

prof. dr Ljubomir Kuljača
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ZAGREB
Unska ul.3
mr Alojz Slutej
RADE KONČAR - Elektronika i informatika
ZAGREB
Baštijanova bb

NELINEARNI DISKRETNII SISTEMI AUTOMATSKOG
UPRAVLJANJA REALIZIRANI MIKRORAČUNALOM

NONLINEAR DISCRETE CONTROL SYSTEMS
USING MICROPROCESSORS

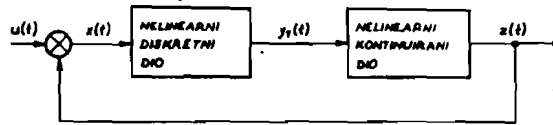
SADRŽAJ - U radu se na temelju općeg matematičkog modela nelinearnih diskretnih sistema automatskog upravljanja, određuje algoritam upravljanja, prikladan za realizaciju regulatora u širem smislu primjenom mikroručunala. Osnovna teorijska razmatranja, popraćena su konkretnim primjerom primjene mikroručunala kao diskretnog regulatora pozicionog servo-sistema zadanog prijenosnom funkcijom.

ABSTRACT - The purpose of the article is to present a suitable control algorithm for regulation using microprocessors. The algorithm is developed by using of general mathematical model for nonlinear discrete systems of automatic control. The implementation of algorithm is illustrated on a particular position servo system.

1. UVOD

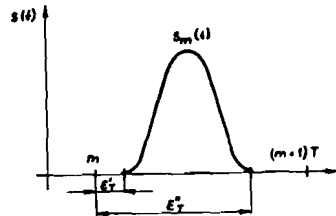
Pojavom i značajnijom primjenom modernih mikroprocesorskih sistema, aktualizira se i primjena u sistemima automatskog upravljanja. Međutim, aplikacija navedenih sistema povlači za sobom i niz specifičnih zadataka. Kao osnovni zadatak, postavlja se zahtjev za minimalnim i ujedno pouzdanim algoritmom upravljanja, uvažavajući realna ograničenja takvih sistema. Slijedeći zadatak je u izboru odgovarajuće sklopovske realizacije sistema. Ne ulazeći u ovom trenutku sadržajnije u navedenu problematiku, pristup rješavanju problema vezanih uz dinamičku analizu, odnosno sintezu razmatranih nelinearnih diskretnih sistema, neminovno u sebi obuhvaća kompletnu spoznaju sa područja šire teorije automatskog upravljanja sistemima.

Nelinearni diskretni sistemi (NDS) po svojoj strukturi i matematičkom opisu pripadaju složenim sistemima automatskog upravljanja. U općem obliku, moguće ih je prikazati strukturom sastavljenom od diskretnog dijela i kontinuiranog dijela, tzv. nelinearni diskretni sistemi klase III (slika 1.1.).



Slika 1.1.

Kontinuirani signal razlike $x(t)$ transformira se diskretnim dijelom s amplitudnom karakteristikom $Y = \phi(x)$ u niz impulsa $y_1(t)$ oblika $S(t)$ (slika 1.2.). Slijed impulsa, moduliran jednim od vidova modulacije (amplitudna, širinsko-impulsna ili frekvencijska) djeluje na nelinearni kontinuirani dio regulacijskog sistema.



Slika 1.2.

Odziv sistema, određuje se sumom odziva elementarnih dinamičkih komponenata, koje se sastoje iz serijske veze linearne komponente s impulsnom karakteristikom $W_k(t)$ i nelinearnosti tipa V^k ($k = 0, 1, 2, \dots, l$).

Odziv kontinuiranog dijela na slijed moduliranih impulsa y_n , 0 određuje se sumom odziva svih paralelnih grana:

$$Z[n, \epsilon] = \begin{cases} \sum_{m_1, \dots, m_k}^{n-1} W_{EK}[n-m_1, \epsilon] \dots W_{EK}[n-m_k, \epsilon] x[m_1, 0] \dots y[m_k, 0]; \\ \quad \epsilon_{n-1} \leq \epsilon \leq \epsilon_n \\ \sum_{j=1}^k \binom{k}{j} \sum_{m_1, \dots, m_{k-j}=0}^{n-1} W_{EK}[n-m, \epsilon] \dots W_{EK}[n-m_k, \epsilon] y[m, 0] \dots \\ \quad \dots y[m_{k-j}, 0] W_{EK}[0, \epsilon] y[n, 0]^j; \\ \quad \epsilon_n \leq \epsilon \leq \epsilon_n^* \\ \sum_{m_1, \dots, m_k=0}^{n-1} W_{EK}[n-m_1, \epsilon] \dots W_{EK}[n-m_k, \epsilon] y[m_1, 0] \dots y[m_k, 0] \\ \quad \epsilon_n^* \leq \epsilon \leq 1 \end{cases} \quad (11)$$

gdje je:

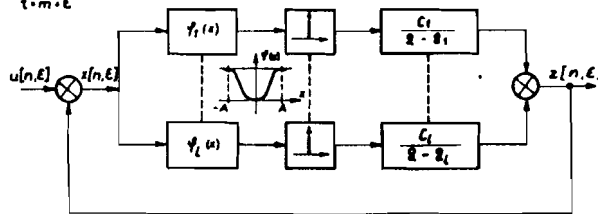
$$W_{EK}[n-m, \epsilon] = \int_{\epsilon_m}^{\epsilon_m^*} S(\tau) W_K[n-m, \epsilon - \tau] d\tau \quad (12)$$

$t = T \cdot \bar{t}$; $\tau = T \cdot \bar{\tau}$; T - period diskretizacije

Opća jednačba zatvaranja sistema razmatrane klase prikazana je izrazom(1.3.).

$$x[n,0] = U[n,0] - \sum_{k=0}^N \sum_{m_1, m_k=0}^{n-1} W_{EK}[n-m,0] \dots W_{EK}[n-m_k,0] \cdot \Phi_E(x[m,0]) \Phi_E(x[m_k,0]) \quad (13)$$

Strukturalna shema nelinearnog diskretnog regulacijskog sistema sa širinsko-impulsnim modulatorom (ŠIM), prikazana je višekanalnim modelom na slici 1.3.



Slika 1.3.

Pripadne jednačbe zatvorenog sistema pri modulaciji zadnjeg fronta prikazane su slijedećim izrazima:

$$x[n,0] = U[n,0] - T \cdot A \sum_{m=0}^{n-1} \text{sign} x[n,0] \int_0^{\varphi(x[m,0])} W[n-m-1,1-\tau] d\tau \quad (14)$$

$$W_E[n-m,0, X[m,0]] = T \cdot A \int_0^{\varphi(x[m,0])} W[n-m-1,1-\tau] d\tau$$

Pri čemu je za praktično određivanje impulsnog odziva prikladan postupak razlaganja na elementarne karakteristike:

$$W_E[n-m,0, X[m,0]] = \sum_{\lambda=1}^{\infty} C_{\lambda} \Phi_{\lambda}(x[m,0]) e^{\lambda(n-m)} \quad (15)$$

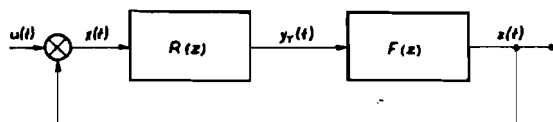
$$\Phi_{\lambda}(x[m,0]) = \frac{A \cdot T}{2^{\lambda}} \cdot (e^{\lambda \varphi(x[m,0])} - 1) \quad (16)$$

2. REALIZACIJA ALGORITAMA UPRAVLJANJA NELINEARNOG DISKRETNOG SISTEMA PRIMJENOM MIKRORAČUNALA

Za nelinearni diskretni sistem automatskog upravljanja prikazan blok shemom na slici 2.1., funkcije regulatora u širem smislu (AD-pretvarač,

VII.184

kompenzacijska mreža, širinsko-impulzni modulator) objedinjene su, u za tu svrhu projektiranom mikroračunarskom sistemu MPS - 8. Da bi mikroračunalo bilo u stanju obavljati funkciju regulatora u zatvorenom regulacijskom krugu razmatrane klase NDS, mora biti projektirano i konstruirano da ispunjava tražene zahtjeve u pogledu točnosti, brzine obrade informacija, pouzdanosti itd.

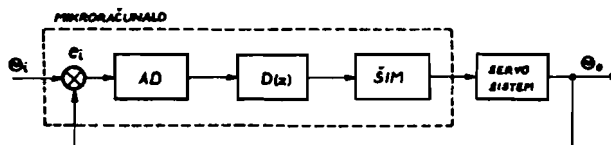


Slika 2.1.

Organizacija diskretnog regulatora za upravljanje pozicionim servo-mehanizmom prijenosne funkcije oblika:

$$H(s) = \frac{\Theta(s)}{U(s)} = \frac{7,294}{s \left[\left(\frac{s}{64,8} \right)^2 + 2 \cdot 0,556 \left(\frac{s}{64,8} \right) + 1 \right]} \quad [\text{rad/v}] \quad (2.1)$$

prikazana je na slici 2.2.

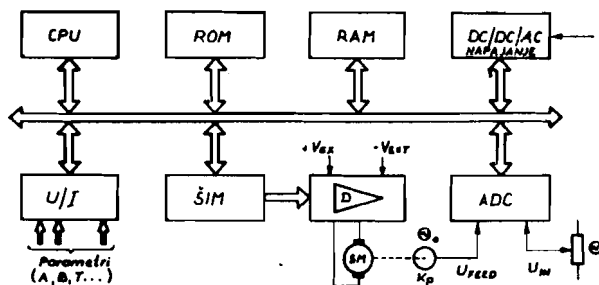


Slika 2.2.

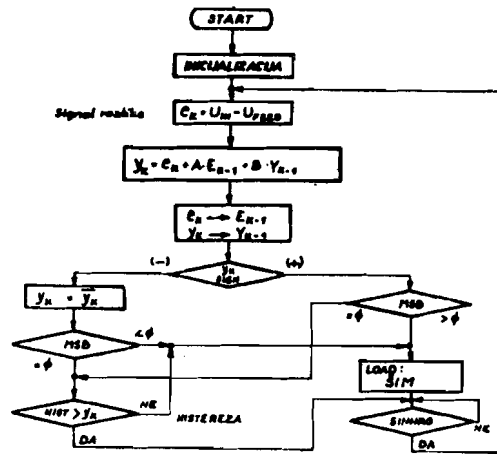
pri čemu je:

- AD - 8-bitni analogno-digitalni pretvarač
- D(z) - Prijenosna funkcija diskretnog korekcijskog sklopa

$$D(z) = \frac{1+A \cdot z^{-1}}{1+B \cdot z^{-1}}$$



Slika 2.3.



Slika 2.4.

Osnovni zadatak primjenjenog mikroračunala razmatranog regulacijskog sistema je u sljedećem:

- da izračunava parametre izraza (2.2.) prema traženom kriteriju kvalitete, koji se postavlja na zadani sistem,
- te da u ovisnosti o postavljenim parametrima kompenzacijske mreže, programski upravlja, za tu svrhu posebno konstruiranim ŠIM-om.

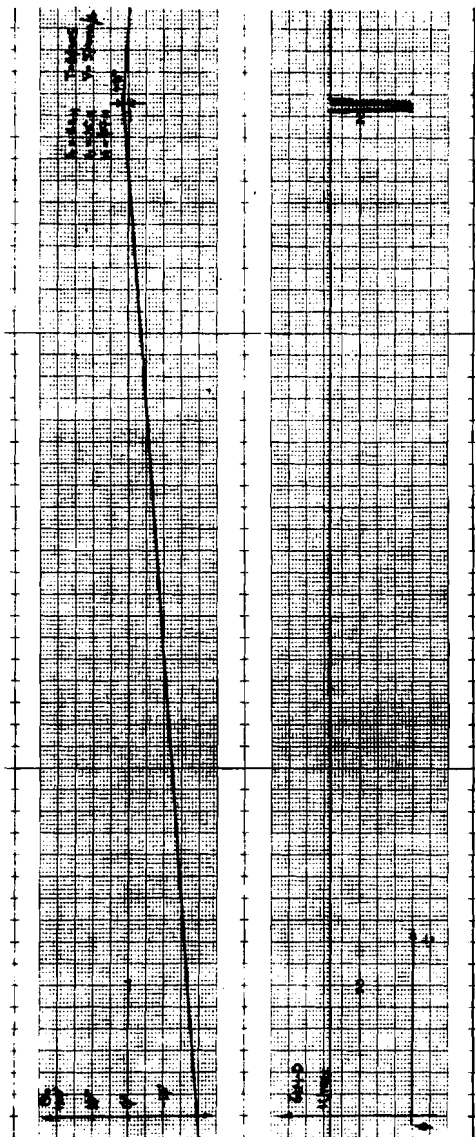
Na bazi konkretnih parametara regulacijskog kruga definiranog blok shemom na slici 2.1., odnosno adekvatnom konfiguracijom prikazanom blok shemom na slici 2.2., provedena je odgovarajuća sinteza regulacijskog sistema. Rezultat sinteze, je optimalan izbor specificiranih parametara regulacijskog sistema (A, B, T...). Sama sinteza razmatrane klase NDS-a obavljena je prema određenim postupcima (L3, L4) pri čemu je kvalitet prijelaznog procesa početni uvjet sinteze (\tilde{G}_m^* - nadvišenje, t_s^* - vrijeme trajanja prijelaznog procesa, D_v^* - brzinska konstanta, D_a^* - konstanta ubrzanja).

Za konkretno realizirani pozicioni servo-sistem sa odgovarajućom aproksimativnom prijenosnom funkcijom drugog reda, predviđena je kompenzacijska mreža prvog reda. Rezultati sinteze u potpunosti opravdavaju izbor reda kompenzacijske mreže.

Odziv sistema pri čemu su parametri kompenzacijske mreže određeni postupkom sinteze (L3, L4) prikazani su na 2.5. i 2.6.

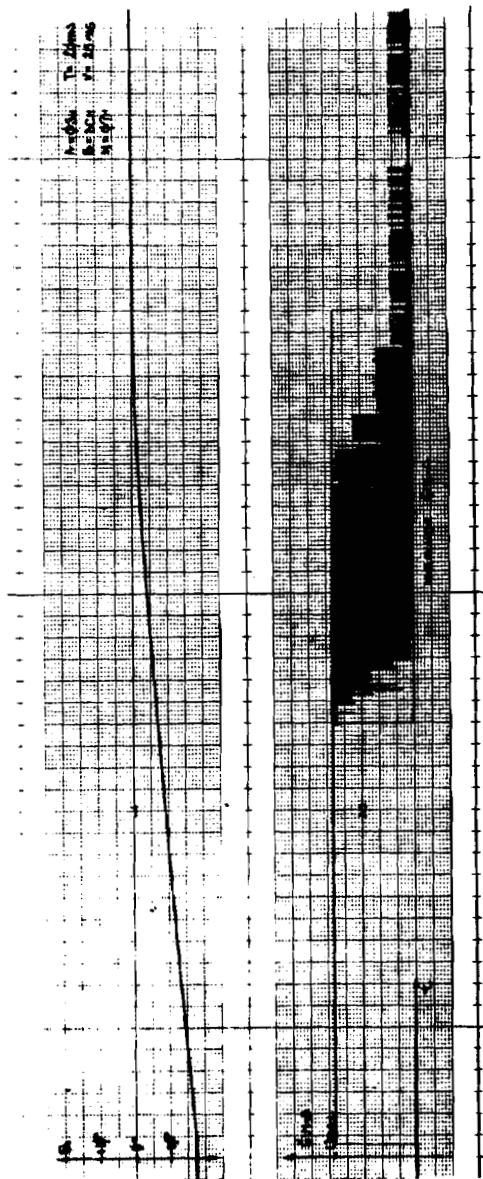
Realizacija regulacijskog sistema, te odgovarajući algoritam upravljanja prikazani su na slici 2.3. odnosno 2.4.

VII.186



slika 2.5

VII.187



slika 2.6

3. ZAKLJUČAK

Na temelju teorijske analize dinamičkog ponašanje nelinearnog diskretnog sistema automatskog upravljanja, koji sadrže nelinearnosti u diskretnom i kontinuiranom dijelu sistema, realiziran je prikladni algoritam upravljanja razmatrane klase sistema.

Realizacija algoritma sprovedena je, na posebno za tu svrhu izvedenom mikroračunalu, koji se koristi kao regulator u širem smislu, sposoban da prema zahtjevu na kvalitetu upravljanja, programskim putem izračunava parametre korekcijskog sklopa te da upravlja ŠIM-om kao izlaznim stupnjem regulatora. Rezultati teorijske analize su ilustrirani na diskretnom sistemu za pozicioniranje.

LITERATURA

- | | |
|-----------------|--|
| (1) CADZOV J.A. | "DISCRETE-TIME SYSTEMS"
Prentice - Hall, Inc 1973. |
| (2) KATZ P. | "DIGITAL CONTROL USING MICROPROCESS"
Prentice - Hall, Inc 1981 |
| (3) KULJAČA LJ. | "TEORIJA AUTOMATSKE REGULACIJE - NELINEARNI SISTEMI"
Sveučilište, Zagreb 1973 |
| (4) NETUSHIL A. | "THEORY OF AUTOMATIC CONTROL"
Mir, Moskva 1973 |
| (5) SLUTEJ A. | Projekt MPS - 8
Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zagreb, 1985 |