



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده‌ی مهندسی برق

گزارش بازدید از نیروگاه شهید منتظر قائم کرج

سیستم های تولید انرژی الکتریکی (نیروگاه)

سیدبردیا برائی نژاد (۹۲۱۰۱۶۶۹)

استاد: دکتر عباس پور

تاریخ بازدید: ۹۵/۱۰/۱

۳.....مقدمه ای در مورد نیروگاه منتظر قائم

۵.....بررسی سیکل نیروگاه با محاسبات ، جداول و نمودار ها

مقدمه ای در مورد نیروگاه منتظر قائم

مجموعه نیروگاه شهید منتظر قائم (در کیلومتر ۷ جاده کرج به ملارد، تأسیس شهریور ۱۳۵۰)، یکی از نیروگاه‌های ایران با ظرفیت تولید ۱۶۰۰ مگاوات است. این مجموعه شامل ۳ واحد بخاری، سیکل ترکیبی و گازی است. بازدید ما از واحد نیروگاه بخاری بود که ظرفیت اسمی آن ۶۲۵/۲ مگاوات است. شرکت های سازنده ی بخش های مختلف این نیروگاه عبارتند از:

توربین ژنراتور: شرکت جنرال الکتریک

بویلر: شرکت Combustion Engineering

برج خنک کننده: شرکت Marley

تصفیه خانه: شرکت Cararer

سیستم کنترل: شرکت Baily

کارهای ساختمانی: شرکت میتوسوئی لیمیتد ژاپن

خدمات طراحی و مهندسی: شرکت ساندرسون و پورتر آمریکا

سوخت این نیروگاه در گذشته مازوت بوده است. اما از سال ۷۷ به بعد از گاز طبیعی به عنوان سوخت جایگزین استفاده می گردد. (به جهت هزینه، آلودگی و مشکلات فنی کمتر. به عنوان مثال، یکی از مشکلات فنی که مازوت ایجاد می کند تولید گوگرد است که باعث ایجاد سولفوریک اسید می شود و باعث خوردگی بخش های مختلف می گردد.)

ژنراتور ها از نوع سنکرون جریان متناوب دو قطبی کوپله شده مستقیم با توربین است. روتور ژنراتور از نوع یکپارچه است و مجموعه ی روتور و استاتور توسط هیدروژن خنک می شود.

برق تولیدی ژنراتور ها ۱۵ کیلو ولت بوده که با ورود به ترانس های افزایشده (جهت کاهش تلفات مسیر) به ۲۳۰ کیلو ولت می رسد.

در ساختار کلی سیکل بخار این نیروگاه از ۳ توربین فشار قوی (HP)، فشار متوسط (IP) و فشار پایین (LP) استفاده می شود که همه هم محور اند. پره های توربین های HP از نوع ضربه ای ۱۰ طبقه است و پره های توربین IP از نوع ضربه ای + عکس العملی ۹ طبقه است و پره های توربین LP از نوع عکس العملی ۲×۵ طبقه می باشد.

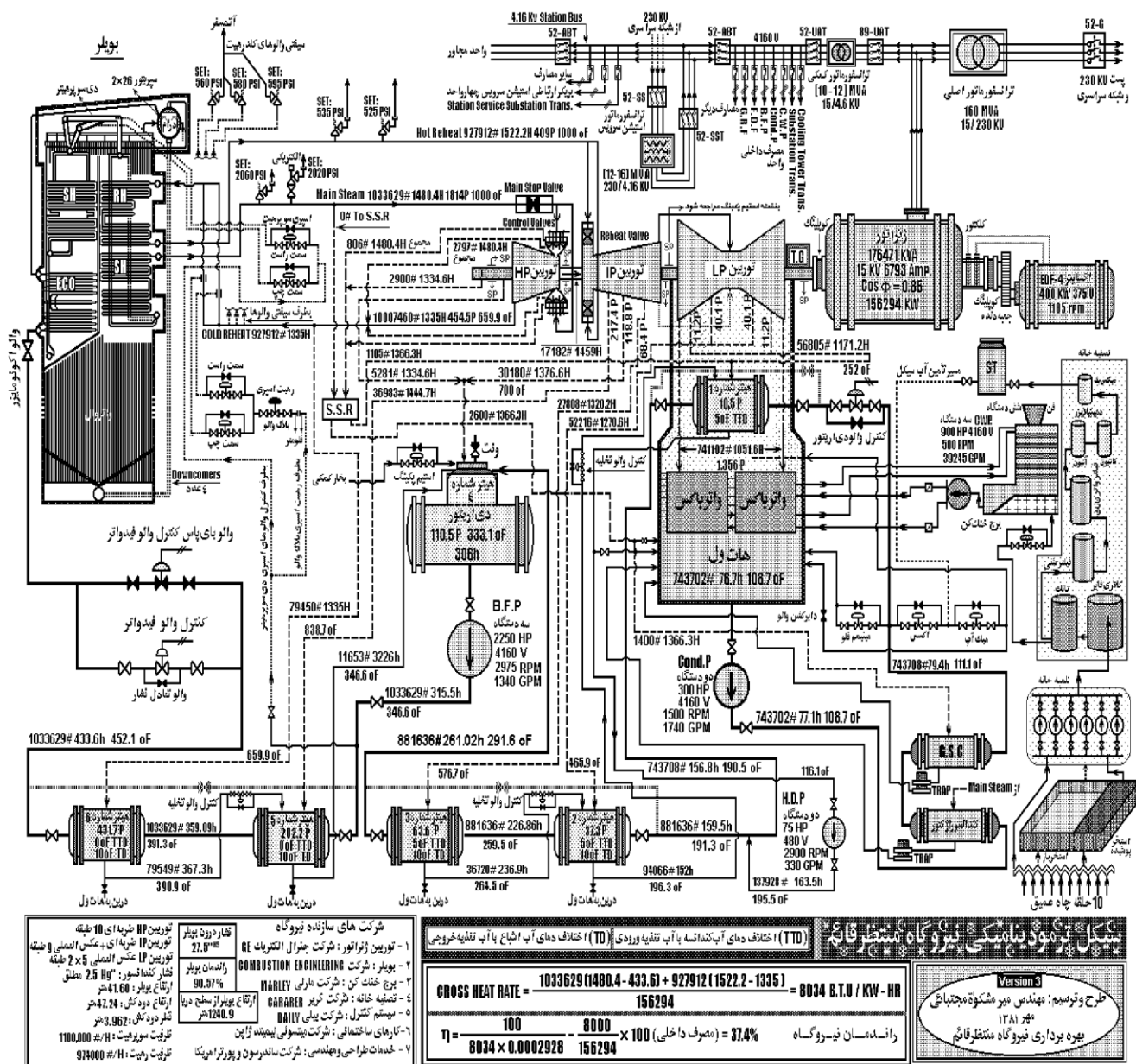
بویلر از نوع مخزن دار است و دارای دو SuperHeater یک Economizer با ساختار مثلثی و یک ReHeater است. راندمان بویلر ۹۰/۵۷ درصد است.

یک ReHeater بین توربین HP و IP وجود دارد. (بین IP و LP هیچ ReHeater ای نیست).

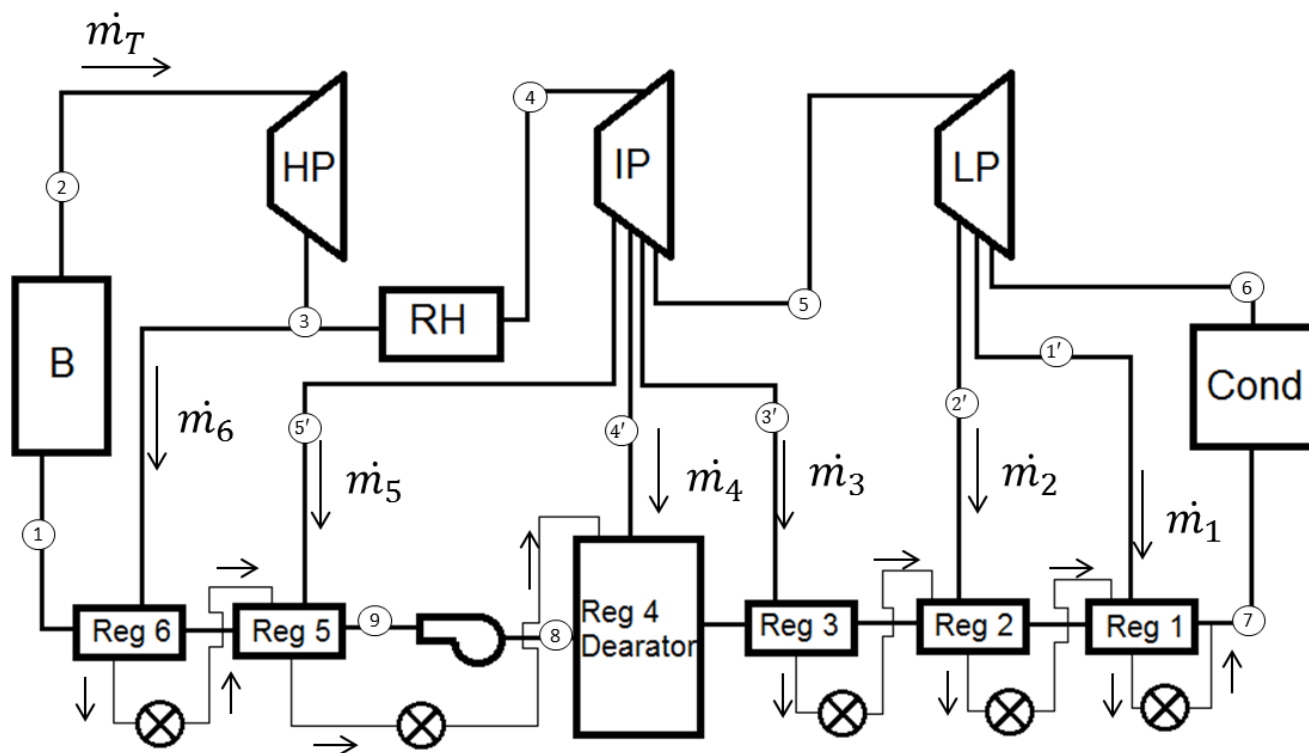
۶ برج خنک کننده در این نیروگاه وجود دارد که معمولاً دوتای آن ها از مدار خارج هستند و ۴ تای موجود در مدار از نوع تر می باشند.

در این سیکل ۶ Regenerator وجود دارد که یکی از آن ها از نوع باز می باشد که همان Deaerator است. بقیه از نوع بسته اند. Regenerator- های ۵ و ۶ از نوع فشار قوی اند و مابقی از نوع فشار ضعیف.

بررسی سیکل نیروگاه به همراه محاسبات ، جداول و نمودار ها



شکل ۱: سیکل ترمودینامیکی نیروگاه منتظر قائم



شکل ۲: سیکل شماتیک طراحی شده برای سیکل بخار نیروگاه

با توجه به نبود ReHeater بین دو توربین IP و LP در محاسبه کار کل و راندمان سیکل با آن کاری نداریم.

| مشخصات سیال (آب و بخار) در سیکل ترمودینامیکی نیروگاه منتظر قائم | | | | |
|---|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| شرایط طراحی: $N = 176.471 \text{ M.V.A}$ $PF = 0.85$ $P_{H_2} = 30 \text{ PSI}$ | | | | |
| شرایط کار: $P = 166.11 \text{ M.W}$ $PF = 0.89$ $P_{H_2} = 30 \text{ PSI}$ | | | | |
| کندانسور: افت = 543 KW | | کندانسور: فشار کندانسور = 2.5" | | |
| افت = 1833 KW | | $p = 1.356$ فشار بخار در خروجی توربین | | |
| $P = 1819 \text{ PSI}$ $t = S/R \rightarrow 1005/991$ $Tur = 3000 \text{ RPM}$ بخار | | | | |
| سیال | فشار PSI | دما °F | انثالپی ... BTU/LB | فلو LB/H |
| بخار اصلی بویلر - ترانل | 1819 | 1005 | 1483/1 | 1106500 |
| بخار خروجی توربین HP | 471/9 | — | 1340/14 | 1078686 |
| بخار کندانسیت | 471/9 | 659/9 | 1340/14 | 1001614 |
| بخار هات رهیت | 443/3 | 991/8 | 1517/6 | 1001614 |
| بخار آخرین مرحله توربین | 1/356 | — | 1045/96 | 795241 |
| بخار ... لیک آف کنترل والوها به کندانسیت | 471/9 | — | 1483/1 | 2767 |
| بخار ونت دی اریتر | — | — | — | 50 |
| بخار ... از یکینگ شماره ۱۲ از طریق بوردان والو به کندانسور | 440/9 | — | 1459/65 | 18521 |
| بخار برداشتی هیترها Extraction Steam To Heater,s | | | | |
| هیتر شماره ۱ LP از توربین به هیتر | 12/39 12/11 | 244/9 144/8 | 1167/07 1167/07 | 60670 60670 |
| هیتر شماره ۲ LP از توربین به هیتر | 40/57 39/76 | 429/2 429/2 | 1250/59 1250/59 | 57346 57346 |
| هیتر شماره ۳ LP از توربین به هیتر | 73 73 | 543/6 543/6 | 1304/64 1304/64 | 36720 36720 |
| هیتر شماره ۴ LP از توربین به هیتر | 131/2 128/5 128/2 | 686/2 686/2 — | 1371/04 1371/04 1340/14 | 29790 29790 5335 35125 |
| هیتر شماره ۵ LP از توربین به هیتر | 243/2 238/5 | 837/2 836/9 | 1442/97 1442/97 | 39569 39569 |
| هیتر شماره ۶ LP از توربین به هیتر | 471/9 465/7 | — 662/7 | 1340/4 1338/7 | 76572 76572 |
| از لیک آف کنترل والوها بخار ورودی به از یکینگ # ۱ | 15/7 15/7 | — — | 1483/1 1340/14 | 824 2600 |
| جمع SSR | — | — | — | 3957 |
| به یکینگ LP (3&4) بخار خروجی از به هیتر شماره ۱ | 15/7 13/02 | — — | 1370/28 1370/28 | 2600 1352 |
| به گلدن گزاستر (از یکینگ ها) SSR | — | — | 1370/28 | 1400 |
| تغییر فاز سیال ترمودینامیکی | | | | |
| بخار ورودی | 1/356 | — | 79/21 | 795241 |
| کندانسور | — | — | — | 8824 |
| درین های ورودی | — | — | — | 1200 |
| آب خروجی | 1/356 | 112/1 | 80/11 | 805275 |
| کندانسیت پمپ | — | 111/2 111/4 | 79/21 80/04 | 805275 805275 |
| بخار از مین استیم | 270 | 1005 | 1483/1 | 870 |
| آب ورودی | — | 111/4 | 80/04 | 805275 |
| آب خروجی | — | 112/8 | 81/01 | 805275 |
| بخار از یکینگ ها | 1400 | — | — | 1370/28 |
| آب ورودی | 805275 | — | 112/8 | 81/01 |
| آب خروجی | 805275 | — | 114/8 | 82/74 |
| آب ورودی | — | 114/8 | 79/4 | 805275 |
| هیتر شماره ۱ | — | 192/8 | 156/8 | 805275 |
| آب کدانه شده | — | — | — | 62027 |
| آب درین | — | — | — | 156092 |

جدول ۱: مشخصات سیال (آب و بخار) در سیکل نیروگاه

| | |
|-------------|---------------|
| \dot{m}_T | 1106500 lbm/h |
| \dot{m}_1 | 60670 lbm/h |
| \dot{m}_2 | 57346 lbm/h |
| \dot{m}_3 | 36720 lbm/h |
| \dot{m}_4 | 29790 lbm/h |
| \dot{m}_5 | 39569 lbm/h |
| \dot{m}_6 | 76572 lbm/h |

جدول ۲: پخش جرمی سیال در سیکل

| نقطه | T (F°) | P (psi) | h (Btu/lbm) | s (Btu/lbm.R°) | v (ft ³ /lbm) | X (%) | وضعیت |
|------|--------|---------|-------------|----------------|--------------------------|-------|-----------------|
| 1 | 457.1 | 1827 | 438.5 | 0.6372 | 0.02008 | 0 | آب مادون سرد |
| 2 | 1005 | 1819 | 1483.1 | 1.576 | 0.4386 | 100 | بخار فوق گرم |
| 3 | 668.1 | 471.9 | 1340.14 | 1.603 | 1.566 | 100 | بخار فوق گرم |
| 4 | 991.8 | 443.3 | 1517.14 | 1.748 | 1.911 | 100 | بخار فوق گرم |
| 6 | 112.1 | 1.356 | 1045.96 | 1.84 | 235 | 93.8 | مخلوط آب و بخار |
| 7 | 111.1 | 1.317 | 79.4 | 0.1497 | 0.08954 | 0 | آب مادون سرد |
| 8 | 335.1 | 110.5 | 386 | 0.4813 | 0.01779 | 0 | آب مادون سرد |
| 9 | 346.6 | 1876 | 315 | 0.4991 | 0.01855 | 0 | آب مادون سرد |
| 1' | 244.9 | 12.39 | 1167.07 | 1.799 | 34.55 | 100 | بخار فوق گرم |
| 2' | 429.2 | 40.57 | 1250.59 | 1.775 | 13.65 | 100 | بخار فوق گرم |
| 3' | 543.6 | 73 | 1304 | 1.767 | 11.6 | 100 | بخار فوق گرم |
| 4' | 686.2 | 131.2 | 1371.04 | 1.766 | 5.546 | 100 | بخار فوق گرم |
| 5' | 837.3 | 243.3 | 1442.97 | 1.758 | 3.154 | 100 | بخار فوق گرم |
| 6' | 662.7 | 471.9 | 1340.4 | 1.6 | 1.501 | 100 | بخار فوق گرم |

جدول ۳: خواص نقاط

$$\dot{Q}_B = \dot{m}_T \times (h_2 - h_1) = 1106500 \times (1483.1 - 433.36) = 1161537710 \frac{Btu}{h}$$

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{RH} &= (\dot{m}_T - \dot{m}_6) \times (h_4 - h_3) = (1106500 - 76572) \times (1517.6 - 1340.14) \\ &= 182771022.9 \frac{Btu}{h}\end{aligned}$$

$$\dot{W}_{HP} = \dot{m}_T \times (h_2 - h_3) = 1106500 \times (1483.1 - 1340.14) = 158185240 \frac{Btu}{h}$$

$$\begin{aligned}\dot{W}_{IP} + \dot{W}_{LP} &= (\dot{m}_T - \dot{m}_6) \times (h_4 - h_{5'}) + (\dot{m}_T - \dot{m}_6 - \dot{m}_5) \times (h_{5'} - h_{4'}) \\ &+ (\dot{m}_T - \dot{m}_6 - \dot{m}_5 - \dot{m}_4) \times (h_{4'} - h_{6'}) + (\dot{m}_T - \dot{m}_6 - \dot{m}_5 - \dot{m}_4 - \dot{m}_3) \\ &\times (h_{6'} - h_{2'}) + (\dot{m}_T - \dot{m}_6 - \dot{m}_5 - \dot{m}_4 - \dot{m}_3 - \dot{m}_2) \times (h_{2'} - h_{1'}) \\ &+ (\dot{m}_T - \dot{m}_6 - \dot{m}_5 - \dot{m}_4 - \dot{m}_3 - \dot{m}_2 - \dot{m}_1) \times (h_{1'} - h_{6'}) \\ &= 430467527.6\end{aligned}$$

$$\dot{W}_{Pump} = (\dot{m}_T - \dot{m}_6) \times (h_9 - h_8) = 10511022.57$$

$$\eta = \frac{\dot{W}_{HP} + \dot{W}_{IP} + \dot{W}_{LP} - \dot{W}_{Pump}}{\dot{Q}_B + \dot{Q}_{RH}} = 0.4300661975 \approx 43.0\%$$

در شکل ۱ راندمان نیروگاه برابر ۳۷/۴ درصد ذکر شده است. این اختلاف به جهت فرسوده شدن نیروگاه در طی زمان، تفاوت های جزئی در اطلاعات آنتالپی و پخش جرم در سیکل در واقعیت و در تئوری و صرف نظر کردن از برخی پارامتر ها که مقدار کار گرفته شده از توربین ها را کم می کند است.