

بررسی قابلیت سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور مدل 12V4000G23 در شرایط دمایی مختلف

ایمان جعفری^۱، احسان نجف پور^۲، حسن بصیرت تبریزی^۳

۱- شرکت نصب، تعمیر و نگهداری نیروگاههای برق آبی خوزستان

۲- مربی گروه فنی و مهندسی- دانشگاه پیام نور

۳- دانشکده مهندسی مکانیک- دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این تحقیق بررسی قابلیت سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور مدل 12V4000G23 ساخت شرکت MTU در شرایط دمایی مختلف ارائه شده است. ارزیابی سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور مذکور با هدف برآورد تاثیر افزایش دمای هوای محیط نسبت به دمای ورودی طراحی 40°C تا حداکثر 56°C طرحریزی شده است. بار حرارتی رادیاتورها در دماهای ورودی مختلف با استفاده از روش $NTU - \epsilon$ برای رادیاتورهای دما بالا و دما پایین به صورت مجزا محاسبه شده است و بر اساس نتایج بدست آمده میزان بار حرارتی مبدل های کمکی به عنوان راهکاری برای جبران کاهش تبادل حرارت به علت عدم انطباق دمای ورودی با شرایط طراحی برآورد می گردد. نتایج حاکی از آن است که درصد کاهش تبادل حرارت در رادیاتورهای دما پایین و دما بالا به ترتیب حداکثر $66/98\%$ و $20/38\%$ در دمای ورودی 56°C می باشد.

واژه های کلیدی: دیزل ژنراتور- رادیاتور دما بالا- رادیاتور دما پایین- مبدل داخلی

مقدمه

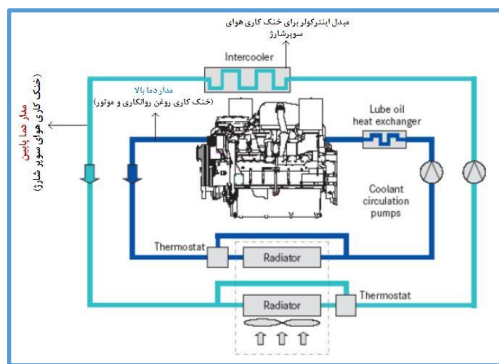
عملکرد صحیح سیستم خنک کاری دیزل ژنراتورهای در ابعاد بزرگ در کارایی و آماده بکاری مجموعه دیزل ژنراتور بسیار تاثیرگذار است. سیستم های خنک کننده برای کار در شرایط دمایی مختلف طراحی می شوند و چنانچه دمای هوای محیط و به تبع آن دمای هوای ورودی به سیستم خنک کاری از دمای طراحی تجاوز کند، سیستم قادر به اتلاف بار حرارتی ایجاد شده در سیستم سوپر شارژ و روغن روانکاری در حد تعیین شده نخواهد بود. چنانچه اطلاعات و مشخصات رادیاتورهای سیستم خنک کاری در دسترس نباشد، بهترین روش برای ارزیابی سیستم خنک کاری استفاده از روش $\epsilon - NTU$ می باشد. با استفاده از این روش، با در اختیار داشتن دماها و دبی های ورودی سیالات می توان ضریب تاثیر مربوط به مبدل را یافت و با استفاده از آن در دبی های ثابت با تغییر دماهای ورودی میزان تبادل حرارت را برآورد نمود [۲۰].

در این تحقیق، تحلیل و بررسی رادیاتورهای سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور مدل 12V4000G23 برای کار در دمای طراحی 40°C و شرایط دمای هوای استان خوزستان در فصل تابستان مورد ارزیابی قرار گرفته است.

این بررسی با هدف برآورد میزان کاهش تبادل حرارت ناشی از افزایش دمای هوای خنک کننده یا برآورد بار حرارتی مبدل جانبی مناسب برای جبران کاهش بار حرارتی انجام شده است.

سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور

دیزل ژنراتور با مدل 12V4000G23 دارای دو مدار خنک کننده دما پایین و دما بالا می باشد. مدار دما پایین (Low Temperature) برای خنک کاری هوای سوپرشارژ و مدار دما بالا برای خنک کاری روغن روانکاری موتور و همچنین دفع بار حرارتی بدنه موتور به کار برده می شوند. شکل (۱)، دو مدار خنک کاری دما پایین و دما بالا را نمایش می دهد. آشکار است که دمای هوای خروجی از رادیاتور دما پایین به عنوان دمای هوای ورودی (سیال خنک کننده) رادیاتور دوم عمل می کند.



شکل (۱): طرح شماتیک سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور

اطلاعات مربوط به بار حرارتی و دبی های مورد نیاز برای دفع بار حرارتی در رادیاتورهای مدارهای دما پایین و دما بالا در جدول (۱) ارائه شده است. همچنین دبی هوای خنک کننده رادیاتورها بر اساس اندازه گیری های تجربی انجام شده، برای رادیاتور اول (رادیاتور دما پایین) $67000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($31/62 \text{ CFM}$) و برای رادیاتور دوم (رادیاتور دما بالا) $51000 \text{ m}^3/\text{s}$ ($24/07 \text{ CFM}$) می باشد. شرایط کاری موتور دیزل از نظر دماهای کاری در جدول (۲) ارائه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول حد بیشینه دماهای ورودی و خروجی به مبدل های حرارتی تعیین می گردد.

۱- رئیس دفتر فنی شرکت تعمیرات- ناحیه دز iman_jafari@yahoo.com

۲- مربی دانشگاه پیام نور

۳- استاد تمام دانشگاه صنعتی امیرکبیر

جدول (۱): جزئیات بار حرارتی و دبی های مدارهای دما بالا و دما پایین [۲]

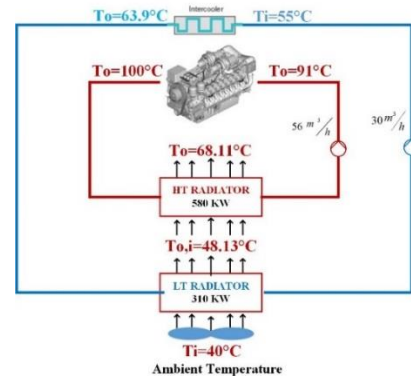
دبی سیال خنک کننده (مدار دما بالا)	۵۶ (m ³ /h)
دبی سیال خنک کننده (مدار دما پایین)	۳۰ (m ³ /h)
حرارت منتقل شده به سیال خنک کننده	۵۸۰ (kW)
حرارت منتقل شده به هوای تغذیه	۳۱۰ (kW)
حرارت منتقل شده به محیط	۷۵ (kW)

جدول (۲): دماهای کاری دیزل ژنراتور [۳]

دما برای سیال خنک کننده در خروج از موتور برای مدار دما بالا	۱۰۰ °C
دما برای سیال خنک کننده ورودی به مبدل داخلی برای مدار دما پایین	۵۵ °C
دما هشدار مدار دما بالا	۱۰۲ °C
دما قطع بهره برداری	۱۰۴ °C

تجزیه و تحلیل سیستم خنک کاری

با استفاده از اطلاعات جداول (۱) و (۲) و قانون اول ترمودینامیک، دماهای ورودی و خروجی مبدل های حرارتی (رادیاتورهای دما بالا و دما پایین) به صورت شکل (۲) بدست می آیند.



شکل (۲): اطلاعات دمایی و بار حرارتی مبدل های حرارتی دیزل ژنراتور

در این بررسی تجزیه و تحلیل کاهش میزان تبادل حرارت در رادیاتورهای هر دو مدار بر اساس دمای طراحی ۴۰ °C انجام گرفته است. جهت محاسبه میزان کاهش تبادل حرارت در رادیاتورهای مدارهای دما بالا و دما پایین از روش $NTU - \epsilon$ استفاده شده است. اما از آنجائیکه اطلاعات جزئی مبدل ها شامل؛ سطح تبادل حرارت، ضرایب انتقال حرارت و ... در اختیار نمی باشد، با استفاده از روش مهندسی معکوس این مقادیر که همگی در پارامتر ϵ (ضریب تاثیر) نهفته هستند، بدست آورده می شوند. پارامتر ϵ به صورت نسبت اختلاف دمای سیال عامل با ظرفیت حرارتی کمتر (در ورود و خروج از مبدل) به اختلاف دمای دو سیال عامل در ورود به مبدل تعریف می شود. بر اساس محاسبات ارائه شده، در رادیاتور دما پایین، آب به عنوان سیال با ظرفیت حرارتی کمتر و در رادیاتور دما بالا، هوا به عنوان سیال با ظرفیت حرارتی پایین تر شناخته می شوند.

ضریب تاثیر برای رادیاتور اول (رادیاتور دما پایین) با استفاده از رابطه (۱) و برای رادیاتور دوم (رادیاتور دما بالا) با استفاده از رابطه (۲) بدست می آید.

$$\epsilon = \frac{T_{h,o} - T_{h,i}}{T_{h,i} - T_{c,i}} \quad (1)$$

$$\epsilon = \frac{T_{c,o} - T_{c,i}}{T_{h,i} - T_{c,i}} \quad (2)$$

پس از بدست آوردن ضریب تاثیر، می توان با استفاده از رابطه (۳) میزان تبادل حرارت در دماهای محیط مختلف را بدست آورد [۲]. لازم به ذکر است که دمای محیط در این رابطه با نماد $T_{c,i}$ که بیانگر دمای سیال سرد ورودی است، مشخص می شود.

$$Q = (\dot{m}C_p)_{min} \times \epsilon \times (T_{h,i} - T_{c,i}) \quad (3)$$

در نهایت با در اختیار داشتن مقدار تبادل حرارت، دمای هوای خروجی از رادیاتور نیز با استفاده از رابطه (۴) قابل محاسبه می باشد.

$$T_{c,o} = T_{c,i} + \frac{Q}{(\dot{m}C_p)_{air}} \quad (4)$$

بر این اساس، ضریب تاثیر رادیاتور اول ۰/۳۷۲ و ضریب تاثیر رادیاتور دوم ۰/۳۸۵ بدست می آید. محاسبات برای دمای هوای ورودی از ۴۲ تا ۵۶ °C انجام شده است و حداکثر درصد کاهش تبادل حرارت در رادیاتور دما پایین ۶۶/۹۸٪ و در رادیاتور دما بالا ۲۰/۳۸٪ در دمای هوای ورودی ۵۶ °C رخ می دهد. همچنین محاسبات مذکور برای رادیاتورهای جایگزین جدید با دماهای طراحی ۴۵ و ۵۰ °C و تعیین تاثیر آن بر ضریب تاثیر و کاهش نرخ انتقال حرارت در دماهای بالاتر از دمای طراحی تکرار شده است. جدول (۳) نتایج تاثیر دمای طراحی بر ضریب تاثیر رادیاتورها را نشان می دهد.

جدول (۳): تاثیر دمای طراحی بر ضریب تاثیر رادیاتورها

ضریب تاثیر رادیاتور دوم	ضریب تاثیر رادیاتور اول	حداکثر دمای طراحی محیط
۰/۳۸۵	۰/۳۷۲	۴۰ °C
۰/۴۲۶	۰/۴۷۱	۴۵ °C
۰/۴۷۷	۰/۶۴۰	۵۰ °C

با استفاده از ضرایب تاثیر بدست آمده در دماهای طراحی مختلف نرخ انتقال حرارت برای رادیاتورها در دماهای مختلف ورودی تا ۵۶ °C محاسبه شده و بر اساس آن مقایسه ای بین نرخ انتقال حرارت رادیاتورها در دماهای ورودی مختلف انجام شده است.

نتیجه گیری

در این تحقیق قابلیت سیستم خنک کاری دیزل ژنراتور مدل 12V4000G23 در دماهای هوای ورودی مختلف (بالاتر از دمای طراحی) با استفاده از روش $NTU - \epsilon$ ارزیابی گردید. نتایج حاکی از آن است که در صورت در اختیار نبودن اطلاعات طراحی مبدل های حرارتی می توان با استفاده از پارامترهای ورودی به مبدل، میزان تبادل حرارت را محاسبه و با استفاده از نرخ تبادل حرارت محاسبه شده، بار حرارتی مبدل جانبی برای جبران نرخ کاهش یافته را تعیین نمود. همچنین تاثیر دمای طراحی بر تغییر ضریب تاثیر برای رادیاتورهای دما بالا و دما پایین و به تبع آن تغییر در نرخ تبادل حرارت مورد ارزیابی قرار گرفت.

مراجع منتخب

- [۱] حمیدی، علی اصغر، ۱۳۹۰، "تبادلگرهای گرمایی: اصول، طراحی و عملکرد"، انتشارات دانشگاه تهران
- [2] Yunus A. Cengel, 2002, "Heat Transfer: A practical approach", McGraw-Hill, TX
- [3] MTU Co., 2012, "Operating instructions: Diesel engine 12V4000G23", Germany