



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 079 143** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) МПК⁶ **G 01 P 15/14**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
 ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 95105183/28, 10.04.1995

(46) Дата публикации: 10.05.1997

(56) Ссылки: 1. Бромберг П.В. Теория инерциальных систем навигации. - М.: Наука, 1979. с 131.
 2. Никитин Е.А. и др. Проектирование дифференциальных и интегральных гироскопов и акселерометров. - М.: Машиностроение, 1969, с. 169-204.

(71) Заявитель:

Ракетно-космическая корпорация "Энергия"
 им.С.П.Королева

(72) Изобретатель: Левский М.В.

(73) Патентообладатель:

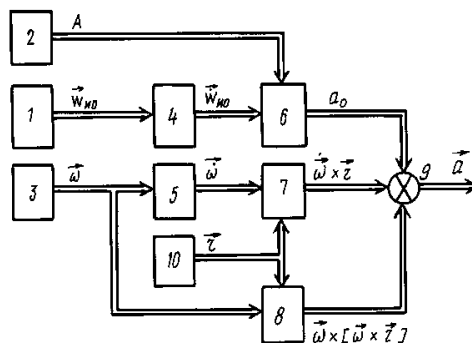
Ракетно-космическая корпорация "Энергия"
 им.С.П.Королева

(54) СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕКТОРА УСКОРЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: в системах управления ракет и других летательных аппаратов (ЛА).
 Сущность изобретения: система измерения вектора ускорения осуществляет определение проекций ускорения на связанные оси летательного аппарата в произвольной его точке. В предлагаемой системе традиционные измерения посредством акселерометров заменены косвенными измерениями по показаниям более точных приборов - гироскопов, установленных на гиросtabilизированной платформе. Возможность измерения вектора ускорения в проекциях на связанные оси ЛА в любой точке достигается учетом углового движения ЛА с помощью блока датчиков угловой скорости, блока обработки угловых скоростей, блока секторного умножения и блока двойного векторного умножения. Преобразование выходных сигналов гироскопов в ускорения в связанной системе координат обеспечивается наличием блока обработки линейных скоростей, устройства определения ориентации и

устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси. Сумматор формирует выходные сигналы системы сложением ускорений, вызванных поступательным и вращательным движениями ЛА. Выбор точки ЛА, подлежащей контролю со стороны системы измерения, осуществляется установкой конкретных значений в задатчике координат точки измерения. 7 ил.



Фиг.1

RU 2 079 143 C1

RU 2 079 143 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 079 143** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **G 01 P 15/14**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 95105183/28, 10.04.1995

(46) Date of publication: 10.05.1997

(71) Applicant:

Raketno-kosmicheskaja korporatsija
 "Ehnergija" im.S.P.Koroleva

(72) Inventor: Levskij M.V.

(73) Proprietor:

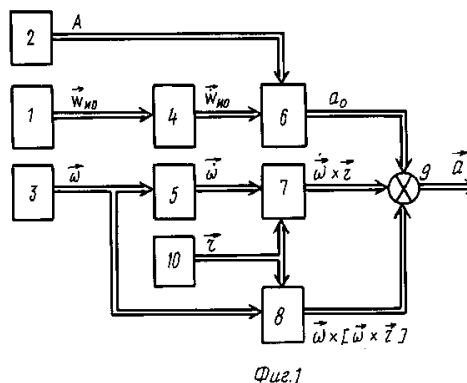
Raketno-kosmicheskaja korporatsija
 "Ehnergija" im.S.P.Koroleva

(54) **ACCELERATION VECTOR MEASURING SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: control systems of missiles and other flight vehicles. SUBSTANCE: acceleration vector measuring system determines the acceleration projections on the body axes of the flight vehicle in its arbitrary point. In the offered system indirect measurements according to indications of more precise instruments - integrating gyros installed on a gyro-stabilized platform are used instead of the traditional measurement by means of accelerometers. Possibility of measurement of acceleration vector in projections of the body axes of the flight vehicle in any point is attained by taking into account of the flight vehicle angular motion with the aid of the angular-rate sensor unit, angular rate processing unit, vector multiplier unit and double vector multiplier unit. Transformation of output signals of the integrating gyros into accelerations in the body coordinate system is provided by the linear velocity processing unit, orientation determining unit and device for conversion of vector projections from the inertial

frame to the body axes. The adder produces the system output signals by addition of accelerations caused by translational and rotary motions of the flight vehicle. Selection of the flight vehicle point subject to the check-up on the side of the measuring system is accomplished by setting of specific magnitudes in the setter of the measurement point coordinates. EFFECT: improved design. 7 dwg



RU 2 079 143 C1

RU 2 079 143 C1

Изобретение относится к измерительной технике и может использоваться в системах управления ракет и других летательных аппаратов (ЛА) для эффективного контроля режима нагружения конструкции.

В настоящее время для измерения вектора ускорения в заданной системе отсчета используются акселерометры. Существуют пространственные измерители вектора линейного ускорения, представляющие собой сравнительно несложный прибор [1]

Ближайшей по технической сущности является система измерения вектора ускорения, состоящая из блока акселерометров, оси чувствительности которых образуют правую ортогональную систему координат [2] В простейшем случае акселерометры крепят непосредственно на корпусе изделия так, чтобы их оси чувствительности были максимально параллельны осям связанной системы координат. Тогда сигналы, снимаемые с выходов акселерометров, будут пропорциональны соответствующим составляющим вектора ускорения и могут непосредственно использоваться системой управления.

Основные характеристики системы (погрешность измерения, надежность, помехозащищенность, динамический диапазон измерения, вес, энергопотребление и т. д.) полностью зависят от применяемых в ней акселерометров.

Недостатком известной системы является невозможность определения вектора ускорения в произвольной точке летательного аппарата. Она позволяет определить вектор ускорения только в какой-то одной фиксированной точке. Это связано с тем, что акселерометр измеряет линейное ускорение только для единственной точки места своего крепления к корпусу аппарата. Ускорение какой-либо другой точки ЛА аппарата невозможно измерить тем же акселерометром. В процессе полета часто требуется знание вектора ускорения в нескольких точках ЛА, для чего приходится устанавливать несколько комплектов измерителей для каждой точки измерения необходимо иметь свой блок акселерометров. Кроме того, известная система, основанная на прямых измерениях, в принципе не может обеспечить определение вектора ускорения в точке, координаты которой относительно корпуса ЛА меняются с течением времени полета, например ускорения центра масс ракеты, так как сам центр масс перемещается относительно корпуса ракеты и не совпадает с точкой установки блока акселерометров.

Техническим результатом изобретения является практическая возможность измерения вектора ускорения произвольной точки летательного аппарата.

Указанный технический результат достигается тем, что в систему введены блок гироинтеграторов, устройство определения ориентации, блок датчиков угловой скорости, блок обработки линейных скоростей, блок обработки угловых скоростей, устройство пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, блок векторного умножения, блок двойного векторного умножения, сумматор и задатчик координат точки измерения, при

этом выход блока гироинтеграторов связан с выходом блока обработки линейных скоростей, выход которого связан с векторным входом устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, выход устройства определения ориентации связан с входом задания углового положения связанных осей относительно инерциальной системы координат устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, выход блока датчиков угловой скорости связан с информационным входом блока двойного векторного умножения и входом блока обработки угловых скоростей, выход которого связан с информационным входом блока векторного умножения, входы сумматора связаны с выходами устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения, вход задания координат точки измерения связан с параметрическими входами блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения.

На фиг. 1 представлена функциональная схема предлагаемой системы; на фиг. 2 схема реализации устройства определения ориентации (УОО); на фиг. 3 - схема реализации блока обработки линейных скоростей (БОЛС); на фиг. 4 схема реализации блока обработки угловых скоростей (БОУС); на фиг. 5 схема реализации устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси (УПВ); на фиг. 6 схема реализации блока векторного умножения (БВУ); на фиг. 7 схема реализации блока двойного векторного умножения (БДВУ).

Пример реализации предложенной системы представлен на фиг. 2, где 1 - блок гироинтеграторов (БГИ), 2 устройство определения ориентации (УОО), 3 - блок датчиков угловой скорости (БДУС), 4 блок обработки линейных скоростей (БОЛС), 5 блок обработки угловых скоростей (БОУС), 6 устройство пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси (УПВ), 7 блок векторного умножения (БВУ), 8 блок двойного векторного умножения (БДВУ), 9 сумматор и 10 задатчик координат точки измерения, при этом выход блока гироинтеграторов связан с входом блока обработки линейных скоростей, выход устройства определения ориентации связан с входом задания углового положения связанных осей относительно инерциальной системы координат устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, выход которого связан с информационным входом блока векторного умножения, входы сумматора связаны с выходами устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения, задатчик координат точки измерения связан с параметрическими входами блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения.

Реализация электронных блоков и

элементов предлагаемой системы выполнена на интегральных схемах и стандартных аналоговых модулях.

БГИ 1 установлен на гиросtabilизированной платформе (ГСП) и выдает три составляющие вектора кажущейся скорости в инерциальной системе координат (ИСК), являющиеся главным источником информации для определения вектора ускорения в заданной точке ЛА. В простейшем случае он состоит из трех гиринонтеграторов, оси чувствительности которых параллельны трем различным осям ИСК.

УОО 2 (см. фиг. 2) состоит из ГСП, моделирующей на борту ИСК и определяющей взаимное расположение осей ССК и ИСК, и блока электроэнергии, вычисляющего косинусы по углам отклонения рамок ГСП, соответствующих углам тангажа ϑ , рыскания j и вращения v .

БДУС 3 включает три ДУСа, жестко закрепленных на корпусе ЛА так, чтобы их оси чувствительности были параллельны трем соответствующим осям ССК.

БОЛС 4 (см. фиг.3) состоит из трех идентичных блоков, каждый из которых производит фильтрацию исходного сигнала от помех и высокочастотных наводок с последующим его дифференцированием. Блок выполнен на однотипных операционных усилителях, входная цепь которых имеет ограничительный резистор (он и играет роль простейшего фильтра высоких частот). Номиналы резисторов и конденсатора выбираются из условия практически чистого дифференцирования входного сигнала и рабочей области частот (постоянная времени $T RC \approx 1$) и значительного его подавления в высокочастотной области спектра ($T = R_{огр} C \approx 1/f_{раб}$, где $f_{раб}$ циклическая частота, ограничивающая рабочую область частот справа).

БОУС 5 (см. фиг.4) аналогичен БОЛС 4 с той лишь разницей, что для игнорирования системы сигналов, вызванных упругими колебаниями корпуса ЛА, в цепь обратной связи операционных усилителей параллельно резисторам добавлены шунтирующие конденсаторы $C_{ос}$; номинал их выбирается из требования достаточного ослабления вибрационных составляющих входного сигнала ($RC_{ос} \approx 1/f_{упр}$, где $f_{упр}$ верхняя циклическая частота спектра движения ЛА как твердого тела, и она меньше, чем частота первого тона упругих колебаний).

УПВ 6 (см. фиг. 5) производит пересчет одного и того же вектора из одной системы координат (ИСК) в другую систему координат (ССК) и представляет собой схему умножения матрицы на вектор согласно выражениям:

$$U_{вых1} = a_{11}U_{вх1} + a_{12}U_{вх2} + a_{13}U_{вх3},$$

$$U_{вых2} = a_{21}U_{вх1} + a_{22}U_{вх2} + a_{23}U_{вх3},$$

$$U_{вых3} = a_{31}U_{вх1} + a_{32}U_{вх2} + a_{33}U_{вх3},$$

где a_{ij} элементы матрицы направляющих косинусов А.

БВУ 7 (см. фиг.6) осуществляет векторное умножение двух векторов

$$\vec{\omega} = \{\dot{\omega}_x, \dot{\omega}_y, \dot{\omega}_z\} \text{ и } \vec{r} = \{r_x, r_y, r_z\}$$

согласно выражениям:

$$U_{вых1} = \dot{\omega}_y r_z - \dot{\omega}_z r_y, \quad U_{вых2} = \dot{\omega}_z r_x - \dot{\omega}_x r_z,$$

$$U_{вых3} = \dot{\omega}_x r_y - \dot{\omega}_y r_x$$

5 где $\vec{\omega}$ информационные вход блока;
 \vec{r} параметрический вход блока.

БДВУ 8 (см. фиг.7) представляет собой последовательное соединение двух блоков векторного умножения 11 и 12, у которых информационные входы соединены с информационным входом БДВУ, выход первого из них связан с параметрическим входом второго, а параметрический вход первого блока 11 связан с параметрическим входом БДВУ \vec{r} . Блоки 11 и 12 полностью

10 аналогичны БВУ, представленного на фиг. 6. Сумматор 9 производит суммирование трех векторов, которое производится покомпонентно с помощью элементарных одноканальных сумматоров, выполненных, например, на операционных усилителях.

15 Задатчик 10 определяет координаты точки измерения вектора ускорения \vec{r} относительно

20 выбранного полюса и служит для запитки параметрических входов БВУ и БДВУ.

В силу того, что основные чувствительные элементы системы - гиринонтеграторы расположены на гиросtabilизированной платформе, а следовательно находятся в более благоприятных условиях функционирования, чем жестко связанные с корпусом ЛА акселерометры, достигается и дополнительный технический результат - повышение надежности системы и достоверности получаемых измерений. Попутно следует отметить, что гиринонтеграторы являются более точными измерительными приборами, чем акселерометры, и их использование при определении вектора ускорения обеспечивает высокую точность измерений.

30 Система работает следующим образом. В процессе полета ЛА чувствительные элементы гиринонтеграторы, установленные на ГСП, производят измерение трех компонент вектора кажущейся скорости в точке их установки. Их показания дифференцируются по времени в БОЛС и пересчитываются в проекции на связанные оси в УПВ, на выходе которого устанавливается значение вектора ускорения в полюсе ЛА \vec{a}_o Ускорение, вызванное

40 угловым движением ЛА, формируется БДВУ по сигналам БДУС. Учет влияния углового ускорения ЛА ω на результат измерения производится путем дифференцирования БДУС с последующим его пересчетом БВУ. Суммируя все три слагаемых посредством сумматора на его выходе, получают требуемое значение вектора ускорения в интересующей точке ЛА, координаты которой \vec{r} установлены в задатчике координат

50 измерения. Изменяя в процессе полета координаты \vec{r} (путем выбора из запоминающего устройства, смены варианты из конечного списка сечений подлежащих контролю, по заранее заданной программе изменения координат или путем формирования этих величин в системе

управления ЛА, либо каким-то другим способом) получают возможность определить значение вектора ускорения в той точки (в том сечении ЛА), в которой он необходим в данный момент времени, не прибегая к дополнительным измерениям, а, значит, и не требуя установки дополнительных измерителей с одновременной прокладкой сети кабелей.

Эффективность предлагаемой системы определяется прежде всего тем, что она позволяет проводить определение ускорений в любых сечениях изделия, а не только в выбранных, где размещаются акселерометры. Кроме того, определенные таким образом ускорения в значительно меньшей степени искажены соответствующими от движений корпуса изделия, как упругого тела, и от местных деформаций, что также является благоприятным обстоятельством.

Формула изобретения:

Система измерения вектора ускорения, отличающаяся тем, что в нее введены блок гиросинтезаторов, устройство определения ориентации, блок датчиков угловой скорости, блок обработки линейных скоростей, блок обработки угловых скоростей, устройство пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные

оси, блок векторного умножения, блок двойного векторного умножения, сумматор и задатчик координат точки измерения, при этом выход блока гиросинтезаторов связан с входом блока обработки линейных скоростей, выход которого связан с векторным входом устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, выход устройства определения ориентации связан с входом задания углового положения связанных осей относительно инерциальной системы координат устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, выход блока датчиков угловой скорости связан с информационным входом блока двойного векторного умножения и входом блока обработки угловых скоростей, выход которого связан с информационным входом блока векторного умножения, входы сумматора связаны с выходами устройства пересчета проекций вектора из инерциальной системы координат в проекции на связанные оси, блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения, задатчик координат точки измерения связан с параметрическими входами блока векторного умножения и блока двойного векторного умножения.

5

10

15

20

25

30

35

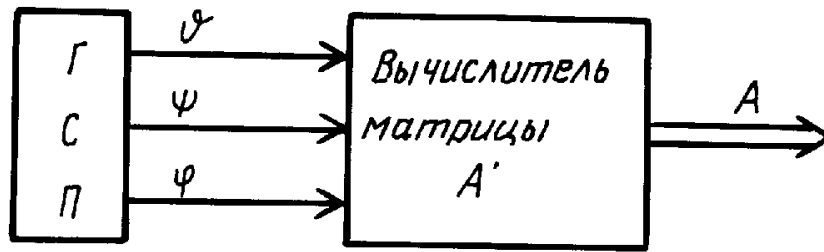
40

45

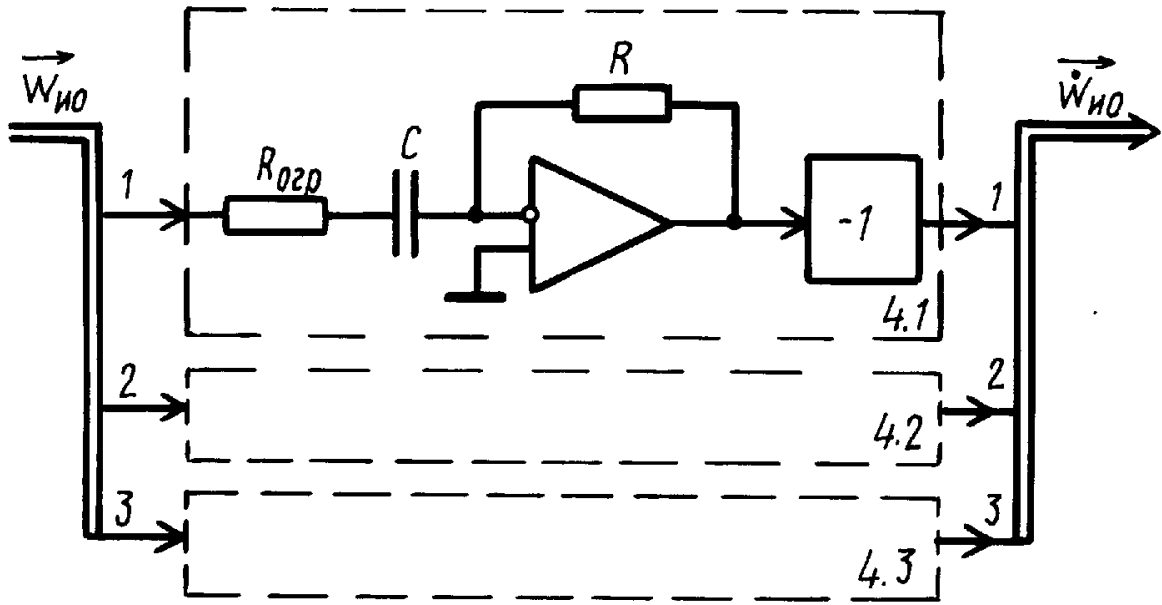
50

55

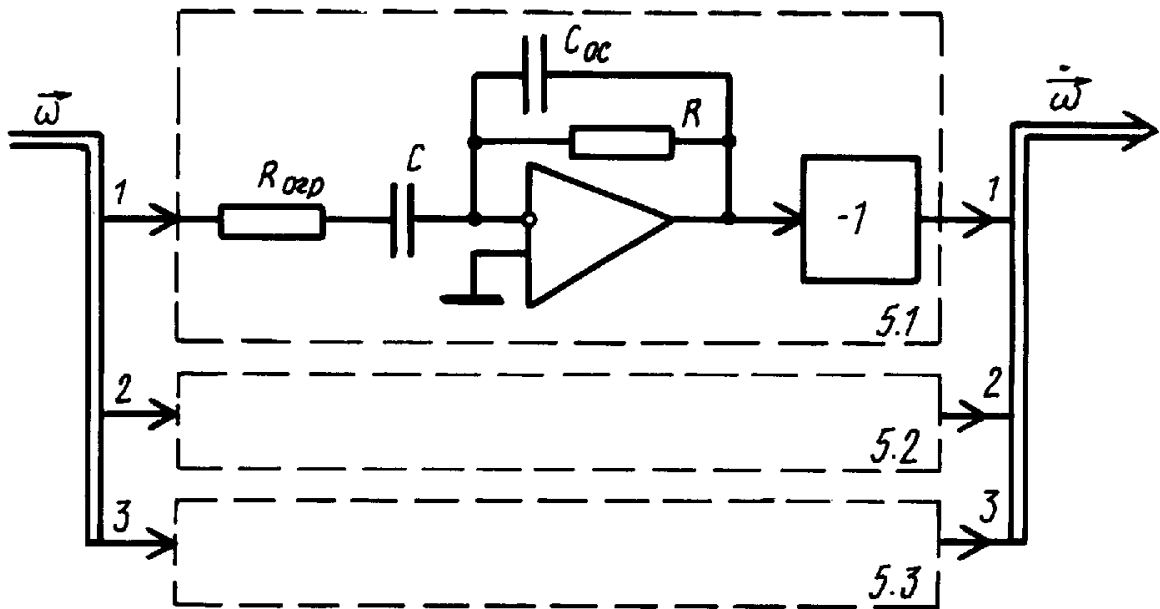
60



Фиг. 2



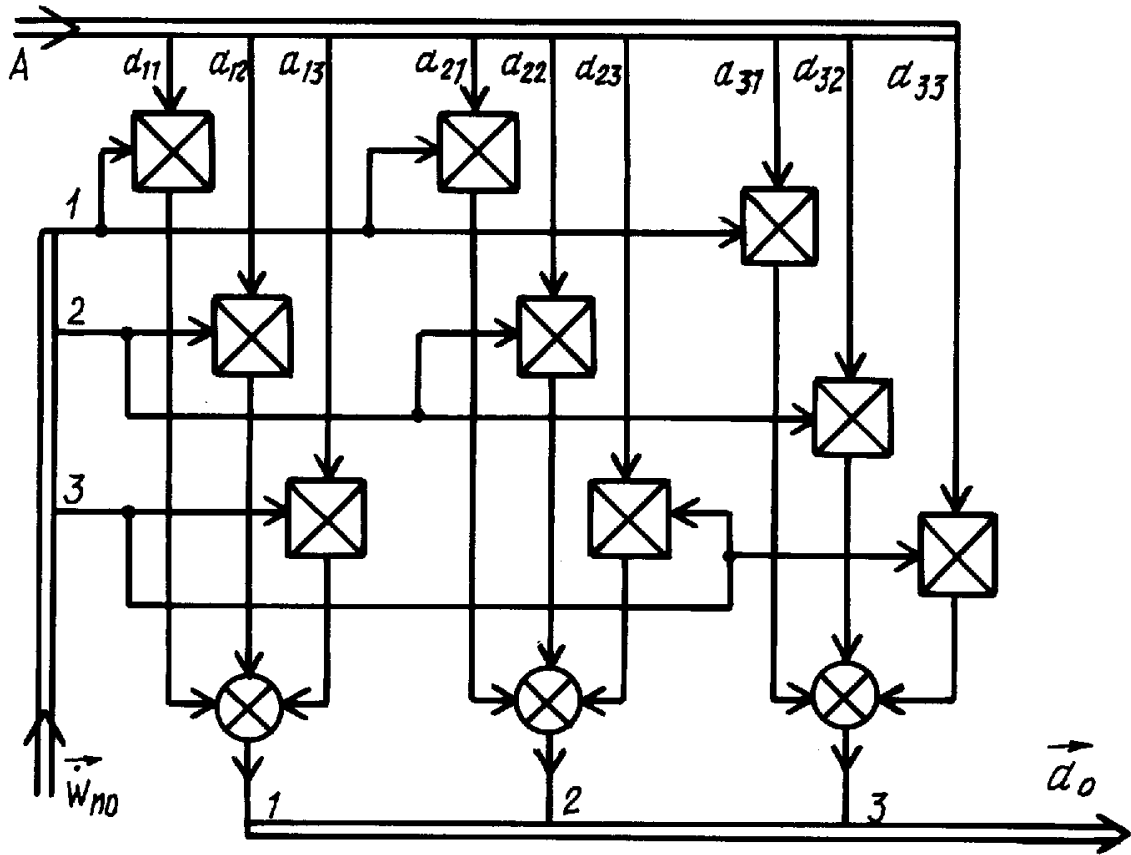
Фиг. 3



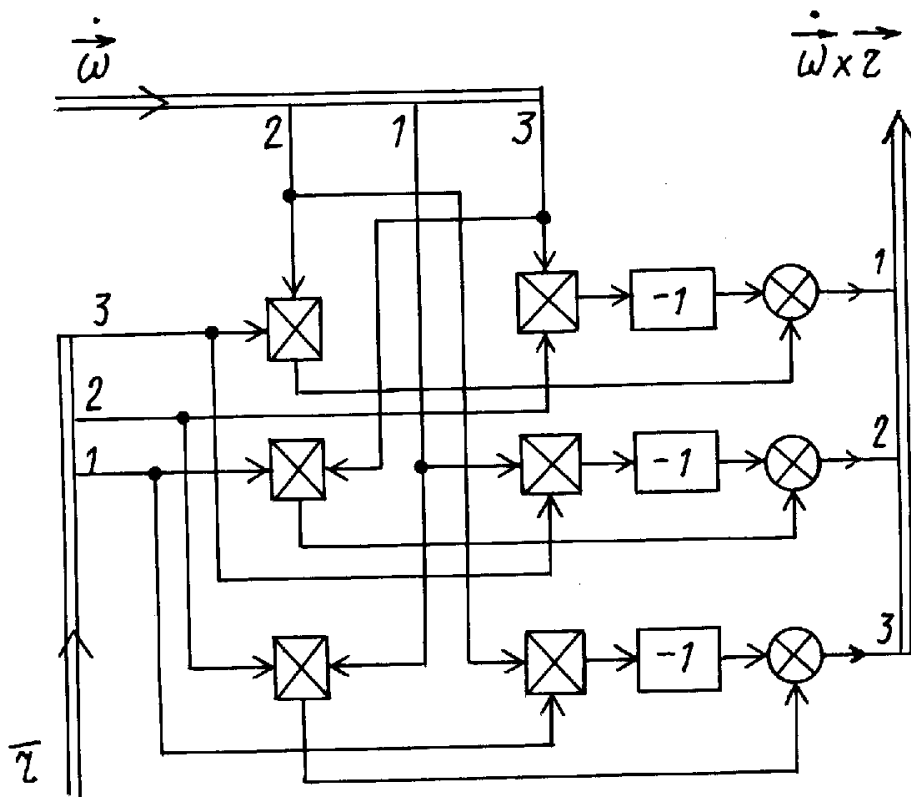
Фиг. 4

RU 2079143 C1

RU 2079143 C1



Фиг. 5

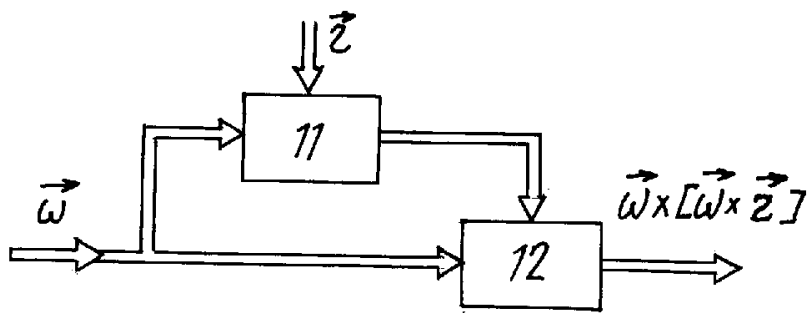


Фиг. 6

RU 2079143 C1

RU 2079143 C1

RU 2079143 C1



Фиг.7

RU 2079143 C1