

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ВІЙСЬКОВОГО ІНСТИТУТУ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Виходить 4 рази на рік

Випуск № 6

КИЇВ – 2007

УДК621.43

ББК 32-26.8-68.49

Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Вип. № 6 – К.: ВІКНУ, 2007. – 228 с.

У збірнику опубліковано статті вчених, науково-педагогічних працівників, ад'юнктів і здобувачів інституту, в яких розглядаються актуальні проблеми військово-технічного та військово-гуманітарного розвитку Збройних Сил України.

Редакційна колегія:

Ленков С.В.	доктор технічних наук, професор (голова редакційної колегії);
Бортник С.Ю.	доктор географічних наук, професор (заст. голови редколегії);
Барабаш Ю.Л.	доктор технічних наук, професор;
Герасимов Б.М.	доктор технічних наук, професор;
Жердєв М.К.	доктор технічних наук, професор;
Зубарєв В.В.	доктор технічних наук, с.н.с.;
Креденцер Б.П.	доктор технічних наук, професор;
Лісова С.В.	доктор педагогічних наук, професор;
Любіцева О.О.	доктор географічних наук, професор;
Маслов В.С.	доктор педагогічних наук, професор;
Марушкевич А.А.	доктор педагогічних наук, доцент;
Матвієнко О.В.	доктор педагогічних наук, професор;
Науменко М.І.	доктор технічних наук, професор;
Нещадим М.І.	доктор педагогічних наук, професор;
Ободовський О.Г.	доктор географічних наук, професор;
Пономаренко Л.А.	доктор технічних наук, професор;
Плахотнік О.В.	доктор педагогічних наук, професор;
Сніжко С.І.	доктор географічних наук, професор;
Сторубльов О.І.	кандидат технічних наук, доцент;
Толубко В.Б.	доктор технічних наук, професор;
Шевченко В.О.	доктор географічних наук, професор;
Шищенко П.Г.	доктор географічних наук, професор;
Ягупов В.В.	доктор педагогічних наук, професор.

Відповідальні за випуск:

Вишнівський В.В.	кандидат технічних наук, доцент (секція: техніка);
Пампуха І.В.	кандидат технічних наук, доцент (секція: інформаційні технології);
Безносюк О.О.	кандидат педагогічних наук, доцент (секція: педагогіка і політологія);
Міхно О.Г.	кандидат технічних наук, доцент (секція: географія)

Зареєстровано Міністерством юстиції України, свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації - серія КВ № 11541 – 413Р від 21.07.2006 р.

Відповідно до постанови ВАК України від 18.01.07 р. № 1-05/1 «Збірник наукових праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка» внесено до переліку наукових фахових видань із технічних та географічних наук.

Затверджено на засіданні вченої ради ВІКНУ від 31.05.2007 р., протокол № 28.

Технічна редакція:
Ряба Л.О.
Охрамович М.М.
Чернишов О.О.

Відповідальність за новизну і достовірність наведених результатів, тактико-технічних та економічних показників несуть автори.

Адреса редакції: м. Київ, вул. Глушкова 2, корп. 8, тел. +38 (044) 521 – 33 – 82
Наклад 300 прим. 259 – 04 – 28

ТЕХНІКА

Барабаш Ю.Л., Долгушин В.П., Вишнівський В.В., Мірошніченко О.В. Статистична оцінка пропускну здатності багатоканальних базово-кореляційних пеленгаторів джерел активних шумових перешкод.....	5
Братченко Г.Д. Моделювання випадкового руху повітряної цілі в динамічній моделі вторинного випромінювання.....	10
Брик К.Д., Лукомський Д.В., Селюков О.В., Рябенка Н.В. Підготовка поверхні кремнієвих ФЕП, перспективних для енергозабезпечення радіоелектронних систем спеціального призначення.....	18
Гайша О.О. Аналіз статистичних даних про роботу користувача ПК з мишею та клавіатурою.....	24
Карпенко Б.О., Якорнов Є.А., Авдєєнко Г.Л. Визначення подвійних різниць фаз у фазових мікрохвильових системах вимірювання координат.....	28
Коростельов О.П. Формування проектних параметрів складових частин і розробка компоновочної схеми ствольної керованої ракети.....	37
Креденцер Б.П., Кривцун В.І., Волох О.П. Оптимізація періодичності технічного обслуговування систем в процесі зберігання на основі мінімаксного підходу.....	50
Крижний А.В., Буяло О.В., Яльницький О.Д., Тхоржевський В.І. Дослідження стану та перспективи розвитку плаваючих бойових машин.....	56
Ленков С.В., Браун В.О., Цицарєв В.Н., Перегудов Д.О. Математична модель процесів витрат і відновлення ресурсу угруповання об'єктів радіоелектронної техніки.....	61
Шмиголь В.М., Селюков О.В., Бадрак В.В. Особливості впливу атмосфери на роботу оптико-електронних систем інфрачервоного діапазону.....	71

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Балабін В.В., Замаруєва І.В. Автоматизація когнітивного розпізнавання текстових об'єктів в умовах багатозначності і невизначеності.....	77
Герасимов Б.М., Савков П.А., Репецький А.А., Сидоров О.В. Еталонна модель керівника групи операторів для інтелектуального тренажеру.....	85
Жердєв М.К., Гахович С.В., Жиров Г.Б., Лукін В.Є. Інформаційний простір як фактор розвитку дидактичних систем дистанційної освіти і навчання.....	92
Краснік А.А. Експериментальне дослідження точності прогнозу при використанні різних методів прогнозування.....	98
Ленков С.В., Іванов Ю.Д., Лантвойт О.Б., Захарова О.С. Апаратна реалізація декодера структурно-логічних кодів.....	108
Рось А.О., Чиняєв Ю.П., Молдавчук І.В., Солодєєва Л.В. Інформаційні технології як об'єкт інформаційної боротьби.....	114
Сбітнєв А.І., Гришак О.М., Пампуха І.В. Оцінка практичності та коректності спеціального програмного забезпечення.....	123
Толюпа С.В. Проблеми захисту інформації в мультисервісних мережах побудованих на концепції NGN.....	128

ПЕДАГОГІКА І ПОЛІТОЛОГІЯ

Автушенко О.С. Теоретико-методологічні проблеми підготовки офіцерів з гуманітарних питань.....	133
Безносок О.О. Концептуально-методологічні засади навчального процесу, як системи у ВНЗ.....	138
Бірюков П.В. Основні засади модульної технології навчання у вищому навчальному закладі МВС України	145

Бойко С.В. Загрози національній безпеці держави: глобальний воєнно-політичний вимір.....	153
Бондаренко Ю.Г. Мультимедійні технології як засіб викладання у ВВНЗ.....	161
Гребеник Т.В. Сучасний стан сформованості громадянської вихованості студентської молоді ВУЗів.....	166
Добровольський Ю.В., Іванов В.Л., Зарицький О.І., Добровольський В.Б. Інноваційні технології проведення практичних занять з майбутніми радіоінженерами.....	170
Кубицький С.О., Мась Н.М., Данілов В.В. До питання визначення психолого-педагогічних умов ефективного формування позитивного іміджу військової служби у Збройних Силах України.....	174
Плахотнік О.В. Політичні та екологічні виміри військової діяльності.....	181
Рахманов В.О., Чекед І.В. Сучасні освітні проблеми в ситуації термінових змін їх економічного, суспільного і культурного контекстів.....	187
Уліч В.Л., Прохоров О.А. Особливості підготовки офіцера у класичному університеті.....	190
Чепіль М.М. Національні цінності в теорії і практиці жіночого руху Галичини (кінець ХІХ – перша третина ХХ т.).....	196

ГЕОГРАФІЯ

Бортнік С.Ю., Ольховой І.О. Орогідрографічна характеристика території Франції...	202
Литвиненко Н.І. Наукові аспекти створення транспортних геоінформаційних систем військового призначення.....	207
Матвійчук В.В. Стан і тенденції розвитку рекреаційного комплексу Житомирської області.....	212
Міхно О.Г., Мельник А.В., Дергільова О.В. Автоматизоване визначення районів найбільших змін місцевості.....	217
Ольховой І.О., Пашков С.О. Географічне положення та кордони Франції як геополітичний чинник.....	221

ВИЗНАЧЕННЯ ПОДВІЙНИХ РІЗНИЦЬ ФАЗ У ФАЗОВИХ МІКРОХВИЛЬОВИХ СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ КООРДИНАТ

У статті проаналізовані нові підходи до визначення інформаційного параметра подвійної різниці фаз для радіотехнічних систем мікрохвильового діапазону.

В статье проанализированы новые подходы к определению информационного параметра двойной разницы фаз для радиотехнических систем микроволнового диапазона.

New approaches to the defining of the informational parameter of the binary difference of phases for radio technical systems of microwave diapason have been analyzed in the current article.

В роботах [1-3] розглянуто і показано застосування нового інформаційного параметра подвійної різниці (різниці різниць) фаз ($\Delta\Delta\phi$), котрий зв'язаний зі сферичністю фронту електромагнітної хвилі (ЕМХ) і дозволяє, зокрема, визначати дальність (d) рис. 1) до джерела радіовипромінювання (ДРВ) і нормальну складову його миттєвого вектора швидкості за допомогою наступних співвідношень [3],

$$d \approx \frac{2\pi(L\cos\beta)^2}{\Delta\Delta\phi \cdot \lambda} = \frac{2\pi(L\cos\beta)^2 f}{\Delta\Delta\phi \cdot c}, \quad (1.a)$$

$$|V_n| = \frac{\Delta\phi_3 L \cos\beta}{2\Delta\Delta\phi}, \quad (1.б)$$

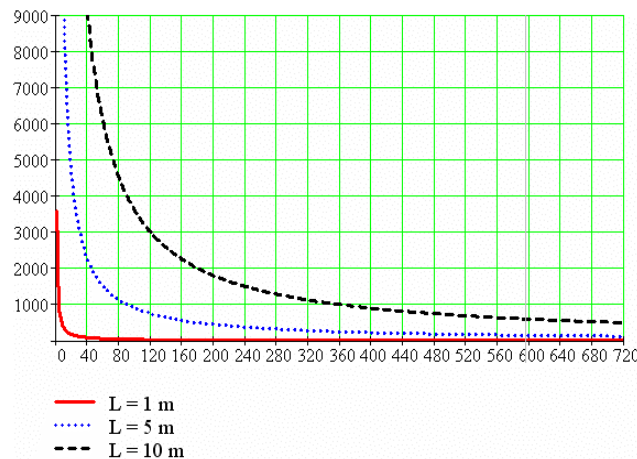


Рис. 1. Графіки залежності величини інформаційного параметра подвійної різниці фаз від дальності до джерела радіовипромінювання

які припускають наявність у фазових системах декількох фазометрів, що вимірюють фазові зсуви між рядом приймальних антен, наприклад, між першою і другою ($\Delta\phi_1$), другою і третьою ($\Delta\phi_2$), першою і третьою ($\Delta\phi_3$) антенами. Антени у вигляді розрідженої лінійної решітки знаходяться на одній прямій в азимутальній або кутомісцевій площинах під кутом β до фронту ЕМХ відносно центральної антени і в загальному випадку на неоднакових відстанях L_i (базах) до 1000λ , де λ - середня довжина хвилі діапазону роботи фазового вимірника. У разі наземного базування вплив перевідбиття не враховуємо.

Як випливає з виразів (1), у складі пристрою обробки інформації (мікропроцесорі) фазової системи при відомих частоті ДРВ і пеленгу на нього повинні бути як мінімум суматор (віднімач) $\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 = \Delta\Delta\varphi$ і диференціюючий пристрій для визначення $\Delta\varphi_3$.

У разі однакових баз для визначення $\Delta\Delta\varphi$ можна обійтися одним фазометром, подвоюючи отримане значення фазового зсуву, а другий фазометр при цьому можна використовувати для грубого визначення пеленга, використовуючи відоме [4] співвідношення $\beta = \arcsin\left(\frac{\Delta\varphi \cdot \lambda}{2\pi L}\right)$ для фронту ЕМВ, близького до плоского, або, як неважко показати, для сферичного фронту у вигляді

$$\beta = \arccos\left(\frac{\sqrt{8\pi^2 L - 0,5\lambda^2(\Delta\varphi_1^2 + \Delta\varphi_2^2)}}{2\pi L}\right). \quad (2)$$

Отже, даний параметр $\Delta\Delta\varphi$ необхідно в більшості випадків визначати за допомогою двох стандартних фазометрів або спеціального вимірника.

НВЧ фазометри, що випускаються промисловістю [5], достатньо складні і громіздкі вимірювальні прилади. Більш компактними є фазометри інтерференційного типу [6-7], різні конструктивні реалізації аналогової частини яких зводяться [6] до узагальненої схеми (див. ліву половину рис. 2), що складається з фазорозщеплювача на чотири виходи, чотирьох суматорів і чотирьох квадратичних детекторів.

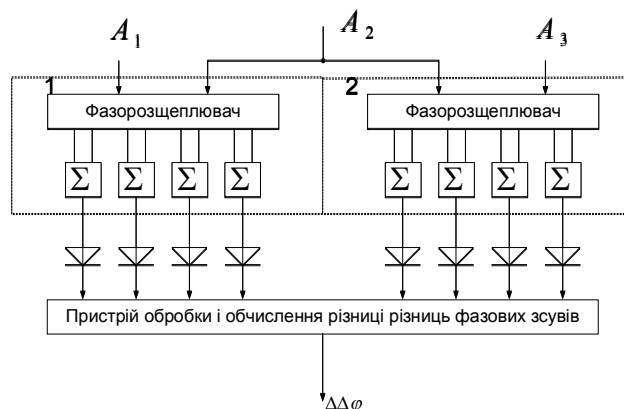


Рис. 2. Узагальнена структурна схема фазометра інтерференційного типу

Як видно з рис. 2, для створення вимірника $\Delta\Delta\varphi$ на основі фазометрів інтерференційного типу необхідно розділити сигнал з середньої антени навпіл і ввести ще один аналогічний фазометр інтерференційного типу, принцип дії якого заснований на перетворенні фазових співвідношень в амплітудні. Проте в аналоговому виконанні кожний фазорозщеплювач з чотирма суматорами в НВЧ діапазоні – це також достатньо громіздка схема, що складається, наприклад, [6] з трьох тридецибельних направлених відгалужувачів (квадратурних мостів) і дільника потужності. Крім того, є цифрова частина, що визначає різницю фаз по значеннях чотирьох напруг U_i на виходах квадратичних детекторів (рис. 3), наприклад, за допомогою методу тангенса [6,7]

$$\Delta\varphi = \arctg\left(\frac{\Delta U_2'}{\Delta U_1'}\right), \quad \text{де} \quad \begin{aligned} \Delta U_1' &= \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \cos(\Delta\varphi); \\ \Delta U_2' &= \frac{U_3 - U_4}{U_3 + U_4} = \sin(\Delta\varphi). \end{aligned} \quad (3)$$

До недоліків чотиридетекторних схем відноситься також неідентичність характеристик детекторів, що приводить до спотворення ідеальних кривих, зображених на рис. 3.

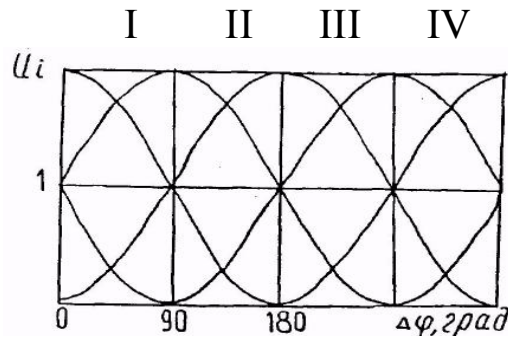


Рис. 3. Ідеальні криві залежності амплітуд сигналів на виходах чотирьох детекторних схем фазометрів інтерференційного типу

Цей недолік призводить до додаткової похибки вимірювання фазових зсувів і може, зокрема, усуватися програмно [8].

Нижче розглянемо можливості створення вимірників $\Delta\varphi$, аналогові частини яких містять мінімальну кількість громіздких мостових схем НВЧ при одночасному збільшенні цифрового сегменту приладів.

ЕМХ джерела радіовипромінювання з напруженістю електричного поля $E(t) = E_m \cos(\omega t - \beta z + \varphi)$ надходить до трьох приймальних антен, фазові центри яких знаходяться на одній прямій і збуджує на входах антен гармонійні коливання, які на їх виходах при $z = 0$ можна представити у вигляді

$$\begin{aligned} A_1 &= E_{m1} \cos(\omega t + \varphi_1) \\ A_2 &= E_{m2} \cos(\omega t + \varphi_2). \\ A_3 &= E_{m3} \cos(\omega t + \varphi_3) \end{aligned} \quad (4)$$

Розділивши сигнал A_2 навпіл, підсиливши у разі потреби всі сигнали і вирівнявши їх за амплітудою, подамо коливання попарно на суматори, виконані, наприклад, на синфазно-протифазних мостах (СПМ) (рис. 4) або квадратурних мостах (КМ).

Тоді, виходячи з властивостей СПМ і використовуючи теорему косинусів, на синфазному виході моста матимемо наступне співвідношення

$$A_{12}^+ = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)} = 2E_m \cos \frac{\Delta\varphi_1}{2}. \quad (5)$$

і відповідно на протифазному виході

$$A_{12}^- = 2E_m \sin \frac{\Delta\varphi_1}{2}. \quad (6)$$

Аналогічно для другої пари сигналів

$$A_{23}^+ = 2E_m \cos \frac{\Delta\varphi_2}{2}. \quad (5.a)$$

$$A_{23}^- = 2E_m \sin \frac{\Delta\varphi_2}{2}. \quad (6.a)$$

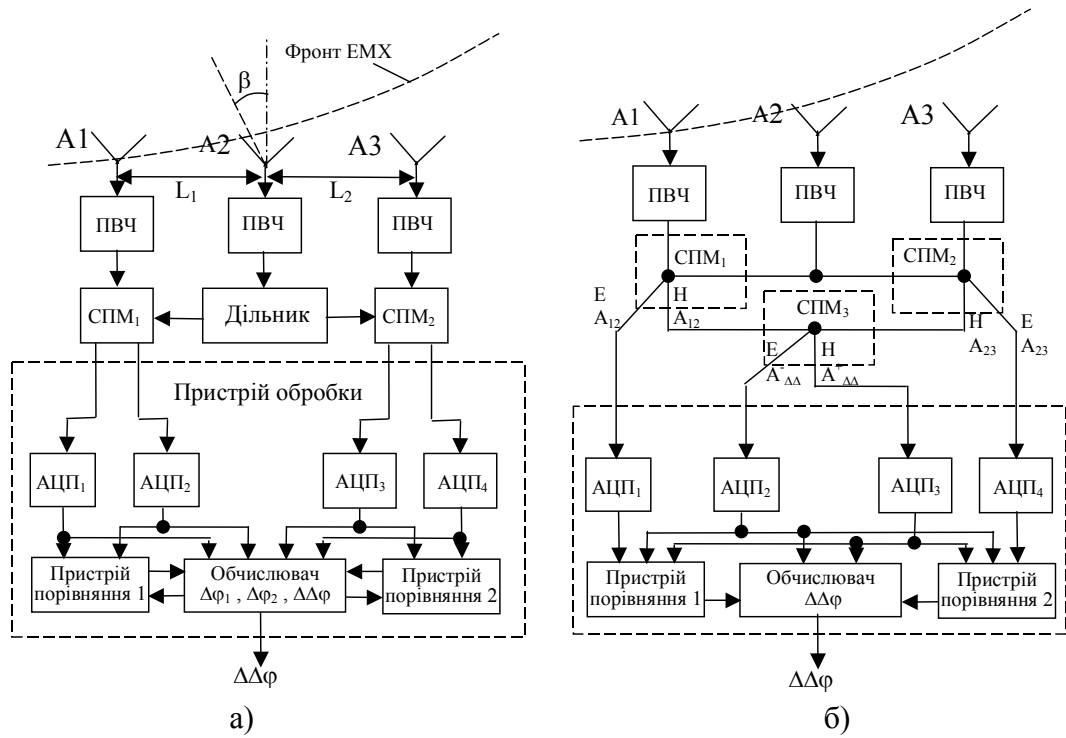


Рис. 4. Структурні схеми вимірників інформаційного параметр подвійної різниці фаз

Перетворивши далі в пристрої обробки (рис. 4,а) ці аналогові сигнали в цифрові, можна легко знайти фазові зсуви $\Delta\varphi_1 = 2 \arccos \frac{A_{12}^+}{2E_m}$ і аналогічно $\Delta\varphi_2$, а отже і $\Delta\Delta\varphi$.

Деяку надмірність інформації можна використовувати для усунення неоднозначності фазових відліків за допомогою блоків порівняння, наприклад, якщо $A_{12}^+ \geq A_{12}^-$, то це інтервал вимірювань від 0 до 90° (див. перший інтервал для кривих 1 і 2 на рис. 3). Якщо навпаки, то це другий інтервал від 90° до 180° . Але, як видно з рис. 3, проблема неоднозначності фазових відліків цим не усувається, оскільки процеси однакові в першому і четвертому інтервалах, а також в другому і третьому. Відмінність тільки в наростанні або убаванні процесів. Це можна використовувати програмно, визначаючи знак похідної або вводячи у всі співвідношення (5), (6) деякий фазовий зсув, сумірний з точністю приладу, і аналізуючи поведінку амплітуд. Наприклад, якщо при цьому A_{12}^+ зменшується, а A_{12}^- зростає для умови $A_{12}^+ \geq A_{12}^-$, то це перший інтервал; якщо навпаки, то четвертий.

На рис. 4.б приведений ще один варіант виконання вимірника на трьох СПМ у вигляді подвійних хвилеводних трійників (ПХТ). В цьому варіанті сигнали з сумарних виходів перших двох ПХТ подаються в бічні плечі третього, а амплітуди на синфазному і протифазному виходах згідно (5) несуть інформацію вже про $\Delta\Delta\varphi$ у вигляді

$$A_{\Delta\Delta}^+ = 2\sqrt{2}E_m \cos \frac{\Delta\Delta\varphi}{2}, \quad (7) \quad A_{\Delta\Delta}^- = 2\sqrt{2}E_m \sin \frac{\Delta\Delta\varphi}{2}. \quad (8)$$

Відповідно, в пристрої обробки визначення різниці різниць фаз проводиться за допомогою співвідношень

$$\Delta\Delta\varphi = 4 \arccos \frac{A_{\Delta\Delta}^+}{2\sqrt{2}E_m} \quad \text{і} \quad \Delta\Delta\varphi = 4 \arcsin \frac{A_{\Delta\Delta}^-}{2\sqrt{2}E_m},$$

а усунення неоднозначностей відбувається аналогічно з урахуванням того, що інтервал вимірювань фазових зсувів на рис. 3 лежить в межах від 0 до 720° .

Порівнюючи обидві розглянуті схеми вимірника $\Delta\Delta\phi$ на СПМ, бачимо, що при зростанні аналогової частини приладу істотного спрощення цифрової не спостерігається.

Схемні реалізації вимірників $\Delta\Delta\phi$ на КМ, які є більш широкосмуговими пристроями, аналогічні схемам, зображеним на рис.4 за умови заміни СПМ на КМ, тобто принципів відмінностей у принципі роботи вимірника немає. Тільки в програмній частині приладу необхідно враховувати, що у вихідних плечах мостів вхідні сигнали зсуваються по фазі на $\pi/2$ і згідно теоремі косинусів матимуть наступний вигляд

$$A_{12}^+ = 2E_m \sin \frac{90 + \Delta\phi_1}{2}. \quad (9) \quad A_{12}^- = 2E_m \sin \frac{90 - \Delta\phi_1}{2}. \quad (10)$$

$$A_{23}^+ = 2E_m \sin \frac{90 + \Delta\phi_2}{2}. \quad (9.a) \quad A_{23}^- = 2E_m \sin \frac{90 - \Delta\phi_2}{2}. \quad (10.a)$$

А при усуненні неоднозначностей фазових відліків необхідно пам'ятати, що при синфазних сигналах на входах КМ на їх виходах матимуть місце однакові амплітуди коливань (див. криві 3,4 на рис. 3).

Розглянемо чи є принципова можливість створення вимірника $\Delta\Delta\phi$ без аналогової частини у вигляді громіздких мостових схем. Для цього після підсилення сигнали виду (4) з рівними амплітудами перетворимо в цифровий вид і програмно реалізуємо, наприклад, схему, зображену на рис. 4, а. Основні види операцій при цьому матимуть вигляд, приведений на рис. 5.

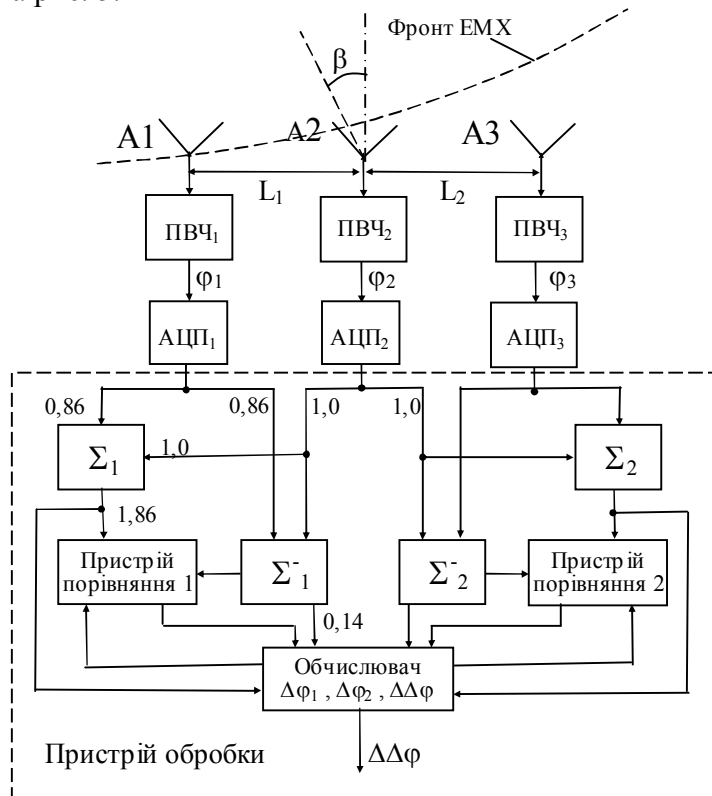


Рис. 5. Основні види операцій при обчисленні інформаційного параметра подвійної різниці фаз

Як видно з рисунку, кількість АЦП зменшилася, а функції СПМ замінюють операції підсумовування і віднімання.

Другий варіант програмної реалізації пристрою обробки без алгоритмів усунення неоднозначності фазових відліків наведено на рис. 6.

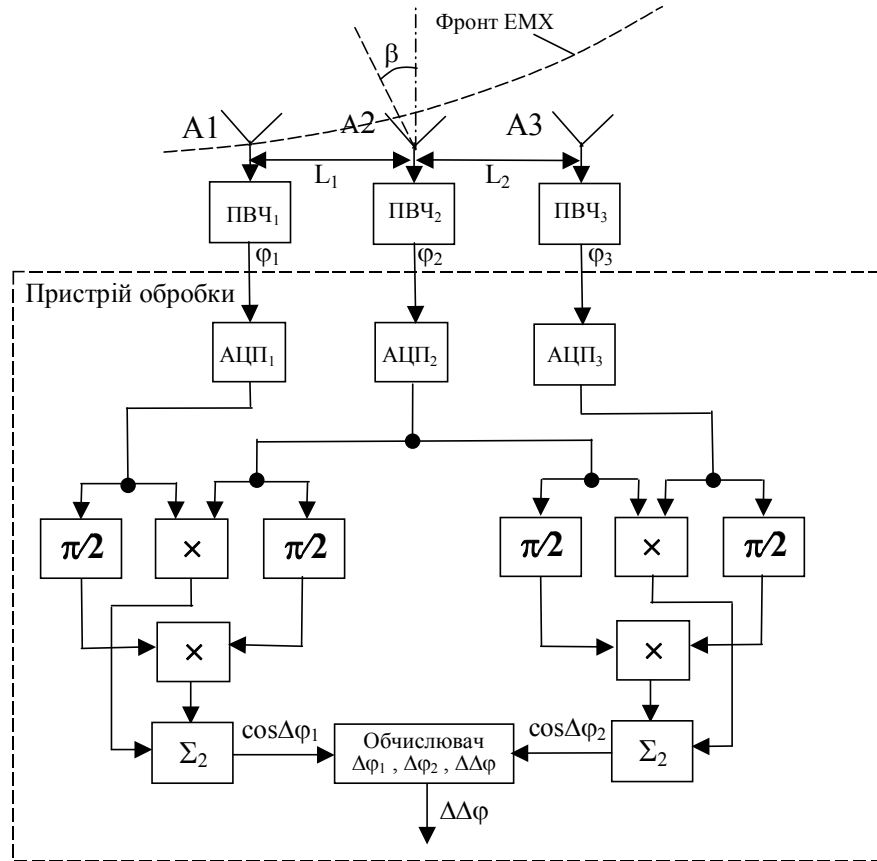


Рис. 6. Другий варіант програмної реалізації пристрою обчислення інформаційного параметра подвійної різниці фаз

З рисунку видно, що після АЦП попарно перемножуються сигнали, що прийшли з виходів ПВЧ і зсунуті за фазою на $\pi/2$, а потім результати перемножень підсумовуються. Неважко показати [9], що при цьому на виходах суматорів сигнали описуватимуться наступними простими співвідношеннями

$$A_{12}^{\times} = E_m^2 [\cos(\omega t + \varphi_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_2) + \cos(\omega t + \varphi_1 + \pi/2) \cdot \cos(\omega t + \varphi_2 + \pi/2)] =$$

$$= E_m^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = E_m^2 \cos \Delta\varphi_1 \quad (11)$$

$$A_{23}^{\times} = E_m^2 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) = E_m^2 \cos \Delta\varphi_2. \quad (11.a)$$

В обчислювачі з виразів (11) і (11.a) знаходяться $\Delta\varphi_1$ і $\Delta\varphi_2$ і далі подвійна різниця фаз $\Delta\Delta\varphi$.

Останній алгоритм обробки можна побудувати і інакше, а саме: виконати програмно операції (11) і (11.a) ще раз для A_{12}^{\times} і A_{23}^{\times} і отримати

$$A_{\Delta\Delta}^{\times} = E_m^4 \cos(\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2) = E_m^4 \cos \Delta\Delta\varphi. \quad (11.б)$$

Звідси

$$\Delta\Delta\varphi = \arccos \frac{A_{\Delta\Delta}^{\times}}{E_m^4}. \quad (12)$$

Таким чином, з викладеного вище витікає, що в даний час вже існує принципова можливість створення вимірника подвійної різниці фаз на основі цифрових технологій без громіздких мостових з'єднань, особливо для низькочастотних радіотехнічних систем [4]. Проте для фазових систем НВЧ діапазону пряме перетворення аналогових сигналів

на виходах антен в цифрові стримується відсутністю АЦП цього діапазону (кращі зразки до 1 ГГц). Виходом з даної ситуації на сьогоднішній момент є, на наш погляд, застосування конверторів [10], що здійснюють підсилення сигналів НВЧ діапазону і їх перетворення на проміжні частоти діапазонів роботи АЦП (можливість такого перетворення із збереженням фазових співвідношень сигналів відома [11]). Тобто, у всіх вище розглянутих схемах необхідно ПВЧ замінити на конвертори. Аналогічні схемні рішення вже реалізовані західними фірмами і описані, наприклад, в [2].

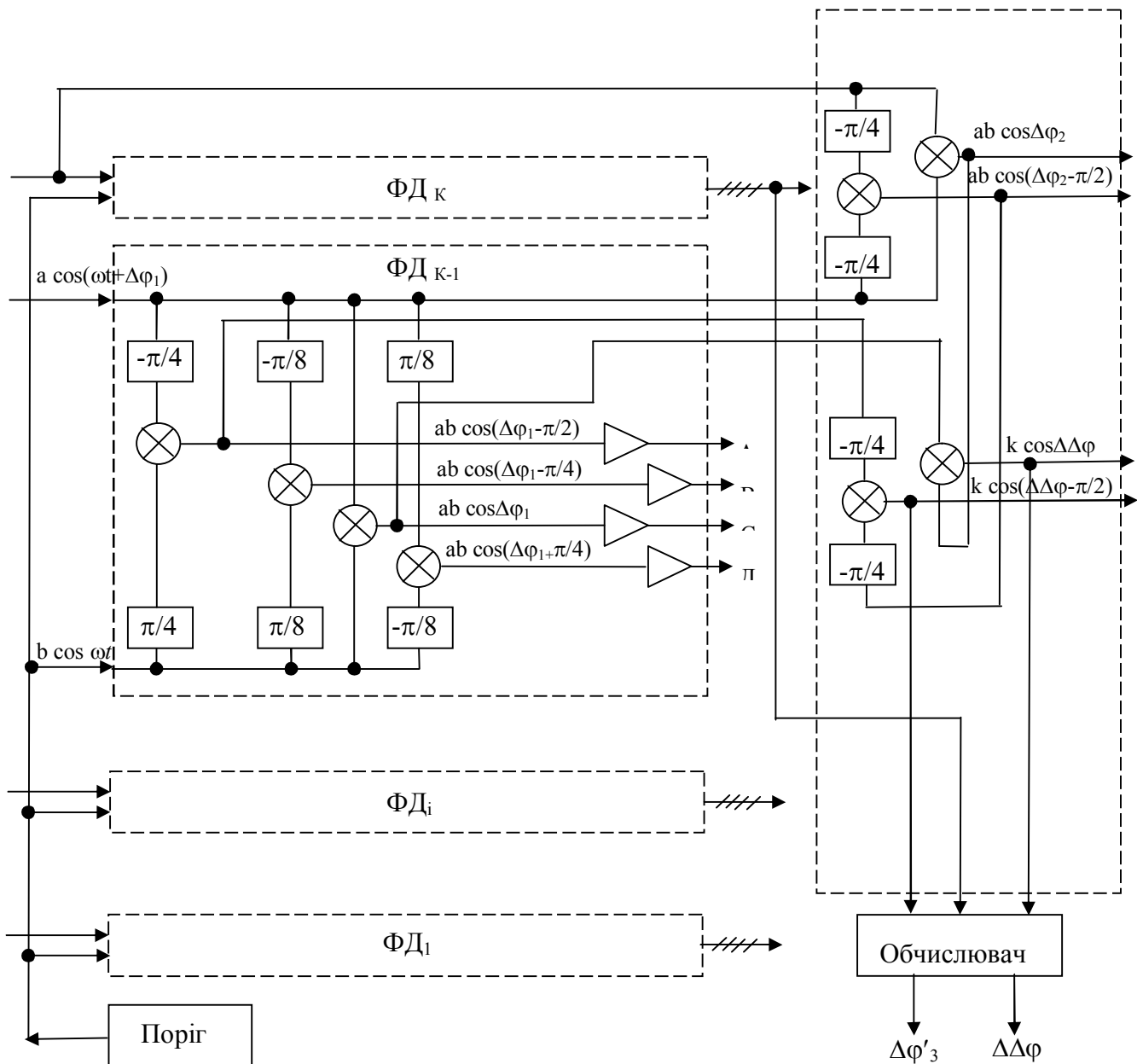


Рис. 7. Структурна схема фазового дискримінатора

Деяке ускладнення вимірників можна частково компенсувати, якщо змішувачі виконати балансними [12], котрі містять КМ. Тобто використовувати їх як для перетворення частоти, так і з метою вимірювання фазових співвідношень сигналів, що обробляються.

З цією ж метою можна використовувати розроблені фазові інтерферометри [13, 14], що використовуються в мікрохвильових системах посадки літаків для визначення з високою точністю їх азимутів і кутів місця. Вказані інтерферометри виконані у вигляді

багатобазових фазових пеленгаторів з виключенням неоднозначності в паралельному коді і включають декілька каналів, що складаються з супергетеродинного приймача і фазового дискримінатора (ФД). Останні виконані ідентичними по схемі, зображеній на рис. 7, з якого видно, що в кожному ФД вже є складові сигналів, що обробляються, з $\cos\Delta\varphi_i$ і $\cos(\Delta\varphi_i - \pi/2)$.

Тобто, можна під'єднатися до виходів перемножувачів шин А і С центрального каналу пеленгатора ($\Delta\varphi_1$ щодо першого периферійного каналу), а $\Delta\varphi_2$ отримати за допомогою аналогічного спрощеного ФД, на входи якого поступають сигнали з виходів приймачів центрального каналу і другого периферійного з найбільшою базою. Далі виконати операції (11) і (11.а) і отримати вираз (11.б) для $\Delta\Delta\varphi$. Крім того, шина С фазового дискримінатора ФД_к несе інформацію про фазовий зсув між першою і третьою приймальними антенами, тобто про $\Delta\varphi_3$. Схемне зображення цих операцій приведене на рис. 7 (обмежено пунктирною лінією).

До переваг використання розглянутого інтерферометра, як вимірника подвійної різниці фаз, відноситься практично відпрацьована схема усунення неоднозначності фазових відліків, а також можливість його використання як частотоміра [15] при визначенні координат ДРВ з невідомою частотою.

Неважко також показати, що для фазових систем визначення дальності з малою базою L , схемно-алгоритмічна обробка вхідних сигналів в даному інтерферометрі може істотно підвищити точнісні характеристики системи завдяки поліпшенню точності вимірювання фазових зсувів в $k = 2^N$ разів, де N – число ітерацій алгоритму. Зокрема, подвійна різниця фаз визначатиметься з наступного співвідношення:

$$\Delta\Delta\tilde{\varphi} = \Delta\Delta\varphi + \frac{\delta\varphi_{\text{фаз}}}{2^N},$$

де $\delta\varphi_{\text{фаз}}$ – похибка вимірювання фази в даному інтерферометрі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. - М.: - Эко-Тренд, 2000, 267 с
2. Абросимов В.Н., Алексева В.И., Гребенко Ю.А. и др. Использование системы NAVSTAR для определения угловой ориентации объектов. Зарубежная радиоэлектроника. 1989, №7.
3. Карпенко Б. О., Федоров В.И., Бадеха Д.В. Система вимірювання дальності з одної позиції // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка / Військово-спеціальні науки. К.: 2003- Юбілейний випуск № 5-6.
4. Радиотехнические системы: Учебн. для вузов. / Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др., Под ред. Ю.М. Казаринова.-М.: Высш. шк., 1990-496с.
5. Бардин В.В., Кривонос А.И. Справочник по электронным измерительным приборам.-М.: Связь, 1978.- с.
6. Гранкин И.М., Ищенко В.А., Ясинский В.Л. К анализу широкополосных четырехдетекторных фазоизмерительных систем. // «Известия ВУЗов,- Радиоэлектроника» К.: 1968, №4 с.332.
7. Войтко Ю.Н., Якорнов Е.А. Определение фазовых сдвигов в широкополосных четырехдетекторных фазоизмерительных схемах. // «Известия ВУЗов,- Радиоэлектроника» К.: 1995, №5.
8. Карпенко Б.О., Саричев Ю.О., Якорнов Є.А. Ітераційний алгоритм підвищення точності вимірів у реальних фазометрах і частотомерах інтерференційного типу на основі апріорної інформації про технічні характеристики їхніх детекторів.// Вісн. Київ.національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. К.: 2006, № 12-13.
9. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. –М.: Наука, 1981-с.
10. Ліпатов А.О. Пристрої НВЧ телекомунікаційних систем: Навч. посіб.-К.: ПМЦ Видавництво «Політехніка», 2003-440 с.

11. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебник для вузов/ *В.И. Нефёдов, В. Ханин, Е.В. Федорова и др. Под. ред. В.И. Нефёдова.*-М.: Высш. шк., 2001-с. 383.

12. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи /*Л.Г. Гассанов, А.А. Лунатов, В.В. Марков, Н.Н. Могильченко.*-М.:Радио и связь,1988.-288с.

13. *Южаков В. В.* Фазовые интерферометры в микроволновых системах посадки. Зарубежная радиоэлектроника. 1977, № 6.

14. Патент Великобритании № 1337099, МКИ G01S 3/48.

15. *Войтко Ю. Н., Якорнов Е.А.* Использование широкополосных четырехдетекторных фазоизмерительных схем в качестве измерителей несущей частоты радиосигналов. // «Известия ВУЗов,- Радиоэлектроника» К.: 1996, №2.

Рецензент: д.т.н., проф. **Жердєв М.К.**