

Егорушкин Павел Викторович,
Магистрант, ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет,
Pavel Egorushkin, Master's degree student, Sakhalin State University,

Федоров Олег Анатольевич,
к.п.н., доцент, доцент кафедры электроэнергетики и физики,
Сахалинский государственный университет
Oleg A. Fedorov, PhD, Associate Professor of the Department
of Electric Power Engineering and Physics, Sakhalin State University

Максимов Виктор Петрович,
д.п.н., профессор, зав. кафедрой электроэнергетики и физики,
Сахалинский государственный университет
Maksimov Viktor Petrovich, PhD, Professor, Head of the Department
of Electric Power Engineering and Physics, Sakhalin State University

ЕМКОСТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН **CAPACITIVE CONVERTERS OF PHYSICAL QUANTITIES**

Аннотация. В данной статье рассматриваются емкостные преобразователи физических величин – устройства, использующие изменение емкости для измерения и преобразования различных физических величин, таких как давление, температура, влажность и другие. Описываются принципы работы емкостных преобразователей, основные типы и их применение в различных областях техники и науки. Рассматриваются также преимущества и недостатки использования емкостных преобразователей по сравнению с другими типами датчиков.

Abstract: This article discusses capacitive converters of physical quantities - devices that use a change in capacitance to measure and convert various physical



quantities, such as pressure, temperature, humidity, and others. The principles of operation of capacitive converters, the main types and their application in various fields of technology and science are described. The advantages and disadvantages of using capacitive converters in comparison with other types of sensors are also considered.

Ключевые слова: емкостной преобразователь, физические величины, датчик, измерение, преобразование, давление, температура, влажность, принцип работы, типы, применение, преимущества, недостатки

Keywords: capacitive transducer, physical quantities, sensor, measurement, conversion, pressure, temperature, humidity, operating principle, types, application, advantages, disadvantages

Емкостные преобразователи физических величин – это устройства, которые используются для преобразования изменений физических параметров в изменения емкости конденсатора и затем в электрический сигнал. Они широко используются в различных отраслях науки и промышленности, в медицине и быту.

Емкостные преобразователи работают на основе изменения емкости конденсатора в зависимости от изменения физической величины, которую они измеряют. Конденсатор состоит из двух проводящих пластин, разделенных диэлектриком. Если на пластины подать разную зарядку, то между ними образуется электрическое поле. Емкость конденсатора пропорциональна площади пластин и обратно пропорциональна расстоянию между ними. При изменении расстояния между пластинами меняется и емкость конденсатора. Этот принцип используется для преобразования физических величин в изменение емкости конденсатора. Затем с помощью электронных схем и алгоритмов этот сигнал преобразуется в удобный для чтения формат, например, в числовой код или визуальное отображение на дисплее [1].



В Сахалинском государственном университете в лаборатории физических экспериментов разработан цикл практических работ с использованием емкостных преобразователей в системах электроснабжения низкого (0,4 кВ) и среднего напряжения 6(10) кВ.

В процессе проведения лабораторных работ студенты осваивают технику модельного конструирования, проектирования и эксплуатации датчиков, сенсорных преобразователей, элементов измерительной техники. С ростом автоматизации требования к датчикам физических параметров становятся все более высокими. При этом особое значение придается следующим показателям приборов:

- миниатюризация;
- унификация (возможность встраивания в разные структуры);
- минимальная стоимость;
- возможность серийного производства.

По структурному построению автоматизированные устройства напоминают такие биологические системы, например, человека. Датчики соответствуют органам чувств человека в автоматах (или роботах), а функции активных органов выполняют исполнительные механизмы. Аналогом мозга как центрального устройства обработки сигналов является компьютер с его системой памяти [2].

Когда на пластины емкостного преобразователя подается сигнал, он вызывает изменение емкости пластин, что приводит к изменению электрического заряда на пластинах и, следовательно, к изменению напряжения на выходе преобразователя. Важно отметить, что изменение емкости прямо пропорционально изменению физической величины, которую необходимо измерить.

В основе проектирования емкостных преобразователей использована теория, базирующая на изменении электрической емкости двух пластин, расположенных рядом друг с другом и отделенных диэлектриком. Для более детального понимания принципа работы емкостного преобразователя



рассмотрим его физическую составляющую. Емкость пластин можно выразить через площадь пластины (S), расстояние между пластинами (d), относительную диэлектрическую проницаемость среды между пластинами (ϵ) и диэлектрическая постоянная (ϵ_0):

$$C = \frac{S \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}{d}$$

При изменении расстояния между пластинами или диэлектрической проницаемости среды, изменяется емкость пластин. Это изменение емкости может быть замечено при помощи соответствующей электронной схемы, которая измеряет изменение напряжения на выходе преобразователя.

Для преобразования изменения физической величины в изменение емкости, в емкостном преобразователе может использоваться различные механизмы. Например, для измерения давления можно использовать мембрану, которая под действием давления начинает деформироваться и изменять расстояние между пластинами емкостного преобразователя. Для измерения температуры можно использовать термический датчик, который изменяет свою длину под воздействием температуры, что в свою очередь изменяет расстояние между пластинами емкостного преобразователя [3].

Таким образом, емкостные преобразователи используют изменение емкости пластин для преобразования изменений физической величины в электрический сигнал. Этот электрический сигнал может быть далее обработан и интерпретирован электронными устройствами для получения информации об изменении физической величины.

Свое практическое применение разработки студентов Сахалинского государственного университета нашли в наиболее распространенных сферах применения емкостных преобразователей – измерение давления в гидравлическом оборудовании нефтепромыслов шельфовых проектов острова Сахалин. В большинстве студенческих разработок используется принцип воздействия давления на техническую мембрану, которая деформируется и изменяет расстояние между пластинами емкостного преобразователя.



Изменение емкости, вызванное изменением расстояния между пластинами, имеет высокий уровень значимости и может быть использовано для измерения давления определенных величин.

В других случаях емкостные преобразователи используются в других областях, таких как измерение температуры, влажности, уровня жидкости и газа, силы, ускорения и многих других параметров. Важно отметить, что емкостные преобразователи обычно имеют высокую точность измерения и быструю реакцию на изменение физической величины, что делает их популярными во многих приложениях [4].

Одним из преимуществ емкостных преобразователей является то, что они могут быть очень маленькими и легкими, что делает их удобными для использования в различных приложениях, включая носимую электронику. Кроме того, они могут быть изготовлены из различных материалов, таких как керамика, металлы и полимеры, что делает их гибкими и универсальными.

Несмотря на все преимущества, емкостные преобразователи также имеют свои ограничения. Например, они могут быть чувствительны к воздействию внешних факторов, таких как электромагнитные поля и температура, что может привести к искажениям измерений. Кроме того, они обычно требуют схемы усиления сигнала для увеличения точности и чувствительности измерения [5].

В целом, емкостные преобразователи являются важным инструментом для измерения различных физических величин. Их простота, точность и универсальность делают их популярными во многих областях, от промышленности до научных исследований. Кроме того, их малый размер и легкий вес делают их удобными для использования в носимой электронике и других мобильных устройствах [6].

В лаборатории физических экспериментов разрабатываются и апробируются и другие виды емкостных преобразователей, которые используются для измерения различных физических величин. Некоторые из них включают:



- емкостные преобразователи давления, которые измеряют давление и изменение давления в жидкостях и газах;
- емкостные преобразователи уровня, которые используются для измерения уровня жидкости в резервуарах и других емкостях;
- емкостные преобразователи влажности, которые измеряют относительную влажность воздуха;
- емкостные преобразователи температуры, которые используются для измерения температуры объектов;
- емкостные преобразователи ускорения, которые измеряют ускорение, например, в автомобилях, самолетах и космических аппаратах;
- емкостные преобразователи веса, которые используются для измерения массы объектов;
- емкостные преобразователи движения, которые используются для измерения скорости и направления движения.

Емкостные преобразователи имеют ряд преимуществ по сравнению с другими типами преобразователей. Они обычно меньше по размеру и весу, чем механические преобразователи, что делает их удобными для установки в ограниченных пространствах. Они также обычно более точны и стабильны, чем другие типы преобразователей. Однако, есть и некоторые недостатки, связанные с использованием емкостных преобразователей. Например, они могут быть чувствительны к внешним электромагнитным помехам и могут иметь ограниченный диапазон измерения [7].

Емкостные преобразователи находят широкое применение в различных отраслях науки и промышленности. Например, они используются в медицинском оборудовании для измерения давления и температуры тела пациента. Они также используются в производстве для измерения уровня жидкости в резервуарах и для контроля температуры при обработке пищевых продуктов. В автомобильной промышленности они используются для измерения ускорения и для контроля температуры двигателя. Емкостные



преобразователи также используются в различных бытовых устройствах, таких как термостаты и датчики движения.

Емкостные преобразователи физических величин играют важную роль в измерении различных параметров в различных отраслях. Они обладают рядом преимуществ, таких как компактность, точность и стабильность, но также имеют некоторые недостатки, такие как ограниченный диапазон измерения и чувствительность к внешним электромагнитным помехам.

В целом, емкостные преобразователи являются важными инструментами для многих отраслей, и их применение в дальнейшем будет продолжать развиваться и расширяться. Современные технологии позволяют устранять недостатки и улучшать характеристики емкостных преобразователей, что делает их все более востребованными в различных сферах применения.

Список литературы:

1. Рачков, М. Ю. Физические основы измерений: учебное пособие для среднего профессионального образования / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 146 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10162-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/514740> (дата обращения: 21.04.2023).

2. Кирюха, В.В. Датчики в системах автоматики: учеб. пособие / В.В. Кирюха. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. — 150 с.

3. Горбенко, Ю.М. Измерительные преобразователи активного тока / Актуальные проблемы развития судоходства в Дальневосточном регионе: материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Ю.М. Горбенко, В.В. Кирюха. — Владивосток, 2011.

4. Кирюха, В.В. Индуктивные датчики и их применение для решения задач оперативного контроля толщины слоя коррозии / В.В. Кирюха // Науч. тр. Дальрыбвтуза. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2014. — Т. 31. — С. 58–64.



5. Ляпунов, Д.Ю. Исследование микроэлектромеханических емкостных преобразователей с пленочными элементами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01: защищена 29.12.10: утв. 25.05.11. Томск, 2010 - 21 с.

6. Молочков, В.Я. Микропроцессорные системы управления техническими средствами судов: учеб. пособие / В.Я. Молочков. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – 193 с.

7. Арбузов, В.П. Структурные методы повышения точности измерительных цепей емкостных и индуктивных датчиков : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.01: защищена 28.05.09: утв. 15.12.09. Пенза, 2009. - 42 с

