**Тріска Наталія Романівна. Оцінювання стану цифрових трактів за показниками фазових спотворень: дис... канд. техн. наук: 05.12.13 / Державний комітет зв'язку та інформатизації України. - К., 2004**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Тріска Н.Р. Оцінювання стану цифрових трактів за показниками фазових спотворень.** – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій. – Український науково-дослідний інститут зв’язку, Київ, 2004.  Дисертацію присвячено розробці принципів контролю якості передачі в цифрових трактах за показниками фазових спотворень – джитеру та вандеру. На основі проведеного аналізу причин та розробленої класифікації фазових спотворень висунуто гіпотезу про можливість ідентифікації джерел фазових спотворень шляхом оцінювання їх числових характеристик в частотній і часовій областях.  Розроблено математичні моделі фазових спотворень на основі теорії модуляції та теорії випадкових процесів. Теоретичний аналіз даних моделей і проведені експериментальні дослідження показали, що застосування класичних методів спектрального та статистичного аналізу принципово підтверджує можливість ідентифікації джерел фазових спотворень. На основі проведеного аналізу причин фазових спотворень та методів їх оцінки в частотній і часовій областях запропоновано використовувати в якості діагностичного параметру для оцінювання стану цифрових трактів широко відомий параметр MTIE, який характеризує розподіл розмахів фазових відхилень в залежності від тривалості інтервалів спостереження .  Сформульовано загальні властивості функції МТІЕ(t) і встановлено можливість ідентифікації за характером цієї функції детермінованих складових фазових спотворень (початкового зсуву і лінійного дрейфу частоти, а також періодичних складових). Цей результат підтверджено шляхом імітаційного моделювання на ЕОМ. В результаті порівняльного аналізу методів розрахунку МТІЕ встановлено, що необхідною умовою ідентифікації характеру фазових спотворень за результатами обчислення МТІЕ є рівномірна шкала інтервалів спостереження t. Для практичних випадків розроблено адаптивний метод обчислення МТІЕ. | |
| |  | | --- | | Сукупність наукових положень, сформульованих і обгрунтованих у дисертаційній роботі, вирішує задачу підвищення ефективності оцінювання стану цифрових трактів в системах передачі ПЦІ/СЦІ шляхом розробки та впровадження методів аналізу показників фазових спотворень в частотній і часовій областях. В ході дослідження одержано наступні теоретичні і науково-практичні результати.  1. Фазові спотворення в цифровому обладнанні (джитер і вандер) виникають внаслідок нестійкої роботи окремих вузлів, дефектів розробки, бувають зумовлені зовнішніми впливами або процесами внутрішньої деградації. Проведений аналіз та розроблена класифікація фазових спотворень (за критеріями частоти, походження та методу оцінки) дозволили висунути робочу гіпотезу про можливість ідентифікації джерел фазових спотворень шляхом оцінювання їх числових характеристик і поставити задачу пошуку можливих алгоритмів такої ідентифікації.  2. Згідно з розробленою математичною моделлю паразитна модуляція цифрового сигналу (джитер і вандер) в елементах цифрового тракту розглядається як лінійна фазо-імпульсна модуляція (ФІМ). Встановлено, що різниця між ФІМ-1 і ФІМ-2 в даному випадку є несуттєвою. Спектральний аналіз показав, що спектр ФІМ сигналу містить корисну складову, яка відображає модулюючий сигнал (функцію фазових спотворень) і може бути виділена при демодуляції. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що принцип демодуляції ФІМ сигнала може використовуватись для виявлення причин фазових спотворень тільки в низькочастотній частині спектру (діапазон частот “на границі” джитера і вандера), яка є чутливою до зовнішніх впливів і “прозорою” для модулюючих сигналів різної форми. На більш високих частотах зовнішній джитер практично повністю придушується приймальною частиною обладнання.  3. Введено модель складного цифрового тракту як послідовності перетворювачів сигналу довільного виду. Кожен з них діє як генератор фазових спотворень та лінійна ланка типу ФНЧ. Виміряна функція фазових спотворень (демодульований ФІМ сигнал) на виході цифрового тракту представляє результат додавання лінійно перетворених часових завад і містить всю інформацію про модулюючий сигнал. Цю функцію представлено у вигляді зваженої суми випадкових величин. В результаті статистичної обробки експериментальних даних встановлено, що ця сума розподілена за нормальним законом. Це дозволяє використовувати відомі властивості нормального розподілу для оцінки тенденцій фазових спотворень.  4. Вплив різних джерел фазових спотворень можна розглядати як суму випадкових процесів, які впливають на цифровий сигнал при проходженні по тракту. Тому процес зміни помилки часового інтервалу TIE *x*(t) представлено як адитивний нестаціонарний випадковий процес, тобто як суму випадкової та детермінованої складових.  5. Проведені дослідження показали, що для оцінювання інформаційного змісту краще використовувати параметри фазових спотворень в часовій області. В якості діагностичного параметру для ідентифікації фазових спотворень обрано функцію максимальної помилки часового інтервалу (MTIE – Maximum Time Interval Error), яка широко використовується на практиці для атестації якості сигналів синхронізації та оцінки робочих сигналів. Функція МТІЕ Z(tn) характеризує розподіл розмахів фазових відхилень в залежності від тривалості інтервалів спостереження . За сукупністю своїх властивостей функція МТІЕ відноситься до класу функцій розподілу.  6. В результаті теоретичного аналізу та імітаційного моделювання доведено можливість ідентифікації фазових спотворень в досліджуваному цифровому сигналі за характером залежності параметру MTIE від інтервалу спостереження t. Зокрема, встановлено наступне.  При наявності початкового зсуву частоти досліджуваного цифрового сигналу (що відповідає лінійній функції часових відхилень ТІЕ) величина МТІЕ Z(tn) лінійно зростає прямо пропорційно інтервалу спостереження t (незалежно від знаку зсуву частоти). При цьому функція МТІЕ має такий самий нахил, як і початкова залежність фунції ТІЕ від часу. Отже, початковий зсув частоти може бути ідентифікований за лінійним характером графіку функції МТІЕ Z(tn).  Для будь-якої монотонної функції часових відхилень ТІЕ (зростаючої або спадаючої, випуклої або увігнутої) обчислення МТІЕ дає монотонно зростаючу увігнуту функцію. Це, зокрема, стосується і випадку лінійного дрейфу частоти досліджуваного цифрового сигналу (що відповідає квадратичній функції часових відхилень ТІЕ). У випадку лінійного дрейфу частоти “вверх” функції МТІЕ і ТІЕ є взаємно оберненими, тобто графік функції МТІЕ Z(t*n*) представляє зеркальне відображення початкової залежності фунції ТІЕ *х*(*t*) від часу. Це дозволяє розробити відповідний алгоритм перевірки припущення про наявність в цифровому тракті лінійного дрейфу частоти і оцінювання його величини.  Наявність постійних складових функції МТІЕ є ознакою періодичності початкової функції часових відхилень ТІЕ.  7. В результаті порівняльного аналізу методів розрахунку МТІЕ встановлено, що необхідною умовою ідентифікації характеру фазових спотворень за результатами обчислення МТІЕ є рівномірна шкала інтервалів спостереження t. Для практичних випадків, коли необхідно обробляти виборки значень *x*i великого об’єму, розроблено адаптивний метод обчислення МТІЕ.  8. Таким чином, отримані в роботі результати можуть стати підґрунтям конкретних інженерних рішень для раннього виявлення пошкоджень та тенденцій, що ведуть до зниження якості передачі в цифрових трактах, за показниками фазових спотворень. Проведені дослідження сприяли розширенню наукових уявлень про інформаційний зміст фазових спотворень. Одержані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях процесів виникнення фазових спотворень і їх впливу на якість передачі, а також при оптимізації існуючих методів розрахунку параметру МТІЕ. Результати теоретичних досліджень та адекватність обраних математичних моделей отримали експериментальне підтвердження. | |