ENERJİ EKONOMİSİ

BURHANETTİN ÇETİN

Scanned by CamScanner

ENERJİ EKONOMİSİ / Burhanettin Çetin (Fu

-ENERJİ EKONOMİSİ- Burhanettin Çetin - 8:30 - A505 — 12.10.09 Pazartesi

* Herhangi bir enerji krizinde yardımcı olacak? Çözüm?
Rüzgâr → kesin çözüm olamaz. X (türbinden 1-5 MW) (termikten 1450MW) (Nükleer 1500MW)

- kaçak ve kayıplar azaltılmalı.
→ Ülkede kaçak elektrik çok yaygın ve iletimde kayıplar çok fazla. Bölgesel enerji üretimleri daha mantıklı. iletimde hat kayıpları olmaz. 1. enerji kaynaklarını daha iyi kullandırıyoruz.

- Nükleer → çözüm olabilir.
İnşaat süresi uzun. Yatırım maliyetleri yüksek. Ömrü uzun. Teknoloji ileri seviyede. Sızıntı olma ihtimali çok düşüktür. Yüksek güç (1000MW-1500MW) üretimi var. Çevresel açıdan da ön planda.

Rüzgar → geniş alan istiyor
→ kalıcı değil, rüzgar hep yok.
→ çeşitlilik için önemli!

Güneş → geniş alan
→ hep yok

benzer mantıkla kesin çözüm değil!

* Termik, hidrolik, nükleer!

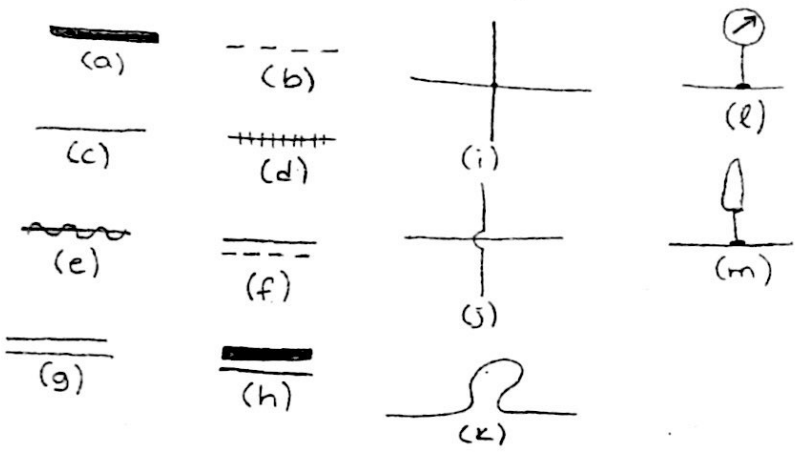
*Termikle olmaz mı?
Yüksek güç, temiz çevre kirletmez radyoaktif risk yok ama yakıt maliyeti çok çok fazla. Bizim farklı kaynaklara ihtiyacımız var. Doğalgazda dışarı bağlıyız Yani kısa vadeli çözüm olur ve enerji krizinde yardımcı olamaz.

A. Berna BEDİRHAN'ın Defter NOTU

-STENDER ELEMANLARI-

(Termik akış şemalarındaki elemanlar Tüm dünyada termik tesislere ait şemalar stender elemanlar olarak ifade edilir. Çok basit ve kullanışlı olan bu elemanların başlıcaları şunlardır:

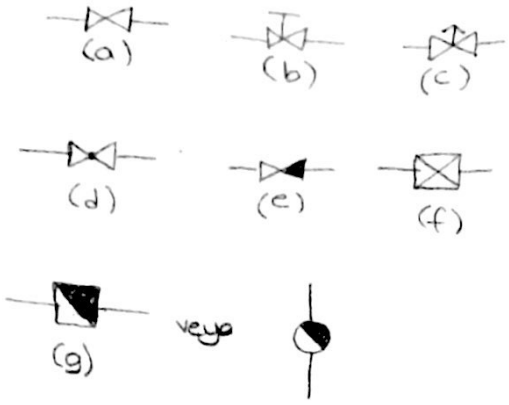
1-Devreler:



a: buhar devresi
b: yoğuşum suyu devresi (yoğuşarak suhaline gelmiş buhar)
c: su devresi
d: kaba (ham) su devresi
e: salamura (deniz suyu) devresi
f: hava devresi
g: taze buhar devresi
h: duman gazı devresi (çürük buhar devresi)
i: kesişerek irtibat halinde olan iki devre
j: irtibat halinde olmayan iki devre
k: genişleme elemanı
l: manometre
m: termometre

Scanned by CamScanner

2-Armatürler (Valfler):



a: valf ya da sürgülü valf (ventrik vana)

b: el ile kumanda edilen valf

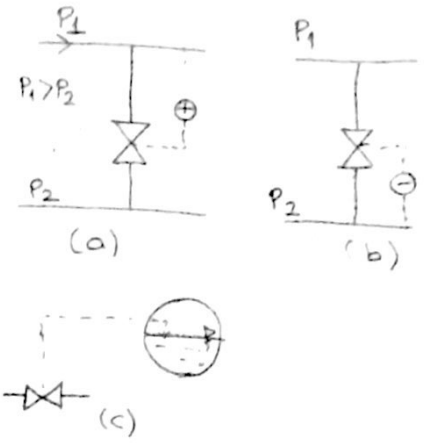
c: merkezkaç kuvveti tarafından kumanda edilen valf

d: otomatik valf

e: çek valf (geri dönmez valfi, tek yön)

f: valf ya da sürgülü valf (diğer gösterimi a)

g: kondenstop, buhar kapanı trap

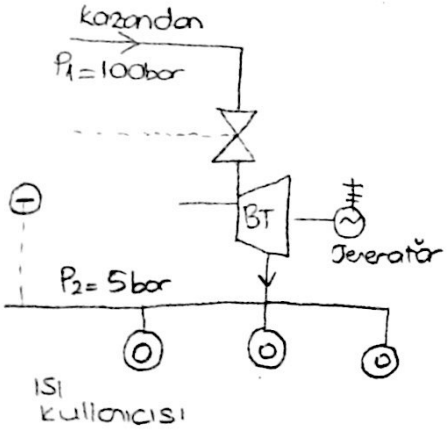


a: üst devredeki basınç artınca açılan valf (valf açılır buhar basıncı düşer.)

b: alt devredeki basınç düşünce açılan valf (valf açılır buhar çekilir, basınç artar.)

c: haznedeki su seviyesi düşünce açılan valf

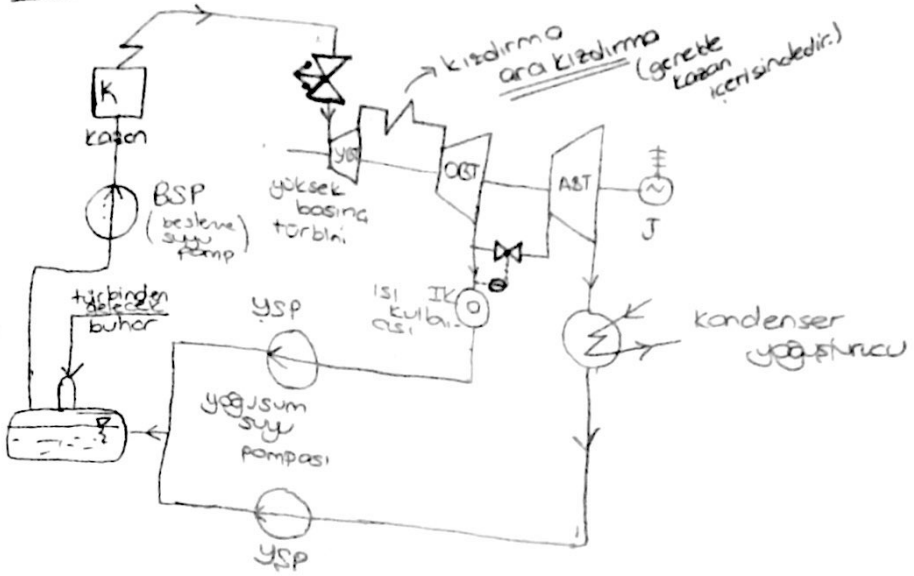
Örnek,



⊖ yani dt basınç önemli. Basınç azalınca valf kumanda edilir ve istenilen basınç sağlanır.

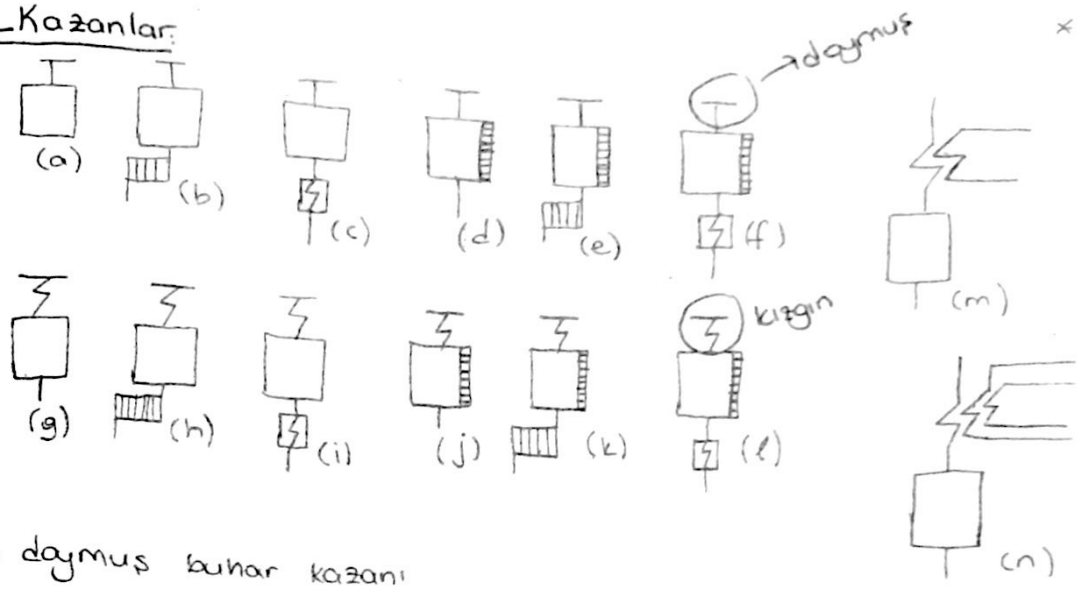
Scanned by CamScanner

Örnek:



Rankine Çevrimi

3_Kazanlar:



* Buharla doymuş buhar elde edilir. Kızdırıcılarla kazan içerisinde ekonomik olarak kızgın buhar elde ederiz.

a: doymuş buhar kazanı

b: ekolu doymuş buhar kazanı (ekonomizer) ⇒duman gazıyla besleme suyu ısıtan eko

c: heaterli doymuş buhar kazanı (suyu ara buharla ısıtma→heater)

d: luvolu doymuş buhar kazanı (luvo: hava ısıtıcısı) (kazana giren yakma havası için)

e: luvo ve ekolu doymuş buhar kazanı

f: luvo ve heaterli doymuş buhar kazanı

g: kızgın buhar kazanı

h: ekolu kızgın buhar kazanı

i: heaterli kızgın buhar kazanı

J: luvolu kbk

k: ekdu ve luvolu kızgın buhar kazanı

l: heaterli ve luvolu kızgın b.k.

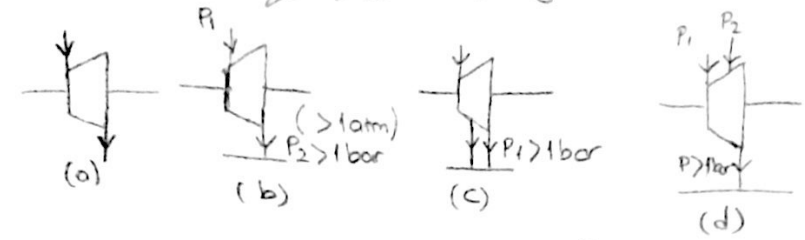
m: tek ara kızdırmalı kızgın buh.kaz.

n: iki ara kızdırmalı kbk

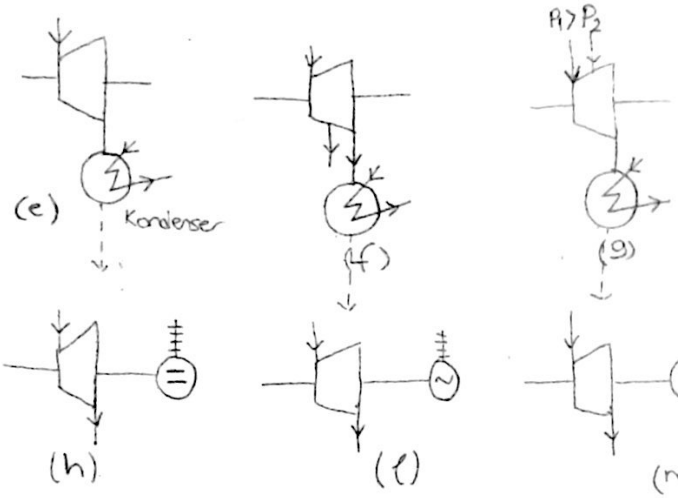
Scanned by CamScanner

4- Türbinler

★ → elektrik ihtiyacı ↓ olan yerde kullanılır.
→ buhar (ısı) ihtiyacı ↑ olan yerde kullanılır.

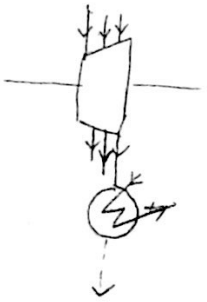


→ a: buhar türbini
→ b: karşı basınçlı buhar türbini (çıkan hava basıncı > 1 bar ise) endüstriyel tesislerde kullanılır. elektrik; cihazların çalıştırılması buhar; ısıtma kurutma gibi işlemlerde
→ c: tek ara buhar almalı karşı basınç türbini
→ d: çift basınçlı karşı basınçlı buhar türbini
→ e: kondenserli buhar türbini (basıncı daha düşürüp daha çok enerji sağlanır) (elektrik ihtiyacı termik santrallerde kullanılır.)

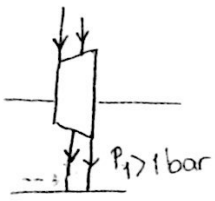


→ f: Tek ara buhar almalı kondenserli buhar türbini
→ g: çift basınçlı kondenserli buhar türbini

ÖDEV → 3. basınçlı 2 ara buhar almalı kondenserli buhar türbini çizin.



ÖDEV → 2. basınçlı tek ara buhar almalı karşı basınç türbini çizin.



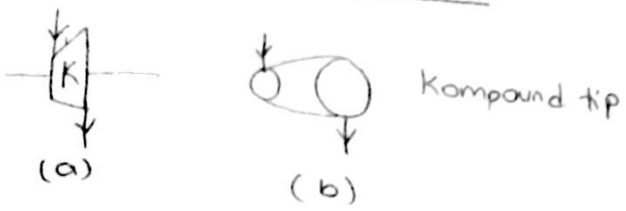
→ Endüstriyel tesis üretim-tüketim aynı yerde ise. Gemilerde mesela. Üretilen tüketiliyor.

→ h: turbo jeneratör (doğru akım)
→ ı: turbo alternatör (alternatif akım) Santralde bu. Neden?
→ Alternatif akımın taşınması kolay. Kayıplar yok! Sonradan dönüştürülüyor.
→ m: turbo pompa → pompanın ihtiyacı mekanik enerjidir. Türbinin ürettiği mekanik enerjiyi kullanabiliriz.
→ n: turbo redüktör

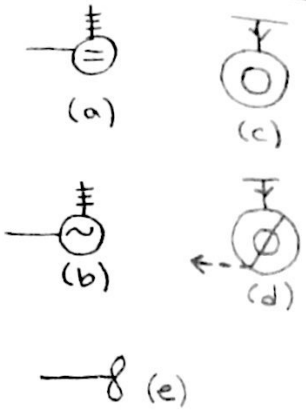
Scanned by CamScanner

19.10.09
Pazartesi

5- Pistonlu Buhar Makinesi:

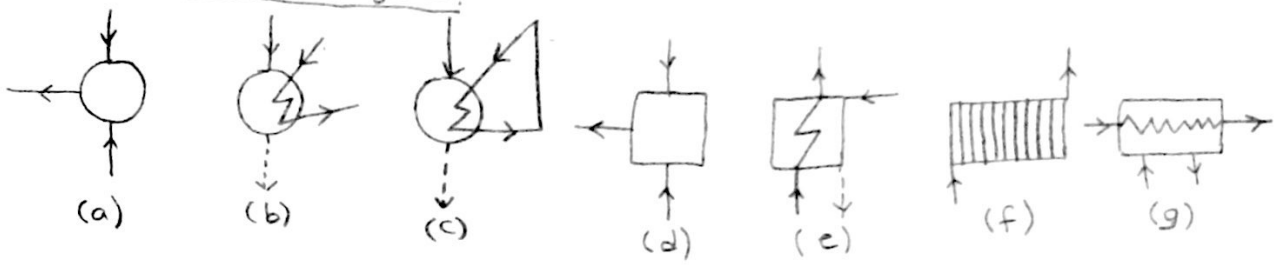


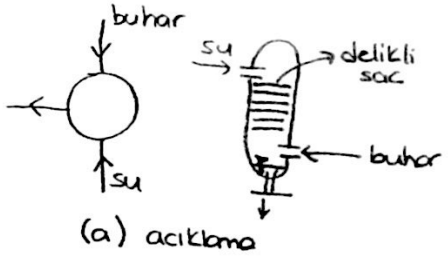
6- Elektrik Jeneratörleri ve diğer kullanıcılar:

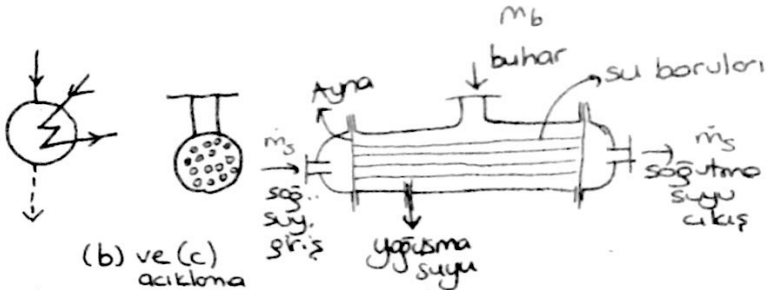


a: doğru akım jeneratörü (dinamo)
b: alternatif akım jeneratörü (alternatör)
c: buharı tamamen sarfeden ısı kullanıcısı
d: buharın yalnız ısısından istifade edip yoğuşum suyunu geri veren ısı kullanıcısı
e: gemi pervanesi

7- Kondenser ve eşanjörler:

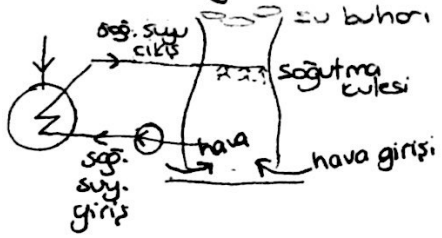






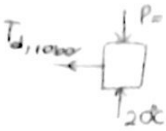
1kg buharı yoğuşturmak için ~~1~~ 100 kg soğutma suyuna ihtiyaç var!

a: karışım tipi kondenser (su ile buhar temaslı) basit, ucuz, çok iyi ısı transferi
b: soğutma suyu açık devre yapan yüzey tipi kondenser (temiz su kazana gitmeli. Su ile buhar temas etmez. Borular aracılığıyla ısı transferi. Daha maliyetli. Temas olmadığından kirli bir akıştan soğutma suyu olarak kullanılır.)
c: soğutma suyu kapalı devre yapan yüzey tipi kondenser (Kaynak yoksa kullanılır. Soğutma suyu kendi elde edilir. Soğutma kulesi ile soğ. suy. soğutulur.)



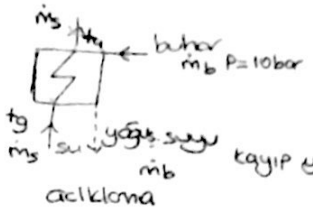
Scanned by CamScanner

d: Karışım tipi heater



10 bar basınca doyma sıcaklığı elde ederiş eğer kayıp yoksa.

e: Yüzey tipi heater

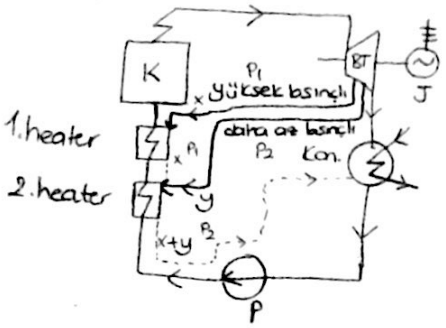


kayıp yoksa 10bar doyma sıcaklığıdır.

f: eko, ekonomizer (duman gazı ile suyu ısıtmak)

g: eşanjör

ÖRNEK:



Kazana yakın heater en yüksek basıncı alır. Ara buhar alınanlardan ilki en yüksek olur o 1. heater'e gider.

Ekonomi için 2 tane yüzey tipi heater kullanıldı. kazana giden su sıcak olursa yakıt ↓

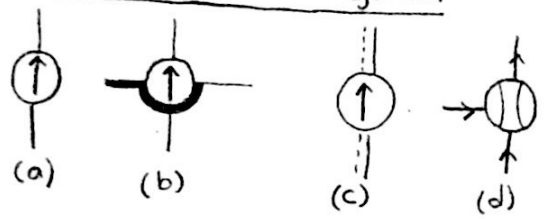
x: miktar (buharın) = 1.heaterden çıkan yoğusum suyu

y: miktar (buharın) = 2.heater'e giren buhar

1. heater enerji dengesi:

$$m_{giren} \cdot h_{giren} = m_{cikan} \cdot h_{cikan}$$

8- Pompa, kompresör ve ejektör:



a: pompa

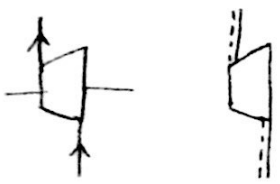
b: geri besleme pompası

c: vantilatör, hava kompresörü

d: ejektör

e: pistonlu pompa

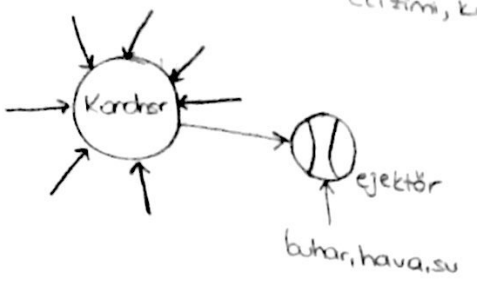
f: pistonlu hava kompresörü



(---- = hava)

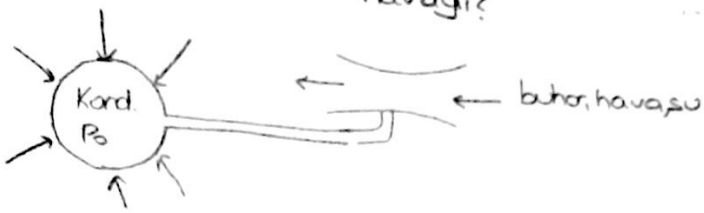
Scanned by CamScanner

Eski sınav sorusu: Ejektör (çizimi, kullanımı... sözel)



türbinden çekilen veya kazandan elde edilenlerle çalışabilir.
Termik s.'de genelde buhar.
Kondanserde vakum oluşturmaya yarar ejektör.
Kondansere gelen hava verimi düşürür. Ejektör bu havayı alır.

Peki ejektör nasıl alır havayı?

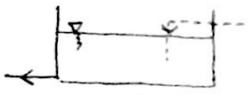


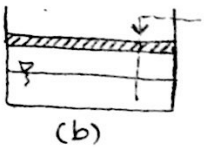
daralan kesitte akışın hızı ↑ basınç ↓
Po'ın altına kadar inilir.
Böylece kondanserden alırız fazlalığı.

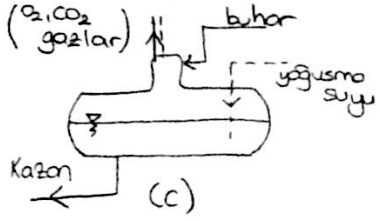
Hoca Notu:

Kondenser sürekli vakum şartında çalışır. (PC Patm) Ne kadar sızdırmazlık yapsak da içeri hava girer, bu da kondenser verimini düşürür. Bu havanın dışarı atılması gerekir. Bunun için kullanılan elemen ejektördür. Çalışma prensibi ise şöyledir; ejektör içerisinden, buhar, havo veyo su geçirilir. Kesit obrak daralan kısımda hız artar ve basınç kondenser içi basınca kadar düşürülür. Bu sayede kond. içi hava alınır.

9 - Kazan besleme suyu hazneleri:





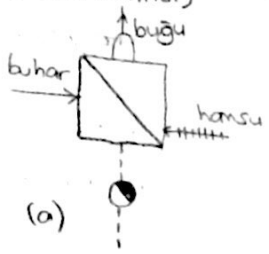


a: atmosfere açık besleme suyu tankı
b: atmosfere kapalı besleme suyu tankı
c: degazör, deaeratör
gaz alıcılı açık besleme suyu tankı

Isınan su kazana. Sistemde bulunmalı. Karışım tipi heater gibi. Kondenserden gelen yoğuşum suyunda gaz olabilir. Bu giderilmeli. Kazana gitmeden önce suyu ısıtıyoruz gazlar ayrışıyor ve su temizleniyor. Bir çevrimde mutlaka bir tane olmalıdır!

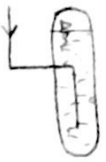
Scanned by CamScanner

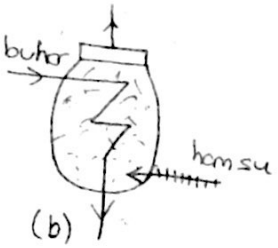
10- Evaporatör ve Isı Akıleri:
(buharlaştırıcı)



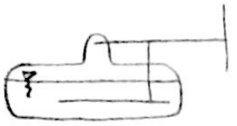
(a)

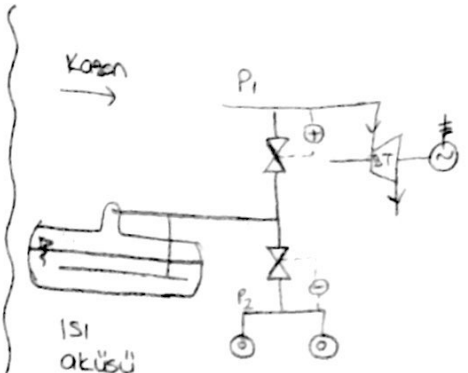
(c)


(e)



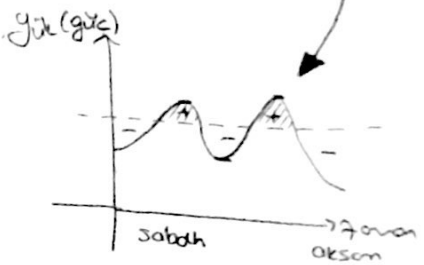
(b)


(d)



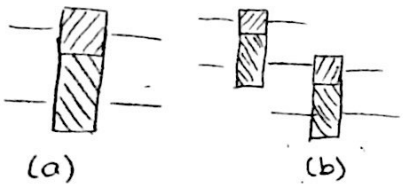
Isı deposu
ara talep dengesi oluşturmak için ✓

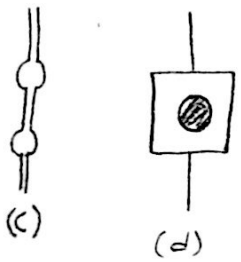
a: yüzey tipi evaporatör (termik buharlaştırıcı) tatlı su eldesi
b: daldırma kongallı evaporatör
c: eşit basınçlı ısı akısı
d: Ruths tipi ısı akısı
e: kesiksiz devir evaporatörü



(-)'lerde depo edip (+)'da kullanırız. Güvenli enerji

11- Diğer Elemanlar:

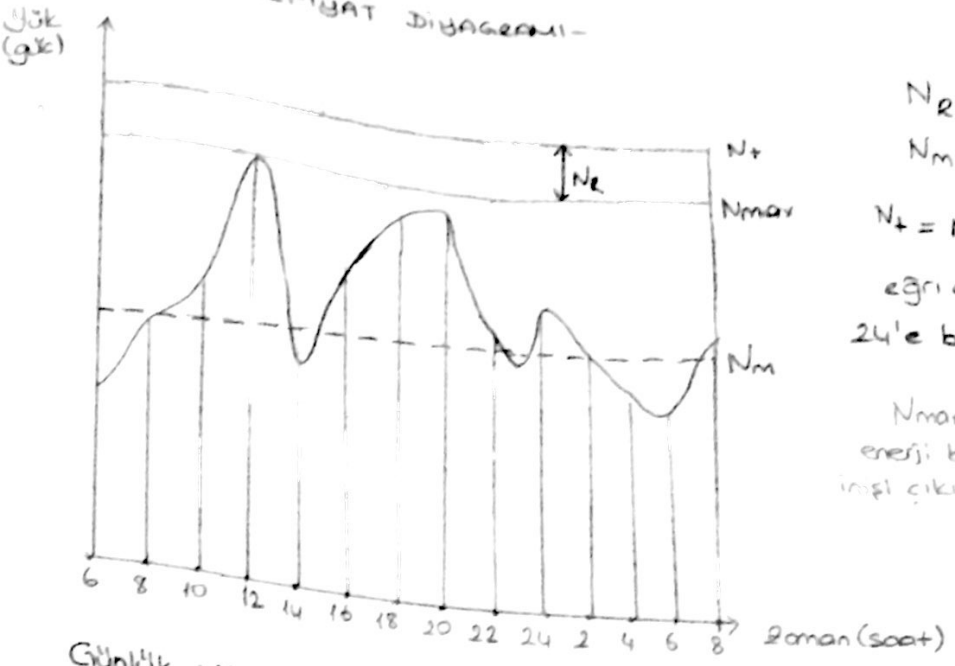

(a) (b)


(c) (d)

a: Tek kademeli dişli redüktör
b: Çift kademeli dişli redüktör
c: Föttinger tipi hidrolik kavrama
d: Nükleer reaktör

Scanned by CamScanner

-Güç iş ve Sarfiyat Diyagramı-



N_R: Yedek güç
N_m: Ortalama güç

$N_t = N_{max} + N_R$

eğri altı kalan alanı 24'e bölersek N_m bulunur.

N_{max}'ta çalışırsa enerji kaybı. N_m ideal işi çıkışı olmadan.

Günlük yük-süre eğrisi (şematik diyagram) Santralin yaptığı üretim

N_R günümüzde az çünkü santraller birbirinin yedeği.

Yıllık için kışın elektrik talebi fazla. Tepe noktaları kış olur.

-Boyutlar ve Birimler-

26.10.09
Pazartesi

Kütle, uzunluk, zaman → birincil boyutlar, ana boyutlar
Hız, enerji, hacim → ikincil ya da türemiş boyutlar (birincillerden elde edilmiş)

Herhangi bir fiziksel büyüklük boyutlar ile belirlenir, boyutlar ise birimlerle ölçülür.

SI birim sistemi → metrik (birimler arası 10'un katları)
İngiliz birim sistemi (1 yard = 3 feet) (1 feet = 12 in)

ABD de hala değişmedi. "United State's Costumary System" ingiliz birimi.

SI birim sisteminde 7 ana boyut ve bunların birimleri:

Boyut	Birim
Uzunluk	m (metre)
kütle	kg (kilogram)
zaman	s (saniye)
sıcaklık	K (kelvin)
elektrik akımı	A (amper)
ışık şiddeti	c (candela)
madde miktarı	mol (mol)

Scanned by CamScanner

- SI biriminde Standart Önekler -

	10'un katı	Önek
Üst katlar	10^{18}	exza (E)
	10^{15}	Peta (P)
	10^{12}	tera (T)
	10^{9}	giga (G)
	10^{6}	mega (M)
	10^{3}	kilo (k)
	10^{2}	hekto (h)
	10^{1}	deka (da)
Alt Katlar	10^{-1}	desi (d)
	10^{-2}	canti (c)
	10^{-3}	mili (m)
	10^{-6}	mikro (μ)
	10^{-9}	nano (n)
	10^{-12}	piko (p)
	10^{-15}	femto (f)
	10^{-18}	atto (a)

Yükseklik arttıkça g azalır.

- SI ve İngiliz birim sistemi -

	SI	İngiliz
Kütle	kg	lb_m (libre kütle)
Uzunluk	m	ft
Zaman	s	s

1 lbm = 0,454 kg
1 ft = 12 in
1 in = 2,54 cm

Kuvvet = kütle x ivme (N) SI'da
İngilizde Kuvvet ana boyut ve lb_f (libre kuvvet)

$1N = 1 kgm/s^2$ (SI)

$1 lb_f = 32,174\ lb_m ft/s^2$

Ağırlık: W, G → N

$G = m.g$ (N)

$g = 9,8 m/s^2$ (deniz seviyesinde)

Yükseklik	$g(m/s^2)$
deniz seviyesi	9,81
1000	9,804
2000	9,800
5000	9,791
10000	9,766
20000	9,745

Scanned by CamScanner

İş: kuvvet × yol (J ama daha çok kJ)

İngiliz birim sisteminde iş: btu

1 kcal = 4,18 kJ

1 btu = 1,055 kJ

yani 1 btu = 0,252 kcal eder.

Boyutlar

1- MLT (Kütle, uzunluk, zaman)
   a) SI
   b) CGS
   c) MKS

Hız = yol/zaman = L/T
İvme = Hız/zaman = (L/T). 1/T = L/T²
Kuvvet = Kütle x ivme = M. L/T² = ML/T² = F
M = FT²/L
basınç = kuvvet / Alan = F/L²

2- FLT (kuvvet, uzunluk, zaman)
   a) TÖS (teknik ölçü sistemi)
   b) İTÖS (İngiliz teknik ölçü sistemi)

	F	L	T
TÖS	kP	m	s
İTÖS	lb	ft	s

	M	L	T
SI	kg	m	s
CGS	g	cm	s

(fizikçiler ve kimyacılar)

Mühendisler "MKS"

Büyüklük		FLT		MLT		
	FLT	TÖS	İTÖS	MLT	SI	CGS
Kütle	FT^2/L	kPs^2/m	lbs^2/ft	M	kg	g
kuvvet	F	kP	lb	ML/T^2	kgm/s^2	gcm/s^2
ivme	L/T^2				m/s^2	
hız	L/T				m/s	
basınç	F/L^2				kg/ms^2	
iş	F.L				kgm^2/s^2	
Moment	F.L				kgm^2/s^2	
ısı						
güç	F.L/s					
özgül kütle	FT^2/L^4	kPs^2/m^4	lbs^2/ft^4	M/L^3	kg/m^3	
özgül ağırlık	F/L^3	kP/m^3	lb/ft^3	$M/(L^2T^2)$	$kg/(m^3s^2)$	
özgül hacim	L^3/F	m^3/kP	ft^3/b	L^3/M	m^3/kg	

$\gamma = G/V$; $\rho = G/V$

kP = kilopound

$G = m \cdot g$

$\frac{G}{V} = \frac{m}{V} g$; $\gamma = \rho \cdot g$

K, R, cp, cv, λ oluşturulabilir.

Scanned by CamScanner

Uzunluk ve Ağırlık:

1 lb = 0,454 kg (1 lbf = 0,454 kp) (lbf: kilopound)

1 kp = 1 kgf = 9,81 N

1 N = 1 kgm/s²

g = 9,81 m/s²

1 ft = 12 in = 0,308 m 1 in = 2,54 cm

Örn: 1 kp/cm² = ? lb/in²

basınç birimi (kuvvet/alan)

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{0,454}\ lb}{\left(\frac{1}{2,54}\right)^2 in^2} = 14,21\ \frac{lb}{in^2}$$

$\frac{lb}{in^2}$ İngiliz birimde basınç birimi ve $1\ \frac{lb}{in^2} = 1$ psi

Sıcaklık:

$T_K = 273,15 + T_{°C}$

$T_F = 1,8\,T_{°C} + 32$

$T_R = T_F + 459,68$

İş - Güç - Isı:

★ 1 PS = 736 W = 0,736 kW ⇒ (1 kW = 1,36 PS) 1 PS = 75 kpm/s

(1 BG = 1 PS, BG: buhar gücü)

1 HP = 0,746 kW = 746 W ⇒ (1 kW = 1,34 HP) (horsepower)

1 kcal = 4,18 kJ = 427 kpm ⇒ (1 kJ = 102 kpm)

$1\ \frac{kJ}{s} = 102$ kpm/s 1 kW = 102 kpm/s

1 btu = 1,055 kJ = 0,252 kcal

1 kWh = ? kJ, kcal

$1\ kWh = 1\ \frac{kJ}{s} \cdot 3600\ s = 3600\ kJ = 860\ kcal$

birim dönüşümü

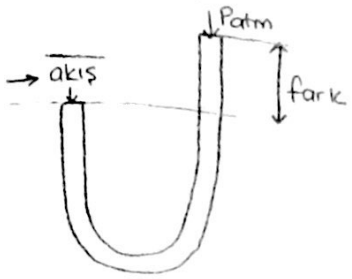
Scanned by CamScanner

Basınç

at → ata : mutlak basınç
at → atü : gösterge basıncı - manometre basıncı } TÖS

$1at = 1kp/cm^2$

$ata = 1 + atü$ mutlak basınç kullanılmalı herhangi bir problemde atü verildiyse ata'ya geçilmelidir.



fark = atü

Yükseklik farkı ihmal. O yüzden "L" sabit.

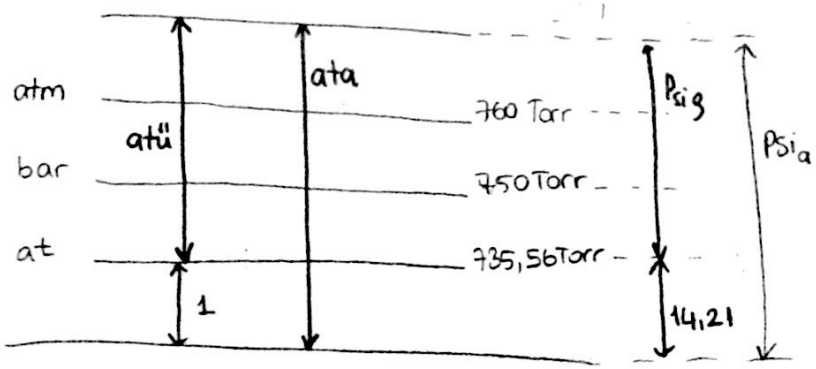
psi → psi_a : mutlak basınç
psi → psi_g : gösterge basınç } İTÖS

$1psi = 1 lb/in^2$

$psi_a = 14,21 + psi_g$ $\quad 1lb/in^2 = 1psi = 14,21\ kp/cm^2$

Buhar tabloları mutlak basınca göre düzenlenir. kPa, MPa vb---

$1bar = 10^3 kPa = 10^5 Pa = 10^5 N/m^2$ (ek dönüşüm)



1atm = 760Torr
1bar = 750Torr
1at = 735,56Torr

1atm = 1,0332at = 760Torr
1bar = 1,0197at = 0,9869atm
1at = 0,9807bar = 0,9678atm

3'ünden biri çıkış noktan olsun.

Scanned by CamScanner

Basınç:

	at	atm	bar	Torr	psi
1at	1	0,9678	0,9807	735,56	14,21
1atm	90332	1	1,0325	760	14,656
1 bar	1,0197	0,9869	1	750	14,49
1 Torr	$1,36.10^{-3}$	$1,316.10^{-3}$	$1,333.10^{-3}$	1	0,0193
1 psi	0,07	0,068	0,069	51,76	1

Tablo halinde basınç dönüşümleri

Kısaltmalar:

$1N = 1 kpm/s^2$

$1 Nm = 1J$

$1 J/s = 1W$

★ $1 kp/cm^2 = at$

$1 N/m^2 = 1 Pa$

$1 lb/in^2 = 1 psi$

$kp\,s^2/m = Hyle$

$gcm/s^2 = dyn$

$dyn/cm^2 = bari$

$1 bar = 10^6 bari$

$1N = 10^5 dyn$

$1 grf = 981 dyn$

Örn: 1- $C_{su} = 1 kcal/kg°C = ?\ kJ/kgK$

★ $\frac{1\ kcal}{kg°C} = \frac{4,18\ kJ}{kg\,K}$

Özgül ısılarda °C ve K 'ler farklıdır. birbiri yerine yazılabilir.

Örn: 2- $C_{hava} = 0,24 kcal/kg°C = 1 kJ/kgK$

3- $P = 10 at = ?\ N/m^2$

$10\ at = 10\ \frac{kP}{cm^2} = 10 \cdot \frac{9,81 N}{10^{-4} m^2}$

4- $1 kwh = ?\ kpm$

$1 kwh = 3600 kJ$ $\quad 1 kJ = 102 kpm$ ise $\quad 1 kwh \cong 367220 kpm$

5- $1 kwh = ?\ btu$

$1 kwh = 3600 kJ$

$1 btu = 1,055 kJ \Rightarrow 1 kwh = 3600 . 1,055 \cong 3412\ btu$

Scanned by CamScanner

6- 1 HPh = ? kJ, kcal, btu, kpm, GJ

1HPh = 0,746 kW.h = 0,746.3600 ≅ 2685 kJ

1 kcal = 4,18 kJ idi

1HPh ≅ 641 kcal

1btu = 1,055 kJ ⇒ 1HPh = 2685. $\frac{1}{1,055}$ ≅ 2545 btu

1kJ = 102 kpm idi 1HPh = 273895 kpm

1HPh = 2685.10^{-6} GJ ≅ 0,0027 GJ

ÖDEV

1- 1 PSh = ? kJ, kcal, Mcal, J, kpm, btu

2- 1 MWh = ? kWh, MJ, kJ, kcal, btu, kpm

3- 10 MJ/m^3 = ? MPa, kPa, Pa, kp/m^2, at, bar, psi, Torr

4- 80°F = ? °C, R, K ⟹ 26,66°C, 299,81 K, 539,68 R

(1) 1PSh = 0,736 kWh = 0,736 $\frac{kJ}{s}$.h = 0,736.3600 KJ = 2649,6 KJ

1kcal = 4,18 kJ ⇒ 2649,6/4,18 = 633,875 kcal

633,875 kcal = 633875 Mcal

2649,6 kJ = 2649600 J

1kJ = 102 kpm ⇒ 2649,6 kJ = 2649,6.102 kpm = 270259,2 kpm

1btu = 1,055 kJ ⇒ 2649,6/1,055 = 2511,469 btu

(2)

1MWh = 10^3 kWh

1MWh = 10^6 Wh = 10^6 $\frac{J}{s}$ h = 10^6.3600 J = 10^3.3600 = 36.10^5 KJ

36.10^5 KJ = 36.10^2 MJ

1kcal = 4,18 kJ ⇒ 36.10^5/4,18 = 8612440,19 kcal

1btu = 1,055 kJ ⇒ 36.10^5/1,055 = 3412322,274 btu

1kJ = 102 kpm ⇒ 36.10^5.102 = 3672.10^5 kpm

(3) $\frac{10 MJ}{m^3}$ = ? MPa $\frac{10 J}{m^3}$ = ? Pa $\frac{10 Nm}{m^2}$ = ? $\frac{N}{m^2}$

$\frac{10 MJ}{m^3}$ = 10 MPa = 10^4 kPa = 10^7 Pa

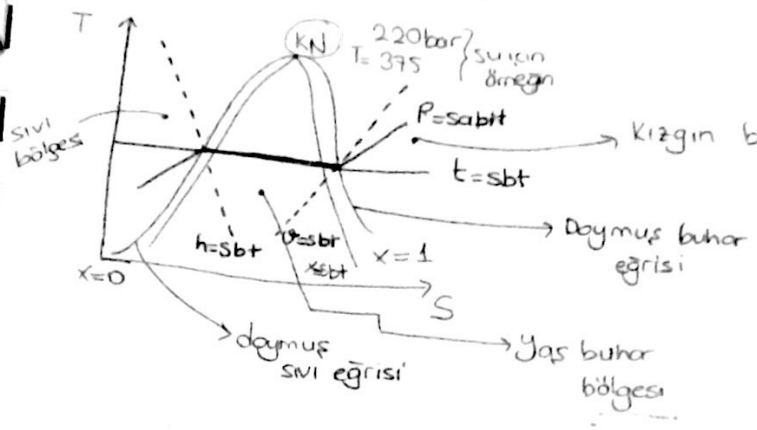
1kp = 9,81N ⇒ $\frac{1kp}{m^2}$ = $\frac{9,81N}{m^2}$ ⇒ $\frac{10MJ}{m^3}$ = $\frac{10^7 N}{m^2}$ = 981.10^5 $\frac{kp}{m^2}$

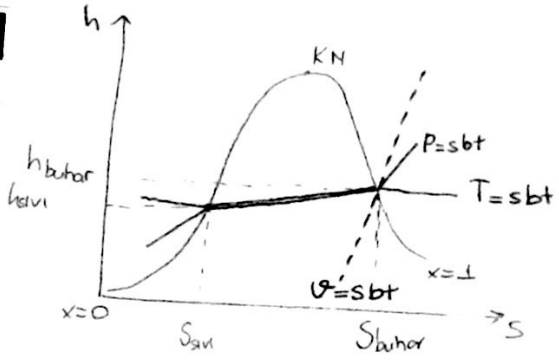
$\frac{1kp}{cm^2}$ = 1at ⇒ $\frac{981.10^5 kp}{m^2}$ = $\frac{981.10^5}{10000}$ = 9810 at = 9681,489 bar = 140284,7 psi = 7261139 Torr

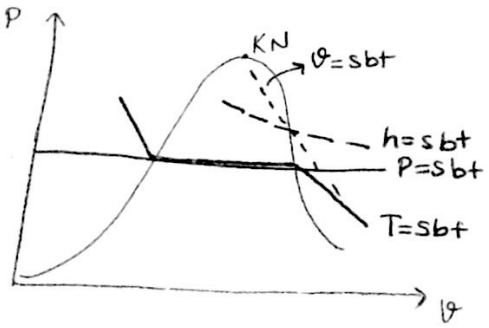
Scanned by CamScanner

02.11.09
Pazartesi

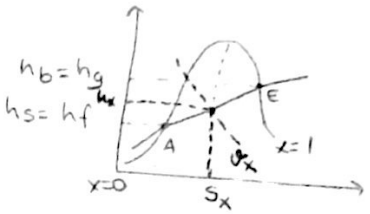
: Su Buhar Diyagramları:



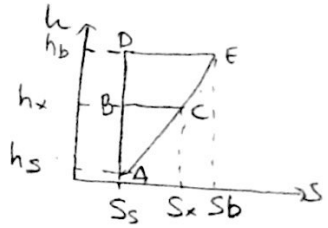




Ara h değerleri için,



formüller benzerlikten çıkabiliyor.



$\triangle ABC \sim \triangle ADE$

$$\frac{|AB|}{|AD|} = \frac{|BC|}{|DE|} = \frac{|\overline{AC}|}{|AE|}$$

$$\frac{h_x - h_s}{h_b - h_s} = \frac{x}{1} = \frac{S_x - S_s}{S_b - S_s}$$

$h_{fg} = h_{sb}$ → gizli ısı

$$h_x = h_s + x(h_b - h_s)$$
$$S_x = S_s + x(S_b - S_s)$$
$$\vartheta_x = \vartheta_s + x(\vartheta_b - \vartheta_s)$$

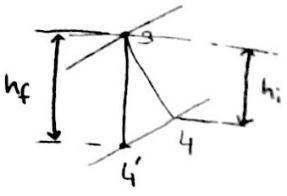
Scanned by CamScanner

Verimler:

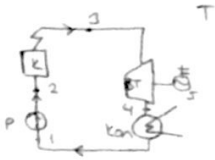
Alınan enerji ile verilen arasındaki ara bir makine, cihaz veya tesisin verimi denir. Verim = $\frac{\text{Alınan enerji}}{\text{Verilen enerji}}$

A- Makine Verimleri: Termik tesiste bulunan buhar tür. pompa, kondanser ve kazan gibi elemanların verimini ifade eder. Tek indisli dir.

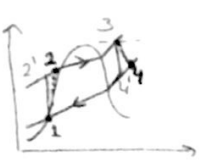
1- Türbin iç verimi: Türbindeki gerçek genişleme işinin, teorik yani kayıpsız genişleme işine oranıdır.



$$\eta_i = \frac{h_i}{h_f} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4'}}$$



Rakine



Türler = ideal kayıpsız.

enerji üreten bir makinedir türbin.

$\eta_i = \frac{N_i}{N_o}$ → iç güç / → ideal güç

2- Türbin mekanik Verimi: Türbin milinden alınan efektif (Ne) gücün, türbin iç gücüne oranıdır. (sürtünme için harcanan güç.)

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_s}{N_i}$$

Ns = sürtünme kayıpları + yardımcı makinelerin harcadığı güç. (Net gücü azaltıyor.)

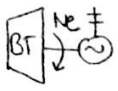
Ne: mekanik kayıp dikkate alınmış!

3- Efektif verim: Türbin milinden alınan efektif gücün, kayıpsız türbin gücüne oranıdır.

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_o} = \eta_i \cdot \eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$ ($\frac{N_i}{N_o}$)

4- Jeneratör verimi: Jeneratörden alınan gücün türbin milinden alınan güce oranıdır.

$$\eta_g = \frac{N_g}{N_e}$$



5- Devre (Donanım) verimi: Türbine gelen ısının kazanda verilen ısıya oranıdır.

$$\eta_d = \frac{\text{Türbine gelen ısı}}{\text{kazanda verilen ısı}}$$ Kazandan türbine yolda kayıp mevcut.

$$\eta_d = \frac{q_k - q_{kayıp}}{q_k}$$ Kazan-türbin kayıp ≫ geri kalan devre elemanları (sıcaklık çok yüksek) ihmal edilebilir.

Scanned by CamScanner

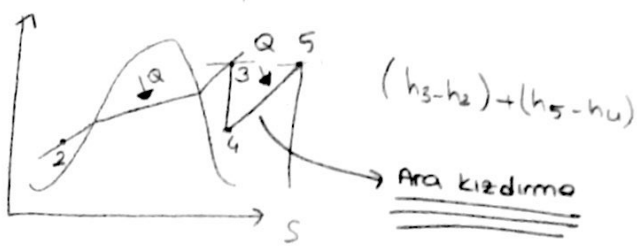
6- Kazan Verimi: Kazanda suya verilen ısının, yakıtın verdiği ısıya oranıdır. (η_k)

$Q_k = Q_u$

$G_h(h_3 - h_2) = B_h \cdot H_u \cdot \eta_k \Rightarrow \eta_k = \frac{G_h(h_3-h_2)}{B_h \cdot H_u}$

(G_h: saatteki buhar miktarı, B_h: yakıt miktarı)

Ara kızdırma vb. varsa dikkat buradaki toplamdır.



$(h_3-h_2)+(h_5-h_4)$

G_h: saatteki buhar miktarı (kg/h)

h_3: kazan çıkış entalpisi (Normal rakine için) $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

h_2: kazan giriş entalpisi (besleme suyunun entalpisi) $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

B_h: saatteki yakıt sarfiyatı $\left(\frac{kg}{h}\right)$

H_u: Yakıtın alt ısı değeri $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

7- Yardıma Makine Verimleri: Yardımcı makine olarak ne kullanılıyorsa onların verimlerini ifade eder.

Pompa ihmalse 1 ile 2 çakışık olur. (Bilgi verilmemişse mesela)

η_i =	%70 - %90	Türbin iç verimi
η_m =	%92 - %99	Mekanik verim
η_e =	%65 - %90	Efektif verim
η_k =	%70 - %99	Kazan verimi
η_g =	%96 - %99	Jeneratör verimi
η_y =	%95 - %99	Yanma verimi.

Scanned by CamScanner

B- Tesis Verimleri: (Çift indisliler)

1- Termik Adyabatik Verim: Türbinden alınan teorik genişleme işinin kazanda verilen ısıya oranıdır. (η_{ta})

$$\eta_{ta} = \frac{h_t}{q_k}$$

Yani termik tesisteki türbin kayıpları ihmal edildiğinde bulunan verimdir.

2- Termik iç Verim: Türbinden alınan gerçek gen. işi / kazanda verilen ısı (η_{ti})

$$\eta_{ti} = \eta_{ta} \cdot \eta_i = \frac{h_i}{q_k} = \frac{h_t \cdot \eta_i}{q_k}$$

Yani türbindeki kayıplar dikkate alındığında bulunan verim ifadesi

3- Termik Efektif Verim(η_{te})

$$\eta_{te} = \eta_{ta} \cdot \underbrace{\eta_i \cdot \eta_m}_{\eta_e} = \eta_{ta} \cdot \eta_e$$

kayıpsız
kayıplı
mekanik kayıplı

Makinenin milinden alınan efektif gücün kazanda verilen ısıya oranıdır.

Saft akışında bulduğumuz verim

4- Tesisin Toplam Verimi: (η_t): Tüm kayıplar dikkate alındığında bulun verim. (Ekonomik Verim)

$$\eta_t = \eta_{ta} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_k \cdot \eta_d \cdot \eta_y \cdot \eta_g$$

$$\eta_t = \frac{632,3 \cdot N_e}{B_h \cdot H_u}$$

N_e: PS_e B_h: kg/h H_u: $\frac{kcal}{kg}$ olmalı.

$$1PS = 75\ kpm/s = \frac{75}{427 \cdot \frac{1}{3600}} = 632,2\ \frac{kcal}{PSh}$$

$$\eta_t = \frac{860 \cdot N_e}{B_h \cdot H_u}$$

N_e: KWe B_h: kg/h H_u: $\frac{kcal}{kg}$

$$\eta_t = \frac{3600 \cdot N_e}{B_h \cdot H_u}$$

N_e: KWe B_h: kg/h H_u: $\frac{kJ}{kg}$

Scanned by CamScanner

Özgül Sarfiyatlar:

Özgül teorik ısı sarfiyatı: Bir termik tesiste birim güç (1kW veya 1PS) üretmek için harcanması gereken ısı miktarıdır

q_{th} {
- $632,3 \frac{kcal}{PSh} \rightarrow \frac{632,3}{ht}$ kg/PSh → ht = kcal/kg
- $860 \frac{kcal}{kwh} \rightarrow \frac{860}{ht}$ kg/kwh → dth → ht = kcal/kg
- $3600 \frac{kJ}{kwh} \rightarrow \frac{3600}{ht}$ kg/kwh → ht = kJ/kg
}

Özgül teorik buhar sarfiyatı: Bir termik tesiste birim güç üretmek için kayıpsız olarak kazanda verilmesi gereken buhar miktarıdır. (dth)

Özgül efektif buhar sarfiyatı: Bir termik tesiste birim güç üretmek için kayıplı olarak kazanda verilmesi gereken ısı miktarıdır.

de {
- $\frac{632,3}{ht.\eta_e}$ kg/PSeh — ht: kcal/kg
- $\frac{860}{ht.\eta_e}$ kg/kweh — ht: kcal/kg
- $\frac{3600}{ht.\eta_e}$ kg/kweh — ht: kJ/kg
}

Özgül efektif ısı sarfiyatı: (q_e)

$q_e = de \cdot q_k$ → kazan giriş-çıkış arası entalpi

$\left(\frac{kcal}{PSeh}, \frac{kcal}{kweh}, \frac{kJ}{kweh} \right)$

$q_k = (h_3 - h_2)$ pompa ihmal edilirse → $q_k = (h_3 - h_2 = h_1)$

Bir termik tesiste kayıplı olarak birim güç üretmek için kazanda verilmesi gereken ısı miktarıdır.

Özgül efektif yakıt sarfiyatı: (be)

$q_e = be \cdot Hu \Rightarrow be = \frac{q_e}{Hu}$

$\left(\frac{kg_y}{PSeh}, \frac{kg_y}{kweh}, \frac{kg_y}{kweh} \right)$

Bir termik tesiste birim güç üretmek için harcanılması gereken yakıt miktarıdır.

$be^* = \frac{be}{\eta_k}$ → içten yanmalı sis. (gaz türbinleri, motorları ve otodiz el mot.) ile buhar türbin kombinasyonu yapılırken kazan verimi dikkate alınmalı!

Farklı sistem karşılaştırılması $q_e^* = \frac{q_e}{\eta_k}$

Scanned by CamScanner

Saatlik Sarfiyatlar

Saatlik buhar sarfiyatı: ($D_h = G_h$)

$D_h = G_h = d_e \cdot N_e$ (kg/h)

Saatlik ısı sarfiyatı:

$Q_h = q_e \cdot N_e$ (kcal/h, kJ/h)

Saatlik yakıt sarfiyatı:

$B_h = b_e \cdot N_e$ (kg_y/h)

Tesisisin? termik efektif verimi için 2. yol:

$$q_e = \frac{kcal}{PS_{eh}} \; , \; \frac{kcal}{kW_{eh}} \; , \; \frac{kJ}{kW_{th}}$$

q_e'yi $\frac{kW}{kW}$, $\frac{kJ}{kJ}$, $\frac{kcal}{kcal}$ yapıp

$\eta_{te} = \frac{1}{q_e}$ 'den bulunur.

$$\eta_{te} = \frac{q_{th}}{b_e \cdot H_u} = \frac{q_{th}}{q_e}$$

$$\eta_{te} = \frac{632,2}{q_e} = \frac{860}{q_e} = \frac{3600}{q_e} = \dots$$

Örn: $q_e = 4 \frac{MW}{MW}$ ise

$\eta_{te} = \frac{1}{q_e} = \frac{1}{4} = 0,25$

Güç formülleri:

① Adyobatik Güç (N_o) — katsayı çıkarımı

$N_o = 5,7 \cdot G_s \cdot h_t$ (PS) [G_s = kg/s , h_t = kcal/kg]

Tek birim sis. $N_o = 4,18 \cdot G_s \cdot h_t$ (kW) [G_s = kg/s , h_t = kcal/kg]

SI $N_o = \dot{m}_b \, h_t$ (kW) [$\dot{m}_b$ = kg/s , h_t = kJ/kg]

$1 \frac{kcal}{s} = 427 \frac{kpm}{s}$

1PS = 75 kpm/s idi.

$\frac{427}{75} = 5,7$

② iç Güç (N_i)

h_i idi.

$N_o \cdot \eta_i = N_i = 5,7 \cdot G_s \cdot \overbrace{h_t \cdot \eta_i}^{h_i} \; (PS_i)$

$N_i = 4,18 \cdot G_s \cdot \underbrace{h_t \cdot \eta_i}_{h_i} = \dot{m}_b \cdot h_t \cdot \eta_i$

(kW_i) (kW_i)

③ Efektif Güç (N_e)

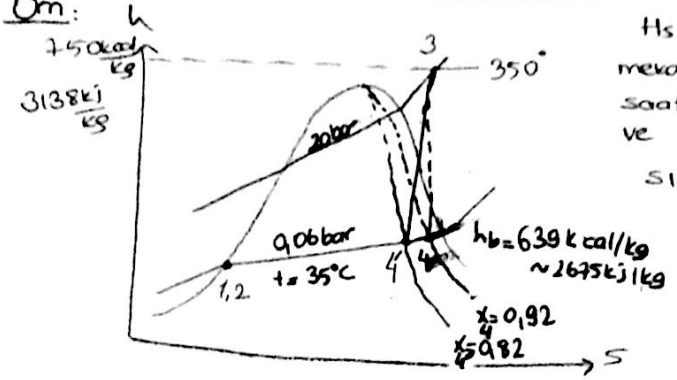
$N_e = N_o \cdot \eta_i \cdot \eta_m = N_o \cdot \eta_e = N_i \cdot \eta_m = 5,7 \cdot G_s \cdot h_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ (PS_e)

$N_e = 4,18 \cdot G_s \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ (kW_e)

$N_e = \dot{m}_b \cdot h_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m$ (kW_e)

Scanned by CamScanner

Ön:



Hs diyagramı veriken bir tesiste, türbin mekanik verimi 0,96, kazan üretimi %85'ş saatte 3 ton kömür yakıldığına göre ve kazana giren besleme suyunun sıcaklığı 35°C olduğuno göre (H_u=6000 kcal/kg) ;

09.11.09
Pazartesi

pompa ile ilgili bir bilgi yok
yani pompa ihmal → 1,2 çakışık

a) η_i = ? η_e = ?
b) η_{ta} = ? η_{ti} = ? η_{te} = ?
c) de, qe, be = ?
d) Ne = ?
e) Q_h, D_h = ?

η_m = 0,96 t_w = 35°C H_u = 6000 kcal/kg

saatte 3 ton kömür...
B_h = 3 t/h

a) $\eta_i = \frac{h_i}{h_t}$ idi. $= \frac{h_3 - h_u}{h_3 - h_4'}$ (gerçek / kayıpsız)

$h_u = h_s + x_u (h_b - h_s)$

★ doymuş su

düşük basınçta sıvı entalpisi $c_p . \Delta T = h_{sıvı}$

$h_s = c_p . T = \frac{1 kcal}{kg\,°C} . 35°C = \frac{35 kcal}{kg}$ 'dır. $h_1 = h_2 = h_{sıvı}$

$\cong 140$ kJ/kg

yani

$h_4 = 140 + 0,92(2675 - 140) \Rightarrow 2470$ kJ/kg

$[h_4 = 35 + 0,92(639 - 35)] \nearrow 590$ kcal/kg

$h_4' = h_s + x_{4'} (h_b - h_s) \Rightarrow h_{4'} = 530$ kcal/kg $= 2219$ kJ/kg

$h_i = h_3 - h_4 = 750 - 590 = 160 \frac{kcal}{kg} = 670 \frac{kJ}{kg}$ (kayıplı, gerçek)

$h_t = h_3 - h_4' = 750 - 530 = 220 \frac{kcal}{kg} = 921 \frac{kJ}{kg}$ (teorik)

$\eta_i = \frac{h_i}{h_t} = \frac{670}{921} = \frac{160}{220} \cong 0,727$

Scanned by CamScanner

$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,727 \cdot 0,96 \cong 0,698$

mekanik kayıplar hesapta

b) $\frac{h_t}{q_k} = \eta_{ta}$

$q_k = h_3 - h_1 = h_2$ (pompa ihmal) $= 750 - 35 = 715 \text{ kcal/kg} = 2993 \frac{kJ}{kg}$

$\eta_{ta} = \frac{220 \text{ kcal/kg}}{715 \text{ kcal/kg}} \cong 0,307$

$\eta_{ti} = \eta_{ta} \cdot \eta_i = 0,307 \cdot 0,727 \cong 0,224$ ya da $\left(\frac{h_i}{q_k} = \eta_{ti}\right)$

$\eta_{te} = \eta_{ta} \cdot \eta_i \cdot \eta_m = \eta_{ti} \cdot \eta_m = 0,224 \cdot 0,96 = 0,2142$

mile aktarılan güç (mekanik enerji)

c)

$de = \frac{860}{ht \cdot \eta_e} = \frac{860}{220 \cdot 0,698} = 5,6 \text{ kg/kWeh}$ (efektif)

1kwh üretmek için tüketilen miktar

$q_e = q_k \cdot de = 715 \frac{kcal}{kg} \cdot 5,6 \frac{kg}{kWeh} \cong 4004 \frac{kcal}{kWeh} \cong 16764 \frac{kJ}{kWeh}$

$be = \frac{q_e}{H_u} = \frac{4004 \text{ kcal/kWeh}}{6000 \text{ kcal/kg}} = 0,667 \text{ kg}_y/\text{kWeh}$ (yakıt)

d) $Bh = be \cdot Ne$

$\frac{3t}{h} = \frac{3000 kg}{h} = 0,667 \frac{kg_y}{kWeh} \cdot Ne \Rightarrow Ne \cong 4495 \text{ kWe}$

e) $Qh = q_e \cdot Ne$

$Qh = 4004 \frac{kcal}{kWeh} \cdot 4495 \text{ kWe} = 18000000 \frac{kcal}{h}$

$Dh = de \cdot Ne \Rightarrow Dh = 5,6 \text{ kg/kWeh} \cdot 4495 \text{ kWe} = 25175 \text{ kg/h}$

f) de, qe ve be de (kg/PSeh)? (kcal/PSeh)? (kg/PSeh) be?

1PS = 736 W
1PS = 0,736 kWe
1PSeh = 0,736 kWe $\Rightarrow$ $de = 5,6 \frac{kg}{kWeh} = 4,121 \frac{kg}{PSeh}$ $\quad \frac{16764 kJ}{kWeh} = 5150 \frac{kJ}{PSeh}$ $\quad \frac{0,667 kg}{kWeh} = 0,490 \frac{kg}{PSeh}$

Scanned by CamScanner

Örnek: Bir termik santralde buhar, kazandan 40 bar ve 350°C'de çıkıp türbine gidiyor. Türbinle 0,1 bar basınca kadar genişliyor. Türbin içi verimi %78, mekanik verim %98, kazan besleme suyu giriş sıcaklığı 45°C, türbinin efektif gücü 5MWe ve kazanda yakılan kömürün alt ısı değeri 9600kcal/kg ise;

a) Özgül efektif ısı, buhar, yakıt sarfiyatları? (de, qe, be)

b) Saatlik sarfiyatları (ısı, buhar, yakıt) bulun (Dh, Bh, Qh)

c) Tesisisin termik (adyabatik + iç + efektif) verimlerini bulun.

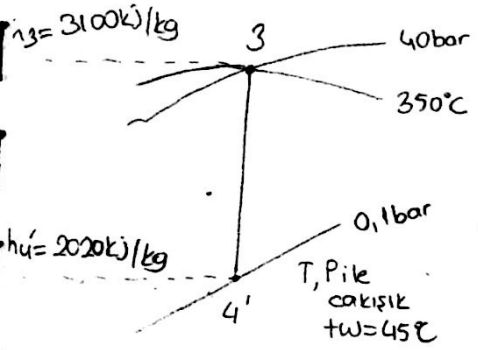
d) Kazan verimi %85 ise, kazanın saatteki gerçek yakıt miktarını hesaplayın.

e) (d'ye bağlı) tesisin haftalık gerçek yakıt sarfiyatını bulun.

f) Bir haftalık gerçek yakıt sarfiyatı için gerekli tank hacim ve sayısını bulun.

Tank çapı = 4m h=10m yakıt yoğ (ρ) = 0,18kg/dm³

g) Birim yakıt fiyatı 4TL/ton ise yıllık yakıt tasarrufunu ve bu tasarrufun parasal karşılığını bulun. (Kazan verimi 1 ve 0,85 iken)



$\eta_i = 0,78$ $\eta_m = 0,98$ $N_e = 5MWe$

$H_u = 9600 \frac{kcal}{kg}$ $t_w = 45°C$

a) de, qe, be ?

b) Dh, Bh, Qh ?

c) $\eta_{ta}, \eta_{ti}, \eta_{te}$?

d) $\eta_k = 0,85 \Rightarrow B_{hgerçek} = ?$

e) $B_{h_{3hafta}} = ?$

f) $V_{tank} = ?$ $n = ?$

g) $\Delta B_{yıllık} = ?$

1 hafta = 24.7 saat 1 yıl = 8760 saat

g) $B_{yıllık} = B_h \cdot \frac{8760h}{yıl} = 1614 \frac{kg_y}{h} \cdot \frac{8760h}{yıl} \cong 14103 \frac{ton}{yıl}$ ($\eta_k = 1$ kayıpsız)

$\eta_k = 0,85$ için $B_{yg} = B_{hg} \cdot 8760 = 1,9 \cdot 8760 = 16521 \frac{ton}{yıl}$

$\Delta B_y = B_{yg} - B_y = 16521 - 14103 = 2418 \frac{ton}{yıl}$

yıllık parasal tasarruf $= 2418 \frac{ton}{yıl} \cdot \frac{4TL}{ton} = 9672 TL/yıl$

Scanned by CamScanner

a)

$h_t = h_3 - h_4' = 3100 - 2020 = 1080\ kJ/kg$ (türbindeki teorik ısı dönüşü)

$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,78 \cdot 0,98 = 0,7644$

$d_e = \frac{3600}{h_t \cdot \eta_e} = \frac{3600}{1080 \cdot 0,7644} \cong 4,36\ kg/kWeh$

$q_e = q_k \cdot d_e \Rightarrow q_k = h_3 - h_2 = 3100 - 188 = 2912\ \frac{kJ}{kg}$

pompaihmal. $\frac{kJ}{kg}$ için

$h_1 = h_2 = c_p \cdot t_w = 4,18 \cdot 45 = 188\ kJ$

$= h_s$

$q_e \cong 12957\ kJ/kWeh$

$b_e = \frac{q_e}{H_u} = \frac{12957\ kJ/kWeh}{9600 \cdot 4,18\ kJ/kg} \cong 0,32\ kg_{yakıt}/kWeh$

b)

$D_h = d_e \cdot N_e \Rightarrow D_h = 4,36\ kg/kWeh \cdot 5000\ kWe = 21800\ kg/h$

$Q_h = q_e \cdot N_e \Rightarrow 12957\ kJ/kWeh \cdot 5000\ kWe = 64,7 \cdot 10^6\ \frac{kJ}{h}$

$B_h = b_e \cdot N_e \Rightarrow 0,32\ kg_y/kWeh \cdot 5000\ kWe = 1614\ kg/h$

c) $\eta_{ta} = \frac{h_t}{q_k} \cong 0,36$

$\eta_{ti} = \eta_{ta} \cdot \eta_i = 0,283$

$\eta_{te} = \eta_{ta} \cdot \eta_m = 0,277$ veya

2.yol

$q_e = \frac{12957\ kJ}{kWeh} = \frac{12957\ kJ}{3600\ kJ}$

den $\eta_{te} = \frac{1}{q_e} = \frac{1}{\frac{12957}{3600}} \cong 0,277$

d) $B_{h_g} = \frac{B_h}{\eta_k} = \frac{1614\ kg_y/h}{0,85} = 1899\ kg/h \cong 1,9\ ton/h$

e) $1899\ \frac{kg}{h} = \frac{1899\ kg}{h} \cdot \frac{24,7\ h}{hafta}$ (gün.saat) $\cong 319\ ton/hafta$

f) $V_{tank} = \frac{\pi 4^2}{4} \cdot h = 125,6\ m^3$ $\quad V_{yakıt} = \frac{m_{yakıt}}{\rho}$ veya oranth ile

$\rho_{yakıt} = 0,8\ \frac{kg}{dm^3}$ $\quad 1\ dm^3$'te $0,8\ kg$ var.

$\therefore V_{yakıt} \quad 319000\ kg$

$V_{yakıt} = \frac{319000 \cdot 10^{-3}}{0,8} = 399\ m^3/hafta$

$n = \frac{V_{yakıt}}{V_{tank}} \cong 3,2$ (tank sayısı)

yani $n = 4$ alınır

Şıkkı soru altında.

Scanned by CamScanner

Ödev: Özgül efektif ısı sarfiyatı $7200 \frac{kcal}{kWeh}$ olan (q_e) bir tesiste buhar türbininin saatteki sarfiyatı $6000 \frac{kg}{h}$ (D_h) buharın türbine giriş entalpisi (h_3) = 850 kcal/kg, türbinin iç verimi (η_i) = 0,77, mekanik verim η_m = 0,99 ise;

a) özgül efektif buhar sarfiyatı d_e = ?
özgül efektif yakıt sarfiyatı b_e = ?

b) Türbin efektif gücü N_e = ? (kWe / PSe / HPe cinsinden)

c) Türbindeki teorik (kayıpsız) ısı düşüşü (h_t) hesaplayınız.

d) Türbindeki gerçek ısı düşüşünü hesaplayın.

e) Türbin gerçek çıkış entalpisini hesaplayın. (h_4 = ?)

Besleme suyu giriş sıcaklığı = 40°C (t_w)

$q_e = 7200 \frac{kcal}{kWeh} = q_k \cdot d_e$ (tersten gidilmesi gereken yerler var.)

$d_e = \frac{3600}{h_t \cdot \eta_e}$ $\quad \eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,99 \cdot 0,77 = 0,762$

$D_h = d_e \cdot N_e = 6000 \frac{kg}{h} = \frac{3600}{h_t \cdot 0,762} \cdot N_e$

$h_t = h_3 - h_4' \Rightarrow h_1 = h_2 = c_p \cdot t_w = 4,18 \cdot 40 = 167,2 \frac{kJ}{kg}$

$h_3 = 850 \cdot 4,18 = 3553 \frac{kJ}{kg}$

$q_e = 3009,6 \frac{kJ}{kWeh} = (3553 - 167) \cdot d_e$ * $d_e = 8,88 \frac{kg}{kWh}$

* $b_e = \frac{q_e}{H_u}$ = ?

$D_h = 6000 \frac{kg}{h} = d_e \cdot N_e$

* $N_e = 675,67 \text{ kWe} \cong 0,6 \text{ MWe}$

(1 kWe = 1,36 PSe

* 675,67 kWe = 918,91 PSe

(1 kWe = 1,34 HPe

* 675,67 kWe = 905,39 HPe

$d_e = \frac{3600}{h_t \cdot \eta_e}$

$8,8 \frac{kg}{kWh} = \frac{3600}{h_t \cdot 0,762}$

* $h_t \cong 532 \frac{kJ}{kg}$

* $h_i = \eta_i \cdot h_t = 409,66 \frac{kJ}{kg}$

$\eta_i = \frac{h_3 - h_4'}{h_3 - h_4} = 0,77$

$\frac{3553 - h_4}{3553 - 3021} = 0,77$ $\quad h_4 = 3143,36 \frac{kJ}{kg}$

Scanned by CamScanner

16.11.09
Pazartesi

Bir tesiste yakıt yakarak ya da başka şekilde elde edilen ısının nasıl kullanıldığını izlemek gerekir. Bu ya bir ısı bilançosu cetveli ya da bu cetelin diyagram şeklindeki Sankey diyagramı (Enerji / Isı Akış diyagramı) çizilerek yapılabilir. Bu cetvel veya diyagramda tesise verilen ısı, ısı birimi cinsinden yazılır ve çeşitli nedenlerle harcanan ısılar bu esas değerlerden çıkartılır. Ya da sisteme verilen ısı %100 kabul edilir ve harcanan ısılar bu durumda % olarak ifade edilir.

Tesiste verilen ısı bilindiğine göre ana ve yardımcı makineler dahi yardımcı ısı; ayrıca pişirme, kurutma ve benzeri teknolojik amaçlar için kullanılan ısı miktarları ve söz konusu tesiste soğutma suyu, duman gazı ve ışınım ve kaçaklar nedeniyle oluşan ısı kayıpları ısı bilançosu cetveline yerleştirilir. Bu cetvelde alınan ve verilen ısılar birbirine eşit olmalıdır.

→ Isı cetveli bilançosu

→ Sankey diyagramı (Isı / Enerji akış diyagramı)

kullanılır.

Örn: Verimi %85 olan ve yakıt = kömür olan bir buhar kazanına ait ısı bilançosu cetvelini yakıtla verilen ısının %100 olduğunu kabul ederek oluşturun.

Harcama yeri	Verilen ısı	Alınan ısı
Yakıtla verilen ısı	100	—
Baca kaybını oluşturan duman gazı ısısı	—	7
Yakıtın yanmadan kısmının ısısı	—	2
Kazanda ışınım yoluyla kaçan ısı	—	3,5
Yardımcı makinelerin geçtiği ısı	—	2,5
Taze buhar ısısı	—	85 (kazan verimi)
Bilanço	100	100
Yakma havası	10 (sistemde tekrar kullanılıyor)	10

10 = 10

Scanned by CamScanner

Kondensasyonlu Buhar türbinli endüstriyel tesis için ısı bilançosu çevrelini oluşturun (kazanda yakıtla verilen ısı %100)

Harcama yeri	Verilen ısı	Alınan ısı
Yakıtla verilen ısı	100	—
Kazan kayıplarına karşılık gelen ısı	—	11,8
Taze buhar devresinde ışınım yoluyla kaybolan ısı (devre kaybı)	—	1,2
Türbin ışınım kayıpları ısısı (türbin iç kayıpları)	—	0,3
Elektrik kayıpları ısısı (jeneratör kaybı)	—	1,4
Elektrik enerjisine çevrilen ısı	—	27,2 (termik efektif verim)
Soğuyan yoğuşum suyunu verdiği ısı	—	0,5
Kondanser soğutma suyunun aldığı ısı (kondanser kaybı)	—	57,6
Bilanço	100	100

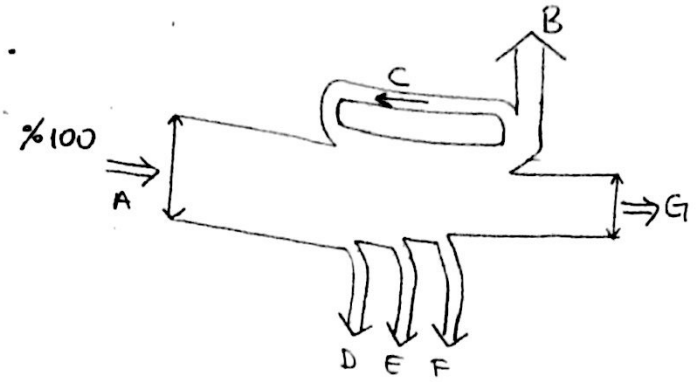
Sankey Diyagramı: (Enerji Akış Diyagramı – Isı Akış Diyagramı)

Bu diyaramda tesiste verilen ısı miktarı %100 olarak alınan bir ana akış kolu yardımıyla gösterilir. Burada çeşitli harcama yerleri ana akıştan ayrılan birer kol olarak gösterilir ve bu kolların her biri 100'e göre bir anlam taşır. Sonuçta toplamları da %100 olmalıdır. Bazı tesislerde kapalı devre yapan ısı miktarları olabilir. Bu tür kollar %100 değere katkıda bulunmaz. (Yakma havası vb.)

→ Örnek

Scanned by CamScanner

Buhar kazanına ait Sankey diyagramını çizelim.



A: Kazanda yakıtla verilen ısı

B: Duman gazları yoluyla çevreye atılan ısı (baca kaybı)

C: Luvadan yakma havası yoluyla devreye giren ısı (kapalı devre)

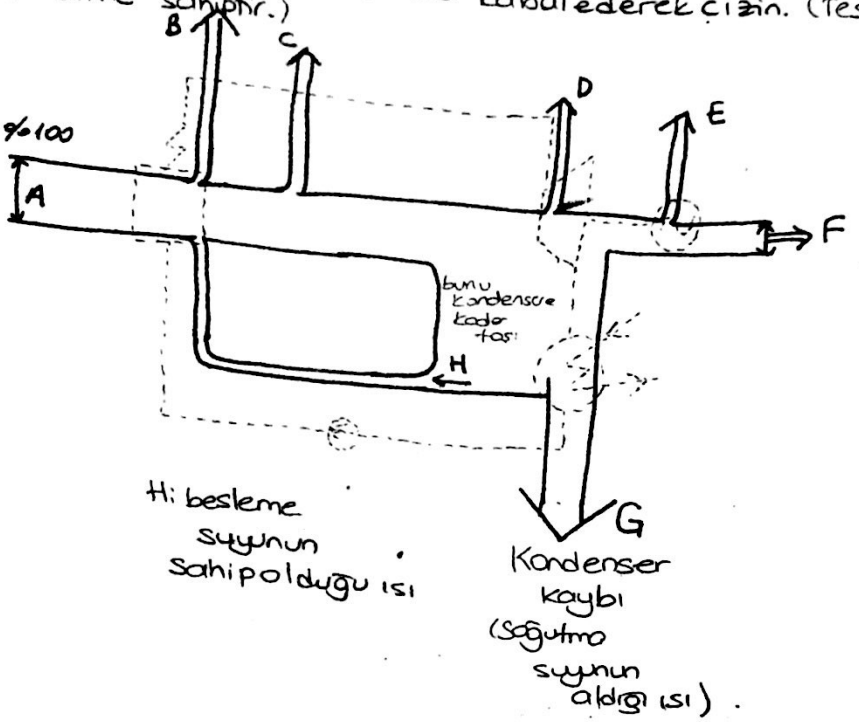
D: Yakıtın yanmamış kısmıyla dışarı atılan ısı

E: Isınım yoluyla atılan ısı

F: Yardımcı makineler için gerekli olan ısı

G: Suyu buhar haline getiren faydalı ısı (%85 olan)

Örn: Buharlı bir güç çevrimine (Rankine Çevrimi) ait Sankey diyagramını yakıtla verilen ısıyı %100 kabuledererek çizin. (Tesis kondenserli buhar türbinine sahiptir.)



A: Yakıtla verilen ısı

B: kazan kayıplarına karşılık gelen ısı

C: kazan türbin arası devre kaybına karşılık gelen ısı

D: Türbin kaybına karşılık gelen ısı

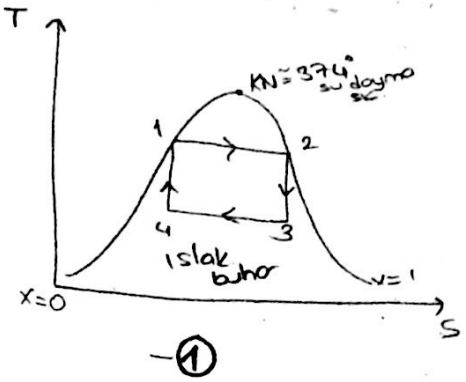
E: Jeneratör kaybına karşılık gelen ısı

F: Elektrik enerjisine çevrilen faydalı ısı

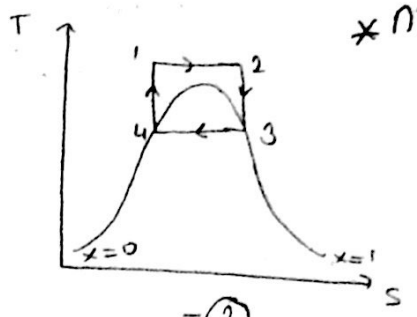
Scanned by CamScanner

- Buharlı Güç Çevrimleri -

Carnot Buhar Çevrimi (iki sıcaklık arası çalışan, max verimli çevrim)



-①



-②

* Makineler Tersinirdir.

Carnot çevrimi, buharlı güç çevrimleri için uygun bir model midir? (Sözel sınav sorusu)

Şekil ① için (suyun doyma eğrisi altında kalan bir çevrim)

1-2: Kazanda sabit sıcaklıkta (izotermal) ve tersinir ısı girişi

2-3: türbinde sabit entropili (izentropik) genişleme

3-4: Kondanserde sabit sıcaklıkta çevreye ısı atımı

4-1: Sabit entropide sıkıştırma

*

Carnot uygun değildir. Çünkü;

① İki fazlı bir sistemden (1-2 kazan prosesi) veya sisteme sabit sıcaklıkta ısı geçişi uygulamada mümkündür. Çünkü ısıtıcı içerisinde basıncın sabit tutulması sıcaklığında doyma noktasında sbt kalmasını sağlar. Bu nedenle 1-2 ve 3-4 hal değişimleri kazan ve kondanserde kolaylıkla sağlanabilir. Fakat ısı geçişini 2 fazlı sistemle sınırlandırmak çevrimde erişilebilecek maximum sıcaklığı önemli ölçüde kısıtlar. Bu sıcaklık kritik sıcaklığın üzerinde olamaz. (T_{kritik} = 374°C) Sıcaklığın kısıtlanması ise termik verimin de sınırlanması anlamına gelir. Çevrimin en yüksek sıcaklığın doyma sıcaklığı üzerine çıkarılması durumunda akışkana ısı geçişi kızgın buhar bölgesinde (tek fazlı bölgedel olur. Burada ise (tek fazlıda) sabit sıc. da ısı geçişi mümkün değildir.

② 2-3 hal değişimi (türbinde izentropik genişleme) iyi tasarlanmış bir türbinde yaklaşık olarak gerçekleştirilebilir. Fakat şekil ①'de göre kuru gibi genişleme sırasında buharın kuruluk derecesi azalır. Yani türbinde genişleyen buhar içerisindeki sıvı zerrecik miktarı artar. Bu ise türbin kanatlarında aşınma-tıpırtıya nedenidir. Bu nedenle güç santrallerinde genişlemede buhar kuruluk derecesinin %90'ın altına düşmesi istenmez.

Scanned by CamScanner

Bu sorun, doymuş buhar eğrisi çok dik olan (/\) bir akışkan kullanılarak çözülebilir.

③ 4-1 hal değişimi (izen. sıkıştırma) sıvı buhar karışımının doymuş sıvı haline sıkıştırılmasını öngörmektedir fakat 2 zorluk vardır.

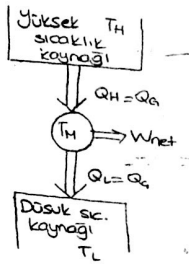
3.1. Yoğuşturmayı 4 noktasında sonlandırmak kolay değildir.

3.2. 2 fazlı akışkanı sıkıştıracak bir kompresörün yapımı da uygulamada kolay değildir.

Bu gerekçelerden dolayı Carnot birim için uygun değildir.
Dik eğrili akışkan kullanımı da olmuyor

Bu zorluklardan bazıları Carnotun şekil ② deki gibi tasarlanmasıyla ortadan kalkabilir. Fakat yüksek basınçta izentropik sıkıştırma ve değişen basınç altında izotermal ısı geçişi gibi problemler ortaya çıkar.
Yani Carnot uygun değildir.

Termik Makine Ve Isıl Verim (Termik efektif verim)



Isı alarak net iş üreten makineler "termik makine" dir. (Isı enerjisi → iş) Çok farklı tipte termik makine olabilir, fakat hepsinin ortak noktaları vardır. Bunlar:

1- Yüksek sıcaklık kaynağından ısı alırlar (kazan, reaktör, güneş ...)

2- Isı enerjisinin bir kısmını (mil işine) mekanik enerjiye dönüştürürler.

3- İşe dönüşüm sonucu geri kalan ısı düşük sıcaklıktaki çevreye atılır.

4- Termik makineler, hal değişimleri sonucunda tekrar başlangıç konumuna gelir, yani bir çevrim oluşturur.

Termik makineler çevrim oluşturduğundan kütle alışverişi olmaz. Aynı zamanda çevrim oluşturduğu için iç enerji değişimi ($\Delta u = 0$) sıfırdır. Bu durumda kapalı bir sistem ve iç enerji değişimi olmadığı şartlar için Termonun 1. kanunu

$\delta q - \delta w = \Delta e$ idi (q_{net} top ısı, w top iş, e top enerji)

$\Delta e = \Delta u + k.e + p.e$ idi. ($\Delta u = 0$, $k.e = 0$, $p.e = 0$ (ısı ve işe göre düşük, 0))

$\Delta u = 0$ için $\delta q = \delta w$ olur. Yani $q_{net} = W_{net}$

Scanned by CamScanner

Termik makine için termik verim: Giren ısı enerjisinin net işe dönüşüm oranıdır.

$$\eta_{ısıl} = \eta_{te} = \frac{\text{alınan enerji}}{\text{verilen enerji}} \Rightarrow \frac{W_{net}}{q_{giren}} = \frac{q_{net}}{q_{giren}}$$

→ ara kızdırma olaylarını unutma.

$W_{net} = W_{cikan} - W_{giren}$

$q_{net} = q_{giren} - q_{atka}$ (kJ/kg)

* Termik makineler aynı sıcaklık sınırları arasında çalışıyorsa karşılaştırma için η_{te} anlamlıdır.
* Sıcaklıklar farklı ise η_c kullanılır. η_{II} tanımlanır ve $\eta_{II} = \frac{\eta_{te}}{\eta_c}$

2. carno verimi

Örn: Kaynak sıcaklığı 1300°C olan bir termik makinenin verimi %35'tir. Diğer bir termik makinenin verimi %35 olup yüksek sıcaklık kaynağı 700°C 'dedir. Her iki makine de atık ısılarını 27°C deki çevreye atmaktadır. İki makineyi verimleri açısından karşılaştırın. (1. ve 2. kanun verimleri)

	T_{max}	$\eta_{te} = \eta_{ısıl}$	T_{min}	η_c	η_{II}
1. makine	1300°C	%35	27°C	%81	%43
2. makine	700°C	%35	27°C	%69	%50,3

$\eta_c = 1 - \frac{T_{min}(K)}{T_{max}(K)} \Rightarrow \eta_{c_1} = \%81$

$\eta_{c_2} = \%69$

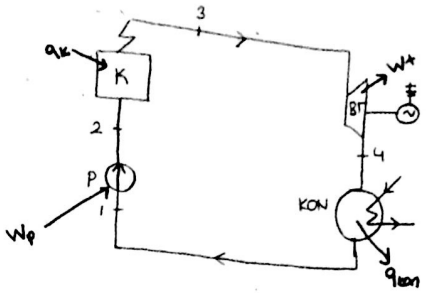
$\eta_{II} = \frac{\eta_c}{\eta_{te}}$ idi

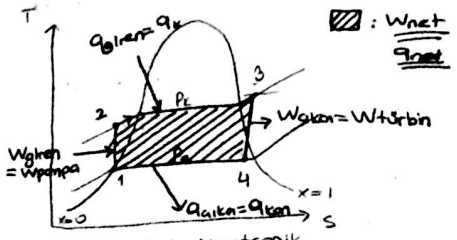
Scanned by CamScanner

- İDEAL RANKINE ÇEVRİMİ -

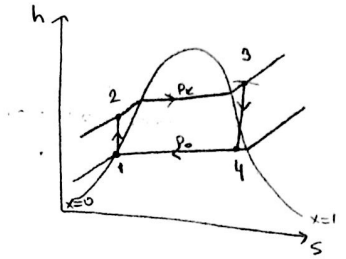
23.11.09
Pazartesi

Kazan, pompa, türbin ve kondanser ana elemanlar.





1-2 3-4 izentropik



1-2 : sabit entropide sıkıştırma

2-3 : kazanda sabit basınçta ısı girişi

3-4 : Buhar türbininde izentropik genişleme

4-1 : Kondanserlerde sbt P'de çevreye ısı atımı

İdeal Rankine çevriminde enerji çözümlemesi

$q - w = h_c - h_g$ (kJ/kg) (Toplam) $\Rightarrow$ { $q - w = \Delta e + \Delta p_e + \Delta k_e$ idi. pe ve ke ihmal }

{ $h = u + Pv$; u: iç, Pv: sınır işi }

1. Pompa enerji dengesi: ($q=0$ ısı etkilesimi yok. İzentropik)

$w_g = h_2 - h_1$ (TS'ten) $= v_1 (P_2 - P_1)$ ihmal denmediği sürece alınacak.

$\frac{m^3}{kg} \cdot \frac{kN}{m^2} = \frac{Nm}{kg}$ (kJ/kg) (kPa)

* $W_g = m_{buhar} \cdot w_g$ (kJ)
$\dot{W}_g = \dot{m}_b \cdot w_g$ (kW)

2. Kazandaki enerji dengesi: (Basınç kaybı ihmal, $w=0$)

$q_k = q_g = h_3 - h_2$ (kJ/kg)

* $\dot{Q}_k = \dot{Q}_g = \dot{m}_b \cdot q_g$ (kW) (kazandaki ısıl güç)

3. Türbindeki enerji dengesi: ($q=0$)

$w_{ç} = w_t = h_3 - h_4$ (kJ/kg)

* $\dot{W}_t = \dot{m}_b \cdot w_t$ (kW)

4. Kondanser enerji dengesi: (iş etkileşimi yok, basınç kaybı yok.)

$q_{kon} = q_ç = h_4 - h_1$

* $\dot{Q}_ç = \dot{m}_b \cdot q_ç$ (kW)

Scanned by CamScanner

Termik efektif verim = Isıl verim

$$\eta_{te} = \eta_{ısıl} = \frac{W_{net}}{q_{giren}} = \frac{q_{net}}{q_{giren}}$$

$W_{net} = W_{türbin} - W_{pompa}$ (kJ/kg)

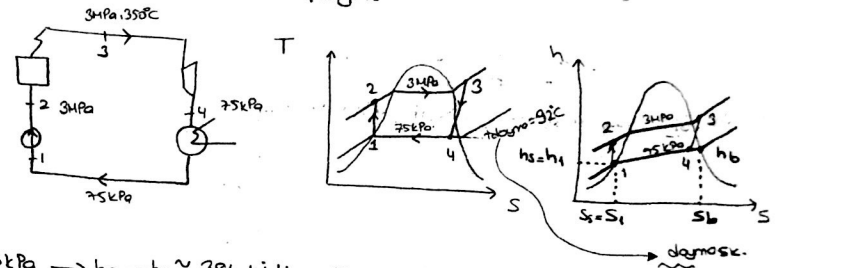
$q_{net} = q_g - q_ç$ (kJ/kg)

$$\frac{(1234)\text{alan}}{(23\text{ eğri altı})\text{alan}} = \eta_{te}$$

Örnek: Basit ideal rankine çevrimine göre çalışan buharlı güç santralinde buhar türbine 3MPa basınç ve 350°C sıcaklıkta giriyor. Türbin çıkışında 75 kPa'ya kadar genişliyor. Çevrimin termik efektif verimini bulunuz.

b) Carnot verimi ile karşılaştırın.

c) Çevrim geri iş oranını hesaplayın.



$P_1 = 75$ kPa $\rightarrow h_{sıv} = h_1 \cong 384$ kj/kg (Tablo) (Düşük basınçta $c_p \cdot T_w = h_{sıv}$ $4{,}18 \cdot 92 \cong 384$ kj/kg)

$s_{sıv} = s_1 = 1{,}2$ kj/kgK (doymuş su)

$v_{sıv} = v_1 = 0{,}001\ m^3/kg$

75 kPa $h_b = 7663$ kj/kg (doymuş buhar) $\Rightarrow$ 4 değil! Hepsi verilecek

$s_b = 7{,}45$ kj/kgK

$P_3 = 3$ MPa ve $T_3 = 350$°C $\Rightarrow$ Moliere'den $h_3 \cong 3115$ kj/kg

$s_3 = 6{,}74$ kj/kgK $= s_4$ (izentropik)

$s_4 = s_s + x_4 (s_b - s_s) \Rightarrow x_4 = 0{,}886$

$h_4 = h_s + x_4 (h_b - h_s) \Rightarrow h_4 = 2403$ kj/kg

h_2 belli değil. $w_p = v_1 (P_2 - P_1) = 0{,}001\ (3000 - 75) \cong 3{,}03$ kj/kg

↳ birşey belirtilmezse genelde 0,001 alınır.

Scanned by CamScanner

$W_p = h_2 - h_1$ idi $\Rightarrow h_2 = W_p + h_1$ — buna dikkat...

$h_2 = 3{,}03 + 384 \Rightarrow 387{,}03 \cong 387$ kJ/kg (pompa giriş entalpi sıcaklık < pompa çıkış)

- $q_g = h_3 - h_2 = 3115 - 387 \cong 2728$ kJ/kg
- $q_c = h_4 - h_1 = 2403 - 384 \cong 2019$ kJ/kg bulunur.
- $W_t = h_3 - h_4 = 3115 - 2403 = 712$ kJ/kg
- $W_p = 3{,}03$ kJ/kg $\cong 3$ kJ/kg

a) $\eta_{te} = \frac{W_{net}}{q_{giren}} = \frac{W_t - W_p}{q_g} = \frac{712 - 3}{2728} = 0{,}26$

$\eta_{te} = \frac{q_{net}}{q_{giren}} = \frac{q_g - q_c}{q_{giren}} = \frac{2728 - 2019}{2728} = 0{,}26$

* %26
100 yakıt
26 birimi mekanik enerjiye dönüşüyor.

b) $\eta_c = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}} = 1 - \frac{92+273}{350+273} = 0{,}41$ ideal şartlarda...

c) geri iş oranı $\frac{W_{pompa}}{W_{türbin}}$ dir.

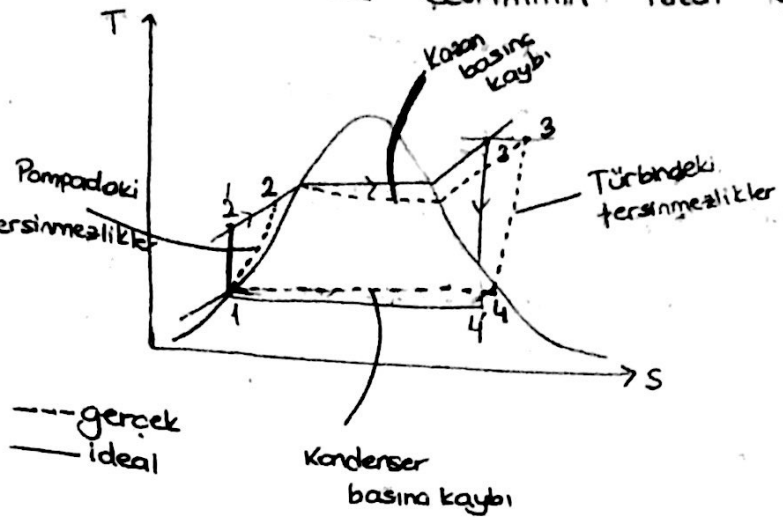
$r_i = \frac{W_p}{W_t} = \frac{3}{712} \cong 0{,}004 \cong \%0{,}4$

(Buhar) Türbinde üretilen gücün en fazla yaklaşık %1'i harcanır. Burada 0,004.

NOT: Gaz türbininde üretilen gücün ~%40'ını kompresör kullanıyor. Verim düşüklüğü bu yüzden.

Scanned by CamScanner

Gerçek Rankine Çevriminin İdeal Çevrimden Farkı



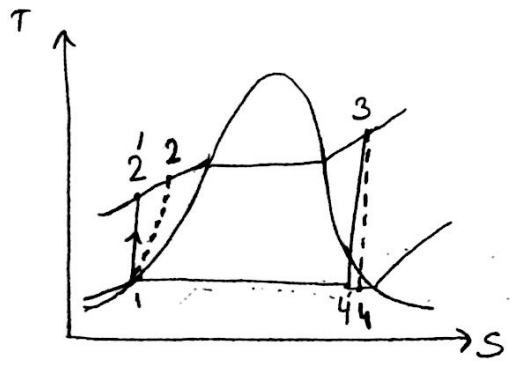
1- Akış sürtünmesi
2- Buhardan çevreye olan ısı kaybı (kazan) (sıc. farkı çok fazla...!)
3- Pompa ve türbindeki tersinmezlikler
(pompa idealden daha fazla enerji tüketiyor ... mesela.

Gerçek çevrimde akış sürtünmesi ve çevreye olan ısı kayıpları tersinmezliklerin başlıca sebepleridir.

(1) Akış sürt: Kazanda, kondenserde ve devre elemanlarında basınç düşmesine neden olur. Sonuçta buhar kazandan daha küçük basınçta çıkar ve devre kaybından dolayı (basınç) türbine daha düşük basınçta girer. Kondenserdeki basınç kaybı ise çok daha büyüktür. Basınç kayıplarını karşılamak için su idealden daha yüksek basınca pompalanmalıdır. Bu da daha büyük pompa ve pompa gücü demektir.

(2) Buhardan çevreye olan ısı kayıpları: Kazanda sıc. yüksek ve boyutlar büyük olduğu için çevreye ısı kaybı daha büyüktür. Net işin aynı kalabilmesi için kazanda buhara fazladan ısı verilmesi gerekir → termik verimi düşürür.

(3) Pompa ve türbindeki tersinmezlikler: Tersinmezlikler sonucunda pompa idealdekinden daha fazla enerji (iş) harcar, türbin daha az üretir. İdeal şartlarda pompa ve türbindeki akış izentropiktir. Dolayısıyla ideal şartlardaki izentropik hal değişiminin gerçekteki farkını göstermek için izentropik verimler kullanılır.



$$\eta_p = \frac{\text{ideal pompa işi}}{\text{gerçek pompa işi}} = \frac{h_2' - h_1}{h_2 - h_1} \quad \rightarrow v \cdot (P_2 - P_1)$$

$$\eta_{\text{türbinis}} = \eta_i = \frac{\text{gerçek türbin}}{\text{ideal türbin}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_4'}$$

Scanned by CamScanner

④ Kondenserdeki su, pompadaki kavitasyonu önlemek için doymuş sıvı halinin ötesinde aşırı soğutulur. Kavitasyon; pompa emme kısmında suyun hızlı buharlaşması ve yoğunlaşmasıdır ⇒ pompa çarkına zarar verir.

⑤ Yataklarda hareket eden parçalar arası sürtünme tersinmezlik nedenidir.

⑥ Çevrimden dışarı çıkan buhar ve dışarıdan kondensere giren hava tersinmezlik nedenidir. Sızdırmazlık olsa da kondensere hava girişi vardır.

⑦ Kazana hava sağlayan fanlar gerçek çevrimde dikkate alınmalıdır.

Örnek: İlk örnekte verilen çevrim için $\eta_{pis} = 0,90$, $\eta_{tis} = 0,92$ olması durumunda a) $\eta_{te} = ?$ b) $r_{gi} = ?$

$q_g = h_3 - h_2'$

$q_c = h_4' - h_1$

$w_t = h_3 - h_4'$

$$\eta_{pis} = \frac{h_2' - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{3}{h_2 - 384} \quad \text{kJ/kg}$$ (pompa işi)

$$0,90 = \frac{3}{h_2 - 384} \Rightarrow h_2 \cong 387,03 \quad \text{kJ/kg}$$

2 ve 4 noktası farklı.

$$\eta_{tiş} = \eta_i = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_4'} = \frac{3115 - h_4}{712} = 0,92$$

2' 4' ideal (önceki soru 2 ve 4) gerçek! (yeni)

$h_4 \cong 2460 \text{ kJ/kg}$

$$w_p = h_2 - h_1 = \frac{w_{pi}}{\eta_{pis}} = \frac{3}{0,9} \cong 3,3$$

η_{pis} izen

$w_t = h_3 - h_4 = \eta_{tis} \cdot w_{ti} = 0,92 \cdot 712 \cong 655 \text{ kJ/kg}$

$q_g = h_3 - h_2 = 3115 - 387,03 \cong 2728 \text{ kJ/kg}$

$q_c = h_4 - h_1 = 2460 - 384 = 2076 \text{ kJ/kg}$

$q_{net} = q_g - q_c = 2728 - 2076 = 652 \text{ kJ/kg}$

$$\eta_{te} = \frac{q_{net}}{q_g} = \frac{652}{2728} \cong 0,23$$

İdeal şartta 0,26 idi gerçekte 0,23 çıktı.

Scanned by CamScanner

Rankine Çevriminde Verim Artırma Yöntemleri (1. vizeye dahil değil)

$\eta_c = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}$ — T_{min} — kondenser ↓ — T_{max} — kazan ↑

hareket noktamız.

1- Kondenser basıncının düşürülmesi: Dünyadaki elektrik santrallerinin çoğu buharlı güç santralidir. Dolayısıyla termik verimde sağlanacak küçük iyileştirmeler bile önemli yakıt sarfiyatı sağlar.

Termik verimi artırmak için yapılan çalışmaların temel düşüncesi: kazanda aracı akışkana (suya) ısı veriler ortalama sıcaklığın yükseltilmesi, kondenserde aracı akışkandan (suda) ısı çekilen ortalama sıcaklığın düşürülmesi. Yani ort. akışkan sıc. çevrime ısı verilmesi esnasında olabildiğince yüksek, ısı çekilmesinde ise düşük tutulmalıdır.

Rankine çevriminde bunu gerçekleştirmek için 3 yöntem vardır.

① Kondenser basıncı düşürülmesi (çevrim ısı çekiminde ort sıc. düşürür)
② Buharın kızdırılması (çevrime ısı verilmesinde ort. sıc. artırır)
③ Kazan basıncının artırılması (çevrime ısı verilmesinde ort. sıc. artırır)

1. vize için;

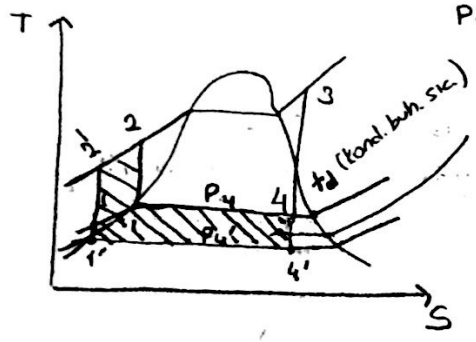
* Verim artırma yok
* Stender elemanları; devre elemanları, Valfler, kazan, pistonlu buhar makinesi, jeneratör ve diğer kültonicilar, besleme suyu hazneleri... dahil değil.

3-4 soru. Sözel + Sayısal

Termodinamik veriler verilecek.

14.12.09
Pazartesi

1- Kondenser basıncının düşürülmesi: (Çevrimden ısı çekilmesi sırasında ortalama akışkan T'ini düşürür.)



$P_4 > P_{4'}$

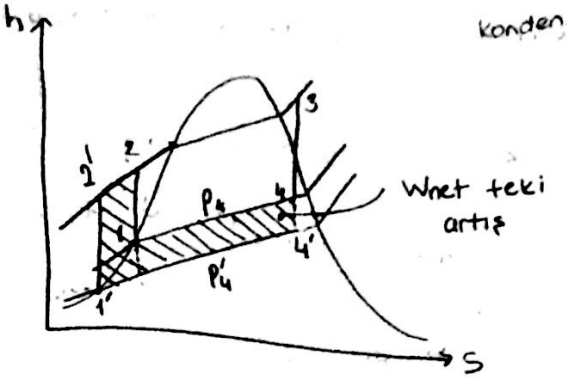
Kondenser deki sıcaklık da düşüyor bu da akışkan ort. sıc. düşürüyor.

Wnet teki artış

Net işteki artış;

$\eta_{te} = \frac{W_{net}\uparrow}{q_{giren}\uparrow}$ ile Wnet artışı qgiren artışından daha fazla.

Scanned by CamScanner



Konden. basıncı düşürmenin olumsuz etkisi;

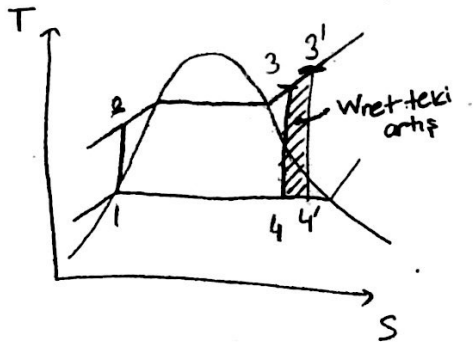
① türbin çıkışında buharın kuruluk derecesindeki azalmadır. Türbin verimini düşürür ve türbin kanatlarının aşınmasına-yıpranmasına neden olur.

② Kondenser içerisine hava girer ve verimi düşürür.

Kondenser sıcaklığını belirleyen; soğutma suyu ile buhar arası sıcaklık farkıdır. ΔT azlığı kondenser boyut artırımı gerektirir. (Isı trasf.) Ortalama bir ΔT belirlenir. Soğutma suyu + ΔT_{art} = Kondenser buhar sıcaklığı bulunur.

Veya soğutma suyu basıncına bakarız (sıcaklığa karşılık gelen basınç $t_d \rightarrow P_d$) ve kondenserin bu basıncın altına inmemesini sağlarız.

2- Buharın kızdırılması: (Çevrimde ısı verilmesi esnasında ortalama akışkan sıcaklığını artırır.)



→ Buhar kızdırılınca ortalama sıc. artar η_{te} artar

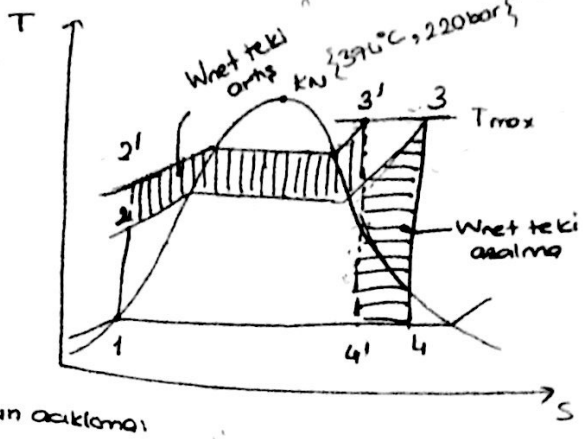
→ Diyagramdan;
$W_{net} \uparrow > q_g \uparrow$ η_{te} artar.

* Buharın kızdırılması sonucunda (kazan basıncı sabit) net işte bir artış meydana gelir. Aynı zamanda kazanda verilen ısı da artar. Toplam etki ise net işteki artış daha fazla olduğu için ve çevrime ısı verilmesi esnasında ort. sıc. yükseltiğinden η_{te}'yi artırma yönündedir.
* Buharın kuruluk derecesi yükselir (↑)
* Maksimum sıcaklığı kazan vb. malzeme dayanımına bağlıdır. Kazan boru malzemesi dayanım sıcaklığı belirler! Günümüzde 600-700°C arasındadır kazan sıcaklığı.

Gaz türbininde kazan yerine yanma odası var. Küçük kesit. Kazandaki kmilerce uzunluktaki boru üretimi → maliyet artırır. Gaz türbininde dairesel, kompak bir kesit, küçük → maliyet düşük. Gaz türbininde sıc. 1300-1600 arası... Kazan da 1300'e çıkar ama MALİYET!

Scanned by CamScanner

3- Kazan basıncının artırılması: (Çevrimde ısı verilmesi sırasında ortalama akışkan $T_{\bar{x}}$'sini artırır.) (Türbin giriş sıc. sabit olacak..)



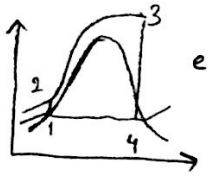
* Kazan bas. ↑ ⇒ Wnet ↑ > Wnet ↓ Toplam etki η_{te}'yi artırma yönünde.
* Buharın kuruluk derecesi azaldı... η_{te} ↓

Uzun açıklama:

* Kazan basıncı artırımı sonucunda net işte artma ve azalma meydana gelir. Toplam etki ise çevrime ısı verilirken $T_{\bar{x}}$ artığı için ve Wnet artma azalmadan fazla olduğundan verimi artırma yönündedir.
* Olumsuz etki türbin çıkışı kuruluk azalmasıdır. Bu türbin verimini düşürür ve kanat aşınmasına neden olur.

Santraller 2'ye ayrılır;

Basınç < KN Kritik altı santral denir.
Basınç > KN Kritik üstü

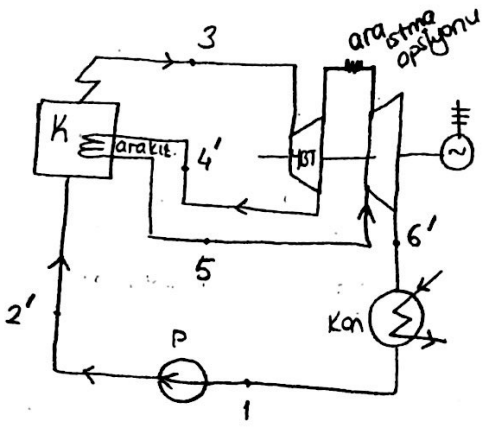


elde edilen iş kü'de daha fazla.

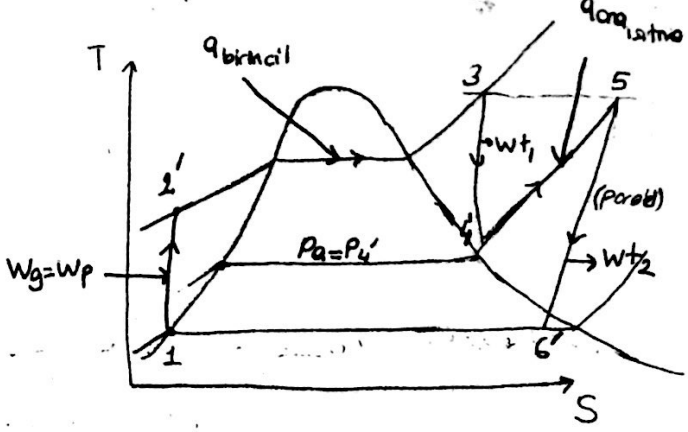
– ÖDEVİ örnek –

– KIZDIRMALI –

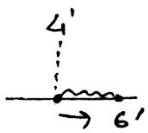
IDEAL ARA ISITMALI RANKİNE ÇEVRİMİ



''ler ideal..



Ara kızdırma ile buhar kuruluk derecesi iyileşir.



Scanned by CamScanner

$q_g = q_{birincil} + q_{ara\ isıtma}$

$q_{bi} = h_3 - h_2'$

$q_{ai} = h_5 - h_4'$ (kJ/kg)

$W_t = W_a = W_{t_1}^{yüksek} + W_{t_2}^{alçak}$

$W_{t_1} = h_3 - h_4'$ $\quad W_{t_2} = h_5 - h_6'$ (kJ/kg)

$q_a = q_{kon} = h_6' - h_1$

$W_p = W_g = h_2' - h_1 = \underbrace{v_1 (P_2' - P_1)}^{kPa}$ izentropik iş.

$\eta_{te} = \frac{W_{net}}{q_{giren}} = \frac{q_{net}}{q_{giren}}$ idi $\quad W_{net} = \frac{W_t - W_P}{q_g} = \frac{W_a - W_g}{q_g} = \frac{q_g - q_a}{q_g}$

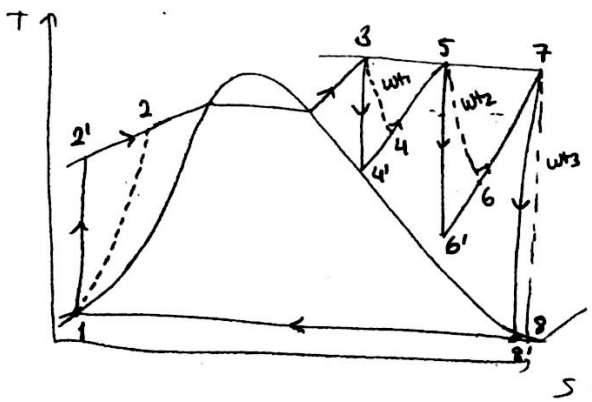
Ara ısıtma ile $x \uparrow$, $W_{net} \uparrow \Rightarrow \eta_{te} \uparrow$

Tek kademe ara ısıtmada termik verimdeki artış %04 ile %06 arasında. (Ara ısıtma sayı = ilk kademe ise) $\{T_3 = T_5$ ise$\}$

İki kademe ara ısıtmada termik verimdeki artış 0,02 ile 0,03 arasında. Yatırım iki katına çıkıyor.

Yani en uygun kademe en fazla 2'dir. Sonrası ekonomik değildir. Düşük basınçta ara ısıtma olursa η_{te} azalır.

Yüksek basınçta > KN için 2 kademeli, düşüklerde < KN için tek kademeli genelde.



Gerçek için

$\eta_{pis} = \frac{W_{pk}^{ideal}}{W_{Pg}}$

$\eta_{tis} = \eta_i = \frac{W_{t_1}^{(gerçek)}}{W_{tis}}$

$W_{t_1} = h_3 - h_4$ mesela.

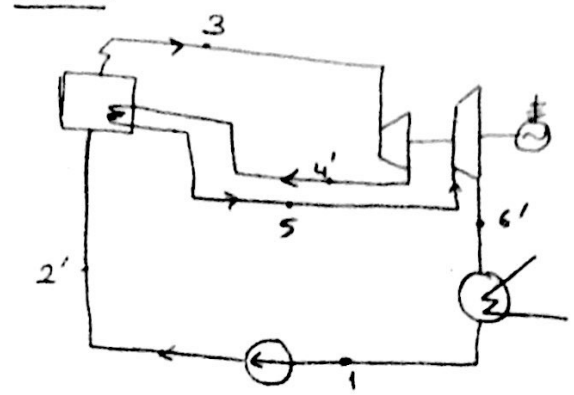
$W_{toplam} = W_{t_1} + W_{t_2} + W_{t_3} \ldots$

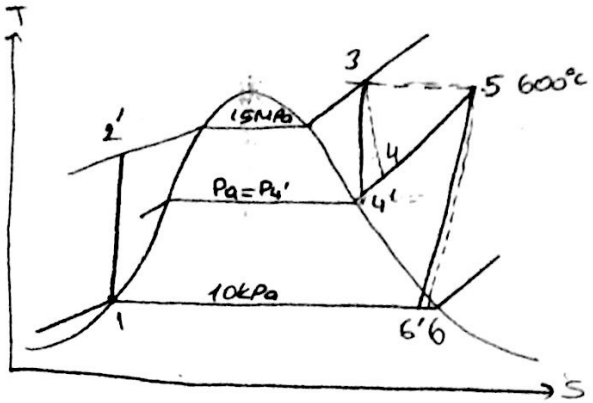
Gerçekte $q_{kon} = q_a = h_8 - h_1$ oldu.

★ Genelde ara kızdırma basıncı $\frac{P_{max}^{(Pkazan)}}{4}$ 'tür. İdeal şartlardo yakbaşık hesap.

Scanned by CamScanner

Örnek:





İdeal ara ısıtmalı Rankine çevrimine göre çalışan bir termik santralde buhar 15MPa basınç ve 600°C sıcaklıkta yüksek basınç türbinine giriyor. Kondenser basıncı 10kPa ve Alçak basınç türbin çıkışı buhar kuruluk derecesi 0,886 dir Buna göre

a) Buharın ara ısıtma basıncını bulun

b) Çevrimin termik verimini hesaplayın.

c) Efektif güç Ne=100 MWe ise çevrimde dolaşan suyun debisini bulunuz. Ve pompa gücünü, türbin gücünü, kazan ve kondenser ısıl güçlerini bulun.

$600°C \quad 15MPa \Rightarrow h_3 = 3582\ kJ/kg$

$S_3 = S_4' = 6,67\ kJ/kgK$

$10kPa \Rightarrow h_b - h_s = 2394\ kJ/kg$

$h_s \cong 192\ kJ/kg \quad (h_s = c_{psu} \cdot T \overset{\cong 46°C}{=} 4,18 \cdot 46 \cong 192\ kJ/kg)$

$S_b - S_s = S_{fg} = 7,5\ kJ/kgK$

$S_s \cong 0,65\ kJ/kgK$

} Verilen değerler

$S_6' = S_s + x_{6'}(S_b - S_s)$

$S_6' = 0,65 + 0,886(7,5) = 7,3\ kJ/kgK = S_5$

600°C ve 7,3kJ/kgK kesişince Para ısıtma veya $P_5 = 4MPa$ (verdi)

$h_5 = 3674 \frac{kJ}{kg}$ (600°C ve 4MPa)

$h_4' = 3154\ kJ/kg \quad (S_3 = S_4' \text{ ve } P_5 = P_4' \text{'ten})$

$h_6' = h_s + x_{6'}(h_b - h_s) \qquad h_6' = 192 + 0,886 + (2396) = 3336\ kJ/kg$

$W_{pis} = v_1(P_2' - P_1) = 0,001 \frac{m^3}{kg}(15000 - 10) = 15,11\ kJ/kg = h_2' - h_1$

$h_2' = 207\ kJ/kg$ bulunur. → Aslında değişken Bu değer bu yüzden farklı.

Scanned by CamScanner

$q_{birincil} = h_3 - h_2' = 3582 - 207 =$

$q_{ara\ isitma} = h_5 - h_4' =$

$q_g = 3895\ kj/kg$

$q_c = 2144\ kj/kg$

$w_{net} = w_c - w_g = 1751\ kj/kg$

$q_{net} = q_g - q_c = 1751\ kj/kg$

$$\eta_{te} = \frac{q_{net}}{q_g} = \frac{1751}{3895} = \%45$$

$w_{t1} = ?$

$w_{t2} = ?$

$N_e = \dot{W}_{net} = \dot{m}_b \cdot w_{net} = 100MW = 100000 = \dot{m}_b \cdot 1751$ $\quad m_b =$

$\dot{W}_t = \dot{m}_b \cdot w_t$ (kWe)

$\dot{W}_p = \dot{m}_b \cdot w_p$ (kWe)

$\dot{Q}_g = \dot{m}_b \cdot q_g$ (kWe)

Türbin(izen) = %085 (η_{tis})

pompa verimi = %082 (η_{pis}) ise;

sonuçları bulun.

$$\eta_{tis} = \frac{W_{izen}}{W_{gerck}} = \qquad W_{gercek} = \overbrace{h_4 - h_3}^{w_{tg_1}} + \overbrace{h_6 - h_5}^{w_{tg_2}}$$

Scanned by CamScanner

Ara Isıtma (kızdırma) işleminde yatırımın üst sınırı (I_{AI}) 21.12.09 Pazartesi

Özgül yakıt: $be = \frac{3600}{Hu.\eta_{te}}$ (kg/kwh)

Saatlik yakıt: $Bh = Ne.be$ (kg/h)

Yıllık yakıt: $By = Bh.H.Lf$ (kg/yıl)

H: yıllık çalışma saati, Lf: yakıt faktörü

1 yıl = 8760 saat

$be_{AI} = \frac{3600}{Hu\,(\eta_{te})_{AI}}$

$Bh_{AI} = Ne.be_{AI}$

$By = Bh_{AI}.H.Lf$

$\Delta By = By - By_{AI}$ ⇒ yıl boyunca tasarruf edeceğimiz yakıt miktarı (kg/yıl) (Nm^3/yıl) Doğalgaz

Yıllık yakıttan sağlanan para tasarrufu: $\Delta By \times F$ (TL/yıl)

F: Birim yakıt fiyatı (TL/kg) (TL/Nm^3)

$I_{AI} \cdot a \leq yyPT$

Ara ısıtma yatırım maliyeti TL

a: amortisman faktörü

$a = \frac{(1+i)^n . i}{(1+i)^n - 1}$

i = yıllık faiz oranı (%)

n: ömür (yıl)

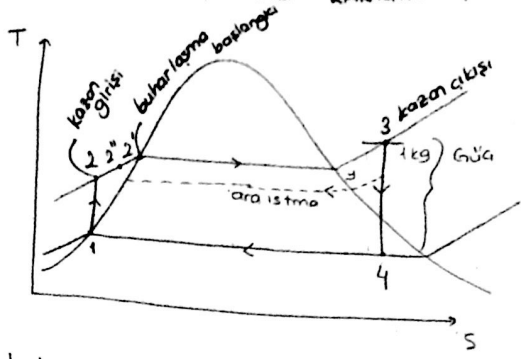
$I_{AI} \leq \frac{yyPT}{a}$ yatırımın sınırı budur.

Efektif gücün değişmediğini düşünürsek formül şu hale gelir;

★ $yyPT = \frac{3600.Ne.H.Lf.F}{Hu}\left(\frac{1}{\eta_{te}} - \frac{1}{\eta_{te_{AI}}}\right)$ (TL/yıl)

Scanned by CamScanner

-İDEAL ARA BUHAR ALMALI RANKİNE ÇEVRİMİ-



2" de kazana girse; daha az enerji verirdik. Performans iyileşir.

Güç kaybı var ama termik verim iyileşir.

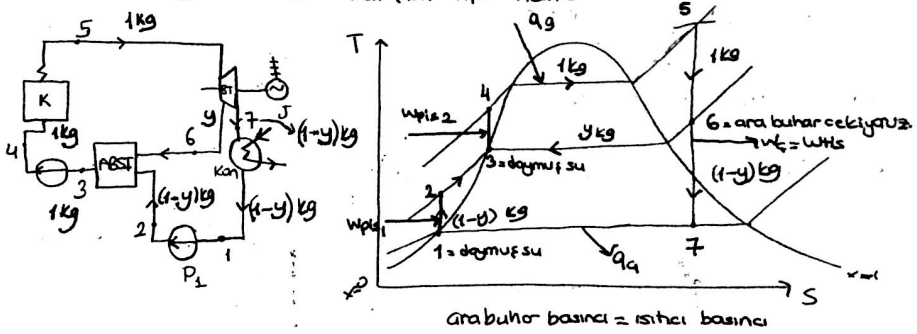
Ara buhar alma = rejeneraşyon
rejeneratör = besleme suyu ısıtıcısı

Ara buhar almanın avantajları:

1- Çevrimin termik verimini artırır. (yakıt tasarrufu)
2- Türbindeki genişlemelerin son kademelerinde basınç düşüşüne bağlı olarak özgül hacim artar. Dolayısıyla türbin boyutları çıkışta büyür. Ara buhar alma özgül hacim artışından dolayı oluşan yüksek hacimsel debileri kontrol altına alır. (Türbin küçülür)
3- Su buharına karışan havanın dışarı atılmasını sağladığı için kazanda oluşabilecek paslanma ve korozif etkilerin olusmasına engel olur.

Isıtıcılar;
1- Açık besleme suyu ısıtıcıları (karışım tipi heater) (ABSI)
2- Kapalı besleme suyu ısıtıcısı (yüzey tipi heater) (KBSI)

Açık besleme suyu ısıtıcısı – karışım tipi heater



ara buhar basıncı = ısıtıcı basıncı

Tek açık besleme suyu ısıtıcısı olan ideal ara buhar almalı ideal Buharlı güç çevrimi tesis şeması ve TS diyagramı

Buharlo sıvı karışımı → yüksek ısı transferi
Basit yapı, yani ucuz.

Scanned by CamScanner

$q_g = 1.(h_5 - h_4)$ kJ/kg

$q_c = (1-y)(h_7 - h_1)$

$w_{ts} = 1(h_5 - h_6) + (1-y)(h_6 - h_7)$

$w_g = w_{pis} = (1-y)\, w_{pis1} + 1.\, w_{pis2}$

$w_{pis1} = \vartheta_1 (P_2 - P_1) = h_2 - h_1$

$w_{pis2} = \vartheta_3 (P_4 - P_3) = h_4 - h_3$

} (kJ/kg)

$y = \frac{m_6}{m_5} = \frac{\dot{m}_6}{\dot{m}_5}$

$\dot{m}_6 = \dot{m}_a$ (ara buhar)
$\dot{m}_5 = \dot{m}_b$ (buhar)

$Q_g = m_b . q_g$ (KJ)

$Q_c = (1-y)\, m_b . q_c$ (KJ)

$W_{tis} = m_b (h_5 - h_6) + (1-y) m_b . (h_6 - h_7)$

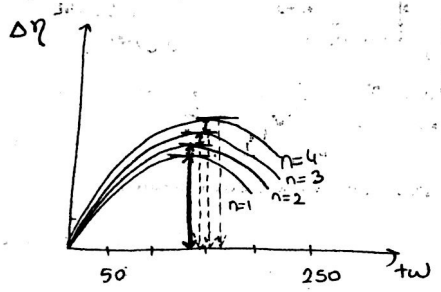
$w_{pis} = (1-y) m_b . w_{pis1} + m_b . w_{pis2}$

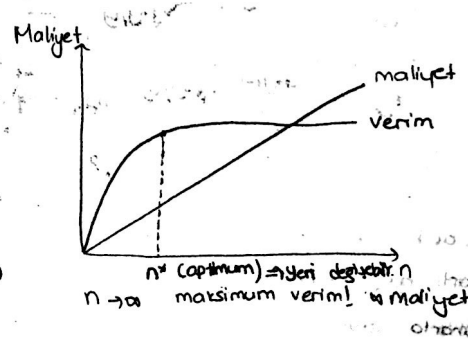
Güç için
$\dot{Q}_g \rightarrow \dot{m}_b \rightarrow$ kW
$\dot{Q}_c \rightarrow \dot{m}_b \rightarrow$ kW
$\dot{W}_{tis} \rightarrow \dot{m}_b \rightarrow$ kW
$\dot{w}_{pis} \rightarrow \dot{m}_b \rightarrow$ kW

Büyük güçlü santrallerde ısıtıcı sayısı 8-10 arasında değişir
Orta güçlü santrallerde ısıtıcı sayısı 4-8 arasında değişir
Küçük güçlü " " " 2-3 arasında değişir

(Açık + kapalı)

Tek bir ısıtıcı kullanılması durumunda termik verimde, %5'lik artış söz konusu. 5 ısıtıcı kullanılması durumda %8,5'lik bir artış olur. n: ısıtıcı sayısı





Scanned by CamScanner

Sıcaklık farkı $\Delta t = \delta t = \frac{t_s - t_k}{n+1}$

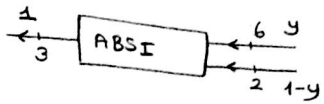
Optimum sıcaklık artışı her bir ısıtıcıda

$n+1$ → ısıtıcı adedi

t_s: kazan basıncındaki doyma sıcaklığı

t_k: kondenser basıncına karşılık gelen doyma sıcaklığı

Isıtıcının gösterilmesi;



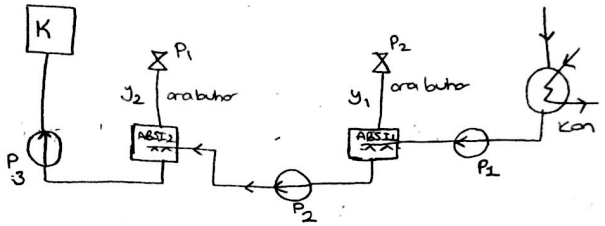
Enerji dengesi; (kinetik ve pot. ihmal)
(ısıtıcıda iş yok.)

$\Sigma \dot{m}_c h_c = \Sigma \dot{m}_g h_g$

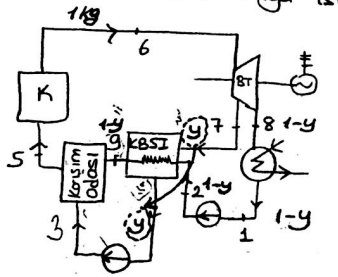
$y \cdot h_6 + (1-y) h_2 = 1 \cdot h_3$ (birim kütle için)

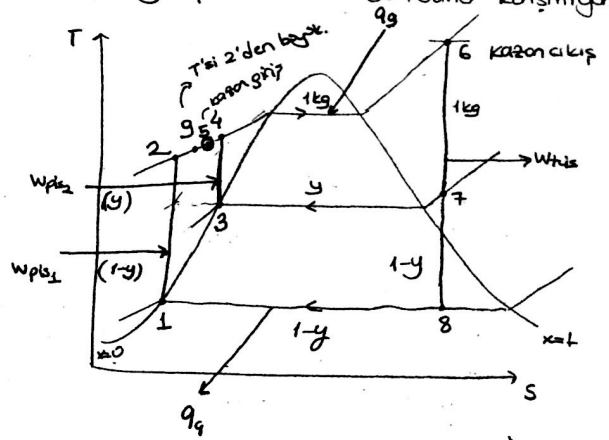
Buradan "y" bulunur. $y = \frac{m_6}{m_5} = \frac{\dot{m}_6}{\dot{m}_5} = \frac{\dot{m}_6}{\dot{m}_b}$

$y \cdot \dot{m}_b \cdot h_6 + (1-y) h_2 \cdot m_b = \dot{m}_b \cdot h_3 \Rightarrow$ kütle ile beraber...



Kapalı besleme suyu ısıtıcısı – yüzey tipi heater Su+buhar karışmıyor.



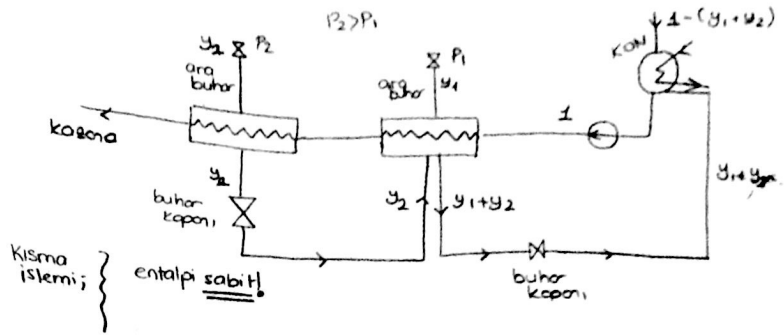


Tesis şeması ve TS diyagramı (Temsili görüntü.)

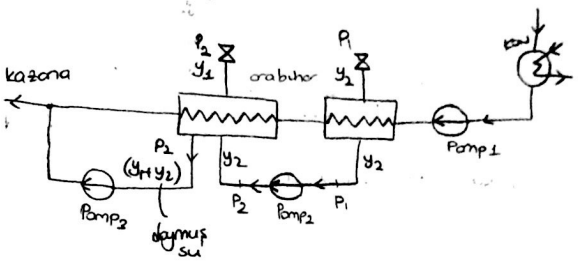
Isıtıcı ideal ise; $T_3 = T_g$ olur. $= T_{doyma}$ P'deki

Scanned by CamScanner

Pompasız;



Pompa kullanarak;



Ön sayfadaki tesis KBSI için enerji dengesi;

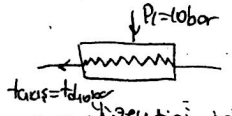
$$y \cdot h_7 + (1-y) h_2 = y \cdot h_3 + (1-y) h_g$$

Karışım kabı için enerji dengesi;

$$(1-y) h_g + y \cdot h_4 = 1 \cdot h_5$$

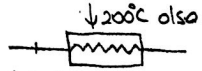
Karışım tipi normal depo borulama yok...

Yüzey tipinde tek pompa. Santrallerde yüzey tipi... Biri arıza yapsa bile çalışma kesilmesin. En az bir tane karışım tipi olmalı. (değişir)



Yüzey tipi ideal

ideal değilse aynı olmaz



olur mesela.

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

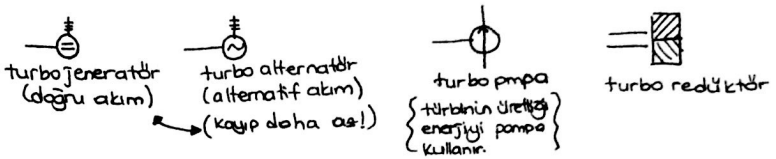
...SINAVA DAHİL STENDER ELEMANLARI

Türbinler:

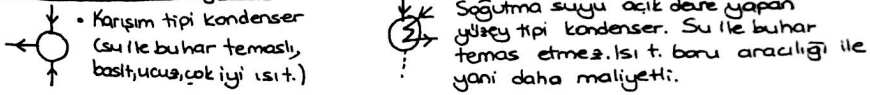
Yani karşı basınçlıda alt basınç > 1 bar diyorsun.

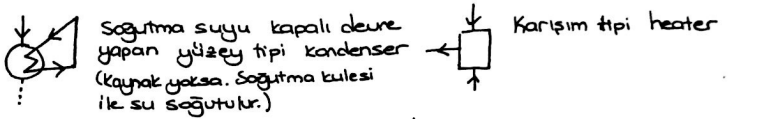
... Basınçlı demek ; ... tane türbine giriş var demek.

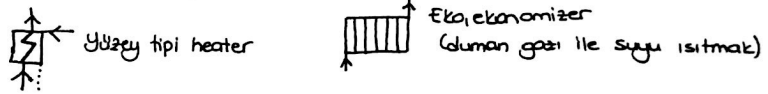
... Ara buhar almalı demek; .... +1 tane çıkış demek

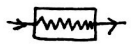


Kondenser ve eşanjörler:

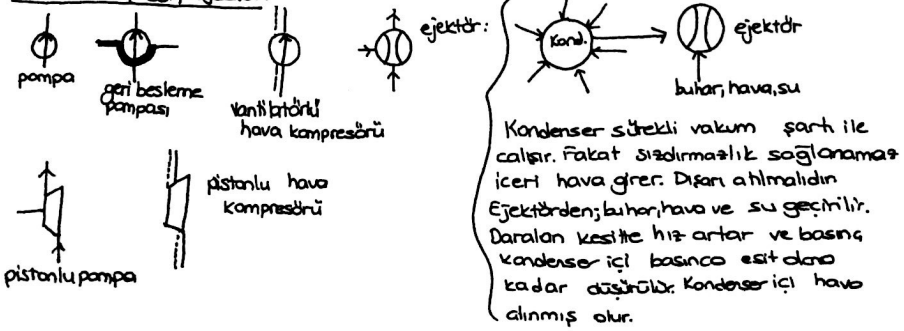








Pompa, Kompresör, Ejektör:



Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

- SINAVDA ÇIKACAK BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

BİRİM SİSTEMLERİ ve DÖNÜŞÜMLERİ:

SI → 7 ana boyut ve birimleri

Uzunluk (m), kütle (kg), zaman (s), sıcaklık (K), elektrik akımı (A), ışık şiddeti (c) madde miktarı (mol)

Uzunluk ve ağırlık:

$1 lb_m = 0,454 kg$

$1 kp = 1 kgf = 9,81 N$ kuvvet

$g = 9,81 m/s^2$

$1 N = 1 kgm/s^2$

$1 lb_f = 32,174 lb_m ft/s^2$

$1 ft = 12 in = 0,308 m$ $\quad 1 in = 2,54 cm$ $\quad 1 btu = 1,055 kJ$ (iş)

Sıcaklık

$T_K = T_C + 273,15$

$T_F = 1,8 T_C + 32$

$T_R = T_F + 459,68$

İş - Güç - Isı

$1 BG = 1 PS = 736 W$ veya $(1 kW = 1,36 PS)$

$1 PS = 75 kpm/s$

$1 HP = 0,746 KW$ $\quad (1 KW = 1,34 HP)$

$1 kcal = 4,18 kJ = 427 kpm$ $\quad (1 kJ = 102 kpm)$

mesela

$$\frac{1 kJ}{s} = 102 kp \frac{m}{s} \Rightarrow 1 kW = 102 kp \frac{m}{s}$$

Basınç:

at → ata: mutlak basınç
→ atü: gösterge basıncı ve $ata = 1 + atü$ Hep ata'ya geçiş yapılmalı.

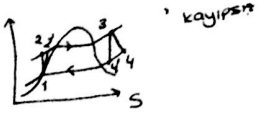
psi → psi_a: mutlak basınç
→ psi_g: gösterge basınç $\quad psi_a = 14,21 + psi_g$

$1 lb/in^2 = 1 psi = 14,21 kp/cm^2$

$1 bar = 10^2 kPa = 10^5 Pa = 10^5 \frac{N}{m^2}$

Scanned by CamScanner

- RANKINE ÇEVRİMİ İÇİN GEREKEN FORMÜLLER -



' kayıpsız

Verimler: - MAKİNE VERİMLERİ -

Türbin iç verimi = $\eta_i = \frac{h_i}{h_f} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4'}} = \frac{\text{Gerçek genişleme işi}}{\text{Teorik genişleme işi}}$

Türbin mekanik verimi: mekanik kayıp dikkate alınmış.

$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{\text{türbin milinden alınan efektif güç}}{\text{türbin iç gücü}}$

Efektif verim: $\eta_e = \eta_i . \eta_m$

Jeneratör verimi: $\eta_g = \frac{N_g}{N_e} : \frac{\text{Jeneratörden alınan güç}}{\text{Türbin milinden alınan güç}}$

Devre verimi: $\eta_d = \frac{\text{Türbine gelen ısı}}{\text{kazandan verilen ısı}} = \frac{q_k - q_{kayıp}}{q_{kazan}}$

Kazan verimi: $\eta = \frac{G_h . (h_3 - h_2)}{B_h . H_u}$ → Saatteki buhar miktarı; → Ara kızdırma varsa $(h_3-h_2)+(h_5-h_4)+\cdots$

Saatteki yakıt sarfiyatı ←; → Yakıtın alt ısı değeri

TESİS VERİMLERİ-

η_{ta} : Termik Adyabatik verim = $\frac{\text{türbinden alınan teorik genişleme işi}}{\text{kazanda verilen ısı}} = \frac{h_t}{q_k}$

η_{ti}: Termik iç verim = $\frac{\text{Türbinden alınan gerçek genişleme işi}}{\text{kazanda verilen ısı}} = \eta_{ta} . \eta_i = \frac{h_i}{q_k}$

η_{te}: Termik efektif verim = $\eta_{te} = \eta_{ta} . \eta_i . \eta_m = \eta_{ta} . \eta_{te}$

η_t : Tesisin toplam verimi = $\eta_{ta} . \eta_i . \eta_m . \eta_k . \eta_d . \eta_y . \eta_g$

veya $\eta_t = \frac{860 . N_e}{B_h . H_u}$ $N_e = KW_e$ $B_h = kg/h$ $H_u: \frac{kcal}{kg}$

$W_{p_g} = \frac{W_{pis}}{\eta_{pis}}$ $W_{t_g} = W_{tis} \eta_{tis}$

Scanned by CamScanner

Özgül teorik ısı sarfiyatı $q_{tk} = 3600 \frac{kJ}{kWh}$

" " buhar sarfiyatı $d_{th} = \frac{3600}{h_t} \frac{kg}{kWh}$ $\quad h_t = \frac{kJ}{kg}$

Özgül efektif buhar sarfiyatı $= \frac{3600}{h_t . \eta_e} \frac{kg}{kWe}$ $\quad h_t = \frac{kJ}{kg}$

" " ısı sarfiyatı $= q_e = d_e . q_k$

" " yakıt sarfiyatı $= b_e \Rightarrow q_e = b_e . H_u$

Sistem karşılaştırmalarında $b_e^* = \frac{b_e}{\eta_{kazan}}$ yapılmalı.

Saatlik sarfiyatlar; $D_h = d_e . N_e$

$Q_h = q_e . N_e$

$B_h = b_e . N_e$

$N_o = \dot{m}_b . h_t$

kg/s $\frac{kJ}{kg}$

Adyabatik güç

$N_i = N_o . \eta_i$

kW

$N_e = N_o . \eta_i . \eta_m = N_o . \eta_e = N_i . \eta_m$

kWe

$d_e = \frac{3600}{W_{net} . \eta_e}$ veya $\frac{3600}{W_{net\,gerçek}}$ kullanılır !

Scanned by CamScanner