

Elektromotorni pogoni sa asinhronim motorima

3. Elektromotorni pogoni sa asinhronim motorima

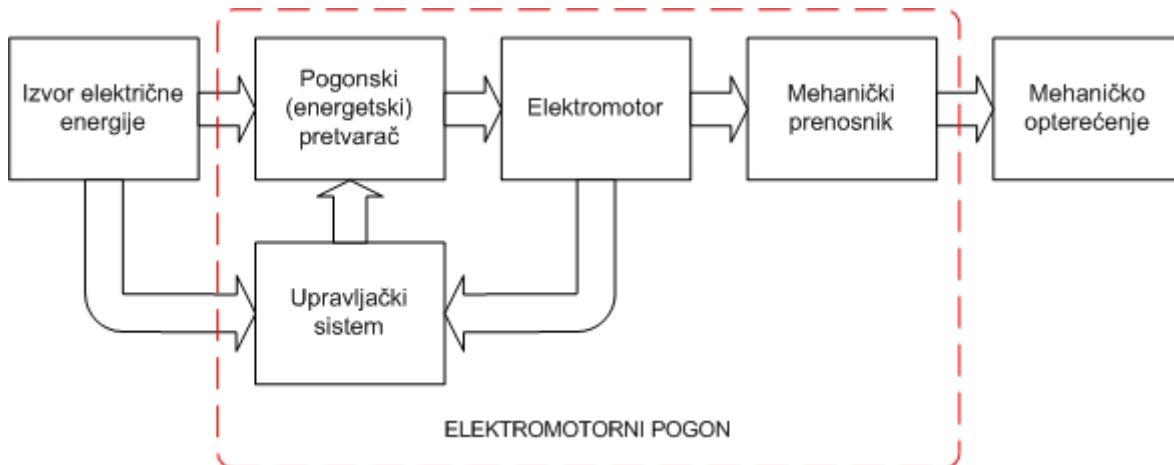
3.1 Elektromotorni pogon

Poznata je činjenica da se u razvijenim industrijskim zemljama preko 2/3 od ukupne potrošene električne energije pretvara u mehaničku. Imajući to u vidu možemo reći da elektromotorni pogon, kao sistem koji vrši konverziju električne energije u mehaničku, ima veoma važnu ulogu u svakodnevnicu pojedinca kao i u razvoju čitavog društva.

Nemoguće je na jednom mestu pobrojati oblasti primene elektomotornih pogona. Ako se posmatra elektromotorni pogon u ručnom časovniku (snage ispod 1[W]), a sa druge strane elektromotorni pogon drobilice uglja u termoelektrani (snaga nekoliko 100[MW]) naslućuje se veliki broj aplikacija u tom širokom dijapazonu.

Zbog veoma važnog značaja elektomotornog pogona, razvoj i unapređenje njegovih sastavnih elemenata predstavlja zanimljivu inženjersku oblast. S obzirom da se konstrukcija asinhronog elektromotora u osnovi nije mijenjala ostali elementi elektomotornog pogona, a posebno pretvarački sistem (pogonski pretvarač), bili su predmeti modernizacije.

Elektromotorni pogon predstavlja elektromehanički sistem koji vrši konverziju električne energije u mehaničku. U osnovi elektromotorni pogon se sastoji od elektromotora, energetskog pretvarača, mehaničkog prenosnika i upravljačkog sistema.



Slika 3.1 Blok šema elektromotornog pogona

Elektromotorni pogon se napaja električnom energijom iz električne monofazne ili trofazne mreže. Česte su industrijske mreže napona 6[kV] za napajanje visokonaponskih elektromotora. Za napajanje elektromotornih pogona može se koristiti i mreža jednosmjerne struje, npr. kontaktna mreža električne vuče.

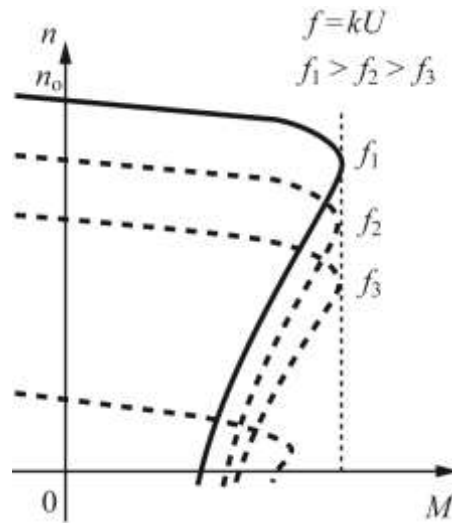
Elektromotor predstavlja najvažniji deo elektromotornog pogona i poslednju kariku u lancu konverzije energije. Motori jednosmjerne struje su zbog svojih dobrih osobina, a koje se tiču raspregnutog upravljanja brzinom obrtanja i momentom, dugo vremena bili nezamenjivi deo regulisanih elektromotornih pogona. U novije vreme, zahvaljujući razvijenim tehnikama upravljanja, asinhroni motor potiskuje motore jednosmjerne struje u regulisanim pogonima zbog svojih dobrih osobina (robusnost, preopteretljivost, manji zahtevi za održavanje, mogućnost primene u eksplozivnim sredinama...).

3.2 Upravljanje karakteristikama asinhronog motora

Mogući su sledeći načini promene broja obrtaja asinhronih motora:

- a) promenom frekvencije f_1 napona napajanja statora U_f
- b) promenom napona napajanja statora U_f odnosno U_1
- c) promenom napona rotora U_2 kod motora sa prstenovima
- d) promenom otpornosti R_2' u kolu rotora, kod motora sa prstenovima

3.2.1 Upravljanje promenom frekvencije. Kako je sinhrona brzina u funkciji frekvencije, to se promena brzine obrtanja promenom frekvencije može vršiti u širokom opsegu. Za promenu frekvencije se koriste pretvarači frekvencije ili sinhroni generatori sa mogućom promenom frekvencije na izlazu. Promena frekvencije menja magnetni fluks motora, što bitno utiče na mehaničku karakteristiku. Ako se srazmerno promeni frekvencije menja i priključni napon pri $f = kU$, onda se maksimalni moment održava približno konstantan(Slika 3.2)



Slika 3.2 Promena brzine obrtanja sa promenom frekvencije

Kod malih frekvencija, bez obzira na srazmernu promenu napona, dolazi do omskog pada napona, jer se uticaj omske otpornosti statora ne može zanemariti u odnosu na reaktansu statora, pa samim tim i opada maksimalni moment. Zbog toga kod nižih učestanosti napon ne treba snižavati srazmerno frekvenciji.

3.2.2 Upravljanje promenom napona napajanja. Iz jednačine za moment i maksimalni moment je dat obrascem 3.1:

$$M=f(U_1^2) \quad (3.1)$$

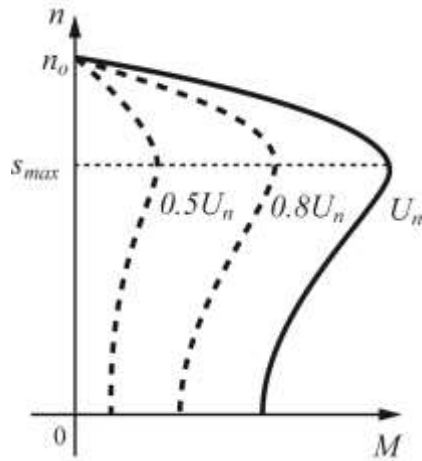
Prema tome, promenom napona može se menjati moment, odnosno brzina obrtanja. Pri konstantnoj otpornosti u kolu rotora maksimalno klizanje s_{max} ostaje konstantno pri promeni napona (slika 3.3). Za razne vrednosti napona za isto klizanje su odnosi momenata srazmerni kvadratu odnosa napona:

$$\frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2, \quad (3.2)$$

pri čemu je $s_1 = s_2$.

Promena napona se može vršiti pomoću upravljačkih transformatora, tiristorskih regulatora i sl. Ovaj način regulacije se primenjuje za motore manjih snaga, pošto se smanjenjem napona

pojavljuju gubici. Ovaj vid regulacije je primenljiv kod pogona sa centrifugalnom karakteristikom (ventilatori), kod kojih je $M = f(U^2)$.



Slika 3.3 Promena brzine promenom napajanja

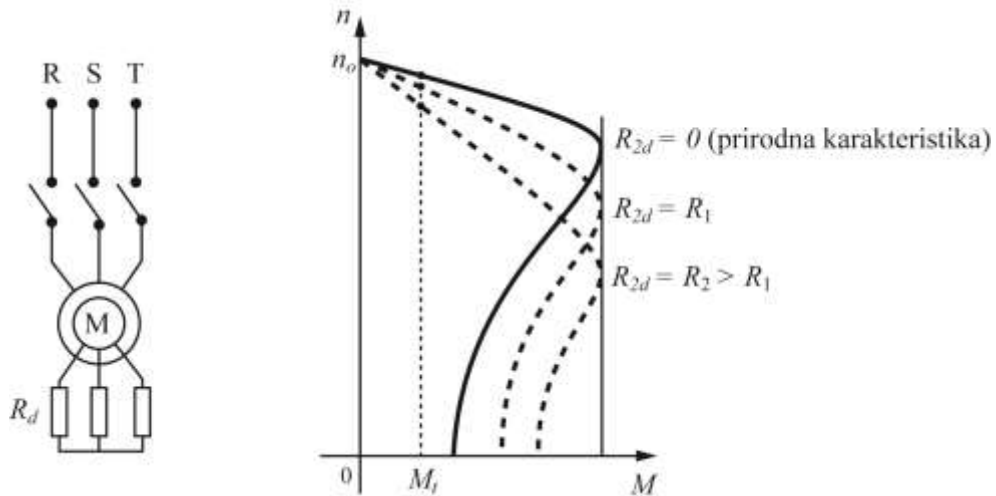
3.2.3 Upravljanje promenom napona u kolu rotora. Dovođenjem napona u kolo rotora, pri čemu dovedeni napon ima frekvenciju rotora, može se menjati klizanje, odnosno broj obrtaja. Frekvencija rotora je $f_2 = s f_1$.

Ako je brzina obrtanja ispod sinhrona, onda se usled klizanja u kolu rotora pojavljuje snaga gubitaka koja se preko kolektora može odvesti u mrežu ili pak u strujne krugove frekvencije statora f_1 .

Ovakva sprega za podešavanje brzine okretanja se naziva podsinhrona kaskada. Regulacija brzine na ovaj način je vrlo ekonomična, s tim što je zbog iskrenja na kolektoru ograničena na motore snaga do 200 – 300 [kW].

3.2.4 Upravljanje promenom otpornosti u kolu rotora. Polazeći od jednačine za moment i maksimalni moment brzina okretanja se može menjati dodavanjem otpornosti u kolo rotora motora sa prstenovima.

Dodavanjem otpornosti u kolo rotora, simetrično po svim fazama, deluje se na strminu mehaničke karakteristike, maksimalno (prevalno) klizanje s_{max} i struje motora, dok vrednost maksimalnog, prevalnog momenta ostaje konstantna (Slika 3.4).

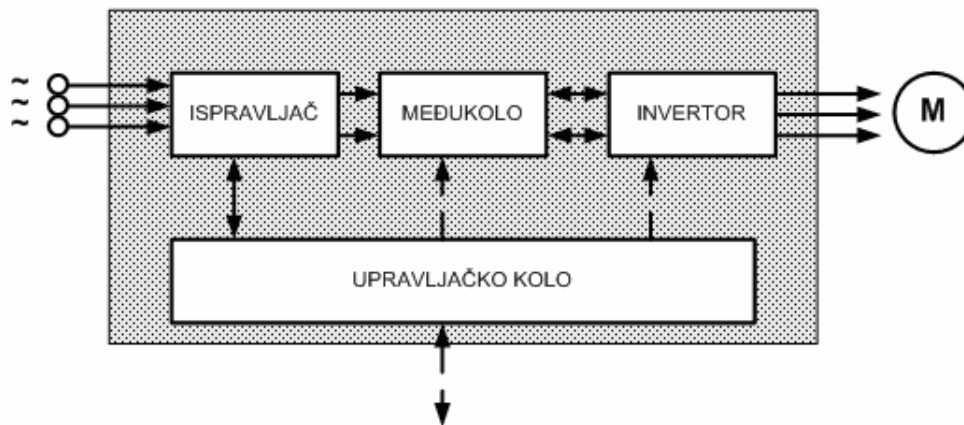


Slika 3.4 Promena brzine dodavanjem otpornosti u kolo rotora

Pri konstantnom momentu tereta na linearnom delu mehaničke karakteristike povećanjem dodatne otpornosti se povećava i klizanje (kao i maksimalno klizanje) dok se brzina okretanja smanjuje.

4.Frekventni regulator

Frekventni regulatori su elektronski uređaji koji omogućavaju upravljanje brzinom trofaznih asinhronih motora pretvarajući ulazni mrežni napon i frekvenciju, koji su fiksirane vrednosti, u promenljive veličine. Pored osnovne funkcije upravljanja brzinom asinhronih motora, frekventni regulatori integrišu i brojne druge funkcionalnosti kao što su: zaštita motora, alarmiranje, procesno upravljanje u zatvorenoj petlji (na primer održavanje konstantne brzine trake dodavača uglja), mogućnosti podešavanja brzine i kontrola rada putem raznih interfejsa. Na slici 4.1 je prikazana interna struktura frekventnog regulatora. Ispravljač pretvara mrežni naizmenični napon u pulsirajući jednosmerni napon. Međukolo stabilizuje ovaj naizmenični napon i stavlja ga na raspolaganje invertoru. Invertor generiše frekvenciju napona na motoru (jednosmerni napon ponovo pretvara u kontrolisani naizmenični napon). Upravljačko kolo prima i šalje signale iz ispravljača, međukola i invertora. To je mikroprocesorski sistem koji na osnovu svojih algoritama upravljanja definiše pobudu za motor kako bi se dobio željeni odziv.



Slika 4.1 Interna struktura frekventnog regulatora

Ispravljači frekventnih regulatora sastoje se od dioda i tiristora. Ispravljač sačinjen od dioda je nekontrolisan, a ispravljač sačinjen od tiristora je kontrolisan. Ako su korišćene i diode i tiristori tada je ispravljač polukontrolisan.

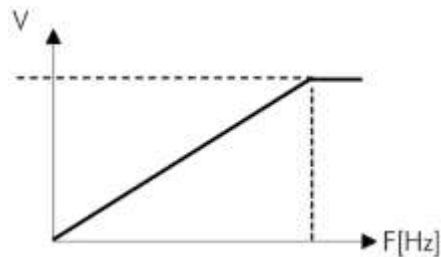
Međukolo se može videti kao neka vrsta skladišta iz kog motor vuče energiju kroz inverter. Međukolo može biti izgrađeno na tri načina u zavisnosti od izvedbe ispravljača i invertora.

Inverter je poslednji stepen frekventnog regulatora, pre motora i tačke gde se odvija finalna adaptacija izlaznog napona. U svakom slučaju, regulator osigurava da napajanje bude kvantitativno promenljivo. Drugim rečima, frekvencija napajanja motora se uvek generiše u inverteru. Ako su struja i napon promenljivi, inverter generiše samo frekvenciju. Ukoliko je napon konstantan, inverter generiše frekvenciju kao i napon. Iako invertori rade na različite načine, njihova osnovna struktura je uvek ista. Glavne komponente su kontrolisani poluprovodnici, postavljeni u parove u tri grane.

Upravljačko kolo, koje šalje i prima signale iz ispravljača, međukola i invertora. Delovi regulatora koji se kontrolišu zavise od dizajna samog regulatora.

Zbog sve većeg učešća automatike u industriji, postoji konstantna potreba za automatskim upravljanjem, a neprekidno povećanje brzine proizvodnje i bolje metode za poboljšanje stepena korisnosti pogona se stalno razvijaju i unapređuju. Elektromotori su danas važan standardan industrijski proizvod. Sve dok se nisu pojavili frekventni regulatori nije bilo moguće u potpunosti upravljati brzinom trofaznog asinhronog motora.

Frekventni regulator kontroliše zajedno izlaznu frekvenciju i napon prema Slici 4.2, održavajući konstantan odnos napon/frekvencija. Momenat koji se stvara je direktno srazmeran ovom odnosu, što znači da je na svim brzinama momenat konstantan i jednak je nominalnom momentu. Ovo znači da motor na svim brzinama može da isporuči pun momenat. Regulator može da napaja motor i sa frekvencijama iznad nominalne, ali u tom slučaju nije moguće dalje povećavanje napona. U tom slučaju se momenat smanjuje, pa postoji mogućnost da motor na većim brzinama ne može da isporuči dovoljan momenat za pokretanje datog opterećenja.

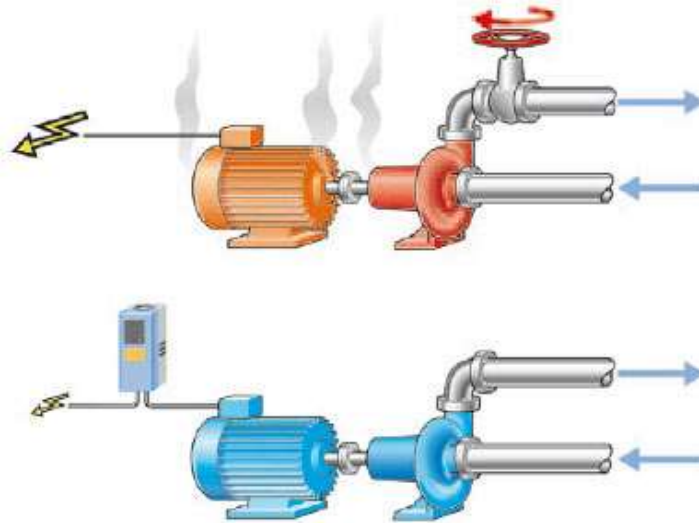


Slika 4.2 Odnos napona i frekvencije

4.1 Prednosti korišćenja frekventnog regulatora

Koristeći frekventni regulator dobijamo niz prednosti u vidu štednje energije, optimizacije procesa, mekanog rada mašine, manjeg troškova održavanja, poboljšanog radnog okruženja, lako povezivanje u veće pogonske sisteme, lakog upravljanja i jednostavnog puštanja u rad.

Ventilatori, pumpe i kompresori se često koriste bez kontrole brzine. U tom slučaju protok se reguliše sa ventilima ili prigušivanjem na druge načine. Kada se protok kontroliše bez regulacije brzine, motor radi sa punom brzinom. Sistemi grejanja, hlađenja i ventilacije retko zahtevaju maksimalan protok, već on zavisi od brojnih faktora, kao što su npr. spoljna temperatura, itd. Upotrebom ventila, prigušivača i ventilatorskih demfera prigušuje se protok, i sistem tokom najvećeg dela vremena bespotrebno troši energiju. Ovo se može uporediti sa automobilom, kada dajemo pun gas i pritiskamo kočnicu kako bi smanjili brzinu. Korišćenje frekventnog regulatora za kontrolisanje brzine motora može uštedeti i do 70% energije.



Slika 4.3 Primer prednosti frekventnog regulatora

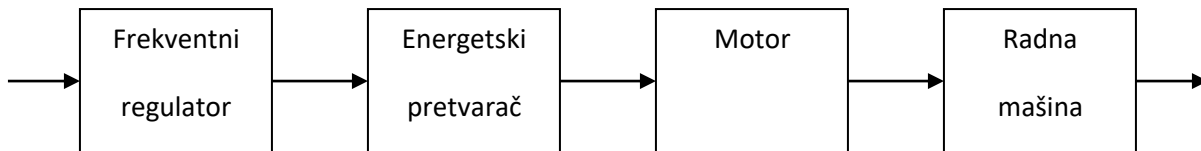
4.2 Sistem regulacije frekventnim regulatorom

Sistemi regulacije elektromotornog pogona mogu se podeliti na:

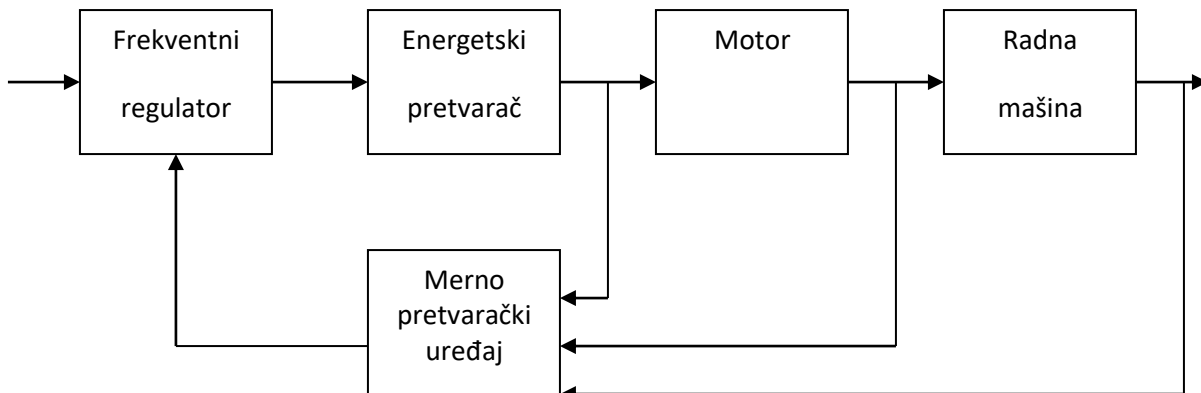
- Otvorene sisteme upravljanja
- Zatvorene sisteme upravljanja

U sistemima sa otvorenim kolom upravljanja nema povratne sprege po izlaznoj veličini tako da pri nastanku poremećaja dolazi do promene izlazne veličine u odnosu na predhodno zadatu (Slika4.4).

U zatvorenim sistemima uspostavljena je povratna sprega po izlaznoj veličini i određenim uređajem se vrši neprekidno poređenje zadate i stvarne vrednosti kontrolisane veličine tako da se izlazna veličina održava na zadatoj vrednosti (Slika 4.5). Sistemi mogu imati jednu ili više povratnih veza što zavisi od više factor.



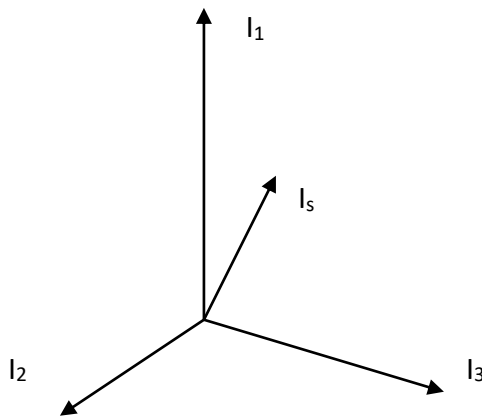
Slika 4.4 Otvoreni sistem



Slika 4.5 Zatvoreni sistem

4.3 Princip vektorskog upravljanja

Vektorski regulator je jedan od najvažnijih razvojnih projekata u oblasti savremenih regulisanih elektromotornih pogona. Naime, jednosmerni pogoni nude prednost jednostavnog tiristorskog regulatora, ali zahtevaju složeni motor. Frekventni regulatori u otvorenoj petlji obezbeđuju regulaciju promenom broja obrtaja jednostavnog i jeftinog standardnog asinhronog motora, ali za cenu relativno složenog regulatora, ograničenih performansi. Servo pogoni imaju izuzetne performance, ali sa ograničenim opsegom snaga i specijalnom i složenom konstrukcijom motora, regulatora i uređaja povratne sprege. Vektorski regulator nudi performance bliske nivou servo pogona koristeći jeftiniji, jednostavani standardni asinhroni motor.



Slika 4.6 Struje u tri fazna namotaja motora

Da bi se maksimizirale momentne i dinamičke performance bilo kojeg motora, potrebno je obezbediti da se struje koje proizvode fluks i moment drže sve vreme normalno jedna u odnosu na drugu. Kod jednosmernog motora struja koja proizvodi fluks i struja koja proizvodi moment su odvojene, dok se struja na priključcima asinhronog motora sastoji od obe komponente struje koja proizvodi fluks i komponente koje proizvode moment. Kako nije moguće meriti ove struje odvojeno, one moraju da budu matematički odvojene u vektorskom regulatoru. Da bi se ovo postiglo regulator sadrži real-time matematički model motora koji zahteva konstantno praćenje informacija o struji i poziciji rotora da bi kontinualno predvideo poziciju fluksa.

Da bi razumeli teoriju na bazi koje se ima upravljanje strujama koje proizvode fluks odnosno moment, najbolje je da se razmotri jedan zaustavljeni trenutak tri fazne struje na priključcima asinhronog motora.

Tri namotaja asinhronog motora napajaju se iz IGBT tranzistorskog trofaznog mosta , i pri tome se u svakom trenutku snimaju struje I_1, I_2, I_3 fazno pomerene za 120° jedna u odnosu na drugu. Rezultantna ove tri struje može se matematički razmatrati kao rezultantni vektor I_s (Slika 4.6). Taj vektor sadrži elemente koji proizvode fluks i one koji proizvode moment i može se reći da je moguće menjati kako intenzitet tako i njenu poziciju upravljajući individualno strujama I_1, I_2, I_3 .

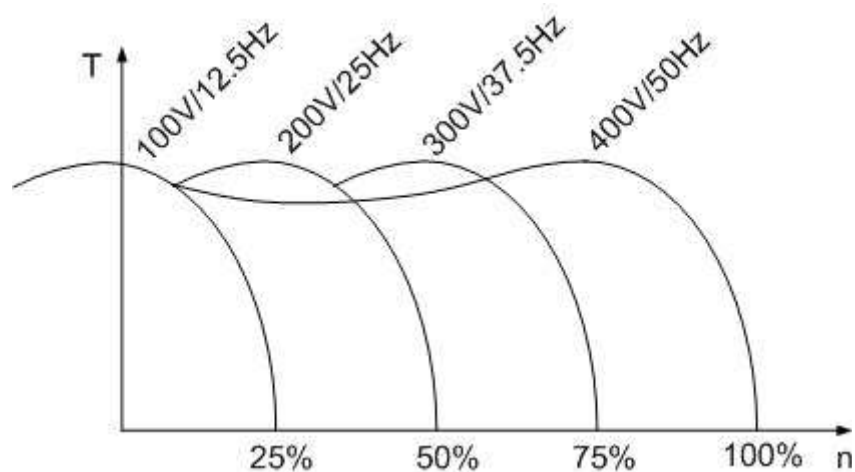
Merenjem individualnih faznih struja zajedno sa relevantnom pozicijom rotora vektorski regulator može proračunati i upravljati strujama koje proizvode fluks odnosno moment držeći ih pri tome normalno jednu u odnosu na drugu. U praksi pošto je putanja struje veoma induktivna is toga zahteva mnogo energije za promenu, ona se drži konstantnom dok se struja koja proizvodi moment menja time menjajući moment.

Aktuelni modeli proračuni su veoma složeni a izvode se i velikom brzinom (hiljadu puta u sekundi) . Veliki razvoj mikrokontrolera poslednje decenije omogućio je da industrijski vektorski regulator postane realnost uvažavajući preciznost, cenu, fizičku veličinu.

4.4 Karakteristike frekventnih regulatora

4.4.1 Karakteristike momenta motora

Strujno ograničenje. Ako je frekventni regulator sposoban da obezbedi struju puno puta veću od nominalne struje motora, momentne karakteristike motora bi izgledale kao na Slici 4.7.

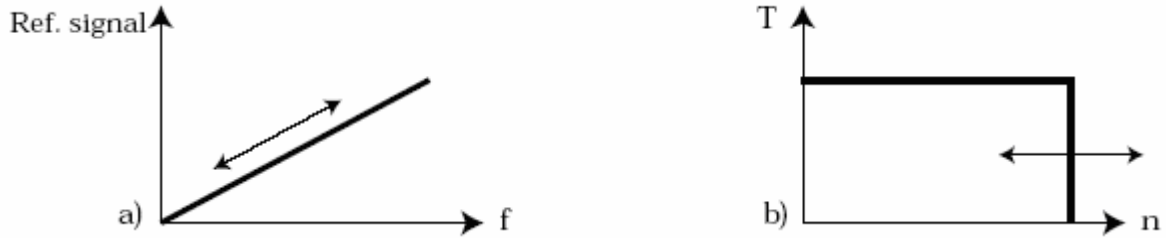


Slika 4.7 Momentna karakteristika dobijena primenom frekventnog regulatora

Tako velike struje mogu da oštete i motor i elektronske komponente napajanja u frekventnom regulatoru i nisu potrebne za normalan rad motora. Stoga frekventni regulator indirektno ograničava struju motora redukovanjem izlaznog napona, a tako i frekvencije. Ograničenje struje je varijabilno i garantuje da struja motora ne može konstantno da prevazilazi nominalnu vrednost. Pošto pretvarač frekvencije kontroliše brzinu motora nezavisno od opterećenja, moguće je podesiti različite vrednosti ograničenja u okviru nominalnog radnog opsega motora. Momentne karakteristike motora su u okviru nominalnih vrednosti za neke od frekvencijskih pretvarača. Međutim to je prednost za frekventni regulator da obezbedi moment, na primer, do 160% od nominalnog momenta za kraće ili duže periode vremena. Takođe je normalno moguće za motor regulisan frekvencijskim pretvaračem da radi u presinhronizovanom opsegu do približno 200% nominalne brzine.

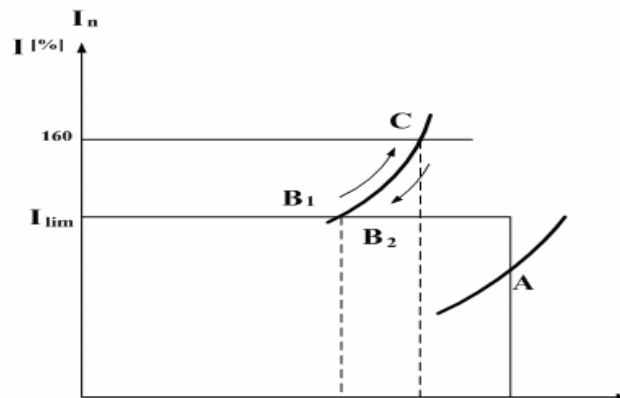
4.4.2 Kontrola brzine motora

Izlazna frekvencija frekventnog regulatora, a tako i brzina motora, je kontrolisana jednim ili sa više signala (0-10V, 4-20mA ili sa naponskim impulsima) kao referencom brzine. Ako referentna vrednost brzine raste, brzina motora raste i vertikalni deo momentne karakteristike se pomera u desno (Slika 4.8).



Slika 4.8 Funkcija između referentnog signala i momentne karakteristike motora

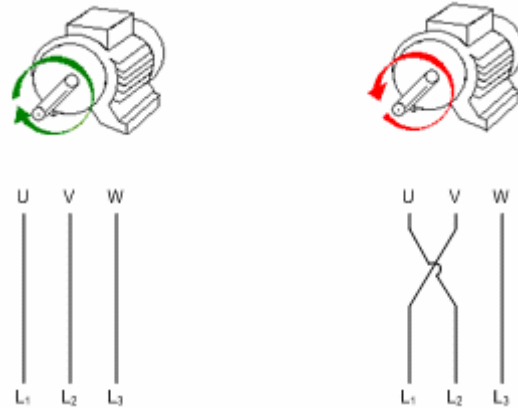
Ako je moment opterećenja manji od raspoloživog momenta motora, brzina će dostići zahtevanu vrednost. Kao što je pokazano na Slici 4.9 karakteristika momenta opterećenja preseca momentnu karakteristiku motora na vertikalnom delu (u tački A). Ako je presek na horizontalnom delu (tačka B), brzina motora ne može kontinualno dostići odgovarajuću vrednost. Frekventni regulator omogućuje kratkotrajne ograničene strujne preskoke bez okidanja (tačka C), ali je neophodno da se preskoci vremenski ograniče.



Slika 4.9 Struja motora može dostići strujni maksimum u kratkom vremenskom interval

4.4.3 Kontra-obrtanje (rotacija) motora

Smer obrtanja osovine kod asinhronog motora je određen sekvencom faza napona napajanja. Ako se dve faze zamene, smer u kom se motor obrće se menja.



Slika 4.10. Sa promenom fazne sekvence menja se i smer obrtanja motora

Fazna sekvenca na izlaznom terminalu većine frekventnih regulatora odgovara ovom principu. Frekventni regulator može izvršiti promenu smera obrtanja motora elektronskom promenom fazne sekvence. Promena smera obrtanja je postignuta ili primenom negativne referentne brzine ili pomoću digitalnog ulaznog signala. Ako motor zahteva unapred određen smer obrtanja, važno je poznavati fabrički postavljeno podešavanje frekventnog regulatora. Kako frekventni regulator ograničava struju motora do nominalne vrednosti, kod motora kontrolisanog frekventnim regulatorom može se češće vršiti promena smera obrtanja nego kod motora kontrolisanog direktno naponom.

4.4.4 Rampe.

Svi frekventni regulatori poseduju rampa funkciju da bi obezbedili finije radne uslove. Ove rampe su podesive i obezbeđuju da se referentna brzina može povećavati ili smanjivati samo na osnovu zadate vrednosti. Rampa ubrzavanja i usporavanja, Nagib ubrzavanja ukazuje na brzinu kojom se brzina povećava i ustanovljen je u obliku vremena ubrzanja. Ovi nagibi su većinom bazirani na nominalnoj frekvenciji motora, tj. Nagib ubrzavanja od 5sec znači da će frekventnom regulatoru trebati 5sec da bi sa 0 dostigao nominalnu frekvenciju motora ($f_n=50\text{Hz}$).

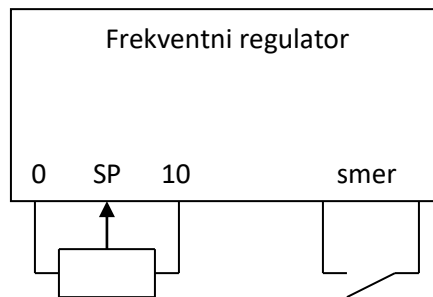
4.5 Signali zadate vrednosti

U praksi postoji niz načina za podešavanje brzine obrtanja motora:

- Analogni signal 0-10V

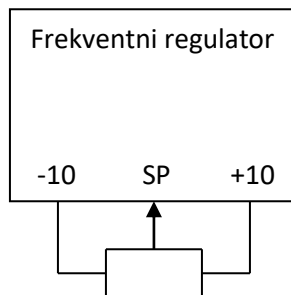
- Analogni signal -10 do +10V
- Strujni signal 4-20mA; 0-20mA; 20-4mA; 20-0mA
- Seriska komunikacija
- Digitalne preset vrednosti

4.5.1 Analogni signal 0-10V(sa ili bez signala smera obrtanja). Brzina je proporcionalna naponu podešenom na potenciometru. Smer se bira pomoću kontakta nekog pomoćnog releja.



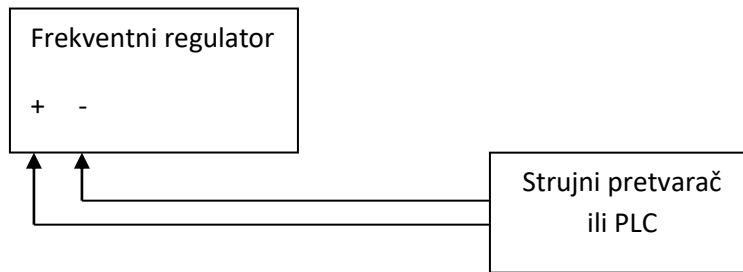
Slika 4.11 Zadavanje naponskim signalom 0-10V

4.5.2 Analogni signal -10 do +10V. Brzina je proporcionalna naponu sa potenciometra pri čemu je negativna vrednost za smer nazad, a pozitivna za smer unapred.



Slika 4.12 Zadavanje bipolarnim naponskim signalom

4.5.3 Strujni signal 4-20mA; 0-20mA; 20-4mA; 20-0mA. Brzina je proporcionalna strujnom signal. Ovaj system je koristan kada je u pitanju prenos signala na veća rastojanja, jer kod naponskih signala stvara se problem pada napona.



Slika 4.13 Zadavanje strujnim signalom

4.5.4 Seriska komunikacija. Ovo je idealan način upravljanja digitalnim frekventnim regulatorima koji se nalaze na većim rastojanjima od centralnog upravljačkog uređaja. Naravno, centralni upravljački uređaj i frekventni regulator moraju da poseduju mogućnost komunikacije na bazi istog protoka. Seriska komunikacija je posebno vrlo pogodan način upravljanja u sistemima u kojima se vrši nadzor na bazi SCADA softverskih paketa ili drugih softverskih paketa za prikupljanje i obradu podataka.

4.5.5 Digitalne preset vrednosti. Neke aplikacije zahtevaju da se motor obrće samo određenim brojem obrtaja predhodno podešenih brzina bez kontinualne regulacije. Za ovakve primene frekventni regulator podržava naprimer 8 predhodno podešenih brzina kombinacijom tri digitalna ulaza. Ovaj način ne zahteva korišćenje potenciometra ili analognog izlaza PLC-a.

5.PLC kontroleri

5.1 Struktura PLC kontrolera

Programabilni logički kontroleri (PLC) su industrijski računari čiji su hardver i softver posebno prilagođeni radu u industrijskim uslovima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme. Sistem, upravljan PLC kontrolerom, sastoji se od :

- Ulaznih uređaja, kao što su prekidači, tasteri, senzori i td.
- Ulaznog modula, koji je deo PLC kontrolera. Preko ovog modula se primaju signali sa

- ulaznih uređaja.
- Logičke jedinice (ili procesora), koja predstavlja 'mozak' PLC kontrolera, a sastoji se
- od centralne procesorske jedinice i memorije. U okviru ovog modula smeštaju se i
- program i podaci i odatle se upravlja radom celog sistema.
- Izlaznog modula, koji je takođe deo PLC kontrolera. Preko ovog modula se zadaju
- binarni signali pojedinim izlaznim uređajima.
- Izlaznih uređaja, kao što su relei, svetiljke, starteri motora, ventili i td.



Slika 5.1 Izgled PLC kontrolera

Pre pojave PLC kontrolera, za upravljanje mašinama i industrijskim postrojenjima korišćena su mehanički uređaji, kao što su prekidači i relei povezani žicama.

5.2 Prednost korišćenja

Iako su elektromehanički relei pouzdana kola, kombinovanje više stotina relea u složenu električnu mrežu dovodi do sledećih problema:

- Fizičke dimenzije kabineta za smeštanje relejne logike
- Ukupna cena releja, žica i konektova, kao i cena njihove ugradnje i povezivanja
- Pouzdanost celokupnog sistema
- Otežano pronalaženje i otklanjanje kvarova i grešaka

Dodatno, svaka promena u logici upravljanja postrojenjem zahteva novi fizički raspored i novo povezivanje releja, a za sve to vreme postrojenje mora biti zaustavljeno. Takođe, releji su

mehaničke komponente koje su, s obzirom da imaju pokretne delove, sklone habanju i vremenom spontano otkazuju. Dijagnosticiranje otkaza i otklanjanje kvarova je naročito teško u sistemima sa velikim brojem releja, veza i konektora, kakvi su tipični upravljački sistemi. Naravno, za vreme dok traje otklanjanje kvara ili zamena pohabanih releja, proizvodni proces mora biti prekinut. PLC kontroleri su razvijeni sa ciljem da se prevaziđu mnogi problemi koji su karakteristični za upravljačke sisteme zasnovane na elektromehaničkim relejima. Sa padom cene PLC kontrolera, uz istovremeno povećanje njihove funkcionalnosti i pouzdanosti, PLC kontroleri su danas u širokoj primeni. U odnosu na relejnu tehniku, PLC kontrolera su:

- Kompaktniji
- Jeftiniji, za najveći broj primena
- Pouzdaniji
- Omogućavaju lakše pronalaženje kvarova i održavanje sistema
- Omogućavaju laku promenu logike upravljanja.

Međutim, i pored svih navedenih prednosti, ključ uspeha PLC kontrolera ipak leži u načinu njihovog programiranja. Za programiranje PLC kontrolera koristi se jezik lestvičastih logičkih dijagrama (ili leder dijagrama - ladder diagram), koji je već dugi niz godina u upotrebi u industriji pri projektovanju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja. Ovaj jezik koristi grafičku notaciju koja je po vizuelnom izgledu i logici rada slična dijagramima električnih šema i zbog toga je lako razumljiv industrijskim inženjerima. Drugim rečima, industrijski inženjeri ne moraju biti eksperti za programiranje da bi u svojim sistemima koristili PLC kontrolere. Program leder dijagrama se tipično razvija na PC računaru uz pomoć specijalizovanih softvera sa intuitivnim grafičkim interfejsom koji, dodatno, omogućavaju proveru i testiranje leder programa. Leder dijagram se upisuje u PLC kontroler uz pomoć programatora, a sam proces upisa ne traje duže od nekoliko minuta. Mogućnost brzog reprogramiranja je bitna jer proizvodni proces, uz minimalni zastoje, može biti lako prilagođen novim zahtevima.

Prvi PLC kontroleri su bili jednostavni uređaji za on/off upravljanje i koristili su se za zamenu zastarele relejne tehnike. Međutim, takvi PLC kontroleri nisu mogli obezbediti složenije upravljanje, kao što je upravljanje temperaturom, pritiskom, pozicijom. U međuvremenu, proizvođači PLC kontrolera razvili su i ugradili u PLC kontrolere brojna poboljšanja i funkcionalna

unapređenja. Savremeni PLC kontroleri imaju mogućnost obavljanje izuzetno složenih zadataka kako što je upravljanje preciznim pozicioniranjem i upravljanje složenim tehnološkim procesima. Takođe, brzina rada PLC kontrolera je značajno povećana, kao i lakoća programiranja. Razvijeni su brojni moduli specijalne namene za primene kao što je radio komunikacija, vizija ili čak prepoznavanje govornih komandi.

5.3 Procesorska jedinica PLC-a

PLC kontroler se razlikuje od računarskog sistema opšte namene po tome što nema spoljnu memoriju (diskove), kao i niz standardne ulazno/izlazne opreme. Pored toga, njegov operativni sistem je jednostavniji i pruža komparativno manje mogućnosti od računara opšte namene. Zapravo, PLC je koncipiran i projektovan za jedan relativno uzan i jasno definisan obim poslova vezanih za nadzor i upravljanje pojedinim uređajima, što je rezultovalo u njegovoj izuzetnoj efikasnosti i jednostavnosti. U izvesnom smislu, područje primene PLC kontrolera isto je kao i za specijalizovane mikroračunarske kontrolere ili signal procesore. Ključna razlika leži u činjenici da korišćenje PLC-a ne zahteva od korisnika gotovo nikakvo predznanje o arhitekturi mikroračunarskih sistema i programiranju. Drugim rečima, korisnik PLC kontrolera je u najvećoj mogućoj meri oslobođen rešavanja različitih problema vezanih za čisto računarski aspekt, kao što su promena ili dodavanje U/I jedinica, vezivanje u računarsku mrežu, razmena podataka i sl. i može da se u punoj meri koncentriše na projektovanje same aplikacije.

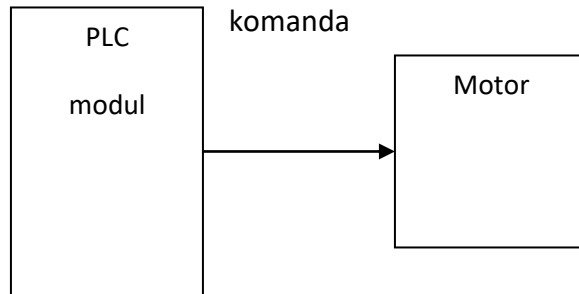
5.4 PLC modul za kontrolu brzine

Za upravljanje pozicioniranjem na raspolaganju su PLC moduli kako za upravljanje u otvorenoj tako i za upravljanje u zatvorenoj petlji. Sistemi sa zatvorenom petljom poseduju povratnu spregu što obezbeđuje da će komanda biti izvršena.

5.4.1 Upravljanje pozicijom u otvorenoj petlji

Za upravljanje pozicijom u otvorenoj petlji koriste se step-motori u kombinaciji sa odgovarajućim PLC drajverskim modulima (Slika 5.2). PLC modul izdaje komandu motoru i pri tome podrazumeva da će komanda biti izvršena, tj. povratna sprega ne postoji. Step motori se

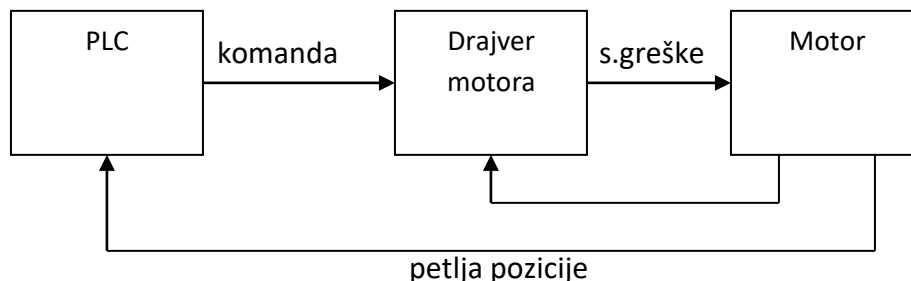
koriste u primenama koje ne zahtevaju veliku brzinu i veliku snagu. Preciznost pozicioniranja je veoma velika. PLC moduli za pobudu step motora su projektovani tako da u što većoj meri olakšaju integraciju step motora u sistem. Tipično, poseduju ugrađene funkcije ubrzanje /usporenje, a u nekim varijantama i funkcije učenja. Moduli poseduju i ulaze koji se mogu koristiti za dovođenje motora u referentnu poziciju, kao i za zaštitu od prekoračenja.



Slika 5.2 Upravljanje brzine PLC-om u otvorenoj petlji

5.4.2 Upravljanje pozicijom u zatvorenoj petlji

Tipični primeri aplikacija kod kojih se koristi pozicioniranje u zatvorenoj petlji su roboti i CNC mašine. Kod ovih primena koriste se AC ili DC motori. Na raspolaganju su PLC moduli za praćanje i upravljanje brzinom i pozicijom. U sistemima za pozicioniranje u zatvorenoj petlji postoje dve petlje (Slika 5.3). Petlja poziciji je zatvorena (tj. nadgleda se) preko enkodera, koji je sastavni deo motora, i upravljačke jedinice (u ovom slučaju PLC). Petlja brzine se obično zatvara preko tahometra, koji je sastavni deo motora i drajvera motora. PLC zadaje brzinu kretanja, komandom u obliku analogog signal sa naponom iz opsega -10V do +10V. Spoj za sumiranje, koji je deo drajvera motora, poredi komandu i povratni signal iz tahometra i određuje signal greške koji služi za pobudu motora. Dakle, brzina se kontinualno nadgleda i reguliše od strane drajvera motora, dok poziciju nadgleda PLC.



Slika 5.3 Upravljanje brzine PLC-om u zatvorenoj petlji

PLC moduli za upravljanje pozicijom u zatvorenoj petlji tipično poseduju mogućnost sprege sa jednim ili dva motora. Varijante za dva motora omogućavaju upravljanje pozicijom u ravni, po dvema osama. U normalnom režimu rada, ose se nezavisno kontrolišu. U pratećem režimu rada, modul je u stanju da koordinira kretanje po osama kako bi se obavilo neko zadato, složeno ravansko kretanje.

6. Praktičan primer regulacije brzine asinhronog motora

Termoelektrane "Nikola Tesla" u Obrenovcu proizvode električnu energiju iz uglja. Proizvodnja električne energije obavlja se u termoelektranama "Nikola Tesla" u Obrenovcu, kao i drugim termoelektranama, po veoma složenom tehnološkom postupku posredstvom više oblika energije. Polazna energija je hemiska energija sadržana u uglju, a finalna energija je električna, koja se u vidu trofaznih naizmeničnih struja isporučuje elektroenergetskom sistemu.

Transformacija energije vrši se sledećim redosledom: hemiska energija uglja transformiše se u toplotnu energiju, toplotna energija se transformiše u mehaničku energiju, mehanička energija transformiše se u električnu energiju, a električna energija transformiše se u električnu energiju pogodnih parametara za prenos.

Regulacija postrojenja za loženje ugljom. Gorionici uglja snabdevaju se od šest ventilatorskih mlinova koji obezbeđuju sušenje i mlevenje uglja kao i transport ugljenog praha prema ložištu. Ugalj se transportuje u mlinove preko lančastih dodavača sa mogućnošću regulisanja brzine i dalje preko trakastih dodavača takođe sa mogućnošću regulisanja brzine.

Regulacija količine uglja (brzine dodavača) reguliše se promenom brzine davača i zavisi od potrebe za pritiskom pare. Impuls za regulaciju brzine dodavača dobija se iz PLC-a.

6.1 UNIDRIVE frekventni regulator. Informacije o uređaju

Unidrive je AC regulator invertorskog tipa za regulaciju brzine pogona, koji poseduje mogućnost rada u različitim režimima:

- Rad u otvorenoj petlji – skalarno upravljanje ($U/f=const.$)
- Rad u otvorenoj petlji – vektorska regulacija
- Rad u zatvorenoj petlji – vektorska regulacija

Unidrive ima sposobnost da radi sa različitim tipovima AC motora, od standardnih AC indukcionih motora, pa do sinusnih servo motora visokih performansi. Izbor režima rada kod Unidrive-a se obavlja softverski. Proizvođač uz Unidrive ima na raspolaganju Unisoft, programski paket pod Windows okruženjem, koji pojednostavljuje puštanje u rad i održavanje uređaja.

Način upravljanja Unidrive-om je moguć na pet načina što ima za posledicu veliku fleksibilnost uređaja. Tih pet načina prikazano je u Tabeli 6.1.

Tabela 6.1

Način upravljanja

Način upravljanja	Tip kontakta radnog signala
Taster	Impuls
Sistem	Impuls
Beznaponski kontakt	Trajno ostvaren kontakt
PLC	Trajno prisutan signal
Beznaponski kontakt PLC	Trajno otvoren kontakt

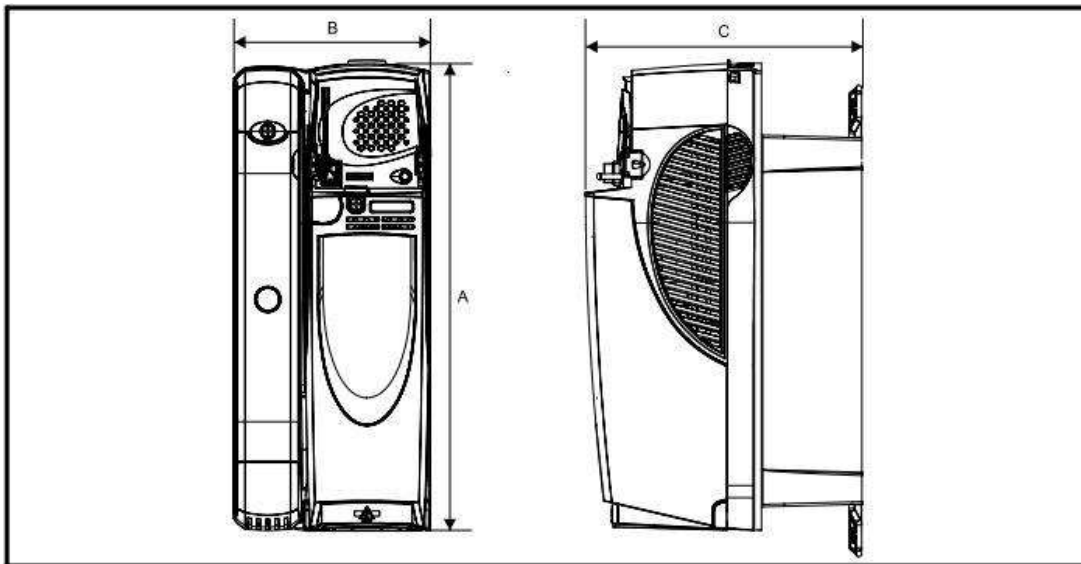
Uređaj poseduje diferencijalni ulaz 12 bita plus predznak. To je ulaz koji je prilagođen FNC seriji CNC sistema, gde brzinu vretena zadajemo analognim signalom, odnosno kod servo sistema sa zatvorenom petljom.

Tabela 6.2

Izbor načina upravljanja momentom

Parametar	Način upravljanja momentom
0	Upravljanje brzinom
1	Upravljanje momentom
2	Upravljanje momentom sa prekoračenjem brzine
3	Namotavanje/kontrola momenta odmotavanja

Unidrive se može konfigurirati kao regulator momenta u režimu otvorene petlje. Kod rada uređaja u zatvorenoj petlji na raspolaganju su tri različita režima za upravljanje momentom što je prikazano u Tabeli 6.2. Na Slici 6.2 je prikazan izgled sa objašnjenjem kako u pogonu treba postaviti frekventni regulator u orman da bi mogao da ostvari sve svoje karakteristike. A na Slici 6.1 prikazane su dimenzije samog regulatora.

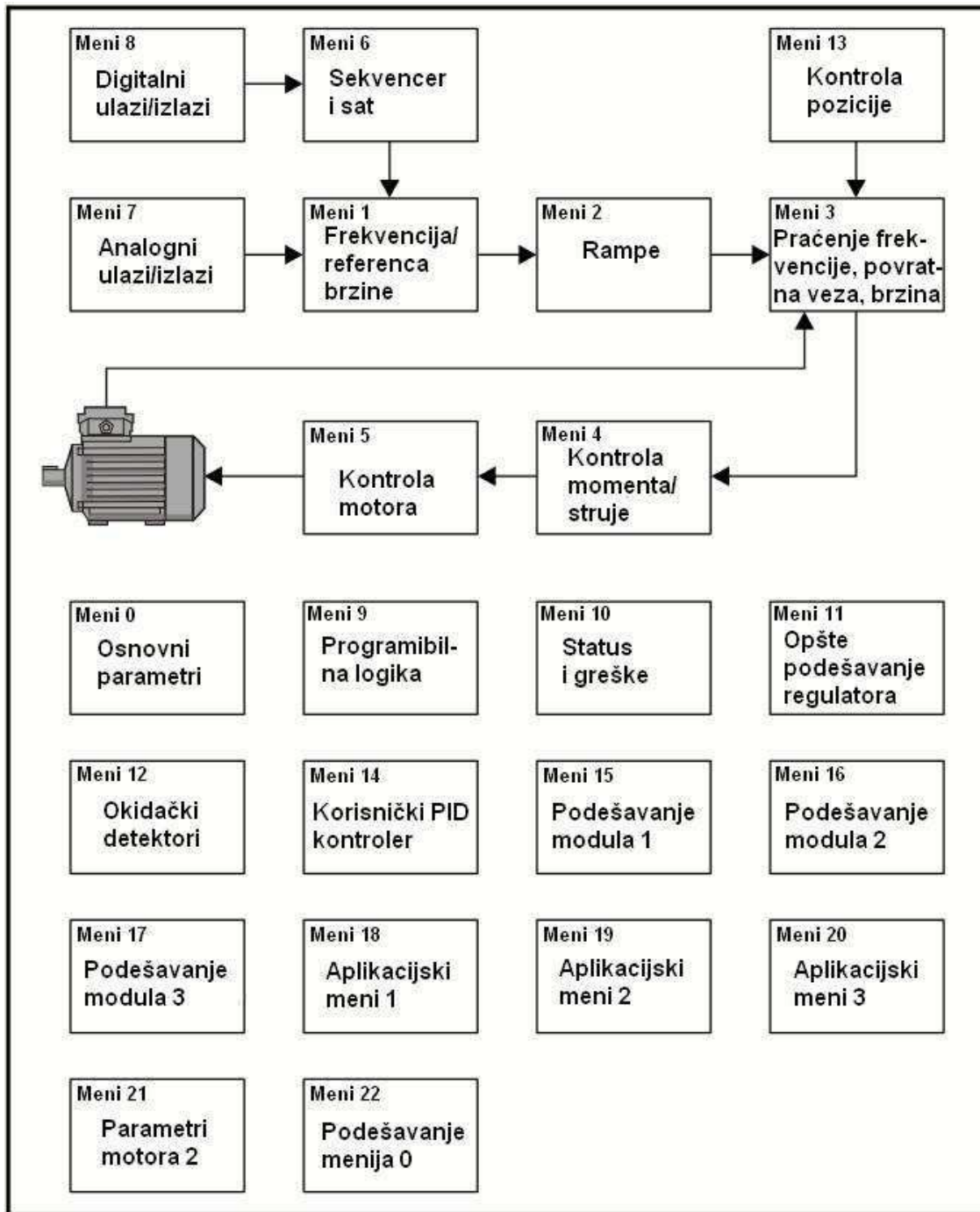


Veličina regulatora	A		B		C	
	mm	in	mm	in	mm	in
0	322	12.677	62	2.441	226	8.898
1	368	14.488	100	3.937	219	8.622
2	368	14.488	155	6.102	219	8.622
3	368	14.488	250	9.843	260	10.236
4	510	20.079	310	12.205	298	11.732
5	820	32.283	310	12.205	298	11.732
6	1131	44.528	310	12.205	298	11.732

Slika 6.1 Dimenzije regulatora

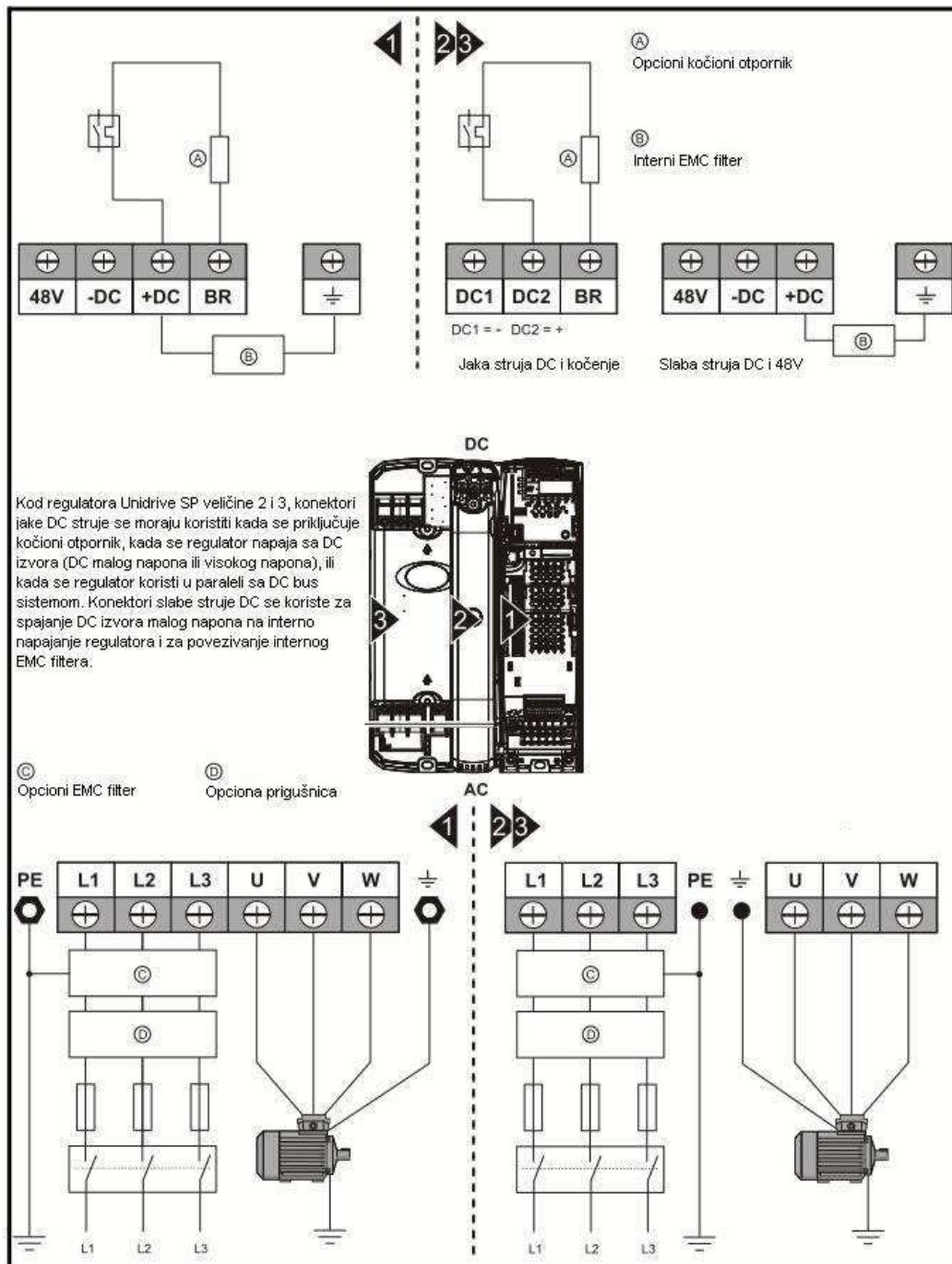
6.2 Blok dijagram regulatora

Slika 6.3 prikazuje ukupan blok dijagram regulatora. Individualne logičke dijagrame prikazane su u priložima u poglavlju 9.



Slika 6.3 Blok dijagram regulatora

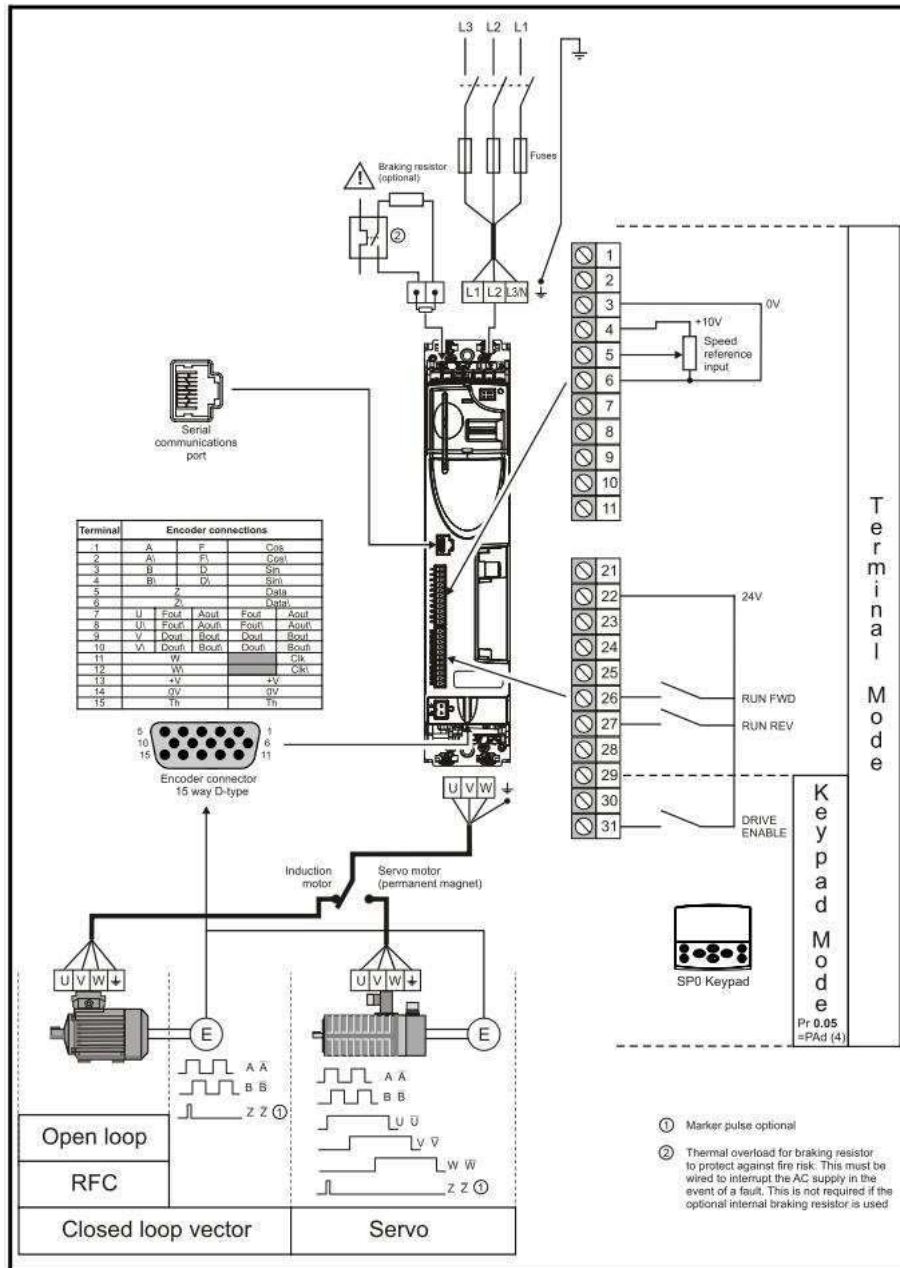
6.3 Energetski izvodi



Slika 6.4 Energetski izvodi

6.4 Puštanje u rad

Ovo poglavlje prikazuje osnovna povezivanja koja se moraju izvesti na regulatoru da bi se startovao motor u željenom načinu rada. Minimalni zahtevi za puštanje u rad dati su Tabelom 6.3, a minimalno povezivanje Slikom 6.5.



Slika 6.5 Minimalno povezivanje za puštanje u rad

Tabela 6.3

Minimalni uslovi za puštanje u rad

Način rada regulatora	Zahtevi
Otvorena petlja i RFC način rada	Indukcioni motor
Zatvorena petlja vektorska	Indukcioni motor sa povratnom informacijom brzine motora (feedback)
Zatvorena petlja servo	Motor sa permanentnim motorom sa povratnom informacijom brzine i pozicije motora (feedback)

6.5 Upravljačke petlje

6.5.1 Rad u otvorenoj petlji – skalarno upravljanje($U/f=const$). Glavne karakteristike:

- Izlazna frekvencija je određena izborom referentne frekvencije.
- Napon koji se dovodi na motor proporcionalan frekvenciji, što čini Unidrive idealnim za višemotorni pogon.
- Na niskim frekvencijama se primenjuje povišenje napona, u cilju ostvarenja potrebnog polaznog momenta (kompenzacije pada napona usled otpornosti namotaja motora).
- Maksimalni napon na motoru može se ograničiti uz pomoć parametara ili je ograničen priključenim mrežnim naponom.
- Kompenzacija klizanja kod asinhronih indukcionih motora.
- Kompenzacija uticaja varijacije mrežnog napona na izlazni napon.
- Ograničenje struje, ako se dostigne maksimalna dozvoljena struja.

6.5.2 Rad u otvorenoj petlji- vektorska regulacija. Kod rada u otvorenoj petlji sa vektorskim upravljanjem, konstantno povišenje napona primenjeno u otvorenoj petlji invertora, zamenjuje se sa mnogo preciznije izlaznim naponom, koji se menja zavisno od optrećenja, u skladu sa matematičnim modelom motora. Kao rezultat gore navedenog, poljšana je kontrola fluksa i momenta motora, u širokom opsegu frekvencija. Kao ulazni podaci za matematički model motora potrebna su sledeća dva parametra:

- Faktor snage motora
- Otpornost motora

Oba parametra se određuju u toku puštanja u rad uređaja.

6.5.3 Rad u zatvorenoj petlji – vektorska regulacija. Ovaj režim rada obezbeđuje indukcionom motoru sa prigradenim enkoderom osobine servo pogona. Enkoder daje Unidrive-u povratnu informaciju o poziciji i brzini. Zajedno sa zatom vrednošću brzine informacije o brzini iz enkodera se koristi kao ulazna veličina u ulaznom bloku i bloku rampe. Moment zavisi od rezultata obrade gornjih signala. Strujna povratna sprega se deli u dve komponente: na komponentu magnećenja i komponentu za moment. Da bi se odredio potreban odnos dve komponente struje, tj. struje za magnjeće i struje za moment, koristi se matematički model. Uz pomoć dva PI regulatora formira se zahtev u pogledu napona, koji se prosleđuje PWM sklopu unidrive-a, čija je funkcija da formira izlazni napon pretvarača.