

5. Maticová dynamická analýza priestorových mechanizmov

V dynamickej analýze mechanizmov sú dve základné úlohy:

1. Treba určiť zovšeobecnené hnacie sily, ktoré pôsobia na členov mechanizmu tak, aby sa pohybovali predpísaným priebehom pohybu.

Popri zovšeobecnených hnacích účinkoch určujeme aj priebeh dynamických reakcií v spojeniach členov, ktoré vznikajú počas pohybu členov mechanizmu.

2. Ak poznáme časový priebeh zovšeobecnených hnacích síl, určujeme odpovedajúci priebeh pohybu členov, ako aj reakcie.

5.1 LAGRANGEHOVÁ METÓDA PRE OM

Na riešenie prvej základnej úlohy môžeme použiť Lagrangeove rovnice II. druhu

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial K}{\partial q_i} = Q_i \quad (5.1)$$

kde $i = 1, 2, \dots, m$

m je počet pohyblivých členov OM (bez rámu),

q_i - zovšeobecnené lokálne nezávislé súradnice polohy členov,

\dot{q}_i - zovšeobecnené rýchlosťi,

K - celková kinetická energia SVT,

Q_i - zovšeobecnené sily, ktoré môžeme pre nekonzervatívnu SVT s vonkajšími akčnými účinkami Q_i^A (posuvnými silami F_i , alebo krútiacimi momentmi M_i) vyjadriť v tvare

$$Q_i = Q_i^A - \frac{\partial P}{\partial q_i} \quad (5.2)$$

kde P je celková potenciálna energia SVT v gravitačnom poli.

5.2 DYNAMICKÝ MODEL m-ČLENNÉHO OM

Matematický model OM s m pohyblivými členmi spojenými v libovoľnom poradí rotačnými R a posuvnými P spojeniami má podľa TM(5.110) tvar

$$Q_i = \sum_{j=1}^m k_{ij} q_j = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m k_{ijk} q_j q_k + k_i \quad (5.3)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

pričom koeficienty budú:

$$k_{ij} = \sum_{j=\max(i,j)}^m \text{tr} ({}^j u_{kp} {}^j \omega_j {}^j u_i^T) \quad (5.4)$$

$$k_{ijk} = \sum_{j=\max(i,k,p)}^m \text{tr} ({}^j u_{kp} {}^j \omega_j {}^j u_i^T) \quad (5.5)$$

$$k_i = - \sum_{j=i}^m m_i g^T {}^j u_i {}^j \omega_j T \quad (5.6)$$

Rovnice (5.3) nám umožnia podľa zadaného priebehu pohybu členov určiť potrebné zovšeobecnené hnacie sily Q_i s nositeľkami v osiach spojení členov potrebné na realizáciu vyžadovaných pohybov členov pri rešpektovaní všetkých dynamických interakcií.

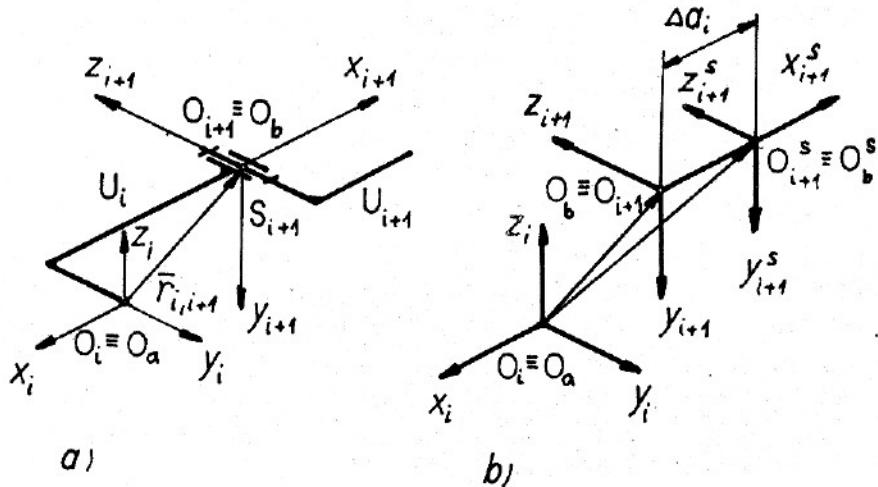
5.2.1 Dynamické reakcie v spojeniach členov OM

V elementoch spojení R resp. P členov vznikajú reakcie, ktoré majú podľa TM(5.7) 5 neznámych súradníc

$$\mathcal{F}^R = [F_x^R, F_y^R, F_z^R, M_x^R, M_y^R, 0] \quad (R) \quad (5.7)$$

$$\mathcal{F}^P = [F_x^P, F_y^P, 0, M_x^P, M_y^P, M_z^P] \quad (P) \quad (5.8)$$

Ak fiktívne umožníme, aby sa člen U_{i+1} posunul v spojení S_{i+1} pozdĺž osi x_{i+1} o hodnotu Δa_1 (obr. 5.1), potom môžeme podľa matematického modelu (5.3) po úprave vypočítať dynamickú silu F_x^A , ktorá je potrebná na uvažované posunutie.



Obr. 5.1

- a) rotačné spojenie členov U_{i+1}, U_i , b) fiktívne posunutie a člena U_{i+1} voči členu U_i

Pre skutočné nulové posunutie $q = \Delta a_1 = 0$ bude vypočítaná sila rovná veľkosti reakcie:

$$F_x^R = - F_x^A \quad (5.9)$$

ktorá vzniká v skutočnom spojení v smere osi x_{i+1} , [16].

5.3 INTERAKTÍVNY SIMULAČNÝ PROGRAM DYNAMIKY OM PReM

Podľa matematických modelov vo forme rovnic (5.3), (5.7), (5.8) vznikol na základe spolupráce KTM SjF SVŠT a ÚTK SAV v Bratislave interaktívny simulačný program DR na výpočet reakcií v spojeniach, zovšeobecnených hnacích síl, kartesiánskych súradníc polohy a orientácie výstupného člena m-členného OM ($m \leq 7$) pre zadany pohyb členov spojených lubovoľne rotačnými alebo posuvnými spojeniami [16]. Na zefektívnenie práce s programom DR sme vyvinuli aj interaktívny program MZ na výpočet parametrov členov otvorených mechanizmov PReM charakterizujúcich rozloženie ich hmotnosti, teda polohu ťažiska matice

pseudozotrváčnosti obsahujúce momenty zotrvačnosti, deviačné momenty a statické momenty.

Programy DR a MZ sme napísali v jazyku FORTRAN a umožňujú prácu v operačnom systéme DOS-RV na počítačoch typu SM 4-20, SM 52-11 prípadne vyšších verzí počítačov SMEP.

Prácu s každým programom sme rozčlenili do pracovných režimov s presne definovanou funkciou, pričom každý z režimov umožňuje viesť podrobnejší dialóg na hierarchicky nižšej úrovni. K programu sme vytvorili povelový súbor, ktorý je hierarchicky na najvyššej úrovni a umožňuje spúštať program, manipuloval s utvorenými prípadne programom modifikovanými dátovými súbormi, tlačiť obsah textových súborov, ktoré vznikli pri práci s programami DR, MZ formou dialógu bez potreby znalosti príslušných príkazov operačného systému. Pred začatím práce s programom DR treba, aby si užívateľ pripravil potrebné vstupné údaje o OM:

- počet a druh spojení (R resp. P, max. 7),
- polohu lokálnych súradnicových systémov podľa Hartenbergovej-Denavitovej metodiky vo forme tabuľky parametrov DELTA, D, A, ALFA,
- a pomocou programu MZ
- hmotnosti členov,
- homogénne súradnice polohy tažísk členov v lokálnych súradnicových systémoch,
- momenty zotrvačnosti a deviačné momenty jednotlivých členov IYZ, IXZ, IXY.

Vzhľadom na to, že pre využitie programu DR sú potrebné vstupy, ktoré získame pomocou programu MZ, najprv opíšeme vlastnosti programu MZ.

5.3.1 Simulačný program MZ

Simulačný program MZ umožňuje vypočítať súbor parametrov charakterizujúcich rozloženie hmotností v členoch otvorených mechanizmov, teda hmotnosť člena, polohu tažiska, momenty zotrvačnosti vzhľadom na súradnicové osi a deviačné momenty vzhľadom na zvolený lokálny súradnicový systém príslušného člena.

V programe vychádzame z toho, že zotrvačné parametre člena môžeme vypočítať, ak poznáme zotrvačné parametre všetkých jeho častí. Každý člen môžeme v programe špecifikovať ako súbor konečného počtu častí (menšieho ako 100), ktoré nazývame elementárnymi časťami. Elementárnu časť môžeme v programe vymodelovať pomocou štandardných častí s jednoduchým geometrickým tvarom, pre ktoré

vyšpecifikujeme dodatočne rozmery a druh materiálu, alebo pomocou časti volného typu, pre ktoré poznáme parametre rozloženia hmotnosti (čo umožnuje využívať údaje získané výpočtom, alebo meraním).

Všetky údaje ktoré charakterizujú člen mechanizmu sú uložené v osobitnom súbore, teda aj po skončení práce s programom sa môžeme k nim opäť vrátiť. Výsledky môžeme zobrazovať v tabuľkovom tvare na užívateľskom termináli a zapísat do pomocného textového súboru (a potom v prípade potreby vypísať na tlačiareň). Program umožňuje zapísat výsledky výpočtu zotrvačných parametrov do zvoleného dátového súboru v tvare vhodnom pre simulačný program DR na výpočet dynamických hnacích účinkov a reakcií v spojeniach členov.

Program umožňuje prácu v týchto režimoch, pričom do vybraného režimu sa dostaneme tak, že zadáme jeho názov:

A - špecifikácia pracovného súboru, definujúceho člen mechanizmu

I# - začatie práce s časťou číslo

$\#$: 1, 2, ..., 100

0 najnižšie volné číslo časti

T - zobrazenie údajov definujúcich časti člena

P - definícia nového súradnicového systému člena

J - zápis výsledných údajov do súboru typu KSF, DAT

E - ukončenie programu

H = tlač vysvetlivisk

S = tlač skrátených vysvetliviek

Pri práci používame jednotky sústavy SI, pričom jedinou výnimkou je používanie stupňov namiesto radiánov. Ak je v programe ponuka určitého repertoáru ďalších možností pokračovania, príslušná výzva na výber jednej z nich má tvar

[...//E/H/S]:

alebo

Nejaký text [...//E/H/S]:

pričom v hranatých zátvorkách sú skratky jednotlivých možností použitia ďalších režimov.

Režim T - zobrazenie údajov definujúcich časti člena

Zoznam zobraziteľných údajov

CC - číslo časti

NC - názov časti

PC - príslušnosť časti

CS - číslo skupiny

NT - názov štandardného typu

GR - geom. rozmery částí

SH - hmotnost (špecifická hmot.)

AS - údaje "NT" až "SH"

OR - orientácia s.syst. časti
O3 - orientácia ... vyjadrená
maticou smer. kosínusov
AI - údaje "CC" až "O3"

JX - lok. momenty zotr.v.
PL - poloha ťažiska časti
HM - hmotnosť časti
AV - údaje "JX" až "HM"

MP - lokálna matica (pseudo) zotrvačnosti
M1 - matica (pseudo) zotrvačnosti v sur. syst. člena
J1 - momenty zotrvačnosti ... v sur. systéme člena
AO - údaje "MP" až "J1"

AL - kompletnej sada údajov.

Ponuka: zobrazit [...//E/H/S]:

Po zadaní H získame výpis

V tomto režime možno zobraziť na termináli sadu zvolených údajov pre všetky časti člena. Zobraziť môžeme údaje zadávané pri definovaní časti v režime I aj ďalšie získané výpočtom. Okrem toho sa zobrazia výsledné údaje, ktoré charakterizujú celý člen. Kópiu zobrazovaných údajov môžeme zapísat do textového súboru a neskôr vytlačiť.

Množinu zobraziteľných údajov týkajúcich sa elementárnej časti môžeme rozdeliť do týchto podmnožín:

- základné vstupné údaje,
- vstupné údaje špecifické pre časť štandardného typu,
- vstupné údaje špecifické pre časť volného typu,
- údaje získané výpočtom,
- ak člen neobsahuje časti štandardného alebo volného typu, nemá zmysel žiať zobrazenie príslušných údajov. Takúto situáciu program signalizuje zobrazenie znaku "*" pred príslušnými údajmi.

Sadu zvolených údajov špecifikujeme uvedenými skratkami oddelenými čiarkami. Pre rýchlejšie zadávanie sú k dispozícii aj globálne skratky AI, AS, AV, AO, AL, z ktorých prvé štyri nahradzajú uvedené štyri podmnožiny skratiek. Ak pred skratku predradíme značku "-", potom program príslušnú činnosť nevykoná.

Príklady použitia skratiek v režime T

[]: AI, -NC, -PC, MP

Po zadaní uvedeného súboru skratiek sa zobrazia základné vstupné údaje okrem názvov a príslušnosti častí, pričom sa zobrazia lokálne matice (pseudo) zotrvačnosti

[]: NC, AO, -NP

Zobrazia sa názvy častí a údaje "M1", "J1".

[]: -AL

Nezobrazia sa žiadne údaje týkajúce sa elementárnych častí, ale zobrazia sa výsledné údaje pre celý člen.

Režim I - Začatie práce s časťou

Zoznam názvov režimov

- I - vstup údajov definujúcich časť,
- T - zobrazenie údajov charakterizujúcich časť,
- D - vymazanie (zrušenie) časti,
- E - ukončenie režimu,
- H - vysvetľujúci výpis.

Ponuka [I/T/D//E/H]:

Po zadaní názvu: I si program vyžiada volbu typu novej časti

Zvol typ [S - štandardný/V - volný//E/H]:

a po zadaní H získame výpis.

Rozoznávame dva základné typy elementárnych častí:

- Ak je časť definovaná voľbou jedného z repertoáru ponúkanych geometrických útvarov a zadaním potrebných rozmerov a materiálu, ide o časť štandardného typu.
- Ak je elementárna časť definovaná zadaním jej hmotnosti a zotrvačných parametrov vzhľadom na vhodný súradnicový systém na túto časť pevne viazaný, ide o časť volného typu.

Ak má teda uvažovaná časť pravidelný geometrický tvar a je z homogénneho materiálu, je vhodné definovať ju ako časť štandardného typu. V opačnom prípade môžeme potrebné zotrvačné parametre časti (vzhľadom na vhodný súradnicový systém) získať výpočtom alebo meraním a definovať ju ako časť volného typu.

Ak pri ponuke

Definícia novej časti

Zvol typ [S - štandardný/V - volný//E/H]

zadáme S, program zobrazí tento zoznam označení

[NC/PC/CS/PO/OR/NT/GR/SH/ZT/AL//E/H/S]

kde NC - názov časti,
PC - príslušnosť časti (+,-),
CS - číslo skupiny,
PO - poloha začiatku S.S. časti,
OR - orientácia S.S. časti vzhľadom na S.S. článok,
NT - názov štandardného typu,
GR - geometrické rozmery časti,
SH - hmotnosť (špecifická hmotnosť),
ZT - zmena typu časti na volný typ,
AL - všetky vyššie uvedené označenia,
E - ukončenie zadávania,
H - vysvetlujúci výpis,
S - skrátený vysvetlujúci výpis.

Pojem príslušnosti časti chápeme ako znamienko (+,-), s ktorým elementárna časť prispieva do zotrvačných parametrov člena. Tento pojem umožňuje modelovať členy, ktoré obsahujú dutiny ako napr. modelovanie rúry ako rozdielu dvoch valcov.

Každej časti môžeme priradiť číslo skupiny (1 až 10). Tento údaj môžeme s výhodou využiť ako pomôcku pre zvýraznenie takých množín časti, ktoré spolu súvisia buď logicky, alebo svojím umiestnením v člene (prvky skupiny môžu tvoriť mechanicky celok).

Pre každú časť musí byť definovaný súradnicový systém pevne viazaný na túto časť. Polohu časti v člene potom zadávame ako polohu a orientáciu tohto lokálneho súradnicového systému vzhľadom na súradnicový systém člena.

Polohu súradnicového systému časti vzhľadom na geometrické rozmery časti určíme pre časť štandardného typu volbou konkrétneho typu, pri časti volného typu je to ten súradnicový systém, vzhľadom na ktorý poznáme jeho zotrvačné charakteristiky.

OR - orientácia S.S. časti vzhľadom na S.S. článok

Ponuka [Vstup orientácie I//H]:

Po zadaní H získame výpis:

I - načítanie hodnôt,
H - vysvetlujúci výpis.

Orientáciu súradnicového systému vzhľadom na základný súradnicový systém špecifikujeme zadaním dvoch vektorov ležiacich v smere osi X, Y definovaného súradnicového systému. Druhý zo zadaných vektorov sa po načítaní hodnôt na-

hradí jeho priemetom do roviny kolmej na prvý vektor. Ak sú vstupné vektory jednotkové, potom odpovedajú prvým dvom stípcom matice smerových kosínusov. Opísaný spôsob definovania orientácie má skrátený zápis:

2V## (dva vektory)

#: X, Y, Z

Ďalšie metódy definovania orientácie:

EU #***(trojica Eulerových uhlov)

#: X, Y, Z

Nový (zadávaný) súradnicový systém získame postupným otočením o zadané uhly okolo osí, určených trojicou písmen #**#. Ak túto trojicu označíme ABC, potom

1. otočenie je okolo zvolenej osi "A" základného súradnicového systému,
2. otočenie je okolo zvolenej osi "B" nového (už otočeného) súradnicového systému,
3. otočenie je okolo zvolenej osi "C" práve získaného (po druhom otočení) súradnicového systému.

Povolené sú len také trojice otočení, v ktorých nenasledujú po sebe dve otočenia okolo osi s rovnakým názvom, pričom dovolené rozsahy uhlov sú pre prvé a tretie otočenie: $<0,360>$ STUP a pre druhé otočenie $<0,180>$ STUP.

30 (tri otočenia)

#: X, Y, Z

Orientácia nového (zadávaného) súradnicového systému získame postupným otočením o zadané uhly okolo troch osí základného súradnicového systému.

Príklad: 30YXZ znamená postupné otočenie okolo osí Y, X, Z. Povolené sú len také otočenia, ako v prípade EU.

VO (vektor, otočenie)

Zadáva sa vektor a uhol. Orientáciu nového súradnicového systému získame otočením základného súradnicového systému o zadaný uhol okolo zadaného vektora.

Spôsoby zadania vektora

TP (tri prvky vektora)

Zadajú sa tri prvky (súradnice) vektora, pričom vektor nemusí byť jednotkový.

AE # (azimut a elevácia vektora)

#: X, Y, Z

Vysvetlime pojmy azimut a elevácia

Ak označíme rovinu osami, napr. ZX, potom 1., 2. a 3. os základného súradnicového systému budú tvoriť osi v poradí Z, X, Y.

Azimut je uhol, ktorý zviera priemet zadávaného vektora do zadanej roviny s 1. osou, pričom kladná orientácia je daná otočením okolo tretej osi od prvej osi k druhej osi kratším smerom.

Elevácia je uhol, ktorý zviera zadávaný vektor s jeho priemetom do zvolenej roviny. Uhol je kladný, ak zadávaný vektor leží v tom istom polpriestore (určenom zvolenou rovinou), ako tretia os.

Teda zadáme azimut a eleváciu vektora vzhľadom na zvolenú rovinu XY, XZ alebo ZX základného súradnicového systému XYZ (jednu z týchto rovín môžeme zvoliť volbou podľa poradia #: Z,X,Y). Rozsah pre azimut: <-180,180> STUP. Rozsah pre eleváciu: <-90,90> STUP.

Príklad: AEY znamená, že zadávame azimut a eleváciu vzhľadom na základnú rovinu ZX.

UH # (uhly s osami základného súradnicového systému)

#: X, Y, Z

Zadávame trojicu uhlov, ktoré zviera vektor s osami X, Y, Z základného súradnicového systému XYZ. Pre zvolený uhol sa akceptuje len údaj o kvadrante, v ktorom leží tento uhol. Zadané uhly musia byť v intervalu <0,180> STUP...

Príklad: UHZ z 3. uhla (ktorý zviera zadávaný vektor s osou Z) použijeme len informáciu o jeho kvadrante (<90 st., >90 st.)

Kompletný opis každej elementárnej časti obsahuje informácie o polohe jej lokálneho súradnicového systému vzhľadom na súradnicový systém člena. Podľa zadaných údajov môžeme vypočítať zotrvačné charakteristiky člena vzhľadom na jeho súradnicový systém, pričom program umožňuje vypočítať zotrvačné charakteristiky člena vzhľadom na lúbovoľný iný súradnicový systém.

Režim P - definícia nového súradnicového systému člena

"Nový" súradnicový systém člena (vzhľadom na ktorý budeme počítať zotrvačné charakteristiky) špecifikujeme zadaním jeho polohy a orientácie voči "pôvodnému" súradnicovému systému člena, alebo zadaním polohy a orientácie "pôvodného" súradnicového systému vzhľadom na "nový" súradnicový systém člena.

Uvedené konštantné transformácie zadávame pomocou týchto (pod) režimov:

- IV - význam transformácie
- IP - konštantné posunutie
- IO - konštantné otočenie
- TL - zobrazenie konštantnej transformácie
- E - koniec režimu
- H - vysvetlujúci výpis
- S - skrátený vysvetlujúci výpis

Ponuka [I# /H#/ /H]: I# Výber štandardného typu číslo #

Zoznam štandardných typov častí:

- 1 - valec
- 2 - rúra
- 3 - kváder
- 4 - kocka
- 5 - dutá kocka
- 6 - gul'a
- 7 - dutá gul'a
- 8 - rotačný kužeľ
- 9 - pravouhlý ihlan
- 10 - elipsoid
- 11 - toroid

Ponuka [I# /H#/ /H]: H# Informácie o štandardnom type číslo

Bližšie špecifikácie

- 1 - valec

Umiestnenie lokálneho súradnicového systému:

- os x je v smere osi valca, začiatok je v tažisku.

Zadávame rozmer:

- priemer valca, výšku valca

- 2 - rúra (dutý priamy rotačný valec)

- os Z je v smere osi valca, začiatok je v tažisku.

Zadávame rozmer:

- vonkajší priemer rúry, vnútorný priemer rúry, výšku

3 - kváder

- osi X, Y, Z sú v smere hrán, začiatok je v ľažisku.

Zadávame rozmery:

- hrany v smere osi X,Y,Z

4 - kocka

- osi X, Y, Z sú v smere hrán, začiatok je v ľažisku.

Zadávame rozmery:

- dĺžka hrany

5 - dutá kocka

- osi X, Y, Z sú v smere hrán, začiatok je v ľažisku.

Zadávame rozmery:

- dĺžka vonkajšej hrany, dĺžka vnútornej hrany

6 - gulička

- začiatok je v ľažisku (v strede gule).

Zadávame rozmer:

- priemer gule

7 - dutá gulička

- začiatok je v ľažisku (v strede gule).

Zadávame rozmery:

- vonkajší priemer, vnútorný priemer

8 - rotačný kužeľ

- os Z je v smere osi kužeľa, začiatok je v strede podstavy.

Zadávame rozmery:

- priemer podstavy a výšku

9 - priamy pravouhlý ihlan

- os Z je kolmá na podstavu, osi X, Y sú v smere strán obdĺžnika podstavy, a začiatok je v strede podstavy.

Zadávame rozmery:

- strana podstavy v smere osi X, strana podstavy v smere osi Y a výška

10 - elipsoid

- osi X, Y, Z sú v smere poloosi elipsoidu, začiatok je v ľažisku.

Zadávame rozmery:

- dĺžky poloosi v smere osi X, Y, Z.

11 - toroid (prstenec, anuloid)

- os Z je kolmá na rovinu, v ktorej ležia stredy priečnych prierezov, začiatok je v ľažisku.

Zadávame rozmery:

- priemer prstence, priemer kruhového prierezu.

Režim J - Zápis výsledných údajov do súboru typu KSF.DAT

Ponuka [Z - Začiatok práce//E/H]:

Po zadaní H získame výpis

Výsledné údaje ktoré získame pomocou programu MZ môžeme využiť ako vstupné údaje v programe DR na výpočet dynamických účinkov a reakcií v spojeniach členov otvorených mechanizmov. V programe DR je súbor typu KSF.FAT, ktorý slúži na uchovanie vstupných údajov pre jeden až štyri OM, z ktorých každý môže mať 1 až 7 spojení (zároveň aj členov).

Režim J umožňuje automaticky zápis výsledných zotrvačných parametrov člena, ktoré sme vypočítali podľa údajov o množine elementárnych časti tvoriačich člen, priamo do zvoleného datového súboru typu KSF.DAT. Do súboru typu KSF.DAT môžeme zapísat tieto údaje: hmotnosť člena, polohu jeho tažiska a maticu pseudozotrvačnosti.

5.3.2 Simulačny program DR

Ak chceme pomocou simulačného programu DR vypočítať priebeh dynamických reakcií v spojeniach (rotačných R, posuvných -P), zovšeobecnené hnacie sily (posúvajúce sily alebo krútiace momenty) potrebné na realizáciu predpísaného pohybu členov otvoreného mechanizmu prípadne karteziańske súradnice polohy stredov spojení (hlevne polohu koncového nodu OM), využívame tieto režimy práce s programom DR:

R I - zadávanie parametrov OM

R T - zobrazenie zadaných parametrov

R J - komunikácia s vonkajšou pamäťou

R M - zadávanie parametrov štandardných typov pohybu členov

R C - výpočet hnacích účinkov a dynamických reakcií pre daný priebeh pohybov členov

R D - výpočet hnacích účinkov a dynamických reakcií podľa režimu RM

R G - zobrazenie výsledkov výpočtu

Pri práci s programom využívame tieto povely:

P H - HELP (vysvetlivky)

P S - skrátené vysvetlivky

P E - END (ukončenie)

P B v režime R I - (pokus o) návrat na predchádzajúci riadok

P N v R I - ponechať pôvodné hodnoty čísel

P Z v R I - ukončí danú skupinu vstupov

P DI v R T - zapíše dané parametre do súboru G.TXT (pre tlač)

P T v R M - zobrazí parametre pohybu

P D v R M - zapíše parametre pohybu do súboru G.TXT (pre tlač)

P G v R G - zobrazí vyžadované priebehy veličín

P G v R C - umožní zadávanie parametrov pohybu a uskutoční výpočet hnacích účinkov

Režim I - zadávanie geometrických a zotrvačných parametrov OM

Ponuka: [SR/PM#/HC#/VT#/MZ#/ZP#/XX#/VG//E/H]

SR - Štruktúra kinematického reťazca

AA# - Význam podľa nasledovnej tabuľky:

AA: PM - Parametre transformačnej matice číslo C.#

HC - Hmotnosť člena C.#

VT - Polohový vektor tažiska člena C.#

MZ - Matice zotrvačnosti člena C.#

ZP - Zotrvačnosť pohonu C.#

XX - Všetky vyššie uvedené údaje

#: 1, 2, 3, ... (číslo spojenia resp. člena)

\$ (všetky spojenia resp. členy)

Príklady: HC2 - Hmotnosť člena C.#

MZ\$ - Matice zotrvačnosti všetkých členov

VG - Vektor smeru gravitácie

E - Ukončenie režimu

H - Tlač vysvetliviek

PM:

Pre každú transformačnú maticu AI zadávame tri konštantné parametre zo štyroch parametrov HD transformačných matic (DELTA, D, A, ALFA), resp. (THETA, S, A, ALFA), pričom štvrtý parameter je premenný.

Režim T - zobrazenie zadaných geometrických a zotrvačných parametrov OM

Ponuka: [SR/PM/HC/VT/ZP/MZ#/VG/XX#/DI//E/H]

- SR - Štruktúra kinematického retázca
PM - Parametre transformačných matíc
HC - Hmotnosti členov
VT - Polohové vektory čažísk
ZP - Zotrvačnosti pohonov
MZ # - Matica zotrvačnosti člena C.
 #: 1, 2, ... (číslo člena)
 \$ (všetky členy)
- VG - Vektor smeru gravitácie
XX # - Všetky vyššie uvedené parametre
DI - Zápis všetkých parametrov do súboru SY:G.TXT (vhodný pre tlač)
E - Ukončenie režimu
H - Tlač vysvetliviek

Režim J - komunikácia s vonkajšou pamäťou

Ponuka: [ZD #/ND #//E/H]

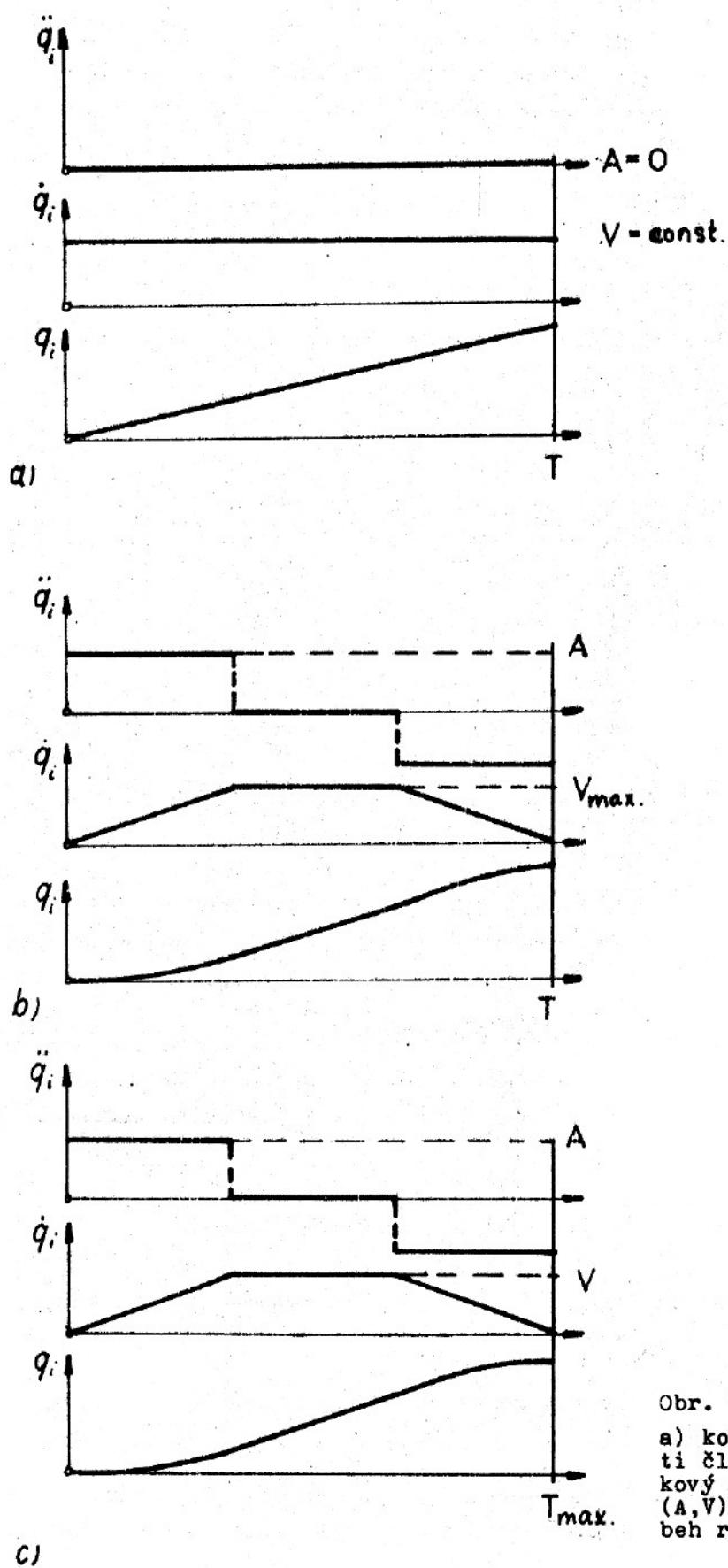
Po zadaní H nasleduje výpis

Kópiu kompletnej sady parametrov otvoreného mechanizmu môžeme zaznamenať na disk (ND #) do jedného zo štyroch miest pod číslom (C. # < = # < 4) sady parametrov ukladáme do súboru KSF.DAT;1 a môžeme s nimi pracovať, kým tento súbor nevymažeme. Opačná operácia je čítanie z disku (ZD #).

Režim M - zadávanie parametrov štandardných typov pohybu členov a ich zobrazenie

Ponuka: [XX/TP/PK/PO/P1/CP/AR/VR/AP/VP//T/D/E/H]

- XX - Kompletné zadanie pohybu
TP - Typ pohybu
PK - Počet krokov pohybu
PO - Začiatočná poloha
P1 - Cieľová poloha
CP - Čas pohybu
AR - Zrýchlenie v rotačnom spojení
VR - Rýchlosť v rotačnom spojení
AP - Zrýchlenie člena v posuvnom spojení
VP - Rýchlosť člena v posuvnom spojení
T - Zobrazenie parametrov pohybu na termináli
D - Zápis parametrov pohybu do súboru SY:G.TXT (vhodný pre tlač)
E - Ukončenie režimu
H - Tlač vysvetliviek



Obr. 5.2

a) konštantný priebeh rýchlosťi členov (T), b) lichobežníkový priebeh rýchlosťi členov (A, V), c) lichobežníkový priebeh rýchlosťi členov (A, T)

Ponuka: Typ pohybu [1/2/3/H]

Typ 1: Konštantný priebeh rýchlosťi členov v spojeniach, zadávame čas (obr. 5.2a)

Typ 2: Lichobežníkový priebeh rýchlosťi členov v spojeniach, zadávame zrýchlenie a rýchlosť (obr. 5.2b)

Typ 3: Lichobežníkový priebeh rýchlosťi členov v spojeniach, zadávame zrýchlenie a čas (obr. 5.2c).

Zadané hodnoty ostávajú bez zmeny pre spojenie s maximálnou zovšeobecnenou súradnicou polohy člena v spojení, pre ostatné spojenia sa automaticky upravia tak, aby bol vo všetkých spojeniach súčasný štart a ukončenie pohyby členov.

Režim C - výpočet hnacích účinkov pre daný priebeh pohybov členov (aj reakcií v spojeniach)

Ponuka: [G//E/H]

- G - Vstup pohybového stavu a vlastný výpočet
- E - Ukončenie režimu
- H - Tlač vysvetliviek
- S - Tlač skrátených vysvetliviek

Po zadaní H získame výpis

V režime C prebehne výpočet zovšeobecnených hnacích síl v spojeniach pre postupne zadané polohy rýchlosťi a zrýchlenia telies v spojeniach. Pre ďalšiu sadu vstupných údajov prebehne podľa potreby ďalší výpočet. Kópia sady vstupných údajov o polohu rýchlosťi a zrýchlených telies v spojeniach spolu s výsledkami výpočtu zovšeobecnených hnacích síl sa automaticky ukladá na disk do súboru RSF.DAT;1 a v režime G ich môžeme zobraziť na termináli vo forme tabuľiek aj grafov.

Režim D - Výpočet hnacích účinkov a reakcií podľa režimu RM

Ponuka: Začať výpočet? [Y/N]

Upozornenie

Ke začiatí výpočtu sa výsledky predchádzajúceho výpočtu z režimu D resp. C prepamätajú novými výsledkami.

Kópia sady výsledkov výpočtu sa automaticky ukladá na disk do súboru RSF.DAT;1 a v režime G ich môžeme zobraziť na termináli vo forme tabuľiek aj grafov.

Režim G - Zobrazenie výsledkov výpočtu

Ponuka: Priebeh C.1 [.../E/H/S]: H

Po zadaní H získame výpis:

- JP # - Poloha člena v spojení (zobrazenie priebehu zobšeobecnenej súradnice polohy člena v spojení číslo C.#)
- JV # - Rýchlosť člena v spojení C.#
- JA # - Zrýchlenie člena v spojení C.#
- FF # - Potrebná zovšeobecnená hnacia sila v spojení C.#
- R% # - Reakcia (posúvajúca sila) v smere osi % súradnicového systému spojenia C.#
- M% # - Reakcia (krútiaci moment) v smere osi % súradnicového systému spojenia C.#
- RE # - Všetky reakcie v súradnicovom systéme spojenia C.#
#: 1, 2, ... (číslo spojenia)
%: X, Y, Z
- CP # - Karteziánske súradnice polohy koncového bodu výstupného člena (CP1 = X, ...)
- CO # - Karteziánska orientácia (CO1 = 1, Eulerov uhol, ...)
#: 1, 2, ... (poradie karteziánskej súradnice)
- AL # - Pohybový stav a všetky vypočítané zovšeobecnené sily pre všetky spojenia v diskrétnom čase
#: Číslo kroku výpočtu v režime C alebo D

Poznámka

Pod súradnicovým systémom spojenia C.# sa rozumie súradnicový systém s osou Z, ktorá je osou pohybu telesa v spojení číslo C.#