

Исследование многокоординатной оптико-электронной системы измерения углового и линейного перемещений

Вовк И.С. (ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., профессор, Коняхин Игорь Алексеевич (ИТМО)

Введение. Измерение, контроль и анализ угловых и линейных перемещений является важной составляющей для проектирования и мониторинга различных механизмов, сооружений, конструкций. Без системы, контролирующей эти показатели, невозможно обеспечить безопасную эксплуатацию наблюдаемых объектов. На данный момент имеется некоторое количество относительно точных систем для регистрации угловых и линейных перемещений. В данной работе мы рассмотрим различные оптико-электронные системы, разработанные для контроля перемещений и регистрации критических нагрузок различных объектов наблюдения. Обратим особое внимание на их «слабые» стороны и выберем направление для дальнейших исследований и проектирования оптико-электронной системы для решения поставленных нами задач.

Основная часть. В настоящее время оптико-электронные приборы и системы играют первостепенную роль при измерении, фиксации и обработке угловых и линейных смещений, позиционировании, деформациях и перегрузках наблюдаемых объектов. Это обусловлено тем, что бурное развитие новой, более совершенной элементной базы позволяет повысить качество бесконтактного контроля за счет новых принципиальных схем. В данной работе предложено не только эффективное, но и комплексное решение поставленной задачи, заключающееся в объединении известных преимуществ оптико-электронных систем (ОЭС), основанных на элементах современной электронной и оптической базы (матричными фотоприемниками оптического излучения, полупроводниковыми излучающими диодами (ПИД), микроконтроллерами и др.), алгоритмов обработки изображений в цифровом виде и методик проведения контроля [1, 2, 3].

Системы, использующие метод «обратной угловой засечки»

Смысл метода «обратной угловой засечки» заключается в измерении положения как минимум трех контрольных точек, расположенных на объекте, с одной реперной точки. Если знать координаты изображения контрольных точек на матрице, взаимное расположение на объекте которых заранее дано, и фокусное расстояние объектива приемного канала, можно определить координаты контрольных точек и углы поворота плоскости, образованной данными точками [4]. Рассматриваемая ОЭС предназначена для исследования пространственного положения контролируемого объекта. Пространственное положение объекта считается найденным, если измерены три линейные и три угловые координаты в базовой системе координат. Эти системы имеют принципиальный недостаток: для обеспечения требуемой точности необходимо обеспечить высокую идентичность параметров двух измерительных каналов. Выполнение этого условия требует дополнительных систем компенсации температурных и инерционных деформаций. Это обстоятельство значительно усложняет и удорожает систему.

Системы, использующие триангуляционный метод «угловой засечки»

Метод предусматривает две ПЗС-камеры, которые расположены на фиксированном расстоянии друг от друга на базовом объекте. На объекте контроля находятся элементы, определяющие его пространственное положение. Каждый из измерительных каналов складывается из одной видеокамеры, одна расположена на КР, вторая находится на элементе конструкции РТ – базовом кольце. Измерительный канал осуществляет триангуляционный метод. Согласно данному методу, каждая видеокамера измеряет углы визирования светодиода, находящегося в контрольной точке [5].

Системы использующие трилатерационный метод «линейной засечки»

Альтернативой методу «угловой засечки» является метод «линейной засечки», согласно которому ОЭС включает в себя три дальномера, находящихся в реперных точках с известными координатами. Координаты x, y, z ВЦ находятся по найденным расстояниям L_1, L_2, L_3 от каждой реперной точки до ВЦ как решения системы из трех квадратных уравнений.

Подводя итог, можно сказать, что рассмотренные системы возможно использовать на дистанциях до 100м, ошибка измерения линейных координат составляет около 0,1 мм. Их общим минусом является необходимость обеспечения стабильных внешних условий в нормально приземном диапазоне температур. Но эти системы не могут функционировать в условиях космического пространства или же во время лётных испытаний на высоте до 15000 метров именно из-за значительной чувствительности их параметров к изменению температурного режима. Хочется отметить, что рассмотренные системы являются универсальными устройствами, которые осуществляют измерения в больших пространственных углах, при перемещающихся контрольных точках по заданным траекториям сканирования. Именно поэтому такие системы имеют большую стоимость. Для дальнейшей разработки ОЭС соответствующей нашим требованиям, способной контролировать угловые и линейные перемещения наблюдаемого объекта с минимальными погрешностями, необходимо сакцентировать наше внимание на более вдумчивое исследование ОЭС работающей по методу «трёх точек», данная система имеет большой потенциал для рождения новой ОЭС способной производить измерения в самых неблагоприятных условиях окружающей среды, имея повышенную точность при съеме данных с последующей обработкой и их анализом, при всех вышеперечисленных плюсах хотелось бы обратить внимание на потенциальную конкурентноспособную стоимость производства, монтажа и обслуживания данной системы.

Выводы. В процессе написания данной работы был выполнен сравнительный анализ различных систем измеряющих угловые и линейные перемещения наблюдаемых объектов, а именно: были рассмотрены триангуляционные, автоколлимационные, ретрорефлекторные системы. Проведя обзор и сравнение вышеперечисленных систем, для дальнейшей работы и изучения была выбрана система работающая по методу «трёх точек». Именно эта концепция наиболее подходит для реализации нашего проекта, а именно: исследование и создание многокоординатной оптической системы измерения углового и линейного перемещений, такого объекта как – крыло летательного аппарата. Дальнейшая работа предполагает более глубокое исследование вышеупомянутой системы, проектирование и расчёт энергетических характеристик элементов системы опираясь на конкретное техническое задание. Моделирование и лабораторные испытания данной системы.

Список использованных источников:

1. Афанасьев В.А., Усов В.С. Оптические приборы и методы контроля прямолинейности в инженерной геодезии. – М.: Недра, 1973.
2. Zhukov D.V., Konyakhin I.A., Usik A.A., "Iterative algorithm for determining the coordinates of the images of point radiators," Journal of Optical Technology 76(1), 36-38 (2009).
3. A.G. Anisimov, A.A. Gorbachyov, A.V. Krasnyashchikh, A.N. Pantushin, and A.N. Timofeev, "Design and test of optoelectronic system of alignment control based on CCD camera," Proc. SPIE, Vol. 7133, 71333S (2008).
4. Коняхин И.А. Исследование оптико-электронных систем измерения деформаций компонентов зеркальной системы полноповоротного радиотелескопа РТ 70 (Суффа) миллиметрового диапазона [Электронный ресурс] : научно-технический интернет-журнал "Теле Фото Техника" – Электрон. журн – СПб: ООО "ЭВС", 2008 –.– Режим доступа к журн.: <http://telephototech.ru/index.php> – Свидетельство о регистрации Эл № ФС 77- 313147.
5. Якушенков Ю.Г. Проектирование оптико-электронных приборов. Изд-во Логос, 2000.