

УДК.621.396.988

В.А. Дорошук, О.В. Нікітін, О.П. Кулік, І.В. Тітов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ПРИЙМАЧ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ТИПУ У БОРТОВОМУ ОБЛАДНАННІ АВТОМАТИЧНОГО РАДІОКОМПАСУ

В статті розглянуті питання підвищення завадостійкості кутомірної радіонавігаційної системи "ПАР – АРК" на основі використання шумоподібних широкосмугових сигналів та оптимальних методів їх обробки. Розроблено функціональну схему багатоканального приймача кореляційного типу у бортовому обладнанні автоматичного радіокомпасу системи "ПАР – АРК", яка має підвищену потенційну точність визначення курсового кута радіостанції, завадостійкість та прихованість роботи.

Ключові слова: кутомірна радіонавігаційна система, автоматичний радіокомпас, шумоподібний сигнал, завадостійкість, прихованість, фазове автопістроювання частоти, кореляційні методи обробки.

Вступ

Постановка проблеми. Одним із шляхів успішного вирішення задач авіацією є удосконалення засобів радіосвітлотехнічного забезпечення (РСТЗ) польотів авіації на всіх етапах польоту літальних апаратів (ЛА).

Одним з таких засобів, які забезпечують льотчика інформацією про кутове положення літака відносно наземного радіомаяка (РМ) є кутомірна радіонавігаційна система (КРНС) "привідна аеродромна радіостанція – автоматичний радіокомпас" (ПАР-АРК). Вона призначена для автоматичного вимірювання на борту ЛА курсового кута радіостанції (ККР) з метою вирішення ряду навігаційних задач.

Однак КРНС "ПАР-АРК" має суттєві недоліки: низька прихованість ПАР від радіоелектронної розвідки, недостатня ефективність передачі навігаційної інформації, низька завадостійкість, що приводить до зменшення дальності дії і точнісних характеристик вимірювання ККР при зростанні рівня завад.

Одним з варіантів покращення завадостійкості та прихованості роботи КРНС "ПАР-АРК" є застосування шумоподібних сигналів (ШПС) з використанням оптимальних методів їх обробки на базі приймача кореляційного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В [1] розглянута структурна схема КРНС "ПАР-АРК", яка показує принципову можливість використання ШПС у КРНС з підвищеною завадостійкістю та прихованістю. Завдяки використанню даних сигналів і сучасної елементної бази з'являється можливість покращення таких технічних характеристик КРНС "ПАР-АРК" як завадостійкість, прихованість, потенційна точність, зниження вагогабаритних показників та енергоспоживання. Також з'являється можливість побудови каналу передачі на борт ЛА додаткової інформації (наприклад, сигналів управ-

ління для оперативного усунення екіпажем помилок пілотування).

В [2] проаналізована можливість побудови каналу передачі на борт літака сигналів управління шляхом модернізації наземного та бортового обладнання системи "ПАР-АРК" у складі високоточного радіолокаційного посадкового комплексу з використанням ШПС. Приведено структурну схему такого каналу, а також формувача М-последовності.

В [3] проаналізована можливість та запропоновані принципи побудови у складі високоточного радіолокаційного посадкового комплексу каналу передачі на борт літака сигналів управління шляхом модернізації наземного та бортового обладнання глісадного РМ посадкової радіомаячної групи (ПРМГ). Крім цього проаналізована можливість використання засобів радіозв'язку для побудови радіолінії ретрансляції сигналів управління від автоматизованого командно-диспетчерського пункту (АКДП) до глісадного РМ (ГРМ). Обґрунтована доцільність збереження в каналах передачі і ретрансляції простих радіосигналів з амплітудною маніпуляцією.

В [4] розглянуті деякі аспекти технічної реалізації оптимальних методів обробки ШПС в АРК бортового обладнання літака, розроблено структурну схему багатоканального приймача кореляційного типу.

Використання такого приймача дозволяє здійснювати прийом на борт ЛА сигналів управління в складі високоточного радіолокаційного посадкового комплексу для оперативного усунення екіпажем помилок пілотування, отримувати додаткову інформацію в цифровій формі, підвищити завадостійкість та прихованість каналу. Але важливим також є висвітлення особливостей технічних аспектів реалізації оптимальних методів обробки ШПС в АРК бортового обладнання літака.

Формулювання мети статті. Метою статті є розробка функціональної схеми багатоканального приймача кореляційного типу бортового обладнання

АРК, у якому реалізовані оптимальні методи обробки ШПС сигналу.

Викладення основного матеріалу

Як показано в [1], найбільш перспективним для каналу “ПАР-АРК” є ШПС сигнал із фазовою маніпуляцією (ФМ_н).

В [4] розглянуто структурну схему багатоканального приймача кореляційного типу системи “ПАР – АРК” з використанням ФМ_н ШПС.

Розглянемо особливості функціонування такого приймача. Функціональна схема приймача бортового обладнання АРК кореляційного типу КРНС “ПАР-АРК” з ШПС наведена на рис. 1.

Рекурентний алгоритм для оцінки вектора неперервних параметрів $\hat{\lambda}_{k+1}$ апостеріорної матриці \bar{R}_{k+1} та вирішуюче правило для оцінки дискретного параметру $\hat{\Theta}_{k+1}$ має вигляд [5]:

$$\hat{\lambda}_{k+1} = \bar{\lambda}_{k+1}^{\circ} + \bar{R}_{k+1} F_1(t_{k+1}, \bar{\lambda}_{k+1}) \Big|_{\bar{\lambda}_{k+1} = \bar{O}(T) \bar{\lambda}_k};$$

$$\bar{R}_{k+1} = \left\{ [\bar{D} + \bar{O}(t) \bar{R}_k \bar{O}^T(t)]^{-1} - F_2(T_{k+1}, \bar{\lambda}_{k+1}) \right\}^{-1};$$

$$\hat{\Theta}_{k+1} = 0$$

$$Z_{k+1} \begin{cases} < \\ > \end{cases} 0,$$

$$\hat{\Theta}_{k+1} = 1$$

де
$$Z_{k+1} = \frac{2A}{N_0} \int_{t_k + \bar{\tau}_k}^{t_{k+1} + \bar{\tau}_{k+1}} \xi(t) \xi(t - \tau_{k+1}) \cos[\omega_0 t + \psi(t - t_k) + x \hat{\lambda}_k] dt.$$

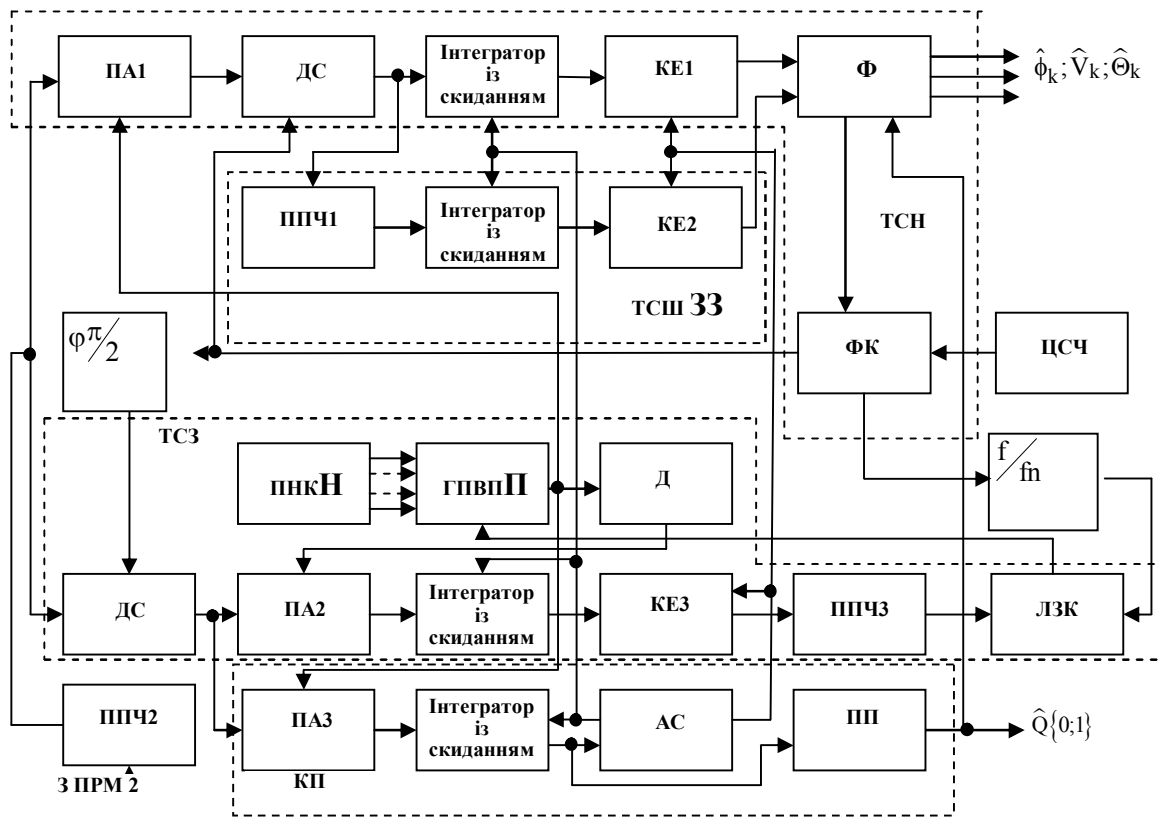


Рис. 1. Функціональна схема приймача бортового обладнання АРК кореляційного типу КРНС “ПАР-АРК” з ШПС

Процес формування оціночних значень $\hat{\phi}_k, \hat{v}_k$, та $\hat{\Theta}_k$ здійснюється у фільтрі (Ф) за алгоритмом [4, 5]:

$$\left. \begin{aligned} \hat{\tau}_{k+1} &= \tau_k + \frac{(\hat{\psi}_{k+1} - \psi_k)}{\sigma} + r_{11} f_1(1) \\ \hat{v}_{k+1} &= v_k + r_{22} f_1(2) \\ \hat{\alpha}_{k+1} &= \alpha_k + r_{33} f_1(3) \\ \hat{\psi}_{k+1} &= \psi_k + r_{44} f_1(4) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де r_{ij} – елементи апостеріорної матриці \bar{R}_{k+1} для оцінки вектора безперервних параметрів $\hat{\lambda}_{k+1}$;

$f_1(i)$ – елементи матриці переходу $\bar{F}_1(t_{k+1}, \bar{\lambda}_{k+1})$;
 $\hat{\tau}_{k+1}, \hat{v}_{k+1}, \hat{\alpha}_{k+1}, \hat{\psi}_{k+1}$ – елементи вектора оцінки $\hat{\lambda}_{k+1}$.

Згідно алгоритму (2) функціональна схема приймача бортового обладнання АРК кореляційного типу КРНС “ПАР-АРК” з ШПС містить в собі:

- тракт слідкування за несучою (ТСН);
- тракт слідкування за затримкою псевдо випадкової послідовності (ПВП);
- тракт слідкування за швидкістю (ТСШ);

– кореляційній приймач (КП), а також цифровий синтезатор частот (ЦСЧ) і підсилювач проміжної частоти (ППЧ2).

ТСН являє собою замкнуту систему фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ).

Вона здійснює пошук сигналу за частотою, усуває неоднозначність, визвану доплеровським зсувом частоти, нестабільністю частот задаючих генераторів передавача та приймача. ТСН складається з аналогового перемножувача (ПА1), синхронного детектора (ДС), інтегратора зі скиданням, електронного комутатора (КЕ) та керованого фазообертача (ФК).

ПА усуває фазову маніпуляцію, внаслідок чого на вхід ДС сигнал поступає без стрибків фази. ДС є фазовим дискримінатором, який дозволяє формувати імпульсну напругу, пропорційну різниці фаз прийнятого сигналу та високочастотного (ВЧ) сигналу, сформованого у бортовому ЦСЧ. Полярність цієї напруги вказує на бік розузгодження відносно прийнятого коливання. Інтегратор зі скиданням забезпечує накопичення керуючої напруги за період слідкування псевдовипадкової послідовності (ПВП) до миті скиду. Скидання інтегратора проходить з приходом управляючого імпульсу з сигнатурного аналізатору (АС) (пристрою, який реалізує функцію $\text{sign}\{\bullet\}$). Якщо за період слідкування ПВП на вході АС не з'явиться напруга зкидання, то це буде означати, що слідкування за сигналом зірвало.

З метою усунення модуляції інформаційним сигналом керуючої напруги ТСН, у схемі присутній КЕ. Він здійснює зміну полярності напруги помилки відповідно символу, який приймається. Цим самим забезпечується оптимальне приймання протилежних за знаком символів. Регулюючим елементом ФАПЧ є ФК. Він змінює фазу несучої, яка поступає з ЦСЧ, сорозмірно з вхідним впливом, замикаючи тим самим коло ФАПЧ та задає фазу тактуючих імпульсів, які управляються генератором псевдовипадкової послідовності (ГПВП) ТСЗ.

ТСЗ призначений для усунення часового розузгодження прийнятої ПВП та її копії, яка формується у ГПВП. ТСЗ складається з ДС, інтегратора зі скиданням, аналогового перемножувача (ПА2), КЕ, підсилювача (ППЧ3), керованої лінії затримки (ЛЗУ), ГПВП та диференціатора (Д). Диференціатор – елемент, вихідна напруга якого є функція від часу формування копії. Аналізатор сигнатурний управляє КЕЗ та забезпечує усунення маніпуляції з напруги помилки відповідно закону повідомлення, яке передається. Сигнал помилки з КЕЗ через ППЧ3 та ЛЗК поступає на ГПВП. Час затримки в ЛЗК залежить від напруги помилки, яка в свою чергу є функцією порівняння моментів появи еле-

ментів копії ПВП та М-послідовності, яка приймається.

За допомогою КП вирішується задача оптимальної обробки дискретного параметру $\hat{\Theta}$. КП складається з ПА3, інтегратора зі скиданням, порогового пристрою (ПП) та АС. На інтеграторі зі скиданням в залежності від прийнятого інформаційного символу формується позитивний або негативний відгук. ПП порівнює рівень автокореляційної функції з двома постійними рівнями та формує оціночне значення інформаційного елементу ПВП, яка передається.

Таким чином, функціональна схема приймача з каналами синхронізації та слідкування містить усі необхідні тракти та має можливість вирішувати задачі входження в синхронізм та слідкування за ШПС по частоті та часу затримки, а також здійснювати оптимальну оцінку навігаційних параметрів.

Висновки

Розглянута функціональна схема бортового обладнання АРК кореляційного типу КРНС “ПАР-АРК” з ШПС дозволяє здійснювати оцінку необхідних навігаційних параметрів та показує принципову можливість використання ШПС у радіонавігаційній системі з підвищеною завадостійкістю та прихованістю.

Список літератури

1. Кутомірна радіонавігаційна система “ПАР-АРК” на основі використання широкосмугових сигналів / В.А. Дорошук, О.П. Кулік, О.В. Нікітін, І.В. Тітов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (25). – С. 47-50.
2. Канал передачі на борт літака сигналів управління на основі кутової радіонавігаційної системи “ПАР-АРК” / В.А. Дорошук, О.П. Кулік, О.В. Нікітін, І.В. Тітов, М.В. Булаєнко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 5 (103). – С. 13-17.
3. Канал передачі на борт самолета сигналів управління на базі доработки средств радиосвязи и посадочной радиомаячной группы / Н.Д. Рысаков, И.В. Титов, В.А. Дорошук, О.А. Павличенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 3 (101), том 2. – С. 94-98.
4. Розробка оптимальних методів обробки шумодібних сигналів в кутомірній радіонавігаційній системі “ПАР-АРК” / В.А. Дорошук, О.В. Нікітін, В.Ж. Яценко, М.В. Булаєнко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 2 (25). – С. 47-49.
5. Харисов В.Н. Синтез квазиоптимальных демодуляторов цифровых сигналов / В.Н. Харисов. – М.: ВВИА им. Жуковского, 1982. – 231 с.
6. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы: учебн. для ВУЗов / В.А. Чердынцев. – Минск: Вышшая школа, 1988. – 369 с.

Надійшла до редколегії 10.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. П.Ю. Костенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК КОРРЕЛЯЦИОННОГО ТИПА В БОРТОВОМ ОБОРУДОВАНИИ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РАДИОКОМПАСА**

В.А. Дорощук, О.В. Никитин, А.П. Кулик, И.В. Титов

В статье рассмотрены вопросы повышения помехозащищенности угломерной радионавигационной системы "ПАР – АРК" на основе использования широкополосных сигналов и оптимальных методов их обработки. Разработана функциональная схема многоканального приемника корреляционного типа в бортовом оборудовании автоматического радиокompаса системы "ПАР – АРК", которая имеет повышенную потенциальную точность определения курсового угла радиостанции, помехоустойчивость и скрытность работы.

Ключевые слова: *угломерная радионавигационная система, автоматический радиокompас, шумоподобный сигнал, помехоустойчивость, скрытность, фазовая автоподстройка частоты, корреляционные методы обработки.*

MULTI-CHANNEL RECEIVER CORRELATION TYPE AVIONICS AUTOMATIC RADIO COMPASS

V.A. Doroschuk, A.V. Nikitin, O.P. Kulik, I.V. Titov

Work is devoted to the questions of increase the antijammingness of the goniometer radionavigation system "DAR-AR" on the basis of the use similar noise signals and optimum methods of their treatment. The functional diagram of multichannel receiver of cross-correlation type is developed in a side equipment "APK" of the system "DAR-AR", which has the best potential exactness, secrecy and antijammingness.

Keywords: *goniometer radionavigation system, automatic radio compass, similar no noise signal, antijammingness, secrecy, phase self-tuning of frequency, cross-correlation methods of treatment.*