



## **FREKVENTNI REGULATORI -prednosti korišćenja-**

## SADRŽAJ

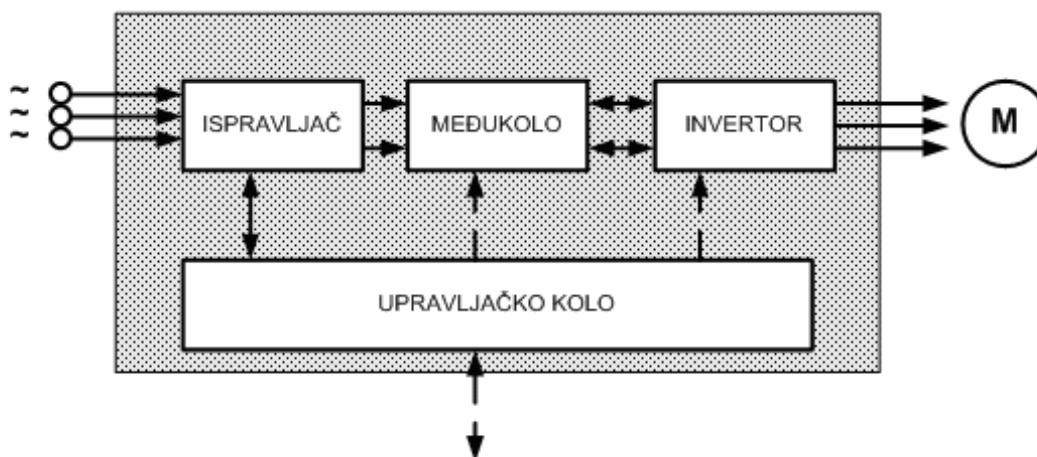
|   |                   |
|---|-------------------|
| <a href="#">1. Opšte o frekventnim regulatorima.....</a>            | <a href="#">2</a> |
| <a href="#">2. Prednosti korišćenja frekventnih regulatora.....</a> | <a href="#">5</a> |

## 1. Opšte o frekventnim regulatorima

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.

Frekventni regulator je termin koji se odomaćio kod nas. Postoji mnoštvo naziva za ove uređaje u engleskoj terminologiji, kao što su *Adjustable Speed Drives*, *Variable Frequency Drives (VFD)*, *Inverter* itd. Pored osnovne funkcije upravljanja brzinom AC motora, frekventni regulatori integrišu i brojne druge funkcionalnosti kao što su: zaštita motora, alarmiranje, procesno upravljanje u zatvorenoj petlji (na primer održavanje konstantnog pritiska u cevi), mogućnosti podešavanja brzine i kontrola rada putem raznih interfejsa (ručno preko tastera na samom regulatoru ili daljinski povezivanjem na komunikacione interfejse kao što su RS485 MODBUS, PROFIBUS, itd.).

Na slici 1.1 je prikazana interna struktura frekventnog regulatora. Ispravljač pretvara mrežni AC napon u pulsirajući DC napon. Međukolo stabilizuje ovaj DC napon i stavlja ga na raspolaganje invertoru. Invertor generiše frekvenciju napona na motoru (DC napon ponovo pretvara u kontrolisani AC 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 1.1

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 AC motora.

Pored pune kontrole brzine AC motora, korišćenje frekventnog regulatora nudi i brojne druge prednosti:

- Ušteda energije je pogotovo u današnje vreme jedan od prioritarnih zahteva. Ovo se pre svega odnosi na pogone sa pumpama i ventilatorima, gde je utrošak energije srazmeran trećem stepenu brzine. Na primer, pogon koji radi sa polovinom brzine troši samo 12.5% nominalne snage.
- Podešavanje brzine u procesu proizvodnje pruža brojne prednosti u pogledu povećanja produktivnosti, smanjenja troškova održavanja, itd.
- Broj startovanja i zaustavljanja mašine može se punom kontrolom brzine drastično smanjiti. Korišćenjem laganog ubrzavanja i usporavanja, izbegavaju se naprezanja i nagli udari u mašinskim sklopovima.
- Uz smanjenje troškova održavanja, poboljšava se radno okruženje.

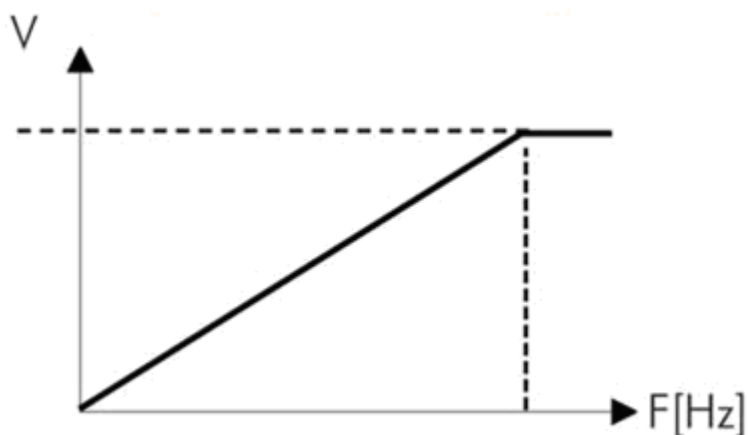
Kao što je rečeno, frekventni regulatori kontrolišu brzinu rada motora menjanjem frekvencije napona motora. Sinhrona brzina (brzina obrtanja magnetnog polja statora u rotacijama po minuti, RPM) iznosi:

$$\text{Sinhrona Brzina} = \frac{120 * \text{Frekvencija}}{\text{Broj Polova Motora}}$$

Nominalna brzina obrtanja motora predstavlja brzinu obrtanja osovine motora sa nominalnim opterećenjem i pri nominalnoj frekvenciji napona napajanja (50 Hz). Ova brzina je nešto manja od sinhronne brzine, a razlika se naziva klizanje (*slip*), i uslov je za stvaranje obrtnog momenta. Na primer, sinhrona brzina četvoropolnog motora je 1500 RPM, a nominalna brzina motora može biti 1460 RPM. Dakle, menjanjem frekvencije, može se menjati brzina motora.

Frekventni regulator kontroliše zajedno izlaznu frekvenciju i napon prema slici 1.2, održavajući konstantan odnos napon/frekvencija (*volt/hertz*). Momenat koji se stvara je direktno srazmeran ovom odnosu, što znači da je na svim brzinama (do nominalne brzine) momenat konstantan i jednak je nominalnom momentu. Ovo znači da motor na svim brzinama može da isporuči pun momenat.

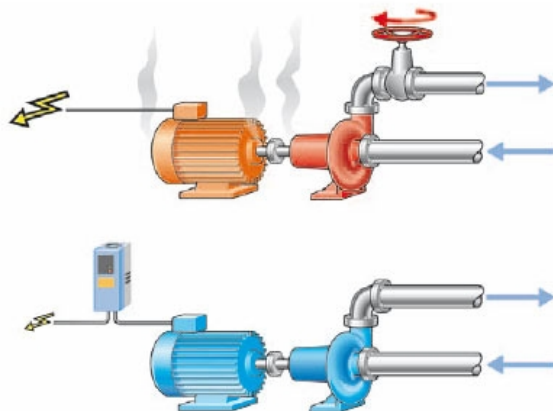
Regulator može da napaja motor i sa frekvencijama iznad nominalne (50 ili 60 Hz), ali u tom slučaju nije moguće dalje povećavanje napona. U tom slučaju se momenat smanjuje, pa postoji mogućnost da motor na većim brzinama ne može da isporuči dovoljan momenat za pokretanje datog opterećenja.



Slika 1.2

## 2. Prednosti korišćenja frekventnih regulatora

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 (HVAC) 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 2.1

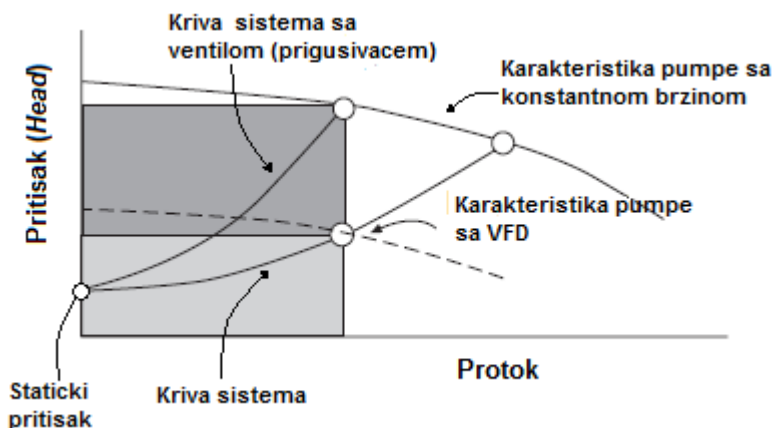
## Pumpe i ventilatori sa frekventnim regulatorom

Na slici 2.2 su prikazane krive karakteristika pumpe (ventilatora) i samog sistema u kojem pumpa postoji.

Kriva pumpe predstavlja zavisnost pritiska koji daje pumpa  $H$  (koji je izražen u visini vodenog stuba koji pumpa može da savlada – *engl. Head*, vrh) od protoka  $Q$ . Kriva pokazuje da pumpa može da daje manji protok ukoliko treba da savlada veću razliku pritiska u sistemu.

Kriva sistema se sastoji od dva dela. Pritisak potreban pri nultom protoku je statički pritisak. On predstavlja visinu vodenog stuba koji pumpa u sistemu može da savlada bez obzira na protok. Ili, može se shvatiti kao rad koji pumpa savladava nasuprot gravitaciji. Druga komponenta predstavlja meru otpora samog sistema (cevi, ventilacioni otvori), i povećava se sa povećanjem protoka.

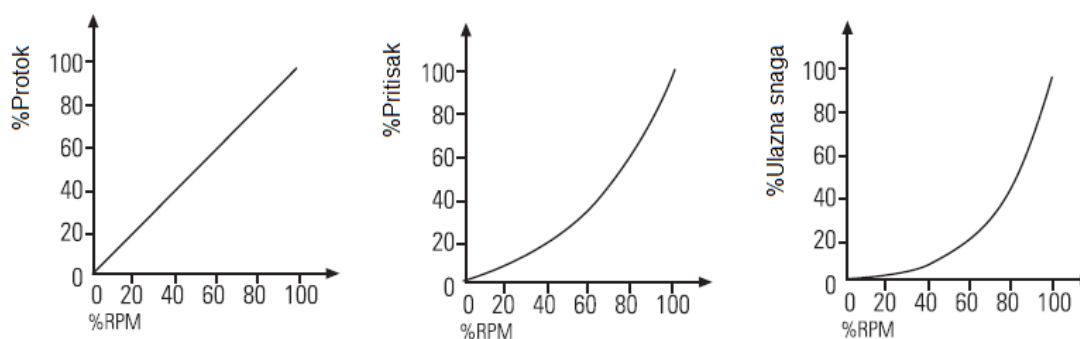
Presek krivi karakteristike pumpe i sistema predstavlja radnu tačku. Upotrebom frekventnog regulatora (VFD) i smanjivanjem brzine obrtanja pumpe, karakteristika pumpe se spušta ispod. Upotrebom ventila (prigušnica), menja se karakteristika sistema, a ne pumpe. Za postizanje istog protoka, pritisak pumpe je manji kod upotrebe VFD uređaja. Kako je ulazna snaga srazmerna proizvodu protoka i pritiska, zaključuje se da se korišćenjem VFD uređaja šteti energija.



Slika 2.2

## Ušteda energije

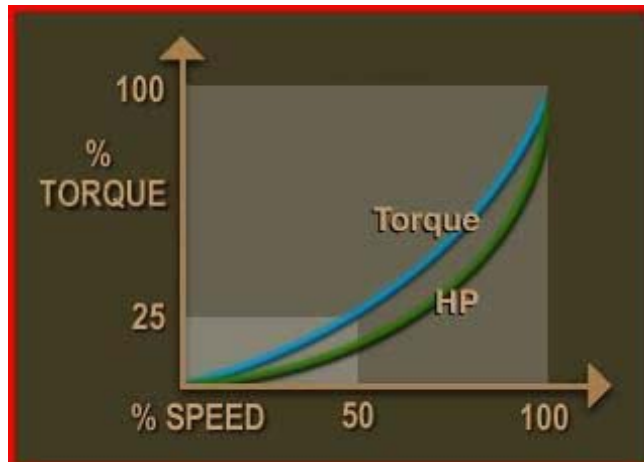
Odnosi između pritiska, protoka, brzine obrtanja osovine, snage se mogu izraziti zakonima afiniteta (Slika 2.3). Protok je direktno proporcionalan sa brzinom, dok je pritisak proporcionalan kvadratu brzine. Sa stanovišta uštede energije, najznačajnije je to što je snaga koja se troši proporcionalna trećem stepenu brzine. Tako, na primer, 75% brzine proizvodi 75% protoka, ali se troši samo 42% od snage neophodne za puni protok. Kada se protok smanji na 50%, utrošak snage je svega 12.5%.



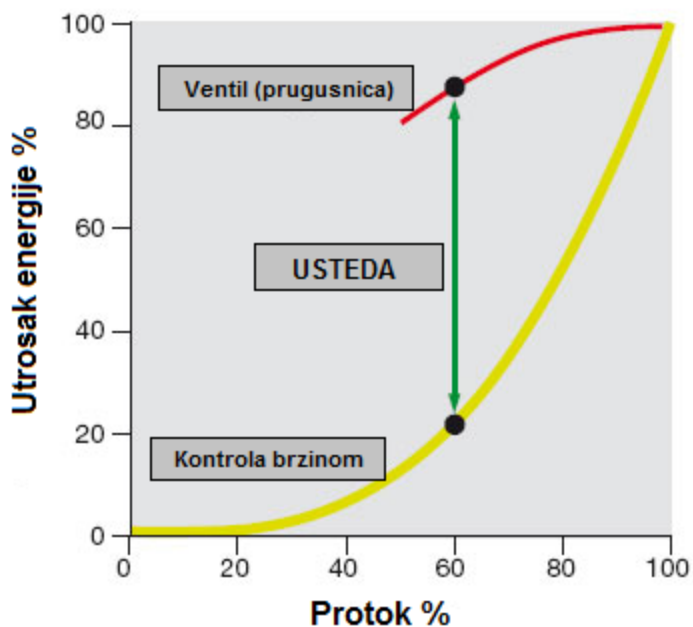
Slika 2.3

Klasične metode kontrole protoka obuhvataju primenu ventila, ulaznih lopatica kod centrifugalnih ventilatora za smanjenje protoka vazduha koji ulazi u ventilator, on/off kontrola, itd. Glavni problem kod ovih načina kontrole protoka je to što se ne utiče na potrošnju. Postoje mogućnosti za smanjenje utroška energije, ali nijedna nije efikasna kao upotreba frekventnih regulatora. Na primer, On/Off kontrola stvara mehaničke udare i pikove pritiska usled konstantnog uključivanja i isključivanja, kao i pikove struje u mreži napajanja kada se motor uključuje direktno bez primene regulatora.

Upotrebom frekventnih regulatora postižu se velike uštede u kontroli procesa gde su opterećenje ili brzina promenjivi. Naročite uštede se postižu kod kontrole opterećenja koja imaju promenjivi momenat opterećenja u zavisnosti od brzine, a to su upravo pumpe, ventilatori, kompresori, itd. Na slici 2.4 je prikazana kriva momenta (*Torque*) i Snage (*HP*) u zavisnosti od brzine, a na slici 2.5 je dato poređenje utroška energije između kontrole protoka ventilom (ili drugim prigušivačem) i upotrebom frekventnog regulatora.



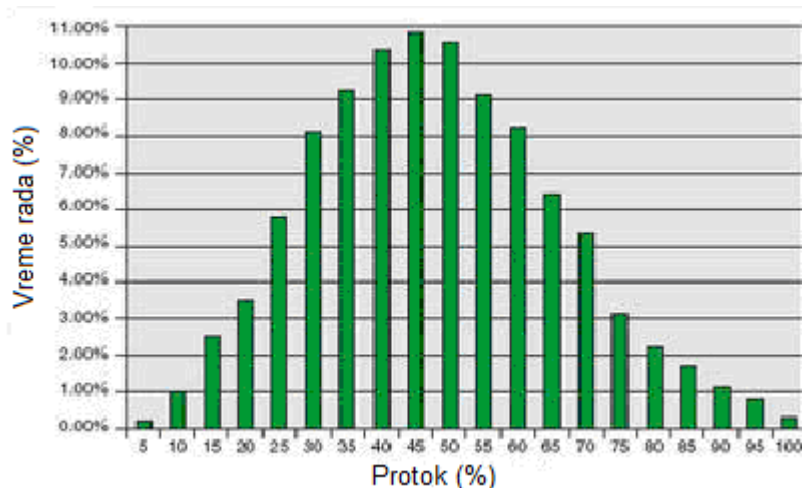
Slika 2.4



Slika 2.5

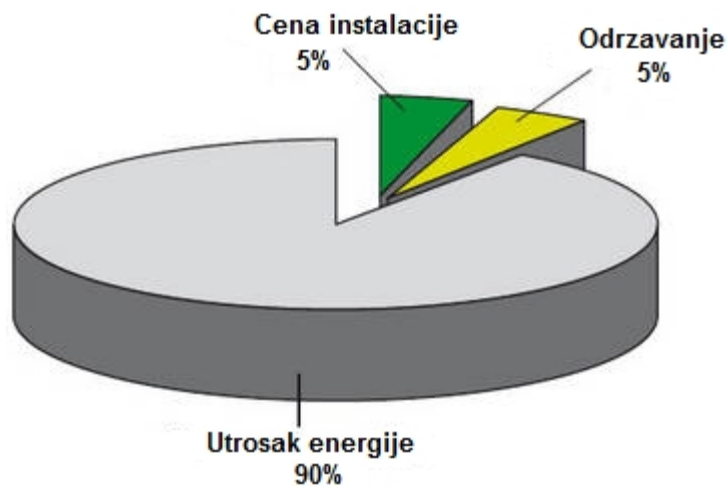
Celokupan HVAC sistem se dizajnira prema najvećim zahtevanim vrednostima procesnih promenljivih (protok, pritisak, temperatura...). Ovo znači da su pumpe ili ventilatori predimenzionisani tokom najvećeg dela radnog vremena. Na slici 2.6 je prikazan tipičan radni ciklus pumpe ili ventilatora. Tokom 90% radnog vremena zahtevani protok je ispod 70%. Kontrolisanjem brzine motora pumpe ili ventilatora mogu se postići značajne uštede energije.





Slika 2.6

Slika 2.7 prikazuje odnos troškova tokom životnog ciklusa pumpi i ventilatora. Najveći deo troškova odlazi na utrošak energije tokom rada. Uštedom energije koju omogućavaju frekventni regulatori vrlo brzo se nadoknađuju nešto veće investicije potrebne za instaliranje sistema. Takođe, upotrebom frekventnih regulatora cena održavanja se smanjuje, štiti se motor i produžava se njegov životni vek.

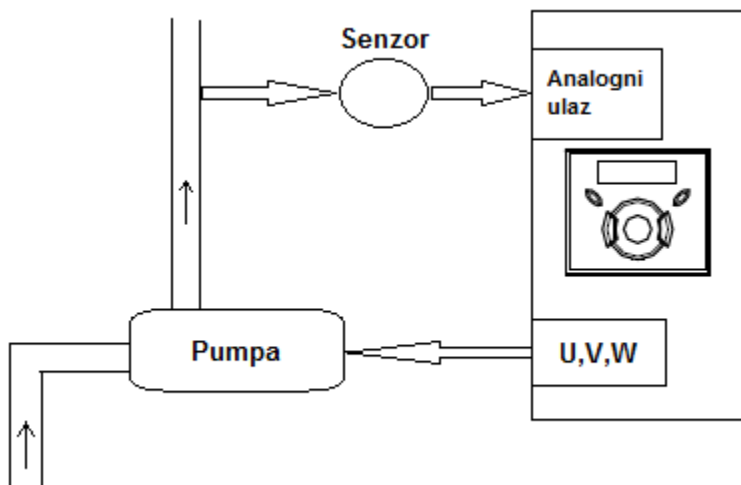


Slika 2.7

## Poboljšana kontrola procesa

Upotreba frekventnih regulatora značajno poboljšava proces proizvodnje. Na primer, procesi ekstrudiranja gume ili obrade metala zavise od brojnih faktora kao što su karakteristika materijala, poprečni presek, temperatura... Ukoliko se koriste pokretne trake sa konstantnom brzinom i menja se temperatura neophodna za dati proces, stvaraće se škart proizvod, ili će se morati zaustavljati proces proizvodnje kako bi se temperatura dovela na neophodnu vrednost. U oba slučaja se nepotrebno troše energija, vreme i materijal. Umesto toga promenom brzine trake sa materijalom lako se kompenzuju promene temperature čime se omogućava kontinualni rad. Rezultat je smanjenje utroška energije i škarta proizvoda.

Frekventni regulatori omogućavaju precizniju kontrolu hemijskih procesa, procesa distribucije vode, ventilacije, itd. Pritisak u sistemima distribucije vode se može održavati sa znatno boljom tolerancijom. Na slici 2.8 je prikazan jednostavan sistem za održavanje konstantnog pritiska u cevi. Sistem je u zatvorenoj sprezi. Željena referentna vrednost pritiska se podešava na regulatoru. VFD uređaj dobija povratnu informaciju sa senzora protoka (ili pritiska), koji se povezuje na analogne ulaze regulatora. PID kontroler, koji je sastavni deo regulatora reguliše brzinu motora pumpe kako bi se održavao konstantni pritisak. Ova brzina zavisi dominantno od trenutne potrošnje, itd.



Slika 2.8

## Smanjenje udara

Sledeća prednost frekventnog regulatora se ogleda u smanjenju mehaničkih i električnih udara prilikom uključenja/isključenja mašine. Frekventni regulatori

omogućavaju mekan start mašine, postepenim povećavanjem frekvencije po programiranoj rampi. Direktnim uključanjem motora na mrežu trenutna struja može imati vrednost i do deset puta veću od nominalne struje  $I_n$ . Mekan start frekventnog regulatora ograničava ovu struju na vrednost ne veću od  $1.5 I_n$ . Ovim se produžava životni vek motora i smanjuju troškovi održavanja. Za pogone kod kojih čak ni linearna rampa ubrzanja i zaustavljanja ne rešavaju u potpunosti problem trzaja kod pokretanja (npr. liftovi) frekventni regulatori nude varijantu eksponencijalne rampe ili tzv. S rampe koja dalje poboljšava prilike kod startovanja i zaustavljanja elektromotornog pogona.

### **Iz ponude naših frekventnih regulatora izdvajamo:**

#### **SINUS PENTA, 5 funkcija, frekventni regulator za sve namene, do 3000kW**

- Širok opseg napona napajanja, 200Vac-690Vac
- Opseg DC napona napajanja 280-970 Vdc
- Ulazna frekvencija 50-60Hz
- Opseg snage 1,3-3000kW
- Kućište IP00, IP20, IP54
- Verzija za samostalnu ugradnju ili rešenje u ormanu (cabinet solution)
- kompatibilnost sa REMOTE DRIVE softverom koji omogućava povezivanje, kontrolu, programiranje i monitoring, lokalno ili putem interneta.
- kompatibilnost sa softverom *Easy Harmonics*, alatom za proračun viših harmonika.

#### **SINUS N, jeftini frekventni regulator, Open loop vektor ili V/F inverter**

- 200-230Vac monofazno napajanje
- Opseg snage 0,4-3kW
- Potpuna kompatibilnost sa softverom za kontrolu i programiranje REMOTE DRIVE
- 200-230Vac monofazno napajanje
- Opseg snage 0,4-3kW
- 2 moda kontrole: V/F i open loop vektorska kontrola (Sensorless Vector Control)
- Ugrađeni potencijometar
- Start/Stop tasteri
- Stepen zaštite IP20

#### **SINUS M, frekventni regulator velikih mogućnosti, Open loop vektor ili V/F inverter**

- 200-480Vac napajanje
- opseg snage 0,37-22kW
- Potpuna kompatibilnost sa softverom za kontrolu i programiranje REMOTE DRIVE
- potpuna kompatibilnost sa *Easy harmonics* programskim alatom za računanje viših harmonika

više o ovome na <http://www.momentum-automation.com/>

Kontakt osoba:

Borislav Dugošija  
Momentum d.o.o.  
<http://www.momentum-automation.com/>  
Kralja Petra I 48  
22000 Sremska Mitrovica  
Tel/Fax: +381 22 625 010  
[momentum@eunet.rs](mailto:momentum@eunet.rs)  
[bdugosija@momentum-automation.com](mailto:bdugosija@momentum-automation.com)