

بازیافت انرژی در سیستم های بخار (3)

شرکت پارس جم کنترل
نویسنده مقاله: مهندس عادل قهرمانی

۵ کامپرس مجدد بخار بمنظور بازیافت بخاراتلافی فشار پائین

بخار فشار پائین خروجی از برخی تجهیزات صنعتی مانند اواپراتورها¹ و یا تجهیزات پخت² معمولاً به اتمسفر تخلیه شده و یا در برج های خنک کن تبدیل به کندانس می شود. همزمان ، ممکن است تجهیزات دیگری با فشار کاری 20 الی 50psig در سایت وجود داشته باشند. در عوض انتقال و تقلیل فشار بخار از خطوط بخار فشار بالا توسط شیر تراپلینگ (فشار شکن) می توان بخار فشار پائین اتلافی را بصورت مکانیکی مجدداً کامپرس کرده افزایش فشار داد تا بتواند مورد استفاده قرار گیرد.

کامپرس مجدد بخار با استفاده از یک کامپرسور مکانیکی و یا اجکتور بخار³ انجام می شود تا ضمن افزایش دما و آنتالپی بخار آن را جهت استفاده در فرایند مناسب آماده کند. انرژی مورد نیاز جهت کامپرس مجدد بخار معمولاً 5 الی 10% انرژی لازم جهت تولید همان مقدار بخار در بویلر است.

Energy Required for Steam Recompression					
Inlet Pressure (psig)	Compressor Work, Btu/lb of Steam Produced				
	Compression Ratio				
	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0	17.8	33.2	46.8	58.8	69.6
15	18.6	34.7	48.7	61.2	72.6

شکل 1: انرژی لازم جهت کامپرس مجدد بخار

* با فرض کامپرس آدیاباتیکی بخار توسط کامپرسوری با راندمان 75% .

* بمنظور از بین بردن حالت سوپر هیت ایجاد شده ممکن است نیاز به اسپری آب با دمای $80^{\circ}F$ باشد.

¹ Evaporators

² Cookers

³ Steam jet ejector

مثال: قسمتی از یک سایت پتروشیمی را در نظر بگیرید که بخار 15psig را به اتمسفر ونت می نماید. در همین زمان ، فرایند دیگری نیاز به جریان دائم 5,000 lb/hr بخار با فشار 40 psig دارد. در صورت کمپرس مجدد بخار اتلافی فشار پائین توسط یک کمپرسور الکتریکی ، نسبت افزایش فشار⁴ برابر است با :

$$\text{Compression ratio} = \frac{(40 + 14.7)}{(15 + 14.7)} = 1.84$$

ارزش الکتریسیته برابر 0.05 kwh هزینه سالیانه استفاده از کمپرسور برابر است با :

$$63.5 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times 5,000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 8,760 \frac{\text{yr}}{\text{hr}} \times \frac{\$0.05}{\text{kwh}} \times \frac{1}{3413 \frac{\text{Btu}}{\text{kwh}}} = \$40,745/\text{yr}$$

در صورتیکه همین مقدار بخار با فشار 40 psig (آنتالپی بخار اشباع برابر 1176 Btu/lb) در یک بویلر گاز سوز فایر تیوب با راندمان 82% تولید شود هزینه تولید بخار با قیمت سوخت \$4.5/MMBtu و دمای آب تازه ورودی 70F (آنتالپی برابر 38Btu/lb) برابر است با :

$$5,000 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \left(1176 - 38 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \right) \times 8,760 \frac{\text{yr}}{\text{hr}} \times \frac{\$4.5}{\text{MMBtu}} \times \frac{1}{0.82} = \$273,536/\text{yr}$$

هزینه بازیافتی انرژی برابر است با :

$$273,536 + 40,475 = \$232,791$$

بمنظور آنالیز یک پروژه کمپرس مجدد بخار جهت بازیافت حرارت اتلافی و استفاده از آن در فرایندهای فشار پائین یا تهویه مطبوع :

الف - کلیه سایت را بمنظور وجود بخار اتلافی فشار پائین بررسی کنید.

ب - پتانسیل های بازیافت انرژی را مشخص کنید.

ج - کلیه تجهیزات بخار ، فشار لازم ، مصارف انرژی و بخار و الگوهای مصرف را معلوم کنید.

⁴ Compression ratio

د- برآوردهای مالی مربوط به هزینه نصب تجهیزات کمپرس مجدد و لوله کشی را انجام و نیز فواید حاصل دراز مدت را معلوم نمائید.

نکته 1: با توجه به انواع مختلف سایت های بخار ، ممکن است روش های ارجحی نسبت به کمپرس مجدد بخار موجود باشد. پیشنهاد می شود آنالیز و بررسی کلیه روش های ممکن در سیستم بخار انجام شود تا در صورت امکان جایگزین های ساده تر و یا پر منفعت تری پیدا و مصرف بخار را بهینه کند.

نکته 2: در روش کمپرس مجدد بخار فشار ورودی به کمپرسور باید بالای فشار اتمسفریک بوده و نسبت افزایش فشار باید کمتر از 2 در هر مرحله باشد.

نکته 3: کمپرس مجدد بخار می تواند جهت افزایش مجدد فشار بخار در مناطقی که بصورت ناخواسته افت نموده است بکار رود.

۵ استفاده از فلاش کندانس فشار بالا جهت تولید بخار فشار پائین

معمولا بخار فشار پائین توسط تراولینگ بخار فشار بالا انجام می شود ، در حالیکه قسمتی از این بخار می تواند از طریق بخار فلاش حاصل از کندانس فشار بالا تامین شود. این امر خصوصا در زمانیکه باز گشت کندانس فشار بالا به بویلر عملی نیست جذاب تر می نماید. در جدول زیر مقدار بخار فلاش حاصل از هر پوند کندانس بر حسب تابعی از فشار و دمای کندانس داده شده است.

High-Pressure Condensate Flashing				
High-Pressure Condensate (psig)	Percent of Condensate Flashed, lb steam/lb condensate			
	Low-Pressure Steam (psig)			
	50	30	15	5
200	10.4	12.8	15.2	17.3
150	7.8	10.3	12.7	14.9
100	4.6	7.1	9.6	11.8
75	2.5	5.1	7.6	9.9

شکل 2: فلاش کندانس پر فشار

مثال: در یک سایت بخار که هزینه تولید بخار برابر \$4.5 بازاء هر میلیون بی.تی.بو (MMBtu) است بخار با فشار 150 psig تولید و قسمتی از آن در شیر فشار شکن به 30 psig تقلیل فشار داده می شود. با فرض

کارکرد دائم سیستم ، بازیافت هزینه سالیانه حاصل از فلاش 5,000 lb/hr کندانس 150psig را محاسبه کنید. دمای متوسط آب ورودی به بویلر 70F است.

از جدول بالا دیده می شود که در اثر تقلیل فشار کندانس لازم فشار 150PSIG به 30PSIG مقدار 10.3% از آن به بخار تبدیل می شود. مقدار این بخار برابر است با :

$$5,000 \text{ lbs/hr} \times 0.103 = 515 \text{ lbs/hr}$$

از جداول بخار ، آنتالپی بخار با فشار 30psig برابر است با : 1171.9 Btu/lb

و آنتالپی آب با دمای 70F برابر است با : 38.0 Btu/lb

هزینه بازیافتی سالیانه معادل است با :

$$515 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{(1171.9 - 38.0) \text{ Btu}}{\text{lb}} \times 8,760 \text{ hr/yr} \times \$4.5 / \text{MMBtu} = \$23,019$$

نکته 1 : منبع کندانس فشار بالا باید نسبتاً نزدیک به کلکتور بخار فشار پائین باشد تا هزینه های لوله کشی و عایق کاری تقلیل و افت حرارت و فشار نیز در حد مناسب باقی بماند.

نکته 2 : استفاده از سیستم بازیافت انرژی بخار فلاش خصوصاً در زمانیکه اتلافات بخار فلاش بالا بوده و جریان آن نیز یکنواخت و پایدار است مناسب تر می باشد. استفاده در فرایندهای تهویه مطبوع فصلی و مقطعی شاید چندان رضایت بخش نباشد.

توصیه : پتانسیل های فلاش کندانس فشار بالا را با بررسی کامل سایت بطریق زیر جستجو کنید :

الف- کلیه منابع تولید کندانس فشار بالا را پیدا کنید.

ب- میزان دبی کندانس و زمان آن را برآورد کرده و پتانسیل بازیافت انرژی را در زمان تولید بخار فلاش ارزیابی کنید.

ج- موارد استفاده مناسب جهت بخار فشار پائین را معلوم کنید.

د- هزینه های نصب سیستم بازیافت بخار فلاش و لوله کشی مربوط را برآورد و با هزینه سالیانه اتلافی موجود مقایسه کنید.

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم (شماره تلفن های 88708223,24 و E-mail : info@pars-jam.com) تماس حاصل فرمایند.

به ادامه مباحث بازیافت انرژی سیستم های بخار در شماره بعد توجه فرمائید.

