

Avancerad övervakning och feldiagnos

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT -
PROFIT**

Elforsk rapport 04:03

Avancerad övervakning och feldiagnos

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT –
PROFIT**

Elforsk rapport 04:03

Avancerad övervakning och feldiagnos

**Ett delprojekt inom PROcessFörankrad IT –
PROFIT**

Elforsk rapport 04:03



Förord

Kommunikationslösningar stödjer snart sagt varje verksamhetsprocess. Den snabba utvecklingen har naturligtvis också påverkat elkraftindustrin, men genomslaget tycks inte ha blivit lika genomgripande i underhållsprocesserna. En orsak till det är låg förnyelsetakt för anläggningstillgångar med stort bundet kapital. Även om ny teknik erbjuder "obegränsade" möjligheter gäller det att nyttja den på ett sätt som verkligen stödjer underhållsprocessen.

På uppdrag av ett antal nätbolag¹ och vattenkraftproducenter² har Elforsk därför låtit genomföra ”PROFIT – PROcessFörankrad IT”, ett projekt som undersökt möjligheter att skapa effektivare systemstöd för underhåll. Utgångspunkten har varit att utnyttja IT-lösningar som redan finns på marknaden. Projektet har undersökt fem områden i lika många delpjekt:

- *Avancerad övervakning och feldiagnos (Elforsk rapport 04:03)*
- *Trådlös kommunikation (Elforsk rapport 04:04)*
- *Kommunikation av drift- och underhållsdata över Internet (Elforsk rapport 04:05)*
- *Skydd vid ensamarbete (Elforsk rapport 04:06)*
- *Gränssnitt människa/teknik vid underhållsverksamhet (Elforsk rapport 04:07)*

PROFITs vision är att klokt nyttjande av IT inom elkraftindustrins underhållsprocesser kommer att öka utbytet från varje anläggning, förbättra personsäkerhet och arbetsmiljö samt skapa attraktiva arbetsuppgifter för en ny generation medarbetare. Målet är att skapa förutsättningar för detta genom att identifiera IT-lösningar som förbättrar arbetsprocesserna.

Som utgångspunkt för arbetet i de fem delpjekten har tänkta larmscenarior i vattenkraftverk och elnät studerats. I *Slutanalys och förslag till fortsatt insatser, Elforsk rapport 04:02* ställs resultaten från delpjekten samman och värderas. Där föreslås också fortsatta insatser för att driva de koncept som bedöms mest intressanta ur anläggningsägarens perspektiv, dvs i termer av ökat anläggningsutbyte och förbättrad personsäkerhet och arbetsmiljö, vidare mot implementering.

¹ Svenska Kraftnät, Vattenfall AB/ND, Sydkraft Elnät AB, Fortum Distribution AB, Gräninge Nät AB, Skellefteå Kraft AB, Jämtkraft AB, Mälarenergi Elnät AB, Göteborg Energi AB, Öresundskraft AB, Gävle Energi AB, Härnösand Elnät AB, Eskilstuna Energi & Miljö AB, C4 Elnät AB

² Vattenfall AB Vattenkraft, Fortum Generation AB, Sydkraft Vattenkraft AB, Gräninge Kraft AB, Skellefteå Kraft AB, Jämtkraft AB, Sollefteåforsens AB, Karlstads Energi AB, Gävle Energi AB, Öresundskraft AB

Genomförandet har skett i samverkan mellan Vattenfall Utveckling, Carl Bro Energikonsult och Fortum Teknik och Miljö. Verksamheten har letts av följande styrgrupp som bland annat har granskat och godkänt föreliggande rapport:

Jan Sundell, Vattenfall
Lennart Henriksson, Fortum Generation
Lars-Gunnar Vestman, Graning Kraft
Stefan Skarp, Skellefteå Kraft
Lars Wallin/Nils Lindén, Svenska Kraftnät
Göran Andersson, Öresundskraft

Stockholm februari 2004



Cristian Andersson
Elforsk AB

Sammanfattning

Avancerad Övervakning och Feldiagnos är ett delprojekt inom projektet PROcessFörankrad IT med uppgift att utreda tekniska och ekonomiska förutsättningar för avancerad övervakning och feldiagnos. Med detta avses tekniska system som i olika grad ska kunna ersätta mänskliga sinnen och slutledningsförmåga vid övervakning av anläggningar.

I förstudierapporten redovisas nya förutsättningar för driftövervakning genom att betrakta intressanta aktiviteter inom framför allt universitet och högskolor tillsammans med forskningsaktiviteter inom företag. Erfarenheter från andra branscher redovisas också tillsammans med några erfarenheter och insatser inom industri samt en handfull mer eller mindre kommersiella produkter och verktyg. Sensorer utgör en väsentlig informationskälla för de metoder som används för övervakning. Vanliga användningsområden och tänkbara användningsområden redovisas för de vanligaste teknikerna som förekommer liksom nya möjligheter med framtida sensorer.

Influensen på människans slutledningsförmåga i ett anläggningsperspektiv styrs av många faktorer i ett driftsystem vilket kan resultera i olämpliga åtgärder i en anläggning. Med ny teknik möjliggörs bättre information från larm, reducering av irrelevanta larm och införande av generella larmuppsättningar som alla minskar risken för stressade situationer. Sjävlärande system är komplicerade men ger också oanade fördelar för framtida övervakning i de flesta system. Alla system som införs behöver vettiga analysmetoder för att en övervakad signal som resulterar i ett larm hos användaren skall ge svar på de främsta frågorna om vad är det som är defekt, i hur hög grad är det defekt och hur mycket systemet påverkas.

Kostnader i samband med onödiga jourutryckningar har studerats från material inhämtat från Fortum, Sydkraft och Vattenfall. Det konstateras att kostnaderna direkt relaterade till jourutryckningarna vanligen är små och att underlag för beaktande av andra mycket viktiga faktorer inte gått att få fram. De viktigaste aspekterna förutom kostnaderna orsakade av onödiga jourutryckningar är riskerna med uteblivna larm vilket kan resultera i mycket höga kostnader till följd av haverier. Andra viktiga aspekter är miljö- och slitagevinster, personsäkerhet etc.

Avancerad övervakning utgör en grund för effektiv och kostnadsbesparande underhållsplanering. Sofistikerade övervakningssystem möjliggör alltifrån kortsiktigt underhåll till långsiktig planering med avseende på produktionsresultat. Långsiktig insamling av viktiga parametrar i databaser och intelligenta metoder möjliggör att systemet kan varna för begynnande fel istället för att utlösa akuta insatser.

Ett antal intressanta projektförslag redovisas i rapporten så som: "Oljenivå övervakning", "Gångtidsberäkning av störning mellan stationer", "Volymövervakning av regleroljesystem", "Övervakningsfunktion för nätbelastning" samt "Avancerad övervakning av generatorer".

Summary

Avancerad Övervakning och Feldiagnos (advanced monitoring and fault diagnosis) is a subproject within the project PROcessFörankrad IT (process based IT). The task is to investigate technical and economic prerequisites for advanced monitoring and fault diagnosis. The focus is on technical systems that to different degree can replace human senses and mimic the way humans draw conclusions on the status of the supervised process.

This pre-study report presents new possibilities for monitoring based on a survey of interesting work within the academic world together with research activities within companies. Experiences from the industry and other business sectors are presented. Furthermore, a handful of more or less commercial products and tools are presented. Sensors are essential sources of information for methods used for monitoring. Common and potential application areas are described for the most common monitoring techniques. Also, possibilities in the future with new kinds of sensors are presented.

The influence on the human analysis process in the context of monitoring of power system components depends on many factors within a system for operation. A false conclusion from these factors may result in improper actions in the power system. New technology provides better information on alarms and reduction of irrelevant alarms, as well as the introduction of general sets of alarms, that reduces the risk in situations of stress.

The costs associated with unnecessary emergency turnouts have been studied. Data from Fortum, Sydkraft and Vattenfall show that the costs directly associated with the turnouts are usually rather small. Documentation needed to determine the cost of other important actions has not been possible to produce. Except for the unnecessary turnouts, the important aspects are missing (failed) alarms, which might cause unnecessary breakdowns. This may lead to very high restoration costs. Other important aspects are environmental issues, wear down, personal safety etc.

Advanced monitoring and fault diagnosis provides the means for efficient and cost saving planning and performance of maintenance. Sophisticated monitoring systems support both short-term maintenance activities and long term planning considering the total production. With long term acquisition and storage of important parameters and intelligent methods to process the data the system could notify the user on evolving problems instead of initiating emergency actions.

Finally, based on the results from the pre-study, a number of interesting proposals on future work are presented in the report.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	3
1.1	ÖVERSIKT AV RAPPORTENS INNEHÅLL	3
1.2	BAKGRUND	3
1.3	MÅL.....	6
1.4	AVGRÄNSNINGAR.....	6
2	ÖVERVAKNING AV ANLÄGGNINGAR	7
2.1	PERIODISK ÖVERVAKNING.....	7
2.2	KONTINUERLIG ÖVERVAKNING	7
2.3	ANALYS	7
2.4	SCHEMALAGT OCH AVHJÄLPANDE UNDERHÅLL.....	7
3	BEFINTLIG FORSKNING OCH AKTIVITETER INOM ANDRA BRANSCHER.....	8
3.1	FORSKNING	8
3.2	BEVAKNING AV ANDRA BRANSCHER.....	11
4	BEFINTLIG OCH FRAMTIDA SENSORTEKNIK	15
4.1	BEFINTLIG SENSORTEKNIK	15
4.2	FRAMTIDENS SENSORTEKNIK	23
4.3	SAMMANFATTNING OCH KOMMENTARER.....	27
5	MÄNNISKANS SLUTLEDNINGSFÖRMÅGA I ETT ANLÄGGNINGSPERSPEKTIV....	28
5.1	BESKRIVNING AV NULÄGET	28
5.2	MÖJLIGHETER MED NY TEKNIK	29
5.3	GENERELLA LARMUPPSÄTTNINGAR OCH BENÄMNINGAR FÖR EN STATION/ AGGREGAT	30
5.4	ARTIFICIELL INTELLIGENS.....	31
5.5	SAMMANFATTNING AV ÖKADE MÖJLIGHETER FÖR DRIFTCENTRAL OCH JOURPERSONAL	32
6	ANALYSMETODER.....	33
6.1	MÖJLIGHETER MED AVANCERAD ÖVERVAKNING	33
6.2	TREND, STATUS, HAVERI OCH FALSKLARM.....	35
6.3	SYSTEMKONSTRUKTION.....	35
7	EKONOMISK POTENTIAL	37
7.1	ANTAGNA FÖRUTSÄTTNINGAR	37
7.2	STUDIE AV SYDKRAFTS ANLÄGGNINGAR I NORRLAND	37
7.3	MATERIAL FRÅN FORTUM	39
7.4	KOMMENTARER.....	39
8	UNDERHÅLLSPLANERING FRÅN AVANCERAD DRIFTÖVERVAKNING	40
8.1	DRIFTÖVERVAKNING MED LÅNGSIKTIGHET.....	40
8.2	LARM OCH INCIDENTNIVÅ	41
8.3	ÖVERVAKNINGSSYSTEMET OCH BEHOVEN	41
8.4	EN RISK OCH BELASTNING.....	42
9	FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE	44
9.1	OLJENIVÅÖVERVAKNING	44
9.2	GÅNGTIDSBERÄKNING AV STÖRNINGAR MELLAN STATIONER	44
9.3	VOLYMÖVERVAKNING AV REGLEROLJESYSTEM.....	44
9.4	ÖVERVAKNINGSFUNKTION FÖR NÄTBELASTNING.....	45
9.5	AVANCERAD ÖVERVAKNING AV GENERATORER	45

10	SAMMANFATTNING	46
11	REFERENSER	48

Bilagor

A SCENARIOS

1 Inledning

Avancerad övervakning och feldiagnos är ett delprojekt inom PROFIT – PROcessFörankrad IT. Delprojektet har som uppgift att utreda tekniska och ekonomiska förutsättningar för avancerad övervakning och feldiagnos. Med avancerad övervakning och feldiagnos avses tekniska system som i olika grad ska kunna ersätta mänskliga sinnen och slutledningsförmåga vid övervakning av anläggningar.

1.1 Översikt av rapportens innehåll

I förstudierapporten redovisas i kapitel 3 intressanta aktiviteter inom framför allt universitet och högskolor tillsammans med forskningsaktiviteter inom företag. I avsnittet bevakning av andra branscher redovisas några erfarenheter och insatser inom industri samt en handfull mer eller mindre kommersiella produkter och verktyg.

I kapitel 4 beskrivs de vanligaste teknikerna som används ute i anläggningarna idag, och till vad de utnyttjas, samt vad de kan tänkas utnyttjas till i framtiden, i kombination med programmerbara utrustningar.

I kapitel 5 överblickar människans slutledningsförmåga i ett anläggningsperspektiv sett ur dagens och framtidens synvinklar. Människans möjligheter att dra rätt slutsatser är också beroende av relationen människa-maskin vilket presenteras i ett annat delprojekt inom PROFIT.

I kapitel 6 diskuteras möjligheter till avancerad övervakning genom införandet av lämpliga analysmetoder.

I kapitel 7 redovisas kostnader i samband med jourutryckningar. Avsnittet behandlar i första hand kostnader relaterade till de jourutryckningar som skulle kunnat förhindras och tar inte hänsyn till andra mycket viktiga aspekter som miljö- och slitagevinster, personsäkerhet etc.

I kapitel 8 betraktar kort- och långsiktig underhållsplanering utifrån avancerad driftövervakning.

I kapitel 9 ges ett antal förslag till fortsatt arbete.

1.2 Bakgrund

1.2.1 Nya förutsättningar för driftövervakning

Många gånger görs utryckningar vid larm i anläggningar helt i onödan. Det beror ofta på felaktigt larm men även på att fel inte analyseras eller prioriteras på rätt sätt. Utryckningar i samband med felaktiga larm orsakar stora kostnader dels p.g.a. den tid de tar i anspråk men även för att personal är upptagen med felaktiga larm samtidigt som

verkliga larm får vänta. Ofta förekommande felaktiga larm medför även att verkliga larm riskeras att inte tas på det allvar som de kräver.

Krav på lägre kostnader inom elkraftindustrin gör att färre personer arbetar ute i anläggningarna vilket medför att den naturliga kännedomen om anläggningarna minskar. Den intuitiva känsla för fel som personal ute i anläggningarna ofta har försvinner. Ett annat problem som uppstår när personal vistas för sällan i en anläggning är att fel inte upptäcks tillräckligt tidigt för att hålla serviceinsatserna vid en låg nivå.

Ett möjligt sätt att delvis kompensera minskad närvaro av personal i anläggningarna samt att övervaka och prioritera/analysera larm är att utveckla ett system med avancerad övervakning och feldiagnos, dvs. ett system som kan fungera som mänskliga sinnen och slutledningsförmåga.

Under de senaste åren har det utvecklats sensorer som rätt använda och med lämplig analys bör kunna ersätta de mänskliga sinnena. Utvecklingen har medfört små sensorer till lågt pris vilket gör att man kan mäta på många ställen och använda kluster av sensorer utan att kostnaderna drar i väg. Sedan tidigare finns elektroniska näsor och tungor som ersätter lukt och smak. Temperatur kan mätas med direktkontakt med traditionella metoder eller på avstånd med IR-teknik. Ljud och vibrationer kan mätas med ljudanalys. Synintryck kan delvis ersättas med bildanalys men mycket utveckling återstår. Dessa lösryckta tekniker kan dock inte ersätta mänskliga analys- och slutledningsförmåga. Vad händer när ett flygplan flyger förbi eller en människa passerar en IR-sensor. Hur får man systemet att inte reagera på normala förslitningar samtidigt som det upptäcker fel som kommer smygande? Med artificiell intelligens kan system konstrueras för avancerad analys. Neuronnät kan ge systemet förmåga att bli självlärande eller lära med hjälp av operatören (adaptiva system). Vid ett larm får operatören en fråga där denne ombedes att förklara vad som hänt i eller utanför anläggningen samt prioritera händelsen med tanke på anläggningens drift och underhåll. Övervakningssystemet kan kompletteras med ett expertsystem vilket kan förmedla en åtgärdslista beroende på larm. Expertsystemet får sin information från tidigare inmatade erfarenheter och säkerställer att olika operatörer har möjlighet att handla på rätt sätt även om de är stressade eller inte har ställts inför situationen förut.

Den information som ett avancerat övervakningssystem genererar kan utnyttjas till att effektivisera underhållet av anläggningar. Olika mönster i förslitningen av utrustning kan kännas igen och med utgång från detta kan underhållet planeras så effektivt som möjligt.

1.2.2 Marknadssituation

Nytan med avancerad övervakning och feldiagnos är att effektivisera och optimera underhållet och därmed sänka kostnaderna bland annat genom att

- Minska antalet fellarm
- Minska onödiga uttryckningar. Transporttid och kostnader kan hållas låga då anläggningar kan övervakas per automatik
- Viss ”gammal teknik” kan ersättas med färre men mer avancerade tillämpningar.
- Känslig/vital/affärskritisk utrustning kan utnyttjas effektivare. Fel bör kunna upptäckas tidigare vilket ger större möjlighet till planering, minskat stillestånd för utrustning samt lägre servicekostnader. Behovet av dubblerade system kan minskas.
- Systemet kan själv eller med hjälp av en operatör lära av de situationer som uppstår.
- Systemet kan ge möjlighet till inspektion i utrymmen där en människa inte kan vistas under drift.

1.2.3 Strategi för delprojektet

Befintlig forskning och rapportering inom området tillvaratas genom kontakter och intervjuer med olika universitet och forskningscentra. Genom att titta på andra branschers IT-utnyttjande och applicera det på kraftbranschen kan mycket information hämtas in. Här erhålls en första avgränsning för de tillämpningsområden som är aktuella för kraftbranschen.

En viktig del av förstudien är att beskriva den ekonomiska potentialen för avancerad övervakning och feldiagnos. Intervjuer med olika anläggningar ger en uppfattning om mängden fellarm och de ekonomiska konsekvenserna av dessa. Något svårare är att konkret uppskatta de ekonomiska effekterna av högre tillgänglighet, bättre planeringsmöjligheter samt mindre behov av parallella reservsystem. Intervjuer med anläggningsägare ger information för övergripande beräkningar av kostnaderna.

En grund för projektet är att förstå hur människan använder sina sinnen och slutledningsförmåga för att uppfatta nyanser av förändringar i en anläggning. Informationen används för att finna lämpliga sensortekniker och analysmetoder. Befintliga sensorer och tekniker studeras genom bevakning av andra branscher medan sensorer som väntas på marknaden de närmaste två åren bevakas genom forskningsrapporter samt kontakter med tillverkare och forskare. Att efterlikna människans slutledningsförmåga kräver avancerade analysverktyg. Inom området artificiell intelligens finns flera olika verktyg som kan användas för detta ändamål. Information om området inhämtas genom litteraturstudier och sökningar på Internet men även genom kontakter med universitet. Artificiell intelligens är även ett bra verktyg för analys av kluster av sensorer.

Synergier mellan projektet "Avancerad övervakning och feldiagnos" och andra projekt inom "PROFIT – PROcessFörankrad IT – Effektivt stöd för drift och underhåll i elkraftindustrin" tas tillvara genom kontakter mellan utförarna av de olika projekten.

1.3 Mål

Målet med projektet är att utreda tekniska och ekonomisk förutsättningar för avancerad övervakning och feldiagnos samt utreda möjligheterna att använda informationen från systemet till att effektivisera underhåll av anläggningar.

Projektet utgår från felavhjälpningsprocessen för produktionsanläggningar respektive elnätsanläggningar. Speciellt för produktionsanläggningar studeras fallet "Larm nattetid i obemannad kraftstation" och för nätanläggningar fallet "Larm nattetid från 130/20 kV station" som båda har utarbetats som tänkta referensscenarier för arbetet i PROFITs samtliga fem delprojekt. De två scenarierna beskrivs i Bilaga A.

1.4 Avgränsningar

Studier har utförts med utgångspunkt från relativt generella scenariobeskrivningar. De är tämligen allmängiltiga och omfattar stegen detektering och feldiagnos. Detaljerad och avgörande utformning av innehållet i de två stegen varierar beroende på applikation och anläggning. För att inte riskera att missa intressanta möjligheter med avancerad övervakning och feldiagnos inom ramen för förstudien har detaljerade analyser och specifikationer av scenariorna prioriterats ned till förmån för en mer omfattande presentation av tekniska möjligheter med givare och sensorer.

Scenarierna studeras utifrån följande:

- Befintlig forskning
- Andra branscher
- Ekonomisk potential (uppgifter från anläggningsägare)
- Människans slutledningsförmåga i ett anläggningsperspektiv
- Befintlig sensorteknik
- Framtidens sensorteknik
- Underhållsplanering från avancerad driftövervakning
- Analysmetoder

2 Övervakning av anläggningar

IT och nya billigare och bättre givare förbättrar de ekonomiska och tekniska förutsättningarna i rask takt, bl.a. innebär kameraövervakning att visuella inspektioner på plats i anläggningen kan reduceras avsevärt.

Övervakning av anläggningar kan indelas i ett antal funktioner vilka till viss mån är uppdelade efter deras syfte.

2.1 Periodisk övervakning

Periodisk övervakning utförs för närvarande huvudsakligen genom rondning vilket innebär att personal måste besöka anläggningen. Fördelarna med rondning där personal besöker anläggningen är att människan har mycket stor förmåga att skapa en helhetsbild av anläggningens status.

2.2 Kontinuerlig övervakning

Graden av kontinuerlig övervakning varierar stort inom elkraftindustrins anläggningar. Vanligaste formen av kontinuerlig övervakning i vattenkraftstationer, nätstationer och även i viss mån på kraftledningar är mätvärden och reläskyddsindikeringar vilka oftast också sammanställs i summalarm. Registreringar i databaser eller ingående analyser utförs sällan. Kontinuerlig övervakning förekommer normalt inte i lokala nät.

2.3 Analys

Oavsett om övervakningen utförs genom rondning eller genom kontinuerlig övervakning kan data analyseras om dessa kan sammanställas på ett systematiskt sätt. Kontinuerlig övervakning är liksom uppbyggnaden av lämpliga informationssystem, helst ett gemensamt, en förutsättning för avancerad driftövervakning. Vanliga system som förekommer för närvarande är Conwide och SattCon90.

2.4 Schemalagt och avhjälpande underhåll

Det schemalagda och avhjälpande underhållet är också en väsentlig del i övervakningen och ger en betydande informationstillskott för beskrivning av komponenters och apparaters status. Informationen måste även den kunna matas in och behandlas i systemet på ett enhetligt sätt.

3 Befintlig forskning och aktiviteter inom andra branscher

Forskning bedrivs ofta i samarbete med universitet och högskolor där grundforskningen utförs vid högskolorna för att sedan, åtminstone ibland, implementeras i anläggningarna. I detta kapitel redovisas flera exempel samt ett par kommersiella system som finns att tillgå.

3.1 Forskning

3.1.1 *Fellarm*

I många av elkraftbranschens företag förekommer processanläggningar som kräver omfattande driftövervakning. Ett bra exempel på sådana anläggningar är kärnkraftverk där antalet övervakningspunkter, av drift- och säkerhetsskäl, är mycket stort. Processer övervakas i många punkter och för att få redundanta system används ofta flera givare eller kontrollsystem vilka inte alltid är oberoende. Detta innebär att i välövervakade processlinjer leder ett fellarm ofta till en mängd följdalarm för samma händelse, å andra sidan ökar möjligheterna till en intelligentare övervakning. Det är väl känt hur alvarliga följderna kan bli av en alltför omfattande larmhantering i samband med större störningar i driftprocessen och det förekommer mindre störningar som lett till allvarliga störningar genom att operatören konfronterats med alltför omfattande och ostrukturerade larm och larmlistor.

En betydande förbättring av driftövervakningen erhålls med intelligenta system som kan skilja på primär- och följdfelet.

I en komplex driftövervakning med många givare ökar naturligtvis möjligheterna att avskärma direkta givarfel men det finns många situationer där givare av ekonomiska skäl inte kan placeras ut i mängder eller att det tillgängliga utrymmet är begränsande eller inte kan tillåta fler givare beroende på deras influens. Vid få givare ökar sannolikheten att ett larm orsakat av fel i givaren inte kan utskiljas från ett verkligt larm. Mindre anläggningar eller anläggningsdelar med relativt omfattande lokal driftövervakning förses ofta med nödvändig skydds- och kontrollutrustning. Larmen grupperas ofta efter deras art eller svårighetsgrad. Centraliseringen av driftcentraler (DC) begränsar mängden, åtminstone i äldre system, information som kan föras över och som kan hanteras. Lösningen har hittills varit att gruppera många skilda larm i ett antal larmnivåer (t.ex. larmnivå A-D) beroende på deras svårighetsgrad. En eller flera larmnivåer kan resultera i att personal måste besöka anläggningen för undersökning av orsaken till larmet. Det är vanligt att högre prioriterade larm orsakas av händelser som inte nödvändigtvis är av den svårighetsgraden att det motiverar en akut arbetsinsats direkt på anläggningen.

För att klara av uttryckningstider och annat förekommer att tredje part anlitas för verksamheten. Larmhanteringen kan vid sådana tillfällen bli mer komplicerad och kräver ibland betydligt ökat informationsflöde inte minst till följd av entreprenören och

driftorganisationen har skilda eller olika informationssystem. Återrapporteringen påverkas liksom uppdateringen av informationsdatabaser där sådana förekommer.

Reduceringen av fellarm är det mest prioriterade i detta projekt.

3.1.2 Onödiga uttryckningar

Onödiga uttryckningar är ett primärt problem inom de flesta driftprocesser, speciellt inom kraftindustrin med ett mycket stort antal vanligtvis obemannade anläggningar av vilka de flesta dessutom har mycket höga krav på tillgänglighet. Varje uttryckning som förorsakats av felaktiga eller inkonsekventa larm innebär förutom onödiga kostnader också risker i samband med transporter, personers säkerhet och innebär vanligtvis en ökad miljöpåkning.

3.1.3 Uppsala universitet och Luleå tekniska universitet

Många modeller och diskussioner som förs inom området larmsanering utgår från likartade beskrivningar, detta kan till stor del kanske förstås av att möjligheterna nu har blivit än bättre genom snabbare och bättre beräkningsmöjligheter som då tillåter betydligt komplexare modeller, sensorer blir bättre och kostnaden för lokala kraftfulla processorer sjunker än mer. Den vanligaste metoden för att bygga upp framtidens intelligenta övervakningssystem bygger på smarta grupperingar av sensorer för larm och mätning. Kombinationen av larm och deras ordningsföljd är ofta en primär källa för att beskriva processens dynamik vid fel. Tillvägagångssättet avviker inte så mycket mot tidigare erfarenheter utan det är den nya kraftfulla tekniken som möjliggör snabba beräkningar som leder till att ”dumma” larm kan ersättas med smarta selektiva larm och än bättre ger underlag för bedömningar av processen innan avvikelserna leder till ett larm och ytterst ett driftstopp.

Det svåra i metoderna som beskrivs är att vinna kännedom om processen, när detta väl är gjort kan en modell beskrivas och som sedan bildar det intelligenta larmet som då också kan ges många fler funktioner än de tidigare statiska larmen. Systemen kan efter hand dimensioneras eller justeras, detta innebär, åtminstone i dagsläget, att underhåll av dessa komplexa larmsystem är en mycket känslig uppgift vilket i inte bedöms vara genomförbar inom den normala driftorganisationen utan snarare kräver speciella funktioner.

Uppsala universitet och Luleå tekniska universitet har också studerat metoder där spektrumanalys används. Dessa metoder anses emellertid ha stora brister bland annat genom att väldigt få mätpunkter används och att mätsignalerna lätt störs av små normala förändringar i processen.

Metoder med många beroende mätpunkter och signaler ger ett betydligt bättre informationsinnehåll och därmed möjlighet att bedöma sannolikheten för uppmätta avvikelser i processer och system liksom att bedöma sensorernas skick.

3.1.4 Lunds tekniska högskola

Vid Lunds tekniska högskola har forskning inom området artificiell intelligens pågått sedan många år. Institutionen har presenterat ett antal artiklar i ämnet och åtskilligt har vidareutvecklats till produkter så som GoalArt som även finns tillgängliga på marknaden. Ett välkänt och ofta återkommande ämne är slarvigt valda larmgränser där det är vanligt att larmnivåer justeras utan att hela processen är analyserad. Det anses vanligt att larmnivåer är satta för snävt i förhållande till processens dynamik eller att larmgränserna olyckligt väljs så vida att larm uteblir eller utlöses först då skada redan är skedd.

3.1.5 Ethernet som fältbuss

Användningen av fältbussar och/eller i kombination med trådlös kommunikation ger stora framtida möjligheter med kluster av sensorer i system för avancerad övervakning och framgångsrik feldiagnos.

Ethernet bedöms för tillfället ha svårt att konkurrera i billiga tillämpningar men utvecklingen går mycket snabbt och integrerade kretsar kommer raskt att sänka priserna. I vissa sammanhang bedöms Ethernetbussen bli den dominerande bussen för realtidstillämpningar. Det noteras också att många lämnar TCP/IP-protokollen vid övergång till förbättrade realtidsegenskaper med Ethernet. En av de stora fördelarna med Ethernet är också att betydligt fler inom företagen behärskar Ethernet medan de mer specialiserade fältbussarna kräver specialutbildad personal.

För djupare orientering i området kommunikationsgränssnitt hänvisas till delprojektet *Trådlös kommunikation (Elforsk rapport 04:04)* inom PROFIT.

Kommunikation mellan sensorer och processdator är grundläggande för nästan all styr och övervakningsutrustning. Kraven på snabbhet har ofta varit en stöttesten för många bussar. Zürischska högskolan för tillämpad vetenskap i Wintertuhr har i samarbete med en rad företag som B&R, Kuka, Lenze och Hirschmann utvecklat metoder som ökar kapaciteten på Ethernetnät avsevärt. Metoden som här används är bl. a att varje enhet i systemet tilldelas en egen tidslucka då den har rätt att sända.

Forskning pågår också vid ett flertal andra företag. Flera system från dessa företag förekommer och tillämpas redan idag i maskiner och styrsystem (t.ex. Profibus, Beckhof, OnTime Networks).

ETHERNET Powerlink Standardization Group är en användarorganisation med inriktning på förbättrad standardisering och som utvecklar real-tids datakommunikation baserade på standarderna för Fast Ethernet, ETHERNET Powerlink och andra teknologier bl. a enligt IEEE 1588.

3.2 Bevakning av andra branscher

Andra branschers anläggningar skiljer sig ofta i ett viktigt avseende mot elbranschens såtillvida att de ofta inte har en lika stor geografisk utbredning. Ur övervakningssynpunkt kan visserligen avstånden inom anläggningsområdet vara betydande men är vanligtvis åtkomligt inom en relativt begränsad tid vilket innebär att uttryckningar orsakade av felaktiga larm restidsmässigt kan vara kort medan tillgängligheten ur åtkomstsynpunkt ändå kan vara begränsad. Underhåll- och driftpersonal finns ofta inom anläggningen.

3.2.1 Aktiv industriell samverkan

Aktiv industriell samverkan (AIS) är ett projekt under Vinnovas (Verket för Innovationssystem) paraply. Vinnovas projekt AIS33 är inriktat på larmsanering och lär vara uppdelat i tre delprojekt med inriktning på larmsanering, smarta larm och larmdesign vid projektering. I projektet deltar en rad svenska företag och högskolor och inom kort även Vattenfall. Informationen är normalt inte tillgängligt för utomstående men vissa rön publiceras av och till. Ur presenterat material noteras bland annat problematiken med ostrukturerad larmpresentation (behandlas i PROFIT:s delprojekt Gränssnitt människa-maskin) och att ett av de problem operatörer står inför vid en större händelse är att få veta tidsordningen bland alla larm. Vanligt är också att larmlistor inte enkelt och snabbt är åtkomliga under händelsen vilket då ofta innebär att risken för feltolkning ökar på grund av missad larminformation.

Ett annat sätt att hantera larmskuror är att genom en avancerad tolkning reducera mängden information som skall presenteras för operatören. Inom projektet är processindustrin den mest pådrivande parten för avancerad larmhantering och man efterfrågar också enkla metoder för alarmsanering. Universitetet i Luleå är inom projektet inriktad på att öka informationsmängden i larmen och på att göra larmen smartare medan Lunds tekniska högskola inriktar sig på möjligheterna att sortera larmen.

Ett av problemen som noterats inom AIS33 är att systemleverantörer är föga intresserade och att kommersiella programvaror för processtyrning innehåller begränsade larmhanterings-funktioner.

Prognossystem är också av stor betydelse inom processindustrin. De metoder och system som larmar när ett fel inträffar räddar sällan processen, när larmet går är det med andra ord för sent. Trendfunktioner finns vanligtvis tillgängliga men har inte automatisk övervakning av processen. Luleå tekniska högskola har tillsammans med SSAB (se nedan) utvecklat ett system som inte enbart hanterar larmsignaler från enskilda givare utan övervakar en hel delprocess utifrån en matematisk modell bearbetad information från anläggningens sensorer.

Erfarenheter inom SSAB är att larmhantering är en väsentlig del i utvecklingsprocessen för att förbättra anläggningars tillgänglighet. Ett vanligt sätt att skapa och hantera

underlag för förbättringar är i många anläggningar användning av larmlistor. Arbetsmetoden är manuell och blir lätt utsatt för störningar eller slarv vilket kan resulterar i olämpliga åtgärder.

Det noteras att ABB som är en stor svensk leverantör av styr och övervakningssystem inte deltar i AIS33.

3.2.2 Stora processindustrier

Stora processindustrier såsom stål- och malmbrytning arbetar ofta med stora materialflödeskedjor och intresserade sig tidigt för intelligent övervakning och larmhantering genom att störningar, även små störningar, i transportkedjan kan innebära höga stilleståndskostnader och i vissa fall även säkerhetsrisker. Erfarenheter från ett av landets större stålverk visar att utvecklingsprocessen för intelligenta övervakningssystem kan vara lång och att implementering i befintliga anläggningsdelar inte alltid kommer till sin fulla rätt förrän vunna erfarenheter tillämpas på nästa generation av utrustningar och processer. Övervakningen av många processer kan inte lösas genom komplettering av relativt enkla, billigare eller fler sensorer.

SSAB har sedan en tid tillämpat en avancerad reglering för stabilisering av kolinjektionsprocessen som samtidigt också fungerar för detektering av fel. Delar av processen är otillgänglig och kan inte förbättras nämnvärt genom att komplettera anläggningen med fler sensorer, men processen är väl känd och kan modelleras i ett antal modellmoduler som beskriver processen under olika steg vid normalt felfritt tillstånd. Modellmodulerna används växelvis beroende var processen man befinner sig och känner av aktuellt tillstånd och jämför detta mot modellen. Systemet har kunnat realiseras med anläggningens befintliga sensorer. SSABs system innebar att riskerna med den tidigare svårreglerade ”halvinstabila” processen elimineras och dessutom erhöles ett effektivt larm- och feldetekteringssystem.

SSAB:s system har stora fördelar vid processer där viktiga styrparametrar är svåra att mäta och lämpar sig därför väl för alla modellerbara processer och borde därför också kunna anpassas till ett tryckoljesystem enligt PROFIT:s scenariobeskrivningen.

3.2.3 ABB Industrial IT

ABB har presenterat ett system inom deras Industrial IT-program där man utgår från ett "underhållsscenario" som inte är helt olik det scenario som PROFIT utgår ifrån.

ABBs processindustriscenario utgår från att ett larm har utlöst och att ingenjören behöver vidta någon form av åtgärder

- Ta fram underhållsbeskrivning
- Kvittera larm och se om manöver är möjligt
- Kontrollera historiska värden för luftsystemet
- Verifiera att parametrarna för temperaturgivaren är korrekt
- Finns operatörsanteckningar?
- Ta reda på vart objektet finns fysiskt i anläggningen
- Inspektera objektet via kamera
- Skapa felrapport i Underhållssystem
- Meddela övriga ingenjörer att åtgärd vidtagits

Inom samma program presenteras också ABB "Substation Automation med Industrial IT" som använder samma koncept som det inom processindustrin och där många funktioner är av naturliga skäl de samma. Den vertikala och horisontala integrationen beskrivs som "Integration och optimering av alla produkter och processer, från sensorer till planeringssystem" respektive "Integration och optimering av affärsprocessen för generering, transmission/distribution och kund". Den stora skillnaden mellan industrianläggningar och kraftanläggningar ligger kanske i att inom de flesta kraftanläggningar tillämpas i allt snabbare takt den nya standarden IEC 61850 (Communication Networks and Systems in Substations).

3.2.4 GoalArt – Knowledge for Safe Operation

GoalArt är ett företag som till stor del har sitt ursprung i Lunds Tekniska Högskola. Företaget tillhandahåller system som skall underlätta för operatörer och underhållspersonal i industrier med komplexa system att förstå felsituationer och att vidta riktiga åtgärder när fel inträffat och då speciellt när fler fel inträffar inom samma tidsrymd. Detta leder också till en effektivare och säkrare drift av systemen och detta särskilt vid oväntade och farliga felsituationer.

GoalArt erbjuder i sitt koncept en rad diagnostiska funktioner i sin GDS "GoalArt Diagnostic Station" som är ett datorbaserat system med algoritmer med möjlighet till anslutning mot anläggningens egna (drift)kontrollsystem.

I systemet ingår verktyg för en rad viktiga funktioner som också väl passar in i PROFIT.

- Analys av larm, finner de primära larmen bland alla larm som utlöses vid fel
- Diagnostiserar fel, söker systematiskt de grundläggande orsakerna till felen
- Åtgärdsplanering, ger förslag till åtgärder utifrån orsaker registrerade av andra moduler
- Detektering av fel på givare, genom tillgång på en mängd olika mätvärden i det totala systemet möjliggörs feldetektering av sensorer.
- Undertryckning av larm, med prioritering av larm ges möjlighet att undertrycka mindre viktiga larm.
- Simulering, i förebyggande syfte kan tänkta felsituationer analyseras ”off line” och möjliggör då också insatser för att minska riskerna innan felen inträffat.
- Tillförlitlighetsanalys, kan även utföras på driftsatt system
- Trendanalys, varslar i ett tidigt skede om, innan gränsvärden för larm passeras, att fel kan vara på väg att inträffa.

GoalArt system är som synes ett mycket omfattande system med moduler för många av de funktioner som eftersöks i PROFIT-projekten. Enligt GoalArt är systemen till stora delar inriktade på stora industrier med mycket komplexa processer och med stora behov. Identifieringen av processen är troligen tidsödande trots alla verktyg som erbjuds och risken är därmed överhängande att kostnaderna för systemen omöjliggör implementering enligt PROFIT:s scenarieförslag. Däremot kan gissningsvis vissa moduler användas eller ännu heller ett light-system utvecklas för mindre applikationer. Standardiserade system med ungefär likvärdig uppbyggnad ger dock stora möjligheter till fördelning av utvecklingskostnaden på många objekt.

4 Befintlig och framtida sensorteknik

I produktions- och nätanläggningar förekommer idag en rad olika typer av sensorer och givare. Ålder och tillförlitlighet varierar. I följande kapitel så beskrivs de vanligaste teknikerna som används ute i anläggningarna idag, och till vad de utnyttjas, samt vad de kan tänkas utnyttjas till i framtiden, i kombination med programmerbara utrustningar.

4.1 Befintlig sensorteknik

4.1.1 Tryckgivare

Idag vanliga användningsområden

- Mätning av vattenytor (ÖVY, innanför grind och NVY) för visning och övervakning av värde.
- Mätning av oljenivåer i regleroljetankar för visning och övervakning av värde.
- Uppmätning av oljetryck i regleroljesystem för start/stopp av regleroljepumpar, samt för tryckövervakning med tillhörande larm och utlösningssnivåer.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag men i kombination med små programmerbara PLC: er där man exempelvis även tar in temperaturmätning från aktuell oljebehållare och rådande omgivningstemperatur för att kunna utföra en temperaturrelaterad hantering av det uppmätta oljenivåvärdet. Hanteringen innebär också möjlighet att tidsfördröja eventuella larm. Ovanstående lösning medför att man kan ställa mycket snävare gränser på oljenivåövervakningen vilket i sin tur medför att eventuella läckage upptäcks i ett tidigare skede.
- Vattennivåmätning innanför grind kan göras flödesrelaterad vilket medför att skräp vid intagsgrindar kan upptäckas i ett tidigare skede. Förtjänsten blir mindre produktionsbortfall pga. minskade fallförluster samt färre onödiga uttryckningar för fallförlustlarm.
- Uppmätning av oljetryck i pådragsservon för att skapa en normaltabell för pådraget. Genom att mäta oljetrycket i pådragsservona och jämföra värdena i en tabell med aktuellt pådragsläge samt fallhöjd (där det är stor variation), i PLC-system eller liknande, så skapas en normaltabell för servotrycket. En avvikelse från dessa värden ger sedan larm som kan hanteras lokalt eller via fjärr. I ett tidigt skede skulle det vara möjligt att få indikering på slitage eller något annat onormalt. Systemet skulle också vara användbart i samband med felsökning vid pådragsproblem. På en gång skulle det vara möjligt att avgöra om problemet är hydrauliskt, vilket innebär för lågt tryck från regleroljesystemet, eller om felet är av mekanisk natur, vilket kan bero på ökad friktion i ledskenetappar eller liknande.

4.1.2 Temperaturgivare

Idag vanliga användningsområden

- Mätning av temperaturer i transformatorer, lindningar, lager, oljebehållare, mm. för visning och övervakning av värden samt för användning i temperatur-regleringsutrustningar. Vanlig förekommande typ är PT100-givare som knyts in till temperaturutrustningar eller direkt till analoga ingångar på PLC-systemen. På många ställen förekommer även HG (kvicksilver)- givare som är kopplade till direktvisande temperatur instrument med inställbar varning och utlösningssgräns. Känslkroppen är ofta fastsatt direkt vid eller på, det som skall mätas. Detta medför att trasiga givare oftast ej kan bytas under drift eller vanliga stopp utan enbart i samband med att utrustningen skruvas isär. Vid mätning av temperaturer i tankar, lager, mm. så används ofta dykrör som känslkroppen placeras i. Den här typen av montering möjliggör att givaren går att byta under drift eller vid vanligt stopp av utrustningen.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag men i kombination med programmerbar utrustning där de uppmätta temperaturvärdena jämförs med aktuell produktion på aggregatet, temperatur på inkommande kylluft/kylvatten, mm. Ovanstående lösning medför att man kan ställa mycket snävare gränser på temperaturövervakningen vilket i sin tur medför att eventuella avvikelser från det normala upptäcks i ett tidigare skede. Det kan t ex. vara igensatta rörledningar, kylare, filter eller pumpar som börjar bli utslitna, mm.

4.1.3 Flödesgivare

Idag vanliga användningsområden

- Mätning av flöde i kylsystem (både olja och vatten) för cirkulationsövervakning samt i vissa fall för visning och övervakning av värde. Mest förekommande för cirkulationsövervakning är dock fortfarande flödesvakter.
- Mätning av flöde i kylsystem (både olja och vatten) för styrning av utrustning för temperaturreglering. Börjar komma mer och mer ute i anläggningarna men är inte så vanligt förekommande ännu.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag men i kombination med programmerbar utrustning där de uppmätta flödesvärdena jämförs med aktuella temperaturer på det aktuella kylmedlet, inkommande kylluft/kylvatten, aktuell produktion på aggregatet, mm. Med en mer avancerad lösning på utrustningar för temperaturreglering så ger det möjligheter till att upptäcka avvikelser från det normala i ett mycket tidigare skede. Man får även jämnare driftstemperatur på aggregaten, oberoende på vilken produktion som råder eller vilken årstid på året det är, med mindre temperaturberoende materialrörelser som följer. Resultatet blir en bättre drifts-ekonomi och förlängd livslängd på aggregaten. En ytterligare vinst som erhålls

är att kylvattenåtgången minimeras vilket ger en bättre totalverkningsgrad för hela anläggningen. Kylvatten som idag ”slösas” bort kan man producera energi med istället.

- Flödesmätning och övervakning av t. ex. tätningsboxar för att i ett tidigt skede detektera slitage av de samma. Flödesmätning i kombination med temperaturgivare på tätningsboxen vars mätvärden behandlas i PLC där de jämförs i en temperaturrelaterad flödestabell ger möjlighet att i ett tidigt skede upptäcka slitage och planera in åtgärder för tätningsboxen.

4.1.4 Resistiva lägesgivare

Idag vanliga användningsområden

- Mätning av lucklägen, löphjulslägen, pådragslägen (ledskeneöppning), mm. Resistiv lägesmätning förekommer fortfarande ute i anläggningar där det framför allt är äldre kontrollutrustning. Då den resistiva mätgivaren dels många gånger är skrymmande och även känslig för miljön som den är placerad i så ersätts de ute i anläggningarna med mer miljötåliga och smidigare givartyper.

Tänkbara användningsområden

- Med tanke på att resistiva givartypen är förhållandevis billig och även lämpad för vissa tillämpningar så kommer den säker att användas även i framtiden. Ett exempel på tänkbart användningsområde kan vara som positioneringssystem för automatiska grindrensare.

4.1.5 Induktiva givare

Idag vanliga användningsområden

- Används i stor omfattning som gränslägen för luckor, pådrag, löphjul, ventiler, bromspressar mm, där de på många ställen har ersatt den äldre typen av gränslägen med rörliga delar. Nackdelen är det förhållandevis höga priset plus att de är relativt avståndskänsliga till detekteringsblecket. Därför används fortfarande också den mer traditionella typen, med rörlig arm av något slag, som gränslägen eftersom den går att justera in så att den blir mindre avståndskänslig. Den stora fördelen med induktiva givare är dock att det just ej finns några rörliga delar på själva gränsläget och den är helt inkapslad vilket gör att den tål smutsig och fuktig miljö på ett bra sätt.
- Används ofta i kombination med utrustning för varvtalsövervakning. Det på generatoraxeln monterade plåtblecket eller liknande, påverkar det induktiva gränsläget vilket genererar en puls per varv. Givaren är sedan kopplad vidare till själva varvtalsövervakningsutrustningen där pulserna oftast omvandlas från faktiska varvtalet till visning och vidare användning i 0-100 %.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag men med ett tänkbart lägre pris i framtiden så kommer det säkert att ersätta traditionella mekaniska gränslägen i allt större omfattning.
- Med ett lägre pris kan man tänka sig att flera induktiva givare kan ersätta tryckgivare för nivåmätning där man önskar hög driftsäkerhet. Exv. oljeståndsövervakning på vissa mer känsliga ställen. Istället för en analog tryckgivare som riskerar att förändras i mätområde eller liknande, så monterar man flera induktiva givare bredvid varandra vilka i sin tur påverkas av en metallklädd flottör eller liknande. Skulle någon av givarna falla så fungerar övriga i alla fall. Signalerna dras sedan vidare in i en PLC eller liknande där respektive givare får ett eget värde. Med den här lösningen skulle man då erhålla en mycket tillförlitlig digital nivåmätning.

4.1.6 Kapacitiva givare**Idag vanliga användningsområden**

- Används i viss omfattning ute i anläggningarna. Ett vanligt användningsområde är som oljevarnare i dränagegropar, oljeavskiljare, transformatorgropar, mm. När oljan når en viss tjocklek på vattenytan eller når upp till givaren så sluts en kontakt som i sin tur är kopplad vidare till kontrollutrustning för övervakning och larm.
- Används också direkt som gränslägen och nivågränslägen i vissa anläggningar. Den stora fördelen med den kapacitiva givaren kontra den induktiva, är att den kapacitiva kan mäta direkt mot de flesta förekommande materialen som till exempel papper, glas, plast, vatten, olja och metall. De håller också en hög täthetsklass vilket möjliggör en direkt montering mot det som skall mätas, t ex. vatten eller olja. Nackdelen är det förhållandevis höga priset.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag och med en ökad användning för detektering av olja i dränagegropar och liknande.
- I anläggningar där man redan idag har installerat oljeavskiljare, och även i kommande anläggningar där oljeavskiljare installeras, så kan en tänkbar användning vara en automatisk läckoljemätning. Givaren sätts att få styra och övervaka tömningen av oljeavskiljaren till spilloljetank av något slag och i kombination med flödesgivare som kopplas till en programmerbar utrustning så mäter man fortlöpande mängden olja som det tas rätt på. I den lokala övervakningsutrustningen eller via fjärr så övervakas den återvunna oljemängden vilket ger en bra kontroll på eventuellt ökande läckage eller differens mellan påfylld och återvunnen oljemängd.

4.1.7 Accelerometrar

Idag vanliga användningsområden

- Den idag vanligaste givartypen för mätning av vibrationer ute i anläggningarna. Givarna är placerade på lager, mot generatoraxel, på armkors, vid släpringar, mfl. önskade mätställen. Givarna är oftast monterade två och två, en för mätning i X-led och en för Y-led. Givarna dras sedan ihop till en central vibrationsövervakningsutrustning där gränser för larm och utlösning sätts. I nyare system så finns det ofta möjlighet till utskrift och uppföljning av trender bakåt i tiden för givarna, medan äldre systems övervakning är av mer momentant karaktär.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag och säkert i ökad omfattning eftersom personal kontinuerligt på plats ute i anläggningarna kommer att bli allt mer ovanlig. Något att tänka på är vikten av att i ökad omfattning integrera vibrationsövervakningen i den ordinarie övervakningsutrustningen och detta för att övervaka såväl vibrationer som aktuell utrustning på ett bättre sätt än vad det görs på många anläggningar idag.

Många av befintliga övervakningsutrustningar är levererade av specialtillverkare som inte längre finns kvar eller har blivit uppköpta, vilket gör att det är svårt att få tag i någon som kan hantera utrustningen. Detta resulterar ofta i att vid givarfel eller andra problem så kopplas helt enkelt utrustningen bort med påföljande haverier som följd i värsta fall.

Med en integration i programmerbara styr och övervakningssystem så kommer det också att kunna sättas snävare gränser för larm och utlösning för vibration. Detta för att det ges möjlighet att ställa upp eller blockera larm eller utlösning i samband med t ex. start/stopp och regleringar, vilket ofta ger upphov till ökade vibrationer.

4.1.8 Magnetiska givare

Idag vanliga användningsområden

- Används i viss omfattning ute i anläggningarna och då ofta som indikatorer (gränslägen) på nivåer, fränkiljarlägen, dörrar, fönster, skåpsluckor, mm. En enklare typ av givare som är både billig och lätt att montera på det som skall mätas. Oftast är själva kontaktfunktionen helt ingjuten vilket gör givartypen mycket miljötålig. En nackdel med enklare typer av givare är att de kan återställas så att sägas åt fel håll. Exempelvis på en nivåmätning där givaren känner av en flottör med inbyggd magnet så indikerar givaren t ex. låg nivå och ger larm. När sedan flottören sjunker ytterligare så släpper kontakten på givaren och ytan blir åter normal trots att den då är mycket låg.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag men man kanske skall undvika att använda givartypen där det är viktigt med en hög tillförlitlighet.

4.1.9 Potensiometriska givare**Idag vanliga användningsområden**

- Används i mycket stor omfattning ute i anläggningarna på slaglängder mellan någon decimeter och upp till ca 1 meter. Vanligast vid mätning av pådragsläge, löphjulsläge och lucköppningar (vid luckor med små lyfthöjder eller luckor med nerväxlad lägesåterföring för aktuell lucköppning). Förekommer också på en del äldre typer av flottörbaserade system för fallförlustmätning där skillnaden mellan ÖVY och nivå innanför grind uppmäts. Givaren består av en primärspole och två sekundärspolar som är placerade runt en metallstång med kärna. Givartypen är flexibel så till vida att varken slaglängden eller monteringen behöver vara exakt. Eftersom det är med hjälp av de två sekundärspolarna som lägesbestämningen sker så är det helt fritt att justera in 0-punkten samt det önskade spannet på anslutningsenheten för givaren. På nyare givare så finns den möjligheten även mjukvarumässigt.

Vanliga mätområden är 4-20 mA eller 0-10 V.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag med en ökad användning som trolig utveckling med tanke på den enkla inställningen och kalibreringen. Även monteringsmässigt och ur miljömässig tålighetssynpunkt så är det en bra typ av givare.
- Med tanke på givartypens noggrannhet så kan den säkert vara tillämpbar vid t ex. nivåmätning i oljetankar och expansionskärl eftersom den med stor säkerhet håller en högre noggrannhet än vad tryckgivare kan göra på de små nivåvariationerna. Tryckgivare har också visat sig vara mer temperaturkänsliga än vad potentiometriska givare är. På många äldre anläggningar så skulle det vara möjligt att komplettera befintliga flottörbaserade nivåvakter med lägesgivare kopplad till någon typ av programmerbar utrustning och på det viset få en tillförlitlig men förhållandevis billig nivåmätning. Även på nya anläggningar kan säkert lägesgivare i kombination med visuell nivåvisare av flottörtyp vara ett alternativ.

4.1.10 Optiska- och lasergivare**Idag vanliga användningsområden**

- Används framförallt i larmsystem för övervakning av lokaler och byggnader (inbrottslarm) ute i anläggningarna idag.
- Finns även som gränslägen på vissa traverser (för inbromsning), automatiska grindrensare (som hinderkontroll) och liknade anläggningar.

- Vissa anläggningar är utrustade med så kallade besökslarm med givare som är placerade för inpasseringskontroll till stationen eller stationsområdet.
- Ett mycket vanligt användningsområde är som ljusbågsvakter där flera mätpunkter i exempelvis ett lågspänningsställverk dras ihop från sensorerna via optokablar till en centralenhet.

Tänkbara användningsområden

- Med tanke på att det blir mer och mer ensamarbete ute i anläggningarna så kan ett tänkbart användningsområde vara som automatiskt "bemanning" kontroll ute i anläggningarna och får då räknas som ett komplement till att personalen ringer till driftcentralen och meddelar ankomst resp. avresa från stationen. De portar eller dörrar som används för inpassering till stationen utrustas med dubbla givare för automatisk kontroll när någon går in eller ut ur anläggningen. Samtliga givare dras sedan ihop till en gemensam central som i sin tur är kopplad till fjärrkontrollsystemet. Så fort någon passerar in i stationen får DC indikering eller larm på att anläggningen är bemannad detta larm eller indikering är sedan kvarstående ända tills in och utpasseringsräknaren blir nollställd. Utrustningen är även användbar lokalt i stationen för till exempel kontroll av kvarvarande personal innan aktivering av inbrottslarm.
- Ett annat tänkbart användningsområde kan vara för mätning av luckläge på utskovsluckor med stora slaglängder (normalt 0-5 meter). Istället för att mäta öppningen via en nerväxlad lägesåterföring så mäter man direkt ute på kuggstången för luckan. Med givaren placerad ute på navet och reflektorn på toppen av kuggstången så erhålls en mer precis mätning av lucköppningen eftersom eventuella glapp och spel i nerväxlingsutrustningen försvinner. Man vinner också en större noggrannhet eftersom upplösningen blir högre, mätningen sker på hela slaglängden istället för på en nerväxlad lägesåterföring. Med framtidens mer integrerade planerings och övervakningssystem som ställer högre krav på mätnoggrannhet, även på tappning via utskov, så kan optisk mätning vara ett alternativ.

4.1.11 Ultraljudsgivare

Idag vanliga användningsområden

- Tekniken (så kallade radarpegel) används på många anläggningar för nivåmätning av ÖVY, eller framförallt för mätning av NVY där det är stora nivåvariationer (i exempelvis svallschakt), i samband med start/stopp och reglering av aggregaten. Även på platser där det är svårt att montera den mer vanliga typen med tryckgivare pga. otillgänglighet, så är radarpegel mycket användbara. En av nackdelarna med dessa givare är det fortfarande något höga priset. En annan är att givarna har haft en tendens att driva iväg i mätområde.
- Används på många ställen för nivåmätning i cisterner och tankar (dock ej vanligt inom kraftindustrin ännu) där det är brännbara eller frätande vätskor.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag och, med ett lägre styckepreis, säkert i ökad omfattning.
- Med ett lägre pris och förbättrad teknik så kan ultraljudsgivare säkert utnyttjas i större omfattning för olika nivåmätningar i expansionskärl, regleroljetankar, mm. Med tanke på den enkla monteringen genom att enbart borra ett par cm stort hål på exv. inspektionsluckan till en regleroljetank och sedan skruva fast givaren och kalibrera in den till aktuell tank så kan man på ett enkelt och relativt billigt sätt ordna nivåmätning på redan befintliga tankar.

4.1.12 Givare för strömmätning**Idag vanliga användningsområden**

- Både inom produktions- och nätanläggningar så används utrustning för mätning av strömmar i stor omfattning.
Den vanligaste typen för högspänning är strömtransformatorer där aktuell ström mäts på primärsidan för att sedan omvandlas till en mer hanterbar spänningsnivå och strömupplösning för mätändamål på sekundärsidan. Noggrannhetskraven varierar något beroende på för vilket ändamål som det uppmätta värdet skall användas. På värden för debiteringsmätning och reläskyddsfunktioner ställs högre krav än om enbart värdena skall användas för till exempel visning.
- En annan mer vanligt förekommande typ för strömmätning på låg- och mellan-spänning är kabelströmtransformatorer. Den här typen av strömtransformator kräver ingen elektrisk inkoppling av primärsidan utan en spole läggs runt det aktuella mätobjektet. Hela kabeln eller parter ur kabeln träs igenom en spole eller ett ok, och ur denna tar man sedan ut en ström för mätändamålet. Vanliga användningsområden för denna typ är i kombination med överströmsskydd för något större drifter och för inkoppling av visarinstrument för fasströmmar i till exempel lågspänningsställverk. Typen är också ganska vanligt förekommande i kombination med övriga reläskyddsfunktioner.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag och i kombination med programmerbar utrustning så finns möjligheter att bygga in funktioner för övervakning och analys av de övervakade objekten.
- För kylvattenpumpar, regleroljepumpar, mm så skulle det vara möjligt att bygga in övervakning för startström och vid kontinuerlig drift. I ett tidigt skede skulle sedan ges möjlighet att erhålla larm och varning på att lager eller liknande börjar bli slitet när pumpen går tyngre vilket sedan i sin tur resulterar i en ökad strömförbrukning. Lösningen skulle innebära att man får bort överaskande pumphaverier. För exempelvis övervakning av dränagepumpar eller andra känsliga pumpar så kanske lösningen är mycket användbar.

4.1.13 *Givare för spänningsmätning*

Idag vanliga användningsområden

- Både inom anläggningar för produktion och distribution (nätanläggningar) av elkraft så används utrustning för mätning av spänning i stor omfattning. Den vanligaste typen för högspänning är spänningstransformatorer där aktuell spänning (högspänning) mäts på primärsidan för att sedan omvandlas till en mer hanterbar spänningsnivå och upplösning för mätändamål på sekundärsidan. Noggrannhetskraven varierar något beroende på för vilket ändamål som det uppmätta värdet skall användas. På värden för debiteringsmätning och reläskyddsfunktioner ställs högre krav än om enbart värdena skall användas för till exempel visning.
- Ett vanligt förekommande område inom produktions- och nätanläggningar, där spänningstransformatorer används, är för reläskyddsfunktioner och då för övervakning av bland annat över/under-spänning, över/under-frekvens, jordfel, mm.
- Ett annat område inom produktion är i samband med infasning av aggregaten på nätet för att ställa in rätt generatorspänning och varvtal på dessa innan infasning.
- Inom nät så utgör spänningsmätning en viktig funktion, även utöver reläskyddsfunktionerna, både för automatiska och manuella kopplingar på nätet. För övervaknings- och kopplingsändamål får man in värden som gör det möjligt att förebygga låg eller hög spänningsnivå på nätet. Vid kopplingsarbeten så ges möjlighet att reglera in spänningsnivåer, med exempelvis lindningskopplare eller liknande, innan brytartillslag vid exempelvis parallellning.

Tänkbara användningsområden

- Motsvarande som idag och i kombination med programmerbar utrustning så finns möjligheter att bygga in funktioner för övervakning och analys av de övervakade objekten.
- Ett annat tänkbart användningsområde kan vara för att bygga upp mer komplexa DUBA-funktioner. Tillsammans med strömmätande utrustning så får man möjlighet att skapa ett minne för aktuell belastning i olika sektioneringsområden. Detta minne uppdateras sedan fortlöpande och om en störning inträffar så finns det en aktuell belastningsprofil för respektive område. När sedan nätet byggs upp så kan antingen DUBA-utrustningen sköta uppbyggnaden själv eller ge förslag till operatör i vilken turordning ökad matning samt belastning skall kopplas in till nätet.

4.2 Framtidens sensorteknik

Med ny och bättre teknik för kommunikation, både internt ute i anläggningarna, och för fjärröverföring till driftcentraler eller liknande, så öppnas det idag upp för överföring av en större mängd data än vad som tidigare har varit möjlig.

Detta ger i sin tur även utrymme för en mer avancerad givar- och sensorutrustning ute i anläggningarna. Framtidens givare och sensorer kommer med stor säkerhet innehålla ett eget litet internminne som det blir möjligt att koppla upp sig emot via t ex. Internet. Systemen kommer också med stor säkerhet bli integrerade i befintliga SCADA- system och kommer att ge möjlighet till uppkoppling genom zoomning på aktuellt objekt i övervakningssystemet.

Nedan följer ett antal givare och sensorer som kan tänkas vara användbara ute i anläggningarna, och då i kombination med programmerbar utrustning.

4.2.1 Givare för optisk strålning

Givare som känner av UV-strålning eller ljusintensitet (sk. luxgivare). Ett tänkbart användningsområde för luxgivare, eller sensorer för mätning av ljusintensitet, ute i anläggningarna kan vara där man vill ersätta det mänskliga ögat för kontroll av smuts eller dammkoncentration. En användning kan till exempel vara vid släpringarna på icke borstlösa system där det med tiden bildas mycket damm från släpringskolen. Med ljusa luftfilter på ventilationsgallren som med tiden blir mörkare pga. koldamm, så skulle det vara möjligt att få en automatisk avkänning av när det börjar vara dags att rengöra släpringar och kolhållare.

4.2.2 Givare för luftfuktighet

Används redan idag för styrning av avfuktare ute i anläggningarna. På många ställen har det visat sig vara mycket effektivare och energisnålare att montera in permanenta avfuktare istället för de traditionella aerotemprarna. Ett annat användningsområde kan vara som läckagedetektorer. I begränsade utrymmen som till exempel generatorkammare så skulle det vara möjligt att i kombination med programmerbar utrustning ta fram en normaltabell för fukthalten kontra temperaturen. En avvikelse från dessa normalvärden skulle sedan kunna fungera som övervakning och ge larm på eventuellt kylarläckage.

4.2.3 Elektroniska öron

Uppmätning av ljud med hjälp av elektroniska öron är en teknik som tillämpas redan idag i bla. tvättmaskiner där ”örat” har ersatt flera andra givare.

Elektroniska öron är idag inget som används ute i anläggningarna men det tänkbara användningsområdet är stort. I många miljöer där det är svårt och kanske olämpligt att vid normal tillsyn höra att det är något onormalt ljud kan ett elektroniskt öra i kombination med programmerbar utrustning utföra kontinuerlig mätning. Med tanke på allt färre personer ute i anläggningarna så kan man på flera platser ersätta eller komplettera med elektronisk ljudupptagning för detektering av begynnande fel i ett tidigt skede.

Elektroniska öron kan tillsammans med programmerbar utrustning vara självlärande och skapa en normaljudprofil för uppmätt objekt eller anläggningsdel. Med en viss marginal till denna normalprofil är det sedan möjligt att ange larm och varningsgränser för utkallning av personal till anläggningen.

4.2.4 Elektroniska ögon

Övervakning med hjälp av elektroniska ögon eller bildsensorer, i dagligt tal kallat för kameraövervakning, är något som i allt större omfattning används inom kraftbranschen, och då både med hjälp av stillbildsteknik och rörliga bilder. Då den senare metoden kräver hög överföringsförmåga så är det idag den förstnämnda som är den mest utnyttjade.

Inom övrig industri som exempelvis pappers-, trä-, och gruvindustrin så har tekniken används sedan länge. Att den ej har utnyttjats i högre grad inom kraftindustrin kan nog till största delen förklaras av kommunikationsproblem eller bristande kapacitet på kommunikation. Då de flesta produktions- och nätanläggningar idag fjärrövervakas så har kommunikationen blivit den begränsande faktorn. Skillnaden mot utvecklingen inom övrig industri är ganska enkel att förstå med de möjligheter som där har funnits med att dra ut eget kablage från kontrollrum fram till önskat objekt eller anläggningsdel som skall övervakas.

Med dagens kraftigt utbyggda kommunikationsnät och högre kapacitet på modem mm. så kommer det dock att ges en helt annan möjlighet till att övervaka objekt eller anläggningsdelar även om de ligger långt ifrån övervakande driftcentral.

Användningsområden så som övervakning av områden nedströms utskovsluckor, skräp och is på intagsgrindar, ställverksområden, stationsbyggnader, mm. kommer säkert att vara de samma som idag men i utökad omfattning tack vare snabbare (och billigare) överföring av bilder.

I kombination med intelligent och självlärande teknik så kan elektroniska ögon utnyttjas för att själva ”ringa upp” och skicka över bilder när något onormalt inträffar ute i anläggningen. Driftcentralen kan sedan utifrån den erhållna informationen från bilderna fatta rätt beslut och åtgärder.

4.2.5 Elektroniska näsor

Elektroniska sensorer som känner av narkotika, minor, mögel, sprängämnen, mm. används redan idag på många håll. För kraftindustrin så är tekniken dock helt ny men med ett tänkbart stort användningsområde.

Principen som den elektroniska näsan arbetar efter är förhållandevis enkel att förstå. Varje lukt/doft är kemiskt olika och uppbyggd av olika ämnen med olika elektriska egenskaper. Tillsammans med programmerbar självlärande utrustning så skapas ett

elektriskt normalspektrum för det eller de ämnen som man vill att sensorerna skall reagera på, detta möjliggör en senare detektering av det eller de önskade ämnena med efterföljande larm till driftcentral eller liknande.

Med tanke på att många av dagens fel och begynnande haverier upptäcks av personal som tycker att det luktar konstigt ute i anläggningarna, och att personal ute i anläggningarna blir mer sällsynt i framtiden, så är säkert tekniken mycket användbar när tekniken blir mer utprövad och förfinad.

4.2.6 Givare för fuktighet i olja

Med inbyggda fuktgivare i transformatorerna skulle man i ett mycket tidigt skede få indikering på förekomst av eventuell fukt i oljan och på det viset kunna förhindra större och mer omfattande haverier. Den transformator som fuktgivare larmar för skulle på ett planerat sätt kunna kopplas bort från nätet och lasten fördelas om, utan spänningsavbrott som följd. När sedan transformatorn är frånskild så kan ett mer omfattande oljeprov av traditionell typ tas och analyseras, innan en mer omfattande felsökning och läckagekontroll påbörjas.

Man kan även tänka sig det omvända, alltså en givare som mäter olja i vatten (har dock ej hittat någon som klarar att mäta i rinnande vatten). En sådan givare skulle vara väldigt användbar för mätning på returledningar från bärlageroljekylare, vattenkylda transformatorer, regleroljekylare, mm. En riktigt känslig oljehaltsmätare som placeras direkt i sugrören på aggregaten skulle i ett tidigt skede detektera ett eventuellt oljeläckage från löphjul eller dylikt och kunna stoppa anläggningen eller del av denna.

4.2.7 IR-givare för mätning av värme

Med framtidens allt högre krav på drifttillförlitlighet för ställverk, fördelningsskåp, fördelningscentraler, mm. så kan det vara tänkbart att bygga in permanent övervakning på vissa knutpunkter för att i ett tidigt skede upptäcka varmgång. I kombination med programmerbart PLC-system av något slag skulle det vara möjligt att ta fram en normaltabell för temperatur i förhållande till aktuell belastning. Utrustningen skulle till och med kunna vara självlärande i det avseendet. Avvikelse från dessa normalvärden skulle sedan ge upphov till larm.

4.2.8 Givare för gaskoncentration

Ozon

Givare för mätning av ozonhalt används redan idag ute i en del anläggningar. Det är framförallt för mätning av ozonhalten i en del generatorkammare som tekniken används. En ökad användning av givartypen, för mätning av ozonhalten, för att få varning och larm lokalt ute i anläggningarna, samt för att eventuellt erhålla fjärröverförbara värden, kan vara en tänkbar utveckling.

Koloxid

Givare för mätning av koloxidhalt kan tänkas vara användbart både för detektering och för mätning. För detektering av brand kanske då i mer begränsade utrymmen där koloxidhalten snabbt påverkas. I olika system för varning och information till personal ute i anläggningarna (framför allt i bergstationer) kan mätningen få en ökad betydelse med tanke på de ökande ensamarbetena i stationerna.

Syrgas

Givare för mätning av syrehalt kan tänkas vara användbart både för detektering av låg nivå och för mätning. I larm och varningssystem i underjordsstationer för utrymning av anläggningen samt i säkerhetsutrymmena i dessa stationer. För användning ute i processen så kanske användandet av syrehaltsensorer ej blir lika stort.

4.2.9 Givare för vattenanalys

Då det inom kraftindustrin (vattenkraften) inte alls förekommer kemikalier eller i små mängder, så torde utnyttjandet av givare och sensorer för mer avancerade vattenanalyser bli begränsad ute i anläggningarna.

Det största problemet idag är förekomsten av olja i dränagevattnet i stationerna, och i uppsamlingsgroparna för olja under transformatorerna, samt förhindrande av att denna olja kommer ut i vattendragen eller grundvattnet.

4.2.10 Intelligent fotoceller

Intelligent fotoceller har motsvarande funktionalitet som befintliga optiska givare. Den stora skillnaden är att kommunikationen av mätvärde eller detektering sker med hjälp av optisk överföring vilket möjliggör en mycket enkel montering eftersom det ej behövs någon anslutning av kablage till givaren.

4.3 Sammanfattning och kommentarer

Fortlöpande tas det fram nya typer av sensorer och givare för mätning och detektering, men med tanke på att tekniken för dessa sensorer och givare kanske ej är helt färdigutvecklad, plus att den oftast är dyr innan tillverkningen kommer upp i volym, så kan ett rimligt antagande vara att det är en viss fördröjning innan tekniken kommer ut i produktionsanläggningarna och blir kommersiellt gångbar.

Ett mer rimligt scenario att tro på i ett första skede, är att gammal välbeprövad teknik, vad det gäller sensorer och givare, utnyttjas tillsammans med programmerbar utrustning för att skapa så kallade intelligenta lösningar.

5 Människans slutledningsförmåga i ett anläggningsperspektiv

I detta kapitel behandlas människans möjligheter till bedömningar i förhållande till den information som finns tillgänglig och vilken hjälp som kan uppbringas med ny teknik. All grundläggande information samlas upp lokalt i produktionsanläggningarna varefter man kan välja att överföra mer eller mindre information beroende på kommunikationsmöjligheterna. Hjälpmedel och intelligens bör i första hand implementeras lokalt för att sedan föras över till centrala system.

5.1 Beskrivning av nuläget

Driftcentralen har som sin uppgift att sköta driften av ett definierat område och behandla de larm som kommer in från anläggningar i området. Personalen har inte tid till att fördjupa sig i de larm som kommer utan lutar på den klassning av larmen som utförts och behandlar larmen enligt en definierad plan.

I scenariot till denna förstudie mottar driftcentralen ett larm som är klassat så att det vidarebefordras till mer insatt jourpersonal. Jourpersonalen kan därefter fördjupa sig i larmets orsaker och besluta om vidare åtgärder.

5.1.1 Information från larm

Till driftcentralerna kommer larm som delas upp i olika kategorier, beroende på hur allvarliga de bedömts. Till larmet hör också information i form av en larmtext med information som är begränsad av t.ex. antalet tecken som får användas.

Förutom den rent textmässiga begränsningen så kan även larmets ursprung vara dåligt selekterat. Ett exempel från eldistributionssidan kan vara ett summalarm från en fördelningsstation vilket indikerar ”fel på nätstation”; dock ej vilken nätstation.

Viktig information från larm är tidsstämplingen. Vid ett förlopp där många larm kommer samtidigt är det värdefullt med en tidsstämpling som har hög upplösning så att man kan se vilket larm som gick först och kan indikera hur förloppet startat.

5.1.2 Kännedom om anläggningen

Jourpersonalen i förstudiens scenario känner till anläggningen varifrån larmet kommer och har därigenom bättre förutsättningar att bedöma situationen.

Beroende på vilket styrsystem som är installerat på plats och vilka kommunikationsmöjligheter som står till buds kan jourpersonalen inhämta mer information utan att åka till den berörda anläggningen.

5.1.3 Utryckning eller inte?

Bedömningen om det skall ske en utryckning av jourpersonal på grund av inkommet larm bedöms alltså i två steg:

1. Driftcentralen observerar larmets klassning och bedömer om jourpersonal skall kontaktas eller om ändrat körsätt kan avhjälpa situationen så att larmet kan avhjälpas på kontorstid.
2. Kontaktad jourpersonal kan genom att hämta in fördjupad information göra en bedömning om utryckning är nödvändig eller om felet kan åtgärdas på annat sätt.

5.1.4 Larm som orsakar onödiga utryckningar

- Nivåövervakningar i oljesystem. (Ej kompenserade för temperatur.)
- Otillräcklig information i larmtexter m.m. kan leda till felaktiga bedömningar.
- Dålig selektering kan betyda att jourpersonal får åka onödigt långt eftersom de inte vet varifrån larmet kommer.
- Driftcentralen kan undertrycka larmet genom att ändra körsätt men missbedömer situationen och kallar ut jourpersonal.

5.2 Möjligheter med ny teknik

Ny IT-teknik i anläggningarna innebär generellt att den överförda informationen kan utökas. Information om sensorers tillstånd och inställningar förutom själva mätvärdet kan överföras och bidra till en mer exakt bedömning.

5.2.1 Förbättrad information från larm

I moderna operatörssystem finns utökat utrymme för textinformation så att operatören kan få en beskrivning i klartext med fullständig tag-beteckning. Utifrån informationen kan han sedan gå vidare i processbilder till den aktuella larpunkten och från t.ex. givare utläsa mer information om tillstånd etc.

Selektivitet kan förbättras när kommunikationen mellan olika anläggningar förbättras. Befintliga summalarm bör kunna brytas ned i enskilda larm med full information för den som önskar detaljerad information.

Tidsstämplingen bör sättas lokalt i det system som larmar och föras över till övergripande system. Med moderna lokala system med korta cykeltider bör en upplösning kring 50 ms kunna uppnås. En sådan upplösning på tidsstämplingen hjälper operatörerna att bedöma hur ett förlopp skett tidsmässigt.

5.2.2 Filtrering av icke relevanta larm

För att begränsa bruset av oviktiga larm som personalen på en driftcentral utsätts för bör icke relevanta larm filtreras bort. Larm från en anläggningsdel som inte är i drift bör t.ex. filtreras bort om de inte behövs för övervakning av den avställda anläggningen.

Vissa anläggningsägare strävar efter att starkt begränsa antalet larm till driftcentralerna. Larm som inte kräver direkt åtgärd ligger i den lokala larmlistan och åtgärdas under rondering på normal arbetstid.

5.2.3 Möjlighet till fjärråterställning

En möjlighet till fjärråterställning skulle i många fall spara in jourutryckningar. I samband med åskväder löser många anläggningar ut. Ofta är det inget fel på anläggningen mer än att skydd har löst ut och behöver återställas lokalt. En utökad övervakning med kameror, luktsensorer m.m. skulle hjälpa till att möjliggöra fjärråterställning.

5.2.4 Informationssystem

En typ av system som blir allt vanligare inom processindustrin är process-informationssystem vilka hämtar information från styr och operatörssystem via kommunikation. Informationssystemen är specialiserade på att presentera trender och grafer samt förse användare med uppgifter för statistik, analys m.m. Hantering av historiska data och grafisk presentation av dessa är en datamässigt tung bit som bör ligga i ett eget system eftersom det annars påverkar prestanda i t.ex. styrsystem vars egentliga uppgift är att styra och reglera anläggningen. Kapaciteten på ett modernt informationssystem brukar vara avpassad så att loggade värden kan sparas som sekundvärden i flera år. Trender och grafer är ett kraftfullt hjälpmedel för den personal som övervakar en anläggning. Förlopp och tendenser kan presenteras genom att gruppera relevanta signaler och även jämföra dessa i tiden. Det finns även möjlighet att generera nya signaler genom beräkningar och funktioner och t.ex. bilda larm på dessa.

Informationssystemen brukar i regel vara uppkopplade även mot kontorsnätverken så att administrativ personal kan få tillgång till driftdata på ett enkelt och smidigt sätt.

5.3 Generella larmuppsättningar och benämningar för en station/ aggregat

För att underlätta för personalen på en driftcentral där larm från ett stort antal anläggningar kommer in kan det vara lämpligt att i möjligaste mån använda generella larmuppsättningar med standardiserade larmtexter och tagbeteckningar. Operatörerna känner då igen de meddelanden som kommer och kan jämföra mot liknande larm från andra anläggningar och på så sätt snabbare fatta beslut om lämplig åtgärd.

5.4 Artificiell intelligens

För att förbättra övervakningen i kraftanläggningar finns det idag former av artificiell intelligens som går att använda för att konstruera s.k. "early-warning systems". Här presenteras i korthet tre olika metoder.

5.4.1 Kunskapssystem med induktiva metoder och fuzzy logic

Med hjälp av historiska data och expertkunskap byggs grunden för detta system. Systemet producerar ett grafiskt resultat i form av beslutsträd vilket kan verifieras av experter. Den induktiva logiken kan sedan kompletteras med "fuzzy logic" logik med en glidande skala för noggrannare beslut. Det finns idag kommersiella produkter på marknaden.

5.4.2 Neurala nätverk

Neurala nätverk är självlärande system vilka efterliknar den mänskliga hjärnans sätt att arbeta. Det är mycket svårt att analysera ett neuralt nätverk och därmed veta i hur stor utsträckning man kan lita på det. Neurala nätverks fördel framför kunskapssystemen är att det kräver mindre programmeringsarbete. Många universitet och högskolor jobbar med egenutvecklade applikationer av neurala nätverk men kommersiella produkter finns.

5.4.3 Genetiska algoritmer

En intressant form av artificiell intelligens är genetiska algoritmer. Enkelt uttryckt får en mängd programberäkningar arbeta parallellt och utvärderas. De som får bäst resultat sparas och modifieras till en andra generation o.s.v. Efter ett antal generationsväxlingar har man uppnått en stabil modell genom "evolution". Det finns idag kommersiella produkter på marknaden.

5.4.4 Implementering

Ovanstående system kan implementeras i datamiljö där information från den anläggning som skall övervakas förs enklast över via databaser eller textfiler. Annan kommunikation är möjlig via olika "plug-in" program.

Några exempel på tillgänglig programvara:

- XpertRule Knowledge builder (Attar Software)
- NeuNet Pro (CorMac Technologies)
- LabVIEW, fuzzy logic add-on (National Instruments)
- Neural Network Toolbox (Matlab)
- Fuzzy Logic Toolbox (Matlab)
- The Genetic Algorithm Optimization Toolbox (GAOT) and Related Papers (Matlab)

5.5 Sammanfattning av ökade möjligheter för driftcentral och jourpersonal

- Genom att mer specifik information överförs till driftcentral och jourpersonal så kan dessa fatta bättre beslut med avseende på om uttryckning behövs eller ej.
- Bättre selektivitet ger direkt rätt information var larmet kommer ifrån.
- Genom ett minskat brus av icke relevanta larm får personalen ökat fokus på skarpa situationer.
- Lokal tidsstämpling med hög upplösning ger bättre bedömningsmöjligheter av förlopp.
- Genom utökad övervakning kan skydd fjärråterställas.
- Generella benämningar och larmuppsättningar ger snabbare beslut.
- ”Early warning” system kan införas med hjälp av artificiell intelligens.
- Informationssystem ger verktyg för bättre tillståndskontroll och jämförelser med liknande situationer

6 Analysmetoder

Analysen av en övervakad signal som i slutänden genererar ett larm har två huvudsakliga ändamål för användaren: vad som eller var något är defekt och i hur hög grad det är defekt eller hur mycket det påverkar systemet den verkar i.

Historiskt kunde signalen vara gnisslandet från ett lager som börjat gå tungt eller kanske värmen avgiven från det samma som i sin tur förångar lite mer olja än tidigare vilket i sin tur ger upphov till en lukt som blir starkare än vanligt. Även om några elektroniska eller på annat sätt automatiserade givare placeras ut strategiskt i den exemplifierade anläggningen, är det svårt att med seriositet och logik kalla detta för avancerad övervakning. Åtminstone i jämförelse med det finkänsliga, autonomt återkopplade och självanalyserande system en närvarande människa utgör. Man kan naturligtvis ställa upp hur många motexempel som helst men faktum kvarstår att människans inneboende ”förmågor” är svårslagbara.

6.1 Möjligheter med avancerad övervakning

Ett avancerat övervakningssystem har inte bara fördelen att omedelbart avge ett larm som på stor distans kan uppfattas omedelbart. Inom ramen för möjligheterna kan ytterligare möjligheter pekats ut.

- Minskat beroende av nyckelpersoner
- Större arealer och fler anläggningar kan övervakas momentant
- Mänskligt otillgängliga rum kan övervakas
- Möjlighet att studera händelseförlopp efter ett haveri

6.1.1 Nyckelpersoner

Personaltätheten i en anläggning bär med sig kostnader. Ett av de viktigare målen med studien är att identifiera rationaliseringsfördelar som rimligen bör kunna falla ut i minskad personaltäthet.

Med ett väl fungerande övervakningssystem ska personal i tjänst inte behöva känna någon som helst osäkerhet om vad ett avgivet larm betyder. I de fall en kedja av mänskliga vidarefordranden behövs ska budskapet vara entydigt från förste mottagare i exempelvis driftcentral till avhjälpande reparatör och uppföljande system. En fullständigt identifierbar händelse bör kunna leda till avhjälpning utan onödigt sökande av kompletterande uppgifter. Det medger att olika personer kan utföra nödvändiga insatser och beroendet av särskild personal minskar.

En av förutsättningarna för att detta ska fungera är korrekt och enhetlig nomenklatur, en i sig ofta identifierad brist.

Förhållandet är inte bara en rent ekonomisk fråga. Ett väl utvecklat övervakningssystem kan också bli en värdefull brygga till bevarande och överföring av erforderlig och befintlig kompetens.

En korrekt larmanalys skulle exempelvis kunna leda till automatiserad beställning vid den praktiska delen av köp/säljförandet mellan anläggningsägare och entreprenör.

6.1.2 Momentan övervakning

I kraftbranschens komplicerade och vitala anläggningar blir enstaka händelser många gånger delar av långa händelsekedjor. Genom att övervaka olika anläggningsdelar momentant kan mindre kända beroenden identifieras. En ekonomisk vinst kan förväntas om det egentliga felet, istället för bara symptomet, avhjälpes.

Den rationella fördelen med att inte kroppsligen behöva leta upp ett fel är en självklart tidsbesparande och därmed ekonomisk vinst.

6.1.3 Rondning och otillgängliga rum

Rondning i anläggningar av elkraftbranschens typ är en viktig del för upprätthållande av kontinuerlig och störningsfri drift. Det finns emellertid utrymmen av vikt för produktionen som inte är åtkomliga under drift. Roterande rum, vattenfyllda volymer och oljekylade kammare är exempel utöver de rent oergonomiska arbetsmiljöer som ändå förekommer. Tidsåtgången för rondning kan på så sätt minskas genom automation samtidigt som samlad information om anläggningen ökar.

Ett övervakningssystem medger möjligheter att komma åt ”information” som tidigare varit helt otillgänglig. Med modern trådlös överföring kan signaler överföras utan att informationen förvanskas ens i de elektriskt svåra miljöer som förekommer i kraft- och ställverk. En förutsättning för att informationen ska tillföra några värden är dock att man verkligen lär sig använda den i såväl drift- som underhålls- och förvaltande organisationer.

6.1.4 Efter ett larm

Då ett larm avgivits eller i värsta fall, ett haveri inträffat kan övervakningssystemets historikfunktion, loggning, vara till stöd för utredning av incidenten. Åter igen kan man reflektera över händelsekedjan och studera inte bara den larmade parametern utan också både intilliggande och mer perifer information.

Ett övervägande som måste göras är dock hur stor informations mängd och hur länge den skall bevaras.

6.2 Trend, status, haveri och falsklarm

Signaltypen för respektive givare i ett övervakningssystem blir avgörande för vilken typ av larmning som kan förekomma.

Gränslägesgivare kan i allmänhet inte överföra mer information än om en nivå är uppnådd eller inte. För enstaka sådana givare får åtgärder vid larm prioriteras efter tidigare erfarenheter. Med flera sådana givare, inte nödvändigtvis bevakandes samma parameter, kan filtreringar andra bearbetningar och prioriteringar göras i systemet och därmed minska behovet av mänsklig uppmärksamhet.

Nivågivare ger möjlighet att avge "larm" på olika nivå, inte bara avseende den övervakade parametern. Före den eventuellt kritiska nivån kan varning avges vilket skulle kunna medge att reaktionstiden till en tvingande uttryckning kan förlängas.

Genom att kombinera flera signaler och studera hur de varierar över tiden kan trender och status i gynnsamma fall bestämmas. Ju mer kunskap som finns kring systemet ju mer bör det gå att automatisera sådana processer. Desto bättre bör också möjligheterna bli att kunna undvika haverier. Trendutveckling anses också vara det starkaste hjälpmedlet som ligger till grund för underhållsplanering.

I högsta möjliga grad önskar man också undvika felaktiga larm. Inte nog med att de är upphov till onödiga uttryckningskostnader, de sänker också förtroendet för systemet vilket i värsta fall skulle kunna leda till obefogad skepsis vid skarpt larm. Flera tänkbara möjligheter, både hård- och mjukvarumässiga, finns för att minimera falsklarmen. Som exempel kan nämnas multipla givare, "intelligenta" givare respektive automatiskt trendövervakande system.

6.3 Systemkonstruktion

6.3.1 Kunskap i expertsystemet

Det mest grundläggande kriteriet för att få en relevant uppsättning givare till ett värdefullt övervakningssystem är att etablera en kontinuerlig dialog med dem som besitter erfarenhet om det. För att få utvärderingen av övervakningen att fungera krävs engagerad personal som känner delaktighet till exempel genom kontinuerlig personlig återkoppling till funktionen.

6.3.2 Mätkedjan

Från sensor till larm ska flera länkar som transmittar, filter, konvertrar, loggrar, transmissionskanaler och databaser, passeras av informationen. Till informationen kan vidare associeras olika grader av intelligent bearbetning. I de enklaste fallen befinner sig "intelligensen" i givaren eller bara dess placering, exempelvis som med en gränslägesbrytare. I andra fall kombineras signalerna från flera givare kopplade till någon sorts analysator av logiska grindar och matematiska operatorer.

Ett viktigt moment som påpekats är identifikationen vid larm. Det behöver nödvändigtvis inte lösas med "intelligensen" placerad hos givaren. Men ju närmre denna benämningen finns, desto större sannolikhet torde finnas att förväxlingar undviks.

Ju högre krav som ställs på signalvägen ju närmare sensorn får man anta att den intelligenta komponenten placeras. Därmed inte sagt att all "intelligens" återfinnes distribuerad. Följdfunktioner till avgivna larm eller periodiska funktioner, främst avses här underhållsplaneringsstöd, kan mycket väl tänkas ha sin kalkylerande funktion i direkt anslutning till användaren/planeraren och hämta sina uppgifter ur central databas.

Motsvarande resonemang kan föras för var den insamlade, loggande, funktionen i ett system kan återfinnas. Som logger avses den del som kontinuerligt mottager sensorernas ut signaler. Denna avfrågas i sin tur periodiskt till någon typ av databas för långtidslagring av informationen.

I vilken grad färdiga expertsystem finns tillgängliga är svårt att säga. Lika så i vilken utsträckning ett skräddarsytt system går att återanvända i andra anläggningar utan långtgående expertmedverkan.

6.3.3 Informationsmängd

En av farorna med övervakningssystemen är att informationsbruset blir så kraftigt att avsedda funktioner inte upprätthålls. Med dagens system är väl främst driftcentralerna i farozonen men de mobila kommunikationslösningar som i allt högre grad blir kommersiellt tillgängliga medför att vilken bilburen medarbetare som helst skulle kunna överösas med information. Sannolikt kommer bärbara system i fickstorlek att vara lika tillgängliga inom överskådlig framtid. Detta faktum kräver att den information, till exempel i form av larm, som distribueras ut från övervakningssystemen måste vara mycket väl filtrerad och selekterad.

Samtidigt bör, i övervakningssystemen insamlad, information finnas tillgänglig på begäran som stöd för planering och åtgärder.

7 Ekonomisk potential

En viktig del av denna förstudie är att ta reda på de kostnadsbesparingar som kan uppnås med användandet av ny teknik. I följande avsnitt har vi koncentrerat oss på de jouruttryckningar som skulle kunnat förhindras med hjälp av teknikförbättringar. Anledningen är att detta har ett direkt samband med det typfall som ligger till grund för rapporten.

Inom området finns möjligheter att undersöka besparingar ur andra aspekter såsom:

- Förhindrade haverier p.g.a. förbättrad övervakning.
- Miljövinster genom t.ex. förhindrande av oljeutsläpp.
- Möjligheter till förbättrad körning genom utökad kommunikation och manövreringsmöjligheter.
- Utökad personsäkerhet internt och externt genom förbättrad övervakning

7.1 Antagna förutsättningar

I redovisningen nedan har vi antagit att kostnaden för en normal jouruttryckning är cirka 2000:-, vilket baserar sig på att den varar drygt 3 timmar inklusive restid och reslängden är ungefär 12 mil tur och retur. Uppgiften betraktas som rimlig av flera anläggningsägare.

7.2 Studie av Sydkrafts anläggningar i Norrland

Sydkraft använder i likhet med Fortum och Vattenfall driftstödsprogrammet Conwide. Från detta program har material från de senaste 18 månaderna penetrerats. Jouruttryckningar har sorterats ut ur materialet varefter varje uttryckning har granskats i avseende på i vilken mån den skulle kunnat förhindras med hjälp av teknikförbättringar. Utöver detta har onödiga uttryckningar från respektive station delats in i ett antal typfel. Om en station har exempelvis 3 st. typfel innebär det att endast dessa behöver åtgärdas för att samtliga onödiga uttryckningar skall elimineras. Materialet presenteras i korthet i nedanstående tabell.

<i>Station</i>	<i>Aggregat</i>	<i>Antal Utryckningar Totalt (Jour)</i>	<i>Antal ”Onödiga” Utryckningar</i>	<i>”Onödiga” Utryckningar i procent</i>	<i>Antal/aggr. ”Onödiga” Utryckningar</i>	<i>Antal Typfel</i>
BDU	1	43	6	14%	6	5
BFN	2	85	9	10,6%	4,5	6
BFO	2	47	12	25,5%	6	5
BJN	3	116	18	15,5%	6	7
BJÖ	3	103	18	17,5%	6	7
BNS	1	59	8	13,6%	8	5
BSE	2	65	8	13,6%	8	5
BVA	1	49	12	24,5%	12	5
DSÖ	1	28	3	10,7%	3	2
ESE	2	56	19	33,9%	9,5	6
FJÖ	1	32	2	6,3%	2	2
FLÖ	1	20	1	5%	1	1
HFN	5	148	44	29,7%	8,8	10
HLN	2	87	12	13,8%	6	6
HSE	3	124	14	11,3%	4,7	4
HTA	3	181	29	16%	9,7	9
HTG	1	67	13	19,4%	13	3
JFN	2	53	3	5,7%	1,5	3
KLI	1	53	9	17%	9	2
KOR	2	76	5	6,6%	2,5	4
LAG	1	29	14	48,3%	14	3
LAÖ	1	27	0	0%	0	0
MAT	1	49	6	12,2%	6	2
MFN	3	86	7	8,1%	2,3	4
NEE	2	31	5	16,1%	2,5	3
ODN	2	41	5	16,1%	2,5	3
PFS	3	72	6	8,3%	2	4
RBA	3	9	3	3,3%	1	2
RSE	3	59	5	8,5%	1,7	3
RTN	2	85	16	18,8%	8	7
SBE	3	50	6	12%	2	4
SFF	3	68	8	11,8%	2,7	5
SIL	1	43	18	41,9%	18	5
SLÅ	3	46	7	15,2%	2,3	4
TIE	2	79	11	13,9%	5,5	7
TRS	1	67	16	23,9%	16	6
TSÖ	1	36	8	22,2%	8	5
VFN	1	17	3	17,6%	3	3

Totala antalet jouruttryckningar var 2386 st. varav 389 st. kunde förhindrats med hjälp av teknikförbättringar.

Det innebär i procent att 17 % av det totala antalet jouruttryckningar kan betraktas som onödiga.

Med hjälp av medelkostnaden 2000:- per uttryckning enligt avsnitt 7.2 erhålles nedanstående nyckeltal.

	Onödiga uttryckningar			Alla jouruttryckningar		
	År	Månad	Vecka	År	Månad	Vecka
Kostnad/aggregat	5928 kr	495 kr	114 kr	35500 kr	2960 kr	680 kr

För ovanstående område skulle besparingen blivit **450.000 kr** på ett år om de onödiga uttryckningarna hade kunnat undvikas.

7.3 Material från Fortum

Från Fortums driftområde dalälven erhöles material angående omfattningen av jouruttryckningar, någon sortering på ”onödiga” uttryckningar gjordes inte men materialet bekräftade omfattningen av jouruttryckningar från Sydkraft. Materialet är hämtat från perioden April-juni 2003.

Med en beräknad kostnad av 2000:-/uttryckning erhålles nedanstående tabell.

Område	Antal stationer	Antal Utryckningar April-juni (Jour)	Kostnad/Vecka, station	Kostnad /år, station
Älvdalen	17	103	932	48471
Borlänge	17	114	1032	53647
Avesta	9	119	2034	105778

Kostnaden per station varierar mellan 932 och 2034 kr/vecka, medelkostnaden blir 1202 kr/vecka.

Hela området som övervakas från Sveg (130 stationer) har 20 driftlag. Varje lag har uppskattningsvis 4 jouruttryckningar per vecka. Medelkostnaden per station blir då 1230 kr/vecka och station.

Jämförelse med Sydkraft:

Sydkrafts exempel ligger kostnaden per aggregat på 680 kr/vecka. Med tanke på att medelantalet aggregat per station i sydkrafts anläggningar är 1,97 så blir medelkostnaden/station 1340 kr/vecka.

7.4 Kommentarer

Materialet från Sydkraft är så omfattande att det kan antas ge en någorlunda sann bild av verkligheten. Siffrorna stämmer väl överens med uppgifterna från Fortum. Kostnadsbesparingen är tämligen blygsam vad gäller jouruttryckningar och kan inte i sig själv bära större teknikinvesteringar. Däremot kan det vid ombyggnader av åldersskäl vara ide att komplettera mätningar och införa ny teknik.

8 Underhållsplanering från avancerad driftövervakning

Två huvudsakliga incitament till att använda avancerade övervakningssystem för mätdatainsamling är personsäkerhet och ekonomi.

Ekonomi påverkas av driftsäkerhet och personaltäthet.

Underhållsplanering är ett begrepp med stor vidd. En möjlig uppdelning är långsiktig, med avseende på produktionsresultat, och kortsiktig, med avseende på direkta kostnader för utförande av underhållsinsatser.

Med denna beskrivning blir inte bara revisionsarbeten och dylikt likställt med underhåll. Även akut felavhjälpning och reparation kommer att räknas in. Och på motsvarande sätt blir då prioritering en del av planeringsarbetet.

8.1 Driftövervakning med långsiktighet

I det långsiktiga perspektivet finns möjligheten att förlägga underhållsaktiviteter, i produktionsanläggningar och anläggningar med säsons- eller andra tidsrelaterade funktionssvängningar, för optimerat driftutfall.

Som på andra ställen i studien nämnts är anläggningskunskap kärnan till frukten av ett fungerande sammanhållet system.

8.1.1 *Det statistiska underlaget*

Ett underhållsplaneringsverktyg baserat på insamlade data från driftövervakningssystemet försätts inte i funktion utan en databas, eller liknande funktion för historik. Genom att studera historiken och kombinera dess struktur till trender finns möjlighet att relatera dessa till befintliga anläggningserfarenheter.

De mätdatafluktuationer som många gånger är aktuella i den här typen av system är ofta så små att de som momentanvärden saknar relevans. Utvecklingen under längre perioder, kanske månader eller år, är bäraren av den information som behöver extraheras.

Enbart statistik räcker inte till för att bygga ett expertsystem. Det synes näst intill omöjligt att få ett verkningsfullt hjälpmedel utan medverkan av den fältbaserade expertis som befintlig anläggningspersonal utgör. Vid uppbyggnaden av detta underhållsstöd infinner sig ett naturligt tillfälle att trygga framtida kompetensbehov genom praktiskt deltagande av dem som bäst känner anläggningarna.

8.2 Larm och incidentnivå

På kortare sikt kan det handla om att reparationsgrupper inte behöver kallas ut på övertid. Det lindrar både ägarens kostnader och det yrkesmässiga slitaget i det humana perspektivet. Eller att färre bilresor behöver tas i anspråk genom att flera åtgärder genomförs vid ett besök.

8.2.1 Varning i stället för larm

I de fall övervakningssystemen kan göras så sofistikerade att mer information än gränslägeslarm finns tillgängligt bör förvarningsinformation också tillämpas.

Här avses inte bara ett tidigare lagt larm utan mer förfinade metoder kan användas för att ur historiken även avgöra med vilken hastighet en försämring på en komponent tilltager. Då en larmnivå uppnåtts får man således också en aning om hur lång tid man har på sig innan akut uttryckning erfordras av säkerhets- eller ekonomiska skäl.

Man ska heller inte av ekonomisk återhållsamhet behöva ”vänta in” ytterligare varningar. I stället bör underhållplaneringssystemet på förfrågan eller automatisk trigger kunna se över anläggningens status och föreslå ytterligare underhållsåtgärder som kan vara aktuella inom given framtid.

8.2.2 Fördelar med varningssystemet

Vissa fördelar synes närmast triviala. De förtjänar dock att nämnas till exempel med avseende på den vikt reducerande av miljöbelastningar har i vår omvärld idag.

- Resvägen förkortas helt enkelt genom att färre antal resor kan företas.
- Tiden resandes i företrädesvis bil, reduceras och används i stället till produktivt arbete.
- En av de större riskerna i arbetslivet utgörs dessutom av trafikfaran, vilken samtidigt minskar.
- Trots att underhållsarbete många gånger är av sådan art att det utförs på övertid bör åtminstone de akut övertidsförlagda timmarna kunna minska.
- Tillgänglig förberedelsestid för komponentanskaffning ökar vilket i sin tur minskar behovet av egen lagerhållning.
- Risken för falsklarm med onödig uttryckning minskar, då man vid varningsförfarandet får längre tid på sig att eventuellt kontrollera förhållandet i historiken.

8.3 Övervakningssystemet och behoven

Utifrån de kortsiktiga respektive långsiktiga perspektiven är det således något varierande förväntningar med olika tidshorisont som ska tillgodoses av övervakningssystemet. Ur tillförlitlighetsperspektiv kan ett långtgående decentraliserat system vara fördelaktigt. Å andra sidan kan underhåll och uppdateringar av själva övervakningssystemet vinna på

en central modell. Den generella gissningen blir att intelligensen kommer att återfinnas på flera olika nivåer i systemen.

8.4 En risk och belastning

Man måste emellertid ha klart för sig att både själva underhållsplaneringsstödet och övervakningssystemet är tekniska system. I sig själva behövande av tekniskt förstående användare och visst mått, säkert icke obetydligt, av underhåll. Eftersom systemen är till stöd för verksamheten riskerar man vid ett lyckat införande av dem även att bli beroende av dem. De lär heller inte bli tillgängliga utan kostnad vilket behandlas på annan plats i studien.

9 Förslag till fortsatt arbete

9.1 Oljenivåövervakning

Många av de typfel som uppträder i materialet från Sydkraft är relaterade till oljesystem och att oljan krymper vid kall temperatur, systemen larmar då för låg oljenivå vid uppstart.

Problemen uppstår framförallt där det finns oljenivåvakter placerade i oljetankar/expansionskärl, exempel på aktuella system/objekt är transformatorer, bärlager, generatorstyrlager, turbinlager och regleroljesystem. Larm kommer i samband med start av aggregaten när oljan är kall och "fastnar" på väggarna i lagerhusen vilket kan tolkas att volymen har "krympt". När sedan lagret efter en tids körning blir varmt så "lossnar" oljan åter och rinner tillbaka ner till behållaren. Larm med påföljande uttryckning kommer också i samband med att aggregaten stoppas och transformatorerna slås från nätet för att få bort tomgångsförlusterna. Detta innebär om det är kallt ute att oljan "krymper" (lindningen minskar i storlek) i samband med att transformatorn kyls ner, vilket till slut medför att oljenivåvakten i expansionskärllet larmar för låg nivå.

En intressant projektidé är att fördjupat studera några typapplikationer med oljesystem och ge förslag på hur en komplettering med givare och modifiering av övervakningen skulle kunna se ut. Målet med ett sådant arbete skulle i förlängningen vara att genomföra några installationer och utvärdera dessa. Nyttan är att på sikt minska antalet onödiga uttryckningar.

9.2 Gångtidsberäkning av störningar mellan stationer

En intressant applikation för artificiell intelligens i vattenkraftsammanhang är att beräkna tiden från en störning i en kraftstation till nästa station nedströms. Denna information är viktig för att man skall kunna parera störningar och innehålla de vattendomar som är aktuella. Med hjälp av kontinuerlig mätning av nivåer, vindriktning, nederbörd och andra parametrar som kan vara relevanta i sammanhanget finns möjligheten att tillsammans med artificiell intelligens göra en snabbare beräkning än vad som är möjligt idag.

9.3 Volymövervakning av regleroljesystem

Ett intressant projekt, eller förstudie till ett sådant, skulle vara att på en eller flera anläggningar uppföra en oljevolymövervakning med hjälp av analoga nivåmätare för tryckklocka och oljetank samt aktuell temperatur på regleroljan. Man skulle också ta med pådragsläget och löphjulsläget för beräklandet av aktuell volym och för övervakning av den samma. I kombination med programmerbar utrustning skulle det vara möjligt att skapa en mycket noggrann volymövervakning med vilkens hjälp det är möjligt att detektera eventuella oljeläckage på ett tidigt stadium.

I samma övervakning kan man också bygga in övervakning över påfylld olja i förhållande till återvunnen olja från dränagevatten mm.

9.4 Övervakningsfunktion för nätbelastning

Ett intressant projekt eller förstudie till ett sådant är att för ett nätområde (distributionsområde) skapa ett självlärande system som med hjälp av spänning- och strömmätare skapar ett belastningsminne för olika sektioneringsområden som fortlöpande uppdateras. Vid exempelvis kopplingsarbeten eller andra begränsningar så kan sedan systemet ge varningar för ”flaskhals” problem eller liknande. Vid nätstörningar kan systemet vara behjälpligt operatör eller automatiskt bygga upp nätet till normal driftläggning. Systemet skulle också vara användbart för simulering i planeringsskedet av ett arbete.

9.5 Avancerad övervakning av generatorer

För att skydda aggregaten mot haverier orsakade av mekaniska fel, används i dag i stort sett endast vibrationsgivare eller förskjutningsgivare. Därtill tillkommer ett antal givare som larmar för avvikande börvärde, t.ex. lager temperatur, oljenivå mm. Med hjälp av dessa givare är det dock inte alltid möjligt att utreda felorsaker eller planera underhållsåtgärder på aggregatets stora roterande delar eller stator fel. Vibrationsövervakning av vattenkraftsaggregat sker i dag med relativt grova metoder och kan inte användas för diagnostik eller uppföljning på ett tillfredsställande sätt. Bedömningar av acceptansnivåer utifrån dagens schablonvärden är definitivt inte tillräckliga.

Avsikten med projektet ”Avancerad övervakning av generatorer” är att utveckla ett helt nytt modernt system från sensor till slutligt beslut av åtgärder hos operatören. Projektet inbegriper erfarenheter från alla delprojekten inom PROFIT genom att systemet förutom att mäta, överföra signaler och data också måste trenda medelvärden av signaler, utföra signalanalys, reducera data, lagra stora datamängder med differentierade tidsintervall samt kunna kommunicera med omvärlden. Förutom att aggregatet måste stoppas vid överskridande av kritiska gränsvärden skall systemet ge rätt larminformation till operatören, tillhandahålla insamlade data på ”rätt” nivå för fortsatta utredningar och analyser. För övergång från dagens schablonmässigt satta nivåer kan artificiell intelligens användas för framtida bedömningar av relevanta acceptansnivåer.

10 Sammanfattning

Intressanta aktiviteter inom området avancerad övervakning och feldiagnostik pågår inom många företag idag, framför allt är universitet och högskolor tillsammans med forskningsaktiviteter inom företag de mest drivande. I rapporten ges också några exempel på mer eller mindre kommersiella produkter.

De huvudsakliga motiven för avancerad övervakning utgörs av

- Personsäkerhet (inre arbetsförhållanden och yttre säkerhet för tredje person)
- Ekonomi (driftsäkerhet och reducerad personaltäthet)

Värdet av avancerad övervakning utgörs sannolikt av flera mindre betalande fördelar som tillsammans kan få en mer avgörande betydelse.

Rationella fördelar med underhållsplanering kan ses på två nivåer, kortsiktigt och långsiktigt. Med stöd av trendanalys kan tidiga varningar erhållas i stället för akuta larm. De omedelbara insatserna kan därmed reduceras med avseende på reslängd och förlagd tid. Långsiktigt är fördelen ökande möjligheter att optimera underhållsinsatser för bästa produktionsutbyte. Solid kännedom om anläggningarna förutsätts ligga till grund för ett fungerande system.

I en välkänd anläggning bör avancerad övervakning kunna reducera beroendet av nyckelpersoner i drift och underhåll. Fler anläggningar och stora arealer kan övervakas momentant. Information om tillståndet i vad som normalt betraktas som otillgängliga utrymmen kan erhållas även vid drift. Och genom att spara mätdata kan en historik vara till stöd för utredningar.

Genom avancerad övervakning får man inte bara momentan statusinformation om ett system utan trendanalyser kan upprättas till stöd rationellt underhållsarbete. Genom filtrering och bearbetning av insamlade data, kan falsklarm lättare identifieras.

Kostnadsbesparingen för jourutryckningar är tämligen blygsam och kan inte i sig själv bära större teknikinvesteringar. Andra kostnadsbesparande effekter vid införande av ny teknik i anläggningarna har inte värderats i denna studie.

Nya typer av sensorer och givare för mätning och detektering tas fram fortlöpande, men med tanke på att tekniken för dessa sensorer och givare ännu kanske ej är helt färdigutvecklad, så kan ett mer rimligt scenario att tro på, vara att gammal välbeprövad teknik, vad det gäller sensorer och givare, utnyttjas i kombination med programmerbar utrustning för att skapa så kallade intelligenta lösningar.

Man får dock aldrig glömma bort att lösningarna aldrig blir bättre än vad som byggs in i dem. Detta ställer i sin tur krav på att de som tar fram lösningarna har ett gediget kunnande inom aktuellt område, samt att ett nära samarbete sker med den drift och underhållspersonal som har erfarenhet från aktuell anläggning eller anläggningsdel.

Detta är också speciellt viktigt eftersom det sedan är drift- och underhållspersonalen som i samarbete med konstruktören måste utföra den sista fintrimningen av utrustningen ute i anläggningen.

Något att ta i beaktande innan man implementerar nya givare och sensorer, är att en mycket stor del av samtliga fel och påföljande uttryckningar till anläggningarna, beror på givarfel eller felaktigt intrimmade givare. Det är av största vikt att framtida system är mycket robusta, har lång livslängd och är mycket störtåliga. Fel i nya applikationer får inte leda till nya problem och fel på själva givarna skall helst inte orsaka ytterligare fellarm.

11 Referenser

- [1] Frykberg, A "Industrial IT Demo", ABB Automation Technology Products AB, Presentation 2003-03-26.
- [2] Lejdeby, S-A "Industrial IT för Elkraftsystem". ABB UTUA/SP, Presentation 2003-03-23.
- [3] Larson J E, "Simple Methods For Alarm Sanitation", Department of Information Technology, Lunds Institute of Technology, IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real-Time Control, Budapest, 2000.
- [4] Toijer, D,; "Ethernet har blivit en riktig fältbuss", Automsation/Förlags AB Verkstadstidningen, Helsingborg Oktober 2003.

Bilaga

A Scenarier

Denna bilaga innehåller beskrivningar av scenarier utvecklade i syfte att beskriva inriktning och avgränsning för PROFIT.

A.1 Felavhjälpning elnät

Tabell A.1 Användningsfall: Larm nattetid från 130/20 kV station

Nr	Aktivitet	Beskrivning	Aktör	Hjälpmedel och verktyg	Information
1	Detektering	Mätvärden/indikeringar från processutrustning och omgivning (ex. temp, fukt) överförs cykliskt till ett expertsystem (gem. För flera anläggningar) som är placerat i driftcentral	"Processgränssnitt, Kontrollanläggning"	Lokal kontrollanläggning/SCADA-system	Digitala och analoga signaler
2	Driftlarm	Expertsystemet detekterar onormalt tillstånd för en 20 kV brytare och skickar larm "Onormalt tillstånd brytare fack 21"	Kommunik.-system	Expertsystem	
3	Diagnos	Larm presenteras för operatör	Driftoperatör	SCADA-system	
4	Analys/ Beslut om åtgärd	Operatör beslutar om drift- eller underhållsåtgärd baserat på utvidgad (uppkallas) information från expertsystem. Behov av jourhavande beredskap identifieras. Arbetsorder skrivs.	Driftoperatör		Arbetsorder
5	Analys	Beredskapspersonal kopplar från basplats upp sig mot expertsystemet för hjälp till analys av felavhjälpning och resursbehov för detta. Historiska data är en del av analysarbetet.	Underhållspersonal	Expertsystem, mobilt terminal för beredskapspersonal	Processdata, lokal logg, larmlista, händelselista
6	Rapportering	Lägesrapport till driftcentralen. Operatör i driftcentral fattar beslut om att vänta med reparation till dagtid. I väntan på reparation görs driftomläggning. Åtgärder vid utryckning registreras i driftjournal.	Underhållspersonal		Journaler (från felavhj. & rondning)
7	Planering av Uh-insats dagtid	Behov av åtgärd dokumenteras. Status för fel och åtgärd noteras. Vid behov kan kommunikation mellan specialister/leverantörer mot expertsystem och beredskapspersonal ske.	Underhållspersonal		Journaler (felavhj. & rondning), uh-planer, rapporter, lager (sök/best)
8	Åtgärd	Reparation. Vid behov kan underhållspersonal koppla upp sig i realtid mot leverantör/specialister m h a handterminal och tillhörande kamera. Tillgång till manualer m.m. möjlig via handterminal	Underhållspersonal		Anläggnings-info, instruktioner, lager (sök/best)
9	Återställning	Funktionskontroll	Underhållspersonal		
10	Driftsättning	Facket tas åter i drift, återgång till normalt driftläge.	Driftoperatör		
11	Rapportering	Åtgärder rapporteras till driftcentralen. Åtgärder vid reparation registreras i driftjournal.	Underhållspersonal		

A.2 Felavhjälpning produktion

Tabell A.2 Användningsfall: Larm nattetid i obemannad kraftstation

Nr	Aktivitet	Beskrivning	Aktör	Hjälpmedel och verktyg	Information
1	Detektering	Sensor detekterar hög temperatur tryckoljesystem. Maskin löser ut per automatik. Signaler överförs till lokal kontrollanläggning.	"Process-gränssnitt, Kontrollanläggning"	Lokal kontrollanläggning	Digitala och analoga signaler
2	Driftlarm	Larm "Utlöst maskin" skickas till driftcentral	Kommunik.-system	Kommunikation via tråd, telefon, eller radio	Typiskt A-, till D-larm
3	Diagnos	Larm "Utlöst maskin" presenteras för operatör	Driftoperatör	SCADA-system, t ex SattCon90	
4	Beslut om åtgärd	Operatör beslutar om drift- eller underhållsåtgärd. Jourhavande beredskap kallas in. Arbetsorder skrivs.	Driftoperatör		Arbetsorder
5	Analys	Beredskapspersonal går in i lokalt övervakningssystem, på plats eller från fjärr, och kontrollerar larm- och händelselista. Finner information om larm "Hög temp tryckoljesystem".	Underhållspersonal	Lokalt SCADA-system, t ex SattCon90	Processdata, lokal logg, larmlista, händelselista
6	Åtgärd	Tryckoljan har i detta fall nu återgått till normal temperatur. Maskinen återstartas varvid temperaturen snabbt stiger, och maskinen stoppas. Felsökning/ reparation krävs.	Underhållspersonal		
7	Rapportering	Åtgärder rapporteras till drift-centralen. Operatör i driftcentral fattar beslut om att vänta med reparation till dagtid. Åtgärder vid uttryckning registreras i driftjournal.	Underhållspersonal	Tillståndskontrollsystem, t ex Conwide	Journaler (från felavhj. & rondning)
8	Planering av Uh-insats	Behov av åtgärd dokumenteras. Status för fel och åtgärd noteras.	Underhållspersonal	Underhålls-system t ex Conwide	Journaler (felavhj. & rondning), uh-planer, rapporter, lager (sök/best)
9	Analys	Underhållspersonal kontrollerar historik för temperatur för att identifiera ev. stegrande förlopp. Söker orsak till fel genom expertsystem eller kontakt med expert. Studerar åtgärder vid tidigare liknande fel.	Underhållspersonal		Historik (trendkurvor), bearbetad data, journaler (felavhj. & rondning)
10	Åtgärd	Reparation	Underhållspersonal		Anläggnings-info, instruktioner, lager (sök/best)
11	Återställning	Funktionskontroll	Underhållspersonal		
12	Driftsättning	Maskin återstartas.	Driftoperatör		
13	Rapportering	Åtgärder rapporteras till driftcentralen. Åtgärder vid reparation registreras i driftjournal.	Underhållspersonal		

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