

DENEY ADI: ÇOK AMAÇLI SOĞUTMA DENEYİ

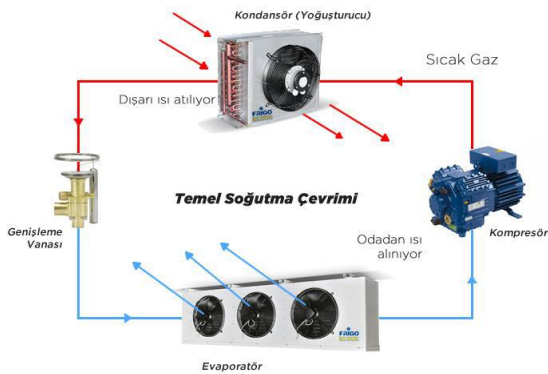
DENEYİN GENEL AMACI:

1. Soğutma tanımının yapılması, soğutma çevriminin tanıtılması, soğutma çevrimde kullanılan elemanların irdelenmesi, soğutma çevrimini p-h diyagramında göstermek ve etkinlik katsayısının (COP) hesaplanmasını yapabilmek,
2. Kompresör izantropik verimini ve ekipmanların ikinci yasa verimlerini hesaplamak
3. Basınç ve sıcaklık değerlerini soğutma sistemi üzerinden elde ederek, tek kademeli mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine ait logP-h diyagramını çizmek ve sonuçlarını yorumlamak.
4. Soğutma sistemlerinde enerji dengesinin termodinamik temellerini hesaplamak.

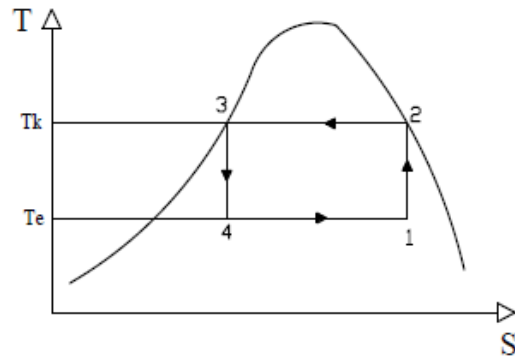
TEORİK BİLGİ:

Soğutma bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve o sıcaklıkta muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemidir. Bir diğer deyişle; Soğutma, ısının düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan yüksek sıcaklıktaki bir kaynağa transfer edilmesidir. Gıda muhafazasında sıklıkla kullanılan soğutma, güncel hayatta ve endüstride oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle ısı konfor uygulamalarında iç hacimlerde meydana gelen yüksek sıcaklıkların düşürülmesi, çeşitli soğutma teknikleri kullanılarak bir yerden ısı çekilmesi gibi kullanım alanları mevcuttur. Soğutma işlemi fiziksel, kimyasal, elektriksel veya farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Kimyasal reaksiyonlarda, endotermik tepkimeye giren maddeler bu işlem sırasında dışarıdan ısı aldıkları için dış ortamı soğutmuş olurlar. Fiziksel soğutmada, sıkıştırılmış gazların genleştirilmesi ve faz değiştirmesi ile soğutma elde etmek mümkündür. Elektriksel soğutmada, metal çiftlerine bağlı olarak bir devreye doğru akım verildiğinde zıt uçlarda, akımın yönüne göre ısınma veya soğuma meydana gelir.

Isının transferi kendiliğinden olmadığı için soğutma yapan cihazların enerji tüketmesi gerekir. Soğutma genellikle buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerine göre çalışan makinelerle gerçekleştirilir. Günümüzde en yaygın kullanılan soğutma işlemi Şekil.1'de gösterilen **buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemidir**.



Şekil.1 Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi



Şekil 2. Ters Carnot çevriminin T-S diyagramı

Bir soğutma çevrimi, soğutucu bir akışkanın ısıyı alması ve daha sonra da vermesi ile oluşan değişikliklerin tanımlandığı, bir soğutucu içinde gerçekleşen çevrimdir. Bu soğutma çevrimi dört ana elemandan oluşmaktadır;

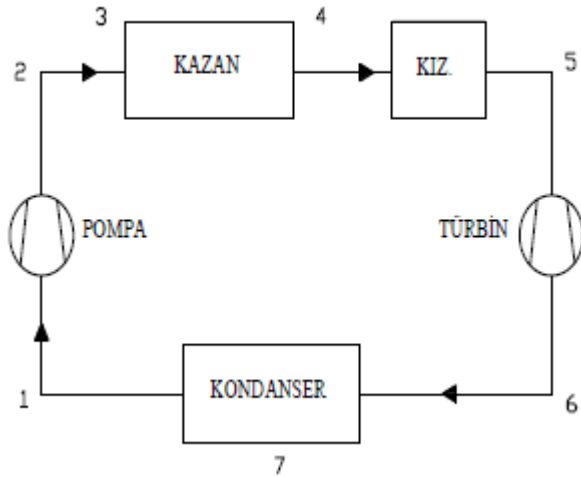
1) Kompresör: Buharlaştırıcıda buharlaşırken ısı emen gaz halindeki soğutucu akışkanı sıkıştırarak yüksek basınç ve sıcaklık altında yoğuşturucuya gönderir.

2) Yoğuşturucu (kondenser): Kompresör tarafından gönderilen gaz fazındaki soğutucu akışkan, sıvı hale geçebilmek için dış ortam havası tarafından soğutulur. Yoğuşturucu bu kısımda devreye girip dış ortama ısı atılmasını sağlar.

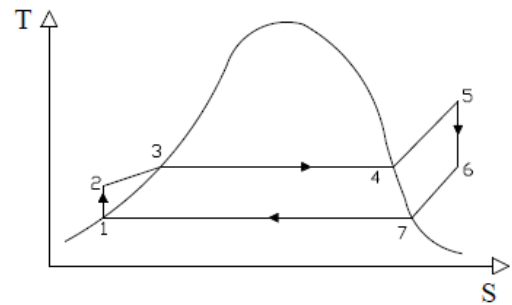
3) Kısılma vanası: Yoğuşturucuda yoğuşarak sıvı hale geçen soğutucu akışkan, burada buharlaştırıcı giriş basıncına düşürülür.

4) Buharlaştırıcı (evaporatör): Kısılma vanasında basıncı düşen sıvı haldeki soğutucu akışkan, gaz haline geçebilmek için soğutulmak istenen ortamın ısını çeker ve kompresör tarafından emilir.

Buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma çevriminde buharlaştırıcıda gaz haline geçen bir soğutucu akışkan kullanılır. Bu sistemde kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan, kızgın buhar halinde yoğuşturucuya 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 çevrim Ters Carnot çevrimi olarak tanımlanmaktadır. Bu durum Şekil. 2 deki T-S diyagramında gösterilmiştir. Ancak ters Carnot çevriminin gerçekleşmesi teknik zorluklarla doludur. 1 noktasının ayarlanması fevkalade güçtür. Ayrıca sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması da çok problemlidir. Bu duruma uygun kompresörlerin olmayışı ve yapılırsa da verimsiz çalışacağı da açıktır. Bunlardan dolayı enerji üretiminde de Carnot çevrimi yerine Rankine çevrimi kullanılır. Şekil. 3 ve 4 de yine en az dört elemanı bulunan güç çevrimi gösterilmiştir. Burada pompada sıkıştırılan su kazanda sıkıştırılır ve basınçlı buhar ayrıca kızgın buhar haline getirildikten sonra türbinde güç üretilir. Türbin çıkışındaki çürük buhar kondenserde yoğuşturulduktan sonra tekrar pompaya iletilir. Rankine çevrimi ideal olarak T-S diyagramında Şekil. 4 de gösterilmiştir.



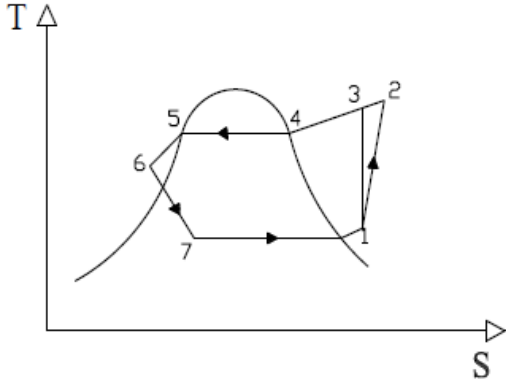
Şekil 3. Rankine Çevriminin ana parçaları



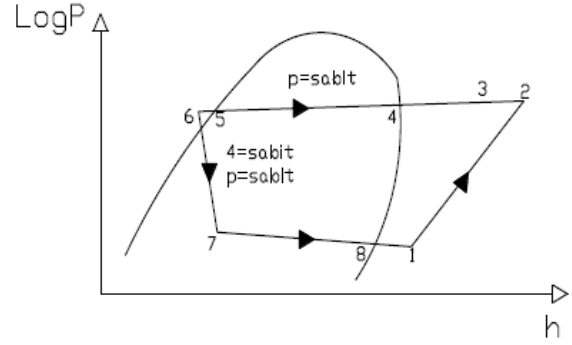
Şekil 4. Rankine Çevriminin T-S diyagramı

Rankine çevriminin ters durumu ters Carnot çevrimine göre daha gerçekçi bir çevrimdir. Bu çevrim Şekil. 5 de T-s diyagramında gösterilmiştir. Gerçek çevrimde izobarik, izentalpik ve izantopik durum değişimleri mümkün değildir. Gerçekçi bir çevrim Şekil. 6 da gösterilmiştir. Sıkıştırılan buhar basıncı, basınç kaybından dolayı düşer. Ancak boru çapları öyle seçilir ki bu kayıpların çok fazla olması önerilir. Genelde 0.1-03 bar arasındaki basınç kaybı normal sayılmalıdır. 6-7 noktası arasında sabit

entalpi kabul edilebilir. Fakat gerçekte hızdan dolayı entalpide bir düşüş olacaktır. 7-1 arasında da yine 0.1 bar civarında bir basınç kaybı görülür. Doymuş buhar 8 noktasından 1 noktasına kadar kızgın buhar olur. Bu genellikle evaporatör veya soğutulan ortamda meydana gelir. Bundan dolayı da soğutma kapasitesi 7-1 noktaları arasında dikkate alınır. 1-3 arası ideal izantropik sıkıştırma, ancak gerçekte entalpi artar ve 2 noktasına sıkıştırma olur.



Şekil 5. Soğutma makinesi Çevriminin T-S diyagramı

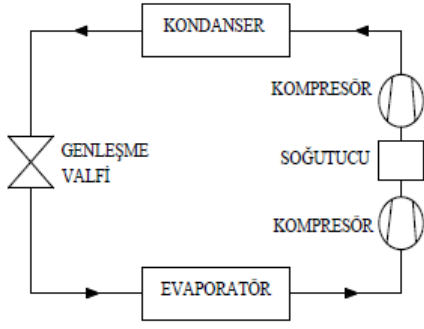


Şekil 6. Gerçek Soğutma Çevrimi

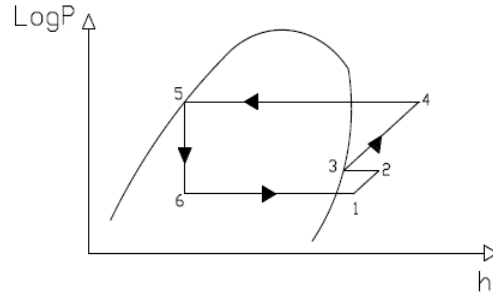
Tek kademeli buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemlerinde ortam sıcaklığının istenilen düzeyde tutulabilmesi için soğutucu akışkana dışarıdan bir iş verilmesi gerektiği hatırlanırsa, soğutucu akışkana verilen işin ne kadarının ortam sıcaklığını istenilen düzeyde tutulabilmesi için harcadığı bilinmelidir.

Çok Kademeli Çevrimler

Evaporatör ve kondansör arasındaki basınç farklarının çok büyük olması halinde sıkıştırma işleminin tek kademede yapılması artık mümkün olmaz. Kondanser- evaporatör basınç oranlarının makul oranları aşmaması gerekir. Bu oranlar 5-6 civarındadır. Aksi durumda iç verimde ve hacimsel verimde önemli azalmaları göze almak gerekir. Çok kademeli çevrimler birçok şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar 1 evaporatör 2 kompresörlü, 2 evaporatör 1 kompresörlü, 2 evaporatör 2 kompresörlü veya kaskad bağlantılı sistemlerdir. Bu sistemlerde ara basınç, P_c kondansör ve P_e evaporatör basınçlarından $P^2 = P_e \cdot P_c$ bağlantısından yaklaşık olarak belirlenebilir. Şekil. 7 ve 8 de çift kademe sıkıştırımlı ve tek evaporatörlü sistem geliştirilmiştir. Ancak ikinci kompresöre girişte aşırı sıcaklık yükselmelerini önlemek için buharın ara soğutmaya tabi tutulması gereklidir. Çevrimin diğer aksamaları tek kademeli çevrimlerde olduğu gibidir. Bu çevrimin ideal olarak Şekil. 8 de logP-h diyagramında gösterilmiştir. Bazı durumlarda tek kompresör ile iki ayrı sıcaklıkta çalışan iki ayrı evaporatörün beslenmesi gerekmektedir. Böyle sistemlerde düşük sıcaklıkta çalışan evaporatör ve daha yüksek sıcaklıkta çalışan evaporatörün ortak karışma odasından sonra kompresör tarafından emilmesi gerekmektedir.



Şekil 7. Çok kademeli soğutma çevrimi



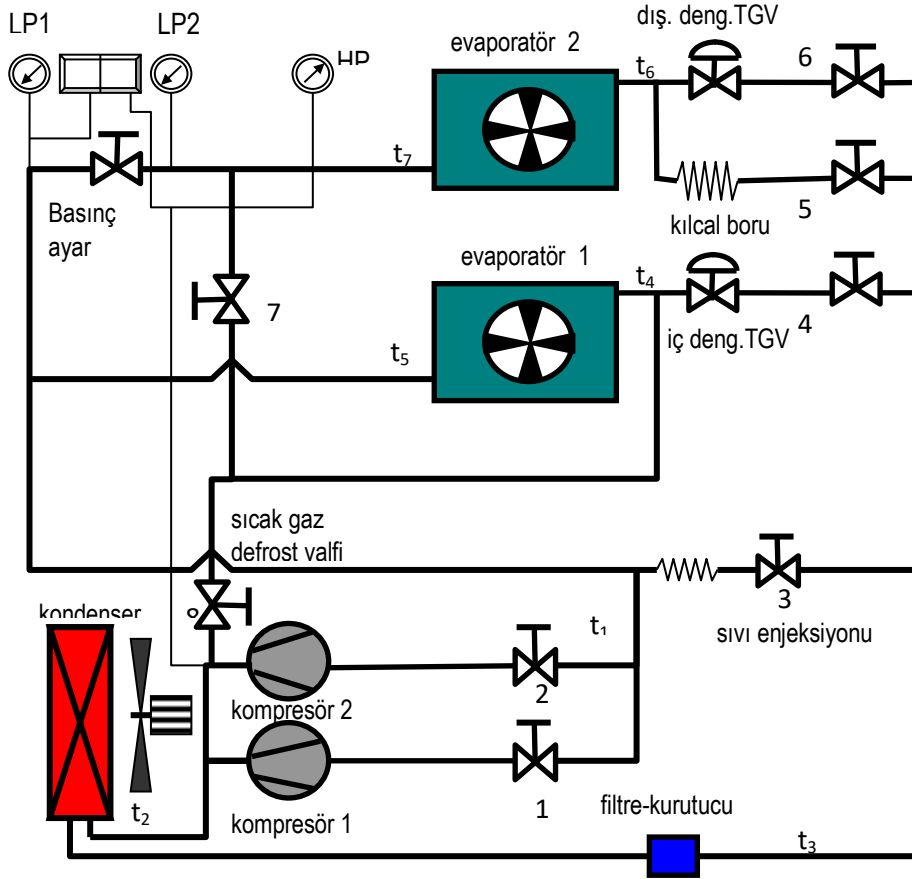
Şekil 8. Çok kademeli soğutma çevriminin log p-h diyagramında gösterilmesi

Bir soğutma sisteminin, soğutulmakta olan hacim veya hacimlerden transfer ettiği ısı miktarına *sistem kapasitesi* veya *soğutma yükü* denir. Sistem kapasitesi kW (kJ/sn), Kcal/h veya BTU/h birimleri cinsinden ifade edilir. Gerçek kapasite değerlerinin, TS EN 814' e göre T1 şartlarında test edilip belgelendirilmesi gerekir.

DENEY DÜZENEGİ

-Teknik Özellikler

1	Kompresör tipi ve beygir gücü	Embraco, ¼ BG
2	Kondenser kapasitesi	1/3 BG, fanlı-lamelli
3	Kondenser fan kapasitesi	Fanco-42 W, ϕ 250 mm
4	Evaporatör tipi	Özel imalat, lamelli
5	Evaporatör fanı	12x12 cm Tidar DP201-A
6	İçten dengelemeli genişleme valfi	Emerson-TIE MW55-PCN800 997
7	Dıştan dengelemeli genişleme valfi	Emerson-TIE MW55-PCN800 997
8	Kılcal boru uzunluğu	500 mm
9	Emme hattı vanaları	Ceme, 3/8"
10	Sıvı hattı vanaları	Ceme, ¼"
11	Basınç anahtarı	Danfoss



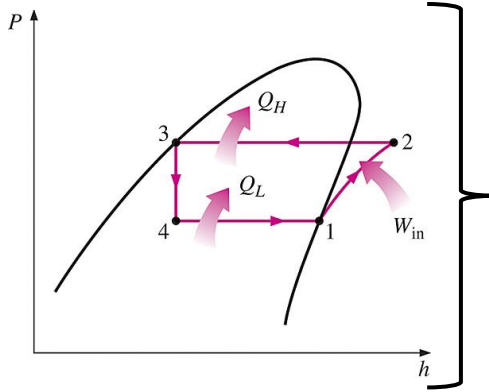
Şekil 9. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemini incelemek üzere Şekil 9'da görünen S-812 ÇOK AMAÇLI SOĞUTMA EĞİTİM SETİ adlı deney düzeneği kullanılmaktadır. Deney düzeneği üzerinde birden fazla kısılma vanası (içten dengelemeli, dıştan dengelemeli, kılcal boru) bulunmaktadır. Deney seti soğutucu akışkanı yüksek basınca sıkıştıran paralel bağlı iki adet kompresör, seri veya paralel bağlanabilen iki adet fanlı buharlaştırıcı, bir adet fanlı yoğuşturucu, filtre-kurutucu, basınç ayar vanası, debimetre, basınç ve sıcaklık ölçerler, alçak ve yüksek basınç presostatları ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Soğutma sisteminde soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılmaktadır. Kılcal borular, küçük ve orta ölçekli ticari tip cihazlarda, küçük tip klimalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Avantajları; ucuz oluşu, hareketli elemanlarının bulunmayışı nedeniyle arıza yapmaması ve kompresör durma anında alçak ve yüksek taraf basınçlarını dengeleyerek yeniden çalışma anında kompresörün yüksüz olarak çalışabilmesini sağlayabilmektedir. Orta büyüklükteki ticari soğutma sistemlerinde kullanılan içten dengelemeli termostatik genişleme valflerinde buharlaştırıcı çıkışına bağlanan kuyruk basıncına göre kızgınlık ayarı yapılabilmektedir. Dıştan dengelemeli termostatik genişleme valflerinde evaporatör basıncı TGV girişinden değil de çıkışından alındığı için sistem yeterli soğutucu akışkanla beslenmektedir.

Hesaplamalar:

Soğutma işleminin gerçekleştirilmesinde soğutma sisteminin birçok yerinde ısı alış-verişi olayı meydana gelir ve soğutma safhasında ısı transferi başlı başına en geniş yeri tutmaktadır. Soğuk odalarda ısı hapsinden evaporatör ve kondansör dizaynına, soğuk odada muhafaza edilen çeşitli tür maddelerden kompresör gövdesindeki ısı akımlarına kadar soğutma sisteminin hemen her elemanında ısı transferi olayı meydana gelmektedir. Öncelikle, soğutulan ortamın kendisi ısı transferi olayına maruz kalır ki bunun nedeni, soğutulan ortamın normal olarak civar hacimlerden daha soğuk olması ve ısının civar hacimlerden soğutulan ortama doğru bir akış meydana getirmesidir. Buharlaştırıcı tarafından alınıp soğutucu akışkana aktarılan ve "Soğutma Yüğü" olarak adlandırılan

toplam ısı, buhar sıkıştırma çevriminde kompresör tarafından sıkıştırma işlemiyle yoğurturucuya gönderilir. Yoğurturucu, buharlaştırıcıdan alınan ısı ile kompresörün sıkıştırma işlemi sırasında harcanan enerjinin ısıl karşılığı toplamını soğutma çevriminden uzaklaştırır. Buhar sıkıştırma mekanik soğutma sistemi için ideal soğutma çevrimi için aşağıdaki şekilde gerçekleşir:



1-2	Kompresörde izantropik sıkıştırma
2-3	Yoğurturucuda sabit basınçta çevreye ısı atılması
3-4	Genleşme cihazında kısılma
4-1	Buharlaştırıcıda sabit basınçta ısı alınması

-Bir soğutma çevriminde buharlaştırıcı yardımıyla çevreden alınan ısı miktarı, yani buharlaştırıcının kapasitesi:

$$\dot{Q}_{soğ.} = \dot{m}_r(h_1 - h_4)[W] \quad (1)$$

-Soğutma çevriminde yoğurturucudan dış ortama atılan ısı, yoğurturucu kapasitesi

$$\dot{Q}_{yoğ.} = \dot{m}_r(h_2 - h_3)[W] \quad (2)$$

-Bu çevrim esnasında kullanılan kompresörün kapasitesi

$$\dot{W}_{komp.} = \dot{m}_r(h_2 - h_1)[W] \quad (3)$$

-Kompresörün izantropik verimi,

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

-Soğutma makinesinin etkinlik katsayısı,

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

1.DENEY ADI: *Teorik ve gerçek soğutma çevrimlerinin P-h diyagramı üzerinde gösterilmesi, kompresör, evaporatör ve kondenser kapasitelerinin belirlenmesi*

DENEYİN AMACI: Basınç ve sıcaklıklar yardımıyla teorik ve gerçek P-h diyagramının çizilmesi ve bu diyagram üzerinde evaporatör ve kondenser kapasitelerinin hesaplanması.

GEREKLİ ALET VE CİHAZLAR: R-134a için P-h diyagramı

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1)1 ve 4 nolu vanaları açıp, diğerlerini kapatın.
- 2)Kumanda panosundan 1. kompresör, 1. evaporatör ve kondenser fanlarını çalıştırın.
- 3)Sistem kararlı hale gelince tablo değerlerini kaydedin ve sistemi durdurun.

AÇIKLAMALAR:

- 1) Yoğuşturucu içindeki basınç düşmesi önemsizdir. Böylece $P_2=P_3$ alınabilir.
- 2) Genleşme işlemi (3, 4 arası) ısı alışverişi olmayan (adyabatik) bir işlem kabul edildiğinden $h_3=h_4$ olur.
- 3) Gösterge basınçlarına, atmosfer basıncı (101. 325 kPa) ilave edilmelidir. Çünkü In P-h diyagramları mutlak basınçlara göre düzenlenmiştir.

ÖNEMLİ NOKTALARIN BULUNMASI

- 1) $P_1=326\text{kPa}$ ve $t_1=10^\circ\text{C}$ için P-h diyagramından $h_1=406\text{kJ/kg}$ ve $v_1=0.065\text{m}^3/\text{kg}$
- 2) $P_2=887\text{ kPa}$ ve $t_2=50.5^\circ\text{C}$ için $h_2= 433\text{ kJ/kg}$
- 3) $P_2=887\text{ kPa}$ ve $t_3=29^\circ\text{C}$ için $h_3= 240\text{ kJ/kg}$
- 4) 4 noktasında $h_3=h_4$ eşitliğinin yardımıyla $h_4=240\text{ kJ/kg}$ bulunur.

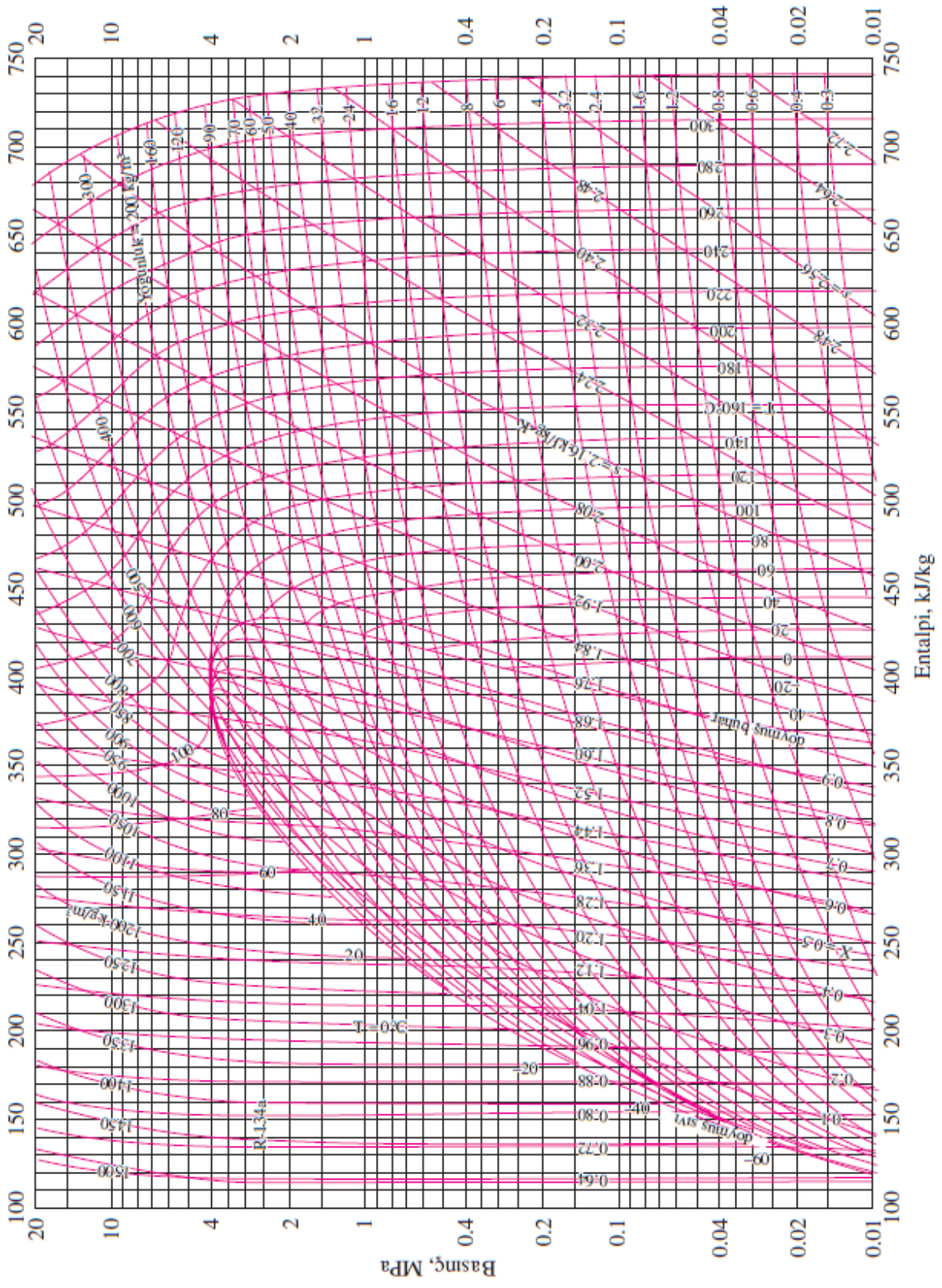
Tablo 1. Ölçülen değerler

	Özellikler/Ölçüm Sayısı	Okunacağı Gösterge	1	2	3
1	Basma Hattı Basıncı $P_2(\text{kPa})$	HP			
2	Basma Hattı Sıcaklığı $t_2(^\circ\text{C})$	t_2			
3	Evaporatör Basıncı ($P_{e2}(\text{kPa})$)	LP2			
4	Kompresör Giriş Sıcaklığı $t_1(^\circ\text{C})$	t_1			
5	Sıvı Hattı Sıcaklığı $t_3(^\circ\text{C})$	t_3			
6	Emme Hattı Sıcaklığı $t_4(^\circ\text{C})$	t_4			
7	Soğutucu Akışkan Debisi, $\dot{m}_r, [\text{g/s}]$	Elektronik debimetre			

Tablo 2. Hesaplanacak büyüklükler

	Hesaplanacak büyüklükler	Deney No			
		1	2	3	4
1	Buharlaştırıcı kapasitesi ($\dot{Q}_{soğ.}$)				
2	Yoğuşturucu kapasitesi ($\dot{Q}_{yoğ.}$)				
3	Kompresör kapasitesi ($\dot{W}_{komp.}$)				
4	Kompresörün izantropik verimi, (η_c)				
5	Etkinlik katsayısı (COP)				

R-134a için P-h Diyagramı



2.DENEY ADI: Sıcak gaz defrost işlemi

DENEYİN AMACI: Buharlaşma sıcaklığını ortaya seviyede olan evaporatörlerde sıkça kullanılan yöntemdir. Basma hattından alınan gazın evaporatör girişine doğrudan verilmesiyle evaporatör de oluşan karlanma giderilir. Ancak emme hattı aküsüyle birlikte kullanılmasında fayda vardır.

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1)1 ve 4 nolu vanaları açın, iğherlerini kapatın.
- 2)Kumanda panosundan 1. kompresör, 1. evaporatör ve kondenser fanlarını çalıştırın
- 3)Evaporatör yüzeyinin karlanması için belli bir süre bekleyin.
- 4)8 nolu vanayı açarak sıcak gazı evaporatöre verin. Karlanmanın aniden eridiği görülecektir. Bu durumda emme ve basma basınçları eşitlenecektir.
- 5)8 nolu vanayı tekrar kapatın düğmeleri kapatark sistemi durdurun.

3. DENEY ADI: Sıvı hattının tıkanması

DENEYİN AMACI: Sıvı hattı genellikle filtre kurutucudan dolayı tıkanabilir. Bu durumda soğutucu akışkan geçişi çok azalır ve emme hattı basıncı düşer. Kompresör vakumda çalışır. Basma hattı basıncı basıncı da emme hattına bağlı olarak bir miktar düşer.

DENEYİN YAPILIŞI:

- 1)2 ve 6 nolu vanaları açın, basınç ayar vanasını açın, diğerlerini kapatın.
- 2)Kumanda panosundan 2. kompresör, 2. evaporatör ve kondenser fanlarını çalıştırın.
- 3)Şartlarda kararlılık sağlayınca normal akım değerlerini tabloya kaydedin.
- 4)6 nolu solenoid vanayı kapatarak sıvı hattını tamamen kapatın.
- 5)Basınçlardaki ve kompresör akındaki değişimleri gözleyin. Muhtemelen basınçlar ve akım düşecektir.
- 6)Bu durumda kompresörü uzun süre çalıştırmak zararlıdır. Çünkü hermetik kompresörler, evaporatörden dönen soğutucu akışkan buharı ile soğurlar. Şayet yeterli akışkan dönmezse kompresör aşırı ısınır ve sargıları zarar görebilir.

Tablo 3. Ölçülen değerler

	Özellikler/Ölçüm Sayısı	Okunacağı Gösterge	1	2	3
1	Basma Hattı Basıncı P_2 (kPa)	HP			
2	Yoğuşma Sıcaklığı, t_y (°C)	HP			
3	Evaporatör Basıncı P_{e2} (kPa)	LP2			
4	Buharlaşma Sıcaklığı t_{e2} (°C)	t_6			
5	Evaporatör çıkış sıcaklığı $t_{eç2}$ (°C)	t_7			
6	Kızgınlık değeri ($t_{eç2} - t_{e2}$) (K)	$t_7 - t_6$			

DENEYDEN İSTENENLER

- 1.** Her bir deneyin amacı ve deney düzeneğinin tesisat şemasıyla birlikte kısaca tanıtılması.
- 2.** Hesaplar kısmında verilen teorik bilgiye ve deney verilerine göre deneyin sonunda Tablo 2'deki değerlerin hesaplanması ve kızgınlık değerinin bulunması. (Raporda sadece bir ölçüm için hesaplama ayrıntılarının verilmesi gerekmektedir.)
- 3.** Soğutma çevriminin log P-h diyagramında gösterilmesi.
- 4.** Sıcak gaz defrost işeminin sisteme avantajları ve dezavantajları nelerdir?
- 5.** Sıvı hattının tıkanması sisteme etkileri nelerdir?
- 6.** Deneyin size katkısı nedir?