



Draft TECHNICAL REPORT

On

Failure Analysis of Siemens Geafol cast-resin transformer.

Type: 4GB6382-8KZ

No: K7 54078 + K7 54077

Destination: Denmark, Middelgrunden, wind turbine 19 + 11

Carried out for:

Middelgrundens Vindmøllelaug

Attn.: Jens H. Larsen

Blegdamsvej 4B, Økologihuset

DK-2200 København N

Date: May 21th, 2003

This report is made by: Martin Olsen

Our Ref. no.: 1154834

Technical report no.: 1154834-1

No. Of enclosures: Appendix A: Photo, transformer insulation analysis turbine 19, HV phase W
Appendix B: Photo, transformer insulation analysis turbine 11, HV phase W
Appendix C: Photo, transformer insulation analysis turbine 11, HV phase V

Failure Analysis of Siemens Geafol cast-resin transformers

Contents	Page
1: Summary containing main conclusion	2
2: Pre-history	3
3: Investigation	3
4: Conclusion	3
Appendix A: Photo, transformer insulation analysis turbine 19, HV phase W	11 pages
Appendix B: Photo, transformer insulation analysis turbine 11, HV phase W	27 pages
Appendix C: Photo, transformer insulation analysis turbine 11, HV phase V	25 pages

1: Summary containing main conclusions

Kommenteret dokumentation for undersøgelsen er vedlagt i bilag A-B-C

Der er fundet sammenhæng mellem fejlstederne på “alle” tidligere skader og en revne dannelse fundet i de undersøgte HV spoler.

Da revne dannelsen er lokaliseret i både en skadet spole og også i to ubeskadigede spoler, er der belæg for at antage en sammenhæng med skadeårsagen.

For fuld forståelse af skades mekanismen, er det nødvendigt at få årsagen til revne dannelsen fastlagt.

Der har længe været mistanke til transient forhold som skade årsag, og vi vurderer også, at det er transienter der starter en lysbue internt i transformatoren, mellem øverste udføringssende hvor denne er ført hen over øverste delspoles overside.

Der er gennemført mange og grundige målinger, der viser at der som forventet er transiente forhold i forbindelse med koblinger internt som eksternt, uden at disse målinger tyder på at mærkedata overskrides.

Derfor mener vi at et sandsynligt scenarium kan være:

- På grund af revnedannelser i det kendte fejlområde, forringes isolations systemet så meget at overslag til sidst indtræder.
- Revne dannelserne kan være medfødte eller skabt af indspænding og sprængning på grund af termiske forhold under driften.



- Vibrations forhold kan også tages i betragtning men umiddelbart er det svært at se at dette skulle genere kræfter i det fundne revne område.
- Det vil være naturligt at antage at revner der endnu ikke har ført til interne overslag, vil øge risikoen for PD, måske vil dette påvirke udbredelses hastigheden for revne dannelsen.

2: Prehistory

Der er indtil nu sket 11 transformer skader på Middelgrundens vindmøller, heraf er en årsags bestemt til en af Bonus uheldigt anbragt PT100 termoføler. Alle øvrige skader ser ens ud, hvad angår udsende og udbredelse.

Baseret på Siemens fejlrapporter på en del af de første skader, samt erkendelsen af de efterhånden store resurser der er brugt på at forklare fejl årsagen, har vi gennemført en vurdering af isolations systemet omkring fejlstedet på HV spolen på en trafo (mølle 11, fase W), samt en tilsvarende undersøgelse på to tilsvarende spoler (trafo 19, fase W langt fra dennes fejlsted samt på trafo 11, fase V), for at finde og dokumentere forhold her der kan medvirke til årsags opklaringen.

3: Investigation

Til opgave løsningen er der udviklet en ”ny” metode til prøveudtagning, samt en metode til bestemmelse af hvor prøven skal tages.

Undersøgelsen er beskrevet som undertekst til billederne i bilag 1-2-3.

4: Conclusion

Som før nævnt og alle parter bekendt, er der kigget nærmere og undersøgt mange forhold der kan have indflydelse på skadernes opståen.

Mange forhold har sandsynligvis stadig indflydelse på skaderne, men det er nu på grund af revne dannelses opdagelsen gjort muligt at se tingene i et andet lys.

Efter vores opfattelse er det mest nærliggende at antage at revne dannelserne skyldes termiske forhold, og materialernes forskellige udvidelses koefficienter.

For nærmere dokumentation af dette vil vi forslå en termografi undersøgelse for at få nogen data for temperaturen på og omkring transformerens overflader. Her er det vigtigt at kigge efter hurtigste temperatur ændringer.

Dernæst foreslår vi en simulering og FEM undersøgelse af kræfterne det kan medføre i fejlstederne, sammenholdt med data for anvendte materialer kan dette afklare scenariet beskrevet under afsnit 1.



Vi har konstateret at udføringsendernes geometri variere meget, både hvad angår afstand til spole overside og måden hvorpå den lige over spolen foldes for at få den i ønsket position på spolens forside.

Dette kan medføre utilsigtede steder med kærnv-virkning, og kan endvidere tænkes at indføre en "transient fælde" da geometrien medføre at den foldede del af udføringsenden repræsenterer både en lille induktans og en lille kapacitet.

At vi fandt så mange revner er kommet meget bag på os, og derfor har vi kigget med lup på billeder af nogen af de tidlige undersøgelser udført af Siemens, og måske findes nogen af disse opskårne spoler endnu?

I bekræftende fald tror vi det kunne bringe mere dokumentation af samme type som her præsenteret.

Date: May 21th, 2003

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Product Development

Martin L. Olsen

Direct phone: +45 7220 1698

Mobile phone: +45 2270 5283

Direct fax: +45 7220 1717

martin.l.olsen@teknologisk.dk

Kongsvang Allé 29

DK-8000 Aarhus C

Denmark

www.teknologisk.dk