

И.Д. Шафигуллин, Е.С. Денисов
(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КВАЗИРАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА С ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРОЙ

**AUTOMATED MEASURING SYSTEM FOR QUASI-DISTRIBUTED
RESISTIVE SENSOR WITH TREE STRUCTURE**

Представлено описание квазираспределенного резистивного датчика с древовидной структурой. Разработана структурная схема автоматизированной системы для получения измерительной информации с предложенного квазираспределенного резистивного датчика. Разработанная измерительная система позволяет проводить измерения полей физических величин различной природы.

The paper presents a description of the quasi-distributed resistive sensor with tree structure. A block diagram of an automated measuring system based on the proposed quasi-distributed resistive sensor for measuring the distribution of a physical quantity field is presented.

Ключевые слова: квазираспределенный резистивный датчик, древовидная структура, измерение физических полей.

Keywords: quasi-distributed resistive sensor, tree structure, measurement of physical fields.

В процессе контроля и оценивания состояния физических объектов возникает необходимость измерения распределения физической величины по поверхности исследуемого объекта. Для этих целей применяют различного рода измерительные системы [1-4]. Самой простой системой является использование большого количества однотипных датчиков для измерения распределения поля физической величины по поверхности исследуемого объекта. Однако такой метод является затратным с технической и экономической стороны, т.к. каждый датчик в такой системе представляет из себя отдельную измерительную системы с датчиком и измерительным каналом. Другой метод основан на применении распределенных датчиков [1, 2]. Однако такие датчики имеют недостаток, связанный со сложностью способа проведения измерений и последующей обработки полученной измерительной информации.

Для проведения измерений распределения физической величины по поверхности исследуемого объекта в основном применяют квазираспределенные резистивные датчики (КРРД) [3, 4]. Широкое распространение получили КРРД с матричной структурой [4]. Также

возможно применение сеточной структуры [3]. Однако такие датчики обладают рядом недостатков. В матричной структуре возможно возникновение перекрестных помех, а также датчик с такой структурой невозможно реализовать однослойным, т.к. необходимо исключить пересечение линии строй и линии столбцов [4]. У КРРД с сеточной структурой недостатком является сложность проведения измерений, а также увеличение погрешности определения значений сопротивлений внутренних чувствительных элементов с ростом количества чувствительных элементов.

Для обеспечения меньшей погрешности при проведении измерений, а также обеспечения возможности изготовления датчика однослойным, предложен КРРД с древовидной структурой [5]. На рис.1. представлена одна из возможных реализаций КРРД с древовидной структурой.

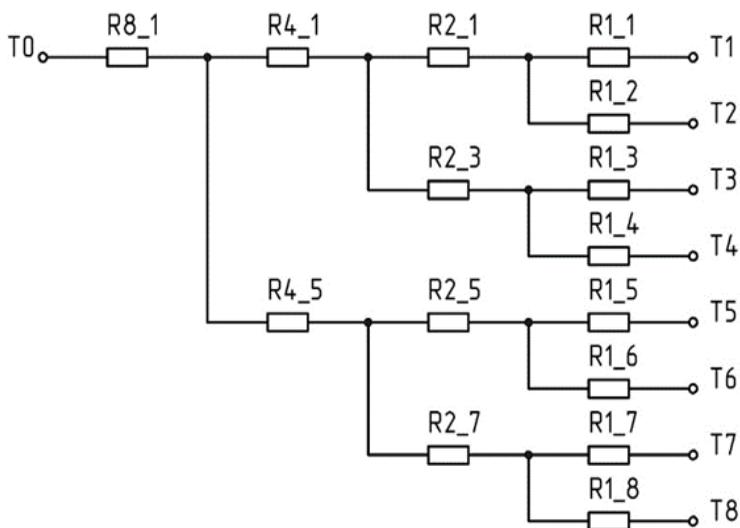


Рис. 1. КРРД с древовидной структурой

Определение значений сопротивлений резистивных чувствительных элементов для представленной структуры схож с четырехпроводным методом измерения сопротивлений, когда обеспечиваются различные пути протекания для зондирующего и измерительного токов.

Для представленной на рис. 1 структуры применено следующее обозначение чувствительных элементов: R_{i_j} – общее обозначение сопротивления чувствительного элемента, в котором i указывает на столбец в КРРД (номера столбцов удобнее брать в величинах значений степени двойки $i=2^k - 1, 2, 4, 8, \dots$ и считать в направлении справа налево), а j указывает номер терминала, к которому подключается один из выводов источника зондирующего тока, при этом другой вывод источника зондирующего тока

можно соединить с терминалом T0. При этом формула для определения значения сопротивления чувствительного элемента выглядит следующим образом:

$$Ri_j = \frac{T(j + (-1)^{\text{mod}(j/i)} \cdot i) - T(j + \text{int}(i/2))}{I_0}, \quad T(j) \rightarrow GND \quad (1)$$

где $T(n)$ – значение напряжения на соответствующем терминале n ; I_0 – величина зондирующего тока; $\text{int}()$ – указывает на взятие целой части; $\text{mod}()$ – указывает на взятие остатка от деления.

Формула (1) не выполняется для чувствительного элемента R8_1, непосредственно подключенного к терминалу T0. В этом случае справедлива следующая формула:

$$Ri_j = \frac{T(0) - T(j + \text{int}(i/2))}{I_0}, \quad T(j) \rightarrow GND. \quad (2)$$

Анализ формул (1) и (2) показывает, что измерительная процедура для предложенного КРПД с древовидной структурой не требует значительных вычислительных затрат.

Для проведения измерений поля физической величины с помощью КРПД с древовидной структурой разработана структурная схема автоматизированной измерительной системы, которая представлена на рис. 2.

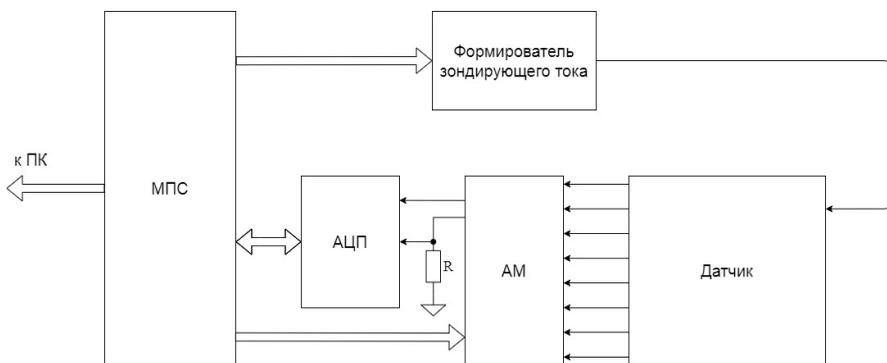


Рис. 2. Структурная схема для проведения автоматизированных измерений поля физической величины с помощью КРПД с древовидной структурой

Схема измерения (см. рис. 2) состоит из самого КРРД с древовидной структурой, аналогового мультиплексора (АМ) для обеспечения коммутации терминалов датчика к общей шине через шунт R, а также коммутации остальных терминалов к входу аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Формирователь зондирующего тока обеспечивает требуемый зондирующий ток через датчик. Величина зондирующего тока контролируется с помощью АЦП и шунта R. Управление процессом измерения осуществляется с помощью микропроцессорной системы (МПС). После проведения измерения полученные результаты отправляются на компьютер (ПК) для последующей обработки.

Предложенная автоматизированная измерительная система для КРРД с древовидной структурой позволяет проводить измерения распределения поля физической величины. При этом обеспечивается возможность уменьшения погрешности измерения сопротивлений чувствительных элементов по сравнению с другими известными структурами за счёт четырехпроводного метода измерения сопротивлений. Также из-за особенности древовидной структуры предложенный КРРД может быть реализован однослойным.

Список литературы

1. Мохаммед, Х.С.А. Полупроводниковый одномерный распределенный датчик температурного поля: численный алгоритм и его программа реализация / Ю.К. Евдокимов, Х.С.А. Мохаммед, Л.Д. Храмов // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2018. - №4. – С. 118-122.
2. Евдокимов, Ю.К. Математическая модель и измерительный алгоритм непрерывно распределенного полупроводникового датчика профиля температуры в неизотермических потоках/ Ю.К. Евдокимов, Х.С.А. Мохаммед, Л.Д. Храмов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. –2019. –Т. 21. – № 1-2. – С. 146-153.
3. Denisov E., Adiutantov N., Evdokimov Y.K., Salakhova A., Timergalina G., Nikishin T., Martemianov S., Thomas A. Quasi-distributed resistive sensor for steady-state field measurements // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 2016. pp. 1-5.
4. Vidal-Verdú F., Oballe-Peinado Ó., Sánchez-Durán J.A., Castellanos-Ramos J., Navas-González R. Three Realizations and Comparison of Hardware for Piezoresistive Tactile Sensors // Sensors, Nov 2011. pp. 3249-3266.
5. Денисов, Е.С. Однослойный квазираспределенный резистивный датчик / Е.С. Денисов, И.Д. Шафигуллин // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 510-512.

Материал поступил в редколлегию 12.10.20.