

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FLAŞ-GAZ BY-PASS UYGULAMALI ALTERNATİF BİR EĞİTİM
DÜZENEĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Erkan ATİK

**Danışman
Prof. Dr. Arif Emre ÖZGÜR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



© 2018 [Erkan ATİK]

TEZ ONAYI

Erkan ATİK tarafından hazırlanan " Flaş-Gaz By-Pass Uygulamalı Alternatif Bir Eğitim Düzeneginin Gelistirilmesi " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Arif Emre ÖZGÜR
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ömer Altan DOMBAYCI
Pamukkale Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Erkan ATİK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. F GAZ YÖNETMELİĞİ	5
2.1. Florlu Gazlar (F-Gaz) Nelerdir?	5
2.2. GWP (Küresel Isınma Potansiyeli) Nedir?.....	6
2.3. Hangi ekipmanlar kapsama girmektedir?	6
2.3.1. Sabit soğutma ekipmanı	6
2.3.2. Hareketli soğutma ekipmanı	6
2.3.3. Sabit İklimlendirme Sistemleri ve Isı Pompaları	7
2.3.4. Taşıt İklimlendirme Sistemleri	7
2.3.5. Hermetik Sistemler	8
2.3.6. Cihazın Soğutkan Şarjı	8
2.4. İşletmeci ve Servis Personelinin Yükümlülükleri	9
3. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR	14
3.1. En Sık Rastlanan Diğer Soğutucu Akışkanların Tipik Özellikleri	14
3.1.1. R11	14
3.1.2. R12	15
3.1.3. R123	15
3.1.4. R134A	15
3.1.5. R401A	16
3.1.6. R402A	16
3.1.7. R404A.....	16
3.1.8. R407C	17
3.1.9. R410A	17
3.1.10. R500	17
3.1.11. R502	18
3.1.12. R507	18
3.1.13. R717 (NH ₃ = AMONYAK).....	18
3.1.14. R13	18
3.1.15. R13B1	19
3.1.16. R114	19
3.1.17. R143a	19
3.1.18. R125	19
3.1.19. R152a	19
3.2. Soğutucu Akışkanlarda Aranılan Özellikler	20
3.3. Yaygın Soğutucu Akışkanlar Ve Kimyasal İsimleri	21
4. KAYNAK ÖZETLERİ.....	23
5. SEKTÖRDEKİ SOĞUTMA CİHAZLARI	27
5.1. Temel Soğutma Eğitim Seti.....	27
5.2. Soğuk Depo Eğitim Seti.....	28

5.3. Soğutma Arıza Bulma Deney Seti.....	30
5.4. Saydam Soğutma Eğitim Seti	31
5.5. Su Soğutma Grubu (Chiller) Eğitim Seti	32
5.6. Kompresör Kalorimetre Test Eğitim Seti.....	33
5.7. Kademeli Sıkıştırırmalı Ekonomizörlü Soğutma Eğitim Seti	34
5.8. Çok Amaçlı Soğutma Eğitim Seti	35
5.9. Elektrik Girişli Soğutma Eğitim Seti	36
5.10. Absorbsiyonlu Soğutma Eğitim Seti	38
5.11. Modüler Soğutma Eğitim Seti	39
5.12. Vorteks Soğutma Eğitim Seti.....	41
5.13. Kademeli Soğutma Eğitim Seti	42
5.14. Soğutma Tesisatı Deney Seti	43
5.15. Kademeli Sıkıştırırmalı Ara Soğutmalı Soğutma Eğitim Seti	44
5.16. İleri Seviye Soğutma Arıza Simülatörü.....	46
5.17. Endüstriyel Soğutma Eğitim Seti.....	47
5.18. Geri Isı Kazanımlı Klima Santral Eğitim Seti.....	49
5.19. Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti.....	50
5.20. Basit Sıkıştırırmalı Soğutma Devresi	51
5.21. Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemi	52
5.22. Soğutma Birimine Giriş Ünitesi.....	54
5.23. Soğutma Odalı Bilgisayar Kontrollü Soğutma Ünitesi.....	55
5.24. Açık Kompresörlü Bilgisayar Kontrollü Soğutma Ünitesi	56
6. SEPERATÖR TEKNOLOJİSİ.....	57
6.1. Yerçekimi ayırıcıları.....	58
6.2. Santrifüj ayırıcıları.....	58
6.3. Buğu giderici pedler	59
6.4. Plakalı ayırıcılar	60
6.5. Dikey ayırıcılar.....	62
6.6. Yatay ayırıcılar	64
7. MATERYAL VE YÖNTEM	64
7.1. Buhar Sıkıştırırmalı Kompresörlü Soğutma Sistemi.....	66
7.2. Deney Düzeneği	68
8. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	72
9. SONUÇ VE ÖNERİLER (TARTIŞMA VE SONUÇLAR).....	76
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	79

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FLAŞ-GAZ BY-PASS UYGULAMALI ALTERNATİF BİR EĞİTİM DÜZENİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Erkan ATİK

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliğı Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Arif Emre ÖZGÜR

Bu tez çalışmasında iklimlendirme ve soğutma alanları alternatif deney cihazları hakkında bilgi verilmiş ve flaş gaz kısa devre uygulamasının sistem performansına etkisi gözlemlenmiştir. Flaş gaz, soğutma sisteminde bir miktar soğutucu akışkanın termostatik genişleme valfinin meme çıkışında anî olarak buharlaşmasını ifade eder. Bunun nedeni, soğutucu akışkanın kondenser basıncından evaporatör basıncına genişmesidir.

Flaş gaz miktarı, sıvı hattındaki soğutucu akışkanın sıcaklığıyla, evaporatör giriş basıncına bağı olarak değışir. Flaş gaz'daki artma TGV kapasitesini düşürür. Bunun sonucu evaporatöre giren sıvı soğutucu akışkan miktarı azalacağından, soğutma kapasitesi de düşer.

Flaş gaz miktarını azaltmak amacıyla çeşitli metotlar geliştirilmiş olup en yaygın olarak kullanılanlardan biri, emme hattıyla, sıvı hattının ısı transferi gerçekleştirecek şekilde birleştirilmesidir. Bu yapı basit bir ısı eşanjörüdür (ısı değıştiricisidir). Sıvı hattındaki soğutucu akışkan oldukça ılık, evaporatör çıkışındaki akışkan ise oldukça soğuktur. Bu iki hattın temas yüzeylerinde, ılık sıvı hattından soğuk buhar hattına doğru ısı transferi gerçekleşir. Bunun sonucu, sıvı hattındaki soğutucu akışkanın aşırı soğuması (subcooling), daha fazla oranda sıvılaşıma sağlayarak flaş gaz miktarını azaltacaktır. Bu çalışmada, flaş gaz kısa devre uygulamasının etkilerinin gözlemlenebileceğı bir eğitim seti geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Flaş gaz, kısa devre uygulaması, ısı transferi, TGV kapasitesi.

2018, 80 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF A FLASH-GAS BY-PASS APPLIED ALTERNATIVE EDUCATIONAL EDITION

Erkan ATİK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Arif Emre ÖZGÜR

In this thesis study, information on alternative testing devices for air conditioning and cooling areas and the effect of different refrigerant charge on system performance was observed in flash gas bypass application. Flash gas refers to the instantaneous evaporation of some refrigerant in the cooling system at the nozzle outlet of the thermostatic expansion valve. This is mainly due to the fact that the refrigerant can not sufficiently liquefy in the condenser, that is, the mass ratio of steam in the vapor-liquid mixture is high.

The amount of flash gas varies depending on the temperature of the refrigerant in the liquid line and the evaporator inlet pressure. The increase in Flash gas reduces the TGV capacity. As a result, the cooling capacity decreases as the amount of liquid refrigerant entering the evaporator decreases.

Several methods have been developed to reduce the amount of flash gas and one of the most commonly used is to combine the suction line with the fluid line to achieve heat transfer. This structure is a simple heat exchanger (heat exchanger). The refrigerant in the liquid line is quite warm, and the refrigerant at the evaporator outlet is very cold. On the contact surfaces of these two lines, heat transfer from the warm liquid line to the cold vapor line takes place. The result is that the subcooling of the refrigerant in the liquid stream will reduce the amount of flash gas by providing more liquefaction. In this study, an educational set up has been developed.

Keywords: Flash gas, Bypass application, Heat transfer, TGV capacity.

2018, 80 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni ynlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr.Arif Emre zgr'e teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin imalat aşamasındaki desteklerinden dolayı DENEYSAN EğİTİM CİHAZLARI SAN. TİC. VE LTD. ŞTİ. Őirketine teşekkür ederim.

Erkan ATİK
BALIKESİR, 2018



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Geleneksel buhar sıkıştırırmalı çevrimlerin gösterimi.....	3
Şekil 2.1. Sabit soğutma ekipmanı için karar ağacı	10
Şekil 2.2. Hareketli soğutma sistemleri için karar ağacı	11
Şekil 2.3. Taşıt iklimlendirme sistemleri için karar ağacı	11
Şekil 5.1. Temel soğutma eğitim seti devre şeması.....	28
Şekil 5.2. Soğuk depo eğitim seti devre şeması	29
Şekil 5.3. Arıza bulma eğitim seti devre şeması.....	30
Şekil 5.4. Saydam soğutma eğitim seti devre şeması.....	31
Şekil 5.5. Su soğutma grubu eğitim seti devre şeması	32
Şekil 5.6. Kompresör kalorimetre test eğitim seti devre şeması	33
Şekil 5.7. Kademeli sıkıştırırmalı ekonomizörlü soğutma eğitim seti devresi	34
Şekil 5.8. Çok amaçlı soğutma eğitim seti devre şeması	36
Şekil 5.9. Elektrik girişli soğutma eğitim seti devre şeması	37
Şekil 5.10. Absorbsiyonlu soğutma eğitim seti devre şeması	39
Şekil 5.11. Modüler soğutma eğitim seti devre şeması	40
Şekil 5.12. Vorteks soğutma eğitim seti devresi	41
Şekil 5.13. Kademeli soğutma eğitim seti devresi.....	42
Şekil 5.14. Soğutma tesisatı deney seti devre şeması	44
Şekil 5.15. Kademeli sıkıştırırmalı ara soğutmalı soğutma eğitim seti devresi	45
Şekil 5.16. İleri seviye soğutma arıza simülatörü devresi.....	46
Şekil 5.17. Endüstriyel soğutma eğitim seti devre şeması.....	48
Şekil 5.18. Geri ısı kazanımlı klima santral eğitim seti devre şeması.....	50
Şekil 5.19. Hava-su kaynaklı ısı pompası eğitim seti devre şeması.....	51
Şekil 5.20. Basit sıkıştırırmalı soğutma devre şeması.....	52
Şekil 5.21. Sıkıştırırmalı soğutma sistemi devre şeması.....	53
Şekil 5.22. Soğutma birimine giriş ünitesi devre şeması	55
Şekil 5.23. Soğutma odalı bilgisayar kontrollü soğutma ünitesi devre şeması	56
Şekil 5.24. Açık kompresörlü bilgisayar kontrollü soğutma ünitesi devresi	56
Şekil 6.1. Tipik bir yerçekimi ayırıcısının şeması.....	58
Şekil 6.2. Ticari olarak kullanılan siklon boyutları ve şekillerine örnekler..	59
Şekil 6.3. Ağlı ayırma mekanizması (solda) ve vanalı ayırma mekanizmasının (sağda) şemaları.....	60
Şekil 6.4. Yerçekimi ve atalet prensiplerini uygulayan bir ayırıcı örneği.....	61
Şekil 6.5. Dikey ayırıcı şeması.....	63
Şekil 6.6. Yatay ayırıcı.....	64
Şekil 7.1. Temel buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi şeması	66
Şekil 7.2. Temel buharlaştırırmalı soğutma çevrimi için T-s ve p-h diyagramları.....	67
Şekil 7.3. Flaş gaz deney düzeneği devre şeması.....	69
Şekil 7.4. Flaş gaz deney düzeneği.....	69
Şekil 8.1. Flaş gaz deney düzeneği devre şeması.....	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Yaygın kullanılan soğutkanlar ve karışımları için ton eşdeğer CO2 değerlerinin kilograma dönüştürülmesi	8
Çizelge 2.2. Sabit ekipman kategorisindeki gereksinimlere bakış.....	12
Çizelge 2.3. Hareketli ekipman kategorisindeki gereksinimlere bakış.....	13
Çizelge 3.1. Karışım ile elde edilmiş başlıca soğutucu akışkanlar	20
Çizelge 3.2. Başlıca Saf Soğutucu Maddeler	22
Çizelge 6.1. Farklı ayırma teknolojilerinin damlacık ayırma kabiliyetleri....	57
Çizelge 7.1. Flaş gaz deney düzenğinde kullanılan malzemeler	70
Çizelge 8.1. Flaş gazsız deney sonuçları.....	73
Çizelge 8.2. Flaş gaz etkili deney sonuçları.....	74
Çizelge 8.3. Flaş gaz etkili(v7 vanaları farklı konumda) deney sonuçları.....	75



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CFC	Kloroflorokarbon
EER	Enerji Verimliliği Oranı
h	Özgül entalpi
n	Devir sayısı
P	Basınç
s	Entropi
SEER	Mevsimsel Enerji Verimliliği Oranı
STK	Soğutma Tesir Katsayısı
t	Zaman
T	Sıcaklık
η	Verim
ρ	Yoğunluk
μ	Dinamik Vizkozite
γ	Politropik katsayı
Δ	Fark

1. GİRİŞ

Soğutma; bir maddenin sıcaklığını, ortam sıcaklığının altına indirme ve bu düşük sıcaklıkta tutabilmek için maddeden ısı alınması işlemidir (Genceli,2003). Bir maddenin veya bir ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim ve sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denir (Yamankaradeniz vd., 2002).

Soğutma sistemleri, düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısıyı çekerek yüksek sıcaklıktaki ortama atan ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir. Ya da soğutma, herhangi bir maddenin veya ortamın sıcaklığının çevre sıcaklığının altına düşürülmesi işlemidir. Daha özel bir tanımlamayla soğutma, herhangi bir malzemenin veya ortamın sıcaklığını çevre sıcaklığının altına indirmek veya korumak işlemiyle ilgilenen bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Bu işlemler, soğutucu akışkanlar yardımıyla ve dışarıdan enerji harcanarak yapılır (Çengel and Boles, 1996).

Bilinen başlıca soğutma yöntemleri; buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemi, absorpsiyonlu soğutma sistemi, adsorpsiyonlu soğutma sistemi, buhar – jet (ejektör) soğutma sistemi, hava soğutma sistemi, termoelektrik soğutma sistemi, vorteks tüpü, manyetik soğutma, paramagnetik soğutma, Sterling soğutma sistemi şeklinde sıralanabilir (Yamankaradeniz vd., 2002).

Kullanım amaç ve şekline göre ; (MMO,2017)

- Ev tipi,
- Ticari tip,
- Endüstriyel tip,
- Portatif tip,
- Deney amaçlı tip,
- Transport/taşıma tipleri (Karayolu, Demiryolu, Deniz ve Hava yolu) gibi fiziksel ölçü ve yapı bakımından farklı birçok soğuk muhafaza hacmi geliştirilmiş ve kullanılmaktadır.

Soğutma sistemlerinde son yıllarda en önemli araştırma alanlarından biri “enerji verimliliği” olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda yapılması gereken sistem performans değerlerinin (EER ve SEER) arttırılmasıdır. Bu performans artışı üç şekilde gerçekleşebilir:

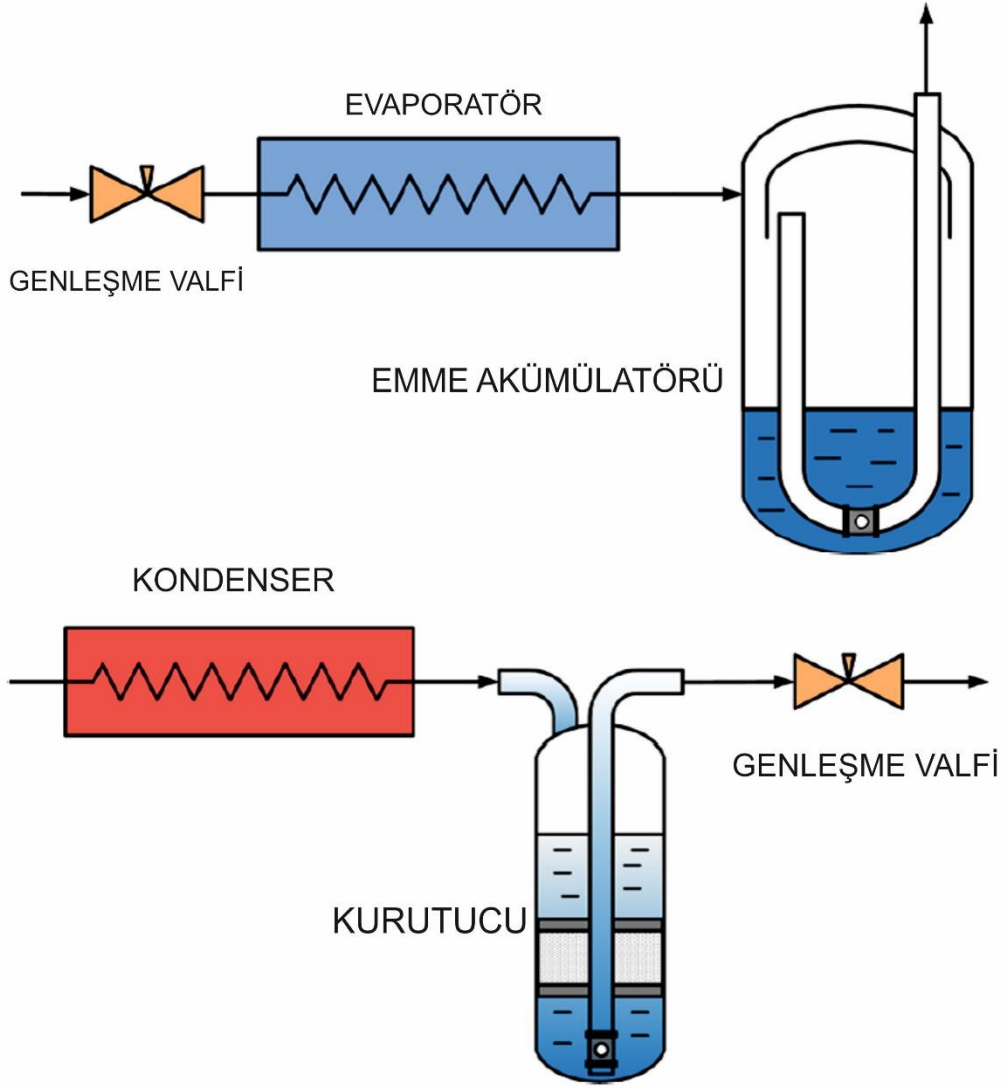
1. Soğutma sisteminde kullanılan kompresör, kondenser, evaporatör, genişleme valfi, fan motoru ve diğer elektrikli yardımcı elemanların verimliliğini arttırmak,
2. Etkinliği daha yüksek olan soğutkanlar kullanmak,
3. Soğutma çevriminde iyileştirmeler yaparak etkinliği arttırmak.

Özellikle soğutma çevrimi üzerinde yapılacak iyileştirmeler:

- Kızgınlığın küçük tutulması,
- Aşırı soğutmanın büyük tutulması,
- Kondenser yoğuşma sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki farkın 14 K'den 8 K değerine ve buharlaştırıcı ile iç ortam sıcaklık farkının 7 K'den 5 K değerine düşürülerek kompresör sıkıştırma oranının düşürülmesi,
- Flaş gaz kısa devre uygulaması şeklinde olabilir.

Flaş gaz bypas uygulaması, soğutma sıvısını bir çalışma akışkanı olarak kullanan çeşitli küçük ölçekli sistemlerin verimliliğini artırmak için muhtemel yaklaşımlardan biridir. Evaporatörün etrafındaki genişleme süreci boyunca oluşturulan buharın kısa devresi ile karakterizedir. Bu konsept, genişleme valfi ve buharlaştırıcı arasında bir flaş tankı olarak adlandırılan bir ayırma tankı kullanılarak gerçekleştirilir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Flaş gaz bypas uygulaması Şekil 1.1'de gösterilmiş olan evaporatörden sonra emiş akümülatörü veya kondenserden sonra kurutucu kullanılan geleneksel buhar sıkıştırma sistemlerinin yerine geçebilir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



Şekil 1.1. Geleneksel buhar sıkıstırmalı çevrimlerinde akümülatör ve depo uygulamasının gösterimi (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Ayrırma tankı olarak flaş tankları günümüzde endüstriyel soğutma, rafineriler ve petrokimya tesisleri gibi çeşitli endüstriyel sistemlerde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar genellikle hacim veya ağırlık kısıtlamasına sahip değildir. Öte yandan, otomotiv veya konut klima sistemi gibi küçük ölçekli sistemlerde bu durum sözkonusu değildir ve bu nedenle tasarımlarında daha fazla güçlük çekilmektedir. Küçük kapasiteli iklimlendirme sistemlerinde kullanılan tipik ayırıcılar yağ ayırıcılarıdır (kompresör deşarjından sonra, yüksek basınç tarafında dâhil edilirler) veya emme akümülatörleridir (kompresörün hemen önündeki alçak basınç alıcıları). Bu ayırıcılar, çok daha yüksek sıvı yüklerine (tipik olarak% 80-90 oranında sıvı) sahip olan flaş tanklarına kıyasla girişlerinde daha düşük

sıvı yükleri (tipik olarak% 5'e kadar sıvı) ile karakterizedirler. Yağ ayırıcılarındaki basınç düşüşü, sistem performansının basınç düşüşüne son derece duyarlı emme akümülatörlerinden farklı olarak, sistem performansında önemli bir rol oynamaz. Bu açıdan, flaş tankları imrenilecek konumdadır çünkü basınç düşümü sistem performansı ile bir ilgisi yoktur ve genişleme sürecinin bir parçası olarak kabul edilebilir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Bu tez kapsamında flaş gaz kısa devre uygulaması için yeni bir deney düzeneği oluşturulmuş olup R410A gazının performansı test edilmiştir. Bu tezin amacı flaş gaz kısa devre uygulamasının tanınırlığını arttırmaktır. Soğutma alanında sektörde bulunan eğitim setlerinin tümü doğrudan genleşmelidir. Flaş gaz kısa devre uygulaması eğitim setlerinde hemen hemen hiç kullanılmamaktadır. Tezin üçüncü bölümünde sektördeki eğitim setleri incelenerek flaş gaz kısa devre uygulamasının kullanılmadığı, eğitim setlerinin doğrudan genleşmeli olduğu ispatlanmaya çalışılmıştır. Bu tez ile flaş gaz uygulamasının, uygulamalı eğitim sürecinde yer alması ve bu uygulamanın tanınmasının enerji verimliliği bilincine katkıda bulunması hedeflenmiştir. Ayrıca soğutucu akışkanların çevresel etkileri birçok yasal düzenlemeye sebep olmuştur. Hem soğutucu akışkanın kendisi hem de kullanıldığı sistemin, enerji verimliliği açısından, çevreci olması önemlidir. Bundan sonraki bölümlerde bu yasal düzenlemelerden olan F-Gaz Yönetmeliği ve soğutucu akışkanların güncel durumu ele alınacaktır. Daha sonra ise eğitim setinin geliştirilmesine yönelik faaliyetlere yer verilecektir.

2. F GAZ YÖNETMELİĞİ

Avrupa Birliği'nde (AB) 2006 yılında yayımlanan (EC) 842/2006 ve 2014 yılında revizyonu yapılarak 1 Ocak 2015 tarihinde yürürlüğe giren (EC) 517/2014 Florlu Gazlar Yönetmeliği (F-Gaz), hidroflorokarbon (HFC) cinsi sera gazları içeren cihazlardan sorumlu işletmeci (operatör) ve servis elemanları için bir dizi yükümlülükler getirmektedir. Soğutma, iklimlendirme ve ısı pompası alanındaki servis teknisyenleri ile işletmeciler, soğutkan emisyonu ve kontrol altında tutulması konularında sorumlu olacaklardır. Cihazların hangi sıklıkla sızdırmazlık kontrollerinin yapılacağı ve bunlara ilişkin kayıtların tutulması bu kapsama girmektedir. Bazı cihazlar için otomatik kaçak kontrol sistemleri zorunlu hale gelmektedir. Bir önceki yönetmelikten (EC 842/2006) farklı olarak, cihazların f-gaz şarj miktarları kg yerine soğutkanın küresel ısınmaya potansiyel etkisini ön plana çıkarmak amacıyla CO2 eşdeğeri cinsinden verilmektedir.

Yönetmelik, HFC cinsi soğutkanların azaltımı konusunda da bir takvime sahiptir. Bu ise, yakın gelecekte yüksek küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip soğutkanların AB'de ve uyum yönetmeliği yayınlandığında ülkemizde sınırlandırılacağı anlamı taşımaktadır. Bu nedenle işletmecilerin mümkün olan en düşük GWP'ye sahip soğutkan (hidrokarbonlar, amonyak, karbondioksit gibi) içeren cihazlara yatırım yapmaları konusunda teşviğe ihtiyacı olacaktır. (İsa ve Can, 2016)

2.1. Florlu Gazlar (F-Gaz) Nelerdir?

Florlu gazlar (F-Gaz) değişik sektör ve uygulamalarda kullanılan insan yapımı kimyasallardır. 1990'larda ozon tabakasını tahrip eden ve birçok uygulamada yaygın olarak kullanılan ve Montreal Protokolü ile kullanım dışı bırakılan kloroflorokarbon (CFC) ile hidrokloroflorokarbonların (HCFC) yerini almışlardır. Bununla beraber, f-gazların ozon tahribat potansiyelleri (ODP) sıfır olmasına rağmen iklim değişikliğine önemli ölçüde olumsuz etkileri vardır.

517/2014 tarihli yönetmeliğin ekinde yer alan florlu sera gazları; hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC), diğer karışımlar (sülfürhegzaflor-SF6) şeklinde sıralanabilir. (İsa ve Can, 2016)

2.2. GWP (Küresel Isınma Potansiyeli) Nedir?

GWP basit olarak, soğutkanın atmosferi ne kadar ısıttığına işaret eden bir parametredir. 1 kg f-gazın 1 kg CO₂'ye nazaran 100 yıllık bir süreçte ne kadarlık bir ısınma potansiyeline sahip olduğunun göstergesidir. F-Gazların GWP'si genellikle binlik düzende ifade edilir. R404A'nın GWP'sinin 3922 olması, CO₂'ye göre 3922 kat daha fazla sera etkisine sahip olması anlamını taşımaktadır. O halde, f-gazların atmosfere salınımının önlenmesi, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini de azaltmada etkili bir yol olarak görülebilir. (İsa ve Can, 2016)

2.3. Hangi ekipmanlar kapsama girmektedir?

2.3.1. Sabit soğutma ekipmanı

Ev tipi soğutucu ile dondurucuların yanı sıra ticari ve endüstriyel uygulamalar da mevcuttur. Sabit sistemler değişik biçimlerde ve ofisler, süpermarketler, fabrikalar, soğuk depolar, restoranlar, hastaneler ile okullar gibi her türlü binada yer alabilmektedir. Bu uygulamalarda boyutlar, ev tipi soğutucudan büyük soğuk hava depolarına kadar değişkenlik göstermektedir. (İsa ve Can, 2016)

2.3.2. Hareketli soğutma ekipmanı

Hareketli soğutma ekipmanından kasıt, kamyonlar, treylerler ve gemiler gibi soğutma sistemine sahip araçlardır. Bunların çoğu genel olarak emisyonu önlemek üzere kontrol altında tutma hükümlerine tabidir. Cihazların ekonomik ömürleri sonunda bünyelerindeki soğutkanın geri kazanımı, teknik ve maliyet olarak mümkün ise söz konusu edilmektedir.

517/2014 sayılı yönetmelikte, kamyon ve treylerlerde bulunan soğutma ünitelerine dair sıkı hükümler yer almaktadır. Frigorifik kamyon ve treylerler, bozulabilir ürünleri kontrol edilen bir sıcaklık aralığında nakliyeden sorumludur. Yönetmelikte “frigorifik kamyonlar”, 3,5 ton ila üstü ağırlığa sahip ve üzerinde soğutma ünitesi bulunduran motorlu araçlar olarak tanımlanmaktadır. Romörkler için bir kapasite sınırlaması olmamakla beraber, bir çekici tarafından hareket ettirilmek üzere tasarlanmaları gerekmektedir. (İsa ve Can, 2016)

2.3.3. Sabit İklimlendirme Sistemleri ve Isı Pompaları

Düzenlemeye bağlı olarak; tüm soğutma sistem elemanlarının tek bir gövde içinde olduğu paket sistemlerden, split diye adlandırılan ve elemanların birden fazla gövde içinde yer aldığı iklimlendirme sistemleri söz konusudur. Ofis binaları, alışveriş merkezleri ile hastane gibi uygulamalarda split sistemler yerine ikincil bir soğuk su devresi içeren merkezi iklimlendirme sistemleri tercih edilmektedir.

Isı pompaları, dış ortam havasından ya da atık ısı kaynağından elde ettiği enerjiyi mahale aktaran ve bu süreçte soğutma devresini kullanan cihazlardır. Bu sayede, soğutma yapan bir sistem, istendiğinde ısıtma da gerçekleştirebilmektedir. Sabit ısı pompaları soğutma, ısıtma ve ısı geri kazanımı için evsel, ticari ve endüstriyel amaçlı kullanılabilir. (İsa ve Can, 2016)

2.3.4. Taşıt İklimlendirme Sistemleri

Taşıt iklimlendirme sistemleri otomobillerde hafif ticari araçlarda (EU MAC Direktifi'nde konu edilmiştir), trenlerde, gemilerde ve uçaklarda kullanılırlar. Amaçları, araç kabinini iklimlendirmektir. Küçük taşıtlarda soğutma sisteminin kompresörü kayış-kasnak mekanizması ile araç motoru tarafından tahrik edilir. Büyük taşıtlarda tahrik için direkt elektrik enerjisi de kullanılır. (İsa ve Can, 2016)

2.3.5. Hermetik Sistemler

“Hermetik sistem”den kasıt, bir üretim tesisinde birleştirilmiş ve sökülemez bağlantılara sahip cihazdır. Bu kategoriye; ev tipi buzdolapları, dondurucular, süpermarket teşhir kabinleri ve hatta taşınabilir klima cihazlarını dahil edebiliriz. Hermetik sistemler yönetmelik çerçevesinde, örneğin kaçak kontrolleri konusunda en fazla hoşgörü gösterilen uygulamalardır. Cihazın etiketinde hermetik sızdırmaz olduğuna dair bir ibare yer almalıdır. (İsa ve Can, 2016)

2.3.6. Cihazın Soğutkan Şarjı

Yeni F-Gaz yönetmeliği (EC 517/2014) şarj miktarını kilogram yerine CO₂ eşdeğeri cinsinden ele almaktadır. Sistemin işletmecileri açısından kullanılan f-gazın GWP’sini bilmek ve CO₂ eşdeğeri cinsinden şarj miktarını hesaplamak önem kazanmaktadır. Yeni yönetmelik gereği, 2017’den itibaren CO₂ eşdeğerini cihaz etiketi üzerinde belirtmek zorunlu olacaktır. (İsa ve Can, 2016)

Çizelge 2.1. Yaygın kullanılan soğutkanlar ve karışımları için ton eşdeğer CO₂ değerlerinin kilograma dönüştürülmesi (İsa ve Can, 2016)

		ton CO ₂ eşdeğer şarj miktarı				
		5	40	50	500	1000
Soğutkan	GWP	Kg cinsinden şarj miktarı				
R134a	1430	3,50	27,97	34,97	349,65	699,30
R32	675	7,41	59,26	74,07	740,74	1.481,48
R404A	3922	1,27	10,20	12,75	127,49	254,97
R407C	1774	2,82	22,55	28,18	281,85	563,70
R410A	2088	2,39	19,16	23,95	239,46	478,93
R422D	2729	1,83	14,66	18,32	183,22	366,43
R507A	3985	1,25	10,04	12,55	125,47	250,94

2.4. İşletmeci ve Servis Personelinin Yükümlülükleri

Cihaz işletmecisi ve servis personeli genel olarak f-gaz emisyonunu önlemekle sorumludurlar. Kaçakları önlemek üzere gerekli önleyici tedbirleri almalıdırlar. Bir kaçak tespit edildiğinde hiç vakit kaybetmeden tamir edilmelidir. İklimlendirme, soğutma, ısı pompası ve frigorifik kasalı kamyonlara müdahale edecek servis personeline ilişkin eğitim ve sertifikasyon gereksinimleri, bu personel ile işletmecileri etkileyecektir. Servis personeli, montaj, servis, bakım, tamir, kaçak kontrolü ve cihazın devre dışı bırakılması sürecinde soğutkanın geri kazanımı işlemlerini gerçekleştirebilmesi için sertifikalandırılmalıdır. İşletmecilerin yukarıda belirtilen alanda çalıştıracağı servis personelinin sertifikalı olması hususunda sorumlulukları vardır. Montaj, servis, bakım ve tamir konusunda yalnızca sertifikalı servis personeli f-gaz kullanma yetkisine sahiptir.

EC 517/2014 kapsamında taşınabilir iklimlendirme sistemleri ve frigorifik kasalı kamyonlar konusunda şu hususların dikkate alınması gerekir. Otomobiller ve hafif ticari araçların ömürlerinin sonunda iklimlendirme sistemlerindeki soğutkanın yalnızca eğitimli personel tarafından geri kazanılması gerekmektedir. Frigorifik kasalı kamyon ve treylerler dışındaki taşıt iklimlendirme sistemlerindeki f-gaz, herhangi bir sertifikasyon gerekmeden kalifiye personel tarafından geri kazanılabilir.

Yönetmelik, işletmecilere aynı zamanda emisyonu azaltma konusunda da sorumluluklar yüklemektedir. Bu faaliyetler arasında; düzenli kaçak kontrolleri, gereken yerlerde kaçak dedektörü montajı, kayıt tutma ve cihazın ömrü sonunda bünyesindeki soğutkanın geri kazanılmasını sayabiliriz. Bu yükümlülükler cihaz tipine göre değişmektedir.

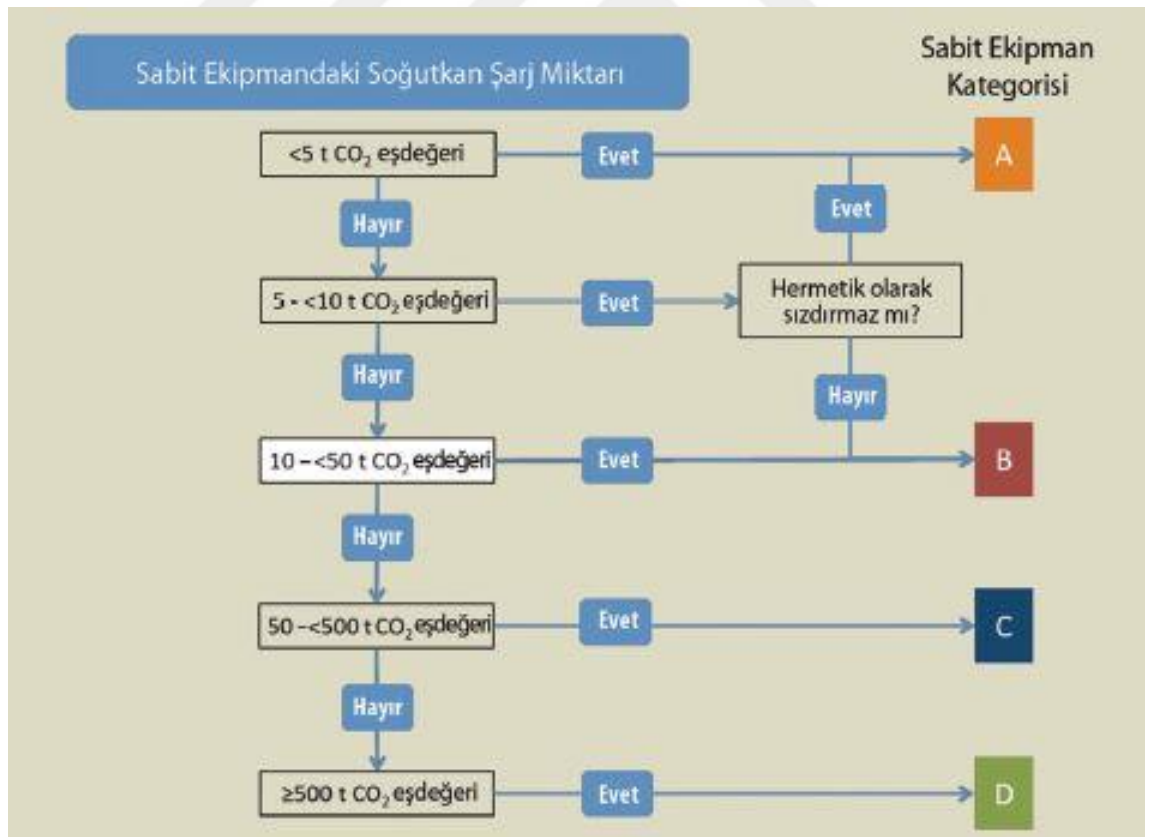
Şekil 1'deki Çizelge (karar ağacı), sabit soğutma sistemlerini içerdikleri soğutkan miktarlarına bağlı olarak A'dan D'ye dört kategoriye ayırmaktadır. Hareketli soğutma sistemleri ise, kamyon ile treylerde soğutma ekipmanı olup olmamasına ve şarj miktarına bağlı olarak MRX, MRA ve MRB olarak sınıflandırılmıştır (Şekil

2). Taşıt iklimlendirme sistemleri aynı zamanda 2000/40/EC sayılı direktife tabi olup olmadıklarına bağlı olarak MAX ve MAC sınıflarına ayrılmıştır (Şekil 3). Çizelge 1 ise, söz konusu dokuz kategori için yükümlülükleri özetlemektedir. Yönetmelikten etkilenen kategorilere işaret etmek açısından aşağıdaki kısaltmalar ve renk kodları kullanılmıştır. (İsa ve Can, 2016)

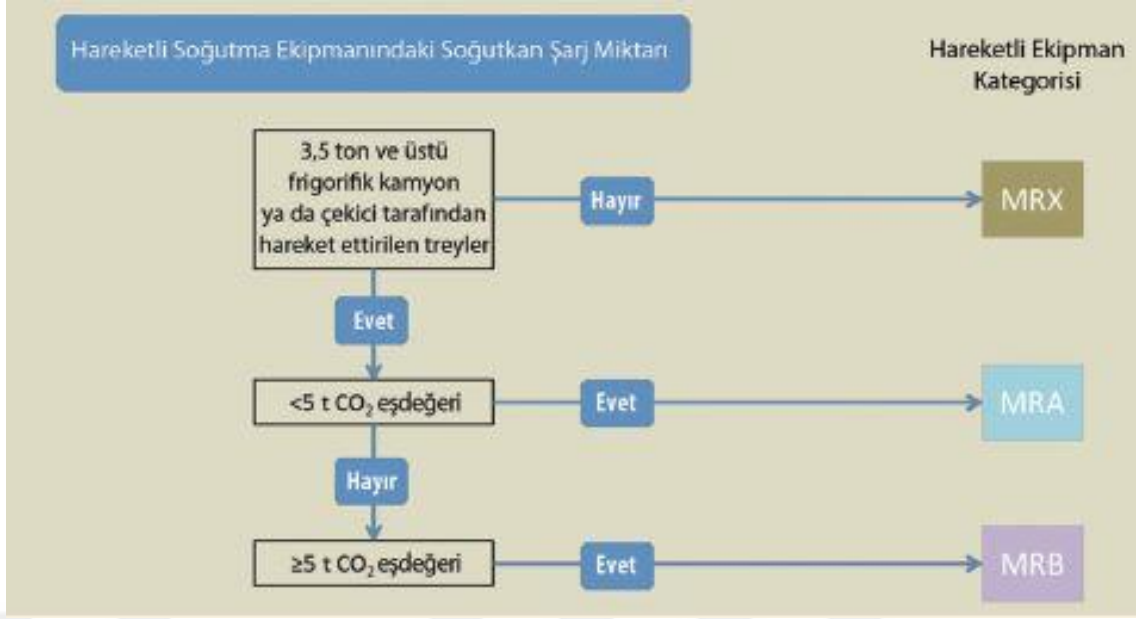
Örneğin; durumun tüm ekipman kategorileri için geçerli olması halinde:



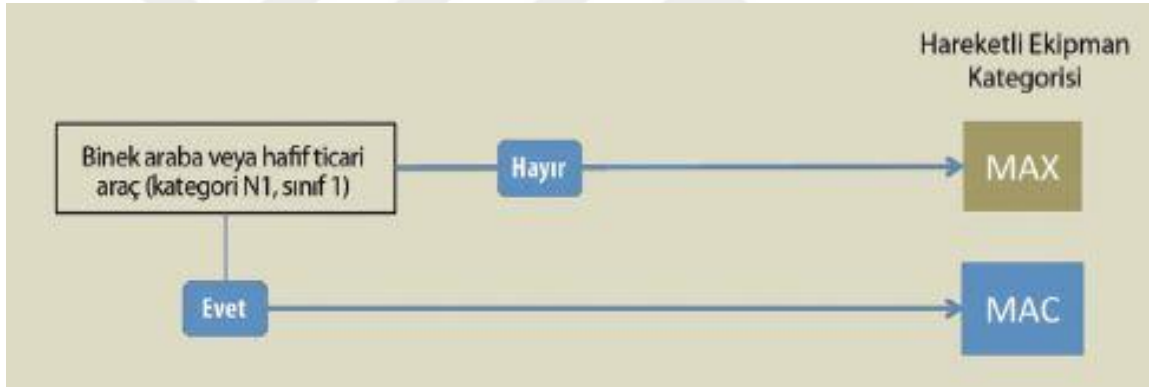
Sadece D kategorisinde (≥ 500 ton CO₂ eşdeğeri) sabit iklimlendirme-soğutma ekipmanı için geçerli olması halinde:



Şekil 2.1. Sabit soğutma ekipmanı için karar ağacı (İsa ve Can, 2016)



Şekil 2.2. Hareketli soğutma sistemleri için karar ağacı, (İsa ve Can, 2016)



Şekil 2.3. Taşıt iklimlendirme sistemleri için karar ağacı (İsa ve Can, 2016)

Çizelge 2.2. Sabit ekipman kategorisindeki gereksinimlere bakış (İsa ve Can, 2016)

Önlem	Sabit soğutma ve iklimlendirme			
	A	B	C	D
Kaçığın önlenmesi en kısa sürede tamir (Madde 3)	✓	✓	✓	✓
Sertifikalı personel ve şirket tarafından montaj, bakım veya servis hizmeti (Madde 3)	✓	✓	✓	✓
Sertifikalı personel tarafından sızdırmazlık kontrolleri (Madde 4)		12 ay (*)	6 ay (*)	3 ay (*)
Kaçak izleme sisteminin kurulması ve 12 ayda bir kontrolünün yapılması (Madde 3)				✓
Kayıt tutma (Madde 6)		✓	✓	✓
Cihazın hurdaya terk edilmesi ve eğer uygunsu bakım ve servisi esnasında sertifikalı personel tarafından f-gazın geri toplanması (Madde 8 ve 10)	✓	✓	✓	✓
Cihazın etiketlenmesi (Madde 12)	✓	✓	✓	✓

(*) Eğer sabit soğutma iklimlendirme ekipmanı kaçak izleme sistemi ile donatılmış ise, kaçak kontrol periyotları B, C ve D sınıfları için ikiye katlanarak sırasıyla 24 ay, 12 ay ve 6 ay olarak uygulanır. (İsa ve Can, 2016)

Çizelge 2.3. Hareketli ekipman kategorisindeki gereksinimlere bakış (İsa ve Can, 2016)

Önlem	Hareketli Soğutma Ekipmanı			Taşıt A/C Ekipmanı	
	MRX	MRA	MRB	MAX	MAC
Kaçığın önlenmesi ve en kısa sürede tamiri (Madde 3)	✓	✓	✓	✓	✓
Sertifikalı personel ve şirket tarafından montaj, bakım veya servis hizmeti (M. 3)		✓ (*)	✓ (*)		
Sertifikalı personel tarafından sızdırmazlık kontrolleri (M. 4)			12 ay (**)		
Kaçak izleme sisteminin kurulması ve 12 ayda bir kontrolünün yapılması (M. 3)			✓		
Kayıt tutma (M. 6)		✓	✓		
Cihazın hurdaya terk edilmesi ve eğer uygunsuzsa bakım ve servisi esnasında sertifikalı personel tarafından f-gazın geri toplanması (M.8 ve 10) (***)	Sertifikalı personelle		✓		
	Eğitim belgeli personelle				✓
	Uygun kalifiye personelle	✓			✓
Cihazın etiketlenmesi (Madde 12)	✓	✓	✓	✓	✓

(*) Yalnızca servis personeli sertifikalı olmalı, servis şirketi için gerek yoktur.

(**) Eğer sabit soğutma ve iklimlendirme ekipmanı kaçak izleme sistemi ile donatılmış ise, MRB sınıfı için sızdırmazlık kontrol periyodu ikiye katlanarak 12 aya çıkar.

(***) Eğer teknik olarak uygulanabilir ve maliyet makul seviyelerde ise (Madde 8 (3) (EU) No 517/2014). (İsa ve Can, 2016)

3. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Bir soğutma çevriminde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama nakledilmesinde ara madde olarak yararlanılan soğutucu akışkanlar ısı alış – verişini genellikle sıvı halden buhar haline (soğutucu – evaporatör devresinde) ve buhar halden sıvı hale (yoğuşturucu – kondenser devresi) dönüşerek sağlarlar. Bu durum bilhassa buhar sıkıştırma çevrimlerinde geçerlidir.

Soğutucu akışkanların, yukarıda tarif edilen görevleri ekonomik ve güvenilir bir şekilde yerine getirebilmesi için bazı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler, uygulama ve çalışma şartlarının durumuna göre değişeceği gibi her zaman bu özelliklerin hepsini yerine getirmek mümkün olmayabilir. Genel kayide olarak bir soğutucu akışkanlığı aranması gereken özelliklerin hepsini birden her şart altında yerine getire bilen üniversal bir refrijeran bir madde (soğutucu akışkan) mevcut değildir. Fakat, yukarıda da belirtildiği gibi, uygulamadaki şartlara göre bunlardan bir kısmı aranmaya bilir.

Bilhassa emniyet ve güvenilirlik yönünden iyi olan, ayrıca iyi bir ısı özelliği de sahip olan refrijeran madde için 1920' lerde yapılan araştırmalar Fluokarbon refrijeranların (florine edilmiş hidro karbonların) bulunmasına sağlamıştır. Halo karbon (halojene edilmiş hidro karbonlar) ailesinden olan fluo karbonlar, metan (CH₄) veya etan (C₂H₆) içerisindeki hidrojen atomlarından bir veya birkaçının yerine sentez yoluyla klor, flor veya brom (halojen) atomları yerleştirmek suretiyle elde edilmektedir. Fluo karbonlardan en sık rastlananlar; metandaki 4 hidrojen atomu yerine 2 klor ile 2 flor ikame edilen Dichloro – difluoro – methane / CCl₂F₂ (freon – 12 veya R12) ve gene metandaki 4 hidrojen yerine bir klor ile 2 flor atomu yerleştirilen Chlorodifluoromethane (freon – 22 veya R22) soğutucu akışkanlarıdır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1. En Sık Rastlanan Diğer Soğutucu Akışkanların Tipik Özellikleri

3.1.1. R11 :

R11 (CCl₃F), düşük basınçlı (0 °C de 0.40 bar) bir soğutucudur. Ağırlıklı olarak 350 kW –10.000 kW soğutma kapasitesi aralığında olan santrifüj su soğutucu ünitelerde (chiller) kullanılmaktadır. Bütün dünyada 60.000 adet su soğutucu

ünitede R11 kullanıldığı tahmin edilmektedir. Ozon tahribatı nedeniyle üretimi durdurulmuştur. Yanmaz ve kokusuzdur. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.2. R12 :

Bugüne kadar soğutma maksadı ile en çok kullanılan soğutucu akışkanlardandı.Ancak ozon tabakasına olumsuz etkilerinden dolayı şuan kullanımı yasaklanmış olan bir soğutucu akışkandır.Bunun yanında zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması sebebiyle tamamen emniyetli bir maddedir. Bunlara ilaveten, en ekstrem çalışma şartlarında dahi stabil ve bozulmayan, özelliklerini kaybetmeyen bir maddedir. Ancak, açık bir aleve veya aşırı sıcaklığa haiz bir ısıtıcı ile temas ettirilirse çözüşür ve zehirli bileşkelere ayrışır. Kondenserde, ısı transferi ve yoğuşma sıcaklıkları bakımından oldukça iyi bir durum gösterir. Yağlama yağı ile tüm çalışma şartlarında karışabilir ve yağın kompresöre dönüşü basit önlemlerle sağlanabilir. Yağı çözücü (Solvent) özelliği, kondenser ve evaporatör ısı geçiş yüzeylerinde yağın toplanıp ısı geçişini azaltmasını önler. Buharlaşma ısısının düşük olması sebebiyle sistemde dolaşması gereken akışkan debisi fazladır. Fakat bu önemli bir mahzur hacmi R – 22, R – 500 ve R – 717 (Amonyak) dan çok farklı değildir. Birim soğutma için harcanan beygir gücü de takriben aynı seviyededir. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.3. R123 :

R123 (CHCl_2CF_3), santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılan ve R11'e en uygun olan alternatif soğutucu maddedir. R11'evaporatör metalik olmayan malzemeleri etkileme gücü daha fazladır. Dolayısıyla R123'evaporatör geçişte tüm kauçuk esaslı malzeme değiştirilmelidir. R11'evaporatör göre daha düşük enerji verimine sahiptir. Zehirleyici özelliği nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler gerektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak maksimum doz 10 ppm'dir. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.4. R134A :

R134a ($\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$), termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en

uygun olan alternatiftir. Ticari olarak da temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında ve / veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklık için çift kademeli sıkıştırma gerekmektedir. R134a, mineral yağlarla uyumlu olmadığından polioller veya poliollerle uyumlu bazlı yağlarla kullanılmalıdır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.5. R401A :

R22, R124 ve R152a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %52 / 33 / 15 oranında) ve R12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA MP39 adıyla piyasaya sunulmuştur. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.6. R402A :

R22, R125 ve R290'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %38 / 60 / 2 oranında) ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP80 adıyla piyasaya sunulmuştur. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.7. R404A:

R32 ve R125'den oluşan (ağırlıkça %50 / 50 oranında) ve R22 için alternatif kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. Teorik termodinamik özellikleri R22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. R22 – R410A dönüşümünde sistemin yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu değişim yapıldığı takdirde sistem verimi R22'ye göre %5 daha iyi olmaktadır. Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajdır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.8. R407C :

407C, R32, R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla %20 / 40 / 40, %10 / 70 / 20 ve % 23 / 25 / 52 oranlarında) ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımlardır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.9. R410A:

R410A soğutma sistemlerinde kullanılan yeni bir soğutucu akışkandır. Türkiye klima pazarında sıklıkla kullanılan R22 gazının da dahil olduğu HCFC'lerin ozon tabakasına zarar verdikleri belirlenince, bu tür gazların kullanımına Montreal Protokolü ile global olarak üretim ve kullanımına yönelik birtakım sınırlamalar getirilmiştir. Bu nedenle de HCFC'lere alternatif olarak HFC'ler (hydrofluorocarbon) geliştirilmiştir.

R410A gaz, ozon tüketim katsayısının sıfır oluşu ile çevreye dost bir gazdır. R410A gaz ayrıca yüksek çalışma basınçları ve soğutma kapasitesine sahiptir. İklimlendirme sistemlerinde kullanılan R410A gaz türleri çevreciliğinin yanında enerji verimliliğini de büyük ölçüde artırmaktadır. Klimaların çalışma performanslarını yükselten R410A gazlar basınç kaybını önemli oranda azaltır. (Mitsubishi Klima, 2018) R32 ve R125'den oluşan (ağırlıkça %50 / 50 oranında) ve R22 için alternatif kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. Teorik termodinamik özellikleri R22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. R22 – R410A dönüşümünde sistemin yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu değişim yapıldığı takdirde sistem verimi R22'ye göre %5 daha iyi olmaktadır. Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajdır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.10. R500 :

R500, R12 ve R152a'dan oluşan bir azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça % 73.9 R12, % 26.2 R152a'dır. Düşük oranda R12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R12'ye göre daha iyi COP değerine ve % 10 – 15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.11. R502:

R502, R22 ve R115'den oluşan bir azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça % 48.8 R22, % 51.2 R115'tir. En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır. Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. -20, -40 °C aralığında R22'den % 1 ile % 7 arasında daha yüksek olmaktadır. COP değeri çalışma koşullarına bağlı olarak R22'den %5 - 15 daha yüksektir. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.12. R507 :

R507, R125 ve R134a'dan oluşan (ağırlıkça %50 / 50 oranında) R502 için kabul edilen bir alternatiftir. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ50 adıyla piyasaya sunulmuştur. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.13. R717 (NH₃ = AMONYAK):

Amonyak, azot ve hidrojenden oluşan renksiz ve kötü kokulu bir gazdır. Kimyasal formülü NH₃'tür. Azot içeren gübre, ilaç, boya, parfüm gibi maddelerin sentezlenmesinde ilk aşamadır. OH⁻ iyonu içermediği halde zayıf baz özelliği gösterir. Gazlaşma gizli ısı çok yüksek olduğundan sanayi tesislerinde soğutucu madde olarak da kullanılır. Molekül ağırlığı 17,0304 g/mol, 1 Atmosfer basıncında kaynama noktası -33.34oC (239.81 K) dir. Molekül şekli üçgen piramittir. Molekülleri polar olduğundan su içinde yüksek oranda çözünür. Zehirleyici etkisinin fazla önem taşımadığı hallerde, büyük kapasiteli tesislerde, soğuk depoculukta, buz üretiminde, buz pateni sahalarında ve donmuş paketleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.14. R13 :

R13 (CClF₃), -70 0C ile -45 0C arasında kullanılan düşük sıcaklık soğutucusudur. Az sayıda endüstriyel soğutma tesisinde kullanılmaktadır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.15. R13B1 :

R13B1 (CBrF3), -700C /-45 0C aralığında endüstriyel soğutucularda kullanılmaktadır. Yüksek ozon tüketme kapasitesi nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.16. R114 :

R114 (CClF2), yanmayan ve zehirli özelliği olmayan bir soğutucu maddedir. 80 0C – 120 0C arasında endüstriyel ısı pompalarında kullanılmaktadır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.17. R143a :

R143a (CF3CH3), R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Yanıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz önünde tutulmalıdır. Sera etkisi R134a'ya göre iki kat daha fazladır. R125 R134a ile birlikte değişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışımlar (R404A gibi) elde etmek için kullanılmaktadır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.18. R125 :

R125 (CF3CHF2), R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. R143 gibi amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Yanma özelliği yoktur. Ancak sera etkisi R134a'dan iki kat daha fazladır. R134a, R143a R32 ile (örneğin R404A veya R407A gibi) değişik oranlarda kullanılarak R502 alternatifi karışımlar elde edilmektedir. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.1.19. R152a :

Ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan (R12'nin %2'si kadar) R152a (C2H4F2), ısı pompalarında R12 ve R500 için alternatif olarak kabul edilmiştir. R12 ve R134a'dan daha iyi COP'a sahip olan R152a mineral yağlarla da iyi uyum sağlamaktadır. Yanıcı ve kokusuz olan R152a zehirleyici

özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel özellikleri R12 ve R134a'ya çok yakındır. Bu yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaz. Hacimsel soğutma kapasitesi R12'den %5 daha düşüktür. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

Çizelge 3.1. Karışım ile elde edilmiş başlıca soğutucu akışkanlar (Frigoteknik Soğutma, 2018)

Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)
R401A	% 52 R22 + % 33 R124 + % 15 R152a
R402A	% 38 R22 + % 60 R125 + % 2 R290
R404A	% 44 R125 + % 4 R134a + % 52 R143a
R407A	%20 R32 + % 40 R125 + % 40 R134a
R407B	%10 R32 + % 70 R125 + % 20 R134a
R407C	%23 R32 + % 25 R125 + % 52 R134a
R410A	%50 R32 + % 50 R125
R500	% 73,8 R12 + % 26,2 R152a
R502	% 51,2 R115 + % 48,8 R22
R507	% 50 R125 + % 50 R143a

3.2. Soğutucu Akışkanlarda Aranılan Özellikler

- ✓ Pozitif buharlaşma basıncı olmalıdır. Hava sızmasını dolayısıyla havanın getirdiği su buharının soğuk kısımlarda katılarak işletme aksaklıklarına meyden vermesini önlemek için buharlaşma basıncının çevre basıncından bir miktar üzerinde olması gerekir.
- ✓ Düşük yoğuşma basıncı olmalıdır. Yüksek basınca dayanıklı kompresör, kondenser, boru hattı gibi tesisat olmalıdır.
- ✓ Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır. Buharlaşma gizli ısı ne kadar yüksek olursa sistemde o oranda gaz akışkan kullanılacaktır.
- ✓ Kimyasal olarak aktif olmamalıdır, tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması, yağlama yağının özelliğini değiştirmemesi gerekir.
- ✓ Yanıcı patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- ✓ Kaçakların kolay tespitine imkan veren özellikte olmalıdır.(Koku, renk)

- ✓ Ucuz olmalıdır.
- ✓ Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- ✓ Dielektrik olmalıdır.
- ✓ Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.
- ✓ Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- ✓ Özgül hacmi küçük olmalıdır.
- ✓ Viskozitesi düşük olmalıdır. (Frigoteknik Soğutma, 2018)

3.3. Yaygın Soğutucu Akışkanlar Ve Kimyasal İsimleri

R500 serisi azeotrop karışımları R500 = freon-500, R502 = freon-502, R400 serisi azeotrop olmayan karışımları, ayrıca halokarbon olmayan akışkanlardaki rakam o gazın atom ağırlığını gösterir.

Örnek: NH₃, R717 olarak numaralandırılmıştır.

Karışım ve inorganik soğutucu akışkanların dışındaki CFC, HCFC ve HFC gruplarındaki soğutucu akışkanlar aşağıda belirtilen sisteme göre numaralandırılırlar. Eğer atom sayıları eşit ve aynı ise karbon yörüngesindeki dizilişlerine ve bulunuş sırasına göre sonlarına a,b,c veya A,B,C gibi harf verilir (Örneğin R134, R134a, R134b). Buradaki R harfi İngilizce (Refrigerant) soğutucu akışkan teriminin karşılığıdır ve Amerikan normlarında kullanılır. Almanlar ise Freon ifadesinden gelen F harfini kullanırlar.

CFC, HCFC ve HCF gruplarındaki soğutucu akışkanların numaralandırılması;

I. sayı = Karbon-1 (eğer 0 ise yazılmaz)

II. sayı = Hidrojen+1

III. sayı = Flor

R12, dikloro difloro metan (CCL₂F₂)

R22, monokloro difloro metan (CHCLF₂)

R124, Monokloro tetrafloro etan (CHCLFCF₃)

R134, Tetra floroetan (CHF₂CHF₂)

R134a, Tetra floretoan (CHF₂CHF₂) (Frigoteknik Soğutma, 2018)

Çizelge3.2. Başlıca Saf Soğutucu Maddeler(Frigoteknik Soğutma, 2018)

Soğutucu Madde	Kimyasal Tanımı	Kimyasal Formülü
R11 (CFC11)	Triklorflormetan	CFCL ₃
R12 (CFC12)	Diklorflormetan	CF ₂ CL ₂
R13 (CFC13)	Klortriflormetan	CCLF ₃
R13B1 (BFC13)	Bromtriflormetan	CBRF ₃
R22 (HCFC22)	Klordiflormetan	CHF ₂ CL
R23 (HCF23)	Triflormetan	CHF ₃
R32 (HCF32)	Diflormetan	CH ₂ F ₂
R113 (CFC113)	Triklortrifloretan	C ₂ F ₃ CL ₃
R114 (CFC114)	Diklortetrafloretan	C ₂ F ₄ CL ₂
R115 (CFC115)	Klortentafloretan	C ₂ F ₅ CL
R123 (HCFC123)	Diklortrifloretan	C ₂ HF ₃ CL ₂
R125 (HFC125)	Pentafloretan	CF ₃ CHF ₂
R134a (HCF134a)	Tetrafloretan	C ₂ H ₂ F ₄
R141b (HCFC141b)	Flordikloretan	C ₂ CL ₂ FH ₃
R143a (HFC143a)	Trifloretan	CF ₃ CH ₃
R152a (HCF152a)	Difloretan	C ₂ H ₄ F ₂
R290 (HC290)	Propan	C ₃ H ₈
R600 (HC600)	Bütan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
R600a (HC600a)	İzobütan	CH(CH ₃) ₃
R717	Amonyak	NH ₃
R718	Su	H ₂ O
R744	Karbondioksit	CO ₂
R764	Sülfürdioksit	SO ₂

4. KAYNAK ÖZETLERİ

Rice (1988b), klima uygulamalarında kullanılan pistonlu kompresöre sahip bir havadan havaya ısı pompası sisteminde toplam ısı değiştiricisi alanını parametre olarak seçerek sistem optimizasyonu yapmıştır. Çalışmasında öncelikle literatürdeki veri eksikliğinden bahsetmiş ve değişken hızlı sürücü teknikleri hakkında bilgiler vererek bunlarla çalışan kompresör ve üfleyicileri karşılaştırmıştır. Analitik çalışmasında, sayısal optimizasyon programı kullanarak ısı pompası modelini R22 soğutucu akışkanı için oluşturmuştur. Elde ettiği optimum ısı pompası konfigürasyonu ve optimum kompresör hızı sonuçlarını kullanarak değişken hızlı sürücüler için uygun çalışma şartlarını belirlemiştir. Ayrıca bu analizlerin sonucunda değişken ısı pompası şartları için hız kontrollü kompresör verimi hakkında tespitler yapmıştır.

Miller (1988), değişken hızlı havadan havaya çalışan bir ısı pompası üzerinde deneysel ve analitik incelemeler yapmıştır. Çalışmasında 9.7 kW soğutma kapasitesine sahip bir sistem kurmuş ve çevresel şartlarda deneyler yapmıştır. Kompresör motor frekansını 15 Hz ile 90 Hz arasında değiştirerek ısı değiştiricileri, kompresör ve üfleyici gibi sistem bileşenlerinin çevrim verim karakteristiklerini ölçmüştür. Elde ettiği sonuçlara göre, kompresör hızının sürekli olarak ayarlanmasıyla sistem verimi önemli ölçüde artmış, dolayısıyla enerji tüketimi azalmıştır. Sistem verimindeki bu artışı, soğutma yükünün, çevrim kayıplarının, ısı değiştiricisi yükünün ve defrost kayıplarının azalmasına bağlamıştır.

Perreira ve Parise (1993), ısı pompalarında kullanılan pistonlu kompresörlerde kapasite kontrolü üzerine bir araştırma yapmışlardır. İnceledikleri sistem, açık tip bir pistonlu kompresör, su soğutmalı kondanser, su soğutmalı evaporatör ve genişleme valfinden oluşmaktadır. Sistemde R12 soğutucu akışkanı kullanılarak beş farklı kontrol yöntemini incelemişlerdir. Bu kontrol yöntemleri, değişken hız, değişken hacim, basma gazının by-pass edilmesi, emiş gazının kısılması ve emiş valfinin kapatılmasıdır. Yaptıkları simülasyonda, değişken hız ile değişken hacim değerleri için kompresör verileri kullanılmıştır. Diğer parametreler için

matematiksel model oluşturulmuştur. Beş farklı sistem parametresinin karşılaştırılabilmesi için ısıtma performans katsayısı ve kompresör basma sıcaklığı değerleri tespit edilmiştir. Model sonuçlarına göre kapasite kontrolü için en iyi sonuçları değişken hız ve değişken hacim kontrol mekanizmaları vermiştir. Değişken hızlı kapasite kontrolünde, soğutucu akışkan debisi arttıkça volümetrik verim düşmüş, güç tüketimi ile basma sıcaklığı artmıştır. Diğer bir sonuca göre, kondanser suyu çıkış sıcaklığı kompresör hızıyla beraber artmıştır.

Rasmussen vd. (1997), ev tipi buzdolaplarında kullanılan kompresörlerde değişken hızlı sürücü teknolojisi kullanarak enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik incelemeler yapmışlardır. Çalışmalarında, üç fazlı indüksiyon motorlu kompresör üzerinde darbe genişlik modülasyonlu frekans değiştiricisi kullanmışlardır. Kompresör performansının belirlenmesi için düzenek üzerinde motor torkunu ölçen bir cihaz ile güç analizörü kullanarak kompresör motorunun 1500 d/d ile 5000 d/d arasındaki çalışma karakteristiklerini ölçmüşlerdir.

Rasmussen ve Ritchie (1997), yapmış oldukları araştırma projesinin ikinci safhasında yine ev tipi bir buzdolabında kullanılan kompresörde değişken hızlı sürücü kullanarak enerji tüketiminin azaltılmasını incelemiştir. Diğerinden farklı olarak bu çalışmada kompresörü üç fazlı sürtünmesiz DC motor ile tahrik etmişler ve motor frekansı için darbe genişlik modülasyonlu frekans değiştiricisi kullanmışlardır. Kompresör motorunun 1500 d/d ile 5000 d/d arasındaki çalışma karakteristiklerini ölçmüşler ve motor veriminin shaft torkundan doğrudan etkilendiğini fakat hız ile çok az bir değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sistemin enerji tüketimi sonuçlarına göre % 40'lık bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Beaver vd. (1999), emiş akümülatörlü tek ve çift girişli direkt genişmeli konfigürasyonuna kıyasla, R744 konut klima sistemindeki sistem performansına ilişkin en iyi sistem konfigürasyonunun kontrollü flaş gaz bypass olduğunu kararlaştırdı. Direkt genişmeli konfigürasyonlarında kullanılan emme akümülatörü, evaporatörün önüne taşınarak, flaş gaz bypass konfigürasyonunda bir flaş tankı olarak görev yapması sağlanmıştır. Evaporatörün çıkış durumu flaş

gaz bypass hattında yer alan bir valf kullanılarak kontrol edildi. Flaş gaz bypass kullanarak, soğutucu akışkan dağıtımı büyük ölçüde geliştirildi. Evaporatörden çıkan havanın sıcaklığının, tüm evaporatör yüzeyi boyunca üniform ve ve sabit olduğu görüldü. Evaporatörün etkinliği, temel direkt genişmeli konfigürasyona kıyasla %17'ye kadar yükseldi. FGB yapılandırması, aynı soğutma kapasitesindeki diğer konfigürasyonlara kıyasla 4°C daha yüksek buharlaşma sıcaklığına sahiptir. Bunun bir sonucu olarak, kompresördeki sıkıştırma oranını düşüdüğü, izantropik verimliliğini artırır ve güç gereksinimini düşüdüğü ve sonuç itibariyle sistemin STK'sının direkt genişmeli temel konfigürasyonuna kıyasla % 20 daha fazla olduğu görülmüştür.

Elbel ve Hrnjak (2003) yaptıkları çalışma ile R744 sistemlerinde FGB yaklaşımının, soğutucu tarafındaki ısı transfer katsayısını arttırarak ve sistemin düşük basınç tarafındaki soğutucu akışkan tarafındaki basınç düşüşünü azaltarak sistem performansını iyileştirme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, FGB, evaporatör girişindeki soğutucu akışkan dağılımını geliştirerek, belirli bir kapasitede daha yüksek buharlaşma basınçlarında sistemi çalıştırma olanağı sunması nedeniyle de performans artışına yol açtı. Emiş akümülatörlü geleneksel doğrudan genişleme (DX) sistemiyle karşılaştırıldığında, aynı çalışma koşullarında çalıştırıldığında FGB sisteminin % 9'a kadar daha yüksek soğutma kapasitesi ve % 7 daha yüksek STK ile sonuçlandığı gösterilmiştir. Dış ortama ısı atma kabiliyeti sınırlı, yüksek dış ortam dış sıcaklıklarında çalışan veya soğutucu dağıtımındaki hatalara karşı duyarlı bir evaporatöre sahip sistemlerin FGB yaklaşımından fayda sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Yapılan sayısal analiz sonuçlarına göre, R744 ısı transfer katsayısındaki artışın (% 140'a kadar) yüksek olmasına rağmen asıl performans iyileştirmesinin soğutucu akışkan tarafındaki basınç düşüşündeki azalma (% 35'e kadar) nedeniyle olduğu görülmüştür. Ayrıca, basınç düşüşünde azalma, artan ısı transfer katsayısına göre soğutma kapasitesi ve STK iyileştirmeleri üzerinde yaklaşık beş kat daha fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Tuo ve Hrnjak (2012), direkt genişleme modunda normalde R134a ile çalışan bir mobil klima sisteminin performansını (tek geçiş olması için değiştirilmiş bir

mikrokanal evaporatörü ile birlikte), flaş gaz bypass (FGB) moduna geçirildiğinde önemli ölçüde iyileştirildiğini göstermektedir. Aynı kompresör hızında çalıştırıldığında, FGB modundaki sistem DX modundan% 4 -% 7 daha yüksek STK 'da yaklaşık% 13 -18 daha fazla soğutma kapasitesi üretmektedir. Kompresör hızı aynı soğutma kapasitesini koruyacak şekilde ayarlandığında STK % 37-55 oranında iyileşmektedir. İki ana neden belirlenmekte ve tartışılmaktadır: 1) geliştirilmiş soğutucu akışkan dağılımı ve 2) soğutucu akışkan basıncının düşürülmesi.



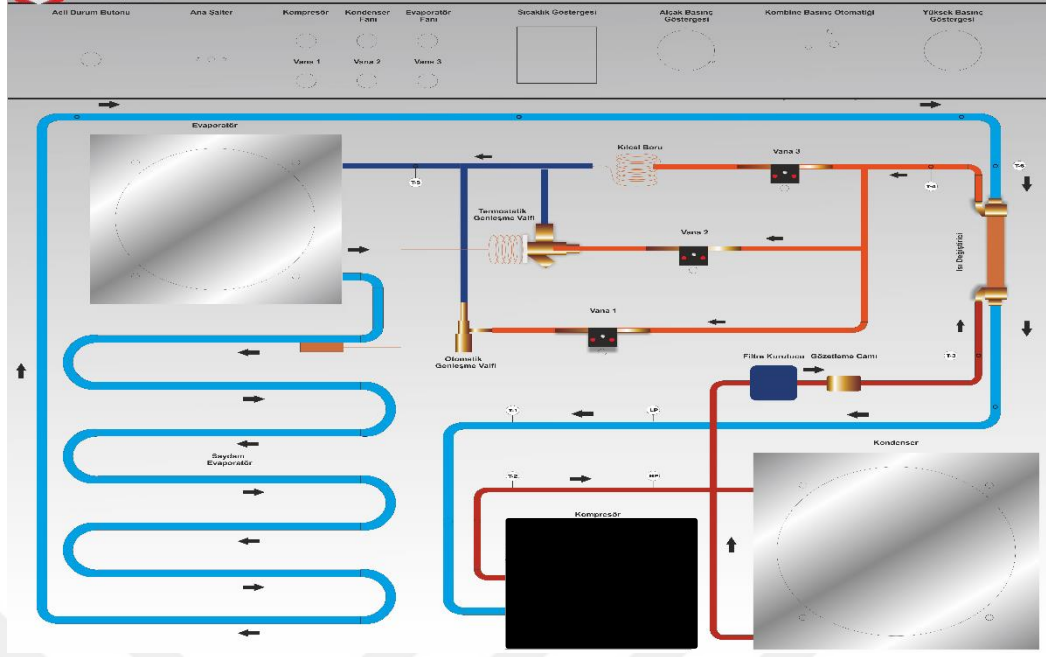
5. SEKTÖRDEKİ SOĞUTMA CİHAZLARI

Bu tezin amacı soğutma sistemlerinde flaş gaz kısa devre uygulamasının kullanılmasıyla enerji verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunmaktır. Literatür taramasından da anlaşıldığı üzere, flaş gaz kısa devre uygulamasının yapılabildiği bir eğitim seti mevcut değildir. Flaş gaz kısa devre uygulamasının tanınırlığının artırılması, uygulamalı eğitim süreçlerinde bu yöntemin yer almasının sağlanması amaçlanmaktadır. Flaş gaz kısa devre uygulamasıyla yeni bir eğitim seti geliştirdiğimiz bu tezin öncesinde, sektördeki soğutma eğitim setlerinin incelemesi yapılmıştır. Soğutma sistemleri alanlarında, farklı yöntemlerinin deneysel olarak görülebildiği cihazlar ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

5.1. Temel Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti mekanik sıkıştırmalı soğutma çevriminin temel özelliklerini göstermek için hazırlanmış olup farklı genişleme seçenekleri ile saydam evaporatör de soğutucu akışkanın buharlaşma işlemi gözlenebilmektedir. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2,5 civarındadır.

Eğitim seti temel soğutma çevrimini ve elemanlarını öğretmek amacıyla tasarlanmıştır. Kondenser, evaporatör, genişleme valfi, kompresör, kılcal boru, filtre kurutucu gibi temel elemanlar olarak tanıtılmakta ve işlevleri anlatılmaktadır. Basınç-entalpi diyagramı olarak R-134a gazına ait lnP-h diyagramı kullanılmaktadır. Otomatik genişleme valfi ile termostatik genişleme valfinin karşılaştırılması yapılabilmektedir. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.1.'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Temel Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

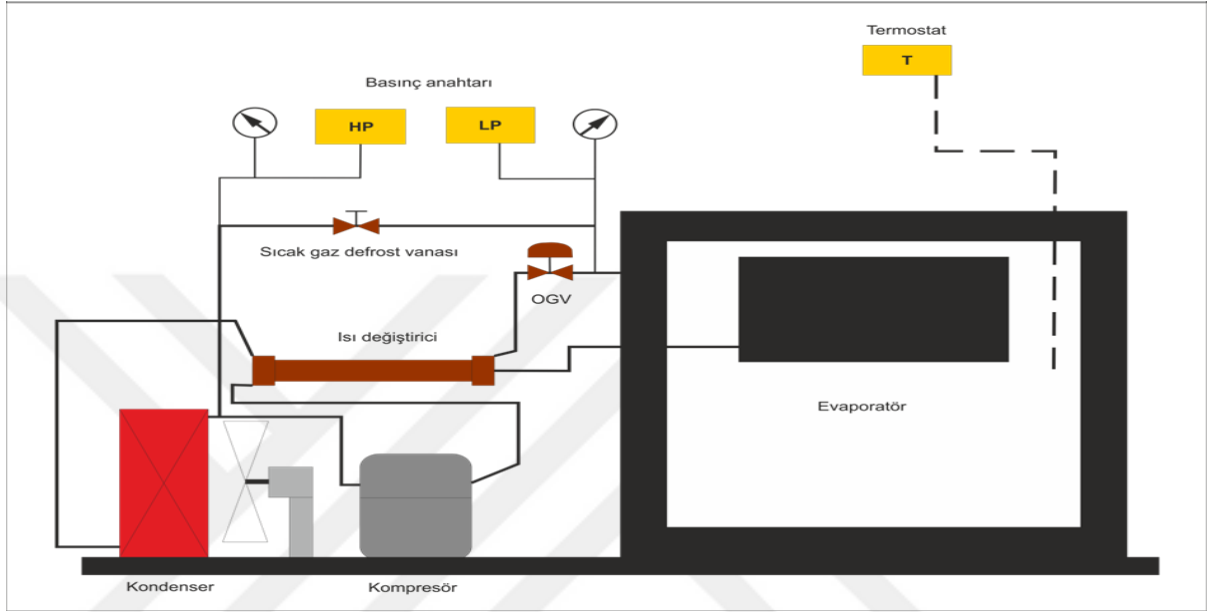
1. Hermetik pistonlu kompresör bulunmaktadır.
2. Zorlanmış hava kanatçıklı kondenser bulunmaktadır.
3. Zorlanmış hava kanatçıklı evaporatör bulunmaktadır.
4. Saydam evaporatör bulunmaktadır.
5. İçten dengelemeli termostatik genleşme valfi bulunmaktadır.
6. Evaporatör kızgınlık kontrolü bulunmaktadır.
7. İç içe borulu ısı değıştirici bulunmaktadır.
8. Kombine basınç anahtarı bulunmaktadır.
9. 6 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.2. Soğuk Depo Eğitim Seti

Bu eğitim seti; soğuk hava depolarının temel çalışma işlevlerini göstermek amacıyla hazırlanmıştır. Soğuk hava depoları günümüzde yiyecek, içecek vb.

maddelerin bozulmasını önlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 1-3 aralığındadır.

Bu deney setinde otomatik genişleme valfi kullanılarak farklı kızgınlıkta soğuk odanın ortam sıcaklığı ayarlanabilmektedir ve bu sıcaklığa bağlı olarak defrost işlemi yapılabilir. Soğuk depo eğitim setinin devre şeması şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Soğuk Depo Eğitim Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

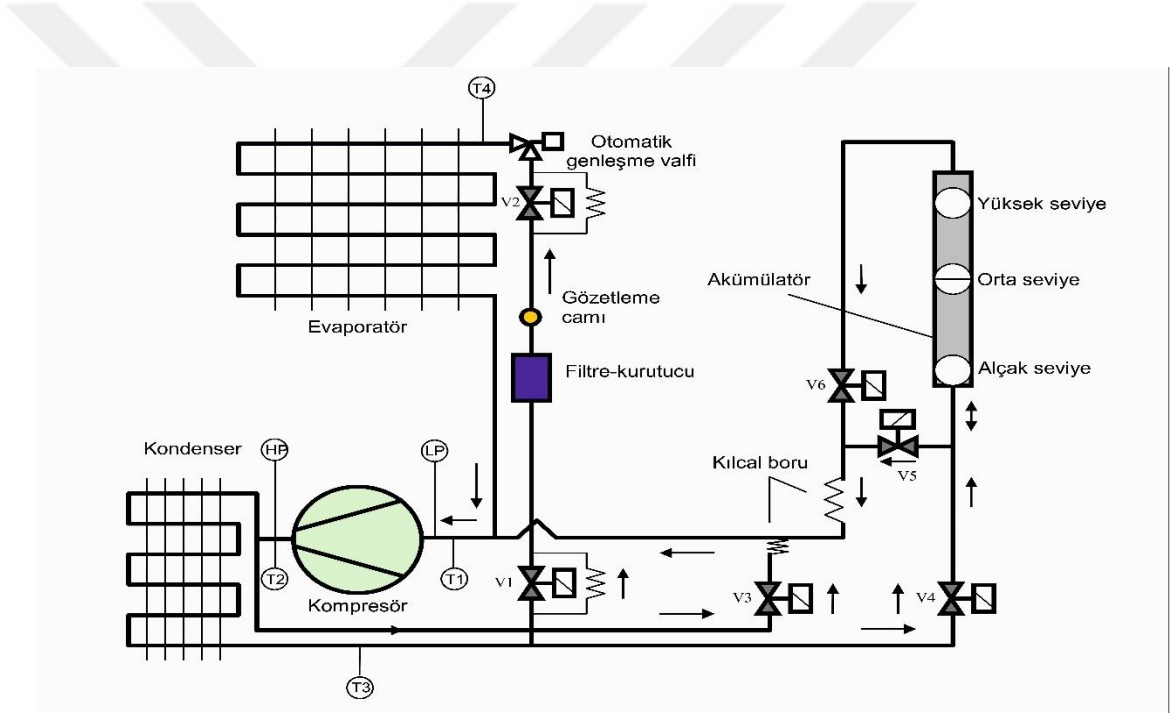
Teknik Detaylar

- Hermetik pistonlu kompresör bulunmaktadır.
- Zorlanmış hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Aksiyal kondenser fanı bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- Poliüretan gövdeli paslanmaz depo bulunmaktadır.
- İç içe borulu ısı değiştirici bulunmaktadır.
- 6 noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.3. Soğutma Arıza Bulma Deney Seti

Bu eğitim seti temel soğutma çevrimi arızalarının oluşturularak arızalarla ilgili belirtileri deney etmek için tasarlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Bu eğitim setinde soğutmada oluşabilecek; filtre-kurutucunun kısmen tıkanması, genişleme valfinin kısmen tıkanması, kompresör kapasitesinin azalması, eksik soğutucu akışkanın bulunması, fazla soğutucu akışkanın bulunması gibi muhtemel arızalar oluşturularak sonuçlarının gözlenmesi amaçlanmıştır. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.3.'te verilmiştir.



Şekil 5.3. Arıza Bulma Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

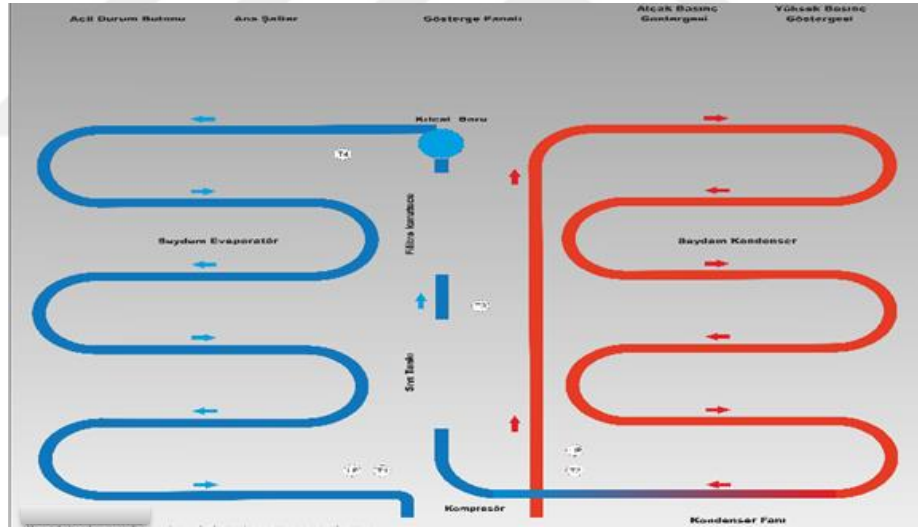
- Soğutma sisteminin normal çalışması görülebilmektedir.
- Filtre-kurutucunun kısmen tıkanması görülebilmektedir.
- Genleşme valfinin kısmen tıkanması görülebilmektedir.
- Kompresör kapasitesinin azalması görülebilmektedir.
- Sistemde eksik soğutucu akışkan bulunması görülebilmektedir.

- Sistemde fazla soğutucu akışkan bulunması görülebilmektedir.
- Karlanmış evaporatör arızası görülebilmektedir. (Deneysan Katalog,2017)

5.4. Saydam Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti üzerinde soğutucu akışkanın kaynaması, yoğunlaşması, genişlemesi (flaş gaz) ve yağın sürüklenmesi gözlenebilir. Soğutma mesleğine yeni başlayan öğrenciler için çok faydalı bir cihazdır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 1,5 civarındadır.

Bu eğitim setinde soğutma çevrimi ve PH diyagramının 4 bölgesi olan; kızgın buhar, sıvı hattı, genleşme hattı ve doymuş buhar hatları şeffaf olarak gözlenebilmektedir. Saydam soğutma eğitim seti devre şeması Şekil 5.4.'te verilmiştir.



Şekil 5.4. Saydam Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

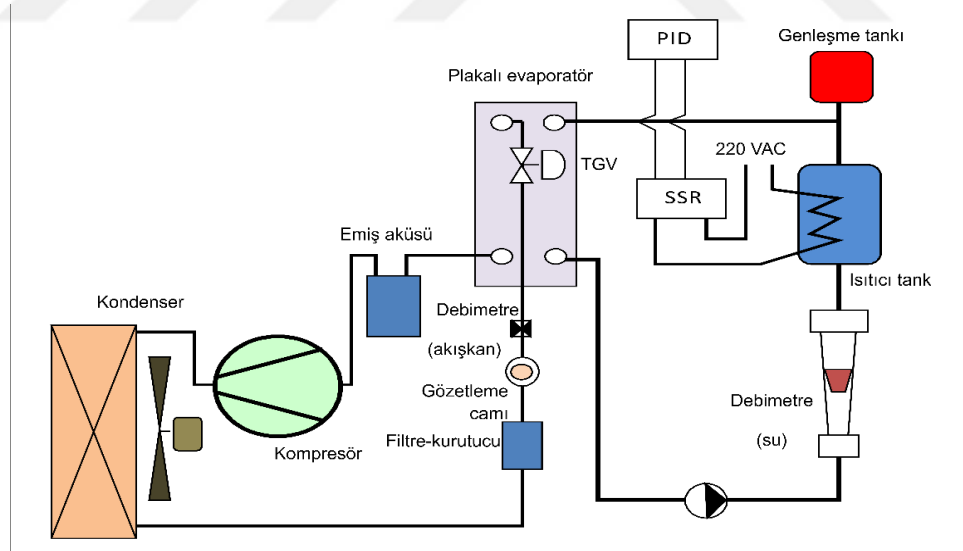
- Hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Şeffaf kondenser bulunmaktadır.
- Radyal kondenser fanı bulunmaktadır.
- Şeffaf evaporatör bulunmaktadır.

- Sıvı tankı bulunmaktadır.
- Kılcal boru bulunmaktadır.
- Alçak-yüksek basınç göstergeleri bulunmaktadır.
- Dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.5. Su Soğutma Grubu (Chiller) Eğitim Seti

Bu eğitim seti yaygın endüstriyel soğutma uygulaması olan su soğutma gruplarının çalışma prensiplerinin kavranmasına yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2,2 civarındadır.

Chiller; Soğutucu sistemlerin diğer bir şeklidir. Sistem aynıdır yalnız bu Chiller soğutucularının bakır boru içinde dolaşan gaz kütlesini soğutmak için soğutucu olarak suyun kullanıldığı sistemlerdir. Su Soğutmalı Chiller Modelleri havadar bir alanın mümkün olmadığı yerlerde genellikle kurulduğu mekanın veya işletmenin kazan dairelerinde yani bodrum veya zemin katlara montajı gerçekleştirilir. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.5.'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Su Soğutma Grubu Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

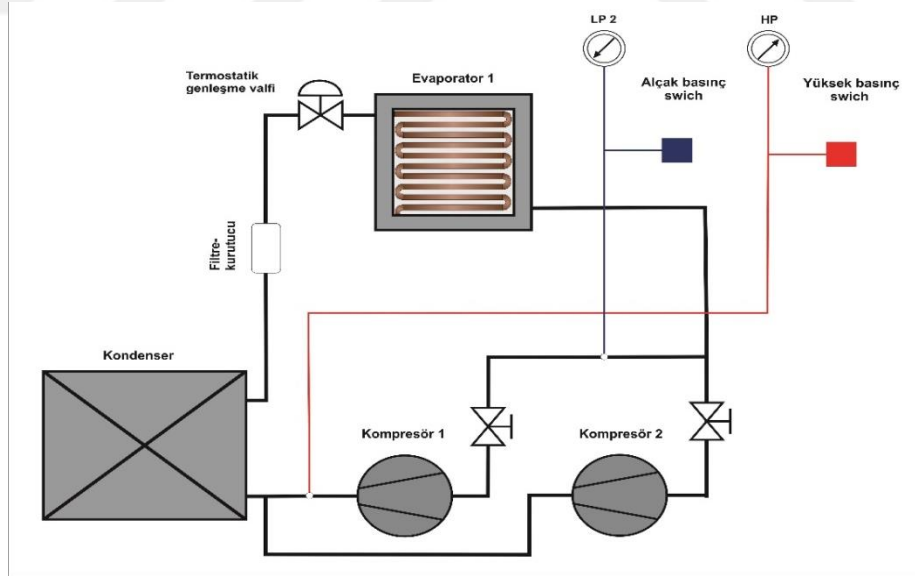
- Kombine basınç anahtarı bulunmaktadır.

- Frekans sürücü bulunmaktadır.
- Kompresör kapasite kontrolü bulunmaktadır.
- İmbisat tankı bulunmaktadır.
- Hava purjörü bulunmaktadır.
- Akış anahtarı bulunmaktadır.
- Dijital multimetre bulunmaktadır.
- Dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.(Deneysan Katalog, 2017)

5.6. Kompresör Kalorimetre Test Eğitim Seti

Bu eğitim seti hermetik ticari tip kompresörlerin soğutma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. 1/3, 1/4 ve 1/5 BG kapasitelerine uygundur. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Farklı kapasitedeki kompresörler kullanılarak kompresör soğutma kapasitelerini hesaplamak ve hacimsel verimlerini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.6.'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Kompresör Kalorimetre Test Eğitim Seti Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

- Hermetik kompresör bulunmaktadır.

- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- 20 litre su tankı bulunmaktadır.
- Sıvı seviye anahtarı bulunmaktadır.
- Fan hız kontrolü bulunmaktadır.
- 6 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.7. Kademeli Sıkıştırma Ekonomizörlü Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; kademeli sıkıştırma, ekonomizörlü mekanik soğutma çevriminin deneysel olarak incelemesini sağlamak için hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Eğitim setinde alçak ve yüksek basınç kompresörü kullanılarak kademeli sıkıştırma sağlanmıştır.

İki kademeli ekonomizörlü soğutma çevrimlerinde soğutma etkinlik katsayısı (STK) değeri tek kademeli soğutma sistemi, tek kademeli ısı değiştiricili soğutma sisteminde daha yüksek değerler vermektedir. Bu çevrim endüstriyel soğutma uygulamalarında derin soğutma yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Eğitim seti devresi Şekil 5.7.'de verilmiştir.



Şekil 5.7. İki Kademeli Ekonomizörlü Soğutma Eğitim Seti (Deneysan Katalog, 2017)

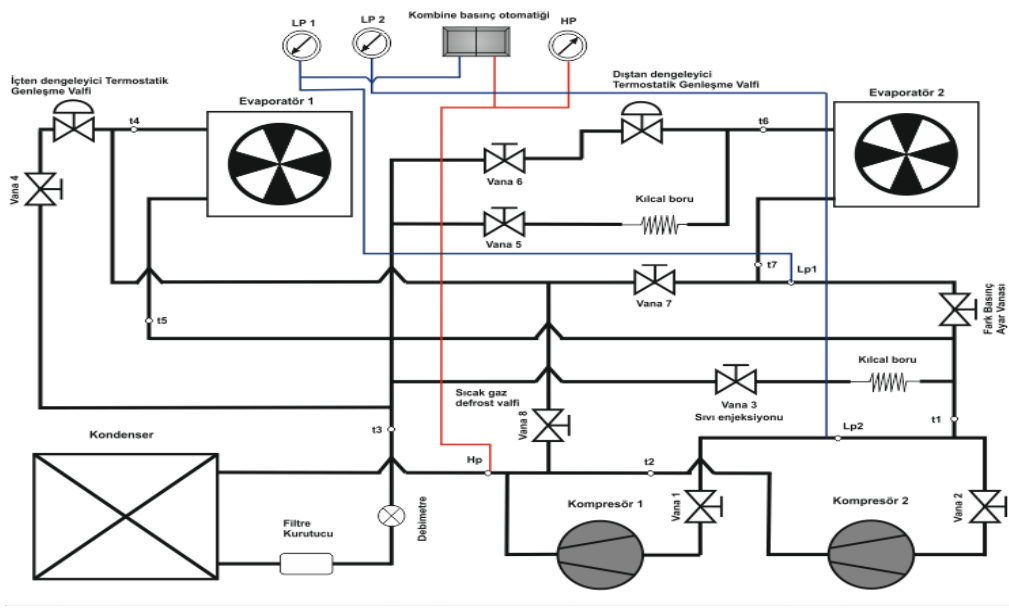
Teknik Detaylar

- Alçak basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Yüksek basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Otomatik genleşme valfi bulunmaktadır.
- İç içe borulu ısı değiştirici bulunmaktadır.
- Türbin tipi soğutucu akışkan debimetresi bulunmaktadır.
- 8 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.8. Çok Amaçlı Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin çok kapsamlı incelenmesini sağlayacak şekilde hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2,7 civarındadır.

Çok amaçlı soğutma eğitim setinde kompresör, evaporatör ve kondenser kapasitelerinin belirlenmesi teorik ve gerçek soğutma çevrimlerinin p-h diyagramı karşılaştırılması yapılabilmektedir. Akış kontrolünde içten ve dıştan dengelemeli termostatik valfler kullanılmıştır. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.8.'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Çok Amaçlı Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

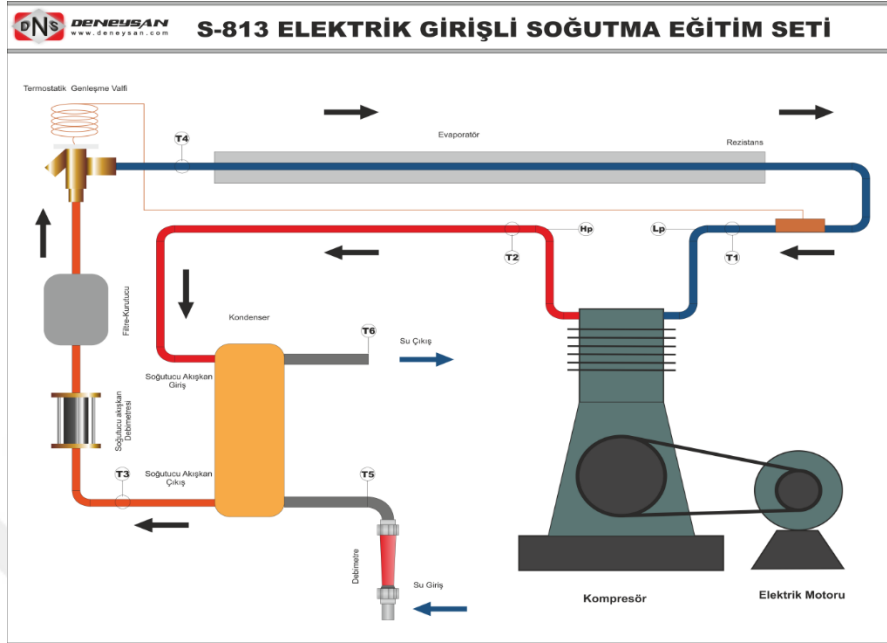
- Aksiyal fanlı kondenser bulunmaktadır.
- Aksiyal fanlı evaporatör bulunmaktadır.
- Kılcal boru bulunmaktadır.
- Genleşme valfi bulunmaktadır.
- Basıncı ayar vanası bulunmaktadır.
- Multimetre bulunmaktadır.
- 7 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.9. Elektrik Girişli Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; soğutma tekniği derslerinin uygulamalarında ve laboratuvar dersleri için kullanılmaktadır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Bu eğitim setinde kompresör elektrik motoruyla dıştan tahrikli olarak çalıştırılmakta ve plakalı kondenser kullanılmaktadır. R134-a soğutucu akışkanın

p-h diyagramı incelenebilmektedir. Elektrik Girişli Soğutma Eğitim Seti devre şeması Şekil 5.9.'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Elektrik Girişli Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

- Açık tip dıştan tahrikli kompresör bulunmaktadır.
- İç içe plakalı kondenser bulunmaktadır.
- Evaporatör ünitesi bulunmaktadır.
- Elektrikli evaporatör rezistansı bulunmaktadır.
- İ.D termostatik genleşme valfi bulunmaktadır.
- Kombine basınç anahtarı bulunmaktadır.
- Torkmetre bulunmaktadır.
- Dijital devir saati bulunmaktadır.
- Dijital multimetre bulunmaktadır.
- 6 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.
- Dijital multimetre bulunmaktadır.
- Alçak ve yüksek basınç göstergeleri bulunmaktadır. (Deneysan Katalog, 2017)

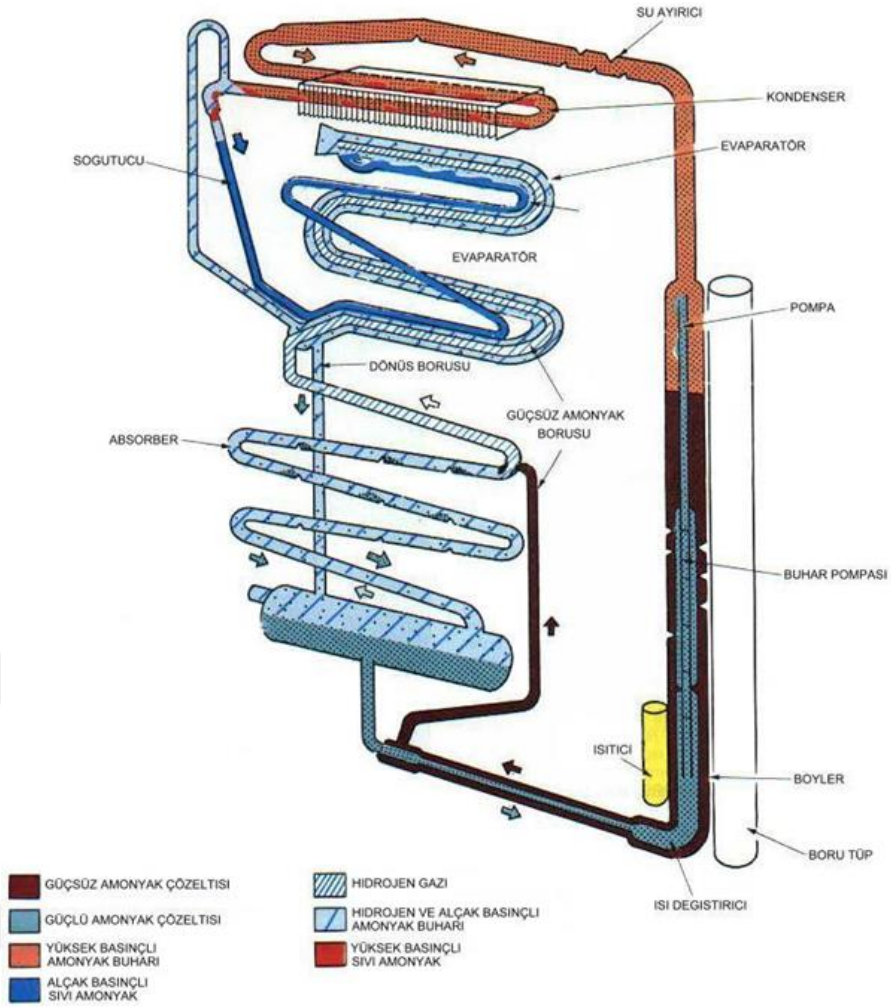
5.10. Absorbsiyonlu Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; amonyak-su karışimli absorpsiyonlu soğutma uygulamasını tanıtmak ve sıcaklık değişimlerini göstermek amacıyla hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 1,5 civarındadır.

Absorpsiyonlu soğutma çevrimleri iki akışkan çiftiyle çalışan sistemlerdir. Generatörde buharlaşarak soğutma işlemini yapan soğutucu akışkan ve absorberde soğurma işlemini yapan absorbentten oluşmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma sistemleri buhar sıkıştırma sistemlerine genel olarak benzemekle beraber bu sistemlerde kompresörün yerini absorber, generatör, genişleme valfi ve solüsyon pompası almaktadır. Absorpsiyonlu soğutma sistemi ile buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemi arasındaki tek fark kompresördür. Absorpsiyonlu sistemlerde, kompresör görevini kaynatıcı ve absorberden oluşan ısı eşanjörleri grubu gerçekleştirmektedir. Her iki sistemde de bir yoğuşturucu, bir kısılma vanası ve bir buharlaştırıcı bulunmakla beraber, absorpsiyonlu sistemde bunlara ilave olarak; absorber, pompa ve kaynatıcı bulunmaktadır. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.10.'da verilmiştir.

Teknik Detaylar

- Amonyak su karışimli sistem bulunmaktadır.
- 60 W rezistans bulunmaktadır.
- Dijital multimetre bulunmaktadır.
- 4 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.
- Şeffaf soğutma ünitesi bulunmaktadır.
- Elektriksel verilerin dijital olarak ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)



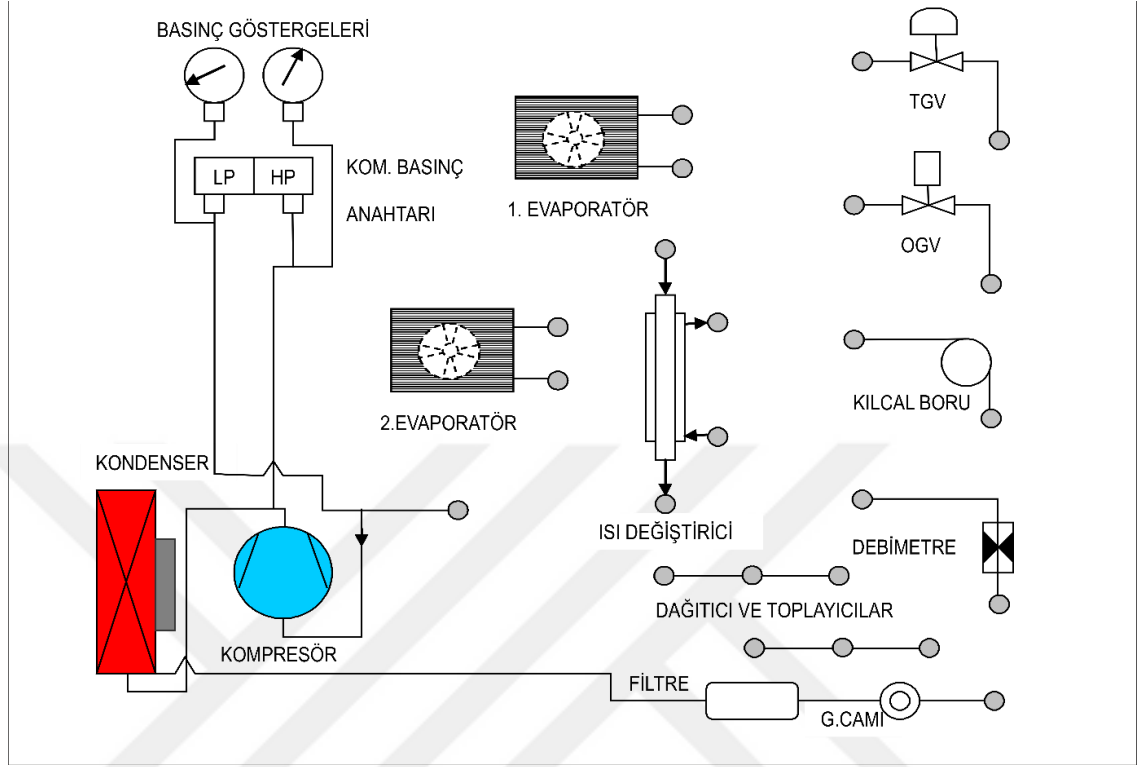
Şekil 5.10. Absorbsiyonlu Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

5.11. Modüler Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; farklı soğutma devre ve uygulamalarını çubuk bağlantılar yardımıyla düzenlemek amacıyla hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 1,5 civarındadır.

Sistem modüllerden oluştuğu için istenilen modüller eklenip çıkarılabilmektedir. Otomatik genleşme elemanı, termostatik genleşme valfi, kılcal boru gibi. Genleşme elemanları sistemde kolay bağlantılar için quick kaplinlerin gaz kaçağı problemlerinin önüne geçmek amacıyla siboplu bağlantı hortum ve rakorları

kullanılmıştır. Modüler Soğutma Eğitim Seti devre şeması Şekil 5.11.'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Modüler Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

- Hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- Kılcal boru bulunmaktadır.
- Alçak-yüksek-alçak basınç göstergeleri bulunmaktadır.
- Erkek dişi hızlı kaplinler bulunmaktadır.
- Dijital multimetre bulunmaktadır.
- 7 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.12. Vorteks Soğutma Eğitim Seti

Vorteks tüplerde 2 ayrı hava akışında sıcaklık farkı ortaya çıkmaktadır. Bu prensipten yararlanarak soğutma yapmak mümkündür. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Vorteks tüpler, bir basınçlı giriş akışını, eşzamanlı, biri soğumuş diğeri ısınmış iki akışa ayıran cihazlardır. Gecikmesiz olarak rejime giren, kontrol vanası hariç hiçbir hareketli parçaları olmayan bu cihazlar, birçok soğutma ve ısıtma problemine çözüm olabilmektedirler. Ebatlarının küçük ve hafif olmaları, gecikmesiz rejime ulaşmaları, kimyasal soğutkanlar gerektirmemeleri ve dolayısıyla ekolojik açıdan zararsız olmaları gibi bir çok özellikleri ile vorteks tüpler günümüzde bazı alanlarda kullanılmaktadır. Vorteks tüplerde sıkıştırılabilir akışkan olarak metan (CH_4), karbondioksit (CO_2) ve hava gibi akışkanların kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Vorteks tüpler genellikle hava ile çalıştırılmakta olup bu çalışmada da çalışma gazı olarak hava dikkate alınacaktır. Vorteks tüpler hava ile çalıştırıldığında ve literatürdeki değerler dikkate alındığında, limit çalışma değerlerinin soğuk akış için $-48\text{ }^\circ\text{C}$, sıcak akış için $+127\text{ }^\circ\text{C}$ olduğu görülmektedir. Eğitim seti devresi Şekil 5.12.'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Vorteks Soğutma Eğitim Seti Devresi(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

- Paslanmaz çelik vorteks tüpü bulunmaktadır.
- Vorteks tüpü en yüksek çalışma sıcaklığı min. 7 bar olmaktadır.
- 6 litre/saat akış miktarı bulunmaktadır.
- Dokunmatik LCD ekran bulunmaktadır.
- USB ile bilgisayar bağlantısı yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.13. Kademeli Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti; kademeli soğutma, mekanik soğutma çevriminin deneysel olarak incelenmesi için hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 1,5 civarındadır.

Eğitim setinde alçak ve yüksek basınç kompresörü kullanılarak kademeli sıkıştırma sağlanmıştır. İki kademeli soğutma çevrimlerinde soğutma etkinlik katsayısı (STK) değeri tek kademeli soğutma sistemi, tek kademeli ısı değiştiricili soğutma sisteminde daha yüksek değerler vermektedir. Bu çevrim endüstriyel soğutma uygulamalarında derin soğutma yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Kademeli Soğutma Eğitim Seti devresi Şekil 5.13.'te verilmiştir.



Şekil 5.13. Kademeli Soğutma Eğitim Seti Devresi(Deneysan Katalog, 2017)

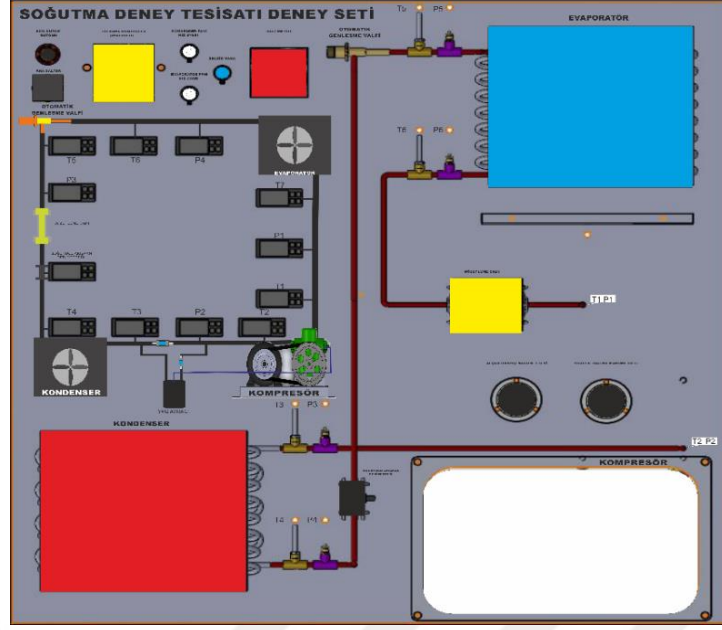
Teknik Detaylar

- Alçak basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Yüksek basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Otomatik genleşme valfi bulunmaktadır.
- İç içe borulu ısı değiştirici bulunmaktadır.
- Türbin tipi soğutucu akışkan debimetresi bulunmaktadır.
- Dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.14. Soğutma Tesisatı Deney Seti

Bu eğitim seti mekanik sıkıştırımlı soğutma çevriminin temel özelliklerini göstermek için hazırlanmış olup sistemde farklı nano akışkanlar ile saydam evaporatörde soğutucu akışkanın buharlaşma işlemi gözlenebilmektedir. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 3,5 civarındadır.

Eğitim seti temel soğutma çevrimini ve elemanlarını öğretmek amacıyla tasarlanmıştır. Kondenser, evaporatör, genleşme valfi, kompresör, kılcal boru, filtre kurutucu gibi temel elemanlar olarak tanıtılmakta ve işlevleri anlatılmaktadır. Basınç-entalpi diyagramı olarak R-134a gazına ait PH diyagramı kullanılmaktadır. Eğitim setinin devre şeması Şekil 5.14.'te verilmiştir.



Şekil 5.14. Soğutma Tesisatı Deney Seti Devre Şeması (Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

- Dıştan tahrikli kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- İçten dengelemeli termostatik genişleme valfi bulunmaktadır.
- Kombine basınç anahtarı bulunmaktadır.
- Dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

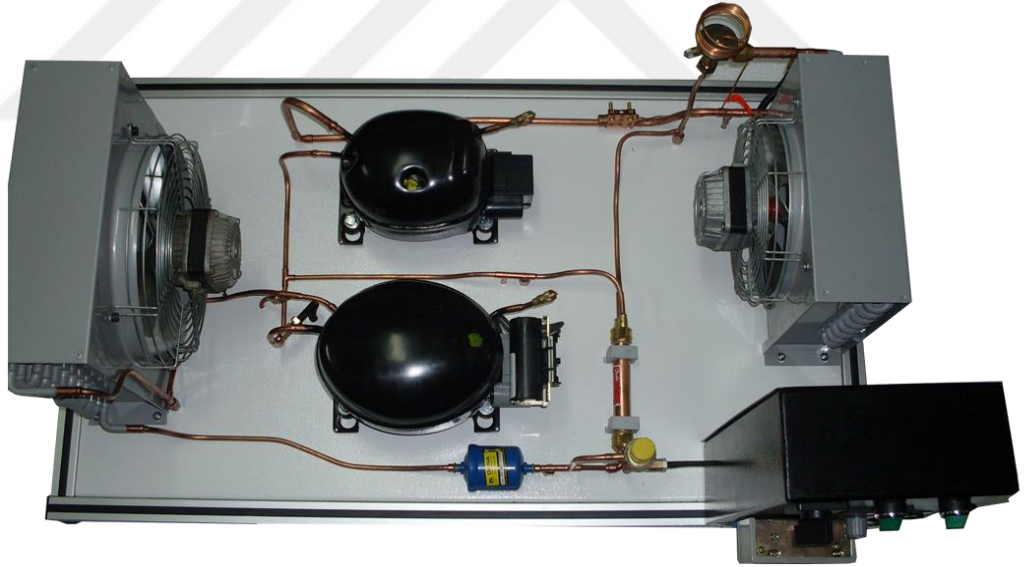
5.15. Kademeli Sıkıştırımlı Ara Soğutmalı Soğutma Eğitim Seti

Soğutmada en sık uygulanmakta olan ve en çok tercih edilen sistem buhar sıkıştırımlı soğutma sistemidir. Bu tip soğutma çevriminde sistemde kompresör, kondenser, (yoğunlaştırıcı) genişletirici (genleşme vanası veya kılcal boru) ve evaporatör (buharlaştırıcı) bulunur. Sistem elemanları bakır boru ile birbirlerine seri olarak bağlanırlar ve kapalı bir devre oluşturulur. Sistemde dışardan verilen iş sayesinde soğutucu akışkanın mekanik olarak kompresör tarafından sıkıştırılması esasına dayanır. Bu sistemde kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde yoğunlaştırıcıya gönderilir.

Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak-buhar halde buharlaştırıcıya girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek, ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevrim sürekli olarak devam eder.

Bu eğitim seti; kademeli sıkıştırırmalı, ara soğutucu mekanik soğutma çevriminin deneysel olarak incelenmesi sağlamak uygulamalarında derin soğutma yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Eğitim setinde alçak ve yüksek basınç kompresörü kullanılarak kademeli sıkıştırma yapılmakta ve ara soğutma için ise iç içe borulu ısı değıştirici kullanılarak soğutma çevrimi yapılmaktadır. Eğitim seti devresi Şekil 5.15.'te verilmiştir.



Şekil 5.15. Kademeli Sıkıştırırmalı Ara Soğutmalı Soğutma Eğitim Seti Devresi(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

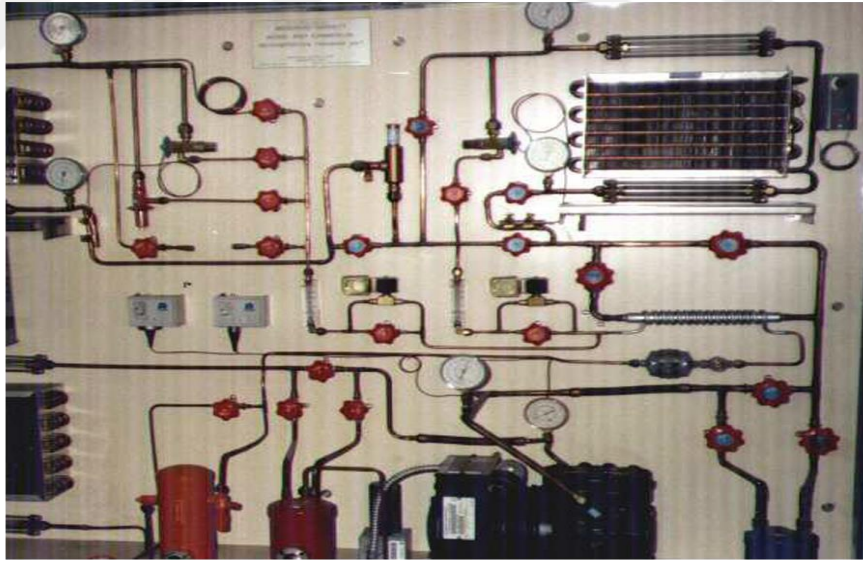
- Alçak basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.
- Yüksek basınç hermetik kompresör bulunmaktadır.

- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- İç içe borulu ısı değiştirici bulunmaktadır.
- 8 ayrı noktadan dijital sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. (Deneysan Katalog, 2017)

5.16. İleri Seviye Soğutma Arıza Simülatörü

Bu eğitim seti mekanik bir soğutma setinde oluşabilecek bir çok arızayı oluşturup arıza teşhisinde kolaylık sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Eğitim seti soğutma sistemlerinde ki arızaları tespit etmekte kullanılmaktadır. Cihazda 32 ayrı arıza oluşturulabilmektedir. İleri Seviye Soğutma Arıza Simülatörü Devresi Şekil 5.16.'de verilmiştir.



Şekil 5.16. İleri Seviye Soğutma Arıza Simülatörü Devresi(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

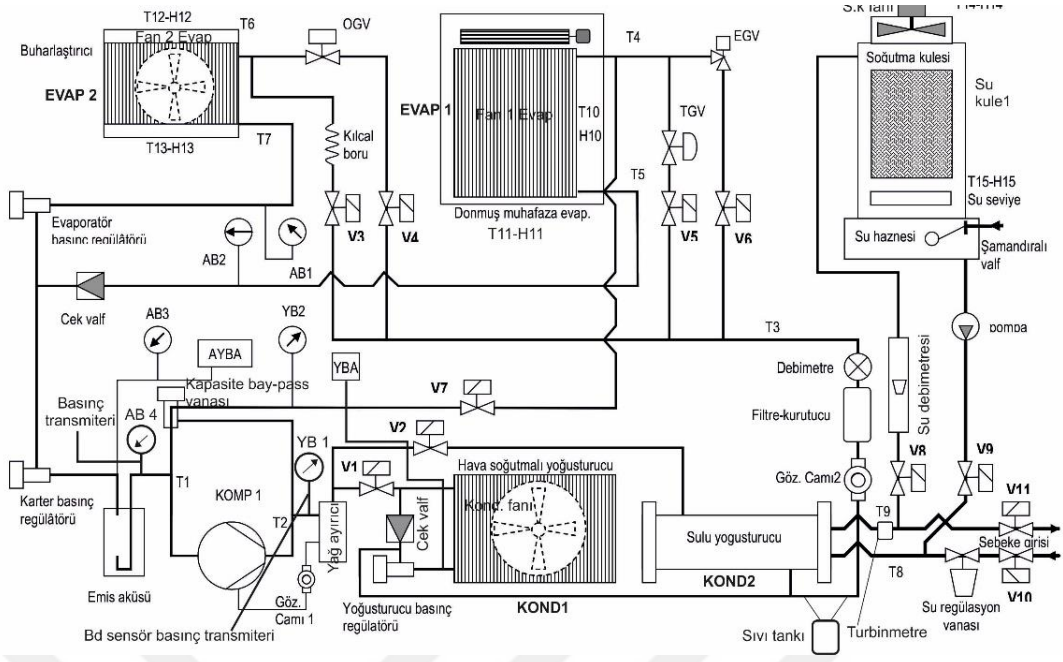
- Yarı hermetik pistonlu kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.

- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- Kılcal boru bulunmaktadır.
- Evaporatör, kondenser, kapasite ve karter basınç regülatörleri bulunmaktadır.
- Elektronik genişleme valfi bulunmaktadır.
- Su soğutma kulesi bulunmaktadır.
- Digital multimetre bulunmaktadır. (Deneysan Katalog, 2017)

5.17. Endüstriyel Soğutma Eğitim Seti

Bu eğitim seti endüstriyel bir soğutma setinde bulunan temel elemanları ve bunların çalışma prensiplerini göstermek amacıyla hazırlanmıştır. Bilgisayar bağlantılı, tüm basınç ve sıcaklık değerleri ekran üzerinden alınabilir. Sistem kontrolleri dokunmatik ekran yardımıyla yapılabilmektedir. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2,5 civarındadır.

Bu eğitim setinde hava soğutmalı ve su soğutmalı kondenser kullanılmıştır. Genleşme valfi olarak otomatik genleşme, termostatik genleşme, elektronik genleşme ve kılcal boru kullanılmıştır. 14 ayrı deney yapılabilmektedir. Şekil 5.17.'de eğitim setinin devre şeması verilmiştir.



Şekil 5.17. Endüstriyel Soğutma Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

Teknik Detaylar

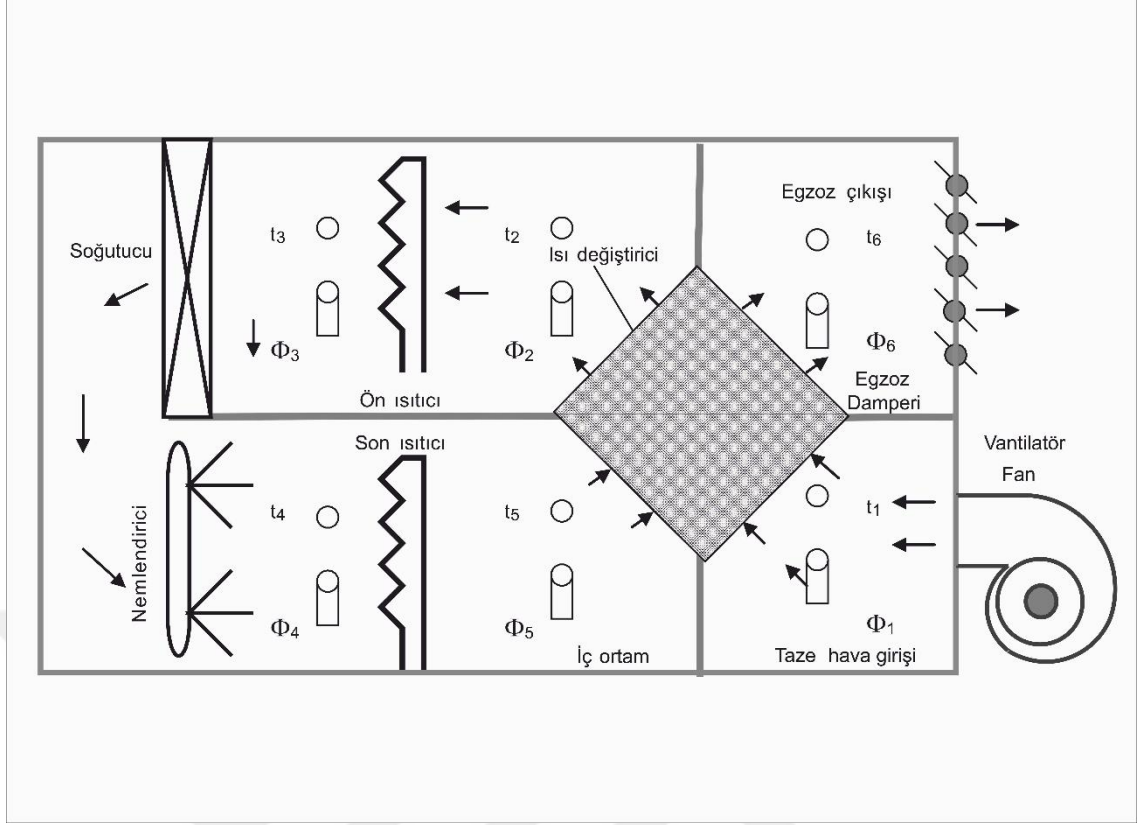
- Yarı hermetik pistonlu kompresör bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı kondenser bulunmaktadır.
- Yüzey-boru tipi sulu kondenser bulunmaktadır.
- Hava soğutmalı evaporatör bulunmaktadır.
- Otomatik genleşme valfi bulunmaktadır.
- Kılcal boru bulunmaktadır.
- Elektronik genleşme valfi bulunmaktadır.
- Solenoid valf ile elektromekanik kontrol bulunmaktadır.
- Alçak-yüksek-alçak basınç göstergeleri bulunmaktadır.
- Evaporatör, kondenser, kapasite ve karter basınç regülâtörü bulunmaktadır.
- Sıvı deposu bulunmaktadır.
- Emiş aküsü bulunmaktadır.
- Su soğutma kulesi bulunmaktadır.
- Kademeli sirkülasyon pompası bulunmaktadır.
- 11 adet sıcaklık ölçer bulunmaktadır.

- 5 adet nem ölçer bulunmaktadır. (Deneysan Katalog, 2017)

5.18. Geri Isı Kazanımlı Klima Santral Eğitim Seti

Bu eğitim seti iklimlendirme alanında üretilen, geri ısı kazanımlı bir klima santralinin temel işlevlerini tanıtmak ve temel psikrometrik işlemleri uygulamak amacıyla hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Isı geri kazanımlı klima santralleri havadan havaya ısı geri kazanım plakalı eşanjörleri ile ortamdan egzoz edilen havada ki enerjiyi ortama verilen taze havaya ekleme prensibi ile çalışırlar. Bu sayede yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlanmasına imkan vermektedirler. Eşanjörler klima santralleri içine düz diagonal olarak yerleştirilmiştir. Diagonal yerleşim iki katlı klima santrali olarak tanımlanabilecek bir uygulamadır. Çift katlı klima santrali uygulamalarında, taze ve egzost havası devresinde bp-pass damperi konulması, cihazın geçiş dönemlerinde veya atmosferik koşulların elverdiği durumlarda, gerekenden fazla enerji sarfetmesinin önüne geçer. Isı geri kazanım eşanjörünün klima santrali içindeki temel fonksiyonu, ön ısıtıcı veya ön soğutucu görevini yapmasıdır. Tüm fonksiyonlara sahip (filtre , karışım , ısıtma , soğutma , nemlendirme .. vs.) bir klima santralinde ısı geri kazanım uygulaması; Klima santrali maliyetini % 40 ~ % 60 , santralin sistemden çektiği toplam enerjiyi % 5 ~ % 15 seviyesinde arttırır. Eğitim seti devre şeması Şekil 5.18'de verilmiştir. (Deneysan Katalog, 2017)

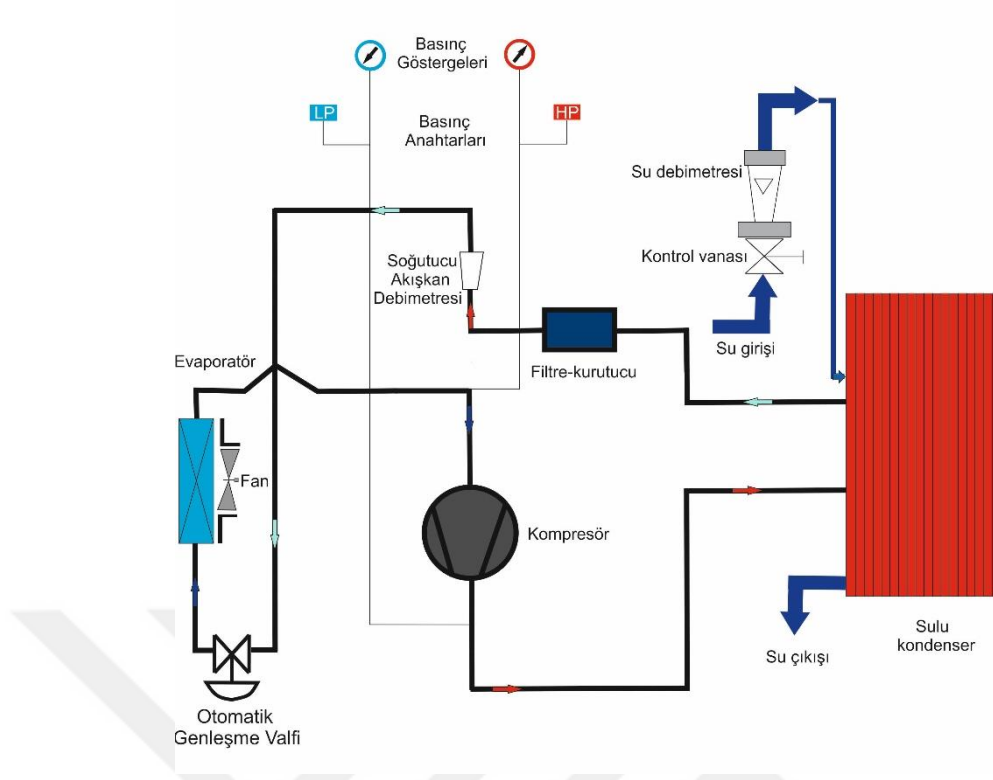


şekil 5.18. Geri Isı Kazanımı Klİma Santral Eğitim Seti Devre şeması(Deneysan Katalog, 2017)

5.19. Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti

Bu eğitim seti hava-toprak (su) kaynaklı ısı pompalarının uygulamasına yönelik hazırlanmıştır. Eğitim seti ile elde edilen STK değeri 2 civarındadır.

Isı pompası hem ısıtma ve hem de soğutma işlevini yapabilecek şekilde tasarlanmış termodinamik bir çevrimdir. Amacı düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıktaki ortama ısı geçişini sağlamaktır, bir diğer değişle ısının geçiş yönünü tersine çevirmektir. Isı pompası temelde kondenser, genleşme vanası, evaporatör ve kompresör elemanlarından oluşmaktadır. Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti'nin devre şeması şekil 5.19'de verilmiştir. (Deneysan Katalog, 2017)

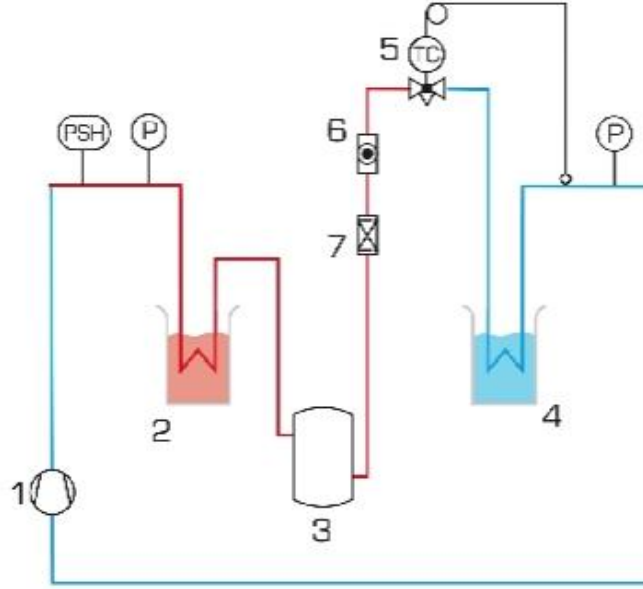


Şekil 5.19. Hava-Su Kaynaklı Isı Pompası Eğitim Seti Devre Şeması(Deneysan Katalog, 2017)

5.20. Basit Sıkıştırılmalı Soğutma Devresi

Bir soğutma sisteminin amacı, yiyeceklerin bozulmasını önlemek için kullanılan materyallerin ve ürünlerin soğutulmasıdır. Soğutma, ısının çevre tarafından uzaklaştırıldığı bir süreç olarak tanımlanabilir. Bu soğutma devresi basit bir sıkıştırma soğutma sistemini temsil eder. Evaporatör ve kondansatör, her iki tarafı su dolu bir tanka batırılmış boru bobini olarak tasarlanmıştır. Su çevreyi taklit eder. Bir termostatik genleşme valfi genleşme elemanı olarak işlev görür. İki manometre, yüksek ve alçak basınç taraflarındaki iki sistem basıncını gösterir. Manometrede ek bir ölçekte, soğutucu akışkanın buharlaşma sıcaklığı gösterilir. İki termometre, tanklardaki suyun sıcaklığını ölçer.

Bu, ortamdaki (buharlaştırıcı, soğuk su) çıkan ısı miktarının hesaplanmasına ve çevreye (kondansatör, sıcak su) eklenmesine izin verir. Bir gözetleme camı, genleşme valfinin akış yukarı soğutucu akışkanının agrega durumunu gösterir. Basit Sıkıştırılmalı Soğutma Devresi şeması Şekil 5.20.'de verilmiştir.



Şekil 5.20. Basit Sıkıştırımlı Soğutma Devre Şeması (Gunt, 2017)

Teknik Detaylar

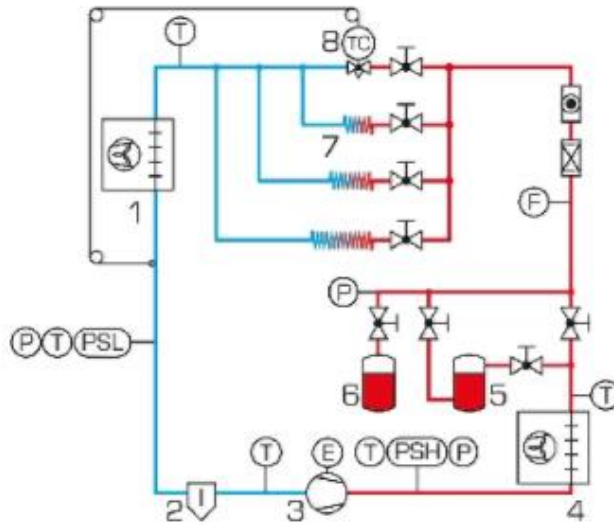
- Sadeleştirilmiş bir modelde soğutmanın temelleri
- Piston kompresörü, termostatik genişleme valfi, buharlaştırıcı ve kondansatörlü tipik sıkıştırımlı soğutma sistemi (her biri bir boru bobini şeklindedir)
- Soğutucu akışkan için sıcaklık ölçeğine sahip 2 manometre, yüksek ve düşük basınç taraflarındaki soğutucu akışkanının değerlerini göstermektedir
- Soğutma ve ısıtma etkisini göstermek için termometre ile 2 su dolu tanklar
- Kompresörü korumak için basınç şalteri
- Soğutucu akışkanın toplam durumunu izlemek için gözetleme camı
- Soğutucu akışkan R134a, CFC içermez. (Gunt, 2017)

5.21. Sıkıştırımlı Soğutma Sistemi

Sıkıştırımlı Soğutma Sistemi'nin kurulumu, bir hermetik kompresör, kondansatör, evaporatör ve genişleme elemanı içeren tipik bir soğutma devresini temsil eder. Evaporatör ve kondansatör kanatlı boru ısı eşanjörleri olarak

tasarlanmıştır. Her iki ısı eşanjörünün boruları, buharlaşma ve yoğunlaşma sırasında faz geçiş sürecini görselleştirmek için kısmen şeffaftır. Farklı uzunluklarda üç kılcal boru ve bir termostatik genişleme vanası genişleme elemanları olarak karşılaştırılabilir.

Antrenör, soğutucu için bir alıcı ile donatılmıştır. Alıcıyı kullanarak, soğutucu, soğutma devresine eklenebilir veya soğutucu devreden çıkarılabilir. Bu, incelenecek sistemin aşırı doldurulması veya yeterince doldurulmamasının etkileri için izin verir. Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemi devre şeması Şekil 5.21.'de verilmiştir.



Şekil 5.21. Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemi Devre Şeması(Gunt, 2017)

Teknik Detaylar

- Farklı genişleme elementlerine sahip bir soğutma sisteminin araştırılması
- Hermetik bir kompresör, kondansatör, buharlaştırıcı ve genişleme elemanı içeren soğutma devresi
- Soğutucu akışkan faz geçişlerini gözlemlemek için kondenser ve evaporatör olarak şeffaf kanatlı boru ısı değiştiricileri
- Genişleme valfi ve genişleme elemanları olarak farklı uzunluklarda kılcal borular
- Sistemi soğutucu madde ile doldurma / doldurma için alıcı

- Sensörler basınç ve sıcaklık kaydeden
- İki basınç anahtarı ile donatılmış kompresör
- Soğutucu akışkan R134a, CFC içermez. (Gunt, 2017)

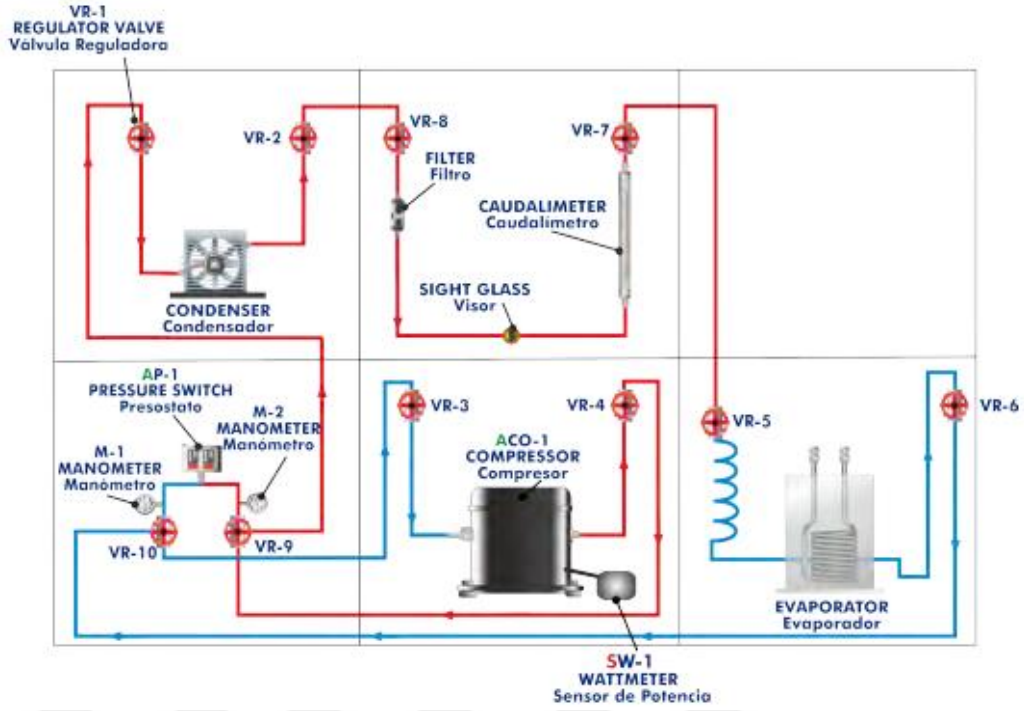
5.22. Soğutma Birimine Giriş Ünitesi

Soğutma, bir nesnenin veya alanın sıcaklığını azaltma ve sürdürme işlemidir. Basit ve açık deneylerle tasarlanan Soğutma Birimine Giriş, bir soğutma sisteminin çalışması ve işletilmesi ve soğutmaya temel bir giriş sunmaktadır.

Soğutma Birimine Giriş, değiştirilebilir modüllere sahip bir sistemdir ve içerisinde bileşenler plakalara monte edilir ve esnek hortumlarla hızlı bir şekilde bağlanır.

Ünite, 8 modülden 6'sının aynı anda konumlandırıldığı, kablo ve esnek hortumlarla bağlandığı bir çerçeve içermektedir. Basit sıkıştırımlı soğutma sistemlerinin yapımına izin verir. Modüller plakalara monte edilen bileşenlerden oluşur ve çerçeveye kolaylıkla monte edilmeye hazırdır.

Deneysel birim, kompresör, kondansatör, kondenser ve benzeri gibi tam işlevli bir soğutma devresi için gerekli tüm bileşenleri içerir. Evaporatör ve genişleme elemanı olarak bir kılcal boru bulunmaktadır. Soğutma sistemlerinde bulunan diğer ek aksesuarlar da bulunmaktadır: basınç kompresörü aşırı basınçtan korumak için anahtar ve manometreler, akış ölçer ve gözetleme camı filtre / kurutucu ve ekran ve kontrol paneli. Soğutma Birimine Giriş Ünitesi'nin devre şeması Şekil 5.22.'de verilmiştir. (Edibon, 2017)

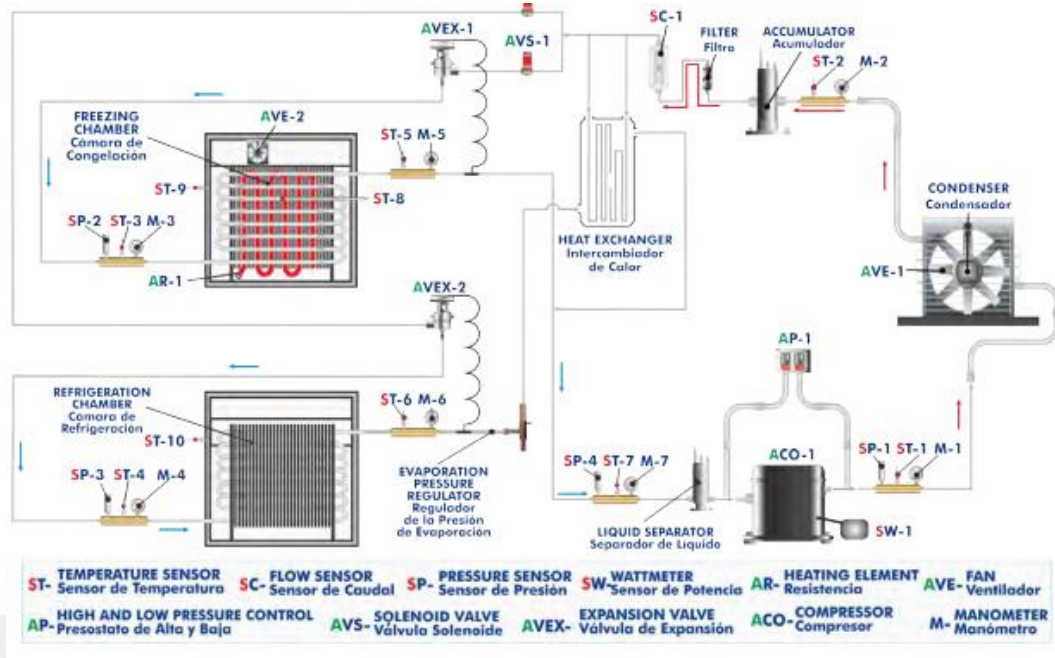


Şekil 5.22. Soğutma Birimine Giriş Ünitesi Devre Şeması (Edibon, 2017)

5.23. Soğutma Odalı Bilgisayar Kontrollü Soğutma Ünitesi

Bilgisayar Kontrollü Soğutma Birimi'nin Soğutma ve Dondurma Odası ile amacı öğrenciye karmaşık soğutma sistemleri dünyasına tanıtmak karakteristik işlemi incelemek ve belirlemektir.

Farklı sıcaklıkta iki farklı odacıklı bir soğutma sistemini incelemek üzere tasarlanmış bir ünedir. Soğutma ünitesi temelde bir soğutma devresinden oluşur, ancak olağan devrelerden farklı olarak, oda başına bir tane olmak üzere iki buharlaştırıcıya sahiptir. Her evaporatörde buharlaşma vardır, odacıklarda farklı sıcaklık koşulları elde etmeyi sağlayan basınç bulunmaktadır. Şekil 5.23.'te Soğutma Ünitesinin devre şeması verilmiştir. (Edibon, 2017)



Şekil 5.23. Soğutma Odalı Bilgisayar Kontrollü Soğutma Eğitim Seti (Edibon, 2017)

5.24. Açık Kompresörlü Bilgisayar Kontrollü Soğutma Ünitesi

En yaygın soğutma sistemlerinden biri kompresörlü soğutma ünitesidir. Buhar sıkıştırmalı soğutma, bir soğutucu akışkanın kapalı bir devrede mekanik olarak zorlanması üzerine bir soğutma yöntemi olup, yüksek basınçlı ve düşük basınçlı alanlar oluşturarak akışkanın buharlaştırıcıdaki ısını soğurur ve kondenserdeki ısıyı transfer eder. Açık Kompresörlü Bilgisayar Kontrollü Soğutma Ünitesi, bir kompresörün çalışması için temel testleri yapmak üzere tasarlanmıştır. Sistemin devresi Şekil 5.24.'te gösterilmiştir. (EDIBON,2017)



Şekil 5.24. Açık Kompresörlü Bilgisayar Kontrollü Soğutma Eğitim Seti (Edibon, 2017)

6. SEPERATÖR TEKNOLOJİSİ

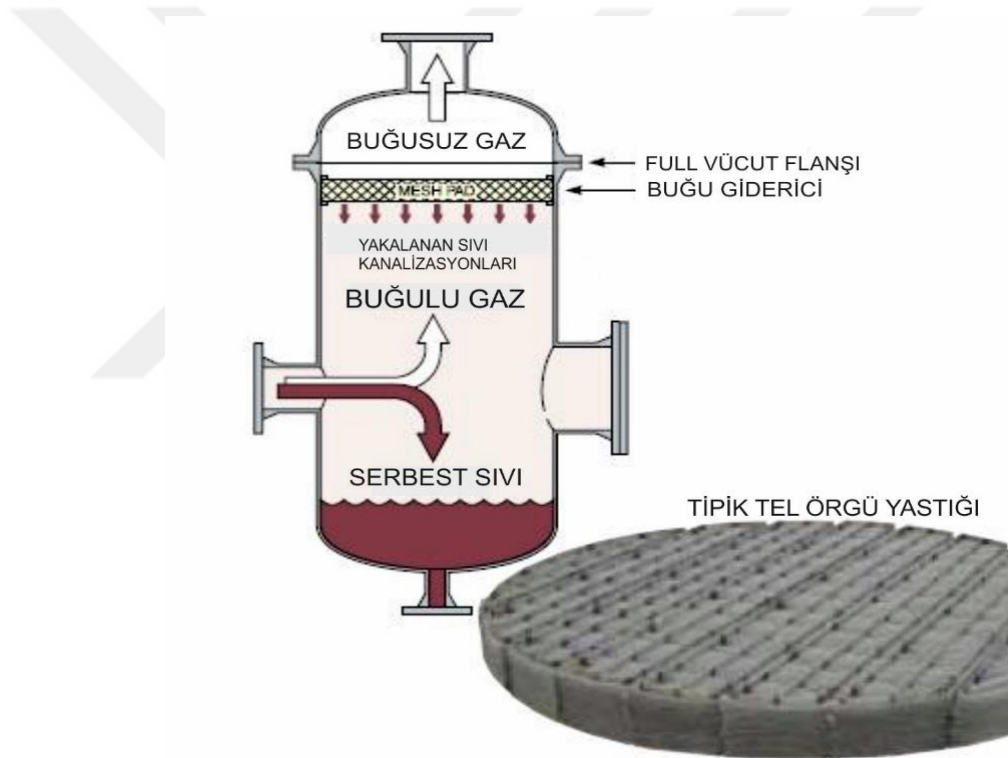
Günümüzde, çok çeşitli seperatör (ayırıcı) tasarımları mevcuttur. Bununla birlikte, gaz-sıvı karışım ayrışımının fiziksel ilkelerine göre iki temel sınıfa ayrılabilirler: yer çekimi ve atalet ayırıcıları. Ayırıcı tipleri, sıvı ve buhar fazını ayıran teknolojilere dayanan bu ilkelerin yanı sıra, yer çekimi, santrifüj, filtre plakalı (filter vane), buğu giderici pedler (mist eliminator pads) ve sıvı-gaz birleştiriciler (liquid-gas coalescers) olarak adlandırılır. İlk ve en basit teknoloji, damlacıkların ağırlığı veya üzerlerine etki eden yerçekimi kuvveti akan gazın yarattığı sürtünmeyi aştığında oluşan yerçekimi çökmesini kullanır. Santrifüj ayırma, santrifüj kuvveti akan gazın oluşturduğu sürtünmeyi aştığında gerçekleşen daha etkili bir mekanizmadır. Santrifüj kuvveti, yer çekim kuvvetinden birkaç kat ila üçüncü derece kuvvetine kadar olabilir. Atalet etkisi, bir gaz bir şebekeden, örneğin lifler ve çarpma engelleri arasından geçtiğinde oluşur. Bu durumda, gaz damlası bu engeller etrafında dolambaçlı bir yol izlerken, sıvı damlacıklar düz yollara girerek engelleri etkiler. Bu gerçekleştiğinde, damlacık hız kaybeder ve/veya birleşir, sonunda damarın dibine düşer veya lif ortamında takılı kalır. Bir sonraki ayırma mekanizması çok küçük aerosollerle, genellikle 0,1 μm 'den daha küçük olduğunda ortaya çıkar. Difüzyonel kesme veya Brown hareketi olarak adlandırılan bu mekanizma, küçük aerosoller gaz molekülleri ile çarpıştığında ortaya çıkar. Bu çarpışmalar aerosollerin akışkan yatağından engellerin etrafında dolaşarak sapmasına neden olur, bu da aerosollerin bir elyaf yüzeyine çarpması ve uzaklaştırılması olasılığını artırır. Çizelge 6.1'de farklı ayırma teknolojileri ayırabilen damlacık boyutuna göre listelenmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Çizelge 6.1. Farklı ayırma teknolojilerinin damlacık ayırma kabiliyetleri (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Teknoloji	Uzaklaştırılan Damlacık Boyutu
Yerçekimi Ayırıcısı	300 μm 'ye kadar
Santrifüj Ayırıcısı	8-10 μm 'ye kadar
Sis Eliminatör Pedi	10 μm 'ye kadar
Kanat Ayırıcı	10 μm 'ye kadar
Yüksek verimli L / G Birleşmesi	0.1 μm 'ye kadar

6.1. Yerçekimi Ayırıcıları:

Bir yerçekimi ayırıcısında, yerçekimi kuvveti ayırma işlemini kontrol eder. Gaz hızı düştükçe ve kap boyutları ne kadar büyük olursa, sıvı-gaz ayrımı daha verimli olur. Yerleşim sağlamak için gereken büyük tank boyutu nedeniyle, yer çekimi ayırıcıları genellikle 300 mikrondan daha büyük damlacıkları uzaklaştırmak için tasarlanmıştır. Bir yerçekimi ayırıcısı genellikle kaba faz ayrımı için veya bir ilk kademe ayırıcı olarak kullanılır. Yüksek ayırma etkinliği gerekiyorsa, damlacık giderme işleminin tek kaynağı olarak yerçekimi ayırıcıları önerilmez. Şekil 6.1'de tipik bir yerçekimi ayırıcısının şeması gösterilmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

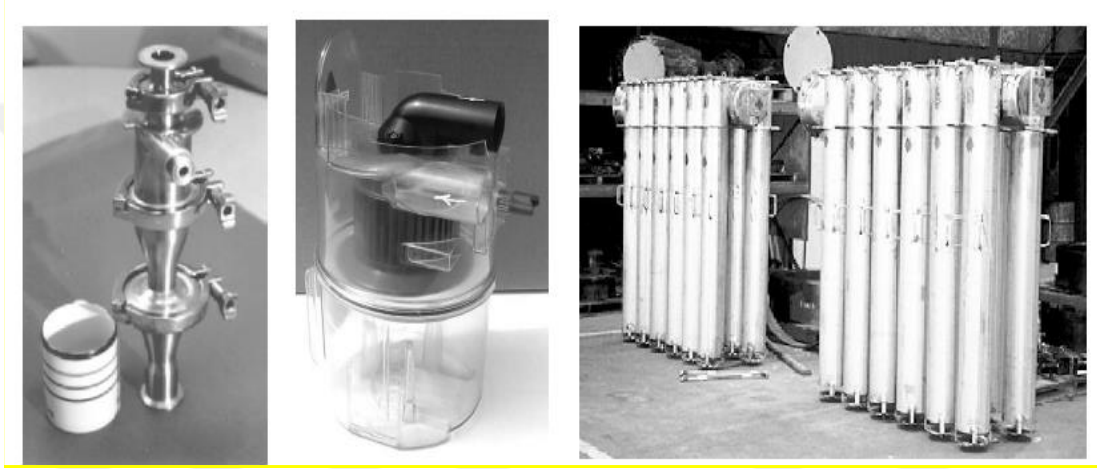


Şekil 6.1. Tipik bir yerçekimi ayırıcısının şeması (Milosevic ve Hrnjak, 2010)

6.2. Santrifüj Ayırıcılar:

Santrifüjlü veya siklonlu ayırıcılarda, santrifüj kuvvetleri yerçekiminden bir kaç kez daha büyük bir kuvvetle bir damlacık üzerinde etki yapabilir. Genel olarak, siklonik ayırıcılar çapı 100 μm 'den büyük damlacıkları çıkarmak için kullanılır ve uygun boyutta bir siklon, partiküllerin 10 μm 'ye kadar makul bir şekilde

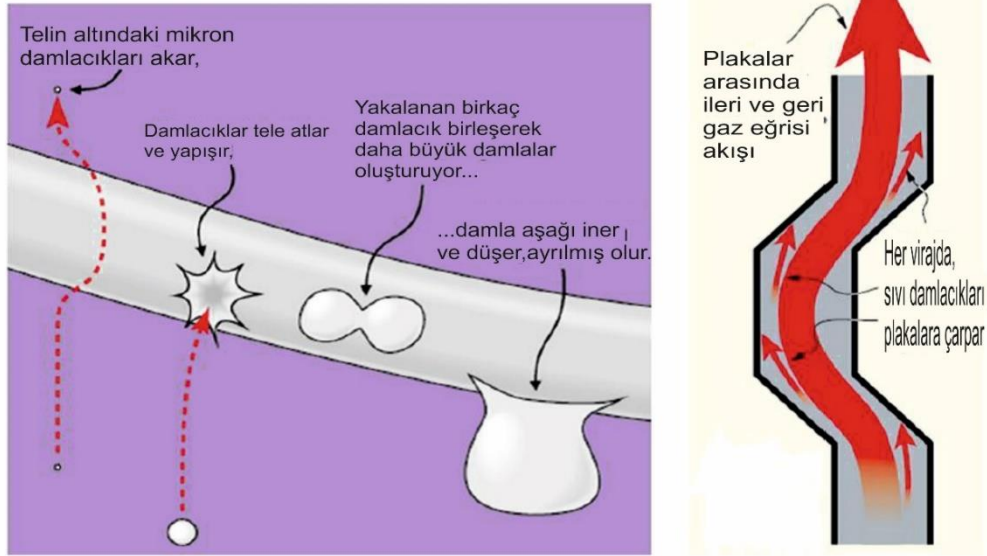
uzaklaştırılma verimliliğine sahip olabilir. Siklonlar faz ayrımı için daha kompakt tankları temsil eder; ancak, genellikle çok dar bir aralık için tasarlanmıştır. Bir siklonik tip ayırıcıyı boyutlandırma daha karmaşıktır, çünkü ayırıcının içerisindeki hızın yüksek düzeyde bir verimliliği korumak için uygun olması ve ayırıcıdaki basınç düşüşünün kabul edilebilir olmasını sağlamak önemlidir. Basınç düşümü ve toplama etkinliği, siklon performansını değerlendirmek için kullanılan iki önemli kriterdir. Şekil 6.2’de ticari olarak kullanılan siklonlara örnekler gösterilmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



Şekil 6.2. Ticari olarak kullanılan siklon boyutları ve şekillerine örnekler (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

6.3. Buğu giderici pedler:

Buğu giderici pedlerde kullanılan ayırma mekanizması ataletsel sıkışmadır (inertial impaction). Tipik olarak, elyaflardan veya örgülü örgülerden oluşan buğu giderici elekler, damlacıkları 1-5 mikrona kadar ayırabilir, ancak onları içeren tank nispeten büyüktür. Bunun nedeni sıvı karışımını önlemek için düşük hızlarda çalıştırılmasının gerekmesidir. Şekil 6.3’te ayırma mekanizmalarının şemaları verilmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



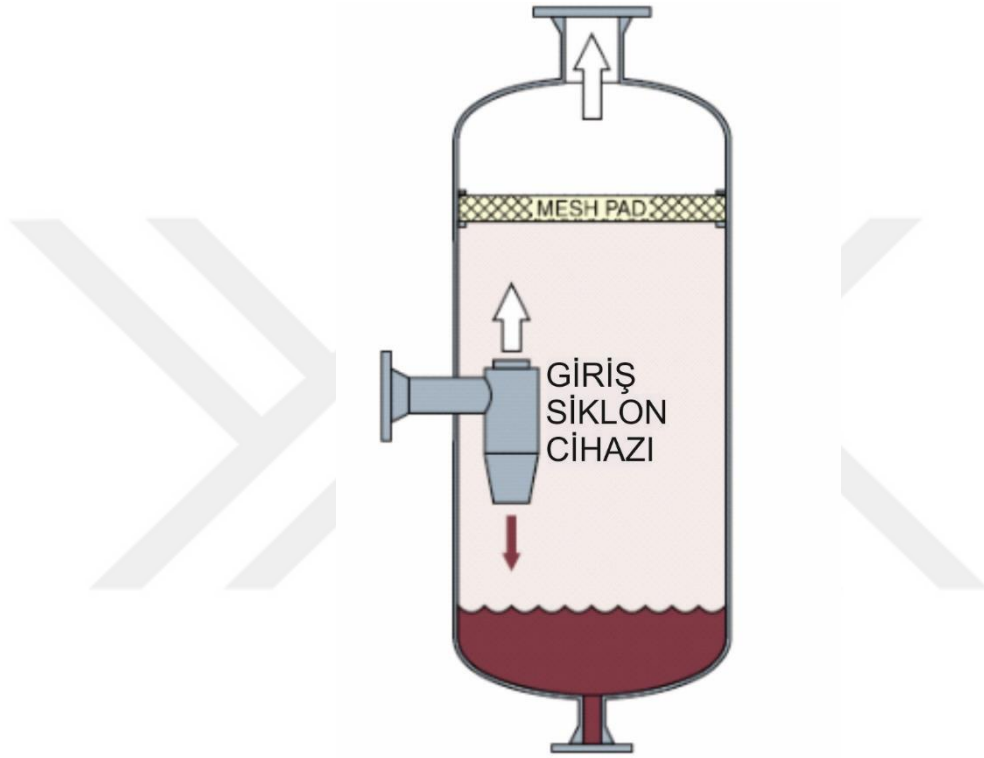
Şekil 6.3. Ağlı ayırma mekanizması (solda) ve vanalı ayırma mekanizmasının (sağda) şemaları (Milosevic ve Hrnjak, 2010)

6.4. Plakalı ayırıcılar (Vane seperator):

Plakalı ayırıcılar basitçe bir kap içindeki bir dizi saptırma levhası veya plakasıdır. Ayırmayı kontrol eden mekanizma yine ataletsel sıkıştırma değildir. Plakalı ayırıcıların ayırma verimi, kütle hızına karşı çok hassastır. Genellikle daha etkili sıvı drenajı, sıvı dolaşımını azalttığı için, buğu gidericilerden daha yüksek hızda çalışabilirler. Bununla birlikte, kıvrık ağları oluşturan plakalar arasındaki nispeten geniş yollar nedeniyle, plakalı ayırıcı, buhar eliminatörlerinden biraz daha büyük damlacık boyutlarını (10 mikron ve üzeri) ayırabilir. Plakalı ayırıcılar genellikle, gaz hızı tasarım hızını aştığında sis ayırıcılar, buğu ayırıcı tanklarını yenilemek için kullanılır (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Modern ayırıcı konstrüksiyonlarında, genellikle, hem yerçekimi ve hem atalet prensipleri uygulanır. Bu nedenle ayırıcılar, her bölümün kendine ait bir fonksiyona sahip olduğu birkaç bölümden oluşur. Bu bölümlerin arasında çökme ve son bölüm var. Çökme bölümünde, yerçekimi nedeniyle damlacık çökmesi meydana gelirken teğetsel gaz girişi olan bazı yapılarda çökme, santrifüj kuvveti nedeniyle birikimle birlikte gerçekleşir. Son bölüm, santrifüjlü branşman vb. damlacık-yakalayıcı ekipmanlarla donatılmıştır. Bu cihazlarda

atalet kuvvetleri sebebiyle damlacıkların gazdan ayrışması gerçekleşir. Gazdan çok küçük damlacıkların ince bir şekilde çıkarılması, içinden geçen akışı filtreleyen lif dolgulu yapıya sahip bir silindir olan filtre kartuşlarının kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Şekil 6.4.'te hem yer çekimi hem atalet prensiplerini kullanan bir ayırıcı örneği gösterilmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



Şekil 6.4. Yerçekimi ve atalet prensiplerini uygulayan bir ayırıcı örneği (Milosevic ve Hrnjak, 2010)

Şekline dayanılarak ayırıcılar yatay, dikey, küresel ve çeşitli diğer konfigürasyonlarda tasarlanır ve üretilir. Her konfigürasyonun belirli avantajları ve kısıtlamaları vardır. Seçim yapılırken, en düşük "yaşam döngüsü" maliyetinde istenilen sonuçların elde edilmesi dikkate alınmalıdır (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

Şekil veya boyut ne olursa olsun, ayırma kapları genellikle dört ana bölümden oluşmaktadır: (i) Giriş saptırıcı kısmı, (ii) Yerçekimi çöktürme kısmı, (iii) sıvı toplama kısmı, (iv) Buğu (mist) atma kısmı. Giriş saptırıcısı, giriş akımının momentumunu azaltmak, gaz ve sıvı fazlarının başlangıçta kaba ayrımını yapmak

ve fazların akış dağılımını iyileştirmek için kullanılır. Giriş cihazının ayırma performansına etkisi Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics, CFD) kullanılarak belirlenmiştir. Günümüzde sıklıkla kullanılan ayırıcı giriş kısmı ekipmanları şunlardır (Milosevic ve Hrnjak, 2010):

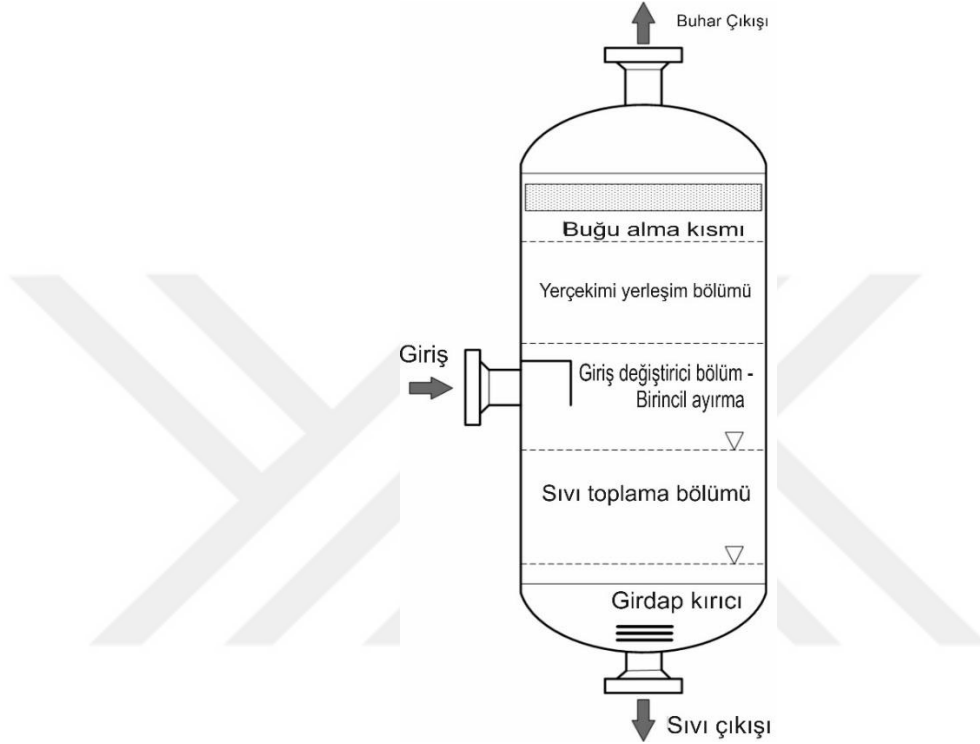
- Saptırıcı levha
- Yarı açık bir boru
- 90° dirsek
- Valf tipi
- Siklonik

Yerçekimi çökeltme kısmı, yerçekiminin kuvvetini kullanarak, sürüklenen sıvı damlacıklarını gaz fazından ayırmak üzere tasarlanmıştır. Sıvı toplama kısmı, diğer bölümlerden çıkan tüm sıvı için bir alıcı görevi görür. Giriş akış özelliklerine bağlı olarak, sıvı toplama kısmı, kendiden sonra gelen ekipmana veya proseslerine iletilen akışın düzleştirilmesi için belli miktarda dalgalanma hacmi ya da darbe emme kapasitesine sahip olmalıdır. Buğu atma kısmı, örülü tel ağ pedi, bir dizi plaka veya siklon tüplerinden müteşekkil bir buğu atıcıdan (mist extractor) yararlanır. Bu bölüm, sıvı parçacıklarını bir yüzeye çarptırarak daha büyük damlalar haline gelmelerini sağlar ve böylece çok küçük sıvı damlalarını giderir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).

6.5. Dikey Ayırıcılar:

Dikey ayırıcılar genellikle düşük ila orta arasında gaz/sıvı oranlarına sahip akımlarda seçilir. Dikey bir ayırıcıda akışkan, amacı sıvının gazdan verimli biçimde ayrılması ve her iki fazın da ayırıcının içindeki akış dağılımının iyileştirilmesi olan bir giriş cihazı vasıtasıyla tanka girer. Sıvı, tankın sıvı toplama bölümüne akar. Sıvı, bu bölümden aşağı doğru sıvı çıkışına doğru akmaya devam eder. Sıvı denge durumuna geldiğinde, gaz kabarcığı sıvı akışının yönüne ters yönde akar ve nihayetinde buhar alanına geçiş yapar. Gaz, giriş yön değiştiricisi/saptırıcısı boyunca akar ve daha sonra dikey olarak gaz çıkışına doğru (yukarıya) akar. İkincil ayırma, üst taraftaki yerçekimi çökeltme

bölümünde gerçekleşir. Sıvı damlacıkları dikey olarak yukarı doğru gaz akışına karşı akımla aşağı doğru düşer. Bir sıvı damlasının çökme hızı, çapıyla doğru orantılıdır. Sıvı damlacıkların boyutu çok küçükse, bunlar buharla sürüklenecektir. Küçük sıvı damlacıklarını yakalamak için bir buğu çıkarıcı bölümü eklenmiştir. Gazı, tanktan (ayırıcıdan) çıkmadan önce bu kısımdan geçer. Dikey bir ayırıcıya ait şema Şekil 6.5'te verilmiştir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



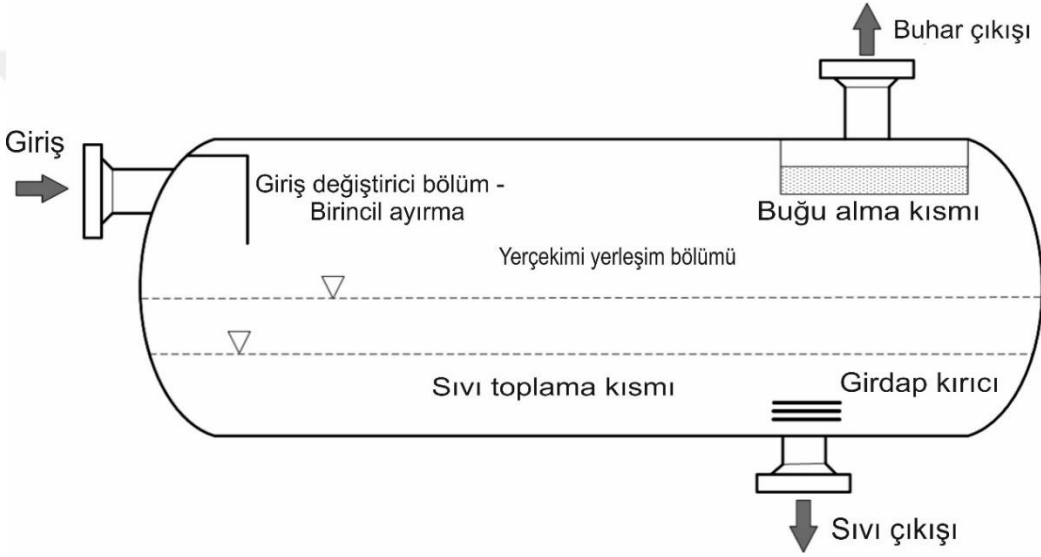
Şekil 6.5. Dikey ayırıcı şeması (Milosevic ve Hrnjak, 2010)

Tipik dikey ayırıcıların uzunluk/çap (L/D) oranları 2 ila 4 arasında değişmektedir. Bunun nedeni bu aralıktaki tank maliyetinin daha düşük olmasıdır. Dikey ayırıcıların temel avantajları şunlardır (Milosevic ve Hrnjak, 2010):

- Daha küçük bir alana ihtiyaç duyar
- Gaz akışı için uygun alan sabit kaldığı için sıvıdan arındırma verimi sıvı seviyesine bağlı değildir
- Genel itibariyle ayırıcı (tank) hacmi daha küçüktür.

6.6. Yatay ayırıcılar:

Yatay ayırıcılar, büyük miktarda sıvı bulunan ve gaz/sıvı oranları yüksek olan uygulamalarda en verimli şekilde çalışırlar. Üç fazlı ayırma uygulamaları için genellikle tercih edilirler. Şekil 6.6'da gösterilen yatay ayırıcıda; gazdan ayrılmış sıvı, kabın dibinden sıvı çıkışına doğru hareket eder. Gaz ve sıvı, gövde kesit alanını oranlı bir şekilde işgal eder. Yatay ayırıcılar, yerçekimi ayırma performansına bakımından belirli avantajlara sahiptir. Yatay ayırıcılar için tipik L/D oranları 2,5-5 aralığındadır. Bu oranlar tanklar için optimize edilmiş üretim maliyetine sahiptir (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



Şekil 6.6. Yatay ayırıcı (Milosevic ve Hrnjak, 2010)

Literatürde yer alan kaynaklara bakıldığında, ayırıcılarda gerçekleşen gaz-sıvı karışımlarının ayrıştırılması işlemi etkileyen parametreler şunlardır:

- Gaz hızı; daimi olmayan akış ve hız profilinin üniformluğu izin verilen gaz hızını etkilemektedir
- Basınç (tüm akışkan özelliklerini etkiler)
- Sıcaklık (tüm akışkan özelliklerini etkiler)
- Fazlara ait fiziksel ve kimyasal özellikler (yoğunluk, viskozite, yüzey gerilimi vb.)
- Geometrik parametreler (Ayırıcı çapı, besleme hattının çapı, eğim açısı vb.)

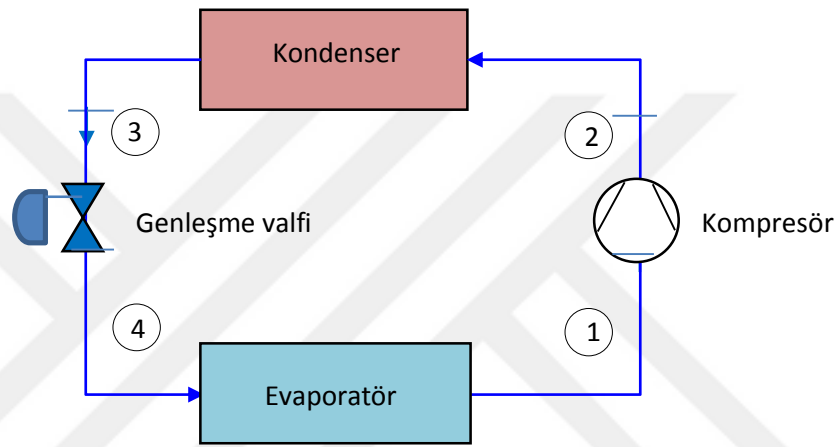
- Giriş boru hattındaki gaz akışı ile birlikte ayırıcıya giren sıvı fazının girişteki akış paterni ve dağılımı (damlacık boyutlarının ve parametrelerinin dağılımı). Bu dağılımın en önemli parametresi, gaz akışında oluşan damlaların ortalama boyutudur (Milosevic ve Hrnjak, 2010).



7. MATERYAL VE YÖNTEM

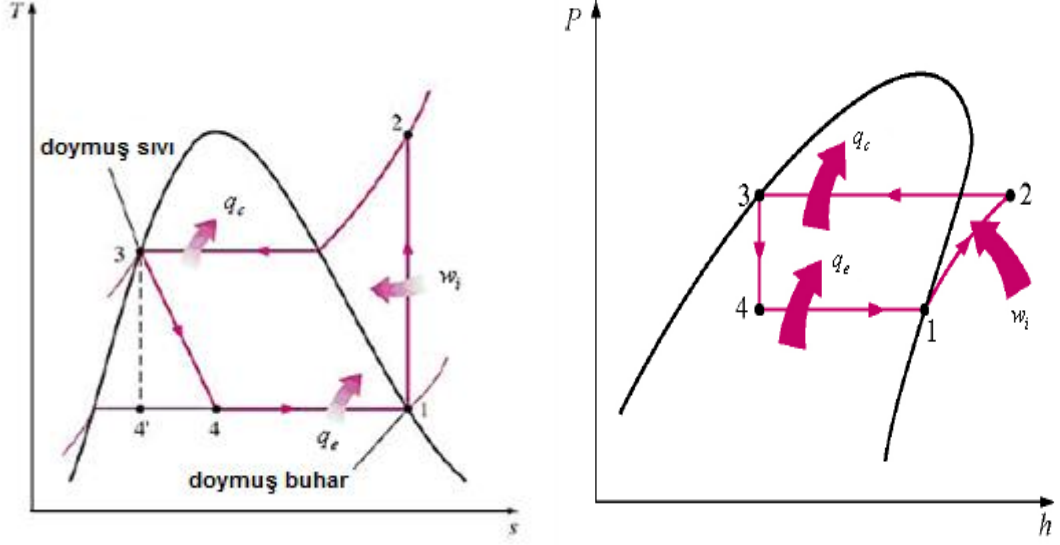
7.1. Buhar Sıkıştırırmalı Kompresörlü Soğutma Sistemi

- Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimleri günümüzde en yaygın kullanılan soğutma yöntemidir.
- Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin dört elemanı vardır: Evaporatör, kompresör, kondenser ve genişleme (veya kısma) valfi (Şekil-7.1'de gösterilmiştir).



Şekil 7.1. Temel buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi şeması

- Temel buhar sıkıştırırmalı çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar olarak girer ve kondenser içinde doymuş sıvı hale gelene kadar soğutulur.
- Sonra soğutucu akışkan evaporatör basıncına kısılarak girer ve ısıyı soğutulan ortamdan absorbe ederek buharlaşır.
- Sistemin sürekli olarak çalıştığı, kinetik ve potansiyel enerjilerinin de ihmal edildiği varsayılırsa çevrimin bilinen yöntemlerle analizi mümkündür.
- Sistemde oluşan esas iş ve ısı transferi, miktarlarına göre okların yönü pozitif olacak şekilde Şekil 7.2'de gösterilmiştir.
- Bu analizlerde her eleman öncelikle ayrı olarak dikkate alınır.
- İstenen soğutma etkisinin elde edildiği evaporatör ilk eleman olarak kabul edilir.



Şekil 7.2. Temel buharlaştırmalı soğutma çevrimi için T-s ve p-h diyagramları (Çengel, 1996)

- Evaporatörün soğutucu tarafını içine alan bir kontrol hacmi dikkate alınır, kütle ve enerjinin korunumu ile birlikte evaporatör soğutucu akışkanının birim kütle başına ısı transfer miktarı olarak verir:

$$q_e = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{m}_r} = h_1 - h_4$$

- Daha sonra kompresör dikkate alınır.
- Kompresörde ısı transferi olmadığını varsaymak genellikle yeterlidir.
- Kompresördeki kontrol hacmine kütle ve enerji korunumu uygulanırsa:

$$w_i = \frac{W_i}{\dot{m}_r} = h_2 - h_1$$

- Kondenserin soğutucu tarafı içine alan kontrol hacmi için, soğutucu akışkan birim kütle başına soğutucu ısı transfer seviyesi:

$$q_c = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{m}_r} = h_2 - h_3$$

- Son olarak durum 3'teki soğutucu akışkan genişleme valfine girer ve evaporatör basıncına kadar genişir.
- Bu işlem genellikle hiçbir ısı transferinin olmadığı kısma işlemleri için modellenir.

$$h_4 = h_3$$

- Buhar sıkıştırırmalı sistemde, giren net güç kompresör gücüne eşittir. Genleşme valfi güç giriş ya da çıkışı içermez.
- Miktarları ve ifadeleri yukarıda kullanmış olarak, buhar sıkıştırırmalı bir soğutma sisteminde performans katsayısı, STK (STK_r) ile ifade edilir:

$$STK = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

- Eğer sistemde ısı amaçlanırsa, sistem ısı pompası olarak adlandırılır.
- Isı pompası ısıyı iletme için belli bir miktar iş kullandığından, sıcak tarafta biriken enerji miktarı, eşit miktarda gerekli iş için soğuk taraftan alınan enerjiden daha büyüktür.
- Performans katsayısı STK, aynı zamanda yararlı ısı hareketinin giren işe oranını verir.
- Isı pompalarında sıcaklık farkı eşit tutulduğu takdirde ısıtma, soğutmadan daha etkilidir.
- Ancak ısı soğutma sistemleri ve ısı pompaları için etkinlik tanımı deneysel çalışmalar için aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$STK = (COP_r) = \frac{\dot{Q}_e}{P_{el}} = \frac{\dot{m}_r (h_1 - h_4)}{V_m I_m \cos \phi}$$

7.2. Deney Düzenegi

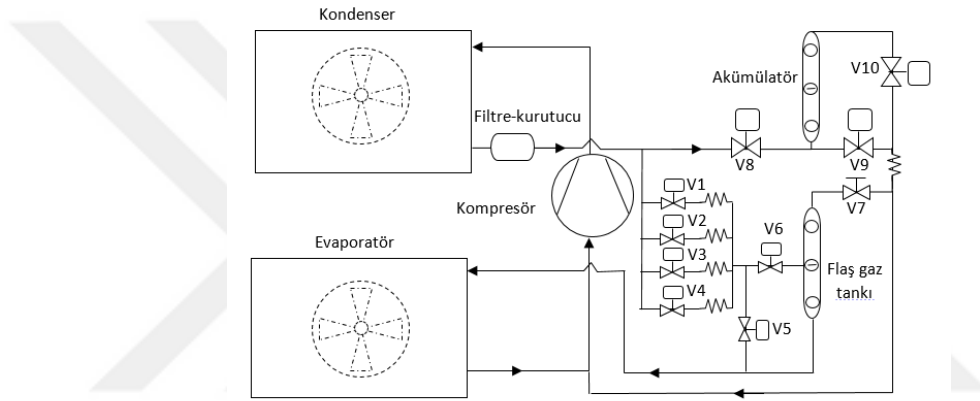
Flaş gaz etkisini deneysel olarak gözlemleyebilmek ve ölçmek üzere Şekil 7.3 ve Şekil 7.4'deki deney düzenegi hazırlanmıştır. Deney düzeneginde 1 adet rotorlu kompresör, 1 adet fanlı lamelli kondenser, 1 adet fanlı lamelli evaporatör, 1 adet filtre kurutucu ve genleşme elemanı olarak 4 farklı boyutta kılcal boru kullanılmıştır. Aksesuar olarak ayrıca soğutucu akışkan akümülatörü, flaş gaz tankı (seperatör), alçak-yüksek taraf basınç göstergeleri, alçak-yüksek (kombine) basınç anahtarı, 4 farklı noktadan sıcaklık duyargası (PT-100), kondenser ve evaporatör giriş-çıkışlarında sıcaklık-nem duyargaları bulunmaktadır. Deney düzeneginde kullanılan malzemeler Çizelge 7.1'de listelenmiştir.

Soğutucu akışkan şarjını ayarlamak için akümülatör üzerindeki üç farklı seviye göstergesi ile eksik-normal ve aşırı şarj durumları test edilebilmektedir.

Deney düzeneğindeki tüm sıcaklık, basınç, akım, gerilim, güç katsayısı ve bağıl nem değişimleri 7 inçlik PLC ekranından izlenebilmekte, özel bir yazılım sayesinde PC'ye Excell verileri halinde kaydedilebilmektedir.

Kılcal boru boyutları olarak V1 solenoid vanası hattı için 60 cm, V2 için 90 cm, V3 için 80 cm ve V4 için 120 cm uzunlukları seçilmiştir.

Deneysel çalışmalarda farklı ölçülerdeki kılcal borular sırasıyla (V1 ila V4) devreye alınmış olup flaş gazın soğutma performansına etkisi (V6 ile V7 açılarak) araştırılmıştır. Ayrıca V8, V9 ve V10 vanaları ile "aşırı şarj" ve "eksik şarj" durumlarında sistem performansı incelenmiştir.



Şekil 7.3. Flaş gaz deney düzeneği devre şeması



Şekil 7.4. Flaş gaz deney düzeneği

Çizelge 7.1. Flaş gaz deney düzeneğinde kullanılan malzemeler

MALZEMENİN ADI VE ÖZELLİĞİ	MİKTAR	BİRİM
MEKANİKSEL MALZEME LİSTESİ		
SİGMATEKNİK ALÜMİNYUM PROFİLİ 40*40 L=6 6000	34,83/20	KG/METRE
Aluboard silver kompozit	6,5	M2
CEME COD.6810TE3.OD CPD SELENOID VANA	9	ADET
ESSEN MWP600 PSIG GÖZETLEME CAMI	8	ADET
SIGMA KANAL KAPAMA FITİLİ	60	METRE
SIGMA PLASTİK KAPAK	8	ADET
M6 INOX PUL	120	ADET
M6X45 YAYLI SOMUN	40	ADET
M8X12 A2 INOX CIVATA	120	ADET
ORKO-PUB-4102-055F18(Frenli Tekerlek)	4	ADET
3/8" BAKIR 90° DIRSEK	5	ADET
FILTRE KURUTUCU 3/8" ÇIKIŞ-GİRİŞLİ	1	ADET
3/8" BAKIR TE	8	ADET
REFCO YÜKSEK BASINÇ MANOMETRESİ	1	ADET
REFCO ALÇAK BASINÇ MANOMETRESİ	1	ADET
DANFOSS KP15 KOMBINE BASINÇ OTOMATIĞI	1	ADET
PA108M1C-4DZDE2 TOSHIBA KOMPRESÖR (TOSHIBA ROTARY)	1	ADET
ÖZEL YAPIM KONDENSER	1	ADET
ÖZEL YAPIM EVAPORATÖR	1	ADET
LETT BAKIR DIRSEK 1/4	12	ADET
1/4" BAKIR TE	10	ADET
KILCAL BORU	3,5	METRE
3/8" BAKIR BORU	4	METRE
1/4" BAKIR BORU	4	METRE
ASHİDA KÜRESEL VANA	1	ADET
EBMPAPST W2E200-HK32-01 AKSIYAL FAN	2	ADET
FAN KORUMALIĞI	2	ADET
SERİGRAFI	2	M2
BOYA İŞÇİLİĞİ		M2
KAYNAK İŞÇİLİĞİ		
BRANDA	1	ADET
DKP SAÇ	3	m2
DKP SAÇ İŞÇİLİĞİ		
BRANDA BASKI	1	ADET
DEVRE ŞEMASI	0,4	M2

Çizelge 7.1. Flaş gaz deney düzeneğinde kullanılan malzemeler (devamı)

MALZEMENİN ADI VE ÖZELLİĞİ	MİKTAR	BİRİM
ELEKTRİKSEL MALZEME LİSTESİ		
DELTA DVP-14SS211R PLC	1	ADET
DELTA DVP-16SP GİRİŞ/ÇIKIŞ ÇOĞALTMA MODÜLÜ	1	ADET
DELTA DVP-04PT-S PT-100 MODÜL	1	ADET
DELTA DVP-02DA-S 2 KANALLI ANALOG ÇIKIŞ MODÜLÜ	1	ADET
DELTA DVP-04AD-S 4 KANALLI ANALOG GİRİŞ MODÜLÜ	3	ADET
ZS4-BL 0,22-4 MM ² RAY KLEMENS BEYAZ	10	ADET
ZS4-BL 0,22-4 MM ² RAY KLEMENS MAVİ	10	ADET
ZS4-BL 0,22-4 MM ² RAY KLEMENS SARI/YEŞİL	4	ADET
DIMMER KARTI	2	ADET
ES4 UÇ BÖLÜM-KOYU GRİ	4	ADET
BAM3 DURDURUCU KOYU GRİ	5	ADET
ABB B6-30-10 MINI KONTAKTÖR	2	ADET
SIEMENS QVM62.1 15M/SN HAVA HIZ SENSÖRÜ	2	ADET
EMKO RTR-M06-L030-K02.1 1/8" Sİ+Sİ PT-100 PR	4	ADET
ENTES 30/5 A AKIM TRAFOSU	1	ADET
ABB CR-P024DC2 24VDC 2 KONTAKLI RÖLE	9	ADET
ABB CR-PSS 2 KONTAKLI (8 AYAKLI) RÖLE AYAĞI	9	ADET
SUOPPU CBB60 25µF +- % 5 50/60 HZ. (KONDANSATÖR)	1	ADET
DELTA DOP-B05S111 5" LCD EKLAN	1	ADET
ONKA NO:1 TIRNAKLI KROŞE	2	ADET
MEAN WELL MDR-60-24 24 VDC 2.5A GÜÇ KAYNAĞI	1	ADET
SCHNEIDER 40 A 2P 30 MA K.A.K.R.	1	ADET
SCHNEIDER C10A OTOMAT (SİGORTA)	1	ADET
KRAUS-NAIMER (CA-10) 20 A 2 FAZLI PAKET ŞALTER	1	ADET
EMAS B-200E-E ACIL DURUM BUTONU	1	ADET
1*16 A DÜZ KAUÇUK FİŞ	1	ADET
3*1,5 MM ² TTR SIYAH KABLO	4,5	METRE
ONKA PG-13,5 GRI KABLO REKORU	1	ADET
ONKA PG-7 SIYAH KABLO REKORU	2	ADET
5'LI ABB KLEMENS ÜST KÖPRÜ	5	ADET
ONKA DELIKLI OTOMAT RAYI	1,39	METRE
MUTLUSAN 25*40 MM DELIKLI KABLO KANALI	6,09	METRE
DELTA DOP-CA232DP PLC İLE HDMI ARASI DATA BAĞLANTI KABLOSU	1	ADET
EMKO PRONEM MIDI PMD-X-HO-TO-1-0-X SICAKLIK NEM SENSÖRÜ	4	ADET

Çizelge 8.1. Flaş Gazsız Deney Sonuçları

Flaş Gazsız	Test 1 (v1-v5 açık) Valve 60 cm	Test 2 (v2-v5 açık) Valve 90 cm	Test 2 (v3-v5 açık) Valve 80 cm	Test 2 (v4-v5 açık) Valve 120 cm
Kondenser Giriş Sıcaklığı	T2 = 59.9°C	T2 = 71.6°C	T2 = 44°C	T2 = 48.6°C
Kondenser Çıkış Sıcaklığı	T3 = 41.7°C	T3 = 38.3°C	T3 = 41.9°C	T3 = 42.5°C
Evaporatör Giriş Sıcaklığı	T4 = 4.6°C	T4 = 3.5°C	T4 = 7.8°C	T4 = 6.6°C
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T1 = 8.1°C	T1 = 6.9°C	T1 = 10.1°C	T1 = 9.1°C
Kondenser Hava Hızı	U1 = 1.9 m/s	U1 = 1.9 m/s	U1 = 1.9 m/s	U1 = 1.9 m/s
Evaporatör Hava Hızı	U2 = 2 m/s	U2 = 2 m/s	U2 = 2 m/s	U2 = 2 m/s
Kondenser Hava Giriş Sıcaklığı	T5 = 21.6°C	T5 = 21.9°C	T5 = 21.8°C	T5 = 21.9°C
Kondenser Hava Çıkış Sıcaklığı	T6 = 35.9°C	T6 = 36.3°C	T6 = 34.5°C	T6 = 35.3°C
Kondenser Hava Giriş Entalpisi	H1 = 37.6 kJ/kg	H1 = 55.4 kJ/kg	H1 = 56.4 kJ/kg	H1 = 56 kJ/kg
Kondenser Hava Çıkış Entalpisi	H2 = 19.4 kJ/kg	H2 = 26.9 kJ/kg	H2 = 30 kJ/kg	H2 = 28.8 kJ/kg
Evaporatör Hava Giriş Sıcaklığı	T7 = 20.1°C	T7 = 20.5°C	T7 = 20.5°C	T7 = 20.6°C
Evaporatör Hava Çıkış Sıcaklığı	T8 = 13.2°C	T8 = 13°C	T8 = 13°C	T8 = 12.8°C
Evaporatör Hava Giriş Entalpisi	H3 = 62.1 kJ/kg	H3 = 59.9 kJ/kg	H3 = 61.3 kJ/kg	H3 = 60.8 kJ/kg
Evaporatör Hava Çıkış Entalpisi	H4 = 91.5 kJ/kg	H4 = 90.9 kJ/kg	H4 = 93.6 kJ/kg	H4 = 93.6 kJ/kg
Kompresör Gücü	92.1 W	100.6 W	86 W	90 W
Alçak Basınç	8.5 bar	8 bar	9.5 bar	9 bar
Yüksek Basınç	29 bar	31 bar	27 bar	28 bar
	Test1(v1-v5 açık)Valve 60 cm STK Hesabı $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{\dot{W}_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ STK =(91,5-37,6) / (37,6-19,4) STK =2,96	Test 2 (v2-v5 açık) Valve 90 cm STK Hesabı $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{\dot{W}_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ STK =(90,9-55,4) / (55,4-26,9) STK =1,24	Test2(v3-v5 açık)Valve 80 cm STK Hesabı $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{\dot{W}_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ STK =(93,6-56,4) / (56,4-30,0) STK =1,40	Test 2 (v4-v5 açık) Valve 120 cm STK Hesabı $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{\dot{W}_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ STK =(93,6-56,0) / (56,0-28,8) STK =1,38

Çizelge 8.2. Flaş Gaz Etkili Deney Sonuçları

Flaş Gaz Etkili	Test 5 (v1-v6-v7 açık) Valve 60 cm	Test 6 (v2-v6-v7 açık) Valve 90 cm	Test 7 (v3-v6-v7 açık) Valve 80 cm	Test 8 (v4-v6-v7 açık) Valve 120 cm
Kondenser Giriş Sıcaklığı	T2 = 61.3°C	T2 = 75°C	T2 = 45.6°C	T2 = 51°C
Kondenser Çıkış Sıcaklığı	T3 = 42.3°C	T3 = 39.1°C	T3 = 42.8°C	T3 = 43.5°C
Evaporatör Giriş Sıcaklığı	T4 = 4.9°C	T4 = 4.6°C	T4 = 8.1°C	T4 = 6.8°C
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T1 = 7.7°C	T1 = 7.9°C	T1 = 10.3°C	T1 = 9.3°C
Kondenser Hava Hızı	U1 = 1.9m/s	U1 = 1.9m/s	U1 = 1.9m/s	U1 = 1.9m/s
Evaporatör Hava Hızı	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s
Kondenser Hava Giriş Sıcaklığı	T5 = 22.1°C	T5 = 22.4°C	T5 = 22.5°C	T5 = 22.7°C
Kondenser Hava Çıkış Sıcaklığı	T6 = 36.2°C	T6 = 37.3°C	T6 = 35.3°C	T6 = 36.2°C
Kondenser Hava Giriş Entalpisi	H1 = 54.6 kJ/kg	H1 = 54.5kJ/kg	H1 = 55.8kJ/kg	H1 = 52.9kJ/kg
Kondenser Hava Çıkış Entalpisi	H2 = 26.9kJ/kg	H2 = 25.9kJ/kg	H2 = 29.2kJ/kg	H2 = 27.1kJ/kg
Evaporatör Hava Giriş Sıcaklığı	T7 = 20.6°C	T7 = 20.7°C	T7 = 20.9°C	T7 = 20.6°C
Evaporatör Hava Çıkış Sıcaklığı	T8 = 12.9°C	T8 = 12.3°C	T8 = 13.6°C	8 = 13.1°C
Evaporatör Hava Giriş Entalpisi	H3 = 60kJ/kg	H3 = 59.9kJ/kg	H3 = 61.3kJ/kg	H3 = 60kJ/kg
Evaporatör Hava Çıkış Entalpisi	H4 = 93.1kJ/kg	H4 = 92.9kJ/kg	H4 = 93.6kJ/kg	H4 = 92.5kJ/kg
Kompresör Gücü	96 W	104 W	88 W	91.9 W
Alçak Basınç	8.5 bar	8.5 bar	9.5 bar	9 bar
Yüksek Basınç	30 bar	32 bar	27.5 bar	28.5 bar
	Test 5 (v1-v6-v7 açık) Valve 60 cm STK	Test 6 (v2-v6-v7 açık) Valve 90 cm STK	Test 7 (v3-v6-v7 açık) Valve 80 cm STK	Test 8 (v4-v6-v7 açık) Valve 120 cm STK
	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK = (93,1-54,6) / (54,6-26,9)</p> <p>STK = 1,38</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK = (92,9-54,5) / (54,5-25,9)</p> <p>STK = 1,34</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK = (93,6-55,8) / (55,8-29,2)</p> <p>STK = 1,42</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK = (92,5-52,9) / (52,9-27,1)</p> <p>STK = 1,53</p>

Çizelge 8.3. Flaş Gaz Etkili(v7 vanaları farklı konumda)Deney Sonuçları

Flaş Gaz Etkili(v7 vanaları farklı konumda)	Test 9 (v1-v6-v7 açık) Valve 60 cm	Test 10 (v2-v6-v7 açık) Valve 90 cm	Test 11 (v3-v6-v7 açık) Valve 80 cm	Test 12 (v4-v6-v7 açık) Valve 120 cm
Kondenser Giriş Sıcaklığı	T2 = 63.4°C	T2 = 76.1°C	T2 = 46.9°C	T2 = 53.7°C
Kondenser Çıkış Sıcaklığı	T3 = 43.7°C	T3 = 40°C	T3 = 42.6°C	T3 = 43.7°C
Evaporatör Giriş Sıcaklığı	T4 = 5.4°C	T4 = 3.9°C	T4 = 7.4°C	T4 = 6.7°C
Kompresör Giriş Sıcaklığı	T1 = 7.9°C	T1 = 7.6°C	T1 = 9.7°C	T1 = 9.°C
Kondenser Hava Hızı	U1 = 1.9m/s	U1 = 1.9m/s	U1 = 1.9m/s	1 = 1.9m/s
Evaporatör Hava Hızı	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s	U2 = 2m/s
Kondenser Hava Giriş Sıcaklığı	T5 = 23.1°C	T5 = 23.1°C	T5 = 22.8°C	T5 = 22.5°C
Kondenser Hava Çıkış Sıcaklığı	T6 = 37.4°C	T6 = 37.7°C	T6 = 35.4°C	T6 = 36.2°C
Kondenser Hava Giriş Entalpisi	H1 = 50.8 kJ/kg	H1 = 49.7kJ/kg	H1 = 51.3kJ/kg	1 = 51.4kJ/kg
Kondenser Hava Çıkış Entalpisi	H2 = 24.9kJ/kg	H2 = 24kJ/kg	H2 = 27.3kJ/kg	H2 = 26.1kJ/kg
Evaporatör Hava Giriş Sıcaklığı	T7 = 21.3°C	T7 = 21.2°C	T7 = 21.1°C	T7 = 20.9°C
Evaporatör Hava Çıkış Sıcaklığı	T8 = 12.8°C	T8 = 12.7°C	T8 = 13.6°C	T8 = 13°C
Evaporatör Hava Giriş Entalpisi	H3 = 57.1kJ/kg	H3 = 56.1kJ/kg	H3 = 57.6kJ/kg	H3 = 57.6kJ/kg
Evaporatör Hava Çıkış Entalpisi	H4 = 91.6kJ/kg	H4 = 89.9kJ/kg	H4 = 91.9kJ/kg	H4 = 92.1kJ/kg
Kompresör Gücü	99.6 W	103 W	88 W	93 W
Alçak Basınç	8.5 bar	8.2 bar	9 bar	9 bar
Yüksek Basınç	30.5 bar	31.5 bar	28 bar	29 bar
	Test 9 (v1-v6-v7 açık) Valve 60 cm STK	Test 10 (v2-v6-v7 açık) Valve 90 cm STK	Test 11 (v3-v6-v7 açık) Valve 80 cm STK	Test 12 (v4-v6-v7 açık) Valve 120 cm STK
	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK =(91,6-50,8) / (50,8-24,9)</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK =(89,9-49,7) / (49,7-24,0)</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK =(91,9-51,3) / (51,3-27,3)</p>	<p>Hesabı</p> $COP = \frac{q_e}{w_i} = \frac{\dot{Q}_e / \dot{m}_r}{W_i / \dot{m}_r} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ <p>STK =(92,1-51,4) / (51,4-26,1)</p>

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek küresel ısınma etkisine sahip soğutkanların, çevresel kriterler göz önüne alınarak, uluslararası ölçekte kullanımları sınırlandırılmaktadır. Avrupa Birliğinin uyguladığı F-gaz yönetmeliği gibi ülkemizde de taslak olarak F-Gaz kullanımına sınırlama getiren bir yönetmelik hazırlanmıştır. Bu kapsamda, R410A soğutkanı yüksek küresel ısınma potansiyeli ile ön plana çıkmaktadır. Bir karışım olan R410A, yüksek enerji verimliliğine, düşük yanıcılık özelliğine sahip olduğundan birçok uygulamada güvenle kullanılabilmesi ve ısı pompaları için cazip bir çözüm olduğu değerlendirilmektedir. Isı pompası uygulamalarında R410A kullanımı giderek artmıştır. Bu projede, R410A kullanılan, borulu buharlaştırıcıya sahip bir ısı pompası sistemine, flaş gaz kısa devre (by-pass) uygulaması yapılmış, sistem etkinliğinde elde edilebilecek iyileşmenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çünkü ısı pompalarının etkinliklerinin artırılması ile dolaylı emisyon salınımları da azalmaktadır. Ayrıca, bu farklılığın eğitim faaliyetlerinde de uygulamalı olarak, lisans öğrencilerine anlatılabilmesi için bir eğitim seti geliştirilmiştir.

Doğrudan genleşmeli buharlaştırıcıya sahip sistemlere göre flaş gaz kısa devreli sistemlerin daha yüksek etkinliklere sahip olabileceği görülmüştür. R410A soğutkanın kullanıldığı sistemlere flaş gaz kısa devre uygulamasının eklendiği bir eğitim seti geliştirme çalışması literatürde mevcut değildir.

Geliştirilen sistemde, hem doğrudan genleşmeli hem de flaş gaz kısa devre uygulaması ile aynı çalışma şartlarında test edilmiştir. Debi, basınç ve sıcaklık ölçümleri yapılarak flaş gaz kısa devre uygulamasının sistem etkinliğine etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, flaş gaz kısa devre uygulamasının borulu evaporatörlerde, sistem performansında önemli bir artışa yol açmadığı tespiti yapılmıştır. Boru çaplarının geniş olması, homojen likit soğutucu akışkan dağılımının önemini azalttığı değerlendirilmiştir. Mikro kanallı evaporatörler ile daha yüksek performans farklılıklarının görülebileceği öngörülmüştür. Bu sebeple, mikro kanallı evaporatörlere sahip buharlaştırıcılar için flaş gaz kısa devre uygulamasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, doğrudan genleşme ve flaş gaz kısa devre uygulamaları arasında bariz bir performans farkı görülmemesinin sebebinin, buharlaştırıcı tipinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu tespit, yapılan termal kamera gözlemleri ile de anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Beaver, A.C., J.M. Yin, C.W. Bullard, and P.S. Hrnjak, An experimental investigation of transcritical carbon dioxide systems for Residential air-conditioning. ACRC Report CR-18 (1999), Univ. of Illinois, Urbana, USA.
- Çengel, Y.A., Boles, M. A., Thermodynamics: An Engineering Approach, McGraw-Hill, 1996.
- Deneysan Eğitim Cihazları San. Tic. Ve Ltd. Şti., 2017. Erişim: 04.08.2017 <http://deneysan.com/>
- Edibon Engineering and Technical Teaching Equipment, 2017. Erişim: 23.10.2017 <http://www.edibon.com/en/>
- Elbel, S. And P.S. Hrnjak, Flash gas bypass for improving the performance of transcritical R744 systems that use microchannel evaporators. Int. J Refrig., 27(7) (2004): 724-735
- Frigoteknik Soğutma, 2018 Erişim: 12.02.2018 <http://www.frigotekniksogutma.com/teknikbilgiler/pdf1351735657.pdf>
- Genceli, O.F. Soğutma Tesisatı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası 2003.
- Gunt Equipment For Engineering Education, 2017. Erişim: 23.10.2017 <http://www.gunt.de/en/>
- İsa K., Can H. 2016. Avrupa Birliği Florlu Sera Gazları (F-Gaz) Yönetmeliği (517/2014) -1. Erişim Tarihi: 12.02.2018. <http://www.termodinamik.info/makale/avrupa-birligi-florlu-sera-gazlari-f-gaz-yonetmeliği-517-2014-1>
- Miller W.A., 1988. Laboratory Capacity Modulation Experiments, Analyses, and Validation. Proceedings of the 2nd DOE/ORNL Heat Pump Conference: Research and Development on Heat Pumps for Space Conditioning Applications, CONF- 8804100, 7-21, Washington.
- Milosevic, A., and P.S. Hrnjak, Flash gas bypass concepts utilizing low Pressure refrigerants. ACRC Report TR-283 (2010). Univ. of Illinois, Urbana, USA.
- Mitsubishi Klima, 2018. Erişim: 12.02.2018 <http://www.mitsubishiklima.com.tr/R410A-gaz-nedir/>
- Pereira, E., Parise, JAR., Performance analysis of capacity control devices for heat pump reciprocating compressors, Heat Recovery Systems and CHP, 1993
- Rasmussen, C. B., Ritchie, E., Variable speed brushless DC motor drive for household refrigerator compressor, Electrical Machines and Drives, 1997 Eighth International Conference on (Conf. Publ. No. 444), 1997
- Rasmussen, C. B., Ritchie, E., Arkkio, A., Variable speed induction motor drive for household refrigerator compressor, Industrial Electronics, 1997. ISIE'97., Proceedings of the IEEE International Symposium on, 1997

Rice, C.K., 1988. Capacity Modulation Component Characterization and Design Tool Development. Proceedings of the 2nd DOE/ORNL Heat Pump Conference: Research and Development on Heat Pumps for Space Conditioning Applications, CONF-8804100, 23-33, Washington.

TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2017. Erişim: 10.08.2017
<http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/000005F0.pdf>

Tuo, H., Hrnjak P., Flash gas bypass in mobile air conditioning system with R134a, Article in International Journal of Refrigeration, November 2012.

Yamankaradeniz, Recep, İlhami Horuz, and Salih Coşkun. Soğutma tekniği ve Uygulamaları. Vipaş AŞ, 2002.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI : ERKAN
SOYADI : ATİK
DOĞUM YERİ : BALIKESİR
DOĞUM TARİHİ : 19.11.1983
MEDENİ HALİ : EVLİ
SÜRÜCÜ BELGESİ : B-SINIFI (2002)
CEP TEL. : 0543 325 97 55
ADRES : PLEVNE MAH. KÜÇÜK SK. NO:6
ALTIEYLÜL / BALIKESİR



EĞİTİM DURUMU

LİSE : BALIKESİR 100YIL E.M.L. TESİSAT BÖL. (1998-2001)
ÜNİVERSİTE : B.A.Ü.MESLEK YÜKSEK OKULU İKLİMLENDİRME
SOĞUTMA BÖLÜMÜ (2002-2006)
ÜNİVERSİTE : ANADOLU ÜNİVERSİTESİ A.Ö.F.İŞLETME BÖLÜMÜ (2011)

STAJLAR

LİSE : BALIKESİR 100YIL E.M.L.TESİSAT BÖL.(2000-2001)
ÜNİVERSİTE : BALIKESİR TÜRK TELEKOM KLİMA ARIZA SERVİSİ (2002)
: B.A.Ü.MESLEK YÜKSEK OKULU İKLİMLENDİRME
SOĞUTMA BÖLÜMÜ (2004)

KATILDIĞI KURS VE SEMİNERLER

- (2003) : DOĞALGAZ VE SIHHİ TESİSATÇILIK USTALIK BELGESİ
- (2006) : İKLİMLENDİRME SOĞUTMA USTA ÖĞRETİCİLİK BELGESİ
- (2006-07-08) : İSKAV-Y.T.Ü.4.5VE 6 UYGULAMALI İKL.SOĞUTMA SEMİNERİ
- (2008) : SOLİD WORKS ÇİZİM PROGRAMI SERTİFİKASI
- (2009) : BİLGİSAYAR İŞLETMENİ SERTİFİKASI
- (2013) : İNGİLİZCE TEMEL SEVİYE

İŞ DENEYİMİ

- (2004-2005) : B.A.Ü. M.Y.O.İKL.SOĞUTMA BÖLÜMÜ (PART-TİME)
- (2005-) : DENEYSAN EĞİTİM CİHAZLARI SAN. VE TİC.(YÖNETİCİ)
- (2015-) : ARGEMSAN PROJE ÜRETİM VE DANIŞMANLIK HİZMETLERİ A.Ş. (YÖNETİCİ)