

Проведена оценка требуемых параметров стробоскопического преобразователя приёмного канала импульсного рефлектометра для исследования диэлектрической спектрометрии биообъектов

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СТРОБИМПУЛЬСОВ СТРОБО- СКОПИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМПУЛЬСНОГО РЕФЛЕКТОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ БИООБЪЕКТОВ

Ю. М. Федюшко

Кандидат технических наук, доцент
Таврический государственный агротехнологический университет

А. Д. Черенков

Доктор технических наук, профессор
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Постановка проблемы

При измерении диэлектрической проницаемости (ДП) биообъектов импульсными рефлектометрами в широкой полосе частот необходимо в приёмном тракте рефлектометрии использовать стробимпульсы пикосекундной длительности [1]. В связи с чем возникает необходимость в проведении исследований по созданию генераторов импульсов пикосекундной длительностью и выработки требований к параметрам активных и пассивных элементов генератора.

Анализ предшествующих исследований

В работах [2,3] рассмотрены различные способы формирования стробимпульсов с наносекундной длительностью.

Однако, рассмотренные способы формирования стробимпульсов наносекундной длительности неприемлемы при проектировании импульсных рефлектометров пикосекундного диапазона. Формирование целей статьи. Целью настоящей статьи является проведение исследований по созданию импульсных генераторов пикосекундной длительности.

Основная часть

Для исследования работы генератора стробимпульсов рассмотрим эквивалентную схему изображённую на рис. 1. В данной схеме короткозамкнутый формирующий отрезок в ней заменен активным сопротивлением R_N , равный волновому; поэтому данная схема справедлива для интервала времени длительностью $t_3 = 2l_1 / V$, отсчитываемого от момента поступления перепада на-

пряжения на вход отрезка до момента прихода его отражения (V – скорость распространения волны в формирующем устройстве). Волновые сопротивления линии, подводящей перепад, и короткозамкнутого отрезка (устройства) обычно одинаковы и равны R_N . Так как за время формирования стробимпульса напряжение на C_1 , заряженного до напряжения, пропорционального E , практически не изменяется, то в схеме оно заменено источником Э.Д.С. E_{01} . Емкости корпусов диодов здесь не учитываются. Полезное действие переходов диодов отражено включением нелинейного активного сопротивления, вольтамперная характеристика которого описывается функцией $F_1(u_1)$. В результате упрощений получим эквивалентную схему рис. 1б, в которой:

$$R_1 = 2R_\sigma + 0,5R_w; L_1 = 2L_k; C_1 = 0,5C_{II}. \quad (1)$$

Допустим, что на входе действует перепад напряжения B_0 с конечной длительностью линейного нарастающего фронта t_ϕ . Для формирования импульса минимальной длительности без потери амплитуды необходимо, чтобы: $t_\phi = t_3$.

Функция $F_1(u_1)$ обычно имеет вид:

$$F_1(u_1) = \begin{cases} 0 & \text{при } u_1 \leq E_{01} \\ F_{01}(u_1 - E_{01}) & \text{при } u_1 \geq E_{01} \end{cases}$$

Поэтому, при $u_1 \geq E_{01}$ схема описывается линейным дифференциальным уравнением:

$$L_1 C_1 \frac{d^2 u_1}{dt^2} + R_1 C_1 \frac{du_1}{dt} + u_1 = \frac{B_0}{t_\phi} t \quad \text{при } 0 \leq t \leq t_0, \quad (2)$$

где t_0 – момент времени, соответствующий равенству $u_1 = E_{01}$. При этом, очевидно, должно быть $t_0 < t_\phi = t_3$.

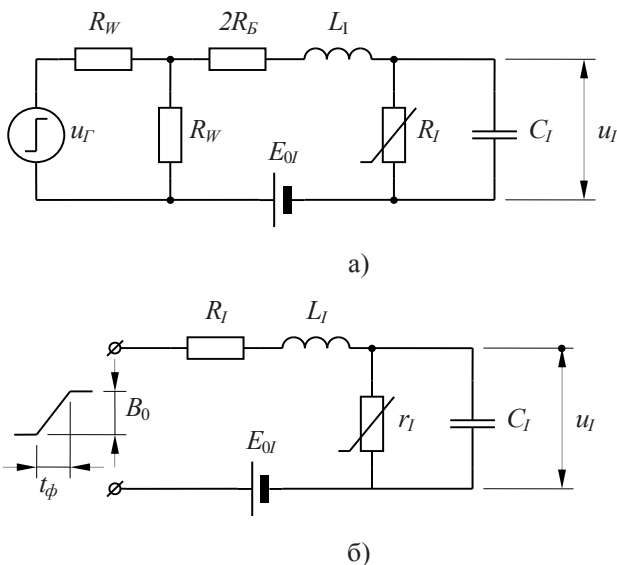


Рисунок 1. Полная а) и упрощенная б) эквивалентные схемы цепи генератора стробимпульсов

Если активная часть стробимпульса, открывающая диоды, весьма мала, так что уровень отсечки импульса близок к вершине, а затухание контура велико,

то за время t_0 переходной процесс успеет закончиться, и величина t_0 может быть приближенно определена по формуле:

$$t_0 \cong \frac{E_{01}}{B_0} t_\phi + R_1 C_1. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда вольтамперная характеристика переходов диодов при $u_1 \geq E_{01}$ аппроксимируется параболой:

$$F_{01}(u_1 - E_{01}) = S_1 (u_1 - E_{01})^2. \quad (4)$$

Тогда дифференциальное уравнение цепи при $u_1 \geq E_{01}$ в новой системе координат (рис. 3.15), начало которой смещено в точку (t_0, E_{01}) будет иметь вид:

$$L_1 C_1 \frac{d^2 v_1}{d\theta^2} + [R_1 C_1 + 2S_1 L_1 v_1] \frac{dv_1}{d\theta} + v_1 + S_1 R_1 v_1^2 = \varphi_1(\theta), \quad (5)$$

причем $\varphi_1(\theta) = \frac{B_0}{t_\phi} (\theta + t_0) - E_{01}$ при $0 \leq \theta \leq t_\phi - t_0$,

где $\theta = t - t_0$, $v_1 = u_1 - E_{01}$.

Решение этого нелинейного дифференциального уравнения определяет $u_1(t)$ на отрезке $[t_0 \div t_\phi]$.

Для расчета напряжения на переходах $u_1(t)$ при $t > t_\phi$ необходимо найти форму отраженной волны от конца короткозамкнутого отрезка. Эквивалентная схема для этого случая имеет вид рис. 3.

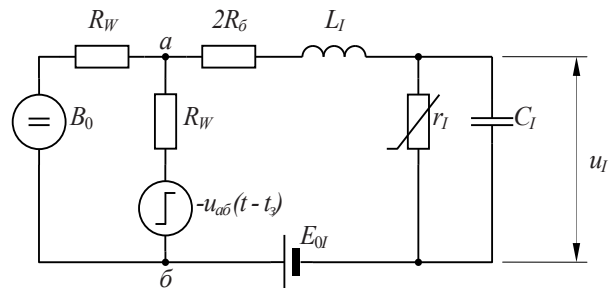


Рисунок 3. Эквивалентная схема цепи генератора стробимпульсов при $\frac{2I_1}{V} \leq t \leq \frac{4I_1}{V}$

В этой схеме напряжение отраженной волны $u_{отр}(t) = -u_{аб}(t - t_a)$ и определяется решением дифференциального уравнения (2).

Литература

1. Полупроводниковые диоды и их применение / под ред. Федотова А.Я. – М.: Сов. Радио, 1966. – Вып 15. – 192с.
2. СВЧ устройства на полупроводниковых диодах. Проектирование и расчёт / Под ред. Малаского И.В. – М.: Сов. Радио, 1969. – 182 с.
3. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды/ под ред. Наливайко Б.А. – Томск: МГП «Раско», 1992. – 224с.