

Visiedocument Luchtgekoelde condensors



LUCHTGEKOELDE CONDENSORS

Inleiding | De werkgroep KANS van de NVKL heeft h een visiedocument opgesteld over het optimaliseren van het functioneren van condensors in koelinstallaties. Dit document is geen richtlijn voor een ontwerp. De bedoeling is bewustwording en inzicht te krijgen in de werking van de condensors in de praktijk, niet altijd direct zichtbaar, maar wel bepalend voor het functioneren van de installatie. Daarnaast geeft het document tips voor verbetering.

Visiedocument Luchtgekoelde condensors

Probleemstelling en doelstelling

Condensors in koelinstallaties presteren in de praktijk vaak niet volgens de ontwerpcondities. Afwijkingen treden op zowel in vollast als in deellast.

Het visiedocument schetst wat de oorzaken hiervan zijn en heeft als doelstelling aanwijzingen te geven om het prestatieverlies te verminderen.

Er wordt uitgegaan van het ontwerp van condensors zoals deze op de markt verkrijgbaar zijn. Het prestatieverlies speelt zowel bij luchtgekoelde, als bij watergekoelde en verdampingscondensors, maar waarschijnlijk in verschillende mate.

Niet goed functionerende condensors zijn in staat de energie-efficiëntie van de koelinstallatie met 10% tot 20% te reduceren. Met de kennis opgedaan in dit document beperkt men dit verlies.

Situatie rondom condensors in de praktijk

Uitwendige vervuiling van condensors is veelal met het oog waarneembaar en daarmee met onderhoud op te lossen. Het probleem van de slecht presterende condensors is niet zichtbaar en wordt pas duidelijk bij diepgaande analyse en metingen. Een condensatiedruk die hoger is dan je zou verwachten volgens de ontwerpcondities, is een indicatie dat er iets mis is, ook in deellast.

Er zijn twee principiële hoofdoorzaken aan te wijzen voor de prestatie-achteruitgang:

1. Koudemiddelzijdig: de condensors houden vloeistof vast, de vloeistof hoopt zich op in de condensorpijpen. De buizen die gevuld zijn met condensaat doen nauwelijks meer mee in het condensatieproces. Het actieve condensatie-oppervlak neemt af en de condensatiedruk stijgt. Het is dus van belang dat condensors het condensaat direct kwijtraken.
2. Luchtzijdig: de lucht die door de condensor wordt aangezogen, is warmer dan de buitenlucht door voorverwarming door andere warmtebronnen of het gedeeltelijk weer aanzuigen van de uitgeblazen warmte lucht (recirculatie).

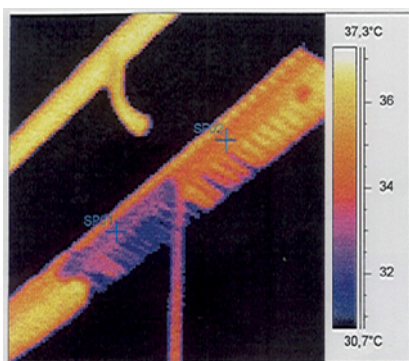
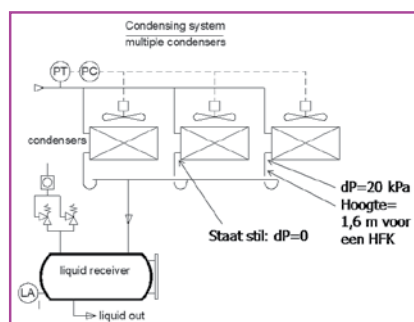


Foto 1: thermografische camera opname, afvoerheader (onder) met afvoerleiding van een luchtgekoelde condensor met vastgehouden koude vloeistof (bovenste leiding is de toevoerheader).

Toelichting bij 1 (koudemiddelzijdige effecten):

- a) Bij een enkelvoudige condensor kunnen zich 'opvulproblemen' voordoen. Het vloeistof-vasthouden treedt op in de lange koudemiddelcircuits. De drukval over de circuits ligt binnen een maximale ontwerpwaarde. De mogelijkheid bestaat nu dat damp aan de condensorafvoer-header terugcondenseert in een aantal condensorpijpen zodat condensaat in deze pijpen stil gaat staan (en onderkoeld raakt) (zie foto 1). Deze onderkoeling lijkt gunstig maar geeft geen efficiencyverbetering, want de condensatiedruk gaat door de opvulling oplopen. Onderkoeling krijg je alleen bij warmte-uitwisseling in een 100% vloeistofstroom. Sommige condensors hebben hiervoor een apart circuit en zijn dus speciaal voor enige onderkoeling ontworpen.
- b) Parallel opgestelde condensors hebben naast het in a) genoemde opvul effect nog andere problemen. Ze hebben een verschillende interne (koudemiddelzijdige) drukval. Aangezien het gebruikelijk is dat deze



Figuur 1: lay-out van een condensorsysteem met toevoer en afvoer en vloeistofvat

condensors op een gezamenlijke retourleiding zijn aangesloten, is de uittrededruk bij elke individuele header niet gelijk aan de druk van de gezamenlijke retourleiding. Om dit drukverschil te compenseren past men verticale wandelstokken toe. Zie figuur 1.

Zijn deze wandelstokken onvoldoende lang, dan vult de condensor zich op om met een vloeistofkolom het drukverschil te compenseren. Het gevolg is een hogere gezamenlijke condensatiedruk voor de compressoren en dus efficiencyverlies.

Men dient deze condensaatafvoer altijd te beschouwen in relatie tot het hogedruk vloeistofvat. Bij een aansluiting bovenop het vloeistofvat (zie figuur 1), bevat de condensaatafvoer zowel damp als vloeistof, met elkaar in tegenstroom. Damp uit het vat wil immers weer condenseren op de koudste plek, namelijk in de condensor. Vloeistofkolommen kunnen dan deels gevuld zijn met damp en dus ook minder 'zwaar' om drukverlies te compenseren.

Het vasthouden van vloeistof stel je vast door de temperatuur van de vloeistof uit de condensor te meten en te vergelijken met de condensatiedruk (ter plekke).

Een goed werkende condensor levert geen onderkoelde vloeistof. Onderkoeling treedt alleen op als geen damp in de buis aanwezig is. Deze damp zou immers condenseren waarbij geen afkoeling van vloeistof plaatsvindt. Meet men significante onderkoeling dan houdt de condensor vloeistof vast en is de condensatiedruk hoger dan ontwerp.

- c) De aanwezigheid van niet condenseerbare gassen (NC) kan de opvul effecten versterken. Bij de aanwezigheid van niet condenseerbaar gas meet je ook vloeistof-onderkoeling. Je kunt de aanwezigheid van NC's detecteren door de installatie te stoppen (of een van de condensors in te blokken) en bij draaiende condensors de condensordruk te vergelijken met de omgevingstemperatuur.
- d) Tegenwoordig ontwerpt men een condensor met een temperatuurverschil tussen condensatiedruk en buitenlucht van 10 K (EIA voorwaarde). Dit levert grote condensors op. In deellast ontstaat gemakkelijker het terug-condenseren van damp zoals genoemd in a. De condensatiedruk daalt dan niet zo sterk als je bij deellast, volgens ontwerp, zou verwachten.

Visiedocument Luchtgekoelde condensors

- e) De regeling van de condensor heeft ook invloed op het vloeistof-vasthouden. Heeft men bijvoorbeeld een luchtgekoelde condensor met horizontaal blok met twee rijen van ventilatoren, dan dienen deze ventilatoren links en rechts parallel, gelijktijdig te werken. Een verschil zorgt voor verschillende drukval in de circuits en als gevolg hiervan het terug-condenseren van damp via de retourheader zoals benoemd onder b en c. Opschakelende ventilatoren zorgen ervoor dat de condensor momentaan vloeistof vasthoudt.
Tegenwoordig worden ook vaak frequentieregelden of EC-ventilatoren gebruikt. Op deze manier kunnen alle ventilatoren ingeschakeld zijn en ontstaat geen opvulling door stapsgewijs op-/afschakelen of verschil tussen de verschillende ventilatorsecties.
- f) Een egalisatieleiding tussen condensor-in-trede en het vloeistofvat zet de persdruk op het vloeistofvat en dus het afvoersysteem van de condensors. De benodigde vloeistofkolom ter compensatie van het koudemiddelzijdige drukverschil zal nu hoger zijn.
Een egalisatie kan zinvol zijn bij veel niet-condenseerbare gassen in de installatie of indien het hogedruk vloeistofvat zich in een zeer warme machinekamer bevindt. Ook voor thermosyphonsystemen heb je een egalisatieleiding nodig. Bij thermosyphon-oliekoeling dient men veel aandacht te geven aan de ontgassing.
- g) Het is bekend dat waterchillers zonder hogedruk vloeistofvat in de zomer en winter een andere koudemiddelvulling zouden moeten hebben. De condensor vult zich op in de winterperiode en leidt tot hogere condensatiedrukken dan het ontwerp aangeeft.
- h) Koelsystemen ontwerpt men tegenwoordig met een zo laag mogelijke koudemiddel-vulling. Een verstoring effect ontstaat waarbij de verdampers een vloeistoftekort krijgt wanneer condensors cyclisch vloeistof vasthouden. Dit verstoort de koudemiddel-cyclus.

Toelichting bij 2 (luchtzijdige effecten):

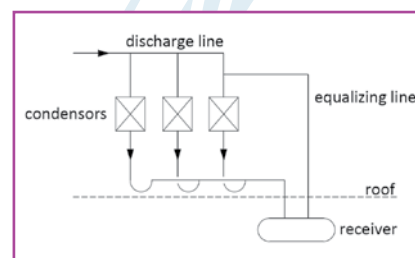
- a) Elke condensor met een luchtstroming ondergaat het effect van een gedeeltelijk weer aanzuigen van de warme uitgeblazen lucht (recirculatie). Bij een verdampings-condensor is deze uitgeblazen lucht ook vochtiger. Het effect is in alle gevallen dat de condensatiedruk hoger is dan volgens ontwerp.
- b) Door slechte luchtverdeling over het condensorblok ontstaan drukvalverschillen tussen de circuits waardoor opvulling plaatsvindt.
- c) Warme bronnen in de buurt van de condensor die de lucht voorverwarmen of vochtiger maken voordat deze de condensor bereikt, zorgen ook voor een hogere condensordruk. Voorbeelden zijn het aanzuigen van warmte uitblaasluucht van andere processen en het opwarmen van de aangezogen lucht door een groot warm bitumen dak. Het nadelige effect van recirculatie is groter dan dat van een warm dak.
- d) Door harde wind haaks op een horizontale condensor kan, als gevolg van constructie van de beplating, in sommige gevallen zelfs onderdruk ontstaan. Hierdoor kan de luchtstroming aan de buitenste pijpen zelfs tot stilstand komen of zelfs omkeren.
- e) Wand, muren, obstakels dicht bij de condensor verstoren ook het goed aanstromen van de condensor en leiden tot kortsluit-effecten luchtzijdig.
- f) Bij V-shape condensors is het risico van verschil in luchtbelasting groot. Als een zijde in de wind staat en de andere zijde in de luwte, ontstaat een groot verschil in onderlinge drukval. Dit vraagt om voldoende lange wandelstokken of een expansieklep/vlotter per circuit.

Opties voor verbeteringen |

- Koudemiddelzijdig:**
 - Condensors parallel laten werken en capaciteit gelijk verdelen over de condensors (regeling ventilatoren). Dit voorkomt verschil in uittrededruk.
 - Voldoende lange wandelstokken (we praten over meters). Vraag de koudemiddelzijdige drukval op bij de leverancier van de condensor. Let wel: een condensor die in parallel bedrijf staat en niet is ingeschakeld heeft een drukval van nagenoeg nul.
 - Bij aansluiting op de bovenzijde van het hogedruk vloeistofvat (zie figuur 2) dienen

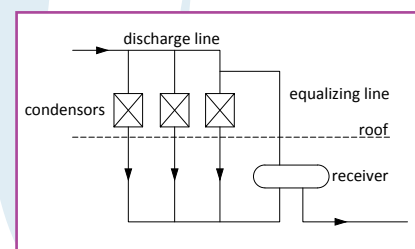
de leidingen ontworpen te worden op de aanwezigheid van dampstromen, ook in tegengestelde richting van de vloeistofstroom. Als vuistregel hanteert men een leidingdiameter alsof er enkele vloeistof doorheen zou stromen met een snelheid van $< 0,3$ m/s. De leidingen (verticaal en horizontaal lopend) moeten dus voldoende groot zijn in diameter.

Dus: een te kleine diameter van de condensaatretourleiding, bij zowel enkele als parallel geschakelde condensors, geeft veel vulling met dampbellen. Hierdoor wordt het uitloop-oppervlak voor de vloeistof verder beperkt en gaat de condensor zich opvullen. Als dan de statische druk groot genoeg is, gaat de afvoer weer 'lopen' en plonst een grote hoeveelheid vloeistof in het vat. De gemeenschappelijke horizontale leiding onder de wandelstok moet voldoende groot zijn en als een header fungeren, zodat de wandelstokken vanuit deze leiding vloeistof omhoog kunnen trekken. De egalisatieleiding werkt averechts bij vloeistofafvoer daar de persdruk direct op het vat wordt gezet. Hij kan echter nodig zijn vanwege de niet-condenseerbare gassen.



Figuur 2: aansluiting condensor afvoer op de bovenzijde van het hogedruk vloeistofvat

Bij aansluiting op de onderzijde van het vloeistofvat (zie figuur 3) heeft men meer mogelijkheid om vloeistofkolommen op te bouwen.



Figuur 3: aansluiting condensor afvoer op de onderzijde van het hogedruk vloeistofvat

Visiedocument Luchtgekoelde condensors

- Geef elke condensor zijn eigen expansieklep zodat er geen onderlinge beïnvloeding in de condensatafvoer is. Dit kan ook per groep van condensors van een bepaald type (bijv. twee luchtgekoelde condensors met eigen expansieklep en een verdampingscondensor met eigen expansieklep). Een hogedrukvlotter als expansieklep voert alle condensaat direct af.
- Men plaatst graag terugslagkleppen in de condensatafvoerleidingen om te voorkomen dat bij koude nachten, bij een stilstaande installatie alle koudemiddel zich in de condensor verzamelt. Terugslagkleppen zorgen echter voor weerstand in de orde van 0,04 tot 0,07 bar, en vragen daardoor weer hogere vloeistofkolommen (in een vervuilde installatie zijn terugslagkleppen niet betrouwbaar op volledig sluiten). Een (duurder) alternatief is deze te vervangen door motorgestuurde kogelkranen die nauwelijks stromingsweerstand hebben (let op inblokken van vloeistof). In de winter kan men opvullen van te grote condensors voorkomen door een deel hiervan veilig in te blokken.

2. Luchtzijdig:

- Plaats de condensor zodanig dat lucht van alle kanten vrij wordt aangezogen, dus niet in de buurt van een wand van een hoog gebouw of langs geluidsschermen.
- Door de uitlaatconus van de ventilator te verlengen, komt de ventilator meer in een buis te zitten. Hierdoor stijgt zijn rendement en krijgt de luchtstroom een betere worp zodat de recirculatie van lucht wordt gereduceerd.
- Er moet een goede luchtverdeling zijn over het blok; dan zijn de drukvallen over de circuits gelijkwaardig en wordt het vasthouden van vloeistof gereduceerd.
- Plaats de condensors ver van plaatsen waar zich warmtebronnen (warme luchtafvoer) bevinden.
- Hoe hoger de poten, des te egalier is de lucht-aanvoerstroming onder het blok.

Duurzaamheid |

- Betere condensatafvoer zorgt dus voor lagere condensatiedrukken en bespaart energie.
- In plaats van de condensatiewarmte af te staan aan de buitenlucht, is het veel beter deze warmte te hergebruiken ten behoeve van allerlei warmtevragende processen of gebouwen.

Meer informatie | Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met de projectgroep Kans via Coen van de Sande.
coen.van.de.sande@nvkl.nl
 tel. 079-35 31 149



Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
 T 088 - 40 08 490
 F 088 - 40 08 401
 E info@nvkl.nl
www.nvkl.nl



