

T.C

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ**

V TİPİ KONDENSER TASARIMI

ÖZGÜR BİLİCİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GEBZE
2010

T.C

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ**

V TİPİ KONDENSER TASARIMI

ÖZGÜR BİLİCİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMANI
YARD. DOÇ. DR. İLYAS KANDEMİR

GEBZE
2010



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
 tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından
 tarihinde tez savunma sınavı yapılan
 'ın tez çalışması Anabilim Dalında
 YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
/...../20... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: V TİPİ KONDENSER TASARIMI

YAZAR ADI:ÖZGÜR BİLİCİ

Bir soğutma çevriminde soğutucu akışkan soğutulmak istenen ortamın ısını alır ve bu ısıyı dış ortama aktarır. Çevrim elemanları ise soğutma prosesinin devamlılığını sağlamaktadır. Bu elemanlar kompresör, evaporatör, genleşme valfi ve kondenserlerdir. Kondenserler soğutucu akışkanın ısını dış ortama hava veya su kullanarak atan cihazlardır. Soğutucu akışkan kondenserde yoğunur ve böylece soğutma prosesinde bir sonraki adıma devam edebilir. Kondenserler soğutucu akışkanın cinsine ve konstrüksiyon özelliklerine göre çeşitli sınıflara ayrılmışlardır. V tipi kondenserler hava soğutmalı kondenserler ailesinin bir üyesidir. Temel özelliği yerleşimi V şeklinde gözüken iki adet bataryaya sahip olmasıdır.

Bu tez, öncelikle, soğutma prosesi ve soğutma çevrimi elemanları hakkında bilgi vermektedir. Detaylı incelemeler ise kondenserler başlığı altında V tipi kondenser tasarımının iyileştirilmesi ve tasarımının yeni yönlerinin ANSYS WORKBENCH programı ile yapısal ve modal analizlerinin incelenmesi üzerinedir. Friterm A.Ş bünyesinde üretilmekte olan V tipi kondenserler hem montaj kolaylığı sağlamak hemde üründe kullanılan sac maliyetini azaltmak üzere yeniden dizayn edilmiştir. Yeni tasarım sonrası elde edilen bir prototip ANSYS WORKBENCH programında modellenerek ürünün taşıma ve çalışma şartları altındaki konstrüksiyonu incelenmiştir. Bu incelemelerden sonra oluşturulan prototip uygun bulunmuştur ve yeni dizayna göre seri üretime başlanmıştır.

SUMMARY

SUBJECT OF THESIS: DESIGN OF V TYPE CONDENSER

AUTHOR NAME: ÖZGÜR BİLİCİ

In a cooling cycle, the refrigerant takes heat of atmosphere and transfers it to the outer environment. Continuance of a cooling cycle is done by cycle equipment. The equipment are compressor, evaporator, expansion valve and condenser. Condensers transfer the refrigerant's heat to the outer environment by air or water. Refrigerant condenses in condenser, so the next step can start. Condensers have several types according to construction features and refrigerant's feature. V type condensers are member of air cooled condensers family. They have two batteries that are located in the V form, thus are called V type condensers.

This thesis, primarily, includes information about cooling process and cooling cycle equipment. Detailed reviews are about recovering V type condenser design; under the title of "condensers" and reviewing of constructional and modal analyses of new features of design by ANSYS WORKBENCH programme. The V type condensers are redesigned to provide convenience in assembly and to reduce sheet metal costs in FRITERM organisation. The new prototype, that obtained after redesign, is modelised to analyse the construction under the transport and the working conditions in ANSYS WORKBENCH. Following these analyses, the prototype approved its conformity and mass-production started according to new design.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim boyunca her türlü akademik desteği sağlayan Prof.Dr. M. Alaittin Hastaoğlu, Yard.Doç.Dr A. Zafer ŞENALP ve Yard.Doç.Dr İlyas KANDEMİR'e proje boyunca tüm çalışmalarımı destekleyen Friterm A.Ş. Genel Müdürü Naci ŞAHİN'e, Üretim Müdürü Latife GÜRDAL'a bu çalışmam sırasında manevi desteğini esirgemeyen çok değerli eşime ve okul hayatım boyunca her türlü fedakarlığı gösteren sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Soğutma Sistemleri	2
1.3 Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Sistemi	3
1.4 Çevrim Elemanları	5
1.4.1 Kompresör	6
1.4.1.1 Genel Bilgiler	6
1.4.1.2 Rotorlu Kompresörler	6
1.4.1.3 Pistonlu Kompresörler	7
1.4.1.4 Turbo Kompresörler	8
1.4.1.5 Vidalı Kompresörler	9
1.4.1.6 Scroll Kompresörler	10
1.4.2 Evaporatör	11
1.4.2.1 Genel Bilgiler	11
1.4.2.2 Evaporatörlerin Sınıflandırılması	11
1.4.2.3 Kullanım Yerine Göre Evaporatörler	13
1.4.2.4 Evaporatör Seçimi	16
1.4.3 Genleşme Valfi	17
1.4.3.1 Genel Bilgiler	17

1.4.3.2 Otomatik Kısılma Valfi	17
1.4.3.3 Termostatik Genişleme Valfi	18
1.4.3.4 Kılcal Boru	18
1.5 Soğutucu Akışkanlar	19
1.5.1 Giriş	19
1.5.2 Soğutucu Akışkan Özellikleri	20
1.5.3 R22 (CHClF_2)	21
1.5.4 R134a (CH_2FCF_3)	22
1.5.5 Amonyak (R717)	22
2. KONDENSERLER	23
2.1 Genel Bilgiler	23
2.2 Kondenserlerin Sınıflandırılması	25
2.2.1 Hava Soğutmalı Kondenserler	25
2.2.1.1 Genel Bilgiler	25
2.2.1.2 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Yerleştirilmesi	26
2.2.1.3 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Yapısı	26
2.2.2 Su Soğutmalı Kondenserler	27
2.2.2.1 Genel Bilgiler	27
2.2.2.2 Çift Borulu Kondenserler	29
2.2.2.3 Spiral Borulu (havuz tipi) Kondenserler	30
2.2.2.4 Gövde Borulu Kondenserler	30
2.2.2.5 Buharlaştırıcı Kondenserler	30
2.3 Kondenser Seçimi	31
3. V-TİPİ KONDENSERLER	34
3.1 Tasarım Parametreleri	35
3.1.1 Fan ve Donanımlar	35
3.1.2 Batarya ve Donanımlar	36
3.1.2.1 Malzeme	37
3.1.2.2 Geometri	38
3.1.2.3 Boru Sayısı ve Kalınlığı	39
3.1.2.4 Sıra Sayısı	39
3.1.2.5 Hatve	40

3.1.2.6 Lamel İçi Uzunluğu	41
3.1.2.7 Pass Sayısı	42
3.1.2.8 Lamel kalınlığı	42
3.1.3 Sac Aksam ve Donanımlar	43
3.2 Yeni Geliştirilen Modelin Farklılıkları	43
4. TASARIMIN YENİ YÖNLERİNİN ANSYS WORKBENCH' DE İNCELENMESİ	45
4.1 Problemin Ansys Workbench'e Aktarılması	45
4.2 Problemin Çözümü	45
4.2.1 Problemin Modellenmesi	45
4.2.1.1 Geometri Oluşturulması	46
4.2.1.2 Kontak Bölgelerinin Tanımlanması	46
4.2.1.3 Meshleme İşlemi	46
4.2.2 Statik Analiz İçin Sınır Şartlarının Verilmesi	47
4.2.3 Statik Analiz Sonuçlarının Elde Edilmesi	48
4.2.3.1 Toplam Yer Değiştirme Değerlerinin Elde Edilmesi	48
4.2.3.2 Eşdeğer Gerilme Değerlerinin Elde Edilmesi	49
4.2.4 Modal Analiz İçin Sınır Şartlarının Verilmesi	50
4.2.5 Modal Analiz Sonuçlarının Elde Edilmesi	50
4.2.5.1 28,622 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	50
4.2.5.2 29,189 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	51
4.2.5.3 44,851 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	52
4.2.5.4 47,554 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	52
4.2.5.5 49,866 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	53
4.2.5.6 53,256 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi	54
5. SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR DİZİNİ	56
ÖZGEÇMİŞ	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

P	basınç [bar]
h	entalpi [kJ/kg]
s	entropi [kJ/kg K]
T	sıcaklık [°C]
K	ısı geçiş katsayısı [W/m ² K]
A	alan [m ²]
m	kütleli debi [kg/s]
C _p	özgül ısı [kJ/kgK]
Q	ısı transfer miktarı [W]
W	su debisi [lt/h]
N	kompresör motor gücü [W]
S	sıra sayısı
B	bir sıradaki boru sayısı
D	devre sayısı
p	pass sayısı

İndisler

o	çevre hali
h _o	sistemin algıladığı durum
g	giriş
ç	çıkış
o _g	ortama giriş
o _ç	ortamdan çıkış
s	soğutma ortamı
m	ortalama, ağırlık
s _ç	su çıkış
s _g	su giriş
yaş	yaş termometre
nk	nominal kondenser
b	boru
k	kalınlık
n	adet

v	birim hacim
v_{top}	toplam hacim
u	uzunluk
e	ek boru
a	kesit alanı
ODP	Ozona etki potansiyeli
GWP	Global ısınma potansiyeli
TES	Türbülanslı genişletilmiş yüzey, yivsiz boru
CG	Kaburgalı lamel formu, yivli boru
FS	Düz lamel formu, yivsiz boru
FG	Düz lamel formu, yivli boru
LS	Patlamalı lamel formu, yivsiz boru
LG	Patlamalı lamel formu, yivli boru

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemi	3
1.2 Tek kademeli kompresörlü ideal bir soğutma çevriminin basınç-entalpi diyagramı	4
1.3 Tek kademeli kompresörlü ideal bir soğutma çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı	5
1.4 Rotorlu Kompresör	7
1.5 Pistonlu Kompresör	8
1.6 Turbo (Santrifüj) Kompresör	9
1.7 Vidalı kompresör	9
1.8 Scroll Kompresör	10
1.9 Standart tip oda soğutucu	13
1.10 Kabin tip oda soğutucu	14
1.11 Çift üflemlili tip oda soğutucu	14
1.12 Çok düşük hızlı oda soğutucu	15
1.13 Endüstriyel tip soğutucu	15
1.14 Şok dondurucu	16
2.1 Yoğuşturucuda sıcaklık dağılımı	23
3.2 Kondenserlerde geometri	38
3.3 Eski tip V tipi kondenser	44
3.4 Yeni tip V tipi kondenser	44
4.2 Mesh atılmış model	47
4.3 Sınır şartlarının gösterilmesi	48
4.4 Toplam yer değiştirme değerleri	49
4.5 Eşdeğer gerilme değerleri	49

4.6 Yere sabitlenmiş model	50
4.7 Toplam yer değıştirme 1	51
4.8 Toplam yer değıştirme 2	51
4.9 Toplam yer değıştirme 3	52
4.10 Toplam yer değıştirme 4	53
4.11 Toplam yer değıştirme 5	53
4.12 Toplam yer değıştirme 6	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Soğutma işlemlerinin sınıflandırılması	2
1.2 Soğutucu akışkanların atmosfere etkisi	19
2.1 Açık tip kompresör için f_1 değerleri	32
2.2 Hermetik ve yarı hermetik kompresör için f_1 değerleri	32
2.3 f_2 değerleri	32
2.4 Ortam sıcaklığına bağlı olarak f_3 değerleri	33
2.5 Soğutucu akışkana göre f_4 değerleri	33
2.6 Deniz seviyesinden yüksekliğe göre f_5 değerleri	33
3.1 V tipi kondenserlerde fan çapı etkileri	36
3.2. Bakır ve çeliğin önemli özellikleri	37
3.3. Sıra sayısının etkisi	40
3.4. Hatve aralığının etkileri	41

1. GİRİŞ

Bu çalışma kanatlı borulu ısı değıştirgeçleri üreten Friterm Termik Cihazlar San.Tic.A.Ş'nin V Tipi Kondenser tasarımını üretim safhasında montaj kolaylığı açısından iyileştirmek amacıyla yenilemesi sebebiyle ortaya çıkmıştır. Çalışma sırasında öncelikle soğutma sistemleri ve soğutma çevrimi hakkında bilgi verilmiş, çevrim elemanları tanıtılmış, çalışmanın temelini oluşturan Kondenserler ve V Tipi Kondenserler ayrı ayrı başlıklar altında irdelenmiştir. Sonuç kısmında ise tasarımın yeni yönlerinin Ansys Workbench programında statik ve modal analizleri yapılarak yeni ortaya çıkan modelin sac aksamı tasarım aşamasında doğrulanmak istenmiştir.

1.1 Genel Bilgiler

Soğutma, bir maddeyi veya ortamı, kendisini çevreleyen ortamdan daha düşük sıcaklığa getirme ve bu düşük sıcaklığı korumasını sağlama işlemidir. Soğutma işleminin yapılması için maddeden ısı çekilmelidir. Bu durumda soğutma işleminde iki temel değerin sıcaklık ve ısı olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca bir maddeden ısı çekmek için ikinci bir maddenin de bulunması zorunludur. Temel olarak yüksek sıcaklıklı madde üzerinden veya soğutulmak istenen ortamdan soğutucu akışkan geçirilir ve soğutucu akışkan ısı çeker. Günümüz teknolojisinde soğutucu akışkanlar hava, su ve çeşitli kimyasallardır. Soğutucu akışkanlar hakkında bilgi sonraki bölümlerde verilecektir.

Yapılan soğutma işlemleri ortam sıcaklığından elde edilen daha düşük sıcaklığın derecesine göre sınıflandırılmaktadır [Genceli, 2006].

Çizelge 1.1. Soğutma işlemlerinin sınıflandırılması [Friterm A.Ş,2010]

Soğutma işlemi adı	Yaklaşık sıcaklık aralığı
İklimlendirme (Klimatizasyon)	273 K – 300 K
Soğuk hava deposu soğutması	230 K – 273 K
Derin soğutma (Kriyojeni)	3 K – 80 K

1.2 Soğutma Sistemleri

Soğutma işlemleri bir çevrim sayesinde yapılmaktadır. Burada çevrim kelimesinden de anlaşılacağı üzere, soğutulmak istenen madde ile soğutucu akışkan sürekli olarak bir çevrim dahilinde ısı alışverişi yapmaktadırlar.

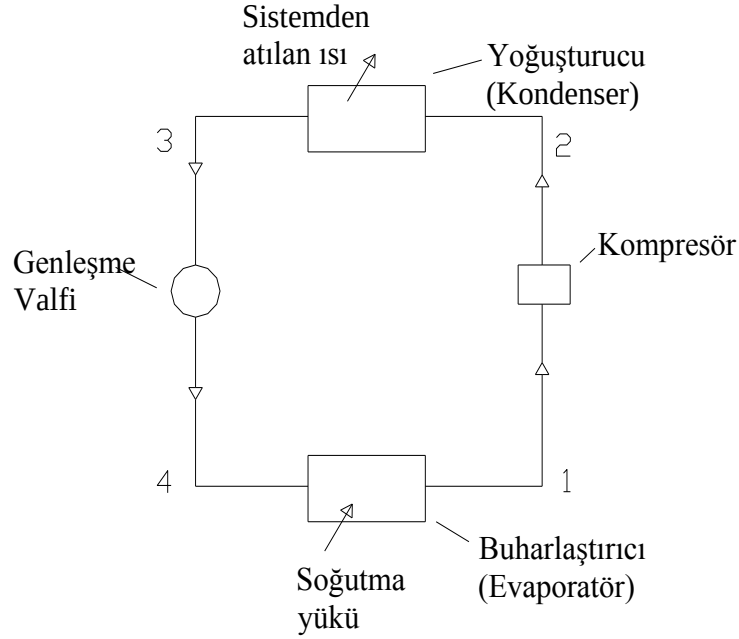
Günümüzde kullanılan soğutma sistemlerini şu şekilde maddeleyebiliriz [Yamankaradeniz ve ark, 2002]:

- 1) Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemi
- 2) Absorbsiyonlu soğutma sistemi
- 3) Adsorbsiyonlu soğutma sistemi
- 4) Buhar-jet (ejektör) soğutma sistemi
- 5) Hava soğutma sistemi
- 6) Termoelektrik soğutma sistemi
- 7) Vortex tüpü
- 8) Paramagnetik soğutma
- 9) Sterling soğutma sistemi

Bu soğutma çevrimleri arasında en yaygın olarak kullanılanı buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma sistemidir.

1.3 Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Sistemi

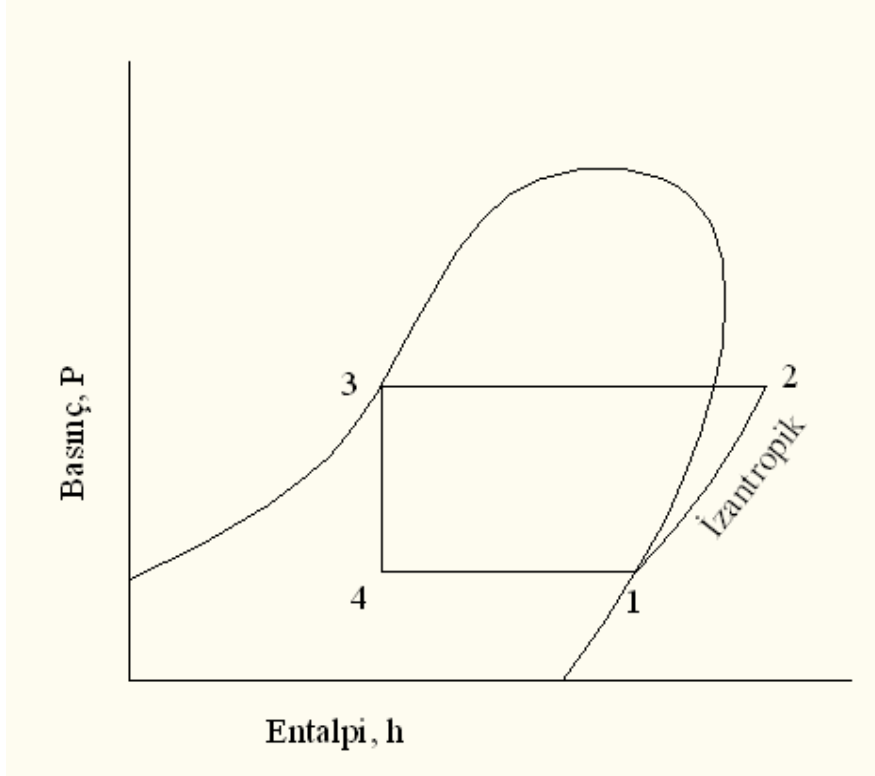
Basit bir buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemi yoğuşturucu, buharlaştırıcı, kompresör ve genleşme valfinden oluşmaktadır (Şekil 1.1) .



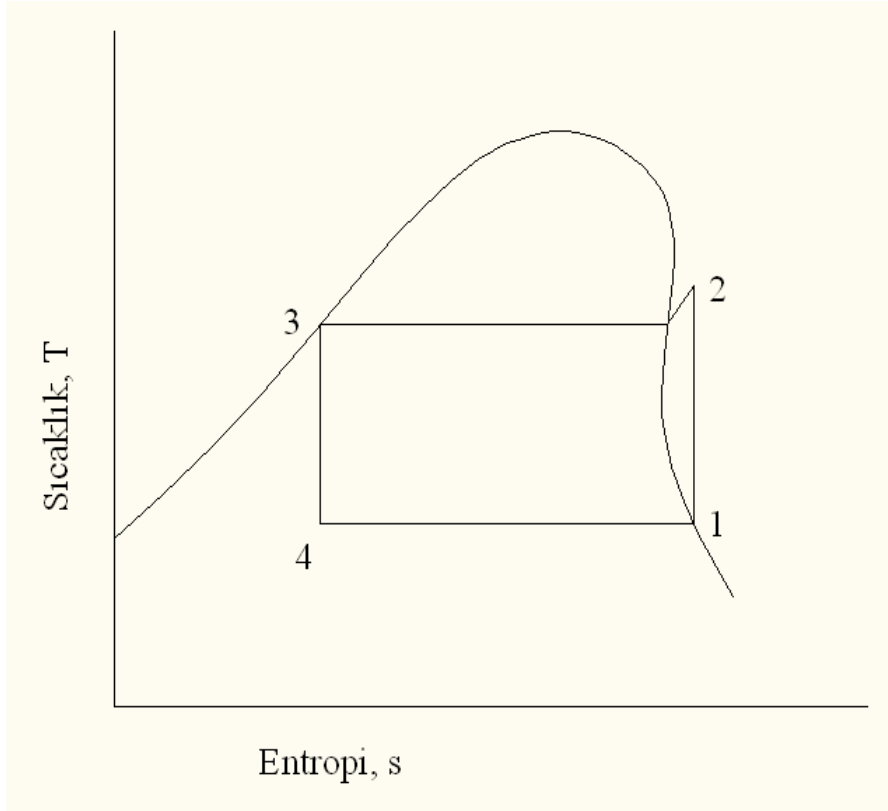
Şekil 1.1 Buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemi [Genceli, 2006]

Soğutucu akışkan kompresörde yüksek basınca sıkıştırılır ve kızgın buhar haline getirilir. Kompresörden sonra kondensere giden soğutucu akışkan burada dış ortamla temas haline geçer ve ısını dışarıya atarak yoğuşur. Sıvı hale gelmiş olan soğutucu akışkan genleşme valfine girer. Genleşme valfinde akışkanın basıncı ve sıcaklığı düşürülmektedir. Daha sonra sistemin son elemanı olan buharlaştırıcıya giren soğutucu akışkan buharlaşır. Buharlaşmak için gerekli olan ısı enerjisini soğutulmak istenen ortamdan çeker. Böylece bu çevrim sonucunda soğutucu akışkan dış ortama ısı verirken, soğutulmak istenen ortamdan ısı çekmiş olur. Buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemi ideal olduğunda ise bilinmesi gereken noktalar vardır. İdeal bir soğutma çevriminde buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda ısı geçişlerinin kayıpsız olduğu kabul edilir. Kompresörde yapılan sıkıştırma işleminin izantropik, genleşme

valfindeki genişlemenin ise adyabatik olduğu kabul edilir. Buna ek olarak sistemde sürtünme veya borulardan ısı kaçağı gibi kayıplar da göz ardı edilmektedir [Genceli, 2006].



Şekil 1.2 Tek kademeli kompresörlü ideal bir soğutma çevriminin basınç-entalpi diyagramı [Genceli, 2006]



Şekil 1.3 Tek kademeli kompresörlü ideal bir soğutma çevriminin sıcaklık - entropi diyagramı [Genceli,2006]

1.4 Çevrim Elemanları

Bir soğutma sisteminde kullanılan temel elemanlar şu şekildedir:

- Kompresör
- Evaporatör (Buharlaştırıcı)
- Genleşme valfi
- Kondenser (Yoğuşturucu)

Kondenserler hakkında detaylı bilgi sonraki bölümde verileceği için bu bölümde kondensere yer ayrılmayacaktır.

1.4.1 Kompresör

1.4.1.1 Genel Bilgiler

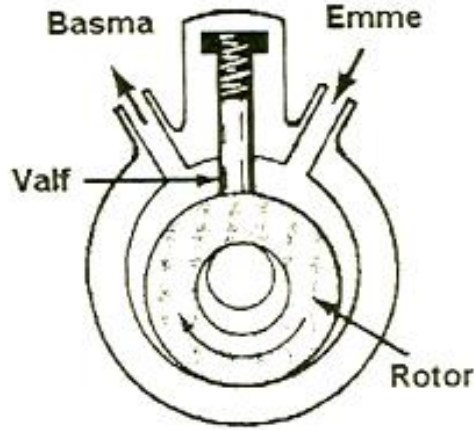
Kompresörlerin tanımını kabaca gazların hacmini düşürerek basıncını yükselten makineler olarak yapabiliriz. Soğutma çevriminde, Şekil 1.1 ve Şekil 1.2 'den görülebileceği üzere, buharlaştırıcıdan çıkmış olan buhar fazındaki soğutucu akışkan kompresöre girer ve burada basıncı ve sıcaklığı yükseltilir. Yani kompresörler, soğutma devrelerinde buharlaştırıcıdaki basıncı düşük buhar halindeki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçtaki yoğuşturucuya gönderen makinelerdir [Yamankaradeniz ve ark, 2002]. Kompresörler çok farklı çeşitlerde üretilmektedirler.

Piyasada en çok görülen kompresör türleri ise şunlardır [Yamankaradeniz ve ark, 2002]:

- Rotorlu kompresörler
- Pistonlu kompresörler
- Türbo (Santrifüj) kompresörler
- Vidalı (Helisel) kompresörler
- Scroll kompresörler

1.4.1.2 Rotorlu Kompresörler

Bu kompresör türü daha çok küçük soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Rotorlu kompresörler bir silindir ve içerisinde dönen kaçık eksenli bir pistondan meydana gelmektedir. Genel olarak bıçaklı ve kanatlı olmak üzere iki türde üretilmektedirler [Yamankaradeniz ve ark, 2002]. En sık görüldüğü kullanım alanları ev tipi buzdolapları, ev tipi derin dondurucular ve pencere tipi klima cihazlarıdır. Bu tür kompresörlerin avantajları elektrik motorundan tahrik alınması için kavrama mekanizması gerekmemesi, soğutucu akışkanın cidar kayıplarının düşük olması, kompresör içerisindeki ölü hacmin düşük olması, hermetik bir kap içinde kullanılmalarından ötürü yağ değiştirme ve bakım ihtiyacı duymamasıdır. Sistemin dezavantajları ise dönen piston, silindir ve kanatlar veya bıçaklar arasındaki sürtünmelerin mekanik verimi düşürmesidir.



Şekil 1.4 Rotorlu Kompresör [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

1.4.1.3 Pistonlu Kompresörler

Pistonlu kompresörler bir silindir içerisinde düzlemsel gidip gelme hareketi yapan bir piston ve motordan gelen dönme hareketini bir krank biyel mekanizması ile düzlemsel harekete çeviren makinelerdir. Genel olarak buhar yoğunluğunun ve yoğuşma basıncının yüksek tutulduğu sistemlerde bu tür kompresörlerden yararlanılmaktadır.

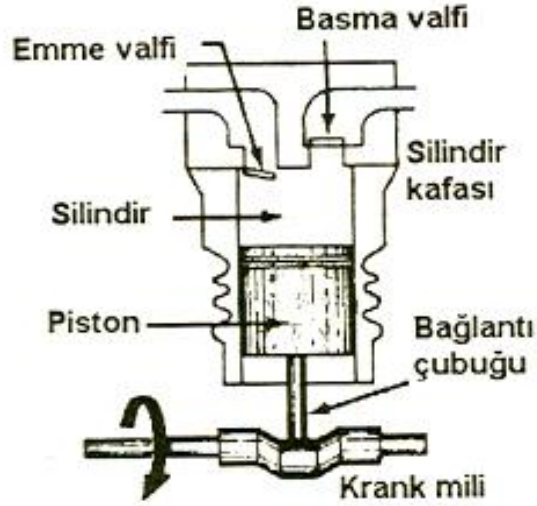
Avantajları [Yamankaradeniz ve ark, 2002]:

- Her çeşit motorla tahrik olabilirler.
- Devir sayısı ayarlanabilir.
- Soğutma devresinde kirlenme yaratmaz.
- Arıza durumunda tamiri kolaydır.

Dezavantajları:

- Motorun ısı kayıplarını geri kazanmak mümkün değildir.
- Sıvı darbelerine karşı diğer kompresörlerle kıyaslandığında daha zayıf kalmaktadır.
- Soğutucu akışkan kaçakları oluşmaktadır.

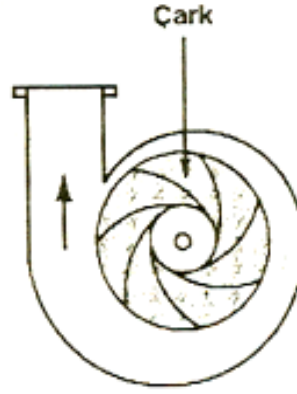
Pistonlu kompresörler açık tip ve hermetik tip olarak iki sınıfta incelenirler.



Şekil 1.5 Pistonlu Kompresör [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

1.4.1.4 Turbo Kompresörler

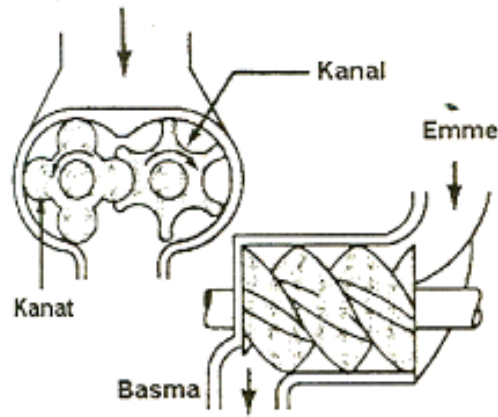
Bu türde kompresörlerin sıkıştırma prensibi dönen çarkın çevresindeki kanatların kullanılmasına dayanır. Sistem verimliliği yüksek devirlerde daha yüksektir. Her bir çark 1,2 oranında sıkıştırma sağladığı için büyük sıkıştırma oranlarının istendiği durumlarda ardışık çarklar kullanılmakta, fakat bu durum konstrüksiyonun karmaşıklaşmasına sebep olmaktadır [Genceli, 2006]. Sıkıştırma oranının çok yüksek olmaması nedeniyle uygulama alanları düşük basınçlı sistemlerdir. Turbo kompresörler özgül hacimleri yüksek olan akışkanların sıkıştırılmasında daha iyi performans gösterdiklerinden ötürü daha çok büyük kapasiteli derin soğutma sistemlerinde tercih edilmektedirler.



Şekil 1.6 Turbo (Santrifüj) Kompresör [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

1.4.1.5 Vidalı Kompresörler

Bu tür kompresörlerin çalışmasındaki temel prensip dişleri birbirini saran iki sonsuz vidadan birisinin diğeri hareket ettirmesi ve bu esnada gazın sıkıştırılmasıdır.



Şekil 1.7 Vidalı kompresör [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

Avantajları [Yamankaradeniz ve ark, 2002]:

- Yüksek verimlidir.
- Titreşim ve gürültü yapmaz. (Çok yüksek devirlerde titreşimler artmaktadır, bu nedenle üst limit 3600 d/dk olarak kullanmak uygundur)
- Sürekli gaz akışı sağlanır

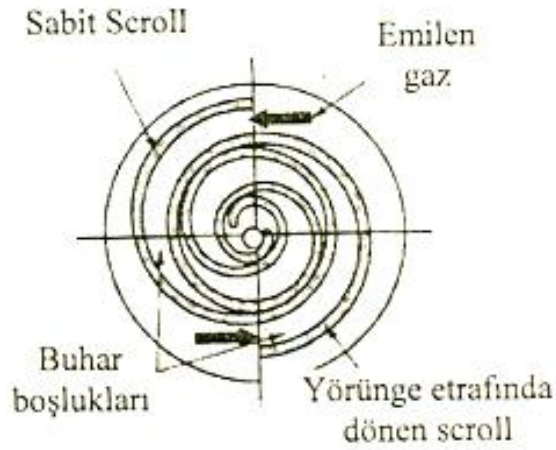
- Güç ayarlaması yapmak mümkündür.
- Sıkıştırma verimi yüksektir.

Dezavantajları:

- Yüksek maliyet
- Yüksek enerji sarfıyatı
- Motor kayıplarının kazanılmasının mümkün olmaması.

1.4.1.6 Scroll Kompresörler

Bahsedilen dört tür kadar geniş kullanıma sahip olmasa da, Scroll kompresörler de günümüzde yaygınlaşmaktadır. Sistemde iki adet spiral disk birbiri üzerinden geçmeli olarak yerleştirilmiştir. Disklerden birisi sabittir (üst disk) ve diğeri hareketlidir (alt disk). Buhar spiral diskin dış kısmından emilir ve disk hareketleri neticesiyle sıkıştırılarak merkezden çıkış ağzına verilir. Sistemin sessiz çalışması önemli bir avantajdır.



Şekil 1.8 Scroll Kompresör [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

1.4.2 Evaporatör

1.4.2.1 Genel Bilgiler

Soğutma çevriminin hedefi bir mahali soğutmaktır ve bu soğutma işlemi evaporatör, yani buharlaştırıcı üzerinde gerçekleştirilmektedir. Soğutucu akışkan genleşme valfinden çıktıktan sonra evaporatöre düşük sıcaklık, düşük basınç ve küçük kuruluk derecesine sahip olarak girmektedir [Genceli, 2006]. Evaporatörde ise soğutucu akışkan bulunduğu çevreden ısı çekmekte ve bu ısı ile buharlaşmaktadır. Termodinamiğin esaslarına göre, soğutucu akışkan ısı çekerken, soğutulmak istenen ortam ısı kaybetmektedir ve böylece soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Evaporatörlerin üretiminde çeşitli konstrüksiyonlar ve malzemeler kullanılmaktadır. Temel olarak ısı aktarımının daha iyi gerçekleşmesi hedeflendiğinden demir, çelik, pirinç, bakır ve alüminyum tercih edilen ve ısı iletkenliği yüksek olan malzemelerdir.

1.4.2.2 Evaporatörlerin Sınıflandırılması

Evaporatörleri konstrüksiyon ve soğutucu akışkan besleme yöntemlerine göre sınıflandırmak mümkündür.

Konstrüksiyon özelliklerine göre oldukça zengin bir çeşitlilik görülmektedir.

- Çıplak borulu buharlaştırıcı
- Levhalı buharlaştırıcı
- Kanatlı borulu buharlaştırıcı
- Lamelli tip buharlaştırıcı
- Çift borulu buharlaştırıcı
- Spiral borulu buharlaştırıcı
- Havuz tipi buharlaştırıcı
- Gövde-borulu buharlaştırıcı
- Püskürtmeli tip buharlaştırıcı
- Sıvı filmlı buharlaştırıcı

Soğutucu akışkan besleme yöntemlerine göre sınıflandırma ise şu şekildedir:

- Yaş buharlaştırıcı
- Kuru buharlaştırıcı

Listede verilmiş konstrüksiyonlardan en yaygın olarak kullanılanları çıplak borulu buharlaştırıcı, levhalı buharlaştırıcı ve kanatlı borulu buharlaştırıcıdır.

Çıplak borulu buharlaştırıcılar çoğunlukla sıvı soğutmasında kullanılır. Düşük hava hızlarının tercih edildiği, doğal sirkülasyonun istendiği yerlerde de bu tür buharlaştırıcılar kullanılmaktadır [Genceli, 2006].

Levhalı buharlaştırıcıların yapımında iki metal levha üzerine pres yoluyla oyuklar açılır ve sonra levhalar birbirine kaynak yapılır. İki levha arasında kalan boşluklar ise serpantin görevi görür. Alternatif olarak boru serpantinini iki tarafına metal levha kaynatılarak da levhalı buharlaştırıcı imal etmek mümkündür. Bu tür evaporatörler soğutma yükünün daha düşük olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir. Örnek olarak evlerde kullanılan buzdolaplarında levhalı buharlaştırıcılar kullanılmaktadır.

Isı transferinin temel prensiplerinden birisi transfer miktarını yükseltmek için transfer yüzey alanını genişletmektir. İşte bu prensipten yararlanan kanatlı borulu buharlaştırıcılarda borulara kanatlar ilave edilir ve boru başına ısı transferi yüzey alanı 40 katına kadar yükseltilir [Genceli, 2006].

Soğutucu akışkan besleme yöntemlerine göre sınıflandırmada yaş ve kuru buharlaştırıcı tiplerinin olduğu daha önce belirtilmişti. Yaş buharlaştırıcıların temel prensibi borularının sıvı ile dolu olmasıdır. Borularda soğutucu akışkan bulunması ısı transferi üzerine olumlu etkiye sahiptir. Sistemin dezavantajı ise boruların devamlı

dolu olmasından ötürü daha fazla soğutucu akışkana ihtiyaç duyulmasıdır. İhtiyaç durumunda soğutucu akışkanın hareketi pompalar aracılığıyla sağlanabilir. Kuru buharlaştırıcılarda ise sistemde termostatik kontrol sistemi mevcuttur ve bu sistem sayesinde yalnızca buharlaşacak kadar akışkan gönderilir. Sistemde eğer istenenden daha az akışkan bulunursa akışkan serpantinden çıkana kadar kızgın hale gelecektir. Termostat bu durumda bir geri bildirim yollayarak genleşme valfinden daha fazla soğutucu geçmesini sağlayacaktır. Böylece sistemde yeniden istenen miktarda soğutucu akışkan dolaşacaktır. Sistemde ne miktarda soğutucu akışkan bulunacağı ise soğutma yüküne bağlı olarak değişmektedir. Düşük soğutma yüklerinde daha az miktarda soğutucu akışkan dolaşmaktadır. Aynı şekilde eğer soğutma yükü yüksekse sisteme genleşme valfinden daha çok akışkan sağlanacaktır.

1.4.2.3 Kullanım Yerine Göre Evaporatörler

Evaporatörler yapılarının yanı sıra kullanım yerlerine göre de sınıflandırılmışlardır. [Acül, 2005]

Standart tip oda soğutucuları: Genel soğutma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Geniş kapasite ve hatve seçeneklerine sahiptirler.



Şekil 1.9 Standart tip oda soğutucu [Friterm A.Ş,2010]

Kabin tip oda soğutucuları: Küçük kabinler ve düşük tavanlı yerleşimlerde kullanıma uygundur. Soğuk hava direk olarak ürün üzerine gelmemektedir, soğutma işlemi tavandan tabana doğru yapılmaktadır.



Şekil 1.10 Kabin tip oda soğutucu [Friterm A.Ş.,2010]

Çift üflemeli tip oda soğutucular: Özellikle et işleme mahalleri gibi havanın doğrudan vurması istenmeyen yerlerde yaygın kullanıma sahiptir. Soğuk hava direk olarak ürün üzerine gelmez. Odanın ortasına monte edildiği zaman daha homojen bir soğutma sağlamaktadır.



Şekil 1.11 Çift üflemeli tip oda soğutucu [Friterm A.Ş.,2010]

Çok düşük hızlı oda soğutucular: Bu tür evaporatörler çiçek, et ve hassas ürün soğutmalarında kullanılmaktadır. Düşük tavanlı mahallerde kullanımları uygundur. Soğuk havayı direk olarak ürün üzerine göndermez, bunun yerine tavandan tabana doğru bir soğutma oluşturur. Odanın ortasına monte edildiğinde daha homojen bir soğutma sağlamaktadır.



Şekil 1.12 Çok düşük hızlı oda soğutucu [Friterm A.Ş,2010]

Endüstriyel soğutucular: Genel endüstriyel soğutma uygulamalarında geniş kullanım alanlarına sahiptir. Geniş kapasite ve hatve seçenekleri mevcuttur.



Şekil 1.13 Endüstriyel tip soğutucu [Friterm A.Ş,2010]

Şok dondurucular: Şok dondurucuların temelinde yüksek basınçlı ve yüksek debide hava temin eden fanlarla donatılmış olması yatmaktadır. İyi tasarlanmış ve doğru çalıştırılan bir şok dondurucuda ürün üzerindeki hava hızı tünelin her yerinde aynı olmalıdır. Bu sayede tüm ürünler eşite yakın şekilde dondurulabilir. Tünel dizaynı, hava akımına karşı ürünlerin yarattığı direncin tüm hava geçiş kesitinde eşit olacak şekilde yapılmalıdır. Aksi taktirde hava en kolay yolu seçecek ve dondurma işlemi verimi düşecektir.



Şekil 1.14 Şok dondurucu [Friterm A.Ş.,2010]

1.4.2.4 Evaporatör Seçimi

Evaporatör seçimi yapılırken soğuk oda bağıl nem koşulu ve hava hızı önemli kriterlerdir. Özellikle besin soğutmasında bağıl nem ayarlaması hayati önem taşımaktadır. Oda sıcaklığı ile evaporasyon sıcaklığı farkı belirli bir sınırın altında tutuldukça oda havasının bağıl nemi de belirli bir seviyede tutulmaktadır. Odanın bağıl nemi soğuk oda sıcaklığı ile buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı farkının bir fonksiyonudur. Oda sıcaklığı ve malın cinsi biliniyorsa, o ürün için en uygun nem teknik tablolar aracılığıyla belirlenir ve bunu sağlayacak oda – evaporasyon sıcaklık farkı bilinir. Böylece sistemin sahip olması gereken evaporasyon sıcaklığı belirlenir ve ürün seçimi buna göre yapılır [Acül, 2005].

Diğer önemli faktör olan hava hızı ise lamel ve boru üzerinden geçmekte olan havanın dış yüzey ısı transfer katsayısını büyük oranda etkilemektedir. Hava hızının yüksek olması daha iyi ısı transferi anlamına gelmektedir. Fakat yüksek hızlı hava akımı elde etmenin de belirli bir maliyeti vardır. Bu durumda bir optimizasyon çalışması yapılmalıdır. Genelleme yapılırsa, 3-6 m/s’lik hızların soğutma açısından uygun ve ekonomik olduğu söylenebilir.

1.4.3 Genleşme Valfi

1.4.3.1 Genel Bilgiler

Soğutma devresindeki soğutucu akışkanın Şekil 1.2'deki diyagramda 3-4 noktaları arasında kalan bölgede basıncın düştüğünü görmemiz mümkündür. İşte bu basınç düşüşü devre elemanlarından genleşme valfi tarafından gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel ve ticari iklimlendirme ve soğutma alanında kullanılan genel olarak çeşitli türlerde kısılma vanası mevcuttur [Yamankaradeniz ve ark, 2002].

Bunlar ;

- El ayar valfi
- Otomatik kısılma valfi
- Termostatik kısılma valfi
- Elektrikli kısılma valfi
- Kılcal boru
- Şamandıralı ayar valfi

Bu türler içerisinde kullanımı en yaygın olanlar otomatik kısılma vanası, termostatik kısılma vanası ve kılcal borudur.

1.4.3.2 Otomatik Kısılma Valfi

Otomatik kısılma valfinde soğutucu akışkanın bir p_0 basıncına getirilmesi istenir. Valf içerisinde soğutucu akışkanın basıncı bir diyaframa tesir etmektedir. Diyafram ise bir iğneyle akışkan geçişini kontrol eden ayar vidasıyla bağlantılıdır. Bu mekanizma sayesinde valfin içerisinden geçen akışkanın basıncı düşünce diyafram aşağıya doğru hareket ederek iğnenin açılmasını ve böylece daha fazla soğutucu akışkanın valfe alınmasını sağlar. Tam tersi durumda, yani diyaframın yukarıya hareket etmesi durumunda ise iğne kapanacak ve sisteme daha az miktarda soğutucu akışkan alınacaktır. Ayar vidası sistemde istenen basıncın belirlenmesini sağlamaktadır. Bu tür valfler yalnızca ayarlanmış basınçların elde edilmesinde etkili

rol oynarlar. Bu sebepten ötürü otomatik kısılma valflerinin büyük tesislerde kullanılması tavsiye edilmemektedir.

1.4.3.3 Termostatik Genişleme Valfi

Bu tür valfleri daha üstün ayarlamalar ile kullanmak mümkündür. Temel özelliği sıcaklık hissedici adında bir eklentiye sahip olmasıdır. Bu eklenti evaporatör üzerinde uygun bir noktaya yerleştirilmektedir. Çalışma mantığında diyagrama p_{ho} ve p_o basınç farkının tesir etmesi vardır. p_{ho} basıncı sıcaklık hissedici sistemin algıladığı basınçtır. p_o basıncı ise sistemin ayarlandığı basınçtır. Diyafram bu verileri kullanarak aynı zamanda aşırı kızma derecesi olan $T_h - T_{ho}$ sıcaklık farkını ölçmektedir. Aşırı kızma derecesinin artması sistemde yeterince soğutucu akışkanın olmamasından ötürü evaporatör çıkışında gazın kızdığını belirtmektedir. Bu durumda iğne açılacak ve sisteme daha fazla soğutucu akışkan alınacaktır. Böylece kızma önlenmiş olur ve sistem buharlaştırıcıdan daha yüksek verim elde edecektir. Termostatik genişleme valflerinde soğutma yüküne göre soğutucu akışkan debisinin yanı sıra, kızma derecesi de ayarlamak mümkündür. Kızma derecesi sayesinde evaporatör çıkışında soğutucu akışkanın bir miktar kızması sağlanır.

1.4.3.4 Kılcal Boru

Ev tipi buzdolabı ve derin dondurucular gibi küçük soğutma kapasitelerinde genişleme valfi yerine kılcal boru kullanılır. Boruların iç çapı soğutma yüküne bağlı olarak 0,8 – 1,3 mm arasında değişmektedir. Kılcal boruların boyu ise evaporatör basıncına göre belirlenmektedir.

1.5 Soğutucu Akışkanlar

1.5.1 Giriş

Soğutucu akışkanlar bir soğutma çevriminde soğutulmak istenen ortamda evaporatör üzerinde buharlaşır, yani ortamdan ısı çekerler. Çevrimin devamlılığı için soğutucu akışkanın yeniden sıvı fazına dönmesi gerekmektedir. Bu işlem ise kondenser üzerinde gerçekleşir. Böylece bir çevrim tamamlanmış olur ve soğutulmak istenen ortamın ısısı dış ortama transfer edilir. Soğutucu akışkan seçiminde önemli olan tek faktör ısı transfer kabiliyeti değildir. Soğutucu akışkanların zehirli, yanıcı, patlayıcı olmaması istenir. Bunun yanında pas oluşumuna sebep olmamalı, kimyasal stabiliteye sahip olmalı, ucuz ve kolay edinilebilir olmalıdır. Bu akışkanların kullanımında bir diğer önemli faktör de çevreye verdiği zarardır. Kullanılan soğutucu akışkanlar halojenli bileşenler (CFC – Chlorofluorocarbon) içerir ve bu kararlı bileşenler yıllarca atmosferde barınarak özellikle atmosferin üst kısımlarında moleküllere ayrışır. Bunun sonucunda ise ortaya klor açığa çıkar ve bu madde ozon tabakası için oldukça zararlıdır [Ayhan ONAT ve ark. 2004] ; [Daikin Industries Ltd, 2010]. Çizelge 1.2 kullanımı yaygın olan soğutucu akışkanların çevre etkilerini özetlemektedir.

Çizelge 1.2 Soğutucu akışkanların atmosfere etkisi [Daikin Industries Ltd, 2010]

Soğutucu Akışkan	Atmosferde Kalma Süresi(yıl)	Ozona Etki Potansiyeli	Sera Etkisi
R-32	7,3	0	0,11
R-135	40,5	0	0,84
R-143a	64,2	0	1,1
R-502	15,8/400	0,22	3,7
R-22	15,8	0,05	0,34
R-12	130	1	3,1
R-134a	15,6	0	0,28
R-152a	1,8	0	0,03
R-134	-	0	-
R-143	41	0	1,1
R-11	56	1	1
R-123	1,8	0,016	0,02

Soğutucu Akışkan(Devam)	Atmosferde Kalma Süresi(yıl) (Devam)	Ozona Etki Potansiyeli (Devam)	Sera Etkisi (Devam)
R-152	-	0	-
R-717	-	0	-

Soğutucu akışkanların çevreye karşı olan etkisinin kıyaslanması için iki adet kriter vardır. Bunlardan ilki ODP (Ozone Depletion Potential), yani ozona etki potansiyelidir. Diğeri ise GWP (Global Warming Potential), yani global ısınma potansiyelidir. ODP ölçümlerinde R11 deney normali olarak kabul edilmiştir ve 1,0 değerini almıştır. ODP değerinin düşük olması bu akışkanın ozon delici etkisinin daha az olduğu anlamına gelmektedir. GWP bir soğutucu akışkanın global ısınma etkisini belirlemektedir. GWP değerinin düşük olması bu akışkanın global ısınmaya daha az katkıda bulunduğu anlamına gelmektedir.

1.5.2 Soğutucu Akışkan Özellikleri

Soğutucu akışkanlardan istenen özelliklerin özeti şu şekilde yapılabilir [Yamankaradeniz ve ark, 2002];

1. Az bir enerji sarfıyatı ile daha çok soğutma elde edebilmelidir.
2. Soğutucu akışkanın buharlaşma ısısı yüksek olmalıdır.
3. Buharlaştırıcıda basınç atmosfer basıncı altına inmemelidir.
4. Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır.
5. Viskozitesi düşük ve yüzey gerilimi az olmalıdır.
6. Emniyetli ve güvenilir olmalıdır.
7. Yağlama akışkanları ve soğutma devresindeki elemanlar ile reaksiyona girmemelidir.
8. Soğutma devresinde bulunmaması gereken rutubet ile reaksiyona girmemelidir.
9. Sistemden kaçması durumunda özellikle yiyecek maddeleri üzerinde zararlı etkisi olmamalıdır.
10. Sistemden kaçması durumunda çevredeki insanlara ve diğer canlılara solunum sonucunda zarar vermemelidir.
11. Havaya karıştığında patlayıcı veya yanıcı bir etki yaratmamalıdır.

12. Çalışma şartlarındaki basınç ve sıcaklık değerlerinde ayrışma yapmamalıdır, özelliklerini korumalıdır.
13. Elektriksel özellikleri uygun olmalıdır.
14. Ucuz ve kolay temin edilebilmelidir.
15. Ozon tabakasına zarar vermemelidir.
16. Zehirli ve kanserojen olmamalıdır.
17. Kaçağının tespiti mümkün olmalıdır.
18. Kritik sıcaklık ve basınç değerleri yüksek olmalıdır.
19. Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır.
20. Küçük kapasiteli kompresörler ile de kullanılabilirdir.

Bu istenen özelliklerin hepsinin bir soğutucu akışkanda mevcut olması mümkün değildir. Mühendisler seçim yapacakları zaman ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak, en uygun soğutucu akışkanı tercih etmelidir.

1.5.3 R22 (CHClF₂)

R22 fluokarbon soğutucu ailesinin üyelerinden birisidir. Friterm’de üretilen kondenserlerde soğutucu akışkan olarak R22 kullanıldığı için bu bölümde bilgi verilmektedir. R22 zehirsiz, yanma özelliği olmayan, patlamayan bir akışkandır. Düşük klor içermesi ve ozon tabakası ve global ısınma üzerine olan etkisinin az olması önemli bir tercih sebebidir (ODP = 0,05 ve GWP = 1700). R22 halen kullanılmasına rağmen, AB standartlarına göre 2003’ten sonra geliştirilen yeni sistemlerde kullanımı istenmemektedir. 2010 yılından itibaren ise yalnızca stoklardaki veya yeniden değerlendirilen akışkanlar kullanılabilir, fakat üretimi durdurulacaktır. Uygulama alanları özellikle boyut ve ekonomikliğin önemli olduğu klimalandırma sistemleri ve düşük veya orta kapasiteli soğutma sistemleridir. Kaynama sıcaklığı -40,8 °C ve kritik sıcaklığı 96 °C’dir [Refrigerant Properties, 2010].

1.5.4 R134a (CH₂FCF₃)

Uygulamalarda kullanılan bir diğer akışkan da R134a'dır. Klor içermemesi ve ozon delici etkisi bulunmaması önemli bir avantajıdır (ODP = 0 ve GWP = 1300) [Refrigerant Properties, 2010]. Özellikle otomotive sektöründe R12'nin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Bunu yanında ev tipi iklimlendirme sistemleri ve orta yüklü soğutma işlemlerinde de tercih edilmektedir. Bu akışkanın dezavantajı ise ısı iletim performansının düşük olması ve düşük özgül hacme sahip olmasından ötürü büyük kompresör ötelemesi gerektirmesidir. R134a çevre dostu bir soğutucu akışkan olduğu için kullanımında herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır.

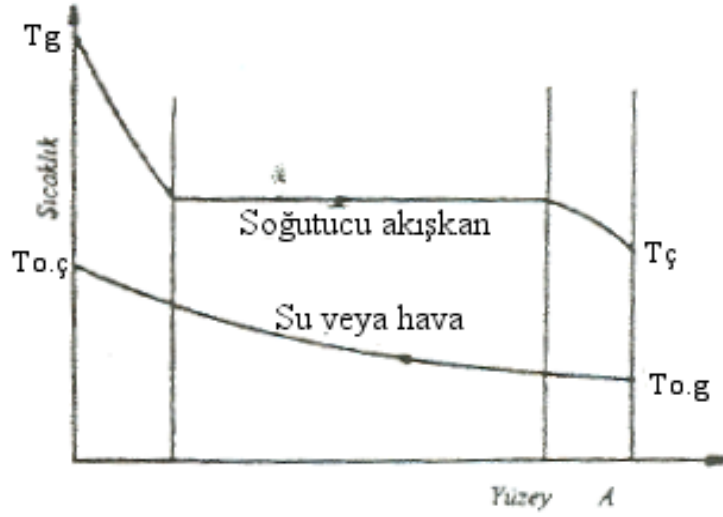
1.5.5 Amonyak (R717)

Günümüz koşullarında fluokarbon ailesinin haricinde geniş bir kullanım alanına sahip olan tek soğutucu akışkan amonyaktır. Isıl özellikleri mükemmel olan bu akışkan daha çok büyük endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Yüksek derecede zehirleyici bir madde olmasından ötürü yalnızca iyi eğitilmiş personelin bulunduğu tesislerde kullanılması uygundur. Bu akışkanın kullanılacağı sistemlerin tasarımı ve bakımı dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Yanıcı değildir, fakat patlayıcı özellikleri vardır. Önemsenmesi gereken noktalardan birisi de amonyağın bakır üzerine korozyon etkisinin olduğudur. Pek çok uygulamada soğutucu akışkan bakır boruların içerisinden geçmektedir. Oysa bu akışkanın amonyak olduğu sistemlerde yalnızca çelik veya dökme demir kullanılmalıdır. Amonyağın kaynama sıcaklığı -33 °C, kritik sıcaklığı ise 133 °C'dir.

2. KONDENSERLER

2.1 Genel Bilgiler

Kondenserler bir soğutma çevriminde buhar haline gelmiş olan soğutucu akışkanın yeniden sıvı fazına getirmekle yükümlü elemanlardır. Kondenserler soğutucu akışkanın ısını dış ortama verirler ve böylece soğutma çevriminin devamlılığı sağlanmış olur.



Şekil 2.1 Yoğuşturucuda sıcaklık dağılımı [Yamankaradeniz ve ark, 2002]

Şekil 2.1'den görüleceği üzere, soğutucu akışkan kondenser içerisinde üç adımda yoğuşmaktadır. Birinci adım yoğuşturucu içerisindeki akışkanın kızgınlığının alınması ve doymuş buhar haline getirilmesidir. Daha sonra ısı transferinin devam etmesinden ötürü soğutucu akışkan faz değiştirmeye başlayacaktır. Bu adım sonrasında soğutucu akışkan doymuş sıvı haline gelecektir. İhtiyaçlar doğrultusunda üçüncü adıma geçilir ve burada da aşırı soğutma yapılır. Genellikle kondenser yüzey alanının %5'i kızgınlığın alınması, %85'i yoğuşma, ve %0-10 arası da aşırı soğutma için kullanılmaktadır.

Kondenserde oluşan ısı transferi miktarını aşağıdaki formül ile hesaplamak mümkündür:

$$Q_y = K.A.\Delta T_m = \dot{m}_s c_{ps} (T_{o\check{c}} - T_{og}) \quad (2.1)$$

K : Yoğuşturucunun toplam ısı geçiş katsayısı (W/m²K)

A : Yoğuşturucunun toplam ısı geçiş alanı (m²)

ΔT_m : Ortalama logaritmik sıcaklık farkı (°C)

$\dot{m}_s$: Soğutma ortamının kütleli debisi (kg/s)

c_{ps} : Soğutma ortamının özgül ısısı (kJ/kgK)

T_{og} : Soğutma ortamının giriş sıcaklığı (°C)

$T_{o\check{c}}$: Soğutma ortamının çıkış sıcaklığı (°C)

Kondenselerin ısı transfer kabiliyetinin bağı olduğu dört önemli faktör vardır [Yamankaradeniz ve ark, 2002].

- Yoğuşturucu yapımında kullanılan malzeme
- Yoğuşturucu yüzeyi ve yoğuşma ortamı arasındaki temas alanı
- Yoğuşma ortamı ve soğutucu akışkan buharı arasındaki sıcaklık farkı
- Yoğuşturucu temizliği

Yukarıda bahsedilenlerin yanı sıra kondenser kapasitesini değıştiren geometrik özellikler de mevcuttur. Sonraki bölümlerde bu faktörler detaylı olarak incelenecektir.

2.2 Kondenserlerin Sınıflandırılması

Kondenserlerin sınıflandırılmasında soğutucu akışkanın ısını hangi maddeye aktardıkları temel kriterdir. Kondenserlerde soğutucu akışkan hava veya su kullanılarak yoğunlaştırıldığı için hava soğutmalı ve su soğutmalı olmak üzere iki ana kondenser sınıfı vardır.

2.2.1 Hava Soğutmalı Kondenserler

2.2.1.1 Genel Bilgiler

Hava soğutmalı kondenserler soğutucu akışkanın yoğunlaşırken attığı ısıyı havaya vererek çalışır. Yapı olarak çoğunlukla kanatlı borulardan soğutucu akışkan geçer ve hava bu boruların dışarısından geçirilir. Havanın ısı taşınım katsayısı küçük olduğundan, hava soğutmalı kondenserler daha çok küçük soğutma yükleri ve yeterli soğutma suyunun bulunmadığı koşullarda kullanılmaktadır.

Hava soğutmalı kondenserler iki sınıfta incelenmektedir:

- Doğal akışlı hava soğutmalı kondenserler
- Zorlamalı akışlı hava soğutmalı kondenserler

Ev tipi gibi küçük buzdolaplarında hava hareketi doğal olarak sağlanmaktadır [Genceli, 2006]. Buzdolaplarının arka kısmında bulunan yoğunlaştırıcı eleman ile duvar arasında 10 – 30 cm kadar bir boşluk bulunmaktadır ve bu alanda hava akışı istenildiği gibi sağlanmaktadır. Bu tür kondensere, yani hava akışını sağlamak için ek cihaza ihtiyaç duymayanlara, doğal akışlı hava soğutmalı kondenserler denmektedir.

Soğutma yükünün daha yüksek olduğu durumlarda ise hava akışını istenildiği şekilde sağlayabilmek için kondenser sisteminde mutlaka fan kullanılmalıdır. Aynı bir fan motoru kullanılacağı gibi, düşük hava debisi ihtiyaçlarında kompresör miline bağlanmış bir vantilatör de sistemdeki hava akışını sağlamak için kullanılabilir. Eğer

hava akışı bir fan aracılığıyla sağlanıyorsa, bu tür kondenserlere zorlamalı akışlı hava soğutmalı kondenser adı verilmektedir.

2.2.1.2 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Yerleştirilmesi

Kondenserler bir soğutma sisteminde grup tertip şekillerine göre kompresörle birlikte veya kompresörden uzak bir mesafeye konulmaktadır. Kompresörle birlikte gruplanmış kondenserler ufak kapasiteli sistemler için kullanışlıdır. Soğutma yükü yükseldikçe kondenserler sistemdeki kompresörden uzak bir mesafeye konulmalıdır. Kondenserler oda içine ve oda dışına yerleştirilebilir. Soğutucu akışkanın ısınıp çeken hava kondensere girdikten sonra termodinamik yasalarına göre ısınmaktadır ve bu sebeple kondenserler neredeyse tüm uygulamalarda oda dışına yerleştirilmektedir. Kondenserlerin devamlı güneş ışığına maruz bir şekilde yerleştirilmesi istenilen bir durum değildir. Bunun yanında kullanılan fan motorlarının kondensere giren değil, kondensere çıkan havayla temas ediyor olmasına dikkat edilmelidir. Dışarıya yerleştirilen kondenserler ile ilgili önemsenmesi gereken bir diğer konu da rüzgardır. Kondensere girecek havanın istenilen hız ve debi değerlerinde olması için mevcut rüzgarların yoğunlaştırıcudaki hava hareketine yardımcı olmasını sağlamak avantajlıdır. Bu sebeple yerleştirme işleminde rüzgar yönü de göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.1.3 Hava Soğutmalı Kondenserlerin Yapısı

Bu tür kondenserlerde yoğunlaştırılmak istenen akışkan metal tüp boru serpantin demetinden akar. Isı transferinin daha iyi olması için ısı transfer yüzey alanının yüksek olması gereklidir. Bu nedenle boru demetlerine levha tip kanatçıklar eklenir. Soğutucu akışkanın geçtiği tüp boruların malzemesi çoğunlukla bakır, alüminyum veya çeliktir. Günümüz piyasasında en çok rağbet gören malzeme bakırdır. Bunun sebebi bakırın kolay şekil verilebilen ve ısı transfer katsayısı oldukça yüksek olmasıdır. Ayrıca bakır korozyona karşı oldukça dayanıklıdır. Bakır malzemenin tek dezavantajı ise amonyak ile reaksiyona girmesinden ötürü soğutucu akışkanı amonyak olan sistemlerde kullanılması uygun olmamasıdır.

Her bir boru t p demetine sıra adı verilmektedir. Kondenserler en verimli olarak tek sıralı çalışmasına rağmen, çoğu uygulamada tek sıralı olarak kullanmak mümkün değildir. Yine de sıra sayısı çok yüksek tutulmamaya çalışılır. Tek sıralı kondenser kullanımına en iyi örnek evlerde kullanılan buzdolaplarıdır. Boruların arasından akan hava her sırada ısı almaktadır ve ilerledikçe ısı çekme kabiliyeti azalmaktadır. Bu nedenle belirli bir sıra sayısından sonra hava ile soğutucu akışkan arasında ısı transferi oldukça düşük verimlerde olmaktadır.

Kanatçık malzemesi ise çoğunlukla alüminyumdur. Bunun başlıca sebepleri alüminyumun hafif bir malzeme olması, temin edilmesinin kolay olması ve pahalı bir malzeme olmamasıdır. Nadiren de olsa kanatçıkların bakır veya elik malzeme ile de yapıldığı örnekler mevcuttur.

Hava soğutmalı kondenserlerin yapıları hakkında detaylı bilgi bölüm 3.1’de verilmiştir.

2.2.2 Su Soğutmalı Kondenserler

2.2.2.1 Genel Bilgiler

Eğer yoğuşturma işlemi sırasında soğutucu akışkanın ısısı su tarafından alınıyorsa bu yoğuşturucu su soğutmalı kondenserler sınıfındadır. Ticari ve endüstriyel tesislerde su soğutmalı kondenserlerin kullanımı daha yaygındır. Bunun temel sebebi ise suyun havaya göre daha iyi ısı transfer kabiliyetine sebep olmasından ötürü ihtiyaç olan ısı transferi yüzeyinin daha küçük olmasıdır. Bu da kullanılan kondenser cihazının daha ufak boyutlarda olacağı anlamına gelmektedir. Su soğutmalı kondenserlerin bir diğer avantajı ise yoğuşma sıcaklığının hava soğutmalı kondensere göre daha düşük olmasıdır. Bunun sonucunda aynı soğutma yükü için daha düşük kapasiteli bir kompresör ile sistemin devamlılığı sağlanabilir. Su soğutmalı yoğuşturucularda yoğuşma sıcaklığı aşağıdaki ifadeler ile bulunabilir [Yamankaradeniz ve ark, 2002]:

$$T_{sç} = T_{yaş} + 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.2)$$

$$T_{sg} = T_{sç} + 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.3)$$

$$T_y = T_{sg} + 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (2.4)$$

Burada;

T_y : Yoğuşma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{yaş}$: Çevre havasının ortalama yaş termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T_{sg} : Su giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{sç}$: Su çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) 'dır

Su soğutmalı kondenserler için su kullanımı iki şekilde yapılmaktadır. Su kaynaklarının bol olduğu veya herhangi bir kısıtlama olmayan bölgelerde su kaynaktan çekilir ve kullanıldıktan sonra drenaja verilir. Bu durumda suyun yeniden kullanılması söz konusu değildir ve 1 kW'lık soğutma yükü için yaklaşık olarak 100 kg soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutma suyunun yeniden kullanılmamak üzere dışarı atılması pratik bir uygulama değildir. Bu gibi durumlarda kullanılan suyun sıcaklığının düşürülerek sisteme yeniden sokulması yöntemine başvurulur. Bu işlem için de soğutma kuleleri adı verilen sistemler kullanılmaktadır. Kondenserden çıkan suyun sıcaklığı yükselmiş olacaktır. Sıcaklığı yüksek olan su kondenserden sonra soğutma kulesine gönderilir ve sıcaklığı düşürülerek yeniden sistemde değerlendirilir. Soğutma kulelerinde buharlaşma sebebiyle su kayıpları yaşanmaktadır. Bu sebeple soğutma kulelerine besleme suyu yollanmalıdır.

Su soğutmalı kondenserlerde su ihtiyacını hesaplamak için aşağıdaki bağıntıyı kullanmak mümkündür [Recknagler, 1964]:

$$\Delta t_w = 10 - 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$W = \frac{Q_o + 860.N}{\Delta t_w} [\text{lt/h}] \quad (2.5)$$

Δt_w : Logaritmik sıcaklık farkı

Q_o : Soğutma yükü [kcal/h]

N : Kompresör gücü [kcal / h] $\sim 1,20 Q_o$

Su soğutmalı kondenserlerin tasarımında önemli faktörler mevcuttur. Bunlar [Genceli, 2006];

- Boru malzemesinin ısıl geçirgenliği
- Kullanılan suyun kirlenme katsayısı
- Kanat verimi
- Su devresi basınç kaybı
- Soğutucu akışkanın aşırı soğutulma seviyesi

Su devresi basınç kaybının etkisinin açıklaması şöyle yapılabilir; su geçiş hızı düşük olduğu takdirde soğutucu akışkandan suya geçen ısı miktarı suyun kaynama yapmasına sebep olabilir. Bunun sonucunda ise boru iç yüzeyinde yer yer kireçlenmeler oluşmaktadır. Bu sebepten ötürü basınç kayıplarının suyun hızının 1 m/s'nin altına inmeyecek şekilde yapılması gerekmektedir.

Su soğutmalı yoğuşturucu tiplerini konstrüksiyon özelliklerine göre dört sınıfa ayırmak mümkündür. Bunlar çift borulu, spiral borulu (havuz tipi), gövde borulu ve buharlaşmalı kondenserlerdir [Yamankaradeniz ve ark, 2002].

2.2.2.2 Çift Borulu Kondenserler

Çalışma prensibi iç içe geçmiş iki borunun birisinden soğutucu akışkanın, diğerinden de suyun geçirilmesi ile aralarında ısı transferi yapılmasıdır. Günümüzde eskiye göre daha az tercih edilmektedirler çünkü imalatı oldukça güçtür. Amonyak kullanılan sistemlerde ısı geçiş katsayısı $K = 600 - 700 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ olarak

belirlenmiştir. Freonlu sistemlerde ise bu değer %30 kadar daha azdır [Recknagler, 1964].

2.2.2.3 Spiral Borulu (havuz tipi) Kondenserler

Bir serpantin su içine daldırılması ve bir karıştırıcı ile karıştırılması bu sistemin temel çalışma şeklidir. Oldukça fazla yer kaplarlar, yüksek yük kaybına sahiptirler ve temizlenmeleri zordur. Bu nedenlerden ötürü kullanımı yalnızca soğutma yükü düşük olan sistemlerde tercih edilmektedirler. Toplam ısı geçiş katsayısı $K = 600 - 700 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ olarak belirlenmiştir [Recknagler, 1964].

2.2.2.4 Gövde Borulu Kondenserler

Silindirik bir gövdeye sahiptirler ve içlerinde içinden soğutma suyunun geçtiği borular bulunmaktadır. Borular soğutma yüküne bağlı olarak kanatlı veya kanatsız olarak seçilmektedir. Gövdenin üst tarafından soğutucu akışkan gaz fazında giriş yapar, içerisinden soğutma suyu geçen borularla ısı transferi yaparak faz değiştirir ve gövdenin alt bölümündeki çıkıştan sıvı fazda sistemi terk eder. Bu tür kondenserlerin önemli avantajları vardır. Cihazlar ufak boyutlu olmalarına rağmen yüksek ısı transfer yüzeyi, su giriş çıkışlarının kolay olması, soğutucu akışkanın sıvı olarak bir haznede toplanabilir olması ve yüksek ısı transfer katsayısına sahip olmaları tercih edilme sebeplerindendir [Recknagler, 1964].

2.2.2.5 Buharlaştırıcı Kondenserler

Bu tür kondenserlerde temel amaç suyun buharlaşırken yüksek miktarda ısı çekiyor olmasından yararlanmaktır. Su lülelerden geçtiği için zerre boyutuna gelir ve içerisinden soğutucu akışkanın geçtiği boru demeti üzerine püskürtülür. Soğutma suyu borularla temas halindeyken buharlaşır ve bu esnada soğutucu akışkandan ısı çeker. Isı yitiren soğutucu akışkan ise faz değiştirerek yoğunlaşır ve kondenserden sıvı fazda çıkar.

2.3 Kondenser Seçimi

Kondenser seçiminde belirli aşamaları takip etmek gereklidir [Genceli, 2006]. Bu aşamalar şu şekildedir:

1. Kullanılacak soğutucu akışkan seçilir.
2. Soğutma kapasitesine, çalışma sıcaklıklarına ($T_{\text{evaporasyon}}$, $T_{\text{kondenzasyon}}$) ve kondenserin kullanılacağı ortamın sıcaklığına uygun bir kompresör belirlenir.
3. Kompresörün çekeceği motor gücü kataloglardan ilgili çalışma sıcaklıklarına uygun olarak belirlenir.
4. Kompresörün çektiği güç ve soğutma kapasitesi toplanır, böylece kondenser kapasitesi belirlenmiş olur.
5. Kondenserin çalışacağı ortamdaki ses seviyesi belirlenmelidir. Ses seviyesine göre fan belirlenir, belirlenmiş fana göre de kondenser seçimi gerçekleştirilir.
6. En son olarak kondenserin yerleştirileceği mahale bağlı olarak alternatif modeller arasından en uygun boyutlara sahip olan ürün belirlenir.

Kondenser seçiminde belirli formüllerden yararlanarak hesap yapmak mümkündür.

Formül 1:

$$Q_{nk} = Q + N \quad (2.6)$$

$$Q_{nk} = (Q + N) \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \quad (2.7)$$

Q_{nk} = Nominal kondenser kapasitesi.

Q = Kompresörün soğutma kapasitesi.

N = Kompresör motorunun çektiği güç.

Q ve N kompresör kataloglarından bulunabilir. Kompresör kataloğu olmadığı durumda aşağıdaki formül uygulanır.

Formül 2 : (Kompresörün çektiği güç belli değil ise)

$$Q_{nk} = Q \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \quad (2.8)$$

Çizelge 2.1 Açık tip kompresör için f_1 değerleri [Friterm A.Ş,2010]

Evaporasyon Sıcaklığı (°C)	Kondenzasyon Sıcaklığı °C						
	30	35	40	45	50	55	60
-35	1,36	1,41	1,44	-	-	-	-
-30	1,31	1,36	1,40	1,44	-	-	-
-25	1,27	1,32	1,36	1,41	1,45	-	-
-20	1,24	1,28	1,31	1,35	1,39	1,44	-
-15	1,20	1,24	1,27	1,31	1,35	1,39	1,44
-10	1,18	1,21	1,24	1,27	1,31	1,35	1,40
-5	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,31	1,36
0	1,13	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27	1,31
5	1,10	1,13	1,15	1,18	1,21	1,24	1,28
10	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,21	1,24

Çizelge 2.2 Hermetik ve yarı hermetik kompresör için f_1 değerleri [FritermA.Ş,2010]

Evaporasyon Sıcaklığı (°C)	Kondenzasyon Sıcaklığı (°C)						
	30	35	40	45	50	55	60
-40	1,64	1,69	1,76	1,86	2,03	-	-
-35	1,56	1,61	1,66	1,73	1,83	-	-
-30	1,48	1,53	1,57	1,62	1,69	-	-
-25	1,42	1,46	1,50	1,54	1,60	1,68	-
-20	1,37	1,40	1,44	1,48	1,53	1,60	-
-15	1,32	1,35	1,38	1,43	1,48	1,53	1,58
-10	1,28	1,31	1,34	1,37	1,42	1,46	1,52
-5	1,23	1,26	1,29	1,33	1,37	1,41	1,45
0	1,20	1,22	1,25	1,28	1,32	1,36	1,39
5	1,16	1,19	1,21	1,24	1,28	1,31	1,34
10	1,13	1,15	1,18	1,21	1,23	1,26	1,29

Çizelge 2.3 f_2 değerleri [Friterm A.Ş,2010]

ΔT (°C)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f_2	1,78	1,56	1,44	1,32	1,22	1,12	1,06	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

Çizelge 2.4 Ortam sıcaklığına bağlı olarak f_3 değerleri [Friterm A.Ş,2010]

T (°C)	15	20	25	30	35	40	45	50
f_3	0,97	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10

Çizelge 2.5 Soğutucu akışkana göre f_4 değerleri [Friterm A.Ş,2010]

R	R134A	R22	R404A
f_4	0,98	1,00	1,01

Çizelge 2.6 Deniz seviyesinden yüksekliğe göre f_5 değerleri [Friterm A.Ş,2010]

h (m)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
f_5	1,00	1,04	1,07	1,11	1,16	1,21	1,25

3. V-TİPİ KONDENSERLER

V tipi kondenserler hava soğutmalı kondenser ailesinin bir üyesidir. V tipi olarak adlandırılmalarının sebebi yapısında iki adet batarya bulundurması ve bunların konumlandırmasının V harfine benzemesidir. Bu tür kondenserler çift bataryaya sahip oldukları için daha yüksek kapasiteli uygulamalar için uygundurlar. Şekil 3.1 bir V tipi kondenser örneğidir. Friterm’de üretilen V tipi kondenserlerin kapasiteleri 60 – 950 kW gibi çok geniş bir aralıktadır.

Üretilmekte olan kondenserlerin genel özellikleri ve avantajları şu şekildedir:

- İstenen ses basıncına uygun dört adet fan seçeneği
- Zengin kapasite aralığı
- Ürün kapasitesinin yeterli gelmemesi gibi bir sorunun ortadan kaldırılması
- Epoksi ve polyester esaslı toz boya ile kaplanan gövdenin uzun ömürlü olması
- Kalın etli boru kullanımı sayesinde büyük konstrüksiyonlara uygun olması
- Kompresörle birlikte gruplamaya uygun konstrüksiyon seçeneklerinin olması
- Frekans konvertörlü hız kontrollü motorlar ile tasarruf imkanı
- Çoklu devreleme yapılabilme imkanı
- Çift devreli iki kompresörlü devrelerle kullanılma imkanı
- Sızdırmaz yapı



Şekil 3.1 V Tipi Kondenser [Friterm A.Ş,2010]

Şekil 3.1 den görüleceği üzere bu tür kondenserlerde zorlamalı hava akışı bulunmaktadır. V tipi kondenserlerle ilgili önemli özelliklerden birisi de fan motorlarının çift hızlı olmasıdır. Geceleri veya soğutma ihtiyacının düştüğü zamanlarda daha yavaş olarak çalışan motorlar ile hem enerji tasarrufu yapılır, hem de daha sessiz bir çalışma ortamı sağlanmış olur.

3.1 Tasarım Parametreleri

V tipi kondenserlerin tasarımında birçok faktör göz önünde tutulmalı ve bunların en uygun seçimi yapılmalıdır. Seçilen parametrelerin fiyat, boyut ve kapasite üzerindeki etkileri karşılaştırılmalı, optimize tasarım için uygun seçimler gerçekleştirilmelidir.

3.1.1 Fan ve Donanımlar

Yoğuşturucularda hava debisi ve ısı geçiş alanı en önemli faktörlerdendir. Hava debisinin çok yüksek olması, yoğuşturucunun yüksek değerlerde ve yüksek verimlilikte çalışacağı anlamına gelmemektedir. Fan motorunun en verimli çalıştığı değerler kullanıldığı takdirde kondenserin hava debisi en uygun şekilde ayarlanmış olacaktır. Fan devir sayısını artırmak hava debisini de artırır, fakat belirli bir

değerden sonra basınç kayıpları artacaktır. Bunun yanı sıra devir sayısının çok yükseldiği koşullarda gürültü oluşmaktadır ve bu istenmeyen bir durumdur.

Kondenserler için kullanılan fan çapı boyutları çoğunlukla 500 mm, 630 mm ve 800 mm olarak belirlenmiştir. Buna alternatif olan fan kullanımı çeşitli uygulamalarda görülsede, Friterm A.Ş. bünyesine üretilen V tipi kondenserlerde bu değerlerin dışına genelde çıkılmamaktadır.

Çizelge 3.1 V tipi kondenserlerde fan çapı etkileri [Coils 5.5 FRT 1, 2010]

Fan (3 adet)	Çap (mm)	Hava debisi (m ³ /h)	Basınç kaybı (Pa)	Hava hızı (m/s)	Kapasite (kW)
FE080-SDQ.6N.5 (U)	800	52621,2	135,2	3,996	288,6
FE071-SDK.6F._ (U)	710	36987	74,5	2,809	226,8
FE063-SDK.4I.3 (U)	630	29203,2	50	2,218	192,8
FE050-VDK.4I._ (U)	500	26907,1	43,5	2,043	182,6

3.1.2 Batarya ve Donanımlar

Bir kondenserde ısı transferi bataryalar üzerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle bataryaların tasarımına çok önem verilmektedir. Bataryaların tasarımında önemsenen faktörler şu şekildedir:

- Malzeme
- Kolektörler
- Geometrik özellikler
 - Geometri
 - Boru sayısı ve kalınlığı
 - Sıra sayısı
 - Hatve
 - Lamel içi uzunluğu
 - Pass sayısı

- Lamel kalınlığı

3.1.2.1 Malzeme

Bir bataryanın yapısında farklı bölümler bulunmaktadır ve bu bölümlerin her biri için farklı malzeme seçimi yapılmalıdır. Malzeme seçimi yaparken ihtiyaçlar belirlenmeli ve malzemenin bu yönde istenileni verebiliyor olmasına dikkat edilmelidir.

Bataryalarda kullanılan borular bakır malzemeden yapılmaktadır. Bunun nedeni bakırın kolay şekil verilebilen ve ısı iletim kabiliyeti çok yüksek olan bir madde olmasıdır. Ayrıca bakırın korozyona karşı dayanıklı olması da önemli bir avantajdır. Bakıra alternatif olarak çelik ve alüminyum da kullanılabilir. Çelik boru tercihi özellikle soğutucu akışkanı amonyak olan sistemlerde yapılmaktadır çünkü bakır amonyak ile reaksiyona girer. Çizelge 3.2 'de bakır ve çeliğin seçim yapılırken göz önünde bulundurulacak özellikleri bulunmaktadır.

Çizelge 3.2. Bakır ve çeliğin önemli özellikleri [Density of Steel, 2004; Thermal Conductivity of some common Materials, 2010]

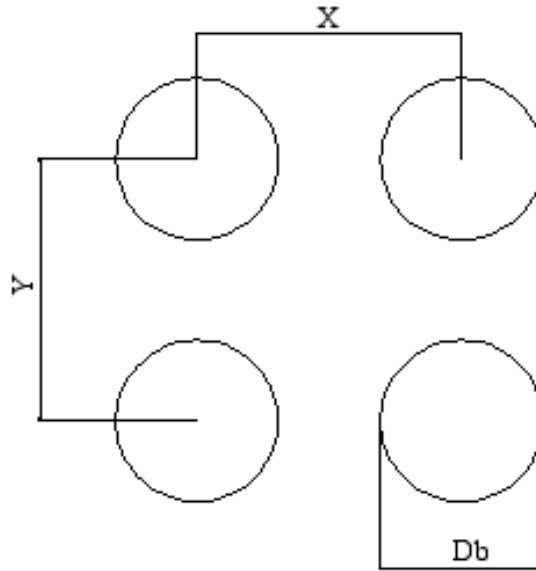
	Bakır	Çelik
Isı iletim katsayısı ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	401	46
Yoğunluk ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	8,94	7,85

Lamel malzemesi olarak alüminyum kullanılmaktadır. Alüminyumun kolay temin edilebilir olması, hafif olması ve çalışma şartlarında yapısında bir değişiklik meydana gelmemesi tercih edilmesinin sebeplerindendir. Alüminyumun yoğunluğu 2700 kg/m^3 dür. Alüminyuma alternatif lamel malzemeleri de bulunmaktadır. Deniz kenarları, gemiler, termik santraller, tütün işleme tesisleri, peynir üretim ve stok yerleri gibi bölgelerde kullanılacak kondenserlerde epoksi kaplı lamel kullanılmaktadır. Yoğurt üretim yerleri, peynir üretim ve stok yerleri ve korozyon

ortamlarda tamamen epoksi kaplı batarya tercih edilir. Hidrofil kaplı lamel ise DX ve sulu soğutma bataryalarının özellikle hijyenik santraller ve yüksek nemli yerlerde kullanımında seçilmelidir. Bakır lamel kullanımı da özellikle deniz kenarları, gemiler gibi yüksek korozyon ortamlarda zaman zaman karşılaşılan bir durumdur.

3.1.2.2 Geometri

Friterm A.Ş. bünyesinde V tipi kondenser üretiminde farklı geometri alternatifleri arasında en çok tercih edilenleri 2522 – 3/8" C S, 3228 – 3/8" C S, 3228 – 1/2" C S ve 3833 – 1/2" C S geometrileridir.



Şekil 3.2. Kondenserlerde geometri

Şekil 3.2 'de verilen YX – Db C S gibi bir geometride X mesafesi iki borunun merkezleri arasındaki yatay mesafeyi, Y iki borunun merkezleri arasındaki dikey mesafeyi ve Db boru dış çapını belirtmektedir. C'nin anlamı İngilizce'de Corrugated, yani kaburgalı lamel formudur. S ise İngilizce'de Smooth kelimesinden gelmekte ve anlamı boruların yivsiz (düz) olmasıdır. Bunların yanında kullanılan diğer kısaltmalar ise şöyledir:

TES: (Turbulenced Extented Surface) TES Lamel formu, yivsiz boru

CG: Kaburgalı lamel formu, yivli boru (Grooved)

FS: Düz (Flat) lamel formu, yivsiz boru

FG: Düz lamel formu, yivli boru

LS: Patlatmalı (Louvered) lamel formu, yivsiz boru

LG: Patlatmalı lamel formu, yivli boru

3.1.2.3 Boru Sayısı ve Kalınlığı

Boru sayısı kondenserin kapasitesini doğrudan etkileyen bir özelliktir. Daha fazla boru demek kondenserin içerisinden daha fazla soğutucu akışkanın geçmesi demektir. Bunun sonucunda da daha fazla ısı transferi gerçekleşecektir. Boru sayısını belirlerken kondenserin boyutlarının getirdiği sınırlamalar dikkate alınmalıdır. Eğer kondenser yüksekliği müşterinin talebi doğrultusunda belirli bir değerin altında tutulmak zorundaysa veya yüksekliğin artması sonucunda elimizdeki sac levha boyutları uygunluğunu yitiriyorsa kapasite artırmak için boru sayısını belirli bir seviyeye kadar yükseltebiliriz. Genel olarak bir kondenserde kullanılacak boru sayısı 20 ila 90 arasında değişmektedir.

Boru kalınlığı ise lamel içi uzunluğuna göre belirlenmekte olan bir değerdir. Lamel içi mesafesi arttıkça boruların da uzunluğu buna bağlı olarak artmaktadır. Boru uzunlukları belirli bir değerden büyükse borunun içindeki soğutucu akışkanın kütlesinin de etkisiyle borularda eğilme görülebilir. Bu durum zamanla kondenserin çalışmasında performans düşüşleri veya borularda kırılma gibi sonuçlar doğurabilir. Önlem olarak boru et kalınlığı yükseltilmelidir. Üretilen V tipi kondenserlerde boru et kalınlığı değerleri 0,35 – 0,4 ve 0,5 mm olarak alınmaktadır.

3.1.2.4 Sıra Sayısı

Sıra sayısı bir soğutucu bataryada kaç adet tüp demetinin ardı ardına sıralandığıdır. Sıra sayısının sınırlandırılmasında çeşitli faktörler söz konusudur. Bunlardan ilki boru demetlerinden geçen havanın ısınmasıyla ilgilidir. Fan motorları

tarafından çekilen hava boru demetleri üzerinden geçerken soğutucu akışkanın ısını çekerek ve sıcaklığı buna bağlı olarak yükselir. Bu durumda havanın üzerinden geçtiği her sıra sonrasında sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak ısı transfer veriminin düştüğünü söylemek mümkündür. Bir diğer önemli faktör de soğutucu akışkanın sıra sayısına bağlı olarak artan basınç kaybıdır. Kondenser hesaplarında soğutucu akışkan basınç kayıpları mümkünse 30 – 50 kPa değerleri arasında tutulmalıdır. Üst sınır olarak 75 kPa'ı aşmamaya özen gösterilmelidir. Büyük kapasite gerektiren uygulamalarda ise tek sıralı bir kondenser kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle en uygun sıra sayısı kullanılmalıdır. Üretimi yapılan V tipi kondenserlerde en az 3, en fazla 6 sıra kullanılmaktadır. Çizelge 3.3'de bir V tipi kondenserin farklı sıra sayılarına bağlı olan büyüklükleri görülmektedir.

Çizelge 3.3. Sıra sayısının etkisi [Coils 5.5 FRT 1, 2010]

Sıra sayısı	Kapasite (kW)	Top. Akışkan Basınç Kaybı	Hava debisi (m ³ /h)	Hava hızı (m/s)
3	247,6	20,4 kPa	57131,3	4,339
4	288,6	32,7 kPa	52621,2	3,996
5	311	41,2 kPa	48730,3	3,701
6	329,4	45,9 kPa	47400	3,6

Verilerden de anlaşılacağı gibi sıra sayısının yükselmesi kapasiteyi yükseltmekte fakat aynı zamanda toplam akışkan basınç kaybı artmakta, hava debisi ve hava hızı düşmektedir.

3.1.2.5 Hatve

Hatve kalınlığı boru üzerine yerleştirilmiş olan alüminyum kanatçıkları arasındaki mesafedir. Hava bu kanatların arasından akar ve genişletilmiş ısı transfer yüzeyi sayesinde daha yüksek ısı transfer miktarları elde edilmiş olur. Hatve aralığının belirlenmesinde kondenserin çalıştığı ortamın hava temizliği çok önemlidir. Daha kirli havalı ortamlarda hatve kalınlığının düşük olması istenmez. Aksi takdirde ortamdaki toz ve benzeri pislikler hava geçişini engelleyecektir. Hatve

aralığının daha küçük değerlerde olması ortam kirliliğinin önemsenmediği veya ortamın ideal seviyede temiz olduğu durumlarda kondenser kapasitesini artırmaktadır. Bu durumda mühendisler tasarım yaparken kondenserin çalışacağı ortamın özelliklerine göre hatve aralığı değerini gerekli optimizasyonları yaparak en uygun şekilde belirlemelidir. Çizelge 3.4. bir V tipi kondenserde hatve aralığına bağlı olarak kapasite değişimini göstermektedir.

Çizelge 3.4. Hatve aralığının etkileri [Coils 5.5 FRT 1, 2010]

Hatve aralığı (mm)	Hava debisi (m ³ /h)	Kapasite (kW)
1,6	49682,9	312,4
1,8	50978,6	303,2
2,1	52621,7	288,6
2,5	54306,5	271,4
2,8	55311	259
3,0	55905,5	251,4
3,2	56443,6	244

Tablodaki değerlerden anlaşılabacağı üzere hatve aralığındaki artış kapasiteyi düşürmekte, hava debisini ise artırmaktadır. Kapasitenin düşmesinin en büyük sebebi hatve aralığının artmasına bağlı olarak borulara bağlanacak kanatçık sayısındaki düşüştür. Kondenserlerin kullanıldığı ortamların kusursuz hava temizliğine sahip olmadığını da göz önünde bulundurursak, hatve aralığının 2,1 mm olarak belirlenmesi en uygun sonuçları vermektedir.

3.1.2.6 Lamel İçi Uzunluğu

Lamel içi uzunluğu V tipi kondenserlerde kapasiteyi doğrudan etkilemektedir. Boru başına uzunluk artacağı için soğutucu akışkanın sürtünme kayıpları da yükselmektedir fakat bu kayıplardaki artış seviyesi önemsenmeyecek kadar küçük boyutlardadır. Lamel içi uzunluğun tasarımını limitleyen kriterler mevcuttur. Lamel içi fan çapına ve sayısına göre seçilmelidir. Bunun yanında kamyon, tır ve konteyner boyutlarına uygun bir seçim yapılmalıdır. Ayrıca tasarım aşamasında lamel içi uzunluğu da piyasanın kabul ettiği standartların dışına çok çıkmamalıdır.

3.1.2.7 Pass Sayısı

Pass sayısı soğutucu akışkanın kolektörden geçip kondensere girdikten sonra lamel içi boyunca kaç kere gittiğini ve geldiğini belirtmektedir. Pass sayısının hesaplanmasında basit bir bağıntıdan yararlanılır:

$$p = \frac{S.B}{D} \quad (3.1)$$

p: Pass sayısı

S: Sıra sayısı

B: Bir sıradaki boru sayısı

D: Devre sayısı

Pass sayısının belirlenmesinde en önemli nokta bu sayısının çift yada tek olmasıdır. Başka bir ifadeyle, pass sayısı çift olduğunda soğutucu akışkan kondensere girdiği taraftan çıkacaktır. Aksi durumda ise, yani pass sayısı tek sayı olduğunda, soğutucu akışkanı kondenserin diğer ucundan geri getirmek için ek boru hattı çekilmelidir ve bu hat boyunca akan soğutucu akışkan istenmeyen ısı transferi gerçekleştirecektir. V tipi kondenser tasarımında en çok tercih edilen pass sayıları 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 ve 24'tür.

3.1.2.8 Lamel kalınlığı

Lamel kalınlığı performans üzerine etkisi çok önemsenmeyen tasarım faktörlerinden birisidir. Her ne kadar kapasiteyi az da olsa artıracak etkiye sahip olsa da, lamel kütlesini artırmakta ve bu da maliyetin yükselmesi anlamına gelmektedir. Basit bir yaklaşım ile 0,1 mm'lik lamel kalınlığı yerine 0,12 mm lamel kalınlığı kullanıldığında, lamel sayısının aynı kalacağını varsayarsak %20'lik bir lamel maliyeti artışı görülecektir. Lamel kalınlığını yüksek tutmak için tek sebep kanatçıklardan akan havanın etkisiyle lamelde erime görülme ihtimaline karşı önlem almaktır. Oysa V tipi kondenserlerin çalıştığı ortam ve kondenserden geçen hava sıcaklığına bakıldığında böyle bir önleme ihtiyaç bulunmadığı görülmektedir.

3.1.3 Sac Aksam ve Donanımlar

V tipi kondenserlerde maliyetin yarıdan fazlası sac aksam ve donanımlara gitmektedir. Isı transferi üzerinde bu aksamın bir etkisi olmasa da, konstrüksiyon açısından kullanılan sacın önemli bir yeri vardır. Saclar V tipi kondenserlerde kasetleme işlemlerinde, ara ayna olarak, ayakların yapımında ve bağlantı elemanlarının yapımında kullanılmaktadır. Malzeme olarak galvaniz sac kullanılmaktadır. Galvaniz sacın avantajları paslanmaya karşı dayanıklı olması, homojen bir yüzey filmine sahip olması, çiziklere ve darbelere karşı dayanıklı olması, uzun ömürlü olması, bakıma ihtiyaç duymaması ve ekonomik olmasıdır. Galvaniz sac kullanımında önemli noktalardan birisi de sac levha boyutlarıdır. Kondenser tasarımında parçalar bu boyut sınırlamalarına göre yapılmalı, mevcut levhalardan daha büyük tasarımlardan maliyeti yükselteceği için kaçınılmalıdır.

Friterm A.Ş. bünyesinde üretilen V tipi kondenserlerde kullanılan sac levhalar;

- 2 mm x 1250 mm x 4000 mm
- 2 mm x 1250 mm x 3000 mm
- 1,5 mm x 1250 mm x 3000 mm
- 1,5 mm x 1200 mm x 2500 mm
- 1,5 mm x 1250 mm x 4000 mm
- 1,2 mm x 1250 mm x 3000 mm

boyutlarında kesilmiştir.

3.2 Yeni Geliştirilen Modelin Farklılıkları

Bu çalışma kapsamında yeni oluşturulan model ile birlikte bataryaların desteklenme tarzı taşıma mapaları aracılığı ile olduğundan daha önceden kullanılan destek sacları tasarımdan uzaklaştırılmış ve ürün montajında kolaylık sağlamak amacıyla batarya aynaları karşılıklı olarak birleştirilecek tarzda, öncekinden farklı olarak birleşik değil de iki ayrı parçadan oluşacak şekilde üretilmiştir. Şekil 3.3'te eski tip V tipi kondenser Şekil 3.4'te de yeni tip V tipi kondenser resimleri üzerinde bu farklılıklar görülmektedir.



Şekil 3.3 Eski tip V tipi kondenser [Friterm A.Ş,2010]



Şekil 3.4 Yeni tip V tipi kondenser [Friterm A.Ş,2010]

4. TASARIMIN YENİ YÖNLERİNİN ANSYS WORKBENCH' DE İNCELENMESİ

4.1 Problemin Ansys Workbench'e Aktarılması

Tasarım bitmiş bir ürün olarak Ansys Workbench' de yapısal ve modal analizlerinin yapılması mevcut bilgisayar kapasitesi ile sınırlıdır. Çünkü kanatlı borulu ısı değiştirgeçleri çok fazla teferruata sahiptirler. Özellikle ısı transferinin gerçekleştiren kısımlar olan kanatlar ve borular sayıca çok fazla miktarda olduğu için oldukça yüksek kapasiteli bilgisayarlarda dahi bu yapıyı çözmek çok güçtür. Bu çalışmada amaç iyileştirme yapılan iskelet kısmının incelenmesi olduğundan kanatlı borulu yapılar kurulan modelin dışında tutulmuştur. Ayrıca geometri olabildiğince sade hale getirilmiş ve daha çok ana iskelet üzerinde odaklanılmıştır.

4.2 Problemin Çözümü

İncelenecek olan numune ürün V Tipi Kondenser ailesinin dört fanlı bir üründür ve çözümü kolaylaştırması açısından özellikle ufak boyutlu olması tercih edilmiştir.

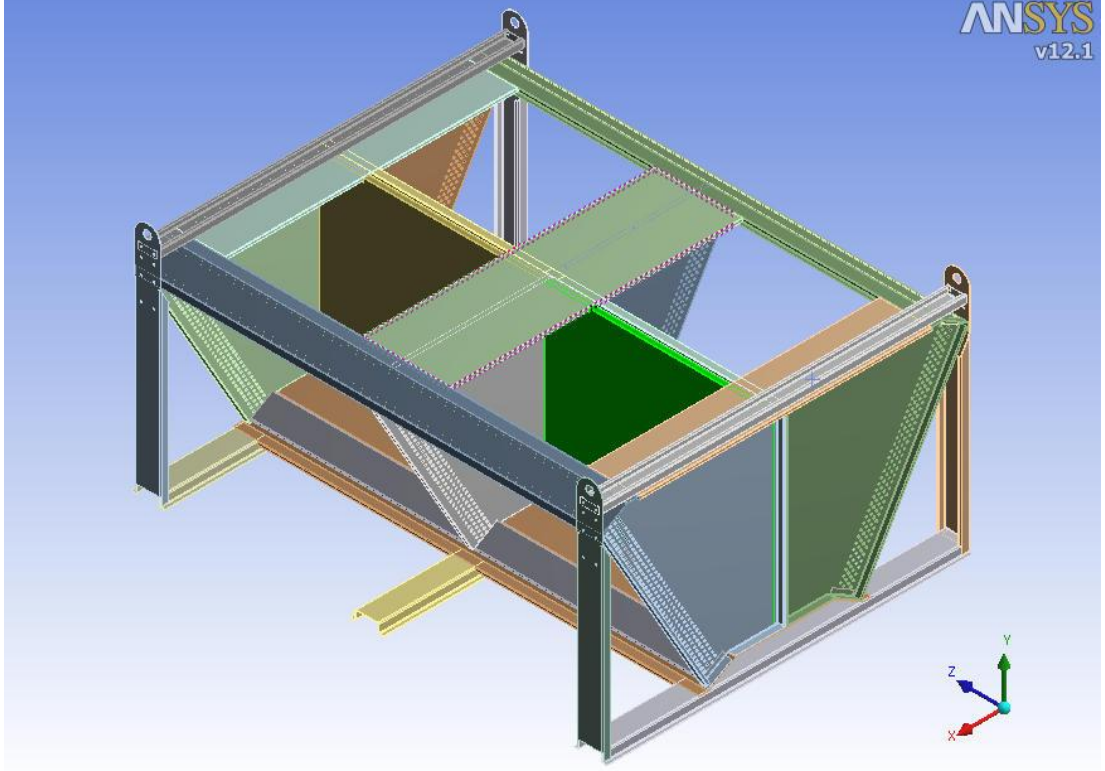
Problemin çözümü iki aşamada yapılmıştır. Öncelikle statik analiz yapılmış ve daha sonra aynı model üzerinden modal analiz sonuçları da elde edilmiştir.

4.2.1 Problemin Modellenmesi

Problemin modellenmesi ilgili geometrinin aktarılması, koordinat sistemlerinin tanımlanması, kontak bölgelerinin tanımlanması ve meshleme işleminin gerçekleştirilmesi safhalarından oluşmaktadır. Modelleme işlemini oluşturan bu safhalar statik analiz ve modal analiz için ortak safhalardır.

4.2.1.1 Geometri Oluşturulması

Ele alınan numune ürünün öncelikle Statik ve Modal analizlerini yapmak üzere çözüme elverişli tarzda üç boyutlu resimleri çizilmiş ve bu çizimler Ansys Workbench programına aktarılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 İncelenecek geometri

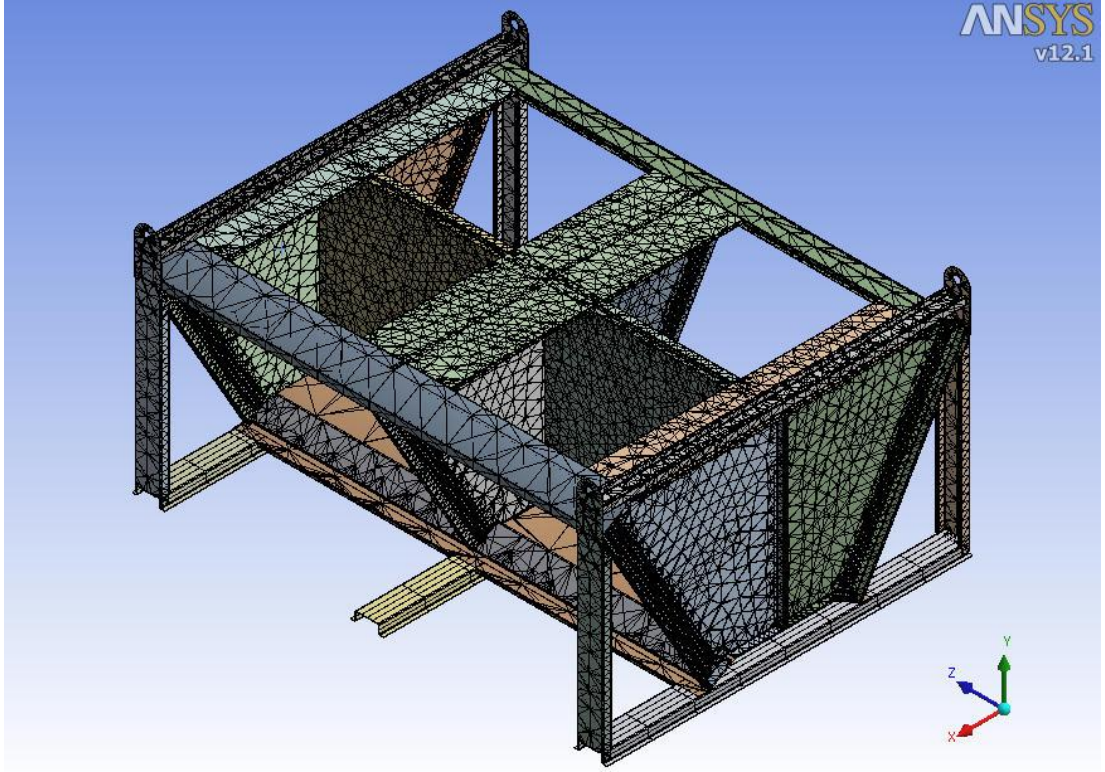
4.2.1.2 Kontak Bölgelerinin Tanımlanması

Bu aşamada parçalar arasındaki ilişki tanımlanmıştır. Modelimizde tüm parçalar birbirine perçin veya cıvata-somun ile bağlandığı için parçalar arasındaki kontak bölgeleri birbirine yapışık olarak tanımlanmıştır.

4.2.1.3 Meshleme İşlemi

Meshleme işlemi çözümün sağlığı açısından ve problemin çözülebilirliğinin sağlanması açısından dikkatle üzerinde durulması gereken bir husustur. Bu çalışmada meshleme işlemi yapılırken bilgisayar kapasitesinin üzerine çıkmamak için parçalar

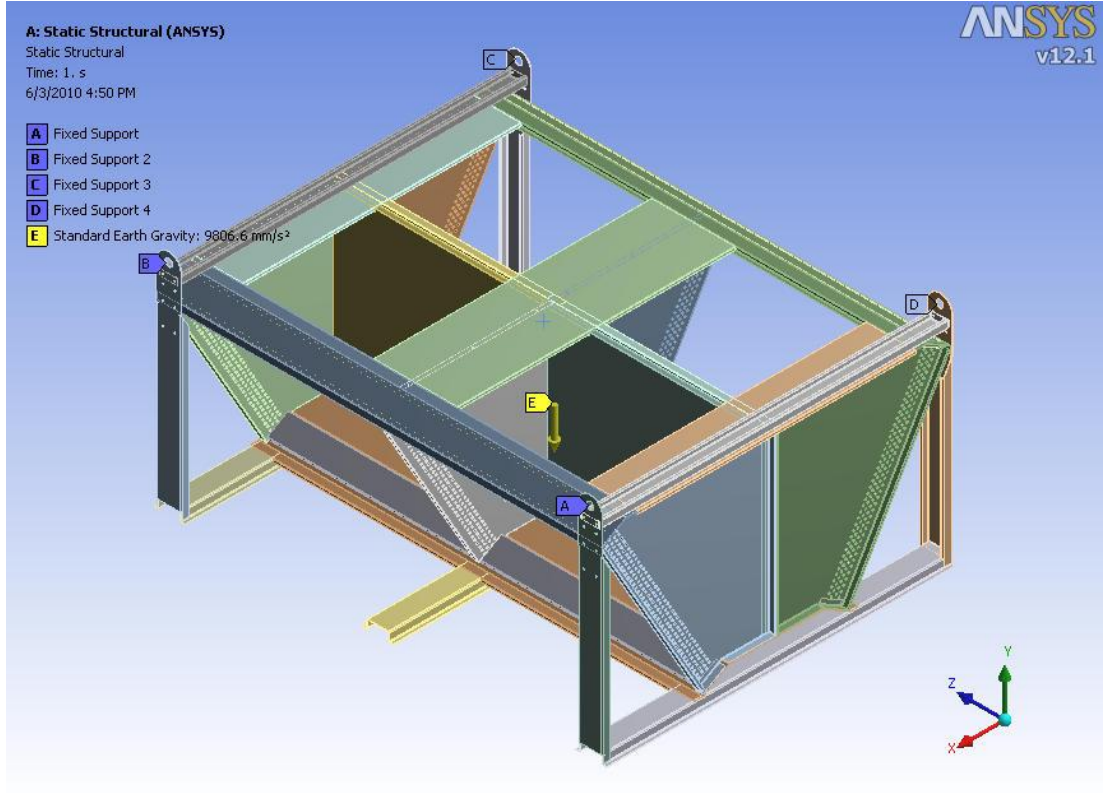
tek tek ele alınmış ve farklı metotlar denenerek optimum bir nokta yakalanmaya çalışılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Mesh atılmış model

4.2.2 Statik Analiz İçin Sınır Şartlarının Verilmesi

Bir ısı değiştirgeci statik olarak en fazla kuvvete taşıma sırasında maruz kalmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada statik analiz yapılırken ürün kaldırma mapalarından boşlukta tutturularak kendi ağırlığı etkisinde meydana getirdiği yer değiştirmeler ve gerilme değerleri incelenmiştir (Şekil 4.3).



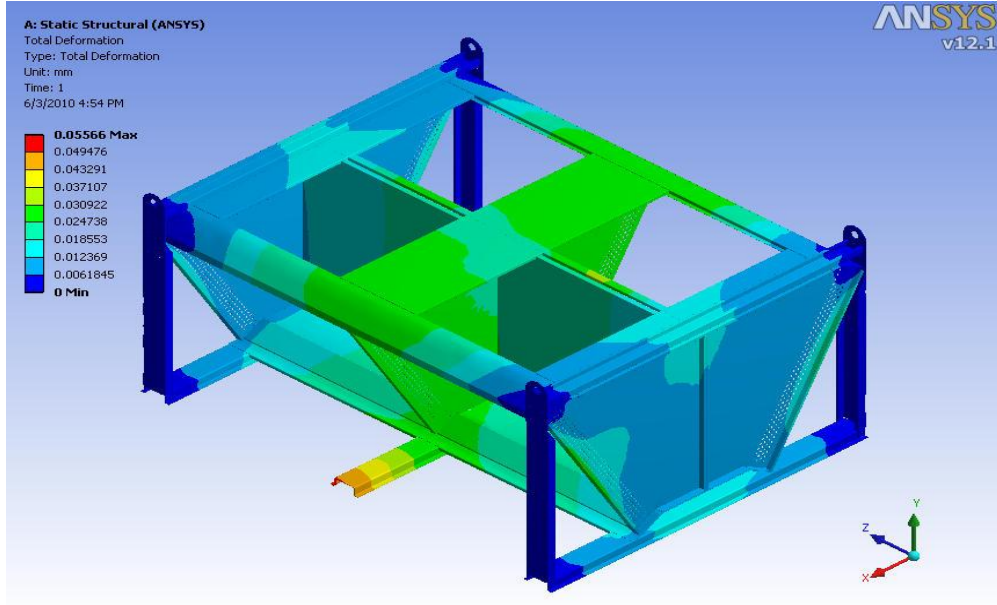
Şekil 4.3 Sınır şartlarının gösterilmesi

4.2.3 Statik Analiz Sonuçlarının Elde Edilmesi

Verilen sınır şartları altında program çözüm için çalıştırılarak sonuçların toplam yer değiştirme ve eşdeğer gerilme değerleri olarak görüntülenmesi sağlanmıştır.

4.2.3.1 Toplam Yer Değiştirme Değerlerinin Elde Edilmesi

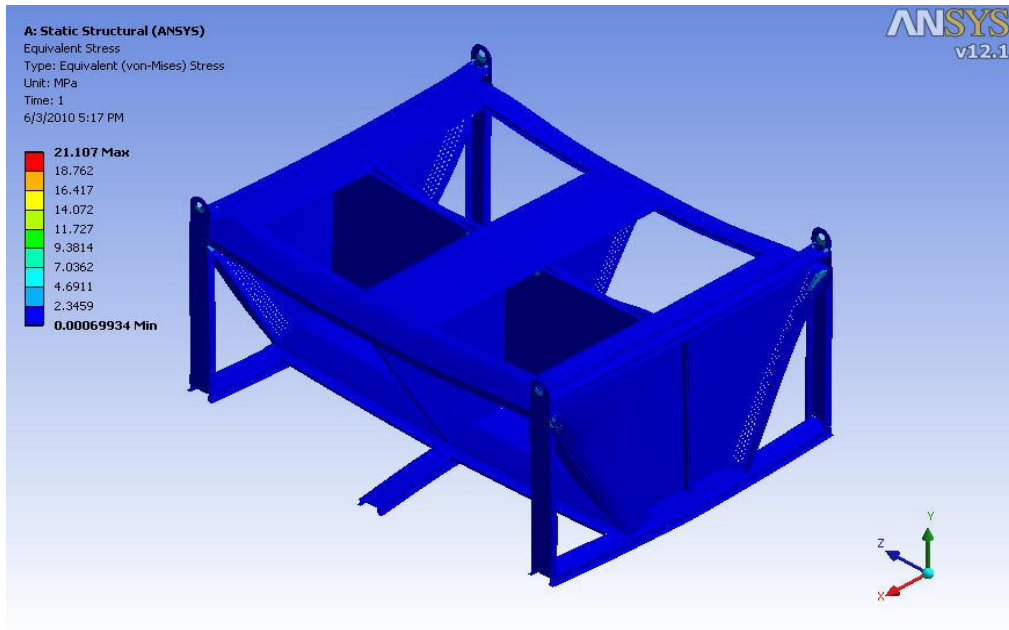
Yer değiştirmelerin renklerle kodlandığı Şekil 4.4'te gösterilen çözümde çoğunlukla açık yeşil (0,037107 mm) ve açık mavi (0,018553 mm) alanlara rastlamak mümkündür. Maksimum toplam yerdeğiştirme değeri Şekil 4.4 gösterildiği üzere 0,05566 mm (kırmızı bölge) olarak bulunmuştur fakat bu bölgeler hatta 0,049476 mm (turuncu bölgeler) ve 0,043291mm (sarı bölgeler) yer değiştirmeye maruz kalan bölgeler ürün üzerinde çok küçük alanlarla sınırlı kalmıştır.



Şekil 4.4 Toplam yer değiştirme değerleri

4.2.3.2 Eşdeğer Gerilme Değerlerinin Elde Edilmesi

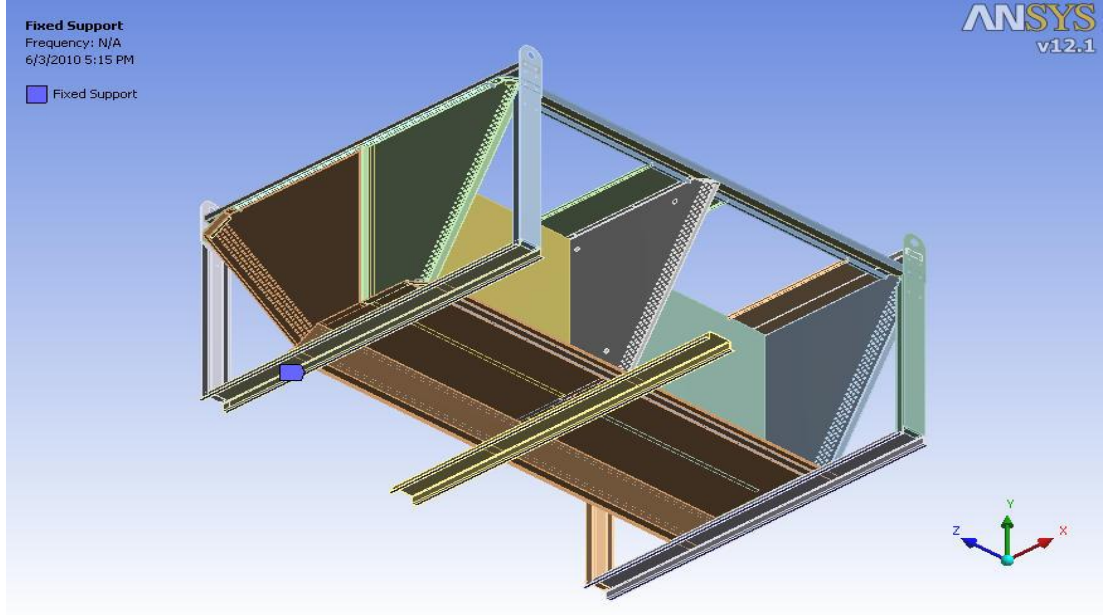
Eşdeğer gerilme değerleri ise ürünün hemen hemen tamamında Şekil 4.5’de gösterildiği üzere 0,00069934 MPa olarak (koyu mavi olarak kodlanmış kısım) bulunmuştur. Bu değerler ürünün oldukça küçük gerilmelere maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4.5 Eşdeğer gerilme değerleri

4.2.4 Modal Analiz İçin Sınır Şartlarının Verilmesi

Modal analiz için kondenserin çalıştığı ortamdaki durumu düşünülmüş ve kondenser ayaklarından yere Şekil 4.6 de gösterildiği gibi hareketi her yönde kısıtlanacak şekilde sabitlenerek çözüme gidilmiştir.



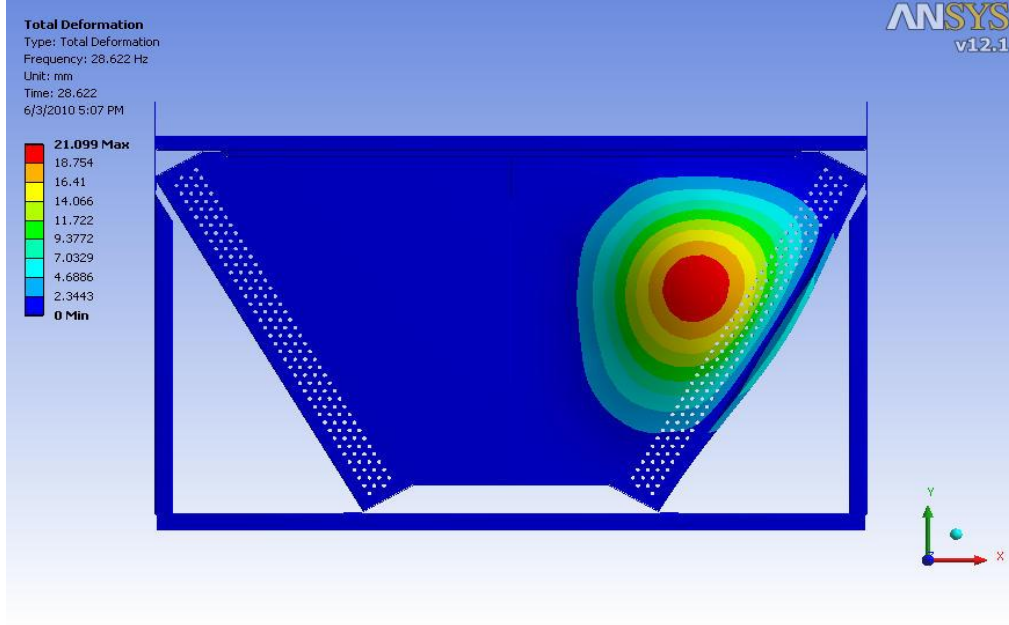
Şekil 4.6 Yere sabitlenmiş model

4.2.5 Modal Analiz Sonuçlarının Elde Edilmesi

Modal analiz sonucu altı farklı frekans değeri elde edilmiştir. Farklı frekans değerlerine bağlı olarak yer değiştirmeler gösterilmiştir. Elde edilen yer değiştirmeler gerçek değerler olmayıp sadece sonucu oransal olarak görmemizi sağlayan değerlerden ibarettir. Fakat frekans değerleri ürünlerde kullanılacak fanların hangi değerlere yakın olamayacağı konusunda bize fikir vermektedir. Aşağıda her bir kritik frekans değeri için toplam yer değiştirme sonuçları gösterilmiştir.

4.2.5.1 28,622 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi

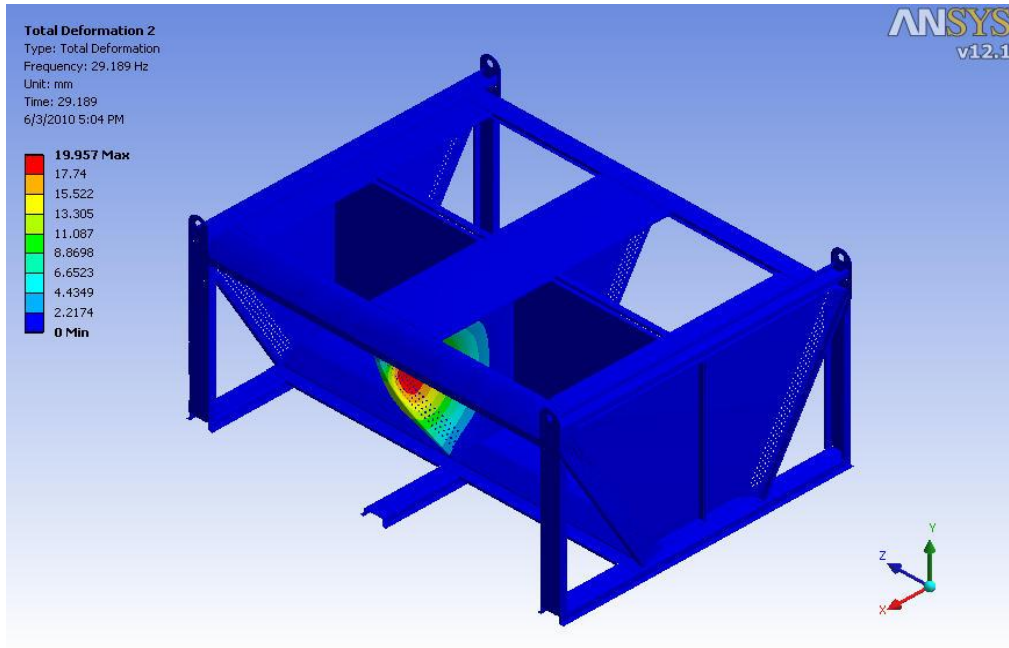
Şekil 4.7 ' de 28,622 Hz frekans değerine karşılık gelen yer değiştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değiştirme kondenserin ön ayna kısmında 21,099 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.7 Toplam yer değiştirme 1

4.2.5.2 29,189 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi

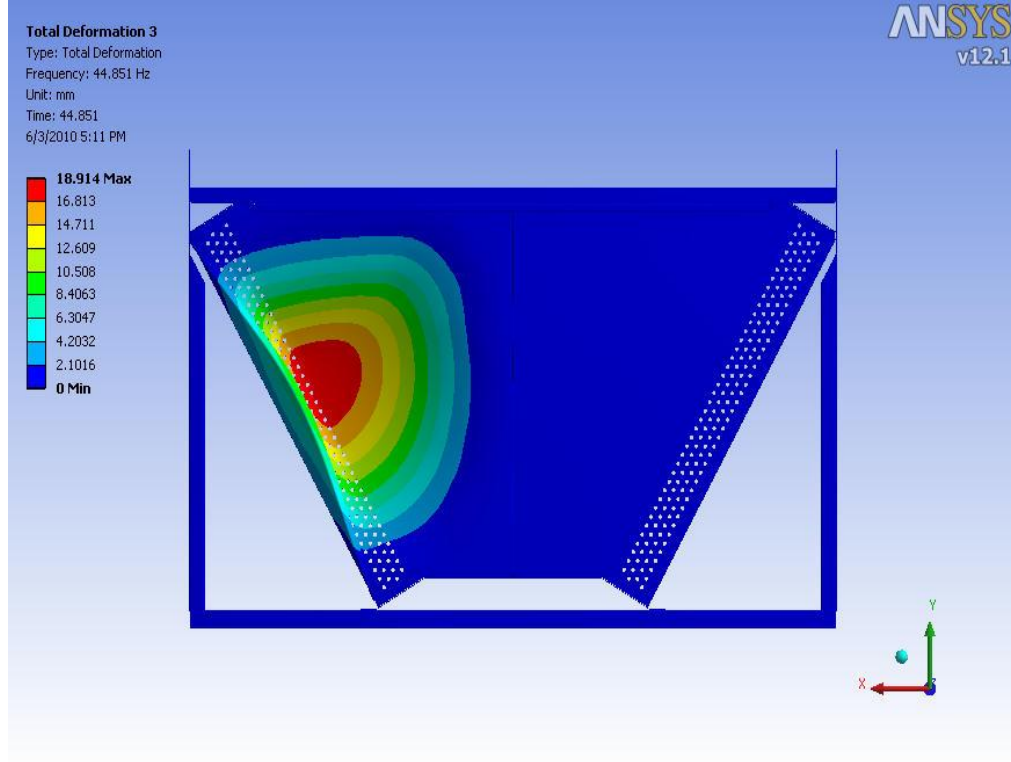
Şekil 4.8 ‘ de 29,189 Hz frekans değerine karşılık gelen yer değiştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değiştirme kondenserin orta ayna kısmında 19,957 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.8 Toplam yer değiştirme 2

4.2.5.3 44,851 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi

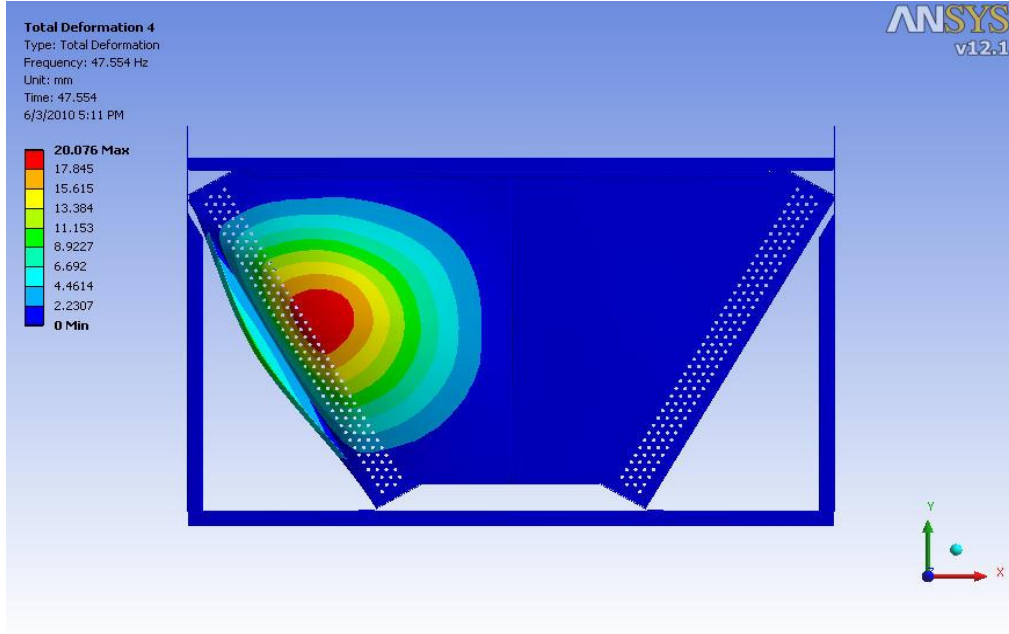
Şekil 4.9 ' de 44,851 Hz frekans değerine karşılık gelen yer değiştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değiştirme kondenserin ön ayna kısmında 18,914mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.9 Toplam yer değiştirme 3

4.2.5.4 47,554 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi

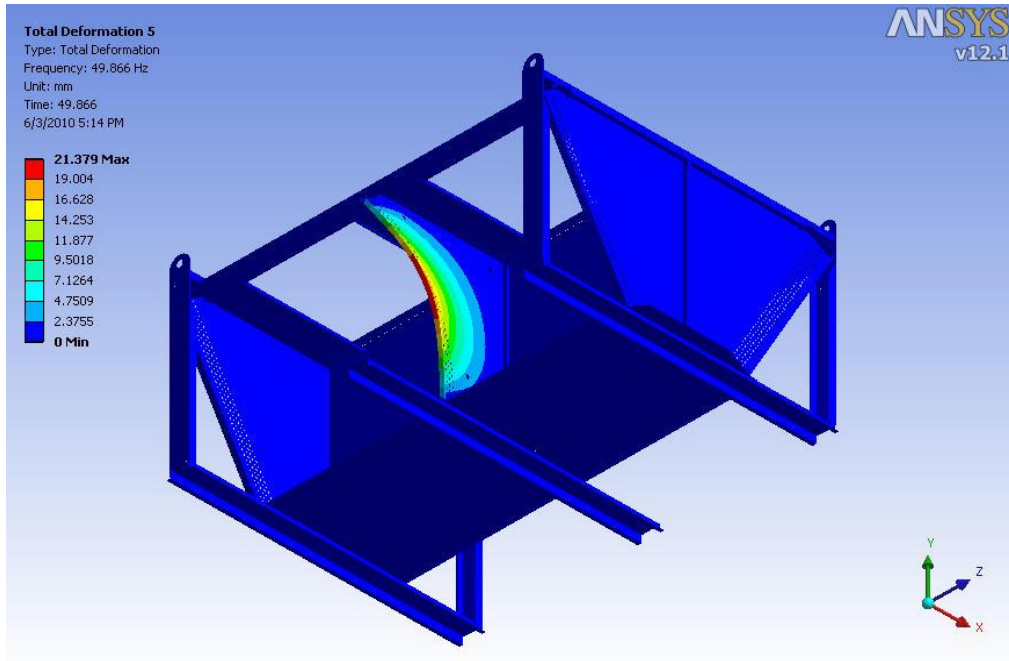
Şekil 4.10 ' de 47,554 Hz frekans değerine karşılık gelen yer değiştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değiştirme kondenserin ön ayna kısmında 20,076 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.10 Toplam yer değıştirme 4

4.2.5.5 49,866 Hz İçin Yer Değıştirmenin Gösterilmesi

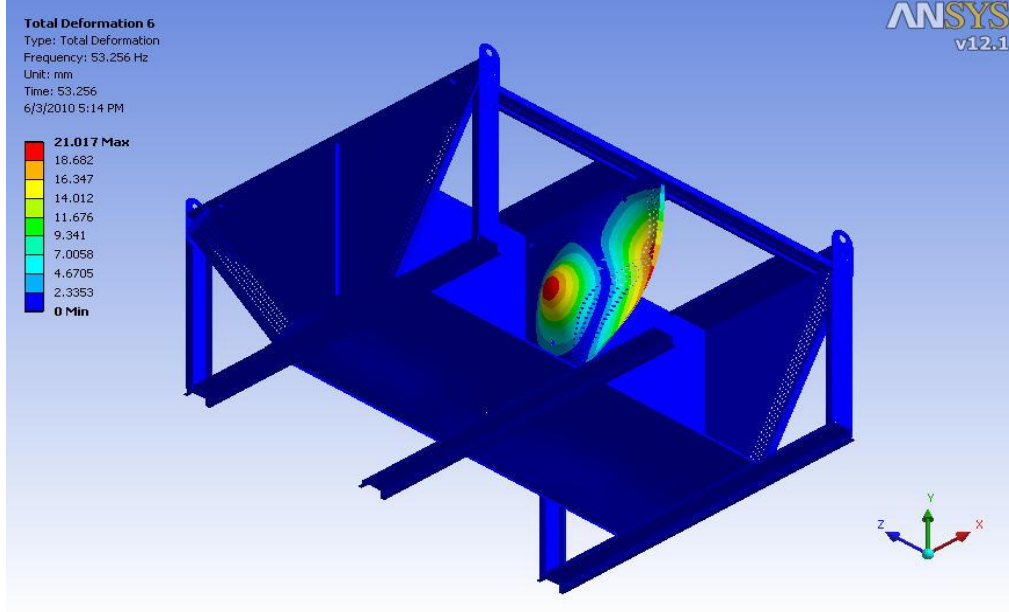
Şekil 4.11 ‘ de 49,866 Hz frekans değierine karşılık gelen yer değıştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değıştirme kondenserin orta ayna kısmında 21,379 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.11 Toplam yer değıştirme 5

4.2.5.6 53,256 Hz İçin Yer Değiştirmenin Gösterilmesi

Şekil 4.12 ‘ de 53,256 Hz frekans değerine karşılık gelen yer değiştirmeler renk kodları kullanılarak gösterilmiştir. Şekilde maksimum yer değiştirme kondenserin orta ayna kısmında 21,017 mm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.12 Toplam yer değiştirme 6

5. SONUÇLAR

Friterm A.Ş.'de üretilmekte olan V tipi kondenserlerin yeniden dizaynını gerektiren en önemli konulardan biri olan montaj zorluğu, soğutucu bataryaları birbirine bağlayan V şeklindeki aynaların, yekpare değil de iki parça halinde tasarlanması ile çok daha kolay hale gelmiş ve montaj süresi kısalarak ürünün maliyeti azalmıştır.

Daha önceden V formatında konumlandırılan soğutucu bataryaları desteklemek amacıyla kullanılmakta olan destek saclarının yerine yeniden dizayn edilen ve ürünün en alt noktasına kadar uzanan kaldırma mapaları kullanılarak tasarım daha sade hale getirilmiş, hem bu destek sacları ve bağlantı elemanlarının maliyetinden hem de bunların montajı için harcanılan işçilik maliyetinden kurtulunmuştur.

Nihayetinde ürünün konstrüksiyonunda yapılan değişiklikler Ansys Workbench programında yapılan analizler neticesinde doğrulanmıştır. Şekil 4.5 gösterilen Eşdeğer gerilme değerlerinden maksimum gerilme 21,09 MPa olarak alınırsa ve St37 için akma gerilmesinin 235 MPa olduğu düşünülürse ürünün emniyet katsayısı yaklaşık 11 gibi bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır buda konstrüksiyonun oldukça mukavim olduğunu göstermektedir. Nitekim ilgili prototipin üretim ve nakliye sürecinde taşınmasında herhangi bir problem ile karşılaşılmamıştır.

Üründe kullanılacak fanlar için hangi frekans değerlerinin tehlikeli olduğu modal analiz sonuçlarından elde edilmiştir.

Tüm bu incelemeler ışığında prototip uygun bulunarak seri üretime alınmıştır. Ve halihazırda ilgili ürünün üretimi Friterm A.Ş. 'de devam etmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

[1] Acül, H. “Evaporatörlerin Uygulama ve Teknik Özellikleri Hakkında Vurgulanması Gereken Önemli Noktalar”, Friterm A.Ş. Makaleleri, 14.05.2010, www.friterm.com .

[2] Coils 5.5 FRT 1 Friterm A.Ş ısı eşanjörleri tasarım programı.

[3] Çengel, Y. , Boles, A. “Thermodynamics An Engineering Approach”, 4th Edition, McGraw-Hill, 2002.

[4] “Density of Steel.” 14.05.2010,
<<http://hypertextbook.com/facts/2004/KarenSutherland.shtml>>.

[5] Genceli, O.F. “Soğutma Tesisatı”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, İstanbul, 2006.

[6] Incropera, F.P. , DeWitt, D.P. “Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri”, 4. baskıdan çeviri, 3. baskı, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2004.

[7] Onat, A. , İmal, M. , İnan, A.T. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7-2004.

[8] Recknagler, H. Sprenger, E. “Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik”, 53. Auflage, R. Oldenburg, München, 1964.

[9] “Refrigerant Environmental Impact Daikin Industries Ltd..” 14.05.2010,
<http://www.daikin.com/environment/info/influence_01.html>.

[10] “Refrigerant Properties.” 14.05.2010 ,
<http://www.engineeringtoolbox.com/refrigerants-properties-d_145.html>.

[11] “Thermal Conductivity of some common Materials.” 14.05.2010,
<http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html>.

[12] Yamankaradeniz, R. Horuz, İ. Coşkun, S. “Soğutma Tekniği ve Uygulamaları”, Vipaş A.Ş., İstanbul, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Özgür BİLİCİ 1982 yılında Erzurum’da dünyaya geldi. İlkokul eğitimini Erzurum’da Hacılar Köyü İlköğretim Okulu’nda, ortaokul eğitimini ise İstanbul Kemal Has İlköğretim Okulu ve Kocaeli Servet Çambol Orta Okulu’nda tamamladı. 1996 – 2000 yılları arasında Kocaeli Neşet Yalçın Süper Lisesi’nde lise eğitimini tamamladıktan sonra 2001-2005 yılları arasında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirdi öğrenimine Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrencisi olarak devam etmekte ve Friterm Termik Cihazlar A.Ş firmasında çalışmaktadır.