
Высокоточная углоизмерительная система с оптико-механическим компенсатором

Карпухин И. В.

В статье исследуется высокоточная углоизмерительная система с оптико-механическим компенсатором. Рассмотрен принцип его работы. Произведен габаритный расчет.

Ключевые слова: углоизмерительная система, механический компенсатор.

Введение.

В настоящее время большое распространение получили оптико-электронные следящие устройства и системы, фиксирующие смещение отслеживаемого объекта относительно оптической оси. Такие системы выполняют различные функциональные задачи и применяются для слежения за одиночными объектами на разнообразных фонах в системах наведения, самонаведения и сопровождения, для слежения за положением комплекса взаимосвязанных объектов в системах ориентации и навигации, а также для ввода графической информации в вычислительные машины, слежения за контуром объекта и для других целей.

В качестве чувствительных элементов следящих устройств распространение получили различные передающие телевизионные трубки, в частности диссекторы. Большой интерес представляют полупроводниковые позиционно-чувствительные квадрантные и матричные элементы. В последнее время интенсивно развивается новое поколение телевизионных следящих систем, построенных на базе микропроцессоров.

Из всего многообразия существующих ОЭС наибольший интерес представляют высокоточные углоизмерительные системы, обладающие достаточно большим полем зрения. К числу высокоточных относятся системы, предельная погрешность измерения которых не превышает 3...5", а поле зрения охватывает угловой диапазон более 1°. В таких ОЭС к параметрам оптического сигнала, поступающего в плоскость изображения, предъявляются повышенные требования, перечень которых определяется принятым методом анализа и фотометрирования, а также конструктивными особенностями данной ОЭС.

1. Структура высокоточной углоизмерительной системы с оптико-механическим компенсатором.

1.1. Описание схемы.

При высокоточных угловых измерениях широко используются следящие системы с оптико-механическими компенсаторами. Эти компенсаторы изменяют направление лучей, приходящих на анализатор изображения, с целью компенсации угловых рассогласований между оптической осью прибора и направлением на излучатель, возникающих на входе прибора. Структурная схема высокоточной углоизмерительной системы с оптико-механическим компенсатором приведена на рис. 1.1.

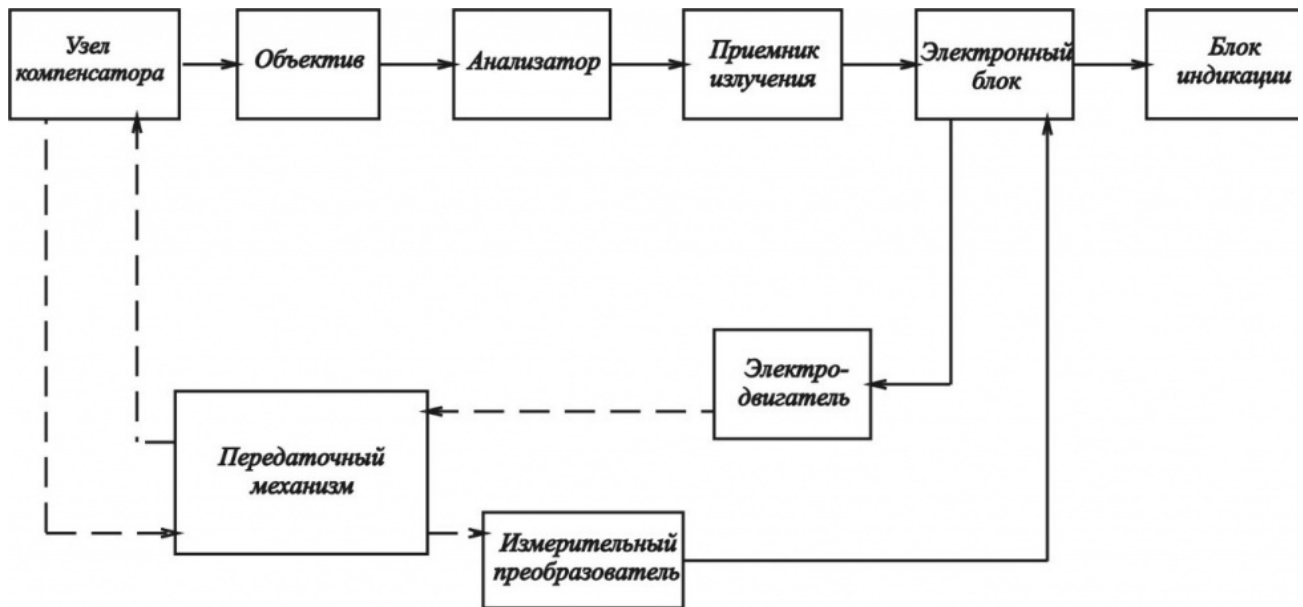


Рис. 1.1. Структурная схема высокоточной углоизмерительной системы с оптико-механическим компенсатором.

Излучение, пройдя узел компенсатора и объектив, строит изображение цели в плоскости анализа анализатора после чего поступает на приемник излучения. Электрический сигнал от приемника излучения обрабатывается в электронном блоке. При наличии угла рассогласования электронный блок включает электродвигатель, который через передаточный механизм приводит в движение компенсатор до тех пор, пока не исчезнет сигнал рассогласования.

Таким образом, механизм следящей системы содержит две кинематические цепи: «двигатель – передаточный механизм – компенсатор», которую мы будем называть силовой, и «компенсатор – передаточный механизм – измерительный преобразователь», которую мы будем называть измерительной. При этом силовая и измерительная цепи содержат общие кинематические узлы.

2. Расчет параметров оптической системы.

2.1. Варианты кинематических схем.

Оптико-механический компенсатор с вращающимися клиньями устанавливается в параллельном пучке перед объективом. Углы отклонения клиньев одинаковые. Вращение клиньев происходит в противоположных направлениях вокруг оси, параллельной оптической оси объектива. В исходном положении эти клинья развернуты друг относительно друга так, что работают как плоскопараллельная пластинка. Вращение клиньев с одинаковой скоростью вызывает перемещение изображения точечного объекта в фокальной плоскости объектива вдоль прямой линии. Направление этой линии перпендикулярно главному сечению клиньев, находящихся в исходном положении.

Рабочая формула этого компенсатора

$$\alpha = 2\delta \sin \beta,$$

где α – угол отклонения параллельного пучка компенсатором (угол рассогласования); δ – угол отклонения пучка одним клином в его главном сечении; β – угол поворота каждого клина от исходного положения. Для расширения диапазона линейности статической характеристики компенсатора вращение клиньев осуществляют с помощью синусного механизма.

На рис. 2.1 показан вариант кинематической схемы для вращения клиньев с помощью двойного синусного механизма.

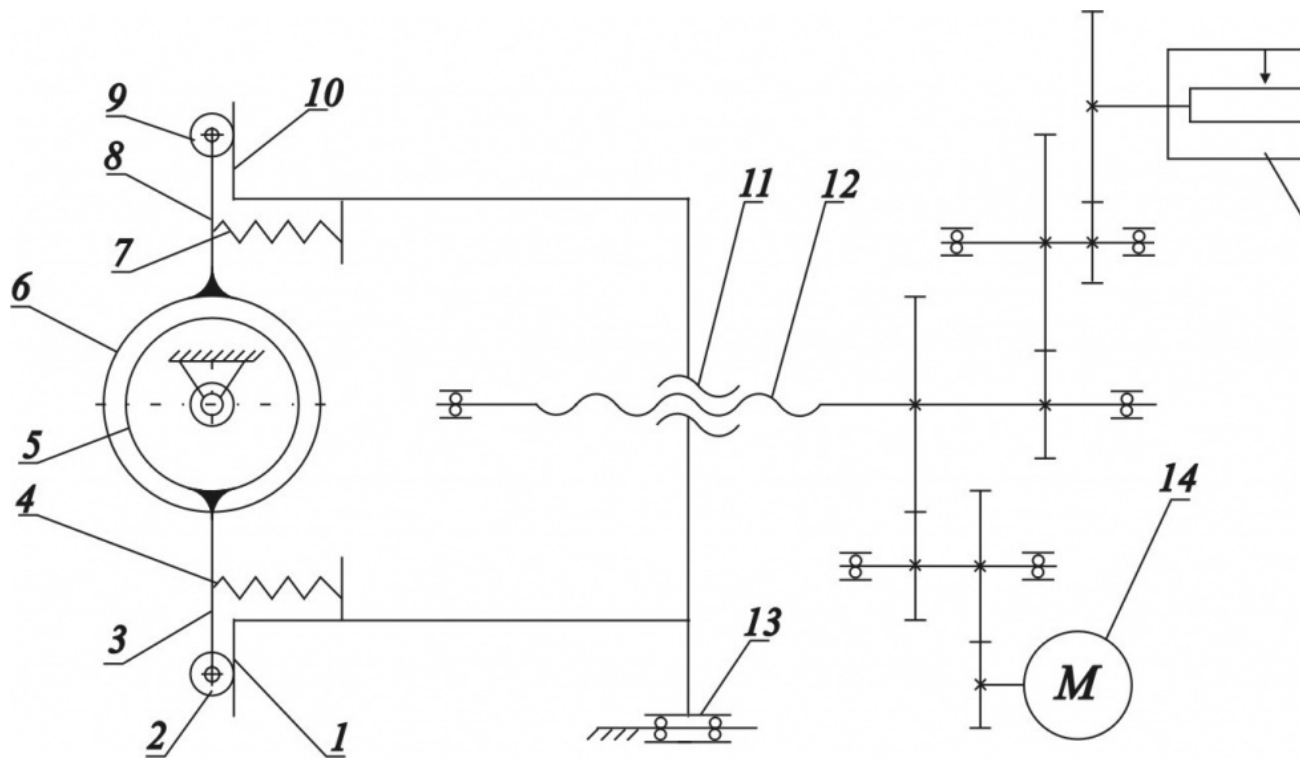


Рис. 2.1 – Кинематическая схема компенсатора с двойным синусным механизмом:

1, 10 - толкатели; 2, 9 - ролики поводков; 3, 8 - поводки синусных механизмов; 4,7 - пружины растяжения; 5, 6 - оправы оптических клиньев; 11 - гайка; 12 - микровинт; 13 – направляющая; 14 – электродвигатель; 15 – функциональный потенциометр.

На гайке 11 закреплены два толкателя 1 и 10, к которым пружины 4 и 7 прижимают ролики 2 и 9. Ролики установлены, соответственно, на поводках 3 и 8, жестко закрепленных на оправках оптических клиньев 5 и 6. Каждая оправка установлена в свой насыпной подшипник. При вращении микровинта толкатели, перемещаясь, осуществляют вращение клиньев в противоположные стороны. При одинаковых радиусах поводков обеспечивается равенство углов поворота клиньев.

2.2. Определение размеров анализатора.

В качестве анализатора используется прямоугольная призма с зеркальным покрытием на гранях, составляющих прямой угол. Ребро, образованное пересечением этих граней, устанавливается на оптической оси входного объектива в его фокальной плоскости перпендикулярно направлению сканирования. При сканировании световое пятно скользит по одной из зеркальных граней (в зависимости от знака угла рассогласования) и по мере увеличения угла рассогласования его размер увеличивается (рис. 2.2). Световой размер грани в плоскости сканирования можно определить по формуле:

$$l_1 \cong \frac{\cos(\alpha_{\max} + \sigma)}{\sin(45^\circ - \alpha_{\max} - \sigma)} \cdot \Delta, \text{ мм}$$

где l_1 – световой размер грани в плоскости сканирования; α_{\max} – угол рассогласования; σ – апертурный угол объектива в пространстве изображений; Δ – смещение изображения в фокальной плоскости объектива;

$$\sigma = \arctg \frac{D}{2f'}$$

где D – диаметр входного зрачка входного объектива; f' – фокусное расстояние входного объектива;

$$\Delta = f' \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\max}$$

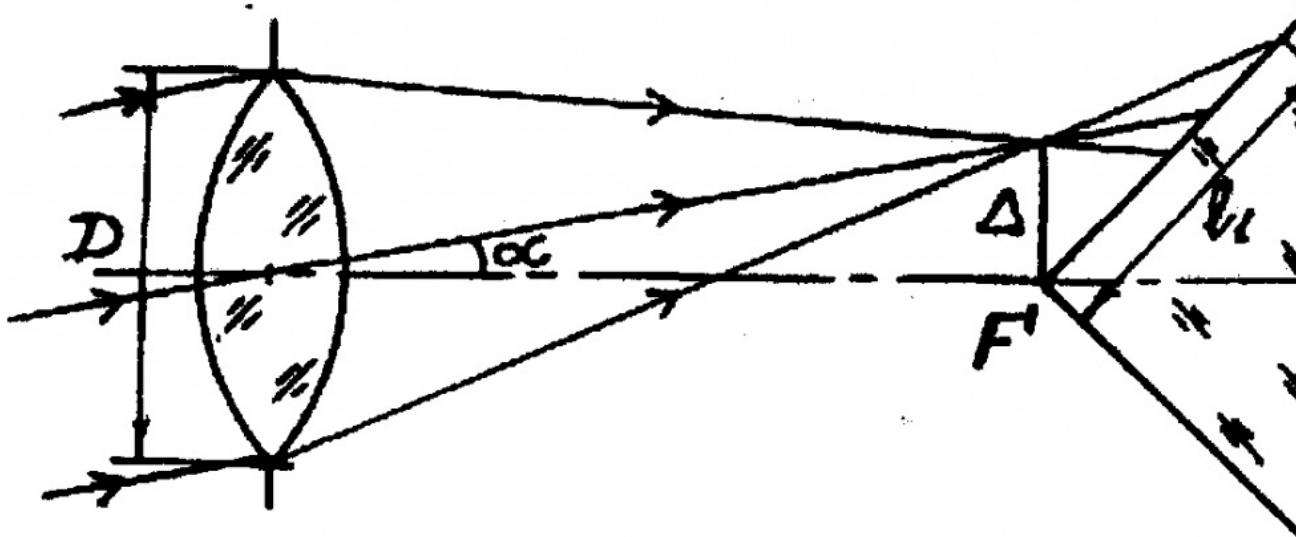


Рис. 2.2. Схема к расчету световых размеров анализатора:

D – диаметр входного зрачка объектива; Δ – смещение изображение цели в фокальной плоскости объектива; l_1 – световой размер грани в плоскости сканирования.

Световой размер грани в плоскости, перпендикулярной плоскости сканирования, определяется как

$$l_2 = \frac{D \sin 45^\circ}{f' \sin(45^\circ - \alpha_{\max})} \cdot \Delta + 2 f' \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

где γ – угловое поле зрения системы в плоскости, перпендикулярной плоскости слежения.

Принимая $\gamma = \alpha_{\max}$, получим

$$l_2 \approx \frac{\alpha_{\max}}{\rho'} (D + f')$$

Полные размеры прямоугольной призмы - анализатора выбираются из конструктивных соображений.

Список литературы

1. Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1971. – 392 с.
2. Васильев Д.В., Митрофанов Б.А. и др. Проектирование и расчет следящих систем. – Л.: Судостроение, 1964.
3. Проектирование оптико-электронных приборов / Ю.Б. Парвулюсов, С.А. Родионов, В.П. Солдатов и др.; Под ред. Ю.Г. Якушенкова. – М.: Логос, 2004. – 487 с.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов. 3-е изд. / Под ред. В.А. Панова. – Л.: машиностроение, 1980. – 742 с.