



کد مدرک: AHM-P001

تاریخ انتشار: 1405-03-17

لود بانک (Load Bank)

1	لود بانک (Load Bank) چیست ؟
1	کاربرد های لود بانک
2	مزایای استفاده از لود بانک
2	انواع لود بانک دیزل ژنراتور
4	اجزای اصلی لود بانک
5	راهنمای جامع انتخاب لود بانک
5	پروتکل اجرایی و نحوه عملکرد لود بانک در فرآیند تست
6	مزایای استراتژیک و فنی تست دیزل ژنراتور با لود بانک
8	دستورالعمل اجرایی و پروتکل گام به گام تست دیزل ژنراتور با لود بانک
9	لود بانک ها و انرژی تجدید پذیر
9	جمع بندی

جریان مستمر برق شریان حیاتی صنایع، مراکز داده و بیمارستان‌هاست و دیزل ژنراتورها نقشی کلیدی در پشتیبانی از این شبکه ایفا می‌کنند. برای تضمین عملکرد بی‌نقص و پاسخ دهی سریع این تجهیزات در شرایط بحرانی، از لود بانک استفاده می‌شود. این تجهیز پیشرفته با شبیه سازی دقیق بار واقعی، امکان تست دوره‌ای، بهینه‌سازی و سنجش ظرفیت خروجی ژنراتورها را فراهم کرده و آمادگی صد درصدی سیستم برق اضطراری را تضمین می‌کند.

1- لود بانک (Load Bank) چیست؟

لود بانک یک سامانه مهندسی شده برای اعمال بارهای الکتریکی کنترل شده (با ضریب توان 0.8 تا 1) بر روی منابع تولید و ذخیره انرژی (مانند ژنراتور، UPS و باتری) است که شرایط بار واقعی را بدون درگیر کردن مصرف کننده های حساس شبیه سازی می‌کند. این تجهیز برخلاف ذخیره سازها، یک مصرف کننده است که انرژی را به صورت حرارت (در بارهای مقاومتی) یا میدان مغناطیسی (در بارهای راکتیو سلفی/خازنی) مستهلک کرده و با فن‌های دمنده قدرتمند دفع می‌کند. لود بانک علاوه بر پایش همزمان پارامترهای الکتریکی و مکانیکی، با اعمال بار مصنوعی بهینه، مانع از کارکرد موتور در بارهای سبک و بروز پدیده مخرب احتراق ناقص می‌شود. این سامانه‌ها در ظرفیت‌های متنوع (از 400 آمپر کارگاهی تا مقیاس های سنگین 1 و 2 مگاواتی) به صورت ثابت یا پرتابل تولید می‌شوند.

2- کاربردهای لود بانک

لود بانک ها تجهیزات بسیار پرکاربرد، منعطف و حیاتی در صنعت برق هستند که با ایجاد یک بار الکتریکی مصنوعی، شبیه سازی شده و کاملاً کنترل شده، بستری ایمن را برای انجام انواع آزمون ها و سنجش کارایی سیستم های مولد برق فراهم می‌کنند. کاربرد این تجهیزات به طور کلی به دو دسته اصلی «انرژی» و «توان» تقسیم می‌شود که مرز تمایز آن ها در مدت زمان جذب بار نهفته است. اگر جذب انرژی در یک بازه زمانی کوتاه و موقت (به‌طور تقریبی کمتر از یک دقیقه) رخ دهد، سیستم در محدوده «کاربرد انرژی» عمل می‌کند. در این حالت، انرژی مصرف شده توسط بار بر حسب ژول (وات × ثانیه) محاسبه می‌شود و به همین دلیل، «جرم فعال مقاومت» به عنوان معیار و اولویت اصلی در طراحی لود بانک در نظر گرفته می‌شود و در ادامه، سایر مقادیر نامی مورد نیاز مانند میزان تحمل جریان، مقدار اهم و ولتاژ، به مهندسان در انتخاب نوع و فناوری مناسب مقاومت کمک می‌کنند، که البته در این شرایط ممکن است چندین نوع مقاومت مختلف برای طراحی نهایی قابل استفاده باشد. در مقابل، اگر فرآیند جذب و مستهلک کردن انرژی به صورت پیوسته و در مدت زمان طولانی تری (بیش از یک دقیقه) تداوم یابد، سیستم وارد محدوده «کاربرد توان» می‌شود که در آن، توان تلف شده در بار با واحد وات اندازه گیری شده و «توان تلفاتی مقاومت» که حاصل ضرب ولت در جریان (ولت × جریان) است، به عنوان معیار و پایه اصلی طراحی لود بانک تعیین می‌گردد. در این کاربرد نیز مشخصات فنی و مقادیر نامی مورد نیاز مقاومت مشخص می‌کنند که کدام ساختار و سبک از مقاومت ها برای کارکرد مداوم و طولانی مدت مناسب تر هستند و در این بخش نیز گزینه های متنوعی از نظر ساختار مقاومت پیش روی طراحان قرار دارد. با توجه به این ویژگی های فنی، لود بانک‌ها در صنایع استراتژیک و حساسی مانند نیروگاه ها، مراکز داده (دیتاسنترها)، بیمارستان ها، پالایشگاه ها، صنایع نفت و گاز و پروژه‌های بزرگ ساختمانی کاربرد وسیعی دارند و نقش کلیدی در تضمین پایداری شبکه ایفا می‌کنند. از جمله مهم ترین کاربردهای عملیاتی این تجهیزات می‌توان به مواردی همچون تست، عیب‌یابی و ارزیابی دقیق عملکرد ژنراتورها در شرایط گوناگون، کالیبراسیون، تنظیم و هم راستا سازی تجهیزات حساس برقی مانند ترانسفورماتورها و اینورترها، اندازه گیری دقیق توان خروجی واقعی سیستم های الکتریکی، شبیه سازی همه جانبه بار واقعی کارخانجات در فاز پیش از راه اندازی پروژه‌های صنعتی و همچنین جلوگیری از آسیب های جدی ناشی از اضافه بار ناگهانی بر روی شبکه اشاره کرد. به عنوان یک مثال ملموس و رایج در بازار صنعتی، هنگام خرید یا اجاره یک دستگاه دیزل ژنراتور، کارفرمایان معمولاً دستگاه را پیش از تحویل و انتقال به سایت پروژه، با استفاده از لود بانک در توان توافق شده و نامی تحت بار کامل قرار می‌دهند تا از توانایی، پایداری و صحت عملکرد آن در شرایط سخت عملیاتی اطمینان حاصل کنند.

3- مزایای استفاده از لود بانک

بهره گیری از لود بانک در فرآیند تست و نگهداری دیزل ژنراتورها، مزایای فنی و اقتصادی استراتژیکی به همراه دارد. این تجهیز با فراهم کردن امکان شبیه سازی دقیق شرایط بهره برداری، نقش بسزایی در بهبود راندمان، بهینه سازی احتراق و ارتقای عملکرد کلی موتور و آلترناتور ایفا می کند و از طریق پایش دقیق رفتار دینامیکی سیستم، به شناسایی سریع و پیشگیرانه ایرادات احتمالی در بخش های حیاتی نظیر سیستم سوخت رسانی، رگولاتور ولتاژ (AVR) و گاورنر پیش از وقوع خرابی های بحرانی در زمان قطعی برق کمک می کند. این رویکرد عیب یابی پیشگیرانه، نه تنها با جلوگیری از استهلاک زودرس قطعات و تجهیزات جانبی، کاهش محسوس هزینه های تعمیرات و نگهداری بلند مدت را به همراه دارد، بلکه با تست و کالیبراسیون دقیق مکانیزم های کنترلی و حفاظتی، موجب افزایش ایمنی، پایداری و قابلیت اطمینان در بهره برداری از کل سیستم برق اضطراری سایت می شود. مضاف بر این، اعمال بار کنترل شده توسط لود بانک با جلوگیری از آسیب های ساختاری ناشی از کارکرد بدون بار یا بارهای سبک به ویژه پدیده مخرب خیس سوزی یا Wet Stacking و تجمع کربن در سیلندرها، سلامت فیزیکی موتور را تضمین کرده و آمادگی صد در صدی دیزل ژنراتور را در شرایط اضطراری تضمین می نماید.

4- انواع لود بانک دیزل ژنراتور

لود بانک ها ابزارهای حیاتی جهت تست، کالیبراسیون و رساندن دیزل ژنراتور به دمای کاری بهینه هستند. این تجهیزات را می توان بر اساس ساختار الکتریکی (نوع بار) و پیکربندی مکانیکی (نوع نصب) به دسته های زیر تقسیم کرد:

4-1-1- انواع لود بانک از نظر ساختار الکتریکی

نوع بار اعمالی توسط لود بانک، تعیین کننده پارامترهایی است که در دیزل ژنراتور به چالش کشیده می شوند. چهار ساختار اصلی بار عبارتند از:

4-1-1-1- لود بانک مقاومتی (Resistive)

این لود بانک ها متداول ترین نوع بوده و بار فعال یا توان واقعی (بر حسب kW) را با ضریب توان یک ($\cos\phi = 1$) به دیزل ژنراتور اعمال می کنند. در لود بانک های مقاومتی، جریان الکتریکی خروجی ژنراتور با عبور از المنت های آلیاژی پیشرفته به انرژی گرمایی تبدیل شده و این حجم بالای حرارت توسط دمنده های قدرتمند به محیط بیرون دفع می شود. این مکانیزم کارآمد، بستری ایده آل برای تست دقیق توان خروجی موتور، ارزیابی پایداری فرکانس، عملکرد گاورنر و سیستم سوخت رسانی فراهم می سازد.

به دلیل تولید حرارت بالا در این فرآیند، تجهیز به سیستم های حفاظتی پیشرفته ای نظیر سنسور های قطع حرارتی (Over-temperature)، سوئیچ های پایش جریان هوا (Airflow Switch) و فیوزهای حفاظتی سریع العمل مجهز شده است تا ایمنی و پایداری کامل سیستم را در تمامی مراحل بارگذاری تضمین نماید.

4-1-1-2- لود بانک القایی / سلفی (Inductive)

لود بانک های القایی یا سلفی با بهره گیری از راکتورهای الکترو مغناطیسی متشکل از سیم پیچ های دارای هسته آهنی، توان راکتیو پس فاز، بر حسب kVAR را در مدار ایجاد می کنند. مکانیزم عملکرد این تجهیز بر پایه ایجاد اختلاف فاز مشخص بین ولتاژ و جریان استوار است که با عقب راندن جریان نسبت به ولتاژ، شرایط ضریب توان پس فاز (Lagging Power Factor) را به دقت شبیه سازی می کند. این فرآیند، بستری تخصصی برای به چالش کشیدن سیستم مغناطیس کنندگی آلترناتور، ارزیابی دقیق عملکرد رگولاتور اتوماتیک ولتاژ (AVR) و سیستم تحریک (Excitation System) فراهم می آورد و امکان پایش رفتار

حرارتی و دینامیکی سیم پیچ های ژنراتور را در مواجهه با بارهای سلفی واقعی و کاربردی نظیر الکترو موتورها، پمپ ها و فن های صنعتی میسر می سازد.

3-1-4- لود بانک خازنی (Capacitive)

لود بانک های خازنی با بهره گیری از بانک های خازنی صنعتی، توان راکتیو پیش فاز، بر حسب kVAR را شبیه سازی می کنند که در آن جریان الکتریکی نسبت به ولتاژ پیشی گرفته و شرایط ضریب توان پیش فاز (Leading Power Factor) برقرار می شود. این تجهیز به طور ویژه برای تست پذیرش بار دیزل ژنراتور در مواجهه با بارهای خازنی واقعی نظیر کابل های طولی زیرزمینی، سیستم های روشنایی مدرن LED و بارهای پیش فاز شبکه های توزیع کاربرد دارد و انجام این ارزیابی جهت سنجش پایداری ولتاژ ژنراتور و پیشگیری از پدیده خطرناک فوق تحریک (Over-excitation) بسیار حیاتی است.

4-1-4- لود بانک ترکیبی (RLC)

لود بانک های ترکیبی با تلفیق بارهای مقاومتی، سلفی و خازنی، شرایط واقعی صنایع با ضریب توان استاندارد (معمولاً 0.8 پس فاز) را شبیه سازی می کنند. این تجهیزات پیشرفته نقشی کلیدی در اجرای تست های مورد نیاز صنایع و کارخانجات (FAT, Transient Response) مطابق با استاندارد ISO 8528-5 داشته و ابزاری مرجع برای سنجش افت ولتاژ و فرکانس در زمان اعمال ضربه بار ناگهانی (Step Load) به دیزل ژنراتور هستند.

2-4- انواع لود بانک از نظر نوع نصب و پیکربندی

متناسب با استراتژی تعمیر و نگهداری دیزل ژنراتور و شرایط فیزیکی سایت، لود بانک ها در پنج تیپ طراحی می شوند:

1-2-4- لود بانک ثابت (Stationary)

این مدل ها به طور دائمی در مجاورت دیزل ژنراتورهای اضطراری مستقر در پروژه های حساس (مانند بیمارستان ها، دیتاسنترها و صنایع بزرگ) نصب می شوند. این لود بانک ها (که ظرفیت آن ها می تواند فراتر از 3 مگاوات باشد) برای تست های خودکار هفتگی یا ماهانه دیزل ژنراتور و همچنین به عنوان بار مکمل جهت جلوگیری از کارکرد موتور در بارهای سبک (زیر 30 درصد توان نامی) به کار می روند.

2-2-4- لود بانک قابل حمل (Portable)

این سامانه ها دارای شاسی چرخ دار، دستگیره و ابعاد کامپکت هستند تا به راحتی از درب های استاندارد عبور کنند. وزن سبک، گاهی کمتر از 35 کیلوگرم در ظرفیت های پایین (و توان نامی بین 100 تا 1000 کیلووات، این تجهیزات را برای کارشناسان خدمات تست دوره ای و کارگاه های تعمیراتی دیزل ژنراتور به گزینه ای ایده آل تبدیل کرده است.

3-2-4- لود بانک نصب شده روی تریلر (Trailer-Mounted)

این رده از لود بانک ها بر روی تریلرهای دو یا چهار چرخ جاده ای نصب شده و ظرفیت تست سنگین (تا 3000 کیلووات) را ارائه می دهند. این پیکربندی مخصوص شرکت های پیمانکاری و خدمات پس از فروش دیزل ژنراتور است که نیاز دارند تجهیز تست را جهت راه اندازی و تست های دوره ای به سایت های مختلف و دورافتاده انتقال دهند.

4-2-4 - لود بانک نصب شده روی رادیاتور یا داکت (Radiator/Duct-Mounted)

این لود بانک ها به طور مستقیم بر روی خروجی هوای رادیاتور دیزل ژنراتور یا درون داکت خروجی هوا نصب می شوند. مزیت بزرگ این روش، عدم نیاز به فن خنک کننده مجزا برای لود بانک است، چراکه جریان هوای قدرتمند تولید شده توسط پروانه رادیاتور دیزل ژنراتور، وظیفه خنک کاری المنت های لود بانک را بر عهده می گیرد. این طرح سبب صرفه جویی در فضا و کاهش هزینه های ساخت می شود.

4-2-5 - لود بانک با طراحی سفارشی (Custom Design)

برای پروژه های خاص که دارای محدودیت شدید فضا، شرایط محیطی سخت (مانند رطوبت و شوری بالا در سکوها نفتی دریایی) یا نیاز به ولتاژهای کاری خاص (فشار متوسط تا 13.8 کیلوولت) هستند، لود بانک به صورت کاملاً سفارشی و منطبق با استانداردهای حفاظتی خاص مانند IP65 یا با بدنه استنلس استیل طراحی و تولید می شود.

5 - اجزای اصلی لود بانک

اگرچه ساختار ظاهری لود بانک ساده به نظر می رسد، اما طراحی، مهندسی و ساخت آن نیازمند محاسبات دقیق و حساسیت فوق العاده ای است. کوچک ترین نقص در انتخاب متریال، کابل کشی، شینه ها، تجهیزات حفاظتی و کلیدهای قدرت، یا ضعف در سیستم تهویه می تواند منجر به بروز جرقه، آتش سوزی و خسارات جبران ناپذیر به تجهیزات تحت تست شود. اجزای اصلی و مهندسی لود بانک عبارت اند از:

5-1 - عناصر بارگذاری (Load Elements)

این بخش، قلب تپنده لود بانک بوده که وظیفه جذب و مستهلک کردن انرژی الکتریکی را بر عهده دارد. این عناصر متناسب با نوع بارگذاری، شامل مقاومت های آلایژی خاص (برای بارهای اکتیو)، سلف ها (بارهای راکتیو پس فاز) و خازن ها (بارهای راکتیو پیش فاز) هستند که باید پایداری حرارتی بالا و ضریب تغییرات اهمی بسیار پایینی در دماهای بالا داشته باشند.

5-2 - سیستم تهویه و خنک کاری (Cooling System)

با توجه به تولید حجم عظیمی از حرارت در حین تست، این سیستم نقشی حیاتی در پایداری لود بانک دارد. خنک کاری معمولاً به روش تهویه با استفاده از فن های دمنده صنعتی و پر قدرت، و در مدل های فوق سنگین از طریق سیستم های گردش آب (Water-Cooled) انجام می شود تا دمای کاری تجهیز همواره در محدوده ایمن حفظ شود.

5-3 - سیستم کنترل و حفاظت (Protection System & Control)

مغز متفکر لود بانک که وظیفه مدیریت پله های بارگذاری (Load Steps) و کنترل سوئیچینگ (توسط کنتاکتورها یا کلیدها) را بر عهده دارد. این بخش معمولاً مجهز به PLC و نمایشگر لمسی (HMI) بوده و دارای اینترلاک های حفاظتی پیشرفته (مانند سنسور قطع جریان هوا، سنسورهای دمای بیش از حد و حفاظت اتصال کوتاه) است تا در صورت بروز هرگونه خطا، بار را به سرعت و به صورت ایمن قطع کند.

5-4 - سیستم اندازه گیری و آنالیز پارامترها (Monitoring & Metering)

این بخش با استفاده از پاور آنالایزرهای دیجیتال و دقیق، پارامترهای حیاتی شبکه نظیر ولتاژ، جریان، فرکانس، ضریب توان (Cos ϕ)، توان اکتیو kW و راکتیو kVAR را به صورت لحظه ای رصد و ثبت (Data Logging) می کند تا امکان تحلیل دقیق رفتار مولد برق تحت بار کامل فراهم شود.

6- راهنمای جامع انتخاب لود بانک

لود بانک ها تجهیزات حیاتی برای شرکت های خدمات فنی، ناظران نیروگاهی و تیم های نگهداری و تعمیرات هستند که وظیفه سنجش، کالیبراسیون و اعتبارسنجی سیستم های برق اضطراری را بر عهده دارند. انتخاب تجهیز مناسب و اجرای صحیح فرآیند تست، ضامن صحت نتایج و حفظ سلامت مولدهای گران قیمت است. برای انتخاب یک لود بانک بهینه و متناسب با نیازهای پروژه، باید پارامترهای فنی زیر را به دقت ارزیابی کرد.

6-1- ظرفیت نامی و سطح ولتاژ (Voltage Rating & Capacity)

ظرفیت لود بانک بر حسب کیلووات kW یا مگاوات MW، باید با حداکثر توان خروجی منبع تحت تست همخوانی داشته باشد. همچنین، دستگاه باید قابلیت کارکرد در سطوح ولتاژی مختلف (فشار ضعیف یا فشار متوسط) و فرکانس های کاری شبکه (50 یا 60 هرتز) را دارا باشد.

6-2- نوع بار الکتریکی (Load Type)

بسته به هدف تست، نوع بار انتخاب می شود: بار مقاومتی (Resistive) جهت تست موتور در ضریب توان یک (Unity PF) و رساندن آن به حداکثر توان حرارتی و مکانیکی. بار راکتیو (Inductive/Capacitive) جهت شبیه سازی بارهای واقعی کارخانجات و مراکز داده (معمولاً با ضریب توان 0.8) برای به چالش کشیدن سیستم رگولاتور ولتاژ AVR و ژنراتور.

6-3- شرایط محیطی و درجه حفاظت (IP Rating & Environmental Conditions)

محل بهره برداری لود بانک اهمیت بالایی دارد. مواردی چون دمای محیط، میزان رطوبت، گرد و غبار و ارتفاع از سطح دریا در طراحی سیستم خنک کاری و بدنه دستگاه مؤثرند. برای پروژه های خارج از مرکز، برخورداری از بدنه مقاوم با درجه حفاظت مناسب (مانند IP54 یا IP55) الزامی است.

6-4- پیکربندی و قابلیت حمل (Configuration & Portability)

- با توجه به نیاز پروژه، لود بانک ها در سه مدل طراحی می شوند:
- ثابت (Stationary) بصورت نصب دائم در کنار ژنراتورها برای تست های خودکار دوره ای.
- پرتابل چرخ دار مناسب برای جابه جایی های کارگاهی و فضاهای محدود.
- سوار بر تریلر (Trailer-Mounted) برای ظرفیت های سنگین مگاواتی جهت پروژه های سیار و تست های میدانی.

7- پروتکل اجرایی و نحوه عملکرد لود بانک در فرآیند تست

یک تست استاندارد و ایمن با لود بانک، طی یک فرآیند مهندسی شده و 5 مرحله ای انجام می پذیرد:

7-1- تدوین سناریو و تعیین پله های بارگذاری (Step Loading)

پیش از شروع، مشخصات فنی ژنراتور بررسی شده و پله های بارگذاری (مثلاً 25%، 50%، 75%، 100% و 110% توان نامی) تعیین می شود تا رفتار سیستم در بارهای مختلف سنجیده شود.

7-2- اتصال ایمن کابل های قدرت (Power Connection)

لود بانک با استفاده از کابل های قدرت مناسب و با رعایت کامل اصول ایمنی، به خروجی ژنراتور (یا تابلوی تست) متصل می شود. در این مرحله، صحت فازها و اتصال زمین (Earth) به دقت کنترل می گردد.

7-3- اعمال کنترل شده و تدریجی بار (Load Application)

آزمون آغاز شده و بار الکتریکی به صورت پله ای به ژنراتور اعمال می شود. این کار اجازه می دهد تا رفتار گذرا (Transient Response) ژنراتور، افت ولتاژ (Voltage Dip) و نوسان فرکانس در لحظه کلید زنی پله های بار ارزیابی شود.

7-4- پایش همزمان پارامترهای الکتریکی و مکانیکی (Monitoring)

در طول مدت تست (که می تواند از 1 تا چند ساعت به طول انجامد)، پارامترهای زیر به صورت آنلاین ثبت (Data Logging) می شوند:

- پارامترهای الکتریکی شامل ولتاژ هر فاز، جریان، فرکانس، ضریب توان، توان اکتیو و راکتیو و ...
- پارامترهای مکانیکی موتور شامل دمای آب رادیاتور، فشار روغن، دمای منیفولد اگزوز و میزان مصرف سوخت و ...

7-5- تحلیل نتایج و صدور گواهی عملکرد (Certification & Analysis)

پس از اتمام تست و خنک شدن تدریجی ژنراتور، داده های ثبت شده تحلیل می شوند. این تحلیل، سلامت رگولاتور ولتاژ، سرعت پاسخ دهی گاورنر، راندمان سیستم خنک کننده موتور و عدم وجود پدیده احتراق ناقص را تایید کرده و در قالب یک گزارش رسمی ارائه می دهد.

8- مزایای استراتژیک و فنی تست دیزل ژنراتور با لود بانک

راه اندازی موفقیت آمیز یک دیزل ژنراتور در حالت بدون بار، به هیچ عنوان تضمین کننده عملکرد پایدار و پاسخ دهی مناسب آن در شرایط اضطراری و تحت بار کامل نیست. تست دوره ای با لود بانک، علمی ترین و مطمئن ترین روش برای کالیبراسیون، سنجش راندمان و تضمین عملکرد بدون نقص این تجهیزات است. در ادامه، مزایای فنی و اقتصادی این فرآیند تشریح شده است:

8-1- پیشگیری و رفع پدیده مخرب احتراق ناقص

کارکرد دیزل ژنراتور در بارهای سبک (کمتر از 30 تا 40 درصد توان نامی) یا کارکرد بدون بار در تست های هفتگی، دمای محفظه احتراق را به حد بهینه نمی رساند. این امر موجب سوختن ناقص گازوئیل و تجمع روغن، کربن و سوخت مشتعل نشده در منیفولد و لوله اگزوز می شود که به آن پدیده خیس کردن اگزوز می گویند. با اعمال بار مصنوعی بالای 70 درصد، دمای سیلندرها به سطح استاندارد رسیده و با سوزاندن رسوبات کربنی، سیستم اگزوز کاملاً پاک سازی و احیا می شود.

8-2- سنجش پایداری ولتاژ، فرکانس و پاسخ گذرا (Transient Response)

اعمال بارهای ناگهانی به ژنراتور، سیستم های کنترلی آن را به چالش می کشد. با استفاده از لود بانک می توان موارد زیر را به دقت ارزیابی کرد:

- سرعت پاسخ دهی گاورنر (Governor) در کنترل فرکانس و دور موتور هنگام کلید زنی بارهای سنگین.
- عملکرد رگولاتور اتوماتیک ولتاژ در تثبیت ولتاژ خروجی و جلوگیری از افت یا جهش های ناگهانی ولتاژ (Voltage Dip/Swell).

8-3- عیب یابی پیشگیرانه (Predictive Maintenance) و کاهش هزینه های تعمیرات

بسیاری از عیوب پنهان ژنراتور تنها زمانی آشکار می شوند که دستگاه برای مدتی تحت بار کامل قرار گیرد. تست با لود بانک به تکنسین ها اجازه می دهد تا پیش از وقوع خرابی های فاجعه بار و پرهزینه، مواردی مانند زیر را بررسی کنند:

- ضعف یا گرفتگی در سیستم خنک کاری (رادیاتور و واترپمپ) که منجر به بالاتر از استاندارد رفتن دما (Overheat) می شود.
- نشستی های جزئی سوخت، روغن یا مایع خنک کننده در دما و لود کاری بالا.
- لرزش های غیر عادی.

8-4- تست واقعی توان نامی بدون ریسک آسیب به مصرف کننده های حساس

تست ژنراتور بر روی بار واقعی، ریسک های بزرگی مانند نوسان برق، قطع ناگهانی جریان و آسیب به تجهیزات گران قیمت را به همراه دارد. لود بانک شرایط بار واقعی را به طور 100% دقیق شبیه سازی می کند، بدون اینکه کوچک ترین خطری متوجه مصرف کننده های اصلی شبکه شود.

8-5- بهینه سازی احتراق، راندمان سوخت و کاهش آلاینده

تست منظم تحت بار مناسب، به آب بندی بهتر رینگ های پیستون و سیلندر کمک کرده و راندمان ترمودینامیکی موتور را ارتقا می دهد. این امر منجر به کاهش چشمگیر مصرف سوخت در شرایط کاری واقعی و همچنین کاهش انتشار گازهای آلاینده و حذف دود سیاه خروجی از اگزوز می شود.

8-6- افزایش طول عمر مفید تجهیزات (Asset Life Extension)

موتورهای دیزلی برای کارکرد زیر بار طراحی شده اند. کارکرد طولانی مدت در حالت بی باری، سایش قطعات داخلی را به شدت افزایش می دهد. لود بانک با ایجاد سیکل های کاری استاندارد، استهلاک قطعات مکانیکی را کاهش داده و طول عمر مفید دیزل و ژنراتور را به حداکثر می رساند.

8-7- تضمین صد در صدی آمادگی در شرایط اضطراری (Peace of Mind)

بزرگ ترین مزیت لود بانک، ایجاد اطمینان خاطر مدیریتی است. تست دوره ای با لود بانک و ثبت مستندات آن، گواهی بر این است که مجموعه دیزل ژنراتورهای اضطراری شما در صورت قطع برق شبکه، بدون هیچ وقفه و افت توانی، بلافاصله بار بحرانی مجموعه را تغذیه خواهد کرد.

9- دستورالعمل اجرایی و پروتکل گام به گام تست دیزل ژنراتور با لود بانک

اجرای تست بار به منظور ارزیابی دقیق، نیازمند یک فرآیند ساختار یافته و ایمن است. این عملیات در 5 فاز مهندسی شده به شرح زیر اجرا می شود:

9-1- پیش آماده سازی و بازرسی های فنی اولیه (Pre-Start Checklist)

پیش از استارت ژنراتور، انجام بازرسی های عمومی و ایمنی زیر برای پیشگیری از هرگونه حادثه الزامی است:

- کنترل سطح و کیفیت سیالات (روغن، سوخت و مایع خنک کننده)
- بازرسی چشمی (Visual Inspection) بصورت بررسی عدم وجود نشتی سوخت، روغن یا آب، اطمینان از سلامت تسمه ها (تسمه پروانه و دینام) و عدم وجود گرفتگی در مسیر هوای ورودی و خروجی رادیاتور.
- ایمن سازی محیط تست از طریق اطمینان از تهویه مناسب فضا جهت تخلیه گازهای سمی اگزوز و حرارت بالای لود بانک و مستقر کردن تجهیزات اطفای حریق در محل.

9-2- اتصال کابل های قدرت و کالیبراسیون لود بانک (Connection & Integration)

- استفاده از کابل های قدرت با سطح مقطع متناسب با جریان نامی تست، جهت جلوگیری از افت ولتاژ و داغ شدن کابل ها.
- اتصال ایمن کابل ها به شینه های خروجی ژنراتور (یا تابلوی تغییر وضعیت) با رعایت کامل توالی فازها (Phase Rotation) و محکم کردن اتصالات جهت جلوگیری از پدیده قوس الکتریکی (Arcing).
- اتصال بدنه لود بانک به سیستم زمین (Earth) کارگاه یا سایت جهت حفظ ایمنی تجهیز و اپراتورها.

9-3- راه اندازی و پروتکل بارگذاری پله ای (Step-Loading Protocol)

بارگذاری نباید به صورت ناگهانی در 100% توان اعمال شود، بلکه باید طبق یک سناریوی استاندارد صورت گیرد:

- راه اندازی بدون بار (No-Load Start) بسیار مهم است. ژنراتور استارت خورده و به مدت 5 الی 10 دقیقه بدون بار کار می کند تا دما و فشار روغن به پایداری (Warm-up) برسد.
- اعمال بار باید بصورت پله ای (Incremental Steps) باشد. بارگذاری بر اساس درصدی از توان نامی بصورت زیر اعمال می شود:

پله اول - 25% توان نامی (به مدت 15 دقیقه)

پله دوم - 50% توان نامی (به مدت 15 دقیقه)

پله سوم - 75% توان نامی (به مدت 30 دقیقه)

پله چهارم - 100% توان نامی (5 مدت 1 الی 4 ساعت - بسته به استاندارد پروژه)

تست اورلود (اختیاری) - 110% توان نامی (به مدت 15 دقیقه جهت تست ظرفیت نهایی)

دوره خنک کاری (Cool-down) - پس از اتمام تست، بار به آرامی قطع شده و ژنراتور اجازه می یابد 5 الی 10 دقیقه بدون بار کار کند تا دمای توریوشارژر و قطعات داخلی به طور یکنواخت کاهش یابد.

9-4- پایش مستمر و ثبت آنلاین پارامترها (Data Logging)

در تمام طول مدت تست (به ویژه در دقایق پایانی هر پله از بارگذاری)، پارامترهای الکتریکی و مکانیکی زیر باید به دقت رصد و ثبت (Log) شوند:

- ولتاژهای فاز با فاز و فاز با نول جهت بررسی تقارن ولتاژ.
- جریان مصرفی هر فاز جهت اطمینان از تعادل بار.
- پایش فرکانس Hz و میزان نوسان آن در لحظه کلیدزنی پله ها.
- ثبت میزان توان اکتیو - کیلووات و توان راکتیو کیلو ولت آمپر.
- ضریب توان (PF) و کنترل زاویه فاز خروجی (به ویژه در لود بانک های راکتیو).
- پایش فشار روغن در برابر تغییرات دمای موتور.
- پایداری سیستم خنک کاری و وضعیت رادیاتور در بار 100%.
- سنجش دمای خروجی منیفولد جهت اطمینان از احتراق کامل در سیلندرها.
- بررسی عملکرد سیستم سرعت سنج و گاورنر.

9-5- تحلیل نتایج و صدور گواهی (Reporting & Analysis)

- پس از اتمام عملیات، داده های ثبت شده با منحنی های استاندارد سازنده (OEM Datasheet) مقایسه می شوند:
- ارزیابی پاسخ گذرا (Transient Response) یا بررسی میزان افت ولتاژ (Voltage Dip) و افت فرکانس (Frequency Dip) در لحظه اعمال ناگهانی بار و مدت زمان بازگشت سیستم به حالت پایدار (Recovery Time).
 - در صورت مشاهده هرگونه انحراف (مانند افزایش غیرعادی دمای آب، افت فشار روغن یا عدم تثبیت ولتاژ)، عیب مربوطه ثبت شده و جهت تعمیرات پیشگیرانه ارجاع داده می شود.
 - در صورت موفقیت آمیز بودن تست، گواهی رسمی سلامت عملکرد دیزل ژنراتور صادر و به کارفرما تحویل می گردد.

10- لود بانک ها و انرژی تجدید پذیر

در شبکه ها و سیستم های ترکیبی که از تلفیق منابع تجدید پذیر (باد و خورشید) و دیزل ژنراتورها استفاده می کنند، لود بانک به عنوان یک بار تطبیقی (Adaptive Load) و سیستم تخلیه بار مازاد (Dump Load) عمل می کند. این تجهیز با جذب سریع نوسانات و توان مازاد، همواره حداقل بار مجاز و بهینه را روی دیزل ژنراتور حفظ کرده و مانع از آسیب به آن و ناپایداری کل شبکه می شود.

11- جمع بندی

لود بانک حیاتی ترین ابزار برای تست، کالیبراسیون و نگهداری پیشگیرانه (Preventive Maintenance) دیزل ژنراتورها است. این تجهیز با اعمال بار کنترل شده و شبیه سازی شرایط واقعی، علاوه بر سنجش دقیق کارایی ژنراتور، مانع از بروز پدیده های مخربی نظیر احتراق ناقص می شود. در نهایت، تست دوره ای و پیش از بهره برداری با لود بانک، با تضمین پایداری سیستم در شرایط اضطراری، افزایش طول عمر تجهیزات و کاهش هزینه های تعمیرات، مطمئن ترین روش برای بهینه سازی زیر ساخت های برق اضطراری است.



021-28111026



www.arya-group.co



info@aryagroup.co

