

PSO 2007

Elforsk - Forskning & Udvikling i effektiv energianvendelse

Energieffektivisering gennem modelbaseret regulering og online optimering



Undersøgelser af potentialet for energibesparelser i industriens processer ved at indføre modelbaseret regulering og online optimering af sætpunkter primært i kølevandssystemer og varme anlæg



Resumé:

Modelbaseret regulering er en relativt ny teknologi, som kombinerer viden om processer og anlæg med teoretiske metoder og computers regnekraft i "intelligente", avancerede reguleringstekniske løsninger.

Tankegangen er at beskrive de væsentligste fysiske forhold og karakteristika for et procesanlæg ved hjælp af en model, så man kan forudsige, hvordan det virkelige anlæg vil opføre sig i en hver aktuel situation og kan bestemme, hvordan man opnår den bedste drift for denne situation.

Teknologien har hidtil været anvendt med succes i nogle af de største og meget energiintensive procesindustrier, men praktisk taget ikke i mindre og mellemstore industrier. Her mangler der nemlig standardløsninger, så man kan undgå at bruge for mange ressourcer på tilpasning og implementering.

Projektet har sigtet på at udvikle og afprøve standardløsninger til at optimere driften af kølevandssystemer og varmeanlæg og dermed muliggøre, at langt flere virksomheder med tiden vil kunne tilfredsstille deres køle/varmebehov med et betydeligt mindre forbrug af el og brændsler.

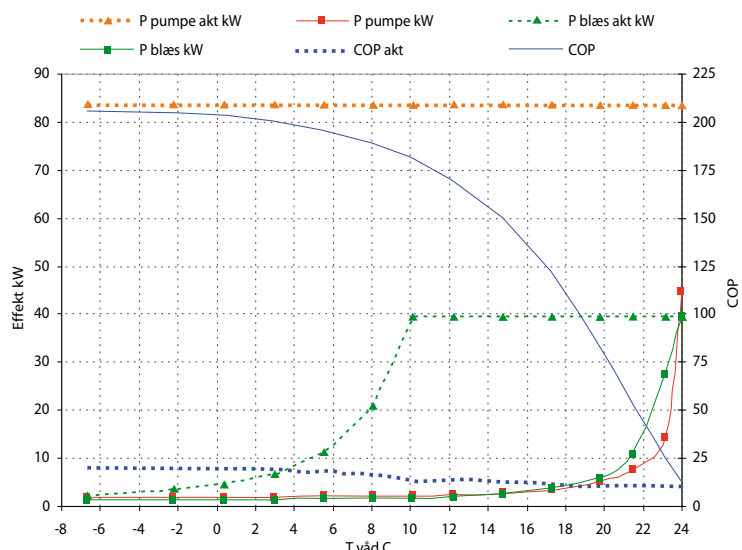
Målsætning:

Målet med projektet var at udnytte metoder inden for modelbaseret regulering og online optimering til at øge industriens energieffektivitet ved at skabe et grundlag for udbredelse også i mere gængse industrier og industrielle processer.

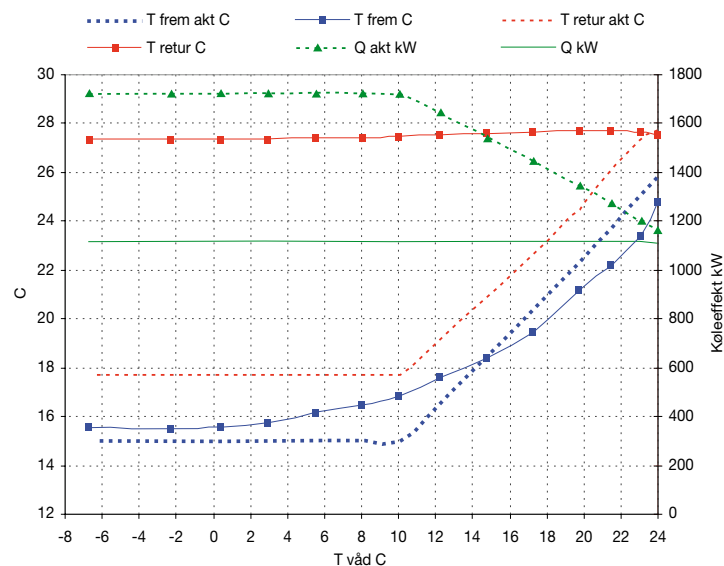
Projektet har fokuseret på at udvikle standardløsninger til:

Kølevandssystemer (optimering af samspil mellem køletårne/kølemaskiner/, procesbehov/vekslere og cirkulationsrater af kølevand og luft (i køletårne).

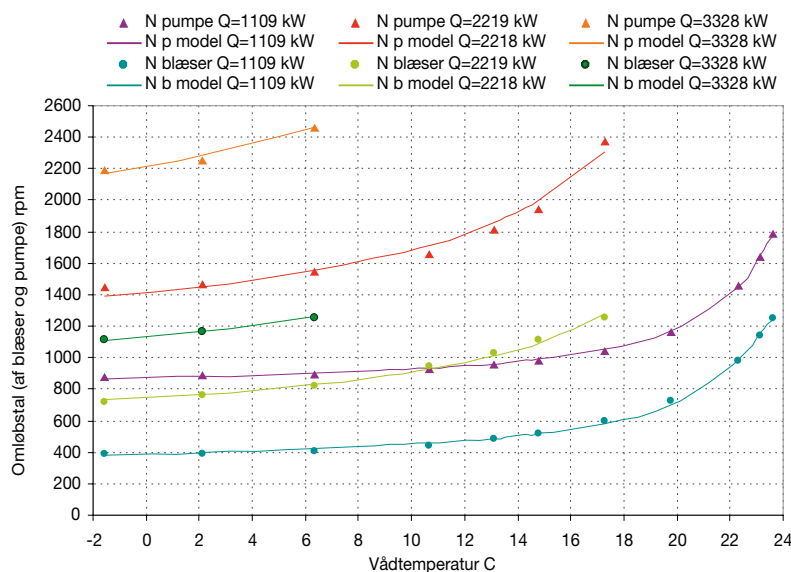
Varme anlæg og kraftvarmeanlæg (optimal driftsstrategi på varme anlæg med forskellige komponenttyper).



Sammenligning af actual driftsstrategi og behovsstyret optimeret drift af et kølesystem. Eleffekter for pumpe og blæsere er vist sammen med COP for kølingen.



Tilhørende temperaturer i fremløb og retur af kølevandet og den bortkølede effekt på processerne for den aktuelle drift og for den behovsstyrte, optimerede drift



Med de trekantede og runde markører er som funktion af vådtemperatur vist de optimale omløbstal for henholdsvis kølevandspumpe og køletårnblæsere for minimal samlet elforbrug ved tre kølebelastninger. De optrukne kurver viser modellens forudsigtelse af de optimale omløbstal for pumpe og blæser.

Processen:

Projektet blev ledet af Weel & Sandvig – Energi- og procesinnovation. Haldor Topsøe A/S i Frederikssund og Novo Nordisk A/S i Bagsværd har deltaget med case studier. Disse to virksomheder har stillet data til rådighed om deres udstyr, procesbehov og reguleringsstrategier.

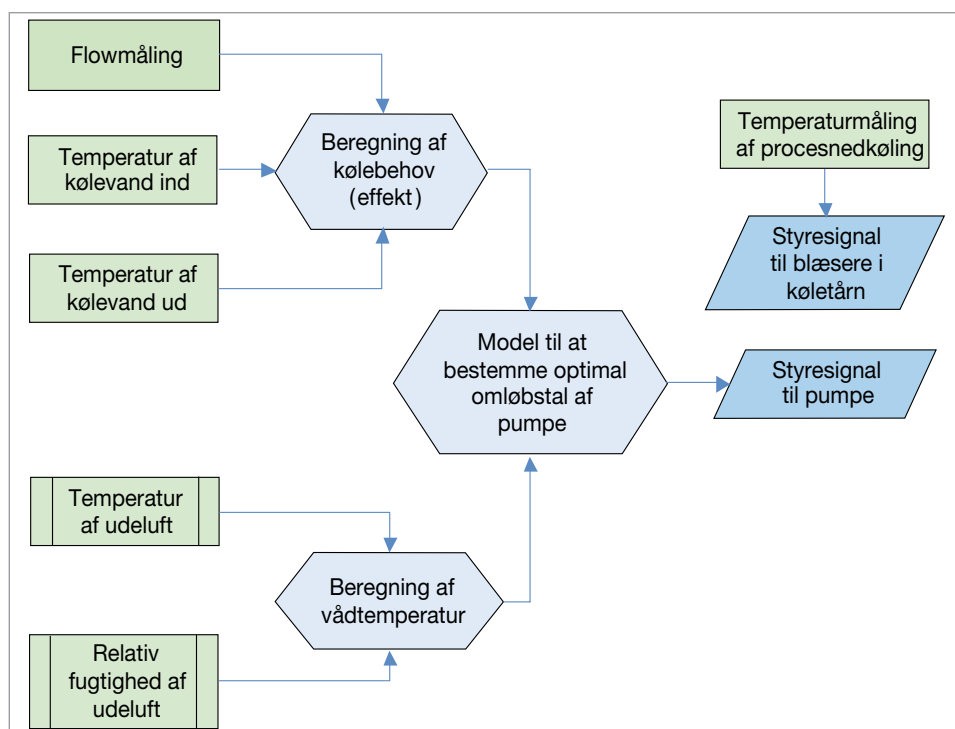
Der blev udvalgt to anlæg:

Et køleanlæg hos Haldor Topsøe i Frederikssund bestående af køletårne.

Et energianlæg hos Novo Nordisk bestående af dampkedler og gasturbine integreret med dampkedel.

Weel & Sandvig har først udviklet grundmodeller af anlæg, hvor komponenters karakteristikker blev beskrevet (køletårne, kølekompresorer, varmevekslere, pumper, kedler, gasturbiner).

På basis af data fra de to virksomheder blev modellerne siden tilpasset de respektive anlæg. I tilfældet med køleanlæg er modellen blevet anvendt til at finde optimale driftstilstande for en række repræsentative procesbehov/kølebetingelser. Derefter blev der udviklet en anden modelformulering, som kan forudsige den optimale driftstilstand med få og umiddelbart tilgængelige parametre som input.



Skematisk illustration af model til optimal drift ved fastlæggelse af optimal pumpeflow. Blæserne i køletårne bestemmes i dette tilfælde ikke med modellen, men reguleres direkte efter processernes temperaturmæssige flaskehalse (alternativt efter en modelbestemt fremløbstemperatur)

Der er tegn på endog meget store besparelspotentialer ved modelbaseret regulering af kølesystemer, som kan sikre både en optimal indstilling af anlægget og behovsstyret ydelse

Der bør arbejdes videre med løsningerne for at kunne gøre implementering mere effektiv og dermed billigere

Resultater:

Projektets resultater er primært, at der er udviklet modeller til driftsoptimering af kølevandssystemer og varmeanlæg.

Eftervisning (simulering) af den modelbaserede reguleringsstrategi på to industrielle kølesystemer har identificeret meget store besparelspotentialer (op til 80 %). Det lykkes desværre ikke at afprøve reguleringsstrategien i praksis på et konkret køleanlæg for at eftervise, at det identificerede potentiale er inden for rækkevidde.

Med hensyn til varmeanlæg er der implementeret et modelbaseret optimeringsystem, som kan optimere driften enten mht. driftsøkonomi eller CO₂-udledning.

Konklusion:

Optimerende regulering har hidtil været forbeholdt forholdsvis få virksomheder, specielt med baggrund i løsningernes kompleksitet. Specielt for procesudstyr, som ikke indgår i de centrale processer, har der hidtil været begrænset fokus på reguleringsformen – og her har undersøgelserne i projektet indikeret, at der er mulighed for meget store energibesparelser. Besparelserne fremkommer både i kraft af optimal regulering af anlæg og i kraft af behovsstyring.

De udviklede modeller kræver dog stadigvæk ret deltaljeret kendskab til kølebehov, anlægskapacitet og karakteristik for at kunne anvise en næsten optimal drift. En erfaring fra projektet er, at fremskaffelse af sådanne data er ganske ressourcerkrævende og tager tid. Det er derfor ønskeligt, at modellerne gøres nemmere at implementere, end de er for nuværende.

Endelig påpeges, at store kølevandssystemer har tendens til at blive designet ufleksible og dermed mistes et stort potentiale for driftsoptimering.

Anbefalinger for videre anvendelse af forskningsresultaterne

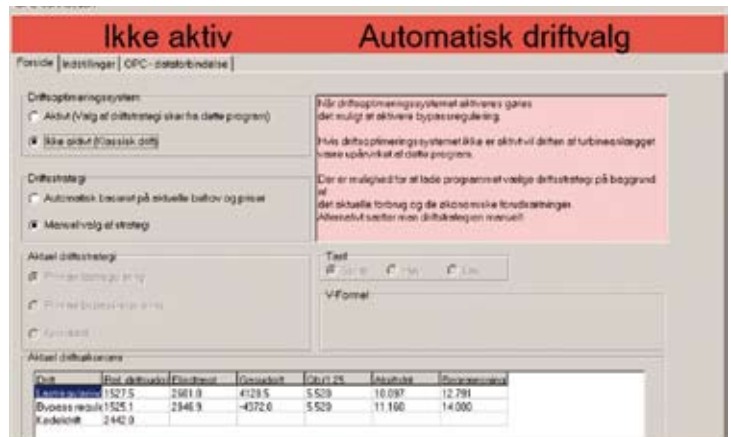
Hvad kan projektet bruges til?

Projektets resultater kan først og fremmest bruges til at arbejde videre med udvikling af modelbaserede standard reguleringsløsninger til industrielle processer.

Projektet har indikeret, at der er behov for reguleringsystemer i utilityssystemer, som kan "tænke selv" og regulere/optimere meget mere effektivt i forhold til behovet, end det typisk sker i dag.

Projektet bør endvidere give anledning til, at der fremover i virksomheder kommer fokus på, hvad er deres egentlige behov, og hvordan dækkes dette så mest effektivt med det aktuelle anlæg.

Udvikling og udbredelse af standardløsninger inden for modelbaseret regulering vil i sig selv være til bredt gagnlig effekt for dansk industri og vil desuden kunne ansprende virksomheder til at tage modelbaseret regulering og optimering op også i mere specielle procesmæssige sammenhænge.



Hovedskærm-billede fra det modelbaserede driftsoptimeringsprogram til kraftvarmeanlæg, til automatisk bestemmelse af optimal driftstrategi.



Datainput til driftsoptimeringsprogram.

Effekt:

Sidst men ikke mindst er det værd at nævne, at energieffektiviseringer ved optimering af reguleringsystemer ofte kræver meget begrænset anvendelse af materialemæssige ressourcer (der skal normalt ikke installeres nyt anlægsudstyr). Med andre ord giver det, at skulle realisere en energi- eller CO₂-besparelse, ikke anledning til ekstra ressourceforbrug andre steder i produktionserhverv og slår dermed fuldt igennem i en global betragtning.



Kontaktperson:

Jens Bjerremund Mikkelsen
Weel & Sandvig
Energis og procesinnovation
Diplomvej, Bygning 377
2800 Kgs. Lyngby

E-mail: jmi@weel-sandvig.dk
Telefon: 2811 0043
Web: www.weel-sandvig.dk

Projekt:

Titel: Energieffektivisering gennem modelbaseret regulering og online optimering
Nr.: 339-053
PSO Program 2007
Budget: 1.343.750 kr., hvoraf 668.550 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.01.2007 – 31.03.2009

Programkoordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk