

TROFAZNI TRANSFORMATOR SA MOTANIM DELTA JEZGROM

S. JOVIĆ

1. UVOD

U najvećem broju slučajeva prilikom izrade transformatora imamo standardno izrađeno magnetno kolo u vidu pravogaonika sa tri stuba i jarmom, i taj princip se primenjuje kod transformatora različitih snaga. Uz uslov da su trofazni. Međutim, transformatori mogu i da se proizvode i sa motanim jezgrom, u kome se magnetno kolo mota na motalicu, a trafo lim se seče samo uzdužno, bez poprečnog sečenja. Ovakav vid izrade jezgra ima značajne prednosti, i treba razmisliti da li ovakav vid proizvodnje transformatora ima ekonomsku opravdanost. Što se tiče gubitaka, to u mnogome zavisi od kvaliteta lima (kW/kg). U ovoj prezentaciji, pokazaću vam neke prednosti izrade ovakvih transformatora, kao i neka iskustva u procesu proizvodnje ovih transformatora u firmi Minel Trafo Mladenovac, koji su proizveli nekoliko jedinica za Skandinavsko tržište. Glavne prednosti su:

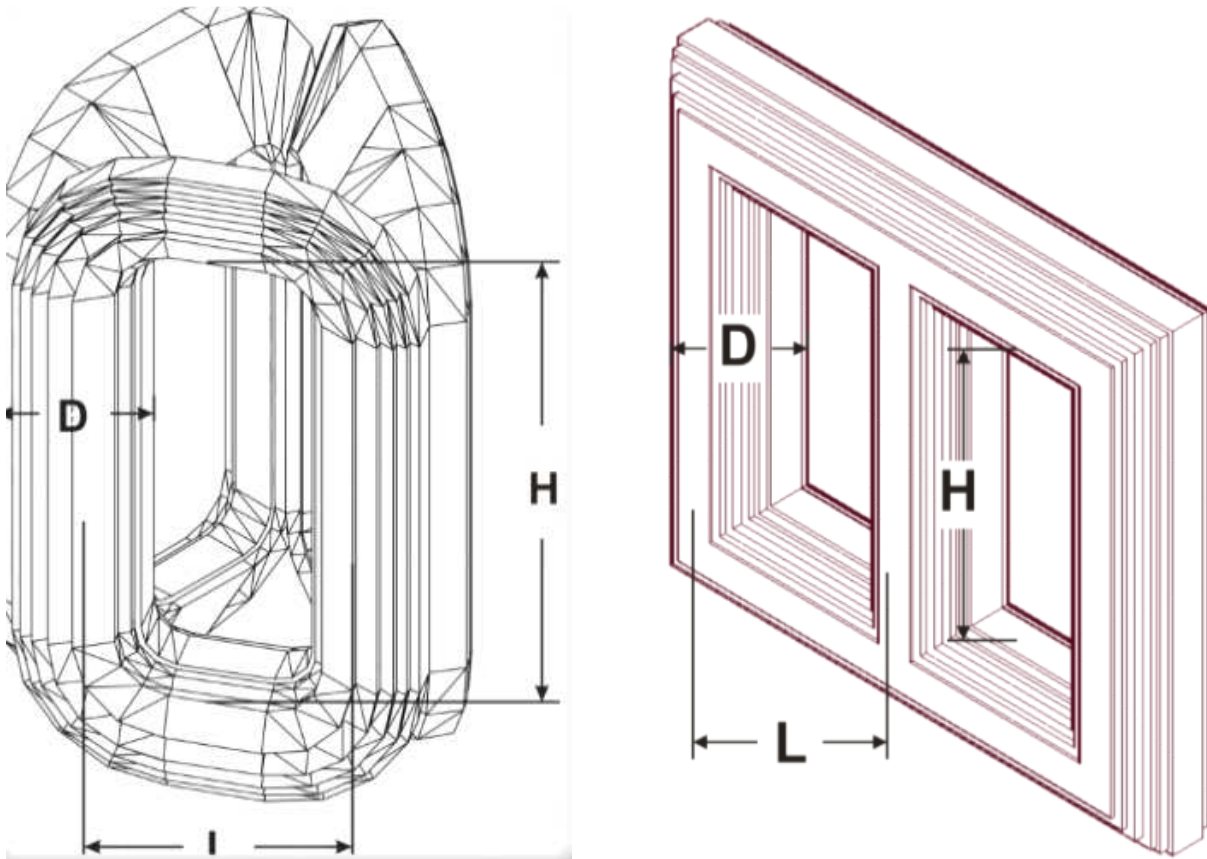
- 20% manji gabarit i masa transformatora
- 20% manji gubici energije u transformatoru
- 9 puta manja struja magnećenja
- 2 puta manja struja osigurača
- Nema trećeg harmonika u struji magnećenja
- Idealna simetrija svih faza
- Manja buka i vibracije

Transformatori sa motanim DELTA jezgrom, izgled jezgra i izgled transformatora, prikazan je na slici:



2. MAGNETNO KOLO

Poredjenja radi, DELTA jezgro je znatno ekonomičnije, jer je utrošak materijala mnogo manji nego kod standardno izradjenog jezgra. Pored manjeg utroška materijala, štedi se i u vremenu izrade magnetnog kola. Zato što se koristi manje magnetnog materijala, transformatori sa DELTA jezgrom su i lakši transformatori u poredjenju sa standardnim jezgrom. Pored manje mase, manji su i gabariti za istu snagu, manji su i gubici u praznom hodu tj. u limu. Uzgled jednog i drugog jezgra prikazani su na slici, i njihovi gabariti za istu snagu transformatora.



Ukoliko uzmemo u razmatranje 400kVA transformator, napona 10/0,4kV i 8000kVA napona 35/10kV, takodje ukoliko uzmemo da se prilikom određivanja poprečnog preseka magnetnog kola koristi magnetna indukcija 1,7T (što dozvoljavaju današnji materijali):

400kVA; 10/0,4kV		8000kVA; 35/10kV	
Delta jezgro	Standardno jezgro	Delta jezgro	Standardno jezgro
D= 126mm	D= 126mm	D= 382mm	D= 380mm
H= 330mm	H= 330mm	H= 930mm	H=1040mm
L= 260mm	L= 260mm	L= 660mm	L= 675mm

Kod transformatora 400kVA; 10/0,4kV; naizgled nema nikakve uštede, ali detaljnijom analizom dobijamo:

- Presek jezgra sa delta jezgrom je 109,62 cm², a sa standardnim jezgrom 109,89 cm²
- Masa jezgra sa delta jezgrom je 150,9kg, a sa standardnim jezgrom je 188,90kg
- Otpad pri sečenju jezgra kod trafoa sa delta jezgrom je 0kg, a kod trafoa sa standardnim jezgrom je oko 9 kg, i to je velika prednost jer osim u materijalu, ušteda je i u poprečnom sečenju magnetnog kola. (smanjenje vremena, ušteda u noževima i mašini koja vrši poprečno sečenje lima)

3. TRANSFORMATORI VELIKIH SNAGA

Kod transformatora 8000kVA; 35/10kV; ušteda je očigledna.

- Presek jezgra sa delta jezgrom je 1020,96 cm², a sa standardnim jezgrom 1145,5 cm²
- Masa jezgra sa delta jezgrom je 5307kg, a sa standardnim jezgrom je 6644kg
- Otpad pri sečenju jezgra kod trafoa sa delta jezgrom je 0kg, a kod trafoa sa standardnim jezgrom je oko 316 kg, i to je velika prednost jer osim u materijalu, ušteda je i u poprečnom sečenju magnetnog kola. (smanjenje vremena, ušteda u noževima i mašini koja vrši poprečno sečenje lima)

Kod velikih transformatora je ovo jako izraženo, jer je ukupna ušteda u materijalu više od 300kg, što po ceni od 3,7€/kg ili i više za najkvalitetnije limove, dobijamo uštedu u količini materijala od 1.110,00€, po transformatoru. Za

transformator 8MVA se utroši oko 3.500 sati rada, i ukoliko se za magnetno kolo uštedi 500 sati, dodatna ušteda je $500h \cdot 5\text{€} = 2500\text{€}$.

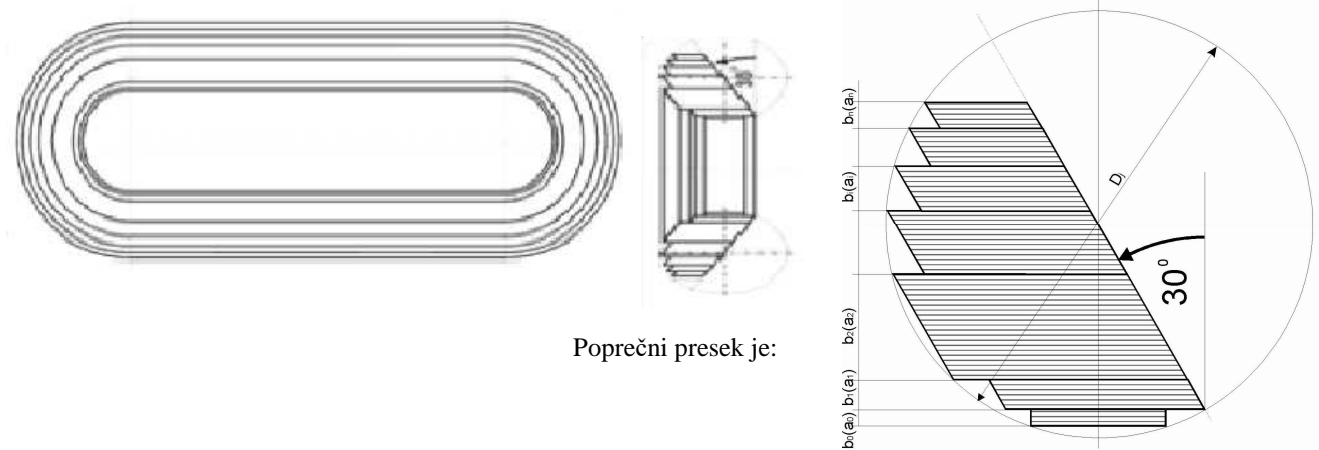
Ukupna ušteda po jedinici transformatora, samo po ova dva osnova je 3.610,00€!

Problem kod ovakvog jezgra je to što je potreban poseban alat za izradu jezgra i što je neophodno posle osloboditi unutrašnji napon u limu. To se postiže žarenjem jezgra a za to je potrebno vreme i utrošak energije. Lakiranjem se postiže oslobadjanje unutrašnjeg napona, ali potrebna je dugogodišnja iskustva u eksploataciji, kako bi bili sigurni da je magnetno kolo stabilisano. Nije uzeto u obzir ovaj proračun za žarenje, jer i nema iskustava po ovom problemu, naročito za jedinice od 8MVA.

4. IZRADA MAGNETNOG KOLA

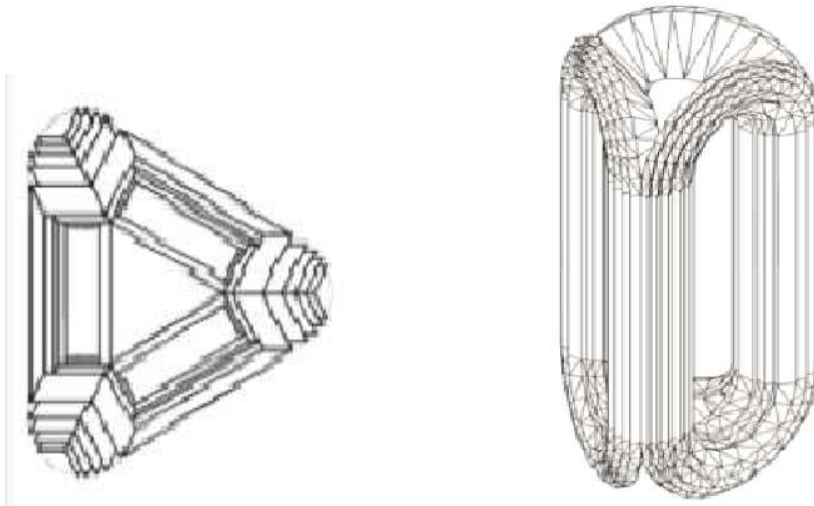
Postupak izrade ovakvog jezgra je:

Namotava se najpre jedna kontura,



Poprečni presek je:

zatim se spajaju tri konture kao prema slici:



- Namotavanje kanura jezgra se vrši preko četvrtastog šablona na mašini za izradu namotaja. Broj navojaka trake trafo lima je toliki da se dobije proračunata debljina naslage a korak je podešen tako da ukupni ugao smicanja bude 30° .





Fiksiranje idealnog kruga jezgra i lakiranje radi stabilizacije oblika



Stezač za dovodjenje stuba jezgra u idealni krug pre lakiranja ili žarenja jezgra radi stabilizacije delta oblika



Rasklopivi alat za izradu namotaja obezbedjuje minimalni dozvoljeni unutrašnji prečnik namotaja, potrebnu silu zatezanja žice, i mirno i stabilno okretanje oko okruglog stuba
Stezači za dovodjenje stuba jezgra u idealni krug pre lakiranja ili žarenja jezgra radi stabilizacije delta oblika

5. IZRADA NAMOTAJA

Dodatak, standardnoj mašini za motanje namotaja, od četiri lančanika i tri lanca obezbedjuje brzo i kvalitetno namotavanje niskog namotaja odmah do stuba uz pomoć rasklopivog čeličnog šablona. Primer namotavanja namotaja je prikazan na slici. Mašina za namotavanje namotaja za 8MVA bi bila znatno veća i bila bi potrebna veća prepravka motalice za izradu takvog namotaja.



Preko namotaja niskog napona počinje namotavanje Visokog napona tankom žicom gde se automatskim vođenjem i zatezanjem žice dobija kvalitetan, kompaktni namotaj. Ovim je jednom montažom rasklopivog šablona za namotavanje dobijena kompletna faza transformatora (Niski i Visoki napon).



Postupak izrade namotaja je sledeći:

1. Montaža šablona,
2. Namotavanje Niskog napona.
3. Namotavanje Visokog napona.
4. Demontaža šablona ,

Ovaj postupak se ponavlja za drugu i treću fazu i time je kompletno namotavanje završeno.



6. AKTIVNI DEO TRANSFORMATORA

Završen aktivni deo transformator izgledao bi ovako:



Jednostavnom montažom dva drvena šestougla (gornjeg i donjeg, na slici) sa tri uzdužna metalna zavrtnja dobija se aktivni deo sa postoljem na tri stope za stabilno stajane na dnu trafo suda.

Gornji delovi tri uzdužna zavrtnja služe za povezivanje sa pločom transformatora.

Aktivni deo se stavlja u trafo sud. Trafo sud i ploča izradjeni od čeličnog lima i zaštićeni postupkom vrućeg cinkovanja.

Efektan spoljni izgled i dugi vek trajanja.



I pored brojnih prednosti ovakvih transformatora, ovi transformatori imaju i neke mane:

Ovi transformatori nisu predviđeni za remont. Za jedinice manjih snaga to je i opravdano, jer je cena novih jedinica i nije tako velika, naročito ako se ima u vidu da ovi transformatori imaju i manje gubitke, te treba očekivati da oni samo u ceni gubitaka i otplate sebe. Ali ovaj problem je izražen kod jedinica većih snaga, naročito za trafoe snage 8MVA, i napona 35/10kV. Remont ovakvih transformatora bio bi suviše skup i komplikovan. Svaki remont, koji uključivao pranje magnetnog kola, ili dotezanje značio bi izradu novih namotaja, što bi znatno poskupeo remont.

7. ZAKLJUČAK

Obzirom da ekonomija diktira i strategiju planiranja održavanja i eksploatacije, potrebno je bar nekoliko jedinica instalirati u svakoj distribuciji, i posebno pratiti remonte, održavanje, gubitke, jer bi u različitim pogonskim stanjima, ovakvi transformatori imali veću ili manju isplativost. Realno okruženje i realna eksploatacija bi dali najtačniji odgovor, da li ovakvi transformatori imaju budućnost ili ne, obzirom da ovakav tip nije novina.

8. LITERATURA

- Tehnološko upustvo za izradu magnetnog kola – Novica Pejčić dipl.inž.el.(Minel Trafo Mladenovac)
- Tehnološko upustvo za izradu namotaja – Novica Pejčić dipl.inž.el. (Minel Trafo Mladenovac)