

طراحی و ساخت دستگاه اندازه گیری نیروی فنر برآش های ژنراتور TY10546

علیرضا جمشیدی^۱، محسن احمدی^۲

^۱ شرکت مدیریت تولید برق زنجان، A.jamshidi@zpgmc.ir

^۲ شرکت مدیریت تولید برق زنجان، mon301n@yahoo.com

چکیده - مقاله حاضر گزارش طراحی و ساخت دستگاه اندازه گیری نیروی ایجاد شده توسط فنرهای Brush Holder ژنراتور TY10546 می باشد. این دستگاه قادر است فشار تولیدی توسط فنرهای هولدر ژنراتور TY10546 که در نیروگاه های V94.2 کاربرد دارد را به کمک نرم افزار کاربردی قابل نصب بر روی رایانه، اندازه گیری نموده و ثبت نماید. هولدرهای ژنراتور به صورتی داخل دستگاه قرار گرفته و قفل می شود که دقیقاً شرایط قرار گیری آن در داخل ژنراتور می باشد از این رو می تواند با دقت بالا (یک گرم بر سانتی متر مربع) فشار تولیدی را اندازه گیری نماید. فنرهای فوق الذکر وظیفه فشار دادن و چسپاندن ذغال هایی به سطح slip ring ژنراتور را دارد که جریان تحریک ژنراتور را به سیم پیچی های روتور منتقل می کنند. این اندازه گیری جهت تعیین میزان کارایی فنرهای یاد شده دارای اهمیت می باشد. تا کنون دستگاهی که بتواند به درستی و دقت میزان فشار تولیدی توسط فنرهای یاد شده که از نوع Constant Force می باشند بدون باز کردن فنرها و به صورت همزمان اندازه گیری نماید وجود نداشته است. در ادامه روشی جهت پایش وضعیت ذغال های ژنراتور بر اساس اطلاعات اندازه گیری شده توسط دستگاه و برخی اطلاعات دیگر پیشنهاد گردیده است.

کلید واژه- اندازه گیری نیروی فنر، پایش وضعیت، سیستم تحریک ژنراتور، ژنراتور TY10546، نیروگاه V94.2

است. چراکه این قطعه کوچک یکی از اصلی ترین دلایل خروج اضطراری ژنراتورها می باشد [۱].

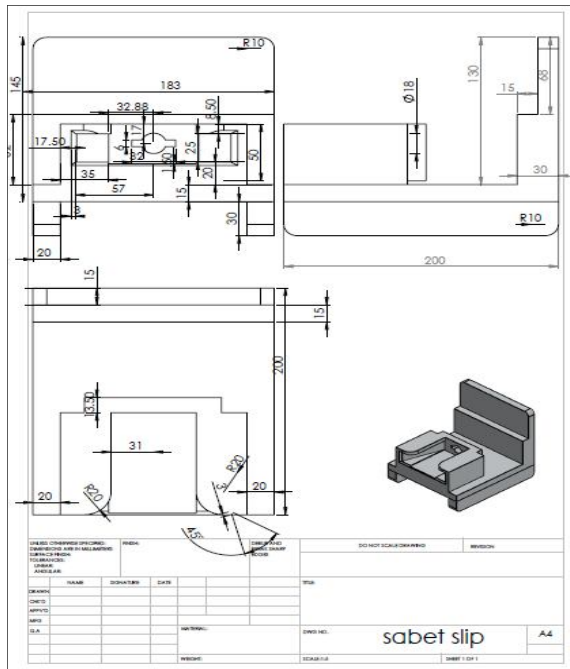
۱- مقدمه

هدف از پروژه حاضر طراحی و ساخت دستگاه اندازه گیری نیروی فنر Brush Holder است که ذغال را به سطح Slip Ring فشار می دهد. این فنرها از نوع Constant Force Spring یا فنرهای نیرو ثابت هستند که بایستی بدون توجه به طول ذغال همواره نیروی ثابت تولید نمایند. میزان نیرویی که فنر های یاد شده بایستی ایجاد نمایند با توجه به ماشین های مختلف متفاوت است و در منابع مختلف مقادیر متفاوتی اشاره شده است من جمله $90-135 \text{ g/cm}^2$ مورد اشاره در [۲] و $158-193 \text{ g/cm}^2$ مورد اشاره در [۳]. مدارک سازنده ژنراتور TY 10546 که در نیروگاه های گازی V94.2 ایران بیشتر مورد استفاده قرار گرفته، میزان این فشار را برابر با [۴] 180 g/cm^2 ذکر کرده است. این نیرو تاثیر مستقیمی در میزان عمر ذغال ها و همچنین صحت عملکرد آنها دارد. بدین ترتیب که بالا بودن میزان نیرو افزایش سرعت خوردگی ذغال ها را سبب شده و کمبود آن نیز خطر عدم اتصال مناسب ذغال به سطح Slip Ring و در نتیجه

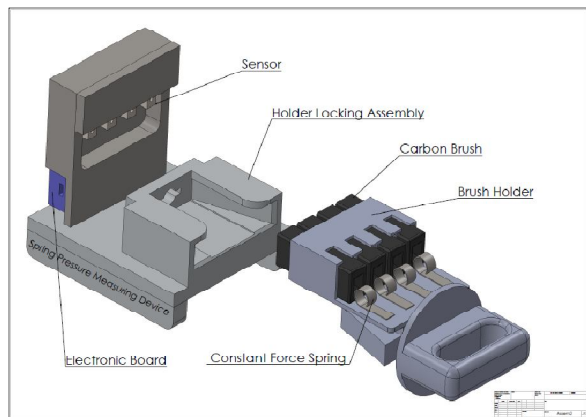
ژنراتور سنکرون یکی از اصلی ترین اجزای شبکه تولید برق می باشد. هرگونه خلل در عملکرد این ماشین می تواند کل پروسه تولید برق را مختل نماید. از این رو پایش قسمت های مهم و در معرض خطر ژنراتور می تواند نقش مهمی در کاهش خروج های اضطراری و به دنبال آن افزایش قابلیت اطمینان شبکه گردد.

یکی از قسمت های مهم در ژنراتور، سیستم تحریک ژنراتور و نحوه رسیدن جریان تحریک به سیم پیچ های ژنراتور می باشد. در ژنراتور هایی که از سیستم تحریک استاتیک استفاده می نمایند قسمت سخت افزاری و نرم افزاری سیستم تحریک در خارج از ژنراتور قرار گرفته و جریان تحریک از طریق جاروبک هایی از جنس ذغال به سیم پیچ های روتور تزریق می گردد. از آنجا که ذغال های یاد شده و هولدرهای آن جزو مواد مصرفی ژنراتور بوده و در معرض انواع اشکالات و خطرات قرار دارد پایش و نگهداری منظم و دقیق آن ها از اهمیت بالایی برخوردار

که در ابتدا قطعات کار توسط نرم افزار Solid Works به صورت بخش های جداگانه طراحی گردید. و برای هر قطعه مراحل ساخت مختص آن طی شد. جهت ماشین کاری قطعات از ماشین افزارهایی اعم از دستگاه اره لنگ، ماشین تراش، دستگاه فرز، سنگ مغناطیس و.. استفاده گردید. شکل ۱ نمونه ای از نقشه ی ساخت یک قطعه را نشان می دهد. شکل کلی دستگاه طراحی شده توسط نرم افزار Solid Works در شکل ۲ به نمایش در آمده است. لازم به توضیح است که قطعه سمت راستی، هولدر خود ژنراتور است که در دستگاه جا می افتد.



شکل ۱



شکل ۲

افزایش مقاومت سطح تماس و همچنین عبور جریان بالاتر از $4 [A/cm^2]$ از ذغال های دیگر و متعاقباً ازدیاد دما در ذغال های با جریان بالا و بروز خطراتی مانند آتش سوزی در محفظه Slip Ring را به دنبال دارد [۵]. فبر های یاد شده دارای طول عمر مشخصی هستند و به طور همیشگی نمی توانند نیروی فوق الذکر را تولید نمایند از این رو اندازه گیری میزان نیروی تولیدی آنها در فواصل منظم بسیار با اهمیت تلقی می گردد.

۲- نحوه ساخت دستگاه

ساخت دستگاه شامل دو بخش مجزای طراحی و اجرای سخت افزاری و سپس طراحی و اجرای نرم افزاری است. برای هر کدام از بخش های فوق برنامه ریزی و زمان اجرای خاصی تعریف و کل پروژه طی مدت ۳ ماه به پایان رسید.

این دستگاه دارای بخشی است که برآش هولدر ژنراتور در آن گذاشته شده و دقیقاً شرایط محل قرار گیری برآش هولدر ژنراتور را دارا می باشد. با ثابت شدن هولدر درون دستگاه با استفاده از دسته چرخان هولدر به دلیل مشابه بودن فواصل، اندازه ها و موقعیت قرار گیری سنسورها نیرویی برابر با شرایط واقعی کارکرد هولدر و ذغال ها به سنسورها وارد می گردد. سنسورها به نوبه خود به برد الکترونیکی وصل شده و این برد الکترونیکی است که از طریق پورت USB به لپ تاپ یا دستگاه های مشابه وصل شده و امکان اندازه گیری نیروی فنرهای ذغال برآش هولدر را از طریق نرم افزار نصب شده بر روی لپ تاپ فراهم می نماید. مزیت استفاده از چنین سیستم الکترونیکی، ارزانی نسبی آن و دقت قابل قبول آن می باشد. چراکه می توان از تکنولوژیی استفاده کرد که راساً اندازه گیری را انجام و در حافظه خود ذخیره نماید و همچنین دارای سیستم نمایشگر جداگانه باشد، که تمامی این امکانات قیمت کلی تجهیز را بالا خواهد برد. در حالی که در محل صنعتی مانند نیروگاه به طور حتم یک دستگاه لپ تاپ یا مشابه آن برای موارد استفاده گوناگون وجود دارد که می توان از آن استفاده نمود. اگرچه برای نمونه های بعدی و با توجه به نیاز، می توان از تکنولوژی های یاد شده نیز استفاده نمود.

۱-۲ طراحی سخت افزاری

فرایند طراحی سخت افزاری دستگاه به این ترتیب بود

۲-۲- طراحی نرم افزاری همان گونه که در شکل ۲ مشخص گردیده دستگاه

دارای اجزاء ذیل می باشد:

: Holder Locking Assembly

این قسمت همان نگهدارنده ی اصلی است که دارای وظیفه نگهداری و قفل هولدر می باشد.

: Sensor

این سنسورها از نوع لودسل می باشد که فشار وارد آمده از طریق ذغال ها را تبدیل به سیگنال الکتریکی می کند.

: Electronic Board

این برد وظیفه ی آشکارسازی، تقویت و ارسال اطلاعات از طریق پورت USB به دستگاه رایانه قابل حمل را دارا می باشد.

در نهایت تصویر ساخته شده ی دستگاه را در شکل های ۳ و ۴ می توان مشاهده نمود.



شکل ۳



شکل ۴

دستگاه یاد شده دارای نرم افزاری است که توسط پک نرم افزاری **Visual C#** کدینگ گردیده است. این نرم افزار روی سیستم رایانه نصب شده و دارای ویژگی های ذیل می باشد:

- a. نام نرم افزار **Brush Monitor** می باشد.
- b. کالیبره سنسورها و ذخیره اطلاعات کالیبراسیون به صورتی که در استفاده های بعدی دستگاه نیازی به کالیبره دوبار آن نباشد.
- c. کالیبره دستگاه با دوبار اندازه گیری ذکر شده در زیر حاصل می گردد:
 - اندازه گیری صفر
 - اندازه گیری فشاری با مقادیر معلوم

طی دوبار اندازه گیری مقادیر ولتاژ ایجاد شده توسط سنسور و مقادیر فشار به صورت زوج مرتب در آمده و فرمول خط از آن استخراج می گردد. پارامترهای شیب خط و عرض از مبدا به حافظه دائم سپرده می شود.

- i. تنظیم صفر : این عمل با برابر قرار دادن مقدار اندازه گیری شده در فرمول با صفر و محاسبه ی عرض از مبدا جدید و ذخیره این عرض از مبدا به عنوان پارامتر جدید فرمول محاسبه فشار، انجام می گیرد.
- ii. نمایش فشار اندازه گیری شده برای تک تک سنسورها به صورت همزمان با واحد گرم بر سانتی متر مربع.
- iii. ذخیره اطلاعات اندازه گیری شده در فرمت دلخواه، ورد، اکسل یا PDF.

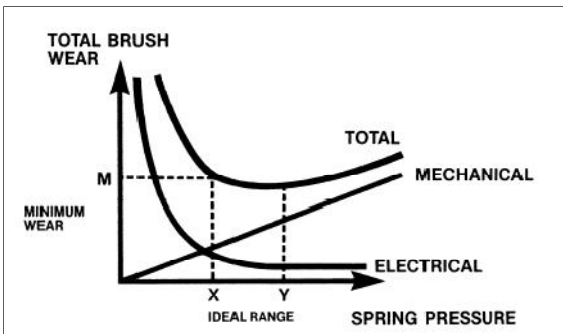
شکل های ۵ و ۶ به ترتیب پنجره های اندازه گیری و گزارش دهی نرم افزار را نمایش می دهند.

یعنی فشار فنر هم به صورت آنلاین و هم به صورت آفلاین وجود دارد، این اندازه گیری مشخص می دارد در طول دوره اندازه گیری چه مقدار از ذغال خورده شده است. و اینکه طول ذغال به حدی رسیده است که بایستی تعویض گردد یا نه.

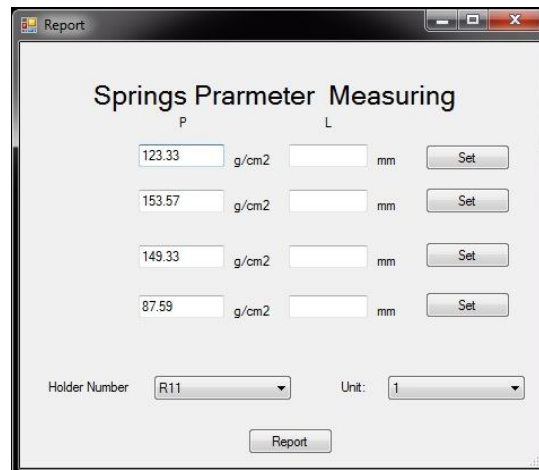
۲-۲- اندازه گیری نیروی فنر هر ذغال

این اندازه گیری می تواند در فواصل منظم زمانی یا براساس میزان ساعت کارکرد ژنراتور که در عرف نیروگاه به پارامتر BOH (میزان ساعت کارکرد پایه) نزدیک تر است انجام شود. استفاده از پارامتر BOH به نظر بهتر می باشد چراکه زمان های خروج واحد و عدم عبور جریان از ذغال ها را به حساب نمی آورد. بدین ترتیب با اندازه گیری میزان فشار تولیدی توسط فنر در طول های مختلف ذغال طی مدت زمانی مصرف یک ذغال رفتار یک فنر ثبت می گردد و می توان با مقایسه این رفتار با فنرهای مشابه و همچنین مقایسه با میزان فشار مطلوب بیان شده در مراجع مختلف و همچنین مقایسه با عملکرد خود فنر در صورت تعویض ذغال به تصمیم گیری در زمینه درستی کارایی آن و لزوم تعویض آن مبادرت ورزید.

میزان نیروی وارده از طرف فنر به ذغال ژنراتور تاثیر بسزایی در میزان مصرف ذغال دارد همانطور که از شکل ۷ بر می آید ۲ نوع خوردگی برای ذغال متصور است یکی خوردگی مکانیکی ناشی از نیروی اصطکاک بین ذغال و سطح Slip Ring و دیگری حاصل از خوردگی الکتریکی ناشی از افت ولتاژ مابین فاصله هوایی بین ذغال و سطح Slip Ring که به دلیل تلفات و پدید آمدن آرک در محل سایش باعث بروز خوردگی ذغال می گردد.



شکل ۷ رابطه میان خوردگی ذغال و میزان نیروی فنر [۲]



شکل ۵ صفحه اندازه گیری فشار و طول

Holder	Number of Brush	Presseur	Lenght
R11	1	122.79	65
R11	2	153.29	90
R11	3	148.78	58
R11	4	86.97	50

شکل ۶ صفحه گزارش گیری

۳- روش پیشنهادی پایش وضعیت ذغال ژنراتور

تکنولوژی های متفاوتی در زمینه پایش وضعیت ذغال های ژنراتور وجود دارد. که از جمله می توان به تکنولوژی پایش وضعیت آنلاین ذغال ژنراتور اشاره نمود. استفاده از این روش نیازمند نصب تجهیزات بعضاً گران قیمت بر روی تمامی ژنراتورهای موجود در نیروگاه با در نظر گرفتن احتمال بروز مشکل برای همین سیستم آنلاین و معضلات و مشکلات تعمیر و نگهداری آن می باشد. روش پیشنهادی پایش وضعیت ذغال ژنراتور که به عنوان پروژه بعدی و تکمیلی خواهد بود شامل موارد ذیل می باشد:

۳-۱- اندازه گیری طول ذغال

با استفاده از نرم افزار دستگاه معرفی شده هم اکنون امکان ثبت طول ذغال در کنار پارامتر اصلی اندازه گیری

همان طور که از شکل ۷ برمی آید حد فاصل نقاط X و Y به عنوان رنج ایده آل میزان فشار تولیدی فتر می باشد.

۳-۳- اندازه گیری موارد با اهمیت دیگر

موارد با اهمیت دیگری در میزان خوردگی ذغال دخیل هستند. از این موارد می توان به دما، رطوبت و همچنین میزان جریان عبوری اشاره نمود.

۳-۴- استفاده از روش های داده کاوی

می توان با استفاده از پارامترهای اندازه گیری شده و قرار دادن پارامتر میزان خوردگی به عنوان خروجی و استفاده از روش های داده کاوی مانند هوش مصنوعی برای برقراری ارتباط بین پارامترهای تاثیرگذار و تصحیح خروجی های سیستم هوش مصنوعی با نتایج واقعی و در نتیجه کالیبره شدن خود سیستم هوش مصنوعی، رژیم پایش وضعیت ذغال های ژنراتور را پی ریزی کرد. بدین ترتیب می توان زمان دقیق اتمام عمر ذغال را پیش بینی نمود و با تعویض به موقع از حوادث مترتب کاست و به همین صورت تا آخرین میزان ممکن از ذغال استفاده نموده و از تعویض زودتر از موعد آن اجتناب نمود و بدین ترتیب از هزینه های مصرفی ژنراتور کاست.

۳-۵- نکات مثبت و نحوه صرفه جویی در منابع با

اجرای این پروژه

با توجه به شکل ۷ فاصله نقاط X تا Y میزان نیروی مطلوب فتر است که کمترین میزان خوردگی ذغال ها با حفظ تمامی نکات با اهمیت در بهره برداری مطمئن ژنراتور را دارا می باشد. با توجه به همین شکل قرار داشتن نیروی تولیدی توسط فتر در رنج قابل قبول کمترین میزان مصرف ذغال را به همراه خواهد داشت و این به معنی صرفه جویی قابل ملاحظه در تعویض ذغال ها خواهد بود. با توجه به هزینه حدود ۱/۵۰/۰۰۰ ریالی تعویض هر ذغال در حال حاضر و وجود ۳۲ ذغال در هر ژنراتور هزینه تعویض کلی ذغال های یک ژنراتور بالغ بر ۴۸/۰۰۰/۰۰۰ ریال برآورد می گردد. که با اندازه گیری و پایش وضعیت این ذغال ها می توان از این هزینه کاست.

نکته با اهمیت دیگر کاهش خروج اضطراری واحد به دلیل وجود مشکل در سیستم اسلیپ رینگ و ذغال ها است

که میزان صرفه جویی ریالی آن را می توان برابر با فرمول ذیل دانست:

نرخ جریمه هر ساعت خروج اضطراری واحد \times میزان ساعت خروج + میزان عدم فروش انرژی + هزینه استهلاک ناشی از تریپ واحد + هزینه تعمیرات ژنراتور

به لحاظ جنبه رقابتی و همچنین حفظ رتبه نیروگاه در زمینه جلوگیری از بروز هر خروج اضطراری اجرای این طرح بهبود دهنده وضعیت تولید و همچنین قابلیت اطمینان نیروگاه و اهتمام به بخش CM در دیدگاه بخش بالادستی مجموعه تولید برق خواهد بود.

همچنین با برقراری رژیم تعمیرات مبتنی بر پایش وضعیت ذغال ها میزان نیروی انسانی لازم جهت تعمیرات کاسته شده و از هدر روی نیروی انسانی و کاهش تمرکز آن به دلیل انجام عملیات تکراری کاسته شده و بهره وری در زمینه نیروی انسانی حاصل می گردد.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله گزارش ساخت دستگاه اندازه گیری فشار تولیدی توسط فنرهای براش هولدر ژنراتور TY10546 ساخت شرکت پارس ژنراتور ارائه گردید. با استفاده از این دستگاه می توان تشخیص داد که فتر مورد پایش، فشار قابل قبول را تولید می کند و یا اینکه فشار تولیدی خارج از رنج بوده و بایستی فتر مذکور تعویض گردد. همچنین روشی بر پایه روش های داده کاوی برای پایش وضعیت براش های ژنراتور با استفاده از اطلاعات حاصل از اندازه گیری توسط دستگاه مورد اشاره و سایر اطلاعات با اهمیت دیگر پیشنهاد گردید. با استفاده از این روش می توان میزان دقیق عمر براش ژنراتور را مشخص نمود. گزارش کامل حاصل از پیاده سازی روش پیشنهادی در مقالات آتی انتشار خواهد یافت.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم میدانند از مساعدت های آقای مهندس عظیمی معاون محترم تولید، آقای مهندس باقرلو مدیر محترم تعمیرات و همچنین کمک ها و همراهی بی شائبه ی آقای مهندس بوشی و آقای مهندس طیبی روسای محترم ادارات تعمیرات الکتریک و مکانیک کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورد چراکه اگر همراهی و

همدلی هرکدام از عزیزان نبود پروژه فوق هیچ گاه به
سرمنزل مقصود نمی رسید.

مراجع

- [1] Maughan CV, "Carbon Brush Maintenance on Turbine-Generators," Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing Expo 2007, Nashville, TN, October 2007, pp. 57-62.
- [2] Koenitzer J, "The Effect of Spring Pressure on Carbon Brush Wear Rate," Helwig Carbon Products, Inc., TA 03/08, Revised September 2008
- [3] Koenitzer J, "Brush holders and the Performance of Carbon Brushes," Tech Note No. 22, Electrical Apparatus.
- [4] MAPNA Generator (Pars) Type TY 10546 Technical Data, TSM/Z3-01/TG-G-11-GG3-005.
- [5] Klopp RW, Dugnani R, Edmonds JS, "The role of brush spring kinking in a generator flash-over incident," Proceedings, 43rd North American Power Symposium (NAPS2011), Boston, MA, IEEE, August 4-6, 2011.