

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СОБЛЮДЕНИЯ ИНВАРИАНТНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА СКРУЧИВАНИЯ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОКОЛЛИМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

И.А. Коняхин, Т.В. Копылова, А.И. Коняхин, А.Д. Мерсон

Рассмотрены соотношения между параметрами контрольного элемента оптико-электронной автоколлимационной системы, уменьшающие негативное влияние коллимационных углов на точность измерения угла скручивания.

Ключевые слова: инвариант, автоколлиматор, контрольный элемент, угол скручивания.

Одним из направлений совершенствования оптико-электронных систем определения углового положения объектов является обеспечение частной инвариантности измерения отдельных угловых координат [1]. Рассмотрим условия реализации инвариантности измерения угла поворота объекта относительно линии его визирования (угла скручивания) для контрольного элемента (КЭ) как первичного измерительного преобразователя автоколлимационной системы.

Оптико-электронная система включает оптико-электронный автоколлиматор, установленный на некотором базовом объекте, а также отражающую оптическую систему – КЭ, связанную с объектом, угловое положение которого контролируется. Для увеличения точности измерения угла скручивания необходимо реализовать инвариантность углового положения ортов рабочих пучков, отраженных от КЭ, по отношению к коллимационным углам поворота объекта относительно осей, ортогональных линии визирования.

В соответствии с алгоритмом автоколлимационных измерений найдем выражение для орта отраженного пучка как последовательное (справа налево) произведение ортогональных матриц: одностробцовой – орта падающего на КЭ пучка и трех квадратных матриц формата 3×3 – транспонированной матрицы поворота КЭ, матрицы действия КЭ как отражающей системы и исходной матрицы поворота [1, 2]. Анализ полученного выражения позволяет определить условия реализации требуемой инвариантности. В частности, одна из составляющих орта отраженного пучка инвариантна к величинам коллимационных углов при следующих соотношениях параметров матриц.

1. Для матрицы действия КЭ основное неизменное направление (ОНН) отражателя, на базе которого реализован КЭ, должно совпадать с одной из коллимационных осей, при этом угол поворота пучка относительно ОНН при отражении должен быть равен $\omega = 180^\circ \pm \Delta$, где Δ – малый угол, а количество k отражений пучка от граней КЭ нечетно и при этом больше трех: $k = 2n + 1$, где $n = 1, 2, \dots$

2. Матрица поворота КЭ должна определяться последовательностью поворотов на углы Эйлера–Крылова, для которой в элементе матрицы с адресом (1, 2) отсутствует произведение синусов двух коллимационных углов (параметр $w = 1$, см. [1]).

3. Орт падающего пучка и оптическая ось приемного объектива автоколлиматора должны располагаться в плоскости, перпендикулярной ОНН по разные стороны от оси скручивания, и составлять с ней угол, равный $\Delta/2$.

Наиболее простым КЭ, соответствующим указанным условиям, является отражатель в виде стеклянного тетраэдра или зеркального триэдра ($k = 3$), двугранные углы между отражающими гранями которого имеют заданные отклонения от прямого при симметричном относительно оси скручивания расположении ортов падающего и отраженного пучков [2].

Найденные условия позволяют синтезировать новые многофункциональные КЭ для автоколлиматоров на основе отражателей с большим количеством отражений, реализующие инвариантность измерения угла скручивания.

Исследования выполняются при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям РФ в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» и федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

1. Анализ частных инвариантных преобразований в оптико-электронных системах контроля пространственного положения / И.А. Коняхин, А.Н. Тимофеев, Э.Д. Панков, Син Сянмин // Изв. вузов. Приборостроение. – 2007. – Т. 50. – № 7. – С. 5–9.
2. Джабиев А.Н., Коняхин И.А., Панков Э.Д. Автоколлимационные углоизмерительные средства мониторинга деформаций. – СПб: СПб ГИТМО(ТУ), 2000. – 197 с.

Коняхин Игорь Алексеевич – СПбГУ ИТМО, д.т.н., профессор, igor@grv.ifmo.ru; Копылова Татьяна Валерьевна – СПбГУ ИТМО, студент, fleur3310@rambler.ru; Коняхин Алексей Игоревич – СПбГУ ИТМО, студент, aligkon@yandex.ru; Мерсон Алексей Дмитриевич – СПбГУ ИТМО, аспирант, mad777@grv.ifmo.ru