РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 597 309**(13) **C1**

(51) МПК
G05D 1/12 (2006.01)
B64C 13/02 (2006.01)
F41G 7/22 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2015129734/11, 20.07.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.07.2015

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **20.07.2015**

(45) Опубликовано: **10.09.2016** Бюл. № **25**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2136034 C1, 27.08.1999. RU 2498342 C1, 10.11.2013. RU 2539823 C1, 27.01.2015. US 7795565 B2, 14.09.2010. WO 2012119132 A2, 07.09.2012.**

Адрес для переписки:
450000, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12, УГАТУ, ОИС, Ефремовой В.П.

(72) Автор(ы):
Неугодникова Любовь Михайловна (RU),
Петунин Валерий Иванович (RU),
Елисеев Валерий Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уфимский государственный авиационный технический университет" (RU)

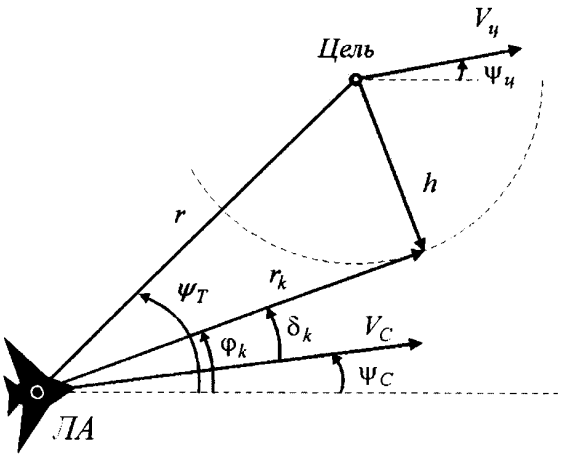
(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА ИНФОРМАЦИОННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к способу и устройству для формирования траектории летательного аппарата. Для формирования траектории летательного аппарата в блок памяти передают сигналы, пропорциональные координатам, курсу и горизонтальной скорости цели, запоминают их на момент поступления, передают или вводят заданную величину промаха, сравнивают полученные сигналы, оценивают отклонения ЛА по курсу и дальности, получают поправку к текущему курсу и запоминают ее в выходном буфере, передают из буфера в систему автоматического управления курсом ЛА для отработки, обеспечивают движения ЛА по заданному радиусу вокруг цели, формируют новую траекторию при движении цели. Устройство для формирования траектории содержит коммутатор, блок памяти, два вычитающих устройства, выходной буфер, блок дальности, блок фиктивной цели, блок углового смещения, логический блок, соединенные определенным образом. Блок фиктивной цели содержит два делителя, вычислитель арксинуса, вычислитель арктангенса, устройство сравнения, умножитель, два арифметических устройства. Блок углового смещения содержит два вычислителя синуса, два умножителя, вычитающее устройство. Логический блок содержит два блока сравнения с заданной величиной, усилитель, два вычитающих устройства, пять умножителей, два делителя, два инвертора, вычислитель арктангенса, два сумматора. Обеспечивается автоматическое формирование траектории ЛА при движении цели. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 8 ил.

RU 2597309 C1

RU 2597309 C1



Фиг. 1

RU 2597309 C1

RU 2597309 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 597 309**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
G05D 1/12 (2006.01)
B64C 13/02 (2006.01)
F41G 7/22 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2015129734/11, 20.07.2015**

(24) Effective date for property rights:
20.07.2015

Priority:
(22) Date of filing: **20.07.2015**

(45) Date of publication: **10.09.2016** Bull. № **25**

Mail address:
450000, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, ul. K. Marksa, 12, UGATU, OIS, Efremovoj V.P.

(72) Inventor(s):
Neugodnikova Lyubov Mikhajlovna (RU),
Petunin Valerij Ivanovich (RU),
Eliseev Valerij Dmitrievich (RU)

(73) Proprietor(s):
federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya "Ufimskij gosudarstvennyj aviatsionnyj tekhnicheskij universitet" (RU)

(54) METHOD OF FORMING DATA SUPPORT AIRCRAFT FLIGHT PATH AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION

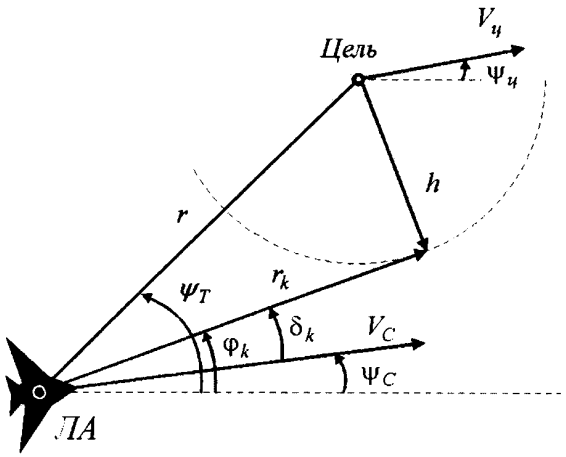
(57) Abstract:

FIELD: aircraft engineering.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a method and a device for forming an aircraft flight path. To form an aircraft flight path signals are transmitted to a memory unit proportional to coordinates, heading and horizontal speed of the target, they are saved for the reception moment, then a given miss value is transmitted or entered, the obtained signals are compared, the aircraft deviations by heading and range are evaluated, a correction to the current heading is received, saved in the output buffer and transmitted from the buffer to the aircraft heading automatic control system to be worked out, the aircraft movement as per the specified radius around the target is provided, a new flight path considering the target motion is formed. Device for forming a flight path comprises a switch, a memory unit, two subtractors, an output buffer, a range unit, a false target unit, an angular shift unit, a logical unit - all interconnected in a certain manner. False target unit comprises two dividers, an arcsine calculator, an arctangent calculator, a comparator, a multiplier, two arithmetic devices. Angular shift unit comprises two sinus calculators, two multipliers, a subtractor. Logical unit comprises two units of comparison with a preset value, an amplifier, two subtractors, five multipliers, two dividers, two inverters, an arctangent calculator, two adders.

EFFECT: provided is automatic forming the aircraft flight path at the target movement.

5 cl, 8 dwg



Фиг. 1

RU 2597309 C1

RU 2597309 C1

Изобретение относится к области систем управления движением и курсом летательных аппаратов (ЛА) и может быть использовано в аппаратуре информационных беспилотных летательных аппаратов при наблюдении за точечными наземными целями.

Современные информационные ЛА используются для наблюдения (фото- и видеосъемки) наземных объектов. При этом ЛА самолетных схем, имеющие большие скорости и время полета по сравнению с вертолетными конструкциями, успешно используют для наблюдения протяженных наземных объектов (трубопроводов, путепроводов), либо для поисковых задач. Наблюдение самолетного ЛА за неподвижной точкой возможно при движении по окружности: функция «Удержание» реализована в БПЛА «Сокол».

Задачей всех существующих способов наведения летательных аппаратов (ЛА) является встреча с целью, и применяются они, соответственно, для поражения цели, либо выхода на точку с определенными (постоянными или меняющимися) координатами, после чего процесс наведения заканчивается. При этом под способом наведения понимается закон формирования требуемой фазовой траектории наводимого объекта, определяемый правилом (алгоритмом) формирования сигналов траекторного управления [Патент РФ №2229671 F41G 7/22, 27.05.2004].

Известны основные кинематические уравнения наведения ЛА в плоскости [Боднер В.А. Системы управления летательными аппаратами. М., «Машиностроение», 1973. - 506 с., стр. 198]:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= V_{Ц} \cdot \cos(\psi_T - \psi_{Ц}) - V_C \cdot \cos(\delta); \\ \dot{\psi}_C \cdot r &= -V_{Ц} \cdot \sin(\psi_T - \psi_{Ц}) + V_C \cdot \sin(\delta) \end{aligned} \qquad (1)$$

где V_C - скорость ЛА,

$V_Ц$ - скорость цели,

r - вектор относительной дальности, направленный от аппарата к цели,

ψ_C - курс ЛА,

δ - угол упреждения,

ψ_T - требуемый курс,

$\psi_ц$ - курс цели.

Известен способ маневра [Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование, А.А. Красовский, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1973, 560 с., стр. 327], обеспечивающий вывод ЛА в зону обнаружения цели под заданным углом и на заданном расстоянии; траектория состоит из двух отрезков прямых, сопряженных с дугой окружности.

Недостатками аналога являются: большое время, затрачиваемое на выход самолета на рубеж захвата, большой расход топлива, ограничения на ракурсы (под ракурсом понимается угол между вектором скорости цели и линией самолет-цель) перехвата из передней полусферы, сложность расчетов траектории и ее выполнения.

Известен способ параллельного сближения, при котором линия ЛА - цель перемещается параллельно самой себе, а также его модификация - способ перехвата [Патент РФ №2498342 G01S 13/04, 10.11.2013], при котором наводится не сам ЛА, а некоторая фиктивная точка, расположенная по вектору скорости ЛА на определенном расстоянии от него.

Недостатком аналога является возрастание ошибок вычисления требуемого курса при ракурсах цели, отличных от нулевых.

Наиболее близким по сущности к заявляемому является способ погони [Боднер В.А.

Системы управления летательными аппаратами. М., «Машиностроение», 1973. - 506 с., стр. 198-199] (прямой способ), при котором угол упреждения равен нулю, то есть вектор скорости летательного аппарата все время направлен на цель Реализация способа погони при наведении на воздушную цель имеет определенные трудности, прежде всего сложность пилотирования ЛА в связи с постоянным изменением курса и крена, большое время полета до встречи. Однако, при наведении на наземные объекты, скорости изменения положения которых, как правило, существенно уступают скоростям наводимых ЛА, способ погони лишается перечисленных недостатков. Таким образом, при прямом наведении на наземную цель требуемый курс должен формироваться по правилу [Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Состояние и тенденции развития. - М.: Радиотехника, 2008., 432 с., стр 232]:

$$\psi_T = arctg\frac{z_Ц - z_C}{x_Ц - x_C} \qquad (2)$$

где ψ_T - требуемый курс;

$z_Ц$, $x_Ц$ и z_C, x_C - текущие координаты цели и самолета.

Недостатком способа, описанного в прототипе, является то, что он обеспечивает сближение с целью, но не предполагает дальнейшего формирования траектории, что не отвечает задачам наблюдения за наземными объектами в автоматическом режиме.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является устройство для формирования траектории летательного аппарата [Патент РФ №2136034 G05D 1/02, 27.08.1999], включающее коммутатор, подключенный к блоку памяти, первый и второй выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами первого блока вычитания, третий и четвертый выход блока памяти соединены соответственно с первым и вторым входом второго блока вычитания, также включающее автономные блоки смещения фиктивной цели, дальности, скорости сближения и угла упреждения, выход которого соединен с выходным буфером.

Недостатком устройства, описанного в прототипе, является то, что с его помощью выполняется наведение на фиктивную цель, которая смещена по курсу движения цели на величину, зависящую от текущих и заданных значений дальности и ракурса; соответственно, при изменении курса цели или ее остановке преимущества устройства не проявляются.

Задачей изобретения является автоматизация формирования траектории полета летательного аппарата при наблюдении за точечными наземными целями, курсы и скорости движения которых не предсказуемы.

Техническим результатом является реализация наведения летательного аппарата на наземную цель с заданным промахом при любом начальном курсе и удерживания его на расстоянии этого промаха от цели; в случае перемещения цели - обеспечения следования ЛА за целью так же с соблюдением заданного промаха.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается тем, что для наведения ЛА на фиктивную цель, находящуюся от действительной цели на расстоянии заданного промаха, в блок памяти от внешнего источника или бортового вычислителя, навигационной системы передают сигналы, пропорциональные координатам, курсу и горизонтальной скорости цели и запоминают их на момент поступления, а также передают или вводят заданную величину промаха, сравнивают полученные сигналы, оценивают отклонения ЛА по курсу и дальности, получают поправку к текущему курсу, которую запоминают в выходном буфере, передают полученный сигнал из буфера в систему автоматического управления курсом ЛА для отработки, и при достижении

фиктивной цели обеспечивают движение ЛА по заданному радиусу вокруг цели, а при движении цели в любом направлении или назначении новой цели формируют новую траекторию из текущей точки с учетом текущего курса ЛА.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается также устройством, включающим коммутатор, блок памяти, первое и второе вычитающие устройства, выходной буфер и блок дальности, где коммутатор подключен к блоку памяти, первый и второй выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами первого вычитающего устройства, третий и четвертый выход блока памяти соединены соответственно с первым и вторым входом второго вычитающего устройства, выходы первого и второго вычитающих устройств соединены с входами блока дальности и дополнительно введены блоки фиктивной цели, углового смещения и логический блок таким образом, что выходы блока дальности, первого и второго вычитающих устройств и пятый, шестой и седьмой выходы блока памяти соединены с входами блока фиктивной цели, два выхода которого, восьмой и девятый выходы блока памяти соединены с входами блока углового смещения, выход которого и выход блока дальности, первый выход блока фиктивной цели и седьмой выход блока памяти соединены с входами логического блока, выход которого последовательно соединен с выходным буфером.

Кроме того, согласно изобретению, блок фиктивной цели может содержать первый делитель, на входы которого соединены с выходом блока дальности и седьмым выходом блока памяти, а выход соединен с входом вычислителя арксинуса, и второй делитель, входы которого соединены с выходами первого и второго вычитающих устройств, выход второго делителя соединен с входом первого вычислителя арктангенса, выход которого и пятый выход блока памяти соединены с входами устройства сравнения, выход которого и выход вычислителя арксинуса соединены с входами первого умножителя, выход которого соединен с первыми входами первого и второго арифметического устройств, со вторыми входами которых соединен выход первого вычислителя арктангенса, с третьими входами первого и второго арифметических устройств соединены пятый и шестой выход блока памяти соответственно.

Кроме того, согласно изобретению, блок углового смещения может содержать первый вычислитель синуса, с входом которого соединен первый выход блока фиктивной цели, выход первого вычислителя синуса и восьмой выход блока памяти соединены с входами второго умножителя и второй вычислитель синуса, вход которого соединен с вторым выходом блока фиктивной цели, выход второго вычислителя синуса и девятый выход блока памяти соединены с входами третьего умножителя а выходы второго и третьего умножителей соединены с входом третьего вычитающего устройства.

Кроме того, согласно изобретению, логический блок может содержать первый блок сравнения с заданной величиной, вход которого соединен с выходом блока фиктивной цели и четвертое вычитающее устройство, входы которого соединены с выходом блока дальности и с седьмым выходом блока памяти, и усилитель, вход которого соединен с седьмым выходом блока памяти, второй блок сравнения с заданной величиной, вход которого соединен с выходом четвертого вычитающего устройства, пятое вычитающее устройство, входы которого соединены с седьмым выходом блока памяти и выходом четвертого вычитающего устройства, четвертый умножитель, входы которого соединены с выходами усилителя и четвертого вычитающего устройства, третий делитель, входы которого соединены с выходами четвертого вычитающего устройства и второго блока сравнения с заданной величиной, первый инвертор, вход которого соединен с выходом первого блока сравнения с заданной величиной, второй вычислитель арктангенса, вход

которого соединен с выходом третьего делителя, и пятый умножитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения и четвертого умножителя, шестой умножитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения, второго вычислителя арктангенса и первого инвертора, седьмой умножитель, входы которого соединены с выходами третьего делителя, первого блока сравнения с заданной величиной и блока углового смещения, второй инвертор, вход которого соединен с выходом четвертого умножителя, четвертый делитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения и пятого вычитающего устройства, первый сумматор, входы которого соединены с выходами шестого и седьмого умножителей и четвертого делителя, восьмой умножитель, входы которого соединены с выходами второго инвертора и первого сумматора, второй сумматор, входы которого соединены с выходами пятого и восьмого умножителей.

Устройство блока дальности раскрыто в [Патент РФ №2539824 F41G 7/00, 27.01.2015].

Сущность изобретения поясняется чертежами: фиг. 1 - схема наведения с заданным промахом фиг. 2 - общая блок-схема устройства; фиг. 3 - блок фиктивной цели; фиг. 4 - блок углового смещения; фиг. 5 - логический блок, фиг. 6 - пример траектории наблюдения, фиг. 7 - график дальности от цели до ЛА, фиг. 8 - график ψ_T.

Обозначим через h величину заданного промаха.

Для выхода на заданную окружность используется метод погони с тем отличием, что вместо точки цели используется точка касания прямой, проведенной из текущей точки ЛА к окружности радиуса h от цели (фиг. 1). Используемые при этом величины обозначены индексом k.

Тогда выражения (1) принимают вид:

$$\begin{aligned} \dot{r}_k &= V_Ц \cdot \cos(\varphi_k - \psi_Ц) - V_C \cdot \cos(\delta_k); \\ \dot{\psi}_C \cdot r_k &= -V_Ц \cdot \sin(\varphi_k - \psi_Ц) + V_C \cdot \sin(\delta_k) \end{aligned}, \qquad (3)$$

где $\varphi_k = \psi_T - arctg(h/r_k)$, (4)

а $\delta_k \to 0$.

Выбор ближайшей (по курсу) из двух симметричных точек касания реализуется по выражению:

$$\varphi_k = \begin{cases} \psi_T - arctg(h/r_k), \psi_C < \varphi_T; \\ \psi_T + arctg(h/r_k)_k, \psi_C \geq \varphi_T. \end{cases} \qquad (5)$$

Кинематические уравнения для движения по окружности заданного радиуса h вокруг движущейся точки имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= V_Ц \cdot \cos(\varphi_T - \psi_Ц) - V_C \cdot \cos(\varphi_T - \psi_C); \\ \dot{\psi}_C \cdot (2h - r) &= -V_Ц \cdot \sin(\varphi_T - \psi_Ц) + V_C \cdot \sin(\varphi_T - \psi_C). \end{aligned} \qquad (6)$$

При этом $(\psi_T - \psi_C) \to 90°$, $r \to h$, $\dot{r} \to 0$. Соответственно, $\dot{\psi}_C \to V_C / h$.

Для обеспечения непрерывности наблюдения цели при любом характере ее движения выражения (3) и (6) следует дополнить логическими правилами перехода между движением по окружности и наведением на касательную к ней. В общем случае достаточно ввести переменную log ic1:

$$\log ic1 = \begin{cases} 0, r > h; \\ 1, r <= h. \end{cases} \quad (7)$$

Тогда (3) будет выполняться при условии log ic1=0, а (6), соответственно, при условии log ic1=1. В зависимости от динамических свойств наводимого ЛА и величины h, целесообразно в правой части (7) использовать не точное значение, а с некоторым допуском, например h±1%.

Также следует разделить еще две возможных ситуации: ЛА движется по круговой траектории и отклоняется от нее (например, из-за движения цели), либо задана новая цель и требуется значительное перемещение для ее наблюдения. Для этого введена переменная log ic2:

$$\log ic2 = \begin{cases} 1, r <= dist \cdot h; \\ 0, r > dist \cdot h. \end{cases} \quad (8)$$

Множитель dist > 1 следует выбирать, исходя из возможного отклонения ЛА из-за перемещения цели, то есть в зависимости от соотношения их скоростей. Условие log ic2=1 соответствует отклонению при наблюдению за целью, и курс нужно корректировать в соответствии с (3). При log ic2=0 следует строить новую траекторию в режиме дальнего

наведения, но прежде необходимо выставить курс φ_k по (4).

Предлагаемое устройство, реализующее изложенный метод построения траектории наблюдения (фиг. 2), содержит коммутатор 1, выход которого соединен с входом блока памяти 2. Первый и второй входы блока памяти 2 подключены к входам первого вычитающего устройства 3, третий и четвертый выходы блока памяти 2 подключены к входам второго вычитающего устройства 4. В отличие от прототипа, выходы первого и второго вычитающих устройств 3 и 4 соединены с входами блока дальности 5 и блока фиктивной цели 6. Пятый, шестой и седьмой выходы блока памяти 2 и выход блока дальности 5 также соединены с входами блока фиктивной цели 6. Первый и второй выходы блока фиктивной цели 6 и восьмой и девятый выходы блока памяти 2 соединены с входами блока углового смещения 7. Выход блока дальности 5, блока углового смещения 7, первый выход блока фиктивной цели 6 и седьмой выход блока памяти 2 соединены с входами логического блока 8, выход которого запоминается в выходном буфере 9.

Блок фиктивной цели (фиг. 3) содержит первый делитель 10, входы которого соединены с выходом блока дальности 5 и с седьмым выходом блока памяти 2 и второй делитель 11, входы которого соединены с выходами первого и второго вычитающих устройств 3 и 4. Вход вычислителя арксинуса 12 соединен с выходом первого делителя 10, а вход с первого вычислителя арктангенса 13 соединен с выходом второго делителя 11. Выход первого вычислителя арктангенса 13 и пятый выход блока памяти 2 соединены с входами устройства сравнения 14. Выходы устройства сравнения 14 и вычислителя арксинуса 12 соединены с входами первого умножителя 15. Выход первого умножителя 15, первого вычислителя арктангенса 13 и пятый выход блока памяти 2 соединены с входами первого арифметического устройства 16. Выход первого вычислителя арктангенса 13, первого умножителя 15 и шестой выход блока памяти 2 соединены с входами второго арифметического устройства 17.

Блок углового смещения (фиг. 4) содержит первый и второй вычислители синуса 18 и 19, входы которых соединены с первым и вторым выходом блока фиктивной цели 6 соответственно. Выход первого вычислителя синуса 18 и восьмой выход блока памяти

2 соединены с входом второго умножителя 20. Выход второго вычислителя синуса 19 и девятый выход блока памяти 2 соединены с входом третьего умножителя 21. Выходы второго и третьего умножителей 20 и 21 соединены с входами третьего вычитающего устройства 22.

Логический блок (фиг. 5) содержит первый блок сравнения с заданной величиной 23, вход которого соединен с выходом блока фиктивной цели 6. Вход четвертого вычитающего устройства 24 соединен с выходом блока дальности 5 и седьмым выходом блока памяти 2. Вход усилителя 25 соединен с седьмым выходом блока памяти 2. Выход четвертого вычитающего устройства 24 соединен с входом второго блока сравнения с заданной величиной 26. Входы пятого вычитающего устройства 27 соединены с седьмым выходом блока памяти 2 и выходом четвертого вычитающего устройства 24. Выход усилителя 25 и четвертого вычитающего устройства 24 соединены с входами четвертого умножителя 28. Входы третьего делителя 29 соединены с выходами четвертого вычитающего устройства 24 и второго блока сравнения с заданной величиной 26. Вход первого инвертора 30 соединен с выходом первого блока сравнения с заданной величиной 23. Вход второго вычислителя арктангенса 31 соединен с выходом третьего делителя 29. Входы пятого умножителя 32 соединены с выходами блока углового смещения 7 и четвертого умножителя 28. Входы шестого умножителя 33 соединены с выходами блока углового смещения 7, второго вычислителя арктангенса 31 и первого инвертора 30. Входы седьмого умножителя 34 соединены с выходами блока углового смещения 7, третьего делителя 29 и первого блока сравнения с заданной величиной 23. Вход второго инвертора 35 соединен с выходом четвертого умножителя 28. Входы четвертого делителя 36 соединены с выходами блока углового смещения 7 и пятого вычитающего устройства 27. Входы первого сумматора 37 соединены с выходами шестого и седьмого умножителей 33 и 34 и четвертого делителя 36. Входы восьмого умножителя 38 соединены с выходами второго инвертора 35 и первого сумматора 37. Входы второго сумматора 39 соединены с выходами пятого и восьмого умножителей 32 и 38.

С входом выходного буфера 9 соединен выход второго сумматора 39.

Перед рассмотрением работы заявляемого устройства принимаются следующие допущения.

1. Считается, что величина h превышает минимальный радиус виража ЛА.

2. Принимается, что автопилот угла курса ЛА, воспринимающий выходные сигналы заявляемого устройства в качестве задающих воздействий, имеет время регулирования настолько малое, что им можно пренебречь.

Заявляемое устройство работает следующим образом.

В блок памяти 2 от внешнего источника (наземной системы управления) или бортового вычислителя поступают сигналы, пропорциональные координатам, курсу и горизонтальной скорости цели, значения которых запоминаются на момент поступления. От навигационного вычислителя в блок памяти 2 передаются значения сигналов, пропорциональных координатам, текущему курсу и горизонтальной скорости самолета. Величина заданного промаха также может быть передана по линиям связи от наземной системы управления, либо предварительно записана в блоке памяти 2. Коммутатор 1 подключает соответствующие секции блока памяти 2, из которого на входы первого и второго вычитающих устройств 3 и 4 поступают сигналы, пропорциональные одноименным координатам цели и самолета, на входы блока фиктивной цели 6 - сигналы, пропорциональные курсам цели и самолета, на вход блока фиктивной цели 6 и логического блока 8 - сигнал, пропорциональный величине заданного

промаха, на входы блока углового смещения 7 - сигналы, пропорциональные скоростям цели и самолета.

Первое и второе вычитающие устройства 3 и 4 вычитают сигналы, пропорциональные координатам цели, из сигналов, пропорциональных координатам ЛА. Блок дальности 5 выдает на выходе сигнал, пропорциональный текущему расстоянию от цели до самолета.

Первый делитель 10 делит сигнал, поступающий с седьмого выхода блока памяти 2 на сигнал, поступающий с выхода блока дальности 5. Второй делитель 11 делит сигнал с выхода первого вычитающего устройства 3 на сигнал с выхода второго вычитающего устройства 4.

Устройство сравнения 14 сравнивает величины входных сигналов и выдает на выходе сигнал ±1. Первое и второе арифметические устройства вычитают из сигнала с выхода первого вычислителя арктангенса 13 сигналы, поступающие с пятого и шестого выходов блока памяти 2 соответственно, и прибавляют к результату сигнал выхода первого умножителя 15.

Третье вычитающее устройство 22 вычитает из сигнала выхода второго умножителя 20 сигнал выхода третьего умножителя 21. Четвертое вычитающее устройство 24 вычитает из сигнала выхода блока дальности 5 сигнал седьмого выхода блока памяти 2. Пятое вычитающее устройство 27 вычитает из сигнала седьмого выхода блока памяти 2 сигнал выхода четвертого вычитающего устройства 24. Первый и второй блоки сравнения с заданной величиной 23 и 26 оценивают отклонения ЛА по курсу и дальности соответственно и выдают на выходах сигналы 0 или 1. Усилитель 25 воспроизводит множитель dist. Третий делитель 29 делит сигнал выхода второго блока сравнения с заданной величиной 26 на сигнал выхода четвертого вычитающего устройства 24. Четвертый делитель 36 делит сигнал выхода блока углового смещения 7 на сигнал выхода пятого вычитающего устройства 27.

В логический блок 8 поступают значения дальности до цели, величина заданного промаха, направление на фиктивную цель и поправка к курсу на действительную цель, где эти сигналы коммутируют таким образом, что на выходе получают поправку к текущему курсу ЛА, запоминаемую в выходном буфере 9. Из буфера 9 полученный сигнал передается в систему автоматического управления курсом самолета для отработки.

Пример конкретной реализации способа.

В качестве иллюстрации работы заявляемого способа на фиг. 6 показана траектория наблюдения наземной цели, перемещения которой показаны пунктиром. Скорость полета малоразмерного ЛА V_C=25 м/с, начальное значение курса ЛА ψ_C=0° (вправо в плоскости чертежа), значение h=500±5 м, dist = 1,5. Сначала цель неподвижна, ЛА выходит на круговую траекторию и начинает наблюдение, затем цель начинает движение с постоянной скоростью $V_Ц$=6 м/с, и, через некоторое время, изменяет свой курс. При движении цели ЛА следует за ней, стремясь сохранять заданную дистанцию, а после ее остановки вновь начинает движение по кругу. Затем для наблюдения задается новая цель (неподвижная, показана серой точкой), ЛА наводится на нее с тем же заданным промахом h и начинает наблюдение. На фиг. 7 показан график мгновенной дальности от ЛА до цели, подтверждающий, что при наблюдении $r \le h+0.01 \cdot h$, а на фиг. 8 - величины текущего направления на цель ψ_T. При наблюдении за первой целью ЛА движется вокруг нее против часовой стрелки, что связано с его начальным курсом; при наблюдении за второй - по часовой стрелке, что так же зависит от предыдущего курса

ЛА. Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает наведение на цель и движение по заданному радиусу вокруг нее; при движении цели в любом направлении или назначении новой - формируется новая траектория из текущей точки с учетом текущего курса ЛА.

Таким образом, заявляемое устройство позволяет автоматически формировать траекторию полета информационного ЛА для наблюдения наземной цели в пределах заданной дальности при любом характере ее движения.

Формула изобретения

1. Способ формирования траектории летательного аппарата (ЛА), при котором для наведения ЛА на фиктивную цель, находящуюся от действительной цели на расстоянии заданного промаха, в блок памяти от внешнего источника или бортового вычислителя, навигационной системы передают сигналы, пропорциональные координатам, курсу и горизонтальной скорости цели и запоминают их на момент поступления, а также передают или вводят заданную величину промаха, сравнивают полученные сигналы, оценивают отклонения ЛА по курсу и дальности, получают поправку к текущему курсу, которую запоминают в выходном буфере, передают полученный сигнал из буфера в систему автоматического управления курсом ЛА для отработки, отличающийся тем, что при достижении фиктивной цели, обеспечивают движение ЛА по заданному радиусу вокруг цели, а при движении цели в любом направлении или назначении новой цели формируют новую траекторию из текущей точки с учетом текущего курса ЛА.

2. Устройство для формирования траектории летательного аппарата, включающее коммутатор, блок памяти, первое и второе вычитающие устройства, выходной буфер и блок дальности, где коммутатор подключен к блоку памяти, первый и второй выходы которого соединены соответственно с первым и вторым входами первого вычитающего устройства, третий и четвертый выход блока памяти соединены соответственно с первым и вторым входом второго вычитающего устройства, отличающееся тем, что выходы первого и второго вычитающих устройств соединены с входами блока дальности и дополнительно введены блоки фиктивной цели, углового смещения и логический блок таким образом, что выходы блока дальности, первого и второго вычитающих устройств и пятый, шестой и седьмой выходы блока памяти соединены с входами блока фиктивной цели, два выхода которого, восьмой и девятый выходы блока памяти соединены с входами блока углового смещения, выход которого и выход блока дальности, первый выход блока фиктивной цели и седьмой выход блока памяти соединены с входами логического блока, выход которого последовательно соединен с выходным буфером.

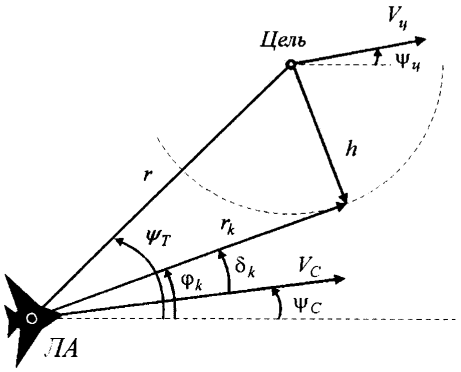
3. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что блок фиктивной цели содержит первый делитель, входы которого соединены с выходом блока дальности и седьмым выходом блока памяти, а выход соединен с входом вычислителя арксинуса, и второй делитель, входы которого соединены с выходами первого и второго вычитающих устройств, выход второго делителя соединен с входом первого вычислителя арктангенса, выход которого и пятый выход блока памяти соединены с входами устройства сравнения, выход которого и выход вычислителя арксинуса соединены с входами первого умножителя, выход которого соединен с первыми входами первого и второго арифметического устройств, со вторыми входами которых соединен выход первого вычислителя арктангенса, с третьими входами первого и второго арифметических устройств соединены пятый и шестой выход блока памяти соответственно.

4. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что блок углового смещения содержит первый вычислитель синуса, с входом которого соединен первый выход блока фиктивной

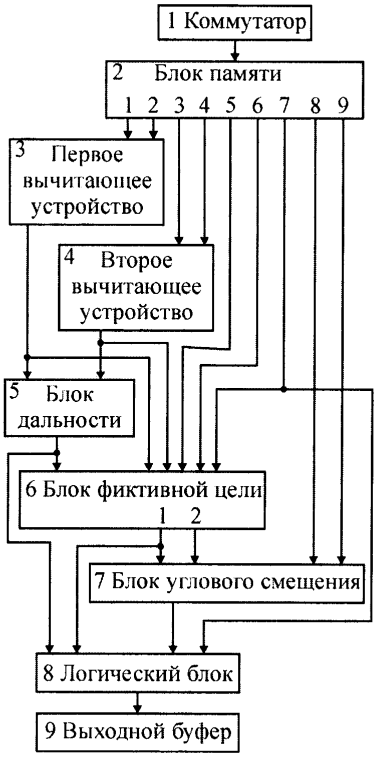
цели, выход первого вычислителя синуса и восьмой выход блока памяти соединены с входами второго умножителя и второй вычислитель синуса, вход которого соединен с вторым выходом блока фиктивной цели, выход второго вычислителя синуса и девятый выход блока памяти соединены с входами третьего умножителя, а выходы второго и третьего умножителей соединены с входом третьего вычитающего устройства.

5. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что логический блок содержит первый блок сравнения с заданной величиной, вход которого соединен с выходом блока фиктивной цели, и четвертое вычитающее устройство, входы которого соединены с выходом блока дальности и с седьмым выходом блока памяти, и усилитель, вход которого соединен с седьмым выходом блока памяти, второй блок сравнения с заданной величиной, вход которого соединен с выходом четвертого вычитающего устройства, пятое вычитающее устройство, входы которого соединены с седьмым выходом блока памяти и выходом четвертого вычитающего устройства, четвертый умножитель, входы которого соединены с выходами усилителя и четвертого вычитающего устройства, третий делитель, входы которого соединены с выходами четвертого вычитающего устройства и второго блока сравнения с заданной величиной, первый инвертор, вход которого соединен с выходом первого блока сравнения с заданной величиной, второй вычислитель арктангенса, вход которого соединен с выходом третьего делителя, и пятый умножитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения и четвертого умножителя, шестой умножитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения, второго вычислителя арктангенса и первого инвертора, седьмой умножитель, входы которого соединены с выходами третьего делителя, первого блока сравнения с заданной величиной и блока углового смещения, второй инвертор, вход которого соединен с выходом четвертого умножителя, четвертый делитель, входы которого соединены с выходами блока углового смещения и пятого вычитающего устройства, первый сумматор, входы которого соединены с выходами шестого и седьмого умножителей и четвертого делителя, восьмой умножитель, входы которого соединены с выходами второго инвертора и первого сумматора, второй сумматор, входы которого соединены с выходами пятого и восьмого умножителей.

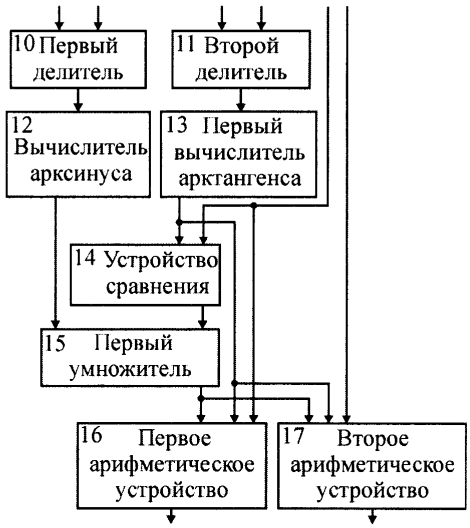
1


Цель
$V_ц$
$\Psi_ц$
h
r
r_k
Ψ_T
φ_k
δ_k
V_C
Ψ_C
ЛА

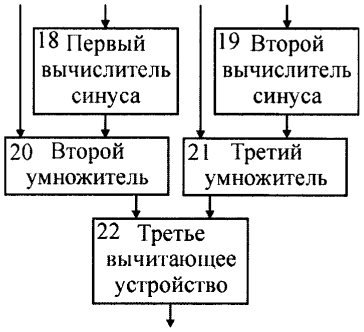
Фиг. 1.


1 Коммутатор
2 Блок памяти
1 2 3 4 5 6 7 8 9
3 Первое вычитающее устройство
4 Второе вычитающее устройство
5 Блок дальности
6 Блок фиктивной цели
1 2
7 Блок углового смещения
8 Логический блок
9 Выходной буфер

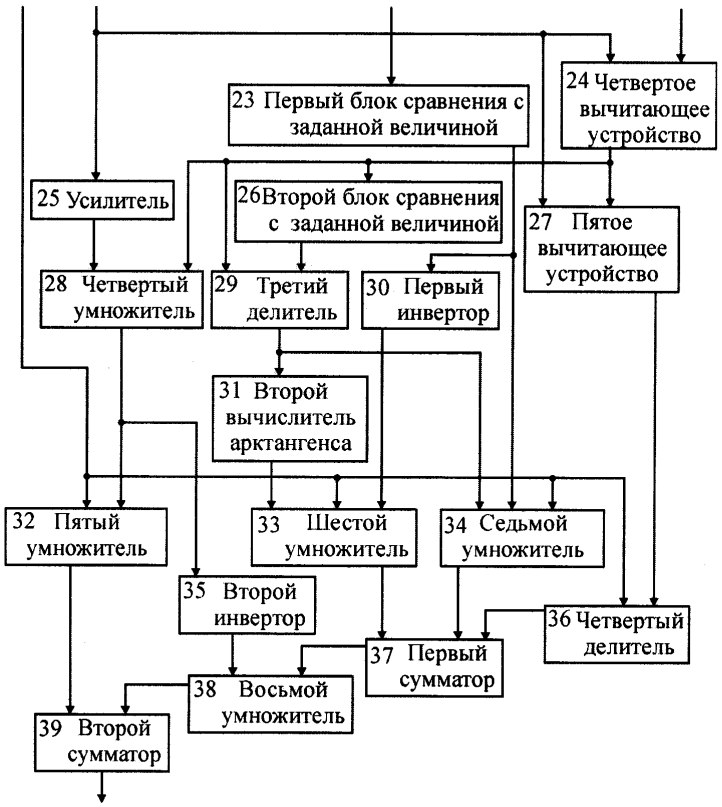
Фиг. 2.


10 Первый делитель
11 Второй делитель
12 Вычислитель арксинуса
13 Первый вычислитель арктангенса
14 Устройство сравнения
15 Первый умножитель
16 Первое арифметическое устройство
17 Второе арифметическое устройство

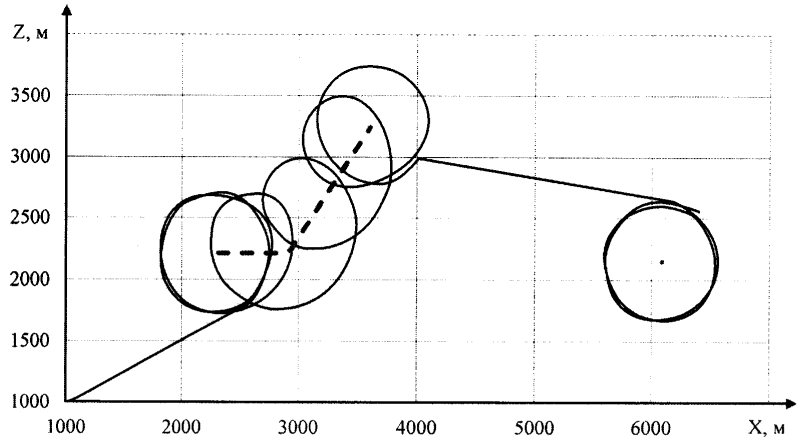
Фиг. 3.


18 Первый вычислитель синуса
19 Второй вычислитель синуса
20 Второй умножитель
21 Третий умножитель
22 Третье вычитающее устройство

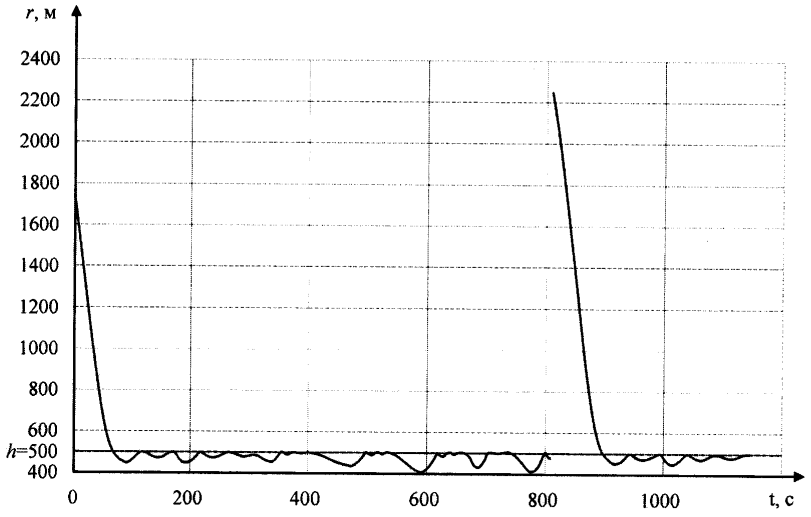
Фиг. 4.


23 Первый блок сравнения с заданной величиной
24 Четвертое вычитающее устройство
25 Усилитель
26 Второй блок сравнения с заданной величиной
27 Пятое вычитающее устройство
28 Четвертый умножитель
29 Третий делитель
30 Первый инвертор
31 Второй вычислитель арктангенса
32 Пятый умножитель
33 Шестой умножитель
34 Седьмой умножитель
35 Второй инвертор
36 Четвертый делитель
37 Первый сумматор
38 Восьмой умножитель
39 Второй сумматор

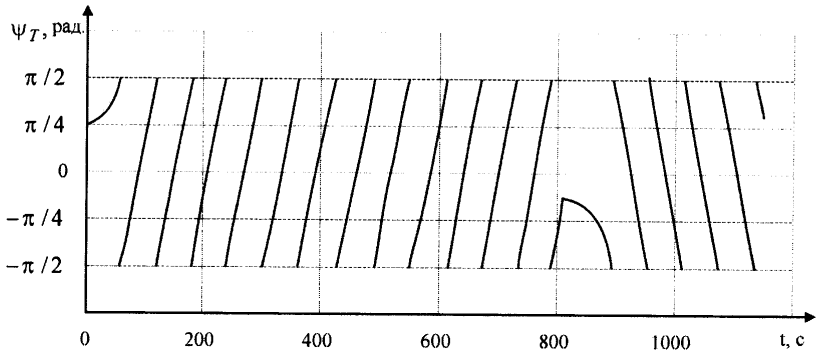
Фиг. 5.


Z, м
3500
3000
2500
2000
1500
1000
1000
2000
3000
4000
5000
6000
X, м

Фиг. 6.


r, м
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
h=500
400
0
200
400
600
800
1000
t, c

Фиг. 7.


ψT, рад.
π /2
π /4
0
−π /4
−π /2
0
200
400
600
800
1000
t, c

Фиг. 8.