

جلسه ۷:

اکسرژی (۲)

درس: انرژی و توسعه پایدار
 استاد مدعو: مهندس مرتضی محمودی
morteza.mahmoudi.99@gmail.com
 استاد درس: دکتر علی رضا بازارگان

مروری بر آنچه گذشت

- تعریف دقیق انرژی چیست؟
- اکسرژی چیست؟
- تعریف دقیق از مفاهیم اولیه ترمودینامیک
- تفاوت اکسرژی با انرژی در چیست؟
- معادلات اکسرژی
- پایداری چه ارتباطی با اکسرژی دارد؟ (اکسرژی و انسان)
- تحلیل اکسرژی چه چیز جدیدی ارائه میکند؟

معادلات اکسرژی

$$E_{sys} = E_{Sys}^{PH} + E^{KN} + E^{PT} + E^{CH}$$

~~$$E_{Sys}^{PH} = (U - U_0) + P_0(V - V_0) - T_0(S - S_0)$$~~

$$= (U - U_0) + P_0(V - V_0) - T_0(S - S_0)$$

$$E_{ms}^{PH} = (H - H_0) - T_0(S - S_0)$$

$$E_{sys,2} - E_{sys,1} = (E_q + E_w) - E_D$$

$$E^{KN} = \frac{mv^2}{2}$$

$$E^{PH} = mgz$$

معادلات اکسرژی

$$E_{q,j} = \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \times Q_j$$

$$E_w = W + P_0(V_2 - V_1)$$

معادلات اکسرژی

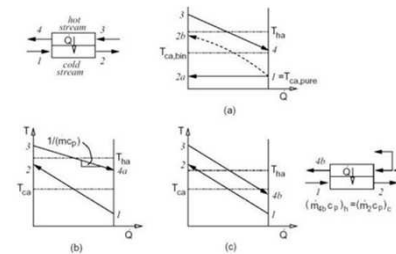
$$E_{in} = \Delta E_{sys} + E_{out} + E_D$$

$$\eta = \frac{\text{Exergy output}}{\text{Exergy input}} = 1 - \frac{\text{Exergy loss} + \text{Exergy destruction}}{\text{Exergy input}}$$

- علل تخریب اکسرژی :
واکنش شیمیایی، انتقال حرارت، اصطحکاک سیال، خفگی سیال و اختلاط سیالات غیرمشابه

تخریب اکسرژی در انتقال حرارت

$$E_{D,q} = T_0 \times Q_j \left(\frac{T_{ha} - T_{ca}}{T_{ha} * T_{ca}} \right)$$



معادلات اکسرژی

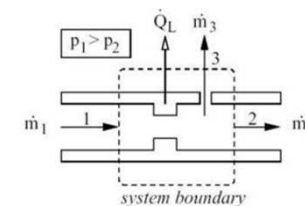
- تصحیح بازده اکسرژی :

$$\eta^* = \frac{\text{Exergy output}}{\text{Exergy input} - \text{Unavoidable exergy destruction}}$$

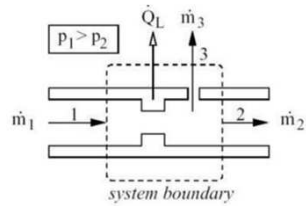
$$= 1 - \frac{\text{Exergy loss} + \text{Avoidable exergy destruction}}{\text{Exergy input} - \text{Unavoidable exergy destruction}}$$

مثال ۱

- شیر فشار شکن



مثال ۱



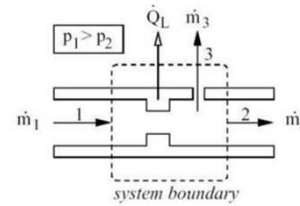
- شیر فشار شکن

تحلیل انرژی:

$$H_1 = H_2 + H_3 + |Q_L|$$

اگر هیچ اتلافی نداشته باشیم $H_1 = H_2$

مثال ۱



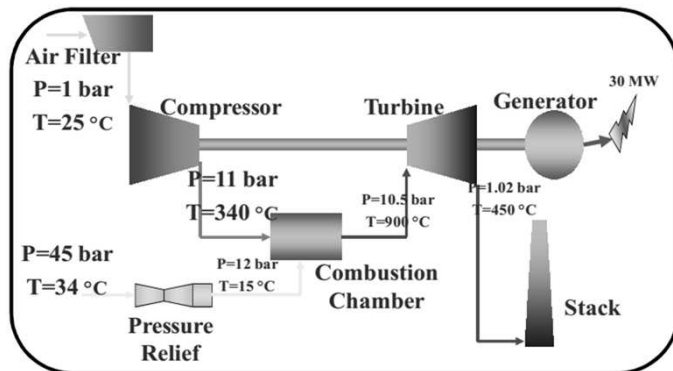
- شیر فشار شکن

تحلیل اکسرژی:

$$E_1 = E_2 + E_3 + E_q + E_D$$

$$E_1 = E_2 + (E_3 + E_q) + E_D$$

مثال ۲



محاسبه جریان اکسرژی در سیکل نیروگاه

	T (°C)	P (bar)	H (kJ/kg)	S (kJ/kg K)
1	34	45	-4629	9.711
2	15	12	-4672	10.25
3	900	10.5	1246	6.48
4	450	1.02	738.5	6.605
5	25	1	298.6	5.699
6	340	11	621.1	5.747

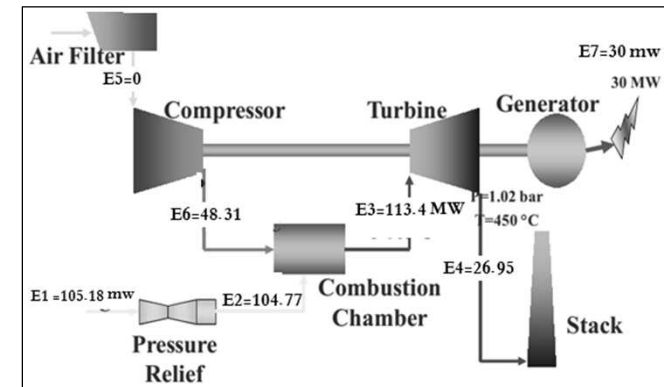
محاسبه جریان اگسرژی در سیکل نیروگاه

Stream Number	H Ref (kJ/kg)	S Ref (kJ/kg k)	Ech (MW)	Eph (MW)	Et (MW)
1	-4650	11.62	104	1.18	105.18
2	-4650	11.62	104	0.77	104.77
3	298.6	5.699	0	113.43	113.43
4	298.6	5.699	0	26.95	26.95
5	298.6	5.699	0	0.00	0.00
6	298.6	5.699	0	48.31	48.31

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

13

مثال ۲



Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

14

محاسبه بازده انرژی

- $\eta_{EN\ Total} = \frac{Elec.}{m_{fuel} * LHV} = \frac{30\ MW}{2 * 50} = 30\%$
- $\eta_{EN\ Pres.Relife} = \frac{m_{fuel} * h_2}{m_{fuel} * h_1} = \frac{2 * (-4672)}{2 * (-4629)} = 98.1\%$
- $\eta_{EN\ combustion\ chamber} = \frac{m_{fuel} * h_2 - m_{gas} * h_3}{m_{fuel} * LHV} = 100\%$
- $\eta_{EN\ Turbine} = \frac{W}{m_{gas} * (h_4 - h_3)} = \frac{30 + 50}{158.47 * (508)} \cong 100\%$
- $\eta_{EN\ compressor} = \frac{W}{m_{Air} * (h_6 - h_5)} \cong 100\%$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

15

محاسبه بازده اکسرژی

- $\eta_{EX\ Total} = \frac{E_7}{E_1} = \frac{30\ MW}{105.18\ MW} = 28.5\%$
- $\eta_{EX\ Total\ modified} = \frac{E_7}{E_1 - E_{loss}} = \frac{E_7}{E_1 - E_4} = \frac{30}{105.18 - 26.95} = 38.3\%$
- $\eta_{EX\ Compressor} = \frac{E_{product}}{E_{feed}} = \frac{E_6 - E_5}{W_{comp}} = \frac{E_2 - E_1}{m_{air} * (h_2 - h_0)} = \frac{48.31 - 0}{156.74 * (621.1 - 298.6)} = 95\%$
- $\eta_{EX\ combustion\ chamber} = \frac{E_{product}}{E_{feed}} = \frac{m_{air} * (\Delta Ex\ per\ unit\ of\ mass)}{m_{Fuel} * (\Delta Ex\ per\ unit\ of\ mass)}$
 $= \frac{113.43 * \frac{156.47}{158.47} - 48.31}{104.77 - 113.43 * \frac{158.47}{158.47}} = 61.6\%$
- $\eta_{EX\ Pres.Relife} = \frac{E_{product}}{E_{feed}} = \frac{0}{105.18 - 104.77} = 0\%$
- $\eta_{EX\ Turbine} = \frac{E_{product}}{E_{feed}} = \frac{W_{turbine}}{E_4 - E_3} = \frac{158.74 * (1246 - 738.5)}{113.4 - 26.95} = 93.1\%$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

16

تخریب اکسرژی در کل نیروگاه و اجزای آن

$$\bullet E_{D\text{Total}} + E_{\text{Loss Total}} = (1 - \eta_{EX\text{ Total}})E_{\text{feed}}$$

$$= (1 - 0.285) \times 105.8 = 75.64 \text{ MW}$$

$$E_{D\text{ Pres.Relife}} = (1 - \eta_{EX\text{ Pres.Relife}})E_{\text{Feed}} = (1 - 0) \times (105.18 - 104.77) = 0.41 \text{ MW}$$

$$E_{D\text{ Combustion Chamber}} = (1 - \eta_{EX\text{ Combustion Chamber}})E_{\text{feed}} = (1 - 0.6185) \times 102.57$$

$$E_{D\text{ Turbine}} = (1 - \eta_{EX\text{ Turbine}})E_{\text{feed}} = (1 - 0.931) \times 86.45 = 4.01 \text{ MW}$$

$$E_{D\text{ Compressor}} = (1 - \eta_{EX\text{ Compressor}})E_{\text{feed}} = (1 - 0.95) \times 156.74 \times (621.1 - 298.6)$$

$$= 2.52 \text{ MW}$$

نتایج محاسبات بازده انرژی، اکسرژی و میزان تخریبها در سیکل نیروگاه

	بازده انرژی	بازده اکسرژی	تخریب اکسرژی	درصد تخریب اکسرژی
Pres. Relive	98.1%	0%	0.41	0.8%
Combustion Chamber	100%	61.6%	41.69	85.7%
Turbine	100%	93.1%	4.01	8.2%
Compressor	100%	95%	2.52	5.2%
Total	30%	28.5%	48.65	100%

چند عدد سرانگشتی

	Energy	Exergy
District heating boiler	0.85 - 1.05	0.15 - 0.18
Power plant boiler	0.90	0.50
Power plant	0.40	0.39
Cogeneration of power and heat	0.85	0.40
Electrical water heater	0.33	0.06
Heat pump	1.20	0.20

تحلیل اکسرژی چه چیز جدیدی ارائه می دهد؟

- روشهای افزایش کارایی را در این موارد میدانند
- ۱- عایق سازی و ایجاد نشت سیستم آدیاباتیکی
- ۲- کاهش تخریب درونی اکسرژی
- تلفات درونی ترمودینامیکی در درون سیستم را در نظر می گیرید
- اولویت بندی در بهینه سازی انرژی
- اولویت بندی در تخصیص منابع (کیفیت منابع)