

УДК 004.031

Обзор и оценка методов стабилизации изображения систем технического зрения

***Борисова А.Ю.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

***Смаль А.В.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»*

*Научный руководитель: **Синицын А.В.**, к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»
kafsm7@sm.bmstu.ru*

Введение

На сегодняшний день система технического зрения (СТЗ) является основной системой, позволяющей решить актуальные задачи автоматизации систем управления движения в условиях дефицита визуальной информации, необходимой для управления в режиме реального времени. Она позволяет в процессе работы получить информацию об окружающей среде, автоматически обработать ее и проанализировав выдать команду управления. Диапазон применения систем технического зрения очень широк, примерами применения этих систем могут быть [4]:

1. Системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства).
2. Системы видеонаблюдения.
3. Системы организации информации (например, для индексации баз данных изображений).
4. Системы моделирования объектов или окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование).
5. Системы взаимодействия (например, устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия).
6. Системы дополненной реальности.
7. Вычислительная фотография, например, для мобильных устройств с камерами.

Сегодня существует тенденция минимизации непосредственного контроля и управления СТЗ при помощи человека, применяемых в мобильных роботизированных комплексах. В результате растут требования предъявляемые к качеству работы СТЗ. Разработчики сталкиваются с рядом задач, таких как распознавание и обнаружение объектов или идентификация определенного человеческого лица по полученному изображению. Особенно остро эти проблемы проявляются в случаях использования системы на подвижной платформе. Такой случай работы характерен для мобильных роботизированных комплексов (МКР). Для того, чтобы работа проводилась корректно и на выходе был получен качественный результат, применяют различные системы стабилизации изображения. Стабилизация изображения позволяет компенсировать нежелательные колебания камеры, вызванные к примеру тряской и раскачиванием МКР.

В данной статье, мы постараемся провести анализ уже существующих систем стабилизации изображения и выделить среди них самые оптимальные и эффективные.

1. Классификация систем стабилизации изображения

Классификация существующих систем стабилизации изображения приведена на рисунке 1 [1].

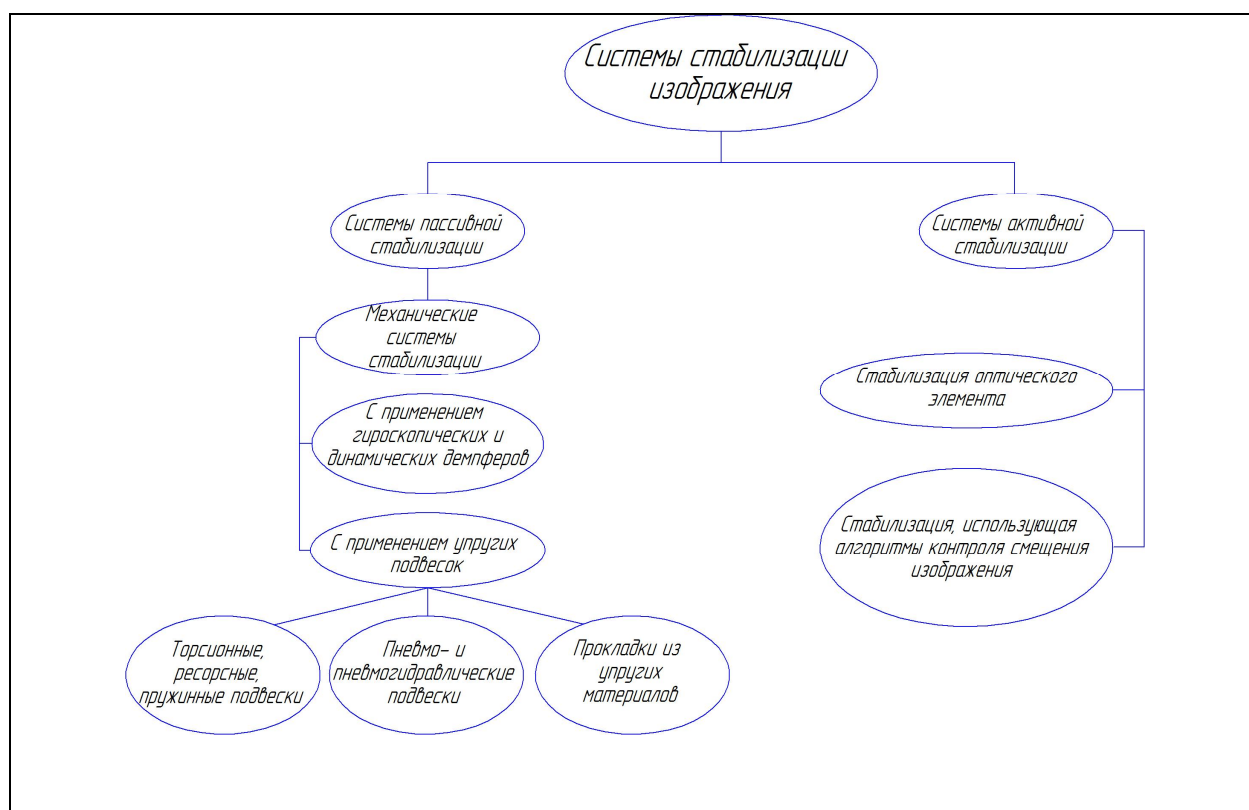


Рис. 1. Классификация существующих систем стабилизации

В реальных условиях движение МРК сопровождается различными случайными колебаниями, которые могут быть вызваны различными возмущающими воздействиями. В случае использования наземного МРК, это могут быть, непосредственно, неровности дороги, раскачивание системы при осуществлении маневров. Если же используется воздушный МРК, то могут возникнуть возмущающие воздействия, связанные с наличием ветра, а в случае применения морских МРК возникают в следствие волнений водной поверхности. В связи с этим возникает потребность использования тех или иных методов стабилизации либо самого оптического элемента, либо стабилизации полученного изображения.

Задача системы стабилизации заключается в том, чтобы при движении МРК с условием всех действующих на него помех обеспечить неподвижность линии визирования, прямой, совпадающей в оптическом приборе с его оптической осью, при этом не меняя физического положения МРК. Эту задачу можно решить двумя способами. Первый способ — это применить систему пассивной стабилизации, т.е. механически при помощи различных средств стабилизации таких как демпферы, прокладки из упругих материалов и различных подвесок стабилизировать подвижную платформу. Вторым способ — это применить системы активной стабилизации, которые осуществляются в первом случае за счет использования в системе гироскопов, позволяющих компенсировать смещение оптического прибора и во втором случае за счет использования алгоритмов контроля смещения непосредственно самого изображения.

Рассмотрим далее различные системы пассивной и активной стабилизации и выделим их основные достоинства и недостатки, которые пригодятся для дальнейшего анализа.

2. Достоинства и недостатки существующих систем стабилизации изображения

Механически стабилизацию оптического прибора можно осуществить, применяя упругие подвески в различных исполнениях: пружинные, рессорные, торсионные, гидравлические, пневматические, пневмогидравлические. Использование подвесок позволяет уменьшить высокочастотные динамические нагрузки на оптический элемент за счет наличия в них упругого элемента, тем самым обеспечивая плавность передвижения оптического элемента, наличие демпфирующего элемента обеспечивает затухание колебаний. Среди достоинств применения в качестве амортизатора металлических упругих подвесок (пружинных, рессорных, торсионных) и прокладок можно назвать

простое устройство, дешевое обслуживание и ремонт. Такие подвески обладают рядом недостатков, к примеру, если стоит задача высокого качества управляемости и устойчивости оптического элемента, то ухудшается быстродействие системы. Поэтому чаще всего применяют различные конструкции с активной подвеской.

Активная подвеска — это подвеска параметры которой могут изменяться при ее эксплуатации. В качестве упругого элемента в активной подвеске применяются пневматические и гидропневматические упругие элементы. В активной подвеске помимо амортизации обеспечивается частичное демпфирование за счет вязкого трения в рабочем теле и за счет сухого трения поршня в цилиндре [1]. За счет пневматического привода в упругом элементе при изменении давления и соответствующего ему объема воздуха оптический элемент поддерживается в положении равновесия. В гидропневматических приводах используются гидропневматические упругие элементы, управление которыми происходит за счет работы гидроцилиндров. Такие подвески более универсальны, т.к. позволяют поддерживать определенное положение и жесткость подвески, обеспечивают плавность и возможность регулировки положения, но имеют более сложную конструкцию, а, следовательно, и высокую стоимость [4].

Под демпфированием принято понимать принудительное подавление колебаний СТЗ, либо уменьшение их до допустимого предела при помощи устройств, поглощающих энергию колебаний, т.н. демпферов. Демпфирующие устройства создают моменты и силы, приложенные к СТЗ, пропорциональные скорости их движения и направленные против этого движения. Демпфирование колебаний оптического элемента обеспечивается рассеиванием энергии колебаний за счет трения, возникающего при перемещении одних конструктивных элементов демпфера относительно других в жидкой или газонаполненной среде [1].

В случаях, когда качество изображения является важным фактором, а возмущающие воздействие велико, применяют систему активной стабилизации изображения. Активная система стабилизации изображения подразделяется на стабилизацию оптического прибора (по-другому такая стабилизация называется косвенная) и стабилизацию, использующую алгоритмы контроля смещения изображения.

Косвенная стабилизация подразумевает, что само изображение не контролируется, информацию о качестве изображения оператор или система контроля не получает, она фиксирует перемещения подвижной платформы в пространстве и выдает соответствующие сигналы компенсирующие сдвиги изображения на блок управления. Стабилизация осуществляется за счет использования в системе гироскопов.

К достоинствам оптической стабилизации можно отнести высокое качество получаемого изображения и высокую чувствительность видеокамеры, вследствие чего можно получить качественное изображение, как в светлое время суток, так и в темное. Но данный вид стабилизации обладает и рядом недостатков, к ним можно отнести большое энергопотребление и высокую стоимость.

Системы косвенной стабилизации подразделяется на системы стабилизации оптического прибора и на системы стабилизации отдельных его частей. При значительных габаритах и массе оптического прибора, прибор жестко закрепляют на подвижном основании и обеспечивают стабилизацию линии визирования [2]. Существуют два метода реализации этой системы стабилизации [1]:

- Стабилизация за счет смещения оптических элементов самой регистрирующей аппаратуры.
- За счет смещения внешних элементов, меняющих направление линии визирования (отклоняющих зеркал, призм)

В рассмотренных выше системах стабилизации регистрирующая аппаратура колеблется вместе с подвижным элементом, а оптическая ось отклоняется в противоположную сторону, обратную его угловому смещению.

В случае, когда массогабаритные параметры камеры не велики, применяют систему стабилизации оптического прибора. Целью данной стабилизации является сохранение фиксированного положения линии визирования или светового луча, который попадает на светочувствительную матрицу в пространстве относительно инерциальной системы отсчета. Данный метод стабилизации можно так же назвать методом электронной стабилизации, так как в данном случае гиросприборы используются в качестве датчиков положения, скорости или ускорения оптического прибора (индикаторно-силовые гироскопы, индикаторные гироскопы, акселерометры, энкодеры), а для того, чтобы компенсировать отклонения оптического прибора необходима силовая установка, т.е. двигатель. Задача системы стабилизации заключается в том, чтобы свести ошибку рассогласования системы, сигнал поступающий с гироскопа, к нулю. На рисунке 2 представлена блок схема системы стабилизации изображения для данного случая.

В данном случае двигатель вращает стабилизированный оптический прибор, этот прибор закреплен так, что есть возможность его вращения вокруг осей, относительно которых необходимо стабилизировать систему (тангажа, панорамы и курса). Необходимое качество изображение обеспечивается за счет того, что оптический прибор вращается так, что проекция изображения на светочувствительной матрице компенсирует колебания

камеры, в результате эта проекция остается неподвижной относительно у светочувствительной матрицы.

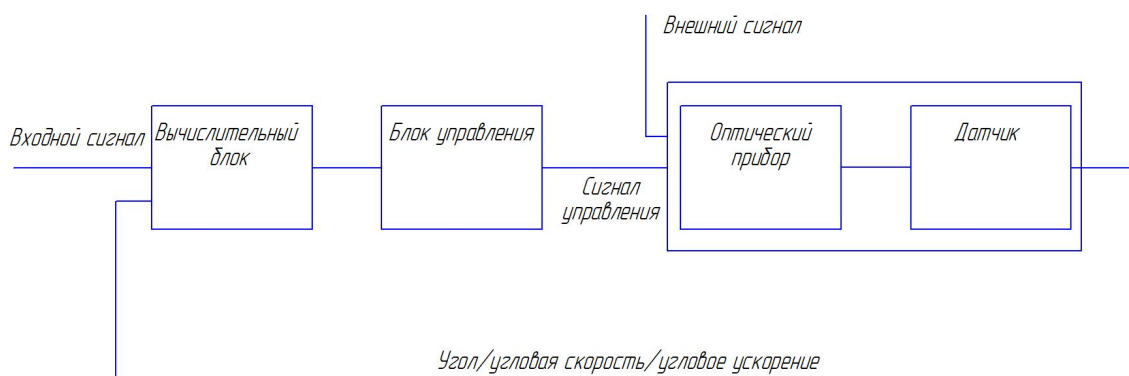


Рис. 2. Блок схема системы стабилизации изображения

Основные требования, которые предъявляются к системам, использующим привода – это малые массогабаритные параметры, низкое энергопотребление и высокая точность отработки входного воздействия.

Точного датчика, производительного гироскопа и мощного двигателя бывает недостаточно, для получения точного стабилизированного изображения. Необходимо определенное программное обеспечение. В этом случае вычислительный блок может быть реализован в виде микропроцессорной системы управления. Микропроцессорная система, предназначена для обработки информации и управления процессом этой обработки [3]. Она принимает сигнал с датчика, обрабатывает его и формирует сигнал с учетом входного сигнала управления. Этот сигнал с помощью ШИМ модулей преобразуется из цифрового в аналоговый и поступает в драйвер управления двигателем для усиления сигнала, т.к. на выходе микропроцессорной системы формируется слаботочный сигнал и его может быть недостаточно для управления двигателем.

На рисунке 3 приведен пример микропроцессорной системы управления [3].

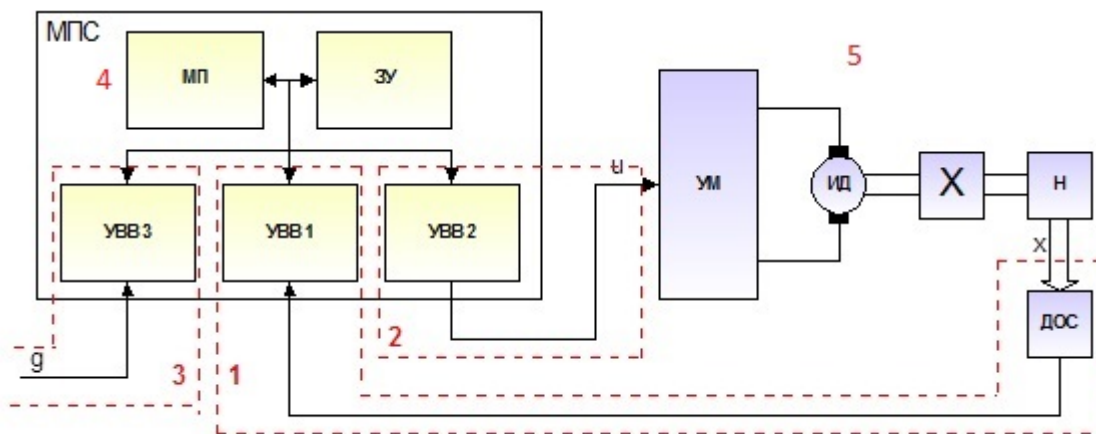


Рис. 3. Микропроцессорная система управления

Микропроцессорная система управления состоит из 5 элементов [3]:

1. Канал обратной связи (УВВ (устройство ввода вывода) 1, ДОС (датчик обратной связи) и линии связи).
2. Канал управляющих сигналов (УВВ 2 и линии связи).
3. Канал входных сигналов (УВВ 3 и линии связи).
4. Цифровой фильтр (МП (микропроцессор) и ЗУ (запоминающее устройство)).
5. Неизменяемая часть (усилитель мощности, исполнительный двигатель, редуктор и нагрузка).

Для реализации системы стабилизации используются определенные алгоритмы. В большинстве случаев это относится к реализации фильтра. В технике принято называть фильтром любое устройство, если при прохождении через него синусоидального сигнала амплитуда этого сигнала меняется. Сама программа, осуществляющая фильтрацию сигналов, хранится в запоминающем устройстве. Такая фильтрация называется цифровой, поскольку микропроцессор работает с дискретными величинами [3].

Системы стабилизации, использующую алгоритмы контроля смещения изображения работают с изображением уже имеющим «смазы», т.е. задачей данной системы является цифровая обработка изображения. При этом виде стабилизации примерно 40 % пикселей на матрице отводится на стабилизацию изображения и не участвует в формировании картинка. При дрожании видеокамеры картинка «плавает» по матрице, а процессор фиксирует эти колебания и вносит коррекцию, используя резервные пиксели для компенсации дрожания картинка [6].

3. Анализ систем стабилизации изображения

Были рассмотрены различные системы стабилизации изображения. Каждый из рассмотренных видов стабилизации обладает как достоинствами, так и недостатками, все зависит от ситуации, в которой применяется стабилизация изображения.

В зависимости от того какие требования предъявляются к качеству изображения следует выбирать либо методы пассивной стабилизации, либо методы активной стабилизации, либо совокупность этих методов. Если чёткость получаемого изображения не важна для решения поставленной задачи или внешние помехи не значительны, то рациональнее применять методы пассивной стабилизации. Системы, основанные на методах пассивной стабилизации, имеют простую конструкцию по сравнению с системами активной стабилизации, просты в обслуживании и экономичны.

В случаях, когда качество изображения является важным фактором, предпочтительнее применять системы на базе методов активной стабилизации. Как говорилось ранее, системы активной стабилизации подразделяются на системы стабилизации оптического прибора и на системы, использующую алгоритмы контроля смещения изображения. В первом случае оптическая ось отклоняется в сторону, обратную угловому смещению основания, тем самым позволяя фиксировать это смещение и компенсировать сдвиги изображения. Во втором случае используются алгоритмы контроля смещения и создаются замкнутые системы стабилизации по самому изображению, в данном случае необходимо постоянно фиксировать хорошо различимые объекты, жестко привязанные к земной системе координат, по которым можно определить положение линии визирования и с помощью этого выработать сигнал стабилизации. Оба этих метода гораздо эффективнее, чем методы пассивной стабилизации, качество получаемого изображения в случаях применения активной стабилизации выше, но стоимость реализации таких систем гораздо дороже в силу их сложной конструкции.

На практике, в случае мобильного роботизированного комплекса, вышеприведенные способы стабилизации редко используются отдельно. Создается многоступенчатая система стабилизации, которая включает в себя как системы активной, так и элементы пассивной стабилизации (упругие подвески, демпфирующие элементы). Каждая ступень такой системы увеличивает массогабаритные показатели и стоимость, но позволяет снизить требования к сложной конструкции систем активной стабилизации, позволяя получить высокое качество изображения.

Заключение

В данной статье были рассмотрены различные методы стабилизации изображения, в случае расположения оптического прибора на подвижном основании МРК. Была проведена оценка каждого из методов и были выявлены их достоинства и недостатки. При анализе рассмотренных систем стабилизации был сделан вывод, что использование каждой системы отдельно менее эффективно, чем использование многоступенчатой системы стабилизации.

Список литературы

1. Дикарев А.В. Двухуровневая система стабилизации изображения для мобильных роботизированных комплексов: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2014. 136 с.
2. Фридлянд И.В. Оптико-механические сканирующие устройства с оптической коррекцией // Техника кино и телевидения. 1979. № 2. С. 49.
3. Бошляков А.А., Рассадкин Ю.И., Синицын А.В. Микропроцессорные системы управления в робототехнике и мехатронике. Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=MPSU/base.cou> (дата обращения 11.03.2015).
4. Википедия Компьютерное зрение. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%EE%EC%EF%FC%FE%F2%E5%F0%ED%EE%E5_%E7%F0%E5%ED%E8%E5 (дата обращения 11.03.2015).
5. Активная подвеска. Режим доступа: http://systemsauto.ru/pendant/active_suspension.html (дата обращения 19.03.2015).
6. Характеристики фотоаппаратов – как выбрать цифровой фотоаппарат. Режим доступа: <http://www.fotokomok.ru/xarakteristiki-fotoapparatov-kak-vybrat-cifrovoj-fotoapparat/> (дата обращения 23.03.2015).