

Analiza și sinteza structurală a mecanismelor

Prin structura unui sistem mecanic se înțelege modul în care acesta este alcătuit, partile sale componente, legăturile care există între acestea și felul în care acestea influențează modul de funcționare al sistemului. La baza funcționării oricărui sistem mecanic stă mecanismul după care acesta funcționează.

Mecanismul este un ansamblu de corpuri legate mobil între ele, care au rolul de a transmite sau transforma mișcarea și energia cinetică (Reuleaux, 1829-1905).

Prin transmiterea mișcării se înțelege că un corp în mișcare (denumit în continuare element motor, element de intrare sau element conducător) transmite această mișcare unui alt element (denumit în continuare element condus sau element de ieșire) din același mecanism.

Transformarea mișcării înseamnă modificarea naturii mișcării a elementului conducător față de elementul condus. De exemplu, elementul conducător are o mișcare de rotație care este transformată cu ajutorul unui mecanism într-o mișcare de translație.

Mecanismele sunt alcătuite din **elemente și cuple cinematice**.

Schema cinematică este reprezentarea convențională în desen a mecanismelor. Elementele și cuplele cinematice se materializează sub formă de organe de mașini, ele putând fi studiate și proiectate în mod independent sub aspectul rezistenței și al formei.

Elementele unui mecanism

Elementul este o piesă (sau un grup de piese legate rigid între ele) care, în raport cu alte entități, are o mișcare relativă bine determinată. În Fig 1 se prezintă câteva exemple de elemente.




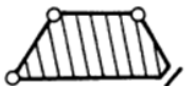

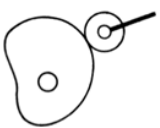

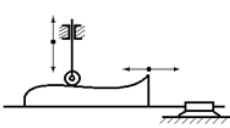

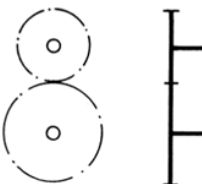
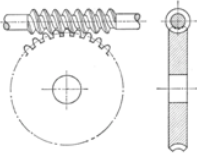
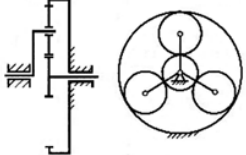
Element	Desen	Reprezentare în schema cinematică		
Elemente de tip bara		Element binar 	Element ternar 	Element cuaternar 
Elemente de tip cama		Cama plana rotativa 	Cama cilindrica 	Cama în mișcare de translație 
Elemente în angrenare		Angrenaj cilindric 	Angrenaj melcat 	Angrenaj planetar 

Fig. 1 Exemple de elemente

Rangul unui element este dat de numărul cuplelor cinematice cu care acesta se leagă de elementele vecine.

Se numește **element fix** carcasa sau suportul mecanismului. Celelalte elemente ale mecanismului execută o mișcare relativă univocă față de elementul fix.

Se numește **manivelă** un element care se rotește 360° în jurul unei axe fixe (legate de elementul fix). Dacă elementul se “rotește” pe un unghi mai mic de 360° (oscilează), acesta se numește **balansier**.

Se numește **bielă** un element care nu are nici un punct fix (legat de elementul fix).

În Fig.2 elementul 0 este elementul fix (suportul mecanismului)

elementul 1 este manivela

elementul 2 este balansierul

elementul 3 este o patină/piston/cap de cruce

Cupla cinematică

Cupla cinematică este legătura directă (există contact) și mobilă între două elemente.

Zona de contact este entitatea geometrică prin intermediul căreia vin în contact elementele cuplei. Natura zonei de contact dintre două elemente determină natura cuplei cinematische.

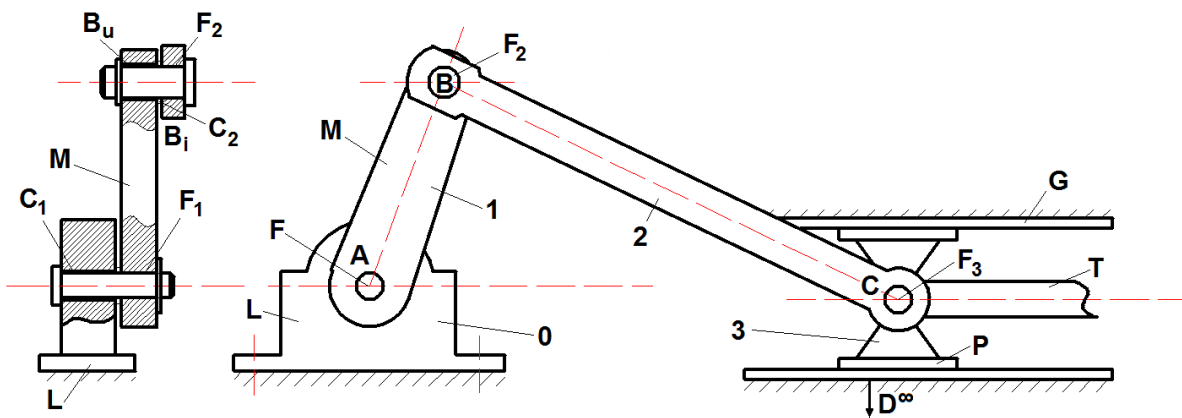


Fig. 2 Mecanism bielă-manivelă (sau manivelă-piston)

Lagărul este un organ de mașină pe care se sprijină și se ghidează o axă, o osie, un arbore. (din germ. Lager) și care materializează o cuplă cinematică de rotație.

Fusul este o parte a unei mașini care asigură primirea sau transmiterea unei mișcări de rotație. Acesta are rol de osie/arbore.

Cuzinetul este o piesă inelară sau din două bucăți semiinelare din metal moale, care îmbracă în interior lagărul și vine în contact direct cu fusul sau axul unei mașini cu rolul de a reduce frecarea.

Între elementul 0 și elementul 1 apare cupla cinematică notată cu A. Zonele de contact aferente: suprafața cilindrică interioară a cuzinetului C1, presat în corpul lagărului L și suprafața cilindrică exterioară a fusului F1, presat în manivela M, au același diametru nominal și sunt coaxiale. Ca urmare, permit o mișcare relativă a elementelor 0 și 1, cupla cinematică A fiind de rotație.

În mod similar se pot analiza și cuplele cinematische notate cu B, între elementele 1-2, și C, între elementele 2-3, trăgându-se concluzia că acestea sunt tot de rotație.

Glisierele G și patinele P vin în contact prin intermediul a câte două suprafețe plane, toate paralele. Aceste zone de contact permit mișcarea relativă de translație a elementului 3 în raport cu elementul 0, ca urmare cupla D^∞ este o cuplă de translație. Semnul ∞ pune în evidență că centrul rotației relative a celor două elemente se găsește la infinit.

În Fig 3 se prezintă mecanismul cu camă plană în mișcare de rotație și tachet cu rolă în mișcare de translație. Zona de contact între elementul 1 – camă și elementul 2 – tachet este o linie (generatoarea cilindrului materializat ca rolă și generatoarea suprafeței necirculare a camei). Zonele de

contact permit, în anumite condiții cinetostatice favorabile din punct de vedere al transmiterii forțelor, mișcarea de rostogolire relativă a elementelor 1 și 2.

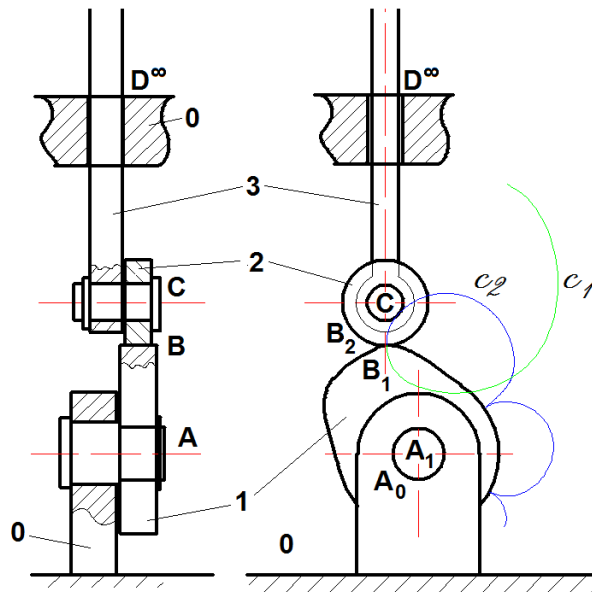


Fig 3 Mecanism cama-tachet

Se consideră punctele B1 și B2 suprapuse în punctul de contact dintre cele două elemente. Dacă se menține fix elementul 1 și se mișcă față de el rola 2, păstrându-se contactul rostogolitor, punctul B2 va descrie în planul camei 1 curba c_2 . Dacă se fixează elementul 2 rola și se rostogolește peste acesta elementul 1 cama, punctul B1 va descrie în planul rolei curba c_1 . Se observă că cele două curbe nu sunt identice. O cuplă cinematică având această proprietate se numește **cuplă cinematică superioară** (după Reuleaux). În mod obișnuit cuplele superioare au zone de contact liniare sau punctiforme.

Între elementele 0 și 1 există cupla de rotație A. Se notează cu A_0 și A_1 zonele de contact dintre cele două elemente. Se observă ca oricare element se menține fix, mișcându-se cel de-al doilea, punctele A_0 și A_1 descriu cercuri de aceeași rază suprapuse. Dacă se ia în considerare și grosimea elementelor atunci zona de contact devine cilindrică. Cuplele cinematice care au această proprietate au denumirea de **cuple cinematice inferioare** (după Reuleaux). În mod obișnuit, cuplele cinematice inferioare au zona de contact suprafețe.

Cuplele cinematice se clasifică în funcție de numărul gradelor de libertate suprimate în mișcarea relativă a celor două elemente care se leagă prin cupla cinematică.

Se reamintește faptul că un solid rigid în mișcare generală (în spațiu) are 6 grade de libertate, iar în mișcare plană 3. Gradele de libertate se pot defini pe cale geometrică sau cinematică.

Din punct de vedere geometric numărul gradelor de libertate este egal cu numărul de parametri geometrici independenți necesari pentru a defini în mod univoc poziția solidului rigid. Astfel poziția unui solid în spațiu este determinată prin trei puncte necolineare ale sale, cărora le corespund $3 \times 3 = 9$ coordonate, între care însă există 3 relații de legătură care exprimă invariabilitatea distanțelor dintre cele 3 puncte. Rezultă $L = 9 - 3 = 6$ parametri independenți, adică 6 grade de libertate.

În mișcarea plană, caracterizată de faptul că un plan al solidului rigid rămâne mereu conținut într-un alt plan dat (fix), numărul de puncte necesar pentru poziționarea solidului este 2, cărora le corespund $2 \times 2 = 4$ coordonate în planul dat. Luând în considerare condiția de invariabilitate a distanței dintre două puncte rezultă $L = 4 - 1 = 3$ parametri independenți, deci trei grade de libertate.

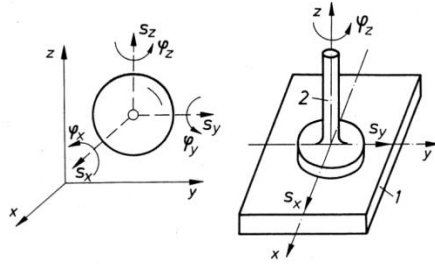


Fig 4 Mișcarea solidului rigid în spațiu și în plan

Din punct de vedere cinematic numărul gradelor de libertate este egal cu numărul de mișcări simple posibile (ale solidului rigid). Astfel mișcarea generală a unui solid rigid în spațiu este caracterizată de 3 translații s_x, s_y, s_z și 3 rotații după cele 3 axe $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$, rezultând astfel 6 grade de libertate (Fig 4). În mișcarea plană translația se face după două componente (de exemplu s_x și s_y), iar rotația se efectuează după o direcție perpendiculară pe planul mișcării și are o singură componentă (φ_z), deci numărul total de mișcări simple posibile este 3, adică solidul are 3 grade de libertate (Fig 4).

Denumire	Contact punctiform	Contact liniar	Contact pe suprafata	Reprezentarea cuplei
Cupla sferica f=3 3 R				
Patina spatiaza f=3 1R 2T				
Cupla de roto-translatie f=2 1R 1T				
Cupla de rotatie f=1 1R				
Cupla de translatie f=1 1T				
Cupla surub-piulita (elicoidala) f=1 1R cuplat 1T				

Fig 5 Cuple cinematice inferioare - forme constructive, clasificare, reprezentare. [VOL1]

În vederea studierii și clasificării cuplelor cinematice se va opera cu definirea cinematică a gradelor de libertate.

Clasa "i" a unei cuple cinematice este dată de numărul gradelor de libertate suprimate în mișcarea relativă a celor două elemente care intră în compunerea ei. Numărul gradelor de libertate rămase este:

$$f = 6 - i \quad (1.1)$$

Dacă se analizează clasa unei cuple de rotație observăm că aceasta permite 1 mișcare de rotație (de exemplu după axa x) și restricționează celelalte 5 mișcări (3 translații după axele x, y, z și 2 rotații după axele y, z). Putem deci concluziona că acest tip de cuplă cinematică este de clasa a 5-a. În Fig 5 sunt prezentate câteva exemple de cuple cinematice inferioare.

Cuplele cinematice formate între camă-tachet sau două roți dințate sunt considerate ca având clasa a 4-a (introduc în mecanism 2 grade de libertate) pentru că sunt cuple cinematice superioare. Cupla cinematică dintre camă-tachet sau cupla dintre două roți dințate este prezentată și în Fig.1.

Lanțul cinematic, schema structurală, schema cinematică, gradul de libertate al unui lanț cinematic, gradul de mobilitate al unui mecanism.

Lanțul cinematic reprezintă un grup de elemente legate între ele prin cuple cinematice.

Un lanț cinematic poate fi închis, dacă se realizează un contur închis compus din elemente și cuple cinematice sau deschis, dacă această condiție nu este îndeplinită. Lanțul cinematic se numește simplu, dacă are în componența sa doar elemente binare, sau complex, dacă conține cel puțin un element de rang mai mare decât 2.

Pornind de la noțiunea de lanț cinematic, **mecanismul** se mai poate defini ca fiind un lanț cinematic închis având un element fix și unul sau mai multe elemente conducătoare la care celelalte elemente au mișcări bine determinate (Reuleaux)

Denumirea elementului	Reprezentarea in schema structurala	Reprezentarea in schema cinematica	Observatii
binar			lant spatial
ternar			lant plan
ternar			lant plan
ternar			lant spatial
cuaternar			lant plan

Fig. 6. Reprezentare a schemei structurale și a schemei cinematice

Se numește **schemă structurală** a unui lanț cinematic reprezentarea simplificată prin care se evidențiază numărul și natura elementelor și modul în care acestea se leagă între ele.

Se numește **schemă cinematică** a unui lanț cinematic reprezentarea simplificată în cadrul căreia, pe lângă cele evidențiate de schema structurală se mai indică (prin reprezentări grafice la scară) poziția relativă a zonelor de contact ale suprafețelor cuplelor cinematice și forma geometrică a acestora (dimensiunile geometrice caracteristice). Simbolurile utilizate în reprezentarea elementelor și a cuplelor cinematice sunt prezentate în figurile Fig.1 și Fig.5. În Fig. 6 se prezintă câteva exemple de reprezentări simplificate ale unor elemente.

Se numește **cuplă cinematică multiplă** o cuplă cinematică în componența căreia intră mai mult de două elemente.

Gradul de multiplicitate a unei cuple în componența căreia intră k elemente este k-1. La stabilirea sturcturii unui lanț cinematic orice cuplă cinematică multiplă se va lua în considerare de atâtea ori cât este gradul său de multiplicitate. În Fig. 7 cupla cinematică A leagă 3 elemente, deci are gradul de multiplicitate 2.

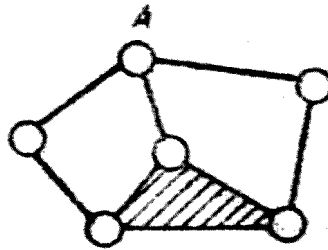


Fig. 7 Lanț cinematic închis. Cupla cinematică A este o cuplă multiplă

Gradul de libertate al unui lanț cinematic este dat de numărul mișcări simple posibile pe care le pot efectua elementele care compun lanțul iar acesta se notează cu L. Pentru a calcula gradul de libertate al unui lanț cinematic se ține cont de faptul că un element în spațiu are 6 grade de libertate, dar acestea sunt reduse în cazul în care elementul este legat de alt element printr-o cuplă cinematică de clasa i.

$$L = 6n - \sum_{i=1}^5 i \cdot c_i \quad (1.2)$$

unde n - este numărul de elemente ale lanțului cinematic

c_i - este numărul cuplelor de clasa i

Pentru un lanț cinematic plan se ține cont de faptul că un element are 3 grade de libertate, iar în acest caz se folosește formula:

$$L = 3n - c_4 - 2c_5 \quad (1.3)$$

Dacă un element al unui lanț cinematic devine element fix (sau se solidarizează cu elementul fix), lanțul cinematic devine mecanism, în concluzie se anulează 6 grade de libertate (3 grade de libertate pentru cazul mișcării în plan).

Gradul de mobilitate M al unui mecanism reprezintă numărul de parametri independenți necesari pentru a defini în mod univoc pozițiile tuturor elementelor în raport cu un element fix.

$$M = L - 6 \quad (1.4)$$

ținând cont de relația (1.2) rezultă:

$$M = 6(n-1) - \sum_{i=1}^5 ic_i \quad (1.5)$$

Pentru un lanț cinematic plan se ține cont de faptul că un element are 3 grade de libertate, iar în acest caz se folosește formula:

$$M = 3(n-1) - c_4 - 2c_5 \quad (1.6)$$

Aceste formule sunt cunoscute sub numele de **criteriul Chebychev-Grübler-Kutzbach** pentru determinarea gradului de mobilitate după numele cercetătorilor care s-au ocupat de aceste probleme pe parcursul carierei lor.

Desmodromia mecanismelor

Un mecanism este utilizabil dacă în timpul funcționării toate elementele care compun mecanismul ocupă poziții bine stabilite în funcție de poziția elementului/elementelor motoare. Această proprietate se numește desmodromie (de la grecescul "desmos-dromos" = drum/traseu obligatoriu).

În Fig 8 este prezentată schema cinematică a mecanismului bielă-manivelă (numit și manivelă-piston), mecanism prezentat și în Fig. 1 sub forma unui desen de ansamblu.

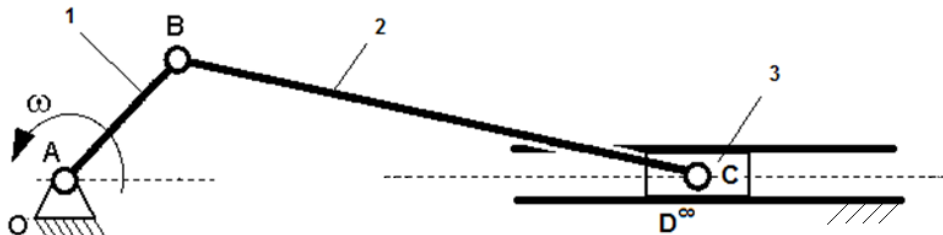


Fig. 8 Schema cinematică a mecanismului bielă-manivelă (manivelă - piston)

Dacă se analizează mecanismul bielă-manivelă se observă că acesta este desmodrom, în sensul că pentru orice poziție a elementului conducător 1 corespunde o poziție bine stabilită a elementului condus 3 și a bielei 2.

Numărul de elemente: $n = 4$

Numărul de cuple cinematice de clasa a 5-a: $c_5 = 4$ (A, B, C -rotație; D^∞ -translație)

Gradul de mobilitate:

$$M = 3(n-1) - c_4 - 2c_5 = 3 \cdot 3 - 0 - 2 \cdot 4 = 1 \quad (1.7)$$

Putem spune că un mecanism este desmodrom dacă numărul elementelor motoare este egal cu gradul de mobilitate al mecanismului:

$$n_m = M \quad (1.8)$$

Particularități în determinarea desmodromiei unui mecanism:

- **Legături pasive L_p .** Fie mecanismul din Fig. 9a, pentru acesta se calculează gradul de mobilitate:

Numărul de elemente: $n = 5$

Numărul de cuple cinematice de clasa a 5-a: $c_5 = 6$

Gradul de mobilitate:

$$M = 3(n-1) - c_4 - 2c_5 = 3 \cdot 4 - 0 - 2 \cdot 6 = 0 \quad (1.9)$$

Conform ecuației (1.9) mecanismul are grad de mobilitate 0 deci nu poate executa mișcare. În realitate, mecanismul este format din două paralelograme $ABCD$ și $CDEF$ ($AB \parallel CD \parallel EF$) și se poate mișca.

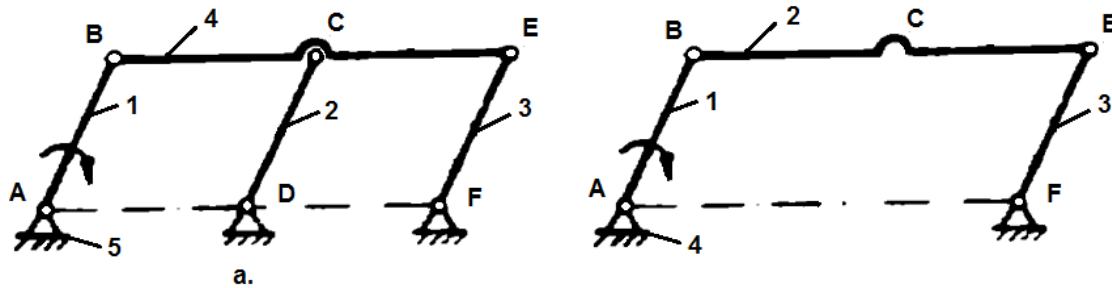


Fig. 9 a. Mecanism paralelogram cu legături pasive; b. Mecanism paralelogram înlocuitor, fără legături pasive

Se observă că punctul C execută aceeași mișcare circulară în cazul Fig.9a și Fig.9b. Concluzia este că lanțul cinematic format din elementul 2 și cuplele adiacente (C, D) servește doar pentru sincronizarea mișcării unor elemente sau pentru rigidizarea mecanismului. Acest lanț cinematic are un rol pasiv și nu se ia în considerare în calculul gradului de mobilitate, rezultând astfel formula:

$$M = 3(n - 1) - c_4 - 2c_5 - \sum L_p \quad (20)$$

unde, L_p - sunt toate lanțurile cinematice care formează legături pasive.

Dacă se folosește relația (20) în calculul gradului de mobilitate al mecanismului din Fig.9a rezultă:

- se elimină lanțul cinematic format din elementul 2 și cuplele C și D (se folosește relația (1.3) pentru calculul gradului de libertate al unui lanț cinematic)

$$L_p = 3 \cdot n - c_4 - 2 \cdot c_5 = 3 \cdot 1 - 0 - 2 \cdot 2 = -1 \quad (21)$$

- se recalculează gradul de mobilitate M

$$M = 3(n - 1) - c_4 - 2c_5 - \sum L_p = 3 \cdot 4 - 0 - 2 \cdot 6 - (-1) = 1 \quad (22)$$

Se poate concluziona deci, că mecanismul este desmodrom, așa cum rezultă și intuitiv.

• **Mișcări independente (Legături/Mișcări de prisos) L_{id} .** Fie mecanismul din Fig. 10a, pentru acesta se calculează gradul de mobilitate:

Numărul de elemente: $n = 4$

Numărul de cuple cinematice de clasa a 5-a: $c_5 = 3$ (cuplele O, B - rotație, C - translație)

Numărul de cuple cinematice de clasa a 4-a: $c_4 = 1$ (cupla A - camă-tachet)

Gradul de mobilitate:

$$M = 3(n - 1) - c_4 - 2c_5 = 3 \cdot 3 - 1 - 2 \cdot 3 = 2 \quad (23)$$

dar mecanismul prezentat în Fig. 10a este desmodrom (pentru orice poziție a elementului conducător camă, există o unică poziție a elementului condus tachet).

Dacă se analizează mecanismul camă-tachet din Fig.10b se obține:

$$M = 3(n - 1) - c_4 - 2c_5 = 3 \cdot 2 - 1 - 2 \cdot 2 = 1 \quad (24)$$

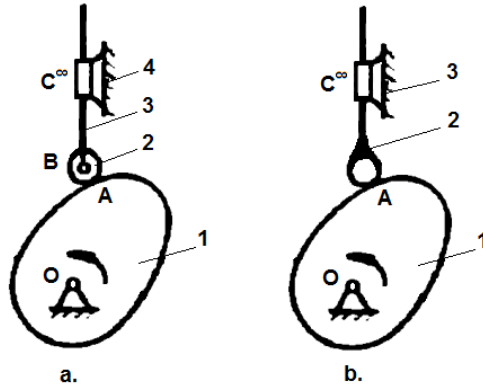


Fig. 10 a. Mecanism camă-tachet cu rolă, b. Mecanism camă-tachet fără rolă

Diferența dintre cele două mecanisme apare datorită rolei și a cuplei de rotație care leagă rola de tachet în cazul mecanismului din Fig. 10a, rolul acesteia fiind de a transforma frecarea de alunecare în frecare de rostogolire (evident, mai mică), aceasta neinfluențând mecanismul din punct de vedere cinematic. Transformarea mecanismului prezentat în Fig. 10a în mecanismul din Fig. 10b se face prin solidarizarea (sudarea) rolei de tachet, astfel cupla de rotație dintre elementele 2 și 3 nu își mai are rostul, iar elementele 2 și 3 se unesc și sunt notate ca elementul 2 (în Fig 10b).

În cazul de față se elimină 1 element și o cuplă de rotație

$$L_{id} = 3n - c_4 - 2c_5 = 3 \cdot 1 - 0 - 2 \cdot 1 = 1 \quad (25)$$

$$M = 3(n-1) - c_4 - 2c_5 - \sum L_p - \sum L_{id} = 1 \quad (26)$$

Depistarea unei legături independente se face prin fixarea într-o poziție oarecare a mecanismului, iar dacă în urma fixării, există elemente care se pot mișca, atunci acestea reprezintă mișcări independente (legături de prisos).

Conexiuni și grupe cinematice

În vederea realizării desmodromiei unui mecanism, asupra mișcării relative a elementelor acestuia trebuie să existe unele constrângeri. Aceste constrângeri poartă denumirea de conexiuni și se notează cu K . Conexiunile sunt lanțuri cinematice deschise interpușe între două elemente cu mișcare relativă cunoscută sau impusă. Formula după care se calculează gradul de libertate al lanțului cinematic plan care formează conexiunea este următoarea:

$$L_k = 3n_k - c_4 - 2c_5 \quad (27)$$

unde n_k = numărul de elemente ale conexiunii, c_4 și c_5 numărul de cuple de clasa respectivă din conexiune.

Tipul conex.	Nr de elem n_k	Cuple cinematice		Schema cinematica a conexiunii	L_k	Notare
		Nr	Clasa			
A	0	1	$c_5 = 1$		-2	$K_{A(-2)}$
			$c_4 = 1$		-1	$K_{A(-1)}$
B	1	2	$c_5 = 2$		-1	$K_{B(-1)}$
			$c_5 = 1$ $c_4 = 1$		0	$K_{B(0)}$
C (ex)	oarecare				L_k	$K_{C(L_k)}$
	2	3	$c_5 = 3$		0	$K_{C(0)}$

Fig.11 Tipuri de conexiuni

Conexiunea de tip A - este cea mai simplă conexiune, formată dintr-o cuplă cinematică fără nici un element; **Conexiunea de tip B** - formată din două cuple cinematice (clasa a 4-a sau a 5-a) și un element; **Conexiunea de tip C** - pot avea orice alcătuire. Tipurile de conexiuni sunt prezentate și în Fig.11.

Transformarea instantaneu izocinetică

Dacă se analizează Fig.11 - liniile 2 și 3 se observă că o conexiune de tip $K_{A(-1)}$ formată dintr-o cuplă de clasa a 4-a superioară introduce aceleași constrângeri precum o conexiune de tip $K_{B(-1)}$ (formată dintr-un element și două cuple de clasa a 5-a inferioare). Astfel într-un mecanism se pot înlocui cuplele superioare prin cuple inferioare.

Folosind această proprietate, un mecanism care are în structura sa cuple de clasa a 4-a superioare poate fi transformat într-un mecanism instantaneu izocinetic echivalent (în momentul considerat execută aceeași mișcare) dar care are în structură doar cuple de clasa a 5-a inferioare. Acest lucru este util în cazul împărțirii unui mecanism în grupe cinematice. Transformarea instantaneu izocinetică se face în felul următor, Fig.12

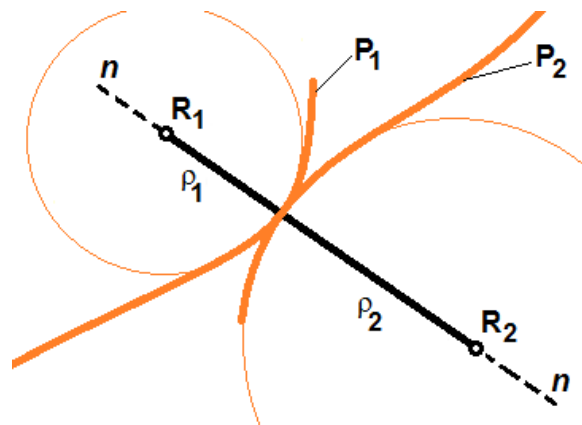


Fig.12 Transformarea instantaneu izocinetică

- se consideră cupla de clasa a 4-a formată din profilele P_1 și P_2
- în punctul de contact, se trasează normala $n - n$ comună celor două profile
- se notează cu R_1 și R_2 centrele de curbură ale profilelor P_1 și P_2 în punctul de contact (centrul cercului osculator 1 și centrul cercului osculator 2)
- se notează cu ρ_1 și ρ_2 razele de curbură
- se construiește conexiunea $K_{B(-1)}$ înlocuitorie poziționând cuplele de rotație în punctele R_1 și R_2 (centrele de curbură), iar prin unirea acestor puncte apare elementul adițional/fictiv. Se observă că lungimea momentană a elementului adițional/fictiv este $\rho_1 + \rho_2$

Grupe cinematice (grupa structurală sau grupa Assur)

Numele de grupa Assur provine de la numele inginerului rus Leonid Assur (1878-1920) care în 1915 propune această metodă de împărțire a unui mecanism în vederea simplificării procesului de analiză. Ulterior în 1977 Artobolevsky în *Theorie des Mechanismes et des Machines* propune folosirea termenului de grupe Assur.

Împărțirea în grupe cinematice (Assur) are rolul de a ușura analiza cinematică, cineto-statică (analiza, nu doar din punct de vedere al mișcării, ci și al forțelor și reacțiunilor ce apar în cuplele cinematice) dar și sinteza dimensională a mecanismelor.

Grupele cinematice sunt conexiuni cu cel puțin două elemente care conțin doar cuple de clasa a 5-a și au gradul de libertate 0. Acestea dacă sunt scoase sau adăugate unui mecanism nu îi schimbă gradul de mobilitate. O altă definiție a grupelor cinematice este că sunt conexiuni de tip $K_{C(0)}$ care conțin doar cuple de clasa a 5-a inferioare.

În aceste condiții, din relația (27) rezultă:

$$3n_k - 2c_5 = 0 \quad (28)$$

$$\text{sau } c_5 = 3 \frac{n_k}{2} \quad (29)$$

Dacă se analizează relația (29) se poate observa că numărul de elemente trebuie să fie un număr par din cauza faptului că nu pot apărea fracțiuni de cuple cinematice.

Pentru a clasifica grupele cinematice se folosesc termenii clasă și ordin.

Clasa unei grupe cinematice este dată de conturul poligonal cel mai complex conținut în grupă (dacă elementul cel mai complex este binar, considerăm grupa ca fiind de clasa a II-a)

Ordinul grupe cinematice este dat de numărul cuplelor cinematice de legătură ale grupeii cu restul mecanismului.

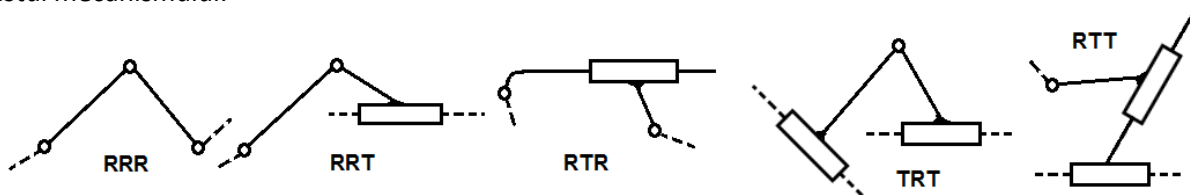


Fig. 13 Grupe cinematice cu $n=2$ – clasa a II-a, ordinul II

În Fig. 13 s-au prezentat toate variantele posibile de grupe cinematice de clasa a II-a, ordinul II cu cuple de rotație sau translație. Notarea acestora se face în funcție de tipul de cuple cinematice conținute (TRT – 1 translație, 1 rotație, 1 translație). Înlocuirea tuturor celor 3 cuple de translație conduce la crearea unui mecanism spațial, deci nu la o grupă cinematică.

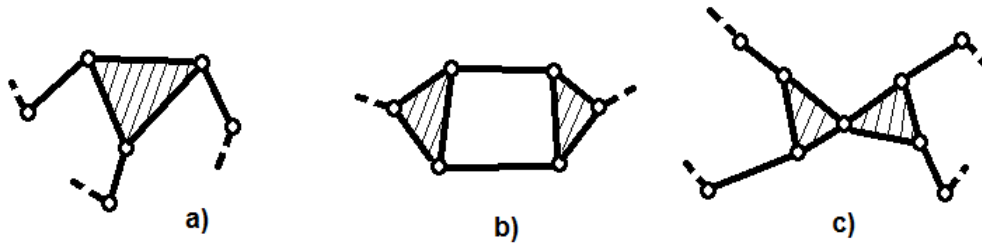


Fig. 14 Grupe cinematice de clase superioare cu cuple de rotație

În Fig. 14 sunt prezentate câteva exemple de grupe cinematice de clase superioare. Variante ale acestora se pot obține înlocuind cuplele de rotație cu cuple de tranlație. Descrierea grupelor cinematice din Fig.14 se face în felul următor:

- Fig.14 a) – grupă cinematică cu $n = 4$; $c_5 = 6$, clasa a III-a (conturul poligonal cel mai complex este triunghi), ordinul 3 (numărul de cuple cinematice de legătură cu mecanismul este 3)
- Fig.14 b) – grupă cinematică cu $n = 4$; $c_5 = 6$, clasa a IV-a (conturul poligonal cel mai complex este patrulater), ordinul 2 (numărul de cuple cinematice de legătură cu mecanismul este 2)
- Fig.14 c) – grupă cinematică cu $n = 6$; $c_5 = 9$, clasa a III-a (conturul poligonal cel mai complex este triunghi), ordinul 4 (numărul de cuple cinematice de legătură cu mecanismul este 4)

Dacă se dorește împărțirea în grupe cinematice a unui mecanism care conține cuple cinematice superioare, acestea trebuie transformate în conexiuni de tip $K_{B(-1)}$ folosind algoritmul de transformare instantaneu izocinetică.

Împărțirea în grupe cinematice a unui mecanism se face **în mod unic**.

În Fig. 15 este prezentată împărțirea în conexiuni a unui mecanism pentru centrarea longitudinală a unui perforator. Pentru acest mecanism, elementul 2' - rola nu are rol cinematic, conducând la un grad de libertate de prisos (deci se sudează rola 2' de tachetel 2). După cum se poate observa, în schema cinematică a mecanismului există o cuplă cinematică de clasa a 4-a superioară, aceasta formând o conexiune de tip $K_{A(-1)}$.

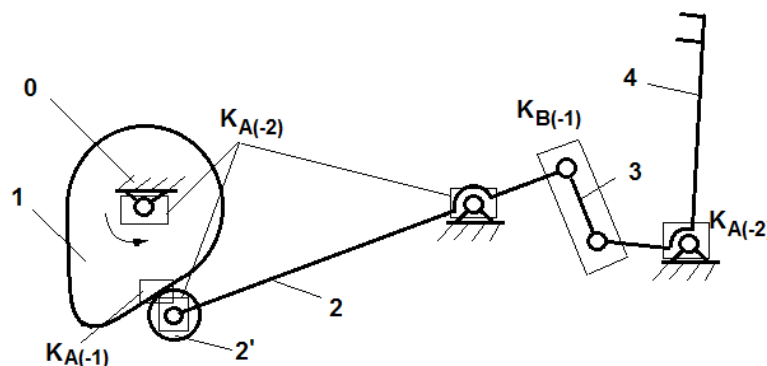


Fig.15 Împărțirea în conexiuni a unui mecanism

Pentru a împărți un mecanism în grupe cinematice se urmăresc următorii pași:

1. transformarea instantaneu izocinetică a conexiunilor de tip $K_{A(-1)}$ în conexiuni de tip $K_{B(-1)}$ (eliminarea cuplelor superioare din structura mecanismului).
2. eliminarea elementului fix și a cuplei motoare

3. se împarte lanțul cinematic rămas în grupe cinematice pornind cu elementul de ieșire
Un exemplu de împărțire în grupe cinematice este prezentat în Fig.16

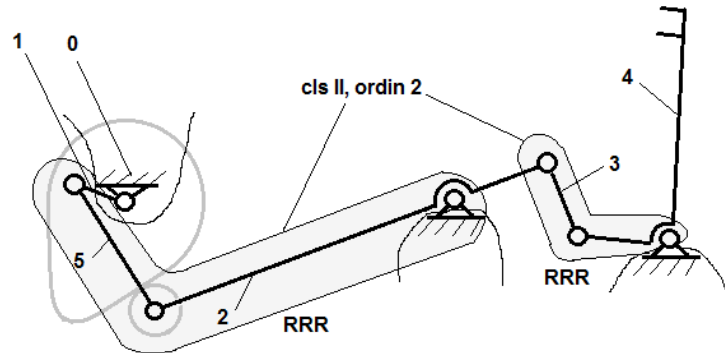


Fig.16 Împărțirea unui mecanism în grupe cinematice

Ca urmare a împărțirii teoretice a mecanismului din Fig.16 în grupe cinematice rezultă două grupe cinematice notate RRR – au în structură 2 elemente și 3 cuple de rotație (clasa a II-a, ordinul 2).

Clasificarea mecanismelor

Mecanismele se pot clasifica după cum urmează:

- din punct de vedere funcțional:
 - mecanisme pentru reproducerea unei funcții matematice date
 - mecanisme pentru poziționarea unui element în raport cu un sistem de referință
 - mecanisme pentru conducerea unui punct aparținând unui element pe o curbă dată
 - mecanisme cu opriri, care realizează staționarea temporară a elementului de ieșire la mișcarea continuă a elementului de intrare
- din punct de vedere constructiv:
 - mecanisme cu bare
 - mecanisme cu cama
 - mecanisme cu roți dințate
 - mecanisme cu element flexibil
 - mecanisme cu roți de fricțiune, etc
- din punct de vedere structural (se iau în considerare elementele și cuplele cinematice)
 - mecanisme plane
 - mecanisme spațiale

Avantaj mecanic

Eficiența transmiterii mișcării