

SOĞUTMA TEKNİĞİ VE SOĞUK DEPOCULUK UYGULAMALARI

Sabri SAVAŞ
Bahar BAYBOZ

ÖZET

Soğutma tekniğinin büyük boyutlu soğuk depoculukta uygulanması proje, imalat ve montaj ile işletmeye alma esasları yönünden çok önemli bir mühendislik bilgi, tecrübe ve uygulama yetenek ve becerilerini gerektir.

Ancak günümüzde bu tür yetenek ve beceriler saf dışı edilerek soğuk depoculukta her soğuk veya donmuş oda için ayrı ayrı ve klasik olarak geliştirilen tek kademeli paket tipi soğutucuların kullanılması yoluna gidilmektedir.

Soğutma sistemlerinde su soğutmalı kondanselerlerin ve hatta donmuş muhafaza ve şok odalarında çift kademeli soğutma devrelerinin avantajları nazara alınmadan, bu tür uygulamalar sınırlı boyutlu bir veya birkaç odalı soğuk depolar için uygun bir uygulama kabul edilmesine rağmen çok amaçlı taze veya donmuş muhafaza odalı ticari soğuk depolar için ilk yatırım ve enerji masrafları ile, bakım, onarım ve revizyon masraflarını arttıracığından mühendislik yönünden uygun bir uygulama değildir.

1. GİRİŞ

Tüm endüstriyel işletmelerde olduğu gibi soğuk depoculukta da minimum yatırım ve minimum işletme masrafı ile, etkinlik ve verimlilik esastır. Ticari tür soğuk depoculukta gıda ürünleri taze veya donmuş olarak saklanır. Gıda ürününün taze olarak saklanması, $\pm 0^{\circ}\text{C}$ ile $+15^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar altında, donmuş olarak saklanması ise -10°C ile -30°C sıcaklıklar altında yapılır.

Gıda ürününün taze veya donmuş saklanması, ürünün türüne ve saklama süresine bağlıdır. Örneğin, 1 ila 3 hafta içinde tüketim için yağsız sığır eti $\pm 0^{\circ}\text{C}$ sıcaklık altında taze olarak, 4 hafta ila 12 ay içinde tüketimler için tüketim süresine göre -10°C ile -30°C sıcaklık altında donmuş olarak saklanır. Elma, armut ve ayva gibi meyvalar $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık altında, portakal, limon ve grefurt gibi turuncgiller $+10^{\circ}\text{C}$ ile $+15^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar altında 6 ay'dan 8 ay'a kadar uzanan tüketim süreleri için taze olarak saklanır.

Teknoloji uygulamasında teşkilat müşkülattır. Ancak bu tekerleme, teknoloji bilgi ve yeteneği sınırlı toplumlar için daha da geçerlidir. Oysa, teknoloji bilgi ve becerileri geliştikçe toplumlar daha teşkilatlı teknoloji uygulamalarını herhangi bir müşkülât çekmeden rahatlıkla ifade edebilmektedirler.

Soğuk depoculukta, taze saklama olarak sınıflandırılan muhafaza usulünde genellikle olduğu gibi donmuş muhafaza usulünde de tek kademeli soğutma devresi ile soğutma ihtiyacına cevap verilmesi yoluna gidilmektedir.

Oysa donmuş saklama olarak sınıflandırılan muhafaza usulünde özellikle çift kademeli soğutma devresi ile, soğutma ihtiyacına cevap verilmesi yoluna gidilmesi daha uygundur. Çift kademeli soğutma devresi ile dondurma veya donmuş muhafaza işlemi daha etkin ve daha verimli sağlanabilir. Ayrıca çift kademeli soğutma devresinde iki ayrı kompresör kullanılasına rağmen, volümetrik verim yüksekliğinden bu iki farklı kompresör boyut ve maliyet bakımından tek kademeli soğutma devresindeki tek kompresöre nazaran daha uygun ve daha raut bir soğutma devresi elde

edilebilmesine imkan vermektedir. Ayrıca soğutucu akışkan olarak, amonyak kullanılması durumunda çift kademeli soğutma devrelerinde özellikle ve genellikle olduğu gibi tek kademeli soğutma devrelerinde de soğutma kompresörleri ile soğutma tesis ve teçhizatı boyut ve maliyet olarak bir hayli küçülmekte ve azalmakta ve dolayısı ile, daha kompakt ve daha raut bir tesis elde olunmaktadır.

Soğutucu akışkan olarak amonyak, soğutma devresinde çelik ve demir alaşımı malzeme kullanılmasına imkan vermektedir. Oysa, diğer soğutucu akışkanlarda ise soğutma devresinde genellikle bakır ve bakır alaşımı malzeme kullanılmasına zaruret vardır. Çelik ve demir alaşımı malzemeden mamul tesis ve teçhizat bakır ve bakır alaşımı malzemeye göre çok daha az maliyetlidir. Bu durum bilhassa büyük boyutlu ticari soğuk depolar ve endüstriyel soğutma tesislerinde soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılmasına da önemli bir avantaj teşkil etmektedir.

2. Soğutucu Akışkanlar

Soğutucu akışkanlar genellikle:

1. Elementler,
2. İnorganik bileşenler,
3. Organik bileşenler,
4. Halokarbonlar,
5. Florine halokarbonlar,
6. İzentropik karışimli florine halokarbonlar

olarak sınıflandırılırlar.

Bu sınıflandırmada yer alan element soğutucu akışkanlara örnek olarak hidrojen (R-702), helyum (R-704), azot (R-728) ve oksijen (R-732) gösterilebilir. Bu tür soğutucu akışkanlar genellikle aşırı soğutma uygulamalarında kullanılır.

Amonyak(R-717), su (R-718) ve karbondioksit (R-744) gibi soğutucu akışkanlar inorganik bileşenli soğutucu akışkan olup, bu soğutucu akışkan türlerinden su genellikle bilinmekte, amonyak ise ticari ve endüstriyel soğutma uygulamalarında tercihan kullanılmakta, karbondioksit ise kuru buz imalinde ve aşırı soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır.

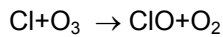
Organik bileşenli soğutucu akışkanlar metan (CH₄)(R-50), etan (C₂H₆)(R-170), propan (C₃H₈)(R-290), isobütan [(CH₃)₃CH](R-600a) vb. hidrokarbonlar, yani; organik bileşenli soğutucu akışkanlardır. Bu tür soğutucu akışkanlardan isobütan, florine halokarbonlardan klor ağırlıklı bileşenli olanlarının atmosfer üstünde ozon şemsiyesini bozması karşısında, soğutma tekniğinde soğutucu akışkan olarak kullanılmaya başlamıştır.

Halokarbon soğutucu akışkan olarak diklorometan (CH₂Cl₂)(R-30), klorometan (CH₃Cl)(R-40) vb. metan bileşenleri bilinmekte olup, bu tür soğutucu akışkanlar soğutma tekniğinde genellikle kullanıma alanı bulamamıştır.

Florine halokarbonlardan:

- trikloroflorometan (CCl₃F) (R-11)
- dikloroflorometan (CCl₂F₂) (R-12)
- kloratrilforometan (CClF₃) (R-13)
- kloradiflorometan (CHClF₂) (R-22)

vb. soğutucu akışkanlar bugüne kadar soğutma tekniğinde yaygın biçimde kullanıla gelmiştir. Ancak bu tür soğutucu akışkanlar atmosferde uzun ömürlü olup, ömürlerinin hitamında bünyelerinde mevcut klor:



basit kimyasal eşitliğinden de görüleceği üzere atmosfer üzerindeki ozon şemsiyesini bozmaktadır.

Bu nedenle başta ozon tahrip etkisi en yüksek olan R-11 ve R-12 gibi soğutucu akışkanların kullanımı ve üretimi yasaklanmış olup, ozon tahrip etkisi daha olan R-22, R-502 ve R-504 gibi soğutucu akışkanların sınırlı ölçüde kullanılmasına belirli bir süre devam edilecektir.

Ozon şemsiyesindeki bozulmanın dünyamızın iklim koşullarına oldukça olumsuz etkisi karşısında ozon şemsiyesini doğal durumu ile korumamız kaçınılmaz olmakta ve dolayısı ile ozon şemsiyesini bozucu bu tür ve özellikteki soğutucu akışkanların artık kullanılmaması ve üretilmemesi gerekmektedir.

Bu tür soğutucu akışkanlara alternatif soğutucu akışkan olarak isobütan $[(CH_3)_3CH]$ (R-600a) ve Amonyak (NH_3) (R-717) esasen mevcut olup, bu tür soğutucu akışkanlar atmosferde sıfır ömürlü olup, ayrıca ozon şemsiyesini tahrip etkileri ise hiç yoktur.

Ayrıca florine halokarbonlar gurubundan tetrafloraetan (CH_2F-CH_3) (R-134a)'da ozon şemsiyesini tahrip etkisi sıfır olan bir soğutucu akışkan olarak geliştirilmiş ve soğutma uygulamasında genellikle soğutucu akışkan R-22'nin yerine kullanımına arz edilmiştir.

Bunun dışında son zamanlarda yine ozon şemsiyesini tahrip etkisi sıfır olan soğutucu akışkan KLEA-404A 'da geliştirilmiş olup soğutucu akışkan R-22'nin yerine kullanıma arz edilmiştir.

İzentropik karışimli florine halokarbonlardan; R-502 ($CHClF_2/C_2ClF_5$) İLE, R-504 (CH_2F_2/C_2ClF_5) özel durumlarda ve sınırlı olarak genellikle kullanılmaktadır. Ancak ozon şemsiyesini tahrip etkisi bakımından R-504, R-22 ile eşdeğer, R-502 ise R-22'ye göre bir miktar daha tahrip etkilidir. Bu nedenle bu tür izentropik karışimli soğutucu akışkanların da soğutucu akışkan R-22'de olduğu gibi ancak sınırlı ölçüde ve belirli bir süre kullanılmasına devam olunacaktır.

3. Kullanılabilir Soğutucu Akışkanlar

Tablo-1 ve Şekil-1'de bugün için genellikle kullanılan veya kullanıla gelen soğutucu akışkanların olabilir sıcaklık değerlerine göre doyma basıncı değerleri çizelge halinde ve grafik olarak verilmiştir.

Tablo 1. Bazı Soğutucu Akışkanların Sıcaklık Değerlerine Uygun Doyma Basıncı Değerleri.

SICAKLIK °C	DOYMA BASINCI (Bar)							
	R-11 (CCl_2F)	R-600a (CH_3)CH	R-12 (CCl_2F_2)	R-134a CH_2F-CH_3	R-22 $CHClF_2$	R-502 $CHClF_2/C_2ClF_5$	KLEA 404A	R-717 NH_3
-40	0.051	0.290	0.641	0.512	1.048	1.296	1.36	0.717
-30	0.092	0.450	1.003	0.843	1.634	1.978	2.08	1.195
-20	0.157	0.700	1.508	1.327	2.447	2.910	3.07	1.901
-10	0.257	1.080	2.189	2.006	3.548	4.142	4.39	2.908
0	0.401	1.560	3.084	2.928	4.974	5.731	6.09	4.294
+10	0.505	2.210	4.230	4.146	6.804	7.730	8.27	6.150
+20	0.883	3.203	5.670	5.717	9.096	10.196	10.96	8.574
+30	1.253	4.080	7.445	7.702	11.915	13.188	14.28	11.669
+40	1.734	5.350	9.602	10.165	15.331	16.769	18.31	15.549
+50	2.346	6.880	12.188	13.179	19.418	21.012	23.17	20.331
+60	3.111	8.750	15.253	16.817	24.259	26.036	28.97	26.143

Tablo-1 ve Şekil-1'de yer alan soğutucu akışkanlardan başta R-11 ve R-22 olmak üzere R-22 ve R-502 ve hatta R-504 ozon şemsiyesine tahrip etkisi esas alınarak kullanımı ve üretimi yasaklanmış ve belirli bir süre sonunda yasaklanacak soğutucu akışkanlardır.

Gene bu çizelge ve şekilde yer alan diğer soğutucu akışkanlardan R-600a, R-134a ve KLEA-404A ile R-717 ozon şemsiyesini tahrip etkisi sıfır olan soğutucu akışkanlar olup, soğutma tekniği uygulamasında kullanımına devam olunacak soğutucu akışkanlardır.

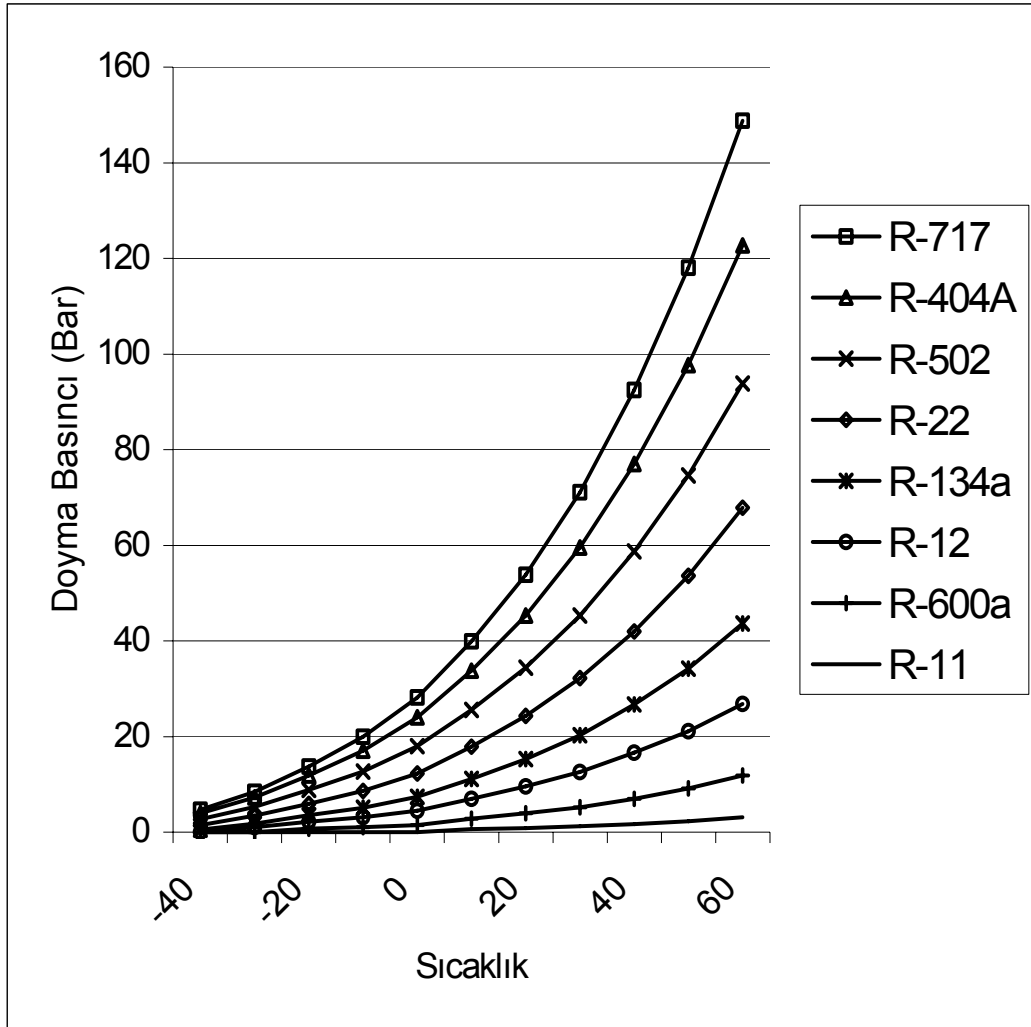
Bu soğutucu akışkanlardan R-717, yani; amonyak(NH₃), ayrıca çevre dostu ve soğutma tekniği yönünden dürüst bir soğutucu akışkandır. Ancak soğutma tekniğinde kullanımı mühendislik bilgi, beceri ve tecrübesine ihtiyaç gerektirir.

Öte yandan termos taşıt araçları ile gıda maddesi nakliyesinde sıvı azot(N₂) ve sıvı karbondioksit (CO₂) veya katı karbondioksit (Kuru buz)' dan soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır.

Bu tür sıvı veya katı soğutucu akışkanlar atmosfer basıncına eşit termos taşıt aracının çevre ile ihata edilmiş kapalı hacmine belirli ve ölçülü bir biçimde açılırsa sıvı azot -195.8°C, sıvı karbondioksit -56.5°C sıcaklık altında ve buhar halinde yayılır. Katı karbondioksit ise -78.5°C sıcaklık altında ve sıvılaşmadan (süblümleşme) buhar durumunda yayılır.

Buharlaştırma miktarı belirli usul ve sistemler altında kontrol edilerek bu tür soğutucu akışkanlarla soğuk termos taşıt araçlarında istenilen sıcaklıkta soğutma yapabilmektedir.

Ancak bu tür soğutma uygulamasında sürekli çevrim esasına dayalı bir makine ve tesisat sistemine gerek olmadığından bu tür soğutma uygulaması makine ve tesisat yönünden basittir. Ancak soğutma işleminin devamı için sıvı azot veya sıvı karbondioksit'in tükendikçe devamlı ve ara vermeden takviyesine ihtiyaç vardır.



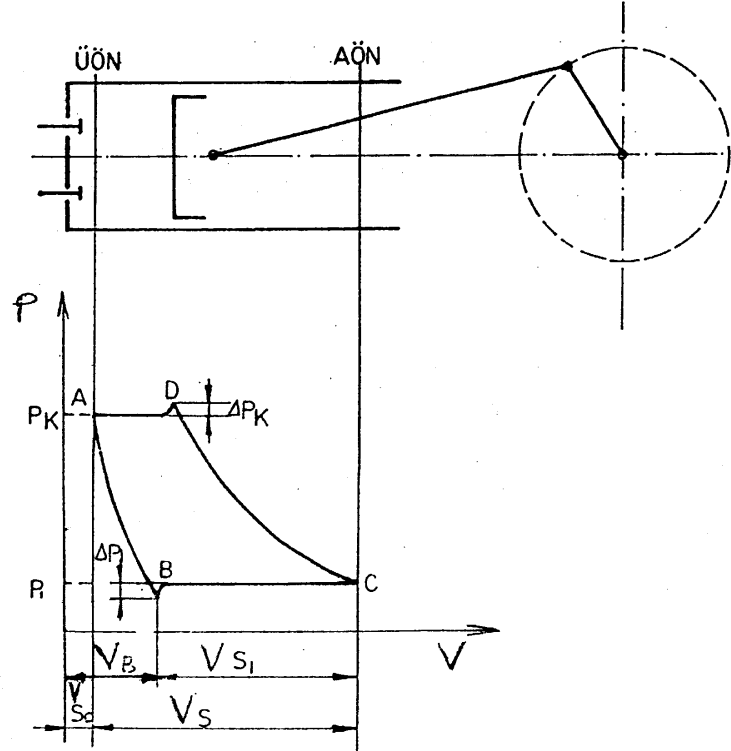
Şekil 1. Bazı Soğutucu Akışkanların Sıcaklık Değerlerine Göre Doyma Basıncı Değerlerinin Değişimi.

Ayrıca bu tür soğutucu akışkanların da ozon şemsiyesine tahrip etkisi yapmaması soğutma uygulamasında kullanılabilirliklerinin devamını olağan duruma getirmektedir.

4. Soğutucu Akışkanların Etkili ve Verimli Kullanılabilirlik Sınırları

Soğutucu akışkanların etkili ve verimli kullanılabilirlik sınırları başta soğutma kompresöründe volümetrik verimin belirli bir değer altına düşürülmesi ile sağlanır.

Pistonlu soğutma kompresörlerinde volümetrik verim, evaporatörde buharlaşan düşük basınçlı soğuk soğutucu akışkan buharının emilip kondansere yüksek basınç ve sıcaklık altında pompalanmasında, piston süpürme hacminin kullanılabilirlik oranıdır.



Şekil 2. Soğutma Kompresörü P-V Diyagramı. ($V_{S1}=V_{S0}+V_S-V_B$); ($P_K V_{S0}^n = P_1 V_B^n$); $V_{S0}=mV_S$

Herhangi bir soğutma kompresörüne ait silindir, piston, krank mili ve biyel kolu bağlantı ve çalışma sistemi ile, bu sisteme uygun silindirdeki soğutucu akışkan buharı hareketini ve durum değiştiğini göstermekte olan P-V diyagramı Şekil-2'de verilmiştir. Bu şekilde verilen P-V diyagramının termodinamik analizinden volümetrik verim sonuç olarak:

$$\eta_v = \eta_{tp} \{1 - m[(1.1P_K / 0.1P_1)^{1/n} - 1]\}$$

ifadesi ile belirlenir. Bu ifade'de η_{tp} termik ve pompalama verimi olup, kompresör yapısına ve imalat kalitesine, çalışma koşulları ile basma ve emme basıncı oranına bağlı her tür kompresör için belirli tecrübe ve test sonucu tayin edilir. Bu ifade'de ayrıca yer alan n politropik üs değeri

$$n = \frac{\log \frac{P_K}{P_1}}{\log \frac{V_C}{V_D}} \quad \text{ifadesi ile hesaplanır.}$$

Volümetrik verim ifadesindeki diğer değerlerden $m = V_{S0}/V_S$ değeri kompresörün yapısına, P_K/P_1 ise çalışma koşullarına göre belirlenen ve bilinen değerlerdir.

Volümetrik verim ifadesinde:

$$|P_1| \rightarrow P_K/P_1 \rightarrow \infty \rightarrow \eta_v \rightarrow 0$$

olasılığı göz önüne alındığında yeterli volümetrik verim elde edilebilmesi için:

$p_1 \geq 1$ Bar, olmasının gerektiği açıkça görülmektedir. Soğutma tekniği uygulamalarında öncelikle bu esas nazara alınarak belirlenen proje koşulları için soğutucu akışkan seçimi yapılmalıdır.

Bu esas altında Şekil-1'de verilen bazı soğutucu akışkanların sıcaklık ve doyma basıncı değişimi diyagramlarından bugün için kullanılabilir. Soğutucu akışkanlardan:

(R-600a)	;	-10°C
(R-134a)	;	-25°C
(KLEA-404A)	;	-40°C
(R-717)	;	-33°C

soğutucu üniteye buharlaşma sıcaklıklarına kadar olabilecek soğutma uygulamalarında kullanılabilirlikleri görülmektedir.

Soğutma uygulamasında etkili ve verimli bir çalışma için öncelikle proje koşullarına göre ve yukarıda belirtilen esaslar altında isabetli soğutucu akışkan türü seçimi yapılmalıdır.

5. Etkili ve Verimli Soğutma Uygulamasında Basınç ve Sıcaklığın Önemi:

Soğutma uygulamasında etkili ve verimli bir sonuç elde edebilmek için kondanserde yoğuşma basıncı (P_K), soğutucu üniteye buharlaşma basıncı (P_1) ile çok yakından ilgili olup, bu ilgi:

$$P_K / P_1 < 10 \quad \text{değerinde olmalıdır.}$$

Soğutma uygulamalarında hava ile soğutmalı kondanser tesis edilmesi ve yoğuşma sıcaklığının +50°C kabul edilmesi durumunda:

1. Soğutucu akışkan R-600a'nın soğutucu üniteye -10°C buharlaşma sıcaklığına kadar,
2. Soğutucu akışkan R-134a'nın soğutucu üniteye -20°C buharlaşma sıcaklığına kadar,
3. Soğutucu akışkan KLEA-404A'nın soğutucu üniteye -25°C ile -30°C buharlaşma sıcaklığı arasında,

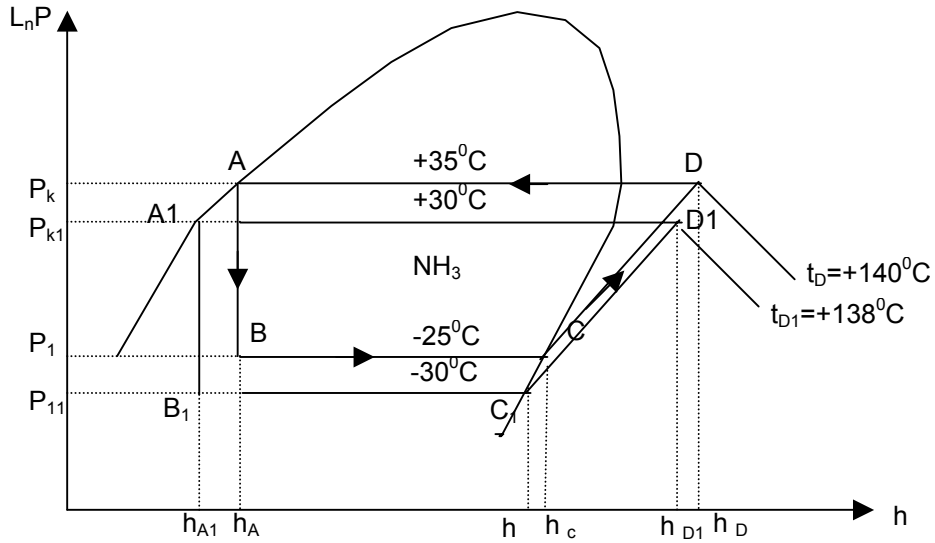
$P_K / P_1 > 10$ şart ve esasına uygun sonuç vereceği Şekil-1'de verilen diyagramın tetkikinden anlaşılmaktadır.

Ancak KLEA-404A, soğutma tekniğinde öncelikle klima ve ısı pompası uygulamaları için geliştirilmiş bir soğutucu akışkan olup, klima ve ısı pompası uygulamalarında soğutucu üniteye buharlaşma sıcaklığı genellikle +5°C kabul edildiğine göre:

$$\frac{P_K}{P_1} = \frac{23.17}{7.10} = 3.26$$

değeri elde olunmaktadır ki, bu tür uygulamalar için bu soğutucu akışkanın son derecede elverişli olduğu görülmektedir.

Soğutucu akışkan R-717, amonyak genellikle büyük boyutlu ticari ve endüstriyel soğutma uygulamalarında ve soğutma devresine su soğutmalı kondanser tesis edilmesi kaydı ile, kullanılır. Buna göre bu tür soğutma uygulamalarında kondanserde azami yoğuşma sıcaklığının +30°C veya +35°C olması durumunda soğutucu üniteye -30°C veya -25°C buharlaşma sıcaklığına kadar inilebilir.



Şekil 3.

Ancak Şekil-3'de verilen amonyaklı soğutma çevrimine ait LnP-h diyagramı incelenecek olursa kompresörde basma sıcaklığının, -30°C buharlaşma ve $+30^{\circ}\text{C}$ yoğuşma şartları için ise $T_{d1}=+138^{\circ}\text{C}$, -25°C buharlaşma ve $+35^{\circ}\text{C}$ yoğuşma şartları için ise $T_d=+140^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmektedir.

Kompresör basma sıcaklığının $+140^{\circ}\text{C}$ ve hatta $+150^{\circ}\text{C}$ değerlerini aşması kompresör yağlama yağında ve dolayısı ile sürtünen parçalarında zararlı etki yapabilir.

Bu nedenle soğutucu akışkan olarak amonyak kullanılan soğutma sistemlerinde soğutucu ünite -30°C ile -35°C buharlaşma sıcaklığına kadar inilebilmesi için genellikle çift kademeli soğutma sistemlerinin uygulanmasına geçilir.

Böyle bir çift kademeli soğutma sisteminde ;Yüksek kademe soğutma devresinin çalışma koşulları $+30^{\circ}\text{C}$ veya $+35^{\circ}\text{C}$ yoğuşma ve -10°C buharlaşma, Alçak kademe soğutma devresinin çalışma koşulları ise -10°C yoğuşma ve -30°C veya -35°C buharlaşma sıcaklık değerleri altında tayin ve tespit edilmelidir.

Çift kademeli soğutma sistemlerinde, tek kademeli soğutma sistemlerine nazaran, tek kompresör yerine, alçak ve yüksek kademe olmak üzere iki ayrı kompresör kullanılması, kompresör volümetrik verimlerini oldukça yükselteceğinden kompresör boyutları bir hayli küçülür. Böylece maliyet yönünden yatırım avantajı sağlanır. Ayrıca etkin ve verimli bir soğutma sistemi elde edilmiş olur.

Ancak soğutma uygulamasında amonyaklı çift kademeli soğutma devrelerinin projelendirilmesi, imali ve montaj ile, işletmeye alınması ve işletilmesi önemli ölçüde mühendislik bilgi, beceri ve tecrübesini gerektirdiği esas alınmalıdır.

Ayrıca daha küçük boyutlu ticari ve endüstriyel soğutma uygulamalarında tek kademeli soğutma devresi ile, hedefe ulaşmak amaç olursa, soğutucu akışkan KLEA-404A kullanılmalı ve en azından $+30^{\circ}\text{C}$ veya $+35^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yoğuşma yapabilecek su soğutmalı kondanser tesis edilmek kaydı ile soğutucu ünite -40°C ile -30°C buharlaşma sıcaklığına kadar düşülebilir.

Bu buharlaşma sıcaklık değerleri ise şoklama ve donmuş muhafaza koşulları için yeterli değerlerdir. Ancak soğutma devresinde hava ile soğutmalı kondanser değil su ile soğutmalı kondanser tesis edilmesi ve azami yoğuşma sıcaklığının $+30^{\circ}\text{C}$ ile $+35^{\circ}\text{C}$ sıcaklık değerleri arasında olması kayıt ve koşulu esas alınmalıdır.

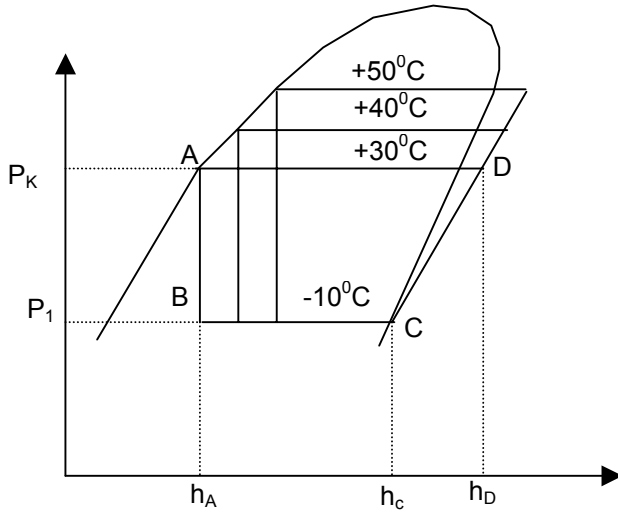
6. Su Soğutmalı Kondanser ve Enerji Tasarrufu

Soğutma uygulamasında enerji tasarrufu için öncelikle kompresör tahrik enerjisinin minimum değerde tutulması esastır. Bu amaçla soğutma devresinde istikrarlı bir buharlaşma sıcaklığı ile, düşük bir yoğuşma sıcaklığı hedef alınır.

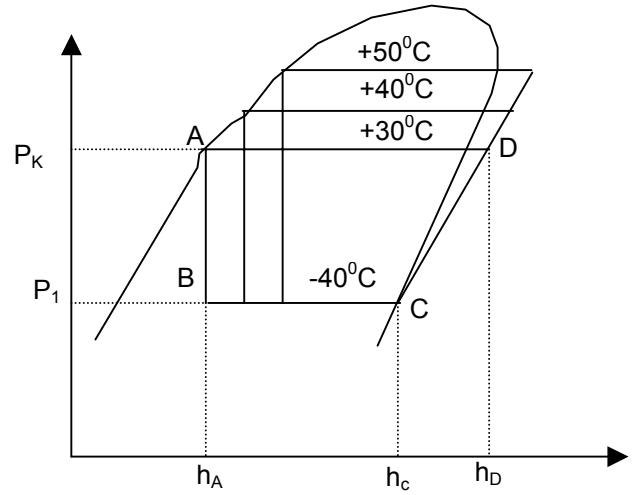
Soğuk depoculukta 0°C sıcaklıktaki taze muhafaza için soğutma devresinin soğutucu ünitesinde -10°C soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığı, -30°C sıcaklıkta şoklama için ise -40°C buharlaşma sıcaklığı yeterlidir ve gereklidir.

Kondanserde yoğuşma sıcaklığı ise su ile soğutmalı kondanserlerde +30°C ile +35°C yoğuşma değerleri yeterli değerler olup, bu değerler hava ile soğutmalı kondanserlerde iklim koşullarına göre +40°C ile +50°C sıcaklık değerlerine kadar yükselir.

Soğuk depoculukta bu koşullara uygun soğutma devrelerinin çalışma çevrimleri Şekil-4 ve Şekil-5'de verilen LnP-h diyagramları halinde verilmiştir.



Şekil 4.



Şekil 5.

Şekil-4 ve Şekil-5'de verilen LnP-h diyagramları üzerinde yapılan termodinamik analizlere göre herhangi bir soğutma devresinde kompresör tahrik motorunun tüketim enerjisi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_T = \left(\frac{h_D - h_C}{h_C - h_A} \right) \frac{Q_0}{\eta_i \eta_m}$$

Bu ifade de:

W_T : (W) olarak Kompresör tüketim enerjisi,

Q_0 : (W) olarak soğutma kapasitesi

$\eta_i = 0.80$ indike verim

$\eta_m = 0.85$ mekanik verim'dir.

Yukarda verilen kompresör tahrik motoru tüketim enerjisi ifadesi:

$$W_T = \left(\frac{h_D - h_C}{h_C - h_A} \right) \times \text{Sabitdeğer}$$

olarak tarif edilebilir. Bu ifadeden görüleceği üzere buharlaşma sıcaklığının -10°C veya -40°C olarak sabit tutulması ve yoğuşma sıcaklığının $+30^\circ\text{C}$, $+40^\circ\text{C}$ ve $+50^\circ\text{C}$ olarak değişmesi ile kompresör tahrik motoru tüketim enerjisindeki değişme:

$$\frac{h_D - h_C}{h_C - h_A}$$

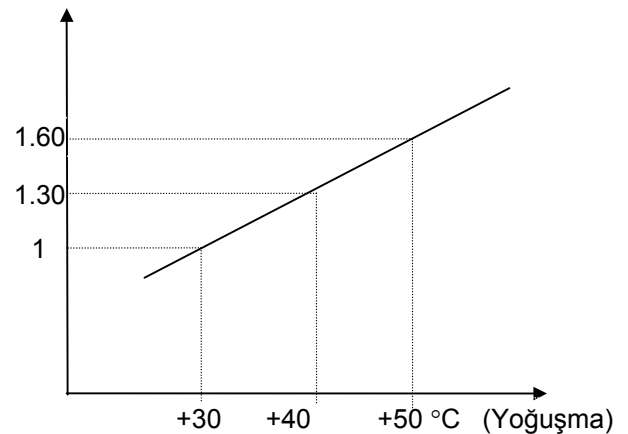
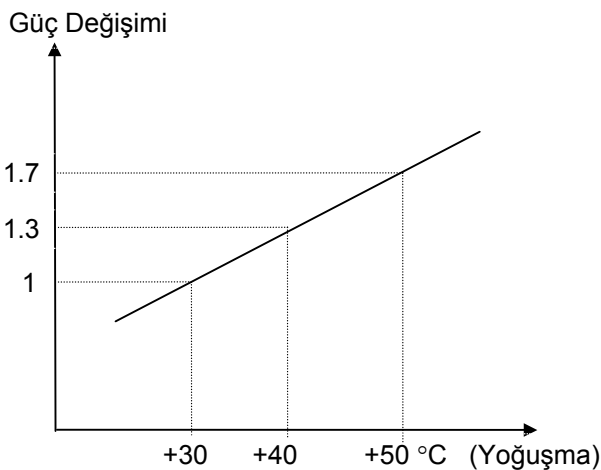
ifadesindeki değişim değerlerine göre olacaktır.

Bu değişim değerleri veya güç tüketim faktörü ifadesi kullanılabilir çeşitli soğutucu akışkanlar için ayrı ayrı hesaplanmış ve sayısal faktör olarak -10°C buharlaşma ve $+30^\circ\text{C}$ yoğuşma ve ayrıca -40°C buharlaşma ve $+30^\circ\text{C}$ yoğuşma sıcaklığı koşulları için;

$$\text{Güç TüketimFaktörü} = \frac{h_D - h_C}{h_C - h_A} = 1$$

sayısal değer olarak kabul edilmiştir.

Öncelikle soğutucu ünite buharlaşma sıcaklığı -10°C ve kondanserde yoğuşma sıcaklığı $+30^\circ\text{C}$, $+40^\circ\text{C}$ ve $+50^\circ\text{C}$ kabul edilerek, ayrıca bu defa soğutucu ünite buharlaşma sıcaklığı -40°C ve kondanserde yoğuşma sıcaklığı $+30^\circ\text{C}$, $+40^\circ\text{C}$ ve $+50^\circ\text{C}$ kabul edilerek, her iki durum için kondanserde yoğuşma sıcaklığına göre güç tüketim değişim faktörü ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçlar Şekil-6 ve Şekil-7'de diyagram halinde verilmiştir.



Şekil 6. (-10°C buharlaşma için Güç Tüketimi Değişimi) **Şekil 7.** (-40°C buharlaşma için Güç tüketimi)

Şekil-6 ve Şekil-7'de verilen diyagramların incelenmesinden görülmektedir ki,

- 1- Herhangi bir taze muhafaza soğuk deposunda soğutucu ünite -10°C buharlaşma sıcaklığı için soğutma kompresörü tahrik motorunda güç tüketim faktörü kondanserde yoğuşma sıcaklığının +30°C olması durumunda 1 iken, +40°C'de 1.35 ve +50°C'de ise 1.70 değerinde olmaktadır.
- 2- Aynı şekilde herhangi bir donmuş muhafaza veya şok deposunda soğutucu ünite -40°C buharlaşma sıcaklığı için soğutma kompresörü tahrik motorunda güç tüketim faktörü kondanserde yoğuşma sıcaklığının +30°C olması durumunda 1 iken +40°C'de 1.30 ve +50°C'de ise 1.60 değerinde olmaktadır.

Bu açıklamalardan görülmektedir ki, ticari veya endüstriyel soğutma sistemlerinde belirli ve sınırlı soğutma kapasitelerinde hava ile soğutmalı kondanserler kullanılabilir. Ancak bu belirli ve sınırlı soğutma kapasitelerinin üstünde su ile soğutmalı kondanserler kullanılmalıdır.

Bu husus ticari ve endüstriyel soğutma uygulamasında esas kabul edilmelidir.

SONUÇ

Gerek ticari ve gerekse endüstriyel amaçlı soğutma tekniği ve soğuk depoculuk uygulamalarında öncelikle çalışma koşulları, yani; soğutucu akışkanın soğutucu ünite buharlaşma sıcaklığı ile, kondanserde yoğuşma sıcaklığı tespit edilmelidir.

Daha sonra, bilhassa buharlaşma sıcaklığı esas alınarak soğutucu akışkan türü seçimi yapılmalıdır. Soğutucu ünite buharlaşma basıncının 1 bar basınç altına düşürülmesine özen gösterilmelidir. İstikrarlı bir soğutma kapasitesinin devamını sağlayabilmek için soğutucu ünite buharlaşma sıcaklığının ve dolayısı ile basıncının sabit tutulması için soğutma devresinde gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

Çalışma koşullarının tayininde yoğuşma basıncı ile buharlaşma basıncı oranının sayısal olarak 10 değerinden küçük olmasına dikkat edilmelidir.

Bu amaçla gerektiğinde hava soğutmalı kondanser yerine su soğutmalı kondanser kullanılmalıdır. Su soğutmalı kondanserler esasen belirli ve sınırlı kapasitenin üstündeki soğutma sistemlerinde mutlaka kullanılmalıdır. Bilhassa ticari tür büyük boyutlu donmuş muhafaza ve şok odaları ile, endüstriyel derin dondurma uygulamalarında soğutucu akışkan olarak amonyak tercih edilmeli, su soğutmalı kondanserli ve çift kademeli soğutma sistemlerinin uygulanmasına yer verilmelidir.

Her türlü ticari ve endüstriyel soğutma tekniği ile, soğuk depoculuk uygulamalarında; proje yapımı ile, imalat ve montaj ve ayrıca işletmeye alma ve işletme, başta mühendislik olmak üzere profesyonel teknisyenlik ve makinistlik saygın kabul edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Thermodynamics and Physical Properties of R-11, R-12, R-134a, R-22, R-502 VE R-717, R-600a ve KLEA-404A (Institut International-Paris)
- [2] SAVAŞ.S, "Soğuk Depoculuk ve Soğutma Sistemlerine Giriş", 1987, U.Ü
- [3] SAVAŞ.S, "Proje Koşullarına Göre Soğutucu Akışkan Seçimi", Ç.Ü Müh-Mim. Fak.III.Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Mayıs-1994-Adana)
- [4] SAVAŞ.S, "Soğutma Kompresörlerinde Volümetrik Verim ile Soğutma Kapasitesine Etki Eden Faktörlerin Etüdü", (Ç.Ü Müh-Mim. Fak.V.Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Sempozyumu, Mayıs-1998, Adana)

ÖZGEÇMİŞ

Sabri SAVAŞ

Adapazarı 1937 doğumlu olan Sabri SAVAŞ, Yıldız Teknik Okulu (Bugünkü Yıldız Teknik Üniversitesi)'nden 1961 yılında Makine Mühendisi, 1962 yılında da Makine Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. Mezuniyetini müteakip kısa bir süre SEKA'da Proje Mühendisi olarak çalıştı. Daha sonra Et ve Balık Kurumu Genel Müdürlüğü'ne Proje Mühendisi olarak geçti. Bu kurumda değişik görevler aldı. Son olarak Makine Tesisat Dairesi Başkanı bulunduğu görevinden Mart 1975'te ayrılarak Elazığ D.M.M.A'ya Öğretim Görevlisi olarak geçti. Bu sırada Doktora yerine geçerli yeterlilik çalışması yaptı. Mart 1977' de Balıkesir D.M.M.A'ya naklen tayin oldu. Kasım 1979'da İstanbul D.M.M.A'da Doçent ünvanı aldı. Ekim 1989 'da Uludağ Üniversitesi'nde Termodinamik (Soğutma) Anabilim Dalında Profesör oldu. Halen Balıkesir Üniversitesi Rektör Yardımcısı ve Mühendislik -Mimarlık Fakültesi Öğretim Üyesi olan Sabri SAVAŞ'ın Soğutma Tekniği konusunda çeşitli yayınları ve araştırmaları bulunmaktadır. Evli ve üç çocuk babasıdır.

Bahar BAYBOZ

1966 yılında Balıkesir'de doğdu. 1988 yılında Uludağ Üniversitesi Balıkesir Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirdi. 1989 yılında aynı Üniversitede Yüksek Lisansa ve Araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1992 yılında Yüksek Lisansını ve 1997 yılında Doktorasını tamamladı. Halen Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Termodinamik Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.