

بهینه سازی مصرف انرژی با اصلاح سیستم توزیع بخار و کندانسورهای بارومتریکی در بخش

اوپراسیون و کریستالیزاسیون شرکت قند تربت حیدریه

ندا مزینی

دکترای تخصصی شیمی، مسئول تحقیق و توسعه، کارخانه قند تربت حیدریه

احسان اله اژدری

دکترای مدیریت استراتژیک، مدیر عامل، کارخانه قند تربت حیدریه

مجید حقیقت نژاد

مهندسی برق، مدیر انرژی، کارخانه قند تربت حیدریه

چکیده

امروزه با توجه به محدودیت منابع انرژی، تولیدکنندگان و صنایع بزرگ به دنبال روش هایی برای کاهش و بهینه سازی مصرف انرژی هستند تا علاوه بر تأمین نیاز در این زمینه، توانایی باقی ماندن در بازار رقابتی را داشته باشند. از بخش های مهم مصرف کننده انرژی در صنعت قند سیستم های تأمین بخار، کمپرسورها و پمپ ها هستند که در کارخانه قند تربت حیدریه اقداماتی نسبت به اصلاح توزیع بخار در اوپراسیون و طباحی و همچنین اصلاح سیستم خلاء صورت گرفته است. در بخش اول این مقاله به بهینه سازی مصرف بخار با هدف کاهش شدت مصرف انرژی، اصلاح فرایند توزیع بخار بر اساس تئوری پینچ، استفاده از سربخار^۲ به جای سربخار^۱ اوپراسیون در آپارات های طباحی، کاهش دمای آب کندانسورها با اختصاص کندانسورهایی بیشتر به آپارات های^۱ طباحی و کاهش دمای آب پمپ های خلا با نصب کولینگ تاور و در بخش دوم به اقدامات صورت گرفته در مورد انرژی الکتریکی به عنوان مثال به کارگیری درایو در جهت استفاده از توان الکتریکی با قدرت مورد نیاز میپردازیم.

واژگان کلیدی: بالانس انرژی، آپارات طباحی، کولینگ تاور، پمپ خلاء، کمپرسور

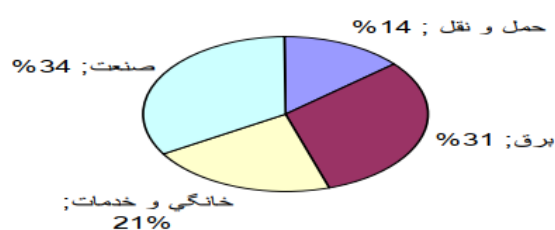
سومین کنگره بین‌المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی

مقدمه

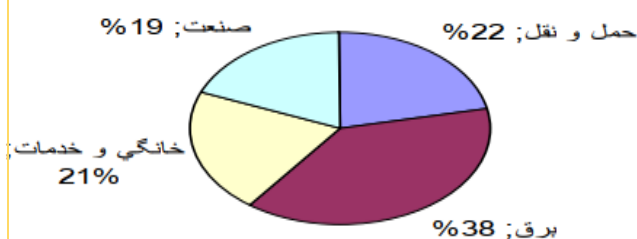
بخش صنعت یکی از عمده ترین بخشهای مصرف کننده انرژی در کشور میباشد، به گونه ای که در سال ۸۵ حدود ۲۱/۲ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که سهم ارزش افزوده صنعت در تولید ناخالص داخلی (به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶) تنها ۱۸/۸ درصد بوده است. با اجرای طرح های مدیریت انرژی در بخش صنعت از سال ۱۳۷۴ تا کنون و در صنایع مختلف از جمله مواد غذایی و آشامیدنی، سیمان، نساجی، ریخته گری، آلومینیوم، کاشی و سرامیک، چوب، کاغذ و لاستیک، شاخص های مصرف انرژی و پتانسیل کاهش مصرف انرژی در کل یک صنعت تعیین شده است. (Yue et al, 2014)

(De Meyer et al, 2014) (Sharma et al, 2013) (Perea-Moreno et al, 2019) برنامه های مدیریت انرژی مستلزم هدف گذاری مصرف انرژی و نظارت مستمر است. از اهداف مدیریت انرژی در صنایع و مؤسسات مختلف میتوان به شناخت کلی در مورد یک صنعت، کاهش هزینه های تولید، کاهش شدت مصرف انرژی و بهبود بازدهی و کارایی مصرف انرژی اشاره نمود. تفکر بهینه سازی مصرف انرژی در جهان از سال ۱۹۷۰ آغاز گردیده است بطوریکه هم اکنون مقوله مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی خود بعنوان یکی از منابع جدید انرژی، در کنار منابع فیزیکی موجود، محسوب میشود. (Hofsetz and Silva, 2012) (Go and Conag, 2019)

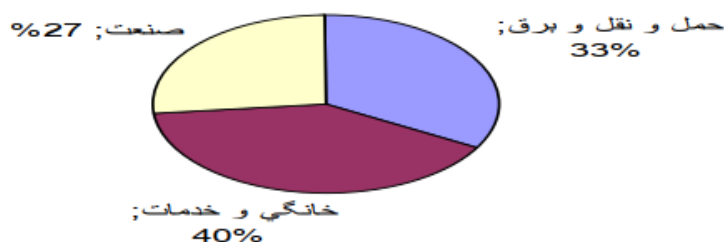
(Carvajal et al, 2019) (Cervi et al, 2019) در کشورهای صنعتی علیرغم کاهش رشد مصرف انرژی در دهه های گذشته، تولید ناخالص ملی (GDP) نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است. در کشورهای در حال توسعه سهم مصرف انرژی بخش صنعت ۳۴٪ و بخش خانگی و خدمات ۲۱٪ است ولی این الگو در ایران به ترتیب ۲۷٪ و ۴۰٪ است، این بدان معنی است که بخش خانگی و خدمات در ایران دو برابر کشورهای در حال توسعه انرژی مصرف مینمایند. در کشورهای صنعتی این الگوی مصرف به ترتیب ۱۹٪ و ۱۱٪ است. به شکل های ۱ و ۲ و ۳ رجوع فرمایید. (López-Milán and Plà-Aragónés, 2014)



شکل ۲: ترکیب مصرف انرژی در کشورهای توسعه یافته



شکل ۱: ترکیب مصرف انرژی در کشورهای صنعتی



شکل ۳: ترکیب مصرف انرژی در ایران

سومین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی

سه اصل اساسی در بهینه سازی مصرف انرژی به شرح زیر می باشد.

- ۱- جلوگیری از اتلاف انرژی (مانند عایق کاری لوله ها و منابع حرارتی، تمیز کردن سطوح انتقال حرارت جلوگیری از تبخیر آب)
 - ۲- جلوگیری از نشت انرژی (مانند جلوگیری از نشت آب، بخار، هوا یا حرارت)
 - ۳- جلوگیری از اسراف و استفاده غیرمنطقی (مانند تنظیم مناسب دما، فشار، استفاده از ترموستات های هوشمند، فتوسل روشنایی، کنترل کننده های دورموتور، استفاده از تجهیزات با راندمان بالا، بازیافت حرارت و بخار، استفاده از فرآیندهای تولید با راندمان بیشتر)
- استفاده بهینه و ممانعت از هدر رفتن امکانات امری اساسی است این نکته هنگامی اهمیت بیشتری پیدا میکند که موضوع انرژی مطرح شود. (Agustina et al, 2018) منظور از بهینه سازی مصرف انرژی، انتخاب الگوها و اتخاذ و بکارگیری روش ها و سیاست هایی در مصرف درست انرژی است که از نقطه نظر اقتصاد ملی مطلوب باشد و استمرار وجود و دوام انرژی و ادامه حیات و حرکت را تضمین کند. (Portugal-Pereira et al, 2015) (Martinez et al, 2013) (Flores Hernández et al, 2017). در این چارچوب تعیین سهم صورت های مختلف انرژی در سبد انرژی هر جامعه با توجه به امکات دراز مدت آن جامعه ، همچنین بکارگیری پربازده ترین شیوه استفاده از آن ها که متضمن کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش تاثیرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح از انرژی ، بر عوامل دیگر حیات و محیط زیست مد نظر است. این استفاده درست و به جا از انرژی ، نه تنها متضمن استمرار حیات و توسعه پایدار جامعه است بلکه منجر به بقاء انرژی برای همگان و نسلهای آتی و مانعی برای تولید و گسترش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف نادرست انرژی خواهد بود. (Alonso-Pipito et al, 2013) (Oliver and Ferreira, 2010)

۱- راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی

۱-۱- عایق کاری سطوح

در کارخانه قند تربت حیدریه بخار، توسط بویلر تولید و پس از عبور از توربین نیروگاه و تولید برق مورد نیاز کارخانه وارد پروسه تولید به منظور تغلیظ شربت می شود لذا سطوح حرارتی و تبادل حرارتی با هوای بیرون بخش بزرگی از اتلاف انرژی را تشکیل می دهد و عایق کاری تاثیر بسزایی در صرفه جویی انرژی دارد. به جدول ۱ رجوع فرمایید.

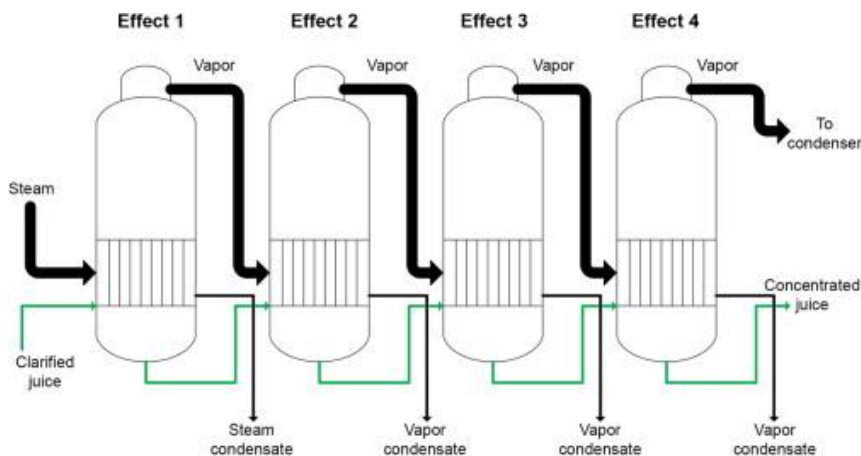
جدول ۱: محاسبات صرفه جویی حاصل از عایق کار

۱۳۳۷	متر از عایق کاری شده (۲m)
۵۶/۳۵۷۴	میزان اتلاف انرژی قبل از عایق کاری با فرض دمای متوسط ۸۵ درجه سانتی گراد GJ/day
۲/۴۵۴۶	میزان اتلاف انرژی بعد از عایق کاری با فرض دمای متوسط ۳۵ درجه سانتی گراد GJ/day
۵۳/۹۰۲۹	میزان صرفه جویی انرژی (GJ/day)
۶۷/۳۷۷	انرژی مصرفی در روز با فرض راندمان ۸۰٪ کوره های بخار (GJ)
۶۷۳۷/۷	میزان صرفه جویی سالانه با فرض ۱۰۰ روز بهره برداری (GJ)

سومین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی

۲-۱- استفاده از سر بخار ۲ در طبخ به جای سر بخار ۱ و بخار خروجی توربین

بخش عمده بخار تولیدی توسط بویلر پس از عبور از توربین نیروگاه به پشت بدنه ۱ اواپراسیون وارد و بعد از تبادل حرارتی با شربت به صورت آب کندانس به بویلر برگشت داده می شود و سر بخار بدنه اول اواپراسیون جهت تغلیظ به پشت بدنه بعدی وارد می شود و سر بخار بدنه دوم به پشت بدنه سوم و بدنه سوم به پشت بدنه ۴ و سر بخار بدنه ۴ چهارم به کندانسور متصل می شود. به شکل ۴ رجوع فرمایید. (Ojeda et al, 2018) (Pierossi and Bertolani, 2017) (Khawwaja et al, 2016) (Zandi Atashbar et al, 2018)



شکل ۴: اواپراسیون

بنابراین اگر ما بتوانیم هر چه بیشتر از سر بخار بدنه ها به جای بخار خروجی از توربین در پروسه تبادل گرمایی استفاده کنیم باعث تبادل حرارتی بیشتر در بدنه ۱ شده و بهره وری استفاده از بخار به دلیل افزایش تبادل حرارتی بالا رفته و این به نوبه خود باعث صرفه جویی انرژی می گردد (Smithers, 2014) بدین منظور در کارخانه قند تربت حیدریه در جهت افزایش بهره وری از سر بخار دوم اواپراسیون به جای سر بخار اول و بخار خروجی بعد از توربین استفاده شده است. به جدول ۲ رجوع فرمایید.

جدول ۲: بالانس انرژی و توزیع صحیح بخار

۸۰	مقدار مصرف بخار در اواپراسیون قبل از اجرای طرح توزیع بخار (TON/HR)
۷۷	مقدار مصرف بخار در اواپراسیون بعد از اجرای اصلاح توزیع بخار (TON/HR)
۳/۷۵	مقدار مصرف بخار کاهش یافته %
۶۲۶۲۸۷	مقدار انرژی مصرفی کوره بخار قبل از اجرای طرح (۱۰۰ روز بهره برداری) (GJ)
۶۰۲۸۰۱	مقدار انرژی مصرفی کوره بخار بعد از اجرای طرح (۱۰۰ روز بهره برداری) (GJ)
۲۳۴۸۶	مقدار انرژی صرفه جویی شده (GJ)

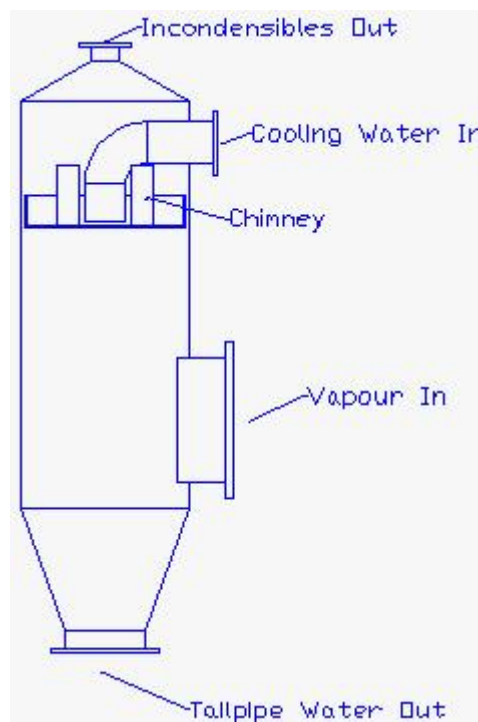
۳-۱- جداسازی کندانسورها

در صنایع غذایی بویژه صنعت قند و شکر هر چه دمای فرآیند تغلیظ و کریستالیزاسیون پایین تر باشد سرعت تغلیظ بیشتر و کیفیت پخت بهتر خواهد شد. لذا بدین منظور عملیات کریستالیزاسیون در محیط خلاء صورت می گیرد و هر چه امکان افزایش خلاء وجود داشته باشد، نقطه جوش پایین آمده و سرعت پخت و تغلیظ بیشتر می شود به جدول ۳ رجوع فرمایید.

جدول (۳) رابطه فشار و دمای نقطه جوش آب

فشار		نقطه جوش	
<i>psi</i>	<i>bar</i>	$^{\circ}F$	$^{\circ}C$
۰,۵	۰,۰۳	۷۹,۶	۲۶,۴
۲	۰,۱۴	۱۰۲	۳۸,۷
۳	۰,۲۱	۱۴۱	۶۰,۸
۴	۰,۲۸	۱۵۳	۶۷,۲
۵	۰,۳۴	۱۶۲	۷۲,۳
۶	۰,۴۱	۱۷۰	۷۶,۷
۷	۰,۴۸	۱۷۷	۸۰,۴
۸	۰,۵۵	۱۸۳	۸۳,۸
۹	۰,۶۲	۱۸۸	۸۶,۸
۱۰	۰,۶۹	۱۹۳	۸۹,۶
۱۱	۰,۷۶	۱۹۸	۹۲,۱
۱۲	۰,۸۳	۲۰۲	۹۴,۴
۱۳	۰,۹	۲۰۶	۹۶,۶
۱۴	۰,۹۷	۲۱۰	۹۸,۷
۱۴,۶۹	۱	۲۱۲	۱۰۰
۱۵	۱	۲۱۳	۱۰۱
۱۶	۱,۱	۲۱۶	۱۰۲
۱۷	۱,۲	۲۱۹	۱۰۴
۱۸	۱,۲	۲۲۲	۱۰۶
۱۹	۱,۳	۲۲۵	۱۰۷
۲۰	۱,۴	۲۲۸	۱۰۹
۲۲	۱,۵	۲۳۳	۱۱۲
۲۴	۱,۷	۲۳۸	۱۴
۲۶	۱,۸	۲۴۲	۱۱۷

بنابر این یکی از پارامترهای تاثیرگذار دیگر در در مقدار انرژی مصرفی میزان خلاء در آپارات های طباحی می باشد بدین معنی که با افزایش میزان خلاء آپارات های طباحی انرژی کمتری جهت تغلظ و کریستالیزاسیون مورد نیاز می باشد. (Go et al, 2019) (Florentino et al, 2011) (Sindhue t al, 2016) (Cambero and Sowlati, 2014). در کارخانه قند به منظور ایجاد خلاء در طباحی ، بخار حاصل از تغلیظ در بخش کریستالیزاسیون (طباحی) به وسیله آب کندانسورها، کندانس شده و هر چه میزان کندانس بیشتر باشد خلاء موجود بیشتر شده و انرژی کمتری جهت تغلیظ و کریستالیزاسیون مورد استفاده قرار می گیرد به شکل ۵ رجوع فرمایید.



شکل ۵: کندانسور بارومتریک

قبل از طرح بهینه سازی انرژی تعداد ۳ عدد کندانسور موجود جهت ایجاد خلاء به ترتیب یک دستگاه جهت ایجاد خلاء در طبخاتی پخت یک، یک دستگاه جهت ایجاد خلاء در طبخاتی پخت ۲ و یک دستگاه جهت ایجاد خلاء در طبخاتی پخت ۳ مورد استفاده قرار می گرفت، به منظور بهسازی وضعیت خلاء در طبخاتی با بررسی های انجام شده مشخص گردید با توجه به حجم بخار در طبخاتی پخت یک لازم است دو عدد از کندانسور ها به پخت یک و یک عدد به پخت ۲ و ۳ اختصاص داده شود. همچنین به موازات اصلاح کندانسورهای خلاء اقدامات دیگری به شرح زیر صورت پذیرفت. که نتیجه این اقدام صرفه جویی معادل حدود ۱ درصد مصرف انرژی کل میباشد.

۱-۴- آب بندی فنتیل های خلاء و تخلیه

فنتیل های خلاء در قسمت بالای آپارات های طبخاتی و در مسیر خروج گازها و بخارهای بالای پخت آپارات های طبخاتی به کندانسور نصب میباشند و همچنین فنتیل های تخلیه در قسمت پایین و در مسیر خروج پخت به رفريژيرانت قرار دارند. با توجه به اینکه فنتیل های خلاء و تخلیه به مرور زمان دچار فرسایش شده و از حالت آبندی خارج میشوند لذا بدین منظور هر ساله سرویس و مورد بازبینی قرار میگیرند که در غیر اینصورت ورود هوا باعث کاهش خلاء در آپاراتها میگردد.

۱-۵- نصب کولینگ تاور

استفاده از آب سرد در پمپ ها باعث افزایش خلاء در آپاراتهای پخت میگردد ولی بدلیل ایجاد رسوب باعث کاهش سریع ظرفیت پمپ میگردد. به همین دلیل بهتر است آب بصورت سیرکوله خنک شود تا از ایجاد رسوب جلوگیری گردد. لذا به منظور کاهش دمای آب پمپ های خلاء و سیرکوله آب، کولینگ تاور نصب شده است که استفاده از آن باعث کاهش رسوب در پمپ ها شده و در نتیجه

سومین کنگره بین‌المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی

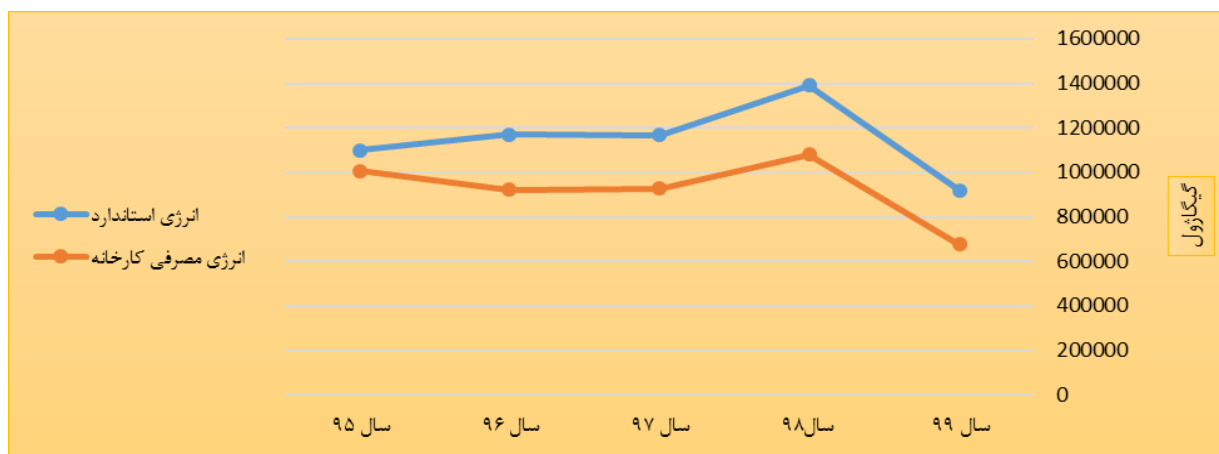
از کاهش ظرفیت پمپ های خلاء طی بهره برداری جلوگیری میشود که تاثیر بسزایی در جلوگیری از کاهش خلاء دارد که در نهایت باعث صرفه جویی انرژی میگردد.

در نتیجه اقدامات انجام شده خلاء قسمت طباحی از ۶۳۸ میلی بار به ۷۰۶ میلی بار ارتقاء ونقطه جوش ۵/۲۵ درجه کاهش پیدا کرده است.

۱-۶- خرید یک دستگاه پمپ خلا

یکی از تجهیزات اصلی تولید خلاء در صنعت قند، پمپ خلاء می باشد. گاز تولیدی مانند آمونیاک که در بخش اواپراسیون و طباحی تولید میگردد همراه بخار به کندانسورها وارد شده وبدلیل تجمع در کندانسور بهمراه بخار های کندانس نشده در بخش بالایی کندانسورها باعث کاهش کارایی و ظرفیت آنها میگردد. جمع آوری این گازها توسط پمپ های خلاء صورت میگردد. به دلیل عدم تناسب ظرفیت بین پمپهای خلاء، کارایی پمپ ها مطلوب نبوده که بدین منظور یک دستگاه پمپ خلا با ظرفیت ۵۰۰۰ مترمکعب خریداری گردید تا دو پمپ دارای ظرفیت مشابه به کار گرفته شود تا از ایجاد اختلال در زمان کارکرد دو پمپ با ظرفیت متفاوت جلوگیری شود و در نهایت باعث افزایش خلاء در آپارات های طباحی و کاهش مصرف انرژی میگردد.

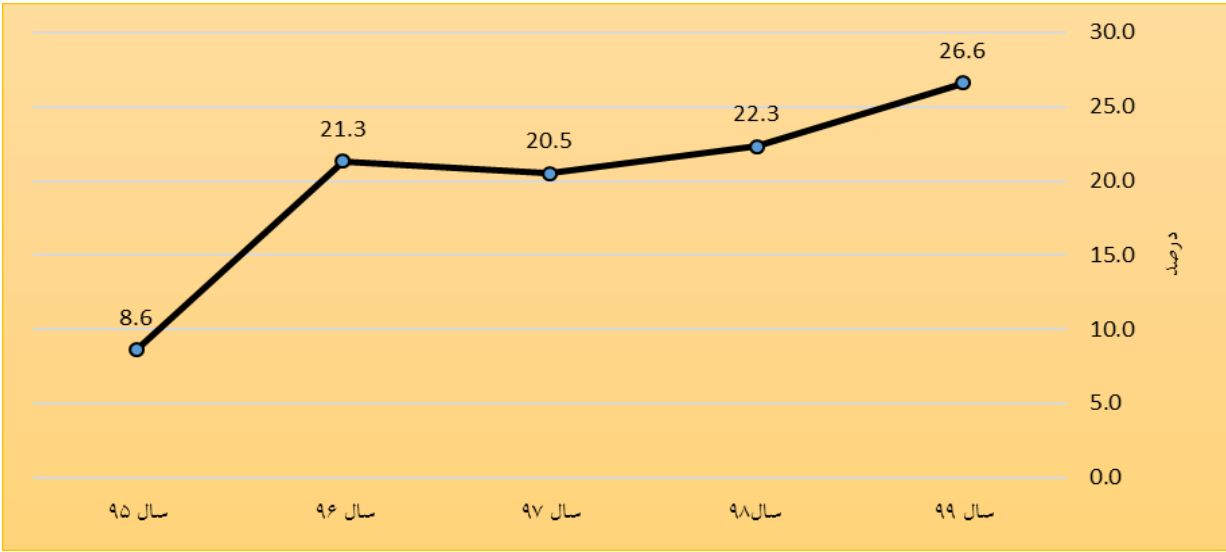
بهینه سازی مصرف انرژی علاوه بر تضمین وجود انرژی برای آینده، باعث کاهش هزینه ها شده و به محیط زیست نیز کمک شایانی می کند. از طرفی هنگام انتخاب تجهیزات بایستی به راندمان آنها توجه ویژه ای گردد، زیرا قیمت اولیه تجهیزات با راندمانهای مختلف تفاوت چندانی ندارند اما در درازمدت از هدررفت انرژی به میزان زیادی جلوگیری می شود. با اتخاذ تدابیر ذکر شده مصرف انرژی کارخانه نسبت به استاندارد همواره کمتر بوده است. به نمودار شماره ۱ رجوع فرمایید.



نمودار ۱: مقایسه انرژی مصرفی نسبت به استاندارد بر حسب گیگاژول

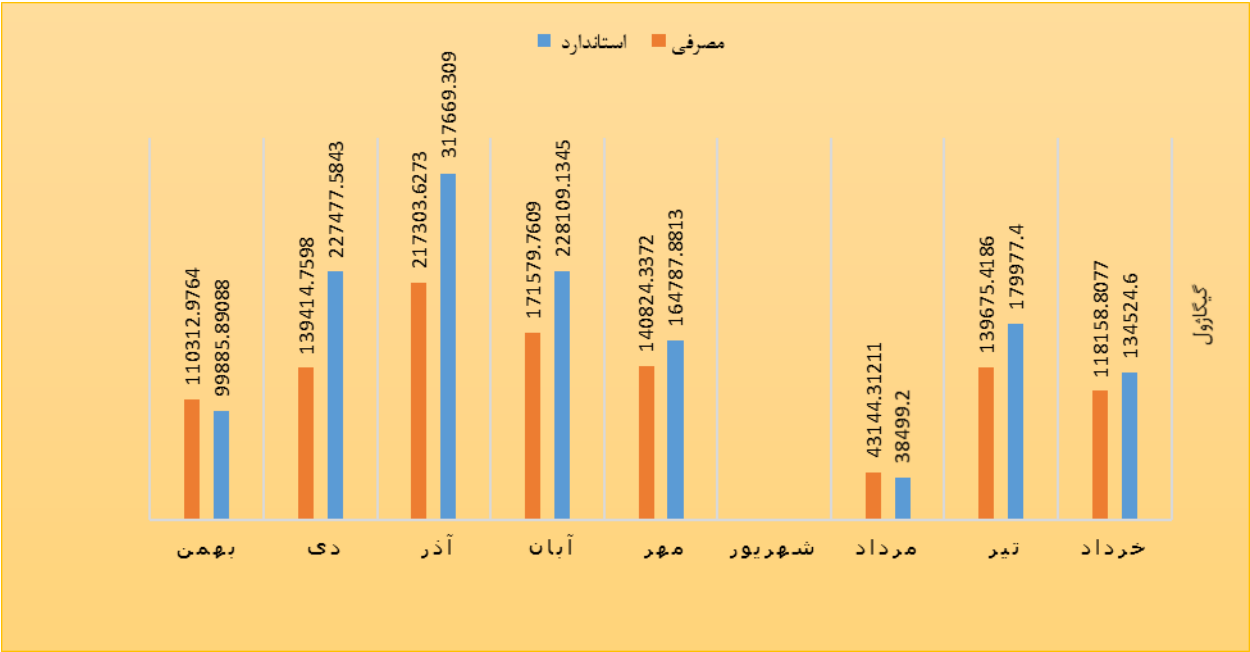
نمودار انحراف از استاندارد نشان میدهد که روند کاهش مصرف انرژی همواره مثبت بوده، یعنی اختلاف انرژی مصرفی با انرژی استاندارد در جهت کاهش مصرف انرژی، در حال افزایش می باشد. همچنین میتوان گفت مصرف انرژی همواره کمتر از استاندارد میباشد. به نمودار شماره ۲ رجوع فرمایید.

سومین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی



نمودار ۲: درصد اختلاف انرژی مصرفی نسبت به مصرف مجاز استاندارد

نمودارهای ۳ و ۴ مقایسه انرژی مصرفی ماهانه نسبت به استاندارد را در سال های ۹۸ و ۹۹ نشان میدهد. به نمودار ۳ و ۴ رجوع فرمایید.



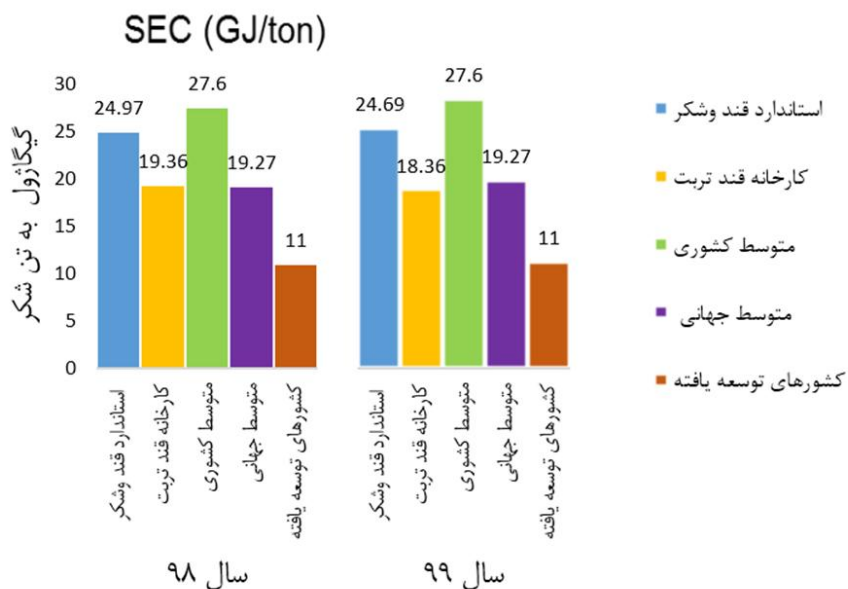
نمودار ۳: انرژی مصرفی ماهانه نسبت به استاندارد در سال ۹۸

سومین کنگره بین المللی علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و امنیت غذایی



نمودار ۴: انرژی مصرفی ماهانه نسبت به استاندارد در سال ۹۹

نمودار مقایسه مصرف انرژی برای دوره بهره برداری، تولید شکر از چغندر می باشد که بیانگر جایگاه نسبتاً مناسب کارخانه قند تربت حیدریه در بین کارخانه های قند کشور میباشد. (Sattari et al, 2007) به نمودار ۵ رجوع فرمایید.



نمودار ۵: مصرف انرژی در دوره بهره برداری در کارخانه قند تربت حیدریه نسبت به استاندارد، ایران، جهان و کشورهای توسعه یافته

۲- بخش الکترونیکال :

- اقدامات الکترونیکی صوت گرفته در شرکت قند تربت حیدریه جهت بهینه سازی مصرف انرژی به شرح زیر می باشد .
- ۱-۲- نصب ۵۴ دستگاه درایو در قسمت های کوره آهک، تفاله خشک کن ،کمپرسورها، فن ها، بویلرها و الکتروموتورها
- ۲-۲- جایگزینی لامپ SMD به جای لامپ های با بازده کمتر
- ۳-۲- سرویس دوره ای تابلوهای توزیع ترانس و تابلوهای الکتروموتورها
- ۴-۲- بروزرسانی تابلوهای قدرت دیفوزیون
- ۵-۲- بروزرسانی سیستم کنترل بویلرها

بحث و نتیجه گیری

بهینه سازی انرژی یکی از ابزارهای اصلی و مؤثر جهت دستیابی به توسعه پایدار در سراسر جهان محسوب میگردد. منظور از بهینه سازی انرژی، انتخاب الگوی صحیح و ایجاد و به کارگیری روشها و سیاستهای درست در تولید و مصرف انرژی است که علاوه بر اینکه متضمن استمرار رشد اقتصادی میباشد، موجب کاهش تخریب منابع انرژی و نیز کاهش اثرات سوء ناشی از استفاده ناصحیح از انرژی بر محیط زیست و جامعه میگردد. کاهش وابستگی به انرژی وارداتی، کاهش هزینه های تولید و مصرف انرژی، کاهش نیاز به پرداخت یارانه های انرژی، حفظ و بقاء منابع ارزشمند انرژی برای نسلهای آینده، فراهم نمودن زمینه های بهتر برای رقابت صنایع در بازارهای بین المللی و ارتقاء سطح رفاهی مصرف کنندگان خدمات انرژی همه از مزایای بهینه سازی انرژی محسوب میگردند. در کارخانه قند تربت حیدریه اقداماتی نسبت به اصلاح توزیع بخاردر اواپراسیون و طبخ و همچنین اصلاح سیستم خلاء صورت گرفت که باتوجه به اصلاحات انجام شده در مجموع با فرض انرژی مصرفی سالانه ۷۸۲۸۵۹ گیگاژول در مجموع ۳۰۲۲۳ گیگا ژول معادل ۳/۸ درصد با فرض اینکه قیمت هر متر مکعب گاز ۲۴۰۰ ریال محاسبه گردد که ۲۱۴۰۳۱۲۷۷۰ ریال صرفه جویی انرژی به همراه داشته است.

منابع:

- Alonso-Pippo, W.& Luengo, C.A.& Felfli, F.F.& Garzone, P.and Cornacchia, G. (2013).Energy recovery from sugarcane biomass residues: Challenges and opportunities of bio-oil production in the light of second generation biofuels. J. Renew. Sustain. Energy .Vol. 1.No.3. 102-110.
- Portugal-Pereira, J.& Soria, R.& Rathmann, R.& Schaeffer, R.and Szklo, A. (2015).Agricultural and agro-industrial residues-to-energy: Techno-economic and environmental assessment in Brazil. Biomass Bioenergy.Vol.81. No.2.521-531
- Smithers, J.(2014). Review of sugarcane trash recovery systems for energy cogeneration in South Africa. Renew. Sustain. Energy Rev.Vol. 32.No.6. 915-925.
- Florentino, H.D.O.& De Lima, A.D.& De Carvalho, L.R.& Balbo, A.R.and Homem, T.P.D. (2011).Multiobjective 0-1 integer programming for the use of sugarcane residual biomass in energy cogeneration. Int. Trans. Oper. Res.Vol.18.No.30.605-615.
- Carvajal, J.& Sarache, W.and Costa, Y. (2019). Addressing a robust decision in the sugarcane supply chainIntroduction of a new agricultural investment project in Colombia. Comput. Electron. Agric.Vol.157.No.4. 77-89. Higgins A., J.

- and Laredo, L.A. (2006). Improving harvesting and transport planning within a sugar value chain. *J. Oper. Res. Soc.* Vol. 57. No. 1. 367–376.
- Go, A.W. and Conag, A.T. (2019). Utilizing sugarcane leaves/straws as source of bioenergy in the Philippines: A case in the Visayas Region. *Renew. Energy* Vol. 132. No. 4. 1230–1237.
- López-Milán, E. and Plà-Aragónés, L.M. (2014). A decision support system to manage the supply chain of sugar cane. *Ann. Oper. Res.* Vol. 219. No. 11. 285–297.
- López-Milán, E. and Plà-Aragónés, L.M. (2015). Optimization of the supply chain management of sugarcane in Cuba. Perea-Moreno, M.-A. & Samerón-Manzano, E. and Perea-Moreno, A. (2019). Biomass as renewable energy: Worldwide research trends. *Sustainability*, Vol. 11. No. 1. 863–369.
- Sharma, B. & Ingalls, R.G. & Jones, C.L. and Khanchi, A. (2013). Biomass supply chain design and analysis: Basis, overview, modeling, challenges, and future. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 24. No. 2. 608–627.
- Yue, D. & You, F. and Snyder, S.W. (2014). Biomass-to-bioenergy and biofuel supply chain optimization: Overview, key issues and challenges. *Comput. Chem. Eng.* Vol. 66. No. 9. 36–56.
- De Meyer, A. & Cattrysse, D. & Rasinmäki, J. and Van Orshoven, J. (2014). Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 31. No. 657–670.
- Cambero, C. and Sowlati, T. (2014). Assessment and optimization of forest biomass supply chains from economic, social and environmental perspectives—A review of literature. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 36. No. 11. 62–73.
- Sindhu, R. & Gnansounou, E. & Binod, P. and Pandey, A. (2016). Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products—An overview. *Renew. Energy* Vol. 98. No. 3. 203–215.
- Go, A.W. & Conag, A.T. & Igdon, R.M.B. & Toledo, A.S. and Malila, J.S. (2019). Potentials of agricultural and agro-industrial crop residues for the displacement of fossil fuels: A Philippine context. *Energy Strategy Rev.* Vol. 23. No. 5. 100–113.
- Cervi, W.R. & Lamparelli, R.A.C. & Seabra, J.E.A. & Junginger, M. and van der Hilst, F. (2019). Bioelectricity potential from ecologically available sugarcane straw in Brazil: A spatially explicit assessment. *Biomass Bioenergy* Vol. 122. No. 2. 391–399.
- Khatiwada, D. & Leduc, S. & Silveira, S. and McCallum, I. (2016). Optimizing ethanol and bioelectricity production in sugarcane biorefineries in Brazil. *Renew. Energy* Vol. 85. No. 6. 371–386.
- Olivério, J.L. and Ferreira, F.M. (2010). Cogeneration—A new source of income for sugar and ethanol mills or bioelectricity—A new business. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* Vol. 27. No. 4. 35–41.
- Bocci, E. & Di Carlo, A. and Marcelo, D. (2009). Power plant perspectives for sugarcane mills. *Energy* Vol. 34. No. 5. 689–698.
- Hiloidhari, M. & Araújo, K. & Kumari, S. & Baruah, D.C. & Ramachandra, T.V. & Katak, R. and Thakur, I.S. (2018). Bioelectricity from sugarcane bagasse co-generation in India—An assessment of resource potential, policies and market mobilization opportunities for the case of Uttar Pradesh. *J. Clean. Prod.* Vol. 182. No. 11. 1012–1023.
- Pierossi, M.A. and Bertolani, F.C. (2017). Sugarcane trash as feedstock for biorefineries: Agricultural and logistics Issues. In *Advances in Sugarcane Biorefinery: Technologies, Commercialization, Policy Issues and Paradigm Shift for Bioethanol and By-Products*; Chandel. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. Vol. 40. No. 3. 17–39.
- León-Martínez, T. & Dopico-Ramírez, D. & Triana-Hernández, O. and Medina-Estevez, M. (2013). Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar; ICIDCA: Habana, Cuba. Vol. 47. No. 4. 13–22.
- Ojeda, W. & Saltaren, J. & Lucuara, J. & Gómez, A. and Gil, N. (2018). Valorización de residuos agrícolas de cosecha (RAC) de caña de azúcar mediante densificación mecánica. In *Proceedings of the XI Congreso Atalac-Tecnicaña*, Cali, Colombia, 24–28 September. Vol. 21. No. 11. 488–496.

- Sattari, S. & Avami, A. and Farahmandpour, B. (2007). Energy conservation opportunities: Sugar industry in Iran. *Proceedings of the WSEAS Int. Conference on Energy Planning, Energy Saving, Environmental Education*. Vol. 1. No. 14. 120-126.
- Zandi Atashbar, N. & Labadie, N. and Prins, C. (2018). Modelling and optimisation of biomass supply chains: A review. *Int. J. Prod. Res.* Vol. 56. No. 3. 3482–3506.
- Flores Hernández, U. & Jaeger, D. and Islas Samperio, J. (2017). Bioenergy potential and utilization costs for the supply of forest woody biomass for energetic use at a regional scale in Mexico. *Energies*. Vol. 10. No. 3. 1192-1195
- Hofsetz, K. and Silva, M. A. (2012). Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption. *Biomass Bioenergy*. Vol. 46. No. 6. 564–573.
- Agustina, F. & Vanany, I. and Siswanto, N. (2018). Biomass Supply Chain Design, Planning and Management: A Review of Literature. In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Bangkok, Thailand, 16–19 December. Vol. 13. No. 5. 884–888.