

Ivan Sitar  
Končar – Distributivni i specijalni transformatori d.d.  
[ivan.sitar@koncar-dst.hr](mailto:ivan.sitar@koncar-dst.hr)

## DISTRIBUTIVNI ULJNI TRANSFORMATORI PREMA NORMI EN 50464

### SAŽETAK

Serijski evropskih normi EN 50464 iz travnja 2007. godine definira tehničke karakteristike distributivnih uljnih transformatora 50 Hz, od 50 do 2500 kVA za najviši napon opreme 36 kV.

U prvom dijelu norma pored osnovnih tehničkih zahtjeva specificira po nazivnim snagama četiri nivoa gubitaka, nivo dozvoljene buke i napone kratkoga spoja. Drugi dio norme opisuje dvije izvedbe transformatora, prema izvedbi i stupnju mehaničke zaštite priključaka. U trećem dijelu norme se daje relacija za određivanje nazivne snage transformatora opterećenog strujama nesinusnog oblika. Četvrti dio propisuje procedure prema kojima se ispituju pod pritiskom transformatorski kotlovi iz valovitog lima.

U referatu su osim kratkog prikaza prvog, trećeg i četvrtog dijela norme dani pregled i analiza elektromagnetskih karakteristika distributivnih uljnih transformatora koji se danas isporučuju na hrvatsko tržište te njihova usporedba s karakteristikama transformatora definiranih normom EN 50464. Također je opisana metoda ispitivanja mehaničke izdržljivosti kotlova iz valovitog lima.

**Ključne riječi:** uljni transformator, distributivni transformator, gubici i buka transformatora, snaga pri nesinusnom opterećenju, ispitivanje kotlova iz valovitog lima.

## OIL-IMMERSED DISTRIBUTION TRANSFORMERS ACCORDING TO EN 50464

### SUMMARY

Series of European norms EN 50464 published April 2007 defines technical characteristics of oil-immersed distribution transformers 50 Hz, of power ratings 50 kVA – 2500 kVA with highest voltage for equipment of 36 kV.

Besides basic technical requirements, first part of norm specifies according to rated power four levels of losses, allowed sound power levels and short-circuit impedance voltages. Second part of norm describes two types of transformer construction according to terminal design and level of mechanical protection. Third part of norm gives the relation of transformer power rating loaded with non-sinusoidal currents, when fourth part describes procedures for testing of transformer corrugated tanks under pressure.

Moreover of short survey of the first, third and fourth part of norm, the report gives an overview and analyses of the electromagnetic characteristics of oil-immersed distribution transformers being delivered on the Croatian market today, and their comparison with transformers defined by the norm EN 50464. Test procedure to verify mechanical withstand capability of the pressurized corrugated tanks has been described.

**Key words:** oil-immersed transformer, distribution transformer, transformer losses, sound power level, power rating at non-sinusoidal load, testing of corrugated tank.

## 1. UVOD

Tehnički odbor CENELEC T14, Energetski transformatori pripremio je seriju standarda EN 50464 pod zajedničkim nazivom „Trofazni uljni transformatori 50 Hz, od 50 kVA do 2500 kVA za najviši napon opreme 36 kV“, a sastoji se od sljedećih dijelova:

1. dio: Opći zahtjevi,  
Dio 2-1: Distributivni transformatori s kabelskim kutijama na strani visokog i/ili niskog napona – Opći zahtjevi,
- Dio 2-2: Distributivni transformatori s kabelskim kutijama na strani visokog i/ili niskog napona – Kabelske kutije tip 1 za distributivne transformatore u skladu sa zahtjevima definiranim normom EN 50464-2-1,
- Dio 2-3: Distributivni transformatori s kabelskim kutijama na strani visokog i/ili niskog napona – Kabelske kutije tip 2 za distributivne transformatore u skladu sa zahtjevima definiranim normom EN 50464-2-1,
3. dio: Određivanje nazivne snage transformatora opterećenog strujama nesinusnog oblika,
4. dio: Zahtjevi i ispitivanja kotlova iz valovitog lima pod pritiskom.

Zadnji datum do kojeg se moraju povući nacionalni standardi koji su proturječni s ovim normama je 01.12.2011. Referat daje usporedbu i način računanja karakteristika i dodatnih ispitivanja transformatora definiranih ovom normom s karakteristikama transformatora koji se danas isporučuju na hrvatsko tržište te ukazuje na promjene koje nas očekuju da se uskladimo s evropskom praksom.

## 2. KRATKI PRIKAZ NORMI EN 50464

### 2.1. EN 50464-1

Norma [1] pokriva transformatore 50 Hz, od 50 kVA do 2500 kVA namijenjene za unutrašnju ili vanjsku montažu, uronjene u mineralno ulje ili sintetičku izolacionu tekućinu, s dva ili više nazivnih napona primarnog namota građenog za najviši napon opreme od 3,6 kV do 36 kV i niskonaponskog namota građenog za napon opreme koji ne prelazi 1,1 kV.

#### 2.1.1. Nazivna snaga

Preferirane nazivne snage transformatora su: 100 kVA, 160 kVA, 250 kVA, 400 kVA, 630 kVA, 1000 kVA, 1600 kVA i 2500 kVA. Također se ostavlja mogućnost korištenja i ostalih snaga iz niza: 50 kVA, 200 kVA, 315 kVA, 500 kVA, 800 kVA, 1250 kVA i 2000 kVA.

#### 2.1.2. Spojevi

Za nazivne snage 50 kVA i 100 kVA predviđeni su spojevi namota Y zn i D yn, dok za snage  $\geq 160$  kVA spoj namota je D yn. To vrijedi za  $U_m \leq 24$  kV i  $U_m = 36$  kV. Grupe spoja su 5 i 11.

#### 2.1.3. Gubici, napon kratkog spoja i nivo zvučne snage

U tablici I prikazani su gubici zbog tereta i naponi kratkog spoja za cijeli niz nazivnih snaga od 50 kVA do 2500 kVA, maksimalnog napona 24 kV. Niz  $A_k$  odgovara najnižim gubicima koji se obično koriste u EU. Gubici praznog hoda i nivo zvučne snage dani su u tablici II. Transformatori s niskom bukom i gubicima iz reda  $E_0$ ,  $D_0$ ,  $C_0$  ili  $B_0$  mogu se ponuditi s vrijednostima nivoa zvučne snage  $L_{wA}$  nižeg reda  $D_0$ ,  $C_0$ ,  $B_0$  ili  $A_0$ .

U normi su također prikazane karakteristike transformatora građenih za  $U_m = 36$  kV, ali je zbog njihove rijetke primjene u našim mrežama izostavljen prikaz u ovom referatu.

Tablica I: gubici zbog tereta  $P_k$  (W) na  $75^\circ\text{C}$  za  $U_m = 24$  kV

Nazivna snaga kVA	$D_k$ W	$C_k$ W	$B_k$ W	$A_k$ W	Napon kratkog spoja %
50	1350	1100	875	750	4
100	2150	1750	1475	1250	
160	3100	2350	2000	1700	
250	4200	3250	2750	2350	
315	5000	3900	3250	2800	
400	6000	4600	3850	3250	
500	7200	5500	4600	3900	
630	8400	6500	5400	4600	
630	8700	6750	5600	4800	6
800	10500	8400	7000	6000	
1000	13000	10500	9000	7600	
1250	16000	13500	11000	9500	
1600	20000	17000	14000	12000	
2000	26000	21000	18000	15000	
2500	32000	26500	22000	18500	

Tablica II: gubici praznog hoda  $P_0$  (W) i nivo zvučne snage  $L_{wA}$ (dB(A)) za  $U_m = 24$  kV

Nazivna snaga kVA	$E_0$		$D_0$		$C_0$		$B_0$		$A_0$		Napon kratkog spoja %
	$P_0$ W	$L_{wA}$ dB(A)	$P_0$ W	$L_{wA}$ dB(A)	$P_0$ W	$L_{wA}$ dB(A)	$P_0$ W	$L_{wA}$ dB(A)	$P_0$ W	$L_{wA}$ dB(A)	
50	190	55	145	50	125	47	110	42	90	39	4
100	320	59	260	54	210	49	180	44	145	41	
160	460	62	375	57	300	52	260	47	210	44	
250	650	65	530	60	425	55	360	50	300	47	
315	770	67	630	61	520	57	440	52	360	49	
400	930	68	750	63	610	58	520	53	430	50	
500	1100	69	880	64	720	59	610	54	510	51	
630	1300	70	1030	65	860	60	730	55	600	52	
630	1200	70	940	65	800	60	680	55	560	52	6
800	1400	71	1150	66	930	61	800	56	650	53	
1000	1700	73	1400	68	1100	63	940	58	770	55	
1250	2100	74	1750	69	1350	64	1150	59	950	56	
1600	2600	76	2200	71	1700	66	1450	61	1200	58	
2000	3100	78	2700	73	2100	68	1800	63	1450	60	
2500	3500	81	3200	76	2500	71	2150	66	1750	63	

#### 2.1.4. Ispitivanja, tolerancije i penali

Rutinska, tipska i specijalna ispitivanja provode se prema normi EN 60076-1. Izolacijski nivoi i dielektrična ispitivanja moraju biti u skladu s normom EN 60076-3 i to:

- VN namot: nazivni ispitni naponi industrijske frekvencije i udarni napon prema tablici 2 u EN 60076-3, niz 1.
- NN namot: u EN 60076-3 tablica 2, za normalni izolacijski nivo specificiran je samo kratkotrajni ispitni napon industrijske frekvencije 3 kV. Prema [1] kupac može specificirati viši nivo ispitnog napona industrijske frekvencije i ispitivanje udarnim naponom, (najčešće su to LI/AC 30/10 kV).

### 2.1.5. Korisnost i pad napona u transformatoru

Zbog jednoznačnog računanja, kojeg uvijek nije bilo (više izvora iz različitih zemalja, instituti, privreda i sl.) u normi su dane formule za računanje korisnosti i pada napona transformatora koje treba koristiti kod određivanja ova dva, sa stanovišta korisnika važna parametra transformatora.

Korisnost transformatora računa se na osnovu garantiranih ili izmjerenih gubitaka prema relaciji:

$$\eta = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\alpha^2 \cdot P_k + P_0}{\alpha \cdot S + \alpha^2 \cdot P_k + P_0} \right) \quad (1)$$

gdje su:

$P_k$  = gubici zbog tereta pri nazivnoj struji i referentnoj temperaturi;

$P_0$  = gubici praznog hoda pri nazivnom naponu i frekvenciji;

$S$  = nazivna snaga transformatora;

$\alpha$  = faktor opterećenja ( $I_2/I_{2n}$ ).

Pad napona  $\Delta u\%$  u transformatoru kod bilo kojeg opterećenja računa se pomoću izraza:

$$\Delta u = \left( \frac{I_2}{I_{2n}} \right) \cdot (R\% \cdot \cos \varphi_2 + X\% \cdot \sin \varphi_2) + \left( \frac{1}{200} \right) \cdot \left\{ \left( \frac{I_2}{I_{2n}} \right) \cdot (X\% \cdot \cos \varphi_2 - R\% \cdot \sin \varphi_2) \right\}^2 \quad (2)$$

pri čemu su:

$R\%$  = nazivni gubici zbog tereta izraženi u % nazivne snage transformatora;

$X\%$  = nazivna jalova snaga transformatora izražena u % nazivne snage transformatora;

$I_2$  = sekundarna struja tereta (A);

$I_{2n}$  = nazivna struja sekundara (A);

$\varphi_2$  = fazni kut između sekundarnog napona i struje.

### 2.1.6. Kapitalizirani troškovi transformatora

Transformator priključen na mrežu proizvodi gubitke praznog hoda  $P_0$  (zbog magnetiziranja jezgre) i gubitke zbog tereta  $P_k$  (kada struja teče kroz namote). Gubici  $P_0$  nastaju uvijek kad je transformator pod naponom, praktički 8760 sati u godini i ne ovise o teretu. Gubici  $P_k$  su proporcionalni kvadratu struje tereta, ( $P_k \sim I^2$ ). Gubici  $P_0$  i  $P_k$  predstavljaju gubitak energije, a budući da cijena energije konstantno raste, sve je važnije kod nabavljanja transformatora voditi računa o troškovima gubitaka koji transformator proizvodi tijekom svog životnog vijeka. Dijagram opterećenja na mjestu ugradnje transformatora i cijena energije su osnovni čimbenici na osnovu kojih se određuje optimalni nivo gubitaka za određenog potrošača. Kako se cijena gubitaka mijenja s vremenom i ovisi o energetskej politici pojedinih zemalja, transformatori se mogu naručivati i nuditi s gubicima koji su različiti od navedenih u tablicama I i II. (Vrijednosti u tablicama I i II prikazuju današnji nivo gubitaka u EU).

Kapitalizirane troškove transformatora čine troškovi nabave transformatora i troškovi energije [3]:

$$C_C = C_T + A \cdot P_0 + B \cdot P_k \quad (3)$$

gdje su:

$C_C$  = kapitalizirani troškovi transformatora;

$C_T$  = troškovi nabave transformatora;

$A$  = vrijednost gubitaka praznog hoda u lokalnoj valuti (HRK/W), specificirana od kupca prilikom narudžbe transformatora;

$P_0$  = garantirani gubici praznog hoda transformatora u W;

$B$  = vrijednost gubitaka tereta u lokalnoj valuti (HRK/W), specificirana od kupca prilikom narudžbe transformatora;

$P_k$  = garantirani nazivni gubici tereta pri nazivnoj temperaturi u W.

## 2.2. EN 50464-2-1, EN 50464-2-2 i EN 50464-2-3

Norma EN 50464-2-1 [2], odnosi se na distributivne transformatore koji imaju:

- priključke u zrakom ili kompaundnom masom ispunjenim kablskim kutijama ili zaštitno kućište, pri čemu se koriste standardni provodnici ako je izolacija zrak ili provodnici ulje-ulje ako je izolacija kompaundna masa;
- kutije s prirubnicom gdje se mogu koristiti standardni ulje-zrak provodnici.

U normi EN 50464-2-2 [3], definirani su zahtjevi na kablске kutije tip 1. To su metalne kutije čija je namjena prihvaćanje i zaštita završetaka VN i NN kabela. Izvode se u mehaničkoj zaštiti IP54 ili višoj, a mogu se montirati na stranicama ili poklopcu kotla.

Norma EN 50464-2-3 [4], definira zahtjeve na kablске kutije tip 2. To su kućišta izrađena od metala ili drugih materijala čija je osnovna namjena zaštita od dodira dijelova pod naponom. Imaju mehanički stupanj zaštite najmanje IP 23, smještena su na poklopcu kotla, te mogu biti zajednička za VN i NN priključke ili odvojene izvedbe za VN i NN stranu transformatora.

Sadržaj ove tri norme spada u dio mehaničke zaštite i opreme transformatora koji nisu svrha ovog referata pa će se njihovo prikazivanje zaustaviti na opisanom području primjene. (Definiranje i opis opreme, dimenzioniranje i izvedba zaštite transformatora, mehaničke i AKZ, mogli bi biti predmet jedne od budućih studija)

## 2.3. EN 50464-3

Norma EN 50464-3 [5], daje korisniku smjernice za računanje dozvoljenog opterećenja uljnih transformatora u slučaju kada harmonički faktori struje tereta prelaze maksimalno dozvoljene vrijednosti.

U distributivnim mrežama normalna opterećenja se smatraju kada ukupni faktor harmonika u struji tereta ne prelazi 5% a faktor parnih harmonika 1%. U slučaju većih faktora harmonika treba uzeti u obzir da gubici u transformatoru dodatno rastu, a s njima i zagrijanja koja prelaze vrijednosti računane kod opterećenja sinusnom strujom iste efektivne vrijednosti.

Ekvivalentna nazivna snaga se definira prema sinusnoj struji koja proizvodi iste gubitke kao i nesinusna struja tereta, a dobiva se množenjem snage koja je određena prema efektivnoj vrijednosti nesinusne struje i koeficijenta K, koji slijedi iz relacije:

$$K = \left[ 1 + \frac{e}{1+e} \left( \frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{n=2}^{n=N} n^q \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

gdje su:

- e – gubici vrtložnih struja pri osnovnom harmoniku sinusne struje podijeljeni s gubicima pri istosmjernoj struji iznosa jednakog efektivnoj vrijednosti sinusne struje, sve pri referentnoj temperaturi;
- n - red harmonika;
- I - efektivna vrijednost struje, uzevši u obzir sve harmonike;

$$I = \left( \sum_{n=1}^{n=N} I_n^2 \right)^{\frac{1}{2}} = I_1 \left[ \sum_{n=1}^{n=N} \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

- $I_n$  - efektivna vrijednost n-tog harmonika struje;
- $I_1$  - efektivna vrijednost osnovnog harmonika struje;
- q - eksponent koji ovisi o tipu namota i frekvenciji i iznosi za 50 Hz:  
1,7 – kod transformatora s okruglim ili profilnim vodičem u oba namota,  
1,5 – kod transformatora s niskonaponskim folijskim namotom.  
(Prema dogovoru, standard dozvoljava i druge vrijednosti koeficijenta q).

Ukoliko je transformator građen za sinusnu struju određene nazivne snage i nakon toga se u pogonu pojavi potreba terećenja nesinusnim teretom, treba napraviti korekciju nazivne snage tako da se ista pomnoži s faktorom 1/K.

Kao primjer uzmimo slučaj opterećenja transformatora nesinusnom strujom čiji su osnovni i viši harmonici prikazani u tablici 3. Primjenom (6) proizlazi da je ukupni faktor harmonika H%=18,9 %,

$$H\% = 100 \left[ \sum_{n=2}^{n=N} \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

te je potrebno napraviti korekciju nazivne snage transformatora ako ne želimo da nam se transformator pregrijava.

Tablica 3: harmonici struje nesinusnog tereta i koeficijent K koji služi za računanje ekvivalentne nazivne snage transformatora

e=	0,12	q=	1,7
n	$\ln/I_1$	$(\ln/I_1)^2$	$n^q(\ln/I_1)$
1	1	1	1
3	0,3510	0,1232	0,7975
5	0,1690	0,0286	0,4406
7	0,1210	0,0146	0,4002
9	0,0915	0,0084	0,3508
11	0,0712	0,0051	0,2988
13	0,0519	0,0027	0,2109
15	0,0425	0,0018	0,1804
17	0,0402	0,0016	0,1996
19	0,0387	0,0015	0,2235
23	0,0321	0,0010	0,2128
25	0,0286	0,0008	0,1946
	<b>1,091</b> $I_{\text{eff}}$	<b>0,189</b> $H\%/100$	<b>1,147</b> K

Iz analize gubitaka slijedi da je  $e = 0,12$ . Budući da namoti nisu iz folije  $q = 1,7$ . Prema (4), koeficijent  $K = 1,147$ . Dakle, nazivnu snagu određenu prema efektivnoj vrijednosti nesinusne struje treba povećati za 14,7 %.

#### 2.4. EN 50464-4

U normi EN 50464-4 [6], opisana je procedura ispitivanja kojom se dokazuje mehanička izdržljivost kotlova iz valovitog lima pod pritiskom, potpuno napunjenih uljem i hermetički zatvorenih.

Promjene temperature ulja koje nastaju zbog promjena temperature okoline i opterećenja transformatora uzrokuju deformacije stranica kotla iz valovitog lima. Simulacija sezonske i dnevne promjene temperature ulja radi se uz pretpostavku da se srednja temperatura ulja mijenja od  $-25^\circ\text{C}$ , (najniža temperatura okoline kad je transformator izvan pogona) i  $+88^\circ\text{C}$  (zbroj maksimalne temperature okoline  $+40^\circ\text{C}$  i maksimalno dozvoljenog srednjeg zagrijanja ulja  $0,8 \cdot 60 = 48 \text{ K}$ ). Temperatura ulja pri punjenju mora biti između  $15^\circ\text{C}$  i  $35^\circ\text{C}$ , a manometar spojen na kotao pri temperaturi punjenja i zatvaranju kotla treba podesiti da pokazuje tlak 0. Promjene volumena ulja od temperature pri zatvaranju kotla do graničnih vrijednosti se računaju pomoću prostornog koeficijenta širenja ulja, koji za mineralno ulje iznosi  $0,00075 \text{ K}^{-1}$ .

Ako pretpostavimo da je kotao transformatora 400 kVA, 20(10)/0,42 kV koji ima 380 litara ulja napunjen i zatvoren pri srednjoj temperaturi ulja  $20^\circ\text{C}$ , promjene volumena ulja od referentnih  $20^\circ\text{C}$  do graničnih temperatura iznose:

$$\begin{aligned} \text{do } -25^\circ\text{C}: & (-25 - 20) \cdot 0,00075 = -12,82 \text{ litara,} \\ \text{do } +88^\circ\text{C}: & (88 - 20) \cdot 0,00075 = 19,38 \text{ litara.} \end{aligned}$$

Postupak ispitivanja: U kotao koji je hermetički zatvoren s postavljenim manometrom na P0 doda se 19,38 litara ulja i registrira nadpritisak P+. Zatim se od referentne količine ulja (pri zatvaranju kotla) oduzme iz kotla 12,82 litara ulja i zabilježi podtlak na manometru P-. Izdržljivost kotla se ispituje sa 2000 ciklusa promjene tlaka u kotlu od P+ do P-, minimalnog trajanja jednog ciklusa 120 s. (Prilikom ispitivanja temperatura ulja se mora održavati u granicama odstupanja  $\pm 3^\circ\text{C}$  od temperature ulja kod koje je

transformator hermetički zatvoren). Nakon ispitivanja, kod referentne količine ulja u transformatoru, registrira se tlak P1 na manometru te nadolije u kotao ako je potrebno ona količina ulja da se postigne početni tlak P0. Zatim se ispitivanje nastavlja ispitivanjem nepropusnosti kotla u trajanju 24 sata na statički tlak u iznosu 1,2·P+.

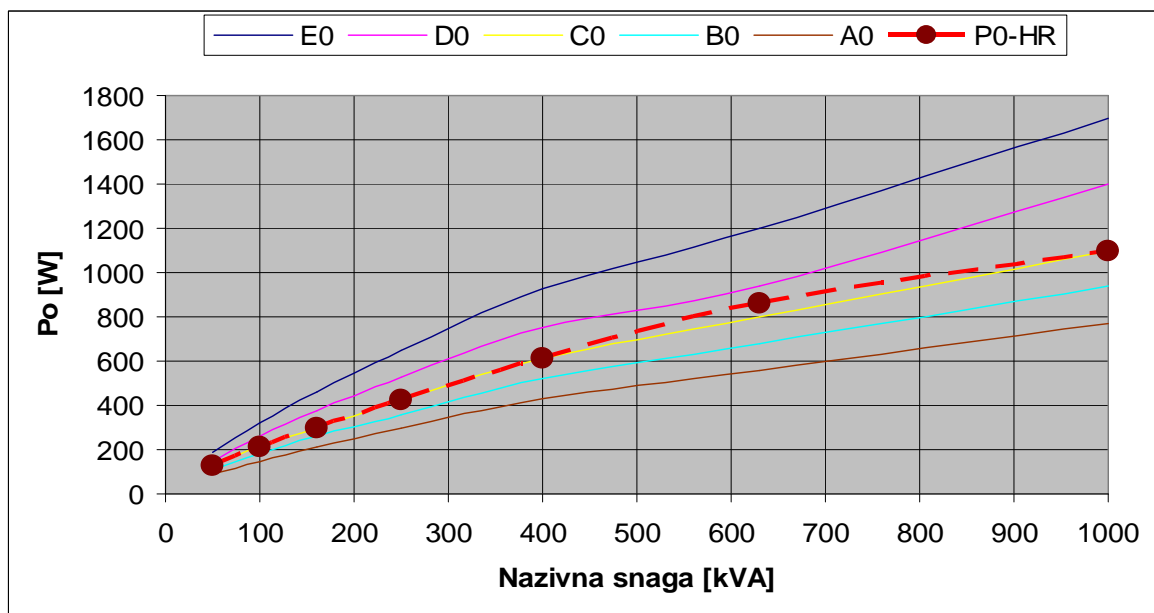
Ocjena rezultata ispitivanja donosi se na osnovu sljedećih pokazatelja:

- nema curenja ulja iz kotla;
- na manometru nisu uočene veće ili neobjašnjive razlike tlakova prije, tijekom ili nakon ispitivanja, (znatnija odstupanja mogu ukazivati na nenormalna ponašanja strukture kotla);
- kao mjera dozvoljenih trajnih deformacija kotla može se specificirati maksimalna količina ulja koju treba nadoliti u kotao nakon ispitivanja na izdržljivost.

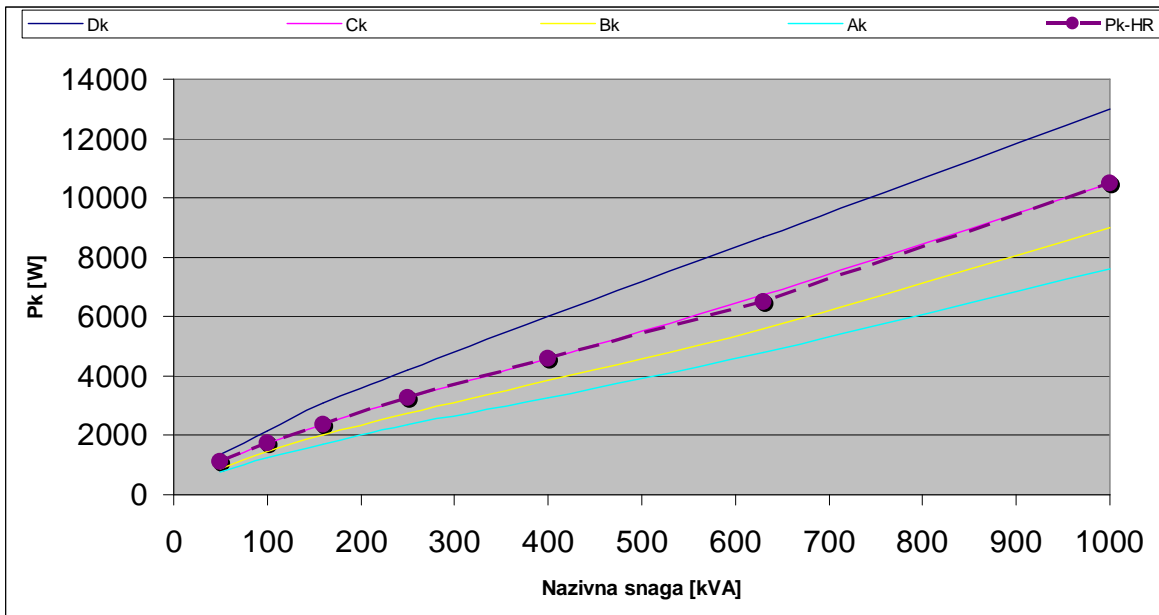
### 3. ANALIZA GUBITAKA I BUKE TRANSFORMATORA

Gubici i nivo zvučne snage distributivnih uljnih transformatora koji se danas isporučuju na hrvatsko tržište definirani su u granskoj normi N.012.04 [7]. Njihova usporedba s gubicima i zvučnom snagom prema normi EN 50464-1 (tablica 1 i 2) je prikazana na slikama 1 i 2 i 3.

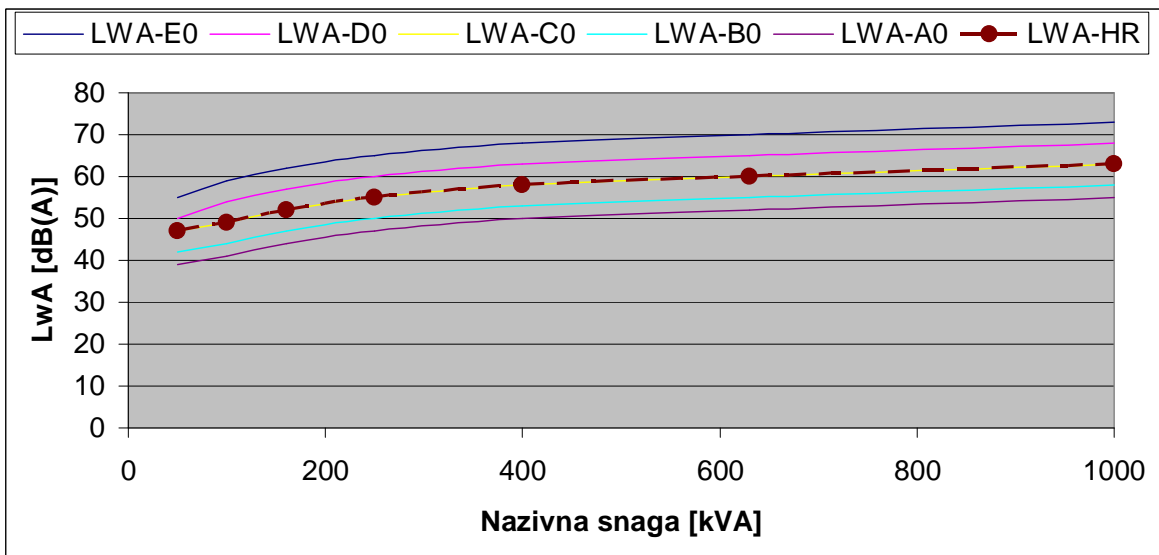
Sa slika slijedi da su domaći gubici i zvučna snaga transformatora na trećem nivou, odnosno dva nivoa viši od najnižih vrijednosti koje su uobičajene na evropskom tržištu. Iako su to vrijednosti oko srednjeg nivoa, uzevši u obzir stalan rast cijene energije nameće se potreba revizije gubitaka sa ciljem njihovog sniženja, a implicitno s time i buke transformatora. Slična se kretanja susreću i u drugim evropskim zemljama. Da bi se moglo kvalitetno i stručno odlučiti koje gubitke i za koliko ih sniziti ( $P_0$  ili  $P_k$  ili  $P_0$  i  $P_k$ ), neophodno je utvrditi cijenu gubitaka, odnosno koeficijente A i B iz relacije (3). Naime, uz pretpostavku istog projektno-tehničkog rješenja, gubici u transformatoru mogu se sniziti na dva načina, ugradnjom kvalitetnijih materijala i/ili sniženjem specifičnih opterećenja u aktivnom dijelu transformatora. Nažalost oba rješenja znače skuplji transformator, u prvom slučaju zbog skupljeg materijala, a u drugom radi veće količine materijala, jer je transformator teži. Zato bi svakoj promjeni gubitaka trebala prethoditi detaljna analiza, gdje bi se na osnovu troškova energije i nabavne cijene transformatora pronašlo optimalno, najjeftinije rješenje za korisnike.



Slika 1: usporedba gubitaka praznog hoda prema EN 50464-1 (E0,D0,C0,B0,A0) i gubitaka prema granskoj normi N.012.014, ( $P_0$ -HR).



Slika 2: usporiedba gubitaka zbog tereta prema EN 50464-1 (Ak, Bk, Ck i Dk) i gubitaka za domaće tržište prema granskoj normi N.012.014, (Pk-HR)



Slika 3: usporiedba nivoa zvučne snage prema EN 50464-1 (LWA-E0, LWA-D0, LWA-C0, LWA-B0 i LWA-A0) i zvučne snage transformatora za domaće tržište normi N.012.014, (LWA-HR)

#### 4. ZAKLJUČAK

- Donošenjem serije normi EN 50464 od strane Tehničkog odbora CENELEC-a T14 definirani su:
- najčešćih nivoi gubitaka i buke distributivnih uljnih transformatora koji se danas susreću na evropskom tržištu;
  - relacije za računanje korisnosti, pada napona i kapitaliziranih troškova transformatora;
  - način računanja ekvivalentne snage transformatora u slučaju opterećenja strujama nesinusnog oblika;
  - metoda ispitivanja mehaničke izdržljivosti kotlova iz valovitog lima pod pritiskom.



Usporedbom gubitaka i buke transformatora prema evropskoj normi s karakteristikama transformatora koji se danas isporučuju na hrvatsko tržište je ustanovljeno da postoje razlozi i mogućnosti za njihovo sniženje. Donošenje novog niza gubitaka i buke transformatora trebali bi biti zajednički projekt proizvođača i korisnika s ciljem pronalaženja optimalnog rješenja kapitaliziranih troškova transformatora.

## LITERATURA

- [1] EN 50464-1 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 1: General, travanj 2007.
- [2] EN 50464-2-1 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 2-1: Distribution transformers with cable boxes on the high-voltage and/or low-voltage side – General requirements, travanj 2007.
- [3] EN 50464-2-2 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 2-2: Distribution transformers with cable boxes on the high-voltage and/or low-voltage side – Cable boxes type 1 for use on distribution transformers meeting requirements of EN 50464-2-1, travanj 2007.
- [4] EN 50464-2-3 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 2-3: Distribution transformers with cable boxes on the high-voltage and/or low-voltage side – Cable boxes type 2 for use on distribution transformers meeting requirements of EN 50464-2-1, travanj 2007.
- [5] EN 50464-3 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 3: Determination of the power rating of transformer loaded with non-sinusoidal currents, travanj 2007.
- [6] EN 50464-4 Three-phase oil immersed distribution transformers 50 Hz, from 50 kVA to 2500 kVA with highest voltage for equipment not exceeding 36 kV – Part 4: Requirements and tests concerning pressurised corrugated tanks, travanj 2007.
- [7] GRANSKE NORME N.012.04 Tehnički uvjeti za distribucijske uljne transformatore snage od 50 kVA do 1000 kVA napona 10/0,42; 20/0,42 kV i 20(10)/0,42 kV, Bilten br.60, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb 3. srpnja 1997.