

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

На правах рукописи

УДК 654.924.5-049.65

МЕРКУЛЬ
Игорь Юрьевич

**ЗАЩИТА СИСТЕМ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ
ОТ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ**

Автореферат
на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Научный руководитель
канд.техн.наук, доцент
ЛИХАЧЕВСКИЙ Дмитрий Викторович

Минск 2015

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных сетей учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Лихачевский Дмитрий Викторович,

кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерного проектирования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Полубок Владислав Анатольевич,

кандидат технических наук, заведующий кафедрой микропроцессорных систем и сетей. «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «24» января 2015 г. года в 9³⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Ложные срабатывания охранно-пожарной сигнализации в настоящий момент является основной из главных проблем, снижающих эффективность защиты охраняемого объекта. Уменьшение числа ложных срабатываний значительно понизит экономические затраты на обслуживание охранно-пожарной сигнализации, а самое главное, значительно повысится качество и надежность защиты охраняемого объекта.

Развитие технических средств охраны происходит исключительно быстрыми темпами. Это в основном обусловлено бурным развитием микрооптоэлектроники, микропроцессорной и вычислительной техники. За последнее десятилетие на базе комплекса проведенных теоретических и экспериментальных исследований создан целый ряд извещателей, приборов приемно-контрольных и систем передачи извещений с расширенными тактико-техническими характеристиками, улучшенными методами обнаружения и способами обработки информации. Несмотря на это, проблема ложных срабатываний сигнализации остается в настоящее время одной из основных причин, снижающих эффективность охраны.

Уменьшение числа ложных срабатываний и, следовательно, повышение эффективности функционирования охранно-пожарной сигнализации представляет собой сложную комплексную проблему, включающую в себя вопросы повышения помехоустойчивости и надежности технических средств охранной сигнализации, как на этапе разработки и серийного производства, так и на этапе эксплуатации.

Одной из главных причин ложных срабатываний является электромагнитные помехи на входные каскады приемно-контрольных приборов охранно-пожарной сигнализации.

Многие бытовые и промышленные электроприборы (например светильники с газоразрядными лампами) и провода соединяющие их, являются источниками электромагнитных излучений. Этот фактор должен учитываться при проектировании сигнализации и монтаже извещателей.

В магистерской диссертации приведены основные методы снижения вероятности ложных срабатываний пожарно-охранной сигнализации.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы: разработать действенные методы защиты систем охранно-пожарной сигнализации от наводок в электромагнитном канале.

Предмет исследования: метод защиты охранно-пожарной сигнализации.

Объект исследования: электромагнитный канал.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики: ложные срабатывания охранно-пожарной сигнализации в настоящий момент является основной из главных проблем, снижающих эффективность защиты охраняемого объекта.

Уменьшение числа ложных срабатываний значительно понизит экономические затраты на обслуживание охранно-пожарной сигнализации, а самое главное, значительно повысится качество и надежность защиты охраняемого объекта.

Публикации: полученные результаты работы над магистерской диссертацией отражены в 4 докладах научно-исследовательских конференциях. Среди них: конференции в Рязани, Астане, Минске. Были опубликованы следующие доклады:

- защита систем охранно-пожарной сигнализации от ложных срабатываний;
- обмен данными между приборами охранно-пожарной сигнализации по интерфейсу rs-485;
- рекомендации по монтажу приборов пожарно-охранной сигнализации и прокладке линий связи;
- преимущества интерфейса rs-485 для связи приборов охранно-пожарной автоматики.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель диссертации, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, объект исследования, показана связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики. Приведены публикации автора.

В **первой главе** рассматриваются типы систем охранно-пожарной сигнализации, разновидности контроля шлейфов охранно-пожарной сигнализации, факторы обнаружения пожара, помехи и другие влияющие факторы, влияющие на работоспособность охранно-пожарной сигнализации.

Типы систем пожарной сигнализации

1) Неадресная (традиционная) система пожарной сигнализации. В таких системах приёмно-контрольные приборы определяют состояние шлейфа сигнализации, измеряя электрический ток в шлейфе сигнализации с установленными в него извещателями, которые могут находиться лишь в двух статических состояниях: «норма» и «пожар». При фиксации фактора пожара извещатель формирует извещение «Пожар», скачкообразно изменяя своё внутреннее сопротивление, и, как следствие, изменяется ток в шлейфе сигнализации. Важно отделить тревожные извещения от служебных, связанных с неисправностями в шлейфе сигнализации или ложными срабатываниями. Поэтому весь диапазон значений сопротивления шлейфа для приёмно-контрольного прибора разделён на несколько областей, за каждой из которых закреплён один из режимов (Норма, Внимание, Пожар, Неисправность). Извещатели определённым образом подключаются к линии шлейфа

сигнализации, с учётом их индивидуального внутреннего сопротивления в состоянии «Норма» и «Пожар».

Для традиционных систем предусматриваются такие возможности, как автоматический сброс питания пожарного извещателя с целью подтверждения сработки, возможность обнаружения нескольких сработавших извещателей в шлейфе, а также реализация механизмов, предусматривающих минимизацию влияния переходных процессов в шлейфах.

2) Адресно-пороговая система пожарной сигнализации. Отличие адресно-пороговой системы сигнализации от традиционной заключается в топологии построения схемы и алгоритме опроса датчиков. Приёмно-контрольный прибор циклически опрашивает подключенные пожарные извещатели с целью выяснить их состояние. При этом каждый извещатель в шлейфе имеет свой уникальный адрес и может находиться уже в нескольких статических состояниях: «норма», «пожар», «неисправность», «внимание», «запылён» и проч. При этом извещатель самостоятельно принимает решение о переходе в другое состояние. В отличие от традиционных систем подобный алгоритм опроса позволяет с точностью до извещателя определить место возникновения пожара. Противопожарными нормами в России допускается установка одного адресного извещателя для обнаружения пожара при условии, что по срабатыванию этого пожарного извещателя не формируется сигнал на управление установками пожаротушения или системами оповещения о пожаре 5-го типа.

3) Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации. Адресно-аналоговые системы на текущий момент являются самыми прогрессивными, они обладают всеми преимуществами адресно-пороговых систем, а также дополнительным функционалом. В таких системах решение о состоянии объекта принимает контрольный прибор, а не извещатель. Т.е. в конфигурации контрольного прибора для каждого подключенного адресного устройства заданы пороги срабатывания (Норма, Внимание и Пожар). Это позволяет гибко формировать режимы работы пожарной сигнализации для помещений с разной степенью внешних помех (пыль, уровень производственной задымленности и др.), в том числе в течение суток. Контрольный прибор постоянно производит опрос подключенных устройств и анализирует полученные значения, сравнивая их с пороговыми значениями, заданными в его конфигурации. При этом топология адресной линии, к которой подключены извещатели, может быть кольцевой. В этом случае обрыв адресной линии приведёт к тому, что она просто распадётся на два радиальных независимых шлейфа, которые полностью сохранят свою работоспособность.

Шлейф сигнализации прибора является одним из наиболее уязвимых элементов объектовой системы охранно-пожарной сигнализации, в наибольшей степени подверженный воздействию различных внешних факторов.

Практика показывает, что одной из основных причин неустойчивой работы приборов на объекте являются нарушения шлейфа сигнализации.

Они представляют собой отказ в виде обрыва или короткого замыкания в шлейфе, происходящий в результате постепенного самопроизвольного ухудшения его параметров. Не должна исключаться также возможность умышленного вмешательства в электрическую цепь шлейфа в целях нарушения его правильного функционирования (саботаж).

В местах соединения шлейфа сигнализации, его крепления и прокладки могут образовываться утечки тока между проводами и проводниками на «землю». На величину сопротивления утечки большое влияние оказывает наличие влаги. Например, в сырых помещениях (с протечками потолка, в подвалах и т.п.) сопротивление между проводниками шлейфа (без учета сопротивления выносного элемента) может достигать нескольких килоом.

По своей структуре шлейф сигнализации состоит из отдельных участков проводных линий, в которые включаются извещатели различных типов, имеющие, как правило, электромеханические контакты в местах их подключения. В качестве извещателей для контроля открывания фрамуг, люков, дверей применяются извещатели с магнитоконтактом.

Извещатели в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных мешающих факторов, среди которых основными являются акустические помехи и шумы, вибрации строительных конструкций, движение воздуха, электромагнитные помехи, изменения температуры и влажности окружающей среды, техническая неукрепленность охраняемого объекта.

Степень воздействия помех зависит от их мощности, а также от принципа действия извещателя.

Акустические помехи и шумы создаются промышленными установками, транспортными средствами, бытовой радиоаппаратурой, грозowymi рядами и другими источниками. Этот вид помех вызывает появление неоднородностей воздушной среды, колебания не жестко закрепленных остекленных конструкций и может служить причиной ложных срабатываний ультразвуковых, звуковых, ударноконтактных и пьезоэлектрических извещателей. Кроме того, на работу ультразвуковых извещателей оказывают влияние высокочастотные составляющие акустических шумов

Вибрации строительных конструкций вызываются железнодорожными составами и поездами метрополитена, мощными компрессорными установками и т.п. Особенно чувствительны к вибрационным помехам ударноконтактные и пьезоэлектрические извещатели, поэтому на объектах, подверженных таким помехам, эти извещатели применять не рекомендуется.

Движение воздуха в охраняемой зоне вызывается в основном тепловыми потоками вблизи отопительных устройств, сквозняками, вентиляторами и т.п. Наиболее подвержены влиянию воздушных потоков ультразвуковые и пассивные оптико-электронные извещатели. Поэтому эти извещатели не следует устанавливать в местах с заметным движением воздуха (в оконных проемах, около батарей центрального отопления, около вентиляционных отверстий и т.п.).

Электромагнитные помехи создаются грозowymi разрядами, мощными радиопередающими средствами, высоковольтными линиями электропередачи, распределительными сетями электропитания, контактными сетями электротранспорта, установками для научных исследований, технологических целей и т. п.

В качестве проводных линий часто применяются телефонные провода имеющие незалуженные медные жилы. Собственное сопротивление каждого из таких проводников составляет $R = 91 \text{ Ом/км}$, паразитная емкость между ними $C = (10000 \dots 12\ 000) \text{ пФ/км}$. Максимальная длина шлейфа обычно не превышает нескольких сотен метров. Однако общее сопротивление проводников шлейфа с учетом переходных сопротивлений может составить сотни Ом. Места электрических соединений шлейфа сигнализации, а также контакты подключения извещателей в процессе эксплуатации подвергаются длительному воздействию повышенной влажности в широком диапазоне температур, а в ряде случаев – воздействию агрессивных сред. Если начальное значение контактного сопротивления чистых контактов почти не зависит от силы тока, то после воздействия факторов старения (эксплуатации в неблагоприятных условиях) оно резко увеличивается.

При малых токах в шлейфе сигнализации (менее 1 мА) переходное сопротивление может составлять значительную величину. Сопротивление шлейфа при этом неустойчиво и в течение короткого промежутка времени может изменяться в широких пределах. С ростом тока сопротивление контактов уменьшается, но даже при значительных токах оно не восстанавливается до первоначального уровня. Относительная стабилизация параметров шлейфа сигнализации при его эксплуатации в неблагоприятных условиях может быть достигнута при использовании повышенного напряжения в шлейфе – не менее 15...20В (верхнее значение ограничивается требованиями безопасности) и повышенного тока – не менее 5... 10 мА. Форма тока и напряжения может быть различной, так как для формирования электрического контакта важны только их амплитудные значения.

Таким образом, для обеспечения надежного функционирования прибора в широком диапазоне условий эксплуатации должен быть обеспечен оптимальный электрический режим работы шлейфа сигнализации.

Кроме того, в приборе должна быть обеспечена защита от электромагнитных помех, а также защита от импульсов высокого напряжения в шлейфе сигнализации.

Современным требованием к прибору является также возможность питания и совместной работы по шлейфу сигнализации с токопотребляющими охранными и активными пожарными извещателями.

Во **второй главе** рассматриваются анализ особенностей передачи сигнала в шлейфах охранно-пожарной сигнализации, анализ характеристик технических средств охранно-пожарной сигнализации, анализ методов снижения вероятности ложных срабатываний охранно-пожарной сигнализации,

моделирование влияние электромагнитных помех на работу приборов охранно-пожарной сигнализации.

Наведенные электромагнитные помехи на входные каскады приборов охранно-пожарной сигнализации. Наведенные электромагнитные помехи на входные каскады приемно-контрольных приборов: в последние годы это одна из самых часто встречающихся причин ложных срабатываний. Связана она с возможностью приемно-контрольного прибора реагировать на помехи, наведенные в шлейфе сигнализации (рисунок 1).

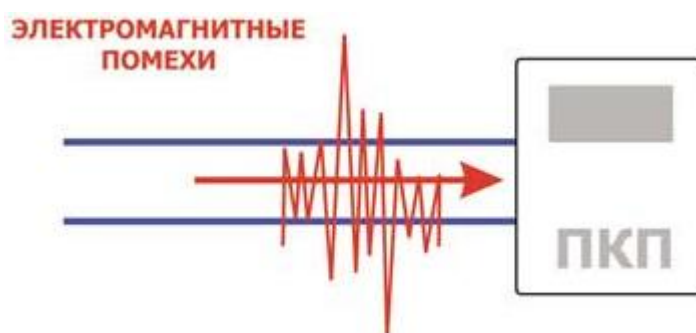


Рисунок 1 – Электромагнитные помехи на входные каскады приемно-контрольных приборов

Наведенные электромагнитные помехи на входные каскады извещателей. Чувствительность входного каскада извещателя должна обеспечить фиксирование изменения оптической плотности среды на расстоянии 1 м от источника света до приемника всего на 1% (0,05 дБ/м) и принять однозначное решение о тревоге. Канал обработки, как правило, включается только на момент проведения измерений. Это защитная мера. Но если в момент измерения на шлейф сигнализации, который одновременно является и шиной питания, будет наведена помеха, то, естественно, извещатель сформирует ложное срабатывание. Отечественные извещатели редко оснащаются устройствами защиты от этих наведенных помех.

В паспорте на изделие в обязательном порядке должна указываться степень помехоустойчивости каждого устройства. Помимо этого существует целая группа базовых стандартов по электромагнитной совместимости, в которых имеется классификация всех объектов по степени электромагнитной жесткости, где используются технические средства пожарной автоматики, а также перечислены условия эксплуатации этих технических устройств.

Решение проблемы электромагнитной совместимости системы охранно-пожарной сигнализации, как правило, всегда начинается с изучения электромагнитной обстановки, т.е. совокупности электромагнитных, электрических и магнитных полей, а также токов и напряжений помех, которые существуют в этой области пространства и могут влиять на функционирование прибора или системы в целом.

Электромагнитная обстановка формируется всеми видами существующих в заданной ситуации электромагнитных помех, создаваемых как внешними, так и внутренними источниками.

Источники электромагнитных помех весьма разнообразны и имеют различные характеристики: интенсивность, направленность, временной и частотный диапазоны и т.д. Классификация помех по причинам их возникновения является одним из основных и наиболее полезных видов анализа помех.

Электромагнитные помехи создаются грозowymi разрядами, мощными радиопередающими средствами, высоковольтными линиями электропередачи, распределительными сетями электропитания, контактными сетями электротранспорта, установками для научных исследований, технологических целей и т. п.

Исключить воздействие электромагнитных помех сетей переменного тока на работу извещателей позволяет соблюдение основного требования по монтажу низковольтных соединительных линий: прокладка линий питания извещателя и ШС должна проводиться параллельно силовым сетям на расстоянии между ними не менее 50 см, а их пересечение должно производиться под прямым углом.

Наиболее опасными электромагнитными помехами являются помехи из сети электропитания. Они возникают при коммутации мощных нагрузок и могут проникать во входные цепи аппаратуры через вводы силового питания.

В **третьей главе** представлен анализ результатов моделирования, приведены рекомендации по снижению ложных срабатываний.

Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) – один из самых важных электронных компонентов в измерительном и тестовом оборудовании. АЦП преобразует напряжение (аналоговый сигнал) в код, над которым микропроцессор и программное обеспечение выполняют определенные действия. Даже если Вы работаете только с цифровыми сигналами, скорее всего Вы используете АЦП в составе осциллографа, чтобы узнать их аналоговые характеристики.

Проанализировав полученные результаты, делаем вывод, что электромагнитные помехи оказывают прямое влияние на работу аналого-цифрового преобразователя, который измеряет напряжения в шлейфах охранно-пожарной сигнализации.

При «чистом» аналоговом сигнале, на выходе АЦП получается постоянный цифровой код, однако, когда на входной сигнал накладываются помехи, то цифровой код значительно отличается. Используя фильтры, возможно существенно снизить влияние помех.

Защитив, аналого-цифровой преобразователь от электромагнитных помех, мы существенно снизим чувствительность приемно-контрольных приборов охранно-пожарной сигнализации и повысим надежность всей системы в целом.

Уменьшение числа ложных срабатываний и, следовательно, повышение эффективности функционирования охранно-пожарной сигнализации представляет собой сложную комплексную проблему, включающую в себя вопросы повышения помехоустойчивости и надежности технических средств

охранной сигнализации, как на этапе разработки и серийного производства, так и на этапе эксплуатации.

Некоторые характеристики АЦП могут быть улучшены путём использования методики подмешивания псевдослучайного сигнала (англ. dither). Она заключается в добавлении к входному аналоговому сигналу случайного шума (белый шум) небольшой амплитуды. Амплитуда шума, как правило, выбирается на уровне половины.

На выходе АЦП получается постоянный цифровой код, однако, когда на входной сигнал накладываются помехи, то цифровой код значительно отличается. Используя фильтры, возможно существенно снизить влияние помех.

Для снижения чувствительности прибора охранно-пожарной сигнализации в первую очередь надо защитить от лишних воздействий аналого-цифровой преобразователь приемно-контрольного прибора.

1) *Уменьшение собственного сопротивления источника сигнала.* Далеко не все источники сигналов позволяют подключить к ним низкоомные нагрузки. Но в случае, если это возможно, то низкоомная нагрузка, подсоединённая со стороны входа АЦП, может существенно улучшить соотношение сигнал/помеха.

2) *Уменьшение полосы пропускания-сигнальные фильтры.* Аналоговые фильтры во входных сигнальных цепях – это, безусловно, очень эффективная мера, позволяющая улучшить соотношение сигнал/помеха.

3) *Переход к большему поддиапазону измерения.* При выборе рабочего входного диапазона АЦП следует учитывать, что во входной диапазон должен попадать не только рабочий полезный сигнал, но и наложенные на него помехи.

4) *Разрыв высокочастотных помеховых контуров синфазными фильтрами.* На рисунке 2 показан общий принцип устройства таких фильтров в однофазных сигнальных цепях АЦП (слева) и в дифференциальных (справа).

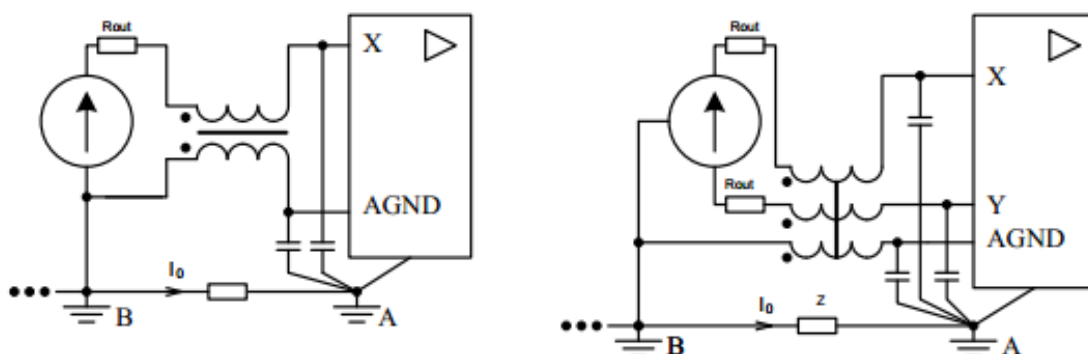


Рисунок 2 – синфазные фильтры

5) *Гальваническая развязка.* Передача энергии или сигнала между электрическими цепями без электрического контакта между ними. Гальванические развязки используются для передачи сигналов, для бесконтактного

управления и для защиты оборудования и людей от поражения электрическим током (рисунок 3).

Без использования развязки предельный ток, протекающий между цепями, ограничен только электрическими сопротивлениями, которые обычно относительно малы. В результате возможно протекание выравнивающих токов и других токов, способных повреждать компоненты цепи или поражать людей, прикасающихся к оборудованию, имеющему электрический контакт с цепью. Прибор, обеспечивающий развязку, искусственно ограничивает передачу энергии из одной цепи в другую. В качестве такого прибора может использоваться трансформатор или оптрон. В обоих случаях цепи оказываются электрически разделёнными, но между ними возможна передача энергии или сигналов.

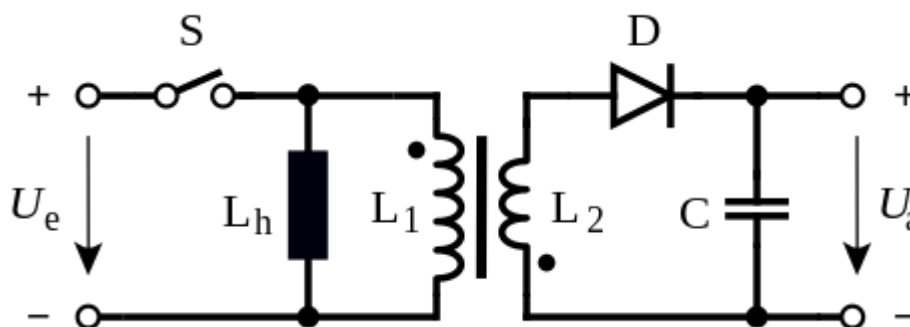


Рисунок 3 – трансформатор – самый простой пример гальванической развязки

В приложении приводится графическое изображение презентации, подготовленной для защиты магистерской диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над магистерской диссертацией выявили основные проблемы существования и развития систем охранно-пожарной сигнализации. Самой главной из них является ложные срабатывания охранно-пожарной сигнализации.

Для решения данной проблемы, необходимо проделать сложную работу, для увеличения качества защиты населения и имущества, в котором устанавливается охранно-пожарная сигнализация. Для исключения проблемы необходимо выполнить следующие действия:

- 1) увеличить требования к электромагнитной совместимости оборудования систем охранно-пожарной сигнализации;
- 2) устанавливать адресно-аналоговые системы охранно-пожарной сигнализации;
- 3) по возможности использовать радиоканал;
- 4) усилить контроль над монтажом оборудования и прокладкой кабелей охранно-пожарной сигнализации;
- 5) проводить более качественные работы по обслуживанию систем охранно-пожарной сигнализации.

Список опубликованных работ

[1-А]. Меркуль, И.Ю. Защита систем охранно-пожарной сигнализации от ложных срабатываний / И.Ю. Меркуль // 18-ая всероссийская научно-техническая студентов, молодых ученых и специалистов «НИТ-2013», 13 – 15 ноября 2013 г., Рязань. – С.261

[2-А]. Меркуль, И.Ю. Обмен данными между приборами охранно-пожарной сигнализации по интерфейсу RS-485 / И.Ю. Меркуль, // XII Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Электромеханические и энергетические системы, методы моделирования и оптимизации», 15 - 16 апреля 2014 г., Казахстан.

[3-А]. Меркуль, И.Ю. Преимущества интерфейса rs485 для связи приборов охранно-пожарной автоматики / И.Ю. Меркуль, // 50-ая научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2014 г., Минск.

[4-А]. Меркуль, И.Ю. Рекомендации по монтажу приборов пожарно-охранной сигнализации и прокладке линий связи / И.Ю. Меркуль, // 50-ая научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2014 г., Минск.