

Hvilken høyspent transformator bør man velge – en oljeisolert eller en tørrisolert epoxytransformator?

Flest mulig epoxytransformatorer bør erstattes med oljetransformatorer. Det vil gi god energisparing, god driftssikkerhet og mindre miljøbelastning.



Kårstein Longva (Foto: Møre Trafo)

Oljetransformatorer er de klart mest driftssikre og energieffektive fordelingstransformatorene, ikke bare grunnet mindre behov for aktive materialer, men også på grunn av at gjenvinningsgraden av materialene etter endt livssyklus er høyest. For å kunne vurdere et produkts miljøvennlighet må man verifisere det totale energiforbruket i framstilling og transport av alle materialer og hvor enkelt det er å demontere og resirkulere materialene. Personssikkerhet er av den største viktighet i alle typer prosesser og drift av produkter.

Kontinuerlig overbelastning – en trussel mot personssikkerhet

Den største trusselen mot personssikkerheten påstås å være jakten på kortsiktig gevinst. Ofte hører man utsagnet, «transformatorene tåler mye mer belastning enn det dere produsenter hevder, vi har nemlig prøvd kontinuierlig overbelastning, og det fungerer». Det blir analogt med å si at «vi har kjørt bil uten sikkerhetsbelte i mange år uten problemer» eller «bestefaren min røykte til han ble 90 år uten å få kreft eller kols». I tillegg til erfaring trengs dokumentert kunnskap om risiko.

Kontinuerlig overbelastning øker sannsynligheten for feil og havari. Det er mulig å overbelaste transformatorer kontinuierlig dersom omgivelsestemperaturen er lavere enn 20 °C.

Utfordringer i transformatorproduksjonen

På verdensbasis har nye energikrav ført til mangel på materialer og sterk prisøkning. Går vi 5–10 år tilbake i tid, var det hovedsakelig Norge, Sverige, Sveits og Australia som brukte det beste konvensjonelle kjerneblikket med laserbehandling. Tilgangen på amorft kjerneblikk er også for liten i forhold til behovet, da dette er en ny industri som det tar tid å bygge opp. Kobber er utsatt for spekulasjon og blir på grunn av den høye prisen kalt for «det nye gullet».

Kobber er i dag forbeholdt krafttransformatorer på grunn av krav til mekanisk styrke ved kortslutningspåkjenning eller for mindre enheter med krav til høy ledningsevne, som f.eks reaktorer.

Aluminium har god tilgjengelighet og blir betegnet som det grønne metallet. Det har høy styrke i forhold til vekten og har god ledningsevne. Aluminium er spesielt gunstig i lavspenningviklinger i fordelingstransformatorer. Ved å erstatte stål i konstruksjon av transportmidler med det lettere materialet aluminium, er besparelsen i drivstoff mange ganger større enn den energien som brukes til å produsere metallet^[1]. Ved å transportere aluminium i stedet for kobber fram til transformatorprodusenten, er dette starten på en god sirkel. Aluminium er lettere å arbeide med i produksjon av viklinger og gir mindre påkjenninger på maskiner. Totalvekten av transformatoren som skal transporteres fram til kunden blir lavest mulig. Små kraftstasjoner kan ligge langt utenfor allfarveg, og da er lav vekt en fordel.

Transport er en av de største utfordringene ifm global miljøbelastning. Etterhvert har en global markedsøkonomi med spesialisering og produksjon i lavkostland erstattet mangfoldig lokal industriproduksjon. I fremtiden vil det i det totale miljøregnskapet bli lagt mer vekt på å minimalisere transportveiene for råmaterialer og ferdige produkter. Ut fra miljöikkerhet og leveringssikkerhet^[6] er generelt lokal produksjon av varer og tjenester å foretrekke.

jøregnskapet bli lagt mer vekt på å minimalisere transportveiene for råmaterialer og ferdige produkter. Ut fra miljöikkerhet og leveringssikkerhet^[6] er generelt lokal produksjon av varer og tjenester å foretrekke.

Verdensøkonomiens viktigste drivkraft

Energi er verdensøkonomiens viktigste drivkraft.^[2] En sikker strømforsyning er av avgjørende betydning for de fleste samfunnsfunksjoner. Transformatorer er strategisk viktige komponenter i energiforsyningen.

**Når det gjelder fordelings-
transformatorer og den totale
miljøbelastningen, har de
oljeisolerte klare fordeler
sammenlignet med de tørrisolerte.
De oljeisolerte har lavest tap,
lavest pris og lavest støy.**

En helhetlig plan for sikkerhet, med risikovurdering og fokus på Helse, Klima og Energisparing vil i uoverskuelig fremtid fortsatt føre til at oljetransformatorer velges fordi disse er meget driftssikre og har høyest virkningsgrad^[3].

Globalt sett ønsker flere en bedre levestandard.^[4] En bedre forvaltning av energi og miljø er derfor nødvendig. Utvikling og investering i utstyr som forbruker mindre energi er derfor avgjørende. Økodesignkonseptet er initiert av EU og har, gjennom miljøvennlig design, til hensikt å redusere energirelaterte produkters miljøbelastning i hele deres livssyklus. Dette innebærer blant annet at det skal settes krav til energieffektivitet for energirelaterte produkter som skal selges på EUs marked (CE-merket). Ved å sette klare krav om energieffektivitet, vil produsenter tilpasse seg kravene allerede i designfasen for produktet.^{[5][6]}

Oljetransformatorenes fordeler

Når det gjelder fordelingstransformatorer og den totale miljøbelastningen, har de oljeisolerte klare fordeler sammenlignet med de tørrisolerte. De oljeisolerte har lavest tap, lavest pris og lavest støy. Oljetransformatorer er klart mest energieffektive, ikke bare på grunn av mindre behov for aktive materialer, men også på grunn av at gjenvinningsgraden av materialene etter endt livssyklus er høyest.^[6]

I en oljetransformator er over 98 % av vekten mulig å resirkulere/gjenvinne. Miljømessig er det like viktig at selve gjenvinningen av oljetransformatoren er enkel. Viklinger og kjerne kan demonteres ved lave kostnader.

Tørrtransformatorene har viklinger innstøpt i epoxy som krever mye energi å gjenvinne. Vekten som kan gjenvinnes er ca. 90 %. For å kunne skille ut det aktive materialet må epoxyviklingene presses/knuses eller males opp til et granulat som videre varmes opp i ovner for videre separering. Dersom man samtidig ved hjelp av fossile brennstoff, sender epoxyviklingene til lavkostland på andre siden av kloden for å gjenvinnes, blir den totale miljøbelastningen enda større.

I en seriøs vurdering av olje- og tørre epoxytransformatorer, må man selvfølgelig legge til grunn samme kvalitet i aktive materialer i kjerne og viklinger. Oljetransformatorer produseres i dag hovedsakelig med lukkede hermetiske beholdere og pluggbare høyspentgjennomføringer.

Et isolasjonssystem i olje kjøler kjerne og viklinger bedre enn i et luftisolert system, og avstandene som skal til for å kontrollere spenningen er mye kortere i olje enn de som er nødvendige i luft/epoxy.

Et eksempel

Årsaken til at kjerne og viklinger i tørre transformatorer blir større og tapene blir større er altså basert på naturgitte forutsetninger i fysikk og høyspenningsteknologi.

Som eksempel kan vi benytte en 1600kVA oljetransformator med kjernetap på 1400W. En tørr 1600kVA epoxytransformator med samme blikk-kvalitet vil avgi 2100W. Tomgangstapene (kjernetapene) er 50 % høyere i tørrtransformatoren. Typiske verdier for tørre transformatorer er 1,4–2,0 ganger høyere tomgangstap og 1,3–1,5 ganger høyere belastningstap sammenlignet med oljetransformatorer.

Videre i eksemplet med 1600 kVA vil da belastningstapene for oljetransformatoren være 14200W og for tørrtransformatoren 18000W. Dette gir en virkningsgrad for oljetransformatoren på 99,03 % og tilsvarende for tørrtransformatoren på 98,76 %. En kjapp og overfladisk vurdering vil lett kunne konkludere med at differansen i virkningsgrad er liten, og at kun prisen på transformatoren og installasjons- og bygningskostnader til tekniske anlegg blir avgjørende for valget.

En prissammenligning

Nå er det slik at prisen på en epoxy tørrtransformator er fra 1,3 til 1,5 ganger dyrere enn en oljetransformator, avhengig av hvilken oljetype som legges til grunn. Dersom man sammenligner med mineraloljetransformatorer er epoxy transformatorene ca 50 % dyrere. Sammenlignet med en FR3-oljetransformator, er epoxytransformatoren ca. 30 % dyrere. FR3 er en høyverdig vegetabilisk olje som er 99 % nedbrytbar i naturen og har selvslukkende egenskaper.^[6]

For hver oljetransformator som installeres sparer man energi sammenlignet med tørre epoxy transformatorer. Innsparingen i eksempelet er 4500W. Tapsvarmen til fordelingstransformatorer kan sjelden nyttiggjøres effektivt til oppvarming av bygg. Vanligvis er tapene en kapitalisert driftskostnad og ofte må man også installere kjøleanlegg og / eller vifter som også forbruker energi.

Pris på oljetransformator FR3 miljøolje				170000
Merkelast $\cos\phi=1$		kr/w		
Tap i kjernen	1400	60.9	85260	
Tap i viklinger	14200	12.2	173240	258500
Lydeffekt $L_wA = 58$ dB		$dU=1,04\%$		
Lydtrykk $L_pA = 46$ dBA		V.gr.99,03		
Total pris ekskl. vedlikehold				428500
Pris på Epoxytransformator				220000
		kr/w		
Tap i kjernen	2100	60.9	127890	
Tap i viklinger #	18000	12.2	219600	347490
Lydeffekt $L_wA = 68$ dB		$dU=1,43\%$		
Lydtrykk $L_pA = 51$ dBA		V.gr.98,76		
Total pris ekskl. vedlikehold				567500

Sammenligning 1600 kVA Transformator for småkraftverk

sjekk at tapene for epoxytransformatoren er oppgitt ved ref. temp. 120 °C

Omregning fra 75 °C til 120 °C; tapene ved 75 °C ganges med faktor 1,12

Hvilken høyspent transformator bør man velge – en oljeisolert eller en tørrisolert epoxytransformator?

I prissammenligningen er det lagt til grunn at tørrtransformatoren leveres med kapsling med IP-grad 31 eller 22 som beskytter mot dryppvann. De siste årene har det vært flere tilfeller av havari av IP00 tørre transformatorer i kraftstasjoner.^[7] Årsaken til havariene har vært dryppvann som har ført til lysbue og eksplosjonstrykk nok til bøye ut ståldører. Dette fjerner myten om at tørre transformatorer ikke kan eksplodere. Tørrtransformatorene er blitt erstattet med FR3-transformatorer.

Tørrtransformatorkapslingene øker driftssikkerheten, men det forutsetter at belastningsgraden reduseres, med 10–20 % for IP 22–31 og 40–50 % for IP 54 og høyere. I praksis betyr det at kjerne og viklinger må øke ytterligere i volum, kjernetap og kostnader øker.

Brannsikkerhet

Oljetransformatorer er støvtette og sprutsikre IP54 – IP66 avhengig av hvilket utstyr som påmonteres lokket. De hermetiske stålbeholdere hindrer kontakt med oksygen og fuktighet som kan skade oljen og isolasjonssystemet. Dersom det starter en brann utenfor transformatoren er det lite sannsynlig at denne brannen når oljen. Alle materialer brenner bare temperaturen blir høy nok.

Selvantennelsestemperaturene for transformatoroljer og epoxy er: Mineral 280 °C, FR3 404 °C, Silikon 435 °C, Midel 438 °C, og Epoxy 480 °C. FR3 = Naturlig ester (FR = Brannhemmende), Midel = Syntetisk ester.

For at oljetransformatorer skal starte å brenne må oljen komme i kontakt med oksygen. Det betyr at man må miste kontroll med driften av transformatoren samtidig som det oppstår feil i isolasjonssystemet. Dersom all beskyttelse svikter kan en lysbue og trykkøkning inne i beholderen føre til at beholderen sprekker. Hvis beskyttelsen av nettet og transformatoren fortsatt ikke reagerer, kan det føre til en eksplosjon.

Tester utført ved at en glødende metallplate senkes ned i FR3-olje med temperatur på 150 grader viser at denne oljen har selvslukkende egenskaper.

Oljetransformatoren er som nevnt klart mest energieffektiv. Dersom man velger en mindre brennbar isolervæske, naturlig ester FR3, har man forbedret både miljø sikkerhet og brannsikkerhet, når det gjelder valg av oljetype. Det er viktig å poengtere at valg av miljøolje er bare en av mange miljøfordeler med oljetransformatorer.



"I Norge blåser det typisk mest om vinteren når det er kaldest og behovet for energi til varme og lys er størst."

Lønnsomme private vindkraftverk som styrker landbruket

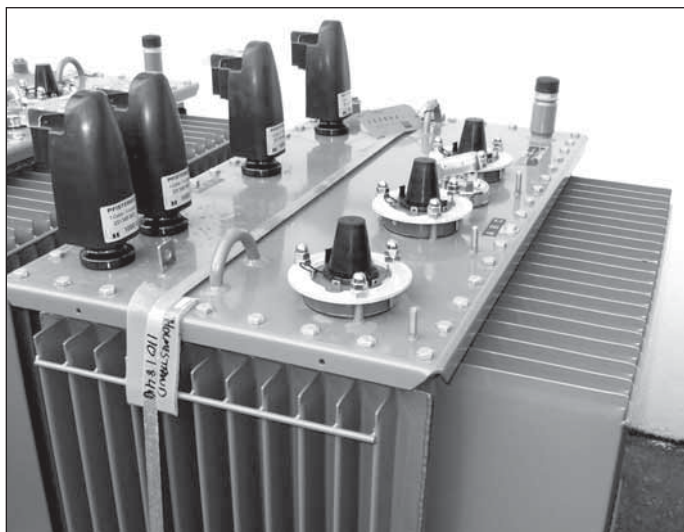
Våre tjenester:

- Gratis hurtiganalyse for presis vurdering av vindkraftpotensiale.
- Vindturbiner i størrelser 0,6 kW til 45 kW.
- Prosjektering og innhenting av anbud.
- Søknad til kommune og nettselskap (REN standarden)
- Oppfølging, service og vedlikehold.

Telefon: 94971201 eller 45290538
Epost: kontakt@wen.no
Nettside: www.bygdevind.no



KONSESJONSFRITT



En 315 kVA transformator med plug-in høyspent
(Foto: Møre Trafo)

Akustisk støy fra transformatorer

En annen viktig fordel ved installasjon^{[6][9]} av oljetransformatorer i bygg, er lavere akustisk støy enn ved tørre transformatorer. Lydeffekt oljetransformator $L_{wA} = 58\text{dB}$, tørr epoxy-transformator $L_{wA} = 68\text{dB}$, dB = desibel (logaritmisk skala), lydtrykk oljetransformator. $L_{pA} = 46\text{dBA}$, tørr epoxy-transformator. $L_{pA} = 51\text{dBA}$ (sammenligning 1600 kVA transformator).

Ved utformingen av nye Forskrifter for Forsyningsanlegg (FEF2006) var det sterke krefter i gang som ville forby oljetransformatorer i bygg. Dersom de hadde lyktes med det, ville det ha vært en miljømessig skandale, ut fra undertegnede mening. I FEF2006 kom et forbud mot oljetransformatorer i vegtunneler. Dette er det mange som er uenige i, spesielt driftspersonell ved energiverk.

Klima-utfordringer

Erfaringene med vindturbinparker til havs, som Horns Rev, er at tørre epoxy transformatorer blant annet ikke takler tøft saltholdig klima. Transformatorene har blitt erstattet av oljetransformatorer.

På landbaserte anlegg bør man gjøre det samme, erstatte flest mulig epoxytransformatorer med oljetransformatorer. Det vil gi god energisparing, god driftssikkerhet og mindre miljøbelastning.

Norge er med sin vannkraft ledende på fornybar miljøvennlig energiproduksjon. Utbygging av blant annet flere småkraftverk^[8] kan forbedre vår posisjon ytterligere på dette området. 800 konsesjoner er sendt NVE, av disse er 660 småkraftverk. Målsettingen er å behandle 100 konsesjoner i året. Dette er ikke enkelt å oppfylle da dette er kompliserte saker med mange grunneiere som skal dele fremtidige inntekter.

Fordelingstransformatorer

Produktutvikling av transformatorer består i å finne den optimale løsning mellom en rekke ofte motstridende faktorer, samtidig som man utvikler eller søker tilpassing til nytt utstyr og nye prosesser/metoder. Tapene kan senkes ved å bruke bedre materialkvaliteter eller øke materialmengden. Økt materialmengde fører ofte til økte arbeidskostnader (mer tidsforbruk). Økt standardisering fører også til økt materialforbruk pr enhet, men har klare fordeler vedrørende tidsforbruk, planlegging, logistikk og redusert dokumentasjonsmengde. En bedre blikk-kvalitet i transformatorkjernen er lønnsom bare dersom kjøpere av transformatorer er villige til å betale for dette. Det samme gjelder en overgang til tynnere blikk og lavere kjernetap med mer klippe- og pakketid, det er kun lønnsomt dersom kjøpere vil betale for dette.

Kildehenvisninger

- [1] Aluminium produsert på rein vannkraft, Tove-Lise Torve M&R Ap. / Sunnmørsposten.
- [2] Post Carbon Institute, USA. InnoTown Ålesund 2011.
- [3] Transformatorer en strategisk viktig komponent, Brannbullen / Brannforum Ålesund 2008.
- [4] Verdens befolkning har økt fra 6 til 7 milliarder på 12 år, INED, Paris / Sunnmørsposten 2011.
- [5] Økodesigndirektivet, NVE 2011.
- [6] Miljøvennlige Fordelingstransformatorer – Forbedret Sikkerhet og Pålitelighet, NORD- IS 2005 / FEF 2006 endring 2007. Distribution Transformers for Improved Reliability and Environmental Safety - The Line june 2005.
- [7] Brannforum, Kristiansand 2011.
- [8] NVE definerer mindre kraftverk som Mikrokraftverk < 100kW, Minikraftverk 100 – 1000 kW og småkraftverk >1000 opptil 10000kW.
- [9] Stasjonsanlegg over 1kV, Ny versjon av norm NEK440 lansert 8. september 2011.

Manusfrist for jubileumsnummeret:

1. desember

Minner, gratulasjoner og helsingar velkomne!