



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012122878/08, 05.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.06.2012

(45) Опубликовано: 27.08.2013 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2367992 C1, 20.09.2009. RU 2394263 C1, 10.07.2010. RU 2310899 C1, 20.11.2007. WO 95/34029 A1, 14.12.1995. US 8000849 B2, 16.08.2011. US 6189836 B1, 20.02.2001.

Адрес для переписки:

127473, Москва, 1-й Щемилковский пер., 16,
ФГУП МОКБ "Марс"

(72) Автор(ы):

Сыров Анатолий Сергеевич (RU),
Жданович Надежда Павловна (RU),
Кравчук Сергей Валентинович (RU),
Петров Андрей Борисович (RU),
Пучков Александр Михайлович (RU),
Тацок Дмитрий Григорьевич (RU),
Черепанова Валентина Евгеньевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

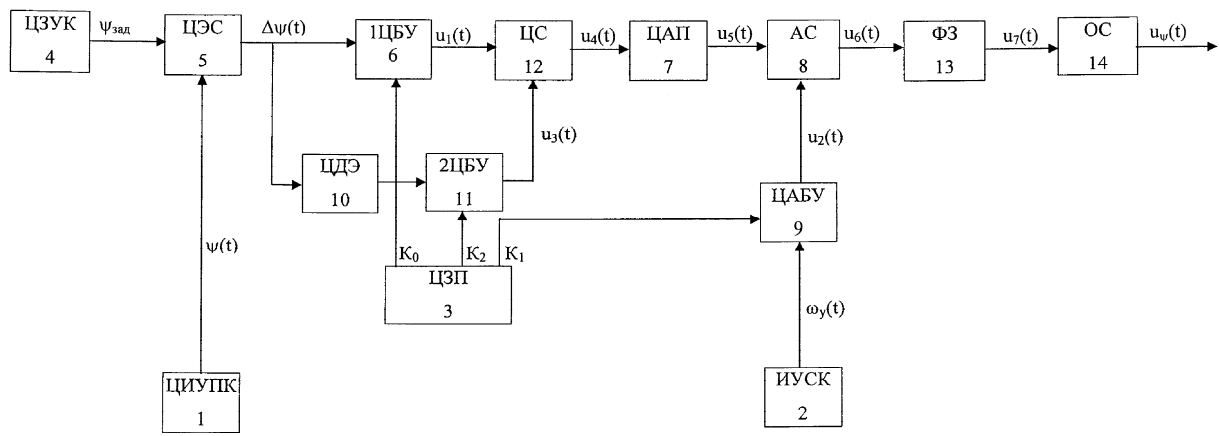
Федеральное государственное унитарное
предприятие "Московское опытно-
конструкторское бюро "Марс" (ФГУП
МОКБ "Марс") (RU)**(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОАНАЛОГОВОГО СИГНАЛА СТАБИЛИЗАЦИИ
УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО КУРСУ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу и устройству управления для бортовых систем стабилизации углового положения летательного аппарата. Техническим результатом изобретения является повышение динамической точности управления и повышение степени бездефицитности управления. Устройство содержит цифровой измеритель углового положения по курсу,

измеритель угловой скорости по курсу, цифровой задатчик параметров, цифровой задатчик угла курса, цифровой элемент сравнения, цифровые блоки умножения, цифроаналоговый преобразователь, аналоговый сумматор, цифроаналоговый блок умножения, цифровой дифференцирующий элемент, цифровой сумматор, фильтрующее звено и ограничитель сигнала. 2 н.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2491602 C1



RU 2491602 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G05D 1/08 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012122878/08, 05.06.2012

(24) Effective date for property rights:
05.06.2012

Priority:

(22) Date of filing: 05.06.2012

(45) Date of publication: 27.08.2013 Bull. 24

Mail address:

127473, Moskva, 1-j Shchemilovskij per., 16,
FGUP MOKB "Mars"

(72) Inventor(s):

**Syrov Anatolij Sergeevich (RU),
Zhdanovich Nadezhda Pavlovna (RU),
Kravchuk Sergej Valentinovich (RU),
Petrov Andrej Borisovich (RU),
Puchkov Aleksandr Mikhajlovich (RU),
Tatsjuk Dmitrij Grigor'evich (RU),
Cherepanova Valentina Evgen'evna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatje "Moskovskoe opytno-konstruktorskoe
bjuro "Mars" (FGUP MOKB "Mars") (RU)**

(54) **METHOD OF GENERATING DIGITAL/ANALOGUE SIGNAL FOR STABILISING ANGULAR POSITION OF AIRCRAFT ON HEADING AND APPARATUS FOR REALISING SAID METHOD**

(57) Abstract:

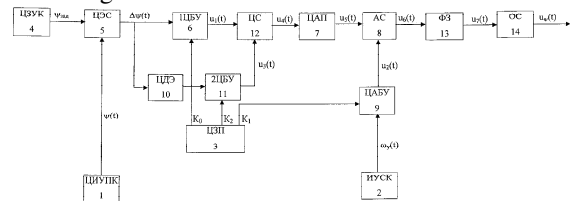
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: apparatus includes a digital device for measuring angular position on heading, a device for measuring angular velocity on heading, a digital parameter setter, a digital heading angle setter, a digital comparison element, digital multiplier units, a digital-to-analogue converter, an analogue adder, a digital-to-analogue multiplier unit, a digital differentiating element, a digital adder, a filtering

element and a signal limiter.

EFFECT: high dynamic accuracy of control and reduced control shortcomings.

1 dwg



RU 2 491 602 C1

RU 2 491 602 C1

Изобретение относится к устройствам управления для бортовых систем стабилизации углового положения летательного аппарата (ЛА) с реализацией на базе цифроаналоговых средств.

Известны способы формирования сигнала стабилизации или управления ЛА для систем, которые содержат задающее воздействие, сигналы измерения угла и угловой скорости, формирование управляющих воздействий на исполнительные приводы ЛА [1].

Известные устройства для реализации таких систем имеют в своем составе задатчик воздействия, измеритель угла, измеритель угловой скорости, сумматор [1].

Недостатком такой реализации является ограниченность выбора коэффициента усиления обратной связи по датчику угловой скорости, ограниченность возможностей управления и приближение к фактору дефицита управления.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению являются цифроаналоговый способ формирования сигнала стабилизации для бортовых систем управления угловым движением ЛА, заключающийся в том, что измеряют текущий дискретный сигнал углового положения ЛА по курсу с тактовой частотой f_T , измеряют аналоговый сигнал угловой скорости ЛА по курсу, задают дискретный управляющий сигнал, формируют дискретный сигнал рассогласования между текущим дискретным сигналом углового положения по курсу и заданным дискретным управляющим сигналом, усиливают полученный дискретный сигнал рассогласования с коэффициентом K_0 , усиливают аналоговый сигнал угловой скорости ЛА с коэффициентом K_1 , преобразуют дискретную компоненту сигнала управления в сигнал аналогового вида, суммируют сигнал дискретной компоненты рассогласования аналогового вида с усиленным аналоговым сигналом угловой скорости [2].

Наиболее близким устройством, реализующим предложенный способ, является устройство, содержащее цифровой измеритель углового положения по курсу, измеритель угловой скорости по курсу, цифровой задатчик параметров, последовательно соединенные цифровой задатчик угла курса, цифровой элемент сравнения, второй вход которого соединен с выходом цифрового измерителя углового положения по курсу, первый цифровой блок умножения, второй вход которого соединен с первым выходом цифрового задатчика параметров, последовательно соединенные цифроаналоговый преобразователь и аналоговый сумматор, цифроаналоговый блок умножения, первый вход которого соединен с выходом измерителя угловой скорости по курсу, а второй - со вторым выходом цифрового задатчика параметров, а выход цифроаналогового блока умножения соединен со вторым входом аналогового сумматора [2].

Недостатками известных способа и устройства являются ограниченные функциональные возможности, невысокая динамическая точность и дефицит управления при отработке сигналов канала курса, оказывающее значительное влияние на канал крена вследствие наличия в ЛА перекрестной аэродинамической связи от канала курса, что особенно нежелательно при требовании ограничения угла крена.

Решаемой в предложенных способе и устройстве технической задачей является расширение функциональных возможностей, повышение динамической точности управления и повышение степени бездефицитности управления. Предложенным решением достигается функциональная возможность повышения интенсивности управления в целом.

Указанный технический результат достигается тем, что в известном способе формирования сигнала управления ЛА, содержащем измерение текущего дискретного сигнала углового положения летательного аппарата с тактовой частотой f_T , измерение аналогового сигнала угловой скорости летательного аппарата, задание дискретного управляющего сигнала, формирование дискретного сигнала рассогласования между текущим дискретным сигналом углового положения и заданным дискретным управляющим сигналом, усиление полученного дискретного сигнала рассогласования с коэффициентом K_0 , усиление аналогового сигнала угловой скорости летательного аппарата с коэффициентом K_1 , преобразование дискретной компоненты сигнала управления в сигнал аналогового вида, суммирование сигнала дискретной компоненты рассогласования аналогового вида с усиленным аналоговым сигналом угловой скорости, дополнительно выделяют сигнал дискретной производной сигнала рассогласования с тактовой частотой f_T , усиливают сигнал дискретной производной сигнала рассогласования с коэффициентом K_2 , формируют дискретную компоненту сигнала управления суммированием усиленного дискретного сигнала рассогласования и усиленного сигнала дискретной производной сигнала рассогласования, при этом $K_2=(0,2\div 1,5)K_1$, фильтруют суммарный сигнал, ограничивают отфильтрованный сигнал и воздействуют ограниченным сигналом на исполнительное устройство летательного аппарата, при этом частота f_k изменения коэффициентов K_0, K_1, K_2 составляет $f_k=(0,1\div 0,3)f_T$.

На чертеже представлена блок-схема устройства формирования цифроаналогового сигнала стабилизации, реализующая предложенный способ.

Устройство формирования цифроаналогового сигнала стабилизации содержит цифровой измеритель углового положения по курсу 1 (ЦИУПК), измеритель угловой скорости по курсу 2 (ИУСК), цифровой задатчик параметров 3 (ЦЗП), последовательно соединенные цифровой задатчик угла курса 4 (ЦЗУК), цифровой элемент сравнения 5 (ЦЭС), второй вход которого соединен с выходом цифрового измерителя углового положения по курсу 1, первый цифровой блок умножения 6 (1ЦБУ), второй вход которого соединен с первым выходом цифрового задатчика параметров 3, последовательно соединенные цифроаналоговый преобразователь 7 (ЦАП) и аналоговый сумматор 8 (АС), цифроаналоговый блок умножения 9 (ЦАБУ), первый вход которого соединен с выходом измерителя угловой скорости по курсу 2, а второй - со вторым выходом цифрового задатчика параметров 3, выход цифроаналогового блока умножения 9 соединен со вторым входом аналогового сумматора 8, последовательно соединенные цифровой дифференцирующий элемент 10 (ЦДЭ), вход которого соединен с выходом цифрового элемента сравнения 5, второй цифровой блок умножения 11 (2ЦБУ), второй вход которого соединен с третьим выходом цифрового задатчика параметров, и цифровой сумматор 12 (ЦС), второй вход которого соединен с выходом первого цифрового блока умножения 6, а выход - со входом цифроаналогового преобразователя 7, последовательно соединенные фильтрующее звено 13 (ФЗ), вход которого соединен с выходом аналогового сумматора 8, и ограничитель сигнала 14 (ОС), выход которого является выходом устройства.

Устройство формирования сигнала стабилизации углового положения ЛА по курсу, реализующее предложенный способ, работает следующим образом.

Измеритель 1 измеряет текущий дискретный сигнал угла курса ЛА $\psi(t)$ с тактовой частотой f_T . Измеритель 2 измеряет аналоговый сигнал угловой скорости по курсу $\omega_y(t)$ летательного аппарата. Дискретный цифровой управляющий сигнал $\psi_{зад}$

задается задатчиком 4. Цифровой элемент сравнения 5 формирует дискретный сигнал рассогласования между текущим дискретным сигналом углового положения и заданным дискретным управляющим сигналом $\Delta\psi(t) = \psi(t) - \psi_{\text{зад}}$. (1)

5 Полученный дискретный сигнал рассогласования $\Delta\psi(t)$ в блоке 6 усиливается с коэффициентом K_0 , определенным в блоке 3. Получаем компоненту сигнала управления

$$u_1(t) = K_0 \cdot \Delta\psi(t). \quad (2)$$

10 Аналоговый сигнал угловой скорости $\omega_y(t)$ от измерителя 2 усиливается с коэффициентом K_1 в блоке 9 по информации блока 3. Получают демпфирующую аналоговую компоненту

$$u_2(t) = K_1 \cdot \omega_y(t). \quad (3)$$

15 Дискретную компоненту сигнала управления по рассогласованию $u_4(t)$ преобразуем цифроаналоговым преобразователем 7 в сигнал аналогового вида $u_5(t)$, например, на основе экстраполятора 0-го порядка [3]. Сигнал $u_5(t)$ суммируется с сигналом $u_2(t)$ в сумматоре 8, получают сигнал

$$u_6(t) = u_5(t) + u_2(t). \quad (4)$$

20 Полученный суммарный сигнал $u_6(t)$ поступает на фильтрующее звено 13 для отстройки от изгибных колебаний ЛА и далее в виде сигнала $u_7(t)$ на ограничитель сигнала 14. Ограничитель сигнала 14 определяет распределение нескольких сигналов управления, например, курса, крена, тангажа, действующих общие рулевые приводы. Для рассматриваемого канала курса это будет сигнал $u_\psi(t)$. В

25 рассматриваемом устройстве дополнительно выделяют сигнал дискретной производной сигнала рассогласования с тактовой частотой f_T в блоке 10, например, на основе вычисления скорости приращения сигнала рассогласования

$$\Delta\psi(t) = (\Delta\psi_i(t) - \Delta\psi_{i-1}(t)) / T_T, \quad (5)$$

30 где i - i -й шаг, $T_T = 1/f_T$.

Полученный сигнал дискретной производной сигнала рассогласования $\Delta\psi(t)$

усиливают с коэффициентом K_2 в блоке 11 по информации блока 3, то есть получают сигнал

$$35 \quad u_3 = K_2 \cdot \Delta\psi(t). \quad (6)$$

Дискретную компоненту сигнала управления $u_4(t)$ получают суммированием усиленного дискретного сигнала рассогласования $u_1(t)$ и усиленного сигнала дискретной производной сигнала рассогласования $u_3(t)$, то есть

$$40 \quad u_4(t) = u_1(t) + u_3(t). \quad (7)$$

Формирование дополнительной, цифровой компоненты сигнала управления и соответствующего канала вызвано недостаточностью в реальных цифроаналоговых преобразователях уровня коэффициента демпфирования, что влечет в том числе и возникновение дефицита управления.

45 Необходимо отметить, что степень усиления сигнала производной сигнала рассогласования K_2 составляет $(0,2 \div 1,5)$ степени усиления аналогового сигнала угловой скорости ЛА K_1 ; частота f_k изменения коэффициентов K_0, K_1, K_2 составляет $f_k = (0,1 \div 0,3)f_T$.

50 Все функции формирования сигнала стабилизации могут быть реализованы на элементах автоматики и вычислительной техники [4] и программно-алгоритмически

Предложенное решение позволяет расширить функциональные возможности системы, снизить фактор дефицита управления и повысить динамическую точность

управления в канале курса и уменьшить выбросы в канале крена.

Источники информации

1. И.А. Михалев и др. Системы автоматического управления самолетом. М.: Машиностроение, 1987 г., с.174.

2. Патент №2367992 от 20.09.2009 г., G05D 1/00.

3. Б. Куо. Теория и проектирование цифровых систем управления. М.: Машиностроение, 1986 г., с.32-36, 63.

4. А.У. Ялышев, О.И. Разоренов. Многофункциональные аналоговые регулирующие устройства автоматики, М.: Машиностроение, 1981 г., с.121.

Формула изобретения

1. Способ формирования цифроаналогового сигнала стабилизации углового положения летательного аппарата по курсу, основанный на комплексировании сигналов дискретной компоненты по углу с тактовой частотой f_T , частичной аналоговой компоненты демпфирования и частичной дискретной компоненты демпфирования с тактовой частотой f_T и заключающийся в том, что измеряют текущий дискретный сигнал углового положения летательного аппарата с тактовой частотой f_T , измеряют аналоговый сигнал угловой скорости летательного аппарата, задают дискретный управляющий сигнал, формируют дискретный сигнал рассогласования между текущим дискретным сигналом углового положения и заданным дискретным управляющим сигналом, усиливают полученный дискретный сигнал рассогласования с коэффициентом K_0 , усиливают аналоговый сигнал угловой скорости летательного аппарата с коэффициентом K_1 , преобразуют дискретную компоненту сигнала управления в сигнал аналогового вида, суммируют сигнал дискретной компоненты рассогласования аналогового вида с усиленным аналоговым сигналом угловой скорости, отличающийся тем, что выделяют сигнал дискретной производной сигнала рассогласования с тактовой частотой f_T , усиливают сигнал дискретной производной сигнала рассогласования с коэффициентом K_2 , формируют дискретную компоненту сигнала управления суммированием усиленного дискретного сигнала рассогласования и усиленного сигнала дискретной производной сигнала рассогласования, при этом коэффициент $K_2=(0,2\div 1,5)K_1$, фильтруют суммарный сигнал, ограничивают отфильтрованный сигнал и воздействуют ограниченным сигналом на исполнительное устройство летательного аппарата, при этом частота f_k изменения коэффициентов K_0, K_1, K_2 составляет $f_k \approx (0,1-0,3)f_T$.

2. Устройство формирования цифроаналогового сигнала стабилизации углового положения летательного аппарата по курсу, содержащее цифровой измеритель углового положения по курсу, измеритель угловой скорости по курсу, цифровой задатчик параметров, последовательно соединенные цифровой задатчик угла курса, цифровой элемент сравнения, второй вход которого соединен с выходом цифрового измерителя углового положения по курсу, первый цифровой блок умножения, второй вход которого соединен с первым выходом цифрового задатчика параметров, последовательно соединенные цифроаналоговый преобразователь и аналоговый сумматор, цифроаналоговый блок умножения, первый вход которого соединен с выходом измерителя угловой скорости по курсу, а второй - со вторым выходом цифрового задатчика параметров, а выход цифроаналогового блока умножения соединен со вторым входом аналогового сумматора, отличающееся тем, что оно содержит последовательно соединенные цифровой дифференцирующий элемент, вход которого соединен с выходом цифрового элемента сравнения, второй цифровой блок

умножения, второй вход которого соединен с третьим выходом цифрового задатчика параметров, и цифровой сумматор, второй вход которого соединен с выходом первого цифрового блока умножения, а выход - со входом цифроаналогового преобразователя, и последовательно соединенные фильтрующее звено, вход которого
5 соединен с выходом аналогового сумматора, и ограничитель сигнала, выход которого является выходом устройства.

10

15

20

25

30

35

40

45

50