

Министерство образования и науки Украины  
Севастопольский национальный технический университет



## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы по дисциплинам

«Моделирование приводов приборных систем»,

«Приводы приборных систем»

для студентов специальности 7.090901

Приборы точной механики

дневной и заочной форм обучения

Севастополь  
2009



УДК 655.3.06

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Моделирование приводов приборных систем», «Приводы приборных систем» для студентов специальности 7.090901 Приборы точной механики дневной и заочной форм обучения/ Сост. О. П. Чуб, В.Я. Копп, Васютенко А.П.- Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2009.- 11 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении лабораторной работы по дисциплинам «Моделирование приводов приборных систем», «Приводы приборных систем» при изучении дискретного емкостного датчика.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автоматизированных приборных систем СевНТУ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2009 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент Поливцев В.П., канд. техн. наук, доцент кафедры АТПП.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                     | 4  |
| 1. Теоретические основы.....                                                                                      | 5  |
| 1.1. Общие сведения об емкостных датчиках приближения.....                                                        | 5  |
| 1.2. Принцип работы дискретного емкостного датчика приближения.....                                               | 6  |
| 2. Описание лабораторной установки по исследованию характеристик дискретного емкостного датчика приближения ..... | 8  |
| 3. Задание по исследованию емкостного датчика.....                                                                | 9  |
| 4. Последовательность выполнения лабораторной работы.....                                                         | 10 |
| 5. Порядок оформления и содержание отчета .....                                                                   | 10 |
| 6. Контрольные вопросы.....                                                                                       | 11 |
| Заключение.....                                                                                                   | 11 |
| Библиографический список.....                                                                                     | 11 |

## ВВЕДЕНИЕ

Современное автоматизированное производство – это сложная система с многокомпонентной иерархически построенной структурой. Цель функционирования всех подсистем – не только автоматизировать выполнение той или другой технологической операции, но и обеспечивать высокую надежность, производительность, качество, а, значит, и эффективность работы системы. Решение такой комплексной задачи невозможно без использования различных видов датчиков обратной связи.

Последние применяются для выполнения следующих функций:

- надежного и раннего предупреждения об ошибках функционирования автоматических систем (сломанные, изношенные инструменты или скопление деталей);
- для задания и контроля требуемой последовательности элементарных операций, выполняемых в системе с использованием приводов;
- ограничения или локализации источника ошибки в качестве части интеллектуальной системы диагностирования ошибок;
- предоставления результатов измерений, необходимых для непрерывной оптимизации производственного процесса с целью адаптивного контроля и поднастройки;
- для автоматизированного контроля качества;
- для контроля распределения заготовок, сборочных единиц, материалов, инструмента и оснастки, для автоматизации их потоков;
- для осуществления идентификации продуктов производства, что является жизненно необходимым условием в гибкой автоматизации;
- для сигнализации об опасности на рабочем месте (например, при превышении содержания загрязняющих веществ);
- освобождают человека от монотонного наблюдения за процессом, а также осуществляют контроль или измерение в опасных для жизни человека условиях).

На практике могут использоваться датчики, работа которых основана на различных физических процессах. Конкретные условия производства определяют выбор того или иного датчика

Многие из перечисленных функций в автоматизированном производстве могут реализовываться с использованием разновидностей емкостных датчиков.

**Цель:** изучение принципа работы, назначения, функционирования, схем подключения и определение дистанции переключения дискретного емкостного датчика приближения производства фирмы FESTO.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Датчик – устройство, функционально преобразующее контролируемую входную величину в выходной сигнал, удобный для дальнейшей обработки и дистанционной передачи.

В зависимости от характера выходного сигнала датчики делятся на аналоговые и цифровые. Аналоговые выдают непрерывно изменяющийся сигнал при изменении измеряемой величины. Эта зависимость может быть как линейной, так и нелинейной, и, в отличие от цифровых датчиков, она всегда отображает истинное значение физической величины. Аналоговые датчики предоставляют больше информации по сравнению с цифровыми (дискретными), но обработка их сигналов – сложнее. В автоматизации аналоговые датчики используются в случае, если важно фиксировать плавное изменение измеряемой величины. Цифровые же датчики в основном используются как концевые выключатели или сигнализаторы неисправностей, так как характеризуются выдаваемым сигналом с конечным числом значений информационного параметра. Переход от одного состояния переключения к другому происходит только при определенном значении физической величины; это значение срабатывания устанавливается при настройке.

### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКАХ ПРИБЛИЖЕНИЯ

Емкостные датчики имеют широкий спектр областей применения, т.к. разнообразен спектр управляющих объектов, от которых они могут срабатывать. В качестве управляющего объекта могут использоваться практически любые материалы: магнитные, немагнитные; проводники, диэлектрики; твердые и жидкие. С использованием емкостных датчиков могут обнаруживаться объекты, находящиеся за немагнитными преградами. Толщина преграды в этом случае должна быть менее 4 мм, а диэлектрическая проницаемость материала преграды должна быть более 4. Наибольший эффект достигается при контроле уровня сыпучих и жидких материалов, при использовании в устройствах автоматизации при счете объектов, в устройствах позиционирования объектов.

Емкостные датчики регистрируют наличие объектов с отличной от 1 диэлектрической проницаемостью. Значения последней для некоторых материалов приведены в таблице 1. Это могут быть металлы, вода, стекло, порошки, пластики и т.д.

## 1.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ДИСКРЕТНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА

Основные функциональные блоки дискретного емкостного датчика следующие (см. рисунок 1): 1 - RC генератор, формирователь сигнала (подсистемы 2, 3, 7) и выходной каскад (подсистемы 4, 5). Пластины конденсатора RC генератора расположены на чувствительной поверхности датчика и формируют вблизи нее электростатическое поле. Если в зоне чувствительности датчика появляется мишень, то начинаются колебания в RC генераторе, так как изменяется емкость конденсатора. Формирователь сигнала детектирует переменную составляющую на выходе RC генератора и подает сигнал на открытие транзисторов выходного каскада. Порог срабатывания (чувствительность) датчика сильно зависят от диэлектрических свойств материала мишени (управляющего объекта). Подстройка чувствительности осуществляется при помощи потенциометра. При этом регулируется величина электростатического поля перед чувствительной поверхностью датчика. Емкостные датчики имеют большую, чем индуктивные зону чувствительности, но более низкую максимальную частоту срабатывания. Основные технические характеристики емкостного датчика представлены в таблице 4.

Расстояние срабатывания емкостных дискретных датчиков в значительной степени определяется параметрами управляющего объекта. Чем меньше диэлектрическая проницаемость материала объекта и чем меньше его размер, тем меньше должно быть расстояние между объектом и чувствительной поверхностью датчика для его срабатывания. Чувствительность датчика также зависит от степени загрязнения и влажности окружающей среды. Последнее объясняется большим значением относительной диэлектрической проницаемости воды (см. таблицу 1).

Таблица1 – Значения диэлектрической проницаемости для некоторых материалов

| Материал | Диэлектр прониц. | Материал               | Диэлектр. прониц. |
|----------|------------------|------------------------|-------------------|
| Аммиак   | 16               | Масло трансформаторное | 2.3               |
| Бумага   | 2.3              | Оргстекло              | 3.2               |
| Бензол   | 2.3              | Спирт этиловый         | 26                |
| Вода     | 81               | Стекло                 | 5                 |
| Воздух   | 1                | Текстолит              | 7.5               |
| Дерево   | 2...7            | Цемент                 | 2                 |

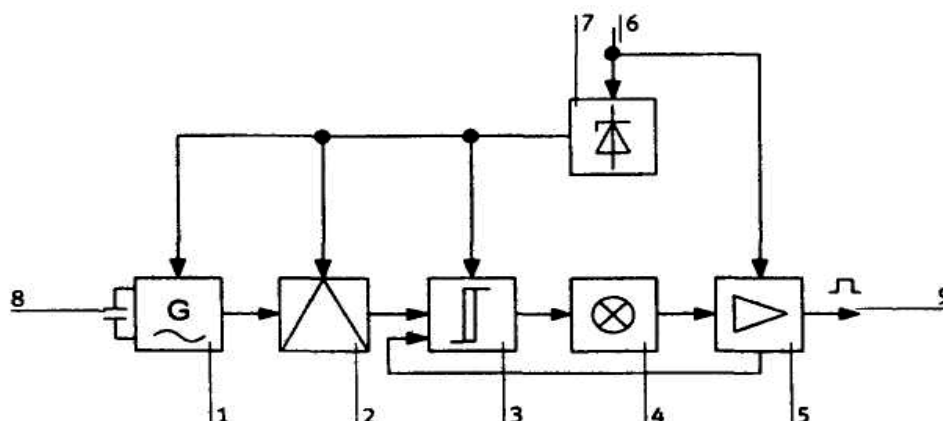
В таблице 2 приводится зависимость изменения расстояния включения от толщины материала управляющего объекта. Максимальное расстояние включения для промышленных емкостных датчиков составляет около 60 мм. В таблице 3 приводятся значения понижающих коэффициентов для расстояния переключения датчика при использовании различных материалов управляющих объектов.

Таблица 2 – Зависимость расстояния включения дискретного емкостного датчика от толщины материала управляющего объекта (при использовании картонного образца толщиной 30 мм)

| № образца | Толщина материала, мм | Расстояние включения, мм |
|-----------|-----------------------|--------------------------|
| 1         | 1,5                   | -                        |
| 2         | 3,0                   | 0,2                      |
| 3         | 4,5                   | 1,0                      |
| 4         | 6,0                   | 2,0                      |
| 5         | 7,5                   | 2,3                      |
| 6         | 9,0                   | 2,5                      |
| 7         | 10,5                  | 2,5                      |
| 8         | 12,0                  | 2,5                      |

Таблица 3 – Понижающие коэффициенты для расстояния переключения датчика при использовании различных материалов управляющих

| № материала | Материал    | Коэффициент |
|-------------|-------------|-------------|
| 1           | Все металлы | 1,0         |
| 2           | Вода        | 1,0         |
| 3           | Стекло      | 0,3...0,5   |
| 4           | Пластик     | 0,3...0,6   |
| 5           | Картон      | 0,5         |
| 6           | Дерево      | 0,2...0,7   |
| 7           | Масло       | 0,1...0,3   |



- |                                                   |                                       |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1- колебательный RC контур (генератор колебаний), | 5 – усилитель выходного сигнала,      |
| 2 – демодулятор,                                  | 6– сигнал внешнего источника питания, |
| 3 – блок триггера,                                | 7 – внутренний блок стабилизации,     |
| 4 – световой индикатор срабатывания,              | 8 – активная зона (конденсатор),      |
|                                                   | 9 – выходной дискретный сигнал.       |

Рисунок 1 - Структурно-функциональная схема дискретного емкостного датчика приближения

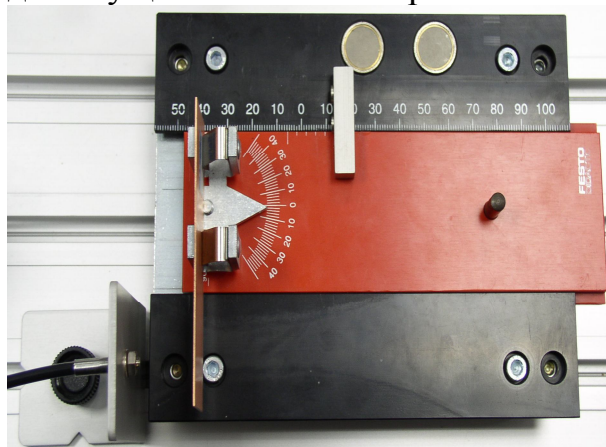
Таблица 4 - Основные технические характеристики емкостного датчика

| № параметра | Параметр                                                                                                  | Значение параметра                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1           | Диапазон расстояний переключения для материалов с отличной от $\epsilon=1$ диэлектрической проницаемостью | 5-60 мм, настраивается потенциометром          |
| 2           | Чувствительность к загрязнениям                                                                           | Чувствительны                                  |
| 3           | Частота переключений                                                                                      | До 300к Гц                                     |
| 4           | Конструкция                                                                                               | Цилиндрическая блочная                         |
| 5           | Максимальный выходной ток                                                                                 | 500 мА                                         |
| 6           | Допускаемый диапазон температур                                                                           | -25...+70 °С                                   |
| 7           | Входное напряжение                                                                                        | 10...30 В пост. тока<br>20...250 В перем. тока |

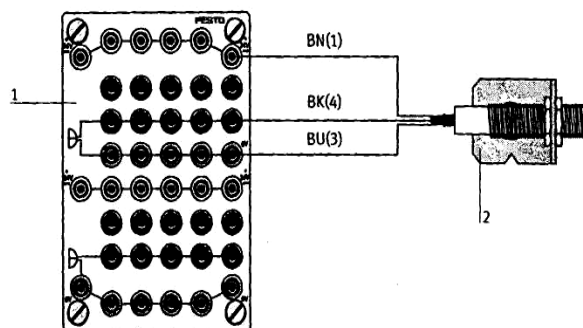
Итак, приближение управляющего объекта из любого материала к активной поверхности ведет к изменению емкости конденсатора, параметров генератора и в конечном итоге – к переключению коммутационного элемента и одновременной световой индикации при достижении расстояния переключения управляющим объектом.

## 2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКРЕТНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА ПРИБЛИЖЕНИЯ

На рисунке 3а приводится внешний вид основной части лабораторной установки по исследованию характеристик дискретного емкостного датчика. Установка состоит из основания, закрепленной на нем каретки, имеющей возможность линейного и углового перемещения, а также датчика. На каретке могут закрепляться пластины из различных материалов. Датчик в зависимости от вида пластины (материала, толщины) при некотором расстоянии до нее выдает дискретный электрический сигнал, одновременно появляется световая индикация. Задаваемое перемещение каретки контролируется с использованием электронного штангенциркуля. На рисунке 3б приводится схема электрических соединений, где 1 – блок для осуществления электрических соединений, 2 – датчик.



а



б

Рисунок 3 - а) Внешний вид основной части лабораторной установки по исследованию характеристик емкостного датчика; б) схема электрических соединений

### 3. ЗАДАНИЕ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ДИСКРЕТНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА

3.1. Определение расстояния переключения датчика для различных материалов управляющих объектов (см. рисунок 4).

3.1.1. Настройка датчика. С использованием стальной тестовой пластины №3 установить дистанцию переключения датчика на 8 мм с использованием регулировочного винта потенциометра. При этом следует использовать электронный штангенциркуль с нониусом для точного отсчета перемещения пластины относительно датчика. Штангенциркуль закрепляют на основании с помощью двух магнитов.

3.1.2. Измерить расстояние переключения для различных материалов при удалении и приближении каретки с закрепленными пластинами к датчику (расстояние включения и выключения). Использовать пластины №№4...10.

3.1.3. Результаты измерений занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты измерений расстояния переключения емкостного датчика

| № пластины | Точка включения, мм | Точка отключения, мм | Отставание, мм |
|------------|---------------------|----------------------|----------------|
|            |                     |                      |                |
|            |                     |                      |                |
|            |                     |                      |                |

3.2. Определение влияния толщины материала на расстояние переключения емкостного датчика (см. рисунок 4).

3.2.1. Проверить исходную настройку датчика согласно п.3.1.1.

3.2.2. Используя тестовые пластины различной толщины №№23...29, определить расстояния переключения датчика при приближении и удалении управляющих объектов. Результаты измерений занести в таблицу 5.

3.2.3. Получить график зависимости расстояния включения датчика от толщины материала тестовых пластин.

3.3. Проанализировать полученные результаты, сформулировать выводы.

### 4. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Этапы выполнения лабораторной работы следующие:

- ознакомление с основными теоретическими положениями и составом лабораторного оборудования;
- выполнение исследований согласно п.3;
- оформление таблиц результатов измерения;
- анализ полученных результатов и формулировка выводов.



Рисунок 4 – Вид тестовых пластин №№ 3...7, 24...27

## 5. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется в соответствии с требованиям ЕСКД к текстовым документам (ГОСТ 2.106-96). При оформлении титульного листа необходимо указать следующие основные данные: название лабораторной работы, шифр студенческой группы, ФИО студента, ФИО и должность преподавателя.

В основной части отчета следует привести цель работы, основные теоретические положения, используемые схемы подключения оптического датчика к блокам питания и отображения информации

Выводы должны отвечать цели лабораторной работы.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные технические характеристики емкостного датчика?
2. Каков принцип работы емкостного датчика?

3. Как влияет толщина объекта на расстояние переключения датчика?
4. Как влияет толщина и вид материала объекта на расстояние переключения датчика?
5. Какие факторы окружающей среды могут влиять на нормальную работу датчика?
6. Как осуществляется настройка датчика?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнение данной лабораторной работы способствует формированию навыков использования датчиков при проектировании технических систем, более глубокому усвоению теоретического материала. Благодаря использованию оборудования фирмы FESTO студенты имеют возможность познакомиться с современной техникой, широко используемой в условиях автоматизированного производства.

### Библиографический список

1. Пашков Е.В. Электропневмоавтоматика в производственных процессах: учеб. пособие / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский, А.А. Четверкин; под ред. Е.В. Пашкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003. — 496 с., ил.
2. Ebel F. Proximity sensors TP1110: textbook/ F. Ebel, S. Nestel. - GmbH: Festo Didactic GmbH & Co., 2003.- 364 p.

Заказ № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2009. Тираж \_\_\_\_\_ экз.  
Изд-во Сев НТУ