

Применение в помосте для измерения опорных реакций спортсменов опорной рамы с ребрами жесткости, опорной плиты, выполненной в виде сферической поверхности, шаровой опоры и боковых опор, расположенных по краям платформы под углом к горизонтали, направляющих каналов опор, в которых размещены датчики сил, имеющих полный корпус, в котором расположены пьезоэлемент и поршень давления генератора возбуждения и регистрирующего устройства, дает возможность увеличить жесткость конструкции и повысить точность измерения.

Помост для измерения опорных реакций спортсмена, содержит смонтированную на основании посредством опор с датчиками платформу, отличающуюся тем, что с целью повышения точности измерения усилий опорных реакций, платформа выполнена в виде шарового сегмента, центральная опора установлена в центре ее криволинейной поверхности, а остальные –

по окружности с равным шагом и под углом к ее плоской поверхности.

#### Библиографический список

1. Помост для измерения опорных реакций спорных спортсменов / Н.Ф. Рожков, В.В. Барболин.- АС 1625505 СССР. МКИ А63В 69/00-9с.
2. Помост для измерения опорных реакций спорных спортсменов / Н.Ф. Рожков, В.В. Барболин.- АС 16229032 СССР. МКИ А63В 63/00-6с.

**РОЖКОВ Николай Федорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационно-измерительная техника».

Дата поступления статьи в редакцию: 25.10.2007 г.

© Рожков Н.Ф.

УДК 621.317.328

**Е. В. ТИМОНИНА  
С. В. БИРЮКОВ**

Омский государственный  
технический университет

## ТРЕХКООРДИНАТНЫЙ ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ПОЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИПОЛЯ

В статье проводится анализ работы трехкоординатного сферического датчика напряженности в электрическом поле диполя.

Было установлено, что поле электрического диполя обладает большей неоднородностью по сравнению с полем точечного заряда, которое ранее [1,2] рассматривалось в качестве наихудших условий для работы датчика. В связи с этим, считаем целесообразным, привести теоретический анализ работы трехкоординатного электроиндукционного сферического датчика (ТЭСД) напряженности в неоднородном электрическом поле (ЭП) диполя.

В ходе исследований, согласно методике, предложенной в [2], была составлена математическая модель ТЭСД с чувствительными электродами в виде сферических сегментов, включающая взаимосвязанные с соответствующими координатными осями датчика интегральные уравнения, ядром которых является выражение для определения нормальной составляющей напряженности на поверхности сферического

датчика, находящегося в поле электрического диполя, полученное путем решения задачи для сферы в поле электрического диполя:

$$e_r = \frac{\left(1 - \frac{c^2}{4}\right)^2}{2 \cdot a \cdot c} \cdot \frac{1 + \frac{c^2}{4} + c - a^2}{\left[\left(1 + \frac{c^2}{4} + c + a^2 - 2 \cdot a \cdot \cos\theta \cdot \left(1 + \frac{c}{2}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}\right]} - \\ - \frac{1 + \frac{c^2}{4} - c - a^2}{\left[\left(1 + \frac{c^2}{4} - c + a^2 - 2 \cdot a \cdot \cos\theta \cdot \left(1 - \frac{c}{2}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}} + \frac{c}{1 - \frac{c^2}{4}}\right]}, \quad (1)$$

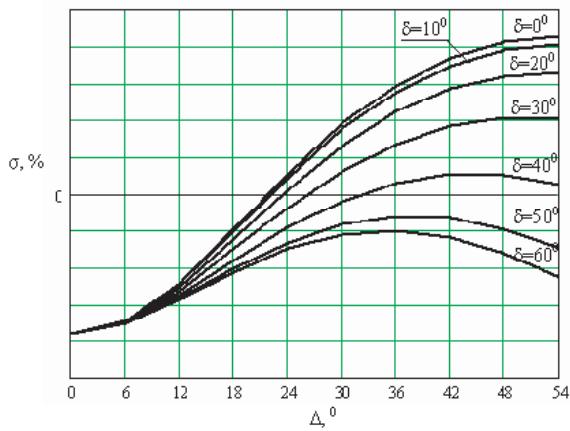


Рис. 1

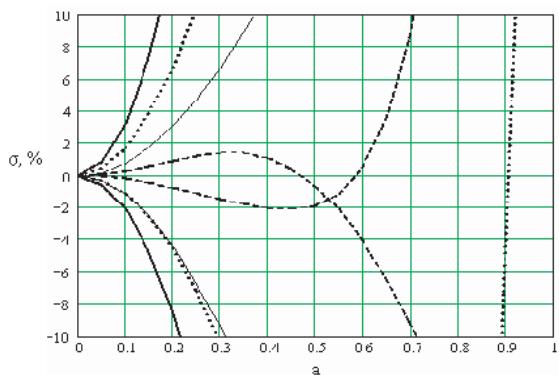
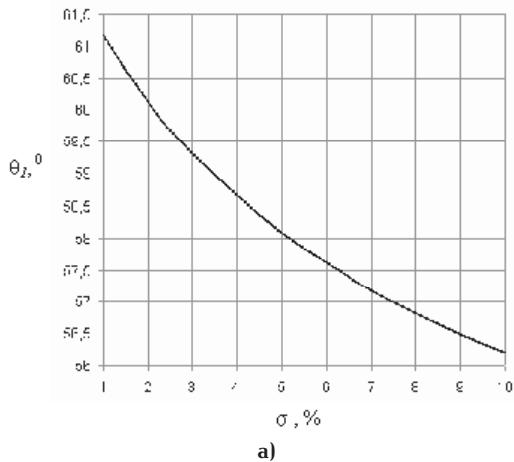
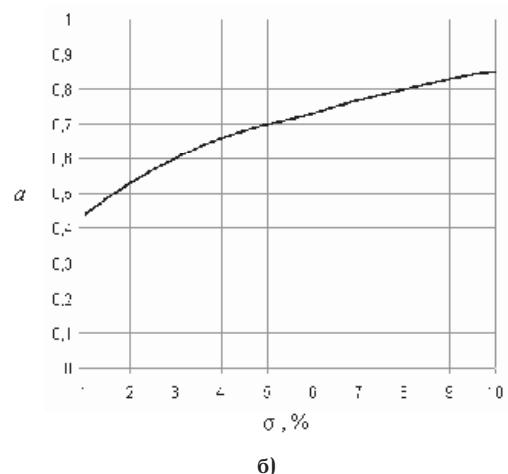


Рис. 2



а)



б)

где  $a = R/d$  - относительное расстояние от центра датчика до центра диполя

( $R$  - радиус корпуса ТЭСД,  $d$  - расстояние от центра датчика до источника поля);

$c = l/d$  ( $l$  - расстояние между точечными зарядами диполя);

$\theta$  - широтный угол сферической системы координат, отсчитываемый от оси  $z$ .

В связи со сложностью аналитического интегрирования выражений в рамках составленной математической модели, расчет был произведен с использованием математического пакета MATHCAD 13.

В результате математического моделирования были получены зависимости погрешности  $\sigma$  ТЭСД от пространственного диапазона измерения  $a$ , ориентации датчика в пространстве ( $\Delta$  и  $\delta$  - соответственно долготный и широтный углы, задающие положение датчика в пространстве относительно вектора напряженности), конструктивных размеров электродов датчика  $\theta_1$ .

На рис. 1 представлены графические зависимости погрешности датчика, вызванной неоднородностью ЭП от его ориентации в пространстве при постоянном параметре  $a$  и различных значениях долготного  $\Delta$  и широтного  $\delta$  углов. Из полученного семейства графиков видно, что худшему угловому расположению ТЭСД в ЭП диполя с точки зрения погрешности, соответствует график для  $\delta = 0^\circ$ . Таким образом, граничными угловыми положениями ТЭСД в пространстве являются начальное положение с координатами  $\delta = 0^\circ$  и  $\Delta = 0^\circ$  (когда вектор напряженности равнодален от координатных осей ТЭСД, т.е. направлен вдоль оси датчика) и конечное положение с координатами  $\delta = 0^\circ$  и  $\Delta = 54,736^\circ$  (когда вектор напряженности совпадает с координатной осью одного из электродов ТЭСД).

На рис. 2 представлены графические зависимости погрешности датчика, вызванной неоднородностью ЭП от пространственного диапазона измерения  $a$  при различных угловых размерах электродов датчика  $\theta_1$  для граничных угловых положений ТЭСД, соответствующих  $\delta = 0^\circ$ ,  $\Delta = 0^\circ$  и  $\delta = 0^\circ$ ,  $\Delta = 54,736^\circ$ . Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что меньшая погрешность датчика от неоднородности ЭП при большем пространственном диапазоне возникает в случае, когда размер чувствительного электрода равен  $\theta_1 = 60^\circ$ . Однако эта погрешность сводится к желаемому минимуму при выборе оптимального углового размера чувствительного электрода. Выбор оптимального углового размера  $\theta_1$  можно осуществлять при помощи рис. 3а, задаваясь погрешностью от неоднородности ЭП  $\sigma$ , а с помощью графика, представленного на рис. 3б, можно определить максимальный пространственный диапазон  $a$  в рамках которого погрешность от неоднородности не превысит заданного значения. При оптимизации определялись такие углы  $\theta_1$ , для которых заданной абсолютной величине погрешности соответствует наибольший пространственный диапазон измерения  $a$ . Обобщенные данные, полученные в процессе оптимизации, представлены в табл. 1.

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что свести к минимуму погрешность

**Оптимальные размеры чувствительных электродов датчика  $\theta_1$ ,  
при максимальном пространственном диапазоне  $a$  для заданной погрешности  $\sigma$**

$\sigma, \%$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\theta_{\mu}, ^\circ$	61,18	60,13	59,32	58,68	58,09	57,63	57,18	56,83	56,49	56,20
$a$	0,44	0,53	0,60	0,66	0,70	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85

от неоднородности ЭП можно выбором оптимальных угловых размеров электродов ТЭСД  $\theta_1$  и ограничением пространственного диапазона измерения  $a$ .

поля в полях различной неоднородности // Магнитные и электрические измерения: Межвузов. сб. научн. тр. – Омск. политехн. ин-т, 1983. - с. 3-5.

#### Библиографический список

1. Бирюков, С.В. Теория и практика построения электрических датчиков потенциала и напряженности электрического поля// Омский научный вестник, вып. 11. – Омск: ОмГТУ, 2000. – С.89-93.
2. Бирюков, С.В. Анализ работы электроиндукционных сферических датчиков напряженности электрического

**ТИМОНИНА Евгения Викторовна**, инженер кафедры «Информационно-измерительная техника».

**БИРЮКОВ Сергей Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационно-измерительная техника».

Дата поступления статьи в редакцию: 28.11.2007 г.

© Тимонина Е.В., Бирюков С.В.

## Книжная полка

681.2/P60

**Родионов, М. Г. Проектирование приборов и систем** [Текст]: учеб. пособие для вузов по направлению подгот. бакалавров 200100 "Приборостроение" и специальности 200106 "Информационно-измерительная техника и технологии" / М. Г. Родионов, А. В. Михайлов, К. Р. Сайфутдинов; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. - 168 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 166. - ISBN 5-8149-0404-6.

Приводятся развернутые теоретические сведения и практические рекомендации, связанные с изучением студентами дисциплины, соответствующей государственному образовательному стандарту ВПО по направлению 200100.62 "Приборостроение" и специальности 200106 "Информационно-измерительная техника и технологии". Пособие предназначено студентам, обучающимся по направлению 200100.62 «Приборостроение» и специальности 200106 «Информационно-измерительная техника и технологии», а также студентам других специальностей, изучающим дисциплину «Основы проектирования приборов и систем».

621.317/Н63

**Николаева, Е. В. Физические основы получения информации: Измерительные преобразователи. Принципы измерения физических величин** [Текст]: учеб. пособие / Е. В. Николаева, В. В. Макаров; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. - 96 с.: рис. - Библиогр.: с. 96.

В данном учебном пособии рассматриваются два раздела дисциплины: "Измерительные преобразователи" и "Принципы измерения физических величин".

В первом разделе пособия описываются наиболее распространенные виды преобразователей, применяемые в промышленности и приборостроении. Основное внимание уделяется принципам действия, характеристикам, особенностям построения, погрешностям, достоинствам и недостаткам измерительных преобразователей. Во втором разделе пособия изучаются принципы измерения наиболее встречающихся величин, в основном неэлектрических.

681.2/C14

**Сайфутдинов, К. Р. Конструирование и технологии средств ИИТ** [Текст]: учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 200100 "Приборостроение" и специальности 200106 "Информационно-измерительная техника и технологии" / К. Р. Сайфутдинов, А. В. Михайлов; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. - 91, [1] с.: рис., табл. - ISBN 5-8149-0433-X.

Приведены общие сведения о намоточных элементах и узлах средств ИИТ, в частности о высокочастотных катушках индуктивности и трансформаторах низкой частоты. Даны основные формулы для их электрического и конструктивного расчета. Рассмотрены вопросы обеспечения тепловых режимов средств ИИТ, приведена методика расчета теплоотводов для мощных полупроводниковых приборов. Изложены вопросы конструирования и производства печатных плат средств ИИТ, дана методика расчета элементов печатных плат.

По вопросам приобретения: (3812) 65-23-69

E-mail: libdirector@omgtu.ru