

B. Zupančič, F. Bremsak, D. Matko
Univerza Edvarda Kardelja,
Fakulteta za elektrotehniko,
Tržaška 25, 61000 Ljubljana

SIMULACIJA ZVEZNIH IN DISKRETNIH SISTEMOV Z JEZIKOM SIMCOS

SIMULATION OF CONTINUOUS AND DISCRETE SYSTEMS WITH SIMULATION LANGUAGE SIMCOS

POVZETEK – Članek opisuje jezik za simulacijo zveznih in diskretnih dinamičnih sistemov SIMCOS. Sintaksa jezika je prevzeta od jezika CSSL, ki predstavlja standard na tem področju. Jeziku pa smo dodali nekatere značilnosti, ki naj bi približali simulacijski jezik uporabnikom analogno-hibridnih računalnikov in načrtovalcem diskretnih regulacijskih sistemov. Tako smo uvedli krmiljene integratorje in diskretne prenosne funkcije. Vse te značilnosti in pa dejstvo, da deluje paket na računalniku tipa PC, daje jeziku široke možnosti uporabe. Uporabnost smo prikazali na primeru kaskadne regulacije hidravličnega objekta.

ABSTRACT – The paper deals with the language for simulation of continuous dynamical systems SIMCOS. The syntax of our language is similar to CSSL syntax, which represents the standard on this field. Some characteristics which make the language closer to the analog-hybrid users and to the discrete control systems designers were added. So the controlling integrators and discrete transfer functions were introduced. All this characteristics and the fact that the language works on the PC computer gives the language wide possibilities in applications. The applicability is shown on the example of the cascade control of a hydraulic plant.

1. UVOD

Interaktivni programski paket ANA omogoča računalniško podprto analizo in načrtovanje vodenja univariabilnih in multivariabilnih dinamičnih sistemov. Ker je simulacija nepogrešljivo orodje pri analizi in načrtovanju, smo se za potrebe paketa ANA lotili razvoja lastnega digitalnega simulacijskega jezika SIMCOS (SIMulation of COntinuous Systems). Osnovni namen je bil, da bi bilo možno z uporabo simulacijskega jezika opisati poljuben blok znotraj simulacijskega modula UNICUS, ki sicer omogoča simulacijo pa tudi optimizacijo poljubnih dinamičnih struktur. Pri tem je predvsem pomembna vloga simulacijskega jezika pri opisu nelinearnih blokov. Razen tega pa je postal SIMCOS od

paketa ANA neodvisen programski modul z lastnimi vhodno-izhodnimi operacijami in grafično podporo in je instaliran tudi na računalniku IBM-PC, kar daje simulacijskemu jeziku zaradi izredne razširjenosti teh računalnikov še posebno privlačnost.

Pri razvoju simulacijskega jezika SIMCOS smo se držali naslednjih osnovnih principov:

- prevzeli smo sintakso svetovno znanega jezika CSSL, ki je postal nekakšen standard na tem področju,
- simulacijskemu jeziku smo želeli dodati nekatere značilnosti, ki bi simulacijski jezik približal tudi uporabnikom analogno-hybridnih računalnikov. Zato smo uvedli krmiljene integratorje,
- želeli smo, da bi bil simulacijski jezik primeren za simulacijo t.i. hybridnih sistemov (npr. zvezni proces in diskretni regulator), zato smo vpeljali nekaj diskretnih regulacijskih blokov.

2. PROCESIRANJE V JEZIKU SIMCOS

Izvorni simulacijski program v sintaksi jezika SIMCOS napišemo na datoteko. SIMCOS procesor prevede izvorni program v tri module v jeziku FORTRAN in v ustrezne tabele. Standardni fortranski prevajalnik prevede te module, ki jih nato povezovalnik (LINKER) poveže z SIMCOS knjižnico podprogramov in generira program za izvajanje. Nato se izvaja simulacijski tek. Rezultate lahko grafično predstavimo, lahko pa tudi ponavljamo simulacijske teke s spremenjenimi parametri brez ponovnega prevajanja. Celotno procesiranje se odvija avtomatsko s pomočjo SIMCOS interpreterja. Slika 1 prikazuje procesiranje v jeziku SIMCOS.

3. PROGRAMIRANJE V JEZIKU SIMCOS

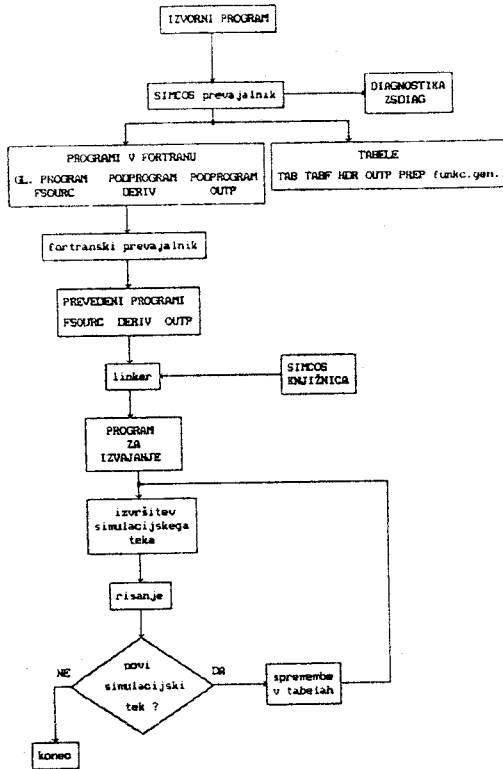
Stavke, s katerimi opišemo simulacijsko strukturo, lahko delimo na naslednje:

Osnovni stavki jezika SIMCOS

Stavki so enaki CSSL stavkom in imajo v večini primerov tudi identični pomen: COMMENT, ARRAY, CONSTANT, TERMT, INTEGER, VARIABLE, CINTERVAL, NSTEPS, ALGORITHM, MINTERVAL, ERRTAG, MERROR, XERROR, OUTPUT, PREPAR, HDR.

Stavki za opis strukture

Stavki opisujejo strukturo sistema, ki ga simuliramo. Delimo jih v:



Slika 1: Procesiranje v jeziku SIMCOS

- običajne aritmetične prireditvene stavke (kot v FORTRANU)
 - simulacijsko orientirane stavke (kot PROCEDURAL, INTEG)
- PROCEDURAL stavek je namenjen uporabniku za opis poljubne linearne ali nelinearne strukture z uporabo fortranskih stavkov. INTEG stavek pa realizira integracijo (Runge-Kutta-Gill 4. reda s prilagodljivim in fiksnim računskim intervalom).
- stavke za realizacijo signalov in nelinearnosti.
- Uporabnik ima na voljo naslednje signale in nelinearnosti:
- STEP (stopničasti signal), RAMP (linearno naraščajoči signal), PULSE (vlak

impulzov), HARM (harmonična funkcija), UNIF (naključni signal z uniformno porazdelitvijo), GAUSS (naključni signal z Gaussovo porazdelitvijo), PNBS (pseudo naključni binarni signal), SWIN (vhodno stikalo), BOUND (omejevanje signala), QNTZR (kvantizator), DEAD (mrtva cona), HSTRSS (histereza), BCKLSH (mrtvi hod).

Signali in nelinearnosti imajo v primerjavi z nekaterimi simulacijskimi jeziki določene prednosti. Lahko generiramo poljubno število med seboj nekoreliranih naključnih signalov. Razen tega so naključni signali realizirani kot diskretni bloki, zato se lahko uporabljajo tudi pri adaptivni integracijski metodi, pasovna širina šuma pa je odvisna samo od časa vzorčenja, ne pa tudi od računskega intervala.

- stavki za realizacijo diskretnih prenosnih funkcij.

Izhodni stavki (izpis na zaslon ali v datoteko)

4. UPORABA DISKRETNIH BLOKOV

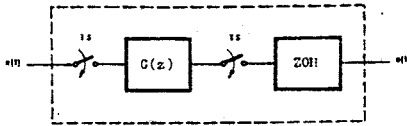
Simulacija hibridnih sistemov t.j. kombinacije zveznih in diskretnih dinamičnih struktur je možna tudi v nekaterih drugih simulacijskih jezikih, a je precej zahtevna. V nekaterih jezikih ima uporabnik na voljo t.i. diskretno sekcijo, ki se izvrši samo enkrat v vzorčnem intervalu. Simulacija na tak način pa je zahtevna, ker mora uporabnik poznati principe simulacije diskretnih prenosnih funkcij. Prav tako je zelo težko realizirati sisteme z večkratnostnim vzorčenjem.

V SIMCOS-u pa obstojajo diskretni bloki, ki so vključeni v knjižnici, uporabnik pa jih kliče kot funkcijske podprograme. Vsak blok ima poljuben čas vzorčenja.

Ker pri simulaciji hibridnih sistemov največkrat simuliramo regulacijske sisteme, smo uvedli naslednje bloke:

- DPID (diskretni PID regulator),
- DTRAN (splošna diskretna prenosna funkcija),
- SH (vzorči in drži),
- DELAY (zakasnilni element, mrtvi čas).

Vsak diskretni blok je realiziran z diskretno prenosno funkcijo, ki ima na vhodu vzorčevalnik, na izhodu pa ekstrapolator ničtega reda (ZOH ali DA pretvornik). Slika 2 prikazuje diskretni blok.



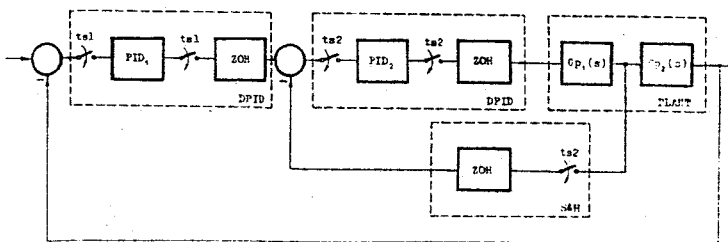
Slika 2: Realizacija diskretnega bloka

5. PRIMER

Proces običajno reguliramo na podlagi merjenih izhodnih veličin. Kadar pa lahko merimo kakšno pomožno spremenljivko med vhomom in izhodom sistema, pa lahko običajno izboljšamo regulacijo z uvedbo kaskadne regulacije. V tem primeru uporabimo dva regulatorja, glavnega in pomožnega. Z uvedbo pomožne regulacijske zanke izboljšamo dinamiko zaprtosancnega sistema, zmanjšamo vpliv motenj, hkrati pa zmanjšamo tudi vpliv spremenjenih parametrov na izhod. Običajno deluje pomožna regulacijska zanka s krajšim časom vzorčenja.

Z uporabo simulacijskega jezika SIMCOS je simulacija takega sistema zelo enostavna. Uporabimo dva diskretna PID regulatorja in SH element.

Slika 3 prikazuje kaskadno regulacijo hidravličnega sistema. Sistem sestoji iz treh med seboj povezanih nivojskih posod. Regulirana spremenljivka je nivo v spodnji posodi, regulirna spremenljivka pa je pretok tekočine v zgornjo posodo.



Slika 3: Regulacijski sistem z uporabo kaskadne regulacije

Parametre regulatorja smo dobili z optimizacijo v programskem paketu ANA. Glavni regulator je tipa PID, dela pri času vzorčenja $T_{s1} = 4s$ in ima prenosno funkcijo

$$G_{R1}(z) = \frac{2.6723 - 3.3452z^{-1} + 1.036z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

pomožni regulator pa je tipa PI, deluje pri času vzorčenja $T_{s2} = 1s$ in ima prenosno funkcijo

$$G_{R2}(z) = \frac{2 - 1.85z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

Hidravlični sistem pa modeliramo z kaskadno vezavo člena prvega in drugega reda

$$G_{P1}(s) = \frac{1}{7.5s + 1},$$

$$G_{P2}(s) = \frac{1}{(10s + 1)(5s + 1)}.$$

Slika 4 prikazuje simulacijski program v jeziku SIMCOS. Rezultate simulacije pa prikazujeta sliki 5 in 6.

```

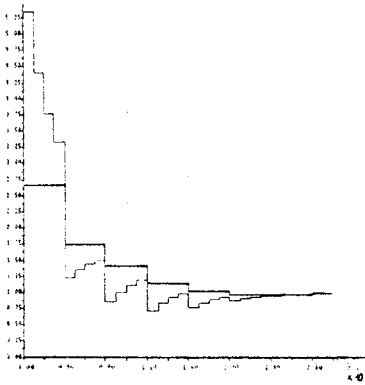
ARRAY Q1(3),Q2(3),STATE1(3),STATE2(3)
CONSTANT W1=1., TS1=4., TS2=1., TS3=1., TFIN=30.
CONSTANT Q1=2.6723, -3.3452, 1.036, Q2=2., -1.85, 0.
CONSTANT STATE1=3*0., STATE2=3*0., STATE3=0.
E1=W1-Y1
COMMENT GLAVNI REGULATOR
W2=DPID(E1,Q1,STATE1,TS1)
COMMENT SAMPLE AND HOLD
Y4=SH(Y2,STATE3,TS3)
E2=W2-Y4
COMMENT...POMOŽNI REGULATOR
U=DPID(E2,Q2,STATE2,TS2)
COMMENT HIDRAVLICNI PROCES
Y2=INTEG(U/7.5-Y2/7.5,0.)
Y3=INTEG(Y2/10.-Y3/10.,0.)
Y1=INTEG(Y3/5.-Y1/5.,0.)
TERMT(T.GT.TFIN)
CINTERVAL CI=0.05
OUTPUT E1,E2,U,Y2,Y1
PREPAR E1,E2,U,Y2,Y1,Y3,Y4,W1,W2
END

```

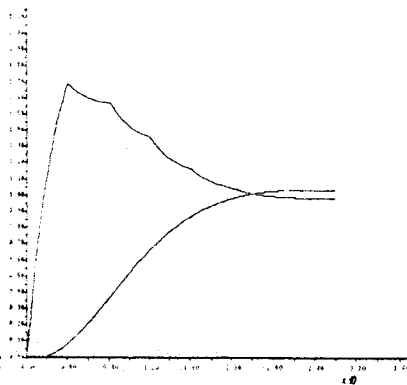
Slika 4: Simulacijski program

6. ZAKLJUČEK

Simulacijski jezik SIMCOS se je izkazal kot zelo uspešno orodje za simulacijo linearnih in nelinearnih dinamičnih sistemov. Zaradi cenenosti računalnikov tipa IBM PC je dostopen praktično vsakomur. Zaradi standardne simulacijske sintakse (CSSL, ACSL) je zelo primeren za uporabnike omenjenih simulacijskih jezikov. Uvedli pa smo tudi določene



Slika 5: Regularna signala



Slika 6: Glavni in pomožni regulirani signal

razširitve, ki v določenih primerih poenostavijo uporabo simulacije. Pri tem moramo omeniti zlasti krmiljene integratorje in diskretne prenosne funkcije. V bodoče nameravam simulacijski jezik SIMCOS razširiti z naslednjimi zmožnostmi:

- simulacija v realnem času,
- simulacija multivariabilnih sistemov,
- uvedba MACRO jezika,
- uvedba strukturnega programiranja.

7. LITERATURA

- [1]. Matko D., Šega M., Zupančič B.: "Unicus - A New Approach to the Simulation and Design of Control Systems", 11th IMACS World Congress on System Simulation and Scientific Computation, Proceedings, Vol. 4, pp. 91-94, Oslo, Norway, 1985
- [2]. Matko D., Šega M., Zupančič B., Karba R.: "A Compiler for Control Systems Simulation", 3rd Symposium Simulationstechnik, Proceedings, pp. 211-214, Bad Munster a. St.-Eberburg, 1985
- [3]. Šega M., Matko D., Zupančič B., Karba R., Strmčnik S.: "Simulation capabilities of the interactive program package ANA", 8th International Symposium on Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing, Proceedings, pp. 49-54, Zagreb, 1986
- [4]. Zupančič B., Matko D., Bremšak F., Šega M.: "Simulation in the Program Package ANA", Second European Simulation Congress ESC, Proceedings, pp. 314-318, Antwerpen, 1986
- [5]. Zupančič B., Matko D., Karba R., Šega M.: "SIMCOS-digital simulation language with hybrid capabilities", 4 Symposium Simulationstechnik, Proceedings, pp. 205-212, Zurich, 1987

