

На правах рукопису

СКЛЯРЕНКО СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.7396.662.072.6.078

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ  
ФАЗОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ З ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИМИ  
ЗВ'ЯЗКАМИ

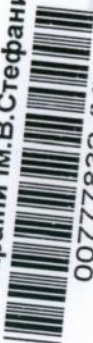
05.12.02- системи та  
пристрої передачі інформації  
по каналах зв'язку

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня

кандидата технічних наук

Київ - 1994



Роботу виконано у Київському філіалі Української Державної  
літ зв'язку ім. О. С. Попова.

- Науковий керівник - доктор технічних наук,  
професор ПАНШІЛОВ І. П.
- Науковий консультант - доктор технічних наук,  
професор СТЕПІЛОВ В. К.
- Офіційні опоненти - заслужений діяч науки і техніки  
України, доктор технічних наук,  
професор ГОСТЕВ В. І.;  
кандидат технічних наук,  
доцент КОЗАЧЕНКО М. Т.

Провідне підприємство - Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова

Захист відбудеться "25" березня 1994 р. о 10.00 годи-  
ні на засіданні спеціалізованої ради Д. ІІІ. 05. 01 в Українській  
Державній академії зв'язку ім. О. С. Попова за адресою:  
270021, Одеса-21, вул. Челюскінців, 1.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "24" листопада 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
ради, кандидат технічних наук,  
доцент

СОЛОП М. О.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ І СТАН ПИТАННЯ. Успішне вирішення завдань по підвищенню ефективності використання засобів зв'язку у багатьох галузях виробництва України багато в чому залежить від поліпшення показників якості окремих локальних пристроїв систем зв'язку. До таких пристроїв, зокрема, належать системи фазової синхронізації /СФС/, які найширшим способом застосовуються у техніці зв'язку. Від показників якості СФС багато в чому залежить ефективність системи зв'язку, правильність інформації, яка передається від джерела до споживача.

Методи фазової синхронізації широко використовуються, наприклад, у системах з імпульсно-кодовою модуляцією /ІКМ/ для виділення тактового сигналу безпосередньо з переданої інформаційної послідовності в апаратурі передачі даних, а також для стабілізації частоти генератора. Системи СФС використовуються у приймачах амплітудно-модульованих сигналів; в апаратурі запису-відтворення інформації; при стеженні за несучою тощо. Особливо важливе значення набувають точність і швидкодія СФС у системах передачі інформації, які використовують багатопозиційні часові коди /БКК/, запропоновані проф. Захарченко М.В.

Точність в ustalених режимах та швидкодія у перехідних - є основними показниками якості СФС. Розв'язанню проблеми підвищення точності та швидкодії СФС присвячено праці таких вчених як Артим А.Д., Бакаєв Д.М., Белюстина А.М., Борш В.І., Махтільдян В.В., Первачев С.В., Тихонов В.І., Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Захарченко М.В. та багатьох інших.

У більшості відомих праць вирішуються завдання підвищення точності та швидкодії СФС у класі систем з принципом управління за відхиленням, яким властивий істотний недолік, що полягає у тому, що зміна параметрів замкненого контура управління СФС у напрямку зменшення фазової похибки, яка встановилася, веде до збільшення тривалості перехідного процесу і до зменшення запасу стійкості. Тому при виборі параметрів замкненого контура СФС необхідно приймати компромісне рішення, яке задовольняє одночасно вимогам точності та запасу стійкості. Більш ширшими можливостями володіють комбіновані СФС та еквівалентні їм СФС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу.

Однак досі СФС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу практично не досліджені. Зокрема, не одержані умови еквівалентності таких систем комбінованим СФС при інерційних еле-

менті порівняння та виміральному елементі, не вирішені задачі синтезу таких систем, оптимальних за швидкодією. Не розроблені методи синтезу оператора диференціального зв'язку за умови підвищення точності в усталених та перехідних режимах. Недостатньо повно досліджено можливості використання цифрових і аналогових корегуючих пристроїв, не досліджено чутливість СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу.

**МЕТА І ЗАВДАННЯ ПРАЦІ.** Метою дисертаційної роботи є розробка, дослідження та впровадження СЧС високої точності і швидкодії у класі систем з управлінням по відхиленню та диференціальними зв'язками та еквівалентних їм комбінованих СЧС, які призначені для фільтрації несучої та кутової демодуляції у когерентних системах зв'язку, а також в апаратурі зв'язку для здійснення тактової синхронізації.

При цьому вирішуються такі завдання:

- розробка нових структур СЧС, які використовують для підвищення порядку астатизму замкненого контуру СЧС та структурних схем алгоритмів програмної реалізації цих корегуючих пристроїв і самої програми;
- розробка нових структур СЧС з керуванням по відхиленню і диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, еквівалентних комбінованим СЧС, та нових структур СЧС з керуванням по відхиленню, які використовують один диференціальний зв'язок за фазою вхідного сигналу і збуренню;
- розробка методик синтезу СЧС з керуванням по відхиленню і диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу при періодичній зміні фази за умови компенсації фазової помилки і синтезу СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, яка містить поліноміальну та періодичну складові, а також при статистично заданих вхідних впливах СЧС;
- розробка методики синтезу безперервних та дискретних СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу за умови зменшення перехідної складової фазової похибки;
- розробка нових структур СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, оптимальних за швидкодією з пристроєм управління, розташованим у каналі диференціального зв'язку, який не впливає на стійкість замкненого контуру СЧС;

- дослідження впливу параметричних збурень на точність СЭС та розробка способу компенсації періодичної нелінійності фазового дискримінатора як елемента порівняння СЭС.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. При розробці і дослідженні СЭС використано спектральний і операторний методи вирішення диференціальних рівнянь, а також методи:

- теорії випадкових процесів;
- моделювання на аналогових та цифрових ЕОМ;
- приближеного рішення системи трансцендентних рівнянь;
- оптимального управління, теорії інваріантності та чутливості.

НАУКОВА НОВИЗНА. полягає в розробці:

1. Методик структурного синтезу СЭС з керуванням по відхиленню та диференціальним зв'язком за фазов вхідного сигналу, еквівалентних комбінованим СЭС та структурного синтезу СЭС з диференціальним зв'язком для одночасного непрямого вимірювання фази вхідного сигналу і збурення.

2. Методики синтезу безперервних та дискретних СЭС з диференціальним зв'язком за умови підвищення точності в ustalених режимах при детермінованих та випадкових впливах. Дано програмну реалізацію на ЕОМ методики синтезу.

3. Методики синтезу СЭС з диференціальним зв'язком за фазов вхідного сигналу за умови зменшення перехідної складової фазової помилки.

4. Нових структур оптимальних за швидкодією СЭС з диференціальним зв'язком, які відрізняються тим, що пристрій управління розташований у каналі диференціального зв'язку і не впливає на стійкість замкнутого контуру СЭС.

5. Способу компенсації нелінійності фазового дискримінатора СЭС та проведенню дослідження впливу параметричних збурень на точність і стійкість СЭС.

ОСНОВНІ РЕЗИ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ.

1. Результати дослідження можливості використання еквівалентних ізодромних корегуючих пристроїв для підвищення точності СЭС в ustalених режимах та програмна реалізація цих пристроїв.

2. Методика структурного синтезу СЭС з диференціальним

зв'язком за фазою вхідного сигналу і збудженням еквівалентним комбінованим СЧС.

3. Методики синтезу СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу за умови підвищення точності в усталених та перехідних режимах при детермінованих та випадкових впливах.

4. Нові структури оптимальних за швидкодією СЧС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу з пристроєм управління, розташованим у каналі диференціального зв'язку та таким, що не впливає на стійкість замкненого контура СЧС.

5. Результати дослідження впливу параметричних збуджень на точність СЧС та спосіб компенсації періодичної нелінійності фазового дискримінатора як елементу порівняння СЧС.

ОБСЯГ І СТРУКТУРА ПРАЦІ. Дисертаційна робота викладена на 209 сторінках машинописного тексту, ілюстрована малюнками і таблицями на 54 стор., обсяг додатків 42 стор. Праця складається з вступу, чотирьох розділів, висновку та списку літератури, який містить 118 найменувань.

ПУБЛІКАЦІЇ. За темою дисертації опубліковано 19 робіт, у тому числі два методичних посібники для студентів, які навчаються за спеціальністю 2305 - Автоматичний електрозв'язок, 2306 - Багатоканальний електрозв'язок.

АПРОВАЦІЯ ПРАЦІ. Основні теоретичні і практичні результати праці викладені у доповідях та обговоренні: на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Одеського електротехнічного інституту зв'язку ім.О.С.Попова /1992-1993 р.р./; на засіданні кафедри передачі дискретних повідомлень АСОВІЗ/.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРАЦІ. Тема дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з виконанням Держбюджетної НДР кафедри передачі дискретних повідомлень Київського філіалу ОВІЗ.

Результати роботи знайшли застосування у Держбюджетній НДР, яка провадиться на кафедрі передачі дискретних повідомлень Київського філіалу ОВІЗ, у розробках Київського політехнічного інституту та Українського науково-дослідного інституту зв'язку.

Теоретичні положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Одеського електротехнічного інституту зв'язку ім.О.С.Попова.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ. У вступі обгрунтовано актуальність

теми, сформульовано мету і основні завдання дисертаційної роботи. У наступних розділах викладено рішення поставлених завдань.

Одним з найбільш ефективних способів підвищення точності замкнених систем фазової синхронізації є підвищення порядку астатизму, який відзначається кількістю інтегруючих ланок у замкненому контурі, а математично - ступенем оператора  $P$  ( $P \equiv d/dt$ ), який є спільним множником чисельника оператора СЭС відносно помилки. Показано, що введення у замкнений контур СЭС еквівалентної ізодромної ланки дозволяє підвищити порядок астатизму на один порядок. Дискретна передаточна функція цифрової ізодромної ланки, реалізованої програмно методом прямокутників, визначається виразом

$$D_{\text{цил}}(z) = K_n \left( 1 + \frac{T}{T_i} \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right),$$

де  $Z$  - оператор дискретного перетворення Лапласа;  $T$  - період дискретності ЕОМ;  $T_i$  - стала інтегрування;  $K_n$  - коефіцієнт пропорційності.

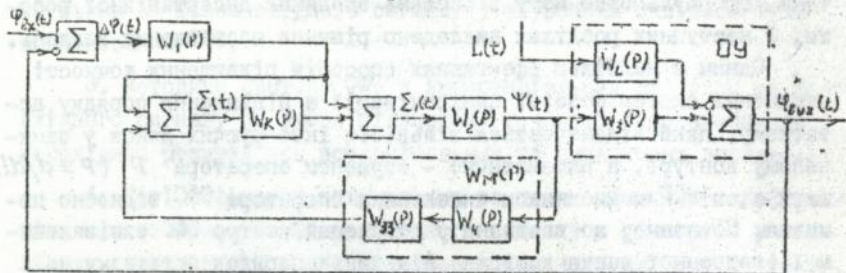
Труднощі, пов'язані з необхідністю компромісного налаштування в СЭС з управлінням по відхиленню, усуваються в класі комбінованих СЭС та СЭС з управлінням по відхиленню та диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу.

У праці вирішується завдання структурного синтезу СЭС з управлінням по відхиленню і диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу для загального випадку, коли елемент порівняння та вимірювальний елемент інерційні. Подаються умови еквівалентності, які полягають у тому, що оператори елемента порівняння та порівняльного елемента у ланцюгу місцевого позитивного зворотного зв'язку повинні бути рівні між собою, тобто  $W_1(p) = W_{33}(p)$ , де  $W_1(p)$ ,  $W_{33}(p)$  - оператори елемента порівняння та вимірювального елемента відповідно;  $P \equiv d/dt$ .

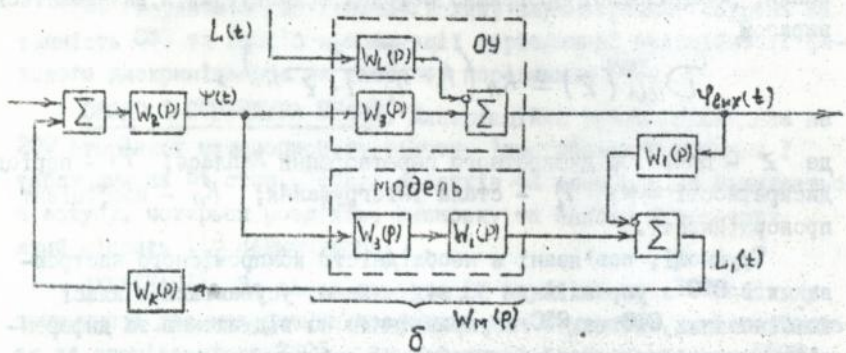
Виконується аналіз впливу відхилень параметрів диференціального зв'язку за умови інваріантності і стійкості.

Запропоновано структуру СЭС /мал. 1, а/ з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, еквівалентну комбінованій СЭС без фазового дискримінатора /ФД/ у ланцюгу позитивного зворотного зв'язку, яка відрізняється тим, що у цей ланцюг включено модель керованого генератора та вимірювального елемента. Показано, що можливість запропонованої СЭС у розумінні підвищення точ-

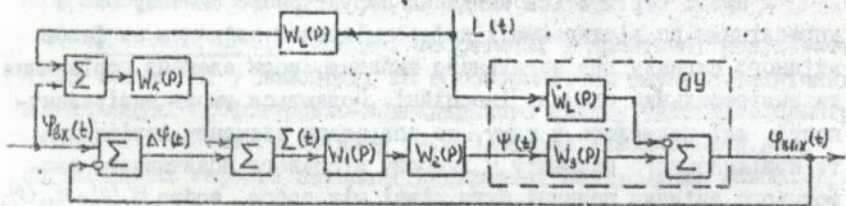
8



a



b



8

Man. 1

ності та швидкодії такі ж як і в еквівалентній комбінованій ССС.

Виконано структурний синтез ССС /мал. 1,6/ з одним диференціальним зв'язком, еквівалентних комбінованим ССС, які мають компенсаційні зв'язки за заданим та збурюючому впливам одночасно /мал. 1,в/. Рівняння динаміки ССС відносно фазової помилки

$$\left[1 + \prod_{j=1}^3 W_j(p)\right] \Delta\varphi(t) = [1 - W_2(p)W_M(p)W_K(p)] \varphi_{\delta x}(t) + [1 - W_2(p)W_M(p)W_K(p)] W_L(p) L(t).$$

Умова інваріантності за збуренням  $L(t)$  і фазою вхідного сигналу  $\varphi_{\delta x}(t)$

$$1 - W_2(p)W_M(p)W_K(p) = 0$$

111

Умова II/ дозволяє визначити оператор диференціального зв'язку  $W_K(p)$ , який задовольняє абсолютну інваріантність стосовно  $\varphi_{\delta x}(t)$  та  $L(t)$

$$W_K(p) = W_{K_0}(p) = 1 / [W_2(p)W_M(p)]$$

Вирішено завдання синтезу оператора диференціального зв'язку за фазою вхідного сигналу в ССС з диференціальним зв'язком та одержано структуру ССС, у якій канал диференціального зв'язку з оператором  $W_K(p)$  реалізується у вигляді паралельного з'єднання найпростіших ланок не вище другого порядку, тобто

$$W_K(p) = \frac{A_1 p^{\nu}}{p - \lambda_{1K}} + \frac{A_2 p^{\nu}}{p - \lambda_{2K}} + \dots$$

Одержано умови інваріантності при періодичному змінненні фази вхідного сигналу:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } q = 2r \\ C_q K^q \omega_1^q (-1)^r + C_{q-2} K^{q-2} \omega_1^{q-2} (-1)^{r-1} + \dots + C_2 K^2 \omega_1^2 (-1) + C_0 = 0; \\ \text{при } q = 2r-1 \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} C_{q+1} K^{q+1} \omega_1^{q+1} (-1)^{r+1} + C_{q-3} K^{q-3} \omega_1^{q-3} (-1)^{r-1} + \dots + C_1 \omega_1 = 0 \end{aligned} \right\} 121$$

Одержано аналогічні умови для випадку, коли фаза вхідного сигналу змінюється за законом

$$\varphi_{ex}(t) = B_0 + B_1 t + A \sin \omega t.$$

Сформульовано і доведено таку теорему: "порядок  $\nu$  астатизму ССЗ з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, підвищується на  $\Delta \nu$  одиниць, якщо канал диференціального зв'язку представити у вигляді паралельно з'єднаних ланок, які реалізують похідні не вище  $\nu+1$  порядку, кожна з яких описується складовою розкладання оператора  $W_k(p)$  на найпростіші дробі".

Показано, що для ССЗ при періодичних змінах фази вхідного сигналу справедлива така теорема: "у ССЗ з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, має порядок астатизму  $\nu$ , компенсація фазової помилки, обумовлена періодичною зміною фази вхідного сигналу, що визначається  $n$  гармоніками, забезпечується по кожній гармоніці не більш, ніж  $\nu+1$  розімкненими компенсаційними каналами, які реалізують похідні не вище  $\nu+1$  порядку, кожний з яких описується відповідною складовою розкладання оператора  $W_{kj}(p)$  на найпростіші дробі ( $j=1, n$ )".

Показано, що при  $\varphi_{ex}(t) = \sum_{j=0}^n B_j t^j + A \sin \omega t$  у ССЗ з порядком астатизму, який дорівнює  $\nu$ , компенсація фазової помилки забезпечується при  $n > \nu$  не більш, ніж  $n+\nu+1$  паралельними компенсаційними каналами, які реалізують похідні не вище  $\nu+1$  порядку.

При дослідженні ССЗ з диференціальним зв'язком, працюючим при випадкових впливах, для гаусівського каналу зв'язку з урахуванням додаткової кутової модуляції за рахунок додаткових уходів частоти, показано, що мінімум середньоквадратичної помилки залежить не лише від параметрів його знаменника. У цьому випадку дисперсія помилки подається у вигляді

$$\overline{\Delta \varphi^2} = \overline{\Delta \varphi_1^2} + \overline{\Delta \varphi_2^2},$$

де

$$\left. \begin{aligned} \overline{\Delta \varphi_1^2} &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W_{\Delta \varphi}(j\omega)|^2 G_{\varphi_{ex}}(\omega) d\omega; \\ \overline{\Delta \varphi_2^2} &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |W_3(j\omega)|^2 G_n(\omega) d\omega \end{aligned} \right\} \quad 131$$

$G_{\varphi_{ex}}(\omega) = (2\omega_c) / [1 + (\omega/\omega_c)^2]$  - спектральна щільність фази вхідного сигналу;  $G_n(\omega) = N_0/2$  - спектральна щільність перешкоди;

$$W_{\Delta\varphi}(j\omega) = W_{\Delta\varphi}(p) \Big|_{p=j\omega}; \quad W_{\dot{\varphi}_x}(j\omega) = W_{\dot{\varphi}_x}(p) \Big|_{p=j\omega};$$

$$W_{\Delta\varphi}(p) = \Delta\varphi(t) / \varphi_{ex}(t); \quad W_{\dot{\varphi}_x}(p) = \dot{\varphi}_{ex}(t) / \varphi_{ex}(t).$$

Інтеграли /3/ зводяться до табличних, а параметри чисельника оператора  $W_K(p)$  визначаються з рівнянь

$$\frac{\partial \overline{\Delta\varphi^2}}{\partial K_j} = 0,$$

де

$$j = \overline{1, n}.$$

Розроблено методику синтезу оператора каналу диференціального зв'язку ССС за умови приборкання повільно затухаючих компонентів перехідної складової фазової помилки, сформульовано і доведено таку теорему: "для замкненої ССС з порядком астатизму  $\nu \geq 1$  при введенні диференціального зв'язку за фазов вхідного сигналу з метою приборкання повільно затухаючих компонентів перехідної складової фазової помилки ступінь узгоджуючого поліному  $F_{\dot{\varphi}_x}(s)$ , що забезпечує збереження порядку астатизму, дорівнює  $\nu - 1$ ".

На відміну від традиційних оптимальних за швидкістю систем з управлінням по відхиленню у роботі пропонується нові структури оптимальних за швидкістю ССС, які відрізняються тим, що пристрій управління /ПУ/, який забезпечує оптимальний за швидкістю перехідний процес, розташований у каналі диференціального зв'язку і не впливає на стійкість замкненого контура.

Розглянуті особливості синтезу ПУ для ССС, а також способи додаткового поліпшення показників якості перехідного процесу застосуванням лінійних корегуючих пристроїв.

Показано, що для поліпшення динамічних властивостей керуваного об'єкту, перехідний процес якого оптимізується, потрібне включення додаткових корегуючих пристроїв у канал диференціального зв'язку.

Розглядаються аналітичні та структурні методи оцінки чутливості систем фазової синхронізації. Пропонується структурний спосіб визначення функцій чутливості лінійних та нелінійних ССЧ, який полягає в тому, що використовується модель ССЧ та модель її чутливості, з'єднані обчислювальними блоками, що реалізують часткові похідні. Подається порівняльна оцінка чутливості різних структур ССЧ та пропонується спосіб компенсації періодичної нелінійності фазового дискримінатора, який використовується в ССЧ як елемент порівняння або вимірювальний елемент у каналі диференціального зв'язку. Для зменшення впливу періодичної нелінійності на показники якості ССЧ ефективним є спосіб розширення лінійної зони статичної характеристики з використанням нелінійних елементів та керованих фазообертачів.

У додатках до дисертаційної роботи наведено програми розрахунку ССЧ на ЕОМ: за умови одержання мінімуму СЧП; програмна реалізація ізодромної ланки та акти впровадження в учбовий процес, у держбюджетну ЦДР, яка провадиться на кафедрі передачі дискретних повідомлень та ін.

#### ВИСНОВКИ

Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих у дисертаційній роботі складає рішення задачі підвищення точності та швидкодії ССЧ у класі комбінованих систем з управлінням по відхиленню та диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, призначених для фільтрації несучої та кутової демодуляції у когерентних системах зв'язку, а також в апаратурі зв'язку для здійснення тактової синхронізації.

Основними результатами дисертаційної роботи є аналіз і розробка аналітичних і структурних методів синтезу ССЧ високої точності та швидкодії.

У дисертації одержано такі теоретичні і практичні результати.

І. Досліджено можливості підвищення точності ССЧ в усталених режимах при застосуванні еквівалентних ізодромних корегуючих пристроїв за умови підвищення порядку астатизму. Розв'язане завдання програмної реалізації ізодромних корегуючих ланок. Розроблено нові структури ССЧ з управлінням по відхиленню та диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу, еквівалентні комбіновані ССЧ для загального випадку, коли елемент порівняння та

вимірювальний елемент інерційні.

2. Досліджено вплив відхилень параметрів елементів у ланцюгах диференціального зв'язку на інваріантність та стійкість замкненого контура СЭС та дані рекомендації з вибору параметрів цих елементів. Вирішене завдання побудови СЭС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу без додаткового фазового дискримінатора /ФД/ в ланцюгу місцевого позитивного зворотного зв'язку за рахунок використання моделі ФД та керованого генератора /фазаобертавача/.

3. Синтезовано структури СЭС з одним диференціальним зв'язком для одночасного вимірювання фази вхідного сигналу і збурення, що забезпечує відтворення змін фази вхідного сигналу та компенсацію збурення. Одержано умови інваріантності для СЭС з диференціальним зв'язком при періодичних змінах фази вхідного сигналу, а також при змінах фази, що являють собою суму елементарних складових /у вигляді поліному та моногармонічного сигналу/. Запропоновано методику синтезу оператора диференціального зв'язку з умови підвищення порядку астатизму при урахуванні умови фізичної реалізації та одержано структуру СЭС, в якій диференціальний зв'язок реалізується у вигляді паралельно з'єднаних елементарних ланок не вище другого порядку.

4. Сформульовано та доведено такі теореми:

- про підвищення астатизму у СЭС на  $\Delta \nu$  одиниць за допомогою фізично реалізованого диференціального зв'язку;
- про компенсацію фазової погрішності СЭС при періодично змінюваній фазі вхідного сигналу;
- про число каналів диференціального зв'язку при законі зміни фази вхідного сигналу у вигляді суми поліному та моногармонічного сигналу.

5. Показано, що при випадкових вхідних впливах СЭС мінімум середньоквадратичної помилки /СКП/ залежить не лише від параметрів чисельника оператора диференціального зв'язку, але й від параметрів його знаменника, тобто від умов фізичної реалізації, та запропоновано алгоритм синтезу СЭС на ЕОМ за умови одержання мінімуму СКП.

6. На підставі порівняльного аналізу різних структур СЭС показано, що СЭС з диференціальним зв'язком за фазою вхідного сигналу має більш широкі можливості в розумній забезпеченні по-

трібною перешкодостійкості, ніж інші відомі структури СФС. Розроблено методика синтезу оператора каналу диференціального зв'язку СФС за умови приборкання повільно затухаючих компонентів перехідної складової фазової помилки.

7. На відміну від традиційних оптимальних по швидкодії систем з управлінням по відхиленню у праці пропонуються структури оптимальних по швидкодії СФС, які відрізняються тим, що пристрій управління /ПУ/, який забезпечує оптимальний по швидкодії перехідний процес, розташований у каналі диференціального зв'язку і не впливає на стійкість замкненого контура. Запропоновано спосіб додаткового поліпшення показників якості перехідного процесу оптимальної по швидкодії СФС з постійними параметрами шляхом включення додаткових лінійних корегуючих пристроїв.

8. Наведені у дисертаційній роботі результати аналізу диференціального зв'язку СФС з різними способами його включення показує, що диференціальний зв'язок за будь-якого з розглянутих варіантів організації додаткового каналу дозволяє істотно зменшити вплив різних параметричних збурень на реакцію СФС стосовно зміни фази вхідного сигналу  $\varphi_{ex}(t)$

9. Для зменшення впливу періодичної нелінійності на показники якості СФС ефективним є спосіб розширення лінійної зони статичної характеристики з використанням порогового пристрою, формувача імпульсів, фіксатора нульового порядку та фазообертавачів. Для розширення лінійної зони статичної характеристики ФД у  $n + 1$  раз потрібно  $n$  фазообертавачів, фіксатор нульового порядку та формувач імпульсів.

10. Результати дисертаційної роботи знайшли застосування у розробках Київського політехнічного інституту, Київського філіалу ОЕІЗ ім. О.С.Попова, УНДІЗ та впроваджені в начальний процес.

За матеріалами дисертації опубліковано такі основні роботи:

1. Скляренко С.Н., Стеклов В.К. Структурний синтез СФС с диференциальной связью по фазе входного сигнала. К.:Деп. в ПНТБ України, 1933 г., № 1714 - Ук 93.

2. Скляренко С.Н., Стеклов В.К. Синтез систем фазовой синхронизации с управлением по отклонению и дифференциальной связью по фазе входного сигнала, содержащего периодическую составляющую. К.: Деп. в ПНТБ України, 1933 г., № 1715 - Ук 93.

3. А.С. № 587521 "Реле времени" /Мядько И.И., Курило И.А., Склярченко С.Н., Дидок Н.Н., Намацалюк И.Н., БИ № 1, 1978.

4. Склярченко С.Н., Стеглов В.К. Компенсация влияния нелинейности фазового дискриминатора систем фазовой синхронизации. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1993 г., № 1982 - Ук 93. - II с.

5. Склярченко С.Н., Стеглов В.К. Оптимальные по быстродействию системы с дифференциальной связью и дополнительной коррекцией. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1993 г., № 1980 - Ук. 93. - 8 с.

6. Склярченко С.Н. Выбор параметров СЭС с дифференциальной связью при статистически заданных входных воздействиях. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1993 г., № 1713 - Ук. 93. - 10 с.

7. Склярченко С.Н. Синтез оптимальных по быстродействию систем фазовой синхронизации. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1993 г., № 1838 - Ук 93. - 19 с.

8. Склярченко С.Н., Стеглов В.К. Чувствительность систем фазовой синхронизации. - Учебное пособие, К.: КФ ОЭИС, 1993 г. - 47 с.

9. Склярченко С.Н. Достижение эквивалентности систем фазовой синхронизации с дифференциальной связью по фазе входного сигнала комбинированным системам. Тез. докл. НТК КФ ОЭИС /сентябрь 1993/, К.: ООП ИВЦ МС Украины, 1993 г., - I с.

10. Склярченко С.Н., Стеглов В.К., Уваров Р.В., Чмилъ В.М. Системы фазовой синхронизации. - К.: Техника, 1994 г. - 180 с. /в печати/.

11. Панфилов И.Л., Склярченко С.Н. Сравнительная оценка чувствительности различных структур систем фазовой синхронизации. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1994 г. - Ук 94. - 5 с.

12. Склярченко С.Н. Особенности определения функций чувствительности нелинейных систем фазовой синхронизации. К.: Деп. в ГНТБ Украины, 1994 г. - Ук 94. - 5 с.



ЛНБ ім. В. Стефанишина  
АН України

1161241

Ав 29.425

Надано до друку 17.02.1994 р.  
Обсяг: 1 друк. аркуш. Формат 60x90 1/16  
Замовлення № 23 Тираж 100.

---

Друкарня Української Державної академії зв'язку ім. О.С. Попова.  
Сосна-21, Комсомольська, 61.