

Implementeren van een frequentiesturing in een koelinstallatie

Thijs Vermeulen

Scriptie voorgedragen tot het behalen
van de graad van
Bachelor Scheepswerktuigkunde

Promotor: Raf Maes
Co promotor: Rik Floren

Woord vooraf

In het laatste jaar van de technische bachelor scheepswerktuigkunde aan de Antwerp Maritime Academy wordt verwacht dat de studenten een bachelorproef schrijven. In mijn bachelorproef zal het gaan over een aanpassing op een koelinstallatie.

Het doel van mijn opdracht is een frequentiesturing te implementeren in een bestaand koelsysteem. Het is de intentie om aan te tonen dat er een verschil is tussen een traditioneel gestuurd systeem en het systeem gestuurd met een frequentiesturing. Door het mogelijk te maken om deze twee sturingen te kunnen toepassen op een systeem zal hier een duidelijk beeld van gevormd worden. Ik zal bespreken hoe de twee systemen werken en welke aanpassingen er nodig waren om dit tot een goed einde te brengen.

Graag wil ik gebruik maken van de mogelijkheid om een aantal mensen te bedanken die het mede mogelijk hebben gemaakt deze proef tot stand te laten komen. Met name:

Dhr. L. Vermeulen voor de locatie en K. Vermeulen om de toegevoegde onderdelen te voorzien.

Dhr. R. Maes en R. Floren van de Antwerp Maritime Academy.

Lokeren, 02 juni 2023

Thijs Vermeulen

Samenvatting

Mijn scriptie gaat over het implementeren van een frequentiesturing in een koelinstallatie om het proces efficiënter te maken. Ik heb bewust gekozen voor een onderwerp binnen de koeltechniek omdat ik dit een heel interessant proces vind.

Om een duidelijk vergelijkend onderzoek uit te voeren tussen de traditionele werkwijze en de frequentiesturing, heb ik ervoor gezorgd dat de installatie op betrouwbare wijze kon werken op de oorspronkelijke en de aangepaste manier. Dit was noodzakelijk om de effecten van de frequentiesturing goed te kunnen bestuderen. Vervolgens heb ik een experimenteel onderzoek uitgevoerd, waarbij ik onafhankelijke variabelen heb aangepast en de effecten daarvan heb gemeten, terwijl andere variabelen constant werden gehouden.

Na het betrouwbaar maken van de oorspronkelijke installatie en het implementeren van de frequentiesturing, was het mogelijk om de verschillen te vergelijken. Uit de testen blijkt dat de compressor minder vaak wordt in- en uitgeschakeld wanneer het water de gewenste temperatuur heeft bereikt. Hierdoor wordt het systeem minder belast door de piekstroom die optreedt bij het opstarten van de motor.

Echter, na het systeem meerdere keren op te starten met met warm water bleek dat de waterkoeler te klein is voor dit systeem. Als gevolg hiervan wordt het water in de koelcyclus te warm wat leidt tot een te hoge druk aan de perskant van de compressor. Het systeem schakelt hierdoor soms uit vanwege de te hoge druk. Dit probleem kan worden opgelost door een grotere blower te gebruiken of een andere waterkoeler te installeren.

Abstract

I have chosen to implement a frequency drive in a cooling installation with the goal of improving its efficiency. I find the process of cooling installations fascinating, which is why I selected it for my project.

During the implementation of the frequency drive, I made sure to preserve the traditional method of controlling the installation. This allows for a clear comparison of the two systems. The different control methods can be selected when the compressor is not running, ensuring accurate and meaningful results.

To facilitate a proper evaluation of the two systems, it was essential to ensure the original installation was functioning correctly. Consequently, I performed some necessary repairs and maintenance work.

Upon testing the implemented circuit, I observed that the compressor started and stopped less frequently compared to the original system. This reduction in frequency resulted in less peak currents during motor startup, which is beneficial for the overall system.

However, I encountered an issue during system startup when the water in the barrel was warm. It became evident that the water cooler in the installation was undersized. Consequently, the temperature in the condenser increased, leading to a rise in pressure. The pressure in the condenser matched the high pressure after the compressor, which is limited for safety reasons by the pressure switch. As a result, the cooling process stopped after a certain period of time. While the system was still capable of cooling the water, it took significantly longer. To enhance efficiency and overall performance, it would be advisable to upgrade the water cooler.

Inhoudsopgave

Inleiding	7
1. Basis koelinstallatie.....	8
1.1. Origineel systeem	8
1.2. Werking origineel systeem	8
1.3. Staat origineel systeem	13
1.3.1. Water cyclus	13
1.3.2. Watervat.....	14
1.3.3. Elektrische gedeelte	16
1.3.4. Koelcyclus.....	18
1.4. Gas in koelsysteem.....	21
1.4.1. F-gassen	21
1.4.2. R407c.....	23
1.4.3. Andere veelgebruikte gassen	24
1.4.4. R407 gassen.....	26
1.5. Elektrische aanpassingen	29
1.5.2. Originele regeling	29
2. Implementeren Frequentiesturing	31
1.4. Voorbereidingen	31
1.4.1. Aangesloten netspanning.....	31
1.4.2. Extra componenten.....	33
1.5. Aanpassing.....	35
1.5.1. Frequentiesturing.....	35
1.5.2. PLC.....	42
2. Werking	46
3.1. Origineel.....	46
3.2. Aanpassing	47
3. Verschil	49
4. Conclusie.....	50

Tabel van figuren

Figuur 1: schema koelinstallatie.....	11
Figuur 2: beugel expansievat.....	13
Figuur 3: reparatie lek waterkoeler.....	14
Figuur 4: voetjes elektrische weerstanden	15
Figuur 5: elektrische weerstand	15
Figuur 6: pressostaat in koelcyclus.....	17
Figuur 7: recuperatiepomp in koelcyclus	18
Figuur 8: vacuümpomp in koelcyclus	19
Figuur 9: GWP waarde gassen.....	22
Figuur 10: samenstelling R407c.....	23
Figuur 11: samenstelling R404a	24
Figuur 12: samenstelling R407a	26
Figuur 13: samenstelling R407b	27
Figuur 14: samenstelling R407f.....	27
Figuur 15: samenstelling R407h	28
Figuur 16: driehoek aansluiting motor	31
Figuur 17: ster aansluiting motor	31
Figuur 18: aansluiting frequentiesturing.....	34
Figuur 19: stuurschakeling nieuwe kast	34
Figuur 20: frequentiesturing	35
Figuur 21: verhouding overbrenging motor naar compressor.....	37
Figuur 22: navigeren in frequentiesturing	39
Figuur 23: navigeren in frequentiesturing.....	40
Figuur 24: aansluitschema frequentiesturing	42
Figuur 25: PLC.....	43
Figuur 26: bedrading druksensor	44
Figuur 27: bedrading PLC	44

Inleiding

Het onderwerp van deze bachelorscriptie gaat over een koelinstallatie die een vat water koelt. Op deze installatie moet een aanpassing komen die de zuigdruk regelt aan de compressor. Deze toepassing wordt vooral gebruikt in installaties die een verschillende belasting kunnen hebben. De installatie waarop deze aanpassing komt, heeft geen variabele belasting. Het is de bedoeling de efficiëntie van het systeem te verbeteren.

De koelinstallatie is niet in werkende staat en moet eerst getest worden. De inhoud van de koelcyclus is niet geweten en moet gecontroleerd worden. De componenten voor de regeling zijn wel aanwezig maar niet aangesloten.

De aanpassing gebeurt aan de hand van een PLC en een frequentiesturing die de draaisnelheid van de compressor regelt. Door de snelheid van de motor aan te passen kunnen we ervoor zorgen dat de zuigdruk aan de compressor zo goed als gelijk blijft. Door deze druk gelijk te houden gedurende het grootste deel van het koelproces stijgt de efficiëntie van het systeem.

Door het mogelijk te maken dat het nieuwe en het oude systeem op dezelfde installatie kunnen werken zal het verschil tussen de twee duidelijk zichtbaar zijn.

In het eerste hoofdstuk wordt de werking en de staat van het originele systeem duidelijk besproken. Hier wordt ook het gebruikte koelgas besproken en vergeleken met andere koelgassen. Vervolgens wordt besproken hoe de aanpassing is geïmplementeerd in het systeem. Tot slot wordt besproken hoe alles werkt en wat het effect is van de nieuwe aanpassingen op het systeem.

1. Basis koelinstallatie

1.1. Origineel systeem

Het aanvankelijke systeem waar de variatie op zal toegepast worden is een soort chiller. Het is een koelsysteem dat een vat water koelt. Dit water wordt origineel gekoeld naar een zelf instelbare setpoint. Deze temperatuur wordt bereikt en behouden door een thermostaat. Hierdoor zal de temperatuur van het water schommelen rond de ingestelde temperatuur.

1.2. Werking origineel systeem

Het originele systeem werkt op dezelfde manier als een doorsnee koelsysteem, wat zeer eenvoudig uitgelegd kan worden. Het is een gesloten systeem dat aan de hand van twee warmtewisselaars warmte verplaatst. De warmte wordt verplaatst via een compressor die een medium rond zal pompen. Door gebruik te maken van de faseverandering van een specifiek gas kan dit zeer efficiënt gebeuren. Het is nodig om dit systeem zeer nauwkeurig te regelen zodat de optimale omstandigheden bekomen worden voor een lange levensduur en goede efficiëntie.

Het schema van dit koelsysteem is te zien in figuur 1. Hierop staan duidelijk de twee warmtewisselaars die voor de warmteoverdrachten zorgen (3 en 12). Deze twee warmtewisselaars hebben elk een specifieke naam en heten respectievelijk de condensor (3) en verdamper (12). In de verdamper zal er een gas in vloeibare vorm toekomen en beginnen te verdampen in de leiding en op die manier warmte ontnemen uit het watervat (11). Wanneer het gas de verdamper verlaat mag het geen vloeistof meer bevatten. Dit is nodig om de warmteopneming zo efficiënt mogelijk te maken.

Om er zeker van te zijn dat dit zo goed mogelijk verloopt is er een expansieventiel (10) voorzien voor de verdamper. Dit ventiel checkt de temperatuur van het gas na de verdamper en regelt zo een klep die meer of minder gas stuurt om een volledige verdamping te verkrijgen. Dit zal verder nog verduidelijkt worden.

Het volledig verdampte gas gaat vervolgens naar de compressor (1) gaan die het gas zal samendrukken. Doordat het gas wordt samengedrukt in de compressor zal de temperatuur stijgen in dit gas. Van dit effect kan er gebruik gemaakt worden om de warmte uit het systeem te trekken. Aangezien de temperatuur en de druk na de compressor relatief hoog zijn, kunnen we de warmte onttrekken met water wat in de watergekoelde condensor gebeurt. Het water dat door de condensor zal vloeien, wordt gekoeld in een andere warmtewisselaar aan door het gebruik van lucht.

In de condensor zal er ook een faseverandering plaatsvinden in het gas. Het zal van gasvorm naar vloeibare vorm gaan en zo zijn warmte overdragen aan het water dat door de condensor stroomt. Door de faseverandering kan dit opnieuw zeer efficiënt gebeuren.

Om zeker te zijn dat het gas voor de compressor volledig verdampt is, zullen we het oververhitten. Dit voorkomt vloeistafslag in de compressor. Het is ook een vereiste dat het gas uit de condensor allemaal gecondenseerd is. Om dit te verkrijgen laten we de gassen door een warmtewisselaar (4) gaan. Dit is een warmtewisselaar die de efficiëntie van het systeem zal verbeteren. In de economiser zal het gas van na de verdamper kruisen met het condensaat van de condensor. Hierdoor zal het verdampte gas verder opwarmen en het condensaat meer afkoelen. Dit verzekert dat het gas aan de compressor geen vloeistof meer bevat. Dit is zeer cruciaal aangezien dit voor schade kan zorgen in de compressor. Het zorgt er ook voor dat het vloeibaar gas aan het expansieventiel geen gasbubbel meer bevat. Indien dit wel het geval zou zijn, kan het ventiel niet efficiënt en accuraat de druk regelen na het ventiel.

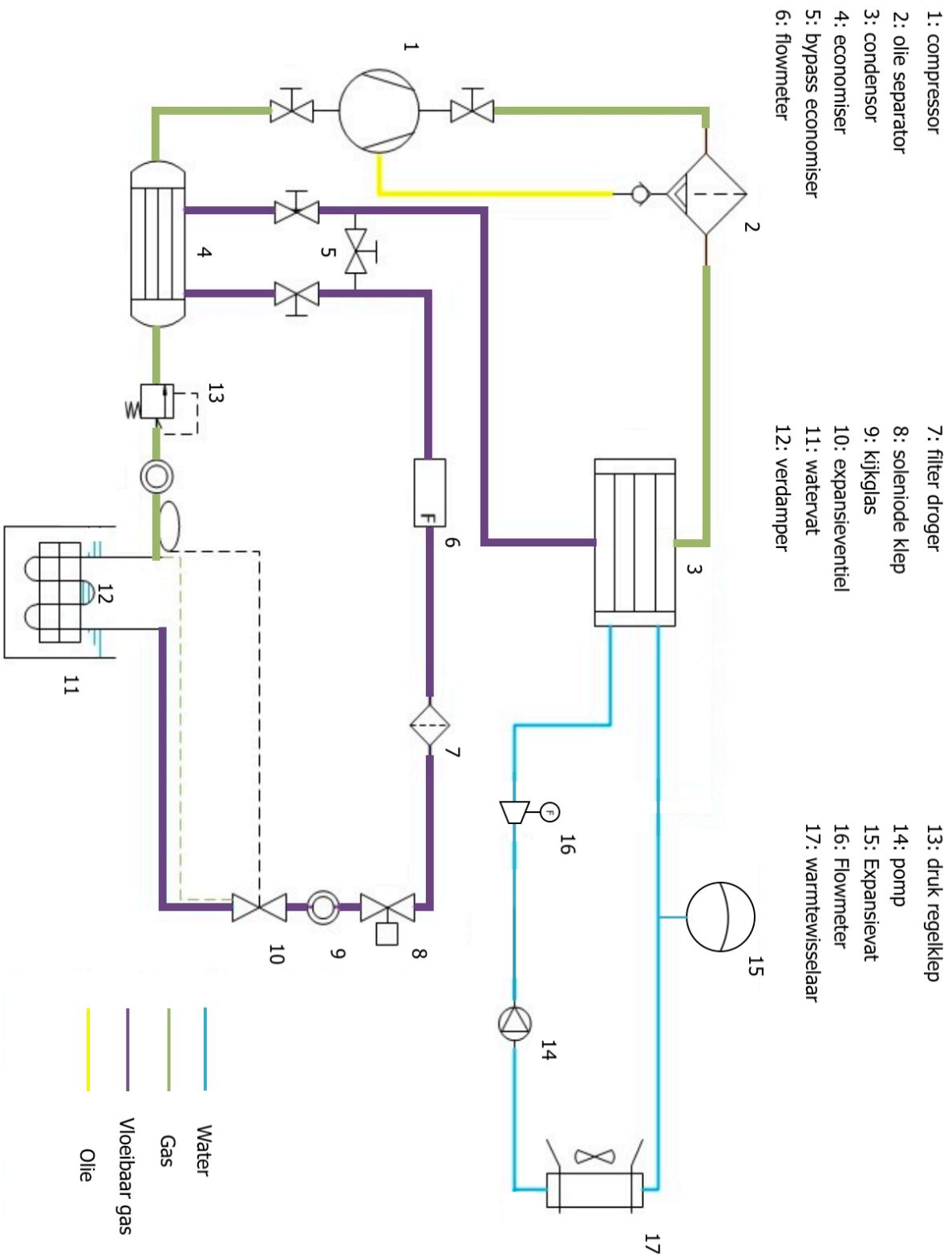
Na de compressor zit ook een olieafscheider (2) die ervoor zorgt dat eventuele olie die meekomt uit de compressor terug wordt geleid naar het carter van de compressor.

Over de economiser is ook een bypass (5) geplaatst waarmee we de economiser uitschakelen. Dit kan gebruikt worden om het effect ervan weer te geven.

In het systeem zijn ook enkele kijkglazen (9) aangebracht om de staat van het gas te kunnen weergeven. Er is ook een flowmeter (6) voorzien om de flow van het vloeibaar gas naar de verdamper aan te geven.

Na de flowmeter zit er ook een filterdroger (7) in het systeem. Deze filter heeft, zoals de naam al doet blijken, twee essentiële functies in het systeem. Ten eerste is er een fijnmazig filtermateriaal aanwezig in de filter. Deze elimineert verontreinigingen zoals vuil, stof, roet, metaaldeeltjes en andere onzuiverheden uit het koelmiddel van het systeem. Deze kunnen afkomstig zijn van het productieproces, het transportsysteem of andere bronnen. Door deze deeltjes te verwijderen, voorkomt de filterdroger dat ze zich ophopen en verstoppingen veroorzaken in het systeem, zoals in de leidingen, het expansieventiel of de warmtewisselaar. Het vermijdt ook schade of slijtage aan componenten. Ten tweede absorbeert de filter ook vocht uit het koelmiddel. Vocht kan op verschillende manieren in het systeem terechtkomen, zoals bijvoorbeeld door lekkages of het niet volledig evacueren van lucht tijdens het installatieproces. Het vocht in het systeem kan leiden tot problemen zoals ijsvorming, corrosie en verminderde prestaties. De filterdroger bevat een materiaal, zoals een chemische stof of een droogmiddel, dat het vocht uit het koelmiddel absorbeert en vasthoudt.

In het koelsysteem zit ook een drukregelaar (13) achter de verdamper. Deze regelaar zorgt ervoor dat bij gelijk welke zuigdruk van de compressor de druk na de verdamper gelijk blijft.



Figuur 1: schema koelinstallatie (Sambakhe, 2011)

De condensor is zoals eerder vermeld een warmtewisselaar. Dit betekent dat er dus twee media aanwezig zijn om een uitwisseling van warmte te verkrijgen. Langs de ene kant zit het koelmiddel dat van gas naar vloeibare vorm gaat. De warmte van deze faseverandering wordt afgegeven aan water dat door de condensor vloeit. Dit water wordt rondgepompt door een pomp (14). Het water gaat door een flowmeter (16) om het debiet aan te geven en te visualiseren. De watercyclus is ook voorzien van een expansievat (15). Dit vat is voorzien voor druk schommelingen in deze cyclus op te vangen.

Aangezien het water warmte opneemt van het koelmiddel moet het op zijn beurt ook gekoeld worden. Dit wordt opnieuw verkregen aan de hand van een warmtewisselaar. Deze keer is het een warmtewisselaar die gebruik maakt van een luchtflow. Deze lucht zal door de warmtewisselaar gaan waar verschillende leidingen aanwezig zijn die voorzien zijn van dunne platen. Deze platen geleiden de warmte van het water en vergroten de oppervlakte. Deze grotere oppervlakte maakt het efficiënter voor de lucht om de warmte te ontnemen van het water. Het gekoelde water zal dan terug naar de condensor gaan.

1.3. Staat origineel systeem

Voordat het mogelijk was om te beginnen met het systeem aan te passen was het nodig om alles in gereedheid te brengen. Door de staat van het systeem was het niet mogelijk om een test uit te voeren. Het was nodig om eerst enkele aanpassingen te doen voor een eerste test kon uitgevoerd worden.

1.3.1. Watercyclus

De eerste herstellingen die nodig waren bevonden zich in de watercyclus. Er was reeds een aanpassing gedaan aan het expansievat en niet correct gemonteerd. De leiding waarmee het systeem verbonden was, werd niet ondersteund. Dit kan lekken en schade veroorzaken na verloop van tijd. Om dit op te lossen, is er een beugel aangebracht om deze leiding op zijn plaats te houden. (zie foto 2)



Figuur 2: beugel expansievat

(Bron: eigen werk)

Vervolgens was de cyclus niet compleet en was het dus niet mogelijk om water rond te pompen. Door enkele aanpassingen was het mogelijk de cyclus te vervolledigen. Vervolgens was het mogelijk het systeem te vullen met water.

Hierna bleek er een lek te zijn in de warmtewisselaar. Dit lek was gelukkig op een bereikbare plaats. Het lek bevond zich in één van de verbindingstukken voor de leidingen binnenin te verbinden. Dit maakt het mogelijk het lek te dichten met een acetyleenbrander en zilver solder. Door eerst de oppervlakte rond het lek te reinigen en op te schuren was het duidelijk te zien vanwaar het water kwam. Doordat het oppervlak goed gereinigd was hechtte het zilver solder zeer goed nadat het voldoende verwarmd werd. (Zie figuur 3)



Figuur 3: reparatie lek waterkoeler

(Bron: eigen werk)

1.3.2. Watervat

De functie van de koelinstallatie is een vat water koelen. Bij de originele installatie bleek dat het voorziene watervat te klein was voor het koelsysteem. Het water koelde te snel af en het duurde vervolgens lang om het water terug voldoende op temperatuur te krijgen voor de test. Aangezien er voor de proefopstelling voldoende tijd nodig is om een duidelijk resultaat te krijgen was het nodig om hiervoor een oplossing te zoeken.

Om dit probleem op te lossen waren er verschillende mogelijkheden.

De eerste mogelijkheid is om het water dat uit de condensor komt te gebruiken om het water in het vat op te warmen. Dit kan mogelijk gemaakt worden door een koperen spiralen leiding in het watervat te plaatsen. Door deze leiding kan warm water vloeien om zo het water in het vat op te warmen. Op deze manier is er geen extra energie nodig om het water te verwarmen.

De tweede mogelijkheid is aan de hand van elektrische elementen. Dit is minder energiezuinig maar heeft wel andere voordelen. Eerst en vooral is het heel eenvoudig aan en uit te schakelen om een proces te verkrijgen dat eenvoudig te herhalen is. Het is eenvoudiger in onderhoud omdat het duidelijk weergeeft of een van de twee of beide weerstanden defect zijn. Een defect kan echter zeer makkelijk opgelost worden door de weerstanden te vervangen. Dit is de reden waarom ik voor de tweede methode gekozen heb. In figuur 5 is een voorbeeld van de weerstanden in het watervat te zien. De twee aangebrachte weerstanden zijn identiek en op maat geplooid. Dit is opdat ze volledig onder water zitten en enkel de elektrische aansluitingen boven water komen om problemen te voorkomen. Onderaan de geplooidde weerstanden zijn er voetjes voorzien, om te voorkomen dat de weerstanden de bodem zouden raken. (Zie figuur 4)



Figuur 5: elektrische weerstand

(Bron: eigen werk)



Figuur 4: voetjes elektrische weerstanden

(Bron: eigen werk)

De weerstanden krijgen een spanning van 230V en hebben een vermogen van 830W. De weerstanden worden parallel geschakeld en aangestuurd met een relais en trekken samen een stroom van ongeveer 7,2A. Ze worden apart en dubbelpolig gezekeerd. Dit is voorzien opdat een eventuele kortsluiting in de weerstanden geen probleem zou veroorzaken in de rest van het systeem. De weerstanden kunnen ook eenvoudig in- en uitgeschakeld worden met een schakelaar op de kast.

1.3.3. Elektrische gedeelte

In het algemeen was het elektrische gedeelte in goede staat. De elektrische kasten waren verzorgd en voor het grootste deel juist aangesloten. Na een visuele controle bleek dat de motor die de compressor aanstuurt niet aangesloten is wat eerst moet gebeuren. Aangezien het zeer moeilijk is om een beeld te krijgen van wat er werkt en niet werkt in het elektrische gedeelte was een test nodig waarvoor een voeding van 3X230V nodig is. Dit was te verkrijgen via een drie fase transformator. Deze transformator vormt een spanning om van 3X400V naar 3X230V.

Na het voorzien van de nodige spanning in de kast was het mogelijk om te testen. Om een duidelijk overzicht te krijgen van wat er werkt en wat niet is het handig om elk deel afzonderlijk in te schakelen. Dit wil zeggen dat elke zekering en schakelaar uitgeschakeld en dan de spanning aangesloten wordt. Bij het aansluiten van de spanning gebeurde er niks zolang de hoofdschakelaar niet werd ingeschakeld wat een goed teken was.

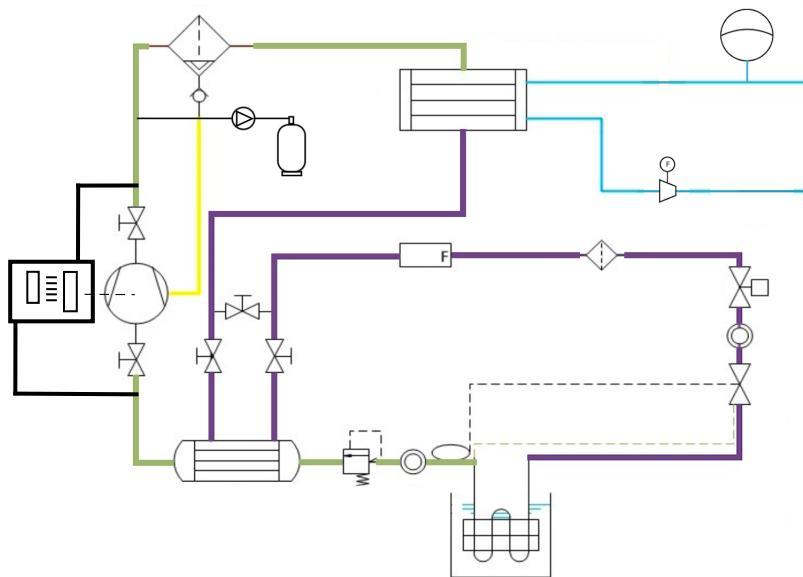
Na het inschakelen van de hoofdschakelaar en zekeringen oogde alles goed. Vervolgens was het mogelijk de stuurkring en vermogenkringen te testen door het bedienen en opstarten ervan. Bij de watercyclus startte de waterpomp niet door een slecht contact. Na het opnieuw aansluiten ervan was dit opgelost.

Alle componenten werkten naar behoren bij het testen. De stuurkring deed correct wat moest gebeuren. De compressor startte en de waterpomp draaide. Voor de sturing, regeling en beveiliging van het koelsysteem waren verschillende testen nodig ter controle.

De sensor die de temperatuur uitleest van het water in het watervat moest worden vervangen, hij gaf geen juiste waarde meer aan. Dit was eenvoudig op te lossen door een nieuwe sensor te plaatsen.

Op veel verschillende plaatsen waren ook temperatuursensoren aangebracht om een beeld te geven van de verschillende temperaturen op de verschillende plaatsen. Deze sensoren komen toe op een keuzeschakelaar die dan selecteert welke sensor verbonden wordt met een display. Op deze display zal de waarde van de geselecteerde sensor verschijnen. De sensoren bleken ook allemaal naar behoren te werken.

Het laatste te controleren onderdeel was de pressostaat die het systeem beveiligt. De pressostaat kijkt naar twee drukken en zal aan de hand van de op voorhand ingestelde waarden de compressor indien nodig stoppen. Hij zal bij het uitschakelen door onderdruk eerst terug stijgen naar een hogere vooringestelde druk vooraleer hij weer inschakelt. Het meet de druk van het koelgas aan de zuigkantkant en aan de hoge drukkant van de compressor. (Zie figuur 6)



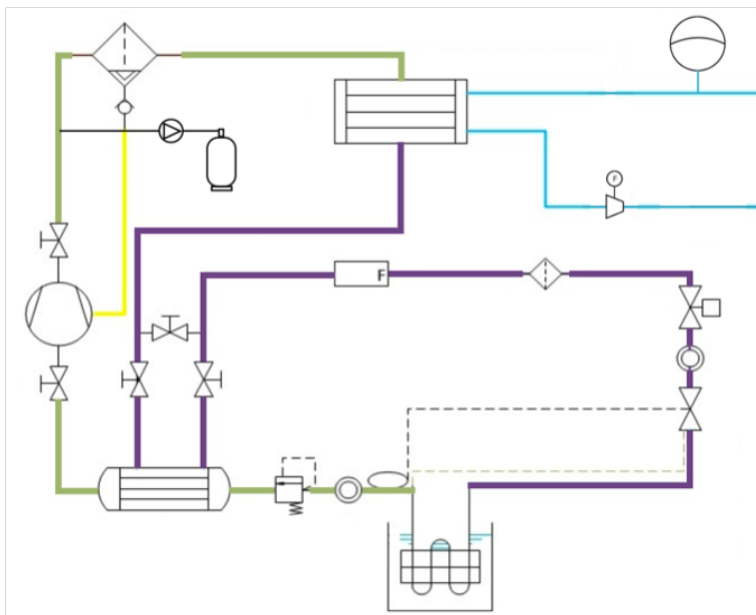
Figuur 6: pressostaat in koelcyclus

(Sambakhe, 2011)

1.3.4. Koelcyclus

In het koelsysteem was er gas aanwezig. De staat ervan en de hoeveelheid was niet geweten. Voor de zekerheid is al het gas vernieuwd. Hierdoor was het mogelijk om verschillende andere voorzorgsmaatregelen te nemen om het systeem in een goede beginstaat te brengen.

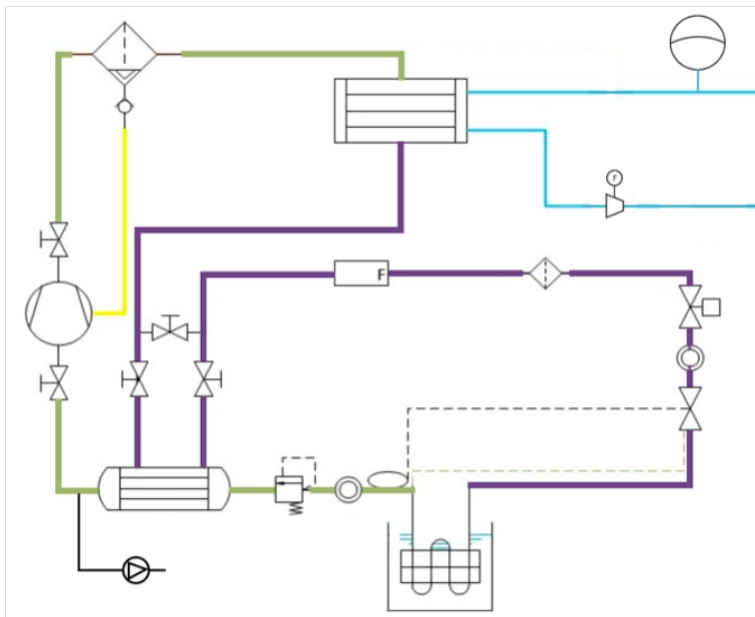
De eerste essentiële stap die genomen werd, was het ledigen van de koelcyclus. Om dit te bekomen werd gebruikgemaakt van een recuperatiepomp. (Zie figuur 7) De recuperatiepomp perst het aanwezige gas in het systeem in de gasfles. Bij deze stap is het belangrijk dat alles open staat. Dit betekent dat de solenoïde klep met een permanente magneet opgehouden wordt. Na het volledig leegpompen van het systeem werd de recuperatiepomp en de gasfles afgekoppeld.



Figuur 7: recuperatiepomp in koelcyclus

(Sambakhe, 2011)

Vervolgens was het mogelijk een vacuümpomp aan te sluiten op het systeem aan de lagedrukzijde van de compressor. (Zie figuur 8) Met de vacuümpomp is het mogelijk om een zeer lage druk in het systeem te verkrijgen. Als deze druk onder de 0,017 bar gaat, zal bij een temperatuur van 15°C het vocht in de installatie verdampen en uit het systeem worden gezogen. Door de lage druk in het systeem een geruime tijd aan te houden, is het zeker dat het vocht en niet verdampende gassen uit het systeem verdwenen zijn.



Figuur 8: vacuümpomp in koelcyclus

(Sambakhe, 2011)

Op dit moment kon het systeem getest worden op lekken. Dit kan op twee manieren gedaan worden. De eerste manier is door de vacuümpomp af te koppelen en het systeem af te sluiten. Door dit een tijd zo te houden weten we of het vacuüm in het systeem behouden blijft. Als dit niet zo is, was er al geweten dat er een lek in het systeem zat. Bij de tweede manier werd een druktest met stikstof uitgevoerd. Nadat het vacuüm in het systeem is blijven staan, is er druk op het systeem gezet met stikstof. Vervolgens wordt het systeem weer afgesloten en kan er naar lekken gezocht worden met een zeepoplossing. Door deze oplossing op verschillende essentiële plaatsen aan te brengen en de druk in het systeem in de gaten te houden, was het mogelijk uit te sluiten dat er lekken in het systeem aanwezig waren.

Na bovenstaande testen is de druk van het systeem gelaten en was het mogelijk om het systeem voor te bereiden om koelgas te ontvangen. De enige nodige stap nodig hiervoor is opnieuw een vacuüm voorzien in het systeem. Om er zeker van te zijn dat er zo zuiver mogelijk koelgas in het systeem komt, dient er opnieuw gevacuümeerd te worden. Deze stap zal ook nog eens verzekeren dat er geen vocht of condenseerbare gassen achterblijven.

Nadat het gehele koelsysteem vacuüm is getrokken kan het koelgas aangebracht worden. Voor het aanbrengen van het koelgas wordt gebruik gemaakt van de compressor en de condensor. De compressor wordt gebruikt om het gas dat wordt aangebracht via een gasfles te comprimeren en naar de condensor te persen. Het gas dat naar de condensor wordt geperst, zal daar ook blijven omdat de solenoïde klep (8) gesloten zal zijn. (zie figuur 1) Dit zorgt ervoor dat de druk in de condensor zal stijgen. Het zal ook nodig zijn om de watercyclus te laten draaien om het toegevoegde gas te laten condenseren.

Voor het opstarten van de compressor moet eerst de fles met het koelgas aangesloten en opengezet worden. Dit is nodig zodat het vacuüm in het systeem gebroken wordt en er een overdruk aanwezig is. Het is belangrijk dat dit eerst gebeurt om schade aan de compressor te voorkomen.

Als de fles met het koelmiddel is aangesloten en het vacuüm verbroken is, kunnen we de compressor opstarten en het systeem beginnen te vullen. Dit proces kan aangehouden worden tot de condensor voldoende gevuld is, wat zichtbaar is op het kijkglas van de condensor.

Tijdens het vullen is het ook noodzakelijk om de gasfles op een weegschaal te plaatsen. Door het gewicht voor en na het vullen te vergelijken komen we te weten hoeveel gas er in het systeem zit. In dit geval ging het over 3,25kg.

Na het vullen kunnen we alles afsluiten en de solenoïde klep terug in zijn normale toestand brengen.

1.4. Gas in koelsysteem

In het verleden werden voor de meeste koelinstallaties gassen gebruikt die heel slecht voor het milieu waren. Het ging dan vooral om F-gassen. Aangezien de meerderheid van die gassen heel slecht zijn, werden ze stilaan vervangen door andere milieuvriendelijkere gassen. Gassen zoals R407A, R407B, R407C, ... zijn opgesteld uit mengelingen van andere gassen die minder schadelijk zijn voor het milieu en veilig voor gebruik. Zelf zal ik één van deze gassen gebruiken in de installatie.

1.4.1. F-gassen

F-gassen zijn gassen die HFK's (fluorkoolwaterstoffen), PFK's (perfluorkoolwaterstoffen) en SF₆ (zwafelhexafluoride) bevatten. Ze werden en worden gebruikt om ozonafbrekende gassen die verboden zijn te vervangen.

Deze gassen hebben een slechte invloed op het broeikas-effect. Dit is de reden waarom er verschillende wetten en regels rond het gebruik van deze gassen werden opgesteld. Deze wetten en regels hebben vooral te maken met de GWP-waarde (Global Warming Potential) van een gas. Dit is een waarde die zal aangeven hoe groot het potentieel is van een gas om de aarde op te warmen. De waarde is een vergelijking van het opwarmingsvermogen van 1 kg van dat gas op honderd jaar in vergelijking met 1 kg koolstofdioxide (CO₂).

De eerder vernoemde gassen R407A, R407B, R407C, ... zijn dus ook deels F-gassen en zijn gassen opgesteld uit verschillende gassen. In mijn installatie is het gas R407C aanwezig. In de volgende tabel is te zien wat de samenstelling is en de GWP-waarde in vergelijking met andere gassen. (Zie figuur 9)

Koudemiddel	Samenstelling	100-year GWP
R404a	44% HFK-125, 4% HFK-134a, 52% HFK143a	$44\% \times 3500 + 4\% \times 1430 + 52\% \times 4470 = 3922$
R407c	23% HFK-32, 25% HFK-125, 52% HFK-134a	$23\% \times 675 + 25\% \times 3500 + 52\% \times 1430 = 1774$
R410a	50% HFK-32, 50% HFK-125	$50\% \times 675 + 50\% \times 3500 = 2088$
R413a	88% HFK-134a, 9% PFK-218, 3% isobutaan	$88\% \times 1430 + 9\% \times 8830 + 3\% \times 3 = 2053$
R417a	46,6% HFK-125, 50% HFK-134a, 3,4% butaan	$46,6\% \times 3500 + 50\% \times 1430 + 3,4\% \times 4 = 2346$
R419a	77% HFK-125, 19% HFK-134a, 4% dimethylether	$77\% \times 3500 + 19\% \times 1430 + 4\% \times 1 = 2967$
R507a	50% HFK-125, 50% HFK-143a	$50\% \times 3500 + 50\% \times 4470 = 3985$

Figuur 9: GWP waarde gassen

(Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022)

In deze tabel is duidelijk te zien dat GWP-waarde van R407C lager ligt. Dit komt omdat het voornamelijk bestaat uit HFK's die minder schadelijk zijn zoals HFK-32 en HFK-134a. Door zijn lage GWP-waarde kan het volop worden ingezet in koelinstallaties.

De verschillende gassen hebben elk hun eigen eigenschappen die het gas een specifieke verdampingstemperatuur en -druk zullen geven.

1.4.2. R407c

In deze installatie werd R407c gebruikt. Om een beeld te geven van dit gas zal ik het vergelijken met andere gassen en hun eigenschappen.

Het gas is opgemaakt uit een mengeling van drie verschillende gassen: (zie figuur 10).

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Difluoromethane (HFC-32)	75-10-5	23
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	25
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	52

Figuur 10: samenstelling R407c

(SDS-R407C.pdf, z.d.)

De verhouding van deze drie gassen geven R407c unieke eigenschappen.

Het gas heeft een kookpunt van $-43,63^{\circ}\text{C}$. Dit betekent dat het een gasvorm zal aan nemen bij kamertemperatuur en atmosferische druk. Het is een gas dat voornamelijk wordt gebruikt in airconditioningtoestellen en chillers (toestellen die water koelen voor bepaalde toepassingen).

Het gas is ook driemaal zwaarder dan lucht. Bij een lek zal het dus naar beneden zakken waar het mogelijk kan opstapelen. Onder normale omstandigheden is het gas niet brandbaar. Het zal wel ontbranden bij een temperatuur van 704°C . Het gas heeft een GWP van 1774 en een ODP (Ozone Depletion Potential) waarde van 0.

De nominale glijtemperatuur van het gas is 7°C . Glijtemperatuur verwijst naar het temperatuurverschil, of bereik, tussen het kookpunt (de temperatuur waarbij de vloeistof

volledig verdampt) en het dauwpunt (de temperatuur waarbij de damp volledig condenseert) van een koelmiddelblend of mengsel. In tegenstelling tot zuivere gassen vertonen deze mengsels een temperatuurbereik voor de faseverandering in plaats van een enkele temperatuur.

De aanwezigheid van glijtemperatuur in een koelmiddelblend kan invloed hebben op de prestaties en ontwerpaspecten van het systeem. Het beïnvloedt de temperatuur- en drukprofielen over de warmtewisselaars, wat invloed kan hebben op de algehele efficiëntie en capaciteit van het koelsysteem. De omvang van de glijtemperatuur en de impact ervan op de systeemprestaties hangt af van factoren zoals de specifieke koelmiddelblend, bedrijfsomstandigheden en het ontwerp van de warmtewisselaars.

1.4.3. Andere veelgebruikte gassen

R404a is ook een veel gebruikt gas dat is opgesteld uit de volgende gassen: (zie figuur 11).

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	44
1,1,1-Trifluoroethane (HFC-143a)	420-46-2	52
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	4

Figuur 11: samenstelling R404a

(SDS-R404A.pdf, z.d.)

Dit gas is de vervanger van het oude en zeer vervuilende gas R22.

Het heeft een kookpunt van $-46,22^{\circ}\text{C}$ wat iets kouder is dan R407c. het gas wordt daarom ook vaker gebruikt in vriezers en koelcontainers met een lagere temperatuur. Het wordt ook vaak gebruikt in winkels met verschillende koeltoepassingen, terwijl R407c een breder temperatuurbereik heeft.

De nominale glijtemperatuur van het gas is 0,75°C. Doordat dit een lagere temperatuur is kan met dit gas accurater een temperatuur behouden worden. Het gas is ook efficiënter aangezien de verdamping en condensatietemperatuur bijna constant zijn.

De GWP-waarde van dit gas is 3922. Dit is aanzienlijk hoger dan bij R407c. Omdat dit zo hoog is, moet er ook voorzichtig met omgegaan worden.

De GWP waarde is zelfs aanzienlijk meer dan zijn voorganger R22 met een GWP waarde van 1810. Hierdoor zal R404a in de toekomst vervangen worden. Maar omdat R22 een gas is dat de ozonlaag afbreekt, is R404a voorlopig een betere keuze voor het milieu.

Om aan te geven in hoeverre R22 de ozonlaag afbreekt, gebruiken we een ODP-waarde (Ozone Depletion Potential). Voor R22 is dit 0,055 in vergelijking met 0 voor R404a.

1.4.4. R407 gassen

R407 heeft verschillende varianten zoals R407a, R407b, R407c, R407f en R407h. Deze gassen liggen allemaal dicht bij elkaar van eigenschappen en samenstelling. De kleine verschillen zorgen ervoor dat sommige beter toepasbaar zijn in verschillende toestellen of installaties.

R407a:

GWP: 2107

ODP: 0

Kooktemp.: -45,01°C

Nominale glijtemperatuur: 6,41°C

Toepassingen: koeling voor gemiddelde temperaturen.

Mengeling van de verschillende gassen. (Zie figuur 12)

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Difluoromethane (HFC-32)	75-10-5	20
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	40
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	40

Figuur 12: samenstelling R407a

(SDS-R407A.pdf, z.d.)

R407b:

GWP: 2804

ODP: 0

Kooktemp.: -46,53°C

Nominale glijtemperatuur: 4,28°C

Toepassingen: koeling voor gemiddelde temperaturen.

Mengeling van de verschillende gassen. (Zie figuur 13)

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	50-70%

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	10-30%
-----------	----------	--	------------------	--------

DIFLUOROMETHANE

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280	1-10%
-----------	---------	--	-------------------------------------	-------

Figuur 13: samenstelling R407b

(SDS_R407B_CLP.pdf, z.d.)

R407f:

GWP: 1825

ODP: 0

Kooktemp.: -46,06°C

Nominale glijtemperatuur: 6,4°C

Toepassingen: koeling lage en middelhoge temperaturen.

Mengeling van de verschillende gassen. (Zie figuur 14)

REFRIGERANT R134A - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	40.000%

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	30.000%
-----------	----------	--	------------------	---------

DIFLUOROMETHANE - REACH registered number(s): 01-2119471312-47

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280; -: EUH044	30.000%
-----------	---------	--	--	---------

Figuur 14: samenstelling R407f

(SDS_R407F_CLP.pdf, z.d.)

R407h

GWP: 1495

ODP: 0

Kooktemp.: -44,59°C

Nominale glijtemperatuur: 7,01°C

Toepassingen: drop in voor R404a Geschikt voor gemiddelde en lage temperaturen

Mengeling van de verschillende gassen. (Zie figuur 15)

REFRIGERANT R134A - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	50-70%

DIFLUOROMETHANE

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280	30-50%
-----------	---------	--	-------------------------------------	--------

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	10-30%
-----------	----------	--	------------------	--------

Figuur 15: samenstelling R407h

(SDS_R407H_CLP.pdf, z.d.)

Deze verschillende gassen hebben allemaal andere mengsels en verhoudingen van merendeels dezelfde gassen. Hierdoor zijn er ook geen grote verschillen in de eigenschappen van deze gassen. Het kookpunt ligt dicht bij elkaar en de glijtemperaturen liggen ook dicht bij elkaar. De gassen zijn vooral ontworpen om het gas R404a te vervangen die op zich al een vervanger is van het R22 gas.

1.5. Elektrische aanpassingen

1.5.2. Originele regeling

Het originele systeem werkt op een eenvoudige manier om de temperatuur in het watervat te regelen. Er is een module die de temperatuur van het setpunt vergelijkt met de temperatuur in het watervat. Op basis van bepaalde instelling zal deze module een contact schakelen dat op zijn beurt de solenoïde klep zal schakelen. Deze klep is net voor het expansieventiel geplaatst. Als deze klep gesloten wordt, kan het gas niet meer naar de verdamper in het watervat. De compressor zal blijven draaien en het aanwezige gas in de verdamper wegzuigen. Het gas wordt dan verder gecomprimeerd in de condensor en zal daar blijven. Door de hoge druk en het continue koelen van de condensor zal het aanwezige gas in het systeem zich daar verzamelen. De compressor blijft draaien tot de pressostaat schakelt.

Deze manier van een koelinstallatie te laten stoppen met koelen heet pump down. Het uitvoeren van een pump down wordt gedaan om verschillende redenen. Als eerste kan het bijdragen aan de veiligheid. Omdat het gas in een kleiner deel van de installatie met name de condensor wordt opgeslagen is er minder risico tot blootstelling tijdens onderhoud of reparatiewerken. Een pump down helpt ook om lekkages te voorkomen en of te verminderen. Als het koelsysteem gedurende langere tijd niet wordt gebruikt, kunnen onderdelen zoals afdichtingen, pakkingen en kleppen aangetast worden. Door het systeem leeg te pompen en het koelmiddel elders op te slaan, wordt het risico op lekkages en mogelijke schade aan het systeem of de omgeving geminimaliseerd.

De pressostaat is een soort veiligheid in het systeem die ervoor zorgt dat de zuig en persdrukken niet te laag of te hoog worden. De pressostaat kijkt naar verschillende drukken en vergelijkt op een mechanische manier die drukken met een ingesteld setpunt. Als één van de drukken boven of onder een ingestelde druk gaat schakelt de pressostaat een elektrisch contact dat de compressor zal uitschakelen. In dit geval is het de bedoeling dat de pressostaat zal schakelen als de druk in de condensor onder 0 barg (BAR GUAGE) gaat

en terug inschalen als hij boven 2 bar gaat. Als na een tijd door het opwarmen van het water de druk in de verdamper stijgt boven 2 bar gaat de pressostaat de compressor vanzelf weer opstarten. Voordat dit gebeurt, zal door de stijging in temperatuur de solenoïde klep in het systeem weer opengaan. Op het inschakelen staat ook een tijdsvertraging zodat de compressor niet continu in en uit zal schakelen als de druk schommelt rond het setpunt. Dit heet antipendel.

2. Implementeren frequentiesturing

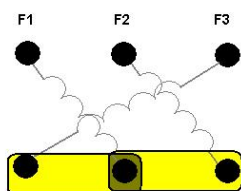
1.4. Voorbereidingen

1.4.1. Aangesloten netspanning

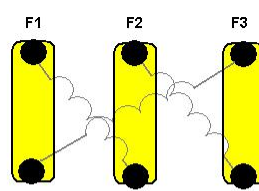
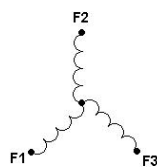
Het originele systeem werkt op een spanning van 3X230V. Omdat de frequentiesturing gemaakt is voor een werkspanning van 3X400V is het nodig deze spanning te voorzien. Dit is niet alleen een aanpassing voor de frequentiesturing. Door de hogere spanning zal er minder stroom getrokken worden. Deze spanning is meer aanwezig in industriële omgevingen.

Om het systeem te regelen op de alternatieve manier is het de bedoeling dat een groot deel van de originele schakeling gebruikt wordt. Om alles overzichtelijk te houden en zo min mogelijk variabelen te veranderen. De effectieve werking van de PLC en frequentiesturing en hun functie in het systeem wordt later uitgelegd.

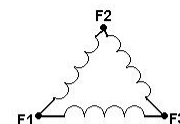
De installatie aansluiten op deze spanning vereiste enkele aanpassingen om ervoor te zorgen dat het systeem correct zou werken. Een van de belangrijkste wijzigingen was het omzetten van de aansluiting van de motor van een driehoek naar een sterconfiguratie. (zie figuur 17) Hierdoor werd ervoor gezorgd dat de juiste spanning over de wikkelingen van de motor werden toegepast, wat essentieel is voor een goede werking.



Figuur 17: ster aansluiting motor



Figuur 16: driehoek aansluiting motor



(Welther, 2023)

Met de verhoogde spanning zal de stroom door de geleiders afnemen. Het is belangrijk om hier rekening mee te houden bij het kiezen van de juiste zekeringen en het instellen van de motorbeveiligingsschakelaar. Na de stroomafname te overwegen kunnen we alles juist beveiligen en een juiste werking garanderen.

Naast de motor was het ook nodig om de andere componenten in het systeem van de juiste spanning te voorzien. Om dit te bereiken, is de transformator die de originele stuurkring van spanning voorziet aangepast, zodat het juiste spanningsniveau werd geleverd aan dit deel van de stuurkring. De transformator is voorzien van aansluitingen voor 400V op de primaire kring, waardoor deze aanpassing vlot kon worden uitgevoerd.

Aangezien er ook componenten zijn die een spanning van 230V nodig hebben, was het nodig voor een N-geleider in de schakelkast in te brengen. De spanning tussen één van de lijndraden en de N-geleider is steeds 230V. Hierdoor was het mogelijk om eenvoudig al deze componenten van de vereiste spanning te voorzien. Door de aansluitingen van de juiste beveiligingsschakelaars aan te passen van twee lijndraden naar de N-geleider en een lijndraad was het eenvoudig in orde te brengen.

Voordat het volledige systeem op 400V aangesloten werd was het nodig om alle schakelaars uit te schakelen en alle gevoelige componenten los te koppelen. Op die manier was het mogelijk om van elke component zijn spanning te meten zonder risico. Nadat elke vereiste spanning toekwam op de respectievelijke componenten was het mogelijk de installatie te testen. Bij de opstart van de installatie waren er geen problemen en werkte alles naar behoren.

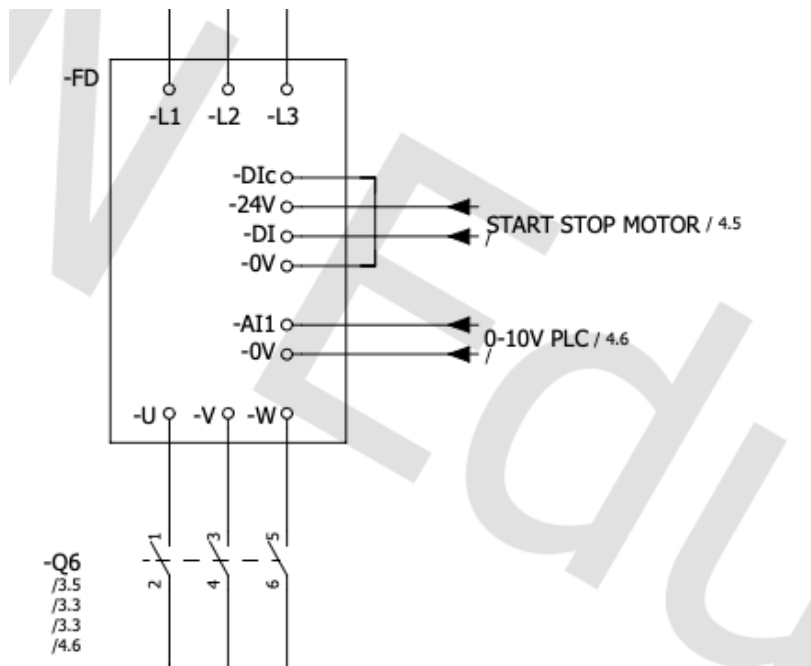
1.4.2. Extra componenten

Het is de bedoeling dat in deze opstelling de snelheid van de motor geregeld wordt aan de hand van een frequentiesturing. Omdat het implementeren van deze toepassing een effect zal hebben op de werking en efficiëntie van het systeem is er gekozen om de originele manier te behouden. Het zal dus mogelijk zijn om een keuze te maken tussen de twee regelmanieren. De PLC die gemonteerd is in de meetkast zal ook verbonden moeten worden met de frequentiesturing. De PLC zal het regelsignaal en andere voorwaarden voorzien. De weerstanden in het water zullen ook moeten beveiligd en geschakeld worden op een correcte manier.

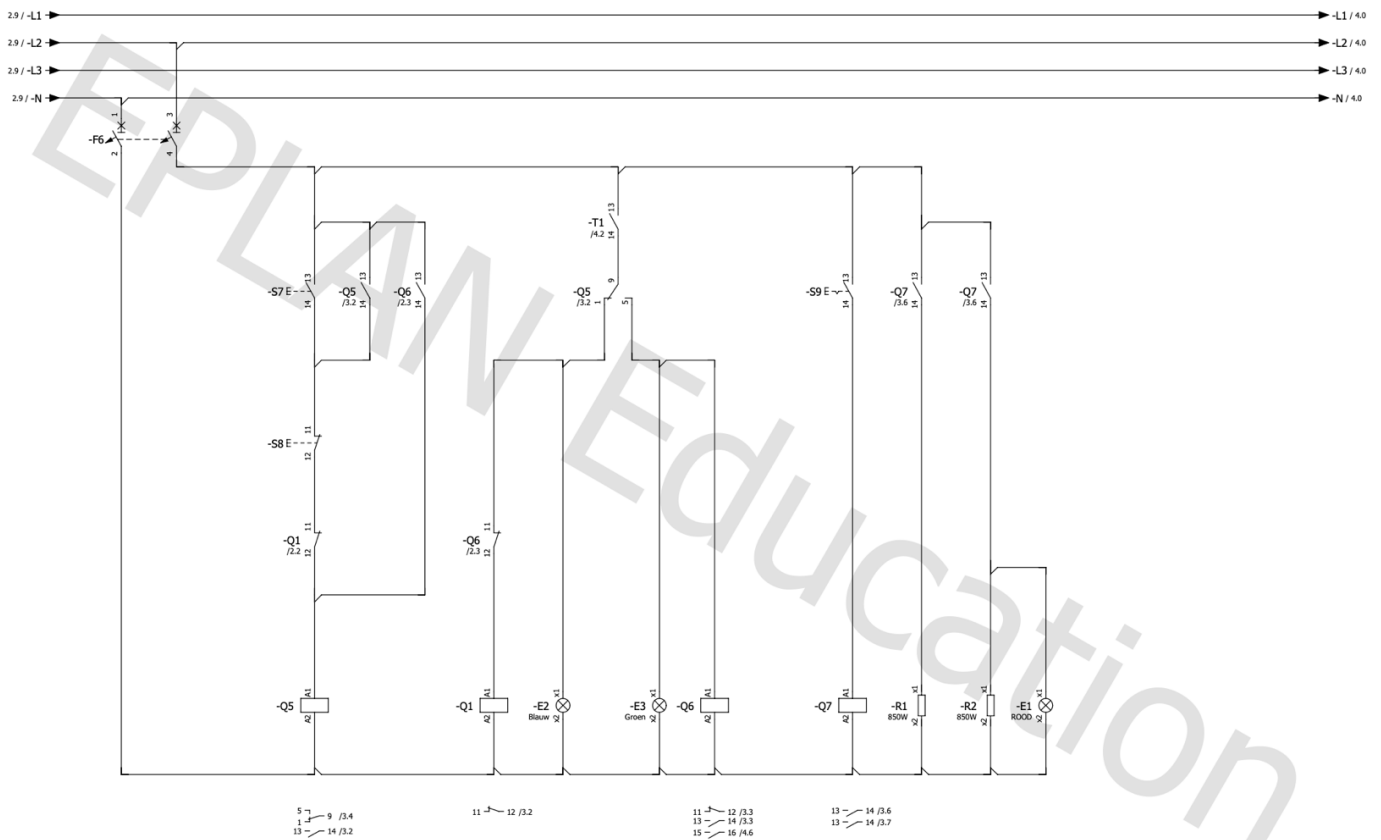
Aangezien de originele schakelkasten vol zaten was het nodig een nieuwe kast te voorzien waar de nodige nieuwe componenten in passen. In deze kast moet een voeding voorzien worden van 3X400V. Deze voeding is nodig voor de frequentiesturing die vervolgens de motor zal aansturen. Er is ook spanning van 230V nodig voor het stuur gedeelte te voorzien van spanning. Daarom is er een N-geleider nodig.

De nieuwe kast zal twee contactoren, één relais, één beveiliging schakelaar, twee drukknoppen, één schakelaar, drie lampjes en de frequentiesturing bevatten. (Zie figuur 18 & 19)

De nieuwe componenten worden geschakeld zoals in figuur 18 en 19. De signalen van de PLC zullen in de nieuwe kast binnenkomen en verbonden worden met de juiste ingangen.



Figuur 18: aansluiting frequentiesturing
(Bron: eigen werk)



Figuur 19: stuurschakeling nieuwe kast
(Bron: eigen werk)

1.5. Aanpassing

De bedoeling is het verschil aantonen tussen een traditionele koelinstallatie en de installatie geregeld door een PLC en frequentiesturing. Daarom is er gekozen om de 2 mogelijkheden parallel in de installatie te zetten. Er kan dus gekozen worden zonder dat er aanpassingen nodig zijn. Aan de werking van de traditionele manier zal niks veranderen. Het deel van de traditionele manier zal gebruikt worden om de toepassing te laten werken.

1.5.1. Frequentiesturing

De PLC zal het gedrag van de compressor regelen aan de hand van een frequentiesturing. Deze frequentiesturing is verbonden met de motor die de compressor aandrijft. Het is een frequentiesturing van het merk Siemens. Het type is: SINAMICS V20 Inverter. (Zie figuur 20)



Figuur 20: frequentiesturing

(SINAMICS V20 Inverter, 2014)

De frequentiesturing ontvangt de elektrische voeding van het elektriciteitsnetwerk, in dit geval 3X400V. Deze ingangsstroom wordt omgezet naar gelijkstroom met behulp van een gelijkrichter. De gelijkstroom wordt vervolgens toegevoerd aan de tussenkring van de frequentiesturing. In de tussenkring wordt de gelijkstroom omgezet naar een constante gelijkspanning met behulp van condensatoren of een DC-bus. De gelijkspanning in de tussenkring wordt vervolgens omgezet naar een variabele wisselspanning met de gewenste frequentie. Dit wordt gedaan met behulp van transistoren. De frequentiesturing past de frequentie van de wisselspanning aan om de snelheid van de motor te regelen. De variabele wisselspanning wordt geleverd aan de elektrische motor. Door de frequentie van de spanning aan te passen, kan de frequentiesturing de snelheid van de motor regelen. Hierdoor kan de motor op lagere of hogere snelheden draaien dan de nominale snelheid. Bij het regelen van de snelheid moet wel rekening gehouden worden met de toepassing om schade te voorkomen.

Max-Min frequentie motor

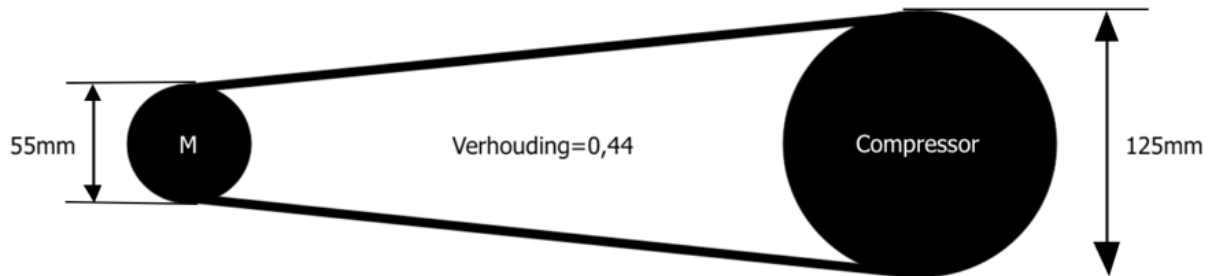
In dit geval moet rekening gehouden worden met de compressor en de mogelijkheden van de motor zelf. Op de compressor staat een minimum en maximum draaisnelheid aangegeven. Ook de elektromotor heeft een maximumsnelheid die we moeten respecteren.

Voor het instellen van de parameters op de frequentiesturing zijn er verschillende gegevens waar we rekening mee moeten houden.

- Bereik van de compressor:
 - Min: 500 RPM
 - Max: 1800 RPM
- Bereik motor
 - Min: 0 Hz
 - Max: 60 Hz

Van de motor is ook geweten dat bij een aansluiting van 50Hz hij een draaisnelheid zal hebben van 1410 RPM.

Doordat de motor en de compressor verbonden zijn met een ongelijke overbrenging zijn deze waarden niet evenredig. Om de juiste verhouding te verkrijgen van deze overbrenging hebben we de buitendiameter van beide aandrijfwielen nodig. (Zie figuur 21)



Figuur 21: verhouding overbrenging motor naar compressor

(Bron: eigen werk)

In figuur 21 is te zien dat de overbrenging tussen de compressor en motor een verhouding heeft van 0,44. Dit was te berekenen door de diameter van het motorwiel te delen door de diameter van het compressorwiel.

Aan de hand van deze gegevens kunnen we berekenen wat de maximum en minimum frequentie zal zijn die de frequentiesturing naar de motor mag sturen. Er kan bijkomend ook berekend worden wat de nominale draaisnelheid van de compressor is bij 50 Hz.

Geweten is dat de motor een draaisnelheid heeft van 1410 RPM bij 50 HZ en hij verbonden is met de compressor met een verhouding van 0,44. Door 1410 te vermenigvuldigen met de verhouding van 0,44 weten we dat de compressor 620,4 RPM zal draaien bij een frequentie van 50 Hz.

De motor mag maximaal 60 Hz krijgen om een goede werking te behouden. De draaisnelheid van de motor kunnen we eenvoudig berekenen met volgende formule (2.1).

$$RPM_{motor} = \left(\frac{1410}{50} \right) * f$$

(2.1)

Waarbij:

f = Frequentie

RPM_{motor} = Rotaties per minuut van de motor

Door de frequentie in te vullen kan de draaisnelheid van de motor verkregen worden. Bij 60 Hz zal de motor dus 1692 RPM draaien. Om te weten hoe snel de compressor dan gaat draaien, vullen we volgende eenvoudige formule (2.2) in.

$$RPM_{comp} = RPM_{motor} * 0,44$$

(2.2)

Waarbij:

RPM_{comp} = Rotaties per minuut van de compressor

Aangezien de motor 1692 RPM draait bij 60 Hz zal de compressor bij een frequentie van 60 Hz een RPM van 744 hebben. Aangezien dit onder de maximale snelheid ligt van de compressor zal dit de maximaal aan te sturen frequentie zijn die aan de motor mag aangelegd worden.

Voor de minimumsnelheid heeft de motor geen limitatie dus zullen we rekening moeten houden met minimum 500 RPM van de motor. Door de vorige formules als volgt om te vormen naar (2.3 & 2.4) kunnen we de minimum frequentie eenvoudig verkrijgen.

$$RPM_{motor} = \frac{RPM_{comp}}{0,44} \qquad f = RPM_{motor} \left(\frac{50}{1410} \right)$$

(2.3, 2.4)

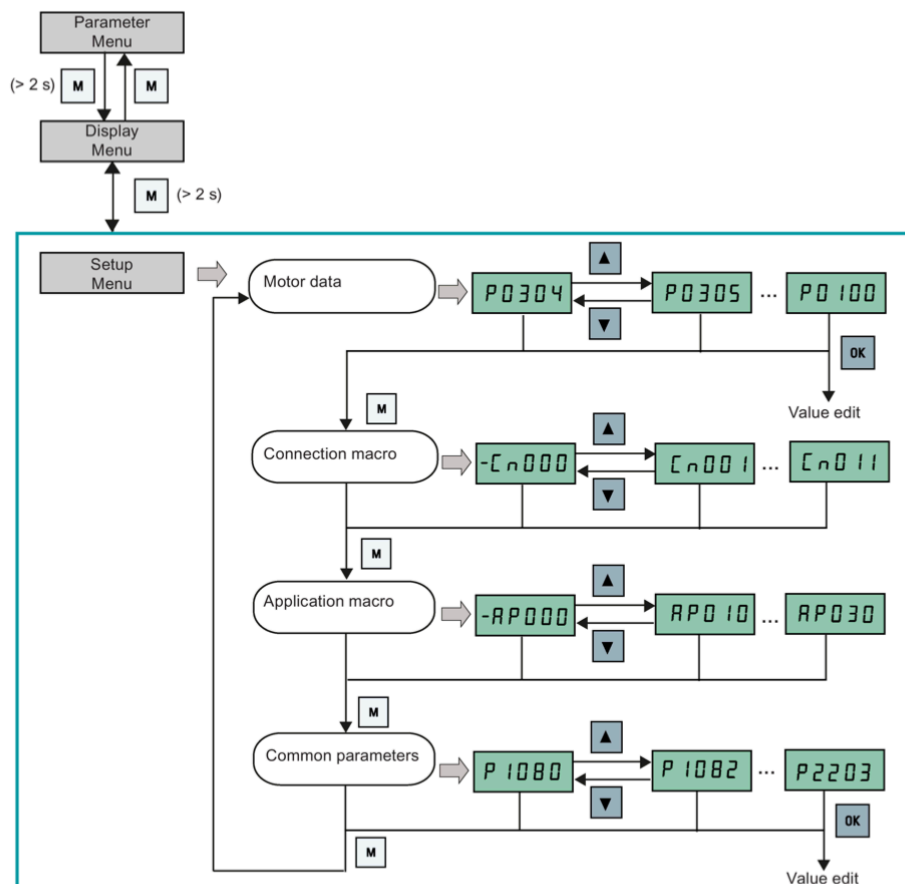
Als de compressor 500 RPM zal draaien zal de motor dus 1136,3636... RPM draaien. Als we dit gegeven invullen in de tweede formule weten we dat de motor een minimum frequentie van 40,30 Hz mag krijgen.

Door dit te berekenen zijn we zeker dat de frequentiesturing de motor enkel mag voorzien van een frequentie tussen 40,3 en 60 Hz.

Parameters frequentiesturing

Voor correcte en veilige aansturing van de motor door de frequentiesturing zullen er meerdere parameters ingesteld en aangepast moeten worden. Deze parameters conditioneren en informeren de frequentiesturing om een juiste aansturing van de motor te verzekeren. De belangrijkste parameters worden hier kort besproken en de parameterlijst en ingestelde waarden zijn te vinden in de bijlage.

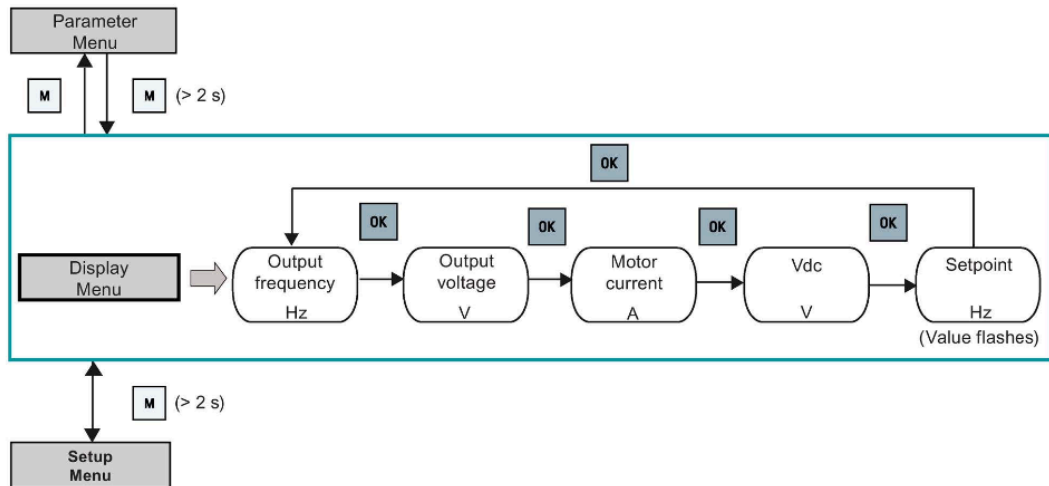
Het navigeren in de frequentiesturing is mogelijk op de volgende manier. (zie figuur 22)



Figuur 22: navigeren in frequentiesturing

(SINAMICS V20 Inverter, 2014)

Gewoonlijk zal de frequentiesturing op het “Display Menu” staan. In dit menu is het mogelijk om weer te geven wat er naar de motor wordt gestuurd door de frequentiesturing. Door op “OK” te drukken kunnen verschillende waarden worden weer gegeven. (Zie figuur 23)



Figuur 23: navigeren in frequentiesturing

(SINAMICS V20 Inverter, 2014)

Door op “M” te drukken komen we in de motordatalijst. Dit is nodig voor de parameters van de motor in te geven. Uit deze lijst zullen de belangrijkste parameters besproken worden.

P304: Nominale spanning van de motor.

Ingestele waarde: 400V

P305: Nominale stroom van de motor.

Ingestelde waarde: 3,8A

P307: Nominaal vermogen van de motor.

Ingestelde waarde: 1.5kW

P310: Nominale frequentie van de motor.

Ingestelde waarde: 50 Hz

P311: Nominale motor snelheid.

Ingestelde waarde: 1410 RPM

P1080: Minimum frequentie van de motor.

Ingestelde waarde: 40,30 Hz

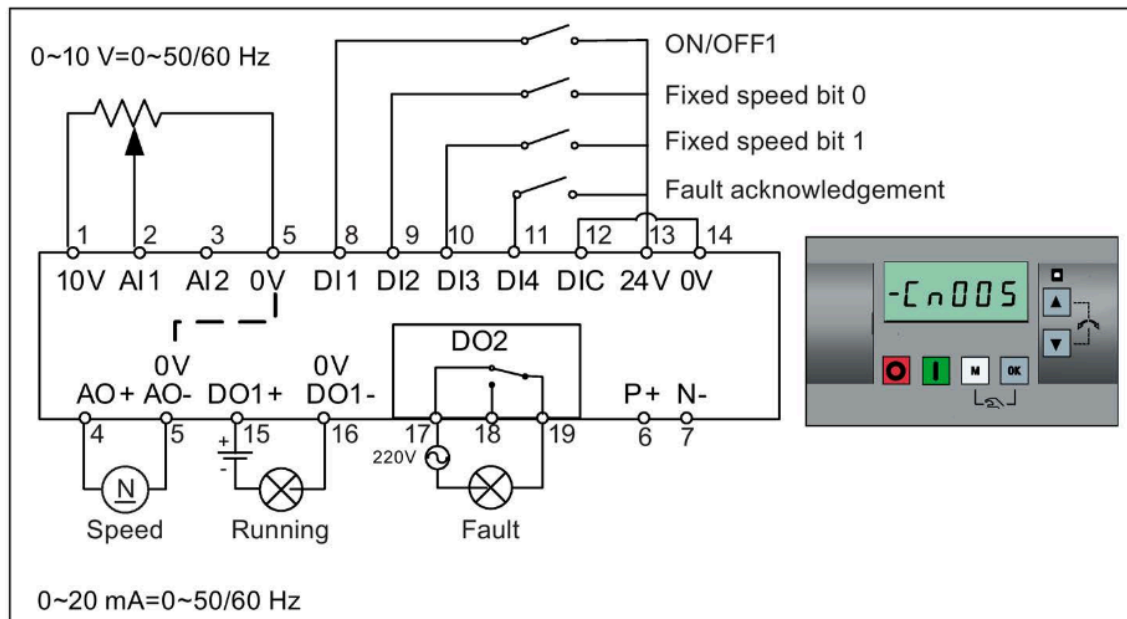
P1082: Maximum frequentie van de motor.

Ingestelde waarde: 60 Hz

Door deze parameters correct in te stellen, wordt de motor onder normale omstandigheden veilig aangestuurd door de frequentiesturing.

Aangezien de frequentiesturing aangestuurd wordt door de PLC moet die ook correct ingesteld zijn om het juiste resultaat te verkrijgen. De frequentiesturing is eenvoudig in te stellen aan de hand van verschillende vooraf geprogrammeerde "connection macro's". Er zijn verschillende standaardsituaties die vaak voorkomen en in de frequentiesturing te selecteren zijn. Hoe een macro wordt geselecteerd is te zien in figuur 22. Voor deze toepassing zal er gebruik gemaakt worden van macro Cn005. Dit is een macro die de snelheid van een motor variabel kan aansturen aan de hand van een analoog ingangsignaal. Er kan ook gekozen worden om de motor verschillende vaste snelheden te laten draaien aan de hand van digitale ingangen, wat niet nodig is voor deze toepassing.

Door deze "Connection macro" te kiezen zullen verschillende parameters en instellingen automatisch aangepast worden om de nodige toepassingen mogelijk te maken. De verschillende ingangen van de frequentiesturing zijn ook op voorhand vastgesteld en zullen als volgt zijn. (Zie figuur 24)



Figuur 24: aansluitschema frequentiesturing

(SINAMICS V20 Inverter, 2014)

In figuur 24 zien we dat er maar twee signalen nodig zijn om de frequentiesturing correct te bedienen. Dit is het analoog signaal van de PLC en een digitaal ON/OFF signaal van de PLC. Het digitale signaal zal de motor starten en stoppen op het nodige moment en op de correcte manier. De aansluiting hiervan is te zien in figuur 24.

1.5.2. PLC

Het analoge en het start/stopsignaal dat toekomt op de frequentiesturing is afkomstig van de PLC. Dit is een PLC van Danfoss. Danfoss maakt PLC'S die ontworpen zijn voor toepassingen in koelinstallaties. Deze PLC van het Type AK-PC 351 is speciaal ontworpen om de capaciteit van een koelsysteem aan te passen door de werking van de compressoren en condensoren te regelen. (Zie figuur 25)

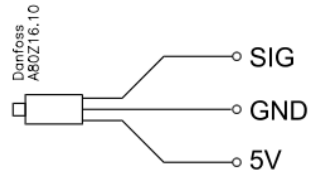


Figuur 25: PLC

(AK-PC351.pdf, z.d.)

Afhankelijk van de configuratie kunnen er verschillende combinaties van compressoren en een condensator worden geregeld. Het doel is om de efficiëntie en de prestaties van het koelsysteem te optimaliseren door de belasting aan te passen aan de vraag. De PLC kan vier compressoren en één condensator aan sturen. Er kunnen ook minder compressoren gebruikt worden. De mogelijkheid bestaat om enkel een compressor of enkel een condensator aan te sturen. In dit geval zal de PLC gebruikt worden om één compressor aan te sturen door hem te starten te stoppen en de snelheid te regelen. De snelheid van het starten en het stoppen van de compressor zal geregeld worden afhankelijk van de zuigdruk van de compressor. Deze zuigdruk wordt gemeten met een druksensor die verbonden is met de leiding van de zuigdruk voor de compressor. De gebruikte druksensor is een Danfoss AKS 32R sensor die een druk van -1 tot 12 bar omzet naar een signaal van 0-5V. De sensor heeft een aansluiting met 3 connecties. Deze connecties moeten aangesloten worden volgens figuur 26.

AKS 32R



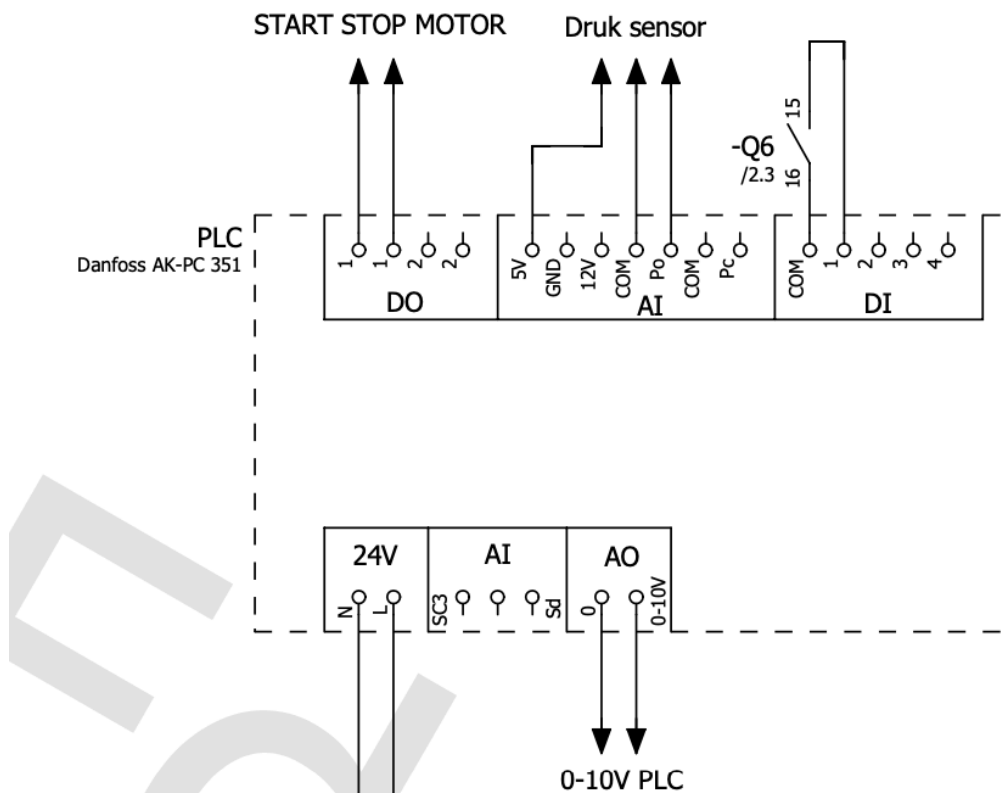
10-90% ratiometric

Figuur 26: bedrading druksensor

(AK-PC351.pdf, z.d.)

Als de sensor correct is aangesloten, kan de PLC uitlezen welke druk er aanwezig is in de zuigleiding van de compressor.

Voordat de PLC het signaal kan geven of de compressor mag starten of niet, moet er een signaal bevestigen dat het veilig is om dit te doen. Het signaal komt van een hulpcontact van contactor Q6. De contactor zal ingeschakeld worden als er aangegeven wordt dat de motor mag starten. De PLC zal aangesloten worden als volgt. (zie figuur 27)



Figuur 27: bedrading PLC

(Bron: eigen werk)

In de PLC moeten ook verschillende parameters en instellingen ingevuld en aangepast worden om het juiste resultaat te verkrijgen.

De parameters zijn opgedeeld in verschillende categorieën. Hieronder zullen per categorie de belangrijkste besproken worden.

“Plant type”

- Het gebruikte koelgas.

Het instellen van het juiste koelgas (R407c) is belangrijk voor de PLC om te weten welke respectievelijke temperatuur overeenkomt met de druk.

“Suction”

- Setpoint

Bij het setpunt stellen we de gewenste druk in. Dit is de druk die verkregen moet worden aan de zuigzijde van de compressor.

- Neutral zone

Dit verwijst naar de zone rond het setpunt die aanvaardbaar is.

- PI Setting

Het instellen van de PI setting tussen 0 en 10 heeft effect op de snelheid dat de PLC het systeem regelt.

- Pump down

Door dit in te schakelen zal de PLC de compressor verplichten om naar een instelbare druk te zakken.

- Control sensor

Dit is het type sensor dat gebruikt wordt en daarvan ook het minimale en maximale meetbereik. Het is zeer belangrijk dat dit correct wordt ingesteld aangezien de PLC zich baseert op deze waarden om een waarde te geven aan het inkomende signaal van de sensor.

- Compressor mode

Door hier 1 speed in te stellen geven we aan dat we enkel een compressor gaan aansturen met een regelbare snelheid aan de hand van een frequentiesturing.

- Compressor gegevens

Dit zijn de minimum/maximumsnelheid en het vermogen van de motor.

2. Werking

De normale werking van het systeem blijft ongewijzigd en werkt nog steeds als origineel voorzien. Dit betekent dat aan de stuurkring van het originele systeem alleen toevoegingen zijn gedaan.

Wanneer er spanning aan de installatie wordt aangelegd, zal het systeem klaar zijn om op te starten. De standaard ingestelde manier van opstarten zal na het inschakelen van de spanning altijd de originele schakeling zijn.

3.1. Origineel

Voordat het mogelijk is om de compressor op te starten, moet er aan verschillende voorwaarden worden voldaan. Het opstarten van de compressor gebeurt als relais Q1 spanning krijgt. Aangezien de installatie ingesteld is om op de originele manier te werken is T1 het enige contact dat nodig is om Q1 van spanning te voorzien. Dit contact is van een relais met een tijdsvertraging op. De tijdsvertraging is nodig om pendelen te voorkomen. Pendelen betekent dat de compressor herhalend aan en uit zou schakelen als de druk rond zijn setpunt schommelt. De relais T1 kan worden ingeschakeld als de pressostaat aangeeft dat de druk in het systeem tussen de ingestelde limieten zit. Als dit zo is zal Q4 ervoor kunnen zorgen dat T1 voorzien wordt van spanning. Q4 wordt aangestuurd door een start stop schakeling. Deze start stop schakeling heeft voorrang op de stop voor de veiligheid. Om Q4 in te schakelen zal de thermische beveiliging van de motor moeten ingeschakeld zijn alsook Q2. Deze twee contacten hebben voorrang om de compressor te stoppen omwille van de veiligheid. Q2 is het contact dat de pomp en ventilator start van de watercyclus die de condensor koelt. Dit wilt zeggen dat de compressor enkel kan starten als de watercyclus draait.

Als dit allemaal opgelijnd is en de compressor gestart is, zal de koelcyclus beginnen met het watervat te koelen. De temperatuur van het water in het te koelen vat zal zakken tot onder het ingestelde setpunt op de thermostaat. Als de watertemperatuur laag genoeg is, zal de thermostaat de solenoïde klep K1 in de koelcyclus sluiten. Hierdoor gaat de druk aan de zuigkant van de compressor zakken tot de ingestelde minimumdruk op de pressostaat bereikt is en deze zal schalen. Als de pressostaat schakelt zal de compressor stoppen en de koelcyclus stilgelegd worden. Als de temperatuur in het watervat terug boven het setpunt van de thermostaat komt, zal de solenoïde klep K1 opengaan. Hierdoor gaat de druk stijgen en de pressostaat schakelen, waardoor T1 aantrekt en na de ingestelde tijd de compressor start.

Dit proces blijft zich herhalen zodat de temperatuur in het watervat rond het setpunt blijft.

3.2. Aanpassing

De compressor is klaar om te worden aangestuurd door de PLC en de frequentiesturing na het installeren van de aanpassingen. De keuze tussen de twee systemen kan gemaakt worden door twee drukknoppen S7 en S8 aanwezig op de nieuwe kast. Deze drukknoppen schakelen relais Q5. Van Q5 is er een wisselcontact gebruikt om te schakelen tussen de twee regelmogelijkheden. Door een wisselcontact te gebruiken kan er telkens maar één manier tegelijk gebruikt worden. Contactor Q6 wordt gebruikt om de verbinding van de motor naar de frequentiesturing te onderbreken of te schakelen. Dit zorgt ervoor dat het PLC gestuurde systeem niet verbonden is als er voor de andere regelmogelijkheid gekozen wordt. Contactor Q6 zal net als bij het andere systeem ook geschakeld worden door T1. Dit zorgt ervoor dat alle veiligheidsvoorzieningen die voorzien zijn in het andere systeem hier ook gaan werken. Voor Q1 zit nog een normaal gesloten contact dat onderbreekt als Q6 aangestuurd wordt en ervoor zorgt dat het nooit mogelijk is om beide tegelijk in te schakelen. Dit is zeer belangrijk aangezien de frequentie niet gelijk is tussen de twee drijfspanningen naar de motor en er een rechtstreekse kostsluiting ontstaat die kan leiden tot schade aan de frequentie sturing. Om dit probleem te voorkomen is het ook belangrijk dat er niet kan gewisseld worden tussen de twee systemen als de compressor draait. Door een normaal gesloten contact van Q1 en een normaal open contact van Q6 wordt dit voorkomen. De

twee contacten zijn zo geplaatst dat de staat van Q5 niet wijzigt als één van de twee contactoren is ingeschakeld.

Als dezelfde voorwaarden voldoen, T1 ingeschakeld is en Q5 omgeschakeld is, zal Q6 spanning krijgen. Als Q6 spanning krijgt, zal er een verbinding gemaakt worden tussen de frequentiesturing en de motor. Een hulpcontact van Q6 geeft ook een signaal aan de PLC zodat de motor gestart kan worden (safe circuit). De PLC kijkt dan naar de zuigdruk van de compressor en geeft na een bepaalde tijd een digitaal signaal door aan de frequentiesturing om de motor te starten. De frequentiesturing zal de motor starten naar zijn minimumsnelheid die overeenkomt met 40,3 Hz. Deze snelheid zal hij tijdelijk behouden. Na een tijd zal de frequentiesturing de snelheid van de motor verhogen tot de gevraagde variabele waarde van de PLC. De gevraagde waarde van de PLC wordt doorgegeven aan de hand van een 0-10V signaal. Met dit signaal laat de PLC de compressor sneller of trager draaien om de ingestelde druk te bereiken (3 bar). Om deze druk te bereiken zal de frequentiesturing binnen zijn bereik van 40,3 en 60 Hz moeten blijven om schade of oververhitting te voorkomen aan het systeem. Wanneer de temperatuur in het watervat onder het ingestelde setpunt gaat zal de solenoïde klep sluiten en zal de PLC de motor laten draaien tot zijn pump down druk. Deze druk moet boven de minimumdruk van de pressostaat liggen voor een correcte uitschakeling aan de hand van de PLC. Als de PLC dit door omstandigheden toch niet zou doen, zal de pressostaat de motor uitschakelen aan de hand van T1.

3. Verschil

Bij het originele systeem zal de compressor altijd dezelfde snelheid draaien. De sturing houdt geen rekening met drukken of temperaturen van het gas. Er zal alleen gekeken worden naar de druk voor de veiligheid. Dit is natuurlijk helemaal anders bij het gebruik van de PLC en de frequentiesturing. In deze configuratie is het mogelijk om de zuigdruk van de compressor aan te passen. Dit helpt om een ideale verdampingsdruk te krijgen voor een bepaald setpunt van de thermostaat. Als we het zelfregelende systeem inschakelen is duidelijk te zien dat de draaisnelheid van de compressor effect heeft op de zuigdruk. De zuigdruk zal relatief constant blijven gedurende het volledige koel proces. Dit zal voor een efficiëntere koeling zorgen.

Doordat het systeem heel klein en beperkt is, is er geen voldoende groot verschil in efficiëntie merkbaar. De toepassing van de PLC dient normaal gezien ook voor een installatie met meerdere verdampers. Deze verdampers kunnen dan in of uitgeschakeld worden en de compressor kan de zuigdruk constant houden bij een verschillende belasting van het systeem. Aangezien er hier geen mogelijkheid is om het systeem meer te belasten, is het moeilijk dit effect aan te tonen.

Het is wel duidelijk zichtbaar dat de zuigdruk altijd naar zijn setpunt zal gaan als dit binnen zijn bereik ligt. Dit betekent dat deze toepassing ook gebruikt kan worden indien er een zwaardere of minder zware belasting zou zijn.

4. Conclusie

In dit onderzoek is de implementatie van een frequentiesturing in een koelinstallatie onderzocht met als doel het verkrijgen van een efficiënter proces. Door de installatie voor te bereiden en betrouwbaar te maken in de oorspronkelijke staat, konden we de effecten van de frequentiesturing duidelijk bestuderen via experimenteel onderzoek.

Uit de resultaten is gebleken dat het gebruik van een frequentiesturing leidt tot minder frequent in- en uitschakelen van de compressor wanneer het water de gewenste temperatuur heeft bereikt. Dit resulteert in een verminderde belasting van het systeem door de piekstromen bij het opstarten van de motor.

Echter, tijdens het testen werd duidelijk dat de waterkoeler in de koelcyclus te klein is voor het systeem. Dit resulteerde in te hoge druk aan de perskant van de compressor, wat soms leidde tot het uitschakelen van het systeem vanwege de hoge druk. Het probleem kan worden opgelost door een grotere blower te gebruiken of door een andere waterkoeler te installeren.

Al met al toont dit onderzoek aan dat de implementatie van een frequentiesturing in een koelinstallatie kan leiden tot een efficiënter proces, met name door het verminderen van de belasting van de compressor. Echter, het belang van het zorgvuldig dimensioneren van alle componenten van het systeem, zoals de waterkoeler, mag niet over het hoofd worden gezien om optimale prestaties te waarborgen. Dit onderzoek biedt inzichten en aanbevelingen voor verdere verbeteringen en optimalisaties van koelinstallaties met frequentiesturing.

Literatuurlijst

- AK-PC351.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van <http://altaraz.com/wp-content/uploads/2017/03/AK-PC351.pdf>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). *Koudemiddelen*. Kenniscentrum InfoMil. Geraadpleegd 3 juni 2023, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/ozon-en-f-gassen/koudemiddelen/>
- Sambakhe, I. (2011). *CONDUITE ET ENTRETIEN D'UNE INSTALLATION FRIGORIFIQUE* [Bachelor scriptie]. Antwerp Maritime Academy.
- SDS-R404A.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van <https://refrigerants.com/wp-content/uploads/2019/12/SDS-R404A.pdf>
- SDS-R407A.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van <https://refrigerants.com/wp-content/uploads/2019/12/SDS-R407A.pdf>
- SDS_R407B_CLP.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van https://nationalref.com/wp-content/uploads/2019/05/SDS_R407B_CLP.pdf
- SDS-R407C.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van <https://refrigerants.com/wp-content/uploads/2019/12/SDS-R407C.pdf>
- SDS_R407F_CLP.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van https://nationalref.com/wp-content/uploads/2019/05/SDS_R407F_CLP.pdf
- SDS_R407H_CLP.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 3 juni 2023, van https://nationalref.com/wp-content/uploads/2019/05/SDS_R407H_CLP.pdf
- SINAMICS V20 Inverter*. (2014).
- Welther, H. (2023). *Aansluiting van deze motor (400 volt)—Forum—Circuits Online*. circuitsonline. Geraadpleegd 3 juni 2023, van <https://www.circuitsonline.net/forum/view/86665>

Lijst van bijlagen

Bijlage 1:

Elektrisch schema

Deze bijlage bevat het complete elektrische schema van het systeem.

Bijlage 2:

SDS R407a

Dit bevat informatie in verband met het koelgas R407a.

Bijlage 3:

SDS R407B

Dit bevat informatie in verband met het koelgas R407b.

Bijlage 4:

SDS R407c

Dit bevat informatie in verband met het koelgas R407f.

Bijlage 5:

SDS R407f

Dit bevat informatie in verband met het koelgas R407h.

Bijlage 6:

SDS R407g

Dit bevat informatie in verband met het koelgas R407g.

Bijlage 7:

SDS R404a

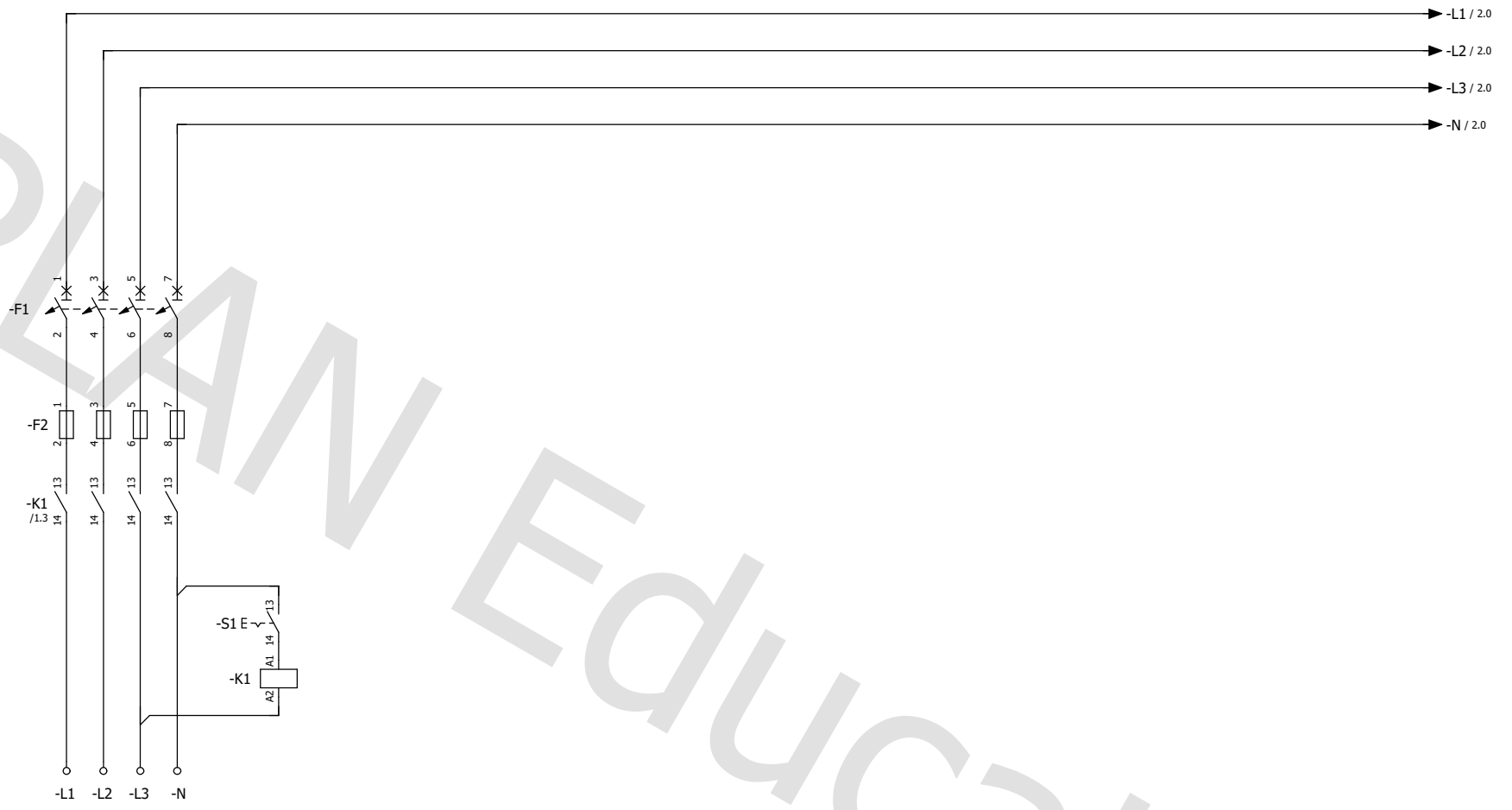
Dit bevat informatie in verband met het koelgas R404a.

Legende elektrisch schema

Component	Functie
2Q1	Motor beveiliging schakelaar
E1	Weergave weerstanden
E10	Weergave 400V
E2	weergave rechtstreekse sturing
E3	Weergave frequentiesturing
E4	Weergave 24V
E5	Weergave Pomp en ventilator aan
E6	Weergave Pomp en ventilator uit
E7	Weergave thermostaat
E8	weergave motor standby
E9	Weergave motor stop
F1	Differentieel schakelaar
F2	Smelt zekeringen
F3	Beveiliging pomp en ventilator
F4	Zekering primaire kring transformator
F5	Zekering secundaire kring transformator
F6	Beveiliging 230V stuurkring
FD	Frequentiedrive
K1	Hoofdcontactor
K1	Solenoide klep
M1	motor compressor
P1	Contact pressostaat
PLC	Danfoss AK-PC 351
Q1	Rechstreekse motor aansturing contactor
Q2	Aansturing pomp en ventilator
Q5	Keuze relais rechtstreekse of frequentiesturing
Q6	afschijding contactor frequentiedrive
Q7	Contactur weerstanden
S1	Hoofdschakelaar
S2	Start pomp en ventilator
S3	Stop pomp en ventilator
S4	Eindeloop afscherming
S5	Start motor sturing
S6	Stop motor sturing
S7	start voor Q5
S8	Stop Q5
S9	Schakelaar aansturing weerstanden

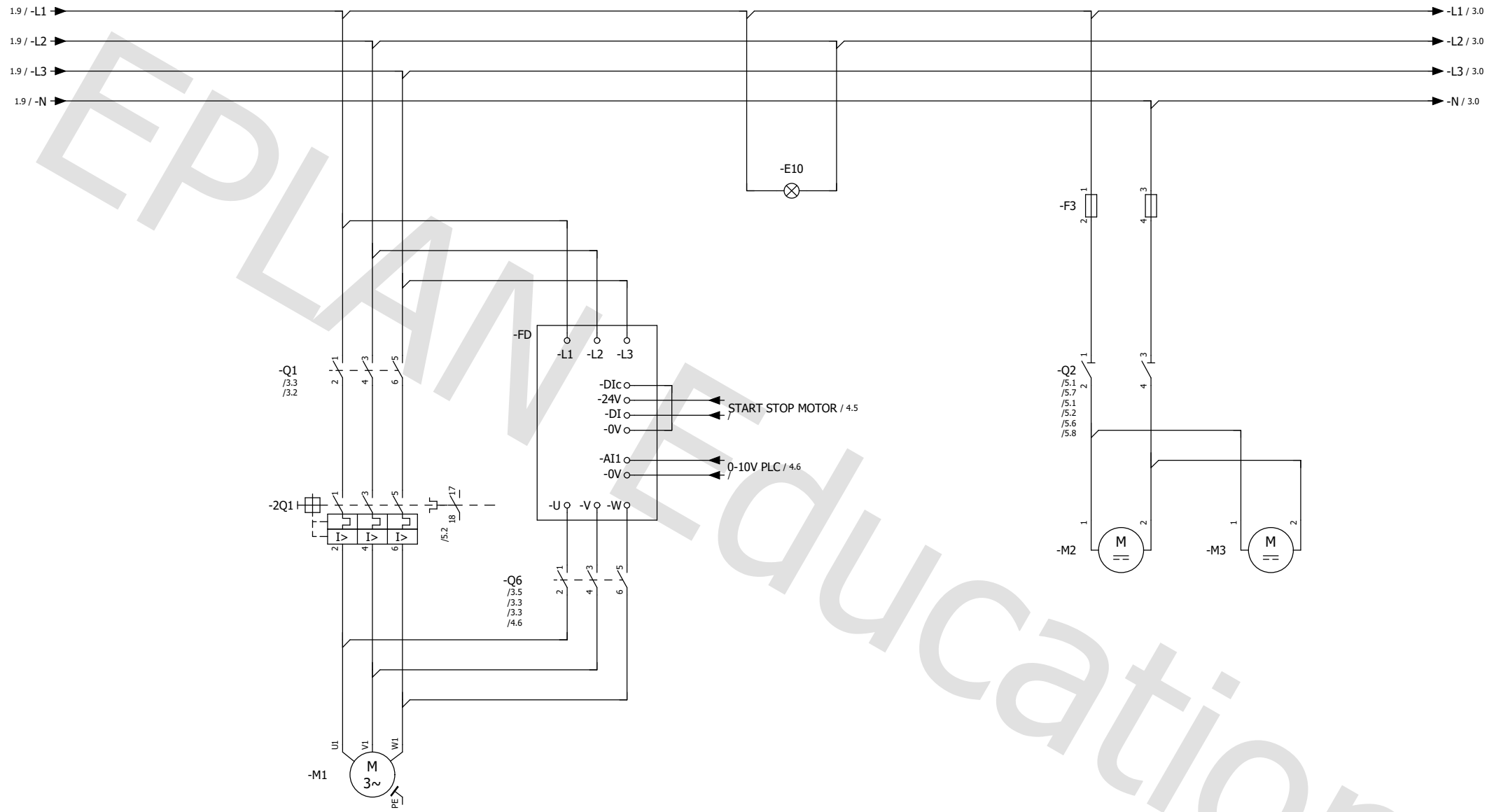
T1	Vertraagde inschakeling compressor
TF1	Transformator 230V 24V
TH	Contact thermostaat

Auteursrechtelijk beschermd. Verspreiding alsmede vermenigvuldiging van dit document, het gebruik en het doorgeven van de inhoud hiervan zijn verboden, voor zover niet uitdrukkelijk toegestaan.



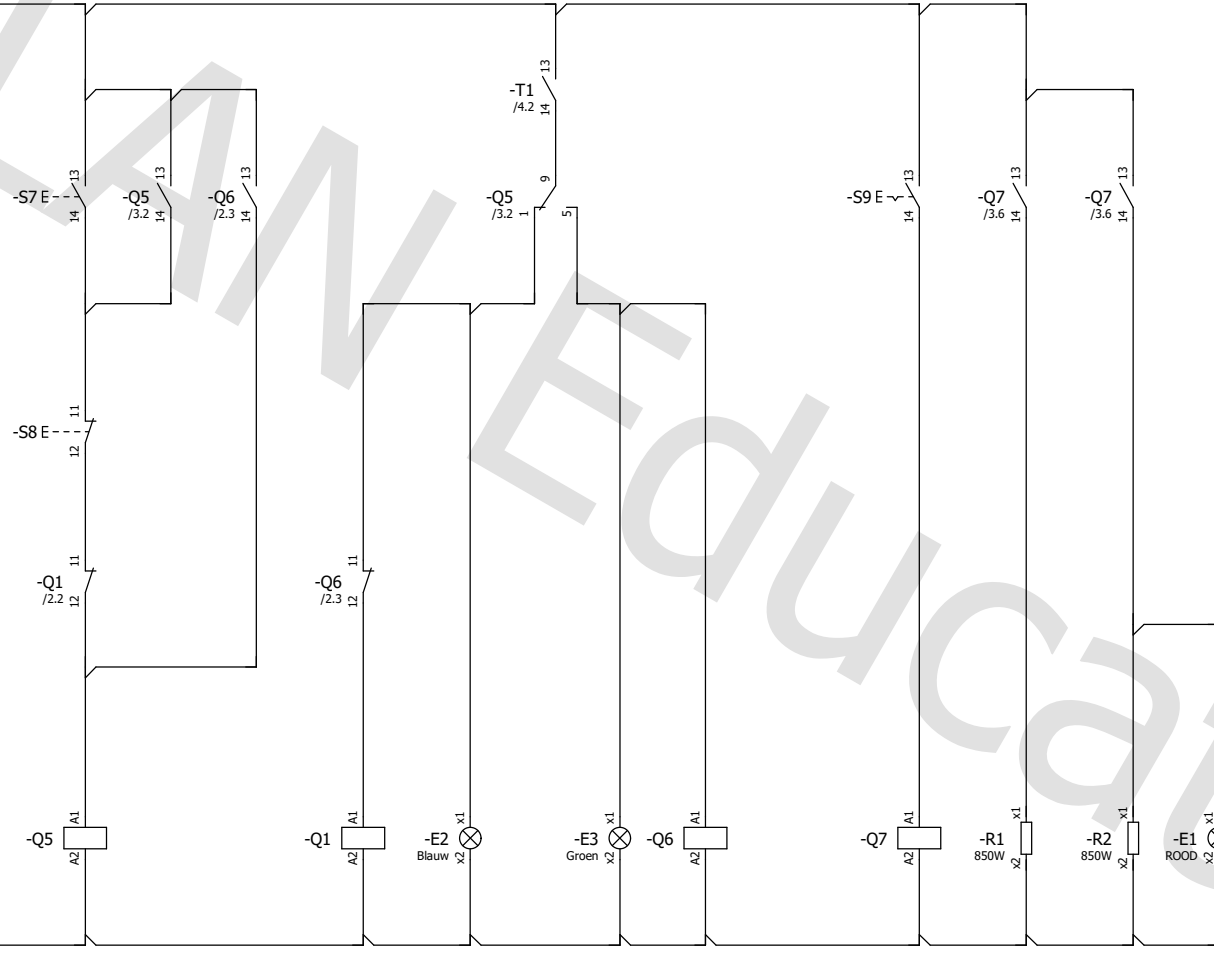
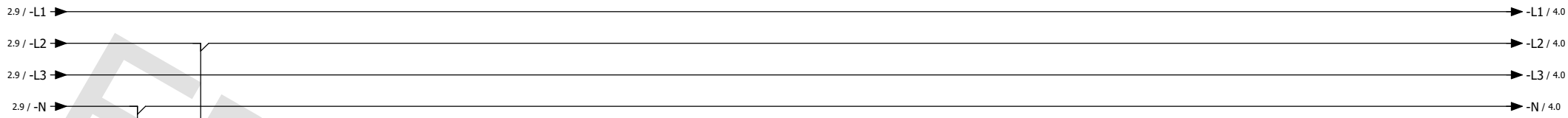
13 - 14 / 1.2
 13 - 14 / 1.2
 13 - 14 / 1.2
 13 - 14 / 1.2

Projectnaam Eindwerk_This				Projectnummer IEC_bas003_sample_project		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		=		&	
Basisproject op basis van het voorbeeldproject ESS_Sample_Project				Tekeningnummer		EPLAN		+		Pagina 1	
Wijziging				Datum		Naam		Engineer		Blad 1 van 1	
Naam				Datum 29/05/2023		Bew		wardvermeulen		Blad 1 van 1	
Engineer				Goedgekeurd door							



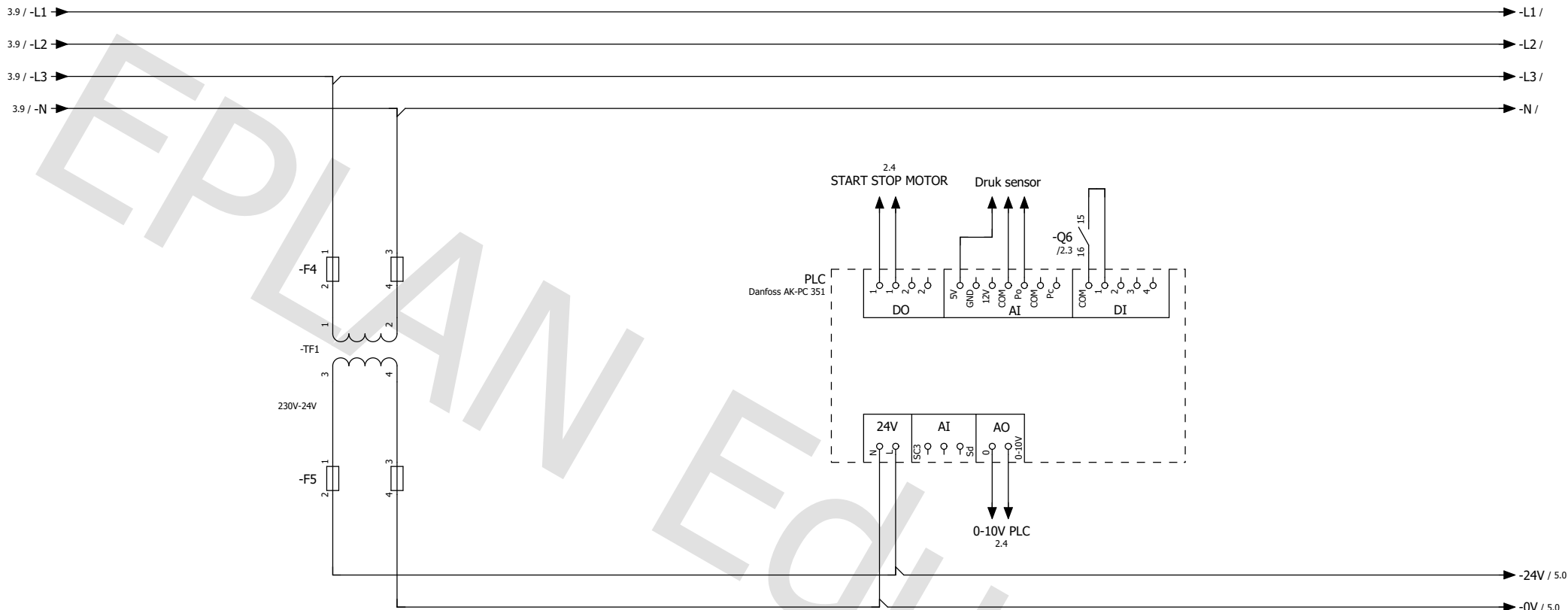
Auteursrechtelijk beschermd. Verspreiding alsmede vermenigvuldiging van dit document, het gebruik en het doorgeven van de inhoud hiervan zijn verboden, voor zover niet uitdrukkelijk toegestaan.

			Projectnaam	Eindwerk_This	Projectnummer	IEC_bas003_sample_project	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				=	&	
			Basisproject op basis van het voorbeeldproject ESS_Sample_Project		Tekeningnummer						+	Pagina	
Wijziging	Datum	Naam	Engineer	wardvermeulen	Goedgekeurd door		EPLAN		Datum	29/05/2023	Bew	wardvermeulen	Blad
											2	2	
											2	van	



Auteursrechtelijk beschermd. Verspreiding alsmede vermenigvuldiging van dit document, het gebruik en het doorgeven van de inhoud hiervan zijn verboden, voor zover niet uitdrukkelijk toegestaan.

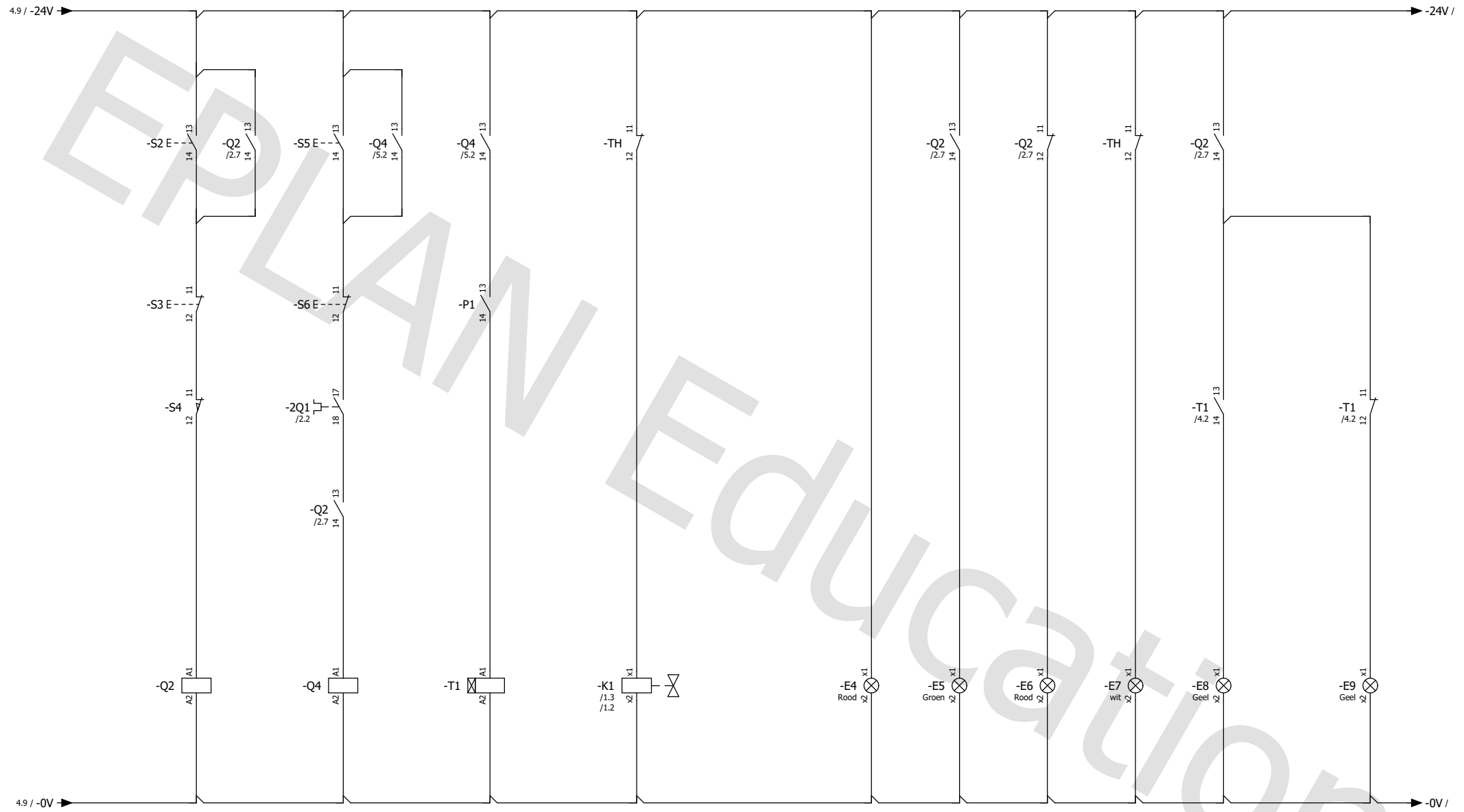
			Projectnaam	Eindwerk_Thijs	Projectnummer	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG					
			Basisproject op basis van het voorbeeldproject ESS_Sample_Project		IEC_bas003_sample_project						
			Tekeningnummer								
Wijziging	Datum	Naam	Engineer	wardvermeulen	Goedgekeurd door						
						EPLAN		Datum	29/05/2023	Bew	wardvermeulen
								=			
								+	Pagina 3 van 3		
										&	



Auteursrechtelijk beschermd. Verspreiding alsmede vermenigvuldiging van dit document, het gebruik en het doorgeven van de inhoud hiervan zijn verboden, voor zover niet uitdrukkelijk toegestaan.

			Projectnaam	Eindwerk_Thijs	Projectnummer	IEC_bas003_sample_project	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				=	&	
			Basisproject op basis van het voorbeeldproject ESS_Sample_Project		Tekeningnummer		EPLAN				+	Pagina	
Wijziging	Datum	Naam	Engineer	wardvermeulen	Goedgekeurd door		Datum	27/05/2023	Bew	wardvermeulen		Blad	4 van 4

Auteursrechtelijk beschermd. Verspreiding alsmede vermenigvuldiging van dit document, het gebruik en het doorgeven van de inhoud hiervan zijn verboden, voor zover niet uitdrukkelijk toegestaan.



- 11 ↗ 12 /5.7
 - 13 ↘ 14 /5.1
 - 13 ↘ 14 /5.2
 - 13 ↘ 14 /5.6
 - 13 ↘ 14 /5.8
- 13 ↘ 14 /5.2
 - 13 ↘ 14 /5.3
- 11 ↗ 12 /5.9
 - 13 ↘ 14 /3.4
 - 13 ↘ 14 /5.8

			Projectnaam	Eindwerk_This	Projectnummer	IEC_bas003_sample_project		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG				=			&		
			Basisproject op basis van het voorbeeldproject ESS_Sample_Project		Tekeningnummer							+			Pagina	5	
Wijziging	Datum	Naam	Engineer	wardvermeulen	Goedgekeurd door			EPLAN		Datum	29/05/2023	Bew	wardvermeulen			Blad	5 van



Safety Data Sheet

R-407A

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: R-407A
OTHER NAME: Difluoromethane, Pentafluoroethane, 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
USE: Refrigerant Gas
DISTRIBUTOR: National Refrigerants, Inc.
661 Kenyon Avenue
Bridgeton, New Jersey 08302

FOR MORE INFORMATION CALL:
(Monday-Friday, 8:00am-5:00pm)
1-800-262-0012

IN CASE OF EMERGENCY CALL:
CHEMTREC: 1-800-424-9300

2. HAZARDS IDENTIFICATION

CLASSIFICATION:	Gases under pressure, Liquefied Gas
SIGNAL WORD:	WARNING
HAZARD STATEMENT:	Contains gas under pressure, may explode if heated
SYMBOL:	Gas Cylinder
PRECAUTIONARY STATEMENT:	STORAGE: Protect from sunlight, store in a well ventilated place



EMERGENCY OVERVIEW:

CAUTION! This product is a clear, colorless, liquefied gas with a faint ether-like odor. Contents under pressure. Cylinders may rupture and rocket under fire conditions. Thermal decomposition can produce toxic and corrosive gases. Vapors are heavier than air. May cause asphyxia. Liquid splashes or spray may cause freeze burns (frostbite). High vapor concentrations may cause an abnormal heart rhythm and prove suddenly fatal. Very high atmospheric concentrations can cause anesthetic effects progressing from dizziness, weakness, nausea, to unconsciousness. It can act as an asphyxiant by limiting available oxygen. Read the entire MSDS for a more thorough evaluation of the hazards.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN CONTACT: Liquid splashes or spray may cause freeze burns.

SKIN ABSORTION: This product will probably not be absorbed through human skin.

EYES: Liquid splashes or spray may cause freeze burns.

INHALATION: Exposure to high vapor concentrations may cause an abnormal heart rhythm and prove suddenly fatal. Very high atmospheric concentration can cause anesthetic effects progressing from dizziness, weakness, nausea, to unconsciousness. It can act as an asphyxiant by limiting available oxygen.

INGESTION: Extremely unlikely to occur in use.

OTHER EFFECTS OF EXPOSURE: None expected.



3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Difluoromethane (HFC-32)	75-10-5	20
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	40
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	40

COMMON NAME and SYNONYMS

R-407A; HFC-407A

There are no impurities or stabilizers that contribute to the classification of the material identified in Section 2

4. FIRST AID MEASURES

SKIN: Immediately wash with plenty of warm water (do not rub). Thaw affected area with water. Remove contaminated clothing. Caution: Clothing may adhere to the skin in case of freeze burns. If symptoms (irritation or blistering) develop, get medical attention.

EYES: Immediately flush with plenty of water. After initial flushing, remove any contact lenses and continue flushing for at least 15 minutes. Hold eyelids open during flushing. Have eyes examined and treated by medical personnel.

INHALATION: Move victim to fresh air. Keep warm and at rest. If breathing is labored, give oxygen. If only breathing has stopped, give artificial respiration with a pocket mask equipped with a one-way valve to prevent exposure to product or body fluids. If breathing has stopped and there is no pulse, give cardiopulmonary resuscitation (CPR). Get immediate medical attention.

INGESTION: Highly unlikely, but should this occur, freeze burns will result. Do not induce vomiting unless instructed to do so by a physician.

NOTE TO PHYSICIAN: Symptomatic and supportive therapy, as indicated. Administration of epinephrine or similar sympathomimetic drugs should be with special caution and only in situations of emergency life support as cardiac arrhythmias may result.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLAMMABLE PROPERTIES

FLASH POINT:	Does not flash
AUTOIGNITION TEMPERATURE:	Not available
UPPER FLAME LIMIT (volume % in air):	Not applicable
LOWER FLAME LIMIT (volume % in air):	Not applicable

HAZARDOUS REACTIONS:

Reacts with finely divided metals such as aluminum, zinc, magnesium, and alloys containing more than 2% magnesium. Can react violently if in contact with alkali metals and alkaline earth metals such as sodium, potassium, or barium.

During a fire the product can form toxic and corrosive gases such as hydrogen fluoride.

EXTINGUISHING MEDIA:

As appropriate for surrounding materials/equipment.



FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

Compressed liquefied gas. Containers may burst under intense heat. Ruptured cylinders may rocket or fragment. Heavy vapor may suffocate. R-407A is not flammable in air under ambient conditions or temperature and pressure. Certain mixtures of R-407A and air, when under pressure, may be flammable. Certain mixtures of R-407A and chlorine may be flammable or reactive under some conditions.

FIRE FIGHTING PROCEDURES:

Water spray should be used to cool containers.

FIRE FIGHTING PROTECTIVE EQUIPMENT:

Use self-contained breathing apparatus with a full face piece and special protective clothing.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Contents under pressure. Ruptured cylinder may rocket or fragment. This product is a liquefied gas, which exits the container at temperatures capable of causing freeze burns (frostbite).

Precautions should take into account the severity of the leak or spill.

Move unprotected personnel upwind of leaking container. Remove ignition sources and ventilate the spill area. Use recommended personal protection and shut off the leak, if without risk. If possible, elevate leak position to highest point of container (should leak gas, not liquid). Water should never be put on leak nor should cylinder be immersed. If possible, dike and contain spillage. Prevent liquid from entering sewers, sumps, or pit areas since vapor is heavier than air and can create a suffocating atmosphere. Capture material for recycle or destruction if suitable equipment is available.

Notify applicable government authority if release is reportable or could adversely affect the environment.

7. HANDLING AND STORAGE

HANDLING:

Wear appropriate personal protective equipment. A safety shower and eyewash station should be nearby and ready to use.

This product is a liquefied gas, which exits the container at temperatures capable of causing freeze burns (frostbite). Ensure personnel are trained in handling and storing cylinders. Secure containers at all times. Keep containers closed when not in use.

Ensure there is adequate ventilation or use proper respiratory protection in poorly ventilated or confined areas. Avoid causing and inhaling high concentrations of vapor. Atmospheric levels should be controlled to below the occupational exposure limit and kept as low as practical.

Prevent liquid or vapor from entering sumps or sewers since vapor is heavier than air and may form suffocating atmospheres.

Do not put mixtures of R-407A with air or oxygen under pressure; do not use such mixtures for leak or pressure testing.

Avoid R-407A contact with flames or very hot surfaces. Do not heat containers.

Liquid transfers between containers may generate static electricity. Ensure adequate grounding.

Avoid trapping liquid between closed valves or overfilling containers as high pressures can develop with an increase in temperature.



STORAGE RECOMMENDATIONS:

Keep containers tightly closed, in a cool, well-ventilated place. Keep containers dry. Keep away from incompatibles, open flames, hot surfaces, welding operations, and other heat sources.

STORAGE TEMPERATURE:

Store at temperature not exceeding 125 deg. F (52 deg. C)

INCOMPATIBILITIES:

Freshly abraded aluminum surfaces at specific temperatures and pressures may cause a strong exothermic reaction. Chemically reactive metals: potassium, calcium, powdered aluminum, magnesium, and zinc.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

EXPOSURE GUIDELINES

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>ACGIH TLV</u>	<u>OSHA PEL</u>	<u>OTHER LIMIT</u>
Difluoromethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
Pentafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)

* = Workplace Environmental Exposure Level (AIHA)

No ACGIH TLV or OSHA PEL has been established for any of the components.

Minimize exposure in accordance with good hygiene practice.

PREVENTIVE MEASURES

ENGINEERING CONTROLS:

Use ventilation to maintain safe levels. Where appropriate engineering controls are not in place or are inadequate, wear suitable respiratory equipment.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

SKIN PROTECTION:

Take all precautions to prevent skin contact. Use gloves and protective clothing made of material that has been found by user to be impervious under conditions of use to prevent the skin from becoming frozen from contact with liquid. User should verify impermeability under normal conditions of use prior to general use. Additional protection such as an apron, arm covers, or full body suit may be needed depending on conditions of use.

EYE PROTECTION:

Use chemical safety goggles or safety glasses and a face shield when there is potential for eye contact.

RESPIRATORY PROTECTION:

Not normally needed if controls are adequate. If needed, use NIOSH/MSHA approved respirator for organic vapors. For high concentrations and oxygen deficient atmospheres, use positive pressure air-supplied respirator.

OTHER PROTECTION:

Shower and eyewash station.



9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE:	Colorless, liquefied gas
SPECIFIC GRAVITY:	1.17 @ 20°C
SOLUBILITY IN WATER:	Insoluble
pH:	Not applicable
BOILING POINT:	-49.9° F to -38.0° F, -45.5° C to -38.9°C (boiling range)
VAPOR PRESSURE (mmHg at 20° C.):	8250
VAPOR DENSITY (air = 1.0):	2.54 at bubble point temperature
% VOLATILE BY VOLUME:	100
ODOR THRESHHOLD:	Not established
FLAMMABILITY:	Not applicable
LEL/UEL:	None/None
RELATIVE DENSITY:	1.14 g/cm ³ at 21.1°C
PARTITION COEFF (n-octanol/water)	Not applicable
AUTO IGNITION TEMP:	Not determined
DECOMPOSITION TEMPERATURE:	>250 °C
ODOR:	Faint ethereal odor
FREEZING POINT:	Not Determined
VISCOSITY:	Not applicable
FLASH POINT:	Not applicable

10. STABILITY AND REACTIVITY

CHEMICAL STABILITY:

Stable under normal conditions.

INCOMPATIBILITIES:

Reacts with finely divided metals such as aluminum, zinc, magnesium, and alloys containing more than 2% magnesium. Can react violently if in contact with alkali metals and alkaline earth metals such as sodium, potassium, or barium.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Hydrogen fluoride by thermal decomposition and hydrolysis.

HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

POSSIBLE HUMAN HEALTH EFFECTS:

ROUTES OF EXPOSURE:

Inhalation, ingestion, eye, and skin contact.

INHALATION:

Exposure to high vapor concentrations may cause an abnormal heart rhythm and prove suddenly fatal. Very high atmospheric concentrations can cause anesthetic effects progressing from dizziness, weakness, nausea, to unconsciousness. It can act as an asphyxiant by limiting available oxygen.

INGESTION:

Highly unlikely, but should this occur, freeze burns will result.



EYE CONTACT:

Liquid splashes or spray may cause freeze burns.

SKIN CONTACT:

Liquid splashes or spray may cause freeze burns.

OTHER EFFECTS:

None anticipated.

CARCINOGENICITY:

None of the ingredients are classified as carcinogenic by IARC, ACGIH, NTP, or OSHA.

ANIMAL DATA:

Difluoromethane (HFC 32)

LC 50 4hour, rat inhalation > 520,000 ppm

Because of its volatility this compound has not been tested for skin or eye irritancy or skin sensitization.

No cardiac sensitization (arrhythmias) occurred in dogs pretreated with epinephrine at 350,000 ppm. In an earlier cardiac sensitization study, a no observed effect level (NOEL) of 200,000 ppm and threshold of 250,000 ppm were established.

No teratogenic effects were seen in rats or rabbits at dose levels up to 50,000 ppm.

No adverse effects were seen at the highest dose level of 50,000 ppm in a 90- day inhalation study.

No genotoxicity was observed in a range of *in vitro* tests or an *in vivo* mouse micronucleus assay.

Pentafluoroethane (HFC 125)

The inhalation 4 hour LC50 in rats was greater than 800,000 ppm HFC 125.

Because of its volatility, this compound had not been tested for skin or eye irritancy, or skin sensitization.

The threshold for cardiac sensitization (arrhythmia) in dogs pretreated with epinephrine was an atmosphere of 75,000 ppm.

No developmental effects were seen in rabbits or rats following exposure during gestation or inhalation dose levels of 50,000 ppm.

HFC 125 showed no genetic toxicity in a range of *in vitro* tests or an *in vivo* mouse micronucleus assay.

No adverse effects were seen at the highest dose level of 50,000 ppm in a 90-day inhalation study in the rat.

1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC 134A)

LC50 4hour inhalation, rat: >500,000 ppm

Slight eye irritation resulted from a brief spray of vapor.

HFC 134a was a slight skin irritant, but not a skin sensitizer.

The threshold for cardiac sensitization (arrhythmias) in dogs pretreated with epinephrine was an atmosphere of 75,000 ppm. The no observed effect level (NOEL) was 50,000 ppm.

No effect of any kind was seen in a 90-day inhalation study in the rat at dose levels up to, and including 50,000 ppm (6 hours per day, 5 days per week).



No developmental effects were seen in the rabbit following inhalation exposure to 40,000 ppm during gestation despite slight maternal toxicity. In a range-finding study in the rabbit, possible minimal embryo lethality was seen at a dose level of 50,000 ppm. In the rat, slight fetotoxicity was present at an inhalation dose of 50,000 ppm administered during gestation and no effects were seen at a dose of 10,000 ppm. In another study in the rat, no developmental effects were seen at a dose of 100,000 ppm in the presence of slight maternal toxicity; clear maternal effects were followed by embryo toxicity and fetotoxicity at a dose level of 300,000 ppm. There were no increases in the incidence of fetal malformations in rats or rabbits at doses up to and including 300,000 ppm and 50,000 ppm, respectively.

HFC-134a showed no genetic toxicity in a range of *in vitro* and *in vivo* tests. No adverse effects were found in a study in which rats were followed to week 104 after receiving 300 mg/kg bodyweight/day of HFC-134a by gavage for 52 weeks. In a 2-year inhalation study in rats, no adverse effects of any kind were observed except increased incidences of non-lift threatening, benign, microscopic testicular interstitial (Leydig) cell tumors and associated interstitial cell hyperplasia which were confined to the top dose of 50,000 ppm.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

PERSISTENCE AND DEGRADATION:

HFC 32 and HFC 134a decompose comparatively rapidly in the lower atmosphere (troposphere) while HFC 125 decomposes slowly in the lower atmosphere (troposphere). Estimated atmospheric lifetimes are 4.9, 29, and 14 years for HFC 32, HFC 125 and HFC 134a, respectively. Products of decomposition will be highly dispersed and hence have a very low concentration. Components are not significant contributors to photochemical smog and are not considered to be VOCs. None of the components are considered an ozone-depleting chemical.

Octanol Water Partition Coefficient: (See Section 9)

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

DISPOSAL METHOD:

Discarded product is not a hazardous waste under RCRA, 40 CFR 261. However, R-407A should be recycled, reclaimed, or destroyed whenever possible.

EFFECT ON EFFLUENT TREATMENT:

Discharges of the product will enter the atmosphere and will not result in long-term aqueous contamination.

REFRIGERATION APPLICATION:

Subject to "no venting" regulations of Sections 608 and 609 of the Clean Air Act during the service or disposal of equipment.

14. TRANSPORT INFORMATION

US DOT ID NUMBER:	UN3338
US DOT PROPER SHIPPING NAME:	Refrigerant Gas R 407A
US DOT HAZARD CLASS:	2.2
US DOT PACKING GROUP:	Not applicable

15. REGULATORY INFORMATION

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA):

TSCA INVENTORY STATUS: All ingredients are listed on the TSCA chemical substance inventory.



SARA / CERCLA REGULATIONS:

- 40 CFR 372: This product does not contain any chemicals subject to reporting requirements of SARA Section 313.
40 CFR 355: This product does not contain any “extremely hazardous chemical” subject to the requirements of SARA Section 312.
- 40 CFR 370: Hazardous properties as defined under the Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)
Health: Acute effects (CNS depression, cardiac sensitization).
Physical: Compressed liquefied gas.
(Actions may be necessary under SARA Section 311 – consult regulation for applicability).

16. OTHER INFORMATION

CURRENT ISSUE DATE: January 04, 2021

PREVIOUS ISSUE DATE: April, 2018

OTHER INFORMATION: HMIS Classification: Health – 1, Flammability – 1, Reactivity – 0
NFPA Classification: Health – 2, Flammability – 1, Reactivity – 0
ANSI / ASHRAE 34 Safety Group – A1

DISCLAIMER:

National Refrigerants, Inc. believes that the information and recommendations contained herein (including data and statements) are accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY, OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated and may not be valid where such product is used in combination with any other methods or use of the product and of the information referred to herein are beyond the control of National Refrigerants. National Refrigerants expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information.

Section 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1. Product identifier

Product name: REFRIGERANT R407B

Product code: R407B

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Company name: National Refrigerants Ltd
4 Watling Close
Sketchley Meadows Business Park
Hinckley
Leicestershire
LE10 3EZ
United Kingdom

Tel: 01455 630790

Fax: 01455 630791

Email: sds@nationalref.com

1.4. Emergency telephone number

Emergency tel: Carechem24 +44 (0)1865 407333

Section 2: Hazards identification

2.1. Classification of the substance or mixture

Classification under CLP: Press. Gas: H280

Most important adverse effects: Contains gas under pressure; may explode if heated.

2.2. Label elements

Label elements:

Hazard statements: H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

Hazard pictograms: GHS04: Gas cylinder



Signal words: Warning

Precautionary statements: P410+403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

2.3. Other hazards

PBT: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 2

Section 3: Composition/information on ingredients

3.2. Mixtures

Hazardous ingredients:

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	50-70%

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	10-30%
-----------	----------	--	------------------	--------

DIFLUOROMETHANE

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280	1-10%
-----------	---------	--	-------------------------------------	-------

Section 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

Skin contact: Remove all contaminated clothes and footwear immediately unless stuck to skin. Drench the affected skin with running water for 10 minutes or longer if substance is still on skin. Do not use hot water. If frostbite has occurred call a physician.

Eye contact: Bathe the eye with running water for 15 minutes. Consult a doctor.

Ingestion: Not applicable.

Inhalation: Remove casualty from exposure ensuring one's own safety whilst doing so. If unconscious, check for breathing and apply artificial respiration if necessary. Consult a doctor.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Skin contact: There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.

Eye contact: There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.

Ingestion: Not applicable.

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. Asphyxia. May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Immediate / special treatment: Not applicable.

Section 5: Fire-fighting measures

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 3

5.1. Extinguishing media

Extinguishing media: Alcohol resistant foam. Water spray. Carbon dioxide. Dry chemical powder. Suitable extinguishing media for the surrounding fire should be used. Use water spray to cool containers.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Exposure hazards: In combustion emits toxic fumes. Non flammable gas.

5.3. Advice for fire-fighters

Advice for fire-fighters: Wear self-contained breathing apparatus. Wear protective clothing to prevent contact with skin and eyes.

Section 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Personal precautions: Refer to section 8 of SDS for personal protection details. If outside keep bystanders upwind and away from danger point.

6.2. Environmental precautions

Environmental precautions: Stop release if safe to do so. Prevent from entering sewers, basements and work pits, or any place where the accumulation can be dangerous.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Clean-up procedures: Material evaporates. Ventilate the area, especially low or enclosed places where heavy vapours might collect.

6.4. Reference to other sections

Reference to other sections: Refer to section 8 of SDS.

Section 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Handling requirements: Ensure there is sufficient ventilation of the area. Avoid the formation or spread of mists in the air.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions: Store in a cool, well ventilated area. Keep container tightly closed. Store at a temperature not exceeding 45°C.

Suitable packaging: Must only be kept in original packaging.

7.3. Specific end use(s)

Specific end use(s): No data available.

Section 8: Exposure controls/personal protection

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 4

8.1. Control parameters

Hazardous ingredients:

PENTAFLUOROETHANE

Workplace exposure limits:

Respirable dust

State	8 hour TWA	15 min. STEL	8 hour TWA	15 min. STEL
EU	1000 ppm	-	-	-

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE

EU	4240 mg/m ³	-	-	-
----	------------------------	---	---	---

DIFLUOROMETHANE

UK	1000 ppm	-	-	-
----	----------	---	---	---

DNEL/PNEC Values

Hazardous ingredients:

PENTAFLUOROETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	16444 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	1753 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.1 mg/l	-	-
PNEC	Fresh water sediments	0.6 mg/kg	-	-

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.01 mg/l	-	-
PNEC	Marine water	0.75 mg/l	-	-
PNEC	Microorganisms in sewage treatment	73 mg/l	-	-

DIFLUOROMETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation (developmental tox)	16444 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation (developmental tox)	1753 mg/m ³	Consumers	Systemic

8.2. Exposure controls

Engineering measures: Ensure there is sufficient ventilation of the area.

Respiratory protection: Self-contained breathing apparatus must be available in case of emergency. Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing the oxygen available for breathing.

Hand protection: Protective gloves.

Eye protection: Safety glasses with side-shields. Safety goggles. Face-shield. Safety glasses.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 5

Skin protection: Protective clothing.

Section 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

State: Liquified gas

Colour: Colourless

Odour: Characteristic odour

9.2. Other information

Other information: No data available.

Section 10: Stability and reactivity

10.1. Reactivity

Reactivity: Stable under recommended transport or storage conditions.

10.2. Chemical stability

Chemical stability: Stable under normal conditions. Stable at room temperature.

10.3. Possibility of hazardous reactions

Hazardous reactions: Hazardous reactions will not occur under normal transport or storage conditions.
Decomposition may occur on exposure to conditions or materials listed below.

10.4. Conditions to avoid

Conditions to avoid: Heat. Hot surfaces. Sources of ignition. Flames.

10.5. Incompatible materials

Materials to avoid: Strong oxidising agents. Strong acids.

10.6. Hazardous decomposition products

Haz. decomp. products: In combustion emits toxic fumes.

Section 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Hazardous ingredients:

PENTAFLUOROETHANE

GASES	RAT	4H LC50	800000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE

GASES	RAT	4H LC50	567000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 6

DIFLUOROMETHANE

GASES	RAT	LD50	520000	ppmV
-------	-----	------	--------	------

Toxicity values: No data available.

Symptoms / routes of exposure

Skin contact: There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.

Eye contact: There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.

Ingestion: Not applicable.

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. Asphyxia. May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

Section 12: Ecological information

12.1. Toxicity

Hazardous ingredients:

1,1,1,2-TETRAFLUOROETHANE

ALGAE	72H ErC50	118	mg/l
Daphnia magna	48H EC50	980	mg/l
RAINBOW TROUT (Oncorhynchus mykiss)	96H LC50	450	mg/l

DIFLUOROMETHANE

ALGAE	96H ErC50	142	mg/l
Daphnia magna	48H EC50	652	mg/l
FISH	96H LC50	1.057	mg/l

12.2. Persistence and degradability

Persistence and degradability: Not biodegradable.

12.3. Bioaccumulative potential

Bioaccumulative potential: No bioaccumulation potential.

12.4. Mobility in soil

Mobility: No data available.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment

PBT identification: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

12.6. Other adverse effects

Other adverse effects: Ozone Depletion Potential (ODP): 0 (R11 = 1) Contains fluoronated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol. R407B Global Warming Potential (GWP): 2804

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 7

Section 13: Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

Disposal operations: Product evaporates.

Recovery operations: Consult manufacturer or supplier for information regarding recovery and recycling of the product. If recovery is not possible, incinerate at a licenced instalation.

Waste code number: 14 06 01

Disposal of packaging: Return to supplier.

NB: The user's attention is drawn to the possible existence of regional or national regulations regarding disposal.

Section 14: Transport information

14.1. UN number

UN number: UN3339

14.2. UN proper shipping name

Shipping name: REFRIGERANT GAS R 407B

14.3. Transport hazard class(es)

Transport class: 2

14.4. Packing group

14.5. Environmental hazards

Environmentally hazardous: No

Marine pollutant: No

14.6. Special precautions for user

Special precautions: No special precautions.

Tunnel code: C/E

Transport category: 3

Section 15: Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Specific regulations: Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

15.2. Chemical Safety Assessment

Chemical safety assessment: A chemical safety assessment has not been carried out for the substance or the mixture by the supplier.

Section 16: Other information

Other information

Other information: This safety data sheet is prepared in accordance with Commission Regulation (EU) No 2015/830.

* indicates text in the SDS which has changed since the last revision.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407B

Page: 8

Phrases used in s.2 and s.3: H220: Extremely flammable gas.

H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

Legal disclaimer: National Refrigerants Ltd believes that the information and recommendations contained herein (including data and statements) are accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY, OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated. National Refrigerants expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information.



Safety Data Sheet

R-407C

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: R-407C
OTHER NAME: Difluoromethane, Pentafluoroethane, 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
USE: Refrigerant Gas
DISTRIBUTOR: National Refrigerants, Inc.
661 Kenyon Avenue
Bridgeton, New Jersey 08302

FOR MORE INFORMATION CALL:
(Monday-Friday, 8:00am-5:00pm)
1-800-262-0012

IN CASE OF EMERGENCY CALL:
CHEMTREC: 1-800-424-9300

2. HAZARDS IDENTIFICATION

CLASSIFICATION:	Gases under pressure, Liquefied Gas
SIGNAL WORD:	WARNING
HAZARD STATEMENT:	Contains gas under pressure, may explode if heated
SYMBOL:	Gas Cylinder
PRECAUTIONARY STATEMENT:	STORAGE: Protect from sunlight, store in a well ventilated place



EMERGENCY OVERVIEW: Colorless, volatile liquid with ethereal and faint sweetish odor. Non-flammable material. Overexposure may cause dizziness and loss of concentration. At higher levels, CNS depression and cardiac arrhythmia may result from exposure. Vapors displace air and can cause asphyxiation in confined spaces. At higher temperatures, (>250°C), decomposition products may include Hydrofluoric Acid (HF) and carbonyl halides.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Irritation would result from a defatting action on tissue. Liquid contact could cause frostbite.

EYES: Liquid contact can cause severe irritation and frostbite. Mist may irritate.

INHALATION: R-407C is low in acute toxicity in animals. When oxygen levels in air are reduced to 12-14% by displacement, symptoms of asphyxiation, loss of coordination, increased pulse rate and deeper respiration will occur. At high levels, cardiac arrhythmia may occur.

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the low boiling point of the material. Should it occur, discomfort in the gastrointestinal tract from rapid evaporation of the material and consequent evolution of gas would result. Some effects of inhalation and skin exposure would be expected.

DELAYED EFFECTS: None known.



3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Difluoromethane (HFC-32)	75-10-5	23
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	25
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	52

COMMON NAME and SYNONYMS

R-407C

There are no impurities or stabilizers that contribute to the classification of the material identified in Section 2

4. FIRST AID MEASURES

SKIN: Promptly flush skin with water until all chemical is removed. If there is evidence of frostbite, bathe (do not rub) with lukewarm (not hot) water. If water is not available, cover with a clean, soft cloth or similar covering. Get medical attention if symptoms persist.

EYES: Immediately flush eyes with large amounts of water for at least 15 minutes (in case of frostbite water should be lukewarm, not hot) lifting eyelids occasionally to facilitate irrigation. Get medical attention if symptoms persist.

INHALATION: Immediately remove to fresh air. If breathing has stopped, give artificial respiration. Use oxygen as required, provided a qualified operator is available. Get medical attention. Do not give epinephrine (adrenaline).

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the physical properties and is not expected to be hazardous. Do not induce vomiting unless instructed to do so by a physician.

ADVICE TO PHYSICIAN: Because of the possible disturbances of cardiac rhythm, catecholamine drugs, such as epinephrine, should be used with special caution and only in situations of emergency life support. Treatment of overexposure should be directed at the control of symptoms and the clinical conditions.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLAMMABLE PROPERTIES

FLASH POINT:	Gas, not applicable per DOT regulations
FLASH POINT METHOD:	Not applicable
AUTOIGNITION TEMPERATURE:	Unknown for mixture
UPPER FLAME LIMIT (volume % in air):	None*
LOWER FLAME LIMIT (volume % in air):	None*
	*Based on ASHRAE Standard 34 with match ignition
FLAME PROPAGATION RATE (solids):	Not applicable
OSHA FLAMMABILITY CLASS:	Not applicable

EXTINGUISHING MEDIA:

Use any standard agent – choose the one most appropriate for type of surrounding fire (material itself is not flammable)



UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

R-407C is not flammable at ambient temperatures and atmospheric pressure. However, this material will become combustible when mixed with air under pressure and exposed to strong ignition sources. Contact with certain reactive metals may result in formation of explosive or exothermic reactions under specific conditions (e.g. very high temperatures and/or appropriate pressures).

SPECIAL FIRE FIGHTING PRECAUTIONS/INSTRUCTIONS:

Firefighters should wear self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus for protection against possible toxic decomposition products. Proper eye and skin protection should be provided. Use water spray to keep fire-exposed containers cool.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

IN CASE OF SPILL OR OTHER RELEASE: (Always wear recommended personal protective equipment.)

Evacuate unprotected personnel. Product dissipates upon release. Protected personnel should remove ignition sources and shut off leak, if without risk, and provide ventilation. Unprotected personnel should not return to the affected area until air has been tested and determined safe, including low-lying areas.

Spills and releases may have to be reported to Federal and/or local authorities. See Section 15 regarding reporting requirements.

7. HANDLING AND STORAGE

NORMAL HANDLING: (Always wear recommended personal protective equipment.)

Avoid breathing vapors and liquid contact with eyes, skin or clothing. Do not puncture or drop cylinders, expose them to open flame or excessive heat. Use authorized cylinders only. Follow standard safety precautions for handling and use of compressed gas cylinders.

R-407C should not be mixed with air above atmospheric pressure for leak testing or any other purpose.

STORAGE RECOMMENDATIONS:

Store in a cool, well-ventilated area of low fire risk and out of direct sunlight. Protect cylinder and its fittings from physical damage. Storage in subsurface locations should be avoided. Close valve tightly after use and when empty.

INCOMPATIBILITIES:

Freshly abraded aluminum surfaces at specific temperatures and pressures may cause a strong exothermic reaction. Chemically reactive metals: potassium, calcium, powdered aluminum, magnesium, and zinc.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

ENGINEERING CONTROLS:

Provide local ventilation at filling zones and areas where leakage is probable. Mechanical (general) ventilation may be adequate for other operating and storage areas.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT



SKIN PROTECTION:

Skin contact with refrigerant may cause frostbite. General work clothing and gloves (leather) should provide adequate protection. If prolonged contact with the liquid or gas is anticipated, insulated gloves constructed of PVA, neoprene or butyl rubber should be used. Any contaminated clothing should be promptly removed and washed before reuse.

EYE PROTECTION:

For normal conditions, wear safety glasses. Where there is reasonable probability of liquid contact, wear chemical safety goggles.

RESPIRATORY PROTECTION:

None generally required for adequately ventilated work situations. For accidental release or non-ventilated situations, or release into confined space, where the concentration may be above the PEL of 1,000 ppm, use a self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus or supplied air respirator. For escape: use the former or a NIOSH-approved gas mask with organic vapor canister.

ADDITIONAL RECOMMENDATIONS:

Where contact with liquid is likely, such as in a spill or leak, impervious boots and clothing should be worn. High dose-level warning signs are recommended for areas of principle exposure. Provide eyewash stations and quick-drench shower facilities at convenient locations. For tank cleaning operations, see OSHA regulations, 29 CFR 1910.132 and 29 CFR 1910.133.

EXPOSURE GUIDELINES

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>ACGIH TLV</u>	<u>OSHA PEL</u>	<u>OTHER LIMIT</u>
Difluoromethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
Pentafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)

* = Workplace Environmental Exposure Level (AIHA)

OTHER EXPOSURE LIMITS FOR POTENTIAL DECOMPOSITION PRODUCTS:

Hydrogen Fluoride: ACGIH TLV: 2 ppm ceiling, 0.5 TLV-TWA

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE:	Clear, colorless liquid and vapor
PHYSICAL STATE:	Gas at ambient temperatures
MOLECULAR WEIGHT:	86.2
CHEMICAL FORMULA:	CH ₂ F ₂ , CF ₃ CHF ₂ , CH ₂ FCF ₃
ODOR:	Faint ethereal odor
SPECIFIC GRAVITY (water = 1.0):	1.16 @ 21.1°C (70°F)
SOLUBILITY IN WATER (weight %):	Unknown
pH:	Neutral
BOILING POINT:	-43°C (-45.4°F)
FREEZING POINT:	Not determined
VAPOR PRESSURE:	156.2 psia @ 70°F 356.7 psia @ 130°F
VAPOR DENSITY (air = 1.0):	3.0
EVAPORATION RATE:	>1 COMPARED TO: CC1 ₄ = 1
% VOLATILES:	100
ODOR THRESHHOLD:	Not established



FLAMMABILITY:	Not applicable
LEL/UEL:	None/None
RELATIVE DENSITY:	1.16 g/cm ³ at 21.1 C
PARTITION COEFF (n-octanol/water)	Not applicable
AUTO IGNITION TEMP:	Not Determined
DECOMPOSITION TEMPERATURE:	>250°C
VISCOSITY:	Not applicable
FLASH POINT:	Not applicable

(Flash point method and additional flammability data are found in Section 5.)

10. STABILITY AND REACTIVITY

NORMALLY STABLE? (CONDITIONS TO AVOID):

The product is stable.

Do not mix with oxygen or air above atmospheric pressure. Any source of high temperature, such as lighted cigarettes, flames, hot spots or welding may yield toxic and/or corrosive decomposition products.

INCOMPATIBILITIES:

(Under specific conditions: e.g. very high temperatures and/or appropriate pressures) – Freshly abraded aluminum surfaces (may cause strong exothermic reaction). Chemically active metals: potassium, calcium, powdered aluminum, magnesium and zinc.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Halogens, halogen acids and possibly carbonyl halides.

HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

IMMEDIATE (ACUTE) EFFECTS:

HFC-32:	LC ₅₀ : Inhalation 4 hr. (rat) - 520,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) 350,000 ppm
HFC-125:	LC ₅₀ : Inhalation 4 hr. (rat) - > 800,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) 75,000 ppm
HFC-134a:	LC ₅₀ : Inhalation 4 hr. (rat) - > 500,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) > 80,000 ppm

DELAYED (SUBCHRONIC AND CHRONIC) EFFECTS:

HFC-32:	Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 50,000 ppm Subchronic inhalation (rat) NOEL – 50,000 ppm
HFC-125:	Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 50,000 ppm Subchronic inhalation (rat) NOEL - ≥ 50,000 ppm Chronic NOEL – 10,000 ppm
HFC-134a:	Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 40,000 ppm Subchronic inhalation (rat) NOEL – 50,000 ppm Chronic NOEL – 10,000 ppm

REPEATED DOSE TOXICITY:

Lifetime inhalation exposure of male rats was associated with a small increase in salivary gland fibrosarcomas.



OTHER DATA:

HFC-32, HFC-125, HFC-134a: Not active in four genetic studies

FURTHER INFORMATION:

Acute effects of rapid evaporation of the liquid may cause frostbite. Vapors are heavier than air and can displace oxygen causing difficulty breathing or suffocation. May cause cardiac arrhythmia.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Irritation would result from a defatting action on tissue. Liquid contact could cause frostbite.

EYES: Liquid contact can cause severe irritation and frostbite. Mist may irritate.

INHALATION: R-407C is low in acute toxicity in animals. When oxygen levels in air are reduced to 12-14% by displacement, symptoms of asphyxiation, loss of coordination, increased pulse rate and deeper respiration will occur. At high levels, cardiac arrhythmia may occur.

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the low boiling point of the material. Should it occur, discomfort in the gastrointestinal tract from rapid evaporation of the material and consequent evolution of gas would result. Some effects of inhalation and skin exposure would be expected.

DELAYED EFFECTS: None known.

Ingredients found on one of the OSHA designated carcinogen lists are listed below.

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>NTP STATUS</u>	<u>IARC STATUS</u>	<u>OSHA LIST</u>
No ingredients listed in this section			

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Degradability (BOD): R-407C is a gas at room temperature; therefore, it is unlikely to remain in water.
Octanol Water Partition Coefficient: Unknown for mixture

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

RCRA

Is the unused product a RCRA hazardous waste if discarded?	Not a hazardous waste.
If yes, the RCRA ID number is:	Not applicable.

OTHER DISPOSAL CONSIDERATIONS:

Disposal must comply with federal, state, and local disposal or discharge laws. R-407C is subject to U.S. Environmental Protection Agency Clean Air Act Regulations Section 608 in 40 CFR Part 82 regarding refrigerant recycling.

The information offered here is for the product as shipped. Use and/or alterations to the product such as mixing with other materials may significantly change the characteristics of the material and alter the RCRA classification and the proper disposal method.



14. TRANSPORT INFORMATION

US DOT ID NUMBER: UN3340
US DOT PROPER SHIPPING NAME: Refrigerant gas R 407C
US DOT HAZARD CLASS: 2.2
US DOT PACKING GROUP: Not applicable

For additional information on shipping regulations affecting this material, contact the information number found in Section 1.

15. REGULATORY INFORMATION

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA)

TSCA INVENTORY STATUS: Components listed on the TSCA inventory
OTHER TSCA ISSUES: Subject to Section 12(b) export notification. May contain 0-10 ppm Ethane, 2-chloro-1,1,1-trifluoro, CAS# 75-88-7

SARA TITLE III / CERCLA

“Reportable Quantities” (RQs) and/or “Threshold Planning Quantities” (TPQs) exist for the following ingredients.

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>SARA / CERCLA RQ (lb.)</u>	<u>SARA EHS TPO (lb.)</u>
No ingredients listed in this section		

Spills or releases resulting in the loss of any ingredient at or above its RQ requires immediate notification to the National Response Center [(800) 424-8802] and to your Local Emergency Planning Committee.

SECTION 311 HAZARD CLASS: IMMEDIATE PRESSURE

SARA 313 TOXIC CHEMICALS:
 The following ingredients are SARA 313 “Toxic Chemicals”. CAS numbers and weight percents are found in Section 2.

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>COMMENT</u>
No ingredients listed in this section	

STATE RIGHT-TO-KNOW

In addition to the ingredients found in Section 2, the following are listed for state right-to-know purposes.

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>WEIGHT %</u>	<u>COMMENT</u>
No ingredients listed in this section		

ADDITIONAL REGULATORY INFORMATION:

R-407C is subject to U.S. Environmental Protection Agency Clean Air Act Regulations at 40 CFR Part 82.

WARNING: Do not vent to the atmosphere. To comply with provisions of the U.S. Clean Air Act, any residual must be recovered. **Contains Pentafluoroethane (HFC-125), Difluoromethane (HFC-32), and Tetrafluoroethane (HFC-134a)**, greenhouse gases which may contribute to global warming.

WHMIS CLASSIFICATION (CANADA):

This product has been evaluated in accordance with the hazard criteria of the CPR and the MSDS contains all the information required by the CPR.



FOREIGN INVENTORY STATUS:

EU – EINECS # 2065578 – HFC-125
2008394 – HFC-32
223770 – HFC-134a

16. OTHER INFORMATION

CURRENT ISSUE DATE: January 4, 2021

PREVIOUS ISSUE DATE: April, 2018

OTHER INFORMATION: HMIS Classification: Health – 1, Flammability – 1, Reactivity – 0
NFPA Classification: Health – 2, Flammability – 1, Reactivity – 0
ANSI / ASHRAE 34 Safety Group – A1

Regulatory Standards:

1. OSHA regulations for compressed gases: 29 CFR 1910.101
2. DOT classification per 49 CFR 172.101
3. Toxicity information per PAFT Testing

DISCLAIMER:

National Refrigerants, Inc. believes that the information and recommendations contained herein (including data and statements) are accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY, OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated and may not be valid where such product is used in combination with any other methods or use of the product and of the information referred to herein are beyond the control of National Refrigerants. National Refrigerants expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information.

Section 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**1.1. Product identifier****Product name:** REFRIGERANT R407F**REACH registered number(s):** MIXTURE**Product code:** R407F**Synonyms:** * GENTRON PERFORMAX LT**1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against****Use of substance / mixture:** **Refrigerant**1.3. Details of the supplier of the safety data sheet**

Company name: National Refrigerants Ltd
4 Watling Close
Sketchley Meadows Business Park
Hinckley
Leicestershire
LE10 3EZ
United Kingdom
Tel: 01455 630790
Fax: 01455 630791
Email: sds@nationalref.com

1.4. Emergency telephone number**Emergency tel:** Carechem24 +44 (0)1865 407333**Section 2: Hazards identification****2.1. Classification of the substance or mixture****Classification under CLP:** Press. Gas: H280**Most important adverse effects:** Contains gas under pressure; may explode if heated.**2.2. Label elements****Label elements:****Hazard statements:** H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.**Hazard pictograms:** GHS04: Gas cylinder**Signal words:** Warning

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 2

Precautionary statements: * P260: Do not breathe vapours.
P280: Wear protective gloves/eye protection.
P308+313: IF exposed or concerned: Get medical attention.
P410+403: Protect from sunlight. Store in a well-ventilated place.

2.3. Other hazards

PBT: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

Section 3: Composition/information on ingredients

3.2. Mixtures

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	40.000%

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	30.000%
-----------	----------	--	------------------	---------

DIFLUOROMETHANE - REACH registered number(s): 01-2119471312-47

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280; -: EUH044	30.000%
-----------	---------	--	--	---------

Section 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

- Skin contact:** * Rapid evaporation of liquid may cause frostbite. Thaw frosted parts with lukewarm water. Do not rub affected area. Remove all contaminated clothes and footwear immediately unless stuck to skin. Drench the affected skin with running water for 10 minutes or longer if substance is still on skin. Do not use hot water. If frostbite has occurred call a physician.
- Eye contact:** * Remove contact lenses if present and easy to do so. Bathe the eye with running water for 15 minutes. Consult a doctor.
- Ingestion:** * Ingestion is unlikely due to its physical properties and is not expected to be dangerous. Since this product is a gas, refer to the inhalation section.
- Inhalation:** Remove casualty from exposure ensuring one's own safety whilst doing so. If unconscious, check for breathing and apply artificial respiration if necessary. Consult a doctor.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

- Skin contact:** There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.
- Eye contact:** There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.
- Ingestion:** Not applicable.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 3

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. asphyxia May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Immediate / special treatment: Do Not give adrenaline or similar drugs.

Section 5: Fire-fighting measures

5.1. Extinguishing media

Extinguishing media: The product is not flammable. Alcohol resistant foam. Water spray. Carbon dioxide. Dry chemical powder. Suitable extinguishing media for the surrounding fire should be used. Use water spray to cool containers.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Exposure hazards: In combustion emits toxic fumes. Pressure build up. Fire or intense heat may cause violent rupture of packages. Non flammable gas.

5.3. Advice for fire-fighters

Advice for fire-fighters: Wear self-contained breathing apparatus. Wear protective clothing to prevent contact with skin and eyes.

Section 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Personal precautions: Refer to section 8 of SDS for personal protection details. Ventilate the area, especially low or enclosed places where heavy vapours might collect. If outside keep bystanders upwind and away from danger point. Vapours heavier than air and can cause suffocation by reducing oxygen available for breathing.

6.2. Environmental precautions

Environmental precautions: Stop release if safe to do so. Prevent from entering sewers, basements and work pits, or any place where the accumulation can be dangerous.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Clean-up procedures: Material evaporates. Ventilate the area, especially low or enclosed places where heavy vapours might collect.

6.4. Reference to other sections

Reference to other sections: Refer to section 8 of SDS.

Section 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Handling requirements: Ensure there is sufficient ventilation of the area. Avoid the formation or spread of mists in the air.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 4

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions: Store in a cool, well ventilated area. Keep container tightly closed. Store at a temperature not exceeding 45°C.

Suitable packaging: Must only be kept in original packaging.

7.3. Specific end use(s)

Specific end use(s): No data available.

Section 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

Workplace exposure limits:

Respirable dust

State	8 hour TWA	15 min. STEL	8 hour TWA	15 min. STEL
EU	4240 mg/m ³	-	-	-

PENTAFLUOROETHANE

EU	1000 ppm	-	-	-
----	----------	---	---	---

DIFLUOROMETHANE

UK	1000 ppm	-	-	-
----	----------	---	---	---

DNEL/PNEC Values

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.01 mg/l	-	-
PNEC	Marine water	0.75 mg/l	-	-
PNEC	Microorganisms in sewage treatment	73 mg/l	-	-
DNEL	Inhalation	13936 mg/m ³	Workers	Systemic
PNEC	Fresh water sediments	0.75 mg/kg	-	-

PENTAFLUOROETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	16444 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	1753 mg/m ³	Consumers	Systemic

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 5

PNEC	Fresh water	0.1 mg/l	-	-
PNEC	Fresh water sediments	0.6 mg/kg	-	-

DIFLUOROMETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation (developmental tox)	13936 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation (developmental tox)	2476 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.142 mg/l	-	-
PNEC	Fresh water sediments	0.534 mg/kg	-	-

8.2. Exposure controls

Engineering measures: Ensure there is sufficient ventilation of the area. Use only in closed systems.

Respiratory protection: Self-contained breathing apparatus must be available in case of emergency. Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing the oxygen available for breathing.

Hand protection: * Protective gloves. The suitability for a specific workplace should be discussed with the producers of the protective gloves.

Eye protection: Safety glasses with side-shields. Safety goggles. Face-shield. Safety glasses.

Skin protection: Protective clothing.

Section 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

State: Liquified gas

Colour: Colourless

Odour: Characteristic odour

Evaporation rate: No data available.

Oxidising: Not applicable.

Solubility in water: Insoluble

Also soluble in: Most organic solvents.

Boiling point/range°C: -45.5

Melting point/range°C: No data available.

Flammability limits %: lower: Not applicable.

upper: Not applicable.

Flash point°C: Not applicable.

Vapour pressure: 10.999 Bar at 20°C

9.2. Other information

Other information: R407F Liquid Density: 1159 kg/m³ at 20 deg. C R407F Vapour density; 4.629 kg/m³ at boiling point. R407F Molecular weight: 86.20 g/mole

Section 10: Stability and reactivity

10.1. Reactivity

Reactivity: Stable under recommended transport or storage conditions.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 6

10.2. Chemical stability

Chemical stability: Stable under normal conditions. Stable at room temperature.

10.3. Possibility of hazardous reactions

Hazardous reactions: Hazardous reactions will not occur under normal transport or storage conditions.
Decomposition may occur on exposure to conditions or materials listed below.

10.4. Conditions to avoid

Conditions to avoid: Heat. Hot surfaces. Sources of ignition. Flames.

10.5. Incompatible materials

Materials to avoid: Strong oxidising agents. Strong acids.

10.6. Hazardous decomposition products

Haz. decomp. products: In combustion emits toxic fumes.

Section 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

GASES	RAT	4H LC50	567000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

PENTAFLUOROETHANE

GASES	RAT	4H LC50	800000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

DIFLUOROMETHANE

GASES	RAT	LD50	520000	ppmV
-------	-----	------	--------	------

Toxicity values: No data available.

Symptoms / routes of exposure

Skin contact: There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.

Eye contact: There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.

Ingestion: Not applicable.

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. asphyxia May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

Section 12: Ecological information

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 7

12.1. Toxicity

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

Daphnia magna	48H EC50	980	mg/l
GREEN ALGA (Selenastrum capricornutum)	72H ErC50	118	mg/l
RAINBOW TROUT (Oncorhynchus mykiss)	96H LC50	450	mg/l

DIFLUOROMETHANE

ALGAE	96H ErC50	142	mg/l
Daphnia magna	48H EC50	652	mg/l
FISH	96H LC50	1.057	mg/l

12.2. Persistence and degradability

Persistence and degradability: Biodegradable.

12.3. Bioaccumulative potential

Bioaccumulative potential: No bioaccumulation potential.

12.4. Mobility in soil

Mobility: Readily absorbed into soil.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment

PBT identification: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

12.6. Other adverse effects

Other adverse effects: Ozone Depletion Potential (ODP): 0 (R11 = 1) R407F Global Warming Potential (GWP): 1825 (CO₂=1) Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

Section 13: Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

Disposal operations: Product evaporates.

Recovery operations: Consult manufacturer or supplier for information regarding recovery and recycling of the product. If recovery is not possible, incinerate at a licensed installation.

Waste code number: 14 06 01

Disposal of packaging: Return to supplier.

NB: The user's attention is drawn to the possible existence of regional or national regulations regarding disposal.

Section 14: Transport information

14.1. UN number

UN number: UN3163

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407F

Page: 8

14.2. UN proper shipping name

Shipping name: LIQUEFIED GAS, N.O.S.
(NORFLUANE; PENTAFLUOROETHANE; DIFLUOROMETHANE)

14.3. Transport hazard class(es)

Transport class: 2

14.4. Packing group

14.5. Environmental hazards

Environmentally hazardous: No

Marine pollutant: No

14.6. Special precautions for user

Special precautions: No special precautions.

Tunnel code: C/E

Transport category: 3

Section 15: Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Specific regulations: Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

15.2. Chemical Safety Assessment

Chemical safety assessment: A chemical safety assessment has not been carried out for the substance or the mixture by the supplier.

Section 16: Other information

Other information

Other information: This safety data sheet is prepared in accordance with Commission Regulation (EU) No 2015/830.

* indicates text in the SDS which has changed since the last revision.

Phrases used in s.2 and s.3: EUH044: Risk of explosion if heated under confinement.

H220: Extremely flammable gas.

H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

Legal disclaimer: The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. This company shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product.

Section 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**1.1. Product identifier****Product name:** REFRIGERANT R407H**Product code:** R407H**1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against****1.3. Details of the supplier of the safety data sheet****Company name:** National Refrigerants Ltd
4 Watling Close
Sketchley Meadows Business Park
Hinckley
Leicestershire
LE10 3EZ
United Kingdom**Tel:** 01455 630790**Fax:** 01455 630791**Email:** sds@nationalref.com**1.4. Emergency telephone number****Emergency tel:** Carechem24 +44 (0)1865 407333**Section 2: Hazards identification****2.1. Classification of the substance or mixture****Classification under CLP:** Press. Gas: H280**Most important adverse effects:** Contains gas under pressure; may explode if heated.**2.2. Label elements****Label elements:****Hazard statements:** H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.**Hazard pictograms:** GHS04: Gas cylinder**Signal words:** Warning**Precautionary statements:** P403: Store in a well-ventilated place.

P410: Protect from sunlight.

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 2

2.3. Other hazards

PBT: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

Section 3: Composition/information on ingredients

3.2. Mixtures

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A - REACH registered number(s): 01-2119459374-33

EINECS	CAS	PBT / WEL	CLP Classification	Percent
212-377-0	811-97-2	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	50-70%

DIFLUOROMETHANE

200-839-4	75-10-5	Substance with a Community workplace exposure limit.	Flam. Gas 1: H220; Press. Gas: H280	30-50%
-----------	---------	--	-------------------------------------	--------

PENTAFLUOROETHANE - REACH registered number(s): 01-2119485636-25

206-557-8	354-33-6	Substance with a Community workplace exposure limit.	Press. Gas: H280	10-30%
-----------	----------	--	------------------	--------

Section 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

Skin contact: Remove all contaminated clothes and footwear immediately unless stuck to skin. Drench the affected skin with running water for 10 minutes or longer if substance is still on skin. Do not use hot water. If frostbite has occurred call a physician.

Eye contact: Bathe the eye with running water for 15 minutes. Consult a doctor.

Ingestion: Not applicable.

Inhalation: Remove casualty from exposure ensuring one's own safety whilst doing so. If unconscious, check for breathing and apply artificial respiration if necessary. Consult a doctor.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Skin contact: There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.

Eye contact: There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.

Ingestion: There may be irritation of the throat.

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. Asphyxia. May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Immediate / special treatment: Not applicable.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 3

Section 5: Fire-fighting measures

5.1. Extinguishing media

Extinguishing media: Alcohol resistant foam. Water spray. Carbon dioxide. Dry chemical powder. Suitable extinguishing media for the surrounding fire should be used. Use water spray to cool containers.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Exposure hazards: In combustion emits toxic fumes. Non flammable gas.

5.3. Advice for fire-fighters

Advice for fire-fighters: Wear self-contained breathing apparatus. Wear protective clothing to prevent contact with skin and eyes.

Section 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Personal precautions: Refer to section 8 of SDS for personal protection details. Notify the police and fire brigade immediately. If outside keep bystanders upwind and away from danger point.

6.2. Environmental precautions

Environmental precautions: Stop release if safe to do so. Prevent from entering sewers, basements and work pits, or any place where the accumulation can be dangerous.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Clean-up procedures: Material evaporates. Ventilate the area, especially low or enclosed places where heavy vapours might collect.

6.4. Reference to other sections

Reference to other sections: Refer to section 8 of SDS.

Section 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Handling requirements: Ensure there is sufficient ventilation of the area. Avoid the formation or spread of mists in the air.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage conditions: Store in a cool, well ventilated area. Keep container tightly closed. Store at a temperature not exceeding 45°C.

Suitable packaging: Must only be kept in original packaging.

7.3. Specific end use(s)

Specific end use(s): No data available.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Section 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

Workplace exposure limits:

Respirable dust

State	8 hour TWA	15 min. STEL	8 hour TWA	15 min. STEL
EU	4240 mg/m ³	-	-	-

DIFLUOROMETHANE

UK	1000 ppm	-	-	-
----	----------	---	---	---

PENTAFLUOROETHANE

EU	1000 ppm	-	-	-
----	----------	---	---	---

DNEL/PNEC Values

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	2476 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.01 mg/l	-	-
PNEC	Marine water	0.75 mg/l	-	-
PNEC	Microorganisms in sewage treatment	73 mg/l	-	-

DIFLUOROMETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation (developmental tox)	13936 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation (developmental tox)	2476 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.142 mg/l	-	-
PNEC	Fresh water sediments	0.534 mg/kg	-	-

PENTAFLUOROETHANE

Type	Exposure	Value	Population	Effect
DNEL	Inhalation	16444 mg/m ³	Workers	Systemic
DNEL	Inhalation	1753 mg/m ³	Consumers	Systemic
PNEC	Fresh water	0.1 mg/l	-	-
PNEC	Fresh water sediments	0.6 mg/kg	-	-

8.2. Exposure controls

Engineering measures: Ensure there is sufficient ventilation of the area.

Respiratory protection: Self-contained breathing apparatus must be available in case of emergency. Vapours are heavier than air and can cause suffocation by reducing the oxygen available for breathing [cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 5

Hand protection: Protective gloves.

Eye protection: Safety glasses with side-shields. Safety goggles. Face-shield. Safety glasses.

Skin protection: Protective clothing.

Section 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

State: Liquified gas

Colour: Colourless

Odour: Odourless

Solubility in water: No data available.

Boiling point/range°C: -44.6

Melting point/range°C: No data available.

Flammability limits %: lower: No data available.

upper: No data available.

Flash point°C: Not applicable.

Part.coeff. n-octanol/water: No data available.

Autoflammability°C: Not applicable.

Vapour pressure: 12.4 bar @ 25oC

Relative density: 1.11 g/cm³@ 25oC

pH: Neutral

9.2. Other information

Other information: No data available.

Section 10: Stability and reactivity

10.1. Reactivity

Reactivity: Stable under recommended transport or storage conditions.

10.2. Chemical stability

Chemical stability: Stable under normal conditions. Stable at room temperature.

10.3. Possibility of hazardous reactions

Hazardous reactions: Hazardous reactions will not occur under normal transport or storage conditions.
Decomposition may occur on exposure to conditions or materials listed below.

10.4. Conditions to avoid

Conditions to avoid: Heat. Hot surfaces. Sources of ignition. Flames.

10.5. Incompatible materials

Materials to avoid: Strong oxidising agents. Strong acids.

10.6. Hazardous decomposition products

Haz. decomp. products: In combustion emits toxic fumes.

Section 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 6

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

GASES	RAT	4H LC50	567000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

DIFLUOROMETHANE

GASES	RAT	LD50	520000	ppmV
-------	-----	------	--------	------

PENTAFLUOROETHANE

GASES	RAT	4H LC50	800000	ppmV
-------	-----	---------	--------	------

Toxicity values: No data available.

Symptoms / routes of exposure

Skin contact: There may be redness or whiteness of the skin in the area of exposure. Frost-bite may occur causing the affected area to become white and numb.

Eye contact: There may be severe pain. Corneal burns may occur. May cause permanent damage.

Ingestion: There may be irritation of the throat.

Inhalation: Inhalation may produce the following symptoms: Shortness of breath, dizziness, weakness, nausea, headache, narcosis, irregular cardiac activity. Asphyxia. May cause cardiac arrhythmia.

Delayed / immediate effects: May cause cardiac arrhythmia.

Section 12: Ecological information

12.1. Toxicity

Hazardous ingredients:

REFRIGERANT R134A

ALGAE	72H ErC50	118	mg/l
Daphnia magna	48H EC50	980	mg/l
RAINBOW TROUT (Oncorhynchus mykiss)	96H LC50	450	mg/l

DIFLUOROMETHANE

ALGAE	96H ErC50	142	mg/l
Daphnia magna	48H EC50	652	mg/l
FISH	96H LC50	1.057	mg/l

12.2. Persistence and degradability

Persistence and degradability: Not biodegradable.

12.3. Bioaccumulative potential

Bioaccumulative potential: No bioaccumulation potential.

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 7

12.4. Mobility in soil

Mobility: No data available.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment

PBT identification: This product is not identified as a PBT/vPvB substance.

12.6. Other adverse effects

Other adverse effects: Ozone Depletion Potential (ODP): 0 (R11 = 1) Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol. R407H: Global Warming Potential (GWP): 1495 (CO₂=1)

Section 13: Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

Disposal operations: Product evaporates.

Recovery operations: Consult manufacturer or supplier for information regarding recovery and recycling of the product. If recovery is not possible, incinerate at a licenced installation.

Waste code number: 14 06 01

Disposal of packaging: Return to supplier.

NB: The user's attention is drawn to the possible existence of regional or national regulations regarding disposal.

Section 14: Transport information

14.1. UN number

UN number: UN3163

14.2. UN proper shipping name

Shipping name: LIQUEFIED GAS, N.O.S.
(REFRIGERANT R134A; DIFLUOROMETHANE; PENTAFLUOROETHANE)

14.3. Transport hazard class(es)

Transport class: 2

14.4. Packing group

14.5. Environmental hazards

Environmentally hazardous: No

Marine pollutant: No

14.6. Special precautions for user

Special precautions: No special precautions.

Tunnel code: C/E

Transport category: 3

Section 15: Regulatory information

[cont...]

SAFETY DATA SHEET

REFRIGERANT R407H

Page: 8

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

Specific regulations: Contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol.

15.2. Chemical Safety Assessment

Chemical safety assessment: A chemical safety assessment has not been carried out for the substance or the mixture by the supplier.

Section 16: Other information

Other information

Other information: This safety data sheet is prepared in accordance with Commission Regulation (EU) No 2015/830.

* indicates text in the SDS which has changed since the last revision.

Phrases used in s.2 and s.3: H220: Extremely flammable gas.

H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

Legal disclaimer: National Refrigerants Ltd believes that the information and recommendations contained herein (including data and statements) are accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY, OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated. National Refrigerants expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information.



NATIONAL REFRIGERANTS, INC.

R-404A

Safety Data Sheet

R-404A

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME: R-404A
OTHER NAME: Pentafluoroethane, 1,1,1-Tetrafluoroethane, 1,1,1,2-Tetrafluoroethane
USE: Refrigerant Gas
DISTRIBUTOR: National Refrigerants, Inc.
661 Kenyon Avenue
Bridgeton, New Jersey 08302

FOR MORE INFORMATION CALL:
(Monday-Friday, 8:00am-5:00pm)
1-800-262-0012

IN CASE OF EMERGENCY CALL:
CHEMTREC: 1-800-424-9300

2. HAZARDS IDENTIFICATION

CLASSIFICATION: Gases under pressure, Liquefied Gas
SIGNAL WORD: WARNING
HAZARD STATEMENT: Contains gas under pressure, may explode if heated
SYMBOL: Gas Cylinder
PRECAUTIONARY STATEMENT: STORAGE: Protect from sunlight, store in a well ventilated place



EMERGENCY OVERVIEW: Colorless, volatile liquid with ethereal and faint sweetish odor. Non-flammable material. Overexposure may cause dizziness and loss of concentration. At higher levels, CNS depression and cardiac arrhythmia may result from exposure. Vapors displace air and can cause asphyxiation in confined spaces. At higher temperatures, (>250°C), decomposition products may include Hydrofluoric Acid (HF) and carbonyl halides.

POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Irritation would result from a defatting action on tissue. Liquid contact could cause frostbite.

EYES: Liquid contact can cause severe irritation and frostbite. Mist may irritate.

INHALATION: R-404A is low in acute toxicity in animals. When oxygen levels in air are reduced to 12-14% by displacement, symptoms of asphyxiation, loss of coordination, increased pulse rate and deeper respiration will occur. At high levels, cardiac arrhythmia may occur.

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the low boiling point of the material. Should it occur, discomfort in the gastrointestinal tract from rapid evaporation of the material and consequent evolution of gas would result. Some effects of inhalation and skin exposure would be expected.

DELAYED EFFECTS: None known.



3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>CAS NUMBER</u>	<u>WEIGHT %</u>
Pentafluoroethane (HFC-125)	354-33-6	44
1,1,1-Trifluoroethane (HFC-143a)	420-46-2	52
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a)	811-97-2	4

COMMON NAME and SYNONYMS

R-404A; HFC-404A

There are no impurities or stabilizers that contribute to the classification of the material identified in Section 2

4. FIRST AID MEASURES

SKIN: Promptly flush skin with water until all chemical is removed. If there is evidence of frostbite, bathe (do not rub) with lukewarm (not hot) water. If water is not available, cover with a clean, soft cloth or similar covering. Get medical attention if symptoms persist.

EYES: Immediately flush eyes with large amounts of water for at least 15 minutes (in case of frostbite water should be lukewarm, not hot) lifting eyelids occasionally to facilitate irrigation. Get medical attention if symptoms persist.

INHALATION: Immediately remove to fresh air. If breathing has stopped, give artificial respiration. Use oxygen as required, provided a qualified operator is available. Get medical attention. Do not give epinephrine (adrenaline).

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the physical properties and is not expected to be hazardous. Do not induce vomiting unless instructed to do so by a physician.

ADVICE TO PHYSICIAN: Because of the possible disturbances of cardiac rhythm, catecholamine drugs, such as epinephrine, should be used with special caution and only in situations of emergency life support. Treatment of overexposure should be directed at the control of symptoms and the clinical conditions.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLAMMABLE PROPERTIES

FLASH POINT:	Gas, not applicable per DOT regulations
FLASH POINT METHOD:	Not applicable
AUTOIGNITION TEMPERATURE:	<750°C
UPPER FLAME LIMIT (volume % in air):	None*
LOWER FLAME LIMIT (volume % in air):	None*
	*Based on ASHRAE Standard 34 with match ignition
FLAME PROPAGATION RATE (solids):	Not applicable
OSHA FLAMMABILITY CLASS:	Not applicable

EXTINGUISHING MEDIA:

Use any standard agent – choose the one most appropriate for type of surrounding fire (material itself is not flammable)



UNUSUAL FIRE AND EXPLOSION HAZARDS:

R-404A is not flammable at ambient temperatures and atmospheric pressure. However, this material will become combustible when mixed with air under pressure and exposed to strong ignition sources. Contact with certain reactive metals may result in formation of explosive or exothermic reactions under specific conditions (e.g. very high temperatures and/or appropriate pressures).

SPECIAL FIRE FIGHTING PRECAUTIONS/INSTRUCTIONS:

Firefighters should wear self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus for protection against possible toxic decomposition products. Proper eye and skin protection should be provided. Use water spray to keep fire-exposed containers cool.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

IN CASE OF SPILL OR OTHER RELEASE: (Always wear recommended personal protective equipment.)

Evacuate unprotected personnel. Product dissipates upon release. Protected personnel should remove ignition sources and shut off leak, if without risk, and provide ventilation. Unprotected personnel should not return to the affected area until air has been tested and determined safe, including low-lying areas.

Spills and releases may have to be reported to Federal and/or local authorities. See Section 15 regarding reporting requirements.

7. HANDLING AND STORAGE

NORMAL HANDLING: (Always wear recommended personal protective equipment.)

Avoid breathing vapors and liquid contact with eyes, skin or clothing. Do not puncture or drop cylinders, expose them to open flame or excessive heat. Use authorized cylinders only. Follow standard safety precautions for handling and use of compressed gas cylinders.

R-404A should not be mixed with air above atmospheric pressure for leak testing or any other purpose.

STORAGE RECOMMENDATIONS:

Store in a cool, well-ventilated area of low fire risk and out of direct sunlight. Protect cylinder and its fittings from physical damage. Storage in subsurface locations should be avoided. Close valve tightly after use and when empty.

INCOMPATIBILITIES:

Freshly abraded aluminum surfaces at specific temperatures and pressures may cause a strong exothermic reaction. Chemically reactive metals: potassium, calcium, powdered aluminum, magnesium, and zinc.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

ENGINEERING CONTROLS:

Provide local ventilation at filling zones and areas where leakage is probable. Mechanical (general) ventilation may be adequate for other operating and storage areas.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

SKIN PROTECTION:

Skin contact with refrigerant may cause frostbite. General work clothing and gloves (leather) should provide adequate protection. If prolonged contact with the liquid or gas is anticipated, insulated gloves constructed of PVA, neoprene or butyl rubber should be used. Any contaminated clothing should be promptly removed and washed



before reuse.

EYE PROTECTION:

For normal conditions, wear safety glasses. Where there is reasonable probability of liquid contact, wear chemical safety goggles.

RESPIRATORY PROTECTION:

None generally required for adequately ventilated work situations. For accidental release or non-ventilated situations, or release into confined space, where the concentration may be above the PEL of 1,000 ppm, use a self-contained, NIOSH-approved breathing apparatus or supplied air respirator. For escape: use the former or a NIOSH-approved gas mask with organic vapor canister.

ADDITIONAL RECOMMENDATIONS:

Where contact with liquid is likely, such as in a spill or leak, impervious boots and clothing should be worn. High dose-level warning signs are recommended for areas of principle exposure. Provide eyewash stations and quick-drench shower facilities at convenient locations. For tank cleaning operations, see OSHA regulations, 29 CFR 1910.132 and 29 CFR 1910.133.

EXPOSURE GUIDELINES

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>ACGIH TLV</u>	<u>OSHA PEL</u>	<u>OTHER LIMIT</u>
Pentafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
1,1,1-Trifluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)
1,1,1,2-Tetrafluoroethane	None	None	*1000 ppm TWA (8hr)

* = Workplace Environmental Exposure Level (AIHA)

OTHER EXPOSURE LIMITS FOR POTENTIAL DECOMPOSITION PRODUCTS:

Hydrogen Fluoride: ACGIH TLV: 2 ppm ceiling, 0.5 ppm TLV-TWA

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE:	Clear, colorless liquid and vapor
PHYSICAL STATE:	Gas at ambient temperatures
MOLECULAR WEIGHT:	120
CHEMICAL FORMULA:	CHF ₂ CF ₃ , CH ₃ CF ₃ , CH ₂ FCF ₃
ODOR:	Faint ethereal odor
SPECIFIC GRAVITY (water = 1.0):	1.08 @ 21.1°C (70°F)
SOLUBILITY IN WATER (weight %):	Unknown
pH:	Neutral
BOILING POINT:	-47.8°C (-54.0°F)
FREEZING POINT:	Not Determined
VAPOR PRESSURE:	182.9 psia @ 70°F 370.9 psia @ 130°F
VAPOR DENSITY (air = 1.0):	3.43
EVAPORATION RATE:	>1 COMPARED TO: CC1 ₄ = 1
% VOLATILES:	100
ODOR THRESHHOLD:	Not established
FLAMMABILITY:	Not applicable
LEL/UEL:	None/None
RELATIVE DENSITY:	1.08 g/cm ³ at 21.1 C



PARTITION COEFF (n-octanol/water) Not applicable
AUTO IGNITION TEMP: >750°C
DECOMPOSITION TEMPERATURE: >250° C
VISCOSITY: Not applicable
FLASH POINT: Not applicable
(Flash point method and additional flammability data are found in Section 5.)

10. STABILITY AND REACTIVITY

NORMALLY STABLE: (CONDITIONS TO AVOID):

The product is stable.

Do not mix with oxygen or air above atmospheric pressure. Any source of high temperature, such as lighted cigarettes, flames, hot spots or welding may yield toxic and/or corrosive decomposition products.

INCOMPATIBILITIES:

(Under specific conditions: e.g. very high temperatures and/or appropriate pressures) – Freshly abraded aluminum surfaces (may cause strong exothermic reaction). Chemically active metals: potassium, calcium, powdered aluminum, magnesium and zinc.

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:

Halogens, halogen acids and possibly carbonyl halides.

HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

IMMEDIATE (ACUTE) EFFECTS:

HFC-125: LC₅₀ : Inhalation 4 hr. (rat) - > 800,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) 75,000 ppm
HFC-143a: LC₅₀ : Inhalation 4hr. (rat) - > 540,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) > 250,000 ppm
HFC-134a: LC₅₀ : Inhalation 4hr. (rat) - > 500,000 ppm / Cardiac Sensitization threshold (dog) > 80,000 ppm

DELAYED (SUBCHRONIC AND CHRONIC) EFFECTS:

HFC-125: Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 50,000 ppm
Subchronic inhalation (rat) NOEL - ≥ 50,000 ppm / Chronic NOEL – 10,000 ppm
HFC-143a: Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 50,000 ppm
Subchronic inhalation (rat) NOEL - ≥ 50,000 ppm
HFC-134a: Teratogenic NOEL (rat and rabbit) – 40,000 ppm
Subchronic inhalation (rat) NOEL – 50,000 ppm / Chronic NOEL – 10,000 ppm

OTHER DATA:

HFC-125, HFC-134a: Not active in four genetic studies
HFC-143a: Not active in two genetic studies

REPEATED DOSE TOXICITY:

Lifetime inhalation exposure of male rats was associated with a small increase in salivary gland fibrosarcomas.

FURTHER INFORMATION:

Acute effects of rapid evaporation of the liquid may cause frostbite. Vapors are heavier than air and can displace oxygen causing difficulty breathing or suffocation. May cause cardiac arrhythmia.



POTENTIAL HEALTH HAZARDS

SKIN: Irritation would result from a defatting action on tissue. Liquid contact could cause frostbite.

EYES: Liquid contact can cause severe irritation and frostbite. Mist may irritate.

INHALATION: R-404A is low in acute toxicity in animals. When oxygen levels in air are reduced to 12-14% by displacement, symptoms of asphyxiation, loss of coordination, increased pulse rate and deeper respiration will occur. At high levels, cardiac arrhythmia may occur.

INGESTION: Ingestion is unlikely because of the low boiling point of the material. Should it occur, discomfort in the gastrointestinal tract from rapid evaporation of the material and consequent evolution of gas would result. Some effects of inhalation and skin exposure would be expected.

DELAYED EFFECTS: None known.

Ingredients found on one of the OSHA designated carcinogen lists are listed below

<u>INGREDIENT NAME</u>	<u>NTP STATUS</u>	<u>IARC STATUS</u>	<u>OSHA LIST</u>
No ingredients listed in this section			

FURTHER INFORMATION:

Acute effects of rapid evaporation of the liquid may cause frostbite. Vapors are heavier than air and can displace oxygen causing difficulty breathing or suffocation. May cause cardiac arrhythmia.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Degradability (BOD): R-404A is a gas at room temperature; therefore, it is unlikely to remain in water.
Octanol Water Partition Coefficient: See section 9

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

RCRA

Is the unused product a RCRA hazardous waste if discarded? Not a hazardous waste.
If yes, the RCRA ID number is: Not applicable.

OTHER DISPOSAL CONSIDERATIONS:

Disposal must comply with federal, state, and local disposal or discharge laws. R-404A is subject to U.S. Environmental Protection Agency Clean Air Act Regulations Section 608 in 40 CFR Part 82 regarding refrigerant recycling.

The information offered here is for the product as shipped. Use and/or alterations to the product such as mixing with other materials may significantly change the characteristics of the material and alter the RCRA classification and the proper disposal method.

14. TRANSPORT INFORMATION

US DOT ID NUMBER: UN3337
US DOT PROPER SHIPPING NAME: Refrigerant gas R 404A
US DOT HAZARD CLASS: 2.2
US DOT PACKING GROUP: Not applicable

For additional information on shipping regulations affecting this material, contact the information number found in Section 1.



15. REGULATORY INFORMATION

TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA)

TSCA INVENTORY STATUS: Components listed on the TSCA inventory

OTHER TSCA ISSUES: Subject to Section 12 (b) export notification. May contain 0-10ppm Ethane, 2-chloro-1,1,1-trifluoro CAS # 75-88-7

SARA TITLE III / CERCLA

“Reportable Quantities” (RQs) and/or “Threshold Planning Quantities” (TPQs) exist for the following ingredients.

INGREDIENT NAME

SARA / CERCLA RQ (lb.)

SARA EHS TPO (lb.)

No ingredients listed in this section

Spills or releases resulting in the loss of any ingredient at or above its RQ requires immediate notification to the National Response Center [(800) 424-8802] and to your Local Emergency Planning Committee.

SECTION 311 HAZARD CLASS: IMMEDIATE PRESSURE

SARA 313 TOXIC CHEMICALS:

The following ingredients are SARA 313 “Toxic Chemicals”. CAS numbers and weight percents are found in Section 2.

INGREDIENT NAME

COMMENT

No ingredients listed in this section

STATE RIGHT-TO-KNOW

In addition to the ingredients found in Section 2, the following are listed for state right-to-know purposes.

INGREDIENT NAME

WEIGHT %

COMMENT

No ingredients listed in this section

ADDITIONAL REGULATORY INFORMATION:

R-404A is subject to U.S. Environmental Protection Agency Clean Air Act Regulations at 40 CFR Part 82.

WARNING: Contains Pentafluoroethane (HFC-125), 1,1,1-trifluoroethane, tetrafluoroethane, greenhouse gases which may contribute to global warming. **Do not vent** to the atmosphere. To comply with provisions of the U.S. Clean Air Act, any residual must be recovered.

CALIFORNIA PROPOSITION 65:

The ingredients in this product do not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth defects, or any other reproductive harm.

WHMIS CLASSIFICATION (CANADA):

This product has been evaluated in accordance with the hazard criteria of the CPR and the MSDS contains all the information required by the CPR.



FOREIGN INVENTORY STATUS:

EU – EINECS # 2065578 – HFC-125
2069965 – HFC-143a
223770 – HFC-134a

16. OTHER INFORMATION

CURRENT ISSUE DATE: April, 2018

PREVIOUS ISSUE DATE: April, 2015

OTHER INFORMATION: HMIS Classification: Health – 1, Flammability – 1, Reactivity – 0
NFPA Classification: Health – 2, Flammability – 1, Reactivity – 0
ANSI / ASHRAE 34 Safety Group – A1

Regulatory Standards:

1. OSHA regulations for compressed gases: 29 CFR 1910.101
2. DOT classification per 49 CFR 172.101

Toxicity information per PAFT Testing

DISCLAIMER:

National Refrigerants, Inc. believes that the information and recommendations contained herein (including data and statements) are accurate as of the date hereof. NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY, OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated and may not be valid where such product is used in combination with any other methods or use of the product and of the information referred to herein are beyond the control of National Refrigerants. National Refrigerants expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information.