

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ДЕЛИТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

В.Г. Лужецкий

Теоретический анализ некоторых общих вопросов, касающихся выбора частот и коэффициентов деления параллельных делителей частоты (ДЧ) рассмотрен в работе [1]. Существенным недостатком подобных схем деления является ограниченный набор взаимнопростых чисел. Для получения любых целочисленных значений коэффициентов деления могут использоваться те же схемы, но с введением в ДЧ начальных фазовых сдвигов.

На рис. 1 показаны последовательности импульсов для двух ДЧ с коэффициентами деления α_1 и α_2 . Общий коэффициент деления, когда $\alpha_1 > \alpha_2$, равен

$$K = \alpha_2 \frac{c}{b} = \alpha_2 \left(\frac{\alpha_1(g+1) - \alpha_2 + \rho\alpha_1}{\alpha_2 - g\alpha_1} + 1 \right).$$

После преобразований получаем

$$K = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2 (1 + \rho)}{\alpha_2 - g\alpha_1}, \quad (1)$$

где g равно целой части частного от деления α_2 на α_1 , т.е. $g = \left[\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \right]$; ρ - целое число, которое выбирается минимальным и таким, чтобы K всегда имело целочисленное значение.

Формула для определения K может быть записана и в таком виде [1]

$$K = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{M},$$

где M - наибольший общий целочисленный множитель.

Рассмотрим случай введения начального фазового сдвига m в ДЧ, имеющий максимальный коэффициент деления α_2 . Число импульсов от задающего генератора до момента первого совпадения равно коэффициенту деления $K_{1,2}$.

Из рис. 2 следует:

$$K_{1,2} K - \beta = K - \ell - a_2 + m;$$

$$\ell = \frac{a_2(a_1(g'+1) - a_2 - n \cdot \rho a_1) + 1}{a_2 - g a_1};$$

$$n = a_2 - m - g a_1; \quad g' = \left[\frac{a_2 - m}{a_1} \right].$$

После преобразований получаем

$$K_{1,2} = \frac{a_1 a_2 + m - a_2}{M} - \frac{a_2(a_1(g'+1) - a_2 - m \cdot \rho a_1)}{a_2 - g a_1}. \quad (2)$$

Если к схеме совпадения подключить n ДЧ, один из которых имеет максимальный коэффициент деления a_n и начальный фазовый сдвиг m , то для определения $K_{1,n}$ в формулу (2) необходимо вместо a_2 подставить $a'_2 = \frac{a_1 a_2 \dots a_n}{M}$ и заменить a_2 на a_n . При этом необходимо следить за выполнением неравенства $a'_2 < a_n$. При введении начального фазового сдвига m в ДЧ с a_2

$$K_{1,2} = \frac{a_1 a_2}{M} - \frac{a_2(a_1 - m + \rho a_1)}{a_2 - g a_1}. \quad (3)$$

Если к схеме совпадения подключены n ДЧ и только в один из них, имеющий минимальный коэффициент деления a_1 , вводится начальный фазовый сдвиг m , то для определения $K_{1,n}$ в формулу (3) вместо a_2 следует подставить значение $a_2 = \frac{a_1 a_2 \dots a_n}{M}$.

На рис. 3 представлены последовательности импульсов для случая, когда начальные фазовые сдвиги вводятся в оба ДЧ. Если $m_2 > m_1$ и $a_2 > a_1$, то $K_{1,2} = m_2 + K'_{1,2}$. После подстановки $K'_{1,2}$, определяемого формулой (2), когда $m = m_2 - m_1$, получаем

$$K_{1,2} = \frac{a_1 a_2 + m_2 - a_2}{M} - \frac{a_2(a_1(g'+1) - a_2 + m_2 - m_1 \cdot \rho a_1)}{a_2 - g a_1}, \quad (4)$$

где $g' = \left[\frac{a_2 - m_2 + m_1}{a_1} \right].$

В тех случаях когда g' точно без остатка равно целому числу,

$$K_{1,2} = \frac{a_1 a_2}{M} - a_2 + m. \quad (4')$$

Если $m_2 > m_1$ и $a_2 > a_1$, то $K_{1,2} = K'_{1,2} + m$. Определив по формуле (3) $K'_{1,2}$ находим

$$K_{1,2} = \frac{a_1 a_2}{M} + m_2 - \frac{a_2(a_1 - m_1 + m_2 + \rho a_1)}{a_2 - g a_1}. \quad (5)$$

При использовании n ДЧ, из которых только в k ДЧ вводятся начальные фазовые сдвиги, коэффициент $K_{1,n}$ находится следующим образом. Все $n - k$ ДЧ заменяются на один ДЧ с коэффициентом деления $a'_{1,1} = \frac{a_1 a_2 \dots a_n}{M}$. ДЧ с a_1 и a_2 заменяются на один ДЧ с коэффициентом деления $\frac{a_1 a_2}{M}$ и имеющим начальный фазовый сдвиг $K_{1,2}$. Аналогично производится попарная замена оставшихся ДЧ до тех пор, пока не останется один ДЧ с коэффициентом деления $\frac{a_1 a_2 \dots a_n}{M}$ и начальным фазовым сдвигом $K_{1,n}$. Затем по формулам (2) или (3) находят $K_{1,n}$.

На практике обычно возникает обратная задача - нахождение коэффициентов деления каждого ДЧ и определение начальных фазовых сдвигов в Б.Х с целью получения требуемого K . Для решения этой задачи необходимо разложить K на такие целочисленные значения коэффициентов деления отдельных ДЧ, чтобы выполнялось неравенство

$$K \leq \frac{a_1 a_2 \dots a_n}{M} \quad (6)$$

Выбор a_1, a_2, \dots, a_n зависит от поставленных целей. Если требуется получить K с минимальной затратой оборудования (минимальное число ДЧ), то коэффициент деления одного из ДЧ выбирается равным максимальному значению, а все остальные соответственно уменьшаются. В случае необходимости применения ДЧ с минимальными коэффициентами деления первое значение a_1 выбирается равным \sqrt{K} , а все последующие коэффициенты деления ДЧ увеличивается.

Для получения первого совпадения импульсов (рис.3) необходимо, чтобы выполнялись равенства: $b = \frac{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}{M} - K$; $b = a_1 g_1 + (a_1 - m_1)$; $b = a_2 g_2 + (a_2 - m_2)$; ...; $b = a_n g_n + (a_n - m_n)$, где $g_1 = \left[\frac{b}{a_1} \right]$, $g_2 = \left[\frac{b}{a_2} \right]$, ..., $g_n = \left[\frac{b}{a_n} \right]$. После решения уравнений получаем $m_1 = a_1(1 + g_1) + K - \frac{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}{M}$; $m_2 = a_2(g_2 + 1) + K - \frac{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}{M}$; ...; $m_n = a_n(g_n + 1) + K - \frac{a_1 \cdot a_2 \dots a_n}{M}$.

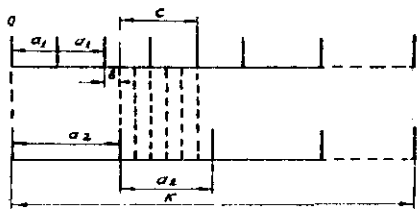


Рис. 1

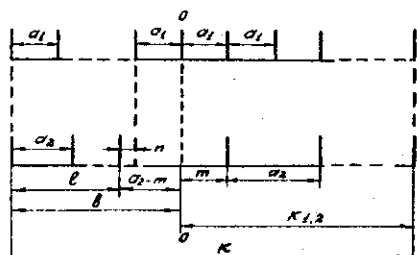


Рис. 2

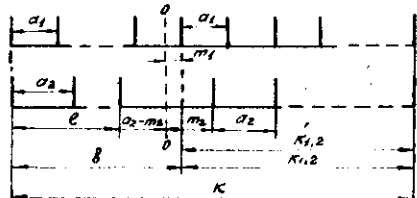


Рис. 3

Л и т е р а т у р а

1. МАНТУШ Т.Н., СОБОЛЕВСКИЙ К.М. О делении частоты импульсов по схеме параллельного включения делителей. - Изв. вузов. Приборостроение, 1965, № 5.