

УДК 621.317.328

А. Г. Ададурова¹, А. В. Ермоленко¹, С. В. Бирюков¹, В. А. Лютаревич².

¹Омский государственный технический университет

²Омский государственный университет имени Ф. М. Достоевского

ТРЕХКООРДИНАТНЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос создания трехкоординатного сферического датчика, основанного на явлении электрической индукции. Описан принцип измерения параметров электростатического поля сферическим датчиком, а также взаимодействие проводящей поверхности сферического датчика с электростатическими полями различных источников.

Ключевые слова: электрическое поле, напряженность, вектор напряженности, датчик, средство измерения, погрешность.

Внедрение изотропных датчиков параметров электростатических полей, инвариантных к направлению поля и обладающих улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками позволит проводить измерения в электростатических полях различной неоднородности и обеспечит уменьшение погрешности и расширение пространственного диапазона измерений.

Целью исследования является создание новой конструктивной модели изотропного трехкоординатного электроиндукционного сферического датчика напряженности электростатического поля, в основе которой лежит динамический метод измерения.

В разработке датчика будем использовать метод трехкоординатных измерений [1]. Для реализации этого метода предполагается использование трехкоординатного датчика, при котором в процессе измерения участвуют все три его координаты. При таком условии должно быть соблюдение полной независимости результирующего сигнала трехкоординатного датчика в пространстве [2].

Для реализации метода необходимо поместить в исследуемое пространство двойной трехкоординатный датчик, имеющий три пары проводящих чувствительных элементов, входящих в общий датчик. Центры наружных поверх-

ностей чувствительных элементов расположены попарно на трех осях выбранной системы координат симметрично относительно её начала. Составляющие вектора напряженности электрического поля по координатным осям датчика будут рассчитываться как разность векторных потоков по каждой паре чувствительных элементов. Модуль вектора напряженности электрического поля определяется путем геометрического суммирования составляющих вектора по координатным осям датчика [3].

Суть метода сводится к восприятию трех ортогональных составляющих вектора напряженности с последующим их геометрическим суммированием (1), что обеспечит независимость восстановления модуля вектора напряженности от ориентации датчика (рисунок 1).

$$\vec{E}_0 = \vec{E}_{0x} + \vec{E}_{0y} + \vec{E}_{0z} \quad (1)$$

При анализе работы сферических датчиков напряженности электростатического поля возникает необходимость в определении распределения напряженности электрического поля на проводящей поверхности датчика, т.к. это является причиной искажения поля и возникновения погрешности измерения напряженности электростатического поля.

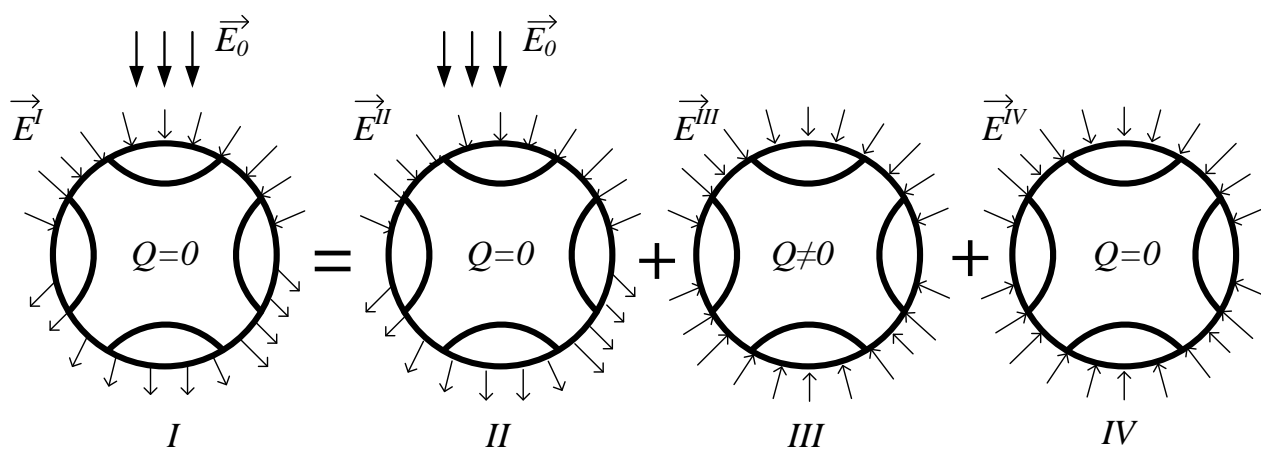


Рис. 1 Датчик в неоднородном поле с разложением поля на составляющие

В качестве датчика для измерения трех составляющих вектора напряженности будет служить проводящая сфера с чувствительными элементами, в виде сегментов, центры которых лежат на диаметрах, совпадающих с осями координат (рис. 2).

В качестве конструктивной базовой модели устройства датчика принята конструкция двойного трехкоординатного датчика с шестью чувствительными элементами, защищенная свидетельством на полезную модель [4].

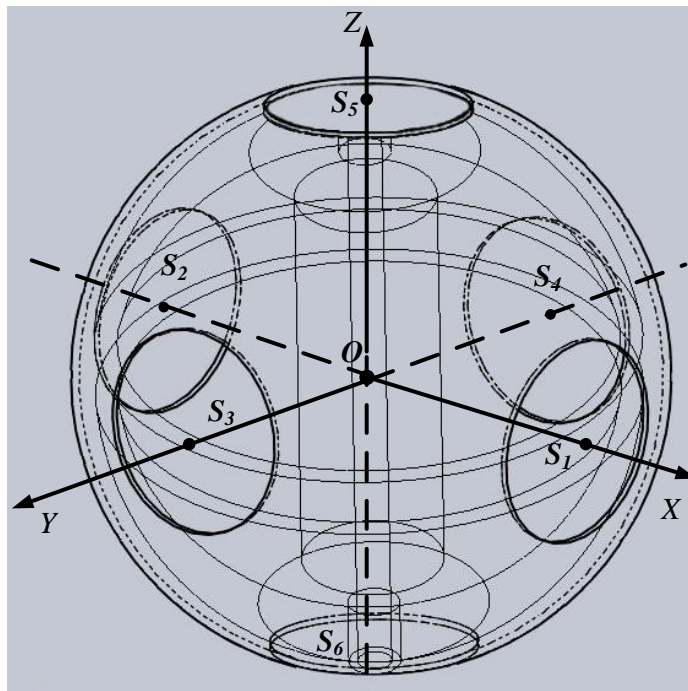


Рис. 2. Датчик для измерения трех составляющих вектора напряженности с чувствительными элементами в виде сегментов (S1-S6)

Датчик напряженности электростатического поля состоит из полый проводящей сферы радиуса R , на поверхности которой расположены три пары диаметрально противоположных отверстий. Каждая пара отверстий расположена на соответствующих координатных осях X , Y , Z с радиусом $r_{ок}$. Внутри сферы расположен вращающийся на валу челнок.

Ось вала проходит через центр сферы и располагается на равных угловых расстояниях от координатных осей отверстий.

На челноке изолировано друг от друга находятся три пары диаметрально противоположных проводящих чувствительных элементов S_1 - S_2 , S_3 - S_4 и S_5 - S_6 , радиусы которых совпадают с радиусами окон $r_{ок} = r_{чЭ}$.

Чувствительный элемент в общем случае выполняются в форме сферического сегмента, с внешним угловым размером θ_0 , являющимся его конструктивным параметром. Чувствительные элементы располагаются по трем ортогональным осям X , Y , Z .

Датчик находится в однородной изотропной среде с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_1 , в которой существует постоянное во времени электростатическое поле. Благодаря сферической форме экранирующего корпуса и возможности перекрытия всех отверстий одинаковыми чувствительными элементами, укрепленными на одном валу, повышается точность измерения вектора напряженности электростатического поля.

Библиографический список

1. А.с. 473128 СССР, МКИ G 01R 29/14. Способ измерения напряженности электростатического поля / В. С. Аксельрод, К. Б. Щигловский., В. А. Мондрусов. – №1919194/18-10 ; заявл. 21.05.73 ; опубл. 05.06.75, Бюл. №21.

2. Колмогорова, С. С. Реализация метода трехкоординатных измерений в конструкции датчиков напряженности электростатического поля / С. В. Бирюков, С. С. Колмогорова // Омский научный вестник, серия "Приборы, машины и технологии", № 2(100). – Омск : ОмГТУ, 2011. – С. 177 – 179.

3. Бирюков, С. В. Физические основы измерения параметров электрических полей: монография / С. В. Бирюков. – Омск: СибАДИ, 2008. – 112 с.

4. Патент на ПМ № 106959 РФ МПК G01R 29/14. – 2011110185/28. Датчик измерения напряженности электростатического поля / С. В. Бирюков, С. С. Колмогорова – № 2011110185/28 ; Заявлено 17.03.2011 ; Опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21. – 2 с.: ил.

5. Ermolenko, A. V.; Biryukov, S. V., "Calculation of elliptical polarization electric field intensity," Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), 2014 , vol., no., pp.1,4, 11-13 Nov. 2014.