

СТАТЬИ

УДК 681.5

**АНАЛИЗ СХЕМЫ СИМУЛЯЦИИ ЁМКОСТНОГО ДАТЧИКА,
ФИКСИРУЮЩЕГО СУЩЕСТВОВАНИЕ ОБЪЕКТА**

Агаева Ф.Ш.

Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, e-mail: agayeva.feride71@mail.ru

В статье анализируется ёмкостный датчик, фиксирующий существование объекта. Рассматривается функциональная схема и соответствующая схема графа датчика, а также схема симуляции гиратора, построенная с помощью программы Electronics Workbench. Ёмкостные датчики, фиксирующие существование объекта, могут использоваться для контроля динамики движения (заполнения и выгрузки) жидкостей и гранул в цистернах, в качестве счетчика при подсчете готовой продукции, в качестве контрольного устройства для предупреждения транспортных средств о препятствиях, в качестве чувствительного элемента в весовых системах. Как видно, в связи с развитием информационных технологий применение датчиков в измерительной технике актуально и спрос на них растет. В этом смысле актуально создание различных автоматизированных систем управления на основе емкостных преобразователей. Преимуществом емкостных датчиков является малая инерционность и высокая чувствительность. Недостатком является то, что он чувствителен к внешним электромагнитным полям. В результате можно сказать, что емкостные датчики больших перемещений обладают высокой чувствительностью и нелинейными характеристиками преобразования. Применение структурно-алгоритмического метода для обеспечения точности измерений таких датчиков считается более эффективным.

Ключевые слова: емкостный датчик, чувствительный элемент, функциональная схема, усилитель, преобразователь

**ANALYSIS OF THE SCHEME OF SIMULATION
OF A CAPACITIVE SENSOR FIXING THE EXISTENCE OF AN OBJECT**

Agaeva F.Sh.

Sumgait State University, Sumgait, e-mail: agayeva.feride71@mail.ru

The article analyzes a capacitive sensor that detects the existence of an object. The functional diagram and the corresponding diagram of the sensor graph are considered. Also a gyrator simulation circuit built using the Electronics Workbench program. Capacitive sensors fixing the existence of an object can be used to control the dynamics of movement (filling and unloading) of liquids and granules in tanks, as a counter when counting finished products, as a control device for warning vehicles about obstacles, as a sensitive element in weighing systems. As you can see, in connection with the development of information technology, the use of sensors in measuring technology is relevant and the demand for them is growing. In this sense, the creation of various automated control systems based on capacitive transducers is a topical issue. As a result, we can say that large displacement capacitive sensors have high sensitivity and non-linear conversion characteristics. The use of a structural-algorithmic method to ensure the accuracy of measurements of such sensors is considered to be more effective.

Keywords: capacitive sensor, sensitive element, functional diagram, amplifier, converter

Как видно, с течением времени меняется мышление людей, создаются новые подходы, новые технологии. Наибольшее внимание уделяется обеспечению жизнедеятельности человека, комфортного образа жизни и безопасности. Безопасность жизни людей в авиарейсах, на кораблях, в общественных, жилых и служебных зданиях, во всех областях промышленности в целом следует считать высшим приоритетом. Для этого нужно создавать более надежные системы безопасности.

Освещение является неотъемлемой частью любой системы электроснабжения, будь то промышленные предприятия, офисы или жилые здания. Для снижения расхода электроэнергии, вызванного работой осветительных приборов во время отсутствия в помещении людей [1], а также для надежной обороны и защиты людям нужны более совершенные системы. Для этого существует большая потребность в создании современных сенсорных устройств. Таким

образом, одним из важных устройств являются различные датчики присутствия и движения, ёмкостные датчики, фиксирующие существование объекта. Выходной сигнал датчика, указывающий на присутствие объекта, не зависит от того, движется ли объект или покоится [2]. Такие датчики широко используются во всех типах систем защиты, управления энергопотреблением и даже в интерактивных игрушках. В современных производственных, коммерческих и жилых зданиях установка датчиков присутствия как средства для управления искусственным освещением позволяет не только повысить комфортность при эксплуатации помещений, но и существенно снижает расходы электроэнергии, что в конечном итоге делает установку датчиков экономически выгодной [3]. Также существует бесконтактный емкостный датчик, который чувствует приближение объекта или измеряет расстояние приближения.

Цель исследования:

1. Анализировать схему емкостного датчика, измеряющего расстояние приближения.
2. Анализировать схему симуляции генератора, построенного с помощью программы Electronics Workbench.
3. Составить соответствующую схему графа.
4. Рассмотреть принцип работы простого емкостного датчика, который фиксирует существование объекта.
5. Моделировать с помощью программы Electronics Workbench.
6. На основе конденсатора составить электрическую схему.

Материалы и методы исследования

Бесконтактный емкостный датчик, который выполнен из двух металлических электродов и описывается как «открытая» оболочка конденсатора с активной поверхностью. Электроды подключены к цепи обратной связи высокочастотного автоматического генератора, а автоматический генератор сконфигурирован таким образом, чтобы не генерировать сигнал при отсутствии объекта вблизи активной поверхности. Когда объект приближается к активной поверхности бесконтактного конденсатора, он попадает в электрическое поле, и емкость конденсатора изменяется по контуру обратной связи. Генератор начинает воспринимать эти эффекты, и по мере приближения объекта амплитуда сигнала воздействия увеличивается, создавая выходной сигнал.

Бесконтактные конденсаторы срабатывают при попадании в зону воздей-

ствия как токопроводящих предметов, так и диэлектриков. При воздействии предметов из электропроводящих материалов реальная дистанция L включения приобретает максимальное значение, а при воздействии предметов из диэлектрических материалов дистанция L_p уменьшается в зависимости от диэлектрической проницаемости ϵ_r материала.

Эти зависимости отражены на рис. 1.

При исследовании емкости график этой функциональной зависимости используют при выборе объектов из материалов с различной диэлектрической проницаемостью. Номинальные расстояния L_n пуска и отключения L_o определяются из технических характеристик. Гарантированные диапазоны значений воздействия передатчика устанавливаются относительно заземленного металлического объекта ($L_p = 100\%$). Определен интервал соотношения для определения реального расстояния включения (L_p): $0,9L_n < L_p < 1,1L_n$.

Теперь рассмотрим принцип построения функциональной структуры датчика емкостного преобразователя. Функциональная схема датчика с емкостным преобразователем представлена на рис. 2.

В качестве чувствительного элемента в схеме используется резонансный контурный усилитель. Когда частота чувствительного элемента изменена и равна резонансной частоте, $f_k = f_{rez}$ сопротивление чувствительного элемента достигает своего максимального значения и, соответственно, выходное напряжение достигает высокого уровня.

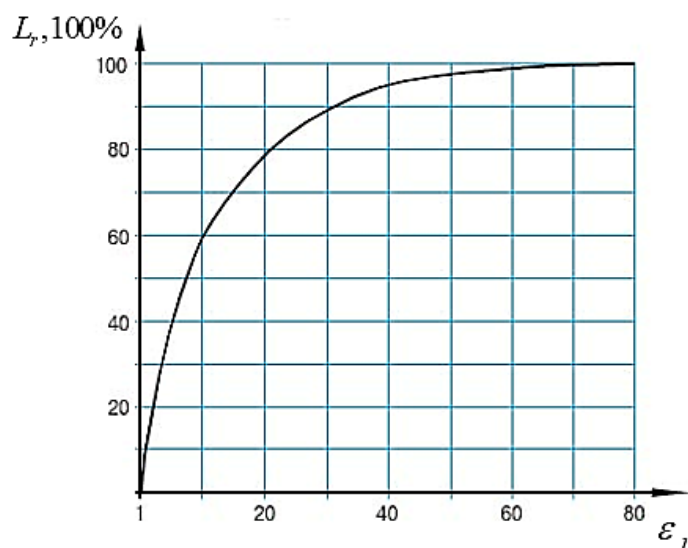


Рис. 1. График зависимости диэлектрической проницаемости материала объекта от фактического расстояния сближения

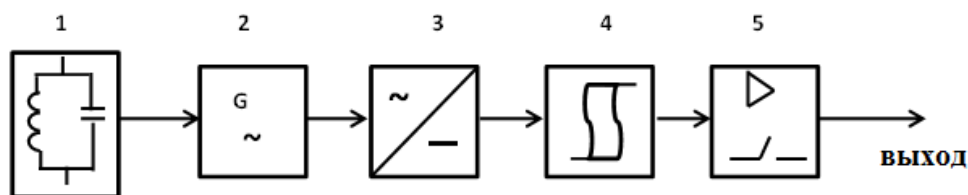


Рис. 2. Функциональная схема датчика с емкостным преобразователем больших перемещений:

- 1 – чувствительный элемент – датчик (резонансный контурный усилитель);
2 – генератор синусоидальных колебаний LC; 3 – демодулятор;
4 – компаратор; 5 – выходной переключатель усилителя

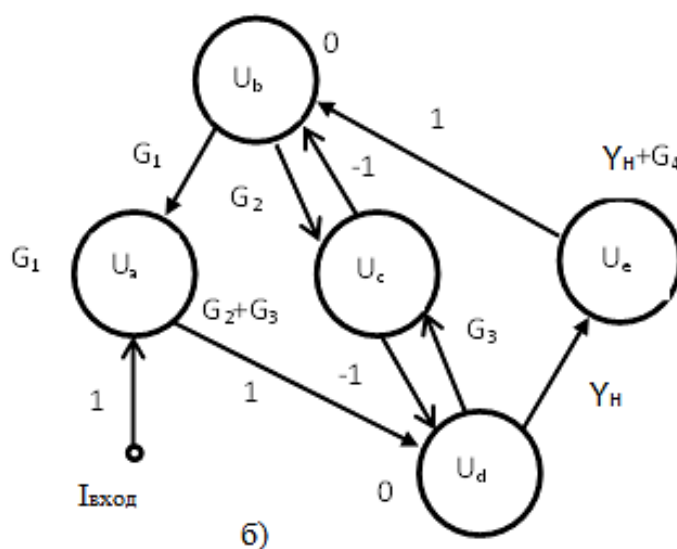
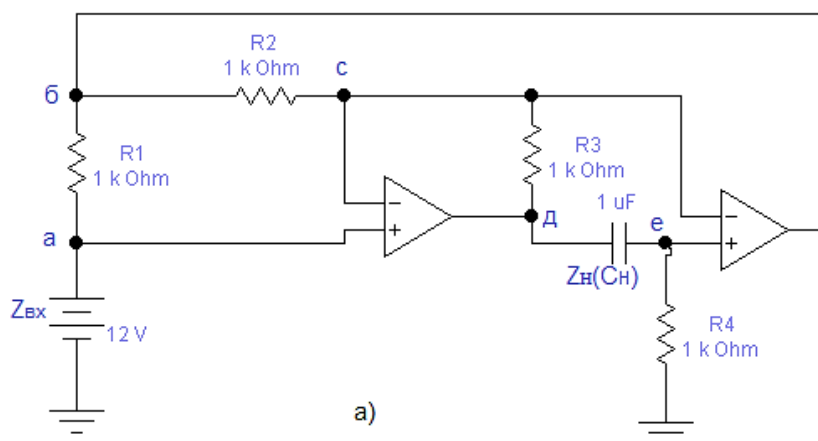


Рис. 3. а) схема гиратора, б) схема графа

Вместо индуктивности в резонансном контуре используется гиратор, а входное сопротивление гиратора обратно пропорционально сопротивлению нагрузки и выражается следующим образом:

$$Z_{\text{вход}} = a / Z_{\text{наг}}, \quad (1)$$

где a – коэффициент измерения, постоянный.

Если мы используем конденсатор в качестве сопротивления нагрузки гиратора, мы можем написать следующее выражение:

$$Z_{\text{наг}} = 1 / (j\omega C_{\text{наг}}). \quad (2)$$

Таким образом, получаем индуктивное входное сопротивление:

$$Z_{\text{вход}} = j\omega a C_{\text{наг}}. \quad (3)$$

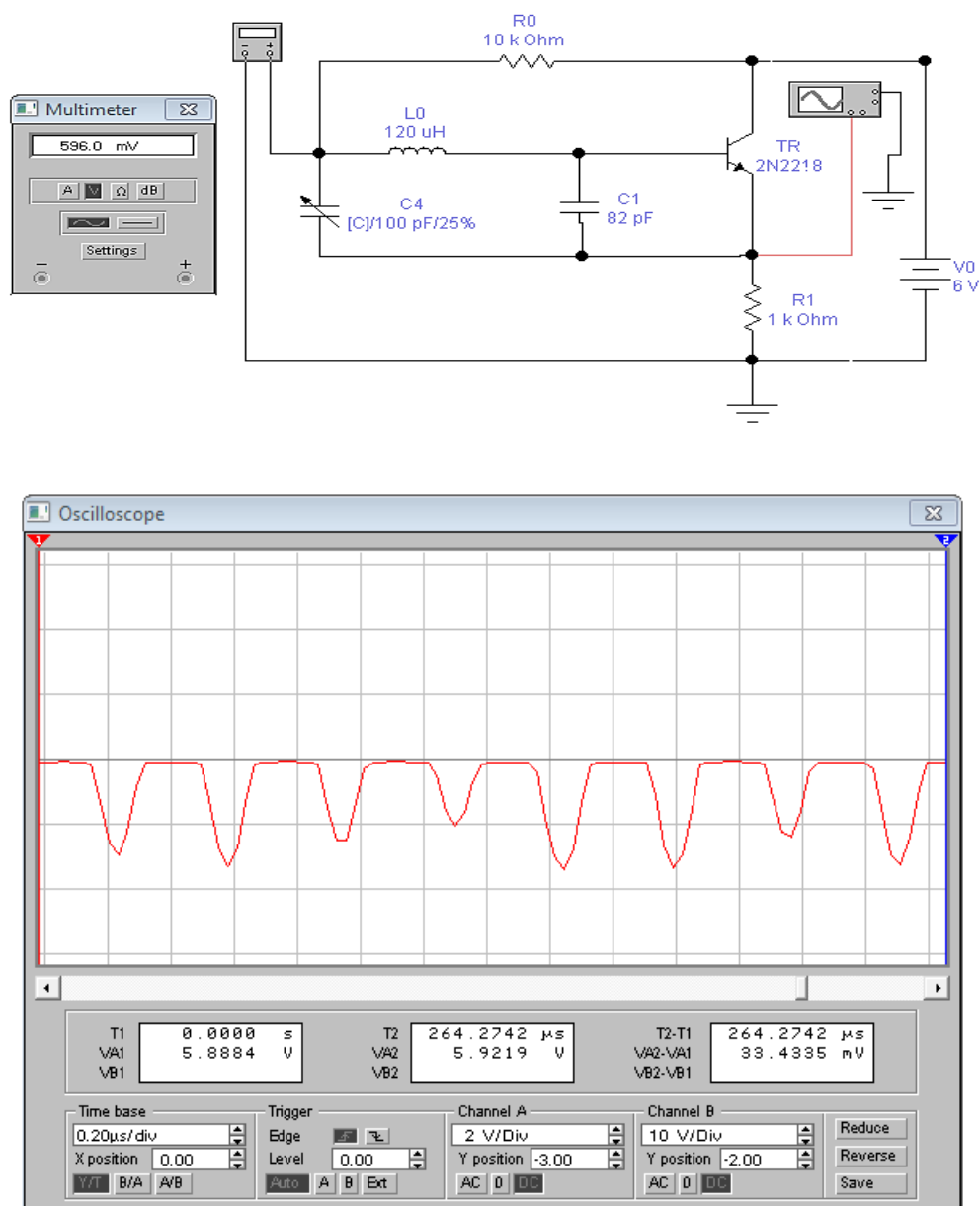


Рис. 4. Схема симуляции ёмкостного датчика, фиксирующего существование объекта

На рис. 3, а, представлена схема симуляции гиратора, построенная с помощью программы Electronics Workbench, а соответствующая схема графа – на рис. 3, б.

Эта схема подходит для диапазона низких частот и позволяет создать резонансный контур с высокой добротностью. Используемый диапазон частот зависит от параметров выбранного операционного усилителя (ОУ).

Рассмотрим принцип работы простого емкостного датчика, который фиксирует существование объекта. Простой пример на основе конденсатора, визуальнo указывающего на наличие объекта, модели-

руется с помощью программы Electronics Workbench, а электрическая схема показана на рис. 4.

Схема основана на высокочастотном генераторе с внешним конденсатором и высокоомным выходным транзистором. В результате внешней нагрузки изменяется ток, протекающий по каналу транзистора, и этот чувствительный элемент использует конденсатор *C1*. В качестве объекта может быть использован любой предмет с металлическим содержанием, например металлическая пластина, рамка, кусок проволоки и т.п. на полу или на стене. В рассматрива-

емой нами схеме конденсатор С4 заменен на предмет, а выходные сигналы, полученные при изменении этого конденсатора в диапазоне от 10 пФ до 50 пФ – характеристика, контролируются осциллографом.

Емкостные датчики, фиксирующие существование объекта, могут использоваться для контроля динамики движения (заполнения и выгрузки) жидкостей и гранул в цистернах, в качестве счетчика при подсчете готовой продукции, в качестве контрольного устройства для предупреждения транспортных средств о препятствиях, при парковке автомобилей, в качестве чувствительного элемента в весовых системах.

Многие автолюбители сталкиваются с определенными трудностями во время парковки. Габариты автомобиля мешают водителю точно оценить расстояние до объектов, расположенных в неудобных местах. Парковочный радар, который состоит из датчиков, оповещает водителя с помощью звукового сигнала. Так как каждый из датчиков сначала излучает ультразвуковой сигнал, затем переключается на приемник для захвата сигнала, отраженного от препятствия. Электронный блок измеряет, как долго длится сигнал, вычисляет расстояние до ближайшего объекта и предупреждает водителя звуковым сигналом, индикатором расстояния [4].

Использование емкостных датчиков в качестве элемента антигравитационных систем автомобиля позволяет установить предельную нагрузку автомобиля. Известно, что для перевозки неметаллических материалов используются различные типы грузовых автомобилей [5]. Вес груза важен при транспортировке грузов на дальние расстояния. Датчики, установленные в грузоподъемной части грузовиков, позволяют контролировать нагрузку на протяжении всего пути следования. Эти датчики также используются для погрузки и разгрузки грузов, подлежащих транспортировке в транспортное средство [6].

Как видно, в связи с развитием информационных технологий применение датчиков в измерительной технике актуально и спрос на них растет. В этом смысле актуально создание различных автоматизированных систем управления на основе емкостных преобразователей.

Преимуществом емкостных датчиков является малая инерционность и высокая

чувствительность. Недостатком является то, что они чувствительны к внешним электромагнитным полям.

Существует два основных пути повышения точности измерительных приборов:

1. Некоторые инструменты используются для повышения точности и стабильности измерительных приборов. Однако у этого подхода есть и другая особенность, заключающаяся в том, что компоненты измерительного прибора не добавляются в структуру инструмента. К средствам измерений относятся только те блоки и узлы, которые необходимы для выполнения измерительных операций. По этой причине возможности такого подхода сильно сокращаются.

2. Их совместное применение приводит к повышению точности средств измерений, улучшению метрологических характеристик отдельных узлов средств измерений в результате выполнения дополнительных операций измерений и обработки их результатов по определенным алгоритмам.

Второй подход более эффективен, поскольку исключает в первую очередь необходимость доработки исходного высокоточного средства измерения, а результат измерений многократно повышается за счет обеспечения процесса измерений эталонами, их оптимальными значениями и сочетаниями.

Емкостные датчики обладают высокой чувствительностью и нелинейными характеристиками преобразования. Применение структурно-алгоритмического метода для обеспечения точности измерений таких датчиков считается более эффективным.

Список литературы

1. Павлов Д.Д., Зминин А.Д. Разработка датчика присутствия // Проектирование и технология электронных средств. 2012. № 1. С. 36–40.
2. Чичинов С.А. Выбор датчика для определения координат движущегося тела в цилиндрическом корпусе // Вестник молодежной науки России. 2019. № 2. С. 21.
3. Игнатьев А.С. Применение датчиков движения и присутствия и экономический эффект от их применения // Вестник научных конференций. 2019. № 5–1 (45). С. 64–65.
4. Ермаков В.В. Система обнаружения препятствий при парковке автомобиля // Ceteris Paribus. 2015. № 5. С. 20–24.
5. Advicelawyer.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://advicelawyer.ru/avtomobil/peregruz-avtomobilya.html> (дата обращения: 08.04.2022).
6. Control-Auto: мониторинг транспорта [Электронный ресурс]. URL: http://www.control-auto.ru/datchiki_osevoy_ves.html (дата обращения: 08.04.2022).