

TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA EKO DIZAJN TRANSFORMATORA

1. Minimalni zahtjevi za energetska efikasnost za transformatore srednje snage

Najveće dopuštene vrijednosti gubitaka pod opterećenjem i gubitaka praznog hoda ili vrijednosti maksimalnog stepena efikasnosti (PEI) transformatora srednje snage moraju biti skladu sa vrijednostima utvrđenim u tabelama od 1.1 do 1.5, isključujući stubne transformatore, a koji se usklađuju sa najvećim dopuštenim vrijednostima gubitaka pod opterećenjem i gubitaka praznog hoda, utvrđenim u Tabeli 1.6.

1.1 Zahtjevi za trofazne transformatore nazivne snage $\leq 3\,150\text{ kVA}$

Tabela 1.1: Najveći gubici pod opterećenjem i gubici praznog hoda (W) za trofazne uljne transformatore srednje snage sa jednim namotajem napona $U_m \leq 24\text{ kV}$ i drugim namotajem napona $U_m \leq 1,1\text{ kV}$

Nazivna snaga (kVA)	Faza 1		Faza 2	
	Najveći gubici pod opterećenjem P_k (W) (*)	Najveći gubici praznog hoda P_o (W) (*)	Najveći gubici pod opterećenjem P_k (W) (*)	Najveći gubici praznog hoda P_o (W) (*)
≤ 25	C_k (900)	A_o (70)	A_k (600)	$A_o - 10\%$ (63)
50	C_k (1100)	A_o (90)	A_k (750)	$A_o - 10\%$ (81)
100	C_k (1750)	A_o (145)	A_k (1250)	$A_o - 10\%$ (130)
160	C_k (2350)	A_o (210)	A_k (1 750)	$A_o - 10\%$ (189)
250	C_k (3250)	A_o (300)	A_k (2 350)	$A_o - 10\%$ (270)
315	C_k (3900)	A_o (360)	A_k (2 800)	$A_o - 10\%$ (324)
400	C_k (4600)	A_o (430)	A_k (3 250)	$A_o - 10\%$ (387)
500	C_k (5500)	A_o (510)	A_k (3 900)	$A_o - 10\%$ (459)
630	C_k (6500)	A_o (600)	A_k (4 600)	$A_o - 10\%$ (540)
800	C_k (8400)	A_o (650)	A_k (6 000)	$A_o - 10\%$ (585)
1000	C_k (10 500)	A_o (770)	A_k (7 600)	$A_o - 10\%$ (693)
1250	B_k (11 000)	A_o (950)	A_k (9 500)	$A_o - 10\%$ (855)
1600	B_k (14 000)	A_o (1 200)	A_k (12 000)	$A_o - 10\%$ (1 080)
2000	B_k (18 000)	A_o (1 450)	A_k (15 000)	$A_o - 10\%$ (1 305)
2500	B_k (22 000)	A_o (1750)	A_k (18 500)	$A_o - 10\%$ (1 575)
3150	B_k (27 500)	A_o (2 200)	A_k (23 000)	$A_o - 10\%$ (1 980)

(*) Najveći dopušteni gubici za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.1 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.1.

Tabela 1.2: Najveći gubici pod opterećenjem i gubici praznog hoda (W) za trofazne suve transformatore srednje snage sa jednim namotajem napona $U_m \leq 24 \text{ kV}$ i drugim namotajem napona $U_m \leq 1,1 \text{ kV}$

Nazivna snaga (kVA)	Faza 1		Faza 2	
	Najveći gubici pod opterećenjem P_k (W) (*)	Najveći gubici praznog hoda P_o (W) (*)	Najveći gubici pod opterećenjem P_k (W) (*)	Najveći gubici praznog hoda P_o (W) (*)
≤ 50	B_k (1700)	A_0 (200)	A_k (1 500)	A_0 - 10% (180)
100	B_k (2 050)	A_0 (280)	A_k (1 800)	A_0 -10% (252)
160	B_k (2 900)	A_0 (400)	A_k (2 600)	A_0 -10% (360)
250	B_k (3 800)	A_0 (520)	A_k (3 400)	A_0 -10% (468)
400	B_k (5 500)	A_0 (750)	A_k (4 500)	A_0 -10% (675)
630	B_k (7 600)	A_0 (1 100)	A_k (7 100)	A_0 -10% (990)
800	A_k (8 000)	A_0 (1 300)	A_k (8 000)	A_0 -10% (1 170)
1000	A_k (9 000)	A_0 (1 550)	A_k (9 000)	A_0 -10% (1 395)
1250	A_k (11 000)	A_0 (1 800)	A_k (11 000)	A_0 -10% (1 620)
1600	A_k (13 000)	A_0 (2 200)	A_k (13 000)	A_0 -10% (1 980)
2000	A_k (16 000)	A_0 (2 600)	A_k (16 000)	A_0 -10% (2 340)
2500	A_k (19 000)	A_0 (3 100)	A_k (19 000)	A_0 -10% (2 790)
3150	A_k (22 000)	A_0 (3 800)	A_k (22 000)	A_0 -10% (3 420)

(*) Najveći dopušteni gubici za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.2 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.2.

Tabela 1.3: Ispravka gubitaka pod opterećenjem i gubitaka praznog hoda u slučaju ostalih kombinacija napona namotaja ili u slučaju postojanja dva priključna napona na jednom ili oba namotaja (nazivna snaga $\leq 3\,150\text{ kVA}$)

Jedan namotaj napona $U_m \leq 24\text{ kV}$ i drugi napona $U_m > 1,1\text{ kV}$	Najveći dopušteni gubici iz tabela 1.1 i 1.2 se povećavaju: • za 10 % - gubici u praznom hodu • za 10 % - gubici pod opterećenjem
Jedan namotaj napona $U_m = 36\text{ kV}$ i drugi napona $U_m \leq 1,1\text{ kV}$	Najveći dopušteni gubici iz tabela 1.1 i 1.2 se povećavaju: • za 15 % - gubici u praznom hodu • za 10 % - gubici pod opterećenjem
Jedan namotaj napona $U_m = 36\text{ kV}$ i drugi napona $U_m > 1,1\text{ kV}$	Najveći dopušteni gubici iz tabela 1.1 i 1.2 se povećavaju: • za 20 % - gubici u praznom hodu • za 15 % - gubici pod opterećenjem
Slučaj dva napona na jednom namotaju	U slučaju transformatora sa jednim visokonaponskim namotajem i dva raspoloživa napona sa niskonaponskog namotaja opremljenog otcjepima, gubici se računaju na osnovu višeg od dva napona niskonaponskog namotaja i u skladu su sa najvećim dopuštenim gubicima iz tabela 1.1 i 1.2. Najveća raspoloživa snaga na nižem od dva napona niskonaponskog namotaja na takvim transformatorima ograničena je na 0,85 njegove nazivne snage određene za niskonaponski namotaj na njegovom višem naponu. U slučaju transformatora sa jednim niskonaponskim namotajem i dva raspoloživa napona sa visokonaponskog namotaja opremljenog otcjepima, gubici se računaju na osnovu većeg od dva napona visokonaponskog namotaja i u skladu su sa najvećim dopuštenim gubicima iz tabela 1.1 i 1.2. Najveća raspoloživa snaga na nižem od dva napona visokonaponskog namotaja na takvim transformatorima ograničena je na 0,85 njegove nazivne snage određene za visokonaponski namotaj na njegovom većem naponu. Ako je puna nazivna snaga dostupna bez obzira na kombinaciju napona, nivoi gubitaka navedeni u tabelama 1.1 i 1.2 mogu se povećati za 15 % za gubitke praznog hoda i za 10 % za gubitke pod opterećenjem.
Slučaj postojanja dva napona na oba namotaja	Najveći dopušteni gubici iz tabela 1.1 i 1.2 mogu se povećati za 20 % za gubitke praznog hoda i za 20 % za gubitke pod opterećenjem za transformatore sa dva napona na oba namotaja. Nivo gubitaka dat je za najveću moguću nazivnu snagu i na osnovu toga da je nazivna snaga ista bez obzira na kombinaciju napona.

1.2 Zahtjevi za trofazne transformatore srednje nazivne snage $> 3\,150\text{ kVA}$

Tabela 1.4: Najmanja vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (PEI) za uljne transformatore

Nazivna snaga (kVA)	Faza 1	Faza 2
	Najmanja vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (%)	
$3\,150 < S_n \leq 4000$	99,465	99,532
5000	99,483	99,548
630	99,510	99,571

8000	99,535	99,593
10 000	99,560	99,615
12 500	99,588	99,640
16 000	99,615	99,663
20 000	99,639	99,684
25 000	99,657	99,700
31 500	99,671	99,712
40 000	99,684	99,724

Najmanja dopuštena vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (PEI) za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.4 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.4.

Tabela 1.5: Najmanja vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (PEI) za suve transformatore

Nazivna snaga (kVA)	Faza 1	Faza 2
	Najmanja vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (%)	
$3\,150 < S_n \leq 4000$	99,348	99,382
5000	99,354	99,387
630	99,356	99,389
8000	99,357	99,390
$\geq 10\,000$	99,357	99,390

Najmanja dopuštena vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (PEI) za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.5 se izračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.5.

1.3 Zahtjevi za transformatore srednje nazivne snage $\leq 3\,150$ kVA opremljene otcjepima koji su pogodni za rad tokom napajanja ili pod opterećenjem u svrhe prilagođavanja vrijednosti napona. Ovom kategorijom su obuhvaćeni i distributivni regulacioni transformatori.

Najveći dopušteni nivoi gubitaka određeni u tabelama 1.1 i 1.2 uvećavaju se za 20 % za gubitke praznog hoda i za 5 % za gubitke pod opterećenjem u Fazi 1 i za 10 % za gubitke praznog hoda u Fazi 2.

1.4 Zahtjevi za stubne transformatore srednje snage

Nivo gubitaka pod opterećenjem i gubitaka praznog hoda naveden u tabelama 1.1 i 1.2 nije primjenjiv na uljne stubne transformatore nazivne snage između 25 i 315 kVA. Za te posebne modele stubnih transformatora srednje snage najveći nivo dopuštenih gubitaka utvrđen je u Tabeli 1.6

Tabela 1.6: Najveći gubici pod opterećenjem i gubici praznog hoda (W) za stubne transformatore srednje snage

Nazivna snaga (kVA)	Faza 1		Faza 2	
	Najveći gubici pod opterećenjem $P_k (W) (*)$	Najveći gubici u praznom hodu $P_o (W) (*)$	Najveći gubici pod opterećenjem $P_k (W) (*)$	Najveći gubici u praznom hodu $P_o (W) (*)$
25	$C_k (900)$	$A_0 (70)$	$B_k (725)$	$A_0 (70)$
50	$C_k (1\,100)$	$A_0 (90)$	$B_k (875)$	$A_0 (90)$
100	$C_k (1\,750)$	$A_0 (145)$	$B_k (1\,475)$	$A_0 (145)$
160	$C_k +32\% (3\,102)$	$C_0 (300)$	$C_k +32\% (3\,102)$	$C_0 -10\% (270)$

200	C _k (2 750)	C ₀ (356)	B _k (2 333)	B ₀ (310)
250	C _k (3 250)	C ₀ (425)	B _k (2 750)	B ₀ (360)
315	C _k (3 900)	C ₀ (520)	B _k (3 250)	B ₀ (440)
(*) Najveći dopušteni gubici za stubne transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.6 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.6.				

2. Minimalni zahtjevi za energetske efikasnost za transformatore velike snage

Minimalni zahtjevi za energetske efikasnost za transformatore velike snage utvrđeni su u tabelama 1.7 i 1.8.

Tabela 1.7: Minimalni zahtjevi za maksimalni stepen efikasnosti za velike energetske uljne transformatore

Nazivna snaga (MVA)	Faza 1	Faza 2
	Minimalna vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (%)	
≤ 4	99,465	99,532
5	99,483	99,548
6,3	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
(*) Najveći dopušteni gubici za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.7 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.7		

Tabela 1.8: Minimalni zahtjevi za maksimalni stepen efikasnosti za suve transformatore velike snage

Nazivna snaga (MVA)	Faza 1	Faza 2
	Minimalna vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti (%)	
≤4	99,158	99,225
5	99,200	99,265
6,3	99,242	99,303
8	99,298	99,356
10	99,330	99,385
12,5	99,370	99,422
16	99,416	99,464
20	99,468	99,513
25	99,521	99,564
31,5	99,551	99,592
40	99,567	99,607
50	99,585	99,623
≥63	99,590	99,626

(*) Najveći dopušteni gubici za transformatore nazivnih snaga koje su između standardnih vrijednosti nazivnih snaga koje su navedene u tabeli 1.8 se proračunavaju linearnom interpolacijom odgovarajućih vrijednosti iz tabele 1.8

3. Zahtjevi u vezi sa informacijama o proizvodu

Zahtjevi za informacijama o proizvodu za transformatore koji su predmet ovog pravilnika (član 1) navode se u svakoj povezanoj dokumentaciji o proizvodu, uključujući internet stranice proizvođača sa slobodnim pristupom, i to:

- a) podaci o nazivnoj snazi, gubicima pod opterećenjem i gubicima praznog hoda i električnoj snazi potrebnoj za bilo koji sistem hlađenja pri radu u praznom hodu;
- b) vrijednost maksimalnog stepena efikasnosti i vrijednost snage pri kojoj se on postiže za srednje (ako je primjenjivo) i velike energetske transformatore;
- c) najveća nazivna snaga na nižem od dva napona za transformatore sa namotajima sa dvostrukim naponom, u skladu sa Tabelom 1.3;
- d) podaci o težini svih glavnih sastavnih dijelova transformatora (najmanje uključujući provodnike, vrstu i materijale od kojih su napravljeni provodnici i jezgro);
- e) za stubne transformatore, vidljiv natpis "*Isključivo za upotrebu na stubu*";

Informacije iz podtač. a, c i d ove tačke navode se i na natpisnoj ploči energetskog transformatora.

4. Tehnička dokumentacija

Tehnička dokumentacija za transformatore sadrži sljedeće informacije:

- a) naziv i adresu proizvođača;
- b) oznaku modela, alfanumeričku oznaku kojom se jedan model razlikuje od ostalih modela istog proizvođača;
- c) informacije koje se zahtijevaju u tački 3.

Ako se tehnička dokumentacija (ili njeni dijelovi) zasnivaju na tehničkoj dokumentaciji (ili njenim dijelovima) drugog modela, navodi se oznaka tog modela, a u tehničkoj dokumentaciji detaljno će se opisati način na koji su podaci izvedeni iz tehničke dokumentacije tog drugog modela, npr. o proračunima ili ekstrapolacijama, uključujući testove koje je proizvođač sproveo kako bi provjerio proračune ili ekstrapolacije.

MJERENJA I PRORAČUNI TEHNIČKIH ZAHTJEVA EKO DIZAJNA TRANSFORMATORA

Radi provjere usaglašenosti sa tehničkim zahtjevima ovog pravilnika sprovode se mjerenja primjenom pouzdanih, tačnih i ponovljivih mjernih postupaka pri kojima se u obzir uzimaju opšte priznate najnovije mjerne metode.

Mjerenja i proračuni moraju ispunjavati zahtjeve utvrđene ovim pravilnikom.

Metode proračuna

Metodologija proračuna indeksa vršne efikasnosti (PEI) za srednje i velike energetske transformatore, zasniva se na odnosu preuzete prividne snage transformatora umanjene za električne gubitke i preuzete prividne snage transformatora.

$$PEI = 1 - \frac{2 \frac{P_0 + P_{c0}}{P_k}}{S_n};$$

Pri čemu je:

P_0 - gubici praznog hoda pri nazivnoj snazi i nazivnoj frekvenciji, pri nazivnom prenosnom odnosu (regulaciona sklopka u neutralnom položaju);

P_{c0} - električna snaga potrebna za sistem hlađenja za rad u praznom hodu;

P_k - izmjereni gubici pri nazivnoj struji i nazivnoj frekvenciji pri nazivnom prenosnom odnosu (regulaciona sklopka u neutralnom položaju) korigovani za vrijednost referentne temperature;

S_n - nazivna snaga transformatora ili autotransformatora na bazi koje se određuje P_k ;

**PROVJERA USAGLAŠENOSTI MJERENJA SA
TEHNIČKIM ZAHTJEVIMA EKO DIZAJNA**

Prilikom provjere usaglašenosti sa tehničkim zahtjevima eko dizajna iz člana 6 stav 1 ovog pravilnika, primjenjuje se postupak provjere za zahtjeve utvrđene u Prilogu 1, i to:

- 1) ispituje se samo jedan uređaj za svaki model;
- 2) smatra se da je model u skladu sa primjenjivim zahtjevima navedenim u Prilogu 1 ovog Pravilnika ako su vrijednosti u tehničkoj dokumentaciji u skladu sa zahtjevima navedenim u Prilogu 1 i ako izmjereni parametri ispunjavaju zahtjeve utvrđene u Prilogu 1 u okviru dopuštenih odstupanja pri provjeri navedenih u Tabeli 1 ovog priloga;
- 3) ako nisu ostvareni rezultati iz tačke 2 smatra se da pomenuti model nije u skladu sa ovim pravilnikom.

Prilikom mjerenja primjenjuju se metode mjerenja i proračuna utvrđene u Prilogu 2.

Imajući u vidu ograničenja težine i veličine u prevozu transformatora srednje i velike snage, može se sprovesti postupak provjere proizvoda u proizvodnim pogonima proizvođača prije njihovog stavljanja u upotrebu na konačnom odredištu.

Dopuštena odstupanja utvrđena u ovom prilogu odnose se samo na provjeru izmjerenih parametara, a proizvođač ili uvoznik ne smije da ih koristi kao dopušteno odstupanje pri utvrđivanju vrijednosti u tehničkoj dokumentaciji.

Tabela 1

Izmjereni parametar	Dopuštena odstupanja pri provjeri
gubici pod opterećenjem	Izmjerena vrijednost ne smije biti veća od navedene vrijednosti za više od 5%
gubici praznog hoda	Izmjerena vrijednost ne smije biti veća od navedene vrijednosti za više od 5%
električna snaga potrebna za sistem hlađenja za rad u praznom hodu	Izmjerena vrijednost ne smije biti veća od navedene vrijednosti za više od 5%