

# نظامنامه ممیزی انرژی در نیروگاههای حرارتی کشور

شرکت مادر تخصصی توانیر  
سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)  
۱۳۸۷

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## اعضای کمیته تدوین :

- ۱- محمود اخیانی - نماینده دفتر پشتیبانی فنی تولید توانیر، رئیس گروه بهینه سازی
- ۲- کیان نجف زاده - دبیر کمیته، مدیر دفتر مطالعات و بهره وری منابع تولید سابا
- ۳- غلامرضا بیاتی - نماینده سابا، رئیس گروه افزایش کارایی تولید
- ۴- دکتر محسن پارسا مقدم - دانشیار دانشگاه تربیت مدرس - دانشکده فنی و مهندسی،  
بخش مهندسی برق
- ۵- دکتر محمد عامری - دانشیار دانشگاه صنعت آب و برق - دانشکده مهندسی انرژی
- ۶- جمشید نعیمی - نماینده شرکت مدیریت تولید برق نکا
- ۷- صلاح سعیدی - نماینده شرکت مدیریت تولید برق ری
- ۸- محد رضا فروغی - نماینده شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی

# فصل اول

## فهرست

۲	مقدمه
۷	بخش اول: تعاریف
۱۲	بخش دوم: مرور بر ادبیات ممیزی انرژی و تجربیات جهانی
۴۳	بخش سوم: ضرورت‌ها و اهداف انجام ممیزی
۴۹	بخش چهارم: تعیین حوزه و دامنه کار ممیزی
۵۷	بخش پنجم: تعیین قیود زمان انجام ممیزی انرژی
۵۹	بخش ششم: تعیین توالی ممیزی‌ها
۶۱	بخش هفتم: تعیین شرایط و مسئولیت‌ها در برنامه ممیزی انرژی
۶۵	مراجع

مقدمه

مقوله انرژی به عنوان یکی از چالش برانگیزترین مباحث سه دهه اخیر برای بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بوده و با تحولات اقتصادی در سال‌های اخیر چگونگی مواجهه با این موضوع در صدر برنامه‌های دولت‌ها و سازمان‌ها قرار گرفته است، به گونه ای که این امر منجر به تدوین قوانین ناظر بر "مدیریت انرژی" در اغلب کشورهای فوق الذکر شده است.

از سوی دیگر، تحولات ساختاری<sup>۱</sup> در بخش انرژی و به خصوص صنعت برق و مقررات زدائی<sup>۲</sup> به عنوان سازکاری برای این دگرگونی و نیز نگاهی جدید به "انرژی الکتریکی" به عنوان یک "کالا" و نه "خدمات"، شرایط ورود تامین کنندگان انرژی الکتریکی از جمله شرکت‌های تولید برق به یک بازار رقابتی را مهیا نموده است [1]. مضافاً اینکه، تحولات و مقررات زدائی در صنعت برق در مسیری است که فرصت انتخاب تامین کننده برق را برای خریداران این کالا، اعم از عمده فروشان، خرده فروشان و حتی مصرف کنندگان برق را فراهم می‌نماید.

لازم به ذکر است که در حال حاضر روند تغییر ساختار صنعت برق در کشورهای مختلف با سرعتی متفاوت طی می‌شود و بسته به شرایط خاص هر کشور در مراحل مختلفی قرار دارد.

در ایران نیز موضوع مدیریت انرژی در ابتدا در برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به عنوان یکی از سرفصل‌های برنامه بخش انرژی مطرح شد. در بند «و» تبصره ۱۹ این برنامه، محورهای اصلی برنامه مدیریت انرژی در بخش‌های مختلف تبیین شده است [2]. موضوع تغییر ساختار صنعت برق نیز در برنامه سوم مدنظر قرار گرفته و مقدمات این تحول از سال ۱۳۸۲ آغاز و در برنامه چهارم نیز در حال توسعه می‌باشد.

در مواجهه با شرایط موجود در بخش انرژی و شکل‌گیری فضای رقابتی در تولید برق به عنوان یک کالا، موضوع مدیریت انرژی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر در اغلب نقاط جهان مدیریت انرژی به عنوان ابزاری مهم برای دولت‌ها و بنگاه‌ها جهت نیل به اهداف راهبردی خود

---

<sup>۱</sup> - Restructuring

<sup>۲</sup> - Deregulation

قلمداد می‌شود. به طور کلی رویکرد مدیریت انرژی چه از دیدگاه ملی و چه از دیدگاه بنگاه با هدف کاهش هزینه‌های مترتبه ناشی از مصرف منابع انرژی جهت تولید و تامین کالا و خدمات طراحی می‌شود. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های مستقیم مثل هزینه حامل انرژی و نیز هزینه‌های غیر مستقیم مثل هزینه‌های زیست محیطی ناشی از نشر آلاینده‌ها می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که از دیدگاه ملی موضوع امنیت انرژی و پروتکل‌های بین‌المللی زیست محیط نیز باید مدنظر باشد.

برخی از گزارش‌های موجود حاکی از آن است که فعالیتهای مدیریت انرژی با هزینه کم طی یک الی دو سال منجر به صرفه‌جویی هزینه به میزان ۵ الی ۱۵ درصد، فعالیتهای پیشگیرانه با هزینه متوسط طی سه الی پنج سال منجر به صرفه‌جویی هزینه به میزان ۱۵ الی ۳۰ درصد و پتانسیل‌های دراز مدت با هزینه زیاد و فعالیتهای مهندسی گسترده منجر به کاهش هزینه‌ها به میزان ۳۰ الی ۵۰ درصد خواهد شد [3]. بنابراین با اعمال مدیریت انرژی صرفه‌جویی قابل توجهی با زمان بازگشت سرمایه نسبتاً سریع محقق خواهد شد. به عبارت دیگر مدیریت انرژی تفاوت بین سود و تلفات را موجب شده و زمینه برقراری ارتقاء وضعیت در محیط رقابتی را برای بسیاری از بنگاه‌ها فراهم می‌نماید.

مدیریت انرژی به گونه‌های مختلف از جمله اصلاح و بهبود روش‌های بهره‌برداری، به کارگیری فن‌آوری‌های جدید کارائی انرژی، استفاده از فرآیندهای جدید برای تولید قابل‌اعمال می‌باشد. به کارگیری چنین تمهیداتی موجب ارتقاء بهره‌وری و بهبود کیفیت کالای تولیدی و یا خدمات خواهد شد. بدون تردید دستیابی به مجموعه‌ای از ارزشها مثل ارتقاء بهره‌وری، افزایش کیفیت، کاهش نشر آلاینده‌ها و بخصوص کاهش هزینه‌های انرژی اولیه، ایجاد انگیزه‌ای قوی برای سازمانها و بنگاهها جهت روی‌آوری به سازکارهای مدیریت انرژی خواهد نمود.

با تلقی جدید از برق به عنوان یک کالا در کنار سایر کالاهای تولیدی، مقوله مدیریت تمام عیار کیفیت (TQM)<sup>۱</sup> که رویکرد بسیاری از بنگاه‌های تولیدی در دهه گذشته بوده است را مورد تاکید قرار می‌دهد. TQM رویکردی یکپارچه در بهره‌برداری از فرآیندهای یک بنگاه و یا واحد تولیدی (مثل یک

---

<sup>۱</sup> - Total Quality Management



نیروگاه برق) می‌باشد که موضوع کنترل هزینه انرژی نیز باید در آن ملحوظ گردد. موضوع TQM بر این اصل استوار است که کارکنان یک مجموعه باید دارای چنین اختیاری باشند که بتوانند تغییراتی در روند بهره برداری از مجموعه مورد نظر اعمال نمایند. چنانچه این کارکنان آموزشهای لازم در خصوص مدیریت انرژی را فراگیرند می‌توانند در کاهش هزینه‌های انرژی نقش موثری داشته باشند [3].

مهارتهای مدیریت انرژی برای کارکنان بسیاری از سازمانها و بنگاه‌ها بسیار مهم می‌باشد. از جمله این مهارتها می‌توان به "ممیزی انرژی"، "حسابرسی انرژی"<sup>۲</sup> و تحلیل اقتصادی انرژی اشاره نمود. تاکید بر این مقوله‌ها از این حقیقت ناشی می‌شود که موضوع مدیریت انرژی تنها یک چالش فنی نمی‌باشد، بلکه چگونگی اعمال تغییرات فنی در یک چارچوب اقتصادی با حداقل آثار جانبی می‌باشد.

اصولا مدیریت انرژی باید رویکردی دائمی باشد، در این رابطه می‌توان دلایل ذیل را مطرح نمود:

- بازگشت مستقیم اقتصادی
- بازی در محیط رقابتی
- سرعت زیاد تغییرات فناوری‌های انرژی (اکثرا دارای نیمه عمر ده ساله می‌باشند)
- ضرورت ملاحظات امنیت انرژی
- احتمال بروز شوک‌های قیمتی در بازار انرژی

لذا می‌توان نتیجه گیری نمود که رویکرد مدیریت انرژی باید به عنوان یکی از سیاستهای پایدار در فعالیتهای اقتصادی حوزه انرژی مورد توجه خاص قرار گرفته و برنامه ای سیستماتیک برای آن تدوین گردد.

هسته اصلی هر برنامه در مدیریت انرژی ممیزی انرژی می‌باشد. ممیزی انرژی ابزاری برای پی بردن به چگونگی استفاده از انرژی در یک مجموعه و یا واحد صنعتی می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان آن را به عنوان ابزاری برای آسیب شناسی مصرف انرژی و ارائه طریق برای بهبود تلقی کرد. در فرایند

---

<sup>1</sup> - Energy Audit

<sup>2</sup> - Energy Accounting

ممیزی متعاقب آسیب شناسی، فرصت‌های صرفه جوئی نیز شناسایی و توصیه‌های لازم می‌بایست ارائه شود.

پروژه حاضر در بر گیرنده مباحث مرتبط با ممیزی انرژی در نیروگاه‌های حرارتی برق با تکنولوژی‌های مختلف شامل سیکل بخار، سیکل گاز، سیکل ترکیبی و واحدهای همزمان تولید برق و گرما بوده و هدف نهایی آن تدوین نظام نامه ممیزی انرژی برای نیروگاه‌های فوق الذکر می‌باشد. به منظور ورود به بحث و زمینه سازی برای تلقی مشترک و یکسان از مفاهیم کلی ناظر بر موضوع پروژه، در گزارش مرحله اول ابتدا، در بخش اول تعاریف مرتبط با موضوع ارائه می‌شود و در بخش دوم مروری بر ادبیات ممیزی انرژی و تجربیات جهانی مطرح می‌گردد. بخش سوم به ضرورتها و اهداف انجام ممیزی اشاره می‌کند و بخش چهارم حوزه و دامنه کار ممیزی انرژی را تبیین می‌نماید. بخش‌های پنجم و ششم مباحث مربوط به زمانبندی انجام ممیزی را ارائه می‌کند. در بخش هفتم نیز شرایط و مسئولیت‌ها در برنامه ممیزی برای گروه‌های مختلف مرتبط با موضوع به بحث گذاشته می‌شود.

بخش اول

تعاریف

## ۱-۱ تعاریف

به منظور فراهم آوردن بستری مناسب و ایجاد تلقی مشترک از مفاهیم در حوزه موضوع ممیزی انرژی نیروگاه‌های حرارتی در این بخش به ذکر برخی از تعاریف مرتبط با موضوع پروژه می‌پردازیم.

### ۱-۱-۱ تعاریف کلی در حوزه مدیریت انرژی

#### ۱-۱-۱-۱ مدیریت انرژی

واژه مدیریت انرژی در مفهوم کلان و در سطح ملی به معنی نظم دهی منطقی عرضه و تقاضای انرژی در یک چارچوب مشخص اقتصادی - اجتماعی می‌باشد. این چارچوب متأثر از سیاست‌های کلان انرژی هر کشور بوده و می‌تواند متناسب با شرایط جهانی ناظر بر حوزه انرژی از روند پویایی برخوردار باشد. در سطح بنگاه، مدیریت انرژی در برگیرنده مجموعه اقداماتی است که با هدف کاهش هزینه انرژی برای انجام فعالیت مورد نظر با رعایت قوانین و استانداردهای حاکم صورت می‌پذیرد.

#### ۱-۱-۱-۲ صرفه جویی انرژی<sup>۱</sup>

موضوع صرفه‌جویی انرژی در برگیرنده تمهیداتی چون تغییرات فناوری و یا تغییرات رفتاری برای کاهش تقاضای انرژی و یا تغییر نوع حامل انرژی، بدون ایجاد تغییرات در بهره‌وری و یا کیفیت فعالیت می‌باشد.

#### ۱-۱-۱-۳ مدیریت سمت مصرف<sup>۲</sup>

طبق تعریف موسسه تحقیقات برق آمریکا (EPRI)<sup>۳</sup> مدیریت سمت مصرف (DSM) به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که از طرف عرضه‌کننده انرژی (مثلاً شرکت برق) با هدف تغییر میزان و زمان تقاضای انرژی (برق) از طرف مصرف‌کننده، طراحی و اجراء می‌شود [4].

<sup>1</sup> - Energy Conservation

<sup>2</sup> - Demand Side Management

<sup>3</sup> - Electric Power Research Institute

بر اساس تعریف اخیر کمیسیون تنظیم مقررات برق فدرال آمریکا (FERC)<sup>۱</sup> که ناظر بر تغییر ساختار صنعت برق می‌باشد فعالیت DSM به دو گروه اصلی پاسخگویی بار<sup>۲</sup> و کارائی انرژی<sup>۳</sup> طبقه بندی شده است [5].

#### ۴-۱-۱-۱ مدیریت سمت تولید<sup>۴</sup>

واژه مدیریت سمت تولید (SSM) به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با هدف کاهش هزینه انرژی تولیدی (برق) و در سمت شبکه برق و نیروگاه‌ها صورت می‌پذیرد.

#### ۵-۱-۱-۱ کارائی انرژی

کارائی انرژی به معنی انجام کاری مشابه با مصرف انرژی کمتر می‌باشد.

#### ۶-۱-۱-۱ شدت انرژی<sup>۵</sup>

شدت انرژی کمیتی است که بیانگر میزان انرژی مورد نیاز برای تولید یک واحد محصول می‌باشد. شدت انرژی در سطح ملی بیانگر میزان معادل انرژی مصرفی برای یک واحد تولید ناخالص داخلی (GDP)<sup>۶</sup> می‌باشد. در مورد نیروگاه‌های برق میزان معادل انرژی اولیه مورد نیاز به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق می‌تواند به عنوان شدت انرژی تلقی گردد.

#### ۷-۱-۱-۱ ممیزی انرژی

ممیزی انرژی به مجموعه مطالعاتی در مورد یک سیستم انرژی (یک واحد صنعتی یا نیروگاه) گفته می‌شود که طی آن "محل" و "چگونگی" مصرف انرژی مورد شناسایی قرار می‌گیرد. معمولاً ممیزی انرژی به عنوان هسته اصلی یک برنامه مدیریت انرژی قلمداد می‌گردد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که باید توجه داشت ممیزی انرژی یک ابزار مدیریت انرژی می‌باشد و نه یک راه حل.

<sup>1</sup> - Federal Electricity Regulatory Commission

<sup>2</sup> - Demand Response

<sup>3</sup> - Energy Efficiency

<sup>4</sup> - Supply Side Management

<sup>5</sup> - Energy Intensity

<sup>6</sup> - Gross Domestic Product

## ۸-۱-۱-۱-۱ حسابرسی انرژی

حسابرسی انرژی به معنی ثبت اطلاعات مربوط به مصرف سوخت و سایر حامل‌های انرژی و نیز دیگر ورودی‌ها به یک مجموعه صنعتی، مثل آب، مواد اولیه و غیره در دوره‌های زمانی مختلف و استخراج شاخص‌های مصرف انرژی با ملحوظ داشتن وضعیت آب و هوایی، نرخ تولید، نیروی انسانی مشغول به کار و غیره می‌باشد. همچنین حسابرسی انرژی در برگیرنده تحلیل‌های هزینه طول عمر<sup>۱</sup> (LCC) نیز می‌باشد.

## ۲-۱-۱-۲ تعاریف در حوزه فناوریهای نیروگاه‌های حرارتی [6]

### ۱-۱-۲-۱ نیروگاه بخاری

به آن دسته از نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که انرژی شیمیایی سوخت‌های فسیلی طی یک فرایند تبدیل انرژی در یک چرخه بخار به صورت انرژی مکانیکی و نهایتاً به برق تبدیل می‌گردد.

### ۲-۱-۲-۲ نیروگاه گازی

به آن دسته از نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که انرژی شیمیایی سوخت‌های فسیلی طی یک فرایند در محفظه احتراق و عبور گازهای حاصله از یک توربین گاز تبدیل به انرژی مکانیکی و نهایتاً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد.

### ۳-۱-۲-۳ نیروگاه سیکل ترکیبی

به آن دسته از نیروگاه‌هایی اطلاق می‌شود که از ترکیب یک یا چند سیکل گاز و سیکل بخار با بویلر بازیافت حرارت تشکیل شده و توسط دو توربوژنراتور گازی و بخاری مستقل از یکدیگر تولید برق می‌نماید.

### ۴-۱-۲-۴ واحدهای تولید همزمان

به واحدهایی اطلاق می‌شود که به طور توأمان برق و گرما تولید می‌کند. فرایند تولید برق در این واحدهای می‌تواند یکی از چرخه‌های نیروگاه‌های حرارتی باشد.

---

<sup>۱</sup> - Life Cycle Cost

### ۱-۱-۳ تعاریف در حوزه کارائی نیروگاه حرارتی

#### ۱-۱-۳-۱ فرایند گرمایی<sup>۱</sup>

به فرایندی گفته می‌شود که انرژی شیمیایی سوخت پس از احتراق به انرژی حرارتی تبدیل شده و حرارت و گازهای گرم حاصل از آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۱-۱-۳-۲ فرایند بخار

به فرایندی گفته میشود که طی آن انرژی حرارتی حاصل از یک فرایند گرمایی به سیال واسط (آب) منتقل شده و بخار با کیفیت و شرایط متناسب با نوع کار برد آن تولید می‌شود. معمولاً در نیروگاه‌های حرارتی بخار سوپر هیت با فشاری متناسب با مشخصه توربین بخار محصول این فرایند می‌باشد.

#### ۱-۱-۳-۳ تعادل گرمایی<sup>۲</sup>

واژه تعادل گرمایی به مفهوم برقراری ارتباط بین انرژی ورودی، تلفات و انرژی خروجی در یک فرایند گرمایی می‌باشد.

#### ۱-۱-۳-۴ کارائی خالص حرارتی<sup>۳</sup>

کارائی خالص حرارتی عبارت است از نسبت انرژی خالص خروجی از چرخه بخار به گرمای ورودی.

#### ۱-۱-۳-۵ نرخ خالص حرارتی نیروگاه<sup>۴</sup>

نرخ خالص حرارتی نیروگاه کمیتی است که برای بخش کارائی واحدهای نیروگاه‌های حرارتی محاسبه می‌گردد و مقدار آن برابر است با نسبت انرژی گرمایی ورودی به انرژی الکتریکی خروجی از واحد نیروگاهی. این کمیت معمولاً برحسب  $Btu/Kwh$  نشان داده می‌شود.

---

<sup>1</sup> - Heat Process

<sup>2</sup> - Heat Balance

<sup>3</sup> - Net Thermal Efficiency

<sup>4</sup> - Plant Net Heat Rate

بخش دوم

مرور بر ادبیات ممیزی انرژی و تجربیات  
جهانی



## ۲-۱ مرور بر ادبیات ممیزی انرژی و تجربیات جهانی

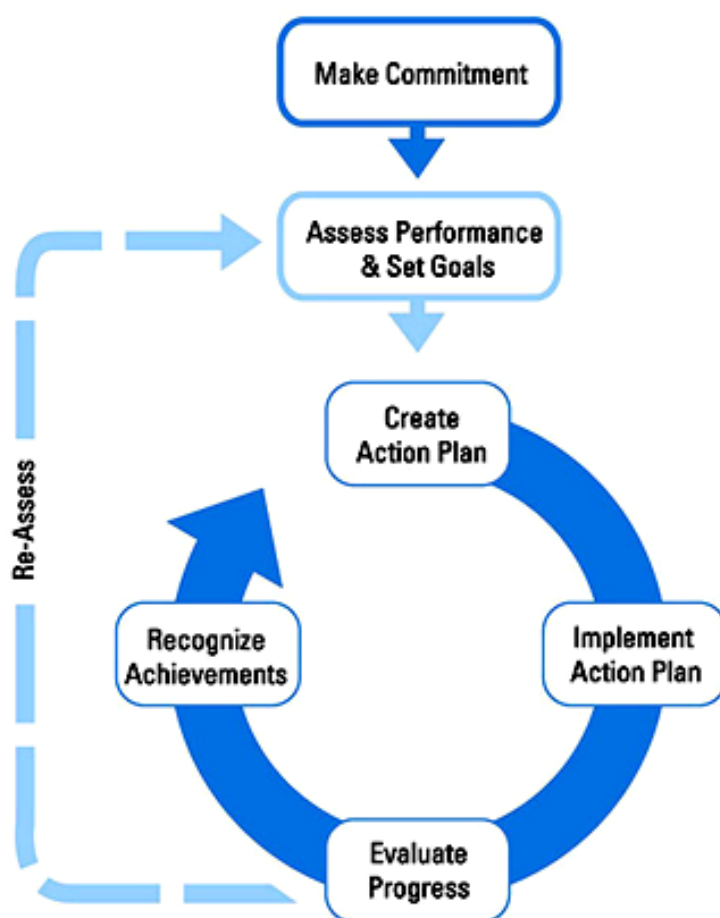
اصولاً صرفه‌جویی در هزینه‌ها در بنگاههای اقتصادی اعم از تجاری و یا صنعتی از جذابیت خوبی برخوردار است. هزینه‌های انرژی از جمله مولفه‌های هزینه یک بنگاه اقتصادی محسوب می‌گردند. در برخی واحدهای صنعتی مثل نیروگاه‌های برق قسمت اعظم هزینه‌های تولید برق معطوف به هزینه سوخت به عنوان منبع اولیه انرژی می‌باشد. لذا هرگونه برنامه کنترل هزینه سوخت باید از انگیزه بسیار قوی برخوردار باشد. برخی از برنامه‌های بدون هزینه و یا کم هزینه برای بهبود رویه‌های بهره‌برداری می‌تواند منجر به صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای گردد. مضافاً اینکه این گونه برنامه‌ها نه تنها بر کاهش هزینه‌های انرژی بلکه در کاهش انتشار آلاینده‌ها نیز موثرند.

ممیزی انرژی به عنوان یکی از اولویتهای برنامه‌های مدیریت انرژی و به عنوان هسته اصلی یک برنامه موفق شناخته شده است. یک برنامه ممیزی انرژی شامل بررسی دقیق چگونگی مصرف انرژی و هزینه‌های آن در یک مجتمع بوده و نهایتاً توصیه‌های لازم برای تغییر رویه‌های بهره‌برداری و یا بکارگیری تجهیزات با کارایی مناسب انرژی را ارائه می‌نماید. برخی اوقات به جای واژه ممیزی انرژی از عناوین دیگری مثل بررسی انرژی و یا تحلیل انرژی نیز استفاده می‌شود. این امر به خاطر پرهیز از برداشت منفی از واژه ممیزی انرژی می‌باشد. لیکن در حقیقت ممیزی انرژی یک تجربه مثبت برای بسیاری از بنگاهها و اشخاص می‌باشد. اما چنانچه واژه ممیزی برای برخی از بنگاهها تصویری منفی ایجاد نماید باید از بکارگیری آن خودداری و از عناوین جایگزین استفاده نمود. همانگونه که پیشتر نیز اشاره شد اصولاً ممیزی انرژی به عنوان یکی از مهمترین مولفه‌های یک برنامه مدیریت انرژی می‌باشد به منظور هر چه روشتر شدن جایگاه مقوله ممیزی انرژی در ادامه به چارچوب یک برنامه مدیریت انرژی اشاره می‌شود.

## ۱-۲-۱ چارچوب برنامه مدیریت انرژی و جایگاه ممیزی انرژی

بر اساس تجربیات موفق برنامه Energy Star یک چارچوب چندمرحله‌ای مطابق شکل ۱-۱ به عنوان راهنمای مدیریت انرژی پیشنهاد شده است [7].

### ENERGY STAR Guidelines For Energy Management



شکل ۱-۱: روندنمای برنامه مدیریت انرژی

همانگونه که در شکل ۱-۱ ملاحظه می‌شود، یک برنامه مدیریت انرژی بر هفت مولفه اصلی مدیریت که هر یک در برگیرنده فعالیت‌های خاصی می‌باشد استوار است. مراحل هفت گانه به شرح ذیل می‌باشد.

- مرحله اول: ایجاد تعهد
- مرحله دوم: ارزیابی عملکرد
- مرحله سوم: هدف گذاری
- مرحله چهارم: تدوین طرح اقدام
- مرحله پنجم: اجراء طرح اقدام
- مرحله ششم: ارزیابی پیشرفت
- مرحله هفتم: به رسمیت شناختن دستاوردها

به منظور آشنایی بیشتر با هر یک از مراحل فوق الذکر به تشریح رؤس فعالیت‌هایی که در هر یک از مراحل هفت گانه فوق الذکر صورت می‌پذیرند می‌پردازیم.

#### ۱- مرحله اول: ایجاد تعهد برای بهبود مداوم

این مرحله ایجاد نوعی تعهد برای بهبود مداوم می‌باشد. سازمان‌ها و بنگاه‌های پیشرو در زمینه مدیریت انرژی معمولاً به دنبال بازگشت مالی از ناحیه برنامه‌های مدیریت انرژی می‌باشند، لذا همواره درصدد بهبود عملکرد فرآیندهای انرژی در مجموعه‌های خود می‌باشند. موفقیت این بنگاه‌ها متکی بر ارزیابی مستمر و اجراء برنامه‌های کارایی انرژی می‌باشد. بدون توجه به ابعاد و نوع سازمان یا بنگاه، یکی از مولفه‌های معمول برای موفقیت برنامه‌های مدیریت انرژی ایجاد تعهد و الزام است. در این رابطه سازمان‌ها نسبت به تخصیص نیروی انسانی و بودجه برای دستیابی به بهبود عملکرد متعهد می‌شوند. سازمان‌های پیشرو معمولاً برای برقراری برنامه انرژی نسبت به تخصیص یک گروه مدیریت انرژی و وضع یک سیاست انرژی اقدام می‌نمایند. رؤس اقدامات این مرحله عبارتند از:

- اقدام اول: تشکیل تیم انرژی
- اقدام دوم: وضع سیاست انرژی

## ۲- مرحله دوم: ارزیابی عملکرد

درک کافی از وضعیت فعلی و گذشته مصرف انرژی زمینه‌ساز شناسایی فرصت‌های بهبود عملکرد انرژی و دستیابی به منافع مالی خواهد بود ارزیابی عملکرد انرژی یک فرایند متناوب برای پی بردن به چگونگی مصرف انرژی در مجموعه‌های مورد نظر بوده و خط پایه به عنوان نقطه شروع برای اندازه-گیری نتایج آتی ناشی از بهبود فعالیت‌های کارایی انرژی محسوب می‌گردد.

در واقع این مرحله همان " ممیزی انرژی " می‌باشد و قرار گرفتن این فعالیت در صدر برنامه و بلافاصله پس از ایجاد تعهد و تصمیم برای اجرای برنامه مدیریت انرژی بر اهمیت و جایگاه ویژه این مقوله تاکید می‌نماید. رئوس اقدامات این مرحله عبارتند از:

- اقدام اول: جمع آوری و مدیریت داده
- اقدام دوم: تعیین خطوط پایه<sup>۱</sup> و خطوط محک<sup>۲</sup>
- اقدام سوم: تحلیل و ارزیابی برای شناسایی فرصت‌های بهبود

## ۳- مرحله سوم: تعیین اهداف

اصولاً اهداف مورد نظر برای عملکرد، مبنای استخراج فعالیت‌های مدیریت انرژی برای بهبود مداوم عملکرد می‌باشد. تعیین اهداف شفاف و قابل اندازه‌گیری برای درک درست نتایج مورد نظر، تدوین راهبردهای موثر و دستیابی به منافع مالی بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

تبیین مناسب اهداف مبنای خوبی برای تصمیم‌گیری‌ها، ردیابی و اندازه‌گیری پیشرفت می‌باشد. ایجاد ارتباط و نشر اهداف در بنگاه زمینه‌ساز ایجاد انگیزه برای کارکنان جهت حمایت از فعالیت‌های مدیریت انرژی خواهد بود. معمولاً مدیر انرژی و تیم همکار وی اهداف را تبیین می‌کنند. رئوس اقدامات این مرحله عبارتند از:

---

<sup>۱</sup> Base line

<sup>۲</sup> Benchmark

- اقدام اول: تدوین اهداف عملکرد موثر

۴- مرحله چهارم: ایجاد طرح اقدام

با توجه به تبیین اهداف در مرحله سوم، بنگاه آمادگی لازم برای تدوین نقشه راه<sup>۱</sup> جهت بهبود عملکرد انرژی را دارا خواهد بود. معمولاً بنگاههای موفق طرح اقدام با جزئیات لازم برای اطمینان از فرایند سیستماتیک اجرای طرح تمهیدات بهبود عملکرد انرژی را به کار می‌برند بر خلاف سیاست انرژی، طرح اقدام باید به صورت مرتب به روز شود که معمولاً به طور سالانه انجام می‌گیرد. این امر به منظور انعکاس دستاوردهای جدید، تغییرات در عملکرد انرژی و جابجایی اولویت‌ها صورت می‌گیرد. رؤس اقدامات این مرحله عبارتند از:

- اقدام اول: تعریف مراحل و اهداف فنی

- اقدام دوم: تعیین نقش و منابع

۵- مرحله پنجم: اجراء طرح اقدام

اصولاً افراد می‌توانند هم نقش سازنده و هم نقش شکننده در یک برنامه انرژی داشته باشند. در بسیاری از سازمان‌ها جلب حمایت و همکاری افراد کلیدی در رده‌های مختلف سازمان فاکتور مهمی در اجرا موفق یک طرح اقدام می‌باشد. بعلاوه دستیابی به اهداف در بسیاری از مواقع به آگاهی، تعهد و توانمندی افرادی که پروژه را اجرا می‌نمایند بستگی دارد. برای اجراء برنامه اقدام قدمهای ذیل باید برداشته شود:

- قدم اول: ایجاد یک طرح ارتباط و انتقال اطلاعات به مخاطبین کلیدی

- قدم دوم: اقدام در جهت افزایش آگاهی کارکنان در زمینه مدیریت انرژی

---

<sup>1</sup> Road-map

- قدم سوم: ظرفیت‌سازی از طریق آموزش، دسترسی به اطلاعات، انتقال تجربیات موفق، انتقال تکنولوژی و رویه‌ها
- قدم چهارم: ایجاد انگیزه از طریق تشویق کارکنان برای دسترسی به اهداف مدیریت انرژی
- قدم پنجم: ردیابی و پایش پیشرفت براساس سیستمی که بعنوان بخشی از طرح اقدام توسعه یافته‌است.

#### ۶- مرحله ششم: ارزیابی پیشرفت

فرآیند ارزیابی شامل مرور اطلاعات مصرف انرژی و نیز فعالیت‌های در نظر گرفته شده در طرح اقدام و مقایسه با اهداف عملکرد می‌باشد. نتایج ارزیابی و اطلاعات جمع آوری شده در خلال فرآیند بازبینی در بسیاری از سازمان‌ها جهت ایجاد طرح اقدام جدید، شناسایی بهترین تجربیات و هدف گذاری جدید مورد استفاده قرار می‌گیرد. قدم‌های اصلی در این مرحله عبارتند از:

- قدم اول: اندازه گیری عملکرد فعلی برای هدف گذاری
- قدم دوم: مرور طرح اقدام و ارزیابی نقاط قوت و ضعف

#### ۷- مرحله هفتم: به رسمیت شناختن دستاوردها

به رسمیت شناختن دستاوردهای مدیریت انرژی حرکتی اثبات شده برای پایداری و حمایت از برنامه می‌باشد و اعتبار بخشیدن به امر افراد و کارکنانی که نقش در این حرکت داشته اند موجب ایجاد انگیزه در کارکنان و ایجاد وجهه مثبت برای برنامه مدیریت انرژی خواهد شد. ارزیابی توسط نهادهای برون سازمانی نیز موجب مقبولیت و اثبات آثار مثبت برنامه برای ذینفعان داخلی و برون سازمان خواهد شد و در مجموع وجهه خوبی برای سازمان خواهد داشت. قدم‌های اصلی که باید در این مرحله برداشته شود، عبارتند از:

- قدم اول: به رسمیت شناختن داخلی
- قدم دوم: به رسمیت شناختن خارجی

همانطور که ملاحظه گردید برنامه مدیریت انرژی از مولفه‌های متعددی تشکیل یافته است. با توجه به اینکه وضعیت هر یک از مولفه‌های فوق الذکر در سازمانها و بنگاههای مختلف ممکن است در شرایط و سطوح متفاوتی قرار داشته باشد، لذا برنامه Energy Star جهت کمک به شروع برنامه مدیریت انرژی دو ماتریس ذیل را تدوین نموده است [7].

*a*: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح سازمان (جدول ۱-۱)

#### Energy Management Assessment Matrix

*b*: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح واحد (جدول ۱-۲)

#### Facility Energy Management Assessment Matrix

هر دو ماتریس فوق الذکر وضعیت برنامه‌ها و اقداماتی را که در هر یک از مراحل هفتگانه برنامه مدیریت انرژی که پیش تر بحث شد را به تفکیک در سطح کم، متوسط و کامل تبیین نموده است. با این تفاوت که ماتریس *a* مربوط به یک سازمان بزرگ و ماتریس *b* مربوط به یک زیر مجموعه کوچکتر مثل یک واحد صنعتی و غیره می‌باشد.

جدول ۱-۱: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح سازمان

	Little or no evidence	Some elements	Fully implemented	Next Steps
<b>Make Commitment to Continuous Improvement</b>				
<b>Energy Director</b>	No central or organizational resource Decentralized management	Central or organizational resource not empowered	Empowered central or organizational leader with senior management support	
<b>Energy Team</b>	No company energy network	Informal organization	Active cross-functional team guiding energy program	
<b>Energy Policy</b>	No formal policy	Referenced in environmental or other policies	Formal stand-alone EE policy endorsed by senior mgmt.	
<b>Assess Performance and Opportunities</b>				
<b>Gather and Track Data</b>	Little metering/no tracking	Local or partial metering/tracking/reporting	All facilities report for central consolidation/analysis	
<b>Normalize</b>	Not addressed	Some unit measures or weather adjustments	All meaningful adjustments for organizational analysis	
<b>Establish baselines</b>	No baselines	Various facility-established	Standardized organizational base year and metric established	
<b>Benchmark</b>	Not addressed or only same site historical comparisons	Some internal comparisons among company sites	Regular internal & external comparisons & analyses	
<b>Analyze</b>	Not addressed	Some attempt to identify and correct spikes	Profiles identifying trends, peaks, valleys & causes	
<b>Technical assessments and audits</b>	Not conducted	Internal facility reviews	Reviews by multi-functional team of professionals	
<b>Set Performance Goals</b>				
<b>Determine scope</b>	No quantifiable goals	Short term facility goals or nominal corporate goals	Short & long term facility and corporate goals	
<b>Estimate potential for improvement</b>	No process in place	Specific projects based on limited vendor projections	Facility & organization defined based on experience	
<b>Establish goals</b>	Not addressed	Loosely defined or sporadically applied	Specific & quantifiable at various organizational levels	



ادامه جدول ۱-۱: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح سازمان

	Little or no evidence	Some elements	Fully implemented	Next Steps
<b>Make Commitment to Continuous Improvement</b>				
Energy Director	No central or organizational resource Decentralized management	Central or organizational resource not empowered	Empowered central or organizational leader with senior management support	
Energy Team	No company energy network	Informal organization	Active cross-functional team guiding energy program	
Energy Policy	No formal policy	Referenced in environmental or other policies	Formal stand-alone EE policy endorsed by senior mgmt.	
<b>Assess Performance and Opportunities</b>				
Gather and Track Data	Little metering/no tracking	Local or partial metering/tracking/reporting	All facilities report for central consolidation/analysis	
Normalize	Not addressed	Some unit measures or weather adjustments	All meaningful adjustments for organizational analysis	
Establish baselines	No baselines	Various facility-established	Standardized organizational base year and metric established	
Benchmark	Not addressed or only same site historical comparisons	Some internal comparisons among company sites	Regular internal & external comparisons & analyses	
Analyze	Not addressed	Some attempt to identify and correct spikes	Profiles identifying trends, peaks, valleys & causes	
Technical assessments and audits	Not conducted	Internal facility reviews	Reviews by multi-functional team of professionals	
<b>Set Performance Goals</b>				
Determine scope	No quantifiable goals	Short term facility goals or nominal corporate goals	Short & long term facility and corporate goals	
Estimate potential for improvement	No process in place	Specific projects based on limited vendor projections	Facility & organization defined based on experience	
Establish goals	Not addressed	Loosely defined or sporadically applied	Specific & quantifiable at various organizational levels	

جدول ۱-۲: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح واحد

Facility Name:	Assessment Date:			Next Steps
	Little or no evidence	Some elements/degree	Fully implemented	Next Steps
<b>Commit to Continuous Improvement</b>				
Site Energy Leader	None assigned.	Assigned responsibility but not empowered. 20-40% of time is devoted to energy.	Recognized and empowered leader having site manager and senior energy manager support.	
Site Energy Champion	None identified.	Senior manager implicitly supports the energy program.	Senior manager actively supports the energy program and promotes energy efficiency in all aspects of site operation.	
Site Energy Team	None energy team.	Informal organization with sporadic activity.	Active cross-functional team guiding site energy program.	
Energy Policy	No energy policy or awareness of organizational policy.	Organizational policy in place. Little awareness by site energy team and limited application of policy.	Organizational policy supported at site level. All employees aware of goals and responsibility.	
Site Energy Plan	No written plan.	Informal plan not widely known.	Written formal plan endorsed, distributed, and verified.	
Accountability	No energy budgeting and accountability.	Estimator used for allocating energy budgets.	Key users are meters separately. Each entity has total accountability for their energy use.	
Participation Levels	No reporting of energy performance data internally or involvement in external organization.	Some participation, sharing, mentoring, and professional membership. Annual reporting of performance.	Participant in energy network/organization. Share best practices/mentor others/site. Report usage quarterly.	
<b>Assess Performance and Opportunities</b>				
Track & Analyze Data	Limited metering or tracking. No demand analysis or billing evaluation.	Some metering, tracking, analyzing, and reporting. Energy bills verified for accuracy.	Key loads metered, tracked, analyzed, and reported. Facility peak demand analyzed. Adjust for real-time demand.	
Documentation	No manuals, plans, drawings, specs, etc. for building and equipment available.	Some documentation and records available. Some review of equipment commissioning/specs conducted.	Critical building and equipment documentation available and used for load surveys/site commissioning/efficiency quest.	
Benchmarking	Energy performance of systems and facilities not benchmarked.	Limited comparison of specific functions, or only same-site historical comparisons.	Key systems/sites benchmarked using comparison tools like Partialia Manager/Energy Performance Indicators.	
Technical Assessments	No formal or external review.	Limited review by vendors, location, or organizational and corporate energy managers.	Extensive regular reviews by multi-functional team of internal and external professionals. Full assessment every 5 years.	
Best Practices	None identified.	Ad hoc or infrequent monitoring of trade journals, internal database, and other facilities' best practices.	Regular monitoring of trade journals, internal database, and other facilities. Best practices shared and implemented.	
<b>Set Performance Goals</b>				
Goals/Potential	Energy efficiency not established.	Loosely defined. Little awareness of energy goals by others.	Potential defined by experience or assessments. Goals roll up to	

جدول ۱-۲: ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح واحد

Facility Name:		Assessment Date:		
	Little or no evidence	Some elements/degree	Fully implemented	Next Steps
<b>Goals/Potential</b>	Energy reduction goals not established.	Loosely defined. Little awareness of energy goals by others outside of site energy team.	Potential defined by experience or assessments. Goals roll up to unit/site/corporate/organization and status reported prominently.	
<b>Career Development</b>	No career development. No opportunities available.	Exposure to other energy programs. Some temporary or project assignments available elsewhere.	Energy professionals have established career paths that are reviewed annually. Opportunities for growth encouraged.	
<b>Energy Team Incentives</b>	Nation between energy efficiency improvement and compensation.	Spot awards or bonuses for employees on a project.	Accountability tied to performance review, compensation, and personal and plant bonuses.	
<b>Create Action Plan</b>				
<b>Improvement Planning</b>	No upgrade plan.	Upgrades implemented sporadically. Some compliance with organizational goals and standards.	Upgrade plans established; reflect assessments. Full compliance with organizational EE design guidelines and goals.	
<b>Roles and Resources</b>	Not addressed, or addressed on an ad hoc basis only.	Informal interest of person competent for funding. Little support from organizational program.	Internal/external roles defined and funding identified. Organizational or corporate program support secured.	
<b>Site Planning Integration</b>	Impact on energy from changes not considered.	Decisions impacting energy considered on a first-come basis only.	Projects/contracts include energy analysis. Energy projects evaluated with other investments. Lifecycle costing applied.	
<b>Implement Action Plan</b>				
<b>Communication Plan</b>	Site plan not developed.	Periodic communications for projects. Some reporting of energy use information.	All stakeholders are addressed on a regular basis.	
<b>Energy Awareness</b>	None conducted.	Occasional energy efficiency awareness campaign. Some communication of energy costs.	Planned outreach and communications. Support organizational initiatives. Employees aware of site energy costs.	
<b>Building Staff Capacity</b>	No training offered.	Some vendor training for key individuals and operators.	Broad training/certification in technology and best practices. Networking opportunities actively pursued.	
<b>Contract Management</b>	Contracts are renewed automatically without review.	Occasional review of supplier contracts.	Energy-efficient procurement policy in place. Vendors for replacement are vetted. Regular review of suppliers.	
<b>Incentives and Rebates</b>	Not researched or pursued.	Occasional communication with utility representatives. Limited knowledge of incentive programs.	Research rebates and incentives offered regionally and nationally. Communicator often with utility representatives.	
<b>Evaluate Progress</b>				
<b>Measuring Results</b>	No review.	Historical comparisons. Some reporting of results.	Compare usage & costs vs. goals, plans, alternatives. Results reported to site and organizational or corporate management.	
<b>Reviewing Action Plan</b>	No review.	Informal check on progress.	Review plan based on results, feedback and business factors. Best practices shared with other sites/organization or corporate program.	
<b>Recognize Achievements</b>				
<b>Site Recognition</b>	Not addressed.	Occasional recognition of projects and people.	Recognition system in place. Awards for projects pursued by operators.	
<b>Organizational Recognition</b>	Not sought.	Occasionally when prompted by senior management.	Senior management acknowledges site successes.	
<b>External Recognition</b>	Not sought.	Occasional trade magazine and vendor recognition.	Government and third-party recognition highlighting achievements sought. ENERGY STAR label for facility awarded annually.	

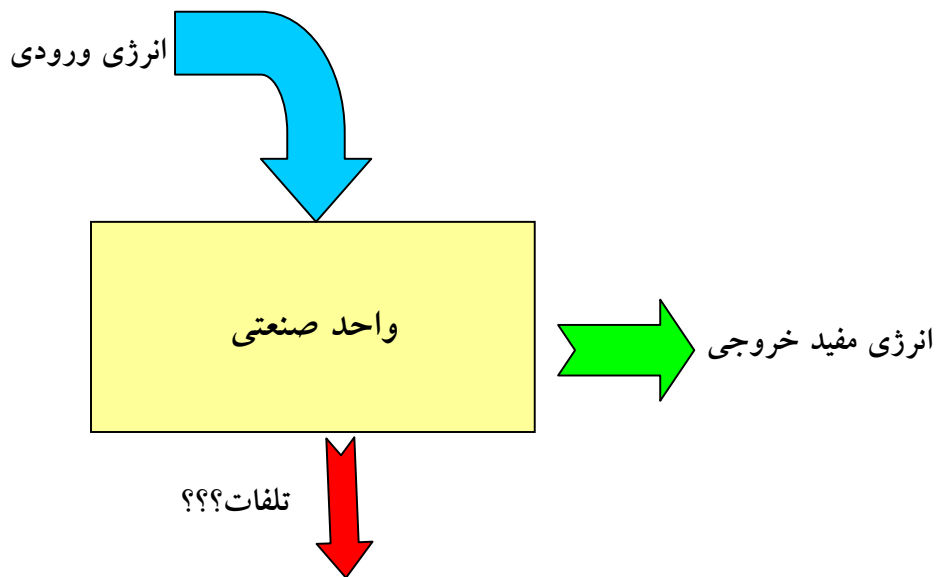
ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح سازمان (ماتریس a)، ابزار مناسبی برای مدیران انرژی سازمان جهت بررسی وضعیت برنامه‌های مدیریت انرژی خود با تجربیات سایر سازمانها که محورهای آن در راهنمای مدیریت انرژی منظور شده است می‌باشد. ماتریس ارزیابی مدیریت انرژی در سطح واحد (ماتریس b)، ابزاری مفیدی برای مدیران انرژی واحدهای زیر مجموعه سازمان برای سنجش وضعیت برنامه‌های مدیریت انرژی خود با برنامه‌های کلان مدیریت انرژی در سطح سازمان می‌باشد.

همانطور که ملاحظه گردید یکی از مهمترین مولفه‌های برنامه مدیریت انرژی ارزیابی چگونگی مصرف انرژی و یا همان موضوع ممیزی انرژی می‌باشد. در بخش بعد ادبیات ممیزی انرژی مورد اشاره قرار می‌گیرد.

## ۲-۲-۱ ادبیات ممیزی انرژی

خبرگان امور انرژی ممیزی انرژی را به عنوان ابزاری برای مدیریت انرژی مبتنی بر واقعیات معرفی نموده اند. اصولاً تلفات انرژی در هر فرآیند یا واحد صنعتی غیر قابل اجتناب است. لیکن از آثار اقتصادی و زیست محیطی آن نباید به سادگی چشم پوشی کرد و این امر خود تأکیدی بر نیاز روز افزون بهبود کارائی انرژی در این گونه واحدها می‌باشد. به سادگی میتوان گفت که میزان بهبود کارائی انرژی در یک واحد صنعتی تقریباً متناسب با میزان تلفات خارج از استاندارد و نرم فرآیندهای موجود در آن واحد می‌باشد. پاسخ به این سوال که بیشترین تلفات در کجا و چگونه اتفاق می‌افتد و این که انرژی تلف شده چه میزان است و آیا تلفات قابل کنترل بوده و یا قابل بازیافت است را می‌توان در فرآیند یک ممیزی انرژی سیستماتیک بدست آورد.

همانگونه که در شکل (۱-۲) به سادگی نشان داده شده، تلفات مابه‌التفاوت انرژی ورودی به واحد و یا فرآیند و انرژی مفید خروجی می‌باشد. اما اینکه منشأ تلفات کجاست و چگونه می‌توان آن را کنترل نمود نیاز به اطلاعات گسترده و تجزیه و تحلیل آنها دارد.



شکل ۱-۲: تعادل انرژی در یک واحد صنعتی

به طور کلی تلفات حادث در یک مجموعه صنعتی از چند ناحیه نشأت می‌گیرد، که عبارتند از:

- طرحی اولیه که ملاحظات و خصوصیات کارآئی انرژی مثل گزینه‌های بازیافت را مد نظر قرار نداده است.

- شیوه بهره برداری بر اساس روش‌های غیرکارا

- برنامه تعمیر و نگهداری ضعیف و ناهمگون با ملاحظات کارآئی انرژی

کاهش هر یک از تلفات ناشی از منابع فوق تأثیر بسزائی در بهبود کارآئی فرایند و واحد صنعتی خواهد داشت.

در خصوص نیروگاه‌های حرارتی که موضوع مطالعه این پروژه می‌باشد، کنکاو و ریشه‌یابی تلفات غیر نرم و شناسائی فرصتهای بهبود کارآئی، نیاز به یک ممیزی انرژی سیستماتیک و تمام عیار دارد . بر اساس تجربه اصولاً تلفات موجود در نیروگاهها را می‌توان در چهار گروه طبقه بندی نمود:

#### ۱-تلفات قابل کنترل<sup>۱</sup>

این نوع تلفات را می‌توان با بهبود شیوه بهره برداری و تعمیر و نگهداری اصلاح نمود(مثلاً جلوگیری

از ورود هوای اضافی<sup>۱</sup> به بویلر)

<sup>۱</sup> Controllable losses

۲- تلفات قابل بازیافت<sup>۲</sup> (پرهزینه)

این نوع تلفات با صرف هزینه نسبتاً زیاد قابل بازیافت هستند (مثلاً بهبود پیش گرم کن هوا، بهبود گرم‌کن‌های آب تغذیه)

۳- تلفات قابل بازیافت<sup>۳</sup> (کم هزینه)

این نوع تلفات با صرف هزینه کم قابل بازیافت می‌باشند (مثل رفع گرفتگی لوله‌های گرم‌کن‌های آب تغذیه)

۴- تلفات غیر قابل بازیافت

این نوع تلفات به دلیل اعمال برخی تغییرات در واحد به دلیل رعایت قوانین زیست محیطی بروز می‌کنند.

بدون تردید برای شناسایی و کمیت‌گذاری تلفات مختلف و متعاقباً پیشنهاد راه‌های فنی - اقتصادی برای حداقل نمودن تلفات به اطلاعات و داده‌های گوناگون در خصوص عملکرد تجهیزات و فرآیندهای مختلف واحد صنعتی (نیروگاه) موردنظر نیاز می‌باشد. چنین اطلاعاتی معمولاً از طریق ممیزی انرژی جمع‌آوری و کسب می‌گردد.

آنچه که حائز اهمیت می‌باشد آن است که ممیزی انرژی باید مبتنی بر اصول و پروتکل‌های خاص خود باشد. در چنین صورتی، نتایج به دست آمده از ممیزی انرژی صحیح می‌تواند اطلاعات اساسی در خصوص چگونگی و میزان درست مصرف نمودن انرژی در یک مجموعه را برای مدیر انرژی مربوطه فراهم نموده و فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی (ECO)<sup>۴</sup> را برآوردهای اقتصادی و دستاوردهای قابل حصول مشخص نماید.

---

<sup>1</sup> Excess air

<sup>2</sup> Recoverable losses

<sup>3</sup> Non-recoverable losses

4 - Energy Conservation Opportunity

موضوع ممیزی انرژی به عنوان یکی از ارکان اصلی برنامه‌های مدیریت انرژی مورد توجه بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی، مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی و مشاوران انرژی در جهان قرار گرفته است. از جمله می‌توان به آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)<sup>1</sup> [8]، بانک جهانی (برنامه ESMAP)<sup>2</sup> [9]، مرکز تحقیقات انرژی آمریکا (EPRI)، مرکز صرفه‌جویی انرژی ژاپن (JECC)<sup>3</sup> [10]، اتحادیه اروپا (EC)<sup>4</sup> [11] و برنامه Energy Star. در ایران نیز سازمان بهینه‌سازی مصرف انرژی (سابا) و سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت (ایفکو)، طی سال‌های اخیر مطالعات و اقدامات گسترده‌ای در خصوص ممیزی انرژی انجام داده‌اند. آنچه که می‌توان از مجموعه این مطالعات و تحقیقات نتیجه گرفت آن است که تجربیات مفید و ادبیات غنی در خصوص ممیزی انرژی در دست می‌باشد که نمونه‌ای از آن‌ها در مراجع معرفی شده موجود است، ولی محدود به آن‌ها نمی‌شود [12-14].

در مورد ممیزی انرژی در نیروگاه‌های حرارتی نیز تجربیات مفیدی در سطح جهان موجود است که در بخش‌های بعد به آن اشاره می‌گردد. نکته قابل توجه در این مطالعات آن است که دامنه ممیزی برای افزایش کارایی محدود به فرآیند صنعتی و یا چرخه حرارتی نیروگاه نبوده، بلکه در مواردی فرآیند کلی مدیریت انرژی، مثل سیاست‌گذاری انرژی، سامانه پایش انرژی، مدیریت تغییر، آموزش و نیز روش‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری را هم شامل می‌گردد. در مرجع [15] چنین نگاه جامع به موضوع ممیزی انرژی تحت عنوان ممیزی ارزیابی کلی (TAA)<sup>5</sup> مطرح شده است.

---

1 - International Energy Agency  
2 - Energy System Management Assistance Program  
3 - Japan Energy Conservation Center  
4 - European Commission  
5 - Total Assessment Audits

### ۱-۲-۳ انواع ممیزی انرژی

بررسی ادبیات ممیزی انرژی حاکی از آن است که اصولاً ممیزی انرژی در دو سطح اصلی طبقه بندی می‌شود. سطح اول به عنوان ممیزی کلان<sup>۱</sup> و سطح دوم به عنوان ممیزی خرد<sup>۲</sup> شناخته شده است. البته دسته بندی‌های متفاوت دیگری نیز در مراجع مختلف گزارش شده است [16-18]. در این طبقه بندی‌ها ممیزی انرژی در سه مرحله پیشنهاد شده است، مرحله اول ممیزی ساده، مرحله دوم ممیزی اولیه و مرحله سوم ممیزی جامع. با این توصیف می‌توان مرحله اول و دوم را در سطح ممیزی کلان و مرحله سوم را در سطح ممیزی خرد قلمداد نمود. در ادامه به جزئیات بیشتر هر یک از مراحل ممیزی فوق-الذکر می‌پردازیم.

#### ۱-۲-۳-۱ ممیزی ساده<sup>۳</sup>

هدف از ممیزی ساده، بررسی و شناسایی مصرف کنندگان عمده انرژی در واحدی است که ممیزی در آن صورت می‌گیرد. همچنین در جریان این ممیزی، فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی (ECO)<sup>۴</sup> در واحد مورد نظر تعیین می‌شود.

توجه شود که در این نوع ممیزی، صرفاً نواحی مصرف انرژی و فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی شناسایی می‌شوند و هیچ‌گونه توصیه‌ای صورت نمی‌گیرد.

#### - مشخصات ممیزی ساده

- ۱- تیم ممیزی از سه نفر کارشناس تشکیل می‌شود.
- ۲- این نوع ممیزی معمولاً در طول یک روز انجام می‌شود.

---

<sup>۱</sup> - Macroaudit

<sup>۲</sup> - Microaudit

<sup>۳</sup> - Walk-through Auditing

<sup>۴</sup> - Energy Conservation Opportunities

- ۳- این نوع ممیزی باید هر ۶-۱۲ ماه یکبار تکرار شود..
- ۴- برای انجام این ممیزی، هیچ پیش ممیزی لازم نیست.
- ۵- بایستی گزارش نهایی حداکثر تا یک هفته بعد از ممیزی ارائه شود. این گزارش باید موارد زیر را در برداشته باشد:

- خلاصه‌ای از توزیع انرژی در واحد مورد نظر و هزینه‌های انرژی آن واحد.
- بیان برنامه‌های موجود مدیریت سمت مصرف که در واحد پیاده سازی می‌شود (در صورت وجود).
- ارائه فهرستی از پتانسیل‌ها و فرصت‌های موجود برای برنامه‌های مدیریت مصرف.

### ۲-۳-۲-۱ ممیزی مقدماتی<sup>۱</sup>

هدف از ممیزی مقدماتی، تعیین پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی مصرفی در واحد مورد نظر و محاسبه هزینه انرژی قابل صرفه‌جویی می‌باشد.

- **مشخصات ممیزی مقدماتی**
- ۱- تیم ممیزی از چهار کارشناس تشکیل می‌شود.
- ۲- به طور معمول این ممیزی ۳-۵ روز طول می‌کشد.
- ۳- معمولاً هر یک سال، یک بار اجرا می‌شود.
- ۴- قبل از انجام این ممیزی، بایستی ممیزی ساده صورت گرفته باشد.
- ۵- گزارش نهایی، بایستی حداکثر تا یک ماه بعد از ممیزی ارائه شود. این گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

- ارائه اطلاعات جامع از نحوه مصرف انرژی
- میزان انرژی کل قابل صرفه‌جویی

---

<sup>۱</sup>- Preliminary Energy Auditing



- تعیین میزان انرژی قابل صرفه‌جویی در هر یک از بخش‌های موردنظر
- ارائه‌های توصیه‌های ویژه

### ۳-۳-۲-۱ ممیزی انرژی جامع<sup>۱</sup>

هدف از ممیزی جامع، بررسی جامع و کامل فرآیند مصرف انرژی در واحدهایی است که پتانسیل صرفه‌جویی در آن‌ها، زیاد تخمین زده شده است. صنایع بزرگی همانند فولاد، سیمان و ... از این گروه به-شمار می‌روند.

#### - مشخصات ممیزی جامع

- ۱- گروه ممیزان از ۵ نفر تشکیل شده است که تخصص هر کدام از آنها عبارتند از: سرپرست گروه، مهندسی فرآیند، مهندسی برق، مهندسی مکانیک و مهندسی کامپیوتر.
- ۲- این ممیزی، ۱۶-۴ هفته طول می‌کشد.
- ۳- معمولاً هر سه سال یکبار انجام می‌شود.
- ۴- قبل از انجام این ممیزی، بایستی هر دو ممیزی ساده و مقدماتی، در محل مورد نظر صورت گرفته باشد.
- ۵- گزارش نهایی بایستی حداکثر تا سه ماه بعد از ممیزی ارائه شود. این گزارش موارد زیر را دربردارد:

- توصیه‌های مهندسی و ارائه تخمینی از هزینه قابل صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- ارائه تحلیل کامل اقتصادی از فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی (ECO)
- ارائه طرحی برای پیاده‌سازی هر کدام از توصیه‌های مهندسی

---

<sup>۱</sup>- Detailed Energy Auditing

بعد از اینکه با انواع ممیزی‌های انرژی آشنا شدیم، در ادامه، موانع اجرای ممیزی انرژی و سپس فرآیند اجرایی کامل هر یک از انواع ممیزی ارائه خواهد شد.

#### ۴-۳-۲-۱ موانع و تهدیدها در اجرای توصیه‌های مطرح شده در ممیزی انرژی

- محدودیت‌های مالی
- توجه نبودن گروه مهندسی ممیزی انرژی و ارائه توصیه‌های نه‌چندان مهندسی
- عدم موفقیت در توجه مشترکینی که ممیزی انرژی در آن‌جا صورت گرفته است.
- تأخیر در ارائه گزارش نهایی که باعث کاسته شدن از ارزش توصیه‌های فنی می‌شود.
- اگر برنامه‌های ممیزی انرژی بصورت رایگان انجام شود، ممکن است که درک کاملی از اهمیت آن از سوی مشترکین نشود و در اجرای توصیه‌های فنی، اهمال شود.

#### ۵-۳-۲-۱ موارد مهمی که بایستی در ممیزی انرژی رعایت شوند

- گروه ممیزان باید بطور کامل از هدف ممیزی و مناطقی که قرار است مورد ممیزی قرار گیرد، آگاه باشد. برای مثال مشخص باشد که گروه ممیزی، فقط به دنبال ممیزی در بخش الکتریکی است.
- برای عملیات ممیزی انرژی، بایستی برنامه‌ریزی دقیق داشت و با مشترک مورد نظر هماهنگی‌های لازم را انجام داد تا خللی در فعالیت‌های عادی واحد مورد ممیزی ایجاد نشود.
- در جمع‌آوری اطلاعات از واحد مورد نظر باید سه منبع اطلاعاتی زیر مورد توجه قرار گیرد:
  - اطلاعات ثبت شده در دسترس
  - مصاحبه با کارکنان واحد
  - اندازه‌گیرهای نصب شده در واحدهای مختلف
- داشتن روابط عمومی خوب گروه ممیزان با افراد، بسیار مهم و تأثیرگذار است.

- تهیه چک لیست برای مصاحبه
- استفاده از اطلاعات موجود در بایگانی

### ۶-۳-۲-۱ فرآیند انجام ممیزی ساده

#### مرحله آماده سازی ممیزی ساده

- توجیه مشترک مورد نظر در مورد ضرورت انجام ممیزی
- تعیین افراد حاضر در تیم مهندسی ممیزی
- تهیه چک لیست و ابزار آلات لازم برای ممیزی
- درخواست از مشترک برای آماده کردن اطلاعات مورد نیاز از جمله دیاگرام تک خطی، چارت سازمانی و ...

- تهیه برنامه زمان بندی شده از مراحل مختلف ممیزی

#### مرحله اجرائی ممیزی ساده

- آگاه کردن مشترک از فعالیت هایی که در طی ممیزی صورت خواهد گرفت.
- گفتگو و مصاحبه با پرسنل
- انجام یک بازدید کلی از محوطه و قسمت های مهم محل مورد نظر
- جمع آوری اطلاعات مرتبط با میزان انرژی مصرفی و هزینه های آن
- ارائه گزارشی اولیه از دستاوردها، نتایج و مزایای ممیزی صورت گرفته

#### مرحله بعد از اجرای ممیزی ساده

- ارزیابی از توزیع انرژی در واحد مورد نظر

- یک تحلیل کلی از میزان بهره‌وری واحد مورد نظر انجام شود. بررسی اینکه آیا میزان انرژی مصرفی کل با فعالیت‌های واحد مورد نظر همخوانی دارد یا نه؟
- تهیه خلاصه‌ای از مناطق دارای پتانسیل صرفه‌جویی انرژی
- ارائه نظرات در مورد فعالیت‌های انجام شده از قبل در مورد برنامه‌های مدیریت سمت مصرف. اینکه آیا برنامه‌هایی که از قبل در این واحد انجام شده، کارایی خوبی داشته‌اند یا نه؟
- تهیه گزارش نهایی از ممیزی

### ۱-۲-۳-۷ فرآیند انجام ممیزی مقدماتی

#### مرحله آماده سازی ممیزی مقدماتی

- مروری بر گزارش ممیزی ساده که قبلاً انجام شده است. در صورتی که این ممیزی صورت نگرفته است، سریعاً باید به انجام آن اقدام کرد.
- تعیین بخش‌های که ممیزی باید در آنجا صورت بگیرد.
- هر ۵ مرحله ارائه شده در مرحله آماده‌سازی برای ممیزی ساده، در این جا نیز تکرار خواهد شد.

#### مرحله اجرایی ممیزی مقدماتی

- آگاه کردن مشترک از فعالیت‌هایی که در طول ممیزی صورت خواهد گرفت.
- جمع‌آوری اطلاعات از انرژی مصرفی و میزان هزینه آن
- بازدید از هر یک از نواحی مورد نظر و جمع‌آوری اطلاعات لازم از آنها
- تعیین پتانسیل‌های صرفه‌جویی انرژی در هر بخش
- در حین بازدید از هر بخش، باید توصیه‌های لازم داده شود و نتایج هر روز از ممیزی گزارش شود.

### مرحله بعد از اجرای ممیزی مقدماتی

- تعیین میزان بهره‌وری انرژی در واحد مورد نظر با ارائه جزئیات کامل
- تعیین میزان تلفات انرژی و تعیین بخش‌های دارای پتانسیل صرفه‌جویی
- تحلیل کامل از میزان انرژی مصرفی در مورد هر یک از بخش‌های دارای فرصت صرفه‌جویی
- تهیه گزارشی از مناطق مورد نظر برای پیاده‌سازی برنامه‌های مدیریت سمت مصرف و تهیه برنامه‌ای زمان‌بندی شده برای پیاده‌سازی این برنامه‌ها
- ارائه نتایجی از فعالیت‌های که قبلاً در این واحد در زمینه مدیریت سمت مصرف صورت گرفته است.

- تهیه گزارش نهایی

### ۸-۳-۲-۱ فرآیند انجام ممیزی جامع

#### مرحله آماده‌سازی ممیزی جامع

- مروری بر گزارش‌های ارائه شده از ممیزی‌های ساده و مقدماتی که قبلاً انجام شده‌اند. در صورتی - که قبلاً ممیزی صورت نگرفته است، انجام ممیزی مقدماتی نسبت به انجام هر کار دیگری، در اولویت قرار دارد.
- تعیین پروژه‌های مدیریت انرژی که قرار است در واحد مورد نظر صورت گیرد و اقدام برای تدارک تجهیزات مورد نیاز
- انجام اقدامات ذکر شده در مرحله آماده‌سازی ممیزی ساده (۵ مرحله)

#### مرحله اجرایی ممیزی جامع

- آگاه‌سازی مشترک از فعالیت‌هایی که در طول ممیزی صورت خواهد گرفت.

- جمع‌آوری اطلاعات با جزئیات کامل از میزان انرژی مصرفی و هزینه‌های مرتبط با آن
- بازدید از بخش‌های مصرف‌کننده‌ای که پتانسیل اجرای برنامه‌های مدیریت سمت مصرف در این نواحی، زیاد تشخیص داده شده است و جمع‌آوری اطلاعات کامل در خصوص این بخش‌ها در طول بازدید و بعد از آن
- گفتگو با کارکنان بخش‌های مصرف‌کننده موردنظر و آگاه‌سازی آنها از برنامه‌هایی که باید در این نواحی صورت بگیرد.
- تأکید کردن بر لزوم اجرای این برنامه‌ها و ارائه توصیه‌های کامل به کارکنان در مورد نحوه برنامه‌های مدیریت سمت مصرف

### مرحله بعد از اجرای ممیزی جامع

- تحلیل کامل از مصرف انرژی در هر یک از بخش‌های واحد مورد ممیزی
- تحلیل کامل و جامع از میزان بهره‌وری انرژی، همراه با ارائه جزئیات کامل از میزان تعادل انرژی<sup>۱</sup>
- بررسی گزارشی که در ممیزی‌های پیشین از میزان انرژی قابل صرفه‌جویی ارائه شده است. این گزارش‌ها بطور کامل بررسی می‌شود و صحت آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.
- بررسی و ارزیابی امکان تحقق پروژه‌های پیشنهادی از جنبه‌های فنی و اقتصادی
- طراحی برنامه‌ای منطبق بر روش‌های مدیریت سمت مصرف
- تهیه جدول کامل زمان‌بندی از مراحل مختلف برنامه مدیریت سمت مصرف در بخش‌های گوناگون
- پیشنهاد بودجه لازم برای پیاده‌سازی برنامه‌های پیشنهادی
- ارائه راهکارهایی برای چگونگی تأمین مالی پروژه‌های مدیریت سمت مصرف انرژی

---

<sup>۱</sup>- Energy Balance

- تدوین به‌هنگام گزارش نهایی که تمامی نتایج و توصیه‌های موردنظر را دربر خواهد داشت.

#### ۴-۲-۱ مروری بر تجربیات جهانی در خصوص ممیزی انرژی نیروگاه‌ها

در این بخش به چند مورد از تجربیات جهانی در زمینه ممیزی نیروگاه‌های حرارتی برق می‌پردازیم.

##### ۱-۴-۲-۱ ممیزی انرژی در نیروگاه [19] pulau

نیروگاه حرارتی pulau متعلق به شرکت Seraya power کشور سنگاپور بوده متشکل از واحدهای زیر می‌باشد:

واحدهای بخار :

<i>stag I</i>	$3 \times 250 MW$
<i>stag II</i>	$3 \times 250 MW$
<i>stag III</i>	$3 \times 50 MW$

- واحدهای سیکل ترکیبی :

$$2 \times 370 MW$$

- واحدهای توربین گاز :

$$2 \times 20 MW$$

---

$$3030 MW$$

ظرفیت کلی

بر اساس گزارش ارائه شده در سمینار کارائی انرژی NEA در فوریه ۲۰۰۸، ممیزی انرژی در یکی از

واحدهای ۲۵۰ مگاواتی stage I با دو هدف اصلی زیر صورت پذیرفته است:

- تحلیل و شناسایی دلایل کارائی ضعیف

- بررسی کارائی کلی واحد و تجهیزات مختلف به شرح ذیل

- توربین بخار
- بویلر
- گرم کن آب تغذیه

- کندانسور

- گرم کن هوا

در این مطالعه جهت شناسایی دلایل کارایی ضعیف کندانسور، شبیه سازی ترمودینامیکی انجام گرفته است. این شبیه سازی به منظور بررسی اثر دمای آب و نیز تحلیل اثر دبی آب صورت پذیرفته است و عملکرد واقعی کندانسور با بهترین کارایی قابل دستیابی مقایسه شده است. ضمناً برای چک کردن ورود هوا به داخل کندانسور تست نشت هلیوم اجرا شده است.

برای بررسی عملکرد تجهیزات اصلی نیروگاه نیز مدل تعادل گرمایی<sup>۱</sup> توسعه یافته و شبیه سازی شده است. توسط این شبیه سازی بهترین کارایی قابل دسترس محاسبه و با وضعیت عملکرد واقعی مقایسه شده است.

شکل (۳-۱) شمایی کلی از مدل تعادل گرمایی که در شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

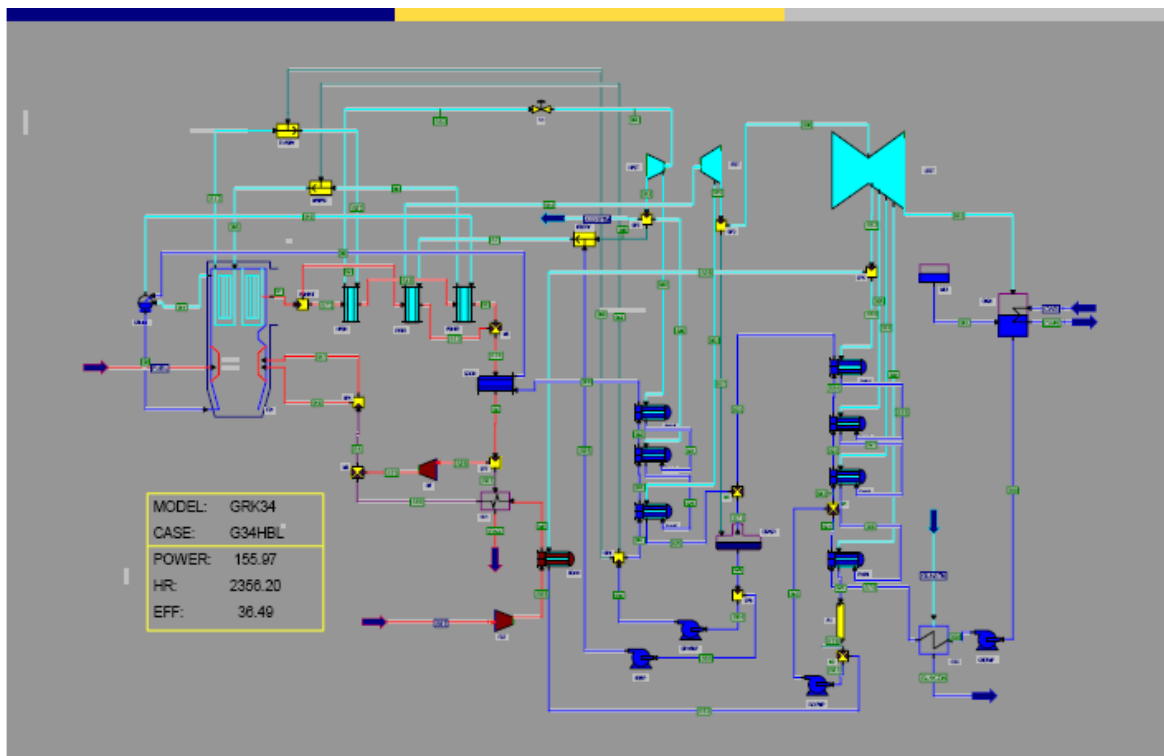
مهمترین یافته‌های این ممیزی عبارتند از :

- اثبات ورود هوا به کندانسور
- عملکرد ضعیف پیش گرم کن‌های آب تغذیه
- جریان کم تر سیکل آب در کندانسور
- نشت دود در گرم کن هوا

---

<sup>۱</sup> - Heat balance model





شکل ۳-۱: مدل تعادل گرمایی نیروگاه

اندازه گیری‌های به عمل آمده در این ممیزی حاکی از آن است که در سطح تولید ۸۰ درصد ظرفیت نامی، فشار کندانسور حدوداً ۱۷ درصد بیش از فشار کندانسور نو و تمیز می‌باشد. با انجام اصلاحات لازم کارایی کل واحد به میزان ۰/۴۷ درصد افزایش یافته و موجب صرفه‌جویی سالانه به میزان ۱/۷ میلیون دلار شده است بدین ترتیب سرمایه گذاری صورت گرفته برای بهبود عملکرد کندانسور در زمان بسیار کوتاهی بازگشت داده خواهد شد.

در خصوص عملکرد ضعیف پیش گرم کن‌های آب تغذیه نیز مطالعا انجام شده نشان دهنده آن بود که دمای تغذیه بویلر در خروجی گرم کن شماره ۷ به میزان ۸ درجه سانتی گراد کمتر از مقدار مشابه در گرم کن‌های نو می‌باشد و این امر به دلیل نشت لوله‌ها در گرم کن‌های فوق الذکر تشخیص داده شد.

گرم کن‌ها فشار بالای آب تغذیه نیز به دلیل طول عمر بیش از ۲۰ سال تعویض شده اند و این امر موجب افزایش کارایی واحد به میزان ۰/۶ در صد و صرفه جوئی سالانه بالغ بر ۲/۰۳ میلیون دلار و زمان بازگشت سرمایه گذاری ۱/۳۶ سال برآورد گردیده است.

بررسی‌های بعمل آمده در خصوص میزان دبی سیکل آب در کندانسور نشان می‌دهد که دبی موجود به میزان ۳۰۰۰۰ تن در ساعت می‌باشد. لیکن این میزان برای یک کندانسور نو حدود ۳۳۰۰۰ تن در ساعت برآورد شده است. یکی از گزینه‌ها، افزایش تعداد پمپ‌های آب کندانسور پیشنهاد شد که به دلیل امکان عدم تحمل فشار بیشتر توسط لوله‌های کندانسورها منتفی است.

در مورد نشت دود در گرم کن هوا، اندازه گیری‌ها نشان دهنده ۲۰ در صد نشت دود بوده که میزان نامی آن ۱۰ در صد می‌باشد. این امر در جریان تعمیرات اساسی واحد بر طرف شد.

لازم به ذکر است که ۵۰ در صد هزینه‌های مربوط به این ممیزی انرژی که در اواخر سال ۲۰۰۵ و نیمه اول سال ۲۰۰۶ صورت گرفت توسط آژانس ملی انرژی سنگاپور پرداخت شد. هزینه ممیزی در بر گیرنده حق الزحمه مشاور، تجهیزات مورد نیاز ممیزی و نیز تست هلیوم می‌باشد.

#### ۲-۴-۲-۱ ممیزی نیروگاه Potrero [20]

نیروگاه Potrero در منطقه سانفرانسیسکو ایالت کالیفرنیا در امریکا واقع شده است و شامل سه واحد بخار و سه واحد توربین گازی می‌باشد. واحدهای شماره ۲۱ بخار در سال ۱۹۸۱ از مدار خارج شدند. واحد بخار شماره ۳ با ظرفیت ۲۰۶ مگاوات و واحدهای گازی هر یک به قدرت ۵۲ مگاوات می‌باشند. این نیروگاه به دلیل حفظ قابلیت اعتماد شبکه قدرت منطقه از طرف نهاد بهره بردار مستقل کالیفرنیا (CAISO)<sup>۱</sup>، به صورت Reliability-Must-Run بهره برداری می‌شود. لذا به دلیل اهمیت نقش آن در افزایش ایمنی شبکه الکتریکی منطقه، مورد ممیزی قرار گرفته است البته باید یاد آور شد که این ممیزی فراتر از محدوده ممیزی انرژی رایج بوده و بیشتر در برگیرنده مباحث مدیریتی می‌باشد.

<sup>۱</sup> California Independent System Operator

- گزارش ممیزی توسط کمیسیون شرکت‌های برق عمومی کالیفرنیا که در فوریه ۲۰۰۷ منتشر شده است هدف از انجام ممیزی در نیروگاه فوق‌الذکر را بررسی پتانسیل‌های عدم رعایت استانداردهای بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری بیان نموده است یافته‌های گروه ممیزی به شرح ذیل عنوان شده است:
- مواردی از عدم اتصالات صحیح الکتریکی و عدم پوشش برخی از تابلوهای برق مشاهده شد.
  - انباشته شدن روغن هیدرولیکی در صفحه زیر پمپ روغن مربوط به پمپ اصلی آب تغذیه بویلر که این امر خطر آتش سوزی را به دنبال دارد.
  - از مدار خارج شدن توربین‌های گاز نیروگاه به دلیل آلودگی سوخت ناشی از وجود آلودگی و آشغال بر روی دیواره مخزن ذخیره سوخت .
  - عدم وجود رویه مشخص ارزیابی کیفیت توانائی انجام کار توسط پیمانکاران ضمناً مدارک حاکی از انجام آموزش ایمنی برای کارکنان پیمانکاران مشاهده نشد.
  - عدم رعایت مسائل ایمنی توسط پیمانکاران در هنگام کار مشاهده شد.
  - عدم صدور دستور کار برای اجراء عملیات تعمیرات مشاهده شد.
  - عدم مشاهده تابلوی خروج اضطراری
  - فعالیتهای حوزه شیمی بویلر مورد بررسی قرار گرفته و رعایت موارد استاندارد ملاحظه شد.

### ۳-۴-۲-۱ بهینه سازی نیروگاه ۲۰۰۰ مگاواتی کوتام (Cottam)

- در این پروژه مراحل مدل سازی، آنالیز و پتانسیل سنجی برای افزایش بهره‌وری نیروگاه به کمک یک نرم افزار خاص مدل سازی نیروگاه صورت پذیرفته است پس از طی مراحل فوق پیشنهادی زیر جهت افزایش راندمان نیروگاه ارائه شده است :
- ۱- اصلاح آب بندی بویلر و تجهیزات مربوطه آن به منظور کاهش هوای ورودی که موجب افزایش راندمان به میزان ۰/۴۵ در صد می‌شود .

- ۲- افزایش سطح سوپرهیتر در بویلر و تغییر محل نقطه Spray Tapping به پایین دست هیترهای فشار بالای آب که موجب افزایش راندمان به میزان ۰/۲ در صد می‌شود.
- ۳- افزایش ۱۰۰ در صدی سطوح فین دار اکونومایزر در قسمت پایینی اکونومایزر موجود، اضافه کردن Soot Blowers، تغییرات در موتور و پره‌های فن ID و تغییرات در سازه‌های فولادی نگهدارنده و فونداسیون مربوطه، که موجب افزایش راندمان به میزان ۰/۶۵ در صد می‌شود.
- ۴- ترکیب پیشنهادی ۳و۱ که موجب افزایش راندمان به میزان ۱ در صد می‌شود.
- در این پروژه از پیشنهاد ۲ به دلیل غیر اقتصادی بودن صرفنظر شده و گزینه چهارم انتخاب شده است صرفه جوئی اقتصادی حاصل در این پروژه معادل ۱/۴۵ میلیون پوند در سال و زمان بازگشت سرمایه ۱ سال بوده است .

#### ۴-۲-۱- بهینه سازی نیروگاه ۲۴۰۰ مگاواتی در ایالات متحده آمریکا [21]

در این پروژه که بهبود نرخ گرمایی<sup>۱</sup> و توانبخشی<sup>۲</sup> نیروگاه مد نظر بوده است، اهداف ذیل حاصل شده است.

- ۱- افزایش ظرفیت ویژه به میزان ۱۰٪
- ۲- افزایش الکتریسیته تولیدی به میزان ۳۵٪
- ۳- افزایش ضریب دسترسی از ۱۵٪ به ۹۰٪
- ۴- افزایش راندمان با کاهش NOX به میزان ۲۰٪ و کاهش SOX به میزان ۹۰٪
- ۵- افزایش پربود بین تعمیرات از ۱ سال به ۳ سال

#### ۴-۲-۱- ممیزی انرژی نیروگاه Seinajoki در فنلاند [22]

این نیروگاه که از نوع تولید مشترک برق گرما (CHP) می‌باشد در سال ۱۹۹۰ ساخته شده است ظرفیت تولید برق این نیروگاه ۱۲۵ مگاوات و حداکثر ظرفیت تولید گرمای آن معادل ۱۰۰ مگاوات

<sup>۱</sup> - Heat rate

<sup>۲</sup> - Retrofit

می‌باشد. در سال ۲۰۰۰ ممیزی انرژی با هدف اصلی بررسی کارایی نیروگاه انجام پذیرفت. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته پتانسیل صرفه جوئی سوخت به میزان ۵٪ و صرفه جوئی برق به میزان ۱۲٪ و صرفه‌جویی مصرف آب به میزان ۴۷٪ وجود دارد. از بین تجهیزات مختلف نیروگاه که مورد بررسی قرار گرفتند توربین‌های نیروگاه دارای بالاترین پتانسیل بهبود کارایی تشخیص داده شدند. در این رابطه سیستم آب بندی توربین‌ها تعویض شدند و این امر موجب صرفه‌جویی سالانه به میزان ۳۰۰۰۰ یورو گردید. ضمناً در این ممیزی نشت قابل توجه آب مورد شناسائی قرار گرفت و این خود موجب جلوگیری از به هدر رفتن مقدار قابل توجهی از منابع مالی شد.

در ادامه برنامه‌های صرفه جوئی مصرف انرژی در این نیروگاه پیشنهاد شده است که Soot Blowerهای صوتی مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً آب بندی سیستم پیش گرم کن هوا نیز از جمله توصیه‌های صورت گرفته می‌باشد.

لازم به ذکر است که طی مطالعه ای که بین سالهای ۱۹۹۸ الی ۲۰۰۰ در مورد سه نیروگاه دیگر در فنلاند صورت گرفته است میزان صرفه جوئی متوسط سوخت برابر ۵٪، الکتریسیته ۷٪ و آب ۲۷٪ تشخیص داده شده است. این میزان صرفه جوئی‌ها در مجموع موجب ۵٪ کاهش هزینه انرژی برآورد شده است.

#### ۶-۴-۲-۱ برنامه مطالعاتی IEA برای بهینه سازی نیروگاه‌های کشور چین [23]

در طی این مطالعه ممیزی انرژی دو نیروگاه حرارتی ذغال سنگی با حمایت IEA صورت پذیرفته است. بر اساس آمارهای IEA ظرفیت تولید برق چین در سال ۲۰۰۰ بالغ بر ۳۱۹ گیگاوات بوده و پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۰۰۰ گیگا وات برسد. حدود ۶۰٪ از ظرفیت برق چین توسط نیروگاه‌های ذغال سنگی تولید می‌شود و اکثر نیروگاه‌های موجود از تکنولوژی زیر بحرانی<sup>۱</sup> استفاده می‌کنند. لذا کمکی که در این رابطه می‌تواند صورت گیرد، اطمینان از کارایی حداکثر این واحدها می‌باشد. در این راستا پروژه ای تحت حمایت IEA با اهداف زیر انجام پذیرفت.

<sup>۱</sup> - Sub-Critical Technology

- ممیزی انرژی دو نیروگاه حرارتی ذغال سنگی
- توصیه تمهیدات مبتنی بر اثر بخشی هزینه برای بهبود کارایی حرارتی و شرایط زیست محیطی
- تهیه گزارش ممیزی انرژی
- تشکیل کارگاه آموزشی در چین برای ارائه نتایج

ممیزی انرژی توسط تیمی از خبرگان به مدیریت انگلستان انجام پذیرفت. اعضاء تیم ممیزی از کشورهای آلمان، لهستان، هلند، انگلستان و آمریکا انتخاب شده بودند.

نیروگاه‌های مورد مطالعه عبارت بودند از :

۱- یک واحد ۲۰۰ مگاواتی در نیروگاه Tongliao ( $4 \times 200MW$ )

۲- یک واحد ۳۰۰ مگاواتی در نیروگاه Tianjiaan ( $2 \times 120, 2 \times 125, 1 \times 300MW$ )

نیروگاه اول با عمر متوسط ۱۵ سال و نیروگاه دوم با عمر ۸ سال و هر دو با تکنولوژی زیر بحرانی می‌باشند.

هدف این ممیزی محک زنی نیروگاه‌های فوق‌الذکر با بهترین تجربیات در کشورهای صنعتی بود و متعاقب آن توصیه‌های فنی برای بهبود کارایی حرارتی نیروگاه‌ها ارائه شد. مدت زمان ممیزی‌ها جهت ۹ ماه و پیمانکار آن شرکت Mitsui Babcock انگلستان بود.

یافته‌های کلی این ممیزی‌ها عبارت‌اند از :

- پتانسیل بهبود عملکرد و کارایی سیستم
- انعطاف پذیری در بهره برداری
- امکان بهبود پایش آلاینده‌ها
- پتانسیل بهبود سیستم‌های کنترل

بخش سوم

ضرورت‌ها و اهداف انجام ممیزی

### ۳-۱ ضرورت‌ها و اهداف انجام ممیزی

#### ۳-۱-۱ ضرورت‌ها

اصولا در هر بنگاه تولیدی، انرژی به عنوان یکی از نهاده‌های اصلی و تعیین کننده در ارزش افزوده ناشی از تولید یک محصول می‌باشد. تولید برق به عنوان محصول نهایی نیروگاه برق نیز مستثنی از این امر نمی‌باشد. همانگونه که در بخش‌های قبلی ذکر شد، تحولات بخش انرژی و بخصوص تغییر ساختار صنعت برق، معرفی جدیدی از محصول نهایی یک نیروگاه به جامعه مصرف کننده آن ارائه نمود: "برق به عنوان یک کالا" و نه مثل گذشته یک سرویس خدماتی. لذا با این نگرش جدید، برق نیز مشابه سایر اقلام و کالاها در فضای رقابت اقتصادی قرار گرفته است.

با این توصیف چنانچه تولید کنندگان برق بخواهند در این محیط رقابت اقتصادی فعالیت کنند طبیعتا باید کلیه مراحل فعالیت‌های منجر به تولید محصول خود یعنی برق را بهینه سازی نموده بگونه ای که برق تولیدی هم از نظر قیمت و هم از نظر کیفیت در رقابت با محصول سایر تولیدکنندگان و رقیبان اقتصادی باشد. مضافا اینکه روند رو به افزون استانداردها و مقررات زیست محیطی ناظر بر گستره آلاینده‌های محیطی و ضرورت رعایت آنها توسط تولیدکنندگان برق خود به عنوان عاملی تاثیر گذار بر هزینه‌های بهره برداری و سرمایه گذاری می‌باشد.

در اینجا تاکید بر این نکته حائز اهمیت است که وجود یارانه‌های انرژی و نتیجتا ارزانی و غیر واقعی بودن قیمت انرژی قابل دسترس همیشه به عنوان عامل و مانع اصلی در روند توسعه بهینه سازی سیستم‌های انرژی قلمداد می‌شود. لیکن افزایش قابل توجه قیمت‌های جهانی سوخت و نیز محدودیت‌های دسترسی به حامل‌های انرژی در مقاطع مختلف، ضرورت پرداختن به امر بهینه سازی و ارتقا کارایی استفاده از منابع انرژی چه در سمت تولید و چه در سمت مصرف را اجتناب ناپذیر نموده



است. بدیهی است در این میان مقوله مدیریت انرژی به عنوان رویکردی مهم برای دستیابی به اهداف کوتاه مدت و دراز مدت نقشی راهبردی ایفا خواهد نمود.

در راستای این رویکرد و طبق رویه اجرایی تصویب شده در هیات تنظیم بازار برق ایران که بر اساس مصوبه هیات محترم دولت می‌باشد، مقرر شده است که نیروگاههای برق به جای دریافت سوخت یارانه ای، آن را به قیمت آزاد دریافت و متناسب با kWh برق تولیدی پاداش دریافت کنند. یعنی اینکه ابتدا کل یارانه تخصیصی دولت به سوخت نیروگاهها به کل انرژی الکتریکی تولیدی نیروگاهها تقسیم و سپس هر نیروگاه به ازای کل برق تولیدی سهم خود را دریافت خواهد نمود. لذا نیروگاههایی که با راندمان بیشتری سوخت را به برق تبدیل نموده و نیز قابلیت دسترسی بیشتری دارند از سهم بالاتری برخوردار خواهند بود.

با این توصیف ممیزی انرژی نیروگاهها نقش کلیدی و بسیار مهمی را در این عرصه اقتصادی ایفا خواهد نمود و پیش بینی می‌شود در آینده خود نیروگاهها داوطلب و متقاضی ممیزی انرژی و اجرای برنامه‌های مدیریت انرژی گردند.

## ۲-۳-۱ اهداف ممیزی

اهداف ممیزی انرژی را می‌توان در دو سطح اصلی دسته بندی نمود:

### الف: سطح ملی

با اجرای ممیزی انرژی در نیروگاههای مختلف کشور پتانسیل‌ها و تجربیات افزایش کارایی انرژی مورد شناسایی قرار گرفته و نتایج آنها فراهم کننده اطلاعات مفید برای سیاست گذاران در سطح وزارت نیرو و شرکت توانیر برای تصمیم گیری و برنامه ریزیهای مناسب در راستای ارتقاء بهره وری تولید برق در نیروگاهها خواهد بود. ضمن اینکه مجموعه تجربیات مفید نیروگاهها در افزایش کارایی و بهبود عملکرد می‌تواند در قالب یک پایگاه داده در اختیار کلیه ذینفعان قرار گیرد.

## ب: در سطح بنگاه

هدف اصلی ممیزی انرژی در سطح نیروگاه ارتقاء بهره وری عملکرد سیستم از طریق بهبود کارایی فرایند تولید برق با تاکید بر صرفه‌جویی مصرف انرژی اولیه (سوخت) و نهایتاً کاهش هزینه‌های تولید می‌باشد.

بنابراین هدف عمده ممیزی انرژی شناسایی فرصت‌های صرفه‌جویی مصرف انرژی و تعیین راهکارهای کاهش مصرف انرژی می‌باشد. به عبارت دیگر ممیزی انرژی یک نیروگاه حرارتی درجه اول در جستجوی راه‌های کاهش هزینه تولید برق به ازای تولید یک کیلو وات ساعت برق (با تمرکز و تاکید بر ممیزی انرژی) می‌باشد.

در اینجا تاکید بر این نکته ضروری است که هزینه سوخت فقط بخشی از هزینه تمام شده برق می‌باشد و عوامل دیگر مثل هزینه‌های نیروی انسانی، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و سایر هزینه‌های متفرقه نیز در شکل‌گیری هزینه نهایی بهره‌برداری از نیروگاه و قیمت تمام شده برق تولیدی تاثیر گذار هستند. همانگونه که قبلاً متذکر شدیم (بخش ۱-۲) با اجرای یک ممیزی تمام عیار (TAA) در سطح نیروگاه می‌توان علاوه بر کاهش هزینه‌های سوخت، عملکرد سایر فرآیندهایی که بر هزینه تمام شده برق در یک نیروگاه اثر می‌گذارند را نیز بهبود بخشید. از جمله می‌توان به ممیزی فرآیند کلی مدیریت انرژی در نیروگاه و نیز ممیزی فرآیند تعمیر و نگهداری به طور خاص اشاره نمود.

از جمله اهداف جانبی ممیزی انرژی نیروگاه‌های حرارتی می‌توان به دستیابی به شرایط زیست محیطی و کاهش سطح آلاینده‌های زیست محیطی اشاره نمود. این امر به طور ویژه برای نیروگاههایی که در موقعیت‌های خاص جغرافیایی مثل مجاورت با شهرهای بزرگ، قرار گرفتن در محیط‌های منابع طبیعی و یا مجاورت با دریاها و رودخانه‌های بزرگ از اهمیت خاصی برخوردار است.

در کنار اهداف کلی فوق الذکر بنگاهها در جریان فرآیند ممیزی انرژی، اهداف میان مرحله ای دیگری را نیز دنبال می کنند که از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- طبقه بندی مصرف انرژی بر حسب نوع حامل انرژی، فرآیندهای اصلی، فرآیندهای جانبی و کمکی، حوزه های مدیریتی و اداری، فصلی و ماهیانه و غیره....
- اولویت بندی تاسیسات و تجهیزاتی که کارایی ضعیف داشته و در کوتاه مدت و به سرعت قابل اصلاح هستند.
- شناسایی و به رسمیت شناختن بخش هایی که کارایی بالایی داشته و از تجربیات آنها می توان در موارد دیگر استفاده نمود.

- تحلیل نقش هزینه های انرژی در هزینه های بهره برداری
- توسعه سیستم و ثبت اطلاعات گذشته و تاریخچه ای برای تصمیم گیریها و اقدامات آینده
- مشخص نمودن نقاط مرجع برای اندازه گیری کارایی به منظور تشویق عملکرد

### ۳-۳-۱ اهداف هر یک از انواع ممیزی

همانگونه که در بخش قبلی این گزارش اشاره گردید اصولاً ممیزی انرژی بر سه نوع می باشد: ممیزی ساده انرژی، ممیزی اولیه انرژی و ممیزی جامع انرژی. هر یک از انواع این ممیزی ها با هدف خاصی صورت می پذیرد که در ادامه ارائه می گردد.

#### ۳-۳-۱-۱ هدف ممیزی ساده انرژی

هدف از این نوع ممیزی انرژی بررسی و شناخت حوزه های اصلی مصرف کننده انرژی و شناسایی فرصتهای صرفه جوئی (ECO) می باشد.

## ۲-۳-۱ هدف ممیزی مقدماتی انرژی

هدف از این نوع ممیزی انرژی کمیت بخشی به صرفه جوئیهای انرژی و هزینه‌های انرژی می‌باشد.

## ۳-۳-۱ هدف ممیزی جامع انرژی

هدف از این نوع ممیزی انرژی مطالعه دقیق مهندسی و همراه با جزئیات یک فرآیند و یا سیستم که به

عنوان مجموعه ای که دارای پتانسیل بالای صرفه جوئی شناخته شده می‌باشد.

بدیهی است که هدف اصلی ممیزی انرژی نیروگاه‌های حرارتی اعم از بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و

یا تولید مشترک گرما و برق، ارتقاء بهره‌وری فرآیند تبدیل انرژی سوخت به برق (و گرما در نوع CHP)

و نهایتاً کاهش هزینه تولید یک واحد محصول، یعنی یک کیلووات ساعت برق می‌باشد.

بخش چهارم

تعیین حوزه و دامنه کار ممیزی

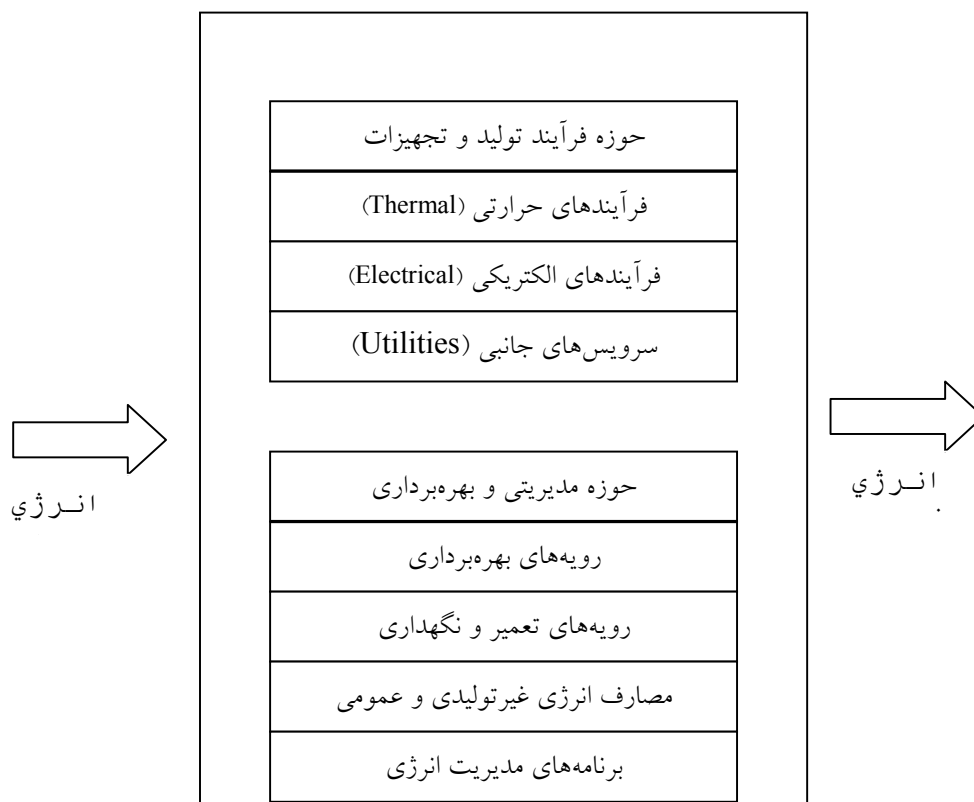
## ۴-۱ تعیین حوزه و دامنه کار ممیزی

### ۴-۱-۱ حوزه فراگیر ممیزی

بطور کلی حوزه و دامنه کار ممیزی متأثر از اهداف ممیزی می‌باشد. اصولاً در تعیین حوزه کار و اهداف ممیزی، مسئولیت اصلی متوجه مدیریت ارشد سازمان و بنگاه می‌باشد و در این رابطه چند سوال مهم مطرح می‌شود:

- با انجام ممیزی به دنبال دستیابی به چه هدفی هستیم؟
- آیا به دنبال تعیین یک خط پایه برای مصرف انرژی در مجموعه موردنظر هستیم؟
- آیا فقط کمی سازی تلفات انرژی حرارتی و موازنه جرم و انرژی مورد نیاز است؟
- آیا برآورد تلفات الکتریکی، آب و سایر مواد مورد نیاز برای تولید نیز باید صورت گیرد؟
- آیا بخش‌هایی که نیاز به بهبود و اصلاح دارند نیز باید مشخص شوند؟
- آیا ارزیابی برنامه‌های مدیریت انرژی بنگاه نیز مدنظر است؟
- آیا فرآیند و چگونگی تعمیر و نگهداری تجهیزات نیز باید ممیزی شود؟
- آیا ممیزی فرآیندهای بهره برداری در مجموعه نیز باید صورت پذیرد؟
- و بالاخره اینکه آیا فقط "ممیزی انرژی" انجام می‌گیرد یا "ممیزی تمام عیار" (TAA)؟

پاسخ به سوالات فوق حوزه فعالیت‌های ممیزی را به صورت یک جعبه سیاه (black box) ترسیم نموده و محدوده‌های مرزبندی شده را مشخص می‌نماید. بدین ترتیب برنامه ممیزی دامنه کار و فعالیت‌های خود را بر جریان ورود و خروج انرژی از این جعبه سیاه متمرکز می‌نماید. با توجه به توضیحات فوق چارچوب فراگیر دامنه کار ممیزی را می‌توان به صورت شکل (۴-۱) ترسیم نمود.



شکل (۴-۱): چارچوب فراگیر دامنه کار ممیزی

## ۲-۴-۱ دامنه ممیزی در حوزه فرآیند تولید برق در نیروگاه‌های حرارتی

این حوزه فقط در بر گیرنده فعالیت‌های ممیزی انرژی در رابطه با فرآیندهای تولید برق در نیروگاه‌های بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و تولید مشترک گرما و برق می‌باشد. با توجه به تفاوت فرآیندها و چرخه تبدیل انرژی اولیه سوخت‌های فسیلی به انرژی الکتریکی در نیروگاه‌های فوق الذکر، در ادامه دامنه کار ممیزی انرژی برای هر یک از این تکنولوژی‌های نیروگاهی به طور جداگانه ارائه می‌شود.

## ۱-۲-۴-۱ دامنه کار ممیزی فرآیند تولید برق در نیروگاه‌های بخاری

با توجه به چرخه تولید برق در نیروگاه‌های بخاری، کارآیی کلی<sup>۱</sup> تولید برق در این نیروگاه‌ها توسط کارآیی اجزای اصلی ذیل تعیین می‌گردند:

الف- کارایی بویلر

ب- کارایی توربین

ج- کارایی ژنراتور

د- سرویس‌های جانبی

در حقیقت مولفه‌های فوق در نیروگاه‌های بخاری به عنوان مراکز هزینه انرژی<sup>۲</sup> مهم‌ترین بخش‌های فعالیت‌های ممیزی انرژی را به خود اختصاص می‌دهند. البته در کنار مراکز هزینه فوق‌الذکر سرویس‌های جانبی نیروگاه شامل سرویس آب سیکل و آب خنک‌کن، بخار کمکی، هوای فشرده، تاسیسات سوخت رسانی و غیره نیز باید به عنوان مرکز هزینه انرژی سرویس‌های جانبی<sup>۳</sup> مورد ممیزی قرار گیرند. ضمناً باید یادآور شد که هریک از مراکز انرژی اشاره شده هم از دیدگاه حرارتی و هم از دیدگاه الکتریکی مورد ممیزی قرار خواهند گرفت.

با توجه به موارد اشاره شده، دامنه کار ممیزی انرژی در نیروگاه‌های بخاری را می‌توان در قالب نمودار

شکل (۵-۱) نمایش داد.

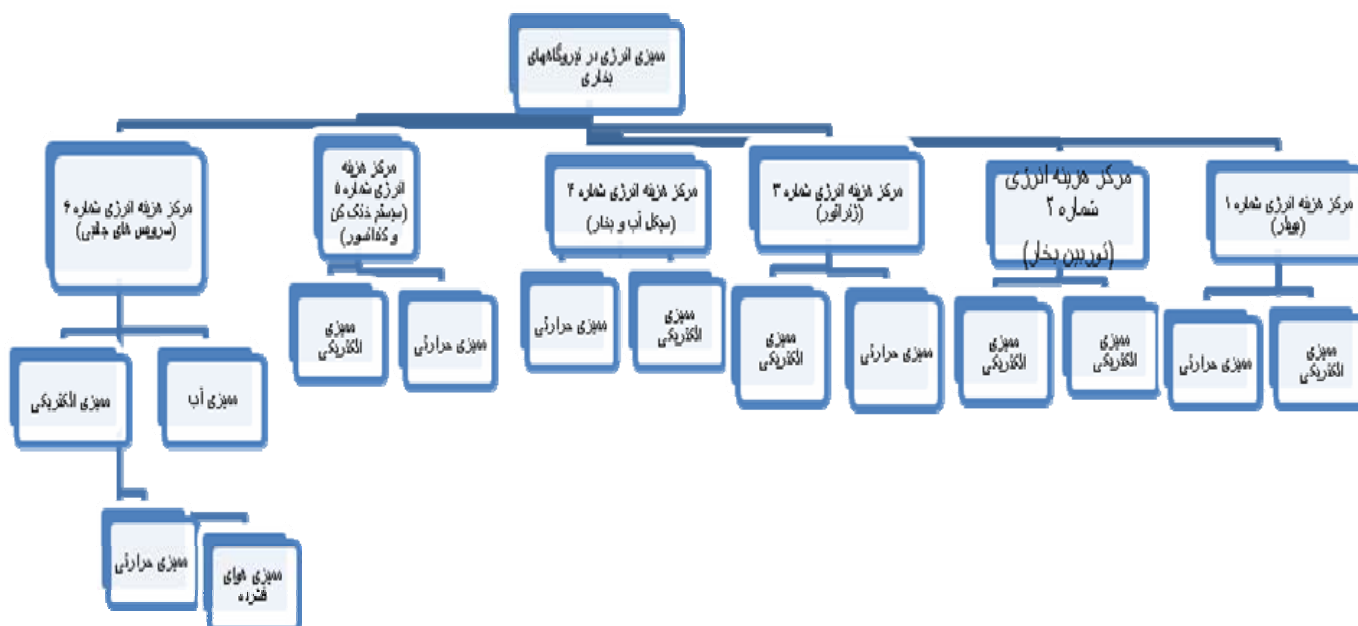
---

<sup>1</sup> Overall Efficiency

<sup>2</sup> Energy cost center

<sup>3</sup> Utility services





شکل (۵-۱): نمودار کلی دامنه کار ممیزی در نیروگاههای بخاری

لازم به ذکر است که هریک از مراکز هزینه انرژی چهارگانه فوق در نیروگاههای بخاری خود از سیستمها و تجهیزات متعددی تشکیل یافته اند که در گزارش مرحله سوم پروژه با جزییات بیشتر مورد اشاره قرار خواهند گرفت.

## ۲-۲-۴-۱ دامنه کار ممیزی در حوزه فرآیند تولید برق در نیروگاههای گازی

نیروگاههای گازی در مقایسه با نیروگاههای سیکل بخار از فرآیند ساده تری برخوردار می باشند. کارایی کلی تولید برق در این نوع نیروگاهها توسط اجزای اصلی ذیل تعیین می گردند:

## الف- کارایی توربین گاز

### ب- کارایی ژنراتور

البته توربین گاز خود از سه مولفه اصلی کمپرسور هوا، اتاق احتراق و توربین تشکیل شده است که جزییات بیشتر در گزارش مرحله سوم به بحث گذاشته می‌شود. لذا دامنه کار ممیزی انرژی در نیروگاههای گازی را می‌توان در قالب نمودار شکل (۱-۶) نمایش داد.



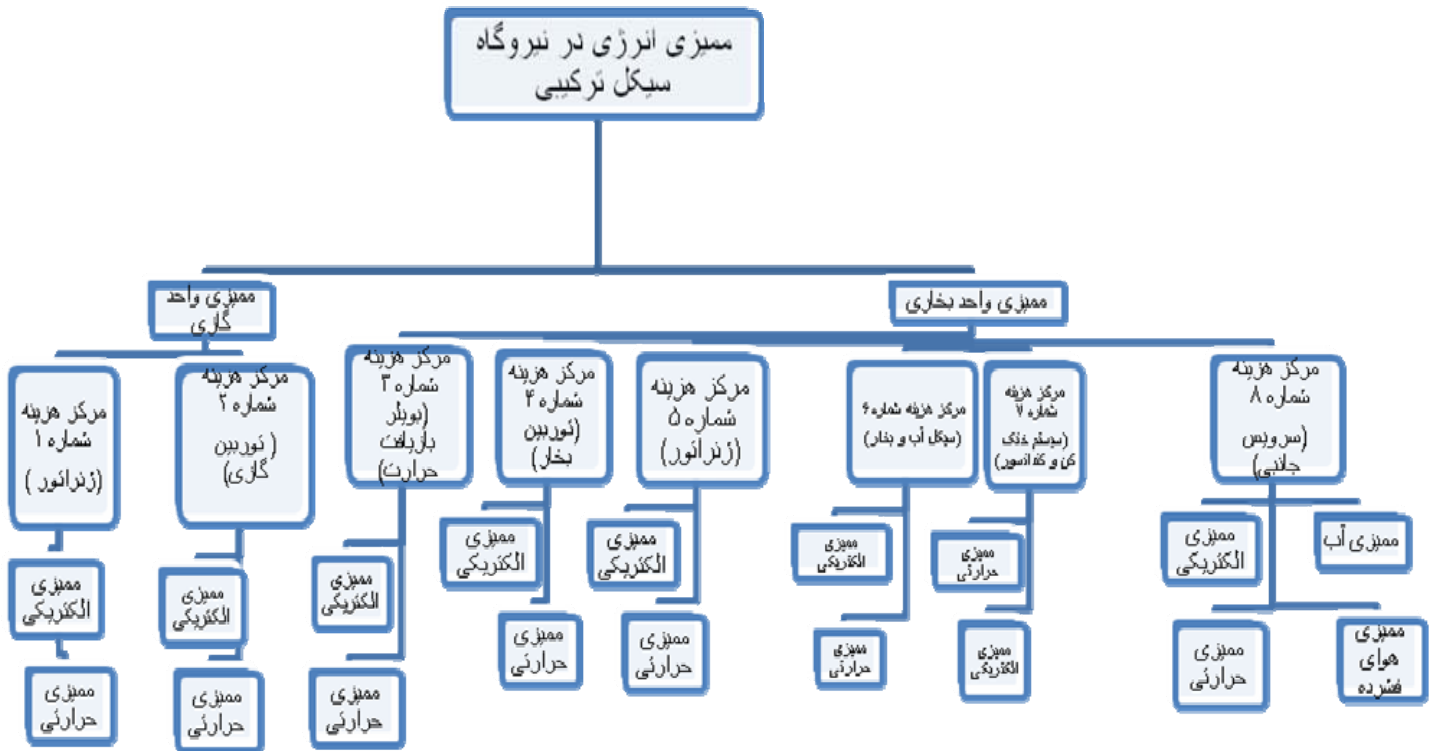
شکل (۱-۶): نمودار کلی دامنه کار ممیزی انرژی در نیروگاههای گازی

جزییات سیستمها و تجهیزات هر یک از مراکز هزینه انرژی در نیروگاههای گازی در گزارش مرحله سوم پروژه مورد اشاره قرار خواهند گرفت.

### ۳-۲-۴-۱ دامنه کار ممیزی در حوزه فرآیند تولید برق در نیروگاههای سیکل ترکیبی

نیروگاههای سیکل ترکیبی به تعبیری ساده تلفیق دو سیکل گاز و بخار با یکدیگر می‌باشد. بنابر این کارایی کلی تولید برق در این نوع نیروگاهها به کارایی هر یک از سیکل‌های گاز و بخار بستگی دارد. لذا

دامنه کار ممیزی در بر گیرنده دامنه کار ممیزی در هریک از دو سیکل فوق می‌باشد. از اینرو ممیزی در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی را می‌توان توسط نمودار شکل (۷-۱) نمایش داد.



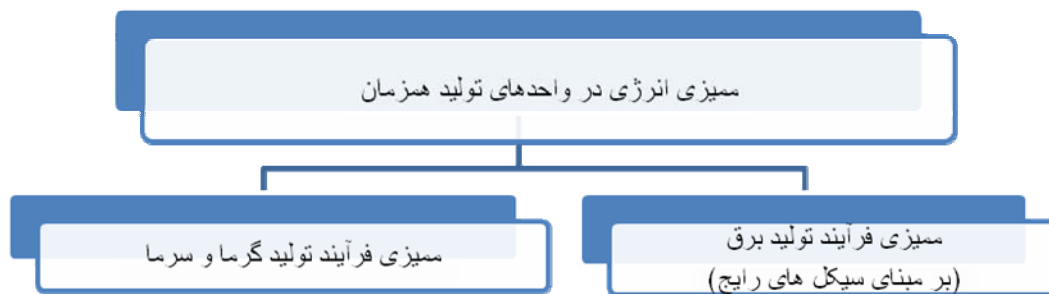
شکل ۷-۱ نمودار کلی دامنه کار ممیزی در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

#### ۴-۲-۴-۱ دامنه کار ممیزی انرژی در حوزه فرایند تولید برق و گرما در واحدهای CHP

این نوع واحدها هنوز کاربرد وسیعی در ایران پیدا نکرده اند. لیکن از آنجاییکه این تکنولوژی نیرگاهی به دلیل کارایی نسبتا بالا در مقایسه با سایر سیکل‌های نیروگاه‌های حرارتی در بسیاری از کشورهای جهان مورد استقبال قرار گرفته است، می‌توان پیش بینی نمود که در آینده از توسعه و رشد بیشتری در ایران برخوردار خواهد بود. وجه تمایز اصلی این نوع نیروگاه حرارتی با سایر نیروگاه‌های برق تولید محصول دوگانه برق و گرما می‌باشد که این امر به کارایی کلی نیروگاه‌های CHP می‌افزاید. لذا در جریان

ممیزی انرژی در این واحدها دو فرآیند تبدیل بخشی از انرژی سوخت به برق و تبدیل بخشی دیگر به گرما باید مورد مطالعه قرار گیرند.

البته باید متذکر شد که واحدهای CHP در تبدیل انرژی سوخت به گرما و برق از فرآیندهای گوناگونی برخوردار هستند، لیکن وجه اشتراک آنها تبدیل بخشی از انرژی اولیه به برق و بخشی دیگر به گرما می‌باشد. لذا به طور کلی دامنه کار ممیزی انرژی در واحدهای CHP را می‌توان به صورت شکل (۱-۸) نمایش داد.



شکل (۱-۸): دامنه کار ممیزی انرژی در واحدهای CHP

جزئیات بیشتر تجهیزات مورد مطالعه در ممیزی انرژی واحدهای CHP در گزارش مرحله سوم ارائه می‌شود.

بخش پنجم

تعیین قیود زمان انجام ممیزی انرژی

## ۵-۱ تعیین قیود زمان انجام ممیزی انرژی

زمان مورد نیاز برای انجام یک ممیزی انرژی تابع چند عامل اصلی می‌باشد. این عوامل عبارتند از:

- در دسترس بودن اطلاعات
- اندازه تاسیسات و پیچیدگی سیستم‌ها
- منابع مورد نیاز اعم از تیم ممیزی ماهر و منابع مالی
- در دسترس بودن تجهیزات و وسایل ممیزی انرژی

اصولاً قاعده مشخصی برای تصمیم‌گیری در خصوص زمان مورد نیاز برای ممیزی انرژی وجود ندارد. تجربیات موجود حاکی از آن است که برای یک واحد بزرگ و پیچیده، ممیزی انرژی جامع حدوداً معادل یک نفر سال نیروی تخصصی نیاز دارد [25]. البته در عمل با ترکیب یک تیم ممیزی انرژی با تخصص‌های مختلف زمان اجرای ممیزی انرژی کوتاه‌تر گردد.

همانگونه که در بخش‌های قبلی ارائه شده بود ممیزی انرژی انواع مختلفی داشته و هر یک اهداف متفاوتی را دنبال می‌کنند. لذا زمان اجرای آنها متناسب با نوع هدف و دامنه کار ممیزی متفاوت می‌باشد. حال بر اساس زمانهای مطرح شده برای انواع ممیزی انرژی یعنی ممیزی ساده، ممیزی مقدماتی و نیز ممیزی جامع، زمانبندی مورد نیاز برای اجرای انواع ممیزی در یک واحد نیروگاههای مختلف حرارتی به شرح جدول ۳-۱ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۳-۱ زمانبندی پیشنهادی برای اجرای انواع ممیزی در نیروگاههای حرارتی

نوع نیروگاه / نوع ممیزی	ممیزی ساده	ممیزی مقدماتی	ممیزی جامع
نیروگاه بخاری	دو الی سه روز	یک هفته الی ده روز	۳ الی ۴ ماه
نیروگاه گازی	یک روز	۵ روز	۱ ماه
نیروگاه سیکل ترکیبی	دو الی سه روز	یک هفته الی ده روز	۳ الی ۴ ماه
نیروگاه تولید همزمان	متناسب با فرآیند تولید	متناسب با فرآیند تولید	متناسب با فرآیند تولید

بخش ششم

تعیین توالی ممیزی‌ها

## ۱-۶ تعیین توالی ممیزی‌ها

فاصله زمانی بین انواع ممیزی در یک نیروگاه متاثر از سیاست‌ها و برنامه‌های تدوین شده مدیریت انرژی می‌باشد. با بررسی تجربیات مفید در مجموعه‌های مختلف، توالی انواع ممیزی‌ها برای یک واحد از نیروگاه‌های حرارتی مختلف به شرح جدول ۴-۱ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۴-۱ توالی انجام انواع ممیزی در نیروگاه‌های حرارتی

توالی ممیزی جامع	توالی ممیزی مقدماتی	توالی ممیزی ساده	نوع نیروگاه / نوع ممیزی
سه سال	یکسال	۶ ماه	نیروگاه بخاری
دو سال	یکسال	۶ ماه	نیروگاه گازی
سه سال	یکسال	۶ ماه	نیروگاه سیکل ترکیبی
دو الی سه سال	یکسال	۶ ماه	نیروگاه تولید همزمان



بخش هفتم

تعیین شرایط و مسئولیت‌ها در

برنامه ممیزی انرژی

## ۱-۷ تعیین شرایط و مسئولیت‌ها در برنامه ممیزی انرژی

بطور کلی در مراحل مختلف اجرای یک برنامه ممیزی انرژی چند بازیگر اصلی نقش دارند. این

بازیگران عبارتند از:

- کارفرما
- مشاور
- ناظر

بدون تردید چگونگی همکاری و تعامل این سه بازیگر در روند اجرای برنامه ممیزی انرژی بسیار تعیین‌کننده می‌باشد. دستیابی به اهداف موردنظر ممیزی انرژی بستگی زیادی به ایفای نقش و تعهد به مسئولیت‌های هر یک از بازیگران فوق‌الذکر دارد. در اینجا منظور از کارفرما، نیروگاه موردنظر برای ممیزی، مشاور عبارت است از مجموعه‌ای که عهده‌دار انجام عملیات ممیزی می‌باشد و ناظر، مجموعه مورد اعتماد کارفرما (سابا) بعنوان دستگاه نظارت‌کننده بر حسن فعالیت‌های مشاور می‌باشد. در ادامه مسئولیت‌های هر یک از بازیگران فوق آورده می‌شود.

### ۱-۷-۱ مسئولیت‌های کارفرما(نیروگاه) در برنامه ممیزی انرژی

- تعیین محدوده ممیزی
- تامین منابع مالی برای اجرای ممیزی
- تعیین و معرفی دستگاه نظارت به مشاور
- فراهم آوردن اطلاعات و مدارک لازم برای مشاور جهت انجام ممیزی
- تعیین و معرفی نماینده کارفرما و کارکنان کلیدی مرتبط با موضوع کار ممیزی به منظور هماهنگی با مشاور (کمیته راهبری ممیزی انرژی)

- تخصیص زمان‌های درخواست ملاقات و مذاکره با مشاور
- نظارت بر رعایت مسائل ایمنی انسانی و تجهیزاتی و دسترسی سیستم (Availability) در تمام مراحل اجرایی ممیزی (کمیته راهبری ممیزی انرژی)

### ۱-۷-۲ مسئولیت‌های مشاور در برنامه ممیزی انرژی

- تدوین و تسلیم برنامه اجرایی ممیزی انرژی به کارفرما (کمیته راهبری ممیزی انرژی)
- تشکیل تیم ماهر ممیزی و معرفی به کارفرما
- تهیه تجهیزات نرم افزاری و سخت افزاری مورد نیاز برای ممیزی
- تشکیل جلسات توجیهی با مدیران ارشد کارفرما و تشریح برنامه ممیزی
- انجام پرسش و پاسخ و مصاحبه با کارکنان ذیربط در مجموعه کارفرما
- جمع آوری اطلاعات از طریق مدارک و مستندات موجود
- نصب تجهیزات اندازه گیری و ثبت اطلاعات ممیزی تحت نظارت و با همکاری کارفرما
- تهیه گزارش ممیزی با ساختار مشخص
- ارائه نتایج ممیزی در جلسه‌ای با حضور نمایندگان کارفرما و دستگاه نظارت
- رعایت مسائل ایمنی انسانی و تجهیزاتی در تمام مراحل اجرایی ممیزی

### ۱-۷-۳ مسئولیت‌های ناظر در برنامه ممیزی انرژی

- تهیه اسناد مناقصه پروژه ممیزی انرژی
- بررسی پیشنهادات واصله و تعیین مشاور
- بررسی و تایید برنامه اجرایی ممیزی انرژی تهیه شده توسط مشاور
- نظارت بر حسن اجرای برنامه ممیزی انرژی

- حضور در جلسات توجیهی مشاور با کارفرما
- بررسی و تائید گزارش نهایی ممیزی تهیه شده توسط مشاور
- تائید صورت وضعیت‌های مالی مشاور

- 1- Daniel Kirschen, Goran Strbac, "Fundamentals of Power System Economics, Wiley.
- ٢- قانون دوم برنامه توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور، بند "و" تبصره ١٩.
- 3- W.C.Turner, S.Doty, " Energy Management Handbook", 6<sup>th</sup> edition, The Fairmont Press, 2007.
- 4- The World Bank Report, " Primer on Demand Side Management", Charles River Associate, 2005.
- 5- FERC Report, " Demand Response Programs", 2006.
- 6- M.M.EL-Wakil, "Power Plant Technology", Mc Graw Hill 1988.
- 7- [WWW.energystar.gov](http://WWW.energystar.gov), " Guidelines for Energy Management"
- 8- [WWW.iea.org](http://WWW.iea.org).
- 9- [WWW.worldbank.org](http://WWW.worldbank.org).
- 10- [WWW.jecc.org](http://WWW.jecc.org).
- 11- European Commission, " Energy Audit Guides, Part A: Methodology and Techniques", 2000.
- 12- A.Thunmann, E.A.Wood roof, " Handbook of Financing Energy Projects", The Fairmont Press, 2005.
- 13- [WWW.motiva.com](http://WWW.motiva.com), "What is an Energy Audit".
- 14- [WWW.energystar.gov](http://WWW.energystar.gov), "Plant Energy Auditing".
- 15- Willian G. Haman, " Total Assessment Audit (TAA) in Iowa", Elsevier, resources, Conservation and recycling, 2000.
- 16- [WWW.gard.com](http://WWW.gard.com), "Types of Energy Audit".
- 17- Green Future Roadmap, " Energy Audit Tool".
- 18- [WWW.nedap.org](http://WWW.nedap.org), " Energy Audit".
- 14- Power Seraya, " Energy Audit Case Study, Pulau Seraya Power Station", 2008.
- 20- Potreo Power Plant Final Audit Report, California Public Utilities Commission, 2007.
- 21- Stephan Stein, Marcos Cohen, " Rehabilitation of Steam Power Plants", Alstom Power Generation.
- 22- [WWW.motiva.fi](http://WWW.motiva.fi), " Mainstay of Future Measure", Example of Energy Audit.
- 23- [WWW.iea.org](http://WWW.iea.org), " IEA-China Power Plant Project".