

Vorlesung 3

3. Die Kinematik der Industrieroboter

Schlagwörter:

Das Glied des Mechanismus, das Standglied, das Elementenpaar, das Strukturbild des Mechanismus, der Freiheitsgrad, die Klasse des Elementenpaares, der Servicegrad, das Koordinatensystem.

3.1 Die allgemeine Charakteristik

Der Manipulator ist ein vielgliedriges Mechanismus mit dem offenen kinematischen Kreis. Das erste Glied (das Standglied) ist der Träger des Roboters und das letzte hat das Werkzeug, das mit dem Manipulierungsobjekt in Wechselwirkung steht. Das Gliedersystem ist mit Hilfe von Drehpaaren oder Schubgelenken in die kinematische Kette verbunden.

Das Glied des Mechanismus ist der Einzelteil (oder die Gesamtheit der Einzelteile), der im Laufe der Bewegung steif bleibt und ändert eigene Größe und die Form nicht. Das feststehende Glied des Roboters ist das Standglied. Das Elementenpaar ist die Verbindung der zwei Glieder, die ihre relative Bewegung zuläßt.

Das Strukturbild des Mechanismus ist das graphische Darstellung des Mechanismus mit den Schaltzeichen der Glieder und der Elementenpaare (ohne Hinweis der Größe der Glieder). Die Schaltelemente sind in der Tabelle 3.1 aufgeführt.

Die Zusammenbauzeichnung des Manipulators ist auf der Abb. 3.1 aufgeführt. Die Gelenke sind von den Zahlen 0-5 und die Bewegungsrichtungen sind von den Zeigern I-III bezeichnet. Die Bewegungen der Spannbacken werden zu inneren angenommen, da die Lage des Werkzeuges und seine Orientierung nicht geändert werden. Bei der Betrachtung der Kinematik und Dynamik wird diese Bewegung nicht betrachtet. Das Strukturbild des Manipulators ist auf der Abb.3.2 aufgeführt.

3.2 Die Arten der Elementenpaare

Die Lage des Körpers kann durch 6 unabhängigen Parametern bestimmt werden und zwar: durch 3 Koordinaten X, Y, Z und 3 Winkeln Eiler Ψ , φ , Θ die Systemkoordinaten. Die minimale Anzahl der Systemkoordinaten, die die Lage und die möglichen Einrichtungen der Körperbewegung bestimmen, werden als die **Freiheitszahl** oder der **Beweglichkeitsgrad** genannt.

Wird auf den Körper die Verbindung S von der Seite des anderen Körpers aufgelegt, so verringert sich auch die Freiheitszahl W [5,6,7]:

$$W=6-S.$$

Je nach der Zahl der Verbindungsbedingungen wird die Klasse des Elementenpaares bestimmt. Bei $S=1,2\dots5$ werden die elementenpaare erster ... fünfter Klasse erzeugt.

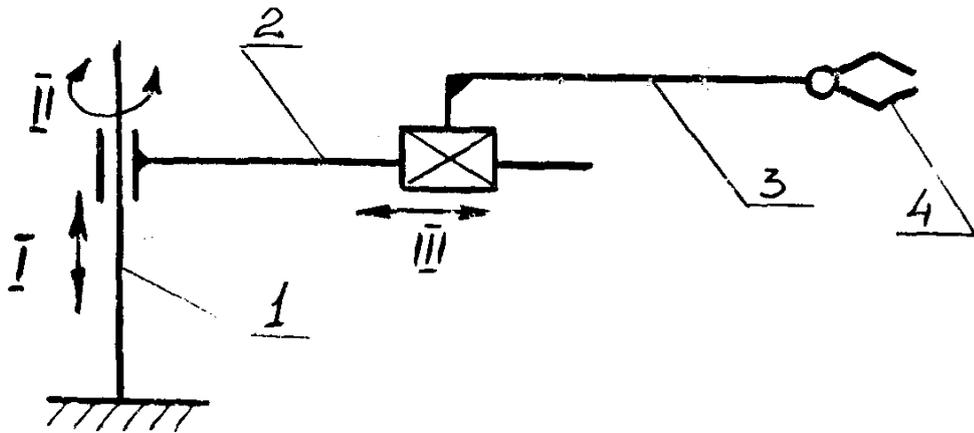


Abb. 3.1. Das Strukturbild des Roboters

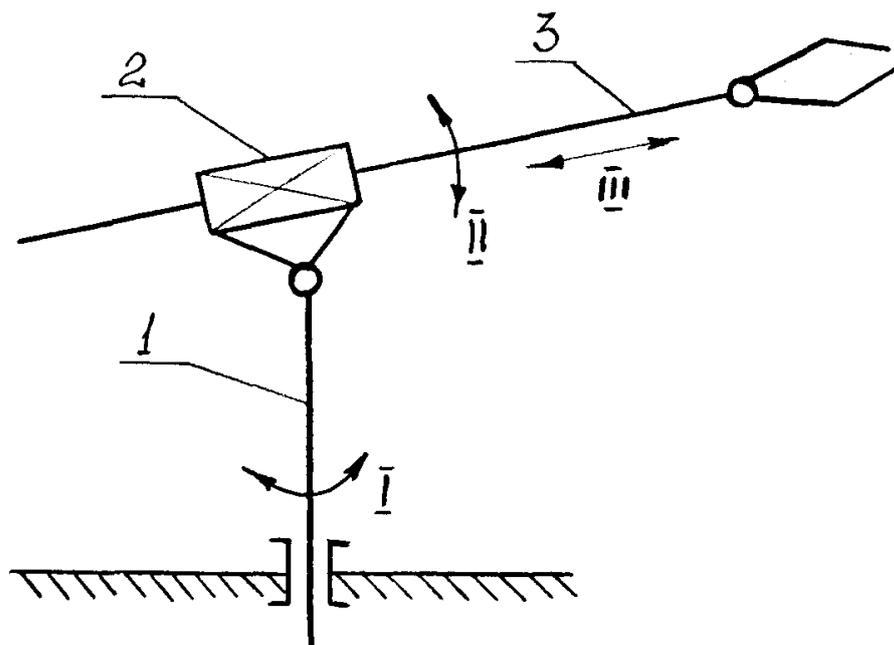
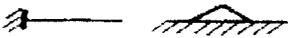
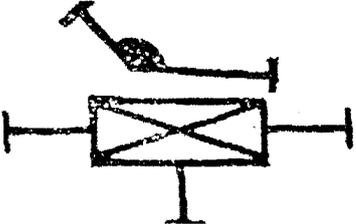
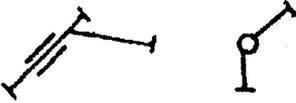
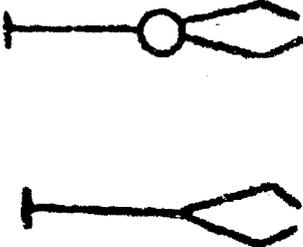


Abb. 3.2. Das Strukturbild des Manipulators

Tabelle 3.1. Die Symbolzeichen der Elemente der Strukturbilder und Getriebeschemen

Die Elemente	Der Entwurf	Die Charakteristik
Das Glied		
Das Standglied Steife Gliederverbindung		die Bewegung fehlt
Die bewegliche Verbindung mit der Versetzung der Parallelführung entlang		Hin- und hergehende Bewegung (das Schiebelenk der 5. Klasse)
Die bewegliche Schraubenverbindung		Hin- und hergehende Bewegung und mitgekoppelte Drehbewegung (das translatorische Drehpaar der 5. Klasse)
Die zylindrische Gliederverbindung		Hin- und hergehende Bewegung und die unabhängige Drehung um die Langenachse (das Drehschubgelenk der 4.Klasse)
Die flache gelenkige Gliederverbindung		Das Drehen um die Querachse herum (das Drehpaar der 5. Klasse)
Das Kugelgelenk mit dem Bolzen		Das Drehen um zwei Achsen herum (das Drehpaar der 4. Klasse)

Das Kugelgelenk		Das Drehen um drei Achsen herum (das Drehpaar der 3. Klasse)
Das Greifvorrichtung		<p>Die bewegliche Klemmeinrichtung (Spannmittel)</p> <p>Die feste Klemmeinrichtung (Spannmittel)</p>

In der Konstruktionen der Manipulatoren sind Paare der 5. Klasse verbreitet. Deshalb statt des Paares der hohen Klasse werden mehrere Paare der niedrigen Klasse verwendet.

Die Zahl der Beweglichkeitsgrade W findet man nach der Formel Somow-Malyschew:

$$W = 6n - (5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1), \quad (3.2)$$

Wo n - die Zahl der beweglichen Glieder ist.

$P_5 - P_1$ - ist die Zahl der kinematischen Paare (entsprechend der 5...1 Klasse).

Im Falle, wenn im Roboter die kinematischen Paare nur der 5. Klasse verwendet werden:

$$W = 6n - 5P_5, \quad (3.3)$$

Aber in den Mechanismen mit der offenen kinematischen Kette ist die Zahl der beweglichen Glieder immer der Zahl der kinematischen Paare gleich, d.h.

$$N = P_5 + 2P_4 + 3P_3 + 4P_2 + 5P_1, \quad (3.4)$$

$$W = 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + 5P_1 \quad (3.5)$$

Bei der Verwendung in den Robotern der Paare der 5. Klasse:

$$W = 5P_5 \quad (3.6)$$

Die Zahl der Bewegungsgrade des Manipulators bestimmt die technologischen Möglichkeiten des IR, seine Universalität, die Konstruktionskomplexität. Zum Beispiel, für die Bedingung des räumlichen Arbeitsbereiches soll der Manipulator nicht weniger als 3 Bewegungsgrade haben (Abb. 3.3). Bei 2 Stufen artet der räumliche Bereich in einen flachen aus.

Die Erhöhung der Zahl der Bewegungsgrade macht den Manipulator und sein Steuersystem komplizierter, aber auch verbessert seine technologischen Möglichkeiten und erhöht die Beweglichkeit (die Manövrierfähigkeit). Zum Beispiel, indem man das 4. überschüssige Bewegungsgrad zugibt, kann der Manipulator im Arbeitsbereich mit einem Hindernis arbeiten.

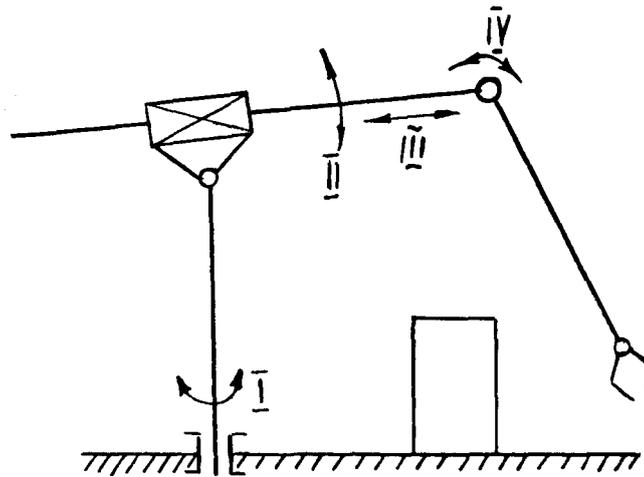


Abb. 3.3 das Strukturbild des Manipulators mit einem redundanten (überschüssigen) Bewegungsgrad.

Der Servicegrad ist eine wichtige Charakteristik des Manipulators. Er bestimmt die Zugriffsmöglichkeit des Werkzeuges zum Sollpunkt des Arbeitsbereiches von verschiedenen Richtungen.

3.3 Das Koordinatensystem der Roboter

Der Charakter der Bewegungsgrade des Manipulators bestimmt das Basissystem der Koordinaten, nach welchen die Roboterbewegungen programmiert und gesteuert werden.

Bei den 3 fortschreitenden transportablen Bewegungsgraden bekommt man das rechteckige Koordinatensystem. Die Form des Arbeitsbereiches ist das Parallelepiped (Abb. 3.4).

Bei zwei fortschreitenden und einem drehenden Bewegungsgrad hat das Basiskoordinatensystem die zylindrische Form, die Form des hohlen und unvollständigen Zylinder (Abb. 3.5).

Bei einem fortschreitenden und zwei drehenden Beweglichkeitsgraden bekommt man das spärliche Koordinatensystem in der Form eines Teiles der Hohlkugel (Abb. 3.6).

Bei 3 drehenden Beweglichkeitsgraden bekommt man das Winkel- oder das angulare spärliche Koordinatensystem (Abb.3.7).

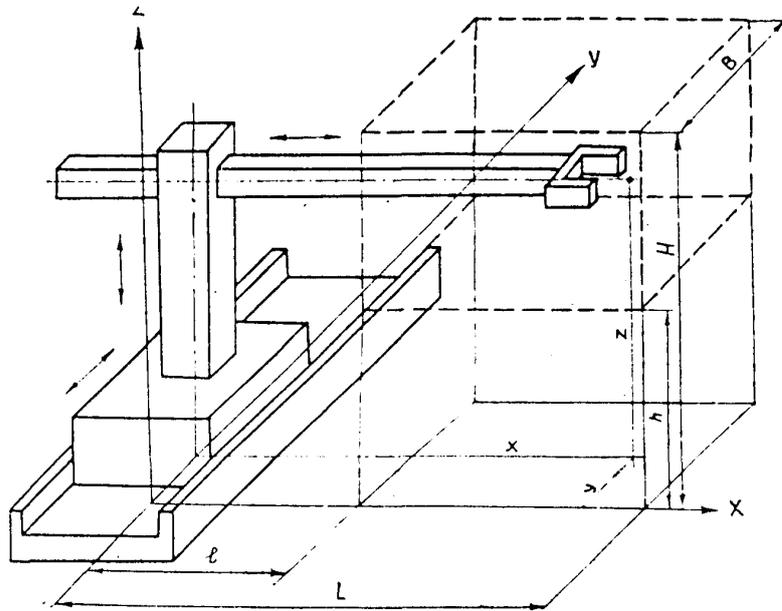


Abb. 3.4. Das rechteckige Koordinatensystem des Manipulators

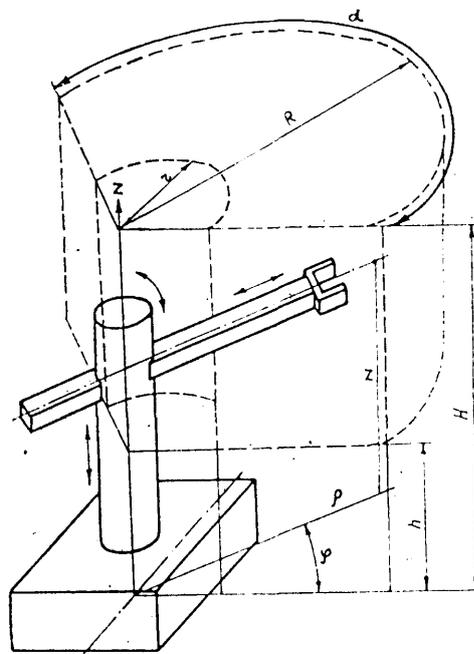


Abb. 3.5. Das zylindrische Basiskoordinatensystem des Manipulators

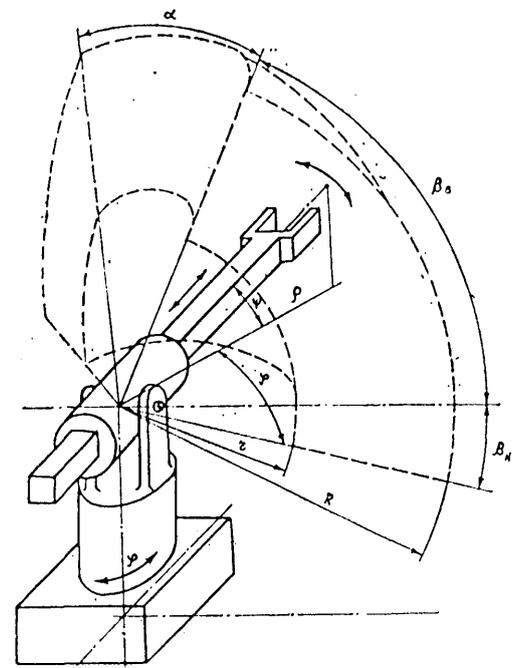


Abb.3.6. Das sphärische Basiskoordinatensystem des Manipulators

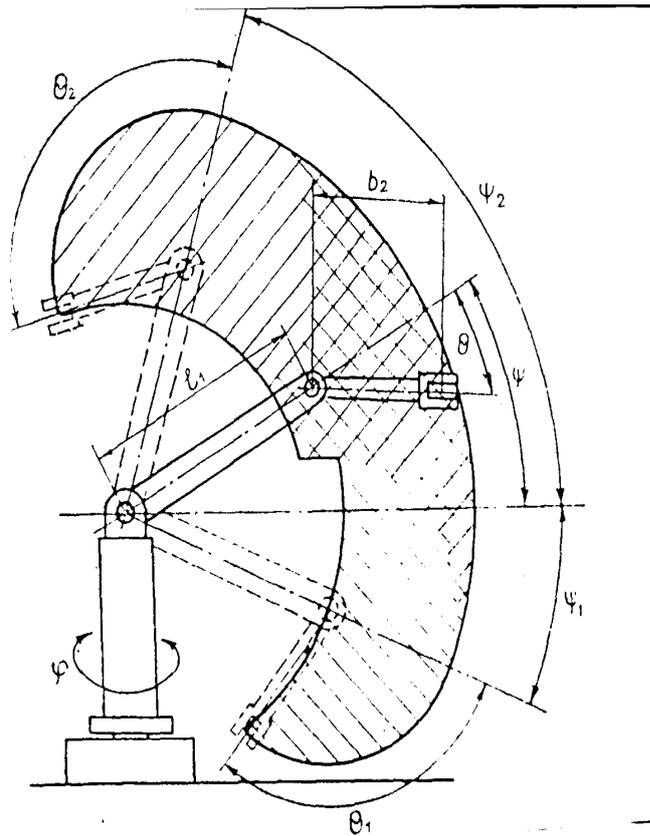


Abb. 3.7. Das kinematische Schema des Manipulators der sphärischen Anordnung

Wortschatz:

das Glied des Mechanismus	звено механизма
das feststehende Glied	неподвижное звено
das Elementenpaar	кинематическая пара
das Strukturbild	структурная схема
die Freiheitszahl	число степеней свободы
der Freiheitsgrad	степень свободы
der Beweglichkeitsgrad	степень подвижности
die Klasse des Elementenpaar	класс кинематической пары
der Servicegrad	коэффициент сервиса
das Koordinatensystem	система координат
das Drehpaar	вращательная пара
das Schubgelenk	поступательная (кинематическая) пара
das Schaltzeichen	графическое условное обозначение (в электрических схемах)
das Schaltelement	схемный элемент, элемент схемы

die Spannbacke	зажимная губка (тисков)
die Schraubenverbindung	винтовое соединение
	болтовое соединение
das Kugelgelenk	шаровой шарнир
der Bolzen	болт
die Universalität	универсальность
der Arbeitsbereich	рабочая зона
redundant	резервный
die Zugriffsmöglichkeit	доступ
hohl	пустотелый

Kontrollfragen:

1. Definieren Sie den Begriff „das Glied des Mechanismus“.
2. Was bedeutet der Begriff „das Elementenpaar“?
3. Definieren Sie den Begriff „die Freiheitszahl“.
4. Wie bestimmt man die Klasse des Elementenpaares.
5. Was bedeutet der Servicegrad?
6. Welche Koordinatensysteme können Sie nennen?