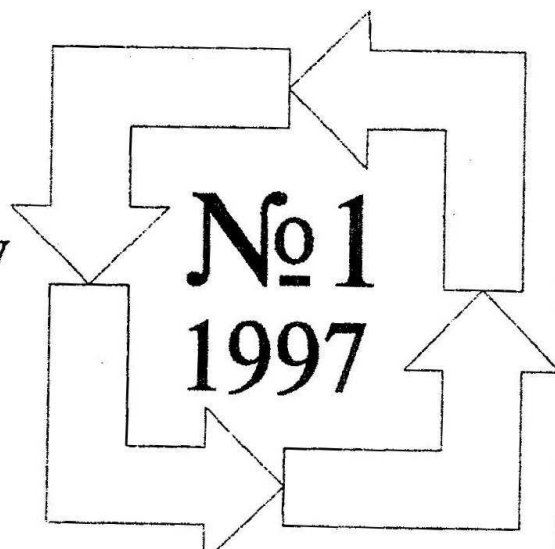


*МІЖНАРОДНИЙ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ  
ЖУРНАЛ*

**ВИМІРЮВАЛЬНА  
ТА  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА  
ТЕХНІКА  
В  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСАХ**

Присвячується  
30-річчю  
Технологічного університету  
Поділля



**№ 1  
1997**

**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ**

# *Міжнародний науково-технічний журнал* **Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах**

*Виходить 2 рази на рік*

---

*Хмельницький, 1997, №1*

---

**Засновники:**

**Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький)  
ВАТ НДІ "Уконд" (м. Хмельницький)  
Українська технологічна академія (м. Київ)**

**Головний редактор І.В. Троцишин**

**Редакційна колегія:**

**О.А.Вдовін** (Україна, Хмельницький), **В.І.Водотовка** (Україна, Київ),  
**В.А.Венгржановський** (Україна, Хмельницький), **Л.І.Ганзюк** (Україна,  
Хмельницький), **Г.Ф. Гордієнко** (Україна, Хмельницький), **В.Б.Дудикевич**  
(Україна, Львів), **В.М.Локазюк** (Україна, Хмельницький), **В.В. Календін**  
(Росія, Москва), **С.А.Кравченко** (Росія, Санкт-Петербург), **Г.О. Козлик**  
(Україна, Київ), **В.П. Кожем'яко** (Україна, Вінниця), **В.Т.Кондратов**  
(Україна, Київ), **В.Д. Косенков** (Україна, Хмельницький), **Ю.Ф. Павленко**  
(Україна, Харків), **О.М. Петренко** (Україна, Хмельницький), **В.О.**  
**Піджаренко** (Україна, Вінниця), **В.Ю. Попов** (Україна, Хмельницький, заст.  
головного редактора), **С.І. П'ятін** (Україна, Хмельницький), **В.П. Ройзман**  
(Україна, Хмельницький), **В.М. Тарасевич** (Україна, Київ), **Ю.О. Скрипник**  
(Україна, Київ, голова редакційної колегії), **М.М. Сурду** (Україна, Київ),  
**Й.І. Стенцель** (Україна, Северодонецьк)

**Відповідальний секретар В.В. Мартинюк**

**Технічний редактор О.П. Войтюк**

**Редактор-коректор В.М. Сарана**

*Адреса редакції: Україна, 280016, м. Хмельницький, вул. Інститутська 11, Технологічний університет Поділля, редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (кімн. 4-331), тел, (03822) 2-88-74.*

**E-mail: oleg@alpha.podol.khmelnitskiy.ua**

---

**Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ №2398 від 9 січня 1997 року.**

---

© Технологічний університет Поділля

© Редакція "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах"

## ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Кичак В.М. Моделювання радіочастотних логічних пристроїв . . . . .	5
Троцишин І.В. Основні поняття і визначення теорії фазочастотних вимірювань та перетворень параметрів радіосигналів . . . . .	10
Кондратов В.Т. Избыточность: основные понятия и классификация . . . . .	18

### МЕХАНІЧНІ ТА ТЕПЛОФІЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Чоловский Р.Г. Метод снижения вибраций машин с изменяющимся дисбалансом ротора . . . . .	23
Ройзман В.П., Ковтун І.І. Програмно-апаратний комплекс акустичної емісії . . . . .	25
Скрипник Ю.А., Локтионов М.Г. Ультразвуковой прибор для измерения толщины изоляционных полимерных покрытий . . . . .	29
Алехнович В.Е., Прошин А.А. Управление точностью изготовления деталей в серийном производстве . . . . .	33
Буряк В.Г. Теоретичний аналіз контролюючих і вимірювальних характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів у механообробці . . . . .	36

### ОПТИЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Філінський Л.А., Морозов В.М. Дослідження характеристик відбиття від зразків пінного середовища . . . . .	43
Ковач С.К., Стасюк Ю.М., Кохан О.П., Панько В.В., Яновицький А.К. Мідь-селективний електрод з $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ -мембраною . . . . .	46
Тимчик Г.С., Колобродов С.В. Методи впливу фонового випромінювання при проектуванні оптично-електронних систем . . . . .	48
Бородай М.В., Коломієць І.Д. Застосування явища поляризації лазерного випромінювання для вимірювання діаметрів деталей в процесі обробки . . . . .	54
Кожемяко В. П., Понурая Е. И., Кожемяко К.В., Хамди Рамди Алгоритмическое моделирование универсального метода распознавания изображений на основе выделения признаков . . . . .	56
Кожем'яко В.П., Павлов С.В., Тимофієва Н.П., Тимофієв І.В. Аналіз методів лазерної діагностики біотканин . . . . .	59
Нестер А.А., Рогов В.М., Камбург В.Г. Деякі особливості вимірювань при регенерації травильних розчинів плат . . . . .	65
Драпак З.Т., Дроздовський В.Б., Кантемір І.І., Ключ І.П. Діелектрична релаксація в антипіренних барвниках . . . . .	68

### ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

Тетеря О.А., Троцишин І.В., Войтюк О.П. Аналіз характеристик дискретно-аналогових комутаторів в режимі динамічних фазообертачів. . . . .	74
Бортник Г.Г. Спосіб діагностування аналого-цифрових перетворювачів. . . . .	84
Кичак В.М., Бортник Г.Г., Семенюк О.А., Смішко С.Ф. Спектральний спосіб контролю динамічних параметрів аналого-цифрових перетворювачів. . . . .	86
Скрипник Ю.А., Макарышева Е.Л. Цифровой фазовый кумметр низкодобротных элементов. . . . .	93
Мартинюк В.В., П'ятін С.І. Електронні вимірювачі радіального профілю великогабаритних тіл обертання. . . . .	96
Яновицький С.О. Способи дискретного вимірювання часового критерію небезпеки у вторинних радіолокаційних системах попередження зіткнення літаючих апаратів. . . . .	101
Яновицький С.О., Яновицький О.К. Аналіз похибок аналогових вимірювачів часу до зіткнення літаків в бортових радіолокаційних системах . . . . .	104
Пятин И.С., Осадчий В.П. Анализ измерителей параметров материалов с	

Якщо врахувати, що  $\Delta\varphi_0 = \Delta\varphi_p = \frac{\pi}{8}$ , а також  $K_{E0} = K_{Ep}$  та  $U_p^0 = U_0^0$ , то рівняння вимірювального перетворення матиме вигляд:

$$D = kN_D M, \quad (2)$$

де  $k$  - кількість періодів вимірювання  $T_0$ .

Конструктивно амплітудно-фазовий вимірювач радіального профілю реалізований у вигляді двох блоків:

- 1) електронного вимірювального блока;
- 2) блока живлення.

Електронний вимірювальний блок складається з корпусу, в якому розміщені плати опорного та вимірювального каналів, а також плата індикації. При розробці схеми електричної принципової вимірювального каналу використовувались мікросхеми ТТЛ 555 серії.

#### Література

1. Мартинюк В.В. Вимірювання та контроль діаметрів великогабаритних виробів. -Хмельницький, 1995//Деп. в ДНТБ України, 25.12.95р. -№137-Ук 96.
2. Мартинюк В.В. Фрикційно-частотні вимірювачі діаметрів великогабаритних виробів. -Хмельницький, 1996//Деп. в ДНТБ України, 02.04.96р.-№858-Ук 96.
3. Мартинюк В.В. Вимірювання та контроль форми оболонок обертання// Технологічний університет в системі реформування освітньої та наукової діяльності Подільського регіону: 36. наук. праць. -Хмельницький, 1995.-С.145-146.
4. Пятин С.И., Мартинюк В.В. Цифровой измеритель диаметров крупногабаритных изделий //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва: Тез. доп. III наук.-техн. конф. -Хмельницький, 1995.-С.75.

УДК 621.399.9(088.8)

## СПОСОБИ ДИСКРЕТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ЧАСОВОГО КРИТЕРІЮ НЕБЕЗПЕКИ У ВТОРИННИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕННЯ ЛІТАЮЧИХ АПАРАТІВ

**Яновицький С.О.**

Технологічний університет Поділля

У більшості випадках за критерій безпеки зіткнення літаючих апаратів (ЛА) прийнято часовий критерій, який знаходиться завдяки бортовій радіолокаційній апаратурі і використовується для попередження пілотів про наявність небезпечної ситуації:

$$\tau = \frac{R}{V_p}, \quad (1)$$

де  $R$  - відстань між ЛА;

$V_p$  - радіальна швидкість зближення.

Розглянемо варіанти реалізації цифрового методу для визначення часового критерію. Швидкість зближення можна вважати приблизно рівною

$$V_p \approx \frac{[R(t + \Delta t)] - R(t)}{\Delta t} \approx \frac{R(t)}{\Delta t}, \quad (2)$$

де  $\Delta t$  - проміжок часу між зондуванням простору радіоімпульсами апаратури бортової системи попередження зіткнення.

Із виразів (1) і (2) знаходимо, що

$$\Delta R(t) = kR(t), \quad k = \frac{\Delta t}{\tau}.$$

Тому, що завданням системи попередження зіткнення (СПЗ) є визначення ЛА, час до моменту можливого зіткнення, яких дорівнює критичному

$$\tau = \tau_{кр},$$

а проміжок часу між зондуючими сигналами  $\Delta t$  є стала величина, коефіцієнт  $k$  також буде сталою величиною

$$k = k_{кр} = const,$$

в небезпечних випадках

$$R_{кр}(t) = k_{кр}R(t) \quad (3)$$

Виходячи з цього, можливо побудувати пристрій для виявлення конфліктних випадків між літаками. Структурна схема пристрою виявлення конфліктних випадків по зміні відстані між ЛА за проміжок часу між зондуваннями подана на рис. 1.

Виявлення конфліктних випадків виконується за два цикли зондування. Одночасно з випромінюванням засобами СПЗ кожного зондуючого сигналу в пристрої запускається генератор імпульсів, який виробляє пачку імпульсів з однаковими часовими проміжками між ними, що подається на регістр зсуву та лічильник імпульсів відстані. Після першого зондування в момент прийому сигналів відповіді, що випромінюються засобами СПЗ інших ЛА, виконується запис у регістр зсуву. Після першого зондування у регістрі буде записана інформація про відстані до всіх ЛА, розташованих у радіусі дії засобу СПЗ. Створюючи обчислювач, можна не враховувати несинхронні завади (відповідні сигнали інших СПЗ), так як вони пригальмовуються у спеціальному фільтрі синхронних відповідей, розташованих у СПЗ попереду обчислювача. Відстань до ЛА можна визначити за номером комірки регістра, в якій записано сигнал відповіді:

$$R(t) = Nd_u, \quad (4)$$

де  $N$  - порядковий номер комірки регістру зсуву, в якій записано відповідний сигнал ЛА;  $d_u$  - відстань, на яку розповсюджується радіосигнал у прямому і зворотному напрямках за проміжок часу між імпульсами у пачці.

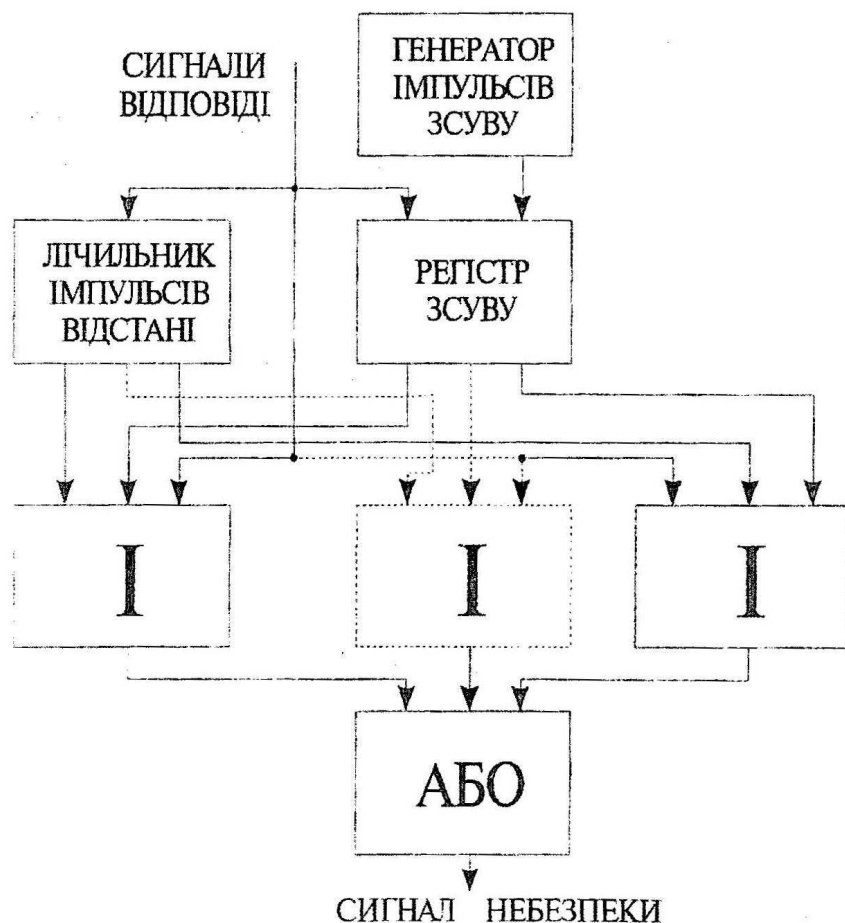


Рис. 1

В друге зондування запис відповідних сигналів не виробляється, і в момент прийому відповідних сигналів перевіряється наявність у регістрі зсуву записаних у попереднє зондування сигналів, зсунутих відносно приймаючих раніше на час, відповідний зменшенню відстані між ЛА з критичними значеннями параметру.

Так як з виразів (3) та (4) виходить

$$\Delta R_{kp} = k_{kp} N d_u, \quad (5)$$

тоді операція визначення загрозливих ситуацій проводиться шляхом подачі відповідних сигналів, що приймаються при другому зондуванні, на один з входів схеми співпадання, підключеної до відповідної комірки регістру зсуву. З виразу (5) знаходимо, що в залежності від відстані між літаками номер цієї комірки  $N_{kp}$  з кінця регістру повинен дорівнювати

$$\frac{\Delta R_{kp}}{d_u} = k_{kp} N = i_{kp} + \Delta; \quad (6)$$

$$i_{kp} = N_{kp}, \quad (7)$$

де  $N_{kp} = 1, 2, 3$ ;  $\Delta$  величина, менше за 1

Вибір відповідної комірки здійснюється лічильником імпульсів відстані. За допомогою схеми "або", підключеної до виходів схем збігу, здійснюється видача сигналу визначення загрози зіткнення по критерію  $\tau$  незалежно від відстані між ЛА. Після другого зондування інформація у регістрі зсуву стирається, а схема повертається в початковий стан.

Суттєвим недоліком такого приладу є необхідність застосування регістру зсуву з визначеною кількістю комірок  $i_{kp.min}$  для забезпечення заданої точності обчислення критерію  $\tau$  на малих відстанях та регістру з більшою кількістю комірок для визначення критерію  $\tau$  на великих відстанях.

Збільшення кількості комірок регістру зсуву веде до надлишкового збільшення точності визначення критерію  $\tau$  на великих відстанях, а також до ускладнення пристрою при побудові обчислювача  $\tau$ , що небажано для бортової апаратури. Цей недолік можна усунути, якщо побудувати пристрій таким чином, щоб значення  $N_{kp}$  не змінювалось при зміні відстані між ЛА. Це можливо здійснити шляхом зміни довжини відрізків  $\Delta R$ , на які поділяється відстань між ЛА в залежності від відстані до ЛА. Математично це виражається

$$\sum_{\gamma=N-N_{kp}+1}^N \Delta R_{\gamma} = k_{kp} d_u N. \quad (8)$$

Необхідно визначити залежність зміни відрізків  $R_{\gamma}$  від  $d_u N$ . Для цього за допомогою (8) розглянемо послідовність зміни відстаней, які пройде конфліктуючий ЛА за  $n$  циклів запиту:

$$\begin{aligned} R_{kp} &= k_{kp} d_u N; \\ \Delta R(N-1)_{kp} &= k_{kp} d_u N(1 - k_{kp}); \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta R(N-n)_{kp} &= k_{kp} d_u N(1 - k_{kp})^n. \end{aligned} \quad (9)$$

З виразу (9) можна побачити, що для виконання умови необхідно, щоб довжина відрізків змінювалась по геометричній прогресії.

Структурна схема пристрою для реалізації другого методу визначення критерію  $\tau$  показана на рис.2. На відміну від першого пристрою, другий генератор виробляє пачку імпульсів з інтервалами між ними, що зростають по закону геометричної прогресії. У зв'язку з цим номер комірки, у якій в момент прийому відповідних сигналів в друге зондування перевіряється наявність сигналів, записаних у перше зондування, не залежить від відстані. Завдяки цьому відпадає необхідність в лічильнику імпульсів відстані та залишається тільки одна схема збігу. Цикл роботи другої схеми аналогічний циклу першої.

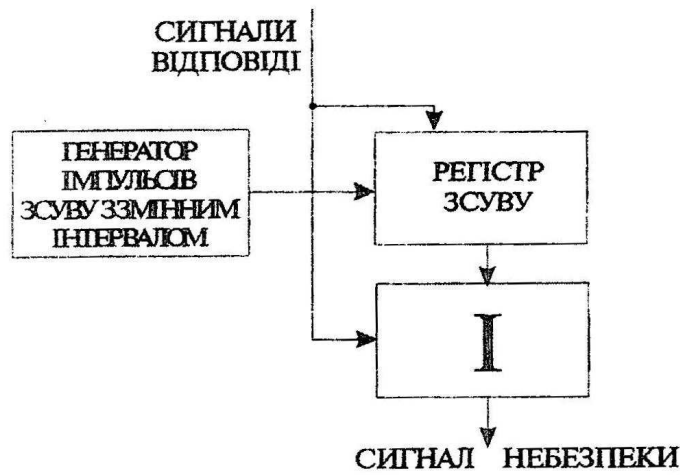


Рис. 2

Регістр зсуву цього пристрою має набагато менше комірок порівняно з схемою попереднього вимірювача. Точність визначення критерію по всій відстані дії бортової СПЗ незмінна.

## Література

1. United States Patent №3714648, Gan.30,1973, Bennett et. Time to Collision Circuitry for Collision Warning System.
2. Сосновский А.А., Хаймович И.А. Радиотехнические средства ближней навигации и посадки летательных аппаратов.-М.: Машиностроение, 1975.

УДК 611.391.292

## АНАЛІЗ ПОХИБОК АНАЛОГОВИХ ВИМІРЮВАЧІВ ЧАСУ ДО ЗІТКНЕННЯ ЛІТАКІВ В БОРТОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Яновицький С.О., Яновицький О.К.

Технологічний університет Поділля

Розглядається варіант виміру часу до зіткнення літаків у вторинних радіолокаційних системах, які використовують принцип "Запит-відповідь".

Цифрові пристрої знаходження часу до зіткнення літаків достатньо складні, а також мають суттєву похибку при малих відстанях між літаючими апаратами (ЛА), обумовленою квантуванням відстані  $R$  між ЛА, яка вимірюється.

Розглянемо можливість побудови аналогового вимірювача часу, в якому відсутня складова похибка квантування.

$$\tau = \frac{R}{V_R} \quad (1)$$

Відстань  $R$  вимірюється в радіолокаційних системах, які використовують принцип "запит-відповідь", по часовій затримці сигналу відповіді відносно запиту. Радіальна швидкість зближення

$$V_p = \frac{R_{N-1} - R_N}{t_n}, \quad (2)$$

де  $R_N$  відстань між ЛА в  $N$ -й момент запиту;  $t_n$  - інтервал часу між запитами.

Таким чином, у вимірювачах часу до зіткнення літаків необхідно запам'ятовувати інформацію про відстані розміщення відповідаючих ЛА в двох суміжних миттєвостях часу запиту.

Принцип роботи пристрою базується на запам'ятовуванні інформації про відстань до літака у два суміжні часу запиту за допомогою ємнісних запам'ятовуючих комірок (ЗК), в яких фіксується напруга, пропорційна відстані між ЛА. Для цього використовується заряд ємності струмом постійної величини, починаючи з моменту випромінювання імпульса запиту  $t_0$ . Час заряду ємності ЗК обумовлений затримкою сигналу відповіді, в момент прийняття якого заряд ємності припиняється. Таким чином, на виході ЗК буде фіксована напруга  $U_n$ , пропорційна відстані  $R_N$  до конфліктуєчого ЛА. Вираз для знаходження відстані буде мати вигляд:

$$R_N = kV_n = k\alpha t_N, \tag{3}$$

де  $k$  - масштабний коефіцієнт;  $\alpha = \frac{I}{C}$  - крутизна пилкоподібної напруги на ємності;  $t_N$  - інтервал часу, пропорційний відстані між ЛА.

З виразів (1), (2) і (3) знаходимо формулу для обчислення часу до зіткнення літаків аналогових вимірювачах

$$\tau = \frac{t_N t_n}{t_{N-1} - t_N}. \tag{4}$$

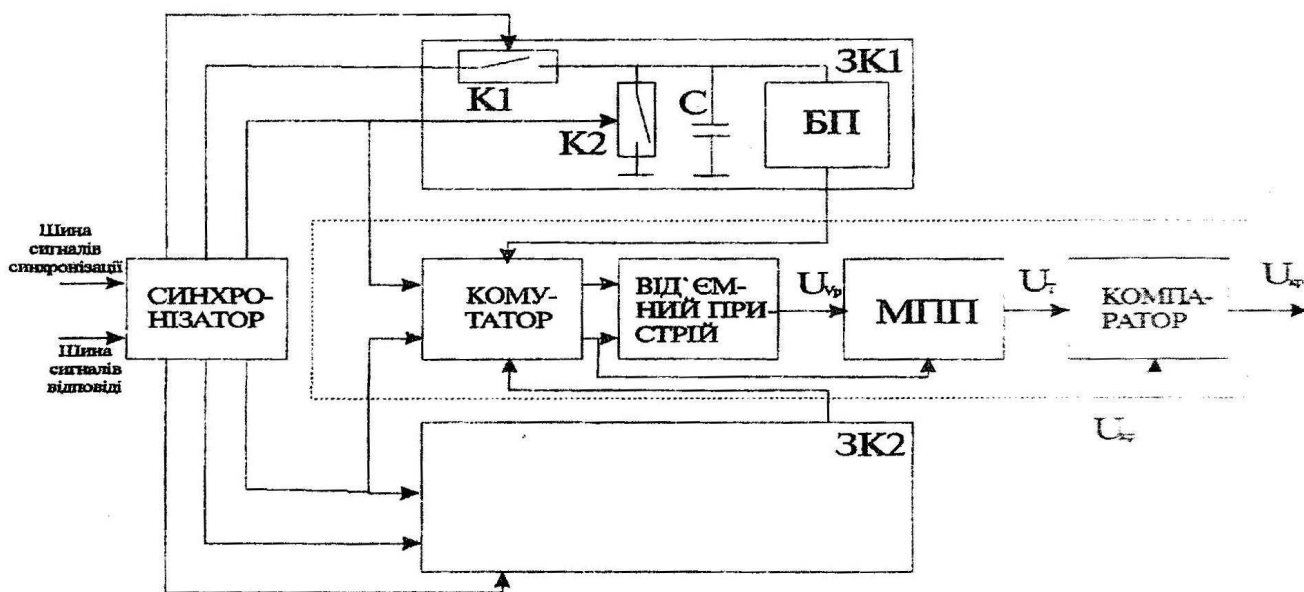


Рис. 1

Таким чином, для запам'ятовування відстані між конфліктуєчими ЛА у двох суміжних миттєвостях часу необхідно використовувати два ЗК (рис.1), який вміщує в себе ємність  $C$ , розв'язуючого буферного підсилювача БП, ключів заряду  $K_1$  і розряду  $K_2$  ємності, керованих за допомогою синхронізатора, на вхід якого поступають імпульси "нульової відстані"  $t_0$  і відеоімпульси відповіді з прийомо-передавача. Крім того, синхронізатор перемикає вхідний зарядний струм до ЗК1 або до ЗК2 в відповідні такти запиту, ключ розряду ємності замикається перед черговим запитом для знищення попередньої інформації.

Для даного типу пристроїв основними складовими похибок виміру часу до зіткнення літаків є постійна витоків струму  $\tau_{em}$  ємності комірки пам'яті і затримка сигналу відповіді  $\Delta t_{\Sigma}$  дискретними схемами синхронізації.

Вираз для знаходження  $\tau$  з обліком  $\tau_{em}$  буде мати вигляд:

$$\tau = \frac{t_N t_n \exp\left(-\frac{t_0}{\tau_{em}}\right)}{t_{N-1} \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{em}}\right) - t_N \exp\left(-\frac{t_0}{\tau_{em}}\right)}, \tag{5}$$

де  $t_e$  - час, необхідний для обчислення часового критерію арифметичним пристроєм;  $\tau_{ам} = CR_e$ ;  $C$  - величина запом'ятовуючої ємності;  $R_e$  - еквівалентний опір кола заряду ємності  $C$ . Так як  $t_e \ll \tau_{ам}$ , то

$$\tau = \frac{t_N t_n}{t_{N-1} \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{ам}}\right) - t_N} \quad (6)$$

Вираз для знаходження відносної похибки, обумовленої постійною витoku струму має вигляд:

$$\delta_{ам} = \frac{1 - \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{ам}}\right)}{t_{N-1} \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{ам}}\right) - t_N} \quad (7)$$

Відомо [2], що постійну часу витoku  $10^3$  сек. легко отримати використовуючи буферні підсилювачі з балансною схемою на МОН-транзисторах, а також полістиролові конденсатори в ЗК. При цьому відносна похибка буде складати не більш, ніж 3 відсотки.

Вираз для знаходження відносної похибки, обумовленої затримкою сигналу відповіді дискретними схемами синхронізатора, визначається з формули (6) при умові, що затримка сигналів відповіді  $t_{N-1}$  і  $t_N$  елементами комутації проходить на однакову величину

$$\delta(\Delta t) = \frac{(t_{N-1} - t_N) \Delta t_{\Sigma} \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{ам}}\right)}{t_N \left[ (t_{N-1} + \Delta t_{\Sigma}) \exp\left(-\frac{t_n}{\tau_{ам}}\right) - t_N - \Delta t_{\Sigma} \right]} \quad (8),$$

де  $\Delta t_{\Sigma}$  загальна затримка сигналу відповіді елементами комутації.

На рис.2 наведена залежність  $\delta(\Delta t_{\Sigma})$  від відстані між конфліктуючими ЛА при умові, що  $\tau = 30$ с,  $t_n = 1$ с,  $\Delta t_{\Sigma} = 0,06$ нс, а також за умови випадкової величини розкиду,  $\Delta t_{\Sigma} \pm 0,01$  нс, розподіленої за нормальним законом.

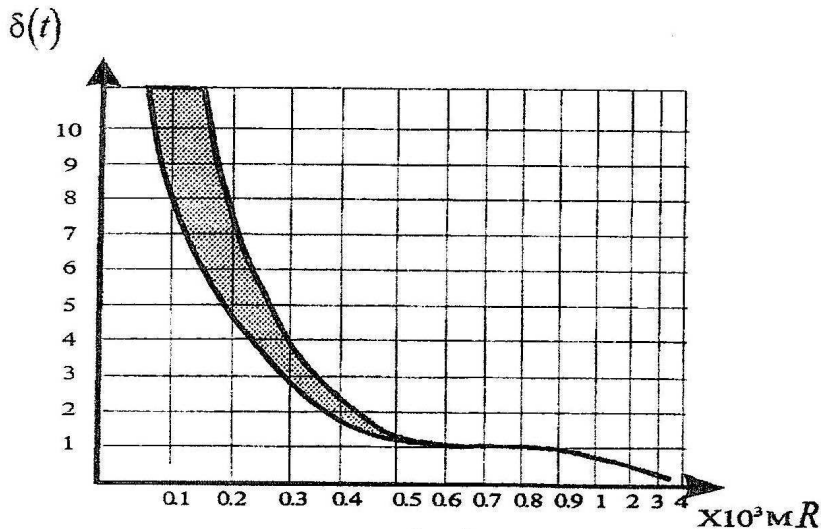


Рис. 2

Таким чином, середньоквадратична похибка знаходження часового критерію  $\tau$ , обумовлена похибкою ЗК, при відстані між конфліктуючими ЛА - 300 м буде дорівнювати 4%, що значно менше, ніж в цифрових пристроях знаходження часового критерію небезпе-

ки [1].

Як арифметичні пристрої в даному випадку необхідні пристрої, що виконують операції віднімання, ділення і порівняння отриманих результатів з відомою величиною. До таких пристроїв відносяться в аналоговій обчислювальній техніці і широко використовуються в навігаційних приладах пристрої віднімання на операційних підсилювачах, множильно-подільні пристрої часово-імпульсного типу, а також порогові пристрої порівняння.

Один із засобів побудови арифметичного пристрою зображений на рис.1, де МПП - множильно-подільний пристрій.

Комутатор перемикає вхідні кола арифметичного пристрою перед черговим тактом запиту для забезпечення постійної полярності сигналу на вході від'ємного пристрою. Вихідний сигнал від'ємного пристрою  $U_{Yp}$  буде пропорційний швидкості зближення ЛА при умові, що  $t_n$  - величина постійна. В цьому випадку для здійснення операції ділення доречно використовувати МПП в одноквadrантному режимі. Компаратор порівнює напруги, які поступають з виходу МПП  $U_\tau$ , пропорційно часу до зіткнення з напругою  $U_{\tau_{кр}}$ , пропорційній заданому значенню  $\tau_{кр}$ , і при виконанні умови  $U_\tau \leq U_{\tau_{кр}}$  видається сигнал про небезпеку.

Похибка виконання математичних операцій в даних пристроях обумовлена апаратною похибкою аналогових пристроїв. Апаратна похибка в операційних блоках на підсилювачах постійного струму виникає через неідеальність самих підсилювачів (кофіцієнт підсилювання підсилювачів  $A \neq \infty$ , дрейф нуля  $E_D \neq 0$ ), неідентичність опорів і неідеальність ключів блока широтноімпульсної модуляції МПП. При цьому похибка обчислювання критерію за допомогою простих аналогових обчислювачів в широкому діапазоні впливу температур буде дорівнювати не більш, ніж 0,5%, що значно менше, ніж складові ЗК. Слід відмітити, що методичну похибку знаходження  $\tau$ , обумовлену постійним часом витoku ЗК, можливо компенсувати в декілька разів за рахунок зміни кофіцієнта передачі від'ємного пристрою в бік збільшення, згідно значення  $\tau_{em}$ .

Вищенаведений аналоговий обчислювач часу до зіткнення доцільно використовувати в бортових системах попередження зіткнення, призначених для визначення конфліктних ситуацій з малошвидкісними ЛА на невеликих відстанях, де використовування цифрових пристроїв [1] недоцільно через суттєву похибку визначення часового критерію.

#### Література

1. United States Patent №3714648, Gan.30,1973, Bennett et. Time to Collision Circuitry for Collision Warning System.
2. Шушков Е.И., Цодиков М.Б. Многоканальные аналого-цифровые преобразователи. - Л.: Энергия, 1975.

УДК 681.3.068

## АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ С ЕМКОСТНЫМИ АПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПЕРВИЧНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Пятин И.С., Осадчий В.П.  
Технологический университет Подолья

Измерители параметров материалов нашли широкое применение с емкостными аперiodическими первичными преобразователями, основанными на полном (влажность, концентрация) или частичном (уровень) заполнении объема первичного преобразователя. Информация об исследуемых параметрах материалов может быть преобразована в измене-