

UDK 536.2:681.3.06

Uporaba metode CSMP na IBM 1130 VTŠ Maribor za analizo prevoda v telesih z izviri toplote

ANDRO ALUJEVIČ in IZTOK POTRČ*

1. UVOD

CSMP (Continuous System Modeling Program) je postopek podjetja IBM za reševanje problemov na velikih računalnikih z digitalnim modeliranjem. Pomeni način vlaganja podatkov v obliki sistema navadnih diferencialnih enačb. Na stroju IBM 1130 imamo opravka s pripravo vezalnih shem, tako kakor je v navadi pri analognih računalnikih, medtem ko je na IBM 360 postopek bolj podoben fortranskemu (FORmula TRANslation) zapisu.

V strojništvu imamo pogosto opravka z nestacionarnimi razmerami teles. Primer je temperaturno polje, ki med prehodnimi pojavili doživlja bistvene spremembe, opisane s transportno enačbo temperature T

$$T_t = A \cdot \nabla^2 T + B \cdot I/V \quad (1)$$

kjer so: A — temperaturna prevodnost ($\lambda/c \rho$), B — razmerje temperaturne in toplotne prevodnosti ($1/c \rho$), I — toplotna moč (W) in V prostornina obravnavanega telesa. Operatorja T_t in $\nabla^2 T$ podajata časovno oz. krajevno spremenjanje temperature.

Iz stacionarne rešitve zgornje enačbe ($T_t = 0$) dobimo začetne pogoje za reševanje postavljenega vprašanja.

Telo, ki ga želimo obravnavati, razdelimo na majhne celice. V splošnem bomo tako imeli opravka s tremi smermi (i, j, k), vendar se tukaj zadovoljujemo z upoštevanjem prečnega prevajanja toplote v trdnem telesu (solidu) in vzdolžnega odnašanja toplote v tekočem sredstvu (fluidu). Tak primer je prikazan na sliki 1. Zanj velja zaradi simetrije pogojev naslednji sistem navadnih diferencialnih enačb:

$$\dot{T}_1 = [(T_2 - T_1)/R_{12} - \dot{m} c_p (T_1 - T_z)]/C_1 \quad \text{hladilo} \quad (2)$$

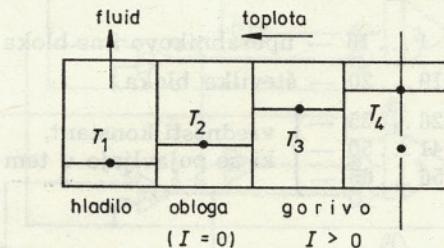
$$\dot{T}_2 = [(T_3 - T_2)/R_{23} - (T_2 - T_1)/R_{12}]C_2 \quad \text{srajčka} \quad (3)$$

$$\dot{T}_3 = [(T_4 - T_3)/R_{34} - (T_3 - T_2)/R_{23} + I]/C_3 \quad \text{gorivo} \quad (4)$$

$$\dot{T}_4 = [\frac{1}{2} I - (T_4 - T_3)/R_{34}]/C_4 \quad \text{gorivo} \quad (5)$$

kjer sta $C_i = c_i V_i \rho_i$ — toplotna kapaciteta in $R_{i, i+1}$ — toplotna upornost med dvema računskima točkama.

* Za opravljeno delo je I. Potrč dne 11. aprila 1978 prejel študentsko Kidričeve nagrado, ki jo podeljuje Univerza v Mariboru.



Sl. 1. Osnovna celica (hlađilo, srajčka, gorivo)

H gornjemu skupku enačb (2) do (5) imamo začetne pogoje T_1^0 in T_2^0 . Kot vzrok za nestacionarne razmere upoštevamo spremembo temperature T_z vstopajočega fluida, spremembo pretoka \dot{m} oz. gostote izvirov toplote I .

V seminarskem delu I. Potrča so bili izbrani podatki:

$$\begin{aligned} T_z^0 &= 400 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ T_1^0 &= 550 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ T_2^0 &= 750 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ T_3^0 &= 850 \text{ } ^\circ\text{C}, \\ T_4^0 &= 900 \text{ } ^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Kot primer obdelave je bilo izbrano spreminjaњe T_z (skok, rampa, dvojni skok) med 400 in 500 $^\circ\text{C}$. Rezultati so podani v časovnih diagramih.

2. PROGRAM CSMP

CSMP organizira v digitalnem računalniku IBM 1130 praktično sistem analognega računalnika. Programer pripravi vezalno shemo blokov, ki so na izbiro (25 standardnih), sam pa lahko določi še 5 poljubnih blokov, ki lahko predstavljajo poljubne operacije.

Podatke sestavljajo 3 paketi:

- a) konfiguracija (Configuration)
- b) začetek (Initial)
- c) funkcionalni generator (Function).

Konfiguracija

To je paket podatkov, kjer vsaka kartica predstavlja en element:

v stolpcih 1 ... 16 — uporabnikovo ime bloka

v stolpcih 19 ... 20 — številko bloka

v stolpcih 30 — šifra bloka

v stolpcih 38 ... 40 — } številke blokov, od koder

v stolpcih 48 ... 50 — } se ta blok napaja

v stolpcih 58 ... 60 — }

Začetek

Ta paket predstavlja del programa, kjer določamo vrednost konstant, ki se pojavljajo v posameznih blokih. Podobno kakor pri konfiguraciji so tudi tukaj podatki za en blok na eni kartici:

v stolcih 1 ... 16 — uporabnikovo ime bloka

v stolcih 19 ... 20 — številka bloka

v stolcih 26 ... 35 — } vrednosti konstant,
v stolcih 41 ... 50 — } ki se pojavljajo v tem
v stolcih 56 ... 65 — }

Funkcijski generator

Uporablja se takrat, ko želimo podati neko funkcijo v tabelični obliki z interpolacijo.

Podobno kakor pri prejšnjih paketih je tudi tukaj najprej ime funkcije, nato pa sledijo paroma podatki za x in y . Funkcijski podatki ene funkcije so lahko na več karticah.

Za vse tri dele pa velja da so kartice znotraj določenega paketa v poljubnem vrstnem redu. V CSMP shemi mora biti vsaj en integracijski element.

Program CSMP ima več možnosti izhoda:

- izpis podatkov na pisalniku komandnega pulta,
- izpis rezultatov na pisalniku komandnega pulta,
- izpis rezultatov na vrstičnem pisalniku,
- grafični prikaz rezultatov na koordinatnem risalniku,
- grafični prikaz rezultatov na vrstičnem pisalniku.

Možnosti izpisa rezultatov določamo z lego glavnih stikal na konzolni plošči (SWICH 1 ... 16).

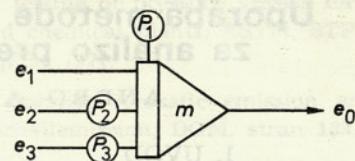
3. FUNKCIJSKI ELEMENTI

Prikazali bomo lastnosti in način uporabe funkcijskih blokov, ki smo jih uporabili v programu. Na voljo je 25 standardnih funkcijskih blokov, uporabnik pa ima na izbiro še 5 specjalnih blokov, ki si jih lahko sam sprogramira.

V našemu programu so uporabljeni samo standardne oblike:

1. časovni impulzor — edini med elementi, ki ima stalno številko (76), kar pomeni hkrati tudi omejitev števila blokov.

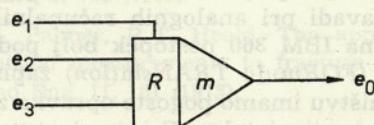
2. Integrator (Integrator)



$$e_0 = P_1 + \int (e_1 + P_2 e_2 + P_3 e_3) dt$$

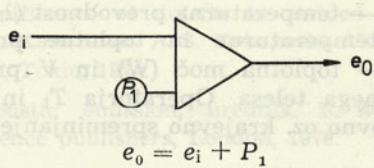
Značilno zanj je, da dela po interacijski metodi Runge — Kutta 2. reda (izboljšani Euler).

3. Stopnica (Relay)



$$e_0 = e_2 \text{ za } e_1 > 0 \\ e_0 = e_3 \text{ za } e_1 < 0$$

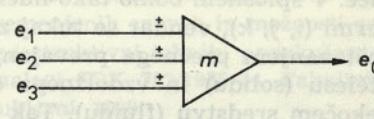
4. Prištevalnik konstante (Offset)



$$e_0 = e_1 + P_1$$

Uporabljam ga, če prištevamo vedno isto konstantno vrednost.

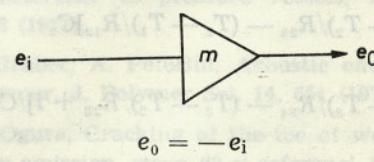
5. Seštevalnik (Summer)



$$e_0 = \pm e_1 \pm e_2 \pm e_3$$

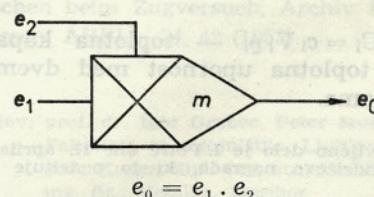
Je edini element, ki pri konfiguraciji dovoljuje negirani vhod.

6. Zamenjevalnik predznaka (Sign Inverter)



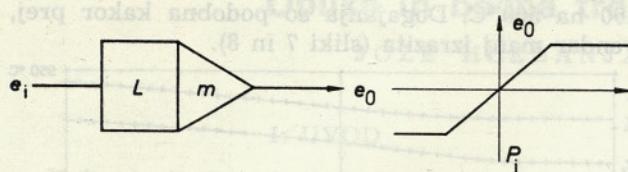
$$e_0 = -e_1$$

7. Množilnik (Multiplier)



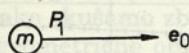
$$e_0 = e_1 \cdot e_2$$

8. Omejevalnik (Limiter)



Omejuje gibanje določene funkcije med dvema konstantama P_1 in P_2 .

9. Konstantni člen (Constant)



S pomočjo teh členov vključimo konstante, ki niso vezane na katerega od členov ali pa vstopajo v člene, ki ne vsebujejo konstant.

4. BLOKOVNA SHEMA

Shemo razdelimo na dva dela:

1. Prvi del simulira temperaturni potev v vsaki od računskih točk. V tem delu je podan celoten sistem diferencialnih enačb (slika 2).

2. Drugi del ponazarja spreminjanje zunanje temperature T_z . Tu sta dve možnosti:

— Stopničast prehod T_z z ene temperature na drugo. Ta ima bolj teoretičen pomen, saj se v praksi takšni skoki ne pojavljajo (slika 3).

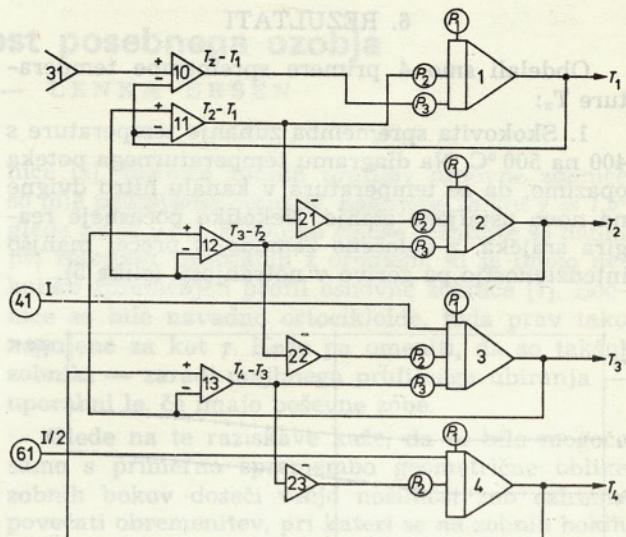
— Položna sprememba T_z z ene temperature na drugo. Ta primer se pojavlja v praksi, saj se temperature hladilnega fluida ne spreminjajo v trenutku, ampak postopoma (slika 4).

5. RAČUNALNIŠKA OBDELAVA

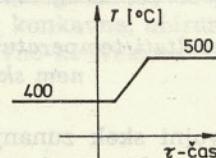
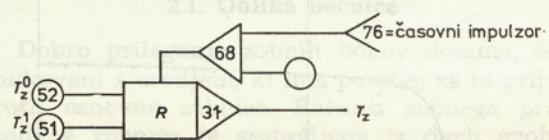
Računalnik najprej prečita podatke, ki jih vnesemo z luknjanimi karticami ali prek tastature, in sproti kontrolira njihovo veljavnost, saj ima sistem CSMP svoj program za odkrivanje in določanje napak. Sledi računalniški izpis podatkov za začetek (*Initial*) in konfiguracijo (*Configuration*), medtem ko funkcionalni podatki v našem primeru niso bili uporabljeni.

Na tastaturi komandnega pulta se nato vnesejo še naslednji podatki:

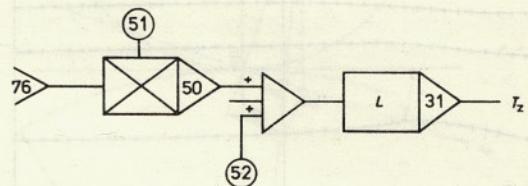
- integracijski interval,
- celotni čas integriranja,
- določitev bloka in enot, v katerih se blokovne izhodne vrednosti izrišejo na koordinatnem risalniku.



Sl. 2. Shema modela za sistem diferencialnih enačb



Sl. 3. Shema simulacije skoka T_z



Sl. 4. Shema položnega spremicanja T_z

Po opravljeni instrukciji se na koordinatnem risalniku izriše osnovni okvir.

Nato se na tastaturi komandnega pulta vnesejo nadaljnji podatki:

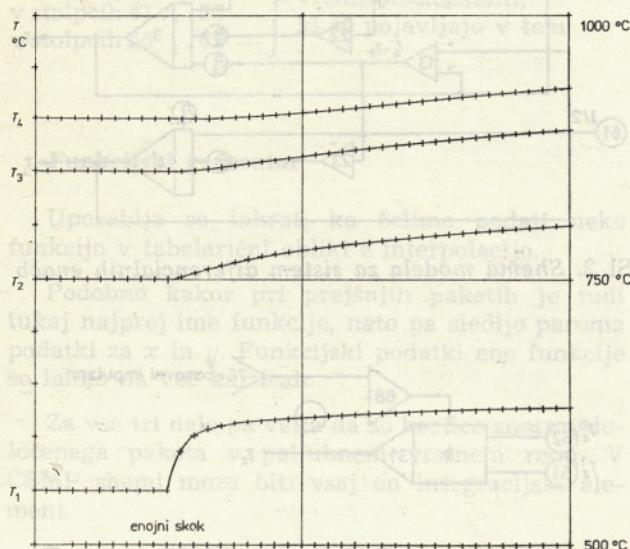
- določitev intervala tiskanja numeričnih rezultatov,
- določitev blokov, katerih izhodne vrednosti želimo izpisati numerično.

Kazalo

6. REZULTATI

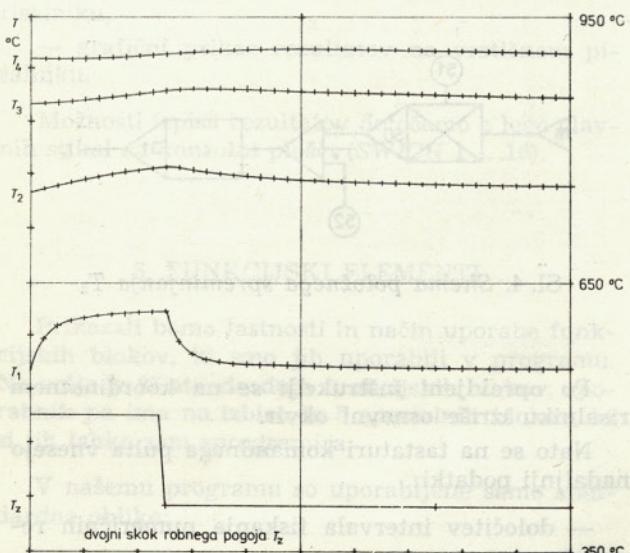
Obdelali smo 4 primere spremembe temperature T_z :

1. Skokovita sprememba zunanje temperature s 400 na 500 °C. Na diagramu temperaturnega poteka opazimo, da se temperatura v kanalu hitro dvigne na novo ustaljeno stanje. Nekoliko počasnejše reagira srajčka, z določeno zamudo, s precej manjo intenzivnostjo pa gorivo v notranjosti (slika 5).



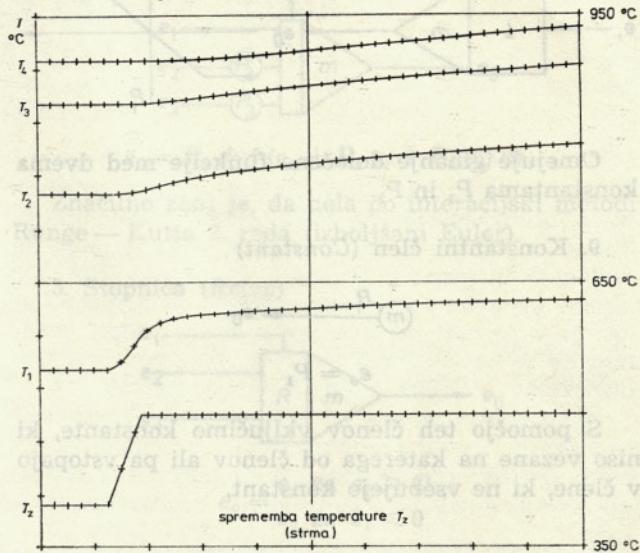
Sl. 5. Rezultati temperaturnih sprememb pri enojnem skoku T_z

2. Dvojni skok zunanje temperature s 400 na 500 °C in čez čas nazaj na 400 °C. Dogajanja so zelo izrazita (sl. 6).

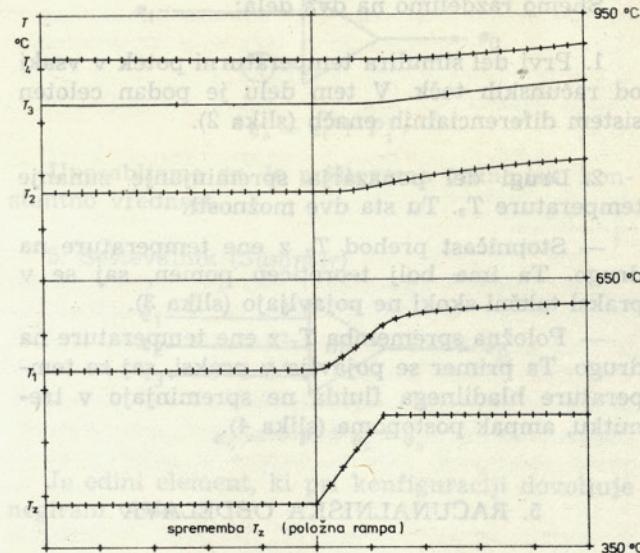


Sl. 6. Rezultati temperaturnih sprememb pri dvojnem skoku T_z

3. Poševna sprememba zunanje temperature s 400 na 500 °C. Dogajanja so podobna kakor prej, vendar manj izrazita (sliki 7 in 8).



Sl. 7. Rezultati temperaturnih sprememb pri posceni spremembi T_z (strma)



Sl. 8. Rezultati temperaturnih sprememb pri posceni spremembi T_z (polozna rampa)

LITERATURA

- [1] IBM sistemski priročniki za 1130 in 360.
 - [2] A. Alujević: Model nestacionarnega prenosa toplotne v jedrskem reaktorju, Strojniški vestnik, 17, št. 4/5, str. 126—128, Ljubljana 1971.
 - [3] A. Alujević: Računanje prehodnih pojavov, Tehnika-Opšti deo, 27, br. 1, str. 6—11, Beograd 1972.
 - [4] A. Alujević: Uhajanje plina iz sistema, Strojniški vestnik, 18, št. 1, str. 6—8, Ljubljana 1972.
 - [5] I. Potrč: Analiza temperaturnega polja v steni pri nestacionarnih pogojih s pomočjo programa CSMP na sistemu IBM 1130 VTŠ Maribor.
- Naslov avtorjev: Izr. prof. dr. mag. Andro Alujević, dipl. ing. in Iztok Potrč, ing. str. (abs. II. stop.) Visoka tehniška šola Univerze v Mariboru