

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.317.723

П.М. КОРНИЕНКО, А.Н. ОГАНЕЗОВ, канд-ты
техн. наук, Г.В. ЗГАЕВСКАЯ (БПИ)

АНАЛИЗ И РАСЧЕТ ДАТЧИКА-ЗОНДА К ПРИБОРУ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ

Измерения параметров электростатических полей нередко сводятся к определению поверхностной плотности и напряжения зарядов. В качестве приборов для измерений этих параметров можно использовать искровые разрядники, однако они характеризуются низкой чувствительностью. Наиболее удобен для этих целей проводящий индукционный датчик (зонд), электрически связанный с регистрирующим прибором – электрометром: к его входу присоединяют выносной датчик, который устанавливается на поверхности контролируемого объекта.

Принцип действия датчика основан на законе электростатической индукции. При внесении зонда в поле на датчике появляется электрический заряд: если этот зонд относительно невелик и незначительно искажает исследуемое поле, то датчик приобретает потенциал контролируемого объекта, который и регистрируется прибором.

Существует множество измерителей параметров электростатических полей с помощью индукционных датчиков. Наибольшее распространение получили технические средства, основанные на коллекторных методах измерения, сегнетоэлектрических свойствах некоторых материалов, и модуляторные измерители. Применяется также метод измерения напряженности постоянных электрических полей, основанный на отклонении электронного луча под действием зарядов [1].

В результате анализа существующих конструкций индукционных датчиков сделан вывод о том, что наиболее прост по устройству и надежен в работе проводящий индукционный зонд, имеющий форму диска. Причем, если этот зонд достаточно мал по сравнению с объектом измерения, то измерительный прибор, к которому присоединен датчик, регистрирует потенциал, которым обладает контролируемый объект в действительности.

Специалисты считают, что проводящий индукционный датчик наиболее удобен в тех случаях, когда регистрируются поверхностная плотность и напряжение зарядов при изменяющихся параметрах электростатического поля. Например, датчик, неподвижно установленный в непосредственной близости от движущейся наэлектризованной конвейерной ленты, будет непрерывно изменять свой потенциал в зависимости от степени наэлектризованности того

или иного участка транспортера. Такой же результат может быть получен, если перемещать сам датчик вдоль неподвижного контролируемого объекта.

Датчик-зонд представляет собой устройство, состоящее из двух посеребренных медных пластин круглой формы с разной площадью поверхности. Пластина, которая имеет меньшую площадь со стороны, обращенной к контролируемому объекту, открыта, другая же ее сторона заэкранирована пластиной с большей площадью поверхности. Обе пластины (рис. 1) параллельны между собой, расположены на некотором расстоянии одна от другой и зафиксированы держателем из такого высококачественного диэлектрика, как тефлон, благодаря которому утечка измеряемых зарядов становится минимальной.

Переходя к анализу электростатического состояния датчика, отметим: если зонд установить над заряженной поверхностью контролируемого объекта, то по закону электростатической индукции между электродами-пластинами образуется электрическое поле. С помощью коаксиального кабеля датчик-зонд непосредственно подключен к входу измерителя. При этом прибор регистрирует разность потенциалов, которая соответствует контролируемому заряду (рис. 2).

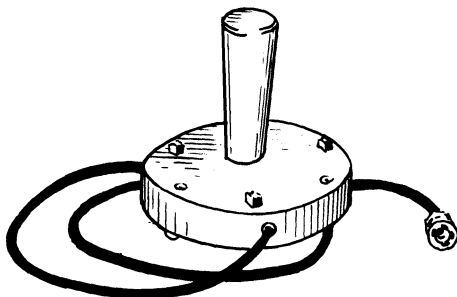


Рис. 1. Внешний вид датчика-зонда.

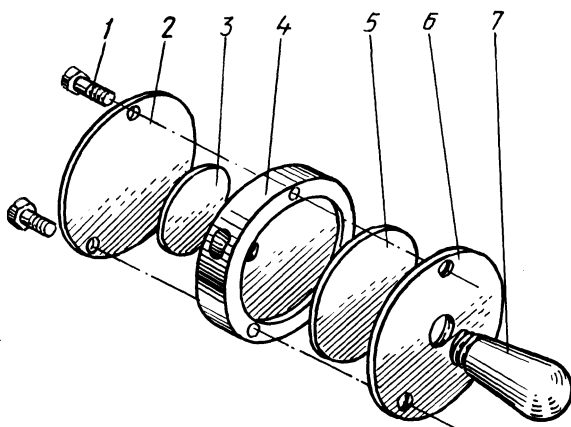


Рис. 2. Устройство датчика-зонда:

1 – винт (из тефлона); 2 – нижняя крышка; 3 – незаземленная пластина; 4 – корпус; 5 – заземленная пластина; 6 – верхняя крышка; 7 – рукоятка.

Изучение электрофизических процессов, происходящих в датчике-зонде, начнем с таких параметров электростатического поля, как напряжение, напряженность и поверхностная плотность зарядов. В электростатическом поле напряжение между заземленной пластиной датчика и заряженной поверхностью контролируемого объекта определяется по линейному закону

$$U = \int_0^x E dx = \sigma / (\epsilon_0 x),$$

где E – напряженность электростатического поля, В/м; x – расстояние между датчиком и контролируемым объектом, м; σ – поверхностная плотность зарядов на объекте, Кл/м²; ϵ_0 – электрическая постоянная ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м).

Над заряженной плоскостью объекта напряженность поля равна

$$E = \sigma / (2\epsilon_0 \epsilon), \quad (1)$$

где ϵ – электрическая постоянная для воздуха ($\epsilon = 1$).

Между пластинами-электродами датчика напряженность в два раза больше по сравнению с (1).

Поскольку пластины датчика расположены параллельно на расстоянии $d = 10^{-2}$ м одна относительно другой, то разность потенциалов между ними равна

$$U = \sigma d / (\epsilon_0 \epsilon) = E d = E \cdot 10^{-2}.$$

Если обозначить поверхностную плотность наведенных зарядов на незаземленной и заземленной пластинах соответственно через σ_S и σ_3 , то поверхностная плотность заряда на контролируемом объекте будет

$$\sigma = \sigma_S + \sigma_3 = 2\sigma_S,$$

поскольку наведенный заряд всегда равен абсолютному значению заряда, вызывающего индукцию.

В общем виде емкость плоского конденсатора

$$C = q/U = \epsilon_0 \epsilon S/d,$$

где S – площадь поверхности незаземленной пластины, м²; q – значение заряда, Кл.

Тогда

$$\sigma = q/S = CU/S = C\epsilon_0 U/Cx. \quad (2)$$

При известных входной емкости измерительного прибора и емкости контролируемого объекта напряжение, под которым находится контролируемый объект, определяется как

$$U_{об} = U(1 + C_{вх}/C),$$

где U – напряжение, зарегистрированное прибором, В; C – емкость контролируемого объекта, Ф; $C_{вх}$ – входная емкость прибора, Ф.

Если электроду, связанному по индукции с контролируемым объектом, сообщается заряд q одного знака, то на другом электроде индуцируется заряд противоположной полярности. Поскольку на поверхности диэлектрика заряды распределяются неравномерно, то обычно регистрируется не напряжение, а

их поверхностная плотность. При этом следует помнить, что во время измерений зонд нужно перемещать на некотором расстоянии от поверхности контролируемого объекта, так как при трении возникают дополнительные заряды, которые искажают действительные параметры электростатического поля.

Датчик связан с измерителем с помощью экранированного кабеля, поэтому нужно учитывать и емкость этого провода, которая иногда достигает значения 10^{-10} Ф/м. Следует иметь в виду, что чем длиннее провод, тем ниже чувствительность прибора.

Если оценивают степень заряженности проводников, то процесс измерения сводится к определению напряжения. В данном случае при заранее известном напряжении, под которым находится объект, достаточно знать еще и его емкость, поскольку $q = CU$. На изоляционных материалах соотношение между q и U найти труднее. Более того, невозможно точно измерить значение заряда на диэлектрике его непосредственным контактом с датчиком. Такой контакт не обеспечит полного перехода зарядов на датчик-зонд. Значит, более перспективны бесконтактные методы измерений, одним из вариантов которых является индукционный. Проиллюстрируем сказанное поверочным расчетом.

Пусть емкость датчика C задана в фарадах, а расстояние от него до поверхности контролируемого объекта x — в метрах. Тогда поверхностную плотность зарядов можно вычислить по формуле (2):

$$\sigma_S = \frac{1,5 \cdot 10^{-10} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{1,5 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} U = 1,77 \cdot 10^{-9} U \text{ (Кл/м}^2\text{)},$$

где $C = 1,5 \cdot 10^{-10}$ Ф, $x = 5 \cdot 10^{-3}$ м. Следовательно, $\sigma = 2\sigma_S = 3,54 \cdot 10^{-9} U$ (Кл/м²).

Следовательно, при известном напряжении в вольтах контролируемого объекта нетрудно найти поверхностную плотность его заряда.

Разработанная нами конструкция индукционного датчика в течение нескольких лет эксплуатировалась в производственных условиях. Опытно-производственная проверка полностью подтверждает правильность выполненного анализа и приведенного поверочного расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илюкович А.М. Техника электрометрии. — М.: Энергия, 1976. — 399 с.

УДК 621.315

Е.В. КАЛЕНТИОНОК, канд. техн. наук,
Т.Н. СТРЕЛОВА (БПИ)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНО-СЕКЦИОНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ И ИХ АНАЛИЗ

В работе исследуется влияние электромагнитно-секционированной электростанции (ЭС) при установке на вал турбины асинхронизированного электро-механического преобразователя частоты (АС ЭМПЧ) на переходные электро-механические процессы при больших возмущениях в электрической системе.