

EKOLOŠKI DIZAJN DISTRIBUTIVNIH TRANSFORMATORA PREMA UREDBI KOMISIJE (EU) BR. 548/2014 I EUROPSKOJ NORMI HRN EN 50588-1:2017

Josip Kralj, mag. ing. el.
Krunoslav Pongrašić, dipl. ing. el.
Dominik Trstoglavec, dipl. ing. el.
mr. sc. Martina Mikulić, dipl. ing. el.

Končar - Distributivni i specijalni transformatori d.d.

- **21. listopada 2009.**
Direktiva 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za utvrđivanje zahtjeva za ekološki dizajn proizvoda koji koriste energiju
- **11. lipnja 2014.**
Uredba Komisije br. 548/2014 o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća koja propisuje minimalne zahtjeve za energetsom učinkovitošću za srednje i velike energetske transformatore
- **listopad 2017.**
Europska norma HRN EN50588-1:2017 „Trofazni transformatori srednjeg napona , 50Hz, najvećeg napona opreme do 36kV – 1. dio: Opći zahtjevi”

Tehnički zahtjevi za transformatore

- Definirani maksimalni gubici za transformatore snage ≤ 3150 kVA, najvećeg napona od 1.1 kV do 36 kV
- Definirani indeksi vršne učinkovitosti (eng. Peak Efficiency Index, PEI) za transformatore snage > 3150 kVA
- Tehničke tolerancije na garantirane gubitke (IEC 60076-1) više se ne smiju koristiti $\rightarrow 15\% \rightarrow 0\%$
- Primjenjuje se na uljne i suhe transformatore
- Ne primjenjuje se na specijalne transformatore

Nivo gubitaka za transformatore snage ≤ 3150 kVA

TROFAZNI ULJNI TRANSFORMATORI $U_{1m} \leq 24kV, U_{2m} \leq 1.1kV$	Razina 1. od 01.07.2015.		Razina 2. od 01.07.2021.	
	P_t	P_0	P_t	P_0
$\leq 1000kVA$	C_k	A_0	A_k	$A_0 - 10\%$
$\geq 1250kVA$ i $\leq 3150kVA$	B_k	A_0	A_k	$A_0 - 10\%$

* Oznake prema
EN50464

TROFAZNI STUPNI ULJNI TRANSFORMATORI $U_{1m} \leq 24kV, U_{2m} \leq 1.1kV$	Razina 1. od 01.07.2015.		Razina 2. od 01.07.2021.	
	P_t	P_0	P_t	P_0
$\leq 100kVA$	C_k	A_0	B_k	A_0
160kVA	$C_k + 32\%$	C_0	$C_k + 32\%$	$C_0 - 10\%$
$\geq 200kVA$ i $\leq 315kVA$	C_k	C_0	B_k	B_0

* Oznake prema EN50464

naponski nivo	P_t	P_0
$VN \leq 24kV$ $NN > 1.1kV$	10%	10%
$VN = 36kV$ $NN \leq 1.1kV$	10%	15%
$VN = 36kV$ $NN > 1.1kV$	15%	20%
dvostruki napon na jednom od namota i nazivna snaga na svim naponima	10%	15%
dvostruki napon na oba namota i nazivna snaga na svim naponima	20%	20%

* dozvoljeno povećanje gubitaka ovisno o drugim naponskim kombinacijama

Nivo gubitaka za transformatore snage > 3150 kVA

Indeks vršne učinkovitosti (eng. Peak Efficiency Index - PEI) (%)

Za transformatore snage > 3150 kVA

$$PEI = 1 - \frac{2(P_0 + P_{c0})}{S_r \sqrt{\frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}}$$

P_0 – gubici praznog hoda

P_k – gubici tereta

S_r – nazivna snaga

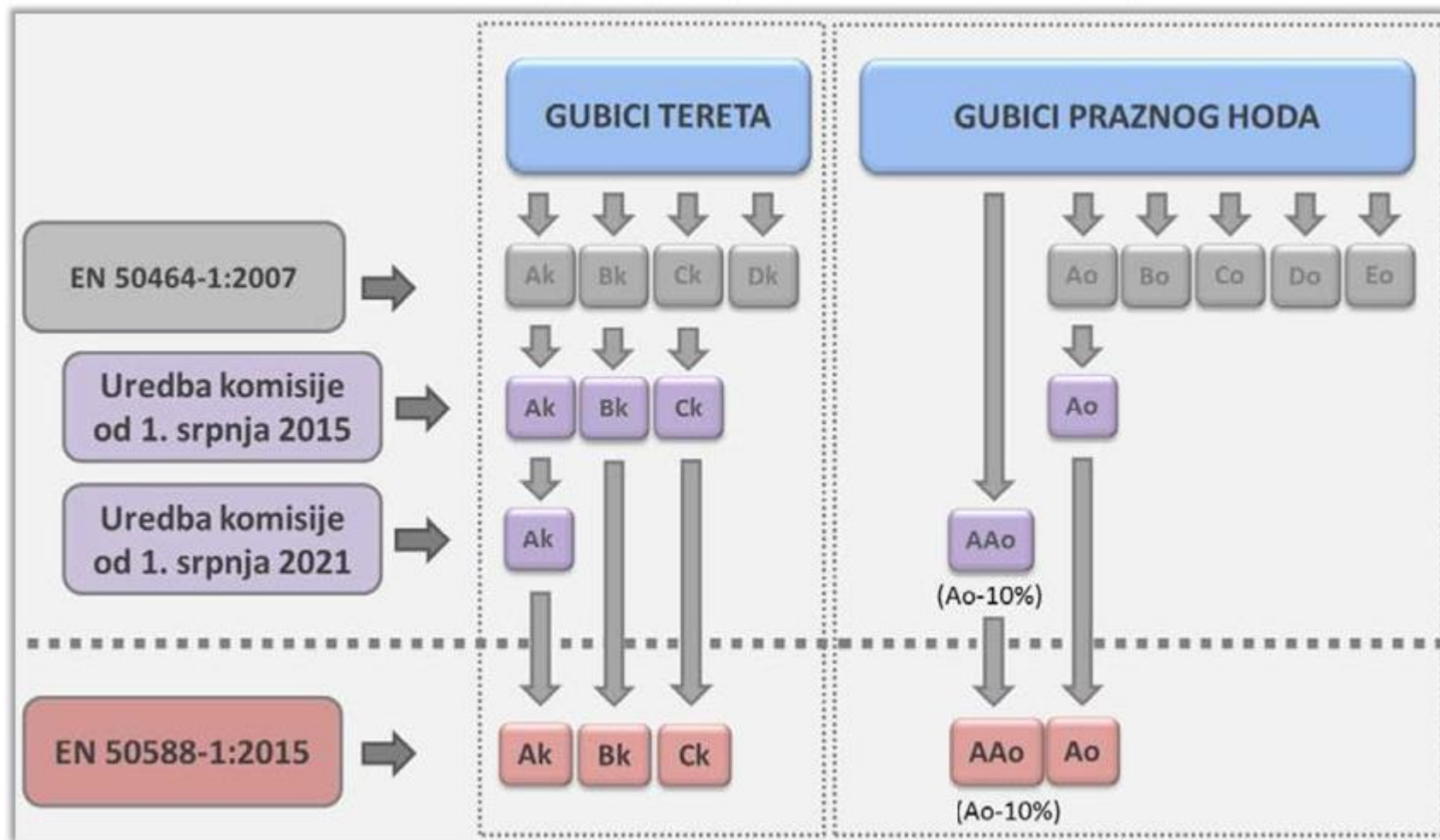
P_{c0} – gubici rashladnog sustava

Sn (MVA)	Razina 1. od 01.07.2015.	Razina 2. od 01.07.2021.
	PEI (%)	PEI (%)
≤4	99.465	99.532
5	99.483	99.548
6	99.510	99.571
8	99.535	99.593
10	99.560	99.615
12.5	99.588	99.640
16	99.615	99.663
20	99.639	99.684
25	99.657	99.700
31.5	99.671	99.712
40	99.684	99.724
50	99.696	99.734
63	99.709	99.745
80	99.723	99.758
≥100	99.737	99.770

- Izjava o sukladnosti proizvoda
- **CE** oznaka
- Dodatne informacije u tehničkoj dokumentaciji i na natpisnoj pločici

KONČAR D&ST				TRANSFORMATOR			
CE				Tip 6TBNO 1000-24x/AC			
Položaj (20) (10)				Broj DT1441- God.			
1	+5%	21000	10500	Standard IEC 60076			
2	+2.5%	20500	10250	Frekv. 50 Hz Hlađenje ONAN			
3	Nazivni naponi	20000	10000	420	Br. faza 3 Spoj Dyn5		
4	-2.5%	19500	9750	Jezgra GOES 806 kg			
5	-5%	19000	9500	Vodič Cu 546 kg			
Nazivne struje		28.9	57.7	1375	Ulje KLASA 0 455 kg		
Nazivne snage		1000	1000	1000	Ukupna masa 2500 kg		
Stupanj izolacije		LI125 AC50	LI75 AC28	AC3	P ₀ A ₀ 770 W		
U _k				P _k C _k 10500 W			
1004422				MADE IN CROATIA			

Ekološki dizajn transformatora



- 1. Koja je prosječna razlika u cijeni transformatora istih snaga izvedbe za ispunjavanja zahtjeva razine 2 u odnosu na izvedbu koja ispunjava zahtjeve razine 1?**

Smanjenje gubitaka transformatora



Povećanje presjeka jezgre + Povećanje presjeka vodiča



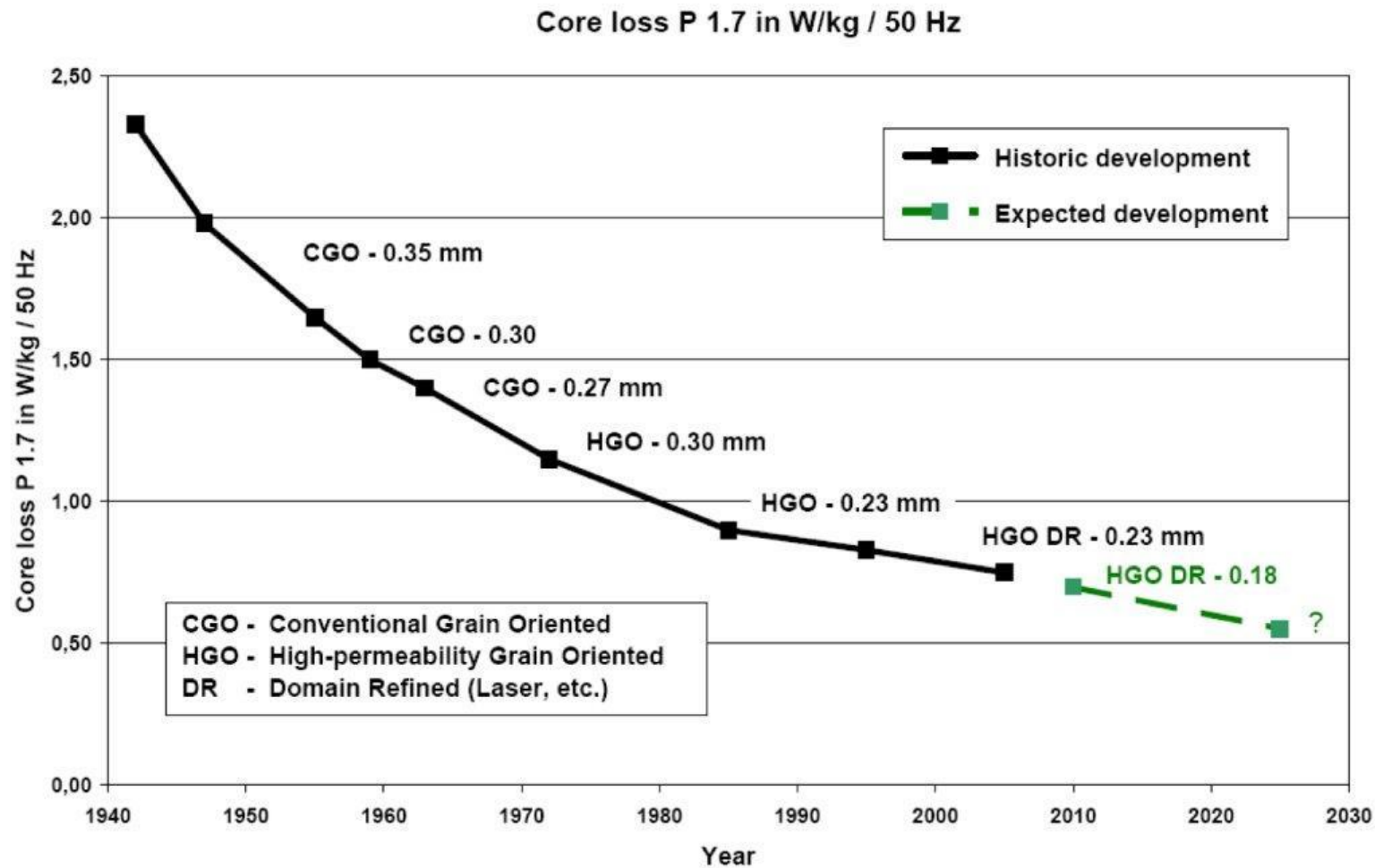
Veća masa transformatora

Snaga	RAZINA GUBITAKA	P_0	P_k	$L_w(A)$	DIMENZIJE I MASE					POVEĆANJE UKUPNE MASE
					DUŽINA	ŠIRINA	VISINA	MASA ULJA	UKUPNA MASA	
[kVA]		[W]	[W]	dB(A)	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg]	
50	A_0C_k	90	1100	≤ 39	795	685	1175	105	400	30 %
	AA_0A_k	81	750	≤ 38	760	660	1300	100	520	
630	A_0C_k	600	6500	≤ 52	1480	935	1575	295	1690	33 %
	AA_0A_k	540	4600	≤ 51	1260	985	1650	350	2240	
2000	A_0B_k	1450	18000	≤ 60	1940	1180	1910	760	4560	36 %
	AA_0A_k	1305	15000	≤ 59	2280	1280	2380	1030	6200	

Povećanje ukupne cijene 40 - 60%, ovisno o snazi

2. Obzirom na potrebu za većom kvalitetom materijala za izradu transformatora u eko dizajnu, smanjuje li se broj potencijalnih proizvođača ulaznih komponenti za izradu transformatora. Ukoliko da utječe li to na krajnju cijenu proizvoda?

- Povećanje stupnja učinkovitosti dovodi do povećanja potrošnje materijala
- Jezgra se radi od laserski tretiranih visokopermeabilnih limova (eng. HGO DR – high permeability grain oriented domain refined) i već sad se ugrađuju limovi sa specifičnim gubicima od 0,75 W/kg
- Korištenjem najboljih laserskih limova (ZDKH-23) i najboljih projektnih rješenja (ovalna ili pravokutna jezgra) postižu se najniže vrijednosti gubitaka jezgre i gubitaka tereta.
- Svi zahtjevi za gubicima propisani razinom 2 mogu se provesti s trenutno dostupnim materijalima i projektnim znanjima i rješenjima.



- Postoje manje razlike u kvaliteti limova među proizvođačima, ali te razlike prati, naravno, i cijena samih limova.

3. Može li se procijeniti vrijeme povrata sredstava uložena u nabavku transformatora u eko dizajnu kroz smanjene troškove eksploatacije u prosječnim uvjetima rada u mreži operatora distribucijskog sustava?

- Transformatori su kapitalna investicija i mogu povratiti vrijednost početne investicije kroz životni vijek od nekoliko desetljeća
- Pojedine elektrodistribucije zahtijevaju da proizvođač sam odredi razine gubitaka transformatora u skladu s ekodizajnom i u skladu sa zadanim cijenama gubitaka
- Niži gubici smanjuju ukupni trošak vlasništva
- Kapitalizirana cijena transformatora sastoji se od dvije komponente:
 - osnovne cijene transformatora
 - troškova eksploatacije transformatora za vrijeme njegove životne dobi

$$CT = OCT + A \times Pk + B \times Po$$

gdje je:

CT – kapitalizirana cijena transformatora [€]

OCT – osnovna, tj. prodajna cijena transformatora [€]

A – cijena gubitaka tereta [€/kW]

Pk – gubici tereta [kW]

B – cijena gubitaka praznog hoda [€/kW]

Po – gubici praznog hoda [kW]

Faktori A i B ovise o:

- predviđenom opterećenju transformatora
- životnom vijeku transformatora
- cijeni energije
- kamatnoj stopi ...

Uobičajeno u EU: $A = 5.000 - 17.000 \text{ €/kW}$

$B = 500 - 2.500 \text{ €/kW}$

Hvala na pažnji!