

NADJ Ištvan

KRIMER Miroljub

SEVER - Subotica

Magnetna polja br.6

ADAPTIVNA REGULACIJA ELEKTROMOTORNIH POGONA
ZA ALATNE MAŠINE SA NC I CNC UPRAVLJANJEM

ADAPTIVE CONTROL FOR DRIVES FOR TOOL MACHINES
WITH NC AND CNC CONTROL

Sadržaj

U radu je opisana regulacija elektromotornog pogona s motorima jednosmerne struje, glavnog i pomoćnih kretanja alatnih mašina sa NC i CNC upravljanjem. Za glavni pogon je opisana trofazna antiparalelna mosna sprega bez kružne struje sa adaptivnim strujnim regulatorom i dvozonskom regulacijom brzine, a za pomoćni pogon trofazna antiparalelna sprega sa srednjom tačkom i kružnom strujom, adaptivnim regulatorom brzine i dinamičkim ograničenjem struje.

Pored opisa adaptivne regulacije dat je način ostvarenja kompatibilnosti pogona s jedinicom za NC ili CNC upravljanje.

Abstract

This article describes control of drives with DC motors for main and feed drives on tool machines with NC and CNC control. Main drive consists of threephase antiparallel circuit without circulating current with adaptive current and speed control. Feed drive consists of three pulse antiparallel circuit with circulating current, adaptive speed control and dynamic current limiting.

Realization of compability between drive and unit with NC or CNC control is described besides adaptive control.

1. Uvod

Pogoni na alatnim mašinama dele se na glavne pogone, koji obezbedjuju energiju za proces obrade i pogone pomoćnih kretanja, koji obezbedjuju vremensku i geometrijsku spregu izmedju radnog predmeta i alata. Od oba pogona se zahteva mogućnost kontinualne regulacije brzine, veliko ubrzanje i usporenje i kratak odziv odnosno, kratko vreme reagovanja. Od pogona glavnog kretanja posebno se zahteva visoka snaga i mehanički moment, dok se za pogon pomoćnog kretanja uz realtivno malu snagu traži visoka dinamika, vrlo veliki opseg i tačnost regulacije brzine.

2. Pogon glavnog kretanja

Za pogon glavnog kretanja primenjuju se motori jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom i prinudnom ventilacijom pogodni za regulaciju brzine promenom rotorskog napona i slabljenjem polja. S obzirom, da pogon glavnog kretanja pretežno radi u oblasti konstantne snage, poželjno je da regulacija brzine slabljenjem polja bude vrlo široka, od 1:3 do 1:5. Zbog napajanja motora s valovitom jednosmernom strujom kompletan stator s glavnim i pomoćnim polovima je lameliran. Veći motori su izvedeni s kompenzacionim namotajem. Važno je napomenuti, da za stabilizaciju mehaničke karakteristike motora nije dozvoljena primena kompaundnog namotaja.

2.1 Koncepcija energetskog dela i regulacije

Energetski deo pretvarača je izveden u trofaznoj antiparalelnoj mosnoj sprezi bez kružne struje za napajanje armature i u punoupravljujivoj međufaznoj mosnoj sprezi za napajanje pobude motora.

Principijelna šema tiristorskog pretvarača s pripadajućom regulacijom i kontrolnom logikom predstavljena je na slici 1.

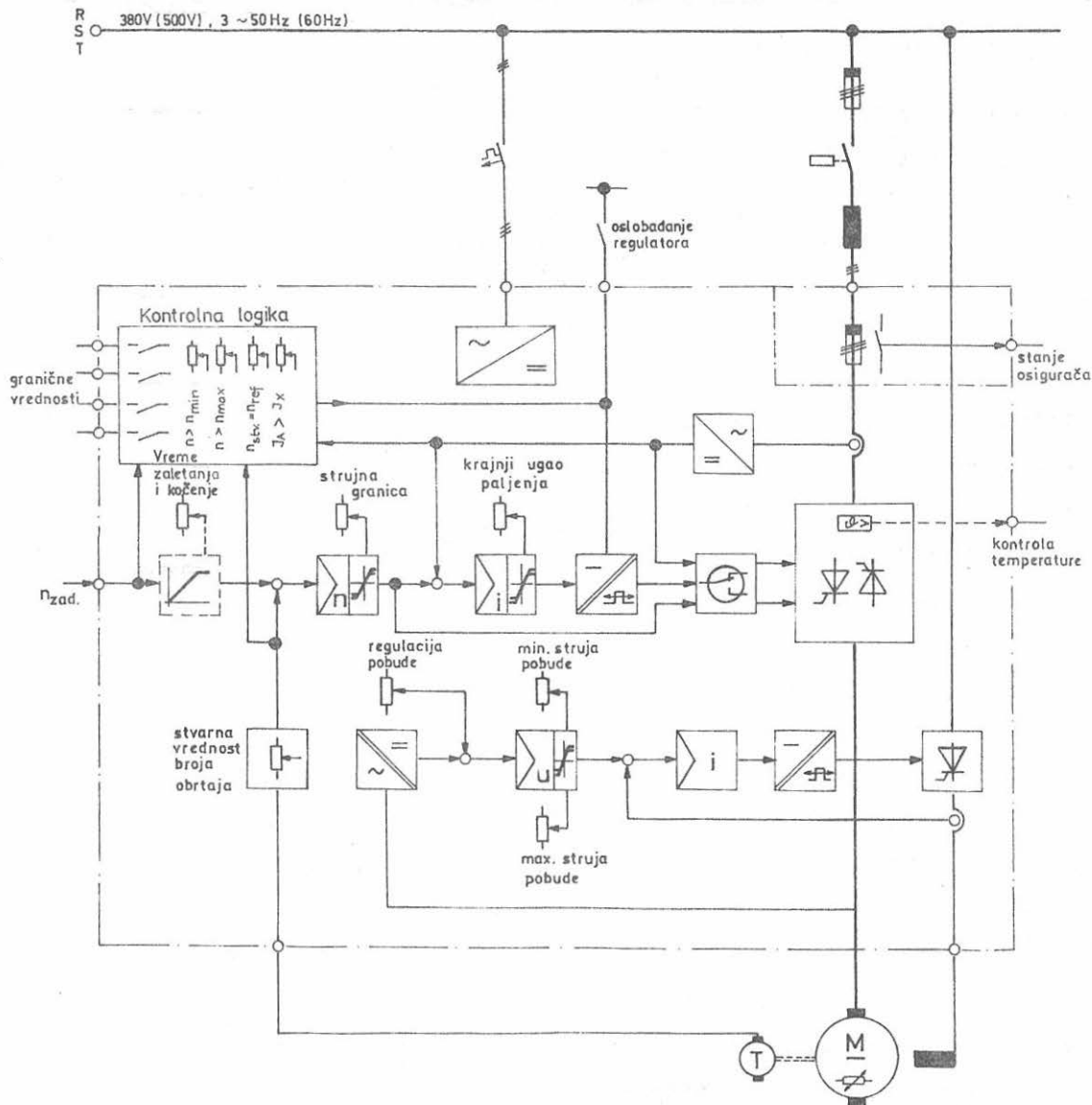
Pogon je predviđen za četvorokvadrantni režim rada. Regulacija motora je izvedena po brzini s podređenim regulatorom armaturene struje i regulatorom slabljenja polja koji je u funkciji napona armature s podređenim regulatorom struje pobude. Četvorokvadrantni rad se kontroliše pomoću preklapne automatike impulsa, koja na bazi promene znaka referentne armaturene struje vrši preklapanje impulsa između antiparalelnih mostova u bestrujnom stanju. Bezmomentna pauza motora kod dobro optimiranog sistema može se svesti na cca 5 ms.

Posebna kontrolna logika vrši dojavu minimalne i maksimalne brzine, zatim, trenutka završetka zaletanja - usporenja, to jest, trenutka izjednačenja stvarne brzine s referentnom a pored toga kontroliše i preopterećenje motora u stacionarnom režimu rada.

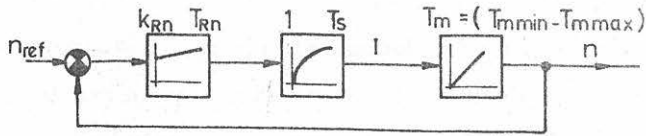
2.2 Regulator brzine i adaptivni regulator struje

Predstavljena struktura regulacije na slici 1. koncipirana je na bazi regulatora s konstantnim parametrima. Parametri i struktura objekta regulacije, s obzirom na vrlo širok dijapazon rada glavnog pogona se menjaju, te je kod nekih pogona potrebno primeniti adaptivnu regulaciju. Na promenu parametara i strukture objekta regulacije prvenstveno utiče promena momenta inercije radne mašine, promena fluksa motora i prelaz armaturene struje iz kontinualnog u isprekidano vodjenje. Promena

momenta inercije i slabljenja polja u pogledu regulacije direktno utiču na mehaničku vremensku konstantu motora, to jest, na regulacioni krug brzine. S obzirom da brzini glavnog pogona po pravilu nije nadređena druga veličina koja se reguliše, dovoljno je izvesti regulator brzine s konstantnim parametrima i optimirati ga po proširenom simetričnom optimumu.



Sl.1 Principijelna šema regulatora motora glavnog kretanja



$$T_{RN} = 4 \frac{T_{m \max}}{T_{m \min}} T_s$$

$$K_{RN} = \frac{T_{m \min}}{2 T_s}$$

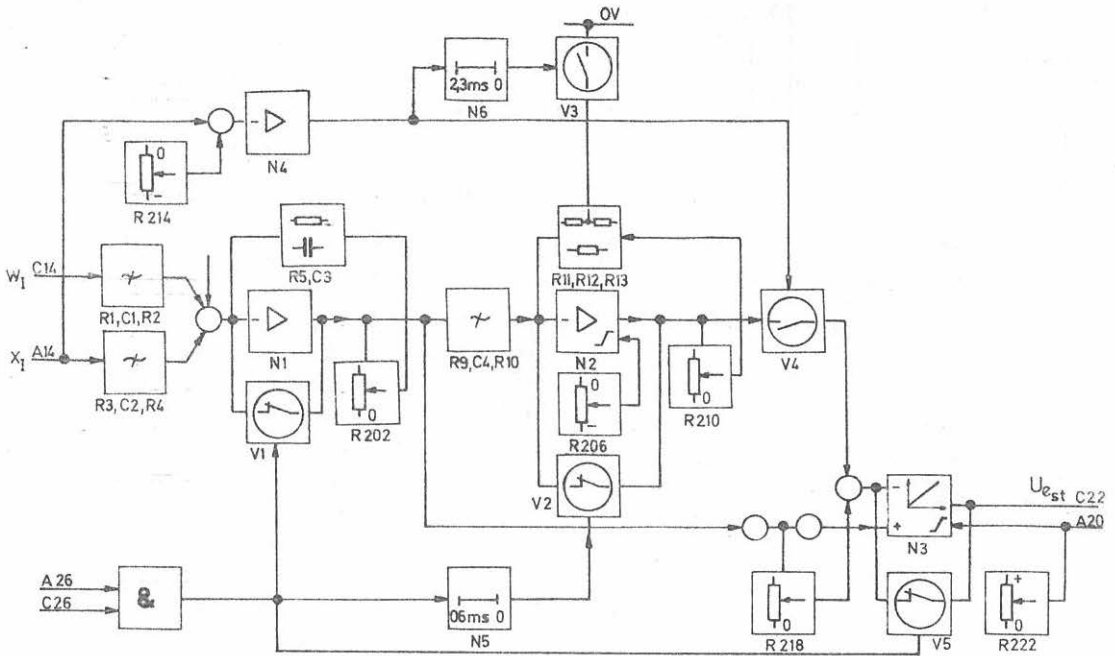
Sl.2 Optimiranje regulatora brzine

Tako optimiran regulator garantuje stabilnost brzine od režima rada motora sa punom pobudom bez radne mašine do režima sa minimalnom pobudom i maksimalnim momentom inercije.

Isprekidano vodjenje kao što je poznato utiče na promenu strukture strujne petlje. S obzirom, da za vreme strujne pauza prenosna funkcija motora ne deluje, ukupna prenosna funkcija objekta regulacije će biti $k(i, \alpha) e^{-pT_t}$, gde je T_t mrtvo vreme tiristorskog mosta a k pojačanje zavisno od struje i i ugla paljenja tiristora. Ako je regulator struje s konstantnim parametrima, zbog problema stabilnosti u oba režima, mora se optimirati prema neisprekidanoj struji. Medjutim, to dovodi do vrlo slabog odziva struje u isprekidanom vodjenju. Slaba dinamika u isprekidanom vodjenju naročito smeta kod četvorokvadrantnih pogona s antiparalelnim mostovima bez kružne struje. Zato se kod kvalitetnijih pogona glavnog kretanja primenjuje adaptivni strujni regulator.

Adaptivni regulator struje, s obzirom na promenu strukture objekta regulacije takodje treba da bude promenljive strukture PI_1 / I_2 . Hardverska implementacija takvog jednog regulatora predstavljena je na slici 3. Struktura PI_1 se primenjuje u režimu kontinualne struje s tipičnim vrednostima za pojačanje $K_p = (0, 1-0, 5)$ i za vremensku konstantu integraljenja $T_I = (5-20)$ ms. Parametri regulatora PI_1 su izvedeni pomoću pojačivača N1 i neinvertujućeg PI regulatora N3. Pojačanje i i vremenska konstanta se nezavisno podešavaju potencijometrima R 202 i R 218. Ako rotorska struja predje iz kontinualnog u isprekidanu oblast, pojačavač N4 uključi tranzistore sa efektom polja V4 a sa vremenskim zatezanjem i V3. Tako se na invertujućem ulazu pojačavača N3 pojavljuje pojačani invertovani signal iz N1, koji s faktorom pojačanja smanjuje vremensku konstantu pojačavača N3. Pojačavač N2 po uključenju radi sa pojačanjem od 2 - 10, a nakon 2, 3 ms sa pojačanjem 12-60, što se može podesiti pomoću potencijometra R 210.

Izlazni signal pojačavača N2 se može ograničiti pomoću potencijometra R 206. Tako

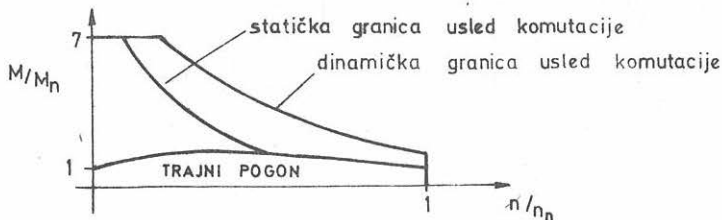


Sl.3. Adaptivni regulator struje

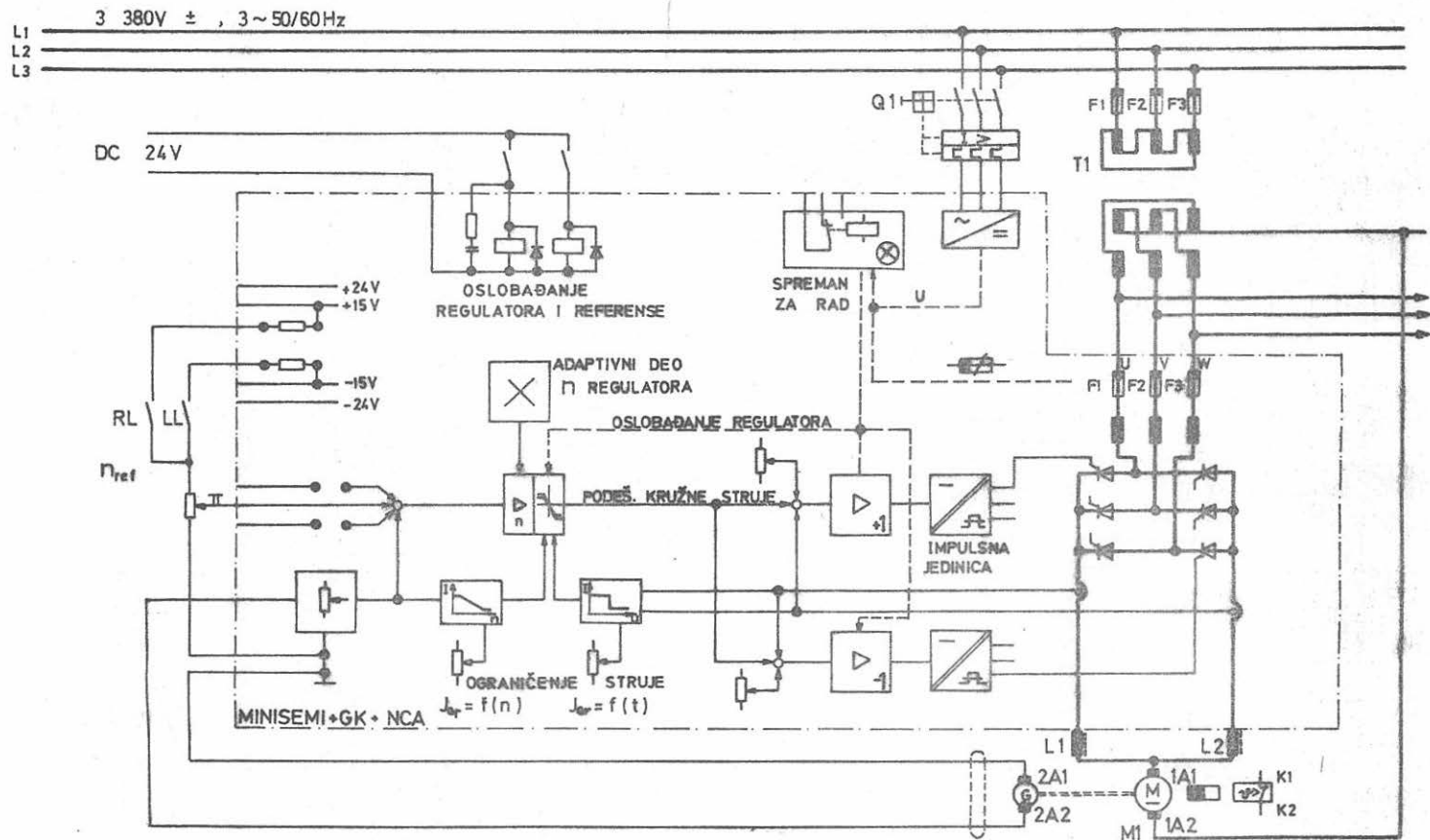
izveden regulator brzine omogućava potpuno nezavisno optimiranje regulatora struje u oba režima rada.

3. Pogon pomoćnog kretanja

Motori pomoćnog kretanja su motori jednosmerne struje s pobudom pomoću permanentnih magneta s malim momentom inercije rotora i velikim faktorom preopterećenja. Preopterećenje motora se kreće od desetostrukog nominalnog momenta s tim da je ograničeno vremenski na cca 200 ms i opada s porastom brzine.



Sl.4 Radna zona motora pomoćnog kretanja



Sl. 5 Principijelna šema regulatora motora pomćnog kretanja

3.1 Konceptija energetskog dela i regulacije

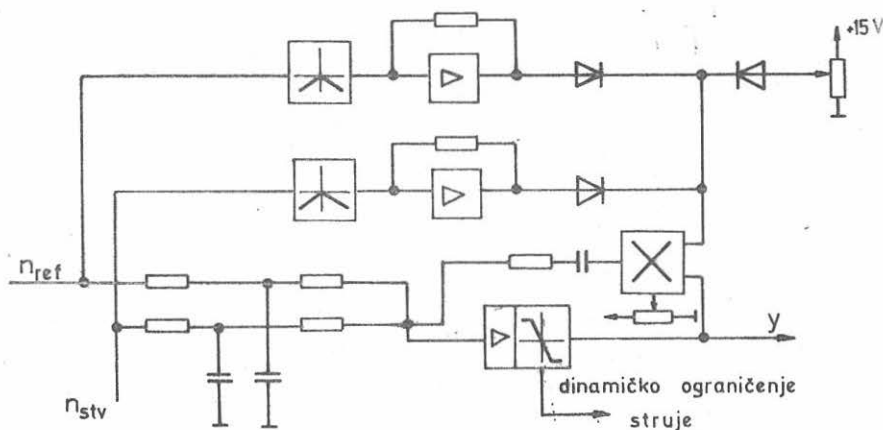
Na slici 5. predstavljena je principijelna šema tiristorskog regulatora pogona pomoćnog kretanja. Energetski deo ispravljača je izveden u trofaznoj antiparalelnoj sprezi sa srednjom tačkom i kružnom strujom. Za ograničenje kružne struje predviđene su prigušnice L1 i L2.

Elektronika za ograničenje kružne struje izvedena je tako, da pri nazivnoj struji uredjaja potpuno potisne kružnu struju. Kružna struja raste u funkciji smanjenja struje aktivnog usmerivača tako da u trenutku promene smera struje kroz motor poraste na 15% nominalne struje uredjaja. Takav način prigušenja kružne struje omogućava iskorišćenje celokupne snage tiristorskog uredjaja za napajanje motora uz preklapanje momenta motora praktično bez pauze.

3.2 Regulator brzine

Regulacioni deo uredjaja je izveden adaptivnim regulatorom brzine s dinamičkim ograničenjem izlaza. Izlaz regulatora brzine se direktno vodi sa suprotnim znacima na impulsne jedinice antiparalelnih tiristorskih usmerivača, koji pak poseduju dinamičko ograničenje kružne struje. Ograničenje izlaza regulatora brzine je tako izvedeno da omogućava preopterećenje motora za cca 200 ms i smanjuje strujnu granicu u funkciji brzine. Tako izveden sistem ograničenja omogućava optimalno iskorišćenje radne zone motora.

Adaptivni regulator brzine je primenjen u cilju postizanja stabilnosti brzine do opsega regulacije 1: 10.000 i radi na principu povećanja pojačanja regulatora pri malim brzinama motora. Na slici predstavljen je adaptivni deo regulatora brzine.



Sl.6 Adaptivni regulator brzine

Ulaz zadane vrednosti oslobadjanje regulatora i pogonska spremnost su prilagođeni za spregz sa NC upravljanjem. Tako koncipiran sistem adaptivne regulacije s NC kompatibilnim upravljanjem čini uređaj pogodnim za nadredjenu regulaciju iz upravljačke jedinice alatne mašine.

4. Zaključak

U članku su opisane osnovne osobine regulisanih pogona alatnih mašina sa numeričkim upravljanjem sa akcentom na primenu adaptivne regulacije kod tih pogona.

Literatura

- [1] I. Langholf u.E. Raatz: "Geregelte Gleichstromantriebe", Berlin, Elitera Verlag, 1977.
- [2] M. Krimer: "Elektromotorni pogoni sa regulacijom brzine obrtanja za savremene alatne mašine", III jugoslovensko Savetovanje o energetskejoj elektronici, Zagreb, 1978.