

С.И. КРИВОШЕЯ

Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СЛОЖНОЙ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКЕ

Статья посвящена актуальным вопросам повышения эффективности комплексных навигационных систем в условиях сложной сигнально-помеховой обстановки. Эффективность системы обеспечивается за счет реализации подходов по определению зон, пораженных помехами с определением их интенсивности и возможности коррекции автономных измерителей, а также стабилизации ложных тревог на малом уровне. Определение зон, пораженных помехами, достигается за счет комплексного использования системы предупреждения об облучении и применения критерия эквивалентного снижению чувствительности приемника. Стабилизация вероятности ложных захватов достигается за счет использования нечувствительных алгоритмов обработки сигналов

комплексные навигационные системы, среднеквадратичная погрешность, навигационный параметр, чувствительность приемника, эффективность, нечувствительные алгоритмы обработки сигналов

Формулирование проблемы

Обеспечение высокой эффективности (точности и помехозащищенности) комплексных навигационных систем (КНС) является одной из главных проблем, актуальность которой возрастает с повышением количества и многообразия источников помех.

Анализ известных достижений

Одним из наиболее действенных средств достижения высокой эффективности является комплексирование навигационных систем (радиотехнических (РТС) и не радиотехнических (НРТС)) [1]. Для повышения эффективности предусмотрены известные режимы: совместной фильтрации данных РТС и НРТС, корректирование НРТС по данным РТС, счисление навигационных параметров (НП) по данным НРТС при срыве слежения в РТС [2]. Для количественного анализа эффективности и оптимизации КНС в отдельных состояниях используют разные теоретические методы и результаты. На практике широкое распространение получила характеристика качества КНС на основе оценки погрешностей, которое используется в режиме верного слежения РТС с

учетом критериев эффективности: критерия достижение необходимой точности и критерия полных среднеквадратичных погрешностей (СКП) [3].

Выделение нерешенной проблемы

Необходимость получения количественной оценки эффективности КНС возникает как при проектировании новых так и при анализе существующих систем [4]. Критерий достижения необходимой точности наиболее полно характеризует качество функционирования КНС, но на практике редко реализуется (из-за сложности).

Цель статьи

Осуществить количественную оценку эффективности КНС для анализа существующих систем данного класса, действующих в сложной помеховой обстановке.

Основной материал

В современных условиях функционирования КНС обусловлен влиянием внешних факторов:

- 1) Уменьшением мощности сигналов, которые

принимаются при увеличении уровня помех (хаотичных импульсных, внутренних системных).

2) Увеличением уровня активных помех при пересечении зон, пораженных этими помехами.

Для количественной оценки эффективности КНС используем σ_λ^2 (дисперсия погрешности определение навигационной переменной) [5]:

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{\sigma_H^2 \cdot P_{ВЗ}(T_{ВС} + T_{П}) + \sigma_{ан}^2(T_{ЛС} + T_{П}) + \gamma^2 \cdot T_{П}}{P_{ВЗ} \cdot T_{ВС} + P_{ЛЗ} \cdot T_{ЛС} + T_{П}}, \quad (1)$$

где σ_H^2 - дисперсия нормальной погрешности РТС в режиме верного слежения;

$\sigma_{ан}^2$ - дисперсия аномальной погрешности РТС при ложных тревогах;

γ^2 - коэффициент, который характеризует точность автономных навигационных систем;

$P_{ВО}, P_{ЛЗ}$ - вероятность правильного обнаружения и ложных тревог РТС;

$T_{П}$ - продолжительность поиска сигналов;

$T_{ВС}, T_{ЛС}$ - продолжительность интервалов слежения при верных и ложных тревогах.

Определение зависимости σ_λ^2 от временного интервала T_K между моментами корректирования НРТС с помощью РТС согласно [6]

$$\left(\frac{\sigma_\lambda}{\sigma_H}\right)^2 = 1 + P_{ЛЗ} \left(\frac{\sigma_{ан}}{\sigma_H}\right)^2 + \left(\frac{\gamma}{\sigma_H}\right)^2 \cdot T_K, \quad (2)$$

при условии, что $T_{ВС} \gg T_{ЛС}$; $P_{ВЗ} \gg P_{ЛЗ}$; $P_{ВЗ} + P_{ЛЗ} = 1$.

В работе [7] определена зависимость $\left(\frac{\sigma_\lambda}{\sigma_H}\right)^2$ от

T_K при заданных значениях $P_{ЛЗ}$.

Для преодоления зон, пораженных помехами, и возможности корректирования НРТС с помощью РТС при минимальных значениях σ_λ^2 необходимо решить две основных задачи:

1) оценить текущее местоположение самолета с учетом помех (их интенсивность);

2) стабилизировать значения $P_{ЛЗ}$ на низком уровне в сложной помеховой обстановке.

Оценка зон, пораженных помехами, может быть решена путем снижения чувствительности приемника РТС до уровня шумов [7]:

$$N_{ш_{ПТ}} = N_{ш_{П}} + N_{ш_0}, \quad (3)$$

где $N_{ш_0}$ - уровень собственных шумов приемника РТС;

$N_{ш_{П}}$ - помеховая компонента спектральной плотности мощности входного шума.

С учетом выражения (отношение сигнал/шум)

$$q^2 = 1 - \frac{N_{ш_{П}}}{N_{ш_0}}$$

и подхода в работе [8], возможно определить значения спектральной плотности мощности помех из выражения

$$P_{ш_{П}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot K_\gamma \cdot K_{АК} \cdot N_{ш_0} (q^2 - 1) \cdot f^2}{c^2}, \quad (4)$$

где f – рабочая частота РТС и помеховой станции;

c – скорость распространения радиоволн;

$K_{АК}$ – коэффициент, который характеризует наличие автокомпенсационного канала в РТС;

K_γ - коэффициент поляризации радиоволн РТС и помеховой станции.

Стабилизация $P_{ДЗ}$ может быть достигнута за счет использования непараметрических алгоритмов обработки информации [5, 9] на равные интервалы $10^{-6} \dots 10^{-8}$ (при $P_{ЛТ} = 10^{-3} \dots 10^{-4}$, а значение НП, которое измеряется в этих условиях, слабо зависит от отношения сигнал/шум).

Заключение

Количественная оценка эффективности КНС обеспечит анализ существующих систем данного класса, действующих в сложной помеховой обстановке, и обеспечит проектирование новых КНС, к которым предъявляются высокие требования.

Литература

1. Ярлыков М.С. Статистическая теория радионавигации – М.: Радио и связь, 1985. - 343 с.
2. Громов Г.Н., Наливайко Д.А. Оценка помехоустойчивости радионавигационных систем при использовании данных от автономных систем навигации. // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОТ, 1971. Вып. 18. – С. 3 - 20.
3. Бриккер А.М., Громов Г.Н. Точность измерения навигационного параметра при использовании информации, поступающей от радиотехнических и автономных систем. // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОТ, 1977. Вып. 8. С. 41 - 46.4. Поиск, обнаружение и измерение параметров сигналов в радионавигационных системах. / Под ред. Ю.М. Казаринова – М.: Сов. радио, 1975. - 296 с.
5. Кривошея С.И., Дорошук В.А., Никитин А.В. Количественная оценка и пути повышения помехоустойчивости комплексных радионавигационных систем, действующих в условиях конфликта. / Авіаційно-космічна техніка і технологія. Збірник наук. праць. - Харків: НАКУ «ХАГ», 2001. вип. 22, - С. 307-311.
6. Кривошея С.И., Никитин А.В., Чернятьев А.В., Поспелов Б.Б. Определение зон с возможным уровнем помех и возможности повышения эффективности комплексных радионавигационных систем. / Системи обробки інформації. Збірник наук. праць. - Харків: ХВУ. вип. 2(18), 2002, С. 263-268.
7. Кривошея С.И., Чернятьев А.В. Пути повышения эффективности использования комплексных радионавигационных систем в условиях действия активных помех. / Збірник наукових праць. - Харків: ХВУ. вип. 5(43). 2002, С. 76-82. 8. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. –М.: Воениздат, 1989. - 349 с.
9. Теория обнаружения сигналов. / Под ред. П.А. Бакуга. – М.: Радио и связь, 1984. - 439 с.

Поступила в редакцию 09.10.03

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Костенко П.Ю., Харьковский институт Военно-Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, г. Харьков