

УДК 621.374.42

**Ігор Осов'як, Михайло Паламар, Юрій Пастернак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ ПЕРЕНАЛАШТУВАННЯ ЧАСТОТИ СИНТЕЗАТОРА НА БАЗІ ФАПЧ**

**Ihor Osov'yak, Mykhaylo Palamar, Yury Pasternak**

### **REDUCED TIME METHOD OF THE PLL-SYNTHESIZER FREQUENCY**

**Вступ.** Синтезатори частоти є основним вузлом більшості радіоелектронних систем зв'язку та вимірювальних пристроїв, причому в більшості випадків технічні характеристики цих систем є похідними від якості синтезатора частоти (СЧ).

Одним з важливих параметрів СЧ є час переналаштування з однієї частоти на іншу (ЧПЧ). Мінімізація ЧПЧ є одним з основних завдань при синтезі та дослідженні СЧ, зокрема для сучасних систем зв'язку з захистом інформації методом швидкого програмного переналаштуванням радіочастоти передачі (ППРЧ).

Для вирішення цього завдання проводяться пошуки нових методів та схемотехнічних рішень СЧ. Зокрема, одним з найперспективніших напрямків [1,ст.110-115] вважається метод прямого цифрового синтезу (ПЦС) частоти.

Однак ПЦС має ряд недоліків, одним з основних у яких є присутність небажаних складових в спектрі синтезованого сигналу що виникають внаслідок самого принципу ПЦС і від яких неможливо позбутися. Ця обставина робить актуальними пошуки способів оптимізації перевірених часом аналогових СЧ.

**Аналіз схемотехніки СЧ.** Однією з найбільш збалансованих схем побудови синтезатора частоти є схема, яка ґрунтується на використанні генератора, керованого напругою (ГКН) та схеми фазового автопідналадування частоти (ФАПЧ) – далі СФАПЧ. Основною перевагою цих схем є висока чистота спектру синтезованого сигналу, так як генератор сигналу є аналоговим і лише схема його стабілізації має цифрову природу. Типова структурна схема СФАПЧ описана в літературі, напр. [2,ст.9].

Якість СФАПЧ в першу чергу залежить від параметрів фільтра низьких частот (ФНЧ) петлі ФАПЧ. ФНЧ з низькою частотою зрізу (ЧЗ) дозволяє будувати синтезатори з малим рівнем фазових шумів (ФШ), але такий синтезатор характеризується великим часом переналаштування частоти (ЧПЧ). Для більшості сучасних систем це недопустимо і їх проєктують, вибираючи ЧЗ фільтра петлі ФАПЧ високою, виходячи з вимоги забезпечення необхідного ЧПЧ. В такому випадку необхідний рівень фазових шумів забезпечують, вибираючи компоненти з малим рівнем внутрішніх шумів.

Однак на практиці резерв підвищення ЧЗ відповідного фільтра є низьким. І справа тут не у внутрішніх шумах компонентів, які при використанні сучаснішої елементної бази можуть вносити менший вплив на рівень ФШ. У СФАПЧ використовують цифрові частотно-фазові компаратори (ЧФК), які забезпечують значно ширшу смугу захоплення у порівнянні з аналоговими ЧФК. Але на виході цифрових ЧФК внаслідок принципу їх роботи присутній періодичний сигнал з частотою  $f_{оп}/R$ , де  $f_{оп}$ - опорна частота,  $R$  – коефіцієнт ділення дільника опорної частоти. У випадку, коли частота цього сигналу буде менш ніж на півтори-два порядки перевищувати ЧЗ фільтра то цей сигнал недостатньо ефективно фільтруватиметься і поступатиме на керуючий вхід ГКН, що приведе до збільшенні рівня ФШ.

Підвищення порядку фільтра з метою покращення фільтрації згаданого сигналу не є прийнятним, так як підвищення порядку фільтра зменшує стійкість системи.

Підвищенням частоти роботи ЧФК на практиці в багатьох випадках також не можна скористатися, так як частота роботи ЧФК задає крок переналаштування синтезатора.

**Модифікація схеми СЧ.** Для зменшення часу переналаштування частоти нами було запропоновано наступне рішення:

ЧЗ ФНЧ петлі ФАПЧ вибирається з вимоги часу переналаштування синтезатора, а необхідний рівень подавлення завади з частотою роботи ЧФК досягається введенням додаткового ФНЧ, ЧЗ якого дещо нижча за частоту роботи ЧФК. Оскільки частота зрізу додаткового фільтра як мінімум на порядок вища за ЧЗ основного фільтра то на стійкість системи він суттєво не впливає. Порядок додаткового фільтра вибирається, виходячи з вимог до подавлення завади з частотою роботи ЧФК.

Структурна схема запропонованого варіанту СФАПЧ приведена на рисунку 1.

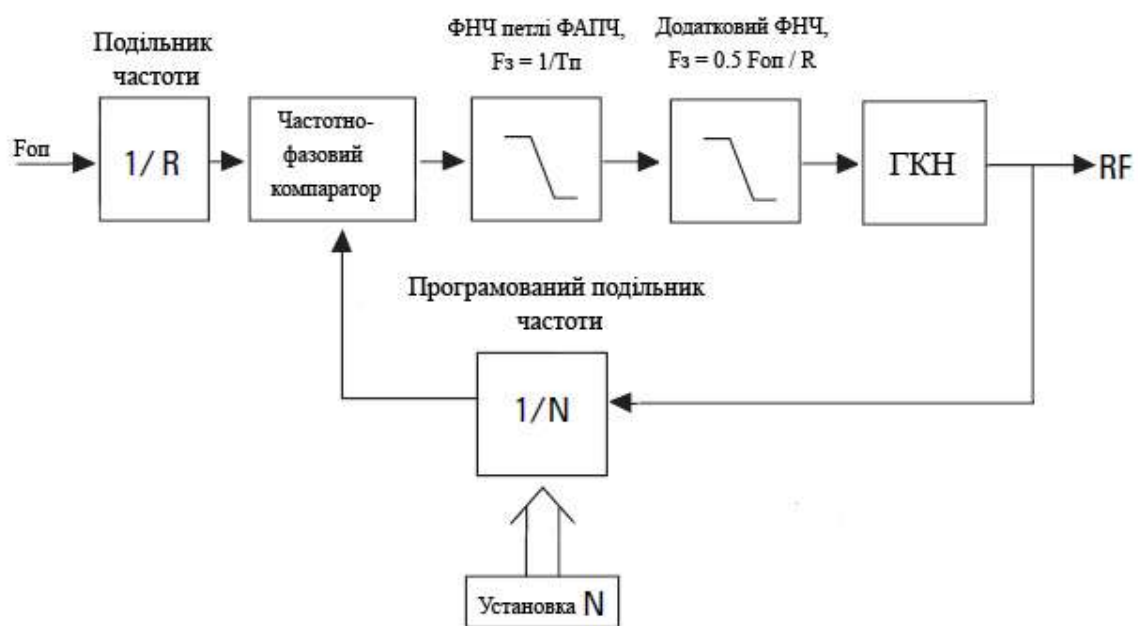


Рисунок 1 – Схема синтезатора частоти на базі ГКН та ФАПЧ з додатковим фільтром.

Схемотехнічне рішення вузла СЧ на основі запропонованої структури промодельоване в пакеті Matlab/Simulink і реалізоване в цифровій радіостанції нового покоління з ППРЧ, що розробляється на замовлення Тернопільського радіозаводу “ОРІОН”.

**Висновок.** Експериментальні дослідження і випробування радіостанції із новим СЧ показали свою ефективність. Зокрема використання приведенного рішення дозволило більш ніж в 4 рази зменшити час переналаштування СЧ при збереженні існуючого рівня ФШ в порівнянні з прототипом.

#### Література.

1. Mixed-signal and DSP Design Techniques. Walt Kester, 2003, Analog Devices.
2. PLL Performance. Dean Banerjee, 2006, National Semiconductor.