

RJEŠENJE UPRAVLJANJA I REGULACIJE BRZINE VRTNJE
VALJAČKOG MOTORA REKONSTRUIRANOG POGONA I GRUBE
VALJAČKE PRUGE Ø 800 U RMK-ZENICI, ŽELJEZARA
ZENICA

Marijan Gradinščak, "Rade Končar - RO Indu-
strijska elektronika"

SAŽETAK

U ovom članku opisano je rješenje upravljanja i regula-
cije brzine vrtnje valjačkog motora pogona I grube valjačke
pruge Ø 800 u RMK-Zenica. Upravljanje i regulacija brzine vrt-
nje valjačkog motora je kombinirana s međusobno zavisnim uprav-
ljanjem naponom armature i strujom uzbude.

The article presents a solution to control and regula-
tion of the speed of the rolling motor of the reconstructed
drive I of a rough rolling mill Ø 800 in RMK - Zenica. Control
and regulation of the rolling motor speed is combined with the
mutually dependent control armature voltage and excitation
current.

UVOD

Za pokretanje blok stana i profilnih stanova pogona I
grube valjačke pruge Ø 800 služi valjački istosmjerni motor
koji se napaja iz Ilgner pretvarača. Ilgner pretvarač se sa-
stoji iz pogonskog asinhronog motora, dva jednaka istosmjerna
generatora i upuštača, odnosno ograničivača struje opterećenja
asinhronog motora. Generatori su vezani u seriju i priključeni
na valjački istosmjerni motor. Gruba pruga građena je 1937.
godine i do danas nije mijenjala električni dio glavnog pogona.
Ovo rješenje je u doba izgradnje bilo uobičajeno tehničko rje-
šenje za ovakve pogone i tadašnje mreže. Od postojećeg elektri-
čnog dijela postrojenja zadržan je Ilgner pretvarač i valjački
motor. Rekonstrukcijom je izvršena zamjena starih rotacionih
uzbudnih grupa za valjački motor i istosmjerne generatore s
novim tiristorskim uzбудnim sklopovima, zamjena dosadašnje
opreme upravljanja, regulacije, zaštita, mjerenja i signaliza-
cije. Objekt regulacije je valjački motor nominalne snage
2760 kW. Osnovna brzina vrtnje valjačkog motora iznosi 55 o/min
a maksimalna 120 o/min. Upravljanje brzinom vrtnje do osnovne

brzine vrši se naponom armature, a zatim do maksimalne strujom uzbude (poljem).

PODACI MAŠINA GLAVNOG POGONA

a) Asinhroni motor

3500 kW, 5000 V, 465 A, 740 o/min, $\cos = 0,88$
Rotor; 1560 V, 1400

b) Istosmjerni generatori

2000/6200 kW, 600 - 735 - 750 o/min, 615 V
3200/10000 A; uzbuda 0-500 V, 60 A maksimalno

c) Istosmjerni motor

0 ± 1230 V; 2420/8200 A; 2760/8450 kW
0 ± (55-120) o/min; uzbuda 220V, 180 A

UPRAVLJANJE I REGULACIJA BRZINE VRTNJE VALJAČKOG MOTORA

Blok shema upravljanja i regulacije brzine vrtnje prikazana je na slici 1 i 2.

Upravljački uređaj

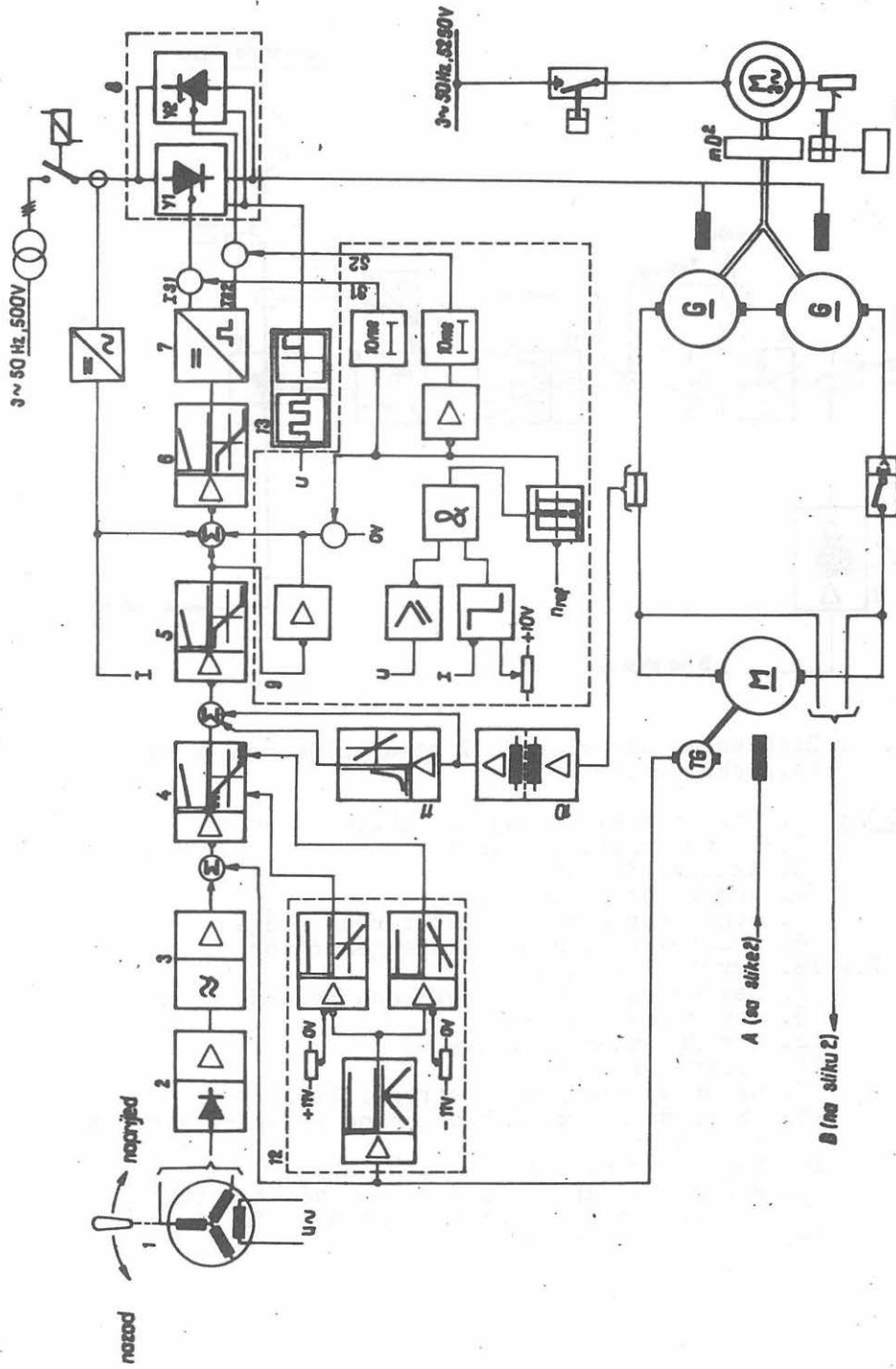
Upravljanje pogonom vrši se preko upravljačkog uređaja (induktivni davač) smještenog u komandni pult na bini. Promjenom položaja upravljačke ručice daje se nalog za zalet, kočenje i reverziranje brzine vrtnje valjačkog motora. Zavisno o kutu pomaka upravljačke ručice izmjenični izlazni napon induktivnog davača mijenja se linearno. Za isti kut pomaka upravljačke ručke iz nultog položaja naprijed ili nazad efektivne vrijednosti izlaznog napona induktivnog davača su iste, no fazni pomaci između napona su 180 stupnjeva.

Fazno-osjetljivi ispravljač

Izmjenični napon dobiven iz induktivnog davača ispravlja se preko fazno-osjetljivog ispravljača tako da zavisno o smjeru pomaka i veličini kuta pomaka upravljačke ručke dobivamo istosmjerni napon određenog predznaka i veličine.

Aktivni filter

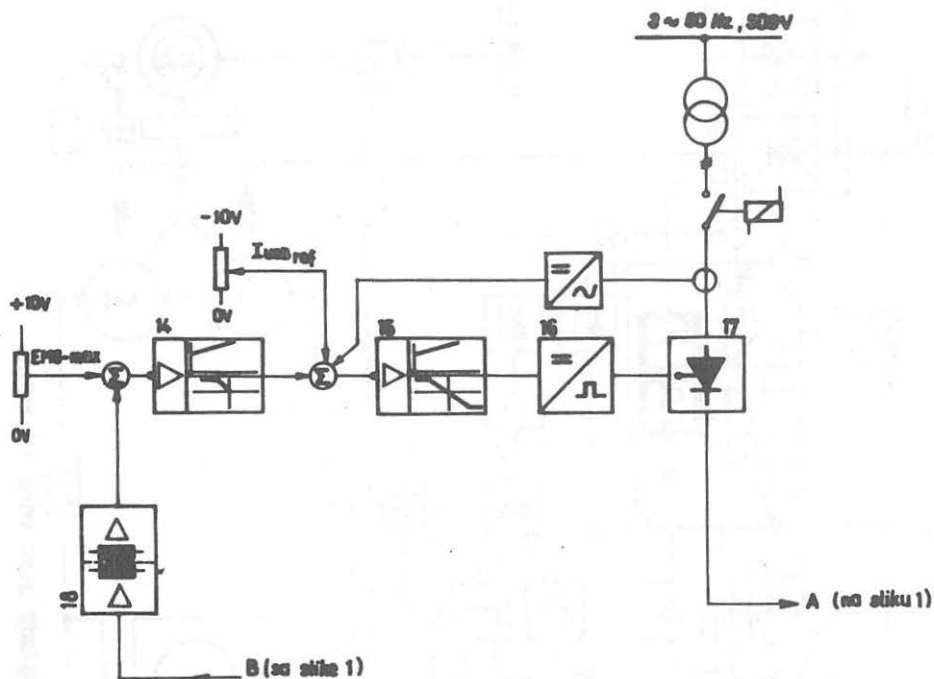
Istosmjerni napon dobiven iz fazno-osjetljivog ispravljača sadrži izmjeničnu komponentu napona koja se filtrira



Sl. 1. Blok shema upravljanja i regulacije brzine vrtnje voj. motora

A (sa slike?)

B (na sliku?)



Sl. 2. Blok shema upravljanja i regulacije brzine vrtnje valjačkog motora

- LEGENDA:**
1. Upravljački uređaj (induktivni davač)
 2. Fazno-osjetljivi ispravljač
 3. Aktivni filter
 4. Regulator brzine vrtnje
 5. Regulator struje u armaturnom krugu
 6. Regulator uzbudne struje generatora
 - 7.i 16. Impulsni uređaj
 8. Usmjerivač u antiparalelnom mosnom spoju
 9. Reverziona logika
 10. Strujni mjerni pretvarač
 11. Derivator
 12. Sklop za promjenjiv strujni limit
 13. Sklop za mjerenje blokiranog i zapornog napona tiristora
 14. Regulator napona
 15. Regulator uzbudne struje valjačkog motora
 17. Usmjerivač u trofaznom mosnom spoju
 18. Mjerni pretvarač za napon

preko aktivnog filtera. Izlazni napon iz aktivnog filtera je referenca brzine vrtnje valjačkog motora.

Regulator brzine vrtnje

Uzbudni namoti istosmjernih generatora spojeni su paralelno (prijašnje stanje) i napajaju se iz niskonaponske mreže ($3 \sim 50$ Hz, 500 V) preko transformatora i dvosmjernog tirstorskog usmjerivača u antiparalelnom mosnom spoju bez kružnih struja. Brzina vrtnje valjačkog motora se reverzira promjenom polariteta napona generatora, odnosno promjenom smjera uzbudne struje. Do osnovne brzine vrtnje upravljanje i regulacija brzine vrtnje vrši se naponom armature, a do maksimalne strujom uzbuđe motora. Pomakom upravljačke ručice iz nultog položaja preko prije navedenih sklopova postavlja se referenca regulatoru brzine vrtnje. Informacija o stanju regulirane veličine tj. brzine vrtnje dovodi se na ulaz regulatora brzine vrtnje preko mjernog člana (tahogenerator).

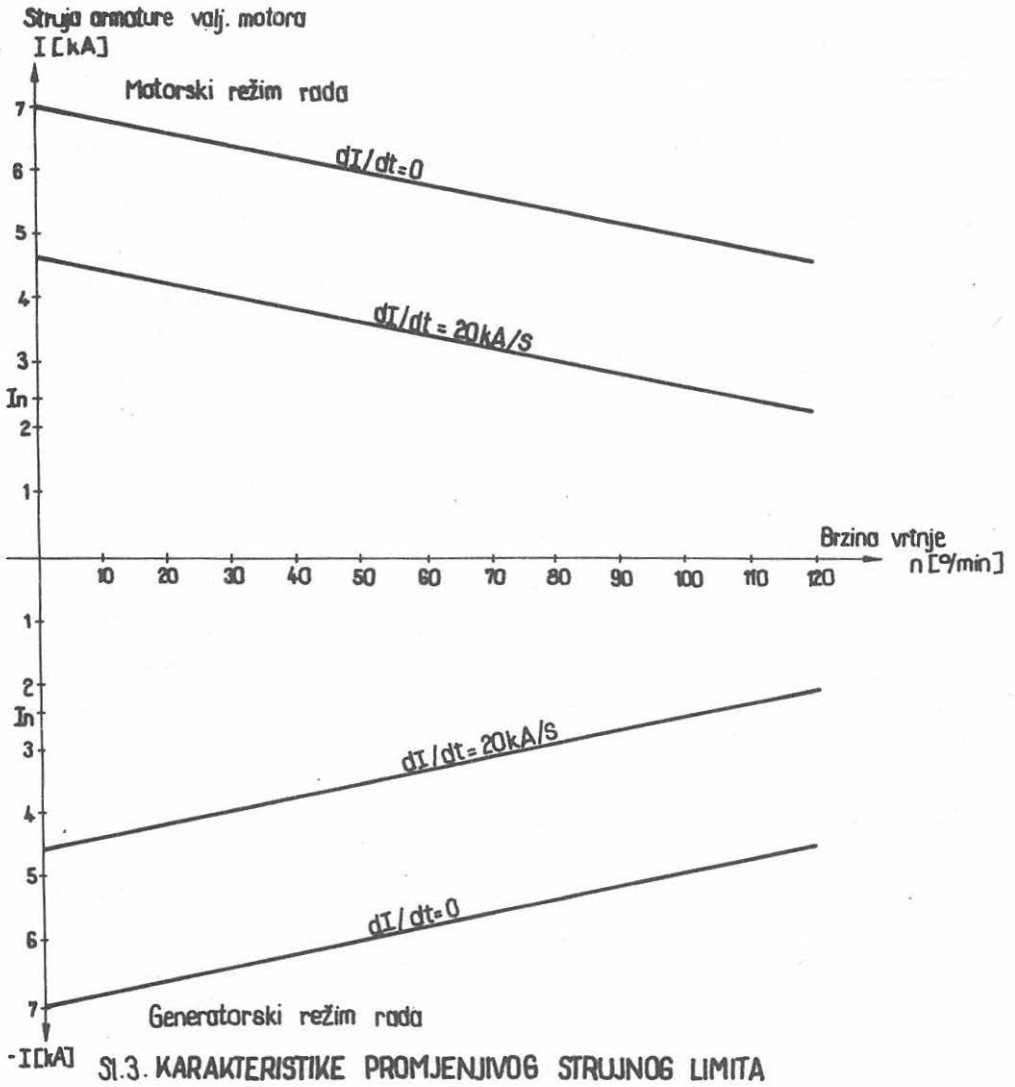
Na osnovu reference i informacije o stvarnoj brzini, regulator brzine vrtnje djeluje preko podređenih regulacionih krugova (krug regulacije armature struje i krug regulacije uzbudne struje generatora) na napon generatora tako da se postigne brzina vrtnje referencom postavljena. Smjer vrtnje valjačkog motora odabire se izborom negativne ili pozitivne reference, odnosno pomakom upravljačke ručice naprijed - nazad. Regulator brzine vrtnje je proporcionalno - integralnog karaktera. Vrijednosti pojačanja i integracione vremenske konstante podesive su preklopkama.

Regulator struje u armaturnom krugu

Ovaj krug regulacije ima zadatak da smanji osjetljivost pogona na razne smetnje i da ne dozvoli porast struji iznad određenog nivoa tj. da štiti valjački motor i generatore od preopterećenja. Za danu brzinu vrtnje motora (određena referentnom veličinom regulatora brzine vrtnje), armaturna struja će ovisiti o teretu valjačkog motora.

Mjerenje armature struje izvodi se istosmjernim strujnim transformatorom. Referenca regulatoru struje u armaturnom krugu određena je izlaznim naponom regulatora brzine vrtnje valjačkog motora.

Krug regulacije struje u armaturnom krugu pored stabilizirajućeg efekta omogućuje ograničenje armature struje. Zbog komutacionih ograničenja valj. motora osigurava se promjenjivi strujni limit. Izlazni napon regulatora brzine vrtnje motora (referenca regulatora struje u armaturnom krugu) limitiran je na iznos prema karakteristici na slici 3.

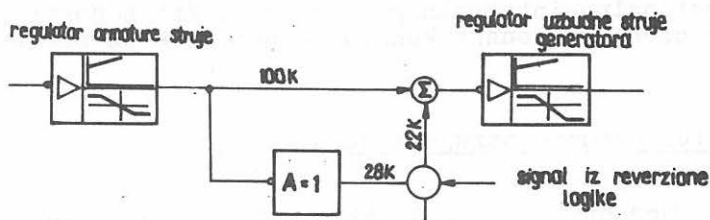


Komutaciona ograničenja valjačkog motora obzirom na veličinu struje i brzinu promjene struje uvjetuju uvođenje derivacionog člana u regulacioni krug struje. Sumarni signal povratne veze je informacija o veličini struje i derivacije struje. Ukoliko sumarni signal veličine struje i derivacije prijede nivo postavljen promjenjivim strujnim limitom regulacioni krug armature struje djelovat će na smanjenje ili povećanje napona generatora zavisno da li se valjački motor nalazi u motorskom ili generatorskom režimu rada. Regulator struje je PI karaktera. Vrijednosti pojačanja i integracione vremenske konstante podesive su preklopkama.

Regulator uzbudne struje generatora

Ovaj regulator održava struju uzbuđivanja generatora na onoj vrijednosti koja je potrebna da bi se uz određeno opterećenje valjačkog motora postigla željena brzina vrtnje. Referenca regulatora uzbudne struje generatora određena je izlazom iz regulatora struje u armaturnom krugu. Mjerenje struje uzbuđivanja generatora izvedeno je sa strujnim transformatorima u izmjeničnom dovodu dvosmjernog tiristorskog usmjerivača.

Izmjenični signal sa strujnih transformatora ispravlja se preko ispravljača i uvodi u regulator uzbudne struje generatora. Signal mjerenja uzbudne struje generatora ima isti predznak nezavisno o smjeru struje u istosmjernom krugu. Obzirom da izlazni napon iz regulatora armature struje (referenca uzbudne struje generatora) mijenja predznak, a signal mjerenja ne, potrebno je prilikom prelaza rada s jednog usmjerivača na drugi invertirati izlazni signal regulatora armature struje. Slika 4. prikazuje principno rješenje tog problema.



Sl.4. Invertiranje izlaznog signala reg. armature struje

Regulator struje uzbude generatora je PI karaktera. Vrijednost pojačanja i integracione vremenske konstante podesive su preklopkama.

Reverziona logika

Svrha i djelovanje reverziona logike je da vrši izbor rada s odgovarajućim usmjerivačem zavisno o ulaznim signalima.

Ulazni signali su:

Signal reference brzine vrtnje
Signal mjerenja struje uzbude generatora I
Signal mjerenja blokiranog i zapornog napona tiristora u usmjerivačkom mostu uzbude generatora.

Izlazni signali su:

S1 Signal za dovođenje impulsa na usmjerivač Y1
S2 Signal za dovođenje impulsa na usmjerivač Y2

Regulator napona armature

Ovaj regulator služi za ograničenje porasta napona armature valjačkog motora iznad podešene vrijednosti, bez obzira da li porast napona armature uzrokuju generatori, ili je porast napona posljedica naglog porasta struje uzbude valjačkog motora. U slučaju da napon armature poraste iznad namještene vrijednosti, mijenja se izlaz ovog regulatora tako da smanjuje referencu regulatoru struje uzbude motora. To ima za posljedicu smanjenje uzbudne struje motora, odnosno povećanje brzine vrtnje motora. Kod smanjenja armaturnog napona, regulator napona armature djeluje preko kruga regulacije struje uzbude motora na povećanje uzbudne struje, odnosno smanjenje brzine vrtnje motora. Mjerenje armaturnog napona izvodi se istosmjernim naponskim transformatorom. Regulator napona je proporcionalno-integralnog karaktera. Vrijednosti pojačanja i integracione vremenske konstante podesive su preklopkama.

Regulator uzbudne struje motora

Uzbudni namot valjačkog motora napaja se iz tiristor-skog usmjerivača. Do osnovne brzine vrtnje motora uzbudna struja motora je konstantna i odgovara nominalnom iznosu.

Iznad osnovne brzine vrtnje motora uzbudna struja određena je izlaznim naponom regulatora napona i referentnim naponom za uzbudnu struju. Mjerenje struje uzbude motora izvedeno

je sa strujnim transformatorima u izmjeničnim dovodima tiristorskog usmjerivača. Regulator uzbudne struje motora je PI karaktera. Pojačanje regulatora uzbude struje podesivo je preklupkom.

Sklop za "kompaudaciju" valjačkog motora

U području do osnovne brzine vrtnje valjačkog motora proporcionalno opterećenju povećava se struja uzbude od nominalne vrijednosti 180 A na 220 A. Time se za istu vrijednost momenta tereta postiže manja vrijednost armaturne struje jer se moment motora postiže na račun povećanja toka ϕ .

"Kompaudacijom" valjačkog motora rasterećuje se i pogonski asinhroni motor ILGNER-pretvarača jer je opterećenje odnosno kočni moment obaju generatora manji ukoliko iz njih "vučemo" manju struju.

Tok signala u sistemu upravljanja i regulacije

Pomakom upravljačke ručice iz nultog položaja dovodi se određena referentna veličina na ulaz regulatora brzine vrtnje. Izlazni signal regulatora brzine vrtnje preko regulatora struje u armaturnom krugu i regulatora uzbudne struje generatora djeluje na otvaranje tiristora odgovarajućeg usmjerivača tj. pomak impulsa u lijevo. Napon armature valjačkog motora raste ovisno o struji uzbude generatora i motor se ubrzava na brzinu vrtnje određenu referencom regulatora brzine vrtnje. Izbor odgovarajućeg mosta vrši logička jedinica. Kad je zalet završen, regulator brzine vrtnje drži brzinu vrtnje motora na iznosu kojemu određuje referentna veličina, osim u slučaju prorade strujnog limita. U slučaju da za vrijeme zaleta struja u armaturi prijede dozvoljeni iznos, dolazi do prorade strujnog limita. Zalet motora će duže trajati, pošto se zalijeće s limitiranom vrijednosti armaturne struje. Do osnovne brzine vrtnje valjački motor će se ubrzavati s nominalnom uzbudnom strujom. Kod ubrzavanja iznad osnovne brzine vrtnje do maksimalne, regulator napona armature djeluje na smanjenje uzbudne struje motora, a time i na povećanje brzine vrtnje motora. Naime, djelovanje na upravljačkom uređaju u smislu povećanja brzine vrtnje iznad osnovne, uzrokuje jače otvaranje odgovarajućeg tiristorskog usmjerivača u uzbudi generatora, odnosno porast armaturnog napona iznad namještene (referentne) vrijednosti na regulatoru napona armature. Taj povećani napon armature, djeluje preko regulatora napona armature na smanjenje uzbude motora. Da ne bi došlo do promjene EMS motora, doći će do povećanja brzine vrtnje i motor će se ubrzavati na brzinu određenu referencom regulatora brzine vrtnje motora. Reverziranje brzine vrtnje izvodi se promjenom polariteta napona generatora. Nalog za reverziranje brzine vrtnje motora je promjena predznaka reference regulatora brzine vrtnje. Za promatranje toka signala u toku

reverziranja potrebno je definirati početno stanje. Neka to stanje bude blokada impulsa IS2 i pripadnog usmjerivača Y2. Pri promjeni predznaka reference regulatora brzine vrtnje, izlaz regulatora brzine vrtnje mijenja predznak. Izlazni napon promjenjenog predznaka regulatora brzine vrtnje djeluje preko regulatora struje u armaturnom krugu i regulatora struje uzbude generatora na pomak impulsa odgovarajućeg usmjerivača, u desno, tj. prevodi usmjerivač koji je do tada bio u ispravljačkom režimu rada, u invertorski režim rada. Struja uzbude generatora se smanjuje, a s time i napon armature. Ukoliko je motor bio u režimu rada iznad osnovne brzine vrtnje, zbog smanjenja napona armature, regulator napona djeluje na povećanje uzbudne struje motora kako ne bi došlo do promjena EMS motora. Motor se usporava i kad brzina vrtnje padne na osnovnu brzinu, prestaje djelovanje regulatora napona armature, a uzbuda motora ima nominalni iznos. Daljnje usporavanje motora provodi se smanjenjem armaturnog napona uz nominalnu uzbudu motora. Kad struja uzbude padne na nulu i tiristorski usmjerivač koji je do tada "vodio" prijede u stanje blokiranja reverziona logika nakon isteka sigurnosne pauze od cca 10 m sek dovodi impulse IS2 na usmjerivač Y2. Motor se ubrzava u suprotnom smjeru na brzinu koja odgovara referenci regulatora brzine vrtnje. U slučaju smanjenja upravljačkog napona ali bez promjene predznaka, dolazi do kočenja valjačkog motora. Izlaz iz regulatora brzine vrtnje mijenja predznak i preko reg. armature struje i reg. struje uzbude generatora prevodi usmjerivač iz ispravljačkog režima rada u invertorski. Struja uzbude generatora pada, pa struja armature mijenja smjer i motor koči do brzine vrtnje referencom postavljene.

ZAKLJUČAK

Primjenjeni sistem upravljanja i regulacije riješen je kombinacijom integriranih sklopova sa štampanim krugovima. Iskustva s obzirom na defekte u elektronici su veoma povoljna pa je pogonska sigurnost sigurno povećana. Obzirom da je životna dob Ilgner pretvarača praktički odživljena, u ovom rješenju vrlo je prisutan problem sigurnosti pogona zbog starosti mašina. Rješenje za modernizaciju sličnih pogona je direktno napajan motor iz izmjenične mreže preko tiristorskog usmjerivača, usprkos mogućih problema s komutacijom istosmjernog motora.