

УДК 621.39:519.25

А.Ф. Панов, к.т.н., доц.
О.А. Печерський, студ.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗУ ВАЛЬДА

У системах передачі інформації використовують два основні принципи прийому сигналів: класичний та послідовного виявлення сигналів (послідовний аналіз Вальда). Послідовний аналіз Вальда має ряд переваг перед класичним виявленням, однак, має і складну апаратну реалізацію. У роботі пропонується метод синтезу та аналізу сигналів, що відносно просто реалізується апаратно.

Для передачі інформації, перед усе, виберемо сигнал для подання елементарного розряду. Основними вимогами є повторення параметрів, їх перешкодостійкість, простота технічної реалізації. Цим вимогам відповідає синусоїдальний сигнал частоти $f_0 = 1/T$:

$$y(t) = A_0 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \varphi\right).$$

Носієм інформації буде служити період T сигналу $y(t)$.

Відомі такі методи розділення частотних сигналів:

- 1) використання фізичних процесів у частотних контурах (фільтрах);
- 2) синхронне розділення (порівняння зі стандартною частотою);
- 3) часовий.

Є й інші методи, але пропонується такий. Використаємо вимірювач часових інтервалів, принцип роботи якого полягає у підрахунку числа періодів t_0 зразково високої частоти f_0 (виробляється у самому вимірювачі), що уміщуються на вимірюємому часовому інтервалі T_x . Результатом вимірювання є число $M = T_x / t_0$. При цьому рішення може бути прийнято навіть після проходження половини періоду, що особливо важливо для збільшення швидкості передачі. Це і є запропонований цифровий метод розділення частотних сигналів (ЦМР).

Нехай задані частоти f_i і f_{i+1} , з періодами T_i і T_{i+1} відповідно, які подамо у вигляді:

$$T_i = (N_0 + i \cdot d) \cdot t_0; \quad T_{i+1} = (N_0 + (i+1) \cdot d) \cdot t_0,$$

де N_0 – число, що визначає найбільшу частоту;

d – відстань між значеннями періодів сусідніх частот f_i і f_{i+1} , що виражається через кількість періодів t_0 стандартної частоти f_0 ;

i – черговий номер частоти.

Тоді смуга спрацьовування Δf дорівнює:

$$\Delta f = \frac{d}{(N_0 + i \cdot d)^2 \cdot \left(1 + \frac{d}{N_0 + i \cdot d}\right) \cdot T_0}.$$

Виконавши перетворення і нехтуючи малими величинами, отримуємо:

$$\Delta f \approx \frac{f_0 \cdot d}{N_0},$$

де f_0 – найбільша частота.

З даного співвідношення виходить що збільшуючи N_0 , можна досягти як завгодно малої смуги спрацьовування.

Розглянемо алгоритм передачі та прийому. На кожному інтервалі T_{xi} приймаємої послідовності $\{T_x\}$ генерується інтервал часу $N_0 t_0$, причому початки інтервалів T_x і $N_0 t_0$ синфазуються; виконується віднімання $T_x - N_0 t_0$ і вираховування числа r , яке дорівнює числу часових інтервалів $d t_0$, що уміщуються на інтервалі $T_x - N_0 t_0$:

$$r = \frac{T_x - N_0 \cdot t_0}{d \cdot t_0} = \frac{(N_0 + x \cdot d) \cdot t_0 - N_0 \cdot t_0}{d \cdot t_0}.$$

При $t_0 = t_0$ число r відповідає номеру переданого сигналу.

Для випадкової перешкоди при ЦМР зводиться до перекручення значення інтервалів T_x на ΔT_x , при цьому має місце помилка Δr :

При цьому повинно виконуватись співвідношення:

$$n = \sum_{i=1}^m n_i + \bar{n}.$$

Усю сукупність розв'язків можна поділити на три групи:

- 1) ті, що мають більше значення $n_i = n_{\max}$;
- 2) від'ємний розв'язок n ;
- 3) усі інші.

Оперуючи цими трьома групами, які є проміжними, приймається рішення, що є остаточним.

Нехай задані два наперед фіксовані числа α и β . Тут можливі три рішення:

- 1) є сигнал з частотою f_i , якщо $n_i = n_{\max} > \alpha$;
- 2) немає сигналу, є перешкода, якщо $n_i = n_{\max} < \beta$;
- 3) має місце невизначеність, якщо $\beta \leq (n_i = n_{\max}) \leq \alpha$.

Цей алгоритм відповідає виявленню сигналу з використанням послідовного аналізу Вальда. При виявленні цим методом, час виявлення є змінним і кратним інтервалу nkT_x . Тоді час спостереження t_1 за один крок послідовної процедури дорівнює:

$$t_1 = n \cdot k \cdot T_x.$$

Якщо за один крок послідовної процедури не було прийнято ніякого рішення, то переходимо до 2-го кроку послідовної процедури, при цьому час спостереження t_2 буде дорівнювати:

$$t_2 = 2 \cdot n \cdot k \cdot T_x.$$

Якщо і на 2-му кроці не буде прийнято рішення, то переходимо до 3-го кроку і т. д. Очевидно, що за i кроків час спостереження буде дорівнювати:

$$t_i = i \cdot n \cdot k \cdot T_x.$$

Практичний інтерес має зрізана послідовна процедура, коли кількість кроків обмежена деяким числом L . Тоді:

$$t_{\text{набл.}} = L \cdot (n \cdot k \cdot T_x).$$

На точність вимірювання періоду сигналу впливає розузгодження частот генераторів стандартної частоти на передаючому та приймальному пунктах. Нехай $t_0 = \dot{t}_0 - \Delta t$. Тоді на приймальному пункті на кожному інтервалі T_x прийнятої послідовності $\{T_x\}$ буде генеруватись інтервал часу $(N_0 + \Delta N_0) \cdot t_0$. Співвідношення для обчислення числа r буде мати вигляд:

$$r = \frac{(N_0 + x \cdot d) \cdot t_0 + (N_0 + \Delta N_0) \cdot (t_0 - \Delta t)}{d \cdot (t_0 - \Delta t)}.$$

З даного співвідношення знайдемо значення ΔN_0 , коли $x = r$:

$$\Delta N_0 = \frac{\Delta t \cdot (N_0 + r \cdot d)}{t_0 - \Delta t}.$$

При $N_0 \gg rd$ і $t_0 \gg \Delta t$ співвідношення можна представити у вигляді:

$$\frac{\Delta N_0}{N_0} = \frac{\Delta t}{t_0}.$$

З даного співвідношення витікає, що неточну рівність стандартних інтервалів часу t_0 і \dot{t}_0 на передаючому та приймальному пунктах можна компенсувати варіюванням числа ΔN_0 стандартних інтервалів часу \dot{t}_0 . Тоді:

$$r + \Delta r = \frac{(N_0 + x \cdot d) \cdot t_0 - (N_0 \pm \Delta N) \cdot \dot{t}_0}{d \cdot \dot{t}_0}.$$

Таким чином, шляхом цілеспрямованої зміни чисел d_1 , d_2 , k , n , p , β і ΔN_0 в процесі прийому-передачі, можна підтримувати цей процес оптимальним.

Спробуємо побудувати адаптивну систему передачі інформації з використанням ЦМР і послідовного аналізу Вальда. Внаслідок того, що помилки в реальних каналах групуються у "пакети", ймовірність події, при якій кодовий блок виявляється пошкодженим в декількох розрядах, може перевищувати допустиму ймовірність помилкового прийому. В подібних випадках доцільним є використання таких методів, які дозволили б у присутності "сильних" перешкод (довгих "пакетів" помилок) вести передачу з використанням кодів більшої надлишковості, а при їх відсутності – з використанням кодів невеликої надлишковості. На рис. 1, 3 наведена

структурна схема системи передачі даних, що реалізує принципи адаптації системи до дії перешкод у каналі зв'язку за результатами виділення корисного сигналу на фоні перешкод методом послідовного аналізу стосовно ЦМР: на рис. 1 наведена передаюча частина, а на рис. 3 – приймаюча.

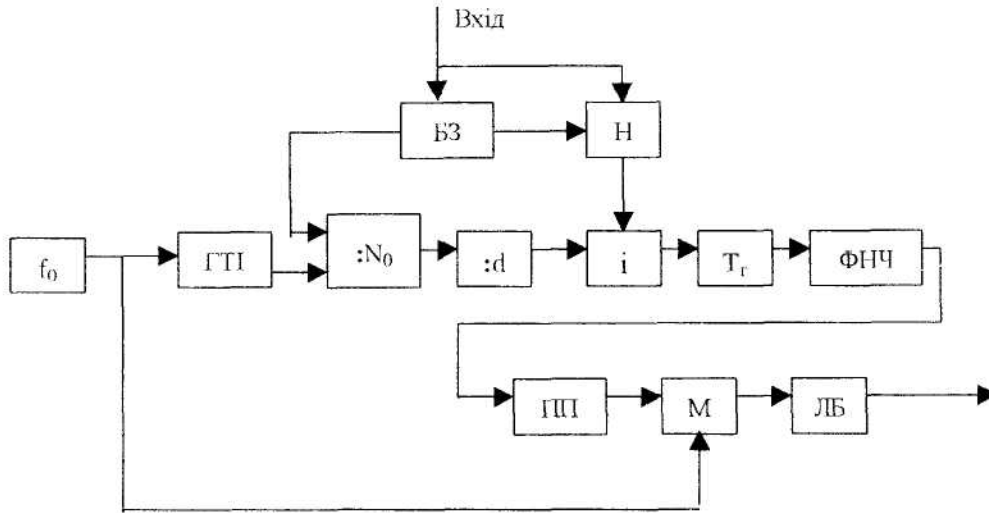


Рис. 1. Система передачі даних:

ГТІ – генератор тактових імпульсів; ФНЧ – фільтр низьких частот; ПШ – попередній підсилювач; М – модулятор; ЛБ – лінійний блок; Н – накопичувач; БЗ – блок запуску

Вирішувальний пристрій $ВП_n$, що реалізує послідовний аналіз Вальда, є регістрами зсуву однакової довжини на кожну команду, які пов'язані таким чином, що через кожний проміжок часу, рівний knT_x , проводиться загальне зчитування інформації з двох розрядів, однакових для усіх регістрів та різних для кожного кроку послідовної процедури, таким чином номери цих розрядів обрані так, щоб, при просуванні "одиниці" від 1-го розряду до M -го ($M < nL$), вони відповідали на кожному кроці послідовної процедури, рівному knT_x , нижній та верхній межах $h_0 + xn$ і $h_1 + xn$ (на рис. 2 розряди, що відповідають нижній и верхній межах, не розділені).

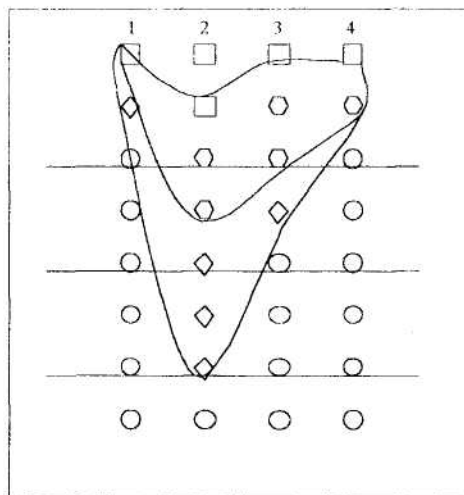


Рис. 2. Вирішувальний пристрій Вальда для $n = 4$ і трьох кроків

На прикладі, що зображений на рис. 2, рішення приймається на третьому кроці. Кроки можуть бути нерівномірні (це є більш доцільним), в цьому випадку для прийняття рішення використовується накопичення результатів прийому.

Нехай, для прикладу, проводиться прийом 5 полуперіодів сигналу, частоту якого необхідно знайти. Рішення може бути прийнято, якщо більшість (3/5) виявиться визначеної частоти.

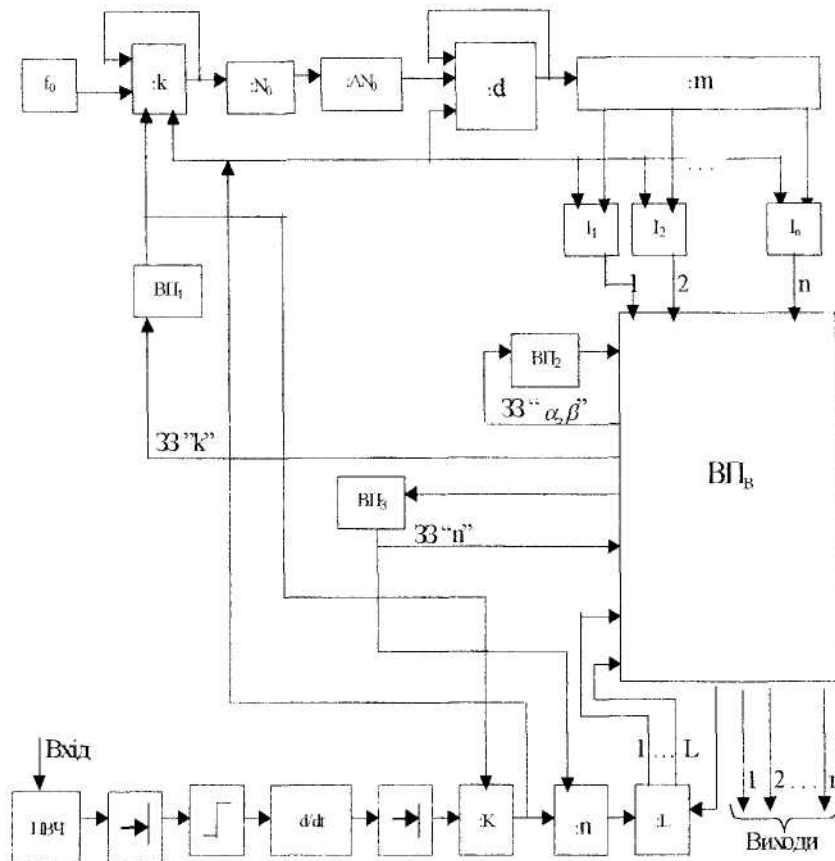


Рис. 3. Системи передачі даних:
 П1... Пn – схеми співпадання; ЗЗ – зворотній зв’язок; РП1... РПЗ – рішеннячі пристрої;
 ПВЧ – підсилювач верхніх частот; ВПв – вирішуючий пристрій Вальда

- Адаптивна система передачі даних с ЦМР може мати 6 підсистем адаптації:
- а) підсистема передстартової автопідстройки частоти (ПСАПЧ)-ОС “ ΔN_0 ”, що вибирає оптимальне значення;
 - б) підсистема режиму прийому-ОС “ k ”, що, в залежності від інтенсивності перешкод, вибирає оптимальне значення довжини сумарного інтервалу $\sum_{i=1}^k T_{xi}$;
 - в) підсистема вибору довжини кроку послідовної процедури-ОС “ n ”, що вибирає, в залежності від інтенсивності перешкод, довжину кроку knT_x ;
 - г) підсистема вибору тривалості послідовної процедури-ОС “ p ”, що здійснює послідовний процес від одного кроку до наступного, до моменту отримання певного рішення, чи до моменту зрізу процедури послідовного аналізу;
 - д) підсистема вибору границ Вальда α и β -ОС “ α, β ”, що може працювати в двох режимах самонастроювання: за результатами прийому (за якістю результатів) і за командами від передавача.

На рис. 2 показані лише зворотні зв’язки підсистем б, в, д.

ПАНОВ Альберт Федорович – кандидат технічних наук, доцент, викладач Житомирського інженерно-технологічного інституту кафедри автоматизації і комп’ютеризованих технологій.

Наукові інтереси:

- методи прийому, передачі та обробки інформації;
- автоматичні системи контролю.

ПЕЧЕРСЬКИЙ Олег Анатолійович – студент Житомирського інженерно-технологічного інституту, гр. АТ-3.

Наукові інтереси:

- методи прийому, передачі та обробки інформації;
- автоматичні системи контролю.