**Костік Богдан Ярославович. Теорія та практика оптимальних за швидкодією управлінь веденими пристроями синхронізації телекомунікаційних мереж з фазовим автопідстроюванням частоти : Дис... д-ра техн. наук: 05.12.02 / Державний ун-т інформаційно- комунікаційних технологій. — К., 2005. — 276арк. : рис. — Бібліогр.: арк. 252-269.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Костік Б.Я. Теорія та практика оптимальних за швидкодією управлінь веденими пристроями синхронізації телекомунікаційних мереж з фазовим автопідстроюванням частоти. – Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, 2004.  Дисертація присвячена розробці, дослідженню та аналізу оптимальних за швидкодією періодичних по фазовій координаті управляючих збуджень веденими пристроями синхронізації телекомунікаційних мереж (ВПС ТКМ). Висвітлені проблеми побудови мереж синхронізації. Розроблено експериментально-аналітичний метод розрахунку рівнів ієрархії мереж синхронізації. Складені та проаналізовані математичні моделі виділених пристроїв синхронізації ТКМ з фазовим автопідстроюванням частоти, проведено їх нормування та еквівалентні перетворення. Вперше запропоновані різні структурні схеми і представлення коливального об’єкту управління в вигляді комбінаційного з’єднання типових ланцюгів першого порядку. Сформульовані і доказані основні теореми оптимальних за швидкодією періодичних по фазовій координаті управляючих збуджень та побудови їх топологічної структури фазових площин. Проаналізовані оптимальні за швидкодією режими перехідних процесів ВПС ТКМ. Виконано синтез і технічну реалізацію розроблених алгоритмів управління. На основі встановлених закономірностей створена дослідницька ділянка і проведено виміри частотно-часових характеристик розроблених експериментальних зразків ВПС ТКМ.  Захищається 41 наукова праця (1 монографія, 1 навчальний посібник, 21 стаття у наукових фахових виданнях, 3 патенти України на винаходи, 1 стаття у науковому журналі, 14 матеріалів та праць міжнародних науково-технічних конференцій, в яких розроблені теоретичні основи та технічні додатки оптимальних за швидкодією періодичних по фазовій координаті управлінь веденими пристроями телекомунікаційних мереж). | |
| |  | | --- | | У дисертації теоретично узагальнена і розв’язана наукова проблема, що має важливе значення в галузі технічних наук і заключається в оптимальному за швидкодією періодичному в залежності від фазової координати управлінні повним і консервативним коливальними об’єктами, поведінка яких описується неоднорідними диференціальними рівняннями другого порядку. З точки зору технічних додатків в роботі вперше розроблена теорія, а її результати і висновки втілені в практику наношвидкодіючих управляючих збуджень ВПС сучасних ТКМ і інфраструктур з фазовим автопідстроюванням частоти.  Проблема дисертаційної роботи вирішена повністю, як теоретично, так і практично, її основні результати і висновки опубліковані. Оригінальність розробленого апаратурного обладнання оптимальних ВПС ТКМ захищено патентами України. Воно успішно пройшло лабораторні і натурні експерименти на організованій дослідній ділянці ДПМ ВАТ "Укртелеком", на що є відповідні акти.  Найбільш істотні наукові і практичні результати дисертаційної роботи можна сформулювати так:  1. Вперше обґрунтована та розроблена теорія оптимальних за швидкодією управлінь у вигляді доказаних теорем, кількісних і якісних співвідношень і залежностей, що дозволяють на їх базі реалізувати нові методи побудови періодичних в функції фазової координати управляючих збуджень ВПС ТКМ з використанням розроблених швидкодіючих систем з фазовим автопідстроюванням частоти, зокрема:  – формалізована математична постановка задачі оптимального за швидкодією періодичного управління коливальними об’єктами з врахуванням двох параметрів управління: власне періодичного по фазовій координаті об’єкту і самого періоду процесу;  – сформульовані та доказані основні теореми оптимального за швидкодією періодичного по фазовій координаті управляючого збудження про його єдиність і періодичність в функції часу;  – отримані математичні співвідношення, які визначають оптимальні алгоритми управління та дозволяють розрахувати всі показники динаміки і статики об’єктів управління, находити структури оптимальних фазових траєкторій в топологічному стані ВПС, знайти синтезуючу функцію управління, по якій можна реалізувати суб’єкт управління в вигляді обчислювального пристрою.  2. Узагальнені проблеми та обґрунтовано вибір побудови мереж синхронізації інформатизаційних інфраструктур на регіональному, національному і глобальному рівнях. Проведено концептуальне визначення національної мережі синхронізації України як єдиної, ієрархічної, з примусовим управлінням "ведучий-ведений" по принципу "зверху до низу", а також такої, яка використовує в якості транспортної первинної телекомунікаційної мережі технології синхронної цифрової ієрархії (SDH) та в якій тактові синхросигнали виділяються із оптичних групових трактів STM-N. Запропонована стратегія використання повністю плезіохронної структури мережевої синхронізації при об’єднанні інформаційних мереж України в національні інформатизаційні інфраструктури і подальшому інтегруванні їх в європейську та глобальну інформатизаційні інфраструктури.  3. Розроблено експериментально-аналітичний метод розрахунку числа рівнів ієрархії МС, який використовує тільки два основних показника із п’яти, що рекомендують стандарти міжнародних організацій ITU-T і ETSI для оцінки характеристик стабільності часу і частоти, а саме часову дисперсію TVAR і максимальну похибку часового інтервалу MTIE. Обґрунтовано методику розрахунку числа рівнів ієрархії, яка зводиться до порівняння отриманих експериментальних даних з нормативними параметрами, що розраховані по формулам рекомендованим міжнародними організаціями. Розроблено процедуру аналітичного розрахунку параметрів, при якій вихід будь-якого із них за рамки масок, обумовлює зміну архітектури МС і повторення процесу ітераційного наближення значень отриманих показників якості до значень нормативних параметрів.  4. Розглянуті та проаналізовані математичні моделі ВПС ТКМ з фазовим автопідстроюванням частоти: узагальнена модель і структурна схема об’єкту управління, встановлені формули переходу між різними формами запису матмоделей, матриці еквівалентного перетворення диференціальних неоднорідних рівнянь до канонічної форми, нормування математичних моделей об’єктів управління ВПС, отримані рівняння фазових траєкторій на площині координат об’єкту для консервативного і повного коливальних об’єктів ВПС шляхом заміни змінних. Вперше поставлені і розв’язані задачі аналітичного еквівалентного перетворення математичних моделей поведінки КОУ і представлення їх структур в вигляді з’єднання типових ланцюгів першого порядку: для повного КОУ в вигляді двох умовних аперіодичних послідовно з’єднаних ланцюгів першого порядку, які охоплені жорстким від’ємним зв’язком; а для консервативного КОУ – двома ідеальними інтегральними ланцюгами з жорстким від’ємним зворотнім зв’язком. Розроблені структурні схеми цих перетворень.  5. Розроблено теорію оптимального за швидкодією управління ВПС ТКМ з фазовим автопідстроюванням частоти. Сформульовані і доказані основні теореми оптимального за швидкодією періодичного по фазовій координаті управляючого збудження про його єдиність і періодичність в часі. Формалізована математична постановка задачі оптимального за швидкодією періодичного управління КОУ з врахуванням двох параметрів управління: власне періодичного по фазовій координаті об’єкту і його періоду. Експериментально досліджені оптимальні за швидкодією періодичні по фазовій координаті управляючі збудження повним КОУ.  6. Проаналізовані оптимальні за швидкодією режими перехідних процесів ВПС МС з фазовим автопідстроюванням частоти. Показано, що аналітичним методам заважають невизначеність числа періодичних управляючих збуджень, а також практична неможливість опису зображення оптимальних ліній переключення з допомогою аналітичних розрахунків. Запропонована принципова можливість визначення характеру режимів перехідних процесів в ВПС з КОУ за допомогою графічного методу "віяла січних". Побудовано алгоритм цього методу, з допомогою якого розраховані такі важливі кількісні показники перехідних процесів як швидкість та точність досягнення статичного стану, частота коливань та декремент загасання.  Запропоновано та реалізовано графо-аналітичний метод і розроблено алгоритм його реалізації, який базується на комплексному використанні приблизного розв’язку рівнянь в кінцевих різницях, методу "віяла січних", принципу максимума і методу фазової площини в сукупності з методом зворотного руху. Установлено, що з допомогою цього методу можна одночасно побудувати траєкторії всіх координат системи і отримати лінії переключення.  7. Запропоновані та проаналізовані нелінійні задачі теорії коливань з використанням поняття граничних циклів та принципу максимума, а також закладені основні положення математичної теорії дослідження об’єктів управління з спеціальними характеристиками: об’єкти є коливальними, а їх управляючі збудження є періодичними в функції фазових координат; режим роботи в статиці – примусові коливання. Отримані рівняння оптимальних фазових траєкторій консервативного КОУ та здійснено геометричний розв’язок у вигляді словесного алгоритму і його графічного представлення побудови фазового портрету. Сформульовані і доказані основні теореми про закінчення припустимих фазових траєкторій на єдиній ЗКГЦ. Установлено, що при існуванні оптимального за швидкодією управління КОУ усі граничні цикли є оптимальними і єдиними. Визначені умови оптимальності фазових траєкторій оптимальних за швидкодією управлінь.  8. Обґрунтовано та практично реалізовано експертно-аналітичний метод синтезу оптимальних періодичних управляючих збуджень, ідея якого заключається в переході від функції управління в часі до функції управління в фазовому просторі. Аналітична частина цього методу зводиться до отримання рівняння оптимальної за швидкодією лінії переключення управляючих збуджень; а експертна – до ув’язки оптимального управляючого збудження з однією із фазових координат КОУ і підстановки його в рівняння лінії переключення з метою отримання закону управління і визначення її знаків зліва і справа від лінії переключення управляючого збудження. Сформульована і доказана теорема про існування функції управління в фазовому просторі КОУ, яка забезпечує найскоріший рух ВТ від початкового її стану до точки на ЗКГЦ в кожний момент часу в залежності від її координат в фазовому просторі.  9. Розроблені наношвидкодіючі системи синхронізації з фазовим автопідстроюванням частоти, а також проведені лабораторні та натурні експериментальні дослідження розроблених ВПС з фазовим автопідстроюванням частоти на створеній дослідній дільниці для вимірів і досліджень частотно-часових характеристик цифрових пристроїв, систем, мереж телекомунікацій в ЛАЦ ЦПМ-11 ДПМ ВАТ "Укртелеком" з використанням користувальницького сегменту Глобальної системи навігації і визначення положення (GPS). Запропоновані та практично використані схеми методів досліджень, вимірювань і обробки отриманої інформації якісних показників ВПС ТКМ. Розробленні ВПС ТКМ, які забезпечують відповідність міжнародним стандартам, що пред’являються документами організацій ITU-T та ETSI. | |