

тов устанавливаются соленоиды, при подаче напряжения на которые, возникает магнитное поле, воздействующее на магнитное поле постоянных магнитов. Таким образом, меняя полярность напряжения подаваемого на соленоид, учитывая массу магнита, упругость мембраны и прочие факторы, можно добиться перемещений мембраны.

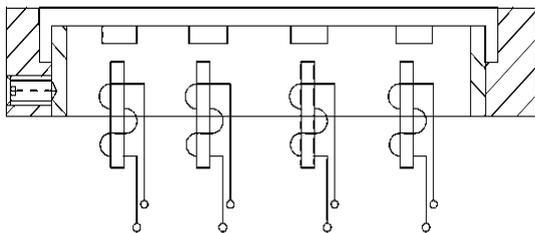


Рисунок 5 – Мембранное зеркало на основе магнитных полей

Выбор параметров соленоидов или других параметров осуществляют на основе формул, полученных из второго закона Ньютона и математического выражения силы Ампера.

$$F_A = (m_1 + m_2) \cdot \frac{2x}{t^2} + F_1 + F_2 + F_{\text{упр}};$$

где m_1 – масса участка деформируемой мембраны; m_2 – масса постоянного магнита, x – минимальное смещение центра толщины мембраны, t – время смещения центра толщины мембраны, F_1 – сила тяжести участка мембраны, F_2 – сила тяжести постоянного магнита, $F_{\text{упр}}$ –

сила упругости, с которой материал сопротивляется смещению.

$$F_A = \frac{I_c^2 \cdot w \cdot l_{\text{пр}}}{l_c} = B \cdot I_c \cdot l_{\text{пр}}$$

F_A – сила Ампера, с которой соленоид действует на проводник, помещенный в магнитное поле, I_c – сила тока в соленоиде, $l_{\text{пр}}$ – длина проводника, w – количество витков соленоида, l_c – длина соленоида, B – магнитная индукция.

В данном случае, магнитному полю постоянного магнита соответствует эквивалентное магнитное поле проводника с током, и соответствующая длина проводника.

На основании приведенных выражений можно рассчитать требуемые конструктивные параметры соленоида и уровень управляющего напряжения.

Большой выбор используемых явлений дает возможность выбора определенного метода искривления поверхности мембранного зеркала, в зависимости от требуемых характеристик и условий функционирования зеркала.

Литература

1. Е.В. Ермолаева, В.А. Зверев, А.А. Филатов. Адаптивная оптика / Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО. – 2012. – 297 с.
2. Патент РФ №2186412. Адаптивное зеркало. Панич А.Е., Житомирский Г.А. Заявл. 13.06.2001. Оpubл. 27.07.2002.

УДК 535.015, 535.422

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕЛЕСКОПА С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

Кожевников Д.А., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Направление основано на так называемом апертурном синтезе, при котором несколько телескопов меньшего размера, в дальнейшем именуемых модулями, формируют общее изображение. По качеству оно эквивалентно изображению, полученному обычным телескопом со «сплошной» оптикой поверхностью, апертура которого соответствует суммарной, синтезированной из апертур отдельных зеркальных модулей при условии согласованной фазы излучения и геометрического совмещения изображений, формируемых каждым модулем. Телескопы с Синтезированной Апертурой (ТСА) обладают многими преимуществами перед квазисплошными, что делает направление исследований перспективным для построения больших телескопов. Потребность телескопов больших апертур порядка 30–40 м особенно актуальна для приборов космического базирования, расположенных на геостационарной орбите (ГСО) высотой более

35 000 км и обеспечивающих разрешение на местности на уровне 10–30 см.

Однако вывод на орбиту таких систем представляется собой достаточно трудную задачу, что и обуславливает перспективность исследования систем с апертурным синтезом. Обозначим главные достоинства таких систем:

1. ТСА представляет собой компактную конструкцию, габаритные размеры которой определяются длиной модуля и относительным отверстием главного зеркала. Таким образом, при равных условиях, длина модуля, может быть во столько раз меньше длины сплошного телескопа, во сколько раз диаметр модуля меньше диаметра синтезированной апертуры. Кроме того, известно, что масса, как и стоимость изготовления оптических компонентов при одинаковой конструкции и требованиях к точности, пропорциональна кубическому диаметру, что также обуславливает хорошие экономические показатели ТСА.

2. К оптическим компонентам модулей предъявляются менее жёсткие требования по сравнению с аналогичными сегментами квазисплошных зеркал. В частности отпадает необходимость в применении внеосевых асферических компонентов, которые как правило являются обязательными для сегментов главного зеркала. Не требуется с большой степенью точности выдерживать равенство радиусов кривизны зеркал модулей в процессе изготовления, поскольку необходимую подгонку фокусных расстояний модулей можно легко осуществить в процессе их юстировки.

3. Конструкция ТСА позволяет изготавливать и юстировать отдельные модули независимо друг от друга и даже использовать их как самостоятельные телескопы, затем собирать ТСА из готовых модулей, постепенно наращивая их количество, что особенно важно для космических телескопов.

4. Подвижные элементы, осуществляющие совмещение и фазирование изображений в процессе работы, имеют значительно меньшие габариты, массу и момент инерции, чем элементы сегментированного главного зеркала.

Выбор количества модулей производится в соответствии с несколькими критериями:

- оптимальный коэффициент заполнения апертуры отдельными элементами (увеличение количества модулей ведет к уменьшению апертуры каждого из них);
- обеспечение технологичности производства, сборки и юстировки;
- обеспечение надежности работы;
- наилучшие экономические показатели.

Выбор конечного решения всегда является компромиссным, так как влияние количества модулей на систему неоднозначно.

Одним из самых существенных требований к модулям является обеспечение равенства масштаба формируемых изображений, для достижения которого модули должны удовлетворять условию:

$$f'_1 = f'_j = \dots = f'_N$$

где f'_1 – фокусное расстояние 1-го модуля, f'_j – фокусное расстояние j-го модуля, f'_N – фокусное расстояние N-го модуля, N – число модулей (рисунок 1).

Важно также отметить, что собирающая свет поверхность входного зрачка системы из N модулей эквивалентна сплошной поверхности главного зеркала классического телескопа, диаметр D_3 которого определяется формулой вида:

$$D_3 = \sqrt{\frac{1}{1 - \rho_j^2} \sum_{j=1}^N (1 - \rho_j^2) D_j^2}$$

где D_j – диаметр входного зрачка телескопического модуля j; ρ – коэффициент центрального экранирования.

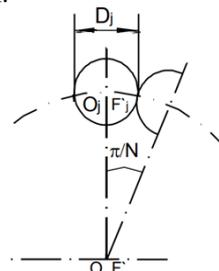


Рисунок 1 – Схема размещения модулей по окружности

Увеличение числа модулей позитивно влияет на предельную функцию передачи модуляции (ФПМ) системы, однако с увеличением числа N снижается максимально допустимая апертура отдельного модуля. Так, например, при диаметре описанной окружности 3 м, круглой форме входных зрачков и оптимальном варианте заполнения площади рассматриваемой поверхности, получим следующие соотношения активных площадей (таблица 3.1) В качестве допущения – промежутки между соседними модулями не учитываем, поскольку их влияние на качество изображения будет не существенным.

Таблица 1 – Зависимость активной площади апертуры от количества модулей

Количество модулей, N	Площадь входного зрачка, м ²
5	4,843465
6	4,712388
7	4,481468

Анализ данных в таблице 1, показывает, что увеличение числа зеркальных модулей приводит к уменьшению площади входного зрачка системы по нелинейной зависимости.

Параметр технологичности в рассматриваемом случае двойственен: при увеличении числа модулей размеры и масса каждого отдельного элемента уменьшаются, что позволяет использовать более простые и надежные конструкции, однако вместе с тем значительно усложняется процесс их юстировки.

Вторым моментом является увеличенный разброс значений оптических (геометрических) параметров, что объясняется невозможностью технологически обеспечить 100 % повторяемость формы обрабатываемых отражающих оптических поверхностей для составных элементов.

Большее число модулей в конструкции в целом также способствует повышению надежности: выход из строя одного из модулей будет оказывать меньшее влияние на качество формируемого изображения, однако при этом общая вероятность поломки аппарата повышается.

Однозначно количество модулей влияет на экономичность – увеличение количества модулей снижает их стоимость.

По результатам исследований оптимальным числом модулей синтезируемой апертуры является $N = 6$ (рисунок 2), гексагональное расположение дает удовлетворительный коэффициент заполнения апертуры, позволяет добиться малого допуска на разбежку фокусных расстояний.

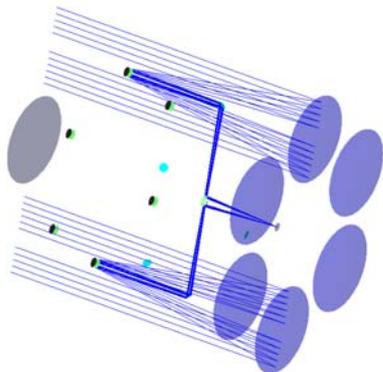


Рисунок 2 – Ход лучей в ТСА

Таким образом, были определены ключевые параметры ТСА, а также разработана оптическая схема ТСА состоящего из шести модулей, каждый из которых построен по схеме Кассегрена. Определены конструктивные параметры базового объектива ($f = 13000$ мм, $D = 800$ мм, $\omega = 0,25^\circ$) и всего телескопа, отдаление оси модуля от оси ТСА составляет $Y_{pos} = 1,2$ м.

Литература

1. Ермолаева Е.В., Зверев В.А., Филатов А.А. Адаптивная оптика. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 297 с.
2. Демин А.В. Математическая модель процесса анализирования композитных зеркал // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – СПб: НИУ ИТМО, 2015. – Т. 58, № 11. – С. 901–906.
3. Родионов С.А., Корепанов В.С., Еськов Д.Н. Бонштетт Б.Э. Проблемы апертурного синтеза. // Оптический журнал, № 10, 1995. – С. 17–25.

УДК 617.57-77

СЕРВОПРИВОД ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПАЛЬЦЕВ БИОНИЧЕСКОЙ РУКИ

Соснина Л.А., Вяжевич Г.И., Кузнецов А.В. Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Целью работы является проектирование электронной и механической части сервопривода непрерывного вращения для управления сжатием пяти механических пальцев «бионического протеза» руки.

В настоящее время широко используются «бионические» протезы, которые способны на большую часть повседневных действий. Все механизмы данного типа конструируются по одинаковому принципу управления электроникой и биотоками, то есть использования миографии или энцефалограммы. Самым весомым недостатком конструкций данного типа является цена. Кроме этого, обратная связь, позволяющая владельцу протеза получать информацию о качествах объекта, к которому он прикасается устройством в большинстве продуктов представленных на рынке слабо разработана, либо полностью отсутствует, т. е. требуется хирургическое вмешательство (вживление датчиков) в организм.

В результате изучения имеющихся недостатков, а также при условии отсутствия отечественных аналогов в Республике Беларусь было принято решение о создании белорусского конкурента на рынке искусственных рук, отвечающего основным критериям спроса белорусских потребителей.

Для белорусского потребителя доступны механические и косметические протезы. На рынке СНГ нашим основным конкурентом является компания «Моторика». Такие крупные компании как i-Limb, Touch Bionics (Шотландия), Titan Deutschland GmbH HOSSUR (Исландия), BeBionic

не представлены, приобрести их продукцию можно только за рубежом.

В результате изучения имеющихся недостатков, а также при условии отсутствия современных отечественных аналогов в Республике Беларусь было принято решение о создании белорусского конкурента на рынке искусственных рук, отвечающего основным критериям спроса белорусских потребителей.

Актуальность разработки обусловлена отсутствием сервоприводов, которые обладают малыми размерами, высокой надёжностью и долговечностью. Также имеется ряд технических ограничений, которым не удовлетворяют имеющиеся в свободном доступе устройства, а именно:

- возможность получения управления, отличающегося высокой точностью и стабильным функционированием;
- широкий диапазон контроля скорости и ускорения;
- высокий уровень устойчивости к помехам;

Кроме того, устройство обладает двумя особенностями:

- способностью увеличивать вращающий момент;
- обеспечивать бесконтактную обратную связь.

Исходя из вышесказанного, был разработана собственная конструкция сервопривода, которая соответствует приведённым требованиям.

Сам сервопривод является связующим звеном между электронной схемой протеза (модулем регистрации мышечной активности и модулем управления) и его механической частью (паль-