

Projektets titel: Datadriven identifiering av regulatorparametrar		
Sökande organisation och postadress (högskola anger institution) Silent Control AB Ideon Innovation 223 70 Lund		Organisationsnummer: 556665-1112 Postgironummer/Bankgironummer: 5842-0472
Projektledare (efternamn, förnamn och titel) Ahnlund, Jonas vd		
Telefonnummer: 046-286 8590	Telefaxnummer: 046-286 8507	E-postadress: jonas@silentcontrol.se
Eventuella medsökande: Carl Bro Energikonsult AB, Martin Råberg		
Ansökan avser nytt projekt: <input checked="" type="checkbox"/>		Fortsättning på tidigare etapp: <input type="checkbox"/>
Projektsammanfattning. Långsiktigt mål, etappmål, angreppssätt. Projektet innebär att skapa och utvärdera en metodik för identifiering av trasiga eller slitna komponenter och dåligt inställda regulatorer baserat på enbart processdata.		
Datum för projektstart: 060515		Datum för projektslut (genomförande) 070515
Datum för godkänd rapport (referensgruppen) 070415		
Sökt finansiering från Värmeforsk (tkr) 320	Övriga finansiärer (tkr) 0	Total budget för projektet (tkr) 320
Övriga samarbetspartner, kontaktperson(er), företag, telefonnummer. Institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation, Lunds Tekniska Högskola, Professor Emeritus Gustaf Olsson, 046-222 47 88		
Projektets syfte Ett lyckat projektresultat leder till en metodik som möjliggör för underhållspersonal att förbättra regleringen. Dessutom leder det till att felaktigheter i processen upptäcks, med bland annat färre stopp och högre effektivitet som följd.		
Projektets nyhetsvärde I projektet kommer dels flera nya metoder att undersökas och kända tekniker att utvärderas, dels kommer en helt ny metodik för att identifiera otillfredsställande reglering att tas fram.		
Vad har energiindustrin för nytta av projektet? En förbättrad reglering ger högre verkningsgrad och ökad lönsamhet. Dessutom medför det mindre försurningar på enskilda komponenter och färre produktionsstörningar.		
Ekonomi (kortsiktig/långsiktig potential för tillämpningen) Bättre utnyttjande av det befintliga styrsystemet skapar förutsättningar för stora kostnadsbesparingar utan dyra investeringar.		
Hur kan resultaten generaliseras? Resultaten är generella och kan användas av alla Värmeforsks intressenter.		
Miljöaspekter Bättre reglering leder till en minskad energiförbrukning och reducerade energiförluster vilket ger mindre miljöpåverkan i form av mindre utsläpp och färre olyckor.		
Koppling till Värmeforsks basprogram, eventuellt referens till tidigare Värmeforsk-projekt Projektmetodiken har likheter med P4-211: "Larmsanering med Generella Metoder."		
Vad är projektets timkostnad? 476 kronor		

Datadriven identifiering av regulatorparametrar

Sammanfattning

Projektet innebär att skapa och utvärdera en metodik för identifiering av slitna komponenter och dåligt inställda regulatorer. Metoden använder loggad processdata och utför en snabb screening av processens samtliga mätvärden och pekar ut de som påvisar otillfredsställande reglering.

Bakgrund

Silent Control AB har tagit fram en metodik och programvara för databaserad processanalys i syfte att ta bort onödiga larm. I dagsläget kan vi hjälpa företagen att förbättra larmsystemen så att de onödiga larmen kan reduceras med upp till 90%. Detta gör att operatörerna inte bara reagerar och agerar på de larm som kommer, utan får en möjlighet att styra processen förebyggande. Detta leder dels till en lugnare arbetsmiljö för driftpersonalen och dels uppnås en högre tillgänglighet på grund av färre och kortare driftstopp.

Det finns dock ett behov av att identifiera de bakomliggande orsakerna till onödiga larm. Det kan vara nerslitna och trasiga komponenter i anläggningen (till exempel kärvande ventiler, igensättningar i värmeväxlare eller trasiga givare), men det kan också vara otillfredsställande reglering av processen. Enligt Bialkowski [8] är ca 1/3 av alla PID regulatorer välinställda, 1/3 gör varken till eller från, medan 1/3 faktiskt påverkar processen negativt. En förbättrad reglering ger en stabilare process med minskad risk för olyckor, mindre miljöutsläpp och stor potential för högre lönsamhet.

Trots ett stort behov saknas det enkla användarvänliga hjälpmedel att förbättra regulatorer. Idag är den så kallade "lambdametoden" [7][12] den vanligaste och innebär att man i manuell drift utför en stegändring (eller en störning) och mäter systemets svarstid, vilket tar mellan 15 och 30 minuter¹. Därefter kan man räkna fram lämpliga regulatorparametrar eller erhålla dem ur en tabell. Lambdametoden kan alltså användas utan att behöva beskriva systemets dynamik i matematiska formler, vilket gör den snabb. En nackdel är att det ibland är svårt att tvinga fram ett stegsvar eller mäta svarstiden. En annan är att metoden först måste utföras innan man får reda på om det behövdes eller ej. På en anläggning med flera tusen regulatorer är det en enorm arbetsinsats som av naturliga skäl inte blir av.

Det har utförts mycket forskning inom området, framför allt i Lund där Tore Hägglund, Professor i reglerteknik på LTH, har specialiserat sig på områden som "Automatic tuning procedures" och "Performance assessment methods for control loops". Han har bland annat tagit fram en metod att utifrån processdata identifiera kärvande ventiler vilket ger utsignalen från regulatorn ett väldigt karakteristisk

¹ Förutsatt att svarstiden på systemet är kort. Till exempel kan en koncentrationsändring vid en flotationsprocess ta många timmar.

beteende. Enligt Tore är det vanligt att integraltiden är för lång vilket kompenseras med för stark proportionaldel (förstärkning). Kombinationen ger en tydlig “knyck” i utsignalen och kan därmed detekteras. I en doktorsavhandling av Alexander Horch [11] sammanfattas flera intressanta forskningsbidrag med liknande metoder. PID-regulatorer är de ojämförligt mest förekommande i industrin [10] och därför inriktar vi oss i första hand på dessa.

Det förekommer en del kommersiellt tillgängliga verktyg för att optimera regulatorer. Bland dessa kan Intabs produkt LambdaTune nämnas [12]. LambdaTune används tillsammans med Intabs dataloggers och processens parametrar identifieras utifrån insamlad data under ett stegsvar. Därefter beräknas regulatorns förstärkning och integrationstid baserat på manuella inmatningar. Den kräver alltså on-line anslutning och kännedom om vilken regulator som behöver trimmas.

ABB har ett verktyg de kallar Loop Optimizer Suite [1]. Detta är det kraftfullaste verktyget vi känner till och kan användas för att samla in data och automatiskt övervaka och ge förslag på bättre reglering av ABB:s regulatorer. Den bakomliggande tekniken beskrivs inte i detalj men input i form av processdata jämförs med ett antal generaliserade modeller vilka kan modifieras manuellt efter behov. Programpaketet innehåller en del vilken hjälper till med modellidentifiering. När väl en modell för varje regulator anpassats kontrolleras funktionen av den med schemalagda intervall.

Control Arts Inc i USA har ett programpaket de kallar Model Identification & PID Tuning software package [9]. Det hjälper till att identifiera en modell utifrån processdata och därefter anpassa en väl fungerande regulator. Genom schemalagd övervakning och rapportering kan de regulatorer som behöver ses över identifieras. Systemet påminner om ABB:s men har nackdelen att det bara fungerar på Honeywells TDC3000.

Den gemensamma nämnaren mellan de kommersiella systemen är att de kräver en initial insats på samtliga regulatorer som ska övervakas. Det vill vi komma ifrån genom att identifiera de dåligt trimmade regulatorerna genom analys av all data. Det är vår ambition att automatisera hela identifieringsprocessen och vi vill inte låsa oss till en specifik leverantör av styrsystem. Vi vill också med samma metodik identifiera dåligt fungerande komponenter, något som inget av ovanstående program klarar av.

Oscillationer i mätdata är en indikation på dålig reglering som kan skapa problem för en hel anläggning. En för aggressiv regulator kan ge upphov till svängningar som istället för att dämpas ut påverkar andra delar i processen, vilka också sätts i svängning. Ett system som kommit i svängning kan vara mycket svårt att dämpa och det är därför intressant att inte bara identifiera oscillationer utan också lokalisera var i processen oscillationerna uppkommer.

Det är vår förhoppning att många redan framtagna algoritmer, till exempel för att detektera svängningar, kommer att vara gångbara och att fokus därmed kommer att ligga på att ta fram algoritmer som ger oss den extra information som behövs för att exempelvis lokalisera var så kallade samoscillationer har sitt ursprung eller vilken defekt en viss komponent har, etc.

Vårt mål är dels att utveckla en metodik för att införa förbättringar i styrsystemen och dels att möjliggöra för spridning av dessa idéer inom svensk och internationell industri. Genom samarbete med olika anläggningar inom Värmeforsk har detta redan till en stor del infriats. Flera medlemsföretag, t ex Vattenfall, Fortum, Göteborg Energi, Jämtkraft m fl. har redan dragit stor nytta av resultaten från tidigare Värmeforskprojekt [4][5][6]. Vi hoppas kunna fortsätta, och till och med utvidga, detta samarbete och därigenom skapa en sund och positiv diskussion om hur framtidens larm- och styrsystem ska se ut.

Mål

I ett tidigare Värmeforskprojektet, “larmsanering med generella metoder” [4] presenterade vi en ny metodik att analysera processignaler i avseende att ta bort onödiga larm. Målet med det föreslagna projektet är att med liknande metodik analysera processignaler så att otillfredsställande reglering kan identifieras och förbättrade inställningar kan föreslås. Dessutom ska vanliga funktionsfel på komponenter kunna upptäckas och ursprunget till samoscillationer lokaliseras. En databaserad metodik snabbar upp översynen av en anläggning och skapar möjligheter till processförbättringar.

Följande punkter räknas som primära mål för det föreslagna projektet:

- Ta fram algoritmer som identifierar dålig reglering ur processignaler för vanligt förekommande felinställningar.
- Ta fram algoritmer som lokaliserar uppkomsten av oscillationer som fortplantas.
- Ta fram algoritmer som identifierar vanligt förekommande fel på komponenter.
- Utvärdera metoder och metodik på anläggning i drift.
- Få en uppskattning av nyttan med en datadriven analys av regulatorinställningarna.

Projektbeskrivning och genomförande

Projektet är ett samarbetsprojekt mellan Silent Control AB, Lunds Tekniska Högskola och Carl Bro energikonsult AB. Projektet kommer att ledas av Jonas Ahnlund, Silent Control. Inom ramen för projektet kommer Carl-Johan Mellstrand och Sumit Shinde, studenter på civilingenjörsutbildningen vid LTH, att utföra ett examensarbete. De kommer att stå för orientering av vad som är gjort inom området, implementera och testa kända och nya algoritmer samt utvärdera dessa på simulerad och verklig data. De handleds av Jonas Ahnlund, Gustaf Olsson och Gunnar Lindstedt, Associerad Professor vid institutionen för industriell elektroteknik och automation vid LTH. Projektet bedöms kräva goda kunskaper i reglerteknik och praktisk erfarenhet från industrin varför även Martin Råberg och Stéphane Velut på Carl Bro Energikonsult AB ingår i projektet som experter. Även Tore Hägglund bistår projektet som rådgivare och bollplank. Utöver examensarbetet innehåller projektet en utvärdering av metoderna i en projektlig miljö på någon anläggning samt en ekonomisk uppskattning av nyttan.

Examensarbetet fokuserar på att kartlägga hur olika kombinationer av PID-regulatorns parameterinställningar påverkar ett dynamiskt system och därigenom identifiera unika mönster (fingeravtryck) i utsignalen (typ oscillationer, sågtandsmönster, "knyckar" i stigningar, brusförstärkning etc). System av första, andra och tredje ordningen med och utan dödtid kommer att användas. Därefter kommer algoritmer att tas fram som kan peka ut de typiska "fingeravtrycken" i processignaler. Även slitna komponenter och igensättningar kan ge unika mönster (exempelvis ger kärvande ventiler upphov till ett beteende liknande en fyrkantvåg) och kommer också att ingå i projektet.

Metodiken innebär inte bara att en felställd regulator kan identifieras. Eftersom ett speciellt mönster urskiljs och anledningen till mönstret är känd kommer vi också att kunna ge information om trolig felorsak och vilken åtgärd som borde vidtas.

Fenomenet med oscillationer som fortplantar sig genom en anläggning och sätter ett helt system i svängning kommer också att studeras och stor vikt kommer att läggas på att lokalisera ursprunget till svängningarna.

De fall som studeras och de algoritmer som tas fram hålls medvetet generella för att kunna tillämpas på en godtycklig anläggning och projektet avslutas med ett skarpt test med data från en anläggning i drift. Resultaten utvärderas tillsammans med driftpersonal och reglerexperter.

Förväntade resultat

Ett lyckat projektresultat leder till metoder som hjälper underhållspersonalen att bibehålla och förbättra regleringen på anläggningen. Det är vår förhoppning att metodiken ska möjliggöra en enklare och snabbare identifiering av dåliga regulatorparametrar och om möjligt föreslå bättre. Detta leder till ett bättre utnyttjande av personal- och produktionsresurser och det finns potential för mycket stora effektivitetsförbättringar.

Rapportering

Inom projektet kommer deltagarna att ha regelbundna kontakter. Förutom att Carl-Johan Mellstrand och Sumit Shinde kommer att avlägga civilingenjörsexamen i elektrovetenskap så kommer resultaten från projektet att vara viktiga för den forskning som bedrivs vid LTH och Silent Control. Projektet kommer att utgöra underlag för vetenskapliga artiklar, samt avslutande presentation och rapport för Värmeforsk.

Organisation

Deltagare är

- Jonas Ahnlund och Tord Bergquist, Silent Control AB.
- Carl-Johan Mellstrand och Sumit Shinde, Studenter vid LTH.
- Martin Råberg och Stéphane Velut, Carl Bro Energikonsult AB.
- Gustaf Olsson och Gunnar Lindstedt, Institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation, LTH.
- Tore Hägglund, Institutionen för Reglerteknik, LTH.

Projektledare: Jonas Ahnlund

Kontaktperson LTH: Gustaf Olsson

Kontaktperson Carl Bro Energikonsult: Martin Råberg

Kvalitetsgranskning

Projektet kommer att granskas vetenskapligt av professor Gustaf Olsson vid Institutionen för Industriell Elektroteknik och Automation, Lunds Tekniska Högskola. Kontaktpersonerna på respektive företag är ansvariga för att kvalitetsgranskare utses och kvalitetsgranskning genomförs.

Aktiviteter

Projektet kan delas in i följande fyra huvudaktiviteter:

1. **Områdesorientering:**
En orientering om vad som är gjort på området och i närgränsade forskningsområden. Vi kommer att ha stor hjälp av ledande forskare på området i Tore Hägglund och Gustaf Olsson.
2. **Inledande tester i labmiljö på simulerad och verklig data.**
Inledande tester med kända metoder från litteraturen och från egna idéer görs på simulerad data i Matlab² och därefter övergår vi till att använda verklig processdata.
3. **Skarpa tester på anläggning**
Vi utför tester på en anläggning under projektlika förhållanden. Utvärdering sker i samråd med representanter från anläggningen och övriga projektmedlemmar.
4. **Rapportering:**

² Matlab är ett kraftfullt beräknings- och programmeringsprogram från MathWorks Inc

- Sammanställning av resultat från delprojekt (Exjobbsrapport).
- Publicering genom rapport till Värmeforsk.

Tidplan

Projektet beräknas starta i maj 2006 och löpa fram till och med april 2007 under förutsättning att offerten godtas och alla berörda parter informerats före projektstart. Aktiviteterna fördelar sig enligt tidplanen i figur 1.

Aktivitet	Månad											
	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December	Januari	Februari	Mars	April
Områdesorientering	■	■										
Tester i labmiljö		■		■	■							
Utvärdering			Semester		■							
Exjobb rapport						■						
Tester på anläggning							■					
Utvärdering								■				
Rapport									■	■		
Granskning av referensgrupp											■	■

Figur 1. Tidplan enligt projektförslag.

Projektkostnad

Beräknad nedlagd tid (i månader) för de olika aktiviteterna i projektet fördelar sig enligt nedan:

	Silent Control	LTH	Carl Bro
Områdesorientering		2.5	
Tester i labmiljö		4.5	0.1
Tester på anläggning	0.75		0.25
Utvärdering och rapportering	1.5	3.0	0.4
Handledning Exjobb	0.75		
Totalt	3.0	10	0.75

Vilket ger följande projektkostnad:

Lönekostnader (handledning, forskning, tester och sammanställning)

Silent Control 240 000 kr

Carl Bro 60 000 kr

LTH 0 kr

Övrigt

Resor och övr. kostnader 20 000 kr

Detta ger en total projektkostnad på 320 000 kronor exklusive moms. I projektet deltar även processkunnig och administrativ personal från de anläggningar vi arbetar med. Dessa bidrar med sin egen tid och kostnad.

Kontakter inom projektet

Jonas Ahnlund	Silent Control AB 046-286 85 90 Ideon Innovation, 223 70 Lund jonas@silentcontrol.se
Tord Bergquist	Silent Control AB 046-286 85 90 Ideon Innovation, 223 70 Lund tord@silentcontrol.se
Carl-Johan Mellstrand	070-252 47 87 Kämnärsvägen 8B:109, 226 45 Lund carl.johan.mellstrand@gmail.com
Sumit Shinde	070-321 93 64 Norrängavägen 2B, 224 77 Lund sumit.shinde@gmail.com
Gustaf Olsson	IEA, LTH 046-222 47 88 Box 118, 221 00 Lund gustaf.olsson@iea.lth.se
Gunnar Lindstedt	IEA, LTH 046-222 94 52 Box 118, 221 00 Lund gunnar.lindstedt@iea.lth.se
Tore Hägglund	Institutionen för Reglerteknik 046-222 87 98 Box 118, 221 00 Lund Tore.hagglund@control.lth.se
Martin Råberg	Carl Bro Energikonsult AB 040-25 59 01 Carl Gustavs väg 4, 205 09 Malmö Martin.raberg@carlbro.se
Stéphane Velut	Carl Bro Energikonsult AB 040-25 56 89 Carl Gustavs väg 4, 205 09 Malmö Stephane.velut@carlbro.se

Tidigare forskningsresultat

I ett examensarbete av Jonas Ahnlund och Tord Bergquist vid LTH [2], skapades ett PC-verktyg för att underlätta arbetet med att reducera mängden onödiga larm. Målet med examensarbetet var att undersöka möjligheten att skapa ett generellt verktyg som är användbart inom alla industriprocesser och inte beroende av speciella processegenskaper. Processignalernas karakteristik är av helt generell natur när man betraktar dem en och en utan kontext. Angreppspunkten är därför själva larmbeslutet, det vill säga om ett larm ska ges eller inte. Idén är att analysera den diskretiserade signalen och försöka klassificera den utifrån sitt beteende vid normal drift och därefter tillämpa olika metoder inom signalbehandling beroende på gjord klassificering.

Jonas och Tord har därefter vidareutvecklat idéerna från examensarbetet som forskare vid LTH. Förutom en rad vetenskapliga artiklar och varsin teknisk licentiatexamen [3] har deras arbete resulterat i ett nystartat företag som rönt stort intresse för sin teknologi och belönats med första pris i affärsplantävlingen Venture Cup Syd samt erhållit Vinnovas och Nuteks utmärkelse "Vinn nu". Bakom företaget står även Lunds Universitet genom sitt holdingbolag, LUAB, samt Teknikbrostiftelsen i Lund. Ett bra exempel på behovsstyrd forskning som snabbt resulterat i industriella tillämpningar.

Referenser

- [1] ABB Industrial Systems AB, "Loop Optimizer Suite, Product guide," Available at http://www.sm.luth.se/csee/prosa/html/Dokument/abbMPC/LOS_PG_3BSE016144_21.pdf, Accessed June 22, 2006.
- [2] Ahnlund, J. och T. Bergquist, "Alarm Cleanup Toolbox," Master's Thesis, Department of Information Technology, Lund University, Lund, 2001.
- [3] Ahnlund, J. and T. Bergquist, "Process Alarm Reduction – Applications, tools and advice," Licentiate thesis, Department of Information Technology, Lund University, Lund, 2004.
- [4] Ahnlund, J., T. Bergquist, och M. Råberg, "Larmsanering med Generella Metoder," Värmeforskrapport 835, Värmeforsk, Stockholm, September, 2003.
- [5] Bergquist T., J. Ahnlund, B. Mataji, L. Gårdman, and V. Culjak, "Innovativ larmhantering," Värmeforskrapport, Värmeforsk, Stockholm, 2006. To appear.
- [6] Bergquist, T., J. Ahnlund, B. Johansson, L. Gårdman, and M. Råberg, "Larmsanering genom korrelationsanalys," Värmeforskrapport 877, Värmeforsk, Stockholm, September, 2004.
- [7] Bialkowski, W.L; Weldon, AD.,: tumregel om filter (1,3 x Ts), *Digital Future of Process Control; Possibilities, Limitations, and Ramifications*, Tappi Journal, 77, nr 10: 69-75, October, 1994.
- [8] Bialkowski, W.L.; "Dreams versus Reality: A View from Both Sides of the Gap," Pulp and Paper Canada, vol. 94, no. 11, 1993.
- [9] Control Arts Inc, "Model Identification & PID Tuning Software," Available at <http://www.controlartsinc.com/piddes.htm>, Accessed June 22, 2006.
- [10] Glad, T. and L. Ljung; "Reglerteknik – Grundläggande teori," Studentlitteratur, Lund, 1989.
- [11] Horch, A., *Condition Monitoring of Control Loops*, Doctoral dissertation, Department of Signals, Sensors and Systems, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2000.
- [12] Intab, "LambdaTune plug in," Available at http://www.intab.se/s_evprop_lambdatune.htm, accessed June 22, 2006.
- [13] SSG 5253, *regleroptimering*, Skogsindustriernas teknik AB, November, 2004.