

УДК 621.3.011.7.08

**МЕТОДИКА БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ПОСТОЯННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЦЕПЯХ**

Сычик В.А., Уласюк Н.Н., Глухманчук В.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Измерение высоких напряжений постоянного тока производится с помощью высоковольтных электростатических вольтметров, коронирующих высоковольтных измерительных устройств, приборов на базе оптоэлектроники, а также с помощью низковольтных измерительных приборов, подключаемых к измерительному объекту через активный делитель напряжений. Однако методика контроля высоких напряжений, использующая оптоэлектронные измерительные устройства, обладает невысокой точностью, а другие упомянутые методы контроля предусматривают непосредственный контакт измерительных приборов с высоковольтными цепями, что резко снижает условия техники безопасности.

Эффективным методом бесконтактного измерения высоких напряжений постоянного тока является электрический метод, базирующийся на измерении электростатических полей и их градиентов от заряженных металлических элементов.

Разработана методика бесконтактного измерения высоких напряжений, базирующаяся на основных положениях электрического метода [1].

Базовая методика точного измерения высоких напряжений постоянного тока путем оценки электростатических полей основана на периодическом экспонировании и экранировании помещенного в электростатическое поле измерительного электрода и измерении колебательного напряжения в нагрузке – затворе МДП-транзистора с индуцированным каналом. В случае, если время экспонирования $t_{es} = \tau_1$, а время экранирования $t_{ek} = \tau_2$, где τ_1 – постоянная времени индуцирования на измерительном электроде максимального заряда Q_m ; τ_2 – время стекания Q_m через входное сопротивление МДП-триодной структуры, выходное напряжение, выделяемое в истоковой цепи МДП-триодной структуры, максимально и составляет

$$U_{\text{вых}} = K_1 S R_H E_x,$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий площадь электрода S , и свойства окружающей среды:

$$K_1 = \epsilon_a S_s / C;$$

C – суммарная емкость системы измерительный электрод–МДП-структура.

Поскольку контролируемая напряженность

$$E_x = Q / 4\pi\epsilon_a r^2,$$

то для снижения систематической погрешности необходимо обеспечить $r \equiv \text{const}$ и стабилизиро-

вать ϵ_a . Нейтрализация этих условий заложена в конструкции преобразователя электрических полей.

Второй метод контроля высоких напряжений постоянного тока разработан применительно к измерению высокого напряжения на анодах кинескопов [2] и реализуется по представленной на рисунке 1 структурной схеме.

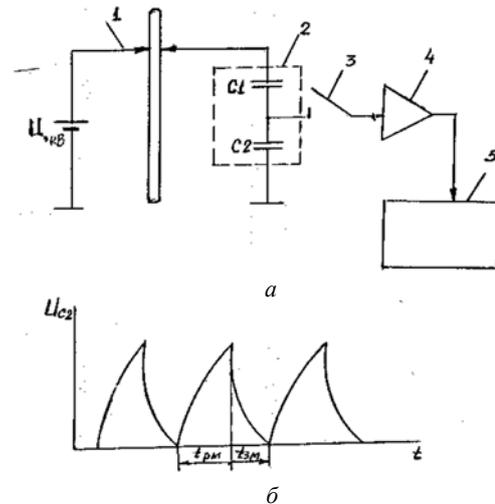


Рисунок 1 – Структурная схема метода бесконтактного контроля высоких напряжений постоянного тока (а) и форма напряжения на выходе электронного усилителя (б)

Напряжение U анода кинескопа воздействует на емкостной делитель, содержащий высоковольтный C_1 и низковольтный C_2 конденсаторы. При этом последовательно соединенные конденсаторы делителя выбираются, исходя из следующей зависимости

$$q = C_1 U_1 = C_2 U_2 \quad (1)$$

откуда $U_1/U_2 = C_2/C_1$.

При известном диапазоне измеряемых высоких напряжений, а также выбранном высоковольтном конденсаторе C_1 , выдерживающем верхнее предельное напряжение, конденсатор C_2 определяется с учетом чувствительности и динамического диапазона по входному сигналу электронного усилителя $U_{\text{вх. max}} - U_{\text{вх. min}}$ б з следующей зависимости:

$$C_2 = C_1 U_1 / U_2 \quad (2)$$

Принимая $U_1 = U_x$, кВ – высокое напряжение, а $U_2 = U_{\text{вх}}$, В – низкое напряжение, емкость C_2 находится из соотношения

$$C_2 = C_1 U_{\text{хmax}} / U_{\text{вхmax}} \quad (3)$$

Осуществляя периодическую коммутацию электронного коммутатора при замыкании его контактной группы в течение времени

$$t_{\text{зм}} = \tau_2$$

и размыкании контактной группы в течение времени

$$t_{\text{рм}} = \tau_1,$$

во входной цепи усилителя формируют пульсирующее напряжение сигнала (рис.1б)

$$U_{\text{вх}} = K_1 U_x. \quad (4)$$

Здесь K_1 – коэффициент пропорциональности, учитывающий соотношение C_1/C_2 , τ_1/τ_2 ; τ_1 – постоянная времени емкостного делителя; τ_2 – постоянная времени входной цепи усилителя. Усиленный с помощью электронного усилителя сигнал подается на измерительный блок (цифровой блок с цифровым индикаторным табло), который в соответствии с формулой

$$U_{\text{вых}} = K_2 U_x \quad (5)$$

отображает истинное значение контролируемого высокого напряжения U_x . В (5) K_2 – коэффициент пропорциональности, который дополнительно учитывает K_u усилителя и коэффициент

преобразования сигнала измерительным устройством.

Для диапазона напряжений 23–30 кВ емкости $C_1 = 470$ пФ, $C_2 = 170 \cdot 10^4$ пФ. Величины $\tau_1 = 10^{-3}$ – 10^{-4} с, $\tau_2 = 18 \cdot 10^{-3}$ с, поэтому в качестве электронного коммутатора может быть использовано устройство на тристабильных элементах.

Суммарная погрешность измерения высоких напряжений не превышает $\pm 5\%$.

Выводы. Синтезирована эффективная и безопасная методика бесконтактного измерения высоких напряжений постоянного тока, включающая операции точной оценки излучаемой высоковольтной поверхностью напряженности электрического поля путем использования экранирующего, измерительного электродов и их периодического экспонирования и экранирования.

Для измерения постоянного напряжения в высоковольтных цепях кинескопов создан метод, использующий структуру емкостной делитель–электронный коммутатор–измерительных блок.

Литература

1. Сычик В.А., Уласюк Н.Н. и др. Бесконтактный измеритель высоких напряжений/ Тезисы докладов НТК ВУЗов прибалтийских республик. – Мн., 1989. – С. 52.
2. Патент России 2080606, G01 R19/00, 1997. Способ измерения высокого напряжения постоянного тока / Сычик В.А., Уласюк Н.Н.