

СХЕМАХ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЖЕКТОРОВ С КРУГОВОЙ ОПТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНОЙ

Е.М. Богатинский, А.Н. Тимофеев

Введение

Вопросы оперативного пространственного контроля положения элементов крупногабаритных инженерных сооружений, а также качества планировки поверхности при строительных работах и геодезических измерениях сегодня в ряде случаев решаются с использованием оптико-электронных приборов, создающих базовую плоскость.

Применение оптической равносигнальной зоны (ОРСЗ) позволяет в большинстве случаев обеспечить в измерительных системах более высокую точность при значительном диапазоне контроля и управления, высокую надежность в работе при наличии вибраций и ускорений [1].

Для этого случая задача позиционирования предполагает проведение исследований в двух направлениях:

- формирование базовой плоскости, имеющей требуемую ориентацию в пространстве и во времени;
- определение приемной частью оптико-электронной системы своего положения (по угловым или линейным координатам) относительно образованной базы.

В данной работе предлагается проанализировать лишь оптическую схему прожектора, реализующего круговую оптическую равносигнальную плоскость (ОРСП), и оценить возможные пути повышения точности измерений для такой схемы.

Равносигнальную зону можно определить как область пересечения двух или более электромагнитных полей, в которой основные информативные параметры (скалярная оценка измерительной информации) этих полей равны, а прочие (векторная оценка) различаются. ОРСЗ образуется при использовании электромагнитных полей оптического диапазона [2, 3]. Принципиальным является вопрос об источнике излучения для формирования этой плоскости. Проанализировав литературу [4, 5], можно сделать вывод, что для дистанционного управления и контроля относительно базовой плоскости на расстояниях до 400–600 м светодиодный модулированный луч явно превосходит лазерный луч, в частности, по практически мгновенной готовности к работе после включения, устойчивой работе в любых гидрометеорологических условиях, достижимой стабильности положения и точности управления, потребляемой мощности, безопасности обслуживающего персонала, простоте и стоимости аппаратуры. В соответствии с этим для образования оптической равносигнальной плоскости представляется целесообразным использовать высокоэффективные излучатели – светодиоды [5].

Для образования ОРСП в качестве основного информативного параметра может быть использован любой из параметров электромагнитного излучения, однако дополнительный информационный параметр должен отличаться от основного. Также очевидно, что при формировании ОРСП для обеспечения помехоустойчивости сигналов необходимо осуществлять их модуляцию.

При формировании круговой ОРСП необходимо знать пространственное распределение яркости, которое зависит от параметров среды (коэффициента пропускания, турбулентности и т.п.), оптической системы (от положения апертурных и полевых диафрагм, aberrаций и т.п.), источника излучения (энергетической яркости, равномерности коэффициента излучения и т.п.).

При известных способах формирования круговой ОРСП [4] используются два варианта построения оптической схемы (ОС) объективов задатчика базовой плоскости

(ЗБП). В первом случае круговое поле создается путем круговой развертки поля обычной узкопольной оптикой. Во втором случае применяется оптика с круговым полем (диски со сферической поверхностью, концентрические объективы).

Наиболее простая схема системы прожекторов с круговой ОРСЗ подробно изложена в статье [6]. Однако ее угловое поле ограничено, и для получения круговой ОРСП возникает необходимость обеспечивать вращение системы вокруг вертикальной оси.

Анализ существующих устройств и схем показал, что наличие в ЗБП подвижных элементов, осуществляющих развертку оптического излучения, весьма существенно снижает точность, особенно в полевых условиях – при большой запыленности и влажности атмосферы и при больших колебаниях температуры. Биения оси вращения вносят дополнительную погрешность в измерения.

Для устранения недостатков этой и многих других систем предлагается для исследования новая схема прожектора – с использованием в ЗБП системы концентрической оптики с круговой диаграммой направленности и сканированием пучков излучения источников и углового поля приемной части электронным способом.

В такой схеме (рис. 1) два концентрических объектива 3, 4 строят в бесконечности изображение излучающих поверхностей расположенных радиально светодиодов 1 и 5. Основная идея заключается в том, что при большом количестве источников можно найти наиболее оптимальный режим их работы по соотношению затраченной энергии и облученности в удаленной точке пространства. В верхнем объективе пучки от светодиодов перекрыты концентрической границей 2 сверху, в то время как в нижнем объективе – снизу. ОС отъюстирована так, что изображения подсвеченных границ в пространстве изображений соприкасаются. Последовательно переключая светодиоды с требуемой частотой в верхнем канале и нижнем канале, можно реализовать задачу образования требуемого распределения информативного параметра в ОРСП.

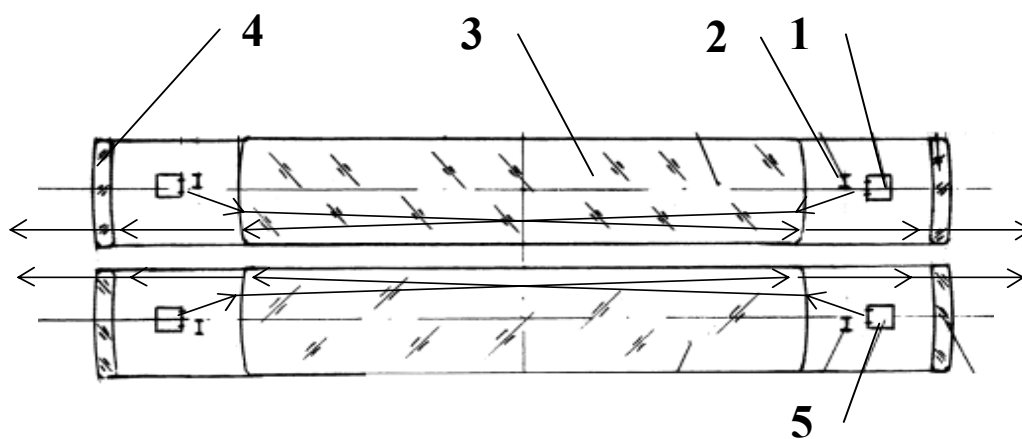


Рис. 1. Схема прожектора с концентрической оптикой

В приемной части (ПЧ) предлагается использовать также концентрический объектив 1, 2 (рис. 2), в фокусе которого радиально расположены фотоприемники 3, и, переключая их электронным способом, реализовать таким образом в системе круговое сканирование углового поля ПЧ. В остальном обработка электрических сигналов производится аналогично схемам в системах с амплитудной модуляцией [4].

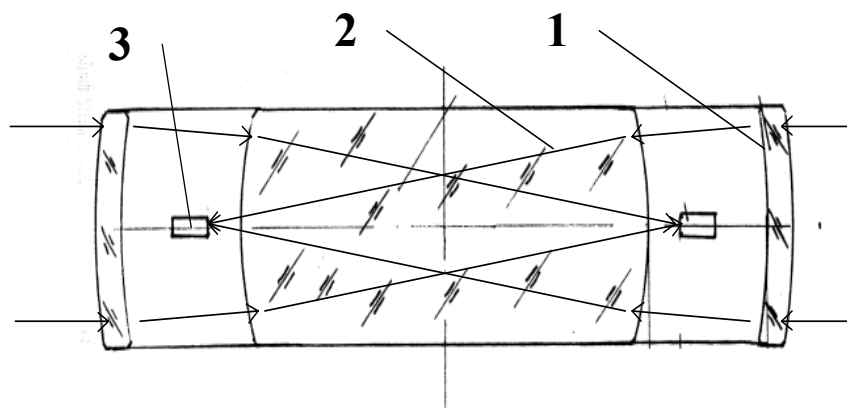


Рис. 2. Концентрический объектив, формирующий круговую ОРСП

Предложенная система практически свободна от большинства вышеперечисленных недостатков. Применение концентрических объективов открывает возможности для проведения дополнительных исследований по оптимизации величины и формы аберраций для достижения требуемого расхождения пучков в вертикальной и горизонтальной плоскости. С целью экономии энергии необходимо вывести оптимальный алгоритм переключения светодиодов.

В соответствии с законами геометрической оптики, минимальную дистанцию $z_{\min}$ формирования непрерывного распределения облученности можно определить как

$$z_{\min} = f(1 + f \{ (P_1 - d_1)(f + x_1) + k_n [d_1(f + x_1 - 1)] d \} / \{ x_1 k_n [d_1(f + x_1 - 1) d] \}),$$

где x_1 – расстояние от излучателя до ребра разделительной призмы, расположенного в фокусе объектива; d_1 – размер излучающей площадки светодиода; P_1 – расстояние между центрами излучающих площадок двух соседних источников; k_n – коэффициент перекрытия световых пучков; d – размер входного зрачка объектива ЗБП; f – фокусное расстояние объектива в сагиттальном сечении.

Анализируя формулу, можно заметить, что $z_{\min}$ прямо пропорциональна фокусному расстоянию объектива и сильно зависит от размеров элементов источников, образующих регулярную структуру в горизонтальном направлении.

Достоинства системы – отсутствие вращающихся оптических элементов, высокие долговечность, точность, надежность, помехоустойчивость системы, малое энергопотребление, высокая частота модуляции. Недостатки – сложность юстировки схемы, наличие мертвых зон, неравномерное поле по яркости.

В последнее время возрастает потребность именно в приборах, отвечающих требованиям высокой точности. Предлагаемая система должна облегчить решение современных проблем, стоящих перед приборостроением в области создания высокоточных систем контроля и управления.

Заключение

Используемые круговые ОС работают совместно с дискретными источниками излучения, имеющими ограниченный угол излучения и образующими круговое поле из большого количества узких полей. Поэтому круговую ОС можно представить как комплекс узкопольных ОС с "эффективными" размерами зрачков, для которых справедливы методы анализа и расчета, разработанные для узкопольной системы.

Проведен анализ оптической схемы прожектора, реализующего при помощи концентрического объектива круговую оптическую равносигнальную плоскость, предложены возможные пути повышения точности измерений. Показано, что в

качестве источников модулированного излучения целесообразно применение светодиодов.

Работа является результатом базовых научных исследований темы № 10003 "Исследование адекватности моделей оптико-физических явлений в природных и антропогенных объектах и информационных оптико-электронных системах спектронального мониторинга".

Литература

1. Цуккерман С.Т., Гридин А.С. Приборы управления при помощи оптического луча. Л.: Машиностроение, 1969.
2. Гуткин Л.С. Принципы радиоуправления беспилотными объектами. М.: Советское радио, 1959.
3. Зюко А.Г., Коробов Ю.Ф. Теория передачи сигналов. М.: Связь, 1972.
4. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. Монография / Под общей редакцией Э.Д. Панкова. СПб: ИТМО, 1998.
5. Цуккерман С.Т., Великотный М.А. Экспериментальное исследование прибора управления лучом на светодиодах. // Изв. вузов. Приборостроение. Т. XVI. №2. 1973.
6. Барсуков О.А., Тимофеев А.Н. Особенности формирования оптической равносигнальной плоскости. // Оптико-электронные приборы и системы: Сб. науч. статей. Вып. 99. / Под редакцией Э.Д. Панкова. СПб: ИТМО, 1999.