

Udvikling af demonstrations- og modulopbygget vandkøleaggregat med NH_3 som kølemiddel

Allan Aslai-Sørensen
Christian Berg AS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
INDLEDNING	11
1 PROJEKTINDHOLD	13
1.1 INDDDELING I FASER	13
2 PROJEKTETS GENNEMFØRELSE	15
2.1 SYSTEMANALYSE OG VALG AF KOMPONENTER	15
2.1.1 Løsningsforslag	16
2.2 VALGT ANLÆGSOPBYGNING	17
3 KOMPONENTVALG	19
3.1 KOMPRESSORVALG	19
3.2 FORDAMPER	20
3.3 KONDENSATOR	20
3.4 STÆNKUDSKILLER	21
3.5 OLIESYSTEM	21
3.6 HØJTRYKSSVØMMER	24
3.7 ØVRIGE KOMPONENTER	25
3.8 RESULTATFORSØG	26

Forord

Nærværende rapport beskriver projektet "Udvikling af demonstrations- og modulopbygget vandkøleaggregat med NH₃ som kølemiddel".

Rapporten er en kortfattet gennemgang af de tekniske analyser, beregninger og forsøg, der er gennemført i projektet samt en kort beskrivelse af udviklede aggregater.

Formålet med projektet er at finde frem til et modulopbygget aggregat, som benytter et naturligt kølemiddel, der kan benyttes til udskiftning af eksisterende HCFC- og CFC-anlæg.

Projektet er økonomisk støttet af Miljøstyrelsen.

Projektets organisation består af følgende:

Christian Berg AS

- Allan Aslai-Sørensen (projektleder)
- Gert Borlund (montage)
- Jan Sørensen (el/automatik)

Innotek (automatik)

- Lars Hansen

Cooling Consult A/S (rådgiver)

- Per Skærbæk

Der skal fra projektlederens side rettes en tak til projektgruppen samt naturligvis til Miljøstyrelsen.

Allan Aslai-Sørensen
Christian Berg AS

Januar 2008

Sammenfatning og konklusioner

Denne rapport beskriver design, opbygning og test af et modulopbygget prototype vandkøleaggregat med NH_3 som kølemiddel.

I forbindelse med restriktionerne i anvendelse af HFC, er interessen øget for brugen af ammoniak som kølemiddel, da det er et gennemprøvet, naturligt kølemiddel og ikke arbejder med de store tryk, som er gældende for kuldioxid.

Der vil blive taget udgangspunkt i modulanlæg, f.eks. 200-400-600 kW opbygget med/for varmegenvinding, og i et koncept som tilstræbes at kunne anvendes både som vand/vand med separat væskekøler og med integreret væskekøler, for placering i det fri.

Målet er en så stor COP-værdi som muligt. Sammenholdt med valg af et kompakt anlæg med meget små fysiske mål, vil der finde en afvejning sted omkring tør ekspansion/oversvømmet system.

Yderligere bør anlægget have et servicebehov, der ikke adskiller sig væsentligt fra det, der kendes fra HFC anlæggene. Dette vil stille krav om et automatisk oliebehandlings- og tilbageføringssystem fra lavtrykssiden af anlægget, hvor der tages behørigt hensyn til særlige problematikker med olie i ammoniak-anlæg.

Der er i projektet gennemført en række teoretiske analyser af forskellige systemløsninger, og der er afslutningsvist opbygget en prototype, der er testet efter gældende standard.

Den gennemførte prøvning af aggregatet viser en COP i henhold til normal standard, som ligger på ca. 5.0, hvilket ikke umiddelbart er tilfredsstillende. Men taget i betragtning, at det er en prototype, der efterfølgende bør optimeres, må resultatet betragtes som værende relativt fornuftigt.

Forbedringsforslag:

- Større fordamper (højere sugetemperatur)
- Anvendelse af frekvensomformere til kapacitetsregulering.

En samlet opsummering på projektets resultater:

Det er i projektet lykkedes at konstruere en prototype med NH_3 som kølemiddel, der, såfremt de kommercielle forudsætninger (billigere komponenter) er til stede, med visse tekniske justeringer kan sættes i en egentlig serieproduktion.

Målet med et servicebehov, der er sammenligneligt med det kendte fra HFC-anlæggene, må siges at være nået, da det udviklede oliebehandlings- og retur-system fungerer efter hensigten.

Summary and conclusions

This project report describes design and test of a prototype chiller unit with NH_3 as refrigerant.

A module installation will be used as a starting point, e.g. a 200-400-600 kW installation built with/for heat recovery, which should be applicable both as water/water with separate water cooler and with integrated dry cooler, for outdoor placing.

We are aiming at the highest possible COP-value. The selection of a compact installation of very small physical dimensions will be taken into consideration, as will dry expansion / flooded system.

Furthermore the installation must have a need for maintenance which does not differ much from what is known from the HFC-installations. This will require an automatic oil handling and return system from the low pressure side of the installation, which is specifically suited for the problems which are common in connection with use of oil in ammonia installations.

During the course of the project, a number of system solutions were analysed and at the end of the project a prototype was built and tested.

The tests carried out on the unit show that the COP is 3.4-4.0, which is not immediately satisfactory. However, considering the fact that the chiller unit is a prototype which will be optimised at a later stage, the result obtained now is relatively reasonable.

Proposal for improvements:

- Improvement of the condenser in order to obtain a lower discharge temperature
- Evaporator with bigger surface (higher suction temperature)
- Usage of frequency converter for capacity regulation

Summary of project result:

With this project we have succeeded in constructing a prototype with NH_3 as refrigerant, which – if the commercial conditions (cheaper components) are present – can be mass-produced subsequent to certain technical adjustments.

The developed oil handling and return system has the intended effect, which implies that we have reached our goal regarding the required maintenance which is comparable to the requirement known from the HFC installations.

Indledning

I forbindelse med udfasning af HFC'erne fra 1. januar 2007, kaldte det danske kølemarked på nye og bedre løsninger med naturlige kølemidler, som erstatning for de kraftige drivhusgasser. Allerede nu og 2-3 år frem vil der sandsynligvis opstå et vakuum på det danske kølemarked med færre udbydere af produkter, der på en omkostnings- og energieffektiv måde kan leve op til de gældende regler, da markedet i Danmark, der jo som bekendt har valgt at gå enegang, ikke er stort nok til at de store udenlandske producenter vil fremstille de nødvendige komponenter/aggregater, der behøves på det danske marked.

Udfordringerne for de NH_3 -baserede vandkøleaggregater ligger på områderne dimensioner, vægt og olieretursystemer samt i at finde komponenter, så aggregaterne kan blive konkurrencedygtige.

En undersøgelse hos brugerne viser, at der ved udskiftning af eksisterende anlæg er behov for aggregater, der har samme fysiske mål som "freon"-anlæg. Behovet for pasning og service skal ligeledes være på linje med hvad der kræves til de eksisterende HFC-anlæg.

NH_3 har sammenlignet med de øvrige naturlige kølemidler, som kan anvendes i forbindelse med vandkøleanlæg (chillere) flere fordele, herunder en relativ høj COP, som er baseret på velkendt teknologi.

Traditionelt har NH_3 -anlæggene dog et noget større behov for pasning af service end HFC-anlæggene, hvilket hænger sammen med oliens uopløselighed i NH_3 kølemidlet, der udelukker samme oliehandling som på anlæg med syntetiske kølemidler. Det har traditionelt medført behov for olieaftapning på anlæggets lavtrykside og efterfyldning af olie på kompressorerne, som gerne skulle gøres ugentligt. Denne proces har som oftest været forbundet med store lugtgener fra NH_3 anlægget som har udelukket installation af denne type anlæg i forbindelse med områder hvor folk arbejder, f.eks i kældre, under kontorer, etc.

1 Projektindhold

1.1 Inddeling i faser

Projektet blev inddelt i 5 faser med følgende aktiviteter:

Fase 1: Systemanalyse

Projektet er inddelt med systemanalyser og der er udarbejdet en overordnet kravspecifikation, som danner grundlag for det videre arbejde i projektet.

Fase 2: Design af kølesystem

Efter fastlæggelse af kravspecifikationen er kølesystemets design fastlagt, og der er undersøgt flere alternativer i denne fase, bl.a. om systemet skulle opbygges som et direkte ekspansionssystem eller som et system med oversvømmet fordamper, væskeudskiller og selvcirkulation. Designet skulle ligeledes kunne skaleres op og ned, således at de indhøstede erfaringer kan anvendes på anlæg med større eller mindre kapacitet.

Fase 3: Udvalgelse af komponenter

Med udgangspunkt i foregående faser er det fastlagt, hvilke komponenter der skal anvendes til prototypen. Der har bl.a. været fokus på designet af kompressorerne samt design og styring af olieretursystemet.

Fase 4: Opbygning og test

Med de udvalgte komponenter er der opbygget en prototype inkl. styring, som efterfølgende er testet efter standard.

Fase 5: Projektledelse og videnformidling

Projektets resultater vil blive formidlet til kølebranchen og afslutningsvis er projektet præsenteret i nærværende rapport.

2 Projektets gennemførelse

2.1 Systemanalyse og valg af komponenter

Der er i projektet opstillet følgende overordnede krav til vandkøleaggregat med NH_3 som kølemiddel:

- Ingen væsentlig meromkostning ved anvendelse af NH_3 sammenlignet med andre naturlige kølemidler
- Overordnede dimensioner på færdig unit skal være uændrede i forhold til HFC-units
- Effektivitet (energi) skal som minimum være på højde med den, der kan opnås ved anvendelse af HFC
- Komfortniveau skal være uændret i forhold til lignende eksisterende anlæg (samme ydelse; betjening, etc.)
- Samme system og anlægsopbygning skal kunne anvendes til fremtidige mindre anlæg med mindre eller større kapacitet
- Kravet om service skal være på line med hvad der er kendt fra HFC anlæg
- Der må ikke være krav om jævnt servicearbejde på anlægget, der vil kunne medføre kraftige lugtgener, herunder specielt olieaftapning

Aggregatet skal levere koldt vand til luftkonditionering og til proceskøling ved de typisk anvendte driftsparametre 7°C frem/ 12°C retur. Der anvendes, hvis ikke andet er nævnt, en fast fordampningstemperatur på 3°C .

Noget af det første der skulle afklares ved projektets start var, hvordan testanlægget skulle opbygges ud fra hensyn til:

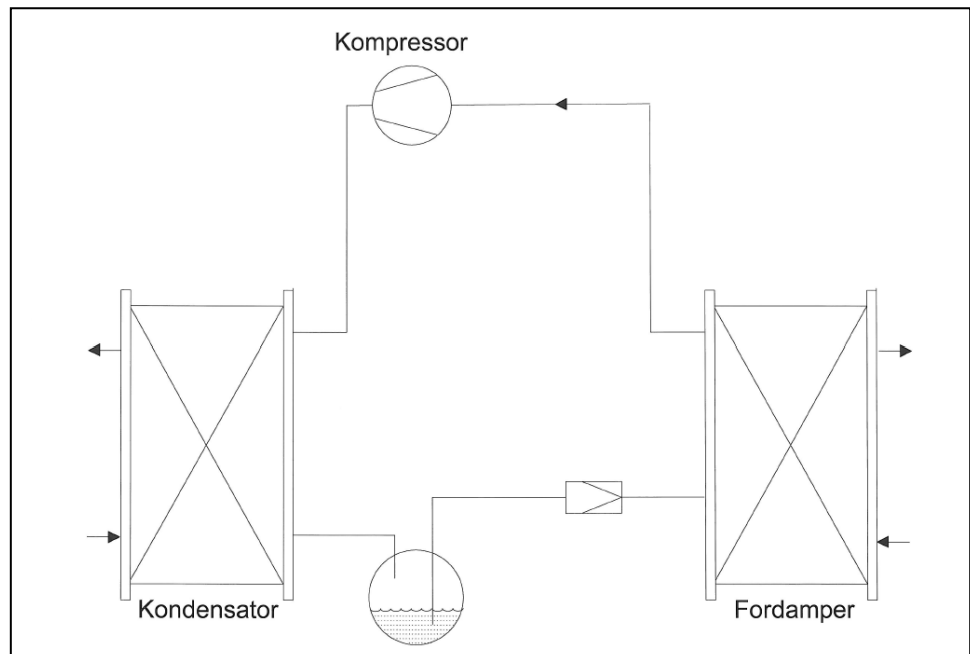
- Hvad forventes at blive de maksimale arbejdstryk, designtryk og trykprøvningstryk på anlægget?
- Hvordan klares oliehandteringen i anlægget?
- Hvilke komponenter vil senere kunne leveres til anlæg, der bygges i større antal til kunder?
- Vil disse komponenter kunne leveres med en fornuftig leveringstid og leveringssikkerhed?
- Vil komponenterne og anlægget kunne PED-godkendes (Pressure Equipment Directive) og være lovligt i henhold til standarderne?
- Kan anlægget produceres til en fornuftig pris, så det er kommercielt salgbart?
- Kan der bygges anlæg med mindre eller større kapacitet med denne anlægsopbygning og kan man ligeledes skaffe komponenter til dette?

2.1.1 Løsningsforslag

Der findes forskellige systemløsninger, som kunne være relevante og som er vist på nedenstående figurer.

2.1.1.1 Konstruktion med direkte ekspansion

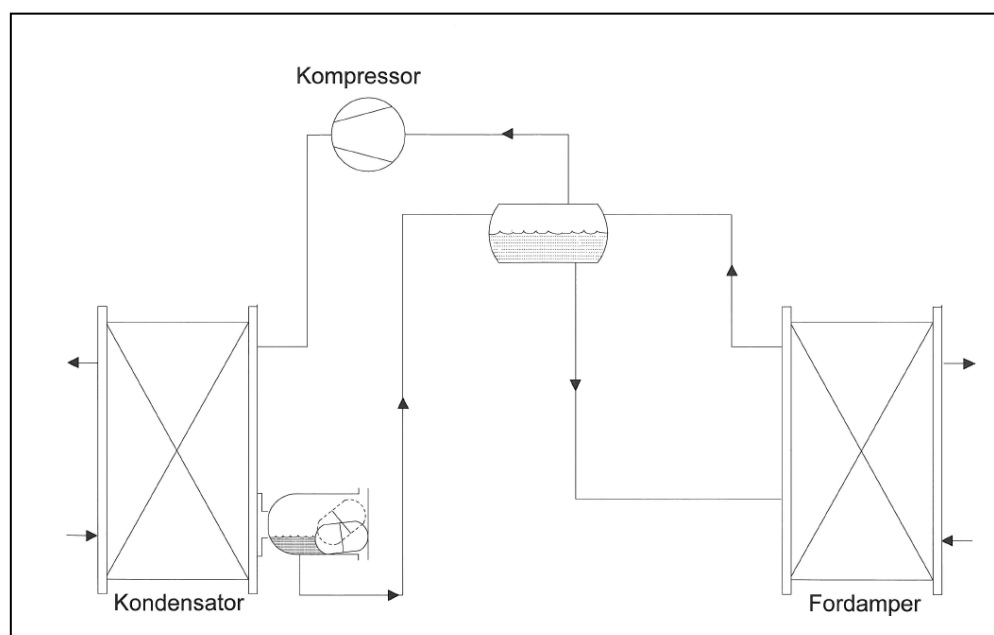
Illustration 1 – Direkte ekspansion



2.1.1.2 Konstruktion med oversvømmet fordamper med selvcirkulation

Denne opbygning vil øjensynligt give den bedste udnyttelse af fordamperen, men stiller til gengæld krav om en minimum højdeforskel mellem væskeudskilleren og fordamperen, ligesom kølemiddelfyldningen vil blive forholdsvis stor.

Illustration 2 – Oversvømmet fordamper



2.2 Valgt anlægsopbygning

Valget er faldet på anlægsopbygning med oversvømmet fordamper af følgende årsager:

Det er øjensynligt den optimale opbygningsmåde for et køleanlæg af den størrelse og type (chiller unit med en fordamper) der undersøges i dette testanlæg.

Det virker sandsynligt, at der kan laves et funktionelt olieretursystem til anlægget.

Udnyttelsen af fordamperen vurderes med et oversvømmet system at blive bedre end ved et direkte ekspansionsanlæg. Anlægget kræver ikke nogen styring af fordamperen, men kan nøjes med kapacitetsstyring.

De termodynamiske egenskaber for ammoniak gør det meget vanskeligt at styre en termostatisk ekspansionsventil. Der vil kræves en overordentligt hurtigreagerende ventil og styring, der dermed vil blive meget kostbar.

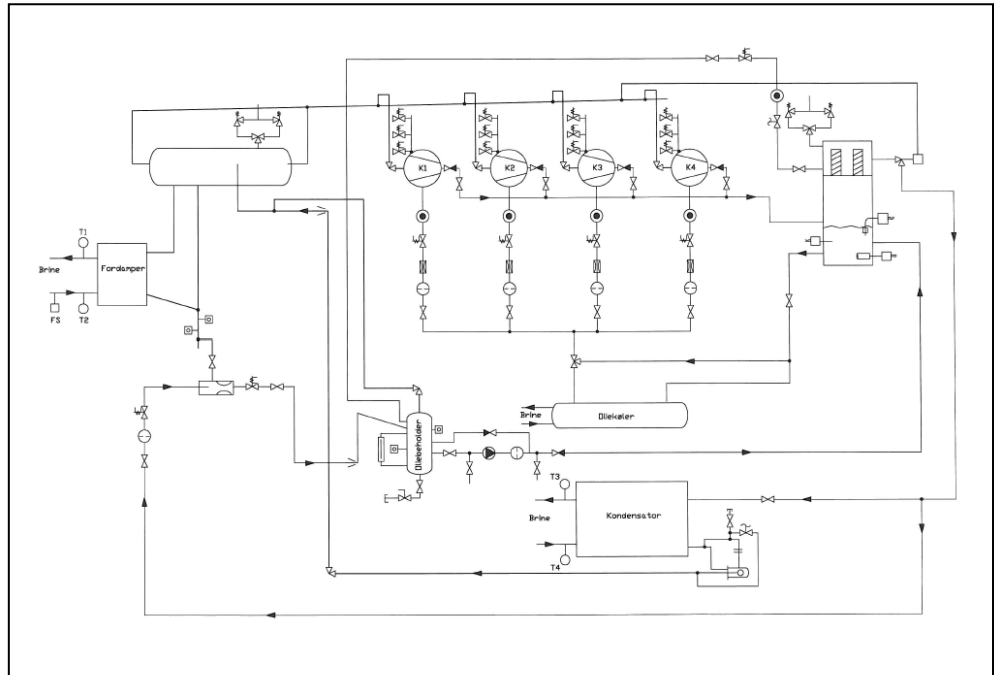
Ved anvendelse af termostatisk ekspansionsventil vil der være en risiko for at en senere indtrængen af vand i systemet vil ændre på ammoniakens termodynamiske egenskaber i fordamperen. Ved stigende vandindhold i ammoniakken i fordamperen vil ammoniakken koge (fordampe) ved en højere temperatur ved samme tryk end den rene ammoniak. Den termostatiske ekspansionsventil der skal sikre, at der ikke kommer væske i sugeledningen, vil opfatte denne temperaturstigning som overhedning og dermed lukke op for væskeindsprøjtningen, selv om der er for meget væske i fordamperen. Denne situation ville kunne give anledning til væskeslag i kompressoren og dermed risiko for kompressorhavari.

De termostatiske ekspansionsventiler der er på markedet i dag, kan være følsomme over for slitage forårsaget af ammoniaks tendens til at lave kavitationsskader og dermed blive utætte.

Anlægget vil øjensynligt være mere sikkert mod væskeslag i kompressoren end ved et direkte ekspansionsanlæg.

Disse betragtninger, samt ønsket om et aggregat som er relativt let at opbygge med simpel styring og høj driftssikkerhed, førte os frem til nedenstående opbygning.

Illustration 3 – Valgt anlægsopbygning



3 Komponentvalg

3.1 Kompressorvalg

Der er valgt Bitzer Oska 74 71 K skruekompressorer til projektet. Valget er foretaget ud fra følgende argumenter:

- Kompressorleverandøren er en stor udbyder af kølekompressorer, der arbejder seriøst med udviklingen af kompressorer for NH₃ drift
- Kompressorens kapacitet er passende for den størrelse testanlæg, der ønskes
- Kompressoren er direkte trukket og med 2900 o/min.
- Kompressoren har kapacitetsregulering i fire trin
- Ifølge leverandøren vil kompressoren senere kunne leveres for påbygning af frekvensomformer til kapacitetsregulering

Illustration 4 – Valgt kompressor



Products: Technical Data

Data Sheet: OSKA7471

Available Documentation:

- Leaflet: SP-500 (50Hz / SI)
- Application Manual: SH-500
- Operating Instruction: SB-500
- Manufacturers Declaration / Decl. of Conformity: SC-500



Abb. ähnlich / Fig. si milar, © Bitzer

Technical Data

Displacement (2900 RPM 50 Hz)	250 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	302 m ³ /h
Allowed speed range	1450 .. 4000 min ⁻¹
Sens of rotation (compressor)	links / counter-clockwise
Weight	188 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	76 mm - 3 1/8"
Connection suction line (NH3)	DN 80
Connection discharge line	54 mm - 2 1/8"
Connection discharge line (NH3)	DN 50
Adapter/shut-off valve for ECO	--
Adapter for ECO (NH3)	DN 20 (Option)
Oil type R22	--
Oil type R134a/R404A/R507A	--
Oil type NH3	Clavus G68/46/32 , SHC 224/226E
Oil flow control	Option
Discharge gas temperature sensor	Standard
Start unloading	Standard
Capacity control	100-75-50% (Standard)
Discharge shut-off valve	Option
ECO connection with shut-off valve	Option
Coupling	KS 720/ KS 730 (Option)
Coupling housing	Option

Dimensional units: SI

3.2 Fordamper

Her er valgt pladeveksler med baggrund i ønsket om lille kølemiddelfyldning samt at det er den mest økonomiske løsning.

Der anvendes fabrikat GEA/Eloflex LCW 150S-B-16.

3.3 Kondensator

Her gælder samme betragtning som ved fordamper, nemlig lille fyldning og økonomisk fordelagtighed.

Der anvendes ligeledes fabrikat GEA/Ecoflex LCW 150S-B-25.

Illustration 5 – Valgt kondensator



GEA Ecoflex

LWC - Plattenwärmetauscher

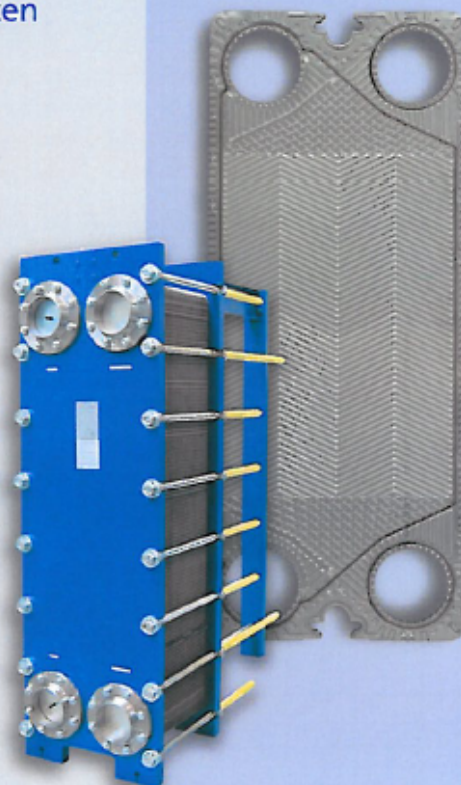
Mit laserverschweißten Kassetten entdecken Sie neue Möglichkeiten

Neue Anwendungen fordern höhere Leistungen. GEA Ecoflex antwortet darauf mit fortschrittlicher Technik. Bei kritischen Medien stoßen konventionell gedichtete Plattenwärmetauscher schnell an ihre Grenze.

GEA Ecoflex bietet Ihnen daher eine technologische Spezialität: den neuen LWC-Plattenwärmetauscher auf Basis laserverschweißter Kassetten – Laser Welded Cassette. Aggressive Medien können sicher fließen. Die LWC-Serie basiert auf der NT-Plattentechnologie und wird nach modernen Berechnungs-, Design- und Herstellungsmethoden gefertigt.

Eine neuartige Kanalgeometrie ermöglicht optimierte Boströmung und maximale Wärmeübertragung. Wie Sie es von GEA Ecoflex kennen, sind die LWC-Plattenwärmetauscher aus hochwertigen Materialien hergestellt und für unterschiedliche Leistungsbereiche lieferbar.

Hohe Performance, kompakte Bauweise und geringes Gewicht machen sie technisch stark und wirtschaftlich günstig. GEA Ecoflex setzt hier einen neuen Standard. Entdecken Sie die Möglichkeiten.



Olien overføres derpå til en speciel udført olieopsamlingsbeholder ved hjælp af en varmgasdreven injector fra Phillips i USA. Injectoren fungerer efter venturi-princippet og er valgt, da den ikke indeholder nogen mekaniske sliddele og ikke er følsom overfor kavitation, som nemt kan forekomme i pumper, der skal pumpe ammoniakholdig olie fra et lavt tryk. Injetorsystemet dimensioneres meget nøjagtigt for at sikre at olien, ved dens aktuelle temperatur og viskositet, kan løftes med gasstrømmen i det vertikale rørstykke mellem injectoren og oliebeholderen. Denne dimensionering skal udføres efter tofase-flow beregningsmodeller, hvor det skal sikres at Frodeshallet bliver større end 1,2 for massestrømmen i det vertikale rør. Dette skal være uden at trykfaldet bliver så stort, at injektorens "pumpestryk" overskrides, så denne skyder varmgassen ud af sideporten i stedet. De horisontale rør i olietilbageføringssystemet efter injectoren vælges en størrelse større end det vertikale rør for at minimere tryktabet og alligevel sikre oliemedrivning.

Olien, der udskilles i sidste trin i olieudskilleren, ledes via en drøvleventil til olieopsamlingsbeholderen og pumpes tilbage til kompressorens olieudskiller ved hjælp af oliepumpen.

Olien returneres til kompressoren efter behov, da en signalgiver er monteret i kompressorernes olieudskiller og denne vil bede om at få leveret olie fra oliepumpen, når niveauet registreres som lavt.

Den på oliesystemet anvendte pumpe kan yde et differenstryk på 25 bar og kan derfor anvendes til både olietilbageføring til kompressorens olieudskiller fra olieopsamlingsbeholderen og til oliepåfyldning på systemet. Et særligt ventilarrangement omkring oliepumpen sikrer at den kan anvendes til begge formål.

Illustration 7 – Valgt olieswitch

CO₂
+
NH₃

Freon

Compressor Protection

HBSO
Oil Level Sensor



170bar

Applications:

- ▣ Control of Oil Return, CO2 Compressors
- ▣ Alarm low Oil Level
- ▣ Control lubricating of Screw Compressors
- ▣ Hydraulic systems

Advantages:

- ▣ High Pressure applications
- ▣ Replace Oil glasses
- ▣ LED indication
- ▣ No moving parts
- ▣ Split type

It's worth to use HB Products A/S as a partner when you require individual solutions

New Technology with 20 years of Expertise

The HBSO Oil Switch/Sensor is designed especially to detect Oil in separators and filter systems for refrigeration application, and watch/secure lubrication of compressors at high and low pressure applications.

Split type for easy replacing the electronic part.



Specifications:

Power Supply: 11 to 30V DC
 Current consumption: Max 5mA
 Output: ON/OFF, PNP or NPN
 Output current: Max 50mA
 Indicating: Red-LED, wet ON
 Media temp.: -50. to +100deg.C
 Ambient temp.: -25. to +70deg.C
 Material sensorpart: Stainless Steel
 Mechan. Connection: 1/2" - 3/4" NPT or BSP
 EMC test: EN Industrial
 Vibration: IEC 68-2-6, 4g 2 to 500Hz
 Pressure: Max. 170bar.

Illustration 8- Valgt olieswitch

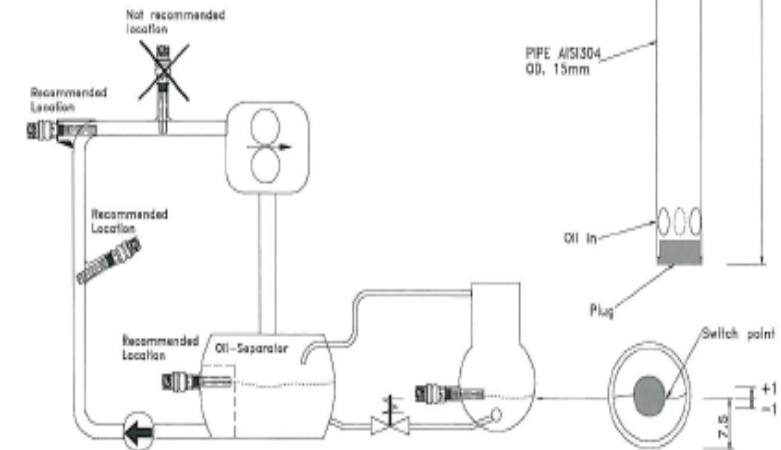
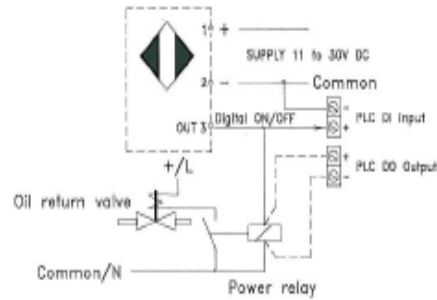
HBSO-OIL LEVEL SWITCH ver. 4.0

- The HBSO OIL LEVEL SENSOR is a unique oil level switch, for industrial applications.
- Operating according to the capacitive principle (improved).
- The sensor is designed especially for use in oil systems for refrigeration applications.
- Unaffected by oil-foam, oil-splashing or oil-coating.
- Split version for easy change/test of the electronic part.
- HBSO OIL LEVEL SENSOR has a PNP or NPN digital ON/OFF output, load maximum 50mA.
- Output = wet ON. Red LED change from normal OFF to light constantly.
- Supply and output is DC isolated from ground with a 500V capacitor.

Note:
Switch delay, could be caused by gas in the system.
Position of the electronic part can easily be done by the M4 fixing screw.
All sensors are 100% tested in Polyol Ester Oil (PEO) and Polyalkylene Glycol Oil (PAG)

Ordering code/type: EKHBSOSWITCH/aaa/xxx/zzz
(aaa=PNP or NPN/xxx=THREAD TYPE/zzz=SIZE) Batch no.
Label code: CE HBSO OIL SWITCH PNP 1/2" NPT, 24V DC Y40NMYY
Thread size Thread type Ver. no. Year

Electrical Connection



Your Sensor Specialist
www.hbproduct.dk



Application manual HBSO switch 290108

Author: Per Skærbæk/Michael Elstrøm

For Ammonia (R717) and Halocarbon Refrigerants

Features

- No Moving Parts
- All Steel Construction
- Brass Construction Available for Halocarbons
- Aids High Efficiency Heat Transfer
- Reduces Refrigerant Charge
- Minimum Maintenance
- Interchangeable Nozzles
- 5TR to 300TR (Ammonia)
- 1TR to 100TR (Halocarbons)
- DWP—400 PSI



Description

The Phillips® Recirculating Injector is a simple device that uses the energy of high-pressure refrigerant to get maximum heat transfer in an evaporator.

The usual application is the fixed charge type, that is, a single compressor with a single evaporator. Phillips Recirculating Injectors find their greatest use with ice builders, milk coolers, Baudelot-type chillers, farm tanks, slush freezers, and many types of freezing plates.

Design Function

The "fixed charge" injector system operates with the entire charge of refrigerant in the evaporator and the surge drum. The condenser or receiver is always empty except for the refrigerant being condensed and passing through the liquid line to the evaporator.

The Phillips Recirculating Injector uses the energy of the fluid as it expands through the nozzle and acts like a liquid pump, recirculating the extra liquid from the surge drum through the evaporator and back to the surge drum with the gas evaporated in the tubes or plates.

A liquid indicator should always be installed in the liquid line and will usually show some gas bubbles moving with the liquid during normal operation. The gas in the liquid line indicates that the condenser is empty, as it should be, with the entire charge in the low side. A liquid seal in the liquid line, i.e., no gas and all liquid, indicates trouble such as:

Design Function (continued)

- A. A partially or completely plugged injector nozzle orifice.
- B. A nozzle orifice that is too small for the refrigeration load.
- C. A refrigerant overcharge, which, if appreciable, can cause the liquid seal observed at the liquid indicator.

Selection

The recirculation rate is estimated at 2 times the evaporation rate for the selections shown in the tables. The best results are obtained with appropriate evaporator designs embodying a low-pressure drop.

The effects of an over-sized throat are an increase in the amount of liquid recirculation and a reduction in the injector discharge head. The reverse applies to an under-sized throat.

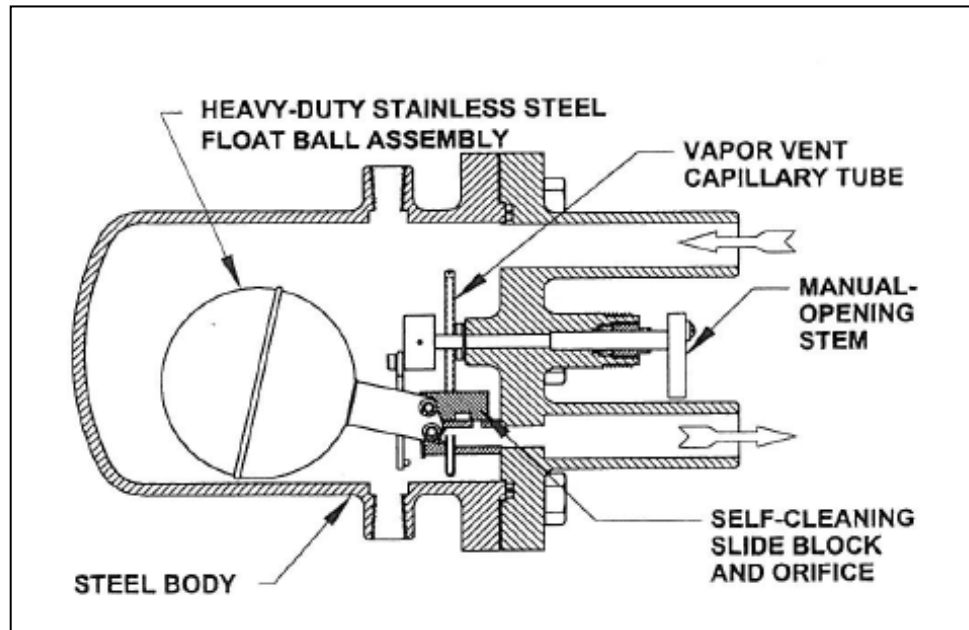
The effects of an undersized nozzle are an increase in the amount of liquid recirculation and a decrease in the injector discharge energy. Avoid under-sizing the nozzle, as this reduces system capacity, raises the head pressure, and causes loss of oil return.

The return of oil, an integral part of a Phillips Recirculating Injector system, is treated elsewhere in this bulletin. With R22 and R502, an external oil/halocarbon bleed into the suction line is usually required.

3.6 Højtrykssvømmer

Højtrykssvømmeren er valgt ud fra graden af driftssikkerhed og serviceevenlighed. Der er anvendt fabrikat Hansen HT 300

Illustration 10 – Valgt højtrykssvømmer



3.7 Øvrige komponenter

Olieudskiller model SFS T61

Illustration 11 – Valgt olieudskiller

