

بررسی وضعیت عایقی سیم‌پیچ ژنراتور واحد ۱ نیروگاه مشهد با استفاده از آنالیز جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون (PDCA)

کاظم عابدینی

مشهد، ایران

Kazemabedini91@yahoo.com

یحیی خانعلی زاده

امور تعمیرات برق و کنترل

شرکت مدیریت تولید برق مشهد

مشهد، ایران

Yahya.kht@gmail.com

عابس صفری

اداره CM

نیروگاه حرارتی شازند

اراک، ایران

Abes.safari@yahoo.com

۱- مقدمه

از اولین سال‌های معرفی و ساخت ماشین‌های الکتریکی مبحث شناخت خطاهای ممکن در این تجهیزات و چگونگی برطرف کردن آن‌ها یکی از موضوعات عمده‌ای است که هم‌زمان با توسعه و افزایش کاربرد ماشین‌های الکتریکی توسعه‌یافته است. با توجه به اینکه هزینه تعمیرات عایق آسیب‌دیده یک ژنراتور نیروگاهی و همچنین هزینه خروج غیر برنامه‌ریزی‌شده آن‌که باعث توقف تولید می‌شود، بسیار زیاد است باید با نهایت دقت پیش از ایجاد هرگونه آسیب در سیستم عایقی ژنراتور، با شناخت عوامل ایجاد خطا در عایق، شرایط را برای افزایش طول عمر کاری عایق ایجاد کرد. تست غیر مخرب Polarization and Depolarization Current Analysis از طریق تکنیک محاسبه و آنالیز جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون در حالت آفلاین نسبت به حوزه زمان موردبررسی قرار می‌گیرد و هر دو منحنی جریان‌های ذکرشده نسبت به زمان در یک نمودار log-log رسم خواهند شد. از نوع منحنی به‌دست‌آمده و همچنین میزان تغییرات شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون نسبت به زمان طی چند دوره انجام تست می‌توان نوع تنش ایجادشده از قبیل حرارتی، الکتریکی و یا مکانیکی و همچنین نوع تخریب‌های درونی حاصل از جذب رطوبت، آلودگی، تخلیه

چکیده — یکی از روش‌های مؤثر برای تعیین ماهیت کیفی و تشخیص مشخصه‌های درونی عایق به دست آوردن پاسخ دی‌الکتریک آن مواد و آنالیز داده‌های ارزشمند حاصل از آن در حوزه زمان می‌باشد. با استفاده از این تکنیک، سیستم‌های مدیریت نگهداری و تعمیرات قادر خواهند بود علاوه بر تعیین میزان کیفیت تجهیز، با برنامه‌ریزی‌های تعمیراتی مبتنی بر شرایط تا حد زیادی هزینه‌های ناشی از فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را کاهش و عمر واحد تولید انرژی را افزایش دهند. در این مقاله پس از بررسی رفتار عایقی تحت یک میدان الکتریکی دائم DC، روش اندازه‌گیری جریان‌های پلاریزاسیون و دی‌پلاریزاسیون بررسی می‌شود و در انتها تحلیل نتایج تست ژنراتور واحد ۱ نیروگاه مشهد ارائه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی — تخمین عمر؛ مقاومت عایقی؛ تست PDCA؛
جریان پلاریزاسیون؛ (جریان دیپلاریزاسیون)

عایق از ملکول های قطبی تشکیل شده باشد این ملکول ها در جهت میدان مرتب می‌شوند. جدا شدن بارها از هم موجب پدید آمدن بارهای مخالف با بارهای موجود در سطح جوشن، در سطح عایق می‌گردد. جابه‌جایی بارهای الکتریکی در عایق که معمولاً با ذخیره انرژی همراه است به‌صورت جریان الکتریکی با مقادیری بسیار کم از عایق تجهیز عبور می‌کند که این جریان به‌وسیله مولتی متر باقابلیت اندازه‌گیری مقادیر در حد نانو آمپر قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری است. [۷]

با توجه به [۷] وجود چهار نوع پلاریزاسیون پایه را در مواد به ما نشان می‌دهد:

۱-۳- پلاریزاسیون الکترونی

یک میدان الکتریکی خارجی همیشه مرکز ثقل بار الکترون‌ها را نسبت به هسته جابه‌جا می‌کند و لذا این گشتاور دوقطبی القاء می‌نماید. این نوع قطبی شدن را نوری نیز می‌نامند، زیرا زمان وقوع آن در حد پریود امواج نور و مرئی است.

۲-۳- پلاریزاسیون یونی

جابه‌جایی‌اتم‌ها با یون‌هایی با علامت الکتریکی مخالف که با سرعتی کمتر از حالت قبل صورت می‌گیرد.

۳-۳- پلاریزاسیون جهتی

این نوع پلاریزاسیون بر اثر تغییر جهت دوقطبی‌های موجود در عایق و یکسو شدن آن‌ها در راستای میدان الکتریکی به وجود می‌آید که به‌واسطه اصطکاک دوقطبی‌ها با یکدیگر بسیار کند صورت می‌پذیرد.

۴-۳- پلاریزاسیون Interfacial

جمع شدن بارهای الکتریکی در فصل مشترک دو عایق به دلیل تفاوت در قابلیت هدایت الکتریکی عایق‌ها منجر به این نوع پلاریزاسیون می‌شود. این نوع پلاریزاسیون دارای کمترین سرعت است و وضعیت عایق را از لحاظ وجود حفره و ناخالصی به‌خوبی نشان می‌دهد. با توجه به موارد ذکر شده جریان پلاریزاسیون در عایق وجود دارد و وضعیت عایق را به‌خوبی نمایش می‌دهد. با توجه به [۱] مجموع ۴ جریان یاد شده فوق جریان کل عبوری از عایق I_t را شکل می‌دهد و از تقسیم ولتاژ اعمالی بر جریان I_t میزان مقاومت عایقی به دست می‌آید. این میزان مقاومت با گذر زمان تغییر می‌کند ولی همان‌طور که گفته شد پس از گذشت یک دقیقه با حذف کامل جریان I_c

جزئی، تورق، پیر شدن را مشخص و در نهایت وضعیت عایقی را با استفاده از روش‌های ارائه شده در مستندات بین‌المللی ارزشیابی کرد.

۲- واکنش عایق تحت یک میدان الکتریکی

دائم

با توجه به [۱] اگر یک نمونه عایق تحت یک میدان الکتریکی خارجی دائم قرار بگیرد چهار نوع جریان از آن عبور خواهد کرد:

۱-۲- جریان خازنی I_c

جریانی است که بر اثر شارژ خازن (حاصل از دو الکتروفلزی متصل به منبع و عایق تحت میدان) از مدار عبور می‌کند، میزان این جریان به‌صورت نمایی و به‌سرعت کاهش می‌یابد و پس از حدود ۱ دقیقه به صفر می‌رسد.

۲-۲- جریان هدایتی I_G

جریانی است که بر اثر عبور الکترون و یا یون‌های آزاد بین دو الکترواد ایجاد می‌شود. این جریان در عایق‌های جدید صفر است (به‌غیر از مواردی که مرطوب باشد) در حالتی که این جریان زیاد باشد یا به عبارتی میزان مقاومت عایقی پایین باشد به‌احتمال زیاد در عایق خطایی رخ داده است. میزان I_G ثابت است و با افزایش دما و رطوبت افزایش می‌یابد.

۳-۲- جریان پراکندگی سطحی I_L

این نوع جریان بر روی سطح عایق برقرار می‌شود مقدار آن ثابت و تابع دما، رطوبت و آلودگی سطحی است.

۴-۲- جریان پلاریزاسیون I_p

جریانی است که بر اثر پلاریزاسیون مولکول‌های عایق تحت یک میدان الکتریکی خارجی ایجاد می‌شود که جریان جذب، پلاریزاسیون یا شارژ نامیده می‌شود.

۳- پدیده پلاریزاسیون در عایق

وقتی قطعه‌ای از عایق تحت یک میدان الکتریکی قرار بگیرد هر جزئی از آن تحت تأثیر میدان پلاریزه می‌شود، به‌عبارت دیگر بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و باعث ایجاد گشتاور دوقطبی می‌گردند. در صورتی که

۴- رابطه جریان پلاریزاسیون نسبت به

تغییرات شیب

با توجه به [۳] نمودار تغییرات جریان پلاریزاسیون برحسب حوزه زمان نه نمایی است و نه توانی کامل، ولی در بیشتر متون و مراجع برای تعیین نمودار جریان پلاریزاسیون از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$I_{POL} = K.t^{-n} \quad (1)$$

که در نمودار $\log-\log$ n شیب منحنی و k ثابتی است که به نوع و ابعاد عایق بستگی دارد. نکته حائز اهمیت این است که با افزایش ولتاژ مقدار کمی به جریان پلاریزاسیون افزوده می‌شود، ولی شیب جریان پلاریزاسیون تغییری ندارد به این ترتیب نتیجه تست از ولتاژ اعمالی مستقل است. پس از اشاره به اثر تغییر ولتاژ در شیب و جریان پلاریزاسیون می‌توان به اثر استرس ترموالکتریکی روی جریان پلاریزاسیون و شیب مربوطه پرداخت. مقادیر ثابت تابع پاسخ دی الکتریک (A و n) در ابتدای ایجاد استرس کاهش یافته و دوباره شروع افزایش می‌کند. [۳] از این رو A و n می‌تواند مقادیر بسیار حساس در تحلیل پروسه پیری عایق محسوب شوند. شیب منحنی جریان پلاریزاسیون برای یک عایق سالم حدود 0.87 است. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان به این نتیجه رسید که تغییرات شیب منحنی جریان های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون می‌تواند معیار مناسبی جهت تشخیص وضعیت عایقی ژنراتورهای نیروگاهی باشد.

جدول ۱: مقدار ثابت و شیب ارائه شده برای جریان پلاریزاسیون یک نمونه عایق

در ولتاژهای مختلف [۳]

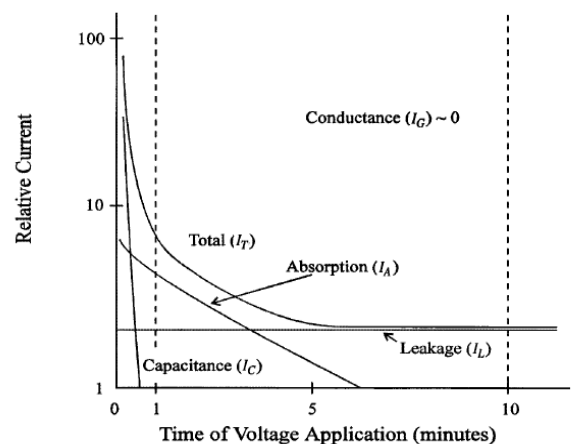
n	$A \times (10^{-3})$	میدان الکتریکی (KV/mm)	ولتاژ شارژ
۰/۸۶	۳۱	۰/۱۱	۰/۲
۰/۸۶	۳۳	۰/۵۵	۱
۰/۸۵	۳۳	۱/۱۱	۲
۰/۸۷	۳۱	۲/۲۲	۴
۰/۸۶	۳۲	۲/۷۷۵	۵

جدول ۲: تغییرات شیب و ضریب ثابت جریان پلاریزاسیون با عمر عایق

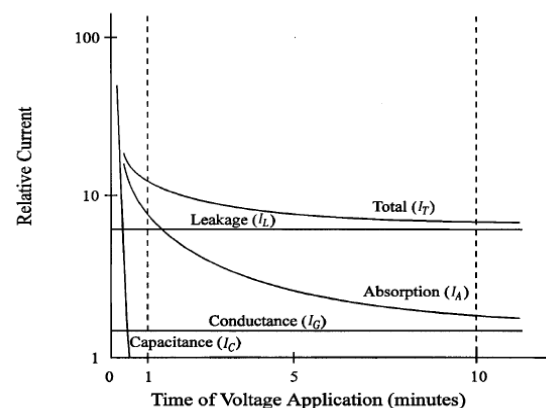
[۳]

n	$A \times (10^{-3})$	عمر عایق
۰/۸۳	۳۱	۰
۰/۷۸	۸	۱۵۰۰

مقدار مقاومت، تنها از جریان I_G و I_L و I_P به دست می‌آید که به صورت توانی افزایش می‌یابد. اگر میزان I_G و I_L به دلایلی نظیر آلودگی و رطوبت بسیار بزرگ باشد تغییرات I_t در مدت زمان کوتاهی به ثباتی نزدیک به مقدار $I_G + I_L$ خواهد رسید. اگر عایق خشک و تمیز باشد I_t در طولانی مدت از تغییرات I_P پیروی می‌کند و مقدار آن‌ها را نیز می‌توان برابر فرض نمود. در یک عایق خوب و سالم که خشک و تمیز باشد شکل جریان عبوری از عایق تحت یک ولتاژ DC با شکل جریان پلاریزاسیون برابری می‌کند. «شکل ۱» این موضوع را نشان می‌دهد؛ اما در صورتی که عایق مرطوب و یا کثیف باشد به دلیل افزایش جریان‌های پراکندگی و هدایتی موجود در عایق شیب تغییرات جریان کل کاهش یافته است و دیگر شباهتی با منحنی جریان پلاریزاسیون نخواهد داشت. «شکل ۲» این موضوع را نشان می‌دهد.



شکل ۱: انواع جریان عایق آسفالت میکا در حالت خشک و تمیز



شکل ۲: انواع جریان عایق اپوکسی میکا در حالت آلوده و مرطوب



شکل ۳: شکل کلی از مدار و تجهیزات تست PDCA

عمر عایق	$A \times (10^{-3})$	n
۳۰۰	۸	۰/۸۱
۴۵۰۰	۱۱	۰/۸۳
۵۳۰۰	۱۷	۰/۹۴
۶۵۰۰	۲۷	۰/۹۱
۷۰۰۰	۳۳	۱/۰۱

جدول ۳: اثر دما در شیب و ضریب جریان پلاریزاسیون [۳]

دما	$A \times (10^{-3})$	n
۲۵	۲۳	۰/۸۳
۵۰	۵۰	۰/۷۸
۷۰	۸۵	۰/۷۴
۹۰	۱۵۴	۰/۷۲

با توجه به مرجع [۳] و [۴] در این تست هر فاز مدت زمان ۱۰۰۰ ثانیه تحت ولتاژ ۵ کیلوولت قرار می‌گیرد که مجموعاً از لحظه اعمال ولتاژ تست و ثبت نتایج تا انتهای مراحل انجام تست با محاسبه کلیه زمان‌های تأخیر و دیپلاریزاسیون (۵۰۰ ثانیه)، آزمایش هر فاز ۱۵۰۸ ثانیه به طول می‌انجامد، اطلاعات مربوط به جریان هر فاز در قالب یک فایل در فرمت CSV ذخیره‌شده و برای تحلیل و تفسیر نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶- تحلیل نتایج تست PDCA

تحلیل و بررسی نتایج اندازه‌گیری شده ژنراتور واحد ۱ نیروگاه مشهد با استفاده از چهار معیار انجام شده است که این چهار معیار در ذیل توضیح داده می‌شود.

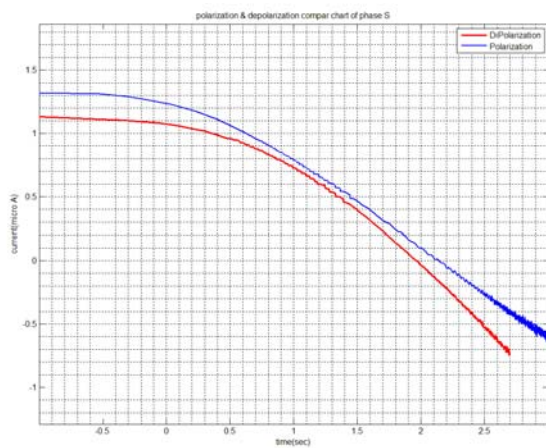
۶-۱- معیار اول

مطابق «جدول ۱» شیب ارائه‌شده مجاز برای عایق سالم تحت ولتاژهای مختلف باید در حدود ۰/۸۷ باشد (این شیب معادل تانژانت زاویه‌ای مثلث قائم‌الزاویه‌ای است که وتر آن روی منحنی جریان پلاریزاسیون قرار دارد و قاعده آن موازی محور زمان و ارتفاع آن هم به موازات محور جریان می‌باشد) لازم به ذکر است شیب آن قسمتی از منحنی جریان پلاریزاسیون در نظر گرفته می‌شود که اثرات جریان‌های گذرا خنثی شده باشد، در منحنی‌های «شکل ۳» الی «شکل ۹» نمونه ۶۰ ثانیه (عدد ۱/۷ روی محور زمان) برای این منظور در هر سه فاز در نظر گرفته شده است، در نهایت معیار اول میزان نزدیک بودن شیب کاهشی جریان پلاریزاسیون سه فاز در محور لگاریتمی نسبت به مقدار مبنا تعریف می‌شود. [۳]

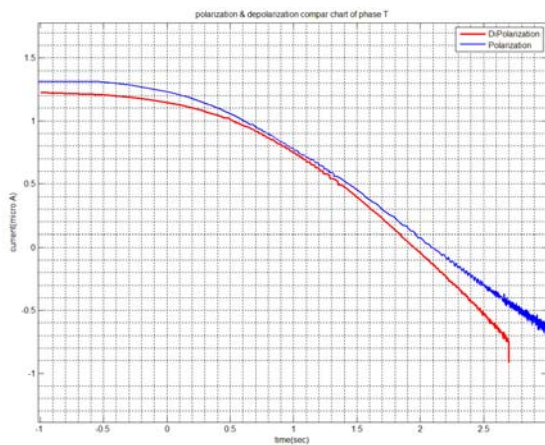
۶-۲- معیار دوم

۵- انجام تست PDCA

تست آنالیز جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون بر روی سیم‌پیچ ژنراتور واحد ۱ نیروگاه مشهد در دو مرحله انجام شده است، مرحله اول به ترتیب پیش از انجام تمیزکاری و سرویس عایقی بوده و مرحله دوم پنج هفته بعد در حالی انجام شد که شبن‌های استاتور هر فاز ژنراتور تحت بازرسی ظاهری قرار گرفت و پروسه تمیزکاری و رسیدگی به وضعیت عایق در آن انجام شد و نتایج حاصل از اندازه‌گیری جریان‌های شارژ و دشارژ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. تجهیزات مورد نیاز برای این تست، دستگاه مگر دارای پله ولتاژ ۵ کیلوولت به عنوان منبع تغذیه، یک مولتی متر با دقت بالا جهت اندازه‌گیری جریان عایق در حد نانو آمپر، کابل ۱۰ کیلوولت جهت برقراری اتصال مربوطه، یک عدد لپ تاب که از طریق پورت USB به مولتی متر وصل شده و نتایج حاصله را توسط نرم‌افزار ذخیره می‌کند، چهار دستگاه کنتاکتور و چهار دستگاه تایمر جهت قطع وصل کردن جریان عبوری و همچنین اعمال ولتاژ با پلاریته معین جهت انجام تست که خود شامل چند پله فرمان بازمان بندی قابل تنظیم است و همچنین دماسنج و رطوبت‌سنج برای تعیین شرایط دمایی محیط تست مورد نیاز می‌باشد.



شکل ۵: فاز S (Before Service)



شکل ۶: فاز T (Before Service)

تست دوم تقریباً ۵ هفته بعد مطابق شرایط تست اول انجام گردید که نمودارهای به‌دست‌آمده از تست دوم را در ذیل مشاهده می‌کنید.

معیار دوم میزان نزدیک بودن شیب کاهش جریان دیپلاریزاسیون سه فاز در محور لگاریتمی به مقدار مبنا تعریف می‌شود. [۳]

۳-۶- معیار سوم

برای یک عایق سالم تحت ولتاژ مستقیم بایستی شیب حاصل از جریان پلاریزاسیون با شیب جریان دیپلاریزاسیون برابر باشد. در غیر این صورت هر چه میزان اختلاف کمتر باشد، عایق از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است، این اختلاف نشانه زوال کیفیت عمر عایق است، که در نهایت معیار سوم اختلاف شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون هر سه فاز می‌باشد.

۴-۶- معیار چهارم

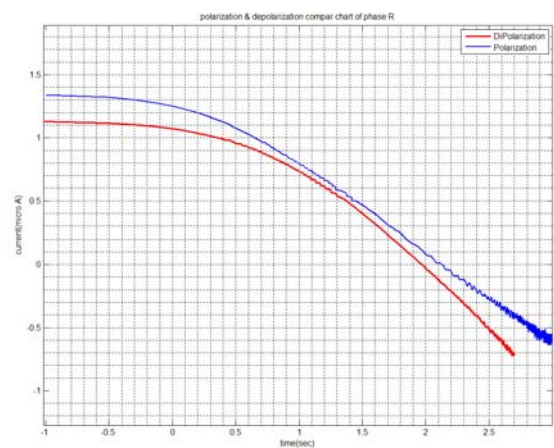
این معیار میزان نزدیک بودن جریان‌های شارژ و دشارژ به هم اختصاص داده‌شده است، با استفاده از این معیار می‌توان تأثیر جریان‌های هدایتی و سطحی در عایق که سبب کاهش شیب جریان کل می‌شود را به دست آورد.

۷- نمودار به‌دست‌آمده از نتایج تست

PDCA هر فاز در حوزه زمان در مقیاس

لگاریتمی

نمودارهای به‌دست‌آمده، حاصل نتایج اندازه‌گیری شده جریان‌های شارژ و دشارژ قبل از دوره اورهال می‌باشد.



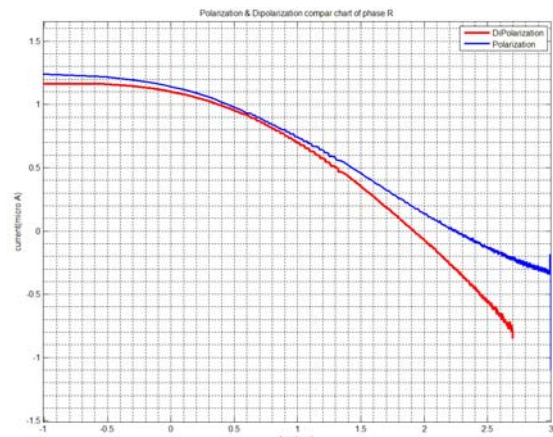
شکل ۴: فاز R (Before Service)

دیپلاریزاسیون نسبت به تست اول کمی افزایش داشته است، در «جدول ۴» نتایج حاصل از شیب‌های به‌دست‌آمده فازها را مشاهده می‌کنید.

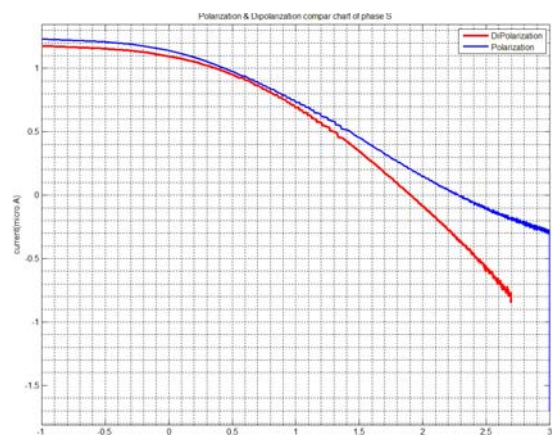
جدول ۴: نتایج شیب به‌دست‌آمده از نمودارهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون

فاز	شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون			
	قبل از سرویس		بعد از سرویس	
	پلاریزاسیون	دیپلاریزاسیون	پلاریزاسیون	دیپلاریزاسیون
R	۰/۷۱	۰/۸۳	۰/۶۱	۰/۸۴
S	۰/۷۱	۰/۸۳۴	۰/۶۲	۰/۸۵
T	۰/۷۲۵	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۸۶

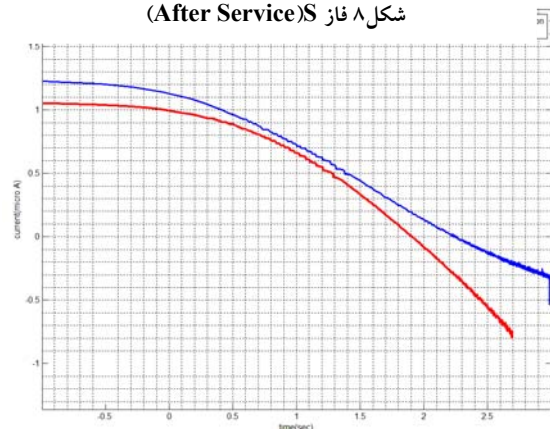
با توجه به مرجع [۷] از روی میزان تفاوت جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون به برخی از عیوب موجود در عایق می‌توان پی برد تحلیل شرایط عایقی تجهیز نیاز به تجربه بالا و انجام تست های زیاد می‌باشد برای تعیین وضعیت عایقی تجهیز شرایطی ازجمله دمای محیط، مقدار رطوبت، مدت بهره‌برداری از واحد، شرایط نگهداری و... حائز اهمیت است. اگر شیب نمودار جریان پلاریزاسیون در طولانی مدت ۰/۵- باشد می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که جریان تحت تأثیر شدید جریان سطحی و جریان هدایتی در ناحیه انتهای سیم‌پیچی ماشین الکتریکی گردان است چنین نتیجه‌ای بیانگر این است که End Winding آلوده و یا مرطوب می‌باشد درحالی‌که نتایج تست IR و PI و از نظر استاندارد بیانگر این خطا نمی‌باشند. [۷] اگر شیب منحنی جریان شارژ در طولانی مدت بالاتر از ۰/۵- باشد می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که آلودگی با مقاومت سطحی بسیار زیادی روی E.W نشسته است و جریان خازنی در طول آن افزایش یافته است. همان‌طور که گفته شد نظریه‌های داده‌شده در خصوص این تست با توجه به تجربه و همچنین در نظر داشتن شرایط محیطی طی دوره بهره‌برداری از واحد است، در «شکل ۱۰» مشاهده می‌کنید بعد از انجام بازدیدهای چشمی و بازرسی به‌عمل‌آمده از قسمت سیم‌پیچ‌های انتهایی، وجود آلودگی با مقاومت سطحی بالا به چشم می‌خورد که می‌تواند این مهر تأییدی در اثبات این نظریه می‌باشد.



شکل ۷ فاز R (After Service)



شکل ۸ فاز S (After Service)



شکل ۹ فاز S (After Service)

همان‌طور که مشاهده می‌شود شیب جریان‌های پلاریزاسیون بعد از دوره اورهال مقدار قابل‌توجهی کاهش یافته است، اما شیب جریان‌های

فاز	ارزیابی نتایج سیم پیچ فازهای ژنراتور		
	معیار	درصد رضایتمندی	متوسط نتایج
	اول	٪۷۰	٪۷۸
	دوم	٪۹۶	
	سوم	٪۸۴	
	چهارم	٪۶۲	
فاز S	اول	٪۷۱	٪۷۸
	دوم	٪۹۷	
	سوم	٪۸۴	
	چهارم	٪۶۰	
فاز T	اول	٪۷۲	٪۷۹
	دوم	٪۹۸	
	سوم	٪۸۴	
	چهارم	٪۶۲	



شکل ۱۰: آلودگی‌های قسمت انتهایی سیم پیچ ژنراتور قبل از دوره اورهال

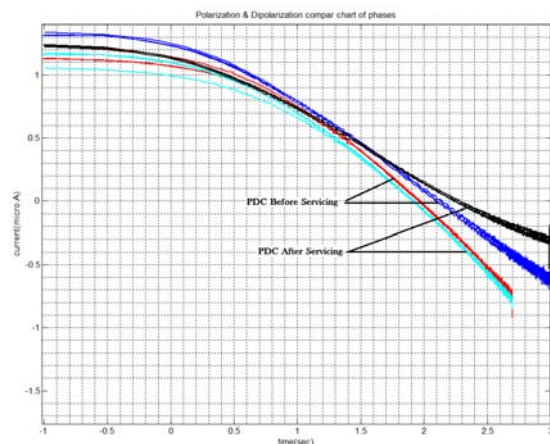
BBC	TURBO-GENERATOR
BROWN BOVERI	
NO.GM 204781	MANUFACTUREE 1976
TYPE WG 19L-080LL5	
OUT PUT=110000KVA	PF=0.8
RATE SPEED=3000RPM	FREQUENCY=50 CPS
VOLTAGE=10500 V	/ARMATURE CURRENT=6050A 3
EXITATION VOLTAGE=225 V	FIELD CURRENT=1430A
DIR OF ROTATION ACW FROM DRIVEN END	ENERGY CONSTANT=1.41KWS/KVA
STATOR WEIGHT=134.0 t	ROTOR COMPLETE=29.8t

۸- نتیجه گیری

تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از تست PDCA طی دو مرحله در توربوژنراتور واحد ۱ نیروگاه مشهد انجام شد، تغییرات نتایج، یا به‌عبارت‌دیگر رفتار زمانی مربوط به عایق طی این دو مرحله نتایجی را در برداشت که در ذیل در خصوص وضعیت عایق بیان‌شده است.

مطابق مرجع [۶] تست مرحله ۲ (After Service) با توجه به افزایش شیب جریان دشارژ و کم شدن اختلاف بین دو جریان در لحظه اول بیانگر این است که آلودگی برطرف گردیده که با مشاهدات عینی صورت گرفته آلودگی سطحی در عایق مشاهده نشده است، این موضوع علی‌رغم وجود آلودگی‌هایی با مقاومت سطحی بسیار بالا در قسمت انتهایی سیم‌پیچ نشان‌دهنده انجام فعالیت تمیزکاری با دقت بالا بوده است.

جهت نمایش بهتر و در ادامه تحلیل شرایط کیفی عایق ژنراتور، مطابق مرجع [۵] نمودار جریان‌های به‌دست‌آمده قبل و بعد از سرویس در شکل ۹ به‌صورت هم‌زمان نمایش داده‌شده است.



شکل ۱۱: نمودار کل جریان‌های شارژ و دشارژ قبل و بعد از سرویس

انجام تست PDCA و تحلیل نمودار جریان‌های شارژ و دشارژ مطابق معیارهای گفته‌شده انجام شد و نتایج به‌دست‌آمده از تست بعد از فرایند سرویس دوره‌ای مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت که متوسط نتایج هرکدام از فازهای ژنراتور در «جدول ۵» آورده شده است.

جدول ۵: نتایج نهایی به‌دست‌آمده از تحلیل تست PDCA بعد از سرویس

فاز	ارزیابی نتایج سیم پیچ فازهای ژنراتور		
	معیار	درصد رضایتمندی	متوسط نتایج
R فاز			

در «شکل ۹» کاهش قابل توجه شیب جریان پلاریزاسیون نسبت به نتایج به دست آمده در دوره پیش از اورهال کاملاً مشهود است که با بررسی های به عمل آمده و همچنین با توجه به مراجع [۱] و [۲] و [۵] ژنراتور طی مدت ۵ هفته ای که جهت انجام سرویس دوره ای باز بوده است در مجاورت هوا قرار گرفته که این عامل باعث جذب رطوبت در سطح عایق و افزایش جریان هدایتی گردیده است. با توجه به «فرمول ۱» در مرجع [۱] کاهش شیب جریان شارژ سبب افزایش جریان پلاریزاسیون می گردد که در نهایت موجب کاهش مقدار مقاومت عایقی می شود.

۹- ارائه پیشنهادات

با توجه به طول عمر واحد ۱ نیروگاه مشهد پیشنهاد می شود حدالمقدور زمان بندی مربوط به هر یک از تعمیرات میان دوره ای یا اساسی به گونه ای تنظیم گردد که زمان بیشتری برای تمیزکاری و خشک کردن عایق استاتور با مواد شوینده مجاز از جمله پرکلرواتیلن، sk-182 و... با رعایت نکات ایمنی و دقت لازم اختصاص داده شود.

جدول (۶) مشخصات ژنراتور BBC واحد ۱ نیروگاه مشهد

منابع

- [1] IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery, IEEE std. 43-2013
- [2] McKinnon, David L. "Insulation Resistance Profile (IRP) and its use for assessing insulation systems." Electrical Insulation (ISEI), Conference Record of the 2010 IEEE International Symposium on. IEEE, 2010.
- [3] Farahani, Mohsen, Hossein Borsi, and Ernst Gockenbach. "Dielectric response studies on insulating system of high voltage rotating machines." IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 13.2 (2006): 383-393.
- [4] Aziz, Mohd Azhar Abdul, Mohd Aizam Talib, and Yasmin Hanum Md Thayoob. "Field Experience in Application of Polarisation Depolarisation Current (PDC) In High Voltage (HV) Equipments-A Review."
- [5] Sumeder, C., et al. "Observation of Dielectric Parameters at Generator Stator Windings under Changing Environmental Conditions." Conference Record of the International Symposium on High Voltage Engineering ISH. 2009.
- [6] Jamail, N. A. M., M. A. M. Piah, and N. A. Muhamad. "Comparative Study on Conductivity Using Polarization and Depolarization Current (PDC) Test." Electrical and Electronic Engineering 2.4 (2012): 170-176.
- [7] Pinto, Cajetan. "An improved method of detecting contamination of HV stator windings in the field." Electrical Electronics Insulation Conference, 1991. Boston'91 EEIC/ICWA Exposition., Proceedings of the 20th. IEEE, 1991.