

Лекція 10

СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ДІАПАЗОНУ РОБОЧИХ ЧАСТОТ (Продовження)

2. Вимоги до систем формування дискретних частот

При розгляданні способів формування радіосигналів і переносу їх у діапазон робочих частот вважалося, що опорні коливання, які використовуються у перетворювачах, формуються у деякому пристрої – синтезаторі частот.

В подальшому під синтезатором частот будемо розуміти пристрій, в якому формуються, як окремі фіксовані частоти так і сітка частот в деякому діапазоні шляхом перетворень частоти одного прецезійного автогенератора. При цьому стабільність частоти вихідних коливань синтезатора не гірша за стабільність частоти прецезійного (опорного) генератора. В якості опорного генератора зазвичай використовується кварцовий автогенератор. Часто такі системи називають системами діапазонно-кварцової стабілізації частоти (ДКСЧ).

До синтезатора частот пред'являється наступні вимоги:

1. Формування сітки частот в заданому діапазоні $f_{\text{СЧ МІН}} \dots f_{\text{СЧ МАКС}}$, тобто з заданим коефіцієнтом перекриття

$$K_f = \frac{f_{\text{СЧ МАКС}}}{f_{\text{СЧ МІН}}}.$$

Цей діапазон частот може співпадати з діапазоном робочих частот збуджувача або є основою для отримання більш широкого робочого діапазону з допомогою додаткових перетворень.

2. Формування сітки частот з необхідним кроком дискретності $\Delta f_{\text{СЧ}}$; і кількості фіксованих частот $N_{\text{СЧ}}$

$$N_{\text{СЧ}} = \frac{f_{\text{СЧ МАКС}} - f_{\text{СЧ МІН}}}{\Delta f_{\text{СЧ}}}.$$

В сучасних збуджувачах $\Delta f_{\text{СЧ}} = 1 \text{ Гц}; 10 \text{ Гц}; 100 \text{ Гц}$.

3. Стабільність частоти вихідних коливань. Вона задається величиною абсолютної $\Delta f_{\text{Н}}$, або відносної нестабільності

$$\delta_f = \frac{\Delta f_{\text{Н}}}{f_{\text{СЧ МАКС}}}.$$

Розрізняють короткотермінову (за добу) і довготермінову (за півроку) нестабільність. Як було доведено раніше, при роботі одно-смуговими, а також фазоманіпульованими сигналами довготермінова нестабільність повинна бути порядку $\delta_f = 10^{-7}$.

4. Міра придушення побічних дискретних коливань і шумів.

Побічні дискретні коливання (гармоніки, комбінаційні коливання) утворюються внаслідок частотних перетворень сигналу. Шуми є результатом паразитної модуляції сигналу шумами різного походження. Вони знаходяться в смузі частот сигналу і випромінюються передавачем.

За існуючими нормами придушення побічних коливань і шумів повинно бути не менше 80 дБ в ділянці частот від $\pm 3,5$ кГц до ± 25 кГц відносно несучої сигналу.

5. Час перестройки з однієї частоти на іншу повинен бути мінімальним (одиниці мс і менше).

6. Потужність вихідних коливань повинна бути мінімально необхідною. Це полегшує усунення побічних коливань і паразитних електромагнітних наводок.

Розглянуті вимоги реалізуються шляхами раціональної побудови синтезаторів. Деякі з цих шляхів розглядаються нижче.

3. Методи формування дискретних частот

За методами формування (синтезу) дискретних частот і способами фільтрації побічних коливань системи синтезу частот можна поділити на два класи:

1. Системи прямого (пасивного) синтезу частот.

2. Системи непрямого (активного) синтезу частот.

Прямий синтез частот забезпечує отримання заданої частоти із частоти опорного генератора шляхом простих арифметичних дій: множення, ділення, додавання, віднімання.

Перші дві дії дозволяють отримати із частоти f_0 більш високі $K_1 f_0$ і більш низькі f_0 / K_2 частоти, де K_1 і K_2 – цілі числа. Послідовне здійснення операцій дає можливість отримати частоти з дробовим коефіцієнтом $K_1 / K_2 f_0$. Утворені таким чином частоти, якщо вони не відповідають заданим, можна послідовно додавати або віднімати.

Частота f_0 буде загальним множником при всіх операціях. Тому їх можна представити у вигляді деякого оператора V . Тоді частота, що

синтезується, може бути записана як

$$f = V f_0, \quad (1)$$

тобто лінійним рівнянням.

Якщо опорна частота має нестабільність Δf_0 , то синтезуєма частота також буде мати нестабільність Δf . Внаслідок лінійності (1) маємо

$$V f_0 + V \Delta f_0 = f + \Delta f; \quad \Delta f = V \Delta f_0. \quad (2)$$

Таким чином, відносна нестабільність синтезованого коливання буде

$$\delta_f = \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta f_0}{f_0}. \quad (3)$$

Це означає, що відносна нестабільність синтезованої частоти визначається нестабільністю первинного опорного генератора.

Практична реалізація прямого частотного синтезу зводиться до знаходження оптимальних операторів які:

- забезпечують отримання необхідних частот при найменшому числі операцій;
- придатні для отримання більшості з множини синтезуємих частот.

В системах непрямого (активного) синтезу частот в якості джерела вихідних коливань синтезатора використовується автогенератор, що перестроюється за частотою. Нестабільність автогенератора усувається шляхом його автоматичної підстройки системою ФАПЧ або ЧАПЧ, в яких опорним коливанням є високостабільне коливання сітки частот.

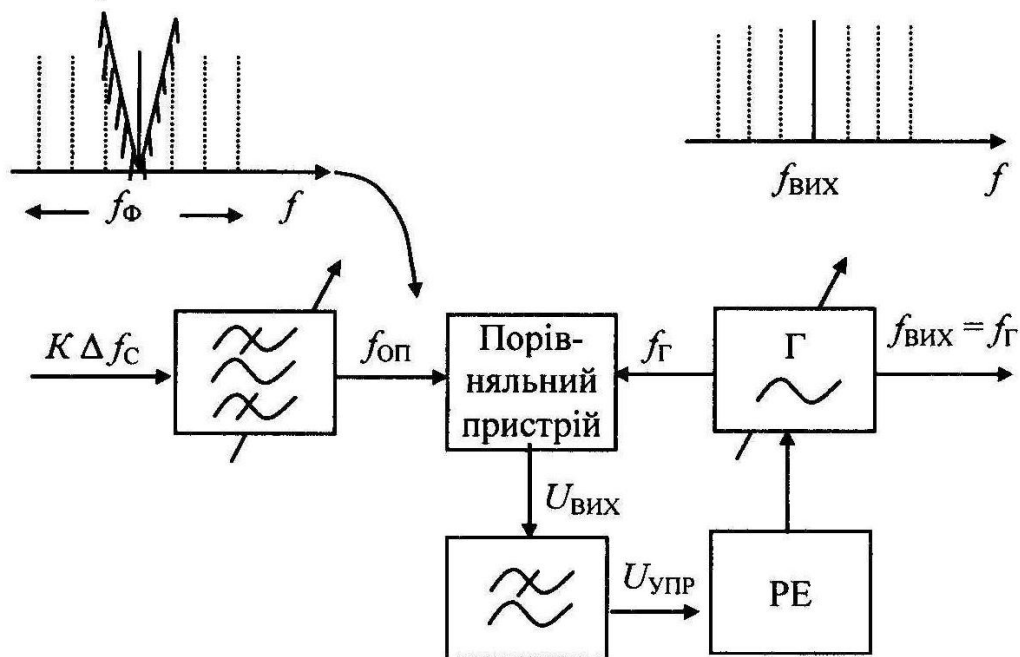


Рис. 4

На рис. 4 зображена спрощена структурна схема синтезатора сітки частот з непрямим методом формування. Опорна високостабільна сітка частот $K \Delta f_c$ формується методом прямого синтезу. При перестройці синтезатора змінюється частота настройки смугового фільтра f_Φ , який виділяє коливання однієї з частот сітки. В порівняльному пристрої частота коливань генератора "Г" порівнюється з частотою опорного коливання.

Якщо частоти неоднакові, то напруга порівняльного пристрою, форма і величина якої залежить від розходження частот, фільтрується у фільтрі нижніх частот і подається на реактивний елемент (РЕ) в якості управляючої напруги. З допомогою реактивного елемента, який включений в контур автогенератора, змінюється частота коливань останнього доти, поки частоти $f_{оп.і}$ і f_Γ не зрівняються. Таким чином, генератор на своєму виході буде репродукувати сітку частот.

В залежності від параметра, за яким порівнюються коливання генератора і сітки, існують системи з частотною і фазовою автопідстройкою частоти (ЧАПЧ і ФАПЧ). Схеми і принципи роботи цих систем різні і потребують окремого розглядання.

Питання для власного контролю та повторення

1. Як забезпечується перенос первинного радіосигналу у діапазон робочих частот?
2. Якими заходами зменшується кількість і рівні побічних коливань при переносі радіосигналу у діапазон робочих частот?
3. В чому є сутність прямого методу синтезу частот?
4. В чому є сутність непрямого методу синтезу частот?