

with ideal performance via single-element compensation // *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* – Vol. 47. – № 6. – 1989. – P. 956–964. 8. Phromlounsri R., Chongcheawchamnan M. Inductively compensated parallel coupled microstrip lines and their applications // *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* – Vol. 54. – № 9. – 2006. – P. 3571–3581. 9. Oborzhytsky V.I. Method for calculation of electrical parameters of microwave devices with the loaded section of two-coupled lines // *Proc. 16th Intern. Confer. on microwaves, radar and wireless communications MIKON-2006.* – Vol. 1. – Krakow, 2006. – P. 326–329. 10. Оборжицький В. Трансформуючі властивості відрізка зв'язаних ліній передачі з двостороннім симетричним навантаженням // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Радіoeлектроніка та телекомунікації”.* – 2006. – № 557. – С. 43–48. 11. Оборжицький В.И. Метод расчета электрических параметров трансформирующих устройств на базе отрезка связанных линий с диагонально-симметричными нагрузками // *Материалы 16-й Международной Крымской конференции “СВЧ техника и телекоммуникационные технологии” КрыМиКо-2005.* – Севастополь, 2007. – С. 531–532. 12. Oborzhytsky V. The matching of two-coupled lines microwave transforming four-poles without discrete elements using. // *Proc. 10th Intern. Confer. TCSET’2010 “Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science”.* – Lviv-Slavske, 2010. – P. 66. 13. Оборжицький В.І. Мікрохвильові двочастотні трансформатори імпедансу з симетричною структурою на основі відрізка зв'язаних ліній передачі // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка” “Радіoeлектроніка та телекомунікації”.* – 2009. – № 645. – С. 23–29. 14. Оборжицький В.І. Використання особливостей симетрії лінійних високочастотних пристроїв у методах їх синтезу // *Зб. наук. праць ІПМЕ НАН України.* – Вип. 29. – К., 2005. – С. 129–134.

УДК 621.391.822.3: 520.272.5

Б.О. Павлов, М.В. Мельнь

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ФЛУКТУАЦІЙ ЧАСТОТИ ВИСОКОСТАБІЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

© Павлов Б.О., Мельнь М.В., 2010

Розроблено пристрій для визначення флуктуацій частоти високостабільних генераторів. Основні характеристики пристрою: частота генератора до 10 МГц; частоти вимірюваних флуктуацій $0 \dots 4 \times 10^{-2}$ Гц; шумова смуга пристрою 0,16 Гц; живлення ± 12 В. Принцип роботи пристрою полягає у вимірюванні напруги на виході фазового детектора, на входи якого подаються коливання від двох однотипних генераторів, що взаємно охоплені системою фазового автопідстроювання частоти.

A device for measuring of frequency fluctuations of very stable generators is developed. Basic characteristics of the device: frequency of the generator up to 10 MHz; frequency of measuring of fluctuation $0 \dots 4 \times 10^{-2}$ Hz; a band of noise of device 0,16 Hz; power supplies ± 12 V. The principle of work of the device consists in measurement of a voltage on an output of the phase detector, on which inputs the fluctuations from two same generators mutually covered with system of phase auto tuning of frequency.

Вступ. Високостабільні генератори використовуються у радіолокаційних пристроях стеження за рухомими об'єктами, в радіонавігації, у приймальних пристроях зі складними видами модуляції сигналу.

Короткочасна нестабільність частоти генераторів визначається методом порівняння зі стабільнішими еталонними. Цей метод економічно недоцільний у зв'язку з високою вартістю еталона. Тому в [1] запропоновано пристрій для визначення короткочасної нестабільності за допомогою двох однотипних генераторів. Робота такого пристрою ґрунтується на гетеродинному методі визначення девіації частоти і пояснюється структурною схемою, наведеною на рис. 1.

Коливання від досліджуваного генератора Γ_x змішуються з коливаннями високостабільного опорного генератора Γ_o . Сигнал різницевої частоти, що виникає в результаті змішування, буде внаслідок нестабільності досліджуваного генератора промодульований за частотою. Після підсилення з подальшим обмеженням на виході частотного детектора одержується напруга, амплітуда якої пропорційна до відхилення частоти генератора Γ_x від середнього значення. Величина низькочастотного сигналу вимірюється вольтметром V , попередньо прокаліброваним від частотно-модульованого генератора Γ проміжної частоти.

З економічних міркувань для настроювання високостабільних генераторів замість досліджуваного й опорного генераторів використовують два однакові генератори з системою АПЧ, котрі взаємно розстроєні на проміжну частоту вимірювального пристрою. Один з генераторів виконує функції опорного, другий – досліджуваного.

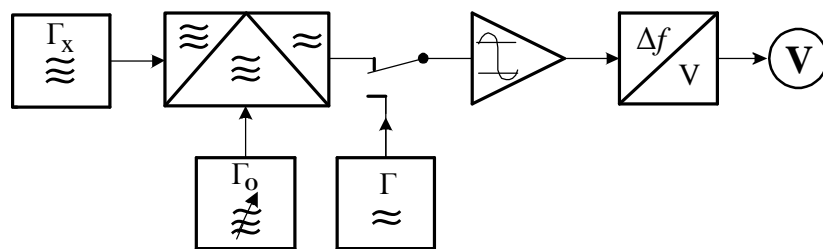


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання флуктуацій частоти високостабільного генератора

Недоліком методу є збільшення похибки вимірювань, спричинене різними робочими частотами генераторів. У цій роботі пропонується удосконалення цього методу.

Структурна схема пристрою для визначення флуктуацій частоти. Запропонована структурна схема, яка дає змогу використовувати генератори з однаковою частотою, наведена на рис. 2.

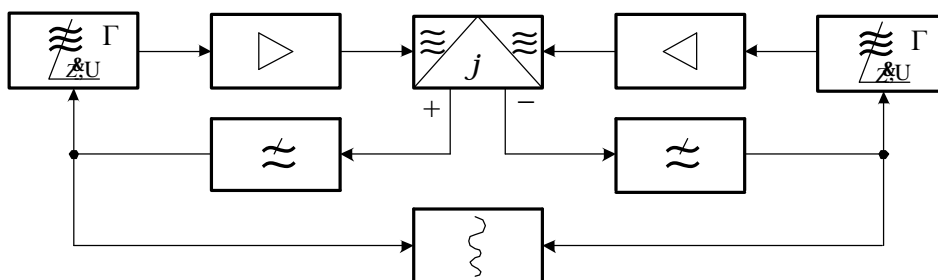


Рис. 2. Структурна схема модернізованого пристрою для вимірювання флуктуацій частоти високостабільного генератора

Для підвищення завадостійкості використано фільтр, виконаний на основі системи фазового автопідстроювання частоти. Схема складається з двох однакових генераторів, фільтрів нижніх частот і елементів керування частотою генераторів. До виходів фільтрів нижніх частот може бути під'єднаний самописець або вольтметр із симетричним входом. У режимі схоплення напруга на виході фільтрів пропорційна до сумарної флуктуації частоти.

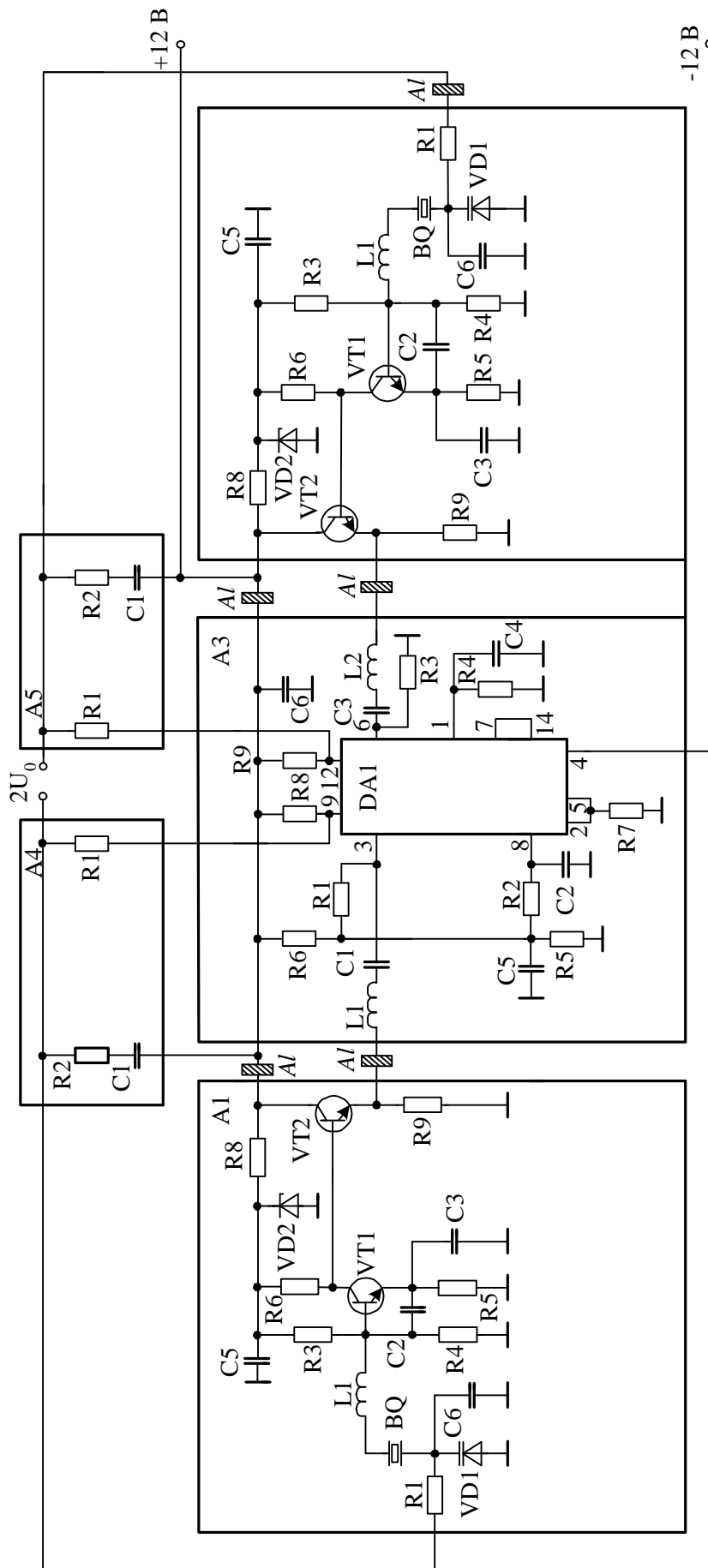


Рис. 3. Схема принципова електрична пристрою для визначення флуктуації частоти

Схема принципова електрична пристрою. Схема принципова електрична пристрою показана на рис. 3. Наведені для прикладу два автогенератори (модулі А1, А2) виконані на транзисторах VT1 за схемою емнісної триточки з кварцями BQ у колі зворотного зв'язку. Частотозадавальний коливальний контур утворений кварцем BQ, індуктивністю L1, варікапом VD1 і конденсаторами C2 та C3. Через емітерні повторювачі VT2 коливання генераторів подаються на входи балансного параметричного фазового детектора (А3, ІМС КР140МА1, виводи 3, 6), з виходу якого (виводи 9, 12) постійна складова і низькочастотна напруга через пропорційно-інтегрувальні фільтри (А4, А5) керує частотою автогенераторів.

Для придушення вищих гармонік частоти генераторів в типову схему ввімкнення ІМС [2] додано індуктивності L1 і L2, які разом з конденсаторами C1 і C3 утворюють послідовні коливальні контури з добротністю близько 7 і резонансом на основній частоті генерації.

Смуга утримання і стала часу фільтра системи фазового автопідстроювання частоти вибрані з умов власної нестабільності і частоти флуктуацій автогенераторів. Високоомний вольтметр або самописець з симетричним входом під'єднується до виходу $2U_0$.

Пристрій живиться від джерела напруги ± 12 В. Для живлення автогенераторів використано додаткові параметричні стабілізатори R8, VD2.

Розрахунок системи фазового автопідстроювання частоти. Максимальна напруга на виводі 9 або 12 ІМС становить 3 В при постійній складовій 9 В, тобто відносна зміна цих напруг дорівнює $\pm 0,33$. Позаяк ємність варікапів, що керують частотою генерації, обернено пропорційна до кореня з прикладеної напруги, то відносна зміна їх ємності становитиме $\pm 0,16$. Отже, згідно з принциповою схемою (рис. 3), для двох керованих генераторів максимально можлива смуга

утримання системи фазового автопідстроювання частоти дорівнює $\Omega_y = 2p \cdot 10^3 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$.

Для поліпшення завадостійкості системи фільтри нижніх частот необхідно виконати з найбільшою сталою часу t_ϕ . Зазвичай при таких вимогах збільшення ємності досягається увімкненням конденсатора фільтра між входом і виходом операційного підсилювача з великим коефіцієнтом передачі, але в цьому випадку це обмежено динамічним діапазоном підсилювача. Тому запропоновано пасивні RRC-пропорційно-інтегрувальні фільтри з максимальною конструктивно можливою сталою t_ϕ , яка обмежується струмом витoku конденсатора. Нормована стала часу вибраного поліетилентерефталатного конденсатора [3] більша за 3000 МОм·мкФ, що дало змогу одержати $t_\phi = 1500$ с. Варікапи, які під'єднуються до виходів фільтрів, мають зворотний опір 1500 МОм.

Мінімальна смуга утримання системи фазового автопідстроювання частоти визначається подвійною відносною похибкою кварцового генератора за частотою протягом 6 місяців після одногодинного прогріву. Згідно з [4] така похибка від одного генератора дорівнює $\frac{\Delta f}{f} = 5 \cdot 10^{-7}$.

Тому мінімально необхідна смуга утримання

$$\Omega_y = 2\pi \frac{2\Delta f}{f} = 2\pi \cdot 10 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$$

Для одержання такої смуги в автогенераторах паралельно до варікапів VD1 під'єднані конденсатори C6.

Оптимальним відношенням опорів у схемі пропорційно-інтегрувального фільтра [5]

$$m = \frac{R2}{R1} = \frac{1}{\sqrt{\Omega_y \tau_\phi}} = \frac{1}{100}$$

забезпечується мінімальна шумова смуга системи фазового автопідстроювання частоти

$$\Omega_{ш} = \frac{2\pi}{4m\tau_\phi} (1 + m^2 \Omega_y \tau_\phi) = 2\pi \cdot 0,16 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$$

При такій смузі вхідний фронт сигналу з тривалістю часу 40 с передається без спотворень.

Для унеможливлення зовнішньої взаємної кореляції між коливаннями кварцових генераторів конструкція пристрою передбачає розташування кварцових резонаторів у взаємно перпендикулярних площинах, а провідники модулів генераторів (зокрема загальний і провідник живлення) з'єднуються з провідниками модулів фазового детектора і фільтрів через алюмінієві пластини. Всі катушки індуктивності розміщено з умови мінімального зв'язку між ними.

Висновки. Запропонований пристрій практично використовувався як астрономічний приймач сигналів неелектромагнітного походження. Зокрема, ним фіксувався час дійсного сходу Сонця, який на 8 хвилин випереджає появу видимого зображення [6]. Моменти флуктуаційного розподілу змінювались не тільки від зовнішньої дії на кварцовий резонатор, але і на інші елементи схеми, що буде предметом подальших досліджень.

1. Мелень М.В., Когут В.М., Павлов Б.О. Дослідження діапазонних властивостей і схематична модернізація системи АПЧ надвисокочастотного генератора // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – Вип. № 618. – Львів, 2008. – С. 63 – 70. 2. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь. – 1990. – 496 с. 3. Постоянные конденсаторы: Справочный листок // Радио. – 1991. – № 7. – С. 71 – 74. 4. Частотомер электронносчётный ЧЗ-36. // Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – 1978. – 104 с. 5. Шахгильдян В.В., Ляховкин А.А. Системы фазовой автоподстройки частоты. Изд. 2-е, доп. – М., Связь, 1972. – 447 с. 6. Лаврентьев М.М., Гусев Е.А., Еганова И.А. и др. О регистрации истинного положения Солнца // Доклады Академии наук СССР: Физика. – 1991. – Т. 315. – № 2. – С. 368 – 370.

УДК 621.396.96

Д.О. Мимріков

Національний університет "Львівська політехніка"

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДАЛЬНОСТІ ДІЇ ТА ЧАСУ ОГЛЯДУ АКТИВНИХ І ПАСИВНИХ ЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

© Мимріков Д.О., 2010

Подано числові розрахунки та графічні залежності для максимальної віддалі дії та часу огляду активних і пасивних систем локації.

In the paper numerical calculations and graphical dependences of maximal distance and revisit time for active and passive location are presented.

Вступ. Перспективи використання активно-пасивних систем виявлення об'єктів та дослідження сцен [1], які дають змогу отримувати кутові координати, віддаль і швидкість об'єктів та характеризуються підвищенням потаємності, вимагають детального дослідження їх параметрів. Для будь-якої локаційної системи одними з важливих параметрів є максимальна віддаль дії виявлення об'єктів і час огляду заданого сектора.

Аналіз максимальної віддалі дії системи. Відомо, що максимальна віддаль дії системи активної радіолокації – це така віддаль, за якої забезпечується виявлення і визначення параметрів