

Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 1

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Basınçlı hava üretiminde kullanılan vidalı, pistonlu veya turbo kompresörlerde artan kapasite ve kurulu güç ile birlikte hava soğutma yerine su ile soğutma gündeme gelmektedir. Esasen, kompresör su ile soğutulduğu zaman genellikle verim artar ve yurdumuzun hayli sıcak geçen yaz aylarında arıza miktarı bir hayli azalır.

Ancak su ile soğutma, su sisteminin kendine has problemlerini de getirirse de, elde edilen fayda bunlara değer.

Kompresör soğutulmasında kullanılacak suyun özellikleri iki ana grupta toplanabilir :

- 1- Kimyasal özellikler, yani suyun kalitesi,
- 2- Mekanik özellikler, yani basınç, debi ve hararet ile mekanik kirlетici partiküller.

Suyun soğutulması ise iki tip kulede gerçekleştirilir : 1- Kapalı tip kuleler, kuru veya evedratif tip
2- Açık tip kuleler

1. Suyun kimyasal özellikleri.

Şüphesiz soğutma suyunun çökelti "taş" yapacak iyonlardan, boruları tıkayacak "çamur" dan ve partiküllerden arı olması ve "pH" değerinin uygun olması arzu edilir.

Ancak herşeye rağmen soğutma suyunun içinde hem iyonlar, hem partiküller hem de organik maddeler bir miktar bulunacağı gibi "pH" değeri de ideal sabit değerde olmayacaktır. Bu durumda müdahale etmeyi gerektiren üst limitlerin bilinmesi ve yeteri kadar sıkça numune alıp analiz yapılarak gerekli katkı ve tedbirlerle su kalitesinin muhafaza edilmesi zorunludur.

ŞARTLANDIRILMIŞ SU KALİTESİ NORMAL DEĞERLERİ

Suyun kirliliği	: 1 NTU
Toplam eriyik madde	: 15 mg/l
İletkenlik	: 200 mS/cm (mikrosiemens/cm)
pH	: 7-8 arası
Organik madde miktar	: 0,1 mg/l
Canlı mikroorganizma	: 0

Çizelge 1. Soğutma Suyu Kalitesi

Su kalitesinin çizelge 1' deki seviyelerde tutulması sayesinde, kompresörlerin ara ve nihai soğutucularının takriben 12 ayda bir temizlenmesi gerekebilir.



HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

2. Mekanik Özellikler :

Suyun mekanik özellikleri basınç, debi sıcaklık ve partikül yoğunluğudur.

Kompresör soğutulmasında kullanılacak soğutma suyunun özellikleri aşağıdaki gibi tahdit edilebilir :

Basınç	: 2 ÷ 4 bar.g
Debi	: Hesap neticesine göre (S.8)
Sıcaklık	: $10 < t_{sç} < 40$ °C
Partikül miktarı	: Bak Çizelge (1)

Çizelge 2. Mekanik Özellikler

1. KAPALI DEVRE SOĞUTMA KULELERİ

Bu tür kulelerde suyun kimyasal özellikleri bilhassa bu şartlarda ilavesi zorunlu olan "glycol" türü donma noktasını düşürücü "antifriz" lerle ilgilidir.

Antifriz miktarı, ortam sıcaklığına bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Ortam °C	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
Glycol %	10	15	25	30	35	40	45

Çizelge 3. Antifriz

Yurdumuzda genel olarak, soğutma kulesi havuzuna termostatlı ısıtıcı koymak tercih edilmektedir. Termostat ayar değeri +10°C olur.

Suyun pH değeri 7-8 arasında tutulmalıdır. Partikül açısından 25m ila 50m arasında tam devre filtreleme yapılması uygundur.

Suyun sıcaklığı genellikle ortamın kuru termometre sıcaklığından (t_k) 3 ila 7°C üzerinde olmaktadır.

Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 3

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Bu değer kulenin soğutma sathı, performansı ve kalitesi ile ilgili olup kuleden suyun çıkış sıcaklığına (tsç) dersek,

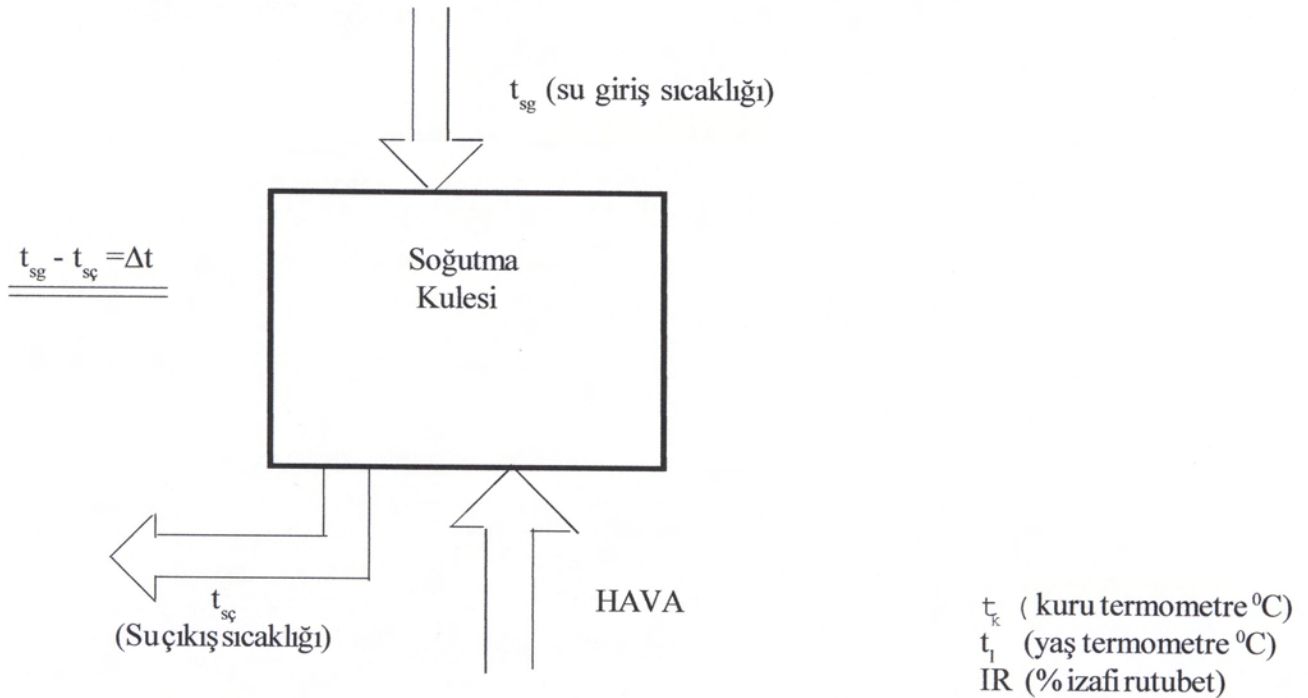
$$\frac{t_k + 3 \text{ } t_{sç} \text{ } t_k + 7}{2}$$

olarak kule seçilmelidir.

Evaporatif tip soğutmanın da kullanıldığı kapalı kulelerde genellikle su püskürtme yaz aylarında baş vurulan bir çaredir. Bu sayede kuleden suyun çıkış sıcaklığı ortamın izafi rutubeti %70 - 80 mertebesinde olduğu zaman : $t_k - 4 \text{ } t_{sç} \text{ } t_k + 2$ gibi değerlere ulaşarak, özellikle yüksek ortam sıcaklıklarında kabul edilebilir soğutma suyu (tsç) sıcaklıkları elde edilir. Bu da kompresörlerin arızasız ve verimli çalışmasını sağlar.

2. AÇIK DEVRELİ (ATMOSFERİK) SOĞUTMA KULELERİ

Bu kulelerde genellikle su ve hava ters akımla akarak ve bir miktar evaporasyon kaybı ile (tsç) sıcaklığı yakın noktalara indirilir. Ortalama şartlarda $t_{sç} \text{ } t_k - 5^{\circ}\text{C}$ elde edilmesi olağandır.



Çizelge 4. Semboller

Yukarıdaki krokide kullanılan sembollerle yurdumuz için soğutma kulelerinden beklenebilecek (Δt) soğutma etkisi değerleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. (Çizelge 5)



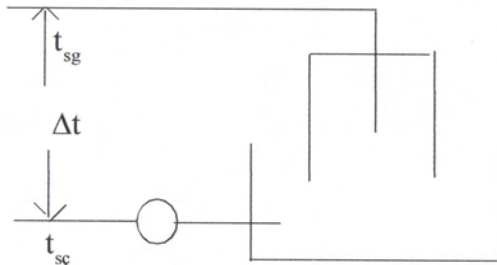
Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 4

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

SOĞUTMA KULELERİ (Δt) DEĞERLERİ ($t_{sg} = 40^\circ\text{C}$)

Kuru Termometre $^\circ\text{C}$	Yaş termometre $^\circ\text{C}$	İzafi rutubet IR%	Soğutma etkisi Δt $^\circ\text{C}$
20	14.0	50	21.0
	15.0	60	20.0
	16.3	70	18.7
25	17.5	80	17.5
	18.8	90	16.2
	17.9	50	17.1
	19.6	60	15.4
	21.0	70	14.0
	22.5	80	12.5
30	23.8	90	11.2
	22.0	50	13.0
	23.8	60	11.2
	25.5	70	9.5
	27.5	80	7.5
	28.5	90	6.5
	28.5	50	8.5
35	26.5	60	7.5
	27.5	70	5.0
	30.0	80	3.0
	32.0	90	2.0

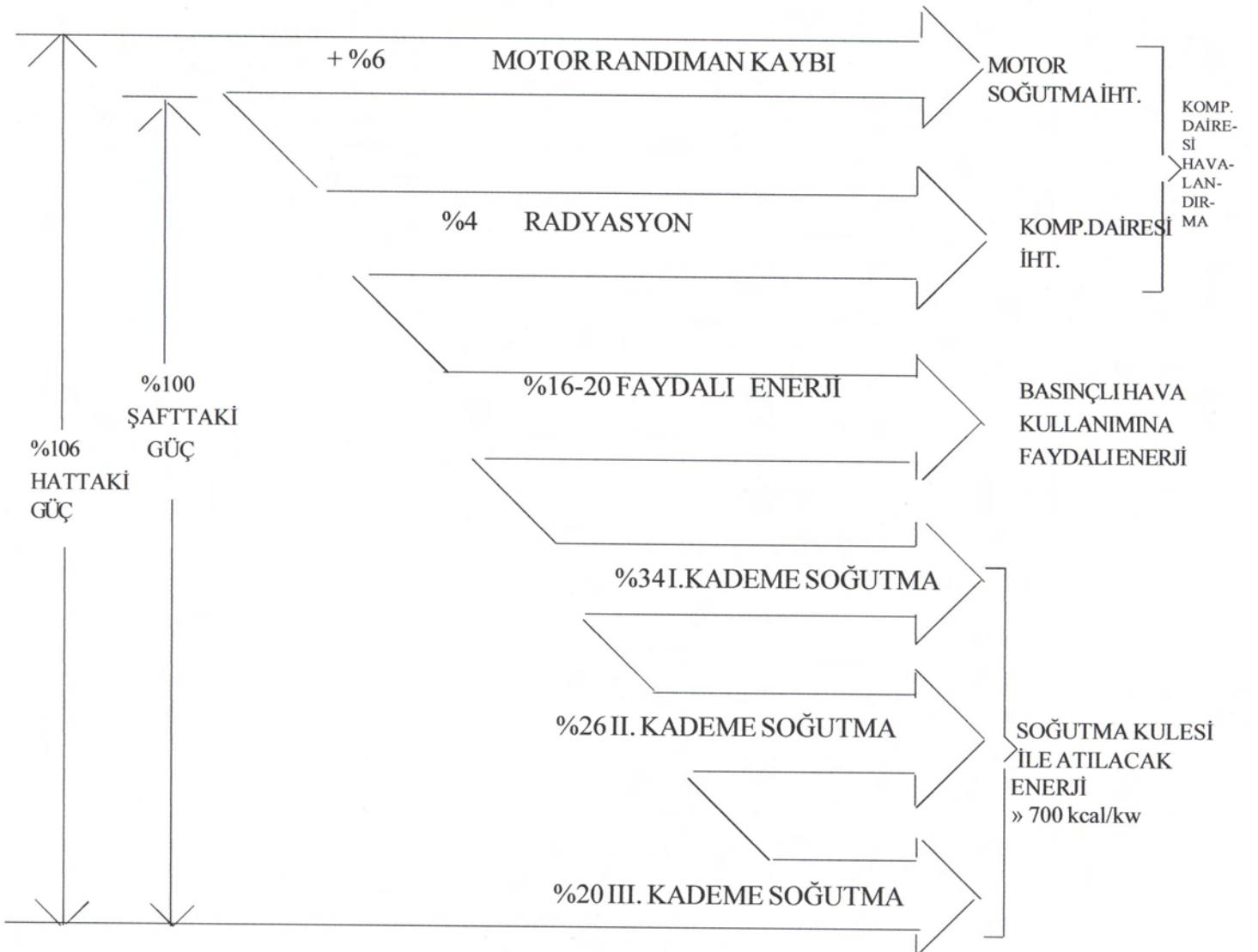
Çizelge 5. Açık kulelerde soğutma. ($\Delta t = t_{sg} - t_{sç}$)



Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 5

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

ÜÇ KADEMELİ KOMPRESÖR BİLANÇOSU



Çizelge No: 6 Enerji Bilançosu

Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 6

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

KOMPRESÖR SOĞUTMA SUYU İHTİYACININ HESAPLANMASI

1. GENEL ENERJİ BİLANÇOSU:

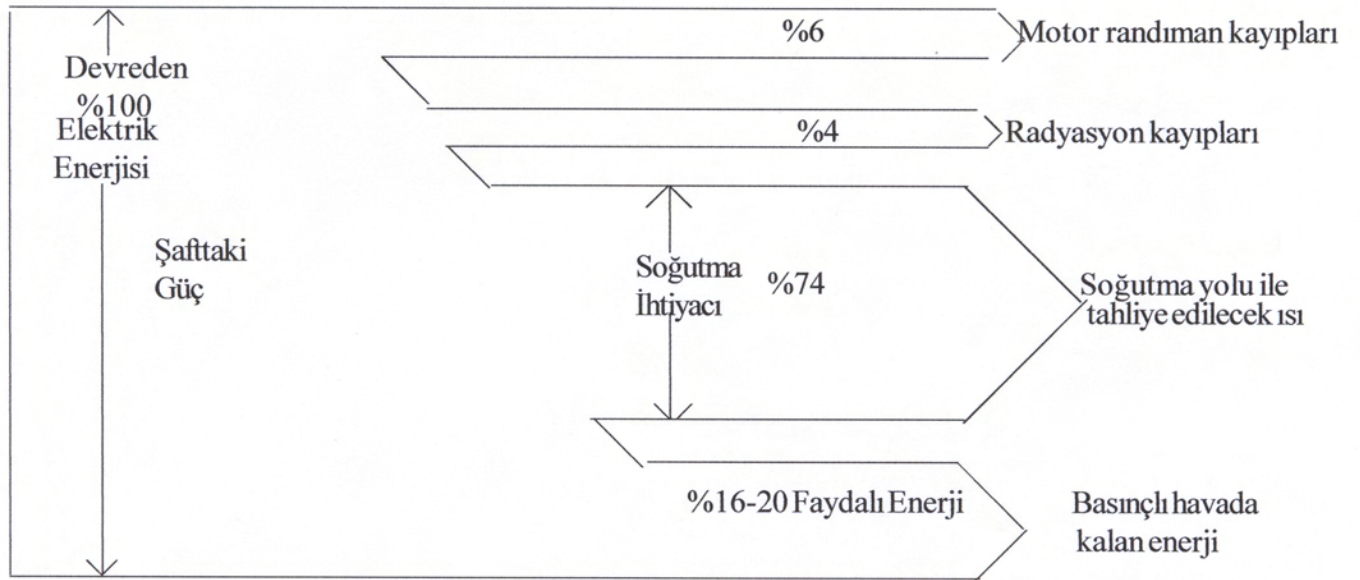
Kompresörler, tahrik motoru yoluyla, havayı sıkıştırmak için kullanılan enerjinin bir kısmını basınca dönüştüren makinalardır. Basınçlı hava yolu ile kullanılan enerji haline dönüşen bu enerjinin, toplam harcanan enerjiye oranı ise %16 ila %20 civarındadır (7 bar g standart basınç için).

Dolayısıyla toplam enerji sarfiyatının %80 ÷ 84 lik bölümü ise tahliye edilmek zorundadır.

Bunun ufak bir bölümü, %4 kadar radyasyon yoluyla veya tahrik motorunun soğutulması yoluyla

(mesela elektrik motorunun hava ile soğutulması gibi) tahliye edilir.

Mesela elektrik motoru ile tahrikli tipik bir tesisin enerji bilançosu aşağıdaki gibidir.



Çizelge 6. TAKRİBİ ENERJİ BİLANÇOSU

Dolayısıyla soğutma ihtiyacı sistemin devreden çektiği toplam enerjinin %74 veya şafttaki güç sarfiyatının %79'u mertebesinde. Kompresör imalatçıları ve mühendislik şirketleri genellikle "şafttaki güç" (shaft input) kavramını tercih ettiklerinden biz burada temel değer olarak bunu kullanacağız.

Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 7

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Motor verimi, güç faktörü gibi elektriksel değerler bu değerlendirmenin dışında bırakılmaktadır.

Dolayısıyla soğutma ihtiyacı şöyle hesaplanabilir :

Şafttaki güç : 100 kW
Tahliye edilecek ısı : 100 x 0,79 kW saat
Bunun kcal/saat değeri : 100 x 0,79 x 860 kcal/saat
Servis faktörü ile : 100 x 0,79 x 860 x 1,15 kcal/saat
%10 Emniyet katsayısı ile : 100 x 0,79 x 860 x 1,15 x 1,1 kcal/saat
@ 86000 kcal/saat

Yani pratik olarak
Tahliye edilecek ısı : Şafttaki güç x 860 kcal/saat

Gerekli su miktarı ise kuleye dönüş sıcaklığı nazar-ı itibara alınarak ve kulenin soğutma etkisi hesaba katılarak elde edilecektir.

Örneğin çizelge 3' den istifade ederek bir tipik hesap örneği verilebilir.

ÖRNEK 1 : (250 kw ŞAFTTAKİ GÜÇ İÇİN)

Ortam Sıcaklığı : $t_k = 35^{\circ}\text{C}$ t_k : Kuru Termometre $^{\circ}\text{C}$
 $t_y = 27.5^{\circ}\text{C}$ t_y : Yaş Termometre $^{\circ}\text{C}$
IR = %70
Şafttaki Güç : 250 kW
Soğutma Suyu : $t_{sg} = 40^{\circ}\text{C}$
 $t_{sç} = 35^{\circ}\text{C}$
 $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$

TAHLİYE EDİLECEK ISI : 250 x 860 = 215.000 kcal/saat

GEREKLİ SU DEBİSİ : $\frac{215.000}{5} = 43.000 \text{ l/saat}$

Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 8

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

ÖRNEK 2 : 250 kcal
 $t_{sg} = 45^{\circ}\text{C}$
 $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$
Şafttaki güç
kabul edilirse
olur.

GEREKLİ SU DEBİSİ : $\frac{215.000}{10} = 21.500 \text{ l/saat}$ olur.

ÖRNEK 3 : 250 kw Şafttaki güç

Ortam Sıcaklığı : $t_k = 25.0^{\circ}\text{C}$
 $t_y = 19.6^{\circ}\text{C}$
 $IR = \%60$

Su Sıcaklığı : $t_{sg} = 40^{\circ}\text{C}$
 $t_{sç} = 24.6^{\circ}\text{C}$
 $Dt = 15.4^{\circ}\text{C}$

TAHLİYE EDİLECEK ISI : $250 \times 860 = 215.000$

GEREKLİ SU DEBİSİ $\frac{215.000}{15.4} = 13960 \text{ l/saat}$

Bu tipik kompresör tesisi 7.0 bar.g basınçta » 46.000 m³/dk basınçlı hava üreten mesela, 3 kademeli bir turbo kompresör olarak mütalaa edilebilir.

Soğutma suyu ihtiyacı, iklim ve mevsime göre 14 m³/saat ila 43 m³/saat arasında değişebilir.

Bu nedenle sabit değerler ile hareket etme yerine muhakkak surette kesin hesaba girmek gerekir.

Ancak bu durum da ortalama bir değeri aranıyorsa $7^{\circ}\text{C} < \Delta t < 12^{\circ}\text{C}$ arasında alınarak yapılacak hesap Su Debisi için bir debi aralığı verir.

Şöyle ki $\frac{215.000}{7} @ 30 \text{ m}^3/\text{saat}$
 $\frac{215.000}{12} \simeq 18 \text{ m}^3/\text{saat}$

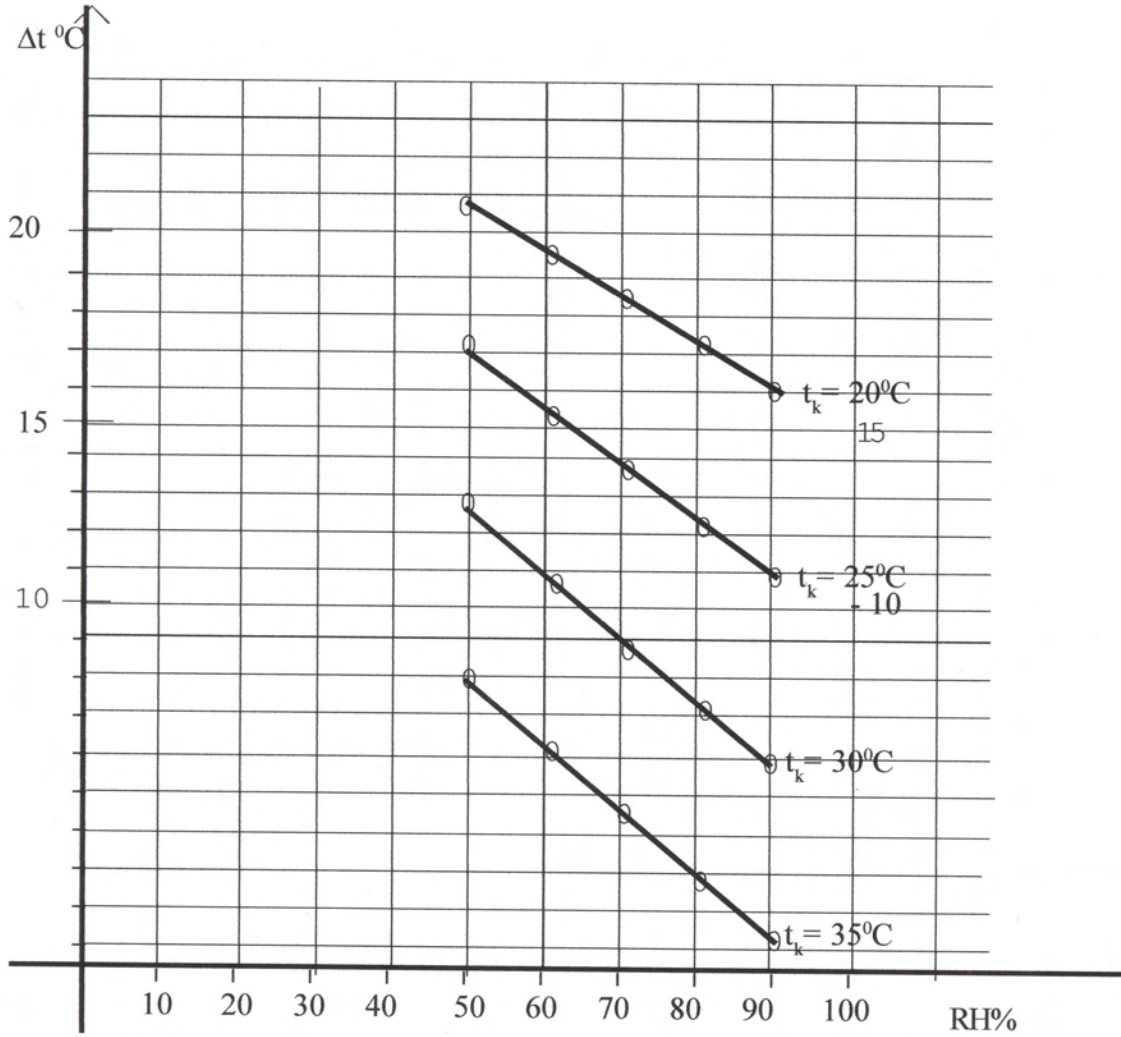
Yani 250 kw Şaft Gücü için gerekli olan debi $18 < Q_{su} < 30 \text{ m}^3/\text{saat}$ olacaktır. (Bak Çizelge 8)



HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Açık Kulelerde

$t_k / IR / \Delta t$ ilişkisi



Çizelge 7. Açık kulelerde $t_k / IR / \Delta t$ ilişkisi

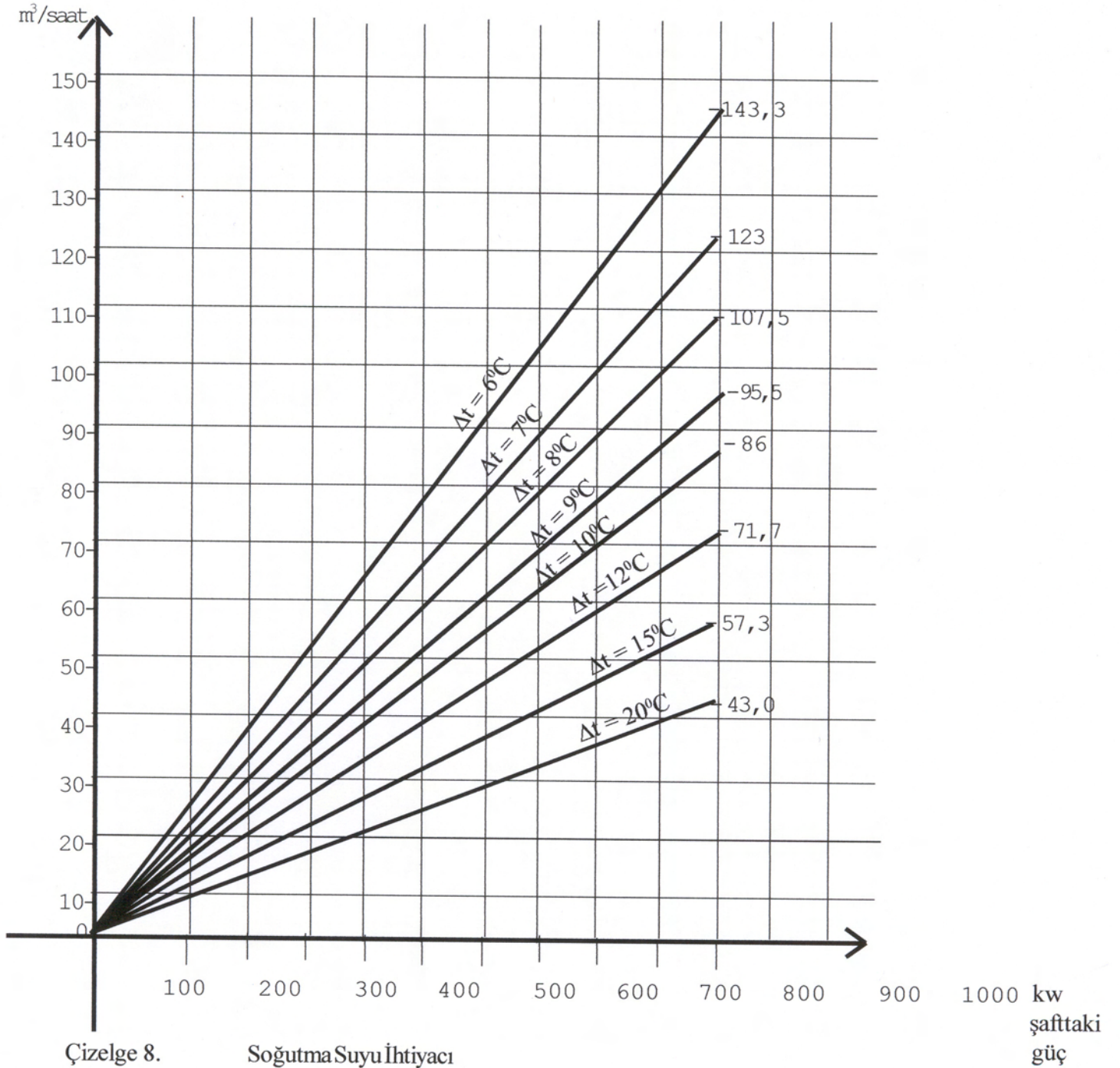
$$t_{sg} = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = (t_{sg} - t_{sç})$$



HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Kompresör Gücü ve Dt' ye Bağlı Olarak m³/saat Soğutma Suyu



Bülten No : 22
Tarih : 29.11.1996
Sayfa : 11

HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

SU SOĞUTMALI KOMPRESÖRLERDE
SOĞUTMA SUYU POMPALAMA ENERJİSİ = %2 x ŞAFTTAKİ GÜÇ.

Soğutma suyu ihtiyacı mevsimlik değişimler gösterdiğinden, debinin en yüksek olduğu yaz şartlarında ve $\Delta t = 7^\circ\text{C}$ için hesaplanması uygundur.

Örneğin 250 kw şaftta güç olan bir kompresör için azami soğutma suyu ihtiyacı (1.15 Servis faktörü ve %10 emniyet faktörü dahil) $30\text{m}^3/\text{saat}$ olur.

Dolayısıyla :

Debi : $30\text{ m}^3/\text{saat} \sim 8,33\text{ l/sn} = Q_s$

Basma basıncı : $4.0\text{ bar.g} \sim 40\text{ m ss} = H_s$

Pompa gücü : $\frac{Q_s \times H_s}{75} \times \frac{1}{0,65} \times \frac{1}{1.3413} @ 5\text{ kw}$
(HP) (Verim) (kw)

Yani su pompalama güç sarfıyatı şafttaki gücün %2' si mertebesindedir.

Mukayese için, hava soğutmalı kompresörlerde soğutma havası güç sarfıyatı %3.5 / 4.0 mertebesinde olur.

KOMPRESÖRLERDE ENERJİ BİLANÇOSU

Kompresörlerin enerji sarfıyatı verilirken, çalışma ortamı ile ilgili şartlar fevkalade mühim olur. Ancak ortalama ve $\pm 5\%$ yaklaşıklıkla su soğutmalı bir turbo kompresörün mesela hava soğutmalı bir vidalı kompresörle enerji bilançosu şöyle mukayese edilebilir.

Kıstas olacak ortam şartları :

Ortam sıcaklığı : 30°C (Kuru termometre)

Barometrik basınç : 990 mbar a

Kafirutubet : %60

Soğutma suyu sıcaklığı : 27°C

Kompresör verimi : $50\text{ Nm}^3/\text{dk} \sim 3000\text{ Nm}^3/\text{saat}$ olarak alındığı takdirde,



HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Enerji bilançosu $\pm$ %5 yaklaşıklıkla şöyle olur.

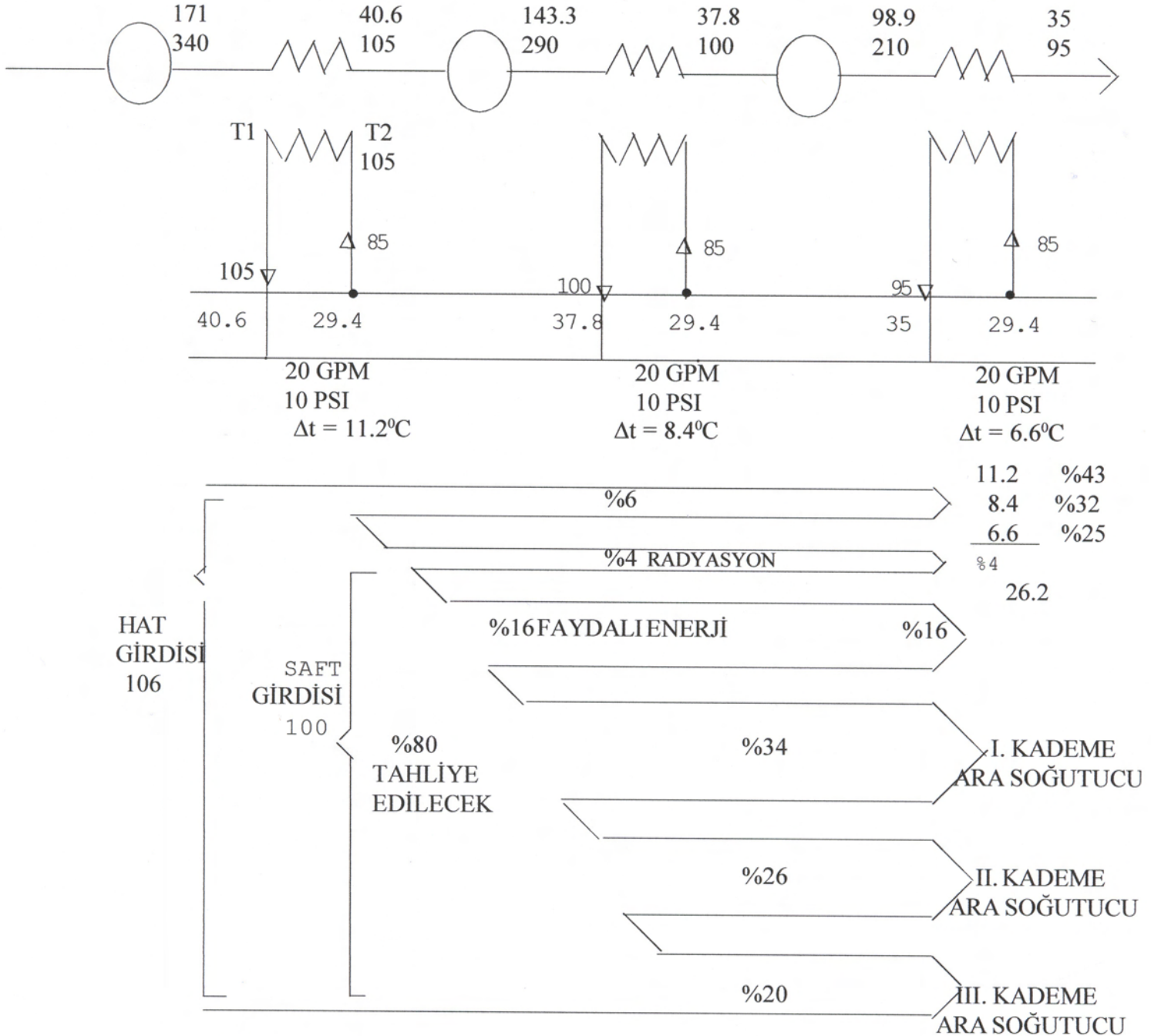
Parametre	Vidalı Kompresör	Turbo Kompresör
Verim Nm ³ /dk	50.0	50.0
Şafttaki güç kw	325.0	276.0
Yağ pompası	---	2.5
Su pompası	---	5.5
Soğutma fanı	10.0	---
Toplam enerji tüketimi	335.0	284.0 [%18]

Çizelge.



HAVA KOMPRESÖRLERİNDE SU İLE SOĞUTMA

Tipik 3 Kademeli Kompresör Soğutma Şeması



Çizelge 9
ENERJİ BİLANÇOSU (3 KADEMELİ TURBO KOMPRESÖR)