

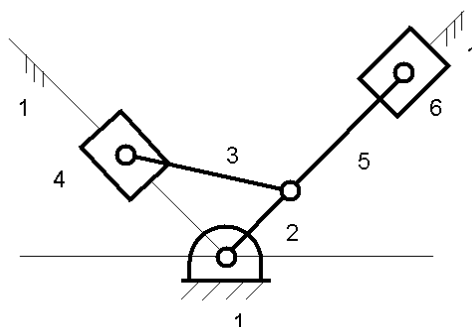
Technická mechanika II
 210 322 BEK, 210 202 BDS
 pre bakalárov, zimný sem.
 doc.Ing.František Palčák, PhD., ÚAMM 02010

1. Cvičenie: Slučkové rovnice pre rovinné mechanizmy. Opakovanie z TM I: Parametre štruktúr rovinných mechanizmov. Zostavenie vektorových a skalárnych slučkových rovníc pre kinematickú analýzu polohy členov rovinného mechanizmu.

Opakovanie z TM I: Parametre štruktúr rovinných mechanizmov

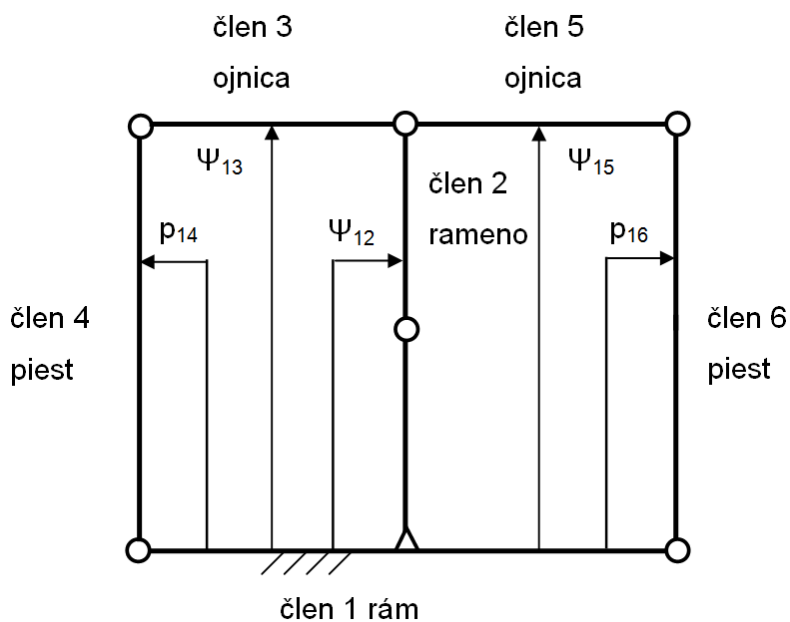
Príklad č.1.

1. Utvorte schému štruktúry (topologický model) rovinného mechanizmu lisu z obr.1,
2. Určte štruktúrne parametre: pohyblivosť n rovinného mechanizmu lisu, počet k základných kinematických slučiek, počet d závislých globálnych súradníc polohy členov a počet z závislých lokálnych súradníc polohy členov.



Obr.1. Kinematická schéma dvojpiestového kľukového mechanizmu spaľovacieho motora.

Riešenie 1: schéma štruktúry na obr.2 má dve okienka (slučky): k_1 (1,4,3,2) a k_2 (1,2,5,6)



Obr.2 Schéma štruktúry dvojpiestového kľukového mechanizmu s globálnymi súradnicami polohy

Riešenie 2: na určenie parametrov štruktúry využijeme vzťahy:

Pohyblivosť n rovinného mechanizmu

$$n = n_v(u-1) - \sum_{t=1}^{t_m} t s_t$$

Pohyblivosť n_v (počet nezávislých súradníc polohy na jednoznačné určenie polohy, stupne voľnosti pohybu) voľného telesa v rovine, $n_v = 3$, počet členov $u = 6$,

typ t geometrickej väzby, $t = 2$ pre rotačnú aj pre posuvnú geometrickú väzbu,

$$t_m = 2, \quad s = \sum_{t=1}^{t_m} s_t, \quad \text{kde } s_t = \sum_{v=2}^{v_m} s_{tv}(v-1)$$

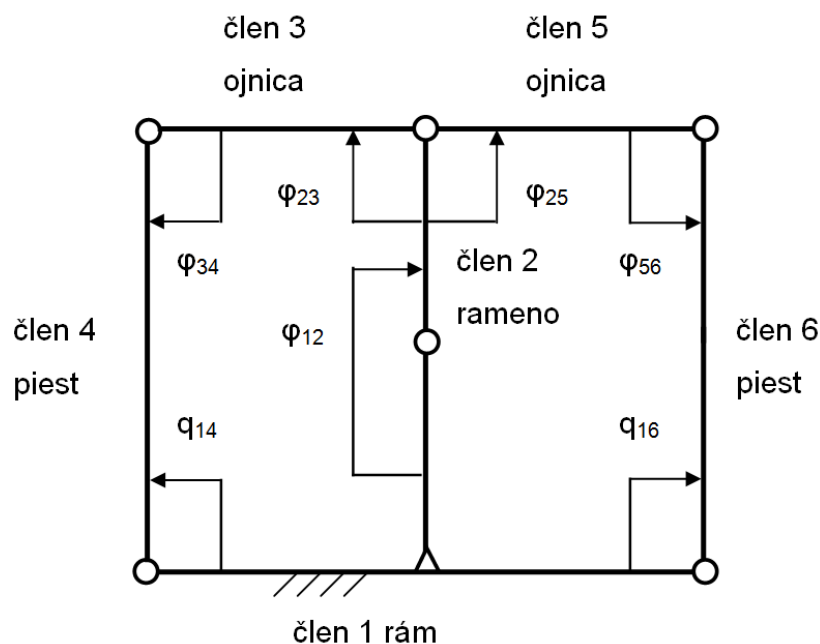
$v_m = 3$ (spojenie členov 2,3,5)

$s_{22} = 5, s_{23} = 1, s_2 = s_{22}(2-1) + s_{23}(3-1)$, potom $s = s_2 = 7$

$n = 3(6-1) - 2 \cdot 7, n = 1$.

Odpoveď 1

V danom mechanizme je jeden vstup vo forme predpísaného pohybu pre piest 4. Počet d závislých globálnych súradníc polohy členov $d = 2k + s_1$, kde $k = s - u + 1, k = 7 - 6 + 1 = 2$, potom $d = 2 \cdot 2 + 0 = 4$ a celkový počet m of globálnych súradníc polohy členov je $m = n + d$, teda $m = 1 + 4 = 5$ (obr. 2).



Obr.3 Schéma štruktúry rovinného mechanizmu lisu s lokálnymi súradnicami polohy

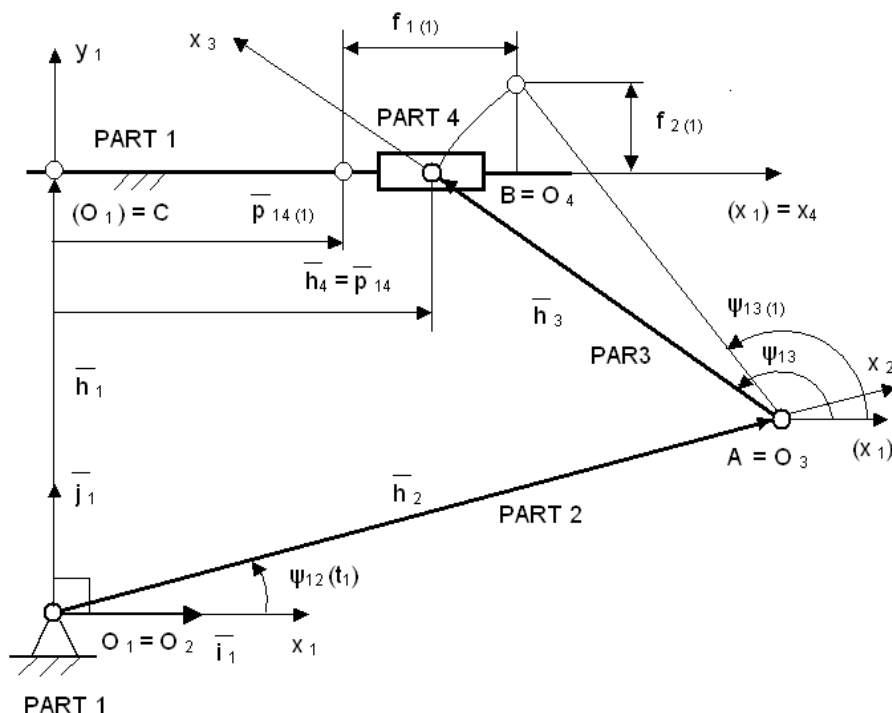
Odpoveď 2

Počet z závislých globálnych súradníc polohy členov je $z = n_v k$, kde $k = 2$, potom $z = 3 \cdot 2 = 6$ a celkový počet c lokálnych súradníc polohy členov je $c = n + z$, teda $c = 1 + 6 = 7$ (Obr.3).

Kinematická analýza

Cieľom kinematickej analýzy polohy členov daného rovinného mechanizmu so známymi začiatočnými hodnotami všetkých súradníc polohy členov a predpísaným pohybom vstupného

- hnacieho člena/členov je určiť časový priebeh počtu $d = 2k + s_1$ závislých súradníc polohy výstupných členov, kde k je počet základných slučiek a s_1 je počet geometrických väzieb (spojení) typu $t = 1$.
- Slučkové rovnice** Na určenie časového priebehu počtu d závislých súradníc polohy výstupných členov je potrebné zostaviť počet d lineárne nezávislých algebrických slučkových rovníc (väzobných rovníc) podľa typu mechanizmu.
- Vektorové slučkové** V rovinnom mechanizme je pre každú základnú slučku podmienka uzavretia mnohouhónika získaného z kinematickej schémy
- $$\sum_{j=1}^{p_{si}} \bar{h}_{ij} = \bar{0}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad j = 1, 2, \dots, p_{si}$$
- kde p_{si} je počet orienovaných strán mnohouhólónika.
- Typ: R, P** V rovinnom uzatvorenom mechanizme s rotačnými R a posuvnými P spojeniami je počet $s_1 = 0$, potom počet $d = 2k$ priebehov neznámych závislých súradníc polohy výstupných členov určíme z počtu $d = 2k$ explicitných skalárnych slučkových rovníc r_{sj} , $j = 1, 2, \dots, d$, ktoré získame priemetmi $\sum_{j=1}^{p_{si}} \bar{h}_{ij} \cdot \bar{e}_e = \bar{0}, e = 1, 2$ vektorových slučkových rovníc $\sum_{j=1}^{p_{si}} \bar{h}_{ij} = \bar{0}$ počtu r_{vi} , $i = 1, 2, \dots, k$ do smerov x_1, y_1 osí, pričom $\bar{e}_1 = \bar{i}_1$ a $\bar{e}_2 = \bar{i}_2$.
- Príklad č.2** Pri kinematickej analýze kľukového mechanizmu polohy členov mechanizmu podávača z obr.3 je úlohou určiť časový priebeh počtu $d = 2$ závislých globálnych súradníc ψ_{zi} , $i = 1, 2, \dots, d$ polohy členov $\psi_{z1} = \psi_{13}$, $\psi_{z2} = \psi_{14}$ v závislosti od predpísaného priebehu počtu $n = 1$ nezávislých globálnych súradníc ψ_{ni} , $i = 1, 2, \dots, n$ polohy hnacích členov $\psi_{n1} = \psi_{12}$ (n je zároveň pohyblivosť mechanizmu), pričom celkový počet m globálnych súradníc ψ_i , $i = 1, 2, \dots, m$ je $m = n + d$.



Obr.3 Východisková konfigurácia členov kľukového mechanizmu podávača v čase $t = t_1$.

Vektorové slučkové rovnice

V jednoslučkovom kľukovom mechanizme podávača na obr.3 je podmienka uzavretia mnohouhoníka O_1ABC

$$\sum_{j=1}^{p_{si}} \bar{h}_{ij} = \bar{0}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad j = 1, 2, \dots, p_{si} \quad (1)$$

kde p_{si} je počet orientovaných strán. Pre $k=1$ index i vynecháme $\bar{h}_{ij} = \bar{h}_j$ a $\bar{h}_4 = \bar{p}_{14}$. Odpovedajúca vektorová slučková rovnica podľa zvoleného zmyslu sčítania je

$$-\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3 - \bar{p}_{14} = \bar{0} \quad (2)$$

Skalárne slučkové rovnice získame ako projekcie vektorov z mnohouholníka do smerov osí x_1, y_1 vynásobením jednotkovými vektormi \bar{i}_1, \bar{j}_1

$$-h_1 c \alpha_1 + h_2 c \psi_{12} + h_3 c \psi_{13} - p_{14} c \alpha_4 = 0 \quad (3)$$

$$-h_1 s \alpha_1 + h_2 s \psi_{12} + h_3 s \psi_{13} - p_{14} s \alpha_4 = 0 \quad (4)$$

kde $\alpha_1 = \angle(x_1, y_1)$ a $\alpha_4 = \angle(x_1, x_4)$

Presné riešenie

Na určenie presných hodnôt riešenia skalárnych väzobných rovníc (3), (4), (závislých globálnych súradníc $\psi_{zi}, i=1, 2, \dots, d$ polohy členov $\psi_{z1} = \psi_{13}, \psi_{z2} = p_{14}$) z nelineárnych algebrických transcendentných rovníc (3), (4) doteraz nie je známy zovšeobecnený algoritmizovateľný postup.

Približné riešenie

Približné hodnoty riešenia nelineárnych algebrických transcendentných rovníc (3), (4) s vyžadovanou presnosťou je vždy možné získať numericky algoritmizovateľnou Newton-Raphson-Smpsonovou (N-R-S) iteračnou metódou.