Archive of SID

تعیین هوشمند خطا در ترانسهای قدرت با استفاده از آنالیز گازهای غیرمحلول بر اساس استانداردهای مختلف با استفاده از منطق فازی

امیر حسین زائری[۱]، رحمت ا... هوشمند[۲]، محمدحسین کافی[۳]
۱- هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، amzaeri@gmail.com
۲- هیات علمی دانشگاه اصفهان، rahoshmand @yahoo.com
۳- هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، mhkafi@yahoo.com

چکیده

یکی از مسائل و مشکلات موجود در عیب‌یابی ترانسهای سیستم‌های قدرت بر اساس روش آنالیز گازهای غیرمحلول در روغن ترانس[۱]، عدم انطباق نتایج تشخیص عیب با استفاده از استانداردهای مختلف در بعضی از شرایط، با واقعیت موجود می‌باشد. در راستای حل مشکل مذکور، در این مقاله سعی گردیده است تا با استفاده از منطق فازی در این‌گونه استانداردها نتایج حاصله مورد بررسی قرار گرفته و میزان صحت و قابلیت اطمینان هر کدام از نتایج احتمالی بر اساس موارد تجربی تعیین گردد. مقایسات انجام گرفته ما بین روش جدید پیشنهادی و روشهای موجود کارایی این روش را در تشخیص واقعی‌تر عیب ترانسها و راکتـــــورهای قدرت، بدون نیاز به خارج کردن آنها از شبکه جهت تعیین عیب تجهیز، روشن می‌سازد. علاوه بر این، در مواردی که استانداردهای مختلف، قادر به تشخیص خطا نباشند، روش پیشنهادی، خطا را به شکل واقعی ارائه می‌کند.

واژه های کلیدی

تشخیص خطای ترانسفور ماتور، تحلیل گازهای غیرمحلول، منطق فازی

۱– مقدمه

شکست الکتریکی مواد عایقی درون ترانسفورماتور منجر به آزادسازی گاز در درون ترانسفورماتور می‌گردد، که چگونگی توزیع این گازها می‌تواند بیانگر نوع خطا بوده و نرخ تولید آنها نیز بیانگر شدت خطای موجود در ترانس باشد. تاکنون روشهای مختلفی جهت تشخیص خطا بر اساس آنالیز گازهای موجود در ترانس ارائه گردیده است[۱-۸]. از جمله این روشها می‌توان به روش آزمایش گازهای قابل احتـراق (TCG[۲]) که از بالای سطح روغن جمع ترانس جمع‌آوری می‌گردد اشاره نمود. کابرد این روش به علت عدم ارائه مقادیر هر یک از گازهای تولیدی (که مقادیر آنها در تشخیص نوع خطا بسیار مهم است) محدود می‌باشد[۸] .

روش متداولی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش آنالیز گازهای غیرمحلول در روغن ترانس است. مهمترین مزیت این روش، تشخیص خطا در مراحل اولیه شکل‌گیری آن می‌باشد که باعث پیشگیری بموقع از پیشرفت خطا در داخل تجهیزات الکتریکی می‌گردد. مهمترین مسأله در این روش، بدست آوردن داده‌ای است که خطا را به شکل صحیحی تشخیص دهد. در این زمینه، بعضی تحقیقات بر اساس استاندارد CEGB[۳] از روش توسعه یافته روجرز استفاده نموده‌اند که در آن چهار نرخ گازی جهت ایجـاد یک کـد چهـار رقمی بـکار گـرفتـه می‌شود. این کد چهار رقمی همان داده مجهول می‌باشد که ایجاد شده و در نهایت بر اساس جدول خاصی، معرّف نوع خطای موجود خواهد بود[۱]. همچنین در استاندارد IEC[۴] نیز بر اساس روش روجرز[۵]، سه نرخ گازی جهت ایجاد یک کد سه رقمی استفاده می‌گردد. در این استاندارد نیز کد حاصله بر اساس جدول خاصی، تعیین کننده نوع خطا خواهد بود[۲] . بعلاوه

www.SID.ir

Archive of SID

در استاندارد ASTM[۶] نیز با تشکیل یک کد چهار رقمی از چهار نسبت گازی و تطابق آن با جدول مخصوص به همان استاندارد، خطای ممکنه تشخیص داده می‌شود[۳].

نکته قابل توجه آن است که روش روجرز در صورتیکه دامنه اعداد کوچک باشد با خطای زیادی همراه خواهد بود و علاوه بر آن با استفاده از استانداردهای مختلف از جمله استانداردهای فوق قادر به تشخیص عیب یکسانی برای یک ترانس نمی‌باشد. بر این اساس، در مقالات گوناگون سعی گردیده تا با استفاده از تکنیکها و ابزارهای جدید از جمله سیستم‌های هوشمند، منطق فازی و ... ، روشهای دقیق‌تری در تعیین خطای ایجاد شده در تجهیزات الکتریکی، با استفاده از تحلیل گازهای غیرمحلول در روغن ترانس ارائه گردد [۲-۸].

در این مقاله سعی بر آن است تا با استفاده از منطق فازی در مرحله ایجاد کدهای ۳ رقمی یا ۴ رقمی حاوی اطلاعات خطا، و همچنین در مرحله به کار گیری آنها در تشخیص عیب با استفاده از جدول مخصوص، مشکلات فوق را تا حد زیادی بهبود بخشیم .

۲- گازهای غیرمحلول در روغن ترانس

در حالت عملکرد عادی ترانسفورماتورها، گازهای هیدروژن و هیدروکربنها مانند اتان (C_2H_6)، متان (CH_4)، اتیلن (C_2H_4) استیلن (C_2H_2) و غیره تولید می‌گردد. در صورت بروز اشکال در عملکرد عادی سیستم، یک یا چند نوع بخصوص گاز به میزان بیشتری تولید گردیده و مقدار آن در روغن ترانس بیشتر می‌گردد. این روغن، پس از حل مقدار معینی گاز، به اشباع می‌رسد و لذا قابلیت حل بیشتر گاز را نداشته و گاز از آن خارج می‌گردد. مقدار گاز قابل حل در روغن ترانس بستگی به درجه حرارت روغن و نوع گاز خواهد داشت. عوامل تولید گاز در ترانسفورماتورها (خطا) را می‌توان به سه دسته: تخلیه جزئی[۷]، تجزیه شیمیائی در اثر افزایش حرارت[۸] و جرقه زدگی[۹] تقسیم‌بندی نمود. این سه دسته از حیث شدت انرژی آزاد شده حین بروز خطا با یکدیگر متفاوت می‌باشند، بطوری‌که بالاترین میزان انرژی آزاد شده به‌ترتیب مربوط به جرقه‌زدگی، افزایش دما و در نهایت تخلیه جزئی می‌باشد. همچنین گازهای تولیدی در روغن ترانس را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

الف) هیدروژن و هیدروکربنها:

CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_2H_2 , H_2

ب) اکسیدهای کربن:

CO , CO_2

ج) گازهای غیر خطا:

O_2 , N_2

از طرف دیگر، گازهای داخل ترانس را می‌توان از دیدگاه محل و نوع خطا نیز بصورت زیر دسته‌بندی نمود:

الف) پولاریزاسیون یا افزایش دما: در این حالت، گازهای تولید شده در روغن ترانس و در دمای پائین، گازهای C_2H_6 , CH_4 می‌باشد و در دمای بالا نیز گازهایC_2H_4 , C_2H_6 , CH_4 و یا H_2 تولید می‌گردد. گازهای تولیدی در قسمت عایق سلولز نیز در حالت دمای پائین، گازهای CO_2 و CO می‌باشد و در دمای بالا نیز گازهایCO یا CO_2 خواهد بود.

ب) کرونا: در این حالت، گاز تولیدی در روغن، گاز H2 می‌باشد و در عایق سلولز نیز گازهای CO2 , CO , H2 تولید می‌گردد.

ج) قوس الکتریکی: در این حالت، گازهای C2H4 ,CH4 , C2H6 , H2 , C2 H2 تولید می‌گردد.

۳- روشهای تحلیل گازهای غیرمحلول در روغن

در این روش، ابتدا نمونه‌ای از روغن ترانس برداشت شده و سپس گازهای غیر محلول در آن، توسط دستگاه گازکروماتوگرافی استخراج، تفکیک و اندازه‌گیری می‌گردد.

جهت تفسیر نتایج حاصله از آزمایش، به دنبال ایجاد داده‌ای هستیم که با تشکیل آن بصورت مناسب و دقیق، خطای موجود را تشخیص دهیم. ایجاد این داده براساس استانداردهای متنوعی صورت می‌پذیرد. در ادامه، هر یک از این استانداردها توضیح داده می‌شود.

۳-۱- استاندارد IEC

کمیته بین‌المللی الکتریک با استفاده از روش توسعه یافته روجرز بدنبال تشکیل یک کد ۳ رقمی با توجه به ۳ نسبت گازی C_2H_2/C_2H_4، CH_4/H_2 و C_2H_4/C_2H_6 می‌باشد که کدهای مزبور در جدول (۱) آورده شده است.

با تشکیل کد ۳ رقمی حاصله از جدول (۱) و بر اساس جدول (۲) عیب موجود در ترانس را تشخیص می‌دهیم.

۳-۲- استاندارد CEGB

در این استاندارد، با استفاده از روش روجرز و با استفاده از چهار نسبت گازی CH_4/H_2، C_2H_6/CH_4، C_2H_4/C_2H_6 و C_2H_2/C_2H_4 و بر اساس جدول (۳)، یک کد چهار رقمی ایجاد گردیده که با استفاده از جدول (۴) قادر به تشخیص عیب موجود در ترانس خواهیم بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- معیار تعیین کدها IEC

شماره کد	مقادیر گاز	نسبت گازی
۰ ۱ ۲	<=0.1 >=0.1<3 > =3	$C_2H_2/C_2H_4 = X$
۱ ۰ ۲	<=0.1 > 0.1<1 >=1	$Y=CH_4/H_2$
۰ ۱ ۲	<=1 >=1<3 >=3	$Z= C_2H_4/C_2H_6$

جدول ۲- تشخیص خطا با کدهای IEC

نوع خطا	شماره کد		
بدون خطا	۰	۰	۰
تخلیه جزئی با چگالی انرژی کم	۰	۱	۰
تخلیه جزئی با چگالی انرژی زیاد	۱	۱	۰
تخلیه الکتریکی با چگالی انرژی کم	۱یا۲	۰	۱یا۲
تخلیه الکتریکی با چگالی انرژی زیاد	۲	۰	۱
خطای حرارتی با درجه حرارت کمتر از 150^0C	۱	۰	۰
خطای حرارتی با درجه حرارت بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه	۰	۲	۰
خطای حرارتی با درجه حرارت بین ۷۰۰-۳۰۰ درجه	۱	۲	۰
خطای حرارتی با درجه حرارت بالاتر 700^0C	۲	۲	۰

۳-۳- استاندارد ASTM

در این استاندارد نیز با استفاده از روش روجرز و تعیین چهار نسبت گازی C_2H_6/CH_4 , C_2H_4/C_2H_6، C_2H_2/C_2H_4 و CH_4/H_2 با توجه به جدول (۵) به تعیین کد چهار رقمی پرداخته و با توجه به کد بدست آمده و جدول (۶)، عیب ترانس تشخیص داده خواهد شد.

در این مقاله علاوه بر نسبتهای مذکور در هر کدام از استانداردها، مقادیر نسبتها CO_2/CO نیز در هر کدام از آزمایشها اندازه‌گیری گردیده و در تشخیص محل عیب (در داخل روغن یا عایق سلولز) بکار می‌رود .همانطور که در قسمت مقدمه نیز ذکر گردید، روش روجرز در مقادیر کوچک با خطای زیاد همراه می‌باشد و همچنین استانداردهای مذکور، خطای یکسانی را برای یک ترانس مشخص نمی‌کند. در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از

جدول ۳- معیار تعیین کدهای CEGB

شماره کد	مقادیر نسبتها	نسبت گازی
۵ ۰ ۱ ۲	<= 0.1 0.1<1 >=1<3 >=3	$W=CH_4/H_2$
۰ ۱	<1 >=1	$X=C_2H_6/CH_4$
۰ ۱ ۲	< 1 >= 1<3 >=3	$Y=C_2H_4/C_2H_6$
۰ ۱ ۲	< 0.5 >=0.5<3 >=3	$Z=C_2H_2/C_2H_4$

جدول ۴- تشخیص خطا بر اساس کدهای CEGB

نوع خطا	شماره کد			
	Z	Y	X	W
بدون خطا	۰	۰	۰	۰
تخلیه جزئی	۰	۰	۰	۵
افزایش دمای جزئی $> 150^0C$	۰	۰	۰	۱یا۲
افزایش دمای جزئی 200^0-150^0C	۰	۰	۱	۱یا۲
افزایش دمای جزئی 300^0-200^0 C	۰	۰	۱	۰
افزایش دمای عمومی در قسمتهای رسانا	۰	۱	۰	۰
جریان چرخشی در سیم پیچها	۰	۱	۰	۱
جریان چرخشی ما بین هسته و تانک افزایش دما در سربندیها	۰	۲	۰	۱
جرقه با چگالی انرژی بسیار کم	۱	۰	۰	۰
جرقه با چگالی انرژی زیاد	۱یا۲	۱یا۲	۰	۰
جرقه ممتد	۲	۲	۰	۰
تخلیه جزئی با ایجاد tracking	۱یا۲	۰	۰	۵
افزایش حرارت غیر عادی در عایق	$CO_2/CO> 11$			

منطق فازی طی دو مرحله کد گذاری و تعیین عیب حتی الامکان دو مشکل فوق را بر طرف نمائیم.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- معیار تعیین کدهای ASTM

شماره کد	مقادیر نسبتها	نسبت گازی
۱ ۲ ۳ ۴	0<w<0.1 0.1<w< یاw=0 1<W<3 3>W	W= CH_4/H_2
۰ ۱	X< ۱ X> ۱	X=C_2H_6/CH_4
۰ ۱ ۲	Y<۱ ۱< Y < ۳ Y> ۳	Y=C_2H_4/C_2H_6
۰ ۱ ۲	Z< ۰/۵ ۰/۵< Z< ۳ Z> ۳	Z=C_2H_2/C_2H_4

۴- کاربرد الگوریتم فازی در مسئله

سیستم‌های فازی بر مبنای قواعد یا دانش بشری پایه‌ریزی می‌گردد. ساخت یک سیستم فازی طی دو مرحله انجام می‌پذیرد که مرحله اول، بـدست آوردن مجمـوعه ای از قواعد "اگر و آنگاه فازی" می‌باشد و در مرحله دوم، قواعد بدست آمده در مرحله اول را در یک سیستم واحد ترکیب می‌نماییم. این سیستم واحد می‌تواند سیستم فازی خالص یا سیستم فازی کاکی سوگنو و کانگ(TSK) و یا سیستم همراه فازی ساز و غیر فازی ساز باشد در این مـــــقاله، سیســـــتم نوع سوم بکار گرفته شده اســـــت.

۴-۱- مجموعه فازی و توابع عضویت

یک مجموعه فازی x (زیر مجموعه) بر روی مجموعه مرجع X، به وسیله یک تابع عضویت μ_a که بیانگر نگاشت زیر است تعریف می‌گردد:

$$[\mu_a : x \ ] \qquad (۱)$$

که مقدار μ_a (x) بیانگر مقدار عضویت یا درجه عضویت x در مجموعه مرجع است که مقدار عضویت نیز بیانگر درجه تعلق x به مجموعه فازی A می‌باشد. در این مقاله مجموعه فازی به دو صورت زیر بیان می‌گردد[۲]:

$$\mu_d(x)=\begin{cases}1 & \text{for} \quad r \le A \\ \dfrac{1}{1+\left(\dfrac{A-r}{a}\right)^2} & otherwise\end{cases} \qquad (۲)$$

$$\mu_a(x)=\begin{cases}1 & \text{for} \quad r \ge A \\ \dfrac{1}{1+\left(\dfrac{A-r}{a}\right)^2} & otherwise\end{cases} \qquad (۳)$$

که A مشخص کننده مقادیر مرزی و a مشخص کننده چگونگی توزیع تابع عضویت می‌باشد. نحوه فازی شدن کد ۱ در استاندارد IEC براساس این توابع عضویت در شکل (۱) قابل مشاهده است.

. جدول ۶- تشخیص خطا بر اساس کدهای ASTM

نوع خطا	شماره کد			
	Z	Y	X	W
عادی	۰	۰	۰	۲
تخلیه جزئی	۰	۰	۰	۱
افزایش دمای C 150^0	۰	۰	۰	۳
افزایش دمای جزئی C < 150^0	۰	۰	۰	۴
افزایش دما C200 -150	۰	۰	۱	۳
افزایش دما C200 -150	۰	۰	۱	۴
افزایش دما C300 –200	۰	۰	۱	۴
افزایش دما در تمام هادیها	۰	۱	۰	۲
جریان چرخشی در سیم پیچ	۰	۱	۰	۳
جریان چرخشی در بین هسته و تانک و افزایش دما در اتصالات	۰	۲	۰	۳
جرقه با چگالی انرژی بسیار کم	۱	۰	۰	۲
جرقه زیاد با چگالی انرژی بالا	۱	۱	۰	۲
جرقه با چگالی انرژی بالا	۲	۱	۰	۲
جرقه با چگالی انرژی بالا	۱	۲	۰	۲
جرقه ممتد	۲	۲	۰	۲
تخلیه جزئی با tracking	۱	۰	۰	۱
تخلیه جزئی	۲	۰	۰	۱

جدول ۷- اطلاعات مقادیر گازها در ترانسهای مورد مطالعه

شماره	مقادیر گازها				
ترانس	H_2	CH_4	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6
۱	۷۹۶	۹۹۹	۳۱	۱۵۹۹	۲۳۴
۲	۹۵	۱۱۰	۰/۱>	۵۰	۱۶۰
۳	۱۲۰	۱۷	۴	۲۳	۳۲

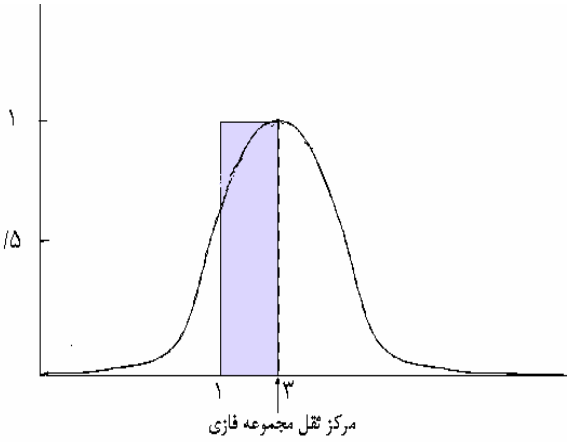
۴-۲- پایگاه قوانین

قواعد استفاده شده در این مقاله بصورت زیر بیان می‌گردد:

اگر نسبت گاز x/y ، جزو مجموعه فازی L باشد و نسبت گازی z/n نیز جزء مجموعه فازی m باشد و ...، آنگاه خطا به مقدار S می‌باشد، که جدولهای ۲ و ۴ و ۶ به فرم آنها اشاره دارند. جهت تفسیر قواعد فوق، استلزامهای مختلفی از جمله استلزام دینس-رشر،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تابع عضویت متغیرهای مساله

استلزام لوکایشـویکز، استلـزام زاده، استلـزام ممدانی و اسـتلزام گـودل وجود دارد که در اینجا از استلزام زاده استفاده شده است.

۵- نتایج شبیه‌سازی

جهت ارزیابی روش پیشنهادی، سه ترانس مورد بررسی قرار گرفته است که مقادیر هر یک از گازها در جدول (۷) آورده شده است. ترانس اول مربوط به نیروگاه شهـید محمـد منتظری اصفهان می‌باشد و ترانسفورماتورهای دوم و سوم با توجه به اطـلاعات موجـود در [۲] مورد ارزیابی قرار گرفته است.

خطاهای تشخیص داده شده براساس هر یک از استانداردها در دو حالت قـطعی و فـازی و برای سـه تـرانس فـوق در جـدول (۸) آورده شده است.

همچنین در این جدول، خطای واقعی نیز در هر یک از حالتها بیان شده است. در این مقاله، یک ضریب قابلیت اطمینان به هر یک از نتایج تشخیص براساس هر یک ا ز استانداردها در حالت فـازی تـعلق می‌گیرد. همان گونه که از نتایج این جدول مشخص است، خطای با ضریب قابلیت بالاتر به خطای حالت واقعی نزدیکتر می‌باشد.

همچنین در حالت ۳ نشان داده شده است که در حالتی که مقادیر نسبی گازها کوچک باشد، استانداردها قادر به تشخیص عیب نمی‌باشد، ولی در روش پیشنهادی، عیب ترانس به شکل واقعی تشخیص داده شده است. بر این اساس مشکل تشخیص غیر صحیح خطا با استفاده از استانداردهای مختلف تا حدود زیادی رفع می‌گردد.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش آنالیز گازهای غیرمحلول در روغن ترانسها به عنوان ابزار مهمی در تشخیص خطا در ترانسفورماتورها بر اساس استانداردهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به نتایج حاصل شده از این استانداردها و عدم انطباق آنها در بعضی موارد با واقعیت‌های موجود، در این مقاله سعی گردیده تا با استفاده از منطق فازی، میزان صحت و قابلیت اطمینان هر کدام از نتایج احتمالی با یک ضریب خاص مشخص گردد. با توجه به این ضریب، امکان ایجاد خطا در مرحله تشخیص عیب ترانس به حداقل رسیده و از اقدامات اشتباه در مرحله تعمیر یا نگهداری، جلوگیری به عمل می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۸): مقایسه نتایج تشخیص خطا با استفاده از منطق هوشمند و قطعی

۱- خطای واقعی	۲- نتایج تشخیص با استفاده از منطق فازی			۳- نتایج تشخیص با استفاده از منطق قطعی			شماره حالتها
	CEGB	ASTM	IEC	CEGB	ASTM	IEC	
خطای حرارتی با دمای بالاتر از ۷۰۰°C و قوس الکتریکی	جریان چرخشی در تانک قوس الکتریکی همراه یا با تخلیه انرژی	جریان چرخشی در تانک یا قوس الکتریکی همراه با تخلیه انرژی	خطای حرارتی با درجه حرارت بالاتر از ۷۰۰°C	جریان چرخشی در هسته و تانک	جریان چرخشی در هسته و تانک	خطای حرارتی با درجه حرارت بالاتر از ۷۰۰°C	۱
افزایش دما ۱۵۰°C	خطای حرارتی از ۱۵۰°C- ضریب اطمینان = ۱	خطای حرارتی کمتر از ۱۵۰°C با ضریب اطمینان =۱	خطای حرارتی کوچکتر از ۱۵۰°C با ضریب اطمینان =۰/۱۵	افزایش دما ۱۵۰-۲۰۰°C	افزایش دما ۱۵۰-۲۰۰°C	خطای حرارتی با درجه حرارت ۲۰۰-۳۰۰°C	۲
خطای حرارتی ۲۰۰-۳۰۰°C	خطای حرارتی ۲۰۰-۳۰۰ °C ضریب اطمینان =۰/۸	خطای حرارتی ۲۰۰-۳۰۰°C با ضریب اطمینان=۱	خطای حرارتی کوچکتر از ۱۵۰°C با ضریب اطمینان =۰/۵	غیر قابل تشخیص	غیر قابل تشخیص	غیر قابل تشخیص	۳

۷- مراجع

[۱] M. B. Ahmad, Z. B. Yaacod, "**Dissolved Gas Analysis Using Expert System**", in proc .conference of research and Development. Shah Alam, Malaysia, pp. 313-316, 2002.

[۲] C. Mi, L.L. Lai, P. Austin, "**A Fuzzy Dissolved Gas Analysis Method for the Diagnosis of Multiple Incipient Faults in a Transformer**", IEEE trans. on power systems, Vol. 15, No. 2 , pp. 593-598, May 2000.

[۳] Utility Testing Laboratory 40 west louise Avenue, P.O.BOX 65621, Salt Lake City, VT. 84165-0621.

[۴] C. E. Lin, J. M . Ling, C. L. Huang, "**An Expert System for Transformer Fault Diagnosis Using Dissolved Gas Analysis**", IEEE Trans. on power Delivery, Vol. 8, No . 1, pp. 231-238, January 1993.

[۵] Y. C. Huang, H. T. Yang, C. L. Huang, "**Developing a New Transformer Fault Diagnosis System Through Evolutionary Fuzzy Logic**", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 12, No. 2, pp. 761-767, April 1997.

[۶] J. L. Guardado, J. L. Naredo, "**A Comparative Study of Neural Network Efficiency in Power Transformers diagnosis using Dissolved Gas Analysis**", *IEEE Trans. on Power Delivery,* Vol. 16, No. 4, pp. 643-647, October 2001.

[۷] J. Yang and et. all, "**Belief Network Classifier for Evaluation of DGA Data of Transformers**", *conference Record of the 2004 IEEE, International Symposium of Electrical Insulation,* Indianapolis In USA, pp. 78-80, September 2004.

[۸] سید علیرضا کرداسی، عباس دامن افشان، "**آنالیز گازهای محلول در روغن ترانسفورماتورها و راکتورها**"، نخستین کنفرانس مهندسی برق آموزشکده صنعت آب و برق خوزستان، اهواز صفحه ۸۰-۵۹، ۱۳۸۱.

۸- پی‌نوشتها

۱- Dissolved Gas Analysis
۲- TCG: Test Combustible Gas
۳- Central Electric Generating Board
۴- International Electric Committee
۵- Ojerz
۶- American Society for Testing and Material
۷- Corona
۸- Paralysis or Thermal Heat
۹- Arcing

www.SID.ir