

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А. П., Батура М. П., Шилин Л. Ю. Анализ и параметрический синтез импульсных систем с фазовым управлением. – Мн.: Навука і тэхніка, 1993.
2. Кузнецов В. П., Шилин Л. Ю., Шилина А. Л. Построение областей кратных захватов импульсных систем фазовой синхронизации // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 2. – С. 38–44.

Представлена кафедрой
автоматического управления

Поступила 17.01.2002

УДК 621.3.011.7.08

БЕСКОНТАКТНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОСТОЯННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЦЕПЯХ

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

Белорусский национальный технический университет

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 устройств, подключаемых к измерительному объекту через активный делитель напряжения. Однако методика контроля высоких напряжений, использующая оптоэлектронные измерительные устройства, обладает невысокой точностью, а другие методы контроля предусматривают непосредственный контакт измерительных приборов с высоковольтными цепями, что резко ухудшает условия техники безопасности.

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

Разработана методика бесконтактного измерения высоких напряжений, базирующаяся на 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 $U_{вых} = K_1 S R_H E_x$, где K_1 – коэффициент, учитывающий площадь электрода S_3 и свойства окружающей среды, $K_1 = \epsilon_a S_3 / C$; C – суммарная емкость системы измерительный электрод–МДП-структура.

Поскольку контролируемая напряженность $E_x = Q / 4\pi\epsilon_a r^2$, значит, для снижения систематической погрешности необходимо обеспечить $r \equiv \text{const}$ и стабилизировать 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 рис. 1 структурной схеме.

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

$$q = C_1 U_1 = C_2 U_2,$$

откуда

$$U_1 / U_2 = C_2 / C_1. \quad (1)$$

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 $U_{вх \max} - U_{вх \min}$ из следующей зависимости:

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

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

$$C_2 = C_1 U_{x \max} / U_{вх \max}. \quad (3)$$

Осуществляя периодическую коммутацию электронного коммутатора при замыкании его контактной группы в течение $t_{3м} = \tau_2$ и размыкании

контактной группы в течение $t_{рм} = \tau_1$, во входной цепи усилителя формируют пульсирующее напряжение сигнала (рис. 1б)

$$U_{вх} = K_1 U_x. \quad (4)$$

Здесь K_1 – коэффициент пропорциональности, учитывающий соотношения 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

$$U_{вых} = K_2 U_x \quad (5)$$

отображает истинное значение контролируемого высокого напряжения U_x . В (5) K_2 – коэффициент пропорциональности, дополнительно учитывающий K_u усилителя и коэффициент преобразования сигнала измерительным устройством.

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

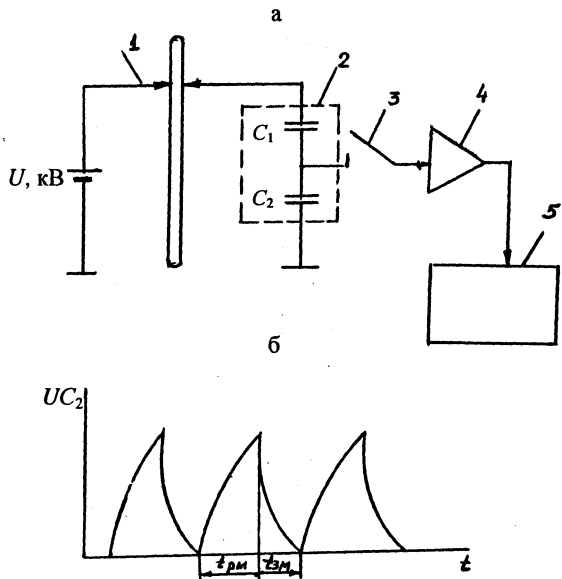


Рис. 1. Структурная схема метода бесконтактного контроля высоких напряжений постоянного тока (а): 1 – высоковольтная цепь; 2 – емкостный делитель; 3 – электронный коммутатор; 4 – электронный усилитель; 5 – измерительный блок; форма напряжения на выходе электронного усилителя (б)

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

ВЫВОДЫ

1. 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.

2. Для измерения постоянного напряжения в высоковольтных цепях ки-нескопов создан метод, использующий структуру емкостей делитель-электронный коммутатор-измерительный блок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычик В. А., Уласюк Н. Н. и др. Бесконтактный измеритель высоких напряжений / Тез. докл. 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.

Представлена вычислительным центром
энергетического факультета

Поступила 1.04.2002