

# ПОЗИЦИОНИРАЩИ СИСТЕМИ ЗА ЪГЛОВА ОРИЕНТАЦИЯ

маг. инж. Добри Комарски

*Позициониращите системи за ъглова ориентация намират приложение в почти всички сфери на фината механика, като се използват най-вече за ориентиране и позициониране с висока точност на детайли и модули от механични системи, за осигуряване на постоянна ос на ротация и за измерване на ъглови отклонения. В настоящият доклад са разгледани различните видове позициониращи модули за ъглова ориентация и са анализирани техните особености.*

## POSITIONING SYSTEMS FOR ANGULAR ORIENTATION

eng. Dobri Komarski, MS

*Positioning systems for angular orientation are used in almost all spheres of precision mechanics, using mostly for orientation and positioning with high precision of components and assemblies of mechanical systems to provide a constant axis of rotation and angular measurements. This report represents different types of positioning stages for angular orientation and their characteristics are analyzed.*

### 1. Въведение<sup>1</sup>

Позициониращите системи за ъглова ориентация намират широко приложение при пространственото ориентиране на детайли, системи, оптични елементи и лазери, при производството на полупроводникови елементи, при извършването на рентгеноструктурни анализи, при измерване на ротационно-симетрични детайли, при изследвания на материалите в т.ч. и в криогенната област, както и в редица други области на прецизната техника.

### 2. Видове ъглово позициониращи модули в прецизната техника

---

<sup>1</sup> Доклада е финансиран от вътрешния конкурс на ТУ-София- Дог. №112пд043/2011

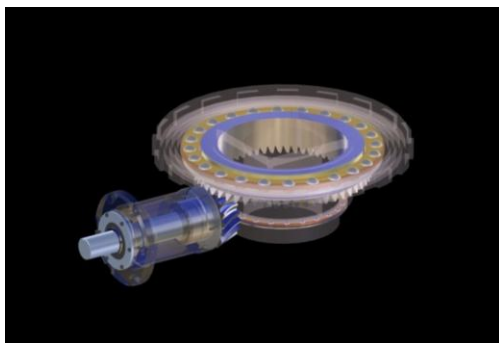
В редица области на научните изследвания и високотехнологичните производства (напр. микроелектрониката, микромеханични елементи, оптична техника и др.) се налага ъглово ориентиране или позициониране с висока точност на даден компонент или система. Основните признаци по които се делят ротационните модули са разположението на оста на ротация; функционално предназначение; типа на използваните направляващи; вида на задвижване.

### **2.1. В зависимост от разположението на оста на ротация**

Съществуват две основни групи ротационни модули в зависимост от разположението на оста на ротация: с ос, преминаваща през модула и с ос, изнесена спрямо повърхнината, в която се разполага обекта – гониометрични модули.

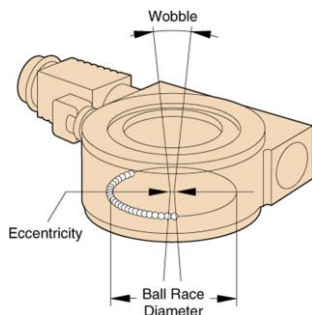
*Ротационните модули*, от първият тип, извършват прецизно ротационно движение около ос, която най-често съвпада с механичната ос на модула. Те осигуряват постоянство на оста на ротация, но в някои случаи, в зависимост от вида на направляващите имат ограничен ъгъл на отклонение. Те са намерили широко приложение в оптичните уреди (микроскопи, гониометри), като част от научноизследователски системи, а в машиностроенето като позициониращи системи и модули. На фиг. 1 е показана типична реализация на позициониращ ротационен модул с възможност за ротация на  $360^\circ$ .

Основните параметри, от които се влияят експлоатационните качества на този тип ротационни системи са: точност; повторяемост; грешка от обратен ход; разделителна способност; чувствителност; неплавност; непостоянство на оста на ротация; ъглови отклонения (в направления, различни от направлението на оста на ротация, транслационни отклонения спрямо ос, различна от оста на ротация).



Фиг.1. Ротационен позициониращ модул

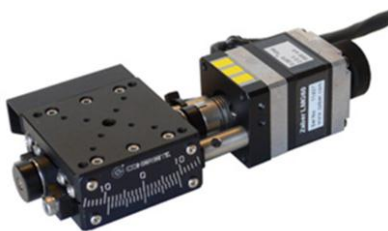
Грешките, които възникват при позициониране, са предизвикани както от задвижващите елементи, така и от направляващите. Специфичен проблем при реализацията на модулите е несъосността на направляващите, в следствие на което възниква ексцентрицитет и грешка в ориентацията на оста на ротация, както и ъгловото ѝ изместване (фиг.2).



Фиг. 2. Схема на грешките в ротационните механизми

**Гониометричните модули** осигуряват ъглово позициониране и ориентиране с висока точност на различни обекти около оси, разположени на разстояние над носещата платформа (фиг.3).

Обхватът им е значително по-малък (от  $\pm 3^\circ$  до  $\pm 30^\circ$ ) от обхвата на ротационните модули ( $360^\circ$ ), но за сметка на това предлагат максимално свободно пространство около ротиращите елементи и възможност за реализиране на компактни конструкции. Този тип позициониращи системи могат да бъдат използвани както за провеждането на научни изследвания, така и като част от оптичната и лазерната техника; при рентгеноструктурни анализи; за контрол на полупроводникови елементи и др.



Фиг.3. Гониометричен модул

Най-важният точностен параметър на гониометричните позициониращи системи освен точността и разделителната способност е изменението на положението на оста на ротация. Неговото изменение основно е в следствие на отклонения на размерите, формата и разположението на направляващите елементи.

## **2.2. В зависимост от функционалното им предназначение**

В зависимост от функционалното им предназначение ротационните модули, използвани в прецизната техника и уредостроенето, се разделят на две основни групи: модули, осигуряващи точно ъглово позициониране и модули, осигуряващи постоянно положение на оста на ротация с определена точност.

*Модулите, осигуряващи точно ъглово позициониране* намират приложение като позициониращи маси в различни оптични и механични системи, при които се изисква точно ъглово ориентиране на елементи от системата или обекти за изследване. От този тип са повечето ротационни и гониометрични модули, използвани в прецизната техника. Такива ротационни механизми са представените на фиг.1 и 8. Основните изисквания към тях са малко изменение на положението на оста на ротация (в рамките на няколко микрометра) и висока точност на ъглово позициониране, като в зависимост от схемата на реализация и използваните направляващи може да се постигне точност от порядъка на msec.

*Модулите, осигуряващи постоянно положение на оста на ротация* се използват, когато е необходима ротация около постоянна ос без необходимост от точно позициониране на определен ъгъл. Изискванията, към тях се свеждат основно до постигане на много точна и постоянна ос на ротация в сравнение с позициониращите модули.



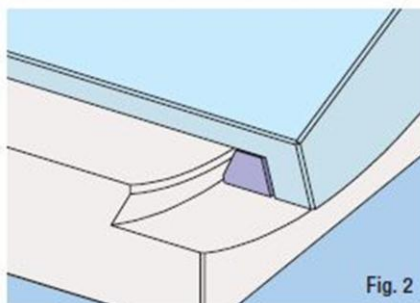
Фиг. 4 Кръгломер

Използват се предимно в уредите за измерване на отклоненията на формата на ротационно-симетрични детайли, като представения на фиг.4 кръгломер, чиято ос на ротация е базирана на аеростатични направляващи.

### 2.3. В зависимост от използваните направляващи

Направляващите, използвани при този вид позициониращи системи [4] са най-различни, но най-широко приложение са намерили направляващите с триене при плъзгане, с триене при търкаляне, аеростатичните и еластичните направляващи.

**Модули с направляващи с триене при плъзгане.** От този вид най-често използваните при ъгловите позициониращи системи са направляващите тип лястовича опашка (фиг.5). При тях триещият момент се свежда до триене при плъзгане. Същественото при тях е необходимостта от настройка с цел обирание на хлабините. Намират приложение най-вече в системи с по-голяма товароносимост и по-ниска разделителна способност.



Фиг. 5. Плъзгащи направляващи

В **модулите с аеростатични направляващи** възникват значително по-малки сили на триене при движение. При прекратяване на подаването на въздух под налягане те обезпечават надеждното фиксиране на подвижния орган на машината, като същевременно отпада необходимостта от циркуляционна система за подаване на флуид. Въздушният филм осреднява грешката от изработка /отклонението от цилиндричност/ на водещите повърхнини на направляващите от 10 до 15 пъти.

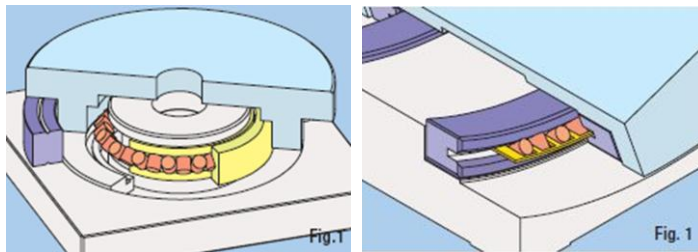
Като недостатък на този тип направляващи трябва да се отбележи склонността им към автоколебания, малката товароносимост и сравнително ниска надеждност в сравнение с другите видове направляващи.



Фиг. 6. Ротационен модул с аеростатични направляващи

Областта на приложение на аеростатичните направляващи е при точно позициониране на слабо натоварени изпълнителни органи на машини и при високи изисквания по отношение на праволинейност на преместване или движения с високи скорости.

**Модулите с търкалящи направляващи** се характеризират с малки сили на триене и износване на работните повърхнини, благодарение на наличието на търкалящи се тела между подвижната и неподвижна повърхнини. При добра защита от попадане на замърсители те осигуряват достатъчно висока дълготрайност, висока контактна стабилност (особено ролковите направляващи). Типичен представител на търкалящите направляващи използвани най-често в прецизните системи за ъглово позициониране са кръстосаните ролки (фиг. 7).



Фиг.7. Ротационен и гониометричен модул с търкалящи направляващи

В този тип лагерни направляващи, ролките са ориентирани в алтернативна посока, т.е. изместени са една спрямо друга на  $90^\circ$ . Подредени по този начин (т.е. кръстосани) ролките позволяват действия при всякакви възможни ъгли. Недостатък на този тип направляващи е сравнително високата дисперсия на силите на триене, възникващи от

случайни грешки в геометрията на контактните повърхнини на направляващите. Те са намерили приложение в прецизни машини и механизми при които изискванията за точност на позициониране са по-високи.

При *модулите с еластични направляващи* единственото възникващо триене в направляващите е вътрешномолекулярното [3]. Поради отсъствието на външно триене няма износване на материала, увеличава се живота им и намаляват възникващите грешки вследствие силите на триене.



Фиг. 8. Гониометричен модул с еластични направляващи

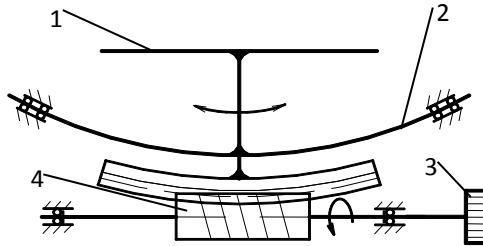
Поради това този тип модули имат висока разделителна способност и точност на позициониране и намират приложение в нанотехнологичните процеси.

Като основни техни предимства могат да се посочат: отсъствието на смазочни материали (позволява да работят в замърсени помещения); практически липсват ограничения по отношение на скорост и честота. Основен техен недостатък е ограниченият им ход.

#### **2.4. В зависимост от вида на задвижване**

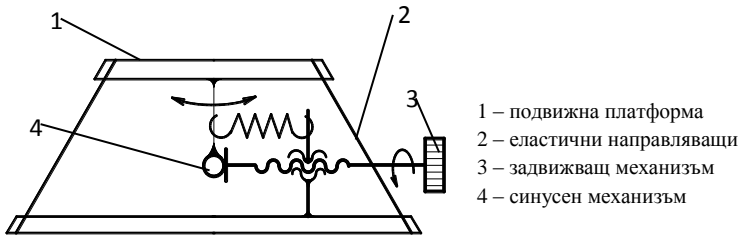
Съществуват различни схемни и конструктивни решения [1,3] на задвижванията и предавателните механизми на гониометричните и ротационни модули.

Най-разпространена схема на системите за ъглова ориентация е схемата, използваща червячна предавка (фиг.9), при която ротиращата платформа 1, се завърта посредством червяка 4 и червячния зъбен гребен 3. Тези предавателни механизми са с постоянно предавателно отношение, като проблем при тях се явява премахването на мъртвия ход и спазването на точностните изисквания по отношение на разположение на отделните елементи.



Фиг.9. Гониометричен позиционер с търкалящи направляващи и червячна предавка

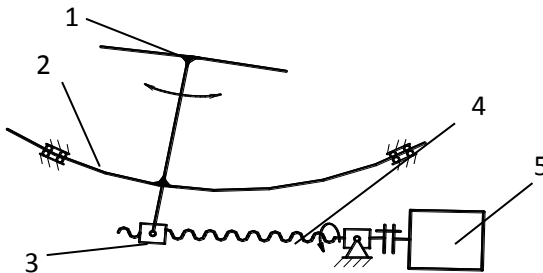
В някои конструкции [3], задвижването е чрез винто-гаечна предавка 4 и кулисен предавателен механизъм фиг.11, или като показаните на фиг.12, със синусов и тангенсов механизми.



- 1 – подвижна платформа
- 2 – еластични направляващи
- 3 – задвижващ механизъм
- 4 – синусен механизъм

Фиг.10. Гониометричен позиционер с еластични шарнири

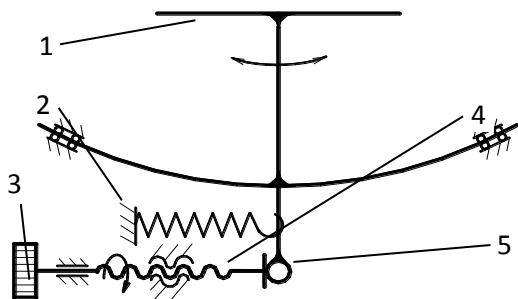
Съществено влияние върху положението на моментната ос на ротация на подвижната платформа 1 (фиг. 10) на модулите с плъзгачи или търкалящи направляващи оказват отклоненията на размерите, формата и разположението на направляващите елементи 2.



Фиг.11 Задвижване с кулисен механизъм



При гониометричните модули, използващи за реализиране на ротационно движение четириизвенни механизми с еластични шарнири (фиг.11), изменението на положението на оста на ротация се обуславя, както теоретично от самия характер на механизма, така и от отклоненията в геометрията, неточностите при монтажа и физичните свойства на материала на еластичните елементи 2.



Фиг.2.12 Задвижване със синусов механизъм

Съществуват и различни други схемни решения на конструкции със стъпкови мотори вместо винтогачни предавки и електронно отчитане на преместването, с директно задвижване на ротиращата платформа от двигател и т.н.

### 3. Заключение

Изборът на схема за реализиране на система за ъглово позициониране зависи от изискванията, обхвата и точността, които трябва да бъдат постигнати, като точността на механизма на системата най-силно се влияе от изменението на положението на оста на ротация. От своя страна изменението на положението на оста на ротация най-силно зависи от вида на направляващите.

### 4. Използвана литература

- [1] Дяков Д. Апостолов Е. Йотов Х., Йотов Л. – Гониометричен модул с еластично компенсиращо звено.
- [2] Дяков Д. Калиманова И. - Определяне положението на оста на ротация на гониометрични позиционери.
- [3] A. Slocum. Precision machine design, Dear-born, Michigan, 1992, ISBN0-87263-492-2.

**Добри Пенев Комарски**, маг. инж., докторант към кат. „Прецизна техника и уредостроене“, Машиностроителен Факултет при ТУ-София;