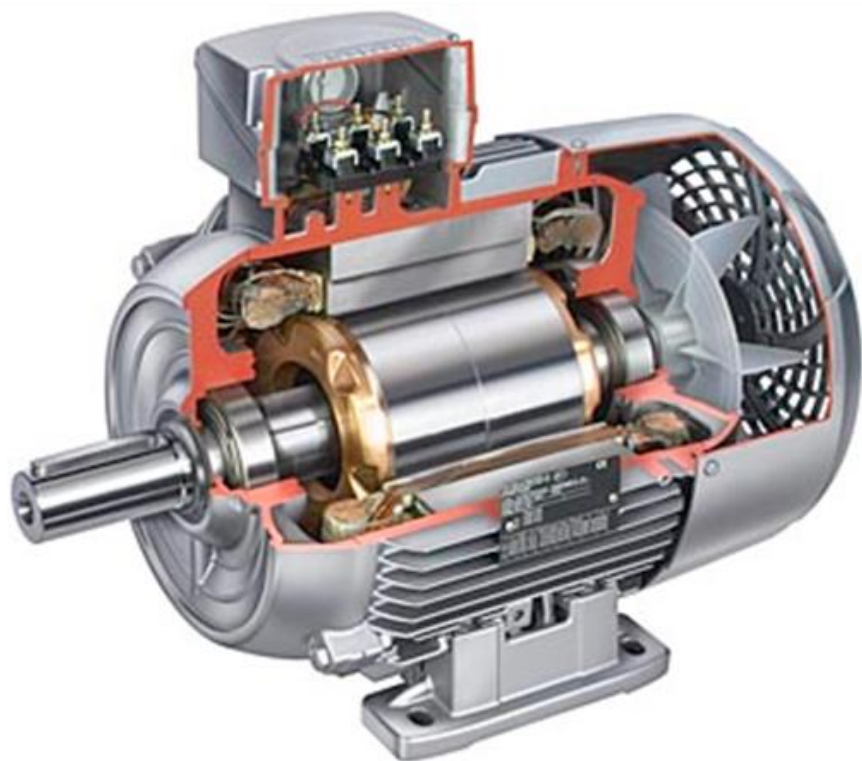


III deo-Upravljanje karakteristikama asinhronog motora



Zadatak tehničke regulacije sastoji se u tome da pri delovanju poremećaja na određene radne pokazatelje mašina deluje suprotno ovim uticajima, da bi prinudno obezbedila realizaciju zadatka bez posledica.



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



• Upravljanje promenom frekvencije

Kako je sinhrona brzina u funkciji frekvencije, to se promena brzine obrtanja promenom frekvencije može vršiti u širokom opsegu.

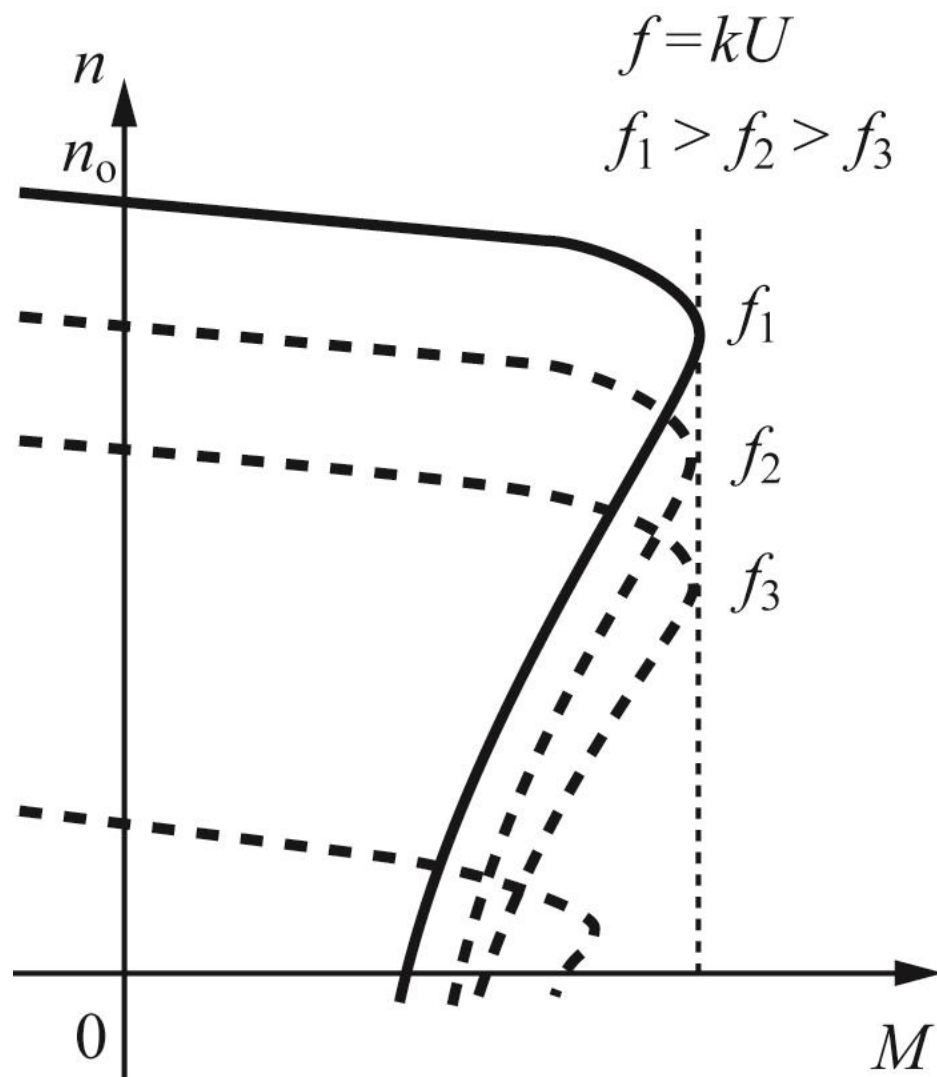
Za promenu frekvencije se koriste pretvarači frekvencije ili sinhroni generatori sa mogućom promenom frekvencije na izlazu.

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



Upravljanje promenom frekvencije



Upravljanje 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.



Upravljanje promenom napona napajanja

Iz jednačine za moment i maksimalni moment je dat obrascom

$$M=f(U_1^2)$$

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.

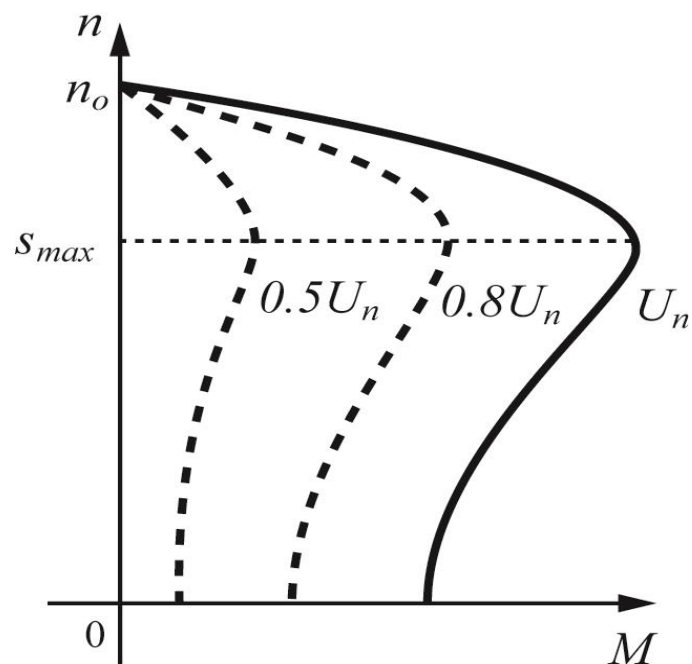
Za razne vrednosti napona za isto klizanje su odnosi momenata srazmerni kvadratu odnosa napona:

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

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 $M = f(U^2)$.



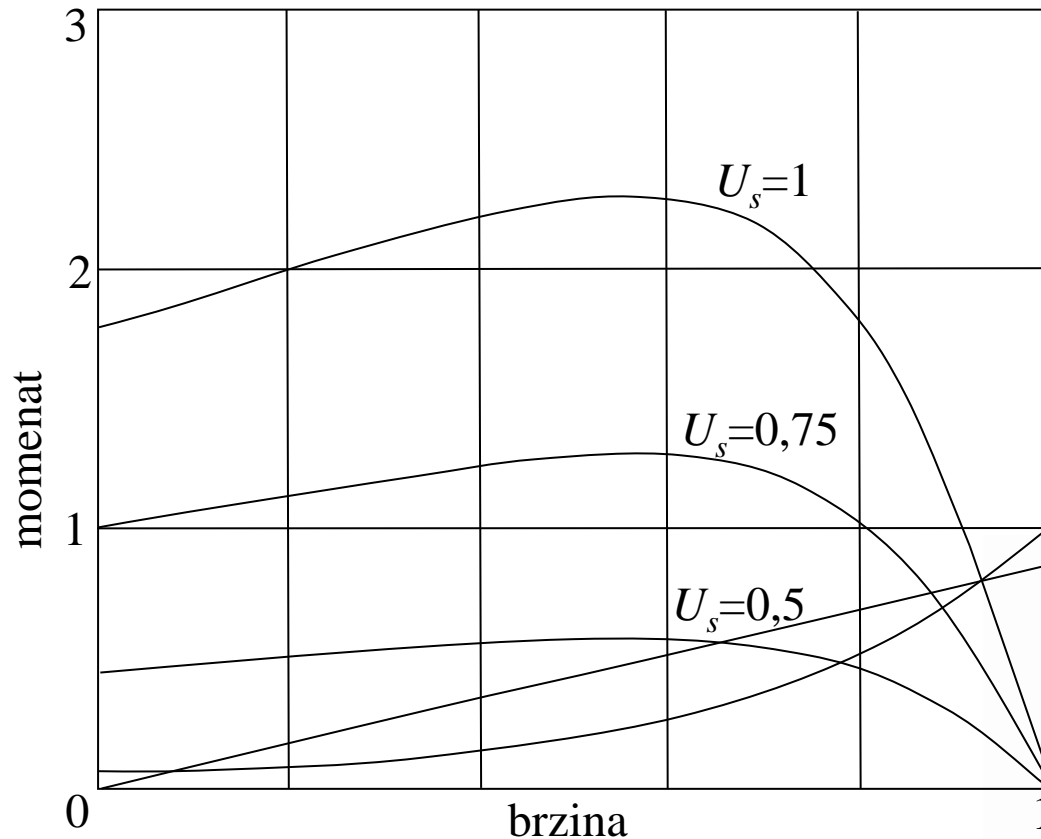
Promena brzine promenom napajanja

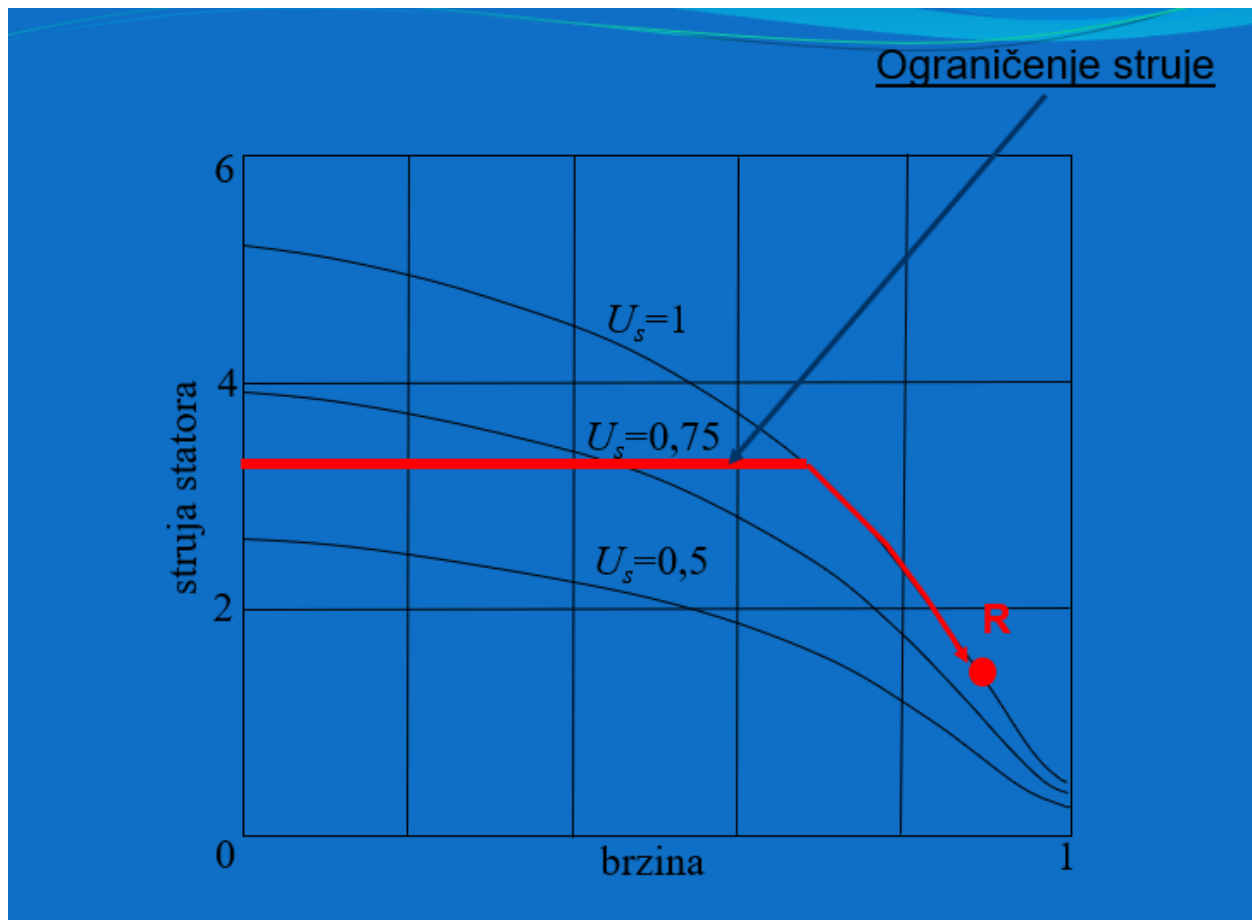
Promena napona statora pri stalnoj učestanosti

$$M_e = M_e(U_s^2); \quad M_{pol} = M_{pol}(U_s^2); \quad M_{pr} = M_{pr}(U_s^2);$$

$$I_s = I_s(U_s)$$

$$s_{pr} \neq s_{pr}(U_s)$$





Ako bi mogli kontinualno da menjamo napon statora mogli bi da održavamo polaznu struju na stalnoj, željenoj vrednosti.



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 .

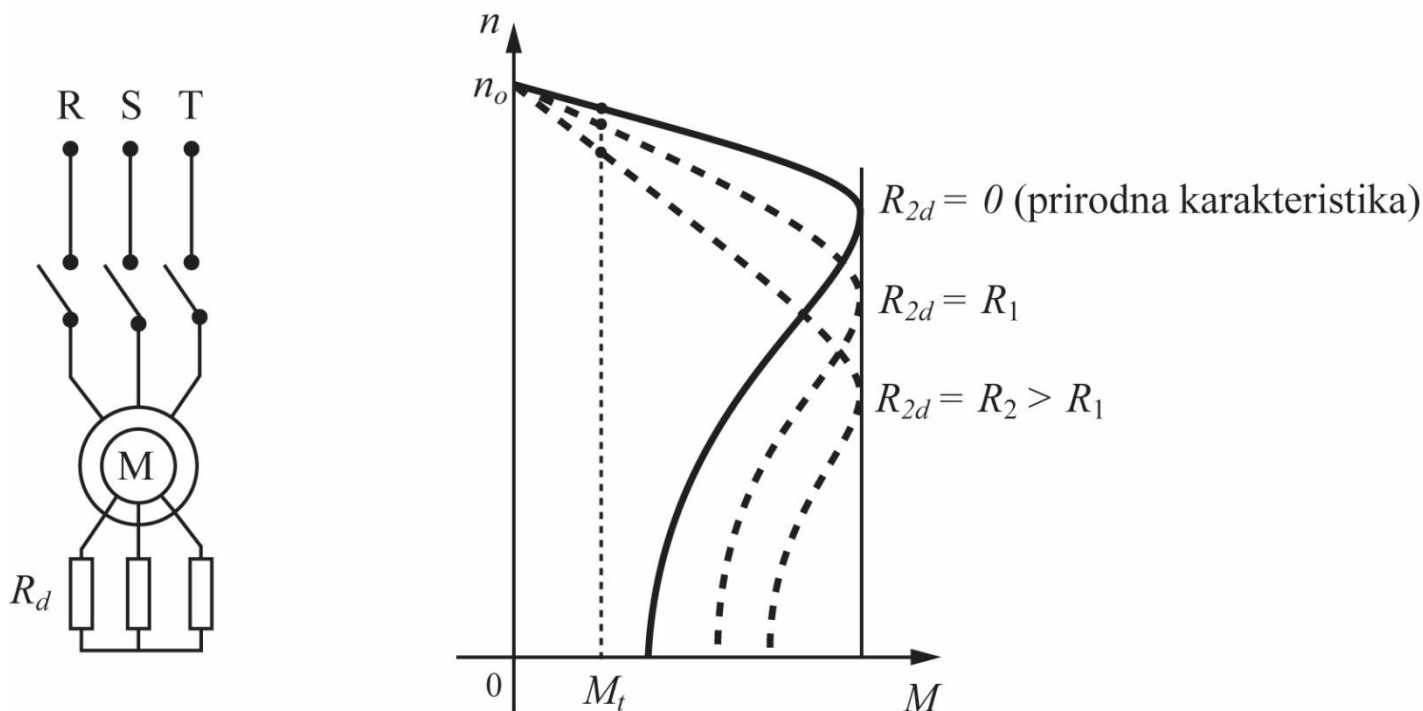
Ovakva sprega za podešavanje brzine okretanja se naziva podsinhrona kaskada. Regulacija brzine na ovaj način je vrlo ekonomična, s tim što je zbog iskrenja na kolektoru ograničena na motore snaga do 200 – 300 [kW]



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

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.



Promena brzine dodavanjem otpornosti u kolo rotora

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.

Regulacija brzine promenom statorske učestanosti

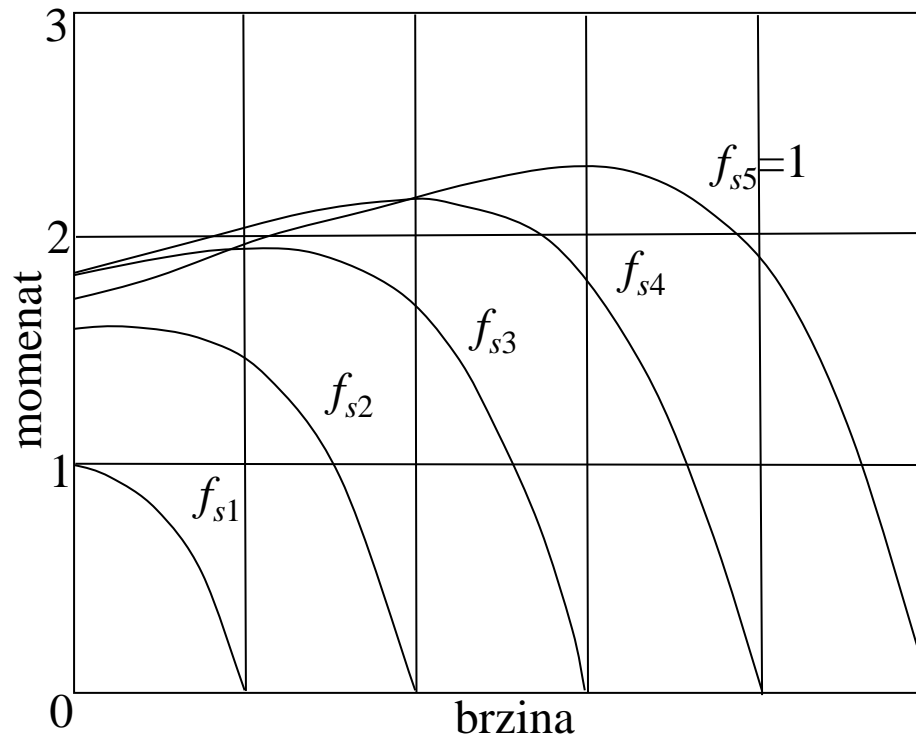
Frekventna regulacija

$$M_{pr} = \frac{3P}{2\lambda_r} \left(\frac{E}{\omega_s} \right)^2$$

$$\omega_{rp} = r'_r / \lambda'_r = \text{const.}$$



$$E / \omega_s = \psi = \text{const.} \Rightarrow M_{pr} = \text{const.}$$



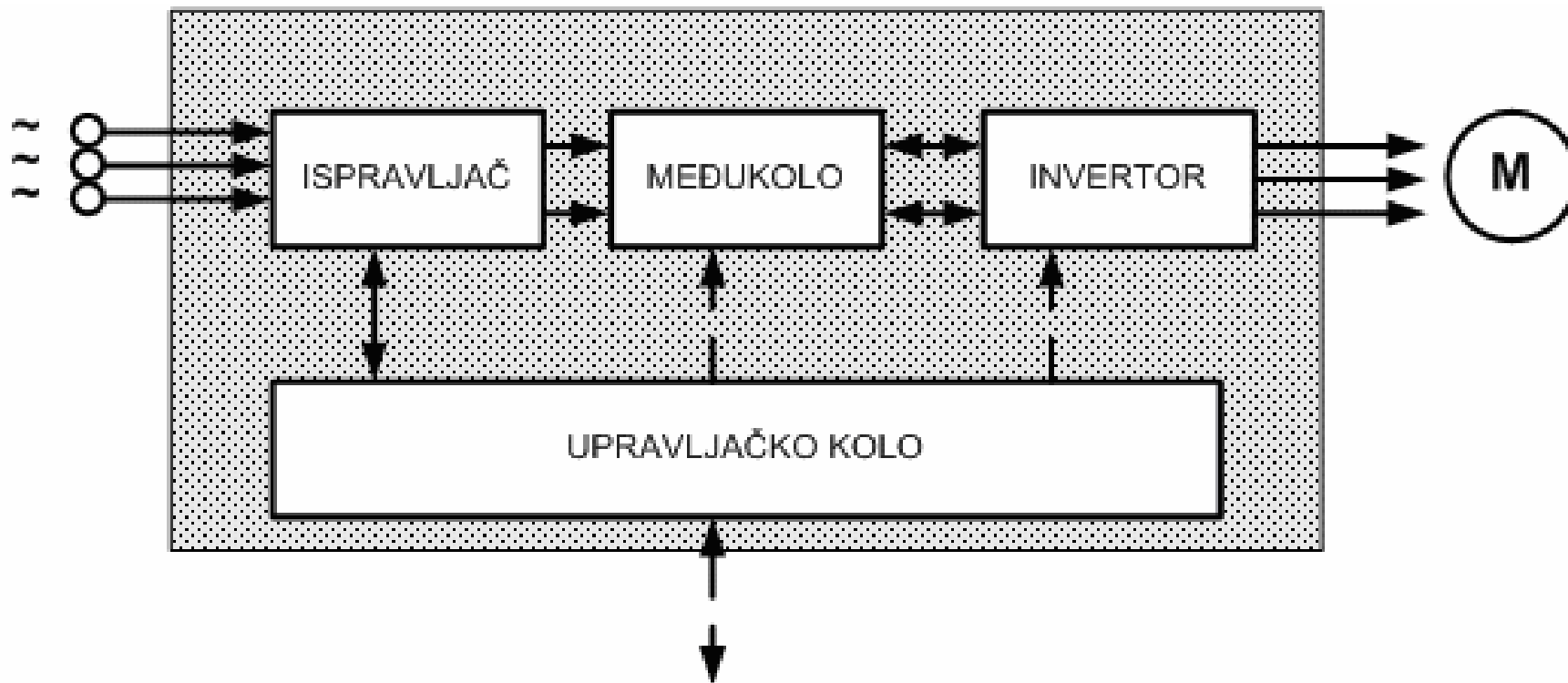
Struktura frekventnog regulatora

Ispravljač pretvara mrežni naizmenični napon u pulsirajući jednosmerni napon.

Međukolo stabilise 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.



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.

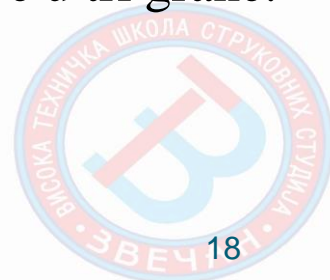
Međukolo može biti izgrađeno na tri načina u zavisnosti od izvedbe ispravljača i invertora.

Invertor 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 invertoru. Ako su struja i napon promenljivi, invertor generiše samo frekvenciju. Ukoliko je napon konstantan, invertor generiše frekvenciju kao i napon.

Iako invertori rade na različite načine, njihova osnovna struktura je uvek ista.

Glavne komponente su kontrolisani polu-provodnici, 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.

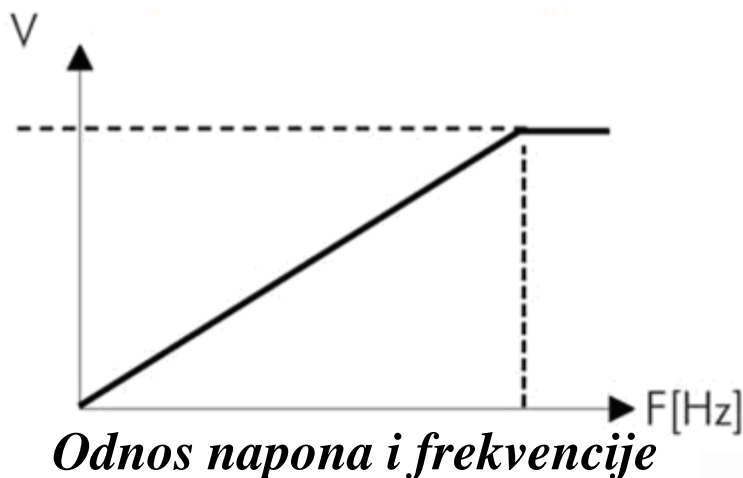


Frekventni regulator kontroliše zajedno izlaznu frekvenciju i napon prema, održavajući konstantan odnos napon/frekvencija.

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.



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.

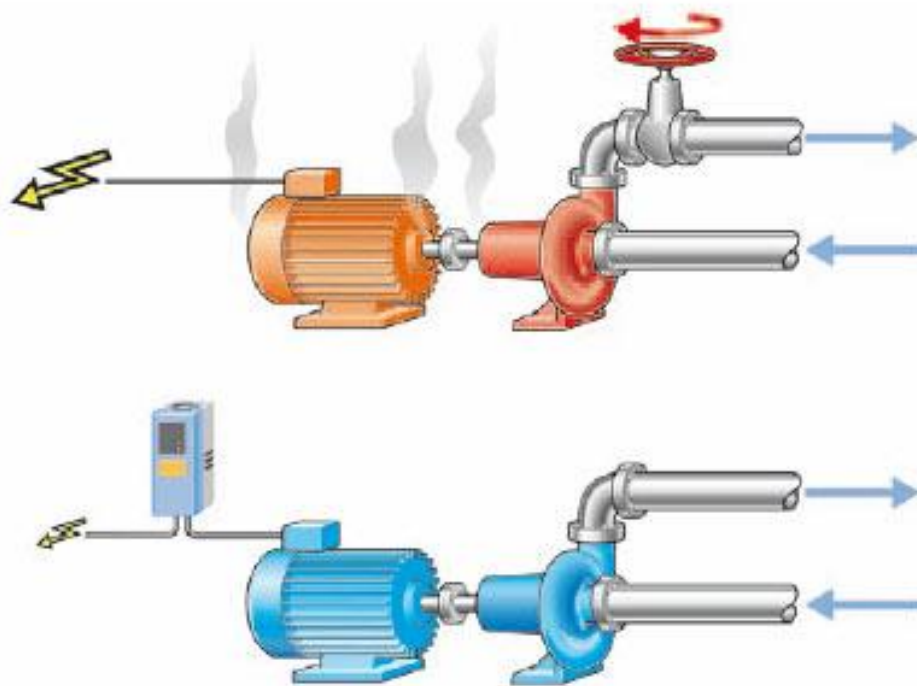
U tom slučaju protok se reguliše sa ventilima ili prigušivanjem na druge načine.

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.

Korišćenje frekventnog regulatora za kontrolisanje brzine motora može uštedeti i do 70% energije.

Primer prednosti frekventnog regulatora

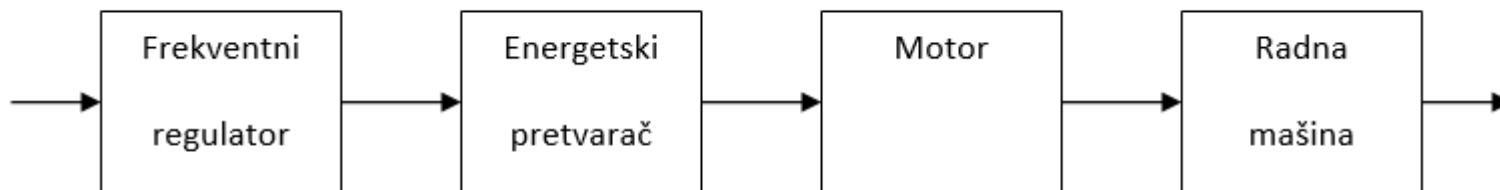


Sistem regulacije frekventnim regulatorom

Sistemi regulacije elektromotornog pogona mogu se podeliti na:

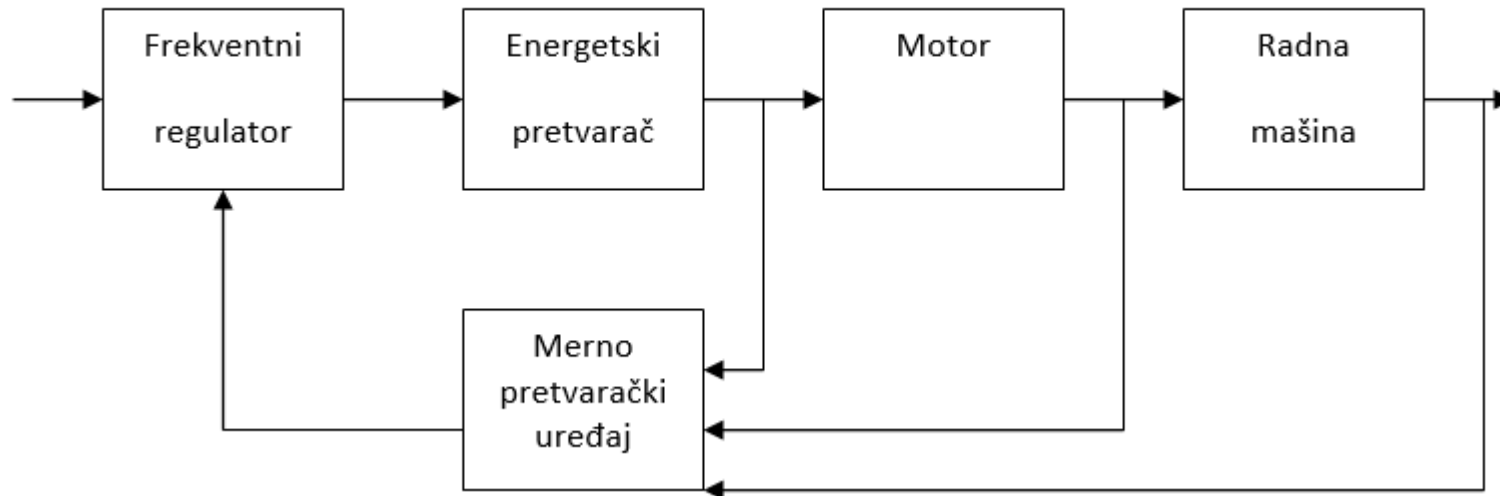
- Otvorene sisteme upravljanja
- Zatvorene sisteme upravljanja

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.



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.

Sistemi mogu imati jednu ili više povratnih veza što zavisi od više faktor.



Princip vektorskog upravljanja

Vektorski regulator je jedan od najvažnijih razvojnih projekata u oblasti savremenih regulisanih elektromotornih pogona. Naima, 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.

Veliki razvoj mikrokontrolera poslednje decenije omogućio je da industrijski vektorski regulator postane realnost uvažavajući preciznost, cenu, fizičku veličinu.

