

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 40 - 8

Automatizované systémy řízení výrobních procesů
ve strojírenství

Katedra technické kybernetiky

Algoritmus adaptivního regulátoru na mikropočítači SAPI 1

KTK ASŘ - SF - 126

PAVEL TVRZNÍK

Vedoucí práce: Ing. Bedřich JANEČEK CSc.

VŠST LIBEREC

Počet stran : 51

Počet příloh : 5

Počet tabulek : -

Počet obrázků : 10

Datum: 23. května 1986

*anotace - příloha!
(zde pokrač!)*

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **s. Pavla T v r z n í k a**

obor **23-40-8 ASŘ výrobních procesů ve strojírenství**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Algoritmus adaptivního regulátoru na mikropočítači SAPI 1**

Zásady pro vypracování:

1. V literatuře prostudujte problematiku číslicové a adaptivní číslicové regulace lineárních dynamických soustav.
2. Prostudujte ve výzkumné zprávě KTK-0115 algoritmus adaptivního číslicového regulátoru, který využívá dvouetapové metody identifikace soustavy v uzavřené regulační smyčce.
3. Dle pokynů vedoucího práce neprogramujte část algoritmu uvedeného adaptivního regulátoru na mikropočítači SAPI 1.
4. Spojte svůj program s dalšími programy, které poskytne vedoucí práce.

V 35 / 86 S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

- 1/ Hanuš, B. a kol.: Teorie automatického řízení I. Skripta VŠST Liberec, 1982.
- 2/ Hanuš, B., Balda, M. a kol.: Základy technické kybernetiky. Skripta VŠST Liberec, 1980.
- 3/ Janeček, B.: Návrh vhodných způsobů řízení vyššího typu, zvláště pak typu adaptivního pro energetické procesy. Výzkumná zpráva KTK-0115, VŠST Liberec, 1984.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Bedřich Janeček

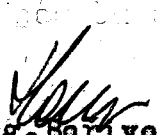
Datum zadání diplomové práce:

4.10.1985

Termín odevzdání diplomové práce:

23.5.1986




Prof. Ing. Borivoj Hanuš, DrSc.

Vedoucí katedry


Doc. Ing. Ján Alaxin, CSc.

Děkan

V Liberci dne 30.9. 1985

"Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně, s použitím uvedené literatury."

V Liberci, dne 23. května 1986

Tavara
.....

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce a konzultantovi, Ing. Bedřichu Janečkovi CSc., pracovníkovi KTK VŠST Liberec, za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky k diplomové práci.

O B S A H

Úvodní list

Zadání diplomové práce

Místopřísežné prohlášení

Poděkování

Seznam příloh

Seznam použitých symbolů a zkratek

	Strana
1 Úvod	10
2 Uvedení do problematiky	11
3 Regulované soustavy s jednou vstupní a jednou výstupní veličinou	11
3.1 Měření výstupní a vytváření vstupní veličiny regulované soustavy	12
4 Popis činnosti spojitě části impuls- ního regulačního obvodu	15
4.1 Popis regulované soustavy hodnotami váhové funkce	16
4.2 Popis regulované soustavy přenosem v Z-transformaci	16
4.3 Popis regulované soustavy diferenční rovnici	18
4.4 Stavový popis regulované soustavy	20
5 Adaptivní regulátor s identifikací váhové funkce	21
5.1 Popis regulačního obvodu	21
5.2 Identifikace váhové funkce	22
5.3 Návrh regulátoru	26
5.3.1 Návrh regulátoru na poruchy vstupující do regulačního obvodu filtrem s přeno- sem $\frac{H}{1-sT}$	26
6 Popis systému SAPI 1	28

6.1	Blokové zapojení systému SAPI 1, dodávané výrobcem	28
6.2	Rozšíření systému SAPI 1 v podmín- kách katedry technické kybernetiky	31
6.3	Zkušenosti z práce se systémem SAPI 1	32
6.4	Použité programové vybavení	33
6.4.1	Systémové programové vybavení	34
6.4.2	Popis aritmetiky	36
7	Naprogramovaná část algoritmu iden- tifikace	37
7.1	Popis navržených programů	38
8	Popis použitých regulátorů, soustavy a filtru	41
8.1	Navržené regulátory použité k iden- tifikaci	41
8.2	Výpočet impulsního přenosu zvolených soustav	41
8.2.1	Stabilní soustava 1. řádu, bez dop- ravního zpoždění	43
8.2.2	Stabilní filtr 1. řádu, bez doprav- ního zpoždění	43
9	Regulátory použité k identifikaci	44
10	Zidentifikované a vypočtené hodnoty	44
11	Popis příloh	49
12	Závěr	49
	Literatura	51
	Přílohy	

Seznam příloh

- Příloha číslo 1 : Výpis programu v ASSEMBLERu a překlad do strojového kódu mikroprocesoru 8080
- Příloha číslo 2 : Průběh koeficientů polynomů B_1 , B_2 a G , při identifikaci s regulátory R_{1w} a R_{2w} , při rychlém sledu poruch.
- Příloha číslo 3 : Průběh koeficientů polynomů B_1 , B_2 a G , při identifikaci s regulátory R_{1w} a R_{2w} , při pomalém sledu poruch.
- Příloha číslo 4 : Průběh koeficientů polynomů B_1 , B_2 a G , při identifikaci s regulátory R_{1f} a R_{2f} , při rychlém sledu poruch.
- Příloha číslo 5 : Průběh koeficientů polynomů B_1 , B_2 a G , při identifikaci s regulátory R_{1f} a R_{2f} , při pomalém sledu poruch.

Seznam použitých symbolů a zkratek

t_j	čas měření
j	celé číslo, diskretní čas
ΔT	perioda měření / vzorkování /
$y/t/$	výstupní veličina soustavy, spojitá funkce času
$y/j/$	výstupní veličina soustavy, posloupnost čísel
$u/t/$	akční veličina, spojitá funkce času
$u/j/$	" " , posloupnost čísel
$\Delta u/j/$	přírůstek akční veličiny, posloupnost čísel
$d/t/$	porucha, spojitá funkce času
$d/j/$	" " , posloupnost čísel
S	regulovaná soustava
$A/\check{C}$	analogo-číslicový převodník
$\check{C}/A$	číslico-analogový převodník
R	regulátor
$g/t/$	váhová funkce soustavy, spojitá funkce času
$g/j/$	" " " , posloupnost čísel
k	diskretní dopravní zpoždění
$Z[f/j/], F/z/$	Z-transformace funkce $f/j/$
z, s	komplexní proměnné
$L[f/t/]$	Laplaceova transformace funkce $f/t/$
p	Laplaceův operátor
$G/s/$	impulsní přenos soustavy
$A/s/, B/s/$	polynomy komplexní proměnné s , soustavy S
$H/s/, C/s/$	polynomy proměnné s , filtru
G_e^2	rozptyl chyby predikce
G_d^2	" diskretního bílého šumu
$B/s/$	predikovaný polynom
$N/s/, M/s/$	polynomy proměnné s , regulátoru R
T_d	dopravní zpoždění
q	kladný váhový koeficient

G_y^2rozptyl vstupní veličiny
 G_u^2rozptyl akční veličiny
 Gzidentifikované váhové funkce filtru
 e_ichyba predikce
 ezáklad přirozených logaritmů

1 Úvod

Nedávno konaný XVII. sjezd KSČ schválil velmi závažný dokument "Hlavní směry hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1986-1990 a výhled do roku 2000." Schválený dokument klade na strojírenství vysoké nároky. Zajištění vysokých požadavků není možné bez vzájemné součinnosti výzkumu a výroby. Zvláštní pozornost je také věnována elektronizaci a komplexní automatizaci průmyslových výrob.

Vysoké nároky, které jsou kladeny na přesnost a kvalitu výroby nemůže již v plném rozsahu zvládnout člověk, je nutné přecházet na automatickou kontrolu, ale i řízení výroby. Klasické spojité regulátory mohou vysoké požadavky splnit jen částečně. Vzhledem k bouřlivému rozvoji elektroniky a mikroelektroniky v posledních letech, je již možné nasazení vyšších řídicích systémů přímo do výroby.

Řídicí minipočítače a mikropočítače jsou postupně zaváděny k řízení výroby i u nás. Výroba jednoho z možných řídicích systémů se rozběhla v Tesle Liberec. Cena mikropočítačového systému je nesrovnatelně nižší, než třeba cena řídicího počítače RPP-16S, zanedbatelné nejsou ani daleko menší rozměry a nižší náročnost údržby.

V současné době již existují algoritmy adaptivního číslicového řízení, které je nutné ověřit při praktickém použití. Úkolem této práce je ověřit jednu z metod identifikace regulované soustavy, dvouetapovou identifikaci váhové funkce, a navrhnout pro soustavu optimální regulátor metodou dynamického programování.

Všechny algoritmy jsou naprogramovány na systému SAPI 1, přímo ve strojovém kódu počítače a ověřovány ve spojení s analogovým počítačem MEDA 43HA.

2 Uvedení do problematiky

Pod pojmem adaptivní způsob řízení chápeme řízení, které může splňovat vyšší požadavky na kvalitu a přizpůsobivost regulace, než mohou splnit klasické PID regulátory, jak spojité, tak modelované na číslicových regulačních prvcích.

Adaptivní regulační systémy provádějí počáteční seřízení regulátoru v případě, že koeficienty regulované soustavy jsou konstantní a neznámé. Nelze provádět průběžné seřizování regulátoru, jestliže se koeficienty regulované soustavy v čase mění. Zařízení provádějící vyšší způsob řízení, můžeme realizovat pomocí počítače / v našem případě SAPI 1 /. Počítač zde slouží jako řídicí číslicový člen, který prostřednictvím číslico-analogového a analogo-číslícového převodníku je připojen k regulované soustavě, viz obr. 3.1-1. Řídicí počítač je ve spojení s uvedenými převodníky schopen:

- a/ měřit zvolenou časovou periodou hodnoty výstupních veličin řízené / regulované / soustavy a ukládat je do paměti
- b/ provádět základní matematické operace / sčítání, násobení, dělení / o kterých můžeme říci, že se provádějí "přesně", bez zaokrouhlovacích chyb, o řídicím členu můžeme předpokládat, že není zdrojem náhodných chyb
- c/ vytvářet vstupní řídicí veličiny regulované soustavy

Řízení realizované číslicovým řídicím členem / počítašem / se nazývá číslicové, diskrétní nebo impulsní.

3. Regulované soustavy s jednou vstupní a jednou výstupní veličinou

Výše uvedené soustavy se v technické praxi nazývají soustavami jednoparametrovými.

Výstupní veličinu z regulované soustavy budeme označovat y . Jelikož se při řízení / regulaci / její hodnota mění, nazývá se tato veličina veličinou regulovanou. Soustavu můžeme řídit tak, aby v ustáleném stavu byla regulovaná veličina rovna, nebo se blížila žádané hodnotě.

Vstupní veličinu do regulované soustavy budeme označovat u . Tuto veličinu nazýváme veličinou řídící, nebo též akční.

3.1 Měření výstupní a vytváření vstupní veličiny regulované soustavy

Předpokládáme, že výstupní veličinu regulované soustavy můžeme periodicky měřit v časech t_j , které jsou celistvým násobkem periody měření / vzorkování /

$$t_j = j \cdot \Delta T$$

/3.1-1/

kde t_jčas měření

jcelé číslo

ΔTperioda měření / vzorkování /

Celé číslo j ve vztahu /3.1-1/ se též nazývá diskretí čas, nebo pouze čas.

Měření výstupní veličiny regulované soustavy je technicky provedeno analogo-číslicovým převodníkem, jehož činnost můžeme popsat vztahem

$$y/t_j = y/j \cdot \Delta T = y/j = \int_a^b y/t \cdot \delta/t - j \cdot \Delta T / dt, \text{ pro } j=0,1,2,3... \quad /3.1-2/$$

kde y/tspojitá funkce času

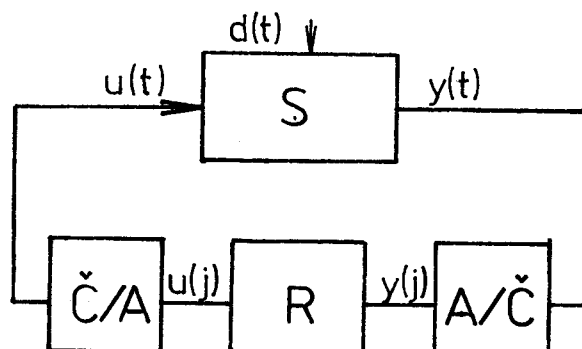
$\delta/t - j \cdot \Delta T$casově posunutá Dirackova funkce

$\delta/t - j \cdot \Delta T = 0$ pro $t = j \cdot \Delta T$

$\langle a, b \rangle$ libovolný interval, který obsahuje bod $j \cdot \Delta T$

Pro $j=0,1,2,3...$ je y/j posloupností čísel.

Schema regulačního obvodu, ve kterém je prováděno měření výstupní veličiny regulované soustavy, tak jak je uvedeno v předchozím textu, je nakresleno na obr. 3.1-1:



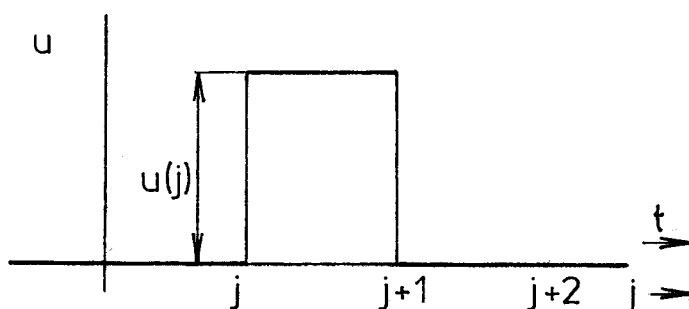
OBR 3.1-1

kde S.....regulovaná soustava
A/Č.....analogo-číslicový převodník
R.....číslicový řídicí člen / regulátor /
Č/A.....číslicovo-analogový převodník
d/t/.....poruchy
d/t/, u/t/, y/t/...funkce času
u/j/, y/j/...posloupnosti čísel

Zvýstupu číslicového řídicího členu vystupuje posloupnost čísel u/j/. Výstup z číslicového řídicího členu je připojen na číslicovo-analogový převodník, který pracuje jako paměť

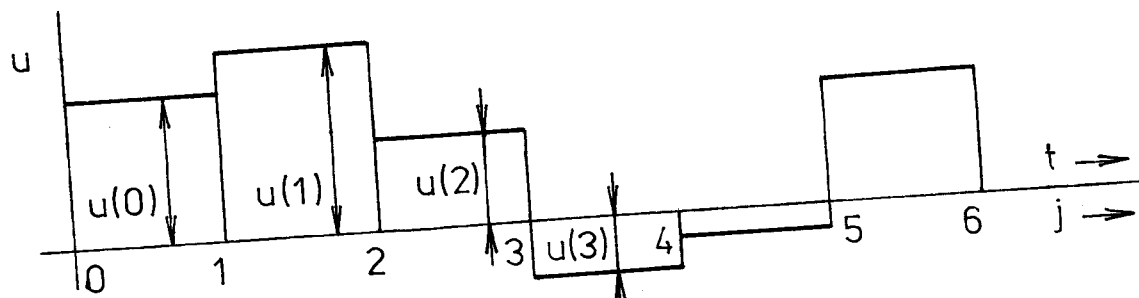
$$u/t/ = u/j/ \quad \text{pro } tj \leq t < t_{j+1}/ \quad /3.1-3/$$

Na obrázku 3.1-2 je znázorněn výstup z číslicovo-analogového převodníku, když na jeho vstup přivedeme v čase t_j hodnotu $u/j/$, a $u/k/ = 0$ pro $k = j$.



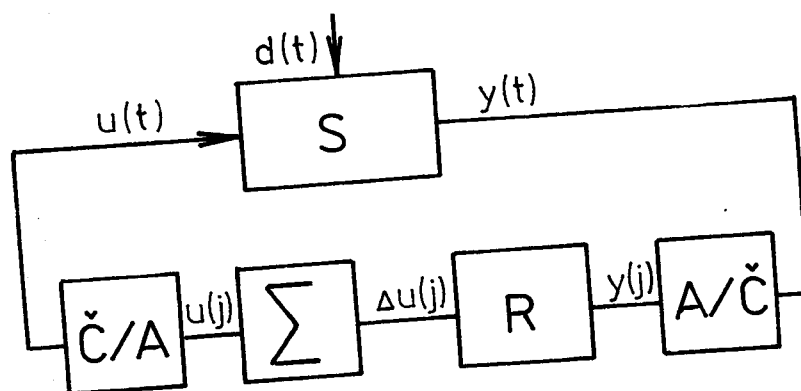
OBR 3.1-2

V případě, že u/j není pouze jedna hodnota, ale posloupnost hodnot, potom veličina u/t má průběh, který je znázorněn na obr. 3.1-3, potom veličinu u/t vytváříme složením časově posunutých průběhů / impulsů / z obr. 3.1-2.



OBR. 3.1-3

Do regulované soustavy mohou vstupovat poruchy, které mohou být měřitelné, nebo neměřitelné. V regulačním obvodu může být zadávána žádaná hodnota regulované veličiny. Žádanou hodnotu můžeme zahrnout mezi měřitelné poruchy. Při návrhu impulsního regulátoru, který reguluje stabilní regulovanou soustavu, je při vstupu poruch s nenulovou střední hodnotou výhodné předpokládat, že číslicový řídicí člen vytváří posloupnost čísel, která udávají přírůstky řídicí veličiny. Blokové schéma takového obvodu je na obr. 3.1-4



OBR. 3.1-4

kde S.....regulovaná soustava
A/Č.....analogo-číslíkový převodník

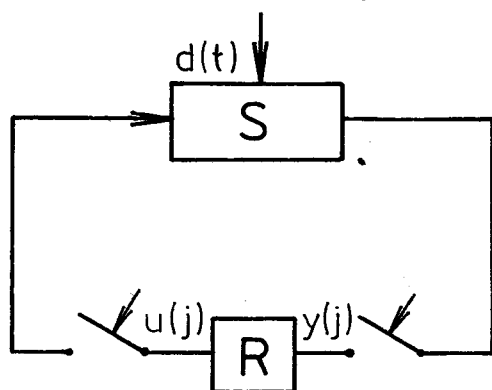
Rčíslicový řídicí člen / regulátor /
 Σ sumátor
 $\check{C}/A$číslico-analogový převodník
 $d/t/$poruchy
 $d/t/, u/t/, y/t/$...funkce času
 $u/j/, u/j/, y/j/$... posloupnosti čísel

4 Popis činnosti spojité části impulsního regulačního obvodu

Uvažujme regulační obvod z obr. 4-1, kde místo převodníků jsou použity "ideální" spínače, které spínají s periodou T , přičemž doba sepnutí je "nekonečně" krátká. Tento regulační obvod rozpojíme. Posloupnost čísel $y/j/$ je závislá na posloupnosti $u/j/$. Tuto závislost můžeme popsat:

- a/ použitím hodnot váhové funkce
- b/přenosem v Z-transformaci
- c/ diferenční rovnicí
- d/ použitím symboliky stavového prostoru

Místo spojitá část impulsního regulačního obvodu používáme dále pouze název regulovaná soustava.



OBR. 4-1

S ...spojitá část impulsního
 regulačního obvodu / regu-
 lovaná soustava /
 R ...číslicový řídicí člen / re-
 gulátor /
 $y/t/, d/t/$...funkce času
 $u/j/, y/j/$...posloupnosti
 čísel

4.1 Popis regulované soustavy hodnotami váhové funkce

Máme rozpojený regulační obvod z obr. 4-1 tak, že z něj vyjmemе číslicový řídící člen.

Nechť

$$u/j/ = \begin{cases} 0 & \text{pro } j \neq 0 \\ 1 & \text{pro } j = 0 \end{cases} \quad y/j/ = 0 \quad \text{pro } j < 0 .$$

Můžeme tedy posloupnost $y/j/$ nazvat váhovou funkcí a označit ji $g/j/$. Váhovou funkcí $g/j/$ regulované soustavy získáme z hodnot výstupní veličiny $y/j/$ soustavy S , jestliže na její vstup přivedeme funkci, tzv. jednotkový impuls. Stejně získáme $g/j/$ pro regulační obvod z obr. 3.1-4, jestliže na vstup regulované soustavy přivedeme funkci $\delta(t)$.

Z vlastností lineární dynamické soustavy vyplývá, pokud uvažujeme $u/j/$ jako posloupnost čísel, $u/j/ = 0$ a $y/j/ = 0$ pro $j < 0$, potom

$$y/k/ = \sum_{j=0}^k g/j/ \cdot u/k-j/ = \sum_{j=0}^k g/k-j/ \cdot u/j/ \quad \text{pro } k \geq 0$$

/4.1-1/

Vztah /4.1-1/ se nazývá konvolutorní součet.

4.2 Popis regulované soustavy přenosem v Z-transformaci

Nechť j je celočíselná proměnná. Pro naše potřeby je $f/j/$ reálná funkce proměnné j , dále řada

$$F/z/ = \sum_{j=0}^{\infty} f/j/ \cdot z^{-j} = Z[f/j/], \quad \text{pro } |z| > 1$$

/4.2-1/

je konvergentní pro nějaké komplexní z_0 , $|z_0| > 1$. Pak

$F/z/$ nazýváme Z-transformací $f/j/$. Posloupnost $f/j/$ nazýváme někdy předmětem a $F/z/$ obrazem. Pro provádění zpětné Z-transformace používáme symbol

$$f/j/ = Z^{-1} [F/z/] . \quad /4.2-2/$$

Řada /4.2-1/ vznikla z porovnání s Laplaceovou transformací spojitých funkcí. Pro popis regulovaných soustav a návrhy impulsních regulátorů zavádíme komplexní proměnnou

$$s = \frac{1}{z} = z^{-1} ,$$

můžeme tedy psát

$$F/s/ = \sum_{j=0}^{\infty} f/j/ \cdot s^j = Z [f/j/] , \quad /4.2-3/$$

$$f/j/ = Z^{-1} [F/s/] . \quad /4.2-4/$$

Provedením Z-transformace $y/k/$ ze vztahu /4.1-1/

$$Y/s/ = \sum_{k=0}^{\infty} y/k/ \cdot s^k = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{j=0}^k g/j/ \cdot u/k-j/ \cdot s^k , \quad /4.2-5/$$

rozepsáním

$$\begin{aligned} Y/s/ &= g/0/ \cdot u/0/ + \\ &+ [g/0/ \cdot u/1/ + g/1/ \cdot u/0/] \cdot s \\ &+ [g/0/ \cdot u/2/ + g/1/ \cdot u/1/ + g/2/ \cdot u/0/] \cdot s^2 + \dots = \\ &= u/0/ \cdot \sum_{j=0}^{\infty} g/j/ \cdot s^j + u/1/ \cdot s \sum_{j=0}^{\infty} g/j/ \cdot s^j + u/2/ \cdot s^2 \sum_{j=0}^{\infty} g/j/ \cdot s^j \\ &+ \dots \end{aligned}$$

potom

$$Y/s/ = \sum_{j=0}^{\infty} g/j/ \cdot s^j \sum_{k=0}^{\infty} u/k/ \cdot s^k = G/s/ \cdot U/s/ . \quad /4.2-6/$$

Z-transformace váhové funkce se nazývá impulsním přenosem regulované soustavy.

Známe-li přenos regulované soustavy, tedy L-transformaci váhové funkce, lze jednoduše určit impulsní přenos regulované soustavy

- 1/ provedeme rozklad přenosu regulované soustavy na částečné / parciální / zlomky
- 2/ ve slovníku Z-transformace nalezneme Z-transformace funkcí času, které vzniknou zpětnou L-transformací jednotlivých částečných zlomků.

Při uvedeném postupu využijeme lineární vlastnosti L-transformace a Z-transformace

$$L[f/t+g/t] = L[f/t] + L[g/t] \quad , \quad /4.2-7/$$

$$Z[f/t+g/t] = Z[f/t] + Z[g/t] \quad . \quad /4.2-8/$$

4.3 Popis regulované soustavy diferenční rovnicí

Pro lineární dynamické soustavy je impulsní přenos racionální lomenou funkcí s reálnými koeficienty

$$G/s = \frac{A/s}{B/s} \quad , \quad /4.3-1/$$

kde A/s a B/s jsou polynomy proměnné s , s reálnými koeficienty, tedy

$$G/s = \frac{a_0 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2 + \dots + a_m \cdot s^m}{b_0 + b_1 \cdot s + b_2 \cdot s^2 + \dots + a_m \cdot s^m} \quad , \quad /4.3-2/$$

kde m je stupeň polynomů A/s , B/s . Některé koeficienty polynomů A/s a B/s mohou být i nulové, dále předpokládáme, že současně není $a_m = 0$ a zároveň $b_m = 0$.

Lze dokázat, pokud $a_0 \neq 0$, potom $b_0 \neq 0$

$$B/s/.Y/s/-A/s/.U/s/=0 \quad , \quad /4.3-3/$$

po rozepsání

$$\begin{aligned} & /b_0+b_1.s+b_2.s^2+\dots+b_m.s^m/. \sum_{j=0}^{\infty} y/j/.s^j - /a_0+a_1.s+a_2.s^2+ \\ & \dots+a_m.s^m/. \sum_{j=0}^{\infty} u/j/.s^j = 0 \quad , \quad /4.3-4/ \end{aligned}$$

potom po úpravě je na levé straně rovnice nekonečná řada

$$c_0+c_1.s+c_2.s^2+\dots=0 \quad . \quad /4.3-5/$$

Má-li být tato rovnost splněna pro libovolné s_0 , kdy $|s_0| \neq 0$, musí platit $c_0=0$, $c_1=0$, $c_2=0\dots$. Tyto podmínky jsou splněny v případě, že $u/j/$, $y/j/$ pro $j \geq 0$ vyhovují rovnici

$$\begin{aligned} & b_0.y/j/+b_1.y/j-1/+ \dots + b_m.y/j-m/-a_0.u/j/-a_1.u/j-1/- \\ & \dots -a_m.u/j-m/=0 \quad , \quad /4.3-6/ \end{aligned}$$

při nulových počátečních podmínkách, $u/j/=0$, $y/j/=0$ pro $j < 0$. Rovnici /4.3-6/ nazýváme diferenční rovnicí spojitě části regulačního obvodu, neboť na rovnici, která bude obsahovat difference ji můžeme přepsat pomocí diferencí, které jsou:

$$\begin{aligned} \Delta y/j/ &= y/j/-y/j-1/, \quad \Delta^2 y/j/ = \Delta y/j/-\Delta y/j-1/, \\ \Delta^3 y/j/ &= \Delta^2 y/j/-\Delta^2 y/j-1/, \dots \end{aligned}$$

Vdiferenční rovnici /4.3-6/ nazveme celé číslo m řádem této diferenční rovnice.

4.4 Stavový popis regulované soustavy

Můžeme předpokládat, že ve vztazích /4.3-4/, /4.3-6/ je koeficient $a_0=0$ a $b_0=1$. Rovnost a_0 znamená, že vliv řídicí veličiny $u/j-1/$ se projeví až na výstupní veličině $y/j/$. Rovnici /4.3-6/ můžeme potom přepsat do tvaru

$$y/j/ = -b_1 \cdot y/j-1/ - b_2 \cdot y/j-2/ - b_3 \cdot y/j-3/ - \dots - b_m \cdot y/j-m/ + \\ + a_1 \cdot u/j-1/ + a_2 \cdot u/j-2/ + \dots + a_m \cdot u/j-m/ \quad . \quad /4.4-1/$$

Diferenční rovnice m -tého řádu /4.4-1/ je ekvivalentní soustavě diferenčních rovnic prvního řádu

$$\begin{aligned} x_1/j/ &= -b_1 \cdot x_1/j-1/ + x_2/j-1/ && + a_1 \cdot u/j-1/ \\ x_2/j/ &= -b_2 \cdot x_1/j-1/ && + x_3/j-1/ && + a_2 \cdot u/j-1/ \\ x_3/j/ &= -b_3 \cdot x_1/j-1/ && && + x_4/j-1/ + a_3 \cdot u/j-1/ \\ &\vdots && && \\ x_m/j/ &= -b_m \cdot x_1/j-1/ && && + a_m \cdot u/j-1/ \\ y/j/ &= x_1/j/ && && . \end{aligned} \quad /4.4-2/$$

Rovnice /4.4-2/ přepíšeme do maticového tvaru

$$\begin{aligned} \underline{x}/j/ &= \underline{A} \cdot \underline{x}/j-1/ + \underline{b} \cdot u/j-1/ \quad , \\ y/j/ &= \underline{c}^T \cdot \underline{x}/j/ \quad , \end{aligned} \quad /4.4-3/$$

kde $\underline{A}$ je matice a $\underline{x}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$ jsou vektory.

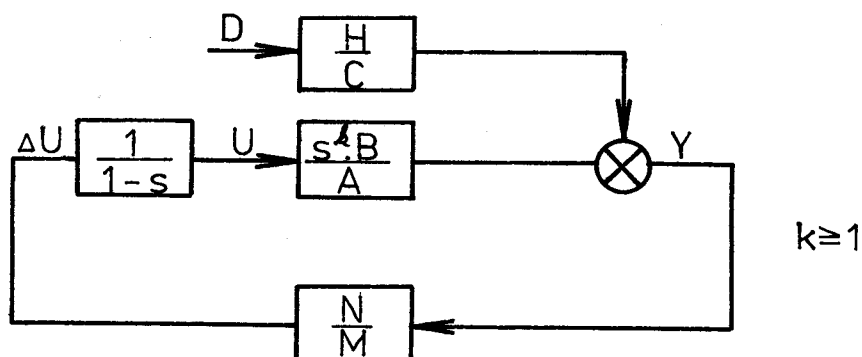
Popis chování regulované soustavy pomocí soustavy diferenčních rovnic prvního řádu /4.4-2/ a /4.4-3/ nazveme stavovým popisem regulované soustavy. Vektor $\underline{x}/j/$ určuje jednoznačně stav soustavy v čase j a nazývá se stavovým vektorem.

5 Adaptivní regulátor s identifikací váhové funkce

Dále uvedený postup návrhu adaptivního regulátoru má výhodu v tom, že v případě časově neproměnné soustavy a filtru je po jednom "adaptačním" kroku regulátor optimálně seřízen na vstupující poruchy. Nevýhoda tohoto adaptivního regulátoru je v tom, že v identifikační části algoritmu je zapotřebí přepínat regulátory a identifikovat "velké množství" koeficientů váhové funkce.

5.1 Popis regulačního obvodu

Při návrhu adaptivního regulátoru budeme uvažovat regulační obvod viz obr. 5-1



OBR. 5-1

kde $\frac{H}{C}$filtr
 $\frac{N}{M}$regulátor
 $\frac{s^k B}{A}$regulovaná soustava
 $\frac{1}{1-s}$sumátor
D.....poruchy
Y.....regulovaná veličina
ΔU.....přírůstek akční veličiny
U.....akční veličina

5.2 Identifikace váhové funkce

Uvažujeme prediktor - model soustavy, který je popsán rovnicí

$$\hat{Y} = s \cdot \hat{B} \cdot U \quad /5.2-1/$$

$$\hat{B} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot s + \hat{b}_2 \cdot s^2 + \dots + \hat{b}_{\lambda-1} \cdot s^{\lambda-1}$$

/5.2-1/ je Z-transformací diferenční rovnice

$$\hat{y}/j/ = \hat{b}_0 \cdot u/j-1/ + \hat{b}_1 \cdot u/j-2/ + \dots + \hat{b}_{\lambda-1} \cdot u/j-\lambda/ \quad /5.2-2/$$

$\hat{y}/j/$ je predikce / předpověď / hodnoty regulované veličiny y soustavy v čase j na základě znalosti hodnot vstupní veličiny u v časech $j-1$ až $j-\lambda$.

Volíme λ jako "velké" číslo, polynom $\hat{B}$ a koeficienty $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{\lambda-1}$ nazveme váhovou funkcí modelu soustavy.

Chyba predikce $e/j/ = y/j/ - \hat{y}/j/$, $E = Y - \hat{Y}$. Rovnici /5.2-1/ upravíme

$$E = Y - s \cdot \hat{B} \cdot U \quad /5.2-3/$$

/5.2-3/ je Z-transformací rovnice

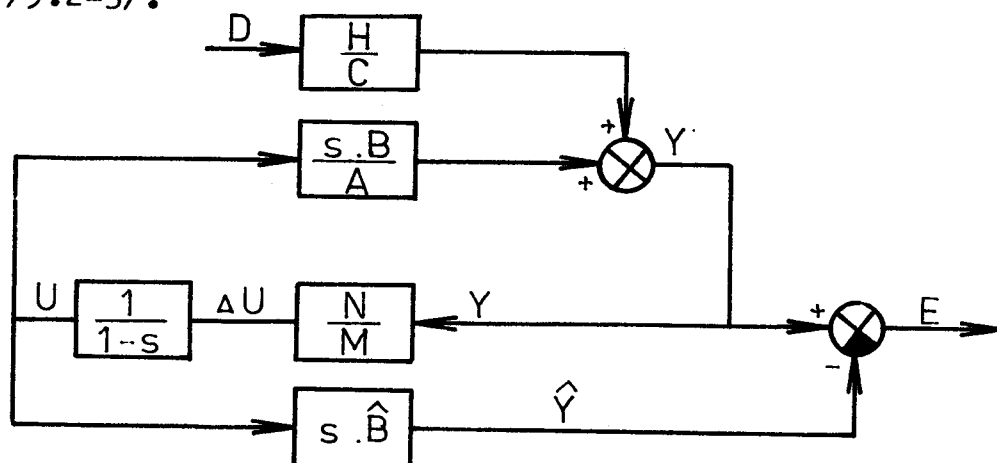
$$e/j/ = y/j/ - \hat{b}_0 \cdot u/j-1/ - \hat{b}_1 \cdot u/j-2/ - \dots - \hat{b}_{\lambda-1} \cdot u/j-\lambda/ \quad /5.2-4/$$

Koeficienty polynomu $\hat{B}$ vypočteme metodou nejmenších čtverců, tak aby bylo minimalizováno kritérium

$$J = \frac{1}{2\mu + 1} \cdot \sum_{j=\mu}^{\mu} e^2/j/ \quad , \quad \mu \gg \lambda \quad /5.2-5/$$

Při znalosti polynomů A, B, C, H, M, N je možno vypočítat řadu, ke které při identifikaci metodou nejmenších čtverců pro $\mu \rightarrow \infty$ budou koeficienty polynomu $\hat{B}$

konverguje, jestliže budeme zvyšovat stupeň tohoto polynomu. Provedme úvahu, která vede k výpočtu uvedené řady. Přikresleme do regulačního obvodu z obr. 5-1 rovnici /5.2-3/.



OBR. 5.2-1

Potom přenos

$$\frac{E}{D} = \frac{H}{C} \cdot \frac{1-s\hat{B} \cdot \frac{N \cdot 1}{M \cdot (1-s)}}{1 - \frac{s \cdot \hat{B} \cdot N}{(1-s) \cdot A \cdot M}} \cdot \frac{(1-s) \cdot A \cdot H \cdot (M - s \cdot B \cdot N)}{C \cdot [(1-s) \cdot A \cdot M - s \cdot \hat{B} \cdot N]} \quad /5.2-6/$$

$$G = G/s = g/0/ + g/1/ \cdot s + g/2/ \cdot s^2 + \dots$$

Řada G, tedy posloupnost $g/0/$, $g/1/$, $g/2/$, ..., je jednou z váhových funkcí obvodu z obr. 5.2-1.

Uvažujeme, že identifikujeme a minimalizujeme metodou kritérium

$$J = \lim_{\mu \rightarrow \infty} \frac{1}{2\mu + 1} \cdot \sum_{j=0}^{\mu} e^2/j/ = \sigma_e^2, \quad /5.2-7/$$

kde σ_e^2 je rozptyl chyby predikce.

Vztah /5.2-7/ lze dále upravit

$$J = \sigma_e^2 = \sigma_d^2 \cdot \sum_{j=0}^{\infty} g^2/j/, \quad /5.2-8/$$

kde σ_d^2 je rozptyl diskrétního bílého šumu, $g/j/$ pro $j \in \langle 0, \infty \rangle$ je váhová funkce, viz /5.2-ž/. Z posloupnosti $g/j/$ je vytvořena řada, která je též nazývána váhovou funkcí. Změnou koeficientů polynomu $\hat{B}$ se mění váhová funkce G a hodnota kritéria /5.2-8/. Změnou koeficientů

polynomu $\hat{B}$ nezměníme vzhledem ke zpoždění hodnotu $g/0/$, viz /5.2-6/. Nalezneme-li tedy takový polynom, nebo řadu $\hat{B}$ pro kterou

$$g/j/=0 \quad \text{pro } j > 0, \quad /5.2-9/$$

nalezli jsme i minimum $\sum_{j=0}^{\infty} g^2/j/$, to znamená minimum kritéria /5.2-8/. Podmínku /5.2-9/ vyjádříme

$$G/s/-G/0/=0 \quad . \quad /5.2-10/$$

Uvažujeme-li, že absolutní členy polynomů A, C, H, M jsou rovny jedné, potom

$$G/0/=1, \quad /5.2-11/$$

dosazením /5.2-6/ a /5.2-11/ do /5.2-10/ a úpravou dostaneme

$$\frac{H}{C} = \frac{1-s\hat{B} \cdot \frac{N}{M(1-s)}}{1-\frac{s^k B}{(1-s)A} \cdot \frac{N}{M}} - 1 = 0, \quad ,$$

$$\hat{B} = \left(1 - \frac{C}{H}\right) \cdot \frac{(1-s)M}{s \cdot N} \cdot \frac{s^{k-1} B C}{A H}, \quad , \quad /5.2-12/$$

$1 - \frac{C}{H} = \frac{H-C}{H}$, z rozdílu polynomů je možno vytknout s.

Vysvětlíme si rovnici /5.2-12/. Budeme-li při identifikaci metodou nejmenších čtverců, viz /5.2-7/, zvyšovat stupeň polynomu B, budou koeficienty tohoto polynomu konvergovat ke koeficientům řady

$$\left(1 - \frac{C}{H}\right) \cdot \frac{M(1-s)}{s \cdot N} + \frac{s^{k-1} B C}{A H} \triangleq \hat{B}^+ \quad . \quad /5.2-13/$$

Polynom H^+ je stabilní a vypočteme ho z polynomu podle /1/.
Polynomy A a N uvažujeme jako stabilní. V /5.2-13/ zapíšeme

$$\hat{B}^+ = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot s + \hat{b}_2 \cdot s^2 + \dots$$

Rovnici /5.2-13/ můžeme využít pro výpočet polynomů A, B, C a H^+ na základě dvakrát provedené identifikace při dvou různých regulátorech, které jsou střídavě zapojeny v regulačním obvodu. Tímto způsobem získáme dvě řady, B_1 a B_2 .

$$\hat{B}_1 = \left(1 - \frac{C}{H^+}\right) \cdot \frac{M_1(1-s) + s \cdot \frac{B \cdot C}{A H^+}}{s \cdot N_1}, \quad /5.2-14/$$

$$\hat{B}_2 = \left(1 - \frac{C}{H^+}\right) \cdot \frac{M_2(1-s) + s \cdot \frac{B \cdot C}{A H^+}}{s \cdot N_2}, \quad /5.2-15/$$

Odečtením /5.2-15/ od /5.2-14/ a po úpravě získáme

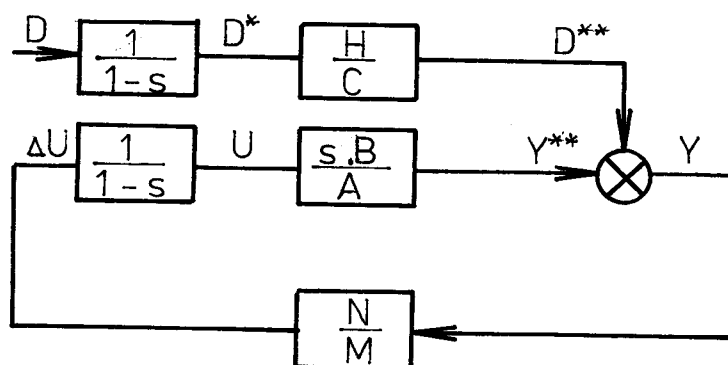
$$\frac{C}{H^+} = 1 - \frac{1}{(1-s)} \cdot \frac{s \cdot (\hat{B}_1 - \hat{B}_2) \cdot N_1 \cdot N_2}{M_1 \cdot N_2 - M_2 \cdot N_1} \triangleq G^* \quad /5.2-16/$$

Dosazením identifikovaných polynomů $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$ a známých polynomů regulátorů M_1, N_1 a M_2, N_2 vypočteme nejprve řadu G^* , viz /5.2-16/. Na základě znalosti řady G^* vypočteme metodou nejmenších čtverců polynomy C a H^+ . Při znalosti polynomů C a H^+ , respektive řady G^* a diskrétního zpoždění regulované soustavy, vypočteme řadu $\frac{B}{A}$ z /5.2-14/ po identifikaci s prvním regulátorem a z /5.2-15/, po identifikaci s druhým regulátorem. Koeficienty první řady sečteme s příslušnými koeficienty druhé řady a výsledek dělíme dvěma. Z takto získané řady opět metodou nejmenších čtverců určíme polynomy A a B.

5.3 Návrh regulátoru

Po získání polynomů A , B , C , H^+ soustavy a filtru, můžeme metedou dynamického programování navrhnout difernční rovnici regulátoru.

5.3.1 Návrh regulátoru na poruchy vstupující do regulač- ního obvodu filtrem s přenosem $\frac{H}{1-s/.C}$



OBR. 5.3.1-1

V regulačním obvodu, viz obr.5.3.1-1 je přenos soustavy a sumátoru $\frac{Y^{**}}{\Delta U} = \frac{s.B}{1-s/.A}$, přenos filtru a sumátoru je $\frac{D^{**}}{D} = \frac{H}{1-s/.C}$.

Pro soustavu a filtr z obr. 5.3.1-1 platí

$$Y = \frac{s.B}{1-s/.A} \cdot \Delta U + \frac{H}{1-s/.C} \cdot D, \quad /5.3.1-1/$$

$$/1-s/.A.C.Y = s.B.C. \Delta U + A.H.D \quad . \quad /5.3.1-2/$$

Přepis rovnice /5.3.1-1/ na rovnici /5.3.1-2/ provedeme za předpokladu, že polynomy A a C jsou nesoudělné.

Uvažujeme soustavu, která je popsána rovnicí

$$/1-s/.A.C.Y = c.B.C. \Delta U \quad /5.3.1-3/$$

Základní myšlenka návrhu regulátoru spočívá v tom, že navržený regulátor zajišťuje stabilitu navrženého regulačního obvodu. V součinu impulsních přenosů soustavy a regulátoru a například v impulsním přenosu $\frac{Y}{D}$, uzavřeného regulačního obvodu, nedochází ke krácení nestabilních polynomů.

Regulátor navrhujeme pro soustavu a filtr, které jsou popsány rovnicí

$$(1-s) \cdot A \cdot C \cdot Y = s \cdot B \cdot C \cdot U + A \cdot H^+ \cdot D \quad . \quad /5.3.1-4/$$

Polynom A uvažujeme stabilní.

Navržený regulátor zapojíme do uzavřeného regulačního obvodu, viz. obr. 5.3.1-1. Podle /1/ lze odvodit diferenční rovnici regulátoru. Z-transformace této diferenční rovnice má tvar

$$M^{**} \cdot \Delta U = N^{**} \cdot Y + P^* \cdot D \quad , \quad /5.3.1-5/$$

kde pro danou soustavu

$$\begin{aligned} A &= 1 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2 + \dots + a_n \cdot s^n \\ B &= b_0 + b_1 \cdot s + b_2 \cdot s^2 + \dots + b_n \cdot s^n \\ C &= 1 + c_1 \cdot s + c_2 \cdot s^2 + \dots + c_{n-1} \cdot s^{n-1} \\ H &= 1 + h_1 \cdot s + h_2 \cdot s^2 + \dots + h_{n-1} \cdot s^{n-1} \end{aligned}$$

jsou polynomy

$$\begin{aligned} M^{**} &= 1 + m_1 \cdot s + m_2 \cdot s^2 + \dots + m_{n+1} \cdot s^{n+1} \\ N^{**} &= n_0 + n_1 \cdot s + n_2 \cdot s^2 + \dots + n_{n+1} \cdot s^{n+1} \\ P^* &= p_0 + p_1 \cdot s + p_2 \cdot s^2 + \dots + p_n \cdot s^n \end{aligned}$$

Ze vztahu /5.3.1-4/ vypočteme D a dosadíme do /5.3.1-5/, potom dostaneme

$$M^{**} \Delta U = N^{**} Y + P^* \frac{(1-s) \cdot A \cdot C \cdot Y - s \cdot B \cdot C \Delta U}{A \cdot H^+} \quad ,$$

po úpravě dostaneme

$$/A.H^+.M^{**}+s.B.C.P/.\Delta U = [A.H^+.N^{**}+/1-s/.A.C.P^*] .Y$$

/5.3.1-6/

Regulátor popsaný diferenční rovnicí /5.3.1-6/, vyreguluje optimálně, vzhledem ke zvolenému kvadratickému kritériu, poruchu D, která vstupuje do regulačního obvodu filtrem s přenosem $\frac{H}{1-s/.C}$, viz obr. 5.3.1-1.

6 Popis systému SAPI 1

Mikropočítačový systém SAPI 1 je určen pro všeobecné použití, patří do kategorie malých stavebnicových systémů. Základem systému je mikropočítač JPR-1, který může pracovat sám bez podpory dalších desek a dílů SAPI 1.

Mikropočítač je určen pro nejjednodušší aplikace. Pro svoji funkci potřebuje pouze napájení. Mikropočítač JPR-1 může řídit stroj, přístroj, může dopomoci k vyšší inteligenci třeba psacímu stroji, nebo terminálu. Nestáčí-li na aplikaci samostatná deska mikropočítače JPR-1, může být použito k dalšímu doplnění dílů systému SAPI 1.

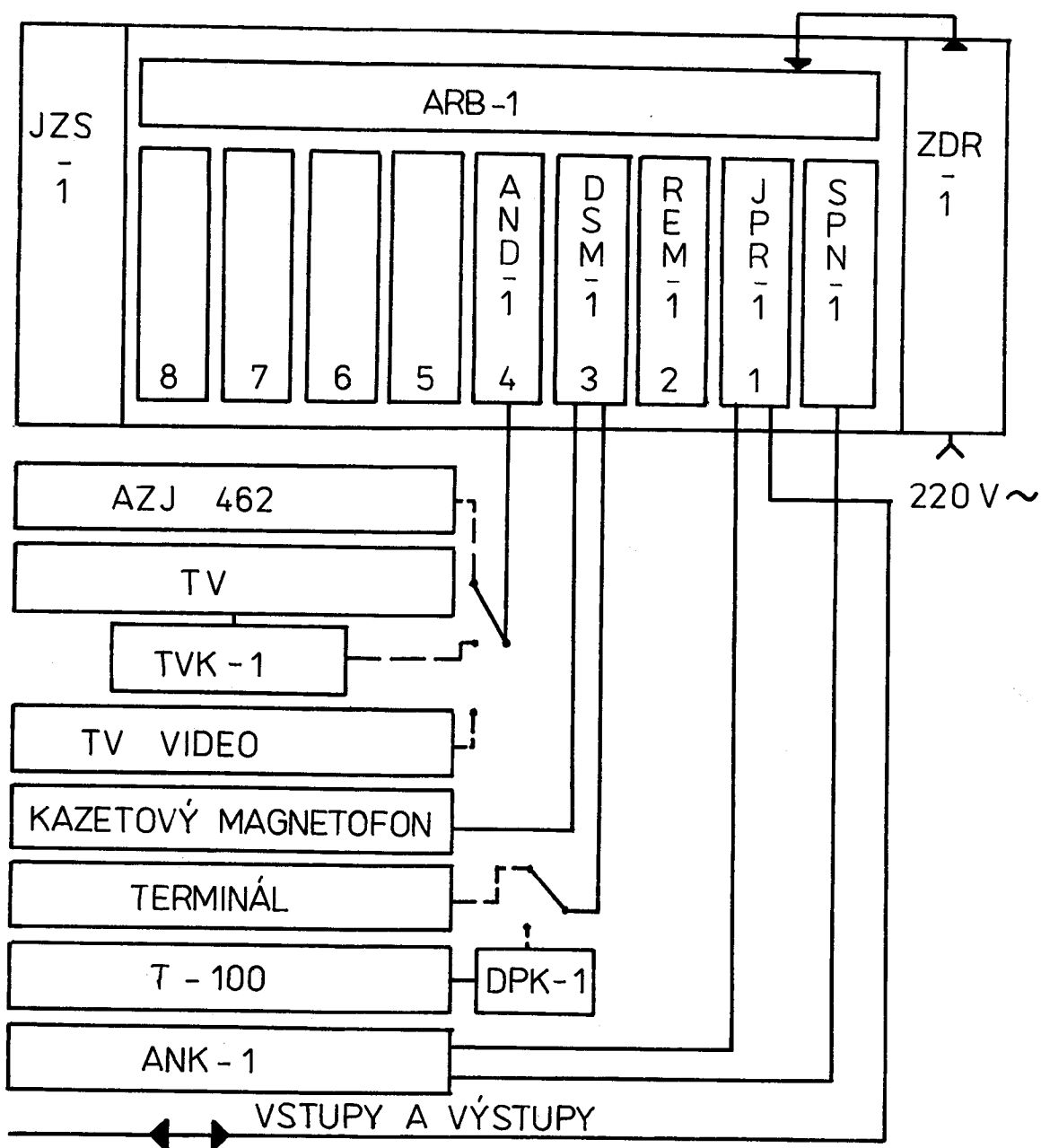
Základní idea systému je jednoduchá: "Dát uživateli malý stavebnicový systém z našich součástek, jehož parametry umožňují jeho použití v maximálním množství, zejména v průmyslových aplikacích.

6.1 Blokové zapojení systému SAPI 1, dodávané výrobcem

Výrobce dodává systém v základní sestavě s možností připojení klávesnice ANK-1, kazetového magnetofonu,

terminálu či tiskárny. Systém SAPI 1 může použít jako zobrazovací jednotku upravený televizor, televizor s připojeným konvertorem, nebo zobrazovací jednotku Tesly Orava typu AZJ-462.

Blokové zapojení:



OBR. 6.1-1

Jednotka zdroje a sběrnice JZS-1 tvoří mechanický základ systému SAPI 1. Jednotka je realizována jako zásuvný rám. Do rámu je umístěn zdroj napětí, ZDR-1 a sběrnice systému ARB-1, propojené se zdrojem napájecím kabelem.

Deska JPR-1 je jednodeskový mikropočítač na bázi mikroprocesoru MHB 8080A, má základní procesor, tvořený mikroprocesorem a jeho podpůrnými obvody. Na desce je dále paměť RAM a EPROM. Součástí desky jsou 3 osmibitové vstupy a 3 osmibitové výstupy, celkem 24 vstupů a 24 výstupů.

Deska AND-1 je řešena jako video RAM s kapacitou 1 k byte paměti, což umožňuje, na stínítku displeje zobrazovací jednotky, zobrazit 40 znaků v řádce a 24 řádek, což je celkem 960 znaků. Deska umožňuje připojení zobrazovací jednotky AZJ 462, nebo připojení TV přijímače se standardně vyvedeným videovstupem. Neupravený TV přijímač musí být připojen prostřednictvím konvertoru TVK-1.

Klávesnice ANK-1 slouží pro vstup dat do systému SAPI 1. Klávesnice je membránová. Místo této klávesnice lze připojit k počítači klávesnici CONSUL 259.11. Klávesnice jsou napájeny ze systémového panelu SPN-1, který umožňuje napájet až čtyři přídatná zařízení systému napětím +5 a +12V, dále dovoluje vstup externího signálu RESET do systému.

Základní kapacitu paměti RAM a EPROM je možné rozšířit použitím desky REM-1.

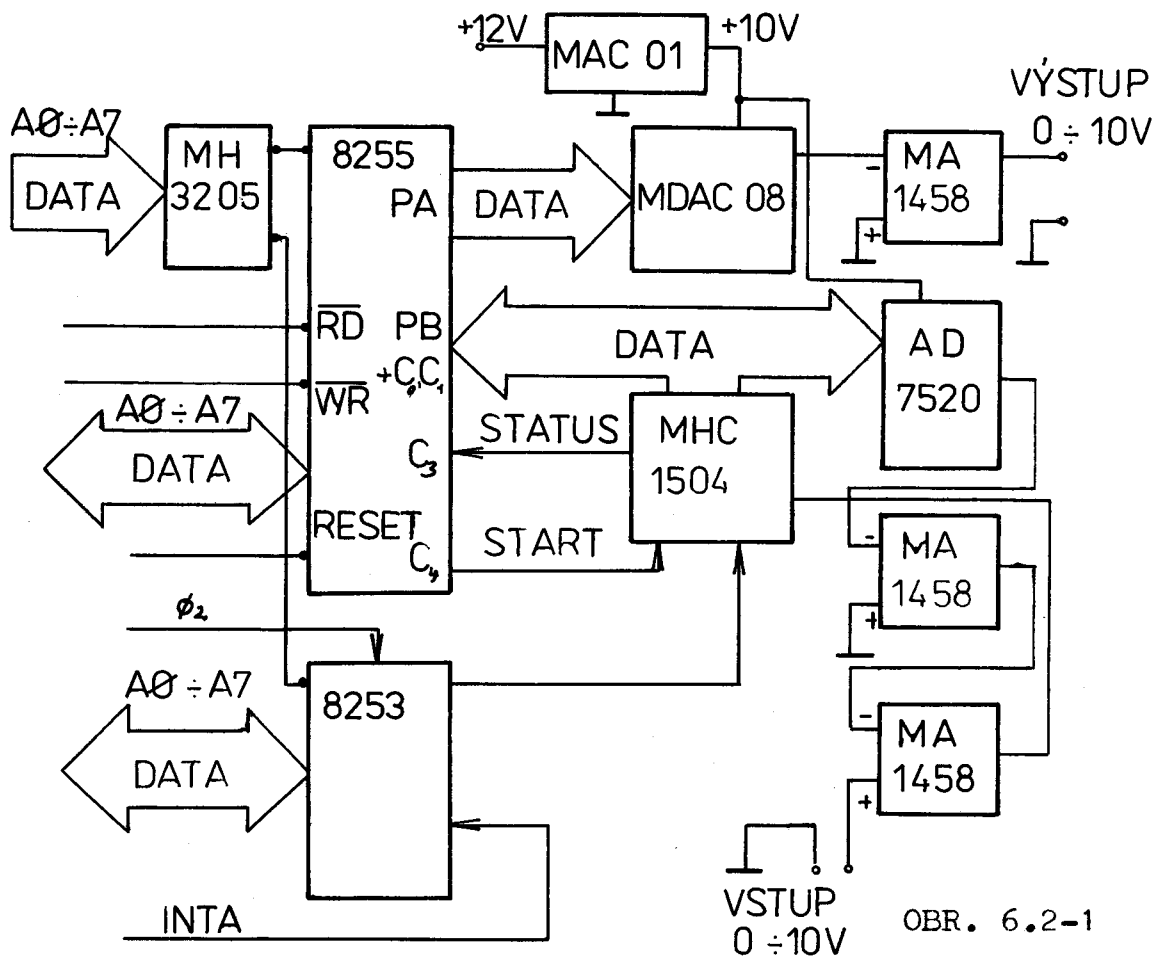
Pro připojení kazetového magnetofonu a terminálu je použita deska DSM-1, při připojení konvertoru DPK-1 lze místo terminálu použít dálnopisný stroj, například T100. Deska DSM-1 je také vybavena spínacím relé, kterým je možné ovládat rozběh a zastavení magnetofonu, ten musí být ale patřičně upraven.

Výrobce dodává k systému kazetový magnetofon K-10, který je již upraven pro externí ovládání.

6.2 Rozšíření systému SAPI 1 v podmínkách katedry technické kybernetiky

Přestože výrobce inzeruje systém, jako řídicí mikropočítač, není vybaven vstupními a výstupními převodníky. Převodníky nejsou dodávány ani jako příslušenství. Nezbylo nám nic jiného, než převodníky zhotovit na katedře technické kybernetiky.

Základ převodníků tvoří obvod výstupních a vstupních portů MH 8255, dále osmibitový výstupní převodník MCAC 08 a desetibitový převodník AD 7520, který je využit jako vstupní. Deska převodníků je ještě osazena podpůrnými obvody, viz obr. 6.2-1 .



8255.....obvod vstupních a výstupních portů
 8253.....časovací obvod
 MH3205..dekodér adresy
 MHC1504.aproximační registr
 AD7520...Č/A desetibitový převodník, zapojen pro
 vstup
 MDAC08..Č/A osmibitový převodník, zapojen pro výstup
 MAC01...přesný zdroj napětí +10V
 MA1458..operační zesilovač
 STATUS..signál ukončení převodu, převod ukončen
 pro STATUS=0
 START...signál pro zahájení převodu

Převodníky jsou sestaveny na desce BDK-1, která je zasunuta do jednotky zdroje a sběrnice JZS-1.

Námi používaný systém SAPI 1 má paměť rozšířenou na plných 64 k byte. Místo desky REM-1 je použita deska RAM-1, která má kapacitu 48 k byte paměti RAM, zbývajících 16 k byte je využito pro paměti EPROM i RAM.

Vstupní a výstupní zařízení námi používané, se liší od typů doporučených výrobcem. Tiskárnu jsme použili DZM 180, polské výroby, děrovač děrné pásky DT 105S, též polský a snímač děrné pásky FS 1501 naší výroby.

Zhotovené programy jsme nahrávali na kazetový magnetofon K-10, který dodává výrobce systému, časem jsme jej nahradili stereofonním kazetovým magnetofonem M 710A.

6.3 Zkušenosti z práce se systémem SAPI 1

Systém má sloužit převážně v průmyslových aplikacích, tomu odpovídá celková robustnost jednotky zdroje a sběrnice /vany/, ta však kontrastuje s konstrukcí klá-

vesnice. Klávesnice je membránová, a poměrně malá, při delším používání dochází k jejímu promačkání, zvláště u často používaných "tlačítek". Promačknutí způsobí, že "tlačítko" zůstane "viset" a velmi obtížně se odblokovává. Dalším nedostatkem je malý zdvih "tlačítek", činí asi 0.2 mm, což ze začátku působí nepříjemně, ale po delším užívání si uživatel zvykne.

Největší potíže, které se vyskytly, byly s použitím kazetového magnetofonu, jako výstupního zařízení. Celé řešení, s použitím kazetového magnetofonu K-10, se jeví jako zcela nevhodné a provizorní. Při nahrávání delších souborů do počítače docházelo velmi často k chybám, nebo se program vůbec nenahrál, celá práce se pak komplikovala a zbytečně prodlužovala. Jisté zlepšení nastalo při použití stereofonního magnetofonu M 710A, který však nemá hlasitý příposlech, což poněkud ztížilo vyhledávání programů na kazetě.

Námi používané kazety EMGETON jsou pro použití v číslicové technice naprosto nevhodné, při dlouhodobějším používání dochází velmi brzo k jejich opotřebení a zřejmě ke vzniku hluchých míst, na kterých dochází ke ztrátám bitů. Ztráta bitů a nízká kvalita magnetofonu nám působily při práci velké potíže.

Závěrem můžeme říci, že při použití klávesnice CONSUL, kvalitního záznamového zařízení a záznamového materiálu, splní systém SAPI 1 všechny požadavky na jednoduchý a laciný systém pro číslicové řízení.

6.4 Použité programové vybavení

V následujících částech je popsáno použité programové vybavení systému SAPI 1. Vybavení můžeme rozdělit

na systémové, tedy pomocné programy sloužící k ladění, spouštění programů a podobně, a na programy, které umožňují provádění výpočtů v ASSEMBLERu, tedy aritmetiku.

6.4.1 Systémové programové vybavení

Počítač je standartně vybaven překladačem MICROBASIC, který je nahrán v paměti EPROM. Použití MICROBASICu v číslicovém řízení je prakticky nemožné. Číslicové řízení vyžaduje, aby řízení pracovalo v "reálném čase", tedy aby výpočty proběhly co nejrychleji. BASIC je velmi pomalý, natož MICROBASIC, který ještě počítá pouze s celými čísly a nejvýše do 255. Jediné možné řešení, které dovoluje splnit časové požadavky číslicového řízení, je, všechny programy realizovat ve strojovém kódu mikroprocesoru MHB 8080A /INTEL 8080/.

Programové vybavení MONITOR, které je také nahráno v paměti EPROM se dá použít pro programování ve strojovém kódu. MONITOR dále umožňuje "listování" strojovým programem, spuštění programu od určité adresy a podobně.

Jak jsem se již zmínil, je kapacita paměti námi použitého systému 64 k byte. Příkaz LOAD, jenž je součástí MICROBASICu umožňuje nahrávat programy do počítače pouze do adresy 7FFF. Zmíněná nevýhoda byla odstraněna použitím systémového programu HELP. Program HELP je uložen v jednom k byte paměti EPROM a spouští se od adresy 1000. Programem lze nahrávat z libovolného místa v paměti a lze do libovolného místa také nahrávat, mimo jiné lze s jeho pomocí programy spouštět, zapisovat, přesouvat a jiné.

Programování ve strojovém kódu je velmi obtížné, zvláště spouštění neodladěného programu s sebou přináší určité riziko. Přímé spuštění neodladěného programu téměř

vždy znamená nekontrolovatelný chod počítače a následnou havárii. Žádný z uvedených programů neumožňuje krokování programu instrukci po instrukci. Ladění programů bylo prakticky nemožné, proto byl použit program DDT-602.

Program DDT-602 je velmi výhodný pro zápis programu přímo v ASSEMBLERu. Při zapisování programu do paměti počítače, je na obrazovce zobrazeno 16 řádků. Řádek se skládá z adresy v paměti, instrukce ve strojovém kódu a jejího zápisu v ASSEMBLERu, u instrukcí používajících v ASSEMBLERu pseudo adresu, je nutné zapisovat zde přímo skutečnou adresu v hexadecimálním kódu.

Mimo přímého zápisu instrukcí lze vypsat obsah paměti v hexadecimálním kódu. Jakým-koliv výpisem na obrazovce lze libovolně "listovat" a kurzorem je možné pohybovat všemi směry.

Po celou dobu chodu programu DDT-602 jsou v dolní části obrazovky vypsány obsahy všech registrů mikroprocesoru, dále instrukce na adrese, na kterou ukazuje PC registr.

Výraznou předností tohoto programu, je možnost krokovat sestavený program instrukci po instrukci, nebo je možné provést několik instrukcí najednou, což umožňuje snadnější nalezení chyby v laděném programu.

Mimo uvedené příkazy, obsahuje program DDT-602 ještě další zajímavé příkazy, například přesun programů v paměti, porovnávání určitých oblastí v paměti, možnost nastavení několika adres aktuálního zastavení běžícího programu a podobně.

Program DDT-602 je i přes svou jednoduchost mocný prostředek, který značně ulehčuje práci při sestavování a ladění programů v ASSEMBLERu či ve strojovém kódu.

Program DDT-602 se musel před zahájením práce

s počítačem znovu nahrát do paměti počítače. Délke programu je 8 k byte paměti, a to způsobovalo mnohdy potíže, o ktrých je zmínka v kapitole 6.3 .

6.4.2 Popis aritmetiky

Aritmetika a soubor ostatních podprogramů umožňuje provádět přímo v ASSEMBLERu všechny matematické operace s čísly s pohyblivou řádovou čárkou / FLOUTING /, nebo s celými čísly / INTEGER /. Číslo typu FLOUTING je uloženo na třech bytech a typu INTEGER na dvou bytech.

Soubor podprogramů dále dovoluje vstup čísel z klávesnice, výstupy čísel, nebo textů na obrazovku, posun kurzoru, mazání obrazovky, převody mezi typy čísel a podobně.

Podprogramy umožňují práci se dvěma operandy, X a Y. Pro každou matematickou operaci je nutné číslo přesunout do registrů mikroprocesoru. Registry D, E, B slouží ke zobrazení operandu X a H, L, A operandu Y. Mantisy jsou pak uloženy v DE a HL, exponenty v A, nebo B.

Pro větší přehlednost a snadnější pochopení algoritmu, viz příloha 1, jejíž popis je proveden v kapitole 7.1 , uvádím přehled nejčastěji používaných podprogramů aritmetiky a podprogramů výstupů, s udáním adresy spouštění.

Aritmetika:

název	provede	adresa
FTSBY	$X=X-Y$	4400H
FTSBX	$X=Y-X$	4404H
FTADD	$X=X+Y$	440EH
FTMUL	$X=X.Y$	445FH
FTDYX	$X=Y/X$	44C5H
FTSQX	$X=X^2$	4585H

FTSQY	$X=Y^2$	4587H
FTSRX	$X=\sqrt{X}$	459EH
FTSRY	$X=\sqrt{Y}$	459CH
FTRSX	$X=1/X$	4613H
FTRCY	$X=1/Y$	4618H

Výstupy a vstupy:

název	provede	adresa
IDHWX	vstup INTEGER do DE	49F9H
IDFTX	vstup FLOUTING do DEB	4A1EH
ODHWX	výstup INTEGER z DE	489AH
ODFTX	výstup FLOUTING z DEB	48B5H
CTVE	vstup vektoru do paměti	5311H
CY504	výstup vektoru z paměti	522FH
OABLK	posun kurzoru o 1 pozici	4846H
NULDIS	mazání displeje	0CF4H
OASNP	výstup textu	4824H

Přesuny v paměti:

název	provede	adresa
FTLXH	z adresy v HL uloží číslo do DEB	4696H
FTLYH	z adresy v HL uloží číslo do HLA	499DH
FTSXH	uloží obsah DEB na adresu v HL	46A4H

7 Naprogramovaná část algoritmu identifikace

Sestavil jsem program, který připravuje data pro program metody nejmenších čtverců / LDFT / a program, který počítá ze vztahů /5.2-14/ a /5.2-15/, při známém $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$, $\frac{B}{A}$, s prvním regulátorem a s druhým regulátorem.

7.1 Popis navržených programů

Program připravující data pro metodu nejmenších čtverců / LDFT /, je v příloze 1 od adresy D040. Metodu nejmenších čtverců zde používám k výpočtu koeficientů čitatele a jmenovatele, znám-li jejich podíl ve formě konečného polynomu.

Odvození struktury programu je provedeno na příkladu, kde stupně polynomů C a H jsou rovny 2.

$$\frac{1+c_1 \cdot s+c_2 \cdot s^2}{1+h_1 \cdot s+h_2 \cdot s^2} = 1+g_1 \cdot s+g_2 \cdot s^2+\dots \quad /7.1-1/$$

Vynásobením jmenovatelem získáme

$$1+c_1 \cdot s+c_2 \cdot s^2 = (1+g_1 \cdot s+g_2 \cdot s^2+\dots) \cdot (1+h_1 \cdot s+h_2 \cdot s^2),$$
$$\begin{array}{ccccccc} & & & & h_1 \cdot s & h_1 g_1 \cdot s^2 & \dots \\ & & & & h_2 \cdot s^2 & \dots & \end{array} \quad /7.1-2/$$

při konečné délce polynomu G, lze /7.1-2/ přepsat do soustavy rovnic, kde k je stupeň polynomu G.

$$\begin{array}{ll} c_1 = g_1 + h_1 & +e_1 \\ c_2 = g_2 + h_1 \cdot g_1 + h_2 & +e_2 \\ 0 = g_3 + h_1 \cdot g_2 + h_2 \cdot g_1 & +e_3 \\ . & \\ . & \\ . & \\ 0 = g_k + h_1 \cdot g_{k-1} + h_2 \cdot g_{k-2} & +e_k \end{array} \quad , \quad /7.1-3/$$

kde e_i je chyba, kterou se snažíme minimalizovat. Po anulování levých stran dostaneme

$$\begin{array}{ll} 0 = g_1 - 1 \cdot c_1 & +h_1 \quad +e_1 \\ \vdots & \\ 0 = g_k + 0 \cdot c_1 + 0 \cdot c_2 + g_{k-1} \cdot h_1 + g_{k-2} \cdot h_2 & +e_k \end{array} \quad . \quad /7.1-4/$$

Rovnice /7.1-3/ lze řešit metodou nejmenších čtverců / neznámé jsou c_i a h_i /, ale v této podobě se ještě nehodí pro řešení v programu LDFT, koeficienty přerovnáme,

$$\begin{array}{ccccccc}
 g_1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
 g_2 & g_1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\
 g_3 & g_2 & g_1 & 1 & 0 & 0 & -1 \\
 g_4 & g_3 & g_2 & g_1 & 0 & 0 & 0 \\
 g_5 & g_4 & g_3 & g_2 & 0 & 0 & 0 \\
 \cdot & & & & & & \\
 \cdot & & & & & & \\
 \cdot & & & & & & \\
 g_k & g_{k-1} & g_{k-2} & g_{k-3} & 0 & 0 & 0 \quad \cdot \quad /7.1-5/
 \end{array}$$

Celý výpočet koeficientů čitatele a jmenovatele proběhne k-krát, při prvním výpočtu vstupuje do LDFT první řádek z /7.1-5/, při druhém, data ze druhého řádku a tak dále.

Program přípravy dat pro zpracování v LDFT nejprve vyžádá "Počet identifikovaných členů", tedy počet koeficientů čitatele a jmenovatele. Průběh polynomu G se zobrazí na obrazovce, potom dochází k vytváření prvního řádku dat. Druhý řádek a další řádky jsou vytvářeny posunem prvků po řádku, případně nulováním řádku.

Druhý hlavní program, který jsem sestavil, počítá střední hodnotu podílu $\frac{B}{A}$, vyjádřeného ze vztahu /5.2-14/, nebo /5.2-15/,

$$s^{k+1} \cdot \frac{B}{A} = \frac{\hat{B} + (G^* - 1) \cdot \frac{M \cdot (1-s)}{s \cdot N}}{G^*} \quad /7.1-5/$$

Výpočet proběhne 2-krát, nejprve s prvním regulátorem a tomu odpovídajícím $\hat{B}_1$, po druhé s regulátorem dvě

a tomu odpovídajícímu $\hat{B}_2$.

Program lze odstartovat od adresy D5E4, potom je nutné zadat všechny potřebné hodnoty k výpočtu z klávesnice, toto spouštění bylo používáno pouze pro ladící příklad.

Program je po skončení identifikace polynomů $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$ a po skončení výpočtu polynomu G^* / výpočet $\hat{B}_1$, $\hat{B}_2$ a G^* je předmětem jiné diplomové práce / spouštění od adresy D5E7. Po odstartování dojde k přesunu všech polynomů potřebných k výpočtu, na pracovní polohy, viz příloha 1, aby nedošlo k jejich znehodnocení výpočtem. Polynom M regulátoru je při přesunu násoben /1-s/. Program dále pokračuje prvním výpočtem zlomku / CALL ZLOM /. Celý výpočet se opakuje ještě jednou, ale na pracovní polohy jsou přesunuty všechny polynomy z "druhé identifikace". Druhý výpočet je ukončen skokem na adresu D390, kde program pokračuje výpočtem aritmetického průměru obou vypočtených polynomů, výsledek se zobrazí na obrazovce. Celý výpočet pokračuje voláním programu přípravy dat pro LDFT, který, jak už bylo řečeno, zobrazí na obrazovku průběh vypočteného polynomu. Výpočet končí vypočtením koeficientů čitatele a jmenovatele, tedy polynomů soustavy A a B.

Mimo výše uvedených stěžejních programů jsem sestavil další pomocné podprogramy, které zjednodušily práci s vektory a podobně.

Podprogram součtu vektorů sčítá dva vektory, mohou být i rozdílné délky. Výsledek ukládá na předem určené místo v paměti.

Podprogram hledání minima a maxima z řady prvků. Tento program nalezne adresy maximálního a minimálního prvku.

Mohl bych zde ještě uvést program tisku grafu, který je využíván v programu přípravy dat pro LDFT, dále program přesunu vektorů v paměti počítače na předem určenou polohu, nebo podprogramy pro výstup textu a jiné.

8 Popis použitých regulátorů, soustavy a filtru

8.1 Navržené regulátory použité k identifikaci

Algoritmus identifikace byl ověřován na systému SAPI 1, ve spojení s analogovým počítačem MEDA 43HA. Na analogovém počítači byla namodelována soustava prvního řádu s přenosem $\frac{B}{A}$ a filtr s přenosem $\frac{H}{C}$.

Identifikace byla provedena pomocí dvou dvojic regulátorů, které byly navrženy pro danou soustavu pomocí programu, který byl dán k dispozici vedoucím práce. Program provádí identifikaci regresního přírůstkového modelu soustavy, po identifikaci soustavy je navržen optimální regulátor metodou dynamického programování.

Pro naši soustavu jsme navrhli, výše uvedenou metodou, čtyři regulátory. První dvojice regulátorů je navržena pro optimální vyregulování poruchy žádané veličiny. Druhá dvojice je navržena pro optimální vyregulování poruchy vstupující na výstup soustavy filtrem. Regulátory se od sebe ve dvojicích liší tím, že při jejich výpočtu bylo použito u každého jiné konstanty q , v kvadratickém kritériu, která ovlivňuje rychlost vyregulování poruchy.

8.2 Výpočet impulsního přenosu zvolených soustav

Vypočteme impulsní přenosy zvolených spojitých lineárních soustav. Přenos číslicoanalogového převodníku a sumátoru, obr. 5.2-1, tvoří integrátor, jehož přenos v Laplaceově transformaci je $\frac{1}{p}$.

Uvažujeme-li spojitou soustavu s dopravním zpožděním T_d , to jest s přenosem $e^{-T_d \cdot p} \cdot F/p$, kde F/p je ra-

cionální lomená funkce. Přenos soustavy, sumátoru a číslico-analogového převodníku je

$$\frac{e^{-T_d \cdot p}}{p} \cdot F/p/$$

Označme $\frac{1}{p} \cdot F/p/ \triangleq V/p/$, kde $V/p/$ je Laplaceovou transformací funkce $v/t/$, $L[v/t/] = V/p/$. Funkci $v/t/$ můžeme určit tak, že racionální lomenou funkci $V/p/$ rozložíme na součet částečných / parciálních / zlomků,

$$V/p/ = \sum_{i=1}^n V_i/p/, \quad L[v_i/t/] = V_i/p/, \quad i=1,2,\dots,n,$$

$$v/t/ = \sum_{i=1}^n v_i/t/$$

Impulsní přenos soustavy, sumátoru a číslico-analogového převodníku získáme Z-transformací posloupnosti, která ze spojité funkce

$$g/t/ \begin{cases} v/t - T_d/ & \text{pro } t \geq T_d \\ 0 & \text{pro } t < T_d \end{cases}$$

vznikne tak, že za t dosazujeme $t = j \cdot \Delta T$, $j=0,1,2,\dots$ a ΔT je perioda vzorkování měření. Impulsní přenos soustavy, sumátoru a číslico-analogového převodníku zapíšeme

$$\frac{Y}{\Delta U} = \frac{s^k \cdot B}{1-s/A}, \quad k \geq 1 \quad /8.2-1/$$

A , B jsou polynomy komplexní proměnné s , k je diskrétní dopravní zpoždění.

8.2.1 Stabilní soustava 1. řádu, bez dopravního zpoždění

$F/p/ = \frac{1}{T \cdot p + 1}$, $T_d = 0$, T_d je dopravní zpoždění, T je časová konstanta spojitě lineární dynamické soustavy prvního řádu.

$$V/p/ = \frac{1}{p} \cdot F/p/ = \frac{1}{p \cdot (T \cdot p + 1)}.$$

Provedeme rozklad na částečné / parciální / zlomky,

$$V/p/ = \frac{1}{p} - \frac{1}{p - 1/T}. \quad /8.2.1-1/$$

Ve slovníku Z-transformace pro $\xi = 0$ nalezneme Z-transformaci funkce, jejíž Laplaceova transformace je /8.2.1-1/.

$$\frac{Y}{\Delta U} = V/s, 0/ = \frac{1}{1-s} \cdot \frac{1}{1-s \cdot e^{-\Delta T/T}},$$

kde ΔT je perioda vzorkování.

Naše soustava má $T=2s$ a $\Delta T=6s$. Po dosazení dostáváme tyto hodnoty:

$$\begin{aligned} \frac{Y}{\Delta U} &= \frac{1}{1-s} \cdot \frac{1}{1-0,05 \cdot s} = s \cdot \frac{1}{1-s} \cdot \frac{1}{1-0,05 \cdot s} = \\ &= \frac{s \cdot B}{1-s \cdot A} \end{aligned} \quad /8.2.1-2/$$

8.2.2 Stabilní filtr 1. řádu, bez dopravního zpoždění

Přenos filtru určíme stejně, jako přenos soustavy, před filtrem není ale zařazen sumátor. $F/p/ = \frac{1}{T \cdot p + 1}$, $T_d = 0$, časová konstanta filtru $T=1s$ a perioda vzorkování $\Delta T=6s$, potom přenos je

$$\frac{Y}{D} = \frac{1}{1-0,01 \cdot s} = \frac{H}{C} \quad /8.2.2-1/$$

9 Regulátory použité k identifikaci

Použité regulátory, seřízené pro vyregulování poruchy žádané veličiny:

$$R_{1w} = \frac{N_1}{M_1} = \frac{-0,2038 \text{ E}+0 \quad -0,6982 \text{ E}-1 \cdot s}{0,1000 \text{ E}+1 \quad +0,3797 \text{ E}+0 \cdot s}, \quad q=5$$

$$R_{2w} = \frac{N_2}{M_2} = \frac{-0,2585 \text{ E}+0 \quad -0,5939 \text{ E}-1 \cdot s}{0,1000 \text{ E}+1 \quad +0,2806 \text{ E}+0 \cdot s}, \quad q=0,1$$

Použité regulátory, seřízené pro vyregulování poruchy vstupující do obvodu filtrem:

$$R_{1f} = \frac{N_1}{M_1} = \frac{-0,1393 \text{ E}+0 \quad +0,3541 \text{ E}-1 \cdot s}{0,1000 \text{ E}+1 \quad -0,4138 \text{ E}-1 \cdot s}, \quad q=5$$

$$R_{2f} = \frac{N_2}{M_2} = \frac{-0,1257 \text{ E}+0 \quad +0,4131 \text{ E}-1 \cdot s}{0,1000 \text{ E}+1 \quad -0,8440 \text{ E}-1 \cdot s}, \quad q=0,1$$

Konstanta q je kladný váhový koeficient v kvadratickém kritériu pro návrh optimálního regulátoru,

$$J = \sigma_y^2 + q \cdot \sigma_u^2 \quad . \quad /9-1/$$

10 Zidentifikované a vypočtené hodnoty

Ověřovací měření bylo provedeno celkem čtyřikrát. Nejprve se měřilo s první dvojicí regulátorů / R_{1w} , R_{2w} / a poruchy vstupovaly v rychlém sledu za sebou do filtru, druhé měření se provedlo se stejnými regulátory, ale poru-

chy vstupovaly v pomalejším sledu za sebou. Totéž jsme opakovali s druhou dvojicí regulátorů / R_{1f} , R_{2f} /.

Vzhledem k tomu, že nebyl k dispozici generátor náhodných čísel / simulace poruch /, poruchy jsme simulovali přímo na analogovém počítači "ručně", přestavením potenciometru, na nějž jsme přiváděli napětí +10V.

Zjištěné hodnoty při jednotlivých měřeních:

1/ regulátory R_{1w} , R_{2w} , rychlý sled poruch

Koeficienty zidentifikovaných a vypočtených polynomů:

$\hat{B}_1$: -0,9705 E+1 -0,5171 E+0 -0,8332 E+0 -0,1397 E+1
 -0,4925 E+0 -0,1426 E+1 -0,1034 E+1 -0,5989 E+0
 -0,5859 E+0 +0,1685 E+0 -0,1012 E+1 -0,1899 E+1
 -0,1763 E+0 +0,9328 E-1

$\hat{B}_2$: +0,1159 E+2 -0,1382 E+1 -0,4769 E+1 -0,2502 E+1
 -0,3742 E+1 -0,3522 E+1 -0,4845 E+1 -0,3031 E+1
 -0,4390 E+1 +0,4722 E+0 -0,5691 E+0 -0,4822 E+1
 -0,5238 E+0 -0,1309 E+1

G^* : +0,1000 E+1 -0,2051 E+2 -0,1997 E+2 -0,1651 E+2
 -0,1517 E+2 -0,1207 E+2 -0,9978 E+1 -0,6241 E+1
 -0,3839 E+1 -0,8968 E-1 -0,3238 E+0 -0,7020 E+0
 +0,2068 E+1 +0,2454 E+1

Vypočtené koeficienty filtru:

C: +0,1000 E+1 -0,2136 E+2
 H: +0,1000 E+1 -0,8510 E+0

Vypočtené koeficienty podílu $\frac{B}{A}$:

$\frac{B}{A}$: +0,9092 E+2 +0,1865 E+4 +0,4005 E+5 +0,8599 E+6
 +0,1847 E+8 +0,3966 E+9 OVERFLOW

Vypočtené koeficienty soustavy:

B: +0,9091 E+2 -0,8722 E+2
A: +0,1000 E+1 -0,2147 E+2

2/ regulátory R_{1w} , R_{2w} , pomalý sled poruch

Koeficienty zidentifikovaných a vypočtených polynomů:

$\hat{B}_1$: -0,1099 E+3 +0,1560 E+3 -0,1636 E+3 +0,1221 E+3
-0,1221 E+3 +0,7733 E+2 -0,7178 E+2 +0,3237 E+2
-0,1277 E+2 +0,2044 E+2 -0,3366 E+2 +0,3989 E+2
-0,2162 E+2 +0,2285 E+1

$\hat{B}_2$: -0,7586 E+1 +0,5264 E+1 +0,8071 E-1 -0,2658 E+1
+0,1156 E+1 +0,2053 E+0 +0,7869 E+0 -0,2028 E+1
-0,6671 E-1 -0,6085 E-3 -0,7367 E+0 +0,1183 E+0
-0,1793 E+0 +0,2268 E+0

G^* : +0,1000 E+1 -0,9848 E+2 +0,4523 E+2 -0,1120 E+3
+0,4714 E+2 -0,7390 E+2 +0,3804 E+1 -0,6974 E+2
-0,3393 E+2 -0,4872 E+2 -0,2711 E+2 -0,5974 E+2
-0,2101 E+2 -0,4210 E+2

Vypočtené koeficienty filtru:

C: +0,1000 E+1 -0,9828 E+2
H: +0,1000 E+1 +0,2155 E+0

Vypočtené koeficienty podílu $\frac{B}{A}$:

$\frac{B}{A}$: +0,3734 E+3 +0,3624 E+5 +0,3553 E+7 +0,3483 E+9
OVERFLOW

Vypočtené koeficienty soustavy:

B: +0,3734 E+3 -0,3638 E+3
A: +0,1000 E+1 -0,9803 E+2

3/ regulátory R_{1f} , R_{2f} , rychlý sled poruch

Koeficienty zidentifikovaných a vypočtených polynomů:

$\hat{B}_1$: -0,1234 E+2 +0,1265 E+3 +0,8895 E+2 +0,5287 E+2
 -0,5415 E+2 +0,2655 E+2 +0,2632 E+0 +0,1233 E+2
 -0,4811 E+2 -0,2449 E+2 -0,3004 E+1 -0,3173 E+2
 +0,2536 E+2 +0,4925 E+1

$\hat{B}_2$: -0,2108 E+2 +0,1121 E+1 +0,2489 E+2 +0,9017 E+1
 -0,8456 E+1 -0,6043 E+1 +0,3216 E+1 +0,1566 E+2
 +0,3307 E+1 -0,9803 E+1 -0,2705 E+1 -0,3976 E+1
 -0,2396 E+1 -0,9903 E-2

G^* : +0,1000 E+1 +0,1318 E+3 -0,1002 E+3 -0,1012 E+3
 -0,1011 E+3 -0,1622 E+2 -0,9309 E+2 -0,1052 E+3
 -0,8038 E+2 -0,1682 E+2 -0,3541 E+1 -0,4739 E+2
 -0,9109 E+1 -0,6269 E+2

Vypočtené koeficienty filtru:

C: +0,1000 E+1 +0,1314 E+3
H: +0,1000 E+1 -0,4248 E+0

Vypočtené koeficienty podílu $\frac{B}{A}$:

$\frac{B}{A}$: -0,1070 E+4 +0,1426 E+6 -0,1891 E+8 OVERFLOW

Vypočtené koeficienty soustavy:

B: -0,1070 E+4 +0,7823 E+3
A: +0,1000 E+1 +0,1326 E+3

4/ regulátory R_{1f} , R_{2f} , pomalý sled poruch

Koeficienty zidentifikovaných a vypočtených polynomů:

$\hat{B}_1$: +0,3246 E+2 -0,3388 E+2 +0,9871 E+1 -0,4780 E+1
 -0,2589 E+2 -0,6045 E+0 +0,2709 E+1 -0,3998 E+0
 +0,1414 E+1 -0,1914 E+1 +0,4817 E+1 -0,3803 E+1
 +0,1656 E+0 +0,4932 E+0

$\hat{B}_2$: -0,6494 E+1 +0,1307 E+2 -0,5010 E+1 -0,5857 E+1
 -0,1136 E+1 +0,3935 E+1 -0,1846 E+1 +0,1380 E +1
 -0,2355 E+0 +0,1888 E+1 -0,2641 E+1 -0,2396 E+1
 +0,3212 E+1 -0,3693 E+0

G^* : +0,1000 E+1 -0,5016 E+2 +0,3713 E+2 -0,1255 E+2
 -0,8314 E+1 -0,2358 E+1 +0,2171 E+1 -0,7287 E+1
 -0,1969 E+1 -0,4774 E+1 +0,9183 E+0 -0,1118 E+2
 -0,4476 E+1 -0,9500 E+0

Vypočtené koeficienty filtru:

C: +0,1000 E+1 -0,4966 E+2
 H: +0,1000 E+1 +0,4966 E+0

Vypočtené koeficienty podílu $\frac{B}{A}$:

$\frac{B}{A}$: +0,3925 E+3 +0,1910 E+5 +0,9436 E+6 +0,4662 E+8
 OVERFLOW

Vypočtené koeficienty soustavy:

B: +0,3925 E+3 -0,2897 E+3
 A: +0,1000 E+1 -0,4941 E+2

Všechna dělení polynomů, která se prováděla během výpočtu, byla prováděna na čtrnáct koeficientů, jak je vidět z podílu $\frac{B}{A}$, vždy zde došlo k přetečení výsledku / OVERFLOW /.

11 Popis příloh

V práci je celkem 5 příloh. Příloha číslo 1 je výpis sestaveného programu v ASSEMBLERu a strojovém kódu, jehož bližší popis byl proveden v kapitole 7.1. Přílohy číslo 2 až 5 graficky znázorňují průběh zidentifikovaných koeficientů polynomů $\hat{B}_1$, $\hat{B}_2$ a koeficientů vypočteného polynomu G^* . Polynom G^* byl vypočten ze vztahu /5.2-16/. Označení na svislé ose platí zprava pro G^* a zleva pro $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$.

12 Závěr

Úkolem diplomové práce bylo ověřit algoritmus identifikace váhové funkce regulované soustavy, při vstupu poruch přes lineární filtr, pomocí dvou regulátorů. Po skončení identifikace navrhnout optimální regulátor.

Algoritmus byl již dříve ověřen na číslicovém počítači RPP-16S, kde byly pro ověření téměř ideální podmínky. Porucha zde byla generována generátorem náhodných čísel a poruchy měly charakter bílého šumu. Poruchy vstupovaly do obvodu v okamžiku vzorkování. Výsledky tohoto ověření byly uspokojivé.

Ve své práci jsem při ověřování pracoval v podmínkách, které se více blíží skutečným provozním podmínkám, ve kterých by mohl celý systém v budoucnu pracovat.

Poruchy jsem generoval "ručně", změnou napětí na vstupu do filtru. Dá se říci, že poruchy měly zcela náhodný charakter. Vygenerované poruchy nevstupovaly do obvodu až v okamžiku vzorkování, ale kdykoliv došlo ke změně napětí na vstupu do filtru. To jsou dva výrazné rozdíly oproti předchozímu ověřování uvedeného algoritmu.

Z uvedených naměřených a vypočtených hodnot je zcela jasné, že celý algoritmus zhavaroval. Vychází úplně jiné hodnoty polynomů soustavy a filtru, než jaké byly doopravdy

namodelovány na analogovém počítači.

Po prvních negativních výsledcích měření, jsem se snažil zjistit, jestli při pužití regulátorů, seřizovaných na rozdílný typ poruchy, budou výsledky konvergovat ke stejným hodnotám. Z výsledků je patrné, že i zde jsou výsledky negativní. Totéž se opakovalo v případě ověřování závislosti výsledků při měření se stejnými regulátory, ale při rozdílné rychlosti sledu poruch. Výsledky i z těchto měření vychází opět pokaždé jinak.

Na základě zjištěných hodnot, mohu konstatovat, že mnou použitá metoda v podmínkách blížících se praxi, zcela nevyhovuje. Vzhledem ke zcela negativním výsledkům u soustavy prvního řádu, nebylo pokračováno v ověřování metody u soustav vyšších řádů. Vypočtené polynomy soustavy jsou nestabilní, proto nemělo vůbec význam navrhovat optimální regulátor.

Během ověřování se objevil další nedostatek. Při identifikaci polynomů $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$ trvalo velmi dlouho, u každého z regulátorů více než 30 minut, než se koeficienty těchto polynomů ustálily a výrazně se dále neměnily. Pro zidentifikování obou polynomů bylo zapotřebí nejméně 60 minut, což by v praxi, pokud by metoda byla použitelná, bylo neúměrně mnoho.

Nebylo ověřeno, jestli by došlo ke zlepšení výsledků prodloužením polynomů $\hat{B}_1$ a $\hat{B}_2$. Byla k dispozici omezená kapacita paměti. Osobně si od případného prodloužení mnoho neslibuji, pouze to že dojde k prodloužení doby po kterou je zapotřebí provádět identifikaci obou polynomů.

Závěrem mohu říci, že použitá metoda identifikace, při pužití v podmínkách blížících se praxi, zcela selhala. Nejvíce chyb způsobuje právě vstup poruchy jindy, než v okamžiku vzorkování, ale v praxi nebudou nikdy poruchy vstupovat právě v okamžiku vzorkování. Do výpočtu je zanášena chyba zaokrouhlování převodníků a počítače, ale i šum převodníků způsobuje chybu. Nezbyývá, než konstatovat, že uvedená metoda se pro praktické pužití nehodí.

Literatura

- /1/ JANEČEK, B. : Návrh vhodných způsobů řízení vyššího typu, zvláště pak typu adaptivního pro energetické procesy. / Disertační práce, KTK - 0115 /, Liberec, VŠST, 1984.
- /2/ HANUŠ, B. a kolektiv : Teorie automatického řízení I. / Skripta VŠST /, Liberec, VŠST, 1982.
- /3/ HANUŠ, B. - BALDA, M. a kolektiv : Základy technické kybernetiky. / Skripta VŠST a ČVUT /, Liberec, VŠST, Praha, ČVUT, 1979.
- /4/ STRÁNSKÁ, J. : Návrh a vypracování algoritmu číslicového regulátoru pro lineární dynamické soustavy, do kterých vstupují náhodné poruchy lineárním filtrem. / Diplomová práce VŠST, KTK - ASŘ - TF - 086 /, Liberec, VŠST, 1984.
- /5/ VIŠŇOVSKÁ, M. - NOVÁKOVÁ, H. - CHAMRÁD, V. : Knihovna FTAR - LIB pro mikropočítače s mikroprocesorem 8080. / Výzkumná zpráva ÚTIA, č. 983 /, Praha, ÚTIA, 1979.
- /6/ MACHAČKA, I. - PARTYK, P. : Základní instrukce mikroprocesoru 8080. Bratislava, OBZOR, 1982.
- /7/ BUNTOVÁ, M. : Simulace dynamických procesů na hybridním počítači. / Diplomová práce VŠST, KTK - ASŘ - TF - 067 /, Liberec, VŠST, 1984.
- /8/ NĚMEČEK, S. a kolektiv : Technické prostředky automatického řízení. / Skripta VŠST /, Liberec, VŠST, 1981.



Anotace

Diplomová práce se zabývá problematikou číslicové regulace. Ověřuje algoritmus identifikace váhové funkce soustavy v uzavřeném regulačním obvodu, pomocí dvou různých regulátorů, při vstupu poruchy přes lineární filtr. K identifikaci je použita metoda nejmenších čtverců. Algoritmy byly naprogramovány ve strojovém kódu mikroprocesoru 8080, na miropočítači SAPI 1. Mikropočítač byl spojen s analogovým počítačem MEDA 43HA, na kterém byly modelovány příslušné soustavy.

Práce prokázala naprostou nevhodnost použité metody pro praktické použití.

PŘÍLOHA ČÍSLO 1

CROSSASSEMBLER JSA INTEL - MOS-2 DATE 17/05/83 TIME 00:56 PAGE 1

```

1          ;PODPROGRAMY
2          EQU      KONEC      4545
3          EQU      CTVE      5311;      ;CTENI VEKTORU
4          EQU      CY504     522F;      ;TISK VEKTORU
5          EQU      IDHWX     49F9
6          EQU      IDFTX     4A1E
7          EQU      ODHWX     489A
10         EQU      ODFTX     48B5
11         EQU      OASNP     4824
12         EQU      NULDIS    0CF4
13         EQU      FTADD     440E
14         EQU      FTLXH     4696
15         EQU      FTLYH     469D
16         EQU      FTSXH     46A4
17         EQU      FTSBY     4400;      ;ROZDIL X=X-Y
20         EQU      FTDYX     44C5;      ;DELENI X=Y/X
21         EQU      CFTHW     46E4
22         EQU      CRLF      51B0
23         EQU      SNRS      537F
24         EQU      OABLK     4846
25         EQU      ADDAB     0D2DC;      ;SUMA POLYNOMU
26         EQU      DIVBA     0F000;      ;DELENI POLYNOMU
27         EQU      MULAB     0EA00;      ;NASOBENI POLYNOMU
30         EQU      STLDF     5A7A
31         EQU      KLDF      5A0F
32         EQU      LDFT      5B3C
33         EQU      KRTEC     8DB1
34         EQU      KSPBOD    910C
35         EQU      KEDIT     91EF
36         EQU      KONSG     0D53D
37         EQU      CI        0D6A;      ;CEKA NA CR
40         EQU      ZLOM      0D1A1
41         EQU      ZLOM2     0D1A7
42         EQU      TGRAF     0D28C
43         EQU      TINRV     0D43A
44         EQU      TIDUL     0D463
45         EQU      TTEXT     0D48A
46         EQU      TTISK     0D6AA
47         EQU      OBSAZ     0D144
50         EQU      MUL1      0F14B;      ;NASOBI VEKTOR KONSTANTOU -1
51         EQU      PRES      0D664;      ;PRESOUVA VEKTOR
52         EQU      NASS      0D590;      ;NASOBI VEKTOR (1-S)
53         EQU      CTENI     0D26C
54         EQU      CTENI1    0D278
55         EQU      MINMAX    0D4BF;      ;HLEDA MINIMUM A MAXIMUM
56         EQU      TTEXT2    0D685
57         EQU      TTISK2    0D390
60         EJECT

```

61			
62			
63			
64			
65			
66	EQU	DULDS	7DB3
67	EQU	DALD	7FE8
70	EQU	NG	0D000;
71	EQU	GP	0DF00;
72	EQU	CYKL	0D010
73	EQU	CYKL1	0D012
74	EQU	CYKL2	0D017
75	EQU	ADR	0D02C
76	EQU	ADR1	0D02A
77	EQU	ADR2	0D028
100	EQU	MOC	0D009
101	EQU	NRV	7C84
102	EQU	FRG	7CF4
103	EQU	BH	0DB01;
104	EQU	MP	0DC1B;
105	EQU	NP	0DC01;
106	EQU	NBH	0DB00;
107	EQU	MM	0DC1A;
110	EQU	NN	0DC00;
111	EQU	POPO	0DD01;
112	EQU	NPOPO	0DD00;
113	EQU	AP	0EAB0
114	EQU	BP	0EAB2
115	EQU	CP	0EAB4
116	EQU	NZLO1	0DA00;
117	EQU	ZLO1	0DA01;
120	EQU	KMAXGF	8127
121	EQU	KMINGF	8124
122	EQU	KMINKR	8137
123	EQU	KKONGF	8130
124	EQU	KKONKR	813A
125	EQU	ULD1	0FB01;
126	EQU	ULD2	0FC01;
127	EQU	NRV1	0FB0
130	EQU	NRV2	0FC00;
131	EQU	PM1	0E200;
132	EQU	PM2	0E230;
133	EQU	PN1	0E218;
134	EQU	PN2	0E248;
135	EQU	DR1	0E1CA;
136	EQU	DR2	0E1CB;
137	EQU	NZLP	0DC33;
140	EQU	ZLP1	0DC34;
141	EQU	NG1	0DE00;
142	EQU	G1	0DE01;
143	EQU	N	0EAA1
144	EQU	M	0EAA2
145	EQU	NM	0EAA0
146	EQU	RADM	OFFE0
147	EQU	RADN	OFFE1
150	EQU	RADK	OFFE2

#POCET PRVKU G

#ZACATEK POLYNOMU G

#ZACATEK POLYNOMU B S HVEZD.

#ZACATEK POLYNOMU M REGULATORU

#

#DELKA POLYNOMU BH

#DELKA M MAX. 8 PRVKU

#

#POMOCNY POLYNOM

#DELKA POPO

#POCET ZLO1

MAX. 67 PRVKU

#POLE 50*3B (B1)

" " (B2)

#POCET ULD1

" ULD2

#POLYNOM M REGULATORU 1

" " 2

#POLYNOM N REGULATORU 1

" " 2

#DELKA REGULATORU 1

" " 2

#MAX. 85

#MAX. 85 PRVKU

#DELKA POLYNOMU (G-1)

#POLYNOM (G-1)

151	EQU	ADRBK	0FFF3
152	EQU	ADRAK	0FFF5
153	EQU	ADRGK	0FFF7
154	EJECT		

245	DOAB	2A 2C D0	LHLD	ADR
246	DOAB	22 2A D0	SHLD	ADR1
247	DOAE	CD A4 46	CALL	FTSXH
250	DOB1	22 2C D0	SHLD	ADR
251	DOB4	1E 00	MVI	E, 00H
252	DOB6	1C	NAV2: INR	E
253	DOB7	21 10 D0	LXI	H, CYKL
254	DOBA	73	MOV	M, E
255	DOBB	16 00	MVI	D, 00H
256	DOBD	1E 00	MVI	E, 00H
257	DOBF	06 00	MVI	B, 00H
260	DOC1	2A 2A D0	LHLD	ADR1
261	DOC4	CD A4 46	CALL	FTSXH
262	DOC7	22 2C D0	SHLD	ADR
263	DOCA	21 10 D0	LXI	H, CYKL
264	DOCD	5E	MOV	E, M
265	DOCE	21 09 D0	LXI	H, MOC
266	DOD1	7E	MOV	A, M
267	DOD2	BB	CMP	E
270	DOD3	C2 B6 D0	JNZ	NAV2
271	DOD6	21 00 DF	LXI	H, GP
272	DOD9	CD 96 46	CALL	FTLXH
273	DODC	22 2C D0	SHLD	ADR
274	DODF	21 E8 7F	LXI	H, DALD
275	DOE2	CD A4 46	CALL	FTSXH
276	DOE5	21 F4 7C	LXI	H, FRG
277	DOE8	16 40	MVI	D, 40H
300	DOEA	06 41	MVI	B, 41H
301	DOEC	1E 00	MVI	E, 00H
302	DOEE	CD A4 46	CALL	FTSXH
303	DOF1	21 84 7C	LXI	H, NRV
304	DOF4	5E	MOV	E, M
305	DOF5	1E 00	MVI	E, 00H
306	DOF7	1C	NAV3: INR	E
307	DOF8	21 10 D0	LXI	H, CYKL
310	DOFB	73	MOV	M, E
311	DOFC	CD 3C 5B	CALL	LDFT;
312	DOFF	21 09 D0	LXI	H, MOC
313	D102	4E	MOV	C, M
314	D103	21 E8 7F	LXI	H, DALD
315	D106	CD 7F 53	CALL	SNRS;
316	D109	2A 2C D0	LHLD	ADR
317	D10C	CD 96 46	CALL	FTLXH
320	D10F	22 2C D0	SHLD	ADR
321	D112	21 E8 7F	LXI	H, DALD
322	D115	CD A4 46	CALL	FTSXH
323	D118	21 09 D0	LXI	H, MOC
324	D11B	4E	MOV	C, M
325	D11C	2A 2A D0	LHLD	ADR1
326	D11F	CD 7F 53	CALL	SNRS;
327	D122	16 00	MVI	D, 00H
330	D124	1E 00	MVI	E, 00H
331	D126	06 00	MVI	B, 00H
332	D128	2A 2A D0	LHLD	ADR1
333	D12B	CD A4 46	CALL	FTSXH
334	D12E	21 00 D0	LXI	H, NG

;VOLANI LDFILTRU

;STARNUTI POLYNOMU PRO LDFIL

;STARNUTI POLYNOMU PRO LDFIL

```

335 D131 7E          MOV    A, M
336 D132 21 10 D0    LXI    H, CYKL
337 D135 5E          MOV    E, M
340 D136 BB          CMP    E
341 D137 C2 F7 D0    JNZ    NAV3
342 D13A CD 8A D4     CALL   TTEXT
343 D13D CD B0 51     CALL   CRLF
344 D140 CD AA D6     CALL   TTISK
345 D143 C9          RET
346
347
350
351 D144              ORG     OD144
352                  ;PODPROGRAM OBSAZ, OBSAZUJE VEKTOR GP,B1,B2,PM1,PN1,PM2,PN2
353                  ;
354 D144 CD F4 0C      CALL   NULDIS
355 D147 CD F9 49      CALL   IDHWX
356 D14A 21 00 D0      LXI    H, NG
357 D14D 73            MOV    M, E
360 D14E 21 00 DF      LXI    H, GP
361 D151 CD 11 53      CALL   CTVE          ;NACTENI GP
362 D154 CD B0 51      CALL   CRLF
363 D157 21 FB 00      LXI    H, NR1
364 D15A CD 6C D2      CALL   CTENI1;          ;CTE B1*
365 D15D 21 00 FC      LXI    H, NR2
366 D160 CD 6C D2      CALL   CTENI1;          ;CTE B2*
367 D163 CD F9 49      CALL   IDHWX
370 D166 21 CA E1      LXI    H, DR1
371 D169 73            MOV    M, E
372 D16A 4B            MOV    C, E
373 D16B 21 00 E2      LXI    H, PM1
374 D16E CD 78 D2      CALL   CTENI1;          ;CTE PM1
375 D171 21 CA E1      LXI    H, DR1
376 D174 4E            MOV    C, M
377 D175 59            MOV    E, C
400 D176 16 00        MVI    D, 00
401 D17B CD 9A 48      CALL   ODHWX
402 D17B 21 18 E2      LXI    H, PN1
403 D17E CD 78 D2      CALL   CTENI1;          ;CTE PN1
404 D181 CD F9 49      CALL   IDHWX
405 D184 21 CB E1      LXI    H, DR2
406 D187 73            MOV    M, E
407 D188 4B            MOV    C, E
410 D189 21 30 E2      LXI    H, PM2
411 D18C CD 78 D2      CALL   CTENI1;          ;CTE PM2
412 D18F 21 CB E1      LXI    H, DR2
413 D192 4E            MOV    C, M
414 D193 59            MOV    E, C
415 D194 16 00        MVI    D, 00
416 D196 CD 9A 48      CALL   ODHWX
417 D199 21 48 E2      LXI    H, PN2
420 D19C CD 78 D2      CALL   CTENI1;          ;CTE PM2
421 D19F C9          RET
422
423
424

```

```

425      ;
426      D1A0      ORG      OD1A1
427      ; PODPROGRAM ZLOM
430      ;
431      D1A1      CD 85 D6      CALL      TTEXT2
432      D1A4      CD F9 49      CALL      IDHWX;
433      D1A7      21 E2 FF      LXI      H, RADK;
434      D1AA      73            MOV      M, E
435      D1AB      21 33 DC      LXI      H, NZLP
436      D1AE      73            MOV      M, E
437      D1AF      21 1B DC      LXI      H, MP
440      D1B2      22 F3 FF      SHLD     ADRBK
441      D1B5      21 01 DC      LXI      H, NP
442      D1B8      22 F5 FF      SHLD     ADRAK
443      D1BB      21 34 DC      LXI      H, ZLP1;
444      D1BE      22 F7 FF      SHLD     ADRGK
445      D1C1      3A 1A DC      LDA      MM
446      D1C4      32 E0 FF      STA      RADM
447      D1C7      3A 00 DC      LDA      NN
450      D1CA      32 E1 FF      STA      RADN
451      D1CD      CD 00 F0      CALL     DIVBA;
452      D1D0      21 03 DF      LXI      H, 0DF03H
453      D1D3      11 01 DE      LXI      D, G1
454      D1D6      3A 00 D0      LDA      NG
455      D1D9      3D            DCR      A
456      D1DA      32 00 DE      STA      NG1
457      D1DD      CD 64 D6      CALL     PRES
460      D1E0      3A 33 DC      LDA      NZLP
461      D1E3      32 E2 FF      STA      RADK
462      D1E6      21 34 DC      LXI      H, ZLP1;
463      D1E9      22 B0 EA      SHLD     AP
464      D1EC      21 01 DE      LXI      H, G1
465      D1EF      22 B2 EA      SHLD     BP
466      D1F2      21 01 DD      LXI      H, POPO
467      D1F5      22 B4 EA      SHLD     CP
470      D1F8      3A 33 DC      LDA      NZLP
471      D1FB      32 A1 EA      STA      N
472      D1FE      3A 00 DE      LDA      NG1
473      D201      32 A2 EA      STA      M
474      D204      CD 00 EA      CALL     MULAB;
475      D207      3A A0 EA      LDA      NM
476      D20A      32 00 DD      STA      NPOPO
477      D20D      3A 00 DD      LDA      NPOPO;
500      D210      32 12 D0      STA      CYKL1
501      D213      21 01 DD      LXI      H, POPO
502      D216      22 2A D0      SHLD     ADR1
503      D219      3A 00 DB      LDA      NBH
504      D21C      32 17 D0      STA      CYKL2
505      D21F      21 01 DB      LXI      H, BH
506      D222      22 28 D0      SHLD     ADR2
507      D225      21 01 DD      LXI      H, POPO
510      D228      22 2C D0      SHLD     ADR
511      D22B      CD DC D2      CALL     ADDAB;
512      D22E      3A E2 FF      LDA      RADK;
513      D231      32 00 DE      STA      NG1
514      D234      3A 00 DD      LDA      NPOPO

```

;CTE POCET KOEFICIENTU PO DELEN
;PRIPRAVA PRO PODIL M/N

;ADRESA KDE BUDE VYSLEDEK

;PODIL M/N

;PRIPRAVA NASOBENI (G-1)*(M/N)

;NASOBENI

;PRIPRAVA SOUCTU BH+()

;SOUCET
;PRIPRAVA PRO DELENI, DELKA V

515	D237	32 E0 FF	STA	RADM	
516	D23A	21 01 DD	LXI	H, POPO	
517	D23D	22 F3 FF	SHLD	ADRBK	
520	D240	3A 00 D0	LDA	NG	
521	D243	32 E1 FF	STA	RADN	
522	D246	21 00 DF	LXI	H, GP;	;ADRESA,KDE BUDE ULOZEN VYSLED
523	D249	22 F5 FF	SHLD	ADRAX	
524	D24C	21 01 DE	LXI	H, G1;	;ADRESA, KDE BUDE ULOZEN VYSLE
525	D24F	22 F7 FF	SHLD	ADRGK	
526	D252	CD 00 F0	CALL	DIVBA;	;POSLEDNI DELENI
527	D255	C9	RET		
530					
531					
532					
533	D256		ORG	0D28C	
534					; PODPROGRAM TGRAF
535					
536	D28C	CD F4 0C	CALL	NULDIS	
537	D28F	CD BF D4	CALL	MINMAX	
540	D292	CD B1 8D	CALL	KRTEC	
541	D295	3A 00 D0	LDA	NG	
542	D298	32 10 D0	STA	CYKL	
543	D29B	3E 0A	MVI	A, 0AH	
544	D29D	32 12 D0	STA	CYKL1	
545	D2A0	00	NOP		
546	D2A1	21 00 DF	LXI	H, GP	
547	D2A4	22 2C D0	SHLD	ADR	
550	D2A7	2A 2C D0	LBL1:	LHLD	ADR
551	D2AA	CD 96 46	CALL	FTLXH	
552	D2AD	22 2C D0	SHLD	ADR	
553	D2B0	3E 24	MVI	A, 24H	
554	D2B2	CD 0C 91	CALL	KSPBOD	
555	D2B5	CD EF 91	CALL	KEDIT	
556	D2B8	3A 12 D0	LDA	CYKL1	
557	D2BB	3D	DCR	A	
560	D2BC	32 12 D0	STA	CYKL1	
561	D2BF	C2 CA D2	JNZ	LBL2	
562	D2C2	3E 0A	MVI	A, 0AH	
563	D2C4	32 10 D0	STA	CYKL	
564	D2C7	CD 6A 0D	CALL	CI	
565	D2CA	3A 10 D0	LBL2:	LDA	CYKL
566	D2CD	3D	DCR	A	
567	D2CE	32 10 D0	STA	CYKL	
570	D2D1	C2 A7 D2	JNZ	LBL1	
571	D2D4	C9	RET		
572					
573					
574					
575	D2D5		ORG	0D26C	
576					; PODPROGRAMY CTENI A CTENI1
577					
600	D26C	22 2C D0	SHLD	ADR	
601	D26F	CD F9 49	CALL	IDHWX	
602	D272	2A 2C D0	LHLD	ADR	
603	D275	73	MOV	M, E	
604	D276	23	INX	H	

605	D277	CD 11 53		CALL	CTVE
606	D27A	CD B0 51		CALL	CRLF
607	D27D	C9		RET	
610			;		
611			;		
612			;		
613	D27E			ORG	0D2DCH
614			;	PODPROGRAM	SOUCTU DVOU POLYNOMU
615			;		
616	D2DC	00		NOP	
617	D2DD	21 12 D0		LXI	H, CYKL1
620	D2E0	7E		MOV	A, M
621	D2E1	21 17 D0		LXI	H, CYKL2
622	D2E4	5E		MOV	E, M
623	D2E5	BB		CMP	E
624	D2E6	CA 14 D3		JZ	NAV7
625	D2E9	D2 0C D3		JNC	NAV8
626	D2EC	2A 2A D0		LHLD	ADR1
627	D2EF	23	NAV9:	INX	H
630	D2F0	23		INX	H
631	D2F1	23		INX	H
632	D2F2	3D		DCR	A
633	D2F3	1D		DCR	E
634	D2F4	FE 00		CPI	00H
635	D2F6	C2 EF D2		JNZ	NAV9
636	D2F9	7B		MOV	A, E
637	D2FA	3D	NAVA:	DCR	A
640	D2FB	16 00		MVI	D, 00H
641	D2FD	1E 00		MVI	E, 00H
642	D2FF	06 00		MVI	B, 00H
643	D301	CD A4 46		CALL	FTSXH
644	D304	FE 00		CPI	00H
645	D306	C2 FA D2		JNZ	NAVA
646	D309	C3 14 D3		JMP	NAV7
647	D30C	5F	NAV8:	MOV	E, A
650	D30D	7E		MOV	A, M
651	D30E	2A 28 D0		LHLD	ADR2
652	D311	C3 EF D2		JMP	NAV9
653	D314	00	NAV7:	NOP	
654	D315	21 10 D0		LXI	H, CYKL
655	D318	7E		MOV	A, M
656	D319	21 17 D0		LXI	H, CYKL2
657	D31C	5E		MOV	E, M
660	D31D	BB		CMP	E
661	D31E	C3 28 D3		JMP	NAVB
662	D321	21 10 D0		LXI	H, CYKL
663	D324	73		MOV	M, E
664	D325	C3 2C D3		JMP	NAVC
665	D328	21 10 D0	NAVB:	LXI	H, CYKL
666	D32B	77		MOV	M, A
667	D32C	7E	NAVC:	MOV	A, M
670	D32D	21 12 D0		LXI	H, CYKL1
671	D330	77		MOV	M, A
672	D331	2A 2C D0		LHLD	ADR
673	D334	22 2E D0		SHLD	0D02EH
674	D337	2A 2A D0	NAVD:	LHLD	ADR1

675	D33A	CD 96 46	CALL	FTLXH	
676	D33D	22 2A D0	SHLD	ADR1	
677	D340	2A 28 D0	LHLD	ADR2	
700	D343	CD 9D 46	CALL	FTLYH	
701	D346	CD 0E 44	CALL	FTADD	
702	D349	2A 28 D0	LHLD	ADR2	
703	D34C	23	INX	H	
704	D34D	23	INX	H	
705	D34E	23	INX	H	
706	D34F	22 28 D0	SHLD	ADR2	
707	D352	2A 2C D0	LHLD	ADR	
710	D355	CD A4 46	CALL	FTSXH	
711	D358	22 2C D0	SHLD	ADR	
712	D35B	21 12 D0	LXI	H, CYKL1	
713	D35E	3E 00	MVI	A, 00H	
714	D360	35	DCR	M	
715	D361	BE	CMP	M	
716	D362	C2 37 D3	JNZ	NAVD	
717	D365	C9	RET		
720					
721					
722					
723	D366		ORG	0D390H	
724			; PROGRAM VYPOCTU ARIT. PRUMERU, TISK SOUCTU A PRUMERU		
725					
726	D390	21 01 DA	NAVF: LXI	H, ZL01;	;PRIPRAVA PRO SOUCET OBOU ZLOM
727	D393	22 2A D0	SHLD	ADR1	
730	D396	3A 00 DA	LDA	NZL01	
731	D399	32 12 D0	STA	CYKL1	
732	D39C	21 01 DE	LXI	H, G1	
733	D39F	22 28 D0	SHLD	ADR2	
734	D3A2	3A 00 DE	LDA	NG1	
735	D3A5	32 17 D0	STA	CYKL2	
736	D3A8	21 01 DE	LXI	H, G1	
737	D3AB	22 2C D0	SHLD	ADR	
740	D3AE	CD DC D2	CALL	ADDAB	
741	D3B1	21 10 D0	LXI	H, CYKL	
742	D3B4	4E	MOV	C, M	
743	D3B5	21 01 DE	LXI	H, G1	
744	D3B8	CD 2F 52	CALL	CY504;	;TISK SOUCTU
745	D3BB	CD B0 51	CALL	CRLF	
746	D3BE	21 33 DC	LXI	H, NZLP;	;PRIPRAVA PRO DELENI DVEMA
747	D3C1	36 01	MVI	M, 01H	
750	D3C3	16 40	MVI	D, 040H	;TVORBA JMENOVATELE (DVOJKY)
751	D3C5	1E 00	MVI	E, 00H	
752	D3C7	06 42	MVI	B, 042H	
753	D3C9	23	INX	H	
754	D3CA	CD A4 46	CALL	FTSXH	
755	D3CD	21 E1 FF	LXI	H, RADN	
756	D3D0	36 01	MVI	M, 01H	
757	D3D2	21 34 DC	LXI	H, ZLP1	
760	D3D5	22 F5 FF	SHLD	ADR2K	
761	D3D8	3A 00 DE	LDA	NG1	
762	D3DB	32 E0 FF	STA	RADM	
763	D3DE	3A 01 DE	LDA	G1	
764	D3E1	32 E2 FF	STA	RADK	

765	D3E4	22 F3 FF	SHLD	ADRBK	
766	D3E7	21 00 DF	LXI	H, GP	
767	D3EA	22 F7 FF	SHLD	ADRGK	
770	D3ED	3A 00 DE	LDA	NG1	
771	D3F0	32 00 D0	STA	NG	
772	D3F3	CD 00 F0	CALL	DIVBA;	;DELENI
773	D3F6	21 E2 FF	LXI	H, RADK	
774	D3F9	4E	MOV	C, M	
775	D3FA	21 00 DF	LXI	H, GP	
776	D3FD	CD 2F 52	CALL	CY504;	;TISK ARIT. PRUMERU
777	D400	C9	RET		
1000					
1001					
1002					
1003	D401		ORG	0D43A	
1004					
1005	D43A	CD 24 48	CALL	OASNP	
1006	D43D	0D	DB	0D	
1007	D43E	0A	DB	0A	
1010	D43F	50	DB	50;	;P
1011	D440	4F	DB	4F;	;O
1012	D441	43	DB	43;	;C
1013	D442	45	DB	45;	;E
1014	D443	54	DB	54;	;T
1015	D444	20	DB	20	
1016	D445	49	DB	49;	;I
1017	D446	44	DB	44;	;D
1020	D447	45	DB	45;	;E
1021	D448	4E	DB	4E;	;N
1022	D449	54	DB	54;	;T
1023	D44A	49	DB	49;	;I
1024	D44B	46	DB	46;	;F
1025	D44C	49	DB	49;	;I
1026	D44D	4B	DB	4B;	;K
1027	D44E	4F	DB	4F;	;O
1030	D44F	56	DB	56;	;V
1031	D450	41	DB	41;	;A
1032	D451	4E	DB	4E;	;N
1033	D452	59	DB	59;	;Y
1034	D453	43	DB	43;	;C
1035	D454	48	DB	48;	;H
1036	D455	20	DB	20	
1037	D456	43	DB	43;	;C
1040	D457	4C	DB	4C;	;L
1041	D458	45	DB	45;	;E
1042	D459	4E	DB	4E;	;N
1043	D45A	55	DB	55;	;U
1044	D45B	20	DB	20	
1045	D45C	3D	DB	3D;	;=
1046	D45D	20	DB	20	
1047	D45E	00	DB	00	
1050	D45F	C9	RET		
1051					
1052					
1053					
1054	D460		ORG	0D463	

```

1055
1056 D463 CD 24 48      CALL 0ASNP
1057 D466 0D           DB 0D
1060 D467 0A           DB 0A
1061 D468 50           DB 50; ;P
1062 D469 4F           DB 4F; ;D
1063 D46A 43           DB 43; ;C
1064 D46B 41           DB 41; ;A
1065 D46C 54           DB 54; ;T
1066 D46D 45           DB 45; ;E
1067 D46E 43           DB 43; ;C
1070 D46F 4E           DB 4E; ;N
1071 D470 49           DB 49; ;I
1072 D471 20           DB 20
1073 D472 4F           DB 4F; ;D
1074 D473 42           DB 42; ;B
1075 D474 53           DB 53; ;S
1076 D475 41           DB 41; ;A
1077 D476 5A           DB 5A; ;Z
1100 D477 45           DB 45; ;E
1101 D478 4E           DB 4E; ;N
1102 D479 49           DB 49; ;I
1103 D47A 20           DB 20
1104 D47B 44           DB 44; ;D
1105 D47C 55           DB 55; ;U
1106 D47D 4C           DB 4C; ;L
1107 D47E 44           DB 44; ;D
1110 D47F 53           DB 53; ;S
1111 D480 20           DB 20
1112 D481 3D           DB 3D; ;=
1113 D482 20           DB 20
1114 D483 00           DB 00
1115 D484 C9           RET
1116
1117
1120
1121 D485              ORG 0D48A
1122
1123 D48A CD 24 48      CALL 0ASNP
1124 D48D 0D           DB 0D
1125 D48E 0A           DB 0A
1126 D48F 5A           DB 5A; ;Z
1127 D490 49           DB 49; ;I
1130 D491 44           DB 44; ;D
1131 D492 45           DB 45; ;E
1132 D493 4E           DB 4E; ;N
1133 D494 2E           DB 2E; ;.
1134 D495 20           DB 20
1135 D496 43           DB 43; ;C
1136 D497 4C           DB 4C; ;L
1137 D498 45           DB 45; ;E
1140 D499 4E           DB 4E; ;N
1141 D49A 59           DB 59; ;Y
1142 D49B 20           DB 20
1143 D49C 28           DB 28; ;M
1144 D49D 43           DB 43; ;C

```

1145	D49E	49		DB	49;		;I
1146	D49F	54		DB	54;		;T
1147	D4A0	41		DB	41;		;A
1150	D4A1	54		DB	54;		;T
1151	D4A2	45		DB	45;		;E
1152	D4A3	4C		DB	4C;		;L
1153	D4A4	2F		DB	2F;		; /
1154	D4A5	4A		DB	4A;		;J
1155	D4A6	4D		DB	4D;		;M
1156	D4A7	45		DB	45;		;E
1157	D4A8	4E		DB	4E;		;N
1160	D4A9	4F		DB	4F;		;O
1161	D4AA	56		DB	56;		;V
1162	D4AB	41		DB	41;		;A
1163	D4AC	54		DB	54;		;T
1164	D4AD	45		DB	45;		;E
1165	D4AE	4C		DB	4C;		;L
1166	D4AF	29		DB	29;		;)
1167	D4B0	00		DB	00		
1170	D4B1	C9		RET			
1171							
1172							
1173							
1174	D4B2			ORG	0D4BF		
1175							; PODPROGRAM NALEZENI MINIMA A MAXIMA Z RADY,
1176							; RADU ULOZIT NA GP, DELKU NA NG, ADRESA MAX.
1177							; PRVKU BUDE NA ADR1 A ADRESA MIN. PRVKU BUDE
1200							; NA ADR2
1201							
1202	D4BF	3A 00 D0		LDA	NG;		;NALEZENI MINIMA
1203	D4C2	3C		INR	A		
1204	D4C3	32 10 D0		STA	CYKL		
1205	D4C6	21 00 DF		LXI	H, GP		
1206	D4C9	22 2C D0		SHLD	ADR		
1207	D4CC	22 28 D0		SHLD	ADR2		
1210	D4CF	3A 10 D0	NOVE2:	LDA	CYKL		
1211	D4D2	3D		DCR	A		
1212	D4D3	32 10 D0		STA	CYKL		
1213	D4D6	CA F3 D4		JZ	KON2		
1214	D4D9	2A 2C D0		LHLD	ADR		
1215	D4DC	CD 9D 46		CALL	FTLYH		
1216	D4DF	CD 00 44		CALL	FTSBY;		;X=X-Y
1217	D4E2	7A		MOV	A, D		
1220	D4E3	07		RLC			;JE-LI CY=1, PAK X<Y
1221	D4E4	D2 CF D4		JNC	NOVE2		
1222	D4E7	2A 2C D0		LHLD	ADR		
1223	D4EA	2B		DCX	H		
1224	D4EB	2B		DCX	H		
1225	D4EC	2B		DCX	H		
1226	D4ED	22 28 D0		SHLD	ADR2		
1227	D4F0	C3 CF D4		JMP	NOVE2		
1230	D4F3	00	KON2:	NOP			
1231	D4F4	3A 00 D0		LDA	NG;		;NALEZENI MAXIMA
1232	D4F7	3C		INR	A		
1233	D4F8	32 10 D0		STA	CYKL		
1234	D4FB	21 00 DF		LXI	H, GP		

1235 D4FE 22 2C D0
 1236 D501 22 2A D0
 1237 D504 3A 10 D0
 1240 D507 3D
 1241 D508 32 10 D0
 1242 D50B CA 31 D5
 1243 D50E 2A 2C D0
 1244 D511 CD 96 46
 1245 D514 22 2C D0
 1246 D517 2A 2A D0
 1247 D51A CD 9D 46
 1250 D51D CD 00 44
 1251 D520 7A
 1252 D521 07
 1253 D522 DA 04 D5
 1254 D525 2A 2C D0
 1255 D528 2B
 1256 D529 2B
 1257 D52A 2B
 1260 D52B 22 2A D0
 1261 D52E C3 04 D5
 1262 D531 C9

NOVE1:

KON1:

SHLD ADR
 SHLD ADR1
 LDA CYKL
 DCR A
 STA CYKL
 JZ KON1
 LHLD ADR
 CALL FTLXH
 SHLD ADR
 LHLD ADR1
 CALL FTLYH
 CALL FTSBY;
 MOV A, D
 RLC
 JC NOVE1
 LHLD ADR
 DCX H
 DCX H
 DCX H
 SHLD ADR1
 JMP NOVE1
 RET

; X=X-Y

;JE-LI CY=0, PAK X>Y

1266 D532

ORG OD53D
 ; PODPROGRAM KONGSG, VYPOCET KONSTANTY GRAFU,
 ; PROGRAMOVE OBSAZENI GRAFU
 ;

1271
 1272 D53D CD BF D4
 1273 D540 2A 2A D0
 1274 D543 CD 96 46
 1275 D546 2A 2B D0
 1276 D549 CD 9D 46
 1277 D54C CD 00 44
 1300 D54F 21 3A 81
 1301 D552 CD A4 46
 1302 D555 16 00
 1303 D557 1E 09
 1304 D559 21 F3 8B
 1305 D55C 73
 1306 D55D CD E4 46
 1307 D560 21 3A 81
 1310 D563 CD 9D 46
 1311 D566 CD C5 44
 1312 D569 21 3A 81
 1313 D56C CD A4 46
 1314 D56F 2A 2A D0
 1315 D572 CD 96 46
 1316 D575 21 27 81
 1317 D578 CD A4 46
 1320 D57B 2A 2B D0
 1321 D57E CD 96 46
 1322 D581 21 24 81
 1323 D584 CD A4 46
 1324 D587 21 37 81

CALL MINMAX
 LHLD ADR1
 CALL FTLXH
 LHLD ADR2
 CALL FTLYH
 CALL FTSBY
 LXI H, KKONKR
 CALL FTSXH
 MVI D, 00
 MVI E, 09H
 LXI H, 8BF3H
 MOV M, E
 CALL CFTHW;
 LXI H, KKONKR
 CALL FTLYH
 CALL FTDYX;
 LXI H, KKONKR
 CALL FTSXH
 LHLD ADR1
 CALL FTLXH
 LXI H, KMAXGF
 CALL FTSXH
 LHLD ADR2
 CALL FTLXH
 LXI H, KMINGF
 CALL FTSXH
 LXI H, KMINKR

;VOLBA POCTU RADKU GRAFU

;PREVOD CELO NA FLOAT

;DELENI POCTEM RADKU

```

1325 D58A CD A4 46          CALL   FTSXH
1326 D58D C9              RET
1327                      ;
1330                      ;
1331                      ;
1332 D58E                  ORG     OD590
1333                      ; PODPROGRAM NASS, NASOBI VEKTOR KONSTANTOU (1-S)
1334                      ; DO A POCET PRVKU, DO HL ADRESU PUVODNIHO VEKTORU
1335                      ; DO DE ADRESU NOVOU
1336                      ;
1337 D590 22 2C D0          SHLD   ADR
1340 D593 62              MOV    H, D
1341 D594 6B              MOV    L, E
1342 D595 22 2A D0          SHLD   ADR1
1343 D598 32 10 D0          STA    CYKL
1344 D59B 4F              MOV    C, A
1345 D59C 3C              INR     A
1346 D59D 32 12 D0          STA    CYKL1
1347 D5A0 16 00            MVI     D, 00H
1350 D5A2 1E 00            MVI     E, 00H
1351 D5A4 06 00            MVI     B, 00H
1352 D5A6 CD A4 46          CALL   FTSXH
1353 D5A9 54              MOV     D, H
1354 D5AA 5D              MOV     E, L
1355 D5AB 2A 2C D0          LHL    ADR
1356 D5AE 3A 10 D0          LDA     CYKL
1357 D5B1 CD 64 D6          CALL   PRES;
1360                      ; PRVNIM MISTE JE 0
1361 D5B4 3A 12 D0          LDA     CYKL1
1362 D5B7 4F              MOV     C, A
1363 D5B8 2A 2A D0          LHL    ADR1
1364 D5BB CD 4A F1          CALL   MUL1; -1
1365 D5BE 2A 2C D0          LHL    ADR
1366 D5C1 3A 12 D0          LDA     CYKL1
1367 D5C4 2B              SNIZ:   DCX     H
1370 D5C5 2B              DCX     H
1371 D5C6 2B              DCX     H
1372 D5C7 C2 C4 D5          JNZ     SNIZ
1373 D5CA 22 28 D0          SHLD   ADR2
1374 D5CD 2A 2A D0          LHL    ADR1
1375 D5D0 22 2C D0          SHLD   ADR
1376 D5D3 3A 10 D0          LDA     CYKL
1377 D5D6 32 17 D0          STA    CYKL2
1400 D5D9 CD DC D2          CALL   ADDAB;
1401                      ; A VYNASOBENYM -1
1402 D5DC 3A 10 D0          LDA     CYKL
1403 D5DF 32 1A DC          STA    MM
1404 D5E2 C9              RET
1405                      ;
1406                      ;
1407                      ;
1410 D5E3                  ORG     OD5E7
1411                      ;
1412                      ;HLAVNI PROGRAM PRO DVOJNASOBNY
1413                      ;VYPOCET ZLOM
1414                      ;

```

```

1415 D5E7 CD 44 D1
1416 D5EA 21 00 E2
1417 D5ED 11 1B DC
1420 D5F0 3A CA E1
1421 D5F3 CD 90 D5
1422 D5F6 3A FB 00
1423 D5F9 32 00 DB
1424 D5FC 4F
1425 D5FD 21 01 FB
1426 D600 11 01 DB
1427 D603 CD 64 D6
1430 D606 3A CA E1
1431 D609 32 00 DC
1432 D60C 4F
1433 D60D 21 18 E2
1434 D610 11 01 DC
1435 D613 CD 64 D6
1436 D616 CD A1 D1
1437 D619 3A 00 DE
1440 D61C 32 00 DA
1441 D61F 4F
1442 D620 21 01 DE
1443 D623 11 01 DA
1444 D626 CD 64 D6
1445 D629 21 30 E2
1446 D62C 11 1B DC
1447 D62F 3A CB E1
1450 D632 32 1A DC
1451 D635 CD 90 D5
1452 D638 3A 00 FC
1453 D63B 32 00 DB
1454 D63E 4F
1455 D63F 21 01 FC
1456 D642 21 01 DB
1457 D645 CD 64 D6
1460 D648 3A CB E1
1461 D64B 32 00 DC
1462 D64E 4F
1463 D64F 21 48 E2
1464 D652 21 01 DC
1465 D655 CD 64 D6
1466 D658 21 00 DA
1467 D65B 5E
1470 D65C CD A7 D1
1471 D65F C3 90 D3
1472
1473
1474
1475 D662
1476
1477
1500
1501
1502 D664 22 2C D0
1503 D667 EB
1504 D668 22 28 D0

```

```

CALL OBSAZ;
LXI H, PM1
LXI D, MP
LDA DR1
CALL NASS;
LDA NRV1
STA NBH
MOV C, A
LXI H, ULD1
LXI D, BH
CALL PRES;
LDA DR1
STA NN
MOV C, A
LXI H, PN1
LXI D, NP
CALL PRES;
CALL ZLOM;
LDA NG1
STA NZLO1
MOV C, A
LXI H, G1
LXI D, ZLO1
CALL PRES;
LXI H, PM2
LXI D, MP
LDA DR2
STA MM
CALL NASS;
LDA NRV2
STA NBH
MOV C, A
LXI H, ULD2
LXI H, BH
CALL PRES;
LDA DR2
STA NN
MOV C, A
LXI H, PN2
LXI H, NP
CALL PRES;
LXI H, NZLO1
MOV E, H
CALL ZLOM2;
JMP NAVF

```

; NACTENI Z DISPL.

; PM1*(1-S) A PRESUN NA POLOHU

; PRESUN B1* NA POLOHU BH

; PRESUN PN1 NA POLOHU NP
; VPOCET ZLOMKU S PRVNIMI PARA

; PRESUN G1 NA POLOHU ZLO1

; PM2*(1-S) A PRESUN NA POLOHU

; PRESUN B2* NA POLOHU BH

; PRESUN PN2 NA POLOHU PN

; VYPOCET S NOVYMI PARAMETRY

```

;
;
;
      ORG      OD664
; PODPROGRAM PRES, PRESOUVA VEKTOR NA JINE MISTO
; V PAMETI, DO HL PUVODNI ADRESA, DO DE NOVA A DO
; A DELKA VEKTORU
;

```

```

SHLD  ADR
XCHG
SHLD  ADR2

```

1505	D66B	2A 2C D0	ZNOVU:	LHLD	ADR	
1506	D66E	CD 96 46		CALL	FTLXH	
1507	D671	22 2C D0		SHLD	ADR	
1510	D674	2A 28 D0		LHLD	ADR2	
1511	D677	CD A4 46		CALL	FTSXH	
1512	D67A	22 28 D0		SHLD	ADR2	
1513	D67D	3D		DCR	A	
1514	D67E	C2 6B D6		JNZ	ZNOVU	
1515	D681	C9		RET		
1516						
1517						
1520						
1521	D682			ORG	0D6AA	
1522						
1523	D6AA	CD 24 4B		CALL	QASNP	
1524	D6AD	0D		DB	0D	
1525	D6AE	0A		DB	0A	
1526	D6AF	41		DB	41;	;A
1527	D6B0	52		DB	52;	;R
1530	D6B1	49		DB	49;	;I
1531	D6B2	54		DB	54;	;T
1532	D6B3	4D		DB	4D;	;M
1533	D6B4	45		DB	45;	;E
1534	D6B5	54		DB	54;	;T
1535	D6B6	2E		DB	2E;	;
1536	D6B7	20		DB	20	
1537	D6B8	50		DB	50;	;P
1540	D6B9	52		DB	52;	;R
1541	D6BA	55		DB	55;	;U
1542	D6BB	4D		DB	4D;	;M
1543	D6BC	45		DB	45;	;E
1544	D6BD	52		DB	52;	;R
1545	D6BE	2C		DB	2C;	;
1546	D6BF	20		DB	20	
1547	D6C0	50		DB	50;	;P
1550	D6C1	4F		DB	4F;	;O
1551	D6C2	4C		DB	4C;	;L
1552	D6C3	59		DB	59;	;Y
1553	D6C4	4E		DB	4E;	;N
1554	D6C5	4F		DB	4F;	;O
1555	D6C6	4D		DB	4D;	;M
1556	D6C7	20		DB	20	
1557	D6C8	42		DB	42;	;B
1560	D6C9	2F		DB	2F;	;/
1561	D6CA	41		DB	41;	;A
1562	D6CB	41		DB	41;	;A
1563	D6CC	0B		DB	0B	
1564	D6CD	00		DB	00	
1565	D6CE	C9		RET		
1566						
1567						
1570						
1571	D6CF			ORG	0D6D3	
1572						
1573						
1574						

; PODPROGRAM TTISK, VYSLEDEK LDFIL

1575	D6D3	2A 84 93	LHLD	9384H
1576	D6D6	3A 84 7C	LDA	NRV
1577	D6D9	4F	MOV	C, A
1600	D6DA	CD 18 93	CALL	9318
1601	D6DD	CD B0 51	CALL	CRLF
1602	D6E0	CD B0 51	CALL	CRLF
1603	D6E3	16 40	MVI	D, 40H
1604	D6E5	1E 00	MVI	E, 00H
1605	D6E7	06 41	MVI	B, 41H
1606	D6E9	CD B5 48	CALL	ODFTX;
1607	D6EC	CD 46 48	CALL	OABLK
1610	D6EF	CD 46 48	CALL	OABLK
1611	D6F2	21 80 7E	LXI	H, 7E80
1612	D6F5	CD 96 46	CALL	FTLXH
1613	D6F8	CD B5 48	CALL	ODFTX
1614	D6FB	CD 46 48	CALL	OABLK
1615	D6FE	CD 46 48	CALL	OABLK
1616	D701	3A 84 7C	LDA	NRV
1617	D704	3D	DCR	A
1620	D705	CA 45 45	JZ	KONEC
1621	D708	3D	DCR	A
1622	D709	CA 45 45	JZ	KONEC
1623	D70C	CD 46 48	CALL	OABLK
1624	D70F	4F	MOV	C, A
1625	D710	CD 18 93	CALL	9318
1626	D713	C3 45 45	JMP	KONEC
1627	D716	00	NOP	
1630	D717	00	NOP	
1631			END	

; TISKNE "NATVRDO" 0.1000 E+1

SYMBOL TABLE LISTING

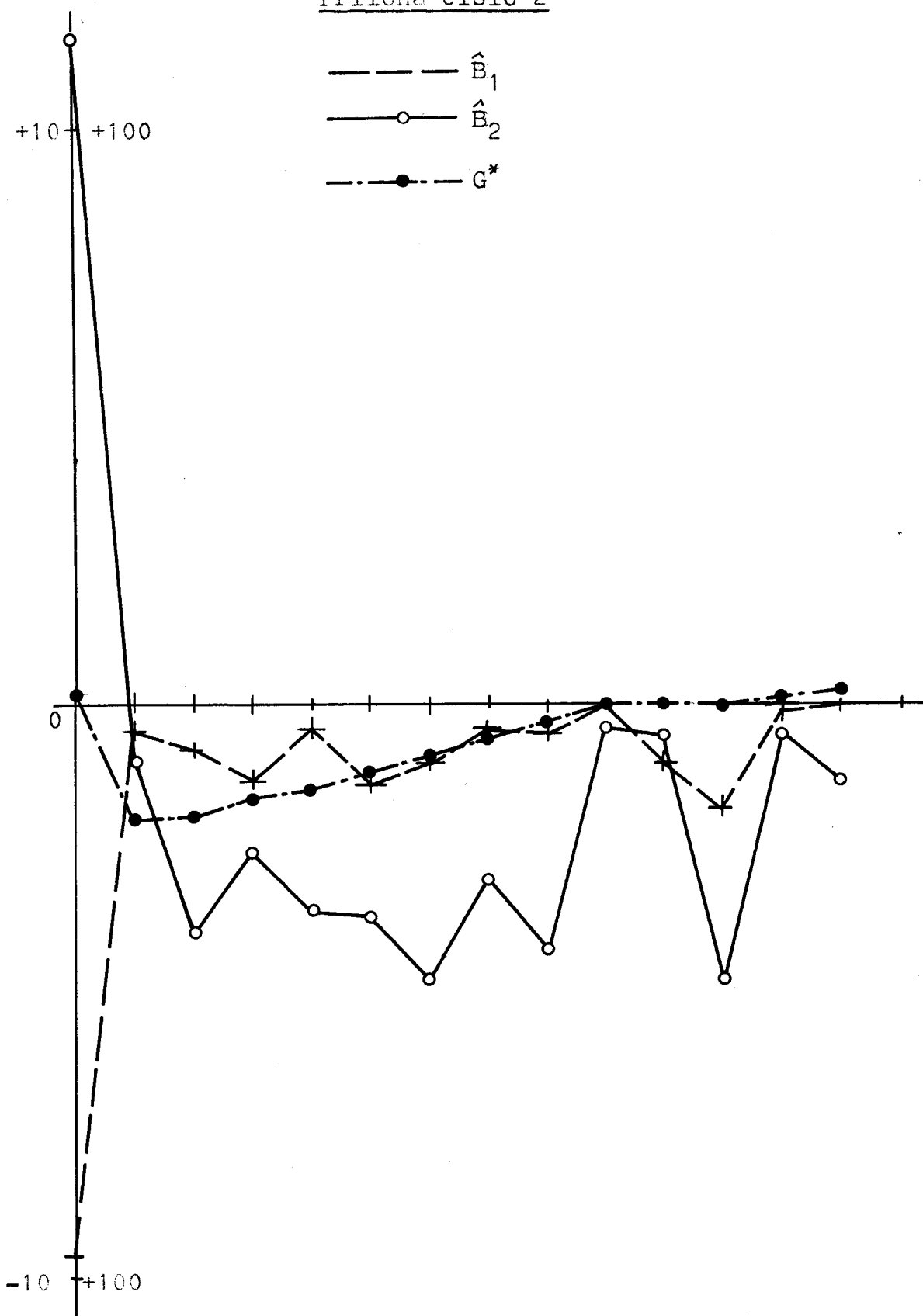
PC	D718
KONEC	4545
CTVE	5311
CY504	522F
IDHWX	49F9
IDFTX	4A1E
ODHWX	489A
ODFTX	48B5
OASNP	4824
NULDIS	0CF4
FTADD	440E
FTLXH	4696
FTLYH	469D
FTSXH	46A4
FTSBY	4400
FTDYX	44C5
CFTHW	46E4
CRLF	51B0
SNRS	537F
OABLK	4846
ADDAB	D2DC
DIVBA	F000
MULAB	EA00
STLDF	5A7A
KLDF	5A0F
LDFT	5B3C
KRTEC	8DB1
KSPBOD	910C
KEDIT	91EF
KONSG	D53D
CI	0D6A
ZLOM	D1A1
ZLOM2	D1A7
TGRAF	D28C
TINRV	D43A
TIDUL	D463
TTEXT	D48A
TTISK	D6AA
OBSAZ	D144
MUL1	F14B
PRES	D664
NASS	D590
CTENI	D26C
CTENI1	D278
MINMAX	D4BF
TTEXT2	D685
TTISK2	D390
DULDS	7DB3
DALD	7FE8
NG	D000
GP	DF00
CYKL	D010
CYKL1	D012
CYKL2	D017
ADR	D02C

ADR1	D02A
ADR2	D028
MOC	D009
NRV	7C84
FRG	7CF4
BH	DB01
MP	DC1B
NP	DC01
NBH	DB00
MM	DC1A
NN	DC00
POPO	DD01
NPOPO	DD00
AP	EAB0
BP	EAB2
CP	EAB4
NZLO1	DA00
ZLO1	DA01
KMAXGF	8127
KMINGF	8124
KMINKR	8137
KKONGF	8130
KKONKR	813A
ULD1	FB01
ULD2	FC01
NRV1	00FB
NRV2	FC00
PM1	E200
PM2	E230
PN1	E218
PN2	E248
DR1	E1CA
DR2	E1CB
NZLP	DC33
ZLP1	DC34
NG1	DE00
G1	DE01
N	EAA1
M	EAA2
NM	EAA0
RADM	FFE0
RADN	FFE1
RADK	FFE2
ADRBK	FFF3
ADRAK	FFF5
ADRGK	FFF7
NAV1	D07E
NAV2	D0B6
NAV3	D0F7
LBL1	D2A7
LBL2	D2CA
NAV9	D2EF
NAVA	D2FA
NAV8	D30C
NAV7	D314
NAVB	D328

NAVC	D32C
NAVD	D337
NAVF	D390
NOVE2	D4CF
KON2	D4F3
NOVE1	D504
KON1	D531
SNIZ	D5C4
ZNOVU	D66B

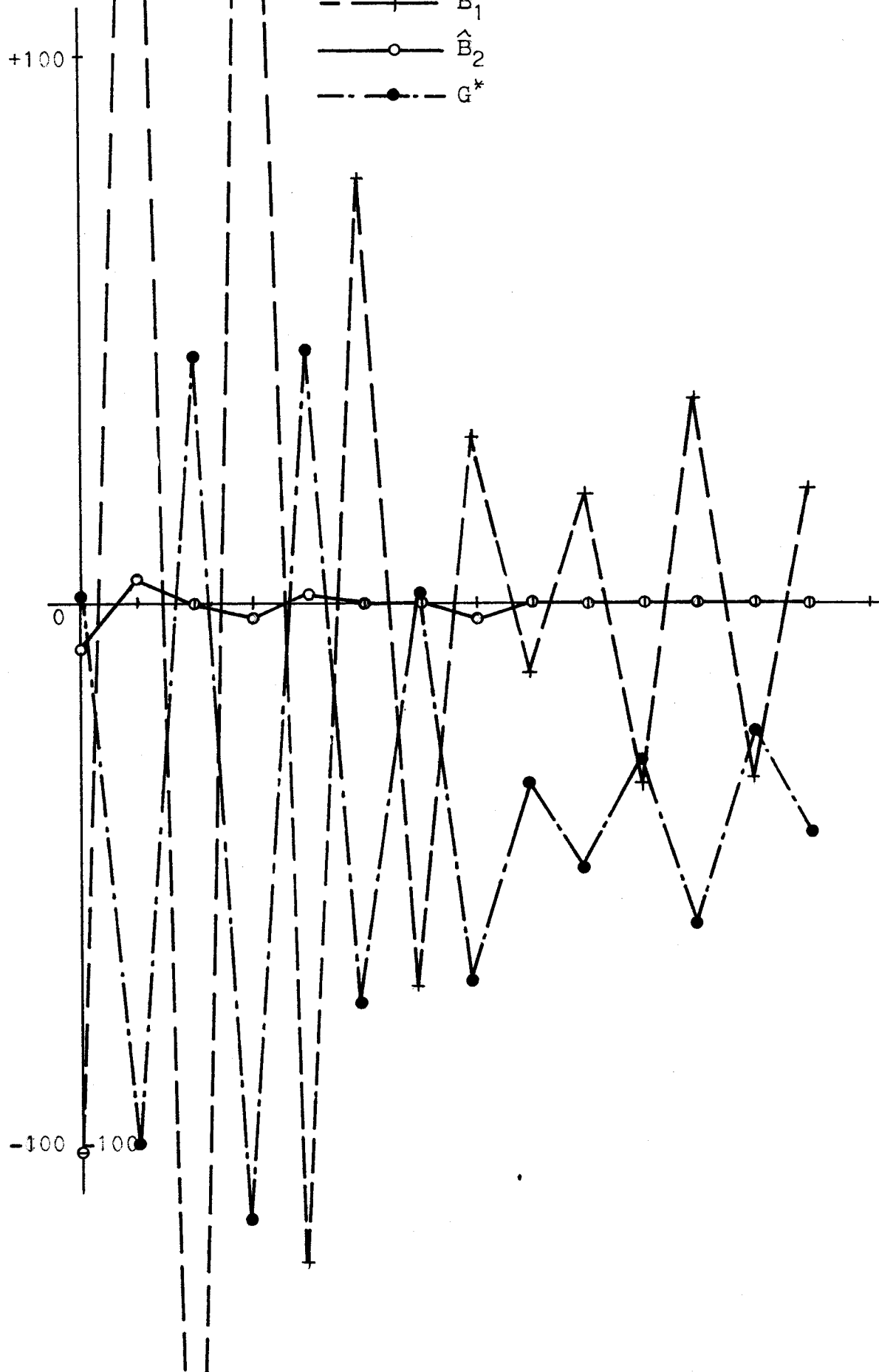
JSA INTEL END OF ASSEMBLY

Příloha číslo 2

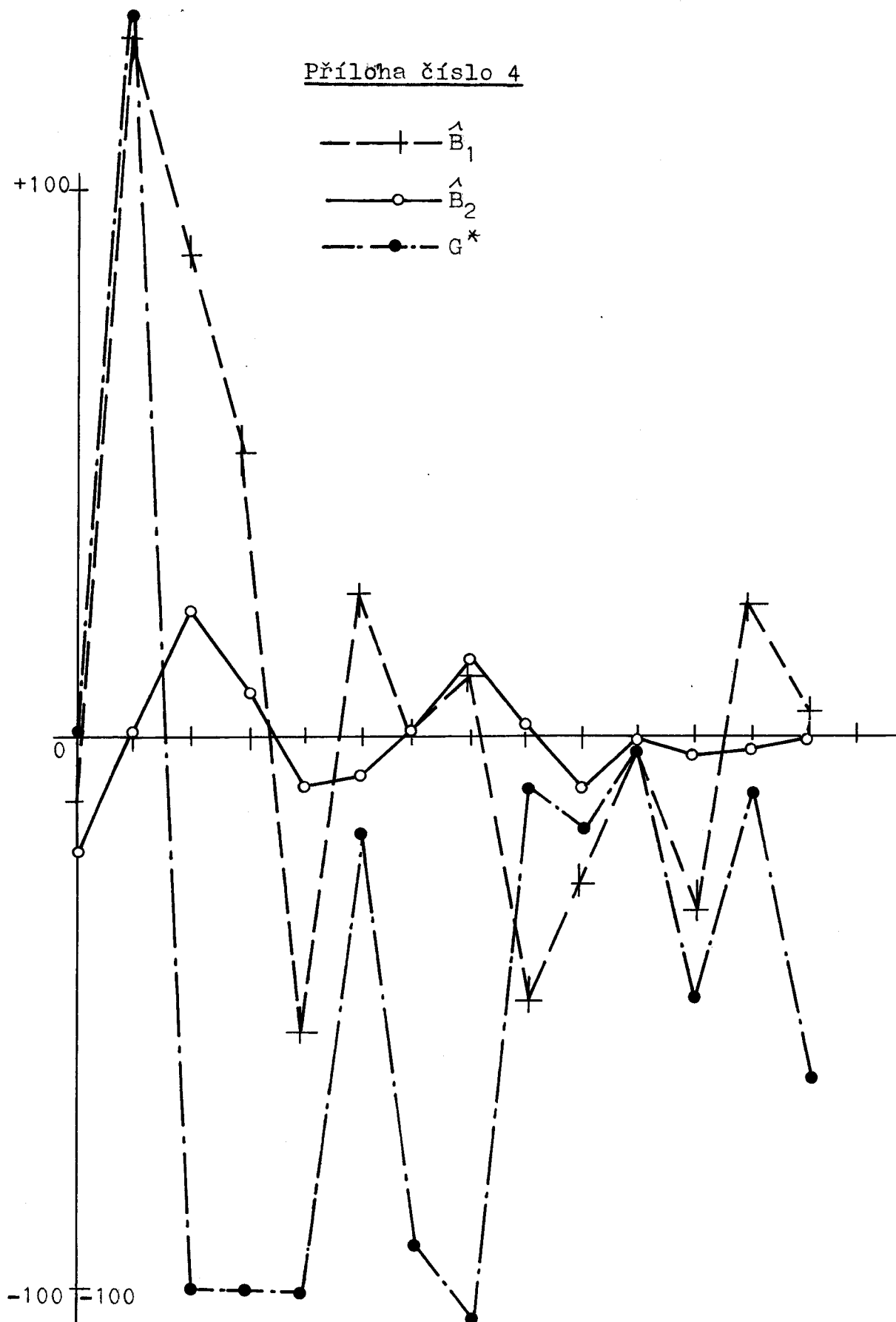


Příloha číslo 3

$\text{---+---} \hat{B}_1$
 $\text{---o---} \hat{B}_2$
 $\text{---●---} G^*$



Príloha číslo 4



Příloha číslo 5

