



## "State of the art" for selvbeskyttende transformatorer - TRANSFIX TPC

Selvbeskyttende transformatorer eller TPC-transformatorer har blitt høyaktuelle i Skandinavia siden VATTENFALL besluttet å grave ned distribusjonsnettet på den svenske landsbygden og dermed å øke kompaktstasjonenes utbredelse.

Brukere, operatører og tekniske beslutningstagere kjenner allment sett til emnet og man ser en stigende interesse og et tiltagende antall henvisninger til den internasjonale standarden CEI 60076-13. Dette er det første tekniske informasjonsbrev der vi forsøker å bidra til bedre forståelse av fordelene med en del av de ulike tekniske løsningene som idag finnes tilgjengelige på markedet og beskrive konkrete tilpassninger.

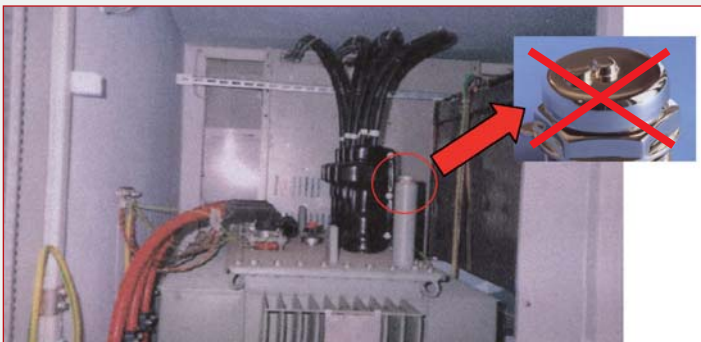
### 1• Hva sier IEC 60076-13 (Selvbeskyttende transformatorer)?

For å forstå standarden i detalj kreves en nøye gjennomlesning. Formålet med informasjonsbrevet er å sammanfatte standardens innhold, og gi ett oversiktlig bilde og eventuelt oppmuntre til en sådan lesning.

#### 1.1 Formål

Standarden har som formål å beskrive og definere ytelsen for TPC-transformatorer, d.v.s. transformatorer som er utrustet med integrert selvbeskyttelse. TPC beskytter omgivelsene, eiendom, allmenhet samt personell mot følgene av ett internt haveri i transformatoren. Funksjonen eliminerer risikoen for lysbuer og konsekvensene av disse, feks. eksplosjoner eller gassutvikling (evt. Skader må forbli inne i transformortanken og ikke påvirke omgivelsene). Funksjonen har til og med evnen til å eliminere jordfeil. Den kobler ut kun den havererte transformatoren, uten å forårsake skade på annet utstyr og påvirker heller ikke mellomspenningsnettet.

Dette innebærer ett betydelig framskritt! Hittil så har beskyttelsesfunksjonen vært overlatt til "trykkvakter", hvilke pålitelighet ikke kan dokumenteres, og dermed kan man sette spørsmålsteget ved deres sikkerhetsnivå. En eksplosjon i ett lukket rom kan få enorme konsekvenser med hensyn til personell og eiendom.



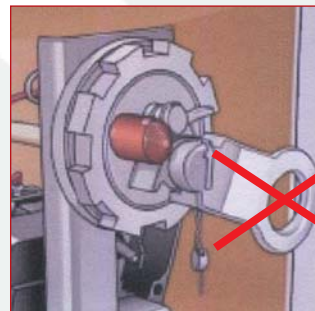
Ved feil må risikoen for gass- og oljeutslipp elimineres.

#### 1.2 Hva som IKKE rekommanderes

Standarden stiller ikke krav til beskyttelse av transformatoren som sådan, slik som dens tittel kan la oss tro. Den har i første omgang til formål å beskytte sine omgivelser – og med det personell, eiendom og allmenhet.

Standardens § 6.2 går veldig langt når det står angitt: *"the self-protection & disconnection device inside the tank is neither accessible nor adjustable on site."*

Eksterne manøvreringshåndtak er alltså ikke i overenstemmelse med hva standarden angir. Kravet på ikke-tillgjengelighet stemmer overens med de europeiske krav, som kunngjør at man ikke kan risikere, hvor forsvinnende liten risikoen enn må være, att personell manøvrerer ett høyspenningsapparat i olje mot en feil som har inntruffet inne i oljetanken.



Standarden ekskluderer anvendelse av eksterne manøvrerbar utrustning.

#### 1.3 Fordelen med en trefaset strømbrytning

For å garantere overensstemmelse med standardens § 3.2, som angir følgende:

*"the object of the disconnection function is to eliminate currents and LV voltage by an automatic cut-off, of the link between the HV terminals and the active part"*, så bør det være trepolet brytning ved samtlige typer av feil.

Leverandøren må angi (standardens § 7.4) om han er i stand til å oppfylle dette kravet eller ikke.

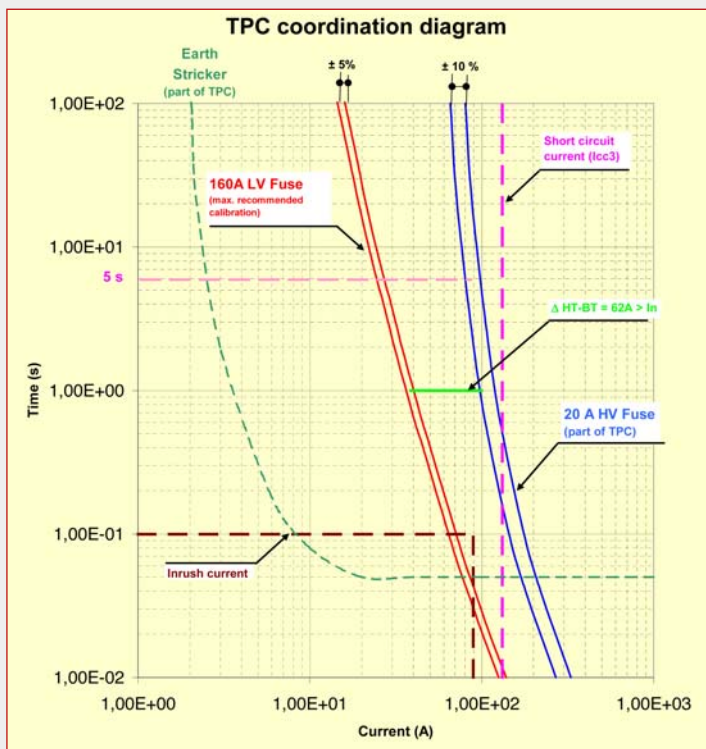


### 1.4 Selektivitet

TPC'n må være ufølsom for de overbelastningene som tillates for transformatorer ihht. IEC 60076-7 (vanligvis opp til  $1,40 \times I_n$  i 3 timer).

Denne evnen er tilstrekkelig i de fleste driftstilfeller. For transformatorer som kan komme til å belastes ennå hardere, så er det koordineringen med sikringene på lavspenningssiden, som garanterer at TPC'n ikke trigger. En fordel med TPC er at alt risikofyllt arbeid på høyspenningssiden elimineres! Koordineringen med henblikk på beskyttelsen i fordelingsstasjonen garanterer videre at konsekvensene av en feil begrenses til den transformatoren som har feilen.

Referansen til systemets koordinasjonsdiagram må indikeres på merkedataskiltet (standardens § 6.2), som dessuten må angi den maksimale jordslutnings-strømmen.



Eksempel på selektivitetsdiagram for 100 kVA 11kV TRANSFIX TPC

### 2• Typeprøver

Integrering av sikringer og den trepolde bryterfunksjonen må ikke bety at produktets pålitelighet reduseres. Det bør dessuten berettige den høyere kostnaden gjennom sin høyere verdi med hensyn til personsikkerhet og leveransesikkerhet. Standarden forutsetter altså en serie typeprøver som skal medvirke til dette.

#### 2.1 Prøver for å styrke utrustningens pålitelighet

- Gjennom metning av partielle utladninger så kontrolleres det at ingen tilføyde elementer kan forårsake haveri på lang sikt, feks. p.g.a. utilstrekkelig isolasjons-avstand.
- Prøving av beskyttelses- og strømbrytningsfunksjonens ufølsomhet for tillatt overlast prøves ihht. normene i IEC 60076-7.

- Prøving av beskyttelses- og strømbrytningsfunksjonens ufølsomhet for koblingsoverspenninger (ved manøvrering av koblingsapparater i nettet).
- Trykksetting av transformortank, som formål å kontrollere tankens tåleevne av overtrykk før og etter avbruddets inntreffende.

#### 2.2 Prøving av beskyttelses- og strømbrytningsfunksjonens funksjon

Flere ulike feiltyper iscenesettes og utføres på flere ulike prototyper. Følgende feiltillfeller prøves:

- Kortslutning mellom vindingene på LS siden
- Halve oljevolumet fjernes
- En destruktiv overlast pålegges (3 - 4 ganger merkstrømmen)
- Kortslutning mellom to av MS vindingenes tilkoblinger
- Oppførsel ved de kritiske strømverdiene for sikringer ("I3" når sikringer anvendes).

Om den dielektriske væsken ikke består av mineralolje, så kan tilleggspøver kreves for å kontrollere at systemet forblir funksjonsdyktig (anm. Ihht. standardens § 7.3).

Felles krav for prøvene er:

- Den trepolde frakobling må ikke generere overspenninger som overskrider tillatte verdier for andre apparater i nettet.
- Under hele prøvens varighet, hvilket omfatter en 15 minutters periode etter at strømmene elimineres, så får det ikke skje noen ytre åpenbaring av feil.
- Etter at TPC'n har trigget (+ 15 min), så fjernes den aktive delen fra tanken. Den trefasede brytningen undersøkes og verifiseres.

### 3• Tilfelle Frankrike

Samtlige nettstasjoner som installeres på den franske landsbygden er nå utstyrt med en "selvbeskyttende" transformator – TPC-transformator (på fransk **Transformateur Protection Coupure**).

#### 3.1 Den opprinnelige beskyttelsen med enkel sikring

På 1980-talet etterlyste FoU-avdelingen på Electricité De France (EDF) s.k. bakkeplasserte nettstasjoner (det franske Postes Socles), hvor transformatoren skulle være integrert med enkle sikringer for høy-spenning nedsenket i olje.. Luftlinjesikringene ansås som utsatte, ikke pålitlige og med behov for stadig utskiftning p.g.a. at de utløste i utide. Storskala leveransen av disse bakkeplasserte nettstasjonene begynte i 1988. Idag er antallet installerte enheter anslått til 40000 (hvorav 12 000 fra TRANSFIX).

Dette første nivå viste dog raskt begrensninger, særskilt av følgende grunner:

- Nettforstyrrelser forekom altfor ofte.
- Kvaliteten mot LS kundene kunne ikke garanteres, ettersom alle tre fasene ikke kunne brytes ved en transformatorfeil.
- Nullpunkt kompensering med Petersen-spole var på fremmars i Frankrike og i det fall feil oppstod i transformatorene var strømmene ikke tilstrekkelig kraftfulle til å utløse sikringene (enfasefeil slutter seg heller til jord og utløser fordelingsstasjonens jordfeilsbeskyttelse).



### 3.2 Hvorfor "TPC"?

Etter stormens ødeleggende virkning i Frankrike i 1999, og den påfølgende beslutning om å påskynde høyspenning-ledningenes nedgravning på landsbygda satte virkelig saken på dagsorden.

Den internasjonale standarden for pre-fabrikerte nettstasjoner anga da: →

*"It is desirable that the highest practicable degree of protection to persons should be provided".*

Hvordan skulle sikkerhetsnivået i disse nettstasjonene kunne likestilles med den i nettstasjoner som installeres i bykjerner, når det ikke finnes tilgang til en komplett høyspentbryter?

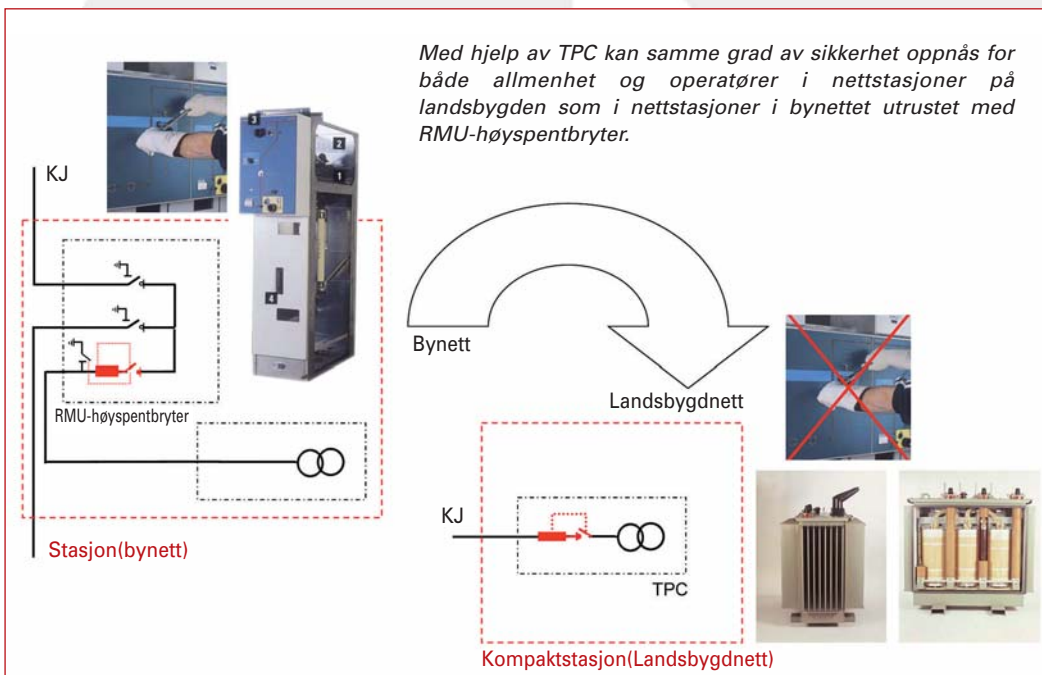
For å oppnå samme sikkerhetsnivå i landsbygdsnettet som i bynettet, må man da investere i en komplett høyspentbryter? Kostnaden for dette er veldig stor. Men, økonomiske begrunnelser skal vel ikke påvirke sikkerhetsnivået på landsbygdsnettet?

Kan moralske og lovlige krav angående almenhetens og personalets beskyttelse på landsbygden tillates å skille seg ut fra de krav, som tillempes i bynettet?

TPC-transformatorene ga svar på disse ulike problemstillingene og svarte dessuten til Electricité De France ønske om å jobbe mot en holdbar utvikling.

Allerede i slutten av 1994 skrev EDF en egen teknisk spesifisering som beskrev hvordan de ville at en TPC transformatorer skulle fungere, hvilket ga opphav til kravspesifikasjonen HN 52 S 24, som senere ble underlag og til stor del gjenbrukt i 2004, i den idag internasjonalt anvendte standarden IEC 60076-13.

Storskala produksjonen av TPC-transformatorer startet i begynnelsen av 2000 og kom til å nå et antall av ca.10 000 enheter per år. (Runt 50 000 enheter finnes idag installert i det franske nettet, hvorav flere enn 15 000 kommer från TRANSFIX.)



## 4• TRANSFIX TPC (bilde 1)

### 4.1 Grunnprinsipp

Allerede fra prosjektets første begynnelse, i 1995, så hadde TRANSFIX fastlagt noen enkle regler for deres utvikling:

- Samtlige komponenter for Transfix TPC måtte forekomme generellt og være lette å få tak i.
- Montering måtte gjennomføres helt og holdent på fabrikken og hver enhet skulle funksjonsprøves innen den montertes i transformatoren.
- For å kunne garantere pålitelighet under hele transformatorens livslengde og for å forebygge sporadisk utløsning, så var det nødvendig å ha en "enkel" og "robust" løsning. Anvendelse av trykkvakt eller oljenivåmålere kunne derfor ikke aksepteres.

TRANSFIX utviklede TPC system respekterer samtlige utløsningsvilkår og alle typer av nullpunktsgjording.

### 4.2 Høyeffektsfeil

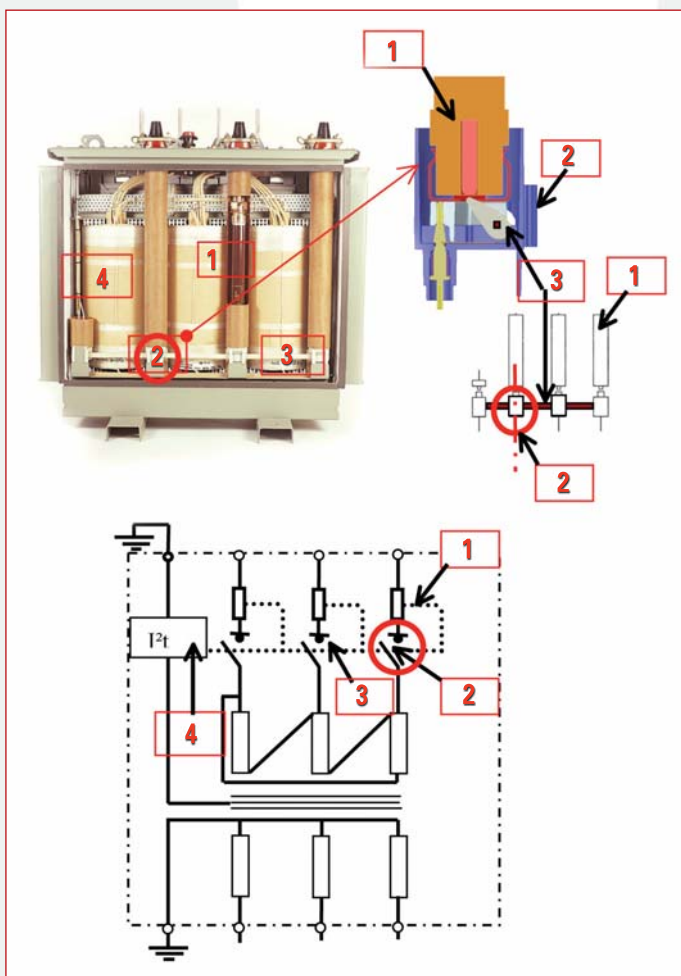
3 stk. sikringer, nedfelt i olje og utstyrt med slagstift (1) (en for hver fase) virker på en bryterkropp (2), som med en mekanisk kobling (3) medfører 3 pols brudd, selv om bare en av dem viser feil.



### 4.3 Laveffektsfeil (jordsluttning)

En slagstift montert i jordkretsen (4), som virker på den mekaniske koblingen, gir ett raskt trefaset brudd for strømmer på bare noen få Ampere.

Systemet bygger på att den aktive delen isoleres, for å sikre at jordstrømmen ikke kan løpe på annen måte enn gjennom jordfeilsbeskyttelsen.



TPC-systemet "TRANSFIX"

### 5• Systemets troverdighet

Under godkjenningsprosedyren gjennomgikk 30 prototyper (fra 50 till 630 kVA) framgangsrikt de ødeleggende prøvene beskrevet i § 2 ved LEP laboriet i Renardières (i Fontainebleau, nær Paris).

Siden 6 år tilbake har Electricité De France (EDF) forsikret seg om at TPC-systemet fungerer tilfredsstillende gjennom stikkprøver. Noen av disse ødeleggende prøvene gjentas da etter forgodtbefinnende (ca. 5 transformatorer per år levert av TRANSFIX stikkprøves).

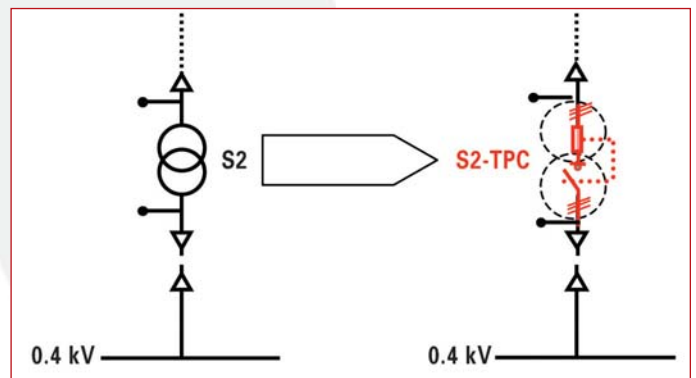
I februar 2004, så besluttet TRANSFIX å utvide sine internasjonale referanser. Dermed ga TRANSFIX ennå en gang bevis på TPC-funksjonens ytelse ved det nederlandske laboriet KEMA i Arnhem (rapporter 240-04, 241-04, 242-04, 243-04).

Prøvsprogrammet inkluderte bl.a. funksjonstest for TPC ved enfasede jordfeil (rapport 241-04).

### 6• Ett første steg: forbedring av konvensjonelle stasjoner

En utbredd type av landsbygdstasjoner i Sverige er feks. "S2". En metallplate kiosk inneholder en klassisk transformator og en lavspenningsfordeling.

Den ønskelige videreutviklingen vil være en "S2-TPC". Da erstattes denne klassiske transformatoren av en TPC-transformator med samme karakteristik.



Utvikling fra "S2" til "S2-TPC"

"TPC"-transformatorer, som skulle passe til slike tillem্পninger kan leveres av TRANSFIX innen rammen for kontrakten B06-4600005586 med VATTENFALL EUROPÉ.

### 7• "ECOBLOC" og ytterligere innovasjoner

TPC-funksjonen er meget overbevisende i de tilfeller etterlevelse av de internasjonale standardene kreves med henblikk på prefabrikerte nettstasjoner (ECOBLOC).

TPC utgjør dessuten et annet naturlig steg med henblikk på personsikkerhet nå når plug-in tilkoblinger anvendes. Formålet med disse er å minske risikoen for feil på høyspenningstilkoblingene.

En TPC-transformator som plasseres i en S2 (satellitt) kommer til å forbedre nettstasjonen veldig mye.

Utvikling av SS2-modellens (seriesatellittene)

Åpner veien for enda mer innovative løsninger !