

پژوهشگاه مواد و انرژی

موضوع:

ارائه مدل انرژی و شبیه سازی مدل با شرایط تجربی - عملیاتی در موضوع
تحقیق ضریب عملکرد یک چیلر جذبی - خورشیدی

نگارنده:

یوسف فتحی الماس

کارشناس ارشد انرژیهای نو و تجدیدپذیر

تابستان ۹۴

مقدمه

معرفی چیلر

خواص لیتیم بروماید و شارژ آن

معرفی چیلر

میزان کسب انرژی خورشید

معادلات استاتیکی و تحلیل حساسیت

معادلات دینامیکی

نتایج

➤ انواع چیلرهای جذبی از نظر ماده مبرد و ماده جاذب



➤ طبقه بندی چیلرهای جذبی از نظر چرخه

تغلیظ ماده جاذب و مراحل سردسازی

چیلر جذبی تک اثره لیتیم بروماید-آب (single effect)

چیلر جذبی دو اثره لیتیم بروماید-آب (double effect)

چیلر جذبی سه اثره لیتیم بروماید-آب (triple effect)

چیلر جذبی یک مرحله ای آب-آمونیاک (single stage)

چیلر جذبی چند مرحله ای آب-آمونیاک (multi stage)

➤ طبقه بندی چیلرهای جذبی از نظر منبع

گرمایی تغلیظ و احیاء

چیلر جذبی با ژنراتور بخار

چیلر جذبی با ژنراتور آب داغ یا آب گرم

چیلر جذبی شعله مستقیم (direct fire)

شعله
غیر
مستقیم

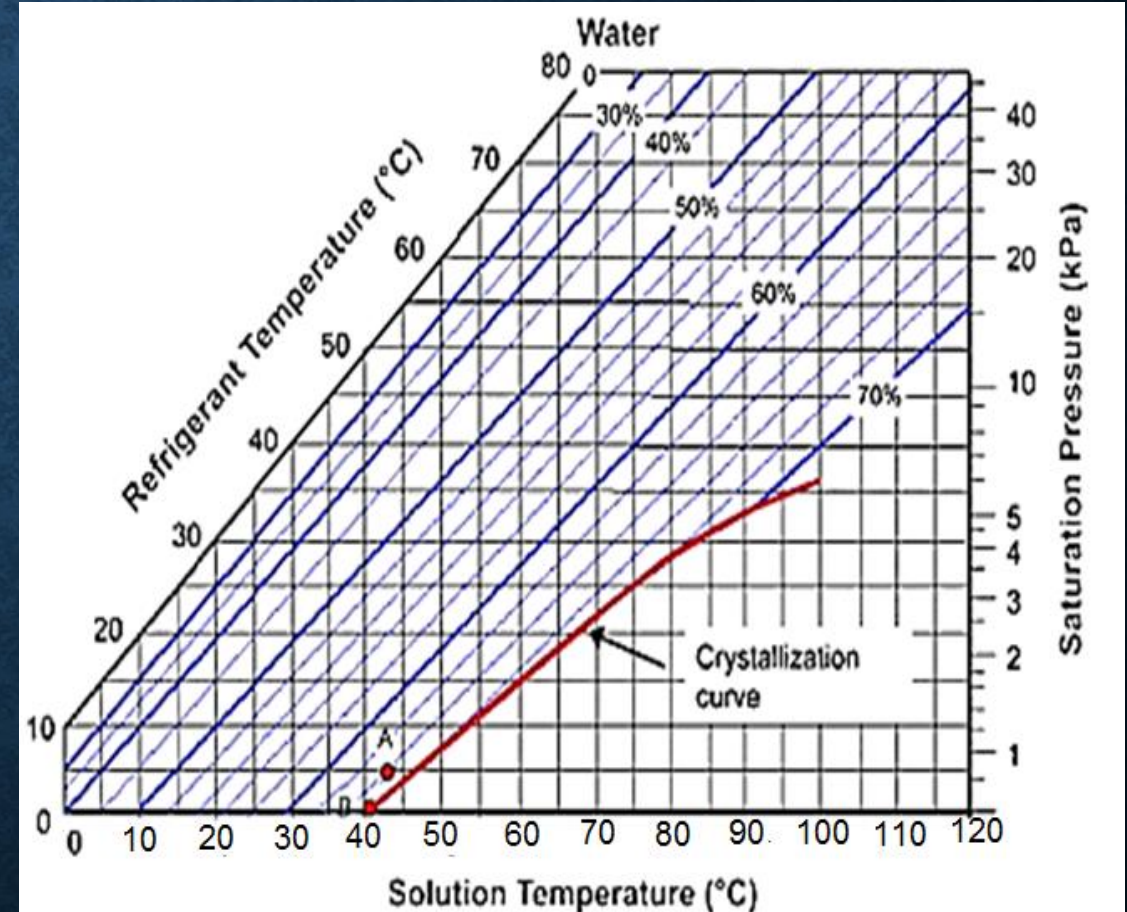
➤ خواص محلول لیتیم بروماید

○ روابط کیم و فیرا

$$\bar{M}_{LiBr} = 86.85 [k g / k mol]$$

$$\bar{h}_{LiBr} = \bar{h}_{LiBr,0} - \bar{R} \cdot \left[c_0 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + \frac{c_1}{2} \cdot \left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2} \right) + \frac{c_2}{3} \cdot \left(\frac{1}{T^3} - \frac{1}{T_0^3} \right) \right] + \bar{R} \cdot \left(b_{01} + 2 \frac{b_{02}}{T} \right) \cdot (p - p_0^*)$$

$$\bar{s}_{LiBr} = \bar{s}_{LiBr,0} - \bar{R} \cdot \left[\frac{c_0}{2} \cdot \left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{T_0^2} \right) + \frac{c_1}{3} \cdot \left(\frac{1}{T^3} - \frac{1}{T_0^3} \right) + \frac{c_2}{4} \cdot \left(\frac{1}{T^4} - \frac{1}{T_0^4} \right) \right] - \bar{R} \cdot \left(b_{00} - \frac{b_{02}}{T^2} \right) \cdot (p - p_0^*)$$

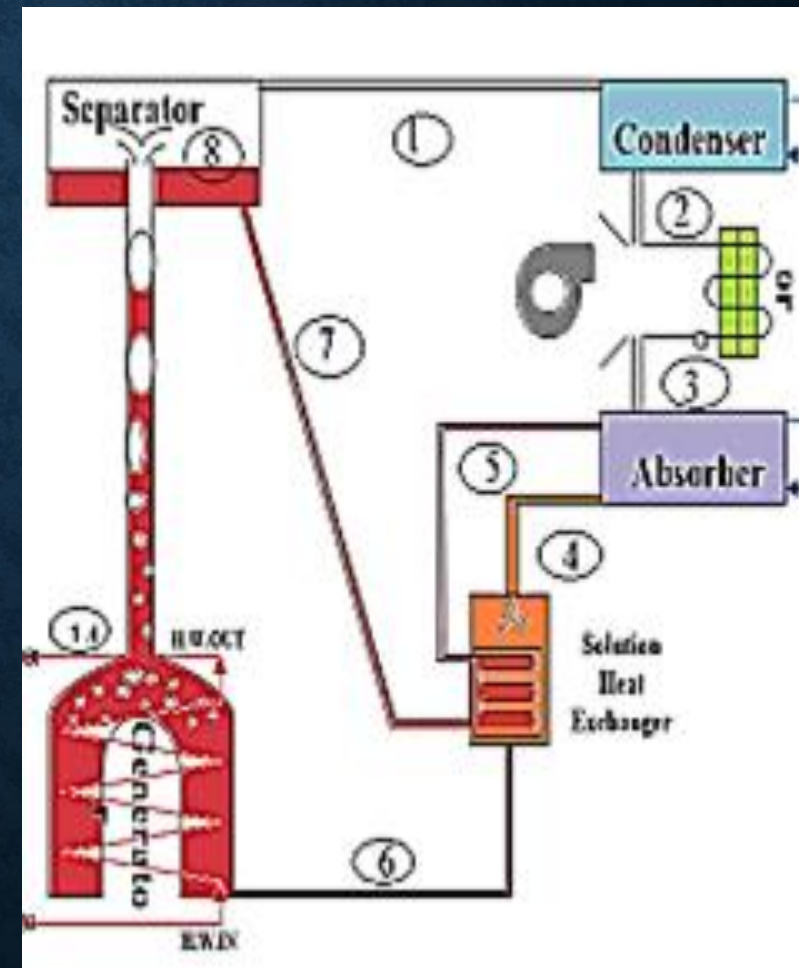


Property chart for LiBr/H₂O solution with crystallization curve.

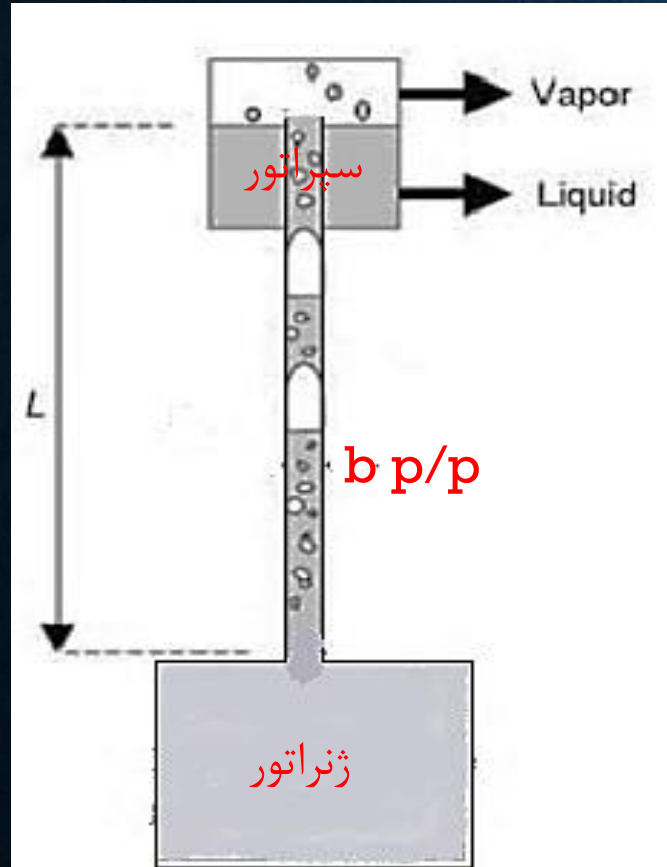
➤ شارژ لیتیم بروماید، آب و افزودنیهای دیگر

ردیف	نوع مواد اضافه شده	مقدار اضافه شده	خواص مواد
۱	لیتیم بروماید ۵۵٪	۳ تا ۴ لیتر به ازاء هر تن تبرید	محلول جاذب
۲	آب مقطر	۱ تا ۱.۵ لیتر به ازاء هر تن تبرید	ماده مبرد
۳	لیتیم کرومات	۰.۵ لیتر به ازاء هر ۴۸۰ لیتر محلول لیتیم بروماید ۵۵٪	خنثی کننده و جلوگیری از خوردگی چیلر
۴	الکل اکتیل	۲ لیتر به ازاء هر ۴۸۰ لیتر محلول لیتیم بروماید ۵۵٪	مانع از کف کردن محلول لیتیم بروماید در خلاء

➤ معرفی چیلر لیتیم بروماید



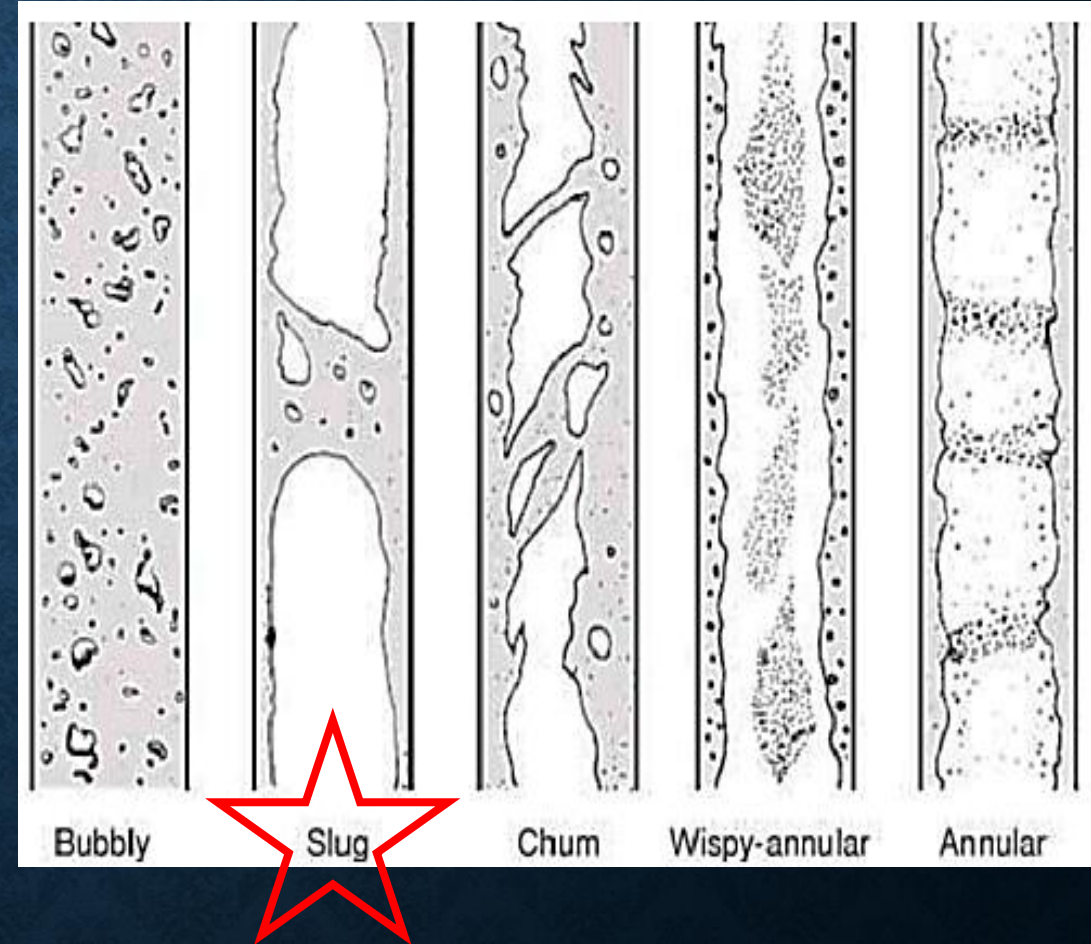
➤ مجموعه ژنراتور، سپراتور و $b p/p$



$$P_g = P_c + (\rho g h)/1000$$

$$P_g = P_c$$

➤ اشکال مختلف جریان در $b p/p$



➤ بحث خورشیدی

کل حرارت مورد نیاز = 22.59 kw
 تامین حرارت توسط آبگرمکنها = 5.229 kw
 درصد تامین حرارت آبگرمکنها = 23.14%

زاویه نصب آبگرمکن ها = 45° درجه
 مساحت کل آبگرمکنها = $9.2 \text{ (m}^2\text{)}$

□ متوسط تابش خورشید در روزهای دیتابرداری

□ مساحت مورد نیاز کلکتور تخت

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q_g \text{ (kw)}}{\eta_c \cdot q_u \text{ (kw/m}^2\text{)}}$$

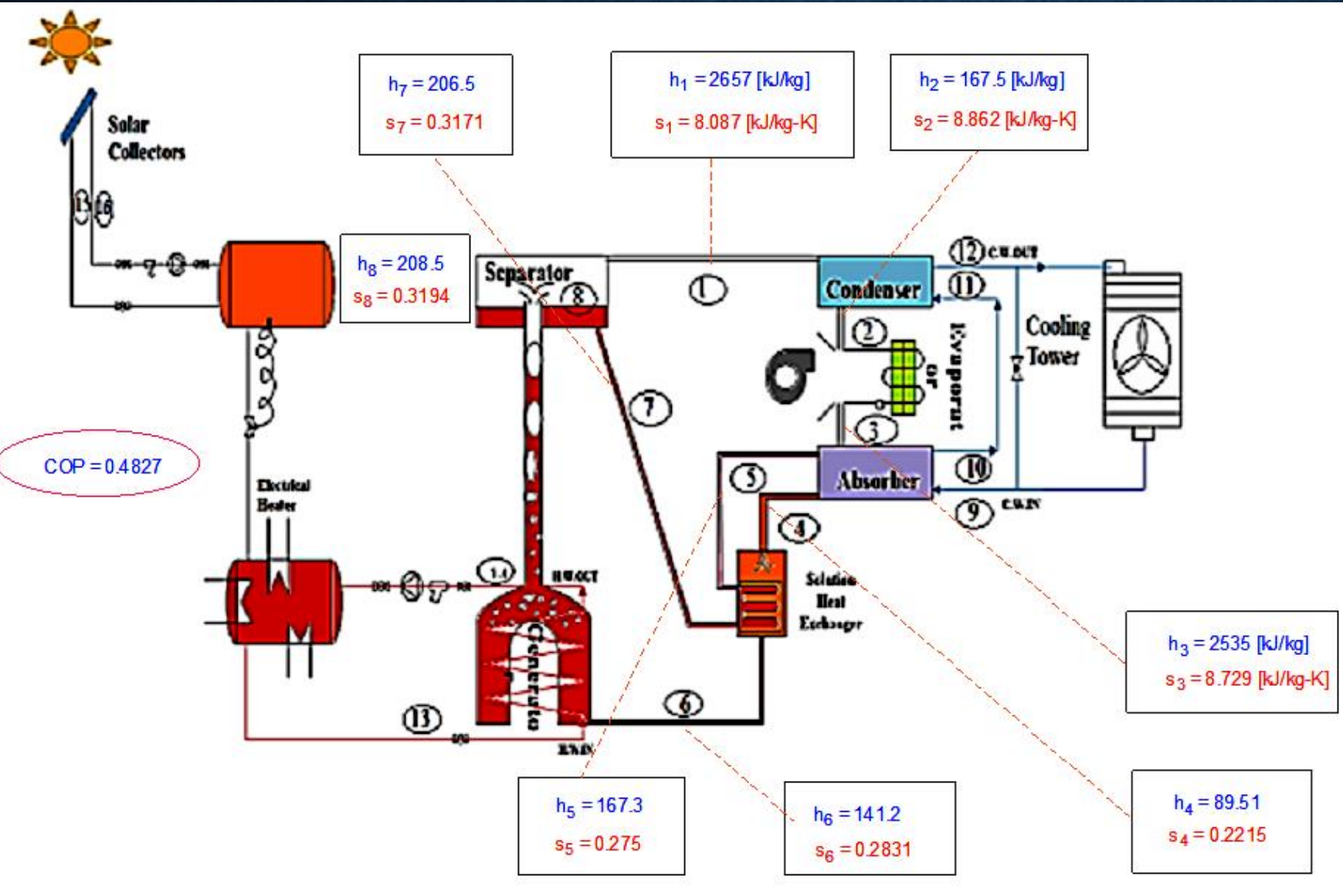
تاریخ	میانگین تابش در سطح افقی (w/m^2)	میانگین تابش در سطح 45° درجه (w/m^2)
۱۳۹۴.۰۴.۳۰	761.99	669.42
۱۳۹۴.۰۴.۳۱	754.93	666.35



parameters	symbol	Value(kw)
Evaporator	Qe	9.88
Absorber	Qa	16.83
Generator	Qg	17.36
Condenser	Qc	10.41
COP	----	0.569

$$\frac{17.36 \text{ [kw]}}{\eta \cdot 0.6694 \text{ [kw/m}^2\text{]}} \cong \frac{26}{\eta} \text{ (m}^2\text{)}$$

➤ شرایط بهره برداری اولیه



$T_1 = 85 [^\circ\text{C}]$
 $T_2 = 33 [^\circ\text{C}]$
 $P_e = 2.3 \text{ [kpa]}$
 $T_3 = 20 [^\circ\text{C}]$
 $T_4 = 38 [^\circ\text{C}]$
 $T_5 = 67 [^\circ\text{C}]$
 $T_6 = 57 [^\circ\text{C}]$
 $T_7 = 84 [^\circ\text{C}]$
 $P_g = 20 \text{ [kpa]}$
 $T_8 = 90 [^\circ\text{C}]$
 $P_c = 20 \text{ [kpa]}$

➤ روابط ترمودینامیکی حاکم

❖ فرضیات

(۱) جریان **sssf** (۲) ژنراتور و **bp/p** یکپارچه (۳) افت حرارت از بدنه صرفنظر شده

$$\sum_e \dot{m}_e = \sum_i \dot{m}_i$$

$$\dot{m} x_{eg} = \dot{m} x_{ea}$$

بالانس جرم

$$\dot{Q} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i$$

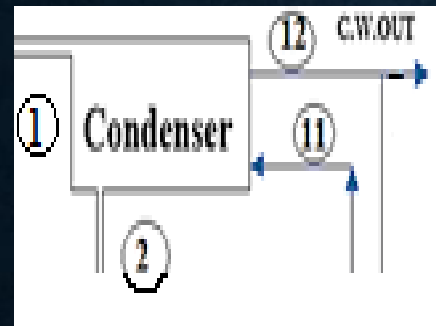
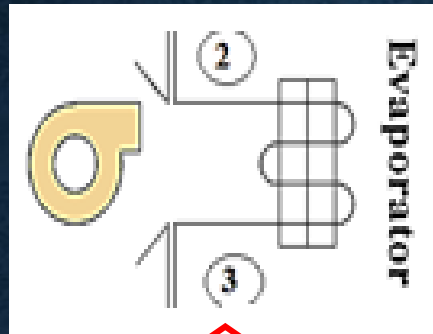
بالانس انرژی (ق اول ترمودینامیک)

$$e = \left(h - T_0 s + \frac{v^2}{2} + gz \right) - (h_0 - T_0 s_0 + gz_0)$$

اگرژی سیستم (ق دوم ترمودینامیک)

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g}$$

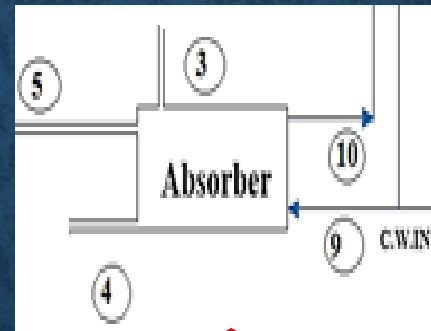
ضریب عملکرد سیستم



$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_1(h_4 - h_3)$$

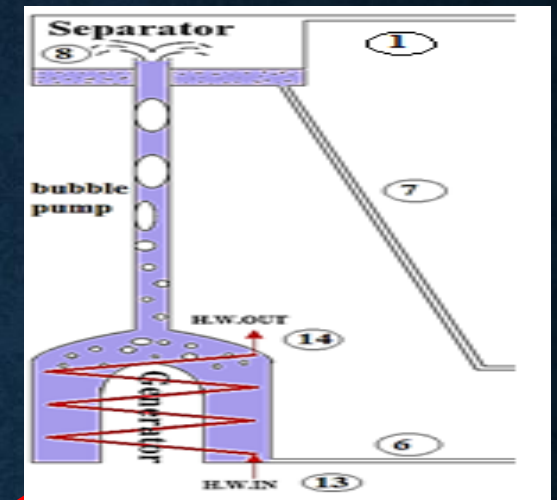
$$\dot{Q}_e = \dot{m}_{air} \cdot C \cdot \Delta T$$



$$\dot{m}_4 = \dot{m}_3 + \dot{m}_5$$

$$\dot{m}_4 x_4 = \dot{m}_5 x_5$$

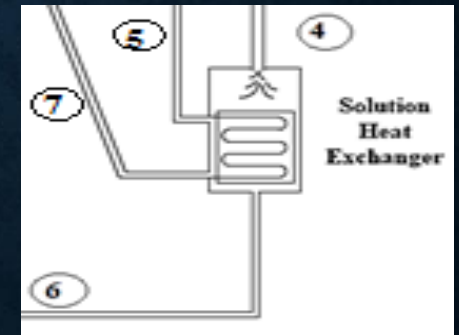
$$Q_a = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_5 h_5 - \dot{m}_4 h_4$$



$$\dot{m}_6 = \dot{m}_1 + \dot{m}_7$$

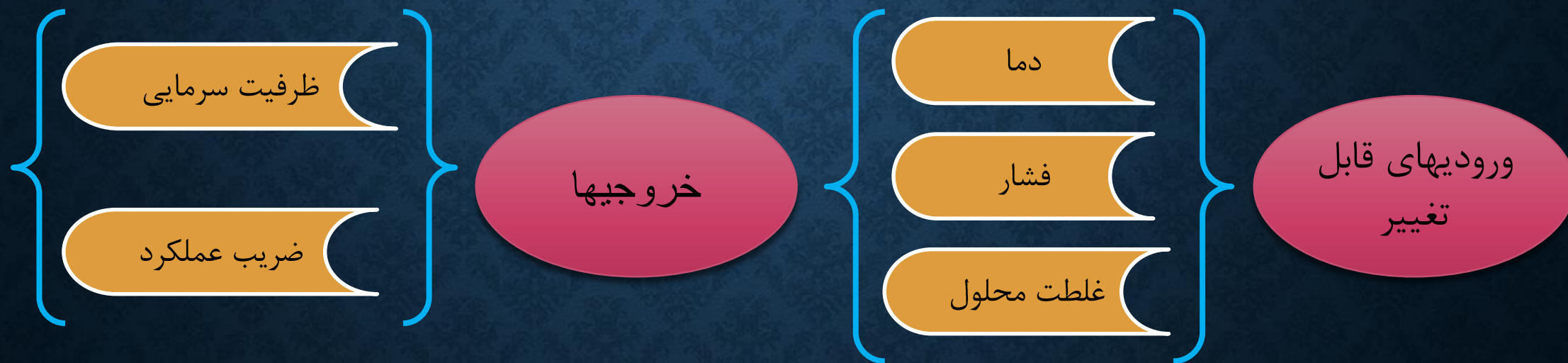
$$Q_g = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_7 h_7 - \dot{m}_6 h_6$$

$$Q_g = \dot{m}_{H.W.} \cdot C \cdot (T_{13} - T_{14})$$

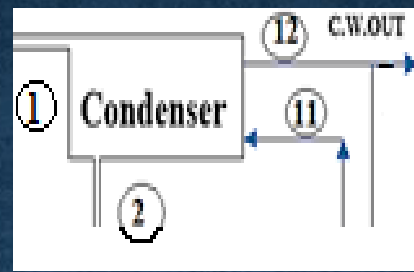


$$\dot{m}_7(h_7 - h_5) = \dot{m}_4(h_6 - h_4)$$

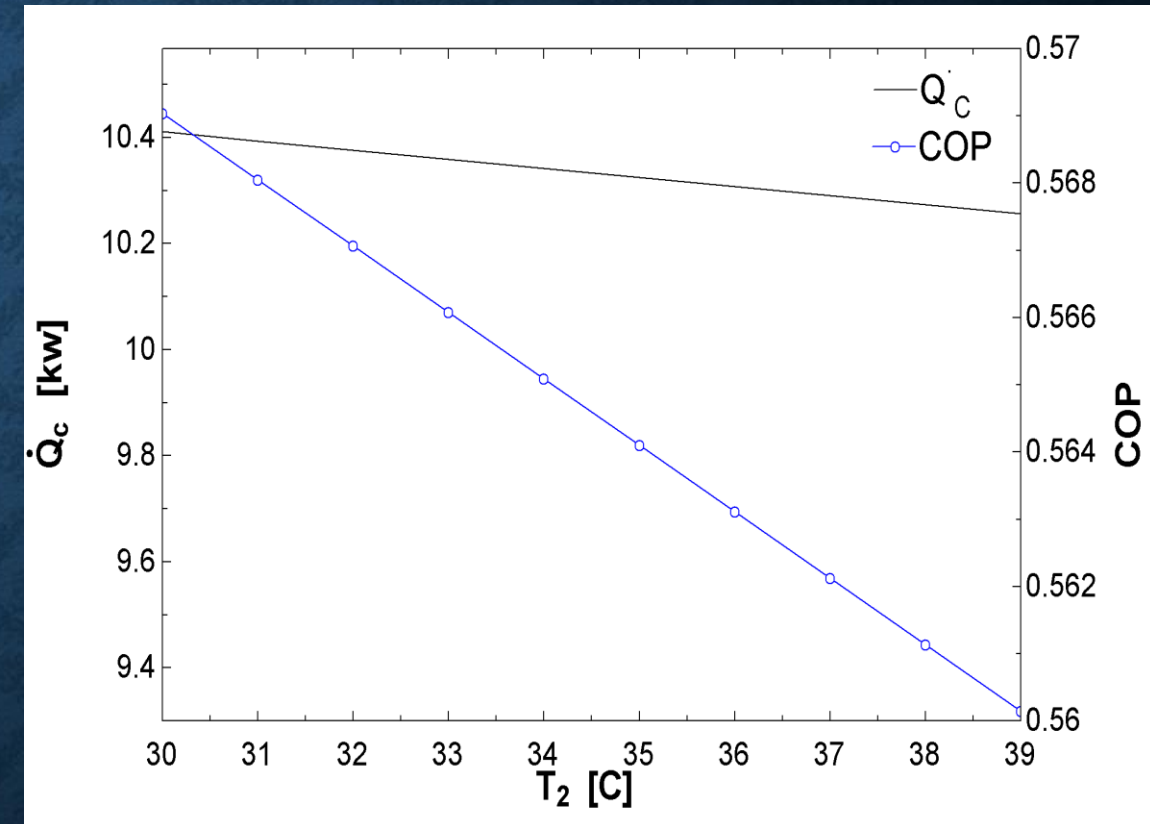
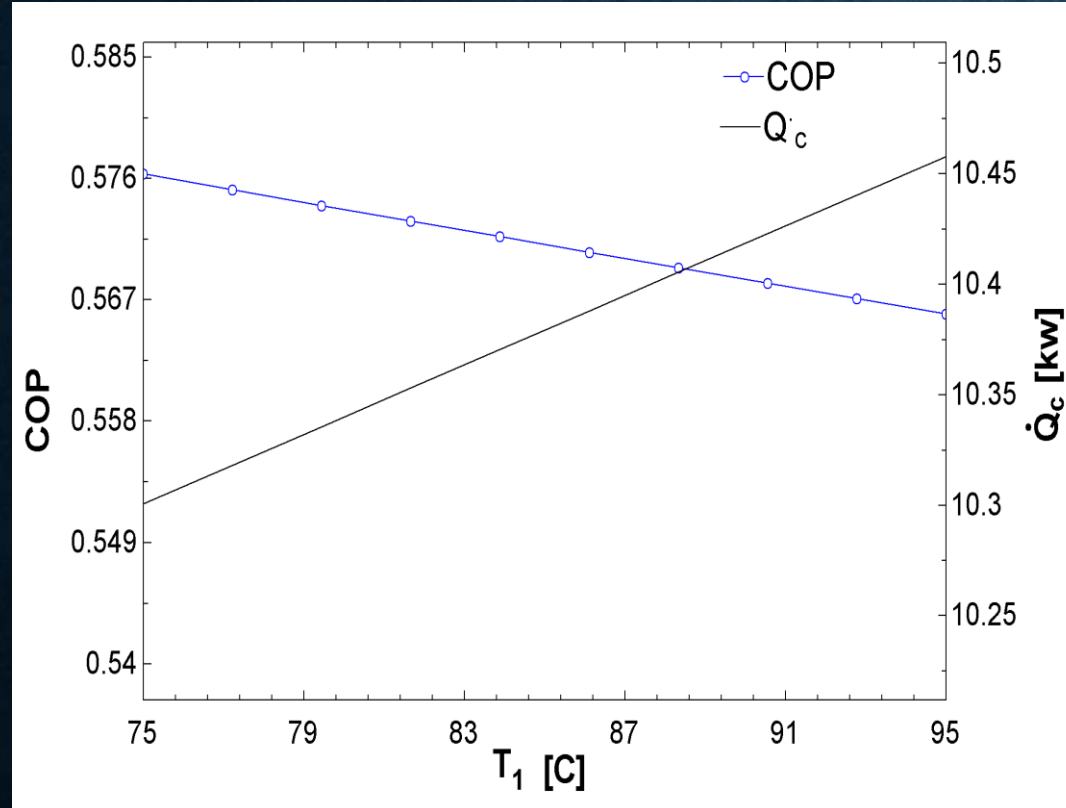
مطالعه تاثیرپذیری متغیرهای خروجی از متغیرهای ورودی



➤ تغییرات بار کندانسور و COP
با دمای بخار ورودی



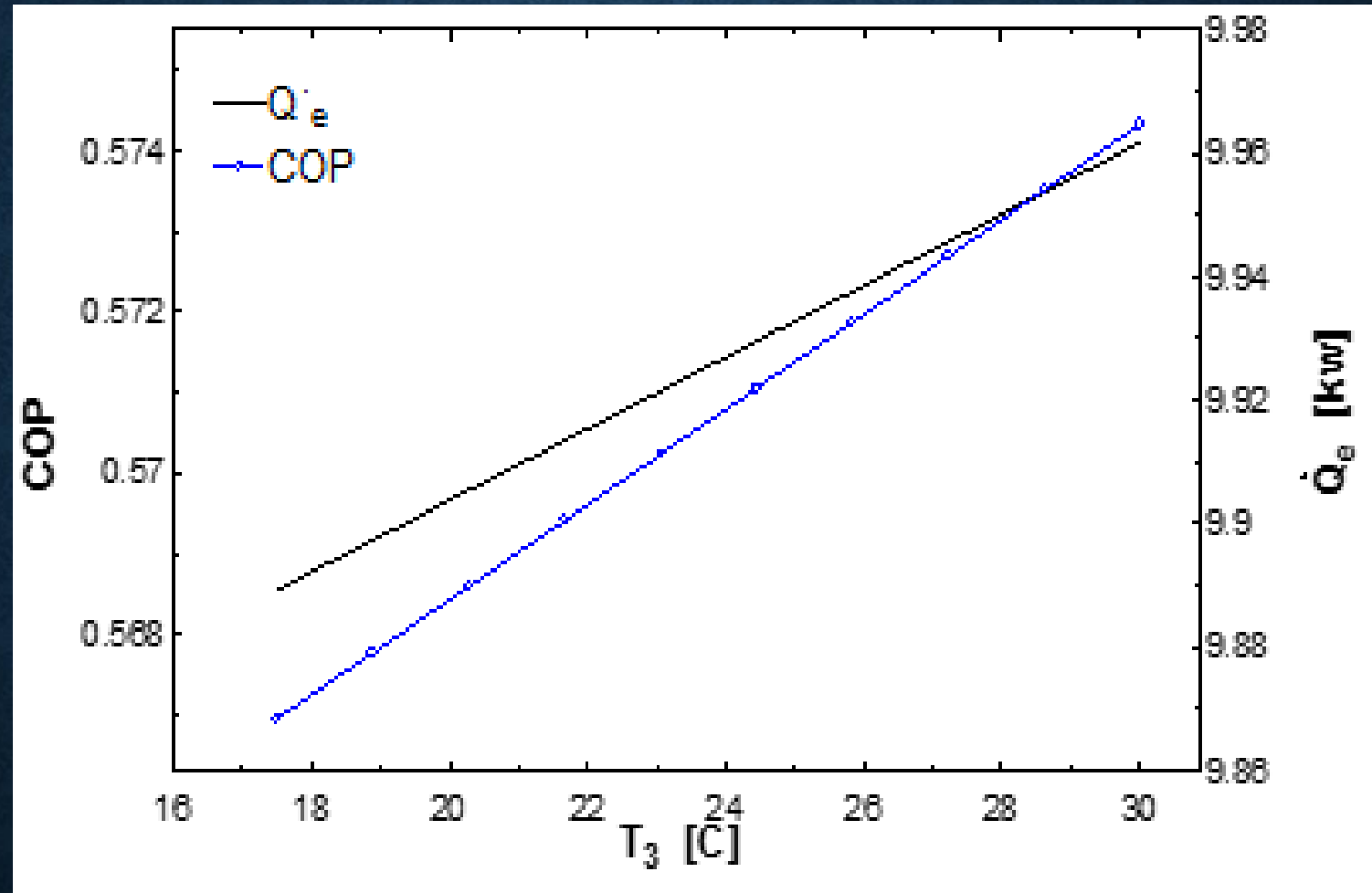
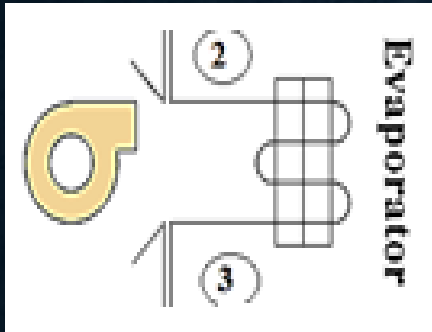
➤ تغییرات بار کندانسور و COP نسبت به
افزایش دمای خروجی مبرد از کندانسور



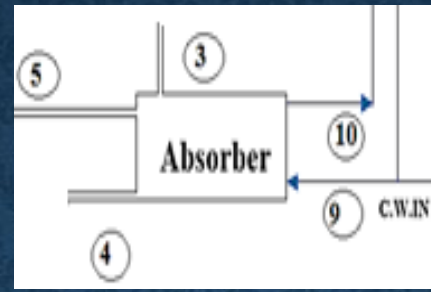
$T_1 \cong \uparrow \Rightarrow \dot{Q}_c \cong 150 [w] \uparrow; COP \cong 1\% \downarrow$

$T_2 \uparrow; \dot{Q}_c = 100 (w) \downarrow; COP \cong 0.9\% \downarrow$

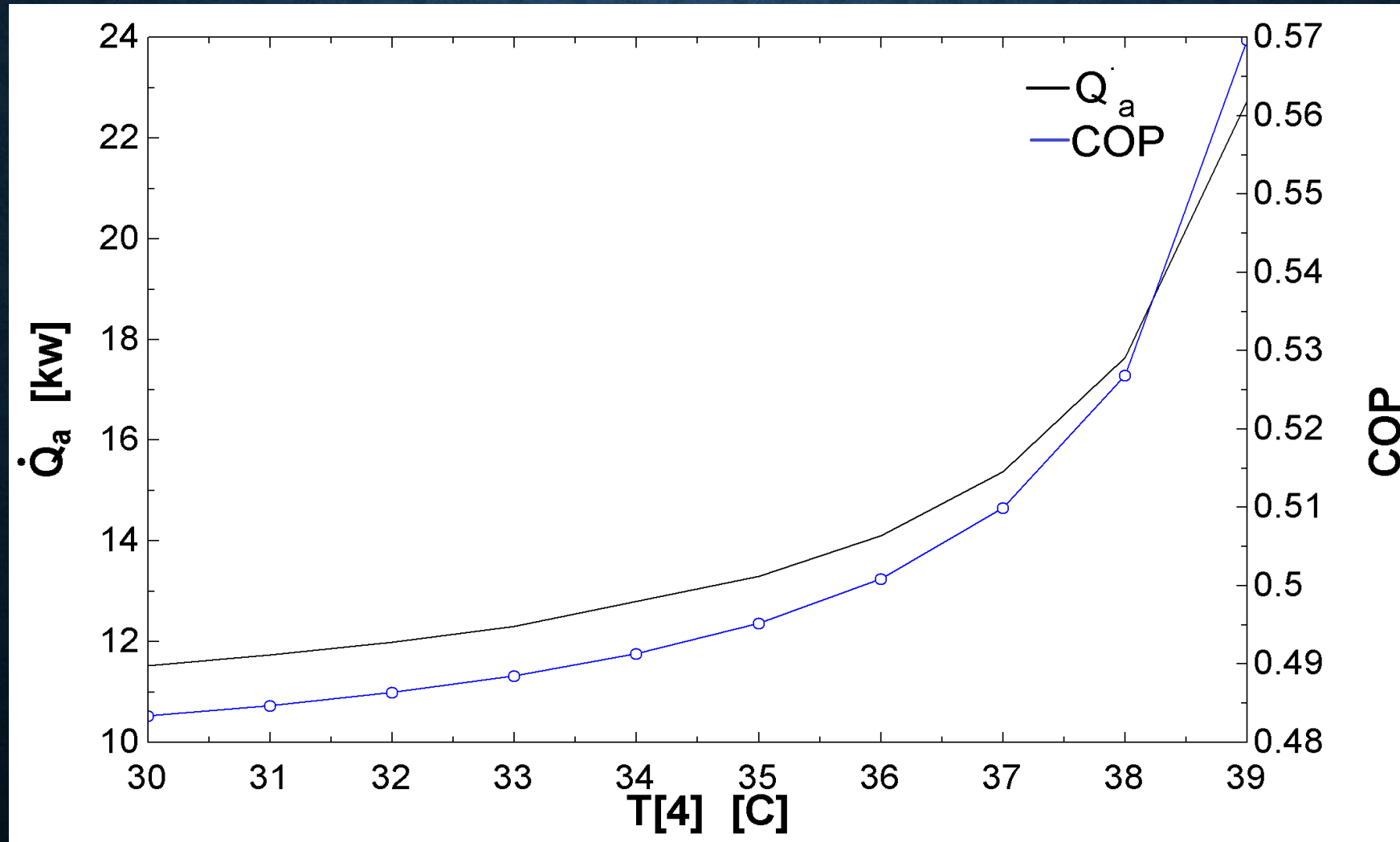
➤ تغییرات بار برودتی اواپراتور و COP با افزایش دمای مبرد خروجی



$$T_3 \cong \uparrow \Rightarrow \dot{Q}_e \cong 70 [w] \uparrow; COP \cong 0.7\% \uparrow$$

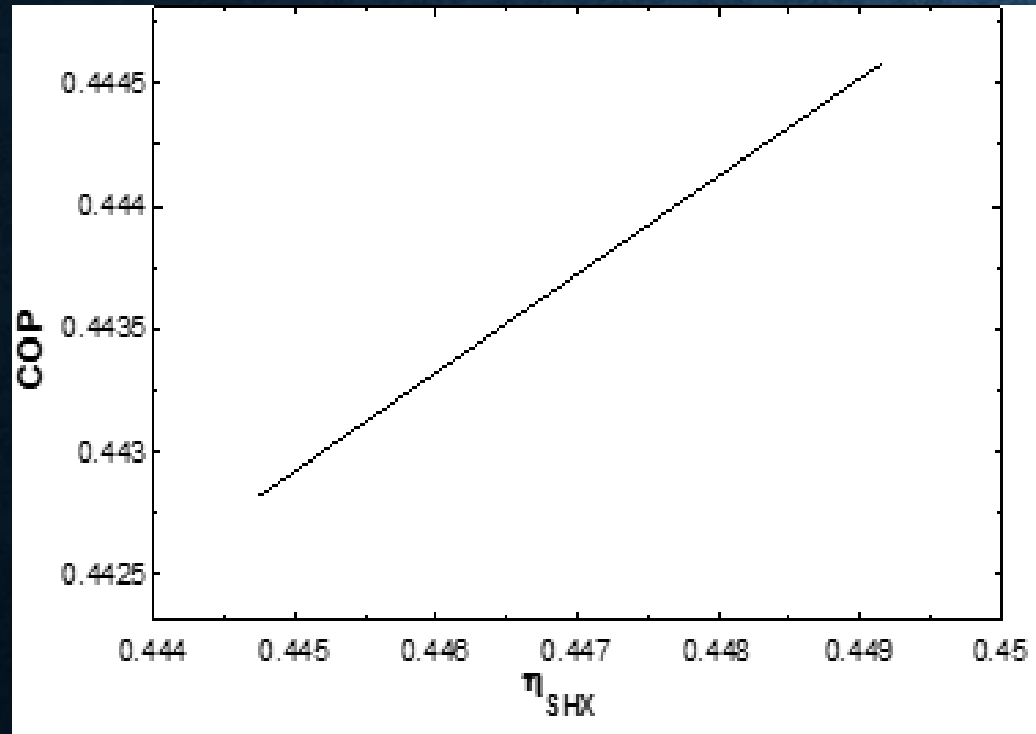


➤ تغییرات بار حرارتی و **cop**
با دمای خروجی از ابزوربر
و ورودی از مبدل



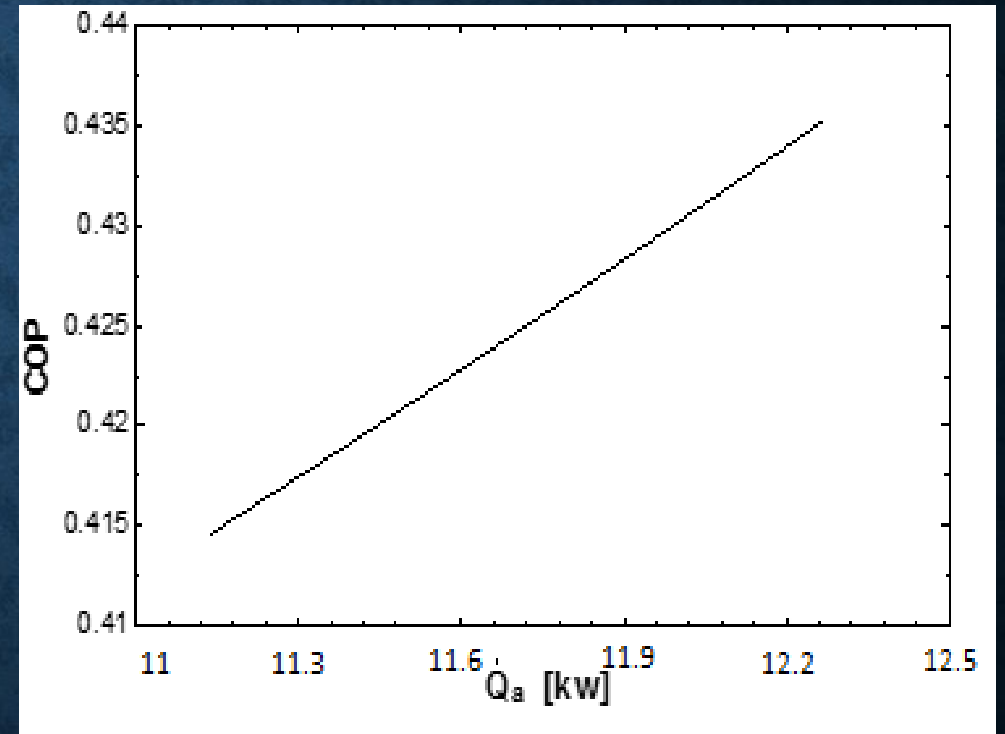


➤ تغییرات COP با راندمان
مبدل حرارتی محلول

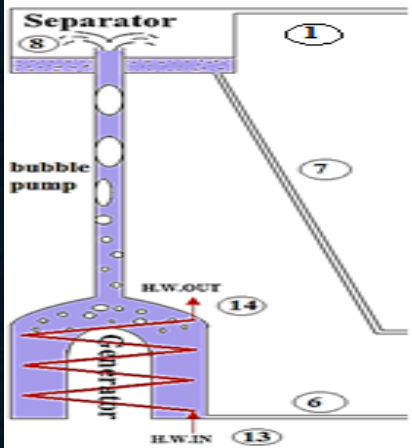


$$\eta_{SHX} = \frac{h_7 - h_5}{h_7 - h_4} = 0.45$$

➤ تغییرات COP با بار حرارتی
دفع شده در ابزوربر

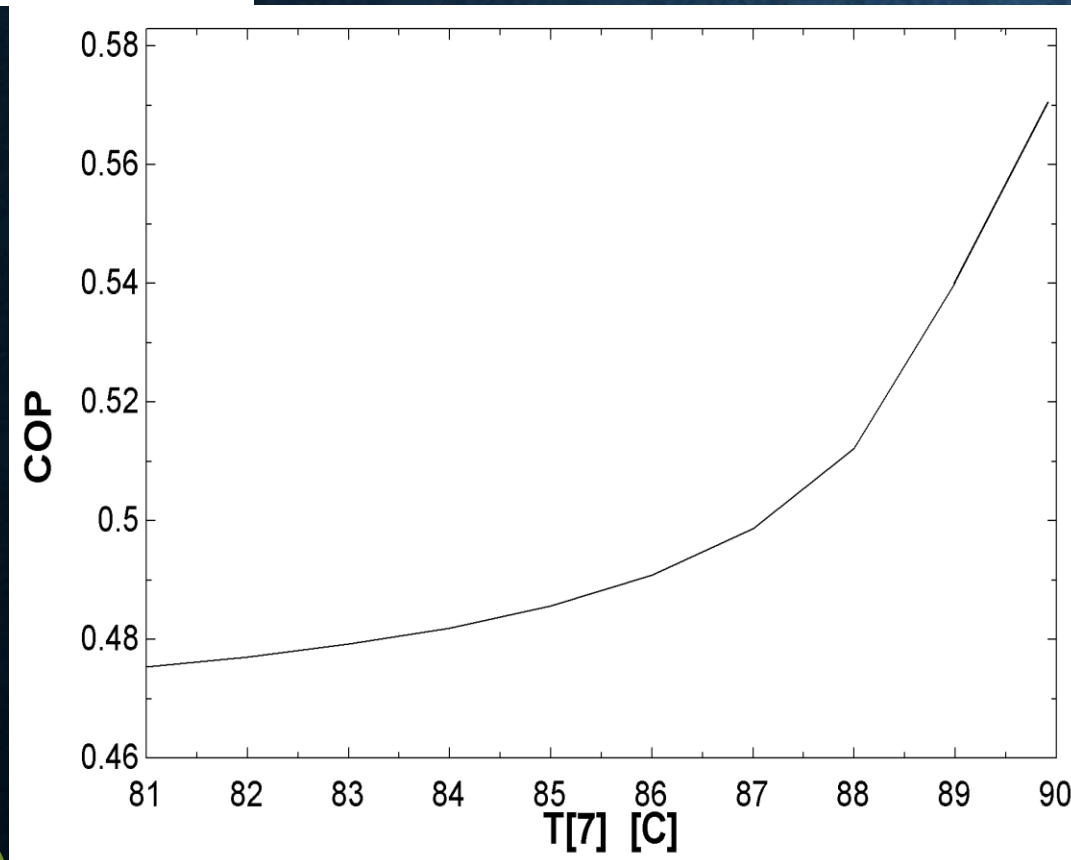


$$\dot{Q}_a = 1.13 \text{ (kw)} \uparrow; COP \cong 2.07 \% \uparrow$$



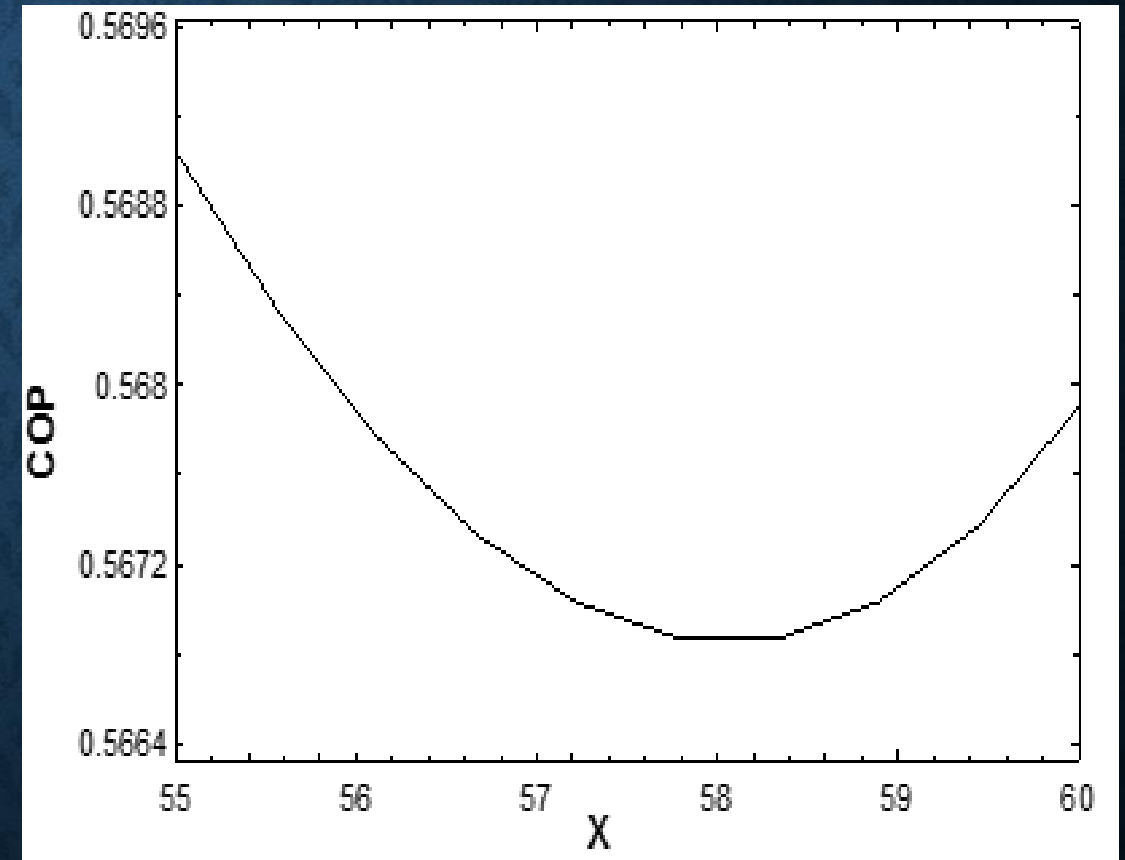
➤ تغییرات COP با دمای
خروجی از ژنراتور

$$T_7 \uparrow \Rightarrow COP \uparrow$$



➤ تغییرات COP با غلظت
خروجی از ژنراتور

$$X \leq 58 \% ; COP \downarrow , X > 58 \% ; COP \uparrow$$



تعریفی از راندمان قانون دوم ترمودینامیک

$$\eta_{ex} = \frac{ex_{taken}}{ex_{given}} = 1 - \frac{ex_{loss}}{ex_{given}}$$

❖ اگزرژی اوپراتور:

$$\left. \begin{aligned} ex_1(e) &= \dot{m}_2(ex_2 - ex_3) + \dot{Q}_e \left(1 - \frac{T_0}{T_e}\right) \\ ex_2(e) &= \dot{m}_{air}(ex_i - ex_o) - \dot{Q}_e \left(1 - \frac{T_0}{T_e}\right) \end{aligned} \right\}$$

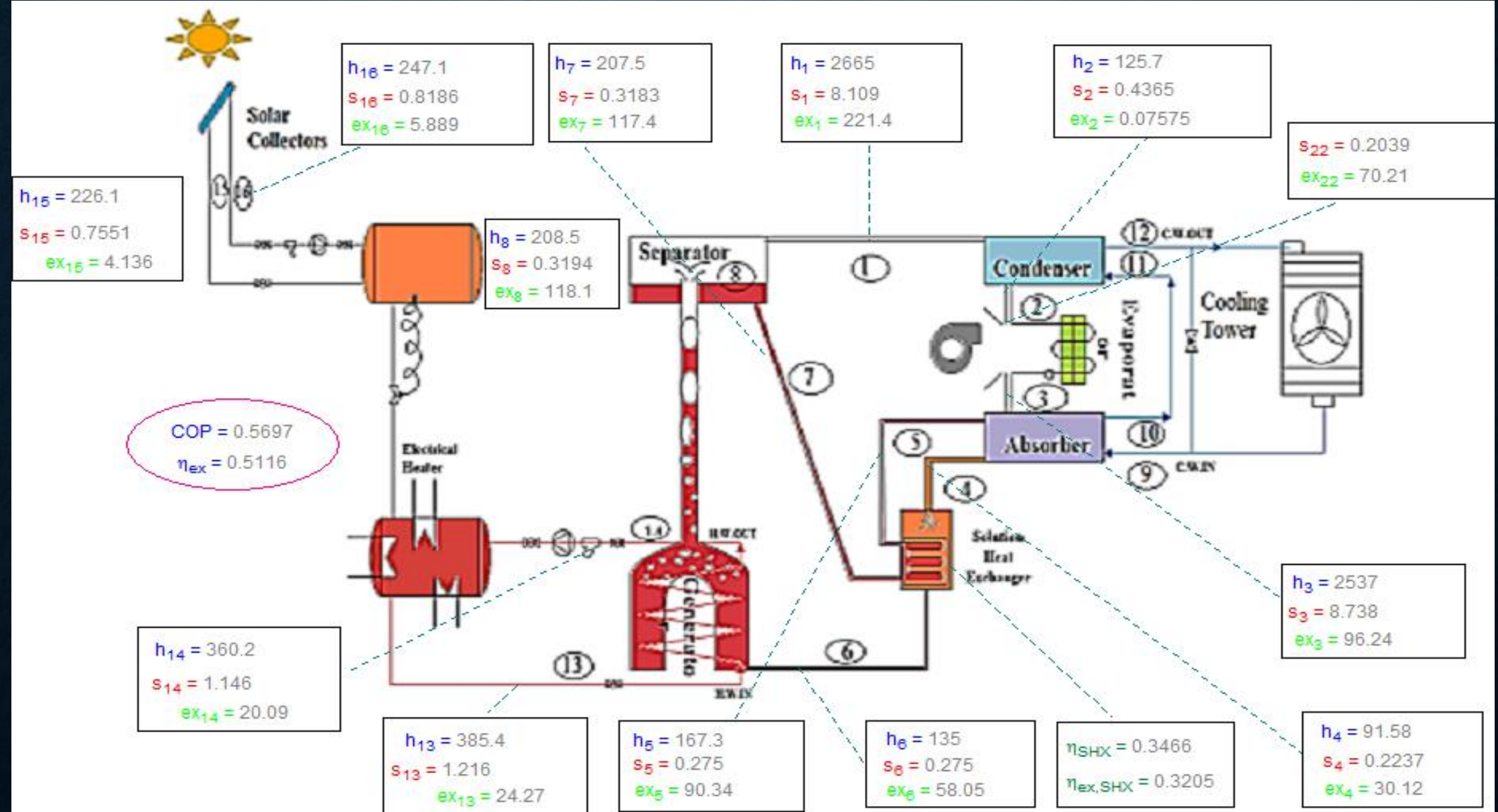
○ افت اگزرژی از طریق بازگشت ناپذیریهای داخلی و انتقال حرارت

$$ex_3(e) = \dot{m}_{air}(ex_o - ex_i) \quad \longrightarrow$$

○ افت یا کسب اگزرژی از محیط

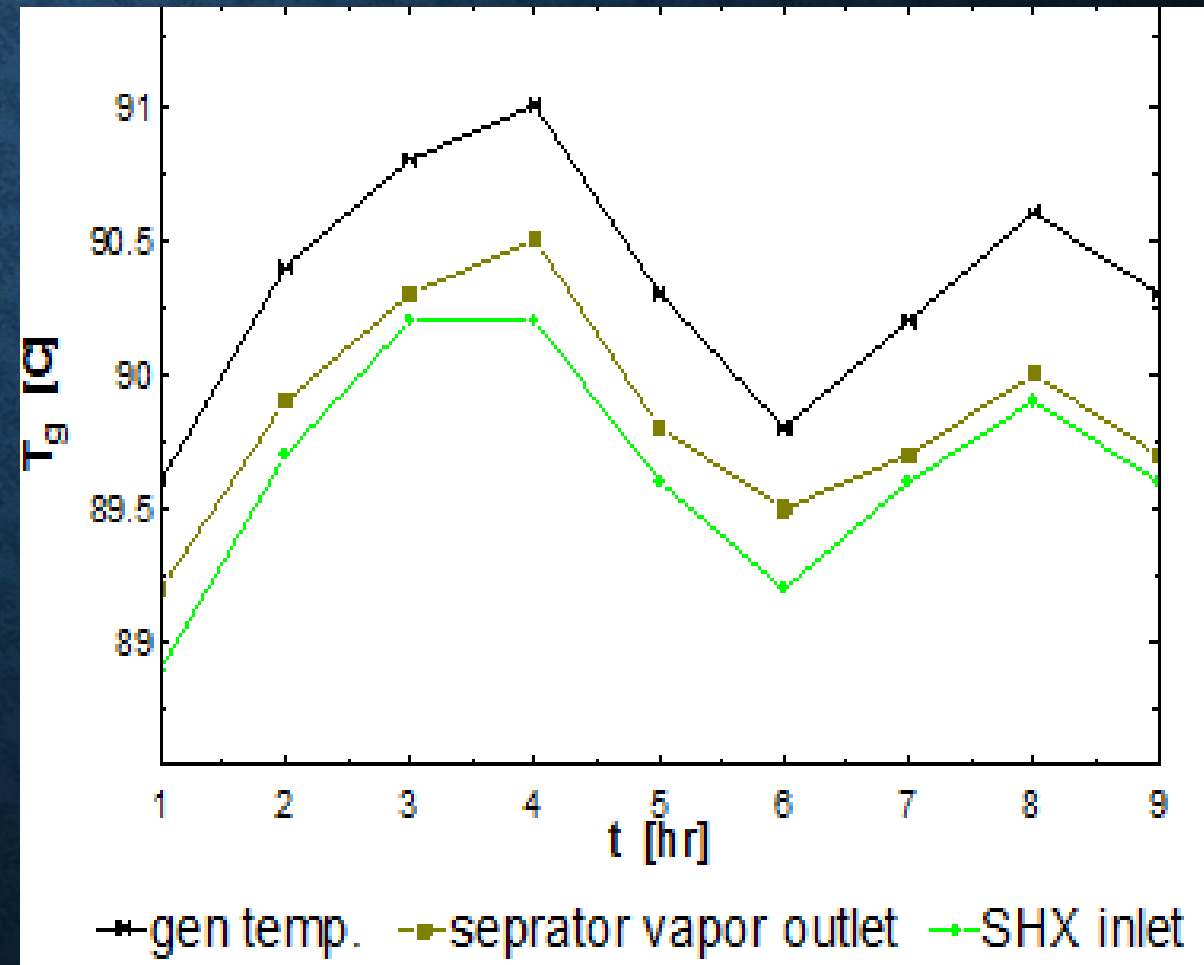
$$\eta_{ex} = 1 - \frac{\sum ex_1(t) + \sum ex_2(t)}{ex_3(e) + ex_3(g)} = 0.5116$$

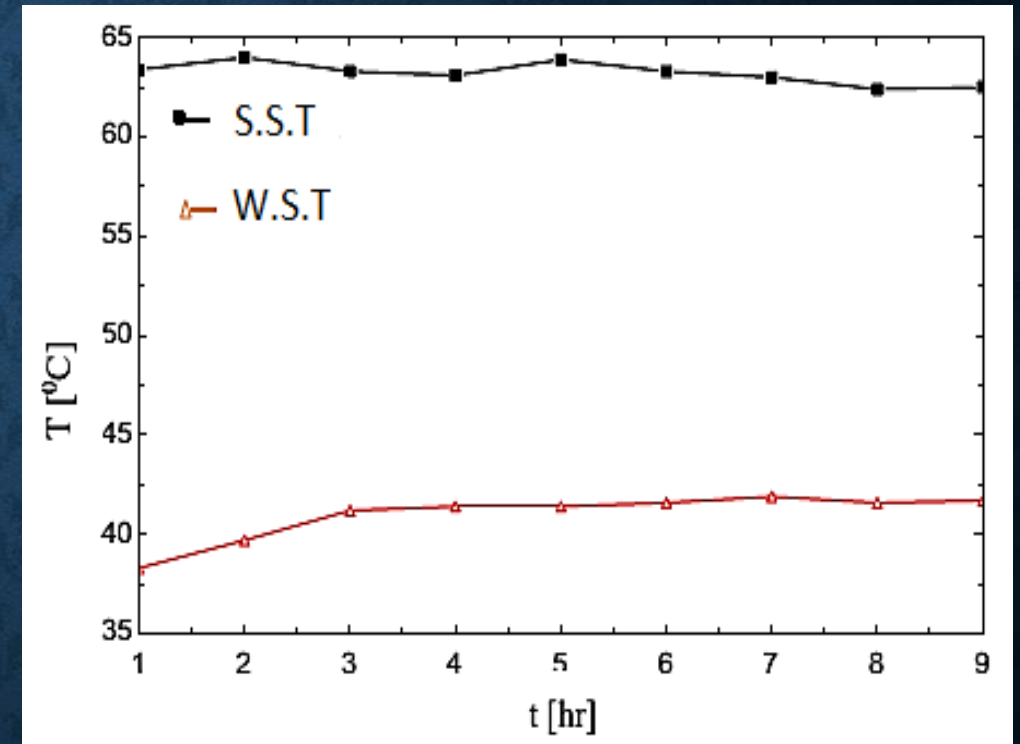
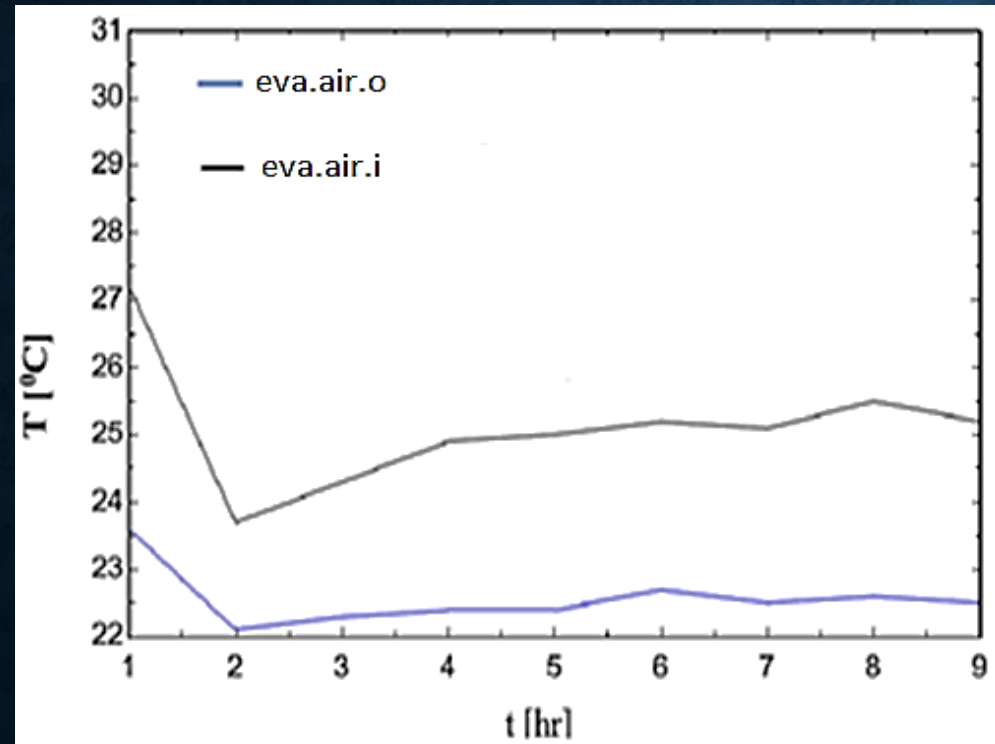
شماتیک چیلر جذبی بدون پمپ



➤ جدول و شرایط عملیاتی پس از تحلیل حساسیت

ردیف	P [KPa]	T [°C]	m' [gr/s]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg.°k]
1	18.3	89	4.1	2665	8.109
2	18.3	30	4.1	125.7	0.4365
3	2	18.6	4.1	2535	8.729
4	2	39	54.4	91.58	0.2237
5	18.3	69	50.3	167.3	0.275
6	2	60	54.4	135	0.275
7	18.3	89.5	50.3	207.5	0.3183
8	18.3	90	54.4	208.5	0.3194





➤ تحلیل دینامیک

$$\frac{dM}{dt} = \sum \dot{m}_e h_e - \sum \dot{m}_i h_i$$

بالانس جرم

$$(Mc_p)_c \frac{dT}{dt} - V \frac{dP}{dt} + h \frac{dM}{dt} + M \frac{dh}{dt} = \sum_i Q_i + \sum_k \dot{m}_k h_k$$

بالانس انرژی

➤ روابط مربوط به اواپراتور و کندانسور

$$\left[(MC_p) + M \left(\frac{\partial h_f(T)}{\partial T} \right) (1 - Q_u) + M Q_u \left(\frac{dh_g(T)}{dT} \right) - \nabla \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right) \right] \frac{dT}{dt} +$$

$$[-Mh_f(T) + Mh_g(T)] \frac{dQ_u}{dt} + h_f \frac{dM}{dt} = \textcircled{Q} + \sum mh$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\left(\frac{1}{\nabla} \right) \left(\frac{dM}{dt} \right) - [\rho(T) - \rho_f(T)] \left(\frac{dQ_u}{dt} \right)}{\left(\frac{d\rho_f(T)}{dT} \right) (1 - Q_u) + Q_u \left(\frac{d\rho_g(T)}{dT} \right)}$$

➤ نتایج

- ۱- چهار عامل تاثیرگذار بر ضریب عملکرد چیلر عبارتند از:
الف) تامین گرمای مناسب ب) داشتن کندانسور
ج) ایجاد وکیوم تا حد ممکن د) شارژ لیتیم بروماید با غلظت مناسب
- ۲- در تحلیل حساسیت **cop** به میزان ۸.۷٪ افزایش یافت.
- ۲- کاهش دمای برج خنک کن باعث افزایش ضریب عملکرد می شود.
- ۳- تامین حرارت مورد نیاز ژنراتور در فشار و دمای جوشش لیتیم بروماید باعث افزایش ظرفیت برودت و **cop** می شود.
- ۳- خروج محلول با غلظت مناسب از ژنراتور و جذب کامل مبرد در ابزوربر باعث بهبود **cop** می شود.
- ۴- تبادل حرارت کامل در اواپراتور تاثیر زیادی بر روی سیستم دارد.
- ۵- در بهره برداری اولیه، ضریب عملکرد سیستم مقدار ۰.۴۸۲۷ به دست آمد. پس از تحلیل حساسیت روابط حاکم بر سیستم موجبات ارتقاء ضریب عملکرد از ۰.۴۸۲۷ تا ۰.۵۶۹ شد. در ادامه تحلیل حساسیت استاتیکی، به بررسی اگزرژی (قانون دوم ترمودینامیک) سیستم در این نرم افزار پرداخته شد و راندمان اگزرژی، ۰.۵۱۱۶ محاسبه شد. جهت اعتبارسنجی مدل با روابط و پارامترهای صحت سنجی شده شروع به راه اندازی سیستم با آن روابط شد و دمای هوای محیط از 24.5°C تا 22.7°C خنکتر گردید.

➤ پیشنهاد

- ۱- پیشنهاد می شود با توجه به توان مورد نیاز پمپهای برج خنک کن، ژنراتور و پمپ آبگرمکن که در مجموع 1.6 [kw] لازم است و با موجود بودن پنلهای فتوولتاییک در محل و باطری برای ذخیره کردن جریان الکتریسیته، تمام یا قسمتی از جریان مورد نیاز تامین گردد.

با تشکر از توجه شما

