

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ З РОЗШИРЕНОЮ СМУГОЮ ЗАХОПЛЕННЯ

Вступ

Розширення смуги захоплення досягається за рахунок зміни структури побудови системи фазового автопідстроювання (ФАП) частоти з додатковими зворотними зв'язками (ДЗЗ) за фазою з динамічно регульованими параметрами (ДРП) за нелінійними законами. Для цього в [1] пропонується ввести у таку систему два фазові модулятори з прямим та інверсним включенням. Еволюція запропонованого класу систем ФАП з розширеною смугою захоплення описується нелінійним диференціальним рівнянням четвертого порядку. Отримати його рішення у явному вигляді аналітичними методами немає можливості, але можна застосувати чисельні методи. Однак такий шлях не дозволяє точно встановити взаємозв'язок основних характеристик системи із параметрами функціональних ланок кола управління. Тому найбільш ефективним способом дослідження основних властивостей запропонованого класу систем ФАП з розширеною смугою захоплення є імітаційне моделювання на основі пакету візуального та ситуаційного моделювання Simulink програмної системи MATLAB.

Мета статті – оцінити ефективність прийнятих технічних рішень щодо удосконалення систем ФАП, запропонувавши імітаційну модель швидкодіючої системи ФАП синтезатора частот з ДЗЗ за фазою з ДРП за нелінійними законами з розширеною смугою захоплення для визначення її смуги захоплення, яка досліджується за допомогою пакету візуального та ситуаційного моделювання Simulink програмної системи MATLAB [2, 3].

Викладення основного матеріалу

В роботі [1] запропонована функціональна схема швидкодіючої системи ФАП синтезатора частот з ДЗЗ за фазою з ДРП за нелінійними законами з розширеною смугою захоплення, яка наведена на рис.1.

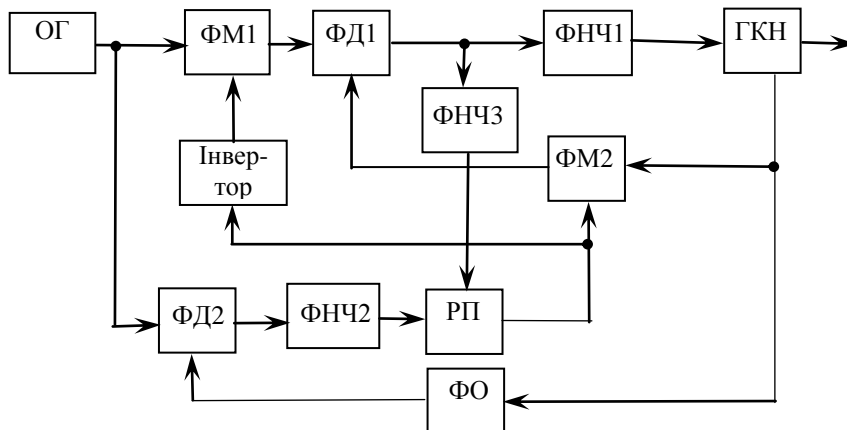


Рис.1

Імітаційна модель системи ФАП синтезатора частот з ДЗЗ за фазою з ДРП за нелінійними законами з розширеною смугою захоплення, розроблена за допомогою пакету візуального та ситуаційного моделювання Simulink програмної системи MATLAB, представлена на рис.2.

Генератор вхідного сигналу (опорний генератор (ОГ)) у вигляді генератора пилоподібної напруги представлено на рис.3.

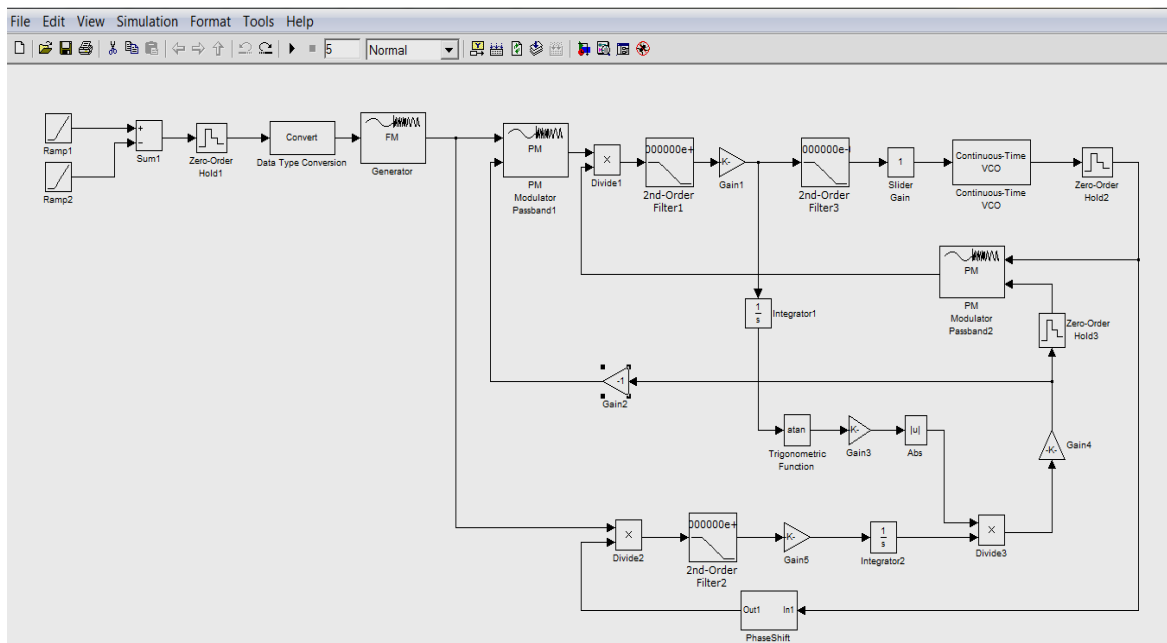


Рис.2

Фазовий детектор ФД1 представлений за допомогою перемножувача Divide1 та фільтру 2nd-Order Filter1 (рис.4), фазовий детектор ФД2 – за допомогою Divide2 та фільтру 2nd-Order Filter2 відповідно.

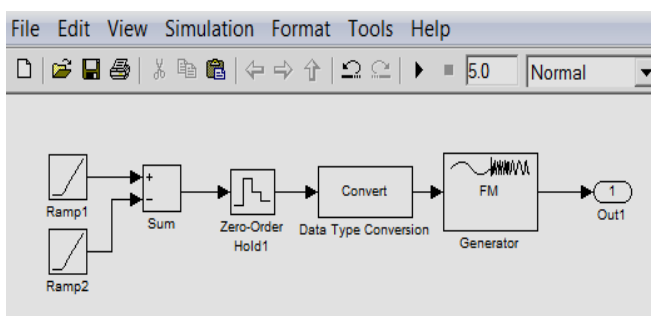


Рис.3

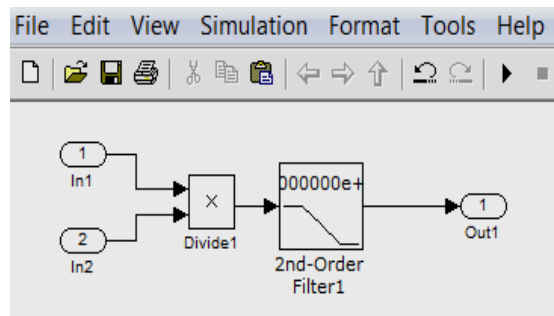


Рис.4

Фазообертач (ФО) у вигляді блоку PhaseShift представлено на рис.5.

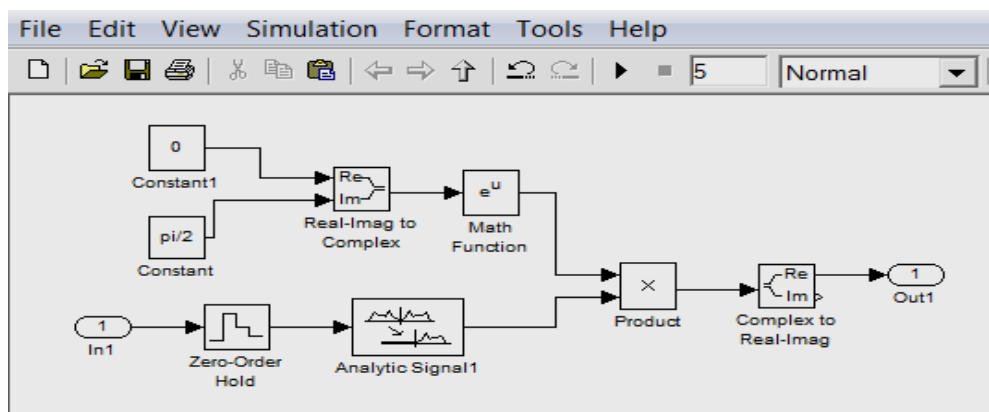


Рис.5

В якості інвертора використовується підсилювач Gain2 з коефіцієнтом підсилення $K = -1$.

Регульований підсилювач (РП) представлений блоком Abs і перемножувачем Divide3, регулювання коефіцієнту підсилення якого здійснюється по нелінійному закону $\arctg(x)$ за

допомогою блоків Trigonometric Function виду atan і підсилювача Gain3 для нормування характеристики даного закону.

Решта елементів функціональної схеми представлені типовими функціональними блоками з бібліотечного модуля, а саме:

- фазові модулятори (ФМ1 і ФМ2) – блоками PM Modulator Passband1 і PM Modulator Passband2, відповідно;
- генератор керованої напруги (ГКН) – блоком Continuous-Time VCO;
- перший фільтр нижніх частот (ФНЧ1) – блоком 2nd-Order Filter3;
- другий і третій фільтри нижніх частот (ФНЧ2 і ФНЧ3) – звичайними інтеграторами (Integrator).

Наведемо вихідні дані для визначення смуги захоплення системи ФАП шляхом імітаційного моделювання:

- час моделювання – 5 с;
- частота вхідного генератора і ГКН – 140 Гц;
- період дискретизації – 1/1400; девіація частоти вхідного генератора і ГКН – 1 Гц;
- діапазон зміни частоти вхідного генератора – від – 30 до + 30 Гц відносно номінального значення за лінійним законом;
- різниця фаз на виході ФД1 – $-\pi$;
- крутизна характеристики управління частотою ГКН – 30 Гц/В;
- швидкість зміни частоти вхідного сигналу за лінійним законом – 37,5 Гц/с.

Результати моделювання. Часові діаграми вихідних сигналів ФД1 (верхня діаграма) і ФД2 (нижня діаграма) при пилоподібній зміні частоти вхідного сигналу, які ілюструють режими: биття, захоплення, утримання і зриву синхронізму, наведено на рис.6.

Для порівняння величини смуги захоплення запропонованої системи ФАП з двома ФМ з розробленими раніше системами ФАП, була досліджена імітаційна модель системи ФАП з ДЗЗ за фазою з ДРП за нелінійними законами з одним ФМ.

Залежність смуги захоплення систем ФАП з одним ФМ та двома ФМ від смуги пропускання ФНЧ1 при початковій різниці фаз ГКН і генератору вхідного сигналу – $\pi/2$ рад наведено на рис.7.

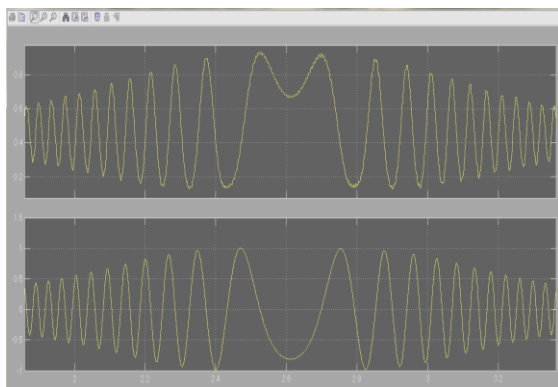


Рис.6

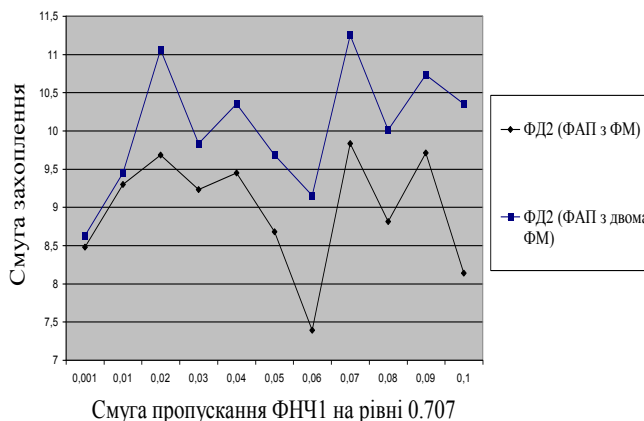


Рис.7

Залежність смуги захоплення систем ФАП з одним ФМ та двома ФМ від смуги пропускання ФНЧ1 при початковій різниці фаз $-\pi/4$ рад наведено на рис.8; при початковій різниці фаз 0 рад зображено на рис.9.

Аналіз результатів моделювання свідчить, що смуга захоплення в системі ФАП з двома ФМ може бути збільшена до 30 % в залежності від початкової різниці фаз генератору вхідного сигналу і генератору керованої напругою та смуги пропускання фільтра ФНЧ1 основного кола системи ФАП у порівнянні з швидкодіючою системою ФАП з одним ФМ.

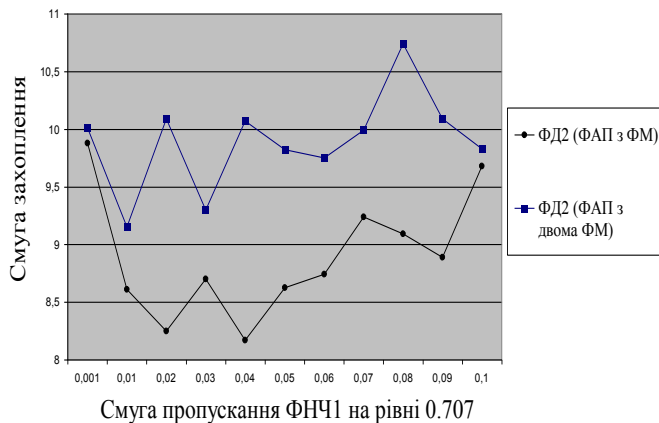


Рис. 8

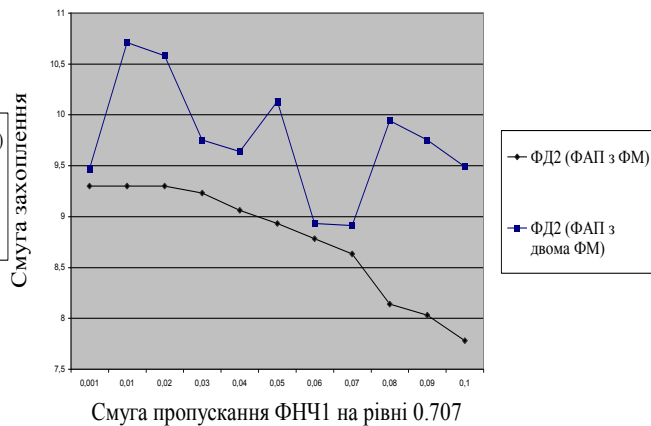


Рис. 9

На рис.10 наведено залежність смуги захоплення від коефіцієнту підсилення в основному колі системи ФАП, яка має практично постійний характер крім значення коефіцієнту підсилення рівного 2, при якому величина смуги захоплення починає зменшуватися.

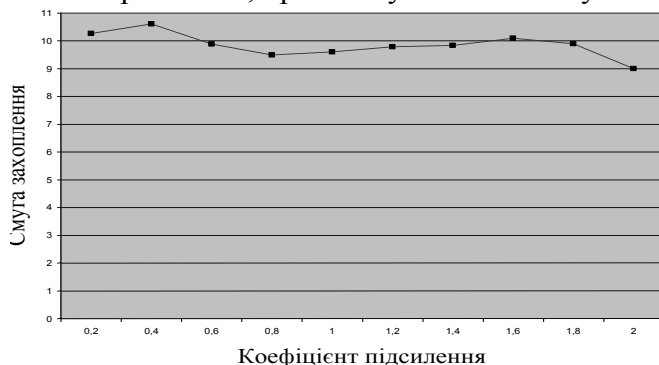


Рис. 10

Аналіз результатів дослідження смуги захоплення запропонованої системи ФАП свідчить про її збільшення від 5% до 30% у порівнянні з системою ФАП з додатковими зворотними зв'язками за фазою з динамічно регульованими параметрами за нелінійними законами з одним фазовим модулятором.

Висновки

1. Найбільш ефективним способом дослідження смуги захоплення швидкодіючої нелінійної системи ФАП з додатковими зворотними зв'язками за фазою з динамічно регульованими параметрами за нелінійними законами з прямим та інверсним включенням двох ФМ, яка описується нелінійним диференціальним рівнянням четвертого порядку, є імітаційне моделювання на основі пакету візуального та ситуаційного моделювання Simulink програмної системи MATLAB.

2. Для оцінки ефективності прийнятих технічних рішень щодо удосконалення систем ФАП отримано імітаційну модель швидкодіючої нелінійної системи ФАП з додатковими зворотними зв'язками за фазою з динамічно регульованими параметрами за нелінійними законами з розширеною смугою захоплення.

3. Оцінка результатів моделювання показує, що смуга захоплення в системі ФАП з двома фазовими модуляторами у порівнянні з системою ФАП з одним ФМ збільшується від 5 до 30% в залежності від початкової різниці фаз ГКН і генератора вхідного сигналу (смуги пропускання фільтру ФНЧ1 основного кола системи ФАП)

4. Подальші дослідження доцільно проводити в напрямку визначення швидкодії запропонованої системи ФАП.

Список літератури: 1. Макаров, С.А., Рот, С.М., Чекунова, О.М. Математична модель швидкодіючої нелінійної системи фазового автопідстроювання частоти синтезатора частот з розширеною смугою захоплення // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2011. – № 1(5). – С.128-131. 2. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов. – Спб. : Питер, 2002. – 608 с. 3. Дьяконов, В.П., Круглов, В.В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Спец. справочник. – Спб. : Питер, 2002. – 448 с.