

Integrerad styrning av kyl- och värmepumpanläggningar

Fredrik Karlsson, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut AB
Per Fahlén, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut AB

Abstract

The project **Integrated control of refrigeration and heat pump systems** intends to formulate criteria and prerequisites for an integrated control system for heat pumps and refrigeration equipment. Diagnostic functions and functions for presentation of process parameters will be included in this control system. The system shall optimize the internal control of the heat pump with respect to a specified parameter such as the coefficient of performance or the thermal capacity. The project started in September 2000, which means that no final conclusions may be drawn, so far. From the literature survey, however, one may draw the conclusion that there is clearly a potential for energy savings by means of an integrated control system.

Sammanfattning

Syftet med projektet är att undersöka förutsättningarna för att skapa ett integrerat styrsystem där även funktioner för feldiagnostik och processövervakning ska ingå. Det integrerade styrsystemet ska optimera värmepumpens interna drift med avseende på en önskad faktor, exempelvis värmefaktor eller avgiven effekt. Projektet startade i september 2000 och några slutliga resultat finns därför inte att redovisa. Av den litteraturstudie som påbörjats kan man ändå se att det finns en klar besparingspotential i användningen av ett integrerat styrsystem.

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund och motiv för projektet	1
1.1	Värmepumpsystem för optimal drift	1
1.2	Integrerad värmepumpstyrning	1
2.	Syfte och mål.....	2
3.	Forskare och industrirepresentanter som arbetat i projektet	3
4.	Projektets genomförande.....	3
4.1	Sammanställning av tidigare arbeten.	3
4.2:	Potential för integrerad styrning.....	3
4.3:	Kartläggning av givare.	4
4.4:	Modellutveckling och analys av behovet av nya givartyper.	4
4.5:	Realisering av ett integrerat styrsystem (IRM).....	4
4.6:	Utvärdering av prototyper.	4
4.7:	Underlag för en licentiavhandling	4
5.	Resultat.....	4
6.	Energi och miljöpåverkan	5
7.	Industriell relevans	5
8.	Examina	5
9.	Publicering	5
10.	Internationell samverkan	6
11.	Slutsatser och diskussion	6

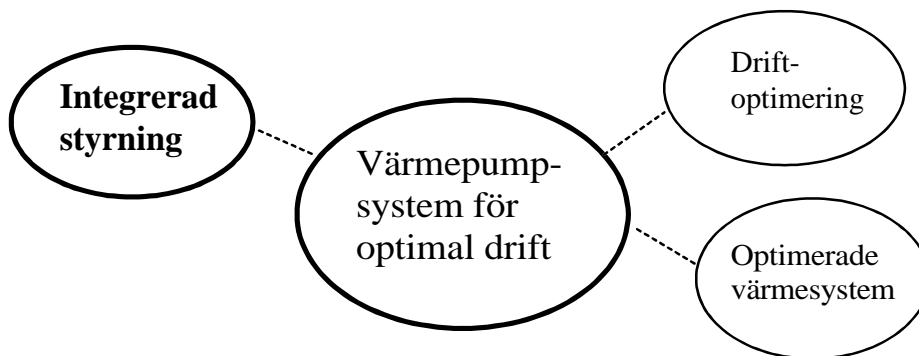
1. Bakgrund och motiv för projektet

Ett viktigt led i arbetet med att utveckla effektiva kyl- och värmepumpanläggningar är att optimera hela systemfunktionen så långt som är tekniskt och ekonomiskt möjligt. Detta innefattar bl a optimering av kombinationen system-värmepump, optimering av värmepumpdriften i förhållande till behovet samt optimering av värmepumpens egen drift medan den går (integrerad värmepumpstyrning).

1.1 Värmepumpsystem för optimal drift

Vid utformningen av värmepumpsystem för optimal drift (figur 1) måste man optimera:

- Värmekälla och värmesänka (optimerade värmesystem),
- Värmepumpens drift i förhållande till behovet (driftoptimering),
- Värmepumpens drift internt medan den går (integrerad styrning).



Figur 1. Värmepumpsystem för optimal drift med beaktande av kombinationen värmepump -värmesystem och dess styrning.

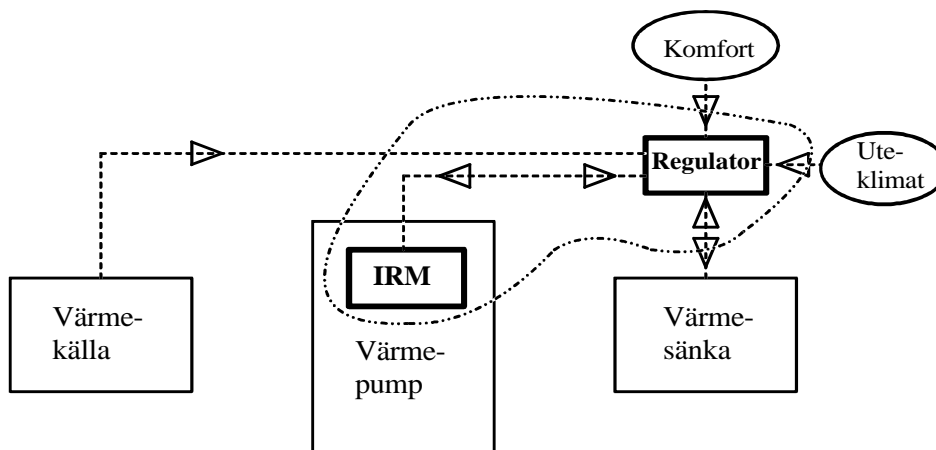
1.2 Integrerad värmepumpstyrning

Kyl- och värmepumpanläggningar påverkas ofta av ett flertal styr- och/eller reglersystem. Dels finns yttre system som styr anläggningen med hänsyn till kyl- eller värmebehov och dels finns en inre reglering av flödet i köldmediekretsen. Utöver dessa grundläggande funktioner finns ett antal drifts- och säkerhetsfunktioner som t ex avfrostning, drifts- och säkerhetstermostater eller pressostater. I moderna anläggningar introduceras i allt högre grad elektroniska styrningar som exempelvis frekvensstyrda kompressorer, pumpar och fläktar eller elektroniskt styrda expansionsventiler. Genom en intelligent utformning av ett överordnat styrsystem skulle det vara möjligt att samordna all insamlad information för att direkt optimera processen med avseende på köld- eller värmefaktor, kyl- eller värmeeffekt eller något annat. Dessutom kan drifts- och säkerhetsfunktioner, t ex optimering av avfrostningsfunktionen, samt information om anläggningsstatus integreras i ett sådant system (IRM: Integrated Refrigeration Management). Genom ett integrerat styrsystem och ett systemtänkande för hela uppvärmningssystemet kan energibesparingar erhållas.

2. Syfte och mål

Projektet avser att sammanställa och öka den befintliga kunskapen om hur värmepumpars interna/externa styrning kan optimeras med hjälp av en integrerad värmepumpstyrning (IRM; styrning av värmepumpens interna funktioner). För optimal drift krävs dessutom driftoptimering och optimering av det yttre systemet (optimering av externa funktioner). Dessa delar ingår inte i detta projekt men den integrerade värmepumpstyrningen och driftoptimeringen kan mycket väl ingå i samma enhet vid en hårdvarumässig realisering (se figur 2).

Projektet avser att analysera förutsättningarna för att integrera styrning, reglering och övervakning för samtliga viktiga funktioner i kyl- och värmepumpanläggningar. En viktig del i detta arbete är att utnyttja givare som redan finns i anläggningarna, t ex för säkerhetsfunktioner, till överordnad diagnostik och statusbestämning. Exempelvis finns ofta hög- och lågtryckspressostater för driftstyrning eller säkerhet, temperaturgivare för bevakning av tryckrörstemperaturen, i vissa system temperaturgivare som mäter underkylningen för att styra avfrostning och givare för elektroniska expansionsventiler som mäter överhettningen för att reglera köldmedieflödet.



Figur 2. Värmepumpsystem med optimerande styrsystem för interna och externa funktioner.

Samtidigt ger kännedom om dessa två tryck och tre temperaturer en möjlighet att kartlägga hela kylprocessen och därmed också möjlighet att indikera om processen är normal och dessutom direkt visa t ex köldfaktor. I många anläggningar finns även kännare för att begränsa strömmen till kompressorns elmotor och dessa ger ett indirekt mått på kompressoreffekten. Med hjälp av köld/värmeffektor kan detta utnyttjas till att bestämma kyl/värmeeffekt. Således finns därmed information till att optimera processen genom att maximera den nytta man för tillfället efterfrågar. Optimeringen blir olika beroende på om kyl- eller värmeeffekten skall maximeras eller om det är verkningsgraden som prioriteras. Avsikten med systemet påminner i viss mån om bilmotorernas "Engine Management System".

Slutmålet är att få fram ett integrerat styrsystem som kan anpassas för olika anläggningstyper. Styrningen ska påtagligt bidra till att sänka energibehovet för värmepumpanläggningar och samtidigt förbättra anläggningarnas tillgänglighet. Värmepumpsystem med en total årsvärmefaktor av 3 eller bättre eftersträvas. Flera tillverkare skall kunna samverka i utformningen av systemets grunddrag, speciellt vad gäller styrningen, medan var och en har sina egna konstruktioner. Genom samverkan skall konstruktionerna förbilligas och de gemensamma funktionerna kunna bli bättre genomarbetade. System för service och felanalys skall integreras. Exempel på funktioner:

- Direktindikering av värme/köldfaktor, eleffekt, kyl/värmeeffekt
- Diagnostiska funktioner
- Larm och säkerhetsfunktioner
- Kapacitetsreglering av köldmedieflödet med elektronisk expansionsventil
- Styrning av avfrostning för bästa energibesparing (luft som värmekälla)
- Kapacitetsreglering med frekvensstyrning av kompressor, fläktar och pumpar
- Inkoppling av tillsatsvärmesystem

3. Forskare och industrirepresentanter som arbetat i projektet

Fredrik Karlsson, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Per Fahlén, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Enno Abel, Installationsteknik CTH

ELFORSK

JEFF Electronics AB

IVT AB

Nibe AB

Thermia Värme AB

Danfoss AB

4. Projektets genomförande

Projektet omfattar systemstudier för en integrerad styrning av värmepumpens drift med möjligheter till optimering och diagnos av funktionen. Erfarenheter från gjorda installationer samlas upp. Fältmätningar samordnas med projekt inom Klimat 21 för studier av tillförlitliga metoder att mäta och presentera prestanda för komponenter och system. Arbetet struktureras i följande delprojekt:

4.1 Sammanställning av tidigare arbeten.

- Litteratursökning via databas (t ex FRIDOC).
- Personliga kontakter med branschfolk (tillverkare, konsulter, installatörer och servicepersonal, brukare, tekniska universitet, provnings- och forskningsinstitutioner som Cetiat, TNO, DTI etc.).

4.2: Potential för integrerad styrning.

- Genomgång av resultat från uppföljningar av kyl- och värmepumpanläggningar från BFR- och Nordtestprojekt ger underlag för

att skatta potentialen för förbättringar med hjälp av integrerad styrning. Kommersiellt genomförda besiktningar, i den mån resultaten finns att tillgå, utgör också en viktig informationskälla.

4.3: Kartläggning av givare.

- Funktionskrav upprättas med ledning av krav på noggrannhet, miljöfaktorer m m.
- Marknaden för tänkbara givare undersöks och en sammanställning görs över befintlig teknologi.
- Ett provningsprogram, liknande det som utformades inom IEAs arbete med givare för behovsstyrd ventilation, utarbetas. De mest intressanta givarna funktionstestas för att se om kraven kan uppfyllas.

4.4: Modellutveckling och analys av behovet av nya givartyper.

- En teoretisk modell utformas med avsikten att både kunna styra och analysera värmepumpens funktion. Modellens krav på indata och dess känslighet för kvaliteten på indata och eventuella antaganden om driftförutsättningar analyseras.
- I den mån billiga tryckgivare med integrerad pressostatfunktion saknas på marknaden görs ett förslag till utformning av en sådan.

4.5: Realisering av ett integrerat styrsystem (IRM).

- Minst två prototypanläggningar, ett vätskekylaggregat och ett luftkylaggregat, tillverkas. Dessa förses med givare vilka ansluts till en PC. Olika typer av styrstrategier testas.

4.6: Utvärdering av prototyper.

- Prototyperna utvärderas under inverkan av varierande driftförhållanden och olika grad av "feljusteringar". För luftkylaren utprovas avfrostningsfunktionen och jämförs med konventionella metoder.

4.7: Underlag för en licentiatavhandling.

5. Resultat

Projektet startade i september 2000.

För närvarande pågår arbete med att sammanställa information om givare för att mäta tryck, temperatur och eleffekt. Arbetet har hittills i huvudsak behandlat tryckgivare. Någon riktig lågprisvariant har inte hittats men i övrigt finns det ett stort antal tillverkare att välja ibland. När det gäller temperaturgivare så är den mest använda typen så kallade NTC-motstånd (termistorer). Ett önskemål är att hitta en givare som inkluderar givare för tryck och temperatur samt innehåller en pressostatfunktion. Kombinationen pressostat och tryckgivare finns på marknaden men den är dyr. Det finns även en tryckgivare med möjlighet att få fram även temperaturen. Denna möjlighet har dock inte utnyttjats i något fall ännu.

Parallellt med detta arbete pågår en litteraturstudie för att samla upp befintlig kunskap och utgå från denna i det vidare arbetet. Det har utförts ett flertal arbeten där fördelarna med elektroniska expansionsventiler (EEV) och varvvalsreglerade kompressorer (inverter) belyses. Undersökningar på system med både EEV och inverter har gjorts och visats ha klara fördelar ur energibesparingssynpunkt.

Vilken styrstrategi ska man då använda? Projektet har inte kommit så långt att det går att besvara den frågan, men några undersökningar har gjorts på detta tidigare och så kallad "fuzzy logic control" ser ut att vara ett hett område. Här ligger Japan långt framme och den japanska marknaden för komfortvärmepumpar ser ut att leda utvecklingen på området.

6. Energi och miljöpåverkan

Svenska kyl- och värmepumpanläggningar förbrukar sannolikt mer än 10 TWh el per år. Redan en så måttlig förbättring av verkningsgraden som 10 % skulle därmed kunna spara över 1 TWh el per år. I den mån detta leder till minskad användning av bränslen för elproduktion kommer även motsvarande miljövinster att göras. Möjligheten till diagnostiska funktioner och direktvisning av anläggningens status har stor potential för att minska antalet anläggningar som går med dålig verkningsgrad och kan ge miljövinster genom att larma om sannolikt köldmedieläckage. T ex har omfattande fältmätningar på små- och medelstora kyl- och värmepumpanläggningar visat att verkningsgraden skulle kunna förbättras avsevärt utan alltför stora insatser för ett mycket stort antal enheter (t ex genom justering av köldmediemängd och stryporgan, rengöring av värmeväxlare, modifiering av avfrostning, styrning av tillsatsvärme, injustering av flöden mm). Denna typ av projekt torde ligga väl till för svensk industri, som har starka traditioner såväl inom styr- och reglerteknik som inom kyl- och värmepumpsteknik. Den industriella relevansen säkras huvudsakligen genom industrins egen medverkan i projektet.

7. Industriell relevans

Den industriella relevansen säkras genom aktiv medverkan i projektet av både styr- och reglerföretag, värmepumpstillverkare och energibolag.

8. Examina

Licentiatexamen ska avläggas inom ramen för projektet, datum för detta är inte fastlagt.

9. Publicering

Inga publikationer har ännu gjorts inom projektets ram. Ett konferensbidrag, baserat på en tidigare doktorsavhandling, presenterades vid IIR-konferensen i Sydney 1999. Dessa publikationer lägger grunden för det pågående arbetet.

-Fahlén, Per, 1999. Optimized defrost control (20:e IIR-konferensen, Sydney, Australien).

10. Internationell samverkan

Det finns planer på samarbete med Teknologisk Institut i Danmark. Längre fram kan det bli aktuellt med ytterligare internationella kontakter, t.ex. Danmarks Tekniska Universitet och Brunel University.

11. Slutsatser och diskussion

Projektet har just påbörjats men litteratursökning och diskussioner med företag och forskningsinstitutioner visar att det finns ett mycket stort intresse i omvärlden för detta område.