



## حذف تبخیر کننده های واحد آب و بخار با تکیه بر ارتقاء و بهره وری سیستم

(اجرای پیشنهاد شماره 5723 در شرکت پالایش گاز شهید هاشمی نژاد)

حمید رضا باتقوی<sup>1</sup>، سید مجید علاقبند حسینی<sup>2</sup>، حسن ابراهیم زاده<sup>3</sup>

<sup>1</sup>مهندس ارشد فرآیند های آب و برق و بخار  
Hbataghva@yahoo.com

<sup>2</sup>مهندس فرآیند های آب و برق و بخار  
[Hassanebrahimzadeh@gmail.com](mailto:Hassanebrahimzadeh@gmail.com)

### چکیده

از ابتدای راه اندازی پالایشگاه آب مقطر مورد نیاز این مجموعه از طریق تبخیر کننده ها با صرف انرژی قابل توجه بخار HP به صورت بخار LP تولید شده است. در این فرآیند جریان آب نرم شده طی عبور از دی کرناتور و دی اریاتور و حذف گاز های CO<sub>2</sub> و O<sub>2</sub> خوراک تبخیر کننده ها شده و در آنجا طی فرآیند تبخیر، آب مقطر جبرانی پالایشگاه به شکل بخار LP تولید می شود. به جهت مصرف انرژی بالا در سیستم های تبخیری تولید آب مقطر و مشکلات عمده بهره برداری (کمبود بخار HP و مازاد بخار LP در سطح پالایشگاه و کیفیت پایین آب مقطر تولیدی) و بالابودن هزینه و حجم تعمیرات، پروژه تغییر روش تولید آب مقطر از روش تقطیر آب به روش اسمز معکوس از سال 87 مبنی بر پیشنهاد فوق که در سال 86 به نظام پیشنهادات پالایشگاه ارائه شد بود، در دستور کار شرکت قرار گرفت که پس از انجام طراحی های اولیه در بخش مهندسی فرآیند و در ادامه خرید و نصب تجهیزات، در سال 91 به بهره برداری کامل رسید. در این فرآیند جریان آب نرم شده پس از عبور از فیلتر های اکتیو کربن و فیلتر های کارتریژی 5 میکرون و افزایش فشار آن تا حدود 15.5 بار گیج، به عنوان خوراک اولیه به واحد اسمز معکوس 1 وارد شده که پس از عملیات تصفیه در مراحل اول و دوم این واحد که دارای آرایش 4\*8 می باشند، به مخزن 400 متر مکعبی جهت ذخیره سازی ارسال می شود. جریان خروجی از این واحد پس از افزایش فشار تا حدود 13.5 بار گیج، به واحد اسمز معکوس 2 با آرایش 3\*6 وارد شده و پس از انجام عملیات تصفیه در این واحد، آب مقطر با کیفیت بسیار مطلوب  $Conductivity < 2$  تولید می شود. لازم به ذکر است حداقل درصد بازیابی این سیستم 75% بوده و جریان دورریز واحد اسمز معکوس 1 در پروژه بازیابی پساب های پالایشگاه مورد استفاده قرار می گیرد.

از مزایای عمده طرح می توان به کیفیت بسیار مطلوب آب مقطر تولیدی، راه اندازی آسان و کوتاه مدت، این سیستم در مقایسه با سیستم قدیمی (تبخیر کننده ها)، حذف مخاطرات استفاده از اسید سولفوریک 98% و کاهش چشمگیر کار های تعمیراتی در این بخش اشاره نمود. با توجه به حذف اورهال تبخیر کننده ها و عملیات رفع نشتی از تیوب های این سیستم میتوان به صرفه جویی حدود 3000 نفر ساعت کار نیروی انسانی در طول سال اشاره کرد.

از نقطه نظر اقتصادی می توان به صرفه جویی 40 Ton/hr بخار HP (معادل 2880 m<sup>3</sup>/hr گاز سوخت) اشاره نمود که سود صرفه جویی سالانه در این بخش برابر 1/746/000/000 تومان می باشد. همچنین با صرفه جویی 4.7 Ton/hr آب مقطر در دی اریاتور های آب جبرانی مقدار سود صرفه جویی سالانه در بخش آب مقطر بر اساس محاسبات حسابداری صنعتی برابر 885 میلیون تومان می باشد. از مزایای دیگر طرح می توان به کاهش مقدار آب دورریز این سیستم و کاهش مصرف مواد شیمیایی نظیر کاستیک، اسید سولفوریک، سولفیت و مواد ضد رسوب (Nalco-754) اشاره نمود.

## 1- مقدمه

تصفیه آب با روش اسمز معکوس از روشهای نوین جداسازی و تصفیه آب بوده که بدون نیاز به تغییر فاز، املاح و نمک های محلول در جریان آب را جدا می نماید. عدم تغییر فاز در طول فرایند جداسازی و جداسازی با صرف انرژی کم از عوامل مهم گسترش روزافزون استفاده از این تکنولوژی می باشد.

از ابتدای راه اندازی پالایشگاه آب مقطر مورد نیاز این مجموعه از طریق تبخیر کننده ها با صرف انرژی قابل توجه بخار HP به صورت بخار LP تولید شده است. در این فرآیند آب خام ورودی به پالایشگاه جهت کاهش سختی موقت به برج های سختی گیر با قدرت تبادل یون 4000eq/cycle و ظرفیت 4600 lit رزین وارد شده و پس از کاهش سختی آن تا حد کمتر از 1PPM در مخازن آب صنعتی ذخیره می شود. سپس با تزریق اسید سولفوریک 98% و تبدیل یون های کربنات و بی کربنات به گاز CO<sub>2</sub> محلول در آب، عملیات حذف این گاز در دی کربوناتور انجام می شود. جهت تنظیم PH و کنترل خوردگی در خروجی دی کربوناتور کاستیک به آن تزریق شده و نهایتاً جهت حذف اکسیژن محلول در آب به برج های هوازدای آب جبرانی وارد می شود.

جریان خروجی از هوازدا به عنوان خوراک ورودی به محفظه شل تبخیر کننده ها وارد شده و پس از تبادل حرارت با بخار HP، آب مقطر مجموعه به صورت بخار LP به شبکه بخار پالایشگاه وارد می شود.

به جهت مصرف انرژی بالا در سیستم های تبخیری تولید آب مقطر و مشکلات عمده بهره برداری و تعمیرات، پروژه تغییر روش تولید آب مقطر از روش تقطیر آب به روش اسمز معکوس از سال 87 در دستور کار شرکت قرار گرفت که پس از انجام طراحی های اولیه در بخش مهندسی فرآیند و در ادامه خرید و نصب تجهیزات، در سال 90 به بهره برداری رسید. در این مقاله پس از شرح فرآیند تولید آب مقطر با روش اسمز معکوس به برخی از مزایا و سودآوری حاصل از این پروژه اشاره شده است.

## 2- شرح فرآیند

در این طرح ضمن مطالعه و بررسی همه جانبه موضوع، سعی شده از امکانات موجود حداکثر استفاده بعمل آید. لذا با توجه به میزان پایین سیلیس در آب خام ورودی پالایشگاه و شفافیت بالای آب خام ورودی، استفاده از زلال ساز در مرحله پیش تصفیه مقدماتی حذف شده است. در این پکیج از آب صنعتی و با استفاده از دو مرحله پکیج اسمز معکوس به صورت سری می توان آب مقطر با کیفیت (Conductivity < 2Ms/cm) تولید کرد که به عنوان آب مقطر جبرانی پالایشگاه مورد استفاده قرار می گیرد.

### 1-2- واحد اسمز معکوس شماره 1

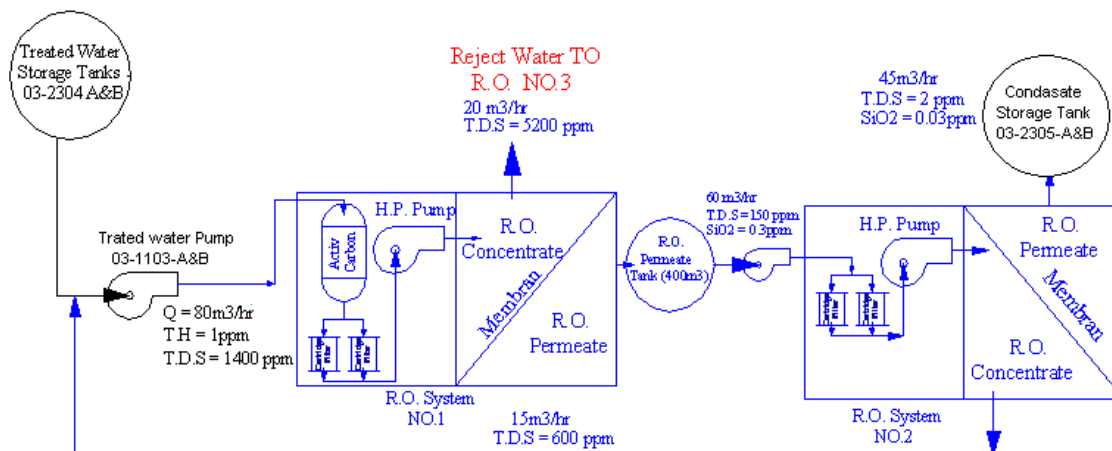
هرسیستم اسمز معکوس جهت کارکرد بهینه و افزایش طول عمر ممبران ها، مستلزم بکارگیری چند فرآیند پیش تصفیه می باشد که عبور از رزین های سختی گیر از مهمترین مراحل آن محسوب می شود. پس از آن آب نرم شده توسط پمپ های مربوطه به سمت فیلترهای کربنی هدایت می شوند. فیلترهای کربنی دارای ذرات بسیار ریز از کربن فعال با سطح فعال بسیار زیاد بوده (1000 m<sup>2</sup>/gr) بوده که باعث جذب ترکیبات هیدروکربنی، کلردار و ترکیبات آلی با قیمانده همراه آب می شوند. خوراک ورودی به سیستم های اسمز معکوس می بایست عاری از کلر بوده تا از اکسیداسیون غشاء ها جلوگیری شود. لذا جهت حذف کلرین باقی مانده در آب، از محلول 30 درصد بی سولفیت سدیم (NaHSO<sub>3</sub>) استفاده می شود.

فیلتر های کارتریجی با منافذ بسیار ریز (تا حدود کمتر از 10 میکرون)، آخرین مرحله از پیش تصفیه در سیستم های اسمز معکوس بوده و یک پکیج اطمینان بخش برای حفاظت ممبران ها و پمپ های فشار بالا در مقابل ذرات معلق موجود در سیال می باشد.

پس از عبور از فیلترهای کارتریجی مراحل پیش تصفیه خاتمه یافته و آب آماده ورود به غشاء می شود. آب خروجی از فیلترهای میکرونی ابتدا وارد پمپ های فشار قوی شده و فشار آن تا حدود  $15.5 \text{ kg/cm}^2$  افزایش می یابد. جریان آب فشار بالا به عنوان خوراک اولیه به واحد اسمز معکوس شماره 1 با درصد بازیابی 75% وارد می شود. محصول خروجی واحد 1 با کیفیت (Conductivity < 50  $\mu\text{S/cm}$ ) به مخزن فلزی با ظرفیت 400m<sup>3</sup> جهت ذخیره سازی و خوراک واحد اسمز معکوس شماره 2 ارسال می شود. واحد شماره 1 دارای آرایش 8\*4 بوده که در هر محفظه 6 المنت غشاء قرار گرفته است. المنت های مورد استفاده ساخت شرکت Toray با ابعاد 8\*40 اینچ و ظرفیت 39m<sup>3</sup>/day می باشند. آب محصول مرحله دوم تصفیه ذخیره سازی شده و جریان دورریز آن که حدود 20m<sup>3</sup>/hr پساب صنعتی با املاح بالایی باشد وارد تصفیه خانه پساب های صنعتی می شود. جریان فوق پس از مخلوط شدن با جریان خروجی از سختی گیر های واحد تصفیه پساب ها و تزریق کلر در مخزنی ذخیره شده و بعنوان خوراک واحد اسمز معکوس 3 استفاده می شود. تعداد المنت های بکار رفته در هر Pressure Vessel برابر 6 عدد بوده و لذا کل المنت های موجود در سیستم اسمز معکوس 1 برابر 72 عدد بوده که دارای سایزی با ابعاد D=8" و L=40" می باشد.

## 2-2- واحد اسمز معکوس شماره 2

از آنجا که آب ورودی به پکیج دوم ، محصول پکیج اول می باشد ، نیازی به پیش تصفیه های اولیه نیست. لذا آب مخزن ذخیره اسمز معکوس شماره 1 توسط پمپ با شدت 60 m<sup>3</sup>/hr فقط وارد فیلتر های کارتریجی شده تا شاخص (Silt Density Index)S.D.I همراه آب به کمتر از 3 برسد و از گرفتگی ممبرانها ممانعت بعمل آید. فشار جریان فوق با عبور از پمپ های فشارقوی تا حدود 13.5 Kg/cm<sup>2</sup> افزایش یافته و نهایتاً جهت تصفیه نهایی به سیستم اسمز معکوس 2 وارد می شود. این سیستم دارای 6 عدد محفظه تحت فشار در مرحله اول و 3 محفظه تحت فشار در مرحله دوم بوده که پس از عملیات تصفیه، آب مقطر با کیفیت کانداکت 2 و با شدت جریان 45m<sup>3</sup>/hr در مخازن آب مقطر ذخیره می شود. جریان آب دور ریز مرحله اول بعنوان خوراک مرحله دوم این واحد مورد استفاده قرار گرفته که پس از عملیات تصفیه، جریان دورریز آن که شامل آب بدون سختی و با املاح بسیار پایین می باشد به عنوان آب جبرانی کولینگ های مدار باز مورد استفاده قرار می گیرد. مجموع المنت های مورد استفاده در این سیستم برابر 54 عدد بوده که ابعاد D=8" و L=40" می باشد. شکل 1 روند تولید آب مقطر با استفاده از تکنولوژی اسمز معکوس را نشان می دهد.



شکل 1- فرآیند تولید آب مقطر با استفاده از تکنولوژی اسمز معکوس

## 3-2- مزایای اقتصادی اجرای پیشنهاد

شماره پیشنهاد: 5723		نام پیشنهاد: حذف تبخیرکننده ها در واحد آب و بخار	
صرفه جویی سالیانه انجام شده			
نوع صرفه جویی	مقدار(تن)	قیمت پایه(ریال)	مجموع صرفه جویی (ریال)
بخار HP	346609	50400	17/469/093/600
آب مقطر	41046	215755	8/855/823/042
برق (KWh)	383398	1529	293/107/941
هزینه های تولید			
هزینه فرصت از دست رفته (نرخ سود 20%)		-2/427/697/534	
هزینه استهلاک		-1/011/540/639	
هزینه بالاسری		-1/000/000/000	
سود سالیانه		22/178/786/410	

## 4-2- نتایج دیگر اجرای این پیشنهاد :

با جایگزینی روش فعلی تولید آب مقطر با روش نوین و اقتصادی اسمز معکوس ، در مصرف انرژی و مواد شیمیایی صرفه جویی قابل ملاحظه ای ایجاد خواهد شد که خلاصه ای از این مزایا به شرح زیر می باشد :

- 1- با روش اسمز معکوس آب مقطر با کیفیت بسیار مطلوب و یکنواخت تولید می شود که این امر نهایتاً منجر به کاهش زیر آب بویلرها و حذف زیر آب تبخیر کنند ها به میزان حدود 15 متر مکعب بر ساعت شده و صرفه جویی در مصرف آب و انرژی را به همراه دارد.
- 2- کاهش مصرف بخار HP و ایجاد پتانسیل جهت تولید 40 تن بخار برای طرح های آتی.
- 3- جلوگیری از هدر رفت 41045 تن آب مقطر در سال به صورت بخار در دی اریتور های آب جبرانی
- 4- حذف مصرف اسید سولفوریک 98% و حذف مخاطرات احتمالی کار با اسید.

- 5- راه اندازی سریع سیستم های اسمز معکوس (حدود 5 دقیقه) در مقایسه با سیستم تبخیر کننده ها (حدود 6 ساعت) در راستای پایداری تولید
- 6- استفاده از آب دورریز RO2 به عنوان آب جیرانی کولینگ های مدار باز (با توجه به کیفیت بسیار مناسب این آب در مقایسه با آب خام ، کاهش بلودان کولیگ ها ، کاهش مصرف مواد شیمیایی و افزایش کیفیت آب در گردش را به همراه داشته است).
- 7- صرفه جویی اقتصادی در بخش نگهداری و تعمیرات :  
به علت کاهش قابل توجه کارهای تعمیراتی در خصوص تبخیر کننده ها که شامل : اورهال دستگاه ها ، رفع نشتی تیوب ها ، تنظیم لول سویچ ها ، تعویض تیوب باندل و... می شود می توان به صرفه جویی حدود 2640 نفر ساعت کار در بخش تعمیرات مکانیک و 330 نفر ساعت کار در کارگاه مرکزی در طول سال اشاره نمود.
- 8- کاهش اثرات مخرب زیست محیطی و گلخانه ای به جهت کاهش انتشار CO2 و NOX به جو و کاهش آلودگی حرارتی.
- 9- قابلیت استفاده مستقیم از آب دورریز این سیستم در پروژه تصفیه پساب های صنعتی پالایشگاه (RO3) در مقایسه با سیستم تبخیر کننده ها.

## مراجع :

- 1- NALCO Water Handbook (2nd Edition) AU - Kemmer, F.N.PB - McGraw-Hill PY – 1988
- 2- [www.cfscsco.net/dow-filmtech-ro-membranes.html](http://www.cfscsco.net/dow-filmtech-ro-membranes.html)
- 3- [http://en.wikipedia.org/wiki/Reverse\\_osmosis](http://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_osmosis) web site
- 4- Selecting a Reverse Osmosis Unit, *By Arthur Fisher, Jennifer Reising, Mark Walker, Pamela Powell*