

Effektivare kyl- och värmepumpssystem

Sökande

Företag/organisation KTH, Kungliga Tekniska Högskolan		Organisationsnummer 202100-3054		
Institution/avdelning Energiteknik, Avd. Tillämpad Termodynamik och Kylteknik		Postgiro/Bankgiro/Bankkonto PG: 1 56 53-9, BG: 895-9223		
Postadress Brinellvägen 66				
Postnummer 100 44	Ort Stockholm	Länskod 01	Kommunkod 80	Land Sverige
Projektledare (förnamn, efternamn) Per Lundqvist, Björn Palm				
Telefon 08 7907452, 08 7907453		Fax 08 20 41 61		
E-postadress Perlundq@energy.kth.se , bpalm@energy.kth.se		Webbplats Energy.kth.se		
Eventuell medsökande (ange organisation) Se bilaga 1 för sammanställning av medfinansierare (kontantbidrag och natura)				

Projektet

<input checked="" type="checkbox"/> Ansökan avser nytt projekt	<input type="checkbox"/> Fortsättning på tidigare projekt, ange projektnummer:
Projekttitel (på svenska) Dynamiska värmepumpssystem med kapacitetsreglering	
Projekttitel (på engelska) Dynamic heat pump systems with capacity control	
<p>Sammanfattning (på svenska). Sammanfattningen skall omfatta max 250 ord och skall skrivas både på svenska och på engelska. Sammanfattningen skall skrivas så att den i ämnet oinvidde med lätthet förstår projektets innehåll och syfte.</p> <p>Ett värmepumpssystem i vid mening består av byggnaden, värmedistributionssystemet, värmepumpenheten och värmekällan samt de delsystem som erfordras för att täcka eventuella spetslaster. Detta system påverkas i hög grad av omgivningsfaktorer, randvillkor, som klimat och brukarvanor. Det som är typiskt för systemtypen är att förloppen är dynamiska, föränderliga i tiden, med olika tidskonstanter för olika delsystem. Vissa förlopp som utom- eller inomhustemperatur förändras relativt långsamt medan t.ex. solinstrålning eller effektuttag för varmvatten kan förändras snabbt. Syftet med projektet är att utveckla en modell som, implementerad i en adekvat simuleringsmiljö, på ett bra sätt förmår efterlikna den dynamik som fås i typiska värmepumpinstallationer i småhus. Genom instrumentering, mätning och utvärdering av minst tre olika hus/värmepumpssystem kan modellen verifieras.</p> <p>Modellen kan sedan användas för att kvantitativt utvärdera olika tekniker för kapacitetsreglering av värmepumpssystem, men även betydelsen av livsstilfrågor, som kan minska systemets effektbehov samt även för att utvärdera potentiella förbättringar som leder till högre årsvärmefaktor eller förbättrad komfort. Modellen skall göras tillgänglig för de deltagande parterna för vidare arbete i den mån de så önskar.</p> <p>I projektet skall även s.k. delphiteknik tillämpas som stöd för modellutvecklingen och för erfarenhetsinsamling.</p>	

Sammanfattning på engelska enligt ovan (max 250 ord).

A Heat Pump system in the wider sense consists of the building, the heat distribution system, the heat pump unit, the heat source. Included are also the sub-systems needed to cover peak energy demand not catered for by the heat pump unit itself (at least not by heat pumping). This System is also to a high degree influenced by surrounding factors, boundary conditions, such as climate and user habits. Another characteristic of the system type is the dynamic behaviour; boundary conditions are time dependant and different sub-systems have different time constants. Certain parameters such as outdoor or indoor temperature is changing relatively slow whereas other such as solar isolation and tap water use are changing more rapidly.

The aim of the project is to develop a model able to represent the dynamics of the real system, i.e. the typical heat pump installations in single family houses. The model is verified against real systems through instrumentation, measurement and evaluation of at least three different systems.

The model will be used to quantitatively evaluate different techniques for capacity control of heat pumps for better efficiency and comfort but also the importance of user habits on the maximum peak demand. The project should utilize so-called Delphi technique for model development and for harvesting experiences from the field.

Enskilt projekt

Forskningsprogram, ange vilket: EFFSYS 2

Datum för projektstart

061201

Tidpunkt då projektet beräknas vara genomfört

100630

Totalt sökt belopp

3200 kkr



Motivering; Energi-/miljö-/näringslivsrelevans, max 250 ord. Ange koppling till resultat från tidigare genomfört program eller projekt.

Värmepumpsystem och byggnader i omgivande klimat bildar tillsammans ett komplext dynamiskt system. För att ytterligare kunna höja årsvärmefaktorn och minska effekttoppar måste denna dynamik förstås och utnyttjas.

Delvis nya förutsättningar för driftoptimering gäller när olika metoder för kapacitetsreglering av värmepumpsystemens komponenter (kompressor, pumpar, fläktar) blir tillgängliga till försvarbara kostnader och utan att bidra till väsentliga förluster. För att utnyttja dessa möjligheter på optimalt sätt, för att maximera årsvärmefaktor eller uttagen effekt, behövs en bättre förståelse för systemet som helhet och för värmepumpen som delsystem. Detta projekt skall visa på nya möjligheter och höja kunskapsnivån inom detta område.

Projektets energi- och miljörelevans är uppenbart från syftet att höja årsvärmefaktorn och minska effekttopparna.

Bättre förståelse för systemens dynamik och för potentialen för olika metoder för kapacitetsreglering bidrar till att öka konkurrenskraften för de värmepumpstillverkare som tillgodogör sig resultaten av projektet.

En ökad generisk systemförståelse innebär ytterligare konkurrensfördelar för svenska värmepumpstillverkare på en global marknad men även ökade förutsättningar för lyckade installationer i Sverige med minskad total energianvändning och lägre spetseffekter i energisystemet. De modeller och program som utvecklas inom projektet skall göras tillgängliga för projektets deltagare om de så önskar

Bakgrund; vad har gjorts tidigare?, vad är nytt i detta projekt?, forskargruppens verksamhet?, samarbeten? etc, max 1 A4-sida

KTH, Energiteknik, Avd Tillämpad Termodynamik, har under de senaste åren genomfört ett flertal studier där systems dynamik studerats. Här kan exempelvis doktorsavhandlingar av Jaime Arias och Dimitra Sakellari nämnas men även arbete med soldrivna kylsystem och arbete inom EU projektet Endohousing. Ett antal mindre studier av t.ex. prognosstyrning har dessutom genomförts i samarbete med SMHI, Norrenergi, Solnabostäder m.fl. I samtliga dessa projekt har delvis nya frågeställningar kunnat hanteras utifrån en bättre förståelse för systemens dynamik. Det kan handla om bättre styrning för att undvika transienter i inomhustemperaturen (bättre komfort), utnyttjande av byggnadens tröghet för att undvika topp effekter eller inverkan av skillnader i luftens vatteninnehåll på kyl- och fryssystemens prestanda. Denna utveckling har gjorts möjlig genom den snabba utveckling som skett för såväl datorkraft som programvaror vilket innebär att beräkningar som tidigare tog dagar idag kan genomföras på bråkdelar av minuter.

Kapacitetsreglering av kompressorer medelst varvtalsreglering har studerats i ett par projekt vid institutionen. Ämnet har även behandlas i ett pågående doktorandprojekt på SP/Chalmers. Resultaten från dessa studier har antytt att förluster i frekvensstyrutrustning och ökade förluster i elmotorer som körs på varvtal utanför det nominella kan vara av samma storleksordning som de vinster som borde kunna uppnås med varvtalet anpassat till aktuellt kapacitetsbehov. Som en del i detta projekt vill vi därför jämföra olika metoder för kapacitetsreglering och på ett objektivet sätt söka fastställa under vilka förutsättningar som respektive metod bör tillämpas. Som ett av verktygen för analysen avser vi använda ett dynamiskt simuleringsprogram som simulerar byggnaden och värmepumpen som ett system.

De senaste årens utveckling inom styr- och reglerteknik har möjliggjort varvtalsstyrning av motorer till rimliga kostnader och med rimliga förluster i styrutrustningen. När det gäller kompressorer bör dock denna metod för kapacitetsreglering ställas mot andra tänkbara alternativ. Totalkostnaden för en värmepumpsinstallation kan delas i tre ungefär lika delar representerande kostnaderna för värmepumpsmodulen, borrhålet och installationen. Kapacitetsregleringen påverkar enbart kostnaden för den första av dessa tre delar och påverkar därmed totalkostnaden bara marginellt.

Med kapacitetsreglerade kompressorer är det möjligt att dimensionera värmepumpen så att den täcker värmebehovet den kallaste dagen utan att samtidigt göra avkall på driftsekonomi under de betydligt fler dagar då värmepumpen går på dellast. Vid dellast på reducerat varvtal och med kontinuerlig drift blir den

momentana effekten lägre än vid on/off reglering. Därmed minskar de nödvändiga temperaturdifferenserna i värmeväxlarna och värmefaktorn blir högre. Dessa tänkbara vinster måste dock ställas mot de förluster som kapacitetsregleringen ger upphov till samt, till exempel, till de momentana större effektuttagen från en bergvärmekollektor.

Möjligheten till kapacitetsreglering av kompressorer och pumpar innebär en utmaning när det gäller att optimera driften för största möjliga besparing. Än mer komplex blir optimeringen om andra parametrar, t.ex. värmebehovets fördelning över byggnaden, tappvarmvattenbehov etc, tillåts variera och att påverka optimeringen.

Vi tror att det finns behov av att studera möjliga driftsstrategier mer i detalj för att utifrån dessa erfarenheter utforma ett adaptivt regelsystem för värmepumpar av detta slag.

Mål: Ange enkla, tydliga och mätbara mål i exempelvis kWh, max 250 ord.

Målsättningen med projektet är att

- (i) Sammanställa i en delrapport de senaste rönen vad gäller dynamisk simulering av värmepumpsystem med avseende på såväl lämpliga programvaror som lämpliga modeller (state-of-the art 1).
- (ii) Sammanställa en rapport (state-of-the art 2) som beskriver olika möjligheter och tekniker för kapacitetsreglering av värmepumpaggregat såväl kvantitativt (teknik, verkningsgradspotential, kostnad) som kvalitativt (problem och möjligheter, framtida utvecklingspotential),
- (iii) bygga upp en datormodell av tre typiska småhus med värmepumpsystem av berg och luftvärmetyper i TRNSYS 16 med s.k. cosolving¹ teknik där värmepumpsystem modelleras i EES²
- (iv) med hjälp av fältmätningar validera datormodellen
- (v) med hjälp av modellen kvantifiera potentialen i olika effektbegränsande åtgärder samt kapacitetsreglering sett ur systemsynvinkel. Viktiga faktorer att studera är behov av tillsatsenergi (spetseffekt) samt förutsättningar för förbättrad årsvärmefaktor genom att olika systemförbättringar modelleras i samråd med de olika värmepumptillverkarna.
- (vi) Arbetet skall leda fram till en doktorsavhandling i ämnet.

¹ En ny teknik som innebär att olika simuleringsmiljöer används för olika delar i ett system, lämpligt om vissa delar har långa tidskonstanter medan andra har korta. Det innebär även att delmodeller enkelt kan återanvändas/bytas ut.

² Engineering Equation Solver, f-chart software

Genomförande, max 250 ord.

Arbetet bedrivs av en doktorand i samarbete med en referensgrupp bestående av värmepumptillverkare, branschorganisationer samt ett antal utvalda entreprenörer och experter vars erfarenheter och praktiska systemkunnande tillvaratas genom s.k. delphigrupper³ (se nedan). Urvalet av installatörer görs tillsammans med tillverkarna och SVEP.

Värmepumptillverkarna tillhandahåller i samråd med KTH och referensgruppen var för sig minst en referensinstallation som väl instrumenterad ger erforderligt dataunderlag för validering. Erfarenheter från fält insamlas genom rigorösa mätningar med loggning av dynamiska förlopp och energimätning men även genom att de boende för "loggbok" över aktiviteter i hushållet.

System modelleras med utgångspunkt i tidigare modeller med stöd från resultaten från delphigrupperna. Modellen förfinas eftersom. Resultat från såväl fältmätningar och simuleringar bedöms och värderas av delphigrupperna.

Aktiviteterna inom projektet kan i korthet beskrivas med följande:

- (i) uppdatera och sammanställa de senaste rönen vad gäller dynamisk simulering av värmepumpsystem med avseende på såväl lämpliga programvaror som lämpliga modeller.
- (ii) bygga upp en datormodell av tre typiska småhus med värmepumpsystem av berg och luftvärmetyper i TRNSYS 16 med s.k. cosolving⁴ teknik där värmepumpsystem modelleras i EES⁵
- (iii) med hjälp av fältmätningar validera datormodellen
- (iv) med hjälp av modellen kvantifiera potentialen i olika effektbegränsande åtgärder samt behov av tillsatsenergi (spetseffekt) samt förutsättningar för förbättrad årsvärmefaktor genom att olika systemförbättringar modelleras i samråd med de olika värmepumptillverkarna.
- (v) med hjälp av modellen jämförs olika metoder för kapacitetsreglering. För jämförelsen används information rörande komponenters verkningsgrader vid delast från fältmätningar och från litteraturen.

Arbetet skall leda fram till en doktorsavhandling i ämnet.

³ En Delphi-undersökning är en form av expertbedömningsmetod för att ta reda på information som annars kan vara svår att kvantifiera och baseras på bedömningar från en grupp med deltagande experter. Deltagarna är anonyma gentemot varandra och en enskild deltagare vet inte vad de övriga gör för bedömningar. Delphigruppen med experter består av personer som är bekanta med området men de är oftast inte experter på mer än delar av det som frågorna gäller. Själva proceduren är vanligen skriftlig och deltagarna besvarar frågor som Delphiledaren ställer. Materialet sammanställs och skickas tillbaka till gruppen som får möjlighet att revidera sin tidigare skattning nu mot bakgrund av den sammantagna gruppens värdering. Detta förfarande upprepas tills gruppen nått konsensus.

⁴ En ny teknik som innebär att olika simuleringsmiljöer används för olika delar i ett system, lämpligt om vissa delar har långa tidskonstanter medan andra har korta. Det innebär även att delmodeller enkelt kan återanvändas/bytas ut.

⁵ Engineering Equation Solver

Kostnader

KALENDERÅR	Projektets totala kostnad	Projektets totala kostnader per år				% av heltid
		2006&7	2008	2009	2010	
Lönekostnader	5300000	1600000	1480000	1480000	740000	
Laboratoriekostnad	0	0	0	0	0	
Datorkostnad	70000	20000	20000	20000	10000	
Utrustning	900000	300000	250000	250000	100000	
Material	200000	50000	50000	50000	50000	
Resor	200000	50000	50000	50000	50000	
Övriga kostnader	41000	11000	10000	10000	10000	
Ev förvaltningskostnader	1120000	340000	315000	315000	150000	
SUMMA	7831000	2371000	2175000	2175000	1110000	

Finansiering inkl. samfinansierare

FINANSIÄR	Andel i kronor och procent av projektets totala kostnader/år						
	År 2006	År 2007	År 2008	År 2009	År 2010	Total	(%)
Energimyndigheten	70000	900000	900000	900000	430000	3200000	40,9
Thermia	10000	140000	140000	140000	70000	500000	6,4
NIBE	3000	33000	33000	33000	18000	120000	1,5
SVEP	30000	330000	330000	330000	180000	1200000	15,3
climacheck	11000	150000	140000	140000	53000	494000	6,3
Ctc	4000	40000	40000	40000	26000	150000	1,9
DTI	8000	80000	80000	80000	52000	300000	3,8
kenneth weber	10000	100000	100000	100000	50000	360000	4,6
alfa laval	14000	170000	170000	170000	76000	600000	7,7
Arsenal	7000	90000	90000	90000	43000	320000	4,1
energihus i norden	2000	17000	17000	17000	7000	60000	0,8
ILK Dresden	6000	66000	66000	66000	36000	240000	3,1
Copeland	3000	33000	33000	33000	18000	120000	1,5
UPV	4000	47000	47000	47000	22000	167000	2,1
SUMMA	182000	2196000	2186000	2186000	1081000	7831000	100,0

Detta projekt är i sin helhet
 i vissa delar lika med ansökan till annan myndighet,
 ange vilken:

Sökt stöd för dyr utrustning (Vetenskapsrådet, Wallenbergsstiftelsen e.d.) Gäller endast högskola.

Namn på doktorand

NN

Namn på doktorand

Namn på doktorand

Namn på doktorand

Övriga samarbetspartners (ange organisation och namn)

Se bilaga

Resultatredovisning (ange här om resultatet kommer att redovisas på något ytterligare sätt än det obligatoriska, se information).

Detta är ett doktorandprojekt med stort deltagande från industrin. Det kommer därmed att redovisas såväl i vetenskapliga publikationer (tidskrifter, konferenser, avhandling) som i tekniska publikationer (bransch-tidskrifter, industriseminarier etc). Därutöver kommer resultaten också att redovisas i samband med Effsys regelbundna möten. Delar av resultaten kan också komma att ingå i kursmaterial på civilingenjörsutbildningen och i andra utbildningssammanhang.

Bilagor

Intyg med underskrifter från samfinansiärer

Enligt instruktioner från Effsys styrelse så bifogas enbart utdrag ur e-brev där motfinansieringen godkänns. Undertecknade medgivanden översändes senare.

Övriga bilagor

Datum 061106	Datum 061106
Behörig firmatecknares (prefekt motsv.) underskrift	Projektledarens underskrift
Namnförtydligande, titel och telefon Björn Palm, Proprefekt, 7907453	Namnförtydligande och titel Per Lundqvist, Docent, Ämnesföreträdare