



## بررسی امکان حذف فرایند نرم سازی آب توسط شیر آهک و کلورفریک در نیروگاه حرارتی تبریز

فرید دلجانی، میرجعفر نجفزاده زوز، فاطمه اختیاری کشکی، مصطفی باروقی  
شرکت مدیریت تولید برق آذربایجان شرقی

واژه‌های کلیدی: برج خنک کن، کنترل رسوبگذاری، مواد ضد رسوب

### چکیده

در این کار پژوهشی تاثیر مواد ضد رسوب در کنترل رسوبگذاری و خوردگی آب مورد استفاده در نیروگاه حرارتی تبریز بررسی گردید. برای این منظور پایلوت پلنت برج خنک کن و کندانسور نیروگاه طراحی و ساخته شد. اثر ماده ضد رسوب EN3117 در یک آزمایش شبانه روزی بیش از ۲ ماه در پایلوت پلنت اجرا و نتایج خوردگی و رسوبگذاری در سیستم بررسی گردید. نتایج به دست آمده امکان کنترل رسوبگذاری و خوردگی سیستم با استفاده از مواد ضد رسوب (در حد استاندارد) را نشان داد. محاسبات اقتصادی انجام شده نیز مقرون به صرفه بودن اجرای این پروژه را در نیروگاه حرارتی تبریز نشان می‌دهد.

### مقدمه

عمده ترین عاملی که در عموم آنها سبب رسوبگذاری می‌شود سختی موقت آب یا همان سختی کربناتی است. در نیروگاه

حرارتی تبریز سختی موقت آب در دو دستگاه کلاریفایر، هریک با ظرفیت ماکزیمم ۱۵۰۰ مترمکعب در ساعت توسط تزریق شیر آهک به عنوان سختی گیر، محلول کلورفریک به عنوان منعقد کننده و محلول آلومینات سدیم به عنوان کمک منعقد کننده از آب گرفته می‌شود. در کلاریفایر آهک با کربنات موجود در آب واکنش داده و رسوب کربنات کلسیم تشکیل می‌شود. آب تولیدی کلاریفایرها را اصطلاحاً آب نرم می‌نامند. آب نرم تولیدی قبل از استفاده در برجهای خنک کن ابتدا در استخرهای ذخیره آب نرم (استخرهای ۳۰۰۰ و ۱۵۰۰ مترمکعبی) وارد شده و پس از ته نشینی رسوبات باقیمانده در کف استخرها، بر حسب نیاز به برجهای خنک کن انتقال داده می‌شود.

در این حالت آب نرم تولیدی به دلیل تزریق آهک حالت قلیایی دارد. جهت کاهش pH آب و کنترل رسوبگذاری از تزریق اسید سولفوریک استفاده می‌شود. همچنین جهت محافظت و جلوگیری از خوردگی لوله‌های مسی کندانسور از

## بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

تجمع لجن و کدورت آب و حتی ترسیب آنها در مسیرهای خنک کاری می شود.

جدول شماره (۱)

	pH	Cond	TH	CaH	MgH	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	TDS
آب خام	7.6	320	180	110	70	20	2	24	200
آب نرم	8.2	250	130	70	60	30	1	75	160
		μs/cm	ppm as CaCO <sub>3</sub>			ppm			

همچنین وجود این ذرات معلق در سیستم سبب کاهش عملیات خنک کاری در نتیجه گیر کردن ذرات در لابلای بسکتهای موجود در زیر فنهای برج خنک کننده می شوند و در نتیجه ریزش منظم آب از بالا به پایین و همچنین مکش هوا از پایین به بالای برج را مختل می کند. در ضمن به مرور زمان و افزایش حجم ذرات گیر کرده در مسیرهای داخلی بسکتهای، بسکتهای سنگین شده و گاهی به داخل استخر برج خنک کننده سقوط کرده اند. در کنار مسائل ذکر شده حجم انبوه لجن تولید شده، حاصل از فرایند کلاریفایرها، معضل دیگری است و آبیگری و دفع آنها در نیروگاه بسیار مشکل و هزینه بردار است و تبعات سوء زیست محیطی بسیاری به همراه دارد.

### مواد و روشها

مواد:

- اسید سولفوریک تجاری با درصد خلوص ۹۸٪،
- هگزا متافسفات سدیم تجاری با درجه خلوص ۶۸٪، بر حسب P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- مرکاپتو بنزوتیازول تجاری با درجه خلوص ۹۸٪،
- سولفات روی تجاری با درجه خلوص ۹۸٪،
- ماده شیمیایی ضد رسوب با نام تجاری EN3117 بر پایه فسفوناتها

روشها:

در مرحله اول برای اجرایی شدن آزمایشات پروژه، یک سیستم پایلوت پلنت برج خنک کن که تا حد امکان دارای تمام ویژگیهای برج خنک کن و کندانسور باشد، طراحی و ساخته شد. به منظور بررسی اثر ماده ضد رسوب بر روی خوردگی و رسوبگذاری در سیستم، غلظت مورد نظر ماده در شرایط شیمیایی که شرکت سازنده ماده ضد رسوب پیشنهاد می دهد تزریق و پس

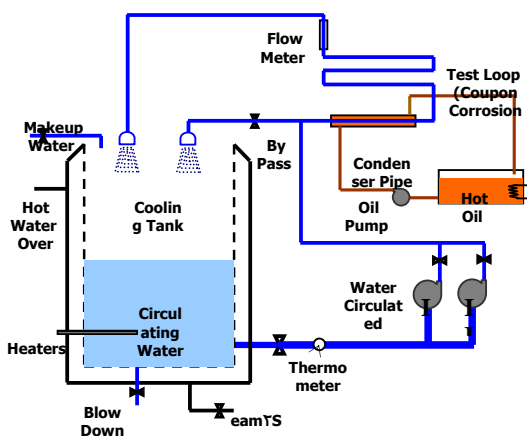
محلول مرکاپتوبنزوتیازول و محلول سولفات روی، و برای جلوگیری از تشکیل رسوبات احتمالی و جلوگیری از خوردگی تجهیزات کربن استیل از محلول هگزامتا فسفات سدیم استفاده می شود. از گاز کلر نیز که به صورت شوک روزانه به سیستم تزریق می شود، جهت کنترل رشد جلبکها، باکتریها و میکروارگانیسمهای مخرب در سیستم استفاده می شود.

با توجه به کیفیت آب مصرفی که در حال حاضر از مسیر زرینه رود تأمین می گردد و خط انتقال دیگری که به موازات خط انتقال اولیه در حال احداث است، می تواند منبع مطمئنی برای تأمین آب مورد نیاز نیروگاه در تمام فصول باشد.

نکته مهم در مورد آب زرینه رود این است که آب برداشتی از رودخانه زرینه رود در محل برداشت و پس از ته نشینی های اولیه به دو دستگاه کلاریفایر با ظرفیت تولید هر کلاریفایر ۴۰۰۰ مترمکعب در ساعت وارد می گردد. برای حذف بخشی از بیکربنات و کدورت آب از شیر آهک، کلورفریک و پلی الکترولیت (از نوع پلی اکریل آمید) استفاده می شود. سپس کلیه مواد و ذرات معلق آب با عبور از فیلترهای شنی گرفته شده و توسط سیستم مجهز کلر زنی تا حداکثر ۲ ppm گاز کلر تزریق می گردد و همچنین با استفاده از تزریق اسید سولفوریک pH آب تنظیم می شود. با عنایت به مراتب فوق مشاهده می شود که آب ورودی به نیروگاه با یک پیش تصفیه کامل وارد نیروگاه می گردد. در حال حاضر این آب تصفیه شده مجدداً در نیروگاه تبریز در کلاریفایر با استفاده از تزریق شیرآهک، کلورفریک و آلومینات سدیم مورد تصفیه قرار می گیرد. مطابق جدول شماره (۱) در مقابل کاهش ۵۰ واحدی سختی کل (TH)، به علت تزریق اسید سولفوریک برای تنظیم pH، به علت حلالیت طبیعی MgCO<sub>3</sub> و CaCO<sub>3</sub> در نتیجه تزریق شیرآهک و به علت باقی ماندن مازاد Fe<sup>3+</sup> و Cl<sup>-</sup> در نتیجه تزریق محلول کلورفریک و به علت فلوکهای شناور حاصل از واکنش آهک، میزان یون سولفات، یون کلراید و سایر املاح نیز به تناسب خود افزایش می یابد. یونهای کلراید، فریک و سولفات باعث بروز خوردگی و اثرات سوء در سیستم و همچنین فرار فلوکهای باقیمانده در آب نیز سبب

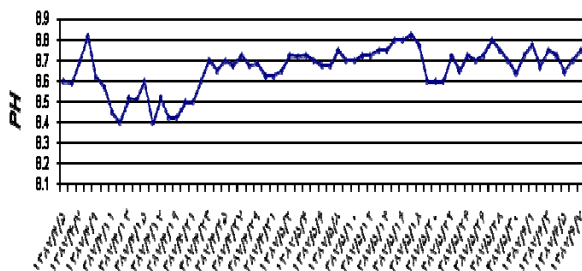
### بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

همچنین جهت افزایش تبخیر و افزایش دمای آب تا دمای ۳۵ الی ۴۰ درجه سانتیگراد از ۲ دستگاه هیتر برقی استفاده شده است که دمای آب را مطابق آب برگشتی از کندانسور در برج واقعی در حدود ۳۵ الی ۴۰ درجه سانتیگراد تنظیم می‌کنند. با نصب یک دستگاه فلومتر در مسیر آب در گردش سرعت خطی آب در داخل لوله‌های مسیر، مشابه لوله‌های کندانسور تقریباً  $1/8$  m/s الی  $2$  m/s تنظیم می‌شود، نمای شماتیکی از پایلوت پلنت برج خنک کن در شکل شماره (۲) آمده است.



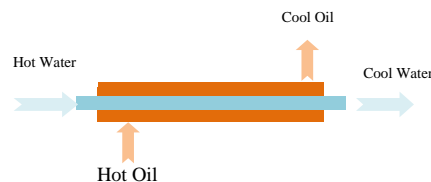
شکل شماره (۲)

تمام آزمایشات انجام شده و نتایج بدست آمده در پایلوت پلنت صرفاً با آب خام زرینه رود انجام و مقایسه بر این اساس صورت گرفته است نمودارهای (۱ و ۲) شرایط شیمیایی (تغییرات pH و اندیس اشباع) پایلوت پلنت را در طول ۶۶ روز نشان می‌دهد.



نمودار شماره (۱)

از گذشت مدت زمان مناسب (یک الی سه ماه [۱]) وضعیت خوردگی [۱] و رسوبگذاری [۲] سیستم بررسی شد. جهت تست خوردگی و محاسبه آن بر حسب mpy (ضخامت از دست رفته بر حسب هزارم اینچ در سال) از کوپنهای استاندارد، از جنسهای Carbon Steel، Admiral Brass و Cooper Nickel (70/30) که با دقت  $0/0001$  گرم قبلاً توزین شده‌اند، استفاده شده است. بعد از گذشت زمان مورد نظر در آزمایش، با اندازه گیری مقدار تقلیل وزن کوپنها در اثر خوردگی، می‌توان سرعت خوردگی محاسبه شد. برای این منظور یک لوپ به صورت آن لاین که قابلیت کوپن گذاری از جنس فلزات مسیر خنک کاری را دارد تهیه و در مسیر آب گرم برگشتی از کندانسور واحد ۲ بخار نصب شد. کوپنهای استاندارد از جنسهای Carbon Steel و Admiral Brass و Cooper Nickel (70/30) در مکانهای از پیش تعیین شده بسته شدند. بدلیل حساسیت بالای سیستم خنک کن در نیروگاه سعی شده است پایلوت پلنت دقیقاً مشابه برج خنک کن واقعی نیروگاه عمل نماید. در طراحی انجام شده؛ یک مخزن استیل به حجم تقریبی  $2$  m<sup>3</sup> به عنوان استخر برج خنک کننده، دو عدد پمپ تمام استیل مشابه جهت سیرکولاسیون آب نصب شده است. آب خنک کاری دقیقاً مشابه برج خنک کن توسط پمپ از مخزن خارج و توسط لوله ابتدا به مبدل حرارتی سپس وارد تست لوپ (محلهایی جهت جاگذاری کوپنها جهت تست خوردگی) و بعد از آن به دوشهایی، که با ریزش آب به مخزن، عملیات خنک کاری آب انجام می‌گیرد. جهت تست مواد ضد رسوب در پایلوت پلنت یک مبدل حرارتی در مسیر آب در گردش تعبیه گردیده است تا نتایج به دست آمده قابل اطمینان باشد. شکل شماره (۱) نمای شماتیکی از مبدل حرارتی ساخته شده را نشان می‌دهد.



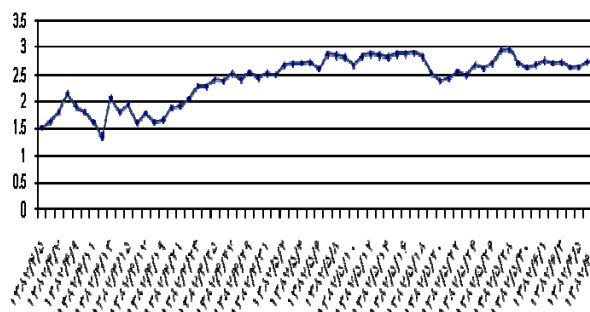
شکل شماره (۱)

## بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

البته این مبلغ فقط شامل هزینه‌های جاری و مصرفی است و هزینه مربوط به تعویض پمپهای تزریق اسیدسولفوریک نیز نباید نادیده گرفته شود. لذا در مجموع این نتیجه نشان از مقرون به صرفه بودن اجرای این روش در کنترل آب سیستم خنک کننده نیروگاه دارد. همچنین با اجرایی شدن نتایج پروژه در نیروگاه تبریز منافع دیگری از جمله کاهش چشمگیر ذرات معلق در سیستم، کاهش رسوبگذاری و یا قطع آن به طور کامل، افزایش عمر مفید تجهیزات مرتبط در سیستم خنک کاری به خصوص کندانسور و همچنین کاهش آثار سوء زیست محیطی لجن تولیدی حاصل خواهد شد. همچنین لایروبی استخرهای ته نشینی و شستشوی کلاریفایرها و همچنین فرایند تأمین مواد شیمیایی مناسب مورد نیاز در فرایند نرم سازی آب و کنترل کیفیت آنها با اجرایی شدن این پروژه حذف خواهند شد.

### منابع و مراجع:

- [۱]: ASTM, D2688, Corrosivity in Absence of Heat Transfer (Weight Loss Methods) (1983).
- [۲]: ASTM, D3263, Corrosivity of Solvent Systems for Removing Water- Formed Deposits (1983).



نمودار شماره (۲)

سیکل تغلیظ به دست آمده در این حالت بعد از گذشت تقریباً یک ماه با توجه به افزایش غلظت یون کلراید تقریباً ۱۴ الی ۱۵ می‌باشد که در مقایسه با سیکل تغلیظ فعلی برج خنک کن نیروگاه (۱۱ الی ۱۳) سعی شد با دادن بلودان، در سیکل تغلیظ ۱۰ الی ۱۲ نگه داشته شود.

### نتایج

با بررسی نتایج به دست آمده، امکان پیاده کردن پروژه در سیستم خنک کن نیروگاه حرارتی تبریز وجود دارد. شرایط مناسب در عدم ترسیب املاح و رسوبگذاری و همچنین مناسب بودن سرعت خوردگی در بخشهای مختلف سیستم مشهود است. همچنین حذف بیش از ۹۰٪ ذرات معلق در آب خنک کننده که در فرایند نرم سازی وارد آب می‌شوند و عدم تولید لجن که آثار سوء زیست محیطی فراوانی برای منطقه به همراه دارد از مزایای مهم دیگر این روش می‌باشد.

نتایج به دست آمده از بررسی کوپنها نیز به این ترتیب بود که محاسبه شده برای کوپن Admiral Brass ۰/۳ ، برای کوپن Carbon Steel ۲/۳ و برای کوپن Cooper Nickel ۰/۷ (70/30) بدست آمد. نتایج به دست آمده نشان از شرایط بسیار عالی وضعیت خوردگی می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده در محاسبات فوق در صورت استفاده از آب خام و کنترل رسوبگذاری با مواد ضد رسوب در سیستم خنک کننده نیروگاه حرارتی تبریز، به طور متوسط سالانه مبلغی در حدود ۲۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال نسبت به حالت استفاده از آب نرم صرفه جویی اقتصادی حاصل خواهد شد.