

# ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора  
Климаша Михайла Миколайовича на дисертацію  
Руденко Наталії Вікторівни “Методика підвищення точності  
параметрів системи управління функціональними процесами  
телекомунікаційних систем на основі траєкторії коренів”, подану на  
здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за  
спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

## Наукова новизна та основні результати дисертаційної роботи

Метою дисертаційної роботи є розробка методики підвищення точності параметрів систем управління функціональними процесами телекомунікаційних систем і мереж, для отримання необхідних рівнів показників.

**Об'єкт дослідження** – процес управління функціональними процесами телекомунікаційних систем.

**Предмет дослідження** – моделі й методи динамічного автопідстроювання характеристик телекомунікаційних систем і мереж.

**Наукова новизна одержаних результатів** роботи за розробленою методикою полягає у наступному:

*вперше розроблені:*

методика підвищення точності динамічних характеристик телекомунікаційних систем і мереж доступу до розподілених баз даних, яка відрізняється від відомих тим, що використовує метод побудови систем фазової автопідстройки динамічних характеристик з неодиничним зворотнім зв'язком. Запропонована методика дозволяє підвищити точність компенсацій збурень при зменшенні перехідних процесів.

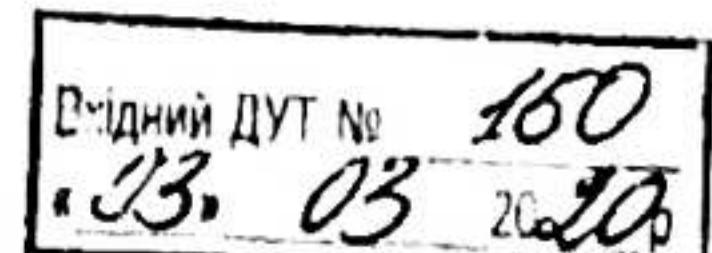
методику синтезу систем фазової автопідстройки динамічних характеристик телекомунікаційних систем, яка на відміну від існуючих має у своєму складі маштабуючі пристрой. Запропонована методика дозволяє зменшити похибку у трактах обміну даних в телекомунікаційних мережах.

*удосконалено:*

методику синтезу систем фазової автопідстройки динамічних характеристик телекомунікаційних систем, яка відрізняється від подібних тим, що ґрунтуються на алгоритмі синтезу послідовних коригуючих пристрой з використанням кореневого годографа. Дані методика дозволяє автоматизувати функціональне завдання з керування телекомунікаційних систем переробки інформації та управління.

*дістав подальшого розвитку:*

метод компенсації відхилень динамічних характеристик телекомунікаційних систем з диференціальним і нелінійним зворотними зв'язками, який на відміну від існуючих ґрунтуються на побудові систем фазової автопідстройки з послідовним диференціюючим й інтегруючим коригуючим пристроєм, що дозволило підвищити точність обробки керуючих сигналів.



## **Актуальність теми дисертації.**

Телекомунікаційні системи і мережі складають основу сучасного доступу до різноманітних інформаційних ресурсів та мають безліч динамічних характеристик, флюктуація яких є реакцією системи на зовнішні збурення. Таким чином одним із основних напрямів розробки теоретичних і прикладних основ побудови телекомунікаційних технологій є розвиток систем фазової автопідстроїки показників динамічних характеристик. Системи фазового автопідстроювання (ФАП) широко використовуються в телекомунікаційних системах, сучасних системах мобільного та електрозв'язку для реалізації різноманітних функцій, включаючи обробку та управління сигналами, відновлення несучої та тактової частоти, генерацію частоти, синтез частот.

Однією з основних проблем сучасної теорії ФАП є проблема підвищення їх якості в статичних та перехідних режимах роботи. Основними показниками якості системи ФАП є точність в усталених (синхронних) режимах і швидкодія при ступінчастій зміні різниці фаз двох порівнюваних по фазі напруги. Основна вимога до системи ФАП, полягає в тому, щоб відхилення керованої величини (фази вихідного сигналу системи ФАП) від необхідного значення як в перехідному, так і в сталому режимах роботи було можливо малим. Чим повніше в системі ФАП скомпенсований вплив збуджуючий впливів і точніше відтворюється задаючий вплив, тим досконаліша система ФАП.

Тема дисертаційної роботи присвячена дослідженню і розробці системи динамічного автопідстроювання характеристик телекомунікаційних систем для отримання необхідних показників, розв'язанню задачі підвищення точності і швидкодії системи ФАП в статичних і перехідних режимах за допомогою коригувальних пристрій, тобто поліпшення основних показників якості і тому є актуальною.

Відомі способи зменшення сталої помилки системи ФАП мають один істотний недолік, що полягає в тому, що в системах ФАП з управлінням по відхиленню є протиріччя між умовами підвищення точності в сталому і перехідному режимах. Це пояснюється тим, що в одноконтурних системах ФАП з принципом управління за відхиленням не вдається отримати значного зменшення усталеною помилки, за рахунок коефіцієнта посилення, тому що зі збільшенням коефіцієнта посилення зменшується запас стійкості системи ФАП, перехідний процес стає слабо загасаючий, тобто збільшується перехідна складова помилки.

Таким чином, актуальним науковим завданням є розробка методики підвищення ефективності функціонування телекомунікаційних систем шляхом підвищення параметрів систем управління на основі траєкторії коренів.

## **Загальна характеристика дисертаційної роботи**

Дисертація складається з чотирьох розділів, в яких логічно, послідовно, з вичерпною повнотою та на високому науково-технічному рівні викладено сутність виконаних досліджень і отриманих наукових результатів.

В першому розділі проведено аналіз телекомунікаційних систем, ставиться і вирішується завдання з підвищення точності систем ФАП в стаціонарних режимах за допомогою непоодиноких зворотних зв'язків, досліджується їх вплив на перехідний процес і можливість підвищення порядку астатизму на два порядки. Пропонується методика синтезу масштабуючих пристрій в статичній та астатичній системах ФАП. Розглядається можливість використання диференціальних зв'язків по фазі вхідного сигналу для підвищення точності в усталених режимах і досліджується можливість використання нелінійного зворотного зв'язку.

У другому розділі вирішується задача синтезу коригувальних пристрій (КП) з умови підвищення точності і швидкодії: корекція системи ФАП за допомогою фазо випереджаючого КП постійного.

Вперше для підвищення показників якості системи ФАП розроблена методика синтезу послідовних коригуючих пристрій постійного струму, застосовуваних раніше для САУ.

У третьому розділі розглядаються системи ФАП другого і третього порядків, які найбільш часто зустрічаються на практиці і вирішується завдання синтезу коригувальних пристрій з умови забезпечення необхідних показників якості. Досліджується стійкість систем ФАП і визначаються межі стійкості. Будуються області стійкості в просторі параметрів методом D-розбиття.

Перевагою методу траєкторій коренів є велика наочність, простота дослідження впливу окремих параметрів на динаміку системи ФАП, можливість синтезу і оцінки показників її якості, а також побудова кривих перехідного процесу і частотних характеристик без застосування допоміжних графіків, номограм і таблиць. При використанні методу траєкторій коренів зазвичай один з параметрів розімкнутої системи ФАП вважають, що змінюється і будують на комплексній площині криві, що показують, як змінюються корені характеристичного рівняння, тобто будують кореневі годографи (траєкторії коренів).

У цьому розділі досліджуються системи ФАП другого і третього порядків, які найбільш часто зустрічаються на практиці, і вирішується завдання синтезу коригувальних пристрій за заданими показниками якості.

Вирішена задача побудови траєкторій коренів в системі ФАП другого і третього порядків з урахуванням особливостей функціонально необхідних елементів.

Показано, що метод траєкторій коренів дозволяє оцінити вплив того чи іншого параметра замкнутого контуру системи ФАП на її показники якості.

З огляду на те, що в астатичній системі ФАП з астатизмом першого порядку постійна часу фільтра значно більше постійної часу підсилювача-перетворювача ( $T_F \gg T_{\text{ПП}}$ ), в характеристичному рівнянні системи ФАП завжди можна вибрati

пару комплексно спряжених коренів, які визначають її динаміку. У розділі наведено залежності перерегулювання, часу регулювання і показника коливальності від коефіцієнта демпфірування і визначені перераховані вище показники. Знаючи траєкторії коренів характеристичного рівняння замкнутої системи ФАП, визначено криву перехідного процесу.

Запропоновано методику синтезу коригувального пристрою системи ФАП за заданими показниками якості за допомогою методу траєкторій коренів. Показано, для конкретної системи ФАП, що введення послідовного КП в замкнутий контур управління дозволяє підвищити точність в усталеному режимі і покращити якість перехідного процесу вихідної системи. Введення послідовного КП в замкнутий контур управління дозволяє підвищити точність в усталеному режимі і поліпшити якість перехідного процесу. Порівняння показує, що тривалість ( $t_{PCK}=0,6c$ ) перехідного процесу в скоригованій системі ФАП зменшується в порівнянні з тривалістю ( $t_P=1,8c$ ) в нескорегованій системі в  $t_P/t_{PCK}=1,8/0,6=3$  рази.

Досліджено стійкість системи ФАП і знайдені області стійкості на площині параметрів  $T_F$  і  $T_{pp}$  при  $K_p=\text{const}$  і отримано рівняння, що описує межу стійкості. Аналогічно знайдені аналітичні вирази і побудовані граници стійкості в області двох параметрів  $K_p$  і  $T_F$  при  $T_{pp}=\text{const}$  (або  $K_p$  і  $T_{pp}$  при  $T_F=\text{const}$ ).

В четвертому розділі розглядаються особливості побудови цифрових систем і вирішується завдання визначення операторів системи ФАП в розімкнутому стані і щодо помилки.

Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну і практичну цінність досліджень.

Список використаних джерел та посилань на них у тексті дисертації свідчить, що під час роботи було проаналізовано всі сучасні результати наукових досліджень провідних вчених світу.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи достатньо висвітлені в публікаціях фахових наукових журналів та на науково-технічних міжнародних конференціях.

Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну і практичну цінність досліджень.

Список використаних джерел та посилань на них у тексті дисертації свідчить, що під час роботи було проаналізовано всі сучасні результати наукових досліджень провідних вчених світу.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи достатньо висвітлені в публікаціях фахових наукових журналів та на науково-технічних міжнародних конференціях.

### **Методи досліджень, використані в дисертаційній роботі**

Для вирішення поставлених в дисертаційній роботі задач використані наступні методи: теорія інформації; методи аналізу інформаційних та телекомунікаційних систем і мереж; спектральний метод вирішення неоднорідних диференціальних рівнянь; теорія інваріантності; методи вирішення різницевих рівнянь при програмній реалізації окремих пристрій; моделювання на ЕОМ, методи теорії автоматичного управління (метод простору станів, кореневого годографа та ін.).

## **Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами та темами**

Обраний напрям досліджень відповідає тематиці науково-дослідних робіт, виконаних у Державному університеті телекомунікацій, а саме: «Розробка моделі багато супутникової низькоорбітальної системи ДЗЗ подвійного призначення» (Державний університет телекомунікацій, м. Київ, 2014 – 2016 р., № ДР 0114U000389).

Результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій.

## **Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій**

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі, досягаються ретельним багатостороннім системним аналізом реально існуючих процесів у сфері телекомунікацій взагалі та в об'єкті дослідження зокрема. Коректне використання методів досліджень та математичного апарату підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення, імітаційного моделювання, а також практичними результатами, які відображені в актах впровадження.

## **Наукове і практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі**

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи реалізовано в рамках виконання науково-дослідної роботи : «Розробка моделі багато супутникової низькоорбітальної системи ДЗЗ подвійного призначення» (Державний університет телекомунікацій, м. Київ, 2014 – 2016 р., № ДР 0114U000389) та використовуються в навчальному процесі Державного університету телекомунікацій.

## **Зауваження до дисертації**

1. В дисертації недостатньо розкрито метод побудови систем фазової автопідстройки динамічних характеристик з неодиничним зворотнім зв'язком.
2. В роботі не розглянуто адаптивних систем фазового автопідстроювання, що є важливим для сучасних телекомунікаційних систем.
3. В дисертації недостатньо висвітлені умови проведення моделювання.
4. В третьому розділі роботи розглядаються системи ФАП другого і третього порядків і вирішується завдання синтезу коригувальних пристрій з умови забезпечення необхідних показників якості, але не проводиться експериментальне дослідження.

5. В дисертаційній роботі не наведено алгоритм коригування компенсацій відхилень динамічних характеристик телекомунікаційних систем з диференціальним зворотнім зв'язком.

Відзначені зауваження не впливають на загальну, безперечно, позитивну оцінку дисертаційної роботи, так як робота має завершеність, а одержані нові наукові результати доцільні до впровадження в навчальній процес Державного університету телекомунікацій.

## ВИСНОВКИ

Дисертація Руденко Наталії Вікторівни є закінченою науковою роботою, що містить рішення актуального наукового завдання. Здобувачем отримано нові науково-обґрунтовані результати.

Тема та зміст дисертаційної робота відповідає спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі. Автореферат дає повне уявлення про зміст та структуру дисертації, про вирішення наукового завдання, наукову новизну та практичну цінність.

Вважаю, що за об'ємом одержаних результатів, науковою новизною і практичною цінністю дисертаційна робота відповідає п. 9, 10 та 12 вимог «Порядку присудження наукових ступенів» МОН України, а її автор - Руденко Наталія Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02- телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри телекомунікацій

Національного університету "Львівська політехніка",

Климаш М.М.

Підпис професора Климаша М.М. засвідчує

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.