

МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ФАЗОВОГО АВТОПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ ГЕНЕРАТОРІВ НА ЛПД

С.Л. Кравець¹, А.Л. Кравець², А.В. Моїсеєнков³

(¹Науково-дослідний інститут радіосистем,

²Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків,

³Промоборонекспорт, Київ)

Показано, що при використанні генераторів на ЛПД в режимі синхронізації зовнішнім імпульсним сигналом систему ФАПЧ можна звести до ідеалізованої в межах смуги захвату ГЛПД і розширити смугу захвату фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ) до сотень МГц у трисантиметровому діапазоні.

швидкодія, фазове автопідстроювання, частота, генератор

В ідеалізованій ФАПЧ смуга захвату дорівнює смузі утримання. Оскільки час t_y встановлення стаціонарної фази при синхронізації ГЛПД складає порядку 10^{-8} с, до встановлення коливань (фази і амплітуди) ГЛПД на виході безінерційного фазового детектора можливі коливання з частотами, більшими ніж $1/t_y \geq 20$ МГц, то для підвищення сталості системи ФАПЧ доцільно використати на виході ФД фільтр із смугою пропускання $1/t_y \gg 20$ МГц.

Але цей фільтр не визначає смугу синхронізму ФАПЧ, яка повністю визначається смугою синхронізації ГЛПД і може значно перевищувати смугу пропускання фільтру.

У звичайній системі ФАПЧ через наявність в ній фільтра низьких частот (ФНЧ) смуга захвату виявляється дуже вузькою. Крім того, в діапазоні НВЧ роль ФНЧ може грати інерційність навантаження підсилювача постійного струму (ППС), що стоїть на виході фазового детектора (ФД). В результаті відбувається значне скорочення смуги захвату ФАПЧ порівняно з її смугою синхронізму (утримання).

Очевидно, що для розширення смуги захвату ФАПЧ необхідно, насамперед, вилучити із схеми інерційні елементи, тобто систему ФАПЧ, описувану рівнянням

$$P\varphi + \Omega_y \cdot F(\varphi) \cdot K(p) = \Omega_H,$$

звести до ідеалізованої системи ФАПЧ, описуваної рівнянням

$$\frac{d\varphi}{dt} + \Omega_y \cdot F(\varphi) = \Omega_H,$$

для якої коефіцієнт передачі ФНЧ та ППС $K(p) = 1$.

Застосування автогенераторів на ЛПД, що синхронізуються зовнішнім сигналом, дозволяє звести систему ФАПЧ до ідеалізованої у межах смуги захвату ГЛПД і розширити таким чином смугу захвату ФАПЧ до сотень МГц у трисантиметровому діапазоні. В ідеалізованій ФАПЧ смуга захвату дорівнює смузі утримання. В даному випадку під смугою утримання будемо розуміти смугу синхронізації (захвату) частоти ГЛПД при безпосередньому впливові на нього зовнішнього сигналу.

При дослідженні синхронізації ГЛПД шляхом безпосереднього впливу зовнішнього сигналу на автогенератор було показано, що в режимі захвату частоти сигнал ГЛПД зазнає фазового зсуву [1]

$$\varphi_0 = \arccos\left(-\frac{X_0 \cdot 2\Omega}{X_C \cdot \omega_0}\right) + \varphi_C = \arccos\left(-\frac{X_0}{X_C} \cdot 2\nu\right) + \varphi_C, \quad (1)$$

де $\nu = \frac{f_C - f_0}{f_0}$ – розстроювання за частотою між синхронізуючим сигналом та автоколиваннями автономного ГЛПД; x_0 – стаціонарна амплітуда автоколивань; $\Omega = \omega_C - \omega_0$.

Цей зсув залежить від розстроювання ν і співвідношення амплітуд коливань ГЛПД та синхронізуючих коливань [1]. Очевидно, цю залежність усталеного фазового зсуву (усталеної різниці фаз) φ_0 від розстроювання можна використовувати для підстроювання частоти ГЛПД на частоту синхронізуючих коливань.

Оскільки частоти коливань на виході і на вході ГЛПД рівні (у режимі захвату частоти при безпосередньому впливові), то при $t > 1$ система ФАПЧ буде ідеалізованою (рис. 1). Час підстроювання частоти через відсутність у системі АПЧ інерційних ланок буде повністю визначатися часом t_y встановлення стаціонарної фази φ_0 при синхронізації ГЛПД шляхом безпосереднього впливу зовнішнього сигналу [1]:

$$t_y = -\frac{2}{\Delta\omega_C \sin \varphi_0} \ln \left| \frac{\sin \varphi_0 \sin \frac{\varphi_H - \varphi_C - \varphi_0}{2}}{\sin \frac{\varphi_0}{20} \sin \frac{\varphi_H - \varphi_C + \varphi_0}{2}} \right|. \quad (2)$$

В імпульсній системі ФАПЧ час підстроювання частоти буде перевищувати величину t_y , так як ланки, які приймались вище безінер-

ційними (підсилювачі, керуючий елемент), не стануть такими і будуть мати сталі часу, відмінні від нуля. Тому при виборі конкретної схеми АПЧ це необхідно враховувати.

Проте, оскільки зробити відеопідсилювач із смугою пропускання кілька десятків МГц не становить труднощів, то підстроювання за час тривалості вхідних імпульсів (частки мкс) можливе.

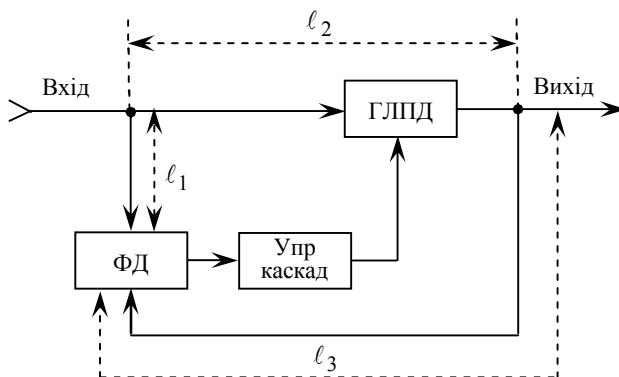


Рис. 1. Ідеалізована система ФАПЧ

Крім того, оскільки до встановлення коливань (фази і амплітуди) ГЛПД на виході безінерційного фазового детектора можливі коливання з частотами $\geq \frac{1}{t_y} \geq 20$ МГц, то для підвищення стійкості системи ФАПЧ доцільно застосовувати на виході фазового детектора фільтр із смугою пропускання $\leq \frac{1}{t_y} \approx 20$ МГц.

Однак при цьому слід пам'ятати, що цей фільтр не визначає смугу синхронізму ФАПЧ, яка повністю визначається смугою синхронізації ГЛПД і може значно перевищувати смугу пропускання фільтра.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тагер А.С., Вальд-Перлов В.М. Лавинно-пролетные диоды и их применение в технике СВЧ. – М.: Сов. радио, 1968. – 324 с.

Надійшла 6.02.2006

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.Д. Карлов,
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.