

Airco-compressoren

Aandrijving en indeling

Compressoren zijn er in veel verschillende uitvoeringen maar ze vervullen allemaal dezelfde functie nl. het rondpompen van koudemiddel door het systeem. Door het comprimeren wordt de druk en temperatuur verhoogd waardoor tijdens het condenseren de opgenomen warmte kan worden afgevoerd. We kunnen compressoren indelen naar de wijze waarop deze worden aangedreven of de manier waarop de compressie tot stand komt. Hoewel in verreweg de meeste gevallen de airco-compressoren vanuit de krukas door een riem worden aangedreven zien we ook elektrisch aangedreven compressoren verschijnen. Bij de mechanisch aangedreven systemen kan al dan niet gebruik worden gemaakt van een elektro-magnetische koppeling. De koppeling zorgt er voor dat de compressor van de aandrijfriem wordt losgekoppeld wanneer de airco moet worden uitgeschakeld (fig.1). Deze magnetische koppeling treffen we aan bij de compressoren met vaste en variabele opbrengst met interne regeling.

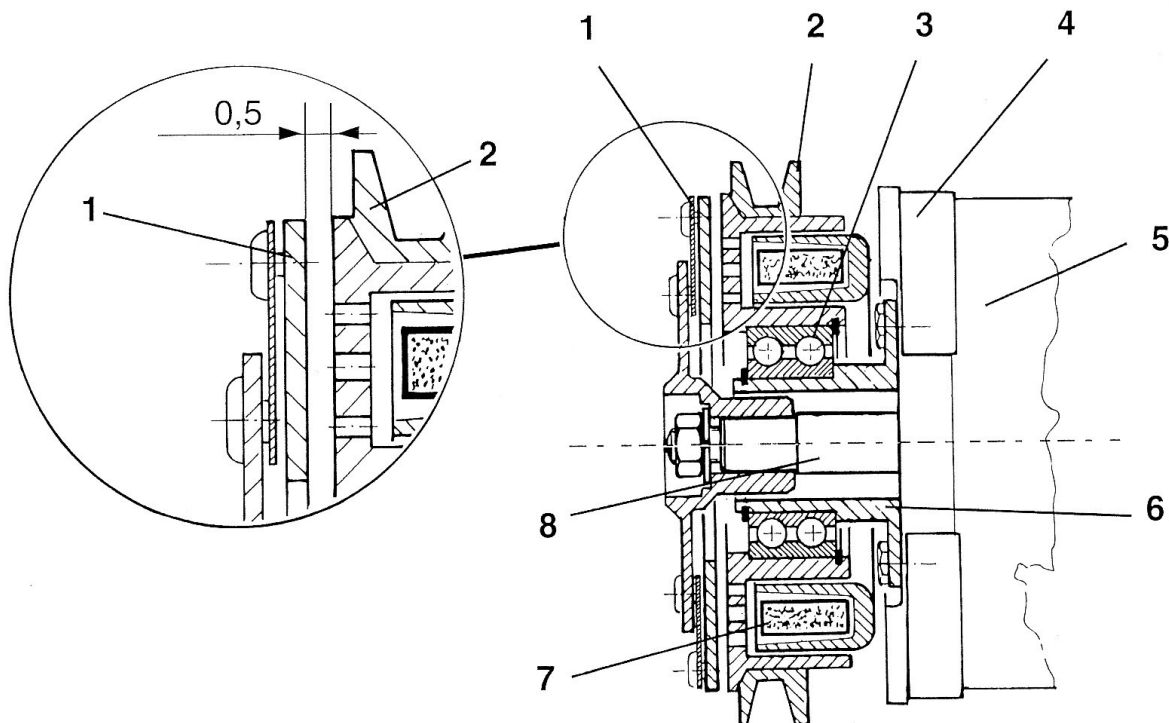


Fig. 1 Elektromagnetische koppeling. 1) koppelingsplaat, 2) poelie v-snaar, 3) kogellager, 4,5) compressor, 6) naaf, 7) spoel, 8) compressoras (Tek. Delphi Diavia).

In auto-airconditioning treft men veelal volumetrische compressoren aan. In volumetrische compressoren wordt de massa van het gas samengeperst tot een kleiner volume. De volumetrische compressoren laten zich weer onderverdelen in:

- roterende compressoren;
- reciproke(= heen en weergaande) compressoren.

De zgn. reciproke compressoren kunnen weer in twee hoofdgroepen worden verdeeld nl:

- zuigercompressoren met krukas;
- tuimelschijfcompressoren.

De tuimelschijfcompressoren laten zich op hun beurt weer indelen in:

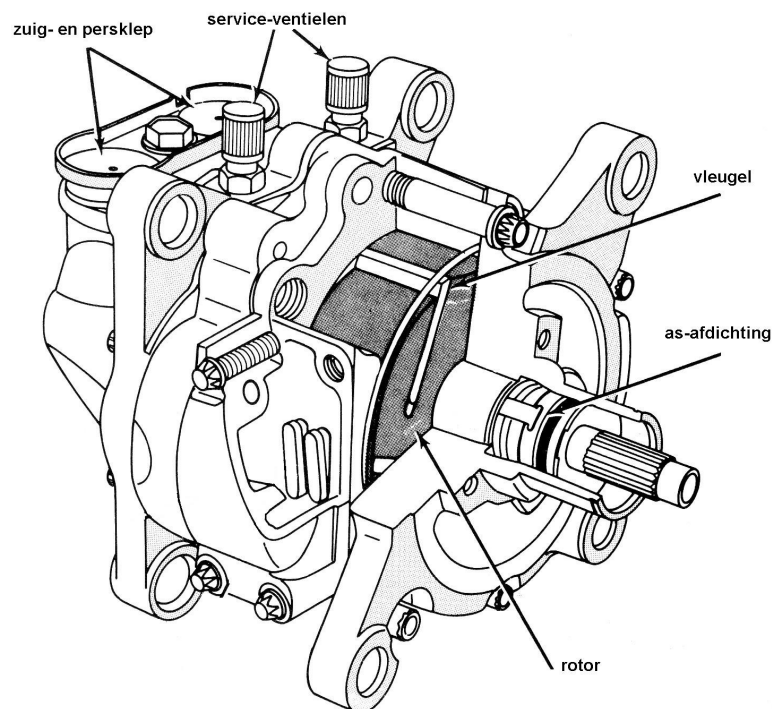
- tuimerschijfcompressoren met vaste slag;
- tuimelschijfcompressoren met variabele slag en externe regeling.

De tuimelschijfcompressoren met variabele slag en externe regeling worden vaak zonder koppeling uitgevoerd. We behandelen achtereenvolgens de verschillende soorten compressoren.

Uitvoering compressoren

Roterende compressoren

Twee bekende roterende compressoren zijn de vleugel- en de scrollcompressor. De vleugelcompressor of schottencompressor bestaat uit een rotor met verschillende vleugels. De vleugels worden door de centrifugaalkracht tegen de wand aangedrukt en zorgen samen met de oliefilm voor voldoende afdichting. Door de rotatie ontstaat een ruimte die zich vergroot en vervolgens weer verkleind waardoor aanzuiging resp. compressie mogelijk wordt (fig. 2). Bij onvoldoende koudemiddel kan ten gevolge van het gebrek aan olie beschadiging van de pomp optreden.



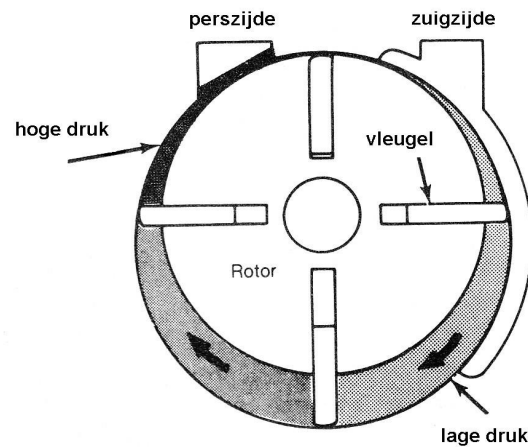
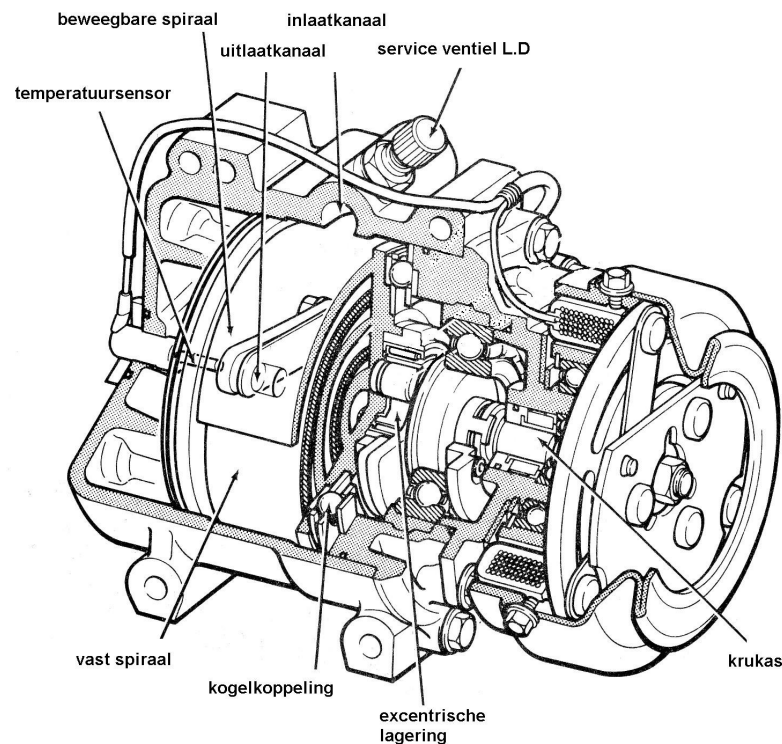


Fig. 2 Boven: Vleugelpomp als compressor. Onder: Het aanzuigen en wegpersen van het koudemiddel (fabrikant York).

De scrollcompressor (fig. 3) bestaat uit een vaste en een roterende spiraal die als het ware in elkaar draaien. Het roterende gedeelte is excentrisch t.o.v. het huis opgesteld. De beweging van de roterende spiraal met als gevolg het aanzuigen en wegpersen van koudemiddel wordt door de onderste afbeelding van fig. 3 weergegeven.



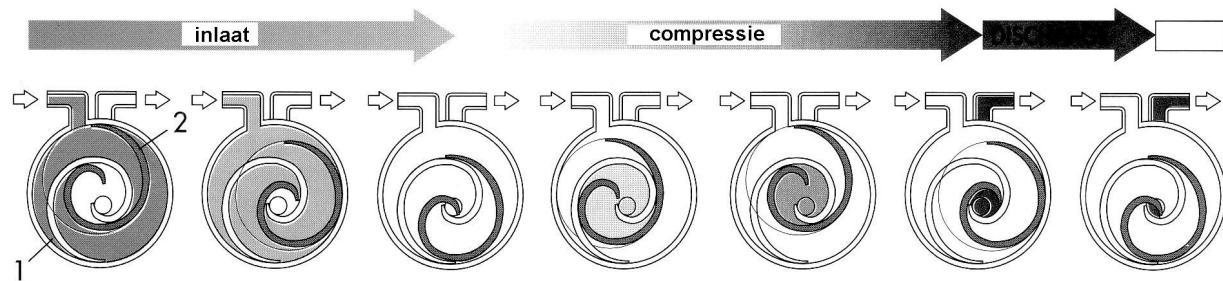
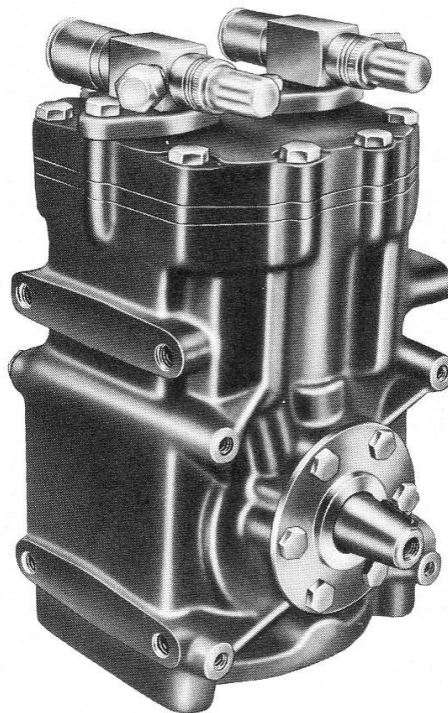


Fig. 3 Boven: De scrollcompressor in doorsnede (Sanden). Onder: de werking van de scrollcompressor (Delphi Diavia).

De Toyota Prius II als hybride auto past een elektrisch aangedreven scrollcompressor toe (Denso ES 18). Het achterste gedeelte van de compressor bestaat uit een borstelloze motor die met een spanning van 200 V wordt aangestuurd. Verder is deze compressor voorzien van een olieafscheider, waardoor minder olie door het circuit stroomt en meer olie beschikbaar is voor het smeren van de compressor.

Zuigercompressoren met krukas

Onder de reciproke compressoren worden ook de zuigercompressoren verstaan die te vergelijken zijn met de klassieke zuigermotoren met krukas. Veelal zijn dit tweecilinder uitvoeringen. De werking hiervan is met behulp van fig. 4 eenvoudig na te gaan.



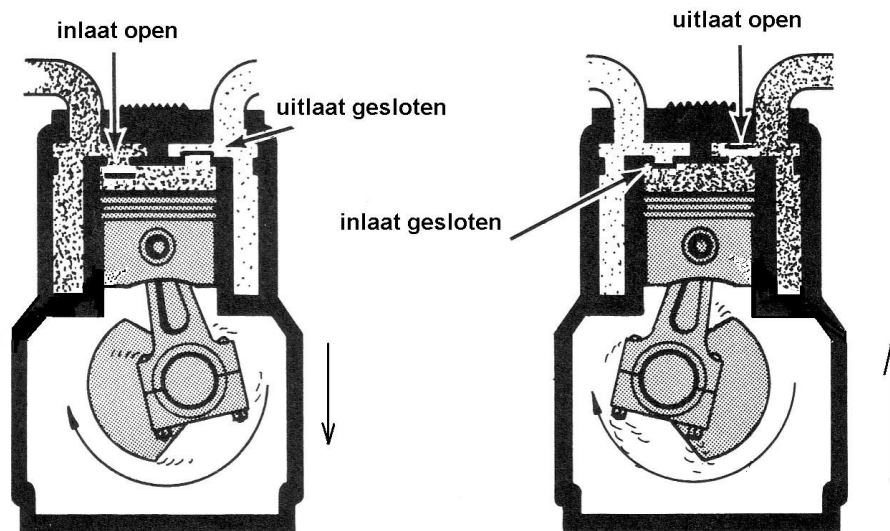


Fig. 4 Zuigerpomp met krukas als airco-compressor (bron?)

Tuimerschijf-compressoren

Tuimelschijf- of kantelplaatcompressoren treft men veelvuldig aan en zijn opgebouwd uit meerdere (vaak 4, 5, 7 of meer) cilinders of plunjers. Ook de tuimelschijf-compressoren laten zich weer in categorieën splitsen, de tuimelschijf met vaste en variabele slag. De vasteslag-tuimelschijven kunnen weer worden onderverdeeld in enkele en dubbele plunjer-mechanismen.

Compressor met vaste tuimelschijf

Door een roterende draaiende schijf die onder een vaste schuine hoek is geplaatst zullen de zuigers een heen- en weergaande beweging maken. De zuigers zitten door middel van kogelkoppelingen vast aan de schijf. In de ruimte boven elke zuiger bevinden zich twee d.m.v. een schotelveer belaste kleppen. Een zuig- en een persklep. Door de 'neergaande' beweging zorgt de onderdruk voor het openen van de zuigklep en de 'opwaartse' beweging zorgt ervoor dat het koudemiddel door de persklep wordt weggeperst (fig. 5).

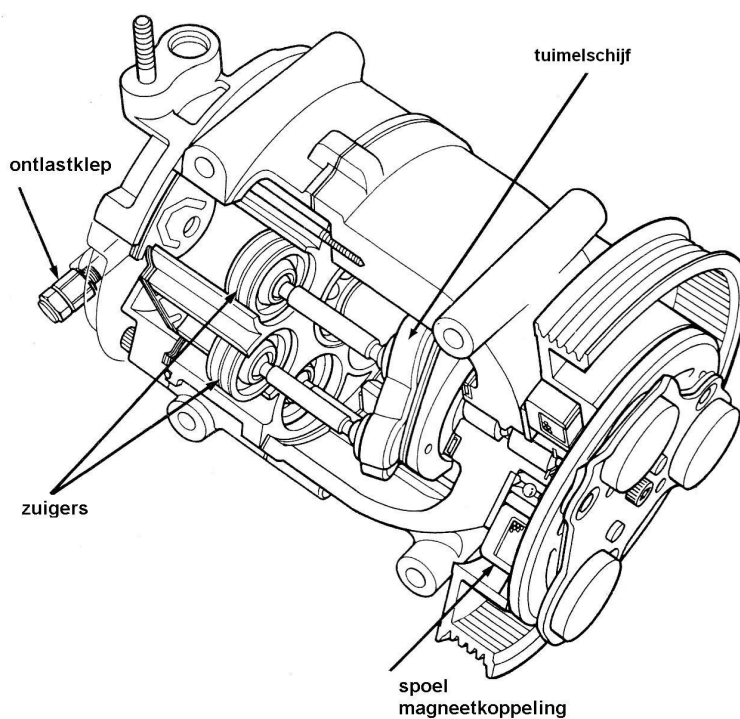
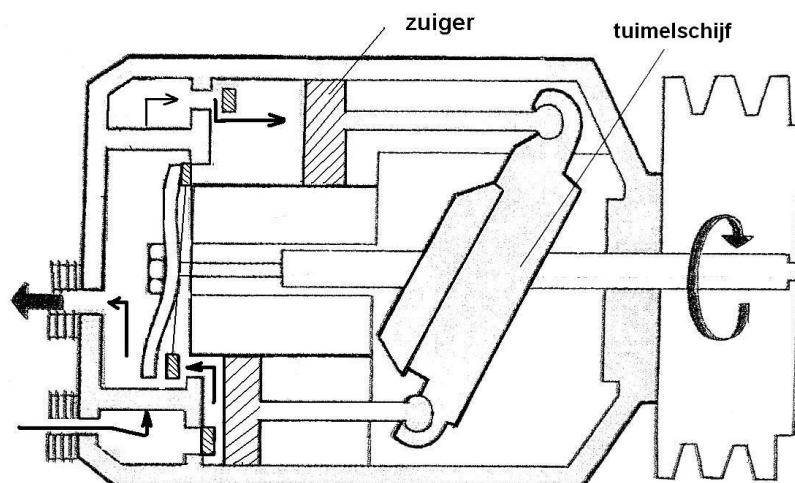


Fig. 5 Boven: het principe van een tuimelschijfcompressor (bron?). Onder: een opengewerkte tekening van een 7-cilinder Honda compressor met vaste slag .

Tuimelschijfcompressoren kunnen ook met dubbele zuigers worden uitgevoerd. Fig. 6 laat een 2 x 5 cilinder Nippondenso compressor zien. Zowel aan de voorzijde als de achterzijde van de tuimelplaat is een zuiger geplaatst. De werking is gemakkelijk uit de figuren af te lezen.

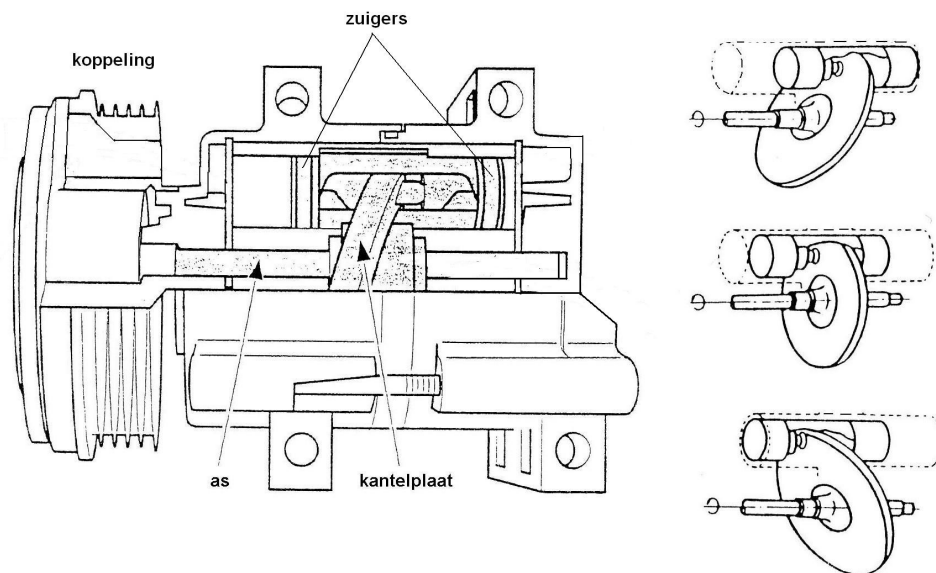


Fig. 6 Een tuimelschijfcompressor bestaande uit 2 x 5 zuigers (bron?)

Een compressor met een vaste stand van de tuimelschijf heeft een vaste slag en verplaatst een vast volume per omwenteling. De opbrengst hangt dus uitsluitend af van het toerental van de compressor. Voor het regelen van de opbrengstbehoefte kan de compressor alleen in- of uitgeschakeld worden. Een aantal problemen zullen duidelijk zijn:

- Bij het inschakelen zal het volle compressorvermogen van de verbrandingsmotor worden gevraagd. Vooral bij kleine motoren zal dit duidelijk merkbaar zijn;
- De plotselinge inschakeling geeft een grote mechanische belasting;
- Het airco-systeem is minder goed regelbaar, waardoor variatie in de temperatuur van de gekoelde lucht kan optreden;
- Er moeten extra veiligheidscomponenten worden gemonteerd.

Wanneer het compressortoerental hoger wordt bij constante leidingweerstand (in dit geval een vaste opening van het thermostaatventiel) zal de persdruk in het systeem oplopen en meer koudemiddel de verdamper passeren waardoor de temperatuur lager wordt en dichtvriezen van de verdamper mogelijk wordt. Er zit niets anders op om de compressor uit te schakelen. Een thermostaat- of indirect een drukschakelaar zorgt er dan voor dat de compressor wordt uitgeschakeld.

Compressor met variabele opbrengst, interne regeling en magneetkoppeling

De genoemde nadelen kunnen worden opgevangen door een compressor met variabele opbrengst toe te passen. Dit kan worden gerealiseerd door de slag van de zuigers in te stellen. Om de slag van de zuigers te variëren wordt de hoek van de tuimelschijf instelbaar gemaakt. Hoe groter de hoek, hoe groter de slag en hoe hoger de opbrengst (fig. 7).

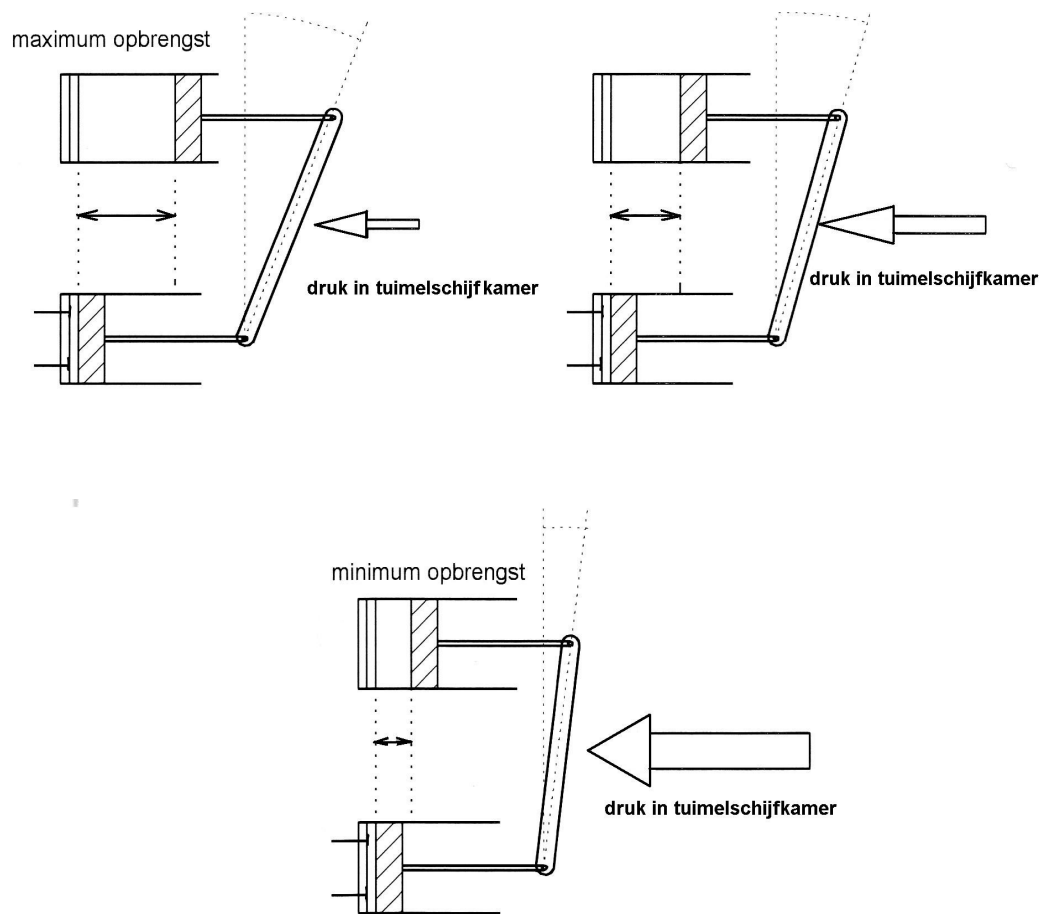


Fig. 7 Door de hellingshoek van de tuimelplaat te variëren verandert de opbrengst. Hoe groter de druk in de carteruimte van de compressor, hoe kleiner de opbrengst.

De opbrengstregeling van de compressor geschiedt automatisch. De zuigdruk dient als regelgrootte waarbij men de zuigdruk constant probeert te houden. Immers bij een te kleine opbrengst zal de temperatuur oplopen en derhalve de zuigdruk stijgen. De luchtuitblaasttemperatuur van de verdampers blijft nu vrijwel constant. De compressor is hiervoor uitgevoerd met een regelventiel. Het regelventiel staat in verbinding met de hoge- resp. -lagedrukzijde om de regeldruk in het carter te kunnen instellen. Tevens wordt de lagedruk gebruikt als meetdruk. Het carter of de tuimelschijfkamer kan afhankelijk van de zuigdruk meer of minder met 'hoge druk' worden gevuld waardoor de hoek van de schijf zich aanpast. Fig. 8 geeft de doorsnede van een dergelijke compressor.

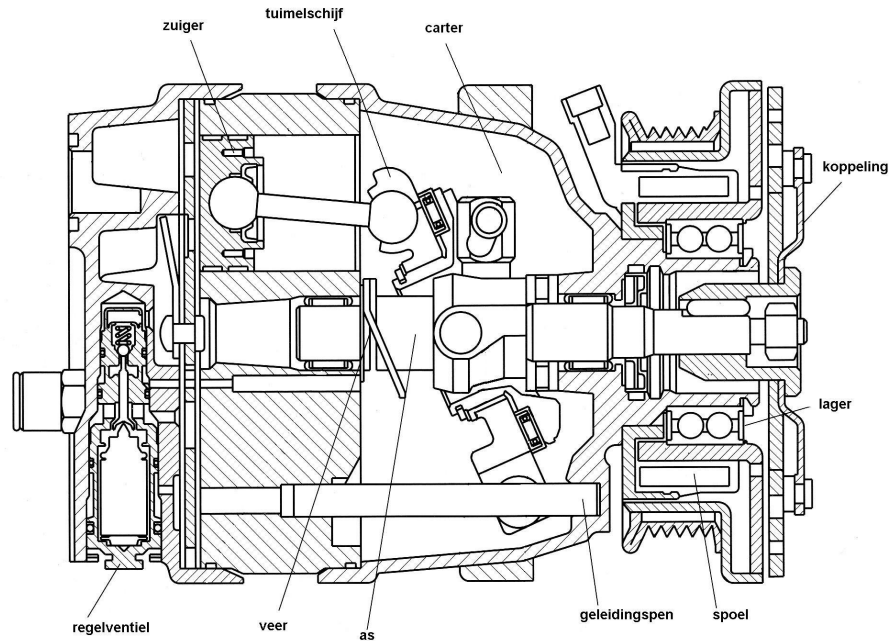


Fig. 8 Compressor met variabele opbrengst. Het regelventiel brengt de verbinding tot stand met het carter (tuimelschijfkamer) en de hogedruk- of de lagedrukkant van de compressor. Dit hangt af van de gemeten zuigdruk (tekening: Delphi Diavia)

Verantwoordelijk voor de stand van de tuimelschijf is de verhouding van de druk in het carter en de som van de afzonderlijke drukniveaus in de compressieruimten van de compressor. Het resulterende draaimoment doet de tuimelschijf kantelen (fig. 9).

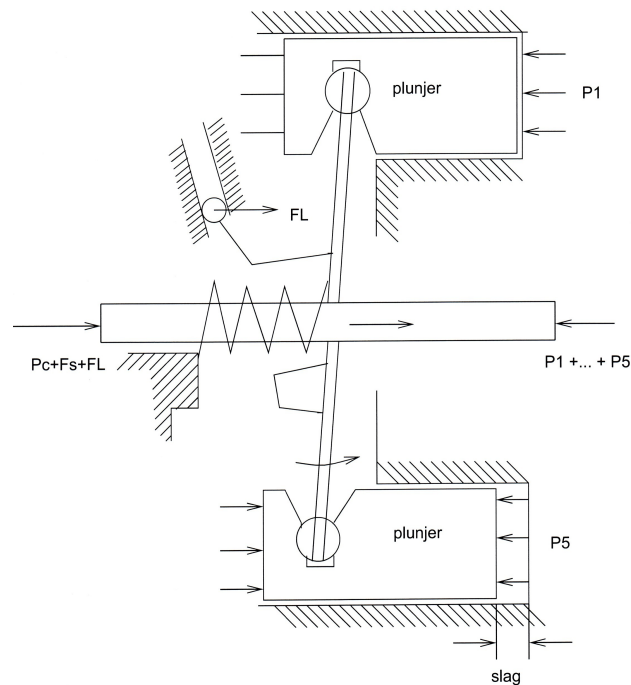


Fig. 9 Wanneer de druk P_c groter wordt dan komt de plaat meer rechtop te staan en wordt de opbrengst verkleind.

De druk P_c is afgeleid van de persdruk (P_d) en is de druk in de tuimelschijfkamer achter de plunjers. P_1 t/m P_5 is de druk op de plunjers bij een 5-cilinder compressor. F_s is de veerkracht van de veer achter de tuimelschijf. F_L is de reactiekracht van de aandrijfplaat. Wanneer nu de druk P_c wordt vergroot dan wordt de kracht aan de linkerkant groter dan de kracht veroorzaakt door P_1 t/m P_5 . De onderste zuiger zal dan naar rechts bewegen, waardoor de plaat meer rechtop komt te staan en de opbrengst verkleint. Omgekeerd wanneer de druk P_c wordt verkleind dan zal de onderste zuiger naar links bewegen waardoor de plaat schuiner komt te staan. De opbrengst wordt dan vergroot. Het regelventiel zorgt er voor dat als de druk stijgt aan de zuigzijde dat de pompopbrengst wordt vergroot door de druk P_c in de kamer te verlagen.

Werking van het regelventiel

Situatie: Opbrengst vergroten (fig.10)

Wanneer de koelcapaciteit afneemt dan wordt de temperatuur aan de zuigkant hoger en de zuigdruk groter. De zuigdruk komt bij de balg binnen. Deze elastische capsule wordt ingedrukt waardoor de kogelklep Y sluit en de klep X opent. De opening staat nu in verbinding met het carter. De druk in de tuimelschijfkamer zal ontsnappen naar de lagedrukkant (zuigzijde) waardoor de tuimelschijf schuiner komt te staan. Hierdoor zal de compressoropbrengst groter worden en de koelcapaciteit worden vergroot.

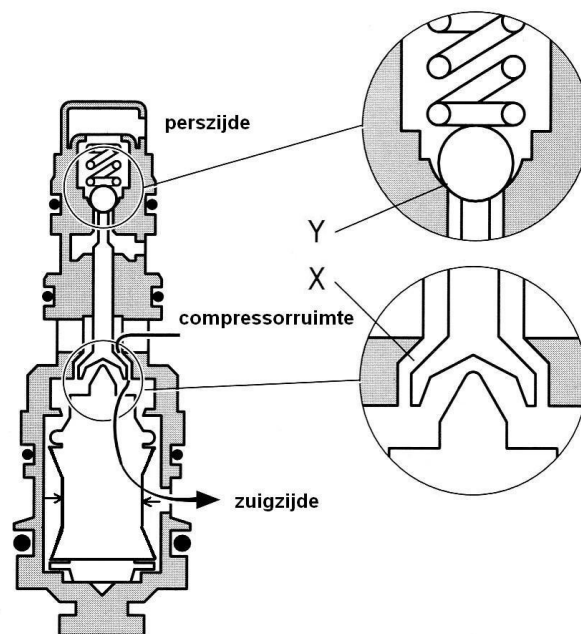


Fig. 10 Regelventiel van de compressor met variabele slag in de situatie opbrengst vergroten (Delphi Diavia)

Situatie opbrengst verkleinen (fig. 11)

Wanneer de koelcapaciteit toeneemt dan wordt de zuigdruk kleiner. De zuigdruk wordt minder en het volume van de balg wordt groter waardoor de opening X sluit en de kogelklep Y opent. Gas onder hogedruk komt binnen, gaat via de kogelklep Y en de opening naar het tuimelschijfhuus. Hierdoor gaat de tuimelschijf rechtop staan. De pompopbrengst wordt dan minder en de koelcapaciteit kleiner.

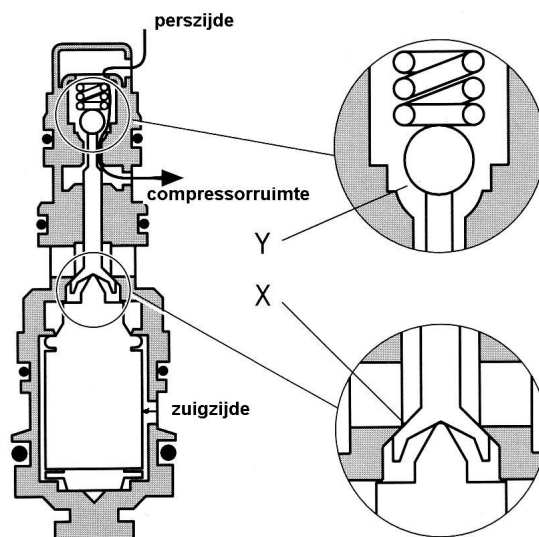


Fig. 11 Regelventiel van de compressor met variabele slag, in de situatie opbrengst verkleinen (Delphi Diavia).

Te onthouden:

Het regelventiel verandert de druk in de tuimelschijfkamer. Het drukverschil dat ontstaat t.o.v. van de druk in de compressieruimten, veroorzaakt een kanteling van de tuimelschijf waardoor de opbrengst van de pomp verandert. De grootte van de slag wordt geregeld door de druk in het lagedrukgedeelte van het airco-systeem. Compressoren met variabele slag (opbrengst) worden meestal niet met een thermostatschakelaar op de verdamper uitgevoerd. De inlaatdruk wordt bij deze compressoren op 2 bar gehouden.

Extern geregelde compressoren zonder magneetkoppeling

Bij de extern geregelde compressor wordt het regelventiel niet door de zuigdruk gestuurd maar door een computergestuurde PWM-magneetklep (regelstroom tussen de 100 en 600 mA). De zuigdruk blijft echter in het regelproces een rol spelen. De airco-computer ontvangt diverse signalen zoals de gewenste airco-mode (ontvochtigen, koelen), de gewenste resp. de werkelijke temperatuur en de buitentemperatuur. Uit deze gegevens berekent de computer de gewenste instelling van het regelventiel en derhalve de opbrengst van de compressor. Indien gewenst kan nu ook de zuigdruk variëren. In de praktijk ligt de zuigdruk tussen de 1,0 en 3,5 bar. Een lage zuigdruk biedt als voordeel een verbeterde koelcapaciteit bij een laag compressortoerental. Een hogere zuigdruk dan gemiddeld bij lage warmtebelasting zal een efficiëntere werking dus een lager brandstofverbruik opleveren. De zware magneetkoppeling kan nu ook verdwijnen. Dit scheelt ongeveer 1 kg aan gewicht. In de meeste gevallen is de koppeling wel uitgevoerd met een trillingsdemper en een slipmechanisme.

Het vergroten van de opbrengst (fig.12)

Een grotere stuurstroom naar het regelventiel zorgt ervoor dat de doorgang van de hogedrukkamer naar het carter wordt gesloten. De variabele opening biedt voldoende ruimte om ook het drukverhogende lekgas langs de pluniers via de zuigdrukkamer af te voeren. Hierdoor zullen de druk in het carter (P_c) en de zuigdruk P_s zich egaliseren waardoor de tuimelschijf in de positie voor maximale opbrengst gaat staan.

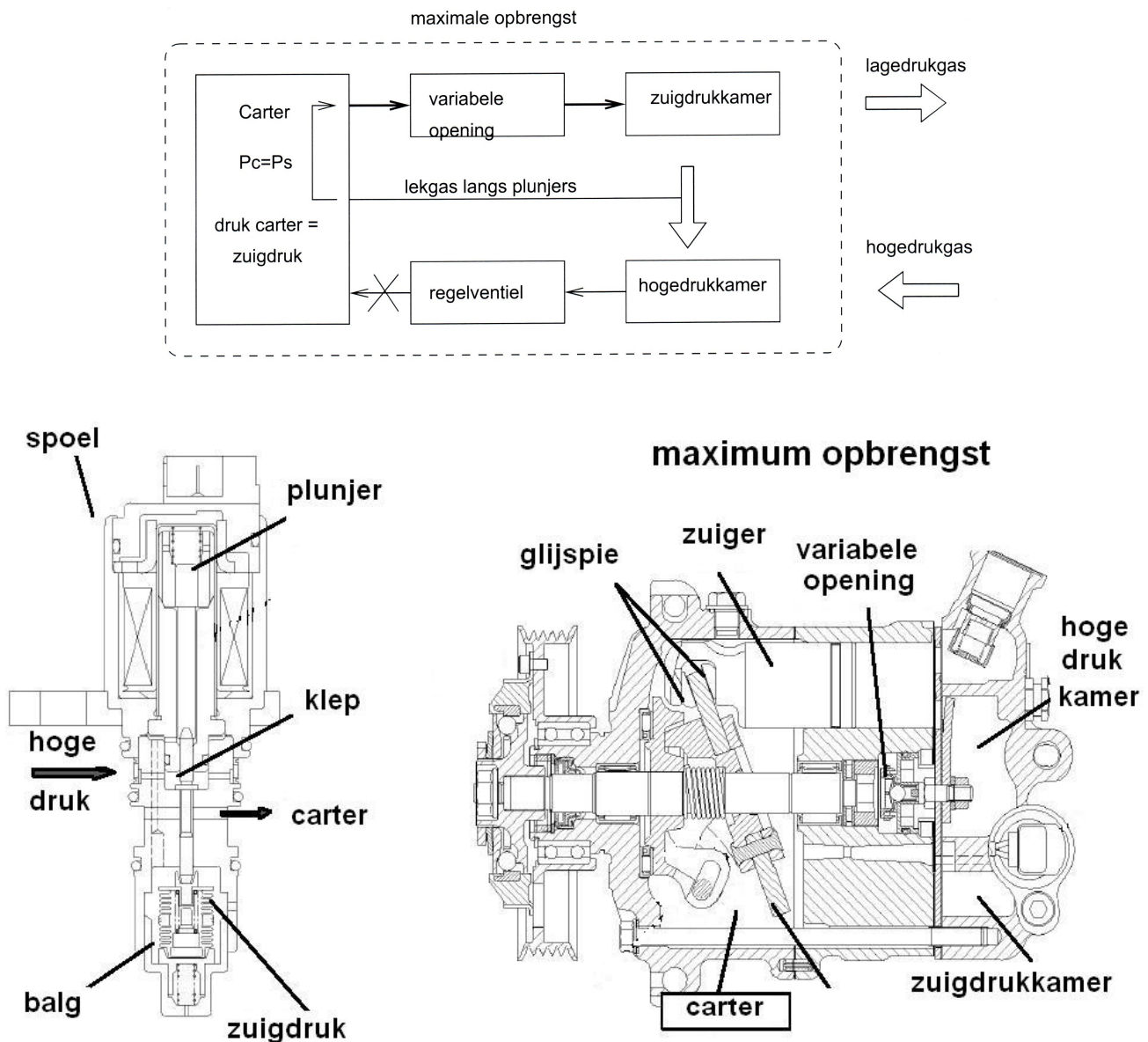


Fig. 12 Door de regelklep te sluiten wordt de verbinding met de hogedrukkamer afgesloten. De druk in het carter kan dan via de variabele opening naar de zuigrukkamer ontsnappen. De tuimelschijf komt schuiner te staan en de opbrengst vergroot. (Sanden)

Het verkleinen van de opbrengst (fig. 13)

Het verkleinen van de opbrengst gebeurt door de druk in het carter te vergroten. Het regelventiel opent en brengt daardoor de verbinding tussen het carter en de hogedrukkamer tot stand. Het regelventiel is voorzien van een balg die onder invloed van de zuigdruk staat. Hierdoor verandert het instelpunt van het regelventiel. De stuurstroom naar het regelventiel werkt dus samen met de instelling van de balg. De kleine variabele opening zorgt voor een geringe doorstroom van het koudemiddel naar de zuigrukkamer.

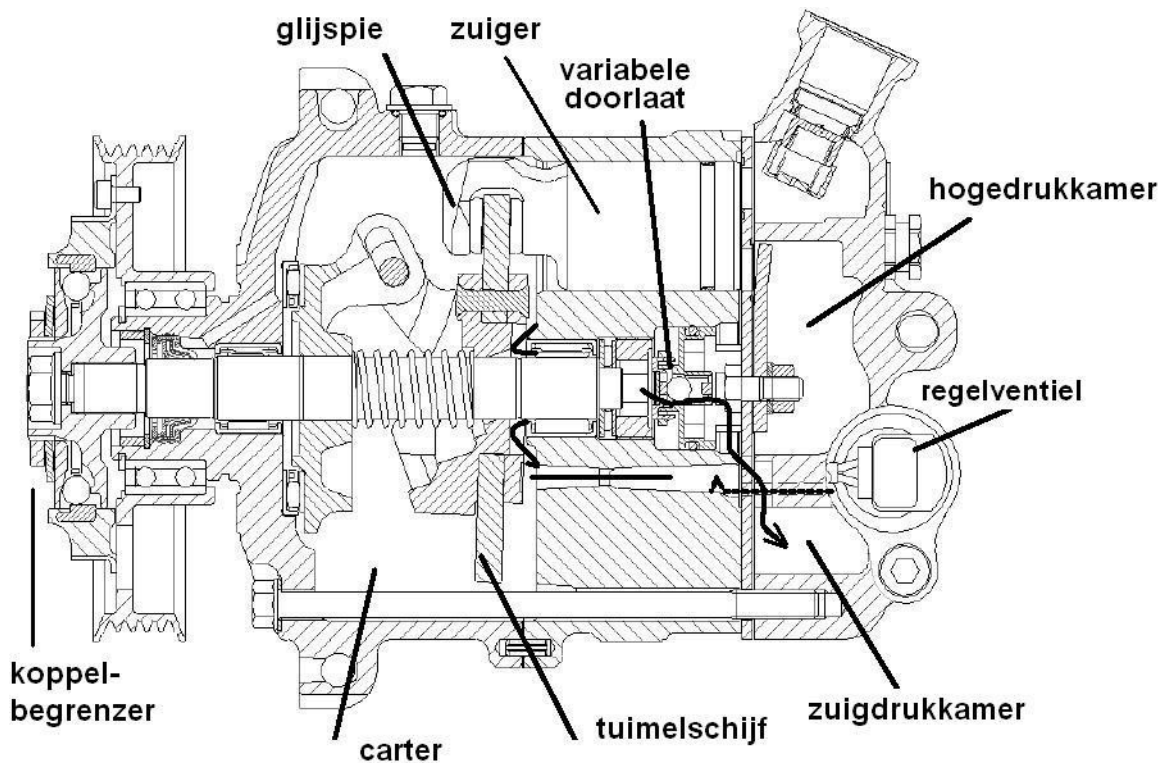
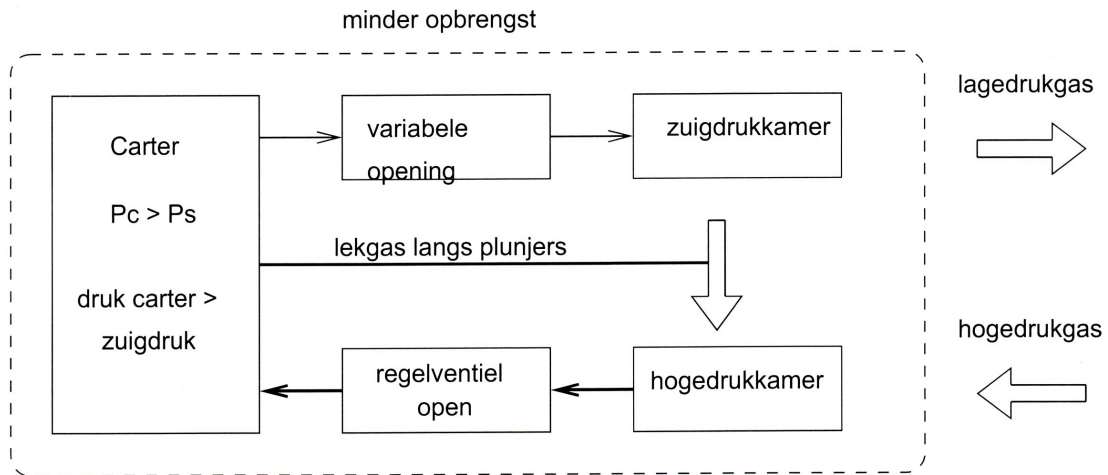


Fig. 13 Regeling naar de stand 'minder opbrengst'. Het regelventiel is geopend en de verbinding tussen het carter en de hogedrukkamer is tot stand gebracht. De tuimelschijf gaat rechtop staan. Via de variabele doorlaat kan nog een geringe hoeveelheid gas ontsnappen naar de zuigrukkamer (Sanden).

Theoretische achtergronden

PV-diagram van een compressor

De ideale werkcyclus van een compressor geeft fig. 14 weer. Van 1 naar 2 geeft de lijn de compressie weer van de damp. De zuiger beweegt van het ODP naar het BDP. De zuig- en persklep zijn gesloten. Wanneer de druk P_2 wordt bereikt (= de condensordruk) opent de persklep en het koudemiddel verlaat de compressor met een constante druk (lijn 2-3). Wanneer de zuiger punt 3 bereikt (BDP) keert de beweging om, de zuiger beweegt in de richting van het ODP. De aanzuigklep opent nog niet omdat een hoeveelheid restgas onder een druk P_2 in de compressieruimte (niet effectieve ruimte) is overgebleven. Wanneer door de neergaande beweging van de zuiger (traject 3-4) de druk in de cilinder op een waarde P_1 is gekozen (= druk in de aanzuigleiding) opent de aanzuigklep en het gas vult de cilinder onder een gelijkblijvende druk volgens de lijn 4-1. Hierna herhaalt het proces zich.

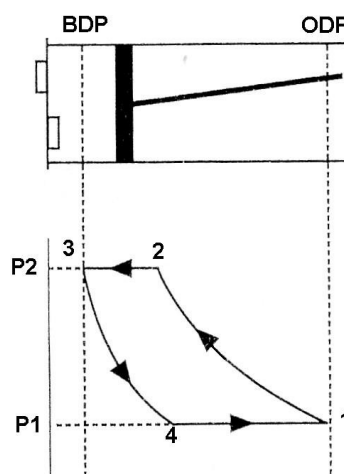


Fig. 14 Het PV-diagram (kringloopproces) van een compressor (bron?)

Pompcapaciteit

De pompcapaciteit ligt in de orde van grootte van zo'n 100 cm^3 per omwenteling. We denken dan aan een 5-cilinder compressor met een boring en slag van $35 \times 28 \text{ mm}$ per cilinder. Het gewicht van een compressor bedraagt ongeveer 15 kg. Compressoren zijn i.v.m. het smeermiddel en de afdichtmaterialen geschikt voor een bepaald soort koudemiddel. Compressoren kunnen zijn uitgevoerd met een flens of een wartelaansluiting. Er zal altijd verlies van koudemiddel in de compressor optreden. In de meeste gevallen is dit verlies zo weinig dat het met de werkplaats-lekdetectie apparatuur niet te meten valt. Het toerental van de compressor is vrijwel gelijk aan het motortoerental (500 - 6000 t/min.) Ter informatie enige gegevens van de Harrison V5-compressor met variabele opbrengst:

- Aantal cilinders 5;
- Min. / Max. Slagvolume $9,8 / 151 \text{ cm}^3$;
- Hoeveelheid compressorolie 265 cm^3 ;
- Maximum toerental 7500 t/min.

Beter is het om de pompcapaciteit uit te drukken in de warmtecapaciteit, uitgedrukt in kJ/h. De warmtecapaciteit geeft dan aan hoeveel warmtetransport er per uur kan plaatsvinden (fig. 15).

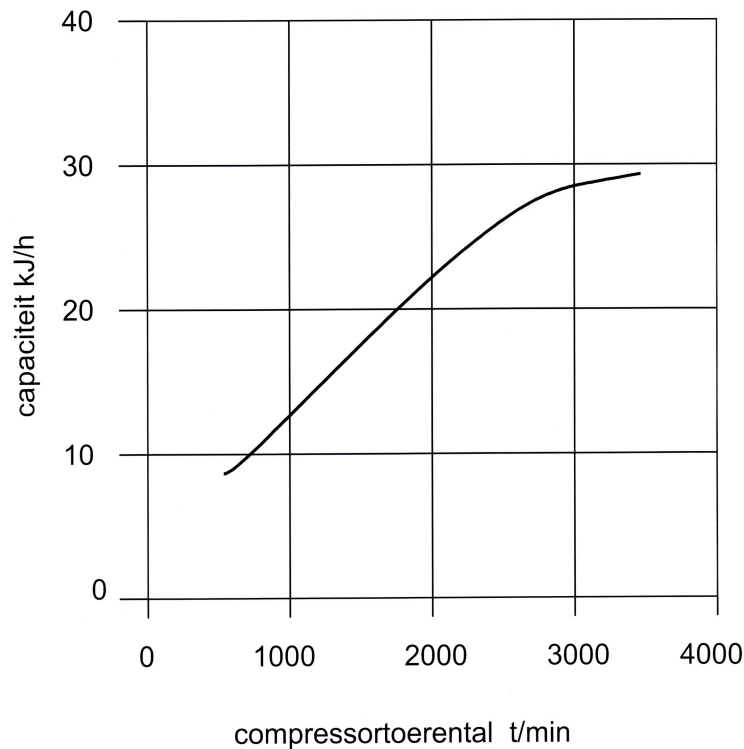


Fig. 15 De warmtecapaciteit in kJ/h van een gemiddelde personenauto-compressor.

Voorbeeld berekening

Wanneer de compressor 3000 t/min maakt dan zal er per minuut $3000 \times 0,1 \text{ dm}^3 = 300$ liter koudemiddel worden rondgepompt. We gaan dan uit van de eerder aangenomen 100 cm^3 . In de slang met een inwendige diameter van 15 mm bedraagt de stroomsnelheid volgens de continuïteitsformule:

$$V = v \times A$$

$$0,300 / 60 \text{ (m}^3\text{/s)} = v \text{ (m/s)} \times 0,785 \times 0,0152 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$v = 28,3 \text{ m/s}$$

Het compressor-vermogen en koppel

Het door de compressor opgenomen vermogen hangt af van het toerental. De grafiek van fig.16 geeft het opgenomen vermogen weer van twee verschillende compressoren. De testcondities zijn constant gehouden, te weten:

- zuigdruk 1,86 bar
- persdruk 15,5 bar

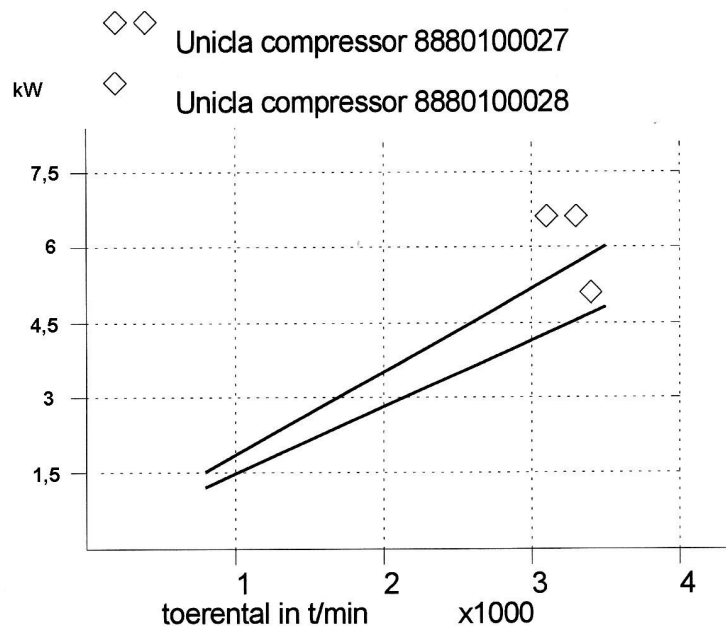


Fig. 16 De relatie tussen vermogen en toerental van twee compressoren (Unicla)

Vanuit het vermogen kunnen we het benodigde koppel (nodig om een magneetkoppeling te bepalen) uitrekenen. Omgekeerd kan vanuit de magneetkoppeling de compressor worden bepaald.

Voorbeeld

De magneetkoppeling van een compressor is zo ontworpen dat een statisch koppel van 35 Nm kan worden overgebracht. De fabrikant heeft een koppelreserve van 40% in acht genomen.

Gevraagd: Hoeveel bedraagt het opgenomen vermogen van de compressor wanneer deze 2400 t/min draait?

Oplossing:

$$140 \% = 35 \text{ N/m}$$

$$100 \% = 5/7 \times 35 \text{ N/m} = 25 \text{ N/m}$$

$$P = M \times 2 \pi \times n \text{ waarin:}$$

- P = vermogen in Watt
- M = koppel in N/m
- n = toerental in omw/s

Ingevuld:

$$P = 25 \text{ Nm} \times 6,28 \times 2400/60 \text{ omw/s}$$

$$P = 6280 \text{ Watt}$$

Het koudemiddel en smeermiddel

Het koudemiddel dient als transportmiddel voor de warmte. Er moet warmte vanuit de ene plaats (interieur) worden opgenomen en op een andere plaats (buitenlucht) weer worden afgestaan.

Bekende koudemiddelen zijn:

- Ammoniak (R717) is nog steeds het meest gebruikte koudemiddel.
- De CFK's (Chloor-Fluor- Koolwaterstoffen) bijv. R12.
Groot nadeel: CFK's tasten de ozonlaag aan en worden derhalve mede verantwoordelijk geacht voor de toename van de schadelijke UV-straling. CFK's zijn om die reden per 1 jan. 1995 verboden.
- De HFK's (Halogene-Fluor-Koolwaterstoffen) bijv. R134a.
- In 1992 werd het koelmiddel R134a geïntroduceerd. Het bevat geen chloor en tast de ozonlaag niet aan. Wel worden ze momenteel mede verantwoordelijk geacht voor de toename van het broeikaseffect.

R12

Het R12 koudemiddel dat jaren geleden veel werd gebruikt in auto-airco installaties was opgebouwd uit koolstofatomen (C), uit chlooratomen (Cl) en fluoratomen (F). Scheikundig: CCl_2F_2 . Internationaal is men tot afspraken gekomen om de koudemiddelen te rubriceren.

- R betekent Refrigerant;
- Het eerste cijfer geeft het aantal koolstofatomen aan - 1, maar wordt weggelaten wanneer het antwoord 0 is;
- Het tweede cijfer geeft het aantal waterstofatomen (H) + 1;
- Het derde cijfer geeft het aantal F-atomen.

Dus: R12 (CCl_2F_2)

- 1 C atoom (cijfer 0 weggelaten);
- 0 H atomen (cijfer 1);
- 2 F atomen (cijfer 2);
- 2 Cl atomen (niet genoemd).

R12 behoort bij de CFK's, de chloorfluorverbindingen ook aangeduid als CFK12. Freon als algemene handelsnaam voor koudemiddelen is door de fabrikant De Pont USA ingevoerd.

R134a

Gezien de schadelijke invloed van R12 op het milieu is deze CFK sinds 1 januari 1995 verboden en vervangen door het veel minder schadelijke koudemiddel R134a. Hier treffen we ook een kleine letter 'a' aan. Hiermee duidt men verschillen aan die ontstaan doordat verschillende chemische structuren andere eigenschappen hebben maar wel hetzelfde aantal atomen bezitten. Uit het koudemiddel R134a zijn de chlooratomen verwijderd en zijn er waterstofatomen (H) ingevoerd. We spreken van een HFK, ook HFK134a. Door de gewijzigde chemische samenstelling zijn ook de praktische eigenschappen van R12 en R134a verschillend. Het chloorvrije koudemiddel HFK134a met de chemische formule ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$) en de chemische naam tetrafluorethaan heeft verschillende handelsnamen. AKZO spreekt van Demeon D en DU PONT van SUVA Cold MP. Enige belangrijke eigenschappen: (zie tabel fig. 17 voor details)

- Kookpunt bij 1013 mbar (atm. druk): -26,5° C;
- Kritische temperatuur: 100,6° C;
- Kritische druk: 40,6 bar.

Zowel R12 als R134a zijn niet brandbaar en zeer weinig giftig. Het kookpunt en condensatiepunt van R134a liggen iets hoger.

Chemische gegevens	Tetrafluorethaan: CH ₂ FCF ₃ - R134a. Fluorkoolwaterstof - HFK of HFA.
Natuurkundige toestand	Vloeibaar of gasvormig/vloeibaar en gasvormig.
Kleur	Kleurloos.
Geur	Enigszins etherachtig.
Vriespunt bij 1 bar	-101°C.
Kookpunt bij 1 bar	-26,5°C.
Kritische druk	40,56 bar.
Kritische temperatuur	100,6°C.
Latente warmte bij -26,5°C	217,1 kJ/kg.
Soortelijke massa (vloeibaar) bij 25°C	1,21 kg/liter.
Soortelijke massa in gasvormige toestand	Ongeveer 5 keer zwaarder dan lucht.
1 kg in vloeibare toestand onder 1 bar	Neemt in gasvormige toestand 200 liter in beslag.
Thermische ontleding	Als de vloeistof wordt blootgesteld aan extreem hoge temperaturen die bij normaal gebruik niet voorkomen.
Bij ontleding vrijkomende gevaarlijke stoffen	Waterstofhalogeniden, sporen van carbonylhalogenen.
Gevaarlijke reacties	Met alkali- en aardalkalimetalen en met poedervormige metaalzouten.
Ontvlambaarheid	Om een brandbaar mengsel te vormen met lucht (zuurstof) moet de druk hoger zijn dan de atmosferische druk en moet de concentratie lucht in het mengsel minimaal 60% bedragen.
Toxicologie	Bij een geringe concentratie een lichte toxiciteit.
Bijzonderheden t.a.v. het milieu	Tast de ozonlaag niet aan, beperkte bijdrage aan het broeikas-effect.
Opslag	Bewaar de vloeistof hermetisch afgesloten in een droge, koele en goed geventileerde ruimte.
Werkzaamheden met de vloeistof	Voer deze uit in een geventileerde ruimte en bescherm de ogen en handen met resp. een veiligheidsbril en handschoenen.

Fig. 17 De voornaamste eigenschappen van het koudemiddel R134a

Met de nodige voorzichtigheid mag men stellen dat ombouw van R12 naar R134a wel mogelijk is (Retrofit). Men dient dan tenminste:

- Met een spoelproces de minerale olie te verwijderen;
- De filter/droger te vervangen;
- De compressor met een moderne synthetische olie (PAG) olie te vullen.

Smeerolie voor compressoren

Omdat de compressor moet worden gesmeerd wordt aan het koudemiddel olie toegevoegd. Behalve de smerende eigenschappen zorgt de olie ook voor afdichting en geluiddemping. De compressor wordt in eerste instantie met olie gevuld en de smering wordt verkregen door een soort nevelsmering (fig. 18)

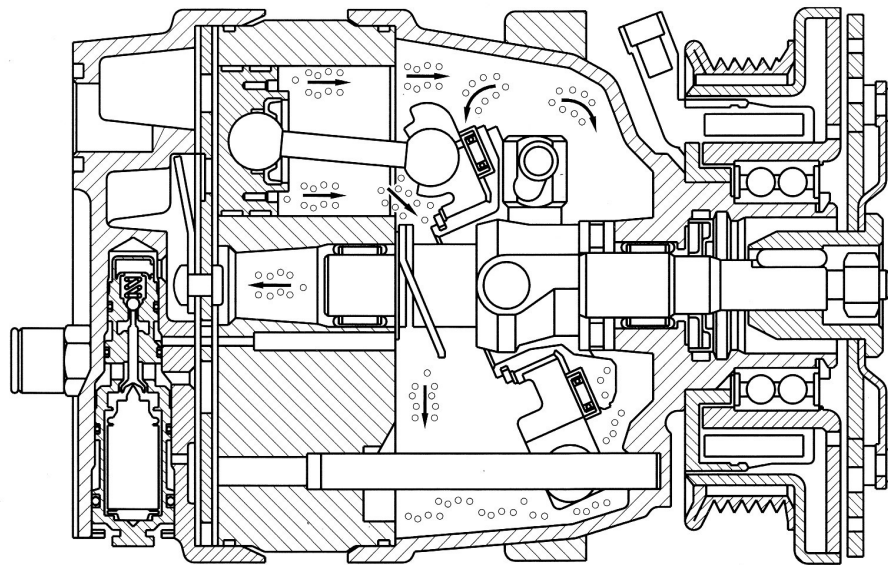


Fig. 18 Smering van de V5 Delphi Harrison compressor (Delphi Diavia).

De olieniveau zal ook bij de pluniers terechtkomen en vandaar door het koudemiddel worden meegenomen naar de rest van het systeem. Tijdens de condensatie zal zich een mengsel vormen van koudemiddel en olie in vloeistofvorm. Na de verdamping wordt de olie weer in nevelvorm door de compressor aangezogen. Er blijft echter overal een weinig olie achter. Bij de oude R12-systemen werd een minerale smeerolie toegepast. Bij de R134a zijn nieuwe synthetische oliën ontwikkeld de zgn. PAG-oliën (= polyalkyleen glycol) met als belangrijkste nadeel dat deze oliën veel meer vocht aantrekken. Het meest belangrijke (praktische) verschil is dat R134a niet gebruikt kan worden met de conventionele minerale compressor-olie. Minerale olie bevat bijv. bij verzadiging 100 ppm vocht en de synthetische olie ten minste 1000 ppm. De olie kan op verschillende manieren worden ingebracht. De methode hangt af van de manier waarop het systeem de olie is kwijgeraakt. Nieuwe compressoren zijn bijv. in de meeste gevallen al met olie gevuld. Zonder het systeem te legen is het niet goed mogelijk om vast te stellen hoeveel koudemiddel en olie in het systeem aanwezig zijn. In geval van reparatie bijv. bij het vervangen van een verdamper zal er enige olie verloren gaan. De fabrikant geeft meestal aan hoe de verdeling in het systeem is. Men stelt wel:

- compressor ca 50%;
- condensor ca 10%;
- flexibele zuigleiding ca. 10%;
- verdamper ca 20%;
- filter/droger ca 10%.

Fig. 19 geeft in een tabel de inhoud en weer van diverse koelcircuits van enige Peugeot modellen.

GEGEVENS EN INHOUDEN KOUEMIDDELCIRCUITS

Model	Uitvoering	Type compressor	R134a (g)	R12 (g)	Type olie	Hoeveelheid olie (cm³)
106		SD7V12	875 +/-25		SP10	135 +/-15
	TU5J4	SD7V12	775 +/-20		SP10	135 +/-15
	S2 TUD5	SD7V12	775 +/-20		SP10	135 +/-15
205	XU	SD7H15	675		SP20	135 +/-15
206	TU	SD7V12	685 +/-20		SP10	135 +/-15
	EW	SD7V16	650 +/-20		SP10	135 +/-15
	DW	SD7V16	700 +/-20		SP10	135 +/-15
305 / 309		SD508		800 / 900	LUNARIA-S	170 +/-15
306 N3	TU	SD7H13	900		SP20	135 +/-15
	TU / XU	SD7V12 / 16	900		SP10	135 +/-15
306 N5	TU / XU	SD7V12 / 16	725 +/-20		SP10	135 +/-15
307	EW	SD6V12	680 +/-25		SP10	135 +/-15
	DW	SD7V16	680 +/-25		SP10	135 +/-15
405		SD7H15	680		SP20	135 +/-15
		SD709		1100	LUNARIA-S	135 +/-15
406 (D8)		SD7V16	800		SP10	135 +/-15
	ES	SD7V16	750		SP10	135 +/-15
	XUD 7448 ➔	Delphi V5 (Harrisson)	750		UCON 488	265 +/-15
406 (D9)	XU	SD7V16	775 +/-20		SP10	135 +/-15
Coupé	EW	SD7V16	775 +/-20		SP10	135 +/-15
Coupé	ES9	SD7V16	750 +/-20		SP10	135 +/-15
Sed. /Br.	EW	SD7V16	625 +/-20		SP10	135 +/-15
Sed. /Br.	ES9	SD7V16	775 +/-20		SP10	135 +/-15
TT Diesel	DW	Delphi V5	625 +/-20		UCON 488	265 +/-15
505	Benzine	SD508		1000	LUNARIA-S	170 +/-15
	Diesel	SD510		900	LUNARIA-S	135 +/-15
605	TT	SD7V16	885		SP10	135 +/-15
	ES	SD7V16	875		SP10	135 +/-15
	DK5	SD7V16	850		SP10	135 +/-15
		SD709		1100	LUNARIA-S	135 +/-15
607		SD7V16	625 +/-20		SP10	135 +/-15
806		SD7V16	1000 +/-50		SP10	135 +/-15
Partner	TU	SD7 V12	875 +/-25		SP10	135 +/-15
	XUD	SD7V16	775 +/-25		SP10	135 +/-15
Expert		SD7V16	1000 +/-50		SP10	135 +/-15
Boxer	BESTEL enkel circuit	SD7H15	1000		SP20	135 +/-15
	COMBI dubbel circuit	SD7H15	1200		SP20	135 +/-15

Componenten	Type olie	Opslag	Onderdeelnr.
Compressors voor koudemiddel R12	LUNARIA-S (*)	125 ml	9735-H8
SANDEN-compressors met vaste cilinderinhoud voor koudemiddel R134a	SANDEN SP 20	40 ml 250 ml	9735.C8 9735.C6
SANDEN-compressors met variabele cilinderinhoud voor koudemiddel R134a	SANDEN SP10	40 ml 250 ml	9735.C5 9735.C4
DELPHI-HARRISSON type V5 compressors voor koudemiddel R134a	UCON 488	40 ml 250 ml	9979.41 9979.40
(*) gebruik geen LUNARIA-S in compressors voor koudemiddel R134a			

Fig. 19 De tabel geeft de inhouds weer van diverse koelcircuits van enige Peugeot modellen.

Vragen en opgaven

1. Wat zal het grootste voordeel zijn van een elektrisch aangedreven compressor?
2. Treffen we altijd een elektromagnetische koppeling aan bij de mechanisch aangedreven compressoren? Licht het antwoord toe.
3. Wat verstaan we onder een volumetrische compressor?
4. Welke twee roterende compressoren worden hier onderscheiden?
5. Wat kunnen we als de twee voornaamste onderdelen van de scrollcompressor beschouwen?
6. Bestaan er ook elektrisch aangedreven scrollcompressoren?
7. Hoe is de uitvoering van de in- en uitlaatkleppen van bijv. een zuigercompressor met krukas?
8. Maak een indeling van de genoemde typen tuimelschijf-compressoren.
9. Geef een aantal nadelen van een compressor met vaste opbrengst.
10. Beschrijf wat er warmtetechnisch zou kunnen gebeuren wanneer het toerental van een compressor met vaste opbrengst hoger wordt.
11. Op welke wijze wordt de variabele opbrengst verkregen bij een tuimelschijfcompressor?
12. Zal de compressor met variabele slag en interne regeling ook uitgevoerd moeten zijn met een magneetkoppeling? Verklaar het antwoord.
13. Zal de druk in de carterruimte van de compressor moeten worden vergroot of verkleind wanneer we minder opbrengst willen hebben?
14. Op welke druk reageert de compressor met variabele slag en interne regeling?
15. Wanneer de zuigdruk hoger wordt moet de opbrengst van de pomp worden vergroot. Verklaar dit.
16. Wat gebeurt er met de temperatuur en de druk aan de ingang van de compressor wanneer er meer koudemiddel wordt rondgepompt?
17. Op welke wijze wordt de zuigdruk 'gemeten' bij de compressor met interne regeling?
18. Waarom zou een extern geregelde compressor zonder magneetkoppeling kunnen worden uitgevoerd?
19. Hoe zou een extern geregelde compressor worden uitgezet?
20. Bij een extern geregelde compressor moet altijd een kleine hoeveelheid koudemiddel blijvend worden rondgepompt. Waarom?
21. Waarom houdt men bij de extern geregelde compressor de zuigdruk niet altijd constant?
22. Hoe is de stand van het regelventiel van de extern geregelde compressor wanneer de opbrengst moet worden verkleind?
23. De extern geregelde compressor leent zich goed voor computer-diagnose. Waarom?
24. Welke beveiligingskleppen/schakelaars kunnen zich op de compressor bevinden?
25. Beschrijf wat er gebeurt in het traject 2-3 en 4-1 van de grafiek in fig. 14.
26. Welke relatie geeft de continuïteitsformule weer?
27. Welke formule beschrijft de relatie tussen koppel en vermogen?
28. Waarom mag het koudemiddel R12 niet meer worden gebruikt?
29. Waar bevindt zich het smeermiddel in het systeem?
30. Wat voor een type smeermiddel wordt toegepast in compressoren werkend met R134a?
31. Waarom moet tijdens een reparatie de tijd dat systeem 'open' ligt zo kort mogelijk worden gehouden?