

## اتلاف انرژی

انرژی در سیستم، می‌توان تخمینی از مقادیر تقریبی انرژی مصرفی و اتلافی به‌دست آورد. با دستیابی به میزان انرژی، می‌توان سود ناشی از کاهش اتلاف و بهبود عملکرد سیستم را محاسبه کرد.

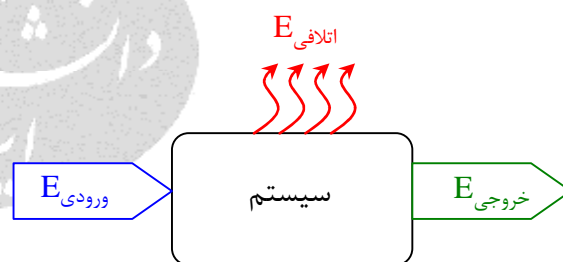
### بخش‌های اصلی اتلاف انرژی در صنعت

سامانه‌ها و سیستم‌های انرژی، از مؤلفه‌های اصلی در صنایع مختلف به‌شمار می‌روند که وظیفه تولید و توزیع انرژی را برعهده دارند. سیستم‌های انرژی، با مصرف سوخت و تولید بخار و برق، انرژی مورد نیاز واحد صنعتی را فراهم می‌آورند؛ بنابراین این سیستم‌ها بالأخص در صنایع فرآیندی پر مصرف مانند پالایشگاه‌های نفتی، صنایع شیمیایی، آهن و استیل و صنعت چوب و کاغذ، به‌مثابه رگ حیاتی این صنایع محسوب می‌شوند [2]. در این صنایع، تغییرات عملکرد و بازده سیستم‌های انرژی، نقش بسزایی در میزان تولید و هزینه‌های مرتبط با آن ایفا می‌کند. ارتباط سامانه تولید انرژی و واحدهای فرآیندی در شکل 2 نشان داده شده است. اتلاف انرژی در واحدهای مولد، انتقال و مصرف‌کننده انرژی صورت می‌پذیرد؛ برای مثال در پالایشگاه‌های نفتی، بخار اتلافی ناشی از فرآیندهای جداسازی منبع مناسبی از گرما است که اغلب از سیستم هدر می‌رود. در پالایشگاه صنایع شیمیایی، گازهای خروجی از کوره‌ها، دیگ‌های بخار آبی، دودکش‌ها و خنک‌کن‌ها منبع وسیعی از گرما محسوب می‌شوند که بدون استفاده، اتلاف می‌شود. محتوای انرژی و کیفیت حرارتی این جریان‌های گرم، به‌دما بستگی دارد [3]. در برخی صنایع، مانند صنعت چوب و کاغذ، جریان‌های آب داغ و گازهای خروجی، تبخیر لیکور و گرمای تابشی، از عمده‌ترین اتلافی در این صنعت، مربوط به

## Energy Loss

به هدر رفتن انرژی از سیستم اطلاق می‌شود.

شکل 1 بیان‌کننده تعریف اتلاف انرژی است که میزان آن مطابق با معادله 1 قابل محاسبه است. به‌طور کلی اتلاف انرژی در سامانه‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده انرژی را می‌توان ناشی از عملکرد ناکارآمد تجهیزات تبدیل انرژی، عدم توزیع مناسب انرژی مصرفی در سامانه و یا اتلاف از طریق دودکش کوره‌ها، دیگ‌های بخار، توربین‌های گازی و یا سیستم‌های تهویه دانست.



شکل 1. موازنه انرژی در سیستم.

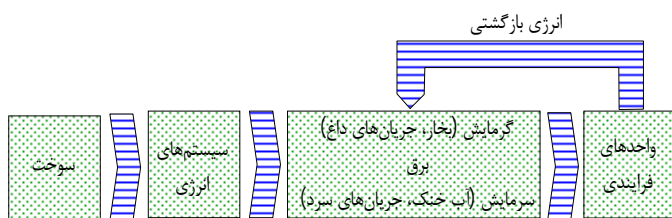
$$E_{\text{خروجی}} - E_{\text{ورودی}} = E_{\text{اتلافی}} \quad (1)$$

### عوامل مؤثر در اتلاف انرژی

در صنایع فرآیندی، اتلاف انرژی می‌تواند در واحدهای مختلفی از جمله واحدهای تولید، تبدیل و فرآیندهای مصرف‌کننده انرژی وجود داشته باشد. به‌طور کلی اتلاف انرژی از سه عامل اصلی نشأت می‌گیرد؛

- 1- ناکارآمدی تجهیزات و محدودیت‌های ساختاری آنها؛
- 2- عدم توزیع مناسب انرژی و
- 3- عدم استفاده از پتانسیل‌های انرژی بزرگ.

برای کاهش اتلاف انرژی، لازم است اصلاحاتی در سیستم صورت گیرد [2]. این اصلاحات شامل استفاده از روش‌های بهبود عملکرد اجزا، توزیع بهینه جریان انرژی در سیستم و به‌کارگیری روش‌های بازیافت گرما است. در برخی موارد، به‌علت محدودیت‌هایی در طراحی اولیه واحد صنعتی، امکان بازیافت و یا ارتقای عملکردی وجود ندارد و یا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. با بررسی چرخه



شکل 2. ارتباط سامانه تولید انرژی و واحدهای فرآیندی.

یکپارچه‌سازی سیستم‌های انرژی، از طریق بهینه‌سازی تولید و توزیع انرژی و با استفاده مؤثر از انرژی تولیدی و انرژی بازیافتی، موجبات کاهش اتلاف انرژی را در سیستم به وجود می‌آورند. روش‌های بهینه‌سازی با استفاده از شیوه‌های مختلف عددی و گرافیکی در قالب نرم‌افزار و برنامه‌های ارائه شده به بهبود عملکرد سیستم می‌پردازند. این روش‌ها هم به بهینه‌سازی اجزا و تجهیزات سیستم به صورت جداگانه و هم به بهینه‌سازی سیستم انتقال و توزیع انرژی در واحدهای تولیدکننده و مصرف‌کننده انرژی کمک می‌کند [2].

2- جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش مصرف منابع انرژی فسیلی: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به صورت راهکارهای بلندمدت، می‌تواند اتلاف انرژی را از منبع تولید کنترل کند [2].

3- استفاده و جایگزینی فناوری پیشرفته و مؤثر در طراحی و ساخت تجهیزات مورد استفاده در سیستم‌های انرژی.

4- آموزش، آگاه‌سازی و توسعه فرهنگ جمعی برای مصرف مناسب انرژی و جلوگیری از اتلاف بی‌رویه آن.

کارآمدی سیستم‌های انرژی با توانایی آن در تولید و انتقال انرژی، به واحدهای فرآیندی معرفی می‌شود. بخشی از انرژی تولیدی، پیش از انتقال به واحدهای فرآیندی و بخشی دیگر در مسیر انتقال و توزیع به هدر می‌رود. بدیهی است افزایش تولید انرژی و کاهش اتلاف آن، موجب افزایش بازدهی انرژی می‌شود. لذا یکی از مؤثرترین راهکارها برای کاهش اتلاف انرژی در سیستم‌ها، بازیافت گرمای اتلافی از جریان‌ها و منابع انرژی موجود در سیستم است.

علاوه بر بخش صنعتی، بخش غیرصنعتی نیز قریب به 70 درصد مصرف انرژی تولیدی را به خود اختصاص می‌دهد [1]. بخش غیرصنعتی شامل مصارف خانگی، ساختمان‌ها، حمل و نقل و کشاورزی است که در هر بخش، تدابیر ویژه برای کاهش مصرف انرژی و کاهش اتلاف آن، اندیشیده شده است. این تدابیر در بخش‌های مختلف شامل به کارگیری فناوری‌های هوشمند در ساختمان‌ها، بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع کشاورزی، و کاهش مصرف بی‌هوده

فرآیندهای خشک کردن کاغذ، تبخیر، فرآیند خمیرسازی و رنگ‌بری است. در فرآیندهای مذکور، بخار به‌مثابه منبع انرژی گرمایی، نقش مهمی ایفا می‌کند. در صنایع غذایی، بخش عظیم اتلاف انرژی در جریان‌های گرم جاری در واحدهای آسیاب و فرآیند تصفیه شکر است. این انرژی در قالب بخار، گازهای خروجی و انرژی گرمایی دفعی، از فرآیندهای تبخیر و خشک‌سازی از سیستم بدون استفاده خارج می‌شود. منابع اتلاف انرژی در صنایع فلزی، کوره‌ها و گازهای داغ خروجی از کوره‌ها و جریان‌های آب گرم ناشی از فرآیندهای دما بالا هستند؛ برای مثال در صنعت آهن و استیل انرژی از محصولات داغی چون کک، آهن مذاب، نورد داغ و گازهای فرآیندی تلف می‌شود.

به طور کلی، اتلاف و استفاده نادرست از انرژی خسارات جبران‌ناپذیری را بر منابع انرژی تحمیل می‌کند که منجر به مشکلات زیست‌محیطی و ضررهای اقتصادی می‌شود؛ لذا محدود بودن منابع انرژی و هزینه بالای تولید آن، از مهم‌ترین انگیزه‌ها برای کاهش اتلاف انرژی محسوب می‌شوند.

### راه‌های جلوگیری از اتلاف انرژی

مطالعات آماری در زمینه صنعت انرژی در ایران، افزایش سه برابری مصرف انرژی را در طول 20 سال اخیر نشان می‌دهد [4]. برای این اساس با توجه به روند مصرف انرژی و محدودیت منابع انرژی، لازم است تا تصمیمات مؤثری برای کاهش مصرف منابع فسیلی و انرژی اتخاذ شود. علاوه بر مصرف بالای منابع، ناکارآمدی فنی و اقتصادی مصرف انرژی در سامانه‌ها از سویی و اتلاف قریب به 30 درصد از مواد انرژی کل انرژی در واحدهای مصرف‌کننده از سوی دیگر، ضرورت مدیریت مصرف و کاهش اتلاف انرژی را بیش از پیش آشکار می‌سازد [1].

از جمله راه‌کارهای علمی و عملی کاهش و جلوگیری از اتلاف انرژی، می‌توان به روش‌های ذیل اشاره کرد:

1- به کارگیری روش‌های بهینه‌سازی انرژی در واحدها و سامانه‌های صنعتی و افزایش راندمان انرژی: روش‌های

انرژی در بخش حمل و نقل و مصارف خانگی و همچنین شامل راهکارهایی برای فرهنگ‌سازی و مصرف درست از طریق اطلاع‌رسانی است. از بخش‌های غیرصنعتی، بخش ساختمانی و مسکن با مصرف بیش از 40 درصد انرژی، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده انرژی محسوب می‌شود و لذا کاهش اتلاف انرژی در این بخش، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌طور کلی، یکی از عمده‌ترین مراکز اتلاف انرژی از ساختمان‌ها پنجره‌ها و منافذ ساختمان است؛ لذا درزگیری در و پنجره‌ها و تعویض عناصر ساختمانی نامطلوب، به کاهش اتلاف می‌انجامد. لازم به ذکر است طراحی اولیه ساختمان با توجه به شرایط اقلیمی محیط، در کنار عوامل دیگر، می‌تواند به‌صورت عاملی برای کاهش اتلاف انرژی در نظر گرفته شود [5].

### مداخل مرتبط

بازده انرژی؛ بازیافت گرما؛ بهینه‌سازی انرژی؛ شاخص عملکرد انرژی؛ عملکرد انرژی؛ مدیریت گرمای اتلافی؛ مدیریت مصرف انرژی.

### کتاب‌شناسی

- [1] Zumerchik, J. *Macmillan Encyclopedia of Energy*, vol. 2. Gale Group, United States, 2001.
- [2] Smith, R. *Chemical Process Design and Integration*. Wiley Press, UK, 2005.
- [3] Jaffe, A.B.; Newell, R.G.; Stavins, R.N. "Conservation of Energy; Overview". *Encyclopedia of Energy*, C.J. Cleveland, (ed.). Academic Press, Elsevier, Oxford, UK, vol. 2, 2004.
- [4] [www.isn.moe.gov.ir](http://www.isn.moe.gov.ir). 2014-11-5.
- [5] Vihola, J.; Sorri, J.; Heljo, J.; Kero, P. "Heat loss rate of the finnish building stock procedia". *Economics and Finance*, 21, 2015.

محمدحسن پنجه‌شاهی و مونا قرآبی