

УДК 621.373

Ю.І. Лосєв, С.А. Макаров, С.М. Рот

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИ РОЗШИРЕННЯ СМУГИ ЗАХОПЛЕННЯ ШВИДКОДІЮЧИХ СИСТЕМ ФАЗОВОЇ АВТОПІДСТРОЙКИ ЧАСТОТИ СИНТЕЗАТОРІВ ЧАСТОТ ЗАСОБІВ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

У роботі розглянуті методи розширення смуги захоплення швидкодіючих синтезаторів частот за рахунок зміни структури системи фазової автопідстройки (ФАП) та визначений перспективний напрямок подальшого удосконалення системи ФАП.

Ключові слова: система фазової автопідстройки частоти, фазовий детектор, зворотній зв'язок за фазою, синтезатор частоти, смуга захоплення.

Вступ

Постановка проблеми. Зростання вимог, які висуваються до систем зв'язку, змушує удосконалювати вказані системи та елементи, які входять до них [1]. Одним із основних пристроїв приймально-передавальних засобів зв'язку є синтезатор частот. Розширенню смуги захоплення за рахунок зміни структури системи ФАП, яка є основою синтезатора частоти, буде присвячена дана стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В літературі [2] розглянуто найбільш швидкодіючі синтезатори приймально-передавальних засобів авіаційного радіозв'язку, визначено напрямок подальшого удосконалення системи ФАП синтезатора частот збудника "Лазур" радіостанції Р-161, як базового та найбільш швидкодіючого. Деякі з методів розширення смуги захоплення, які запропоновані в даній статті, проаналізовано в [4].

Метою даної статті є розширення смуги захоплення за рахунок зміни принципів побудови системи ФАП, що становить основу синтезатора частот.

Виклад основного матеріалу

Із задачею розширення смуги захоплення тісно пов'язана проблема підвищення швидкодії.

Вибір найбільш швидкодіючої системи. Найбільш швидкодіючим синтезатором частоти згідно [2] вибрано синтезатор частоти радіостанції Р-161, який є складовою частиною збудника "Лазур" та обраний за базовий.

На рис.1 представлена узагальнена структурна схема даного синтезатора. У даному синтезаторі частот можна виділити три основні блоки:

- синтезатор дрібної сітки (СДС), який включає опорний генератор типу "Гіацинт" та побудований із використанням однокільцевої системи ФАП, в ланцюгу зворотного зв'язку якої встановлено дільник частоти із змінним коефіцієнтом ділення;
- блок першого гетеродина;
- основна частина синтезатора, яка забезпечує формування коливань третього гетеродина і побудована по методу косвенного синтезу з колом ФАП.

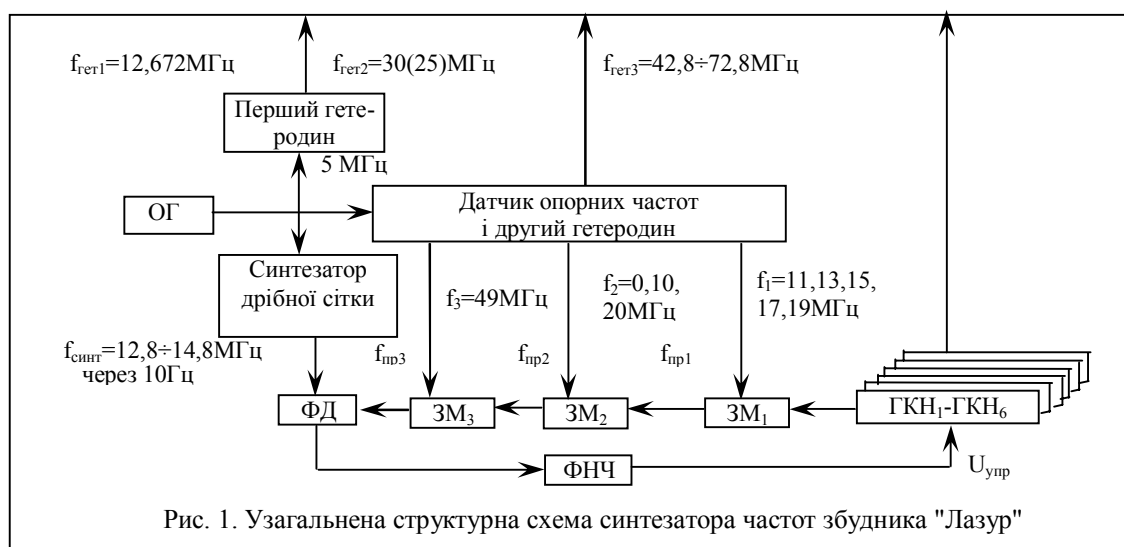


Рис. 1. Узагальнена структурна схема синтезатора частот збудника "Лазур"

Коло ФАП включає: фазовий детектор (ФД); три змішувачі (ЗМ1, ЗМ2, ЗМ3), на другий вхід яких надходять сигнали з датчика опорних частот, який побудовано по методу прямого синтезу; генератор керований напругою (ГКН); фільтр нижніх частот (ФНЧ), який забезпечує фільтруючі властивості системи ФАП. У колі ФАП встановлено шість ГКН, які обумовлюють ширину смуги захоплення.

У роботі [3] отримана математична модель оптимальної по швидкодії нелінійної системи ФАП, в якій підвищення швидкодії досягається регулюванням коефіцієнта підсилення в колі додаткового зворотного зв'язку (ДЗЗ).

На рис.2 представлена функціональна схема такої моделі. Фазовий детектор з динамічно регульованим зворотнім зв'язком за фазою (ФДЗЗ) об'єднує у єдиний вузол і містить такі елементи: перший елемент порівняння (ЕП1) і перший фазодетекторний перетворювач (ФД1_n), які складають перший фазовий детектор (ФД1); додаткове коло зворотного зв'язку за фазою з динамічно регульованими параметрами; канал оцінки стану системи ФАП. До складу додаткового кола зворотного зв'язку за фазою входять регульований підсилювач (РП) та фазовий модулятор (ФМ) із додатковим входом регулювання коефіцієнту підсилення, що впливає на сигнал ГКН. Канал оцінки стану системи ФАП включає в себе: фазообертувач (ФО) вхідного сигналу, другий фазовий детектор (ФД2), до складу якого входять ЕП2 і ФД2_n, першим входом з'єднаний зі входом ФД1, а другим – з виходом ФО.

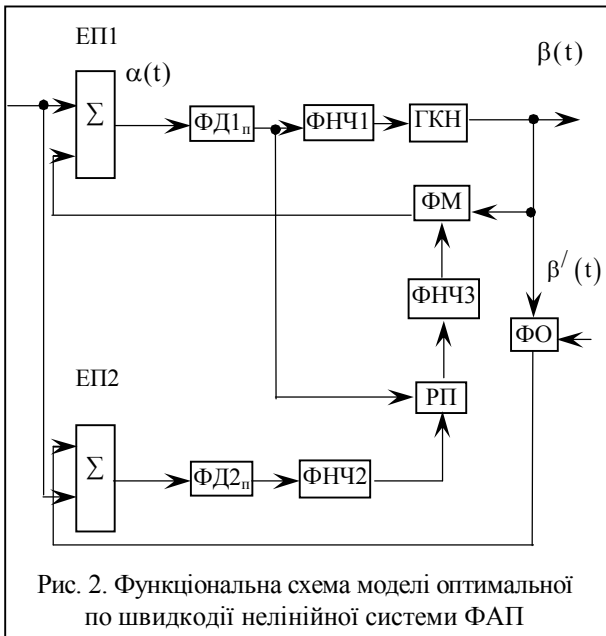


Рис. 2. Функціональна схема моделі оптимальної по швидкодії нелінійної системи ФАП

Принципи побудови запропонованої моделі системи ФАП, яка містить ДДЗ за фазою з динамічно регульованими параметрами по нелінійним законам та канал оцінки стану системи, не забезпечують достатньої смуги захоплення.

Класифікація методів розширення смуги захоплення. На рис.3 представлені найбільш перспективні методи розширення смуги захоплення при збереженні високих фільтруючих властивостей системи ФАП [4, 5]. Ці методи можна розбити на дві групи [4]:

- методи, основою яких є примусове зменшення початкової розстройки управляючого генератора до значення, при якому ФАП входить в режим синхронізму;
- методи, основою яких є розширення смуги захоплення внаслідок безпосередньої зміни характеристик каналу управління кола ФАП в даному режимі.



Рис. 3. Класифікація методів розширення смуги захоплення

Для розширення смуги захоплення пропонується побудувати систему ФАП із застосування додаткових зворотних зв'язків за фазою з використанням двох фазових модуляторів (ФМ) з прямим та інверсним включенням, функціональну схему якої представлено на рис. 4.

У відмінності від відомих раніше систем ФАП, розроблена містить одночасно два ФМ з прямим та інверсним включенням, один із яких встановлюється в тракці сигналу синтезатора дрібної сітки, а дру-

гий – у ланцюгу зворотного зв'язку основного кола ФАП після трьох змішувачів. Керуючі сигнали, які подаються на фазові модулятори, повинні бути про-тифазними.

Такий варіант побудови системи дозволяє підвищити її ефективність за рахунок розширення динамічного діапазону еквівалентного ФМ (застосовується диференційний розгін фазового зрушення на двох ФМ), у якого $\psi' = 2\psi$. У цьому випадку можливо отримати необхідний динамічний діапазон окремо взятого ФМ.

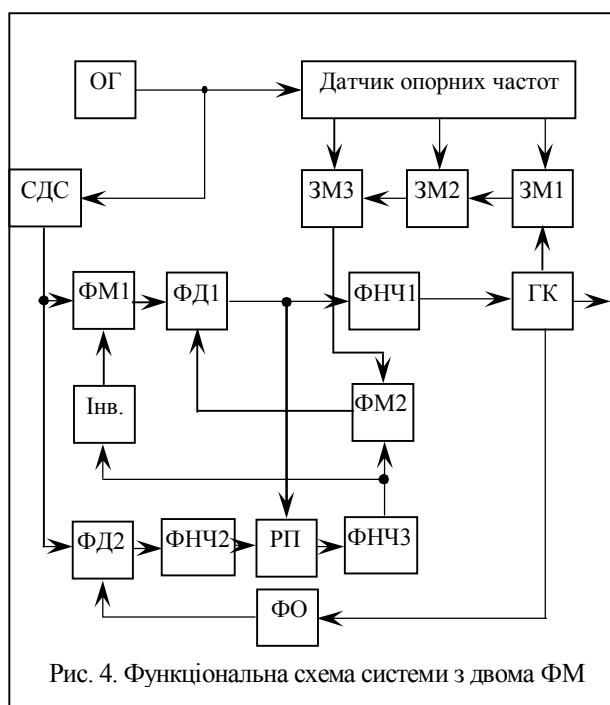


Рис. 4. Функціональна схема системи з двома ФМ

Така структура побудови дозволить розширити смугу захоплення, внаслідок чого зменшити кількість ГКН, що збільшить надійність системи. Дослідження системи ФАП пропонується проводити саме в розвитку даного напрямку.

ВИСНОВКИ

1. Розширення смуги захоплення досягається за рахунок зміни структури побудови системи ФАП, що становить основу синтезатора частот.

2. Для розширення смуги захоплення в структурі системи ФАП з додатковими зворотними зв'язками за фазою, які регулюються по нелінійним законам, доцільно застосовувати такі зв'язки з використанням одночасно двох ФМ з прямим та інверсним включенням.

3. Для подальшого використання запропонованої системи необхідно вивчити її властивості. Надалі доцільно проводити дослідження в даному напрямку.

Список літератури

1. Стеклов В.К. Комбинированные системы ФАП / В.К. Стеклов, А.А. Руденко, А.К. Юдин. – К: Техніка, 2004. – 327 с.
2. Макаров С.А. Підвищення швидкодії синтезаторів частот засобів радіозв'язку / С.А. Макаров, О.М. Чекунова // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2005. – № 3'4. – С. 49-51.
3. Чекунова О.М. Математична модель оптимальної по швидкодії нелінійної системи ФАП / О.М. Чекунова, С.А. Макаров, О.В. Чечуй // Радіотехніка. – 2007. – Вип. 150. – С. 100-103.
4. Левин В.А. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки частоты / В.А. Левин, В.Н. Малиновский, С.К. Романов. – М.: Радио и связь, 1989. – 232 с.
5. Макаров С.А. Система фазовой автоподстройки з колом зворотного зв'язку, параметри якого регулюються динамічно / С.А. Макаров, К.В. Подоляко // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития: 1-й Международный радиоэлектронный Форум; сб. научн. тр. – Х., 2002. – С. 102-104.

Надійшла до редколегії 14.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.О. Демідов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДЫ РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ ЗАХВАТА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ

Ю.И. Лосев, С.А. Макаров, С.Н. Рот

В работе рассмотрены методы расширения полосы захвата быстродействующих синтезаторов частот за счет изменения структуры системы фазовой автоподстройки частоты (ФАП) и определено перспективное направление дальнейшего усовершенствования системы ФАП.

Ключевые слова: система фазовой автоподстройки частоты, фазовый детектор, обратная связь по фазе, синтезатор частоты, полоса захвата.

THE CAPTURE STRIP EXPANSION METHODS OF QUICK-ACTION SYSTEMS PHASE AUTO-TUNING OF FREQUENCY SYNTHESIZERS OF RADIO COMMUNICATION FACILITIES FREQUENCY

Y.I. Losev, S.A. Makarov, S.N. Rot

The capture strip expansion methods of system quick-action frequency synthesizers at expense of structure change of phase auto-tuning frequency (PAF) system are realized and perspective direction of PAF system improvement is determined.

Keywords: system phase auto-tuning of frequency, the phase detector, the phase feedback, the synthesizer frequency, the capture strip.