Islamic Azad University , Shiraz Branch
نشریه تحلیل مدارها، داده ها و سامانه ها
Journal of Circuits, Data and Systems Analysis
sanad.iau.ir/journal/jcdsa

Resistance Load production for Testing Systems Emergency Diesel Generators

Seyed Hamed Hosseini nejad[1], Mozhde Heydarianasl*[2]

[1] Department of Electrical Engineering, Dashtestan Branch, Islamic Azad University, Dashtestan, Iran
ahanzard@gmail.com
[2] Department of Electrical Engineering, Dashtestan Branch, Islamic Azad University, Dashtestan, Iran
heydarianasl23@yahoo.com

Abstract: Resistive load is used to test diesel generators, eliminating wet-stacking phenomenon in diesel generators and also to check the full and efficient performance of generators under rated load. In present paper, the design and fabrication of a controllable load resistor laboratory is investigated to ensure the correct and effective performance of diesel generators in the South Pars Third Refinery. The function of the device will be that by implementing a resistor load, it will place an artificial load on the generator. Scheduled test operations and loads increase gradually. As the load increases, the device will begin to measure and record diesel generator parameters including generator output voltage, current, frequency, power, temperature and oil pressure in the diesel engine at a specified interval. With the help of recorded data, it can be assured that the diesel generator is capable of increasing its power proportional to the load and also the ability of the diesel generator to continue operating at the highest possible level for a sustained period of time.

Keywords: Resistance Load, Emergency Diesel Generators, Refinery, Power, Output Voltage.

JCDSA, Vol. 2, No. 4, Winter 2025	Online ISSN: 2981-1295	Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/en/Journal/jcdsa
Received: 2024-10-21	Accepted: 2025-01-12	Published: 2025-03-20

CITATION

Hosseini nejad,S.h., Heydarianasl, M., "Resistance Load production for Testing Systems Emergency Diesel Generators", Journal of Circuits, Data and Systems Analysis (JCDSA), Vol. 2, No. 4, pp. 14-23, 2025.
DOI: 10.82526/jcdsa.2025.1187817

COPYRIGHTS

©2025 by the authors. Published by the Islamic Azad University Shiraz Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

* Corresponding author

Extended Abstract

1- Introduction

Diesel generators are among the most important and excellent in medical, industrial, and other service centers. The most important purpose of using diesel generators in refineries is to provide a reliable power source for emergency needs when the gas power plants of the refinery go out of the circuit and are no longer able to supply the required energy. Also, in parts of the refinery where the power grid is not available, diesel generators must be used to supply the required power for the maintenance or operating groups. For offline testing and ensuring the correct operation of diesel generators, it is necessary to use a resistance load test device. Resistive load test includes checking and evaluating the diesel generator and confirms that all the primary components of the generator are in working and operational condition. In fact, the resistance load test device provides an artificial load for the generator and brings the diesel engine of the generator to the temperature and oil pressure in operating conditions.

Additionally, emergency diesel generators (EDG) are intended to feed the necessary and vital loads when the GTGs are out of operation, and these generators are also used for Black Start. Black Start is so-called when there is no electrical energy in the refinery and even UPSs are not able to perform services. (Just like the initial start conditions of the refinery).

In phases 4 and 5 of South Pars, two EDG devices with output power of 4500 KVA, voltage of 6 KV, frequency of 50 Hz, power factor of 0.8 and rotor speed of RPM 1500 have been installed to feed essential and vital loads. Each EDG is equipped with a UCP (generator unit control panel) which is located in Sub-station 1 and also has a LCP (local control panel) which is placed inside the EDG package. Considering that EDG can be started both manually and automatically, so in case of voltage drop and loss of the main network, first EDG-A after 30 seconds and then EDG-B after 5 seconds and synchronizing with EDG-A enters the circuit. Finally, after the network is stabilized, EDGs can be removed from the circuit in two ways, manual and automatic.

2- Methodology

As mentioned, resistive load is used to test diesel generators, eliminate the phenomenon of moisture accumulation and incomplete combustion in diesel generators, and also to check the complete and efficient operation of generators under rated load. Due to importance of the matter, in this article, the design and construction of a controllable resistive load laboratory sample has been investigated to ensure the correct and effective operation of the emergency diesel generators of the third refinery in South Pars.

In the current research, a resistive load device has been designed and built using the method of controlling the firing angle of power thyristors, and then it has been tested on a 25 kVA diesel generator. The function of the device will be that by implementing a resistive load, an artificial load will be placed on the generator. The test operation is timed and the load increases gradually. As the load increases, the device will start to measure and record the parameters of the diesel generator. Using the recorded data, it is possible to ensure that the diesel generator can increase the power capacity with the load as well as the use of the diesel generator to continue working at the highest possible level for a sustained period of time. Since the electrical power of the diesel generator is discharged through resistance, hence in this research, a cylindrical resistance element made of ceramic is used. It is necessary to explain that the element wire is wrapped around the ceramic ring.

3- Results and discussion

After the test is completed, this device will provide a complete report of the diesel generator components, including generator output voltage, flow capability, frequency, active power, temperature and oil pressure of the diesel engine in a specific time frame, stable and proportional to the increase in load. in addition, the construction of domestic load bank due to the extremely high importance and many applications of alternating current and direct current load banks in industries, emergency diesel generators, uninterrupted power supplies for testing batteries and also in order to prevent foreign exchange from leaving the country, it is strongly needed. In the current research, after the design of the prototype, circuit simulation was done by MATLAB software, and after achieving the desired results, the circuit schematic was drawn using Altium Designer software and implemented on printed circuit fiber. Finally, the assembly of the parts for the use of the device was done well.

4- Conclusion

In general, the circuit has three layers, including command, Optodiac and power. The command floor is responsible for controlling the circuit. The Optodiac layer, which is the second layer of the circuit, connects the two layers of command and power, and since the Optodiac communicates through light, noise does not transfer between these two layers. Therefore, this type of Optodiac performance can be mentioned as its advantage. The power class, which is the third circuit class, has a different arrangement depending on the type of load. As a result, due to the fact that the maintenance and repair program of diesel generators is necessary and unavoidable, periodic and regular tests are necessary and important in addition to the test that is performed immediately after the installation of the diesel generator.

Islamic Azad University , Shiraz Branch
نشریه تحلیل مدارها، داده ها و سامانه ها
Journal of Circuits, Data and Systems Analysis
sanad.iau.ir/journal/jcdsa

ساخت بار مقاومتی جهت تست دیزل ژنراتورهای اضطراری سامانه‌ها

سید حامد حسینی نژاد[۱]، مژده حیدریان اصل*[۲]

۱- گروه مهندسی برق، واحد دشتستان، دانشگاه آزاد اسلامی، دشتستان، ایران (ahanzard@gmail.com)
۲- گروه مهندسی برق، واحد دشتستان، دانشگاه آزاد اسلامی، دشتستان، ایران (heydarianasl23@yahoo.com)

چکیده: بار مقاومتی به منظور تست دیزل ژنراتورها، حذف پدیده انباشت رطوبت و احتراق ناقص در دیزل ژنراتور و همچنین جهت بررسی عملکرد کامل و کارآمد ژنراتورها در زیر بار نامی بکار برده می‌شود. در این مقاله طراحی و ساخت نمونه آزمایشگاهی بار مقاومتی قابل کنترل، جهت اطمینان از عملکرد صحیح و مؤثر دیزل ژنراتورهای اضطراری پالایشگاه سوم پارس جنوبی بررسی گردیده است. عملکرد دستگاه به این صورت خواهد بود که با پیاده سازی یک بار مقاومتی، یک بار مصنوعی روی ژنراتور قرار خواهد گرفت. عملیات تست زمان بندی شده و بار به صورت تدریجی افزایش پیدا می‌کند. با افزایش بار، دستگاه شروع به اندازه گیری و ثبت پارامترهای دیزل ژنراتور شامل ولتاژ خروجی ژنراتور، جریان، فرکانس، توان، دما و فشار روغن در موتور دیزل در یک بازه مشخص، خواهد نمود. به کمک داده‌های ثبت شده می توان از توانایی دیزل ژنراتور در افزایش توان متناسب با بار و همچنین توانایی دیزل ژنراتور به ادامه کار در بالاترین سطح ممکن برای یک دوره زمانی پایدار، اطمینان حاصل نمود.

واژه های کلیدی: بار مقاومتی، دیزل ژنراتورهای اضطراری، پالایشگاه، توان، ولتاژ خروجی

نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.82526/jcdsa.2025.1187817

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳ تاریخ چاپ مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۳۱

۱- مقدمه

دیزل ژنراتورها از اهمیت و حساسیت بالایی در مراکز درمانی، خدماتی، صنعتی و غیره برخوردار هستند. مهم‌ترین هدف استفاده از دیزل ژنراتورها در پالایشگاه‌ها، فراهم کردن یک منبع توان قابل اعتماد برای بر طرف کردن نیازهای اضطراری در زمانی است که به طور ناگهانی نیروگاه گازی پالایشگاه از مدار خارج می‌شود و دیگر قادر به تامین توان موردنیاز نمی‌باشد. همچنین در قسمت‌هایی از پالایشگاه که شبکه برق در دسترس نباشد به ناچار باید از دیزل ژنراتورها برای تامین توان موردنیاز گروه‌های تعمیراتی یا بهره‌بردار استفاده کرد [۱]. برای تست آفلاین و اطمینان از عملکرد صحیح دیزل ژنراتورها استفاده از دستگاه تست بار مقاومتی امری ضروری می‌باشد. تست بار مقاومتی شامل بررسی و ارزیابی دیزل ژنراتور است و تایید می‌کند که همه مولفه‌های اولیه ژنراتور در شرایط کار و عملیاتی هستند. در واقع دستگاه تست بار مقاومتی، یک بار مصنوعی برای ژنراتور فراهم می‌کند و موتور دیزل ژنراتور را به دما و فشار روغن در شرایط عملیاتی می‌رساند. این مسئله خصوصاً برای دیزل ژنراتورهایی که حالت پشتیبان و اضطراری دارند بسیار مهم است چرا که اغلب در سرویس نیستند و یا ممکن است به طور مکرر زیر بار زیاد قرار نگیرند [۲]. اما متاسفانه به رغم اهمیت این موضوع تاکنون در داخل کشور تحقیقات و پژوهش‌های مکتوب و ثبت شده‌ای در زمینه تست بار مقاومتی دیزل ژنراتورها صورت نگرفته است [۳]. همچنین رویه کار و استلنداردی برای انجام تست در مراجع استاندارد داخلی وجود ندارد. در حال حاضر روش غیراستاندارد و غیرایمن ظرف آب نمک به منظور تست بار مقاومتی دیزل ژنراتورها در صنایع کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴و۵]. روش مذکور به اینصورت است که سه فاز خروجی دیزل ژنراتور را به صورت مستقیم وارد ظرف آب نمک می‌کنند که به علت عدم ایمنی، خطرات زیادی به همراه دارد و همچنین مقدار جریان به سختی قابل کنترل است. در صنایع رو به رشد از یک روش جدید که شامل یک مجموعه بار اهمی است، استفاده می‌گردد. در این روش توسط کلید یا کنتاکتور مقدار مقاومت را بصورت پله ای تغییر می‌دهند و بدین وسیله امکان ایجاد توان‌های مختلف از خروجی دیزل ژنراتور در طول تست فراهم می‌گردد. لذا در مدت زمان تست، مقدار ولتاژ و جریان دیزل ژنراتور را کنترل می‌نمایند. اولین عیب روش فوق در این است که تغییرات جریان بصورت پله‌ای است و امکان تنظیم جریان در محدوده خاصی به کمک کلید و کنتاکتورها، غیرممکن است و یا با سختی زیاد صورت می‌گیرد. دومین عیب این روش، نیاز به استفاده از یک یا چند اپراتور جهت خواندن، یادداشت و ثبت اطلاعات است که معمولاً اشتباهات انسانی در روند جمع‌آوری اطلاعات مورد نظر، باعث ایجاد خطا در ارزیابی اطلاعات می‌گردد [۳].

از مهم‌ترین شرکت‌های خارجی در زمینه تست بار مقاومتی دیزل ژنراتورها شرکت‌های KEYPOWER و CRESTCHIC هستند [۶]. شرکت KEYPOWER با ساخت دستگاهی به نام Load Bank در

مدل‌های KPLB-100، KPLB-500، KPLB-1000 قادر به انجام تست بار مقاومتی به صورت اتوماتیک بر روی دیزل ژنراتورها به ترتیب با توان ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلو وات گردیده است [۸, ۹]. سه مزیت مهم این دستگاه توسط بخش پژوهش شرکت مذکور به اینصورت بیان گردیده است: بررسی و تایید قابلیت راه‌اندازی و عملکرد صحیح و بدون ایراد دیزل ژنراتورها در زیر بار کامل، یافتن عیوب و ایرادهای دیزل ژنراتور قبل از اینکه بخواهد منجر به عیب‌های اساسی و هزینه‌های سنگین تعمیرات اساسی گردد، و ضمن جلوگیری از تشکیل انباشت رطوبت و یا احتراق ناقص در سیستم اگزوز انباشت سوخت[1]، دوده‌های ته‌نشین شده را خارج می‌کند. همانطور که قبلاً ذکر شد، مهم‌ترین هدف استفاده از دیزل ژنراتورها فراهم کردن یک منبع توان قابل اعتماد برای بر طرف کردن نیازهای اضطراری و تامین توان مورد نیاز در زمانی است که به طور ناگهانی شبکه برق از مدار خارج می‌شود. در زمانی که دسترسی به نیروگاه پالایشگاه به هر دلیل از بین برود، باید آرامش خاطر وجود داشته باشد که منبع توان پشتیبان وارد عمل می‌شود و برق اضطراری پالایشگاه را تامین می‌کند. اما وقتی که نیروگاه گازی از دسترس خارج می‌شود و مجموعه دیزل ژنراتورهای اضطراری، انتظارها را برآورده نمی‌کنند نتیجه می تواند فاجعه بار و یا بسیار پرهزینه باشد [۲]. این قاعده کلی وجود دارد که اگر دیزل ژنراتور زیر بار بالاتر از سی درصد کیلووات نامی قرار نگیرد باید تست بار مقاومتی به طور سالیانه برای آن انجام شود. تست بار مقاومتی این تضمین را می‌دهد که در مواقع بحرانی که به برق اضطراری نیاز است دیزل ژنراتور عملکرد صحیح و بدون خطا داشته باشد و در شرایط مذکور کاملا قابل اعتماد است و می‌توان به آن تکیه کرد. اگر از یک دیزل ژنراتور به طور مکرر استفاده نشود و یا فقط زیر بارهای سبک استفاده شود، می‌تواند مستعد برای تجربه احتراق ناقص و تشکیل دوده در اگزوز که اصطلاحاً به آن انباشت سوخت می‌گویند، باشد. در حالتیکه چنین اتفاقی می‌افتد دیزل ژنراتور عملکرد ضعیفی خواهد داشت و ادامه کار با این وضعیت می‌تواند خطر آتش سوزی داشته باشد و یا حتی منجر به آسیب کامل به موتور دیزل ژنراتور شود. در طول تست بار مقاومتی به ژنراتور این اجازه داده می‌شود که زیر بار کامل کار کند که این باعث از بین رفتن انباشت سوخت می‌شود. بنابراین استفاده از دستگاه تست بار مقاومتی دیزل ژنراتورها برای تست آفلاین و اطمینان از عملکرد صحیح دیزل ژنراتورها امری ضروری می‌باشد. دستگاه تست بار مقاومتی وسیله‌ای کاملا ضروری در طرح تعمیراتی پیشگیرانه ژنراتورهاست که می‌توان با آن ژنراتورها را به صورت سالیانه ارزیابی کرد. تست بار مقاومتی کمک می‌کند تا مطمئن شویم که ژنراتورهای اضطراری پالایشگاه کاملا قابل اعتماد و عملیاتی هستند و به طور کامل قادر به تامین حداکثر بار پیش‌بینی شده در شرایط اضطراری و بحرانی می‌باشند.

هدف اصلی این تحقیق طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی دستگاه تست بار مقاومتی اتوماتیک جهت اطمینان از عملکرد صحیح و مؤثر دیزل ژنراتورهای اضطراری می‌باشد. با توجه به اینکه در حال حاضر چنین دستگاهی در داخل کشور ساخته نمی‌شود و نیاز به واردات آن از خارج کشور می‌باشد، بومی‌سازی دستگاه در داخل کشور و بی‌نیازی از واردات دستگاه و جلوگیری از خروج ارز، در راستای اجرای فرهنگ اقتصاد مقاومتی از ضرورتهای خاص انجام این تحقیق می‌باشد. دستگاه پیشنهادی در این تحقیق قادر است با روش‌های استاندارد و بصورت کاملاً خودکار، تست بار مقاومتی را بر روی دیزل ژنراتور انجام داده و مؤلفه های ژنراتور را اندازه گیری و ثبت نماید. نتیجه این تحقیق شدیداً مورد نیاز پالایشگاه پارس جنوبی و همچنین تمام سایت‌ها، کارخانجات و مراکزی است که از دیزل ژنراتور اضطراری استفاده می‌کنند.

۲- دیزل ژنراتور

دیزل ژنراتور همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، از یک موتور دیزل و یک ژنراتور تشکیل شده است که ایجاد نیروی محرکه در سمت موتور دیزل منجر به تولید انرژی در سمت ژنراتور می گردد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای دیزل ژنراتور، تأمین برق برای موارد مصرفی خاص است. اکثر اوقات هنگامی از دیزل ژنراتور استفاده می‌گردد که هزینه برق از شبکه سراسری مقرون به صرفه نباشد یا عدم وجود برق در روند کار خلل یا ایجاد ضرر می‌نماید. دیزل ژنراتور را با مقیاس کاوا (KVA) یا KW می‌سنجند. که میزان قدرت و توان دیزل ژنراتور محسوب می‌شود. بصورت کلی سه نوع کاربرد اساسی در مصارف دیزل ژنراتور شامل مصارف دائمی، مصارف اضطراری و دیزل ژنراتور تولید همزمان برق و حرارت[2] است. در ادامه به تشریح این موارد پرداخته می‌شود:

۱. دیزل ژنراتور برای مصارف دایمی: که جهت تامین برق به صورت تمام وقت است.
۲. دیزل ژنراتور برای مصارف اضطراری: برای تامین برق لازم در زمان قطع شدن برق استفاده می‌گردد.
۳. دیزل ژنراتور تولید همزمان برق و حرارت: این دیزل ژنراتور برای مصارف خانگی و تجاری مناسب است؛ زیرا از برق تولید شده ژنراتور برای وسایل برقی و از گرمای حاصل از موتور دیزلی آن برای سیستم‌های گرمایشی از جمله گرم کردن آب استفاده می‌شود. [۱]

همانطور که بیان شد راه‌های مختلفی برای تولید برق وجود دارد و دلایل بسیاری وجود دارد که چرا تجهیزات تولید برق اضطراری ممکن است مورد نیاز باشد. یک ویژگی مشترک و ضروری در تجهیزات مذکور این است که دیزل ژنراتور بتواند به طور موثر در حداکثر توان خروجی خود، زمانی که لازم است، عمل کند. متاسفانه، این که کاملا اطمینان حاصل شود که این مورد رخ خواهد داد آسان نیست. در بسیاری از دیزل ژنراتورها از بخش کوچکی از توان نامی آنها برای مدت زمان

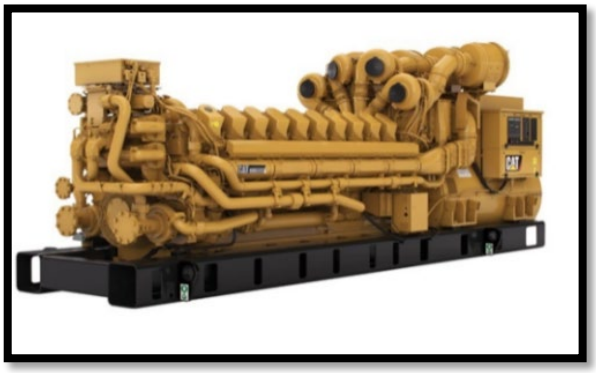
[1] wet-stacking
[2] Combined Heat & Power (CHP)

طولانی استفاده می‌شود و بعضی دیگر تنها در شرایط اضطراری به کار گرفته می شوند که ممکن است این شرایط اضطراری به ندرت رخ دهد. در هر دو مورد، تنها راه برای اطمینان از اینکه تجهیزات تولید برق قادر به ارائه عملکرد موردنیاز می‌باشند، به طور منظم، با حداکثر توان نامی خود تحت آزمایش بار مقاومتی قرار می‌گیرند. مقامات مختلف نظارتی و سایر طرف‌های ذینفع مانند شرکت‌های بیمه از این موضوع آگاهی دارند و آزمایش دیزل ژنراتورها در بسیاری از کشورها اجباری است. در بسیاری از موارد همچنین نیاز به آزمایش منظم برای تجهیزات موجود، به ویژه آنهایی که دارای منبع تغذیه اضطراری یا آماده به کار هستند، ضروری است. لذا تست دوره ای دیزل ژنراتورها جهت اطمینان از عملکرد صحیح آنها مورد نیاز است. به منظور تست دیزل ژنراتورها، ابتدا یک بار که برابر با حداکثر خروجی ژنراتور است به دیزل ژنراتور اعمال می گردد. سپس ژنراتور راه‌اندازی و همه پارامترهای خروجی آن لندازه گیری و ثبت می گردد. لندازه‌گیری دقیق پارامترهای خروجی ژنراتور، هر گونه مشکلی در رابطه با توانایی آن برای برآوردن مشخصات بار مشخص می‌کند. پس از تعمیرات و یا اصلاحات انجام شده، با انجام مجدد تست رفع عیب احتمالی بررسی می گردد [۳].

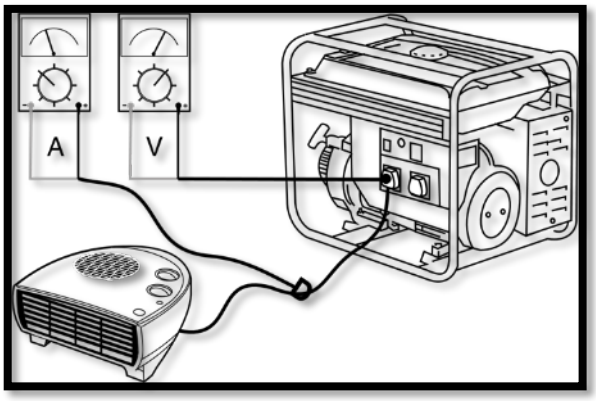
شکل (۲) شماتیک کلی از سیستم تست یک ژنراتور ساده را نشان می‌دهد. این شکل چهار عنصر اساسی مورد نیاز برای آزمایش یک مجموعه تولید شامل عناصر گرمادهی بخاری، فن بخاری، ولت متر و آمپرمتر را در بر می‌گیرد. بخاری یک بار الکتریکی است که به لندازه کافی بزرگ است تا اطمینان حاصل شود که ژنراتور با ظرفیت کامل کار می‌کند. فن بخاری باعث از بین بردن مقدارقلبل توجهی از حرارت تولید شده درحین آزمون می‌گردد. ولت متر و آمپرمتر ابزاری را ارائه می‌دهند که می‌تولند نتایج آزمون را تحت نظارت قرار دهد. البته این تنظیمات می‌تولند تنها یک آزمایش ساده برای یک ژنراتور کم قدرت ارائه دهد و توانایی آن برای مطابقت دقیق آن با خروجی ژنراتور بسیار محدود است. همان‌طور که خروجی ژنراتور افزایش می‌یابد، تجهیزات کابل‌کشی، تابلو و کنترل مورد نیاز برای این امر به طور فزاینده‌ای سنگین‌تر و پیچیده‌تر می‌شوند. علاوه بر این، به دلیل حجم زیادی از حرارت تولید شده در حین آزمایش، موضوع نحوه انجام آزمایش با مسائل ایمنی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد[۳].

۲-۱- دیزل ژنراتورهای اضطراری پالایشگاه سوم پارس جنوبی

دیزل ژنراتورهای اضطراری (EDG) جهت تغذیه بارهای ضروری و حیاتی در زمانی که GTG ها از مدار خارج شوند در نظر گرفته شده‌اند و همچنین این ژنراتورها برای زمان Black Start مورد استفاده قرار می‌گیرند. Black Start اصطلاحاً به زمانی گفته می‌شود که هیچگونه انرژی الکتریکی در پالایشگاه موجود نباشد و حتی UPSها را از دست داده باشیم. (درست مانند شرایط استارت اولیه پالایشگاه). در فازهای ۴ و ۵ پارس جنوبی دو دستگاه EDG با توان خروجی ۴۵۰۰KVA، ولتاژ ۶KV ، فرکانس ۵۰Hz ضریب توان ۰/۸ و دور روتور RPM ۱۵۰۰جهت تغذیه بارهای ضروری و حیاتی نصب شده اند. هر EDG مجهز به یک UCP (تابلوی کنترل واحد ژنراتور) که در Sub-station 1 قرار دارد و یک LCP (تابلوی کنترل محلی) که درون پکیج EDG قرار دارد، است. EDG می‌تولند به دو صورت دستی و اتوماتیک راه‌اندازی شود در صورت افت ولتاژ و از دست دادن شبکه اصلی، ابتدا EDG-A پس از ۳۰ ثانیه و سپس EDG-B پس از ۵ ثانیه و سنکرون شدن با EDG-A وارد مدار می‌شود. پس از پایدار شدن شبکه، می‌توان EDG ها را به دو صورت دستی و اتوماتیک از مدار خارج کرد. در حالت اتوماتیک سیستم کنترل ابتدا بار EDG را به کمتر از ۵۰۰KW رسانده و پس از باز کردن کلید قدرت EDG را خاموش می‌کند. در حالت دستی، ابتدا قدرت ژنراتور را توسط گاورنر و کم کردن سوخت به کمتر از ۵۰۰KW رسانده و پس از باز کردن کلید قدرت فرمان خاموش شدن را به EDG می‌دهند. سیستم تهویه همزمان با استارت EDG توسط سیستم کنترل راه‌اندازی می‌شود. زمانی که ژنراتور مراحل اولیه راه‌اندازی را سپری می‌کند، دریچه های پکیج ژنراتورتوسط یک موتورتنظیم می‌شود. در صورت وجود گاز و یا آتش‌سوزی این دریچه‌ها به طور کامل بسته می‌شوند. هر EDG مجهز به یک Fire And Gas Panel می‌باشد. در صورت فعال شدن یکی از سنسورها، ابتدا اعلام هشدار شده و اگر هر دو سنسور فعال شوند آلارم تائید آتش بوجود آمده و سیستم کنترل فرمان از مدار خارج شدن سریع ژنراتور (Fast Shut Down) را صادر می‌کند و دریچه‌های تهویه هوای ورودی و خروجی بسته می‌شوند. در این زمان گاز CO_2 بطور اتوماتیک به درون پکیج EDG تزریق می‌شود. لازم به ذکر است که دو ست چهارتایی کپسول گاز دی‌اکسید کربن CO_2 برای هر EDG موجود می‌باشد.



شکل (۱): دیزل ژنراتور



شکل (۲): سیستم تست خروجی ژنراتور

۲-۲- بار مقاومتی

به منظور آزمایش استاندارد دیزل ژنراتورها مهم است که یک بار مطابق با خروجی ژنراتور ارائه شود. این بار باید قابلیت تغییر و تکرارپذیری در آزمایش را داشته باشد تا آزمون بتواند با دقت اندازه‌گیری و ثبت شود. همچنین این سیستم باید بتولند میزان زیادی از گرما که در طول آزمایش تولید می‌شود را از بین ببرد. از طرف دیگر بسیار مهم است که این آزمایش، سیستم برق سایت را در معرض خطر قرار ندهد. برای رسیدن به این اهداف یک مورد خاص از تجهیزات مانند بانک بار استاندارد مورد نیاز است. این بانک بار شامل یک مجموعه‌ای از عناصر بار با یک سیستم کنترل است و طوری طراحی شده که اطمینان حاصل کند که بار به طور دقیق و در ایمنی کامل می‌تواند استفاده گردد [۱۰-۱۲] . کاربرد اصلی یک بانک بار، استفاده در آزمایشات ژنراتور است. با این حال، بانک بارها دستگاه‌هایی چند منظوره و دارای تعدادی برنامه با کاربردهای مفید هستند که می‌توانند در طول نصب، راه اندازی و عملیات بهره‌برداری ژنراتور مورد استفاده واقع گردند. شکل (۳) طراحی یک بانک بار به منظور فراهم کردن امکانات مورد نیاز برای انجام یک آزمایش ایمن در کمترین زمان ممکن و ارائه یک آزمایش قابل اعتماد برای اطمینان از صحت تجهیزات تولید برق با خروجی تا چند مگاوات، را نشان می‌دهد.

یک آزمایش استلندارد نیاز به کنترل دقیق بار اعمال شده به ژنراتور و لندازه‌گیری دقیق زمان و ثبت داده‌های خروجی ژنراتور دارد. برای دستیابی به این هدف، بانک بار به یک سیستم کنترل بار مجهز شده است. این واحد یک سیستم کنترلی و ابزار دقیق مبتنی بر ریزپردازنده است. این واحد، کنترل دقیق بر عملکرد هر عنصر بار را در طی آزمون فراهم می‌کند در حالی که همزمان نتایج را اندازه‌گیری می‌کند. این واحد همچنین مانیتورینگ، ایمنی و اینترکلاک ها را انجام می‌دهد [۱۲]. در بسیاری از سایت‌های صنعتی یک ژنراتور ممکن است برای دوره‌ای طولانی با بار کم یا بدون بار استفاده شود. برای یک ژنراتور دیزل این بدان معنا است که ممکن است موتور دیزل به دمای عملیاتی بهینه خود نرسد و این امر می‌تواند یک مشکل را که گاهی اوقات به عنوان انباشت سوخت نامیده می‌شود، ایجاد کند زیرا سوخت مصرف نشده می‌تواند به دوده در اگزوز منتهی شود. این می‌تواند به مشکلات تعمیر و نگهداری جدی، از جمله سطح بالای فرسودگی سیلندر، مصرف بیش از حد سوخت و میزان بالای انتشارآلایندگی، منجر شود. یک بانک بار استاندارد یک تابع شناخته شده به عنوان اصلاح بار سایت[1] ارائه می‌دهد که یک راه‌حل خودکار برای مشکل مذکور را فراهم می‌کند. این جایی است که بانک بار به صورت اتوماتیک بار را اضافه و یا حذف می‌کند تا ژنراتور را در دمای مطلوب نگه دارد. برنامه‌های زیادی برای اصلاح بار سایت وجود دارد. شکل (۴) یک سناریوی نمونه را نشان می‌دهد که در آن یک سایت که توسط تامین‌کننده همگانی[2] تامین می‌شود، از یک ژنراتور پشتیبان هم استفاده می‌کند. سیستم طوری طراحی شده است که اگر تامین‌کننده همگانی به هر دلیل نتواند توان را تامین کند، ژنراتور شروع به کار می‌کند و تا زمانی که تامین‌کننده همگانی تعمیر شود توان سایت را تامین می‌کند [۱۱, ۱۲] .

همانطور که بیان شد، مثالی از یک سیستم تصحیح بار سایت در شکل (۴) نشان داده شده است. بانک بار هنگامی راه‌اندازی می‌شود که ژنراتور شروع به کار کند و مدار کنترل آن شروع به نظارت بر جریان خروجی می‌کند. اگر این جریان کمتر از نقطه تنظیم خاص باشد، بانک بار به آرامی بار اضافی را برای تولید بیشتر ژنراتور در محدوده مطلوب اعمال می‌کند. اگر جریان در پاسخ به افزایش بار سایت افزایش یابد، بانک بار، شروع به کم کردن بار می‌کند. بانک بار می‌تواند این کار را به سرعت در پاسخ به تغییرات ناگهانی بار سایت، از قبیل راه‌اندازی بالابر یا موتور پمپ، انجام دهد. اصلاح بار سایت یک برنامه تخصصی برای یک بانک بار است و نیاز به تنظیم دقیق دارد. به کمک سیستم کنترلی می‌توان تعداد زیادی بلنک بار را به هم متصل و از یک ترمینال واحد کنترل نمود. این بدان معنی است که بانک‌های بار چندگانه می‌توانند به طور خاص به مجموعه‌های تولیدی بزرگ متصل شوند یا اینکه ترکیبی از بارهای مقاومتی، خازنی یا للقایی را می‌توان برای آزمایش‌های خاص یا آزمایش‌های یکپارچه ترکیب کرد.

۲-۳- طراحی و ساخت بار مقاومتی به منظور تست دیزل ژنراتور

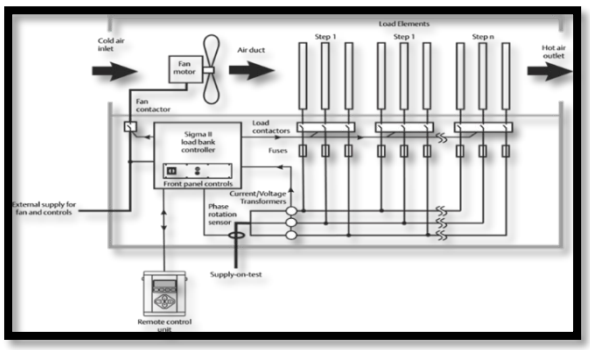
مراحل طراحی و ساخت دستگاهی که برای انجام تست بار مقاومتی اتوماتیک دیزل ژنراتور می‌باشد در ادامه نشان داده شده است. دستگاه مورد نظر از دو قسمت عمده تشکیل می‌گردد:

۱. قسمتی که به دیزل ژنراتور وصل می‌شود و مؤلفه‌های دیزل ژنراتور را بصورت مستقل ثبت و ضبط می‌نماید. این بخش از دستگاه را بخش مونیتورینگ می‌نامیم.
۲. قسمتی که کنترل جریان را به عهده دارد و بخش کنترل جریان نام‌گذاری شده است. در این قسمت از یک بار اهمی استفاده شده که با استفاده از مدارات الکترونیک صنعتی و آتش کردن تریستورهای قدرت [۱۱-۱۳] مقدار مقاومت اهمی کنترل شده و در نتیجه جریان بار کنترل خواهد شد.

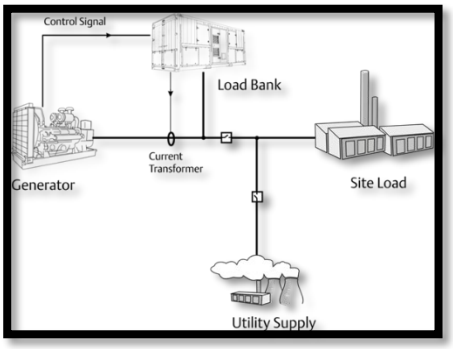
قدم اول در ساخت این دو بخش از دستگاه، طراحی و تست مدار اولیه است. قلب اصلی، یک میکروکنترل ARM یا AVR خواهد بود که برنامه‌نویسی آن توسط زبان برنامه‌نویسی C به کمک نرم‌افزار Code Vision AVR یا Keil انجام می‌گیرد. برای تغذیه بردهای الکترونیکی، منبع تغذیه سوئیچینگ مطمئن و فیلتر شده جهت کاهش نویز طراحی شد [۱۴-۱۶]. مدار اولیه در شکل (۵) نشان داده شده که کلیه قطعات سخت‌افزاری شامل برد کنترلی میکرو، ترانس‌های جریان و ولتاژ، برد مدار واسط و تریستورهای قدرت است، را نشان می‌دهد. بعد از طراحی نمونه اولیه مدار، مدار توسط نرم‌افزارهای شبیه سازی مانند MATLAB یا PROTEUS شبیه‌سازی می‌شود.

[1] Site Load Correction (SLC)

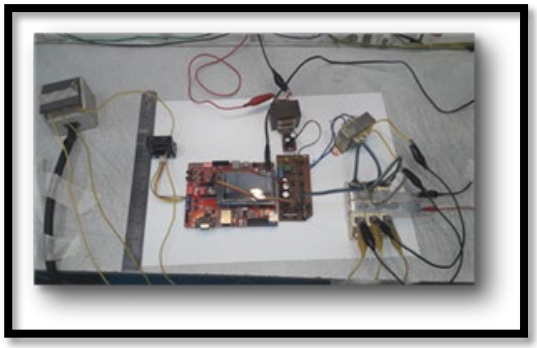
[2] utility supply



شکل (۳): اجزای اصلی بانک بار[۱]



شکل (۴): تصحیح بار سایت [۵]



شکل (۵): قطعات و برد مورد استفاده در تحقیق

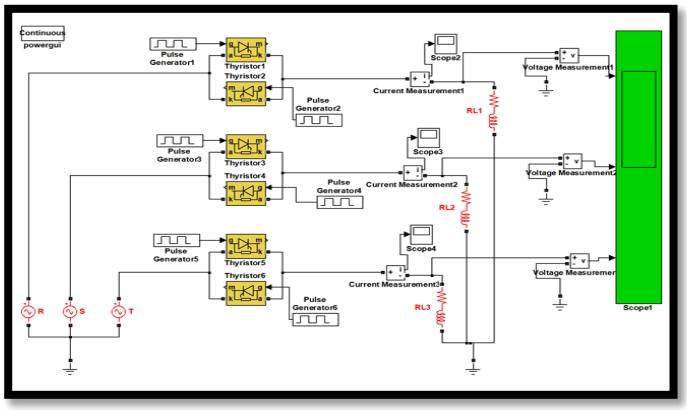
شکل (۶) مدار شبیه‌سازی شده یک مبدل ولتاژ سه فاز را نشان می‌دهد که با استفاده از قسمت سیمولینک نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی شده است. ورودی مبدل یک ولتاژ سه فاز متقارن است. با استفاده از تغییر زاویه آتش تریستورها می‌توان ولتاژ خروجی مبدل را تنظیم نمود. ولتاژ ورودی و ولتاژ خروجی مبدل شبیه سازی شده به ترتیب در شکل (۷-۸) نشان داده شده است. بعد از رفع اشکالات احتمالی و اصلاح معایب طراحی، توسط نرم‌افزار Altium Designer شماتیک مدار رسم می‌شود و در نهایت فایل مدار چاپی دستگاه تهیه می‌گردد. سپس قطعات موردنیاز تهیه شده و مونتاژ مدار انجام می‌گیرد. در قدم بعدی، با کمک دستگاه‌های اندازه‌گیری از قبیل اسیلوسکوپ، سیگنال ژنراتور و ...، قسمت‌های مختلف دستگاه تست شده و بخش‌های اندازه‌گیری دستگاه تنظیم و کالیبره می‌گردد [۱۶, ۱۷]. نحوه کالیبراسیون به این نحو خواهد بود که مقادیر لندازه‌گیری شده با مقادیر خوانده شده از دستگاه‌های لندازه‌گیری دقیق، که تاییدیه کالیبراسیون سالیانه از آزمایشگاه‌های مرکزی زیر نظر سازمان استاندارد دریافت کرده‌اند مقایسه و تنظیم می‌شود. در نهایت دستگاه بصورت عملی تست شده و پارامترهای مورد نظر از قبیل جریان، ولتاژ، فرکانس و... اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند و با کمک این داده‌ها بعد از اتمام زمان تست، می‌توان از عملکرد صحیح دیزل ژنراتور اطمینان حاصل نمود [۱۸, ۱۹].

شکل (۹) مدار شبیه‌سازی شده توسط نرم افزار Proteus را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، مدار شامل سه بلوک می باشد. بلوک ۱، وظیفه کنترل عملکرد مدار را دارد و طبقه فرمان نامیده می‌شود. بلوک ۲، از یک اپتودیاک تشکیل شده است که بوسیله نور دو طبقه فرمان و قدرت را به هم متصل می‌نماید. این طبقه از اهمیت بسیار بالایی برخورداراست. بزرگترین مزیت استفاده از اپتودیاک ارتباط از طریق نور می باشد که مانع انتقال نویز از طبقه قدرت به طبقه فرمان می‌گردد. بلوک ۳، طبقه قدرت است که در این طبقه بسته به نوع بار (اهمی، اهمی- خازنی و اهمی- سلفی) آرایش و نوع قطعات متفاوت می باشد. به طور کلی وظیفه میکرو، کنترل زاویه آتش ترایاک هست؛ اتفاقی که در میکرو می‌افتد به این صورت است که پالس‌های گذر از صفر به پایه INT0 (وقفه خارجی) می‌رود و تابع وقفه صدا زده می‌شود و در این تابع خروجی پالس برابر صفر می‌گردد و پس از طی کردن زمان انتظار به ۱ (۵ ولت) تغییر می‌یابد. میزان برش سیگنال با کم و زیاد کردن زمان انتظار میکرو صورت می‌گیرد.

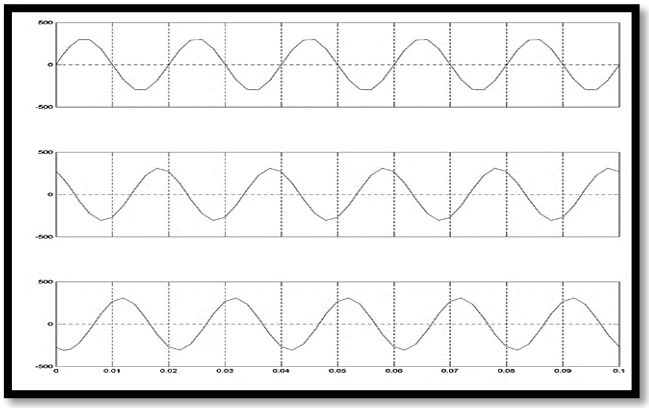
۳- نتایج شبیه‌سازی و بررسی عملکرد دستگاه پیشنهادی

توان الکتریکی دیزل ژنراتور در مقاومت تلف می‌شود. از آنجایی که این مدار بایستی ولتاژهای ۳۸۰ را تخلیه نماید مقاومت با سطح ولتاژ ۰ تا ۳۸۰ ولت را انتخاب می‌نماییم. همانطور که در شکل ۱۰ نشان داده شده است، المنت مقاومتی پیشنهادی در این مدار از نوع المنت سرامیکی بصورت استوانه‌ای بوده که سیم المنت آن بصورت حلقوی به دور سرامیک پیچیده شده است. با موازی کردن ۲۰ المنت می‌توان توان‌ها و جریان‌های بالاتر را بدست آورد. شکل ۱۱، بانک بار مقاومتی ساخته شده در این مقاله که شامل ۲۰ المنت موازی است، را نشان می‌دهد. نحوه اتصال برد الکترونیکی و ماژول ها در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

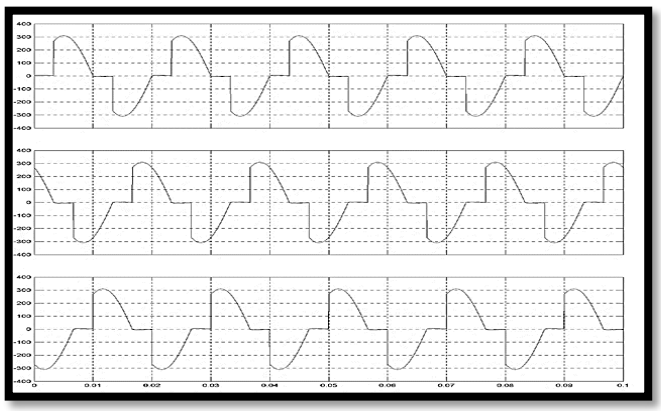
این دستگاه بر روی یک دیزل ژنراتور ۲۵ کیلوولت آمپر تست شد. دیزل ژنراتور ۲۵ کیلو ولت آمپر استفاده شده در آزمایش تست بار مقاومتی در شکل ۱۳ نشان داده شده است. دستگاه پیشنهادی موفق به ثبت و نمایش مقادیر ولتاژ و جریان و توان ظاهری و توان اکتیو و فرکانس در فواصل زمانی یک دقیقه مطابق جدول ۱ گردید. در این جدول یک گزارش کامل از مؤلفه‌های دیزل ژنراتور در یک بازه زمانی مشخص و متناسب با افزایش بار ارائه گردیده است. داده‌های ثبت شده اطمینان از توانایی دیزل ژنراتور در افزایش توان متناسب با بار و همچنین ادامه کار در بالاترین سطح ممکن برای یک دوره زمانی پایدار را نشان می‌دهند.



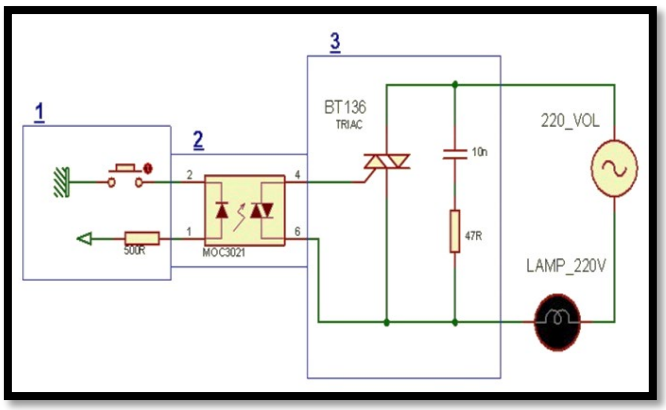
شکل (۶): مدار شبیه سازی شده یک مبدل ولتاژ تریتستوری سه فاز



شکل (۷): شکل موج ولتاژ ورودی مبدل فازهای R,S,T



شکل (۸): شکل موج کل ولتاژ خروجی مبدل فازهای R,S,T



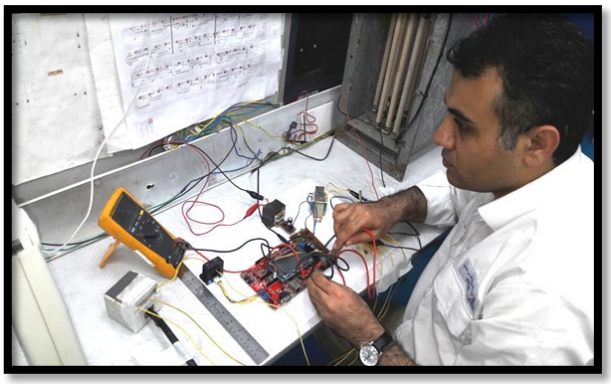
شکل (۹): مدار شبیه‌سازی شده با نرم افزار Proteus

جدول (۱): ثبت و نمایش مقادیر ولتاژ و جریان و توان ظاهری و توان اکتیو و فرکانس در فواصل زمانی مشخص

Time(s)	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۴۰	۳۰۰	۳۶۰	۴۲۰	۴۸۰	۵۴۰	۶۰۰
v line	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰
v line	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹	۳۷۹
v line	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰	۳۸۰
current	۱.۶	۵.۴	۹.۳	۱۳.۵	۱۵.۵	۱۹.۸۱	۲۳.۵	۲۶.۸	۳۰	۳۳.۵
current	۱.۵	۵.۳	۹.۲	۱۳.۴	۱۵.۴	۱۹.۷۹	۲۳.۴۵	۲۶.۷۴	۲۹.۹	۳۳.۴
current	۱.۷	۵.۵	۹.۴	۱۳.۶	۱۵.۵	۱۹.۸۵	۲۳.۶	۲۶.۸۶	۳۰.۱	۳۳.۶
Power Factor	۰.۹۷	۰۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷	۰.۹۷
Frequency	۴۹.۹	۴۹.۹	۵۰	۵۰	۵۰	۴۹.۹	۴۹.۹	۴۹.۹	۵۰	۵۰
Actual Power	۱۰۱۱	۳۳۹۵	۵۸۳۹	۸۴۳۹	۹۷۳۸	۱۲۴۱۶	۱۴۷۴۴	۱۶۷۹۲	۱۸۷۹۸	۲۰۹۹۱
Apparent Power	۱۰۴۳	۳۵۰۰	۶۰۲۰	۸۷۰۰	۱۰۰۴۰	۱۲۸۰۰	۱۵۲۰۰	۱۷۳۱۲	۱۹۳۸۰	۲۱۶۴۱

شکل (۱۰) : المنت مقاومتی پیشنهادی

شکل (۱۱): بانک بار مقامتی ساخته شده



شکل (۱۲): تست و راه‌اندازی دستگاه

شکل (۱۳): دیزل ژنراتور ۲۵ کیلو ولت آمپر استفاده شده در آزمایش تست بار مقاومتی

آخرین تحقیقات انتشار یافته در سال ۲۰۲۳ در راستای بانک بارها به‌منظور کنترل عملکرد دیزل ژنراتورهای اضطراری [۱۲، ۱۴، ۱۹] نشان می‌دهند که نوسازی عملیات بانک بار در تنظیمات صنعتی نیاز به ارائه یک راه حل عملی دارد و همچنین برای تحویل بار کنترل‌شده به ژنراتورهای دیزلی به منظور جلوگیری از انباشتگی رطوبت ژنراتور نیاز به تنظیم پارامترهای فیزیکی است. مقایسه نتایج تست‌های صورت گرفته در تحقیق جاری با نتایج پژوهش‌های اخیر، حاکی از آنست که فرمت مقادیر الکتریکی ثبت شده برای نمایش گرافیکی، تجزیه و تحلیل کیفیت منبع تغذیه و همچنین پایداری سیستم تحت سناریوهای بار مختلف تطبیق داده شده است و نشان می‌دهند که بانک‌های بار با نیازهای متغیر سازگاری دارند و بدین ترتیب بانک های بار را با تقاضاهای در حال تحول ذینفعان صنعت همسو می‌نماید.

۴- نتیجه

علاوه بر تستی که بلافاصله پس از نصب ژنراتور باید انجام گردد، انجام آزمایش‌های منظم به عنوان بخشی از برنامه تعمیر و نگهداری دیزل ژنراتورها ضروری است. این امر مخصوصاً برای تامین منابع اضطراری که ممکن است در یک دوره طولانی مورد بهره‌برداری قرار نگیرند، مهم است. در این تحقیق نمونه آزمایشگاهی بارمقاومتی جهت تست دیزل ژنراتورهای پالایشگاه سوم پارس جنوبی با روش کنترل زاویه آتش تریستورهای قدرت ساخته و بر روی یک دیزل ژنراتور ۲۵ کیلوولت آمپر تست شد. دستگاه موفق به ثبت و نمایش مقادیر ولتاژ و جریان و توان ظاهری و توان اکتیو و فرکانس در فواصل زمانی مشخص و پایدار مطابق جدول ۱ گردید. با توجه به اهمیت و کاربردهای زیاد بانک بارهای جریان متناوب و جریان مستقیم در صنعت از جمله در تست و راه‌اندازی دیزل ژنراتورها و همچنین در منابع تغذیه بدون وقفه برای تست باتری‌ها و از آنجاییکه بانک بار با روش توضیح داده شده در پژوهش جاری تاکنون در کشور ساخته نشده است، پیشنهاد همکاری دانشگاه و صنعت در ارتقاء نمونه آزمایشگاهی ساخته شده و تبدیل آن به نمونه صنعتی داده می شود.

مراجع

[۱] کامینز، پاور، راهنمای دیزل ژنراتور، چشمارو، ترجمهٔ میثم، قدیری، ویراستهٔ فاطمه، چاپ اول، ۲-۷۴۰۷-۰۴-۶۰۰-۹۷۸، گروه توسعه صنعتی اطلس کامپیوتر، انتشارات مترجم، ۱۳۹۶.

[۲] اترپیلا، ایندوس، سرویس‌های دوره‌ای دیزل ژنراتورها، نجیمی، ترجمهٔ حسن، انتشارات مترجم، ۱۳۹۶.

[۳] خوش باطن، محمد، مرجع کامل میکروکنترلرهای ARM به زبان C سری XX۱۷LPC، ویراست دوم، ۹۷۸۶۰۰۷۷۲۴۶۳۷، انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۵.

[۴] مارتی، براون، اصول و راهنمای منبع تغذیه سوئیچینگ، نیکخواه، ترجمهٔ مهدی، ۷، ۹۷۸۹۶۴۸۳۸۴۱۰۹، انتشارت شایگان تهران، ۱۳۹۲.

[۵] اوپنهایم، آلن، ویلسکی، آلن، نواب، حمید، آفست سیگنال سیستم، چاپ اول، ۹۷۸۹۳۳۲۵۵۰۲۳۰، انتشارات کتابیران، ۱۳۹۵.

[۶] رشید، محمد، الکترونیک قدرت مدارها، عناصر و کاربردها، افجه‌ای، ترجمهٔ سیدابراهیم، مهاجر، ترجمهٔ مجید، چاپ اول، ۹۷۸۶۰۰۶۴۸۱۹۲۰، انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۳.

[۷] موهان، ند، آندلند، تورام، رابینز، ویلیام پی، الکترونیک قدرت، سلطانی، ترجمهٔ جعفر، رستگار فاطمی، ترجمهٔ محمد جلال، ابجدی ترجمهٔ نوید رضا، چاپ دوم، ۹۷۸۶۰۰۶۴۸۱۶۶۱، انتشارات نیاز دانش، ۱۳۹۴.

[8] H. J. Sira-Ramirez and R. Silva-Ortigoza, Control design techniques in power electronics devices: Springer Science & Business Media, 2006.

[9] V. V. Das, Advances in Power Electronics and Instrumentation Engineering Second: Springer, 2011. Part of the book series: Communications in Computer and Information Science (CCIS, volume 148).

[10] O. I. Specification, "Object management group," Needham, MA, USA, vol. 2, 2006.

[11] M. N. I. Sarkar, L. G. Meegahapola, and M. Datta, "Reactive power management in renewable rich power grids: A review of grid-codes, renewable generators, support devices, control strategies and optimization algorithms," IEEE Access, vol. 6, pp. 41458-41489, 2018. DOI:10.1109/ACCESS.2018.2838563.

[12] M. Rosić and M. Bjekić, "Load Bank System Modification for Appropriate Diesel Generator Testing by Programmable Resistive Load," International Journal of Electrical Engineering and Computing, vol. 7, pp. 1-8, 2023. DOI: https://doi.org/10.7251/IJEEC2301001R.

[13] N. Prapurt and C. Lothongkam, "Design and Development of the 20 kW Load Bank Set for Performance Testing of Standby Generators," in 2022 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2022, pp. 1-5. DOI:10.1109/ICEMS56177.2022.9982929.

[14] R. Knuts, "Improvement Suggestions for a Load Bank Control System," 2023.

[15] M. Adamski, A. Barkalov, and M. Wegrzyn, "Design of digital systems and devices," vol. 79: Springer Science & Business Media, 2011.

[16] V. M. Cardenas, "Digital control in power electronics," in 2006 IEEE International Power Electronics Congress, 2006, pp. xii-xii. DOI: 10.1109/CIEP.2006.312139.

[17] S. Buso and P. Mattavelli, Digital control in power electronics: Morgan & Claypool Publishers, 2015.

[18] A. Jackson, N. Pallo, R. S. Bayliss, and R. C. Pilawa-Podgurski, "A Modular Multi-Phase Actively Controlled Resistive Load Bank with Zero-Current Switching Capability and Integrated Snubbers," in 2021 IEEE Power and Energy Conference at Illinois (PECI), 2021, pp. 1-6. DOI:10.1109/PECI51586.2021.9435213.

[19] R. Raj, T. Vishnukumar, and R. Murugan, "Automating Load Banks for Enhanced Testing Efficiency," in 2023 3rd International Conference on Emerging Frontiers in Electrical and Electronic Technologies (ICEFEET), 2023, pp.01-05, DOI:10.1109/ICEFEET59656.2023.10452182.