

Formål med opstillingen

Dette udstyr kan med succes anvendes som demonstration af hvordan en varmepumpe fungerer og den er designet specielt til undervisningsbrug.

Varmepumpen består af en kompressor, en fordampner og en kondensator. Princippet bag en varmepumpe er, at man flytter varme fra fordampneren til kondensatoren. Her udnytter man at faseovergangen fra flydende til gasfase er meget energikrævende, og den omvendte proces er tilsvarende energifrigivende.

For at få denne proces til at forløbe kræves en tilførsel af energi udefra, der leveres af kompressoren.

Sættet består af

- Kompressor
- Fordampner
- Kondensator
- *Beholdere til vand* (medfølger ikke).
- *Termometer* (medfølger ikke)

Tekniske data

- Kølemiddel: Isobutan (R600a - Freonfri).
- Arbejdstryk, fordampner: 0-3 bar.
- Arbejdstryk, kondensator: 6-15 bar.

Genopfyldning

Systemet skal med mellemrum genopfyldes med kølemiddel.

1. Frakoble strømmen til varmepumpen.
2. Tøm varmepumpen.
3. Fyld isobutangas (R600a) indtil fordampnerens trykmåler viser ca. 0,9 bar (ca. 25 g gas).
4. Tilslut strøm til varmepumpen.
5. Juster trykket i fordampneren til 0 bar (arbejdstrykket i fordampneren skal være 0 bar).
6. Sluk for varmepumpen, efter 5 minutter, og fjern opfyldningsflasken fra varmepumpen. Luk til sidst dækslet på ventilen.

Anvendelse

En varmepumpe hæver temperaturen på et medium, der tager varme fra omgivelserne, og overfører varmeenergi til et forbrug, for eksempel rum- eller vandopvarmning. Princippet er det samme som i et køleskab. Køleskabet trækker varmen ud af skabet og afgiver den til rummet udenfor. Med en varmepumpe det lige omvendt. Den tager varmen udefra og afleverer den indenfor.

Varmepumper bruger energi til at skabe tryk, og for hver gang de bruger 1 kWh, skabes til gengæld 3-4 kWh igen i form af brugbar varmeenergi.

Varmeenergien, som varmepumpen henter fra omgivelserne, er enten "gratis" (f.eks. tempereret luft) energi fra naturen eller genbrugsvarme fra boligen. Den "gratis" energi kunnen f.eks. være solvarme lagret i jorden, luften, grundvandet eller anden varmereservoir (vandvandsbeholder).



Genbrugsvarmen kan f.eks. være overskudsvarme fra ventilationsanlæg, vådrum, tagrum eller stalde.

Undervisningsmodellen, der leveres af Frederiksen, har en fordamper, der afkøles, og en kondensator, der opvarmes. Ved at nedsænke disse i passende isolerede vandbeholdere, kan man observere varmeoverførelse fra et varmelager til et andet ved en højere temperatur.

Der er forskel på, hvor gode forskellige typer af varmepumper er. Effektfaktoren er et mål for den nytteværdi eller den effektivitet, som varmepumpen har. Effektfaktoren er forholdet mellem den mængde varme, som varmepumpen afgiver (målt i kW) og den effekt, som bliver tilført for at drive varmepumpen (målt i kW).

Virkemåde

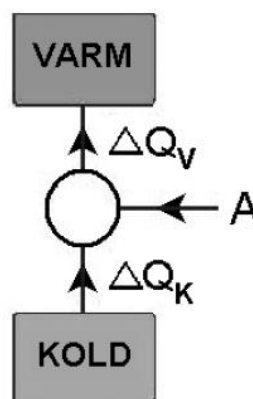
Varmepumpen fungerer således, at varmeenergi flyttes fra et koldt område til et område med højere temperatur. Disse reservoirer tænkes at være meget store.

Uden brug af ekstra energi, vil denne proces være i strid med Clausius formulering af termodynamikkens anden hovedsætning:

"En proces, hvorved varmeenergi overføres fra et område med lav temperatur til et område med højere temperatur, er ikke mulig uden tilførelse af energi udenfor systemet."

En varmepumpe er en anordning, der gør det muligt at overføre energi fra et koldt område til et varmeområde ved tilførelse af energi udefra. Figur 1 viser en principskitse af denne proces. Ideelt vil den tilførte varmeenergi ΔQ_v være lig med summen af varmeenergien ΔQ_k , der flyttes, plus energien A, der tilføres udefra:

$$\Delta Q_v = \Delta Q_k + A$$



Man kan også betragte ligningen som en effektligning, idet A så forstås, som den ydede effekt (energi per sekund). I dette ideelle tilfælde, idet vi ser bort fra energitab, mm., vil man få overført ΔQ_v til et område, hvor der er et varmebehov, mens man kun skal yde (betale for) energien A. I praksis vil man for eksempel hente varmen fra udendørsluften, fra et stort vandreservoir eller lignende energilager med stort set ubegrænset lavtemperatur varmeenergi til rådighed.

Fra termodynamikkens love kan man vise, at; $COP = \Delta Q_k / A = \Delta Q_k / (\Delta Q_v - \Delta Q_k)$

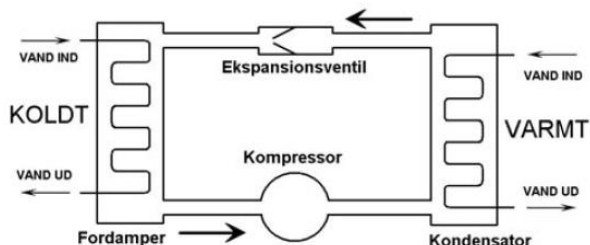
hvor COP står for præstationskoefficienten eller virkningsgrad (eng. Coefficient Of Performance). I formelen viser Tælleren, hvor meget varmeenergi der flyttes fra det kolde reservoir. Nævneren fortæller, hvor meget energi der skal ofres, for at flytte den. Formlen forklarer således forholdet mellem den overførte varmeenergi og energien, som hentes (betales) for. I anvendte varmepumper vil COP'en være lavere, end teorien her forudsiger. Teoretiske værdier for COP'en af varmepumpesystemer ligger typisk i området fra 2-3 og op til 5-6. Varmetab og andre praktiske forhold gør, at realiserede COP-værdier ligger fra omkring 1 til 4.

COP-formlen kan også anvendes med temperaturerne af varmt og koldt reservoir indgår (T angives i Kelvin):

$$COP = T_k / (T_v - T_k)$$



Funktionsprincip for modellen



Kompressoren tvinger en passende væske fra fordamperen til kondensatoren, et område med højere tryk og temperatur (T_v). Væsken tvinges videre gennem en ekspansionsventil. Trykket og temperaturen falder, og fordamperen er et område ved lavere temperatur (T_k). De to i figuren viste varmeveksler muliggør, at varmeenergi fra omgivelserne overføres til og fra varmepumpen.

Eksempel

En varmepumpe skal overføre varmeenergi fra udendørsluften ved en temperatur på 10°C til en varmtvandsbeholder ved en temperatur på $50^{\circ}\text{C} \Rightarrow 323\text{ K}$.

Beregn den maksimale teoretiske COP.

$$\text{COP} = 283 / (323 - 283) = 283 / 40 = 7,075$$

Anvendte varmepumper har typisk COP-værdier på omkring halvdelen af denne ideelle værdi.

Eksperimenter

Forsøg med denne varmepumpe kan deles op i to typer:

1) Hurtigt demonstrationsforsøg:

Demonstrere hvordan en varmepumpe overfører energi.

1. Anbring to vandfyldte beholdere, således at såvel fordamperen som kondensatoren dækkes af vand. 1000 ml bægerglas er velegnede til dette formål.

2. Tænd for varmepumpen og observer, at fordamper beholderen nedkøles med 5-10 grader, og at kondensator beholderen opvarmes med 10-20 grader.

2) Kvantitativt demonstrationsforsøg:

Foretag et kvantitativt forsøg over tid og med flere parametre.

1. De to vandbeholdere bør isoleres, således at varmeudvekslingen med omgivelserne undgås i hvert fald i en periode under forsøget. Anvend f.eks. rockuld suppleret med et flamingolåg.
2. Anvend temperatursensorer til at datalogge temperaturudviklingen over tid. (omrør under vejs i beholderne, da der ellers opstår en betydelig temperaturgradient i de to varmelagre).
3. Det er også muligt ved hjælp af EXCEL at beregne COP'en.

Reklamationsret

Der er to års reklamationsret, regnet fra fakturadato.

Reklamationsretten dækker materiale- og produktionsfejl.

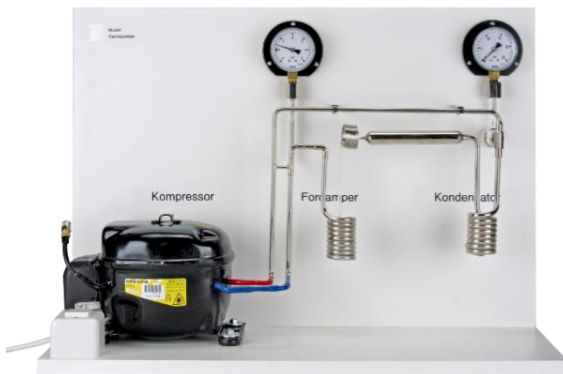
Reklamationsretten dækker ikke udstyr, der er blevet mishandlet, dårligt vedligeholdt eller fejlmonteret, ligesom udstyr, der ikke er repareret på vort værksted, ikke dækkes af garantien.

Returnering af defekt udstyr, som omfatter garantireparation på kundens opfordring, sker for kundens regning og risiko, og kan kun foretages efter aftale med Frederiksen. Med mindre andet er aftalt med Frederiksen, skal fragtbeløbet forudbetales. Udstyret skal emballeres forsvarligt.

Enhver skade på udstyret, der skyldes forsendelsen, dækkes ikke af garantien. Frederiksen betaler for returnering af udstyret efter garantireparationer.

© A/S Søren Frederiksen, Ølgod.

Denne brugsvejledning må kun kopieres til intern brug på den adresse, hvortil det tilhørende apparat er købt. Vejledningen kan også hentes på vores hjemmeside, med bruger login.



Purpose of the set-up

This equipment can be successfully used as a demonstration of how a heat pump works and it is designed specifically for educational use.

The heat pump consists of a compressor, an evaporator and a condenser. The principle behind a heat pump is to transfer heat from the evaporator to the condenser. Here, it is utilized that the phase transition from liquid to gas phase is very energy intensive and the reverse process is similarly energy release.

In order for this process to proceed, an external energy supply provided by the compressor is required.

Content of model

- Compressor
- Evaporator
- Condenser
- Containers for water (not included).
- Thermometer (not included).

Technical data

- Refrigerant: Isobutane (R600a - Freon Free).
- Working pressure, evaporator: 0-3 bar.
- Working pressure, capacitor: 6-15 bar.

Refillable of gas

The system must be refilled with refrigerant at intervals.

1. Unplug the heatpump from power
2. Evacuate the heatpump
3. Fill Isobutan (R600a) until the evaporator manometer shows about 0,9 bar (Approx. 25 g.)
4. Connect the heatpump with power, switch power on
5. Adjust the pressure in the evaporator to 0 bar (working pressure in the evaporator must be 0 bar)
6. After working 5 minutes switch off the heatpump, disconnect the filling station from heatpump und close the valve with the cover.

Theory:

A heat pump raises the temperature of a medium that takes heat from the environment and transfers heat energy for consumption, such as room or water heating. The principle is the same as in a refrigerator. The refrigerator draws the heat out of the closet and delivers it to the room outside. With a heat pump it just the other way around. It takes the heat from the outside and delivers it inside.

Heat pumps use energy to create pressure, and every time they use 1 kWh, 3-4 kWh is created again in the form of usable heat energy.

The heat energy that the heat pump derives from the surroundings is either "free" (eg. temperate air) energy from nature or recycled heat from the home. The "free" energy can, for example, be solar heat stored in the soil, air, groundwater or other heat reservoir (water tank).



The recycling heat can e.g. be excess heat from ventilation systems, wet rooms, roof rooms or stables.

The teaching model provided by Frederiksen has a vaporizer that cools and a condenser that heats. By immersing these in suitably insulated water containers, heat transfer from one heat storage to another can be observed at a higher temperature.

There are differences between how good different types of heat pumps are. The power factor is a measure of the utility or efficiency of the heat pump. The power factor is the ratio of the amount of heat that the heat pump emits (measured in kW) to the power supplied to operate the heat pump (measured in kW).

Functionality

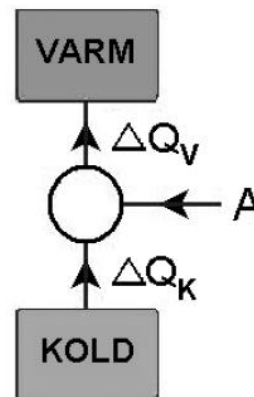
The heat pump works so that heat energy is moved from a cold area to a higher temperature area. These reservoirs are thought to be very large.

Without the use of extra energy, this process would be contrary to Clausius' formulation of the second principle of thermodynamics:

"A process whereby heat energy is transferred from a low temperature area to a higher temperature area is not possible without the application of energy outside the system."

A heat pump is a device that allows energy to be transferred from a cold area to a hot area by supplying energy from outside. Figure 1 shows a principle sketch of this process. Ideally, the applied heat energy ΔQ_V will be equal to the sum of the heat energy ΔQ_K that is moved, plus the energy A supplied from outside:

$$\Delta Q_v = \Delta Q_k + A$$



You can also consider the equation as a power equation, since A is understood as the power output (energy per second). In this ideal case, ignoring energy losses, etc., ΔQ_V will be transferred to an area where is a heat requirement while

providing only (paying for) the energy A . In practice, for example, you will obtain the heat from the outdoor air, from a large water reservoir or similar energy storage with virtually unlimited low temperature heat energy available.

From the laws of thermodynamics one can show that;

$$COP = \Delta Q_k / A = \Delta Q_k / (\Delta Q_v - \Delta Q_c)$$

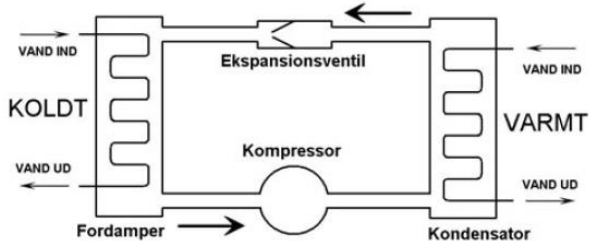
Where **COP** stands for **Coefficient Of Performance**. In the formula, the counter shows how much heat energy is moved from the cold reservoir. The denominator tells how much energy needs to be sacrificed to move it. The formula thus explains the relationship between the transferred heat energy and the energy for which it is collected (paid for). In heat pumps used, the COP will be lower than the theory here predicts. Theoretical values for the COP of heat pump systems typically range from 2-3 and up to 5-6. Heat loss and other practical conditions mean that realized COP values range from about 1 to 4.

The COP formula can also be used with the temperatures of hot and cold reservoir included (T stated in Kelvin):

$$COP = T_k / (T_v - T_k)$$



Functioning principle of the model



The compressor forces an appropriate fluid from the evaporator to the capacitor, a region of higher pressure and temperature (TV). The fluid is forced further through an expansion valve. The pressure and temperature decrease, and the evaporator is an area at lower temperature (TK). The two heat exchangers shown in the figure allow heat energy from the surroundings to be transferred to and from the heat pump.

An example

A heat pump must transfer heat energy from the outdoor air at a temperature of 10 ° C to a hot water tank at a temperature of 50 ° C => 323 K.

Calculate the maximum theoretical COP.

$$\text{COP} = 283 / (323 - 283) = 283/40 = 7.075$$

Typically, heat pumps used have COP values of about half of this ideal value.

Experiments

Trials with this heat pump can be divided into two types:

1) Quick demonstration attempt:

Demonstrate how a heat pump transfers energy.

1. Place two water-filled containers so that both the evaporator and the capacitor are covered by water. A 1000 ml cup is suitable for this purpose.

2. Turn on the heat pump and observe that the evaporator container is cooled by 5-10

degrees and that the condenser container is heated by 10-20 degrees.

2) Quantitative demonstration experiment:

Make a quantitative experiment over time and with several parameters.

1. The two water tanks should be insulated so that the heat exchange with the environment is avoided at least for a period during the experiment. Use e.g. rock wool supplemented with a flamingo cover.

2. Use temperature sensors to log the temperature evolution over time. (Stir under way in the containers, as there is otherwise a significant temperature gradient in the two heat stores).

3. It is also possible to calculate the COP using EXCEL.

Warranty

There are two years of warranty right from the invoice date.

The warranty covers material and production errors.

The warranty does not cover equipment that has been mistreated, poorly maintained or incorrectly fitted, and equipment not repaired in our workshop is not covered by the warranty.

Return of defective equipment, which includes

Warranty repair at the customer's request, takes place at the customer's expense and risk, and can only be done by agreement with Frederiksen. Unless otherwise agreed with Frederiksen, the freight amount must be prepaid. The equipment must be packed properly.

Any damage to the equipment caused by the shipment is not covered by the warranty. Frederiksen pays for returning the equipment after warranty repairs.

© A / S Søren Frederiksen, Oelgod.

This instruction manual may only be copied for internal use at the address for which the appliance is purchased. The guide can also be downloaded from our website, with user login.