ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКА ЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ С ОБОБЩЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ

Ю. П. Жураковский

Киев

В качестве приемных устройств для частотных и частотно-временных систем передачи дискретной информации широко используются приемники частотных сигналов с различными схемами защиты от воздействия помех. Известны, например, схемы приемников с дифференциальным включением контуров соседних частотных избирателей, с независимым (и зависимым) от уровня входного сигнала смещением и др. [1].

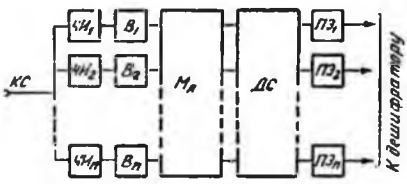

Рис. 1.

Одной из схем приемников, обеспечивающих помехоустойчивый прием сигналов, является приемник частотных сигналов (ПЧС) с обобщенной дифференциальной схемой (ОДС) включения частотных избирателей (рис. 1). Основным звеном, при помощи которого осуществляется дифференциальное включение фильтров, является логическая схема.

Опишем кратко работу приемника. Частотная посылка, состоящая из m-частот $\left(\text{где } m = 1, 2, \ldots, \frac{n}{2}\right)$ при общем количестве частот n, из канала связи поступает на частотные избиратели ЧИ, которые могут быть выполнены на одиночных LC-контурах, обладающих невысокой избирательностью. На выходах m рабочих частотных избирателей из n появляются частотные сигналы, поступающие на логическую схему $М_л$ после выпрямления выпрямителями В.

Логическая схема построена таким образом, что выпрямленные напряжения частот принятой m-частотной посылки подаются на дифференциальную схему (ДС) встречно выпрямленным напряжениям с выходов $n - m$-частотных избирателей, резонансная частота которых не совпадает с частотами принимаемой посылки.

Благодаря этому в течение времени приема m-частотной посылки исключаются ложные срабатывания $n - m$-пороговых элементов (ПЭ) от воздействия комбинационных частот и помех и значительно повышается помехоустойчивость приемника.

После окончания приема данной m-частотной посылки снимается запрет работы с остальных $n - m$ пороговых элементов. С приходом следующей m-частотной посылки, подобной предыдущей или отличной от нее, схема приемника работает аналогично.

При поступлении частотных посылок, состоящих из $m + q$ частот, где q — количество частот от одной до $n - m$, матрица логики подает запрет на срабатывание всех n пороговых элементов, осуществляя числовую защиту приемника от приема искаженных частотных посылок. Тем самым упрощаются функции дешифратора, который устанавливается на выходе приемника.

Таким образом, использование в приемнике частотных сигналов обобщенной дифференциальной схемы дает возможность устранить ложное срабатывание пороговых элементов при воздействии помех.

Выходные напряжения частотных избирателей в определенных пределах и при неизменной частоте зависят от уровня входного сигнала

$$U_{\text{чис}} = bU_{\text{с}}, \qquad (1)$$

где b — коэффициент пропорциональности;

U_c — амплитуда сигнала на входе частотного избирателя.

Для одиночного контура с достаточной точностью при расстройке, т. е. при несовпадении частоты сигнала с резонансной частотой контура частотного избирателя, величину выходного напряжения можно определить из выражения [2]

$$U_{чис} = \frac{k_п U_c}{\sqrt{4\left(\frac{f_p - f_c}{f_p}\right)^2 + d^2}}, \qquad (2)$$

где $k_п$ — коэффициент преобразования переменного входного напряжения сигнала в выпрямленное выходное;

f_p — резонансная частота рабочего контура;

f_c — частота сигнала;

d — затухание контура.

Используя в приемнике частотных сигналов обобщенную дифференциальную схему, можно устранить ложное срабатывание пороговых элементов при воздействии на другие частотные избиратели (резонансные частоты которых не совпадают с частотой сигнала) комбинационных частот, помех и частоты сигнала. Это достигается встречным включением частотных избирателей по принятой для данного ПЧС логической схеме. Выходы таких частотных избирателей соединены параллельно. Напряжение с их общего выхода подано встречно выходному напряжению с рабочего частотного избирателя.

В случае, если наводимое частотой сигнала на i-м нерабочем частотном избирателе напряжение будет превышать напряжение с выхода $(i + q)$-го частотного избирателя, где q — любое целое число, возникающее в результате действия помех, то на выходе дифференциальной схемы напряжение равно

$$U_{пэ} = U_{чис} - U_{чип_i}, \qquad (3)$$

где $U_{чип_i}$ — выходное напряжение i-го частотного избирателя, возникающее в результате воздействия на его вход сигнала с частотой отличной от собственной резонансной частоты,

$$U_{чип_i} = \frac{k_п U_c}{\sqrt{4\left(\frac{f_c - f_{pi}}{f_c}\right)^2 + d^2}}. \qquad (4)$$

Здесь f_{pi} — резонансная частота контура i-го частотного избирателя.

Подставив (2) и (4) в (3), получим

$$U_{пэ} = k_п U_c \left[\frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_p - f_c}{f_p}\right)^2 + d^2}} - \frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_c - f_{pi}}{f_c}\right)^2 + d^2}}\right]. \qquad (5)$$

Если частота приходящего сигнала совпадает с резонансной частотой контура рабочего частотного избирателя, т. е.

$$f_p = f_c,$$

то напряжение на выходе дифференциальной схемы будет максимальным

$$U_{пэ_{макс}} = k_п U_c \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_p - f_{pi}}{f_p}\right)^2 + d^2}}\right]. \qquad (6)$$

В том случае, когда напряжение, наводимое частотой сигнала на контуре i-го частотного избирателя, резонансная частота которого не

совпадает с частотой сигнала, будет меньше напряжения, возникающего на выходе $i+q$-го частотного избирателя в результате воздействия на его вход помех и комбинационных частот, то напряжение на выходе дифференциальной схемы

$$U_{\text{пэ}} = U_{\text{чис}} - U_{\text{чип}_i}, \tag{7}$$

где $U_{\text{чип}_i}$ — выходное напряжение $i+q$-го частотного избирателя, возникающее в результате воздействия на его вход помех и комбинационных частот,

$$U_{\text{чип}_i} = \frac{k_{\text{п}} U_{\text{п}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}\,i+q} - f_{\text{п}}}{f_{\text{р}\,i+q}}\right)^2 + d^2}}. \tag{8}$$

Здесь $f_{\text{р}i+q}$ — резонансная частота контура $i+q$-го частотного избирателя;

$f_{\text{п}}$ — частота помехи.

Подставив (2) и (8) в (7), получим для этого случая

$$U_{\text{пэ}} = \frac{k_{\text{п}} U_{\text{с}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}} - f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2 + d^2}} - \frac{k_{\text{п}} U_{\text{п}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}i+q} - f_{\text{п}}}{f_{\text{р}i+q}}\right)^2 + d^2}}. \tag{9}$$

При $f_{\text{р}i+q} = f_{\text{п}}$ напряжение на выходе дифференциальной схемы будет минимальным

$$U_{\text{пэ мин}} = k_{\text{п}}\left[\frac{U_{\text{с}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}} - f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2 + d^2}} - \frac{U_{\text{п}}}{d}\right],$$

а при $f_{\text{р}} = f_{\text{с}}$ и $f_{\text{р}i+q} \neq f_{\text{п}}$ — максимальным

$$U_{\text{пэ макс}} = k_{\text{п}}\left[\frac{U_{\text{с}}}{d} - \frac{U_{\text{п}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}i+q} - f_{\text{п}}}{f_{\text{р}i+q}}\right)^2 + d^2}}\right]. \tag{10}$$

Если обозначить

$$2(f_{\text{р}} - f_{\text{с}}) = \Delta f_{\text{р}};$$
$$2f_{\text{р}i+q} - f_{\text{п}} = \Delta f_{\text{п}},$$

а также считать, что расстройка рабочего контура относительно частоты сигнала $\Delta f_{\text{р}}$ и расстройка $i+q$-го контура относительно частоты помехи $\Delta f_{\text{п}}$ равны

$$\Delta f_{\text{р}} = \Delta f_{\text{п}},$$

то выражение (9) запишется

$$U_{\text{пэ}} = \frac{k_{\text{п}} U_{\text{с}}}{d\sqrt{\left(\frac{\Delta f_{\text{р}}}{f_{\text{р}} d}\right)^2 + 1}} - \frac{k_{\text{п}} U_{\text{п}}}{d\sqrt{\left(\frac{\Delta f_{\text{р}}}{f_{\text{р}i+q} d}\right)^2 + 1}}. \tag{11}$$

Для надежной работы схемы ПЧС с ОДС необходимо, чтобы

$$U_{\text{пэ}} \geqslant U_{\text{ср}} k_{\text{з}},$$

где $U_{\text{ср}}$ — уровень срабатывания порогового элемента;

$k_{\text{з}}$ — коэффициент запаса по срабатыванию.

Определим $U_{\text{ср}}$ порогового элемента при $U_{\text{чип}_i} > U_{\text{чип}_i}$ и $U_{\text{пэ}}$ (5).

При этом

$$k_{\text{п}}U_{\text{с}}\left[\frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}}-f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}-\frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{с}}-f_{\text{р}i}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}\right]\geqslant U_{\text{ср}}k_{\text{з}}. \qquad (12)$$

Отсюда

$$U_{\text{ср}_i}\leqslant\frac{k_{\text{п}}U_{\text{с}}}{k_{\text{з}}}\left[\frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}}-f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}-\frac{1}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}}-f_{\text{р}i}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}\right]. \qquad (13)$$

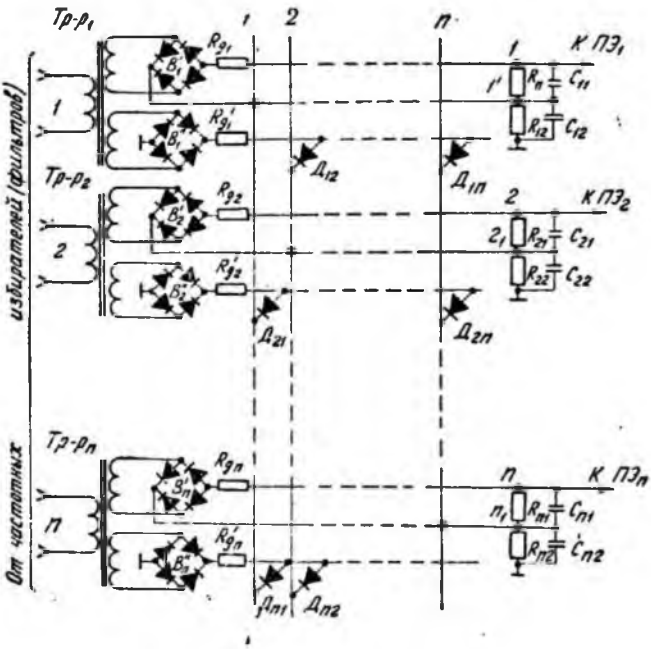

Рис. 2.

Из

$$k_{\text{п}}\left[\frac{U_{\text{с}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}}-f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}-\frac{U_{\text{п}}}{d}\right]\geqslant U_{\text{ср}}k_{\text{з}} \qquad (14)$$

определим уровень срабатывания ПЭ при $U_{\text{чип}_1}<U_{\text{чип}_2}$

$$U_{\text{ср}_2}\leqslant\frac{k_{\text{п}}}{k_{\text{з}}}\left[\frac{U_{\text{с}}}{\sqrt{4\left(\frac{f_{\text{р}}-f_{\text{с}}}{f_{\text{р}}}\right)^2+d^2}}-\frac{U_{\text{п}}}{d}\right]. \qquad (15)$$

При неравенстве $U_{\text{ср}_1}\neq U_{\text{ср}_2}$ необходимо выбрать меньшее из них.

На рис. 2 показана логическая схема с ОДС для приема одночастотных посылок ($m=1$) и при общем количестве образующих частот n.

Рассмотрим работу схемы на примере приема сигнала, содержащего частоту f_1. Напряжение частотного сигнала f_1 после фильтра Φ_1 поступает на выпрямитель В_1, где выпрямляется диодными мостиками $\text{В}_1'$ и $\text{В}_1''$. С выхода мостика $\text{В}_1'$ выпрямленное напряжение отрицательной полярности подается в точку *1* дифференциальной схемы на звено $R_{11}C_{11}$, на котором выделяется постоянная составляющая напряжения частоты сигнала $U_{\text{чис}}$. Одновременно выпрямленное напряжение частоты сигнала

положительной полярности с выхода мостика B_1^* поступает на логическую схему и посредством диодов $Д_{12}, \ldots, Д_{1n}$ подается в точки $2', \ldots, n'$ дифференциальной схемы. На звеньях $R_{22}C_{22}, \ldots, R_{n2}C_{n2}$ выделяются постоянные составляющие напряжения рабочей частоты f_1, направленные встречно напряжениям, поступающим в результате воздействия помех с выходов фильтров, резонансная частота которых не совпадает с частотой принимаемого сигнала. Таким образом, входы $ПЭ_2, \ldots, ПЭ_n$ будут заперты на время приема частоты сигнала f_1. В то же время с помощью диодов $Д_{21}, \ldots, Д_{n1}$ логической схемы в точке $1'$ дифференциальной схемы на $R_{12}C_{12}$ выделяется постоянная составляющая, пропорциональная большему из напряжений на выходе фильтров $Ф_2, \ldots, Ф_n$, полученных в результате воздействия помех.

Так как полярность $U_{чип}$ противоположна полярности $U_{чис}$, то напряжение в точке 1 равно разности этих напряжений, выделенных на $R_{11}C_{11}$ и $R_{12}C_{12}$,

$$U_р = U_{чис} - U_{чип}.$$

Аналогичная картина наблюдается на входе других пороговых элементов при соответствующем изменении частоты сигнала.

Если в момент приема рабочей частоты на входе приемника возникает помеха, состоящая из одной или более частот с амплитудами мало отличающимися от амплитуды сигнала, то в точках $1', 2', \ldots, n'$ дифференциальной схемы возникают положительные потенциалы напряжения значительной величины. При этом разностное напряжение будет мало и при $U_р < U_{ср}$ ни один из пороговых элементов не сработает.

Величины сопротивлений $R_{11}, R_{21}, \ldots, R_{n1}$ и емкостей $C_{11}, C_{21}, \ldots \ldots, C_{n1}$ находятся в зависимости от значений соответствующих рабочих частот для обеспечения необходимой постоянной времени разряда емкости. Номиналы сопротивлений $R_{12}, R_{22}, \ldots, R_{n2}$ и емкостей $C_{12}C_{22}, \ldots, C_{n2}$ определяются в зависимости от рабочей частоты, имеющей наименьшую величину согласно шкале частот. Поэтому $R_{12} = R_{22} = \ldots = R_{n2}$ и $C_{12} = C_{22} = \ldots = C_{n2}$.

При построении приемника для приема m частотных сигналов, где $m > 1$, должна быть соответственно изменена логическая схема. Так, например, при приеме двухчастотных сигналов необходимо предусмотреть разрешение выбранных двухчастотных сочетаний. Недостатком в данном случае является исключение некоторых сочетаний ввиду невозможности обеспечения их приема по дифференциальной схеме. Для компенсации этого сокращения числа комбинаций достаточно увеличить количество рабочих частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. А. Катков, А. Б. Попов. Частотно-временные системы телеуправления. Изд-во «Техника», Киев, 1967.

2. А. М. Лучук. Дифференциальный фильтр на одиночных LC-контурах для частотных устройств телемеханики. Сб. «Автоматика и приборостроение», № 2, 1962.

ТИРИСТОРНЫЙ КЛЮЧ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. С. Капуста, С. А. Шевченко

Харьков

Надежность любой системы автоматики и телемеханики существенным образом определяется надежностью питающей аппаратуры, которая в свою очередь зависит от надежности коммутационных устройств. В связи с этим совершенствование устройств коммутации является актуальной задачей.