

تحلیلی بر معضل مربوط به سیستم CPP نیروگاههای سیکل ترکیبی یزد و کازرون

حسین حق پرست، رقیه دستخوان
شرکت مدیریت تولید برق یزد
ایران

واژه‌های کلیدی: پالایش کندانس، چرخه آمونیاکی، پریکوت

چکیده

سیستم‌های پالایش کندانس یا CPP نیروگاههای سیکل ترکیبی یزد و کازرون علیرغم هزینه میلیاردی صرف شده جهت طراحی و نصب به دلایلی با گذشت بیش از سه سال از راه‌اندازی این نیروگاه‌ها هنوز راه‌اندازی نگردیده است و با توجه به اهمیت و نقش حیاتی این سیستم متاسفانه به دلیل عدم شناسایی کامل آن بلا استفاده مانده است. نادیده گرفتن یک پارامتر ظاهراً بی‌اهمیت در طراحی این سیستمها باعث بوجود آمدن چنین مشکلاتی گردیده است که شرکتهای داخلی و خارجی از درک مشکل و همچنین حل آن ناتوان مانده‌اند. با توجه به مشکلات بوجود آمده بر آن شدیم تا مشکل مذکور را به طور اساسی بررسی نماییم. حاصل این پژوهش در قالب مقاله زیر آمده است. در ابتدای مقاله مقدمه‌ای بر انواع متداول سیستم‌های پالایش کندانس و اهمیت آنها ارائه می‌گردد و بعد مورد خاص نیروگاههای سیکل ترکیبی با سیستم خنک کن خشک هلر مطرح می‌گردد در قسمت بعد دلیل طراحی اشتباه سیستم پالایش کندانس در نیروگاههای یزد و کازرون و

مشکلاتی که در اثر این طراحی بوجود آمده می‌گردد و در نهایت نتیجه قطعی و راه حل منطقی مشکل ارائه می‌گردد. امید است که با ارائه این مقاله که در حقیقت یک تجربه ناموفق است از تکرار چنین اشتباهاتی جلوگیری بعمل آید که خود بهترین مصداق صرفه جویی در مصرف است.

مقدمه

پالایش کندانس اصطلاحی است که معمولاً برای تصفیه بخار کندانس شده توربینهای نیروگاهی بکار برده می‌شود. پالایش کندانس یا CPP یکی از بخش‌های مهم تصفیه آب در هر نیروگاه بخار می‌باشد. این نیروگاهها شامل نیروگاههایی با مولدهای بخار یک‌طرفه، مولدهای بخار بحرانی و فوق بحرانی، راکتورهای آب جوشان با سوخت هسته‌ای و راکتورهای آب فشاردار می‌شود. دلایل متعددی برای تصفیه کندانس که دارای خلوص بسیار بالایی نیز می‌باشد وجود دارد که از جمله مهمترین آنها وارد شدن ناخالصیهای بسیار جزئی آب ورودی به بویلر و تغلیظ شدن آن در بخار می‌باشد. برای مثال مقادیر ناخالصیهای با غلظتی در حد ppb یا کمتر می‌توانند درون بویلر تا حد ppm تغلیظ شوند. یکی از دلایل

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

نقش تبادل یون در پالایش کندانس

پالایش کندانس کاربرد منحصر به فردی برای رزینهای تبادل-یونی می‌باشند. بر خلاف روشهای تصفیه آب جبرانی سیستم پالایش کندانس با ناخالصیهای سر و کار دارد که درون خود سیستم به وجود می‌آید. این ناخالصیها شامل ذرات جامد، ذرات حل شده و ذرات ژل گونه می‌باشند. این ناخالصیها از منابع مختلفی نظیر نشستی هوا، خوردگی سطوح فلزی و کارهای تعمیراتی غیر صحیح نشات می‌گیرند. تحت شرایط نرمال کندانس دارای مقادیر جامدات حل شده (TDS) بسیار اندک می‌باشد ولی محصولات خوردگی با عبور بخار و آب کندانس از درون لوله‌ها و مبدلهای حرارتی و سایر تجهیزات در چرخه آب و بخار وارد کندانس می‌گردد. به این دلایل پالایش کندانس عملیاتی است که نمی‌توان از آن صرف نظر نمود.

یک جنبه دیگر پالایش کندانس طراحی آن برای جریانهای زیاد می‌باشد چرا که اغلب نیاز است تا کل جریان کندانس که دارای فلو زیادی هم هست، تصفیه گردد. به علاوه دمای کندانس اغلب بالا بوده و در برخی از سیستمها نزدیک ماکزیمم درجه حرارت قابل تحمل رزینهای تبادل یونی می‌باشد.

برای طراحی یک واحد CPP مجبوریم از دو گزینه سیستمهای mixed-bed با استفاده از رزینهای دانه‌ای (که احیای آنها در خارج از محل سرویس می‌باشد) یا سیستم فیلترهای پریکوت که از رزینهای تبادل یونی پودری به صورت پوششی بر روی فیلترهای کارتریج اعمال می‌شود، یکی را برگزینیم. البته روشهای جدیدی هم نظیر استفاده از الیاف توخالی برای پالایش کندانس وجود دارد که در این مقاله موضوع بحث ما نیست. هر یک از این دو سیستم مزایا و معایب مخصوص به خود داشته و انتخاب باید بر اساس طراحی و پارامترهای بهره‌برداری و شرایط محیطی انجام گیرد. در کلیه موارد هدف سیستم پالایش کندانس دو چیز است: ۱- حذف ذرات معلق به وسیله فرایند فیلتراسیون و ۲- حذف ذرات حل شده به وسیله فرایند تبادل یون. در صورتیکه از آب با کندانسیتی بالا

(مثلاً آب دریا) برای سیستم خنک‌کن استفاده می‌شود، یا نیاز به بهره‌برداری دراز مدت باشد و یا کنترل ورود هوا به داخل سیکل دشوار باشد استفاده از یک سیستم mixed-bed بر سیستم پریکوت ترجیح دارد و تحت شرایط زیر استفاده از یک سیستم پریکوت بر سیستم mixed-bed برتری دارد:

■ استفاده از آب دمین برای خنک کردن

■ وجود کندانسورهای تیتانیومی

■ محدود بودن اپراتور و آموزش (احیای سیستمهای mixed-bed یک سلسله احیای پیچیده بوده و مستلزم استفاده از مواد شیمیایی مخاطره آمیز سود و اسید می‌باشد)

■ نیاز به راه‌اندازیهای سریع

■ نیاز به افت کمتر فشار کندانس

■ محدود بودن فضای واحد

در سیستمهای رزینی با بستر عمیق حذف محصولات خوردگی معلق به وسیله فیلتراسیون عمقی صورت می‌گیرد. به این صورت که ذرات معلق به جای انباشته شدن بر روی سطح بالایی به صورت عمقی درون بستر نفوذ می‌کنند. جریانهای زیاد و اندازه ذرات دانه‌های رزین برای این نوع فیلتراسیون عمقی بحرانی می‌باشند. رزینهای مورد استفاده برای این کار باید از درجه condensate grade باشند. حتی تحت جریانهای زیاد نیز آلاینده‌های حل شده باید به آسانی به وسیله بستر عمیق دانه‌های رزینهای تبادل یونی حذف شوند. معمولاً رزین کاتیونی در این بسترهای مختلط به فرم هیدروژنی و رزین آنیونی به فرم هیدروکسید می‌باشد. در برخی موارد از رزین کاتیونی در فرم آمونیاکی استفاده می‌گردد که این کار روشی برای افزایش زمان سرویس و کاهش هزینه‌های همراه احیا می‌باشد.

سیستمهای پریکوت با استفاده از رزینهای پودری دارای قابلیت عالی فیلتراسیون می‌باشند ولی ظرفیت یونزدایی آنها به دلیل اینکه حجم کمی از رزین برای پوشش فیلتر استفاده می‌گردد، محدود می‌باشد. متداولترین سیستم تبادل یونی که در پالایش کندانس بکار برده می‌شود بستر مخلوطی از رزینهای اسیدی قوی و رزینهای بازی قوی می‌باشد. بسترهای مختلط آب بسیار خالصی تولید می‌کنند و هر گونه نشستی یون از هر

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

بهره‌برداری با استفاده از چرخه هیدروژنی

معمولترین روش پالایش کندانس استفاده از سیستم mixed-bed می‌باشد. رزین کاتیونی می‌تواند به فرم H^+ یا NH_4^+ باشد. در صورت استفاده از رزین کاتیونی با فرم H^+ پایان کار با نشی آمونیاک مشخص می‌گردد. این رزین، آمونیاک که بار اصلی کندانس می‌باشد را نیز حذف می‌کند و هر چه pH کندانس بالاتر باشد بار رزین کاتیونی نیز بیشتر می‌شود. در صورت وجود نشی کندانسور (در واحدهایی که از آب دریا استفاده می‌کنند) بار یونی رزین کاتیونی افزایش می‌یابد. بهره‌برداری در چرخه هیدروژنی به این معنی است که رزین کاتیونی در بستر مختلط همیشه دارای ظرفیت تبادل هیدروژنی داشته باشد. زمانی که کاتیونهای نظیر سدیم با رزین مبادله می‌شوند یون هیدروژن آزاد می‌گردد و اسید مربوطه HCl تشکیل می‌شود که در اثر تبادل با رزین آنیونی، یونهای هیدروکسید آزاد می‌شود. یونهای هیدروژن و هیدروکسید آزاد شده تشکیل مولکول آب می‌دهند و به این ترتیب آب خروجی فوق‌العاده خالص بدست می‌آید. در هنگام استفاده از رژیم شیمیایی AVT (استفاده از مواد قلیایی کنده فرار) بار روی رزین کاتیونی در حدود 1 ppm می‌باشد که در شرایط نرمال بسیار بزرگتر از غلظت مواد آلاینده کندانس (مثلا سدیم) در حالت پایدار می‌باشد. آمینی که در رژیم شیمیایی AVT استفاده می‌شود با گروه عاملی رزین کاتیونی مبادله می‌گردد. به منظور افزایش زمان سرویس پالایش کندانس در چرخه هیدروژنی از نسبت رزین کاتیون به آنیون ۲ به ۱ استفاده می‌شود. افزایش زمان سرویس باعث کاهش فرکانس احیا و کاهش هزینه‌های مربوط به آن یعنی هزینه مواد شیمیایی، نیروی کار و دفع پساب می‌شود. اگر از آب خنک کن با TDS زیاد نظیر آب دریا استفاده شود برای حفاظت در مقابل آنیونهای ورودی ممکن است لازم باشد درصد رزین آنیونی را در بستر مختلط افزایش دهیم.

یک از رزینها به سرعت به وسیله سایر رزینها حذف می‌گردد. در اغلب موارد یک سیستم پالایش کندانس بستر مخلوط شامل چندین مخزن می‌باشد که به صورت موازی در مدار قرار دارند. رزینهای مستعمل برای احیا و شستشو به یک سیستم خارجی منتقل می‌گردند.

احیای خارجی یا انجام عمل احیای هر یک از رزینها در خارج از مخازن سیستم پالایش عملیترین روش برای احیا می‌باشد. ایزولاسیون مواد شیمیایی مورد استفاده برای احیا از آب چرخشی به طور قابل ملاحظه‌ای از ورود مواد شیمیایی مورد استفاده برای احیا در کندانس می‌کاهد، همچنین زمانی که پالایش کندانس خارج از سرویس است را نیز کاهش می‌دهد. تنها وقفه زمانی است که صرف انتقال رزینهای اشباع به سیستم احیای خارجی و انتقال رزینهای احیا شده از سیستم احیای خارجی به مخازن سرویس می‌شود. یک سیستم احیای خارجی برای سرویس دادن به چندین مخزن پالایش کفایت می‌کند.

بر اساس نوع کاربرد از نسبتهای مختلف رزین کاتیون به آنیون استفاده می‌گردد. این نسبت در برخی موارد به صورت نسبت حجمی، وزنی یا نسبت اکی‌والانی بیان می‌شود. انتخاب نسبت مناسب بستگی به نوع چرخه و منبع آب خنک‌کن کندانسور دارد. در جدول ۱ نمونه‌هایی از نسبتهای مختلف رزینهای کاتیونی به آنیونی که برای پالایش کندانس استفاده می‌شود، داده شده است.

جدول ۱. استفاده از نسبتهای مختلف رزین کاتیونی به آنیونی برای پالایش

کندانس

نسبت حجمی کاتیون به آنیون	نسبت اکی-والان کاتیون به آنیون	نوع واحد	نکته
۲ به ۱	۱:۱	راکتور هسته-ای آب جوشان	سیکل هیدروژنی با pH خنکی
۱ به ۱	-	راکتور هسته-ای آب فشار-دار	چرخه هیدروژنی با pH قلیایی
-	-	راکتور هسته-ای آب فشار-دار	برای واحدهایی که از آب دریا برای خنک‌کاری استفاده می‌کنند.

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

بهره‌برداری در چرخه آمونیاکی

برای تصفیه داخلی آب تغذیه بویلر به آن آمونیاک اضافه می‌شود تا pH افزایش یابد، همچنین برای حذف اکسیژن هیدرازین افزوده می‌شود. آمونیاکی که برای افزایش pH به آب افزوده می‌شود بار اصلی رزین کاتیونی در فرم H^+ را تشکیل می‌دهد و هر چه این pH بیشتر باشد بار رزین کاتیونی نیز بیشتر خواهد بود. یکی از معایب آن این است که فرکانس احیای مخزن بستر مخلوط را افزایش می‌دهد. یکی از روشهای کاهش هزینه بهره‌برداری در یک سیستم با رژیم شیمیایی AVT استفاده از فرم آمونیاکی رزین کاتیونی می‌باشد. زمانی که در سیکل آمونیاکی بهره‌برداری شود، شیمی تبادل-یون از H^+/OH^- به NH_4^+/OH^- تغییر می‌کند. در این چرخه یون آمونیم رزین کاتیونی با یونهای آلانده مبادله می‌گردد. با استفاده از سیکل آمونیمی دیگر آمونیاک موجود در کندانس به وسیله رزین حذف نمی‌گردد ولی کاتیونهای مضر مثل سدیم توسط رزین حذف می‌گردد. هر چند که گزینش پذیری رزین کاتیونی برای آمونیم و هیدروژن بسیار اندک است به طریقی که محتوی سدیم رزین باید در غلظت بسیار پایینی نگه داشته شود تا سدیم در آب خروجی از فیلتر به اندازه مطلوب کم باشد. pH خروجی یک مخزن بستر مختلط با رزین کاتیونی در فرم آمونیاکی بین ۹ تا ۹/۶ می‌باشد.

سیستم پریکوت، استفاده از رزینهای تبادل یونی پودری

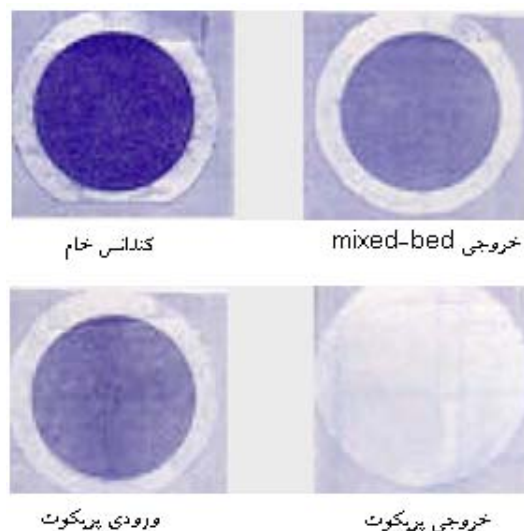
سیستم پریکوت اولین بار در سال ۱۹۶۲ به وسیله شرکت گراور (Graver) اختراع گردید. در این روش از رزینهای تبادل یونی که به صورت پودرهای ریزی آسیاب شده است، استفاده می‌شود. این رزینهای پودری یکبار مصرف بوده و به صورت پوششی بر روی فیلترها بکار برده می‌شود. با استفاده از این سیستم دیگر نیازی به احیا نمی‌باشد. فیلم نازکی از رزینهای کاتیونی و آنیونی بر روی سطح خارجی یک سیلندر تو خالی تشکیل می‌گردد و کندانس با عبور از رزینهای تبادل-یونی تصفیه می‌گردد.

اندازه ذرات رزینهای پودری تقریباً ۳۰ میکرون می‌باشد و زمانی که رزینهای کاتیونی و آنیونی با هم مخلوط شوند یک توده حجیم تشکیل می‌شود که مشخصات این توده با تغییر نسبت رزین کاتیونی/آنیونی متغیر است. برای پوشش دادن بر روی فیلتر کارتریج، توده رزین وارد مخزن کارتریج فیلتر می‌گردد و تا زمانی که پوشش مطلوب بدست آید آب سیرکوله می‌گردد و بعد از آن فیلتر درون سرویس قرار می‌گیرد تا زمانی که یا افت فشار از حد مشخصی بالاتر رود یا زمانی که رزینها اشباع گردند. این پوشش مقاومت کمی در برابر جریان دارد و اختلاف فشار متداول برای یک پریکوت تازه بین ۰/۱ تا ۰/۲ بار می‌باشد. زمانی که پایان کار پریکوت رسید رزینهای استفاده شده با استفاده جریان آب در جهت معکوس جدا شده و دفع می‌گردند. رزین پودری کاتیونی در فرمهای H^+ و NH_4^+ موجود می‌باشند ولی رزین آنیونی تنها به فرم OH^- می‌باشد. رزینها هم به صورت از پیش مخلوط شده با نسبتهای مختلف و هم به صورت مجزا موجود می‌باشند. همانگونه که انتظار داریم رزینهای پودری دارای قابلیت عالی فیلتراسیون می‌باشند و حتی در شرایط وجود ذرات معلق زیاد در ورودی کیفیت آب تصفیه شده خروجی بسیار بالا می‌باشد. با این وجود در زمانهایی مثل زمان راه‌اندازی و شروع مجددها که غلظت ذرات معلق زیاد می‌باشد می‌توان به جای رزینهای یونی از موا پرکن ارزانتری نظیر الیاف سلولز استفاده نمود. بازده سیستمهای پریکوت برای جداسازی محصولات خوردگی نسبت به سیستمهای بستر مخلوط بیشتر است. بازده جداسازی سیستم بستر مختلط برای اکسید سیاه آهن (مگنتیت Fe_3O_4) معمولاً ۹۰ درصد و برای جداسازی اکسیدهای زرد و قرمز (Fe_2O_3) ۵۰ درصد می‌باشد. با استفاده از سیستمهای پریکوت بازده جداسازی برای کلیه اکسیدها بیش از ۹۵ درصد می‌باشد. در شکل ۲ قابلیت جداسازی زنگ سیستم بستر مخلوط و پریکوت با استفاده از فیلترهای میلی‌پور مقایسه شده است. قابلیت عالی فیلترهای پریکوت برای حذف

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

صفحه‌ای تک فلزی (آلومینیم)، مبدل‌های حرارتی آب به هوا که به صورت ستون‌نهایی عمودی به شکل V (دل‌تاه‌ها) پیرامون پایه برج، به هوا دفع می‌کند. این سیستم خنک‌کن بیشتر در کشورهای مجارستان، ایران، ترکیه، سوریه، انگلستان و آلمان معمول می‌باشد. سیستم خنک‌کن هلر برای هر واحدی که در رژیم شیمیایی آن محدوده pH بین ۷ تا ۸/۵ می‌باشد مناسب است. خوردگی آهن با افزایش pH کاهش می‌یابد. نیروگاهها با بویلرهای یک طرفه تنها می‌توانند از رژیم شیمیایی AVT استفاده کنند. اما بویلرهای درام‌دار معمولاً نیاز به استفاده از مواد قلیایی کننده جامد نیز دارند. آمونیاک متداولترین ماده قلیایی کننده فراری است که استفاده می‌شود. خوردگی آهن در لوله‌های کربن استیل و فولادهای آلیاژی در pH حول ۹/۵ به حداقل می‌رسد. در سیکلهای ترکیبی که از برجهای خنک‌کن خشک هلر با مبدل‌های حرارتی آلومینیم استفاده می‌کنند به علت اینکه فلز آلومینیم در مقابل شرایط قلیایی ضعیف می‌باشد و خوردگی آن افزایش می‌یابد باید pH آب خنک‌کن در محدوده ۷/۷ تا ۸/۳ تنظیم گردد تا از خوردگی آلومینیم جلوگیری شود، از طرف دیگر pH بویلر با استفاده از آمونیاک یا هیدرازین تا ۸/۳ و با استفاده از مواد قلیایی کننده جامد نظیر فسفات سدیم تا ۹/۵ افزایش می‌یابد تا از خوردگی عناصر آهنی بویلر نیز جلوگیری شود. در صورتیکه pH بویلر با استفاده از مواد قلیایی کننده فرار بیشتر از ۸/۳ شود منجر به افزایش pH کندانس و در نتیجه افزایش pH آب گردش خنک‌کن شده و خوردگی آلومینیم افزایش می‌یابد. سیستم متداول پالیشر کندانس برای نیروگاههای سیکل ترکیبی با برج خنک‌کن خشک هلر سیستم بستر مخلوط رزینهای دانه‌ای می‌باشد و رزین کاتیونی باید در فرم هیدروژنی باشد. در این صورت pH کندانس بعد از واحد پالیشر کندانس به علت حذف آمونیاک کاهش می‌یابد که باید به وسیله تزریق هیدرازین یا آمونیاک بعد از پالیشر کندانس این افت pH جبران شود. همچنین سیستم پریکوت با استفاده از رزین در فرم هیدروژنی نیز به علت اینکه این رزین آمونیاک را حذف خواهد نمود و ظرفیت رزین بسیار محدود می‌باشد، متداول

محصولات خوردگی (Crud) در مقایسه با سیستم بستر مخلوط رزینهای دانه‌ای کاملاً مشخص می‌باشد



شکل ۲ - نمونه های میلی پور قبل و بعد از بستر مخلوط و پریکوت

پالایش کندانس در نیروگاههای سیکل ترکیبی با سیستم خنک‌کن خشک هلر

سیستم خنک‌کن غیر مستقیم خشک هلر در اوایل دهه ۱۹۵۰ بعنوان اولین سیستم خنک‌کن خشک برای چرخه رانکین ابداع گردید. هدف اصلی این سیستم استفاده از هوای محیط بعنوان چاله گرمایی برج خنک‌کن با مکش طبیعی می‌باشد. یک سیکل واسط حرارت را از چرخه بخار به چاله گرمایی دفع می‌کند، این چرخه واسط معمولاً جدا از سیکل توان نیست و نقطه تماس این دو سیکل، کندانسور مستقیم پاششی می‌باشد. آب خنک سیکل واسط از طریق نازل‌هایی درون کندانسور پاشیده می‌شود که فیلم‌های نازکی از آب تشکیل می‌گردد و با بخار بصورت جریان مخالف برخورد می‌کند و تراکم در سطح این فیلم‌ها اتفاق می‌افتد. معمولاً دبی آب سیکل خنک‌کن در حدود ۵۰ برابر دبی سیکل توان می‌باشد. توان مورد نیاز برای گردش آب در این نوع سیستم نصف توان مورد نیاز برای فن‌های کندانسورهای هوایی (ACC) می‌باشد. آب گرم شده سیکل واسط، گرما را از طریق فن‌های

^۱ Corrosion Residual and Unknown Deposits

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول ۲. مشخصات کندانس نیروگاه سیکل ترکیبی یزد با سیستم خنک‌کن خشک مستقیم هالر

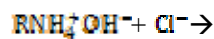
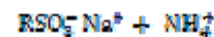
پارامتر	واحد	مقدار
کنداکتیویته مستقیم در ۲۵°	μS/cm	۰/۲-۱/۰
کاتیون کنداکتیویته در ۲۵°	μS/cm	۰/۲>
pH کندانس در ۲۵°	-	۸/۰-۸/۳
سدیم Na	ppb	۹>
آلومینیم Al	ppb	۱۰
آهن کل Fe	ppb	۲۰>
آمونیاک NH ₃	ppb	۱۰-۵۰
سیلیس SiO ₂	ppb	۲۰>

معمولاً در مشخصات این نوع رزینها اشاره‌ای به pH نشده است و ذکر گردیده که pH خروجی با pH ورودی برابر می‌باشد (به جز مقدار کمی افزایش به علت تبادل یونهای سدیم). اما در تجربه عملی مشاهده کردیم که pH خروجی پالیشر کندانس به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از pH ورودی می‌باشد. روند تغییرات pH ورودی و خروجی رزین پودری Finex 767N که یک رزین پیش مخلوط شده‌ای از رزین کاتیونی و آنیونی به نسبت ۲ به ۱ می‌باشد و رزین کاتیونی آن به فرم آمونیم است، در نمودار ۱ نشان داده شده است. منحنی پایینی مربوط به pH کندانس ورودی CPP و منحنی بالایی pH خروجی سیستم پریکوت با استفاده از رزینهای Finex 767N می‌باشد.

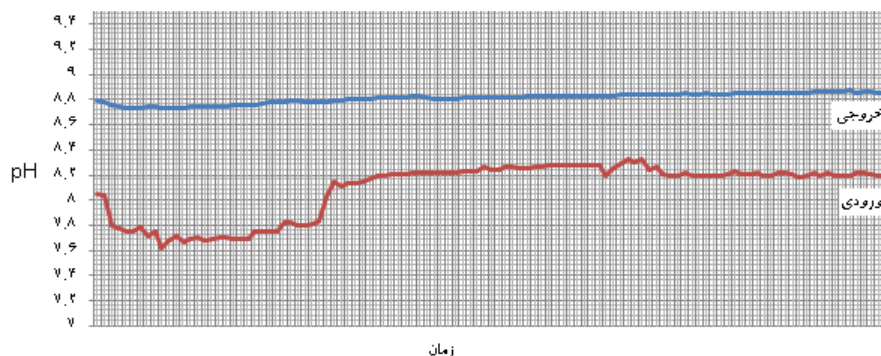
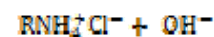
نمی‌باشد. هیچ گونه مرجعی برای استفاده از رزینهای دانه‌ای به فرم آمونیم یا استفاده از رزینهای پودری به فرم آمونیم برای این نیروگاهها وجود ندارد. طراحی واحد پالیشر کندانس نیروگاه سیکل ترکیبی یزد به صورت سیستم پریکوت با استفاده از رزین پودری Finex 767N می‌باشد. این رزین مخلوط آماده‌ای از رزینهای کاتیونی و آنیونی با نسبت ۲ به ۱ و رزین کاتیونی آن در فرم آمونیم می‌باشد. بعد از راه اندازی سیستم پالیشر کندانس و در سرویس قرار گرفتن آن pH خروجی کندانس تا حدود ۹ افزایش یافت که این امر باعث افزایش pH بخار و کندانس و نهایتاً افزایش pH آب خنک‌کن گردید و این افزایش pH باعث افزایش سریع غلظت آلومینیم گردید تا حدی که مجبور به پای پاس نمودن پالیشر کندانس شدیم. واکنشهای انجام شده برای پالایش کندانس با استفاده از فرم آمونیمی رزین کاتیونی در بسترهای رزینهای دانه‌ای یا رزینهای پودری به صورت زیر است. pH خروجی رزین بستگی به میزان تبادل ناخالصی با رزین به علت تشکیل آمونیاک بیشتر از pH ورودی رزین می‌باشد.



رزین کاتیونی :



رزین آنیونی :



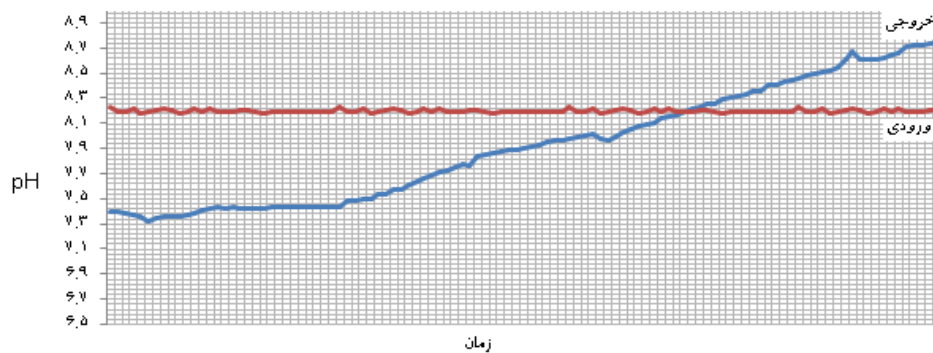
نمودار ۱. تغییرات pH ورودی (کندانس توربین) و خروجی رزین پودری Finex 767N در طی ۲۴ ساعت

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

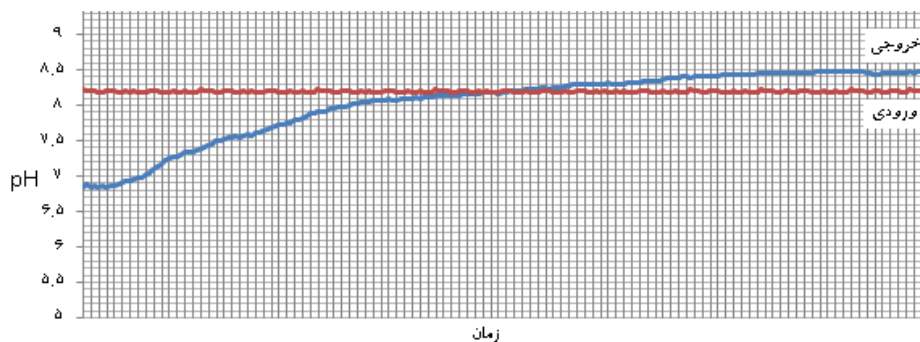
گذشت مدتی، pH رزین افزایش و از pH کندانس نیز فراتر می‌رود. لذا نتیجه‌ای که گرفته می‌شود این است که مسئله افزایش pH کندانس با استفاده از رزین Finex 767N مربوط به رزین کاتیونی آن می‌شود و در نتیجه تبادل یون می‌باشد. مخلوط رزین پودری فرم آمونیمی با رزین پودری فرم هیدروژنی نیز رفتاری شبیه نمودار ۳ نشان می‌دهد که نشان دهنده این است که ابتدا فرم هیدروژنی رزین وارد واکنش شده و بعد از اشباع شدن آن رزین فرم آمونیمی وارد عمل می‌شود و pH خروجی آن نیز همانند قبل افزایش می‌یابد و خارج از محدوده مجاز برای عناصر آلومینیومی برج خنک‌کن هلر می‌باشد. روند تغییرات pH قبل و بعد از فیلتر پریکوت با استفاده از رزین کاتیونی خالص در نمودار ۲ نشان داده شده است، همچنین روند تغییرات pH مخلوطی از رزینهای پریکوت به فرم آمونیمی و فرم هیدروژنی در نمودار ۳ داده شده است.

قبل از راه‌اندازی پالیشر کندانس pH سیستم خنک‌کن در محدوده مجاز بین ۷/۷ تا ۸/۳ قرار داشت ولی همزمان با قرار گرفتن پالیشر کندانس در سرویس pH سیستم خنک‌کن نیز افزایش یافت و از محدوده مجاز فراتر رفت و منجر به افزایش غلظت آلومینیم گردید. این افزایش pH مربوط به آزاد شدن آمونیاک از پالیشر کندانس می‌شود که بعد از ورود به بویلر وارد بخار و کندانس گشته و نهایتاً وارد آب خنک‌کن سیستم هلر می‌شود.

برای یافت علت اصلی افزایش pH آزمایشی با استفاده از یک پریکوت کاتیونی خالص انجام گرفت و تغییرات pH خروجی آن ثبت گردید. pH خروجی این رزین نیز به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از pH ورودی آن و خارج از محدوده مجاز برای عناصر کولینگ آلومینیومی می‌باشد. این رزین در ابتدای سرویس یک افت pH نشان می‌دهد که به علت تجزیه مقداری از رزینهای کاتیونی می‌باشد و نشان دهنده تبدیل مقداری از رزین آمونیمی به فرم هیدروژنی می‌باشد. بعد از



نمودار ۲. نمودار تغییرات pH کندانس پس از عبور از فیلتر پریکوت با رزین کاتیونی پودری فرم آمونیمی خالص در طی ۲۴ ساعت

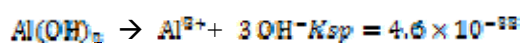


نمودار ۳. نمودار تغییرات pH کندانس پس از عبور از مخلوط ۱:۱ رزین HOH با رزین کاتیونی NH₄ در طی ۲۴ ساعت

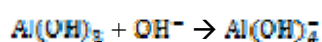
بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

رفتار تبادل‌یونی آلومینیم و آهن

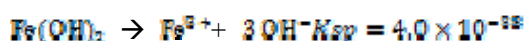
رزینهای پریکوت قادر هستند تا هیدروکسیدهای کلوییدی فلزات نظیر $Al(OH)_3$ و $Fe(OH)_3$ را از کندانس حذف کنند، که در غیر اینصورت به عنوان نقاط شروع خوردگی عمل می‌کنند. آلومینیم بر خلاف آهن یک فلز آمفوتر است و در pHهای خنثی به شکل هیدروکسید آلومینیم وجود دارد. به علت ماهیت آمفوتر آلومینیم، در pHهای بالا هیدروکسید آلومینیم با یون هیدروکسید ترکیب شده و آلومینات را تشکیل می‌دهد. در pHهای بالا آلومینیم به صورت $Al(OH)_4^-$ و از طریق تبادل یونی جذب رزین می‌گردد.



در pHهای بالا:



و برای آهن :



وجود CO_2 در آب کندانس می‌تواند باعث افزایش pH خروجی سیستم پالیشر کندانس با استفاده از رزین کاتیونی فرم آمونیمی گردد. دی‌اکسید کربن در آب به یونهای بیکربنات و هیدروژن تفکیک می‌گردد. یونهای بیکربنات توسط رزین آنیونی جذب شده و یون هیدروکسید آزاد می‌گردد و در خروجی پالیشر کندانس NH_4OH وجود خواهد داشت.

یکی از دلایل دیگر افزایش pH در خروجی فیلتر پریکوت با استفاده از رزینهای پودری فرم آمونیمی می‌تواند عدم فراوری مناسب رزین در مرحله شستشوی رزین بعد از عامل‌دار کردن رزین می‌باشد. همچنین وجود CO_2 در کندانس می‌تواند با اشباع نمودن رزین آنیونی باعث افزایش pH گردد. با انجام آزمایش و شستشوی رزین و اندازه‌گیری تغییرات pH مشخص گردید که pH خروجی رزین در اثر شستشو تغییرات محسوسی نشان نمی‌دهد و در نتیجه امکان شستشوی ناکافی رزین رد گردید. با انجام محاسبات تنوری میزان آمونیاک آزاد شده در اثر تبادل یون می‌تواند باعث افزایش pH کندانس تا

۸/۶ گردد. این نوع سیستم پالیشر کندانس برای این نوع نیروگاهها مناسب نمی‌باشد و یک محاسبه ساده نشان می‌دهد که pH خروجی این نوع رزین در بهترین شرایط نمی‌تواند کمتر ۸/۵ باشد. به این علت مجبور به تغییر نوع رزین و استفاده از رزین فرم هیدروژنی هستیم که این رزین نیز به علت حذف آمونیاک که بار اصلی کندانس می‌باشد در یک دوره پریکوت بیش از ۳ روز کار نمی‌کند و با استفاده از این رزین هزینه بهره‌برداری و هزینه خرید رزین به شدت افزایش می‌یابد و مقرون به صرفه نمی‌باشد. در نهایت مجبور هستیم تنها با استفاده از رزین غیر فعال از سیستم پریکوت استفاده نماییم و تنها گاهگاهی برای حذف بار یونی کندانس از رزین فرم هیدروژنی استفاده نماییم. بنابراین توصیه می‌گردد در مشخصات فنی این رزینها به این نکته اشاره گردد که این نوع رزین صرفاً برای کندانسهایی که pH آنها در محدوده ۹/۲ تا ۹/۶ می‌باشد مناسب هستند.

بین pH و غلظت برای آمونیاک و CO_2 ارتباطی وجود دارد که برای هر غلظت آمونیاک یک pH مشخص وجود دارد که می‌توان آنرا با استفاده از داده‌های کندانکتیویتی و تفکیک محاسبه نمود. به این دلیل که اندازه‌گیرهای کندانکتیویتی بسیار معتبرتر از داده‌های اندازه‌گیری pH آب فوق خالص می‌باشد، از اندازه‌گیرهای کندانکتیویتی برای کنترل غلظت آمونیاک در آب تغذیه بویلر استفاده می‌گردد.

نتیجه

در انتخاب یک سیستم پالیشر کندانس برای نیروگاه ابتدا باید یک ارزیابی اولیه برای بررسی قابلیت کاربرد طرح انجام گیرد. این ارزیابی باید شامل مراحل زیر باشد.

- ۱- ارزیابی پتانسیل آلودگی یونی کندانس
- ۲- ارزیابی میزان ضرورت فیلتراسیون کندانس
- ۳- ارزیابی شیمی فیدواتر و pH کندانس
- ۴- ارزیابی در خصوص میزان فضای مورد نیاز و آمادگی
- ۵- ارزیابی در خصوص ضرورت سادگی بهره برداری
- ۶- ارزیابی اقتصادی طرح

بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

مراجع:

- 1- David M. Gray, pH and CO₂ Determinations Based on Power Plant Conductivity Measurements, Power Plant Chemistry 2005,7(4),214-218.
- 2- Personal communications with Dr. Hans Peter Koest, Finex Representative, Germany
- 3- Communication with Dr. Albert Bursik president of Power Plant Chemistry®
- 4- Personal Communication to Andras Balogh, president and CEO, EGI Contracting Engineering Co Ltd.
- 5- Personal communication to Michelangelo Altafin Technologic Supervisor, IDRECO
- 6- Michael A. Sadler, Ammonium Form Operation of Condensate Polishing Plants-Position and Possible Developments, Power Plant Chemistry, 2001, 3(10).

دو مسئله اساسی مطرح می‌گردد. اولین مسئله انتخاب سیستم بستر مخلوط یا سیستم پریکوت می‌باشد و دومین مسئله انتخاب فرم رزین کاتیونی به صورت آمونیمی یا هیدروژنی می‌باشد. هر چند که بهره برداری از پالیشر کندانس با استفاده از رزینهای دانه‌ای در فرم آمونیاکی یا با استفاده از سیستم پریکوت در فرم آمونیاکی نسبت به بهره‌برداری در سیکل هیدروژنی دارای مزایایی می‌باشند و مواد شیمیایی مصرفی کاهش می‌یابد و دارای هزینه بهره‌برداری کمتری می‌باشند ولی این نوع پالیشرهای کندانس دارای محدودیتهایی می‌باشند و برای همه انواع نیروگاه‌ها مناسب نمی‌باشند که در طراحی پالیشر کندانس برای یک نیروگاه باید در نظر گرفته شود، نیروگاههای سیکل ترکیبی که دارای سیستم خنک‌کن غیر مستقیم هلر می‌باشند از جمله نیروگاههایی می‌باشد که نمی‌تواند با استفاده از فرم آمونیمی بهره‌برداری گردد. البته به دلیل اینکه در این نوع نیروگاه‌ها آب خنک‌کن هم از درجه خود کندانس بوده و در حقیقت یکی می‌باشد ضرورتی برای استفاده از تبادل یون در این نیروگاهها وجود ندارد و تنها با استفاده از یک رزین بی‌اثر می‌توان وظیفه اصلی CPP که حذف محصولات خوردگی است را انجام داد. یکی از دلایل اصلی استفاده از سیستم پالایش کندانس نشستی آب خنک‌کن به درون آب سیکل است و در نیروگاههای سیکل ترکیبی با سیستم خنک‌کن غیر مستقیم هلر آب خنک‌کن با آب سیکل یکی می‌باشد و بحث نشستی مطرح نیست. با توجه به این که بویلرهای بازیافت نیروگاههای یزد و کازرون از نوع درام دار است استفاده از اندکی بلو دان مناسبتر از یک سیستم پالایش کندانس پیچیده می‌باشد. برای بویلرهای یکبار گذر امکان استفاده از بلو دان وجود ندارد و نیاز به سیستم پالایش کندانش شدیدتر می‌باشد.