

## بهبود عملکرد کندانسورهای هوایی (ACC) واحدهای سیکل ترکیبی نیروگاه قم

منصور مهرآرا

شرکت مدیریت تولید برق قم

Mansour.mehrara@gmail.com

چکیده:

لذا به منظور دستیابی به راهکارهای مؤثر و بهینه بهبود عملکرد کندانسور، موارد ذیل به ترتیب در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفته است:

- ۱- بررسی تغییرات عملکرد کندانسور ناشی از شرایط محیط و تعیین الگوی افت عملکرد.
- ۲- بررسی آماری شرایط محیطی محدود کننده عملکرد کندانسور در طول یک سال.
- ۳- برآورد فنی و اقتصادی حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی با استفاده از تحلیل آماری شرایط محیطی.
- ۴- ارائه راهکارهای مؤثر بر بهبود عملکرد کندانسور از طریق بررسی تطبیقی مطالعات موردی انجام شده در سطح دنیا.
- ۵- بهره‌برداری بهینه (آرایش بهینه فن‌های کندانسور) به منظور کاهش مصرف داخلی.

شرح مقاله:

۱- بررسی تغییرات عملکرد کندانسور ناشی از شرایط محیط و تعیین الگوی افت عملکرد:

افت عملکرد کندانسور از زمانی آغاز می‌گردد که میزان انتقال حرارت کندانسور به دلیل کاهش ITD واقعی نسبت به طراحی دچار افت گردد، بروز این پدیده عمدتاً ناشی از شرایط محیطی (عوامل خارجی) و یا عوامل داخلی می‌باشد.

در این مقاله ضمن بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد کندانسور و نحوه و میزان تأثیر هر یک از آنها و پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از رفع اثرات عوامل محدود کننده، با بررسی تطبیقی مطالعات موردی انجام شده در سطح دنیا، راهکارهای اجرایی جهت بهبود عملکرد کندانسور، افزایش توان تولیدی ژنراتور واحد بخار و همچنین کاهش مصرف داخلی ارائه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: کندانسور هوایی، بهبود عملکرد

مقدمه:

عملکرد کندانسورهای هوایی در نیروگاه‌های بخار عمدتاً متأثر از تغییرات شرایط محیطی بالاخص دمای محیط و جهت و سرعت باد می‌باشند، و از طرفی افت عملکرد کندانسور هوایی منجر به افت راندمان سیکل بخار و در نتیجه کاهش توان تولیدی واحد بخار می‌گردد، علاوه بر این در فصول گرم و یا شرایط بادخیز در پاره‌ای از رنج‌های بالای درجه حرارت محیط و یا شرایط خاص سرعت و جهت باد، اپراتور به منظور احتراز از ریسک بالای تریپ واحد ناشی از افزایش بیش از حد فشار کندانسور، ناگزیر از کاهش میزان توان تولیدی واحدهای گازی می‌باشد، از این رو هر گونه بهبود در عملکرد کندانسور در شرایط محیطی یاد شده تأثیرات بسزایی در افزایش توان تولیدی و کاهش مصرف داخلی به دنبال خواهد داشت.

تحلیل اثرات ناشی از دمای محیط:

۱- نقطه شروع افت عملکرد کندانسور و در نتیجه راندمان سیکل و توان تولیدی ناشی از افزایش درجه حرارت محیط، در شرایطی که کلیه فن‌های کندانسور در دور حداکثر در مدار باشند و سرعت باد نیز در محدوده بالا نباشد دمای محیط ۲۵ درجه سانتیگراد می‌باشد.

۲- تغییرات راندمان سیکل در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتیگراد، طبق معادله درجه دوم می‌باشد شکل (۱).

۳- افت خلأ کندانسور و در نتیجه توان تولیدی ژنراتور واحد بخار با تغییر جهت باد به زاویه ۶۰ درجه (نسبت به شمال) در دو ناحیه با افزایش ناگهانی مواجه بوده است، که علت این پدیده در بخش تأثیرات باد مورد بررسی قرار می‌گیرد شکل (۲).

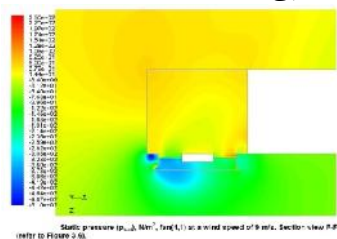
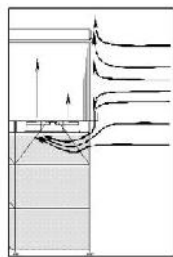
۴- نمودارهای مربوط به شیب تغییرات افت توان نسبت به تغییرات درجه حرارت نشان می‌دهد که با حذف تغییرات ناگهانی افت ناشی از اثر باد، این شیب نسبت به درجه حرارت محیط از یک رابطه خطی پیروی می‌کند. به عبارتی روند تغییرات عملکرد کندانسور و افت توان نسبت به شرایط محیط با دقت قابل قبولی می‌تواند خطی فرض شود شکل (۳).

تحلیل اثرات ناشی از باد:

یکی از عوامل عمده مؤثر بر تغییرات عملکرد سیستم کندانسور هوایی باد (سرعت و جهت باد) می‌باشد، عموماً تأثیرات منفی باد بر روی عملکرد کندانسور دو نوع می‌باشد:

۱- افت بازده حجمی و دبی جرمی هوای ورودی به فن‌ها ناشی از اغتشاش در هوای ورودی:

این پدیده زمانی رخ می‌دهد که باد بصورت مستقیم (زاویه ۹۰ درجه نسبت به استراکچر فن) به سمت فن بوزد، همان‌طوری که در شکل (۴ و ۵) مشخص است، این نوع بادها موجب خفگی در جریان ورودی فن‌هایی می‌شود که مستقیماً در برابر باد قرار می‌گیرند و افت بازده حجمی فن و افت عملکرد کندانسور را در پی خواهد داشت. [2][5]



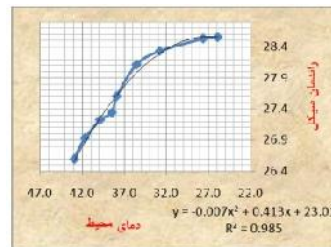
شکل ۵: پدیده خفگی جریان

شکل ۴: ترموگرافی پدیده خفگی

شرایط محیطی ای که سهم عمده‌ای در تغییرات عملکردی کندانسور دارند شامل دمای محیط و باد می‌باشند، در خصوص عوامل داخلی می‌توان به موارد متعددی از جمله ایجاد رسوبات بر روی سطوح حرارتی کندانسور، عملکرد نامناسب سیستم تولید خلأ، نشتی هوا به داخل کندانسور اشاره نمود.

عوامل داخلی مؤثر از طریق پایش مؤثر شرایط کندانسور و اجرای فرآیند نگهداری و تعمیرات بهینه، قابل کنترل و یا حذف می‌باشند که در بخش ۵ مورد بررسی قرار می‌گیرد، اما کاهش میزان افت عملکرد ناشی از عوامل محیطی مستلزم انجام اصلاحاتی بر روی کندانسور می‌باشد که در بخش ۴ به آن پرداخته خواهد شد.

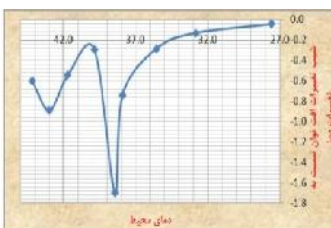
به منظور بررسی تأثیر عوامل محیطی، داده‌های ایستگاه هواشناسی نیروگاه قم مورد بررسی و جهت تعیین حداکثر تأثیر عوامل محیطی پارامترهای محیطی، گرم‌ترین و باد خیز ترین روز سال ۱۳۹۳ به عنوان نمونه انتخاب و راندمان سیکل و میزان افت توان واحد بخار ناشی از افت خلأ کندانسور محاسبه گردید، [1] نتایج حاصل مطابق شکل‌های (۳، ۲، ۱) و بررسی تحلیلی در ادامه ارائه گردیده است. لازم به ذکر است صحت نتایج با انجام محاسبات در سایر روزها با شرایط محیطی مشابه در سال ۹۲ و ۹۳ مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۱: روند تغییرات راندمان سیکل بخار نسبت به دمای محیط



شکل ۲: روند افت توان ناشی از افت خلأ کندانسور ناشی از افزایش دمای محیط

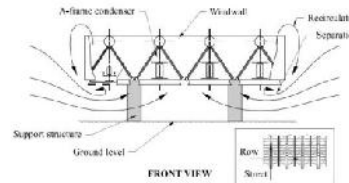


شکل ۳: شیب تغییرات افت توان نسبت به تغییرات دمای محیط

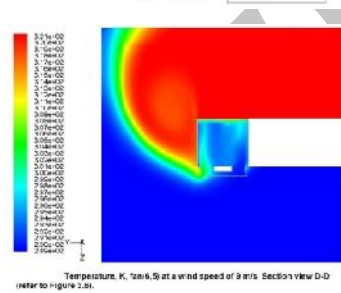
۲- گردش ستون هوای داغ خروجی از دلتاها به ورودی فن‌ها:

این پدیده مطابق شکل‌های ذیل به دلیل برگشت ستون هوای داغ به داخل فن، موجب افزایش دمای هوای ورودی به فن و افت عملکرد سیستم خنک کاری می‌گردد. [2][5]

بیشترین تأثیر منفی این پدیده بر روی فن‌هایی می‌باشد که در پایین دست جریان باد و خصوصاً در دیواره جانبی دلتاها قرار گرفته‌اند شکل (۷و۶).



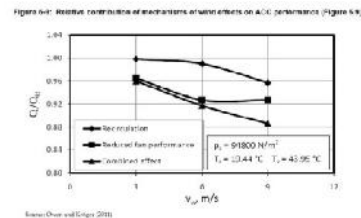
شکل ۶: گردش ستون هوای داغ خروجی



شکل ۷: ترموگرافی گردش ستون هوای داغ خروجی

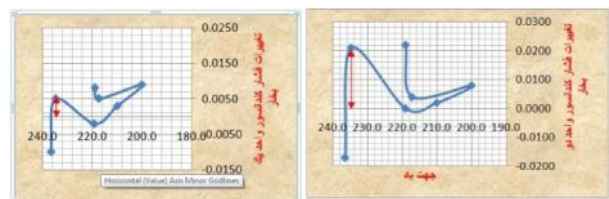
Temperature, K, (min, 5) at a wind speed of 9 m/s. Section view D-D (refer to figure 2.6).

بر اساس نتایج مطالعات موردی بعمل آمده بر روی کندانسور یکی از نیروگاه‌های واقع در کالیفرنیا [2] سهم هر یک پدیده‌های یاد شده در افت عملکرد کندانسور مطابق شکل (۸) می‌باشد:



شکل ۸: سهم هر یک از عوامل خفگی و برگشت بر افت عملکرد

همانطوری که مشخص است، عامل عمده مؤثر بر روی کاهش عملکرد کندانسور پدیده خفگی جریان ورودی فن‌ها می‌باشد، لذا می‌توان انتظار داشت باتوجه مجاورت مجموعه کندانسور واحدهای یک و دو، بادهایی که بصورت مستقیم به کندانسور هر واحد می‌وزد بیشترین افت عملکرد را بر روی همان واحد داشته و تأثیر آن بر روی واحد مجاور کمتر و عمدتاً ناشی از برگشت ستون هوای داغ می‌باشد شکل (۹ و ۱۰).



شکل ۹: افت خلأ واحد یک بخار / شکل ۱۰: افت خلأ واحد دو بخار

با توجه به اینکه کندانسور واحدهای یک و دو بخار نسبت به جهت شمال زاویه حدوداً ۳۰ درجه تشکیل می‌دهند. قاعدتاً بادهای با زاویه حدود ۶۰ درجه بیشترین افت را در کندانسور واحد دو بخار و بادهای با زاویه ۲۴۰ درجه بیشترین افت را در عملکرد کندانسور واحد یک بخار ایجاد می‌نمایند. لازم به ذکر است به منظور بررسی اثر باد بصورت مستقل از عوامل دیگر همچون دما کلیه داده‌های مورد بررسی در محدوده دمایی کمتر از ۲۵ درجه (شروع محدودیت دمایی) می‌باشند.

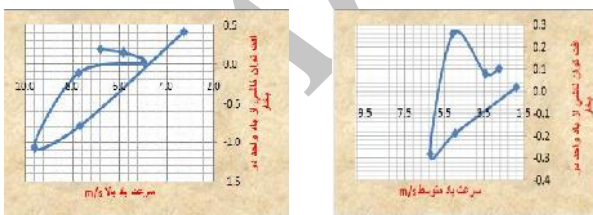
نکته قابل توجه این است که در دماهای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد همان‌گونه که در بخش تأثیرات دمای محیط ذکر شد جهت باد به زاویه ۶۰ درجه تغییر کرده و موجب افت ناگهانی و قابل ملاحظه‌ای در عملکرد خصوصاً در واحد دو بخار گردیده و در نتیجه میزان خلأ کندانسور سریعتر به میزان بحرانی می‌رسد.

علاوه بر جهت باد، میزان سرعت باد نیز عامل مؤثری در افت عملکرد کندانسور و توان واحد می‌باشد، در این خصوص می‌توان بادهای را از نظر میزان سرعت مطابق جدول (۱) تقسیم نمود:

| سرعت پایین       | سرعت متوسط       | سرعت بالا               |
|------------------|------------------|-------------------------|
| ۰-۳ متر بر ثانیه | ۳-۶ متر بر ثانیه | بیشتر از ۶ متر بر ثانیه |

جدول ۱: محدوده سرعت باد

بررسی مقایسه‌ای عملکرد کندانسور در دو محدوده سرعت متوسط و سرعت نشان می‌دهد که میزان افت عملکرد کندانسور و توان خروجی واحد در سرعت‌های بالای باد به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد شکل (۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۱: افت توان ناشی از سرعت باد متوسط / شکل ۱۲: افت توان ناشی از سرعت باد بالا

۲- بررسی آماری شرایط محیطی محدود کننده عملکرد کندانسور در طول یک سال:

در این خصوص داده‌های متوسط ساعت به ساعت ایستگاه هواشناسی نیروگاه در سال ۱۳۹۲ مورد بررسی قرار گرفت [1]، و نتایج ذیل مطابق شکل (۱۳ و ۱۴) حاصل گردید:

۳- رویه بهره‌برداری در کنترل خلأ کندانسور (کاهش بار واحدهای گازی در صورت افزایش میزان خلأ کندانسور به بیش از ۰/۴۲ بار به منظور جلوگیری از تریپ واحد بخار).  
 ۴- قیمت متوسط آمادگی و انرژی ساعت به ساعت در بازار برق طی سال های ۹۲ و ۹۳.

بدیهی است که امکان‌سنجی اقتصادی راهکارهای اجرایی بهینه بهبود عملکرد کندانسور (از طریق مدل‌سازی سیستم)، مشخص می‌نماید چه میزان از حداکثر پتانسیل صرفه جویی سالیانه در جدول های فوق‌الذکر قابل بازیابی بوده و نرخ بازگشت سرمایه به چه صورت خواهد بود.

۴- ارائه راهکارهای مؤثر بر بهبود عملکرد کندانسور از طریق بررسی تطبیقی مطالعات موردی انجام شده در سطح دنیا:

▣ آروش خنک کاری هوای ورودی به فن‌های کندانسور هوایی (رفع محدودیت ناشی از دمای محیط):

به منظور خنک‌کاری هوای ورودی فن‌ها، با اسپری آب در هوای ورودی، دمای هوای ورودی طی یک فرآیند آدیباتیک کاهش می‌یابد، میزان اثر بخشی این سیستم در کاهش دمای هوای ورودی به میزان رطوبت محیط و همچنین میزان اسپری آب وابسته است. به طوری که این اثر بخشی از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. به منظور بررسی عملکرد و تأثیر سیستم خنک‌کاری، مطالعات موردی انجام شده بر روی کندانسور هوایی واحد بخار سیکل ترکیبی در کالیفرنیا به ظرفیت ۸۰ مگاوات مورد بررسی قرار گرفت [3] در این بررسی پارامترهای مؤثر بر میزان اثربخشی سیستم خنک‌کاری هوای ورودی به دو دسته شرایط محیطی و شرایط طراحی سیستم به شرح ذیل تقسیم گردید:



شکل ۱۶: نمونه نازل‌های اسپری نصب شده

▣ بادهای با سرعت بالا عمدتاً در محدوده جهتی ۲۷۰-۲۰۰ درجه و در دمای محیط پایین تر از ۳۰ درجه اتفاق می‌افتند و این بدین معناست که عملکرد کندانسور واحد یک بخار بیشتر متأثر از بادهای با سرعت بالا می‌باشد.

▣ در دماهای بالاتر از ۳۰ درجه (روزهای گرم) عمدتاً بادهایی با زاویه کمتر از ۱۰۰ درجه با سرعت متوسط می‌وزد و این بدین معناست که افزایش دما و باد در واحد دو بخار توأمأ موجب تشدید روند افت عملکرد کندانسور می‌گردند.

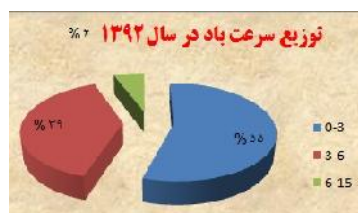
▣ پتانسیل صرفه جویی در بخش افت توان ناشی از دمای محیط در ۳۶ درصد از طول یک سال و پتانسیل صرفه جویی در بخش افت ناشی از باد در ۲۰ درصد از زمان کل سال وجود دارد.



شکل ۱۴



شکل ۱۳



شکل ۱۵

۳- برآورد فنی و اقتصادی حداکثر پتانسیل صرفه‌جویی با استفاده از تحلیل آماری شرایط محیطی:

در این بخش با مد نظر قرار دادن موارد ذیل حداکثر پتانسیل صرفه جویی به تفکیک عامل دمای محیط و باد مطابق جداول ۲ و ۳ محاسبه گردید:

- ۱- مقادیر متوسط ساعتی دمای محیط و باد در سال های ۹۲ و ۹۳
- ۲- الگوی شناسایی شده تغییرات راندمان سیکل متأثر از شرایط محیط شکل (۱).



| سال  | میانگین دما (C) | مجموع افت توان ناشی از افزایش دمای محیط (MWH) | مجموع افت توان ناشی از بای پس نمودن اکتونوماپرز فید واتر (MWH) | مجموع افت توان ناشی از کاهش بار واحدهای گازی (MWH) | مجموع افت توان (MWH) | مبلغ معادل آمادگی (هزار ریال) | مبلغ معادل انرژی با کسر هزینه سوخت (هزار ریال) | مجموع حداکثر پتانسیل صرفه جویی (هزار ریال) |
|------|-----------------|---|--|--|----------------------|-------------------------------|--|--|
| 1392 | 26.6            | 3874.5  | 51.0   | 384.0  | 4309.5               | 1,522,166                     | 1,142,473                                      | 2,664,639                                  |
| 1393 | 27.1            | 4844.2  | 72.0   | 324.0  | 5240.2               | 1,826,517                     | 1,389,769                                      | 3,216,286                                  |

جدول ۲: برآورد پتانسیل صرفه جویی در بخش دمای محیط

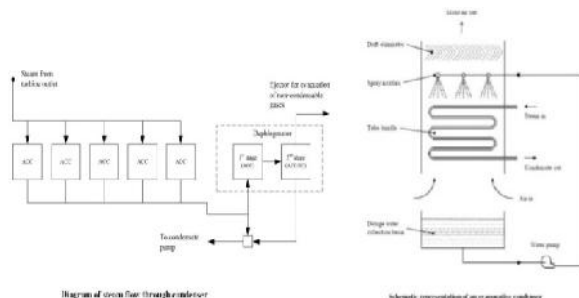
| سال  | مجموع افت توان ناشی از باد (MWH) | مبلغ معادل آمادگی (هزار ریال) | مبلغ معادل انرژی (هزار ریال) | مجموع حداکثر پتانسیل صرفه جویی (هزار ریال) |
|------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| 1392 | 947.5                            | 191,826                       | 236,143                      | 427,969                                    |

جدول ۳: برآورد پتانسیل صرفه جویی در بخش باد

این میزان مصرف (برای هر فن) معادل مجموع مصرف آب دمی هر دو مدول سیکل ترکیبی می‌باشد، که با توجه به کمبود آب در منطقه نیروگاه قم اجرای طرح نصب سیستم اسپری بر روی کلیه فن‌های کندانسور عملی به نظر نمی‌رسد.

- ایجاد رسوب ناشی از اسپری آب بر روی سطوح حرارتی کاهش ظرفیت حرارتی کندانسور.

بکارگیری روش ترکیبی خشک و تر (Hybrid(wet/dry) می‌تواند نقایص فوق را تا حد قابل ملاحظه‌ای جبران نماید بطوری که سطوح حرارتی دلتای دفلگماتور بعنوان مرحله اول کندانس بخار عمل نموده و بخار باقیمانده پس از خروج از این مرحله و در مرحله ثانویه فرآیند کندانس وارد یک مبدل حرارتی تبخیری می‌شود، بدین ترتیب با تکمیل فرآیند کندانس بخار در دو مرحله، فلوی بخار در دلتاهای اصلی کندانسور افزایش یافته و از جمع شدن گازهای غیر قابل کندانس جلوگیری می‌گردد، که این امر خود موجب افزایش ظرفیت انتقال حرارت کندانسور خصوصاً در فصول گرم و همچنین کاهش خوردگی و یا یخ زدگی می‌گردد. طبق بررسی‌های انجام شده بر روی واحد ۲۵۰ مگاواتی بخار [4] که دارای یک کندانسور هوایی سه ردیفه مشابه کندانسور هوایی نیروگاه قم، بکارگیری سیستم دفلگماتور ترکیبی در رطوبت نسبی ۵۰ درصد محیط، افزایش توان تولیدی به میزان ۵٪ را در پی خواهد داشت، مضافاً بر اینکه مصرف آب کل هر کندانسور نسبت به روش اسپری حدوداً به میزان ۸۶ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۱۸ و ۱۹).



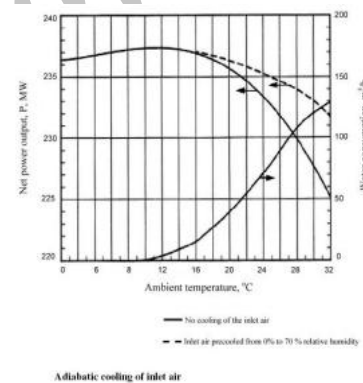
شکل ۱۹: مراحل کندانس بخار

شکل ۱۸: مبدل حرارتی ثانویه

۱- شرایط محیطی: دمای خشک و مرطوب محیط، سمت و سرعت باد.

۲- شرایط طراحی سیستم: نوع نازل‌های مورد استفاده (از نظر سطح فشار و دبی و سایز قطرات آب اسپری ایجاد شده)، دبی آب اسپری، نحوه چیدمان نازل‌ها و موقعیت نصب نازل‌ها نسبت به فن.

با توجه به بررسی بعمل آمده محدوده‌ای از شرایط محیط، که استفاده از این سیستم را با اثر بخشی بالای ۸۰ درصد توجیه پذیر می‌نماید دمای محیط بیش از ۳۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ درصد است (شکل ۱۷).



شکل ۱۷: محدوده تأثیر سیستم تبخیری

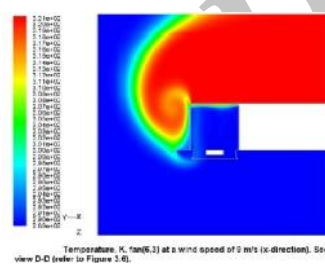
علی‌رغم مزایای اجرای این سیستم، از جمله سهولت در طراحی، اجرا و بهره‌برداری، توجیه‌پذیری اجرای طرح می‌بایستی از کلیه جوانب سنجیده شود که از اهم آنها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- میزان مصرف آب: محدودیت منابع آب در نیروگاه قم اجرای این طرح را با چالش جدی مواجه می‌نماید، جهت کاهش دمای هوای ورودی فن‌های کندانسور را از دمای ۴۵ درجه و رطوبت ۱۰٪ به میزان ۱۰ درجه سانتیگراد، میزان آب مصرفی جهت اسپری در هر فن کندانسور با فرض آدیاباتیک بودن فرآیند خنک‌کاری، بصورت ذیل محاسبه می‌گردد:

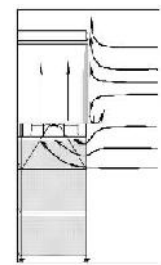
$$\text{SPRAY WATER MASS FLOW} = 582 * (10.8 - 6.6) / 1000 = 2.44 \text{ KG/S}$$

☑ روش نصب گاید اطراف استراکچر فن‌ها (رفع محدودیت ناشی شرایط باد):

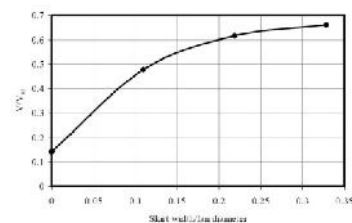
بدین منظور مطالعات انجام شده بر روی کندانسور هوایی یکی از نیروگاه‌های کالیفرنیا [5] مورد بررسی قرار گرفت جهت کاهش اثرات مخرب باد، تأثیر نصب ورق‌های فلزی افقی در حاشیه استراکچر فن‌ها و اثر آن در افزایش بازده حجمی فن‌ها در بادهای با سرعت  $9\text{ m/s}$  مورد بررسی قرار گرفت، بررسی‌ها نشان داد با نصب ورق‌های افقی به پهنای ۳ متر شکل (۲۲)، بازده فن تا حدود ۱۲٪ بهبود می‌یابد که طبعاً نتیجه آن بهبود خلاء کندانسور و افزایش توان تولیدی می‌باشد شکل (۲۰ و ۲۱ و ۲۲ و ۲۳).



شکل ۲۰: ترموگرافی پس از نصب گاید

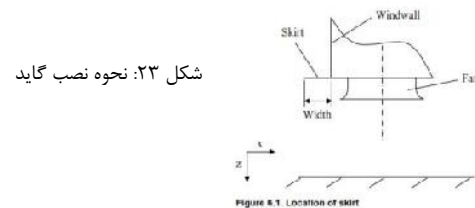


شکل ۲۱: بهبود پس از نصب گاید



شکل ۲۲: تعیین ابعاد بهینه گاید

شکل ۲۲: تعیین ابعاد بهینه گاید



شکل ۲۳: نحوه نصب گاید

۵- بهره‌برداری بهینه (آرایش بهینه فن‌های کندانسور) به منظور کاهش مصرف داخلی:

در شرایطی که عملکرد کندانسور با افت مواجه نمی‌باشد، تعیین آرایش بهینه در مدار بودن و یا دور فن‌ها در بهینه سازی مصرف داخلی اهمیت بسزایی دارد، در این خصوص با در دسترس بودن پارامترهای نمایانگر وضعیت کندانسور در هر لحظه، بهره‌بردار می‌تواند آرایش فن‌های کندانسور را در حالت بهینه تنظیم نماید.

☑ تعریف آلارم اختلاف بیش از ۶ درجه سانتیگراد بین دمای کندانسیت و دمای بخار خروجی از اگزوز توربین:

طبق دستورالعمل سازنده [7] در صورت افزایش اختلاف دمای کندانسیت و بخار خروجی از اگزوز توربین بخار به بیش از ۶ درجه سانتیگراد، سیستم کندانسور در ناحیه SUBCOOLED قرار گرفته است این مسأله در چند حالت ممکن است اتفاق بیافتد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- نشستی هوا به کندانسور: علاوه بر فاکتور درصد اکسیژن محلول و حتی در زمان کالیبره و دقیق نبودن مقادیر سنسورها ظهور آلارم، یکی از راه‌های تشخیص نشستی هوا می‌باشد.
- در مدار بودن بیش از حد نیاز فن‌ها: از مدار خارج نمودن فن‌های اضافی منجر به کاهش مصرف داخلی می‌گردد که این مسأله عمدتاً در فصل سرد اتفاق می‌افتد.

☑ نصب سنسور و ترانسیمتر دمای مکش هوای کندانسور به اجکتورها و تعریف آلارم اختلاف دمای بیش از ۶ درجه سانتیگراد بین مسیر هوا به اجکتور و دمای کندانسور:

طبق دستورالعمل سازنده [7] افزایش اختلاف دمای هوای مکش اجکتور و کندانسور، و نزدیک شدن دمای هوای مکش به هوای محیط نشانگر کارکرد سیستم تولید خلا با راندمان پایین می‌باشد، که طبیعتاً برای جبران افت خلأ ناشی از اختلال در سیستم تولید خلأ بهره‌بردار مبادرت به در مدار قرار دادن فن‌های بیشتری می‌نماید که این امر منجر به افزایش مصرف داخلی می‌گردد، با ظهور آلارم اختلاف دمای هوای مکش اجکتور و کندانسور، بهره‌بردار نسبت به اصلاح سیستم خلأ اقدام نموده و فن‌های اضافی را از مدار خارج می‌نماید.

با توجه به مشابهت قابل توجه کندانسور مورد مطالعه با کندانسور نیروگاه قم (مشخصات الکترو فن‌ها و استراکچر) بنظر می‌رسد پیشنهادات اصلاحی حاصل از مطالعات انجام شده، قابل استفاده در کندانسور نیروگاه قم می‌باشد. همچنین نتایج یکی از پروژه‌های مشابه اجرا شده [6] در این خصوص نشان می‌دهد نصب گاید در اطراف فن‌ها عملکرد کندانسور را در بادهای با سرعت پایین ۱٪ و در بادهای با سرعت بالا تا ۵٪ بهبود می‌بخشد.

☑ تنظیم بهینه خلأ بر اساس کیفیت بخار در طبقات انتهایی توربین:

یکی از معیارهای مهم جهت تنظیم بهینه میزان خلأ کندانسور، مد نظر قرار دادن کیفیت بخار در طبقات انتهایی توربین بخار به منظور جلوگیری از اثرات مخرب تشکیل آب در طبقات مذکور می‌باشد، در صورت در دسترس بودن آنلاین میزان کیفیت بخار، بهره‌بردار می‌تواند فشار کندانسور را تا نقطه‌ای تنظیم نماید که کیفیت بخار از میزان طراحی (۰/۸۹۲ بار) کمتر نگردد و در صورت لزوم فن‌های اضافی را از مدار خارج نماید که این امر منجر به کاهش مصرف داخلی می‌گردد.

#### ۶- نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج بررسی عملکرد کندانسور هوایی نیروگاه قم و نحوه و میزان تأثیر عوامل محدود کننده محیطی از جمله دما و باد بر کاهش توان تولیدی ژنراتور و همچنین برآورد اقتصادی پتانسیل صرفه‌جویی ناشی از رفع محدودیت‌های یاد شده، طراحی و اجرای بهینه روش‌هایی در جهت کاهش این محدودیت‌ها ضروری می‌باشد، لذا در این خصوص پس از تطبیق مطالعات موردی انجام شده در سطح دنیا با کندانسور های هوایی نیروگاه قم راهکارهای اجرایی ذیل جهت بهبود عملکرد کندانسور پیشنهاد می‌گردد:

۱- بکارگیری روش ترکیبی خشک و تر (Hybrid(wet/dry) به عنوان مرحله ثانویه فرآیند کندانس بخار در بخش دفلگماتور

کندانسور جهت کاهش محدودیت کندانسور ناشی از دمای محیط و افزایش توان خروجی ژنراتور شکل (۱۹).

۲- نصب گایدهای (ورق) فلزی به عرض ۳ متر در اطراف استراکچر در قسمت بالای شیپوری فن‌ها شکل (۲۳) به منظور کاهش اثرات منفی باد بر عملکرد کندانسور و توان خروجی ژنراتور. در این خصوص طراحی روش‌های فوق با شرایط بهینه فنی و اقتصادی، مستلزم شبیه‌سازی کندانسور هوایی می‌باشد.

۳- با استفاده از مانیتورینگ پارامترهای وضعیت کندانسور، سیستم تولید خلا و میزان کیفیت بخار طبقات انتهایی توربین بخار، بهره‌بردار می‌تواند فن‌های کندانسور را با آرایش بهینه در مدار قرار داد و از این طریق مصرف داخلی را در بخش کندانسور را بهینه‌تر کرد.

۴- ایجاد رسوبات بر روی سطوح حرارتی کندانسور موجب افت انتقال حرارت و در نتیجه افت عملکرد کندانسور و در نتیجه توان خروجی ژنراتور نسبت به شرایط اولیه (طراحی) می‌گردد، که به منظور رفع محدودیت یاد شده تمیز کاری سطوح حرارتی می‌بایستی طبق دستور العمل سازنده حداقل هر سال یک بار صورت پذیرد.

Archive of SID

[1].Ghom Power plant SCADA Monitoring System

[2].EFFECT OF WIND ON THE PERFORMANCE OF AIR-COOLED CONDENSERS

John S. Maulbetsch,Consultant and Michael N. DiFilippo,Consultant- JUNE 2010- CEC- 500- 2013- 065

[3]. Spray Enhancement of Air Cooled Condensers

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION- September 2003 - P500-03-109

[4]. Performance characteristics of an air-cooled steam condenser incorporating a hybrid (dry/wet) dephlegmator

Johan Adam

Heyns, Thesis supervisor: Prof D.G. Krger, December 2008

[5]. PERFORMANCE TRENDS OF AN AIR-COOLED STEAM CONDENSER UNDER WINDY CONDITIONS

California Energy Commission, Prepared By:J. A. van Rooyen and D. G. Krger University of Stellenbosch

[6].Improved Performance of an Air Cooled Condenser (ACC)Using SPX Wind Guide Technology at Coal-Based Thermoelectric Power Plants [DEFC2606NT06549]

Principal Investigator: Ken Mortensen, Reporting Period: 9/1/08 – 12/31/10

[7].ABB OPERATION MANUAL BOOK NO.12 MA 1.04

Archive of SID