

- (CDRH), Laser Product Performance Standard, *Code of Federal Regulations*, Vol. 21, Section 1040 (21 CFR 1040) (CDRH, Washington, D.C., 2002).
12. Бесекерский В.А., Фабрикант Е.А. Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. – Л.: Судостроение, 1968. – 348 с.
13. Официальный сайт: www.krdu-mvd.ru/_files/kafedra_ib/17.pdf, «Технические средства и методы защиты информации», (последний доступ – 10.08.2016.).
14. Charles H. Bennett, Francois Bessette, Gilles Brassard, Louis Salvail, and John Smolin, «Experimental Quantum Cryptography», *J. of Cryptography* 5, 1992.

УДК 681.2.08

МАЛОГАБАРИТНЫЙ АНАЛОГОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КОНТАКТНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ

Микитевич В.А., Пантелеев К.В., Жарин А.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Измеритель контактной разности потенциалов (КРП) представляет собой электрометр с динамическим конденсатором, отличительной особенностью которого являются существенно уменьшенные размеры и емкость динамического конденсатора. Если в обычных электрометрах с динамическим конденсатором площадь пластин составляет величину порядка нескольких квадратных сантиметров, то в случае измерителей КРП практический интерес представляют размеры не более 1 мм. Измерители уменьшенных размеров представляют особый интерес для сканирующих систем, например, для сканирующего зонда Кельвина, а также для систем контроля различных технологических процессов, например, при трении. При этом измерительный сигнал с динамического конденсатора чрезвычайно мал, порядка минимально разрешимых с точки зрения современной аналоговой электроники. Кроме того, динамический конденсатор для электрометров представляет собой закрытую, полностью экранированную систему, что в случае измерений КРП сделать практически невозможно. Поэтому к измерителям КРП предъявляются повышенные требования как с точки зрения собственных шумов и защиты от внешних наводок, так и с точки зрения тщательной проработки механического и схемотехнического дизайна.

Целью работы являлась разработка функциональных структур и схемотехнического дизайна аналоговых измерителей КРП с использованием современной электронной базы, отличающихся от аналогов малыми габаритами, высокой чувствительностью и помехозащищенностью.

Структурная схема разработанного измерителя КРП приведена на рисунке 1. Входной каскад состоит из конденсатора, образованного поверхностями измерительного электрода M_1 и заземленного измеряемого образца M_2 , и входного высокоомного предусилителя. Под действием электромеханического модулятора одна из пластин конденсатора вибрирует на частоте соб-

ственного механического резонанса относительно измеряемой поверхности M_2 .

Электрическая емкость при периодическом изменении расстояния между обкладками динамического конденсатора также периодически изменяется со временем. При достаточно большом сопротивлении резистора R_{Π} заряд не будет успевать полностью стекать с обкладок конденсатора за период изменения емкости, что вызовет появление на инвертирующем входе предусилителя 4 переменного потенциала. Усиленный сигнал с предусилителя поступает на вход фазочувствительного детектора 6. Далее выпрямленное напряжение через интегратор 7 подается на неинвертирующий вход предусилителя 4 для компенсации КРП, тем самым обеспечивается отрицательная обратная связь автокомпенсации измеряемой величины.

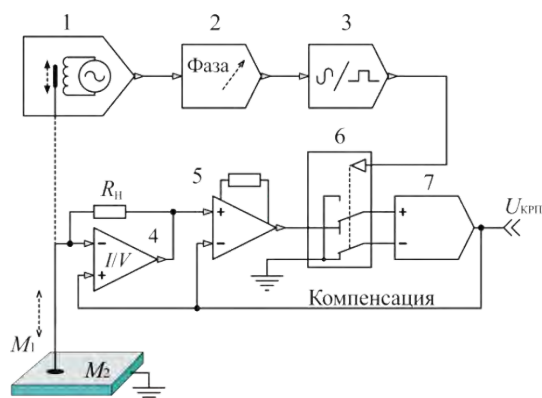


Рисунок 1 – Структурная схема аналогового измерителя контактной разности потенциалов: M_1 , M_2 – поверхности зонда и измеряемого образца, соответственно; 1 – модулятор вибрации; 2 – фазосдвигатель; 3 – формирователь сигнала; 4 – преобразователь ток-напряжение; 5 – инструментальный усилитель; 6 – фазочувствительный детектор с коммутируемыми ключами; 7 – интегратор; $U_{\text{КРП}}$ – выходной сигнал контактной разности потенциалов.

При переходе потенциала компенсации $U_{\text{комп}}$ через значение, равное КРП, фаза переменного сигнала с частотой ω вследствие изменения полярности пластин конденсатора изменяется на 180 градусов. Фазочувствительный детектор настроен таким образом, чтобы его выходное напряжение понижалось при фазе переменного сигнала, соответствующей превышению потенциалом компенсации значения КРП, и возрастало в обратном случае. При равенстве потенциала компенсации $U_{\text{комп}}$ величине КРП заряд на измерительном динамическом конденсаторе будет скомпенсирован. В этом случае сигнал на выходе инструментального усилителя отсутствует, а значение потенциала компенсации поддерживается интегратором. При нарушении равенства $U_{\text{комп}} = U_{\text{КРП}}$ конденсатор зарядится и на нем появится переменный потенциал, в зависимости от фазы которого, фазочувствительный детектор формирует потенциал компенсации таким образом, чтобы равенство $U_{\text{комп}} = U_{\text{КРП}}$ восстановилось. Таким образом, измеритель непрерывно отслеживает изменение КРП между эталонным и измеряемым образцами по фазе, значение КРП может быть измерено или записано с помощью соответствующего внешнего регистратора.

Для возбуждения механических колебаний эталонного образца возможно использование механических, электромагнитных, электростатических и пьезоэлектрических модуляторов. Электростатические и пьезоэлектрические модуляторы не получили широкого распространения при измерениях КРП. Их недостатком является высокое переменное напряжение, требующееся для их работы, что создает значительный уровень помех, а также низкая механическая прочность, что затрудняет их использование в условиях повышенных вибраций. При построении измерителя КРП использован электромеханический модулятор. Для обеспечения высокой амплитудно-фазовой стабильности используется модернизированный генератор с мостом Вина. Захват и поддержание частоты механического резонансного колебания осуществляется без традиционно используемого датчика колебаний.

Учитывая предельно малые сигналы с измерительного динамического конденсатора, предварительный усилитель выполнен по схеме преобразователя ток-напряжение на базе современных инструментальных усилителей с фемтоамперными входными токами. Применение во входном каскаде измерителя второго операционного усилителя позволяет отказаться от традиционного разделительного конденсатора и позволяет уменьшить постоянную времени цепи автокомпенсации, тем самым повысить скорость одного измерения КРП.

Питание предусилителя выполнено с «плавающей землей», что позволяет сохранить соот-

ношения потенциалов компонентов зонда неизменными при изменении напряжения компенсации в широком диапазоне.

Фазовый детектор-интегратор выполнен на основе противофазно коммутируемых с частотой модуляции КРП электронных ключей и интегратора. Двухполупериодное фазовое детектирование позволяет в значительной степени повысить чувствительность. Фазовое детектирование также позволяет подавлять помехи и наводки с частотами, отличными от частоты модуляции.

Для уменьшения влияния электромагнитных наводок и шумов, а также устранения микрофонного эффекта (детектирования паразитной КРП между исследуемой поверхностью и подводящими проводами, вибрирующими вместе с эталонным образцом), предварительный усилитель вместе с эталонным образцом смонтирован на гибкой печатной плате (материал платы – фторопласт армированный керамикой AR350 фирмы *ARLON*). Конец платы механически соединен с вибратором. Внешний вид платы предусилителя КРП вместе с зондом приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид платы предусилителя контактной разности потенциалов

Модулятор и фазовый детектор-интегратор размещены на отдельной плате (рисунок 3), на которой также смонтирована развязка по питанию. Питание генератора осуществляется непосредственно от внешнего двуполярного источника $\pm 12\text{В}$, а остальная схема питается напряжением $\pm 8\text{В}$ от встроенных микромощных стабилизаторов напряжения.



Рисунок 3 – Плата модулятора и фазового детектора-интегратора (совместно с платой предусилителя образует законченный электронный блок измерителя КРП)

Остальные электронные узлы, также размещены в непосредственной близости к предварительному усилителю на общем заземленном основании. При этом соблюдено следующее правило: блоки генератора, вырабатывающие сигналы возбуждения для колебательной сис-

темы динамического конденсатора размещены на верхней части основания. Заземленное основание играет также роль электромагнитного экрана. При этом основное подавление помех обеспечивается за счет фазового детектирования сигнала, а экранирование играет вспомогательную роль.

Основными преимуществами разработанного измерителя КРП по сравнению с аналогами явля-

ется существенно уменьшенные размеры, относительная простота и не высокая себестоимость, улучшенное соотношение сигнал/шум. В совокупности это имеет высокое значение для применения разработанных измерителей в системах сканирования потенциала поверхности, а также при контроле различных технологических процессов.

УДК 614.842

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Мисюкевич Н.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Логика зонирования объекта следует из необходимости реализации планов эвакуации. План эвакуации является документом, который невозможно грамотно составить вне логики управления процессом эвакуации. Получается, что план эвакуации является составной частью документации системы пожарной сигнализации, оповещения о пожаре и управления эвакуацией (СПС-СОУЭ). Определив понятия и логические связи можно достичь понимания, что СПС-СОУЭ предназначена для обеспечения своевременной эвакуации путем реализации планов эвакуации.

Основным условием для выделения зон звукового и речевого оповещения является акустическая изоляция от других зон этого назначения. Соблюдение требований по максимально допустимой неравномерности звукового поля (10 дБ) диктует необходимость размещения оповещателей на определенном расстоянии. Существенное влияние на распространение звука оказывают акустические характеристики строительных конструкций. В виду этого реальное расстояние и характер изменения звукового давления существенно отличается от данных, представленных в технических нормативных правовых актах (ТНПА). Целесообразно определять условия распространения звука используя соответствующее измерительное оборудование (шумомеры). Учитывая, что конструкция дверей и перегородок, как правило, снижает звуковое давление более 10 дБ, оповещатели следует устанавливать во всех помещениях возможного пребывания людей.

Критерием безопасности эвакуации является соблюдения соотношения

$$t_p \leq t_n - t_c, \quad (1)$$

где t_p – расчетное время эвакуации; t_n – необходимое время эвакуации; t_c – время свободного развития пожара до начала эвакуации.

Возможность объединения нескольких помещений в одну зону управления эвакуацией определяется вышеприведенным соотношением. Об-

щими мотивами выделения помещения или группы помещений в отдельную зону может служить сочетание следующих факторов:

– в зоне требуется оповещение отличное от соседних зон;

– время начала оповещения для зоны является индивидуальной величиной, зависящей от места возникновения пожара;

– зона оповещения выделена в здании архитектурно-строительными элементами.

С учетом изложенного, дадим определение зоны оповещения. Зона оповещения – часть пространства в помещении, помещение или группа помещений в здании, для которых характерно выделение архитектурно-строительными элементами, необходимость индивидуальных видов сигналов (текстов) оповещения и (или) отличное от соседних зон время начала оповещения.

Если этаж имеет два и более эвакуационных выхода, то с учетом необходимости движения в сторону, противоположную очагу горения и возможности блокирования одного из них ОФП, этаж следует разделять на две и более зоны оповещения.

При совпадении пространственного расположения зон функционирование СПС-СОУЭ упрощается, к этому стоит стремиться. Несколько зон контроля опасных факторов пожара могут объединяться в одну зону эвакуации при соблюдении условия (1). Они являются зависимыми от результатов расчета безопасных условий (1) эвакуации. Зоны оповещения и управления эвакуацией могут соответствовать зонам контроля ОФП, а могут и объединяться.

Проектирование путей эвакуации или проверка их соответствия при реконструкции зданий прямо связана с проектированием и функционированием СОУЭ. Выделение зон оповещения и грамотная разработка алгоритмов оповещения позволяют организовать безопасную вынужденную эвакуацию путем управления процессом эвакуации, в отличие от увеличения ширины эвакуационных путей, кото-