HB-018

İKLİMLENDİRME CİHAZLARINDA KULLANILAN SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN TRANSFER ÖZELLİKLERİ ve PERFORMANS ANALİZİ

Hüseyin BULGURCU[1], Ayhan ONAT[2], M. Osman ISIKAN[3]
[1]BAÜ., Balıkesir Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme ve Soğutma Programı, hbulgur@yahoo.com
[2]BAÜ., Gönen Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme ve Soğutma Programı, onat@ksu.edu.tr
[3]MÜ., Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Enerji Eğitimi, oisikan@marmara.edu.tr

ÖZET

Avrupa Topluluğu şartnamelerine göre HCFC türü soğutucu akışkanların 2004 yılından itibaren yeni cihazlarda kullanımı ve 2010 yılında ise servis amaçlı kullanımı yasaklanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri ise bu HCFC terk ediş takvimini Montreal Protokolüne uygun olarak gecikmeli olarak 2030 yılına kadar ötelemiştir. Bu durumda alternatif akışkanlar olarak azeotrop R-407C, R-417A, R-421A ve zeotrop özelliklere daha yakın olan R-410A akışkanları öne çıkmıştır. Bu çalışmada iklimlendirme cihazlarının çalışma rejimlerine (yüksek basınçlı sistemler) uygun buharlaşma ve yoğunlaşma sıcaklıklarında R-22, R-407C, R-417A, R-421A ve R410A soğutucu akışkanlarının genel kullanım özellikleri ve performansları incelenmiştir. Bu akışkanlar 10 kW soğutma kapasitesindeki kuramsal tek kademeli bir çevrim üzerinde denenmek suretiyle akış debisi, sıkıştırma oranı, STK, ITK, hacimsel kapasite ve boru çapları hesaplanmıştır. Bu çalışmalar Solkane 4.0 ve KleaCalc yazılımı ile yapılmış olup sabit buharlaşma ve sabit yoğunlaşma sıcaklıklarında farklı karakteristikler elde edilmiştir. R-22 ile R-407C arasında performanslar yönünden büyük paralellikler mevcuttur. İklimlendirme cihazlarında R-22'akışkanını R-407C'ye dönüştürebilmek için mineral yağın %95'ini almak ve filtreyi değiştirmek gerekmektedir. R-410A diğer akışkanlara göre %60 daha yüksek sistem basınçlarında çalışmaktadır. Boru çapları ise %20 oranında daha küçük seçilmelidir.

Anahtar Kelimeler : R-22, Soğutucu akışkanlar, Alternatif Akışkanlar, İklimlendirme, Performans.

ABSTRACT

According to European Union's new regulations, the use of HCFC refrigerant in new equipment has been banned since 2004, and their use for service purposes will also be banned after 2010. Considering the Montreal Treaty, the United States has postponed to forbid the use of HCFC to the year of 2030. In this case, azeotrop R-407C, R-417A, R-421A as alternate fluids, and R-410A as having close characteristics with zeotrop features have become more favorable. In this study, the general use characteristics and performance of R-22, R-407C, R-417A, R-421A, and R410A refrigerants were investigated, considering the condensing and evaporating temperatures appropriate for working systems of air-conditioners. Flow rate, compression ratio, STK, ITK, volume capacity, and pipe sizing of these refrigerants were calculated using theoretically one-stage refrigeration cycle with 10 kW cooling capacity. These studies were completed by Solkane 4.0 and KleaCalc programs. Different results were obtained from constant condensing and evaporating temperatures. In terms of performance, there were major similarities between R-22 and R-407C. In air-conditioners, to change R-22 refrigerant to R-407C, 95% of mineral oil must be removed and the dryer must be changed. According to other refrigerants, R-410A has 60% higher system pressures. Also the pipe sizing must be chosen 20% smaller.

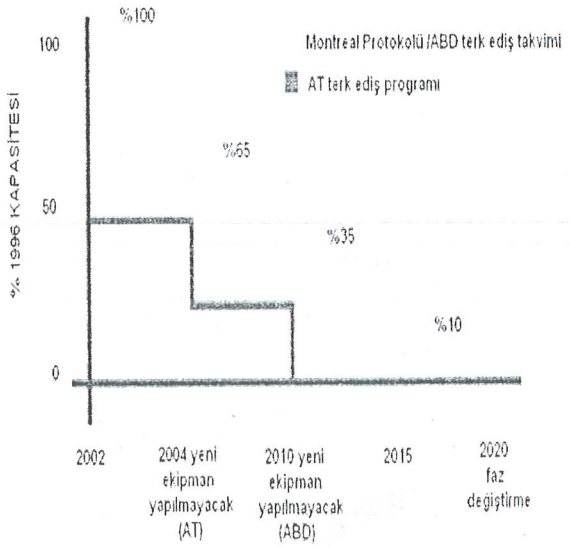
Key Words: R-22, Refrigerants, Alternative Refrigerants, Air-conditioning, Performance

1. GİRİŞ

1992 yılında Kopenhag Toplantısında R-22'nin de içinde bulunduğu HCFC soğutucu akışkanlarının kullanımının yasaklanması bir takvime bağlandı. 1989 verileriyle bu gazların ODP oranının ağırlıkça %3.1 olduğu belirlenmişti. Bu oran 2004 yılından başlanarak kademeli olarak 2020 yılında %0.5'e

düşürülecek, 2030 yılında ise tamamen kaldırılacaktı. Ayrıca 2010 yılından itibaren HCFC üretimi gerektiren hiçbir ekipman üretilmeyecekti (Bulgurcu 2000). 1995 Viyana Toplantısında HCFC'lerin %3.1 oranı %2.8'e düşürüldü. 1997'deki protokol metninde Avrupa Birliği HCFC'lerdeki bu oranları %2.8'den %2'ye düşürdü ve tamamen kaldırma tarihini 2015 yılına çekti. Ancak ABD, Japonya ve Kanada gibi ülkeler bu sürecin hızlandırılmasına karşı çıktılar. Gerekçe olarak mevcut dönüşüm tarihinin sabitleşmesinin CFC soğutucu akışkanların dönüşümüne katkı yapacağını öne sürdüler (Gushee ve David, 1994). Amerika Birleşik Devletlerinin HCFC'lerin üretimden kaldırılmasını uzun sürece yaymasındaki tavrının nedenleri arasında en büyük HCFC üreticisi olmasının yanında, özellikle R-22 konusunda kendi içlerinde de tartışmaların devam etmesi etkili olmuştur. Çünkü R-502 alternatifi olarak geliştirilen R-402A, R402B, R-408A gibi bazı geçiş dönemi akışkanlarında R-22 kullanılmaktadır. Termodinamik özelliklerinin çok iyi olması endüstriyel ve ticari uygulamalarda R-22'yi kolay vazgeçilemez hâle getirmiştir (Onat, vd., 2004).

Ancak Avrupa Topluluğu farklı bir düzenleme ile (2037/2000) HCFC'lerin yasaklanmasını üretim ve tüketim kontrolleri olarak iki ayrı periyotta değerlendirmiştir. Buna göre HCFC'ler 1997 yılı üretimi esas alınarak 1 Ekim 2000 tarihinden 1 Ocak 2025 tarihine kadar kademeli olarak sıfırlanacaktır. HCFC tüketimi ise 1 Ocak 2000'den 1 Ocak 2010 yılına kadar kademeli olarak azaltılarak yasaklanacaktır (www.iciklea.com, 2005). Şekil 1'de HCFC'lerin terk ediliş takvimi gösterilmektedir.



Şekil 1. HCFC-22'nin terk ediş takvimi.

R-22'nin termo-fiziksel özelliklerini şu şekilde özetlemek mümkündür. Ozon Delme Potansiyeli (ODP) değeri R-11'e göre oldukça düşük olup 0.05'dir. Küresel Isınma Etkisi (GWP) değeri 0.37, atmosferik kaynama sıcaklığı -40.76 ^{0}C, kritik sıcaklığı 96.17 ^{0}C'dir. Düşük sıcaklıklarda mineral yağlarla karışım dışında pek problemi yoktur. Konutsal klima ve endüstriyel uygulamalarda çok yaygındır. İklimlendirme sistemleri için R-22 alternatiflerini şu şekilde sıralamak mümkündür: R-407C, R-410A, R-417A ve R-421A.

2. GENEL ÖZELLİKLER

2.1 R-22 ($CHCIF_2$)

Atmosfer basıncında kaynama sıcaklığı -40,8 ^{0}C, molekül ağırlığı 86,5 kg/kmol'dür. R- 22 basınç oranının daha küçük olması avantaj ise de amonyak gibi orta basınç soğutucu akışkandır. Böylelikle iki kademe ile -60 ila -75 ^{0}C sıcaklıklara inilebilir. Pistonlu kompresörler, vidalı ve rotorlu kompresörler normalde R-22 ile kullanılabilirken hermetik tipler önemli bir yüzdeyi oluştururlar. Düşük sıcaklıklarda, yüksek süpürme hacimli santrifüj kompresörlerde dahi kullanılabilir. R-22 soğutucu akışkanı R-12 ve R-502 yerine geçiş akışkanıdır. Aynı süpürme hacmi için soğutma etkisi R-12'den %60 fazladır.

R-22 oldukça iyi bilinen ve yaygın olarak denenmiş bir soğutucu akışkandır. Dünyanın her yerinde hala sıkça kullanılmaktadır ve donmuş gıda teşhir kabinleri, dik tip dondurucular, yatık dondurucular, klimalar, soğuk odalar, bilimsel amaçlı donmuş muhafaza odaları, taşıma amaçlı soğutma, ticari soğutma (özellikle süper marketler), endüstriyel soğutma ve ayrıca ısı pompalarında geniş uygulamaları karşılamaktadır. R-22 yanıcı ve zehirleyici değildir (EC standart sınır değeri [TLV-TWA] 1000 ppm). ODP değeri R-12'den %94.5 daha azdır. Kalan %5.5 ODP değeri ile "ozon tabakasına zararlı" olarak etiketlenmiştir. Uluslararası düzenlemeler ile halihazırda HCFC'ler için terk ediş süreci başlamıştır (Anonim, 1999). Soğutulan makine şartlarında R-22 termal ve kimyasal olarak kararlıdır. Metaller ile uyumluluğu R-12 ile mukayese edilebilir. Standart yapı malzemeleri: bakır, pirinç, monel metal, nikel, dökme demir, çelik ve alüminyum. Magnezyum, kurşun, çinko ve alüminyum alaşımlarında ağırlıkça %2'den fazla magnezyum kullanılmamalıdır (www.trane.com, 2005).

Plastik ve elastomerlere karşı R-12'den daha agresiftir ve kurşunu farklı derecelerde etkilemektedir. Kloropren kauçuk (CR), klorosülfonatlı polietilen kauçuk (CSM) ve politetrafloretilen (PTFE) kullanılabilir ancak akriliknitril butadiyen kauçuk (NBR veya HNBR) ve florinli kauçuk tipleri (FPM tipleri) kullanılamaz. R-22 ile madeni yağlar yüksek sıcaklıklarda iyi karışım yaparlar, ancak düşük

sıcaklıklarda karışımda tabakalaşma oluşur. Büyük tabakalaşma düşük sıcaklık uygulamalarında yağın kompresöre geri dönüşünü zorlaştırır. Bu durumda yüksek verimli bir yağ ayırıcı veya yarı sentetik yağ kullanımı tavsiye edilir (www.dupont.com, 2005).

2.2 R-407C (Zetorop Karışım)

Kaynama noktası atmosfer basıncında kabarcıklaşma noktası sıcaklığı -43,8 ^{0}C, çiğlenme noktası -36,7 ^{0}C'dir. Molekül ağırlığı 86,2 kg/kmol'dür. R-22 alternatifi olarak ne saf maddelerin, ne azeotrop veya kısmen azeotropik karışımların özellikleri HCFC-22 özelliklerine uymaz. R-407C soğutucu akışkanı R-125, R-32 ve R-134a'nın (%25/23/52) zeotropik bir üçlü karışımı olup yaklaşık 7 K sıcaklık kaymasına sahiptir. R-22'nin bazı uygulamalarında uzun vadeli bir alternatifidir. İklimlendirme uygulamaları için birim süpürme hacmi başına soğutma etkisi ile soğutma tesir katsayısı yaklaşık olarak R-22'ye eşittir.

R-407C için ısı değiştiricilerin seçimi kritik önem arz etmektedir. R-22 ile çalışan bir tesiste kondenser ve evaporatör tarafında boru-yüzey tipi ısı değiştirici kullanılıyorsa R-407C'ye dönüşümden sonra soğutma kapasitesinde %10, STK değerinde %18 azalma ortaya çıkar. Bu olay zeotrop karışımların yüzeysel ısı iletkenlik katsayısının düşük olmasından kaynaklanır. Hava soğutmalı tesisler ile lamelli ısı değiştiricilerde bu etki son derece dikkat çekicidir ve performans verileri mukayese edilebilir. Bazı durumlarda R-22 çalışma şartlarından daha iyi olabilir. Düşük kaynama sıcaklıklı (R-32 ve R-125) buhar kaçaklarına neden olurken dolaşan karışımın konsantrasyonu yüksek kaynama sıcaklıklı R-134a'ya doğru kayar. R-407C mutlaka sıvı doldurulmalıdır. Gaz fazında silindirde ayrışma olmaktadır (www.dupont.com, 2005).

Mevcut R-22 tesisleri R-407C'ye dönüştürülebilir. Bu tip bir değişiklik için R-407C uyumludur ancak tesis parametreleri, özellikle ısı değiştiriciler kesin olarak gözden geçirilmelidir. Taşmalı evaporatörler büyük miktarda kaçak eğilimi olan tesisler olduğundan R-407C'ye dönüştürülmemelidir. Genelde santrifüj kompresörlü soğutma tesisleri asla R-407C'ye dönüştürülemez. R-32 yanıcıdır, diğer taraftan R-125 ve R-134a yanıcı değildir. Her ikisi de R-407C orijinal karışımı içinde tüm buhar ve sıvı karışımlarında (kaçak durumunda bile) yanıcı değildir. R-407C termal ve kimyasal olarak kararlıdır ve R-22'den daha düşük oranda zehirlilik seviyesine sahiptir. Karışımların müsaade edilen hacimsel oranları (TLV) 1000 ppm'dir. Metallerle uyumluluğu R-22 ile kıyaslanabilir. Soğutma makinelerinin imalatında kullanılan tüm standart malzemelerle kullanılabilir. Çinko, kurşun, magnezyum ve alüminyum alaşımları ağırlıkça %2'den fazla magnezyum içermemelidir.

R-407C'nin elastomerlere göre davranışı diğer karışımlara benzer. Kloropren kauçuk (CR), akrilonitril butadiyen kauçuk (NBR) veya hidrojene akrilonitril butadiyen kauçuk (HNBR) R-407C ile uyumlu elastomer tipleridir. Florine kauçuk (FPM) tiplerinin şartlandırılmış olanları tavsiye edilir, bazı formüller kabarcıklaşma ve şişme oluşturur. Buna rağmen yağlama yağlarının herhangi bir etkisinin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Poliester yağ ile etilen-propilen butadiyen kauçuk (EPDM) sadece düşük bir şişme etkisi oluşturur. Uygulamadan önce, bazı özel plastikler ve elastomerler farklı formüllü olabileceği için deneylere tabi tutulmaları tavsiye edilir. R-407C madeni yağ ile karışmaz. Farklı poli ester yağlar R-407C ile sıcaklığa ve orana bağlı olarak iyi karışım yaparlar (www.dupont.com, 2005).

2.3 R-410A (Yakın-Azeotrop Karışım)

Atmosfer basıncında kaynama sıcaklığı -51,6 ^{0}C'dir. Moleküler ağırlığı 72,6 kg/kmol'dür. R-410A uluslar arası olarak R-22'nin uzun vadeli alternatifi olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte R-13B1 için de bir alternatiftir. Bu soğutucu akışkan çok düşük sıcaklık kayması ile yakın-azeotrop özellikler gösterir. Orta basınçlı soğutma tesislerinde, klimalarda ve ısı pompalarında R-22 yerine veya yeni tesislerde kullanılır. Temel farkı R-22'den daha yüksek çalışma basınçlarına sahip olmasıdır. R-410A 42^{0}C yoğunlaşma sıcaklığında 25 bar basınçlara ulaşmakta iken R-22 bu basınçlarda sadece 62 ^{0}C'de kalmaktadır. R-410A'nın en büyük avantajı birim süpürme hacmi başına soğutma etkisinin R-22'den %50 daha fazla olmasıdır. Bu yolla daha küçük elemanlar kullanılarak kompakt cihazlar yapılabilir. Kompresörler gibi soğutma elemanları bu basınç artışına göre tasarlanmalıdır. Yüksek çalışma basınçları ortaya çıktığından R-410A mevcut R-22'li tesislerde dönüşüm için uygun değildir. Gazı değiştirerek dönüşüm için tesis tasarımında revizyon yapılarak R-407C tavsiye edilir. (www.dupont.com, 2005).

R-410A'nın iklimlendirme cihazları, ısı pompaları, soğuk depolar, ticari ve endüstriyel soğutma uygulamaları olup düşük sıcaklık kademeleri için R-13B1'in alternatifidir. R-13B1 için dönüşüm yöntemleri başarıyla uygulanabilmektedir. R-410A yanıcı ve zehirli değildir. PAFT deneylerine göre TVL değeri 1000 ppm olarak tavsiye edilmektedir. R-32 ve R-125 gazlarının AEL değerleri 1000 ppm'dir. R-410A termal ve kimyasal olarak kararlıdır. Soğutma makinelerinin imalatında kullanılan çelik, bakır, alüminyum ve pirinç gibi tüm standart malzemelerle kullanılabilir. Bununla birlikte çinko, kurşun, magnezyum ve alüminyum alaşımları ağırlıkça %2'den fazla magnezyum içermemelidir.

R-410A ile aşağıdaki plastik veya elastomerlere minimum veya düşük şişme oluşur: Poliamid (PA), fenol reçinesi, politetraflor etilen (PTFE), poliasetal (POM), kloropren kauçuk (CR) ve hidrojene edilmiş akrilonitril butadiyen kauçuk (HNBR). Uygulamadan önce, bazı özel plastikler ve elastomerler farklı formüllü olabileceği için deneylere tabi tutulmaları tavsiye edilir. Ayrıca yağlama yağlarının herhangi bir etkisinin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Florine kauçuk (FPM) tipleri tavsiye edilmez. Poliester yağ ile etilen-propilen butadiyen kauçuk (EPDM) sadece düşük bir şişme etkisi oluşturur. Poliester yağlar R-410A ile uyumludur (www.rmsgas.com, 2005).

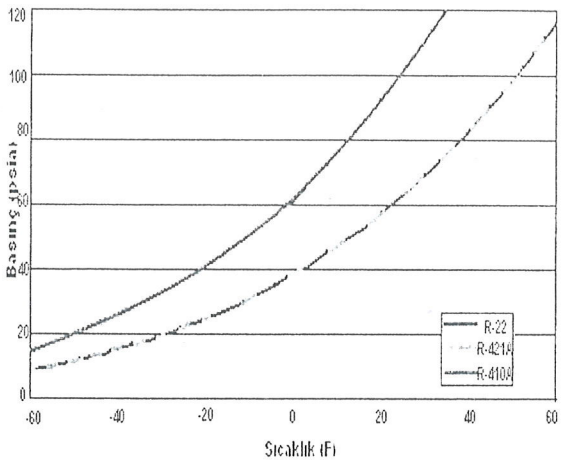
2.4 R-417A (Zeotrop Karışım)

Atmosfer basıncında kabarcıklaşma noktası -41.8 ^{0}C, çiğlenme noktası -36.7 ^{0}C'dir. Molekül ağırlığı 106.6 kg/kmol'dür. 1997 yılından bu yana başarı ile kullanılmaktadır. 2001 yılında ICOR International şirketi R-22 yerine, doğrudan kullanılabilecek NU-22 ticari markası altında ve Rhodia şirketi ise Isceon 59 ticari markası ile R-417A soğutucu akışkanı piyasaya sürmüşlerdir (İsa ve İslamoğlu, 2003). R-417A zeotropik üçlü karışımdır, silindirden sıvı fazında transfer edilmesi tavsiye edilir. Herhangi bir kaçak oluşumunda verime önemli bir etkisi olmaksızın R-417A ile doldurulabilir (www.rmsgas.com, 2005).

R-417A soğutma ve iklimlendirme işlemleri için verimli bir akışkandır. R-417A yüksek sıcaklıklarda yüksek bir verimlilik gösterir, buna ek olarak düşük basma sıcaklıklarına sahip olması bir avantajdır. R-417A soğuk depolama uygulamaları için uygun bir gazdır. R-417A, +3 ^{0}C ile -30 ^{0}C sıcaklık aralığında meyve depolamasında kullanılabilir. Sistem maksimuma yakın yüklerde çalışırken dahi bir avantaj olarak düşük basma hattı sıcaklıkları rapor edilmiştir (Anonim, 2004).

2.5 R-421A (Zeotrop Karışım)

R-421A bir HFC karışımlı dönüşüm akışkanı olup sıfır ODP değerine sahiptir ve hem sentetik hem de mineral yağlarla uyumludur. R-421A ikili bir karışım olup kendine ait yağ ile birlikte bulunur, silindirden sıvı fazında sisteme transfer yapılır. Herhangi bir kaçak durumunda sistem önemli bir performans değişimi olmaksızın R-421A ile doldurabilir. Şekil 2'de R-22, R-421A ve R-410A akışkanlarının basınç-sıcaklık değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2. R-22, R-421A ve R-410A akışkanlarının basınç-sıcaklık değişimi

R-421A soğutma ve iklimlendirme işlemleri için verimli bir akışkandır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda yüksek bir performans gösterir. Buna ilaveten düşük basma sıcaklıklarına sahip olması bir avantajdır. Sistem maksimum yüke yakın değerlerde çalışırken bile düşük kompresör basma sıcaklıklarına sahip olması bir şanstır. R-421A'daki şarj ekipmanları sıvı olarak yapılır. Sıvı şarjı doğrudan kompresöre yapılmamalıdır. Toplam R-421A şarj miktarı sistem tipine bağlıdır. Sıvı depoları R-22'li sistemlere benzer ölçülerdedir. Sıvı deposu olmayan sistemlerde evaporatörde uygun sıcaklık ve kızgınlık sağlamak için yeterince ilave gaz eklenmesi tavsiye edilir. Optimum performans için daha büyük genleşme vanası iğnesi gerekebilir. Kılcal borulu sistemlerde kılcalı değiştirmeye gerek yoktur. Diğer akışkanlardan farklı olarak sıvı hattı gözetleme camında ara sıra kabarcık oluşumu nadir olarak görülebilir. Bu akışkan için gözetleme camındaki az sayıdaki kabarcık sistemin eksik şarjlı olduğunu gösteren bir güvenli bir belirti değildir. EPA şartnameleri R-421A içeren ekipman dönüşümlerinin etiketlenmesini şart koşmaktadır. R-421A akışkanı R-125/R-134A'nın %58/42 karışımıdır ve kendine ait yağa sahiptir, yağ ilave edilmesine gerek yoktur (www.rmsgas.com, 2005.).

2.6 R-22'den R-407C'ye Dönüşüm

R-407C için poliester (POE) yağ kullanılması tavsiye edilmektedir. Sistemdeki kalan madeni yağ en fazla %5 olmalıdır. %5'ten daha fazla yağ kalması halinde erken kompresör arızaları ve sistemde kapasite kayıpları ortaya çıkabilir. Çünkü madeni yağ R-404A/R-507 ile karışım yapmaz ve evaporatör iç yüzeylerinde kalarak sistemde kapasite kayıplarına neden olur. R-407C sadece halihazırda R-22 kullanan sistemlerde kullanılmalıdır. Kesinlikle R-22 veya diğer soğutucu akışkanlarla karıştırılmamalıdır.

Genleşme vanasının değişmesi gerekmeyebilir. Mevcut R-22 vanası, R-407C ile kullanıldığında

yaklaşık olarak aynı kapasitede olacaktır. Ancak kızgınlık ayarının yeniden ayarı gerekebilir. Filtre-kurutucular dönüşüm zamanında değiştirilmelidir. Şayet gevşek dolgulu (silikajelli) filtre kullanılıyorsa moleküler filtre veya katı özlü filtreler tavsiye edilir.

Kayma olduğundan basınç regülatörlerini yeniden ayarlamak gerekebilir. EPR üreticileri ile yeni ayarlar için görüşün. Bazı tecrübeler göstermiştir ki sıvı depolu sistemlerde R-407C ayrışarak soğutma kapasitesini azaltabilir. R-407C normal yoğunlaşma basınçlarında R-22'den daha yüksek basınçlar gösterir. Güvenlik kontrollerinin ayarlarını değiştirmek gerekebilir. Sistem, ortam sıcaklığını kontrol etmek için alçak basınç anahtarı kullanıyorsa, devreye girmek ve devreyi kesme noktaları değişebilir. R-407C'de basınç ayarı yapılırken, soğutucu akışkanın evaporatör ve kondenserdeki ortalama sıcaklık kayması 8 ^{0}C olduğundan düzeltme gerekir. Soğutucu akışkanda sıcaklık kayması olduğundan TGV kızgınlık ayarının basınç ve doymuş buhar tabloları kullanılarak ölçülmesi ve / veya ayarlanması önemlidir. Örnek: TGV'nin kuyruğunda ölçülen basınç 79 psig'tir. Basınç-sıcaklık tablosu R-407C için 79 psig için doymuş buhar sıcaklığını 10,5 ^{0}C olarak gösterir. Şayet soğutucu akışkanın ölçülen gerçek sıcaklığı 15,5 ^{0}C ise kızgınlık 5 ^{0}C'dir. R-407C kullanılan sistemlerde basınç kayıpları R-22'den büyüktür. Pilot kontrollü solenoid vanaların ve basınç regülatörlerinin uygun çalışmasını kontrol edilmeli ve madeni yağlar kesinlikle kullanılmamalıdır. Sadece POE yağ kullanılmalıdır (Anonim, 2004).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Teorik çevrimde kullanılacak R-22 alternatifleri olarak R407C, R410A ve R-421A akışkanları seçilmiş, çevrim için ICI Klea firması tarafından geliştirilen KLEACALC 5.0 ve SOLKANE 4.0 yazılımları kullanılmıştır (Anonim, 2002), (www.solvay-fluor.com, 2005).

- Buharlaştırıcı Sıcaklığı -10/+20 ^{0}C
- Kızgınlık Miktarı 7 K
- Kondenser Sıcaklığı +25/+55 ^{0}C
- Aşırı Soğutma Miktarı 5 K
- Kompresör sıkıştırma verimi % 80
- Soğutma Yükü 10 kW

Özellikler şu parametrelere göre hesaplanmıştır;

- Yoğuşturucu basıncı [bar]
- Buharlaştırıcı basıncı [bar]
- STK (kızgınlık dahil) [-]
- Kompresör gücü [kW]
- Kütlesel debi [kg/s]
- Basma hattı sıcaklığı [^{0}C]
- Sıkıştırma oranı [-]

Bilgisayar programında; (STK) için,

$$STK = \frac{Q_e}{W_{komp}} \quad (1)$$

Kompresör gücü için,

$$W_{komp} = \dot{m}_r (h_ç - h_g) \quad (2)$$

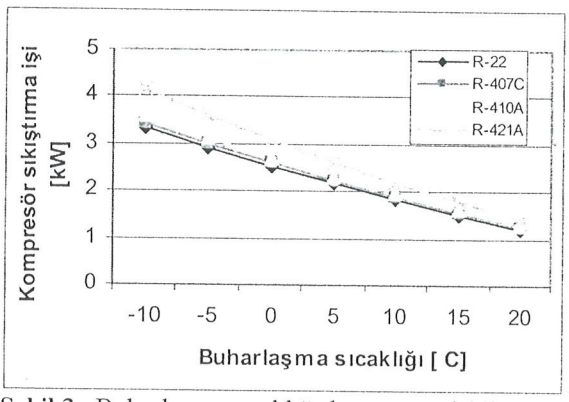
Akışkanın kütlesel debisi için,

$$\dot{m}_r = \frac{Q_e}{(h_c - h_g)} \quad (3)$$

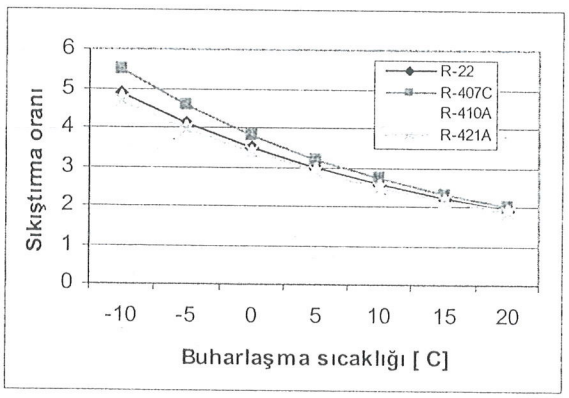
Sıkıştırma oranı için

$$\varepsilon_p = \frac{p_c}{p_e} \quad (4)$$

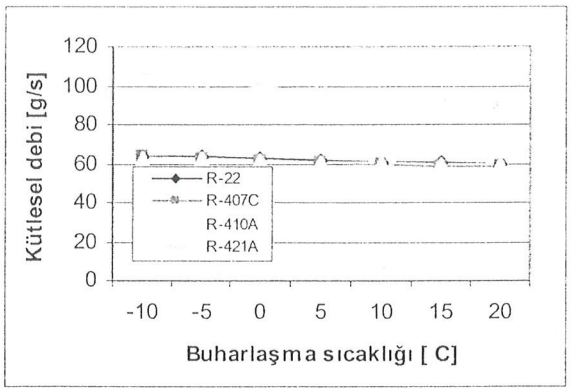
formülleri kullanılmıştır. R-22 ve alternatifleri için Şekil 3'den Şekil 8'e kadar buharlaşma sıcaklığına bağlı kompresör sıkıştırma işi, sıkıştırma oranı, kütlesel debi, hacimsel kapasite, STK ve ITK, Şekil 9'dan Şekil 12'ye kadar yoğuşma sıcaklıklarına bağlı sıkıştırma oranı, kütlesel debi, STK ve ITK ve Şekil 13'den Şekil 15'e kadar ise buharlaşma sıcaklıklarına bağlı emme, sıvı ve basma hattı boru çapı değişimleri karşılaştırılmalı grafikler halinde verilmiştir.



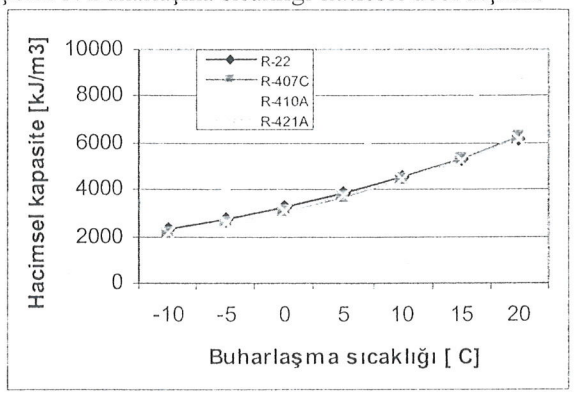
Şekil 3. Buharlaşma sıcaklığı-kompresör işi ilişkisi



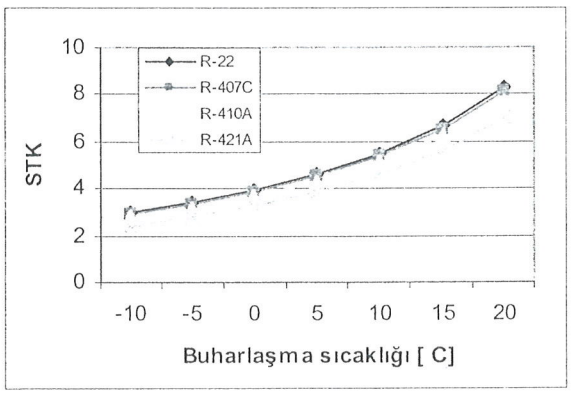
Şekil 4. Buharlaşma sıcaklığı sıkıştırma oranı ilişkisi



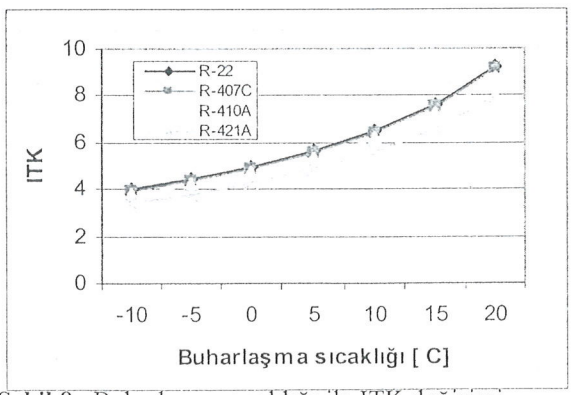
Şekil 5. Buharlaşma sıcaklığı-kütlesel debi ilişkisi.



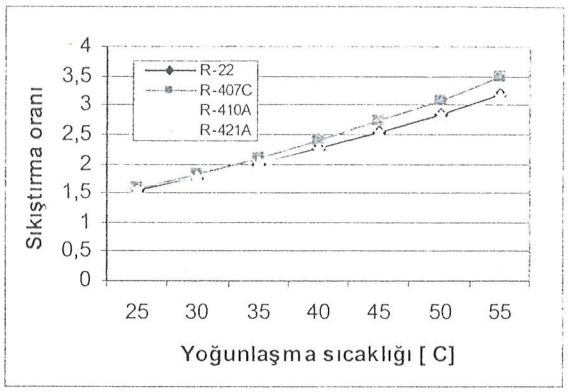
Şekil 6. Buharlaşma sıcaklığı ile hacimsel kapasite değişimi.



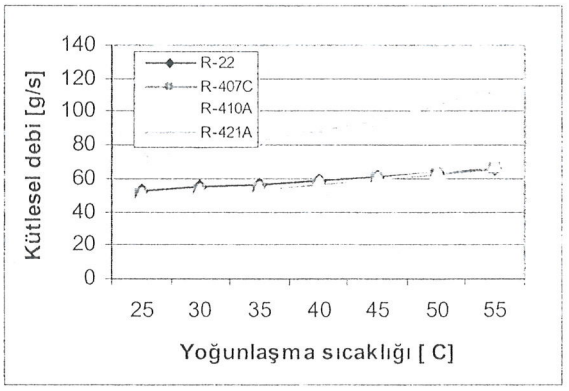
Şekil 7. Buharlaşma sıcaklığı ile STK değişimi.



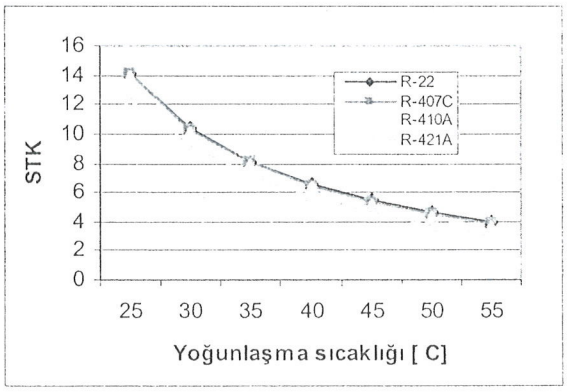
Şekil 8. Buharlaşma sıcaklığı ile ITK değişimi



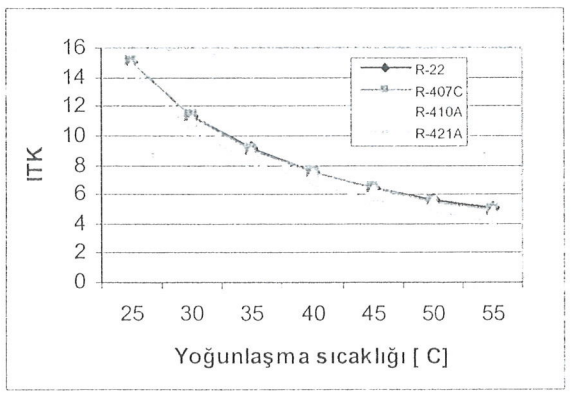
Şekil 9. Yoğunlaşma sıcaklığı ile sıkıştırma oranı değişimi.



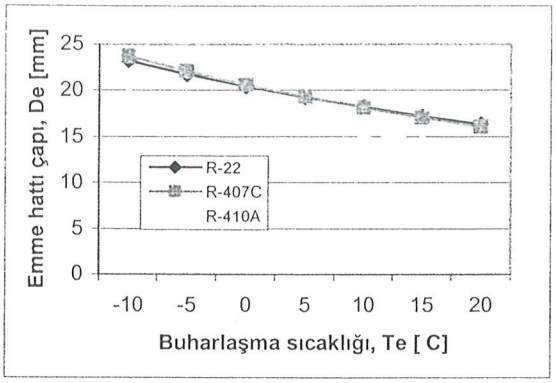
Şekil 10. Yoğunlaşma sıcaklığı ile kütlesel debi değişimi.



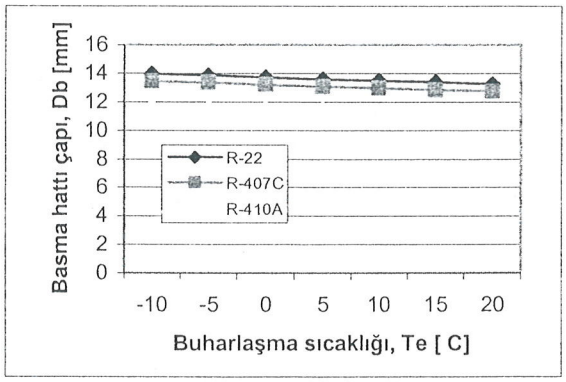
Şekil 11. Yoğunlaşma sıcaklığı ile STK değişimi.



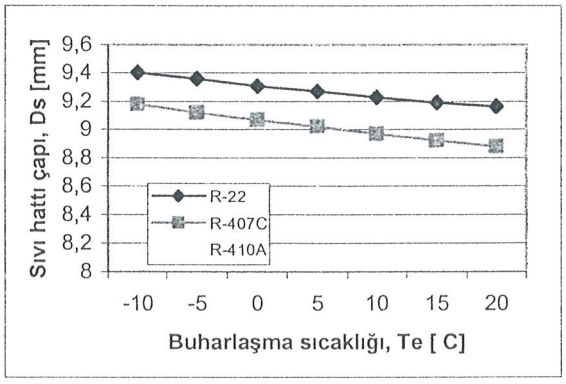
Şekil 12. Yoğunlaşma sıcaklığı ile ITK değişimi.



Şekil 13. Buharlaşma sıcaklığı ile emme hattı boru çapı değişimi.



Şekil 14. Buharlaşma sıcaklığı ile basma hattı boru çapı değişimi.



Şekil 15. Buharlaşma sıcaklığı ile sıvı hattı boru çapı değişimi.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

- Şekil 3'den Şekil 8'e kadar R-22, R-407C, R-410A ve 421A için buharlaşma sıcaklığına bağlı olarak sırasıyla kompresör sıkıştırma işi, sıkıştırma oranı, kütlesel debi ilişkisi, hacimsel kapasite değişimi, STK ve ITK değişim oranları verilmiştir. Şekil 3'de R-421A'nın en yüksek sıkıştırma işine sahip olduğu görülecektir. Onu sırasıyla R-410A, R-407C takip etmektedir. En az sıkıştırma işiyle çalışan soğutucu akışkan R-22 olduğu görülmektedir. Şekil 4'de en yüksek sıkıştırma oranına sahip akışkanın R-410A olduğu, onu R-22'nin takip ettiği ve diğerlerinin hemen hemen benzer özellik gösterdiği görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde R-421A'nın oldukça yüksek debilerde çalıştığı, diğer akışkanların birbirine yakın değerlerde kaldıkları görülmektedir. Şekil 6'da ise hacimsel kapasite açısından en yüksek R-410A olduğu görülmektedir. Diğer akışkanlar ise birbirine çok yakın değerlerdedir. Şekil 7'de STK açısından değerlendirildiğinde R-421A en düşük diğerlerde diğer akışkanların aynı değerlerde olduğu görülmektedir. ITK arasındaki ilişkiye bakıldığında ise Şekil 8'de de görüleceği gibi yine R-421A en düşük diğerlerde diğer değerler ise oldukça birbirine yakın çıkmıştır.
- Şekil 9'dan Şekil 12'ye kadar R-22, R-407C, R-410A ve 421A için yoğunlaşma sıcaklığına bağlı olarak sırasıyla sıkıştırma oranı, kütlesel debi ilişkisi, hacimsel kapasite değişimi, STK ve ITK değişim oranları verilmiştir. Şekil 9'da sıkıştırma oranı grafiğine bakıldığında sıkıştırma oranının en yüksek değerde R-407C olduğu görülmektedir. Diğer akışkanların sıkıştırma oranlarının aynı değerlerde yoğunlaşmaktadır. Şekil 10'a kütlesel debi açısından bakıldığında R-421A oldukça yüksek değerlere sahip olmaktadır. Diğer akışkanlar yaklaşık olarak aynı değerleri paylaşmaktadırlar. Şekil 11 ve Şekil 12'deki STK ve ITK değişim oranlarına baktığımızda aynı paralellikler görülmektedir. R-421A STK ve ITK açısından en düşük değerlere sahip olmaktadır. Diğer akışkanlar ise yaklaşık aynı değerlere sahip olmaktadır.
- Şekil 13'den Şekil 15'e kadar R-22, R-407C, R-410A ve 421A için buharlaşma sıcaklığına bağlı olarak sırasıyla emme hattı boru çapı, basma hattı boru çapı ve sıvı hattı boru çapı değişim oranları verilmiştir. Şekil 13, Şekil 14 ve Şekil 15'e bakıldığında bütün boru hatları için (emme, basma ve sıvı) R-410A'nın yaklaşık %20 oranlarında daha küçük boru çaplarına sahip olduğu görülmektedir. Diğer akışkanların yaklaşık aynı değerlerde emme, basma ve sıvı hattı boru çaplarına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR

Avrupa Topluluğu şartnamelerine göre HCFC türü soğutucu akışkanların geçen yıldan (2004) itibaren yeni cihazlarda kullanımı ve 2010 yılında ise servis amaçlı kullanımı yasaklanmıştır. Alternatif akışkanlar olarak azeotrop R-407C, R-417A, R-421A ve zeotrop özelliklere daha yakın olan R-410A akışkanları öne çıkmıştır. Bu akışkanlar 10 kW soğutma kapasitesindeki kuramsal tek kademeli bir çevrim üzerinde denenmek suretiyle akış debisi, sıkıştırma oranı, STK, ITK, hacimsel kapasite ve

boru çapları hesaplanmıştır. Solkane 4.0 ve KleaCalc yazılımı ile yapılmış olup sabit buharlaşma ve sabit yoğunlaşma sıcaklıklarında farklı karakteristikler elde edilmiştir. R-22 ile R-407C arasında performanslar yönünden büyük paralellikler mevcuttur ve mineral yağın %95'ini almak ve filtreyi değiştirmek suretiyle dönüşüm mümkün iken R410A akışkanının öne çıkan özellikleri %60 daha yüksek sistem basınçlarına sahip olması ve %20 oranda daha düşük boru çapları gerektirmesidir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, Copeland Application Engineering, 2004.

Anonim, İnternet-DuPont Refrigerants EMEA Products, 2004.

Anonim, KLEA Calc Version 5.0, 2002.

Anonim, Refcycle Software Professional Inc., 1999.

Bulgurcu, H., "Soğutucu Akışkanların Çevresel Etkileri", Seminer Notu, Mart 2000.

Gushee, David, E., "Montreal Protocol Negotiations: Should the HCFC Phaseout Schedule Be Accelerated in 1995", (NCSE report) October 12, 1994.

İsa, K., İslamoğlu Y., "R-22 Alternatifi Soğutucu Akışkanların Değerlendirilmesi", Termodinamik Dergisi, Ağustos, 2003.

Onat, A., İmal, M., İnan, A. T., "Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar", KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7(1)-2004.

www.dupont.com / suva/ DuPont Suva Refrigerants EMEA Products-Suva 410A.htm, V-Near Azeotropic blend 410A.htm., 2005.

www.iciklea/Refrigeration/KleaResponsible Refrigeration - EU Regulations htm., 2005.

www.rmsgas.com, 2005.

www.solvay-fluor.com, 2005.

www.trane.com / Third Generation Alternative Refrigerations. htm., 2005.