

РАДІОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ

УДК. 621.396.67

Василь Голинський, Іван Прудіус, Володимир Сторож
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОЧАСТОТНИХ ТРАНЗИСТОРНИХ АВТОГЕНЕРАТОРІВ ТА АНТЕН-АВТОГЕНЕРАТОРІВ

© Голинський Василь, Прудіус Іван, Сторож Володимир, 2004

Наведено результати розробки та дослідження двочастотних транзисторних автогенераторів та антен-автогенераторів в синхронному та асинхронному режимах

Results of development and research of two-frequency transistor oscillators and antenna-oscillators in synchronous and asynchronous modes are reported

Вступ

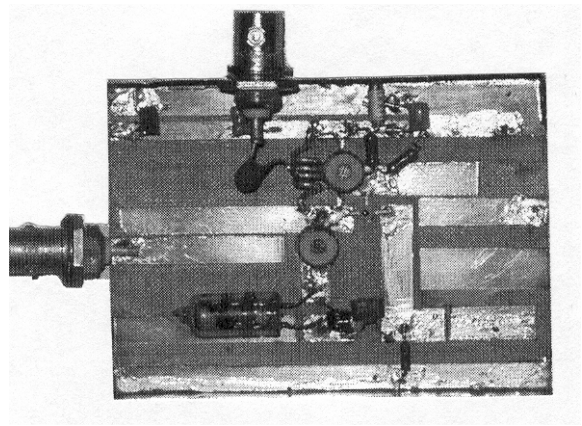
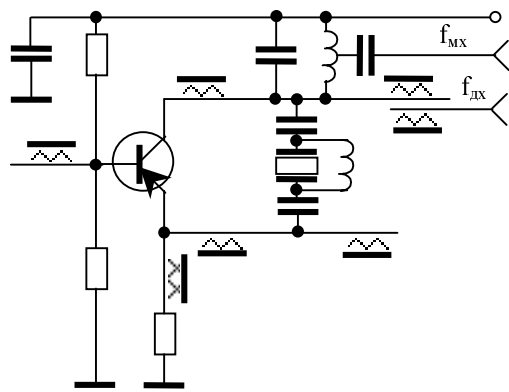
При теоретичних дослідженнях автоколивальних систем багатьма авторами [1, 2, 3] показана можливість існування такого режиму роботи автогенератора, за якого одночасно збуджуються коливання декількох частот. В [4] теоретично доведена можливість стійкої генерації двочастотних коливань діодним генератором при апроксимації характеристик діода поліномом 7-го степеня. Причому розглянуто режим асинхронного співіснування коливань зі співрозмірними частотами, а також шляхи його усунення як небажаного явища. В [5] наведено результати експериментальних досліджень діодного автогенератора в режимі, за якого співвідношення генерованих частот, що визначалися наявністю двох резонансних систем, дорівнювало двом.

У цій роботі подано результати розробки та досліджень двох типів двочастотних автоколивальних систем, у яких відношення генерованих частот не обов'язково дорівнює цілому числу, а саме: транзисторного автогенератора УВЧ-НВЧ діапазону та НВЧ транзисторних антен-автогенераторів.

Результати досліджень

Розроблено схему та топологію двочастотного автогенератора (рис. 1) на транзисторі 2Т 640А-2, який працює одночасно в метровому діапазоні (150 ... 200 МГц) з кварцовою стабілізацією і в дециметровому діапазоні (850 ... 1100 МГц). Схема автогенератора метрового діапазону хвиль аналогічна до схеми ВЧ кварцового автогенератора Баталера, оскільки відрізки смужкових ліній на цих частотах є звичайними провідними доріжками. Частота $f_{\text{мх}}$ визначається частотою кварцового резонатора, а частота $f_{\text{дх}}$ залежить від довжин відрізків смужкових ліній колиального контуру автогенератора. Експериментальні дослідження показали, що в такому автогенераторі можливі два режими роботи – синхронний та асинхронний.

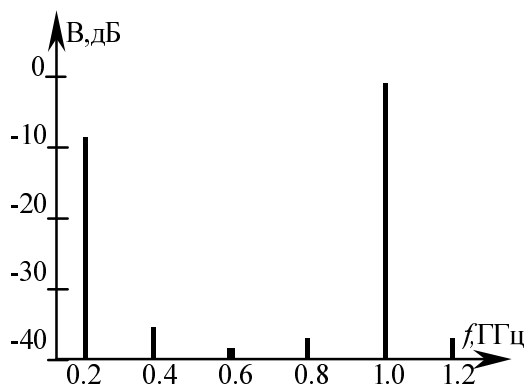
Досліджений за допомогою аналізатора С4-60 спектр показано на рис. 2. Як видно з цього рисунка, амплітуда складових спектра з частотами 0,2 МГц і 1 ГГц є визначальними і на 30 дБ перевищують складові на інших частотах. Вимірювання частоти коливань здійснювалося двома частотомірами типу ЧЗ-34А. При цьому один частотомір вимірював частоту коливань, що визначається кварцовим резонатором і дорівнює 200 МГц, а другий – частоту дециметрового діапазону, яка в синхронному режимі дорівнювала 1000 МГц. Досліджуючи вибіг частоти, встановлено, що він в синхронному режимі визначається кварцовим резонатором, а його характер для обох коливань є однаковий.



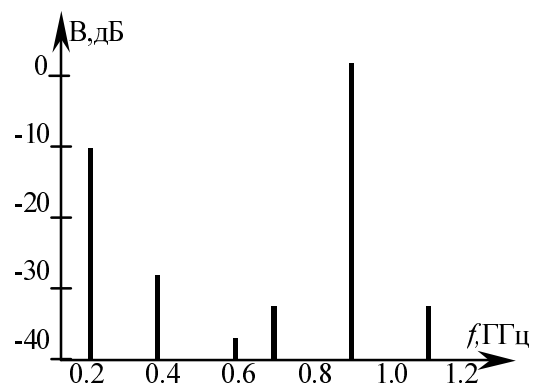
а)

б)

Рис. 1. Схема та конструкція досліджуваного двочастотного автогенератора



а)



б)

Рис. 2. Спектр двочастотного коливання: а – в синхронному режимі; б – в асинхронному режимі

Стабільність синхронного режиму перевірялась шляхом зміни напруги живлення. Цим методом була визначена смуга синхронізації. Експериментально встановлено, що за зміни напруги живлення в межах $\pm 1,5$ В відносно номінального значення 9 В, синхронний режим не порушується. Водночас коливання дециметрового діапазону синхронізуються п'ятою гармонікою коливань метрового діапазону. Ширина смуги синхронізації при цьому становить 5 МГц. Стабільність частот генерованих коливань в синхронному режимі за номінального значення напруги визначається кварцовим резонатором і становить $2 \cdot 10^{-6}$ в лабораторних умовах.

Режим асинхронних коливань для розробленого макета було досягнуто за частоти $f_{дх} \approx 900$ МГц. Встановлено, що спектр генерованих коливань змінюється (рис. 2, б), а саме – зростають рівні гармонічних складових з частотою коливань $f_{мх}$. Характер вибігу частоти у цьому режимі для обох коливань є різний. Досліджуючи стабільність частоти в асинхронному режимі встановлено, що для коливань дециметрового діапазону вона становить приблизно $1 \cdot 10^{-4}$, оскільки добротність її коливальної системи у смужковому виконанні невисока.

Наступний клас досліджуваних двочастотних генеруючих пристроїв – це антени-автогенератори (ААГ) [7] на основі друкованих резонаторних антен (ДРА). Особливістю ДРА, зокрема ДРА з випромінювачем прямокутної форми [8], є те, що при збудженні її в двох точках, які розташовані на взаємно перпендикулярних осях симетрії випромінювача, формуються два ортогонально поляризовані коливання з різними частотами. Ці коливання визначаються довжинами

сторін і в структурі випромінювача існують незалежно. При подачі високочастотного сигналу в точку, розташовану в області діагоналі прямокутного випромінювача, антена також випромінює два ортогонально поляризовані коливання на різних частотах, а за певного співвідношення між сторонами випромінюється коливання з коловою поляризацією.

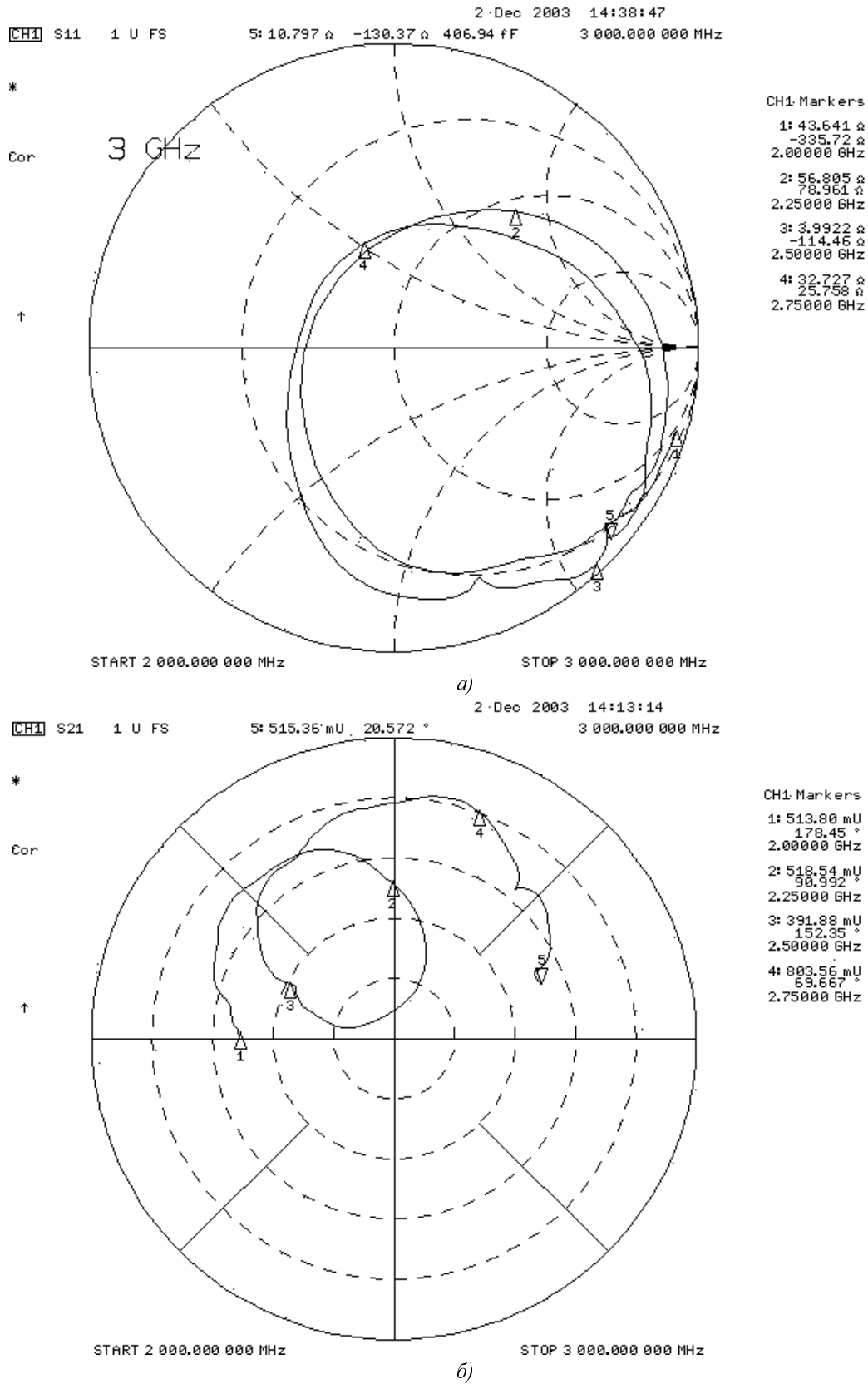


Рис 3. Результати дослідження друкованої резонаторної антени

Результати дослідження вхідного імпедансу ДРА, яка була використана для побудови ААГ, з розмірами випромінювача 34×42 мм, показані на рис. 3, а. Наведений характер частотної залежності вхідного імпедансу має місце при живленні антени в області діагоналі випромінювача ДРА. У цьому разі завдання узгодження ДРА з фідерною лінією не ставиться, оскільки для реалізації ААГ антена повинна мати комплексний опір. Як видно з рис. 4, а існують дві частоти 2.24 та 2.77 ГГц, – де вхідні імпеданси, виміряні відносно фідерної лінії з хвильовим опором 50 Ом, є комплексні і рівні між собою. Тому при увімкненні ДРА як схемного елемента автогенератора можливе виникнення коливань в області цих частот.

Ще однією особливістю конструкції ДРА є те, що вона може працювати як чотириполюсник з втратами, якщо точки збудження (вхід і вихід) розташувати по різні боки осей симетрії випромінювача. Втрати у цьому разі зумовлені переважно випромінюванням. Результати дослідження ДРА в режимі чотириполюсника показані на рис. 3, б. Частотна залежність коефіцієнта передачі S_{21} характеризується наявністю двох частот 2.2 та 2.62 ГГц, де модуль і фаза коефіцієнта передачі рівні між собою. Увімкнення ДРА в коло зовнішнього зворотного зв'язку підсилювача приводить до генерування і випромінювання двочастотних електромагнітних коливань із ортогональними поляризаціями в області цих частот.

Такі властивості ДРА дали змогу реалізувати двочастотну ААГ (рис. 4) на двох транзисторах і на одній ДРА, яка була використана для побудови двочастотного радіолокаційного датчика [9]. Сам випромінювач, який знаходиться з іншого боку друкованої плати, зображено пунктирною лінією. При цьому транзистори увімкнені на його ортогональних осях. Досліджуваний макет з розмірами випромінювача ДРА 34×42 мм забезпечує одночасно генерування і випромінювання на частотах $f_1=2,19$ та $f_2=2,6$ ГГц.

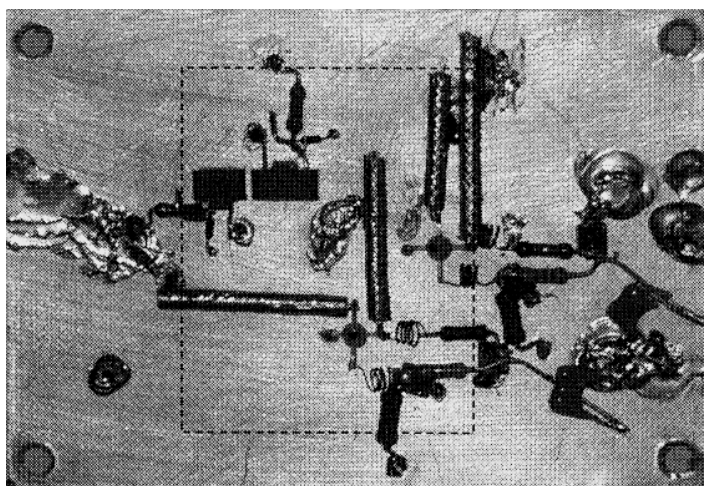


Рис. 4. Двочастотна ААГ на двох транзисторах

За увімкнення ДРА як двополюсника в схему автогенератора (рис. 5, а), коли колектор транзистора під'єднано до випромінювача в області діагоналі, також генеруються двочастотні електромагнітні коливання. Досліджуваний зріз ААГ виконано на фольгованому фторопласті завтовшки 1,5 мм (рис. 5, б). Для забезпечення режиму транзистора за постійним струмом випромінювач ДРА у точці, що знаходиться на перетині його діагоналей, з'єднано з екраном, що не впливає на параметри антени на робочих частотах.

Аналіз двочастотної ААГ на основі імітансного критерію стійкості було виконано з використанням S -параметрів транзисторів BFR 93A та MRF 941 і окремо виміряних параметрів (рис. 3) друкованої резонаторної антени. Точність апроксимації параметрів транзистора в досліджуваному діапазоні частот не гірша 1 %, параметрів ДРА – 2...3 %. Результати аналізу показані на рис. 6. Згідно з цими результатами у схемі, зображеній на рис. 5, коливання можливі на частотах 2,4 та 2,671 ГГц.

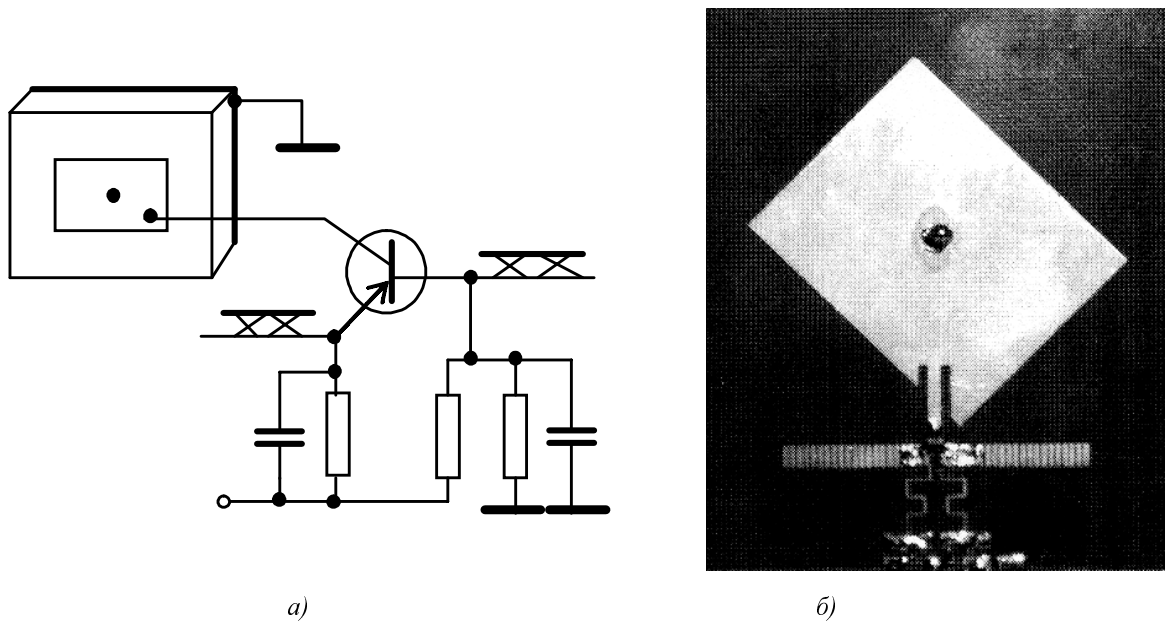


Рис. 5. Схема та конструкція двочастотної ААГ

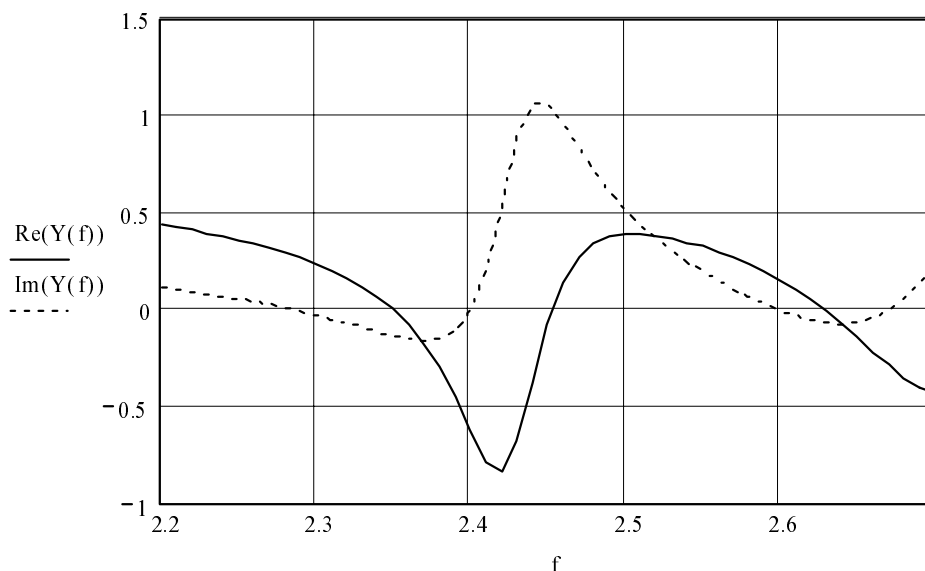


Рис. 6. Результати аналізу двочастотної ААГ

Ведучи експериментальні дослідження у схемі виникали стійкі коливання на частотах в області 2,2 та 2,7 ГГц, які випромінювались в ортогональних поляризаціях, що зумовлено орієнтацією випромінювача ДРА. У цьому разі має місце режим асинхронного співіснування коливань зі співрозмірними частотами. Проте слід зазначити, що цей режим є критичний щодо вибору довжин смужкових ліній у колі бази та емітера транзистора та режиму за постійним струмом.

Висновки

В роботі практично підтверджена можливість стабільної роботи автогенераторів та ААГ у двочастотному режимі. У разі двочастотного генератора в синхронному режимі забезпечується стабілізація частоти коливань дециметрового діапазону за рахунок синхронізації п'ятою гармонікою кварцового генератора метрового діапазону з незалежними виходами коливань обох діапазонів. В асинхронному режимі стабільність частот визначається добротністю відповідної коливальної системи.

Досліджуючи двочастотні ААГ (рис. 5), було досягнуто асинхронний режим коливань на близьких за значенням частотах. Використання двочастотної генерації в ААГ розширює їх функціональні можливості як приймально-передавальних модулів для радіолокаційних датчиків.

1. Ланда П.С. Автоколебания в распределенных системах. – М., 1983. 2. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания. – М., 1987. 3. Уткин Г.М. Автогенераторные системы и волновые усилители. – М., 1978. 4. Цараткин Д.П., Строганова Э.П. Асинхронные колебания в двухконтурном автогенераторе при аппроксимации вольт-амперной характеристики полиномом седьмой степени // Радиотехника и электроника. – 1981. – №11. 5. Оплексин Э.И., Рассохин С.С., Сметанин А.И. Экспериментальные исследования двухчастотного генератора на кремниевом ЛПД // Электронная техника. Электроника СВЧ. – 1987. – №5. 6. Голинский В.Д., Прудюс И.Н., Киселичник М.Д. СВЧ-генератор. АС СССР №1223324 А Бюл. №13. – 1986. 7. R.A. Abd-Alhameed, P.S. Excel and E. Elkhazmi desing of integratted-oscillator active microstrip antenna for 2,45 GHz // International Union of Radio Science XXVII General Assembly, Maastricht-2002, 17-24 aug 2002. 8. Нефедов Э.И. и др. Микроразомкнутые излучающие и резонансные устройства. – К., 1990. 9. Голинський В.Д., Прудюс І.Н., Сторож В.Г. Радіолокаційний датчик. Патент України №56686 А. – Бюл. №5. – 2003.

УДК 621.391

Володимир Донець, Юрій Туманов
ВАТ „Свемон-південь”, дирекція
ЗАТ „Київстар”, дирекція

ОПТИМАЛЬНА ЗА ШВИДКОДІЄЮ СИСТЕМА ФАПЧ З АКТИВНИМ ФНЧ І АКТИВНИМ ВЕДЕНИМ ТАКТОВИМ ГЕНЕРАТОРОМ

© Донець Володимир, Туманов Юрій, 2004

Розроблено оптимальну за швидкодією СФАПЧ, об'єкт управління якого подано в вигляді математичної моделі у формі неоднорідного диференційного рівняння другого порядку.

Побудовано алгоритм управління, проаналізовано тривалість оптимального за швидкодією режимів перехідних процесів; динаміку структури фазових траєкторій в топологічному стані оптимальної системи.

In this article the phase-locked loop, object of control is developed optimal on speed which represented by the way to mathematical model as an inhomogeneous differential second-kind equation.

Construction of the control algorithm, analysis of duration optimal on speed of transient modes; the dynamics of phase trajectories structure in a topological status of the optimal system.

Вступ

Математичні методи оптимальних управлінь широко відомі в літературі, наприклад в [1–5], але різноманіття фізичних об'єктів із своїми особливостями спонукають до все нових досліджень з метою удосконалення і визначення їх специфіки.

Такими технічними об'єктами можуть бути мережі синхронізації телекомунікацій і інформатизаційних інфраструктур, важливим обладнанням яких є ведені пристрої синхронізації (ВПС).

ВПС переважно використовують як бази системи фазового автопідстроювання частоти (СФАПЧ).