

Rekommandation 7

*Tekniske bestemmelser m.v. for
10-15-20 kV nulpunktstransformere*

3. udgave 2021

Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

Tlf.: +45 35 300 400

E-mail: de@danskenergi.dk
www.danskenergi.dk



INDHOLDSFORTEGNELSE

1. GYLDIGHEDSOMRÅDE

2. HENVISNINGER

3. ELEKTRISKE HOVEDDATA

3.1 Mærkefrekvens

3.2 Mærkespændinger

3.3 Koblingsgruppe

3.4 Primærnulpunktets mærkestrøm

3.5 Sekundærviklingens mærkeeffekt

3.6 Belastning af sekundært nulpunkt

3.7 Overbelastningsevne

3.8 Kortslutningsspænding

3.9 Nulimpedans

3.10 Kortslutningssikkerhed

3.11 Isolationsniveau

3.12 Tab

4. KONSTRUKTIV UDFØRELSE

4.1 Køleudrustning

4.2 Gennemføringer

4.3 Transformerveholder mv.

4.4 Overfladebehandling

5. TILBEHØR

5.1 Ventiler

5.2 Termometerlomme og termometer

5.3 Transportanordninger

5.4 Olie

5.5. Mærkning

6. PRØVNINGER

6.1 Rutineprøvninger

6.2 Typeprøvninger

6.3 Specialprøvninger

7. OPLYSNINGER VED UDBUD

8. OPLYSNINGER VED TILBUD

BILAG 1: PLACERINGSANVISNINGER

BILAG 2: BEMÆRKNING VEDRØRENDE

KORTSLUTNINGSBESKYTTELSE AF NULPUNKTSTRANSFORMERE

BILAG 3: OVERFLADEBEHANDLING

1. GYLDIGHEDSOMRÅDE

Nærværende rekommandation har gyldighed for trefasede, olieisolerede nulpunkts-transformere til forsyning af direkte jordede lavspændings egenforsyningsanlæg i hovedstationer i 10-15-20 kV net.

Primærsidens nulpunkt skal udgøre tilslutningssted for 10-15-20 kV slukkespoler jf. DEFU rekommandation 3.

Transformerne er beregnet til lufttemperaturer i området $\pm 25 \dots +40^\circ \text{C}$, dog således at middeltemperaturen ikke overstiger 30° over et døgn eller 20°C over et år.

Nærværende rekommandation består af en dansk og engelsk version. I tvivlsspørgsmål er den danske version juridisk gældende.

2. HENVISNINGER

Transformeren skal opfylde gældende dansk lovgivning.

De på udbudstidspunktet gældende generelle krav og prøvningsforskrifter i DS/EN 60076-6, CENELEC-, CEN- og IEC-standarder skal være opfyldt.

Det er brugeren af nærværende rekommandations ansvar, at det er den gældende version plus evt. gældende tillæg af love, regler og standarder, som bruges ved udarbejdelse af udbud. Oplysninger om gældende version af en standard og evt. tillæg kan findes hos Dansk Standard, CENELEC eller IEC.

Vedrørende den terminologi, der anvendes i nærværende rekommandation, henvises til de definitioner, der findes i de nævnte standarder.

3. ELEKTRISKE HOVEDDATA

3.1. Mærkefrekvens

50 Hz

3.2. Mærkespændinger

	Primær [kV]			Sekundær [V]
Nominel netspænding	10	15	20	400
Mærkespænding, U_r	11	16	22	420

Såfremt aktuelle forhold taler herfor, kan andre værdier anføres i udbuddet.

Der anvendes faste omsætningsforhold.

3.3 Koblingsgruppe

ZNyn5.

3.4. Primærnulpunktets mærkestrøm

Mærkespænding [kV]	Mærkestrøm i primærnulpunktet [A]											
	31,5	63	100	160	200	250	315	400				
11												
16	22	43	68	108	135	173	217					
22	16	31,5	50	80	100	125	160	200	250	315	400	500

3.5. Sekundærviklingens mærkeeffekt

Typiske værdier anvendt i Danmark er:

100 kVA, 160 kVA og 200 kVA

Med mindre andet specificeres ved udbud anvendes nedenstående:

Ved primærnulpunktets mærkestrøm mindre end 160 A: 100 kVA.
Fra og med 160 A: 200 kVA.

3.6. Belastning af sekundærnulpunkt

Transformeren skal vedvarende kunne belastes i sekundærsidens nulpunkt med 10% af sekundærsidens mærkestrøm samtidigt med mærkestrøm i alle sekundærfaser, uden at de i DS/EN 60076-2 angivne grænser for temperaturstigning overskrides.

3.7. Overbelastningsevne

Overbelastningsevnen skal være i overensstemmelse med de i DS/EN 60076-7 angivne værdier for normale transformere, ONAN.

Ved samtidig belastning med sekundærviklingens mærkeeffekt, fuld strøm i sekundærnulpunktet jf. punkt 3.6 og mærkestrøm i primærnulpunktet jf. punkt 3.4 tillades 10° C højere temperaturstigning end angivet i DS/EN 60076-2.

3.8. Kortslutningsspænding

Når specifikke værdier ikke anføres i udbud, skal følgende minimalværdier være overholdt:

Mærkeeffekt, [kVA]	Kortslutningsspænding, % min.
100	1,2
160	1,9
200	2,4

3.9. Nulimpedans

Transformeren skal specificeres ved udbud. Ved afstemning af slukkespølen medgår indflydelsen fra transformeren nulimpedans, således at slukkespølestrømmen reduceres.

Nulimpedansen bør maksimalt være 10-15% af transformeren kortslutningsimpedans for at reducere indflydelsen af sidstnævnte.

3.10. Kortslutningssikkerhed

Transformeren skal kunne tåle de termiske og dynamiske påvirkninger ved ydre kortslutninger og jordslutninger.

Ved udbud oplyses nettets kortslutningseffekt. Det forudsættes da, at 10-15-20 kV nettets kortslutningseffekt er 500 MVA (alm. praksis i Europa i henhold til CENELEC EN 60076 – 5), hvis kortslutningseffekten ikke kendes. Varighed af fejlstrøm antages jf. EN 60076-5 at være 2 sekunder, medmindre andet oplyses ved udbud. I øvrigt henvises til bilag 3 om kortslutningssikkerhed og -beskyttelse.

3.11. Isolationsniveau

Transformerens viklinger skal være udført med ensartet isolation og have følgende isolationsniveau:

Mærkespænding [kV]	Højeste spænding for udstyr [kV]	Korttids holdespænding [kV]	Stødspænding 1.2/50µs [kV]
0,42	1,1	3	-
11	12	28	75
16	17,5	38	95
22	24	50	125

3.12. Tab

I tilbud anføres garantiværdier for tomgangstab og for belastningstab ved mærkestrøm i sekundærviklingen. Hvis det er krævet i udbud, anføres endvidere en garantiværdi for belastningstab ved mærkestrøm i primærnulpunktet.

Afviger et partielt tab mere end + 0% fra den i tilbud oplyste værdi, forbeholder køber sig ret til at kassere transformeren.

4. KONSTRUKTIV UDFØRELSE

4.1. Køleudrustning

Transformerens kølesystem skal være udført for naturlig olie- og luftcirkulation (ONAN).

4.2. Gennemføringer

Gennemføringer kan udføres som friluftsgennemføringer eller kabelstickersystemer. Medmindre andet anføres i udbud, udføres gennemføringer som friluftsgennemføringer. Gennemføringerne må ikke medføre begrænsninger i transformerenes overbelastningsevne.

Gennemføringer skal monteres på transformerenes låg.

Gennemføringerne på primær- og sekundærsiden udføres og placeres efter nedenstående retningslinjer.

4.2.1. Friluftsgennemføringer på primærsiden skal udføres i henhold til DS/EN 50180-1.

Isolatorerne skal være af bruglaseret porcelæn, velegnede til anvendelse i et miljø med kraftig forurening (SPS-klasse¹ d) jf. DS/IEC TS 60815-1).

Minimum krybelængde til jord er følgende:

Mærke spænding, U _r [kV]	Krybelængde [mm]
11	280
16	400
22	580

Tilslutningsbolte og -møtrikker mv. skal være udført i henhold DS/EN 50180.

¹ Site pollution severity class.

4.2.2. Kabelstikkersystemer på primærsiden skal være udført i henhold til DS/EN 50180-1.

4.2.3. Sekundærsidens gennemføringer skal udføres i henhold til DS/EN 50386.

Tilslutningsbolte og -møtrikker mv. skal være udført svarende til DS/EN 50386.

4.2.4. Gennemføringerne skal være placeret og mærket som vist på figur i bilag B1. Mærkningen skal være vej- og oliebestandig.

Afstanden mellem gennemføringerens centerlinier skal minimum være følgende:

Mærkespænding, U_r [kV]	Centerafstand [mm]
0,42	150
11	265
16	265
22	265

For 22 kV transformere skal luftafstanden mellem spændingsførende metaldele på højspændingssiden være mindst 225 mm jf. DS/EN 60076-3, hvilket kan motivere en større centerafstand afhængigt af gennemføringstypen.

**4.3. Transform-
merbeholder,
mm.**

4.3.1. Transformerbeholderen, pakninger m.v. skal være dimensioneret således, at de forbliver olietætte og uden varige deformationer ved belastning indenfor de i afsnit 3. 7 anførte grænser.

4.3.2. Køleribber i korrugeret plade skal afstives indbyrdes foroven og forneden, så fremt ribberne er mere end 100 mm dybe.

4.3.3. Transformeren skal have tre tilslutninger for jordledere, en placeret på låget på lavspændingssiden ved siden af nulpunktet. De to andre placeres forneden på beholderen i hver sin ende. Jordingsterminalerne skal være af type B1 i DS/EN 50216-4 og skal være udført i henhold til denne standard.

Begge skal være en jordings skrue M 12 forsynet med to møtrikker. Skrue m.v. skal være af rustfrit stål.

**4.4 Overflade-
behandling**

Overfladebehandling skal udføres som beskrevet i bilag 4, idet der i udbuddet specificeres enten korrosionsklasse 1 ved indendørs opstilling eller korrosionsklasse 3 ved udendørs opstilling.

5. TILBEHØR

Transformeren skal være udstyret med det nedenfor angivne tilbehør i korrosionsbestandig udførelse. Er transformerens oliesystem hermetisk adskilt fra den omgivende luft, udgår dog afsnittene 5.1, 5.2 og 5.3.

- 5.1. Ventiler** Transformerbekholderen skal være forsynet med et olieaftapningssted udført i overensstemmelse med DS/EN 50216-4 og anbragt på siden, så langt nede som muligt. Aftapningen skal ske gennem en ventil med 22 mm Ø gennemstrømningsåbning.
- 5.2. Termometerlommer og termometer** I transformerbekholderen skal der være en termometerlomme udført efter DS/EN 50216-4. Ved transformere med gaspude skal lommen være så lang, at den med sikkerhed når ned i olien. Lommen skal være oliefyldt og lukket med en rørprop.
- Hvis et termometer indgår i leverancen, skal det have en maksimalviser. Specificeres det ved udbud, at termometer skal kunne afgive signal til alarmer, skal det have to kontakter.
- 5.3. Transportanordninger** Transformeren skal være forberedt for montering af hjul for transport i længderetningen. Det skal ved udbud specificeres, om hjul skal medfølge leverancen.
- Transformeren skal have øjer eller kroge for løftning af såvel komplet, oliefyldt transformere som kerne med låg.
- 5.4. Olie** Hvis ikke andet specificeres ved udbud, skal olien være mineralolie og opfylde kravene i DS/EN 60296 til transformeroлие type A eller type B.
- Det skal ved udbud oplyses, om transformeroлиen ønskes inhiberet.
- For at minimere risikoen for dannelsen af kobbersulfider skal olien testes "ikke korrosiv" i henhold til prøvninger forskrevet i DS/EN 62535.
- 5.5. Mærkning** På lavspændingsiden skal anbringes en mærkeplade i vejrbestandig og oliebestandig udførelse med nedenstående information jf. DS/EN 60076-6:
- Type af transformere (nulpunktstransformere)
 - Reference til DS/EN 60076-6
 - Fabrikant
 - Serienr.
 - Fabrikationsår
 - Isolationsniveau
 - Mærkefrekvens
 - Mærkespænding
 - Mærkenulpunktsstrøm og varighed
 - Type af køling (ONAN)
 - Temperaturstigning for topolien og gennemsnitstigning for vikling
 - Total vægt
 - Vægt af isolationsolien
 - Type af isolationsolie
 - Koblingsgruppe og -diagram
 - Nulimpedansen
- For sekundærviklingen skal følgende information fremgå af mærkedatapladen:
- Sekundærviklingens tomgangsspænding
 - Kortslutningsspændingen (målt værdi)

-
- Sekundærviklingens mærkeeffekt

6. PRØVNINGER

Inden en leverance godkendes, skal de i DS/EN 60076-6 angivne prøvninger for nul-punktstransformere være gennemført med et tilfredsstillende resultat.

Rutinetest gennemføres på alle transformere i leverancen. Typetest gennemføres på en for typen repræsentativ enhed.

Endvidere skal der være udført specielle prøver til dokumentation af den leverede transformer-types kortslutningssikkerhed jvf. DS/EN 60076-5 og af dens støj- og støj-effektniveau, hvis der i udbud er anført krav herom.

For hermetisk lukkede transformere skal der være udført en speciel prøve, som sandsynliggør, at der ikke vil optræde træthedbrud i transformerbeholderen.

Protokoller med resultater af alle udførte prøvninger skal tilsendes køber i to eksemplarer senest samtidigt med fakturaen.

6.1 Rutineprøver

- Måling af viklingsresistans, jf. DS/EN 60076-1
- Måling af tomgangstab og -strøm, jf. DS/EN 60076-1
- Måling af nulimpedansen, jf. DS/EN 60076-6
- Test med overspænding fra separat spændingskilde., jf. DS/EN 60076-3
- Induceret holdespændingstest , jf. DS/EN 60076-3
- Måling af omsætningsforhold og kontrol af koblingsgruppe, jf. DS/EN 60076-1
- Måling af kortslutningsspænding og belastningstab, jf. DS/EN 60076-1
- Direkte spændingstest af sekundærvikling, jf. DS/EN 60076-3
- Verifikation af malings lagtykkelse

6.2 Typeprøver

- Temperaturstigningstest, jf. DS/EN 60076-6
- Lynstødspændingstest, jf. DS/EN 60076-3

6.3 Specieprøver

- Kortslutningstest med sekundærviklingen kortsluttet, jf. DS/EN 60076-5 (udføres som typetest)
- Måling af støjniveau, jf. DS/EN 60076-10

7. OPLYSNINGER VED UDBUD

Der skal gives følgende data og oplysninger ved indhentning af tilbud:

- Sekundærviklingens mærkeeffekt og primærsidens nulpunktsmærkestrøm, jf. punkt 3.4 og 3.5
- Mærkespændinger, jf. punkt 3.2
- Eventuelle krav udover rekommandationens mindste krav vedrørende olie, jf. punkt 5.4
- Korrosionsklasse jf. bilag 3
- Leveringssted og aflæsningsforhold
- Leveringstidspunkt
- Seneste tidspunkt for fremsendelse af tilbud, bindende målskitser m.v.
- Eventuelle krav vedr. forsikringer, garantitid og deposita.

Specielt:

- Eventuelle afvigelser fra standard mærkespænding jf. punkt 3.2
- Eventuelle krav til kortslutningsspænding jf. punkt 3.8
- Krav til nulimpedans, jf. punkt 3.9
- Om der kræves kortslutningssikkerhed jf. punkt 3.10
- Om der kræves en garantiværdi for belastningstab ved mærkestrøm i primær-nulpunktet jf. punkt 3.12
- Om der kræves andet end friluftsgennemføringer jf. punkt 4.2
- Om låget ønskes boltet eller svejst til beholderen
- Om transformeren ønskes leveret med ventiler jvf. punkt 5.1
- Om transformeren skal have en termometerlomme, jf. 5.2
- Om termometer skal medfølge samt type af termometer, jf. punkt 5.2
- Om hjul skal medfølge, jf. punkt 5.3
- Eventuelle begrænsninger på ydre dimensioner
- Eventuelt krav om farve af malede transformere
- Hvilke prøveprotokoller med resultater af typeprøver og specialprøver jf. punkt 6, der ønskes fremsendt med tilbud.

Der bør endvidere redegøres for de kommercielle betingelser*

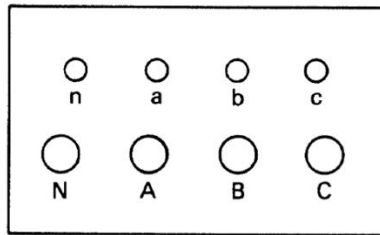
8. OPLYSNINGER VED TILBUD

Der skal gives følgende oplysninger ved tilbud:

- Pris for komplet transformer frit på leveringssted
- Pris for reservedele og garantiperiode
- Eventuelle prisreguleringer
- Oplysninger om toldsats, kurs og moms
- Betalingsbetingelser
- Garantiværdier ved 75° C referencetemperatur for hhv.
 - o Tomgangsstrøm og tomgangstab ved mærkespænding
 - o Kortslutningsspænding og belastningstab ved mærkestrøm i sekundærviklingen
 - o Hvis det er krævet i udbud: belastningstab ved mærkestrøm i primær-nulpunktet
- Protokol af rekvirerede type- og specielle prøver
- Data for gennemføringer: krybestrækning og mærkestrøm
- Olietype og eventuel inhibitor, i så fald data for basisolien
- Samlet vægt af transformeren
- For hermetisk lukkede transformere oplyses, om de er med eller uden gaspude
- For hermetisk lukkede transformere uden gaspude oplyses, hvor meget beholderens olie- volumen kan ændre sig (minimum 10%), uden at dette medfører blivende støjlarmforandringer
- Overfladebehandling
- Bindende målskitser
- Leveringstid
- Garantitid.

Herudover skal fabrikanten i tilbud bekræfte, at transformeren opfylder de i udbudsbetingelserne opstillede krav. Eventuelle afvigelser fra kravene skal nøje angives.

BILAG 1: PLACERINGSANVISNING



BILAG 2: BEMÆRKNINGER VEDR. KORTSLUTNINGSBESKYTTELSE AF NULPUNKTSTRANSFORMERE

En nulpunktstransformer adskiller sig fra en normal transformer ved, at højspændingsviklingen af hensyn til nulpunktsstrømmen udføres for en væsentligt større belastning end sekundærviklingen. Derfor har den synkron kortslutningsimpedans tendens til at blive lav.

Kortslutningsstrømmene ved flerfasefejl på lavspændingsterminalerne bliver høje, og det bliver derfor ret vanskeligt at opnå dynamisk kortslutningssikkerhed.

En anden forskel fra en normal transformer er, at der ikke sker udligning af nulfluxen ved belastning af lavspændingsviklingens nulpunkt. Nulimpedansen i lavspændingsviklingen er høj. Størrelsesordenen 10-20 gange den synkron kortslutningsimpedans må forventes.

Strømmen på højspændingssiden ved en fase-jordfejl på lavspændingssiden bliver lav jvf. følgende formel:

$$I_f = \frac{2}{3} \cdot \frac{3 \cdot U_f}{(2 \cdot Z_k + Z_0) \cdot \frac{U_n^2}{S_n}}$$

eksempel: 11 kV, 100 kVA, $Z_k = 2\%$, $Z_0 = 15 \cdot Z_k$ giver:

$$I_f = \frac{2}{3} \cdot \frac{3 \cdot 11/\sqrt{3}}{(2 \cdot 2\% + 30\%) \cdot \frac{11^2}{0,1}} = 30A$$

Overstrømbeskyttelsen på primærsiden skal tillade passage af 1/3 af slukkespolestrømmen, men overlejret med en vis del af belastningen. Heraf følger, at det ofte vil være vanskeligt eller umuligt at opnå fuld beskyttelse af lavspændingssiden, uanset om der anvendes højspændingssikringer eller overstrømrelæ og afbryder.

Det må derfor anbefales, at transformeren installeres og drives på en sådan måde, at der i praksis kan ses bort fra fejl mellem lavspændingssikringerne og transformeren. Det vil ikke være nødvendigt at kræve transformeren kortslutningssikker pga. lavspændingssikringerne, der både begrænser den termiske og den dynamiske påvirkning ved fejl lokalforsyningen.

Lavspændingssikringernes mærkestrøm vælges tættest muligt på transformerens mærkestrøm, så fase-nul-fejl kobles bort.

Beskyttes lokalfeltet i 10 kV anlægget med højspændingssikringer, vælges deres mærkestrøm til nærmeste standardværdi over 1/3 af nulpunktstrømmen gange en sikkerhedsfaktor på min. 1.2, dvs.:

11 kV:									
Nulpunkt	A	31,5	63	100	160	200	250	315	400
Sikring	A	16	25	40	63	80	100	125	160
16 kV:									
Nulpunkt	A	22	43	68	108	135	172	217	
Sikring	A	10	20	30	50	63	80	100	
22 kV:									
Nulpunkt	A	16	31,5	50	80	100	125	160	200
Sikring	A	10	16	20	40	40	50	63	80

Af hensyn til indkoblingsstød i transformer og/eller slukkespole bør det kontrolleres, at sikringernes 10 ms og 100 ms smeltestrømme ikke er mindre end hhv. 4 og 2 gange primærnulpunktets mærkestrøm.

BILAG 3: KORRISSIONSBESKYTTELSE

Note: Opdatering af krav til korrossionsbeskyttelse er under overvejelse.

1. Der tilstræbes en levetid på 20 år eller mere.
2. Der forudsættes en miljøpåvirkning svarende til kraftig forurening (pollution level III-heavy, jf. DS/EN 60071-2).
3. Alle konstruktionsdele skal være veldrænede. Profil- og pladekanter skal være afrundede, $r \geq 2$ mm eller lig den halve godstykkeelse. Svejseserperler og fremstående overfladefejler skal fjernes fuldstændigt.

Alle svejsninger skal være fuldsvejste, og al svejseslagge skal være fjernet inden overfladebehandling. Efter svejsning med beklædte elektroder skal konstruktionen vaskes omhyggeligt med vand, når den efterfølgende rensning er sandblæsning.

4. Udvendig behandling.
Der vælges mellem følgende systemtyper:

4.1 Maling.

Forbehandlingen skal være sandblæsning, min. til renhedsgrad Sa 2 1/2 ifølge ISO 8501-1.

Overfladebehandlingen udføres som følgende:

Grundmaling, tokomponent zinkrig epoxy eller metallisering med zink	min. 50 μm
Mellemmaling, tokomponent epoxy μm	min. 140
eller vinyl- eller klorkautsjuk	min. 160 μm
Slutmaling, på epoxy tokomponent polyurethan eller vinyl/akryl-omalje	min. 30 μm

Termoplastisk mellemmalning skal påføres termoplastisk slutmaling. Alternative malingsbehandlinger kan tilbydes til købers bedømmelse og eventuelle godkendelse.

Vedhæftningsprøvning efter DS/EN ISO 2409 skal resultere i værdierne Gt 0, Gt 1 eller Gt 2. Prøvningskravet skal kunne opfyldes både på leveringstidspunktet og ved garantiperiodens udløb.

Poretæthedsprøvning ved lavspændt poresøger (9V, våd svamp, se f.eks. DS/R 454) må højst udvise følgende antal porer:

3 porer/m kantlængde
3 porer/m² overflade

4.2. Varmforzinkning (af mindre emner).

Varmforzinkning ifølge DS/ISO 1459 og 1461, klasse B.

4.3 Hvor pladetykkelse eller konstruktionsudformning medfører, at hverken varmforzinkning i klasse B eller malebehandling jf. 4.1 er mulig, foretrækkes varmforzinkning ifølge DS/ISO 1459 og 1461, klasse C, fremfor en malebehandling. En sådan afvigelse skal anføres og begrundes i tilbud.

5. Kravene til skruer, møtrikker, spændeskiver mv. er syrefast rustfrit stål (AISI 316), skruegevind rullet. Gevind mv. indfedtes.

6. Indvendig behandling.

Transformertanken og en eventuel oliekonserver rengøres for rust, slagger og svejseperler, støvsuges og afrenses. Oliekonserveren skal indvendigt males med en oliebestandig maling; det samme gælder transformertanken.

Køleelementer skal indvendigt behandles, så de er rene og frie for rust og svejse-slagge mv.

7. Hvis leverandøren tilbyder alternative behandlinger, er de beskrevne behandlingsforslag kvalitetsreferencer. Generelt må man forlange større lagtykkelser af alternativerne, specielt når de ikke omfatter en zinkrig grundbehandling, mens kravene til tæthed og vedhæftning er uændrede.