ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ВЫБОРА ШКАЛЫ РАБОЧИХ ЧАСТОТ

Ю. П. Жураковский, В. И. Сапрыкин

Киев

Для обеспечения надежной и достоверной передачи многочастотных сигналов в частотных и частотно-временных системах передачи дискретной информации большое значение имеет выбор шкалы рабочих частот.

Рассмотрим выбор шкалы частот с учетом действия сосредоточенных помех, имея в виду следующее.

1. Задана ширина полосы пропускания канала связи $\Delta F = f_в - f_н$, где $f_в$ — верхняя, $f_н$ — нижняя частота, причем в этой полосе ΔF и должна быть обеспечена передача частотных сигналов.

2. Задана ширина полосы пропускания Δf частотных избирателей.

3. Исключено влияние второй и третьей гармоник передаваемых частот, а также комбинационных частот вида $f_j \pm f_n$; $2f_j \pm f_n$, где $j \neq n$, f_j, f_n — рабочие частоты. Опасность появления помех данного вида возникает при одновременной передаче двух частотных сигналов в одной посылке и при значительной нелинейности тракта передачи.

4. Учтено, что в рабочей полосе канала связи некоторые частоты f_t уже использованы ранее для других целей.

При разработке алгоритма выбора шкалы рабочих частот руководствовались следующими эвристическими соображениями. Если разделить заданную полосу пропускания канала связи на два диапазона

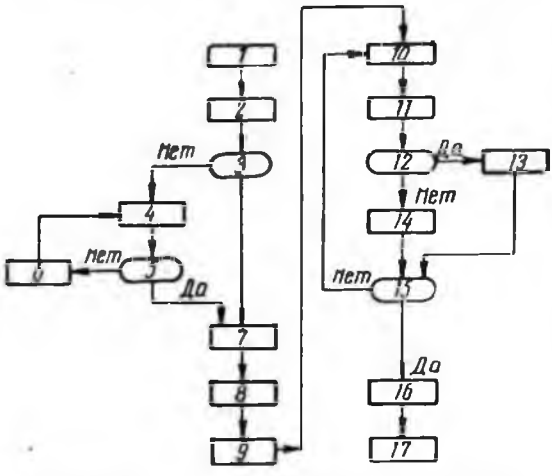
$$\text{I} — f_н \div 0{,}5 f_в;$$

$$\text{II} — 0{,}5 f_в \div f_в,$$

то для рабочих частот f_j, удовлетворяющих условиям

$$0{,}5f_в \leqslant f_j \leqslant f_в,$$

т. е. лежащих в диапазоне (11), вторые и третьи гармоники ($2f_j$ и $3f_j$), а также комбинационные частоты вида $f_j + f_n$, $2f_j + f_n$, $(j \neq n)$ расположатся по шкале частот выше, чем $f_в$. Комбинационные частоты вида $f_j - f_n$, $(j \neq n)$ будут иметь значения меньше, чем $0{,}5f_в$, т. е. попадают в заданную полосу пропускания канала и их необходимо учитывать. Кроме того, необходимо обеспечить условие, при котором комбинационные частоты вида $2f_j - f_n$, $(j \neq n)$ не попадали бы в зоны действия частотных избирателей системы передачи информации. Последнему условию удовлетворяет ряд частот, построенных по такому закону. Выбираем рабочую частоту f_1 в диапазоне $0{,}5f_в$—$f_в$, а затем строим следующую шкалу частот:



Блок-схема машинного алгоритма выбора рабочей шкалы частот, составленного для ЭВМ «Минск-22».

$$f_1; \quad f_1 + \Delta f;$$
$$f_1 + 3\Delta f; \quad f_1 + 4\Delta f;$$
$$f_1 + 9\Delta f; \quad f_1 + 10\Delta f;$$
$$f_1 + 12\Delta f; \quad f_1 + 13\Delta f.$$

Далее исследуем диапазон $f_н - 0{,}5f_в$. Сюда попали все комбинационные частоты вида $f_j - f_n$ $(j \neq n)$, заняв следующий ряд частот: $\Delta f, 2\Delta f, \ldots, k\Delta f$, т. е. частоты, кратные Δf.

Из рассмотрения надо исключить частоты вида $\frac{f_j}{2}$, $\frac{f_j}{3}$ и $\frac{f_j - f_n}{2}$. Выписав частоты диапазона $f_н - 0{,}5f_в$, расположенные на расстоянии Δf между соседними частотами, выбираем из них незанятые, а затем проверяем удовлетворение упомянутых выше требований для всего списка частот диапазона $f_н - f_в$. Частоты, удовлетворяющие всем требованиям, и формируют окончательную шкалу.

На рисунке приведена блок-схема машинного алгоритма выбора рабочей шкалы частот, составленного для ЭВМ «Минск-22».

Описание блок-схемы машинного алгоритма выбора рабочей шкалы частот.

Блок 1. Ввод исходных данных: $f_н$, $f_в$, f_t, $t = 1, \ldots, m$, где f_t — занятые частоты.

Перевод $10 \to 2$. Контрольное суммирование.

Блок 2. Образование первой тетрады частот в диапазоне $0{,}5f_в - f_в$; $f_1 = 0{,}5f_в + \delta f$; $\delta f \geqslant \Delta f$; $f_{1j} = f_1 + P_1\Delta f$;

$$P_1 = (p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}) = (0, 1, 3, 4),$$

$j = 1, \ldots, 4$, т. е. $f_{11} = f_1$;

$$f_{12} = f_1 + \Delta f;$$
$$f_{13} = f_1 + 3\Delta f;$$
$$f_{14} = f_1 + 4\Delta f.$$

Запись полученных частот в рабочие ячейки.

Блок 3. Контроль: $f_{14} \geqslant f_в$?

Блок 4. Образование n-й тетрады частот в диапазоне $0{,}5f_в - f_в$:

$$f_{nj} = f_1 + P_n \Delta f;$$

$$P_n = \{p_{n1} = 2p_{n-1,4} + 1;\ p_{n2} = p_{n1} + 1;\ p_{n3} = p_{n1} + 3;\ p_{n4} = p_{n1} + 4\}.$$

Запись полученных частот в рабочие ячейки.

Блок 5. Контроль: $f_{n4} \geqslant f_в$?

Блок 6. Увеличение числа в счетчике тетрад: $U = U + 1$.

Блок 7. Определение занятых частот в диапазоне

$$f_н - 0{,}5f_в;$$

$$f_н + k\Delta f,\ k = 0, \ldots p_{n4}$$

и запись в рабочие ячейки.

Блок 8. Нахождение частот

$$\frac{f_l - f_r}{2},\ \frac{f_l}{2},\ \frac{f_l}{3},\ l \neq r,$$

где f_l, f_r —частоты из выбранных тетрад (от f_{11} до f_{n4}) и запись в рабочие ячейки.

Блок 9. Выбор незанятых частот в диапазоне $f_н - 0{,}5f_в$, разнесенных друг от друга на расстояние $\delta f \geqslant \Delta f$, и запись в рабочие ячейки.

Блок 10. Формирование списка частот: (незанятые частоты диапазона $f_н - 0{,}5f_в$) + (выбранные частоты диапазона $0{,}5f_в - f_в$) и запись в рабочие ячейки.

Блок 11. Последовательный перебор частот списка.

Блок 12. Проверка: не совпадают ли частоты списка f_p, f_s с $2f_p$, $3f_p$, $f_p \pm f_s$, $2f_p \pm f_s$, f_t, $(p \neq s)$?

Блок 13. Исключить из списка исследуемую частоту.

Блок 14. Запись исследуемой частоты в ячейки для шкалы рабочих частот.

Блок 15. Контроль: исследованы ли все частоты списка?

Блок 16. Перевод $2 \to 10$ и печать шкалы рабочих частот.

Блок 17. Останов.

Рассмотрим применение описанного алгоритма на конкретном примере. Пусть задана рабочая полоса пропускания канала связи $f_н = 300$ *гц*; $f_в = 3400$ *гц*. Ширина полосы пропускания частотных избирателей $\Delta f = 50$ *гц*. Занятые частоты 2100 и 2600 *гц*.

Требуется выбрать шкалу рабочих частот.

1) Выбираем частоты в диапазоне от $0{,}5f_в = 1700$ *гц* до $f_в = 3400$ *гц*;

$f_1 = 1800$ *гц*;

$$f_{11} = 1800\ гц + 0 \cdot \Delta f = 1800\ гц;$$
$$f_{12} = 1800\ гц + 1 \cdot \Delta f = 1850\ гц;$$
$$f_{13} = 1800\ гц + 3 \cdot \Delta f = 1950\ гц;$$
$$f_{14} = 1800\ гц + 4 \cdot \Delta f = 2000\ гц;$$
$$f_{21} = 1800\ гц + 9 \cdot \Delta f = 2250\ гц;$$
$$f_{22} = 1800\ гц + 10 \cdot \Delta f = 2300\ гц;$$
$$f_{23} = 1800\ гц + 12 \cdot \Delta f = 2400\ гц;$$
$$f_{24} = 1800\ гц + 13 \cdot \Delta f = 2450\ гц;$$
$$f_{31} = 1800\ гц + 27 \cdot \Delta f = 3150\ гц;$$
$$f_{32} = 1800\ гц + 28 \cdot \Delta f = 3200\ гц;$$
$$f_{33} = 1800\ гц + 30 \cdot \Delta f = 3300\ гц;$$
$$f_{34} = 1800\ гц + 31 \cdot \Delta f = 3350\ гц.$$

Отмечаем, что выбранные частоты не попали на занятые (2100 и 2600 *гц*).

2) Выбираем частоты в диапазоне $f_н - 0{,}5f_в$; $f_н = 300$ *гц*; $0{,}5f_в = 1700$ *гц*.

Выписываем занятые частоты:

350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050, 1100, 1150, 1200, 1250, 1300, 1350, 1400, 1450, 1500, 1550 (*гц*).

$f_j - f_n$	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1200	1150	1100
$\frac{f_j - f_n}{2}$	775	750	725	700	675	650	600	575	550
$f_j - f_n$	1050	1000	950	900	850	800	750	700	650	600
$\frac{f_j - f_n}{2}$	525	500	475	450	425	400	375	350	325	300
f_j	1800	1850	1950	2000	2250	2300	2400	3150	3200	3300	3350
$\frac{f_j}{2}$	900	925	975	1000	1125	1150	1200	1575	1600	1650	1675
$\frac{f_j}{3}$	600	—	650	—	750	—	800	1050	—	1100	—

3) Находим незанятые частоты диапазона $f_в - 0{,}5f_в$:

825, 875, 1025, 1075, 1175, 1275, 1325, 1375, 1425, 1475, 1525, 1625 (*гц*).

4) Составив полный список частот, формируем из него рабочую шкалу частот:

825, 875, 1325, 1800, 1850, 1950, 2000, 2250, 2300, 2400, 2450, 3150, 3200, 3300, 3350 (*гц*).

Итак, в заданном диапазоне от $f_н = 300$ *гц* до $f_в = 3400$ *гц* при $\Delta f = 50$ *гц* можно разместить 15 рабочих частот, удовлетворяющих поставленным требованиям, которые обеспечивают помехоустойчивость.

АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ, ПРИВОДЯЩИХ К СБОЯМ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ ПО КАНАЛАМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СВЯЗИ

А. П. Зорько

Харьков

Механизм воздействия импульсных помех на частотно-модулированный сигнал впервые рассмотрен в работе А. М. Зингеренко [1]. При этом рассматривался лишь частный случай воздействия импульсов типа δ — функция Дирака.

Реальные же импульсные помехи, приводящие к сбоям в каналах тонального и надтонального телеграфирования [2], представляют собой достаточно сложную последовательность импульсов — «пачку» импульсов.