

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.317.089.68; 621.317.335.2 Р ГАСНТИ 59.29.71

А.Г. МАЗУРЕНКО, С.Д. ТАРАСЕНКО

БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ КВАЗИЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

Ученый журнал
Украинский
ВІСНИК УКРАЇНИ

Київ - 1993

№ 8276 - 96 93

2.

Преимуществом емкостных методов контроля является возможность осуществления бесконтактных измерений и относительная аппаратная простота и дешевизна такого метода контроля. В случае геометрического контроля, или измерения расстояний до объектов практическая бесконтактность обеспечивается, если объект контроля не совмещать с одним из измерительных электродов. И он не должен иметь непосредственной кондуктивной связи с одним из измерительных электродов, что неизбежно в классической, двухконтактной схеме измерения емкости, когда датчик подключается к измерителю емкости практически двумя соединительными проводниками. Такая двухконтактная / 1, 2 / схема измерения емкости к тому же не позволяет обеспечить высокую точность, стабильность и чувствительность измерений, что особенно необходимо при анализе, например, неровностей контролируемых поверхностей, то есть, по сути дела, при дифференциальном, а не интегральном, контроле геометрии поверхности объекта.

Всех этих недостатков возможно избежать при так называемой трехконтактной схеме измерения емкости датчика / 1, 2 /, когда в момент отчета результата измерения заземленные электроды находятся под потенциалом, равным потенциалу одного из измерительных электродов, как и при двухконтактной схеме, но в отличие от последней в трехконтактной схеме заземленные электроды не имеют кондуктивной связи ни с одним из измерительных электродов, а потому все электроды системы фактически находятся под тремя раздельными потенциалами. Потому в такой системе при соответствующем конструировании принципиально можно обеспечить бесконтактность дистанционных измерений, когда объект контроля, расстояние до элемента которого измеряется относительно исходной

3.

реперной точки, в которую помещаются измерительные электроды собственно датчика, не имеет кондуктивной связи с электродами последнего. При этом возможно обеспечить потенциал земли на объекте контроля даже без соответствующего кондуктивного соединения его с "землей" датчика.

Возможность формирования заданной структуры электрического измерительного поля при трехконтактной схеме измерения емкости также является важнейшим преимуществом при решении данной задачи. Электрическое поле, как и другие поля, принципиально является безграничным, а потому является носителем интегральной информации о пространстве и объектах. Простое ограничение поля экранированием источника поля (датчика) невозможно, так как на экране появится неопределенный "плавающий" / 2 / потенциал, искажающий поле. Необходимое потому кондуктивное подсоединение экрана к датчику в случае двухконтактной системы не решает задачи, увеличивая, по сути, размеры одного из измерительных электродов. Трехконтактная схема, в которой дополнительные заземленные электроды (и экран) находятся под третьим изолированным потенциалом, но строго определяемым потенциальной системой датчика, позволяет весьма успешно управлять структурой, конфигурацией поля. Это необходимо для эффективного проведения дифференциального контроля, например, геометрии поверхности объекта контроля.

И последним важнейшим преимуществом трехконтактной схемы измерения емкости датчика для решения поставленной задачи является то, что она позволяет провести прецизионные, в том числе дистанционные, измерения малейших вариаций емкости датчика, без чего практически невозможна реализация последнего из положений - дифференциальности контроля. Так в необходимо конечном соединительном

4.

кабеле между датчиком и собственно измерителем емкости при двухконтактной схеме измерения емкости датчика происходит суммирование неопределенной и нестабильной измеряемой емкости датчика с емкостью соединительного кабеля / 1, 2 /, которая к тому же обычно значительно больше как емкости датчика так и, очевидно, ее вариаций при дифференциальном контроле. В трехконтактной схеме, когда датчик и измеритель емкости связывают три контактные линии, распределенная емкость соединительного кабеля (и соответственно любые внешние паразитные электрические поля и емкости) не суммируясь с измеряемой емкостью датчика практически не оказывает никакого влияния на результат измерения.

На основе использования рассмотренных возможностей, предоставляемых трехконтактной схемой измерения емкости, стала возможной разработка средства контроля нескольких модификаций для бесконтактного измерения геометрии внутренних квазицилиндрических поверхностей. Так подобные датчики позволят производить контроль диаметра глубоких отверстий или внутренний диаметр труб, а также определять размеры отверстий овальной формы, причем без контакта с контролируемой поверхностью. Такая задача, как показывают литературные источники / 3 /, до настоящего времени практически не решена ввиду сложности управления конфигурацией измерительного поля в ограниченном пространстве и высоких требований к точности и стабильности измерения выходного сигнала датчика.

Разработанный датчик формы и проходного сечения отверстий / 3 / представляет собой в простейшем случае, как показано на рисунке, совокупность идентичных сегментных перекоммутируемых измерительных электродов 1-8, образующих цилиндрические поверх-

5.

ности, между которыми находится равного им диаметра постоянно заземленный цилиндрический электрод 9. Втулка 10, представляя, по сути дела, единое целое со своей выступающей частью - электродом 9, является центрирующим элементом датчика на котором на изоляторах крепятся также и все сегменты измерительных электродов.

При неподвижном положении датчика в контролируемом отверстии II он позволяет измерять за два такта измерения размеры сечения в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В каждом из тактов заземляют все четыре сегментных электрода, лежащие в одной из плоскостей сечения датчика, проходящей через его ось (например 1, 3, 5, 7). При этом на одну из пар оставшихся сегментных электродов, лежащих по разные стороны от оси датчика (например, 2 и 4) подают один из потенциалов измерительного напряжения. Второй потенциал подают на два оставшихся электрода (6, 8). Очевидно, в этом случае замкнутся два измерительных поля вдоль оси датчика (и трубы) между электродами 2, 6 и 4, 8 по разные стороны оси, пропорциональные расстоянию между стенками трубы в данной плоскости в месте размещения датчика. В другом такте измерения (см. положение контактов I2 на рисунке) заземляются ранее измерявшие электроды 2, 4, 6, 8, а измерительными по аналогичной схеме выступают ранее заземленные 1, 3, 5, 7.

Заземленные сегментные электроды в обоих тактах измерения ограничивают направление измерительного поля только вдоль оси системы, обеспечивая измерение размеров сечения отверстия в нужной, достаточно узкой, ввиду ближайшего расположения заземленных электродов, плоскости, т.е. обеспечивают дифференциальность контроля. Вдоль оси системы интенсивность измерительного

6.

поля также в значительной мере ограничена ввиду " перехватыва-
ния " силовых линий поля как, с одной стороны, стенкой объекта
контроля (трубы), так и, с другой стороны, заземленным цилинд-
рическим электродом 9. Это резко повышает чувствительность изме-
рений, однако выходная измеряемая емкость датчика находится на
уровне единиц - десятков пикофарад, что требует использования
наиболее высокоточных средств измерения электрических величин -
трансформаторных измерительных мостов. Это наиболее распростра-
ненные средства измерения пассивных электрических величин по
трехконтактной схеме, легко обеспечивающие точность измерения на
уровне десятых - сотых долей процента при соответствующих чувстви-
тельности и стабильности.

За счет одновременного измерения расстояния от датчика до
стенок объекта контроля в двух диаметрально противоположных
направлениях возникает эффект существенной самокомпенсации вы-
ходного сигнала датчика от умеренно внеосевого положения датчи-
ка. Это определяется также тем, что если использовать получен-
ное при оптимизации датчика отношение расстояния от датчика до
стенок трубы к длине вдоль оси заземленного электрода 9
равное 1,23 - 3,75 (при более чем пятикратном превышении дли-
ны вдоль оси сегментных электродов над длиной электрода 9),
то датчик имеет линейную функцию преобразования с погрешностью
не более 1,5 %.

Для упрощения центрирования датчика в измеряемом отверстии
возможно добавление к обоим торцам датчика аксиально по зазем-
ленному диску с диаметром большим диаметра собственно датчика,
но незначительно меньшим наименьшего диаметра контролируемого
отверстия. При измерении глубоких отверстий для этой цели воз-

можно использование центрирующей струны, которая пропускается по оси трубы и датчика в отверстие по оси втулки 10.

При отсутствии центрирующих дисков в торцах датчика целесообразно более чем пятикратное превышение длины сегментных электродов над протяженностью вдоль оси датчика заземленного электрода 9, так как в этом случае, как показали исследования, с погрешностью менее 0,1 % длина сегментных электродов не сказывается на значении номинальной емкости датчика. Это существенно упрощает производство датчиков и снижает их себестоимость.

Поворачивая датчик вокруг оси системы можно ориентировать ножевидное продольное измерительное поле его электродов в требуемой плоскости сечения трубы и соответственно контролировать любой размер ее проходного сечения. Это актуально при контроле процессов загрязнения и накинеобразования в ответственных трубопроводах, их коррозии.

Литература

1. Грохольский А.Л., Тарасенко С.Д. О метрологических характеристиках новых типов емкостных преобразователей на основе трехконтактного конденсатора.- В кн.: Метрология и технические средства в автоматике: тез. докл. Республиканской НТК. Черновцы, 1980, с. 98-99.

2. Тарасенко С.Д. Особенности емкостного четырехэлектродного преобразователя - датчика с открытым полем.- Киев, 1979. 7 с.- Рукопись представлена Киевским институтом инженеров гражданской авиации. Деп. в УкрНИИТИ, 1979, № 1368-79.

3. А.с. 1793198 (СССР). Емкостной датчик для контроля размеров и формы отверстий / Д.П.Коломиец, Л.Г.Кузнецова, А.Г.Мазуренко, С.Д.Тарасенко.- Опубл. в Б.И., 1993, № 5.

