

## حسابدار جوان - مهندس جوان

حسابدار جوان

(قسمت هشتم)

مهندس منوچهر خان سفید(۱)

مقدمه

همانطور که پیشتر وعده داده بودیم از این شماره معرفی و تشریح تجهیزات اصلی و کمکی نیروگاههای بخاری را آغاز خواهیم کرد.

بدیهی است در شماره‌های آینده نیز انواع دیگر نیروگاهها و همچنین تجهیزات اصلی و کمکی آنها تشریح خواهد شد تا حسابداران جوان صنعت، اطلاعات جامع‌تری از نیروگاههای تولید انرژی برق و نحوه کار آنها بدست آورند. لازم به یادآوریست که نیروگاههای بخاری نیز انواع مختلف داشته و در بعضی از موارد از نظر تجهیزات اصلی و کمکی با هم تفاوت‌هایی دارند، لذا برای جلوگیری از طولانی شدن مطالب، در موقعیت‌های مناسب در طول مقاله به این تفاوت‌ها اشاره خواهد شد.

برای مثال در هر دو نوع نیروگاههای بخاری کلاسیک (معمولی) و نیروگاههای زمین - گرمایی ((۱))، از بخار آب جهت چرخاندن توربین (چرخار) استفاده می‌شود، ولی چون در نیروگاههای زمین - گرمایی بخار از اعماق زمین تامین می‌گردد، در این نیروگاهها نیازی به

دیگ بخار ((۲)) نبوده و در نتیجه به مخازن ذخیره سوخت و سایر تجهیزات وابسته به آنها نیز احتیاج نمی‌باشد. بدیهی است در این نوع نیروگاهها، چون بخاری که از اعماق زمین بالامی‌آید به همراه آب و ذرات شن می‌باشد، برای جداسازی ((۳)) آب و بخارو ذرات شن همراه آنها، به فیلترها و دستگاههای جداساز کامل و قابل توجهی نیاز می‌باشد.

### تجهیزات نیروگاههای حرارتی بخاری

هر کارخانه‌ای دارای تجهیزات اصلی و تجهیزات کمکی می‌باشد. نیروگاههای حرارتی بخاری نیز دارای تجهیزات

اصلی و کمکی بوده که شامل موارد زیر می‌باشد:

#### ۱- تجهیزات اصلی

تجهیزات اصلی نیروگاههای حرارتی بخاری را می‌توان به شکل زیر گروه‌بندی کرد:

۱-۱ تجهیزات سوخت‌رسانی و ذخیره‌سازی سوخت

۱-۲ تجهیزات آب‌رسانی و تصفیه آب

۱-۳ دیگ بخار

۱-۴ توربین بخار

۱-۵ ژنراتور و ترانسفورماتورها

۱-۶ سیستم خنک‌کن واحد

۱-۷ چرخه آب و بخار (گرمکن‌ها)

۱-۸ سیستم‌های کنترل و حفاظت

#### ۲- تجهیزات کمکی

تجهیزات کمکی یا جنبی دستگاههایی می‌باشند که به نحوی در راهبري واحدهای بخاری بطور دائم و متناوب و گاهی هم بنابر مقتضیات زمانی، دخالت داشته و شامل موارد زیر می‌باشد:

۲-۱ دیگ بخار کمکی

۲-۲ دیزل‌های اضطراری

۲-۳ کمپرسورهای مختلف هوای کنترل و سرویس

۲-۴ دستگاههای کلرزنی

۲-۵ دستگاههای تصفیه پساب‌های صنعتی

۲-۶ سیستم تهویه و گرمایش

۲-۷ تابلوهای توزیع برق و روشنایی

۲-۸ موتورهای مختلف الکتریکی و پمپ‌ها

۲-۹ ماشین آلات کارگاهی

۲-۱۰ قطعات یدکی و انبارها

با توجه به تقسیم‌بندی انجام شده فوق و تعداد زیاد تجهیزات و دستگاه‌های اصلی و تجهیزات کمکی، تلاش خواهد شد که برای هر قسمت شرح مختصری ارائه شود. البته در صورت امکان سعی خواهد شد تا از شکل‌های ساده‌مختلفی برای روشن‌تر شدن مطلب استفاده شود.

### ۱-۱- تجهیزات سوخت‌رسانی و ذخیره‌سازی سوخت

سوخت‌های فسیلی به عنوان منابع انرژی اولیه در نیروگاه‌های حرارتی بخاری مصرف می‌شوند. عمده این سوخت‌ها عبارتند از:

۱- سوخت ذغال سنگ

۲- سوخت‌های مایع

۳- سوخت‌های گازی شکل

در حال حاضر در نیروگاه‌های ایران از سوخت ذغال سنگ استفاده نمی‌شود و سوخت‌های عمده مصرفی شامل سوخت‌های مایع (نفت کوره و گازوئیل) و سوخت گاز طبیعی می‌باشد.

تجهیزات لازم برای سوخت‌رسانی گاز طبیعی شامل

خط لوله و ایستگاه تقلیل فشار گاز اصلی است که کلاً توسط شرکت ملی گاز ایران در اغلب نیروگاه‌ها انجام می‌گیرد و چون این گونه تجهیزات ساده هستند، نصب و استفاده از آنها به آسانی میسر می‌باشد.

در بعضی از موارد نیز شرکت ملی گاز ایران فقط نسبت به کشیدن خط لوله اقدام می‌نماید، لذا تهیه ایستگاه تقلیل فشار گاز به عهده وزارت نیرو خواهد بود.

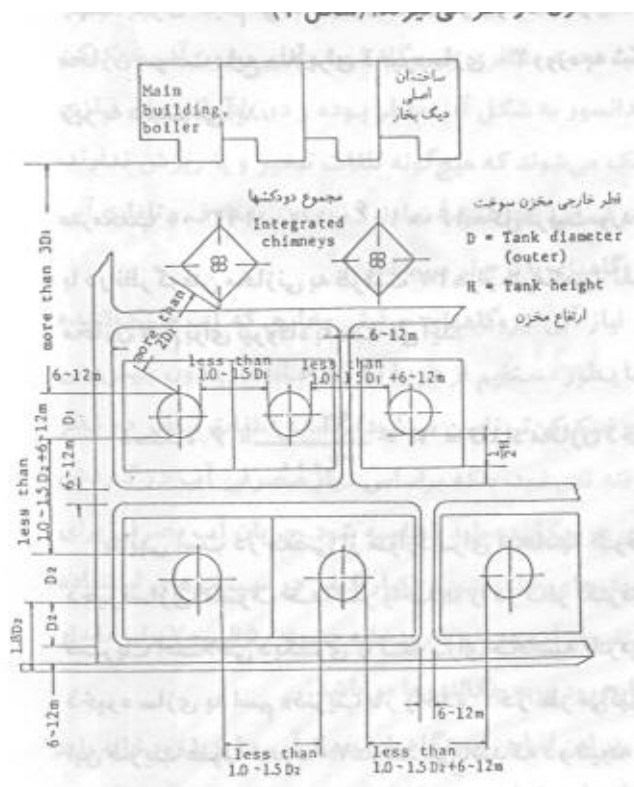
بدیهی است لوله‌کشی‌های داخلی و تهیه ایستگاه‌های فرعی گاز جهت تامین سوخت مشعل‌های گازسوز به عهده وزارت نیرو یا پیمانکار تجهیزات نیروگاهی می‌باشد.

تجهیزات لازم برای ذخیره‌سازی سوخت مایع و سوخت‌رسانی به واحدها شامل ایستگاه تخلیه سوخت یا

خط لوله گرم سوخت، مخازن ذخیره و تلمبه‌خانه انتقال سوخت می‌باشد.

بدلیل مشکلات حمل و نقل سوخت‌های مایع در زمستان عموم  $\square$  حجم مخازن ذخیره سوخت را در نیروگاه‌هایی که از خط گرم استفاده نمی‌کنند معادل ۲۰ الی ۴۵ روز مصرف واحدها با ۲۰ درصد ضریب اضافی برای جبران حجم

مرده مخازن در نظر می‌گیرند. (شکل ۱)



به عنوان مثال ذخیره‌سازی سوخت مایع یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی شامل ۴ واحد ۲۵۰ مگاواتی به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

با فرض تولید ۵/۴ کیلووات ساعت برق بازم مصرف یک لیتر نفت کوره، حداکثر مصرف سوخت روزانه، ماهیانه و در نهایت مصرف ۴۵ روزه سوخت نیروگاه به قرار زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{مصرف روزانه} = 5/4 \times 24 \times 1/4,5 = 0/33 \text{ میلیون لیتر}$$

میلیون لیتر ۱۶۰ ~  $30 \times 5 / 33 =$  مصرف ماهیانه

میلیون لیتر ۲۴۰ ~  $45 \times 5 / 33 =$  مصرف ۴۵ روزه

با منظور کردن ۲۰ درصد حجم اضافی برای ذخیره‌سازی جهت جبران حجم مرده مخازن، تعداد و ظرفیت هر یک از مخازن سوخت مایع مثلا برای ذخیره‌سازی ۳۰ روزه به شکل زیر به دست می‌آید:

$$\text{مترمکعب} = 192000 = 160 \times 106 \times 1/2 = \text{کل ظرفیت مورد نیاز}$$

با در نظر گرفتن مخازنی به ظرفیت ۳۲ هزار مترمکعب، تعداد مخازن لازم برای نیروگاه بدست می‌آید.

$$\text{دستگاه} = 6 = n = 192000 / 32000 = \text{تعداد مخازن ذخیره}$$

بدیهی است در بعضی از موارد برای محاسبه ظرفیت ذخیره‌سازی، مصرف حداکثر واحدها را در نظر نگرفته و ضریب اصلاحی دیگری را نیز برای محاسبه ظرفیت ذخیره‌سازی به اسم <ضریب بار واحد> ((E)) در نظر می‌گیرند، این ضریب عموم □ حدود ۷۰ درصد می‌باشد که در نتیجه ۳۰ درصد از حجم ذخیره‌سازی کاسته خواهد شد. در مورد مثال فوق می‌توان ظرفیت نهایی را به شکل زیر بدست آورد.

مترمکعب  $134400 = 160 \times 106 \times 1/2 \times 0.7 =$  کل ظرفیت مورد نیاز  
در این حالت بجای ۶ مخزن ۳۲ هزار مترمکعبی می‌توان ۴ دستگاه مخزن ۳۳ هزار مترمکعبی برای ذخیره‌سازی سوخت پیش‌بینی نمود.

## ۱-۲- تجهیزات آب‌رسانی و تصفیه آب

بعد از عامل سوخت، آب از دیگر موادی است که برای کار واحدهای بخاری از ضروریات می‌باشد. بطوری که قبل از تصمیم‌گیری در مورد خرید و نصب یک نیروگاه بخاری باید بطور قطع از وجود آب و تامین سوخت آن در محل، اطمینان کامل حاصل نمود. آب در نیروگاه به سه شکل مصرف می‌شود:

الف- آب لازم برای مصارف برج خنک‌کننده و سیستم‌های خنک‌کننده:

بیشتر آب مورد نیاز در نیروگاه‌های حرارتی دارای برج‌های خنک‌کننده تر، به شکل تبخیر در برج‌ها تلف می‌شود. بازا هر کیلوگرم بخاری که وارد چگالنده (کندانسور) می‌شود، یک کیلوگرم آب در برج خنک‌کن تبخیر و وارد هوای محیط می‌شود.

با توجه به اینکه حدود  $15/3$  کیلوگرم بخار برای هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی لازم است و در ضمن حدود ۷۵ درصد بخار مصرفی توربین وارد چگالنده می‌شود، می‌توان میزان تلفات تبخیر یک واحد ۲۵۰ مگاواتی و یا یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی را به آسانی محاسبه نمود.

تلفات تبخیر برای یک واحد ۲۵۰ مگاواتی

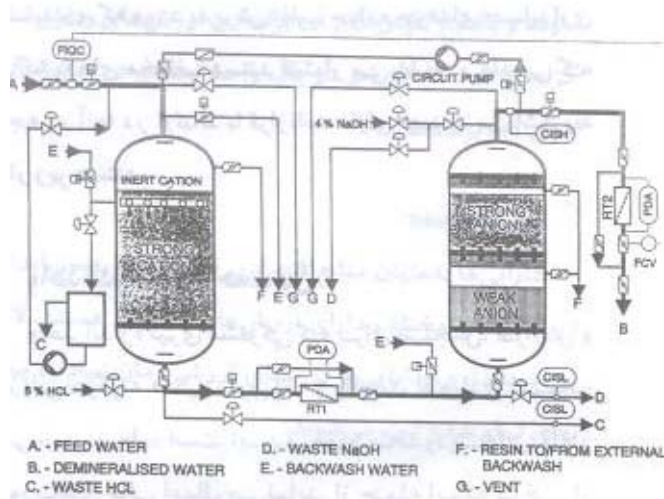
$$\text{مترمکعب در ساعت} = 551 \sim 250000 \times 3/15 \times 0.75$$

با توجه به ریزش آب و همچنین تخلیه برج، برای حفظ مشخصات شیمیایی و اندکس اشباع آن، می‌توان میزان تلفات ساعتی آب برج‌های خنک‌کننده را برای واحدهای ۲۵۰ مگاواتی با برج‌تر حدود ۶۰۰ مترمکعب در ساعت و برای ۴ واحد، کل تلفات خنک‌کن نیروگاه را حدود ۲۴۰۰ مترمکعب در ساعت محاسبه نمود.

ب- آب تصفیه شده برای مصرف در دیگ‌های بخار: تصفیه‌خانه آب در نیروگاه‌ها به دو منظور ساخته می‌شود:

نخست به خاطر تهیه آب مقطر و خالص برای مصرف در دیگ‌های بخار که مقدار آن معمولا به میزان ۲ درصد ظرفیت بخاردهی دیگ‌های بخار برای بار حداکثر می‌باشد.

با توجه به اینکه ظرفیت بخاردهی دیگ بخار یک واحد ۲۵۰ مگاواتی حدود ۸۰۰ تن بخار می‌باشد، لذا برای هر دیگ بخار حدود ۱۶ مترمکعب آب مقطر لازم است که برابرمین مقدار نیز جهت شستشوی دستگاه‌های مختلف تصفیه‌خانه شامل، زلال‌سازها، فیلترهای شنی و ستون‌های رزینی مصرف می‌شود. (شکل ۲)



با این حساب برای تولید ۶۴ (۱۶ x ۴) مترمکعب آب مقطر در هر ساعت مجموعاً به ۱۳۰ مترمکعب آب خام نیاز می‌باشد.

دوم به منظور تامین آب شرب نیروگاه که توسط تصفیه‌خانه آب نیروگاه تامین می‌گردد، لذا ظرفیت دستگاه‌ها را طوری انتخاب می‌نمایند که بتواند جوابگوی نیازهای مختلف باشد. از این جهت ظرفیت دستگاه‌های تصفیه آب نیروگاه با توجه به مصارف آب مقطر دیگ بخار و مصارف شرب نیروگاه برای یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی، (۲ x ۱۰۰) مترمکعب در ساعت انتخاب می‌شود، به نحوی که بتواند در کلیه شرایط نیازهای آب مقطر واحد تامین گردد. در مواقع شستشوی ستون‌های رزینی یکی از دستگاه‌ها که چندین ساعت به طول می‌انجامد از دستگاه دوم برای تامین آب مقطر نیروگاه استفاده خواهد شد.

لازم به یادآوریست که برای کاهش سختی موجود در آب رودخانه‌ها و یا آب چاه‌های عمیق و نرم کردن آب جهت استفاده در تصفیه‌خانه آب و مصرف در برج‌های خنک‌کننده، پیش‌بینی یک یا چند دستگاه زلال‌ساز (۵) و همچنین چندین حلقه چاه عمیق و تلمبه‌خانه‌های تامین آب ضرورت دارد.

در نیروگاه‌های حرارتی بخاری با برج خشک مانند نیروگاه شهید محمد منتظری و نیروگاه شهید رجایی، چون آب خنک‌کن‌کننده‌سور به شکل آب مقطر بوده و در رادیاتورهای فلزی خنک می‌شوند که هیچ‌گونه تلفات تبخیر و یا ریزش ندارند، مصرف آبی آنها عموماً معادل ده درصد مصارف و تلفات آبی نیروگاه‌های با برج تر می‌باشد.

نیاز آبی نیروگاه‌های حرارتی بخاری که آب خنک‌کننده آنها بطور مستقیم از دریا یا رودخانه‌ها، بدون پیش‌بینی برج خنک‌کن‌تر تامین می‌شود براساس تلفات تبخیر در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه براساس نیاز مصرفی آب در گردش برای هر چگالنده باید محاسبه شود. جریان آب مصرفی برای سیستم‌های خنک‌کننده یکبار گذر در سیستم‌های استفاده‌مستقیم از آب دریا و یا رودخانه حدود ۵۰ الی ۷۰ برابر مقدار بخار ورودی به چگالنده‌ها می‌باشد.

بر این اساس ایستگاه‌های پمپاژ آب دریا یا رودخانه باید براساس تامین ۲۷۵۰۰ الی ۲۸۵۰۰ مترمکعب آب در ساعت طراحی شود. تفاوت جریان آب، وابسته به حداکثر دمای مجاز آب ورودی و خروجی چگالنده می‌باشد. لازم به یادآوریست که آب در گردش برج‌های خشک نوع هلر (۶) عموماً ۲۵ برابر ظرفیت بخار ورودی به چگالنده واحد می‌باشد.

ج - مصارف شرب و عمومی: همانطور که پیش‌تر گفته شد آب شرب پرسنل از تصفیه‌خانه آب نیروگاه تامین می‌شود. پس باید دستگاه‌های آماده‌سازی آب جهت بهداشتی کردن آن از قبیل کلرزنی و همچنین قابل شرب نمودن آن نیز در نیروگاه پیش‌بینی شود.

پیش‌بینی سیستم حفاظت آتش‌نشانی و لوله‌کشی آب تحت فشار و غیره نیز در این بخش ضروری است. (ادامه دارد)

ساختمان  
اصلي  
ديگ بخار

مجموع دودکشها

قطر خارجي مخزن سوخت

ارتفاع مخزن

ساختمان  
اصلي  
ديگ بخار

مجموع دودکشها

قطر خارجي مخزن سوخت

ارتفاع مخزن

۱- سرپرست گروه بهينه سازي دفتر فني توليد  
Geothermal - Plant - ۲

Boiler - ۳

Separation - ۴

Load - Factor - ۱

Clarifier - ۱

Heller - ۲