



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

PUBLICATIENUMMER : 1013865A3
INDIENINGSNUMMER : 2000/0768
Internat. klassif. : F04C
Datum van verlening : 01 Oktober 2002

De Minister van Economische Zaken,

Gelet op de wet van 28 Maart 1984 op de uitvindingsoctrooien
inzonderheid artikel 22;
Gelet op het Koninklijk Besluit van 2 December 1986, betreffende het aanvragen,
verlenen en in stand houden van uitvindingsoctrooien, inzonderheid artikel 28;

Gelet op het proces-verbaal opgesteld door de Dienst voor Industriële Eigendom op
06 December 2000 te 10u30

BESLUIT :

ARTIKEL 1.- Er wordt toegekend aan : ATLAS COPCO AIRPOWER, naamloze vennootschap
Boomsesteenweg 957, B-2610 WILRIJK(BELGIË)

vertegenwoordigd door : DONNE Eddy, BUREAU M.F.J. BOCKSTAEL, Arenbergstraat, 13 - B
2000 ANTWERPEN.

een uitvindingsoctrooi voor de duur van 20 jaar, onder voorbehoud van de betaling van
de jaartaksen voor : WERKWIJZE VOOR HET REGELEN VAN EEN COMPRESSORINSTALLATIE.

UITVINDER(S) : Vandevoorde Manuel Paula Albert, Nieuwstraat 26, B-2880 Bornem (BE);
Ernens Philippe Alphonse Louis, rue Tisman 15, B-2880 Aubel (BE)

ARTIKEL 2.- Dit octrooi is toegekend zonder voorafgaand onderzoek van zijn
octrooieerbaarheid, zonder waarborg voor zijn waarde of van de juistheid van
de beschrijving der uitvinding en op eigen risico van de aanvrager(s).

Voor eensluidend verklaard afschrift

BAILLEUX G.
Adjunct-Adviseur

Brussel 01 Oktober 2002
BIJ SPECIALE MACHTIGING :

BAILLEUX G.
Adjunct-Adviseur

Werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie.

Deze uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie die minstens één met olie gekoeld compressorelement bevat op de uitlaat waarvan een persleiding aansluit, minstens één motor met elektronisch regelbare snelheid die dit compressorelement aandrijft, een regelinrichting die deze motor regelt in functie van de belasting van het compressorelement, een olie-afscheider die in de persleiding is opgesteld, waarbij deze olie-afscheider met het compressorelement is verbonden door een terugvoerleiding voor olie, een oliekoeler die minstens één radiator bevat die in de terugvoerleiding is opgesteld en minstens één daarmee samenwerkende, door een elektrische motor met regelbare snelheid aangedreven, ventilator.

Olie moet hier in de aanvraag in ruime zin worden begrepen. Onder olie moet niet enkel minerale olie verstaan worden maar ook elk viskeus middel dat voor het smeren en koelen van rotoren, tandwielen of lagers kan worden gebruikt en dat hydrofoob of incompatibel met water is.

Bij een dergelijke luchtgekoelde luchtcompressor met oliesmering wordt de ventilator tijdens het koelen steeds met een constant toerental aangedreven, namelijk een toerental waarbij hij in de slechtste werkomstandigheden van het compressorelement, dit is bij de hoogste werkdruk, bij maximum belasting, en bij de hoogste luchtvochtigheid en luchttemperatuur, nog voldoende kan koelen.

Aangezien de belasting van de motor van het compressorelement en dus ook zijn toerental varieert, heeft een constante snelheid van de ventilator bij lage belasting een te grote koeling voor gevolg.

Dit is in de eerste plaats nadelig voor het energieverbruik. Indien de ventilatormotor bij zijn ingestelde toerental bijvoorbeeld 5 kW vermogen verbruikt, is het bij minimale toerental slechts 0,2 kW.

In de tweede plaats brengt dit constant toerental met zich mee dat de koeling te groot kan zijn, hetgeen condensatie van vocht afkomstig uit de aangezogen en gecomprimeerde lucht als gevolg kan hebben.

Condenswater in de olie is sterk nadelig voor de werking van het compressorelement.

Indien dezelfde olie ook voor het smeren van de lagers wordt gebruikt, is water in de olie zeer slecht voor de levensduur van deze laatste.

Het is bekend om in de terugvoerleiding voor de olie een thermostatische klep te plaatsen die, wanneer de temperatuur van de olie onder een bepaalde grens daalt, de olie via een overbrugging van de koeler naar het compressorelement terugstuurt.

De olie die in het compressorelement geïnjecteerd wordt, koelt dus niet verder af, waardoor de samengeperste lucht

die in de olie-afscheider terechtkomt voldoende warm kan zijn opdat er daar geen vocht zou condenseren.

Doordat de ventilator verder op vol toerental draait, terwijl de olie via de overbrugging stroomt, koelt deze ventilator de radiator verder af. Wanneer dan de olie voldoende warm is opdat de thermostatische klep opnieuw van stand zou veranderen, komt er warme olie in deze radiator, hetgeen grote thermische schokken met zich meebrengt.

De verder draaiende ventilator koelt ook andere onderdelen van de compressor af zodat, zelfs indien de olie niet over de koeler wordt geleid, deze enigszins kan gekoeld worden en condensvorming in de olie-afscheider toch niet uitgesloten is.

De uitvinding heeft een werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie met olie geïnjecteerd compressor-element en een koeler met ventilator als doel die voornoemde nadelen verhelpt en in de eerste plaats toelaat condensproblemen te vermijden en verder een energetisch beter rendement geeft, een meer stabiele temperatuur van het samengeperste gas als gevolg heeft, thermische spanningen in de koelers vermindert of vermijdt en het geluidsniveau kan verlagen.

Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat de motor van de ventilator door een regelinrichting geregeld wordt in functie van de vereiste koeling maar zonder dat vocht tengevolge van de terugvoer van gekoelde olie aan het compressorelement in de olie-afscheider of in de

persleiding tussen het compressorelement en de olie-afscheider kan condenseren.

Hoe hoger de werkdruk en dus de druk aan de uitlaat van het compressorelement, hoe hoger de temperatuur aan deze uitlaat en hoe meer de koeler moet koelen. Bij lagere werkdruk moet minder worden gekoeld maar in alle gevallen mag niet te sterk worden gekoeld om het vormen van condens in de koeler te vermijden.

Vermeden moet worden dat door een te sterke koeling van de smeerolie, indien de koeler in de terugloopleiding voor de olie is opgesteld, de temperatuur aan de uitlaat van het compressorelement en dus in de olie-afscheider zo laag daalt dat condens ontstaat die in de olie terechtkomt, of, indien de koeler in de persleiding tussen de trappen is opgesteld, dat in de koeler condensdruppels in het gas gevormd worden die in de hogedruktrap terechtkomen.

Bij voorkeur wordt de motor van de ventilator geregeld in functie van de uitlaatdruk van het compressorelement, de temperatuur van het gas aan de inlaat van het compressorelement, de relatieve vochtigheid van de door het compressorelement aangezogen gas en het gebruikte vermogen van de motor die het compressorelement aandrijft, op zodanige manier dat de temperatuur aan de uitgang van het compressorelement optimaal is zonder dat condensatie van vocht kan ontstaan tengevolge van te sterk koelen.

De relatieve vochtigheid van het instromende gas kan al dan niet gemeten worden. In sommige gevallen kan deze empirisch

worden bepaald in functie van de temperatuur in de inlaat, bijvoorbeeld 100% bij 20°C, 85% bij 30°C, 70% bij 40°C en dus ingesteld naargelang de plaats waar de compressorinstallatie wordt geplaatst.

Bij een al dan niet met olie geïnjecteerde meertrapscompressorinstallatie die dus minstens een lagedruk compressorelement en een hogedruk compressorelement bevat die aangedreven worden door minstens één motor met regelbare snelheid en waarvan de snelheid door een regelinrichting wordt geregeld in functie van de belasting, waarbij in de tussenleiding die de twee compressorelementen met elkaar verbindt, de radiator van een tussenkoeler met een ventilator is opgesteld, ontstaan gelijkaardige problemen van condensvorming, ditmaal in de tussenkoeler zelf.

Bij dergelijke bekende installaties wordt de motor van de ventilator met een constant toerental aangedreven dat voldoende is om ook in de slechtste omstandigheden voldoende koeling te waarborgen. Bij lage belasting wordt te veel gekoeld, hetgeen niet enkel een overdreven energieverbruik met zich meebrengt maar eveneens tot condensvorming in de koeler kan leiden.

Waterdruppeltjes die in het hoge druk compressorelement terechtkomen kunnen daar schade aanbrengen.

De uitvinding heeft ook een werkwijze voor het regelen van een dergelijke meertrapscompressorinstallatie als doel die voornoemde nadelen verhelpt en in de eerste plaats toelaat

condensproblemen bij de koeler te vermijden en verder een energetisch beter rendement geeft, een meer stabiele temperatuur van het samengeperste gas als gevolg heeft en het geluidniveau kan verlagen.

Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat de motor van de ventilator door een regelinrichting geregeld wordt in functie van de vereiste koeling maar zonder dat vocht tengevolge van de koeling in de radiator kan condenseren.

Bij voorkeur wordt de motor van de ventilator geregeld wordt in functie van de uitlaatdruk aan de uitlaat van de radiator, de temperatuur van het gas aan de inlaat van de radiator, de relatieve vochtigheid van het door de radiator stromende samengeperste gas, op zodanige manier dat de temperatuur aan de uitgang van de radiator optimaal is zonder dat condensatie van vocht kan ontstaan tengevolge van te sterk koelen.

Met het inzicht de kenmerken van de uitvinding beter aan te tonen zijn hierna, als voorbeeld zonder enig beperkend karakter, enkele voorkeurdragende uitvoeringsvormen van een werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie en van een daarbij gebruikte compressorinstallatie volgens de uitvinding beschreven met verwijzing naar de bijgaande tekeningen, waarin:

Figuur 1 schematisch een compressorinstallatie volgens de uitvinding weergeeft;

Figuur 2 schematisch een compressorinstallatie weergeeft analoog aan deze van figuur 1, maar met betrekking tot een andere uitvoeringsvorm;

Figuur 3 schematisch een compressorinstallatie weergeeft analoog aan deze van figuren 1 en 2, maar met betrekking tot nog een andere uitvoeringsvorm.

De compressorinstallatie voor het samenpersen van lucht uit de omgeving, weergegeven in figuur 1, bevat een met olie gekoeld compressorelement 1 dat aangedreven wordt door middel van een elektrische motor 2 met elektronisch regelbare snelheid.

Het compressorelement 1 is in het weergegeven voorbeeld een schroefcompressorelement met twee schroefvormige rotoren 3 die in een behuizing 4 zijn gelagerd.

De binnenruimte van de behuizing 4 of rotorkamer sluit aan op een luchtaanzuigleiding 5, terwijl ze via een terugslagklep 6 uitmondt in een persleiding 7 voor de samengeperste lucht.

In deze persleiding 7 is een olie-afscheider 8 aangebracht die tevens een drukketel vormt.

Deze olie-afscheider 8 bestaat uit een ketel 9 waarin bovenaan een filter 10 is opgesteld die omgeven is door een scherm 10A.

De persleiding 7 mondt in de ketel 9 tegenover het scherm 10A uit en een gedeelte van de olie in de perslucht wordt

mechanisch door dit scherm 10A afgescheiden en stroomt langs dit scherm 10A naar beneden.

De rest van de olie wordt tegenhouden door de filter 10 die tegenover de uitgang 11 van de ketel 9 is gelegen. Deze uitgang 11 is door een terugslagklep 12 afsluitbaar.

Verder is in de persleiding 7 de radiator 13 opgesteld van een luchtkoeler 14.

Op de onderkant van de ketel 9 sluit een terugvoerleiding 15 voor de opgevangen olie aan die via een spuitkop aansluit op de binnenkant van de behuizing 4.

In deze terugvoerleiding 15 is de radiator 16 van een oliekoeler 17 opgesteld.

De luchtkoeler 14 en de oliekoeler 17 bezitten een gemeenschappelijke ventilator 18 die aangedreven wordt door een elektrische motor 19 met elektronisch regelbare snelheid en die dus tegenover beide radiatoren 13 en 16 opgesteld is.

De motoren 2 en 19 zijn bijvoorbeeld inductiemotoren waarvan de snelheid afhangt van de frequentie van de stroomtoevoer.

De motor 2 wordt bestuurd onder tussenkomst van een frequentieomvormer 20, door een regelinrichting 21 in functie van de belasting, dit is om bij een constante druk aan de uitlaat 7A van het compressorelement 1 het gevraagde

debiet te kunnen leveren. Deze druk aan de uitlaat 7A, dit is in het begin van de persleiding 7, is, op drukverliezen in de luchtkoeler 14 en de leidingen na, gelijk aan de normaal door de gebruiker ingestelde werkdruk.

De druk aan de uitlaat 7A wordt dan ook gemeten door de druk P_u (in Pa) aan de uitlaat van de compressorinstallatie te meten met behulp van een drukmeter 22 die aan de uitlaat van de luchtkoeler 14 in de persleiding is opgesteld en die verbonden is met de regelinrichting 21 die bijvoorbeeld een zogenoemde PID regelaar is.

Om de ingestelde werkdruk te kunnen bereiken, zal door de regelinrichting 21 de motor 2 met een bepaald toerental N aangedreven worden om het gevraagde volume lucht te kunnen leveren en deze druk P_u en toerental N stemmen overeen met een bepaald vermogen $W = a.N + b$, waarin a en b constanten zijn afhankelijk van de druk P_u .

De motor 19 wordt bestuurd onder tussenkomst van een frequentieomvormer 23 door een regelinrichting 24, bijvoorbeeld een PID regelaar, die in verbinding staat met voornoemde drukmeter 22, een temperatuurmeter 25 die op de inlaat of aanzuigleiding 5 is aangebracht en voornoemde regelinrichting 21 van de motor 2.

De regelinrichting 24 kan eventueel ook in verbinding staan met een relatieve vochtigheidsmeter 22A die op de inlaat of aanzuigleiding 5 aangebracht is zoals in streeplijn in figuur 1 is weergegeven.

De frequentieomvormer 23 en de regelinrichting 24 vormen middelen om de snelheid van de ventilator 18 te regelen en dus om het koelvermogen of dus de koeling van de olie die doorheen de radiator 16 stroomt, te regelen met de bedoeling de temperatuur T_u , gemeten door de temperatuurmeter 25A aan de uitlaat 7A, te optimaliseren zonder gevaar van condensatie van vocht uit de lucht in de olie-afscheider 8 en de persleiding 7.

Om de condensatie van vocht uit de aangezogen lucht in de olie-afscheider 8 te vermijden, moet de temperatuur in de olie-afscheider 8 steeds boven de condensatietemperatuur blijven om te vermijden dat er water kan gevormd worden dat de werking van het compressorelement nadelig beïnvloedt.

De condensatietemperatuur in de olie-afscheider 8 is afhankelijk van de omgevingscondities, in het bijzonder het vochtgehalte van de via de luchtaanzuigleiding 5 aangezogen lucht, en van de heersende druk in de olie-afscheider 8 die bij benadering gelijk is aan de door de drukmeter 22 gemeten druk P_u aan de uitlaat van de luchtkoeler 14 en de door de temperatuurmeter 25 gemeten temperatuur T_i van de lucht in de inlaat van het compressorelement 1 of de luchtaanzuigleiding 5.

De watermassa in de aangezogen lucht W_{Mi} in kg water /kg lucht wordt door de volgende vergelijking weergegeven:

$$W_{Mi} = 0,622 P_{wsat} / (P_i - P_{wsat}) \quad (1)$$

Waarin:

Pi de luchtdruk (in Pa) is in de inlaat, dit is normaal de atmosferische druk en moet dus niet gemeten worden;

Pwsat de werkelijke verzadigingsdruk is die gelijk is aan de relatieve vochtigheid in %, vermenigvuldigd met de verzadigingsdruk Pwsat bij T_i , gedeeld door 100;

waarbij:

$$P_{wsat} = \exp\left[\left(-\frac{a}{T}\right) + b + cT + dT^2 + eT^3 + fT^4 + (g \cdot \ln T)\right] \quad (2) \text{ waarin:}$$

T de luchttemperatuur is in °K;

a, b, c, d, e, f, g coëfficiënten zijn die constant zijn in een bepaald temperatuursgebied.

Indien de relatieve vochtigheid 100% is dan moet enkel de vergelijking (2) worden opgelost.

De relatieve vochtigheid kan worden gemeten, maar dit is niet noodzakelijk.

Indien de vochtigheid niet gekend is, kan gerekend worden met een relatieve vochtigheid van 100% bij gematigde temperaturen. In warme omstandigheden is er bijna geen verzadiging mogelijk en wordt een relatieve vochtigheid empirisch bepaald, bijvoorbeeld 85% bij 30°C en 70% bij 40°C. De relatieve vochtigheid wordt dus gekozen in functie van de gemiddelde temperatuur op de plaats waar de compressorinstallatie geplaatst wordt.

Voorvoemde berekeningen worden door de regelinrichting 24 uitgevoerd.

Er moet voor gezorgd worden dat de maximum toelaatbare massa water MWu in de samengeperste lucht op de temperatuur Tu aan de uitlaat 7A van het compressorelement 1 niet lager is dan voornoemde massa water MWi in de aangezogen lucht, en bij voorkeur een paar procent, bijvoorbeeld 5% hoger is.

Voorvoemde vergelijking (1) geldt ook voor deze massa water MWu en uit deze vergelijking, waarin de Pi vervangen wordt door de druk Pu aan de uitlaat 7A, kan de verzadigingsdruk Pwsat aan de uitlaat 7A worden berekend indien de gekozen waarde van MWu wordt ingevuld.

Uit de vergelijking (2) wordt door de regelinrichting 24 dan de gewenste temperatuur Tu aan de uitlaat 7A berekend.

Door middel van een warmtebalans van het compressorelement 1 kan de regelinrichting 24 uit deze Tu, om veiligheidsredenen vermeerderd met enkele graden, meestal tot 5°C en bijvoorbeeld 4°C, de vereiste temperatuur Toi berekenen van de olie die, na het koelen in de oliekoeler 17, terug in het compressorelement 1 wordt geïnjecteerd.

$$Toi = Tu - [W / (Mo \cdot Cpo)] + [Ma \cdot Cpa (Tu - Ti) / (Mo \cdot Cpo)] \quad (3)$$

Waarin:

W het voornoemde vermogen is van de motor 2;

Mo het oliedebiet is in de terugvoerleiding 15 dat gekend is omdat de druk Pu bekend is;

Cpo de specifieke warmte van de olie is;

Ma het luchtdebiet is dat gekend is omdat het toerental van de motor 2 gekend is;

Cpa de specifieke warmte is van de lucht.

Aangenomen mag worden dat de temperatuur in de olie-afscheider 8 en dus ook de temperatuur van de olie aan de ingang van de radiator 16 van de oliekoeler 17 bij benadering gelijk is aan de temperatuur T_u aan de uitlaat 7A van het compressorelement 1, zodat, eenmaal T_{oi} berekend is, de vereiste afkoeling van de olie in de radiator 16 gekend is en dus ook de daarmee overeenkomende snelheid van de ventilator 18 gekend is.

De regelinrichting 21 stelt dan ook overeenkomstig de snelheid van de motor 19 in.

De hiervoor beschreven regeling van de snelheid van de motor 19 van de ventilator 18 in functie van het vermogen W van de motor 2, de temperatuur T_i in de inlaat, de druk P_u aan de uitlaat van de compressorinstallatie en dus van de luchtkoeler 14 en de meestal empirisch bepaalde relatieve vochtigheid van de door het compressorelement 1 aangezogen lucht, vermijdt niet alleen het vormen van condensaat in de olie, maar biedt belangrijke energiebesparingen doordat het opgenomen vermogen van de ventilator 18 bij minimum toerental nog ongeveer 10% van zijn vermogen bij nominaal toerental bedraagt.

Daarenboven biedt een lager toerental van de ventilator 18 een lager geluidsniveau zodat het gemiddelde geluidsniveau door regeling daalt.

Grote thermische schokken in de radiator 16 worden vermeden en de volledige thermische huishouding van de compressorinstallatie wordt verbeterd.

De levensduur voor de olie is langer en door de olie zo koel mogelijk te gebruiken, worden de prestaties van de compressorinstallaties verbeterd. Om hoge hydraulische verliezen te vermijden moet er evenwel een minimale olietemperatuur ingesteld worden. De olie mag niet te viskeus worden.

In de uitvoeringsvorm weergegeven in figuur 2 is de compressorinstallatie een luchtgekoelde olievrije tweetraps compressorinstallatie en bevat bijgevolg een lagedruk compressorelement 26 en een hogedruk compressorelement 27.

De rotores 28 van het lagedruk compressorelement 26 worden aangedreven door een elektrische motor 29 waarvan de snelheid via een frequentieomvormer 30 door een regelinrichting 31 wordt bestuurd.

De rotores 32 van het hogedruk compressorelement 27 worden aangedreven door bijvoorbeeld een tweede elektrische motor 33 waarvan de snelheid via een frequentieomvormer 34 door voornoemde regelinrichting 31 wordt bestuurd.

De regelinrichting 31 bestuurt de twee motoren 29 en 33 op een aan elkaar gekoppelde manier. Normaal is het zo dat de hogedruktrap en dus het compressorelement 27 voor de gewenste druk zorgt, dit is de werkdruk, terwijl dan de

lagedruktrap, dit is het compressorelement 26 voor het gevraagde luchtdebiet zorgt.

De snelheid van beide compressorelementen 26 en 27 veranderen normaal samen in dezelfde zin en in een gekende verhouding.

Op het compressorelement 26 sluit enerzijds de aanzuigleiding 35 aan en anderzijds de tussenleiding 36 die de aanzuigleiding vormt voor het tweede compressorelement 27. Op dit laatste element sluit dan de eigenlijke persleiding 37 aan.

In de tussenleiding 36 is de radiator 38 van de tussenkoeler 39 opgesteld, terwijl in de persleiding 37 de radiator 40 van de nakoeler 41 opgesteld is.

Alhoewel er op de rotoren 28 of 32 geen olie geïnjecteerd wordt, moeten wel de lagers en tandwielen gesmeerd worden zodat de compressorinstallatie een oliecircuit bevat met een oliereservoir 42, een daarop aansluitende olieleiding 43 waarop achtereenvolgens een pomp 44, de radiator 45 van een oliekoeler 46 en een filter 47 opgesteld zijn.

Vanaf de filter 47 strekken zich twee leidingen 48 en 49 uit naar respectievelijk de twee compressorelementen 26 en 27, terwijl een, door een terugslagklep 50 bediende, derde leiding 51 voor een eventueel teveel aan olie zich naar het oliereservoir 42 uitstrekt.

Vanuit elk compressorelement 26 en 27 keert een leiding 52, respectievelijk 53, terug naar het oliereservoir 42.

De tussenkoeler 39, de nakoeler 41 en de oliekoeler 46 bezitten dezelfde ventilator 54 met een elektronisch regelbare elektrische motor 55, en de radiatoren 38, 40 en 45 zijn dus naast elkaar, tegenover de ventilator 54 opgesteld.

De snelheid van de motor 55 is regelbaar via een frequentieomvormer 56 die door een regelinrichting 57 wordt bestuurd.

In dergelijke compressorinstallatie is het van belang te vermijden dat condensatie van vocht uit de aangezogen lucht in de tussenkoeler 39 optreedt.

In deze tussenkoeler 39 gevormde druppeltjes kunnen de werking van het hogedruk compressorelement 27 nadelig beïnvloeden.

Na de tussenkoeler 39 kan een vloeistofafscheider geplaatst worden maar dit is duur en geeft veel drukverlies.

Om de vorming van waterdruppels te vermijden, moet de temperatuur in de tussenkoeler 39 steeds boven de condensatietemperatuur blijven.

De laagste temperatuur in deze tussenkoeler 39, dit is dus de temperatuur aan de uitgang ervan, hangt af van het koeleffect van de ventilator 54 en kan, op analoge manier

als hiervoor beschreven voor de temperatuur in de olie-afscheider 8, door het variëren van de snelheid van de ventilator 54 worden geregeld.

Het enige verschil is dat de temperatuur in de olie-afscheider 8 wordt beïnvloed via de temperatuur van de geïnjecteerde olie, en de radiator 16 een olie/lucht warmtewisselaar is, terwijl in deze olievrije toepassing de radiator 38 van de tussenkoeler 39 een lucht/lucht warmtewisselaar is en de luchttemperatuur in de radiator 38 rechtstreeks beïnvloed wordt door de snelheid van de ventilator 54.

De regelinrichting 57 regelt de motor 55 van deze ventilator 54 zodanig dat de optimale temperatuur $T_u(r)$ aan de uitlaat van de radiator 38 kan worden bereikt.

Deze gewenste temperatuur $T_u(r)$ wordt door de regelinrichting 57 berekend op de hiervoor beschreven manier en met behulp van voornoemde vergelijkingen (1) en (2), waarbij evenwel de inlaat en de uitlaat nu niet van het compressorelement 1 zijn maar wel van de radiator 38.

De druk P_u aan de uitlaat van de radiator 38 is, op een verwaarloosbare drukval in de radiator 38 na, gelijk aan de druk P_i aan de inlaat van de radiator 38 en deze laatste is niet meer de atmosferische druk maar moet gemeten worden hetgeen geschiedt door de drukmeter P.

Een warmtebalans en dus voornoemde vergelijking (3) moeten niet worden berekend aangezien in de radiator 38 enkel door

warmtewisseling gekoeld wordt en geen gekoelde olie wordt toegevoegd zodanig dat het nodige koeleffect rechtstreeks uit het verschil tussen de door de temperatuurmeter T gemeten temperatuur $T_i(r)$ aan de inlaat en de berekende temperatuur $T_u(r)$ aan de uitlaat kan worden afgeleid.

In een variante van vorige uitvoeringsvorm kunnen beide compressorelementen 26 en 27 via overbrengingen door één enkele motor worden aangedreven, waarbij de snelheidsverhouding tussen de compressorelementen vast kan zijn. De regelinrichting 31 moet slechts één motor moet besturen.

Een dergelijke variante is weergegeven in figuur 3, waarin de twee olievrije compressorelementen 26 en 27 daarenboven geen tandrotoren 28 en 32 bevatten, maar schroefrotoren.

In dit geval is bijvoorbeeld enkel de motor 33 aanwezig die via een tandwieloverbrenging 58 de twee compressorelementen 26 en 27 aandrijft. Op dezelfde manier als hiervoor beschreven, wordt de snelheid van de motor 55 van de ventilator 54 geregeld.

Indien radiatoren 16 (figuur 1) of 38 (figuren 2 en 3) zeer groot zijn, kunnen de oliekoeler 17, respectievelijk de tussenkoeler 39 meerdere ventilatoren 18 of 54 bevatten waarvan de motoren 19 of 55 samen en op dezelfde manier bestuurd worden als hiervoor beschreven.

Ook indien er meerdere radiatoren aanwezig zijn zoals in de hiervoor beschreven voorbeelden kunnen meerdere

ventilatoren 18 of 54 ermee samenwerken, waarbij dan de motoren van deze ventilatoren 18 of 54 zowel samen als afzonderlijk kunnen bestuurd worden.

Minstens de ventilator 18 of 54 die tegenover de radiator 16 of 38 van de oliekoeler 17, respectievelijk de tussenkoeler 39, opgesteld zijn, worden op de hiervoor beschreven manier geregeld.

Alhoewel de uitvinding in de eerste plaats toepasbaar is bij compressorinstallaties voor het samenpersen van lucht kan ze ook worden toegepast voor andere gassen dan lucht die vocht kunnen bevatten dat kan condenseren.

De uitvinding is geenszins beperkt tot de hiervoor beschreven en in de figuren weergegeven uitvoeringsvormen, doch dergelijke compressorinstallatie kan in verschillende varianten worden verwezenlijkt zonder buiten het kader van de uitvinding te treden.

Conclusies.

1.- Werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie die minstens één met olie gekoeld compressorelement (1) bevat op de uitlaat waarvan een persleiding (7) aansluit, minstens één motor (2) met elektronisch regelbare snelheid die dit compressorelement (1) aandrijft, een regelinrichting (21) die deze motor (2) regelt in functie van de belasting van het compressorelement (1), een olie-afscheider (8) die in de persleiding (7) is opgesteld, waarbij deze olie-afscheider (8) met het compressorelement (1) is verbonden door een terugvoerleiding (15) voor olie, een oliekoeler (17) die minstens één radiator (16) bevat die in de terugvoerleiding (15) is opgesteld en minstens één daarmee samenwerkende, door een elektrische motor (19) met regelbare snelheid aangedreven, ventilator (18;54), daardoor gekenmerkt dat de motor (19) van de ventilator (18;54) door een regelinrichting (24) geregeld wordt in functie van de vereiste koeling maar zonder dat tengevolge van de terugvoer van gekoelde olie aan het compressorelement (1) vocht in de olie-afscheider (8) of in de persleiding tussen het compressorelement (1) en deze olie-afscheider (8) kan condenseren.

2.- Werkwijze volgens vorige conclusie, daardoor gekenmerkt dat de motor (19) van de ventilator (18) geregeld wordt in functie van uitlaatdruk (P_u) van het compressorelement (1), de temperatuur (T_i) van het gas aan de inlaat van het compressorelement (1), de relatieve vochtigheid van het

door het compressorelement (1) aangezogen gas en het gebruikte vermogen (W) van de motor (2) die het compressorelement (1) aandrijft, op zodanige manier dat de temperatuur aan de uitlaat (Tu) van het compressorelement (1) optimaal is zonder dat condensatie van vocht kan ontstaan tengevolge van te sterk koelen.

3.- Werkwijze volgens conclusie 2, daardoor gekenmerkt dat de relatieve vochtigheid van het instromende gas empirisch wordt bepaald in functie van de temperatuur in de inlaat, bijvoorbeeld 100% bij 20°C, 85% bij 30°C, 70% bij 40°C en dus ingesteld naargelang de plaats waar de compressorinstallatie wordt geplaatst.

4.- Werkwijze volgens conclusie 2 of 3, daardoor gekenmerkt dat de optimale uitgangstemperatuur (Tu) berekend wordt door de watermassa (W_{Mi}) in het gas aan de inlaat van het compressorelement (1) te berekenen, de watermassa (W_{Mu}) aan de uitlaat van dit compressorelement (1) gelijk of bij voorkeur tot 5 % hoger te kiezen, en uit deze watermassa (W_{Mu}) aan de uitlaat de optimale temperatuur aan de uitlaat (Tu) te berekenen.

5.- Werkwijze volgens conclusie 4, daardoor gekenmerkt dat de watermassa (W_{Mi}) in de inlaat als volgt wordt berekend:

$$W_{Mi} = 0,622 P_{wsat} / (P_i - P_{wsat}) \quad (1)$$

Waarin:

P_i de luchtdruk (in Pa) is in de inlaat, dit is normaal de atmosferische druk en moet dus niet gemeten worden;

P_{wsat} de werkelijke verzadigingsdruk is die gelijk is aan de relatieve vochtigheid in % vermenigvuldigd met de verzadigingsdruk P_{wsat} bij T_i , gedeeld door 100;

waarbij:

$$P_{wsat} = \exp\left[\left(-\frac{a}{T}\right) + b + cT + dT^2 + eT^3 + fT^4 + (g \cdot \ln T)\right] \quad (2)$$

waarin:

T de luchttemperatuur is in $^{\circ}K$;

a, b, c, d, e, f, g coëfficiënten zijn die constant zijn in een bepaald temperatuursgebied.

6.- Werkwijze volgens conclusie 4 of 5, daardoor gekenmerkt dat uit de energiebalans van het compressorelement (1) uit de temperatuur aan de uitlaat (T_u), eventueel vermeerderd met enkele graden, de vereiste temperatuur (T_{oi}) van de olie wordt berekend die, na het koelen in de oliekoeler (17), terug in het compressorelement (1) wordt geïnjecteerd zodat uit deze laatste temperatuur de vereiste koeling en dus de snelheid van de motor (19) van de ventilator (18) kan worden bepaald.

7.- Werkwijze volgens conclusie 6, daardoor gekenmerkt dat de temperatuur van de geïnjecteerde olie (T_{oi}) wordt berekend door volgende energiebalans:

$$T_{oi} = T_u - \left[\frac{W}{(M_o \cdot C_{po})}\right] + \left[\frac{M_a \cdot C_{pa} (T_u - T_i)}{(M_o \cdot C_{po})}\right] \quad (3)$$

Waarin:

W het gebruikte vermogen is van de motor (2);

M_o het oliedebiet is in de terugvoerleiding (15) dat gekend is omdat de druk P_u bekend is;

C_{po} de specifieke warmte van de olie is;

Ma het luchtdebiet is dat gekend is omdat het toerental van de motor (2) gekend is;

Cpa de specifieke warmte is van de lucht.

8.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat regelinrichting (24) de snelheid van de motor (19) van de ventilator (18) regelt onder tussenkomst van een frequentieomvormer (23).

9.- Werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie met meerdere trappen en dus minstens een lagedruk compressorelement (26) en een hogedruk compressorelement (27) die aangedreven worden door minstens één motor (29;33) met regelbare snelheid en waarvan de snelheid door een regelinrichting (30;34) wordt geregeld in functie van de belasting, waarbij in de tussenleiding (36) die de twee compressorelementen (26,27) met elkaar verbindt, de radiator (38) van een tussenkoeler (39) met een ventilator (54) is opgesteld, daardoor gekenmerkt dat de motor (55) van de ventilator (54) door een regelinrichting (57) geregeld wordt in functie van de vereiste koeling maar zonder dat vocht tengevolge van de koeling in de radiator (38) kan condenseren.

10.- Werkwijze volgens conclusie 9, daardoor gekenmerkt dat de motor (55) van de ventilator (54) geregeld wordt in functie van de uitlaatdruk aan de uitlaat van de radiator (38), de temperatuur (T_i) van het gas aan de inlaat van de radiator (38), de relatieve vochtigheid van het door de radiator (38) stromende samengeperste gas, op zodanige manier dat de temperatuur aan de uitgang ($T_u(r)$) van de

radiator (38) optimaal is zonder dat condensatie van vocht kan ontstaan tengevolge van te sterk koelen.

11.- Werkwijze volgens conclusie 9 of 10, daardoor gekenmerkt dat de relatieve vochtigheid van het in de radiator (38) stromende gas empirisch wordt bepaald in functie van de temperatuur in de inlaat van de radiator (38).

12.- Werkwijze volgens conclusie 10 of 11, daardoor gekenmerkt dat de optimale uitgangstemperatuur (T_u) berekend wordt door de watermassa (W_{Mi}) in het gas aan de inlaat van de radiator (38) te berekenen, de watermassa (W_{Mu}) aan de uitlaat van deze radiator (38) gelijk of bij voorkeur tot 5 % hoger te kiezen, en uit deze watermassa (W_{Mu}) aan de uitlaat de optimale temperatuur aan de uitlaat ($T_u(r)$) te berekenen.

13.- Werkwijze volgens conclusie 10, daardoor gekenmerkt dat de watermassa (W_{Mi}) in de inlaat als volgt wordt berekend:

$$W_{Mi} = 0,622 P_{wsat} / (P_i - P_{wsat}) \quad (1)$$

Waarin:

P_i de luchtdruk (in Pa) is aan de inlaat van de radiator (38);

P_{wsat} de werkelijke verzadigingsdruk is die gelijk is aan de relatieve vochtigheid in % vermenigvuldigd met de verzadigingsdruk P_{wsat} bij T_i , gedeeld door 100.

waarbij:

$$P_{\text{wsat}} = \exp\left[\left(-\frac{a}{T}\right) + b + cT + dT^2 + eT^3 + fT^4 + (g \cdot \ln T)\right] \quad (2)$$

waarin:

T de luchttemperatuur is in °K;

a, b, c, d, e, f, g coëfficiënten zijn die constant zijn in een bepaald temperatuursgebied.

14.- Werkwijze volgens een van de conclusies 9 tot 13, daardoor gekenmerkt dat de regelinrichting (57) de snelheid van de motor (55) van de ventilator (54) regelt onder tussenkomst van een frequentieomvormer (56).

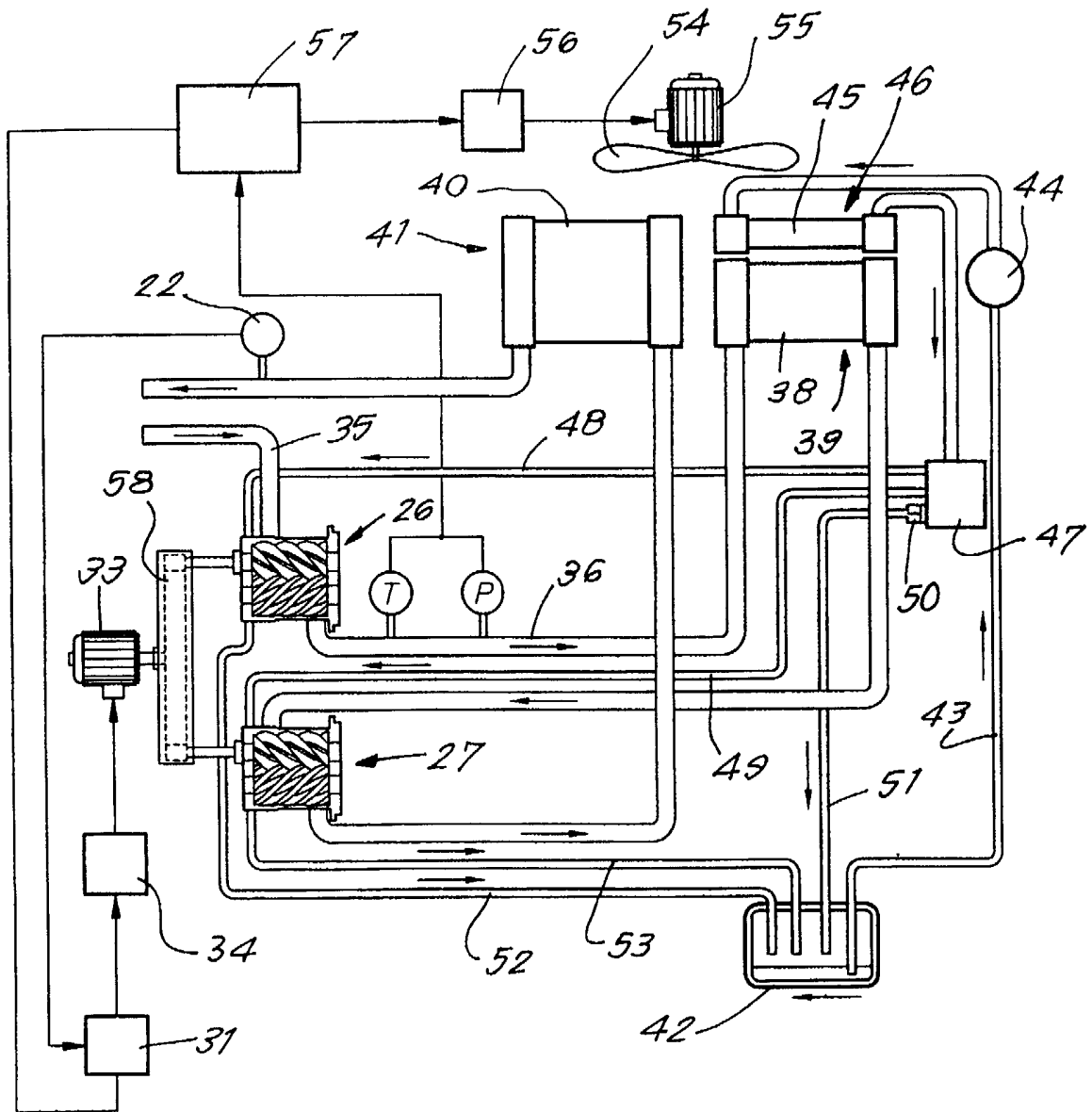


Fig. 3

Werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie.

De uitvinding betreft een werkwijze voor het regelen van een compressorinstallatie die minstens één met olie gekoeld compressorelement (1) bevat aangedreven door minstens één motor (2) met in functie van de belasting elektronisch regelbare snelheid, een olie-afscheider (8) die in de persleiding (7) is opgesteld, een oliekoeler (17) die een radiator (16) bevat die in de terugvoerleiding (15) voor de olie opgesteld is en een door een elektrische motor (19) met regelbare snelheid aangedreven ventilator (18;54). De motor (19) van de ventilator (18;54) wordt door een regelinrichting (24) geregeld in functie van de vereiste koeling maar zonder dat tengevolge van de terugvoer van gekoelde olie vocht in de olie-afscheider (8) of in de persleiding (7) kan condenseren.

Figuur 1.



Europees
Octrooibureau

VERSLAG BETREFFENDE HET ONDERZOEK

opgesteld krachtens artikel 21 § 1 en 2
van de Belgische wet op de uitvindingsoctrooien
van 28 maart 1984

Nummer van de
nationale aanvraag:

BO 8073
BE 20000768

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR			
Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of tekeningen	Van belang voor conclusie(s)Nr.:	CLASSIFICATIE VAN DE AANVRAAG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 583 (M-1699), 8 November 1994 (1994-11-08) & JP 06 213186 A (HITACHI LTD), 2 Augustus 1994 (1994-08-02) * samenvatting *	1	F04C29/04 F04C29/02
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 583 (M-1699), 8 November 1994 (1994-11-08) & JP 06 213188 A (KOBE STEEL LTD), 2 Augustus 1994 (1994-08-02) * samenvatting *	1	
A	--- EP 0 078 149 A (DRESSER INDUSTRIES) 4 Mei 1983 (1983-05-04) * bladzijde 1, regel 5 - bladzijde 2, regel 35 * * bladzijde 4, regel 21 - bladzijde 7, regel 24; figuren 1,2 *	1	
A	--- US 4 362 462 A (BLOTENBERG) 7 December 1982 (1982-12-07) * kolom 1, regel 14 - regel 44 * * kolom 2, regel 46 - kolom 3, regel 23 * * kolom 4, regel 26 - kolom 5, regel 18; figuur 2 *	1,9,10	ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK (Int.Cl.7) F04C
A	--- US 5 732 560 A (THURESSON) 31 Maart 1998 (1998-03-31) * kolom 3, regel 66 - kolom 4, regel 42; figuur 1 * * kolom 5, regel 1 - regel 25 *	1,9	
		Datum waarop het onderzoek werd voltooid	Vooronderzoeker
		4 Januari 2002	Kapoulas, T
CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR			
X : op zichzelf van bijzonder belang Y : van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie A : achtergrond van de stand van de techniek O : verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek P : literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum		T : niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding E : eerdere octrooipublicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum D : in de aanvraag genoemd L : om andere redenen vermelde literatuur & : lid van dezelfde octroofamilie, corresponderende literatuur	

2

EOB FORM 02.83 (P04C47)

**AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE
HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK,
UITGEVOERD IN DE BELGISCHE OCTROOIAANVRAGE NR.**

BO 8073
BE 20000768

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.

De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door de Octrooiraad gegarandeerd ; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

04-01-2002

In het rapport genoemd octrooigeschrift		Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
JP 06213186	A	02-08-1994	GEEN	
JP 06213188	A	02-08-1994	GEEN	
EP 78149	A	04-05-1983	US 4431390 A AU 8808682 A CA 1196320 A1 EP 0078149 A1	14-02-1984 28-04-1983 05-11-1985 04-05-1983
US 4362462	A	07-12-1982	DE 2909675 A1 EP 0015535 A1 JP 1483367 C JP 55128694 A JP 63030520 B	25-09-1980 17-09-1980 27-02-1989 04-10-1980 17-06-1988
US 5732560	A	31-03-1998	SE 504967 C2 DE 69514936 D1 DE 69514936 T2 EP 0792434 A1 JP 10508937 T SE 9403966 A WO 9616302 A1	02-06-1997 09-03-2000 05-10-2000 03-09-1997 02-09-1998 18-05-1996 30-05-1996