

с частотой  $F = 1/2 i f_{вр}$  без значительного усложнения датчика угла поворота применением в нем сложных преобразователей пространственного кодирования или высокочастотных индукционных фазовращателей. В данном случае коэффициент связи между каналами равен числу зубьев на статоре и роторе многолучевого электростатического генератора ( $i=z$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Филиппов. Цифраторы перемещений. М., Воениздат, 1965.
2. Цифровое управление в системах автоматики. Сб. статей. Л., «Наука», 1968.

Поступило в редакцию  
8 января 1969 г.

УДК 621.398.694.3.011.4

Ю. Е. КИРИЧЕНКО  
(Киев)

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРЕТА И РЕГУЛИРОВКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В КОНДЕНСАТОРНЫХ ДАТЧИКАХ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Для исследования, разработки и эксплуатации труботранспортных систем, смешанных машин, дозаторов и питателей и осуществления автоматизации технологических процессов во многих отраслях промышленности часто возникает необходимость иметь информацию о характере движения, скорости и расходе сыпучих диэлектрических материалов в закрытых трубопроводах. Для этих целей разработаны емкостный модуляционный метод [1] и устройства для контроля потока сыпучих диэлектрических материалов [2]. Работа таких устройств основана на том, что в конденсаторном датчике, питаемом от источника постоянного тока, выделяют переменную составляющую токов переходных процессов, обусловленную прохождением через бесконтактный конденсатор сыпучего материала с переменной плотностью потока. Эти токи количественно связаны с контролируемым расходом материала и после их усиления, выпрямления и усреднения используются в контрольно-измерительном блоке устройства.

Разработанные устройства пригодны для работы в системах самотечного, вакуумного и пневматического транспорта, в трубопроводах которых расход сыпучего материала всегда является случайной функцией времени, характеризующейся своим средним значением, дисперсией, спектром, и с транспортным запаздыванием обуславливается мгновенными флуктуационными изменениями производительности дозаторов непрерывного или дискретного действия.

Используемый в разработанных устройствах для контроля движения и расхода сыпучих диэлектрических материалов конденсаторный датчик состоит из диэлектрического трубопровода, на поверхности которого размещены два цилиндрических электрода. Диэлектрический трубопровод помещен в электростатический экран, который защищает конденсатор датчика от влияния внешних электромагнитных помех.

Чувствительность такого датчика зависит от напряжения питания, которое обычно выбирается в зависимости от условий, из которых основными являются: обеспечение искробезопасности цепи датчика при работе с взрывоопасными материалами, необходимость изготовления стабилизированного источника питания для датчика и его согласование со схемой устройства, а также выбор отношения между полезным сигналом и помехами. Для более полного обеспечения этих условий нами предложен электретный датчик, который имеет высокий выходной сигнал и может работать без источника питания, что существенно упрощает вторичный прибор устройства.

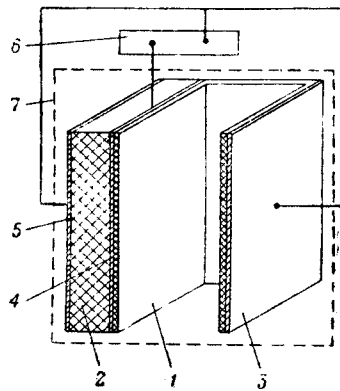


Рис. 1.

Электретный датчик движения сыпучих материалов изображен на рис. 1. Датчик состоит из диэлектрического трубопровода 1, по которому движется контролируемый материал. С противоположных сторон трубопровода установлены конденсаторные пластины 3 и 4. К пластине 4 наложен электрет 2 с конденсаторной пластиной 5, которая соединена с пластиной 3. Пластины 3 и 4 образуют конденсатор датчика и соединены с клеммной колодкой 6. Датчик помещен в металлический экран 7.

Используя работы Свена [3—6], можно определить напряжение на пластинах разомкнутого датчика. На рис. 2 изображена схема электрета, поясняющая теорию Свена.

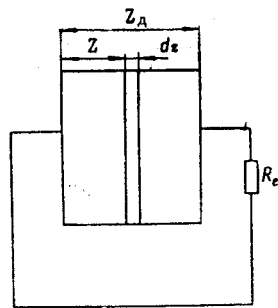


Рис. 2.

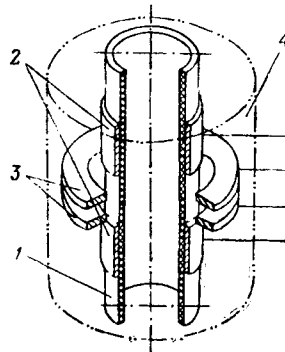


Рис. 3.

Разность потенциалов между поверхностями электрета при расстоянии между ними  $Z_d$  можно определить по формуле

$$U = \frac{2\pi Z_d}{\epsilon_d} \left( \sigma_1 - \sigma_2 - \frac{2}{Z_d} \int_0^{Z_d} P_o dz + \int_0^{Z_d} \rho dz - \frac{2}{Z_d} \int_0^{Z_d} \rho z dz \right), \quad (1)$$

где  $\epsilon_d$  — диэлектрическая проницаемость электрета;  $\sigma_1 - \sigma_2$  — разность плотностей свободных зарядов на поверхностях электрета;  $P_o$  — ориентационная поляризация;  $\rho$  — плотность реальных зарядов в объеме электрета.

При вычислении составляющей, обусловленной поверхностными реальными и фиктивными зарядами, учитывали только внутреннее поле электрета и пренебрегли его внешним полем.

Таким образом, разность потенциалов между поверхностями электрета определяется распределением полупостоянной поляризации  $P_o = f(z)$  и реальных объемных зарядов  $\rho = f(z)$ ; она зависит также от разности плотностей свободных зарядов  $\sigma_1 - \sigma_2$ .

Плотность тока утечки в рассматриваемой цепи электрета с единицы его площади поверхности будет равна

$$i = \frac{u}{S R_e}, \quad (2)$$

где  $S$  — площадь поверхности электрета;  $R_e$  — внешнее сопротивление в цепи, замыкающей поверхность электрета. Емкость электрета равна

$$C_0 = \frac{\epsilon_d S}{4\pi Z_d}. \quad (3)$$

На плотно наложенных на электрет электродах 4 и 5 (см. рис. 1) появляются связанные заряды, образующие напряжение, по величине близкое к расчетному. Поэтому в пространстве между электродами 3 и 4 конденсатора датчика возникает электрическое поле, величина которого связана с напряжением на этих пластинах. Емкость конденсатора датчика между электродами 3 и 4 при условии, что  $d \ll \sqrt{VS}$ , можно вычислить по формуле

$$C_d = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}, \quad (4)$$

где  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость контролируемого материала;  $\epsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость воздуха;  $S$  — площадь пластины;  $d$  — расстояние между электродами конденсатора.

При прохождении сыпучего диэлектрического материала с переменной плотностью через электрическое поле датчика происходит флуктуационное изменение его емкости, в результате чего в цепи конденсатора появляются токи переходных процессов.

На выходе датчика возникает переменная составляющая напряжения сигнала, которая количественно связана с движущимся материалом. Это напряжение усиливается усилителем, переменного тока, детектируется детектором, усредняется конденсатором и измеряется измерительным прибором.

Используемый в разработанном ранее флуктуационном устройстве [2] бесконтактный конденсаторный датчик имеет сильно выраженное неравномерное электрическое поле. Недостатком этого датчика является неодинаковая его чувствительность по радиусу поперечного сечения трубопровода. Датчик чувствителен как к количеству движущегося материала, так и к конфигурации струи и месту прохождения струи контролируемого материала в его трубопроводе. Для работы датчика конфигурацию струи контролируемого материала и ее место в датчике необходимо регулировать таким образом, чтобы поток материала, меняющийся по массе, проходил через одинаковое по величине напряженности электрическое поле измерительного конденсатора. Выполнение этих требований связано с рядом технологических, конструктивных и эксплуатационных затруднений.

Предлагаемый нами датчик в значительной мере лишен указанных недостатков и может быть использован для контроля движения материалов без сложной фокусировки потока контролируемого материала.

На рис. 3 изображен емкостный датчик движения сыпучих материалов с регулируемой электрического поля. Этот датчик состоит из диэлектрического трубопровода 1, по которому пропускают контролируемый материал. Цилиндрические пластины 2 наложены на диэлектрический трубопровод и образуют измерительный конденсатор. Пластины измерительного конденсатора соединены со вторичным прибором устройства контроля. Шайбообразные регулирующие пластины 3 установлены в зазоре пластин измерительного конденсатора перпендикулярно поверхности трубопровода датчика и соединены с источником регулируемого постоянного напряжения.

Для предохранения датчика от влияния внешних полей измерительные и регулирующие пластины помещены в металлический экран 4. При подаче напряжения на пластины измерительного конденсатора 2 внутри трубопровода датчика создается рабочее электрическое поле с максимальной напряженностью у стенки трубопровода и минимальной на осевой линии, проходящей через центр площади его поперечного сечения, параллельно стенке трубопровода. При подаче постоянного напряжения на пластины регулирующего конденсатора 3 за счет краевого эффекта внутри трубопровода создается дополнительное электрическое поле, которое вытесняет электрическое поле измерительного конденсатора внутрь трубопровода, уменьшая при этом неравномерность чувствительности в датчике.

Настройку такого датчика на поток контролируемого материала производят посредством установки необходимой величины напряжения на пластинах регулирующего конденсатора. Вместо регулирующего конденсатора в датчике можно использовать электрет. При этом электрическая схема устройства будет существенно упрощена.

Емкостный датчик с регулировкой рабочего электрического поля [7] может найти также широкое применение и для измерения других неэлектрических величин: влажности, сплошности, уровня и для количественного анализа и определения химической структуры вещества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. М. Рудный, Ю. Е. Кириченко. Способ контроля движения диэлектрических материалов. Авторское свидетельство № 190034.— ИПОТЗ, 1967, № 1.
2. Н. М. Рудный, Ю. Е. Кириченко. Флуктуационное устройство контроля движения сыпучих материалов.— Механизация и автоматизация управления, 1967, № 6.
3. W. F. G. Swanp. On Certain Matters Pertaining to Electrets.— J. Frankl. Inst., 1950, v. 250, № 3.
4. W. F. G. Swanp. Electrets.— Phys. Rev., 1950, v. 78.
5. W. F. G. Swanp. Fundamentals in the Behavior of Electrets.— J. Frankl. Inst., 1958, v. 255, № 6.
6. W. F. G. Swanp. The Case of Charged Density Distribution Versus Semipermanent Polarisation as a Basis for Electret Behavior.— J. Frankl. Inst., 1958, v. 256, № 2.
7. Ю. Е. Кириченко. Устройство для контроля движения сыпучих материалов в закрытых трубопроводах. Авторское свидетельство № 220542.— ИПОТЗ, 1968, № 20.

Поступило в редакцию 24 октября 1967 г.  
окончательный вариант — 6 мая 1969 г.