б). Подвижный элемент 8 имеет возможность поворота вокруг оси 7 на некоторый угол за счет того, что он закреплен на пластине 6. Для крепления искробезопасного коммутационного устройства, например, к стене, в основе есть отверстия 10 для шурупов.

При нажатии на подвижный элемент 8 последний изменяет положение, и постоянный магнит 9 приближается к герметичному магнитоуправ-

ляемому контакту 3, который под влиянием магнитного поля замыкается – это приводит к срабатыванию силового оптосимистора 14 и подключению нагрузки  $Z_n$  к электрической сети  $E_c$  (рис., в).

При нажатии на противоположную сторону элемента 8 постоянный магнит 9 отходит от герметичного магнитоуправляемого контакта 3, магнитное поле исчезает и он размыкается – это приводит к обесточиванию силового оптосимистора 14 и отключению нагрузки  $Z_n$  от электрической сети  $E_c$  (элементы 16, 17 и 19 служат для питания внутреннего светодиода силового оптосимистора 14 при ручном управлении).

Подача сигнала на выводы для дистанционного управления 12 от внешнего источника  $E_u$  приводит к срабатыванию промежуточного оптосимистора 15. Это, в свою очередь, также вызывает срабатывание силового оптосимистора 14 и подключение нагрузки  $Z_n$  к низковольтной электрической сети  $E_c$  (элемент 18 также служит для питания внутреннего светодиода силового оптосимистора 14 при дистанционном управлении).

При обесточивании выводов для дистанционного управления 12 выключается промежуточный оптосимистор 15, что вызывает отключение силового оптосимистора 14 и приводит к отключению электрической сети  $E_c$  от нагрузки  $Z_n$ .

Оптосимисторы 14 и 15 являются искробезопасными коммутационными элементами (как со стороны силовой части, так и управляющей). Они не имеют механических частей, что позволяет увеличить общий срок эксплуатации искробезопасного коммутационного устройства в номинальных условиях.

Изготовленный образец коммутационного устройства испытан на экспериментальных стендах ГВУЗ «ДонНТУ». Испытания показали эффективность и надежность устройства при коммутациях в электрических сетях напряжением до 1 кВ.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрены основные причины возникновения пожаров в электротехнических изделиях и принципы работы защитно-коммутационных аппаратов, применяемых для защиты распределительных сетей напряжением до 1 кВ. Приведена классификация современных средств защиты, которые могут реагировать на аварийные режимы в низковольтной электрической сети. Разработано новое искробезопасное коммутационное устройство с дистанционным и ручным управлением, которое может быть использовано в помещениях, находящихся на поверхности угольных шахт, где возможно выделение метана, а также в жилых домах и на предприятиях общественного питания. Его применение позволит повысить уровень их взрывопожа-

робезопасности путем исключения источника зажигания в виде дугового разряда или электрического искрения в момент коммутации при возможном загазировании объекта метаном.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Офіційний інформаційний портал МНС України. Міністерство надзвичайних ситуацій України: <http://www.mns.gov.ua>. [Електронний ресурс] /Розділ Оперативна інформація/ Національна доповідь /Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році. Режим доступу до посилання: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2011.html>.
2. Методика определения степени опасности участков земной поверхности по выделению метана: отчет о НИР/ МакНИИ. – Рук. работы Н.П. Василянский. – № ГР 01830058580; Инв. № 0286.0020552 – Макеевка-Донбасс, 1985. –143 с.
3. Печук И. М. Проникновение газов по трещиноватым породам в помещения и выработки / Печук И. М. – К, 1962. – 112 с.
4. Смелков Г. И. Пожарная безопасность электропроводок / Смелков Г. И. – М.: Кабель, 2009. – 328 с.
5. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – [Введен 1992.07.01]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 81 с. – (Стандарт России).
6. Пат. на корисну модель № 78278 Україна, МПК(2006.01) Н01Н 9/16. Комутаційний пристрій / Брюханов О. М. Сольона О. Я., Кудінов Ю. В., Ковальов О. П., Демченко Г. В., Кузнецов П. А.; власник МакНДІ. – № u201211382; заявл. 02.10.12; опубл. 11.03.13, Бюл. № 5.

Получено: 06.11.2012 г.

*Розроблено основні принципи застосування нових технічних рішень для забезпечення вибухопожежобезпеки низьковольтних електричних мереж.*

**Ключові слова:** загазування, метаноповітряна суміш, низьковольтна електрична мережа, іскробезпечний комутаційний пристрій, вибухопожежобезпека.

*The basic principles of the use of new technological decisions to ensure explosion and fire safety of low voltage of electrical networks are developed.*

**Keywords:** the gas concentration, methane mixture, low-voltage electrical network, intrinsically safe switching device, explosion and fire safety.