

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ ДЛЯ ДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

А. А. Ландарь, А. А. Миц, В. Л. Коцюбинский

Полтава

В настоящее время весьма актуальна задача реализации операции деления двух временных функций, заданных в виде колебания тока или напряжения. Известно несколько способов деления электрических колебаний [1—3]. Практически реализация операции деления временных функций затрудняется сложностью схем, обусловленной необходимостью компенсации прямого прохождения делимого на выход схемы [2], созданием точных логарифмических и потенцирующих устройств [1] и др.

В настоящей статье рассматривается возможность применения туннельных диодов для деления электрических колебаний. Схема делителя получается при этом предельно простой и свободной от указанных выше недостатков. Прежде чем рассматривать схему делителя, рассмотрим зависимость дифференциальной проводимости туннельного диода от приложенного напряжения. Эта зависимость запишется так:

$$g(u) = \frac{di}{du} = (1 - \alpha u) A e^{\alpha u} + B \beta e^{\beta u}, \quad (1)$$

где i — ток туннельного диода;
 A, B, α, β — постоянные коэффициенты, определяемые из характеристик диода;
 u — напряжение на диоде.

Выражение (1) соответствует реальной зависимости (рис. 1). В некоторых образцах туннельных диодов закон изменения проводимости на участке ab близок к прямолинейному. Учитывая это, выражение для участка ab можно заменить более простым, применив линейную аппроксимацию:

$$g(u) = C(u - U_{\min}), \quad (2)$$

где C — постоянный коэффициент, зависящий от конкретного образца диода;

U_{\min} — первичный параметр диода.

Заметим, что при таком изменении дифференциальной проводимости вольт-амперная характеристика на этом участке квадратична. Этим необходимо руководствоваться при выборе образца туннельного диода для конкретной схемы.

Рассмотрим частную задачу деления электрических колебаний, применяемую при обработке сигналов [2]. Задачу можно сформулировать следующим образом. Пусть необходимо получить частное от деления сигналов вида

$$u_1 = A(t) \sin(\omega_0 t + \varphi) \quad (3)$$

и

$$u_2 = B(t), \quad (4)$$

где $A(t)$ — функция, не содержащая частот выше Ω_{\max} , причем $\Omega_{\max} \ll \omega_0$;

$B(t)$ — знакопостоянная функция, для которой также выполняется неравенство $\Omega_{\max} \ll \omega_0$;

ω_0 — несущая частота делимого колебания;

φ — произвольный начальный фазовый угол.

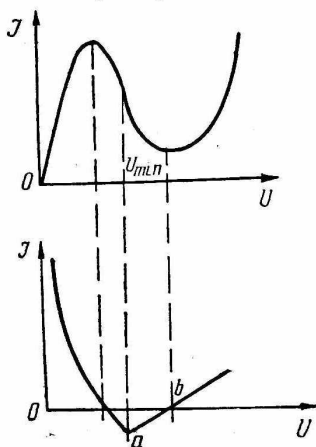


Рис. 1.

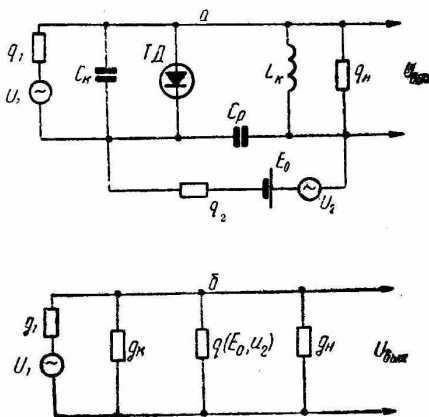


Рис. 2.

На рис. 2 представлена схема устройства, решающего эту задачу. Здесь источник делимого сигнала u_1 с внутренней проводимостью g_1 , колебательный контур $L_k C_k$, туннельный диод ТД и нагрузка с проводимостью g_n включены между собой параллельно по высокой частоте, а источник сигнала делителя подключен параллельно по низкой. Схему рис. 2, а можно свести к эквивалентной рис. 2, б. На этом рисунке $g(E_0, u_2)$ — дифференциальная проводимость туннельного диода.

Согласно (6), коэффициент передачи по напряжению такой схемы определяется выражением

$$K = \frac{2\sqrt{g_n g_1}}{g_1 + g_n + g_k - g(E_0, u_2)}, \quad (5)$$

а резонансная частота $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L(C_g + C_k)}}$. Подставляя (2) в (5)

и учитывая (4), последнее выражение будет иметь вид

$$K = \frac{2\sqrt{g_n g_1}}{g_1 + g_n + g_k - C[-B(t) + E_0 - U_{\min}]}. \quad (6)$$

Знак минус перед $B(t)$ взят с учетом выполнения условия устойчивости работы схемы.

Выбирая

$$E_0 = \frac{-(g_1 + g_n + g_k) + CU_{\min}}{C},$$

нетрудно убедиться, что (6) преобразуется к виду

$$K = \frac{2\sqrt{g_n g_1}}{CB(t)}, \quad (7)$$

а напряжение на выходе устройства, равное произведению (3) на (7), имеет вид

$$u_{\text{вых}} = \frac{2\sqrt{g_n g_1} A(t) \sin \omega_0 t}{CB(t)} = K_0 \frac{A(t)}{B(t)} \sin \omega_0 t, \quad (8)$$

где $K_0 = 2\sqrt{g_n g_1}/C$ — постоянный коэффициент.

Из (8) видно, что выходное напряжение пропорционально частному от деления (3) на (4).

При значениях $B(t)$, близких или равных нулю, схема находится на границе устойчивости. Во избежание самовозбуждения схемы напряжение смещения E_0 практически выбирается несколько больше расчетного, что обеспечивает необходимый запас устойчивости. При этом коэффициент передачи устройства

$$K = \frac{2\sqrt{g_n g_1}}{\delta + CB(t)}, \quad (9)$$

где $\delta = g_1 + g_n + g_k - C(E_0 - U_{\min}) > 0$ — постоянная величина, имеющая размерность проводимости.

При практической реализации схемы амплитуду сигнала делителя следует выбирать как можно большей, а амплитуду сигнала делимого такой, чтобы он не изменял дифференциальной проводимости туннельного диода. Выбор величины ограничивается величиной прямолинейного участка дифференциальной проводимости (рис. 1, б).

Этим необходимо руководствоваться при практическом построении схем делителей электрических колебаний на туннельных диодах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генерирование электрических колебаний специальной формы, ч. I, II (перевод с англ. под ред. Л. Ю. Блюмберга и Т. Р. Брахмана). Изд-во «Советское радио», 1951.
2. А. В. Силян. Один способ разделения двух АМ сигналов с перекрывающимися частотными спектрами. «Радиотехника» т. 24, № 4, 1969.
3. А. А. Миц, П. Ф. Поляков. Делитель электрических колебаний. Сб. «Радиотехника», вып. 16. Изд-во ХГУ, Харьков, 1971.