

## ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ

*Шушкевич В.Л. Ильющенко А.В.*

В устройствах технического зрения применяются как бесконтактные так и тактильные преобразователи, на которые возлагаются несколько функций: измерение расстояния до объекта, его размеров, определения формы и некоторых его свойств.

Бесконтактные измерения ряда физических величин легко реализуются с помощью оптических датчиков. В этих преобразователях используются три алгоритма работы: измерение светового потока, измерение отношений нескольких потоков, измерение разности потоков. Но интенсивность света, падающего на приемник, зависит как от источника, так и от свойств приемника света, угла отражения от объекта измерения, обработки его поверхности, а для инфракрасной области - и температуры объекта. Учет этих и ряда других факторов, сказывающихся на точности измерения, представляет сложную задачу. Но исключить некоторые из помех можно, если в качестве носителя информации использовать электрическое поле, на которое не влияют такие свойства объекта внешней среды как: освещенность, температура в большом интервале, влажность воздуха (для твердых тел), цвет объекта и др.

Механизм работы электроиндукционного преобразователя (ЭИП) основан на взаимодействии электрического поля с окружающей средой. Принцип его работы рассмотрен в системе двух координат и представлен на рис. 1.

Устройство содержит три электрода: (1) - потенциальный, включается к источнику напряжения; (2), (3) - измерительные, включаются в измерительные цепи схемы. Все электроды имеют форму цилиндров и экранированы (5), кроме торцов. На некотором расстоянии, много большем диаметров электродов, размещен измеряемый объект (4).

Емкостная связь между потенциальным и измерительными электродами определяется как постоянными составляющими, так и переменными, зависящими от расстояния до объекта, его материала, формы и места положения в пространстве. Рассмотрим эту связь через электрические заряды и, вызванные ими, потенциалы измерительных электродов.

Примем, что потенциальный электрод (1) вместе со своим экраном образует емкость  $C$ , тогда, при напряжении источника  $U$ , электрод имеет заряд:

$$g = CU$$

Если площадь поверхности цилиндра  $S_1$ , а торца -  $S_2$ , то поверхностная плотность заряда [1]

$$\sigma = \frac{g}{S_1 + S_2} = \frac{CU}{S_1 + S_2}$$

а заряд торца

$$q_1 = \sigma S_2 = \frac{CUS_2}{S_1 + S_2}$$

Этот заряд и создает электрическое поле  $E_1$ , которое, согласно принятым условиям, в области расположения объекта (4) равно:

$$E = \frac{q_1}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

Это поле  $E$  на поверхности объекта  $S_3$ , обращенной к электродам, индуцирует поверхностную плотность зарядов. Если объект диэлектрический в форме шара, то поверхностная плотность этих зарядов равна нормальной составляющей вектора поляризованности [2]

$$\sigma_2 = p \cos \varphi, p = 3\epsilon_0 \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon + 3\epsilon_0} E$$

где  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

$\varphi$  - угол между вектором поля  $E$  и рассматриваемым направлением.

Тогда заряд любого участка поверхности объекта  $\Delta S$  в заданном направлении угла  $\varphi$  равен

$$\Delta q_2 = \Delta S \sigma_2 = \Delta S 3\epsilon_0 \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon + 3\epsilon_0} E \cos \varphi$$

и создает собственное электрическое поле  $E_1$ , которое совпадает по направлению с  $E_3$  от потенциального электрода (1). Но  $E_3$  - величина постоянная и не несущая информации об объекте измерения. А  $E_1$  в точке расположения электродов (2), (3) будет зависеть от расстояния до объекта (4), от размеров и конфигурации его. Рассматриваем объект в форме шара размерами меньшими, чем размеры всего преобразователя (электроды 1, 2, 3). Тогда  $E_1$  в точке расположения электродов (2), (3) равно

$$E_1 = \frac{\Delta q_2}{r^2}$$

Это поле наводит потенциалы на электродах (2), (3). И если потенциалы (2) и (3) равны, то и расстояние от (4) до (2), (3) равны, значит, шар расположен симметрично к (2), (3). Если потенциал (2) больше (3), то шар смещен вниз. Если использовать больше двух измерительных электродов и учитывать потенциалы каждого, то можно производить измерения по трем координатам, т.е. устройство "видит" объект измерения.

При конфигурации объекта произвольной формы он будет поляризоваться в однородном поле неоднородно. Суперпозиция полей от многих точек образует неоднородное поле в окружающем пространстве и индуцирует различные заряды на измерительных электродах. А по анализу потенциалов с электродов можно воспроизвести геометрию объекта.

Рассматриваемая конструкция преобразователя может анализировать и объекты из электропроводящего материала. Тогда в выражении для поверхностной плотности вектор поляризации

$$P = 3\epsilon_0 \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon + 3\epsilon_0} E_1$$

будет равен, т.к. для проводника принято считать  $\epsilon = \infty$  и отношение

$$\frac{\epsilon - \epsilon_0}{\epsilon + 3\epsilon_0} = 1$$

Результаты экспериментальных исследований показали, что значения наводимых на измерительных электродах потенциалов имеют порядок нескольких мВ. Так при площади электродов  $0,4 \text{ см}^2$  и напряжении на потенциальном электроде - 300 В, размерах объекта в диаметре - 3 см и расстоянии до него - 3-5 см, потенциалы равнялись 1-10 мВ.

Из анализа работы предложенного преобразователя можно сделать следующие выводы:

1. Разрешающая способность определяется числом измерительных электродов.
2. Чувствительность регулируется напряжением питания потенциального электрода и площадью измерительных электродов.
3. Вся конструкция датчика может иметь несколько как потенциальных, так и измерительных электродов, размещенных в одном монолитном блоке и быть соединенной со схемой анализа многожильным проводом и представлять надежную конструкцию.
4. Для увеличения избирательности анализа каждого электрода он может быть несколько "утоплен" в свой экран.
5. Если торцы измерительных электродов защитить эластичным экраном, то можно создать тактильный датчик; а малые габариты его позволяют разместить в манипуляторах робота [3].
6. Физический механизм работы, основанный только на электрических величинах, открывает путь для создания интегрального преобразователя.

#### Литература:

1. С.Г.Калашников. Электричество. М.:Наука,1977.
2. Л.Р.Нейман, К.С.Демирчан. Теоретические основы электротехники. П.: Энергоиздат, 1981.
3. А.С. N 1344599,1987.

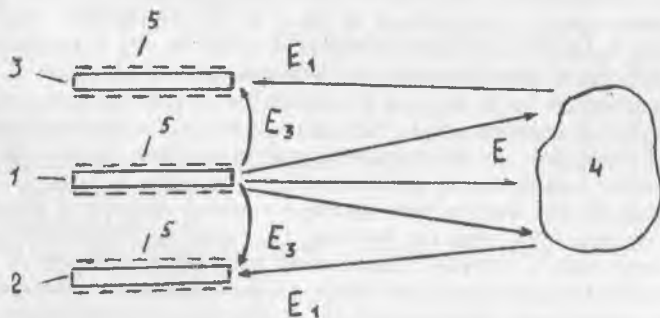


Рис. 1. функциональная схема ЭИП с объектом измерения.