

Krunoslav Pongračić, dipl. ing. el.
Končar - Distributivni i specijalni transformatori d.d.
krunoslav.pongrasic@koncar-dst.hr

Dominik Trstoglavec, dipl. ing. el.
Končar - Distributivni i specijalni transformatori d.d.
dominik.trstoglavec@koncar-dst.hr

mr. sc. Martina Mikulić, dipl. ing. el.
Končar - Distributivni i specijalni transformatori d.d.
martina.mikulic@koncar-dst.hr

DISTRIBUTIVNI TRANSFORMATORI PREMA UREDBI KOMISIJE (EU) BR. 548/2014 (EKOLOŠKI DIZAJN) I EUROPSKOJ NORMI EN 50588-1:2015

SAŽETAK

U radu je predstavljena Uredba Komisije (EU) br. 548/2014 o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća koja propisuje minimalne zahtjeve za energetske učinkovitosti za male, srednje i velike energetske transformatore te prvo izdanje europske norme HRN EN 50588-1:2015 „Trofazni transformatori srednjeg napona, 50 Hz, najvećeg napona opreme do 36 kV - 1. dio: Opći zahtjevi“. Nova norma zamjenjuje norme HRN EN 50464-1:2008 i HRN EN 50541-1:2011 i u skladu je sa zahtjevima Uredbe.

Ciljevi ekološkog dizajna proizvoda uključuju poboljšanje energetske učinkovitosti i općenito usklađivanje sa zahtjevima zaštite okoliša, smanjujući emisiju CO₂. Uredbom Komisije (EU) br. 548/2014 koja je stupila na snagu 11.06.2014. definirana je maksimalna razina gubitaka, odnosno minimalna učinkovitost transformatora koji se stavljaju na tržište EU nakon 01.07.2015.

Ključne riječi: Uredba Komisije (EU) br. 548/2014, ekološki dizajn, HRN EN 50588-1:2011

DISTRIBUTION TRANSFORMERS ACCORDING TO COMMISSION REGULATION (EU) NO 548/2014 (ECODESIGN) AND EUROPEAN STANDARD EN 50588-1:2015

SUMMARY

In this paper Commission Regulation (EU) No 548/2014 is presented, which implements Directive 2009/125/EZ of the European Parliament and the Council laying down minimum requirements for energy efficiency for medium and large power transformers, and the first edition of the European standard HRN EN 50588-1:2015 „Medium power transformers 50 Hz, with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV - Part 1: General requirements“. This standard supersedes EN 50464-1:2007 and EN 50541-1:2011 and complies with the requirements of the Regulation.

The objectives of ecodesign of products include improving energy efficiency and generally comply with the requirements of environmental protection by reducing CO₂ emissions. Commission Regulation (EU) No 548/2014, which entered into force on 11.06.2014., defines the maximum level of losses and minimum efficiency of transformers that are placed on the EU market after 01.07.2015.

Keywords: Commission Regulation (EU) No 548/2014, eco-design, HRN EN 50588-1:2011

1. UVOD

Transformatori su uređaji elektroenergetskog sustava koji imaju veliku korisnost, ali uzmemo li u obzir ukupan broj transformatora u mreži, relativno dug životni vijek transformatora (do 40 godina) te ukupnu količinu transformirane energije, tada i malo povećanje korisnosti transformatora može rezultirati značajnim uštedama električne energije, a time i smanjenjem emisije CO₂.

Europska unija objavila je 21. listopada 2009. godine Direktivu 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za utvrđivanje zahtjeva za ekološki dizajn proizvoda koji koriste energiju. U svibnju 2014. godine objavljena je Uredba Komisije br. 548/2014 o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Europskog vijeća koja propisuje minimalne zahtjeve za energetske učinkovitosti za srednje i velike energetske transformatore punjene uljem, kao i za suhe transformatore.

Uredbom se utvrđuju zahtjevi za ekološki dizajn transformatora najniže snage 1 kVA koji se koriste u prijenosu i distribuciji električne energije ili za industrijske primjene. Uredba je stupila na snagu 11. lipnja 2014. godine i odnosi se na transformatore kupljene nakon tog datuma i stavljene na tržište EU ili puštene u uporabu unutar EU nakon 1. srpnja 2015.

U kolovozu 2015. je objavljeno i prvo izdanje europske norme HRN EN 50588-1:2015 „Trofazni transformatori srednjeg napona, 50 Hz, najvećeg napona opreme do 36 kV - 1. dio: Opći zahtjevi“. Nova norma zamjenjuje norme HRN EN 50464-1:208 i HRN EN 50541-1:2011 i u skladu je sa zahtjevima Uredbe.

2. EKOLOŠKI DIZAJN TRANSFORMATORA

Cilj ekološkog dizajna transformatora je povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje negativnog utjecaja na okoliš kroz smanjenje emisije CO₂. Da bi se to postiglo, ekološki dizajn transformatora ograničava dozvoljene vrijednosti gubitaka u transformatorima. Za transformatore snage do 3150 kVA propisane su najveće dozvoljene vrijednosti gubitaka tereta i gubitaka praznog hoda, dok su za transformatore snage veće od 3150 kVA propisani najniži indeksi vršne učinkovitosti (eng. Peak Efficiency Index, PEI). U ovom članku je obrađen ekološki dizajn distributivnih transformatora snage do 3150 kVA.

U tablici I. navedeni su maksimalni dozvoljeni gubici praznog hoda (P_o) i maksimalni dozvoljeni gubici tereta (P_k) trofaznih uljnih distributivnih transformatora s jednim namotom napona $U_m \leq 24$ kV i drugim namotom napona $U_m \leq 1$ kV. Transformatori s ostalim kombinacijama napona te transformatori s dvostrukim naponom na jednom namotu imaju najviše dopuštene gubitke prema tablici II.

Na garantirane gubitke transformatora prema ekološkom dizajnu više se ne primjenjuju tehničke tolerancije navedene u normi IEC 60076-1, tj. tolerancija na garantirane gubitke je 0%.

Uredbom su propisani najveći dozvoljeni gubici praznog hoda i kratkog spoja u dvije razine:

- razina 1.: nakon 1. srpnja 2015.
- razina 2.: nakon 1. srpnja 2021.

U razini 1. su navedeni maksimalno dozvoljeni gubici praznog hoda i kratkog spoja za transformatore snage do 3150 kVA, a koji se stavljaju na tržište ili puštaju u uporabu unutar EU nakon 1. srpnja 2015. U razini 2. navedeni su maksimalni dozvoljeni gubici praznog hoda i kratkog spoja za transformatore koji se stavljaju na tržište ili puštaju u uporabu unutar EU nakon 1. srpnja 2021.[1]

Tablica I. Maksimalni gubici tereta i praznog hoda trofaznih uljnih distributivnih transformatora s jednim namotom napona $U_m \leq 24$ kV i drugim namotom napona $U_m \leq 1$ kV [1], [2]

Nazivna snaga [kVA]	Razina 1. (od 1. srpnja 2015.)				Razina 2. (od 1. srpnja 2021.)			
	Maksimalni gubici praznog hoda P_o		Maksimalni gubici tereta P_k		Maksimalni gubici praznog hoda P_o		Maksimalni gubici tereta P_k	
	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]
≤ 25	Ao	70	Ck	900	AAo	63	Ak	600

50	Ao	90	Ck	1100	AAo	81	Ak	750
100	Ao	145	Ck	1750	AAo	130	Ak	1250
160	Ao	210	Ck	2350	AAo	189	Ak	1750
250	Ao	300	Ck	3250	AAo	270	Ak	2350
315	Ao	360	Ck	3900	AAo	324	Ak	2800
400	Ao	430	Ck	4600	AAo	387	Ak	3250
500	Ao	510	Ck	5500	AAo	459	Ak	3900
630	Ao	600	Ck	6500	AAo	540	Ak	4600
800	Ao	650	Ck	8400	AAo	585	Ak	6000
1000	Ao	770	Ck	10500	AAo	693	Ak	7600
1250	Ao	950	Bk	11000	AAo	855	Ak	9500
1600	Ao	1200	Bk	14000	AAo	1080	Ak	12000
2000	Ao	1450	Bk	18000	AAo	1305	Ak	15000
2500	Ao	1750	Bk	22000	AAo	1575	Ak	18500
3150	Ao	2200	Bk	27500	AAo	1980	Ak	23000

Kod transformatora čije su nazivne snage između navedenih u tablici I., najviši dozvoljeni gubici dobivaju se linearnom interpolacijom.

Tablica II. Ispravak gubitaka tereta i praznog hoda u slučaju ostalih kombinacija napona namota ili dvostrukog napona u jednom ili oba namota (nazivna snaga ≤ 3150 kVA) [1], [2]

Jedan namot napona $U_m \leq 24$ kV i drugi napona $U_m > 1.1$ kV	Najviši dopušteni gubici iz tablice 1 povećavaju se za 10% za gubitke praznog hoda i za 10% za gubitke tereta
Jedan namot napona $U_m \leq 36$ kV i drugi napona $U_m \leq 1.1$ kV	Najviši dopušteni gubici iz tablice 1 povećavaju se za 15% za gubitke praznog hoda i za 10% za gubitke tereta
Jedan namot napona $U_m \leq 36$ kV i drugi napona $U_m > 1.1$ kV	Najviši dopušteni gubici iz tablice 1 povećavaju se za 20% za gubitke praznog hoda i za 15% za gubitke tereta
Dvostruki napon na jednom namotu	U slučaju transformatora s jednim visokonaponskim namotom i dva dostupna napona s prespojivog niskonaponskog namota, gubici se računaju na temelju višeg napona niskonaponskog namota i u skladu su s najvišim dozvoljenim gubicima iz tablice I. Najviša dostupna snaga na nižem naponu niskonaponskog namota na takvim transformatorima ograničena je na 0.85 njegove nominalne nazivne snage određene za niskonaponski namot na njegovu višem naponu.
	U slučaju transformatora s jednim niskonaponskim namotom i dva dostupna napona s prespojivog visokonaponskog namota, gubici se računaju na temelju višeg napona visokonaponskog namota i u skladu su s najvišim dozvoljenim gubicima iz tablice I. Najviša dostupna snaga na nižem naponu niženaponskog namota na takvim transformatorima ograničena je na 0.85 njegove nominalne nazivne snage određene za niskonaponski namot na njegovu višem naponu.
	Ako je puna nominalna snaga dostupna bez obzira na kombinaciju napona, razine gubitaka navedene u tablici I. mogu se povisiti za 15% za gubitke praznog hoda i za 10% za gubitke tereta.
Dvostruki napon na oba namota	Najviši dopušteni gubici iz tablice I. mogu se povisiti za 20% za gubitke praznog hoda i za 20% za gubitke tereta za transformatore s dvostrukim naponom na oba namota. Razina gubitaka određena je za najvišu moguću nazivnu snagu na osnovi toga da je nazivna snaga ista bez obzira na kombinaciju napona.

Stupni transformatori su manje pouzdani i osjetljiviji su na kvarove. Zbog toga je u Europskoj Uniji tendencija njihove zamjene transformatorima smještenim u transformatorske stanice. Budući da se broj stupnih transformatora u zemljama EU smanjuje, njihov doprinos povećanju učinkovitosti također je sve manji [3].

Za razliku od transformatora u transformatorskim stanicama, stupni transformatori imaju strože zahtjeve u pogledu dimenzija i masa budući da je masa stupnog transformatora ograničena nosivošću stupa. Zamjena postojećih stupnih transformatora transformatorima sa sniženim gubicima vrlo često ne bi bila moguća jer smanjenje gubitaka zahtjeva povećanje mase i dimenzija transformatora. Zbog navedenih razloga, razine gubitaka tereta i praznog hoda navedene u tablici I. nisu primjenjive na stupne transformatore.

Europska norma HRN EN 50588-1:2015 propisuje da u kategoriju stupnih transformatora spadaju transformatori snage do 315 kVA dizajnirani za vanjsku montažu na stup. Maksimalni gubici stupnih transformatora nalaze se u tablici III. Prema zahtjevima Uredbe gubici su podijeljeni u dvije razine.

Tablica III. Maksimalni gubici tereta i praznog hoda stupnih transformatora s ograničenjem mase. [1], [2]

Nazivna snaga [kVA]	Razina 1. (od 1. srpnja 2015.)				Razina 2. (od 1. srpnja 2021.)			
	Maksimalni gubici praznog hoda P_o		Maksimalni gubici tereta P_k		Maksimalni gubici praznog hoda P_o		Maksimalni gubici tereta P_k	
	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]	GRUPA	[W]
≤ 25	Ao	70	Ck	900	Ao	70	Bk	725
50	Ao	90	Ck	1100	Ao	90	Bk	875
100	Ao	145	Ck	1750	Ao	145	Bk	1475
160	Co	300	Ck	3102 (Ck +32%)	Bo	270 (Co -10 %)	Bk	3102 (Ck +32%)
200	Co	356	Ck	2750	Bo	310	Bk	2333
250	Co	425	Ck	3250	Bo	360	Bk	2750
315	Co	520	Ck	3900	Bo	440	Bk	3250

Za stupne transformatore čije su nazivne snage između navedenih u tablici III., najviši dozvoljeni gubici dobivaju se linearnom interpolacijom.

Stupni transformatori smiju se postavljati samo na stup i moraju na sebi imati naznačen natpis: "Isključivo za uporabu na stupu".

2.1. Informacije o proizvodu

Za sve transformatore koji se stavljaju na tržište EU proizvođač osigurava i izjavljuje da proizvod udovoljava traženim zahtjevima za ekološki dizajn transformatora. Ocjena sukladnosti provodi se ispunjavanjem propisanih obaveza u pogledu prateće dokumentacije, proizvodnje te označavanja sukladnosti. Označavanje sukladnosti provodi se na način da se na natpisnu pločicu svakog transformatora stavlja oznaka CE te se također za svaki transformator izdaje i prilaže Izjava o sukladnosti.

Izjava o sukladnosti sadrži sljedeće podatke:

- naziv i adresu proizvođača
- opis proizvoda dovoljan za nedvojbenu identifikaciju
- uredbe i direktive EZ s kojima je proizvod u skladu
- primijenjene usklađene norme
- ime i potpis ovlaštene osobe

Dokumenti kojima se dokazuje sukladnost proizvoda:

- tehnički podaci proizvoda
- crtež natpisne pločice

- ispitni list transformatora
- Izjava o sukladnosti

Prema normi HRN EN 50588-1:2015, natpisna pločica transformatora mora, uz dosadašnje podatke prema standardima IEC 60076-1 i IEC 60076-11, sadržavati i sljedeće:

- iznos gubitaka praznog hoda pri nazivnom naponu i frekvenciji
- iznos gubitaka tereta pri nazivnoj struji i frekvenciji
- oznaku grupe gubitaka praznog hoda i tereta
- kod transformatora s dvostrukim naponom natpisna pločica treba sadržavati najvišu nazivnu snagu na nižem naponu
- masu i materijal namota
- masu i tip limova jezgre
- kod stupnih transformatora potrebno je naznačiti natpis: "Isključivo za uporabu na stupu"
- CE oznaku - oznaka o sukladnosti proizvoda sa zahtjevima za ekološki dizajn transformatora

CE		KONČAR		D&ST		TRANSFORMATOR	
Položaj	(20)	(10)	Tip 6TBNO 1000-24x/AC				
1	+5%	21000	10500	Broj DT1441-		God.	
2	+2.5%	20500	10250	Standard IEC 60076			
3	Nazivni naponi	20000	10000	420	Frekv. 50	Hz	Hlađenje ONAN
4	-2.5%	19500	9750	Br. faza 3		Spoj Dyn5	
5	-5%	19000	9500	Jezgra GOES		806 kg	
Nazivne struje	28.9	57.7	1375	Vodič Cu		546 kg	
Nazivne snage	1000	1000	1000	Ulje KLASA 0		455 kg	
Stupanj izolacije	LI125 AC50	LI75 AC28	AC3	Ukupna masa		2500 kg	
U_k			%	P_0 A ₀		770 W	
				P_k C _k		10500 W	
MADE IN CROATIA							

Slika 1. Primjer natpisne pločice prema normi HRN EN 50588-1:2015

2.2. Postupak provjere

Uredbom je propisano da su za postupak provjere i nadzor tržišta zadužena tijela država članica. Postupak provjere provodi se na po jednom transformatoru od svakog tipa. Smatra se da je transformator u skladu sa zahtjevima Uredbe ako su ispunjeni zahtjevi glede maksimalnih dopuštenih gubitaka navedeni u tablicama I., II. i III., te ako su zadovoljeni zahtjevi informacija o proizvodu. Budući da rezultati mjerenja gubitaka transformatora podliježu određenoj mjesnoj nesigurnosti, a na to utječu kvaliteta ispitne stanice i mjerne opreme, vještina osoblja koje provodi ispitivanje i utjecaj mjenog objekta, prilikom kontrolnih mjerenja gubitaka mjerene vrijednosti gubitaka praznog hoda i gubitaka tereta mogu pojedinačno prelaziti do 5% garantirane vrijednosti gubitaka u tehničkoj dokumentaciji.

Ako se utvrdi da provjereni tip transformatora nije u skladu s Uredbom, nadležna tijela država članica osiguravaju sve relevantne informacije, uključujući po potrebi i rezultate ispitivanja, nadležnim

tijelima ostalih država članica i Komisiji u roku od mjesec dana od donošenja odluke o neusklađenosti modela.

Zakon o energetske učinkovitosti predviđa upravni i inspekcijski nadzor nad provedbom zahtjeva za ekološki dizajn transformatora. U slučaju kršenja zakona, predviđene su sankcije:

- kazne u prekršajnom postupku (čl. 41. Zakona o energetske učinkovitosti)
- provođenje mjera zabrana stavljanja na tržište, otklanjanje nesukladnosti, zabrana stavljanja na tržište i dr. (čl. 32., 34. st. 5., čl. 35. Zakona o energetske učinkovitosti)

3. ZAKLJUČAK

Uredba komisije (EU) br. 548/2014 o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća koja propisuje minimalne zahtjeve za energetske učinkovitosti za male, srednje i velike transformatore, i novo izdanje europske norme HRN EN 50588-1:2015 „Trofazni transformatori srednjeg napona, 50 Hz, najvećeg napona opreme do 36 kV - 1. dio: Opći zahtjevi“, propisuju zahtjeve za ekološki dizajn transformatora. Ekološki dizajn distributivnih transformatora do snage 3150 kVA propisuje maksimalne dozvoljene vrijednosti gubitaka tereta i praznog hoda te informacije koje je potrebno dati uz proizvod. Cilj ekološkog dizajna transformatora je smanjenje gubitaka i negativnog utjecaja na okoliš kroz smanjenje emisije CO₂.

4. LITERATURA

- [1] COMMISSION REGULATION (EU) No 548/2014 of 21 May 2014 on implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and the Council with regard to small, medium and large power transformers; <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX:32014R0548>
- [2] „Trofazni transformatori srednjeg napona, 50 Hz, najvećeg napona opreme do 36 kV - 1. dio: Opći zahtjevi“, HRN EN 50588-1:2015
- [3] Aníbal T. De Almeida, Fernando Martins, Bruno Santos, "Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to Ecodesign Requirements for Power, Distribution and Small transformers“, ISR-University of Coimbra, April 2013