INSO
13375
1st Revision
2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۳۳۷۵
تجدیدنظر اول
۱۳۹۶

معیار بازده خالص حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی تولید برق و تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)

Net thermal efficiency criteria in fossil fuel thermal power plant and combined heat and power plant (CHP)

ICS:27.010 ; 29.020

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«معیار بازده خالص حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی تولید برق و تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
صادق‌زاده، محمد (دکتری مهندسی برق)	رئیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
دبیر:	
نجف زاده، کیان (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ابوئی مهریزی، ایرج (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	سازمان ملی استاندارد ایران
بنده‌ای، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
بیاتی، غلامرضا (کارشناسی ارشد مهندسی انرژی)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
پرکار، سیامک (دکتری مهندسی برق قدرت)	شرکت مدیریت شبکه برق ایران
پورحمیدی، علیرضا (کارشناسی مهندسی مکانیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
تقی زاده، صمد (دکتری مهندسی مکانیک)	شرکت ماد نیرو گستر
توکلی، امیر (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مهندسی مشاور سامان انرژی
حسینی، سید مهدی (کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت)	سازمان برنامه و بودجه کشور

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
خدام رضایی، فرشته (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی
خطیبی، سپیده (دکتری علوم اقتصادی)	اداره کل برنامه‌ریزی راهبردی و مدیریت انرژی وزارت نفت
زروانی، رامش (کارشناسی شیمی)	اداره کل برنامه‌ریزی راهبردی و مدیریت انرژی وزارت نفت
سلماسی، عاطفه (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی
صالحیان پیرمرد، عباس محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
صدری، ملک ارسلان (دکتری مهندسی مکانیک)	شرکت مهندسی مشاور سامان انرژی
طبیبی، پویا (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مهندسی مشاور سامان انرژی
عبدلی، علی اصغر (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی
عدالتی، ابوالفضل (کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست)	سازمان حفاظت محیط زیست
فاضل بخششی، بابک (کارشناسی مهندسی برق)	انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های بهره برداری و نگهداری نیروگاه‌های کشور
قاسمی‌نژاد، علی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
قزلباش، پریچهر (کارشناسی فیزیک کاربردی)	سازمان ملی استاندارد ایران
کاشانی، بهناز (کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی)	اداره کل برنامه‌ریزی راهبردی و مدیریت انرژی وزارت نفت

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
گل‌زاده، مرتضی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت
گنجی‌زاده، فتاح (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
منتظرالقائم، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت مهندسی مشاور سامان انرژی
نگارش، ایرج (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی
نورائی پور، مجید (کارشناسی ارشد مدیریت پروژه)	دفتر راهبردی و نظارت بر تولید برق وزارت نیرو
ویراستار:	
قزلباش، پریچهر (کارشناسی فیزیک کاربردی)	سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۱-۱ هدف ۱
۱-۲ دامنه کاربرد ۱
۲ اصطلاحات و تعاریف ۱
۳ شیوه تعیین بازده حرارتی ۶
۳-۱ روش محاسبه بازده خالص حرارتی ۶
۳-۲ تعیین مرزهای نیروگاه ۷
۳-۳ شیوه اندازه‌گیری داده‌های ورودی ۸
۳-۴ محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه ۹
۴ معیار بازده حرارتی ۱۰
۴-۱ معیار سنجش ۱۰
۴-۲ ضریب انحراف مجاز بازده ۱۰
۴-۳ حداقل بازده قابل قبول ۱۱
۵ نمودار گردش کار ۱۱
پیوست الف (الزامی) شیوه تعیین ضریب تصحیح بازده ۱۳
پیوست ب (الزامی) شیوه تعیین بازده مرجع ۱۸
پیوست پ (الزامی) فرم پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی ۲۰
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) رویه پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی ۲۵

پیش‌گفتار

استاندارد «معیار بازده خالص حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی تولید برق و تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)» که نخستین بار در سال ۱۳۸۹ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در هشتاد و ششمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۹۶/۷/۱۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۳۳۷۵: سال ۱۳۸۹ می‌شود.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

۱- نجف‌زاده، کیان و همکاران- سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، پروژه "انجام خدمات مشاوره‌ای جهت تدوین معیار بازده، مصرف انرژی و آب و ارزیابی عملکرد سیستم‌های مدیریت انرژی در نیروگاه‌های حرارتی"، با مشاوره شرکت مهندسی مشاور سامان انرژی اصفهان، ۱۳۹۶.

2- ASME PTC PM, Performance Monitoring Guidelines for Power Plants, 2010.

3- ASME PTC 46, Overall Plant Performance: Performance Test Codes, 2015.

4- ASME PTC 22, Gas Turbine: Performance Test Codes, 2014.

5- ASME PTC 6, Steam Turbine: Performance Test Code. 2004.

6- Directive 2004/8/EC of the European Parliment and of the council of 11 February 2004, on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC, Official Journal of the European Union, L 52/50, 2004.

7- Portfolio Standards and the Promotion of Combined Heat And Power, U.S. Environmental Protection Agency, Combined Heat and Power Partnership, 2016.

8- Power Generation from Coal: Measuring and Reporting Efficiency Performqance and CO2 Emmisions, Internatonal Energy Agency, Coal Industry Advisory Board, 2010.

9- Technical Guidelines: Generator Efficiency Standards, Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage, 2006.

۱۰- سند راهبردی و نقشه راه افزایش بازده نیروگاه‌های حرارتی کشور، معاونت فناوری، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۴.

معیار بازده خالص حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی تولید برق و تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

۱-۱ هدف

۱-۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین معیار بازده خالص حرارتی در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی تولید برق (نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی) و نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP) ایران است.

۱-۲ دامنه کاربرد

۱-۲-۱ این استاندارد برای تعیین بازده خالص حرارتی نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی موجود و جدیدالاحداث کاربرد دارد.

۱-۲-۲ این استاندارد برای نیروگاه‌هایی کاربرد دارد که هر دو شرط زیر را داشته باشند:

- قدرت نامی بیش از ۲۵ MW (نیروگاه‌های موجود و جدیدالاحداث)
- تولید انرژی برق ویژه بیش از ۲۰۰ GWh در سال (نیروگاه‌های موجود)

۱-۲-۳ این استاندارد همه انواع سوخت‌های فسیلی را شامل می‌شود. هم‌چنین استفاده ترکیبی از سوخت‌های فسیلی متفاوت برای هر نیروگاه در پوشش این استاندارد قرار می‌گیرد.

۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۲-۱
نیروگاه
power plant

نیروگاه، مجموعه‌ای از مولدهای نیروی برق و تجهیزات وابسته به منظور تولید برق و یا تولید برق و حرارت به صورت هم‌زمان است.

۲-۲
نیروگاه حرارتی
thermal power plant

نیروگاه حرارتی، نیروگاهی است که در آن انرژی شیمیایی موجود در سوخت‌های جامد، مایع و گاز به انرژی برق تبدیل می‌شود. نیروگاه‌های بخاری، گازی و سیکل ترکیبی شامل این تعریف می‌شوند.

۳-۲

واحد

unit

هر نیروگاه می‌تواند مجموعه‌ای از چندین واحد مولد انرژی برق از قبیل واحدهای گازی و یا بخار باشد.

۴-۲

نیروگاه بخاری

steam power plant

نیروگاهی است که در آن از انرژی حرارتی سوخت‌های مایع، جامد و گاز جهت تولید بخار و مصرف آن در توربین‌های بخار برای تولید برق استفاده می‌شود.

۵-۲

نیروگاه گازی

gas power plant

نیروگاهی است که در آن از انرژی حرارتی سوخت‌های فسیلی گاز و مایع جهت تولید گاز داغ (دود) و مصرف آن در توربین گاز برای تولید برق استفاده می‌شود.

۶-۲

نیروگاه چرخه ترکیبی

combined-cycle power plant

نیروگاهی است که در آن علاوه بر انرژی الکتریکی تولیدشده در توربین‌های گازی از حرارت موجود در گازهای خروجی از توربین‌های گازی جهت تولید بخار در یک دیگ بازیاب استفاده شده و بخار تولیدی در یک دستگاه توربوژنراتور بخاری، تولید انرژی برق می‌نماید.

۷-۲

نیروگاه تولید هم‌زمان برق و حرارت

combined heat and power plant

به نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که از یک منبع سوخت، به‌طور هم‌زمان انرژی الکتریکی و حرارت تولید می‌کند.

۸-۲

نیروگاه موجود

existing plant

نیروگاه‌هایی که در حال حاضر در حال بهره‌برداری هستند و یا قبل از تصویب و ابلاغ این استاندارد، مجوز احداث دریافت نموده‌اند.

۹-۲

نیروگاه جدیدالاحداث

new plant

نیروگاه‌هایی که مبادله موافقت‌نامه، انعقاد قرارداد ساخت و یا اقدام جهت اخذ مجوز احداث آن‌ها بعد از زمان اجرای این استاندارد، صورت پذیرد.

۱۰-۲

تولید برق ناویژه

gross electricity generation

جمع انرژی الکتریکی تولیدی مولدهای برق یک نیروگاه که در طی یک دوره زمانی معین (مثلاً یک سال) روی پایانه خروجی مولدها بر حسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

۱۱-۲

تولید برق ویژه

net electricity generation

انرژی الکتریکی تحویلی نیروگاه به شبکه برق سراسری در یک دوره معین و برحسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت محاسبه می‌شود.

۱۲-۲

مصرف داخلی

internal consumption

عبارت است از تولید انرژی برق ناویژه منهای تولید انرژی برق ویژه نیروگاه‌ها در یک دوره معین و برحسب کیلووات ساعت یا مگاوات ساعت محاسبه می‌شود.

۱۳-۲

قدرت نامی

nominal power

قدرت نامی، قدرت قابل تولید نیروگاه در شرایط مرجع و بار پایه که بر حسب مگاوات و یا کیلووات از طرف

سازنده نیروگاه اعلام می‌شود. قدرت نامی کل نیروگاه، مجموع قدرت نامی کلیه واحدهای آن نیروگاه است.

۱۴-۲

قدرت عملی

operational power

قدرت قابل تولید در بار پایه که در طول سال با توجه به شرایط محیطی (ارتفاع از سطح دریا، دمای محیط و رطوبت نسبی) متغیر است.

۱۵-۲

قدرت عملی متوسط

mean operational power

میانگین قدرت عملی نیروگاه در طی دوره پایش ماهانه.

۱۶-۲

ساعت کارکرد نیروگاه

service hours

ساعاتی که نیروگاه در آن بازه زمانی، انرژی الکتریکی تولید کرده است.

۱۷-۲

دوره پایش

monitoring period

بازه زمانی معادل یکسال شمسی که طی آن نیروگاه بر اساس معیارهای این استاندارد مورد پایش و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱۸-۲

پایش ماهانه

monthly monitoring

بازه زمانی معادل یک ماه که مبنای محاسبات ماهانه مانند بازده خالص حرارتی ماهانه، قدرت عملی متوسط، ضریب بار و غیره در این استاندارد است.

۱۹-۲

ضریب بار

load factor

نسبت کل انرژی الکتریکی تولید شده در طی یک دوره به مقدار کل انرژی قابل تولید که در ساعت‌های کاری همان دوره، امکان تولید داشته است. (کل انرژی قابل تولید، از حاصل‌ضرب قدرت عملی متوسط

نیروگاه در ساعات کارکرد آن در طی یک دوره به دست می‌آید.)

۲-۲۰

انرژی حرارتی سوخت

fuel heat energy

کل حرارت حاصل از احتراق سوخت در تجهیزاتی مانند توربین گاز، بویلر و مشعل‌های بویلر بازیافت حرارت، معرف انرژی حرارتی سوخت است.

۲-۲۱

ارزش حرارتی سوخت

fuel heating value

مقدار انرژی حرارتی که از سوختن یک واحد سوخت حاصل می‌شود.

۲-۲۲

ارزش حرارتی بالای سوخت

higher heating value

اگر ارزش حرارتی، با این فرض محاسبه شود که در انتهای فرآیند، آب تشکیل شده ضمن فرآیند احتراق به فرم مایع باقی بماند، ارزش حرارتی بالا محاسبه شده است.

۲-۲۳

ارزش حرارتی پایین سوخت

lower heating value

اگر در محصولات احتراق آب به صورت بخار باقی بماند، ارزش حرارتی پایین در فرآیند احتراق محاسبه می‌شود.

۲-۲۴

بازده خالص حرارتی

net thermal efficiency

نسبت مجموع تولید انرژی برق ویژه و انرژی حرارتی مفید (صرفاً نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت) خروجی از نیروگاه به کل انرژی حرارتی سوخت ورودی به نیروگاه، بازده خالص حرارتی نامیده می‌شود.

۲-۲۵

بازده ناخالص حرارتی

gross thermal efficiency

نسبت مجموع تولید انرژی برق ناویژه و انرژی حرارتی مفید (صرفاً نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت)

خروجی از نیروگاه به کل انرژی حرارتی سوخت ورودی به نیروگاه، بازده ناخالص حرارتی نامیده می‌شود.

۲۶-۲

حرارت مفید خروجی

output useful heat

حرارتی است که برای گرمایش فرآیندها، گرمایش محیطی یا برای اهداف سرمایشی تولید و در خارج از نیروگاه استفاده می‌شود.

۲۷-۲

بازتوانی

repowering

فرآیندی است که طی آن یک نیروگاه قدیمی با اصلاح، تغییر و به روز رسانی ساختار، به سطح بالاتری از ظرفیت و بازده حرارتی دست می‌یابد.

۳ شیوه تعیین بازده حرارتی

۳-۱ روش محاسبه بازده خالص حرارتی

۳-۱-۱ در این استاندارد از روش مستقیم انرژی ورودی – خروجی به منظور تعیین بازده نیروگاه‌ها استفاده می‌شود.

۳-۱-۲ طبق روش مستقیم ورودی-خروجی، بازده خالص حرارتی نیروگاه عبارت است از نسبت مجموع تولید انرژی برق ویژه خروجی از نیروگاه و انرژی حرارتی مفید خروجی (برای نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت)، به کل انرژی حرارتی سوخت ورودی به نیروگاه در طول یک دوره که بر اساس رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$\eta = \frac{(E_e \times 3600 + \sum E_T)}{E_f} \qquad (۱)$$

که در آن:

η بازده خالص حرارتی نیروگاه،

E_e کل تولید انرژی برق ویژه خروجی از نیروگاه (kWh)،

$\sum E_T$ کل انرژی حرارتی مفید خالص خروجی از نیروگاه (صرفاً تولید هم‌زمان برق و حرارت) (kJ) و

E_f کل انرژی حرارتی سوخت ورودی (kJ) است.

۳-۱-۳ کل انرژی حرارتی مفید خالص خروجی از نیروگاه تولید هم‌زمان عبارت است از انرژی حرارتی مفید کلیه جریان‌های سیال حامل انرژی (بخار/آب داغ) خروجی از نیروگاه، منهای انرژی حرارتی کلیه جریان‌های سیال حامل انرژی (بخار/آب داغ) ورودی به آن که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\sum E_T = \sum (m_i h_i)_{out} - \sum (m_i h_i)_{in} \qquad (۲)$$

که در آن:

m_i جرم سیال حامل انرژی (kg)

h_i آنتالپی سیال حامل انرژی (kJ/kg) که در دما و فشار متوسط ماهانه سیال به دست می‌آید.

۳-۱-۴ انرژی حرارتی سوخت ورودی به نیروگاه ($\mathbf{E_f}$) عبارت است از کل حرارت حاصل از احتراق سوخت بر پایه ارزش حرارتی پایین و از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$E_f = m_f \times LHV \qquad (۳)$$

که در آن:

m_f میزان سوخت مصرفی و

LHV ارزش حرارتی متوسط پایین سوخت در دوره پایش ماهانه است.

۳-۱-۴-۱ انرژی حاصل از احتراق سوخت گاز، به صورت حاصل‌ضرب حجم گاز مصرفی در ماه بر حسب استاندارد مترمکعب (SCM[1]) در ارزش حرارتی آن بر حسب (kJ/SCM) به دست می‌آید. منظور از شرایط استاندارد، فشار یک اتمسفر و دمای ^{o}C ۱۵ است.

۳-۱-۴-۲ انرژی حاصل از احتراق سوخت مایع به صورت حاصل‌ضرب جرم سوخت مایع مصرفی در ماه بر حسب (kg) در ارزش حرارتی جرمی آن بر حسب (kJ/kg) به دست می‌آید.

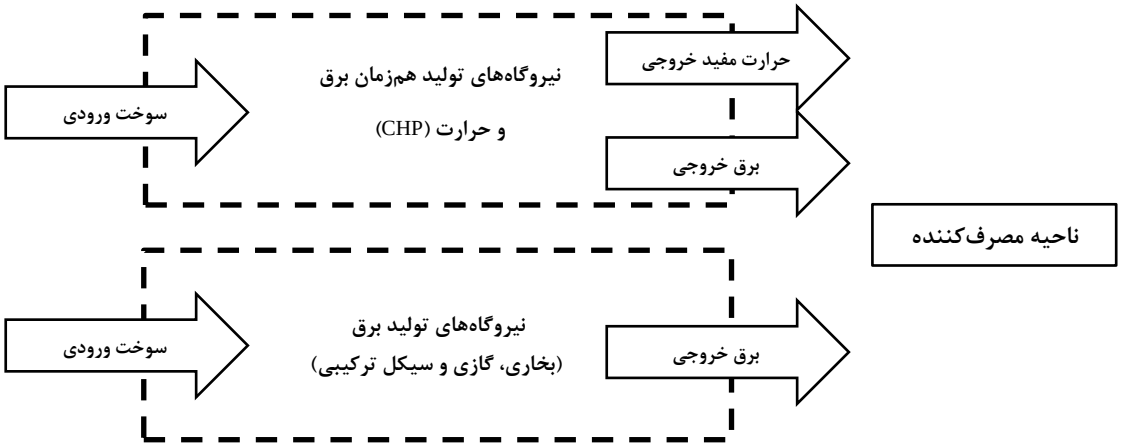
۳-۲ تعیین مرزهای نیروگاه

۳-۲-۱ در روش مستقیم ورودی-خروجی، بدون نیاز به اطلاعات بازده اجزای واحدها، کل نیروگاه توسط یک مرز فرضی احاطه می‌شود. کل جریان‌های ورودی و خروجی انرژی، شامل انرژی الکتریکی، حرارتی و هم‌چنین سوخت ورودی توسط این مرز مشخص می‌شود.

۳-۲-۲ مرزهای یک نیروگاه تولید هم‌زمان فقط باید فرآیند تولید هم‌زمان را پوشش دهد. اندازه‌گیری‌ها برای تعیین ورودی و خروجی نیروگاه باید در این مرزها واقع شود.

1 -Standard Cubic Meter

۳-۲-۳ یک نیروگاه، انرژی تولیدی، شامل برق و حرارت را به یک ناحیه مصرف‌کننده عرضه می‌کند. این ناحیه متعلق به نیروگاه نیست، اما انرژی‌های خروجی تولید شده توسط نیروگاه را مصرف می‌کند. این دو ناحیه لزوماً متعلق به دو ناحیه جغرافیایی متمایز نبوده، اما به طور کلی مطابق شکل ۱ قابل نمایش است.



شکل ۱- شماتیک کلی مرزهای نیروگاه

۳-۳ شیوه اندازه‌گیری داده‌های ورودی

۳-۳-۱ به منظور محاسبه بازده هر نیروگاه، با توجه به رابطه (۱) در زیربند ۳-۱-۲، اطلاعات جدول ۱ به عنوان داده‌های ورودی، مورد نیاز است.

جدول ۱- داده‌های عملیاتی مورد نیاز به منظور محاسبه بازده نیروگاه

پارامتر	واحد
جمع تولید انرژی برق ویژه نیروگاه (E_e)	(kWh)
جمع انرژی حرارتی مفید خالص تولیدی (E_T) (برای نیروگاه CHP)	(kJ)
کل انرژی حرارتی سوخت ورودی به نیروگاه (E_f)	(kJ)

۳-۳-۲ به منظور تعیین ارزش حرارتی سوخت گاز در زیربند ۳-۱-۴، نیروگاه موظف به انجام نمونه‌گیری و آزمایش دو بار در سال توسط آزمایشگاه‌های مورد تأیید سازمان ملی استاندارد است.

۳-۳-۳ مبنای تعیین حجم سوخت مایع در زیربند ۳-۱-۴، کنتورهای داخلی یا شاخص‌های عمق‌سنجی مخازن سوخت نیروگاه است. با توجه به اینکه ارزش حرارتی سوخت مایع به صورت جرمی گزارش می‌شود، تعیین جرم سوخت ضروری است. به منظور تعیین جرم سوخت مایع، چگالی سوخت باید در دمای سوخت در محل نصب کنتور/ مخازن سوخت، توسط مراجع ذیصلاح و مورد تأیید سازمان ملی استاندارد، تعیین شود. ضروری است میزان سوخت مایع ماهانه، گزارش شده توسط کنتورهای نیروگاه، با گردش موجودی انبار و مقادیر ثبت شده در دفاتر رسمی مالیاتی نیروگاه مطابقت داشته باشد و مورد تأیید بازرس قرار گیرد.

۳-۳-۴ جهت تعیین ارزش حرارتی سوخت مایع در زیربند ۳-۱-۴، نیروگاه موظف به انجام یک نوبت نمونه‌گیری در هر فصل و انجام آزمایش توسط آزمایشگاه‌های مورد تأیید سازمان ملی استاندارد در ماه‌هایی است که نیروگاه سوخت مایع مصرف می‌کند.

۳-۳-۵ ارائه گواهی کالیبراسیون دستگاه‌های اندازه‌گیر داخلی نیروگاه که در فرآیند ارزیابی این استاندارد استفاده می‌شوند، توسط مراجع ذیصلاح که به تأیید سازمان ملی استاندارد رسیده باشد، ضروری است.

۳-۴ محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه

۳-۴-۱ مقدار متوسط بازده خالص حرارتی سالانه، مبنای ارزیابی نیروگاه در این استاندارد است. بازده خالص حرارتی سالانه از متوسط وزنی بازده خالص ماهانه کل نیروگاه طبق رابطه (۴) به دست می‌آید.

$$\eta_{ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \eta_{c,i} \times (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})}{\sum_{i=1}^{i=12} (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})} \qquad (۴)$$

که در آن:

η_{ann} بازده متوسط خالص حرارتی سالانه،

η_c بازده خالص حرارتی تصحیح شده هر ماه از رابطه شماره (۵)،

E_e تولید انرژی برق ویژه هر ماه،

E_T انرژی حرارتی مفید خالص تولیدی هر ماه و

i معرف هر ماه از سال است.

۳-۴-۲ مقدار بازده خالص حرارتی ماهانه هر نیروگاه، $\boldsymbol{\eta_{mth}}$، ابتدا از رابطه (۱) محاسبه و بر اساس رابطه (۵) تصحیح می‌شود. ضریب تصحیح، $\boldsymbol{K}$، برای هر یک از نیروگاه‌ها طبق پیوست الف به دست می‌آید.

$$\eta_c = \eta_{mth} \times K \qquad (۵)$$

یادآوری- چنانچه نوع نیروگاه طی یک فرآیند بازتوانی از سیکل بخار به سیکل ترکیبی تغییر نماید، روش تعیین ضریب تصحیح بازده، K، بر اساس سیکل جدید نیروگاه، از پیوست الف تعیین می‌شود.

۴ معیار بازده حرارتی

۴-۱ عیار سنجش

۴-۱-۱ طبق این استاندارد، تبعیت از هر دو شرط (۶) و (۷) برای همه نیروگاه‌های تحت دامنه این استاندارد الزامی است.

$$\eta_{ann} \geq \eta_{min} \quad (۶)$$

$$\frac{\eta_{ann}}{\eta_{CAT}} \geq A \quad (۷)$$

که در آن:

A ضریب انحراف مجاز بازده طبق زیربند ۴-۲،

η_{min} حداقل بازده قابل قبول برای هر نیروگاه طبق جدول زیربند ۴-۳ و

η_{CAT} بازده مرجع (بازده خالص آزمون کارایی نیروگاه در زمان راه‌اندازی) طبق پیوست ب است.

یادآوری- بازده خالص حرارتی ماهانه و بازده خالص حرارتی ماهانه تصحیح شده تا دو رقم اعشار و بازده خالص حرارتی سالانه تا یک رقم اعشار به سمت بالا گرد می‌شوند.

۴-۲ ضریب انحراف مجاز بازده

۴-۲-۱ مقدار مجاز انحراف بازده خالص حرارتی سالانه نیروگاه (η_{ann}) از بازده مرجع نیروگاه (η_{CAT})، توسط ضریب انحراف مجاز (A) نمایش داده شده و برای هریک از انواع نیروگاه‌ها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- ضریب انحراف مجاز برای نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی

نوع نیروگاه	ضریب انحراف مجاز (A)
بخار	۰٫۹۱
گازی	۰٫۹۵
سیکل ترکیبی	۰٫۸۹
تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)	۰٫۸۹

یادآوری- چنانچه نوع نیروگاه طی یک فرآیند بازتوانی از سیکل بخار به سیکل ترکیبی تغییر نماید، ضریب انحراف مجاز، براساس سیکل جدید نیروگاه از جدول ۲ تعیین می‌شود.

۴-۳ حداقل بازده قابل قبول

۴-۳-۱ حداقل بازده خالص حرارتی قابل قبول (η_{min}) برای نیروگاه‌های بخار، گازی، سیکل ترکیبی و هم‌چنین نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت موجود، بر اساس ارزش حرارتی پایین (LHV) بر حسب درصد در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- حداقل بازده خالص حرارتی قابل قبول برای نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی موجود

نوع نیروگاه	حداقل بازده (η_{min}) ٪
بخار	۳۲
گازی	۲۷
سیکل ترکیبی	۴۳
تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)	۷۰

یادآوری- چنانچه نوع نیروگاه طی یک فرآیند بازتوانی از سیکل بخار به سیکل ترکیبی تغییر نماید، حداقل بازده مجاز، بر اساس سیکل جدید نیروگاه، از جدول ۳ تعیین می‌شود.

۴-۳-۲ برای نیروگاه‌های جدیدالاحداث، حداقل بازده حرارتی ناخالص قابل قبول در زمان اخذ مجوز بر اساس ارزش حرارتی پایین (LHV) در جدول ۴ آمده است. هم‌چنین در زمان راه‌اندازی، بازده به دست آمده از آزمون کارایی اولیه در شرایط گارانتی، باید با معیار جدول ۴ مطابقت داشته باشد.

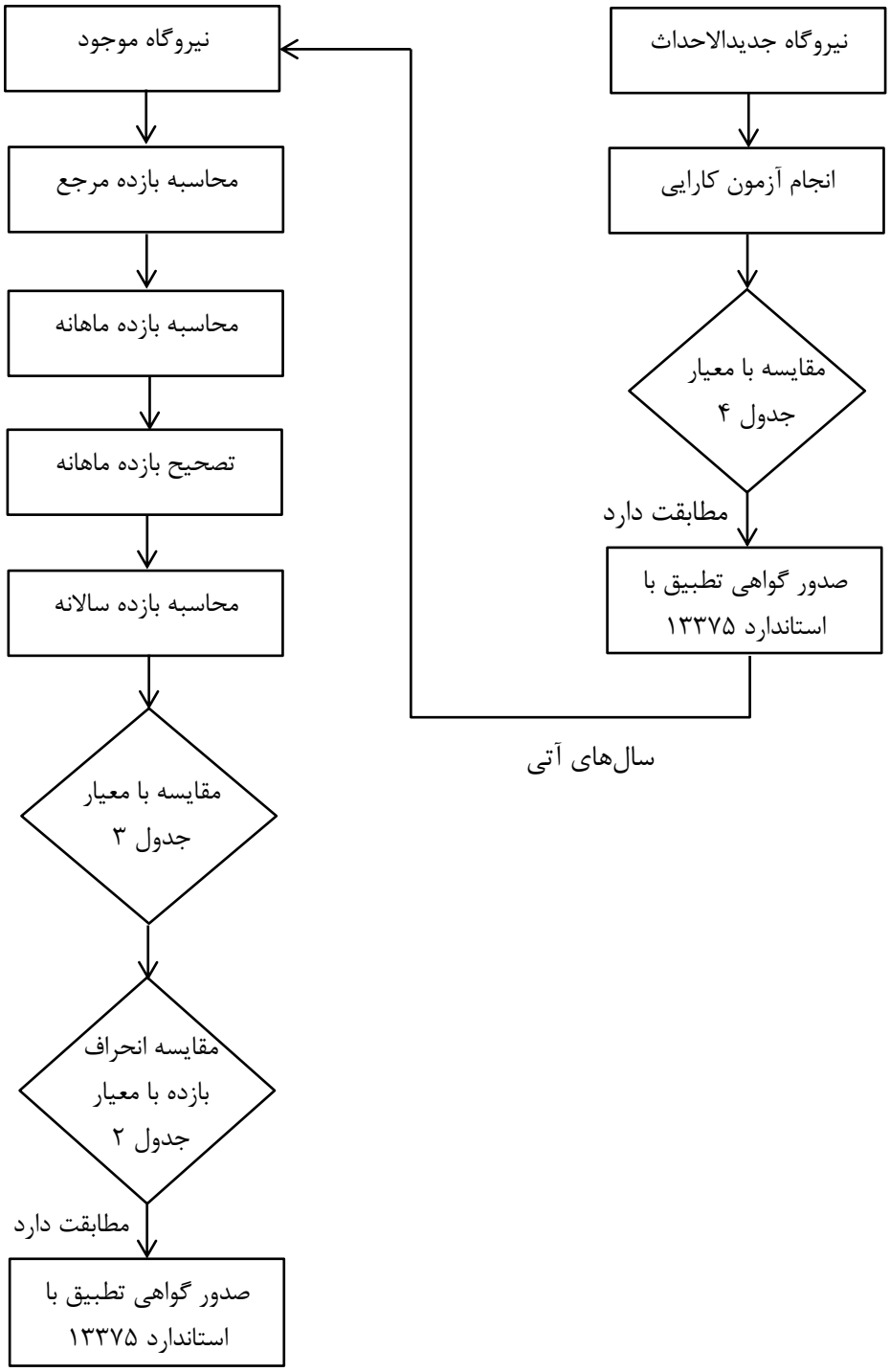
جدول ۴- حداقل بازده ناخالص حرارتی قابل قبول برای نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی جدیدالاحداث

نوع نیروگاه	حداقل بازده ٪	شرایط
بخار	۴۴	متوسط دمای سالانه در محل نیروگاه
گازی	۳۹	شرایط ISO
سیکل ترکیبی	۵۵	متوسط دمای سالانه در محل نیروگاه
تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)	۸۰	متوسط دمای سالانه در محل نیروگاه

یادآوری- در صورت صدور مجوز احداث نیروگاه سیکل ترکیبی، حداکثر زمان مجاز راه‌اندازی واحدهای بخار، پس از نصب و راه‌اندازی واحدهای گازی، ۲۴ ماه است. در طی این مدت، حداقل بازده قابل قبول مطابق با زیربند ۴-۳-۱ برای نیروگاه‌های گازی و در صورت عدم نصب و راه‌اندازی واحدهای بخار پس از مدت زمان مقرر، مطابق با زیربند ۴-۳-۲ خواهد بود.

۵ نمودار گردش کار

نمودار گردش کار نحوه تعیین بازده و ارزیابی نیروگاه‌های حرارتی بر اساس شکل ۲ است.



شکل ۲- نمودار گردش کار ارزیابی و تعیین بازده نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی

پیوست الف

(الزامی)

شیوه تعیین ضریب تصحیح بازده

الف- ۱ شیوه تصحیح بازده نیروگاه‌های بخار

ضریب تصحیح بازده در رابطه (۵)، برای نیروگاه‌های بخار به صورت زیر محاسبه می‌شود؛

$$K = K_{T,ST}$$

که $K_{T,ST}$ در این رابطه، ضریب تصحیح بازده نیروگاه‌های بخار برحسب میانگین دمای ماهانه محیط بوده و برای نیروگاه‌های بخار با برج خنک‌کن تر و یک‌بار گذر (once through) از رابطه (الف-۱) محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} T_{mth} \le T_{CAT} &\rightarrow K_{T,ST} = 1 \\ T_{mth} > T_{CAT} &\rightarrow K_{T,ST} = 1 + \frac{(T_{mth} - T_{CAT}) \times 0.09}{\eta_{mth}} \end{aligned} \qquad \text{(الف-۱)}$$

$K_{T,ST}$ برای نیروگاه‌های بخار با برج خنک‌کن خشک و ترکیبی و کندانسورهای هوایی (ACC) از رابطه (الف-۲) به دست می‌آید.

$$\begin{aligned} T_{mth} \le T_{CAT} &\rightarrow K_{T,ST} = 1 \\ T_{mth} > T_{CAT} &\rightarrow K_{T,ST} = 1 + \frac{(T_{mth} - T_{CAT}) \times 0.17}{\eta_{mth}} \end{aligned} \qquad \text{(الف-۲)}$$

که در آن:

T_{mth} میانگین دمای ماهانه محیط،

η_{mth} بازده خالص حرارتی ماهانه محاسبه شده نیروگاه طبق رابطه (۱)، و

T_{CAT} دمایی است که بازده آزمون کارایی اولیه نیروگاه بر اساس آن دما تصحیح، گارانتی و گزارش شده است.

الف-۲شیوه تصحیح بازده نیروگاه‌های گازی

ضریب تصحیح بازده در رابطه (۵)، برای نیروگاه‌های گازی به صورت زیر محاسبه می‌شود؛

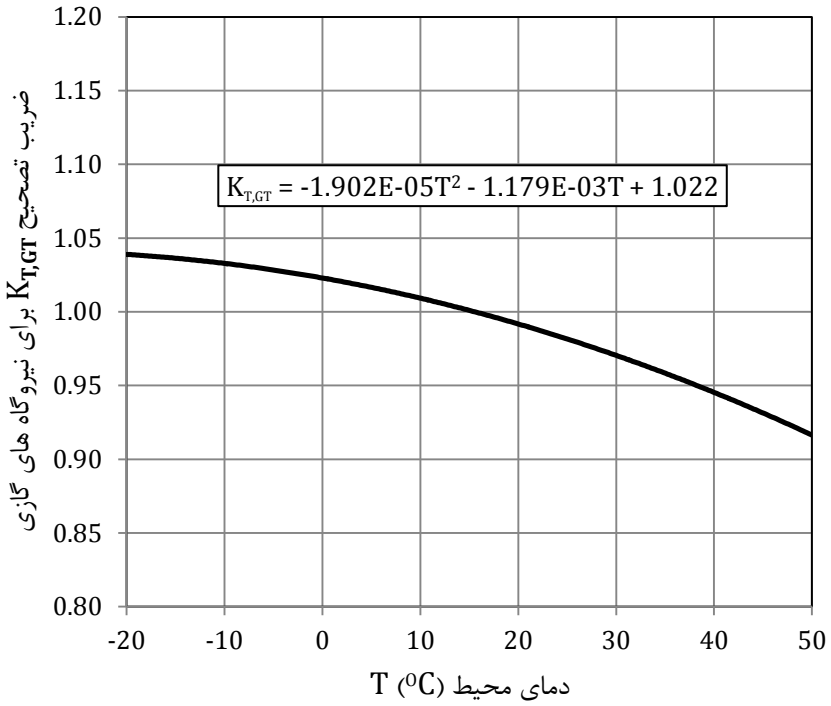
$$K = \frac{1}{K_{T,GT} \times K_{LF,GT}}$$

$K_{T,GT}$ در این رابطه، ضریب تصحیح دمایی بازده بر حسب میانگین دمای محیط بوده و مطابق با شکل (الف-۱) و از رابطه (الف-۳) محاسبه می‌شود.

$$K_{T,GT} = (-1.902 \times 10^{-5}) \times {T_{mth}}^2 - (1.179 \times 10^{-3}) \times T_{mth} + 1.022 \qquad \text{(الف-۳)}$$

که در آن:

T_{mth} میانگین دمای ماهانه محیط است.



شکل لف-۱- ضریب تصحیح $K_{T,GT}$ برای نیروگاه‌های گازی

$K_{LF,GT}$، ضریب تصحیح بازده بر حسب ضریب بار نیروگاه بوده و مطابق با شکل (الف-۲) و از رابطه (الف-۴) محاسبه می‌شود.

$$L.F < 100 \rightarrow K_{LF,GT} = 0.2896\ Ln(L.F) - 0.33$$
$$L.F \geq 100 \rightarrow K_{LF,GT} = 1 \qquad \text{(الف-۴)}$$

که در آن:

$L.F$ ضریب بار ماهانه کل نیروگاه گازی است.

ضریب بار ($L.F$)، به صورت نسبت کل تولید انرژی برق ویژه در طی یک دوره به مقدار کل انرژی که در ساعت‌های کاری همان دوره، امکان تولید داشته است، تعریف شده که برای هر واحد گازی از رابطه الف-۵ و برای کل نیروگاه گازی از رابطه (الف-۶) محاسبه می‌شود.

$$L.F(\%) = \frac{E_{mth}}{P_{Site,RTG} \times \text{Service Hours}} \times 100 \qquad \text{(الف-۵)}$$

که در آن:

E_{mth} میزان تولید انرژی برق ویژه در دوره پایش ماهانه،

$P_{Site,RTG}$ قدرت عملی متوسط نیروگاه در دوره پایش ماهانه و

Service Hours ساعات کارکرد نیروگاه در دوره پایش ماهانه است.

یادآوری- میانگین قدرت عملی ماهانه نیروگاه و مقدار ساعت کارکرد ماهانه آن، باید از شرکت مدیریت شبکه برق ایران به صورت ماهانه برای کل دوره پایش اخذ شود.

$$L.F = \frac{\sum_{i=1}^{N} L.F_i \times E_{mth_i}}{\sum_{i=1}^{N} E_{mth_i}} \quad \text{(الف-۶)}$$

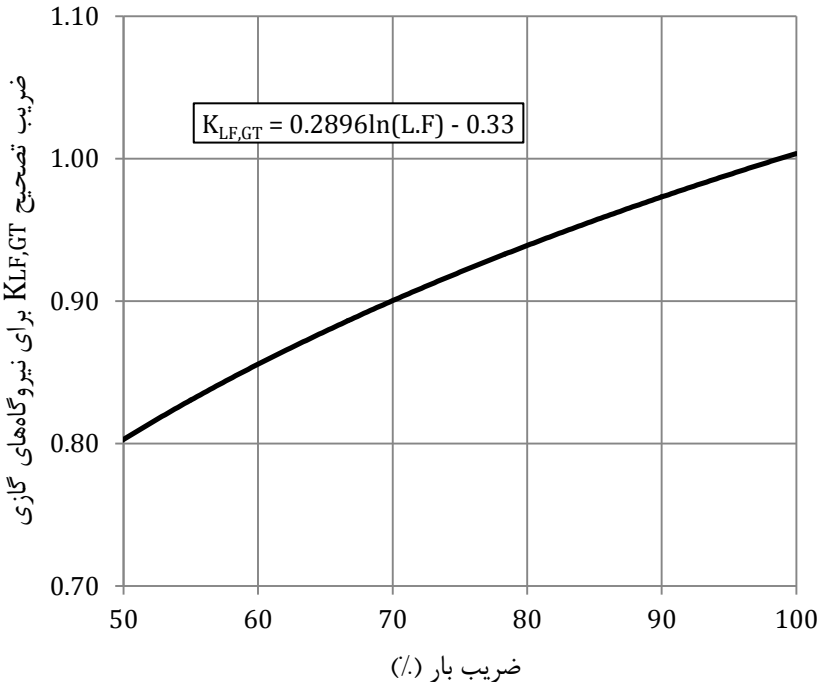
که در آن:

$L.F$ ضریب بار ماهانه کل نیروگاه،

$L.F_i$ ضریب بار ماهانه واحد i ام نیروگاه (محاسبه شده از رابطه (الف.۵))،

E_{mth_i} میزان تولید انرژی برق ویژه ماهانه واحد i ام نیروگاه و

N تعداد کل واحدهای نیروگاه است.



شکل الف-۲- ضریب تصحیح $K_{LF,GT}$ برای نیروگاه‌های گازی

یادآوری- در نیروگاه‌های گازی، بازده ماه‌هایی که ضریب بار آن‌ها کمتر از ٪۵۰ است، در محاسبه بازده سالانه در رابطه (۴) منظور نمی‌شود.

الف-۳ شیوه تصحیح بازده نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

ضریب تصحیح بازده در رابطه (۵)، برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به صورت زیر محاسبه می‌شود؛

$$K = K_{T,CC}$$

که $K_{T,CC}$ در این رابطه، ضریب تصحیح دمایی بازده نیروگاه‌های سیکل ترکیبی برحسب میانگین دمای ماهانه محیط بوده و از رابطه (الف-۷) محاسبه می‌شود.

$$T_{mth} \le T_{CAT} \rightarrow K_{T,CC} = 1$$
$$T_{mth} > T_{CAT} \rightarrow K_{T,CC} = \frac{E_{ST}}{E_{Tot}} \times K_{T,ST} + \frac{E_{GT}}{E_{Tot}} \times \frac{1}{K_{T,GT}} \quad \text{(الف-۷)}$$

که در آن:

E_{ST} تولید انرژی برق ویژه ماهانه در بخش بخار (توربین‌های بخار) نیروگاه سیکل ترکیبی،

E_{GT} تولید انرژی برق ویژه ماهانه در بخش گازی (توربین‌های گازی) نیروگاه سیکل ترکیبی،

E_{Tot} کل تولید انرژی برق ویژه ماهانه در نیروگاه سیکل ترکیبی و

$K_{T,ST}$ ضریب تصحیح دمایی بخش بخار سیکل ترکیبی بوده و با توجه به نوع سیستم خنک‌کن، از رابطه (الف-۱) یا (الف-۲) تعیین می‌شود.

$K_{T,GT}$ضریب تصحیح دمایی بخش گازی سیکل ترکیبی بوده و از رابطه (پ-الف-۸) محاسبه می‌شود.

$$K_{T,GT} = \frac{(K_{T,GT})_{T_{mth}}}{(K_{T,GT})_{T_{CAT}}} \quad \text{(الف-۸)}$$

که در آن:

$(K_{T,GT})_{T_{mth}}$ از رابطه (الف-۳) و بر اساس میانگین دمای ماهانه محیط محاسبه می‌شود.

$(K_{T,GT})_{T_{CAT}}$ از رابطه (الف-۳) و بر اساس دمایی که بازده آزمون کارایی اولیه نیروگاه سیکل ترکیبی بر اساس آن دما تصحیح، گارانتی و گزارش شده است، محاسبه می‌شود.

الف-۴ شیوه تصحیح بازده نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)

ضریب تصحیح بازده در رابطه (۵)، برای نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP) به صورت زیر محاسبه می‌شود؛

$$K = K_{T,CHP}$$

که $K_{T,CHP}$ در این رابطه، ضریب تصحیح بازده نیروگاه‌های تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP) برحسب میانگین دمای ماهانه محیط بوده و از رابطه (الف-۹) محاسبه می‌شود.

$$T_{mth} \le T_{CAT} \rightarrow K_{T,CHP} = 1$$
$$T_{mth} > T_{CAT} \rightarrow K_{T,CHP} = \frac{E_T}{E_e + E_T} + \frac{E_e}{E_e + E_T} \times \frac{1}{K_{T,GT}} \quad \text{(الف-۹)}$$

که در آن:

E_e تولید انرژی برق ویژه ماهانه نیروگاه،

E_T انرژی حرارتی مفید خالص تولیدی ماهانه نیروگاه و

$K_{T,GT}$ ضریب تصحیح دمایی بخش گازی نیروگاه تولید هم‌زمان بوده و از رابطه (الف-۱۰) محاسبه می‌شود.

$$K_{T,GT} = \frac{(K_{T,GT})_{T_{mth}}}{(K_{T,GT})_{T_{CAT}}} \quad \text{(الف-۱۰)}$$

که در آن:

$(K_{T,GT})_{T_{mth}}$ از رابطه (الف-۳) و بر اساس میانگین دمای ماهانه محیط محاسبه می‌شود.

$(K_{T,GT})_{T_{CAT}}$ از رابطه (الف-۳) و بر اساس دمایی که بازده آزمون کارایی اولیه نیروگاه تولید هم‌زمان بر اساس آن دما تصحیح، گارانتی و گزارش شده است، محاسبه می‌شود.

یادآوری- ضرایب تصحیح بازده برای همه انواع نیروگاه‌ها تا سه رقم اعشار به سمت بالا گرد می‌شوند.

پیوست ب

(الزامی)

شیوه تعیین بازده مرجع

ب-۱ تعریف بازده مرجع

منظور از بازده مرجع نیروگاه (η_{CAT}[1]) در رابطه (۷)، بازده خالص حرارتی آزمون کارایی اولیه با سوخت گاز در زمان راه‌اندازی نیروگاه بوده که به شرایط مرجع تصحیح شده و در مدارک سازنده نیروگاه موجود است. هر نیروگاه موظف به ارائه مستندات مربوط به آزمون کارایی اولیه نیروگاه است.

ب-۲ شرایط مرجع

شرایط مرجع برای نیروگاه‌های گازی، شرایط ایزو (دمای°C ۱۵) و برای نیروگاه‌های بخار، سیکل ترکیبی و تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)، دمایی است که بازده آزمون کارایی اولیه بر اساس آن دما تصحیح، گارانتی و گزارش شده است.

ب-۳ حالات خاص

ب-۳-۱ درصورتی‌که داده‌های آزمون کارایی اولیه در زمان راه‌اندازی نیروگاه در دسترس نباشد، بازده طراحی (η_{Dsgn}[2])، به عنوان بازده مرجع نیروگاه استفاده می‌شود.

ب-۳-۲ درصورتی‌که بازده نیروگاه در زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه (η_{CAT})، به صورت ناخالص گزارش شده و مصارف داخلی نیروگاه در گزارش‌های زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه موجود باشد، باید مقدار مصارف داخلی از تولید انرژی برق ناویژه نیروگاه در آزمون کارایی اولیه کسر و بازده خالص محاسبه شده مبنای ارزیابی در رابطه (۷) قرار گیرد.

ب-۳-۳ درصورتی‌که بازده نیروگاه در زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه (η_{CAT})، به صورت ناخالص گزارش شده است و مصارف داخلی نیروگاه در گزارش‌های زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه موجود نباشد، باید کم‌ترین مقدار مصارف داخلی نیروگاه (بهترین عملکرد نیروگاه از لحاظ میزان مصارف داخلی)، از زمان بهره‌برداری تاکنون از آمار تفصیلی صنعت برق که سالانه چاپ می‌شود، معیار میزان مصارف داخلی در آزمون کارایی اولیه در زمان راه‌اندازی قرار گرفته و با کسر این مقدار از تولید انرژی برق ناویژه نیروگاه در زمان آزمون کارایی اولیه، بازده خالص حرارتی محاسبه و مبنای ارزیابی در رابطه (۷) قرار گیرد.

1- Commisioning Acceptance Test (CAT)
2- Design

ب-۳-۴ برای نیروگاه‌هایی که از واحدها با فناوری‌های مختلف تشکیل شده‌اند، بازده حرارتی مرجع کل نیروگاه در زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه به صورت میانگین وزنی کلیه واحدها و از رابطه (ب-۱) محاسبه می‌شود.

$$\eta_{CAT} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \eta_{CAT,i} \times (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})}{\sum_{i=1}^{N} (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})} \qquad (ب-۱)$$

که در آن:

η_{CAT} بازده مرجع کل نیروگاه در زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه،

$\eta_{CAT,i}$ بازده مرجع واحد i ام نیروگاه در زمان راه‌اندازی و آزمون کارایی اولیه،

$E_{e,i}$ میزان تولید انرژی ویژه برق واحد i ام نیروگاه در دوره پایش،

$E_{T,i}$ میزان انرژی حرارتی مفید تولیدی واحد i ام نیروگاه (نیروگاه تولید هم‌زمان برق و حرارت) در دوره پایش و

N تعداد کل واحدهای نیروگاه است.

یادآوری- بازده مرجع تا یک رقم اعشار به سمت بالا گرد می‌شود.

ب-۳-۵ بازتوانی نیروگاه‌های قدیمی و فرسوده می‌تواند در قالب طرح بازتوانی کامل[1] و بازتوانی مرحله‌ای (شامل مقاوم‌سازی[2]، به‌روزرسانی[3] و غیره) انجام شود. در بازتوانی کامل نیروگاه‌های بخاری، با احداث واحدهای گازی جدید در کنار واحدهای بخاری موجود و استفاده از مبدل‌های جدید بازیافت حرارتی، نهایتاً واحد قدیمی بخاری به یک بلوک سیکل ترکیبی تبدیل می‌گردد. به عبارت دیگر واحدهای بخاری با استفاده از گازهای خروجی از اگزوز واحدهای گازی و بدون مصرف سوخت اضافی فعالیت می‌نمایند. در این حالت به عنوان مثال راندمان یک واحد نیروگاهی از ٪ ۳۶ به ٪۵۰ قابل افزایش است. در بازتوانی مرحله‌ای که مخصوص واحدهای بخاری قدیمی است با تعویض و اصلاح تجهیزات قدیمی و احتمالاً تغییر سیستم کنترل نسبت به بازیافت قابلیت تولید و قابلیت اطمینان و همچنین نزدیک نمودن راندمان واحد به شرایط طراحی اولیه اقدام می‌گردد. بر این اساس چنانچه یک نیروگاه بخار بازتوانی کامل شود، به یک نیروگاه سیکل ترکیبی مبدل شده که طبق زیربندهای ۳-۴-۲، ۴-۲-۱، ۴-۳-۱ و پ-۳-۵ استاندارد، مشابه یک نیروگاه سیکل ترکیبی ارزیابی می‌شود. برای سایر نیروگاه‌هایی که بازتوانی مرحله‌ای می‌شوند، با توجه به ثابت ماندن ماهیت نیروگاه از حیث نوع، تنها بازده مرجع نیروگاه تغییر می‌کند. منظور از بازده مرجع (η_{CAT}) برای نیروگاه‌ها و واحدهای با ساختار اصلاح شده (مانند نیروگاه‌های بازتوانی شده)، مقدار بازده به دست آمده در آزمون کارایی پس از تغییر ساختار و راه‌اندازی مجدد نیروگاه است.

1- Full Repowering
2- Retrofit
3- Upgrading

پیوست پ

(الزامی)

فرم پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی

جدول پ-۱ - مشخصات کلی نیروگاه		
نام نیروگاه، آدرس و تلفن:		سال نصب/سال راه‌اندازی:
نوع فناوری: گازی □ بخار □ ترکیبی □ CHP □		تعداد واحدها:
نام مدیر نیروگاه: تلفن تماس:	نام مدیر انرژی: تلفن تماس:	نام مدیر بهره‌برداری/تولید: تلفن تماس:
نوع سیستم خنک‌کننده: یک‌بار گذر (سیکل باز) □ برج تر □ برج خشک □ ترکیبی (تر و خشک) □ ACC □ ..... □		

جدول پ-۲- مشخصات دمایی سایت (°C)*							
ماه	دمای	ماه	دمای متوسط	ماه	دمای متوسط	ماه	دمای متوسط
فروردین		تیر		مهر		دی	
اردیبهشت		مرداد		آبان		بهمن	
خرداد		شهریور		آذر		اسفند	
* مبنای دمای متوسط ماهانه، داده‌های رسمی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محل نیروگاه است.							

جدول پ-۳- اطلاعات سوخت مصرفی نیروگاه																	
	کمیت	واحد	مرجع	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
سوخت ورودی	مصرف گاز طبیعی	1000 SCM	زیربند ۳-۳-۴												
	ارزش حرارتی گاز طبیعی (LHV)	kJ/SCM	زیربند ۳-۳-۵												
	مصرف گازوئیل	m^3	زیربند ۳-۳-۶												
	ارزش حرارتی گازوئیل (LHV)	kJ/kg	زیربند ۳-۳-۷												
	چگالی گازوئیل	kg/ m^3	زیربند ۳-۳-۶												
	مصرف مازوت	m^3	زیربند ۳-۳-۶												
	ارزش حرارتی مازوت (LHV)	kJ/kg	زیربند ۳-۳-۷												
	چگالی مازوت	kg/ m^3	زیربند ۳-۳-۶												

جدول پ-۴- اطلاعات طراحی و بهره‌برداری واحد شماره .....

	کمیت	واحد	مرجع	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
تولید انرژی برق	تولید انرژی برق ویژه	MWh	زیربند ۳-۳-۲												
	انرژی الکتریکی مصارف داخلی	MWh	*												
	تولید انرژی برق ناویژه	MWh	*												
	ساعت کارکرد واحد (صرفاً نیروگاه گازی)	h	زیربند الف.۲												
	قدرت عملی متوسط واحد (صرفاً نیروگاه گازی)	MW	زیربند الف.۲												
	ضریب بار واحد (صرفاً نیروگاه گازی)	%	زیربند الف.۲												
تولید حرارت	دبی (بخار/آب داغ)	ton	زیربند ۳-۳-۳												
	فشار متوسط (بخار/آب داغ)	bar	زیربند ۳-۳-۳												
	دمای متوسط (بخار/آب داغ)	°C	زیربند ۳-۳-۳												

* تولید انرژی برق ناویژه خروجی از ژنراتور و انرژی الکتریکی مصارف داخلی نیروگاه از کنتورهایی که به ترتیب در مسیرهای خروجی از ژنراتور و انشعاب مصارف داخلی نیروگاه قرار گرفته‌اند، قرائت شود.

سیکل ترمودینامیکی:

بازده طراحی:

قدرت نامی:

دمای طراحی:

بازده آزمون کارایی اولیه:

بازده مرجع (طبق پیوست ب):

جدول پ-۵- گزارش محاسبات بازده ماهانه

	کمیت	واحد	مرجع	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
محاسبات بازده	انرژی سوخت ورودی	kJ	زیربند ۳-۱-۴												
	تولید انرژی برق ویژه کل نیروگاه	MWh	زیربند ۳-۳-۲												
	انرژی خالص حرارتی مفید خروجی	kJ	زیربند ۳-۱-۳												
	بازده خالص حرارتی	٪	زیربند ۳-۱-۲												
	بازده ناخالص حرارتی	٪	*												
تصحیح بازده	ضریب تصحیح نیروگاه بخار	-	زیربند الف.۱												
	ضریب بار کل (صرفاً نیروگاه گازی)	%	زیربند الف.۲												
	ضریب تصحیح نیروگاه گاز	-	زیربند الف.۲												
	ضریب تصحیح نیروگاه سیکل ترکیبی	-	زیربند الف.۳												
	ضریب تصحیح نیروگاه تولید هم‌زمان	-	زیربند الف.۴												
	بازده خالص حرارتی تصحیح شده	٪	زیربند ۳-۴-۲												

* بازده ناخالص حرارتی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\eta_G = \frac{(E_G \times 3600 + \sum E_T)}{E_f}$$

η_G بازده ناخالص حرارتی نیروگاه

E_G کل تولید انرژی برق ناویژه خروجی از نیروگاه (kWh)

$\sum E_T$ کل انرژی حرارتی مفید خروجی از نیروگاه (صرفاً نیروگاه تولید هم‌زمان برق و حرارت) (kJ)

E_f کل انرژی حرارتی سوخت ورودی (kJ)

جدول پ-۶- گزارش محاسبات بازده سالیانه و معیار سنجش			
بازده حرارتی خالص سالانه (طبق زیربند ۳-۴-۱):	ضریب انحراف بازده سالانه از بازده مرجع (طبق زیربند ۴-۱-۱):	تطبیق با معیارها:	زیربند ۲-۴: بلی □ خیر □
زیربند ۳-۴: بلی □ خیر □			

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

رویه پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی

به طور کلی رویه پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی در قالب گام‌های زیر قابل بیان است.

گام نخست: تکمیل فرم رویه پایش عملکرد (پیوست پ)

اطلاعات مورد نیاز در این فرم به دو دسته کلی تقسیم می‌شود:

۱- اطلاعات دریافتی از نیروگاه‌های حرارتی شامل مشخصات کلی نیروگاه، اطلاعات سوخت مصرفی، تولید برق، تولید حرارت (صرفاً نیروگاه‌های CHP) و هم‌چنین بازده مرجع نیروگاه (مصوب کمیته ارزیابی بازده سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق)

۲- اطلاعات دریافتی از شرکت مدیریت شبکه برق ایران شامل آمار تولید انرژی برق ویژه ماهانه و قدرت عملی متوسط ماهانه به منظور محاسبه ضریب بار ماهانه (صرفاً نیروگاه‌های گازی)

گام دوم: انجام محاسبات بازده طبق دستورالعمل استاندارد

بر اساس اطلاعات دریافتی از گام نخست، محاسبات بازده خالص حرارتی برای دوره پایش نیروگاه، توسط بازرس انجام می‌شود. این محاسبات شامل موارد زیر می‌شود:

۱- انرژی سوخت ورودی نیروگاه

۲- تولید انرژی برق ویژه کل نیروگاه (تجمیع آمار تولید واحدهای نیروگاه)

۳- انرژی حرارتی خالص مفید خروجی نیروگاه (صرفاً نیروگاه‌های CHP)

۴- بازده خالص و ناخالص حرارتی به تفکیک ماه

۵- ضریب بار کلی نیروگاه به تفکیک ماه (صرفاً نیروگاه‌های گازی)

۶- ضرایب تصحیح بازده بر اساس نوع نیروگاه

۷- تصحیح بازده ماهانه

۸- بازده خالص حرارتی سالانه

گام سوم: ارزیابی بازده نیروگاه طبق معیارها

پس از محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه از گام دوم، بر اساس معیارهای ارائه شده در استاندارد، هر نیروگاه ارزیابی و تطابق و یا عدم تطابق آن با معیارهای استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۳۷۵ گزارش می‌شود.

در ادامه، رویه پایش عملکرد نیروگاه‌های حرارتی بر اساس این استاندارد، در قالب سه مثال تشریح شده است. بدین منظور اطلاعات سه نمونه نیروگاه بخار، گازی و سیکل ترکیبی استخراج و نحوه محاسبه بازده خالص حرارتی و شیوه ارزیابی بر اساس معیارها، ارائه شده است. کلیه محاسبات بر اساس روابط و دستورالعمل مندرج در متن استاندارد انجام شده است.

ت-۱ نیروگاه بخار

ت-۱-۱ داده‌های ورودی

یک نیروگاه بخار با قدرت نامی ۱۰۰۰MW متشکل از دو واحد ۲۰۰MW و دو واحد ۳۰۰MW مفروض است. نوع سیستم خنک‌کننده، برج خنک‌کن خشک و دمای طراحی نیروگاه $30^{\circ}C$ است. اطلاعات دمایی، تولید و مصارف انرژی الکتریکی، سوخت ورودی ماهانه و ارزش حرارتی در جداول ت-۱ تا ت-۴ آمده است.

جدول ت-۱- اطلاعات دمایی نیروگاه

ماه	دمای متوسط	ماه	دمای متوسط ($^{\circ}C$)	ماه	دمای متوسط	ماه	دمای متوسط ($^{\circ}C$)
فروردین	۱۱٫۵	تیر	۳۳٫۰	مهر	۱۷٫۱	دی	۴٫۰
اردیبهشت	۲۰٫۰	مرداد	۲۵٫۱	آبان	۹٫۶	بهمن	۶٫۹
خرداد	۲۳٫۷	شهریور	۲۱٫۶	آذر	۵٫۰	اسفند	۱۱٫۱

جدول ت-۲- اطلاعات تولید و مصارف انرژی الکتریکی کل نیروگاه

ماه	تولید ویژه دو واحد ۲۰۰ MW (MWh)	تولید ویژه دو واحد ۳۰۰ MW (MWh)	تولید ویژه کل (MWh)	مصرف داخلی کل (MWh)	تولید ناویژه کل (MWh)
فروردین	۱۶۹.۸۰۵	۳۳۹.۶۱۰	۵۰۹.۴۱۵	۳۶.۶۹۳	۵۴۶.۱۰۸
اردیبهشت	۲۱۰.۹۶۸	۴۲۱.۹۳۶	۶۳۲.۹۰۴	۴۳.۶۴۷	۶۷۶.۵۵۱
خرداد	۲۰۵.۴۸۵	۴۱۰.۹۶۹	۶۱۶.۴۵۴	۴۳.۷۹۳	۶۶۰.۲۴۷
تیر	۲۱۷.۵۱۷	۴۳۵.۰۳۳	۶۵۲.۵۵۰	۴۶.۶۱۲	۶۹۹.۱۶۲
مرداد	۲۱۸.۹۱۶	۴۳۷.۸۳۳	۶۵۶.۷۴۹	۴۶.۱۶۵	۷۰۲.۹۱۴
شهریور	۱۹۸.۸۳۸	۳۹۷.۶۷۷	۵۹۶.۵۱۵	۴۳.۵۲۹	۶۴۰..۰۴۴
مهر	۱۰۹..۰۱۹	۲۱۸.۰۳۸	۳۲۷.۰۵۷	۲۵.۴۸۵	۳۵۲.۵۴۲
آبان	۹۹.۷۷۶	۱۹۹.۵۵۳	۲۹۹.۳۲۹	۲۲.۳۲۴	۳۲۱.۶۵۳
آذر	۸۲.۱۷۶	۱۶۴.۳۵۱	۲۴۶.۵۲۷	۱۹.۶۳۰	۲۶۶.۱۵۷
دی	۱۶۷.۵۰۶	۳۳۵.۰۱۳	۵۰۲.۵۱۹	۳۷.۹۱۰	۵۴۰.۴۲۹
بهمن	۱۸۲.۷۹۷	۳۶۵.۵۹۴	۵۴۸.۳۹۱	۴۰.۳۸۴	۵۸۸.۷۷۵
اسفند	۱۶۹.۸۹۸	۳۳۹.۷۹۵	۵۰۹.۶۹۳	۳۷.۴۰۷	۵۴۷.۱۰۰

جدول ت-۳- اطلاعات سوخت ورودی نیروگاه

ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)	ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)
فروردین	۲۳.۴۲۲	۱۳۷.۹۹۸.۲۸۹	مهر	۴۷.۶۸۷	۴۹.۸۰۵.۲۸۸
اردیبهشت	۸۸.۱۸۹	۹۷.۱۱۶.۳۳۱	آبان	۵۱.۷۸۵	۳۳.۹۱۹.۹۲۵
خرداد	۷۴.۷۰۶	۱۱۱.۴۴۷.۵۳۱	آذر	۷۴.۲۳۸	۱.۸۴۸.۸۰۸
تیر	۱۳۷.۹۱۸	۴۷.۳۸۶.۳۶۵	دی	۱۱۳.۲۰۸	۲۸.۱۰۷.۸۴۶
مرداد	۴۵.۶۱۳	۱۵۹.۳۳۴.۰۳۲	بهمن	۱۲۹.۳۰۷	۲۱.۵۹۱.۹۰۸
شهریور	۱۰۷.۰۵۸	۶۵.۶۱۲.۵۴۷	اسفند	۶۷.۹۸۲	۸۳.۰۷۶.۱۶۲

جدول ت-۴- ارزش حرارتی سوخت ورودی نیروگاه

فصل	ارزش حرارتی سوخت مایع (kJ/ Lit)	ارزش حرارتی سوخت گاز (kJ/Nm^3)
بهار	۳۰.۸۰۰	۳۷.۵۵۰
تابستان	۳۰.۹۰۰	۳۷.۴۰۰
پاییز	۳۰.۶۰۰	۳۷.۶۰۰
زمستان	۳۰.۷۰۰	۳۷.۴۸۰

ت-۱-۲ محاسبه بازده خالص حرارتی ماهانه (η_{mth})

بازده خالص حرارتی ماهانه از جایگذاری مقادیر تولید انرژی برق ویژه (E_e) و انرژی سوخت ورودی (E_f) در رابطه (۱) زیربند ۳-۱-۲ به دست می‌آید. به عنوان مثال در ادامه انرژی سوخت ورودی تیرماه نیروگاه محاسبه شده است. اطلاعات سوخت، شامل میزان سوخت و ارزش حرارتی از جداول ت-۳ و ت-۴ استخراج می‌شود.

$$E_f = m_f \times LHV = ۴۷.۳۸۶.۳۶۵ \times ۳۷.۴۰۰ + ۱۳۷.۹۱۸ \times ۳۰.۹۰۰.۰۰۰ = ۶.۰۳۳.۹۱۶.۲۵۱.۰۰۰ kJ$$

هم‌چنین، بازده خالص حرارتی تیرماه نیروگاه از رابطه (۱) به شرح زیر است.

$$\eta_{mth} = \frac{(E_e \times 3600 + \sum E_T)}{E_f} = \frac{۶۵۲.۵۵۰.۰۰۰ \times ۳۶۰۰}{۶.۰۳۳.۹۱۶.۲۵۱.۰۰۰} = ۳۸٫۹۳ \%$$

به روش مشابه، محاسبات انرژی سوخت ورودی و بازده خالص حرارتی برای سایر ماه‌ها در جدول ت-۵ آمده است.

ت-۱-۳ تصحیح بازده خالص حرارتی ماهانه (η_C)

با توجه به اینکه دمای متوسط هوا در تیرماه از دمای طراحی نیروگاه بیش‌تر است، بر اساس نوع سیستم خنک‌کننده، از رابطه (الف-۲) ضریب تصحیح دما، $K_{T,ST}$، برای این ماه به دست می‌آید.

$$K_{T,ST} = 1 + \frac{(T_{mth} - T_{CAT}) \times 0.17}{\eta_{mth}} = ۱ + (۳۳ - ۳۰) \times ۰٫۱۷ / ۳۸٫۹ = ۱٫۰۱۳$$

از رابطه (۵) بازده تصحیح شده نیروگاه برای ماه تیر محاسبه می‌شود. برای سایر ماه‌ها $K_{T,ST} = 1$ و لذا بازده خالص ماهانه با بازده خالص تصحیح شده برابر است ($\eta_c = \eta_{mth}$).

$$\eta_c = \eta_{mth} \times K = ۳۸٫۹۳ \times ۱٫۰۱۳ = ۳۹٫۴۴٪$$

ت-۱-۴ محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه

بازده خالص حرارتی سالانه (η_{ann}) از متوسط وزنی بازده خالص ماهانه (η_{mth}) کل نیروگاه طبق رابطه (۴) از زیربند ۳-۴-۱ به دست می‌آید.

$$\eta_{ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \eta_{c,i} \times (E_{e,i} \times 3600)}{\sum_{i=1}^{i=12} (E_{e,i} \times 3600)} = \frac{۳۱/۰۷ \times (۵۰۹.۴۱۵.۰۰۰ \times ۳۶۰۰) + \cdots + ۳۵/۲۸ \times (۵۰۹.۶۹۳.۰۰۰ \times ۳۶۰۰)}{۶.۰۹۸.۱۰۳.۰۰۰ \times ۳۶۰۰} = ۳۶٫۳٪$$

جدول ت-۵- محاسبات بازده خالص حرارتی

ماه	انرژی سوخت ورودی (kJ)	بازده خالص ماهانه- η_{mth} (٪)	بازده خالص تصحیح شده- η_c (٪)
فروردین	۵.۹۰۳.۲۳۳.۳۵۱.۹۵۰	۳۱٫۰۷	۳۱٫۰۷
اردیبهشت	۶.۳۶۲.۹۳۹.۴۲۹.۰۵۰	۳۵٫۸۱	۳۵٫۸۱
خرداد	۶.۴۸۵.۷۹۹.۵۸۹.۰۵۰	۳۴٫۲۲	۳۴٫۲۲
تیر	۶.۰۳۳.۹۱۶.۲۵۱.۰۰۰	۳۸٫۹۳	۳۹٫۴۴
مرداد	۷.۳۶۸.۵۳۴.۴۹۶.۸۰۰	۳۲٫۰۹	۳۲٫۰۹
شهریور	۵.۷۶۲.۰۰۱.۴۵۷.۸۰۰	۳۷٫۲۷	۳۷٫۲۷
مهر	۳.۳۳۱.۹۰۱.۰۲۸.۸۰۰	۳۵٫۳۴	۳۵٫۳۴
آبان	۲.۸۶۰.۰۱۰.۱۸۰.۰۰۰	۳۷٫۶۸	۳۷٫۶۸
آذر	۲.۳۴۱.۱۹۷.۹۸۰.۸۰۰	۳۷٫۹۱	۳۷٫۹۱
دی	۴.۵۲۸.۹۶۷.۶۶۸.۰۸۰	۳۹٫۹۴	۳۹٫۹۴
بهمن	۴.۷۷۸.۹۸۹.۶۱۱.۸۴۰	۴۱٫۳۱	۴۱٫۳۱
اسفند	۵.۲۰۰.۷۴۱.۹۵۱.۷۶۰	۳۵٫۲۸	۳۵٫۲۸

ت-۱-۵ محاسبه بازده مرجع (η_{CAT})

با توجه به تفاوت واحدهای نیروگاه، بازده مرجع (η_{CAT})، از رابطه (ب-۱) محاسبه می‌شود. بازده خالص آزمون کارایی دو واحد ۳۰۰MW این نیروگاه ٪ ۳۹٫۱و دو واحد ۲۰۰MW، ٪ ۳۸٫۲ است. مجموع انرژی برق ویژه تولیدی واحدهای ۳۰۰MW برابر با ۴.۰۶۵.۴۰۲MWh و مجموع انرژی برق ویژه تولیدی دو واحد ۲۰۰MW برابر با ۲.۰۲۱.۷۰۱MWh است. با جایگذاری بازده آزمون کارایی و انرژی برق ویژه تولیدی واحدها در رابطه (ب-۱)، بازده مرجع محاسبه می‌شود.

$$\eta_{CAT} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \eta_{CAT,i} \times (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})}{\sum_{i=1}^{N} (E_{e,i} \times 3600 + E_{T,i})} = \frac{۳۹/۱ \times (۴.۰۶۵.۴۰۲.۰۰۰ \times ۳۶۰۰) + ۳۸/۲ \times (۲.۰۳۲.۷۰۱.۰۰۰ \times ۳۶۰۰)}{(۶.۰۹۸.۱۰۳.۰۰۰ \times ۳۶۰۰)} = ۳۸٫۸٪$$

ت-۱-۶ ارزیابی بازده نیروگاه طبق معیار بند ۴

با توجه به نوع نیروگاه، حداقل بازده سالانه قابل قبول، (η_{ann})، برای نیروگاه بخار ٪ ۳۲و حداکثر میزان انحراف مجاز بازده سالانه، A، از بازده مرجع، η_{CAT} ، ۰٫۹۱ است.

$$\eta_{ann} = ۳۶٫۳ > ۳۲$$

$$\frac{\eta_{ann}}{\eta_{CAT}} = ۳۶٫۳ / ۳۸٫۸ = ۰٫۹۴ > ۰٫۹۱$$

بنابراین نیروگاه مفروض با معیارهای استاندارد انطباق دارد.

ت-۲ نیروگاه گازی

ت-۲-۱ داده‌های ورودی

یک نیروگاه گازی با قدرت نامی ۱۵۸MW متشکل از دو واحد ۷۹MW مفروض است. اطلاعات دمایی، تولید و مصارف انرژی الکتریکی، سوخت ورودی ماهانه و ارزش حرارتی فصلی در جداول ت-۶ تا ت-۹ آمده است.

جدول ت-۶- اطلاعات دمایی نیروگاه

ماه	دمای متوسط (°C)	ماه	دمای متوسط	ماه	دمای متوسط (°C)	ماه	دمای متوسط
فروردین	۱۵٫۰	تیر	۲۷٫۰	مهر	۱۴٫۰	دی	۰٫۰
اردیبهشت	۲۰٫۰	مرداد	۲۵٫۰	آبان	۸٫۰	بهمن	۱٫۰
خرداد	۲۵٫۰	شهریور	۲۱٫۰	آذر	۳٫۰	اسفند	۸٫۰

جدول ت-۷- اطلاعات تولید و مصارف انرژی الکتریکی نیروگاه

ماه	تولید ویژه (MWh)	مصرف داخلی (MWh)	تولید ناویژه (MWh)
فروردین	۳۱.۲۸۰	۷۱	۳۱.۳۵۱
اردیبهشت	۴۰.۱۱۷	۸۱	۴۰.۱۹۸
خرداد	۳۸.۴۹۴	۸۱	۳۸.۵۷۵
تیر	۷۶.۸۱۵	۱۶۲	۷۶.۹۷۷
مرداد	۷۸.۰۹۴	۱۶۳	۷۸.۲۵۷
شهریور	۷۴.۱۲۴	۱۵۲	۷۴.۲۷۶
مهر	۵۴.۷۸۶	۱۱۵	۵۴.۹۰۱
آبان	۶۸.۷۲۱	۱۳۷	۶۸.۸۵۸
آذر	۸۳.۷۶۹	۲۳۷	۸۴.۰۰۶
دی	۵۲.۱۳۷	۳۲۹	۵۲.۴۶۶
بهمن	۳۱.۱۰۳	۲۶۸	۳۱.۳۷۱
اسفند	۵۲.۳۶۷	۱۰۲	۵۲.۴۶۹

جدول ت-۸- اطلاعات سوخت ورودی نیروگاه

ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)	ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)
فروردین	۰	۱۳.۴۸۰.۰۰۰	مهر	۱۰۶	۲۳.۷۶۹.۰۰۰
اردیبهشت	۰	۱۷.۳۶۵.۰۰۰	آبان	۳۴	۲۹.۷۵۲.۰۰۰
خرداد	۰	۱۶.۷۶۵.۰۰۰	آذر	۴.۰۰۳	۳۱.۴۸۰.۰۰۰
تیر	۰	۳۲.۶۳۶.۰۰۰	دی	۱۴.۶۵۰	۷.۱۳۸.۰۰۰
مرداد	۰	۳۳.۹۵۵.۰۰۰	بهمن	۹.۳۶۷	۳.۷۴۹.۰۰۰
شهریور	۰	۳۲.۲۱۲.۰۰۰	اسفند	۵۲	۲۲.۶۵۵.۰۰۰

جدول ت-۹- ارزش حرارتی سوخت ورودی نیروگاه

فصل	ارزش حرارتی سوخت مایع (kJ/Lit)	ارزش حرارتی سوخت گاز (kJ/Nm^3)
بهار	-	۳۳.۲۵۰
تابستان	-	۳۴.۱۰۰
پاییز	۳۵.۹۵۰	۳۴.۵۰۰
زمستان	۳۶.۴۰۰	۳۳.۹۰۰

ت-۲-۲ محاسبه بازده خالص حرارتی ماهانه (η_{mth})

بازده خالص حرارتی ماهانه از جایگذاری مقادیر تولید انرژی برق ویژه (E_e) و انرژی سوخت ورودی (E_f) در رابطه (۱) زیربند ۳-۱-۲ به دست می‌آید. به عنوان مثال در ادامه انرژی سوخت ورودی خردادماه محاسبه شده است.

$$E_f = m_f \times LHV = ۱۶.۷۶۵.۰۰۰ \times ۳۳.۲۵۰ = ۵۵۷.۴۳۶.۲۵۰.۰۰۰ kJ$$

هم‌چنین، بازده خالص حرارتی خردادماه از رابطه (۱) به شرح زیر است.

$$\eta_{mth} = \frac{(E_e \times 3600 + \sum E_T)}{E_f} = \frac{۳۸.۴۹۴.۰۰۰ \times ۳۶۰۰}{۵۵۷.۴۳۶.۲۵۰.۰۰۰} = ۲۴٫۸۶٪$$

به روش مشابه، محاسبات انرژی سوخت ورودی و بازده خالص حرارتی برای سایر ماه‌ها در جدول ت-۱۱ آمده است.

ت-۲-۳ تصحیح بازده خالص حرارتی ماهانه (η_C)

ضریب تصحیح بازده، K، در رابطه (۵)، برای نیروگاه‌های گازی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{K_{T,GT} \times K_{LF,GT}}$$

ضریب تصحیح دمایی بازده ($K_{T,GT}$)، با توجه به میانگین دمای محیط، از رابطه (الف-۳) محاسبه می‌شود. به عنوان نمونه ($K_{T,GT}$) برای خردادماه بر اساس این رابطه ۰٫۹۸۱ به دست می‌آید.

هم‌چنین، ($K_{LF,GT}$) ضریب تصحیح بازده بر اساس ضریب بار (L. F) نیروگاه بوده و از رابطه (الف-۴) محاسبه می‌شود. برای این منظور، تعیین ضریب بار (L. F) از رابطه (الف-۵) و (الف-۶) برای هر ماه الزامی است. ضریب بار هر ماه بر اساس قدرت عملی متوسط ماهانه، تولید انرژی برق ویژه ماهانه و ساعت کارکرد نیروگاه در همان دوره محاسبه می‌شود. در جدول (ت-۱۰) ضریب بار (L. F) و ضریب تصحیح بار ($K_{LF,GT}$) برای نیروگاه مفروض محاسبه شده است.

به عنوان نمونه، ضریب تصحیح بازده برای خردادماه به شیوه زیر محاسبه می‌شود.

$$K = \frac{1}{K_{T,GT} \times K_{LF,GT}} = ۱ / (۰/۹۸۱ \times ۰/۸۸۲) = ۱/۱۵۶$$

جدول ت-۱۰- ضریب بار (L. F) و ضریب تصحیح بار ($K_{LF,GT}$)

ماه	ضریب بار (٪) (L. F)	ضریب تصحیح بار ($K_{LF,GT}$)	ماه	ضریب بار (L. F)	ضریب تصحیح بار ($K_{LF,GT}$)
فروردین	۷۸	۰/۹۳۰	مهر	۶۳	۰/۸۶۸
اردیبهشت	۶۹	۰/۸۹۸	آبان	۶۹	۰/۸۹۸
خرداد	۶۶	۰/۸۸۲	آذر	۷۴	۰/۹۱۶
تیر	۶۶	۰/۸۸۵	دی	۷۰	۰/۹۰۱
مرداد	۶۷	۰/۸۸۹	بهمن	۷۰	۰/۹۰۰
شهریور	۶۴	۰/۸۷۳	اسفند	۷۷	۰/۹۲۷

جدول ت-۱۱- محاسبات بازده خالص حرارتی

ماه	انرژی سوخت ورودی (kJ)	بازده خالص ماهانه- η_{mth} (٪)	بازده خالص تصحیح شده - η_c (٪)
فروردین	۴۴۸.۲۱۰.۰۰۰.۰۰۰	۲۵/۱۲	۲۷/۰۲
اردیبهشت	۵۷۷.۳۸۶.۲۵۰.۰۰۰	۲۵/۰۱	۲۸/۱۳
خرداد	۵۵۷.۴۳۶.۲۵۰.۰۰۰	۲۴/۸۶	۲۸/۷۵
تیر	۱.۱۱۲.۸۸۷.۶۰۰.۰۰۰	۲۴/۸۵	۲۸/۷۶
مرداد	۱.۱۵۷.۸۶۵.۵۰۰.۰۰۰	۲۴/۲۸	۲۷/۸۵
شهریور	۱.۰۹۸.۴۲۹.۲۰۰.۰۰۰	۲۴/۲۹	۲۸/۱۵
مهر	۷۸۲.۶۴۹.۱۴۰.۰۰۰	۲۵/۲۰	۲۸/۹۹
آبان	۹۷۶.۲۸۲.۹۸۵.۰۰۰	۲۵/۳۴	۲۷/۹۱
آذر	۱.۱۶۸.۴۶۹.۴۵۷.۵۰۰	۲۵/۸۱	۲۷/۶۶
دی	۷۳۶.۴۷۶.۲۹۰.۰۰۰	۲۵/۴۹	۲۷/۶۷
بهمن	۴۴۴.۶۴۷.۴۰۵.۰۰۰	۲۵/۱۸	۲۷/۴۲
اسفند	۷۳۱.۴۰۲.۴۳۵.۰۰۰	۲۵/۷۸	۲۷/۸۱

ت-۲-۴ محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه

بازده خالص حرارتی سالانه (η_{ann}) از متوسط وزنی بازده خالص ماهانه (η_{mth}) کل نیروگاه طبق رابطه (۴) از زیربند ۳-۴-۱ به دست می‌آید.

$$\eta_{ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \eta_{c,i} \times (E_{e,i} \times 3600)}{\sum_{i=1}^{i=12} (E_{e,i} \times 3600)} = ۲۸٫۱٪$$

ت-۲-۵ محاسبه بازده مرجع (η_{CAT})

با توجه به یکسان بودن واحدهای نیروگاه، بازده مرجع (η_{CAT})، با بازده آزمون کارایی اولیه هر یک از واحدهای نیروگاه برابر است. این مقدار برای نیروگاه مفروض ٪۲۹٫۰ گزارش شده است.

ت-۲-۶ ارزیابی بازده نیروگاه طبق معیار بند ۴

با توجه به نوع نیروگاه، حداقل بازده سالانه قابل قبول، (η_{ann})، برای نیروگاه گازی ٪ ۲۷ و حداکثر میزان انحراف مجاز بازده سالانه، A، از بازده مرجع، η_{CAT} ، ۰٫۹۵ است.

$$\eta_{ann} = ۲۸٫۱ > ۲۷$$

$$\frac{\eta_{ann}}{\eta_{CAT}} = ۲۸٫۱ / ۲۹٫۰ = ۰٫۹۷ > ۰٫۹۵$$

بنابراین نیروگاه مفروض با هر دو شرط استاندارد انطباق دارد.

ت-۳ نیروگاه سیکل ترکیبی

ت-۳-۱ داده‌های ورودی

یک نیروگاه سیکل ترکیبی با قدرت نامی ۷۱۴MW متشکل از چهار واحد گازی ۱۲۸٫۵MW و دو توربوژنراتور بخاری هر یک با ظرفیت نامی ۱۰۰MW مفروض است. نوع سیستم خنک‌کننده، برج خنک‌کن تر و دمای طراحی $^{\circ}C$ ۳۱ است. اطلاعات دمایی، تولید و مصارف انرژی الکتریکی، ارزش حرارتی فصلی و میزان سوخت ورودی ماهانه در جداول ت-۱۲ تا ت-۱۵ آمده است.

جدول ت-۱۲- اطلاعات دمایی نیروگاه

ماه	دمای متوسط ($^{\circ}C$)	ماه	دمای متوسط ($^{\circ}C$)	ماه	دمای متوسط ($^{\circ}C$)	ماه	دمای متوسط
فروردین	۱۷٫۷	تیر	۳۳٫۳	مهر	۱۸٫۴	دی	-۶٫۴
اردیبهشت	۲۵٫۱	مرداد	۳۱٫۳	آبان	۱۲٫۶	بهمن	۴٫۲
خرداد	۳۰٫۶	شهریور	۲۵٫۶	آذر	۴٫۷	اسفند	۱۷٫۴

جدول ت-۱۳- اطلاعات تولید و مصارف انرژی الکتریکی نیروگاه

ماه	تولید ویژه واحدهای بخار (MWh)	تولید ویژه واحدهای گازی (MWh)	تولید ویژه کل (MWh)	مصرف داخلی کل (MWh)	تولید ناویژه کل (MWh)
فروردین	۱۱۵.۱۳۸	۲۷۴.۷۸۰	۳۸۹.۹۱۸	۶.۶۲۸	۳۹۶.۵۴۶
اردیبهشت	۱۰۵.۲۸۲	۲۳۴.۲۹۶	۳۳۹.۵۷۸	۶.۴۹۰	۳۴۶.۰۶۸
خرداد	۱۲۱.۹۱۵	۲۵۷.۴۱۰	۳۷۹.۳۲۵	۷.۵۸۴	۳۸۶.۹۰۹
تیر	۱۳۱.۰۰۲	۲۷۴.۷۴۲	۴۰۵.۷۴۴	۸.۱۲۲	۴۱۳.۸۶۶
مرداد	۱۳۲.۴۴۰	۲۷۸.۰۷۲	۴۱۰.۵۱۲	۸.۱۰۵	۴۱۸.۶۱۷
شهریور	۱۲۵.۶۴۳	۲۶۸.۷۷۲	۳۹۴.۴۱۵	۷.۷۶۷	۴۰۲.۱۸۲
مهر	۱۱۹.۰۳۱	۲۶۵.۲۸۳	۳۸۴.۳۱۴	۷.۰۰۱	۳۹۱.۳۱۵
آبان	۱۰۲.۸۰۴	۲۵۵.۳۷۱	۳۵۸.۱۷۵	۵.۸۵۵	۳۶۴.۰۳۰
آذر	۶۲.۰۸۲	۲۱۵.۷۶۴	۲۷۷.۸۴۶	۳.۵۲۹	۲۸۱.۳۷۵
دی	۷۵.۲۵۹	۲۲۰.۷۶۸	۲۹۶.۰۲۷	۴.۱۷۷	۳۰۰.۲۰۴
بهمن	۹۲.۸۰۷	۲۳۱.۶۵۱	۳۲۴.۴۵۸	۴.۵۴۱	۳۲۸.۹۹۹
اسفند	۶۷.۶۱۸	۱۵۵.۰۷۴	۲۲۲.۶۹۲	۳.۴۶۳	۲۲۶.۱۵۵

جدول ت-۱۴- ارزش حرارتی سوخت ورودی نیروگاه

فصل	ارزش حرارتی سوخت مایع (kJ/Lit)	ارزش حرارتی سوخت گاز (kJ/Nm^3)
بهار	۳۶.۴۵۰	۳۴.۹۰۰
تابستان	-	۳۵.۲۰۰
پاییز	۳۶.۱۰۰	۳۵.۷۰۰
زمستان	۳۶.۵۰۰	۳۵.۱۰۰

جدول ت-۱۵- اطلاعات سوخت ورودی نیروگاه

ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)	ماه	سوخت مایع (m^3)	سوخت گاز (Nm^3)
فروردین	۴.۰۸۸	۸۰.۶۸۷.۲۰۰	مهر	۰	۸۳.۶۳۶.۱۰۰
اردیبهشت	۰	۷۳.۲۷۰.۴۰۰	آبان	۱.۰۶۹	۷۸.۸۴۹.۵۰۰
خرداد	۰	۸۰.۸۶۵.۰۰۰	آذر	۴۹.۸۸۸	۱۸.۶۶۴.۲۰۰
تیر	۰	۸۷.۰۸۲.۷۰۰	دی	۶۹.۷۳۵	۲۳۲.۰۰۰
مرداد	۰	۸۸.۰۸۵.۳۰۰	بهمن	۴۸.۶۷۵	۲۴.۲۶۴.۷۰۰
شهریور	۰	۸۵.۴۳۰.۲۰۰	اسفند	۹.۷۶۰	۳۸.۶۹۲.۷۰۰

ت-۳-۲ محاسبه بازده خالص حرارتی ماهانه (η_{mth})

بازده خالص حرارتی ماهانه از جایگذاری مقادیر تولید انرژی برق ویژه (E_e) و انرژی سوخت ورودی (E_f) در رابطه (۱) زیربند ۳-۱-۲ به دست می‌آید. به عنوان مثال انرژی سوخت ورودی تیرماه محاسبه شده است.

$$E_f = m_f \times LHV = ۸۷.۰۸۲.۷۰۰ \times ۳۵.۲۰۰ = ۳.۰۶۵.۳۱۱.۰۴۰.۰۰۰ kJ$$

هم‌چنین، بازده خالص حرارتی تیرماه از رابطه (۱) به شرح زیر است.

$$\eta_{mth} = \frac{(E_e \times 3600 + \sum E_T)}{E_f} = \frac{۴۰۵.۷۴۴.۰۰۰ \times ۳۶۰۰}{۳.۰۶۵.۳۱۱.۰۴۰.۰۰۰} = ۴۷/۶۵٪$$

به روش مشابه، محاسبات انرژی سوخت ورودی و بازده خالص حرارتی برای سایر ماه‌ها در جدول ت-۱۶ آمده است.

ت-۳-۳ تصحیح بازده خالص حرارتی ماهانه (η_C)

ضریب تصحیح بازده برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، $K = K_{T,CC}$ است که از رابطه (الف-۷) محاسبه می‌شود. در رابطه (الف-۷)، $K_{T,ST}$، ضریب تصحیح دمایی بخش بخار سیکل ترکیبی بوده که با توجه نوع سیستم خنک‌کننده و دمای هوای متوسط، به عنوان نمونه برای تیرماه از رابطه (الف-۱) به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$K_{T,ST} = 1 + \frac{(T_{mth} - T_{CAT}) \times 0.17}{\eta_{mth}} = ۱ + (۳۳/۳ - ۳۱) \times ۰/۰۹ / ۴۹/۲ = ۱/۰۰۴$$

هم‌چنین، $K_{T,GT}$ ضریب تصحیح دمایی بخش گازی سیکل ترکیبی بوده و از رابطه (الف-۸) محاسبه می‌شود.

$$K_{T,GT} = \frac{(K_{T,GT})\, T_{mth}}{(K_{T,GT})\, T_{CAT}} = ۱/۰۳۴ / ۱/۰۴۰ = ۰/۹۹۴$$

با جایگذاری مقادیر E_{GT}، E_{ST} و E_{Tot} از جدول (ت-۱۳) در رابطه (الف-۷)، ضریب تصحیح بازده محاسبه می‌شود.

$$K_{T,CC} = \frac{E_{ST}}{E_{Tot}} \times K_{T,ST} + \frac{E_{GT}}{E_{Tot}} \times \frac{1}{K_{T,GT}} = \frac{۱۳۱.۰۰۲}{۴۰۵.۷۴۴} \times ۱/۰۰۴ + \frac{۲۷۴.۷۴۲}{۴۰۵.۷۴۴} \times (۱ / ۰/۹۹۴) = ۱/۰۰۵$$

بازده تصحیح شده برای تیرماه از حاصل‌ضرب بازده خالص ماهانه در ضریب تصحیح محاسبه شده به دست می‌آید.

$$\eta_c = \eta_{mth} \times K = ۴۷/۶۵ \times ۱/۰۰۵ = ۴۷/۹۰٪$$

جدول ت-۱۶- محاسبات بازده خالص حرارتی

ماه	انرژی سوخت ورودی (kJ)	بازده خالص ماهانه- η_{mth} (٪)	بازده خالص تصحیح شده - η_c (٪)
فروردین	۲.۹۶۴.۹۹۰.۸۸۰.۰۰۰	۴۷٫۳۴	۴۷٫۳۴
اردیبهشت	۲.۵۵۷.۱۳۶.۹۶۰.۰۰۰	۴۷٫۸۱	۴۷٫۸۱
خرداد	۲.۸۸۲.۱۸۸.۵۰۰.۰۰۰	۴۸٫۳۹	۴۸٫۳۹
تیر	۳.۰۶۵.۳۱۱.۰۴۰.۰۰۰	۴۷٫۶۵	۴۷٫۹۰
مرداد	۳.۱۰۰.۶۰۲.۵۶۰.۰۰۰	۴۷٫۶۶	۴۷٫۷۰
شهریور	۳.۰۰۷.۱۴۳.۰۴۰.۰۰۰	۴۷٫۲۲	۴۷٫۲۲
مهر	۲.۹۸۵.۸۰۸.۷۷۰.۰۰۰	۴۶٫۳۴	۴۶٫۳۴
آبان	۲.۸۵۳.۵۱۸.۰۵۰.۰۰۰	۴۵٫۱۹	۴۵٫۱۹
آذر	۲.۴۶۷.۲۶۸.۷۴۰.۰۰۰	۴۰٫۵۴	۴۰٫۵۲
دی	۲.۵۵۳.۴۷۰.۷۰۰.۰۰۰	۴۱٫۷۴	۴۱٫۷۴
بهمن	۲.۶۲۸.۳۲۸.۴۷۰.۰۰۰	۴۴٫۴۴	۴۴٫۴۴
اسفند	۱.۷۱۴.۳۵۳.۷۷۰.۰۰۰	۴۶٫۷۶	۴۶٫۷۶

ت-۳-۴ محاسبه بازده خالص حرارتی سالانه

بازده خالص حرارتی سالانه (η_{ann}) از متوسط وزنی بازده خالص ماهانه (η_{mth}) کل نیروگاه طبق رابطه (۴) از زیربند ۳-۴-۱ به دست می‌آید.

$$\eta_{ann} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \eta_{c,i} \times (E_{e,i} \times 3600)}{\sum_{i=1}^{i=12} (E_{e,i} \times 3600)} = ۴۶٫۲$$

ت-۳-۵ محاسبه بازده مرجع (η_{CAT})

با توجه به اینکه نیروگاه از دو واحد سیکل ترکیبی مشابه تشکیل شده است (هر واحد متشکل از دو توربین گاز و یک توربوژنراتور بخار)، بازده مرجع (η_{CAT}) با بازده آزمون کارایی اولیه هر یک از واحدهای نیروگاه برابر است. از مدارک سازنده نیروگاه مفروض، این مقدار برابر با ۴۷٫۸ گزارش شده است.

ت-۳-۶ ارزیابی بازده نیروگاه طبق معیار بند ۴

با توجه به نوع نیروگاه، حداقل بازده سالانه قابل قبول، (η_{ann})، برای نیروگاه سیکل ترکیبی ٪ ۴۳ و حداکثر میزان انحراف مجاز بازده سالانه، A، از بازده مرجع، η_{CAT} ، ۰٫۸۹ است.

$$\eta_{ann} = ۴۶٫۲ > ۴۳$$

$$\frac{\eta_{ann}}{\eta_{CAT}} = ۴۶٫۲ \,/\, ۴۷٫۸ = ۰٫۹۷ > ۰٫۸۹$$

بنابراین نیروگاه مفروض با هر دو شرط استاندارد انطباق دارد.