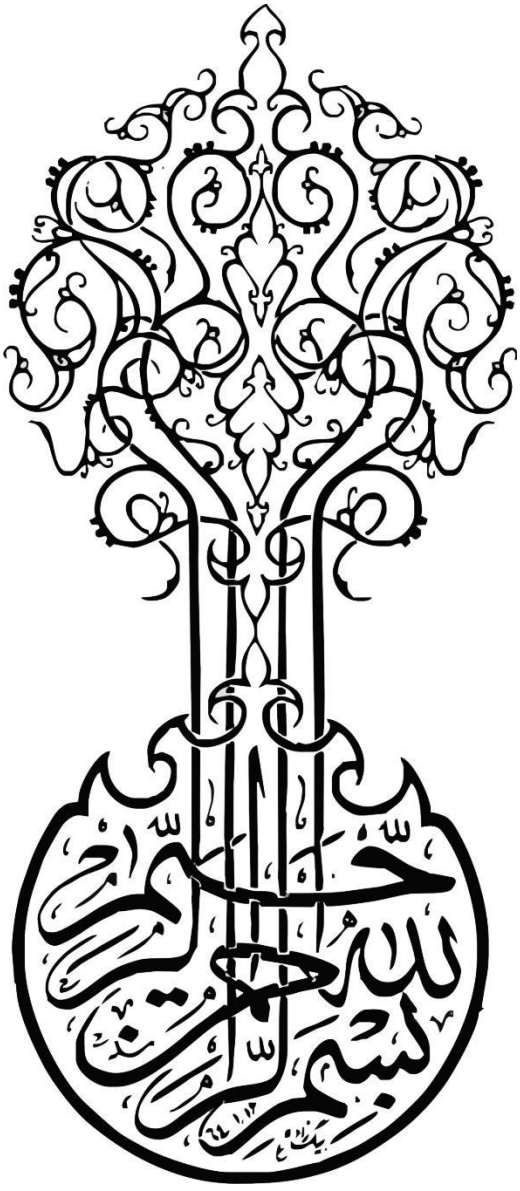
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه الزهرا (س)

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشتهٔ مهندسی سیستم‌های انرژی

عنوان

تحلیل پیشرفته ترمودینامیکی و ترمواکونومیکی نیروگاه سیکل ترکیبی (مطالعه موردی سیکل ترکیبی اصفهان)

استاد راهنما

دکتر فاطمه احمدی بویاغچی

دکتر علیرضا نورپور

دانشجو

طیبه عزیزی

مهر ۹۳

"کلیه دستاوردهای ناشی از تحقیق فوق متعلق به

دانشگاه الزهراء (س) است."

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن توانند.

بدون شک جایگاه معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از او، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه بسی شایسته است:

از استاد گرانقدر؛ سرکار خانم دکتر احمدی که در کمال سعه صدر و با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند،

از جناب آقای دکتر نورپور؛

از جناب آقای دکتر سعیدی؛

و ازپدر و مادر عزیزم؛ این دو معلم بزرگوار که در تمام عرصه‌های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده‌اند؛

کمال تشکر و قدردانی را بجاییم.

در پایان

از همسر عزیزم به خاطر حمایت های بی دریغ، دلگرمی ها و فداکاری هایش متشکرم.

عنوان: تحلیل پیشرفته ترمودینامیکی و ترمواکونومیکی یک نیروگاه سیکل ترکیبی

(مطالعه موردی نیروگاه سیکل ترکیبی اصفهان)

نام و نام خانوادگی: طیبه عزیزی

رشته تحصیلی: مهندسی سیستم‌های انرژی

استاد راهنمای اول: دکتر فاطمه احمدی بویاغچی

استاد راهنمای دوم: دکتر علیرضا نورپور

تاریخ دفاع: ۹۳/۷/۱۵

چکیده:

در این پژوهش نیروگاه سیکل ترکیبی دو فشاره زواره (اصفهان۲) مورد بررسی ترمودینامیکی و ترمواکونومیکی قرار گرفته است. برای این منظور کدنویسی کامپیوتری به کمک نرم افزار EES[1] نوشته شده که توسط آن بازگشت‌ناپذیری اجزاء و سهم هر کدام در بازگشت‌ناپذیری کل محاسبه شده است. سپس با استفاده از آنالیز حساسیت ترمواکونومیک تاثیر پارامترهای طراحی بر هزینه تولید توان مورد بررسی قرار گرفته است. بازده حرارتی و اگزرژی بدست‌آمده به ترتیب ۴۳/۲٪ و ۳۸/۳۵٪ بوده‌اند و نرخ تخریب اگزرژی سیکل MW ۸۱۱/۸۵ محاسبه شده است. هزینه واحد تولید توان خروجی $/kJ ۴۷/۳ برآورد شده‌است و فاکتور اگزرژواکونومیک

[1] . Engineering Equations Solver

کل سیستم نیز برابر ۰/۵ بدست آمده است. علاوه بر ایـن تحلیـل اگـزرژی و اگزرژواکونومیـک پیشرفته روی سیستم انجام شده است که بر اساس نتـایج، تخریـب اگـزرژی درون‌زای اجـزای سیستم ۹۳٪ کل تخریب اگزرژی را به خـود اختصـاص داده‌اسـت و تنهـا ۷ ٪ از کـل تخریـب اگزرژی سیستم مربوط به تعاملات بین اجـزا مـی‌باشـد. ۱۴٪ از هزینـه‌هـای تخریـب اگـزرژی سیستم را می‌توان با بروز کردن اجزا و استفاده از تکنولـوژی روز، حـذف نمـود. نتـایج تحلیـل اگزرژواکونومیک پیشرفته نشان می دهند که ۸۰٪ از هزینه‌های سـرمایه‌گـذاری کـل سیسـتم مربوط به هزینه‌های بیرون‌زا است و بهبود کارایی اجزای سیستم تنها می‌تواند ۲۵٪ هزینه‌هـای سیستم را بکاهد. درصد بالایی از هزینه‌های تخریب اگـزرژی (۸۶٪) مربـوط بـه عملکـرد خـود تجهیزات است و تنها ۱۵٪ از هزینه‌های تخریب اگزرژی با بروز کـردن تجهیـزات قابـل اصـلاح می‌باشند.

کلمات کلیدی : تحلیل اگزرژی پیشرفته، تحلیـل اگزرژواکونومیـک پیشـرفته، نیروگـاه سـیکل ترکیبی، تخریب اگزرژی، هزینه تخریب اگزرژی، هزینـه سـرمایه، تحلیـل اگـزرژی قـراردادی، تحلیل اگزرژواکونومیک قراردادی

فهرست مطالب

۱- مروری بر پیشینه پژوهش ۱

۲- مدلسازی، تحلیل اگزرژی و اگزرژواکونومیک پیشرفته سیکل ترکیبی ۱۲

۲-۱- شرح سیکل ترکیبی مورد بررسی ۱۳

۲-۲- مدلسازی نیروگاه سیکل ترکیبی ۱۳

۲-۲-۱- فرضیات ۱۵

۲-۲-۲- معادلات تحلیل ترمودینامیکی اجزاء سیکل مورد مطالعه ۱۶

۲-۲-۳- معیار ارزیابی حرارتی سیکل ۲۸

۲-۳- تحلیل اگزرژی قراردادی سیکل ترکیبی مورد مطالعه ۳۳

۲-۳-۱- معیار ارزیابی سیکل از دیدگاه اگزرژی ۳۶

۲-۴- تقسیم بندی تخریب اگزرژی ۳۹

۲-۴-۱- تخریب اگزرژی درون‌زا و برون‌زا ۳۹

۲-۴-۲- تخریب اگزرژی اجتناب پذیر و اجتناب ناپذیر ۳۹

۲-۴-۳- ترکیب دو روش تقسیم بندی ۴۰

۲-۴-۴- تخریب اگزرژی درون‌زا و برون‌زا برای سیکل مورد مطالعه ۴۰

۲-۴-۵- تخریب اگزرژی اجتناب‌ناپذیر و اجتناب‌پذیر برای سیکل مورد مطالعه ۴۲

۲-۴-۶- جداسازی تخریب اگزرژی اجتناب‌ناپذیر و اجتناب‌پذیر به بخش‌های درون‌زا و برون‌زا برای سیکل مورد مطالعه ۴۴

۲-۵- موازنه هزینه یک سیستم: ۴۶

۲-۵-۱- روابط کمکی و فرمول بندی موازنه هزینه اجزاء ۵۶

۲-۵-۲-فرمول‌بندی موازنه هزینه اجزاء سیکل مورد مطالعه ۵۷

۲-۵-۳- نرخ هزینه افت اگزرژی ۵۸

۲-۵-۴- نرخ هزینه تخریب اگزرژی ۵۹

۲-۵-۵- اختلاف هزینه نسبی ۶۱

۳-۵-۶- فاکتور اگزرژواکونومیک ۶۱

۲-۶- جداسازی نرخ هزینه‌های سرمایه و تخریب اگزرژی ۶۲
۳- نتایج و تشریح ۶۶
۳-۱- نتایج مدلسازی و اعتبارسنجی ۶۶
۳-۲- نتایج تحلیل اگزرژی قراردادی ۶۷
۳-۳- نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک ۷۱
۳-۳-۱- نتایج تحلیل حساسیت ۷۴
۳-۴- نتایج تحلیل اگزرژی پیشرفته ۷۸
۳-۵- نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک پیشرفته ۸۲
۳-۵-۱- نرخ هزینه تخریب اگزرژی ۸۲
۳-۵-۲- نرخ هزینه سرمایه ۸۵
۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۰
مراجع ۹۶

فهرست شکل‌ها

شکل۲-۱- شکل شماتیک نیروگاه سیکل ترکیبی زواره ۱۴

شکل۲-۲- اختلاف دمای نقطه پینچ و نزدیکی در یک مولد بخار بازیافت حرارت دو فشاره .. ۲۶

شکل۳-۱- نرخ تخریب اگزرژی برای اجزاء نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۷۰

شکل۳-۲- بازده اگزرژی برای اجزاء نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۷۰

شکل۳-۳- نسبت تخریب اگزرژی برای اجزاء سیکل ترکیبی دو فشاره ۷۱

شکل۳-۴- مجموع نرخ هزینه تخریب اگزرژی و نرخ سرمایه برای اجزاء نیروگاه سیکل ترکیبی مورد مطالعه ۷۳

شکل۳-۵- تاثیر هزینه ویژه سوخت بر قیمت الکتریسیته تولیدی ۷۵

شکل۳-۶- تاثیر نرخ بهره بر قیمت الکتریسیته تولیدی..... ۷۵

شکل۳-۷- تاثیر ساعات کار سالیانه بر قیمت الکتریسیته تولیدی ۷۶

شکل۳-۸- تاثیر نسبت طول عمر نیروگاه بر قیمت الکتریسیته تولیدی ۷۶

شکل۳-۹- تاثیر ارزش حرارتی پائین سوخت بر قیمت الکتریسیته تولیدی..... ۷۷

شکل۳-۱۰- تاثیر نسبت فشار کمپرسور بر قیمت الکتریسیته تولیدی..... ۷۷

شکل۳-۱۱- نرخ‌های هزینه تخریب اگزرژی درون‌زا و برون‌زا برای کل سیستم..... ۸۵

شکل ۳- ۱۲- نرخ‌های هزینه تخریب اگزرژی درون‌زا و برون‌زا برای کل سیستم..... ۸۵

شکل۳-۱۳- نرخ‌های هزینه سرمایه اجتناب‌ناپذیر و اجتناب‌پذیر برای کل سیستم..... ۸۸

شکل۳-۱۴- نرخ‌های هزینه سرمایه درون‌زا و برون‌زا برای کل سیستم ۸۸

شکل۳-۱۵- نرخ‌های هزینه سرمایه اجتناب‌ناپذیر درون‌زا و اجتناب‌ناپذیر برون‌زا برای کل سیستم ۸۹

شکل۳-۱۶- نرخ‌های هزینه سرمایه اجتناب‌پذیر درون‌زا و اجتناب‌ناپذیر برون‌زا برای کل سیستم ۸۹

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱- جدول ۲-۱- داده‌های ورودی به منظور مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج سیکل مورد بررسی ۳۲

جدول۲-۲- معادلات تحلیل اگزرژی قراردادی برای اجزاء سیکل ترکیبی مورد مطالعه..... ۳۷

جدول۲-۳- فرضیات انجام شده برای محاسبه فرآیندهای تئوری و تخریب اگزرژی‌های اجتناب ناپذیر ۴۴

جدول۲-۴- مقادیر متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه هزینه تجهیزات ۵۰

جدول۲-۵- فرمول‌بندی موازنه هزینه اجزاء سیکل مورد مطالعه و روابط کمکی ۵۹

جدول۲-۶- روابط اگزرژواکونومیک پیشرفته برای محاسبه نرخ‌های هزینه سرمایه و تخریب اگزرژی اجزاء و مولفه‌های جداسازی شده آنها ۶۳

جدول۲-۷- فرضیات در نظر گرفته شده برای محاسبه نرخ هزینه سرمایه اجتناب‌ناپذیر ۶۴

جدول۳-۱- خلاصه نتایج ارزیابی عملکرد سیکل تجربی و مدلسازی شده..... ۶۷

جدول۳-۲- خلاصه نتایج تحلیل اگزرژی قراردادی سیکل ترکیبی دو فشاره..... ۶۹

جدول۳-۳- خلاصه نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک سیکل ترکیبی گاز/بخار دو فشاره ۷۲

جدول۳-۴- خلاصه نتایج تحلیل اگزرژی پیشرفته سیکل ترکیبی گاز/بخار دو فشاره ۸۱

جدول۳-۵- خلاصه نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک پیشرفته سیکل ترکیبی گاز/بخار دو فشاره (هزینه تخریب اگزرژی) ۸۴

جدول۳-۶- خلاصه نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک پیشرفته سیکل ترکیبی گاز/بخار دو فشاره (هزینه سرمایه‌گذاری) ۸۷

فهرست علامت‌ها

a	کسر مولی	$\bar{\lambda}$	نسبت مولی هوا به سوخت
$\dot{E}x$	نرخ اگزرژی (KW)		
ex	اگزرژی واحد جرم (KW/kg)	**کلمه‌های اختصاری**	
c	هزینه واحد اگزرژی ($/kJ)	Air,comp	کمپرسور هوا
$\dot{C}$	نرخ هزینه اگزرژی ($)	cond	کندانسور
c_p	گرمای ویژه فشار ثابت (kJ/kg.K)	bfp	پمپ آب تغذیه
ΔT_{LMTD}	اختلاف دمای میانگین	comb	محفظه احتراق
f_k	فاکتور اگزرژواکونومیک	CCPP	نیروگاه سیکل ترکیبی
h	آنتالپی ویژه (kJ/kg)	cep	پمپ چگالش
i	نرخ هزینه موثر سالیانه	cph	پیش گرمکن
LHV	ارزش حرارتی پائین (kJ/kg)	db	واحد احتراق تکمیلی
$Mass_{molar}$	جرم مولی (kg)	dea	هوازدا
$\dot{m}$	نرخ جریان جرم (kg/s)	eco	صرفه جو
N	ساعات کار در سال (hrs)	eva	تبخیر کننده
P	فشار (bar)	gt	توربین گاز
PEC	هزینه خرید تجهیزات ($)	Gen	ژنراتور
$\dot{P}$	توان (Kw)	HP	فشار بالا
$\dot{Q}$	نرخ انتقال حرارت (KW)	LP	فشار پائین
r_k	اختلاف هزینه نسبی	sph	فوق‌گرمکن
r_n	نرخ بهره	st	توربین بخار
T	دما (K)		
v	حجم مخصوص (m^3/kg)	**زیرنویس‌ها**	
$\dot{W}$	توان (KW)	app	نقطه نزدیکی
x	کسر مولی	ch	شیمیایی
y	نسبت تخریب اگزرژی	cv	حجم کنترل
Z	هزینه سرمایه گذاری ($)	cycle	سیکل
$\dot{Z}$	نرخ هزینه سرمایه گذاری ($/s)	Dest	تخریب
		e	خروجی
نشانه‌های یونانی		el	الکتریکی
η	بازده (٪)	ex	اگزرژی
γ	نرخ گرمای ویژه	F	سوخت
f	سوخت نیروگاه		
g	گاز		
Gas	بخش گاز		
i	ورودی		
in	ورودی		
is	آیزنتروپیک		
k	جزء k ام		
L	افت		
mech	مکانیکی		
molar	مولی		
net	خالص		
nominal	اسمی		
out	خروجی		
P	محصول		
ph	فیزیکی		
pp	نقطه پینچ		
sat	اشباع		
th	حرارتی		
tot	نهایی		
w	بخش آب		
0	شرایط محیطی		
بالا نویس‌ها			
AV	اجتناب‌پذیر		
CI	سرمایه‌گذاری		
EN	درون‌زا		
EX	برون‌زا		
O&M	تعمیر-نگهداری		
Real	واقعی		
Theory	تئوری		
UN	اجتناب ناپذیر		

فصل اول:

مروری بر پیشینه پژوهش

۱- مروری بر پیشینه پژوهش

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی یکی از موثرترین انواع در میان تمام نیروگاه‌ها هستند. اولین نیروگاه سیکل ترکیبی در سال ۱۹۵۰ساخته شد. از آن به بعد تعداد نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به خصوص در دهه ۷۰ میلادی به سرعت افزایش یافت [۱, ۲]. سیکل‌های ترکیبی علاوه بر داشتن بازده و توان بالا از مزایای دیگر مانند انعطاف پذیری برخوردارند. در این تحقیق، تحلیل ترمودینامیکی و ترمواکونومیکی نیروگاه سیکل ترکیبی دو فشاره زواره انجام شده است. در ادامه به بررسی پیشینه ادبی پژوهش‌های انجام شده در زمینه تحلیل اگزرژی و تحلیل اگزرژواکونومیک سیکل‌های ترکیبی پرداخته شده است:

بسلی[1] در سال ۲۰۰۷ [۳]، مدلسازی یک نیروگاه سیکل ترکیبی سه فشاره با واحد احتراق تکمیلی را انجام داده است. او در این مقاله به تعریف اختلاف دمای نقاط پینچ و نزدیکی و محدودیت‌های آنها پرداخته است.

وادسترا[2] و همکاران در سال ۲۰۰۹ [۴]، مدلسازی ترمودینامیکی سه نیروگاه سیکل ترکیبی با یک سیکل گاز مشابه و سه مولد بخار مختلف تک فشاره، دو فشاره و سه فشاره را بررسی کردند. آنها برای این کار خواص ترمودینامیکی همه ورودی‌ها و خروجی‌های تجهیزات را محاسبه کردند. آنها از نتایج این بخش برای محاسبه مقادیر اگزرژی، افت اگزرژی و بازده اگزرژی نقاط مختلف نیروگاه استفاده کردند.

احمدی و دینسر در سال ۲۰۱۰ [۵]، مدلسازی و تحلیل اگزرژی یک نیروگاه سیکل ترکیبی دو فشاره را انجام دادند. انها در این مقاله به بررسی مولد بخار بازیاب حرارت به عنوان یکی از اجزای مهم سیکل ترکیبی پرداختند و برای اعتبارسنجی، نتایج را با داده‌های واقعی بدست آمده از یک نیروگاه در شمال ایران مقایسه نمودند.

---

[1] . Bassily
[2] . Woudstra

حاج عبدالهی و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۶]، یک مولد بخار بازیاب حرارت مورد استفاده در سیکل ترکیبی را مدلسازی نمودند. آنها برای معتبرسازی نتایج، داده‌های بدست آمده را با داده‌های واقعی یک سیکل ترکیبی در شمال ایران مقایسه کردند که نشان می‌دهد داده‌های بدست آمده از مطابقت خوبی برخوردار هستند. آنها همچنین تحلیل اگزرژی مولد بخار مورد نظر را انجام دادند. نتایج تحلیل اگزرژی نشان می دهند که با افزایش اختلاف دمای نقطه پینچ، بازده اگزرژی مولد بخار کاهش پیدا می کند.

سانجی[1] در سال ۲۰۱۱ [۷]، تحلیل اگزرژی یک نیروگاه سیکل ترکیبی را انجام داده است. او تاثیر تغییرات پارامترهای سیکل را روی بازده اگزرژی و تخریب اگزرژی بدون بعد (تخریب اگزرژی تقسیم بر اگزرژی سوخت ورودی) را بررسی نموده است. نتایج نشان می‌دهند که مقادیر بالاتر دمای ورودی توربین گاز باعث مقادیر پائین تر تخریب اگزرژی سیکل می‌گردند. نتیجه دیگری که از این تحلیل به دست می‌آید، نشان می دهد که به ترتیب محفظه احتراق، توربین گاز و کمپرسور بیشترین میزان تخریب اگزرژی را دارا هستند. بنابراین باید در انتخاب محفظه احتراق بیشتر دقت شود.

احمدی و همکاران در سال۲۰۱۱ [۵]، مدلسازی و تحلیل اگزرژی قراردادی یک نیروگاه سیکل ترکیبی تک فشاره با سیستم احتراق تکمیلی را انجام دادند. نتایج نشان می‌دهند که محفظه احتراق بیشترین میزان تخریب اگزرژی را دارا می باشد. آنها همچنین تحلیل اگزرژواکونومیک را برای سیکل ترکیبی مورد نظر انجام دادند. تاثیر تغییرات هزینه سوخت و توان مورد تقاضا با در نظر گرفتن سه توان مختلف برای سیکل مورد بررسی قرار گرفت. آنها برای نیروگاه مورد نظر تحلیل حساسیت انجام دادند. نتایج نشان می‌دهند که در یک توان خروجی ثابت، بازده آیزنتروپیک توربین گاز و کمپرسور هوا با افزایش هزینه واحد سوخت افزایش می یابند و افزایش دمای ورودی توربین گاز، هزینه تخریب اگزرژی را کاهش می‌دهد.

[1] . Sanjay

حاج عبدالهی و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۶]، علاوه بر تحلیل اگزرژی قراردادی، تحلیل اگزرژواکونومیک مولد بخار بازیاب حرارت را نیز در یک نیروگاه سیکل ترکیبی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهند که اختلاف دمای نقطه پینچ پائین‌تر باعث افزایش هزینه سیستم می‌گردد. هر چند مقادیر کوچکتر اختلاف دمای نقطه پینچ منجر به بازده بالاتر سیستم می گردد.

گنجه کویری و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۸]، مدلسازی ترمودینامیکی یک سیکل ترکیبی دو فشاره را انجام دادند. آنها برای اعتبارسنجی نتایج، داده‌های بدست آمده را با داده‌های واقعی یک نیروگاه سیکل ترکیبی در ایران مقایسه کردند.

الس[1] و پترویچ[2] در سال ۲۰۱۲ [۹]، مدلسازی و تحلیل اگزرژی و اگزرژواکونومیک یک نیروگاه سیکل ترکیبی سه‌فشاره (۲۸۲ MW) را انجام دادند. آنها در این مقاله تاثیر پارامترهای مهم سیکل بر یکدیگر را مورد بررسی قراردادند. مقادیر کمتر اختلاف دمای نقطه پینچ باعث می‌شود تا مقادیر توان خروجی بالاتری برای سیکل به دست آیند. همچنین هر چه مقادیر اختلاف دمای نقطه پینچ بزرگتر انتخاب گردد، هزینه الکتریسیته تولیدی افزایش می‌یابد و با افزایش فشار کندانسور، هزینه تولید الکتریسیته نیز افزایش می‌یابد.

منصوری و همکاران در سال۲۰۱۲ [۱۰]، تاثیر تعداد سطوح فشار مولد بخار را روی بازده سیکل ترکیبی بررسی نمودند. نتایج نشان می‌دهند که افزایش تعداد سطوح فشار مولد بخار به دلیل انتقال‌حرارت داخل مولد بخار بازیاب حرارت و خروج دود به دودکش روی افت‌های اگزرژی تاثیر می‌گذارد. به علاوه نتایج بیانگر آن هستند که افزایش تعداد سطوح فشار بر نرخ تخریب اگزرژی در مولد بخار تاثیر گذاشته و به دنبال آن باعث یک افزایش محسوس در بازده اگزرژی کل سیکل می‌گردد. آنها همچنین به بررسی تعداد سطوح فشار بخار مولد بخار بازیاب حرارت در سیکل ترکیبی به کمک تحلیل اگزرژواکونومیک پرداختند. نتایج تحلیل نشان می‌دهند که افزایش تعداد سطوح فشار بخار باعث افزایش هزینه سرمایه‌گذاری ویژه و نهایی

[1] . Alus
[2] . Petrovic

نیروگاه می‌گردد. نتایج افزایش تعداد سطوح فشار مولد بخار بازیاب حرارت را توجیه‌پذیر می‌داند.

ابراهیم و رحمان در سال ۲۰۱۳ [۱۱]، یک نیروگاه سیکل ترکیبی سه فشاره در عراق را مورد بررسی ترمودینامیکی قراردادند. آنها نشان دادند که عملکرد کلی نیروگاه سیکل ترکیبی به دمای محیط، نسبت فشار کمپرسور و دمای ورودی توربین گاز مرتبط است. آنها بیان‌کردند که این پارامترها بر بازده حرارتی کل سیکل و توان خروجی نیروگاه تاثیرگذار هستند. نتایج نشان می‌دهندکه با افزایش دمای محیط، بازده کل سیکل ترکیبی و توان آن به دلیل مصرف توان بیشتر در کمپرسور، کاهش پیدا می‌کنند.

گنجه کویری و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۱۲]، به بررسی مولد بخار بازیاب حرارت در نیروگاه سیکل ترکیبی دو فشاره نکا در ایران پرداختند. آنها به کمک داده‌های واقعی، مولد بخار نیروگاه را مدلسازی نموده و تحلیل اگزرژی را برای آن انجام دادند. آنها تاثیر پارامترهای مختلف را بر بازده اگزرژی بررسی نمودند.

ستسرونیس[1] و همکاران در سال۲۰۰۲ [۱۳]، چگونگی محاسبه تخریب اگزرژی اجتناب پذیر، اجتناب ناپذیر و هزینه های سرمایه اجزاء را در یک سیستم تولید همزمان بررسی نمودند. نتایج نشان می‌دهند که لازمست کارایی اقتصادی توربین گاز و کمپرسور با توجه به هزینه‌های اجتناب‌پذیر آنها افزایش یابد و در مقایسه با حالتی که هزینه‌ها به صورت کلی محاسبه می‌شوند، اهمیت اقتصادی مولد بخار و محفظه احتراق کاهش می‌یابد.

سیزیسلا[2] و همکاران در سال ۲۰۰۶ [۱۴]، تحلیل اگزرژواکونومیک و تحلیل اگزرژی پیشرفته را برای یک نیروگاه سیکل ترکیبی برون سوز[3] انجام دادند. آنها نرخ‌های هزینه اجتناب‌پذیر تخریب اگزرژی، نرخ هزینه سرمایه و نرخ تخریب اگزرژی اجتناب‌پذیر برای تجهیزات را محاسبه نمودند. آنها متغیرهای اگزرژواکونومیک اصلاح‌شده‌ای را برای تعیین

[1] . Tsatsaronis
[2] . Cziesla
[3] . Externally fired combined cycle power plant

قابلیت‌های واقعی اصلاح تجهیزات نیروگاه مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که کاربرد نظریه هزینه سرمایه اجتناب‌پذیر در سیستم‌های تبدیل انرژی اقتصادی، بسیار مفید می‌باشد. نتایج تحلیل اگزرژی پیشرفته سیکل نشان می‌دهند که تغییر تخریب اگزرژی در هر جزء روی تخریب اگزرژی سایر تجهیزات نیز تاثیر خواهد گذاشت. همچنین نتایج بیانگر آن هستند که لازمست توجه بیشتری به تجهیزات نیروگاه و تاثیر آنها بر هزینه ها و ناکارآمدی‌های ترمودینامیکی صورت بگیرد.

فل[1] و همکاران در سال ۲۰۰۸ [۱۵]، تحقیقی انجام دادند که هدف اصلی آن جداسازی تخریب اگزرژی تجهیزات به بخش‌های درون‌زا و برون‌زا و کاربرد چنین نظریه ای برای اصلاح سیستم‌های حرارتی بود. آنها همچنین نظریه فوق را روی هزینه‌های مرتبط با تخریب اگزرژی و سرمایه تجهیزات اعمال کردند. در این تحقیق این نظریه بر روی سه نیروگاه تبدیل انرژی از جمله یک نیروگاه سیکل ترکیبی برون‌سوز استفاده شد و نتایج با اصلاحات انجام‌شده در تحلیل اگزرژی قراردادی نیروگاه‌های مذکور مقایسه گردید. نتایج نشان‌دادند که یافته‌های حاصل از تحلیل اگزرژی و اگزرژواکونومیک پیشرفته دقیق‌تر از یافته‌های تحلیل اگزرژی و اگزرژواکونومیک قراردادی هستند.

کلی[2] و همکاران در سال۲۰۰۹ [۱۶]، چهار رهیافت مختلف برای محاسبه تخریب اگزرژی درون زا که توسط مولفین ایجاد شده‌اند را مورد بررسی قرار دادند. آنها همچنین مزایا، معایب و محدودیت‌های هر رهیافت را بیان‌کردند. نتایج نشان‌می‌دهند که تمامی رهیافت‌های ارائه شده به نتایج قابل مقایسه و قابل قبولی می رسند، نظر به اینکه روش تئوری ساختاری به دلیل نتایج غیر قابل قبول نباید برای محاسبه تخریب اگزرژی درون زا مورد استفاده قرار بگیرد. آنها در این تحقیق بیان داشتند که جداسازی تخریب اگزرژی به بخش‌های درون‌زا و برون‌زا درک ما را از مسئله تعاملات اجزاء بیشتر می‌کند و به ویژه زمانیکه با رهیافت تخریب اگزرژی

[1] . Phill
[2] . Kelly

اجتناب‌پذیر و اجتناب‌ناپذیر ترکیب گردد، اطلاعات بسیار مفیدی برای اصلاح سیستم تبدیل اگزرژی ارائه می‌دهد.

مرِسک[1] و ستسرونیس در سال ۲۰۰۹ [۱۷]، نشان‌دادند که محدودیت‌های تحلیل اگزرژی قراردادی به وسیله تحلیل اگزرژی پیشرفته کاهش می یابد. آنها در این مقاله بیان‌کردند که هدف اصلی تحلیل اگزرژی پیشرفته فراهم‌سازی داده‌های مفید اضافی مورد نیاز مهندسین برای اصلاح طراحی و کارکرد سیستم‌های تبدیل انرژی می باشد که این اطلاعات از هیچ روش دیگری قابل دستیابی نیستند. آنها در این تحقیق یک روش عمومی برای بکارگیری در سیستم‌هایی که فرآیندهای شیمیایی در آنها اتفاق می افتد، بررسی نمودند. آنها با بکارگیری این روش روی یک سیستم توربین گاز ساده پتانسیل‌های اصلاح را نشان دادند. نتایج نشان‌دادند که در محفظه احتراق تنها یک چهارم تخریب اگزرژی قابل‌اجتناب می‌باشد.

واچکویچ و همکاران درسال ۲۰۱۲ [۱۸]، علاوه بر تحلیل اگزرژی قراردادی یک نیروگاه صنعتی، به بررسی آن از دیدگاه اگزرژی پیشرفته و اگزرژواکونومیک پرداختند. آنها نشان‌دادند که نتایج تحلیل اگزرژی پیشرفته مکمل نتایج تحلیل اگزرژی قراردادی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین اصلاح در بازده کل سیستم با اصلاح کارکرد مولد بخار بازیاب حرارت (حذف تقریباً ۱Mw از تخریب اگزرژی اجتناب‌پذیر در مولد بخار)، به دست خواهد آمد. تجهیزات با بیشترین مقدار نرخ هزینه اگزرژواکونومیک و غیر اگزرژواکونومیک تعیین‌گردیدند. نتایج نشان می‌دهند که تجهیزاتی با بالاترین مقدار این نرخ‌های هزینه باید در اولویت اصلاح قرار گیرند. آنها نشان دادند که نکته قابل توجه در تجهیزاتی با اختلاف هزینه نسبی بالا، اینست که مقادیر اگزرژی سوخت و تخریب اگزرژی در آنها چندین برابر اگزرژی محصول است. بنابراین پیشنهاد شد تا با کاهش جریان‌های اگزرژی سوخت در این تجهیزات، بازده کل سیستم افزایش و مصرف سوخت کاهش یابد.

[1] . Morosuk

پترکاپلو[1] و همکاران در سال ۲۰۱۲ [۱۹]، یک نیروگاه سیکل ترکیبی را مورد تحلیل اگزرژی پیشرفته قرار دادند. نتایج نشان می‌دهند که بیشتر تخریب اگزرژی‌ها در تجهیزات نیروگاه اجتناب‌ناپذیر است (به جز توربین گاز و توربین بخار فشار بالا). تخریب اگزرژی درون‌زا در سطح بالا نشان می‌دهد که تعاملات تجهیزات سهم اندکی در بازگشت‌ناپذیری‌ها دارند و علاوه بر آن، این بازگشت ناپذیری‌ها بیشتر اجتناب‌ناپذیر هستند. با تحلیل اگزرژی پیشرفته راه حل‌های اصلاح جدیدی حاصل می گردد که با روش‌های قبلی امکان‌پذیر نبودند.

مروسک و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۲۰]، تئوری تحلیل اگزرژی‌های قراردادی و پیشرفته را بیان کرده و کاربرد آن را بر روی یک سیکل گاز ساده بررسی نمودند. آنها نشان دادند که تحلیل اگزرژی پیشرفته برای فهم کارکرد سیستم‌های تبدیل انرژی و توسعه روش‌های اصلاح بسیار مناسب است. آنها بیان‌کردند که نتایج حاصل از تحلیل اگزرژی پیشرفته می‌تواند طراحان را برای یافتن روش‌های اصلاح کل سیستم تبدیل انرژی، بهتر راهنمایی کند.

سلطانی و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۲۱]، تحلیل اگزرژی پیشرفته یک نیروگاه سیکل ترکیبی برون‌سوز شامل سیستم گازساز بیوماس[2] را بررسی نمودند. نتایج پتانسیل‌های اصلاح کل سیستم را با بررسی تعاملات تجهیزات بیان می‌کنند. نتایج نشان می‌دهند که تعاملات تجهیزات نقش خیلی مهمی را ایفاء نمی‌کنند. آنها بیان می‌کنند مزیت تحلیل اگزرژی پیشرفته به قراردادی این است که نتایج آن تمرکز اصلاح عملکرد کل سیکل را با وجود تخریب اگزرژی بالای محفظه احتراق یا گازساز روی مبدل حرارتی و نه این دو جزء نشان می دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که به دلیل تخریب اگزرژی اجتناب ناپذیر در بیشتر تجهیزات از بخش اجتناب پذیر بیشتر است، بنابراین نمی توان بازگشت ناپذیری های سیکل را خیلی کاهش داد.

واچکویچ و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۲۲]، تحلیل اگزرژوونومیک و تحلیل اگزرژی پیشرفته یک نیروگاه صنعتی پیچیده را انجام دادند. نتایج نشان می‌دهند که بیشترین تخریب اگزرژی

[1] . Petrakopoulou
[2] . Externally-fired combined-cycle power plant integrated with a biomass gasification unit

مربوط به مولد بخار است. همچنین در این مقاله بخش بزرگتر تخریب اگزرژی مربوط به بخش درون‌زا و کارکرد خود تجهیزات می‌باشد. مطابق با نتایج، اصلاح مولد بخار در رتبه اول قرار دارد. نتایج تحلیل اگزرژواکونومیک نشان‌می‌دهد که به دلیل مجموع هزینه‌های بالای اگزرژواکونومیک و غیراگزرژواکونومیک در مولد بخار، بهترین نتیجه برای افزایش بازده کل سیستم، می‌تواند به وسیله انجام اصلاحاتی در مولد بخار حاصل گردد.

روزن[1] و دینسر[2] در سال ۲۰۰۳ [۲۳, ۲۴]، در مقالاتشان روابطی را بین افت‌های انرژی، اگزرژی و هزینه سرمایه سیستم‌های حرارتی تعریف نمودند. نتایج تحقیق آنها ارتباط سیستمی بین افت اگزرژی و سرمایه را پیشنهاد می‌کند و به اثبات شایستگی تحلیل قانون دوم نسبت به تحلیل‌های قانون اول قراردادی می پردازد. برای افت‌های حرارتی مورد بررسی (افت انرژی و افت اگزرژی)، پارامتر ویژه‌ای به صورت نسبت نرخ افت ترمودینامیکی به هزینه سرمایه تعریف می گردد.

قاضی و همکاران در سال۲۰۱۲ [۲۵]، مدلسازی ترمودینامیکی و ترمواکونومیکی مولد بخار بازیاب حرارت در یک نیروگاه سیکل ترکیبی دوفشاره را به کمک نرم افزار متلب[3] انجام دادند. آنها در این مقاله چگونگی تغییر پارامترهای طراحی با تغییر در آنتالپی گاز داغ ورودی به مولد بخار را بررسی کردند. آنها همچنین آنالیز حساسیت را برای پارامترهای طراحی با تغییر هزینه سوخت و سرمایه بررسی کردند.

تقوی و همکاران در سال۲۰۱۳ [۲۶]، نیروگاه سیکل ترکیبی فارس را مورد ارزیابی فنی و اقتصادی قرار دادند. به کمک تحلیل اگزرژی، مقدار جریان‌های اگزرژی و تخریب اگزرژی برای هر جزء را محاسبه نمودند. آنها با حل معادلات موازنه هزینه برای هر جزء، هزینه‌های واحد اگزرژی جریان‌های اگزرژی سیستم و هزینه‌های تخریب اگزرژی را برای آن جزء محاسبه نمودند.

---

[1] . Rosen
[2] . Dinser
[3] . Matlab