

#

#

## بررسی تأثیر دما روی الگوهای تخلیه الکتریکی جزئی ناشی از عیوب سطحی شینه های ژنراتور فشارقوی

حیدر علی شایانفر

استاد دانشگاه علم و صنعت ایران

ایران

منصور رفیعی

دانشجوی دکترای دانشگاه علم و صنعت ایران

و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق

ایران

واژه های کلیدی : اندازه گیری تخلیه جزئی، عیوب سطحی، آشکار سازی، تأثیردما، شینه ژنراتور

#

### چکیده :

حرارت می تواند روی فعالیت تخلیه الکتریکی جزئی شینه های ژنراتور تأثیر داشته باشد. برای شینه سالم این تأثیر در حد صفر، برای بعضی از انواع عیوب مانند تورق عایق تأثیر کاهنده و برای بعضی عیوب دیگر مانند تخریب رنگ هادی و نیمه هادی تأثیر افزایش دهنده خواهد بود.

برای بررسی این موضوع و امکان استفاده از این تأثیر برای تشخیص نوع عیوب، در این تحقیق تخلیه الکتریکی جزئی شینه های واقعی یک هیدروژنراتور در دماهای مختلف و با عیوب سطحی مختلف اندازه گیری و تحلیل شده است. برای ایجاد دماهای زیاد در شینه توسط یک ترانسفورماتور جریان زیاد HCT به آن جریانی در حد ۲۰۰۰ آمپر تزریق شده است. پس از برطرف سازی عیوب نیز مجدداً اندازه گیری تخلیه جزئی صورت گرفته تا میزان اثر بخشی برطرف سازی عیوب نیز مورد بررسی قرار گیرد. تحلیل پالسهای تخلیه جزئی روی توزیعهای فاز و دامنه صورت گرفته و برای تفکیک توزیعها از پلاریته پالسهای تخلیه استفاده شده است.

### ۱- مقدمه

شرایط کاری ماشینهای فشار قوی بر فعالیت تخلیه الکتریکی جزئی آنها تأثیرگذار است. اثر ولتاژ، درجه حرارت و رطوبت نسبی بر میزان فعالیت تخلیه جزئی در ژنراتورها مورد بررسی قرار گرفته است [1-4].

بررسی ها نشان داده است اگر سیم پیچ استاتور در شرایط خوبی باشد حرارت تأثیری بر تخلیه جزئی ندارد [5]. اما اثر منفی درجه حرارت در عایق جداره زمین متورق دیده میشود. همانطور که سیم پیچ گرم می شود در اثر انبساط مس و عایق حفره ها تحت فشار قرار می گیرند و هم تعداد و هم ابعاد آنها کاهش می یابد. در نتیجه دامنه تخلیه ممکن است تا ۳۰٪ یا بیشتر کاهش یابد [6]. اثر مثبت درجه حرارت میتواند موقعی روی دهد که مشکلی در پوشش نیمه هادی شیپار و یا پوشش سیلیکون کارباید در بیرون شیپار وجود داشته باشد. این درجه حرارت مقاومت این پوشش ها را زیاد می کند. این موضوع کارائی آنها را در کنترل تنش های الکتریکی کاهش داده و لذا دامنه تخلیه ها افزایش می یابد [7].

مگابایت می باشد. حافظه روی برد سیستم جدا از حافظه کامپیوتر ۱۲۸ مگابایت است و در نتیجه با نرخ نمونه گیری ۱۰ MSPS می توان ۶ ثانیه پشت سر هم از سیگنال تخلیه جزئی نمونه برداری و در ۶ فایل مجزا ذخیره نمود. تجهیز مورد تست ده نمونه شیشه واقعی هم شکل و هم اندازه مربوط به یک هیدروژنراتور است. جدول ۱- مشخصات این شیشه ها که توسط یکی از شرکتهای سازنده داخلی ساخته شده را نشان می دهد.

جدول ۱- مشخصات شیشه های مورد آزمایش

ولتاژ نامی :	۱۱ کیلو ولت
آرایه مقطع شیشه :	۱۸ * ۲
سطح مقطع شیشه :	۳۵۸ میلیمتر مربع
کلاس عایقی :	F
سیستم عایقکاری :	VPI
طول قسمت درون شیار :	۲۰۵۰ میلیمتر
طول قسمت بیرون شیار :	۲۵۰ میلیمتر- هر طرف (رنگ نیمه هادی)

نتایج تست ضریب تلفات عایقی و ظرفیت خازنی برای یک نمونه از این شیشه ها به قرار زیر است:

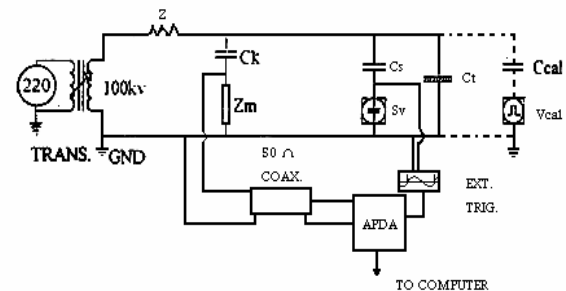
TEST VOLTGAE :	11 kV
$\tan \delta$ :	0.0427
C :	2.124 nF

برای بررسی اثر دما نیاز به افزایش دمای شیشه هنگام اندازه گیری تخلیه الکتریکی جزئی بود. بدین منظور از روش تزریق جریان به شیشه برای گرمایش آن استفاده گردید. با توجه به امپدانس کم شیشه و جریان نامی بالای آن عمل تطبیق امپدانس باید توسط یک HCT<sup>1</sup> ترانسفورماتور جریان زیاد انجام میشد. ترانسفورماتور مذکور با هسته چنبره ای شکل و با نسبت تبدیل ۱۰۰:۱ و ۲۰۰:۱ با قابلیت تزریق جریان تا ۱۰۰۰۰ آمپر و قدرت ۱۰ کیلو ولت آمپر ساخته شد. شکل ۲- نحوه اتصال شیشه به این ترانسفورماتور را نشان میدهد.

در این تحقیق اثر حرارت روی فعالیت تخلیه الکتریکی جزئی شیشه های یک هیدروژنراتور مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور تخریب هائی در رنگ نیمه هادی (قسمت داخل شیار) و رنگ سیلیکون کاربرد (قسمت بیرون شیار) آن ایجاد شده است. تخلیه الکتریکی جزئی برای هر کدام از این عیوب در سه دمای مختلف و در ولتاژ نامی اندازه گیری شده و پس از ترمیم این عیوب نیز مجدداً تخلیه جزئی اندازه گیری شده و نتایج مورد بررسی قرار گرفته اند.

## ۲- نحوه انجام آزمایشات

برای انجام این آزمایشات از مدار شکل زیر به عنوان مدار آشکارسازی استفاده شده که مطابق با شکل ۴-a استاندارد IEC 270 می باشد [8].



شکل ۱- مدار اندازه گیری سیگنال تخلیه

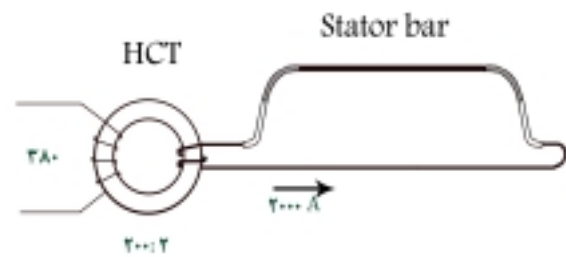
تجهیز مورد تست - در اینجا شیشه ژنراتور- از طریق یک امپدانس محدود کننده به ولتاژ تست متصل می شود. افت ولتاژ روی امپدانس آشکارساز  $Z_m$  که بطور سری با خازن کوپلاژ  $C_k$  قرار گرفته است بوسیله کابل کوکسیال ۵۰ اهمی جهت آشکارسازی سیگنال تخلیه به دستگاه اندازه گیری APDA ارسال می گردد.

APDA یک سیستم کامپیوتری برای اندازه گیری، ثبت و تحلیل پالسهای تخلیه الکتریکی جزئی می باشد که توسط مؤلفین ساخته شده است.

تبدیل نمونه های آنالوگ به دیجیتال بصورت ۱۴ بیتی است که بخاطر کاهش نوسانات ناخواسته فقط از ۱۲ بیت پر ارزش آن استفاده می شود. سرعت نمونه برداری از سیگنال ۱۰ MSPS (ده میلیون نمونه در ثانیه) و عرض هر نمونه دو بایت و در نتیجه حجم فایل ذخیره شده برای هر ثانیه ۲۰

<sup>1</sup> - High Current Transformer

- تمیز کردن سطح شیشه
- اطمینان از زمین بودن مناسب هادی سطح شیشه
- کنترل مدار تست و اتصالات
- اطمینان از عدم وجود منابع نویز در مجاورت دستگاه
- رساندن دمای شیشه به دمای مورد نظر
- اعمال ولتاژ به شیشه و نگاه داشتن آن به مدت ده دقیقه
- انجام آزمایش و ذخیره سازی نتایج



شکل ۲- نحوه اتصال شیشه به HCT

پس از تکمیل مراحل فوق و انجام تمامی آزمایشات نتایج بایستی تحلیل گردند. حجم فایلهای بدست آمده بیش از ۱۰۰۰ مگابایت است.

نرم افزار سیستم APDA قادر است پس از آماده سازی و پردازش سیگنالهای ثبت شده کمیتهای تجمع و ویژگیهای آماری آنها را محاسبه نماید. برخی از این ویژگیها عبارتند از:

- پیشش<sup>۱</sup>، تیزی<sup>۲</sup> و وابستگی متقابل<sup>۳</sup> برای توزیعهای  $H_n(\phi)$  و  $H_n(q)$  هر یک برای بارهای با پلاریته مثبت و منفی

- متوسط بار تخلیه برای بارهای با پلاریته مثبت و منفی
- ماکزیمم بار تخلیه برای بارهای با پلاریته مثبت و منفی
- متوسط جریان تخلیه<sup>۴</sup>
- مجذور بار تخلیه بر واحد زمان<sup>۵</sup>

پیشش یک توزیع آماری از رابطه زیر بدست می آید:

$$sk = \frac{\sum (x_i - \mu)^3 \cdot P_i}{\sigma^3} \quad (1)$$

تیزی یک توزیع آماری که تجمع داده ها حول میانگین را نشان می دهد از رابطه زیر بدست می آید:

$$ku = \frac{\sum (x_i - \mu)^4 \cdot P_i}{\sigma^4} \quad (2)$$

<sup>1</sup>-skewness

<sup>2</sup>-kurtosis

<sup>3</sup>-cross correlation

<sup>4</sup>- average discharge current

<sup>5</sup>- quadratic rate

ترانسفورماتور مذکور می توانست در مدت ۲۵ دقیقه با تزریق ۲۰۰۰ آمپر به شیشه دمای سطح آن را از دمای محیط به ۸۰ درجه سانتیگراد برساند.

بدین ترتیب شرایط برای افزایش دمای شیشه فراهم گردید و آزمایشات اندازه گیری و ثبت تخلیه الکتریکی جزئی برای تمام شیشه ها در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد نیز ثبت گردید. همچنین در روند کاهش دما بعد از انجام تست ۸۰ درجه روی هر شیشه، در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد نیز آزمایش تخلیه جزئی انجام و نتایج ثبت گردید.

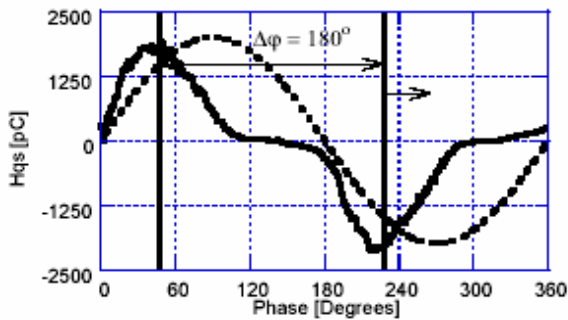
در نتیجه برای ۳ دما یعنی دمای محیط (حدود ۲۵ الی ۳۰ درجه)، ۸۰ درجه و ۴۵ درجه در ولتاژ نامی سیگنال تخلیه الکتریکی جزئی برای تمام شیشه و هر کدام ۶ ثانیه متوالی بدست آمد.

پس از ترمیم عیوب سطحی ایجاد شده شده روی شیشه ها، مشابه این روند آزمایش برای تمام شیشه ها در ۳ دمای مذکور تکرار گردید.

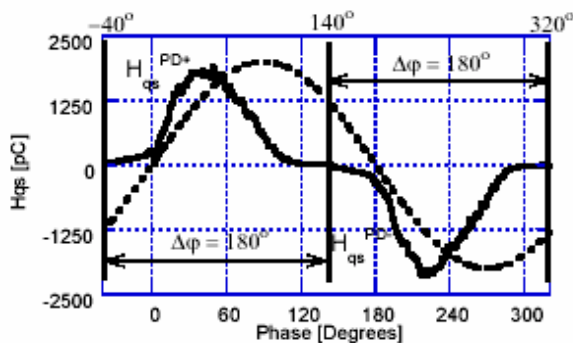
برای بررسی اثر دمای روی الگوی تخلیه جزئی شیشه ای ژنراتور که عیب سطحی آنها در منطقه داخل شیار یعنی جایی که سطح شیشه با رنگ هادی پوشانده شده است، در این منطقه نیز مستطیلی به ابعاد ۱\*۳ سانتیمتر از رنگ هادی تخریب گردید. سپس مشابه آزمایشات فوق در این حالت نیز تکرار گردید.

در مجموع ۳ حالت (عیب شماره ۱، عیب شماره ۲ و عیوب ترمیم شده) در ۳ دما برای ۱۰ شیشه و هر شیشه ۶ نمونه یعنی بیش از پانصد نمونه هر یک با حجم ۲۰ مگابایت بدست آمد.

برای انجام آزمایش مقدمات زیر رعایت می گردید:



(a)



(b)

شکل ۳- تفکیک توزیع بار بر حسب فاز (a) پنجره متحرک با پهنای ۱۸۰ درجه (b) توزیع تفکیک شده براساس پلاریته پالسهای تخلیه

نسبت به تغییرات کوچک در فعالیت تخلیه نزدیک فاز عبور از صفر ولتاژ خیلی حساس است.

### ۳- نتایج آزمایشات

جداول ۲ و ۳ خلاصه شاخص های آماری بدست آمده از نتایج آزمایشات را نشان می دهند. sk پارامتر پیچش ، ku پارامتر تیزی و CC ضریب وابستگی متقابل هریک از توزیعیهای  $H_n(\phi)$  و  $H_n(q)$  را نشان می دهند. علامتهای (+) و (-) مربوط به پلاریته پالسهای تخلیه می باشند. هریک از پارامترهای فوق برای سه دمای ۲۵ درجه ، ۴۵ درجه و ۸۰ درجه سانتیگراد بدست آمده اند. میانگین مقدار هریک از این پارامترها برای ۹ شیشه و ۶ آزمایش روی هریک یعنی میانگین ۵۴ مقدار بدست آمده در جداول فوق الذکر درج شده است. به عنوان مثال در ردیف اول ستون سوم جدول شماره ۲ عدد ۰/۴۹۴ مقدار میانگین پیچش توزیع آماری  $H_n(\phi)$  برای تخلیه های با پلاریته مثبت در دمای ۸۰ درجه برای ۹ شیشه و ۶ آزمایش روی

وابستگی متقابل که میزان شباهت دو توزیع آماری را نشان میدهد از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$CC = \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i - \sum x_i / n \cdot \sum y_i / n}{\sqrt{\left(\sum x_i^2 - \left(\sum x_i\right)^2 / n\right) \left(\sum y_i^2 - \left(\sum y_i\right)^2 / n\right)}} \quad (3)$$

برای تقسیم یک توزیع آماری و تفکیک پلاریته های مثبت از منفی دو روش می تواند بکار رود:

الف) تفکیک توزیع آماری بر اساس پلاریته ولتاژ اعمالی  
ب) تفکیک توزیع آماری بر اساس پلاریته پالسهای تخلیه  
در روش الف، فاز ۳۶۰ درجه ای ولتاژ فرکانس قدرت به دو قسمت صفر تا ۱۸۰ درجه (نیم سیکل مثبت) و ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه (نیم سیکل منفی) تقسیم می شود. پالسهای روی داده در این دو قسمت، بطور جداگانه با هم جمع شده و تشکیل توزیع مثبت و منفی را میدهند.

در روش ب نیز باید فاز ۳۶۰ درجه به دو قسمت مساوی ۱۸۰ درجه ای تقسیم شود اما چون اساس جدا سازی در این روش پلاریته پالسهای تخلیه میباشد ، لذا برای تعیین شروع ۱۸۰ درجه مثبت از الگوریتم زیر استفاده می گردد:

۱. ابتدا پنجره ای به عرض ۱۸۰ درجه در نظر گرفته میشود.
۲. شروع پنجره از زاویه صفر فرض می شود.
۳. تعداد پالسهای مثبت در این پنجره شمارش می گردد.
۴. پنجره به اندازه یک واحد (یک پنجره فاز) به جلو برده میشود .
۵. مراحل ۳ و ۴ برای تمام طول سیکل (تمام پنجره های فاز) تکرار می گردد.
۶. پنجره ای که در آن بیشترین تعداد پالسهای مثبت روی داده به عنوان نیم سیکل مثبت و بقیه سیکل به عنوان نیم سیکل منفی در نظر گرفته می شود.

شکل ۳- چگونگی انجام این کار را روی توزیع  $H_{qs}(\phi)$  نشان می دهد.

در این تحقیق از روش ب یعنی تفکیک توزیع ها بر اساس پلاریته پالسهای تخلیه استفاده شده است ، زیرا روش الف

هر شیشه می باشد

برای وضوح بیشتر و ایجاد امکان مقایسه ، این نتایج در شکل‌های ۴ و ۵ بصورت نمودار نشان داده اند. از شکل‌های ۴-الف و ۴-ب دیده می شود که مقدار پیچش توزیع  $H_n(\phi)$  برای تخلیه های مثبت و منفی به ازای افزایش دما سیر صعودی دارد. بدین معنی که وقوع تخلیه در فازهای کوچکتر افزایش می یابد. شکل‌های ۴-ج و ۴-د نیز سیر صعودی مقدار پارامتر تیزی توزیع  $H_n(\phi)$  را از مقادیر کوچک منفی به مقادیر کوچک مثبت برای تخلیه های مثبت و منفی نشان می دهد و بیانگر این است که تعداد تخلیه ها در یک محدوده معین فاز (حوالی میانگین) افزایش یافته است.

شکل‌های ۵-الف و ۵-ب پارامتر پیچش توزیع  $H_n(q)$  برای هر سه دسته نشان می دهند. بدین معنی که تخلیه های با دامنه کمتر افزایش بیشتری داشته اند.

شکل‌های ۵-ج و ۵-د نیز نشان می دهند که مقدار پارامتر تیزی برای  $H_n(q)$  که همواره عدد مثبت بزرگی است با افزایش دما بازم بیشتر می شود یعنی با افزایش دمای شیشه تعداد تخلیه های با دامنه نزدیک مقدار میانگین افزایش می یابد. پارامتر CC یا وابستگی متقابل برای توزیع  $H_n(q)$  برای تأثیر دما روی این دونوع عیب اطلاعات مهمی بدست نمی دهد. شباهت این دو توزیع باعث می شود که CC هرچه بیشتر نزدیک به عدد یک باشد. نزدیک بودن مقادیر sk و ku برای پلاریته های مثبت و منفی این توزیع موضوع فوق را تأیید مینماید. نتیجه ای که از روند تغییرات ضریب وابستگی متقابل توزیع  $H_n(\phi)$  می توان گرفت این است که در دماهای بالا این ضریب برای هر سه دسته فوق افزایش می یابد یعنی توزیعهای مثبت و منفی بیشتر به یکدیگر شبیه می شوند.

همانطور که دیده می شود با وجود استخراج ویژگی های آماری از سیگنالهای تخلیه الکتریکی جزئی بازم با حجم وسیعی از داده ها مواجه هستیم . این موضوع مشکلات تعیین نوع عیب یا عیوب شیشه از روی نتایج آزمایشات و حتی از روی ویژگیهای استخراج شده رانمایان ساخته و بر ضرورت استفاده از روشهای هوشمند برای تعیین نوع عیب یا عیوب شیشه های ژنراتور از روی الگوهای تخلیه تاکید می نماید.

جدول ۲- شاخصهای آماری مربوط به عیب شماره ۱

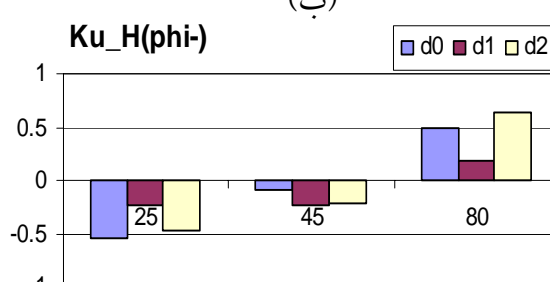
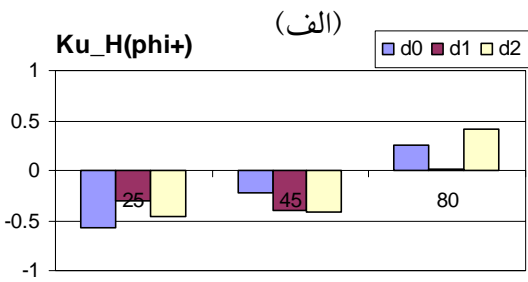
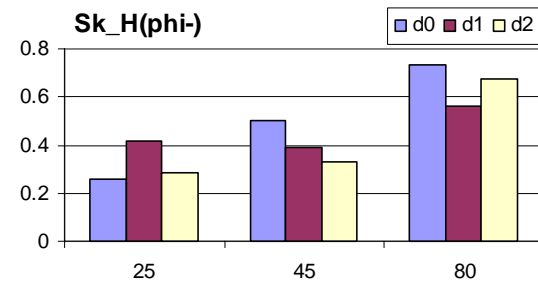
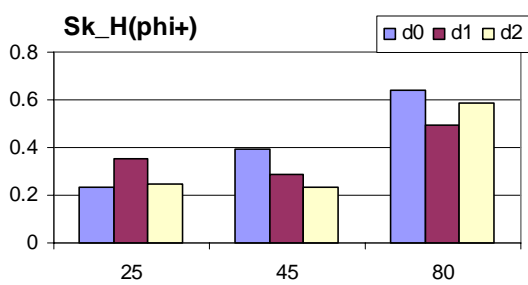
		دمای شیشه در هنگام تست			
		۲۵	۴۵	۸۰	
$H_n(\phi)$	sk	+	۰,۳۵۱	۰,۲۸۸	۰,۴۹۴
		-	۰,۴۱۵	۰,۳۹۰	۰,۵۶۱
	ku	+	-۰,۳۰۳	-۰,۳۹۷	۰,۰۲۲
		-	-۰,۲۲۸	-۰,۲۴۰	۰,۱۸۱
	cc		۰,۲۹۴	-۰,۰۷۸	۰,۶۸۲
$H_n(q)$	sk	+	۳,۳۴۳	۲,۸۶۹	۳,۳۶۶
		-	۳,۶۵۷	۲,۸۴۳	۴,۰۵۷
	ku	+	۱۸,۰۹۵	۱۱,۷۴۳	۱۶,۰۶۷
		-	۲۴,۳۴۳	۱۱,۹۵۲	۳۵,۰۶۴
	cc		۰,۹۹۵	۰,۹۹۴	۰,۹۹۷

جدول ۳- شاخصهای آماری مربوط به عیب شماره ۲

		دمای شیشه در هنگام تست			
		۲۵	۴۵	۸۰	
$H_n(\phi)$	sk	+	۰,۲۴۸	۰,۲۳۱	۰,۵۸۷
		-	۰,۲۸۷	۰,۳۳۲	۰,۶۷۶
	ku	+	-۰,۴۶۴	-۰,۴۱۵	۰,۴۱۵
		-	-۰,۴۷۸	-۰,۲۱۷	۰,۶۳۷
	cc		۰,۳۵۰	۰,۰۳۱	۰,۵۶۲
$H_n(q)$	sk	+	۳,۵۷۱	۳,۰۴۵	۴,۰۰۲
		-	۳,۱۴۷	۳,۴۵۲	۳,۷۲۷
	ku	+	۱۹,۶۷۸	۱۳,۷۲۸	۲۴,۶۷۴
		-	۱۵,۰۰۱	۲۴,۴۹۸	۲۴,۸۱۸
	cc		۰,۹۹۵	۰,۹۷۵	۰,۹۹۷

جدول ۴- شاخصهای آماری مربوط به شیشه با عیوب برطرف شده

		دمای شیشه در هنگام تست			
		۲۵	۴۵	۸۰	
$H_n(\phi)$	sk	+	۰,۲۳۳	۰,۳۹۶	۰,۶۳۹
		-	۰,۲۵۷	۰,۵۰۰	۰,۷۳۱
	ku	+	-۰,۵۶۹	-۰,۲۱۸	۰,۲۴۷
		-	-۰,۵۳۹	-۰,۰۸۶	۰,۴۸۹
	cc		۰,۴۹۵	۰,۲۸۶	۰,۶۰۲
$H_n(q)$	sk	+	۳,۱۱۱	۳,۲۶۰	۳,۶۶۲
		-	۲,۹۰۵	۳,۱۸۸	۳,۲۴۷
	ku	+	۱۴,۱۶۳	۱۵,۲۴۶	۲۱,۱۹۸
		-	۱۳,۷۹۴	۱۷,۶۴۲	۱۷,۰۳۲
	cc		۰,۹۹۳	۰,۹۹۳	۰,۹۹۷



(ج)

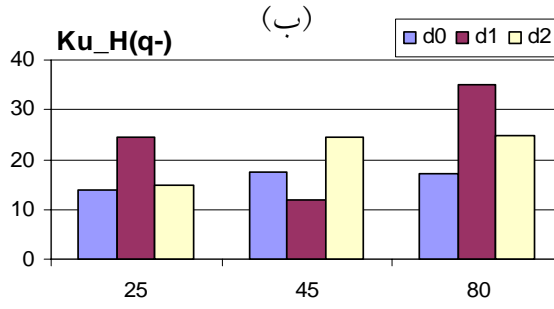
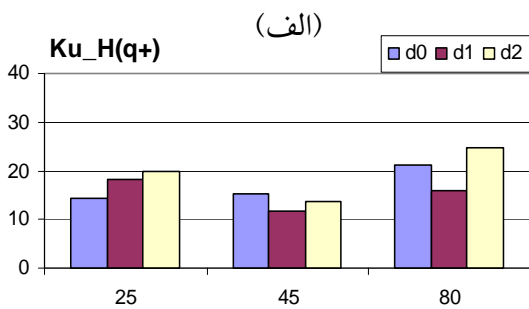
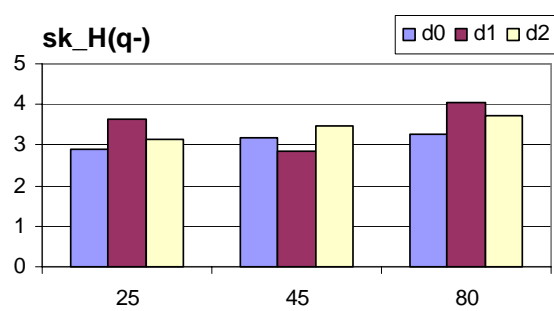
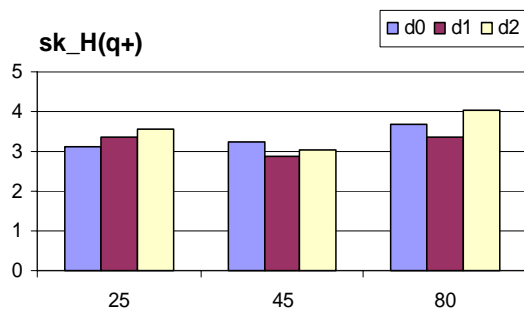
(د)

شکل ۴- شاخصهای آماری مربوط به توزیع  $H_n(\phi)$  برای پلاریته های مثبت و منفی

d0: مربوط به عیوب ترمیم شده

d1: مربوط به عیب شماره ۱ - تخریب رنگ نیمه هادی در منطقه بیرون از شیار

d2: مربوط به عیب شماره ۲- تخریب رنگ هادی در منطقه داخل شیار



(ج)

(د)

شکل ۵- شاخصهای آماری مربوط به توزیع  $H_n(q)$  برای پلاریته های مثبت و منفی

- [2]- V. Warren, W. McDermid, G. Haines, "PDA/PPA Testing of Asphaltic-mica Insulation systems Hydraulic Generator Units", CEA 4<sup>th</sup> Motor and Generator PD Conference, Houston, May 1996, U.S.A.
- [3]- M. U. Kotlica, "High Voltage Insulation Quality Control Using Non-Destructing PDA Test", Coil Winding International & Electrical Insulation Magazine, Volume 22, Issue 2, 1998.
- [4]- G.C. Stone, B. A. Lloyd, S. R Campbell, "Development of an Automatic Continuous On-line Partial Discharge Monitor for Generators", CEA 4<sup>th</sup> Motor and Generator Conference, Houston, 1996, U.S.A.
- [5]- H. J. von Breen, E. Gulski, J.J. Smith, H F. A. Verhaart, W. de Leeuw, "The Importance of Generator Operating Conditions on PD Data Evaluation", Conference record of the 2002 International Symposium on Electrical Insulation , Boston, MA USA, April 7-10, 2002.
- [6]- B. A. Lloyd, S. R. Campbell, G. C. Stone, "Continuous On-line Monitoring of Generator Stator Windings", IEEE Trans. EC, Dec. 1999, pp1131-1137.
- [7]- G. C. Stone, V. Warren, H. G. Sedding, W. McDermid, "Advances in Interpreting Partial Discharge Test Results from Motor and Generator Stator Windings",
- [8]- IEC standard Publication 270, "Partial discharge measurement", second edition, 1981.
- [9]- IEEE 1434-2000, "IEEE Trial Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery", approved 26 April 2000.

#### ۴- جمع بندی و نتیجه گیری

در این مقاله دو نوع عیب متداول در شینه های ژنراتور و شاخص های بدست آمده از روی توزیع های مختلف تخلیه جزئی آنها مورد بررسی قرار گرفت. محل وقوع خرابی در شینه ها در مرز بین قسمت درون شیار و قسمت بیرون شیار و از نظر فیزیکی بسیار نزدیک یعنی با فاصله کمتر از ۱۰ سانتیمتر بود.

با انجام آزمایشات تخلیه الکتریکی جزئی اثر دما روی هریک از این دو نوع عیب و همچنین حالت برطرف شده عیوب یعنی شینه های تعمیر شده بررسی گردید.

با استفاده از ویژگیهای سیگنال تخلیه الکتریکی جزئی که از توزیعهای آماری مختلف بدست می آیند می توان حجم اطلاعات را کاهش داده و فرآیند طبقه بندی نوع عیب را آسانتر نمود. اما بکارگیری روشهای هوشمند طبقه بندی مبتنی بر شبکه های عصبی و مجموعه های فازی و یا ترکیب آنها برای تعیین نوع عیوب بخصوص عیوبی که الگوهای تخلیه تقریباً مشابه دارند الزامی بنظر می رسد.

نتیجه ای که می توان گرفت این است که افزایش دما روی شکل توزیع های دامنه و فاز پالسهای تخلیه جزئی مؤثر است. لذا می توان با انجام آزمایش تخلیه جزئی در دماهای مختلف اطلاعات بیشتری نسبت به نوع عیب کسب نمود و از آنها به عنوان وردی برای آموزش سیستمهای هوشمند شناسائی نوع عیب استفاده نمود.

#### ۵- تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم میدانند از شرکت توانیر و دانشگاه صنعت آب و برق بخاطر حمایت مالی و در اختیار قراردادن امکانات لازم برای انجام این تحقیقات تشکر نمایند.

#### ۶- منابع و مراجع

- [1]-E. Binder, A. Draxler, H. Egger, A. Hummer, "A Comparison Between on- and off-line PD Measurements of Stator Winding", ISH 97, Canada.