

## **Системы двухкоординатного позиционирования для лазерных технологий.**

*Макаров М.Д. Студент магистрант. Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия, mmd-93@yandex.ru*

*Московой В.С. Студент магистрант. Донской государственный технический университет,  
г. Ростов-на-Дону, Россия, m2992\_val@gmail.com*

*Makarov M.D. Student-master don state technical University.*

*Moskovoy V.S. Student-master don state technical University.*

**Аннотация.** В статье рассматриваются аналитический обзор систем двухкоординатного позиционирования, сравнение разных типов передач, способ управления систем с обратной связью и без обратной связи. Задача статьи заключается в раскрытии состояния вопроса в этом динамично развивающемся направлении. Материал изложен доступно. Для детального знакомства с этими способами сделаны подробные ссылки.

**Ключевые слова:** системы двухкоординатного позиционирования.

**Abstract.** The article deals with the analytical review of two-place positioning systems, with comparison of different types of gears and the way of using feedback system and non-feedback one. The object of the article is to make clear the condition of this dynamically developing sector. The material is presented rather accessible. There are detailed references for further acquaintance with these methods.

**Key words:** two-place positioning systems.

### **Введение:**

На сегодняшний день позиционирование является неотъемлемой частью современного производства. Практически любой объект автоматизации (лазерная головка, фрезерный станок, рука робота, или 3D принтер) является манипулятором в n-мерном пространстве. Весьма часто объекты и инструменты перемещают не по одной, а сразу по нескольким осям. Во многих сферах производства возникает необходимость осуществлять точное и плавное движение. При этом не требуется иметь огромный станок с многотонной и невероятно жёсткой станиной, например, при реализации лазерных и плазменных технологий, т.к. на рабочий орган и деталь не действуют значительные силы.

Существует много решений по способам двухкоординатного позиционирования. Рассмотрим некоторые из них. [1].

## 1. Виды систем двухкоординатного позиционирования.

Для перемещения в плоскости лазерных установок незначительной массы может быть рекомендована компактная система прецизионного двухкоординатного позиционирования. Примером такой системы можно считать систему, состоящую из двух линейных приводов.

Электромеханический линейный привод – устройство, использующие электрическую энергию для организации линейного перемещения. Наиболее распространены электромеханические приводы, преобразующие вращательное движение вала электродвигателя в поступательное движение каретки. Некоторые из типов линейных приводов показаны на рисунке 1,2.

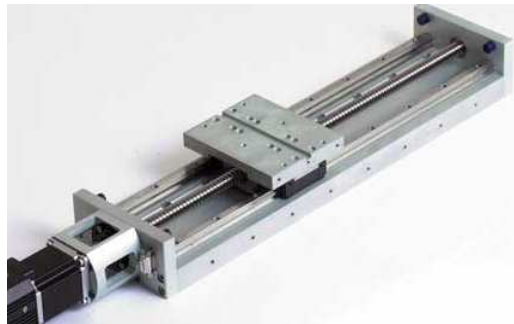


Рисунок 1 – винтовая передача линейного перемещения.

Важными компонентами, обеспечивающими возможность плавного движения перемещаемого тела, сохраняя его положения в заданной плоскости, являются рельсовые направляющие (рис. 2). Конструкция направляющих определяет допустимую массу перемещаемого тела, а также максимальный момент вращения, который может быть приложен к каретке привода.

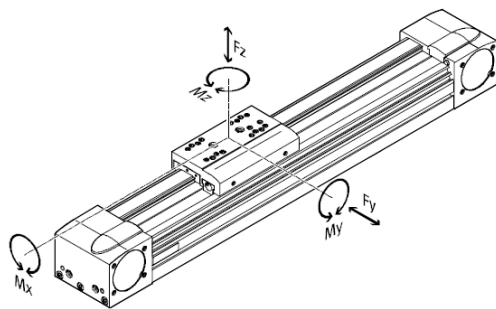


Рисунок 2 – привод с зубчатым ремнем с шариковой направляющей.

Часто портальные системы состоят из трех линейных приводов. Два привода закрепляют в одной плоскости на координатном столе (ось X). К кареткам этих приводов прикрепляется поперечный привод – портальная балка (ось Y). Для синхронизации кареток по оси X применяют вал, соединяющий приводные валы линейных приводов. Такая конструкция применима для приводов с зубчатым ремнем. Для таких же установок есть и готовые, но дорогие системы.



Рисунок 3 – система двухкоординатного позиционирования.

Для двухкоординатного позиционирования массивных лазерных установок используют координатный стол с массивной рамой или станиной. К станине прикрепляются специальные приводы, которые обеспечивают перемещение рабочего механизма, а также рабочая решетка для расположения обрабатываемой детали. Чтобы данная деталь не «гуляла», ее фиксируют при помощи прижима – вакуумного или механического.

Пример координатного стола показан на рисунке 5: установка обеспечивающая перемещение массивной головки лазера по трём декартовым координатам.



Рисунок 4 - лазерный станок с портальной трехкоординатной системой позиционирования.

Использование средств компьютерного управления и подготовки управляющих программ позволяет практически полностью автоматизировать процесс производства. [1,2,3].

## **2. Типы передач для систем двухкоординатного позиционирования.**

Выбор конкретного привода очень важен для правильной работы всей двухкоординатной системы, для возможности решить поставленные задачи, ведь именно от этого зависит скорость, максимальная нагрузка и точность, а также плавность работы системы.

Рассмотрим подробнее преимущества и недостатки каждого типа.

Рейка-шестерня - один из видов механических передач, преобразующий поступательное движение во вращательное. Она состоит из ведущей шестерёнки и зубчатой рейки, по которым она перемещается.

Основные достоинства передачи рейка-шестерня:

1. Высокая скорость перемещения рабочего органа;
2. Высокий КПД (до 0,97...0,98);
3. Постоянство передаточного числа (отсутствие проскальзывания);
4. Простота конструкции;
5. Возможность стыковки для получения больших длин, при этом максимальная длина практически не ограничена;
6. Точность перемещений при использовании шлифованных шестерен и зубчатых реек.

К недостаткам передачи рейка-шестерня можно отнести:

1. Шум при высоких скоростях;
2. Невозможность бесступенчатого изменения передаточного числа;
3. Необходимость высокой точности изготовления и монтажа;
4. Незащищенность от перегрузок;
5. Наличие вибраций, которые возникают в результате неточного изготовления и неточной сборки передач.



Рисунок 5 - передача рейка – шестерня с редуктором.

ШВП обладает всеми основными техническими преимуществами передачи винт-гайка скольжения, и при этом не имеет ее главных недостатков, таких как низкий КПД, повышенные потери на трение, быстрый износ.

Основные достоинства шарико-винтовой передачи:

1. Малые потери на трение;
2. Высокая нагрузочная способность при малых габаритах;
3. Размерное поступательное перемещение с высокой точностью;
4. Высокое быстродействие;
5. Плавный и бесшумный ход.

К недостаткам шарико-винтовой передачи можно отнести:

1. Сложность конструкции гайки;
2. Ограничение по длине винта (из-за накапливаемой погрешности);
3. Ограничение по скорости вращения винта (из-за вибрации);
4. Высокая стоимость (исполнения со шлифованным винтом).



Рисунок 6 - примеры шарико-винтовых передач.

В ременном приводе передача механической энергии осуществляется при помощи гибкого элемента — приводного ремня за счёт сил трения или сил зацепления (зубчатые ремни). Может иметь как постоянное, так и переменное передаточное число (вариатор).

Основные достоинства ременной передачи:

1. Плавность работы;
2. Бесшумность;
3. Компенсация перегрузок (за счет проскальзывания);
4. Компенсация неточности установки шкивов редуктора;
5. Сглаживание пульсаций, как от двигателя, так и от нагрузки, поэтому упругая муфта в приводе может быть необязательна;
7. Низкая стоимость;
8. Лёгкий монтаж;
9. Возможность работы на высоких окружных скоростях;
10. При выходе из строя не повреждаются прочие элементы конструкции.

К недостаткам ременной передачи можно отнести:

1. Большие размеры;
2. Малая несущая способность;
3. Скольжение (не относится к зубчатым ремням);
4. Малый срок службы. [4].

### 3. Двухкоординатная система без обратной связи.

Используя лазерные технологии, мы часто сталкиваемся с задачей циклической и последовательной очистки поверхности по зонам. В этом случае нет необходимости использовать дорогие контроллеры позиционирования. Систему двухкоординатного позиционирования можно разбить с помощью индуктивных датчиков на рабочие области, которые лазер будет обрабатывать последовательно. Так как исполнительному механизму не требуются большие ускорения, то при движении целесообразно использовать шаговые двигатели. ПЛК будет собирать информацию с датчиков и выдавать управляющие сигналы на используемые двигатели.

Управляя процессом с помощью ПЛК и получая сигналы управления от индуктивных датчиков, мы получаем довольно хорошее и не дорогое решение. На рис. 7 показана структурная схема такого решения.

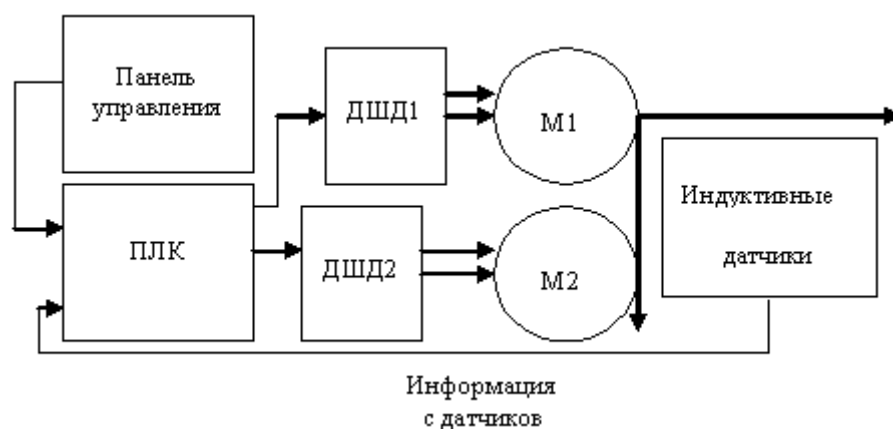


Рисунок 7 – структурная схема двухкоординатного позиционирования с помощью дискретных датчиков.

ПЛК позволяет в первую очередь организовать простой и интуитивно понятный интерфейс с оператором. Для отображения и задания режимов движения может использоваться встроенный Web-Интерфейс. Оператор на сайте задаёт необходимое число координат пути обхода манипулятора. Электроприводы обрабатывают движение по очереди, по одной и другой координате.

Разомкнутые приводы на основе шаговых двигателей – простое и дешевое решение. Но для шаговых двигателей характерно такое негативное явление, как пропуск шагов, которое может привести к возникновению брака. [5,6,].

#### **4. Двухкоординатные системы с обратной связью.**

Системы, использующие высокоточные лазерные технологии не редко требуют плавного и быстрого перемещения рабочего органа и абсолютной точности позиционирования.

Замкнутые приводы, охваченные отрицательной обратной связью по положению выходного звена исполнительного электродвигателя, называются следящими приводами (Сервоприводами). Они способны с высокой точностью воспроизводить движение подвижных элементов в двух или координатах на основании информации, содержащейся во входном воздействии, поступающем на привод из устройства компьютерного управления.

Примером замкнутой системы можно считать Н-портал фирмы «Festo». Это готовый к установке манипулятор, способный перемещать каретку в двух координатах. Позиционирование происходит по двум координатам сразу.

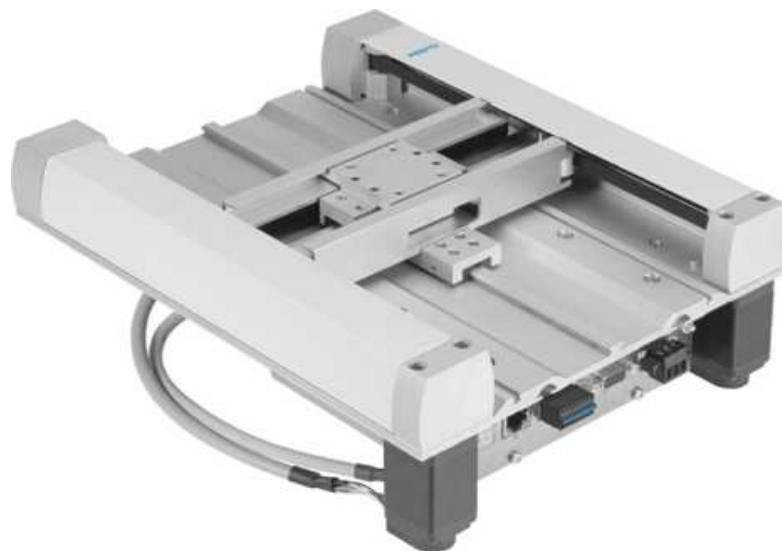


Рисунок 8 - EXCM-30 – нагрузочная способность 4 кг, шариковые направляющие.



Н-портал построен по принципу параллельной кинематики, т.е. к выходному звену подходит не одна, а несколько кинематических связей. В случае с Н-порталом данный принцип реализуется следующим образом: неподвижные двигатели передают крутящий момент на приводные шкивы, которые работают на один зубчатый ремень; зубчатый ремень проходит по периметру портала, огибая букву «Н» (отсюда и название Н-портал); с одной стороны ремень зафиксирован на каретке, а с другой проходит свободно. Таким образом, управляя взаимосвязано вращением двигателей можно получать свободное позиционирование в рамках рабочего поля (можно задавать позиции, направление перемещения, скорости, ускорения, а при наличии более интеллектуального контроллера и траектории движения). Уменьшение подвижной массы (на порталной балке нет двигателей и сопутствующих элементов), использование сразу двух двигателей для перемещения позволяет повысить динамику.

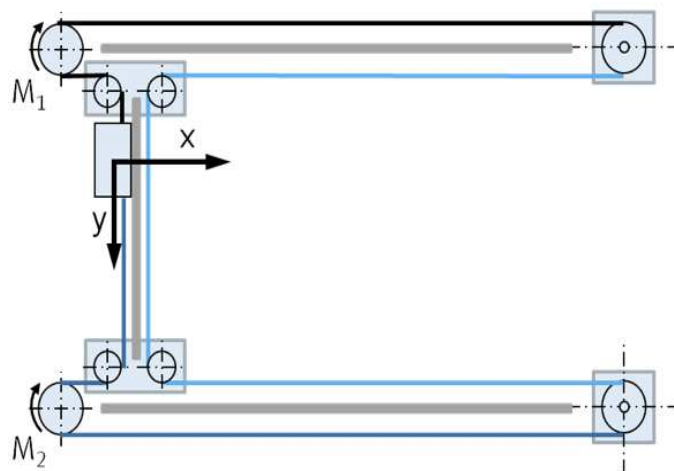


Рисунок 9 - принцип действия Н-портала. M1- двигатель 1, M2- двигатель 2.

	$\begin{matrix} \curvearrowright \\ M2 \\ + \end{matrix}$	●	$\begin{matrix} \curvearrowleft \\ M2- \end{matrix}$
$\begin{matrix} \curvearrowleft \\ M1- \end{matrix}$	→	↘	↓
●	↗	●	↙
$\begin{matrix} \curvearrowright \\ M1+ \end{matrix}$	↑	↖	←

Рисунок 10 – алгоритм перемещения каретки шаговыми двигателями.

Управление порталом осуществляется с помощью специализированного контроллера. ПЛК управляет сразу двумя шаговыми двигателями. Благодаря встроенным в двигатели энкодерам, датчикам тока и специальному алгоритму, удается управлять шаговыми двигателями так же, как серводвигателями. Данный контроллер имеет следующие функции: преобразование координат и линейной интерполяции, управление положением и скоростью. Можно осуществлять прямое управление позиционированием, а можно из таблицы позиций, которая находится прямо в памяти контроллера. Встроенные сетевые интерфейсы (Ethernet и CANopen) позволяют осуществлять удаленное управление и диагностику манипулятором. А наличие простого интерфейса управления позиционированием через логические входы/выходы позволяет интегрировать ЕХСМ даже в самые простые системы с управлением от любого ПЛК.

К главным достоинствам можно отнести:

- высокую точность и скорость позиционирования;
- плавность движения каретки;
- возможность осуществлять удаленное управление и диагностику, управлять манипулятором по заданному алгоритму из таблицы, которая находится в памяти контроллера.

К недостаткам такой системы позиционирования относятся:

- высокая стоимость;
- недопустимость превышения определенных значений усилий, приложенных на исполнительный механизм;
- закрепление исполнительного механизма только определённой массы;
- выпуск портала только в нескольких размерах. [7].

Выводы: конструкция системы перемещения зависит от требуемой точности, массы перемещаемого объекта и необходимой скорости выхода в заданную точку. Все эти параметры определяют также тип электродвигателя. Точность позиционирования выше у приводов, применяющих принцип винт-гайка: такая передача позволяет получать большие усилия, однако динамика ограничена по сравнению с другими способами. Приводы с зубчатым ремнем имеют хорошие показатели по динамике и точность позиционирования порядка 0.1 мм. Привод рейка-шестерня характеризуется высоким КПД и постоянством передаточного числа (отсутствие проскальзывания). Для обеспечения устойчивости к нагрузкам и вращающим моментам применяются направляющие. Системы, для которых характерны такие требования, как высокие динамические характеристики, простота управления и переналадки оборудования, высокая, а иногда и абсолютная точность, используют замкнутую систему. Системы, работающие по определенным рабочим зонам, не требующие точности до десятых миллиметров, используют разомкнутую систему.

## Литература:

1. По материалам сайта uralelectro [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.uralelectro.ru/>
2. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке, Белорусская наука . 251 с.
3. Забелин А.М., Оришич А.М., Чирков А.М. Лазерные технологии машиностроения, Новосибирск. НГУ. 2004г. 142 с.
4. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин и основы конструирования. разное. Учеб. для студентов втузов/Под ред. В. А. Финогенова. - 6-е изд., перераб. - М.: Высш. шк. , 2000 Г. - 383 с.
5. По материалам сайта smc-pneumatik [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.smc-pneumatik.ru/>
6. По материалам сайта Omron [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://industrial.omron.ru/>
7. По материалам сайта Festo[Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.festo.com/>

Авторы выражают благодарность своему научному руководителю, к.т.н., доценту, зав. кафедрой АПП ДГТУ Лукьянову А.Д. за помощь в проведении исследований.

