

ÇİFT KADEMELİ SOĞUTMA ÇEVİRİMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Prof. Dr. İlhan Tekin Öztürk

Mak. Müh. Yalçın Altinkurt

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

III. Enerji Verimliliği Kongresi 1 Nisan 2011

Soğutmanın kullanım alanları

- Soğutma; endüstriyel tesislerde, ürünlerin düşük sıcaklıklarda şoklanması da,
- derin dondurma yapılmasında,
- soğuk depolama işleminde,
- çeşitli soğuk ürün üretme proseslerinde,
- krojenik proseslerde,
- hava ayırıştırma (Linde) prosesinde ve
- Yaz iklimlendirmesi amaçlı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

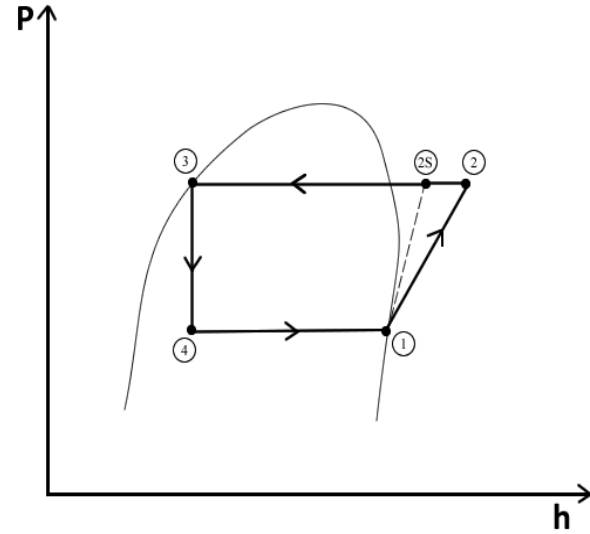
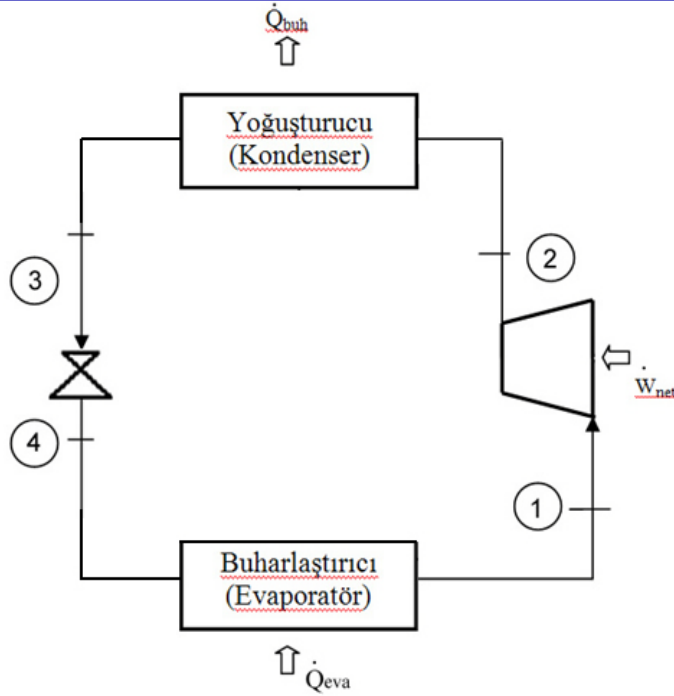
Soğutma ve enerji verimliliği

- Bir soğutma sisteminin yükünün doğru tahmin edilmesi,
- Soğutma sistemi ve elemanlarının seçimi (kademeli vb)
- Sistemde yalıtım ve enerji geri kazanım yöntemlerinin uygulanması,
- Alternatif enerji kaynaklarını ve endüstriyel atık ısıları absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanmak
- Soğutma çevrimlerinde buhar sıkıştırımalı ve absorpsiyonlu soğutma çevrimlerinin kombine ve kaskad olarak kullanılarak çevrimde aynı anda daha düşük elektrik enerjisi ve alternatif enerji kaynaklarının birlikte kullanılması

Soğutma sistemlerinde sıkıştırma oranının sistem seçiminde önemi

- Bilindiği gibi soğutma sistemlerinde oldukça düşük sıcaklıklara gereksinim duyulmasında sıkıştırma oranı 9'u geçmektedir.
- Sıkıştırma oranı 9 ile 20 arasında ise iki kademeli
- 20'den sonrada 30'a kadar üç kademeli soğutma çevrimlerinin kullanılması
- yüksek sıkıştırma oranlarında ise kaskad soğutma çevrimlerinin kullanılması önerilmektedir

Tek kademeli kademeli soğutma devresi (Çevrim 1)



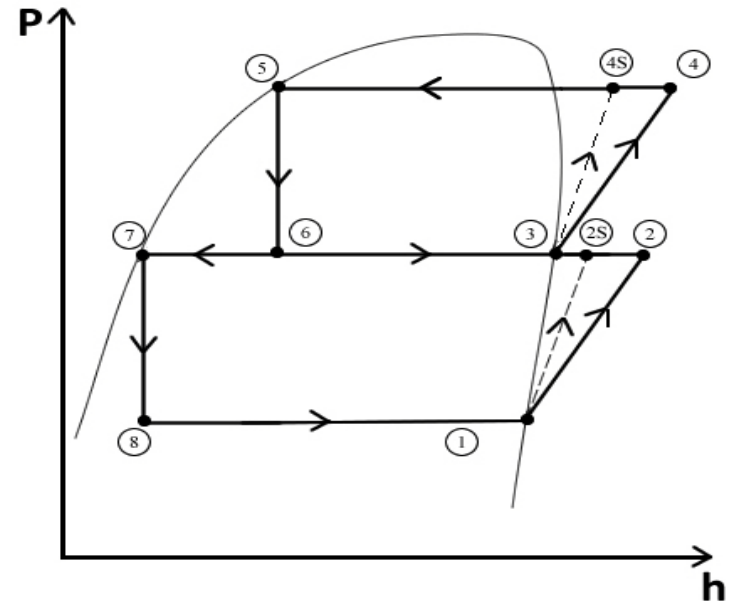
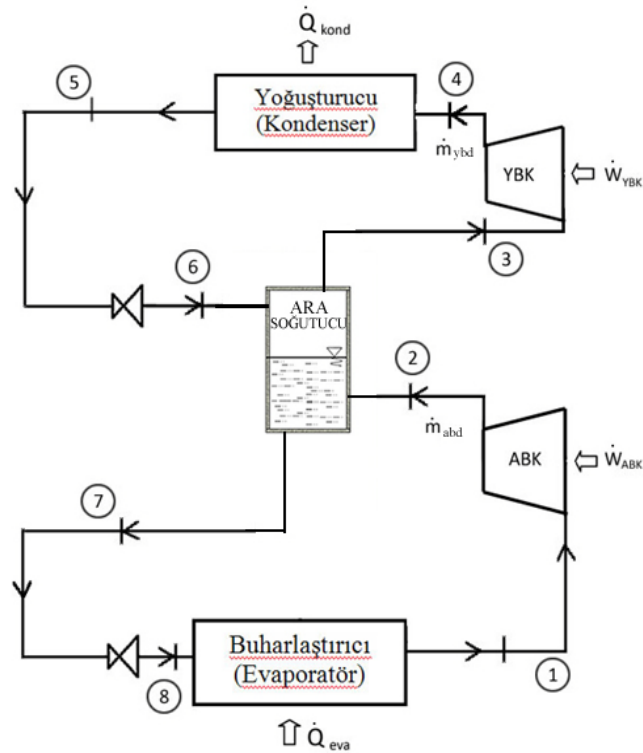
$$\dot{m}_{sog} = \frac{\dot{Q}_{sog}}{h_1 - h_4}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{ik}}$$

$$\dot{W}_{kom} = \dot{m}_{sog} \frac{(h_{2s} - h_1)}{\eta_{ik} \eta_{mk} \eta_{kk} \eta_{em}}$$

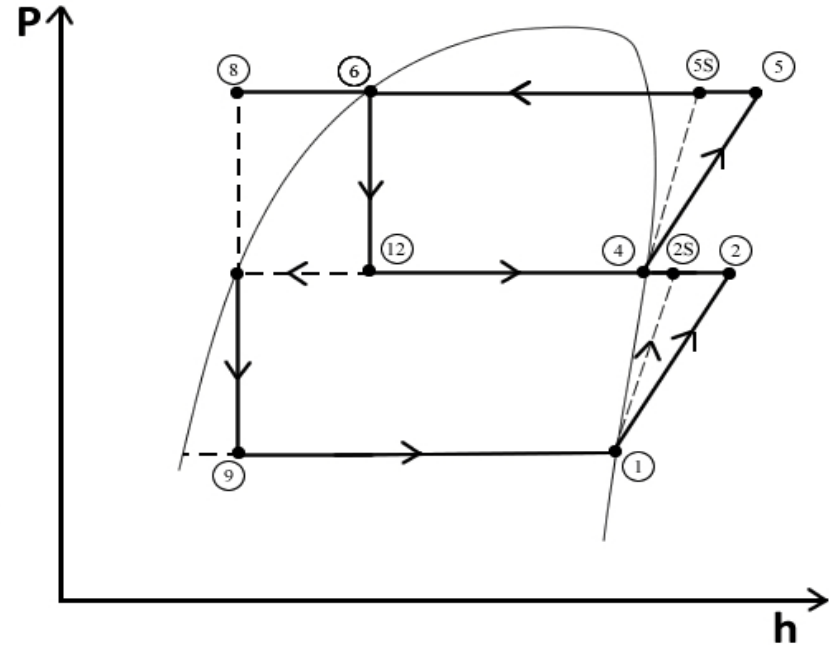
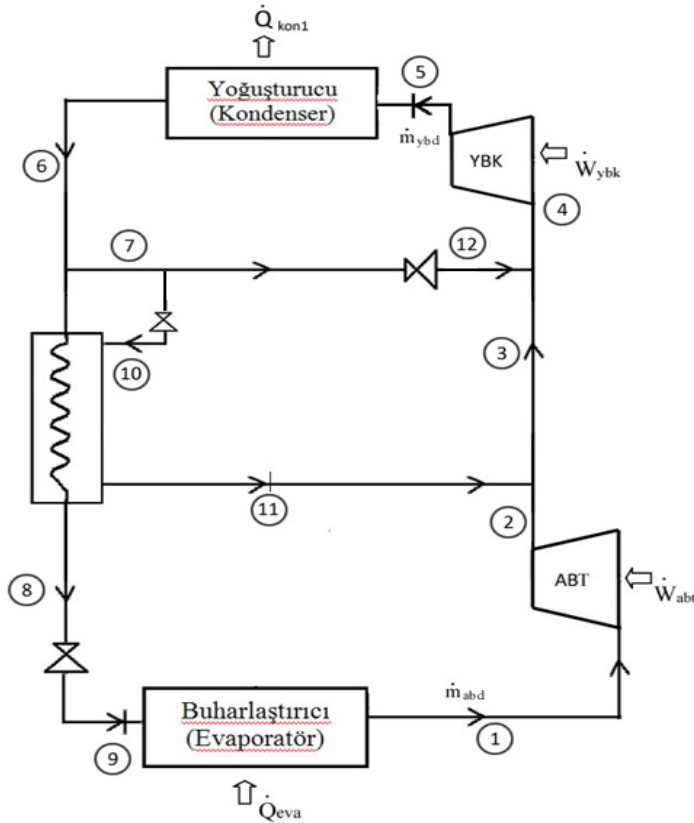
$$\dot{Q}_{kond} = \dot{m}_s (h_2 - h_3)$$

Açık ara buharlaştırıcılı çift kademeli soğutma çevrimi (Çevrim 2)



$$P_{ara} = \sqrt{P_{buh} P_{kond}} + 35$$

Sıvı Enjeksiyonlu çift kademeli soğutma devresi (Çevrim 3)



$$STK = \frac{\dot{Q}_{sog}}{\sum \dot{W}_{komp}}$$

ÖRNEK ALINAN SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN ÖZELİKLERİ VE YAPILAN KABULLER

Evaporator Sıcaklığı : - 36 °C

Kondenser Sıcaklığı : + 36 °C

Soğutma Kapasitesi : 250 kW

Kompresörler: Pistonlu

Kondenser : Cebri Hava Akışlı,

Evaporator : Cebri Hava Akışlı,

Kompresörlerin izentropik verimi :0,75

Kompresörlerin mekanik verimi:0,92

Kompresörlerin motora bağlantı verimi: 0,95

Kompresörlerin elektrik motoru verimi: 0,98

Tek kademeli soğutma (Çevrim 1) çevriminin sonuçları

Akışkan amonyak

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)
1	88,44	-36	1414,6
2s	1389,8	170	1849,0
3	1389,8	36	371,4
4	88,44	-36	371,4

Soğutucu akışkan debisi 0,23964 (kg/s)
Sıkıştırma oranı $r = 15,72$ - STK = 1,542

Akışkan 410 A

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)
1	210	-36	408,9
2s	2190	70	478,0
3	2190	36	259,7
4	210	-36	259,7

Soğutucu akışkan debisi 1,6756 (kg/s)
Sıkıştırma oranı $r = 10,43$ - STK = 1,387

Açık ara buharlaştırıcıli çift kademeli soğutma çevriminin Sonuçları (Çevrim 2)

Akışkan amonyak

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)	Debi (Kg/s)
1	88,44	-36	1414,6	0,2038
2s	385,6	60	1610,0	0,2038
3	385,6	-3	1458,8	0,2787
4s	1389,8	86	1635,0	0,2787
5	1389,8	36	371,38	0,2787
6	385,6	-3	371,38	0,2787
7	385,6	-3	188,0	0,2038
8	88,44	-36	188,0	0,2038

Sıkıştırma oranları: $r_1 = 4,36$ - $r_2 = 3,6$
- STK = 1,806

Akışkan 410 A

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)	Debi (Kg/s)
1	210,0	-36	408,9	1,1677
2s	713,16	18	442,0	1,1677
3	713,16	-3,4	421,6	1,8625
4s	2190,0	53	452,0	1,8625
5	2190,0	36	259,7	1,8625
6	713,16	-3,4	259,7	1,8625
7	713,16	-3,4	194,8	1,1677
8	210,0	-36	194,8	1,1677

Sıkıştırma oranları: $r_1 = 3,4$ - $r_2 = 3,07$
- STK = 1,6827

Sıvı enjeksiyonlu çift kademeli soğutma çevriminin Sonuçları (Çevrim 3)

Akışkan amonyak

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)	Debi (Kg/s)
1	88,44	-36	1414,6	0,2212
2s	385,6	60	1610	0,2212
3	385,6		1659,11	0,2389
4	385,6	-3	1458,8	0,2829
5s	1389,8	86	1635	0,2829
6	1389,8	36	371,38	0,2829
7	1389,8	36	371,38	0,0617
8	1389,8	18	284,43	0,2212
9	88,44	-36	284,43	0,2212
10	385,6	-3	371,38	0,0177
11	385,6	-3	1458,8	0,0177
12	385,6	-3	371,38	0,044

Sıkıştırma oranları: $r_1 = 4,36$ - $r_2 = 3,6$
- STK = 1,726

Akışkan 410 A

Akış No	P (kPa)	T (°C)	h (kJ/Kg)	Debi (Kg/s)
1	210	-36	408,9	1,3874
2s	713,16	18	442	1,3874
3	713,16		448	1,653
4	713,16	-3,4	421,6	1,9223
5s	2190	53	452	1,9223
6	2190	36	259,7	1,9223
7	2190	36	259,7	0,535
8	2190	18	228,7	1,3874
9	210	-36	228,7	1,3874
10	713,16	-3,4	259,7	0,2657
11	713,16	-3,4	421,6	0,2657
12	713,16	-3,4	259,7	0,2693

Sıkıştırma oranları: $r_1 = 3,4$ - $r_2 = 3,07$
- STK = 1,5389

Analiz edilen çevrim sonuçlarının değerlendirilmesi

Tek ve değişik çift kademeli soğutma çevrimlerinin değişik soğutucu hesaplamalarından elde edilen sonuçların karşılaştırması

Çevrimin Adı	Soğutucu Debisi (ABD) (kg/s)	Soğutucu Debisi (YBD) (kg/s)	A.B. Komp. Kapasitesi (kW)	Y.B. Komp. Kapasitesi (kW)	Kond. Kapasitesi (kW)	STK
	NH3 – 410A	NH3 – 410A	NH3 – 410A	NH3 – 410A	NH3 – 410A	NH3 – 410A
Tek kademeli	0,240 – 1,676	-	162,0 – 180,2	-	388,8 – 404,4	1,542 – 1,387
Açık ara soğutuculu Ç.K.	0,204 - 1,168	0,279 – 1,863	61,98 – 60,17	76,45 – 88,14	303,1 – 377,0	1,806 – 1,683
Sıvı enjeksiyonlu Ç.K.	0,221 – 1,387	0,283 – 1,922	67,28 – 71,48	77,60 – 90,97	374,1 – 389,2	1,726 – 1,540

Analiz edilen çevrim sonuçlarının değerlendirilmesi (devam)


- Çift kademeli soğutma çevrimlerinin alçak basınç devrelerindeki soğutucu akışkan debileri ve kompresör güçleri yüksek basınç devrelerindeki soğutucu akışkan debilerinden ve kompresör güçlerinden daha düşük değerlerdedir.
- 410A kullanılan soğutma devrelerinde dolaştırılan soğutucu akışkan debileri yaklaşık amonyak kullanılan devrelere göre 5,5 - 7 kat arasında daha fazladır.
- Kondenser kapasiteleri bakımından açık ara soğutuculu çevrimde amonyak kullanılması durumunda en düşük kondenser kapasitesinin 303,1 kW olarak elde edildiği

Analiz edilen çevrim sonuçlarının değerlendirilmesi (devam)

- Amonyak kullanan sıvı enjeksiyonlu çift kademeli çevrimden kondenser kapasitesi yaklaşık % 19 daha düşüktür.
- Performans katsayısı bakımından her üç çevrimde de en iyi performansı amonyak akışkanının kullanılması durumunda elde edildiği görülmektedir.
- ve yine amonyak kullanılması durumunda en yüksek soğutma tesir katsayısı açık ara soğutuculu çift kademeli çevrimde 1,806 olarak elde edilmiş olup
- STK katsayı tek kademeli çevrime göre % 14,62 ve sıvı enjeksiyonlu çevrime göre de % 4,43 daha yüksektir.

Sonuç ve Öneriler

- Bu karşılaştırma sonucu amonyak ve 410A soğutucu akışkan kullanılması durumlarında açık ara soğutuculu çift kademeli soğutma çevriminin en yüksek soğutma tesir katsayılarına sahip olduğu görülmektedir.
- Bununla birlikte incelenen soğutucu akışkanlardan R717 soğutucu akışkanının, R410A soğutucu akışkanından, her iki çift kademeli soğutma çevriminde de daha iyi sonuçlar verdiği ve daha da verimli çalışacağı sonucu elde edilmiştir.
- Ayrıca yeterli sıcaklık ve miktarda endüstriyel atık ısı mevcutsa çift kademeli sıkıştırma çevrimlerine alternatif olarak buhar sıkıştırmalı/absorbsiyonlu kaskad veya kombine soğutma çevrimleri de tasarlanabilir.



TEŞEKKÜRLER...