

2. Любчик В.Р., Горященко К.Л. Импульсно-фазовый метод измерения расстояния до повреждения низкочастотных линий связи // Вісник ТУП. – 2003. – С. 196-200
3. Любчик В. Р., Дем'янюк С. М. Дослідження потенційної точності та швидкодії спектрально-фазового методу вимірювання відстані // МНТЖ «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – Хмельницький, 2003. – № 1 (23). – С. 74-80.
4. Любчик В.Р. Розробка фазового методу вимірювання відстаней до двох об'єктів // Вісник ТУП. – Ч.1. – Том 3. 2004. № 4. – С. 108-114.
5. Любчик В.Р., Гнатюк О. І. Вимірювання відстаней до трьох об'єктів // Вісник ТУП. – 2005. – № 2. – С. 183-188.
6. Розробка аналітичного фазового методу вимірювання відстаней до трьох об'єктів. / Любчик В.Р., Сенчишина Ю.В., Параска Г.Б., Килимник О. М // Вісник ХНУ. – 2009. – № 2. – С. 146-151.
7. Белоцерковский Г.Б. Основы радиотехники и антенны. Часть I «Основы радиотехники. – М.: Советское радио, 1968. – 432 с.

Надійшла 6.12.2009 р.

УДК 629.735.33.051.53

В.М. КИЧАК

Вінницький національний технічний університет

С.О. ЯНОВИЦЬКИЙ

Хмельницький національний університет

АНАЛІЗ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВОГО КРИТЕРІЮ НЕБЕЗПЕКИ В БОРТОВИХ СИСТЕМАХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ ЛІТАКІВ У ПОВІТРІ

Стаття присвячена дослідженню методичної похибки визначення часу до зіткнення літаків в бортових радіотехнічних системах попередження зіткнення. Розрахована величина похибки залежно від відстані прольоту літаків і приведено метод її компенсації.

This article is dedicated to the exploration of systematic inaccuracy of time calculating before airplanes collision in the airplanes radiotechnical airplanes collision warning systems. A value of inaccuracy is calculating depending on the distance of airplanes flights and the method of inaccuracy compensation is introduced.

Ключові слова: часовий критерій, мінімальна відстань прольоту.

В бортових системах попередження зіткнення (БСПЗ) літаків використовується в якості критерію безпеки час до зіткнення (τ) конфлікуючих літаків.

Залежно від напрямку руху зближення літаків і відстані їх прольоту виникає методична похибка виміру часу до зіткнення.

Метою цієї роботи є оцінити величину похибки виміру τ і виробити рекомендації з її корекції.

Відомо [1] що:

$$t = \frac{D}{V_p}, \quad (1)$$

де D – відстань між конфлікуючими літаками,
 V_p – радіальна швидкість зближення конфлікуючих літаків, яка визначається з допомогою апаратури БСПЗ.

Розглянемо випадок зближення двох літаючих апаратів (ЛА), які виконують прямолінійний політ з постійними швидкостями в двох горизонтальних площинах, які знаходяться одна від одної на відстані Δh . Схема руху об'єктів показана на рис. 1, з якого видно, що відносна швидкість $V_1 - V_2$ в горизонтальній площині представлена Ввідн. і дорівнює:

$$V_{відн} = \left(V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 \cdot V_2 \cos \beta \right)^{1/2}, \quad (2)$$

де V_1, V_2 – вектори швидкості літаків;

β – відносний курс.

Радіальна швидкість зближення буде складати:

$$V_p = V_{відн} \cdot \cos q \cdot \cos g, \quad (3)$$

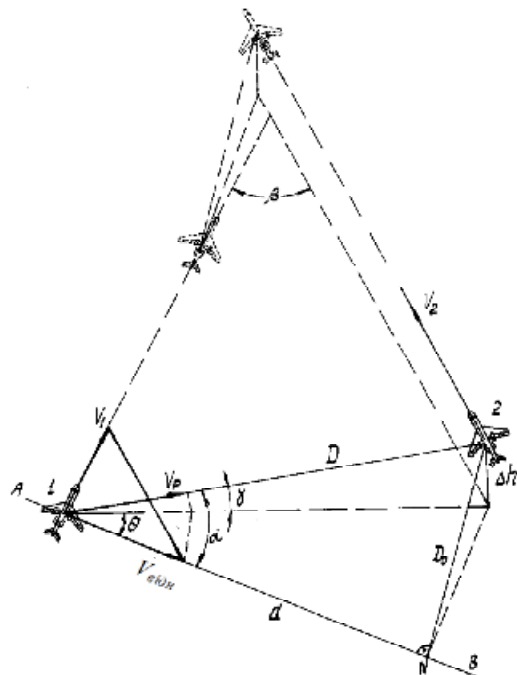


Рис. 1. Схема руху об'єктів

де θ – кут, який створений проекцією лінії візування двох ЛА на горизонтальну площину і лінією АВ, яка представляє геометричне місце точок, вказуючи відстань і азимут ЛА1 по відношенню до ЛА2;
 γ – кут, створений у вертикальній площині лінією візування та її проекцією.
 Вектор $2N$, перпендикулярний лінії АВ, характеризує мінімальну відстань до прольоту між ЛА1 та ЛА2.

Відстань прольоту двох ЛА до мінімальної точки зближення N буде складати:

$$d = t \cdot V_{\text{відн.}}, \quad (4)$$

де t – істинний час прольоту двох ЛА від точки мінімального зближення N ,
 або

$$d = D \cdot \cos q \cdot \cos g \quad (5)$$

підставимо (3), (4) і (5) в (1) та отримаємо:

$$t = t / \cos^2 g \cdot \cos^2 q \quad (6)$$

або

$$t = t / \cos^2 a, \quad (7)$$

де a – кут, який створений лінією візування і прямою АВ та рівний виразу

$$a = \arctg \frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}}. \quad (8)$$

З виразу (7) видно, що наближення значення часу до зіткнення “ τ ”, яке визначається апаратурою БСПЗ, відрізняється від істинного часу до зіткнення на величину Q раз.

$$Q = \cos^{-2} \left(\arctg \frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}} \right). \quad (9)$$

Величина Q буде характеризувати методичну похибку визначення критерію τ , обумовлену геометрією польоту конфлікуючих ЛА.

Так як Q більше або рівно 1, вираз для відносної методичної похибки δ буде мати вигляд:

$$\delta = Q - 1 = \left(\frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}} \right)^2. \quad (10)$$

З виразу (10) видно, що методична похибка δ прямопропорційна квадрату відстані мінімального прольоту між конфлікуючими ЛА і обернено пропорційна квадрату відстані прольоту двох ЛА до мінімальної точки зближення.

Як видно з рис. 1 відстань D_0 залежить від висоти, напрямку і швидкості V_1, V_2 двох ЛА. При постійних значеннях $\Delta h, \beta, V_1, V_2$ величина D_0 також постійна. При визначенні значення $D_0 \ll D$ і великій відносній швидкості, τ представляє собою наближення до істинного часу прольоту t . Однак зі зменшенням швидкості наближення величини прольоту τ буде суттєво відрізнятись від істинного часу в сторону збільшення, що є не бажаним.

Визначимо значення t , при якому τ буде мати мінімальну величину для визначення значення $V_{\text{відн.}}$ та D_0 . Це дозволить знайти граничні умови застосування в БСПЗ критерію τ .

$$\frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{\cos^2 \left(\arctg \frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}} \right) - \sin \left(2 \arctg \frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}} \right) D_0 / t \cdot V_{\text{відн.}} \left(1 + \frac{D_0^2}{t^2 \cdot V_{\text{відн.}}^2} \right)}{\cos^4 \left(\arctg \frac{D_0}{t \cdot V_{\text{відн.}}} \right)} = 0. \quad (11)$$

Вирішення рівняння (11) буде мати вигляд:

$$t_E = \frac{D_0}{V_{\text{відн.}}}. \quad (12)$$

Підставимо значення t в (7) та (8) і отримаємо:

$$t_{\text{min}} = 2t_E. \quad (13)$$

Таким чином, мінімальне значення τ , яке можливо визначити з допомогою БСПЗ, буде в два рази більше істинного значення часового прольоту мінімальної відстані між ЛА.

На рис. 2 представлені криві, які характеризують відносну методичну похибку у відповідності з виразом (10). При заданому значенні похибки визначення критерію τ та D_0 ($D_0 \ll D_{0\text{max}}$), будуть накладатись обмеження в БСПЗ по мінімальній відносній швидкості зближення ($V_{\text{відн.}} > V_{\text{відн.мін.}}$).

Для зменшення методичної похибки при малих швидкостях зближення ЛА необхідно ввести в БСПЗ корегуючий пристрій компенсації τ . Даний пристрій повинен реалізовувати вираз, отриманий з (6) та (3), зручний для реалізації:

$$t = t \left(\frac{V_p}{V_{відн.}} \right)^2 \tag{14}$$

Величини V_p та τ визначаються в пристрої знаходженням значення τ , $V_{відн.}$ знаходяться з допомогою виразу (2), з якого видно, що для реалізації корекції τ необхідно отримати додаткову інформацію про направлення та швидкість руху конфліктуючого ЛА.

Похибка знаходження шляхових швидкостей конфліктуючих ЛА з допомогою доплерівських вимірювачів швидкості складає 1% [3], а точність визначення азимуту цих ЛА апаратурою РСБН-2 складає $\pm 0,2$ [4], значення методичної похибки визначення критерію τ з врахуванням складової швидкості буде в декілька разів менше приведеної на рис. 2. Загальна структурна схема корегуючого пристрою показано на рис. 3, де ФП – функціональний перетворювач ($\cos \beta$), МПП – помножуючий пристрій.

Для отримання величин V_1^2 , V_2^2 , V_p^2 , МПП працює в режимі квадратора.

На вхід поступає інформація про радіальну швидкість зближення V_p , швидкість польоту першого та другого ЛА (V_1 , V_2), їх курс (ϕ_1 , ϕ_2), час до зіткнення τ , K – масштабний коефіцієнт.

Приведений пристрій корекції τ може бути реалізовано з допомогою типових аналогових, цифрових та гібридних обчислювальних структур, широко застосованих в сучасних навігаційних обчислювальних пристроях (4).

Розглянуто випадок руху двох ЛА в горизонтальній площині. В реальному випадку можливо переміщення ЛА і у вертикальному напрямі, тобто рівномірний набір або зниження висоти. Неважко довести, що висновки, зроблені раніше, будуть вірні і для цього випадку. Так як вертикальна складова швидкості зближення σ (Δh)/ σt в звичайних режимах польоту набагато менше горизонтальної, враховуючи її при корекції τ недоцільно.

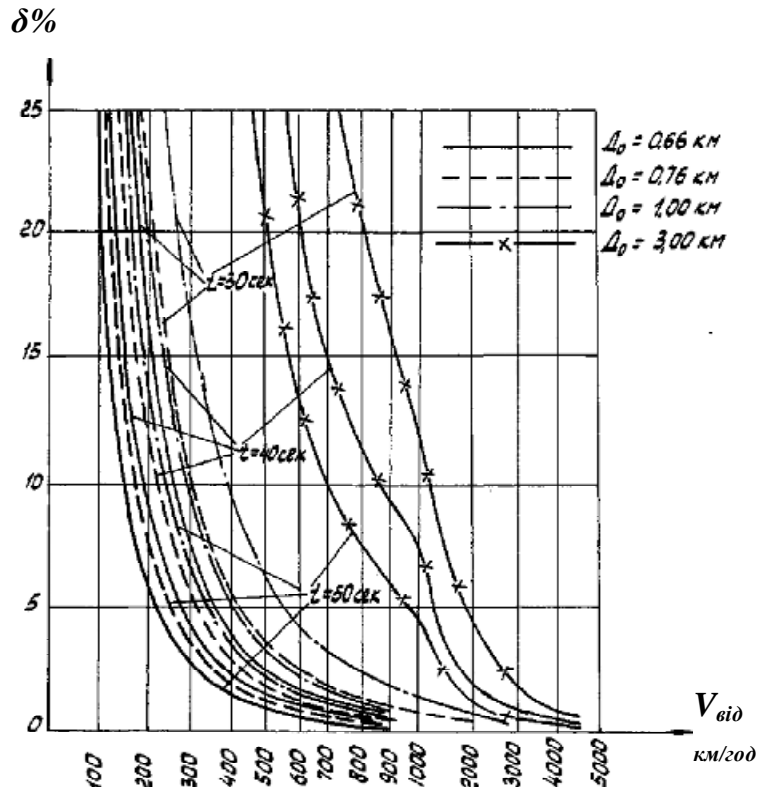


Рис. 2. Залежність методичної похибки від відносної швидкості

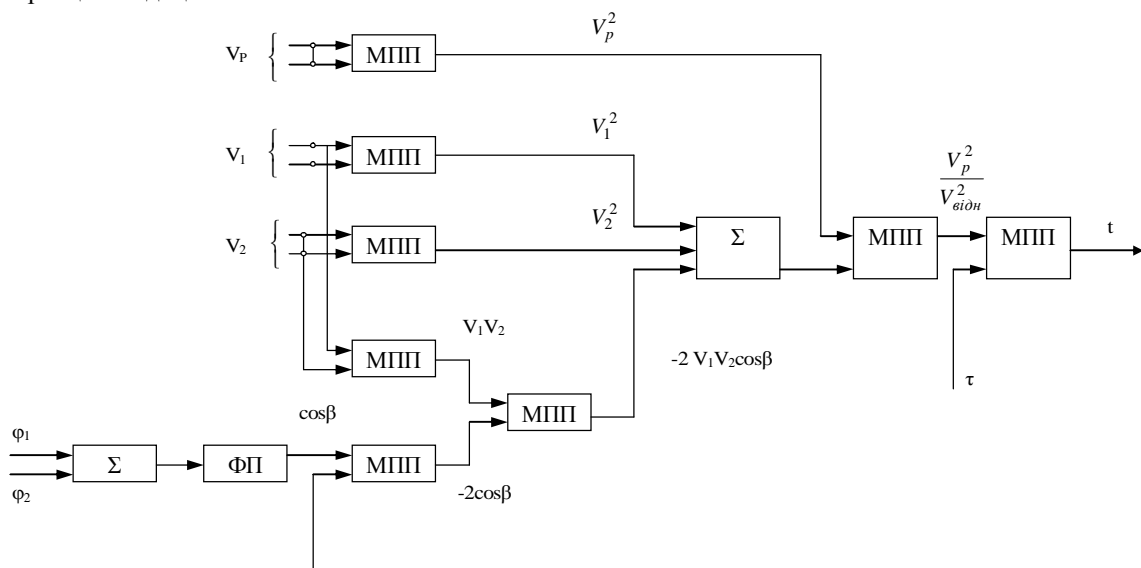


Рис. 3. Структурна схема корекуючого пристрою

Висновки

1. Методична похибка визначення τ , обумовлена геометрією польоту конфліктуючих ЛА в БСПЗ,

яка знаходиться в оберненопропорційній залежності від квадрату швидкості зближення конфліктуючих ЛА. При великих швидкостях зближення τ являє наближення істинного часу до зіткнення.

2. Мінімальне значення τ , яке можливо визначити з допомогою БСПЗ, буде в два рази більше істинного значення часового прольоту мінімальної відстані між ЛА.

3. При малих швидкостях зближення ЛА для зменшення методичної похибки визначення критерію τ необхідно вводити корекцію по τ , для того потребується додатково ввести інформаційних обмін між конфліктуючими ЛА про швидкість і напрям руху.

Література

1. Яновицький С.О. Способи дискретного вимірювання часового критерію небезпеки у вторинних радіолокаційних системах попередження зіткнення літаючих апаратів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1997. – № 1. – С. 101-104

2. Кичак В., Яновицький С. Методи підвищення точності визначення часу до зіткнення літаючих апаратів в бортових радіотехнічних системах // «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (СПРТП-2009). Матеріали доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції. М. Вінниця, 10 жовтня 2009р.с.66

3. Колчинский В.Е., Мандуровский И.А., Константиновский М.И. Допплеровские устройства и системы навигации. – М.: Сов. радио, 1975. – 343 с.

4. Одинцов В.А. Радионавигация летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1968. – 280 с.

Надійшла 6.12.2009 р.

УДК 622.271.001: 621.311.1

А.А. ШИЯН, Ю.А. ШУЛЄ

Вінницький національний технічний університет

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК І ВИСОКОАМПЛІТУДНИХ ВІДХИЛЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Для опису характеристик електричних навантажень електротехнічних комплексів запропоновано використати кортеж, що складається із характеристик, як самого випадкового процесу, так і статистичних характеристик його відхилень від середнього значення. Показано, що такий процес може бути охарактеризовано показником Херста. Запропоновано метод та його алгоритмічну реалізацію для ідентифікації характеристик електричних навантажень та для ідентифікації високоамплітудних відхилень електричних навантажень електротехнічних комплексів.

For the description of electrical loads characteristics for electrotechnical complexes it is offered to use a tuple which consists of characteristics, such as the stochastic process and statistical characteristics of its deviations average value. It is shown that such process can be described by Hurst's metric. It was offered the method and its algorithmic implementation for identification of electrical loads characteristics and for identification of highamplitude deviations of electrical loads at the electrotechnical complexes.

Ключові слова: електричне навантаження, електротехнічний комплекс.

Вступ

Проблеми оптимізації електричних навантажень електротехнічних комплексів мають дві важливі сторони. По-перше, це оптимізація електроспоживання. По-друге, це задача ідентифікації критичних відхилень в навантаженнях, які можуть призвести до надзвичайних ситуацій в мережі постачання. Розв'язання обох цих задач базується на швидкій ідентифікації високоамплітудних відхилень електричних навантажень, таким чином, ця задача зберігає свою наукову актуальність та практичну важливість.

Внаслідок збільшення кількості електротехнічних комплексів стрімко зростає нерівномірність електричних навантажень. Якщо раніше стратегія прогнозування електричних навантажень для таких систем полягала у дослідженні електротехнічного комплексу, пов'язаного із конкретним підприємством [1, 2], то тепер необхідно розглядати задачу із багатьма джерелами електроспоживання, що вимагає застосування інших методів ідентифікації та прогнозування.

До того ж раніше диспетчерський пункт обслуговував, як правило, один електротехнічний комплекс, в економічних умовах сучасної України він обслуговує вже багато таких комплексів. Неузгодженість технологічних циклів цих комплексів призводить до того, що випадкова складова в електроспоживанні стає вирішальною.

Задачі такого типу останнім часом розв'язанні для електророзподільних систем [3, 4]. Проте розглянуто лише задачі із відомими статистичними характеристиками електроспоживання, що і призводить до задачі про ідентифікацію та прогноз навантажень електротехнічних комплексів.

Метою статті є розробка математичного методу для ідентифікації високоамплітудних відхилень електричних навантажень електротехнічних комплексів.