

Ipari robotok szervo vezérlő rendszere

ÓCSAI LAJOS—KISS LÁSZLÓ—
JÓZSA EDÖMÉR
Mikroelektronikai Vállalat
Gyöngyös

ÖSSZEFOGLALÁS

A MEV Gyöngyösi telephelyén iparirobot-családot fejlesztettünk ki. A cikk a nagy pontosságú iparirobotok szervo vezérlésének néhány megoldásáról tájékoztat. Megadjuk a szervo vezérlő rendszereknek egy olyan alkalmazási példáját, amelyet a MEV-ben fejlesztettünk ki. Bemutatjuk az analóg és digitális vezérlő egységek működését.

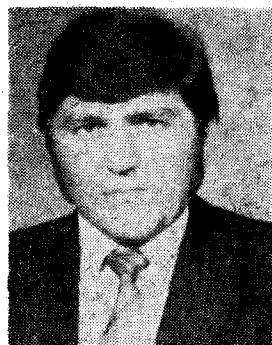
Bevezetés

Az ipari robotok és azok végrehajtó mechanizmusai — elterjedt szóhasználat szerint robotkarok, vagy manipulátorok — merev testek sorozatából felépülő kezelőszervek, amelyek segítségével egy tetszőleges teher (legyen az munkadarab, vagy szerszám) mozgása egy adott munkatérben belül, adott program szerint vezérelhető. Ahhoz, hogy egy terhet a munkatérben pozícionálni tudjunk, három egymástól független szabadságfok (mozgástengely) szükséges. Ha a terhet egy térpontban tettség szerint irányba is kell állítani (orientálni), még további három kiegészítő mozgástengelyre van szükségünk.

A mai modern ipari robotok ún. adaptív robotok, melyeknél a megállási pontokat be kell programozni. Az ilyen berendezéseknél minden mozgástengelyen tetszőleges számú pozíciót írhatunk elő. Ezen pontoknak a száma csak a vezérlő berendezés tárolójának kapacitásától függ. A vezérlést általában mini, vagy mikroszámítógépek biztosítják, amelyek képesek real-time módon elvégezni a szükséges koordináta konverziót az előírt mozgáspálya (trajektória)képzéséhez. A kívánt mozgáspálya pontjait a központi vezérlő berendezés munkavégzés közben generálja, a vele kapcsolatban álló lokális vezérlők a robot vezérlésre jellemző ciklusidőnként kapnak adatot a központi vezérlőtől. A lokális vezérlők feladata a robot mozgástengelyeire szerelt működtető egységek (pl. szervomotorok) előírt vezérlése.

A real-time számítás eredményeként a vezérlő berendezés kisméretű dinamikus memóriát igényel, amely csupán a mozgáspálya dedikált pontjait tartalmazza, valamint a koordináta számításához szükséges háttérrel.

A manipulátor megfogójának (robot kéznek) vezérlésére pozícióvezérlést alkalmaztunk. A manipulátor kéz pozíciójából a mozgató tengelyek



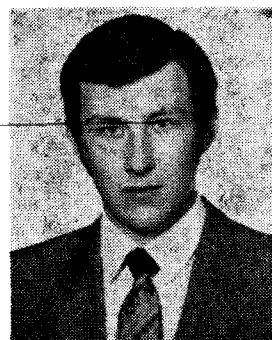
ÓCSAI LAJOS

1972-ben elektroműszerként kezdtem dolgozni Budapesten, a Híradástechnika Szövetkezetben. 1980-ban a Budapesti Műszaki Egyetem villamosmérnöki karán diplomát szereztem. 1981-ben az Egyesült Izzó

gyöngyösi gyárába kerültem, fejlesztőmérnöknek. Jelenleg a MEV gyöngyösi gyárának elektronikai főosztályát vezetem. A főosztály feladata: robotok és más mechanikai vezérlők tervezése, valamint az integrált áramkörgyártás „product engineering” feladatainak ellátása.

KISS LÁSZLÓ

1984-ben szereztem diplomát a BME Villamosmérnöki Karán. Az egyetem elvégzése óta a MEV gyöngyösi gyárában dolgozom az Elektronikai Főosztályon. Egy fejlesztéssel foglalkozó csoport tagjaként intelligens vezérlőberendezések előállításával foglalkozom. Munkánk lényeges része a fejlesztés, de az általunk fejlesztett berendezések



gyártását is végigkísérjük.

szöghelyzet-idő függvényeit határozzuk meg. A módszer alap gondolata, hogy a csukló-szögsebességeket a trajektória egy adott pontjában megkapjuk, ha a csuklószög inkrementumot elosztjuk egy alkalmasan választott időtartammal.

$$X(t) = f[q(t)],$$

ahol q a csuklószögek halmaza. Elegendően kicsiny időtartamokra a fenti összefüggés lineárisnak tekinthető. Az előírt trajektória elegendően sok pontjára megoldjuk a

$$q_i = f^{-1}(X_i),$$

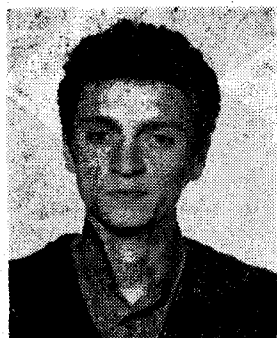
inverz összefüggést, ahol: i a trajektória pontok futóindexe, valamint az $[i, i+1)$ szakaszon linearizáljuk. Mivel az inverz kifejezés kiértékelése és a további csuklószög koordináció időt vesz igénybe, s a számításokat menet közben végezzük, így az eredő mozgás sebessége és pontossága fordítottan arányos.

Szabályozási lehetőségek

A robotalkalmazás gazdaságosságának egyik döntő meghatározója az egységnyi idő alatt végzett

Beérkezett: 1987. X. 7. (†)

1985-ben szereztem diplomát a BME Villamosmérnöki karán. Az egyetem elvégzése óta a MEV gyöngyösi gyárában dolgozom az Elektronikai Főosztályon. Egy fejlesztéssel foglalkozó csoport tagjaként intelligens vezérlőberendezések előállításával foglalkozom.



műveletek száma, amit a manipulátor ciklusidejének is szokás nevezni. A ciklusidő csökkenését a manipulátor pályasebességének növelésével érhetjük el. Manapság a gyakorlatban alkalmazott manipulátorok sebességét általában az alkalmazott szabályozók korlátozzák: a ma használatos ipari manipulátorokban minden egyes csuklót külön-külön rögzített paraméterű, analóg szabályozóval látják el. Az ilyen szabályozók független, állandó tehetetlenségű és csillapítású, másodrendű rendszerek szabályozására alkalmasak. Esetünkben azonban erősen nemlineáris, időben változó paraméterekkel jellemezhető a szabályozandó berendezés. Így az említett szabályozókkal csak akkor érhetünk el megfelelő eredményt, ha a csuklókat működtető motorok erősen túlméretezettek és a szabályozandó berendezés paraméterei, a geometriai konfiguráció változása (a kar mozgása) során nem változnak túl hirtelen. Ez utóbbi feltétel csak a mozgástér bizonyos részein az ún. szinguláris helyzetektől távol tartható és csupán kis pályasebességeknél.

Nagyobb sebességeknél azonban az alábbi problémák lépnek fel:

- változik a hatásos tehetetlenségi nyomaték,
- az egyes kar-tagok tehetetlenségi nyomatékai kölcsönhatásba kerülnek,
- a Coriolis-féle erők hatása nem lesz elhanyagolható.

Ezekon kívül számos más, a sebességet befolyásoló tényező létezik, mint például a manipulátor szilárdsága, a motor teljesítménye. Ezek azonban a fentiekhez képest számunkra kisebb jelentőséggel bírnak. A manipulátor-szabályozó feladata, hogy a kívánt kézpozíciók, a pillanatnyi csukló-pozíciók és sebességek ismeretében létrehozza a pozícióhiba megszüntetéséhez szükséges csuklómotor nyomatékokat. A szabályozási kör kialakítására többféle lehetőség kínálkozik. Ezek közül nézzünk két példát:

1. Tengelyenként független, visszacsatolt, fix paraméterű szabályozási kör, amely egy állandó másodrendű mechanikai rendszert szabályoz (Lásd 1. ábra.)

alapjel: q_{as} előírt csuklószög-pozíció szabályozott,

jellemző: q_{ks} tényleges csuklószög pozíció, visszacsatolás: q_{ks} , esetleg \dot{q}_{ks} is (szaggatott vonallal jelölt hurok),

alkalmazás: analóg szabályozású ipari robotok.

2. Csuklószög-pozíciók és sebességek on-line, visszacsatolt szabályozása.

A csuklószög pozíciókban és sebességekben mutatkozó hibát kompenzáló visszacsatolással lehet csökkenteni.

alapjel: q_a

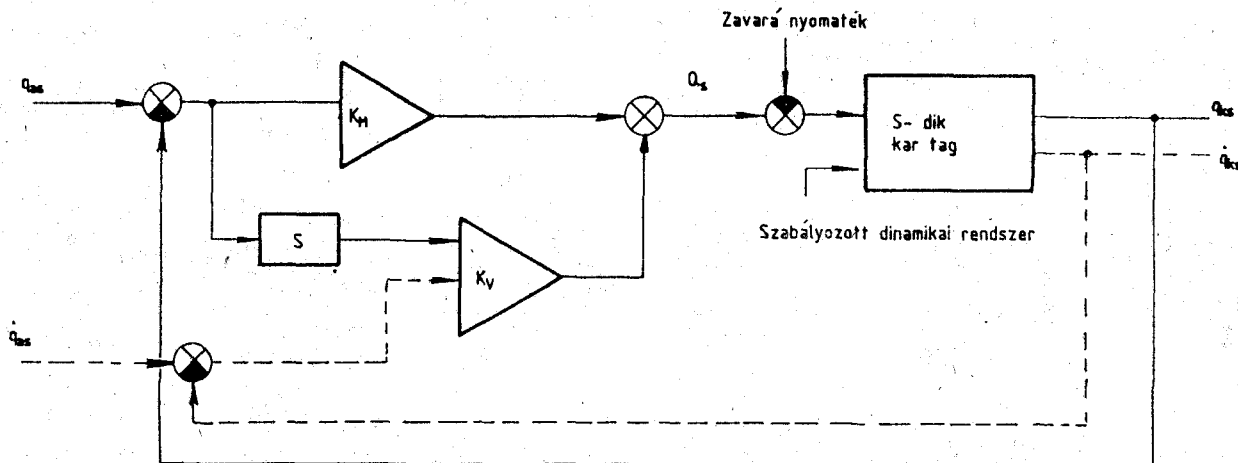
szabályozott

jellemző: q_k

visszacsatolás: q_k

alkalmazás: Horn. 1977. (az inverz dinamikai modell számítása részben táblázatos)

A szabályozó algoritmusban a szabályozott jellemzők a q_s , $s=1, 2, \dots, n$ csuklószögek, ill. a \dot{q}_s csukló sebességek. A gyakorlatban sok esetben a kézre előírt pozíciókat és sebességeket előbb csukló pozíciókká és sebességekké számítják át és ez utóbbiakat szabályozzák. A csuklónkénti pozíciószabályozás egy ma már hagyományosnak tekinthető számítógépes, mintavételes szabályozás, ahol azonban a hurokerősítést, a gravitációtól függő



H 344-1

1. ábra. Tengelyenként független, visszacsatolt, fix paraméterű szabályozási kör

paramétereket és a csuklókra ható nyomatékokat a kar konfigurációtól függően változtathatják az alábbi módon:

A leolvasott q_{ki} és a pályaszámító programtól érkező q_{as} szögpozíciók különbsége adja a pozícióhibát, amit pozícióvisszacsatolással lehet csökkenteni. A sebességvisszacsatolással pedig megfelelő csillapítást lehet elérni. Az adott kar tagot $1/(M_i \cdot S^2)$ -tel jellemezhetjük, ahol „ S ” a Laplace transzformáció jele, M_i pedig az adott kar tag effektív tehetetlenségi nyomatéka ($i=1, 2, \dots, n$). $Q_i(s)$ a külső (zavaró) nyomaték. (i : kar tagok futóindexe.) A pozícióhiba $e_i(s) = q_{ki} - q_{as}$, a sebességhiba pedig $s \cdot e_{ki}$. A pozíciónak és sebességének megfelelően k_e és k_v a két visszacsatolási tényező.

A hurokegyenlet:

$$e_i(s) = \frac{-s^2 \cdot M_i}{s^2 M_i + s k_v + k_e} q_a(s) + \frac{1}{s^2 M_i + s k_v + k_e} Q_i(s)$$

és a kritikus csillapítás:

$$k_{vi} = 2(M_i \cdot k_{ei})^{1/2}$$

A szabályozásban a nehézséget az okozza, hogy a rendszer válasza függ a kar tag M_i tehetetlenségi nyomatékától.

A lokális feladatok ellátását és az interpolációt csuklóként önálló processzorokra célszerű bízni, míg a teljes adatbázist igénylő számításokat egy központi processzorral célszerű elvégezteni. Ezt a módszert, az elmúlt évek gyakorlata alapján egy hatásos probléma megoldási módszerként értelmezhetjük. Több, napjainkban alkalmazott ipari robot esetében így oldották meg a tervezők a robot manipulátor vezérlését. A csuklók független szabályozását lokális számítógépek, pontosabban lokális ún. „slave” processzorok koordinálják.

Feladatuk a központi számítógéptől — nevezük „master” processzornak — kapott pozícióértékek alapján az egyes csuklók független szabá-

lyozása. Példaként nézzük egy a gyakorlatban megvalósított robot egyetlen csuklóját koordináló lokális szabályozó felépítését (lásd 3. ábra).

Vizsgáljuk meg a 3. ábrán látható szabályozó felépítését. Nézzük az egyenáramú motort leíró egyenleteket:

$$\Theta \cdot \ddot{\varphi} + f \cdot \dot{\varphi} = M_r - M_z$$

$$N(u) - c_1 \cdot \dot{\varphi} = R_r \cdot i_r + L_r \cdot \frac{di_r}{dt}$$

$$M_r = c_2 \cdot i_r \quad \text{--- } c_1, c_2: \text{konstans}$$

ahol Θ a motor tehetetlenségi nyomatéka, f a viszkózus súrlódása, φ a szögelfordulása. Az „ L ” index a terhelésre (Load) utal, míg „ r ” a rotort jelöli, „ M ” a nyomaték.

Áttétel:

$$\varphi = v \cdot q;$$

$$q = \frac{1}{v} \cdot \varphi$$

$$M_L = v \cdot Q_i$$

$$Q_i = Q_i^* + \bar{Q}_i$$

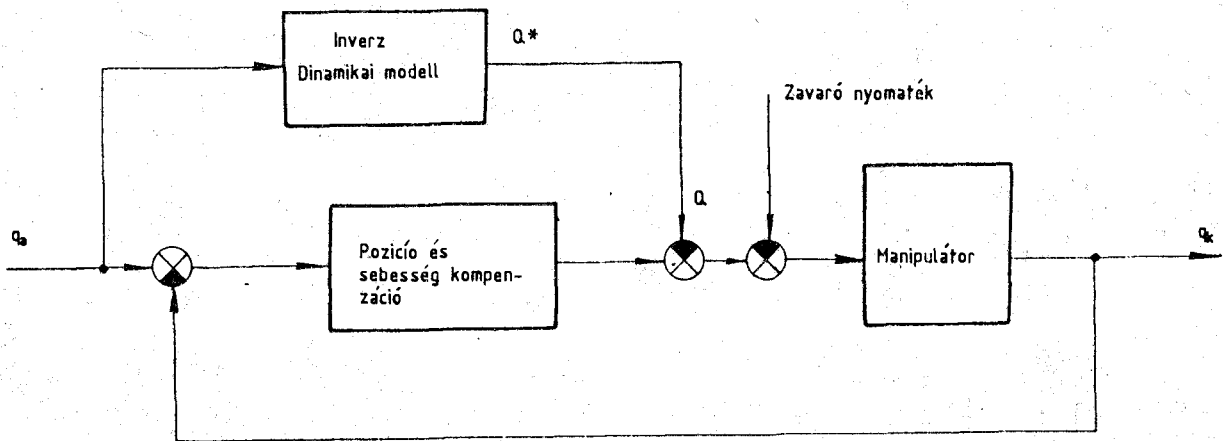
ahol \bar{Q}_i az i -dik kar tagtól származó nyomaték átlagértékét rendeli az i -dik beavatkozó szervhez. Ez az érték a megfogó terhelésétől és a trajektóriától függ. Q_i^* az átlagértéktől való eltérést és a csatolást fejezi ki, a szabályozás szempontjából zavaró jelnek minősül.

$$\Theta \cdot v \cdot \ddot{q} + f \cdot v \cdot \dot{q} = c_2 \cdot i_r - v \cdot Q_i$$

$$N(u) - c_1 v \dot{q} = R_r \cdot i_r + L_r \frac{di_r}{dt}$$

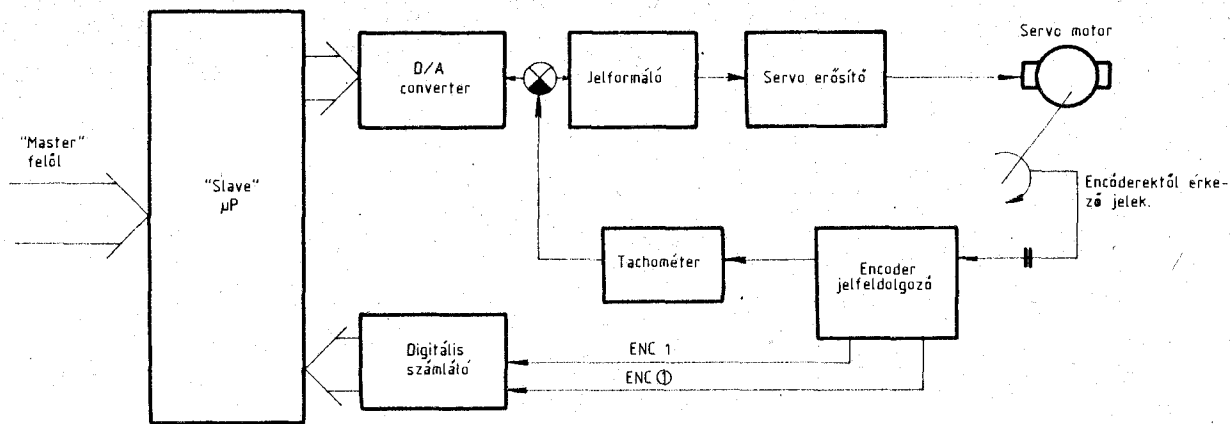
$$\ddot{q} = -\frac{f}{\Theta} \dot{q} + \frac{c_2}{\Theta v} i_r - \frac{1}{\Theta} Q_i$$

$$\frac{di_r}{dt} = -\frac{c_1 v}{L_r} \dot{q} - \frac{R_r}{L_r} i_r + \frac{1}{L_r} N(u)$$



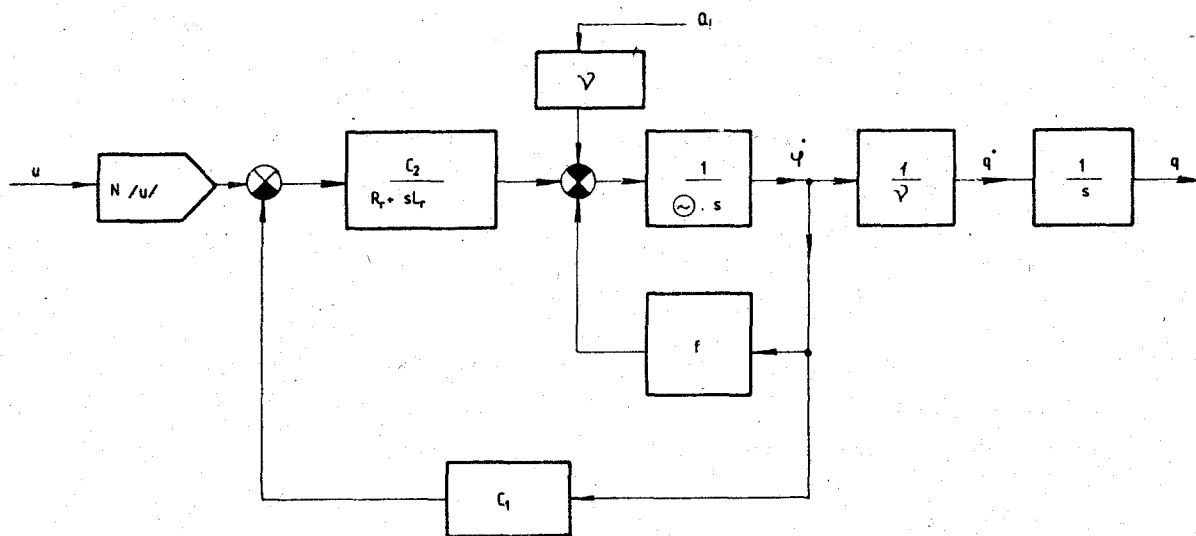
H344-2

2. ábra. Csuklósög-pozíciók és sebességek on-line visszacsatolt szabályozása



H344-3

3. ábra. A szabályozó fölépítése



H344-4

4. ábra. Kompenzálatlan rendszer bloksémája

Ebből adódóan a felnyitott kör $W_1(s)$ függvénye:

$$W_1(s) = \frac{c_2}{R_r + sL_r} \cdot \frac{1}{f + \Theta s} \cdot \frac{1}{vs} = \frac{1 + c_1 \cdot \frac{c_2}{R_r + sL_r} \cdot \frac{1}{f + \Theta s}}{c_2} \cdot \frac{1}{vs}$$

$$= \frac{c_2}{c_1 c_2 + (R_r + sL_r)(f + \Theta s)} \cdot \frac{1}{vs}$$

A kompenzálatlan rendszer a 2. ábrán látható. Ha a rotor inuktivitás elhanyagolható, akkor az állapot egyenlet:

$$\Theta v \ddot{q} + f v \dot{q} = \frac{c_2}{R_r} N(u) - c_1 v \dot{q} - v Q_i$$

$$\dot{q} = -\frac{f + c_1 c_2 / R_r}{\Theta} \cdot \dot{q} + \frac{c_2}{\Theta v R_r} N(u) - \frac{1}{\Theta} Q_i$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} q \\ \dot{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{f R_r + c_1 c_2}{\Theta R_r} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} q \\ \dot{q} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{c_2}{\Theta v R_r} \end{bmatrix} N(u) + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{\Theta} \end{bmatrix} Q_i$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -\frac{1}{\Theta} \end{bmatrix} Q_i$$

Tegyük fel, hogy $L_r \approx 0$, $C_1 \approx 0$ és vezessük be az

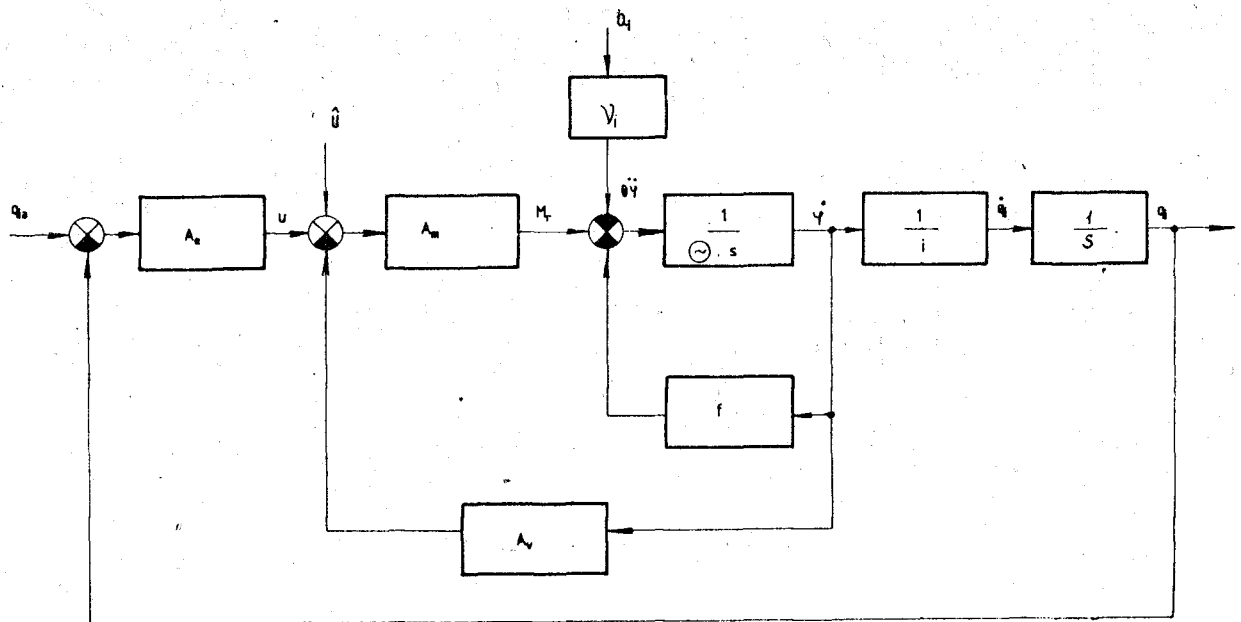
$$A_m = \frac{C_2}{R_r} \text{ jelölést.}$$

Végezzük a kompenzálást szervo erősítővel és tachometrikus visszacsatolással. A szabályozási kör sémáját a 3. ábrán láthatjuk. Az alapjelet q_{ia} jelöli, a szervo erősítő átviteli tényezőjét A_e , a tachometrikus visszacsatolást A_v jelöli.

A belső visszacsatolás $W_2(s)$ a felnyitott kör $W_0(s)$ átviteli függvényű.

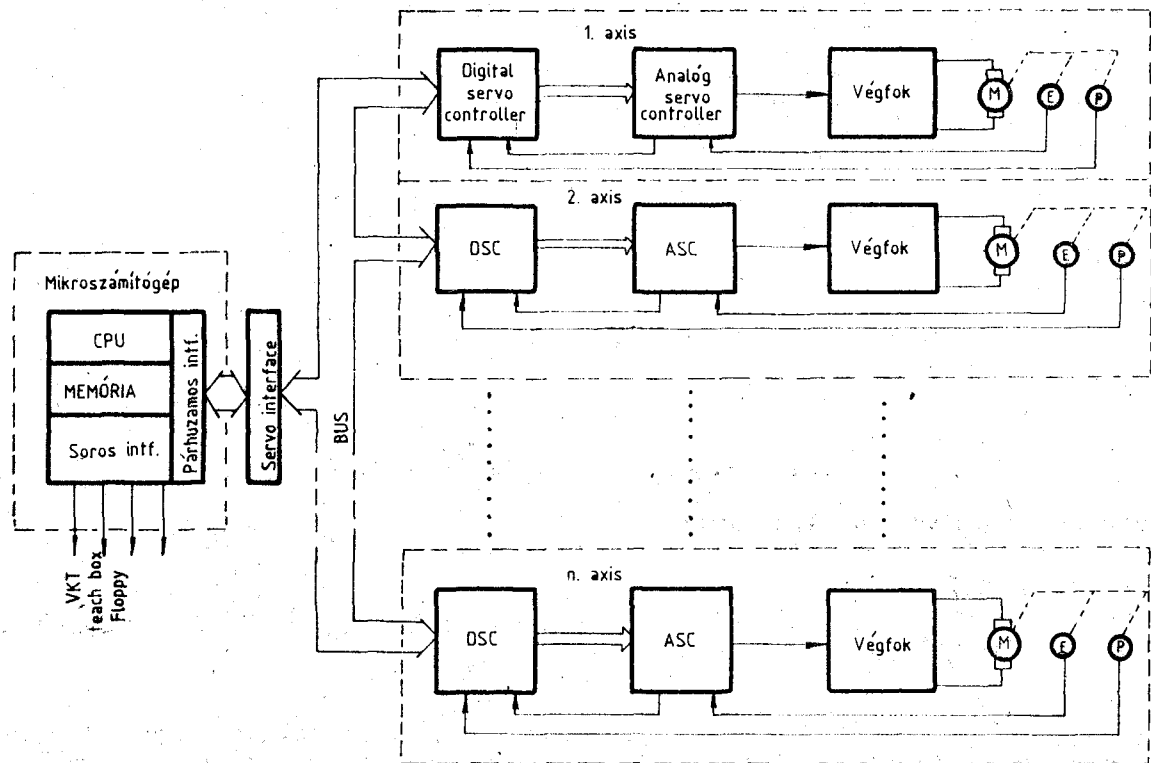
$$W_2(s) = \frac{A_m}{f + \Theta s} = \frac{A_m}{1 + \frac{A_v A_m}{f + \Theta s}} = \frac{A_m}{f + A_v A_m + \Theta s}$$

$$W_0(s) = \frac{A_e A_m}{(f + A_v A_m + \Theta s) v s} = \frac{k}{s(1 + s T_v)}$$



H 344-5

5. ábra. Szabályozási kör tachometrikus visszacsatolással



H 344-6

6. ábra. A vezérlőrendszer tömbvázlata

$$k = \frac{A_e A_m}{v_i (f + A_v A_m)}, \quad T_v = \frac{\Theta}{f + A_v A_m}$$

A zárt rendszer átviteli függvénye $W(s)$

$$W(s) = \frac{A_e A_m}{(f + A_v A_m + \Theta s) v_i s} = \frac{1}{1 + \frac{A_e A_m}{(f + A_e A_m + \Theta s) v_i s}}$$

$$= \frac{A_e A_m}{A_e A_m + v_i (f + A_v A_m) s + v_i \Theta s^2} = \frac{1}{1 + 2 \xi \tau s + \tau^2 s^2}$$

ahol

$$\tau = \sqrt{\frac{v_i \Theta}{A_e A_m}}$$

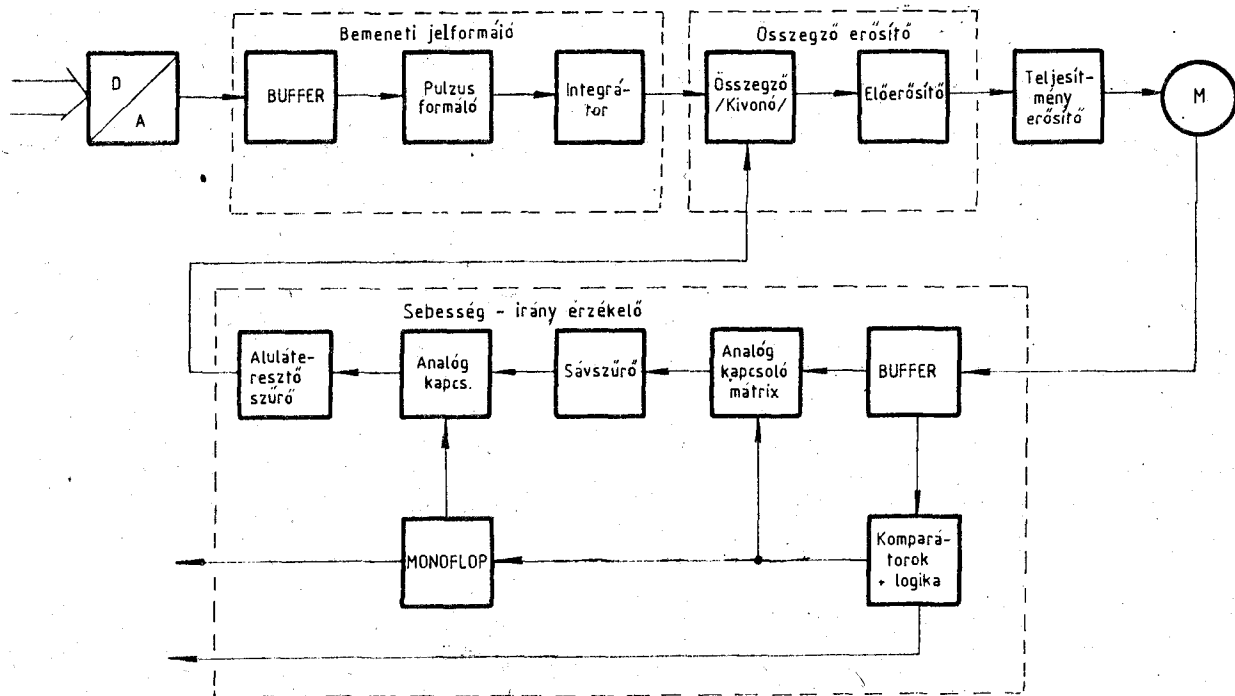
A zárt rendszer csillapítatlan sajátfrekvenciája ω_0 :

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau} = \sqrt{\frac{A_e A_m}{v_i \Theta}}$$

$$\xi = \frac{v_i(f + A_v A_m)}{A_e A_m}$$

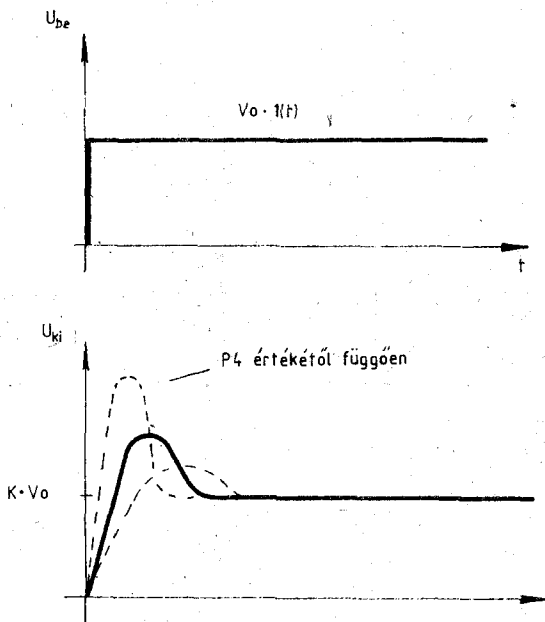
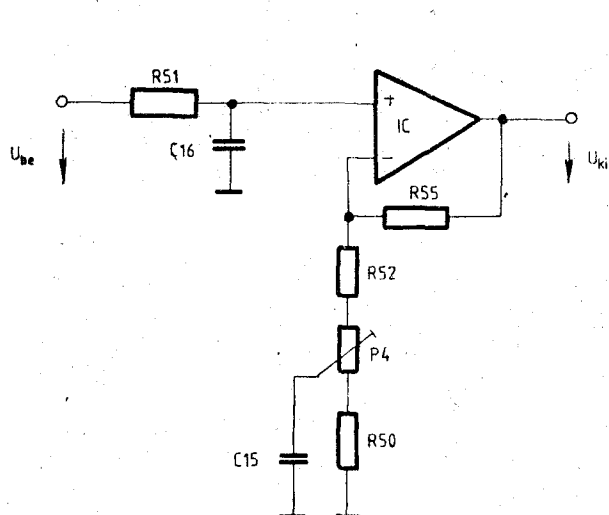
$$2 \cdot \sqrt{\frac{v_i \Theta}{A_e A_m}}$$

A zárt rendszer csillapítása ξ :



H 344-7

7. ábra. A teljes analóg blokkvázlat



H 344-8

8. ábra. Pulzus formáló áramkör

A gyakorlatban az ütközések elkerülése végett ξ értékét válasszuk meg a következőképp:

$$\xi \geq 1.$$

A szervoerősítő átviteli tényezője (A_e) és a tachometrikus visszacsatolás átviteli tényezője (A_v) értékét közelítsük a manipulátor mechanika rezonancia frekvenciájának mérésével, amely logikailag belátható, hogy terhelés függő. A káros lengések elkerülése végett legyen:

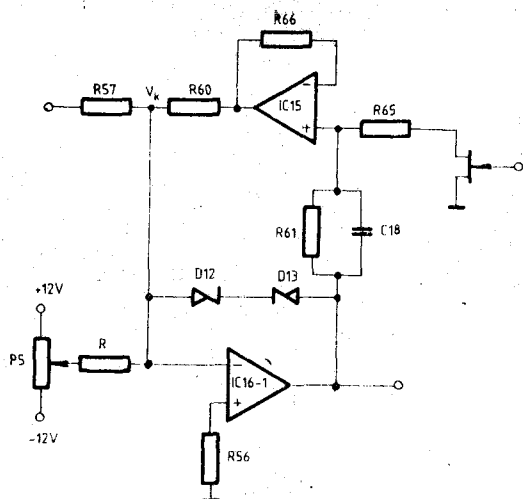
$$\omega_0 \leq 0,5 \cdot \omega_{struct}$$

ahol ω_{struct} a mechanika rezonancia frekvenciája.

(Ez az érték a gyakorlatban néhány hercz $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$, ahol $f_0 \approx 5$ Hz.)

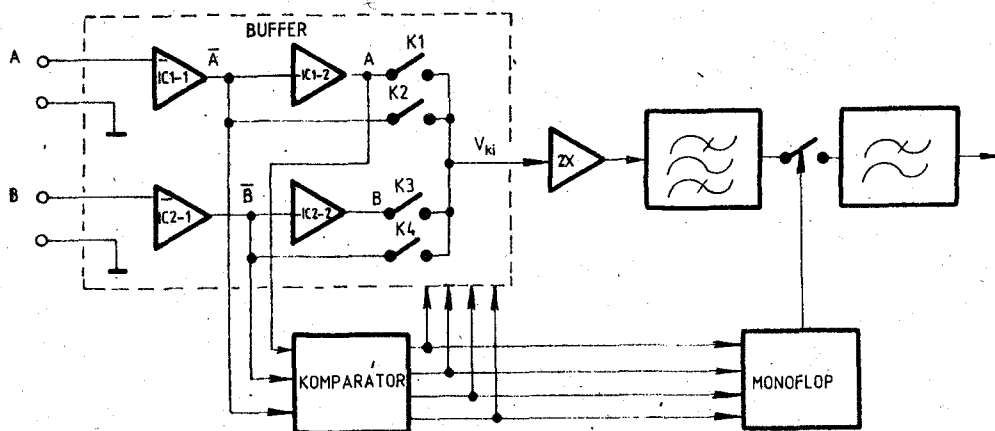
$$A_e \approx \frac{v_i \pi^2 \cdot f_{struct}^2 \cdot \Theta}{A_m}$$

$$A_v \approx \frac{2\pi \cdot f_{struct} \Theta - f_0}{A_m}$$



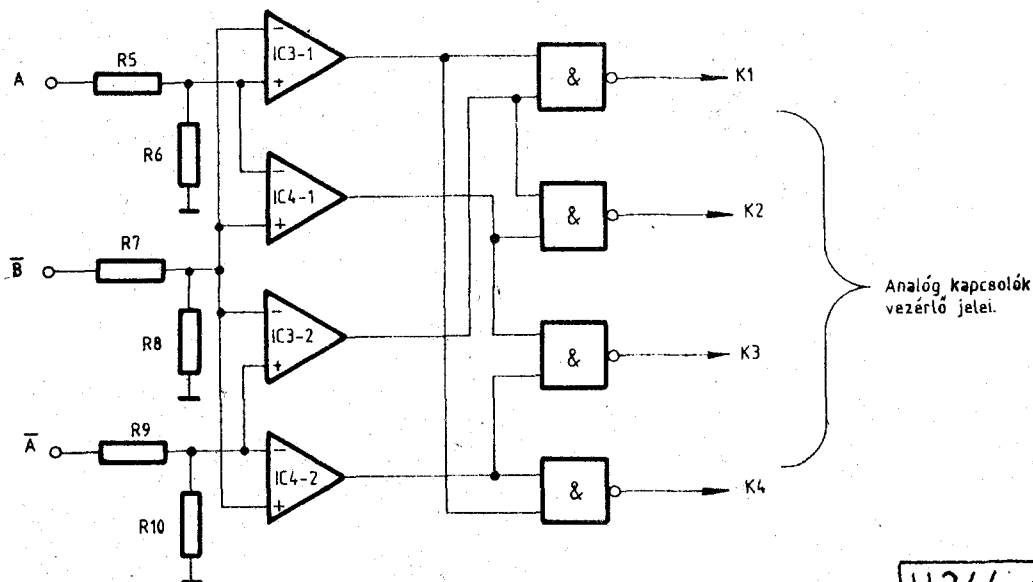
H344-9

9. ábra. Az integrátor kialakítása



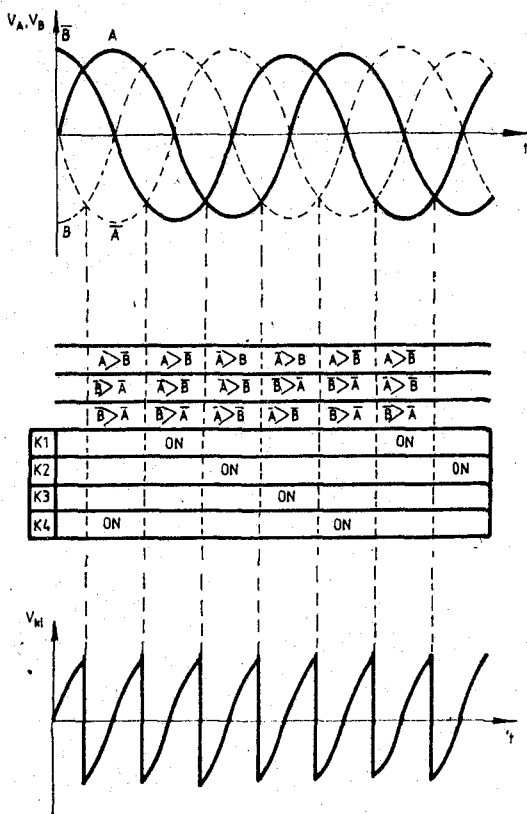
H344-10

10. ábra. Sebesség-irány érzékelő modul



H344-11

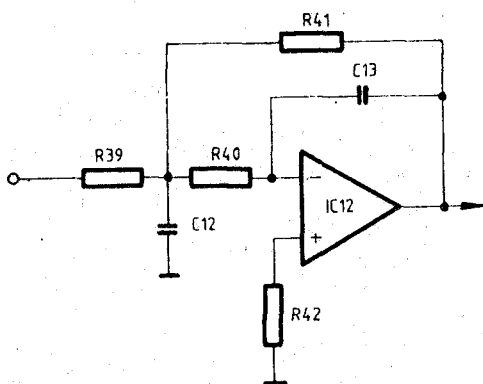
11. ábra. Komparátorok és kapcsolólógika



H344-12

12. ábra. A V_{kt} jel keletkezése negatív forgásiránynál („A” siet „B”-hez képest)

A szabályozó beállításakor A_e választható a rá vonatkozó egyenlőtlenség szerinti maximális értékre. A csillapított transzienshez vagy terhelés függően utánaállítjuk A_e értékét a rá vonatkozó egyenlőség szerint, vagy fix értékre állítjuk Θ_{max} -nak megfelelően. Ez maximális terhelés esetén megfelelő, kisebb terhelések esetén azonban a transziens túlcillapított és lassúbb lesz.



13. ábra. Az aluláteresztő szűrő és átviteli karakterisztikája

A megvalósított szabályozó rendszer

A robot egy szervo vezérelt rendszer, amelynek relatív pozíciója a kezdeti abszolút pozíció ismeretében meghatározható. Az egyes szervo-motorok tengelyeire szerelt potencióméterek szolgáltatják az illető kar abszolút pozíció adatait. Ezekre az adatokra csak a rendszer inicializálása esetén van szükség. Az inkrementális enkóderek, melyek szintén az egyes motorok tengelyeire vannak szerelve, adják a szervo-rendszer pozíció és sebesség jeleit. Az enkóderektől érkezett jelek alapján, valamint a központi vezérlőből érkezett pozíció adatok alapján meghatározható a pozíció vagy sebesség eltérés. Ennek segítségével képezi a szervo-vezérlő a korrekciós jeleket.

A szabályozókör minden motorhoz önállóan kiépített digitális és analóg részből áll (6. ábra). A digitális rész egy Z-80 bázisú mikroprocesszoros egység. Az analóg fokozat kimenetére kapcsolódik a végfokozat, amely a kisszintű vezérlőjelet megfelelő áram- és feszültségszintre erősíti. A végfokozat a meghajtó motor teljesítményétől függően lehet analóg vagy kapcsolóüzemű.

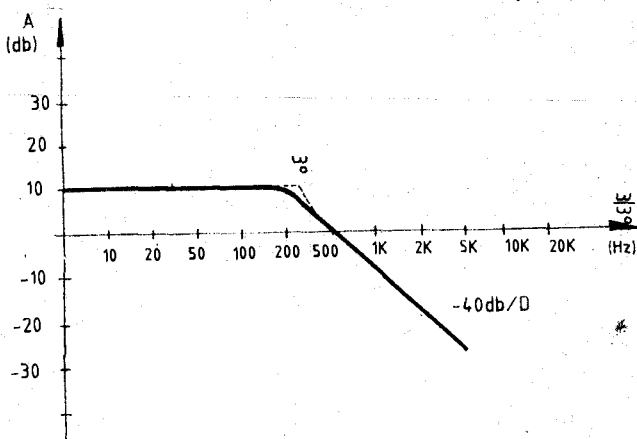
A cikk további részében részletesen ismertetésre kerül a szabályozókör analóg és digitális egysége.

A szabályozókör analóg egységének megvalósítása

Az analóg egység feladata a digitális rész felől érkező, a sebesség nagyságára és irányára vonatkozó információk összehasonlítása az enkóderből érkező tényleges értékekkel. Az összehasonlítás eredményeként keletkező korrekciós jel a végfokozat részére szükséges szintre való erősítése.

Bemeneti jelformáié modul

A DAC a digitális egység felől kap jeleket induláskor. A jelek információt tartalmaznak a sebesség nagyságára és irányára. Az indítás mint egysegűgrás jel jelentkezik a DAC kimenetén, nagysága a sebességgel arányos DC-feszültség, polaritása az irányra jellemző.



H344-13

A DAC kimenetéről a jel egy leválasztó fokozaton keresztül a bemeneti jelformáló áramkörre kerül. A jelformáló az egységugrásra jelentékeny túllövést biztosít. Ez nagy nyomatókat ad a motornak és gyors indítást tesz lehetővé, ugyanakkor leálláskor pedig jelentős a fékezés. A jelformáló egy neminvertáló műveleti erősítővel lett megvalósítva.

Az erősítő egyenáramú erősítése konstans:

$$K = 1 + \frac{R_{55}}{R_{52} + R_{50} + P_4}$$

Egységugrás bemenőjelnél a C_{15} kondenzátor kisöntöli az R_{50} és P_4 ellenállások vele párhuzamos részét. Így az erősítés a $t=0$ időpillanatban maximális. A „kemény” túllövés megakadályozása miatt a műveleti erősítő bemenetén egy aluláteresztő RC -tag van. Ez az egységugrás jelnél „lágy” feljutást tesz lehetővé, s így a túllövés is lágy lesz. A túllövés nagyságát P_4 osztásarányával lehet beállítani.

A sebességgel arányos jel a formáló áramkörből egy integrátor egységbe kerül. Ez a fokozat áramkörileg úgy van kialakítva, hogy egy analóg kapcsoló állásától függően vagy mint integrátor, vagy mint 10-szeres erősítésű invertáló erősítő működik. Az integrátor akkor működik, ha megállítási fázisra kerül sor. Ilyenkor a motor túllövés nélkül áll le. Ezért az integrátor töréspontja alacsonyra lett választva, amely jól illeszkedik a mechanikához. Ezen fokozat kimenete adja az összegző áramkör egyik bemenetét. A másik bemenet a sebesség-irány érzékelő modultól jön.

Sebesség-irány érzékelő modul

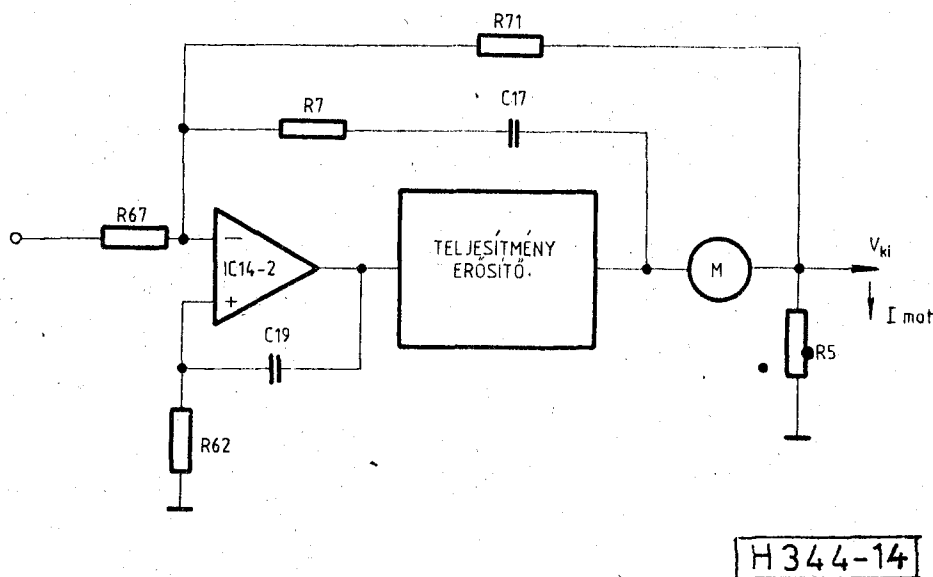
A beérkező fázisban eltolt jeleket az első fokozattal azonos szintre erősítjük, majd egy következő fokozattal fázisukat 180° -kal elforgatjuk. Az így

előállított jelek (A , \bar{A} , R , \bar{R}) analóg kapcsolókra és egy komparátornégyes bemenetére kerülnek. A komparátorok bemenetére 90° -os fázisokban eltolt jelek érkeznek. A komparát jelek a kapcsoló logikára kerülnek, amely vezérli az analóg kapcsolómátrixot és indítja a monoflopot. A kapcsoló logika úgy kapuzza össze a bemenetére érkező jeleket, hogy kimenetei sorrendben negyed periódusonként vezéreljék az analóg kapcsolómátrixot. A V_{ki} jel keletkezése negatív forgásiránynál („A” siet „B”-hez képest).

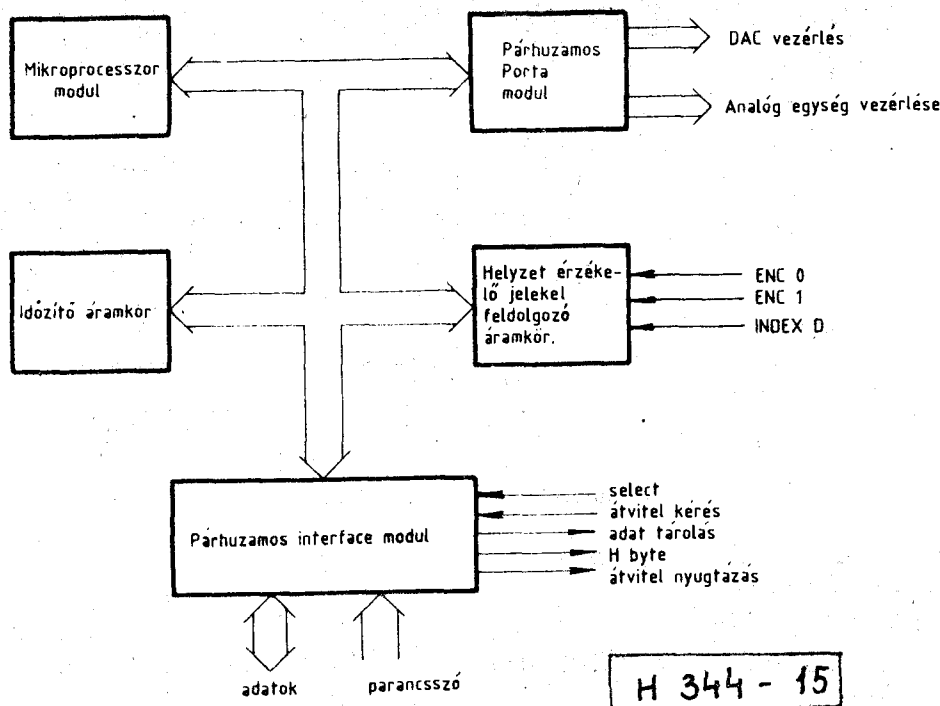
A kapcsolólogika felől érkező jeleket RC felüláteresztő szűrők megdifferenciálják. Az így keletkező tüskeimpulzusok diódákból kialakított négybemenetű VAGY kapura kerülnek.

Ezek az impulzusok indítják negyedperiódusonként a monoflopot. A monoflop kimenetén keletkező négyszögjel időtartama alatt a sávszűrő után lévő analóg kapcsoló tiltódik (lásd 8. ábra).

A sáváteresztő előtt egy neminvertáló erősítő helyezkedik el, amely az analóg kapcsolómátrix által kapcsolt jeleket (V_{ki}) erősíti kétszeresére. Az így felerősített jelek kerülnek a sávszűrőre. A sávszűrőn keresztül az időtartományban a negyedperiódusonként hasított szinuszos jelből feljutáskor a sávközi frekvenciához tartozó felharmónikusok jutnak tovább, egyébként a DC komponens. A DC-tartalom a sebességgel arányos információt hordozza. A sávszűrőt követő analóg kapcsolót a monoflop vezérli. Feladata a sávszűrő felől érkező sávközi frekvenciákhoz tartozó felharmónikus összetevők kikapuzása. Áramkörileg egy RC felüláteresztő szűrő ellenállásával van sorba kötve. A harmónikus összetevőktől mentes DC-jel tovább simítjuk egy aluláteresztő szűrővel. A szűrő elemeinek értékei Butterworth közelítéssel lettek kiszámolva, így az a maximálisan lapos amplitúdó karakterisztikát biztosítja. Áramköri kialakítása egy többszörös negatív visszacsatolású másodfokú szűrő.



14. ábra. Erősítő fokozat



15. ábra. A teljes digitális blokkvázlat

Összegző és előerősítő modul

Az összegező erősítő a bemeneti jelformáló modul és a sebesség irányérzékelő modul kimenő jeleit összegzi. Egy invertáló műveleti erősítővel lett megvalósítva. Az áramkör erősítése változtatható és offsetelhető.

Az előerősítő fokozat az összegző erősítóből érkező jeleket illeszti a teljesítményerősítő meghajtásához szükséges szintre. A motor felől az előerősítő egyenáramú áramvisszacsatolást és AC-feszültség visszacsatolást kap.

A teljes analóg rendszer egy EUROPA-kártyán lett elhelyezve. Tervezéskor döntő szempont volt, hogy a feladat a hazai félvezető és alkatrész választék felhasználásával legyen megoldva.

A szabályozó áramkör digitális egységének megvalósítása

A digitális egység feladata a központi mikroszámítógéptől kapott pozíció adatok alapján az egyes csuklók független szabályozása, a központi mikroszámítógép pillanatnyi pozícióra vonatkozó adatokkal történő ellátása. Egyetlen csukló mozgását koordináló lokális szabályozó elvi felépítése a 3. 3. ábrán látható.

A teljes digitális egység blokkvázlata a 15. ábrán látható.

A működtető software rövid leírása

Az egység működtető software három részre bontható:

1. A bekapcsolási inicializálás:

- a rendszerváltozók kezdeti értékkel való feltöltése,
- az analóg egység vezérlőjeleinek beállítása,

- az időzítő áramkör (CTC) felprogramozása,
- a párhuzamos interface modul alaphelyzetbe állítása,
- megszakítás engedélyezés.

2. A kommunikáció a központi mikroszámítógéppel:

Minden kommunikáció kérése megszakítást okoz a CPU-nak.

- A parancsszó beolvasása,
- a parancsnak megfelelő végrehajtó szubrutin meghívása,
- ha a motor meghajtással kapcsolatos parancs érkezett a parancs átadása a meghajtást felügyelő programrészeknek.

3. A motor felügyelete:

A felügyelő programrész végrehajtását az időzítő áramkör 1 msec-onként kórt megszakítása okozza.

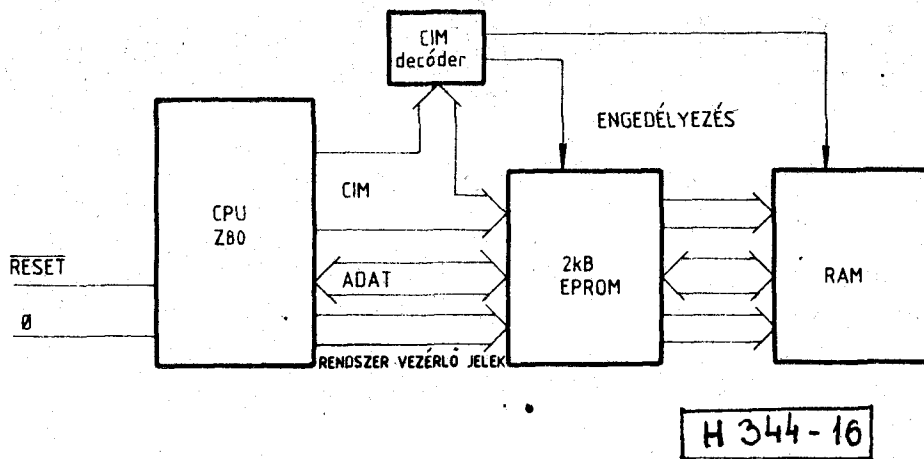
- beolvassa a motor pillanatnyi helyzetét,
- összeveti a célpozíció értékével és ha különbség van kiadja a megfelelő irányú és nagyságú meghajtást,
- megnézi, hogy kapott-e parancsot a kommunikációs programrésztől, ha igen végrehajtja.

A rendszer főbb moduljainak felépítése és működése:

— Mikroprocesszor modul

Magában foglalja az egység működéséhez szükséges software-t, ami egy 2 kB-os EPROM-ban van beégetve, a rendszer RAM-ot, ami a különböző adatok eltárolására szolgál az EPROM és a RAM működéséhez szükséges címdekódot, és természetesen a CPU-t, ami Z80 típusú.

A működéshez szükséges órajelet és bekapcsolási reset jelet a központi mikroszámítógéptől kapja



16. ábra. Mikroprocesszor modul

az egység. A többi modul a működéséhez szükséges vezérlőjeleket a CPU-tól kapja.

— Párhuzamos Porta Modul

Ez a modul egy 24-bites PIO, amely 3 db 8-bites portából áll. (i 8255)

Ezen modulon keresztül vezérli a rendszer a digitál-analóg átalakítót és az analóg egységet. Mivel a digitál-analóg átalakító 12-bites, így a három 8-bites portából kettőt lefoglal. A harmadikon keresztül a digitális modul engedélyező jeleket küld az analóg fokozathoz. Ezeknek a jeleknek a segítségével, FET kapcsolókon keresztül, az induláshoz és a leálláshoz szükséges nyomatékot tudjuk befolyásolni.

— Időzítő áramkör

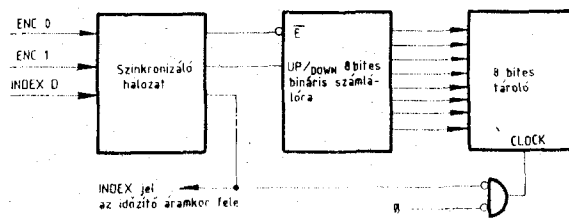
Ez egy Z80 CTC (MK 3883) aminek 4 csatornája van. Az egyes csatornákkal lehet előre programozott időnként interruptot (IT) generáltatni, ez a CPU órajeléhez van szinkronizálva. Egy másik üzemmódban interrupt controllerként is működ-tethető.

A rendszerben e két tulajdonsága alapján két feladatot lát el:

1. Meghatározott időnként interruptot kór a CPU-tól és az interrupt kiszolgáló rutin vezérli a motort és dolgozza fel a központi mikroszámítógéptől kapott adatokat.
2. A második feladata annak jelzése a szervo rendszer felé, hogy a motor már egyszer körbefordult.

— Helyzetérzékelő jeleket feldolgozó áramkör:

Ez egy alap logikai áramkörökből felépített hálózat, aminek a feladatai a következők:



H 344-17

17. ábra. Helyzetérzékelő modul

- a motor inkrementális érzékelőjétől érkező jeleinek a rendszerórajelhez való szinkronozása,
- így kapott jelek segítségével a motor-elmozdulás nagyságának a mérése bináris számlánc segítségével,
- a motor egyszeri körbefordulásakor az előbbi lánc értékének az eltárolása.

— Párhuzamos Interface Modul:

E modulon keresztül csatlakozik a rendszer a központi mikroszámítógép felé.

Feladatai:

- a központi mikroszámítógép parancsainak a továbbítása a CPU felé,
- az adatkommunikáció lebonyolítása a CPU és a központi egység között,
- ez a kommunikációhoz tartozó vezérlő jelek generálása és fogadása.

A teljes digitális rendszer az analóg rendszerhez hasonlóan egy EUROPA kártyán lett elhelyezve.