

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко А. В., Бондаренко В. В. Моделирование блоков управления технических систем обеспечения безопасности дорожного движения // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сб. докл. IV междунар. конф. – СПб., 2000. – С. 163–168.

2. Бондаренко А. В., Бондаренко В. В. Реализация некоторых нелинейных динамических цепей при моделировании сложных технических и биологических систем // Электричество. – 1997. – № 10. – С. 66–70.

3. Bondarenko A. V. Linear, Nonlinear, Parametric and Discrete Circuits (Systems) General Method Synthesis // International Symposium on Theoretical Electrical Engineering, ISTET'97, Palermo, Italy, June 9–11, 1997. – P. 482–484.

4. Бондаренко А. В. Общая теория реализации активных RC-схем // Электричество. – 1983. – № 7. – С. 63–65.

Представлена кафедрой
электротехники и электроники

Поступила 30.01.2002

УДК 621.319.7

ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Докт. техн. наук, проф. СЫЧИК В. А., канд. техн. наук ПРЕДКО Ю. И.,
инженеры УЛАСЮК Н. Н., ШУМИЛО В. С.

Белорусский национальный технический университет

Все методы бесконтактного контроля параметров электрических цепей можно классифицировать по физическому эффекту, используемому для определения величины постоянного тока. Наибольшее распространение для бесконтактного контроля величин 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

$$E = \frac{CU}{\epsilon\epsilon_0}, \quad (1)$$

где $\epsilon\epsilon_0 = \epsilon_a$ – абсолютная диэлектрическая проницаемость; C – емкость металлического образца относительно земли.

Поскольку

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

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, 2].

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 электронного коммутатора соединяют с землей. С помощью 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.

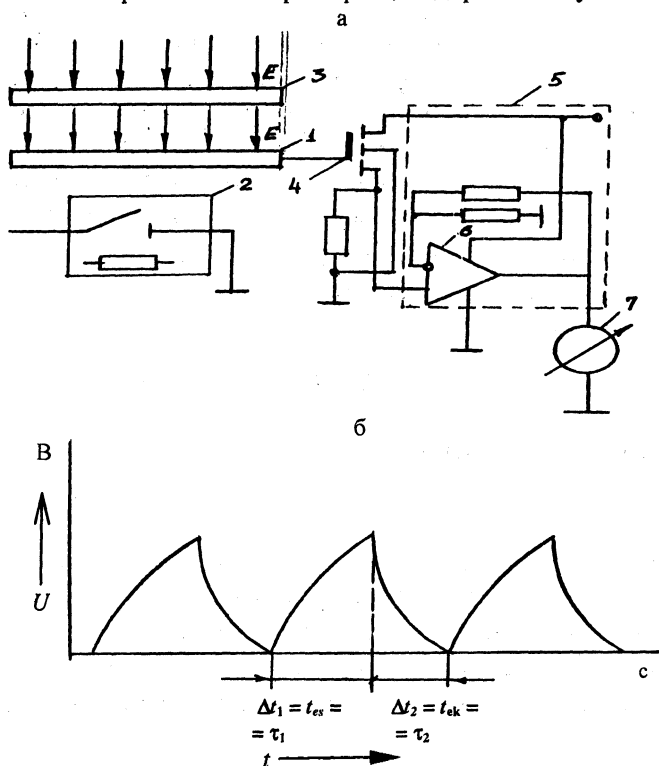


Рис. 1. а – структурная схема методики точного контроля электростатических полей: 1 – измерительный электрод; 2 – электронный коммутатор; 3 – экранирующий электрод; 4 – МДП-транзистор; 5 – измерительный прибор; 6 – электронный усилитель; 7 – измерительная головка; б – временная диаграмма напряжения в выходной цепи МДП-триодной структуры

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

$$Q = \epsilon_a ES,$$

который создает потенциал

$$\varphi = \epsilon_a EC,$$

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.

При подключении экранирующего электрода с помощью контактной группы электронного коммутатора на землю, т. е. на стадии экранирования, он изолирует измерительный электрод от внешнего поля E , и накопленный на нем заряд стекает через входное сопротивление МДП-триодной структуры с изолированным затвором, обладающей высоким входным сопротивлением. Осуществляя периодическое экспонирование – экранирование измерительного электрода, на нем формируют переменный электрический сигнал, представляющий переменное напряжение от $U_{\max} = Q/C$ при экспонировании до нуля при экранировании. Переменное напряжение на измерительном электроде создает ток в нагрузке – входной цепи МДП-триодной структуры,

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

а напряжение во входной цепи

$$U_{\text{вх}} = I Z_{\text{вх}},$$

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

Изменение заряда ΔQ включает его возрастание на измерительном электроде на стадии экспонирования – ΔQ_+ и спад индуцированного на измерительном электроде заряда – ΔQ_- на стадии экранирования, т. е.

$$\Delta Q = \Delta Q_+ + \Delta Q_-.$$

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 его экранирования.

Для повышения точности измерений величины электрического поля необходимо добиваться максимально возможного значения тока во входной цепи МДП-триодной структуры, поскольку напряжение на ее затворе $U_3 = IZ_{\text{вх}}$. Это достигается оптимизацией времени экспонирования измерительного электрода, равного постоянной времени τ_1 , путем индуцирования на измерительном электроде полного заряда Q , т. е. $t_{\text{ес}} = \tau_1$, и выбором времени экранирования измерительного электрода, равного времени считывания сигнала $t_{\text{ек}} = \tau_2$. Это время определяется величиной импеданса цепи коммутации измерительного электрода на землю (стадия экранирования) и в соответствии с выражением $I_{\text{опт}} = \Delta Q_+ / \tau_1 + \Delta Q_- / \tau_2$ должно быть минимально возможным для данного типа электронного коммутатора: $\tau_1 \cong 10^{-3} \dots 10^{-5}$ с; $\tau_2 \cong 10^{-3} \dots 10^{-4}$ с.

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,

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

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

В Ы В О Д

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

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. с. (СССР) 1818599, G01 R29/12, 1993. Способ измерения напряженности электрического поля / В. А. Сычик, И. И. Герасимов, И. В. Степанюк и др. // Бюл. изобр. – 1994. – № 6.

2. Кочнева А. Г., Сычик В. А. и др. Новые типы преобразователей электрических полей // Экспресс-информация БелНИИНТИ. Сер. 85. – Мн., 1987. – 56 с.

Представлена вычислительным центром энергетического факультета

Поступила 30.01.2002