

СРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Р. Б. БАКШТ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института
высоких напряжений)

Зависимость магнитной проницаемости $\mu(H)$ для многих ферритов и ферромагнитных материалов имеет резко выраженный максимум, благодаря чему при быстром изменении H на зажимах катушки с сердечником из ферромагнитного материала появляется импульс напряжения. Этот эффект был использован в работах [1, 2] для получения коротких высоковольтных импульсов, но в схемах, предложенных [1, 2], получаемые импульсы имели малую амплитуду (2—8 кВ). В работе [3] было предложено устройство для дифференцирования высоковольтных наносекундных импульсов, свободное от недостатков схем [1, 2]. Оно состоит из нелинейного ферритового элемента, выполненного в виде встроенного в коаксиальную камеру латунного стержня с одетыми на него ферритовыми кольцами марки Ф-1000.

Представляет интерес сравнение параметров импульса, полученного по схеме рис. 1, а с параметрами импульса, продифференцированного по обычной схеме с применением линейной индуктивности (рис. 1, б). Основными параметрами высоковольтного наносекундного импульса пиковой формы являются его амплитуда и длительность, измеренная на уровне 0,1. Если фронт входного импульса имеет экспоненциальную форму, то для изображения выходного сигнала получаем.

$$U_2(p) = \frac{aU_0p}{(p+a)(p+b)}, \quad (1)$$

откуда

$$U_2(t) = \frac{au_0}{a-b} (e^{-bt} - e^{-at}), \quad (2)$$

где $b = \frac{z}{2L}$,

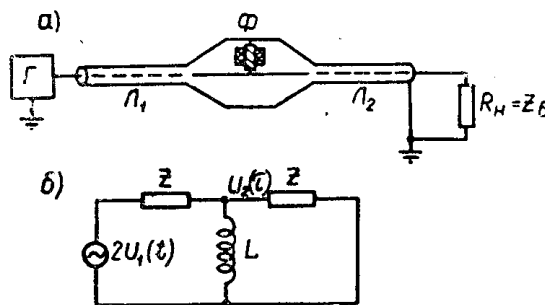


Рис. 1. а) схема дифференцирования с нелинейным ферритовым элементом; б) принципиальная схема дифференцирования с линейной индуктивностью.

Z — волновое сопротивление,
 L — дифференцирующая индуктивность.

Приравнявая производную по времени $\frac{du_2(t)}{dt}$ нулю, получаем время, при котором $u_2(t)$ максимально:

$$t = \frac{\ln a - \ln b}{a - b}. \quad (3)$$

Используя (3) и (2), для амплитудного значения выходного сигнала, продифференцированного по схеме рис. 1 б, имеем

$$U_{a_2} = \frac{1}{1 - \frac{1}{A}} \left(A^{-\frac{1}{A-1}} - A^{-\frac{1}{1-A}} \right), \quad (4)$$

где $A = \frac{a}{b}$.

Таким образом, амплитуда выходного сигнала зависит от параметров дифференцирующей цепи и от величины фронта входного сигнала. При уменьшении параметра b (т. е. при увеличении индуктивности) амплитуда выходного сигнала возрастает, приближаясь экспоненциально к U_{a_1} ; совершенно ясно, что вместе с увеличением амплитуды в этом случае возрастает и длительность выходного сигнала. На рис. 2 приведена зависимость относительной амплитуды выходного сигнала от его длительности, вычисленной на уровне $0,1 U_{a_2}$, здесь же приведена

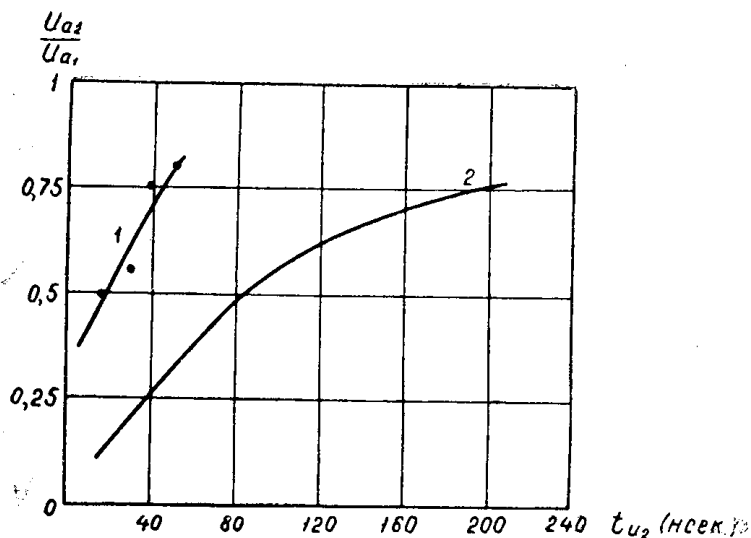


Рис. 2. Зависимость относительной амплитуды выходного импульса от его длительности: 1 — для схемы 1а, 2 — для схемы 1б.

аналогичная экспериментальная зависимость для дифференцирующей цепи с нелинейным элементом. Обе зависимости приведены для входного импульса с фронтом $t_{\phi_1} = 20 \cdot 10^{-9}$ сек, так как такой импульс можно легко получить в схеме с шаровым разрядником, работающим при атмосферном давлении, или в схеме с тиратроном [4]. Как следует из графиков рис. 2, длительность импульса, полученного в схеме с нелинейным дифференцирующим элементом, при одной и той же амплитуде входного импульса меньше, чем при дифференцировании в схеме с линейной индуктивностью. Например, для латунного стержня диаметром

30 мм и длиной 40 мм с надетыми на него 4 кольцами толщиной 10 мм при отношении амплитуд $\frac{U_{a2}}{U_{a1}} = 0,75$ импульс, полученный по схеме рис. 1, а, в 5 раз короче импульса, получаемого по схеме рис. 1, б. Для более крутых входных импульсов ($t_{\phi 1} = 2 \cdot 10^{-9}$ сек), получаемых с помощью разрядника с высоким давлением азота, [4] был экспериментально получен выходной импульс длительностью $t_{и2} = 14$ мксек при амплитуде 15 кВ и отношении $\frac{U_{a2}}{U_{a1}} = 0,6$ линейное дифференцирование в этом случае при той же длительности дает отношение $\frac{U_{a2}}{U_{a1}} = 0,265$. Сказанное свидетельствует о существенных преимуществах ферритовых дифференцирующих устройств перед обычными для получения наносекундных импульсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Kult. Slabopr. Obz. 19, № 5, стр. 292, 1958.
 2. С. И. Андреев, М. П. Ванюков, В. А. Серебряков. ПТЭ, № 3, 89, 1962.
 3. Р. Б. Бакшт, Г. А. Месяц. ПТЭ, в печати.
 4. Г. А. Воробьев, Г. А. Месяц. Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов, Госатомиздат, 1963.
-