

Tekst: ing. Dick Havenaar

R290/R744 MULTI-PURPOSE THERMISCH POMPSYSTEEM

# Servex: innovatie met kooldioxide en propaan

In de vorige editie van RCC K&L besteedden we aandacht aan het 40-jarig bestaan van het bedrijf Servex Koel-en vriestechiek. Daarbij werd onder andere ingegaan op het feit dat dit Limburgse bedrijf er in de afgelopen jaren naartoe heeft gewerkt om uitsluitend nog gebruik te maken van de natuurlijke koudemiddelen propaan en kooldioxide. Met de slogan 'Waarom wachten tot het niet meer mag, als het nu al Natuurlijk kan!' heeft Servex een innovatieve systeemoplossing ontwikkeld, gebaseerd op een standaard thermisch pompsysteem. In dit artikel leest u hier meer over.

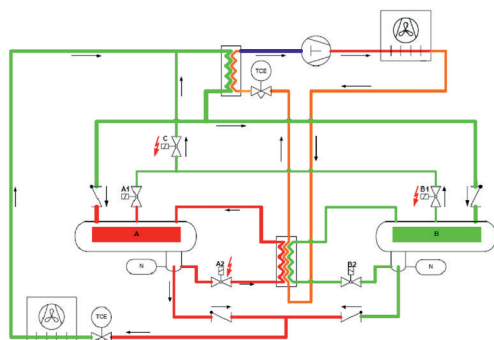
Volgens Calvin Becker van Hysave in Groot-Brittannië gaat het om een bekend systeem dat lang geleden al in de VS werd toegepast. Leuk om te weten: omdat de propaancompressor met zijn onderkoeling door de CO<sub>2</sub> ook CO<sub>2</sub>-damp produceert voor drukverhoging, werd die compressor in die tijd 'Old Puffer' (locomotief) genoemd. De primaire zijde bestaat uit een normaal koelcircuit, maar is voorzien van het natuurlijke koudemiddel propaan (R290). Het standaardcircuit is voorzien van een extra vloeistofonderkoeler of subkoeler (platenwarmtewisselaar) die is geïnstalleerd in de vloeistofleiding tussen de luchtgekoelde condensor en het expansieorgaan TCE. Servex werkt echter met twee subkoelers in plaats van een, en zonder klep C. Het systeem is verder voorzien van een lage temperatuur CO<sub>2</sub>-vriescircuit.

## De systeemwerking

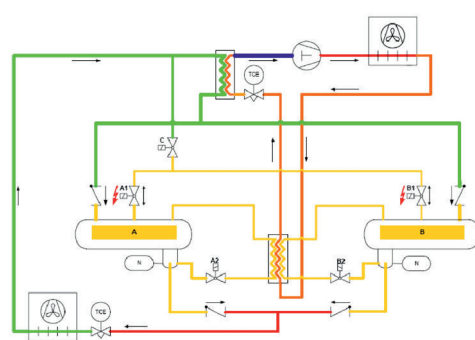
De energie voor de onderkoeling wordt teruggewonnen uit het CO<sub>2</sub>-circuit (zie figuur 1). Door de geopende magneetklep A2 wordt vloeistof toegevoerd naar de warmtewisselaar. De vloeistof verdampt door de

toegevoerde energie vanuit de onderkoeler, waardoor vat A onder hoge druk van CO<sub>2</sub> pompt naar de verdampers. De verdampers zijn uitgevoerd met directe expansie en voorzien van ventielen die de oververhitting (naar wens met 3K of 7K) regelen. Door het in bedrijf zijnde primaire circuit zal de cascade-warmtewisselaar de droge CO<sub>2</sub>-damp die retour komt van de verdampers terug condenseren. In het schema is slechts één verdamper aangegeven. De gecondenseerde vloeistof wordt naar vat B gevoerd, waar het wordt opgeslagen zolang vat A in bedrijf is. Indien de vloeibare CO<sub>2</sub> tot beneden de omgevingstemperatuur is gedaald, en dat is het grootste gedeelte van het jaar het geval, dan zal een klein deel van de CO<sub>2</sub> verdampen door de toevoer van warmte, ondanks de daar aanwezige isolatie. Deze damp wordt door de egalisatieleiding afgevoerd waarbij de magneetkleppen B1 en C zullen worden geopend.

Uiteindelijk zal alle CO<sub>2</sub>-vloeistof uit vat A zijn getransporteerd en schakelt de laagniveauenschakelaar het systeem om. De duur van deze overgang bedraagt circa vijf seconden, terwijl het primaire circuit blijft functioneren. In dit tijdsinterval worden de drukken in de



Figuur 1: Vat A levert en vat B ontvangt CO<sub>2</sub>.



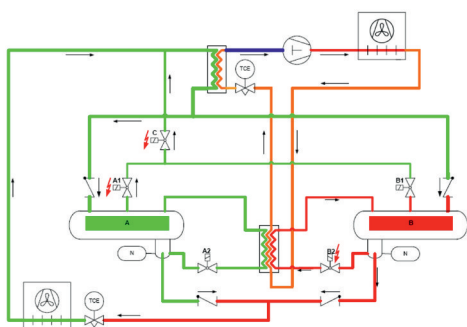
Figuur 2: Egalisatie van de drukken tijdens het overschakelen.

vaten A en B gelijk aan elkaar en zodra de druk in vat A hoger is dan die in vat B wordt deze druk gehandhaafd. Egalisatie (zie figuur 2) wordt bereikt door het openen van de magneetkleppen A1 en B1 en het sluiten van de overige kleppen.

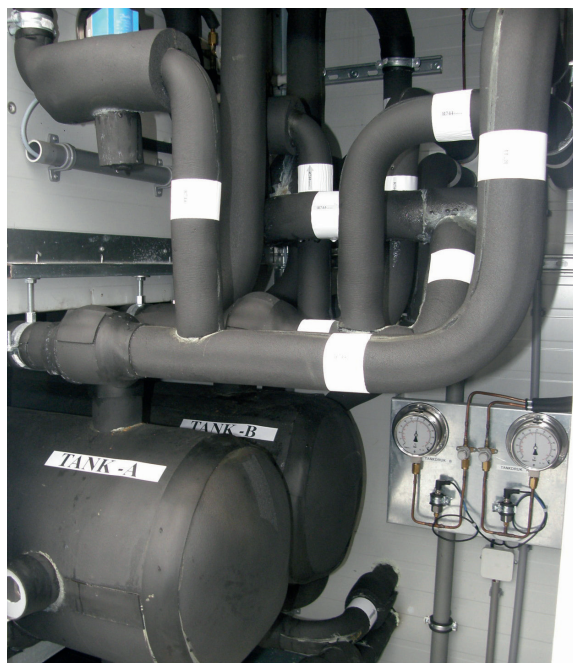
Wanneer het egalisatieproces is beëindigd wordt een nieuwe pompcyclus geïnitieerd door het bekrachtigen van de magneetkleppen B2, A1 en C (de overige zijn gesloten), waardoor vat B begint te pompen en vat A wordt gevuld (zie figuur 3). De benodigde tijd voor het opbouwen van de druk bedraagt slechts enkele seconden en de totale overschakeltijd is ongeveer tien seconden. De vereiste pompdruk is minimaal 2 bar, die gemakkelijk is te realiseren. Dit is voldoende voor een direct expansiesysteem omdat de drukval in de leiding gering is, waardoor de thermodynamische verliezen worden beperkt. De pompcyclus wordt gestuurd door een speciale microprocessor die de magneetkleppen aanstuurt en het vloeistofniveau in de vaten meet. Door deze beperkte en eenvoudige componenten functioneert het systeem betrouwbaar. Deze microprocessor is door Servex geprogrammeerd met vele parameters om deze betrouwbare werking te realiseren.

### Energiegebruik

De cascade-warmtewisselaar wordt geladen met extra capaciteit voor het condenseren van de damp die ontstaat gedurende het pompproces. Deze extra capaciteit kan worden berekend met behulp van de verhouding tussen damp- en vloeistofdichtheid. Bij  $-10^{\circ}\text{C}$  toevoertemperatuur zal de verhouding ongeveer veertien zijn, wat dan overeenkomt met zeven procent van de koelbelasting. Rekening houdend met drie procent procesverlies komt de extra koelbelasting uit op ongeveer tien procent. Aangezien de extra belasting wordt gecompenseerd door additionele onderkoeling van de vloeistof in het primaire circuit, is het uiteindelijke effect dat de cascade-warmtewisselaar werkt met een iets lagere (stel



Figuur 3: Na omkeren gaat vat B leveren en vat A  $\text{CO}_2$  ontvangen.



Interieur van het multi purpose thermisch pompsysteem, met vaten A en B van het R744-circuit.

circa  $2^{\circ}\text{C}$ ) verdampingstemperatuur. Servex heeft dit temperatuurverschil opgevangen door een grotere cascade en grotere thermische wisselaar toe te passen en door extra onderkoeling te realiseren middels de vloerverwarming van de vriescellen. Door het toepassen van een extra grote condensor wordt bijgedragen aan de verlaging van de condensatietemperatuur. Het totaal aan maatregelen resulteert in een uitstekende deellastprestatie gedurende het gehele jaar en een vijf tot tien keer lager energiegebruik ten opzichte van traditionele pompsystemen. Monitoring van een dergelijk R290/R744-systeem met 104 kW koelvermogen heeft dan ook een laag energiegebruik aangetoond.

### Thermisch pompsysteem R290/R744

Het thermisch pompsysteem R290/R744 (zie pag. 45 RCC K&L editie 1) is specifiek multi purpose ontworpen voor koelen en vriezen en staat opgesteld op het dak van Suntjens Transporten VOF in Swalmen, voor het koelen van een expeditieruimte ( $+5^{\circ}\text{C}$ ), koelcel 1 ( $+3^{\circ}\text{C}$ ), vriescel 2 ( $-19^{\circ}\text{C}$ ) en koelcel 3 ( $+2^{\circ}\text{C}$ ). Om met twee cellen onafhankelijk te kunnen koelen of vriezen met het thermisch pompsysteem, zijn de cellen bouwkundig uitgevoerd als vriescel met betonvloer en vloerverwarming. Deze vloerverwarming dient ook als 'externe' onderkoeler, als de DX-systemen in bedrijf zijn. Voor het vriezen is een R744-compressor geïnstalleerd die als condensor een cascadowisselaar heeft die primair gekoeld wordt door een propaancompressor. Met een simpele handeling en na uitvoering van de parame-



ters door de PLC schakelt het thermisch systeem van bijvoorbeeld één cel over naar het DX-systeem met de CO<sub>2</sub>-compressor. Deze compressor gebruikt dezelfde cascadeswisselaar als die welke dient om het thermisch pompsysteem te koelen. Beide systemen, de perszijde van de DX-compressor en de retour van het thermisch pompsysteem komen samen en mengen zich probleemloos door een door Servex ontworpen en geteste zogenoemde turbo-6521. Deze integratie van vries in koel is niet in het schema aangegeven van het Leonardo-project. Opvallend is verder, dat de compressor van de CO<sub>2</sub> niet de vloeistof vanuit de tank hoeft te verpompen, omdat die vloeistof door de verdampers wordt afgenomen van de tank van het thermisch systeem die op dat moment de leverende tank is. De DX-compressor hoeft op dat moment dus maar half werk te leveren om 100 procent prestatie te leveren.

### De temperatuurtrajecten

Het primaire propaan-circuit is aangesloten op een condensor uitgelegd op 10K. Gedurende de zomer wordt het R290-systeem onderkoeld door het thermische systeem met ongeveer 30K. Bij dalende buitentemperatuur zal deze onderkoeling verminderen, maar ook de condensatietemperatuur zal dalen. De Bock-compressor mag bij voldoende eindtemperatuur condenseren op +5°C en dat hebben we al gezien bij -5°C omgevingstemperatuur. Bij -10 tot -20°C omgevingstemperatuur zijn er nog geen testen uitgevoerd, wel is door gebruik te maken van de schakeling voor de cascade temperatuur gebleken dat de ondergrens van de condensatietemperatuur van het primaire deel kan worden beheerst. Om de warmte bij +5°C condensatietemperatuur te kunnen regelen in de 'grote' condensor zijn er voorzieningen getroffen die natuurlijke schoorsteenwerking van de condensor grotendeels voorkomen. Primair gaat men uit van een gemiddelde jaar condensatietemperatuur van < 20°C. De cascade werkt tussen 0 en -9°C verdampingstemperatuur, zowel thermisch als voor DX-cascade. De verdampers om te koelen werken tussen -6°C en -2°C verdampings-



Koeler in koelcel met alarmeringsysteem.



Tankdrukken bij multi-purpose thermisch pompsysteem.

temperatuur (VT), afhankelijk van de celtemperatuur en de vriescelkoelers op een VT van -27°C aan de zuigzijde van de compressor gemeten. De vriescelkoelers ontdooien beurtelings en gebruiken grotendeels heetgas tijdens het ontdooiproces. Servex selecteerde sommige warmtewisselaars met overcapaciteit om te voldoen aan benodigde warmte uit de onderkoeling en om tevens te kunnen voldoen aan het voldoende oververhitten van de zuigdampen voor de propaancompressor. In dit project zijn drie stuks R290- en drie stuks R744-compressoren van Bock ingezet. Het project diende tevens als veldtest voor compressoren van genoemde fabrikant. Alle compressoren zijn voorzien van frequentieregelaars, louter om deze toepassing ook te testen op de compressoren. De R744-compressoren toeren terug tot 35 Hz en de R290-compressoren tot 20 Hz. ■

#### Over de auteur

De auteur is redactioneel coördinator van de KNVvK-beleidsgroep MarCom en technisch adviseur van de redactie van RCC K&L.

#### Meer informatie

Servex Koel- en vriestechiek B.V.  
T: 0475-495233 E: info@servexkoelenvriestechiek.nl I: www.servexkoelenvriestechiek.nl

#### Bronvermelding

- Publicatie Natural Refrigerant CO<sub>2</sub>; ISBN 9789081346733 van het Leonardo Project "NARECO<sub>2</sub>" Katholieke Hogeschool Limburg, Diepenbeek, België. (www.khlim.be)
- Birton A/S, Kopenhagen, Denemarken
- Informatie van Hen van den Kerkhof (oprichter, tegenwoordig adviseur en manager kwaliteit en onderwijs bij Servex).