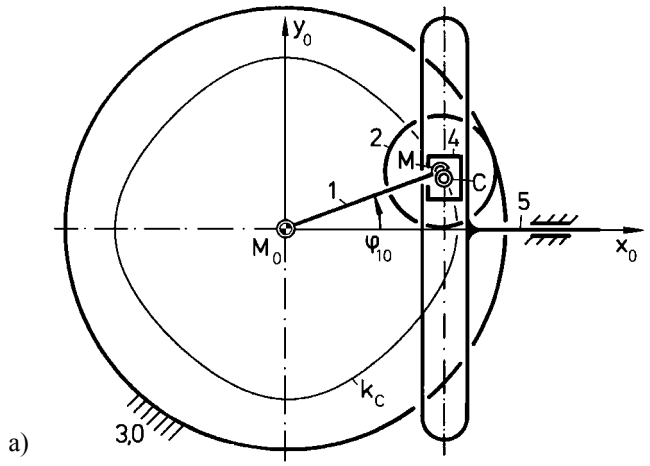
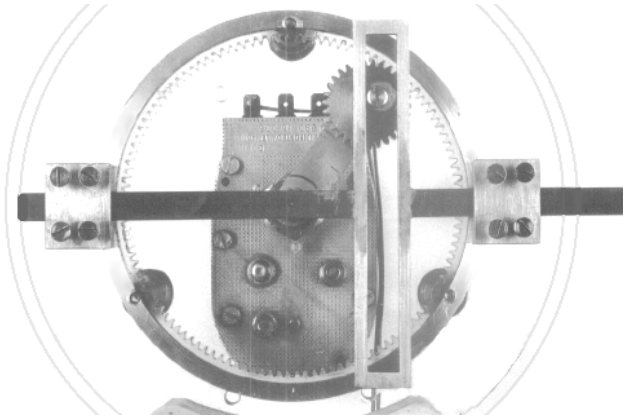
Zykloidengesteuertes Proportionalgetriebe 210

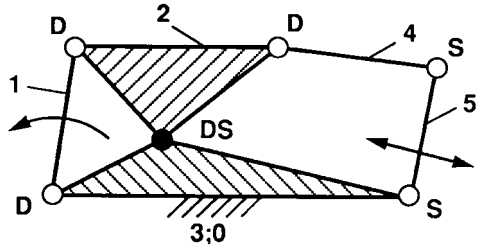
- Übertragungsgetriebe zur Umwandlung einer umlaufenden Drehung in eine schwingende Schiebung mit zwei Proportionalbereichen mit stationärem Geschwindigkeitsverlauf
- Ebenes fünfgliedriges Räderkurbelgetriebe



a)



b)



c)

Bild 1. Zykloidengesteuertes Proportionalgetriebe

a) Kinematisches Schema
b) Getriebemodell
c) Strukturbild

Symbole im Strukturbild:
D für Drehung **S** für Schiebung **W** für Schraubung (Windung) ↶ Antriebsgelenk; ↔ Abtriebsglied
Beispiel **D_2S**: 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 : 5, davon 3 binär, 2 ternär
Anzahl der Gelenke : 6, davon 3 Drehgelenke (D),
2 Schubgelenke (S),
1 Gleitwälzgelenk (DS)

Abmessungen (in Längeneinheiten)**:**

$r_2 = 1$ $r_1 = \overline{M_0M} = r_3 - r_2 = 3$

$r_3 = 4$ $c = \overline{MC} = \frac{1}{9} r_2 = \frac{1}{9}$

Die Schubrichtung des rechtwinkligen Kreuzschiebers 5 im Gestell 3;0 fällt mit der Richtung einer Strecklage von M_0M und MC zusammen.

Erläuterung:

Das fünfgliedrige Getriebe (**Bild 1**) setzt sich aus dem dreigliedrigen Rädergetriebe der Bauform AI, bestehend aus dem angetriebenen Steg 1, dem außenverzahnten Umlaufrad 2 (A) und dem feststehenden, innenverzahnten Mittelrad 3;0 (I) sowie dem nachgeschalteten Zweischlag mit den Gliedern 4 und 5 zusammen. Der Gleitstein 4 ist im Punkt C des Umlaufrades 2 drehbar gelagert und treibt über ein Schubgelenk den rechtwinkligen Kreuzschieber 5 als Abtriebsglied an. Bei runder Ausführung des Gleitsteins 4, der eventuell auch mit dem Zapfen des Drehgelenks zu Glied 2 verschmelzen kann, entsteht konstruktiv im Punkt C ein Drehschubgelenk, wie im Modell ausgeführt (Bild 1b). Die kinematischen Abmessungen des Rädergetriebes ($r_2/r_3 = 1/4$) sind so gewählt, dass der ausgesuchte, innerhalb des Wälzkreises des Umlaufrades 2 liegende Punkt C ($\overline{MC} = (1/9)r_2$) in der Gestellebene 3;0 eine spezielle vierbogige, geschweifte Hypozykloide durchläuft. Die x_0-Achse eines rechtwinkligen x_0, y_0-Koordinatensystems mit dem Ursprung im Stegdrehpunkt M_0 habe die Richtung der Schubbewegung des Kreuzschiebers 5, dessen Weg s in Abhängigkeit vom Antriebswinkel φ_{10} von M_0 aus gemessen werde. Der Hub beträgt $s_H = (56/27)\, r_1$.

Es zeigt sich, dass die Geschwindigkeit $\dot{s} = (ds/d\varphi_{10})\cdot\omega_{10}$ des Kreuzschiebers in den Stegstellungen $\varphi_{10} = 90°$ und $\varphi_{10} = 270°$ einen stationären Verlauf hat, d.h. der Graph der Übertragungsfunktion 1. Ordnung $s' = s'(\varphi_{10}) = ds/d\varphi_{10}$ weist an diesen Stellen einen Flachpunkt mit $s'' = s''' = s^{IV} = 0$ auf (**Bild 2**). Das bedeutet auch, dass um die Stegstellungen $\varphi_{10} = 90°$ und $\varphi_{10} = 270°$ herum der Abtriebsweg s annähernd proportional zum Antriebswinkel φ_{10} ist (Proportionalbereiche).

Autor: Prof. Dr.-Ing. G. Dittrich

Vorveröffentlichung in [1] und Erstveröffentlichung im Internet am 30.05.2000

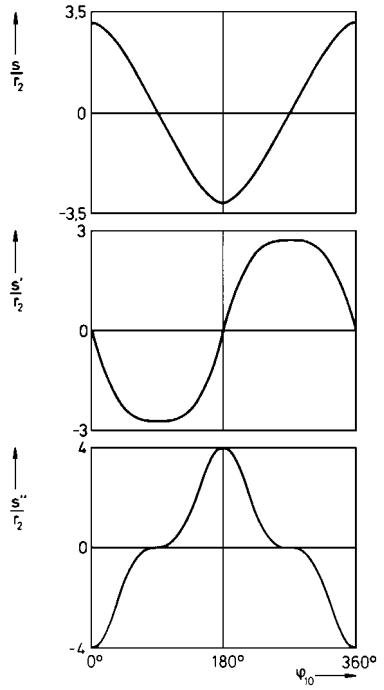


Bild 2. Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung

Übertragungsfunktionen:

Der Weg s des Kreuzschiebers ist gleich der x_0-Koordinate der Hypozykloiden des Punktes C, für die die Formel

$$\frac{x_C}{r_2} = \frac{r_1}{r_2}\cos\varphi_{10} + \frac{c}{r_2}\cos\left(\frac{r_1}{r_2}\varphi_{10}\right)$$

aus der Getriebebeschreibung Nr. 706 übernommen werden kann. Somit gilt für den Weg $s = x_C$ wegen $r_1/r_2 = 3$ und $c/r_2 = 1/9$

$$\frac{s}{r_2} = 3\cos\varphi_{10} + \frac{1}{9}\cos(3\varphi_{10}) \ .$$

Die Übertragungsfunktionen 1. und 2. Ordnung lauten mit $s' = ds/d\varphi_{10}$ und $s'' = d^2s/d\varphi_{10}^2$

$$\frac{s'}{r_2} = -3\sin\varphi_{10} - \frac{1}{3}\sin(3\varphi_{10}) \ ,$$

$$\frac{s''}{r_2} = -3\cos\varphi_{10} - \cos(3\varphi_{10}) \ .$$

Zur Ermittlung der Proportionalitätsabweichung werde im Wegverlauf der Bezugspunkt B bei $\varphi_{10} = \varphi_B = 270°$ betrachtet (s. unten). Das Übersetzungsverhältnis $i = s'/r_2$ ist zu dieser Stelle in seinem Verlauf symmetrisch und hat dort einen stationären Wert $i_B = 8/3 = 2{,}67$. Die Tangente im Bezugspunkt B des Wegverlaufs besitzt die Gleichung

$$\frac{s}{r_2} = \frac{8}{3}\cdot\frac{\pi}{180°}\left(\varphi_{10}^{\circ} - 270°\right) \ .$$

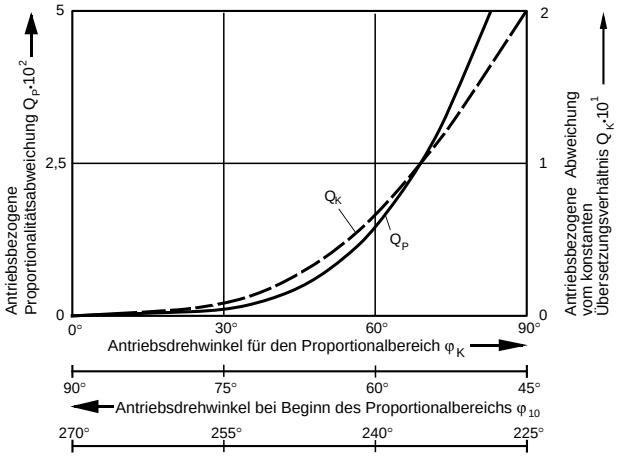


Bild 3. Antriebsbezogene Proportionalitätsabweichung und antriebsbezogene Abweichung vom konstanten Übersetzungsverhältnis des Kreuzschiebers 5 bei $\varphi_{10} = 90°$ und $\varphi_{10} = 270°$.

Ablesebeispiele zu Bild 3:

Ein Proportionalbereich, der bei einem Antriebswinkel $\varphi = 60°$ (bzw. $\varphi = 240°$) beginnt und bei $\varphi = 120°$ (bzw. $\varphi = 300°$) endet, erstreckt sich über einen Bereich von $\varphi_K = 60°$; er weist eine antriebsbezogene Proportionalitätsabweichung von $Q_P = (\Delta s/r_2)/\varphi_K = 1{,}4\cdot10^{-2}$ bzw. eine Proportionalitätsabweichung von $\Delta s = 0{,}015$ Längeneinheiten auf.

Die antriebsbezogene Abweichung vom konstanten Übersetzungsverhältnis i_B beträgt für den gleichen Bereich $Q_K = \Delta i/\varphi_K = 0{,}7\cdot10^{-1}$. Das entspricht einer Abweichung von $\Delta i = 0{,}07$.

Literatur:

[1] Dittrich, G., Wehn, V.: Zykloidengesteuertes Proportionalgetriebe. Der Konstrukteur 21 (1990) Nr. S 5, S. 33/34.

[2] Meyer zur Capellen, W., Schreiber, E.: Getriebe mit stationärem Geschwindigkeitsverlauf. Forschungsbericht Nr. 1851 des Landes Nordrhein-Westfalen. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag 1967.

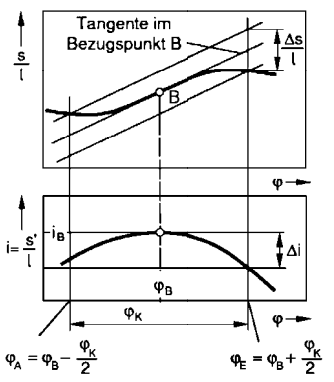
Antriebsbezogene Proportionalitätsabweichung bei einer Abtriebsschubbewegung:

$Q_P = \dfrac{\Delta s/l}{\varphi_K}$ mit Δs Proportionalitätsabweichung der Abtriebsschubbewegung;

l Bezugslänge, hier $l = r_2$;

φ_K Antriebsdrehwinkel des Proportionalitätsbereiches im Bogenmaß.

Antriebsbezogene Abweichung vom konstanten Übersetzungsverhältnis bei einer Abtriebsschubbewegung:

$Q_K = \dfrac{\Delta i}{\varphi_K}$ mit Δi Abweichung vom Übersetzungsverhältnis i_B an der Stelle φ_B

$i = \dfrac{s'}{l} = \dfrac{ds/d\varphi}{l} = \dfrac{ds/dt}{l(d\varphi/dt)} = \dfrac{\dot{s}}{l\dot{\varphi}}$ Übersetzungsverhältnis