

Šolski center Ravne
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA
Ravne na Koroškem

TRIFAZNI MOTORJI
(Seminarska naloga - elektrotehnika)

Izdelali: Rok Potočnik, Staš Lebar, Anto Džalto

Ravne, 29.5.2013

Kazalo

1 UVOD.....	3
2 Ustvarjanje trifazne izmenične napetosti.....	3
3 Vežave v trifaznih sistemih	4
3.1 Napetosti in vodniki trifaznega sistema	4
4 Moč in delo v trifaznem sistemu	5
5 Trifazni elektromotor	6

1 UVOD

Proizvodnja in prenos električne energije z **izmeničnim** tokom, takim kot smo ga obravnavali do sedaj, imata za posledico **neenakomeren dotok energije** porabnikom, relativno **veliko porabo bakra**, relativno velike **izgube energije** v omrežju in **utripajoče** magnetno polje.

Večino navedenih pomanjkljivosti izmeničnega toka lahko odpravimo s proizvodnjo in prenosom električne energije s **trifaznimi** sistemi. Trifazni izmenični sistem odpravlja prej omenjene slabosti prenosa energije v enofaznem izmeničnem sistemu, ima pa tudi druge uporabne lastnosti, na katerih temelji delovanje nekaterih električnih strojev.

2 Ustvarjanje trifazne izmenične napetosti

Iz slike modela generatorja napetosti ni težko sklepati, da se bodo med vrtenjem rotorja v posameznih navitjih statorja inducirale tri izmenične napetosti na podoben način kot pri generatorju enofazne izmenične napetosti.

Razlika med enofaznim in trifaznim izmeničnim generatorjem je le v tem, da imamo v najpreprostejši izvedbi generatorja trifazne napetosti namesto enega indukcijskega navitja v statorju tri prostorsko ločena, pod kotom 120° nameščena statorska navitja.

Pravilno zaporedje induciranih napetosti dobimo, če tuljave postavimo tako, da so navite v »isti smeri«. Zaradi pomembnosti navedenega priključke navitij trifaznih generatorjev ustrezno označujemo.



Trifazne generatorje v elektrarnah poganjajo turbine z določenim številom vrtljajev n . V primeru, da je posamezno navitje deljeno na en par polovih nastavkov (slika a), dobimo v navitju pri enem vrtljaju rotorja eno periodo izmenične napetosti (slika b).

Pri opisani izvedbi generatorja bi se pri želeni frekvenci 50 Hz turbina morala vrteti s $50 \text{ s}^{-1} \cdot 60 \text{ s} = 3000$ vrtljaji na minuto, to pa je za vodne turbine preveliko število vrtljajev. Če pa posamezno navitje navijemo v segmentih na **dva** para polovih nastavkov statorja (naslednja slika a), dosežemo spremembo smeri magnetnega pretoka v indukcijskem navitju že po vsaki četrtni vrtljaja rotorja generatorja. To pomeni, da bomo pri **enakem** številu **vrtljajev** rotorja kot pri generatorju z enim parom magnetnih polov imeli dvakratno frekvenco inducirane izmenične napetosti (slika b) oziroma bomo za enako frekvenco potrebovali polovično število vrtljajev rotorja.

3 Vežave v trifaznih sistemih

Z medsebojno povezavo priključkov navitij generatorja **U2**, **V2** in **W2** v skupno točko dobimo **zvezdno** vezavo trifaznega generatorja. Taka vezava generatorja ali transformatorja je osnova elektroenergetskega sistema, ki je dostopen uporabnikom, zato se bomo v nadaljevanju ukvarjali s tako vezavo. Stično točko zvezdne vezave U2, V2 in W2 imenujemo **zvezdišče**.

Podobno velja za vezavo trifaznega porabnika, s tem da pri porabnikih poleg **zvezdne** uporabljamo še **trikotno** vezavo, ki jo dobimo s povezavo priključkov **W2 - U1**, **U2 - V1** ter **V2 - W1**.

Zvezdno vezavo označujemo z oznako **Y**, trikotno pa z oznako **Δ** . Zvezdišče trifaznega sistema je praviloma ozemljeno (ima potencial $V_0 = 0 \text{ V}$), zato ga imenujemo tudi **ničlišče** sistema.

3.1 Napetosti in vodniki trifaznega sistema

Vodnike, ki povezujejo začetke navitij trifaznega generatorja s porabniki, imenujemo **linijski vodniki**, označujemo pa jih z **L₁**, **L₂** in **L₃**.

Vodnik, ki povezuje zvezdišče trifaznega generatorja z zvezdiščem porabnikov, imenujemo **ničelni vodnik**, označujemo pa ga z **N**.

Napetosti med linijskimi vodniki in ničelnim vodnikom imenujemo **fazne** napetosti, označujemo pa jih s parom indeksov, ki določata vodnika, med katerima deluje napetost (**U_{1N}**, **U_{2N}** in **U_{3N}**).

Napetosti med linijskimi vodniki imenujemo **medfazne** napetosti, označujemo pa jih s parom indeksov, ki določata linijska vodnika, med katerima deluje medfazna napetost (**U₁₂**, **U₂₃** in **U₃₁**).

Iz kazalčnega diagrama napetosti je razvidno, da so tudi medfazne napetosti trifaznega sistema po velikosti enake in da so tudi med njimi fazni koti 120° .

Iz istega kazalčnega diagrama je tudi razvidno, da sta pri izbiri ene od faznih napetosti, drugi dve po velikosti in faznem premiku simetrični na izbrano napetost.

Trifazni sistem napetosti v zvezdi je **simetrični** sistem napetosti.

V niskonapetostnih omrežjih so najbolj razširjene fazne napetosti **230 V**. Najpreprosteje jih zapišemo v kompleksni obliki:

Medfazne napetosti so razlike faznih napetosti. Njihove absolutne vrednosti dobimo na osnovi trikotnika v kazalčnem diagramu, ki ga medfazna napetost tvori s faznima napetostima ali Medfazna napetost je $\sqrt{3}$ -krat večja od fazne napetosti.

Ugotovljeno velja tako za efektivne kakor tudi za maksimalne vrednosti fazne in medfazne napetosti. V primeru niskonapetostnega omrežja, v katerem je fazna napetost 230 V, je medfazna napetost $\sqrt{3}$ krat večja od 230 V, to je 398,4 V ali zaokroženo 400 V:

Medfazne napetosti niskonapetostnega trifaznega sistema zapišemo po tem v kompleksni obliki:

Nazivna napetost trifaznega sistema je vedno podana z **medfazno** napetostjo.

Najpogostejše nazivne napetosti v visokonapetostnih trifaznih sistemih so 20 kV, 110 kV, 220 kV, 400 kV in 750 kV.

4 Moč in delo v trifaznem sistemu

Ne glede na način obremenitve je navidezna moč trifaznih tokov v kompleksni obliki enaka vsoti kompleksnih navideznih moči posameznih faz.

Pri pretežno induktivni simetrični obremenitvi navedeni izraz lahko preide v obliko:

- Delovna moč trifaznih tokov je enaka **aritmetični** vsoti delovnih moči posameznih faznih tokov.
- Jalova moč trifaznih tokov je enaka **aritmetični** vsoti jalovih moči posameznih faznih tokov.
- Navidezna moč trifaznih tokov je enaka **geometrični** vsoti delovne in jalove moči trifaznih tokov.

Moč enofaznega izmeničnega toka je utripajoča. Delovna moč trifaznega porabnik v trifaznem sistemu je **konstantna**, dotok energije porabniku pa **enakomeren**.

5 Trifazni elektromotor

Če tri pod kotom 120° postavljene tuljave priključimo prek trifaznega variaka na trifazno napetost 400/230 V (sl. a), se magnetna igla med tuljavami zavrti.

- Magnetna igla sledi magnetnemu polju.
- Trifazni tok, ki teče skozi tri pod kotom 120° postavljene tuljave, ustvarja v prostoru med tuljavami **vrtilno magnetno polje**.

Vrtilno magnetno polje je osnova delovanja asinhronskih indukcijskih motorjev. Sliki a) in b) prikazujeta osnovno, dvopolno zgradbo navitij za ustvarjanje vrtilnega magnetnega polja. V praksi postavljamo navitja vrtilnega magnetnega polja v stator motorja (sl. b).

Pri izvedbi statorja z enim parom magnetnih polov na navitje (dvopolna izvedba) naredi vrtilno magnetno polje v času ene periode en vrtljaj, pri dveh parih pa le polovico vrtljaja (slika).

- Število vrtljajev vrtilnega magnetnega polja trifaznega toka je premo sorazmerno s frekvenco in obratno sorazmerno s številom parov magnetnih polov statorskega navitja motorja.

Največje število vrtljajev doseže torej vrtilno magnetno polje dvopolnega motorja pri $p = 1$, in sicer 3000, pri $p = 2$ 1500, 3 1000 ...

Če bi v prostor z vrtečim se magnetnim poljem v notranjosti statorja postavimo kratkostični **kletkast rotor** (slika), bi se tudi ta zavrtel.

Vrteče se magnetno polje z gostoto B prečka palice v prvem trenutku še mirujočega rotorja in v njih inducira napetost. Zaradi kletkaste izvedbe rotorja inducirana napetost požene v naslednjem trenutku začne kratkostične tokove, ki so osnova za silo toka na palice in **navor** rotorja.

- Trifazni elektromotor s kletkastim rotorjem je **indukcijski asinhronski** motor.

Zagonski tok motorja je največji. Z naraščajočim številom vrtljajev navor motorja M narašča, tok pa pada (slika). Navor pa se začne hitro zmanjševati, ko začne rotor motorja dohitevati vrtilno magnetno polje.

Zato rotor nikoli ne doseže števila vrtljajev vrtilnega magnetnega polja.

- Trifazni motor s kletkastim rotorjem je asinhronski^[1] motor.
- Razliki števila vrtljajev vrtilnega magnetnega polja in rotorja imenujemo slip^[2] motorja.

Motorji na osnovi vrtilnega magnetnega polja imajo desno smer vrtenja (smer urinega kazalca, gledano v smeri gredi rotorja s pogonske strani motorja), če so vodniki L1, L2 in L3 priključeni na sponke U1, V1 in W1.

- **Smer vrtenja elektromotorja spremenimo**, če zamenjamo **poljubna priključna vodnika**.

Asinhronski motorji s kratkostično kletko so enostavni in zanesljivi in imajo nizke stroške izdelave. Služijo za pogon delovnih strojev majhnih do srednjih moči, velik izkoristek in faktor delavnosti pa imajo pri nazivnih podatkih.

