

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA RAVNE  
STROJNIŠTVO

# REGULACIJA ŠTEVILA VRTLJAJEV PRI MOTORJIH

Seminarska naloga pri predmetu  
Elektrotehnika

Mentor: Drago Šebez, univ. dipl. inž.

Avtorja: Matej Miklavc, Ervin Najrajter

Ravne na Koroškem, 3.6.2013

## KAZALO

KAZALO.....	I
KAZALO SLIK.....	II
UVOD.....	- 3 -
1. Regulacija števila vrtljajev asinhronskih motorjev .....	- 4 -
1.1 Regulacija števila vrtljajev s statorsko frekvenco.....	- 5 -
1.1.1 Frekvenčni pretvorniki .....	- 5 -
1.2 Spreminjanje števila vrtljajev s preklapljanjem polovih parov.....	- 6 -
1.3 Spreminjanje števila vrtljajev s spremembo slipa.....	- 7 -
1.4 Spreminjanje števila vrtljajev asinhronskega motorja s spreminjanjem frekvence napajalne napetosti.....	- 7 -
2. ZAKLJUČEK.....	- 8 -
3. LITERATURA.....	- 9 -

## KAZALO SLIK

Slika 1: Karakteristika navora .....	- 4 -
Slika 2: Frekvenčni pretvorniki .....	- 5 -

## UVOD

V sodobnem času se povsod srečujemo z električnimi napravami, ki nam olajšajo delo mobilnost, prihranijo čas, izboljšujejo bivalne pogoje in drugo. Veliko naprav deluje s pomočjo elektromotorjev. Tako na primer nas lahko dvigalo hitro pripelje v želeno nadstropje v objektu. Kako pa nas lahko tako udobno pelje? Kako se lahko tako mehko zaustavi, da nam ni ob tem neprijetno ali celo povzroči poškodbe? Kako lahko deluje enako, če je polno ali prazno? Elektromotorje krmilimo tako da imajo že pri zelo nizkih vrtljajih velik navor, njegove vrtljaje pa lahko poljubno nastavljamo od mirovanja do najvišjih dovoljenih in predpisanih. Tudi čas pospeševanja ali zaustavljanja motorja lahko nastavimo in tako na primer pri dvigalu poskrbimo za udobno in varno vožnjo (Rešič, 2012, str. 1).

## 1. Regulacija števila vrtljajev asinhronskih motorjev

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s)$$

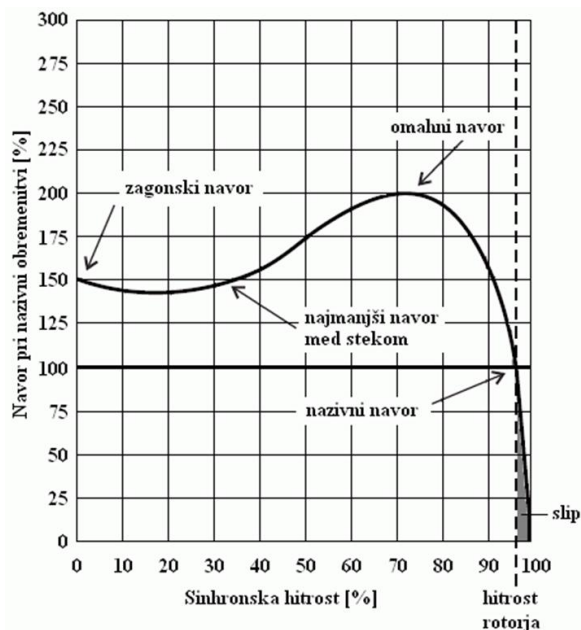
Iz zgornje enačbe lahko ugotovimo možnosti za spremembo števila vrtljajev motorja, in sicer s spremembo:

- slipa,
- statorske frekvence in
- števila polov.

Spreminjanje števila vrtljajev s spremembo slipa je povezano z dodatnimi izgubami. Slip lahko spremenimo s priključno napetostjo in s spreminjanjem upornosti v rotorskem krogu.

Slika 1: Karakteristika navora

Vrtljaje reguliramo s spremembo priključne napetosti v statorskem krogu pri manjših kratkostičnih motorjih. Kot regulator lahko uporabimo element močnostne elektronike – triac, s katerim spreminjamo efektivno vrednost napetosti motorja, kar povzroči na karakteristiki navora pomik delovne točke in s tem zmanjšanje števila vrtljajev. Ta regulacija omogoča spremembo vrtljajev od nazivnega števila vrtljajev do omahnega.



Z dodatnimi upori lahko reguliramo število vrtljajev samo pri motorjih z drsnimi obroči. Z vključitvijo dodatnih upornosti v rotorski krog se zmanjša naklon karakteristike navora, s tem pa se pri enaki obremenitvi zmanjša tudi število vrtljajev motorja. Zaradi velikih izgub v dodatnih uporih je ta način negospodaren (Lilija, str 16).

## 1.1 Regulacija števila vrtljajev s statorsko frekvenco

Iz enačbe:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

ugotovimo, da s spremembo frekvence priključne napetosti spreminjamo tudi sinhronsko število vrtljajev oz. število vrtljajev magnetnega vrtilnega polja. Karakteristike navora nam povedo, da se ob tem spreminja tudi število vrtljajev rotorja, in sicer lahko z večanjem frekvence število vrtljajev večamo, z nižanjem frekvence pa to število pada. Ta način regulacije izvajamo s frekvenčnimi pretvorniki (Lilija, str. 16)

### 1.1.1 Frekvenčni pretvorniki

Frekvenčni pretvorniki se največkrat uporabljajo za regulacijo vrtljajev trifaznih asinhronskih elektromotorjev. Z nadzorovanjem hitrosti vrtenja elektromotorjev prilagajamo delovanja naprav ter zmanjšamo porabo energije. Največkrat se pretvorniki uporabljajo za elektromotorje pri ventilatorjih, črpalkah in kompresorjih, zasledimo pa jih tudi pri regulaciji hitrosti transportnih naprav ter različnih orodij.

Slika 2: Frekvenčni pretvorniki



Kot že samo ime pove, pretvarjajo konstantno električno napetost ene frekvence v spremenljivo napetost druge, spreminjajoče se frekvence. Vhodna napetost je lahko

enofazna ali trifazna. To napetost pretvornik najprej usmeri, nato pa s krmiljenim vklopjanjem elektronskih stikal izdelava potrebno večfazno izhodno napetost želene frekvence. Srce frekvenčnega pretvornika je mikroprocesor, ki upravlja razsmernik in zagotavlja delovanje motorja z nastavljenimi parametri. Ob spreminjanju obremenitve motorja prilagaja izhodno napetost in poskrbi za konstantno hitrost vrtenja motorja. Poleg tega na vseh vhodih sprejema zunanje ukaze, na izhodih prikazuje stanje in režim delovanja. Skrbi tudi za zaščito pretvornika in motorja. V primeru napačnega delovanja ali večjih in daljših preobremenitev mikroprocesor izklopi izhodno napetost ter na prikazovalniku in ustreznih izhodih javi napako. Omogoča nam nastavitve velikega števila parametrov, ki določajo mejne vrednosti pri delovanju, karakteristike in hitrosti odzivanja, dodatno zaviranje in drugo.

## 1.2 Spreminjanje števila vrtljajev s preklapljanjem polovih parov

Vemo, da se s spreminjanjem frekvence fluksa spreminja število vrtljajev. To v primeru nazivne napetosti najlažje dosežemo s spreminjanje števila polovih parov. Tako v primeru  $p=1$  dobimo sinhronsko število vrtljajev 3000 vrt./min, če pa imamo štiripolni motor, kar pomeni da je število polovih parov  $p=2$  pomeni, da bo sinhronsko število vrtljajev 1500 vrt./min. Vemo, da bo število vrtljajev rotorja manjša, saj obstaja med obema veličinama razlika slip-s (Lilija, str. 16).

Spreminjanje števila vrtljajev s preklapljanjem polovih parov lahko dosežemo na dva načina:

- V utore statorja vložimo dve navitji, vsako dimenzionirano na drugo število polov.
- V statorju imamo eno navitje, ter tako z notranjim preklapljanjem tega navitja dosežemo spremembo števila polov (npr. Dahlanderjeva vezava, ki omogoča preklapljanje števila polov v razmerju 1:2)

### 1.3 Spreminjanje števila vrtljajev s spremembo slipa

Spremembo slipa in s tem spremembo števila vrtljajev motorja dosežemo posredno na naslednje načine:

- S priključevanjem dodatnih uporov v rotorski tokokrog pri asinhronskem motorju z drsnimi obroči. Z dodajanjem upornosti dosežemo, da bo momentna karakteristika postala bolj položna, oziroma omahni moment se pomakne v levo. S tem se slip pri delovni točki viša, vrtljaji pa se manjšajo.
- S spremembo napetosti, saj vemo da je moment premosorazmeren s kvadratom napetosti. Ta vrsta načina nastavljanj števila vrtljajev je še posebej ugodna pri bremenih z ventilatorsko karakteristiko, velik problem pa je v tem, da se večja slip, kar pa povečuje izgube v rotorju (Lilija, str. 16)

### 1.4 Spreminjanje števila vrtljajev asinhronskega motorja s spreminjanjem frekvence napajalne napetosti

Ta možnost spreminjanja števila vrtljajev - to je sprememba vrtljajev s frekvenco je danes daleč najbolj uporabna. Statični frekvenčni pretvornik, ki napaja asinhronski motor z variabilno frekvenco, mora imeti na izhodu spreminjajočo napetost v odvisnosti od frekvence, da ohrani magnetne pogoje v železnem jedru motorja. Motorji delujejo blizu nasičenja, zaradi maksimalne izkoriščenosti materiala. Ko zmanjšamo frekvenco, moramo istočasno zmanjšati tudi napetost, ker v nasprotnem primeru prekoračimo nasičenje, kar se rezultira kot porast izgub v železu in toku magnetizacije. To lahko razumemo tako, da je inducirana napetost  $E_1$  proporcionalna razmerju spremembe magnetnega pretoka. Pri asinhronskem motorju, ki je napajan z izmenično napetostjo, se v statorskem navitju inducira napetost  $E_1$ , ki skupaj s padci napetosti v vsakem trenutku drži ravnotežje pritisnjeni napetosti  $U_1$  (Lilija, str. 17).



## 2. ZAKLJUČEK

Z naprednimi vektorskimi algoritmi, ki jih uporabljajo v frekvenčnih pretvornikih, je mogoče znatno zmanjšati porabo električne energije. Z ustrezno regulacijo vrtljajev motorja se večja prihranek energije kot tudi v primeru, ko se vrtljajev motorja ne sme zmanjšati, obremenitev motorja pa ni trajna ali pa se ta pojavlja sunkovito. Regulacija vrtljajev pazi na možno preobremenitev motorja in ga rešuje s povečavo izhodne napetosti in toka ter s tem momenta motorja. V primeru, da tok v določenem času ne pade pod dovoljenega, frekvenčni pretvornik javlja preobremenjenost in kasneje izklopi motor. S tem poskrbi za zaščito motorja, sebe (pretvornika) ter pred okvaro varuje celoten sistem.

### 3. LITERATURA

1. mag. LILIJIA Boštjan. Elektromotorni pogoni z asihronskimi motorji. Šolski center Celje.
2. REŠČIČ Renato. Frekvenčni pretvorniki. Konzorcij šolskih centrov. Ljubljana 2012.

[1]

[http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDQQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.lu-rogaska.si%2Fcms%2Fcontrols%2Fwarehousehandler.ashx%3Fpath%3D%2FVsebina%2FE\\_gradiva%2FElektrotehnik\\_energetik%2F661&ei=Px2uUaXmIcKFtQa6nQE&u sg=AFQjCNEh0h3DeeokmgGh6wz6HofaGZDMOQ&sig2=IwjuEj9yD9PbnPpSV4Sk1g&bvm=bv.47244034,d.Yms&cad=rja](http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDQQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.lu-rogaska.si%2Fcms%2Fcontrols%2Fwarehousehandler.ashx%3Fpath%3D%2FVsebina%2FE_gradiva%2FElektrotehnik_energetik%2F661&ei=Px2uUaXmIcKFtQa6nQE&u sg=AFQjCNEh0h3DeeokmgGh6wz6HofaGZDMOQ&sig2=IwjuEj9yD9PbnPpSV4Sk1g&bvm=bv.47244034,d.Yms&cad=rja) (4.6.2013)

[2] <http://www.goto.si/izdelki/frekvencni-pretvorniki.html> (4.6.2013)