مـجلـة الـعـلـوم الشـامـلـة
المجلد (9)، العدد (33)، ([ديسمبر 2024)
ردمد: 2518-5799

Journal of Total Science
Volume (9), Issue (33), (Des. 2024)
ISSN: 2518-5799

" التأثيرات السلبية لموائع التبريدعلى الإنسان والبيئة "

م. عبدالباسط يوسف الزويك أ.أكرم المبروك أعليه
المعهد العالي للتقنية الصناعية – النجيلة المعهد العالي للتقنية الصناعية – النجيلة
م. طارق مسعود المبروك خالد عمرو اشتيوي
المعهد العالي للعلوم والتقنية / طرابلس الهيئة الليبية للبحث العلمي

.....

ملخص الورقة

نتيجة للتطور العلمي والتكنولوجي الذي يشهده العالم في جميع مجالات الحياة وما رافق هذا التطور من تأثيرات بيئية وصحية لا يستهان بها أصبح الإهتمام بالمشاكل البيئية سمة مهمة في عالمنا المعاصر وقضية تحظي بإهتمام الحكومات والمنظمات العالمية في جميع دول العالم المتقدمة منها والنامية ولعل من أهم القضايا البيئية التي إكتسبت زخما وإهتماما عالميا كبيرا في السنوات الأخيرة هي قضية المناخ نظرا للآثار السلبية التي يمكن أن يتركها هذا التغيير على النظام المناخي للكرة الأرضية "ظاهرة الإحتباس الحراري" من جهة ومن جهة أخرى التأثير السلبي على طبقة الأوزون في الجو ولما كانت موائع الكلوروفلوروكربون (CFC) والهيدرو الكلوروفلوروكربون (HCFC) ذات تأثير كبير في ظاهرة الاحتباس الحراري وإتلاف طبقة الأوزون ونظرا لإنتشار إستخدام أجهزة التبريد والتكييف بهذا النوع من الموائع "الفريونات" بشكل واسع خاصة في بلادنا وما لها من أثر سيئ في حال تحررها على طبقة الأوزون وظاهرة الإحتباس الحراري كان لابد من توافر الدراسات والأبحاث التي تساعد في إمكانية تقليل أثرها على طبقة الأوزون أو إمكانية البحث عن بدائل أمنة, لذا تم إقتراح فكرة هذا البحث لإعطاء لمحة تاريخية عن مراحل تطوير إستخدام موائع التبريد والإتفاقيات التي إتخذت من أجل خلق بيئة صحية ثم التطرق إلى تحديد معايير إختيارها من خلال التعرف على خواصها وتصنيفاتها وأثرها على الانسان والبيئة والبدائل المقترحة والخروج بتوصيات يمكن من خلالها التقليل من أثارها على الانسان والبيئة.

أهداف البحث

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف التالية:

1) جمع ما كتب حول مراحل تطوير المبردات (موائع التبريد) قبل وبعد إكتشاف تأثيرها على ظاهرة الإحتباس الحراري,

2) التعرف على معايير ومتطلبات إختيار الموائع لتطبيق معين وتصنيفاته,

3) التعرف على الإجراءات والإتفاقيات التي اتخذت من أجل خلق بيئة صحية وحماية طبقة الأوزون.

4) زيادة درجة الوعي لدى العناصر المختصة، بإعتباره ممثل أساسي في المعادلة لتحقيق مستوى عالي من الفعالية لمواجهة الظروف البيئية غير المستقرة.

5) التمهيد لدراسات لاحقة أكثر عمقا وتخصصا تساعد في إمكانية تقليل أثرها على طبقة الأوزون أو إمكانية البحث عن بدائل أمنة.

خطة البحث

لإنجاز هذا البحث تم الإستعانة بالبحث المكتبي في تغطية الجوانب النظرية للموضوع وذلك من خلال جمع أكبر عدد من الكتب بمختلف اللغات العربية والإنجليزية التي تعرضت للموضوع بصورة شاملة أو جزئية وبصفة مباشرة أو غير مباشرة، كما تم الإعتماد أيضا على مجموعة من الأبحاث ومواقع الإنترنت,.

مقدمة

لقد شـــهدت موائع التبريد تطورا متزامنا مع تطور تكنولوجيا التبريد حيث بدأت بوسائط التبريد غير العضوية كغازات الأمونيا وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، ومع بداية العشـــرينات من القرن المـاضـــي ظهرت مركبات الكلوروفلوروكربونات (CFCs) (الاسم التجاري لها هو الفريونات) لما تمتاز به من خواص الأمان العالية ولكن مع بداية الثمانينات من نفس القرن تم اكتشاف علاقة بين هذه المركبات بتأثر طبقة الأوزون.

وفي وقتنا الحاضـــر نظرا للعديد من القضـــايا البيئية مثل إســـتنفاد طبقة الأوزون والإحتباس الحراري وعلاقتها بمختلف موائع التبريد المســـتخدمة، أصـــبح إختيار موائع التبريد المناسـبة واحدة من أهم القضـــايا في الآونة الأخيرة، كما أن إسـتبدال موائع التبريد المستخدمة بموائع تبريد جديدة تماما لأي سبب كان عملية مكلفة تدعو إلى العديد من التغييرات في تصـميم وتصـنيع أنظمة التبريد، وبالتالي فإنه من المهم جدا أن نفهم القضـــايا المتعلقة بإختيار وإســتخدام موائع التبريد ومن حيث المبدأ فإن الكفاءة الحرارية لأي نظام التبريد تعتمد أساسا على درجات الحرارة التشغيلية. ومع ذلك فالمسائل العملية الهامة مثل تصميم النظام والحجم والتكاليف الأولية والتشغيلية، والســلامة، والموثوقية، وخدمات الصـيانة تعتمد إلى حد كبير على نوع مائع التبريد الذي اختير لتطبيق معين,. وعليه فإنه منذ تأثير الاحترار العالمي أصـــبح التبريد يعتمد أيضا على كفاءة استخدام الطاقة في نظام التبريد باستخدام التأثير غير المباشر وأصبحت مسألة الكفاءة ليست هي المهمة الرئيسية في تصميم أنظمة التبريد الجديدة فأهمية الملائمة البيئية للتكنولوجيات أصـــبحت هي الأهم, ومن المتوقع أنه مع زيادة الوعي ستخرج تصـاميم أكثر مسؤولية مما سيعود بالنفع في نهاية المطاف للبشرية جمعاء.وبشكل عام ففي هذا البحث سيتركز الإهتمام بشكل رئيسي على تلك الموائع التي يمكن أن تستخدم في المبردات ذات أنظمة التبريد بضغط بخار فقط.

- لمحة تاريخية عن مراحل تطوير موائع التبريد:-

لم تتغير التكنولوجيا الأســاســية للتبريد منذ القرن التاســع عشــر، فالبرادات ومثلها المكيفات تعمل بواسطة الضـغط على مائع معين وبطريقة تؤدي إلى أن يتمدد لاحقا، ويؤدي الضـــغط إلى رفع حرارة هذا الســائل رافعا بذلك حرارة ما يحيط به، وبتمدد نفس المائع، فتنخفض حرارته وحرارة محيطه، ومن أولى أسـس صـناعة التبريد أنه

إذا أوجدنا الضغط في مكان واحد والتمدد في مكان آخر فسوف يتم ضخ الحرارة من المكان الثاني إلى الأول، وبإختيار السائل المناسب يمكنك أن تحرك كمية كبيرة من الحرارة.

وبشكل عام يمكن تعريف التبريد بأنه "أي جسم أو مادة تعمل كوسيط تبريد لغرض إستخراج الحرارة من جسم أو مادة أخرى"وفي إطار هذا التعريف العام، قد يسمى العديد من الأجسام أو المواد كمبردات، على سبيل المثال الثلج والماء البارد، والهواء البارد وما إلى ذلك, ومع ذلك فإن مختصي هذا المجال عادة يعنوا بالمبردات موائع التشغيل التي تخضع للتكثيف والتبخير كما هو الحال في أنظمة التبريد الإنضغاطي والإمتصاصي فالتاريخ الذي نحن نتحدث عنه في الأساس يشير إلى هذه المواد التي يجب أن تتبخر و تتكثف في درجات الحرارة المطلوبة والتي قد تقع على نطاق واسع في مجموعة من (100◦C الى -100◦C) في الضغوط المعقولة،وبالتالي تاريخيا بدأ تطوير المبردات من خلال تقسيمها إلى ثلاث مراحل متميزة، وهي:

الأولى:- المبردات قبل وضع مركبات الكربون الكلورية فلورية

الثانية:- المبردات الفلوروكربون الاصطناعية(FC)

الثالثة:-المبردات في أعقاب إستنفاد طبقة الأوزون في الستراتوسفير

أولا:- مرحلة المبردات قبل وضع مركبات الكربون الكلورية فلورية:-

المياه هي واحدة من أقدم المواد التي تم استخدامها كمبرد وإن لم يكن في نظام مغلق, فإنتاج التبريد عن طريق التبخر من المياه يعود إلى (3000) عام قبل الميلاد, حيث تظهر الإكتشافات الأثرية الصور في مصر القديمة يلوحون بالمراوح أمام الجرار الفخارية لتسريع تبخر الماء من الأسطح المسامية من الأواني، وبالتالي إنتاج الماء البارد بطبيعة الحال، كما أن استخدام "punkahs"قديما لتبريد الجسم في فصل الصيف الحار جدا معروفة في بلدان مثل الهند,إضافة إلى إنتاج الثلج عن طريق التبريد الليلي هي أيضا معروفة جيداو يعتقد أن الناس في وقت مبكر من القرن الرابع كما في الهند يستخدمون خليط من أملاح(نترات الصوديوم، وكلوريد الصوديوم وغيرها) والماء لإنتاج درجات حرارة منخفضة تصل إلى أقل من (20◦C) ومع ذلك، فان أنظمة التبريد الطبيعية التي تعمل بالماء يوجد بها العديد من القيود، وبالتالي إقتصرت على عدد قليل من التطبيقات.

فالماء كان المبرد الأول الذي تم استخدامه في نظام التبريد المستمر من قبل ويليام كولين في عام (1755) . ويليام كولين هو أيضا أول رجل لاحظ علميا إنتاج درجات حرارة منخفضة عن طريق التبخر من الاثير إيثيل في (1748) . أوليفر إيفانز ما بين عامي (1755 - 1819)إقترح إستخدام السوائل المتطايرة في دورة مغلقة لإنتاج الثلج من المياهووصف نظام عملي يستخدم الأثير إيثيل كما في المبردات . كما أن الفضل في بناء أول نظام التبريد ضغط بخار يذهب إلى جاكوب بيركنز ما بين عامي (1766 - 1849)حيث إستخدم بيركنز الكبريتيك (ايثيل الأثير) تم الحصول عليها من الهند والمطاط كمادة تبريد . آلات التبريد التجارية في وقت

مبكر وضعت من قبل جيمس هاريسون ما بين عامي (1816 - 1893)إستخدم أيضا الأثير الإيثيل كمبردات .كما وضـــع الكســـندر تواينك ما بين عامي (1801 - 1884)تطوير لآلات التبريد بإستخدام إثيل الأثير . بعد هذه التطورات، كانت تستخدم إثيل الأثير كمبردات لعدة سنوات لصنع الثلج ، وفي مصانع الجعة الخ,بعد ذلك آلات الأثير إســتبدلت تدريجيا بالأمونيا وثاني اكســيد الكربون على الرغم من أنها كانت تستخدم لفترة أطول في البلدان الاستوائية مثل الهند.{5}

وحيث أن إيثيل الأثير بدأ وكأنه مبرد جيد في البداية، لأنه كان من الســهل التعامل معه بسبب كونه موجودا كسائل في درجات الحرارة العادية والضغط الجوي ولديه نقطة الغليان العادية(NBP) حوالي (34.5 ◦C) وهذا يشير إلى أنه من أجل الحصول على درجات الحرارة المنخفضـــة، يجب أن يكون ضـــغط المبخر أقل من واحد أتموسفير(Atmosphere 1)، وهذا قد يؤدي إلى خطر تسرب الهواء الخارجي إلى داخل النظام مما يؤدي إلى تشـــكيل خليط قابل للإنفجار هذا من ناحية, ومن ناحية أخرى نقطة الغليان العادية المرتفعة نسبيا تشير إلى إنخفاض الضغوط في المكثف، أو لضـــغط معين المكثف يمكن تشـــغيله في درجات حرارة التكثيف العالي, وهذا هو السبب وراء استخدام أطول للأثير كمبرد في البلدان الاستوائية مع إرتفاع درجات الحرارة المحيطة، وفي نهاية المطاف بســـبب إرتفاعنقطة الغليان العادية(NBP)، تم إستبدال السمية والقابلية للإشتعال التي يتصف بها إيثيل الأثير عن طريق المبردات الأخربوبعد ذلك قدم تشـــارلز تيلييهثنائي ميثيل الاثير ودرجة غليانه = (NBP = 23.6oC)في عام (1864). ومع ذلك فإن هذا المائع أو المبردلم يتوسع إستعماله نظرا لخواصـــه، كالسـمية والقابلية للاشـتعال.وفي عام (1866) قدم لوي غاز ثاني أكســيد الكربون كمبردومع ذلك، فإنه لم يتمتع بالنجاح التجاري إلا في عام (1880) ويرجع إلى حد كبير إلى جهود العلماء الألمان فرانز وكارل فون لينده في تطويره.

إن ثاني أكســيد الكربون له خصـــائص حرارية وفيزيائية ممتازة، ومع ذلك، فإن له درجة حرارة حرجة منخفضـــة حوالي (31.7◦C)ويحتاج ضـــغوط تشـــغيلية عالية جداولأنه غير قابل للاشتعال وغير سام فقد وجدت له تطبيقات واسعة حيثتم استخدام ثاني اكسيد الكربون بنجاح لحوالي ستين عاما ومع ذلك، تم إستبداله تماما بمركبات الكربون كلوروفلور. {5}

واحدة من الأحداث البارزة في تاريخ المبردات هو اســـتخدام الأمونيا حيث في عام (1872) تم منح ديفيد بويل الأمريكي البراءة الأولى للأمونيا وكان أول من صـــنع الضاغط العمودي التمثيل في عام (1873), ومع ذلك، فإن الفضل في تسويق أنظمة الأمونيا بنجاح يذهب إلى كارل فون ليندهمن ألمانيا، الذي قدم هذه الضـــواغط في ميونيخ في عام (1876)وينســـب إلى لينده تطور وإتقان تكنولوجيا التبريد الأمونيا ونظرا لجهوده الرائدة؛ أصـــبح الأمونيا واحدة من المبردات الأكثر أهمية حيثنقطة غليانه العادية (NBP)=(33.3 ◦C)، وبالتالي فإن ضـــغوط تشـــغيله أعلى بكثير من

الغلاف الجوي كما أن لديه الخصائص الحرارية والفيزيائية الممتازة وهو متوفربسهولة وغير مكلف .ومع ذلك فالأمونيا سامة ولها رائحة قوية والقابلية للإشتعال طفيفة .بالإضافة إلى ذلك، فإنه غير متوافق مع بعض المواد المشتركة من البناء مثل النحاس وعلى الرغم من إعتبار هذه الخصائص من سلبياته وقفت الأمونيا أمام إختبار الزمن وهجمة مركبات الكربون الكلورية فلورية وذلك بسبب خصائصه الممتازة. في الوقت الحاضر يتم استخدام الأمونيا في أنظمة التبريد الكبيرة (سواء ضغط البخار أوامتصاص بخار)، وكذلك في ثلاجات الامتصاص الصغيرة.

في عام (1874) قدم راؤول بيكتيت ثاني أكسيد الكبريت ودرجة غليانه (NBP= 10.0oC) وكان ثاني أكسيد الكبريت من الموائع المهمة والذي استخدم على نطاق واسع في أنظمة التبريد الصغيرة مثل الثلاجات المنزلية بسبب تأثيره التبريد الصغير نسبيا .كما استخدم ثاني أكسيد الكبريت في صناعة السيارات وفي مواد التشحيم . بالإضافة أنه ليس فقط غير قابل للإشتعال، ولكن في الواقع يعمل كمادة لإطفاء اللهبومع ذلك، ففي وجود بخار الماء ينتج حامض الكبريتيك، والذي يعتبر ضارا للغاية, وبعد حوالي ستين سنة من الإستخدام في الأجهزة المنزلية مثل الثلاجات، تم استبدال ثاني أكسيد الكبريت عن طريق مركبات الكربون الكلورية فلورية، بالإضافة إلى ما سبق، فالموائع الأخرى مثل كلوريد الميثيل وكلوريد الإيثيل، والبوتان والبروبان والكحول الإيثيلي، وإيثيل الميثيل الأمينات، وكلوريد الكربون رباعي كلوريد الميثيلين، والبنزين ....الخ كانت كمحاولة لاستخدامهم ولكن دون جدوى.{5}

ثانيا:- مرحلة المبردات الفلوروكربون الاصطناعية(FC)

وهي الاصطناعية كمركبات الكربون الكلورية فلورية ومركبات الكربون الهيدروكلورية فلورية جميع المبردات المستخدمة في المراحل الأولى من التبريد تقريبا تعاني من مشكلة واحدة أو أخرى .وترتبط معظم هذه المشاكل بقضايا السلامة مثل السمية، القابلية للإشتعال، والضغوط التشغيلية العالية ...الخ وبالتالي كان هناك شعور بأن " صناعة التبريد تحتاج موائع جديدة "اتخذ توماس ميدجلي الاميركي على عاتقه مهمة إيجاد موائع "آمنة " في عام (1928) .كان ميدجلى بالفعل مشهورا لإختراعه الرصاص رباعي الإيثيل، عامل مضاد لمحركات البنزين .ميدجلى جنبا إلى جنب مع زملائه ألبرت هيني وروبرت ماكنيري في مختبرات فريجيدير (دايتون ، أوهايو، بالولايات المتحدة الأمريكية) بدأت دراسة منهجية من الجدول الدوريللقضاء على كل المواد ذات العوائد والتقلبات الغير كافية, كما تم القضاء على تلك العناصر التي تؤدى إلى تولد الغازات السامة والغير مستقرة، فضلا عن الغازات الخاملة ، إستنادا إلى نقطة غليان منخفضة جدا بهمتركوا أخيرا مع ثمانية عناصر هي: الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت والهيدروجين والفلور والكلور والبروم، هذه العناصر الثمانية متفاوتة في صف المتقاطعة وعمود من الجدول الدوري مع الفلور في التقاطع .ثم أدلى ميدجلى وزملاؤه ثلاث ملاحظات مثيرة للاهتمام:

الأولى:- نقل القابلية للإشتعال من اليسار إلى اليمين للعناصر الثمانية.
الثانية:- السمية عموما تنخفض من العناصر الثقيلة في الأسفل لعناصر أخف وزنا في الأعلى.
الثالثة:-كل المبردات المعروفة في ذلك الوقت هي من مزيج من تلكالعناصر الثمانية لميدجلي.
ومن خلال نظرة على المبردات التي نوقشت أعلاه تبين أن جميع من لهم حتى من سبعة من أصل ثمانية عناصر التي حددها ميدجلي لم تستخدم الفلور حتى ذلك الحينوكرر الباحثون الآخرون بحث ميدجلي مع أساليب البحث الحديثة أكثر بإستخدام قواعد البيانات ، ولكن وصلت إلى نفس الإستنتاجات (تقريبا كلها مصنوعة من مواد التبريد المستخدمة حاليا من عناصر ميدجلي ، الإستثناء الوحيد هو اليود، وتم إجراء دراسات على المبردات التي تحتوي على اليود بالإضافة لبعض عناصر ميدجلي, بناء على دراستهم وضع ميدجليوزملاؤه مجموعة كاملة من المبردات الجديدة التي يتم الحصول عليها عن طريق الإستبدال الجزئي لذرات الهيدروجين في الهيدروكربونات بواسطة الفلوروكلور وقد أظهرت أنه كيف يمكن أن تختلف الفلورو كلوروهيدروكربونات للحصول على النقاط المطلوبة للغليان (التقلب)، وكذلك كيفية تأثر الخصائص مثل السمية، القابلية للإشتعال قبل تكوينها،
إن أول الموائع المبردة التجارية والتي خرجت من دراسة ميدجلي هو الفريون (R-12) في عام (1931)وتم الحصول عليه عن طريقإستبدال ذرات الهيدروجين في أربعة من الميثان(CH4) من قبل إثنين من ذرات الكلور وذرتين من الفلور. الفريون (R-12) لديه نقطة الغليان العادية (29.8oC) وهوواحد من المبردات الإصطناعية الأكثر شهرة وشعبية . حيث كان يستخدم حصرا في الثلاجات الصغيرة المحلية، ومكيفات الهواء, ومبردات المياه وغيرها لما يقرب من ستين عاما, وفي عام (1932) تم تصنيع الفريون (R-11)المستخدم في أنظمة تكييف الهواء الطرد المركزي .وتبع ذلك كل من الفريون (R-22)وسلسلة كاملة من المبردات الإصطناعية لتتناسب مع مجموعة واسعة من التطبيقات. {5} .
ونظرا لظهور العدد الكبير من موائع التبريد بالإضافة إلى وجود غازات التبريد القديمة، فقد أصبح من الضروري العمل على وضع نظام ترقيم لغازات التبريد والذي سيتم التطرق اليه بالتفصيل لاحقا.
إن إدخال مركبات الكربون الكلوروفلورو والمركبات ذات الصلة قد أحدثت ثورة في مجال التبريد وتكييف الهواء في ذاك الوقت .تم القضاء من خلالها على معظم المشاكل المرتبطة بالمبردات المبكرة مثل السمية ، القابلية للإشتعال، أيضا الفريونات هي مركبات مستقرة للغاية .بالإضافة إلى ذلك، عن طريق التلاعب بذكاء يمكن تكوين مجموعة كاملة من المبردات أنسب لتطبيق معين بالإضافة إلى كل هذا، رأى تعزيز قوي لهذه المبردات باسم " عجب الغازات أوالتبريد المثالي " النمو السريع للفريون والخروج السريع من المبردات التقليدية على حد سواء مثل ثاني أكسيد

الكربون، وثاني أكسيد الكبريت وتتمتع الفريوناتبهيمنة كاملة لحوالي خمسين عاما، حتى أثيرت مسألة إستنفاد طبقة الأوزون عن طريق رولاند و مولينا في عام (1974) .وقال رولاند و مولينا في نظريتهم الشهيرة الآن إن المركبات المستقرة للغاية تتسبب في نضوب طبقة الأوزون في الغلاف الجوي العلويحيث أكدت الدراسات والملاحظات اللاحقة نظرية رولاند ومولينا على إستنفاد طبقة الأوزون في الستراتوسفير بواسطة الكلور للمركبات التي تحتوي على مركبات الكربون الكلورية فلورية ونظرا لخطورة هذه المشكلة على نطاق عالمي، وافقت العديد من الدول لحظر المواد المستنفدة للأوزون(مركبات الكربون الكلورية فلورية وغيرها) بطريقة حكيمة المرحلة تحت بروتوكول مونتريال .وقد إتفقت جميع البلدان في وقت لاحق تقريبا لخطة التخلص التدريجي, بالإضافة إلى إستنفاد طبقة الأوزون، كما عثر على أن مركبات الكربون الكلورية فلورية والمواد ذات الصلة أيضا تسهم إسهاما كبيرا في مشكلة " الإحتباس الحراري " هذا مرة أخرى جلبت العلماء إلى البحث عن المبردات الآمنة ليس فقط في قضايا السلامة الشخصية المباشرة مثل القابلية للإشتعال ، السمية ....الخ، ولكن أيضا القضايا البيئية طويلة الأجل مثل استنفاد طبقة الأوزون والاحتباس الحراري{5} .

ثالثا:- مرحلة المبردات في أعقاب استنفاد طبقة الأوزون:-

الشرط الأهم لغازات التبريد في أعقاب إستنفاد طبقة الأوزون هو أنه ينبغي أن تكون الموائع المستخدمة غير الموائع المستنفدة للأوزون وللخروج من هذا الشرط ظهر بديليين الأول هو البحث عن الصفر(ODP)من المبردات الاصطناعية والثاني هو البحث عن مواد طبيعيةمن خلال إدخال مركبات الهيدروفلوروكربون والخلائط التي تنتمي إلى البديل الأول، في حين أن إعادة إدخال غاز ثاني أكسيد الكربون والمياه ومختلف المواد الهيدروكربونية والخلائط التي تنتمي إلى البديل الثاني .

إن زيادة استخدام الأمونيا واستخدام دورات التبريد الأخرى كأنظمة تبريد دورة الهواء وأنظمة الإمتصاص تأتي أيضا في إطار البديل الثانيوقد وجدت كل من هذه البدائل أنصارها ومعارضيها, وظهرت أول البدائل لموائع (HFC) المائع (R-134a) كمادة اصطناعية وكبديل للفريون (R-12)في حينلم يتم العثور على صيغة واضحة بديلة للمائع الأكثر شعبية في المبردات وهو (R-22)حتى الآن ولكن العديد من المخاليط تتكون من غازات التبريد الإصطناعية والطبيعية واقترح لإستخدامها في المستقبل . ويبين الجدول (1-1) بالملحق قائمة لبعض الموائع المستخدمة والبدائل المقترحة لها ويجب الإشارة هنا عن المشاكل الأخرى مثل المشاكل البيئية، والإحترار العالمي, وبشكل عام فإن المبردات الاصطناعية غير المستنفدة للأوزون مثل (R-134a) لديهم ارتفاع في إمكانات الإحترار العالمي (GWP)، وبالتالي يواجهون مستقبلا غامضا{5} .

عموما فالموائع المناسبة المستخدمة لأغراض التبريد يمكن تصنيفها إلى المبردات الابتدائية والثانوية, فالمبردات الأولية هي تلك الموائع التي تستخدم مباشرة كموائع

تشغيل بأنظمة ضغط البخار وأنظمة التبريد بإمتصاص البخار والتي تنتج التبريد من خلال عملية تغير الحالة بالمبخر، أما المبردات الثانوية فهي تلك السوائل التي تستخدم لنقل الطاقة الحرارية من مكان إلى آخر وهي نوعان فالنوع الأول ما يعرف بالمحاليل الملحية أو الانتفريزات التي تستخدم عندما يكون مطلوباً التبريد في درجات حرارة دون الصفر والنوع الثاني يستخدم في أنظمة تكييف الهواء الكبيرة. مثال ذلك (إستخدام الماء النقي عند درجات الحرارة التشغيلية فوق (0˚C)). والمبردات الثانوية الأكثر شيوعاً هي الماء وجلايكول الإثيلين، البروبيلين غليكول أو كلوريد الكالسيوم.

Refrigerant	Composition	Normal Boiling Point (NBP) (°C)*	Ozone Depletion Potential (ODP) (R11=1)	Global Warming Potential (GWP) (CO_2=1)	Retrofit or New
Example Candidate Replacements for CFC-11					
CFC-11		*23.8*	*1.0*	*3800*	
HCFC-123		27.9	0.020	90	Both
HCFC-141b		32.2	0.110	630	New
HFC-245fa		15.3	0	900	New
n-pentane		36.19	0	0	Both
Example Candidate Replacements for CFC-114					
CFC-114		*3.78*	*0.8*	*9300*	
HCFC-124		-13.2	0.022	480	Both
HFC-134		4.67	0	1300	New
R600		-0.45	0	0	Both
Example Candidate Replacements for CFC-12					
CFC-12		*-29.79*	*1*	*8100*	
HFC-134a		-26.1	0	1300	New
R401A	R22/152a/124 (53/13/34)	-33.0/6.3	0.037	1100	Both
R409A	R22/124/142b (60/25/15)	-34.3/8.5	0.048	1400	Both
propane-ethane	R290/170 (43/57)	-31.9/7.9	0	3	Both
Example Candidate Replacements for HCFC-22					
HCFC-22		*-40.75*	*0.055*	*1700*	
R407C	R32/125/134a (23/25/52)	-44.0/7.2	0	1600	Both
R410A	R32/125	-52.7/<0.1	0	1900	New
	R23/32/134a	-43.0/10.2	0	1600	New
propane-ethane	R290/170 (95/5)	-49.3/7.9	0	3	Both
Example Candidate Replacements for R502					
R502	*CFC115/HCFC22 (48.8/51.2)*	*-45.6 azeo*		*5500*	
R404a	R125/143a/134a (44/52/4)	-46.5/0.8	0	3700	Both
R507	R125/143a (50/50)	-46.7 azeo	0	3800	Both
	R32/125/143a (10/45/45)	-49.7/0.9	0	3500	Both
propane-ethane	R290/170 (95/5)	-49.3/7.9	0	3	Both
Other Options - Natural Refrigerants					
Air			0	0	
Water			0	?	
Ammonia			0	0	
Carbon dioxide			0	1	

* or bubble point /temperature glide for mixtures. Temperature glide = $T_{dew} - T_{bubble}$

الجدول(1) المبردات المرشحة لاستبدال مركبات الكربون الكلورية فلورية{5}

معايير إختيار الموائع:-

يستند إختيار الموائع لتطبيق معين على المتطلبات التالية:

1) خصائص الديناميكا الحرارية والفيزياء الحرارية,
(Thermodynamic and thermo-physical properties)
2) الخصائص البيئية والسلامة، (Environmental & Safety)

أولا:- خصائص الديناميكا الحرارية والفيزياء الحرارية
متطلبات المائع المناسب من حيث هذه الخصائص تتمثل في التالي:-

أ) ضغط السحب عند درجة حرارة مبخر معين:-

ينبغي أن يكون ضغط التشبع أعلى من ضغط الغلاف الجوي لمنع دخول الرطوبة أو الهواء في النظام وسهولة كشف التسرب. إرتفاع ضغط السحب هو أفضل لأنه يؤدي إلى التقليل من ازاحة الضاغط.

ب) ضغط الطرد عند درجة حرارة مكثف معين:-

ينبغي أن يكون ضغط التصريف صغير قدر الإمكان للتقليل من حجم أجزاء الضاغط والمكثف وملحقاتهم.

ت) درجة حرارة التجمد:-

من الضروري أن تكون درجة حرارة التجمد لموائع التبريد منخفضة تجنباً لتجمدها عند درجة حرارة التبخر المطلوبة.

ث) درجة حرارة الغليان:-

إن درجة الغليان لمائع التبريد عند الضغط الجوي الإعتيادي ضرورية للحصول على كفاءة جيدة فكلما كانت هذه الدرجة مرتفعة فإن تشغيل الضاغط يحتاج ضغط تفريغ كبير للحصول على درجة الحرارة المنخفضة المطلوبة في المبخر لذلك ينبغي أن تكون درجه الغليان لوسائط التبريد منخفضة عند الضغط الجوي لتجنب عمل المنظومة تحت الضغط الجوي ولمنع تسريب الهواء إلى داخل المنظومة عند حدوث خلل ما.

ج) نسبة الانضغاط:-

ينبغي أن تكون صغيرة قدر الإمكان للحصول على كفاءة حجمية عالية بأقل إستهلاك للطاقة.

ح) ارتفاع درجه الحرارةالحرجة:-

من المعروف أنه لا يمكن تكثيف بخار وسيط التبريد إذا وجد عند درجه حرارةأكبر من درجه الحرارة الحرجه لتلك الماده , وبصوره عامه لا ينبغي أن تزيد درجه حرارة التكثيف في المكثفات المبرده في الهواء عن (55˚C) في حين أن أقل درجه حرارة حرجه لأغلب وسائط التبريد لا تقل عن (94˚C).

خ) - درجة الانحدار:-

تتم عمليات التبخير والتكثيف لمخاليط الفريونات مع ثبوت الضغط, وقد لوحظ أن درجة حرارة البخار المشبع تكون أعلى من درجة حرارة السائل المشبع لنفس

الضـــغط. حيث يعرف الفرق فى درجتى الحرارة بدرجة الإنحدار. يفضـــل أن تكون درجة الإنحدار لموائع التبريد مساوية للصفر.

د) الحرارة الكامنة للتبخير:-

يفضـــــل أن تكون الطـاقة الكـامنـة لتبخير موائع التبريد كبيرة وذلك لزيـادة التـأثير التبريدى لكل كيلو جرام من مـائع التبريد وبـالتـالى خفض القدرة اللازمـة لســـريـانـه لنفس سعة التبريد.

ذ) مؤشر الأيزونتروبي (Isentropic) للانضغاط:-

ينبغي أن يكون صغيرة قدر الإمكان بحيث نضمنإرتفاع صغير لدرجة حرارة المائع خلال عملية الضغط.

ر) الحرارة النوعية السائل:-

ينبغي أن تكون صـــغيرة لكي تكون درجة التبريد الدوني(sub-cooling) كبيرة مما يؤدي إلى تقليل كمية الغاز فلاش المتكون نتيجة عملية التمدد في مدخل المبخر.

ز) الحرارة النوعية للبخار:-

ينبغي أن تكون كبيرة لكي تكون درجة التحميص (superheating) أقل للحصـــول على حاصل تبريد عالي.

ط) الموصلية الحرارية:-

الموصـــلية الحرارية في كل من حالة الســـائل وكذلك البخار ينبغي أن تكون عالية لزيادة معامل نقل الحرارة ولتقليل حجم المكثفات والمبخرات بوحدات التبريد.

ظ) اللزوجة:-

إن هذه الخاصـية لمائع التبريد في حالتي السيولة والتبخر ذات أهمية لحسـاب معامل انتقال الحرارة في المكثفات والمبخرات وهي أيضـآ تستخدم في تصـميم وحدات تضـخ المائع في المنظومة إن اللزوجة المنخفضـــة في كلتا الحالتين مرغوب فيها للحصـــول على معامل إنتقال حرارة عالى وقدرة ضـــخ أقل وإن اللزوجة العالية تتطلب أنابيب ذات حجوم أكبر وفتحات صـــمامات وممرات ضـــاغطة كبيرة لتجنب الإنخفاض في الضغط.

ع) الحجم النوعي:-

من المســـتحســـن أن يكون الحجم النوعي لبخار مائع التبريد المســـحوب إلى داخل الضـــاغط منخفضـــآ لأن ذلك يقلل من الإزاحة المطلوبة من الضـــاغط التي تكون ذات علاقة يضـغط التبخر كما أن ضـغط التبخر يكون منخفضـآ عندما تكون درجة حرارة غليان مائع التبريد مرتفعة عند الضـــغط الجوي وبالعكس فإن ضـــغط التبخر يكون مرتفعآ عندما تكون درجة حرارة غليان مائع التبريد منخفضة.

ثانيا:- خصائص البيئة والسلامة

بجانب الخصـائص الحرارية، فالخصـائص البيئية والسـلامة مهمة جدا أيضـا ففي واقعوقتنا الحاضـر البيئة في التبريد هو عامل رئيسـي في تحديد جدوى تبريد معينة .
والخصائص البيئية والسلامة المهمة هي:

أ) دالة استنفاد الأوزون (ODP) :

وفقا لبروتوكول مونتريال، فان دالة إستنفاد الأوزون (ODP)من وسـائط التبريد ينبغي أن يكون صـفرآأي أنها ينبغي أن تكون غير مسـتنفدة للأوزون, فالموائع المسـتخدمة حاليا أغلبها غير صـفرية بالنسبة لدالة (ODP)على سبيل المثال (R11، R12)بسبب أن دالة (ODP)تعتمد أسـاسـا على وجود الكلور أو البروم في الجزيئات، فالمبردات التي تحتوي على (CFCs and HCFCs) أو البروم لا يمكن إستخدامها بموجب اللوائح الجديدة.

ب) ظاهرة الاحتباس الحراري المحتملة (GWP) :

يجب أن يكون لوسـائط التبريد أقل وحدة ممكنة منخفضـة لقيمة (GWP)للحد من مشـكلة الإحتباس الحراري العالمي .فالموائع ذات قيمة صـفر من قدرات إسـتنفاد الأوزون ولكن ارتفاع قيمة (GWP)لديها على سبيل المثال (R134a)من المرجح أن يكون منظما في المستقبل.

ج) مؤشر إجمالي الاحترار أي ما يعادل (TEWI) :

مساهمات العامل (TEWI)تأثيرات الموائع إما مباشرة من خلال تحريرها في الغلاف الجوي وغير مباشـرة من خلال إسـتهلاك الطاقة من أنظمة التبريد والتكييف لظاهرة الإحتباس الحراري. وبطبيعة الحال، فإن المبردات مع أدنى قيمة من (TEWI)هي الأفضل من وجهة نظر ظاهرة الإحتباس الحراري.

د)السمية :

من الناحية المثالية، المبردات المسـتخدمة في نظام التبريد يجب أن تكون غير سـامة ومع ذلك، فإن جميع الموائع الأخرى باستثناء الهواء يمكن أن تكون سامة لأنها سوف تسـبب الإختناق عند زيادة تركيزها بما فيه الكفاية .وبالتالي فالسـمية هو مصـطلح نسبي، والتي لا تصـبح ذات معنى إلا عندما يتم تحديد درجة التركيز وزمن التعرض المطلوبة لإنتاج آثار ضـارة فبعض المبردات مثل مركبات الكربون الكلورية فلورية (CFCs) ومركبات الكربون الهيدروكلورية فلورية (HCFCs) غير سـامة عند مزجها مع الهواء في حالة طبيعية .ومع ذلك، عندما تأتي في اتصـال مع لهب مكشـوف أو عنصر التدفئة الكهربائية، فإنها تتحلل وتشكل عناصر شديدة السمية (مثل الفوسجين (COCl2))بشكل عام درجة الخطر للموائع تعتمد على:

-كمية مائع التبريد المستخدمة مقابل إجمالي المساحة
-نوع التشغيل (يقصد هنا بنوع النظام)
-وجود اللهب المكشوف

-رائحة غاز التبريد، و
-حالة الصيانة
والجدول أدناه يبين تصـــنيف الســـمية لجمعية المؤســـســـات الضـــامنة للحريق (NBFU).لأهم موائع التبريد المستخدمة وأكثرها شيوعا, أعطى لكل مائع رقما معينا يدل على مدى الســـمية وتأثير هذا المائع على الانســـان والبيئة حيث الرقم (6) هو للأكثر أماناً وكلما قل الرقم زاد مدى السمية للمائع

نوع المائع	التصنيف (السمية)حسب تصنيف جمعية المؤسسات الضامنة للحريق (NBFU)
R-11	6
R-12	6
R-22	5
R-500	6
R-502	6
R-503	6
R-744	5
R-717	2

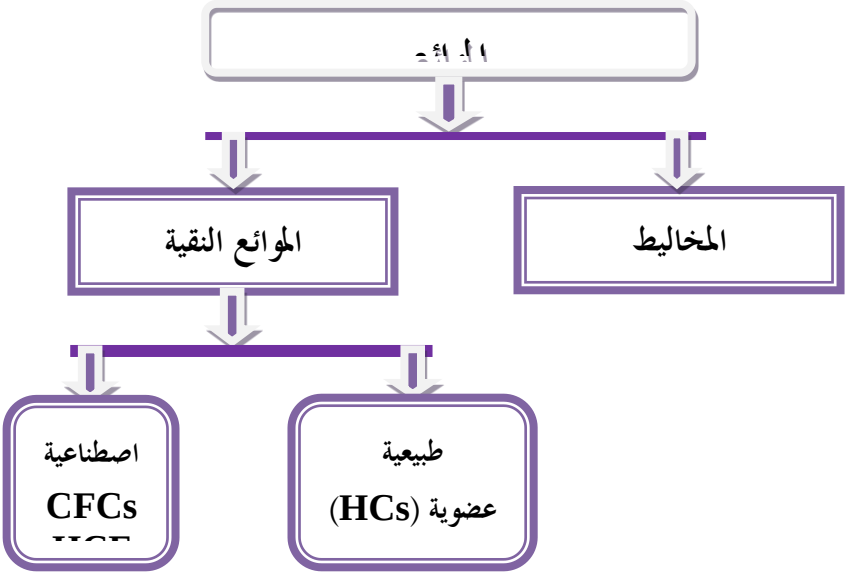
والجدول رقم (2) يبين تصنيف الموائع لمدى السمية حسب جمعية (NBFU).{1}

هـ)القابلية للإشتعال :
جوهريا موائع التبريد يفضل أن تكون غير قابلة للإشتعال والإنفجار ولذلك فإنه ينبغي عادة عند إستخدام موائع التبريد القابلة للإشتعال إتخاذ إحتياطات خاصة لتجنب وقوع الحوادث وإســتنادا إلى المعايير المذكورة، فان جمعية آشــري (ASHRAE) صــنفت موائع التبريد إلى ست مجموعات المبردات السلامة (A1إلى A3وB1إلى B3)فالموائع التي تنتمي للمجموعة (A1) مثل ((R11، R12، R22، R134a ، R744، R718)) هي الأقـل خطورة، في حين الموائع التي تنتمي إلى المجموعـة (B3) مثـل (R1140)هي الأكثر خطورة.
الخصائص الهامة الأخرى هي:
و)الإستقرار الكيميائي :ينبغي أن يكون حالة مائع التبريد مستقرة كيميائيا طالما داخل نظام التبريد.
د) التوافق مع المواد المشتركة للبناء: (على حد سواء المعادن وغير المعادن)

ذ) الامتزاج مع زيوت التشحيم :فواصل الزيت يجب أن تستخدم إذا كان مائع التبريد غير قابلة للإمتزاج مع زيوت التشـــحيم (مثل الأمونيا) في حين الموائع التي هي غير قابلة للإمتزاج تماما مع الزيوت هي أسهل في التعامل معها على سبيل المثال (R12) ومع ذلك فالموائع التي نســـبة ذوبانها مع الزيت محدودة مثل (R22) ينبغي إتخاذ إحتياطات خاصة أثناء تصميم نظام التبريد لضمان عودة الزيت للضاغط

تصميم الموائع:-

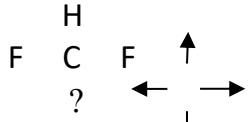
معظم وســائط التبريد تتضـــمن مركبات كلوروفلوروكربونية تحتوي على عنصـــر الفلور والكلور ومركبات هيدروكربونية ومركبات عضـــوية, ونظراً لأن مركبات التبريد المستخدمة يتم انتاجها تحت اسم فريون أو بعلامات تجارية مختلفة وبأسماء كيميائية تتكون من أكثر من مقطع وحتى لا يحدث الخلط أو الخطأ بين مركب وآخر فقد قامت الجمعية الأمريكية لمهنســـي التبريد والتكييف (American Society of (Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers)) والمعروفة اختصـارا باسم (ASHRAE) بوضـع أرقام مميزة لكل وسيط تبريد حتى يصبح أكثر تألفاً مع الرقم وليس الاســم, وقد تم وضـــع الحرف (R) للدلالة على وســيط التبريد بصـــفة عامة مأخوذا من كلمة (Refrigerant) وبجانبه على اليمين الأرقام الدالة على وسـيط التبريد والتي من خلالها يمكن الحصـول على معلومات مفيدة تحدد نوع المائع, تركيبه الكيميائي والوزن الجزيئي للمائع كما تم تصـنيف الموائع المسـتخدمة ضمن أنظمة التبريد الانضغاطية بالشكل (2-1) أدناه.



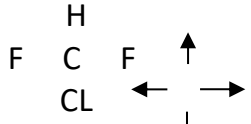
شكل (1) يبين تصنيف موائع التبريد النقية (11)

بصورة عامة يمكن تصنيف الموائع على النحو التالي:-

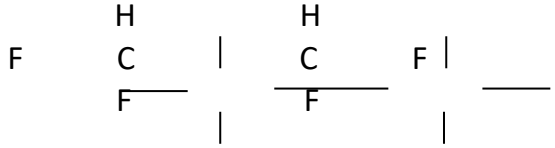
أولا المركبات المهلجنة المشبعة تماما:-
هذا النوع من الموائع بشـكل عام مشـتق من غاز الميثان (CH4)والإيثان (C2H6) وهي معرَّفة بالهيئة التالية (R-XYZ) حيث:-
(X+1) تشير الى عدد ذرات الكربون و
(Y-1) تشير الى عدد ذرات الهيدروجين و
(Z) تشير الى عدد ذرات الفلور
في حين عدد ذرات الكلور يكون فقط لاستكمال عملية الاتزان للذراتحول الكربون
أما الموائع التي تتشـابه في الصـيغة الكيميائية وتختلف في التركيب الجزيئي تميز بكتابة الأحرف ab, الخ ... بجانب رقم المائع.
فعلى سـبيل المثال اذا أردنا حسـاب عدد الذرات لمائع التبريد (R22) فتكون النتيجة على النحو التالي: (X=0) ، (Y=2) ، (Z=2) وبذلك يكون
عدد ذرات الكربون (X +1) = (0+1) = 1 وهذا مشـتق من تركيب غاز الميثان (CH4).
عدد ذرات الهيدروجين (Y - 1) = (2 - 1) = (1) هيدرجين
عدد ذرات الفلور (Z) = (2) فلور



وللاتزان فان عدد ذرات الكلور(no of (H +F)atoms – 4) = (2 – 1 - 4) = (1)
وهكـذا يكون التركيـب الكيميـائي للمـائع (R22) هو ثريكلورمونوفلوروميثـان (CHCLF)

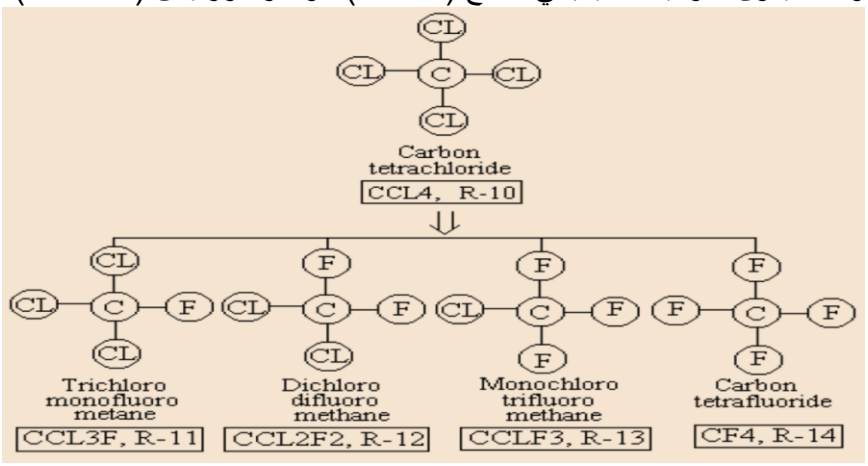


وعلى سـبيل المثال اذا أردنا حسـاب عدد الذرات لمائع التبريد (R134a) فتكون النتيجة على النحو التالي: (X=1) ، (Y=3) ، (Z=4) وبذلك يكون
عدد ذرات الكربون (X + 1) = (1 + 1) = 2 وهذا مشـتق من تركيب غاز الايثان (C2H6).
عدد ذرات الهيدروجين (Y - 1) = (3 - 1) = (2) هيدرجين
عدد ذرات الفلور (Z) = (4) فلور

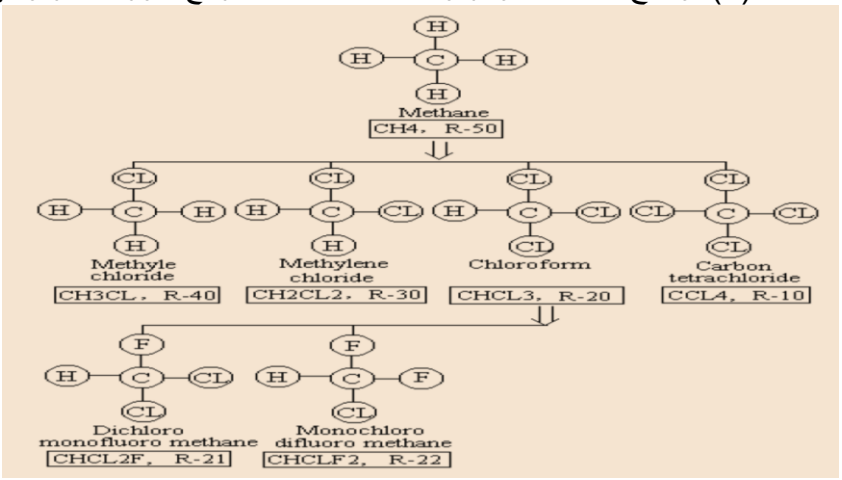


وللاتزان فان عدد ذرات الكلور (4 – no of (H +F)atoms) = (4 – 2 - 6) = (0)

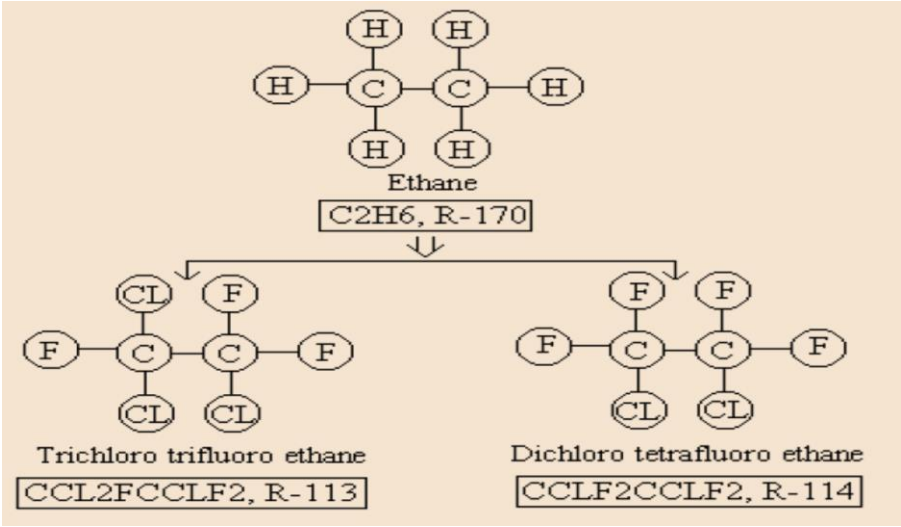
وهكذا يكون التركيب الكيميائي للمائع (R134a) هو تترافلورايثان (C2H2F4)



شكل (2) يوضح سلسلة الهلوكربونات المستحدثة من رابع كلوريد الكربون{1}



شكل (3) يوضح سلسلة الهلوكربونات المستحدثة من الميثان{1}



شكل (4) يوضح سلسلة الهلوكربونات المستحدثة من الايثان{1}

ثانيا المركبات الغير عضوية:-

اســتخدمت موائع التبريد اللاعضــوية قبل اســتخدام الموائع الهالوكاربونية ولازال بعضــها يستخدم في الوقت الحاضــر نظراً لخواصــه الحرارية الفيزيائية الجيدة وهذا النوع من الموائع تم تمييزه بــالرقم (700) مضـــــافا اليــه الوزن الجزيئي R(700+mwt) فعلى سبيل المثال

1) الأمونيا (NH3)الوزن الجزيئي هو (17 = 3 + 14) وبالتالي تعرف بـ (R717)

2) الماء (H2O) الوزن الجزيئي هو (18= 16 + 2) وبالتالي تعرف بـ (R718)

والجدول أدناه يوضح بعض الموائع الغير عضوية والتركيب الكيميائي والجزيئي لها

اسم المائع	رقم المائع	التركيب الكيميائي	الوزن الجزيئي
هيدروجين	R702	H2	2
الأمونيا	R717	NH3	17
ماء	R718	H2O	18
هواء	R729	———	29
أوكسجين	R732	O2	32
ثاني أكسيد الكربون	R744	CO2	44
ثاني أكسيد الكبريت	R764	SO2	64

جدول (3) يبين تمييز الموائع الغير عضوية{1}

ثالثا المخاليط:-

هذا النوع من الموائع تم تمييزه على سلسلة الرقم (500) للمخاليط الأزيوتروبك و(400) للمخاليط الغير أيزوتروبك فعلى سبيل المثال:-

للمخاليط الأيزونتروبك:-

الموائع الايزونتروبية (مزيج ثابت الغليان) عبارة عن موائع التبريد ناتجة من مزج مائعين من الهالوكاربونات وبنسب معينة بحيث ينتج مائع التبريد جديد يختلف في خواصه عن المائعين المركب منها ولا يمكن أن يتجزأ إلى مكوناته بتغيردرجة الحرارة والضغط والمركبات الأكثر شيوعا هي:-

1) (R500) هو خليط من (73.8% of R12 & 62.2% of R152a)

وهو خليط أيزوتروبي يستخدم في التطبيقات الصناعية والتجارية, ويستخدم مع الضواغط الترددية فقط له منحنى ضغط تبخر ودرجة حرارة ثابتين يختلف عن المنحنيين الخاصين بكل من (R-152) , (R-12) ويعطي سعة تبريدية أكبر بنسبة (20%)لنفس حجم المحرك وبنفس الغرض مقارنة بوسيط التبريد (R-12) إن ضغط التبخر هو (214 kpa)عند (15 C-) ودرجة غليان عند الضغط الجوي (33 C-) ضغط تكثفه (879 kpa) عند (30 C) وحرارته الكامنة عند (5 F) (192 j/g) .

2) (R502) هو خليط من (48.8% of R22 & 51.2% of R115a)

بدء استخدامه عام (1961 م) غير قابل للاشتعال وغير مسبب للصدأ وللتأكل وغير سام ملائم الاستخدام لدرجات الحرارة الواقعة بين (51◦C-) الى (18◦C-) لذلك يستخدم بكثرة في تجميد الأطعمة أو تخزينها يستخدم (R-502) مع الضاغط الترددي, درجة غليانه (46◦C-) عند الضغط الجوي ودرجة حرارة تكثفه (1◦C-) وضغط التبخر عند (15◦C-) هو (348 kpa) ودرجة حرارة تكثفه (1◦C-) إن درجة حرارة وضغط تكثفه المنخفضين تسببان زيادة عمر صمامات الضاغط وأجزاؤه الأخرى .

3) (R503) هو خليط من (50% of R125&50% of R13)

وهومائع غير سام وغير مسبب للتآكل والصدأ وغير قابل للاشتعال درجة غليانه عند الضغط الجوي (88◦C-) وهي أقل من درجة غليان (R-13)ضغط التبخر(1830 kpa) عند درجة حرارة (15◦C-) درجة حرارته الحرجة (20◦C) والضغط الحرج(4180 kpa) درجة حرارة المائع المنخفضة عند منطقة السحب تعتبر ميزة للمائع وتكون عادة درجة الحرارة في منطقة السحب ما بين (73◦C to 87◦C-).

للمخاليط الغير أيزوتروبك:-

1) (R407a) هو خليط من (40% of R125 & 20% of R32 &40% R134a)

2) (R407b) هو خليط من (70% of R125 &10% of R32 &20% R134a)

3) (R410a) هو خليط من (50% of R125 &50% of R32)

رابعا الهيدروكربون:-

وهي الموائع التي تتكون من عنصري الهيدروجين والكربون بنسب مختلفة والمستخدم منها كموائع التبريد هوالميثان،الإيثان، البروبان، البيوتان والايزوبوتان وجميعهذهالموائع شديدة الانفجار (حيث تستخدم كوقود احتراق) ومخدرة بدرجات مختلفة وتعتبر متوسطة السمية كما أن استخدامها محدود في الاستعمالات الخاصة وبعضها يستخدم في الحصول على درجات الحرارة المنخفضة جداً.ويوجد نوعان من هذا الصنف المشبع والغير مشبع,

فالمشبع منها مثل:-

- البروبان (C3H8)معرف بالصيغة التالية(R290)
- البوتان (C4H10)معرف بالصيغة التالية (R600)
- أيزوبوتان (C4H10) معرف بالصيغة التالية (R600a)

والغير مشبع مثل:-

- R1150وتركيبه الكيميائي (C2H4)
- R1270وتركيبه الكيميائي (C3H6)

ولم تعد هذه الموائع قيد الإستعمال منذ فترة طويلة.

الرطوبة في موائع التبريد:-

الرطوبة أو (بخار الماء) بالمنظومات يؤديالى تجمدها في حالة التبريد فتسبب الإنسداد جزئيا أو كليا. بالاضافة الى أن الرطوبة ببعض موائع التبريد في وجود درجة حرارة الضاغط المرتفعة تسبب رغوة في حوض الضاغط وترتفع هذه الرغوة في المكابس وتسبب كسر صمامات الطرد للضاغط وبالإمكان كشف الرطوبة عن طريق إستخدام زجاجة بيان السائل والتي يمكن إستخدامها بوضعها في خط السائل وتساعد في كشف الرطوبة في حالة تغير لون الكاشف الموجود داخل الزجاجة.

التعرف على موائع التبريد:-

يمكن التعرف على هوية موائع التبريد باستخدام مخطط (الضغط – درجة الحرارة). المطابقة أو التمييز بالشم أو عن طريق الألوان تصبح في بعض الأحيان صعبة جداباستثناء مائعي التبريد(R-717 , R-764) وبعض الموائع أستنشاقها قد يسبب الموت. يمكن أن نستخدم كاشف إلكتروني وعن طريق توصيلة بالمنظومة أو بالمائع الموجود داخل الإسطوانة. والكاشف يضم مقياس درجة الحرارة ومقياس الضغط ويربط إلى منظم خاص (MINFOLD) ومزود أيضا بمخطط (ضغط / درجة الحرارة) وبالتالي يمكن الكشف أو معرفة نوع مائع التبريد.

إسطوانات موائع التبريد:-

هذه الإسطوانات تأخذ ثلاث أشكال رئيسية هي:-
1- إسطوانات التخزين. - 2- إسطوانات الصيانة. - 3- إسطوانات جاهزة للإستعمال.
تصنع الإسطوانات من المعدن أو من الألمنيوم ويركب صمام في قمة الإسطوانة لإتمام عملية تفريغ وشحن وصيانة الإسطوانات من خلال هذه الصمامات وهناك نظام يعرف بنظام (DOT) ينظم عملية تداول الأسطوانات ومدى سلامتها وصحتها.
ينص هذا النظام باختصار على أنه يجب أن تكون هناك صيانة دورية كل خمس سنوات إذا كانت هذه الإسطوانات حاوية على موائع تبريد مسببة للصدأ أو التآكل ويجب أن تكون هناك صيانة دورية كل عشر سنوات إذا كانت الأسطوانات تحتوي على موائع غير مسببة للصدأ أو التآكل.
إسطوانات التخزين:-
تصنع إسطوانات التخزين من المعدن ويوضع صمام في أعلى هذه الإسطوانات , أن عملية نقل مائع التبريد من الإسطوانات الضخمة إلى إسطوانات الصيانة الأصغر يجب أن تنجز بأنتباه. ويجب أن تكون هذه الإسطوانات مؤرخة أو معلمة. وقطر هذا النوع من الإسطوانات عادة يكون أكبر من (12 in) وحسب نظام (DOT) يجب أن تكون هناك صيانة دورية كل ست سنوات إذا كانت الإسطوانات حاوية على موائع تبريد مسببة للتآكل ويجب إعادة الصيانة بعد مرور ستة سنوات من تاريخ الصيانة السابقة.
إسطوانات الصيانة:-
أعدت شركة كارير (CARIER) التقنية إسطوانات صيانة جاهزة للإستعمال وتكون في حدود (lb 24 – 4) تستخدم لشحن أي منظومة تبريد أو تكييف وإسطوانات الصيانة عادة ما يتم يركب عليها صمام لإتمام عملية الصيانة. في إسطوانات الصيانة عادة ما يتم تحديد مكان أو موضع معين بحيث يتم تعبئة الإسطوانة إلى هذا المستوى.
الإسطوانات الجاهزة للإستعمال:-
بعض موائع التبريد الشائعة الإستعمال تكون موجودة في عبوات متاحة في كميات صغيرة إلى حد (lb 50) (كإسطوانات جاهزة أو مهيأة) وتكون هذه الإسطوانات سهلة الحمل باليد, إن أغلب الإسطوانات المتاحة يكون بها صمام تنفيس يكون في قمة الإسطوانة.
تحذير:-يجب عدم تعبئة إسطوانات الصيانة إلى أقصى ما يمكن بل يجب الإكتفاء لـ (% 80) من حجمها كحد أقصى.
نظام تمييز الإسطوانات عن طريق الألوان:-
يمكن إستخدام نظام الألوان للتميز بين الموائع المستخدمة في التبريد. حيث أن لكل مائع لون خاص به. والجدول أدناه يوضح أهم الألوان المميزة لها.

اللون المميز	إسم المائع
برتقالي	R-11
أبيض	R-12
الأزرق الباهت	R-13
الأخضر	R-22
الإرجواني	R-113
الأزرق القاتم	R-114
الأصفر	R-500
الإرجواني الخفيف	R-502
الأخضر المزرق	R-503
فضي	R-717

الجدول رقم (4) يبين أهم الموائع والألوان المميزة لها.{1}

أثرغازاتالتبريدعلىطبقةالأوزون:-

هناك مخاطر كثيرة تنجم من قلة غاز الاوزون في الغلاف الجوي التي جعلها الله سبحانه وتعالى الدرع الواقي للكائنات الحية من خطر الاشعاعات الضارة والقادمة من الشمس، لذا جعل الله الزيادة في هذه الطبقة كالنقصان، فلابد من الحفاظ على توازنه وعدم الاخلال به، حيث ان بعض المواد مثل بعض الصناعات الكيمياوية والتي تنتج مواد مثل الكلورفلوروكربونات الموجودة في غازات التبريد او مواد الرش كمبيذ الحشراتتتفاعل مع غاز الاوزون وتعمل على تخلخل التوازن الذي اوجده الله سبحانه وتعالى لحماية الخليقة على سطح الارض .. فسبحان الذي سخر لنا هذا ليكون الدرع الواقي لحماية البشر والحيوان والنبات من خطر الاشعاعات الضارة. وتأثير طبقة الأوزون يعبر عنه بدلالة جهد تآكل الأوزون Ozone) depletion potential)ويرمز له بالرمز (ODP) وتعمل الموائع المنبعثة إلى الغلاف الجوى على تسخين غلاف الكرة الأرضية (ظاهره الأحتباس الحرارى) ويعبر عن تأثيرها بدلالة جهد تدفئة الغلاف الجوى

(Global warming potential) ويرمز لها بالرمز{6} (GWP)

تتعددغازاتالتبريد،وتشملطائفةكبيرةمنالمركباتالكيميائيةومنأهمهذهالغازات R)(11 R 12 ,R 22+R 12B1, R 114 , R 502وهذهالغازات تتكون من الكلوروالفلور والكربون و يرمز لها بالرمز(CFC)،أوأنها تتركب من الكلوروالفلوروالكربون والهيدروجين ويرمز لها بالرمز(HCFC)،

ونظرالاحتوائهاعلىالكلوروالذييعتبرمنأشدالعناصرالكيميائيةنشاطاوقدرةعلىالدخولفيتفاعلاتالأكسدةوالاختزال،لذلكفانأثرهمدمرللغايةعلىغازالأوزون،ويعملعلىتحويلهإلىغازالأوكسجين(O2)مباشرة،هذاعلمابأنالكلورالموجودفيغازاتالتبريديميلإلىالاستقراروالثبات عندوجودهفيطبقاتالجوالسفلى،أماعندماترتفعغازاتالتبريدإلىالطبقةالستراتوسفير،فانالكلور الموجودفيهايتفاعلبسرعةمعالأوزونويدمرتركيبهالجزيئي،وقدأظهرتالتجاربوالأبحاث، قدرةكلذرةكلورمفردةعلىتدميرألافالذراتمنالأوزون.

تاريخ اكتشاف تأثر طبقة الأوزون واتفاقيات تقليل مخاطره:-

أكتشف عام (1974) وجود خفض فى نسبه غاز الأوزون تسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية, وتبين في عام (1985) أن سبب الثقب انبعاث موائع التبريد الكلوروفلورو كاربون (CFC)وانتشارها لأعلى نحو طبقات الغلاف الجوى العليا. حيث ان الخطورة تحدث عند انطلاق هذه المركبات الى الجوفإنها تصطدم بضوء الشمس فتمتصه وينتج عن ذلك تفاعل بين مركبات الكلوروفلوروكربون مع جزيئات الاوزون وينتج عن هذا التفاعل جزيء أكسجين وأولأكسيد الكلور والأخير يتحد بدوره مع ذرة أكسجين لينفصل بعد ذلك كل من الاكسجين والكلور، وبالتالي فان محصلة التفاعل النهائية هي القضاء على جزيء الأوزون ثم يتكرر التفاعل طالما وجد المسبب له ، مما يزيد من تركيز ذرات الكلور ونقصان جزيئات الاوزون , وبالتالي السماح بمرور الاشعة الفوق البنفسجية الضارة بشكل اكبر من خلال الثقب الذي اصطلح عليه بثقب الاوزون نتيجة لتلك العملية, {3}

فرضية العالمين مولينا ورولاند (Rowland and Molina)(1974)

تشير فرضية العالمينمولينا ورولاند إلى أن انطلاق وسائط التبريد الغازيةكلورو فلورو الكربون (CFCs) مثل (الفريون R11 , R12 , R113 الخ) في طبقات الجو العليا (الستراتوسفير)، يؤدي الى تآكل طبقة الأوزونوالمجالات التي تستخدم المركبات السابقة هي :

- هندسة التبريد (وسائط التبريد كالفريونات المستخدمة في الثلاجات والمجمدات والمكيفات.
- صناعة الرذاذاتفي العطور ومواد الزينة ومبيدات الحشرات، أو الطبية منها(Medical Sprays) كالمستخدمة منها لعلاج حالات الربو
- صناعة المواد البلاستيكية الرغوية القاسية (مثل العوازل) والليّنة (مثل أوراق التغليف السميكة.

ان تفكك مركبات كلورو فلورو الكربون (CFCs) وفق نظرية مولينا ورولاند وانطلاق الكلور بشكل حريساعد في عملية تفكك الأوزون ، وذلك وفق ماتشير اليه التفاعلات التالية :

- من أجل الفريون R12 وبوساطة الأشعة فوق البنفسجية ، نجد

: C CL2 F2 -----> C CL F2 + CL

- ويتحد الكلور النشط المتكون معO3 محوّلاً إياه الى

: O3 + CL -----> O2 + CLO

- ويصبح وجود المركب CLO المتكون في الجو عاملاً مساعداً على زيادة عملية التفكك

: O3 -----> O2 + O

- ان تكون الكلور من جديد يؤثر سلباً على وجود الأوزون ويفككه أيضاً

: CLO + O -----> CL + O2

ويلاحظ ان الخطورة تحدث عند انطلاق هذه المركبات الى الجو فإنها تصطدم بضوء الشمس فتمتصه وينتج عن ذلك تفاعل بين مركبات الكلوروفلوروكربون مع جزيئات الاوزون وينتج عن هذا التفاعل جزيء أكسجين وأولأكسيد الكلور والاخير يتحد بدوره مع ذرة اوكسجين لينفصل بعد ذلك كل من الاوكسجين والكلور، وان محصلة التفاعل النهائية هي القضاء على جزيء الأوزون ثم يتكرر التفاعل طالما وجد المسبب له ، مما يزيد من تركيز ذرات الكلور ونقصان جزيئات الاوزون , وبالتالي السماح بمرور الاشعة الفوق البنفسجية الضارة بشكل اكبر من خلال الثقب الذي اصطلح عليه بثقب الاوزون نتيجة لتلك العملية. {3} .

تأثيرات الإستنفاد طبقة الأوزون:-

تنبأ بعض العلماء والمختصين بتأثيرات استنفاد طبقة الأوزون التي يمكن تلخيصها في ما يلي:-

1- انخفاض نسبة الأوزون في طبقة الستراتوسفير بمعدل (1%) يؤدى إلى زيادة معدل الأشعة الفوق بنفسجية بمعدل (2%) على سطح الكرة الأرضية.

2- التعرض لزيادة الأشعة فوق البنفسجية قد يؤدى إلى تخفيض قدرة المناعة في الجسم والذي ينجم عنه زيادة الإصابة ببعض الأمراض المعدية مثل الملاريا وكذلك نقص فاعلية التطعيم وارتفاع حالات الإصابة بأمراض السرطان والعيون.

3- تتعرض بعض النباتات البحرية خاصة الصغيرة منها ووحيدة الخلية التي تؤثر سلبياً في الإنتاج وكذلك انخفاض كفاءة تنقية المياه الطبيعية.

4- انخفاض نسبة الأوزون فى طبقة الجو العليا أو في المناطق العليا من طبقة الستراتوسفير قد يؤدى إلى تأثيرات سلبية في المناخ وارتفاع درجة حرارة الأرض. {6}

الإجراءات المتخذة لحماية طبقة الأوزون:-

يتم العمل على المستوى العالمي منذ الثمانينات بمساعدة الامم المتحدة لعقد اتفاقيات دولية لحماية البيئةوضمن برنامج حماية البيئة عقدت اتفاقية في فيينا بالنمسا بتاريخ (1985/3/22) من اجل حماية طبقة الأوزون تنص على :

- المراقبة والبحث المنتظم لطبقة الأوزون .
- التعاون في المجال العلمي والتقني وتشريع القوانين .

- التشجيع على تبادل الخبرات .
- انشاء هيئة عمل عالمية .

بعد هذه المعاهدة ، عقد المؤتمر الاول في واشـــنطن في عام (1986) واثبت هذا المؤتمر انه يمكن تخفيض تأثير الغازات على طبقة الأوزون بشـــكل جزئي، كما تم في هذا المؤتمر بحث صعوبات استبدال وسائط التبريد والغازات طاردة المستخدمة فـــي صـــنـــاعـــة الـــرذاذات والصـــنـــاعـــات الـــبـــلاســـتـــيـــكـــيـــة ثم عقد المؤتمر الثاني في عام (1987) في مونتريال(Montreal Protocol)، وناقش عدة مقترحات من أهمها تخفيض انتاج الفريونات ،وتم توقيع بروتوكول مونتريال والذى نص على خفض انتاج (CFC)وتوقفه عام (2000) بعد اســـتحداث موائع بديلة غير مؤثرة على طبقة الأوزون, وقد تم تأكيد توقيع بروتوكول مونتريال فى لندن عام (1990) وأتفق على تداول الموائع (CFC)فى الدول النامية حتى عام (2010) والموائع (CFC) الواسعة الاستخدامات حتى الوقـــت الحالي: R-11, R-12, R-114, R-502) ومنذ توقيع اتفاقية مونتريال والأبحاث تجرى لاســـتخدامات موائع بديلة لموائع (CFC)تتمشـــى مع معدات التبريد الجديدة وتصـــلح عند احلال وتجديد معدات التبريد الحالية حتى تصل إلى نهاية عمرها الافتراضى، لكن الوضع الحقيقي لمركبات (CFCs) كان بالشكل التالي:-

- تم التخفيض حتى (80%)بعد (1993/1/1)
- تم التخفيض حتى (50%) بعد (1995/1/1)
- تم التخفيض حتى (15%) بعد (1997/1/1)
- تم توقيف الانتاج كلياً بعد (2000/1/1)

يعد الفريون(R22)حتى الآن مقبولاً ولم تتعرض له وثيقة مونتريال . وقد أعطى لهذا القرار أهمية خاصـــة نظراً للكمية الكبيرة التي تســـتهلك منه في الاســـواق العالمية ويمكن ان يستعمل هذا الوسيط في معظم المجالات ، وذلك بعد اجراء تعديل مناسب في تصـــميم الاجهزة التي ســـيعمل بها . ولكن على الرغم من أن تأثيره طفيف على طبقة الأوزون ، فقد دلت القياســـات الجديدة على أنه يؤثر على تفكك الأوزون في القســـم العلوي من طبقة الســـتراتوســـفير ، لذا اقترح توقيف انتاجه في نهاية عام (2040) وان امكن في نهاية عام (2020){6}.

ومع التأرجح بين الجديد والقديم، يعمل خبراء تكنولوجيا التبريد الآن على إيجاد عدة طرق مختلفة تماماً لتبريد المواد والمتمثلة في الطرق التالية:-

1) طريقة التبريد باستخدام الهواء العادي:-

إن الطريقة الأقل اختلافا تدعى تبريد الهواء في دارة مغلقة فعوضا عن توظيف مواد خاصـــة مثل غازات كربونات الكلور والنشـــادر، فإنها تســـتخدم الهواء نفســـه بشـــكله الســـائل، هنا تتم عملية تبريد الهواء في دائرة تبريد مفتوحة عن طريق ضـــغط الهواء

والسماح له بدفع الحرارة الناتجة ثم اطلاقه في الجو ليبرد، وقد استخدم هذا النوع في بعض أنواع المكيفات، مثل مكيفات الطائرات.
وتعتبر هذه الطريقة آمنة لأن كميات الضغط المستعملة منخفضة، ولكنها غير فعالة لأنها تخسر الهواء المبرد دون الاستفادة منه، ويمكن أن تكون الدائرة المغلقة مثل (النظام المقفل الشبيه بالبرادات التقليدية) أكثر فعالية من الدائرة المفتوحة، ولكن تلك الفعالية تتطلب ضغط الهواء إلى مستويات عالية.
في الواقع، السبب الاساسي لاستعمال غازات كربونات الكلور والنشادر هو كونهما أكثر قابلية للانضغاط من الهواء العادي، وبالتالي يعطيان تبريدا أكبر؛ في حين أن العلماء يحاولون إيجاد طريقة لتوليد ضغط كبير مع احتوائه بطريقة آمنة.
وأدى التعاون بين المعهد القومي الأميركي للمعايير وعدة شركات أميريكية في صناعة التبريد إلى تجاوز هذه المشاكل، فلتشغيل (82%) من أجواء الضغط المطلوب، يجب استعمال مضخة تدور بمعدل (30) ألف دورة/دقيقة، وتستطيع العمل ضمن درجات حرارة تتراوح بين (50 – 100) درجة مئوية تحت الصفر، وهذا بدوره يتطلب تطوير أنواع جديدة من الأقفال تربط المقبض بمكانه في أبواب المبردات، ومن أجل هذه الأقفال، صممت أخاديد لولبية ألغت الحاجة إلى زيوت تشحيم خاصة وأن هذه الزيوت قد تفشل في أداء عملها مع وجود مستويات ضغط عالية ودرجات حرارة متدنية.
إضافة إلى تخلصنا من الكلفة والخطورة المرتفعة للمبردات، فان التبريد بالدائرة المغلقة يبرد المواد بسرعة أكبر من المبردات التقليدية، وهذا من شأنه أن يزيد من سلامة الطعام، لأن الطعام المثلج في الأكياس سيبقى فترة قليلة في درجات الحرارة المحددة مما سيمنع نمو البكتيريا، وسيكون مذاق الطعام المثلج حسب هذه التقنية أفضل أيضا، لأن سرعة التبريد تخفف من جفاف الطعام، وأخيرا، وحسبما تقوله المؤسسات ذات الاختصاص، ستبلغ فوائد تطبيق هذه التقنية توفير مئات الملايين من الدولارات سنويا حتى لو استعملتها فقط بضعة معامل كبرى للتبريد الصناعي.{10}
2) طريقة التبريد باستخدام الصوت:-
مازال التبريد الهوائي ذو الدائرة المغلقة يستعمل طريقة الضغط وإزالة الضغط للسائل المستعمل، لكن هناك طريقة أحدث تهمل هذا الجانب، إنها الصوت، إذ ينظر للصوت عادة على أنه موجة ضغط؛ ولكن مثل باقي تغيرات الضغط، فإنه يحدث تغيراً في الحرارة. ففي محادثة عادية، يبلغ التغير الحراري (1 - 10000) من الدرجة ويمكن لصوت عال يتردد في غاز مضغوط أن يسبب تغيرات حرارية ملحوظة, ويمكن إحداث مثل هذه الأصوات بدون قطع متحركة، وذلك باستخدام وحدات تجويف رنانة.إن الحاجة إلى الأجزاء المتحركة تعني أنه يمكن صنع أجهزة تعتمد على المؤثرات الصوتية الحرارية لتصبح أكثر فعالية من البرادات التقليدية, وقد تعاون المختبر الوطني الأمريكي في لوس لوس الاموس الوطني في نيومكسكو

في الولايات المتحدة, وشركة براكسير للغاز الصناعي مقرها كونيتكت، لتسويق هذه الفكرة، وتهتم براكسير باستخدام هذه الطريقة لتسييل الغاز الطبيعي.
ويكمن الهدف من بناء برادات صوتية حرارية في تزامن ذبذبات الصوت بشكل يجعل الأكياس الصغيرة من السائل البارد تتحرك باتجاه معين، بينما الأكياس الصغيرة من السائل الساخن تتحرك في الاتجاه المعاكس, في هذه الحالة يستعمل الهيليوم المضغوط لتوجيه الحرارة بعيدا عن الغاز الطبيعي، حيث يدفع غاز الهيليوم من خلال شبكة رقيقة من الأسلاك الفولاذية لتوزيعه على أكياس صغيرة.. وبالتوفيق بين حجم التجويف الرنان و حجم الشبكة، يمكن للموجات الصوتية أن تبرد الهيليوم الذي بدوره يبرد الغاز الطبيعي المستخدم داخل وحدة التبريد.
وقد لجات وكالة الفضاء الأمريكية، ناسا، إلى استخدام التبريد الصوتي منذ عام 1992عندما وضعت على متن المكوك الفضائي دِسكَفَري (الاكتشاف) ثلاجة صوتية مهمتها حفظ عينات البول والدم المأخوذة من رواد المكوك. وتستخدم هذه التقنية حالياً في تبريد اللاقطات بالأشعة تحت الحمراء على متن السوائل)الأقمار الصناعية) العسكرية الأمريكية.
وقد تبنت شركة أمريكية مشهورة بصناعة المثلجات (البوظة أو الأيس كريم أو الغلاس)، وهي شركة (بِن وجِري)، تبنت هذه التقنية لصنع أول ثلاجة صوتية تجارية. وقد موّلت الشركة الأبحاث الهادفة لإنتاج هذه الثلاجة بمبلغ (600000) ستمائة ألف دولار وعرضت في معرض يوم الأرض في نيويورك بتاريخ 22 نيسان 2004. حيث بردت (200) لتر من المثلجات.
يتكون الجزء الفعال من هذه الثلاجة الصوتية من أنبوب طوله 48سم وقطره 25سم وبداخله سائل غير مؤذِ (الكحول) (مقارنة مع المواد الخطرة على البيئة والمستخدمة في الثلاجات: كلوروفلوروكربون CFCسابقاً، واكتشف تأثيره الخطر على طبقة الأوزون عندما يتسرب من الثلاجات القديمة المهجورة والتالفة، ثم استبدل ليحل محله الهيدروفلوروكربونHFC ،)لكن تبين أن لهذه المادة تأثيرات خطرة على الغلاف الجوي إذ أنها تسبب ظاهرة الدفيئة، أو الاحتباس الحراري، التي ترفع درجة حرارة الأرض(على الجانب الآخر من المحيط الأطلسي، في فرنسا، تجرى أبحاث في مختبر المعلوماتية لميكانيكا العلوم والهندسة (Limsi) في أورسي بهدف التوصل إلى درجة حرارة منخفضة (150 درجة تحت الصفر) باستخدام الصوت في أنبوب طوله 16 متراً، وعند هذه الدرجة يمكن إسالة الغاز الطبيعي (الميثان) من أجل نقله بواسطة السفن{10} .
3)طريقة التبريد باستخدام المجال المغناطيس:-
يمكن للطريقة الثالثة للتبريد أن تستعمل في أجهزة تكييف السيارات، وحتى في البرادات المنزلية وليس فقط في المعامل الصناعية، عرف منذ القدم وجود مواد معينة ترتفع حرارتها عندما توضع في حقل مغناطيسي، وتبرد عند إزالة هذا الحقل، لسوء الحظ فإن هذا التأثير من الكبر بحيث يمكن استعماله في بعض المواد الغريبة

نسبيا مثل خلائط الغادولينيوم؛ لكن يجب أن تكون الحقول المغناطيسية المستخدمة في هذه التقنية قوية جدا.
حتى عام (2001) تم استعمال مغناطيسات كبيرة جدا للحصول على حقول مغناطيسية قوية نسبيا، وعلى أية حال، فقد نجح في ذلك العام كارل شنايدر، باحث في مختبرالأبحاث لقسم الطاقة في أيوا بالولايات المتحدة في صنع وحدة تبريد مغناطيسية وذلك باستعمال وحدات مغناطيسية قوية تصدر مجالا مغناطيسيا بصورة دائمة، وتعمل هذه الوحدة بواسطة عجلة مستديرة تحتوي على خلائط الغادولينيوم.
وتتولى عملية الدوران أخذ الخليط المعدني لنقله إلى داخل وخارج الحقل المغناطيسي، معرضة إياه للحرارة والبرودة بالتناوب، عندها يمر الماء المبرد بواسطة الخليط البارد من خلال وشائع تشبه تلك الموجودة في البرادات النظامية.الفكرة، على غرابتها، جيدة وفعالة، لكن مازال الباحثون يسعون لتطويرها بمايسمح باستخدامها استخداما تجاريا.
وتدعم شركة بيجو – سِتروين الفرنسية للسيارات أبحاثاً في هذا المجال باستخدام عنصر الغدولينيوم (الذي يستخدم في رؤوس مسجلات الفيديو) لتكييف الهواء داخل السيارة. بينما تعمل جامعة كمبردِج بالمملكة المتحدة على نفس الهدف، ولكن باستخدام سبيكة من الكوبلت والمنغنيز والسلكون والجرمانيوم{10} .
البدائل لموائع التبريد الضارة بالإنسان والبيئة.
لقد طور العلماء الكثير من غازات التبريد ، وكان هدفهم الأول إنتاج غازات تبريد خاليه تماما من الكلور وذات ثبات وأداء عاليين ، فتم إنتاج (R 32) ورمزه الكيميائي (CH2F2)، وتم إنتاج (R 134-a) ورمزه الكيميائي (CH2F.CF3)، كما تم إنتاج R (125) ورمزه الكيميائي (CHF2.CF3) وهذه الغازات تتكون من الهيدروجين والكربون والفلور، ويرمز لها بشكل عام (HFC)، وقد أظهرت التجارب عدم كفاءتها وخطورتها في آن واحد، فغاز (R 32) سريع الاشتعال، ولذلك تم تطوير بعضها ومزجها مع بعض لتفادي هذه المشكلة الخطيرة، فتم إنتاج خليط جديد أطلق عليه R) (407C وهو يتكون من (R 32 و R 134-a و R 125)، وبالرغم من عدم قابلية هذا الخليط الجديد على الاشتعال، وكونه آمن بيئيا ولا يؤثر إطلاقا على طبقة الأوزون، إلا أن كفاءته أقل من كفاءة الغازات القديمة، وتصل إلى حوالي (80%) فقط عند مقارنته بموائع(CFC و HCFC), ولا زالت الدراسات والأبحاثتجرى حتىالآن للوصول إلى تصنيع بدائل لموائع التبريد ذات التأثير الضار على الإنسان والبيئة ، والاتجاه العلمي العام يكون بإحلال المواد الهيدروكلوروفلوركربونية (HCFC) محل مركبات (CFC) ثم يتم إحلال مركبات (HFC) والجدول أدناه يبين ذلك :-

المائع	جهد تمزق الأوزون	جهد تدفئة الكرة الأرضية
CFC - 11	1.00	1.00
CFC - 12	0.93	3.20
CFC - 115	0.38	10.60
HCFC - 22	0.05	0.40
HCFC - 123	0.02	0.02
HFC - 134a	0	0.32
HFC - 143a	0	0.80
HFC - 152a	0	0.04

الجدول رقم (4-1) يوضح تأثير بعض الموائع على طبقة الأوزون{1}

ومن دراسة الجدول يتضح أن تأثير الموائع (HCFC) على الغلاف الجوى بسيط بالنسبة إلى تأثير المونع (CFC)وبالتالي سمح بإنتاجها حتى عام (2010)أما الجدول التالي يوضح أهم الخواص (R-12) وبعض الموائع البديلة.

وجه المقارنة	CFC – 12	HFC - 134A	HFC-152a
نقطة الغليان(˚C)	-29.8	26.8	-24.2
نقطة الغليان(˚C)	-157.8	101.1	-
درجة الحرارة الحرجة (˚C)	112.2	101.1	113.3
جهد تمزقالأوزون	1	0	0
جهد تدفئة الكرة الأرضية	3	0.28	0.3

الجدول رقم (4-2) يوضح بعض بدائل {1} (R-12)
يتبين لنا من الجدول اعلاه أن هناك تقارب بين خواص المائع(R-12)والموانع البديلة (HFC-34a)،(HFC-152a) ولكن هناك عيب واحد وهو أن المائع(HFC-152a) ، له قابلية الاشتعالومنذ اكتشاف ثقب الأوزون حتى الأن تجرى الأبحاث والدراسات لاستخداممموائع بديلة ونوعيات من الزيوت ملائمة لها وقد قام مركز الأبحاث القومي الكندي بإختبار وحدة تبريد تعمل بالموائع (CFC - 12) ، (HFC – 134 A)و (A 152 HFC - 9)ويعطى الجدول التالي تحليلنتائج التجارب بالنسبة إلى نتائج الفريون (R-12) .

عنصر المقارنة	(HFC-134a)	(HFC-152a)
سعة التبريد	اقل من % 10	متساوية
قدرة الضاغط	متساوية	اقل
معدل سريان المانع	اقل	اقل من 50%
معامل الأداء	اقل	اكبر من 5%
فرق الضغط	اكبر من 12%	متساوي
الكفاءة الحجمية	اقل	اكبر من 5%

الجدول اعلاه يوضح نتائج بعض التجارب التي أجريت لبعض بدائل (R-12) حيث يتضح من الجدول أن المائع-R) (152aيعطى نتائج أحسن من المانع (R-134a) وحيث أن المائع
(HFC-152a)له قابلية الاشتعال فانه لايمكن استخدامه فلذلك يعتبر (R-134a) المانع البديل الممكن الاستخدام لكل الاستخدامات للفريون (R-12)مع استخدام زيوت من النوع الأيسر (ESTEK) المستخدم مع الزيوت (R-12) حاليا ويعطى الجدول اهم البدائل لبعض موائع التبريد المستخدمة حاليا .

الاستعمال	المائع المستخدم حاليا	المائع البديل
التطبيقات ذات الحرارة المنخفضة والمتوسطة	R-22	R-22
منظومات التكييف الطاردة المركزية	R-11	R-123
تكييف الهواء	R-12	R-134a
منظومات التبريد ومخازن الحفظ	R-502	R-125
التبريد التجاري	R-502	R-404a
التبريد التجاري	R-502	R-407b
التبريد المنزلي	R-12	R-401a
التبريد التجاري	R-12,R-500	R-401a
التبريد التجاري	R-502	R-408a
التبريد التجاري	R-22	R401-a

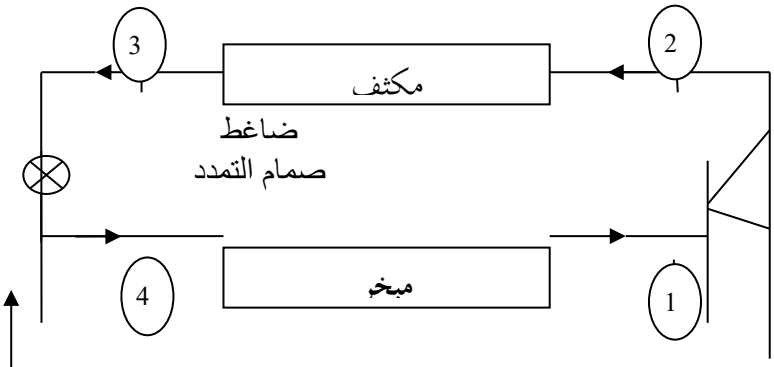
الجدول رقم (10) يبين بعض البدائل لبعض الموائع المستخدمة حاليا

حسابات ونتائج معملية :-

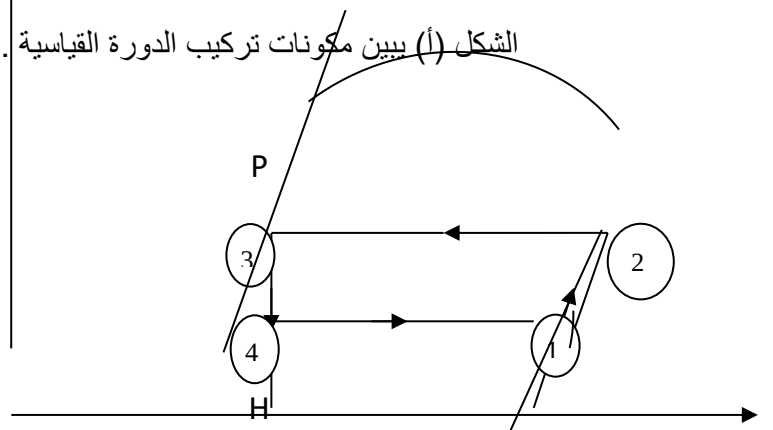
أجريت دراسة عملية بمشروع تخرج على دورة تبريد انضغاطية مكونة من ضاغط , مكثف ، صمام تمدد ,مبخر , سعتها التبريدية 15KW وتعمل بضغط تكثيفه 0.85Mpa وبدرجة حرارة تبخير (-5◦c) كما في الشكل (أ) في الشكل (ب) يبين مخطط (P-h) لهذه الدورة , وكانت المقارنة من حيث :

الشغل المنجز في الضاغط Wc ---كمية الحرارة المطروحة من المكثف QH .

معدل التدفق الكتلي m◦ --- معامل الأداء C.O.P .



الشكل (أ) يبين مكونات تركيب الدورة القياسية.



الشكل (ب) يبين مخطط (P- h) للدورة الانضغاطية.

وتم حساب تأثير تغير الضاغط علي معامل الأداء ومن الحالتين للغاز R12 وللغاز R 134a وذلك بأخذ قيم مختلفة للضغط (Pc) وبما أن الضغط (Pc) في الدورة مقداره 0.85Mpa إذا يمكن اخذ قيم للضغط (Pc) أكثر وأقل من هذا الضغط كالتالي :-

1Mpa
0.9Mpa
0.85Mpa
0.8Mpa
0.7Mpa
0.6Mpa

وبإجراء الحسابات على كل ضغط من هذه الضغوط على مائعي التبريد R12, و R134a

تم الحصول على النتائج التالية كما هو موضح أدناه:-

معامل الأداء [c.o.p]		معدل التدفق الكلي m◦kg/s		الحرارة المطروحة من المكثف (QH) KW		للشغل المنجز(WC) KW		ضغط المكثفMpa(P) (c
R134a	R12	R134a	R12	R134a	R12	R134a	R12	1
5.60	4.50	0.107	0.138	17.65	18.2	2.675	3.3	
6.50	5.50	0.1	0.132	17.3	17.6	2.320	2.7	0.9
7.10	6.10	0.096	0.129	17	17.4	2.112	2.4	0.85
8.06	6.94	0.093	0.127	16.74	17.1	1.860	2.16	0.8
9.22	8.19	0.09	0.122	16.47	16.7	1.620	1.83	0.7
10.70	9.94	0.087	0.116	16.35	16.47	1.398	1.598	0.6

عند النظر إلى النتائج الموجودة بالجدول نلاحظ أن هناك تغيير بسيط لمعامل الأداء ولكن هذه النقطة لا يمكن أن تحد من كفاة الغاز البديل (R134a) وذلك في محافظته على الإنسان والبيئة

التوصيات:-

مما سبق نستنتج ان مشكلة المركبات (CFCs) وتأثيرها على الغلاف الجوي لا يمكن حلها كلياً لأن البشرية لم تعد قادرة على توقيف انتاج مركبات (CFCs) والمستخدمة في العديد من الصناعات في وقتنا الحاضر ، وبالتالي استمرار انطلاقها في الغلاف الجوي لذا كان من الضروري التعاون على المستوى العالمي لإيجاد حل لهذه المشكلة على المدى الطويل .

ولحل هذه المشكلة على المدى القصير نوصي بالتالي:-

- يجب التقليل من اطلاق الفريونات R11 و R12 في الغلاف الجوي من أجهزة التبريد ، وذلك بتصميم تلك الأجهزة تصميماً جيداً ومحكم الاغلاق , لتقليل التسرب منها الى أقل ما يمكن
- امكانية امتصاص الغاز المتسرب لإعادة استخدامه مرة أخرى , وعدم طرحه في الجو
- استمرار البحث عن بدائل لتحل محل مركبات(CFCs)

الخاتمة:-

نحن البشر غيرنا ملامح الكرة الارضية بسبب العوادم والتجارب النووية ومردودها سلبي على الانسان والحيوان والنبات, واذا الدول العظمى تبقى على هذا النمط فهم اول البشر من يدفعون ثمن اخطائهم وسوف تمحى دول عظمى من الخريطة ومستقبلا تكون الكوارث الطبيعية اكثر قساوة على الانسان والحيوان والنبات وسوف تندثر دول كثيرة تحت البحار والمحيطات هذا هو ما تنبأ به علماء الظواهر الطبيعية وعلماء الفلك بمستقبل الكرة الارضية.

إن مزيدا من الأبحاث والتجارب لا بد أن تنتج في المستقبل القريب بدائل لغازات التبريد أكثر كفاءة من الغازات التقليدية المستخدمة حاليا وذات أداء عال،وآمنة بيئيا إلى حد كبير ولتجنب البشرية مخاطر ثقب الأوزون والتلوث الإشعاعي لكوكب الأرض.

المراجع العربية :-

1) مناهج المملكة العربية السعودية في مجال هندسة التبريد والتكييف بالجامعات التقنية

2)عارف سمان " فريونات أجهزة تكييف الهواء ومشكلة عام 2010 " مقالة الموقع الالكتروني لمركز المدينة المنورة للعلوم والهندسة (2004)

3)الطائي سلام هادي " محاكاة منظومة تثليج انضغاطية باستخدام موائع التثليج الآمنة على طبقة الأوزون" رسالة ماجستير قسم هندسة المكائن والمعدات الجامعة التكنولوجية (2000)

4) مجلة الهندسة والتكنولوجيا,المجلد, 27 .العدد1,2009 .

المراجع الأجنبية:-

1) Version 1 ME, IIT Kharagpur 14

2) Hand-book for the international treaties for the protection of the Ozone Layer. Fifth edition. Published by Secretariat for the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer and the Montreal Protocol on Substances that deplete the Ozone Layer. 2000

3)C.P.Arora. "Refrigeration & Air Conditioning" Second Edition, Tata MC Graw-Hill publishing company limited. 2004

4) A.R. Trott & T. Welch "Refrigeration & Air Conditioning" Third Edition, publishing by Butter Worth-Heinemann. 2000

5) Practical Heating, Ventilation, Air Conditioning, and Refrigeration. ITP 1996. Puzio, H. and Johnson .

6) Refrigeration and Air Conditioning Magazine, (2002).

7) ASHRAE 1997. Number Designation and safetly classification of refrigerant .ANSI/ASHRAE Standard 34-1997.

مواقع الانترنت:-

1) http://madanatscience.blogspot.com/2012/02/150.html

الملحقات

جدول (A) يوضح عائلة فريونات (CFCs)

عائلة فريونات (CFCs)					
Color	**Gas type**	**Chemical Name**	**Container sizes**	**Application**	**Oil type**
.	**11**	Tricholorofluoromethane	100lb 200lb	Centrifugals	Mineral Alkylbenzene
(white)	**12**	Dichlorodifluoromethane	12oz 30lb 50lb 145lb	Med & Hi temp Refrig. & Auto	Mineral Alkylbenzene
.	**13**	Chlorotrifluoromethane	9lb 23lb 80lb	Ultra low temp refrigeration	Mineral Alkylbenzene
.	**113**	Thrichlorotrifluoroethane	100lb 200lb	Comm. Indust A.C.	Mineral Alkylbenzene

.	**114**	Dichlorotetrafluoroethane	150lb	Ind. Process Centrifugals	Mineral Alkylbenzene
.	**500**	12/152a blend	30lb 125lb	Comm. A.C.	Mineral Alkylbenzene
.	**502**	22/115 blend	30lb 50lb 125lb	Med & low Temp Ref	Mineral Alkylbenzene
.	**503**	13/23 blend	8lb 20lb 80lb	Ultra low temp refrig.	Mineral Alkylbenzene

جدول (B) يوضح عائلة فريونات (HCFCs)

عائلة الفريون (HCFCs)					
Color	**Gas type**	**Chemical Name**	**Container sizes**	**Application**	**Oil type**
.	**22**	Chlorodifluoromethane	30lb-singles 30lb-pallets 50lb,125 lb	A.C. & Low &Med temp Ref.	Mineral Alkylbenzene Polyol Ester
.	**123**	Dichlorotrifluoroethane	100 lb, 200lb	Low Pressure Centrifugals	Mineral Alkylbenzene
.	**401A (MP39)**	22/124/152a blend	30lb, 125lb	Med Temp refrigeration	Alkylbenzene Polyol Ester
.	**401B(MP66)**	22/124/152a blend	30lb, 125lb	Low Temp refrigeration	Alkylbenzene Polyol Ester
.	**402A(HP80)**	22/125/290 blend	27lb, 110lb	Low & Med Temp refrigeration	Alkylbenzene Polyol Ester
.	**416A/FR-12**	134a/124/600blend	9.6oz 25lb 125lb	Mobile, A.C. & Med. Temp. Ref & Chillers	Mineral Alkylbenzene Polyol Ester

جدول (C) يوضح عائلة فريونات (HFCs)

عائلة الفريون (HFCs)					
Color	**Gas type**	**Chemical Name**	**Container sizes**	**Application**	**Oil type**
.	**23**	Trifluoromethane	9lb 20lb	Ultra Low Temp. Ref.	Polyol Ester
.	**134a**	Tetrafluoroethane	30lb 125lb 1000lb	A.C. & Med. Temp. Ref	Polyol Ester
.	**404A (FX70/HP62)**	125/134a/143a blend	24lb, 100lb	Low & Med. Temp. Ref.	Polyol Ester
.	**507 (AZ50)**	125/143a blend	25lb 100lb	Low & Med. Temp. Ref.	Polyol Ester