

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ВолгГТУ)
кафедра " Автоматические установки "

Реферат на тему:
“Емкостные преобразователи”

Выполнил: студент группы
РК- 500
Козлита С.Н.
Проверил: преподаватель
Кошман А.М.

Волгоград, 2022

Содержание

Введение.....	3
1 Общие сведения.....	4
2 Емкостные преобразователи.....	7
2.1 Принцип работы емкостного измерителя.....	7
2.3 Разновидности датчиков.....	9
2.3.1 Классификации.....	9
2.3.1 Одноемкостные датчики.....	9
2.3.2 Двухемкостные датчики.....	10
2.3.3 Датчики уровня.....	11
2.3.4 Емкостные датчики давления.....	11
2.3.5 Емкостные датчики прикосновения.....	12
3 Возможные сферы применения датчиков.....	14
Заключение.....	16
Список использованных источников.....	17

Введение

Техника конструирования и применения датчиков, или, как ее можно кратко назвать, сенсорика, за последние годы развилась в самостоятельную ветвь измерительной техники. С ростом автоматизации к датчикам физических параметров стали предъявляться все более высокие требования. При этом особое значение придается следующим показателям:

- * миниатюрность (возможность встраивания)
- * дешевизна (серийное производство)
- * механическая прочность

По структурному построению автоматизированные устройства напоминают такие биологические системы, как, например, человек. Органам чувств человека соответствуют в автоматах (или роботах) датчики, а функции активных органов выполняются исполнительными устройствами. Аналогом мозга как центрального устройства для обработки сигналов служит ЭВМ с ее системой памяти.

Емкостной датчик, как его определяет Большая Советская Энциклопедия, — измерительный преобразователь, позволяющий неэлектрические величины перевести в значения электрической емкости. Например, такие как давление, уровень жидкости, механическое усилие, влажность, и прочие. Изменения емкости оказываются пропорциональны колебаниям измеряемой величины, и это соответствие позволяет отследить ее поведение.

1 Общие сведения

Понятием “датчик” в общем случае обозначают дешевый, но надежный приемник и преобразователь измеряемой величины, обладающий умеренной точностью и пригодный для серийного изготовления. Общеупотребительные термины и определения для различных датчиков четко сформулированы в Инструкции 2600 Общества немецких инженеров и Общества немецких электриков ФРГ (VDI/VDE-Richtline 2600).

Измерительный прибор осуществляет преобразование входного сигнала $x(t)$ в выходной сигнал $y(t)$:

$$y(t) = F[x(t)], \quad (1)$$

где $x(t)$ и $y(t)$ - векторные величины; $F(x)$ - требуемая функция преобразования. На выражение (1) можно смотреть на информационную модель прибора, в которой осуществляется преобразование входной информации в выходную.

В более общей формулировке прибор осуществляет операцию отображения множества сигналов на входе $x \in X$ в множество сигналов на выходе $y \in Y$, при этом указанное отображение должно быть однозначным.

В реальных приборах функция преобразования зависит не только от сигнала $x(t)$, но также от возмущения $\xi(t)$ на сигнал $x(t)$, от помехи $\vartheta(t)$, действующей на параметры прибора $q(t)$, от несовершенства технологий изготовления прибора $\eta(t)$ и от помехи $\nu(t)$, возникающих в самом приборе (трения, паразитных ЭДС и др.). В соответствии с рисунком 1 приведена зависимость:

$$y(t) = F[x, \xi, q(\eta, \vartheta), \nu], \quad (2)$$

где $\xi, q, \eta, \vartheta, \nu$ - векторы.

Измеряемыми величинами, на основе которых формирует полезный сигнал $x(t)$, являются параметры первичной информации, такие, как давление, температура, количество и расход жидкостей, линейные и угловые размеры, расстояния, скорости, ускорения, деформации, напряжения, вибрации, внутренние трещины, несплошности в материалах и др. К числу

вредных возмущений относятся перегрузки, вибрации, электрические и магнитные поля, неконтролируемые вариации температуры, давления, влажности окружающей среды и т. д. Все эти возмущения вносят погрешности в показания приборов.

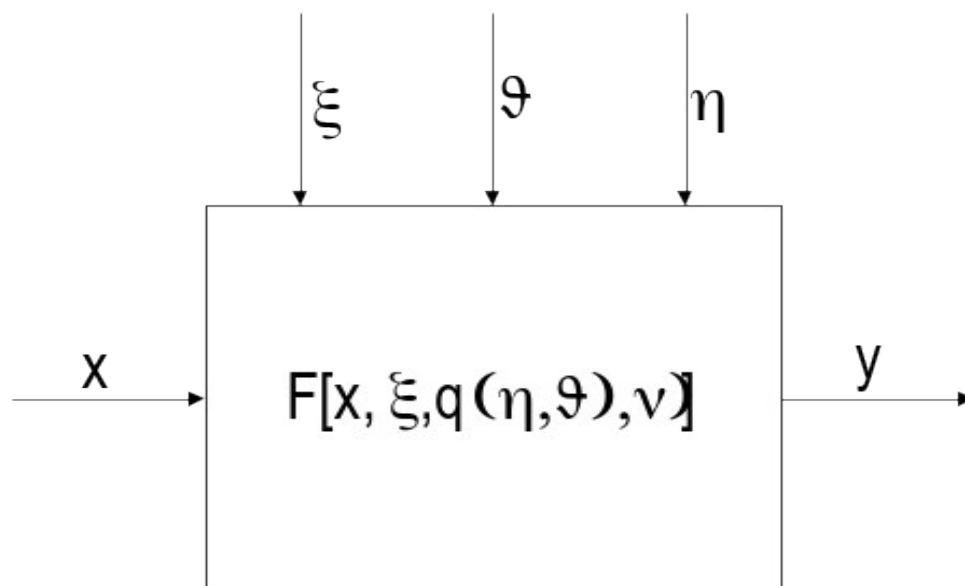


Рисунок 1 – Функциональная схема прибора.

Прибор должен воспроизводить измеряемые величины с допускаемыми погрешностями. При этом слово “воспроизведение”, эквивалентное в данной трактовке слову “отображение”, понимается в самом широком смысле: получение на выходе прибора величин, пропорциональных входным величинам; формирование заданных функций от входных величин (квадратичная и логарифмическая шкалы и др.); получение производных и интегралов от входных величин; формирование на выходе слуховых или зрительных образов, отображающих свойства входной информации; формирование управляющих сигналов, используемых для управления контроля; запоминание и регистрация выходных сигналов.

Измерительный сигнал, получаемый от контролируемого объекта, передается в измерительный прибор в виде импульса какого-либо вида энергии. Можно говорить о сигналах: первичных - непосредственно характеризующих контролируемый процесс; воспринимаемых чувствительным элементом прибора; подаваемых в измерительную схему, и

т.д. При передаче информации от контролируемого объекта к указателю прибора сигналы претерпевают ряд изменений по уровню и спектру и преобразуются из одного вида энергии в другой.

Необходимость такого преобразования вызывается тем, что первичные сигналы не всегда удобны для передачи, переработки, дальнейшего преобразования и воспроизведения. Та часть прибора, в которой первичный сигнал преобразуется, например, в электрический, называется первичным преобразователем. Часто этот преобразователь совмещается с чувствительным элементом. Сигналы с выхода первичного преобразователя поступают на следующие преобразователи измерительного прибора.

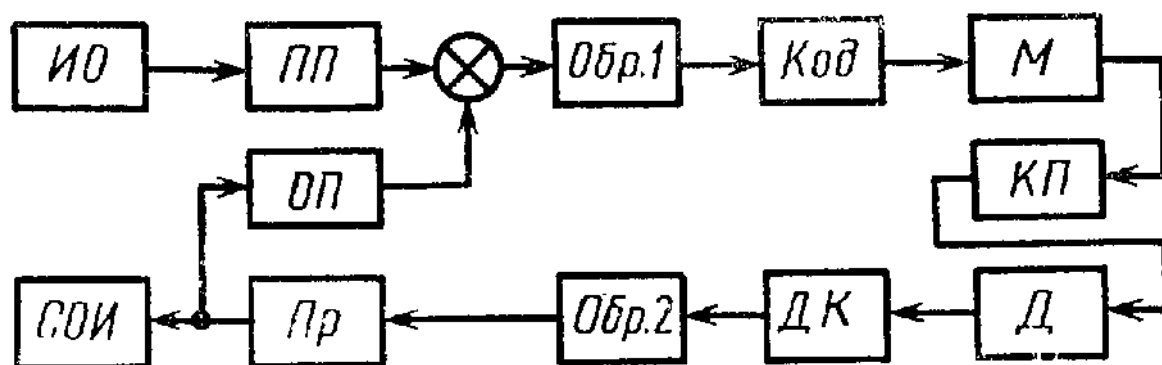


Рисунок 2 – Функциональная схема прибора

В соответствии с рисунком 2 дана функциональная схема прибора, на которой указаны: исследуемый объект ИО; первичный преобразователь ПП; устройство сравнения УС; устройство обработки сигналов Об. 1, в котором производится селекция, усиление, коррекция погрешностей, фильтрация и др.; кодирующее устройство Код; модулятор М; канал передачи КП; устройство детектирования Д; устройство декодирования ДК; устройство обработки информации Обр. 2, обеспечивающее функциональное преобразование, коррекции погрешностей, формирование функции преобразования (1) и др.; преобразователь Пр, выдающий информацию на систему отображения СОИ и на обратный преобразователь ОП, с которого поступают сигналы на устройство сравнения. Эта схема является обобщенной и включает ряд элементов, которые в более простых приборах могут отсутствовать.

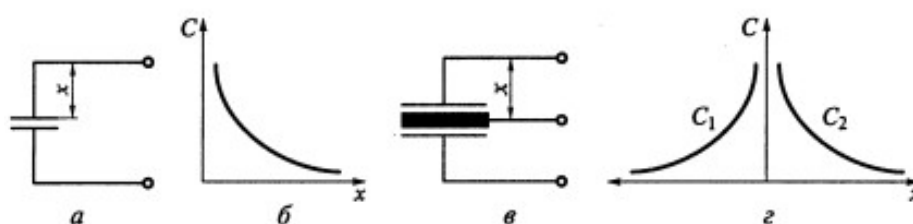
2 Емкостные преобразователи

2.1 Принцип работы емкостного измерителя

Принцип работы емкостных измерительных преобразователей заключается в изменении электрической емкости под действием измеряемой физической величины. Существуют различные принципиальные способы, по которым строятся емкостные измерительные преобразователи. В соответствии с рисунком 3 показано изменение электрической емкости путем изменения расстояния между пластинами конденсатора, а в соответствии с рисунком 3б приведена статическая характеристика такого преобразования. Эта характеристика представляет собой обратно пропорциональную (гиперболическую) зависимость.

В соответствии с рисунком 3 дифференциальное изменение электрической емкости путем введения дополнительной металлической пластины между пластинами конденсатора, имеющей собственный электрический вывод. В соответствии с рисунком 3г приведена статическая характеристика такого преобразования, т.е. зависимости для Q и C_2 , где Q и C_2 — соответственно электрические емкости конденсаторов, лежащих выше и ниже средней металлической пластины. Наибольшая чувствительность емкостного преобразователя имеет место, когда его пластины максимально близки друг к другу. Однако принято считать, что расстояние между ними не может быть менее чем 100 мкм, поскольку в реальности пластины могут быть непараллельными и не плоскими и обладать излишней шероховатостью. Поэтому существует опасность их соприкосновения. В результате оказывается предпочтительным иметь большие по площади пластины даже с большим зазором между ними. Для измерений смещений менее 1 мм применяются емкостные преобразователи с изменяющимся расстоянием между пластинами. Для измерения смещений, превышающих 1 мм, чаще всего используются преобразователи с изменяющейся площадью

перекрытия пластин. В современных емкостных преобразователях обеспечивается возможность измерения перемещений порядка долей микрона. Роль одной из пластин конденсатора может выполнять само изделие, перемещение которого подлежит измерению. Емкостные преобразователи применяются главным образом в стационарных условиях для проведения стендовых исследований и для прецизионных измерений физических величин.



а — схема емкостного чувствительного элемента; б — его статическая характеристика с изменением расстояния между обкладками; в — схема дифференциального емкостного чувствительного элемента; г — его статическая характеристика с изменением расстояния между обкладками

Рисунок 3 – Принцип работы и статические характеристики емкостных чувствительных элементов

Эти датчики чувствительны к температурным колебаниями и изменению влажности. Они могут давать ошибочный или искаженный сигнал, если соединительные провода имеют большую длину и собственные емкость и индуктивность. Калибровка таких датчиков должна производиться вместе с кабелем. Для подключения емкостных датчиков особенно важно использовать бифилярную обмотку, которая в общем случае представляет собой витки из уложенных рядом, но обеспечивающих противоположное направление протекания тока проводников. Такая обмотка обеспечивает не только электрический контакт, но и взаимное уничтожение полей, создаваемых противоположно протекающими токами: эти поля ведут к созданию реактивного сопротивления соединительных кабелей. Таким образом, можно считать, что бифилярная обмотка обладает чисто активным

омическим сопротивлением. Ёмкостные датчики также используются и для измерения влажности.

2.3 Разновидности датчиков

2.3.1 Классификации

Все измерители на основе ёмкостного сенсора можно разделить на:

1. одноёмкостные;
2. двухёмкостные.

Необходимо отметить, что конструктивно ёмкостные датчики могут быть:

3. плоскими;
4. цилиндрическими;
5. поворотными.

Сфера применения любых из них достаточно обширна. Как пример, по функциональному назначению их можно использовать в роли:

1. измерителей уровня;
2. приборов контроля углового перемещения;
3. датчиков перемещения;
4. инклинометров;
5. датчиков давления.

Этими примерами далеко не исчерпываются варианты применения ёмкостных измерителей. Ниже будут рассмотрены и другие возможности, предоставляемые этими приборами.

2.3.1 Одноёмкостные датчики

Это самые простые сенсоры. По сути, они являются обычными конденсаторами переменной ёмкости, изменения которой отслеживаются специальной схемой. Ёмкостные измерители подобного типа подвержены сильному влиянию со стороны внешней среды. Лучше всего на их основе

реализовывать различные бесконтактные варианты контроля, например, приближения посторонних лиц к охраняемой зоне или движения в ней.

Одноемкостные датчики выглядят в соответствии с рисунком 4.

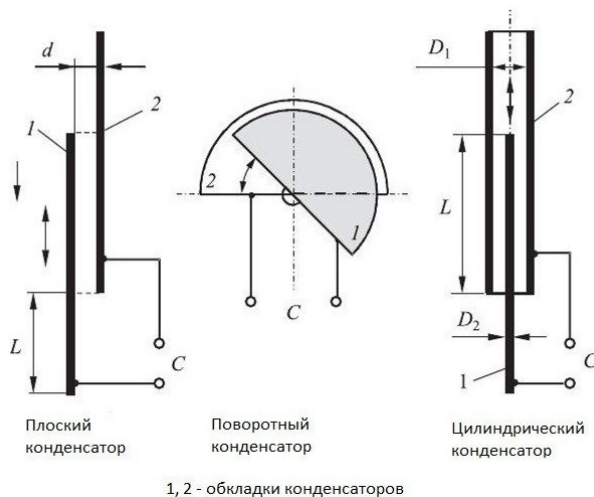


Рисунок 4 – Одноемкостные датчики

2.3.2 Двухемкостные датчики

Позволяют уменьшить влияние внешней среды. Ёмкостный сенсор подобного типа отличается большей точностью измерения из-за того, что один конденсатор служит в качестве эталонного. Это позволяет компенсировать стороннее влияние. Двухемкостные датчики бывают дифференциальными и полудифференциальными.

Одноемкостные датчики выглядят в соответствии с рисунком 5.

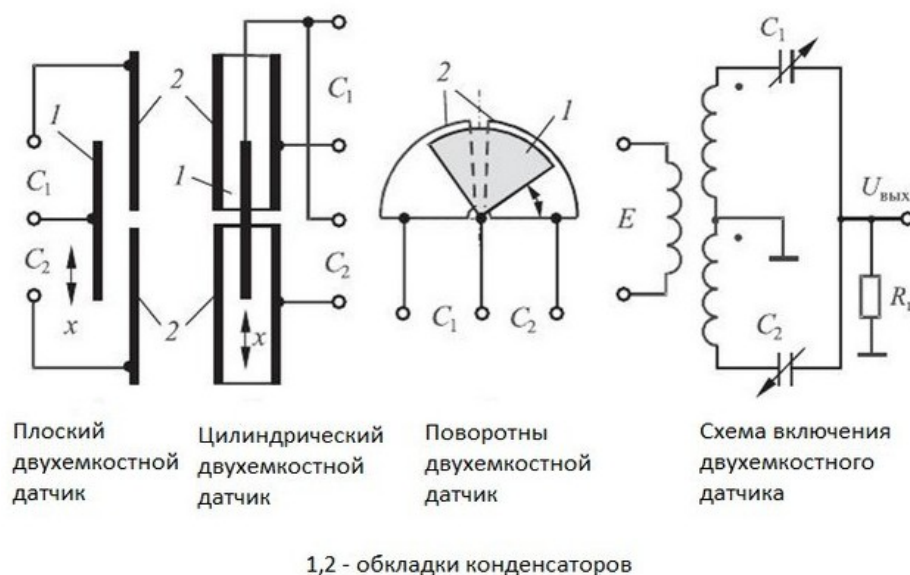


Рисунок 5 – Двуместные датчики

2.3.3 Датчики уровня

Емкостные датчики уровня — устройства, позволяющие контролировать уровень жидкого или сыпучего вещества в баке или бункере. Конечно, конструктивное исполнение вариантов измерителей для различных веществ будет разным, но принцип останется неизменным.

Фактически емкостные датчики уровня подобного типа являются двумя конденсаторами, соединенными между собой параллельно. Только у одного диэлектриком служит воздух, а у другого — жидкость или иное вещество. Таким образом, емкость каждого из них будет разная, она будет меняться и зависеть от степени заполнения бункера (бака).

Емкостные датчики уровня выглядят в соответствии с рисунком 6.

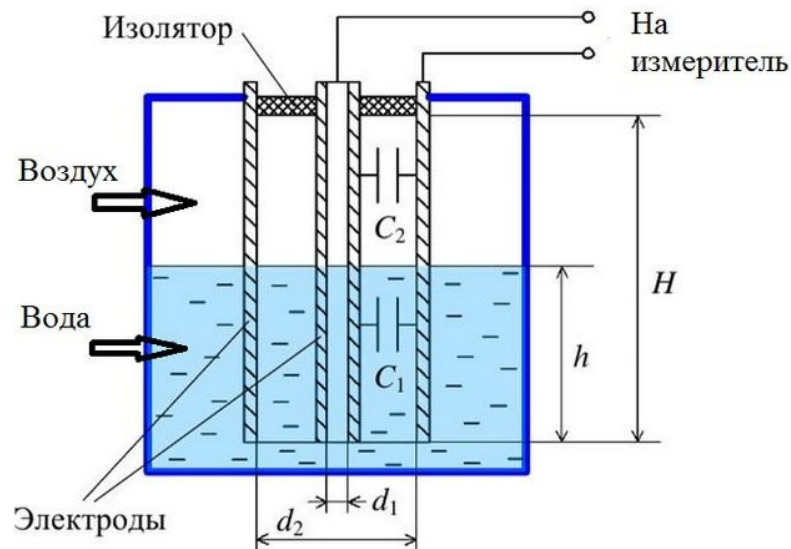


Рисунок 6 – Емкостные датчики уровня

2.3.4 Емкостные датчики давления

В подобном измерителе давление вызывает изменение расстояния между обкладками конденсатора. Достигается это тем, что между его пластинами располагается эластичная мембрана, на которую и оказывается воздействие. Перегородка в зависимости от давления движется в ту или иную сторону, что приводит к изменению емкости.

Емкостные датчики уровня выглядят в соответствии с рисунком 7.

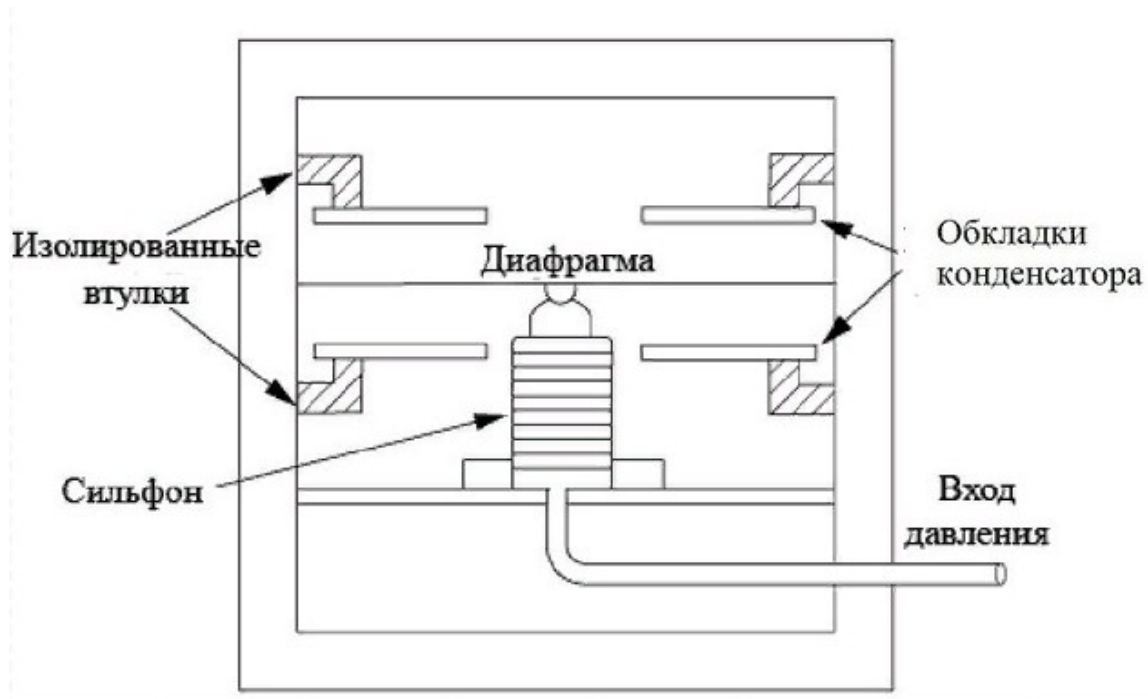


Рисунок 7 – Емкостные датчики давления

2.3.5 Емкостные датчики прикосновения

Рассматривая разнообразные типы сенсоров на основе электрической емкости, нельзя обойти вниманием такое их использование как датчики прикосновения. Самым наглядным примером подобных приборов служат смартфоны. Реализация датчиков прикосновения может быть достаточно сложной.

Конденсатор существует не только в виде отдельного объемного элемента с выводами. Емкостью также обладают два обычных проводника, расположенные параллельно. Исходя из этого, можно получить конденсатор, основываясь на электропроводных слоях, разделенных каким-либо диэлектриком. Такой конденсатор может быть получен на основе печатной платы.

В соответствии с рисунком 8 в двух проекциях — сверху и сбоку, представлена схема емкостного датчика прикосновения. Мы видим обособленный участок (сенсорная кнопка), отделенный от общего слоя меди.

А так как остальные участки соединены с землей, то сенсорная площадка может быть представлена как конденсатор между ней и землей.

Емкость такого конденсатора будет мала, порядка 10 пФ. Но для различных устройств ее значение не принципиально. При контроле зачастую важна не емкость, а ее изменение. Именно на это рассчитаны те схемы, которые обрабатывают состояние сенсорной кнопки.

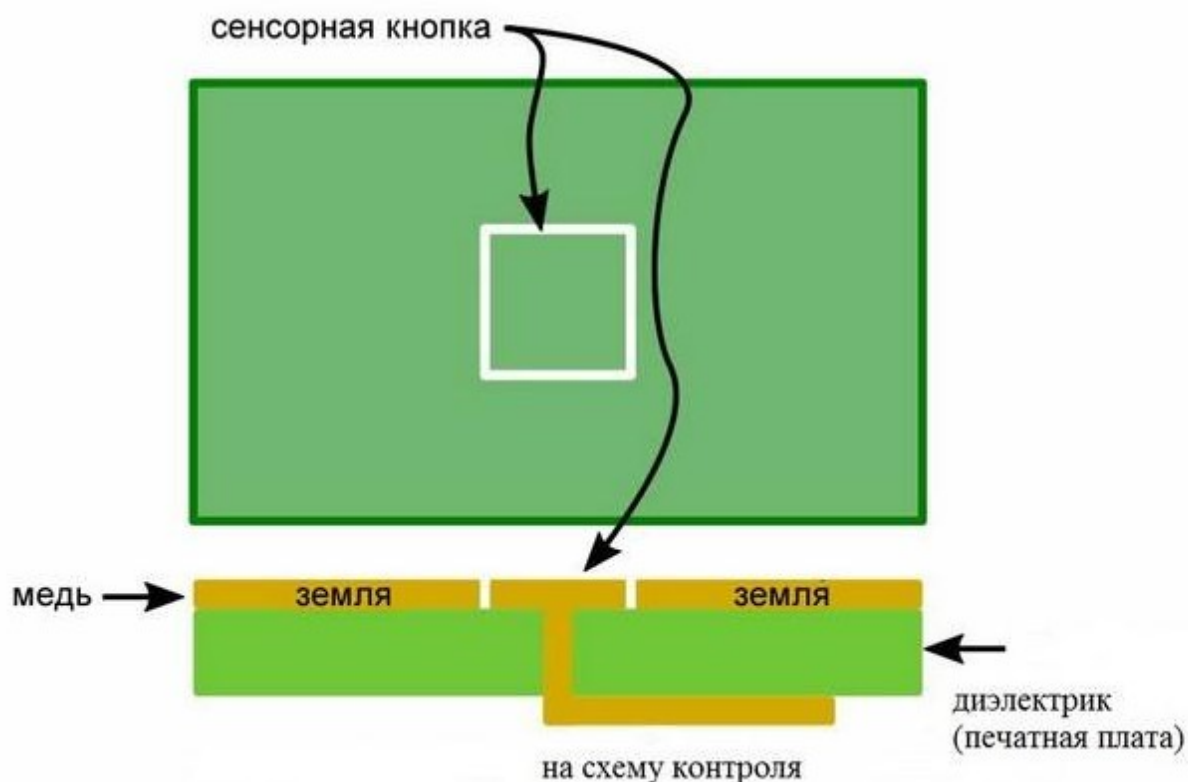


Рисунок 8 – Схема емкостного датчика прикосновения

Подобные сенсоры нашли широкое применение не так давно, хотя в повседневной жизни они встречаются повсеместно. Можно ожидать что, благодаря им использование механических переключателей и кнопок будет минимизировано. Самое главное — такая технология позволяет определить момент касания, а уж современная электроника его обработает без каких-либо проблем.

3 Возможные сферы применения датчиков

Конструктивные схемы емкостных преобразователей выполняются различных вариантах в зависимости от области применения (в соответствии с рисунком 9). При измерении уровней жидких и сыпучих тел находят применение цилиндрические или плоские конденсаторы (в соответствии с рисунком 9а), емкость которых характеризуется уровнем x и зависит от диэлектрических проницаемостей жидкости ϵ_1 , изоляции ϵ_2 и воздуха ϵ_3 .

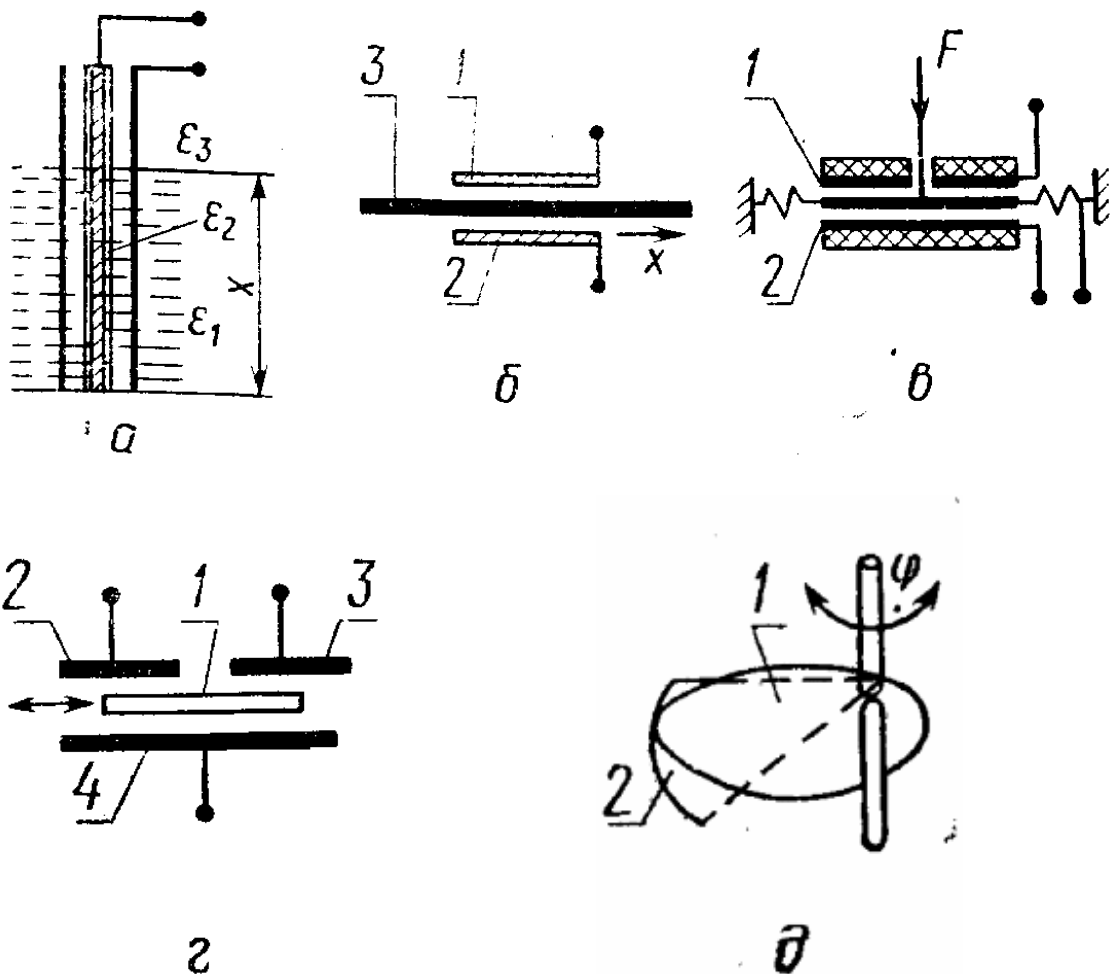


Рис. 11 Схемы устройства емкостных преобразователей

Для измерения толщины x ленты 3 из диэлектрика с ϵ_x (в соответствии с рисунком 9б) ее протягивают между электродами 1 и 2, расстояние между которыми d . Для измерения малых перемещений (до единиц микрометров), а также точного измерения быстроменяющихся сил и давлений применяются дифференциальные емкостные преобразователи с переменным зазором (в

соответствии с рисунком 9в). Средний электрод конденсатора укреплен на упругом элементе (мембране, упругой пластинке, растяжках) между неподвижными электродами 1 и 2.

Рассматриваемая схема может быть использована в приборах уравнивания. Для этого усиленный сигнал с конденсатора после фазочувствительного детектирования может быть подан на обкладки 1 и 2, вследствие чего на средний электрод будет действовать электростатическая сила, уравнивающая измеряемую силу. В соответствии с рисунком 9г и 9д показаны схемы устройства емкостных преобразователей с переменной площадью. В соответствии с рисунком 9г диэлектрик 1 перемещается по стрелке, а в соответствии с рисунком 9д один из электродов 2 жестко связан с валом и совершает угловые перемещения относительно неподвижного электрода 1.

Применимость того или иного датчика в этих сферах определяется прежде всего отношением цена/эффективность. При промышленном применении определяющим фактором является погрешность, которая при регулировании процессов должна составлять 1...2%, а для задач контроля - 2...3%. В этих случаях цены датчиков превышают 100 немецких марок ФРГ. Для специальных применений в области робототехники и медицинской техники цены датчиков могут достигать даже уровня 10...100 тыс. немецких марок ФРГ. Благодаря внедрению новых технологий изготовления (высоковакуумное напыление, распыление, химическое осаждение из газовой фазы, фотолитография и т. д.) и новых материалов непрерывно расширяются сферы применения датчиков, недоступные ранее из-за их высокой цены.

Использование емкостных преобразователей позволяет решить самые различные задачи. В качестве примеров можно перечислить такие варианты их использования: указание положения жидкости, сыпучих веществ, в том числе продуктов, в трубе или хранилище, контроль их заполнения; сигнализация обрыва провода, ленты, иных подобных предметов при намотке; подсчет количества штучных изделий.

Заключение

До недавнего времени конструкторы относились с предубеждением к емкостным датчикам, полагая, что схемы с емкостными датчиками не обеспечивают ни достаточной точности, ни стабильности работы приборов.

Проведенные в настоящее время работы показали, что причина нестабильности работы систем с емкостными датчиками лежит в неправильном подходе конструкторов к проектированию датчиков, в частности, в неправильном расположении изолирующих элементов конструкции, нестабильность свойств которых и приводит к ошибкам в работе систем. Эти трудности оказались преодолимыми, и уже созданы приборы с емкостными датчиками, обеспечивающие высокие точности и стабильность работы, выдерживающие тяжелые режимы эксплуатации.

В настоящее время установлено, что емкостные датчики обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими датчиками. К их достоинствам относятся: потребность весьма малых усилий для перемещения подвижной части (ротора) емкостного датчика; малое потребление энергии; простота изготовления; использование дешевых материалов; отсутствие контактов (в некоторых отдельных случаях - один токосъем с помощью кольца и щетки); высокая точность и стабильность работы систем, с емкостными датчиками; возможность широкой регулировки приборов с некоторыми типами емкостных датчиков.

К недостаткам емкостных датчиков следует отнести высокое внутреннее сопротивление, достигающее десятков и даже сотен мегом, высокие требования к сопротивлению крепежных изолирующих деталей и необходимость работы на повышенной (по сравнению с 50 гц) частоте. Однако в большинстве случаев крепления емкостных датчиков могут быть выполнены и из обычных материалов, а практика показывает, что емкостные датчики дают хорошие результаты на широко распространенной частоте 400 гц.

Список использованных источников

1. Шандров Б. В. Технические средства автоматизации: Учебник для вузов/ Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков: Академия. — Москва, 2007. — 363 с;
2. Ацюховский В. А. Ёмкостные дифференциальные датчики перемещения Учебник для вузов/ В. А. Ацюховский; под редакцией Д. В. Сверчаника : Москва. — Ленинград, 1960. — 103 с;
3. Кучеров В.Г. Основы научных исследований: Учебник для вузов/ В. Г. Кучеров. О. П. Тужиков, О. О. Тужиков, Г. В. Ханов; под редакцией В. Г. Кучерова : ВолгГТУ. — Волгоград, 2004. — 304 с;
4. Ёмкостные датчики и принципы их работы // shamrin.ru — <https://shamrin.ru/kondensator-v-datchike-dvizheniya/>.