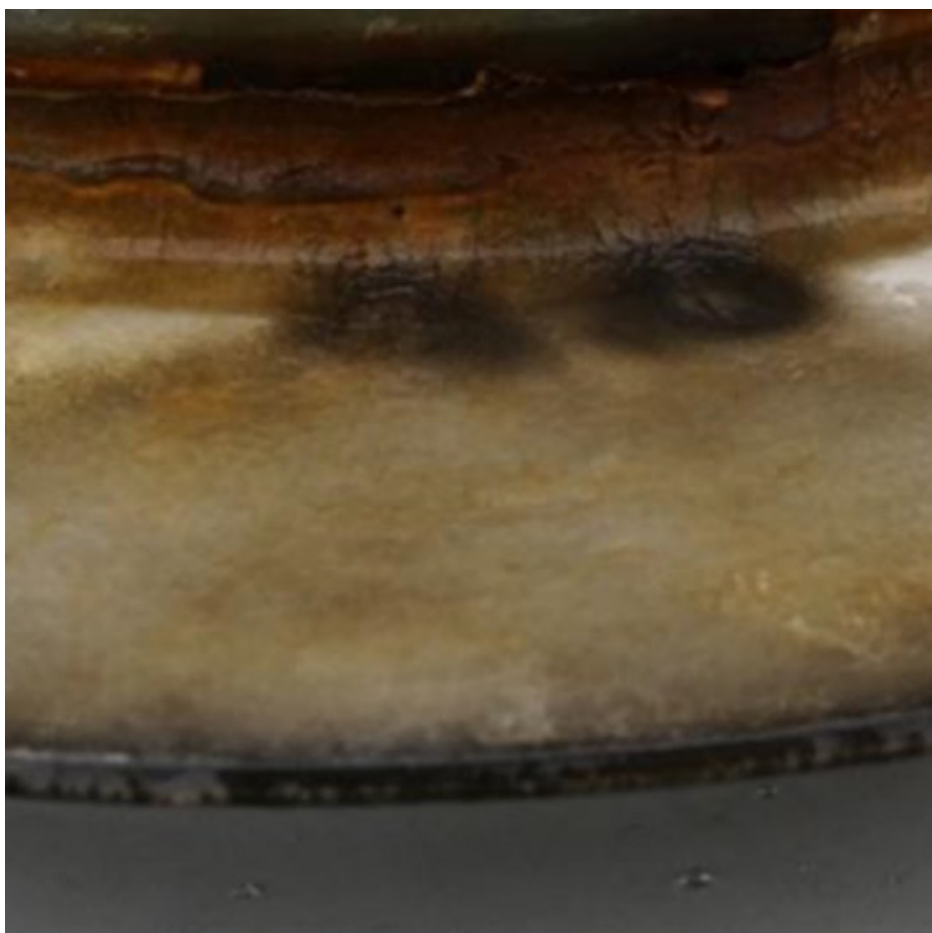


STANDARDISERADE HAVERIUTREDNINGAR

RAPPORT 2020:672



Standardiserade haveriutredningar

Kabelavslut och kompositisolatorer

PETER SIDENVALL

ISBN 978-91-7673-672-2 | © Energiforsk maj 2020

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Elnätets komponenter utsätts för olika typer av miljöpåverkan och slitage från elektriska och mekaniska krafter. Haverier som uppstår kan påverka leveranssäkerheten och ekonomin, och i vissa fall få konsekvenser för den omgivande miljön.

Det är därför viktigt att identifiera och analysera orsaker till haverier för att kunna minimera risken för att problemen upprepas. I detta projekt har I2G tagit fram förslag till standardiserad dokumentation av haverier för två typer av komponenter, och analyserat behovet av en gemensam plattform för insamling och delning av dokumenterad information.

Projektet har genomförts inom ramen för Energiforsks industriforskningsprogram Underhåll av elnät, och referensperson från programmets styrgrupp har varit

- Kristofer Andersson, Göteborg Energi Elnät

Programmet Underhåll av elnät finansieras av ABB, Bodens Energi Nät, Borås Energi Nät, C4 Elnät, Ellevio, Eskilstuna Energi & Miljö, Falu Energi & Vatten, Göteborg Energi, Elinorr Ekonomisk förening som består av 16 elnätföretag, E.ON Energidistribution, Jämtkraft Elnät, Jönköping Energi Nät, Karlstads El- och Stadsnät, Krafringen Elnät, Luleå Energi, Skellefteå Kraft Elnät, Kungälv Energi, Mälarenergi Elnät, Nacka Energi, Svenska kraftnät, Tekniska verken i Linköping, Pite Energi, Umeå Energi Elnät, Vattenfall Eldistribution och Öresundskraft.

Sanna Hagerud,
Bitr. programansvarig Underhåll av elnät
Örebro 18 maj 2020

Rapporten redovisar resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Haverier kan få stora konsekvenser, till exempel i form av miljöpåverkan, höga kostnader och långa avbrott under reparationstiden. Det är därför viktigt att ta tillvara den information som ett haveri erbjuder och analysera orsaken. En sådan analys ger möjlighet att identifiera eventuella risker för liknande händelser och att sätta in åtgärder för att undvika framtida haverier.

I dagsläget finns det inget standardiserat sätt att dokumentera haverier som kan anses vara branschpraxis. En konsekvens av detta är att det är svårt att identifiera återkommande fel på en viss typ av produkt eller lösning. I den aktuella rapporten behandlas därför förslag till standardiserad dokumentation av haverier av två utvalda typer av produkter: kabelavslut och kompositisolatorer. Förslag till forumlär för dokumentation av haverier presenteras i Appendix.

Inom projektet har en enkät skickats ut till styrgruppen inom forskningsprogrammet Underhåll av elnät och efterfrågat hur de hanterar haverier och dokumentation kring dessa. Sammanfattningsvis har alla bolag olika hårda krav på produkterna samt dokumentation vid ett eventuellt haveri. Vidare delar de inte informationen emellan sig i dagsläget.

För att ta tillvara potentialen hos information från haverier, insamlad av ett stort antal användare och dokumenterad på ett standardiserat sätt, bör haverirapporterna eller åtminstone delar av innehållet, samlas på en gemensam plattform (exempelvis i Darwin). Insamlingen ger dels möjlighet till analys och identifiering av eventuella mönster utgående från ett större underlag, dels möjlighet dela enkelt dela information och lära från andras misstag. En förbättrad dokumentation av haverier och spridning av resultat bör ge nätägare möjlighet att förbättra både kravspecifikationer och rutiner vad gäller inköp, hantering, installation och underhåll; allt med syfte att minska risken för framtida haverier.

Summary

Failures can get huge consequences, e.g. such as environmental impact, high costs and long blackouts during the repair period. Thus, it is important to take advantage of the information such a failure offers and analyze the cause of the accident. Such an analysis provides an opportunity to identify possible risks of similar events and to implement countermeasures to avoid future failures.

At present, there is no standardized way of documenting failures that can be considered as common practice. One consequence of this is that it is difficult to identify reoccurring failures on a particular type of product or solution. The current report therefore addresses proposals for standardized documentation of failures of two selected product types: cable terminations and composite insulators. Two standardized documentation of failures have been produced and are presented in Appendix.

In order to exploit the potential of information from failures, collected by a large number of users and documented in a standardized way, the accident reports or at least parts of the content should be collected on a common platform (for example in Darwin). The collection provides the opportunity for deeper analysis and identification of possible patterns based on a larger basis, and the opportunity to easily share information and learn from the mistakes of others. Improved documentation of failures and sharing of information of results should allow utilities to improve both purchase specifications and routines regarding purchasing, handling, installation and maintenance; all with the aim of reducing the risk of future failures.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Enkät till nätägare	8
2	Kabelavslut	9
2.1	Vanliga fel	10
2.2	Svar på enkäten gällande kabelavslut	11
2.3	Minsta nivå av information för god dokumentation efter haveri	11
2.3.1	Nivå 1 – Grundläggande information	11
2.3.2	Nivå 2 – Fördjupande information	13
3	Kompositisolatorer	14
3.1	Historiska fel på kompositisolatorer	15
3.2	Svar på enkäten gällande kompositisolatorer	15
3.3	Minsta nivå av dokumentation för god dokumentation efter haveri	16
3.3.1	Nivå 1 – Grundläggande information	16
3.3.2	Nivå 2 – Fördjupade utredningar	17
4	Diskussion	18
	Referenser	19

1 Inledning

Haverier kan få stora konsekvenser, till exempel i form av miljöpåverkan, höga kostnader och långa avbrott under reparationstiden. Det är därför viktigt att ta tillvara den information som ett haveri erbjuder och analysera orsaken. En sådan analys ger möjlighet att identifiera eventuella risker för liknande händelser och att sätta in åtgärder för att undvika framtida haverier. Analysen förutsätter dock att inträffade haverier dokumenteras på ett tillfredställande sätt.

I dagsläget finns det inget standardiserat sätt att dokumentera haverier som kan anses vara branschpraxis. En konsekvens av detta är att det är svårt att identifiera återkommande fel på en viss typ av produkt eller lösning.

Ett standardiserat format för dokumentation av haverier ger flera fördelar. Ett "standarddokument" ger i inledningsskedet värdefullt stöd till användaren angående vilka data som bör dokumenteras för att informationen skall vara användbar i en senare analys. Detta stöd är viktigt då arbetsuppgiften sannolikt utförs relativt sällan, och information kan behöva inhämtas från flera olika källor och system. När sedan en analys av orsaken skall utföras, eventuellt inkluderande en detaljerad undersökning av det havererade objektet, finns alla underlag samlade och resultatet kan dokumenteras tillsammans med dessa. Detta ger goda möjlighet att titta tillbaka på tidigare haverier för att identifiera eventuella likheter mellan olika fall. Ett standardiserat format och nomenklatur gör det också möjligt att på ett enkelt sätt dela värdefull information och erfarenheter mellan olika aktörer (så som nätbolag, tillverkare och underhållsentreprenörer). Genom att aggregera informationen så att den betraktade populationen av objekt blir avsevärt större än de enskilda aktörernas och genomföra en analys på en högre nivå ökar möjligheterna att dra relevanta slutsatser angående typiska haveriorsaker.

För att dokumentationen skall vara användbar för analys fordras att denna är tillräcklig detaljerad och omfattande. Samtidigt måste dokumentationsarbetet vara enkelt så att inträffade haverier faktiskt dokumenteras. Dokumentationen bör därför vara uppbyggd i två nivåer:

Nivå 1: En lägstanivå som ger underlag för strukturerad sammanställning av inträffade haverier och möjlighet till filtrering på några olika grundläggande parametrar. Mängden information skall vara begränsad för att haveriet skall kunna dokumenteras omgående i samband med reparation.

Nivå 2: Dokumentation avsedd att fungera som underlag för fördjupad analys eller undersökning av haveriorsak. Komplettering av information från Nivå 1 med ytterligare detaljer, och insamling av information från andra källor, t.ex. driftdata, väderförhållanden, närhet till omriktare, etc.

I den aktuella rapporten behandlas dokumentation av haverier av två typer av produkter: kabelavslut och kompositisolatorer. Dessa två har valts ut då behovet anses vara relativt stort.

1.1 ENKÄT TILL NÄTÄGARE

En enkät [1] skickades ut till styrgruppen för projektet för att få svar på vilka krav de ställer på produkter av de aktuella typerna, om de har haft några haverier och om projektet i så fall kan ta del av eventuella haverirapporter.

Frågorna var ställda enligt nedan:

- Har ni någon kravspecifikation för kabelavslut?
- Har ni någon kravspecifikation för kompositisolatorer?
- Kräver ni någon speciell utbildning av montörer och/eller kräver ni nya hanteringsguider och montageanvisningar av tillverkaren vid inköp av kabelavslut?
- Kräver ni någon speciell utbildning av linjemontörer och/eller kräver ni nya hanteringsguider och montageanvisningar av tillverkaren vid inköp av kompositisolatorer?
- Säkerställs det på något sätt att montage och installation är korrekt utförd vid överlämning av anläggning?
- Hur är praxis vid haverier av kabelavslut, utförs haveriutredningar eller byts komponenter bara ut?
- Hur är praxis vid haverier av kompositisolatorer, utförs haveriutredningar eller byts komponenter bara ut?
- Har ni några dokumenterade haverier av kabelavslut eller kompositisolatorer?
- Kan projektet ta del av eventuella haverirapporter?

Svaren på enkäten [1] summeras i avsnitt 2.2 och 3.2 gällande kabelavslut respektive kompositisolatorer.

2 Kabelavslut

Det finns i huvudsak tre olika typer av kabelavslut, där den första är absolut vanligast [2]:

- Kabelavslut för användning i luft (inomhus eller utomhus)
- Kabelavslut för anslutning mot GIS-ställverk
- Kabelavslut för anslutning i olja, t.ex. för direktanslutning mot transformatorer.

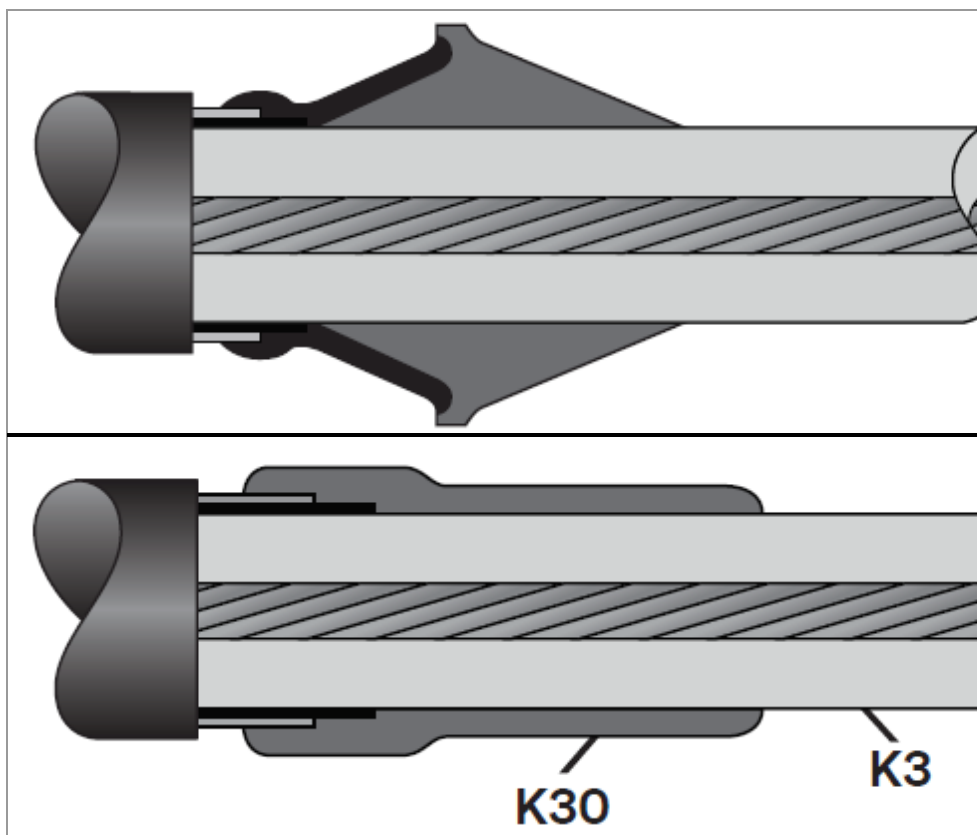
Produkterna bygger vanligen på någon av följande grundprinciper för att hantera de elektriska påkänningarna som uppstår vid kabelns ände [3]:

- Geometrisk fältstyrning. Detta åstadkoms genom att vid kabeländan införa en speciellt utformad elektrod ansluten till kabelskärmen. Elektroden är utformad så att avståndet till fasledaren ökas gradvis, vilket gör att fältstyrkan längs kabelisolationen (inklusive det kritiska området kring kanten av det yttre ledande skiktet) kan begränsas. Elektroden integreras normalt i en isolationskropp med egenskaper liknande kabelisolationen i en så kallad stresskona. Produkter för högre spänningsnivåer kan ibland även nyttja kapacitiv fältstyrning från flera fältstyrande elektroder eller folier.
- Fältstyrning med hjälp av hög permittivitet. Detta åstadkoms typiskt genom att utanför kabelisolationen placera ett material med hög relativ permittivitet (10 gånger högre än kabelisolationen). Den höga permittiviteten "pressar ner" fältet i kabelisolationen och gör att spänningen fördelas längs en längre sträcka.
- Resistiv fältstyrning. Detta är en lösning där ett material med en relativt hög resistivitet placeras utanför kabelisolationen för att fördela den kapacitiva strömmen som flyter från ledaren till skärmen. Genom att använda ett material med icke-linjärt beroende mellan spänning och ström kan spänningen fördelas i det närmaste jämnt längs avslutets längd.

Principerna ovan illustreras i Figur 1 (den andra och tredje liknar varandra utseendemässigt).

Utformningen beror förutom ovanstående grundprinciper på applikation och spänningsnivå. På högre spänningsnivåer används typiskt en lösning med geometrisk fältstyrning som placeras i en ihållig isolant vilken fylls med olja eller gel. Vid lägre spänningar används istället ofta avslut baserade på material med hög permittivitet eller resistiv fältstyrning. Materialen kan då integreras i hylsor (slangar) som krymps fast på kabelisolationen.

Avslut för utomhusbruk måste vara konstruerade för att hantera yttre påkänningar från omgivningen i form av bland annat fukt, föroreningar och stora temperaturvariationer.



Figur 1. Överst: exempel på geometrisk fältstyrning [4]. Underst: exempel på fältstyrning med hjälp av material med hög permittivitet (K beskriver den relativa permittiviteten).

Kabelavslut utsätts för påkänningar orsakade bland annat av den omgivande fysiska miljön, värme till följd av strömbelastning och elektriska fält motsvarande förekommande spänningar. Det faktum att kabelavslut består av flera delar av olika material, vilka normalt monteras samman på plats i anläggningen, gör dem känsliga för felaktigt montage. Korrekt montage fordrar bl.a. ren och torr miljö på arbetsplatsen, användning av rätt verktyg, tillgång till en tydlig montageanvisning och för uppgiften utbildade montörer. För att undvika haverier krävs också att produkten används på det sätt som den är avsedd för och att tillämpningen tillåter att installation kan göras enligt tillverkarens anvisningar.

2.1 VANLIGA FEL

Kabelfel orsakas typiskt av yttre påkänningar/grävsador eller åldrande kabelisolation. Kabelfel till följd av interna defekter härrörande från tillverkningen är dock mindre vanliga. Haverier av kabeltillbehör som skarvar och avslut (även relativt nya) är å andra sidan typiskt mer frekvent förekommande, även om erfarenheterna varierar med spänningsnivå. En bidragande orsak till skillnader när det gäller risk för haverier av kablar och tillbehör att de senare ofta monteras under icke-ideala förhållanden i en anläggning eller i ett schakt längs en kabelsträckning. Tillbehören består dessutom av flera olika komponenter som skall sättas samman på korrekt sätt. Avslutning och skarvning av kablar innebär också en ökad risk när det gäller tätning med avseende inträngning av vatten.

CIGRÉs statistik från 2009 [2] beaktar kabelsystem för systemspänningar ≥ 69 kV, d.v.s. kabelsystem för mellanspänning och lågspänning ingår inte. Sammanställningen visar att det förekommer avsevärt fler fel på skarvar än avslut, vilket inte är förvånande med tanke på antalet enheter i varje population.

Enligt statistik från 2004-2005 [5], representerande mellanspänningskablar (10-20 kV) i Sverige, inträffar det mer än 5000 bestående fel (> 3 minuter långa) per år. Hur dessa är fördelade på kategorierna kablar, skarvar och avslut framgår dock inte av [5]. Någon information angående orsaker ges heller inte.

STRI har på uppdrag av olika nätägare och entreprenörer utfört ett antal haveriundersökningar av bland annat kabelskarvar och kabelavslut [6]. I en stor del av fallen ansågs orsaken vara felaktigt montage, felaktig/bristfällig montageanvisning eller en kombination av de båda.

Då det saknas djupgående statistik på vilka typer av fel som vanligen uppkommer i Sverige är förhoppningen att de standardiserade dokumenten från haverier i denna rapport ändrar på det.

2.2 SVAR PÅ ENKÄTEN GÄLLANDE KABELAVSLUT

Den information som har inkommit genom enkäten visar att nätbolag till stor del förlitar sig att det är tillräckligt att ställa krav på att produkter möter olika standarder [1]. Av totalt tre inkomna svar skriver en nätägare att de ha en riktig kravspecifikation för produkter avsedda för högre spänningsnivåer, medan kraven för lägre spänningsnivåer är enklare. En nätägare säger att de förlitar sig på att uppfyllnad av standarder är tillräckligt, och en sista nätägare lägger helt över ansvaret på sin leverantör.

Haverier har inträffat i de svarandes nät, men omfattningen av haveriutredning beror på spänningsnivå. På lägre spänningsnivåer utförs sällan haveriutredningar och något haveridokument har inte kunnat skickats till författaren.

2.3 MINSTA NIVÅ AV INFORMATION FÖR GOD DOKUMENTATION EFTER HAVERI

För att möjliggöra analys av inträffade haverier är det viktigt att dessa dokumenteras på ett tillfredställande sätt, men utan att arbetet blir allt för betungande. En lägsta nivå av information för att uppnå en användbar grad av dokumentation är beskriven i sektion 2.3.1. För en detaljerad undersökning av trolig haveriorsak krävs dock typiskt mer information. Aspekter som bör inkluderas beskrivs i sektion 2.3.2.

Ett förslag till mall vid dokumentation av haverier av kabelavslut finns i Appendix A. Den första sidan i mallen motsvarar Nivå 1 och övriga sidor Nivå 2.

2.3.1 Nivå 1 – Grundläggande information

Innan utbyte av ett havererat kabelavslut påbörjas skall utförandet dokumenteras med hjälp av fotografier och kontroll av eventuella fysiska mått som inte kan verifieras efter demontage. Fotografierna bör tas för att återge följande:

- översikt över hela det havererade avslutet inklusive dess omgivning
- detaljer kring det antagna felstället och kring anslutningar

Sådana bilder kan vara ovärderliga för den fortsatta undersökningen då det ger möjlighet att i efterhand t.ex. kontrollera olika delars inbördes positioner. Mått och avstånd dokumenteras enklast genom att vid fotografering placera en centimeterstock längs med avslutet eller i dess närhet. Detta ger betraktaren av bilden en god uppfattning om avstånd mellan olika delar. Om det finns ritningar eller montageanvisningar som föreskriver specifika minsta mått till t.ex. omgivande objekt (avslut i närliggande fas, jordad vägg, etc.) bör detta kontrolleras.

Ytterligare information som är nödvändig för dokumentationen, men som går att inhämta efter demontaget, är:

- tillverkare,
- spänningsnivå,
- tillverkarbeteckning,
- serienummer,
- tillverkningsår,
- kabeltyp,
- plats (littera, fas och geografiskt läge),
- tidpunkt,
- driftförhållanden (prov- eller normaldrift, onormala väderförhållanden, etc.),
- nätägare, och
- ytterligare detaljbilder på kabelavslutet samt felstället.

Grundläggande information om tillverkare, typ, spänningsnivå, tillverkningsår, serienummer etc. är nödvändig för att kunna identifiera likheter mellan olika haverier med avseende på specifika produkter. Informationen gör det möjligt att t.ex. upptäcka problem med vissa tillverkningssatser. Tidpunkten ska antecknas för att kunna särskilja olika haverier och ge möjlighet till jämförelse med data avseende driftförhållanden (t.ex. väder, föregående strömbelastning, förekomst av kopplingar) i samband med haveriet. Dokumentation av platsen för haveriet är nödvändig för att särskilja olika haverier samtidigt som det ger möjlighet att knyta händelsen till specifika applikationer och historisk belastning. Informationen om plats är även av vikt då vissa geografiska områden och tillämpningar kan vara utsatta för förhöjda eller specifika påkänningar. Exempel på det senare är installationer med övertoner från omriktare.

Om det finns en misstänkt trolig felorsak så bör denna givetvis noteras, t.ex. felaktigt eller ofullständigt montage.

Den demonterade produkten kan med fördel placeras och sparas i en försluten behållare för att möjliggöra en framtida grundorsaksanalys. I dessa fall ska det även framgå av dokumentationen var objektet förvaras.

2.3.2 Nivå 2 – Fördjupande information

För en mer grundlig utredning är det nödvändigt att samla in information om driftförhållanden före och under haveriet som inte inkluderas i den grundläggande delen. I detta ingår flera olika typer av information såsom:

- historisk strömbelastning,
- driftspänning,
- installationstidpunkt (antal år i drift)
- tillverkare av kabel,
- kabeltyp,
- ledartyp,
- jordningsutförande (system och kabel),
- oljetryck och tecken på oljeläckage (om relevant),
- kompatibilitet mellan kabel och avslut,
- gällande typprovrapporter för avslut och kabel,
- montageanvisning,
- montage utfört av certifierade montörer,
- väder i samband med haveriet,
- vad som löst ut felet,
- kopplingar i samband med haveri, och
- närhet till omriktare.

Ovanstående information kan i huvudsak hämtas från dokumentation av anläggningen och driftsystem. Information angående genomförda typprov av avslut och kablar samt montageanvisningar kräver dock normalt kontakt med leverantörer.

En eventuell grundorsaksanalys skall utföras i en ren och torr miljö. Eftersom denna typ av undersökning normalt är förstörande är det viktigt att den utförs systematiskt, steg för steg, med noggrann granskning och dokumenterande bilder. En detaljerad procedur för hur en haveriutredning går till finns presenterad i IEEE standard 1511 [7].

3 Kompositisolatorer

En kompositisolator består av en lastbärande stång (oftast tillverkad av glasfiber och epoxi) som är täckt av ett hölje (oftast silikongummi vid högre spänningsnivåer, EPDM vanligt bland lägre spänningsnivåer) som skyddar stången från den yttre miljön och metalliska armaturer (vanligtvis av galvaniserat stål) i båda ändarna som är mekaniskt kopplade både till den lastbärande stången.

Kompositisolatorer användes ursprungligen endast i extremt smutsiga miljöer där deras form och materialegenskaper ger mycket hög hållfasthet mot överlag orsakade av föroreningar. På grund av framförallt låg vikt i kombination med hög mekanisk styrka (vilket underlättar hantering) och numera lägre kostnad än motsvarande káp-pinn-isolatorkedja, har dock användningen av kompositisolatorer i andra miljöer ökat markant. Till nackdelarna hör en ökad risk för montageskador p.g.a. felaktig hantering (då de har ett hölje av silikongummi behandlas de inte lika varsamt som glas och porslin) och att de inte tål koronaurldningar på samma vis som glas eller porslin (behov av fältstyrning).

Den ökade efterfrågan på kompositisolatorer har resulterat i att antalet tillverkare aktiva på marknaden på senare år ökat kraftigt. De nya tillverkarna inte dock alltid har hunnit med att lära sig alla olika processer och steg som är nödvändiga för att skapa en högkvalitativ produkt.

Det finns i huvudsak tre olika typer av kompositisolatorer:

- Häng-/spännisolator (vertikalt respektive horisontellt montage). Denna typ av isolator är avsedd för belastning i form av en kontinuerlig dragkraft.
- Stödisolator (vertikalt montage). Denna typ av isolator är huvudsakligen avsedd för belastning med en kontinuerlig tryckkraft.
- Stödisolator (horisontellt montage). Denna typ av isolator är avsedd för belastning med en kontinuerlig böjkraft.

Isolatorerna av de olika typerna kan användas var för sig eller i kombination med varandra för att åstadkomma mer komplexa geometrier.

Det finns en mängd olika varianter av konstruktioner och sätt att tillverka kompositisolatorer, men vanligast förekommande är:

- En extruderad glasfiberarmerad stång. För stödisolatorer med extra höga krav på böjkrifter kan glasfibrer i vissa fall lindas runt stången för att öka böjstyvheten.
- Armaturer i galvaniserat stål vilka mekaniskt kläms fast i ändarna av stången. Utformningen av armaturerna anpassas i många fall även för att styra det elektriska fältet.

Ett skyddande hölje med integrerade isolatorskärmar som oftast består av silikon- eller EPDM-gummi. Höljet appliceras vanligen genom formsprutning, extrudering eller värmekrympning.

3.1 HISTORISKA FEL PÅ KOMPOSITISOLATORER

Historiskt har kompositisolatorn gått igenom flera utvecklingsstadier. Några av de klassiska feltyperna är listade nedan [8]:

- Uppkomst av kolbanor och erosion i höljet.
- Att stängen "glider" ur armaturen.
- Sprickbildning i stängen p.g.a. felaktig tillverkningsteknik.
- Vidhäftningsproblem och nedbrytning av material i gränsskikten mellan olika material.
- Sprödbrott på stängen, p.g.a. vattenpenetration genom höljet.

Ovan nämnda feltyper har alla identifierats och succesivt åtgärdats sedan den första generationen kompositisolatorer introducerades för mer än 40 år sedan. Den växande marknaden, med ett stort antal nya tillverkare och ökande produktionskvantiteter, har dock medfört att problem vilka tidigare betraktades som lösta förekommer på nytt igen.

Kompositisolatorer marknadsfördes inledningsvis felaktigt som extremt robusta och "vandalsäkra" eftersom de på grund av gummihöljet bland annat ansågs mindre känsliga för mekaniska stötar än isolatorer av glas eller porslin. Felaktig hantering vid transport eller installation kan dock skada såväl det skyddande gummihöljet som de inre lastbärande delarna. Skador på höljet kan typiskt uppstå till följd av kontakt med vassa föremål, nötning från rep eller att montörer klättrar på isolatorn. Den lastbärande stängen kan t.ex. skadas genom torsions-, böj- eller tryckpåkänningar i samband med installation. Sådana skador är inte nödvändigtvis synliga från utsidan, men kan med tiden leda till både mekaniska och elektriska haverier. För att undvika skador vid hantering och installation krävs utbildning av montörer.

Stöd för grundläggande krav på kompositisolatorer ges av internationella standarder som t.ex. IEC 61109 [9] och IEC 61952 [10]. Dokumenten skall revideras vid behov, men uppdateringen släpar av naturliga skäl alltid efter den senaste publicerade informationen. Många nätägare saknar dessutom mer detaljerade kravspecifikationer för isolatorer och förlitar sig helt på att det är tillräckligt att referera till olika standarder. På grund av dessa brister i den tekniska kravställningen och en kraftig fokusering på lägsta inköpspris installeras därför i vissa fall undermåliga produkter. Viss statistik över inträffade haverier presenteras i [11].

3.2 SVAR PÅ ENKÄTEN GÄLLANDE KOMPOSITISOLATORER

Från svaren på den utskickade enkäten framkommer att en av de deltagande nätägarna har en egen kravspecifikation vid inköp av kompositisolatorer, en kräver att gällande standarder är uppfyllda och en kräver att leverantören har godkända produkter. Ingen av de svarande känner till att det inträffat några haverier av kompositisolatorer i deras nät.

3.3 MINSTA NIVÅ AV DOKUMENTATION FÖR GOD DOKUMENTATION EFTER HAVERI

På liknande sätt som för kabelavslut beskrivs nedan först krav på en lägsta nivå av information för att uppnå en användbar grad av dokumentation (sektion 3.3.1) och därefter krav för en mer detaljerad haveriundersökning (sektion 3.3.2).

Ett förslag till mall vid dokumentation av haverier av kompositisolatorer finns i Appendix B. Den första sidan i mallen motsvarar Nivå 1 och övriga sidor Nivå 2.

3.3.1 Nivå 1 – Grundläggande information

Innan demontage av en havererad isolator påbörjas skall utförandet dokumenteras med hjälp av fotografier och kontroll av eventuella fysiska mått som inte kan verifieras senare. Fotografierna bör tas för att återge följande:

- översikt över isolatorer i samtliga faser där även felställets läge framgår,
- detaljer kring felstället
- isolatorkonfiguration (I-kedja, V-kedja, etc.) och den havererade isolatorns riktning
- position av förekommande fältstyrande ringar

Sådana bilder kan vara ovärderliga för den fortsatta undersökningen då det ger möjlighet att i efterhand t.ex. kontrollera olika delars inbördes positioner och montage. Positioner och avstånd dokumenteras enklast genom att vid fotografering placera en centimeterstock längs med isolatorn eller i dess närhet. Detta ger betraktaren av bilden en god uppfattning om avstånd mellan olika delar. Om det finns ritningar eller montageanvisningar som föreskriver specifika mått, t.ex. läge av fältstyrande ring relativt armatur, bör detta kontrolleras.

Ytterligare information som är nödvändig för dokumentationen, men som går att inhämta efter demontaget, är:

- tillverkare,
- typ och konfiguration,
- spänningsnivå,
- mekanisk klass,
- tillverkarbeteckning,
- serienummer,
- tillverkningsår,
- plats (littera, fas och geografiskt läge),
- utseende,
- tidpunkt,
- driftförhållanden (prov- eller normaldrift, onormala väderförhållanden, etc.),
- nätägare, och
- ytterligare detaljbilder på isolator och felställe.

Grundläggande information om tillverkare, typ, spänningsnivå, tillverkningsår, serienummer etc. är nödvändig för att kunna identifiera likheter mellan olika haverier med avseende på specifika produkter. Informationen gör det möjligt att t.ex. upptäcka problem med vissa tillverkningssatser. Tidpunkten ska antecknas för att kunna särskilja olika haverier och ge möjlighet till jämförelse med data

avseende driftsförhållanden (t.ex. väder och förekomst av kopplingar etc.) i samband med haveriet. Dokumentation av platsen för haveriet är nödvändig för att särskilja olika haverier samtidigt som det ger möjlighet att knyta händelsen till specifika applikationer. Informationen om plats är även av vikt då vissa geografiska områden och tillämpningar kan vara utsatta för förhöjda eller specifika påkänningar.

Om det finns en misstänkt trolig felorsak så bör denna givetvis noteras, t.ex. skada härrörande från montage eller avsaknad/felaktigt placerad fältstyrande ring. Observationer rörande speciella förutsättningar eller förhållanden bör också antecknas.

Den demonterade isolatorn kan med fördel placeras och sparas i en försluten behållare för att möjliggöra en framtida grundorsaksanalys. I dessa fall ska det även framgå av dokumentationen var objektet förvaras.

3.3.2 Nivå 2 – Fördjupade utredningar

För en mer grundlig utredning är det nödvändigt att samla in information om driftförhållanden före och under haveriet som inte inkluderas i den grundläggande delen. I detta ingår flera olika typer av information såsom:

- driftspänning,
- tidpunkt för installation,
- förekomst och typ av fältstyrande ringar,
- ritningar,
- installationsanvisning,
- provrapporter,
- kopplingar i samband med haveri,
- väderdata,
- typ och avstånd till huvudsaklig smutskälla,
- resultat av hydrofobicitetsmätning, och
- resultat av smutsmätning (på isolatorskärmar).

Ovanstående information kan i huvudsak hämtas från dokumentation av anläggningen och driftsystem. Information angående genomförda typprov kräver dock ofta kontakt med leverantörer.

I tillägg till ovanstående bör förhållanden på isolationsplatsen beskrivas. Detta innefattar t.ex. speciella förhållanden avseende mekanisk belastning, åskskydd, fasavstånd, tillsatsvikter, etc.

En eventuell grundorsaksanalys skall utföras i en ren och torr miljö. Eftersom denna typ av undersökning normalt är förstörande är det viktigt att den utförs systematiskt, steg för steg, med noggrann granskning och dokumenterande bilder. En detaljerad procedur för hur en haveriutredning går till finns presenterad i IEEE standard 1511 [7].

4 Diskussion

En viktig del i arbetet med att minimera risken för framtida driftstörningar är att ta tillvara information från de störningar som inträffar och använda denna för att vidta förebyggande åtgärder. Dokumentation av haverier av olika typer av produkter ger i detta sammanhang ett mycket värdefullt underlag för dialoger med tillverkare, leverantörer och entreprenörer.

För att ta tillvara potentialen hos sådan information från haverier, insamlad av ett stort antal användare och dokumenterad på ett standardiserat sätt, bör haverirapporterna eller åtminstone delar av innehållet, samlas på en gemensam plattform (exempelvis i Darwin). Dokumentationen bör i detta fall lagras på ett sätt som möjliggör olika typer av filtrering av information. Insamlingen ger dels möjlighet till analys och identifiering av eventuella mönster utgående från ett större underlag, dels möjlighet delat dela information och lära från andras misstag. En förbättrad dokumentation av haverier och spridning av resultat bör ge nätägare möjlighet att förbättra både kravspecifikationer och rutiner vad gäller inköp, hantering, installation och underhåll; allt med syfte att minska risken för framtida haverier.

De två föreslagna standardiserade haveridokumenterna för kabelavslut (Appendix A) och kompositisolatorer (Appendix B), är utformade med avsikt att vara enkla att fylla i och samtidigt utgöra ett konkret stöd till personen som skall utföra arbetet. Uppgifterna som efterfrågas på första sidan i båda dokumenten, vilket motsvarar minimikravet på dokumentation av ett haveri, bör gå att finna direkt på platsen för installationen. Efterföljande sidor är avsedda att ge mer information om haveriet och yttre omständigheter. Denna information är av speciell vikt om orsaken till haveriet bedöms som osäker och/eller en mer djupgående analys skall genomföras. Om det inte går att fastställa någon trolig felorsak rekommenderas alltid en grundorsaksanalys. Resultatet av denna bör givetvis dokumenteras tillsammans med övriga underlag.

Sökord

Standardiserad haveridokumentation, kabelavslut, kompositisolator

Referenser

- [1] E-mail utskickat av Kristofer Andersson, Göteborgs Energi, 2019-10-21.
- [2] CIGRÉ TB 379, "Update of Service Experience of HV Underground and Cable Systems", April 2009.
- [3] EPRI Green Book, "Underground Transmission Systems Reference Book", 2006 Edition, Mars 2007.
- [4] 3M Handbook, "Power Cable Splicing and Terminating Guide – Quality Workmanship that Lasts", 2018.
- [5] Elforsk rapport 07:59, "Tillförlitlighetsdata på komponentnivå för eldistributionsnät", september 2007.
- [6] Andreas Dernfalk, "Sammanställning av haveriundersökningar av kablar och tillbehör", STRI rapport R12-825, 2012.
- [7] IEEE Standard 1511-2004, "IEEE Guide for Investigating and Analyzing Power Cable, Joint, and Termination Failures on Systems Rated 5 kV through 46 kV", Reaffirmed 2010.
- [8] EPRI Violet Book, "Insulator Reference Book", december 2017.
- [9] IEC Standard 61109 Ed. 2, "Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria", Edition 2.0, maj 2008.
- [10] IEC Standard 61952 Ed. 2.0, "Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for A.C. systems with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria", Edition 2.0, maj 2008.
- [11] CIGRÉ TB 481, "Guide for the Assessment of Composite Insulators in the Laboratory after their Removal from Service", december 2011.

STANDARDISERADE HAVERI- UTREDNINGAR

Haverier kan leda till långa avbrott och stora konsekvenser. Det är därför viktigt att dra lärdom av de haverier som eventuellt inträffar för att undvika samma typ av fel i framtiden.

Här har mallar skapats för att nätbolagen ska kunna göra standardiserade haveriutredningar. Tanken är att alla bolag som råkar ut för ett haveri ska samla in samma typ av information så att det blir möjligt att söka exempelvis på tillverkare, spänningsnivåer, geografiska positioner och närhet till omriktare vilket innebär helt nya möjligheter att göra en djupare analys. I förlängningen kan kraven på vissa produkter också skärpas.

Rapporten innehåller två standardiserade dokumentationer som nätägare kan använda sig av, en för kabelavslut och en för kompositisolatorer. Varje haveridokumentation är uppbyggd i två nivåer, en enklare nivå som en linjemontör fyller i direkt på plats och en lite mer detaljerad som underhållsavdelningen kan arbeta med i efterhand.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se