



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2016108454, 09.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.03.2016

Дата регистрации:
21.04.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.03.2016

(45) Опубликовано: 21.04.2017 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

170100, г. Тверь, ул. Жигарева, 50, Военная академия ВКО им. Г.К. Жукова, зам. начальника академии по учебной и научной работе Гончарову А.М.

(72) Автор(ы):

Богданов Александр Викторович (RU),
Васильев Олег Валерьевич (RU),
Закомолдин Денис Викторович (RU),
Каневский Михаил Игоревич (RU),
Коротков Сергей Сергеевич (RU),
Кочетов Игорь Вячеславович (RU),
Кучин Александр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования "Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова" Министерства обороны Российской Федерации (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2456633 C1, 20.07.2012. RU 2324952 C1, 20.05.2008. RU 2392640 C1, 20.06.2010. US 5402131 A, 28.03.1995. US 5506817 A, 09.04.1996. WO 2010121118 A1, 21.10.2010. WO 1998036289 A1, 20.08.1998.

(54) Способ сопровождения в радиолокационной станции групповой воздушной цели из класса "самолёты с турбореактивными двигателями" при воздействии уводящих по скорости помех

(57) Формула изобретения

Способ сопровождения в радиолокационной станции групповой воздушной цели из класса «самолеты с турбореактивными двигателями» при воздействии уводящих по скорости помех, заключающийся в том, что сигнал, отраженный от групповой воздушной цели, на промежуточной частоте с выхода приемника радиолокационной станции подвергается узкополосной доплеровской фильтрации на основе процедуры быстрого преобразования Фурье и преобразуется в амплитудно-частотный спектр, составляющие которого обусловлены отражениями сигнала от планеров самолетов группы и вращающихся лопаток рабочего колеса компрессора низкого давления их силовых установок, определяется отсчет доплеровской частоты, соответствующий максимальной амплитуде спектральной составляющей спектра сигнала, который обусловлен его отражением от планера одного из самолетов группы, слева и справа в полосе частот $\pm \Delta F$, где ΔF - априорно заданная полоса доплеровских частот, занимаемая спектральными составляющими, обусловленными отражениями сигнала от планеров самолетов группы, относительно частоты спектральной составляющей спектра сигнала,

имеющей максимальную амплитуду, определяются отсчеты доплеровских частот локальных максимумов спектра сигнала и их количество, которые превысили установленный порог, определяются отсчеты доплеровских частот локальных максимумов, имеющие наибольшие амплитуды, количество которых равно количеству локальных максимумов, расположенных в полосе доплеровских частот $\pm \Delta F$ относительно спектральной составляющей с максимальной амплитудой, соответствующей отражению сигнала от планера одного из самолетов группы, и находящихся справа на частотах, превышающих значение ΔF , относительно частоты спектральной составляющей, имеющей максимальную амплитуду, которые обусловлены отражениями сигнала от лопаток рабочего колеса первых ступеней компрессора низкого давления двигателя самолетов группы, отличающийся тем, что вычисляется процедура оптимальной многомерной линейной дискретной калмановской фильтрации в соответствии с выражениями

$$P^-(k+1) = \Phi(k)P(k)\Phi^T(k) + Q(k+1); \quad (1)$$

$$\Psi(k+1) = H(k+1)P^-(k+1)H^T(k+1) + R(k+1); \quad (2)$$

$$S(k+1) = P^-(k+1)H^T(k+1)\Psi^{-1}(k+1); \quad (3)$$

$$Z(k+1) = Y(k+1) - H(k+1)\Phi(k+1)\hat{X}(k+1); \quad (4)$$

$$\hat{X}(k+1) = \Phi(k)\hat{X}(k) + S(k+1)Z(k+1); \quad (5)$$

$$P(k+1) = [I - S(k+1)H(k+1)]P^-(k+1), \quad (6)$$

где

$k = \overline{0, K}$ - номер такта работы фильтра;

K - общее количество тактов работы фильтра;

$P^-(k+1)$ и $P(k+1)$ - ковариационные матрицы ошибок экстраполяции и фильтрации соответственно;

$\Phi(k)$ - переходная матрица состояния;

$Q(k+1)$ и $R(k+1)$ - ковариационные матрицы шумов возбуждения и наблюдения соответственно;

$S(k+1)$ - матрица весовых коэффициентов;

I - единичная матрица;

$\hat{X}(k)$ и $\hat{X}(k+1)$ - соответственно вектор состояния текущих и экстраполированных оценок, содержащий оценки доплеровских частот, обусловленные скоростями сближения каждого j -го, $j = \overline{1, J}$, самолета группы с носителем радиолокационной станции;

J - количество самолетов в группе;

$H(k)$ - матрица наблюдения;

$Y(k)$ - вектор наблюдения отсчетов доплеровских частот;

$Z(k+1)$ - матрица невязок измерения;

$\Psi(k+1)$ - матрица априорных ошибок фильтрации;

"-1" - операция вычисления обратной матрицы;

"т" - операция транспонирования матрицы,

при сопровождении по доплеровской частоте каждой j -й, $j = \overline{1, J}$, планерной составляющей спектра сигнала, обусловленной скоростью сближения каждого j -го,

$j = \overline{1, J}$, самолета группы с носителем радиолокационной станции, при этом размерность матриц, входящих в процедуру (1)-(6), определяется количеством локальных максимумов спектральных составляющих сигнала, находящихся в полосе частот $\pm \Delta F$ относительно спектральной составляющей с максимальной амплитудой, соответствующей отражению сигнала от планера одного из самолетов группы, по выявленным отсчетам доплеровских частот локальных максимумов, находящихся справа на частотах, превышающих значение ΔF и соответствующих отражениями сигнала от лопаток рабочего колеса первых ступеней компрессора низкого давления двигателей самолетов группы, вычисляется отсчет доплеровской частоты центроида как среднее значение отсчетов доплеровских частот локальных максимумов, который поступает на вход оптимального фильтра сопровождения центроида отсчетов доплеровских частот, обусловленных отражением сигнала от лопаток рабочего колеса первых ступеней компрессора низкого давления двигателей самолетов группы, работающего аналогично, как и оптимальный фильтр сопровождения планерных составляющих спектра сигнала в соответствии с процедурой (1)-(6), на каждом k -м такте работы обоих оптимальных фильтров сопровождения вычисляются оценки разностей $\Delta \hat{F}_{ц}(k+1)$ между оцененными значениями доплеровских частот, соответствующих центроиду доплеровской частоты $\hat{F}_ц(k+1)$, обусловленной отражениями сигнала от лопаток рабочего колеса первых ступеней компрессора низкого давления двигателей самолетов группы, и отражениям сигнала от планера $\hat{F}_j(k+1)$ каждого j -го самолета группы, $j = \overline{1, J}$, вычисляются модули производных оценок разностей $|\Delta \dot{\hat{F}}_{ц}(k+1)|$ между оцененными значениями доплеровских частот $\hat{F}_j(k+1)$, обусловленными отражениями сигнала от планера каждого j -го самолета группы и центроидом доплеровской частоты $\hat{F}_ц(k+1)$, обусловленной отражениями сигнала от лопаток рабочего колеса первых ступеней компрессора низкого давления двигателей самолетов группы, которые сравниваются с пороговым значением ε , близким к нулю, при выполнении условия $|\Delta \dot{\hat{F}}_{ц}(k+1)| \leq \varepsilon$ для всех j -х, $j = \overline{1, J}$, оценок планерных составляющих спектра сигнал, что соответствует отсутствию воздействия уводящих по скорости помех, в качестве выходной информации используются все оценки $\hat{F}_j(k+1)$, $j = \overline{1, J}$, доплеровских частот, вычисляемые в соответствии с процедурой (1)-(6) на основе наблюдения $Y(k)$, при невыполнении условия $|\Delta \dot{\hat{F}}_{ц}(k+1)| \leq \varepsilon$ для всех $j = \overline{1, J}$, что соответствует воздействию уводящих по скорости помех, на выходе, наряду с оценками доплеровских частот $\hat{F}_m(k+1)$, где $m = \overline{1, M}$; M - количество оценок доплеровских частот, которые не идентифицированы как уводящие по скорости помехи, формируются оценки доплеровских частот $\hat{F}_n^*(k+1)$, где $n = \overline{1, N}$; N - количество оценок доплеровских частот, которые идентифицированы как уводящие по скорости помехи; $J=M+N$, вычисляемые в соответствии с процедурой

$$\hat{F}_n^*(k+1) = H(k+1) \left[\Phi_n^*(k) \hat{X}_n^*(k) \right], \quad (7)$$

где

$\Phi_n^*(k), n = \overline{1, N}$ - переходная матрица состояния, численные значения элементов которой определяются на основе корреляционного анализа текущих значений оценок доплеровских частот $\hat{F}_n(k+1), n = \overline{1, N}$, полученных до момента времени, когда выполнялось условие $|\Delta \dot{\hat{F}}_{ij}(k+1)| \leq \varepsilon$, и идентифицированных впоследствии как уводящие по скорости помехи;

$\hat{X}_n^*(k)$ - оцененный вектор состояния, содержащий оценку доплеровской частоты $\hat{F}_n^*(k+1), n = \overline{1, N}$, полученную после ее идентификации как уводящая по скорости помеха, только на основе переходной матрицы состояния $\Phi_n^*(k)$, учитывающей модель взаимного перемещения носителя РЛС и того самолета группы, отраженный от которого сигнал изначально еще не был идентифицирован как уводящая по скорости помеха.

RU 2617110 C1

RU 2617110 C1