

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ И ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ОХРАННОЙ И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

А. С. КОЗЛОВ, Р. Я. ЛАБКОВСКАЯ, В. Л. ТКАЛИЧ, О. И. ПИРОЖНИКОВА

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru*

Разработана серия новых магнитоуправляемых коммутирующих устройств систем охранной и пожарной сигнализации, включающих оптоволоконные и термометаллические элементы. Эти устройства позволяют расширить эксплуатационные и функциональные возможности элементной базы устройств автоматики, в частности, предназначенных для использования в современных системах безопасности. В задачи, решаемые этой серией устройств, входит также расширение логических возможностей, повышение чувствительности, увеличение срока службы и обеспечение стабильности переходного контактного сопротивления коммутирующих устройств. Устройства могут быть использованы при разработке датчиков пожарной и охранной сигнализации, работающих на номинальных токах 10 А и выше, а также в цепях с повышенной мощностью коммутации. Рассмотрен модифицированный оптический микрофон, выполняющий функции пожарной сигнализации в корабельных оптических системах связи. Оценка статической и динамической погрешностей подтвердила повышение надежности этих устройств по сравнению с аналогами.

**Ключевые слова:** *световод, магнитоуправляемый контакт, термометаллическая пружина, полностью регулярный микрорельеф, системы сигнализации, оптический микрофон*

Современная комплексная интеграционная система безопасности должна обладать специальными техническими и программными средствами для осуществления взаимодействия элементной базы подсистем. Это возможно за счет программирования логических цепочек событие—условие—действие. Событием, в частности, является получение тревожной информации от датчиков охранной и пожарной сигнализации. Возможным путем повышения эффективности систем сигнализации может стать создание новой элементной базы сенсоров, входящих в состав таких систем. Поэтому задача математического моделирования магнитоуправляемых коммутирующих устройств, содержащих волоконно-оптические и термочувствительные элементы, является крайне актуальной для разработчиков сигнализации.

Надо отметить, что охранные магнитоуправляемые извещатели на основе герконов характеризуются очень высокой вероятностью обнаружения несанкционированных физических проникновений (0,99), что обуславливает их широкое использование в системах безопасности [1, 2]. В магнитоуправляемых контактах и устройствах на их основе происходят сложные физико-химические процессы. Так, в момент коммутации возникают автоэмиссия, дребезг, пробой тонких пленок, дугообразование, микросварка, залипание, магнитострикция, перенос металла с одного сердечника на другой, магнитное и термическое взаимодействие, шумы и т.д. По мере расходования ресурсов и увеличения срока службы возникают необратимые структурные изменения, в том числе вызванные процессами старения, в поверхностных и глубоких слоях контактов [1, 2]. Исходя из этого обеспечение высокой надежности элементной базы устройств системы пожарной и охранной сигнализации в условиях массового производства является весьма сложной научно-технической задачей, требующей выбора и обработки исходных конструкций и материалов до процессов сборки, герметизации и контрольных испытаний.

Авторами статьи исследованы математические модели динамики контактных сердечников герконов с использованием численных методов Розенброка и Рунге—Кутта [1—3]. Моделирование показало, что на этапе замыкания контактных групп метод Розенброка позволяет получить более корректные результаты. Разработанный метод расчета плоских и мембранных контактных сердечников извещательных датчиков позволил применять созданную элементную базу для формирования высоконадежных конкурентоспособных систем охранной и пожарной сигнализации. В целях повышения эффективности работы этого метода была сформирована библиотека конечных элементов магнитоуправляемых коммутирующих устройств [4]. Разработанные и запатентованные извещатели позволили на 7 % повысить вероятность обнаружения физического проникновения для систем охранной и на 8 % — для систем пожарной сигнализации при использовании оптоволоконных и термочувствительных элементов извещательных устройств [5—8].

Особенно актуальна разработка высоконадежной элементной базы устройств для корабельных оптических систем связи [9, 10], а также коммутационных устройств автоматики, в частности, на таких стратегически важных объектах, как ракетные комплексы и атомные станции.

Авторами статьи разработан и запатентован ряд устройств [5—8], в состав которых включены оптоволоконные и термобиметаллические чувствительные элементы, обеспечивающие работу систем сигнализации на важнейших технических объектах. Использование оптоволоконных и термочувствительных элементов в магнитоуправляемых коммутационных устройствах систем пожарной и охранной сигнализации позволяет расширить эксплуатационные, функциональные и логические возможности элементной базы устройств автоматики и систем управления на ракетных и корабельных подвижных объектах.

Наноструктурирование и полностью регулярный микрорельеф рабочих контактных поверхностей токопроводящих элементов разработанных устройств обусловил их повышенную чувствительность и увеличенный срок службы по сравнению с аналогами. Данные контактно-коммутационные устройства обеспечивают стабильность переходного контактного сопротивления магнитоуправляемых коммутирующих устройств, они могут использоваться при разработке магнитоуправляемых датчиков, работающих на номинальных токах 10 А и выше, а также в цепях с повышенной мощностью коммутации.

Модельные исследования разработанных магнитоуправляемых устройств показали повышение уровня надежности, снижение времени переключения и увеличение числа срабатываний (быстродействия) на 5—7 % в сравнении с аналогами, это, в частности вызвано отсутствием дребезга при замыкании и размыкании контактных узлов. Наличие термочувствительных элементов в виде термобиметаллических чувствительных пружин обеспечивает возможность реагирования на изменение температурного поля, что особенно важно для систем пожарной сигнализации. Оценка статистических и динамических погрешностей показала удовлетворительные результаты. Экспериментальная реализация полученных теоретических результатов выполнена при разработке конструкции оптического микрофона.

Решить поставленную задачу позволило включение в состав конструкции элементов, чувствительных к изменению температурного поля, и использование возможности прерывания/восстановления оптического потока, что обеспечивает включение/отключение волоконно-оптического канала связи.

Наличие двух контактных узлов в волоконно-оптическом герконе с термобиметаллической пружиной обеспечивает три функциональных состояния двух электрических цепей магнитоуправляемого контакта:

- 1) замыкание первого контактного узла, вызванное изменением магнитного потока, создаваемого обмоткой управления или постоянным управляющим магнитом. Протекая по ферромагнитным участкам со световодами магнитный поток, вызывает их сближение, перекрытие

(наложение) торцов световодов и прохождение светового потока из одного световода в другой, что обеспечивает включение оптического микрофона;

2) замыкание второго контактного узла, образованного термобиметаллической пружиной с нижним инертным и верхним активным слоями и токопроводящей пружиной, установленной в противоположном внутреннем торце диэлектрического баллона магнитоуправляемого контакта. Замыкание вызывается изменением температурного поля окружающей среды и сопровождается размыканием другого контактного узла со световодами, в случае их предварительного замыкания управляющим магнитным потоком. Замыкание второго контактного узла приводит к включению аварийной пожарной сигнализации, например, сопровождающемуся световым сигналом и звуком сирены;

3) размыкание обеих электрических цепей в отсутствие достижения пороговых значений магнитного и теплового потоков в окружающей среде.

Использование разработанной конструкции оптического микрофона в кораблестроительных оптических системах связи, где возможно повышение температуры при нарушении работы реактора, обеспечивает режим безопасности [8]. Таким образом, этот микрофон позволяет расширить функциональные и эксплуатационные возможности систем сигнализации.

В настоящей работе:

1) разработаны и исследованы математические модели базовых элементов и процессов их функционирования для устройств, содержащих оптоволоконные и термочувствительные элементы, предназначенные для надежного функционирования систем пожарной и охранной сигнализации;

2) разработаны и защищены патентами РФ новые технические средства для извещательных сенсоров систем пожарно-охранной сигнализации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kozlov A. S., Labkovskaya R. Y., Tkalic V. L. Improving reliability element base of control system and automation // Proc. of 11th Intern. Conf. of DAAAM Baltic Industrial Engineering. 20—22 April 2016, Tallinn, Estonia. 2016. P. 121—123.
2. Kozlov A. S., Labkovskaya R. Y., Tkalic V. L., Pirozhnikova O. I. The method to increase the reliability of elastic sensing elements of control systems and automation // Proc. of 11th Intern. Conf. of DAAAM Baltic Industrial Engineering. 20—22 April 2016, Tallinn, Estonia. 2016. P. 124—127.
3. Козлов А. С., Лабковская Р. Я., Ткалич В. Л., Пирожникова О. И. Моделирование динамики электромеханических элементов датчиков систем управления // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологий. 2016. № 1(315). С. 131—135.
4. Ткалич В. Л., Лабковская Р. Я., Пирожникова О. И. Метод повышения надежности упругих чувствительных элементов систем управления и автоматики // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2011. № 1(71). С. 136—137.
5. Пат. 136920 РФ. Магнитоуправляемый контакт / Р. Я. Лабковская, В. Л. Ткалич, О. И. Пирожникова, А. Г. Коробейников. 2014.
6. Пат. 144834 РФ. Многоконтактное коммутирующее устройство / Р. Я. Лабковская, В. Л. Ткалич, О. И. Пирожникова. 2014.
7. Пат. 144835 РФ. Многофункциональное коммутирующее устройство / Р. Я. Лабковская, В. Л. Ткалич, О. И. Пирожникова. 2014.
8. Пат. 166194 РФ. Оптический микрофон / А. С. Козлов, Р. Я. Лабковская, В. Л. Ткалич, О. И. Пирожникова. 2016.
9. Катанович А. А., Николашин Ю. Л. Корабельные оптические системы связи: Учеб. пособие. СПб: Судостроение, 2009. 239 с.
10. Скляр О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи. СПб: Лань, 2016. С. 170—173.

**Сведения об авторах**

- Алексей Сергеевич Козлов** — аспирант; Университет ИТМО; кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: zz.kozlov@gmail.com
- Римма Яновна Лабковская** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru
- Вера Леонидовна Ткалич** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru
- Ольга Игоревна Пирожникова** — канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; E-mail: cheezecake@mail.ru

Поступила в редакцию  
07.12.17 г.

**Ссылка для цитирования:** Козлов А. С., Лабковская Р. Я., Ткалич В. Л., Пирожникова О. И. Применение оптоволоконных и термочувствительных элементов в системах охранной и пожарной сигнализации // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 4. С. 356—359.

### APPLICATION OF FIBER AND THERMAL-SENSITIVE ELEMENTS IN SECURITY AND FIRE ALARM SYSTEMS

**A. S. Kozlov, R. Ya. Labkovskaya, V. L. Tklich, O. I. Pirozhnikova**

*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru*

A series of new magnetically controlled commutating devices for security and fire alarm systems, including fiber-optic and terbium-metallic elements, has been developed. These devices allow expanding the operational and functional capabilities of the element base of automation devices designed for use in modern security systems. The tasks solved by this series of devices include also the expansion of the logical capabilities, increasing the sensitivity, increasing the service life and ensuring the stability of the contact resistance of the switching devices. The devices can be used in development of fire and burglar alarm sensors operating at rated currents of 10 A and higher, as well as in circuits with increased switching power. A modified optical microphone is considered that performs the functions of fire alarm in shipborne optical communication systems. The estimation of static and dynamic errors confirmed the increase in reliability of these devices in comparison with analogues.

**Keywords:** lightguide, reed switching, thermos-bimetallic spring group, full regular microrelief, alarm systems, optical microphone

**Data on authors**

- Aleksey S. Kozlov** — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: zz.kozlov@gmail.com
- Rimma Ya. Labkovskaya** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru
- Vera L. Tklich** — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: studsovet\_itmo@mail.ru
- Olga I. Pirozhnikova** — PhD; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; E-mail: cheezecake@mail.ru

**For citation:** Kozlov A. S., Labkovskaya R. Ya., Tklich V. L., Pirozhnikova O. I. Application of fiber and thermal-sensitive elements in security and fire alarm systems. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 4. P. 356—359 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-4-356-359