



VERDUURZAMINGSKAART

Centrifugale koelmachine met magnetische lagering

Versie 1 / Maart 2020

Gebruikers

Diverse Nederlandse ziekenhuizen gebruiken een dergelijke moderne centrifugale koelmachine. Begin 2020 zijn bij het EVZ bekend:

- Universitair Medisch Centrum Groningen
- Rijnstate Ziekenhuis Arnhem

Beschrijving

Ziekenhuizen hebben een substantiële vraag naar koude om ruimten en medische apparatuur te koelen. Deze koude wordt geproduceerd door koelmachines, die koelmiddel door een koelcyclus heen pompen. Een compressor zorgt voor de drukopbouw van het koelmiddel, en is hiermee de primaire verbruiker van energie. Veel ziekenhuizen gebruiken hiervoor nog een conventionele schroefkoelmachine die relatief veel energie verbruikt.

Een aantal ziekenhuizen gebruikt inmiddels echter een type efficiënte koelmachines met een centrifugale compressor aangedreven door een inductiemotor, opgehangen in magnetische lagers. Een centrifugale compressor is onder andere geschikt voor toepassing in ziekenhuizen omdat:

- Toepasbaar voor koelmachines met capaciteit > 70 kW koelvermogen.
- De drukverhoging hangt direct af van de impellersnelheid. Hiermee kan het koelvermogen traploos worden ingesteld, waardoor dit type zeer efficiënt functioneert bij deellast.

Mate van validatie

In een aantal ziekenhuizen in gebruik. Praktijkcijfers over energieverbruik zijn bekend. Techniek is nog te jong om conclusies te trekken over lange termijn betrouwbaarheid. In andere sectoren worden centrifugaal koelmachines al langer en frequenter toegepast.

De magnetische lagering biedt de volgende voordelen:

- Nagenoeg geen wrijving, wat zorgt voor minder energieverliezen.
- Geen noodzaak voor een smeermiddel.
- Minder bewegende delen en nauwelijks mechanische slijtage zorgt voor lagere onderhoudskosten.
- Trillingsarm en relatief stil.

Financiële aspecten

De globale aanschaf-, installatie- en beheerkosten van dit type koelmachines in Nederlandse ziekenhuizen staat in onderstaande tabel:

Tabel 1. Globale kostenschattting voor aanschaf en gebruik van een machine met 1500 kW koelvermogen

Aanschafkosten koeler	€140 per kW koude
Totaalkosten inclusief leidingen, regeltechniek, koeltoren en montage	€600 per kW koude
Beheerkosten	€1200 per jaar per machine

Milieu-aspecten

Twee milieu-aspecten spelen de hoofdrol omtrent koelmachines. Dit zijn het energieverbruik (elektrisch) en het koudemiddel.

Elektrisch energieverbruik

De efficiëntie van koelmachines wordt meestal vergeleken aan de hand van de energy-efficiency ratio. Dit is een verhouding tussen de geproduceerde koude en de hoeveelheid energie die nodig is om deze koude te produceren. In dit geval wordt tevens de pomparbeid van de koelwater- en gekoeld-waterpompen meegenomen. De EER is dan als volgt gedefinieerd:

$$EER = \frac{Q_{koude}}{P_{compressor} + P_{pomp, koelwater} + P_{pomp, gekoeldwater}}$$

Hoewel de EER een beproefd middel is om de efficiëntie van koelmachines te bepalen, is de exacte waarde erg afhankelijk van de operationele inbedding en klimaatfactoren. De EER voor de moderne efficiënte centrifugaalkoelers wordt hieronder vergeleken met die van een ouder type schroefkoelmachine in dezelfde omgeving.

Tabel 2. Vergelijk van energy-efficiency ratio's van de efficiënte centrifugaalkoelers en traditionele koelers in hetzelfde ziekenhuis.

	Condensor	EER Gemiddeld over een jaar
Magnetisch gelagerde centrifugaalkoeler (R134a)	Natte koeltoren	6,5 – 7,6
Magnetisch gelagerde centrifugaalkoeler (R1233zd)	Natte koeltoren	6,3 – 6,5
Verouderde schroefkoelmachine in dezelfde omgeving	Natte koeltoren	3,4

Duidelijk is dat deze generatie centrifugaal koelmachines bijna tweemaal zo efficiënt is als een verouderde schroefkoelmachine. Bij gelijkblijvende koudevraag veroorzaakt dit bijna een halvering van het elektriciteitsverbruik. Een terugverdientijd kan met de praktijkcijfers van de EER-waarden en de aanschafkosten van de installatie berekend worden.

Milieuaspecten van het koudemiddel

Koudemiddelen zijn essentieel voor het functioneren van een koelmachine, maar berokkenen bij lekkage schade aan het milieu: aantasting van de ozonlaag en bijdrage aan het broeikaseffect.

Centrifugaal koelmachines functioneren alleen met het koudemiddel waarvoor ze ontworpen zijn. De aanschaf van een koelmachine legt dan ook het gebruikte koudemiddel vast. Neem dan ook de milieuaspecten van het gebruikte koudemiddel in overweging bij aanschaf van een koelmachine.

Na het Montrealprotocol van 1987 waarbij koudemiddelen die de ozonlaag aantasten, werden uitgefaseerd, is nu ook internationaal afgesproken om de productie van koudemiddelen met een hoog Global Warming Potential (GWP) af te bouwen. Deze

Duidelijk is dat deze generatie centrifugaal koelmachines bijna tweemaal zo efficiënt is als een verouderde schroefkoelmachine.

koudemiddelen hebben een grote bijdrage aan het broeikaseffect. Het populaire koudemiddel R134a heeft een GWP van 1430 (1 kg R134a draagt net zo veel bij aan het broeikaseffect als 1430 kg CO₂) en is daardoor één van de koudemiddelen waarvan de productie wordt afgebouwd. Voor een toekomstbestendige koelinstallatie is het dus slim om een koelmachine aan te schaffen met een koudemiddel met lage GWP. In een aantal Nederlandse ziekenhuizen worden machines gebruikt welke werken met R1233zd. Dit middel biedt een hoge efficiëntie, een lage GWP van 1 en is niet brandbaar, maar zorgt door zijn technische eigenschappen wel voor een koelmachine met groter volume.

Voorwaarden voor toepassing

Voor een succesvolle inpassing van een centrifugaal koelmachine met magnetische lagering, dient met een aantal voorwaarden rekening te worden gehouden.

Condensor

De hoge efficiëntie van de genoemde koelmachines wordt alleen gehaald bij een lage condensortemperatuur. Dit kan bereikt worden met een natte koeltoren of met een koudeopslag (bijvoorbeeld in een WKO-systeem). De beschikbaarheid van een lage condensortemperatuur dient dus meegenomen te worden bij de keuze van een efficiënte centrifugaalkoelmachine.

Makkelijk toepasbaar (zelfstandig/natuurlijk moment)

Een centrifugaal koelmachine met magnetische lagering kan op de bestaande infrastructuur worden aangesloten. Vervanging kan daarom plaatsvinden op een zelfstandig moment. Dit is echter ook afhankelijk van de bestaande installaties om koude af te voeren.

Praktijkervaringen

Koelmachine als warmtewisselaar

Omdat koelmachines met centrifugaal compressor geen interne druktrap bevatten, kunnen ze ook koude leveren bij heel geringe temperatuurverschillen tussen condensor en verdamper. In de praktijksituatie zorgt juist dit aspect ervoor dat deze systemen uitstekend in deellast presteren en is dit bruikbaar in (winterse) situaties als de natte koeltoren of koudeopslag op zichzelf voldoende koude kan produceren. De koelmachine functioneert dan als warmtewisselaar tussen de koeltoren of koudeopslag en het koudenet van het ziekenhuis. Dit betekent dat geen extra passieve warmtewisselaar hoeft te worden geïnstalleerd tussen koeltoren/koudeopslag en koudenet, wat aanschaf- en onderhoudskosten bespaart.

Betrouwbaarheid

Magnetisch gelagerde centrifugaalkoelers in Nederlandse ziekenhuizen zijn nu (in 2020) tussen de 1 en 5 jaar in operatie. In die tijd hebben de machines volgens de gebruikers zonder noemenswaardige problemen gedraaid. Wel zijn er in de beginfase verbetermogelijkheden met de Variable Speed Drive (VSD) geconstateerd. De VSD is een component met vermogenselektronica die het geleverde koelvermogen traploos regelt en het toerental van de compressor bepaalt. De VSD heeft in de beginfase wel tot een enkele storing geleid. Door de vervanging van de VSD door een ouder maar robuuster VSD-model, was deze storing eenvoudig opgelost. Dit ging wel enigszins ten koste van de efficiëntie, hoewel deze invloed gering was.

Aandachtspunten

De vermogenselektronica van de VSD moet gekoeld worden. Meest efficiënt is om hiervoor het water te gebruiken waarmee de condensorwarmte wordt afgevoerd (water tussen koelmachine en koeltoren/koudeopslag). Bij het gebruik van een natte koeltoren levert dit echter het risico op van verstopping door vervuiling van het koelwater (bijvoorbeeld bladeren). Het is belangrijk dit te voorkomen, bijvoorbeeld door het plaatsen van een geschikt filter.

Eén gebruiker koelt daarom de VSD met het gekoelde water uit het koudenet. Dit zorgt voor een geringe afname van de efficiëntie van de koelmachine, maar zorgt er wel voor dat de VSD nog koeler blijft. Dit is naar verwachting goed voor de levensduur en betrouwbaarheid van de VSD.

Conclusie

Centrifugale koelmachines met magnetische lagering blijken in de praktijk een efficiëntie te halen die substantieel hoger is dan die van traditionele machines. Hoewel de machines nog relatief kort in gebruik zijn, zijn de ervaringen tot nu toe erg positief. Het is daarom zeker een maatregel die door zorginstellingen moet worden overwogen bij vraagstukken met betrekking tot energiebesparing en verduurzaming.

Het expertisecentrum verduurzaming zorg wordt uitgevoerd door:

Stimular / MPZ

TNO

in afstemming met de brancheorganisaties NFU, NVZ, ActiZ, VGN en GGZ Nederland

Contactpersonen: Joachim Koot; joachim.koot@tno.nl

Roberto Traversari; roberto.traversari@tno.nl

Er is geen garantie dat de bovenstaande informatie correct, up-to-date en/of volledig is. De informatie en vermelde gegevens zijn dan ook niet uitputtend bedoeld, de inhoud is van informatieve aard en is niet leidend voor een specifieke situatie.

