

Fältmässiga mätmetoder för kylmaskiner och värmepumpar

- Förstudie

Per Fahlén,
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut AB

Abstract

Status assessment of heat pump and refrigeration installations can decrease the number of inefficient units and may yield environmental benefits through early indication of refrigerant leakage. Field investigations of small and medium sized heat pump and refrigeration installations have shown that substantial improvements can be achieved by simple servicing. The project **Field adapted measuring methods for refrigeration equipment and heat pumps - a pre-study** is a co-operation between the Swedish Energy Administration, Elforsk AB and SP AB to give an update on this topic. The project has resulted in a report that presents existing methods, discusses the measuring prerequisites of the methods, pin-points the needs of new development, and provides advice on the measurement of relevant quantities. The pre-study indicates that there is a shortage of established, inexpensive methods suitable for small and medium-sized units. The report also contains a bibliography and an annotated list of a number of references. The references have been arranged as a reference data base using the program EndNote.

Sammanfattning

Statusbestämning av kyl- och värmepumpanläggningar har en stor potential för att minska antalet ineffektiva enheter och kan även ge positiva miljöeffekter genom tidig indikation av köldmedieläckage. Fältmätningar på små och medelstora anläggningar har visat att betydande förbättringar kan uppnås genom enkla underhållsåtgärder. Projektet "Fältmässiga mätmetoder för kylmaskiner och värmepumpar - Förstudie" är ett samarbete mellan Statens Energimyndighet, Elforsk AB och SP AB för att ge en aktuell översikt över området. Projektet har resulterat i en rapport som presenterar befintliga metoder, diskuterar de mättekniska förutsättningarna, pekar på behoven av nyutveckling och ger råd beträffande mätning av relevanta storheter. Förstudien indikerar att det finns en avsaknad av etablerade, billiga fältmässiga mätmetoder för små och medelstora aggregat. Rapporten innehåller också en bibliografi och en kommenterad referenslista. Referenserna har ordnats som en referensdatabas med hjälp av programmet EndNote.

Innehållsförteckning

Fältmässiga mätmetoder för kylmaskiner och värmepumpar.....	1
1. Bakgrund och motiv för projektet	1
2. Syfte och mål	1
3. Forskare och industrirepresentanter som arbetat i projektet.....	1
4. Projektets genomförande	2
4.1 Informationssökning	2
4.2 Sammanställning av tidigare arbeten.....	2
4.3 Remissbehandling och slutbearbetning.	2
4.4 Diskussion och slutredovisning av projektet.....	2
5. Resultat	2
6. Energi och miljöpåverkan.....	4
7. Industriell relevans och relevans för Klimat 21 programmet	5
8. Examina.....	5
9. Publicering.....	5
10. Internationell samverkan	5
11. Slutsatser och diskussion.....	5
Bilaga:.....	7

Fältnässiga mätmetoder för kylmaskiner och värmepumpar

1. Bakgrund och motiv för projektet

Det finns en avsaknad av fältnässiga mätmetoder för kyl- och värmepumpanläggningar. Stora anläggningar kontrolleras och underhålls oftast på ett mycket bra sätt medan det finns anledning att tro att små och medelstora anläggningar överlag går mycket sämre än de borde. Problemet med att kontrollera hur dessa anläggningar går är att det saknas mätmetoder som ger tillräckligt bra noggrannhet till en rimlig kostnad. SP har gjort både laborativa och teoretiska undersökningar inom detta område men dessa arbeten behöver kompletteras med hänsyn till att de köldmedier som då var i bruk inte längre är tillåtna. Projektet har gjorts som en förstudie och arbetet har skett i samarbete mellan Energimyndigheten, Elforsk AB och SP AB. Framtida intressenter kan vara serviceföretag, fastighetsbolag och energibolag.

2. Syfte och mål

Arbetet är en förstudie för att ge underlag till ett mer omfattande projekt med syfte att kartlägga alternativa fältnämningsmetoder för kyl och värmepumpanläggningar. Framförallt behöver förutsättningarna för metodernas användning och deras noggrannhet under olika förhållanden utredas. Intentionen var ursprungligen att utforma projektet som ett doktorandprojekt vid en högskola men det visade sig svårt att få tag på lämpliga doktorander. Därför initierades denna förstudie. Ett alternativ till fortsättning är att huvudprojektet istället utförs av en seniorforskare.

Förstudien har bl.a. haft följande delmål:

1. att kartlägga befintliga metoder
2. att diskutera metodernas mättekniska förutsättningar
3. att peka på behoven av nyutveckling
4. att ge några sammanfattande råd om mätning av relevanta storheter

Slutmålet har varit en rapport som ger underlag till beslut om och genomförande av en eventuell fortsättning. Om intresse finns för ett mer omfattande arbete ger rapporten dessutom ett underlag i form av en referensdatabas, vilken kan vara bra att utgå ifrån.

3. Forskare och industrirepresentanter som arbetat i projektet

Projektet är ett samarbete mellan Statens energimyndighet, Elforsk och Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SP).

Projektledare: Per Fahlén, SP

Referensgrupp: SP, Elforsk, programstyrelsen för Klimat 21

Projektgrupp: Per Fahlén, SP (projektledare och utförare), Gösta Amnell, Vattenfall.

Dessutom har Klas Berglöf, Berglöf Kylteknologi AB, och Bertil Strandh, Elforsk AB medverkat med synpunkter på rapportens innehåll och utformning.

4. Projektets genomförande

Projektet har genomförts som ett utredningsarbete med följande innehåll:

4.1 Informationssökning.

- 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, standardiseringsorganisationer etc.).

4.2 Sammanställning av tidigare arbeten.

- Upprättande av en referensdatabas i programmet EndNote.
- Sammanställning av referenserna i en rapport med kommentarer och mättekniska råd.

4.3 Remissbehandling och slutbearbetning.

- Remittering av rapportförslaget till referensgruppen för synpunkter.
- Omarbetning av rapporten med ledning av erhållna kommentarer.

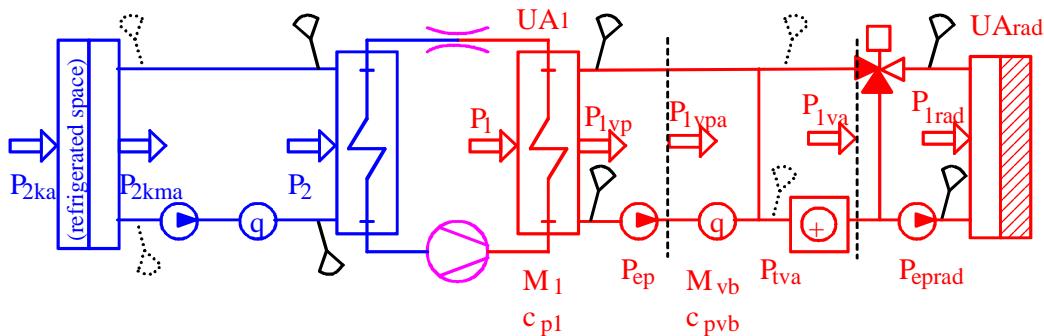
4.4 Diskussion och slutredovisning av projektet.

- Arbetet presenteras i en kortversion till Klimat 21 samt med muntlig presentation vid Klimat 21-dagen (se även avsnitt 9 nedan).

5. Resultat

Arbetet visar att det är svårt att hitta lämpliga metoder för fältmätningar på kyl- och värmepumpanläggningar. Internationellt finns endast några ganska allmänna metoder för energikartering (t.ex. International Performance Measurement and Verification Protocol), en rapport från ett ASHRAE-projekt (Methodology development to measure in-situ chiller, fan, and pump performance samt en ISO-metod specifikt för mätning på kompressorer (ISO917:1989).

De enda metoder som utvecklats specifikt för detta ändamål verkar komma från Norden (Sverige och Danmark). Det finns en bra svensk standard, SS2620, för stora värmepumpanläggningar (på engelska som Nordtestmetod NTVVS076). Denna metod har också använts flitigt vid prestandaprov på fjärrvärme- och industriinstallationer. Metoden betonar, i likhet med många andra, vikten av att välja rätt gränssnitt för mätningarna (se figur 1) och att kunna genomföra mätningarna under stabila driftförhållanden.



Figur 1. Systemgränser för bestämning av effekter och värme- eller köldfaktorer.

Det finns även Nordtestmetoder (NTVVS115 och 116) för mindre anläggningar. Metoderna i sig är nya och har inte använts särskilt ofta men de bygger på en princip som är ganska väl beprövad i Sverige och Danmark. Metoden utnyttjar mätningar av tryck och temperaturer i köldmediekretsen för att beräkna köld- eller värmefaktorn under vissa förutsättningar. Mäter man dessutom tillförd eleffekt kan värme- och kyleffekten också beräknas. Det finns emellertid ett behov av att på ett systematiskt sätt kartlägga och dokumentera under vilka förutsättningar metoden fungerar och att ta fram ytterligare underlag för att validera dess noggrannhet.

Projektet har resulterat i en rapport som listar olika metoder med anknytning till området. Metoder som befunnits tillräckligt intressanta har införskaffats och är försedda med korta beskrivningar och kommentarer (s.k. "annotated list of references"). Referensdatabasprogrammet EndNote har utnyttjats som ett hjälpmedel vid sammanställning av referenserna. I programmet kan varje referens läggas in med önskade bibliografiska data, sökord, sammanfattning och eventuella egna kommentarer.

Referenserna kan också kodas på olika sätt för att underlätta sökning efter referenser inom ett visst område. När man skriver rapporter i t.ex. MSWord kan man lätt gå till EndNote medan man skriver, leta upp eftersökt referens och klicka på den. Den infogas då med ett löpnummer i Worddokumentet. När man skrivit färdigt formaterar man referenserna och då omvandlas löpnumren till en referenshänvisning enligt någon valfri mall plus att man automatiskt får en komplett referenslista i slutet av dokumentet, också enligt valfri mall. Beträf-

fande mallarna finns ett stort antal färdiga i EndNote men man kan ganska lätt skapa sina egna mallar.

[Rapporten](#) har följande disposition:

Inledning

Bakgrund
Syfte och genomförande
Rapportens utformning

Behov, krav och metoder

Förväntade prestanda
Verifiering av förväntade prestanda
Redovisning och beräkning av tekniska data
Fältmässig provning
Förutsättningar
Mätmetoder
Osäkerhetsanalys

Referenser med kommentarer

Redovisning av tekniska data
Laboratorieprovning
Fältmässig provning
Mätmetoder
Osäkerhetsanalys

Diskussion

Vilka behov klaras med befintliga metoder
Vilka behov kräver nya metoder
Identifiering av forskningsbehov

Alfabetisk bibliografi

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. Metoder för att bestämma 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 m.m.).

7. Industriell relevans och relevans för Klimat 21 programmet

Den industriella relevansen säkras genom industrins egen medverkan i projektet (se avsnitt 3). Det är framförallt energiföretagen, via Elforsk, som visat intresse och aktivt deltagit i projektet. Dessutom har mindre konsult- och serviceföretag, t.ex. Berglöfs Kylteknologi och ETM, deltagit med viktiga synpunkter.

Bra fältmätningmetoder är nödvändiga både för att skaffa kunskap om hur energieffektiva dagens anläggningar är och för att jämföra mot de nya anläggningar som kommer fram, bl.a. inom Klimat 21 programmet. Det är dessutom styrkt genom många undersökningar att bara det faktum att man mäter ökar energimedvetandet vilket leder till effektiviseringsåtgärder. Projektet är därmed relevant för flera av Klimat 21 programmets mål.

8. Examina

Projektet har bara varit en förstudie, genomförd av en seniorforskare. Ursprungligen planerades ett licentiatarbete men det gick inte att få tag i någon forskarstuderande. I den planerade fortsättningen av Klimat 21 kommer sannolikt ett nytt försök att göras för att få tag i en forskarstuderande om industrins intresse för projektet kvarstår.

9. Publicering

Projektet har presenterats vid svenska kyldagarna i Sollentuna den 23 april 1999 och vid en IEA-workshop i Stockholm den 3 oktober 2000 (IEA Annex 26: Advanced supermarket refrigeration). Slutrapportering sker i form av en Elforskrapport och denna rapport beräknas vara klar i november.

En muntlig presentation har också gjorts för Elforsk (Göteborg den 25 oktober 1999), vid ett sammanfattande Klimat 21 seminarium (på Energimyndigheten den 27 november 2000) och en presentation planeras även vid den avslutande Klimat 21 dagen den 18 januari 2001. Om projektets resurser medger kommer även några artiklar att skrivas för nationell och internationell fackpress.

10. Internationell samverkan

Kontakter har tagits med forskningsinstitut som t.ex. Cetiart i Frankrike, DTI i Danmark och TNO i Holland. Dessutom har frågan tagits upp i samband med möten inom CEN TC113 (värmepumpar och luftkonditionering) och IIR (kommission E2: provningslaboratorier).

11. Slutsatser och diskussion

Arbetet visar att det finns metoder som är väl utprovade och dokumenterade för anläggningar där traditionell värmemätning är möjlig, d.v.s. i första hand för stora anläggningar eller vid nybyggnad. Även för dessa finns dock ett visst behov av specifika undersökningar, t.ex. optimal fördelning av givare på stora luftbatterier, ingreppsfria metoder för flödesmätning, noggrannhet vid flödesmätning med spårämnen, flödesmätning med koldioxid som köldbärare, termofysikaliska egenskaper för nya tekniska köldbärare m.m.

Det finns även metoder för små anläggningar men dessa behöver valideras ytterligare. Den s.k. indirekta metoden, d.v.s. att bestämma köld- eller värmefaktor genom mätningar av tryck och temperaturer i köldmediekretsen, har många fördelar. Den ger inte bara information om hur anläggningen går utan ger också många indikationer på varför anläggningen går som den gör. Vid mätning på enkla anläggningar ligger begränsningarna i första hand på hur noga man känner kompressorförlusterna och hur väl man kommer åt att mäta tryckrörstemperaturen. Det förekommer ganska olika uppgifter i de undersökningar som offentliggjorts och här finns ett behov av att lägga ner ett större arbete på att sammanställa kunskap och eventuellt ta fram ytterligare underlag. Det finns också ett behov att sammanställa de mättekniska förutsättningarna för denna metod i mer komplicerade anläggningar och i samband med de nya flerkomponentsköldmedierna. KTH har t.ex. arbetat med metoder för att skatta den verkliga sammansättningen på det köldmedium som cirkulerar (t.ex. intressant i vissa system med R407C och R417A).

En fortsättning av detta projekt skulle kunna inriktas på att utarbeta en mät-handbok för kyl- och värmepumpanläggningar. Handboken kan omfatta ett antal typfall där mätning behöver göras och för varje typfall ange en eller flera rekommenderade metoder, hänvisa till standarder i förekommande fall och diskutera fördelar, nackdelar, begränsningar och fallor för respektive metod. För varje metod anges vilka variabler som behöver mätas, vilken utrustning som finns för dessa mätningar, hur noggrant dessa kan mätas, vilka beräkningar som behöver utföras och vilken osäkerhet slutresultatet får. Handboken bör även innehålla beskrivningar av hur mätningar av de enskilda storheterna kan utföras på ett bra sätt. I anslutning till arbetet med handboken bör även kompletterande undersökningar göras (se diskussionen ovan).

Beskrivningar av fysikaliska förlopp och teoretiska diskussioner är ganska tidlösa medan exempel på utrustning kan bli omoderna efter en tid. Sådan information kan därför läggas som en separat bilaga, alternativt att man gör handboken som en pärm med lösbladssystem. Å andra sidan är det numera ganska lätt att göra ändringar om handboken finns i elektronisk form. Förhoppningsvis kan den rapport som tagits fram i denna förstudie vara till god hjälp i arbetet med en handbok.

Bilaga:

[Fahlén, P, 2000. Field measurements \(IEA Annex 26 work-shop, Stockholm\).](#)