

**INDUSTRIJSKO OBRTNIČKA ŠKOLA
MLETAČKA 3, PULA**

PREDAVANJA IZ PREDMETA

ELEKTRIČNI STROJEVI

Poglavlje 2: Trofazni transformator



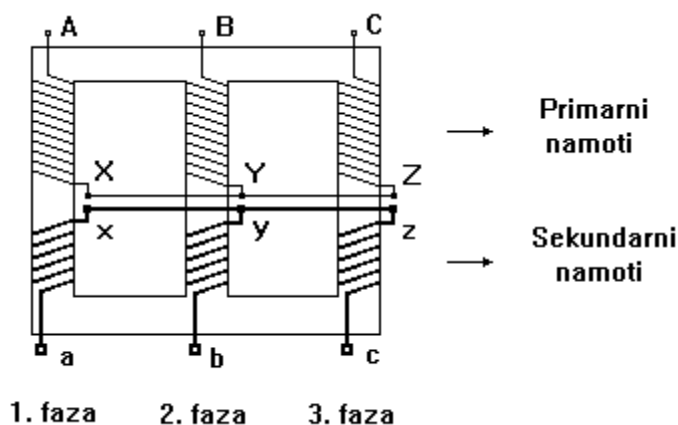
PREDAVAČ: RADOVANOVIĆ DRAGAN

TROFAZNI TRANSFORMATOR

Trofazni transformator je energetska uređaja sa jednom zajedničkom željeznom jezgrom i šest namota; po dva za svaku fazu. On se najviše koristi u energetici i u primjenama i uređajima gdje je potrebno transformirati veće količine električne energije trofaznog električnog sistema.

Prednost trofaznog električnog sistema je što se ukupna električna snaga prenosi i transformira preko tri vodiča. Svaki pojedini vodič opterećen samo s $1/3$ ukupne snage za razliku od jednofaznog sistema gdje se sve energija prenosi jednim vodičem.

Pravi trofazni transformatori koriste se u Europi. Principna shema europskog transformatora izgleda (aktivni dio transformatora):



Prednosti trofaznog transformatora su manje dimenzije i masa, manji utrošak materijala (bakra i željeza) i niža cijena, a nedostatak je što u slučaju kvara moramo zamijeniti cijeli transformator.

Trofazni transformator može biti energetska ili za ugradnju u složenije uređaje. Energetska transformator postavlja se u trafostanicama i ima kućište i sustave za hlađenje, a ugradbeni transformatori imaju samo jezgru i namote i značajno su manje snage.



Energetski transformator



Ugradbeni transformator

OZNAČAVANJE STEZALJKI TRANSFORMATORA

Priključne stezaljke (izvodi) su za korisnika najvažniji dio transformatora jer se preko njih transformator priključuje na trošila. Oznake stezaljki moraju biti jasne i jednoznačne da ne dođe do zamjene, pogrešnog spajanja vodiča i kvarova. Oznake su međunarodno standardizirane i sastoje se od slova i brojeva. Velikim slovima označavaju se primarne stezaljke, a malim slovima sekundarne stezaljke.

Stezaljke jednofaznog naponskog transformatora se označavaju:

- **A** i **X** - početak i kraj primara te
- **a** i **x** - početak i kraj sekundara.

Oznake strujnog transformatora jesu :

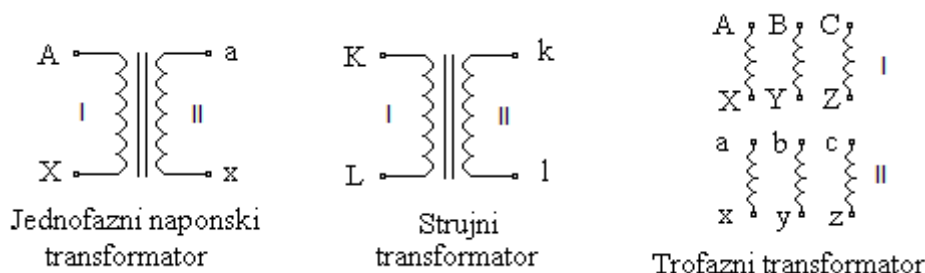
- **K** i **L** - početak i kraj primara te
- **k** i **l** - početak i kraj sekundara.

U trofaznom transformatoru imamo šest namota; tri primarna i tri sekundarna (za svaku fazu jedan). Označavanje namota vrši se da bi se na priključnoj kutiji razlikovali počeci i krajevi različitih namota te da se zna koji su primarni, a koji sekundarni. Stezaljke trofaznog transformatora se označavaju:

- počeci namota označeni su sa početnim slovima engleske abecede **A, B** i **C**.
- krajevi namota su označeni sa završnim slovima **X, Y** i **Z**.

Sve stezaljke primara označavaju se sa velikim štampanim slovima, dok su sekundarne stezaljke označene malim slovima. Dakle, parovi slova A-X, B-Y, C-Z, a-x, b-y i c-z predstavljaju pojedine namote.

Označavanje svih transformatora može se vidjeti na slijedećoj slici :



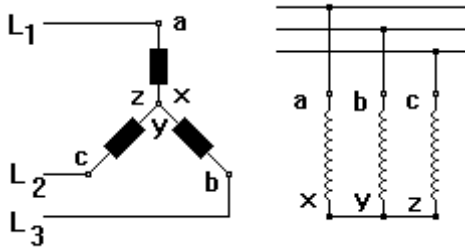
SPAJANJE TROFAZNIH NAMOTA

Trofazni sistem izmjeničnih napona u elektroenergetskoj mreži je simetričan i imaju jednaku visinu napona. Trofazni transformatori imaju 12 stezaljki namota što je nepraktično za spajanje pa se zato koriste posebni spojevi kojima se broj stezaljki smanjuje na polovicu.

Pravilo je da se smiju spajati samo namoti na istoj visini napona jer bi u protivnom došlo do kvarova. Zato se spajaju samo namoti iste vrste: primarni namoti s primarnim i sekundarni sa sekundarnim. Spoj primarnog namota sa sekundarnim nije dozvoljen.

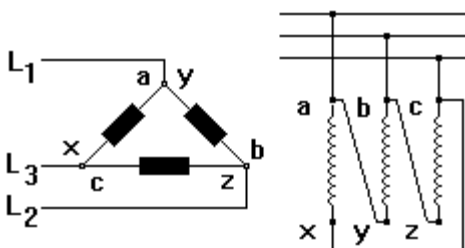
Mogući spojevi namota transformatora su: zvijezda, trokut i razlomljena zvijezda (cik-cak). Spojevi trokut i zvijezda koriste se i kod drugih trofaznih električnih strojeva kao što su sinkroni motori i generatori i asinkroni motori.

Spoj tri namota u zvijezdu



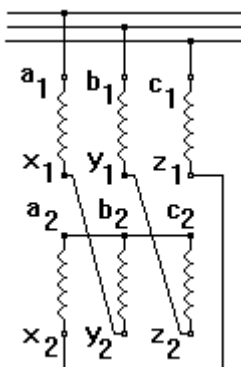
Spoj trofaznog namota u zvijezdu vrši se tako da krajeve svih namota spojimo zajedno u jednu spojnu točku, a na tri slobodna početka spojimo fazne vodiče za napajanje. Zajednička spojna točka krajeva namota zove se zvjezdište. Kod simetričnih sistema iz zvjezdišta se može izvući nulti vodič, jer je potencijal točke jednak nuli. Naponi i struje se u toj točki u svakom trenutku potpuno poništavaju.

Spoj tri namota u trokut



Spoj namota u trokut vrši se tako da naizmjenično spajamo početke i krajeve različitih (susjednih) namota. Fazni vodiči dovode se u spojne točke. U spoju trokut ne postoji zajednička točka svih namota i nema nultog vodiča. Spoj u trokut ima veće napone na pojedinom namotu od spoja u zvijezdu. Razlog je što su namoti u trokutu spojeni na linijski napon, a u spoju zvijezda na fazni napon.

Spoj tri namota u razlomljenu zvijezdu

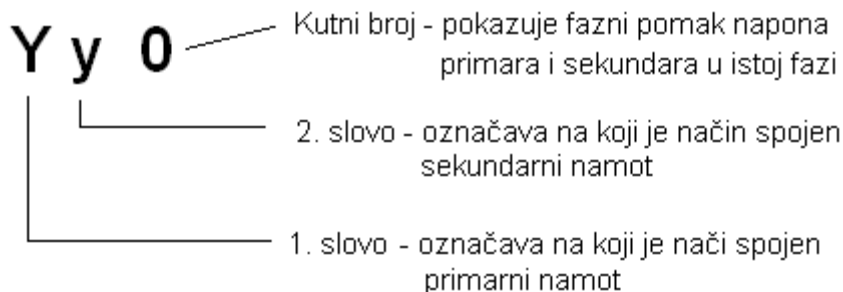


Takav spoj zove se još cik-cak spoj. Radi se tako da se svaki namot izradi u dva dijela i spoji kao na shemi koju vidimo sa lijeve strane. Sam spoj je kombinacija spojeva zvijezda i trokut.

Spoj se koristi samo za spajanje sekundarnih namota i koristi za dobivanje posebnih faznih pomaka između napona primara i sekundara.

GRUPE SPOJA TROFAZNIH TRANSFORMATORA

Kako trofazni transformator ima tri primarna i tri sekundarna namota, postoji šest mogućih kombinacija spajanja. Podatak o međusobnom spajanju namota zove se grupa spoja i označava se na natpisnoj pločici. Oznaka sadrži uglavnom dva slova i jedan broj. Primjer oznake izgleda:



Prvo slovo mora biti veliko štampano, a drugo slovo malo pisano. Simboli kojima se označavaju pojedini spojevi namota su:

- Spoj u zvijezdu označava se slovom Y ili y,
- spoj u trokut slovom D ili d
- razlomljena zvijezda (cik – cak) slovom z .

Moguće kombinacije spajanja namota su slijedeće:

	PRIMAR	SEKUNDAR	OZNAKA
1.	zvijezda	zvijezda	Yy
2.	zvijezda	trokut	Yd
3.	trokut	zvijezda	Dy
4.	trokut	trokut	Dd
5.	zvijezda	cik -cak	Yz
6.	trokut	cik -cak	Dz

Ako u spoju postoji zvjezdište i ono je uzemljeno onda se uz slovo Y dodaje malo slovo n (npr. Ynd 3 ili Ynyn 0). Ta se oznaka ne može dodati za spoj namota trokut, jer on nema zvjezdište.

Dodatna oznaka je broj koji se naziva kutni broj i poprima vrijednosti od 0 do 11. Kutnim brojem naziva se broj u oznaci grupe spoja i on simbolički označava fazni pomak primarnog i sekundarnog napona u istoj fazi (npr. faze A i a). Kut za koji su te dvije faze pomaknute dobije se kad taj broj pomnožimo sa 30° . (npr. u oznaci Yy 6 broj šest označava fazni pomak od $6 \times 30 = 180^\circ$)

NATPISNA PLOČICA TRANSFORMATORA

Natpisna pločica ima na sebi označene najvažnije pogonske podatke transformatora. Mora biti smještena na kućištu na vidljivom mjestu i bitna je kod ugradnje ili popravaka. Najčešće navedeni podaci (pogotovo za veće trofazne jedinice) na pločici su:

- simbol i ime proizvođača
- tip i godina proizvodnje te serijski broj
- nazivni primarni i sekundarni naponi (trokut/zvijezda)
- nazivne struje primara i sekundara
- nazivna snaga u kVA (ne u KW jer se transformator smatra izvorom)
- nazivna frekvencija u Hz
- broj faza i grupa spoja
- postotna vrijednost napona kratkog spoja
- vrsta hlađenja
- masa ulja, ukupna masa itd.

Primjer jedne natpisne pločice:

RADE KONČAR - ZAGREB									
Tip	2 TBN 100 - 12 A	Broj	00124	Godina	1983.				
Snaga	100	KVA		JUS N. H1. 010					
1	10 500	---	Vrsta	ET	Broj faza	3			
2	10 250	---	Frekv.	50	Hz	Si	12		
3	10 000	400/231	V	Sprega	Yzn 5	Hlađenje	ONAN		
4	9 750	---	U_k	4,0	%				
5	9 500	---							
I	12	300/173	A	Aktivni dio	0,12	t	Ulje	0,11	t
				Transf. masa	0,56	t	Ukupno	0,56	t

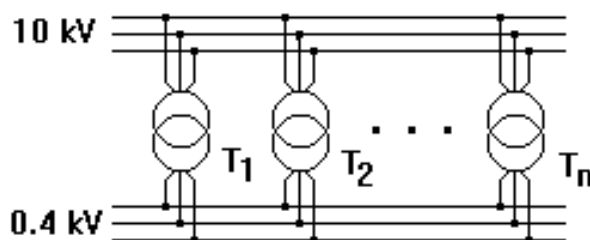
Pločica se radi od aluminijskog lima na koju se štampaju standardne rubrike i zaglavlje. Stvarni podaci moraju biti uneseni urezivanjem jer se na taj način neće moći izbrisati s pločice koja može biti dugo izložena utjecaju sunca, prašine, vode, promjena temperature itd.

Prilikom popravaka transformatora kod kojih se mijenjaju neki bitni podaci potrebno je skinuti staru pločicu i zamijeniti je s novom pločicom koja sadrži izmijenjene podatke.

PARALELNI RAD TRANSFORMATORA

Paralelni rad je rad dva ili više transformatora na iste stezaljke (sabirnice). Razlog tome je mogućnost transformacije veće električne snage nego što to može transformirati jedan transformator sam. Drugi, jednako važan razlog je sigurnost napajanja jer u slučaju kvara jednog ostali transformatori preuzimaju rad. Zato se koristi nekoliko transformatora za napajanje koji su čak i veće snage od potrebne radi sigurnosti napajanja.

Principna shema spajanja trofaznih transformatora u paralelni rad izgleda:



Paralelni rad transformatora

Da bi transformatori mogli raditi paralelno bez kvarova potrebno je da svi transformatori u paralelnom radu ispune sljedeće uvjete:

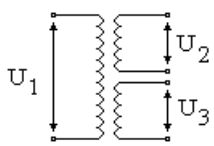
- Prijenosni omjeri** svih transformatora moraju biti jednaki. U protivnom na jednom će transformatoru biti veći napon, a na drugom manji i teći će struja izjednačenja i opterećivati ih.
- Postotne vrijednosti napona kratkih spojeva** svih transformatora moraju biti jednaki jer će doći do neravnomjerne raspodjele opterećenja i uništenja jače opterećenog transformatora.
- Fazni pomaci primarnih i sekundarnih namota** moraju biti jednaki jer će u protivnom teći struja izjednačenja radi faznih pomaka na sekundaru. To znači da se paralelno spajaju samo transformatori sa istim kutnim brojevima u oznaci grupe spoja (Dy 5-Yd 5-Yz 5 ili Dd 0-Yy 0-Dz 0). To vrijedi samo za trofazne transformatore.
- Nominalne snage transformatora** moraju biti približno jednake. Dozvoljava se i do trostruke razlike snaga, ali veoma rijetko.

U praksi najviše se u paralelni rad stavljaju transformatori iste vrste i iste snage, čak je poželjno iz iste serije. Najveći problem je kada se jedan od tih transformatora pokvari te ga treba zamijeniti novim. Tada treba dobro provjeriti gore navedene uvjete.

SPECIJALNI TRANSFORMATORI

U specijalne transformatore ubrajaju se oni koji su posebni ili po svojoj građi ili po svojoj namjeni. Ima ih mnogo vrsta, ali najviše se koriste slijedeći transformatori:

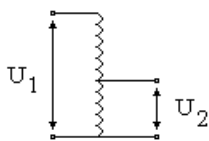
TRONAMOTNI (VIŠENAMOTNI) TRANSFORMATORI



Tronamotajni transformator

Oni imaju za tri namota na jednoj željeznoj jezgri (primar, sekundar i tercijar). Koriste se kad je potrebno imati dva različita napona na strani trošila. Služe za uređaje koji trebaju dva različita napona na sekundarnoj strani. (npr. transformator parlafona ima jedan sekundarni napon od 9 V za napajanje električne brave, a drugi napon od 6 V za napajanje govornih uređaja). Postoje i transformatori s većim brojem od tri namota, ali su veoma rijetki i rade se za male snage. Treba paziti na opterećenje, jer saga svih sekundarnih namota dolazi iz samo jednog primarnog namota.

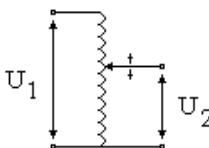
AUTOTRANSFORMATOR



Autotransformator

Građen je od samo jednog namota sa kojeg se uzimaju oba napona. Dio energije sa primara na sekundar se prenosi direktnim vođenjem, što je i njegova najveća mana. Zove se još i štedni transformator jer za njega treba manje bakra za namote i manje željeza za jezgru nego obični transformator. Koristi se tamo gdje su naponske razlike primara i sekundara male, te kao manji regulacijski transformatori. Nije pogodan za velike snage.

REGULACIJSKI TRANSFORMATOR



Regulacijski transformator

Kod njega se može promjenom broja sekundarnih zavoja promijeniti prijenosni omjer tj. sekundarni napon. Regulacija može biti kontinuirana ili skokovita. Kontinuirana mijenja napon u širem opsegu i može se dobiti bilo koja vrijednost napona u tom opsegu. Za tu se primjenu koriste auto transformatori. Skokovita regulacija ima samo mogućnost postizanja nekoliko čvrstih naponskih nivoa (npr. kod malih ispravljača imamo moguće napone 1,5 – 3 – 4,5 ili 6 V).



28-Nov-10 15:56

MJERNI TRANSFORMATORI

Oni omogućavaju priključak mjernih instrumenata (voltmetra, ampermetra, vatmetra) na veće iznose napona, struja i snaga nego što instrument dozvoljava. Transformatori snize željeni iznos na niže vrijednosti koje se mogu mjeriti. Prave vrijednosti dobiju se da se rezultati koje pokazuju instrumenti pomnože sa prienosnim omjerom transformatora.

Mjerni transformatori mogu biti strujni ili naponski, a od običnih se razlikuju po preciznijoj izradi jer moraju imati stalan prienosni omjer bez obzira na uvjete u kojima rade. Koriste se u energetici, automatici, laboratorijima itd.



Strujni mjerni transformator



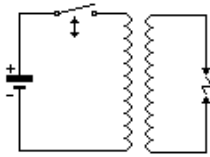
Naponski mjerni transformator

ELEKTROLUČNI TRANSFORMATORI

Koriste se za elektrolučno zavarivanje. Na sekundarnoj strani imaju nizak napon da se čovjek zaštiti od udara struje, ali je zato velika struja radi postizanja električnog luka. Prilikom zavarivanja transformator radi u kratkom spoju i javljaju se velike struje. Radi toga namoti se izrađuju od vodiča većeg promjera da bi mogli podnijeti takve struje.



IMPULSNI TRANSFORMATOR



Impulsni transformator

Za napajanje impulsnog transformatora koristi se istosmjerni izvor. Da bi na sekundaru moga stvarati napon potrebno je da se stvori promjenjivo magnetsko polje. Zato se struja koja prolazi primarnim namotom neprestano prekida pomoću kontakta i ostvaruje se promjenjivost polja. Prekidanje se može ostvariti mehanički (rotirajućom ekscentričnom osovinom koja razdvaja kontakte), el. magnetski (pomoću zujala) ili elektronički (pomoću tranzistora).

Impulsni transformator koristi se u vozilima ili napravama za proizvodnju visokih napona potrebnih za stvaranje iskre na svjećici (bobina) te na megammetrima gdje je potreban visoki napon napajanja za rad instrumenta.

