

## شیرین سازی آب شور با استفاده از انرژی های اتلافی در نیروگاه های بخاری

علی عبداللهی 2

ابوالفضل احمدی 1

### چکیده

با توجه به بحران جدی آب و بازده نیروگاه های بخاری که نزدیک ۴۰٪ است می توان از انرژی اتلافی آن ها که قسمت عمده آن، در برج های خنک کن و آگروزهای نیروگاه به هدر می رود. جهت شیرین سازی آب شور بهره گرفت. نمونه مورد مطالعه ما، نیروگاه بخاری ۱۳۰۰ مگاواتی شازند بوده است. که میتوان با استفاده از اتلافات انرژی، آب شیرین به میزان ۲۸۷۰۰ متر مکعب در روز (پوشش جمعیت دویست هزار نفر با مصرف هر نفر ۱۴۰ لیتر در شبانه روز) و همچنین با سوزاندن سوختی معادل یک بویلر در کل ۲۸۵۸۲۸ متر مکعب در روز (پوشش جمعیت دو میلیون نفر) زمانیکه نیروگاه گاز طبیعی بسوزاند، تولید کرد.

واژه های کلیدی: "نیروگاه بخاری"، "شیرین سازی"، "تبخیر ناگهانی"، "بازده سیکل"

abdollahi.ali1367@yahoo.com-2 a-ahmadi@iust.ac.ir-1

### مقدمه

۱۱۰ متر که ارتفاع این برج ها از سطح دریا ۱۹۲۰ متر است. آب توسط دو پمپ گریز از مرکز افقی که دبی هر کدام ۱۷۵۰۰ متر مکعب در ساعت با بازده ۶۰٪، به سمت هر برج فرستاده می شود. این آب تعداد ۶ سکتور که هر کدام دارای ۲۲ دلتا هستند، را تغذیه می کند.

### ۱-۲- مصرف گاز طبیعی و مازوت نیروگاه

درهریک از بویلرها گرمای حاصل از احتراق سوخت، به سیال عامل (آب) داده می شود. تا آب ورودی با فشار ۱۶۷ بار و دمای ۲۶۰ درجه، در فشار ثابت به بخار سوپر هیت ۵۴۰ درجه برسد. هر بویلر راندمانی دارد، که در واقع از دو جز ناشی می شود: یکی فرار ۱۰٪ کربن های موجود در سوخت و دومی حدوداً ۱۷٪ از گرمای تولید شده هم، به سیال عامل منتقل نشده و از طریق آگروز به بیرون هدر می رود. پس راندمان بویلر ۷۵٪ است. نیروگاه مورد بررسی ما نیروگاه شازند بود. که البته قابل تعمیم به نیروگاه های بخاری دیگر است [2].

در مجموع ۱۳۰ میلیارد متر مکعب آب تجدید پذیر در هر سال نصیب کشور می شود. که در حدود ۹۰ میلیارد متر مکعب از این آب (۶۹٪) استحصال می شود. که ۸۳ میلیارد متر مکعب آن صرف کشاورزی و بقیه صرف آب آشامیدن و صنعت می گردد. می توان گفت سرانه هر نفر سالانه ۱۱۷۰ متر مکعب است. که طبق معیارهای جهانی وضعیت آب در کشور بحرانیست. که یکی از بهترین راهکارها شیرین سازی آب است [1].

### ۱- معرفی اجمالی اجزای اتلاف کننده انرژی،

### سیکل نیروگاه بخاری شازند به عنوان یک

### نمونه

#### ۱-۱- برج خنک کن:

نیروگاه دارای ۴ برج خنک کن مشابه که هر کدام از نوع مکش طبیعی خشک به صورت هذلولی و از جنس بتن با ارتفاع ۱۳۰ متر است. که قطر بالایی ۶۳ متر و قطر پایینی

جدول ۱: معرفی نمادها برای محاسبات

نماد	توصیف نماد
$V_g$	مصرف لحظه ای گاز هر بویلر
$m$	دبی بخار تولیدی هر بویلر در حالت ماکزیمم
$h_f$	آنتالپی مایع اشباع در دمای ۲۶۰ درجه
$h_g$	آنتالپی بخار سوپرهیت شده در دمای ۵۴۰ درجه
$Q_B$	گرمای مورد نیاز سیال در هر ثانیه
$m_B$	مصرف لحظه ای مازوت هر بویلر

۱-۲- در مرحله اول آب شور بعد از واحد پیش تصفیه از طریق خطوط انتقال، به کارخانه آب شیرین کن که برای استفاده از انرژی های اتلافی نیروگاه در مجاورت آن احداث شده، وارد میگردد. خروجی این مرحله باید آب با دمای ۲۲ درجه به بالا باشد. پس دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد:

اول اینکه آب با دمای مورد نظر یعنی حداقل ۲۲ درجه وارد نیروگاه شود که مطلوب ماست و عملیاتی روی آن انجام نمی گیرد. و به مرحله بعدی می رود. دوم این که آب با دمای کمتر از ۲۲ درجه وارد شود که باید با پساب غلیظ خروجی از دستگاه شیرین ساز که در دمای ۴۵٫۵ درجه است با اندازه معینی مخلوط گردد تا دمای آن به ۲۲ برسد. به طور مثال اگر آب در فصل زمستان در پایین ترین حد خود (۷ درجه) وارد شود باید ۳۹٪ پساب با ۶۱٪ آب ورودی مخلوط شود.

$$Q_B = m \cdot (h_g - h_f) = 1045 \frac{\text{ton}}{\text{hr}} \times 1000/3600 \times (3336 - 1134) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 639191 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \quad (1)$$

ارزش حرارتی یک متر مکعب گاز طبیعی را در حدود

$$42000 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \text{ در نظر می گیریم. مصرف ماکزیمم بویلر:}$$

$$639191 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = V_g \times 42000 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \times 0.75 \rightarrow V_g = 20.3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (2)$$

ارزش حرارتی یک کیلوگرم مازوت را در حالت متوسط

$$40000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ در نظر می گیریم حال مصرف ماکزیمم بویلر:}$$

$$639191 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 40000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times 0.75 \times m_B \rightarrow m_B = 21.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (3)$$

۲-۲- در مرحله دوم آب با دمای حداقل ۲۲ درجه وارد مرحله دوم می گردد. دمای مطلوب ورودی به دستگاه MSF ما ۳۸٫۵ درجه است. می توان از انرژی اتلافی برج ها برای پیش گرم کردن این آب تغذیه با استفاده از ده مبدل پوسته و لوله هم تیپ طراحی شده، برای هر برج استفاده کرد. سیستم کنترل دبی، ابتدا آب را با دبی ۲۷٫۶ ton/s بین چهار برج هلر به طور مساوی تقسیم کرده و بعد سیستم کنترل با توجه به دمای متغیر آب ورودی، آب تغذیه را بین دو انشعاب که اولی تغذیه مبدل هاست و دومی اختلاط با آب خروجی از مبدل ها با مقدار خاصی طبق جدول روبرو تقسیم می کند. حال برای داشتن دمای ثابت ۳۸٫۵ درجه برای ورود به دستگاه آب شیرین کن، تعدادی از مبدل ها را بسته، و مسیر ورود به برج هر یک از این مبدل ها را با دبی ۹۷۲٫۲۳ kg/s آب سیکل (پوسته) باز می کند. بطور مثال در ۹۹٪ مواقع دمای آب خلیج فارس زیر ۳۳ درجه است. که عملاً برج های خنک کن نیروگاه طبق جدول (۲) حذف شده است.

## ۲- مراحل شیرین سازی به روش MSF<sup>1</sup>

1-2- تنظیم دمای آب ورودی به نیروگاه

2-2- پیش گرم کردن آب شور به وسیله آب (سیکل) ورودی به برج خنک کن

3-2- ورود به لوله های کندانس (بالایی) آب شیرین کن

4-2- ورود به بویلرها برای رسیدن به مایع اشباع در فشار مورد نظر

5-2- عبور از مراحل افت فشار دستگاه و جمع آوری آب شیرین، استحصال شده

جدول شماره ۲: کارکرد سیستم کنترل دبی مبدل های سر راه  
هر یک از برج های خنک کن نیروگاه

حالات ورود آب	دمای آبشور ورودی °C	انشعاب اول $\frac{ton}{s}$	انشعاب دوم $\frac{ton}{s}$	مبدل خارج شده °C	دمای کمک به برج °C
۱	۲۲	۵	۱.۹	۰	۱۱
۲	۲۷	۴.۵	۲.۴	۱	۱۰
۳	۳۰	۴	۲.۹	۲	۸.۸
۴	۳۳	۳.۵	۳.۴	۳	۷.۷
۵	۳۴	۳	۳.۹	۴	۶.۶
۶	۳۵	۲.۵	۴.۴	۵	۵.۵
۷	۳۶	۲	۴.۹	۶	۴.۴
۸	۳۷	۱.۵	۵.۴	۷	۳.۳
۹	۳۷.۷۵	۱	۵.۹	۸	۲.۲
۱۰	۳۸	۰.۵	۶.۴	۹	۱.۱
۱۱	۳۸.۵	۰	۶.۹	۱۰	۰

۳،۳۶۷in است. طبق نتایج محاسبات برای طول مورد نیاز مبدل بر حسب متر داریم:

$$(4) \{AI = 350 \times \pi \times (Id) \times \rightarrow L = \frac{126.15}{350 \times \pi \times (Id)} = 3.48m\}$$

۲-۳- در مرحله سوم آب با دبی  $27.6 \frac{ton}{s}$  و دمای ۳۸.۵ درجه سانتی گراد از مرحله دوم خارج شده و وارد مرحله سوم می شود. در این مرحله آب (شور) تغذیه بین ده دستگاه آب شیرین کن MSF تقسیم گشته و وارد قسمت بالایی دستگاه (لوله های کندانس) آب شیرین کن می شود. بخار اشباع تولیدی در مراحل بر اثر افت فشار، از پایین به سمت بالا حرکت کرده و با کندانس شدن روی لوله های آب تغذیه که از داخل هر مرحله می گذرند، به آب شیرین تبدیل می شود و روی ظروف تعبیه شده دستگاه، جمع آوری می گردد. همین مساله از سوی دیگر باعث داغ شدن آب تغذیه می شود.

دستگاه (MSF) طراحی شده این گونه است که آب شور اشباع با دمای ۱۱۶،۲ درجه، متناظر با فشار ۱۶۹ کیلوپاسکال، طی ۱۴ مرحله به آب شور اشباع با دمای ۴۵،۵ درجه که متناظر با فشار ۹،۶ کیلوپاسکال است، می رسد. حال می دانیم هر کیلوگرم از آب شور داغ بر اثر افت فشار مراحل از طریق بخار کردن قسمتی از خود، محتوای انرژی خود را از ۴۶۶.۱۶kj به ۱۸۹.۳۳kj می رساند که دمای خروجی آب تغذیه از لوله های کندانس برابر:

جدول ۳: توصیف نمادها برای محاسبات

نماد	توصیف نماد	واحد
Hf1	انتالپی آب شور در 169 kpa	$\frac{kJ}{kg}$
Hf15	انتالپی آب شور در 9.6 kpa	$\frac{kJ}{kg}$
m	دبی آب شور	$\frac{kg}{s}$
Cp	گرمای ویژه آب	$\frac{kJ}{kg \times k}$
To	دمای آب شور ورودی به بویلر	°C

$$hf1 - hf15 = m \cdot cp \times \Delta T \rightarrow 466.16 - 189.33 = 1 \times 3.92 \times (To - 38.5) \rightarrow$$

$$70.62 = To - 38.5 \rightarrow To = 109.12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

### ۲-۲-۱- طراحی مبدل های برج های خنک کن

به منظور بهره برداری از انرژی آب گرم خروجی از کندانسور، بعد از هر کدام از پمپ ها، ۵ خط انشعاب گرفته می شود. که روی هر خط یک مبدل پوسته و لوله که به عنوان منبع انرژی برای دستگاه آب شیرین کن محسوب می شود، تعبیه می شود. پس هر برج خنک کن نیروگاه دارای، ده مبدل پوسته و لوله، هم تپ که موازی یکدیگر قرار گرفته اند، می باشد.

### ۲-۲-۲- مدلسازی مبدل پوسته و لوله

درهریک از این مبدل ها آب شور با دمای حداقل ۲۲ درجه سانتی گراد و دبی ۵۰۰ kg/s توسط ۳۵۰ لوله فولادی به قطر ۱.۵ in که از نوع ۱۳ Bwg و توسط بافل های قطاعی ۲۵% برشی که در فاصله ۲۵ سانتی متر از یکدیگر قرار دارند، بصورت جریان غیر همسو به مبدل وارد شده و به دمای ۴۴،۹۸ درجه سانتی گراد می رسد. در طرف دیگر آب کندانسور با دمای ثابت ۴۵ درجه و دبی ۹۷۲،۲۳ kg/s توسط پمپ های برج به هر پوسته با قطر داخلی ۴۵ اینچ، وارد مبدل شده و به اندازه ۱۱ درجه خنک می شود. آرایش لوله ها در پوسته به صورت مثلثی و با گام

## ۲-۴-۳- مدل‌سازی مبذل عمودی کانال‌اگزوز

در این مبذل محصولات احتراق حاصل از سوختن گاز طبیعی به داخل ۱۰۰ لوله هر یک به قطر ۲۸in فولاد زنگ نزن که در کانال‌اگزوز (کانالی با ابعاد جدید  $8.1 \times 8.1 m^2$ ) قرار گرفته اند، وارد می‌شود و بر اثر تبادل حرارت با آب شور، دمای دود عبوری از ۱۵۰ درجه به دمای ۱۰۹٫۱ درجه رسیده و به سمت اگزوز سیمانی می‌رود. از سوی دیگر آب با دبی  $1400 \frac{kg}{s}$  و دمای ۱۰۹٫۱۲ درجه سانتی‌گراد از بالا وارد پوسته شده و به اندازه ۷ درجه به دمایش افزوده می‌گردد. در این مبذل پوسته و لوله، آرایش لوله‌ها مربعی، با گام ۸٫۱۱ cm و از موانع جریان ۷۵ درصد برشی، با فاصله ۲۰cm استفاده کرده ایم. با توجه به اینکه مبذل عمودی است، طبق محاسبات عرض آن ( $L \approx 1m$ ) یک متر محاسبه شده است. و جریان از ۷۵٪ عرض مبذل عبور می‌کند. نکته مهم این است که در صورتی که نیروگاه گاز بسوزاند دبی محصولات  $832 \frac{kg}{s}$ ، و برای مازوت دبی  $745.5 \frac{kg}{s}$  محاسبه شده است، که در این صورت باید با توجه به کم شدن دبی محصولات احتراق، دبی آب شور ورودی از  $1400 \frac{kg}{s}$  در حالت گاز طبیعی به  $1200 \frac{kg}{s}$  در حالت مازوت برسد [2].

۲-۵- در آخرین مرحله فرآیند تولید آب شیرین، آب شور تغذیه با دمای ۱۱۶٫۱۲ درجه، خروجی از ده بویلر و دو اگزوز نیروگاه، یکی می‌شوند. و به آن مقداری NaOH تزریق می‌شود و بین ده دستگاه MSF به طور مساوی تقسیم شده و طی گذراندن ۱۴ مرحله افت فشار، آب شیرین در سینی‌های تعبیه شده، در زیر لوله‌های کندانس (قسمت میانی دستگاه MSF) تولید و استخراج می‌گردد. اختلاف دمای موثر بین بخار حاصله از آب شور و آب تغذیه درون لوله‌های کندانس در ورودی هر مرحله ۷ درجه می‌باشد که بر اثر کندانس شدن بخار، آب تغذیه در هر مرحله حدوداً ۵ درجه گرمتر می‌شود و پیش می‌رود. پساب خروجی هم با دمای ۴۵٫۵ به دریا می‌ریزد هر کیلوگرم آب شور ورودی به دستگاه ۱۱۹ گرم آب شیرین تولید می‌کند و نسبت کارایی این دستگاه ۸٫۳۸ است.

۲-۴- در مرحله چهارم آب شور تغذیه از لوله‌های کندانس دستگاه با دمای ۱۰۹٫۱۲ درجه بیرون می‌آید و برای این که به دمای اشباع مورد نظر طراحی (۱۱۶٫۱۲ درجه) برسد، نیاز دارد ۷ درجه سانتی‌گراد داغ تر شود تا بعد از آن وارد مراحل افت فشار دستگاه (MSF) گردد.

آب تغذیه خروجی در مرحله چهارم به دو انشعاب تقسیم می‌شود. اولین انشعاب آب تغذیه با دبی  $24.8 \frac{ton}{s}$  (زمانیکه نیروگاه گاز بسوزاند) یا  $25.2 \frac{ton}{s}$  (زمانیکه نیروگاه مازوت بسوزاند) بین ده بویلر تعبیه شده برای ده دستگاه MSF (هر دستگاه یک بویلر) تقسیم شده و با سوزاندن سوخت فسیلی، ۷ درجه آب تغذیه داغ تر می‌شود. دومین انشعاب آب با دبی  $2.8 \frac{ton}{s}$  (زمانیکه نیروگاه گاز بسوزاند) یا  $2.4 \frac{ton}{s}$  (زمانیکه مازوت بسوزاند) به طرف دوکانال اگزوز نیروگاه رفته و بین هر کدام از مبذل‌های هر کانال به طور مساوی تقسیم می‌گردد. هر دو سیکل نیروگاه یک اگزوز دارد، که محصولات احتراق با دمای نزدیک به ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خارج می‌شوند.

## ۲-۴-۱- طراحی منبع انرژی انشعاب اول

همان‌طور که در بحث بالا اشاره کردیم برای داغ تر کردن آب شور با دبی  $24.8 \frac{ton}{s}$  برای هر دستگاه MSF به میزان ۷ درجه نیاز به یک بویلر داریم. از آنجایی که آب شور داغ رسوب گذاری بالایی دارد و بویلرهای لوله آتش بازده بالای ۸۰٪ دارند، بویلر انتخابی ما لوله آتش خواهد بود، تا با سوزاندن سوخت، میزان انرژی حرارتی مورد نیاز را تامین کند. حال مصرف سوخت هر بویلر بصورت:

$$Q_w = m \times cp \times \Delta T = 2480 \times 3.92 \times 7 = 68051 \frac{kJ}{s} \quad (6)$$

$$Q_w = Vg \times 42000 \times 85 \rightarrow Vg = 1.9 \frac{m^3}{s} \quad (7)$$

$$\text{مصرف بویلرهای آب شیرین کن} = Vg \times 10 = 1.9 \times 10 = 19 \frac{m^3}{s}$$

## ۲-۴-۲- طراحی منبع انرژی انشعاب دوم (اگزوز)

می‌توان از این انرژی هدر رفته که باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای در محیط می‌گردد، استفاده کرد. عامل محدود کننده در میزان استفاده از این انرژی، بخار اسیدی  $H_2SO_4$  تشکیل شده در محصولات به ویژه مازوت است. تا جایی می‌توان دود را سرد کرد که این اسید تقطیر نشود و باعث خوردگی قطعات فلزی کانال و اگزوز نگردد. دمای خروجی محصولات از مبذل را تقریباً برابر دمای آب شور تغذیه ورودی به مبذل یعنی  $109.1^\circ C$ ، در نظر می‌گیریم.

### ۳-۳- تقویت منابع آب (سفره های) زیرزمینی

این آب شیرین شده موجب برداشت کمتر از سفره های زیر زمینی در حدود 100 میلیون متر مکعب در سال شده تا سفره های زیر زمینی که سطح آب در طی سال های اخیر، با برداشت های بیش از حد و در اکثر موارد غیر قانونی به شدت پایین رفته اند، بتوانند خود را احیا کنند.

$$285828.5(m^3) \times 365(\text{day}) = 104327402(m^3)$$

### ۳-۴- بالا بردن راندمان سیکل رانکین نیروگاه

3-4-1- راندمان سیکل رانکین، به صورت نسبت کار خالص تولیدی به گرمای داده شده به سیال تعریف می شود:

$$\eta(\text{old}) = \frac{w(\text{net})}{Q_B} = \frac{w(\text{generation}) - w(\text{loss})}{Q_B} = \frac{325\text{mw} - 75\text{mw}}{639191} = 39\%$$

$$\eta(\text{new}) = \frac{w(\text{net})}{Q_B} = \frac{Q_B - Q_{\text{loss}}}{Q_B} = 1 - \frac{Q_{\text{loss}}}{Q_B} = 88\%$$

همان طوریکه مشاهده می شود بازده سیکل رانکین از ۳۹ درصد به ۸۸ درصد افزایش یافته است. که این راندمان، از راندمان بهترین نیروگاه های سیکل ترکیبی جهان که ۶۰ درصد است، بیشتر است.

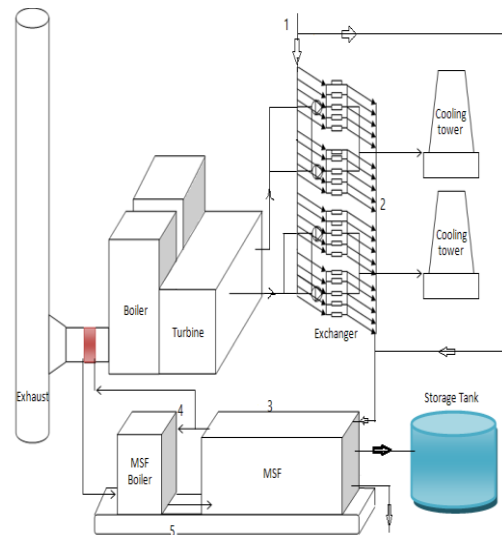
3-4-2- راندمان کلی نیروگاه، به صورت نسبت کار خالص تولید شده به ارزش حرارتی واحد سوخت مصرف شده می باشد. که در واقع این بازده نشان دهنده این است، که چند درصد از انرژی سوخت به برق تبدیل شده است.

$$\eta(\text{old total}) = \frac{w(\text{net})}{Q_{\text{fuel}}} = \frac{250\text{Mw}}{42000 \times 20.3} = 29\%$$

$$\eta(\text{new total}) = \frac{w(\text{net}) + Q(\text{cooling tower exchanger}) + Q(\text{exhaust exchanger})}{Q(\text{fuel})} = \frac{250000 + 450800 + 38416}{41000 \times 20.8} = 86.6\%$$

### ۳-۵- تامین آب برای نیروگاه و مراکز صنعتی

با توجه به وجود آمدن بحران آب در سال های اخیر بعضی از نیروگاه های کشور از جمله منتظری اصفهان، رامین اهواز و... و همچنین بسیاری از صنایع بزرگی مانند پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، کارخانجات فولاد و سیمان و... که با کمبود آب مواجه شده اند، می توانند از این آب استفاده کنند تا به حیات خود ادامه دهند.



شکل شماره ۱: شماتیک کار خانه آب شیرین کن

### ۳- نتایج

نتایج بدست آمده از پروژه عبارتند از:

#### ۳-۱- تامین آب آشامیدنی، بدون مصرف سوخت

طبق محاسبات انجام شده این کارخانه آب شیرین کن توانایی تولید آب شیرین به میزان  $28788 \frac{m^3}{\text{day}}$  (گاز بسوزاند) و یا به میزان  $24675 \frac{m^3}{\text{day}}$  (مازوت بسوزاند) را، بدون مصرف هیچ هزینه ای (با استفاده از انرژی اتلافی) را دارد.

$$1) 1400 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times .119 \frac{\text{kg water}}{1\text{kg sea}} \times 24\text{h} \times 2(\text{exhaust}) \times 3600(\text{s}) = 28788.4 \frac{m^3}{\text{day}} \text{water}$$

$$2) 1200 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 2(\text{exhaust}) \times .119 \frac{\text{kg water}}{1\text{kg sea}} \times 24\text{h} \times 3600(\text{s}) = 24675 \frac{m^3}{\text{day}} \text{water}$$

#### ۳-۲- تامین آب آشامیدنی با مصرف سوختی معادل

##### یک بویلر

طبق محاسبات انجام شده این نیروگاه با سوزاندن سوختی تقریباً معادل یک بویلر نیروگاه و استفاده از انرژی اتلافی آگزوها در کل توانایی تولید آب شیرین  $285828.5 \frac{m^3}{\text{day}}$  را داراست. که توانایی سیراب کردن قریب به دو میلیون نفر (با مصرف بهینه، هرنفر از ۱۴۰ لیتر در شبانه روز) را دارد.

### ۳-۶- حذف برج های خنک کن نیروگاه

مشکل عمده برج های نیروگاه شازند مکش نامناسب طبیعی آن ها در هنگام فصول گرم سال ، وزش شدید باد و دماش در زمستان است که مجبور به روشن شدن ۱۲ پیک کولر هر برج ، با توان مصرفی هر یک ۲۵ کیلو وات هستند . بطور متوسط کارکرد پیک کولر ها را چهار ساعت در روز در نظر می گیریم . در طراحی مورد نظر ما در هر سال حدود ۱۵۳ میلیون تومان فقط در هزینه برق، به غیر از تعمیرات و.. صرفه جویی می گردد.

$$\text{Price} = 12 \times 4 (\text{cooling tower}) \times 4(h) \times 25 \text{ kw} \times 320 \text{ day} \times 100 \frac{\text{toman}}{\text{kw}} = 153.6 \text{ milion toman}$$

نیروگاه های بخاری که دسترسی به آب شور دارند. آسان ترمی توانند ، مجتمع آب شیرین کن ایجاد کنند . مانند نیروگاه های رامین اهواز (۱۹۰۳ مگاواتی ) و بندر عباس (۱۳۳۰ مگاواتی) [ 4 ] .

### تشکر و قدر دانی

از مدیریت نیروگاه شازند و کلیه پرسنل خدوم آن بخصوص قسمت تعمیرات مکانیکی، مهندسان :کرمی، مقصودی، امینی، مدنی و...کمال سپاس گزاری را دارم. به امید ایرانی سیراب و سرسبز!

### منابع

- [1] شیرین سازی آب میانی و روش ها ، اکبر ادیب فر انتشارات پندار پارس (مپنا) ، چاپ اول ۱۳۸۹
- [2] نیروگاه حرارتی، دکتر محمد حسن سعیدی و دکتر محمدرضا طلایی انتشارات یزدا، چاپ دوم ۱۳۹۱
- [3] طراحی مبدا های حرارتی ، kerll، مترجم حسین کاشانی حصار
- [4] سایت جهانی اطلاعات (Internet)