

Trends in onderzoek koelinstallaties

De beschikbaarheid van koeling en de nodige technologie hiervoor beschouwen we al decennia als evident. Kijken we even terug, dan zien we dat in de korte periode vanaf de opkomst van de koeltechnologie in het begin van de 19de eeuw tot nu er al verscheidene cruciale ontwikkelingen zijn geweest. Deze ontwikkelingen zijn te categoriseren in twee grote domeinen: energie-efficiëntie en klimaat. Nu we bewuster omgaan met onze omgeving staan we in deze domeinen voor nieuwe uitdagingen. Nieuwe ontwikkelingen in het onderzoek proberen hierop een antwoord te geven.

PROF. DR. IR STEVEN LECOMPTÉ | UNIVERSITEIT GENT VAKGROEP ELEKTROMECHANICA, SYSTEEM- EN METAALINGEERING

Energie-efficiëntie

In de begindagen was energie-efficiëntie van ondergeschikt belang. Verhogen van de betrouwbaarheid, de robuustheid en het compacter maken van de installatie was eerst essentieel. De eerste installaties waren voorbehouden voor de vleesverwerkende industrie en de voedingssector. Het is maar later, toen de installaties veiliger werden, dat de productie van koelkasten begon rond 1930. De gegevens van het International Energy Agency (IEA) voor het jaar 2009 verwerkt door het International Institute of Refrigeration (IIR) toont aan dat nu ongeveer 17,2% van de totale elektriciteitsproductie gebruikt wordt voor koeling. Dit is gelijkaardig aan het aandeel dat gebruikt wordt door gezinnen zoals te zien is in

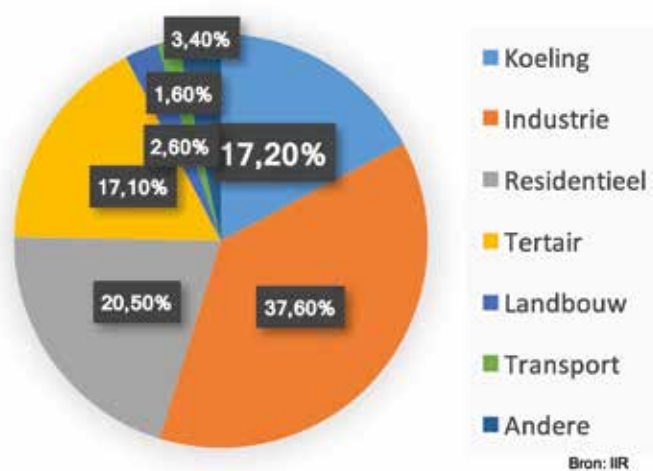
Figuur 1. De koelsector is daarmee nu al een uitermate belangrijke afnemer van elektriciteit. In de toekomst verwachten we daarnaast een gemiddelde groei tussen 2,5 en 5,1 procent per jaar (The Economist Intelligence Unit) afhankelijk van de specifieke deelsector. Kijken we naar de toekomst dan kunnen we energie besparen door verbeteringen aan de individuele installatiecomponenten en op gebied van optimale integratie.

Verbeteringen aan de individuele componenten

Mechanische modulatie

De compressor is het hart van de klassieke dampcompressiekoelmachine. Een efficiëntere omzetting van mechanische energie naar compressie-arbeid

resulteert rechtstreeks in energie-efficiëntere systemen. Wanneer de koelcapaciteit van het systeem sterk moduleert, zullen compressoren die op vaste nominale condities werken een aan-af cyclus volgen. Deze aan-af cyclus is inefficiënt en zorgt voor vroegtijdige slijtage. Dit in tegenstelling tot toerentalgeregelde compressoren aangedreven door een elektrische motor met omvormer. Deze oplossing is daarentegen ook de meest dure. Alternatieven zijn mechanische vormen van modulatie. Recent onderzoek richt zich op nieuwe vormen van volumetrische compressoren die inherent geschikt zijn voor mechanische modulatie. Een voorbeeld is de zogenaamde 'bowtie-compressor' ontwikkeld aan de universiteit van Purdue. De compressor bestaat uit een vliedervormige rotor die een oscillerend roterende beweging maakt in een cilindermantel. De slaglengte kan onafhankelijk van het dode volume aangepast worden door de cilindermantel te verschuiven ten opzichte van de oscillerende rotoren. Een alternatief concept gebaseerd op een lineaire motor-zuiger combinatie werd ontwikkeld aan de universiteit Gent. Het innovatieve bestaat erin de timing van inlaat en uitlaatpoorten te koppelen aan een extra roterende beweging tussen zuiger en cilindermantel. De variabele timing maakt capaciteitscontrole mogelijk. Dit laatste concept heeft zich al bewezen in een proof-of-concept en is ook gepatenteerd.



Figuur 1: Elektriciteitsgebruik per sector met het aandeel koeling geëxtraheerd.

Isotherme compressie

Kijken we naar het thermodynamisch proces van de compressie, dan is gekend dat een isotherme compressie de laagste compressiearbeid heeft voor een gegeven massa en drukverhouding. Een mogelijkheid om een quasi-isothermische compressie te realiseren is door injectie van grote hoeveelheden olie in de compressor. Om een maximale koelcapaciteit te bereiken is het belangrijk om tussen uitlaat verdampers en uitlaat condensoren een warmtewisselaar te plaatsen om de onderkoeling na de condensor te vergroten. Theoretisch zou hierbij een efficiëntieverhoging tot 40% mogelijk zijn. De impact is het grootst bij koelmiddelen zoals R404A en kleiner voor CO₂ en ammoniak.

Vloeistof-gas expander

De expansieklep in een dampcompressiemachine staat in voor de overgang van hoge druk in de condensor naar de lage druk in de verdampers. In theorie kunnen we deze drukval benutten om arbeid te verrichten. Voor een klassieke subkritische dampcompressiekoelmachine zal de expansie gebeuren van de vloeistof-fase naar een twee fasen eindpunt. Expansie onder deze omstandigheden geeft slechts aanleiding tot een kleine specifieke arbeid. De totale energie die kan gerecupereerd worden is dus klein. Niettemin zijn er voor grote koelinstallaties systemen bedacht om deze energie te recupereren. Commerciële voorbeelden zijn er door Carrier en Douglas Energy, beide gebruikten R134a. Voor transkritische CO₂ koelcycli is de potentiële energierecuperatie groter. Daartegenover staat ook een grotere uitdaging bij het ontwikkelen van de expander. Dit door de grotere drukverschillen en het onbekende gedrag tijdens de transitie van super-



Multi Rack Compressor
Transkritische CO₂ Booster installatie
(Foto Carrier)

kritische toestand naar de twee-fase toestand. Verschillende types van expanders werden onderzocht zoals onder andere zuiger, schroef en scroll expanders. De verschillende studies rapporteren een verhoging van de COP tussen 10% en 30%. In praktijk is deze technologie nog niet doorgebroken. Een retrofit applicatie is voorgesteld door Bitzer. Hierbij wordt een tweefase expander in combinatie met een compressor gebruikt om te voorzien in additionele mechanische onderkoeling en dus extra koelcapaciteit.

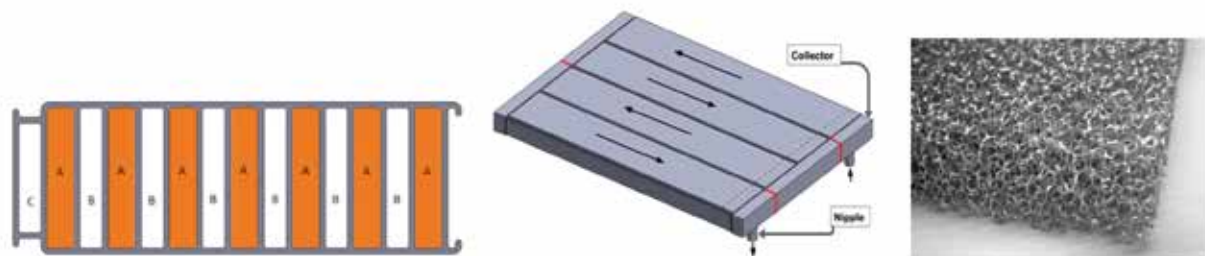
Optimale integratie

Een betere energie-efficiënte kan daarnaast behaald worden door een doorgedreven optimalisatie op systeemniveau.

Trigeneratie

De meest algehele aanpak beoogt een optimalisatie van zowel elektriciteit, warmte als koudestromen. Trigeneratie is een mooi voorbeeld waarbij deze energievectoren aan elkaar gekoppeld worden in een decentraal systeem. Elektriciteit

wordt geproduceerd met een kleine gasturbine of inwendige verbrandingsmotor. Deze kunnen als primaire energiedrager de klassieke fossiele brandstoffen gebruiken maar ook synthetische brandstoffen ("e-fuels") of brandstoffen op basis van biomassa. De restwarmte die vrijkomt, kan rechtstreeks gebruikt worden voor verwarming maar ook voor koeling via een warmte-aangedreven koelmachine. De twee beproefde technieken hiervoor zijn absorptie en adsorptiekoelmachines. Beide systemen vervangen in essentie de mechanisch aangedreven compressor door een thermische variant. Een trigeneratiesysteem kan een reductie geven van 30% tot 50% van de primaire energiebehoefte tegenover de aparte opwekking van koude, warmte, en elektriciteit. De vraag of dit systeem rendabel is hangt voornamelijk af van de investeringskosten, de brandstofkosten en of de vraag van warmte, koude en elektriciteit voldoende kan afgedekt worden door het systeem. Hierbij rekening houdend dat de beschikbaarheid van warmte steeds groter is dan die van koeling en



Figuur 2: Thermische koelbatterij bestaande uit een faseovergang materiaal met optioneel een metaalschuim matrix.

elektriciteit. Specifiek voor supermarkten (verwarming van de ruimtes, koeling van koelkasten en algemeen elektriciteitsgebruik) projecteert men terugverdientijden van ongeveer 6 jaar rekening houdend met een gas-elektriciteitsprijs ratio van 4.0.

CO₂ koelmachines met warmteterugwinning

De opmars van CO₂-koelmachines is de laatste jaren prominent doordat de klassieke synthetische koelmiddelen onder druk komen te staan door hun impact op het klimaat. Zeker in de levensmiddelensector is er een grote transitie naar deze zogenaamde natuurlijke koelmiddelen. De thermofysische eigenschappen van CO₂ geven aanleiding tot een hoge compressoruitlaattemperatuur en -druk. Als voorbeeld verkrijgt men een uitlaattemperatuur van 55°C voor isentrope compressie tussen -10°C en 20°C bij een oververhitting 10°C, tegenover een uitlaattemperatuur van 35°C voor R404A. Deze warmte kan gerecupereerd worden voor bijvoorbeeld de verwarming van gebouwen. Het onderzoek spitst zich vooral toe op het optimaliseren van de aansturing. De condensordruk en rotatiesnelheid van de condensorventilator wordt actief geregeld volgens de verwachte verwarmingsvraag. Een slimme regeling maakt het mogelijk om ook tijdens het grootste deel van de winter te voldoen aan de warmtevraag en dit bij een optimale COP.

De meeste studies spitsen zich terug toe op de sector van de supermarkten. Hierbij wordt aangetoond dat de warmtevraag bijna volledig kan afgedekt worden.

Thermische opslag

Bij voorgaande concepten van trigeneratie en warmteterugwinning komt het frequent voor dat de vraag en beschikbaarheid van warmte in tijd niet overeenkomt. Het koppelen van een thermische opslag aan de warmteterugwinning van een CO₂-koelmachine heeft het potentieel om de energievraag met ongeveer 18 procent te verminderen. Dit is vooral door het effect dat de beschikbare warmte efficiënter ingezet kan worden. Daarnaast tonen studies aan dat de meerkosten voor integratie van thermische opslag beperkt is (2% tot 3% duurdere investeringskosten) doordat het geïnstalleerd compressorvermogen kleiner kan gehouden worden. Als thermische buffer kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een warmwaterreservoir gehouden op een temperatuur tussen 45°C en 70°C. Naast warmteopslag kunnen we ook koude bufferen. Een interessante toepassing die momenteel onderzocht wordt, is het vervangen van actieve transportkoeling door een passief systeem met thermische opslag. Als type thermische opslag wordt hiervoor meestal gekeken naar faseovergangsmaterialen

(‘Phase Change Materials’, PCM). De faseovergang in deze materialen (bijvoorbeeld van vloeibare naar vaste toestand) zorgt ervoor dat een grote energiedichtheid mogelijk is. Aangezien een faseovergang isotherm is heeft men het bijkomend voordeel dat de temperatuur binnen een nauw interval kan gewaarborgd worden. Een nadeel is dat conductie door deze materialen laag is en dus de warmteoverdracht slecht is. Dit kan verholpen worden door een matrix van metaalschuim toe te voegen. Figuur 2 toont een concept van zo een PCM batterij waarbij in kanaal A een intermediair water-glycol mengsel stroomt en kanaal B gevuld is met faseovergangsmateriaal met optioneel een metaalschuimmatrix. Voor toepassingen in de voedingssector kan men kiezen voor een industriële paraffine met de gewenste smelttemperatuur (ongeveer tussen 6°C en 108°C) als faseovergangsmateriaal.

Klimaat

Het energiegebruik heeft een rechte impact op het klimaat maar daarnaast zijn er ook indirecte effecten zoals lekverliezen van het koudemiddel. Het inschatten van de totale impact van koelinstallaties op de opwarming van de aarde is een prominent onderwerp in de wetenschappelijke en technische literatuur. Om deze impact in te schatten zijn verschillende criteria ontworpen.

Daarnaast kunnen we die begrote impact verlagen door enerzijds een betere energie-efficiëntie maar anderzijds ook door de transitie naar lage GWP-koudemiddelen.

Kwantificatie impact op klimaatopwarming

De eerste eenvoudige parameter om direct een inschatting te maken van de impact op de klimaatopwarming is de ‘Global Warming Potential’ (GWP). De GWP waarde van een koelmiddel geeft de impact als broeikasgas relatief tegenover CO₂. Concreet is het een maat voor hoeveel energie de uitstoot van 1 ton van een gas zal absorberen over een bepaalde periode, in verhouding tot de uitstoot van 1 ton kooldioxide (CO₂). Typisch wordt het effect over een periode van 100 jaar bekeken.

De ‘Total Equivalent Warming Impact’ (TEWI) wordt algemeen gebruikt als metriek om de directe en indirecte impact van een koelinstallatie op klimaatopwarming te kwantificeren. De TEWI waarde houdt rekening met de totale massa koelmiddel in de installatie, het broeikas-effect van het koelmiddel (de GWP waarde), het percentage koelmiddel gerecupereerd bij het uit dienst stellen, het elektriciteitsgebruik en de geassocieerde CO₂ uitstoot. Voor een nog meer gedetailleerde analyse over de volledige levensduur van de installatie kan een ‘Life Cycle Climate Performance’ (LCCP) analyse gemaakt worden. Deze zal ook rekening houden met emissies tijdens fabricage, de emissies bij het maken van de deelcomponenten en de emissies bij recycling. Een uitdaging bij deze geaggregeerde analyse is de sterke afhankelijkheid van de gebruikte assumpties en brondata. Deze vergro-

ten de onzekerheid of bemoeilijken de interpretatie. De International Institute of Refrigeration (IIR) heeft getracht deze methodologie verder te standaardiseren door het uitbrengen van een reeks richtlijnen. Bij het gebruik van TEWI en LCCP blijft waakzaamheid geboden. Een meer gedetailleerde analyse geeft niet noodzakelijk meer inzicht indien de randvoorwaarden en assumpties niet gedetailleerd beschreven en bekend zijn. Een directe vergelijking tussen twee verschillende technische of wetenschappelijk publicaties is daarom meestal niet mogelijk. Voor de toekomst is het belangrijk om beide methodologieën verder te standaardiseren zodanig dat het potentieel van LCCP en TEWI analyse tot zijn recht kan komen.

Lage GWP koudemiddelen

De nieuwe generatie van fluorwaterstofolefines (HFO) en natuurlijke koelmiddelen (zoals ammoniak en CO₂) geven de mogelijkheid tot zeer lage GWP waarden (<10). Zonder in detail te gaan zien we dat in de open literatuur de thermofysische eigenschappen van de HFO’s R1234yf en R1234ze(E) en de natuurlijke koelmiddelen het meest onderzocht zijn. Deze data is cruciaal bij een correct ontwerp van de warmtewisselaars, keuze van smeerolie en voor een optimaal ontwerp van de compressor en de expansieklep.

Klassiek vertrekken we in het ontwerp vanuit een welbepaald gekozen koelmiddel dat een goed compromis geeft tussen performantie, veiligheid en milieu-impact. Het is ook mogelijk om te vertrekken vanuit een set van ontwerpparameters en hiervoor een optimaal werkingsfluidum te creëren. Dit wordt mogelijk gemaakt door computergestuurd moleculair ontwerp. Onderzoek in dit gebied piekte eind 20ste eeuw. De technieken voor computergestuurd moleculair ontwerp zijn dus welgekend. Evenwel is het in de praktijk vanuit economisch standpunt niet steeds voordelig om kleine loten van op maat gemaakt koelmiddel te produceren en verdelen.

Conclusie

In dit artikel is een selectie gemaakt van onderwerpen die momenteel veelvuldig geanalyseerd worden in technische en wetenschappelijke literatuur. Het overzicht daarvan is gegeven in Tabel 1. Hierbij is het duidelijk dat er veel potentieel zit in technieken die nu nog niet of weinig in de praktijk gebruikt worden. De redenen daarvoor zijn veelvuldig maar ze hebben allen gemeen dat er cruciale kennis of informatie ontbreekt. Als dusdanig zal er verder ingezet moeten worden op innovatie, onderzoek en ontwikkeling om als duurzame sector de toekomst tegemoet te gaan.

Tabel 1: Overzicht van een aantal relevante onderzoekstrends.

Energie efficiëntie	Verbetering aan individuele componenten	Mechanische modulatie Isotherme compressie CO ₂ expanders
	Optimale integratie	Trigeneratie CO ₂ koelmachines met warmteterugwinning Thermische opslag
Klimaat	Kwantificatie impact op klimaatopwarming Lage GWP koudemiddelen	

Lekdetectie voor koelinstallaties, een grote uitdaging van de 21e eeuw!

Dit artikel werd gezamenlijk opgesteld door Climalife en Matelex

Regelgeving

Verordening (EU) nr. 517/2014, bekend als "F-Gas II", is op 16 april 2014 vastgesteld met als doel het milieu te beschermen door de uitstoot van broeikasgassen tegen 2050 met 80% tot 95% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. In de verordening worden regels vastgesteld voor de controle, het gebruik, de terugwinning en de vernietiging van gefluoreerde broeikasgassen. Er worden ook voorwaarden opgelegd voor het op de markt brengen van gefluoreerde broeikasgassen voor specifieke producten of toepassingen en voor installaties, door kwantitatieve limieten op te leggen voor het op de markt brengen van HFK's. Het voorziet ook opleidingsverplichtingen, een verbod op het gebruik of het op de markt brengen van gassen met een hoge GWP waarde (aardopwarmingsvermogen) en per toepassing ook een vermindering van de geproduceerde hoeveelheden (quota) en verplichtingen: kwalificatie, verplichte uitrusting en het voorkomen van lekken met de verplichte controle op lekken.

Specifieke F-Gas reglementering over de lekdetectie :

Hoofdstuk II Artikel 4 van de Verordening (EU) nr. 517-2014 specificeert de frequentie van de controles op basis van de vulling in ton CO₂-equivalent van de installaties.

- ≥ 5t CO₂ eq.: tenminste eenmaal per 12 maanden of slechts eenmaal per 24 maanden indien de installatie met een lekdetectiesysteem is uitgerust
- ≥ 50t CO₂ eq.: tenminste eenmaal per 6 maanden of slechts eenmaal per 12 maanden indien de installatie met een lekdetectiesysteem is uitgerust
- ≥ 500t CO₂ eq.: tenminste eenmaal per 3 maanden of slechts eenmaal per 6 maanden indien de installatie met een lekdetectiesysteem is uitgerust

Exploitanten zijn verplicht om een lekdetectiesysteem te installeren zodat zij of een onderhoudsbedrijf worden gewaarschuwd in geval van een lek voor installaties met

een koudemiddel vulling van > 500t CO₂ eq. (vb: 128 kg R-404A)

- Voor vaste systemen (koeling, klimaatregeling, warmtepompen)
- Voor Rankine cyclusmachines en elektrische schakelsystemen die geïnstalleerd zijn na 01/01/2017.

Europese landen kunnen bindende nationale regels toevoegen aan de F-Gasverordening. In België (Vlaams reglement: Vlarem II Art. 5.16.3.3) zijn specifieke bepalingen inzake lekwaarden voor niet hermetisch gesloten koelinstallaties ingevoerd voor systemen die : 5 ton CO₂-equivalent van gefluoreerde broeikasgassen of 3 kg ozonafbrekende stoffen bevatten.

Relatieve lekwaarde

$$L = (B/N) \times 100$$

L : relatief lekverlies (of relatief lekpercentage)

B : som van alle vullingen in een kalenderjaar (kg)

N : nominale koelmiddelinhoud van de koelinstallatie (kg)

Bij een lek van > 5 % : dient de installatie hersteld te worden.

Als de installatie gedurende 2 opeenvolgende kalenderjaren lekverlies heeft > 10 % moet de installatie binnen de 12 maanden na bevinding buiten bedrijf worden gesteld. Hierdoor is er nood aan permanente lekdetectie om de continuïteit van het koelproces te garanderen.

Lekdetectie volgens de aanbevelingen van de norm EN 378:

Naast de milieuvorschriften biedt de Europese norm EN 378 een aanvulling om de veiligheid van mensen te garanderen.

Het bepaalt dat machinekamers moeten uitgerust worden met detectoren om de veiligheid van de gebruikers te waarborgen.

Fluid Category	Equipment refrigerant charge	Inspection frequency	
		Without a detection system	With a detection system installed
HCFC	2kg ≤ charge < 30kg	12 months	
	30kg ≤ charge < 300 kg	6 months	
	300 kg ≤ charge	3 months	
HFC, PFC	5 t CO ₂ eq. ≤ charge < 50 t CO ₂ eq.	12 months	24 months
	50 t CO ₂ eq. ≤ charge < 500 t CO ₂ eq.	6 months	12 months
	500 t CO ₂ eq. ≤ charge	compulsory	6 months

Voor explosieve of gevaarlijke gassen is de detectiegrens vastgesteld op minder dan 20% van de onderste ontvlambaarheidsgrens en moeten ammoniakdetectoren de ventilatie en het alarm activeren en de externe stroomvoorziening uitschakelen.

Soorten detectie:

Directe detectie (Draagbare detectie ; Omgevingsdetectie) en indirecte detectie (continue controle en continue monitoring)

Er bestaan verschillende types detectoren :

- De **directe methoden** maken het in de eerste plaats mogelijk ter plaatse een lektest uit te voeren en worden gebruikt voor periodieke (draagbare detectie) of continue (ruimtemonitors) controles. Draagbare detectoren worden gebruikt om het lek te lokaliseren.
- Naast deze methode en met het oog op een algemene controle van de werking van de installatie, zijn er **indirecte methoden** verschenen. Door de installatie van sensoren met regelmatige metingen, gekoppeld aan algoritmische berekeningen, kan dit type systeem in de installatie worden geplaatst om het gedrag ervan vast te stellen.

De fysieke controle van de installatie om te voldoen aan de F-Gasverordening wordt uitgevoerd met een draagbare detector. Zoals bepaald in de tekst van de Europese verordening 517-2014, kan de frequentie van controle verlaagd worden als de installaties zijn uitgerust met een omgevingsdetectie of met indirecte detectiesystemen. Om de frequentie van de fysieke controles te verlagen, is het mogelijk om vaste detectoren te gebruiken, de zogenaamde "omgevingsdetectoren" of "vaste detectoren", of de indirecte detectiesystemen die geïnstalleerd worden op de koelinstallaties die een voortdurende bewaking van de installaties mogelijk maken en alarm slaan wanneer zich een lek voordoet. Vervolgens hebben sommige landen zoals Frankrijk en België, de mogelijkheid opgenomen om met indirecte detectiesystemen op lekken te controleren (zie paragraaf 5).

De 3 methoden voor het opsporen van lekken vullen elkaar aan: zij garanderen de naleving van de F-Gas II-verordening door bij te dragen tot de vermindering van lekken en zo tot het behoud van het milieu, en garanderen tegelijk de veiligheid van de mensen.

Sensortechnologie

Er zijn 3 soorten sensortechnologieën, aangepast aan de te detecteren gassen : De halfgeleiders (of verwarmde diodesensoren), elektrochemische sensoren, en infrarood. De keuze van een sensor hangt af van de gassen of vloeistoffen die moeten worden gedetecteerd.

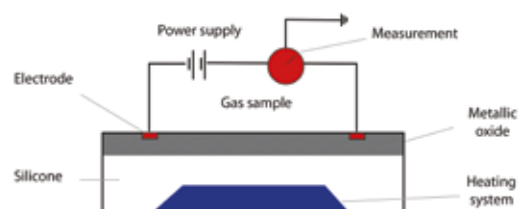
De halfgeleiders : voor HFO, HFK, CFK, HCFC

Deze technologie heeft het voordeel dat ze minder duur is. Maar anderzijds is ze gevoelig aan de omgevingstemperatuur, vochtigheid, oplosmiddelen, reinigingsmiddelen, koolwaterstoffen (propanaan) en NOx.



Halfgeleidersensoren (Foto: Bacharach)

Met de halfgeleidersensor, ook bekend als metaaloxide-sensor (MOS), kunnen toxische producten, brandstoffen en koelmiddelen worden opgespoord. De techniek is gevoelig voor veranderingen in de gasconcentratie (daling van de zuurstofconcentratie), vochtigheid en temperatuurveranderingen. Hij heeft een lage gevoeligheid en moet worden gekalibreerd. Het is een economische technologie met een lange levensduur (ongeveer 5 jaar).



Detectieprincipe: een dunne metaaloxidefilm wordt op een siliconenoppervlak afgezet. De oxidatieve katalytische reactie in contact met het doelgas en het verhitte metaaloxideoppervlak verandert de elektrische weerstand en verandert de geleidbaarheid. Deze verandering in weerstand komt overeen met de gemeten gasconcentratie.

Elektrochemische detectoren : NH₃ detectie.

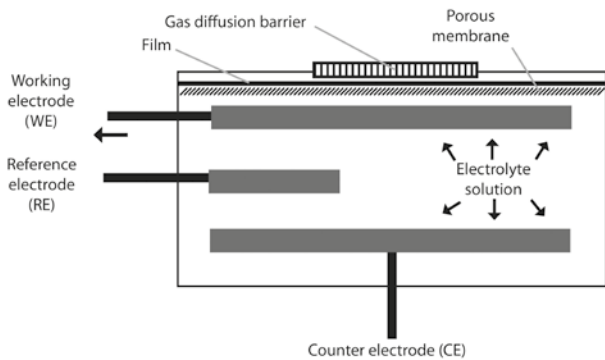
Deze sensortechnologie wordt gebruikt voor NH₃-detectie. Het is een ultra-nauwkeurige technologie, die de veiligheid van mensen waarborgt door lage concentratie detectie van dit giftige product.

Deze technologie is geschikt voor een grote verscheidenheid van toxische gassen, en is zeer nauwkeurig bij zeer lage ppm-concentraties. De reactietijd is snel in geval van een lek, en het is een selectieve technologie om alleen naar



Electro-chemische detectoren

het doelgas te zoeken. Daardoor is er geen risico van kruisgevoeligheid. Deze technologie moet worden gekalibreerd aan het doelgas en de sensoren hebben een levensduur van 3 tot 5 jaar.



De sensor bestaat uit een dienstelektrode, een tegenelektrode, een referentie-elektrode en een elektrolyt. Electrochemische sensoren werken als batterijen. Wanneer het doelgas aanwezig is, genereert een chemische reactie op de dienstelektrode een kleine elektrische lading tussen twee elektroden die evenredig is met de gasconcentratie.

Infraroodsensoren : detectie van HFO, HFK, CFK, HCFK, NH₃, Propan, CO₂.

De infrarood sensortechnologie is zeer selectief. Met dit instrument kan een breed scala van koelmiddelen worden gedetecteerd, terwijl het volledig ongevoelig is voor andere producten, en het heeft een lange levensduur. Het kan HFO, HFK, HCFK, CFK, NH₃, propan (R-290) en CO₂ opsporen.

De infraroodsensor heeft een zeer lage kruisgevoeligheid



Infrarood sensor
(Foto: Murco)



Detectie met belletjes
(Foto: Climalife)

Detectie met belletjes :

Na het onderzoek met een draagbare detector kan door het gebruik van een aerosolproduct zoals Prestobul op de leidingen, op de vermoedelijke plaats van het lek, de bron nauwkeurig worden gelokaliseerd door de vorming van bellen.



Vaste lekdetector (Foto Climalife)

voor andere gassen. Deze technologie is niet gevoelig voor verontreinigende stoffen (siliconen, lood...) en kan zichzelf testen en kalibreren. De reactietijden zijn snel, met detectiedrempels mogelijk bij zeer lage concentraties (gevoeligheid van 1 ppm). Het is een ultra-nauwkeurige detectie, hoewel iets duurder, met een gemiddelde levensduur van 5 tot 7 jaar van de sensor.

De sensor bestaat uit een lichtbron, een ruisfilter, een detector en een kamer waarin het doelgas zich verspreidt nadat het is aangezogen. Alleen de groene kleur van de lichtbundel wordt gefilterd en geanalyseerd door de intensiteit ervan te meten. Als er een gas aanwezig is, wordt de groene kleur van de lichtbundel meetbaar in intensiteit verminderd.

Lekdetectie-apparaten

Vaste detectoren:

Lekken worden aangegeven door een geluids- en visueel alarm en een displayscherm. Dit type detector maakt het mogelijk het lekgebied nauwkeurig te lokaliseren. Vóór elk gebruik kan door middel van een controle met een product als de mini-check, dat een gekalibreerd lek van R-134a van 5 g/jaar simuleert, de kalibratie van het toestel worden geverifieerd.



Omgevingsdetectie
(Foto: Bacharach)

Omgevingsdetectie :

Een lekdetector met een vast station, ook wel omgevingsdetector genaamd, is een lekdetector voor koelmiddelen. Afhankelijk van het model kan het een onafhankelijke sensor-transmitter met alarmen zijn, die kan worden gebruikt als een zelfstandige detector of kan worden aangesloten op een regelsysteem (b.v. GBS) via een Modbus link. Zij zijn in

het algemeen uitgerust met een of meer contactoren voor het activeren van externe veiligheidsapparatuur zoals kleppen, ventilatoren, algemene alarmen, enz. Zij impliceren de installatie van sensoren, ook "sondes" genoemd, met de inachtneming van de specifieke kenmerken van de installaties en het te detecteren koudemiddel. Zij worden geselecteerd en aangepast aan het op te sporen koudemiddel.

Plaatsing van de sensoren:

Verwijderd van opspattend water en mogelijke gevaren, uit tochtige of geventileerde ruimten (druk bezochte ruimte met sterke luchtstroom, afzuigruimte (ventilator), en niet in de nabijheid van radiofrequentie-identificatiesystemen of zenders voor deze systemen.

Indirecte meetmethode: expertsystemen voor monitoring in real-time en op afstand

Met gemiddelde jaarlijkse lekkages tot 25% van de vulling, vereisen koelinstallaties die geïnstalleerd zijn in de voedingsdetailhandel of de industrie een permanente lekcontrole. Expertsystemen voor lekdetectie met behulp van indirecte meetmethoden bieden een antwoord op dit probleem. Deze meetmethode, die nog niet erg wijdverspreid is, is gebaseerd op de real-time algoritmische analyse van werkpunten in de installatie.

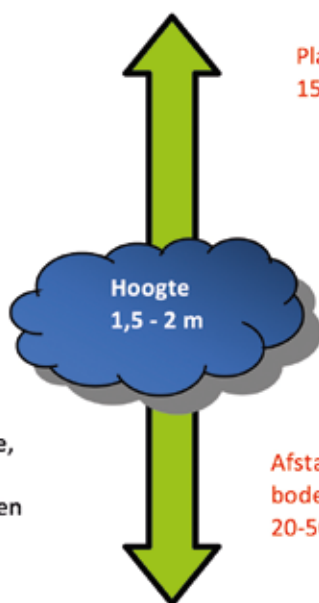
In tegenstelling tot de directe methode, die bestaat uit een analyse van de omgevingslucht op meerdere plaatsen om gasmoleculen te detecteren, maakt de indirecte detectie het mogelijk de uitrustingen te centraliseren in technische lokalen, zonder belemmeringen om het systeem te verbinden met de installatie (lengte van de leidingen, niet toegankelijke leidingen...) of met de omgeving (luchtstroom van de condensatoren, externe elektriciteitscentrale...) terwijl een globale bewaking van de installatie wordt verzekerd vanop één plaats. Er is geen beperking met betrekking tot plaatsing van meerdere apparatuur op verschillende locaties. De verschillen in werking van de koelcentrales, waarvan de onregelmatigheid van de koudevraag die een invloed heeft op het vloeistofniveaus, zullen worden opgespoord tijdens de leerperiode, waarin de referentieniveaus worden vastgesteld. Het real-time algoritme detecteert, door het vergelijken van de gemeten en de referentie bedrijfspunten, afwijkingen en activeert bijbehorende alarmen, die aan het GTC (gecentraliseerd technisch beheer) worden doorgege-

Gas in de leefomgeving :

- Zuurstof (O₂)
- Stikstofmonoxide (NO)
- Koolmonoxide (CO)
- Stikstofdioxide (NO₂)

Kooldioxide (CO₂)

Bij lekkage eerst in de lage zone, daarna vermengd met de omgevingslucht om in de leef- en zuurstofvoorziening terecht te komen



Plaatsen op 15-30cm van plafond

Gas lichter dan lucht :
Ammoniak (NH₃), Methaan (CH₄),
Waterstof (H₂)

Afstand tot de bodem 20-50 cm

Gas zwaarder dan lucht :
Koudemiddelen (R-404A, R-134a, propaan,...) Zwaveldioxide (SO₂),

Voor de veiligheid van de personen, plaats de detectoren in de leefruimtes (zuurstofvoorziening).

ven via een gesloten contact en/of op afstand via een online supervisie-interface / e-mailwaarschuwingen.

De metrologische gegevens die nodig zijn voor de werking van het algoritme zijn :

- HP druk, via een 4-20mA voeler op de vloeistofvat
- Inlaat-/uitlaatemperatures vloeistofvat, PT100 met automatische kalibratiefunctie
- Omringende luchttemperatuur ter hoogte van de condensor/ruimte, PT100 met automatische kalibratiefunctie
- Vloeistofhoeveelheid in het vat

Om de vloeistofhoeveelheid in het vat te meten, moet een aangepaste niveaul kolom door de installateur aan de afmetingen van het vloeistofvat worden opgehangen aan een spanningsmeter (omzetting van de vervorming van een onderdeel ten gevolge van een kracht, hier het gewicht, in een variatie van de elektrische weerstand, hier 4-20mA). Door flexibele verbindingen aan de boven- en onderkant van het vloeistofvat, zorgt het principe van de communicerende vaten voor het evenwicht tussen de niveaus.

Het tarra van de kolom (vacuümgetrokken) verzekert de nauwkeurigheid van de meting, en maakt het mogelijk het gewicht van de vloeistof in de kolom te kennen. Door een dichtheidsberekening, bepaald door de uitlaatemperatuur en -druk van het vat, en rekening houdend met de DNI-configuratie-elementen (afmetingen van de vloeistofvat, soort koudemiddel) wordt het koudemiddelvulling in het vloeistofvat berekend.

Naast de real-time lekdetectie analyse, maakt het hier voorgestelde Matelex-expertsysteem het mogelijk om de werking van de installatie te kennen en instellingen te verbeteren. De druk/temperatuur-relatie die gebruikt wordt om de condensatietemperatuur te berekenen, geeft informatie over de hoeveelheid gas in het koudemiddel (Flash Gas) door de onderkoeling te berekenen.

Wij onderscheiden twee soorten alarmen, die een continue bewaking en een terugkoppeling mogelijk maken die van essentieel belang zijn voor de werking van een koelproces.

- Laagniveau-alarm: Net als de vaste "Kubler"-niveaus die op veel vloeistofvaten worden aangetroffen, biedt de DNI configureerbare bewaking van het laagste niveau aan in het vat. Het schakelpunt kan bij de configuratie ingesteld worden en aangepast om vroegtijdig te waarschuwen bij een grote en snelle daling van het vloeistofpeil.
- "Statistisch" alarm: analyse met behulp van een statistisch algoritme dat de gegevens van de normale werking van de installatie vergelijkt met de gegevens in real-time. Een afwijking zal een alarm doen afgaan.

Om de nauwkeurigheid van de metingen te garanderen, bestaat een jaarlijkse controle uit het vervangen van de gewicht/druk-meetvoelers en het ijken van de temperatuursondes om rekening te houden met de impedantie van de

kabels en de afwijking van de PT100-sondes.

Als aanvulling op de apparatuur en om een diepgaande analyse mogelijk te maken, kunnen modules voor energiebeheer het mogelijk maken gegevens over het energieverbruik via stroommeting worden verzameld. De oververhitting wordt berekend door de waarden van de LP-druk en de aanzuigtemperatuur te meten, terwijl de afvoertemperatuur en het opgenomen vermogen de werkelijke COP van de installatie te bepalen. Om de interpretatie van de verkregen gegevens te verbeteren, maakt een online monitoringstelsel de oplossing compleet. Er worden tal van aanvullende analyses aangeboden met het doel de prestaties van de installaties te verbeteren en hun algehele milieu-impact te verminderen door de directe en indirecte uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Naast de directe impact op het milieu van een koelmiddel, vermindert de oplossing namelijk ook de indirecte impact die verband houden met het energieverbruik. De analyses die door de aangesloten oplossing worden uitgevoerd, maken het mogelijk op te treden tegen overmatig energieverbruik als gevolg van een te lage koudemiddelvulling, maar ook om waarschuwingen te geven over de risico's van compressorstoring en energieverpilling. Zo worden bijvoorbeeld de bedrijfscycli van de compressoren bestudeerd om te waarschuwen voor risico's van vroegtijdige slijtage die tot breuk kunnen leiden, maar ook om het beheer ervan te verbeteren (vermindering van korte cycli, bewaking van de opstartfrequenties, enz.). Tenslotte is het enthalpie diagram in real-time beschikbaar, waardoor een betrouwbare interpretatie van de koelcyclus mogelijk is.

Hoe slaagt uw lekdetectieprogramma?

- Correcte installatie van apparatuur door getrainde en gekwalificeerde installateurs.
- Onderhoud de apparatuur en voer hun jaarlijkse onderhoud uit.
- Test de juiste werking van de apparaten en stel de alarmdrempels op de juiste manier in (kalibratiekit, smartphoneapplicatie) om het daaruit voortvloeiende verlies van koelmiddel te vermijden.
- Test en kalibreer met het gewenste gas.
- Controleer of de alarmen werken.

Voordelen van lekdetectie :

- Minder energieverbruik = financiële besparing
- Lagere uitstoot van broeikasgassen = milieuvoordeel
- Vermindering van de gebruikte hoeveelheden koelmiddel = financiële besparing & goed voor het milieu
- Verbetering van de prestaties van de installaties dankzij een goede insluiting en een adequate koelmiddelvulling
- Respect voor de normen en regelgeving (EN378, F-GAS II, ASHRAE, enz.) = Veiligheid
- Voorkomen van lekken = bescherming van mensen en verbetering van comfort = veiligheid & gezondheid
- Behoud van goederen en apparatuur = veiligheid & besparing