

ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ

*В. Т. Пивовар, О. И. Губернаторов, Р. М. Шевченко,
А. Г. Гордиенко*

Х а р ь к о в

В современных радиостанциях необходимо иметь дискретную, высокостабильную сетку частот с малым уровнем паразитных побочных каналов. Применяемые в настоящее время для формирования сетки частот методы прямой и косвенной интерполяции и другие методы не обеспечивают предъявляемых требований. Они дают большое число побочных паразитных каналов и нуждаются в десятках высокоселективных контуров, перестраиваемых сложными высокоточными механическими устройствами. При этом количество колебательных контуров исчисляется сотнями, что значительно усложняет настройку аппаратуры.

Цифровой синтезатор частоты представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования с обработкой сигнала управления по стабильному параметру. За такой параметр принимается частотный интервал между каналами Δf или кратный ему. На выходе возбuditеля синтезируются частоты, кратные шагу дискретности

$$f = k_{\text{var}} \Delta f,$$

где f — частота синтезатора;

k_{var} — переменный коэффициент деления частоты;

Δf — шаг дискретности частоты в синтезаторе.

Частота управляемого генератора дискретно перестраивается управляемым переменным делителем частоты при помощи управляющего элемента (варикапа), который имеет изменяющуюся емкость, определяемую величиной приложенного напряжения. Частота синтезатора сравнивается с высокостабильной частотой, получаемой от опорного генератора.

На рис. 1 приведена блок-схема цифрового синтезатора частоты, которая состоит из кольца автоподстройки и опорного канала. В кольцо автоподстройки входят: управляемый автогенератор 1, управляемый переменный делитель частоты 3, сравнивающее устройство 6, фильтр нижних частот 5 и управляющий элемент 2. Опорный канал состоит из кварцевого опорного генератора 4 и постоянного делителя частоты 7, с выхода которого снимается частота сравнения $f_{\text{ср}}$. В синтезаторе частоты, собранном по блок-схеме, приведенной на рис. 1, шаг дискретности равен частоте сравнения $f_{\text{ср}} = \Delta f$.

При конструировании высокочастотных синтезаторов ($f > 1$ мГц) перед переменным делителем приходится вводить дополнительный делитель частоты с постоянным коэффициентом деления. Необходимость в постоянном делителе объясняется трудностью изготовления переменного делителя, который бы работал устойчиво на максимальной выходной частоте синте-

затора. При этом частота на выходе синтезатора определяется выражением

$$f = n_{\text{const}} k_{\text{var}} f_{\text{cp}},$$

где f — выходная частота синтезатора;

n_{const} — постоянный коэффициент деления частоты;

f_{cp} — частота сравнения, поступающая от опорного генератора.

В этом случае шаг дискретности Δf определяется произведением постоянного коэффициента деления на частоту сравнения:

$$\Delta f = n_{\text{const}} f_{\text{cp}}.$$

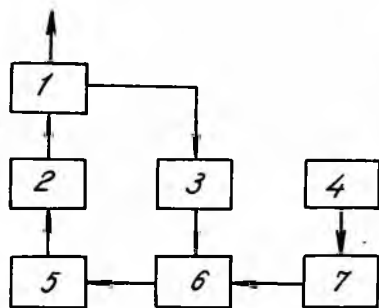


Рис. 1. Блок-схема цифрового синтезатора частоты:

1 — управляемый генератор; 2 — управляющий элемент; 3 — переменный делитель частоты; 4 — опорный генератор; 5 — фильтр нижних частот; 6 — сравнивающее устройство; 7 — постоянный делитель частоты.

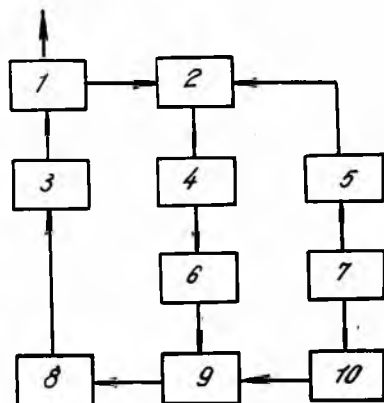


Рис. 2. Блок-схема цифрового синтезатора с промежуточным преобразованием частоты и дополнительным постоянным делителем частоты:

1 — управляемый генератор; 2 — смеситель с фильтром нижних частот; 3 — управляющий элемент; 4 — постоянный делитель частоты; 5 — умножитель частоты; 6 — переменный делитель частоты; 7 — опорный генератор; 8 — фильтр нижних частот; 9 — сравнивающее устройство; 10 — постоянный делитель частоты.

Поскольку частота сравнения меньше шага дискретности $f_{\text{cp}} < \Delta f$, паразитные излучения, отстоящие от основной частоты на интервалы, кратные шагу дискретности, имеют малую величину.

В тех случаях, когда частота синтезатора превосходит частоту, при которой устойчиво работают постоянные делители частоты, вводят дополнительное преобразование частоты. В таком случае частота на выходе синтезатора определяется выражением

$$f = f_{\text{умн}} + n_{\text{const}} k_{\text{var}} f_{\text{cp}}$$

при

$$f_{\text{умн}} < f$$

и

$$f = f_{\text{умн}} - n_{\text{const}} k_{\text{var}} f_{\text{cp}}$$

при

$$f_{\text{умн}} > f,$$

где $f_{\text{умн}}$ — частота, получаемая умножением частоты опорного генератора и подаваемая на смеситель. Использование опорного генератора обеспечивает требуемую когерентность сигналов.

На рис. 2 приведена блок-схема синтезатора с промежуточным преобразованием частоты перед постоянными и переменными делителями частоты. Блок-схема синтезатора частот состоит из кольца автоподстройки управляемого генератора 1, в которое входят следующие узлы: смеситель частоты с широкополосным фильтром нижних частот, пропускающий переменную

промежуточную частоту 2, постоянный делитель частоты 4, управляемый переменный делитель частоты 6, фильтр нижних частот 8, управляющий элемент 3, а также опорного канала, в который входят: опорный кварцевый генератор 7, постоянный делитель частоты 10 и умножитель частоты 5.

На основании этого метода формирования дискретной высокостабильной сетки частот был разработан и испытан синтезатор частоты для однополосной радиостанции, работающий в диапазоне 4—13 мГц. Интервал частот между каналами составлял 10 кГц, число каналов — 500, стабильность дискретной сетки частот $1 \cdot 10^{-6}$, подавление побочных каналов, кратных шагу дискретности более, чем на 80 дБ. Синтезатор частоты сохраняет работоспособность при изменении питающих напряжений в пределах $\pm 20\%$ и изменении температуры окружающей среды от -50 до $+60^\circ \text{C}$. Стабильность дискретной сетки частот синтезатора проверялась частотомером типа ЧЗ-4, синхронизированного стандартом частоты со стабильностью $1 \cdot 10^{-8}$.

Рассмотрим работу блок-схемы синтезатора частоты на одном из пяти поддиапазонов. В настоящее время отработаны постоянные делители до 8 мГц и переменные делители до 600 кГц. Поэтому при реализации технического задания была разработана блок-схема синтезатора частоты (рис. 2). Для выполнения функциональных преобразований в однополосной приемопередающей радиостанции было выбрано условие $f_{\text{умн}} > f$. Частота, подаваемая на смеситель, равнялась в рассматриваемом поддиапазоне $f_{\text{умн}} = 14 \text{ мГц}$ и являлась седьмой гармоникой частоты опорного кварцевого генератора. После смесителя включен фильтр нижних частот с частотой среза 2 мГц, который пропускает переменную промежуточную частоту $f_{\text{пр}} = 1 \div 2 \text{ мГц}$, постоянную для всех пяти поддиапазонов. При получении шага дискретности, равного 10 кГц, и обеспечении работоспособности переменных делителей коэффициент деления постоянного делителя выбрали равным восьми, а частоту сравнения 1,25 кГц. На сравнивающее устройство подается опорный сигнал с частотой 1,25 кГц, который получается делением частоты кварцевого опорного генератора на 1600. В момент включения синтезатора частота управляемого генератора обычно после преобразования и деления не равна частоте сравнения. Сигнал ошибки, получаемый на сравнивающем устройстве, пропорциональный разности частот и фаз, подается через фильтр нижних частот на управляющий элемент (вариакп) и доводит частоту управляемого генератора до требуемого значения. Для перестройки синтезатора с одной частоты на другую необходимо изменить коэффициент деления переменного делителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Р. Кап л а н о в, В. А. Ле в и н. Автоматическая подстройка частоты. Госэнергоиздат, 1962.
2. П. В. С в е т л о в, В. И. Н и л о в. Методы кварцевой стабилизации в диапазоне частот. Гостехиздат УССР, 1961.
3. L. F. B l a c h o w i c z, Dial any channel to 500 Mhz, Electronics, May 2, 1966, vol. 34, № 9, pp. 60—69.