

*На правах рукописи*

Галков Алексей Владимирович

**Разработка и исследование адаптивных приборов  
охраны на основе емкостных преобразователей с  
разветвлением токов в измерительной цепи**

Специальность: 05.11.13 – приборы и методы контроля природной  
среды, веществ, материалов и изделий

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Барнаул – 2007

Работа выполнена в Алтайском государственном техническом  
университете им. И.И. Ползунова

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор Якунин А.Г.

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук,  
профессор Поляков В.В.;

кандидат технических наук,  
доцент Гумиров М.А.

Ведущая организация: Томский политехнический университет

Защита состоится “ \_\_\_\_ ” ноября 2007 г. в \_\_\_\_ часов  
на заседании диссертационного совета Д212.004.06, действующего при  
Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Пол-  
зунова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского госу-  
дарственного технического университета.

Ваш отзыв в 1 экземпляре, заверенный гербовой печатью, просим  
направлять по адресу: 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина 46.

Автореферат разослан “ 5 ” октября 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ Пронин С.П.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

### Актуальность проблемы.

Охранные системы нуждаются в постоянном обновлении. Длительная эксплуатация охранных систем позволяет детально ознакомиться с их характеристиками, достоинствами и недостатками и, соответственно, разработать методы их преодоления. Новые охранные системы часто являются эффективными именно по данной причине. В связи с этим разработка новых охранных систем с заданными техническими характеристиками является востребованной.

В современных охранных системах используются различные физические принципы. Контактные, инфракрасные, акустические, радиоволновые, вибрационные - каждый тип датчиков имеет свою область применения, свои достоинства и недостатки.

Одним из перспективных физических принципов обнаружения нарушителя является емкостный. Основным преимуществом емкостных приборов охраны является их относительная простота, малые габариты, возможность скрытой установки и низкая стоимость.

Повсеместное использование емкостных приборов охраны ограничивается сильной зависимостью функционирования приборов от погодных условий и сложной начальной настройки приборов.

Адаптивность приборов охраны на основе емкостных преобразователей к изменяющимся условиям окружающей среды позволяет в значительной степени избавиться от отмеченной выше зависимости.

Поэтому разработка адаптивных приборов охраны на основе емкостных преобразователей, обладающих низкой чувствительностью к изменению внешних условий, является актуальной, она позволит расширить области применения подобных приборов, улучшит технико-экономические показатели емкостных приборов контроля за счет применения принципиально новых подходов к выделению информационной составляющей регистрируемых сигналов в составляющих их основу емкостных преобразователях.

Целью работы является улучшение надежности и функциональных характеристик приборов контроля на основе емкостных измерительных преобразователей за счет повышения адаптивности системы к изменению внешних условий, разработки новых принципов выделения информационной составляющей регистрируемых сигналов, нахождения оптимальных схемотехнических решений, а также совершенствования методов обработки сигналов.

### Основные задачи исследования:

1. Выделение набора требований к охранным системам на основе емкостных датчиков.
2. Проведение оценочных расчетов электрической емкости для ожидаемых конфигураций охранных систем на основе емкостных датчиков для тел различной геометрической формы.
3. Исследование влияния погодных-климатических условий и характеристик объекта контроля на изменение емкости рабочего электрода охранной системы, исследование динамики изменения полной емкости датчика.
4. Разработка математической модели адаптивного емкостного измерительного преобразователя, построенного по коммутационно-мостовой схеме с учетом реализации функций адаптации.
5. Исследование результатов численного моделирования адаптивного емкостного измерительного преобразователя.
6. Разработка программно-аппаратных методов повышения надежности емкостных охранных систем, поиск путей увеличения вероятности достоверного обнаружения нарушителя в емкостных приборах охраны.
7. Выбор оптимального схемотехнического решения для построения адаптивного емкостного измерительного преобразователя, разработка методов его расчета и проектирования, практическая реализация используемых методов и решений при построении приборов контроля.

**Научная новизна** выполненных исследований заключается в следующем:

1. Предложен новый принцип построения емкостных измерительных преобразователей используемых в приборах охраны, основанный на применении коммутационно-мостовой схемы с разветвлением токов в измерительной цепи, использующий дополнительную цепь адаптивной коррекции мостовых емкостей.
2. Разработана математическая модель адаптивного емкостного измерительного преобразователя, позволяющая установить связь конструктивных, погодных, схемотехнических параметров с параметрами сигнала.
3. Разработаны и практически опробованы схемотехнические и алгоритмические методы повышения надежности выделения информационной составляющей сигнала для охранной сигнализации, основанные на оптимальной фильтрации сигнала емкостных датчиков.

#### **Методика исследований.**

При выполнении работы применялись как теоретические, так и экспериментальные методы исследования, которые могли способствовать решению поставленных задач. Теоретические исследования проводились путем построения математических моделей, допускающих аналитическое или численное решение, при исследовании модели широко применялись численные методы. На всех этапах работы производилось сопоставление теоретических и экспериментальных результатов.

#### **Практическая ценность.**

Емкостные приборы контроля, построенные на основе новых принципов выделения информационной компоненты переходного процесса в коммутационно-мостовой схеме с разветвлением токов в измерительной цепи измерительного преобразователя, позволяют проводить контроль при изменяющемся по величине активном сопротивлении, параллельном рабочей емкости первичного преобразователя, значительно подавляя его влияние на выходные параметры прибора. Использование цепей корректирующей обратной связи с оптимизированной передаточной функцией обеспечивает механизм адаптации прибора к изменению внешних условий эксплуатации. Разработанные приборы контроля для систем охранной сигнализации характеризуются более стабильной работой в широком диапазоне температур, имеют улучшенную систему шумоподавления при значительном снижении энергопотребления и массогабаритных параметров. Предложенные методы выделения информационной составляющей сигнала емкостного измерительного преобразователя могут быть использованы не только для построения приборов охранной сигнализации, но и в других областях, связанных с контролем емкости, в частности в области контроля расхода сыпучих веществ.

#### **Реализация научно-технических результатов.**

В результате проведенных исследований было разработано и внедрено несколько типов адаптивных емкостных приборов охраны в ряде организаций, в том числе в: НТП «Специальная электроника», ООО «Сибинструмент», Алтайском государственном техническом университете.

По результатам работы получены два патента РФ.

#### **На защиту выносятся:**

1. Принцип построения адаптивных емкостных измерительных преобразователей, основанный на применении коммутационно-мостовой схемы с разветвлением токов в измерительной цепи, адаптивной коррекции мостовых емкостей, а также на выделении и

- преобразовании сигнала путем измерения информативных параметров переходного процесса.
2. Модель взаимодействия объекта контроля с адаптивным емкостным измерительным преобразователем, позволяющая учесть связь между конструктивными, погодными, схемотехническими факторами и параметрами сигнала.
  3. Методы повышения надежности выделения информационной составляющей сигнала для систем охраны, основанные на оптимальной обработке сигнала емкостных датчиков.

#### **Публикации.**

По материалам выполненных в диссертации исследований опубликовано 14 печатных работ, из них 2 патента на изобретения, 5 статей, 7 тезисов докладов.

#### **Апробация работы.**

Материалы работы обсуждались в центре «Медицина и электроника» АлтГТУ, на семинарах кафедры автоматики и вычислительных систем, на конкурсе инновационных проектов аспирантов и студентов по приоритетному направлению «Безопасность и противодействие терроризму», а также на следующих конференциях: межвузовской научно-методической конференции «Научно-исследовательская деятельность студентов – первый шаг в науку», – Набережные Челны, 2004; Х юбилейной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Современная техника и технологии», Томск, 2004; межрегиональной научной студенческой конференции посвящённой 60-летию АГАУ «Достижения и перспективы студенческой науки в АПК», Барнаул, 2004; третьей всероссийской научно-технической конференции «Современные промышленные технологии», Нижний Новгород, 2005; шестой всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям, Кемерово, 2005; всероссийской научно-практической конференции посвященной 15-летию со дня принятия Декларации о государственном суверенитете Республики Башкортостан и 5-летию Нефтекамского филиала БашГУ «Наука и образование – 2005», Нефтекамск, 2006; девятой региональной конференции по математике «МАК – 2006», Барнаул, 2006.

#### **Личный вклад.**

Автору принадлежат основные научные результаты теоретических и экспериментальных исследований.

#### **Структура и объем работы.**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 130 страницах машинописного текста, содержит 51 рисунок, 4 таблицы, список литературы из 94 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснованы актуальность, научная и практическая значимость проблемы, сформулированы цель работы и ее научная новизна, приведена краткая характеристика работы.

**В первой главе** диссертации приведена общая характеристика проблемы, произведен выбор направления исследований и намечены пути решения основных задач.

Приведен краткий обзор предлагаемых на рынке приборов охраны, выделены требования, предъявляемые к приборам охраны, физические принципы, лежащие в основе работы первичных измерительных преобразователей, приведена классификация и сравнительные характеристики приборов охраны. Выделены общие законодательные и нормативные требования к приборам охраны.

На сегодняшний день практическое применение находят самые разнообразные типы охранных систем, имеющие широкий диапазон функциональных характеристик. Рост номенклатуры и вариантов комплектации приборов и комплексов усложняет выбор изделий, усложняет эксплуатацию. В связи с этим на первый план выходят требования по простоте развертывания, настройки, ввода в эксплуатацию и эксплуатации систем. Следующим требованием является низкая стоимость охранной системы. Дополнительным требованием является снижение энергопотребления.

Емкостные преобразователи широко используются для контроля состава смесей, линейных размеров и перемещений различного рода объектов. Однако емкостные датчики не получили широкого распространения в приборах охраны. Это связано в первую очередь с сильной зависимостью значения электрической емкости от таких погодноклиматических условий, как влажность, температура, запыленность и химический состав.

Приведен обзор емкостных первичных измерительных преобразователей, методов выделения полезного сигнала, а также рассмотрены предлагаемые на сегодняшний день охранные системы на основе емкостных датчиков: периметровых приборы охраны Ромб-5, Радиан-М, Радиан-14, а также объектовые приборы охраны ПИК ИО305-3/2, Вернисаж ИО305-5, Ромб-12 и др.

По условиям эксплуатации охранные системы с емкостными датчиками часто находятся под непосредственным влиянием погодных условий: дождь, снег, пыль, изменения температуры. основной про-

блемой при этом является появление тока утечки между электродами. Появление тока утечки имеет эквивалентом снижение активного междуэлектродного сопротивления, что для колебательных систем приводит к снижению добротности и даже срыву колебаний, возможно – к уходу частоты системы.

Принцип построения первичного измерительного преобразователя должен исключать возможность влияния активной составляющей сопротивления на результат работы охранной системы. Практически пригодным является принцип построения емкостного датчика, основанный на применении коммутационно-мостовой схемы с разветвлением токов в измерительной цепи, а также на выделении и преобразовании сигнала путем измерения информативных параметров переходного процесса. Такой путь построения первичных измерительных преобразователей активно исследовался в центре «Медицина и электроника» АлтГТУ.

Практическая эксплуатация приборов, построенных по данному принципу, позволила наметить основные нерешенные проблемы и пути исследования.

Прежде всего, необходимо обеспечить адаптивность прибора к изменению внешних условий. Сюда можно отнести также и процедуру установки прибора на новом месте, желательно, чтобы изменившиеся условия работы (изменение емкостей, активного сопротивления, длины кабелей и т.п.) могли быть легко установлены как начальные без перенастройки прибора.

Следующей проблемой является снижение вероятности ложных срабатываний. Такие срабатывания способны существенно снизить для обслуживающего персонала субъективную надежность прибора. Следует отметить, что ложные срабатывания являются проблемой практически для всех охранных систем, и из существующего арсенала методов снижения вероятности ложных срабатываний необходимо выделить именно те, которые пригодны для работы с емкостными преобразователями.

В конце главы сформулированы выводы по результатам рассмотрения проблемы, а также сформулированы задачи исследования.

**Во второй главе** проводится последовательное построение модели взаимодействия объекта контроля с адаптивным емкостным измерительным преобразователем, которая позволяет учесть связь между конструктивными, погодными, схемотехническими факторами и параметрами сигнала.

В работе проведен расчет электрической емкости в системе измерительного электрода и потенциального нарушителя для ожидаемых геометрических конфигураций окружающих строительных конструк-



ций. Рассмотрена модель установки охранной системы в длинном коридоре с диэлектрическими стенками (рис.1), позволяющая оценить величину емкости при заданных геометрических размерах, зависимость емкости от расстояния между объектом контроля и электродом, влияние толщины и диэлектрической проницаемости ограждающих конструкций на величину емкости, динамику изменения емкости для заданных параметров движения контролируемого объекта.

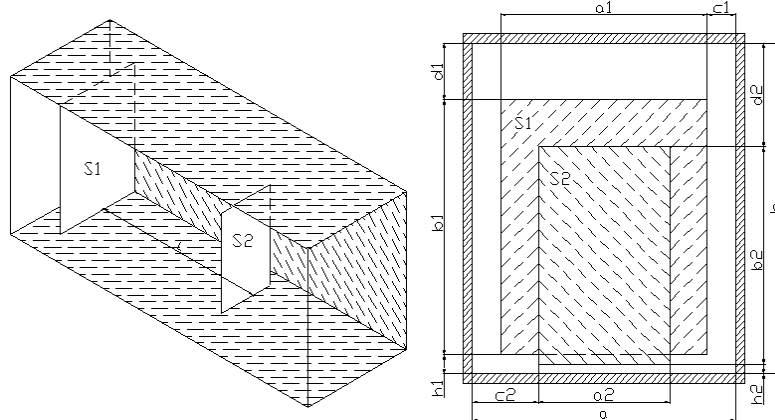


Рис.1. Модель установки охранной системы в длинном коридоре с диэлектрическими стенками

Данная модель применима к кирпичным и деревянным зданиям, позволяет сделать оценку емкости для заданных геометрических размеров электрода (дверь, дверная ручка, сейф и т.п.) и потенциального нарушителя.

Была также рассмотрена модель установки охранной системы в длинном коридоре с проводящими стенками (рис.2), которая также дает возможность провести расчет величины емкости при заданных геометрических размерах, установить зависимость емкости от расстояния между объектом контроля и электродом, влияние толщины и диэлектрической проницаемости ограждающих конструкций на величину емкости, динамику изменения емкости для заданных параметров движения контролируемого объекта.

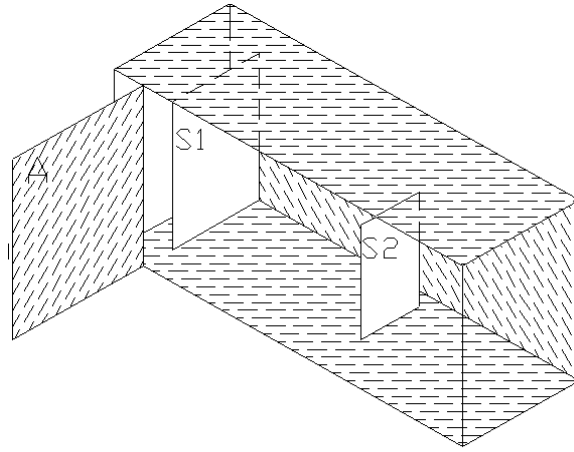


Рис.2. Модель установки охранной системы в длинном коридоре с проводящими стенками

Расчеты выполнялись численно по методу Хоу, а также в предназначенном для расчета емкости программном пакете FemLab.

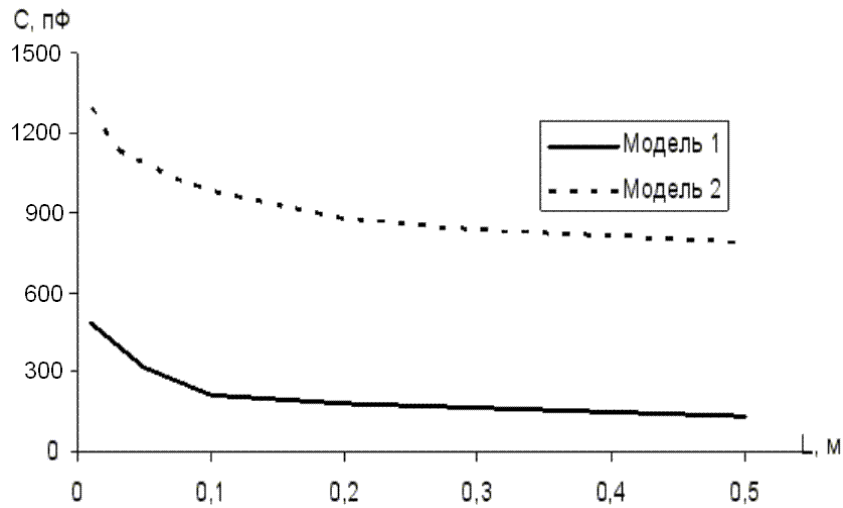


Рис.3. Зависимость емкости от расстояния между электродом и объектом контроля (данные для модели 1 и модели 2)

Расчетные значения емкости системы в зависимости от расстояния между объектом контроля и электродом приведены на рис.3 для модели 1 (диэлектрические конструкции) и модели 2 (проводящие конструкции). Использованный подход позволяет работать в принципе

с любыми сочетаниями диэлектрических и проводящих конструкций, необходимо лишь описывать геометрию расположения, тип конструкции и диэлектрическую проницаемость для непроводящих конструкций.

Для всех охранных систем на базе емкостных датчиков отмечена сильная зависимость их работы и показаний от погодных условий, причем эта зависимость обычно рассматривается только как мешающий фактор, без выявления причин. В работе проанализировано возможное влияние на емкостную охранную систему температуры, влажности воздуха и почвы возле объекта контроля, запыленности и влажности электродов, конструкционных поверхностей, а также влияние электромагнитных помех.



Рис.4. Металлические электроды, для которых проводился расчет емкости.

Наиболее известным фактором является появление тока утечки рабочего электрода при попадании влаги на него и окружающие конструкции, который учитывается в виде активного сопротивления, параллельного рабочему электроду. Изменение емкости рабочего электрода обычно констатируется как факт без анализа вызывающих его причин, поскольку изменение влажности воздуха сопровождается изменением диэлектрической проницаемости в четвертом знаке после запятой. В работе выделены две причины изменения емкости. При использовании в качестве конструкционного элемента древесины построена модель зависимости диэлектрической проницаемости от температуры и влажности воздуха, что позволяет использовать эти данные в модели расчета емкости. Вторая причина изменения емкости – обмерзание рабочего электрода, находящегося под открытым небом, при отрицательных температурах. При использовании в качестве рабочего

электрода ограждающих металлических конструкций (рис.4) слой льда может существенно изменять емкость рабочего электрода, причем модельные расчеты позволяют сделать оценку ожидаемого увеличения емкости электрода.

В реальных условиях работы охранная система находится в той или иной электромагнитной обстановке: часто на систему действует наводка с частотой 50гц, включение-выключение силовых приборов приводит к появлению импульса помехи, в некоторых случаях охранная система может находиться вблизи ЛЭП или источников радиосигналов, существует ненулевая вероятность близких разрядов молнии или включения поблизости электросварки. Для всех перечисленных источников помех сделана оценка параметров возбуждаемого на рабочем электроде электрического сигнала и рассмотрены меры защиты или снижения влияния отдельных видов помех.

Для преобразования величины емкости в измерительный электрический сигнал в данной работе используется мостовая схема с ответвлением тока на измерительную емкость (рис.5).

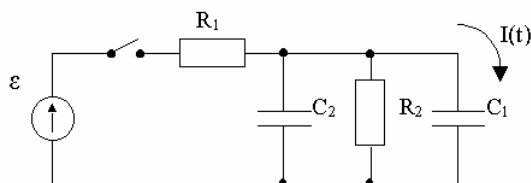


Рис.5. Схема коммутационного емкостного преобразователя с ответвлением тока на измеряемую емкость

Приведена модель распределения токов и описана динамика переходного процесса в системе в зависимости от длительности и формы возбуждающего импульса, величин входящих в схему постоянных емкости и сопротивления, а также параметров рабочего электрода – емкости и активного сопротивления. Построение мостовой (дифференциальной) схемы выделения сигнала позволяет построить модель переходных процессов для измерительного преобразователя и выделить важные для последующей обработки сигнала требования к параметрам системы.

В охранных системах не всегда удастся разместить датчик и схему выделения сигнала в непосредственной близости, например, при размещении датчика под открытым небом. В этом случае между емкостным датчиком и схемой обработки находится соединительный провод (пара проводов), обладающий собственной емкостью и задержкой распространения сигнала. В работе построена модель распространения сигнала генератора к измерительной емкости и обратно к измерительной схеме для нескольких возможных видов соединительных линий.

Показано, что оптимальным является использование симметричной витой пары для передачи сигналов. Моделирование распространения сигналов показало, что в случае коротких (до 10м) соединительных линий их влияние на последующее выделение сигнала является незначительным. Для более длинных линий необходимо учитывать конечное время распространения сигнала и возможность появления “звона” на входе схемы обработки. Исключить возможность многократного прохождения сигнала в соединительной линии можно при использовании двух соединительных пар: одна пара используется для подачи импульса возбуждения генератора на измерительную емкость, по другой паре напряжение с емкости подается на схему обработки.

Рассмотрена возможность проведения многокритериальной оптимизации параметров первичного измерительного преобразователя, в зависимости от ожидаемых условий эксплуатации, геометрии расположения рабочего электрода и строительных конструкций, ожидаемой электромагнитной обстановки и других влияющих факторов.

**В третьей главе** рассмотрены основные вопросы, возникающие при проектировании охранной системы на базе емкостного датчика.

Поскольку изменение основных свойств рабочего электрода – емкости и активного сопротивления – ожидается существенным в процессе эксплуатации, в данной работе был предложен принцип построения адаптивной к внешним воздействиям системы (рис.6).

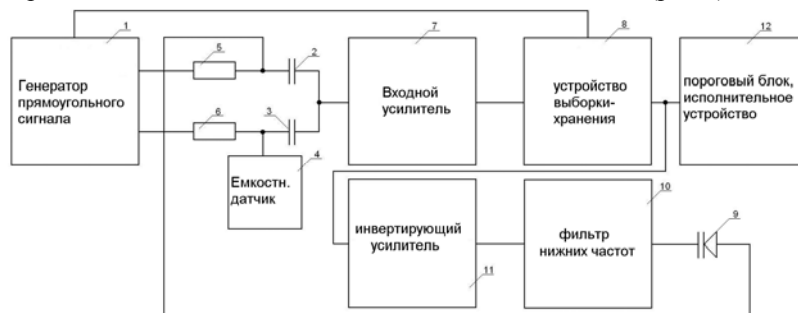


Рис.6. Принцип построения адаптивной емкостной охранной системы на основе емкостного преобразователя с ответвлением тока на измеряемую емкость

Работоспособность охранной системы не должна быть увязана с наличием сетевого напряжения 220в. Поэтому прибор должен работать как от сети 220в, так и иметь возможность перехода на встроенные подзаряжаемые аккумуляторы. Экономичность прибора по энергопотреблению позволяет повысить надежность системы в целом, поскольку низкая мощность потребления обеспечивает больший срок нор-

мальной работы прибора при пропадании сетевого напряжения. Для снижения энергопотребления необходимо использовать компоненты с малыми токами, источник питания для повышения к.п.д. должен быть импульсным.

При разработке аналоговой части прибора с адаптивным емкостным датчиком были учтены следующие требования, определяемые моделью первичного измерительного преобразователя (глава 2). Начальный участок переходной характеристики заряда рабочей емкости обеспечивается короткими (1..3мкс) импульсами генератора возбуждения. Величина тока должна быть существенно выше, чем ожидаемые токи утечки рабочего электрода, поэтому величины сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$  должны быть менее 1ком. Противофазный сигнал генератора возбуждения, подаваемый на плечи измерительного моста, должен обладать высокой симметрией, в противном случае переходной процесс будет зависеть не только от соотношения рабочих емкостей, но и от несимметрии сигналов. При использовании соединительных линий между емкостным датчиком и схемой выделения сигнала оптимальным является использование витой пары, например, UTP-5. Постоянство волнового сопротивления этих кабелей позволяет использовать согласующие резисторы, исключая возможность возникновения дополнительных переходных процессов за счет отражений сигнала между концами линии.

Устройство выборки-хранения (УВХ) должно стробироваться тем же сигналом генератора, запоминая уровень сигнала на момент окончания импульса генератора. Для интегральных УВХ типа 1006СК1 при микросекундных импульсах могут использоваться емкости хранения величиной в несколько сотен пикофард.

При низких сопротивлениях согласующих сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$  заметные токи генератора возникают только во время действия импульсов на измерительную схему. Снижение частоты повторения импульсов повышает экономичность схемы, возможное снижение частоты генератора может составлять десятки герц. Однако при столь низких частотах возможен разряд емкости хранения УВХ, величина которой ограничена малой длительностью импульса возбуждения. Поэтому выбор рабочей частоты генератора является компромиссным решением.

Сигнал УВХ поступает на фильтр низких частот с большой постоянной времени (единицы-десятки минут). Такая величина постоянной времени позволяет прибору адаптироваться под изменение погодных условий и, соответственно, активного и реактивного сопротивления емкостного датчика. Более быстрые сигналы с характерным временем

секунды – десятки секунд могут рассматриваться как соответствующие потенциальному нарушителю. Поэтому динамические параметры адаптивной ООС должны быть увязаны с ожидаемой моделью нарушителя.

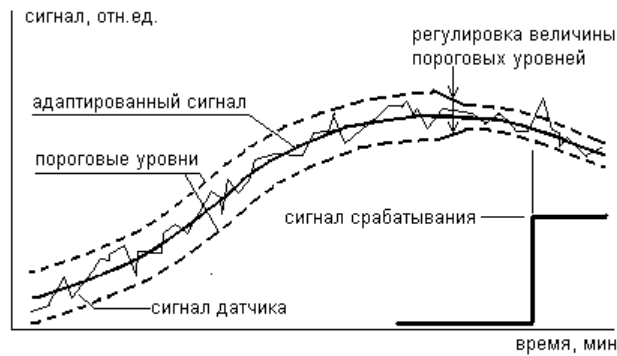


Рис.7. Основные сигналы, используемые в блоке обработки

Реальный сигнал датчика может содержать шум, обусловленный разного рода помехами. Полоса частот сигнала определяется частотой выборки УВХ. Сигнал адаптации соответствует среднему уровню сигнала, очищенному от высокочастотных составляющих. Пороговые уровни, определяющие срабатывание прибора, должны быть связаны с медленным адаптивным сигналом, причем в зависимости от электромагнитной обстановки в точке размещения охранной системы должна предусматриваться возможность настройки абсолютной величины пороговых уровней. Для проверки выхода рабочего сигнала за пороговые уровни может использоваться пара компараторов (рис.7).

Обязательным является дополнительное пороговое устройство, определяющее достижение границ адаптации системы, которое может происходить при выходе внешних воздействий за границы ожидаемых. Это же пороговое устройство может быть использовано для предотвращения вывода охранной системы из строя злоумышленниками путем закорачивания рабочего электрода на землю или обрыва соединительного провода. Использование дополнительного блока сравнения (рис.8), включенного в схему после устройства выборки-хранения, позволяет решить эту задачу.

В процессе эксплуатации охранной системы можно ожидать появление одиночных срабатываний, не связанных с нарушителями. Подобные срабатывания могут происходить от мощных импульсных помех, например, при коммутации силовых устройств, близких

разрядах молнии и т.д. Для борьбы с одиночными срабатываниями могут быть использованы корреляционные механизмы: сигнал тревоги появляется только в том случае, если длительность срабатывания превышает заданную для модели нарушителя (например, 1с).

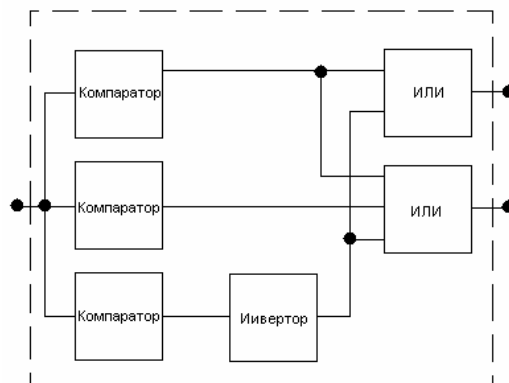


Рис.8. Дополнительный блок сравнения, определяющий выход системы за границы возможностей адаптации.

Рассмотрены также методы расширения функциональных возможностей охранной системы. К дополнительным можно отнести возможность дифференцирования несанкционированного доступа и влияния внешних факторов, возможность периодически сообщать состояние системы через современные телекоммуникации, возможность удаленной настройки параметров системы, которое может осуществляться централизованно для большого количества однородных охранных систем. Подобное расширение функциональных возможностей возможно за счет использования средств микропроцессорной техники. Одновременно может быть решена задача повышения надежности и гибкости охранной системы.

Разработаны алгоритмы, позволяющие программным путем настраивать уровни срабатывания системы, анализировать состояние сигнала и формировать сигнал тревоги с учетом возможности обучения системы, а также возможные алгоритмы связи микроконтроллера либо с персональным компьютером, либо модемом для организации связи.

**В четвертой главе** приводятся результаты испытаний емкостных приборов контроля, работающих по предложенным в работе принципам, а также описаны разработанные системы охранной сигнализации, которые используют эти приборы как средство превентивного контроля доступа к охраняемым объектам.



Было выполнено экспериментальное исследование факторов, влияющих на функционирование емкостных систем. Основными факторами являлись:

- погодные условия (температура, влажность, обмерзание)
- геометрические характеристики электродов
- динамика движения объекта контроля
- длина соединительных линий между датчиком и схемой обработки сигналов
- электромагнитные помехи.

При использовании дерева в качестве конструкционного материала действительно наблюдалось заметное изменение емкости рабочего электрода в зависимости от температуры и влажности воздуха. В зависимости от конструктивных особенностей размещения датчика изменение емкости датчика при изменении влажности древесины составляло от 3 до 100% и более.

Проверено также изменение емкости при обмерзании рабочих электродов, причем получена хорошая корреляция между длительностью обмерзания и модельными данными. Для электродов с малым коэффициентом заполнения площади (например, определенная укладка провода) емкость при обмерзании изменяется в 2-4 раза.

По заданному набору статистических результатов измерений параметров системы было проведено сравнение разных алгоритмов выделения информационного сигнала с точки зрения вероятности достоверного обнаружения информации и ложных срабатываний. Использование настраиваемых микропроцессорных алгоритмов позволяет снизить вероятность ложных срабатываний до двух раз при сохранении высокой вероятности достоверного обнаружения.

Повышение симметрии измерительной схемы улучшает ее метрологические и эксплуатационные характеристики, например, позволяет увеличить длину соединительных линий. При наличии одинаковых объектов контроля (например, двух одинаковых окон) их включение в разные плечи моста позволяет одним прибором контроля закрывать одновременно два объекта.

Разработанная типовая схема устройства охрана на базе емкостного датчика имеет следующие параметры:

- пороговое значение изменения емкости – 5..50пФ (настраивается);
- диапазон рабочих температур датчика: от -40 до +90°C;
- диапазон рабочих температур схемы выделения информационного сигнала: от -10 до +50°C;
- напряжение питания схемы: ±12в;
- потребляемый ток – не более 5мА;
- габаритные размеры – 100x100x25мм.

**В заключении** сформулированы основные выводы и результаты работы, а также выделены задачи, требующие дальнейшего исследования и решения.

**В приложения** вынесены акты внедрения разработанных емкостных приборов контроля приближения, функционирующих в составе комплексов охранной сигнализации, листинги используемого программного обеспечения

**Основные результаты работы** заключаются в следующем:

1. Выполнено математическое моделирование охранной системы на основе ёмкостного датчика. Дана математическая модель емкостного преобразователя и объекта контроля
2. Проведены расчеты и оценки электрической емкости для ожидаемых конфигураций охранных систем на основе емкостных датчиков для тел различной геометрической формы.
3. Сформулированы методы повышения надежности емкостных охранных систем. Предложены и практически опробованы способы увеличения вероятности достоверного обнаружения нарушителя в емкостных приборах охраны. Разработанная методика оптимизации емкостных измерительных преобразователей, основанная на предложенной математической модели, позволяет быстро проектировать приборы контроля с учетом конкретных условий их работы и функционального назначения.
4. Выполнено математическое моделирование влияния погодноклиматических условий и характеристик объекта контроля на изменение емкости рабочего электрода охранной системы
5. Предложен метод определения различий в динамике изменения полной емкости объекта контроля в приборах охранной сигнализации
6. Разработан прибор охраны на базе адаптивного емкостного преобразователя. Предложенные методы построения емкостных измерительных преобразователей дают реальное улучшение надежности, чувствительности и других технико-экономических характеристик разработанных на их основе приборов контроля. На основе проведенных исследований были разработаны и внедрены на различных объектах емкостные приборы контроля приближения, что подтвердило высокую эффективность предложенных в работе технических решений.

**Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:**

1. Галков А.В. Математическое моделирование охранных систем на основе ёмкостных датчиков. //Вестник АГАУ. – Барнаул 2004. – №2. – С.248-250.
2. Галков А.В. К вопросу о расчёте электрической ёмкости тел различной геометрической формы. //Вестник АГАУ. – Барнаул 2004. – №2. – С.251-253.
3. Галков А.В. Математическое моделирование охранной системы на основе ёмкостного датчика. // Труды межвузовской научно-методической конференции «Научно-исследовательская деятельность студентов – первый шаг в науку». – Набережные Челны: Изд. КамПИ 2004. – С.200-203.
4. Галков А.В. К вопросу о проектировании охранных систем на основе ёмкостного датчика приближения. //Труды X юбилейной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Современная техника и технологии». – В 2-х томах. – Томск: Изд. Томского политехнического университета 2004. – Т.1. – С. 75-77.
5. Галков А.В. Расчёт полной электрической ёмкости проводника в системе многих тел. //Труды межрегиональной научной студенческой конференции посвящённой 60-летию АГАУ «Достижения и перспективы студенческой науки в АПК». – Барнаул: Изд. АГАУ 2004. – Ч.1. – С.75-78.
6. Галков А.В. Перспективные методы повышения надёжности ёмкостных охранных систем. //Труды третьей всероссийской научно-технической конференции «Современные промышленные технологии» - Нижний Новгород 2005. – С.22.
7. Галков А.В., Якунин А.Г. К вопросу о разработке адаптивных охранных систем на основе ёмкостных датчиков. //Вестник АГАУ. – Барнаул 2005. – №1. – С.121-125.
8. Галков А.В. Математическая модель ёмкостного преобразователя и объекта контроля. //Труды шестой всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям – Кемерово 2005. – С. 33-34.
9. Галков А.В. Математическое моделирование влияния погодноклиматических условий и характеристик объекта контроля на изменение ёмкости рабочего электрода охранной системы. // Материалы всероссийской научно-практической конференции посвящённой 15-летию со дня принятия Декларации о государственном суверенитете Республики Башкортостан и 5-летию Нефтекамского филиала БашГУ «Наука и образование – 2005». В 3-х ч.: Ч.3. - Нефтекамск 2006. – С. 27-32.

10. Галков А.В. Метод определения различий в динамике изменения полной емкости объекта контроля в приборах охранной сигнализации. //Материалы девятой региональной конференции по математике «МАК – 2006» – Барнаул: Изд. АГУ 2006. – С. 49-51.
11. Галков А.В. Способы увеличения вероятности достоверного обнаружения нарушителя в емкостных приборах охраны. //Вестник АлтГТУ. – Барнаул 2006. - №2 – С. 107-112.
12. Якунин А.Г., Галков А.В. Емкостной преобразователь для систем охранной сигнализации. // Патент РФ № 2284578 от 25.04.2005, опубликовано 27.09.2006.
13. Якунин А.Г., Хомутов О.И., Галков А.В. Емкостная адаптивная охранная система. //Патент РФ № 2297671 от 27.12.2006, 20.04.2007 (бюлл.№11).
14. Галков А.В. Использование адаптивной емкостной коррекции и порогового устройства с расширенными функциональными возможностями для увеличения вероятности достоверного обнаружения нарушителя в емкостных приборах охраны. // Научно-образовательный журнал АлтГТУ «Горизонты образования». – Барнаул 2007. – №9. – [http://edu.secna.ru/publish/gorizonty\\_obrazovania/n9/galkov.pdf](http://edu.secna.ru/publish/gorizonty_obrazovania/n9/galkov.pdf)

Подписано к печати \_\_. \_\_. \_\_.  
Объем 1 п.л.  
Бесплатно  
Заказ

Печать офсетная  
Бумага писчая №1  
Тираж 75 экз.

Типография издательства АлтГТУ: Барнаул, ул. Ленина, 46.