

Ю. П. НИКИТИН, канд. техн. наук,
П. Ю. НИКИТИН, Г. С. ЯКИМЧУК, канд. техн. наук

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ СЕЛЕКТОР

Определенный интерес представляют линии с распределенной нелинейной емкостью, в качестве которой используются варикапы, работающие в режиме слабого сигнала [1]. Такие линии

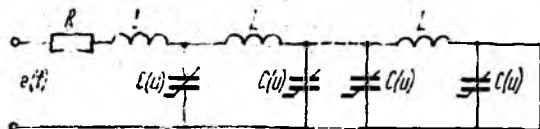


Рис. 1

можно использовать в качестве элементов высокочастотных селекторов, бесконтактных коммутаторов, логических элементов, преобразователей синусоидального напряжения в импульсное и т. д.

Рассмотрим последовательно соединенные активное сопротивление R и короткозамкнутую на конце двухпроводную линию без потерь с распределенной нелинейной емкостью $C(u)$ (рис. 1). На вход данного устройства действует синусоидальное напряжение $e(t) = E \sin \omega t$. Распределенная нелинейная емкость линии находится под напряжением $u = e(t) + u_0 + u_n$ (здесь u_0 — постоянное напряжение смещения; u_n — скачкообразное изменяющееся напряжение накачки). При $E \ll |u_0 + u_n|$ входное сопротивление рассматриваемой линии [2]

$$Z_1 = j\rho(u_0 + u_n) \operatorname{tg} \omega \sqrt{LC(u_0 + u_n)} l, \quad (1)$$

где $j = \sqrt{-1}$; $\rho(u_0 + u_n) = \sqrt{\frac{L}{C(u_0 + u_n)}}$ — волновое сопротивление линии; $L, C(u_0 + u_n)$ — соответственно погонные индуктивность и емкость линии; l — длина линии. Входное сопротивление данного устройства $Z = R + Z_1$ (2). При заданной частоте ω_1 входного сигнала выбираем $L, C(u_0)$ и l такими, чтобы

$$\omega_1 = \sqrt{LC(u_0)} l = \pi. \quad (3)$$

Тогда линия на частотах $\omega_1 = \frac{\pi}{\sqrt{LC(u_0)} l}$ имеет $|Z_1| \rightarrow 0$, а входное сопротивление устройства $Z = R$. Данное устройство пропускает входной сигнал $e(t)$ без искажений и ослаблений, этот сигнал выделяется на резисторе R .

Если распределенная нелинейная емкость линии находится под напряжением $u = u_0 + u_n$, при котором $\frac{1}{4}C(u_0) = C(u_0 + u_n)$, то при заданной частоте ω_2 входного сигнала и l

$$\omega_2 \sqrt{LC(u_0 + u_n)} l = \frac{\pi}{2}. \quad (4)$$

В этом случае на частотах $\omega_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{LC(u_0 + u_n)} l}$ имеет

$|Z_1| \rightarrow \infty$ и входное сопротивление устройства $Z \rightarrow \infty$. Это устройство не пропускает входной сигнал и на резисторе R падение напряжения отсутствует.

Таким образом, рассматриваемое устройство при изменении напряжения накачки от 0 до u_n , обеспечивающего изменение погонной нелинейной емкости линии в 4 раза, пропускает или подавляет входной сигнал $e(t)$.

Данное устройство было реализовано в виде электрической схемы, содержащей резистор $R = \rho(u_0) = 300$ Ом и моделирующую параметрическую линию (ПЛ) искусственную линию, состоящую из $n = 10$ последовательно соединенных Г-образных $L_1, C_1(u_0 + u_n)$ — звеньев (рис. 2). Индуктивность каждого звена искусственной линии $L_1 = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Гн, в качестве нелинейной емкости $C_1(u_0 + u_n)$ использовались варикапы VD типа КВ119А. Цепи напряжений смещения и накачки ПЛ содержат источники постоянного напряжения u_0 и u_n , токоограничивающие резисторы $R_1 = R_2 = 20$ Ом и постоянный конденсатор $C_1 = 5,1 \cdot 10^{-9}$ ф. При напряжении на варикапах $u = u_0 + u_n = 5$ В $C_1(u) = 4,1 \cdot 10^{-11}$ ф, время

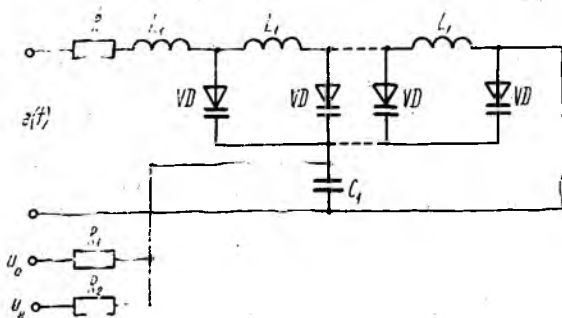


Рис. 2

задержки одного звена искусственной линии $t_3 = 8 \cdot 10^{-8}$ с; при напряжении на варикапах $u = u_0 = 2$ В $C_1(u) = 1,64 \cdot 10^{-10}$ ф, время задержки одного звена искусственной линии $t'_3 = 1,6 \cdot 10^{-7}$ с. При-

нимаем $\frac{1}{\sqrt{LC(u_0 + u_n)}} 2 \cdot 10^{-8} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, тогда при заданном $t_3 = 8 \cdot 10^{-8}$ с:

звено искусственной линии соответствует отрезку параметрической линии длиной $\Delta l = 16$ м с погонными параметрами $L = 9,5 \times 10^{-6}$ Гн·м⁻¹, $C(u_0 + u_n) = 2,5 \cdot 10^{-12}$ ф·м⁻¹ и $C(u_0) = 1 \cdot 10^{-11}$ ф·м⁻¹. При входном сигнале $e(t) = 1,41 \cdot 10^{-1} \sin 2\pi \cdot 10^6 t$ В и запорном напряжении на варикапах ПЛ $u = u_0 = 2$ В падение напряжения на резисторе $R |u_{\text{вых}}| = 1,11 \cdot 10^{-1}$ В, что составляет 78 % от величины амплитуды входного сигнала; при запорном напряжении на варикапах ПЛ $u = u_0 + u_n = 5$ В, падение напряжения на резисторе $R |u_{\text{вых}}| = 1,1 \cdot 10^{-2}$ В, что составляет 7,8 % от амплитуды входного сигнала. Расхождение между расчетными и экспериментальными данными удовлетворительное.

Рассмотренное устройство может являться элементом селектора высокочастотных сигналов; блок-схема селектора представлена на рис. 3. Этот селектор может выделять из полигармонического сигнала сигнал заданной амплитуды и частоты. Если на входы селектора Вх1 и Вх2 действуют два одинаковых по амплитуде и частоте сигнала $e_1(t)$ и $e_2(t)$, сигнал $e_2(t)$, пройдя фильтр 1, выпрямитель 2, усилитель постоянного тока 3, преобразуется в напряжение u_n ; это напряжение подается на один из двух входов логического элемента 4 «нет». На выходе 4 напряжение

$$u_n = \begin{cases} 0, & e_2(t) \neq 0; \\ u_n, & e_2(t) = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Если на Вх2 не поступает сигнал $e_2(t)$, то с выхода логического элемента 4 на варикапы ПЛ подается напряжение накачки u_n и на резисторе R входной сигнал $e_1(t)$ не выделяется; если на Вх2 поступает сигнал $e_2(t)$, то с выхода логического элемента 4 на варикапы никакого напряжения не поступает и на резисторе R выделяется входной сигнал $e_1(t)$.

Рассмотренный в работе высокочастотный селектор предназначен для выделения высокочастотных гармонических сигналов заданной амплитуды и частоты из полигармонических сигналов сложной формы и достаточно прост по конструкции, работает в широком диапазоне частот и может найти широкое применение в различных областях радиоэлектронной техники.

Список литературы: 1. Жарков Ф. П., Соколов В. А. Цепи с переменными параметрами. М., 1976. 224 с. 2. Курилин Б. И. Колебательные системы из отрезков фидерных линий. К., 1969. 284 с.

Поступила в редколлегию 07.06.88