

УДК 621.317

ВОЗМОЖНОСТЬ УЧЕТА КОРРЕКТИРУЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Д. С. Баранов, С. С. Колмогорова¹, А. С. Колмогорова, С. В. Бирюков^{1,2}

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

²Сибирский автомобильно-дорожный университет, г. Омск, Россия

Аннотация. Датчики электромагнитных полей используются в различных условиях, в том числе промышленные, водные и воздушные среды, бытовые. В статье рассматривается необходимость и возможность реализации учета коэффициента условий эксплуатации при разработке датчиков напряженности электромагнитных полей. Корректирующий коэффициент учитывает разные диэлектрические проницаемости основы датчика и условий применения сенсоров электромагнитных полей. В результате при проектировании реальных систем для измерения параметров электромагнитных полей необходимо внести корректирующий коэффициент в результирующее уравнение. С учетом этого возможно улучшить метрологические характеристики сенсоров

Ключевые слова: *электрометрические измерения, напряженность электромагнитные поля, условия применения, коэффициент эксплуатации, сенсор.*

DOI: 10.25206/2310-4597-2019-1-114-116

I. ВВЕДЕНИЕ

Применение точных измерительных преобразователей необходимо в разных сферах жизнедеятельности, поэтому измерения электромагнитных полей остается актуальной задачей. Условия работы измерительных преобразователей с датчиками электромагнитных полей постоянно меняются и, соответственно, возникают влияющие факторы на результаты.

В связи с тем, что использование сенсоров происходит в различных условиях необходимо учитывать условия эксплуатации датчиков при их разработке. Большое разнообразие устройств [1–3, 5] не учитывают условия использования датчиков, которые могут быть резко меняющимися и вносить в результат измерений погрешность.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработка и применение датчиков электромагнитных полей подразумевает учет всех влияющих факторов. Они влияют и на конструкции корпуса, форму чувствительных элементов, методики измерений и др. Именно поэтому изучая требования к первичным измерительным преобразователям, а также условия эксплуатации приборов необходимо обратить внимание на отсутствие корректировки на различие диэлектрической проницаемости корпуса датчика и измеряемой среды, влияющие на результат измерения и учесть его в базовой составляющей математического уравнения в виде вводимого коэффициента в зависимости от среды.

III. ТЕОРИЯ

Электродная система из двух полых сферических сегментов представлена на рисунке 1. Величины зарядов, которые индуцируются на чувствительных элементах датчика, формируются внешним измеряемым однородным полем и определяется по формуле:

$$Q = \iint_{dS} \sigma dS \tag{1}$$

Заряды на чувствительных элементах S'_1 и S'_2 , расположенных диаметрально противоположно на сферическом корпусе датчика. На основании базовых математических закономерностях, получили формулы для зарядов дифференциальных чувствительных электродов Q_1 и Q_2 [4]:

$$Q_1 = 4\pi\epsilon_0 a \int_0^{\theta'_1} f_1(t) \cos \frac{t}{2} dt \tag{2}$$

$$Q_2 = 4\pi\epsilon_0 b \int_{\theta'_{02}}^{\pi} f_2(t) \sin \frac{t}{2} dt \quad (3)$$

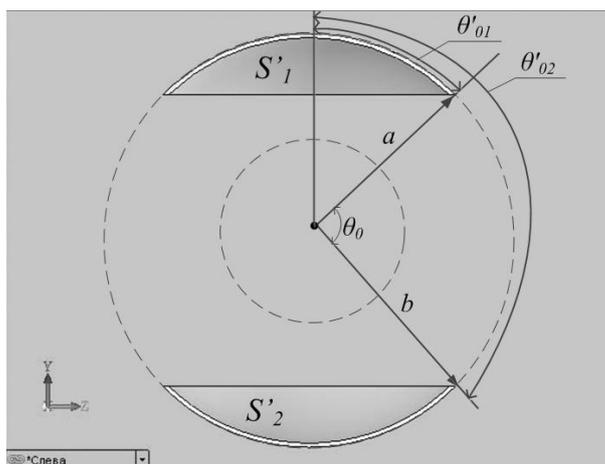


Рис. 1. Электродная система из двух полых сферических сегментов S'_1 и S'_2 , выполнены для наглядного отображения разного размера θ'_{01} и θ'_{02}

При расчете параметров сферических сегментов датчика рассчитывались при условии, что диэлектрическая проницаемость ϵ_i корпуса не отличается от диэлектрической проницаемости ϵ_e внешних условий. В случае если отличие большое, то показания результатов измерений будут отличаться от истинных значений измеряемой величины. Величину такого отличия можно оценить по результатам расчета. При определении параметров датчика (рис. 1) с электродами в форме полых сферических сегментов, внутри которых расположена сфера радиуса R , имеющая диэлектрическую проницаемость ϵ_1 .

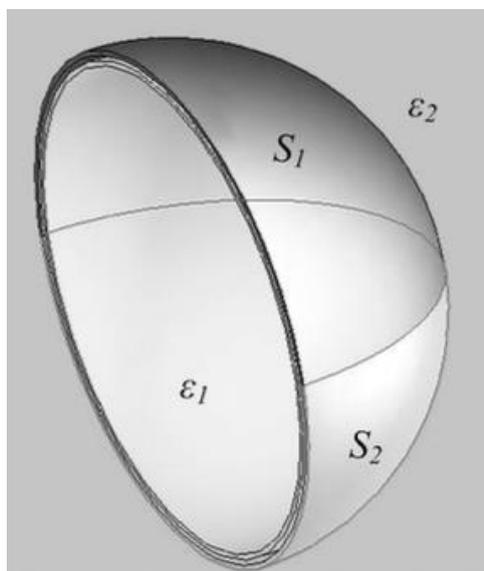


Рис. 2. Однокомпонентный датчик напряженности электрического поля с элементами, в форме полых сферических сегментов: S_1 – первый чувствительный элемент, S_2 – второй чувствительный элемент ϵ_1 – диэлектрическая проницаемость внутри корпуса датчика, ϵ_2 – диэлектрическая проницаемость эксплуатационной среды

При разработке математической модели функционирования в средах с различными диэлектрическими проницаемостями, ввели коэффициент:

$$\mu = \epsilon_1 / \epsilon_2 \quad (4)$$

Этот коэффициент учитывает соотношения диэлектрических проницаемостей корпуса датчика и среды использования, позволяющий вносить корректирующие параметры для учета эксплуатационных условий.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В работе [4] была представлена полная математическая модель в редакторе *MathCAD*. Модель отражает взаимодействие сенсора с электрическим полем. В основу математической модели положена система уравнений (1) и (2), а также коэффициент μ (4). Математическая модель позволила установить зависимость нормируемого значения энергии в единице объема сенсора от геометрических размеров его сферических сегментов (θ_{01} и θ_{02}) при различных соотношениях диэлектрических проницаемостей корпуса сенсора и окружающей среды, выраженных коэффициентом μ (4). График зависимости показан на рис. 3.

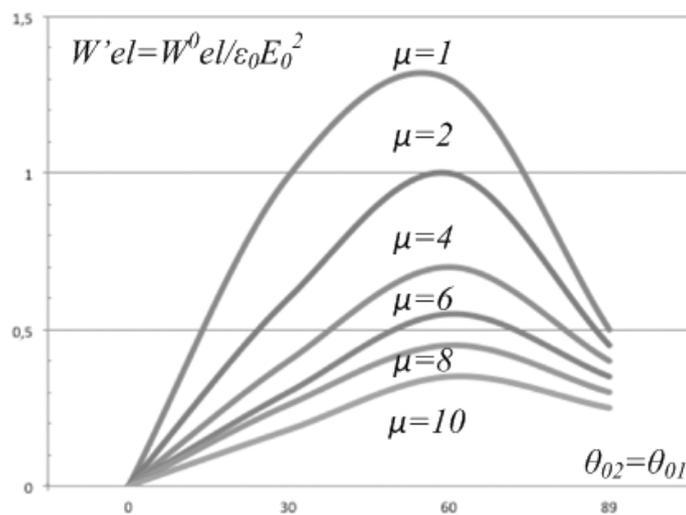


Рис. 3. График зависимости $\overline{W'_{эл}} = f(\mu, \theta)$

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При измерении в реальных условиях диэлектрическая проницаемость среды может много отличаться от диэлектрической проницаемости корпуса датчика и чувствительных элементов, именно поэтому важно учитывать корректирующий коэффициент на диэлектрическую проницаемость материала датчика и его влияние на результат измерения истинных значений электрических величин.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы получили, что диэлектрическая проницаемость материалы корпуса датчика влияет на чувствительность, поэтому выбор материала корпуса определяет размер его электродов, и чем больше диэлектрическая проницаемость материала корпуса датчика, тем больше должен быть угловой размер чувствительного электрода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Бирюков С. В. Современное представление сенсоров электромагнитных полей, средств измерения на их основе и областей применения в различных условиях // Ученые Омска – региону: материалы III Региональной науч.-техн. конф. 2018. С. 11–16
2. Пат. 181781 Российская Федерация, МПК G 01 R 29/12. Датчик напряженности электрического поля / Бирюков С. В., Колмогорова С. С., Блесман А. И. № 2018115125; заявл. 23.04.2018; опубл. 26.07.2018, Бюл № 21.
3. Пат. 175646 РФ, МПК G 01 R 29/12. Датчик напряженности электрического поля / Бирюков С. В., Колмогорова С. С. № 2017131994; заявл. 12.09.2017; опубл. 13.12.2017, Бюл. № 35.
4. Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Бирюков С. В. Эксплуатационные обстоятельства в разработке и применении инвариантных сенсоров электромагнитных полей // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Т. 5, № 4. С. 227–232.
5. Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Зверев А. И. Измерения напряженности электростатического поля в нефтегазовой промышленности // Метрология, стандартизация и управление качеством: материалы II Всерос. науч.-техн. конф. 19–21 апр. 2017 г. / ОмГТУ. Омск, 2017. С. 28–29.