(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 041728 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.11.28

(21) Номер заявки
202100246

(22) Дата подачи заявки
2021.10.18

(51) Int. Cl. ***G01P 15/09*** (2006.01)

(54) ИНТЕГРАТОР ЛИНЕЙНЫХ УСКОРЕНИЙ

(31) **2020138462**
(32) **2020.11.23**
(33) **RU**
(43) **2022.05.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "ЛЭТИ" ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)" (СПбГЭТУ "ЛЭТИ") (RU)

(72) Изобретатель:
Гупалов Валерий Иванович, Кукаев Александр Сергеевич, Ремизов Денис Валерьевич (RU)

(56) RU-C1-2730423
RU-C1-2566655
RU-C2-2539826
WO-A1-2004015429

(57) Интегратор линейных ускорений предназначен для измерения кажущейся скорости в автомате дальности баллистических ракет, а также в инерциальных навигационных системах, как чувствительный элемент по одной из осей, а также при комплексировании интеграторов линейных ускорений различной физической природы. Устройство содержит акселерометр кажущегося ускорения, который формирует электрический сигнал пропорциональный кажущемуся ускорению. На первых двух тактах работы в статическом режиме, определяющим время готовности интегратора, электронный ключ подключает на входы интеграторов аналоговых сигналов нулевое напряжение, при этом определяется дрейф нулей интеграторов. Затем мультиплексор поочерёдно подключает выходы интеграторов аналоговых сигналов ко входу сигма-дельта аналогово-цифрового преобразователя, который затем подаёт оцифрованный сигнал на микроконтроллер-вычислитель, задающий частоту переключения электронного сигнала, тактовую частоту интеграторов, частоту мультиплексора и частоту дискретизации сигма-дельта АЦП. Достигаемым техническим результатом является минимизация времени готовности, а также уменьшение массогабаритных показателей предлагаемого устройства.

041728 B1

041728 B1

Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для измерения кажущейся скорости в автомате дальности баллистических ракет, а также в инерциальных навигационных системах, как чувствительный элемент по одной из осей, а также при комплексировании интеграторов линейных ускорений различной физической природы.

Известен электролитический интегратор линейных ускорений [БСЭ], состоящий из маятникового компенсационного акселерометра кажущегося ускорения, преобразующего величину кажущегося ускорения в электрический сигнал, который подаётся на электроды электролитической кюветы, где под действием протекающего электрического тока растворяется и переносится осажденная ранее масса вещества. При полном растворении данного вещества происходит скачок потенциала. При этом электрический ток, протекающий через электролит, пропорционален кажущемуся ускорению, а перенесённая при этом масса пропорциональна заряду, а следовательно пропорциональна и кажущейся скорости. Недостатком является большое время готовности устройства при точности 1,6-2,0 км.

Известно устройство для интегрирования линейных ускорений [SU № 433404 A1, G01P 7/00, G01R 11/00], содержащее акселерометр с потенциометром и интегратор, выполненный в виде тепловой трубы с капиллярной структурой насыщенной охлаждающей жидкостью, и вакуумированной термоэлектрической батареи с терморезистором, закреплённом на "холодной" стороне термобатареи, "горячая" сторона которой служит теплоприёмным концом тепловой трубы, причём питание термобатареи осуществляется через потенциометры акселерометра. Недостатком является низкая точность, обусловленная влиянием внешней температуры.

Известен гироинтегратор линейных ускорений [SU № 278138], содержащий трёхстепенной гироскоп с жёсткой межрамочной коррекцией в виде датчика угла и датчика момента, установленных по оси прецессии. Центр тяжести трёхстепенного гироскопа смещён относительно оси подвеса, вследствие чего гироскоп чувствителен к кажущемуся ускорению, вызывающему момент сил инерции, который приводит к прецессии с угловой скоростью пропорциональной величине кажущегося ускорения, а угол прецессии пропорционален кажущейся скорости объекта. Недостатком гироинтегратора линейных ускорений является низкий порог чувствительности, обусловленный трением в осях подвеса, а также большое время готовности, пропорциональное времени разгона ротора гироскопа.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к предлагаемому устройству является гироинтегратор линейных ускорений [RU № 2097701, G01C 19/02], содержащий трёхстепенной неуравновешенный гироскоп, систему межрамочной коррекции, состоящую из последовательно соединённых датчика угла, закреплённого на оси подвеса, усилителя, датчика угла и датчика момента, установленных на оси чувствительности, и датчик скорости, установленный на главной оси гироскопа, блок сравнения, вычислитель, состоящий из преобразователя напряжения в код, микропроцессора, блока памяти и таймера, согласующего устройства и датчика момента, последовательно соединены цифроаналоговый преобразователь, вход которого соединён со вторым входом вычислителя, электронный ключ, выход которого связан со вторым входом датчика момента, закреплённого на оси подвеса, дифференцирующий блок, вход которого соединён с выходом датчика угла, расположенного на оси чувствительности, а выход соединён с третьим входом вычислителя, выход датчика скорости, установленного на главной оси гироскопа, подключён к четвёртому входу вычислителя, второй выход датчика угла, закреплённого на оси подвеса, соединён со вторым входом электронного ключа, второй вход блока сравнения подключён через последовательно соединённые формирователь пилообразного напряжения и блок задержки к шине питания, причём выход датчика угла, закреплённого на оси подвеса, соединён с первым входом усилителя через контактное реле, третий выход цифроаналогового преобразователя соединяется со вторым входом усилителя и выход электронного ключа соединён со вторым входом датчика момента, закреплённого на оси подвеса.

Недостатком такого гироинтегратора линейных ускорений является большое время разгона гиромотора.

Задачей, решаемой предлагаемым изобретением, является разработка интегратора линейных ускорений, позволяющего максимально снизить время готовности и за счет этого повысить точность измерения.

Поставленная задача решается за счёт того, что предлагаемый интегратор линейных ускорений, так же, как и известный содержит чувствительный элемент, электронный ключ, первый вход которого соединён с выходом чувствительного элемента, а второй вход соединён с общей шиной, аналогово-цифровой преобразователь, вычислитель, информационные входы которого соединены с выходами аналогово-цифрового преобразователя. Но в отличие от известного устройства в предлагаемом интеграторе в качестве чувствительного элемента использован акселерометр кажущегося ускорения, а также он содержит два интегратора аналоговых сигналов, работающих попеременно, входы которых соединены с выходами электронного ключа, аналоговый мультиплексор, входы которого соединены с выходами интеграторов аналоговых сигналов, а выход подключен ко входу аналогово-цифрового преобразователя, при этом первый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом электронного ключа, второй управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом первого интегратора аналоговых сигналов, третий управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом второго

интегратора аналоговых сигналов, четвёртый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом аналогового мультиплексора, а пятый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом аналогово-цифрового преобразователя.

Достигаемым техническим результатом является минимизация времени готовности за счёт отсутствия вращающегося ротора, имеющегося у известного устройства, на разгон которого требуется время.

Предложенное изобретение базируется на том, что интеграл равен сумме интегралов, первая часть которых является результатами интегрирования аналоговых сигналов, а вторая часть является суммой преобразованных в код результатов интегрирования аналоговых сигналов. Таким образом, интеграл является суммой квантованных по уровню и по времени значений, причём квантом времени является период интегрирования интеграторов аналоговых сигналов $t_{И}$, которое выбирается исходя из допустимого приращения (кванта) кажущейся скорости.

Например, при задании дискрета приращения кажущейся скорости V_k в 1 м/с и наличии максимального ускорения $W_{max}=10g$, имеем дискрет по времени равный 10^{-2}с. Квантование по уровню с максимальной разрядностью, которую обеспечивает высокоразрядный аналогово-цифровой преобразователь, позволяет получить минимальную разрешающую способность и минимальную погрешность суммирования цифровых отсчётов.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 приведена структурная схема предложенного интегратора, а на фиг. 2 приведена временная диаграмма работы устройства.

Предлагаемое устройство состоит из акселерометра кажущегося ускорения 1, выход которого соединён с электронным ключом 2, интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4, входы которых попеременно соединяются с выходом электронного ключа 2, а выходы подключены ко входу аналогового мультиплексора 5, выход которого подключён к аналогово-цифровому преобразователю 6, а тот в свою очередь к вычислителю 7. Один из выходов вычислителя 7 подключается к электронному ключу 2, второй и третий выходы соединены с интеграторами 3 и 4, четвёртый выход подключается к мультиплексору и, наконец, пятый выход соединяется с АЦП.

Устройство работает следующим образом. Акселерометр 1 формирует электрический сигнал, пропорциональный кажущемуся ускорению. На первых двух тактах работы в статическом режиме, определяющим время готовности интегратора, электронный ключ 2 подключает на входы интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4 нулевое напряжение, при этом определяется дрейф нулей интеграторов 3 и 4. Мультиплексор 5 поочерёдно подключает выходы интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4 ко входу аналогово-цифрового преобразователя 6.

На фиг. 2, где обозначены: U_1 - напряжение на выходе первого интегратора аналоговых сигналов 3, U_2 - напряжение на выходе второго интегратора аналоговых сигналов 4, $t_{И}$-время интегрирования аналоговых интеграторов 3 и 4, $t_{АЦП}$ - время преобразования аналогово-цифрового преобразователя, t_0 - время обнуления интеграторов аналогового сигнала 3 и 4, а также занесения результатов преобразования аналогово-цифрового преобразователя 6 в вычислитель 7, T_1 и T_2 - такты работы интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4, причём:

$$T_1=T_2=T=t_{И}+t_{АЦП}+t_0$$

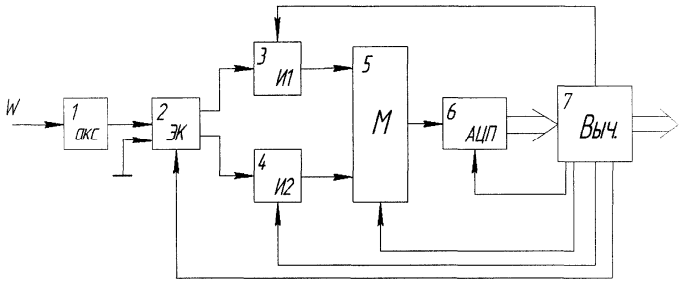
На втором такте статического режима контролируются масштабные множители интеграторов аналогового сигнала 3 и 4, базирующиеся на том, что заранее известна проекция ускорения свободного падения на ось чувствительности акселерометра 1. Отклонения масштабных множителей заносятся в память вычислителя 7 и используются при обработке отсчётов аналогово-цифрового преобразования в динамическом режиме. В динамическом режиме электронный ключ 2 подключают ко входам интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4 под управлением вычислителя 7 поочерёдно, выходной сигнал акселерометра 1 подаётся на время $t_{И}$ и нулевой сигнал в остальное время $T-t_{И}$. Аналоговый мультиплексор 5 подключает поочерёдно под управлением вычислителя 7 выходы интеграторов аналоговых сигналов 3 и 4 ко входу аналогово-цифрового преобразователя 6, затем вычислитель 7 подаёт команду на запуск аналогово-цифрового преобразователя 6. Вычислитель 7 кроме управления устройством осуществляет обработку каждого отсчёта и их суммирование. Полученная сумма отсчётов является цифровым представлением интеграла от кажущегося ускорения.

Время готовности устройства составляет доли секунды, также серьёзно сокращаются массогабаритные показатели устройства в сравнении с аналогами, что в условиях применения на авиационных объектах играет существенную роль.

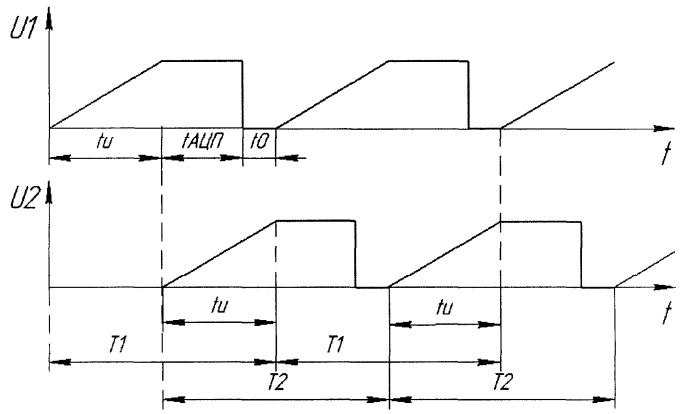
Погрешность интегратора линейных ускорений в основном определяется погрешностью акселерометра кажущегося ускорения, так как систематическая погрешность интеграторов аналоговых сигналов (дрейф нуля) исключается в процессе обработки отсчётов. Если использовать сигма-дельта аналогово-цифровые преобразователи, например 32 разрядные от фирмы Texas Instruments, то погрешность будет иметь равномерное распределение на кванте АЦП, а погрешность суммы будет иметь нормальный закон распределения на кванте.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Интегратор линейных ускорений, содержащий чувствительный элемент, электронный ключ, первый вход которого соединён с выходом чувствительного элемента, а второй вход соединён с общей шиной, аналогово-цифровой преобразователь, вычислитель, информационные входы которого соединены с выходами аналогово-цифрового преобразователя, а информационные выходы вычислителя являются выходами интегратора линейных ускорений, отличающийся тем, что в качестве чувствительного элемента использован акселерометр кажущегося ускорения, а также он содержит два интегратора аналоговых сигналов, работающих попеременно, входы которых соединены с выходами электронного ключа, аналоговый мультиплексор, входы которого соединены с выходами интеграторов аналоговых сигналов, а выход подключен ко входу аналогово-цифрового преобразователя, при этом первый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом электронного ключа, второй управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом первого интегратора аналоговых сигналов, третий управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом второго интегратора аналоговых сигналов, четвёртый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом аналогового мультиплексора, а пятый управляющий выход вычислителя соединён с управляющим входом аналогово-цифрового преобразователя.



Фиг. 1



Фиг. 2

Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2