



Beschrijving Warmtepomp:

De warmtepomp bestaat uit een compressor, een verdamper en een condensator. Het principe van de werking van een warmtepomp is dat je de warmte van een plaats (verdamper) naar een andere plaats (condensator) leidt.

Transport van warmte van een ongewenste plaats naar een gewenste plaats dus.

Bij de verdamper wordt de faseovergang van vloeibare naar gasfase (energie-intensief) gebruikt, dit neemt veel warmte op uit de omgeving.

In het omgekeerde proces bij de condensator wordt energie in de vorm van warmte weer vrijgegeven.

Om dit proces op gang te brengen is externe energie nodig; die wordt in dit toestel geleverd door de compressor.

Verder benodigd:

Containers voor water.

Technische specificaties:

- Koelmiddel: isobutaan (bevat geen Freon)
- Werkdruk, verdamper: 0-3 bar
- Werkdruk, condensator: 6-15 bar
- Koelvermogen verdamper: 5-10 graden Celcius
- Verwarmvermogen condensator: 10-20 graden Celcius

Theorie en experimenten:

Algemeen

Een warmtepomp verhoogt de temperatuur van een vloeistof, wat warmte uit de omgeving onttrekt en vervolgens weer afgeeft als warmte-energie in een gewenste ruimte.

Zoals bijvoorbeeld een kamer verwarmen of om water te verhitten.

Het principe is vergelijkbaar met een koelkast. De koelkast onttrekt warmte uit koelkast en brengt die naar buiten (vaak de achterzijde van de koelkast).

Met een warmtepomp werkt het net andersom. Hier wordt warmte aan de buitenlucht onttrokken en vaak binnen in huis weer gebruikt.

Warmtepompen hebben energie nodig om te werken.

Maar voor 1 kWh gebruikte energie door de compressor, leveren ze op hun beurt 3-4 kWh op in de vorm van bruikbare warmte-energie doordat ze warmte onttrekken aan de omgeving van de verdamper.

De warmte die de waterpomp aan de lucht onttrekt, is ofwel hernieuwbare energie uit de vrije natuur ofwel gerecyclede warmte uit huis.

Deze hernieuwbare energie uit de vrije natuur kan bijvoorbeeld komen uit bodemwarmte, lucht, grondwater of andere natuurlijke warmtebronnen.

De gerecyclede warmte uit huis kan zijn: overtollige warmte van ventilatiesystemen, natte ruimtes (waar de wasmachine en droger staan), zolders (warme lucht stijgt op).

Warmtepomp uitvoeringen

Er zijn veel praktische toepassingen voor warmtepompen.

Hier zijn drie voorbeelden:

1. De grond-naar-water-warmtepomp onttrekt warmte aan de grond onder de woning door middel van slangen die zijn gegraven in de bovenste bodemlagen.

Deze warmte wordt gebruikt om water te in huis op te warmen voor transport naar radiatoren.

2. De lucht / water-warmtepomp gebruikt de warmte aan de buitenlucht te onttrekken om het huiswater op en neer te verwarmen (voor radiatoren).

3. De lucht-lucht-warmtepomp gebruikt de afvoerlucht van een ventilatiesysteem om het huis op te warmen. (stadsverwarming gebruikt hiervoor overtollige warmte van industrie of kassen). De warmte wordt ofwel gedistribueerd in huis via luchtkanalen of afgeleverd aan één verwarming in een eenpersoonskamer.

Dergelijke systemen worden "vernieuwd" genoemd, omdat er sprake is van over warmte terugwinning met behulp van een warmtewisselaar.

Dit demonstratiemodel van Eurofysica bevat een verdamper die afkoelt en condensator die opwarmt. Door onderdompeling in geschikte geïsoleerde watercontainers, kun je warmte van één container naar de andere container overbrengen. (zie technische specificaties)

Rendement en COP

Er zijn verschillen in rendement bij verschillende warmtepompen.

Het rendement van dit demonstratiemodel is ca. 200%.

Verreweg het grootste gedeelte van de energie die warmtepomp nodig heeft, wordt onttrokken aan de buitenlucht/bodemwarmte. Bij dit model het warme water bij de verdamper.

Slechts een klein gedeelte wordt elektrisch toegevoegd door de compressor.

Bijvoorbeeld, bij moderne warmtepompen is dit 1 deel elektriciteit en 4 delen energie uit de buitenlucht, wat het totaal $1 + 4 = 5$ delen maakt. De COP is in dit geval 5 en het rendement 500%.

Werking

De warmtepomp verplaatst warmte-energie van een koude naar een hogere temperatuur. Zonder het gebruik van extra energie zal dit proces in strijd zijn met Clausius' tweede wet van de thermodynamica: "Er is geen proces mogelijk dat als enige gevolg heeft dat warmte van een voorwerp met lage temperatuur naar een voorwerp met een hogere temperatuur stroomt."

Een warmtepomp is een apparaat dat dit mogelijk maakt door het gebruik van energie van buiten het systeem. Figuur 1 toont een schets van dit proces. De toegevoegde warmte-energie ΔQ_w is gelijk aan de som van de energie ΔQ_k die wordt verplaatst, plus de geleverde energie E van buitenaf:

$$\Delta Q_w = \Delta Q_k + E$$

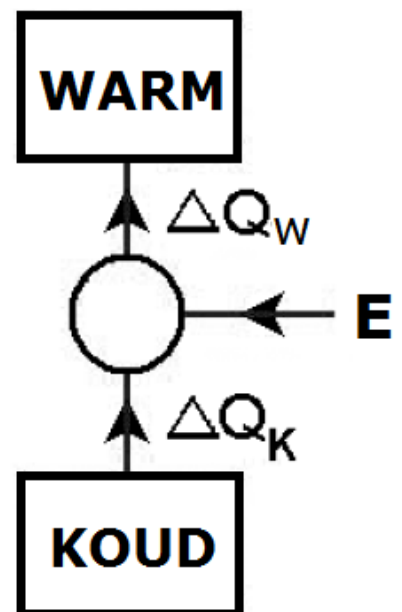
Uit de wetten van de thermodynamica kan men aantonen dat $COP = \Delta Q_k / A = \Delta Q_k / (\Delta Q_w - \Delta Q_c)$ waarbij de COP staat voor de prestatiecoëfficiënt of efficiëntie (Coefficient Of Performance). De teller vertelt u hoeveel warmte-energie uit het koude reservoir wordt verplaatst. De noemer vertelt hoeveel energie moet worden opgeofferd om het te verplaatsen. De breuk vertelt dus iets over de relatie tussen de warmte-energie die we worden overgedragen en de energie waarvoor we moeten betalen. In praktische warmtepompen zal de COP lager zijn dan de theorie die hier wordt voorspeld.

Thermodynamische argumenten laten een herschrijving toe van de COP-formule in een vorm waarin Kelvin-temperaturen van warm en koud reservoir zijn inbegrepen:

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

T_k = Temperatuur in koude reservoir

T_w = Temperatuur in warme reservoir



Theoretische waarden voor de COP van echte warmtepompsystemen variëren van 2-3 en maximaal 5-6. Warmteverlies en andere praktische omstandigheden betekenen dat de werkelijke COP-waarden variëren van ongeveer 1 tot 4.

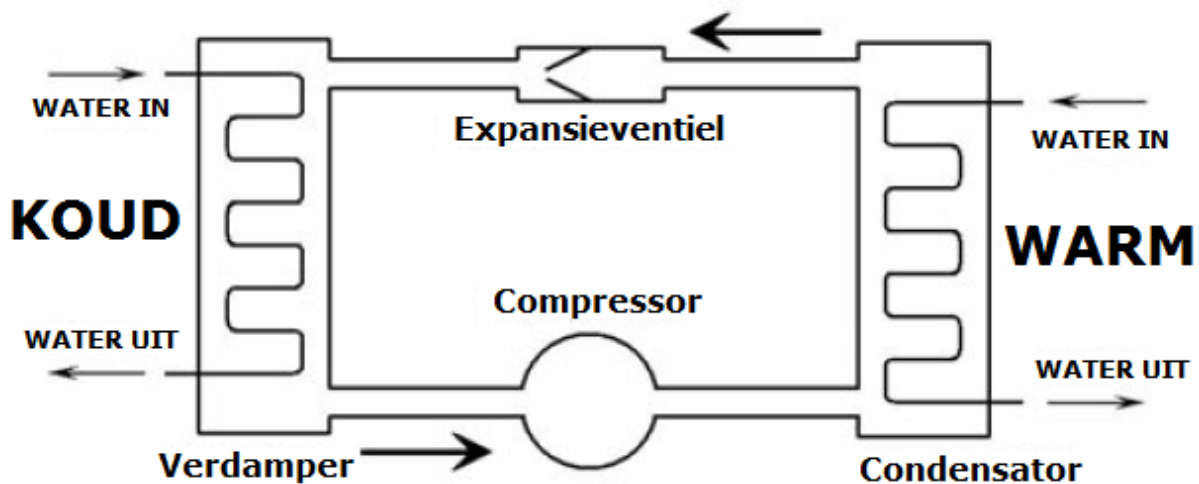
Voorbeeld

Een warmtepomp moet warmte-energie van de buitenlucht bij een temperatuur van 10 ° C naar een warmwatertank met een temperatuur van 50 ° C overbrengen.

Bereken de maximale theoretische COP.

$$\text{COP} = 283 / (323 - 283) = 283/40 = 7,07$$

waar we van Celcius naar Kelvin zijn omgezet door 273 erbij op te tellen. Praktische warmtepompen hebben COP-waarden van ongeveer de helft van deze ideale waarde.



Bovenstaande afbeelding toont een praktisch ontwerp van een warmtepomp.

De compressor forceert een geschikte vloeistof van de verdamper naar de condensator, een gebied met hogere druk en temperatuur (T_w).

De vloeistof wordt door een expansieventiel geperst. De druk en temperatuur dalen en de verdamper zit in een lager temperatuurbereik (T_k).

De getoonde warmtewisselaar maakt het mogelijk warmte-energie van de omgeving naar de warmtepomp over te brengen.

Praktische experimenten

Experimenten met deze warmtepomp kunnen in drie typen worden verdeeld:

1. Snel demonstratie experiment

Als je alleen wil laten zien hoe met een warmtepomp energie wordt overgedragen, plaats dan twee met water gevulde containers zodat zowel de verdamper als de condensor in water zijn ondergedompeld.

Een bekersglas/maatbeker van 1000 ml is geschikt hiervoor. Als je de warmtepomp inschakelt wordt de verdampertank gekoeld met 5-10 graden en de condensortank 10-20 graden wordt verwarmd.

2. Kwantitatief demonstratie experiment

Als je een meer kwantitatief experiment wilt maken, moet je nauwkeuriger te werk gaan. De twee watercontainers moeten zodanig worden geïsoleerd dat warmtewisseling met de omgeving ten minste gedurende een bepaalde periode tijdens het experiment wordt vermeden.

Je kan bv. tape gebruiken om een laag warmte-isolatie rond de bekertjes te bevestigen, bijvoorbeeld van piepschuim mét deksel.

Temperatuursondes (Datalogger, NTC-type thermometer) kunnen in de twee glazen worden ondergedompeld. Er moet tijdens het meetproces worden geroerd, omdat anders een aanzienlijke temperatuurgradiënt optreedt in de twee containers.

Gebruik vervolgens de Datalogger om de temperatuur te meten als functie van de tijd.

Het is ook mogelijk om met behulp van de rekenfunctie de COP te berekenen, die vervolgens continu kan worden weergegeven. Hou rekening met schommelingen als gevolg van onzekerheden in de temperatuurmetingen.

3. Profielwerkstuk of ander project

Voor een profielwerkstuk of een grotere schriftelijke opdracht kun je meer metingen doen aan de energiestromen.

Bijvoorbeeld een vermogensmeter (406550) gebruiken om het stroomverbruik van de warmtepomp te meten. Vervolgens kan, door het tot stand brengen van een waterstroom, het vermogensverlies uit het verdampervat worden gemeten. Het product van de massastroom M in kg / s, het temperatuurverschil en de water specifieke warmtecapaciteit (4180 J / (kg-graad)) heeft effect. ($m \cdot C \cdot \Delta T$)

Een soortgelijke meting op de condensatortank geeft hier informatie over de efficiëntie weer. Door het debiet zodanig te matchen dat een klein maar meetbaar temperatuurverschil wordt verkregen, wordt het experiment interessanter. Bij de stroom wordt het ideaal gesimuleerd met een oneindig grote warmteopslag.