

Precizno hidravlično pozicioniranje s koprocesorskim modulom SPAC20

Janko Petrovčič¹, Igor Steiner², Boris Kramar²

¹Institut Jožef Stefan, Jamova 39, 1000 Ljubljana

²INEA d.o.o., Stegne 11, 1117 Ljubljana

janko.petrovcic@ijs.si, igor.steiner@inea.si, boris.kramar@inea.si

PRECISION HYDRAULIC POSITIONING BY THE USE OF THE SPAC20 CO- PROCESSOR MODULE

Abstract: A system for precision hydraulic positioning consists of the fast co-processing module SPAC20 and the UHPS software package. Velocity profiles are freely programmable by the use of up to 10 segments in each direction of travel. Profile generation is position based and gives very smooth movements. »Open« loop and closed loop positioning are possible. The system is well suited for blow-moulding and similar machines .

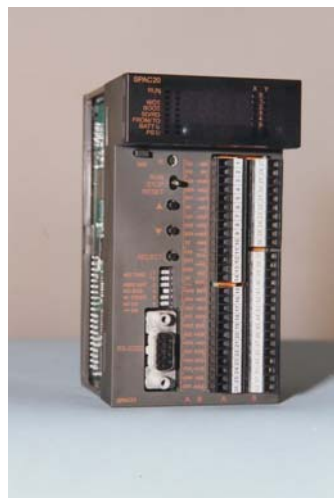
1 Uvod

Hidravlične sisteme v različnih strojih in napravah najpogosteje uporabljamo zato, da bi dosegli visoke sile, tlake in navore. Pogosto sta hitrost in natančnost pozicioniranja drugotnega pomena. V tem prispevku želimo predstaviti sistem za precizno in hitro pozicioniranje, ki smo ga zasnovali na uporabi koprocesorskega modula SPAC20. Sistem smo uspešno uporabili za hidravlična pozicioniranja na ekstruderskih strojih za izdelavo pihanih izdelkov, kjer je potrebno premikati voziček z orodjem, zapirati in odpirati orodje ter premikati vpihovalni trn. Tu je potrebno doseči potovalne hitrosti do 1000 mm/s, pozicionirati orodje z natančnostjo 0,1mm ali bolje, pri tem pa pri pospeških 10m/s^2 ali več operacije opraviti le z majhnim tresenjem stroja.

2 Zgradba pozicionirnega sistema

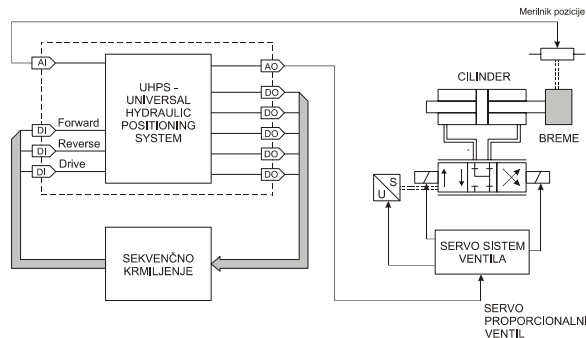
Hitro hidravlično pozicioniranje zahteva izvedbo pozicionirnega sistema s kratko periodo vzorčenja (1-2ms). Take hitrosti je mogoče doseči le z namenskimi servo-sistemi, zelo

težko pa s standardimi komponentami programirljivih logičnih krmilnikov, ki so sicer zelo pogosti gradniki avtomatizacije. Našo rešitev smo zgradili na osnovi koprocesorskega modula SPAC20, ki smo ga razvili za podobne zahtevne aplikacije. Skladen je s programirljivimi logičnimi krmilniki MELSEC AnS/QnAS firme Mitsubishi Electric. Ta koprocesorski modul (slika1) vsebuje lastne analogne in digitalne vhodno izhodne enote ter zmogljiv signalni procesor TMS320C32. Z njim je mogoče realizirati regulacijske algoritme s periodo vzorčenja do $80\mu\text{s}$.



Slika 1: Koprocesorski modul SPAC20

Za potrebe preciznega pozicioniranja smo razvili programski modul UHPS (Universal Hydraulic Positioning System). Ta programski modul je potrebno naložiti v pomnilnik koprocesorja SPAC20 in ga primerno aplikaciji konfigurirati. Celotni pozicionirni sistem pa je potrebno sestaviti tako, kot prikazuje slika 2.



Slika 2: Zgradba hidravličnega pozicionirnega sistema

V hidravličnem delu sistema sta bistvena elementa hidravlični cilindar z bremenom in servo (proporcionalni) ventil. Pozicijo bremena meri linearni merilnik pozicije (potenciometer, magnetostriksijska merilna letev). Signal merilnika je povezan na hitri analogni vhod modula SPAC20 z algoritmom UHPS. Ta preko hitrega analognega izhoda krmili servo ventil, ki dovaja pretok hidravličnega olja na eno ali drugo stran hidravličnega cilindra.

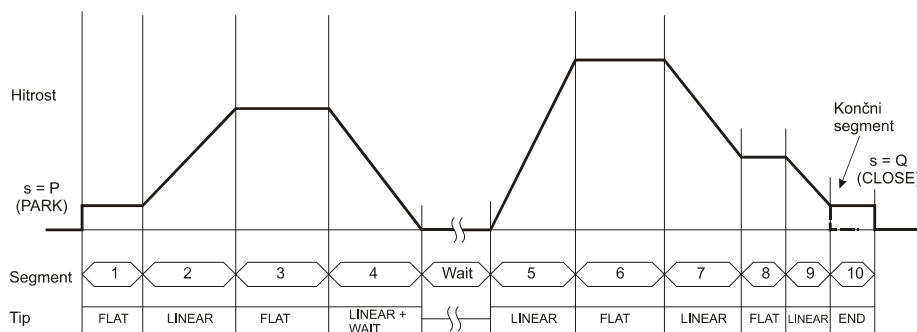
Algoritem UHPS je preko digitalnih vhodnih signalov (Forward, Reverse in Drive) povezan s sekvenčnim krmiljenjem, ki je realizirano v programu osnovnega procesorja programirljivega logičnega krmilnika. Ti signali so lahko posredovani preko lastnih digitalnih vhodov modula SPAC20 ali pa kot ukazi preko skupnega vodila. Sekvenčnemu krmilniku so na voljo tudi ostali signali algoritma UHPS in so tudi dostopni preko skupnega vodila. Sekvenčno krmiljenje upravlja s pozicionirnim sistemom UHPS in ga je mogoče poljubno programirati glede na potrebe konkretne aplikacije. Pri tem pa algoritem UHPS ostaja samostojen pri izvajanju zahtevnega in hitrega pozicioniranja.

3 Oblikovanje hitrostnih profilov

Hitrostni profil za potovanje hidravličnega cilindra sestavimo iz več segmentov glede na potrebe aplikacije. Posamezni segmenti so lahko različnih oblik, med njimi pa sta najuporabnejša linearni pospeševalni (zaviralni) segment ter segment s konstantno hitrostjo. Potovalne hitrostne profile uporabnik določi za napredujočo in povratno smer gibanja. Programski modul UHPS v standardni obliki omogoča določitev do 10 potovalnih segmentov v vsaki smeri, možna pa je tudi enostavna razšititev. Primer zahtevnejšega potovanja v napredujoči smeri prikazuje slika 3.

V tem primeru se potovanje v napredujoči smeri prične z namenoma izvedenim »odtrganjem« pri nizki hitrosti. Sledi pospeševanje do konstantne potovalne hitrosti, nato zaviranje do popolne zaustavitve, ko sistem čaka na ukaz za nadaljevanje vožnje (Drive). Nato sledi ponovno pospeševanje, konstantna hitrost, zaviranje z vmesno umiritvijo ter končna zaustavitev. Ta je lahko »mehka« na izbrani poziciji ali »trda«, ko se potovanje konča pri nizki hitrosti s trkom ob mehansko omejitvev.

Uporabnik sestavi potovalni profil tako, da za vsak segment določi tip segmenta, končno hitrost segmenta ter pozicijo, pri kateri se segment konča. Izbere tudi, ali se ob koncu segmenta potovanje začasno prekine (Wait). Pri kreiranju profila mu sistem pomaga tako, da avtomatsko izračunava potrebne pospeške in čase trajanja segmentov, kar olajša optimizacijo hitrostnega profila.



Slika 3. Primer sestavljanja potovalnega hitrostnega profila za napredujočo smer gibanja

V »odprtozančnem« pozicionirnem sistemu periodično merimo trenutno pozicijo s . Generator hitrostnega profila nato glede na trenutni hitrostni segment po enačbi (4) (če gre za linearen segment) izračuna potrebno hitrost v . Ta vrednost se nato pomnoži s faktorjem proporcionalnosti (K_f za napredujočo smer oz. K_r za povratno smer gibanja) in pošlje proporcionalnemu (servo) ventilu. Ta krmili pretok olja in premakne cilinder v zeleno smer.

»Odprtozančni« sistem s slike 5, ki ga je mogoče izvesti s programskim paketom UHPS, ima pri praktični uporabi dve pomembni prednosti:

- pomikanje cilindra z bremenom poteka izjemno gladko, kar se odraža z nizkim nivojem tresljajev stroja,
- uporabiti je mogoče cenejši proporcionalni ventil (servo ventil ni nujen).

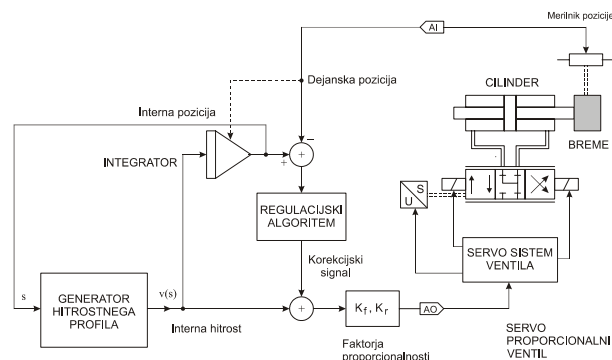
Ta sistem je še posebej priročen za gladko premikanje cilindra med dvema končnima točkama, kjer se gibanje konča z mehanskimi omejitvami. Ker pozicionirni sistem ne vsebuje dinamičnih elementov, stabilnost pozicioniranja ni problematična.

Žal pa ima »odprtozančni« sistem tudi nekaj pomanjkljivosti:

- ne omogoča preciznega pozicioniranja, saj je točka ustavitve odvisna od karakteristike ventila v okolici ničlišča,
- ponovljivost pozicioniranja je odvisna od konstantnosti bremena,
- zaradi puščanja ventila hidravlični cilinder počasi drsi v eno smer,
- čas potovanja je odvisen od trenutnih razmer v hidravličnem sistemu.

Prve tri pomanjkljivosti ne pridejo do izraza pri pozicioniranju med dvema končnima točkama.

Za precizno pozicioniranje zato potrebujemo servo regulacijo pozicije (zaprtozančni sistem). Tudi tak sistem je mogoče izvesti s programskim paketom UHPS, regulacijsko shemo za ta primer pa prikazuje slika 6.



Slika 6: Regulacijska shema zaprtozančnega pozicionirnega sistema

V zaprtozančnem pozicionirnem sistemu smo poskušali ohraniti bistveno prednost »odprtozančnega« – izjemno gladko pomikanje hidravličnega cilindra. To dosežemo tako, da pozicijska servoregulacijska zanka le korigira signal generatorja hitrostnega profila. Vodilni je namreč še vedno hitrostni signal, ki potuje kot naprejšnji (feed-forward) signal neposredno proti servo-proporcionalnemu ventilu. Korekcijski signal PID regulacijskega algoritma nato v omejenem obsegu poskuša zmanjšati razliko med interno izračunano pozicijo in dejansko pozicijo cilindra. Pri tem interno pozicijo izračunava integrator, ki integrira signal zahtevane hitrosti. Pri dobro kalibriranem sistemu so korekcije majhne, zato je lahko pozicioniranje zelo hitro in natančno.

Zaprtozančni pozicionirni sistem na ta način odpravi pomanjkljivosti »odprtozančnega«: ustavljanje v vmesnih točkah je bistveno natanjčnejše in ponovljivejše, puščanje ventila je kompenzirano in čas potovanja je ponovljiv. Uporabiti pa moramo bistveno dražji servo(proporcionalni) hidravlični ventil.

4 Uporaba algoritma UHPS za pozicioniranje pri ekstruderskih stojih

Pri ekstruderskih strojih za izdelavo pihanih izdelkov so običajno potrebna najmanj tri hidravlična pozicioniranja. V osnovni izvedbi je potrebno premikati voziček z orodjem, zapirati in odpirati orodje ter premikati vpihovalni trn.

Voziček z orodjem ima največjo maso, zato je »gladkost« premikanja izjemno pomembna.

Vsaka ostrejša sprememba hitrosti se namreč odrazi kot tresenje stroja z mnogimi neželenimi posledicami. Pri zapiranju orodja (ki ima tudi veliko maso) je zelo pomembna točnost pozicije in hitrosti, pri kateri se obe polovici orodja stakneta (ne smeta med seboj udariti!). Neprimerno premikanje vpihovalnega trna pa povzroči slabo oblikovanje polnilnih vratov plastenk. V vseh treh primerih pa je še posebej pomembna zanesljivost pozicionirnih sistemov. Ker vsa tri gibanja med seboj pokrijejo isti prostor, lahko pride do loma vpihovalnega trna in poškodbe orodja.

Sistem, zgrajen na osnovi enega koprocesorskega modula SPAC20 in algoritma UHPS je sposoben zanesljivo izvajati sočasno pozicioniranje na 4 hidravličnih sistemih.

Slika 7 prikazuje primer osnovnega zaslonskega prikaza pozicioniranja vozička pri sistemu za vodenje ekstruderskega stroja za izdelavo pihanih izdelkov. Inteligentni zaslon je povezan na procesno enoto programirljivega logičnega krmilnika, ta pa preko skupnega vodila črpa podatke o stanju pozicionirnega sistema. V obratni smeri posreduje ukaze operaterja in druge parametre za obratovanje. Glavni del prikaza je namenjen prikazu in vnosu spremenljivk izbranega pozicionirnega kanala, preostali del pa prikazuje stanje ostalih pozicionirnih kanalov in nekaj pomembnih veličin stroja.

Prikazani zaslonski prikaz je le eden izmed 6 zaslonskih prikazov, ki pripadajo k programskemu paketu UHPS. Ostali so še: alarmi in diagnostika, osnovne nastavitve, oblikovanje hitrostnih profilov, kalibracija in uglaševanje.

Za precizno pozicioniranje hidravličnega sistema je ključnega pomena kvaliteta hidravličnega sistema in še posebej servo (proporcionalnega) ventila. Bistveni pomen pa ima tudi natančna kalibracija sistema. Da bi izločili vpliv napak in nenatačnosti pri kalibraciji ter olajšali postopek in skrajšali

potreben čas, smo v sistem vgradili algoritem za (pol)avtomatsko kalibracijo pozicionirnega sistema. Zaslonski vmesnik, ki je pri tem operaterju v pomoč, je prikazan na sliki 8.

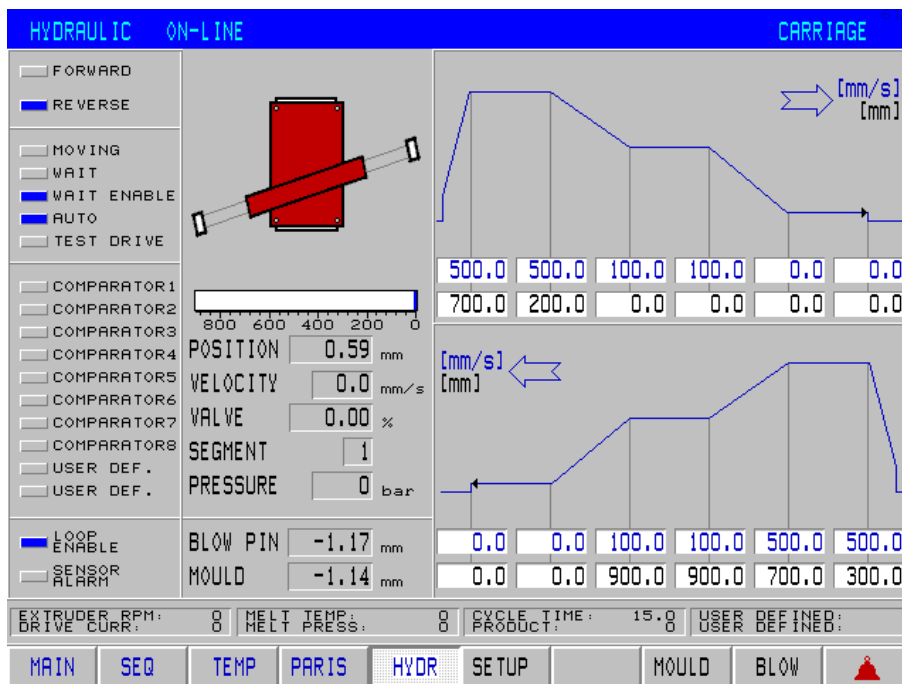
Kalibracija sistema je sestavljena iz dveh postopkov: statične in dinamične kalibracije. Pri statični kalibraciji se izmerita končni poziciji hidravličnega sistema. Pri tej operaciji operater s pritiskanjem na tipki PARK in CLOSE pripelje sistem v dotik z obema končnima točkama. Ko ju doseže, to potrdi s tipko CALIBRATE, ostali del postopka pa nato sistem opravi avtomatsko.

Pri postopku dinamične kalibracije, ki sledi, se izmeri razmerje med krmilnim signalom za servo ventil in dejansko hitrostjo sistema, nato pa izračuna faktorja proporcionalnosti K_f in K_r (glej sliki 5 in 6). Operater mora le sprožiti gibanje v eno in drugo smer. Sistem nato po enostavnem hitrostnem profilu prepelje hidravlični sistem iz enega konca na drugega, pri tem pa izmeri vse potrebne parametre. Uporabniku ni potrebno podajati drugih parametrov (npr. obeh presekov cilindra, pretočnosti servo ventila ipd.). Poda le, pri kateri nazivni odprtosti ventila želi sistem kalibrirati.

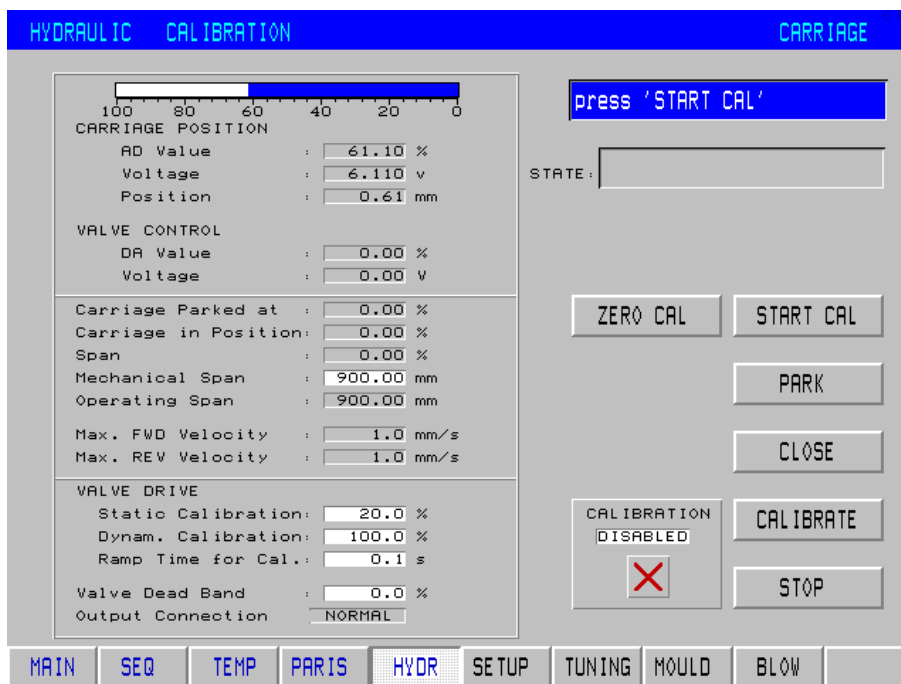
5 Zaključek

S koprocesorskim modulom SPAC20 in programskim paketom UHPS, ki ju integriramo v sestav standardnega programirljivega logičnega krmilnika je mogoče realizirati učinkovit sistem preciznega hidravličnega pozicioniranja. Z do 10 segmenti v vsaki smeri gibanja je mogoče rešiti tudi zahtevnejše pozicionirne naloge. Posamezni hitrostni segmenti so lahko odsekoma linearni ali eksponencialni.

»Odprtozančni« pozicionirni sistem omogoča izvajanje zelo »mirnega« potovanja hidravličnega cilindra, a ne dovoljuje visoke natančnosti pozicioniranja. Nasprotno pa zaprtozančni sistem omogoča visoko preciznost ob večjih stroških opreme.



Slika 7: Osnovni zasloni prikaz sistema za hidravlično pozicioniranje pri ekstruderskem stroju za izdelavo pihanih izdelkov (voziček)



Slika 8: Zasloni prikaz za pomoč operaterju pri izvajanju (pol)avtomatske kalibracije pozicionirnega sistema

6 Literatura

- [1] Universal Hydraulic Positioning System (For Blow Molding Extruder Machines), Programming Manual, INEA TD-00104-B, January 2003
- [2] Special Process Application Co-processor for High End Process Control and Special Process Applications SPAC20, HW and SW Manual, INEA TD-00100-D, June 2001
- [3] Plastic Molding Module (Inject, Clamp and Eject Mode), Cat.No. 1771QDC, Manual, Allen-Bradley
- [4] System Technology for Blow Molding Machines, TMC3, Operating Instructions, MOOG, A62351E, 1999