

ОЦІНКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ КУТОМІРНОГО КАНАЛУ СИСТЕМИ ПОСАДКИ САНТИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Виконано аналіз інструментальної точності кутомірної системи посадки повітряних суден, який працює в сантиметровому діапазоні частот. Враховані рекомендації ICAO щодо способу його технічної реалізації.

The analysis of tool accuracy of the goniometric channel of system of landing air which works in a centimetric range of frequencies is made. Recommendations ICAO, concerning a way of its technical realisation are considered.

Ключові слова: система посадки повітряних суден, рекомендації ICAO.

Вступ

Виконавчий комітет ICAO вимагає від користувачів системи посадки за стандартом TRSB суворого дотримання вимог щодо складу наземного та бортового радіообладнання, комплектності, схеми розгортання на місцевості, формату радіосигналу, принципів отримання кутової інформації на борту повітряного судна (див. рис. 1.), забезпечення регламентованих тактико-технічних характеристик. В той же час питання способів технічної реалізації вимог стандарту TRSB носять необов'язковий, рекомендаційний характер. Так на момент затвердження стандарту, документи ICAO [1-2] звертали увагу на доцільність побудови бортового вимірювача кутових координат за схемою, яка наведена на рис. 2.

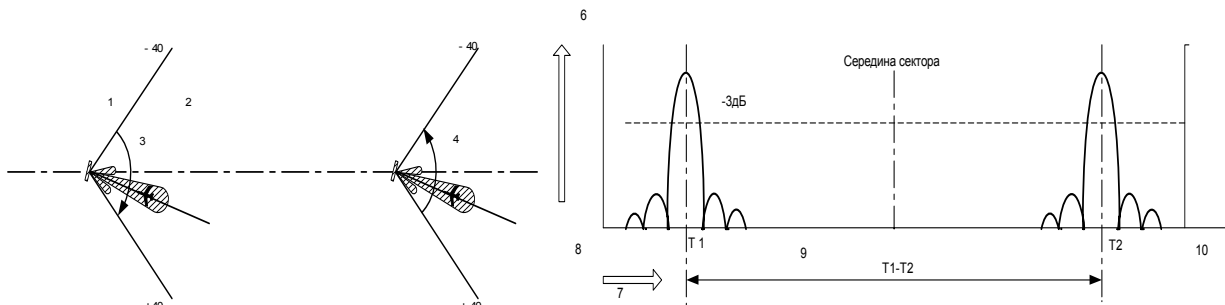


Рис. 1. Принцип визначення кутових координат повітряного судна системи посадки сантиметрового діапазону: 1- азимутальна антена; 2 – осьова лінія ЗПС; 3- сканування « туди »; 4- сканування « назад »; 5 – сигнальні імпульси; 6- поріг вимірювання -3дБ; 7- час, 8- початок сканування « туди »; 9- кутове положення повітряного судна пропорційне результату вимірювання часової різниці $T_1 - T_2$; 10 – кінець сканування « назад ».

Параметри бортового радіообладнання кутомірної підсистеми суттєво впливають на точність вимірювання часового інтервалу $T_1 - T_2$, що у кінцевому результаті і визначає точність інформації про кутове положення повітряного судна (ПС).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

За оцінками експертів і результатів льотних випробувань [3-5, 7] основними факторами, що обмежують інструментальну точність кутових вимірювань є похибки визначення часового положення характерних точок кутових сигнальних імпульсів на рівні -3 дБ від максимального амплітудного значення та спосіб подальшої обробки результатів вимірювань. Розглянемо особливості роботи цифрового варіанту побудови бортового вимірювача кутових координат [2, 11], функціональна схема якого представлена на рис. 2, а, а часові діаграми, що ілюструють його роботу – на рис. 2, б. Часова різниця між характерними точками, сформованими на рівні -3 дБ від максимального значення амплітуди кутових сигнальних імпульсів « туди » – « назад », вимірюється наступним чином:

1. Переднім фронтом строб-імпульсу «туди» запускається реверсивний лічильник по прямому входу з частотою, яка дорівнює половині частоти масштабних імпульсів.
2. Заднім фронтом строб-імпульсу «туди» лічильник переводиться в режим рахування повної частоти масштабних імпульсів.
3. Переднім фронтом строб-імпульсу «назад» лічильник повертається в режим рахування половинної частоти масштабних імпульсів по інверсному входу.
4. Заднім фронтом строб-імпульсу «назад» реверсивний лічильник зупиняється. Число зафіксоване лічильником являє собою часову різницю між характерними точками сигнальних імпульсів « туди – назад ».

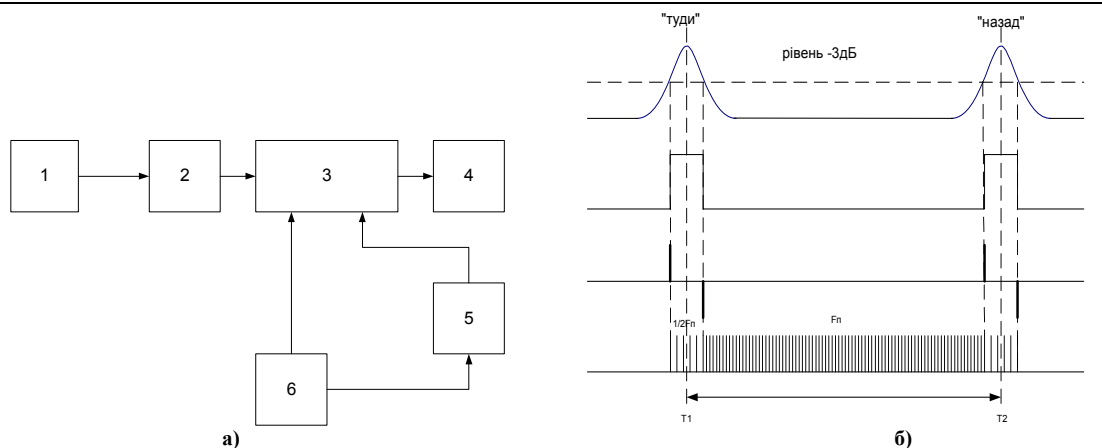


Рис. 2. Рекомендований ІСАО цифровий вимірювач кутових координат [11] а) функціональна схема: 1-контрольний виявлювач кутових сигналів « туди – назад »; 2-порогова схема; 3-комутатор частоти; 4-реверсивний лічильник; 5-подільник частоти на 2; 6-генератор масштабних імпульсів; б) часові діаграми роботи

Коректна робота даного пристрою передбачає повну симетрію сигнальних імпульсів « туди-назад », збіжність їх тривалості та надзвичайно високу стабільність порогів спрацьовування формуючого пристрою строб-імпульсів «туди– назад» [10]. На прикладі взаємодії хаотичної імпульсної перешкоди та флуктуаційного шуму з сигнальним імпульсом у роботі [6] було показано, що симетрія імпульсних сигналів «туди – назад» може порушуватись. Окрім того, точки максимальної швидкості зміни напруги сигнальних імпульсів «туди -назад» не співпадають з їх характерними точками, зафіксованими на рівні – 3дБ від максимального значення, що призводить до погіршення точності вимірювань порівняно з оптимальною [9]. Проте головний недолік даного варіанту побудови цифрового вимірювача полягає у тому, що кутове положення ПС може бути зафіксоване з точністю до періоду надходження масштабних імпульсів.

Формулювання мети досліджень

В даній роботі основна увага зосереджена на підвищенні точності бортових вимірювань кутових координат повітряного судна, що заходить на посадку.

Основна частина

Для досягнення поставленої мети пропонується інша концепція побудови бортового вимірювача [8], у основу якої покладена ідея використання мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті та відповідним інтерфейсом. Функціональна схема інтерфейсу та часові діаграми, що пояснюють принцип дії пристрою наведені на рис. 3-4. При появі опорного часового імпульсу 11 на керованому вході лічильника 5, останній встановлюється у режим рахування масштабних імпульсів, які надходять з генератора 6. Дані з лічильника 5 та аналого-цифрового перетворювача 7, який працює з частотою, що задається генератором тактової частоти 10, у мікро – ЕОМ 8 не потрапляють, бо з пристрою керування обміном 3 через комутатор 4 не надійшов сигнал запити на переривання виконання фонові програми. При виявленні кутового сигнального імпульсу «туди» пристроєм контрольного виявлення 1 та досягненні ним заданого рівня напруги спрацьовує порогова схема 2. Вона генерує сигнал запити на переривання, який через комутатор зовнішніх пристроїв 4 надходить до мікро-ЕОМ і переводить її у режим підготовки каналу прямого доступу до обміну. Цикл обміну починається з запису вмісту лічильника 5 у першу комірку пам'яті, яка приймає участь у процесі обміну. Адреси наступних комірок пам'яті формуються у лічильнику адрес 9 у відповідності до такту роботи аналого-цифрового перетворювача 7. Цикл обміну закінчується коли амплітуда сигнального імпульсу « туди » вдруге досягне заданого рівня напруги. Мікро-ЕОМ після завершення циклу обміну повертається до виконання фонові програми. Центр ваги тіла кутового сигнального імпульсу « туди » та його часове положення відносно початку відліку можуть визначатись у процесі виконання фонові програми. Послідовність операцій при обробці кутового сигнального імпульсу «назад» – аналогічна. Кутове положення ПС визначається як різниця результатів, одержаних внаслідок обробки кутових сигнальних імпульсів « туди – назад ».

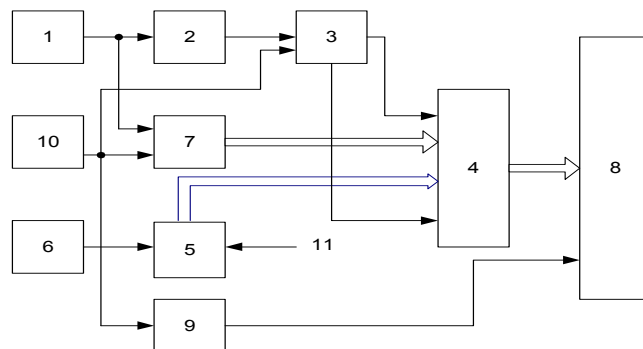


Рис. 3. Функціональна схема бортового вимірювача, яка використовує мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті [8]: 1-контрольний виявлювач сигналних імпульсів « туди – назад»; 2- порогова схема; 3- пристрій керування обміном; 4- комутатор зовнішніх пристроїв; 5- лічильник числамасштабних імпульсів; 6- генератор масштабних імпульсів; 7 – аналого-цифровий перетворювач; 8- мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу в пам'ять; 9- лічильник адрес; 10- генератор тактових імпульсів; 11- сигнал опорного часу

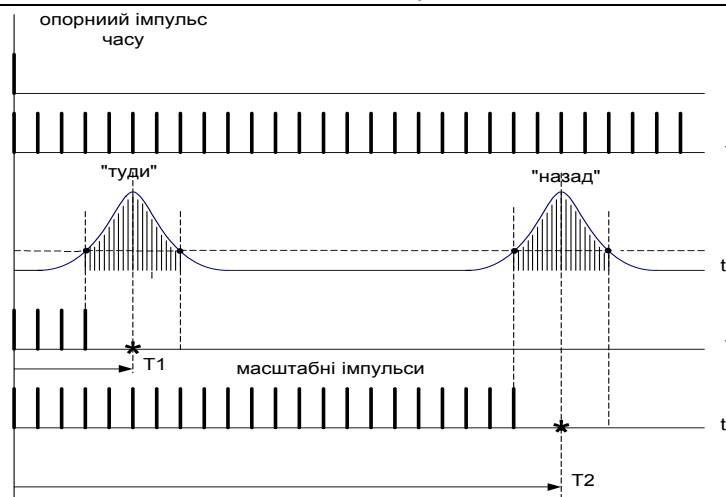


Рис. 4. Часові діаграми роботи бортового вимірювача, що використовує мікро-ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті

Висновки

Використання надмірності апаратної частини, а саме мікро – ЕОМ з каналом прямого доступу до оперативної пам'яті та методу формування центра ваги кутового сигнального імпульсу має наступні переваги порівняно з пристроєм, запропонованим в роботах [2, 11]:

1. Можливість підвищення точності вимірювань при незмінній частоті масштабних імпульсів за рахунок вагового усереднення багатьох відліків аналого-цифрового перетворювача;

2. Підвищення технологічності пристрою та, у певній мірі спрощення, у зв'язку з тим, що як усі додатково введені елементи так і сама мікро-ЕОМ можуть використовуватись для вирішення ще й низки інших задач.

Попередньо проведені розрахунки, дозволяють стверджувати, що при використанні АЦП з тактовою частотою 2 МГц та мікро – ЕОМ з часом звернення до оперативної пам'яті у режимі прямого доступу 0,07 мкс, очікувана інструментальна точність запропонованого пристрою може бути від трьох до п'яти разів вищою по відношенню до базового варіанту [2, 11].

Література

1. Time Reference Scanning Beam Microwave Landing System. A New Non-Visual Precision Approach and Landing Guidance System for International Civil Aviation, New-York, FAA, December, Working Group Seventh Meeting – London.
2. AWOP, Working Group Seventh Meeting – London, Nov. 2 – 12, 1976, AWOP Assessment of New Guidance Systems.
3. О ходе разработки микроволновой системы посадки по приборам. Краткий обзор // Радиоэлектроника за рубежом. – М.: 1975. – Вып. 17 (781). – С. 3– 11.
4. Шестакова Н.А. СВЧ система инструментальной посадки самолетов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1972. – № 11. – С. 5 – 21.
5. Сантиметровые системы посадки самолетов / В.М.Бенин, Е.И. Шолупов, В.А.Кожевников, И.А. Хаймович. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
6. Оцінка сукупного впливу хаотичних імпульсних перешкод та флуктуаційного шуму на точність первинних спостережень / Воловик Ю. М., Логвиненко В. В., Шутило М. А., Воловик А. Ю. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2006. – Т.1, № 3. – С.192 – 195.
7. Семенов А.А., Мелкунин В.Г. Радионавигационные системы аэропортов. Радиомаячные системы посадки. – К.: КМУГА, 1999. – 100 с.
8. Пат. U2005 10483 Україна, МПК G01s1/ 08, G01s3/66. Пристрій для обробки кутової інформації у радіотехнічній системі посадки сантиметрового діапазону / Воловик А.Ю., Воловик Ю.М., Кичак В.М., Шутило М.А.; заявл. 23.11.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл.№ 4, 2006. – 6 с.
9. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавигационных системах / В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов, Ю. А. Коломенский.; под ред. Ю.М.Казаринова. – М.: Сов. радио, 1975. – 273 с.
10. Фолкенберри Л.М. Справочное пособие по ремонту электрических и электронных систем / Л. М. Фолкенберри.; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 416 с.
11. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Авиационная радионавигация. Справочник. – М.: Транспорт, 1987. – 256 с.

Надійшла 8.9.2009 р.