

Сычик В.А.¹, д.т.н., профессор, Русан В.И.², д.т.н., профессор,
Уласюк Н.Н.¹, PhD

¹Белорусский национальный технический университет, Минск,
Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Ключевые слова: Электрическое поле, устройство, образец, электрод, контроль, схема, диэлектрическая проницаемость, нагрузка, сигнал.

Анотация. В докладе представлено устройство точного контроля напряженности электрических полей и их градиентов путем наведенного потенциала на помещенном в электрическое поле измерительном электроде. Приведена электрическая схема устройства.

Все методы бесконтактного контроля параметров электрических цепей можно классифицировать по физическому эффекту, используемому для определения величины постоянного тока. Наибольшее распространение для бесконтактного контроля величины постоянного напряжения и тока получили методы и основанные на них устройства, использующие точную оценку излучаемых от поверхности образцов электрических полей.

Как известно, металлический образец, к которому подведено напряжение постоянного тока U , излучает электрическое поле

$$E = \frac{CU}{\varepsilon\varepsilon_0}, \quad (1)$$

где $\varepsilon\varepsilon_0 = \varepsilon_a$ - абсолютная диэлектрическая проницаемость; C - емкость металлического образца относительно земли.

Поскольку $E = f(X) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_a X^2}, \quad (2)$

то с учетом (1) можно представить $U = kE$, где k – коэффициент пропорциональности, учитывающий вариацию расстояния между поверхностью образца и измерительным электродом.

Разработана методика точного контроля интенсивности электростатического поля путем оценки наведенного потенциала на помещенном в электрическое поле измерительном электроде /1,3/.

Принцип точной оценки электростатических полей реализуется устройством, структурная схема которого представлена на рис.1. В зону действия электростатического поля помещают измерительный электрод, выполненный из электропроводного материала обычно дисковой формы, а перед ним, со стороны действующего электрического поля, размещают второй электрод, площадь которого не меньше площади измерительного электрода, также выполненный из электропроводного материала. Измерительный электрод гальванически соединяют с нагрузкой – управляющим электродом МДП-триодной структуры и посредством контактной группы электродного коммутатора соединяют с землей. Посредством другой контактной группы того же электронного коммутатора соединяют экранирующий электрод с землей. В неинвертирующую выходную цепь МДП-триодной структуры включают нагрузку, обычно резистивную, которую соединяют электрически с измерительным прибором, содержащим усилитель.

Осуществляют периодическое экспонирование и экранирование измерительного электрода. На стадии экспонирования, когда контактные группы электронного коммутатора отключают экранирующий и измерительный электроды от земли, экранирующий электрод является прозрачным для внешнего электростатического поля E , создаваемого источником постоянного напряжения и тока, т.е. не влияет на величину действующего на измерительный электрод поля E , и на нем возникает наведенный заряд

$$Q = \varepsilon_a ES ,$$

который создает потенциал $\varphi = \varepsilon_a EC ,$

где ε_a - абсолютная диэлектрическая проницаемость среды; E - напряженность электрического поля источника постоянного напряжения, действующая на экранирующий электрод; C - суммарная емкость измерительного электрода и МДП-триодной структуры.

$$I = dQ/dt \cong \varepsilon_a S dE/dt = U/Z_{вх.} \cong \Delta Q/\Delta t, \quad (3)$$

а напряжение во входной цепи $U_{вх.} = I \cdot Z_{вх.}$,

где U - мгновенное значение напряжения на измерительном электроде, $Z_{вх.}$ - полное входное сопротивление МДП-триодной структуры.

Структурная схема методики точного контроля электростатических полей

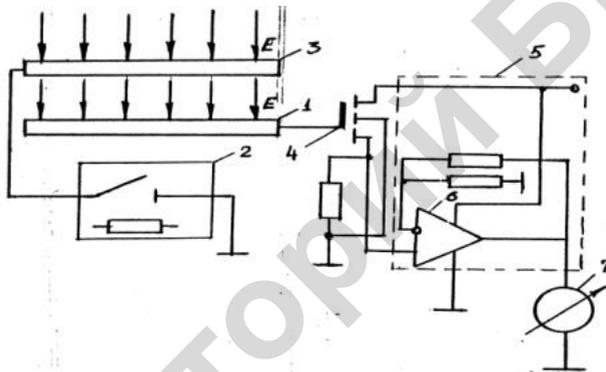


Рисунок 1

1 - измерительный электрод; 2 - электронный коммутатор; 3 - экранирующий электрод; 4 - МДП-транзистор; 5 - измерительный прибор; 6 - электронный усилитель; 7 - измерительная головка

Ток, создаваемый в нагрузке - входной цепи МДП-триодной структуры, в результате периодического экранирования и экспонирования измерительного электрода

$$I = \Delta Q_+ / \Delta t_1 + \Delta Q_- / \Delta t_2, \quad (4)$$

где $\Delta t_1 = t_{es}$ - время экспонирования измерительного электрода;

$\Delta t_2 = t_{ek}$ - время экранирования измерительного электрода.

Напряжение на нагрузке-затворе МДП-триодной структуры, соответствующее разности потенциалов корпус - измерительный электрод U_0 , пропорционально напряженности электрического поля E

$$U_0 = K_1 E. \quad (5)$$

При использовании линейной области сток-затворной характеристики МДП-транзистора в выходной его цепи протекает ток, пропорциональный напряженности измеряемого электростатического поля, т.е.

$$I_{\text{вых.}} = S U_0 = K_1 S E, \quad (6)$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности; S – крутизна сток-затворной характеристики МДП-транзистора.

Протекающий ток $I_{\text{вых.}}$ создает в истоковой цепи выходной сигнал, пропорциональный контролируемой напряженности электростатического поля

$$U_{\text{вых.}} = I_{\text{вых.}} \cdot R_H = K_1 S R_H E = K_2 E. \quad (7)$$

Выходной сигнал поступает на вход измерительного прибора, где усиливается и регистрируется стрелочным измерительным устройством, либо на цифровом табло в виде точного значения напряженности электростатического поля.

Разработаны устройство и эффективная методика точного контроля напряженности электрических полей и их градиентов путем оценки наведенного потенциала на помещенном в электрическое поле измерительном электроде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авт. свид. СССР 1818599, G01 R29/12, 1993. Способ измерения напряженности электрического поля/ В.А.Сычик, И.И.Герасимов, И.В.Степанюк и др.
2. Кочнева А.Г., Сычик В.А. и др. Новые типы преобразователей электрических полей / Экспресс-информация БелНИИНТИ, сер.85. – Мн., 1987. – 56 с.