

Boris Nikolić, mag. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek
boris.nikolic@hep.hr

Ivan Dundović, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o.
ivan.dundovic@hep.hr

Mario Pisačić, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek
mario.pisacic@hep.hr

Marko Šporec, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
marko.sporec@hep.hr

IMPLEMENTACIJA AMORFNOG TRANSFORMATORA

SAŽETAK

Amorfni transformatori su energetske učinkoviti transformatori čije su jezgre načinjene od feromagnetskih amorfnih metala. Amornim materijalima postiže se smanjenje gubitaka u praznom hodu za iznos od 66 do 90 % u odnosu na dosadašnje energetske transformatore.

Rad obrazlaže razloge za ugradnju amorfnih transformatora, smjernice za odabir lokacije ugradnje te pripremu projekata za implementaciju prvih amorfnih transformatora na području HEP ODS-a.

Ključne riječi: amorfni transformator, amorfni materijali, energetske transformatori, smanjeni gubici, nova tehnologija.

IMPLEMENTATION OF AMORPHOUS TRANSFORMER

SUMMARY

Amorphous transformers are energy efficient transformers whose cores are made of ferromagnetic amorphous metals. With amorphous materials we can accomplish reducing of no-load losses for the amount of 66 to 90%, compared to existing transformers.

The work explains reasons for the installation of amorphous transformers, guidelines for the location selection and projects preparation for implementation of the first amorphous transformers in the area of HEP - ODS.

Key words: amorphous transformers, amorphous materials, power transformers, reduced losses, new technology.

1. UVOD

Od 21. svibnja 2014. godine na snazi je uredba Europske unije br. 548/2014 o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu malih, srednjih i velikih energetskih transformatora. Uredba propisuje maksimalne dozvoljene vrijednosti gubitaka u praznom hodu i kratkom spoju transformatora.

Jedna od mjera, od strane HEP ODS-a, radi ispunjavanja zahtjeva prema navedenoj uredbi jest i implementacija novih naprednih tehnologija. Utvrđeno je da bi amorfni transformatori svakako mogli predstavljati jednu od naprednih tehnologija kojima je moguće ispuniti predmetne zahtjeve.

Za potrebe pilot projekta, HEP ODS je osigurao 8 amornih transformatora, 4 snage 100 kVA te 4 snage 250 kVA, koji su raspoređeni po distribucijskim područjima kako je naznačeno u Tablici 1. Tablica 2. prikazuje tehničke karakteristike amornih transformatora za potrebe pilot projekta.

Tablica 1. Raspodjela amornih transformatora po distribucijskim područjima

R. br.	Distribucijsko područje	Amorfni transformator 10(20)/0,42 kV, 250 kVA			Amorfni transformator 10(20)/0,42 kV, 100 kVA		
		Količina	Tvornički (serijski) broj	Broj stupova jezgre	Količina	Tvornički (serijski) broj	Broj stupova jezgre
1.	Elektra Zagreb	1 kom	tv.br.618428	3-stupni	1 kom	tv.br.618424	3-stupni
2.	Elektroprimorje Rijeka	1 kom	tv.br.618426 s konektorom	5-stupni	-	-	-
3.	Elektroslavonija Osijek	1 kom	tv.br.618427	5-stupni	-	-	-
4.	Elektrodalmacija Split	1 kom	tv.br.618429	3-stupni	-	-	-
5.	Elektra Karlovac	-	-	-	1 kom	tv.br.618425	3-stupni
6.	Elektra Koprivnica	-	-	-	1 kom	tv.br.618422	5-stupni
7.	Elektra Zabok	-	-	-	1 kom	tv.br.618423	5-stupni

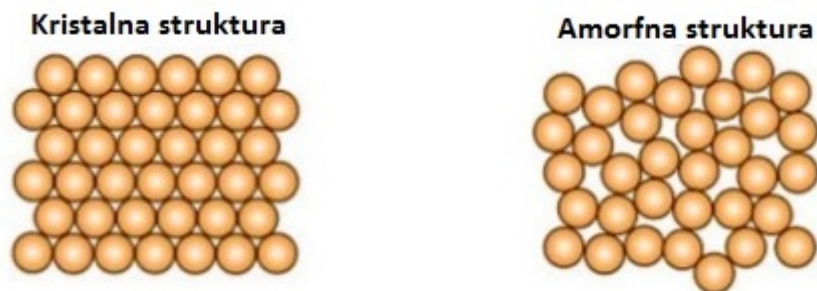
Tablica 2. Tehničke karakteristike amornih transformatora za potrebe pilot projekta

R. br.	Parametar	AMT 10(20)/0,42 kV (4 kom)	AMT 10(20)/0,42 kV (4 kom)
1.	Snaga	100 kVA	250 kVA
2.	Prijenosni omjer	10(20)/0,42 kV	10(20)/0,42 kV
3.	Grupa spoja	Yzn5	Dyn5
4.	Gubici praznog hoda, P_0	72,5 W (AAA_0)*	150 W (AAA_0)*
5.	Gubici kratkog spoja, P_k	1475 W (B_k)*	2750 W (B_k)*
6.	Napon kratkog spoja, $u_{k\%}$	4 %	4 %
7.	Struja magnetiziranja	0,6 %	0,6 %
8.	Dimenzije (dužina x širina x visina)	1200x750x1500 mm	1250x800x1700 mm
9.	Buka (razina zvučne snage L_{WA})	59 dB (A)**	65 dB (A)**
* klasifikacija prema normi HRN EN 50588-1:2015			
** prema normi HRN EN 50588-1:2015 vrijednost maksimalno dozvoljene razine buke za transformator klase gubitaka AAA_0 mora biti dogovorena između proizvođača i kupca			

2. AMORFNI TRANSFORMATOR

Amorfni transformator (AMT - amorphous metal transformer) je energetski učinkoviti transformator s magnetskom jezgrom načinjenom od feromagnetskih amorfnih metala. Amorfni lim u pravilu je legura željeza s borom, silicijem i fosforom.

Rastaljeni metal hlađen velikom brzinom u krutom stanju zadržava slučajan raspored atomske strukture, ne-kristalna, što je i prikazano na Slici 1.. Takav metal se naziva amorfni, a kako svojom strukturom podsjeća na staklo također se naziva i staklo-metal. Kako bi se osigurala dovoljna brzina hlađenja, debljina metala je ograničena na 25 μm , što iznosi 1/10 debljine limova načinjenih iz konvencionalnih materijala.



Slika 1. Prikaz kristalne i amorfne strukture materijala

Zbog amorfne strukture, tj. nasumičnog rasporeda atoma, amorfne metale odlikuje nisko polje magnetiziranja, zbog čega su i gubici petlje histereze niski. Nadalje, zbog smanjene debljine limova te velikog električnog otpora, uslijed amorfne strukture, gubici vrtložnih struja također su smanjeni.

Osnovna značajka amorfnih transformatora, smanjenje gubitaka u praznom hodu za iznos od 66 do 90 % u odnosu na dosadašnje energetske transformatore, dolazi još više do izražaja uzmemo li u obzir procjene da gubici praznog hoda čine više od 70 % ukupnih gubitaka u transformatoru i oko 25 % svih tehničkih gubitaka u mreži.

3. ODABIR LOKACIJA UGRADNJE I PRIPREMA PROJEKTA

Bilo je potrebno ugraditi amorfne transformatore na mjesta gdje će njihove karakteristike doći najviše do izražaja. Prilikom odabira lokacija za ugradnju amorfnih transformatora koristili smo unaprijed dogovorene smjernice na razini HEP ODS-a:

1. Starost transformatora - prioritet za zamjenu imaju transformatori stariji od 50 godina
2. Opterećenje transformatora - vršno opterećenje postojećeg transformatora mora biti iznad 50 %, a srednje iznad 20 %
3. Buka - potrebno je utvrditi granični nivo buke obzirom na:
 - zahtjeve prema normi HRN EN 50588-1
 - zahtjeve prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04) i Zakonu o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13)
4. Snaga transformatora - amorfne transformatore snage 100 kVA potrebno je ugraditi u sklopu stupne TS, dok je amorfne transformatore snage 250 kVA potrebno ugraditi u sklopu izvedbe TS tipa tornjić ili tipa kabela TS

3.1. Priprema projekta i iskustva nakon ugradnje

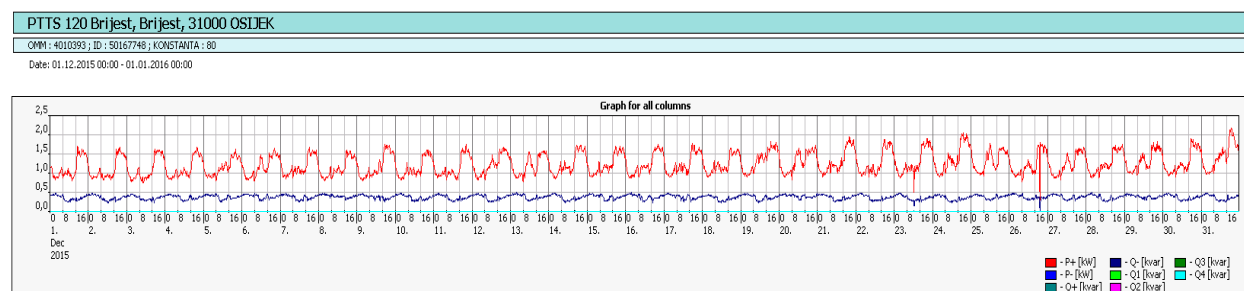
Kao mjesto ugradnje amornog transformatora u Elektroslavoniji Osijek određena je transformatorska stanica tipa tornjić, naziva PTTS 120 Osijek. U postojećoj transformatorskoj stanici nalazio se energetski transformator Dinamo – TUN 251, 10/0,4 kV, 250 kVA, starosti 52 godine.

Nakon odabira lokacije obavljeno je mjerenje buke kako bi se moglo usporediti sa mjerenjem buke ugrađenog amornog transformatora. Mjerenje je obavljeno u vrijeme minimalne razine okolne buke, te se u obzir uzelo i trenutno opterećenje transformatora.

Izradom projektne zadaće predviđeno je:

1. Kompletно uređenje transformatorske stanice
2. Demontaža postojećeg SN razvoda te ugradnja opreme prilagođene 20 kV naponu
3. Sa postojećih napojnih kabela, XHP 81-A 3x120 mm² te XHP 81-A 3x150 mm², prijelaz na jednožilne kabele, tip NA2XS(F)2Y 3x(1x150RM/25 mm² 12/20 kV).
4. Postojeću uljnu jamu urediti na način da se ona izvede kao metalna kada prekrivena metalnom rešetkom i batudom
5. Postojeći energetski transformator zamijeniti amornim transformatorom, proizvođač; Končar, tip; AMT250-24x, nazivne snage 250 kVA, preklopivi 10(20)/0,42 kV, 5-stupni, spoj Dyn5
6. Demontirati postojeći NN razvod i ugraditi novi razvodni blok 1250 A s rastavnom sklopkom u dovodu i 6+2 izlaza.
7. Na dovod, s transformatora, montirati obuhvatne strujne mjerne transformatore, nazivnog napona 0,4 kV, prienosnog omjera 400/5 A, snage 10 VA, klase 0,5, Fs5
8. Uz NN razvod ugraditi statičku kondenzatorsku bateriju, nazivne snage 25 kVAr
9. Ugraditi višenamjenski ugradbeni mjerni terminal za mjerenje i snimanje parametara u distribucijskim transformatorskim stanicama, tip DIOS 02
10. Ugraditi univerzalno, intervalno, komunikacijsko brojilo (univerzalni nazivni napon 3x58 V do 3x230/400 V, 5A, integrirani PT), modul za daljinsko očitavanje, mjerenje radne energije u dva smjera i jalove u 4 kvadranta

Nakon dovršetka poslova, predviđenih projektnom zadaćom, uslijedilo je puštanje u rad novog transformatora. Koristeći univerzalno brojilo redovito se prati rad i opterećenje transformatora, što prikazuje i Slika 2. Prema do sada prikupljenim podacima i obavljenim obilascima, rad transformatora je bez uočenih nedostataka.



Slika 2. Krivulja opterećenja amornog transformatora u PTTS 120 Osijek

Iako je razina buke amornog transformatora nešto viša nego kod konvencionalnog energetskog transformatora, iste snage, mjerenja su pokazala da je razina buke nešto niža nego kod starog transformatora u PTTS 120 Osijek, što i prikazuje Tablica 3.

Tablica 3. Rezultati mjerenja razine buke u PTTS 120 Osijek

Končar AMT250-24x			Dinamo TUN 251		
Leq (dB)	Max (dB)	Min (dB)	Leq (dB)	Max (dB)	Min (dB)
53,7	55,4	51,7	55,7	61,7	52,6



Slika 3. PTTS 120 Osijek, nakon rekonstrukcije

4. ZAKLJUČAK

Na europskom tržištu, amorfni transformatori su još uvijek slabo zastupljeni. Neki od razloga su svakako nešto viša početna cijena, veće dimenzije te veća razina buke, u odnosu na klasične energetske transformatore.

Gledajući s aspekta povećanja energetske učinkovitosti te ekologije, poželjno je težiti prema tehnički naprednijim rješenjima, što amorfni transformatori svakako jesu. Sljedećih nekoliko godina pokazat će se potpuni rezultati pilot projekta HEP ODS-a.

5. LITERATURA

- [1] Direktiva 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 21. listopada 2009., o uspostavi okvira za utvrđivanje zahtjeva za ekološki dizajn proizvoda koji koriste energiju
- [2] Uredba Komisije (EU) br. 548/2014 od 21. svibnja 2014., o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu malih, srednjih i velikih strujnih transformatora
- [3] Smjernice za odabir lokacija ugradnje amorfni transformatora i metodologiju za pogonsko praćenje parametara mreže, HEP ODS d.o.o., Zagreb siječanj 2015.
- [4] M. Mohan, P. K. Singh, " Distribution transformer with amorphous-crgo core: an effort to reduce the cost of amorphous core distribution transformer“, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 7, no. 6, June 2012.
- [5] Zakon o zaštiti od buke, NN 30/09, 55/13, 153/13