



تحلیل روش محاسبه هزینه‌های تریپ واحدهای بخار نیروگاه شهید رجایی و تأثیر آن بر بهبود بهره‌وری کارکنان

میلاد حاجی پور^۱، کارشناس بهره‌برداری نیروگاه بخار، عبدالمجید دیناروند^۲، معاون تولید نیروگاه بخار

۱- شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی - قزوین - ایران

hjp.milad@gmail.com

۲- شرکت مدیریت تولید برق شهید رجایی - قزوین - ایران

dinarvand1350@yahoo.com

بهره‌وری کارکنان سازمان بنماید. با توجه به اینکه هزینه‌های از دست رفته در سازمان‌ها زبان مشترک همه مدیران و کارشناسان می‌باشد، بر آن شدیم تا مقاله را با این بیان ارائه نماییم. در این مقاله روشی برای تخمین هزینه‌های خروج اضطراری واحدهای بخار نیروگاه شهید رجایی معرفی خواهد شد. معیار سنجش در این روش محاسبات از لحظه تریپ تا برگشت به قدرت عملی (مگاوات) لحظه وقوع تریپ می‌باشد.

چکیده: تریپ یا خروج اضطراری واحدهای نیروگاهی از جمله مهمترین عواملی است که هزینه‌های مضاعفی را به شرکت‌ها و صنایع تولید برق وارد می‌کند. این موضوع اهمیت نقش بهره‌برداری و تعمیرات و نگهداری مناسب واحدهای نیروگاهی و تجهیزات مرتبط را نشان می‌دهد. لذا آگاهی از میزان این هزینه‌های تحمیلی می‌تواند کمک شایانی به تدوین برنامه‌ریزی‌های کلان مدیریتی در جهت ارتقای کیفیت و بهبود

واژه‌های کلیدی: خروج اضطراری، بازار برق، هزینه، انرژی الکتریکی، بهبود بهره‌وری، قیمت سوخت

ارتباط بین میزان خارج از مدار بودن واحدهای نیروگاهی و نوع راه‌اندازی واحدها تأثیر بسزایی در برآورد هزینه‌ها دارد با در نظر گرفتن شرایط کلی خروج اضطراری در واحدهای بخار نیروگاه شهید رجایی روشی برای محاسبه هزینه‌های آشکار تریپ واحدها ارائه نموده‌ایم.

۲. خروج اضطراری واحدها و تأثیر آن در ساز و کارهای بازار برق

تریپ یا قطع، (خروج اضطراری) به معنای وضعیت خاموشی یا توقف ناخواسته یا اجباری در نیروگاه، خطوط انتقال و خطوط توزیع می‌باشد، زمانیکه واحد تولیدکننده ی برق به دلایل ناگهانی و غیرقابل پیش بینی از مدار خارج شود.^۱ به همین صورت میزان در دسترس بودن یا آمادگی در مدار بودن^۲ یک واحد نیروگاهی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی واحد

۱. مقدمه
تولید برق به عنوان یکی از صنایع زیربنایی و استراتژیک در فرآیند توسعه و پیشرفت اقتصادی کشور و ایجاد زیرساخت‌های مهم توسعه نقشی ارزنده و اساسی دارد که بستر لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه‌های گوناگون اقتصادی، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی فراهم می‌کند. در همین راستا تولید پایدار انرژی برق توسط نیروگاه‌های کشور نقش مهمی در تثبیت و تقویت شبکه سراسری برق و کاهش خاموشی‌های پیک برق خواهد داشت. اما با توجه به اینکه وقوع حوادث و خرابی‌های منجر به تریپ یا خروج اضطراری واحدهای مختلف نیروگاهی همواره امری اجتناب‌ناپذیر بوده و به همین صورت هزینه‌های مازاد بر هزینه‌های جاری صنایع تولید برق را شامل می‌شود لذا برآورد این هزینه‌ها می‌تواند به نحوه مدیریت هرچه بهتر این صنعت منجر گردد. در این پژوهش با توجه به اینکه دلایل و شکل حوادث منجر به تریپ بسیار گسترده بوده و از آنجا که

¹ Unavailable

² Availability



یک مگاوات ساعت : حدود ۸۰۰۰۰ تومان

قیمت سوخت مازوت به ازای یک لیتر : ۲۵۰۰ ریال

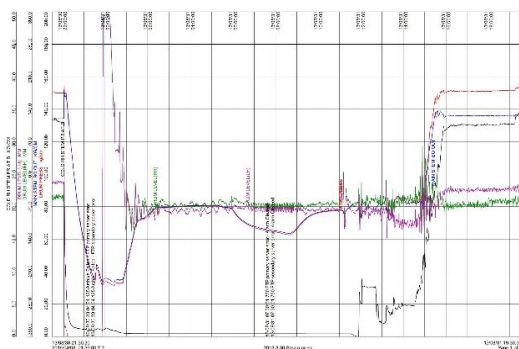
قیمت سوخت مازوت به ازای یک لیتر بر اساس FOB خلیج

فارس : ۰/۷۸۷ دلار

۴. بررسی مدل محاسبه هزینه یک مورد وقوع

تریپ واحدهای بخار

در این روش دما و فشار بخار بعد از تریپ واحد و دما و فشار بخار هنگام بازگشت به قدرت عملی تولیدی واحد (مگاوات تولیدی واحد در لحظه تریپ) در نظر گرفته شده و بر اساس آن اختلاف آنتالپی بخار در این دو وضعیت و میزان انرژی از دست رفته بر اساس مگاوات محاسبه شده است. [۳] با در نظر گرفتن LHV^۱ سوخت مازوت، حجم سوخت مصرفی به ازای یک ساعت معادل این مقدار انرژی و حجم سوخت مصرفی جهت راه اندازی واحد و رسیدن به وضعیت مطلوب محاسبه می‌شود. در ادامه هزینه معادل ریالی این مقدار سوخت نیز بر اساس نرخ سوخت مازوت محاسبه شده است. در این مورد با توجه به وقوع بلک اوت در نیروگاه تریپ هر چهار واحد، به بررسی تریپ واحد ۲ می‌پردازیم.



شکل ۱ - مقادیر مورد نیاز استخراج شده از نرم افزار Review مربوط به رکوردهای فشار بخار و دمای بخار واحد

زمان وقوع تریپ : روز ۹۲/۶/۸ ساعت ۰۳ : ۲۲

وضعیت واحد : ۲۳۳ مگاوات تولید با سوخت مازوت

نیروگاهی در بازار برق می‌باشد. از آنجا که تریپ واحد می‌تواند به دلایل مختلفی همچون خطا در عملکرد تجهیزات، اشتباهات اپراتور (خطای انسانی) عملکرد رله‌های حفاظتی به منظور جلوگیری از صدمات احتمالی به سیستم و ... رخ دهد لذا در محاسبه هزینه خروج‌های اضطراری واحدها می‌بایست جزئیات زیادی در نظر گرفته شود. در این میان بازار برق به عنوان سیستمی واسط بین بخش تولید و انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و از طریق ارتباط مستقیمی که با شرکت مدیریت شبکه برق (دیسپاچینگ) دارد، می‌تواند تعیین‌کننده بخشی از این هزینه‌ها باشد. [۱]

۳. مجموع هزینه‌های آشکار وقوع تریپ واحدهای

نیروگاهی

- جریمه تریپ واحد نیروگاهی به دلیل خروج بدون هماهنگی جریمه خروج اضطراری واحد (تریپ واحد) در صورت تجاوز از محدوده ۳٪ کل انرژی قابل تولید به صورت زیر می‌باشد :
 - جریمه عدم آمادگی + ۱۰٪ میزان نرخ آمادگی ثابت
 - هزینه عدم تولید واحد نیروگاهی (ضرر وارد شده به نیروگاه به دلیل عدم تولید)
 - هزینه‌های راه اندازی شامل هزینه مصارف مختلف واحد مانند سوخت، آب مصرفی، توان الکتریکی در طول مدت زمان راه‌اندازی تا بازگشت به قدرت عملی (مگاوات) لحظه وقوع تریپ
 - هزینه‌های جانبی مانند هزینه اضافه کاری نفرات لازم جهت راه اندازی واحد و ...
- در رابطه با محاسبه قیمت تمام شده انرژی الکتریکی در ایران با توجه به نحوه تولید و نوع نیروگاه مطالعات متعددی انجام شده است. [۲] بر همین اساس مبنای محاسبات هزینه تریپ یک واحد بخار نیروگاه شهید رجایی در سال ۹۴ به صورت زیر در نظر گرفته شده است :
- نرخ آمادگی ثابت برای واحد نیروگاهی : حدود ۶۰۰۰ تومان به ازای هر مگاوات ساعت
- قیمت تمام شده یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی بدون سوخت : حدود ۸۰ تومان

¹ Lower Heating Value



هزینه عدم تولید برق با در نظر گرفتن رابطه زیر ۲۴۵ میلیون ریال می‌باشد :

هزینه مصرف توان الکتریکی (دریافتی از شبکه) به ازای ۶ تا ۷ مگاوات به طور متوسط در هر ساعت و با در نظر گرفتن نرخ هر مگاوات ساعت ۸۰۰۰۰۰ ریال، ۹۳ میلیون ریال می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

وقوع تریپ در یک واحد نیروگاهی می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های مصرف سوخت، آب و توان الکتریکی اضافی جهت راه‌اندازی مجدد واحد شود و در صورت خروج طولانی مدت واحد موجب ضررهای مالی به دلیل عدم تولید برق می‌گردد. اما برخی هزینه‌های این تریپ‌ها از نوع هزینه‌های پنهان می‌باشند که محاسبه این هزینه‌ها نیازمند فعالیت‌های مطالعاتی بیشتر می‌باشد. از جمله این هزینه‌ها فرسودگی تجهیزات و کاهش عمر واحد نیروگاهی حاصل از تنش‌های حرارتی و مکانیکی به دلیل استپ استارت‌های واحد می‌باشد. [۴] همچنین نظیر پروژه فوق می‌توان با مدلسازی و پیاده‌سازی آنالیز هزینه دوره عمر (LCC) تجهیزات اصلی و کمکی واحدها هزینه‌های مربوط به سرویس و نگهداری را تخمین زد. [۵] محاسبات هزینه تریپ واحدها نشان می‌دهد که می‌توان زبان مشترکی بین کارکنان در یک نیروگاه و یا سایر سازمان‌ها و شرکت‌های فنی مهندسی به صورت و قالب ضررهای ریالی برقرار نمود به صورتی که هر یک از کارکنان با آگاهی از ابعاد این خسارات و هزینه‌ها توجه بیشتری را معطوف فعالیت‌هایشان در زمینه بهره‌برداری و تعمیرات می‌نمایند که به نوبه خود بهبود کیفیت و بهره‌وری را در پی خواهد داشت. این مقاله در نیروگاه شهید رجایی به شکل یک سمینار ارائه گردید و نتایج حاصله نشان می‌دهد به طور مؤثری به میزان دقت همکاران افزوده شده و تعداد خروج‌های اضطراری که بواسطه خطای انسانی در ۹ ماهه اول سال ۹۵ رخ داده‌است به صفر رسیده‌است.

۶. مراجع

۱ - ریاضی، محمدعلی و مصطفی قلم چی، ۱۳۸۶، بازار برق ایران از دید بهره‌برداری، ششمین همایش ملی انرژی، تهران، کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو

زمان پارالل شدن واحد با شبکه : روز ۹۲/۶/۹
ساعت ۱۴ : ۵۰

مدت زمان خروج واحد : ۱۶ ساعت و ۴۷ دقیقه
زمان بازگشت به قدرت عملی تولیدی (مگاوات)
پیش از وقوع تریپ : روز ۹۲/۶/۹ ساعت ۱۵ : ۱۹
233 MW = بار اولیه

دما و فشار اولیه بخار در لحظه تریپ

$$P_0 = 138 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_0 = 539 \text{ }^\circ\text{C}$$

دما و فشار بخار بعد از تریپ واحد

$$P_1 = 34 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_1 = 277 \text{ }^\circ\text{C}$$

آنتالپی بخار با مشخصات فوق برابر است با :

$$h_1 = 2921.1 \text{ kJ/kg}$$

زمان شروع راه‌اندازی : ساعت ۴۹ : ۰۰

زمان بازگشت به مگاوات تولیدی : ساعت ۱۵ : ۱۹

دما و فشار بخار هنگام بازگشت به قدرت عملی تولیدی واحد

$$P_2 = 136 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_2 = 527 \text{ }^\circ\text{C}$$

آنتالپی بخار با مشخصات فوق برابر است با :

$$h_2 = 3406.6 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 3406.6 - 2921.1 = 485.5 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = m \cdot \Delta h = 233 \times 485.5 = 113121.5 \text{ kJ/s}$$

$$kw = 113.12 \text{ Mw} \quad m = 233 \text{ kg/s}$$

با در نظر گرفتن LHV سوخت مازوت به میزان 41 MJ/kg، حجم سوخت مصرفی به ازای یک ساعت به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$\frac{Q}{LHV} = \frac{113.12}{41} = 2.76 \text{ kg/s} = 9.936 \text{ T/H}$$

در ادامه حجم سوخت مصرفی جهت راه‌اندازی واحد و رسیدن به وضعیت مطلوب به صورت زیر خواهد بود :

$$\frac{1 \text{ H}}{18 \text{ H}} = \frac{9.936 \text{ T}}{x} \Rightarrow x = 178.85 \text{ T}$$

هزینه معادل این مقدار سوخت مازوت ۴۴۷ میلیون ریال با نرخ مازوت ۲۵۰۰ ریالی و ۴/۱ میلیارد ریال با نرخ مازوت ۰/۷۸۷ دلاری می‌باشد.

ظرفیت تولید واحد × مدت زمان خروج واحد × جریمه عدم آمادگی ثابت



۲ - میرطلائی، مهدی و عبدالکریم جاوید، ۱۳۸۶، طراحی نرم افزار محاسبه و تحلیل قیمت تمام شده برق تولیدی در نیروگاههای حرارتی، بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق، تهران، شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو

[3] Sonntag, Richard Edwin, C. Borgnakke, Gordon J. Van Wylen, and Gordon J. Van Wylen. 1998. Fundamentals of thermodynamics. New York, Wiley Pub.

۴ - فهیمی، علی و عباس صابری، ۱۳۹۲، بررسی روش محاسبه هزینه های راه اندازی و توقف واحدهای گازی و بخار در نیروگاه سیکل ترکیبی قم، ششمین کنفرانس نیروگاههای برق، تهران

۵ - کاربرد ارزیابی هزینه دوره عمر در توسعه و بهره‌برداری شبکه، سلسله گزارشات تخصصی - گزارش شماره ۲۹، معاونت انتقال و دیسپاچینگ، موندکو ایران، مرداد ۱۳۸۹