

ارزیابی وضعیت و تخمین عمر باقیمانده هیدروژنراتورهای نیروگاهی با استفاده از تستهای عایقی

ایمان صادقی سارا گوران روزبه سرفراز سهراب امینی

پژوهشگاه نیرو - گروه ماشین‌های الکتریکی

واژه‌های کلیدی: تخمین عمر، ارزیابی وضعیت عایقی، هیدروژنراتور، جریان پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون

چکیده

این مقاله در خصوص ارزیابی وضعیت عایقی هیدروژنراتورهای نیروگاهی با استفاده از تستهای Offline و Online عایقی و تخمین عمر باقیمانده آنها با استفاده از تکنیک اندازه‌گیری جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون (PDCA¹) می‌باشد. با آگاه بودن از وضعیت عایقی و عمر باقیمانده هیدروژنراتورها، سیستمهای مدیریت نگهداری و تعمیرات قادر خواهند بود علاوه بر تعیین میزان کفایت² 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. از اینرو مجموعه‌ای از تستهای عایقی بر روی هیدروژنراتور نیروگاه سد کرخه انجام شده که نتایج آن در این مقاله ارائه می‌شود.

1- مقدمه

امروزه در مدیریت نگهداری و تعمیرات نیروگاهی، آگاه بودن از وضعیت عملکردی تجهیزات الکتریکی نظیر ژنراتور و موتورهای فشار قوی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

منشاء بسیاری از خطاهایی که در این تجهیزات رخ می‌دهد به مشکلات عایقی و ضعف سیستم عایق تجهیز مرتبط می‌شود. با توجه به اینکه هزینه تعمیرات عایق آسیب دیده یک ژنراتور نیروگاهی و همچنین هزینه خروج غیر برنامه‌ریزی شده آن که 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 و بهره‌برداری مناسب از ژنراتور واحد تولید انرژی شرایط را برای افزایش طول عمر کاری عایق ایجاد کرد.

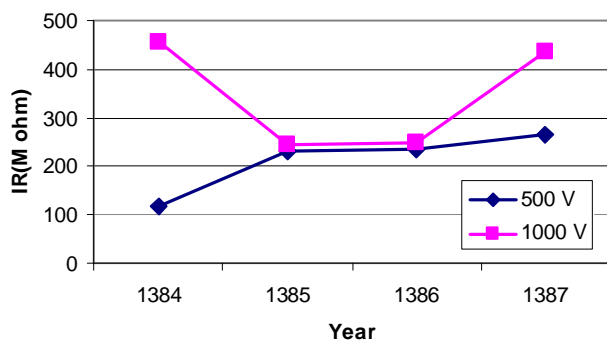
تعداد بیشماری از ژنراتورهای نیروگاهی در سراسر دنیا به پایان عمر مفیدشان نزدیک شده‌اند، از اینرو نمایش وضعیت عایقی و تخمین عمر مفید آنها به یک ضرورت مهم تبدیل شده است. فرآیند پیری در ژنراتورها معمولاً طولانی مدت است که در طی آن اجزاء ماشین استهلاک پیدا می‌کنند و بسیاری از خواص اولیه خود را از دست می‌دهند. به همین دلیل شناسایی روشها و تستهایی که بتواند وضعیت عایقی ژنراتورهای نیروگاهی را تشخیص دهد مورد توجه قرار گرفته است. فرآیند پیری سبب می‌گردد که احتمال بروز خطا و از کارافتادن ژنراتورها افزایش یابد. یکی از مهمترین اجزاء ژنراتور که

¹ Polarization and Depolarization Current Analysis

² Adequacy

اندازه‌گیری‌هایی که بر روی ژنراتور واحد 2 نیروگاه سد کرخه صورت گرفت از یک مگر 5 کیلوولت برای اعمال ولتاژ، یک مولتی‌متر با دقت بالا جهت اندازه‌گیری جریان عایق در حد نانو آمپر، کابل 10 کیلوولت جهت برقراری اتصال تغذیه اصلی به عایق و کامپیوتری که از طریق پورت RS232 به مدار وصل شود و نتایج حاصله را ذخیره نماید، استفاده شده است. تست اندازه‌گیری مقاومت عایقی در محدوده ولتاژی 500 و 1000 ولت برای حالتی که سه فاز زمین شده‌اند صورت گرفته است. در صورت کاهش شدید کیفیت عایق، با افزایش میزان ولتاژ DC اعمالی، مقدار مقاومت عایقی استاتور کاهش می‌یابد. از اینرو بررسی میزان تغییرات مقاومت عایقی با افزایش ولتاژ تست می‌تواند در خصوص کیفیت عایق اطلاعات مناسبی را در اختیار قرار دهد. همچنین در یک عایق نسبتاً سالم، انجام تست IR در پله‌های مختلف ولتاژی، نباید تغییر چندانی را در مقدار مقاومت عایقی بدست آمده نشان دهد. چنانچه زمان زیادی از عمر عایق نگذشته باشد می‌توان از اثر تغییر ولتاژ تست بر روی مقادیر مقاومت‌های عایقی صرف‌نظر کرد. [7]

در پیوست ب مقادیر اندازه‌گیری شده مقاومت عایقی و اندیس پلاریزاسیون واحد دو از ابتدای زمان راه‌اندازی تا کنون آورده شده است. در شکل (1) نیز روند تغییرات مقاومت عایقی واحد دو طی سالهای بهره‌برداری مشاهده می‌شود. اولین دوره اندازه‌گیریها بعد از زمان راه‌اندازی در سال 1384 صورت گرفت. رفتار متناقض تغییرات در سالهای ابتدایی و همچنین افزایش میزان مقاومت عایقی در سالهای بعد می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی نظیر آلودگی‌های سطحی بر روی شینه‌ها، وجود حفره در عایق باشد.



شکل (1): تغییرات مقاومت عایقی واحد دو نیروگاه کرخه

فرآیند پیری بر روی آن تاثیر می‌گذارد شینه‌های استاتور می‌باشد. از اینرو تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص ارزیابی عمر باقیمانده ژنراتورها با توجه به وضعیت شینه‌های استاتور صورت گرفته است. انجام تستهای عمرسنجی معمولاً بر روی نمونه‌ای از شینه‌های استاتور که تحت آزمایشات پیرسازی مصنوعی قرار گرفته‌اند صورت می‌گیرد. [1]

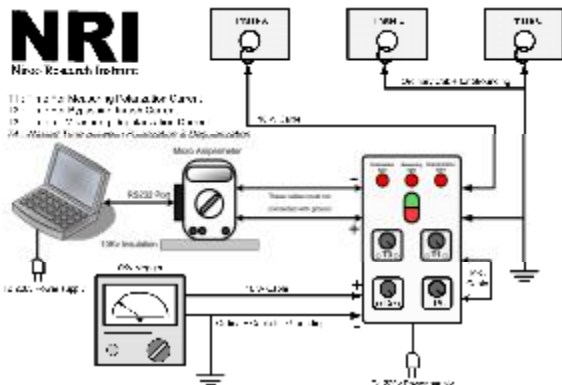
هرچند تعیین عمر باقیمانده شینه‌های استاتور در کنار مجموعه تست‌های offline (اندازه‌گیری مقاومت عایقی و اندیس پلاریزاسیون) و online (اندازه‌گیری پالسهای تخلیه جزئی)، یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی وضعیت ژنراتور می‌باشد اما به طور عمومی توافق بر آن است که با انجام یک تست دی‌الکتریک تنها نمی‌توان به خوبی و به صورت کامل شرایط سیستم عایقی را ارزیابی کرد و برای داشتن یک ارزیابی کامل نتایج چندین تست باید مدنظر قرار گیرد. در حال حاضر اصل مشترک و استاندارد برای ارزیابی تنزل عایقی در یک ماشین فشارقوی وجود ندارد اما معمولاً دو روش Simons و ERA جهت تخمین وضعیت عایقی ژنراتورهای نیروگاهی استفاده می‌شود. [2و3]

در کنار نتایج حاصل از انجام تستهای عایقی، بازدهی‌های دوره‌ای و بازرسی‌های چشمی که از شینه‌ها و قسمت‌های انتهایی سیم‌پیچی استاتور صورت می‌گیرد می‌تواند تا اندازه زیادی در تفسیر نتایج تستها و شناخت وضعیت سیستم عایقی ژنراتور مفید باشد. از اینرو اگر بازدهی‌های چشمی توسط فرد با تجربه انجام گیرد می‌تواند بسیاری از عیوب رخ داده یا در حال پیشرفت بر روی سیم‌پیچ استاتور را به آسانی مشخص کند و تحلیل نتایج بدست آمده از دیگر تست‌های Offline را نیز هدفمندتر کند.

2- انجام آزمایشات بر روی یک نمونه

هیدروژنراتور نیروگاه سد کرخه

هیدروژنراتور تحت تست متعلق به نیروگاه آبی سد کرخه می‌باشد که مشخصات آن در پیوست آمده است. در

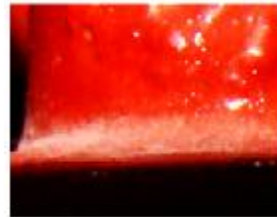


شکل (4): مدار تست مربوط به اندازه‌گیری جریان پلازماسیون و دیپلازماسیون

جریان‌های پلازماسیون و دیپلازماسیون اندازه‌گیری شده به نوع، ابعاد، درجه حرارت و کیفیت عایق بستگی دارند. با تحلیل میزان تغییرات این جریانها می‌توان وضعیت عایق را تخمین زد. برای اینکه نتایج آزمایش بر روی یک نوع عایق با ابعاد مختلف و در دماهای مختلف را بتوان با هم مقایسه کرد باید جریانهای اندازه‌گیری شده نسبت به ظرفیت خازنی سیم پیچ و درجه حرارت نرمالیزه شوند [4 و 5]. مطابق [6] تخمین جریان پلازماسیون با رابطه $I_{PoI} = A t^{-n}$ انجام می‌پذیرد، که در آن A ثابتی است که به نوع، ابعاد و میزان ولتاژ اعمالی به عایق بستگی دارد و n شیب منحنی پلازماسیون را بیان می‌کند [6]. نکته حائز اهمیت این است که با افزایش ولتاژ مقدار کمی به جریان پلازماسیون افزوده می‌شود، ولی شیب جریان پلازماسیون تغییری ندارد و به این ترتیب نتیجه تست نسبت به ولتاژ اعمالی مستقل است. پس از اشاره به اثر تغییر ولتاژ در شیب و جریان پلازماسیون می‌توان به اثر استرس ترموالکتریکی روی جریان پلازماسیون و شیب مربوطه پرداخت. مقادیر ثابت تابع پاسخ دی‌الکتریک (n و A) در ابتدای ایجاد استرس کاهش یافته و دوباره شروع به افزایش می‌کند. از این رو مقادیر A و n می‌تواند مقادیر بسیار حساس در تحلیل پروسه پیری عایق محسوب شوند. شیب منحنی جریان پلازماسیون برای یک عایق سالم حدود $0/87$ است. با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت تغییرات شیب منحنی جریانهای پلازماسیون و دی‌پلازماسیون معیار مناسبی جهت تشخیص وضعیت عایقی ژنراتورهای نیروگاهی باشد. [6]

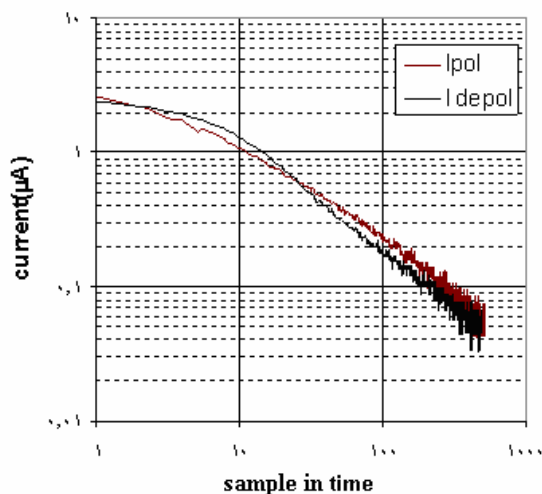


شکل (2): برجستگی‌های پرز مانند بر روی شیشه استاتور



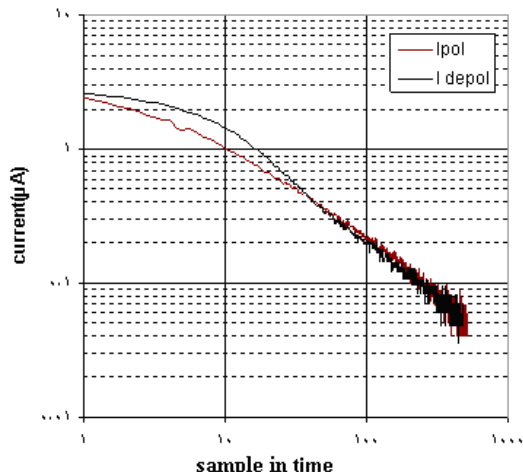
شکل (3): پودر سفید رنگ در قسمت انتهایی سیم‌پیچی استاتور

انجام بازدیدهای چشمی از قسمت سیم‌پیچهای انتهایی وجود آلودگی‌های مختلفی را اثبات کرد. آلودگی‌های سطحی ناشی از گرد و خاک، برجستگی‌های پرز مانند، آلودگی ناشی از پودر سفید رنگ، آلودگی ناشی از لنت ترمز ژنراتور از جمله آلودگی‌هایی بودند که در بازرسی‌های چشمی دیده شدند. در شکل‌های (2 و 3) دو نمونه از این آلودگی‌ها دیده می‌شوند. پودر سفید رنگی که در قسمت انتهایی شیشه‌ها در شکل (3) مشاهده می‌شود در اثر وقوع پدیده کرونا ایجاد می‌شود. همه موارد آلودگی اشاره شده باعث ایجاد پدیده کرونا در نواحی مختلفی از سیستم عایقی شده که با پیشرفت این عارضه می‌تواند باعث تخریب عایق گردد. همچنین وجود آلودگی سطحی روی عایق مسیری از جریان ناخواسته ناشی را بوجود می‌آورد که در طول زمان باعث پیری عایق می‌گردد. از اینرو انجام مراحل تمیز کاری در برنامه‌های نگهداری و تعمیرات یک واحد نیروگاهی باید مورد توجه قرار گیرد. در نهایت تست PDCA بر روی واحد انجام پذیرفت. مدار تست سنجش جریان پلازماسیون و دیپلازماسیون از یک منبع ولتاژ DC و یک وسیله اندازه‌گیری بسیار دقیق است که قابلیت ثبت حالات گذرا را داشته باشد. در شکل (4) مدار تست مربوط به اندازه‌گیری جریان پلازماسیون و دیپلازماسیون نشان داده شده است.

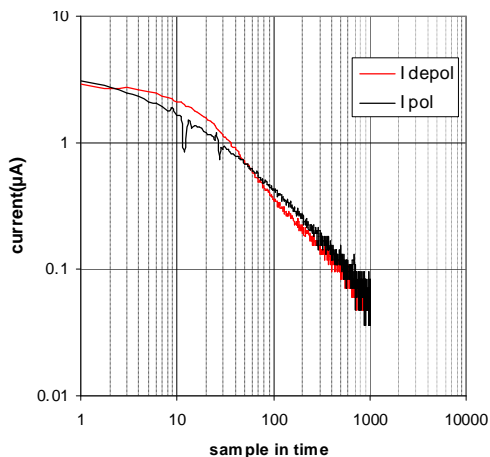


شکل (5): شکل کلی از مدار و تجهیزات تست PDCA

شکل (6): منحنی جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون برای فاز U واحد دو پس از نرمالیزه کردن

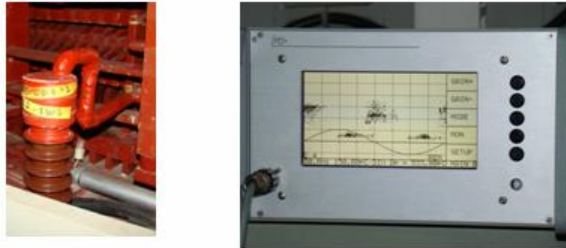


شکل (7): منحنی جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون برای فاز V واحد دو پس از نرمالیزه کردن

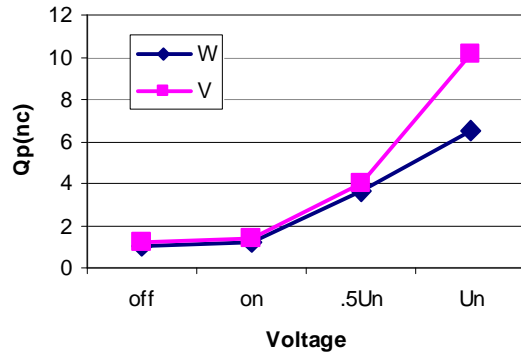


شکل (8): منحنی جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون برای فاز W واحد دو پس از نرمالیزه کردن

در شکل (5) شکل کلی مدار و تجهیزاتی که در تست PDCA مورد استفاده قرار گرفته است دیده می‌شود. جهت انجام تست که شامل چند پله فرمان با زمان‌بندی قابل تنظیم می‌باشد از یک دستگاه کنتاکتور جهت برقرار کردن و قطع کردن جریان عبوری و همچنین اعمال ولتاژ با پلاریته معین استفاده می‌شود. در این تست که مطابق [4] انجام شد، برای اعمال ولتاژ به هر فاز ابتدا دو فاز دیگر زمین شده و پس از حصول اطمینان از مجموع شرایط و صحت وضعیت مربوط به هر تست، عایق تحت ولتاژ مربوطه قرار داده می‌شده است. بدین ترتیب هر فاز تحت ولتاژ 5 کیلوولت و برای مدت 1026 ثانیه قرار گرفته که مجموعاً از لحظه اعمال ولتاژ و ثبت نتایج تا انتهای مراحل انجام تست PDCA با محاسبه کلیه زمان‌های تاخیر و دیپلاریزاسیون، آزمایش هر فاز حدود 1850 ثانیه تست هر فاز به طول می‌انجامد. در نهایت با انجام اندازه‌گیری‌های مجزا برای هر فاز و رسم منحنی‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون وضعیت عایقی ژنراتور بر اساس تحلیل جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون عایق امکان پذیر می‌شود. در شکل‌های (6)، (7) و (8) به ترتیب منحنی جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون عایق برای فازهای U، V و W ژنراتور واحد دو نیروگاه سد کرخه مشاهده می‌شود. برای مقایسه و درک بهتر از تغییرات جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون هر دو جریان بر روی یک محور رسم شده‌اند.



شکل (9): کوپلرهای خازنی و دستگاه اندازه‌گیری تخلیه جزئی



شکل (10): نمودار سطح تخلیه جزئی فازهای V و W هیدروژن‌اتور واحد دو

3- تحلیل نتایج جهت عمرسنجی

در انجام تست PDCA دامنه جریان پلاریزاسیون فاز W کمی بیشتر از فاز های U و V می‌باشد و فاز V کمترین مقدار را دارد. اگر تغییرات جریان دیپلاریزاسیون اندازه‌گیری شده در زمان‌های بالا خیلی کم باشد به این معنی است که جریان پلاریزاسیون سریع افزایش داشته است که در نتیجه استرس ترموالکتریکی می‌باشد. با بررسی جریان‌های دیپلاریزاسیون هر 3 فاز واحد دو تغییرات قابل توجه این جریان در زمان‌های بالا (بعد از 100 ثانیه اول) در هر 3 فاز مشاهده می‌شود. با توجه به مطالب گفته شده سه معیار را می‌توان جهت تحلیل نتایج در نظر گرفت:

معیار اول: شیب جریان پلاریزاسیون

معیار دوم: شیب جریان دی پلاریزاسیون

معیار سوم: اختلاف شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون در هر فاز

هرگونه کمتر یا بیشتر بودن شیب جریان پلاریزاسیون نسبت به شیب حالت نرمال عایق نشان از پیری عایق دارد. هر چه مقادیر این شیب‌ها به شیب عایق سالم نزدیکتر باشد

معمولاً در یک عایق خوب رفتار غیرخطی بسیار کم مشاهده می‌شود لذا بر اساس نمودار جریان‌های پلاریزاسیون (تحت ولتاژ 500 ولت) برای هر یک از 3 فاز واحد دو، رفتار خطی در جریان پلاریزاسیون هر سه فاز واحد، نشان‌دهنده وضعیت طبیعی واحد در نگاه اول می‌باشد. برای تحلیل بهتر و بررسی دقیق‌تر رفتار عایق جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون هر سه فاز در محورهای لگاریتمی به نمایش درآمده است. همانگونه که از روی شکل منحنی‌ها مشخص است دامنه جریان پلاریزاسیون بیشتر از جریان دیپلاریزاسیون می‌باشد. بالا بودن مقادیر اولیه جریان‌ها می‌تواند ناشی از تاثیر جریان‌های خازنی باشد که در ابتدا زیاد بوده و بعد از چند ثانیه اثر آنها از بین می‌رود. از اینرو مقادیر اولیه جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون نمی‌تواند اطلاعات مفیدی در خصوص وضعیت عایق ژنراتور بدهد. در ادامه نتایج تست اندازه‌گیری پالس‌های تخلیه جزئی که بصورت Online بر روی این واحد نیروگاهی در سال 1378 انجام شد، ارائه می‌شود. در شکل (9) کوپلر خازنی نصب شده و دستگاه اندازه‌گیری پالس‌های تخلیه جزئی مشاهده می‌شود. اندازه‌گیری برای دو فاز V و W برای شرایط مختلف نظیر ژنراتور خاموش، ژنراتور روشن در تحریک صفر درصد، تحریک 50 درصد و تحریک 100 درصد انجام شد که نمودار این تغییرات در شکل (10) مشاهده می‌شود.

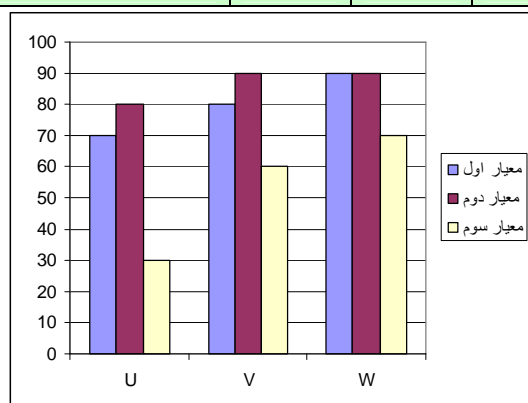
با توجه به مباحث فیزیکی و پایه ای وارتباط مستقیم دامنه تخلیه جزئی (PD) با مقدار ولتاژ، از آنجا که در اندازه‌گیری‌های صورت گرفته مقادیر Qp با افزایش ولتاژ به طرز محسوس و قابل توجهی افزایش یافته و با دو برابر شدن ولتاژ، تقریباً دو برابر می‌گردد، لذا به نظر می‌رسد این سیگنال‌ها، مربوط به نویزهای داخلی یا خارجی ژنراتور نبوده و اساساً مربوط به پدیده تخلیه جزئی در عایق ژنراتور می‌باشند.

از نظر وجود حفره، وضعیت فاز W در مقایسه با فاز V مناسب‌تر است. سطح تخلیه‌های اندازه‌گیری شده فاز V در ولتاژ نامی حدود 10 نانوکولن می‌باشد که می‌تواند بیانگر وجود حفره در سیستم عایقی باشد.

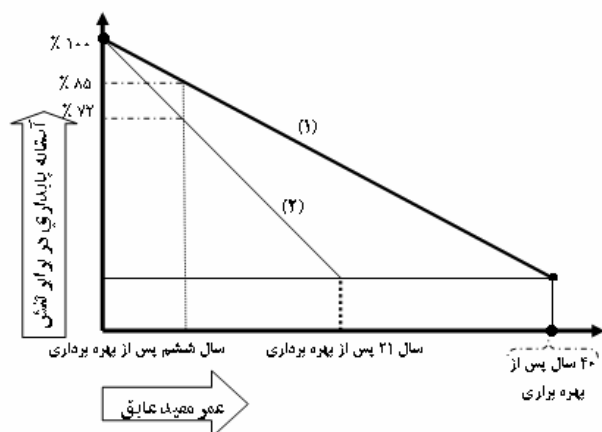
مطابق شکل (12) در سال ششم پس از شروع بهره‌برداری و با فرض کاهش حاشیه امنیت، حد آستانه پایداری سیستم عایقی در برابر تنش‌ها پس از 40 سال با یک نسبت خطی باید به اندازه 85 درصد باشد. در حالیکه متوسط محاسبه شده در روش تحلیل تست PDCA این آستانه برای سیستم عایقی به اندازه 72 درصد می‌باشد. بنابراین تخمین عمر باقیمانده برای هیدروژنراتور واحد دو نیروگاه سد کرخه حدود بیست و یک سال پس از بهره‌برداری می‌باشد.

جدول (1): شیب جریانهای پلاریزه و دی پلاریزه سه فاز واحد دو

فاز	U	V	W
شیب جریان پلاریزاسیون	0/625	0/66	0/692
شیب جریان دیپلاریزاسیون	0/91	0/84	0/85
اختلاف	0/285	0/18	0/158



شکل (11): نتایج نهایی بدست آمده از تحلیل تست PDCA برای 3 فاز واحد دو



شکل (12): نمودار مربوط به طول عمر سیستم عایق استاندارد ژنراتور واحد دو

نشان‌دهنده وضعیت خوب عایق است. از اینرو با مقایسه شیب جریانهای پلاریزاسیون عایق ژنراتور واحد دو مشخص می‌شود که وضعیت فاز W نسبت به دو فاز دیگر تا اندازه‌ای بهتر است ولی کماکان این مقادیر از حالت سالم فاصله دارد. برای یک عایق سالم شیب حاصل از جریان پلاریزاسیون هنگامی که عایق تحت ولتاژ تست می‌باشد باید با شیب جریان دیپلاریزاسیون برابر باشد. در غیر اینصورت هرچه میزان اختلاف کمتر باشد عایق از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است. در جدول (1) مقادیر شیب اندازه‌گیری شده جهت مقایسه بهتر آورده شده است.

با توجه به مقادیر محاسبه شده برای شیب جریان‌های دیپلاریزاسیون مشخص می‌شود که در اینجا هم فاز W از وضعیت بهتری در مقایسه با دو فاز دیگر قرار دارد. شیب جریان فاز U نیز در مقایسه با دو فاز دیگر بیشتر است. میزان اختلاف شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون برای هر فاز می‌تواند بیانگر وضعیت عایق باشد. اختلاف شیب جریان‌های پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون در فاز U نسبت به دو فاز دیگر بیشتر است. اختلاف شیب جریانهای پلاریزاسیون و دیپلاریزاسیون عایق می‌تواند نشانه زوال کیفیت عایق باشد. از اینرو فاز W واحد دو وضعیت بهتری نسبت به دو فاز دیگر دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری پالسهای تخلیه جزیی نیز مناسب بودن فاز W را نشان می‌داد. در شکل (11) هرچه شاخص ارائه شده در هر معیار به عدد 100 نزدیکتر باشد وضعیت عایق آن فاز در آن معیار بهتر می‌باشد. با توجه به متوسط نتایج حاصل از تحلیل تست PDCA، وضعیت نهایی واحد دو 72 درصد می‌باشد. در صورتیکه ارتباط حجم و کیفیت نگهداری و تعمیرات با شاخص‌های کیفی عایق (نظیر مقاومت عایقی، اندیس پلاریزاسیون، تانژانت تلفات و ...) مستقیم فرض گردد می‌توان روند پیری عایق در طول مدت بهره‌برداری بر حسب شاخص‌های اشاره شده را نیز بصورتی خطی فرض نمود، که از شرایط 100 درصد نامی تا جایی که زوال کامل رخ دهد در حالت طبیعی با طول عمر 40 سال ادامه دارد.

- 3 D. G. Watterson, M. Bradford and W. Prescott, "In – Service dielectric testing of the Winding Insulation of HV motors and generators", ERA Report 90-6060, May 1990.
- 4 IEEE std. 43-2000." IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery
- 5 G. C. Stone, E. A. Boulter, I. Culbert, H. Dhirani, "ELECTRICAL INSULATION FOR ROTATING MACHINES, Design, Evaluation, Aging, Testing, and Repair", Copyright © 2004 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers
- 6 M. Farahani, H. Borsi and E. Gockenbach, "Dielectric Response Studies on Insulating System of High Voltage Rotating Machines", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 13, No. 1; February 2006
- 7 Understanding Insulation Resistance Testing, Technical Assistance, Chavin Arnoux Grou

پیوست الف: مشخصات هیدروژنراتور

جدول (2): مشخصات ژنراتورهای نیروگاه سد کرخه

140 MVA	قدرت نامی
13/8 kV	ولتاژ نامی
5864 آمپر	جریان نامی
0/95 پس فاز	ضریب قدرت
150 rpm	سرعت
50 هرترز	فرکانس
3	تعداد فاز
هوا	روش خنک‌سازی
F	کلاس عایقی
98/8	بازده در توان نامی
2001 میلادی	سال راه‌اندازی
7 سال	عمر واحد
VA TECH HYDRO	شرکت سازنده

4- نتیجه‌گیری

بررسی و تحلیل نتایج داده‌های تست‌های عایقی نظیر PDCA و اندازه‌گیری تخلیه جزئی که بر روی هیدروژنراتور سد کرخه صورت گرفت، به سابقه عملکردی ماشین، نتایج تست‌های قبلی و شرایط محیطی وابستگی کامل دارد. بدین منظور تست‌ها باید در طول چند دوره مختلف انجام شود و روند تغییرات آنها و به عبارت دیگر رفتار زمانی مربوط به عایق مورد بررسی قرار بگیرد. در خصوص انجام تست PDCA، روند تغییرات مقدار جریان‌های اندازه‌گیری شده و همچنین شیب منحنی‌ها در طول دوره بهره‌برداری در کنار نتایج حاصل از اندازه‌گیری پالس‌های تخلیه جزئی اطلاعات مفیدی را در خصوص وضعیت عایق ارائه می‌دهد که می‌تواند در برنامه‌ریزی فعالیتهای نگهداری و تعمیرات مفید باشد. همانطور که دیده شد در خصوص ارزیابی وضعیت عایقی فازها، نتایج تست PDCA و اندازه‌گیری پالس‌های تخلیه جزئی مؤید یکدیگر هستند. که این امر دقت و قابلیت اطمینان ارزیابی صورت گرفته را افزایش می‌دهد. اما مساله مهمتری که باید مورد توجه قرار بگیرد قابلیت‌های پیش‌بینی و پیشگویانه وقوع خطاهایی است که از بررسی نتایج اینگونه تست‌ها فراهم می‌شود. این امکان موجب می‌شود که بتوان رژیم کاری متناسب با وضعیت واحد تعریف نمود تا علاوه بر افزایش عمر ماشین از خروج ناخواسته آن نیز جلوگیری کرد.

مراجع

- 1 s.jiancheng, Y.Bo, X.Hengkun, "new estimation techniques for multi-stress aging test of large generator stator winding insulation ", proceedings of the 6th international conference on properties and applications of dielectric materials, 2000
- 2 J. S. Simons, "Diagmotic Measurements on high Voltage Machine Insulation Recommended tests based on the years testing in the Fields and Suggested merit rating system", Proc.CEA, Int. Symp. On Generator Insulation test, June 1980.

