

Koppelkurvenrastgetriebe

315

- Übertragungsgetriebe zur Umwandlung einer umlaufenden Drehung in eine schwingende Drehung mit einer Rast
- Ebenes sechsgliedriges Kurbelgetriebe, ebenes Stephenson-3-Getriebe

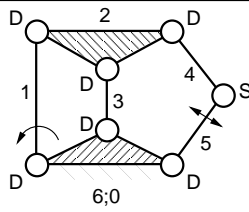
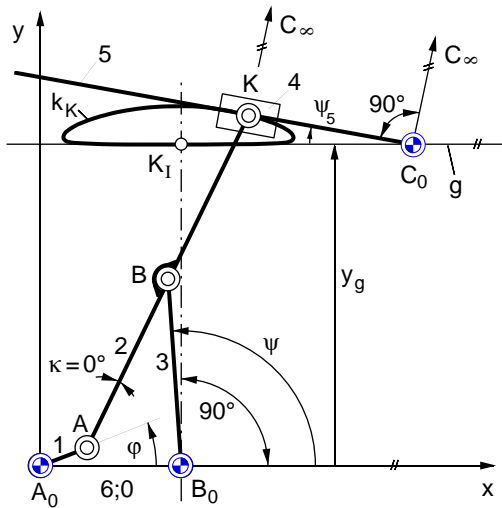


Bild 1. Koppelkurvenrastgetriebe

- a) Kinematisches Schema
- b) Modellgetriebe
- c) Strukturbild

Symbole im Strukturbild:

D für Drehung **S** für Schiebung **W** für Schraubung (Windung) ↻ Antriebsgelenk; ↔ Abtriebsglied
Beispiel **D2S**: Gelenk mit dem Freiheitsgrad 3; 2 Drehungen, 1 Schiebung

Zugriffsmerkmale:

Anzahl der Antriebsgelenke : 1, davon 1 am Gestell
Anzahl der Abtriebsglieder : 1, davon 1 am Gestell
Anzahl der Glieder : 6, davon 4 binär, 2 ternär
Anzahl der Gelenke : 7, davon 6 Drehgelenke (D),
1 Schubgelenk (S)

Abmessungen (in Längeneinheiten):

$\overline{A_0A} \equiv l_1 = 1$; $\overline{AB} \equiv l_2 = 4$; $\overline{B_0B} \equiv l_3 = 4$; $\overline{A_0B_0} \equiv l_6 = 3$;
 $\overline{AK} \equiv k = 8$; $\overline{BK} \equiv l = 4$; $x_{C_0} = 8$; $y_{C_0} = y_g = 4\sqrt{3}$.

Erläuterung:

Das in **Bild 1** dargestellte sechsgliedrige Modellgetriebe besitzt als viergliedriges Grundgetriebe eine gleichschenklige Kurbelschwinge A_0ABB_0 , in deren Koppelpunkt K der Schleifenzweischlag $KC_\infty C_0$ angelenkt ist. Der Antrieb erfolgt an der Kurbel 1 mit dem Kurbelwinkel $\varphi = \sphericalangle B_0A_0A$, das Abtriebsglied ist die schwingende Schleife 5 mit dem Abtriebswinkel ψ_5 . Mit den angegebenen speziellen Abmessungen ist die Kurbelschwinge ein Ersatzgetriebe des Tschebyschevlenkers (siehe Getriebebeschreibung Nr. 613). Die Koppellänge $\overline{AB} \equiv l_2$ ist gleich der Schwingenlänge $\overline{B_0B} \equiv l_3$, und für den Koppelpunktsabstand $\overline{BK} \equiv l$ gilt $l = l_2 = l_3$. Der Koppelpunkt K liegt auf der verlängerten Geraden AB und ist somit in der Koppelebene auch durch die Polarkoordinaten $\overline{AK} \equiv k = 2l_2$ und $\sphericalangle BAK \equiv \kappa = 0^\circ$ festgelegt. Der Koppelpunkt beschreibt eine symmetrische Koppelkurve k_K mit einem annähernd geradlinigen Teilstück, das sich der Geraden g besonders gut anschmiegt (genäherte Geradföhrung des Koppelpunktes K). Die Gerade g ist eine sechspunktig berührende Tangente in K_1 und verläuft im Abstand

$$y_g = \overline{B_0K_1} = 4\sqrt{3}l_1$$

parallel zur Gestellgeraden A_0B_0 .

Da der Gestellgelenkpunkt C_0 der Schleife 5 außerhalb der Koppelkurve k_K auf der Geraden g angeordnet ist, föhrt die Schleife 5 eine schwingende Bewegung aus und zwar mit einem Rastbereich, denn die Schleife bleibt nahezu in Ruhe, wöhrend der Koppelpunkt das fast geradlinige Bahnstüek bei K_1 bzw. $\varphi_1 = 180^\circ$ durchläuft.

Übertragungsfunktionen:

Die Berechnung der Koordinaten des Koppelpunktes K entlang der symmetrischen Koppelkurve k_K lässt sich in einem x,y -Koordinatensystem mit dem Ursprung in A_0 gemäß der Getriebebeschreibung Nr. 611 in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel φ unter Berücksichtigung der speziellen Abmessungen durchführen:

$$x = x_K(\varphi), \quad y = y_K(\varphi).$$

Der Abtriebswinkel ψ_5 der Schleife 5 errechnet sich dann mit $\bar{x} = x_{C_0} - x$ und $\bar{y} = y - y_{C_0}$ aus

$$\tan \psi_5 = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}.$$

Literatur:

- [1] Dittrich, G., Müller, J.: Koppelkurvenrastgetriebe. Der Konstrukteur 24 (1993) Nr. 1-2, S. 29/30.
- [2] Meyer zur Capellen, W.: Der Zykloidenlenker und seine Weiterentwicklung. Konstruktion 8 (1956) Nr. 12, S. 510-518.
- [3] Dittrich, G.; Müller, J.: Kurbelschwinge als Ersatzgetriebe des Tschebyschevlenkers. Der Konstrukteur 23 (1992) H. 9, S. 51-52.
- [4] VDI-GKE (Hrsg.): Richtlinie VDI 2725, Blatt 1, Entwurf: Getriebekennwerte für den Entwurf und die Entwicklung von Getrieben. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1983.

Autor: Prof. Dr.-Ing. G. Dittrich
Vorveröffentlichung in [1] und Erstveröffentlichung im Internet am 30.05.2000

Für die Übertragungsfunktion 1. Ordnung, d.h. die auf die Antriebswinkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}$ bezogene Abtriebswinkelgeschwindigkeit $\dot{\psi}_5$, gilt

$$\dot{\psi}_5' \equiv \frac{d\dot{\psi}_5}{d\dot{\varphi}} \equiv \frac{\dot{\psi}_5}{\dot{\varphi}} = \frac{\bar{x}\bar{y}' - \bar{y}\bar{x}'}{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}$$

Die in diese Formel einzusetzenden Größen errechnen sich wie folgt:

$$\bar{x}' = l_1 \sin \varphi + k \sigma' \sin \sigma$$

$$\bar{y}' = l_1 \cos \varphi + k \sigma' \cos \sigma$$

$$\sigma' = 1 + \bar{\psi}_s' + \bar{\psi}_t'$$

$$\bar{\psi}_s' = -l_6(l_6 - l_1 \cos \varphi) / f^2$$

$$\bar{\psi}_t' = -(l_1 l_6 / f) \sin \varphi / \sqrt{4l_2^2 - f^2}$$

$$f^2 = l_1^2 + l_6^2 - 2l_1 l_6 \cos \varphi$$

Auf die Angabe der Formeln zur Berechnung der Übertragungsfunktion 2. Ordnung

$$\dot{\psi}_5'' \equiv \frac{d^2 \dot{\psi}_5}{d\dot{\varphi}^2} \equiv \frac{\ddot{\psi}_5}{\dot{\varphi}^2}$$

bei $\dot{\varphi} = \text{const.}$ sei hier verzichtet.

Die Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung sind in **Bild 2** dargestellt.

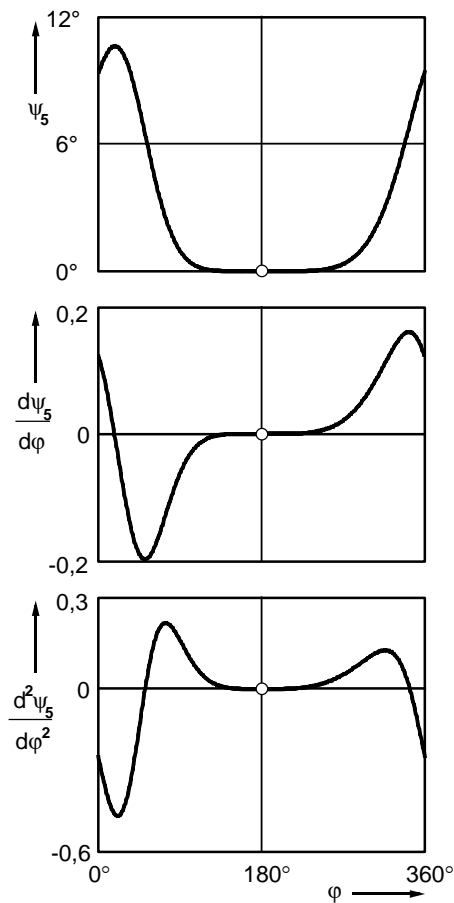


Bild 2. Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung

Beim Kurbelwinkel $\varphi = 180^\circ$ beträgt der Schwingwinkel $\psi_5(180^\circ) = \psi_{5\min} = 0^\circ$. Der maximale Schwingwinkel $\psi_{5\max}$ und damit der Schwingbereichswinkel $\psi_{5H} = \psi_{5\max} - \psi_{5\min}$ lässt sich berechnen, indem numerisch der Kurbelwinkel für $\dot{\psi}_5' = 0$ ermittelt wird. Für das vorliegende Getriebe ist $\psi_{5H} = 10,49^\circ$. Die Abhängig-

keit des Schwingbereichswinkels ψ_{5H} von x_{C_0} , d.h. von verschiedenen Lagen des Gelenkpunktes C_0 auf der Geraden g, zeigt **Bild 3**.

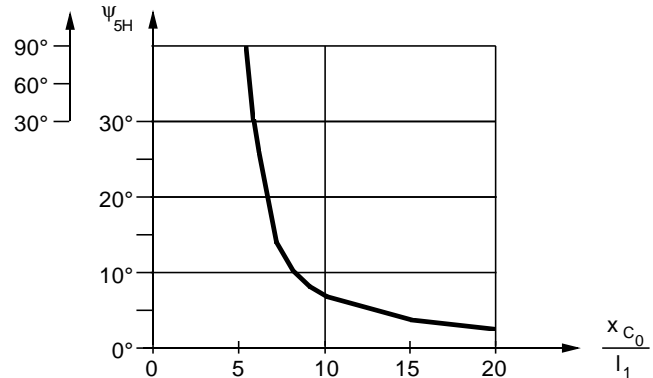


Bild 3. Abhängigkeit des Schwingbereichswinkels ψ_{5H} von der Lage des Gelenkpunktes C_0

Rastgüte:

Bild 4 gibt eine prinzipielle Ausschnittsvergrößerung der Übertragungsfunktion 0. Ordnung um den Bezugswinkel $\varphi_B = 180^\circ$ herum zur Definition der Antriebsrastabweichung $Q = \Delta\psi_R / \varphi_R$ für das vorliegende Modellgetriebe wieder. Darin ist $\Delta\psi_R$ die Rastabweichung und $\varphi_R = \varphi_E - \varphi_A$ der Antriebswinkel für den Rastbereich, der bei φ_A beginnt und bei φ_E endet. Das Diagramm in **Bild 5** zeigt die Abhängigkeit der genannten Größen bei den vorliegenden Getriebeabmessungen. Dem Ablesebeispiel gemäß erstreckt sich die genäherte Rast, die bei $\varphi_A = 105^\circ$ beginnt und bei $\varphi_E = 268^\circ$ endet, über einen Bereich von $\varphi_R = 163^\circ$; sie weist eine Antriebsrastabweichung von $Q = 18,2 \cdot 10^{-4}$ bzw. eine Rastabweichung $\Delta\psi_R = 0,2969^\circ$ auf.

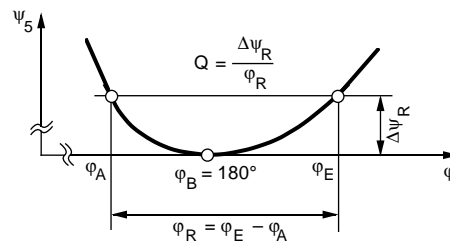


Bild 4. Zur Definition der Antriebsrastabweichung

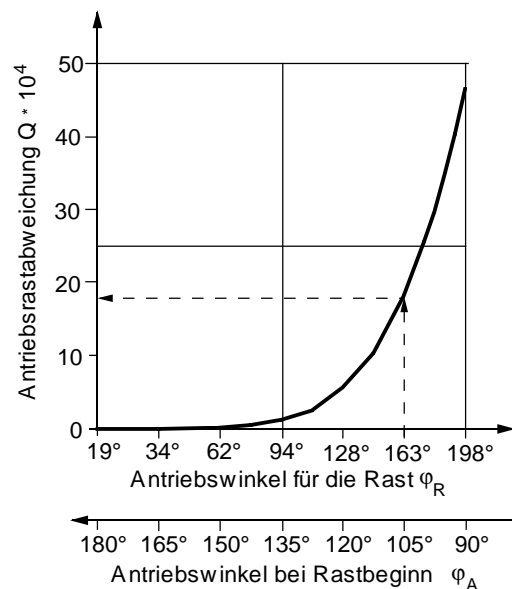


Bild 5. Antriebsrastabweichung für die Rast der Schleife 5