

## تحلیل ترمودینامیکی و مقایسه سیکل جذبی آب - لیتیوم بروماید دو اثره سری وموازی همراه با دو کندانسور

علی بارانی: کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

حمید رضا طالبش بهرامی: کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه علم و صنعت ایران

کوروش جواهرده: استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

### چکیده

تحلیل‌های بسیاری بر روی سیکل‌های جذبی یک و دو اثره همراه با یک کندانسور بعمل آمده است، لکن در این مقاله سیکل جذبی آب - لیتیوم بروماید دواثره با جریان‌های سری و موازی همراه با دو کندانسور، بررسی و مقایسه شده است. بدین منظور قوانین بقای جرم و انرژی حاکم بر سیستم نوشته شده، ضریب عملکرد سیستم‌ها محاسبه و تلفات انرژی نیز تحلیل شده است.

کلمات کلیدی: چیلر جذبی دو اثره، تحلیل ترمودینامیکی، انرژی

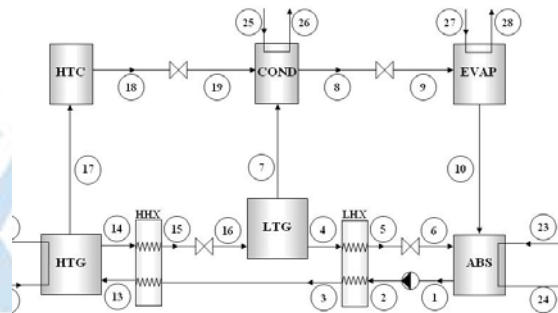
### مقدمه

شرایط محیط زیست انسان تأثیر مستقیمی بر چگونگی حالات روانی، وضعیت فیزیکی، نحوه انجام کار و ... دارد. از آنجائیکه بخش عمده زندگی بشر امروز در ساختمان می‌گذرد، ایجاد شرایط مطلوب زیست محیطی در ساختمان، اهمیت زیادی دارد. امروزه با افزایش شهرنشینی صنعت تهویه مطبوع گسترش یافته است. یکی از منابع سرمایه‌های مرکزی در ساختمان‌ها، چیلر است که وظیفه خنک کاری آب مورد استفاده در سیستم تهویه مطبوع را برعهده دارد. سیستم‌های جذبی آب - لیتیوم بروماید به طور وسیعی در تأسیسات تهویه مطبوع مورد استفاده قرار می‌گیرند. محققان زیادی به تحلیل سیکل جذبی یک اثره پرداخته‌اند [۱-۳]. جمعی نیز سیکل جذبی دواثره را تحلیل نموده‌اند [۴-۶]. اما در اکثر مقالات به سیکل‌های سری همراه با یک کندانسور توجه شده است لکن در این مقاله سیکل‌های دواثره از نوع سری و موازی همراه با دو کندانسور بررسی و تحلیل شده است.

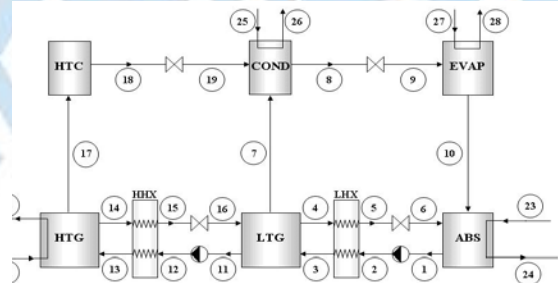
### توضیح عملکرد سیکل‌ها

شکل (۱) و (۲) طرح شماتیک چیلر جذبی دواثره سری و موازی را نشان می‌دهند. این سیکل‌ها دارای اواپراتور، ایزوژنر، ژنراتور دما بالا، ژنراتور دما پایین، دو مبدل حرارتی و دو کندانسور می‌باشند. در سیکل سری محلول رقیق خروجی از ایزوژنر به مبدل حرارتی دما پایین پمپ شده و سپس وارد مبدل حرارتی دما و آنگاه مستقیماً وارد ژنراتور دما

بالا می‌شود. مقداری از آب موجود در محلول آب - لیتیوم بروماید تبخیر و توسط خط ۱۷ وارد کندانسور دما بالا می‌شود. بقیه محلول آب - لیتیوم بروماید (خط ۱۴) نیز بعد از عبور از مبدل حرارتی دما بالا و گذشتن از شیر انبساط وارد ژنراتور دما پایین می‌شود. در این مرحله نیز مقداری از آب موجود در محلول آب - لیتیوم بروماید تبخیر و توسط خط ۷ وارد کندانسور شده و محلول آب - لیتیوم بروماید باقیمانده از مبدل حرارتی دما پایین گذشته و بعد از عبور از شیر بصورت محلول غلیظ وارد ابزوربر می‌شود. بخارات آب خطوط ۷ و ۱۷ توسط کندانسورها، مایع شده و پس از عبور از اواپراتور بخار می‌شوند. بخار آب خروجی از اواپراتور مستقیماً وارد ابزوربر شده و توسط محلول غلیظ درون ابزوربر جذب می‌شود و دوباره به صورت محلول رقیق از ابزوربر خارج می‌شود و این سیکل ادامه می‌یابد. ولی در سیکل موازی این محلول رقیق بطور همزمان وارد ژنراتور دما پایین و ژنراتور دما بالا می‌شود، آب تبخیر شده وارد کندانسورها می‌شود و محلول غلیظ همانند سیکل سری به ابزوربر بازمی‌گردد. در هر دو سیکل سری و موازی بخار آب گرفته شده از محلول آب - لیتیوم بروماید در هر ژنراتور وارد یک کندانسور مجزا می‌شود.



شکل ۱: سیکل دواثره آب - لیتیوم از نوع سری



شکل ۲: سیکل دواثره آب - لیتیوم از نوع موازی

### پایستگی جرم برای اجزاء چیلر

قانون پایستگی جرم برای هر جزء به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_o \quad (۱)$$

برای اجزای سیکل سری می‌توان نوشت:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_{13} \quad (۲)$$

$$\dot{m}_{14} = \dot{m}_{15} = \dot{m}_{16} \quad (۳)$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 = \dot{m}_6 \quad (۴)$$

$$\dot{m}_{17} = \dot{m}_{18} = \dot{m}_{19} \quad (۵)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 = \dot{m}_{10} \quad (۶)$$

$$\dot{m}_4 + \dot{m}_2 = \dot{m}_5 + \dot{m}_3 \quad (۷)$$

$$\dot{m}_{14} + \dot{m}_3 = \dot{m}_{15} + \dot{m}_{13} \quad (۸)$$

$$\dot{m}_{16} = \dot{m}_4 + \dot{m}_7 \quad (۹)$$

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14} + \dot{m}_{17} \quad (۱۰)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_{19} + \dot{m}_7 \quad (۱۱)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_6 + \dot{m}_{10} \quad (۱۲)$$

برای اجزای سیکل موازی نیز داریم:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad (۱۳)$$

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_{12} = \dot{m}_{13} \quad (۱۴)$$

$$\dot{m}_{14} = \dot{m}_{15} = \dot{m}_{16} \quad (۱۵)$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 = \dot{m}_6 \quad (۱۶)$$

$$\dot{m}_{17} = \dot{m}_{18} = \dot{m}_{19} \quad (۱۷)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 = \dot{m}_{10} \quad (۱۸)$$

$$\dot{m}_{16} + \dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_7 + \dot{m}_{11} \quad (۱۹)$$

$$\dot{m}_4 + \dot{m}_2 = \dot{m}_5 + \dot{m}_3 \quad (۲۰)$$

$$\dot{m}_{14} + \dot{m}_{12} = \dot{m}_{15} + \dot{m}_{13} \quad (۲۱)$$

$$\dot{m}_{13} = \dot{m}_{14} + \dot{m}_{17} \quad (۲۲)$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_{19} + \dot{m}_7 \quad (۲۳)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_6 + \dot{m}_{10} \quad (۲۴)$$

پایستگی غلظت برای اجزاء چیلر

پایستگی غلظت به صورت زیر نوشته می شود:

$$\sum \dot{m}_i X_i = \sum \dot{m}_o X_o \quad (۲۵)$$

برای اجزای سیکل سری می توان نوشت:

$$\dot{m}_{13} X_{13} = \dot{m}_{14} X_{14} \quad (۲۶)$$

$$\dot{m}_{16} X_{16} = \dot{m}_4 X_4 \quad (۲۷)$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = X_{13} \quad (۲۸)$$

$$X_4 = X_5 = X_6 \quad (۲۹)$$

$$X_{14} = X_{15} = X_{16} \quad (۳۰)$$

$$X_7 = X_8 = X_9 = X_{10} = X_{17} = X_{18} = X_{19} = 0 \quad (۳۱)$$

برای اجزای سیکل موازی نیز داریم:

$$\dot{m}_{16} X_{16} + \dot{m}_3 X_3 = \dot{m}_4 X_4 + \dot{m}_{11} X_{11} \quad (۳۲)$$

$$\dot{m}_{13} X_{13} = \dot{m}_{14} X_{14} \quad (۳۳)$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = X_{11} = X_{12} = X_{13} \quad (34)$$

$$X_{14} = X_{15} = X_{16} \quad (35)$$

$$X_4 = X_5 = X_6 \quad (36)$$

$$X_7 = X_8 = X_9 = X_{10} = X_{17} = X_{18} = X_{19} = 0 \quad (37)$$

### تحلیل قانون اول ترمودینامیک برای چیلر

قانون اول ترمودینامیک که بیانگر بقای انرژی در اجزای سیستم است، در حالت کلی به صورت زیر نوشته می شود:

$$\left(\sum \dot{m}_i h_i - \sum \dot{m}_o h_o\right) + \left(\sum Q_i - \sum Q_o\right) + W = 0 \quad (38)$$

$$UA = \frac{Q}{Lmtd} \quad (39)$$

اگر حالت سیستم را پایا در نظر گرفته و از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل صرفنظر کنیم آنگاه قانون اول ترمودینامیک را برای اجزای سیکل سری می توان به صورت زیر نوشت:

ژنراتور دما بالا:

$$Q_{gh} = \dot{m}_{17} h_{17} + \dot{m}_{14} h_{14} - \dot{m}_{13} h_{13} \quad (40)$$

$$Q_{gh} = \dot{m}_{21} \cdot cp(T_{21} - T_{21}) \quad (41)$$

$$Lmtd_{gh} = \frac{T_{21} - T_{14} - (T_{22} - T_{17})}{\ln \left[ \frac{T_{21} - T_{14}}{T_{22} - T_{17}} \right]} \quad (42)$$

$$UA_{gh} = \frac{Q_{gh}}{Lmtd_{gh}} \quad (43)$$

مبدل حرارتی دما پایین:

$$Eff_{LHX} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T_2} \quad (44)$$

$$Q_{LHX} = \dot{m}_1 \cdot (h_3 - h_2) \quad (45)$$

$$Q_{LHX} = \dot{m}_4 \cdot (h_4 - h_5) \quad (46)$$

$$Lmtd_{LHX} = \frac{T_4 - T_3 - (T_5 - T_2)}{\ln \left[ \frac{T_4 - T_3}{T_5 - T_2} \right]} \quad (47)$$

$$UA_{LHX} = \frac{Q_{LHX}}{Lmtd_{LHX}} \quad (48)$$

مبدل حرارتی دما بالا:

$$Eff_{HHX} = \frac{T_{14} - T_{15}}{T_{14} - T_3} \quad (49)$$

$$Q_{HHX} = \dot{m}_3 \cdot (h_{13} - h_3) \quad (50)$$

$$Q_{HHX} = \dot{m}_{14} \cdot (h_{14} - h_{15}) \quad (51)$$

$$Lmtd_{HHX} = \frac{T_{14} - T_{13} - (T_{15} - T_3)}{\ln \left[ \frac{T_{14} - T_{13}}{T_{15} - T_3} \right]} \quad (52)$$

$$UA_{HHX} = \frac{Q_{HHX}}{Lmtd_{HHX}} \quad (53)$$

کندانسور دما بالا:

$$Q_{HTC} = \dot{m}_{17} \cdot (h_{17} - h_{18}) \quad (54)$$

$$Lmtd_{HTC} = \frac{T_{18} - T_4 - (T_{18} - T_{16})}{\ln \left[ \frac{T_{18} - T_4}{T_{18} - T_{16}} \right]} \quad (55)$$

$$UA_{HTC} = \frac{Q_{HTC}}{Lmtd_{HTC}} \quad (56)$$

کندانسور:

$$Q_{cd} = \dot{m}_7 \cdot h_7 + \dot{m}_{19} \cdot h_{19} - \dot{m}_8 \cdot h_8 \quad (57)$$

$$Q_{cd} = \dot{m}_{25} \cdot cp(T_{26} - T_{25}) \quad (58)$$

$$Lmtd_{cd} = \frac{T_8 - T_{25} - (T_8 - T_{26})}{\ln \left[ \frac{T_8 - T_{25}}{T_8 - T_{26}} \right]} \quad (59)$$

$$UA_{cd} = \frac{Q_{cd}}{Lmtd_{cd}} \quad (60)$$

اوپراتور:

$$Q_{ev} = \dot{m}_9 \cdot (h_{10} - h_9) \quad (61)$$

$$Q_{ev} = \dot{m}_{27} \cdot cp(T_{27} - T_{28}) \quad (62)$$

$$Lmtd_{ev} = \frac{T_{27} - T_{10} - (T_{28} - T_9)}{\ln \left[ \frac{T_{27} - T_{10}}{T_{28} - T_9} \right]} \quad (63)$$

$$UA_{ev} = \frac{Q_{ev}}{Lmtd_{ev}} \quad (64)$$

ابزوربر:

$$\dot{m}_{10}h_{10} + \dot{m}_6h_6 - Q_{ab} - \dot{m}_1h_1 = 0 \quad (65)$$

$$Q_{ab} = \dot{m}_{23} \cdot cp(T_{24} - T_{23}) \quad (66)$$

$$Lmtd_{ab} = \frac{T_6 - T_{24} - (T_1 - T_{23})}{\ln \left[ \frac{T_6 - T_{24}}{T_1 - T_{23}} \right]} \quad (67)$$

$$UA_{ab} = \frac{Q_{ab}}{Lmtd_{ab}} \quad (68)$$

مجموعه ژنراتور دما پایین و کندانسور دما بالا:

$$\dot{m}_{16}h_{16} + \dot{m}_{17}h_{17} = \dot{m}_4h_4 + \dot{m}_{18}h_{18} + \dot{m}_7h_7 \quad (69)$$

تحلیل قانون اول ترمودینامیک در سیکل موازی برای اجزائی از قبیل ژنراتور دما بالا، کندانسور دما بالا، کندانسور، اوپراتور، ابزوربر و مبدل حرارتی دما پایین همانند سیکل سری است ولی در مبدل حرارتی دما بالا و مجموعه ژنراتور دما پایین و کندانسور دما بالا، متفاوت است.  
مبدل حرارتی دما بالا:

$$Eff_{HHX} = \frac{T_{14} - T_{15}}{T_{14} - T_{12}} \quad (70)$$

$$Q_{HHX} = \dot{m}_{11} \cdot (h_{13} - h_{12}) \quad (71)$$

$$Q_{HHX} = \dot{m}_{14} \cdot (h_{14} - h_{15}) \quad (72)$$

$$Lmt_{HHX} = \frac{T_{14} - T_{13} - (T_{15} - T_{12})}{\ln \left[ \frac{T_{14} - T_{13}}{T_{15} - T_{12}} \right]} \quad (73)$$

$$UA_{HHX} = \frac{Q_{HHX}}{Lmt_{HHX}} \quad (74)$$

مجموعه ژنراتور دما پایین و کندانسور دما بالا:

$$h_{16} + \dot{m}_{17}h_{17} = \dot{m}_4h_4 + \dot{m}_{11}h_{11} + \dot{m}_{18}h_{18} + \dot{m}_7h_7 \quad (75)$$

عملکرد قانون اول هر سیستم جذبی توسط ضریب عملکرد (COP) مشخص می شود.

$$COP_{chiller} = \frac{Q_{ev}}{Q_{gh} + W_p} \quad (76)$$

### تحلیل قانون دوم ترمودینامیک برای چیلر

به نظر بسیاری از محققان، بهترین روش برای ارزیابی یک فرایند از نظر قانون دوم ترمودینامیک، تحلیل انرژی است. انرژی، ماکزیمم مقدار کاری است که یک جریان یا یک سیستم می تواند انجام دهد، وقتی که از حالت موجود به حالتی برود که در تعادل با محیط باشد. بخشی از انرژی در فرایندهای واقعی به هدر می رود. در حالت کلی راندمان های انرژی و انرژی به عنوان نسبت انرژی یا انرژی محصولات به انرژی ورودی یا انرژی ورودی ها تعریف می شود. در حالت پایا و با صرفه نظر از تغییرات انرژی پتانسیل و جنبشی پایستگی انرژی برای یک سیستم بسته به صورت زیر نوشته می شود

$$\dot{E}_D = \sum_j \left( 1 - \frac{T_o}{T_j} \right) \dot{Q} + (\sum_i \dot{m}_i e)_{in} - (\sum_j \dot{m}_j e)_{out} + \dot{W} \quad (77)$$

$\dot{E}_D$  انرژی از دست رفته است. جمله اول سمت راست معادله انرژی از دست رفته است که وقتی جریان حرارت به سیستم باشد مثبت است و جملات دوم و سوم سمت راست معادله به ترتیب بیانگر



مجموع جریان انرژی ورودی و خروجی است.  $T_o$  دمای محیط،  $T_j$  دمای منبع حرارتی و  $\dot{W}$  کار مکانیکی انتقال یافته به سیستم یا از آن است.

وقتی که از انرژی های پتانسیل و جنبشی صرفنظر شود،  $e$  که بیانگر انرژی مخصوص است به صورت زیر نوشته می شود:

$$e = (h - h_o) - T_o(s - s_o) \quad (78)$$

مقدار انرژی انتقال یافته به یک حجم کنترل، اغلب از مقدار انرژی انتقال یافته از آن بیشتر است. اختلاف میان این دو مقدار نرخ اتلاف انرژی است. عامل این اتلافات می تواند اصطکاک، انتقال حرارت در اثر اختلاف درجه حرارت محدود و یا انبساط آزاد باشد.

بمنظور بررسی مقداری، از مرجع [۷] جهت استخراج خواص محلول آب - لیتیوم بروماید استفاده نموده، دمای محیط را ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار آن را یک اتمسفر در نظر می گیریم.

با توجه به اینکه آب در چنین شرایطی مایع مادون سرد است پس خواص آن در شرایط محیطی به صورت زیر بدست می آید:

$$h_{water-o} = h_f(25^\circ C) \quad (79)$$

$$s_{water-o} = s_f(25^\circ C) \quad (80)$$

طبق بیان مراجع [۷ و ۸] غلظت محلول لیتیوم بروماید در شرایط محیطی را ۵۰٪ در نظر می گیریم و بدین ترتیب داریم:

$$h_{LiBr-o} = h_{LiBr}(50\%, 25^\circ C) \quad (81)$$

$$s_{LiBr-o} = s_{LiBr}(50\%, 25^\circ C) \quad (82)$$

اکنون برای تحلیل انرژی برای تک تک اجزا را بدست می آوریم. این مقدار را با  $\Delta E$  نشان می دهیم:  
در سیکل سری داریم:

$$\Delta E_{HTC} = \dot{m}_{17}e_{17} - \dot{m}_{18}e_{18} \quad (83)$$

$$\Delta E_{cd} = \dot{m}_{19}e_{19} + \dot{m}_7e_7 + \dot{m}_{25}e_{25} - \dot{m}_8e_8 - \dot{m}_{26}e_{26} \quad (84)$$

$$\Delta E_{ev} = \dot{m}_9e_9 + \dot{m}_{27}e_{27} - \dot{m}_{10}e_{10} - \dot{m}_{28}e_{28} \quad (85)$$

$$\Delta E_{ab} = \dot{m}_{10}e_{10} + \dot{m}_6e_6 + \dot{m}_{23}e_{23} - \dot{m}_1e_1 - \dot{m}_{24}e_{24} \quad (86)$$

$$\Delta E_{LHX} = \dot{m}_4e_4 + \dot{m}_2e_2 - \dot{m}_5e_5 - \dot{m}_3e_3 \quad (87)$$

$$\Delta E_{gl} = \dot{m}_{16}e_{16} - \dot{m}_4e_4 - \dot{m}_7e_7 \quad (88)$$

$$\Delta E_{HHX} = \dot{m}_{14}e_{14} + \dot{m}_3e_3 - \dot{m}_{13}e_{13} - \dot{m}_{15}e_{15} \quad (89)$$

$$\Delta E_{gh} = \dot{m}_{13}e_{13} + \dot{m}_{21}e_{21} - \dot{m}_{14}e_{14} - \dot{m}_{22}e_{22} - \dot{m}_{17}e_{17} \quad (90)$$

$$\Delta E_p = \dot{m}_1e_1 - \dot{m}_2e_2 + W_p \quad (91)$$

$$\Delta E_{valve18-19} = \dot{m}_{18}e_{18} - \dot{m}_{19}e_{19} \quad (92)$$

$$\Delta E_{valve15-16} = \dot{m}_{15}e_{15} - \dot{m}_{16}e_{16} \quad (93)$$

$$\Delta E_{valve8-9} = \dot{m}_8e_8 - \dot{m}_9e_9 \quad (94)$$

$$\Delta E_{valve5-6} = \dot{m}_5e_5 - \dot{m}_6e_6 \quad (95)$$

در سیکل موازی نیز اتلاف انرژی به صورت زیر بدست می آید:

$$\Delta E_{HTC} = \dot{m}_{17}e_{17} - \dot{m}_{18}e_{18} \quad (96)$$

$$\dot{Q}_{cd} = \dot{m}_{19}e_{19} + \dot{m}_7e_7 + \dot{m}_{25}e_{25} - \dot{m}_8e_8 - \dot{m}_{26}e_{26} \quad (97)$$

$$\Delta E_{ev} = \dot{m}_9e_9 + \dot{m}_{27}e_{27} - \dot{m}_{10}e_{10} - \dot{m}_{28}e_{28} \quad (98)$$

$$\Delta E_{ab} = \dot{m}_{10}e_{10} + \dot{m}_6e_6 + \dot{m}_{23}e_{23} - \dot{m}_1e_1 - \dot{m}_{24}e_{24} \quad (99)$$

$$\Delta E_{LHX} = \dot{m}_4e_4 + \dot{m}_2e_2 - \dot{m}_5e_5 - \dot{m}_3e_3 \quad (100)$$

$$\Delta E_{gl} = \dot{m}_{16}e_{16} + \dot{m}_3e_3 - \dot{m}_4e_4 - \dot{m}_{11}e_{11} - \dot{m}_7e_7 \quad (101)$$

$$\Delta E_{HHX} = \dot{m}_{14}e_{14} + \dot{m}_{12}e_{12} - \dot{m}_{13}e_{13} - \dot{m}_{15}e_{15} \quad (102)$$

$$\dot{Q}_{gh} = \dot{m}_{13}e_{13} + \dot{m}_{21}e_{21} - \dot{m}_{14}e_{14} - \dot{m}_{22}e_{22} - \dot{m}_{17}e_{17} \quad (103)$$

$$\Delta E_{P_1} = \dot{m}_1e_1 - \dot{m}_2e_2 + W_{P_1} \quad (104)$$

$$\Delta E_{P_2} = \dot{m}_{11}e_{11} - \dot{m}_{12}e_{12} + W_{P_2} \quad (105)$$

$$\Delta E_{valve18-19} = \dot{m}_{18}e_{18} - \dot{m}_{19}e_{19} \quad (106)$$

$$\Delta E_{valve15-16} = \dot{m}_{15}e_{15} - \dot{m}_{16}e_{16} \quad (107)$$

$$\Delta E_{valve8-9} = \dot{m}_8e_8 - \dot{m}_9e_9 \quad (108)$$

$$\Delta E_{valve5-6} = \dot{m}_5e_5 - \dot{m}_6e_6 \quad (109)$$

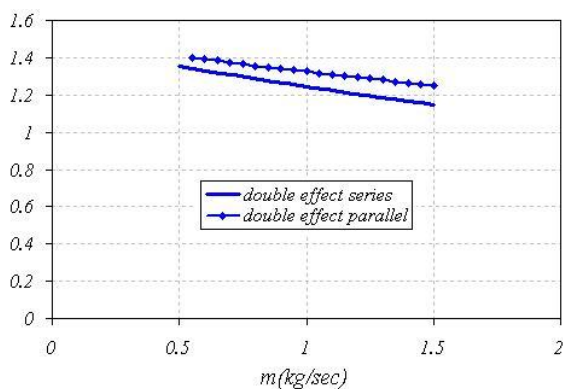
کارایی انرژی نسبت انرژی خالص تولیدی توسط اواپراتور و انرژی ورودی به ژنراتور علاوه کار مکانیکی پمپ است.

$$\eta_{energy} = \frac{\left(1 - \frac{T_o}{T_j}\right) Q_{ev}}{\left(1 - \frac{T_o}{T_h}\right) Q_{gh} + W_p} \quad (110)$$

### شبیه سازی و نتایج کد کامپیوتری

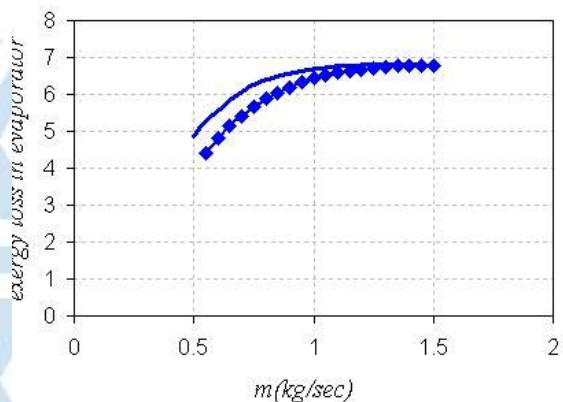
در این بخش کد کامپیوتری تهیه و به کمک آن مدل سازی ترمودینامیکی انجام شده است. در شکل های زیر تغییرات تعدادی از پارامترهای مختلف بر حسب دبی جرمی عبوری از اواپراتور برای دو سیکل سری و موازی نشان داده شده است. این دبی رابطه مستقیمی با بار سرمایشی دارد یعنی هرچه دبی عبوری از اواپراتور بیشتر باشد بار سرمایشی بیشتر است.



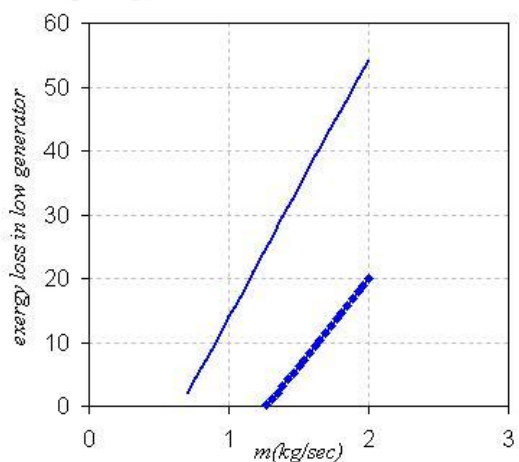


شکل ۳: روند تغییرات ضریب عملکرد بر حسب دبی عبوری از اواپراتور

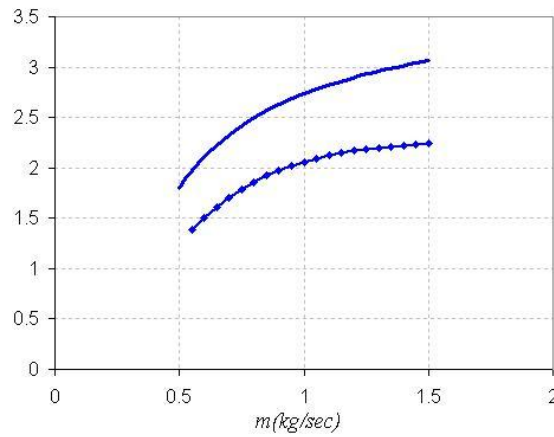
همانطوری که از شکل ۳ ملاحظه می شود در شرایط و دبی های یکسان ضریب عملکرد سیکل موازی بیشتر از سیکل سری است.



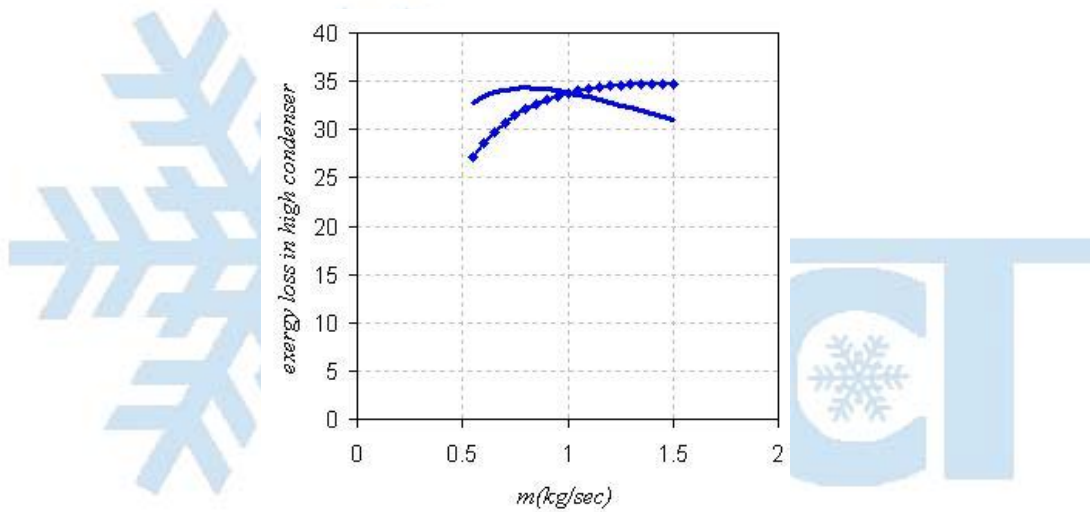
شکل ۴: مقایسه اتلاف انرژی در اواپراتور مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



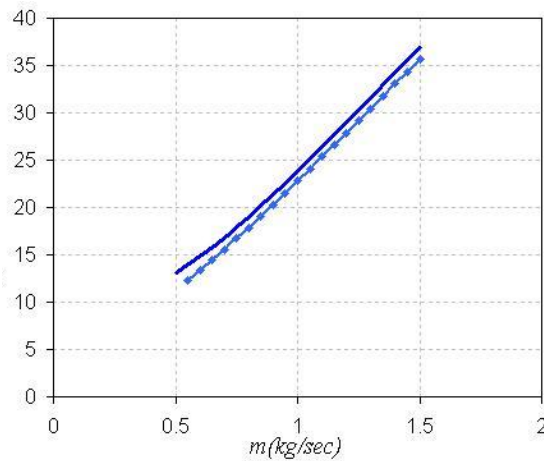
شکل ۵: مقایسه اتلاف انرژی در ژنراتور دما پایین مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



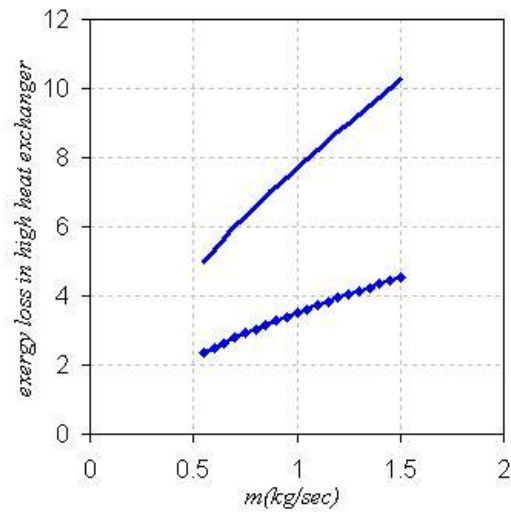
شکل ۶: مقایسه اتلاف انرژی در کندانسور مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



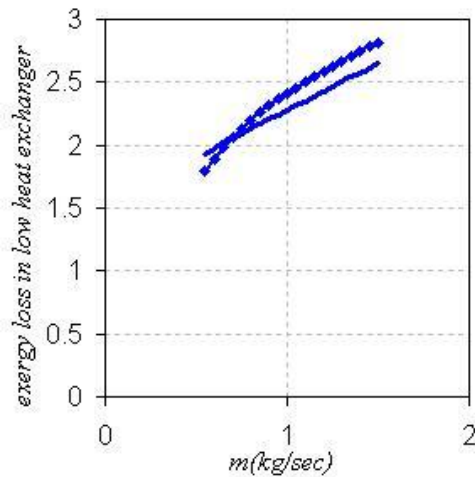
شکل ۷: مقایسه اتلاف انرژی در کندانسور دما بالا مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



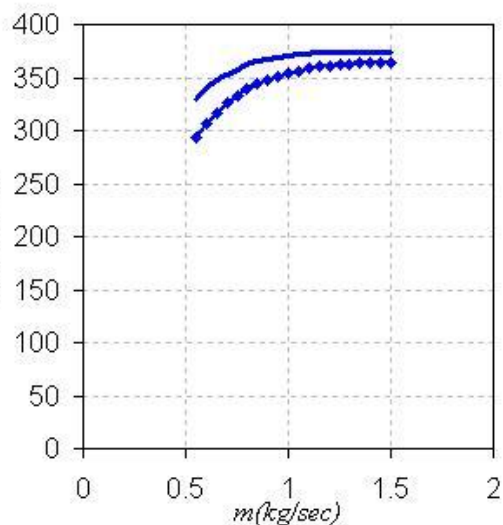
شکل ۸: مقایسه اتلاف انرژی در اگزوربر مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



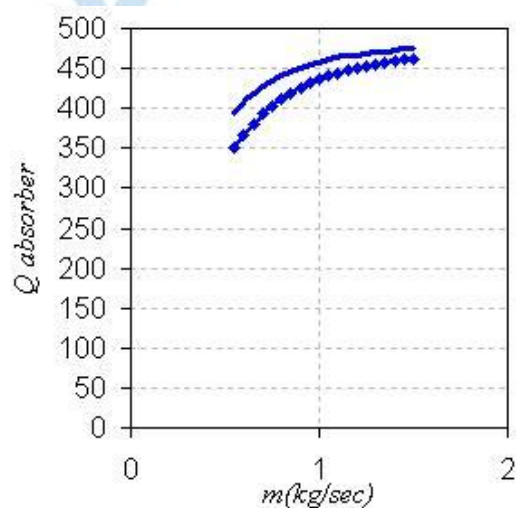
شکل ۹: مقایسه اتلاف انرژی در مبدل حرارتی دما بالا مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



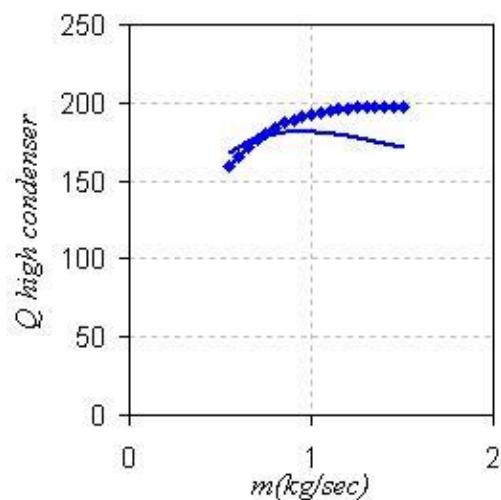
شکل ۱۰: مقایسه اتلاف انرژی در مبدل حرارتی دما پایین مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



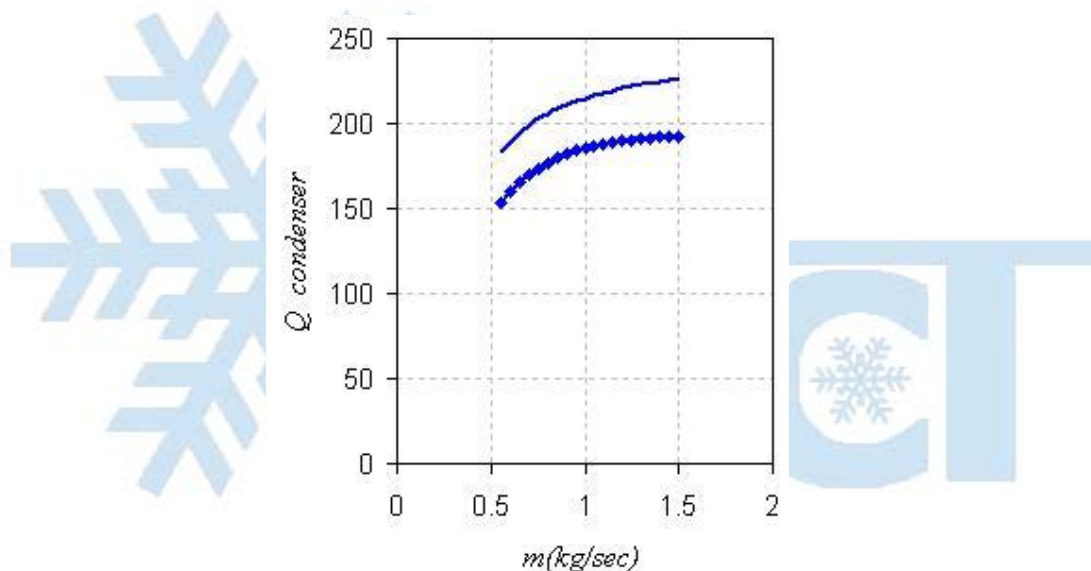
شکل ۱۱: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در اواپراتور مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



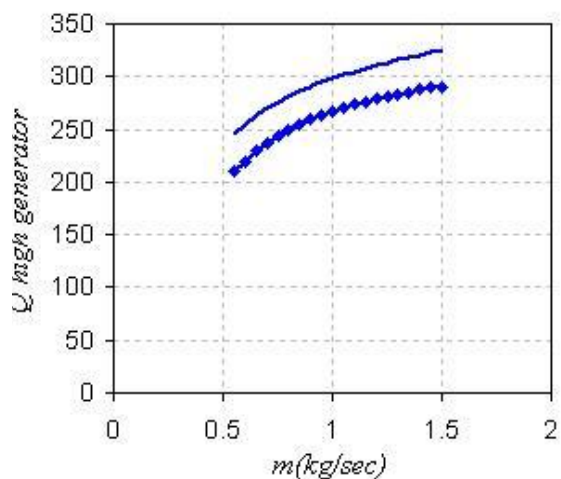
شکل ۱۲: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در ابزوربر مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



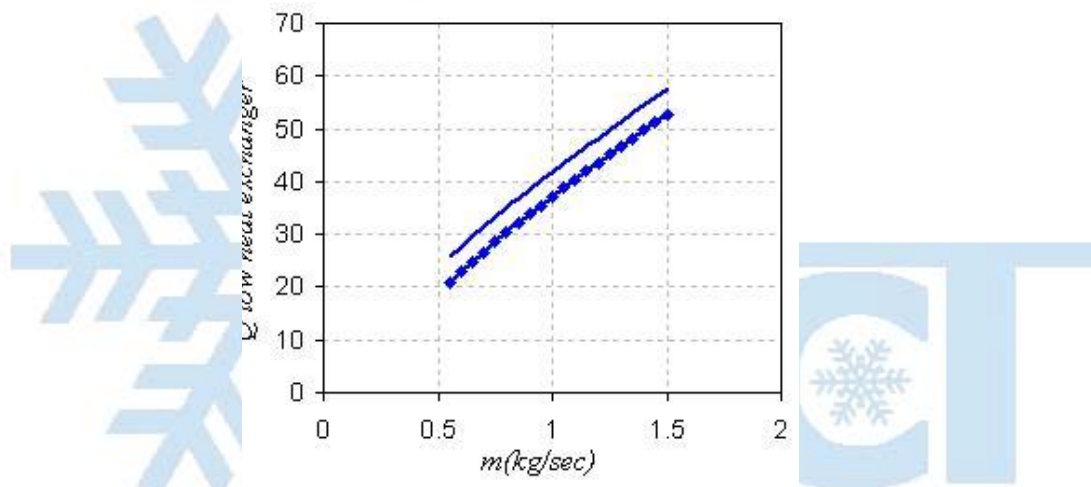
شکل ۱۳: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در کندانسور دما بالا مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



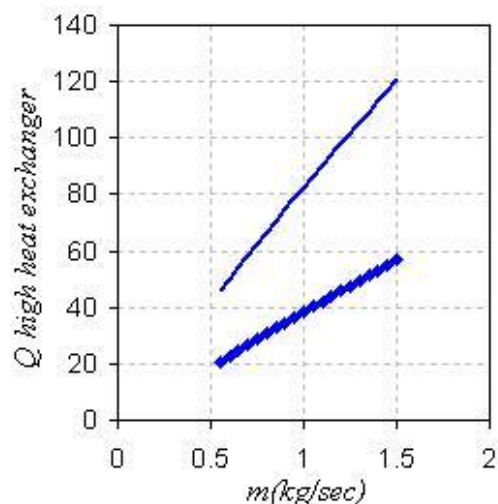
شکل ۱۴: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در کندانسور مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



شکل ۱۵: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در ژنراتور دما بالا مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



شکل ۱۶: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در مبدل حرارتی دما پایین مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان



شکل ۱۷: مقایسه تغییرات گرمای مبادله شده در مبدل حرارتی دما بالا مربوط به دو سیکل در دبی های یکسان

از ارائه سایر نمودارها، به دلیل رعایت اختصار خودداری شده است.

### نتیجه گیری

در این مقاله دو سیکل جذبی دو اثره سری و موازی به همراه دو کندانسور مورد بررسی قرار گرفت. نخست تحلیل قانون اول و دوم بر روی آن صورت گرفت. سپس کدی محاسباتی تهیه شد که بتواند این نتایج را شبیه سازی کند و در نهایت با کمک این کد شرایط و عملکرد این سیستم در چند حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که ضریب عملکرد سیکل موازی بیشتر از سیکل سری است. همچنین اتلاف انرژی در اواپراتور، ابزوربر، کندانسور، ژنراتور دما پایین و مبدل حرارتی دما بالا، برای سیکل موازی کمتر از سیکل سری می باشد. اما در سیکل موازی برای مبدل حرارتی دما پایین اتلاف انرژی بیشتر از سیکل سری است. گرمای مبادله شده در اواپراتور، ابزوربر، کندانسور، ژنراتور دما بالا، مبدل حرارتی دما بالا و مبدل حرارتی دما پایین برای سیکل موازی کمتر از سیکل سری است. اما در سیکل موازی برای کندانسور دما بالا گرمای مبادله شده بیشتر از سیکل سری است.

به عنوان نتیجه می توان گفت که عملکرد قانون اول و دوم سیکل موازی بهتر از سیکل سری است.

## فهرست علائم

$Q$	گرما (KJ)
$E$	انرژی (KJ)
$e$	انرژی مخصوص (KJ/Kg)
$m$	دبی جرمی (Kg/s)
$Eff$	بازده مبدل حرارتی
$W$	کار (KJ)
$h$	انتالپی مخصوص (KJ/Kg)
$T$	دما (K)
$U$	ضریب انتقال حرارت کلی ( $m^2 K KJ/$ )
$A$	مساحت ( $m^2$ )
<b>علائم یونانی</b>	
$\varepsilon$	بازده مبدل گرمایی
$\eta$	بازده پمپ
$\Delta$	اختلاف
<b>زیر نویس</b>	
$D$	اتلاف
$ev$	اوپراتور
$ab$	ابزرور
$cd$	کندانسور
$HTC$	کندانسور دما بالا
$gh$	ژنراتور فشار بالا
$gl$	ژنراتور فشار پایین
$LHX$	مبدل دما پایین
$HH$	مبدل دما بالا
$X$	
$o$	شرایط محیط



## مراجع:

- 1- S.C. Kaushika, Akhilesh Arorab, Energy and exergy analysis of single effect and series flow double effect water–lithium bromide absorption refrigeration systems, International Journal of refrigeration, 2009, 1 –12.
- 2- Satha Aphornratana, Thanarath Sriveerakul, Experimental studies of a single-effect absorption refrigerator using aqueous lithium–bromide: Effect of operating condition to system performance, Experimental Thermal and Fluid Science, 2007, 658–669.
- 3- Muhsin Kilic\_, Omer Kaynakli, Second law-based thermodynamic analysis of water-lithium bromide absorption refrigeration system, Energy 32, 2007, 1505–1512.
- 4- Rabah Gomri, Riad Hakimi, Second law analysis of double effect vapour absorption cooler system, Energy Conversion and Management 49, 2008, 3343–3348.
- 5- Rabah Gomri, Second law comparison of single effect and double effect vapour absorption refrigeration systems, Energy Conversion and Management 50, 2009, 1279–1287.
- 6- Akhilesh Arora,y and S. C. Kaushik, Theoretical analysis of LiBr/H<sub>2</sub>O absorption refrigeration systems, International Journal of energy research, Int. J. Energy Res, 2009.
- 7- Y. Kaita, Thermodynamic Properties of Lithium Bromide-Water Solution at High Temperatures, International Journal of Refrigeration, 2000.
- 8- H.T. Chua , H.K. Toh , A. Malek , K.C. Ng , K. Srinivasan, Improved thermodynamic property fields of LiBr+H<sub>2</sub>O solution, International Journal of Refrigeration, 1999.

