



bu bir MMO
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Soğutma Sistemlerinde Bileşen Dengeleme

ALİ BÜYÜKYILDIZ
MELTEM A.Ş.
MACİT TOKSOY
D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞEN DENGELEME

Ali BÜYÜKYILDIZ
Macit TOKSOY

ÖZET

Bir soğutma sistemi elemanlarının (kompresör, kondenser, evaporatör, soğutkan debi kontrol cihazı, fan, motor ve kontrol cihazları) seçimi, sistem tasarımının ana parçasıdır. Çalışma şartlarının değişimi ile performansları değişen bu bileşenlerin karakteristikleri sistem içinde diğer bileşenlerin karakteristiklerine de bağlıdır. Sistem performansı, değişen çalışma şartlarına bağlı olarak tüm bileşenlerin karşılıklı etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Bileşen seçimi sistemin hem tasarım hemde değişen çalışma şartlarında istenilen soğutma, heat pump durumunda ısıtma yükünü sağlamasına imkan vermemelidir.

Bu derleme bildiride, mevcut literatür gözden geçirilerek, soğutma sistemleri elemanlarının kısaca tanımları verilmiş ve her bir elemanın performans karakteristikleri uygulama düzeyinde incelenmiştir. Son olarak soğutma sistemlerinde bileşen dengelemenin esasları verilmeye çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

İklim transformatörü olarak tanımlanan yapılardaki konfor sistemlerinin görevi, yapı dışındaki koşullar ne olursa olsun, mümkün olan en az enerjiyi kullanarak, çevreye zarar vermeden, iç hava kalitesini, özelliklerini (sıcaklık, nem, hava hızı) ve bunların yerel dağılımlarını, yapı içinde yaşayan insanların çoğunluğunun tatmin olduğu seviyede tutmaktır.

Yapı içinde ısı konfor şartlarının ve iç hava kalitesinin belli dar aralıklar içerisinde kalması istenirken, bu şartları sağlayan sistemlerin performansını etkileyen dış hava koşulları, çok büyük bir aralıkta değişir. Bu değişim kış aylarından yaz aylarına geçildiğinde fonksiyonel değişikliği de (ısıtmadan soğutmaya geçiş) gerektirir.

Isıtma soğutma sistemlerinin performansları dış hava koşullarına bağlı olduğu gibi, birbirlerine de bağlı olan bileşen performanslarının bileşkesidir. Bu nedenle, sistemi oluşturan kompresör, kondenser, evaporatör, akış kontrol cihazları, fan ve motorları ile kontrol sisteminin seçimleri sistem tasarımının ana parçasıdır. Bu seçim, soğutma terminolojisinde "Soğutma Sistemlerinde Bileşen Dengeleme (Component Balancing in Refrigerating System)" olarak anılmaktadır [1-3]. Seçilen bileşenlerin oluşturduğu performans hem tasarım koşullarındaki yüklere, hemde çalışma süreci içerisinde değişen koşulların oluşturduğu kısmi yüklere cevap vermemelidir.

Bu yazıda, bir soğutma çevriminin temel bileşenlerinin (kompresör, kondenser, evaporatör) kısaca tanımları ve performans karakteristikleri verilecek, daha sonrada bileşen dengeleme üzerinde durulacaktır.

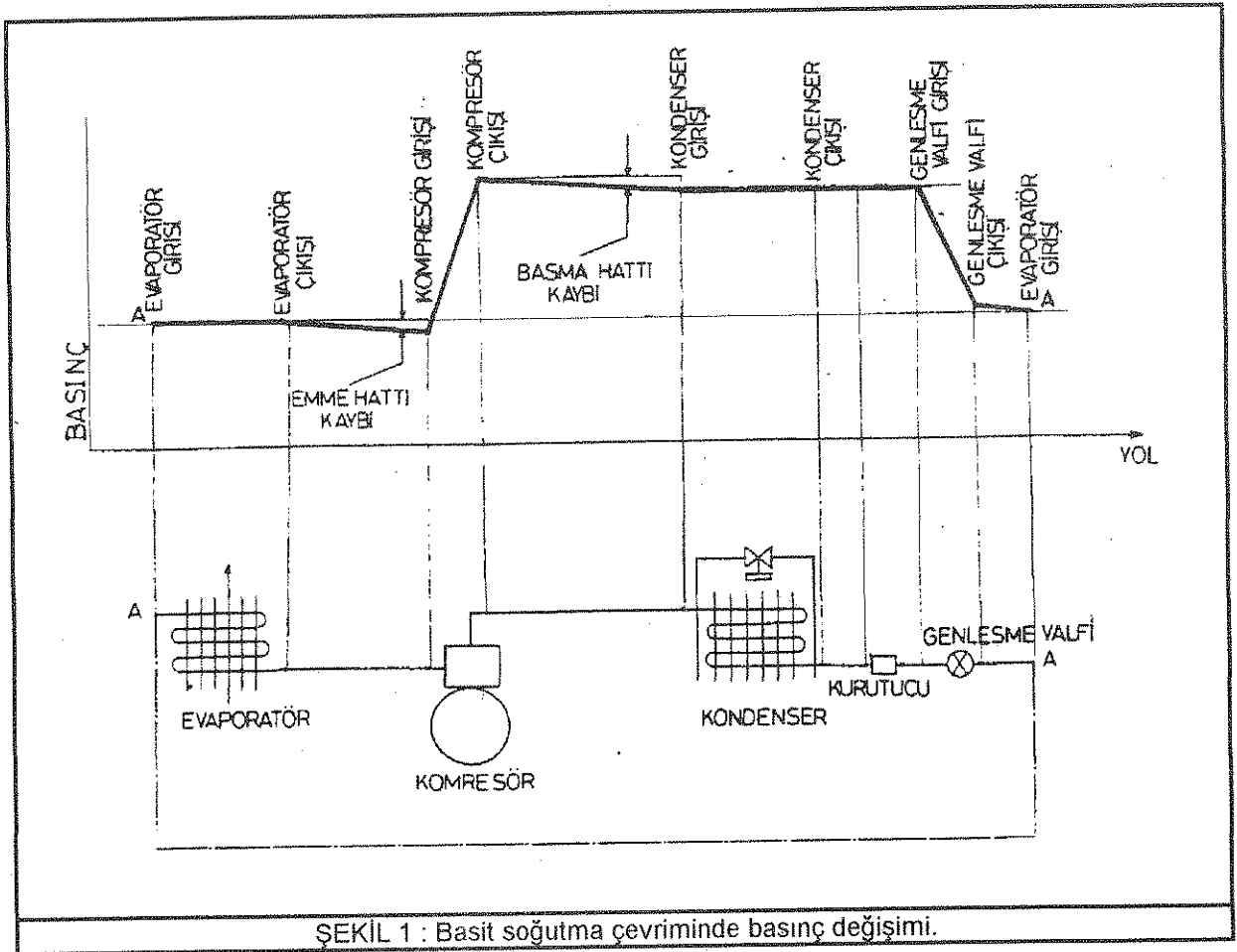
Bu yazı oluşturulurken kullanılan ana kaynaklar ASHRAE el kitaplarıdır [1-3]. Türkçe literatür incelendiğinde, soğutma sistemi bileşen performansları üzerinde durulmasına rağmen dengeleme konusunun ele alınmadığı görülmektedir. Bu açıdan, yazının Türk okuyucusuna faydalı olacağına inanılmaktadır.

2. SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BİLEŞENLERİN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİ

Tasarım işlemlerinde ilk adım, sistem bileşenlerinin performansı üzerine değişen çalışma koşullarının etkisinin bilinmesidir. İkinci adım ise sistemin bir bütün olarak ele alınmasıdır. Bu bölümde çalışma koşullarının değişiminin bileşenlerin performansına etkisi ele alınacaktır.

2.1. KOMPRESÖR

Soğutma sistemlerinin soğuk ve sıcak kaynaklar arasında enerji taşıyan akışkanı bilindiği gibi soğutkandır. Bu akışkanlar kompresör tarafından gaz fazında pompalanır. Bu pompalama işleminde, gaz fazındaki akışkan, emme hattı kayıpları kadar azaltılmış evaporatör basıncından, basma hattı kayıpları kadar arttırılmış kondenser basıncına kadar sıkıştırılır (Şekil 1).



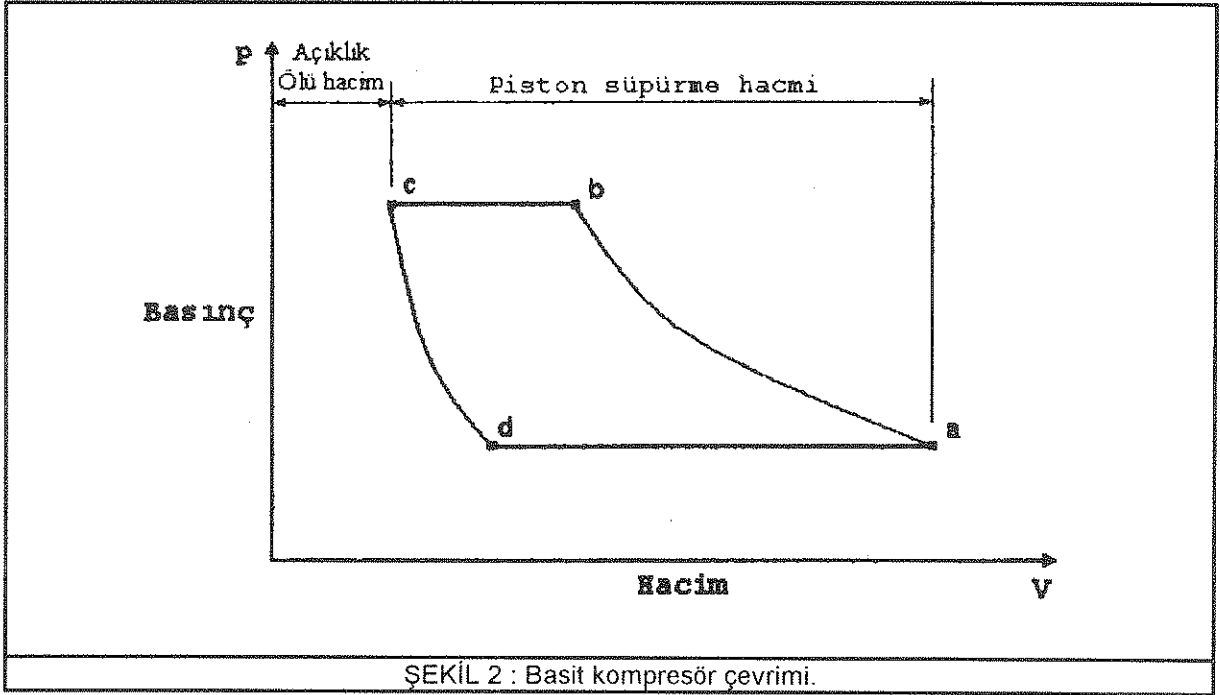
ŞEKİL 1 : Basit soğutma çevriminde basınç değişimi.

Soğutkanın enerji taşıma miktarı - soğutma kapasitesi, en başta çevrimde dolaştırılan soğutucu akışkanın miktarına bağlıdır. Fiziksel - geometrik yapısı belli bir kompresörün gaz basma debisini, bu yapısı dışında çalışma koşulları etkiler:

a. Kompresör debisini etkileyen en önemli parametre hacimsel verimi etkileyen evaporatör - buharlaşma basıncıdır. Bir kompresörün hacimsel verimi basit bir çevrim için

$$\eta_{hv} = \frac{V_a - V_d}{V_a - V_c} = 1 + C - C(v_a/v_b) \quad \dots (1)$$

eşitliği ile verilmiştir (Şekil 2) [4].



Burada v_a ve v_b sırasıyla sıkıştırma başlangıcında ve sonundaki soğutkan özgül hacimleri, C ise açıklık (clearance) oranıdır:

$$C = v_c / (v_a - v_c)$$

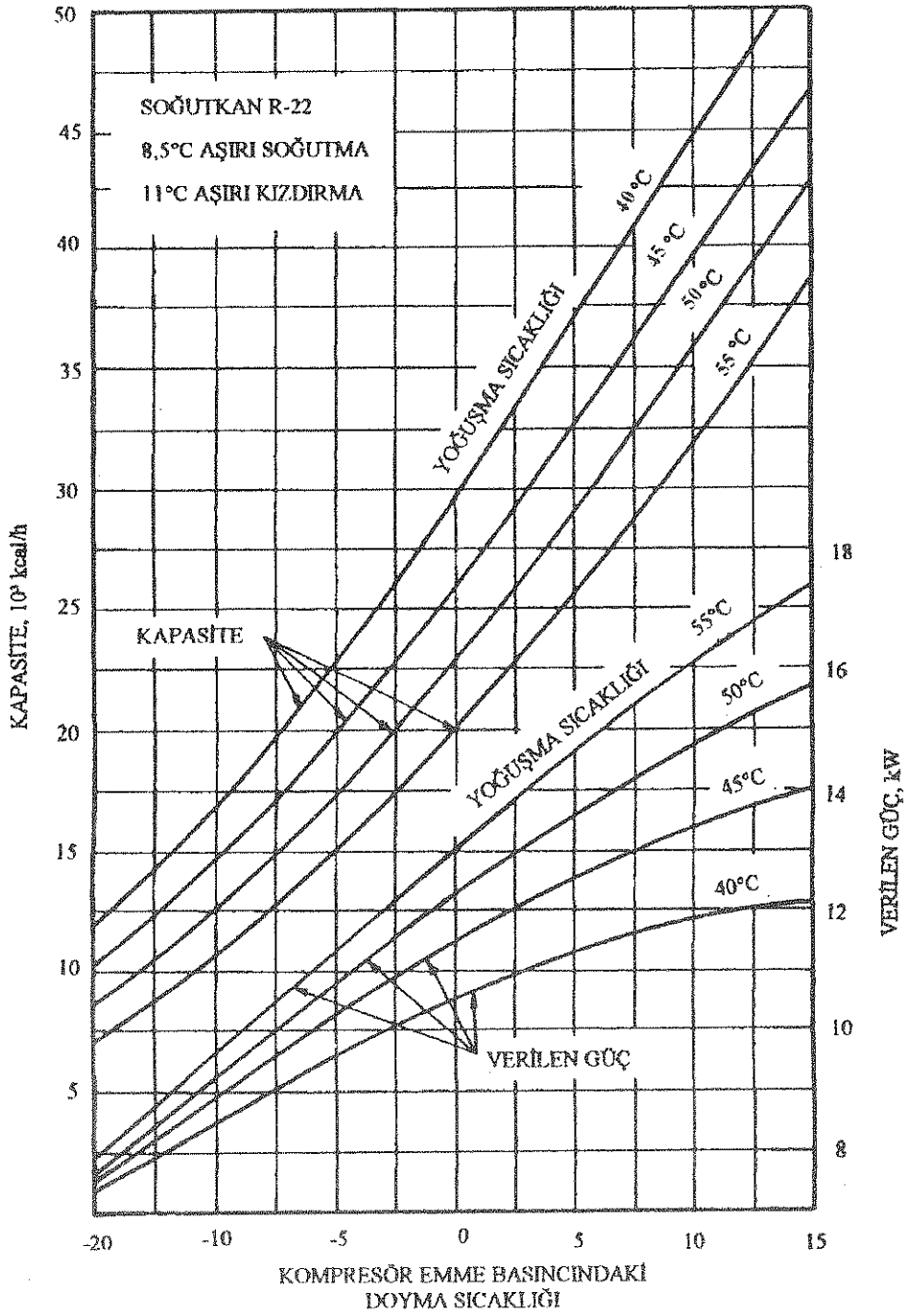
Buharlaştırma basıncı düştüğünde soğutkanın özgül hacmi (v_a) büyür. Böylece (1) nolu eşitlikten görüleceği üzere sabit çıkış basınçlı pistonlu kompresörlerde hacimsel verim küçülür ve kapasite düşer.

b. Belli bir evaporatör basıncında, evaporatör ile kompresör arasındaki emme hattı kayıpları, emme basıncını düşüreceğinden, kompresör kapasitesini etkiler. Aşağıdaki Tablo 1'de, emme hattı kayıplarının kapasite üzerine etkileri örneklenmektedir.

Evaporatör Basıncı (psia/kPa)	Emme Hattı Kayıpları (psia/kPa)	Kapasite Düşümü (%)
75 / 517	2 / 14	2.7 [= (2 / 75) x 100]
20 / 138	2 / 14	10 [= (10 / 20) x 100]

TABLO 1 : Emme hattı basınç kayıplarının kapasite üzerine etkisine örnekler [4].

Bir pistonlu soğutma kompresörünün kapasite eğrileri kompresör güç karakteristikleri ile birlikte Şekil 3'te örneklenmiştir.

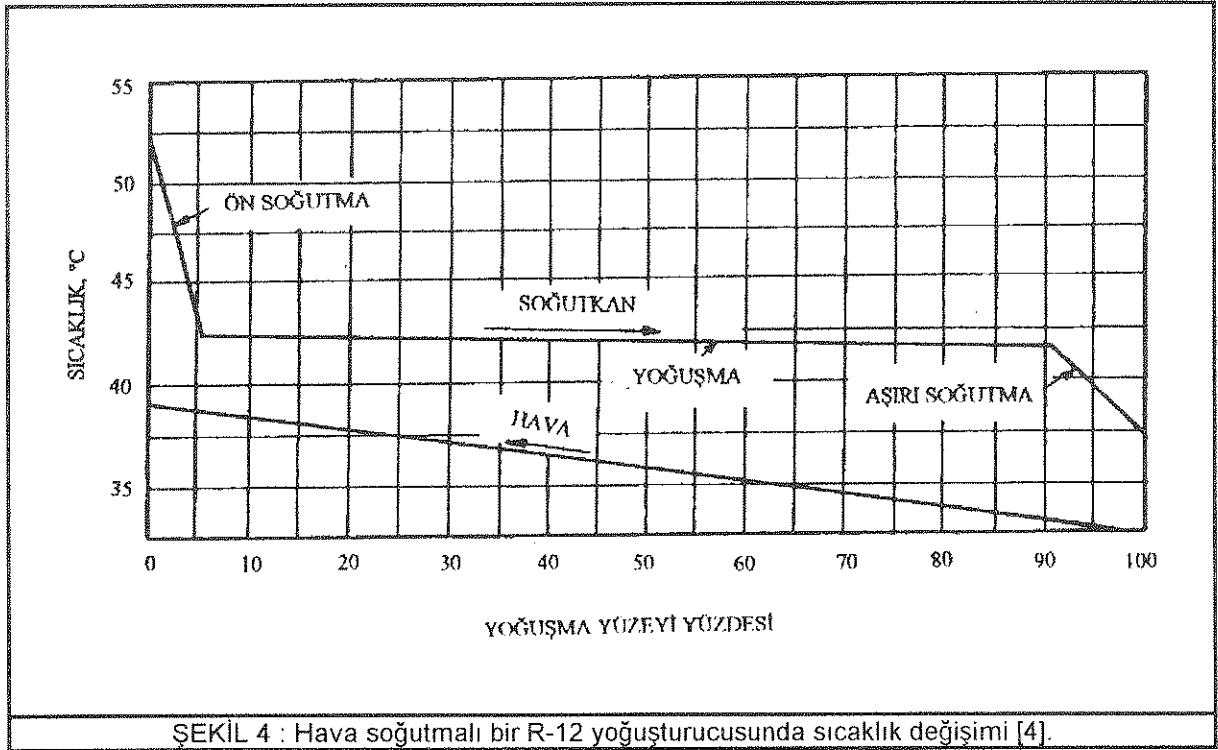


ŞEKİL 3 : Bir kompresörün performans eğrileri.

Görüldüğü üzere bu eğriler, belli bir soğutkan için (R22), belli aşırı soğutma (8,5°K) ve kızdırma (11°K) değerleri sağlanmak ve kompresör devri belli bir devirde (1720 d/d) olmak koşullarında geçerlidir. Yine şekilden görüleceği üzere soğutma kapasitesi evaporatör sıcaklığı ile doğru, kondenser sıcaklığı ile ters orantılıdır. Buna karşılık kompresörün çektiği güç hem evaporatör hem kondenser sıcaklığı ile doğru orantılıdır.

2.2. KONDENSER - YOĞUŞTURUCU

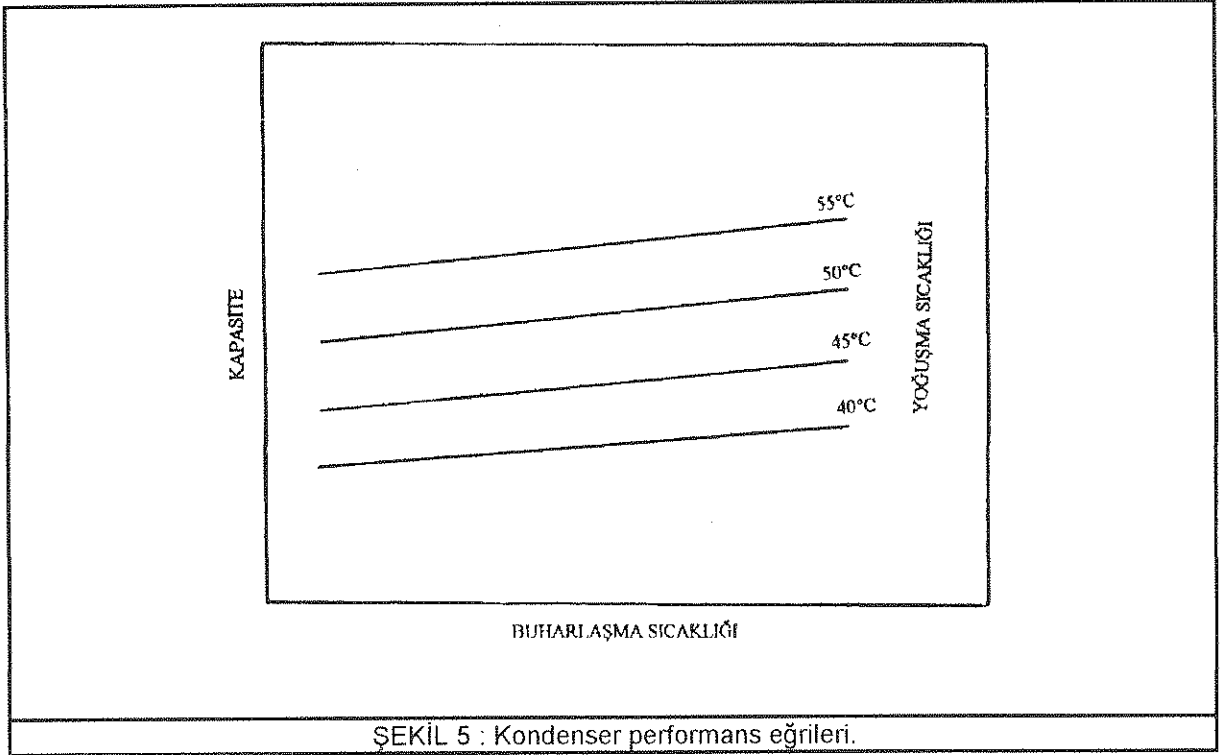
Soğutma sisteminde kondenser-yoğuşturucu, soğutulacak hacimden soğutkana transfer edilen enerji (soğutma yükü) ile soğutkanın kompresörde sıkıştırılması sonucunda kazandığı enerji toplamının bir kaynağa (hava veya su) transfer edildiği ve bu işlem esnasında soğutucu akışkanın faz değiştirdiği (yoğuştuğu) bir ısı değiştirgecidir. Hava soğutmalı bir R-12 kondenserinde sıcaklık ve entalpi değişiminin tipik bir örneği Şekil 4'de verilmiştir. Görüldüğü üzere kondenserin bir kısmı gazın ön soğutulması, ana parçası (yaklaşık olarak %85) sabit sıcaklıkta yoğuşma, diğer bir kısımda yoğuşan sıvının aşırı soğutulması için kullanılır.



Bir kondenserin seçimi temel olarak aşağıdaki parametrelere göre yapılır:

- Soğutma yükü
- Soğutkan cinsi
- Soğutkan debisi
- Soğutucu akışkan cinsi (hava,su) ve sıcaklığı
- Çalışma basıncı
- Bakım özellikleri

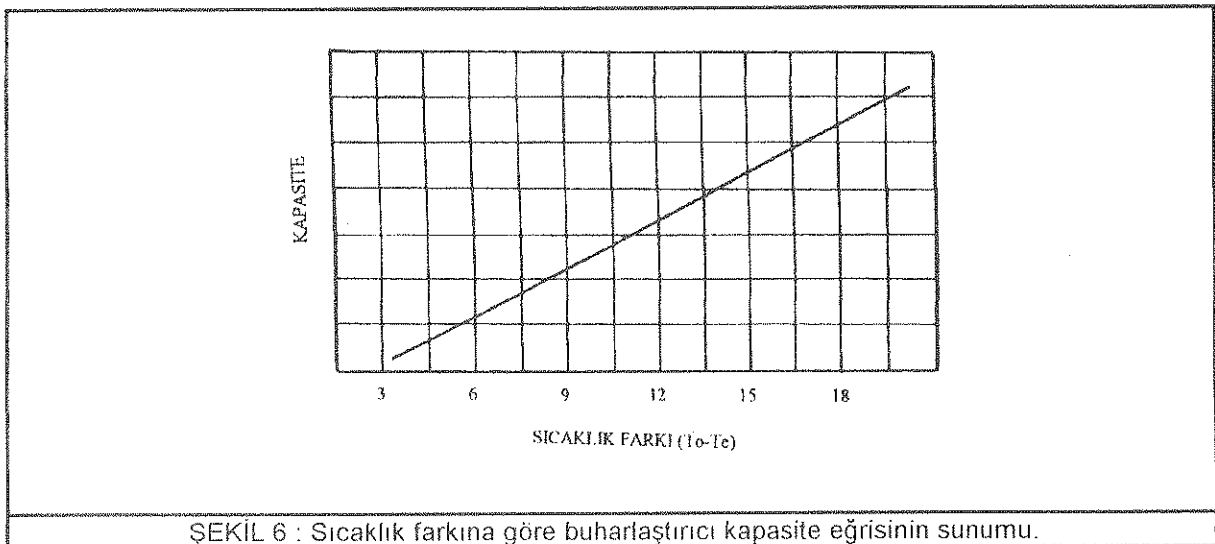
Bu parametrelere göre seçimi yapılmış, geometrik olarak tanımlanmış kondenserin kapasitesi, kondenser-yoğuşma sıcaklığına bağlı olarak değişir. Bu değişimin kalitatif bir örneği, evaporatör-buharlaşma sıcaklığı ve kapasite düzleminde, yoğuşma sıcaklığı parametre olmak üzere Şekil 5'te gösterilmiştir. Sistem performansı belirlenirken bu eğriler kullanılır.



2.3. EVAPORATÖR - BUHARLAŞTIRICI

Bir soğutma devresinde soğutkanın faz değiştirdiği ikinci ısı değiştirgeci, soğutulacak hacim ile soğutkan arasındaki ısı transferini sağlayan evaporatördür.

Evaporatör, diğerlerine göre seçimi en önemli ve zor olan bileşendir. Kompleks geometrileri ve değişen çalışma koşullarının (hava hızı, soğutkan hızı, sıcaklık farkı, buzlanma koşulları, aşırı kızdırma) etkileri, evaporatörlerin boyutlandırılmasında temel prensipler yanında deneysel verilerin kullanımını zorunlu kılar. Hali hazırda evaporatör kapasitelerinin sunumu için bir endüstri standardının mevcut olmadığı belirtilmektedir [5]. Seçim işlemi, daha çok imalatçıların deneyler sonucunda elde ettikleri kapasite değerlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu sonuçların sunumu, temel soğutma kapasitesi olarak tanımlanan ve soğutulacak hacim sıcaklığı (T_o) ile buharlaşma sıcaklığı (T_e) arasındaki farka göre verilen kapasite değerleridir. Kalitatif bir kapasite eğrisi prafiği Şekil 6'de örneklendirilmiştir.



Evaporatör kapasitelerinin sunumunda kullanılan ortam sıcaklığı ile buharlaşma sıcaklığı arasındaki fark, evaporatör seçiminin de ilk adımıdır. Soğutulacak ortamın nemine bağlı olarak önce bu fark seçilir. Sıcaklık farkı nemin yüksek olmasının istendiği ortamlarda küçüktür. Literatürde, uygulamalarda kullanılan sıcaklık farkları için değişik değerlerin yer aldığı görülmektedir. Aşağıda ASHRAE Systems and Equipment Handbook'tan [5] derlenmiş bir tablo verilmiştir.

-4°C'in üstündeki hacim sıcaklıkları için:	
Hacim Bağıl Nemi (%)	Seçilen Sıcaklık Farkı (°C)
90	4-6
80	6-7
75	7-9
<75	11-16

-4°C'in altındaki hacim sıcaklıkları için:	
Genellikle 8°C'in altında	

Belli bir hacim için sıcaklık farkının seçilmesi, buharlaşma sıcaklığı ile kompresör emiş basıncını da belirler. Bu işlem aşağıda örneklendirilmiştir.

Hacim sıcaklığı (havanın evaporatöre giriş sıcaklığı)	= 2°C
Seçilen sıcaklık farkı	= 6°C
Buharlaşma sıcaklığı = 2-6	= -4°C
Emme hattı basınç kayıplarına karşılık gelen sıcaklık düşümü	= 2°C
Kompresör girişindeki basınca karşılık gelen doyma sıcaklığı (-4)-(-2)	= -6°C

Örneklendiği gibi seçilen her sıcaklık farkına karşılık kompresör girişindeki bir doyma sıcaklığının belirlenmesi, daha sonra verilen bileşen dengeleme bölümünde görüleceği üzere, yoğuşturucu ünite ile evaporatör kapasite eğrilerinin süperpoze edilerek sistem denge noktasının bulunmasına imkan verir.

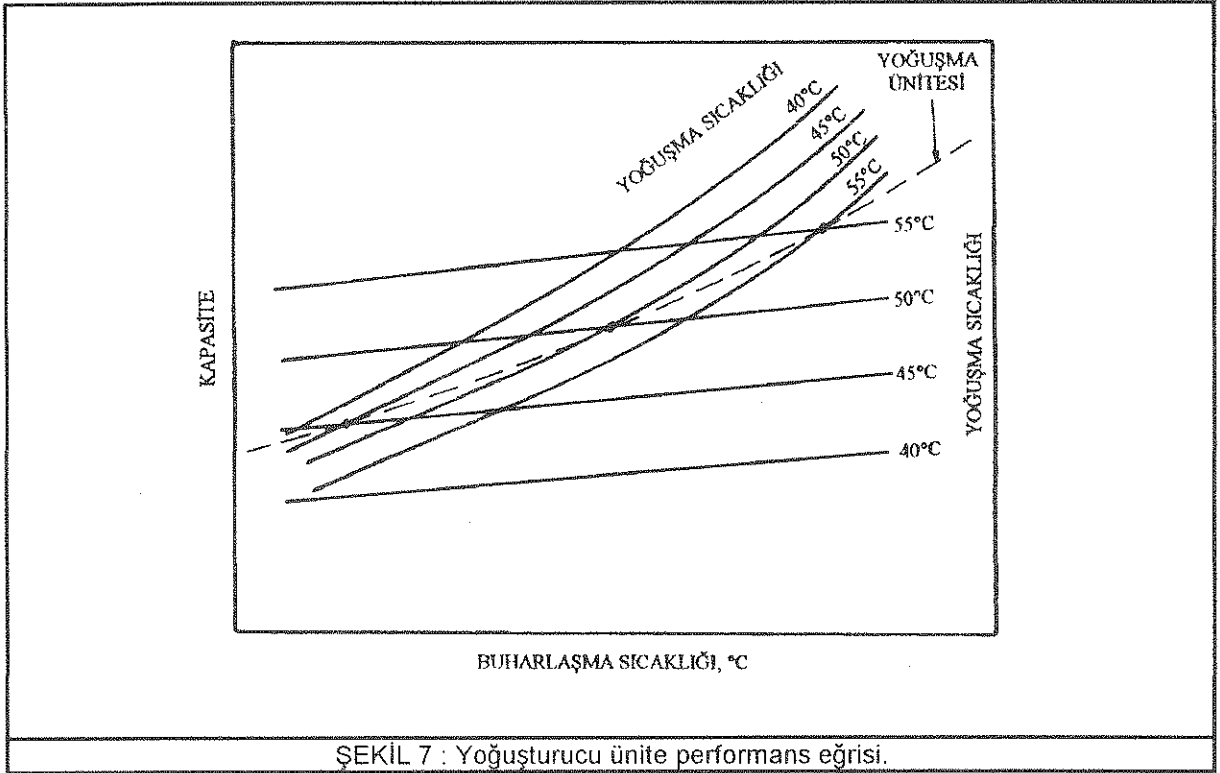
3. SİSTEM PERFORMANS : BİLEŞEN Dengeleme

Bu bölümde sistemin bir bütün halinde performans karakteristiklerinin oluşumu ve buna, değişen çalışma koşullarının etkisi incelenecektir. Bu yapılırken bir önceki bölümde verilen performans karakteristikleri kullanılacaktır.

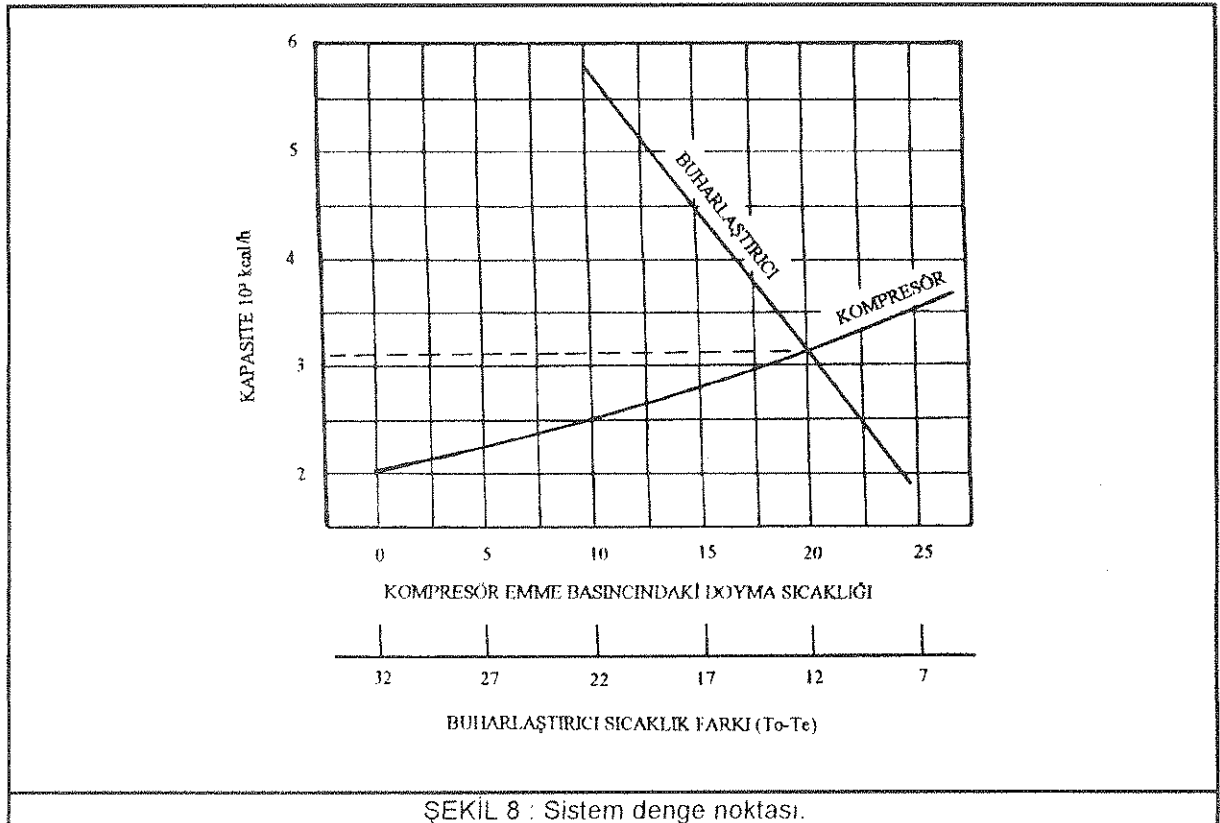
Analitik olarak, herhangi bir çalışma çevresinde, sistemin bir bütün olarak performansı, bileşenlerin performans denklemlerinin eş zamanlı olarak çözülmesi ile elde edilir. Kompresör, kondenser veya evaporatör gibi bileşenlerin performans denklemleri kendi başlarına oldukça karmaşık oldukları gibi eş zamanlı çözümlerinde oldukça zordur. Burada temel değişkenlere (kondenser - yoğuşma sıcaklığı, evaporatör - buharlaşma sıcaklığı) bağlı olarak üretici firmalar tarafından verilmiş bileşen performans eğrileri kullanılarak uygulanan bir grafik yöntem ile sistemin bir bütün halinde, temel değişkenlere bağlı performans eğrisinin çıkarılması aktarılacaktır.

Bir soğutma sisteminin tasarımında en önemli noktalardan biri, buharlaşma - evaporatör ile yoğuşma - kondenser bölümleri arasındaki ilişkinin, dengenin kurulmasıdır. Soğutma sisteminde bütün bileşenler seri olarak bağlandığında, yoğuşturucu ünite (kondenser + kompresör) ile bir evaporatör bir araya getirildiğinde, tüm bileşenlerdeki zaman ortalama debi, kararlı çalışma koşullarında aynıdır. Bir diğer deyişle buharlaşma miktarı yoğuşma miktarına eşittir. Yoğuşturucu ünite ile evaporatör arasındaki bileşen olan genişleme cihazının, tüm çalışma koşullarında, kompresörün debisini dengeleyecek kadar soğutkanı geçirmesi beklenir. Dolayısıyla genişleme cihazının seçimi ilk adımdır.

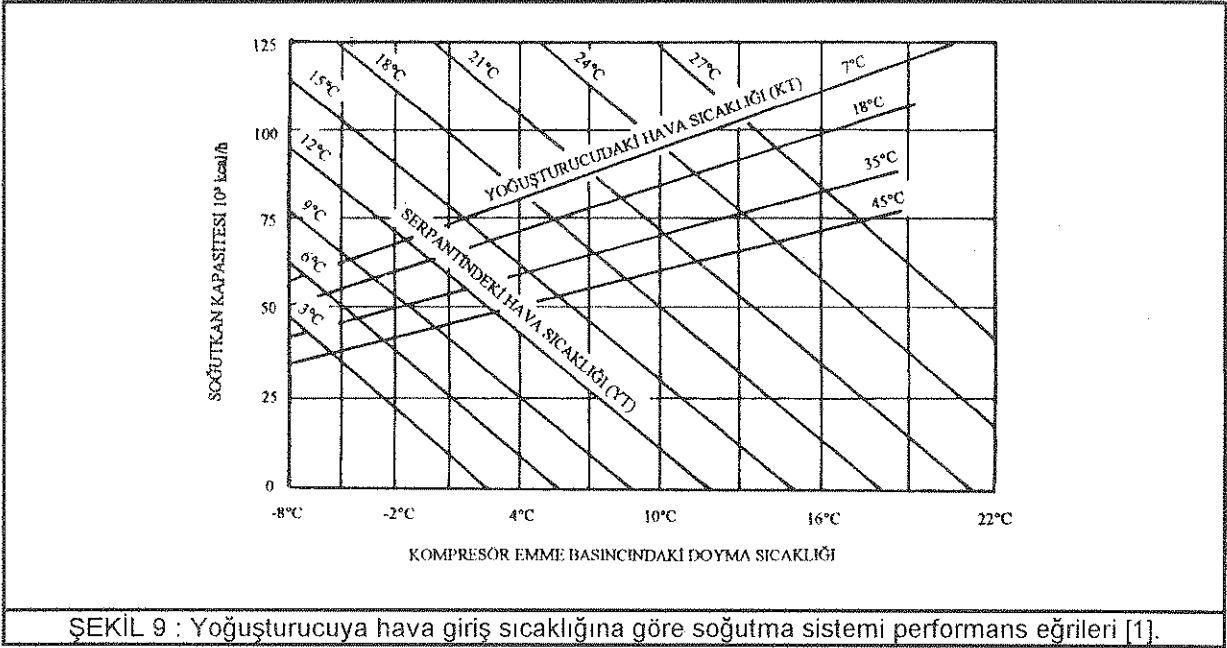
İkinci adım, kondenser ile kompresörün birlikteliğinden oluşan yoğuşturucu ünite davranışının belirlenmesidir. Yoğuşturucu ünitenin performans karakteristiği, seçilen kompresör ve kondenserin, 2. bölümde örneklenen performans eğrilerinin aynı eksen takımında çizilmesi ile elde edilir (Şekil 7).



Bundan sonraki adım, yoğuşturucu ünite performans eğrisi ile evaporatör performans eğrisinin aynı diyagramda üst üste çizilerek sistem performans karakteristiğinin tayin edilmesidir. İmalatçı kataloglarına bakıldığında, yoğuşturucu ünite performans eğrileri kompresör emiş sıcaklığına göre, evaporatör kapasite eğrileri ise daha önce belirtildiği gibi evaporatördeki sıcaklık farkına bağlı olarak çizilir. Bu iki eğrinin oluşturduğu sistem denge noktası Şekil 8'de örneklenmiştir.



Daha fazla evaporatör ve yoğusturucu ünite eğrisini içeren bir başka performans grafiği Şekil 9'da verilmiştir. Bu grafikte, evaporatörün kapasite eğrileri, havanın evaporatöre girişteki yaş termometre sıcaklığı parametre olmak üzere, kapasite - basınç düzleminde; yoğusturucu ünitenin eğrileri, havanın kondenser giriş kuru termometre sıcaklığı parametre olmak üzere yine kapasite - basınç düzleminde üst üste çizilmişlerdir. Basınç eksenini, kompresöre giriş basıncına karşılık gelen doyma sıcaklığıdır.



4. SONUÇ

Bu yazıda, temel olarak ASHRAE el kitaplarından faydalanılarak, soğutma sistemlerinde bileşen dengeleme üzerine bir derleme yapılmıştır.

İlk akla gelen, günümüz gelişmiş bilgisayar olanaklarıyla bu işlemlerin bilgisayar ile yapılabileceğidir. Ticari soğutma uygulamalarında, çok değişik bileşen ve borulama konfigürasyonu nedeniyle, tasarımcılar, imalatçıların kapasite bilgilerini kullanarak ve kısmi olarak bilgisayardan da faydalanarak bileşen dengelemeyi gerçekleştirmektedir.

Ancak ısı konfor sistemleri imalatçıların standart imalata yönelmeleri ve en önemlisi bu sistemlerde bileşen ve borulama konfigürasyonlarının çok fazla olmaması nedeniyle, dengeleme, bileşenlerin ayrıntılı matematik modellerinin kullanılmasıyla büyük bir oranda bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir. Böyle bir bilgisayar programının giriş ve çıkış verileri Ek-1'de sunulmuştur.

5. KAYNAKLAR

- [1]. ASHRAE Equipments Handbook, 1983.
- [2]. ASHRAE Equipments Handbook, 1988.
- [3]. ASHRAE Refrigeration Handbook, 1994.
- [4]. GUYER, E.C. Handbook of Thermal Design, McGraw Hill, 1989.
- [5]. System and Equipment Handbook, ASHRAE, 1992.

ÖZGEÇMİŞ

Ali BÜYÜKYILDIZ

1959 Safranbolu doğumludur. 1980-81 İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi - Makina Fakültesi Isı-Proses mezunudur. 1981-82 İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Organizasyon ve Ekonomi masteri yapmıştır. 1983-90 arasında ALSİM-ALARKO SANAYİ TESİSLERİ ve TİC. A.Ş.'de; Orta Anadolu Rafinerisi "**Thermal-Power Plant**" "**Chemical Water Treatment Plant**" ve "**Pipe-Line**" işlerinde Saha Müh. ve Mekanik Montaj Şefi olarak, İzmir Rafinerisi Ham Petrol ve Yağ Ünitesi Fırınlarına "**Air Preheater**" Montajı tesisatı ve işletmeye alınması işlerinde ve daha sonra NATO Çiğli Hava Üssü'nde "**Uçak Yakıtı Depolama ve Pompalama Ünitelerinin Tesisi ve İşletmeye alınması**" işlerinde **Şantiye Şefi** olarak görev yapmıştır. 1990'dan bu yana MELTEM SOĞUTMA ISITMA SAN. ve TİC. A.Ş.'de önce **İmalat Müdürlüğü** daha sonra **AR-GE, Kalite Kontrol** ve **Proje Müdürlüğü** görevleri yapmış olup 1994'den beri **Genel Müdür Yardımcısı** olarak görev yapmaktadır. ASHRAE, Tesisat Mühendisleri Derneği, Ege Soğutma Sanayii ve İş Adamları Derneği, İşletme İktisadı Mezunlar Derneği ve Makina Mühendisleri Odası Üyesidir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

Macit TOKSOY

1949 Ödemiş - İlkurşun doğumludur. 1967 yılında Manisa Lisesini, 1972 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesini bitirmiştir. 1976'da Ege Üniversitesinde Doktor Mühendis ünvanını almış, Dokuz Eylül Üniversitesinde 1985'de Doçent, 1990'da Profesör olmuştur. Halen aynı üniversitede öğretim üyesi olarak çalışmakta ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünü yapmaktadır. Isı iletimi, katılama, enerji depolama, ısı konfor, makina mühendisliği eğitimi ilgi alanlarıdır. 1981-83 yıllarında bir dönem, Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Başkanlığını yapmıştır. Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Derneği ve ASHRAE üyesidir. Evli ve iki çocukludur.

Bilgisayar Programı Giriş Verileri (Buharlaştırıcı için)

Kapasite	[kcal/h]	75000	Atmosfer basıncı	[bar]	1
Hava debisi	[m ³ /h]	14800	Soğutkan debisi	[kg/h]	
Buharlaştırma sıc.	[°C]	7	Yoğunlaşma sıc.	[°C]	55
Hava giriş sıc. (KT)	[°C]	29	Hava çıkış sıc. (KT)	[°C]	
Hava giriş sıc. (YT)	[°C]		Hava çıkış sıc. (YT)	[°C]	
Hava giriş bağıl nemi		48	Hava çıkış bağıl nemi		
Hava giriş entalpisi	[kcal/kg]		Hava çıkış entalpisi	[kcal/h]	
Hava giriş özgül nemi	[gr/kg]		Hava çıkış özgül nemi	[gr/kg]	
Soğutkan basınç düşümü			Hava basınç düşümü	[mmSS]	
Hava hızı	[m/s]		1-yatay boru/2-dikey boru		1
Yükseklik	[mm]		Uzunluk	[mm]	1610
Kanat aralığı	[mm]	1,6	Bir sıradaki boru sayısı		36
Sıra sayısı		4	Devre sayısı		36
Sıralar arası boşluk	[mm]	21,65	Borular arası boşluk	[mm]	25
Boru dış çapı	[mm]	10	Boru iç çapı	[mm]	9,3

Bilgisayar Programı Çıkış Verileri (Buharlaştırıcı için)

Kapasite	[kcal/h]	74487,53	Atmosfer basıncı	[bar]	1
Hava debisi	[m ³ /h]	14800	Soğutkan debisi	[kg/h]	
Buharlaştırma sıc.	[°C]	7	Yoğunlaşma sıc.	[°C]	55
Hava giriş sıc. (KT)	[°C]	29	Hava çıkış sıc. (KT)	[°C]	16,25
Hava giriş sıc. (YT)	[°C]	20,74	Hava çıkış sıc. (YT)	[°C]	14,74
Hava giriş bağıl nemi		48	Hava çıkış bağıl nemi		84,98
Hava giriş entalpisi	[kcal/kg]	14,25	Hava çıkış entalpisi	[kcal/h]	9,79
Hava giriş özgül nemi	[gr/kg]	12,1	Hava çıkış özgül nemi	[gr/kg]	9,87
Soğutkan basınç düşümü		1,12	Hava basınç düşümü	[mmSS]	11,22
Hava hızı	[m/s]	2,837	1-yatay boru/2-dikey boru		1
Yükseklik	[mm]	900	Uzunluk	[mm]	1610
Kanat aralığı	[mm]	1,6	Bir sıradaki boru sayısı		36
Sıra sayısı		4	Devre sayısı		36
Sıralar arası boşluk	[mm]	21,65	Borular arası boşluk	[mm]	25
Boru dış çapı	[mm]	10	Boru iç çapı	[mm]	9,3

Bilgisayar Programı Çıkış Verileri (Buharlaştırıcı için)

Modeli 25x22 - 36T - 4R - 1610A - 1,6P - 36NC

HAVA TARAFI

Debisi	14800	[m ³ /h]
Giriş sıcaklığı	29,00	[°C]
Giriş bağıl nemi	48,00	[%]
Çıkış sıcaklığı	16,25	[°C]
Çıkış bağıl nemi	84,98	[%]
Hava hızı	2,873	[m/s]
Isı transfer katsayısı	70,95	[kcal/m ² h°C]
Basınç düşümü	11,22	[mmSS]
Kirlenme faktörü	0	[m ² h°C/kcal]

SOĞUTKAN TARAFI

Soğutkanın adı	R22	
Debisi	2097,9	[kg/h]
Buharlaşma sıcaklığı	7	[°C]
Yoğuşma sıcaklığı	55	[°C]
Basınç düşümü	1,118	[mSS]
Sıvı fazın hızı	0,187	[m/s]
Gaz fazın hızı	7,782	[m/s]
Isı transfer katsayısı	1742,2	[kcal/m ² h°C]
Kirlenme faktörü	0	[m ² h°C/kcal]

7°C'DEKİ SIVI FAZIN TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yoğunluğu	1273,8	[kg/m ³]
Özgül ısısı	0,283	[kcal/kg°C]
Isı iletim katsayısı	0,083	[kcal/mh°C]
Vizkozitesi	0,000225	[kg/ms]

7°C'DEKİ GAZ FAZIN TERMOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Yoğunluğu	30,62	[kg/m ³]
Özgül ısısı	0,189	[kcal/kg°C]
Isı iletim katsayısı	0,0085	[kcal/mh°C]
Vizkozitesi	0,000012	[kg/ms]

Toplam kapasite	74487,8	[kcal/h]
Duyulur kapasite	60379,8	[kcal/h]
Yüzey alanı	141,4	[m ²]
Isı transfer katsayısı	36,36	[kcal/m ² h°C]
Kanat verimi	0,656	
Serpantin verimi	0,504	
Boru malzemesi	bakır	
Kanat malzemesi	alüminyum	
Boru ısı iletim katsayısı	328,0	[kcal/mh°C]
Kanat ısı iletim katsayısı	175,0	[kcal/mh°C]

Bilgisayar Programı Teknik Verileri (Buharlaştırıcı için)

Hava hızı	[m/s]	2,8372
Soğutucu akışkan hızı (gaz fazı)	[m/s]	7,7817
Soğutucu akışkan hızı (sıvı fazı)	[m/s]	0,1871
Yüzey alanı	[m ²]	141,3768
Dış / İç alan oranı		19,4106
Kuru kanat verimi		0,8094
Kanat ortalama sıcaklığı		12,6787
Kanat ortalama sıcaklığında (DH/DT)		0,6030
Akışkan ile kanat dip sıcaklığının ortalaması		11,3948
Akışkan ile kanat dip sıcaklığının ortalamasında (DH/DT)		0,6014
Islak kanat verimi		0,6369
Kanatlı yüzey verimi		0,6556
Hava tarafı ısı geçiş katsayısı	[kcal/m ² h°C]	70,9501
Soğutucu akışkan tarafı ısı geçiş katsayısı	[kcal/m ² h°C]	1742,3240
Isı geçiş katsayısı	[kcal/m ² h°C]	36,3605
Basınç düşümü		0,5845
Buharlaştırma başlangıç sıcaklığı		7,5845
Teorik DTML		14,7145
Gerçek DTML		14,4903
Batarya etkinliği		0,5043
Soğutucu akışkan		R22
Kompresör tipi		Hermetik komp.
Buharlaştırma sıcaklığı	[°C]	7,0
Yoğuşma sıcaklığı	[°C]	55,0
Aşırı soğutma	[°C]	5,0
Aşırı kızdırma	[°C]	5,0
Buharlaştırıcıdaki doymuş sıvı sıcaklığı		7,0
Yoğunluk	[kg/m ³]	1273,8120
Özgül ısı	[kcal/kg°C]	0,2833
Isı iletim katsayısı	[kcal/mh°C]	0,0831
Dinamik vizkozite	[kg/ms]	0,00022503
Buharlaştırıcıdaki doymuş buhar sıcaklığı		7,0
Yoğunluk	[kg/m ³]	30,6226
Özgül ısı	[kcal/kg°C]	0,1890
Isı iletim katsayısı	[kcal/mh°C]	0,0085
Dinamik vizkozite	[kg/ms]	0,00001233
Yoğuşturucu sıcaklığındaki aşırı soğutulmuş sıvının entalpisi	[kcal/kg]	62,7561
Buharlaştırıcı sıcaklığındaki kızgın buharın entalpisi	[kcal/kg]	98,2625
Kompresör çıkışındaki kızgın buharın entalpisi	[kcal/kg]	107,3774
Kanat malzemesi	Alüminyum	
Boru malzemesi	Bakır	
Kanat ısı iletim katsayısı	[kcal/mh°C]	175,0011
Boru ısı iletim katsayısı	[kcal/mh°C]	328,0020