



Förstudie Vägval inom programmet Risk- och Tillförlitlighetsanalys.

Elforsk rapport 10:80



Dag Holmberg, Lennart Klerdal

September 2010

ELFORSK

Förstudie Vägval inom programmet Risk- och Tillförlitlighetsanalys.

Elforsk rapport 10:80

Förord

Under 2010 avslutar Elforsks FoU program Riskanalys 06-10. Som ett led i att formulera en eventuell fortsättning inom risk- och tillförlitlighetsanalys har programmets styrgrupp beslutat att görs en förstudie som skall peka ut inriktningen och ge förslag på vägval i fortsättningen. En väsentlig del i förstudien är, förutom uppnådda resultat i det pågående programmet, en internationell omvärldsanalys inom risk och tillförlitlighet. Författarna har också intervjuat personer inom elnätbranschen, inom Elmarknadsinspektionen samt forskare inom Kungliga Tekniska Högskolan. Tillsammans med författarnas egna erfarenheter utgör dessa tre källor (kunskap från det pågående programmet, omvärldsanalysen och intervjuerna) grunden för analysen om ett eventuellt fortsatt Riskanalysprogram i Elforsks regi.

Tillsammans med omvärldsanalysen (Elforsk rapport nr 10:81) dokumenterar denna rapport resultatet av förstudien.

Programmets styrgrupp består av följande ledamöter:

Arne Bergström, Vattenfall Eldistribution AB

Horst Blüchert, Elsäkerhetsverket

Mikael Bohjort, E.ON Elnät Sverige AB

Leif Boström, Fortum Distribution

Håkan Jarer, Svenska Kraftnät

Sven-Åke Polfjärd, Föreningen Industriell Elteknik, FIE

Sven Jansson, Elforsk AB

Bertil Wahlund, Elforsk AB.

Finansiärer i programmet är:

Vattenfall Eldistribution AB

E.ON Elnät Sverige AB

Fortum Distribution AB

Svenska Kraftnät

Göteborg Energi AB

Skellefteå Kraft AB

Mälarenergi Elnät AB

Tekniska Verken i Linköping AB

Öresundskraft AB

Jämtkraft AB

Umeå Energi Elnät AB

Jönköping Energi Nät AB

Eskilstuna Energi & Miljö AB

Gävle Energi AB

Energiverken i Halmstad

Sundsvall Elnät AB

Växjö Energi Elnät AB

Borlänge Energi AB

Nacka Energi AB

Föreningen Industriell Elteknik, FIE

Elsäkerhetsverket

Lunds Energi AB.

Projektet har genomförts av Dag Holmberg och Lennart Klerdal.

Sammanfattning

Elforsk har under åren 2005 till 2010 bedrivit ett forsknings- och utvecklingsprogram, nr 3974, med rubriken "Riskanalys, som verktyg för utveckling, drift och underhåll av elnät för 0.4 till 145 kV". En utvärdering har genomförts. Programmet har uppnått goda resultat, speciellt har en riskanalysmetod tagits fram, som ligger till grund för den metod som nu används av elnätsföretagen vid riskredovisning till Energimarknadsinspektionen.

Den nya nätreglering som införs från 2012 kommer sannolikt att betyda ökad användning av risk- och tillförlitlighetsanalysen, så området bedöms få ökad betydelse.

Utformning av programmet, med både forskning på KTH och utvecklingsprojekt utförda av seniora konsulter och post doc. uppdrag, har varit lyckosam. Även den nya perioden bör utformas på liknande sätt.

Fokus för den nya perioden bör emellertid vara mer på "optimering med avseende på risker i elnät" än "Nätanalys med avseende på riskanalys", så som varit fallet för första perioden. Vidare föreslås det nya programmet innefatta nät med alla spänningar, det vill säga att till skillnad från det tidigare programmet ingår även stamnätspänningarna 220 och 400 kV.

Programmets storlek föreslås till 3,5 Mkr/år i 5 år, d.v.s. i samma storleksordning som första perioden(2005-2010).

Summary

Elforsk has, during 2005 to 2010 conducted a research and development program, project number 3974, with the subject "Reliability Analysis as a Tool for Development of Operation and Maintenance of Electrical Networks from 0,4 kV to 145 kV". An evaluation of the program has been made. The program has achieved good results, especially can be mentioned that a method for reliability analysis of electricity networks has been developed which is now used for reporting to the regulator of electricity network companies.

The new regulation of electricity network business from 2012 will also increase the importance of reliability analysis. The program has consisted of a mixture of research at KTH (Royal Institute of Technology) and development projects conducted by senior consultants or as post doc projects. This has lead to a very good dialog between researchers, senior consultants and network companies. It is recommended that a possible continuation of the program should have the same mixture between research and development projects as the previous period.

Focus for the new period should be "Optimization with regard to reliability in the networks" rather than "Network analysis with regard to reliability analysis" which was the focus for the previous period. We also propose that all network voltages including the transmission line voltages of 220 kV and 400 kV are included in the new risk analysis program.

It is proposed that the program should continue for a new 5 years period with the same economic frame as the previous period, i.e. 3,5 MSEK/year.

Innehåll

1	Bakgrund	1
2	Mål med förstudieprojektet	2
3	Vision för risk- och tillförlitlighets-analysprogrammet	3
4	Förändrad elnätsreglering från år 2012	4
5	Samhällsnytta med risk- och tillförlitlighetsanalyser av elnät	5
6	Omvärldsanalys inom riskanalys	6
6.1	Sammanfattning av projektet omvärldsanalys	6
6.2	Tillämpningar hos elnätföretag	6
6.3	Tillämpning av reglermyndigheter i Europa.....	7
6.4	Aktuell forskning och utveckling	7
7	Uppnådda resultat i det pågående riskanalysprogrammet	8
7.1	Nätanalys med avseende på risker, verktyg för att testa fysiska elnät	9
7.2	Optimering med avseende på risker i elnät.....	10
7.3	Övriga områden	11
8	Förslag på fortsättning av programmet för risk- och tillförlitlighetsanalys	12
8.1	Viktiga utvecklingsområden i ett kommande program	12
8.1.1	Fortsatt satsning på forskning inom risk- och tillförlitlighetsmetoder	14
8.1.2	Av KTH föreslagna forskningsprojekt.....	14
8.1.3	Prioritering av forskningsprojekten.....	15
8.1.4	Förslag på prioriterade forskningsprojekt	16
8.2	Programmets storlek och fördelning av resurserna	17
8.3	Frågeställningar som hamnar utanför det föreslagna programmet.....	17
8.4	Förslag på styrgruppens arbetssätt	17

1 Bakgrund

Elforsk har under åren 2005 till 2010 bedrivit ett forsknings- och utvecklingsprogram nr 3974 med rubriken **Risikanalys som verktyg för utveckling, drift och underhåll av elnät för 0,4 till 145 kV**. Då programmet startades var begreppet Riskanalys och metodiken inom området endast välkänt hos ett fåtal av eldistributionsföretagen. Inom utvecklings-programmet har metoder för riskbedömning utvecklats som idag används av flera elnätföretag. Tillförlitlighetsdata för distributionsnät har fått en väl genomarbetad uppdatering. Kompetensnivån hos elnätföretagen som deltagit i programmet Riskanalys har höjts väsentligt. En forskargrupp har bildats på KTH med kompetens inom risk- och tillförlitlighetsmetoder för elnät. Två doktorandprojekt bedrivs inom projektets ram och kommer att leda till doktorsavhandlingar under år 2010-2011.

I slutet av år 2009 genomfördes en utvärdering av programmet Riskanalys som konstaterade att programinnehållet har varit relevant och i linje med programmets mål. Programmet har till en del blivit rätt så brett och möjligen en aning "spretigt", såsom är naturligt när man söker sig fram inom ett delvis nytt ämnesområde. Utvärderingsrapporten rekommenderade därför att en förstudie genomförs inför en eventuell fortsättning av riskanalysprogrammet efter år 2010. Målet med förstudien är att rekommendera inom vilka områden som en fortsättning av Riskanalysprogrammet bör fokusera, samt diskutera balansen mellan forskning och utveckling i ett fortsatt program.

Denna rapport utgör förstudien och avser att utgöra ett vägval inom området Riskanalys.

2 Mål med förstudieprojektet

Målet med förstudieprojektet Vägval är att peka ut inriktningen och ge förslag till stomme och prioriteringar i ett fortsatt forsknings- och utvecklingsprogram inom området risk- och tillförlitlighetsanalys.

3 Vision för risk- och tillförlitlighetsanalysprogrammet

Visionen med risk- och tillförlitlighetsanalysprogrammet är att utforma och vidareutveckla vetenskapliga metoder och verktyg som på ett enkelt sätt kan användas både av elnätföretagen och Energimarknadsinspektionen. Metoderna ska vara tillämpliga inom såväl utbyggnadsplanering, nätförnyelse, driftplanering som underhållsplanering. Slutmålet är att metodiken inordnas i ett asset managementkoncept baserat på risk- och tillförlitlighetsanalyser.

4 Förändrad elnätsreglering från år 2012

Sverige kommer att från och med 2012 gå över till ex antereglering av elnätsverksamheten. Elnät är naturliga monopol som regleras av Energimarknadsinspektionen. Dagens reglering är av typ ex post, det vill säga tariffen granskas i efterhand. Detta kommer alltså att ändras från 2012 då Sverige anpassar sig till gällande EU-direktiv. Det innebär så kallad ex antereglering, det vill säga förhandsgranskning av tariffer och investeringsplaner. Reglerperioden kommer att vara fyra år, den första från 2012 till 2015 med en ny fyraårsperiod från 2016. Inspektionen kommer att ha med leverans kvalitet som en del i regleringen. För den första perioden kommer inriktningen att vara:

- Kvalitetsregleringen kommer inte att utgå från samhällsekonomiskt optimala nivåer för respektive nätföretag utan från historiska utfall.
- Kvaliteten skall inte försämrats från dagens nivå.
- Incitament för förbättring av kvaliteten.

Kvalitetsindikatorer för första perioden kommer att vara medelavbrottstiden SAIDI (System Average Interruption Duration Index) och medelavbrottsfrekvensen SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Dessa index har använts tidigare av inspektionen. För den nya perioden från 2016 har Elmarknadsinspektionen ambitionen att utveckla kvalitetsregleringen och inkludera kopplingar till samhällsekonomiskt optimala tillförlitlighetsnivåer.

I det underlag som elnätföretagen ska lämna till inspektionen inför en ny reglerperiod skall en investeringsplan för de kommande fyra åren lämnas. En riskanalys ska lämnas varje år till inspektionen. Detta innebär sålunda en stor förändring för elnätföretagen och kommer att innebära behov av ökad kompetens inom området risk- och tillförlitlighetsanalys.

5 Samhällsnytta med risk- och tillförlitlighetsanalyser av elnät

Det moderna samhället är helt beroende av en säker och tillförlitlig elkraftförsörjning. Förutom de uppenbara behoven inom industri, delar av transportsektorn och uppvärmningssystemen är säker elförsörjning fundamental för alla hjälpsystem, det må gälla telekommunikationer, datorkraft, signalsystem och så vidare. Ny teknik och metoder för effektivare elförsörjning med bibehållen eller ökad driftsäkerhet är alltså fundamental för samhällets stabila utveckling. Metoder för risk- och tillförlitlighetsanalyser är viktiga verktyg för att uppnå en effektiv och trygg elförsörjning i framtiden.

Ur ett nationalekonomiskt perspektiv och för att hantera sårbarheten hos samhällets olika funktioner behöver Sverige även fortsättningsvis arbeta för att vidmakthålla ett starkt överföringssystem för elkraft. Orkanen Gudrun visade att överföringssystemen för lägre spänningar var störningskänsliga. Mycket arbete har under de senaste fem åren lagts ner på att förbättra elnäten. Mycket återstår ännu att göra nu när de mest uppenbara åtgärderna har vidtagits. I framtiden blir det allt viktigare att med hjälp av risk- och tillförlitlighetsanalyser rikta investeringarna till de mest optimala åtgärderna i elnäten.

6 Omvärldsanalys inom riskanalys

6.1 Sammanfattning av projektet omvärldsanalys

Ying He på Vattenfall Research and Development har genomfört en studie hur risk- och tillförlitlighetsanalyser används i andra länder. För en fullständig redovisning av omvärldsanalysen hänvisas till Elforsks rapport nr 10:81.

Sammanfattningsvis kan sägas att risk- och tillförlitlighetsanalys används av elnätföretag i de undersökta länderna. Området har fått ökad betydelse i de flesta länder, inte minst på grund av reglermyndigheternas införande av kvalitetsreglering. En liknande utveckling är på väg i Sverige. Vår bedömning är att Sverige har en del att lära från internationell forskning och utveckling. Enbart detta faktum motiverar en fortsättning av programmet Riskanalys.

Genom att utnyttjandet av elnäten blir alltmer ansträngt och näten i vissa fall mer belastade än vad som ursprungligen var beräknat, samtidigt som kundkraven på en säker elförsörjning ökar, har riskanalysen i flera länder fått en ökad betydelse både ur elnätföretagens perspektiv och i samhällets tjänst.

Risk- och tillförlitlighetsanalys används för att hantera osäkerhet, tillförlitlighet och riskvärdering inom planering, design, drift, underhåll och asset management av elnät. Metoderna varierar men risk- och tillförlitlighetsanalys används flitigt i de undersökta länderna, framför allt av de större företagen.

6.2 Tillämpningar hos elnätföretag

Det förekommer ett antal olika tillämpningar, metoder, teknik och verktyg för risk- och tillförlitlighetsanalys i olika länder. Sammanfattningsvis kan sägas att:

- Användningen av risk- och tillförlitlighetsanalys varierar mellan länderna och mellan olika organisationer. Naturligt är att de största företagen kommit längst i respektive land. Några företag använder risk- och tillförlitlighetsanalys på en avancerad matematisk nivå och använder det rutinmässigt i nätplaneringsprocessen och som beslutsstöd på företagsledningsnivå.
- Risk- och tillförlitlighetsanalys har använts som ett viktigt beslutsstöd för nätplanerare, driftpersonal och företagsledning i asset managementprocessen, huvudsakligen i optimeringssyfte och för att jämföra olika investeringsalternativ.

- Risk- och tillförlitlighetsanalys används normalt för att jämföra risknivåer, tillförlitlighetsindex och investeringsalternativ i samband med nätförstärkning, expansion eller ombyggnad av elnäten.
- I nätplaneringen har sedan länge använts risk- och tillförlitlighetsanalys hos de större företagen.
- I många tillämpningar runt om i världen har risk- och tillförlitlighetsanalys visat sig kostnadseffektivt och värdefullt i nätplaneringsprocessen och mer generellt inom asset management.

6.3 Tillämpning av reglermyndigheter i Europa

Generellt i Europa strävar nätmyndigheterna att öka tillförlitligheten av elleveranserna genom olika former av böter/bonus-system. Metoderna varierar men refereras ofta till i form av orden "continuity indicators" eller "reliability indices". Exempel på dessa begrepp är de i Sverige använda SAIFI, SAIDI och ENS.

De flesta europeiska länder samlar in någon form av tillgänglighetsdata. Följande lista på länder visar hur allmänt det är att nätmyndigheten begär in tillförlitlighetsdata:
Österrike, Belgien, Danmark, Tjeckien, Estland, Finland, Frankrike, Storbritannien, Grekland, Ungern, Italien, Irland, Lettland, Litauen, Norge, Polen, Portugal, Slovenien, Spanien, Nederländerna och numera även Sverige.

6.4 Aktuell forskning och utveckling

Risk- och tillförlitlighetsanalys är ett aktivt forsknings- och utvecklingsområde internationellt. Nät företag och universitet söker effektiva metoder för risk- och tillförlitlighetsanalys. Nät företagen använder alltmer sofistikerade metoder i sina analyser och i sin planering genom att använda programvara för risk- och tillförlitlighetsanalyser.

Avsevärda forskningsresurser fokuserar på:

- Utveckling av tillförlitlighetsmodeller
- Metodutveckling för risk- och tillförlitlighetsbedömning
- Implementering av risk- och tillförlitlighetsmetoder

7 Uppnådda resultat i det pågående riskanalysprogrammet

Det viktigaste resultatet av det pågående riskanalysprogrammet är den kompetenshöjning som skett såväl inom elnätföretagen som inom olika forskargrupper på KTH. Flera seminarier har anordnats för att sprida kunskap i branschen.

Övriga viktiga resultat från det pågående programmet är:

- En metod för riskbedömning av lokalnät (Elforsk rapport 07:58). Rapporten ligger till grund för Svensk Energis och Energimarknadsinspektionens arbete med att ta fram riktlinjer för riskanalys av elnät.
- En tillförlitlighetsdatabas för apparater i lokalnät har tagits fram (Elforsk rapport nr 07:59 och 10:33). Tidigare har detta saknats i Sverige.
- En metod för analys av tillförlitligheten hos drift- och övervakningssystem. Dessa system kommer att bli allt viktigare i ett framtida elkraftnät, som förväntas bli alltmer komplext på grund av till exempel distribuerad produktion och införande av så kallade smart grids.

Det pågående programmet för riskanalys har följande struktur:

Nätanalys med avseende på risker, verktyg för att testa fysiska elnät

Effektivisera nätanalys

Effektivisera riskanalys för eldistributionsnät

Effektivisera med hjälp av benchmarking

Beskriva tillgänglighet i delar av elnät

Optimering med avseende på risker i elnät

Identifiera och rangordna åtgärdsbehov

Välja optimala åtgärder

Optimera genomförandet av åtgärder

Utveckla och optimera system för tekniska lösningar

Utveckla företagsövergripande strategi för utveckling, drift och underhåll

Optimera intervallerna mellan åtgärderna vid förebyggande underhåll (tillståndsbaserat eller planerat)

I nästa avsnitt följer en genomgång av vilka rapporter som i huvudsak behandlat ett eller flera av ovanstående rubriker. Respektive områdes betydelse i ett fortsatt risk- och tillförlitlighetsprogram kommenteras också.

7.1 Nätanalys med avseende på risker, verktyg för att testa fysiska elnät

Rubrikerna "*Effektivisera nätanalys*" och "*Effektivisera riskanalys för eldistributionsnät*" har helt naturligt haft störst fokus i det pågående programmet och det är också där som de största framstegen har uppnåtts. Områdena har behandlats utförligt i följande Elforskrapporter:

07:58 Riskanalysmetoder för kartläggning och reduktion av risker i elnät

10:10 Beslutsmetoder för elnätinvesteringar

08:02 Inventering och redovisning av riskanalystillämpningar i nätplaneringsprocessen

09:32 Utveckling av metod inklusive verktygsstöd för värdering av säkerhetsnivån i driftstödsystem.

Dessutom behandlas området i Karin Alvehags licentiatavhandling *Impact of Dependencies in Risk Assessments of Power Distribution Systems*.

Sammanfattningsvis har dessa två områden (*Effektivisera nätanalys*" och "*Effektivisera riskanalys för eldistributionsnät*") behandlats väl och lett fram till metodval inom området riskbedömning (risk assessment). En god grund är lagd inom området och metoden används redan av en del elnätföretag. Den valda metoden bygger på ett resonemangsförfarande medan de matematiska verktygen för en mer objektiv riskanalys ännu saknas.

Rubriken *Effektivisera med hjälp av benchmarking* har inte behandlats i någon rapport.

Rubriken *Beskriva tillgänglighet i delar av elnät* har behandlats i följande rapporter:

07:59 Distribution Equipment Reliability Data, Tillförlitlighetsdata på komponentnivå för eldistributionsnät

10:33 Study and Analysis of Distribution Equipment Reliability Data, Datastudier och analys av tillförlitlighetsdata på komponentnivå för eldistributionsnät del 2.

06:46 Livslängdsfördelningar för krafttransformatorer, Tillämpning av Bayesiansk metodik.

Tillgängligheten i elnät vid olika extrema vädersituationer behandlas såväl i Carl Johan Wallnerströms som i Karin Alvehags doktorandprojekt. Dessutom forskar Carl Johan Wallnerström på frågor om årstidsoptimerat underhåll.

De två första rapporterna beskriver tillgängligheten på komponentnivå för eldistributionsnät. Det genomförda arbetet är gediget och är ett bra startpaket för att arbeta vidare med verklig analys av tillgänglighet och risker i eldistributionsnät. Vi anser att området tillförlitlighetsdata på komponentnivå för distributionsnät tills vidare är färdigutrett, och att nästa steg är ett pilotprojekt där användbarheten av databanken utvärderas i ett eller flera verkliga distributionsnät.

Tillförlitlighetsdata på regionnätnivå saknas, vilket bör tas upp i ett kommande program.

Rapporten om livslängdsfördelning av krafttransformatorer är i första hand att betrakta som en förstudie och ett försök att tillämpa mer akademiska metoder i frågan om teknisk livslängd för krafttransformatorer. Rapporten behandlar problematiken med att göra livslängds- och tillförlitlighetsanalyser när det statistiska underlaget är svagt och/eller populationen är liten. Ytterligare studier för att utreda möjliga sätt att modellera sambandet mellan komponentens åldring och livslängd behövs. Området är viktigt men vår bedömning är att det i nästa program finns mer angelägna områden att arbeta med.

7.2 Optimering med avseende på risker i elnät

Rubrikerna *Identifiera och rangordna åtgärdsbehov*, *Välja optimala åtgärder*, *Utveckla och optimera system för tekniska lösningar* samt *Optimera genomförandet av åtgärder* har inte behandlats i någon större utsträckning i det befintliga programmet, även om flera rapporter snuddar vid ämnet.

Rapporten 09:30 Optimalt gränssnitt mellan regionnät och lokalnät kan sorteras in under dessa rubriker. Den ger en färdig analys av det undersökta ämnet och kräver knappast en fortsättning.

Rubriken *Utveckla företagsövergripande strategi för utveckling, drift och underhåll* är både övergripande och utmanande. Vi förutser att under nästa programperiod kommer flertalet projekt att finnas inom rubrikens områden. I det pågående programmet har rubrikens områden behandlats i rapporten 09:31 Metodik för riskbaserad verifiering av ny teknik i elnät. Rapporten behandlar en begränsad del av strategiområdet, men är ändå en inbrytning inom området.

Rubriken *Optimera intervallerna mellan åtgärderna vid förebyggande underhåll (tillståndsbaserat eller planerat)* har inte behandlats i det pågående programmet. I Carl-Johan Wallnerströms doktorandprojekt ingår forskning som belyser rubrikens område. Fortsatt forskning inom detta område bör ske i samråd och samförstånd med Elforsks fortsatta Underhållsprogram.

7.3 Övriga områden

Följande projekt har inte grupperats in i ovanstående rubriker:

Projekt 31043, Syntes och synergi för effektiv riskanalys

Projekt 31044 Tillförlitlighetsrisker kopplade till åtgärder och nya komponenter i elkraftsystemet.

8 Förslag på fortsättning av programmet för risk- och tillförlitlighetsanalys

Det nuvarande risk- och tillförlitlighetsprogrammet har på ett lyckat sätt fördelat resurserna inom områdena forskning, utveckling och tillämpning. Vi anser därför att det nya programmet bör ha en liknande balans mellan de tre olika kategorierna av projekt. Vi föreslår att begränsningen till spänningsnivån 145 kV tas bort och att programmet sålunda omfattar alla spänningsnivåer [från 0,4 kV till 400 kV](#).

Energimarknadsinspektionens vidareutveckling av kvalitetskraven kommer att ställa större krav på kompetens inom risk- och tillförlitlighetsanalys inom elnätföretagen.

Ser man till den internationella utvecklingen är det sannolikt att tillförlitlighetsanalyser kommer att användas för investeringsplanering i större utsträckning i framtiden. Denna trend kommer säkert också att gälla i Sverige.

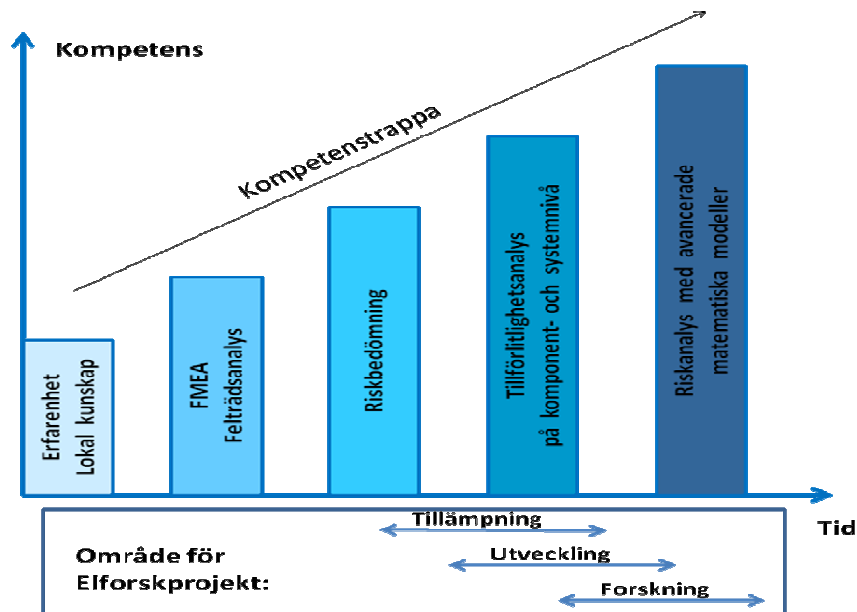
Medan det pågående programmet huvudsakligen har fokuserat på området **Nätanalys med avseende på riskanalys för att testa fysiska elnät** föreslår vi att det fortsatta programmet mer fokuserar på den andra huvudrubriken **Optimering med avseende på risker i elnät**. De mest väsentliga underrubrikerna är:

- Identifiera och rangordna åtgärdsbehov
- Välja optimala åtgärder

8.1 Viktiga utvecklingsområden i ett kommande program

Det pågående programmet har scannat av många av risk- och tillförlitlighetsanalysens områden. Framför allt har användbara resultat inom risk- och tillförlitlighets**bedömning** kommit fram. Det fortsatta programmet bör utveckla tillämpningarna av dessa utvecklingsprojekt, men i övrigt ha större fokus på matematiska metoder, det vill säga på risk- och tillförlitlighets**analys**.

Sett ur ett mer övergripande perspektiv kan följande figur illustrera utvecklingen av arbetsmetoder och analysverktyg inom riskanalysområdet:



I det fortsatta programmet anser vi att man tydligare ska fokusera på vissa områden, varav nedanstående genomgång ger exempel på väsentliga utvecklingsområden:

- **Pilotstudie hur tillförlitlighetsdata för distributionsnät kan tillämpas i nätprogram av typen Netbas, Power Grid och Tekla.**

I det nuvarande programmet har en tillförlitlighetsdatabas för distributionsnät tagits fram. Denna bör nu implementeras i några verkliga nät för att undersöka om den framtagna databasen är tillräcklig för att göra tillförlitlighetsanalyser vid investerings-planeringar. Likaså bör arbetsmetoden och tillämpbarheten dokumen-teras och rapporteras.

- **Regionnätetsdatabas**
Inom Svenska Kraftnät finns en tillförlitlighetsdatabas för transmissionsnätet och det nuvarande riskanalysprogrammet har tagit fram en databas för distributionsnät. Däremot saknas ännu en tillförlitlighetsdatabas för regionnät. En sådan databas bör tas fram.
- **Förvaltning och utveckling av tillförlitlighetsdata för distributionsnät och regionnät**
Den nyligen framtagna tillförlitlighetsdatabasen för distributionsnät liksom den föreslagna databasen för regionnät måste i framtiden förvaltas och utvecklas. Vi föreslår ett projekt för att finna formerna för förvaltning och utveckling.
- **Internationell bevakning av utveckling inom risk- och tillförlitlighetsmetodik**

Som en del av underlaget för denna rapport har en omvärldsanalys genomförts. I slutet av det nya programmens löptid bör en uppdatering av omvärldsanalysen genomföras.

8.1.1 Fortsatt satsning på forskning inom risk- och tillförlitlighetsmetoder

De svenska forskningsresurserna inom riskanalysområdet för elkraftsystem är koncentrerade till Kungliga Tekniska Högskolan. Tre forskargrupper arbetar inom ämnesområdet:

- **ETK/RCAM-gruppen** med 1 senior forskare, 1 gästforskare, för närvarande 3 doktorander och 1-3 examensarbetare. Föreståndare för gruppen är Patrik Hilber. Gruppens arbetsområde är komponent-tillförlitlighet och underhållsoptimering. Forskning om väderrelaterad komponent- och systemtillförlitlighet pågår också. För närvarande arbetar doktorand Carl-Johan Wallnerström för riskanalysprogrammet.
- **EPS** under ledning av professor Lennart Söder. Gruppen består av 8 doktorander varav endast en, Karin Alvehag, forskar inom området riskanalys. Gruppens forskningsområde är övergripande kraftsystem-frågor. Inom riskområdet behandlas konsekvenser av elavbrott och dess inverkan på utbyggnad och ekonomisk reglering. Nuvarande Risk-analysprogram finansierar Karin Alvehags doktorandprojekt (Methods for Risk Analysis in Power Distribution Networks).
- **ICS**, vars forskningsprogram är inriktat på att förstå IT-systemens inverkan på industriella verksamheter, i synnerhet kraftindustrin och dess processnära system (SCADA, automationssystem etc.). I nuvarande Riskanalysprogrammet har Mathias Ekstedt från denna grupp genomfört ett post doc-projekt avseende tillförlitlighetsanalyser av styr- och övervakningssystem (Elforsk rapport 09:32).

Hittills har de tre grupperna arbetat i stort sett oberoende av varandra. För närvarande pågår emellertid uppbyggnad av ett gemensamt kraftsystem-laboratorium. Detta innebär att man i framtiden avser att bedriva forskning som involverar såväl elkraftkomponenter som kraftsystem och styrsystem. Denna helhet kommer att få ökad betydelse i framtiden i och med smart grid-konceptet och distribuerad produktion blir mer allmänt i våra nät.

8.1.2 Av KTH föreslagna forskningsprojekt

I Elforskprojekt 31044 har Patrik Hilber sammanställt förslag till forsknings-projekt för de tre forskargrupper som presenterades ovan.

Följande är en sammanställning av rubrikerna. För detaljer om innehållet i respektive projektförslag hänvisas till Patrik Hilbers rapport:

Förslag på forskningsprojekt från ETK/RCAM gruppen:

- Enhetlig risk och tillgänglighetsanalys
- Medelvärden och oberoende händelser
- GIS, SCADA och riskanalys
- Relä konfiguration
- Nätverkskonfiguration och analys av värdet av fler brytpunkter
- Underhållsoptimering med avseende på risk

Förslag på forskningsprojekt från EPS gruppen:

- Lönsamma nätinvesteringar för olika utformningar av den framtida nätregleringen
- Riskanalysmetoder och dess koppling till nätreglering för elnät med stor andel distribuerad generering

Förslag på forskningsprojekt från ICS gruppen:

- Sårbarhetsuppskattningar av IT-komponenter
- Gemensam formalism för analys av primär- och sekundär(IT)-utrustning.
- Referensmodell för konsekvenser av riktade attacker
- Säker IT-systemsförvaltning
- Fortsatta tillförlitlighetsstudier av styr- och övervakningssystem

8.1.3 Prioritering av forskningsprojekten

Det föreslagna Riskanalysprogrammet ger ekonomiskt utrymme för ett begränsat antal projekt, en prioritering måste alltså göras. Vi anser att det dels finns projekt som bör startas upp snabbt, dels finns några forskningsprojekt som med fördel kan vänta en tid och kanske vänta in andra projekts avslut.

Inom några år (2016) kan vi förvänta oss en reglermodell som utgår från en ny typ av kvalitetsreglering, vars innehåll ännu inte är beslutad. Vi finner det angeläget att så fort som möjligt påbörja forskning för att i samarbete mellan reglermyndigheten, elnätbranschen och högskolan studera konsekvenserna av olika reglermodeller.

Vidare kommer våra elnät i samband med ett successivt införande av smart grids bli alltmer komplexa, även på distributionsnivå. Forskning inom styr- och övervakningssystem känns därför angelägen.

Några av de forskningsprojekt som föreslagits av EKT/RCAM gruppen anser vi vara angelägna, men passar bättre in i Elforsks underhållsprogram.

8.1.4 Förslag på prioriterade forskningsprojekt

Prioriterade projekt på **kort sikt** anser vi är:

Lönsamma nätinvesteringar för olika utformningar av den framtida nätregleringen.

En kvalitetsreglering som styr mot ett samhällsekonomiskt optimum kan vara utformad på flera olika sätt. Hur risktagandet, och därmed kostnader för ökad leverenssäkerhet, ska fördelas mellan kunder och nätägare är en frågeställning som kräver vidare utredning. Införandet av funktionskravet aktualiserar också en samhällsekonomisk analys och diskussion om valet mellan elnätinvesteringar eller reservkraft. För att studera dessa frågor närmare måste riskanalyser både ur nätägarens och samhällets perspektiv genomföras och jämföras.

Enhetlig risk och tillgänglighetsanalys

Att kombinera olika metoder som tidigare applicerats på olika delar av nätet (primär utrustning respektive styr/mät-utrustning) är ett aktuellt ämne. I dagsläget studeras primärutrustningen för sig och mät- och styrutrustning för sig. Detta är olyckligt då båda delarna är viktiga för att elkraftsystemet skall fungera. Denna koppling kommer rimligen i framtiden bli än mer viktig då det är rimligt att anta att än mer "smarta" delar kommer kopplas samman med primärutrustningen.

Fortsatta tillförlitlighetsstudier av styr- och övervakningssystem

De framtida elnäten med större inslag av smart grids-struktur och med distribuerad produktion kommer att vara mer komplicerade. Tillförlitligheten hos framtida styr- och övervakningssystem blir därför allt viktigare. Det nuvarande riskanalysprogrammet har visat på svårigheten att genomföra tillförlitlighetsanalyser av drift- och övervakningssystem. Den metod som tagits fram har av användarna uppfattats som svår och bör förtydligas och helst förenklas.

Bland prioriterade projekt på **längre sikt** vill vi framhålla:

Riskanalysmetoder och dessas koppling till nätreglering för elnät med stor andel distribuerad generering

Den ökade andelen vindkraft i distributions- och regionnäten kommer att medföra både ökade kostnader och vinster för nätägare, kunder och elproducenter. Hur mycket vindkraft som ansluts och hur kostnader och vinster ska fördelas mellan aktörerna kommer att avgöras av vilka regelverk som upprättas.

Eftersom både kvalitetsreglering och reglering av distribuerad generering kommer forma den framtida spelplanen för nätägarna krävs mer forskning kring de effekter som olika regelverk har på nätägarnas och kunders riskbild. Riskanalysmetoder som kan användas som hjälpmedel vid investeringsbeslut på denna framtida spelplan behöver utvecklas.

8.2 Programmet storlek och fördelning av resurserna

Det nuvarande programmet har resurser på 3,6 miljoner SEK per år. Vår bedömning är att nästa programavsnitt genom fokusering på ett fåtal nyckelområden bör kunna genomföras inom nivån 3,5 miljoner per år. Det räcker till 2 doktorandprojekt som löper över fem år, till Elforsks administrationsavgift samt till 3 – 4 utvecklingsprojekt per år.

8.3 Frågeställningar som hamnar utanför det föreslagna programmet

Ämnesområdet är stort och ordet risk innehåller många aspekter. I vårt förslag till program har vi prioriterat hårt och till exempel utelämnat frågor som rör:

- Beredskapsfrågor (förstörelse och sabotage av elkraftkomponenter med undantag av IT-system)
- Miljörisker
- Personsäkerhetsrisker
- Frågor som är direkt kopplade till smart grids

Vår bedömning är att dessa frågor utan tvekan är viktiga, men att de ställer andra krav på styrgruppens kompetens än vad som gäller för vårt föreslagna program.

8.4 Förslag på styrgruppens arbetssätt

Vi menar att styrgruppen bör bestå av 7-8 personer med god insikt och intresse för området risk- och tillförlitlighetsanalyser. Från finansierarna bör representanter för såväl elnätföretagen som myndigheter ingå.

Styrgruppen bör dedicera ett antal delområden inom risk- och tillförlitlighetsanalys som grund för projektförslag eller öppna call. Vi tror att det finns grund för en starkare innehållsstyrning av projekten i det nya programmet än vad som varit fallet i det pågående programmet.

Eftersom riskanalyskompetensen inom elnätsbranschen är relativt ny finns behov att öka antalet personer som är bärare av denna nya kompetens. Ett sätt är att styrgruppen pekar ut och finansierar ett

antal examensarbeten som utförs hos de tre forskargrupperna inom KTH i samarbete med ett eller flera elnätbolag. I sammanhanget vill vi gärna uppmärksamma den kurs i tillförlitlighetsteknik som ges av EKT/RCAM och som är öppen för deltagare från elnätbranschen.

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se