

PŘÍLOHA 1

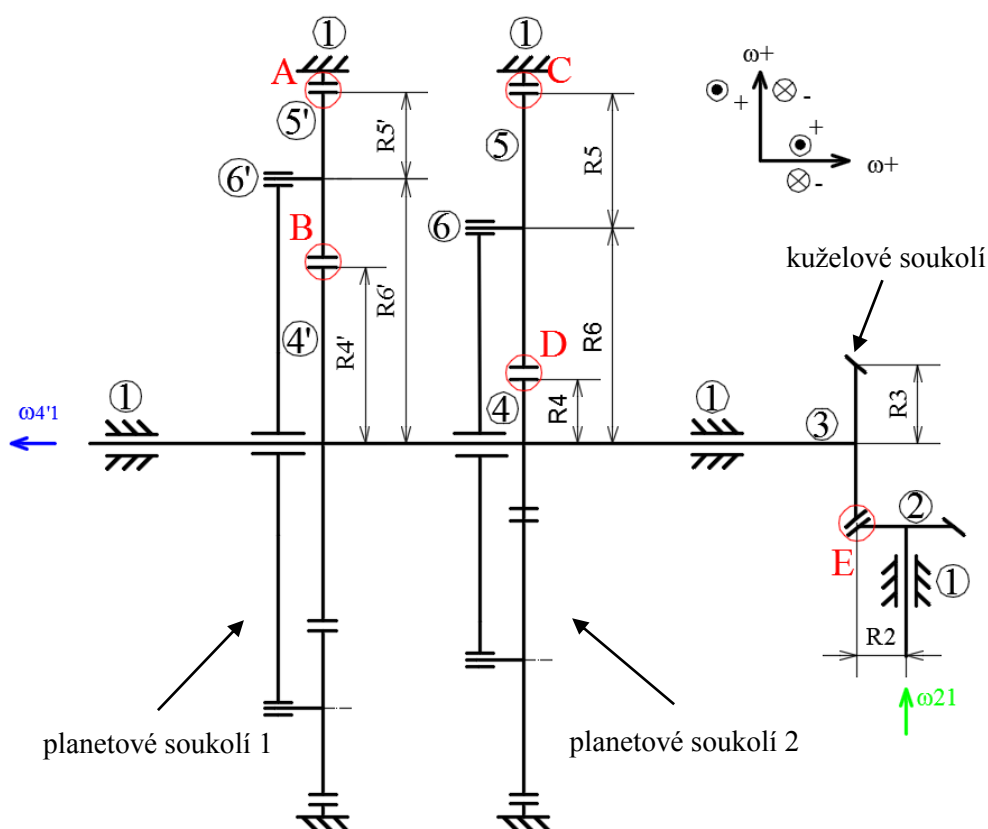
Výpočet planetového mechanismu s aplikovanou teorií

Pro přehlednost je v této příloze shrnuto řešení daného planetového případu do podoby početního příkladu, přičemž jednotlivé kroky jsou detailně odůvodněny v kap. 1.3.1 a kap. 1.3.2.

Zadání

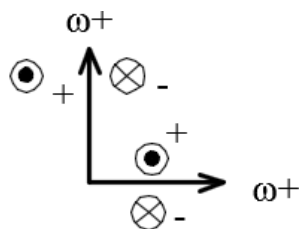
Určete úhlovou rychlost $\omega_{4/1}$ planetárního reduktoru dle obr. 1.16 za předem známých parametrů:

$$\omega_{21}; R_4; R_5; R_6; R_{4'}; R_{5'}; R_{6'}; R_3; R_2$$



Obr. 1.16 Kinematické schéma.

Volba souřadného systému úhlových rychlostí ω



Obr. 1.17 Souřadný systém úhlových rychlostí ω .

Sestavení symbolických rovnic pro body záběru kol

Teoretické vysvětlení viz vztahy (1.1) až (1.4) včetně zahrnutých vztahů v tab. 1.1

Bod záběru **D**

$$51 = 56 + 61, \quad (1.18)$$

$$51 = 54 + 41. \quad (1.19)$$

Bod záběru **C**

$$51 = 56 + 61. \quad (1.20)$$

Bod záběru **B**

$$5'1 = 5'6' + 6', \quad (1.21)$$

$$5'1 = 5'4' + 4'. \quad (1.22)$$

Bod záběru **A**

$$5'1 = 5'6' + 6'. \quad (1.23)$$

Bod záběru **E**

$$31 = 32 + 21. \quad (1.24)$$

Dosazení kinematických veličin do symbolických rovnic

Teoretické vysvětlení viz vztahy (1.5) a (1.6) včetně zahrnutých vztahů v tab. 1.1

Bod záběru **D**

$$\vec{v}_{51}^D = \vec{v}_{56}^D + \vec{v}_{61}^D, \quad (1.25)$$

$$\vec{v}_{51}^D = \vec{v}_{54}^D + \vec{v}_{41}^D. \quad (1.26)$$

Bod záběru **C**

$$\vec{v}_{51}^C = \vec{v}_{56}^C + \vec{v}_{61}^C. \quad (1.27)$$

Bod záběru **B**

$$\vec{v}_{5'1}^B = \vec{v}_{5'6'}^B + \vec{v}_{6'1}^B, \quad (1.28)$$

$$\vec{v}_{5'1}^B = \vec{v}_{5'4'}^B + \vec{v}_{4'1}^B. \quad (1.29)$$

Bod záběru **A**

$$\vec{v}_{5'1}^A = \vec{v}_{5'6'}^A + \vec{v}_{6'1}^A. \quad (1.30)$$

Bod záběru **E**

$$\vec{v}_{5'1}^A = \vec{v}_{5'6'}^A + \vec{v}_{6'1}^A. \quad (1.31)$$

Nulové hodnoty obvodových rychlostí z důvodu bodu záběru

Teoretické vysvětlení viz vztah (1.7) a včetně zahrnutých vztahů v tab. 1.1

Bod záběru **D**

$$\vec{v}_{54}^D = 0. \quad (1.32)$$

Bod záběru **C**

$$\vec{v}_{51}^C = 0. \quad (1.33)$$

Bod záběru **B**

$$\vec{v}_{5'4'}^B = 0. \quad (1.34)$$

Bod záběru **A**

$$\vec{v}_{5'1}^A = 0. \quad (1.35)$$

Bod záběru **E**

$$\vec{v}_{32}^E = 0. \quad (1.36)$$

S využitím vztahu (1.8)

$$v = \omega \cdot R, \quad (1.37)$$

kde ω [rad·s⁻¹] je úhlová frekvence daného členu, lze dosadit do symbolických rovnic vyjádřených pomocí kinematických veličin (vztahy (1.25) až (1.31)) a s využitím vztahů (1.32) až (1.37) lze dostat soustavu lineárních rovnic. Znaménka zohledňují volbu souřadného systému, jež je detailně popsáno v kap. 1.3.2.

Teoretické vysvětlení viz vztah (1.9) a včetně zahrnutí vztahu v tab. 1.2

Bod záběru **D**

$$0 + (+\omega_{41} \cdot R_4) = -(+\omega_{56} \cdot R_5) + (+\omega_{61} \cdot R_4). \quad (1.38)$$

Bod záběru **C**

$$0 = +(+\omega_{56} \cdot R_5) + (+\omega_{61} \cdot (R_5 + R_6)). \quad (1.39)$$

Bod záběru **B**

$$0 + (+\omega_{4'1} \cdot R_{4'}) = -(+\omega_{5'6'} \cdot R_{5'}) + (+\omega_{6'1} \cdot R_{4'}). \quad (1.40)$$

Bod záběru **A**

$$0 = +(\omega_{5'6'} \cdot R_{5'}) + (+\omega_{6'1} \cdot (R_{5'} + R_{6'})). \quad (1.41)$$

Bod záběru **E**

$$-(+\omega_{31} \cdot R_3) = +(\omega_{21} \cdot R_2). \quad (1.42)$$

Početní řešení

Obecný matematický předpis řešení využívá maticového počtu a má tvar vztahu (1.10)

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}, \quad (1.43)$$

Teoretické vysvětlení viz kap. 1.3.2.

Vektor neznámých parametrů

$$\mathbf{x} = [\omega_{41}; \omega_{56}; \omega_{61}; \omega_{4'1}; \omega_{5'6'}; \omega_{6'1}; \omega_{31}], \quad (1.44)$$

$$v = 7. \quad (1.45)$$

Počet použitelných rovnic

Viz vztahy (1.38) až (1.42) pro body **D**, **C**, **B**, **A**, **E**

$$\mu = 5. \quad (1.46)$$

Určitost soustavy lineárních rovnic

Viz vztah (1.11)

$$u = \mu - v, \quad (1.47)$$

tedy daná soustava je 2x staticky neurčitá, je potřeba dodat 2 doplňkové rovnice.

Doplňkové rovnice

Teoretické vysvětlení viz vztahy (1.13) a (1.14)

$$\omega_{4'1} = \omega_{41}, \quad (1.48)$$

$$\omega_{31} = \omega_{41}. \quad (1.49)$$

Vektor neznámých parametrů se nyní redukuje

$$\mathbf{x} = [\omega_{41}; \omega_{56}; \omega_{61}; \omega_{5'6'}; \omega_{6'1}], \quad (1.50)$$

Soustava rovnic

Teoretické vysvětlení viz vztah (1.15)

$$\begin{pmatrix} R_4 & R_5 & -R_4 & 0 & 0 \\ 0 & -R_5 & -(R_5 + R_6) & 0 & 0 \\ R_{4'} & 0 & 0 & R_{5'} & -R_{4'} \\ 0 & 0 & 0 & -R_{5'} & -(R_{5'} + R_{6'}) \\ -R_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_{41} \\ \omega_{56} \\ \omega_{61} \\ \omega_{5'6'} \\ \omega_{6'1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_{21} \cdot R_2 \end{pmatrix} \quad (1.51)$$

Řešení soustavy

Pomocí jakéhokoli matematického softwaru je možné číselně vyjádřit jednotlivé neznámé parametry, tedy výstupem budou hodnoty

$$\begin{pmatrix} \omega_{41} \\ \omega_{56} \\ \omega_{61} \\ \omega_{5'6'} \\ \omega_{6'1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} konst \\ konst \\ konst \\ konst \\ konst \end{pmatrix}. \quad (1.52)$$