آنالیز و تشخیص دقیق تخلیه جزئی خازن های قدرت توسط الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی و آشکارسازی سنکرون مبتنی‌بر تئوری آشوب

علی درویش فالحی
استادیار گروه برق، واحد شادگان، دانشگاه آزاد اسلامی، شادگان، ایران، a_darvishfalehi@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۱۵

چکیده: خازن‌های قدرت از تجهیزات مهم سیستم‌های قدرت هستند که در سطوح ولتاژ بالا با دمای بالا و در مدت زمانی طولانی بهره‌برداری می‌گردند. از این رو به مرور زمان نرخ شکست عایقی آنها افزایش می‌یابد، و تخلیه جزئی مهم‌ترین عامل این شکست آنها شناخته می‌شود. بنابراین، روش‌های سریع و دقت بالا در تشخیص دقیق تخلیه جزئی دارای اهمیت خاصی است. در روش‌های معمول اغلب نیاز به سنسور چندگانه و پارامترهای سیگنال است که این نیز به نوبه خود منجر به افزایش هزینه سیستم و پیچیدگی آن می‌گردد. در این مقاله جهت تخمین سطح تخلیه جزئی خازن‌های قدرت، الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی و آشکارساز سنکرون مبتنی بر تئوری آشوب پیشنهاد می‌شود. این روش از سیستم تشخیص خطا برای خازن قدرت استفاده کرده و مقادیر ویژگی‌ها را با روش تئوری آشکارساز سنکرون آشوب استخراج خواهد نمود. مزیت این روش این است که داده‌های توده‌ای را به طور موثری فشرده می‌کند و داده های ویژگی‌ها را برای بالا بردن دقت روش شبکه عصبی تعمیمی استخراج می‌کند. نتایج نشان داد که نرخ تشخیص ENN با مقدار ۹۰ درصد نسبت به روش چند لایه ای (۷۹ درصد) بالاتر است و روش تعمیم با ۷۰ درصد پائین‌ترین نرخ تشخیص را نشان می‌دهد.

واژه های کلیدی: خازن‌های قدرت، تئوری آشوب، شبکه عصبی تعمیمی، تخلیه جزئی.

۱- مقدمه

تخلیه جزئی به تخلیه الکتریکی که بین دو الکترود پل نمی‌زند و به‌صورت محلی رخ می‌دهد اطلاق می‌گردد. وجود تخلیه جزئی در تجهیزات فشار قوی نشان از ضعف عایقی بوده و منجر به تخریب سریع سیستم عایقی نیز می‌شود. از این‌رو آشکارسازی تخلیه جزئی در تجهیزات فشار قوی از جمله خازن‌های قدرت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و به عنوان بهترین عامل ارزیابی سیستم عایقی تجهیزات فشار قوی شناخته می‌شود [۳-۱]. طول عمر خازن های قدرت به عمر عایقی آن‌ها وابسته است. عموماً سعی می‌شود تا عایق‌ها کاملاً ایده‌آل تولید گردند بدین صورت که هیچ رطوبت و ناخالصی در ماده عایقی وجود نداشته باشد اما این امر طبیعتا دست نیافتنی است. در نتیجه وجود ناخالصی منجر به توزیع غیر یکنواخت میدان در سطح عایق می‌شود و در بخش‌های با میدان قوی تخلیه جزئی موضعی رخ خواهد داد[۴و ۵]. دامنه فرکانسی سیگنال‌های تخلیه جزئی بسیار وسیع است و در صورت عدم تشخیص آن در مراحل اولیه گسترش می‌یابند و در انتها باعث از بین رفتن خازن می‌شود. بنابراین آشکارسازی و مکان‌یابی تخلیه جزئی اهمیت می‌یابد[۶و ۷].

اولین گام در رابطه با مطالعه پدیده تخلیه الکتریکی در یک تجهیز ، آشکارسازی آن است[۸و ۹]. در مرجع [۱۰] برای شناسایی پدیده تخلیه جزئی در ترانسفورماتورهای قدرت از تبدیل ویولت[1] مبتنی بر روش احتمالاتی استفاده شده است. در مرجع [۱۱] نقش مخرب پدیده تخلیه جزئی در عایق‌های ترانسفورماتور تحت ولتاژ متناوب ثابت مورد بحث قرارگرفته است. در مرجع [۱۲] از تکنیک عصبی-فازی در تعیین مکان وقوع پدیده تخلیه جزئی در ترانسفورماتورهای قدرت استفاده گردیده‌است. در مرجع [۱۳] بررسی و شناسایی مکان وقوع پدیده تخلیه جزئی در عایق‌های ترانسفورماتور قدرت صورت گرفته‌است. در اینجا با استفاده از سنسورهای صوتی این کار محقق گشته‌است. در مرجع [۱۴] از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک کوانتومی بهره گرفته شده است تا مکان وقوع پدیده تخلیه جزئی در عایق‌های ترانسفورماتور قدرت شناسایی و معلوم گردد.

در مرجع [۱۵] جهت تشخیص تخلیه جزئی خارن‌های قدرت از روش FBG تغییریافته فاز استفاده نموده‌اند. در حال حاضر روش سیگنال الکترومغناطیسی با فرکانس فوق العاده بالا و روش های اولتراسونیک بیشترین استفاده را در نظارت بر تخلیه جزئی دارند. در مقایسه با UHF، روش تشخیص اولتراسونیک از تداخل الکترومغناطیسی شدید

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020

مصون است و بنابراین به راحتی می تواند عیب عایقی یا تخلیه جزئی خازن را مشخص کند. با این وجود، این روش نمی‌تواند نقص‌های اولیه یا کوچک را به دلیل حساسیت پایین آن تشخیص دهد. از طرفی، سنسورهایUHF تنها می‌توانند به سطح خارجی مخزن ترانسفورماتور به علت خطر خازن های قدرت متصل شوند. از آنجایی که فیبر نوری از مواد خازن های قدرت ساخته شده است، آن ها را به‌طور مستقیم به ترانسفورماتور قدرت قرار می‌دهند (نزدیک منبع تخلیه جزئی) تا این امکان را برای تشخیص نقص‌های کوچک فراهم کند.

حفره‌های پر شده با مایع را می‌توان به عنوان عیب احتمالی که می-تواند در خازن‌ها به‌وجود آیند، درنظرگرفت. در مرجع [۱۶] سیر تکام تخلیه جزئی در دماهای پایین در خازن‌های غشایی پلی پروپلین توجه به زمان و ولتاژ اعمالی به آن بررسی می‌شود. دو روش تخلیه د تمام محدوده دمایی تشخیص داده شده‌است. در اینجا به ویژه بر رو: مدت زمان اعمالی ولتاژهای پایین به خازن که باعث شکست آن می شود، بررسی می‌گردد. چنین نتیجه شده است که طبق تغییرات دما ولتاژ، تخلیه جزئی و متعاقبا شکست عایقی خازن رخ خواهدداد. کاهش دما، ویسکوزیته مایع نیز افزایش می‌یابد و این امر تاثیر منفی شکست مایع های دی الکتریک خواهدگذاشت.

در مرجع [۱۷] به بررسی آزمایشگاهی تخلیه جزئی متکی بر تجزیه و تحلیل نظری و آماری پرداخته‌است تا فرآیند مورد مطالعه را مدل-سازی نماید. این مرجع در واقع در آزمایش خود زمان را کاهش داده تا به بررسی و کنترل نقاط مشکوک آزمایش پی ببرد. در اینجا هدف مدل‌سازی و بهینه‌سازی فرآیند تشخیص تخلیه جرئی طبق ولتاژ اولیه ۰V و دمای T است. سل اندازه گیری درون قفس فارادی قرار داده شده است. به این قفس ولتاژی در حدود ۵۰۰ تا ۵۴۰۰ ولت موثر دائماً اعمال شده است. خازن به‌کار رفته از جنس مواد پلاستیکی (تفلون) است که با نوار پلی پروپیلن از هم جدا گشته است. نتیجه این شده است که تاثیر دما بر روی تخلیه جزئی به مراتب خیلی مهم‌تر از تاثیر ولتاژ ۰V می باشد.

در این مقاله بر خلاف کارهای صورت گرفته، به بحث و تشخیص صحیح تخلیه جزئی در عایق خازن‌های قدرت پرداخته شده است.

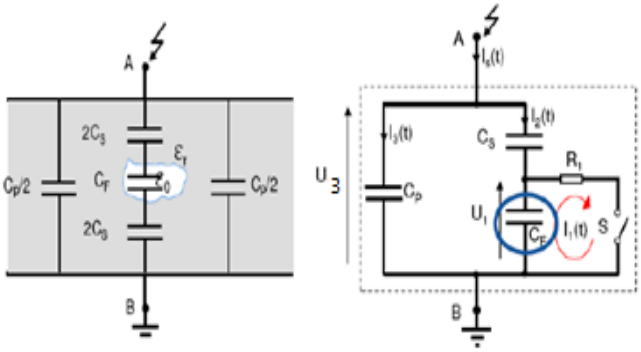
۲- مدل‌سازی تخلیه جزئی و تحلیل مداری

۲-۱- تخلیه جزئی

فرض کنیم که یک عایق بین دو الکترود قرارگرفته است. با اعمال ولتاژ فشار قوی به الکترودها، میدان الکتریکی بین دو الکترود از شکلی خاص برخوردار خواهد شد. در صورتی که ولتاژ اعمالی به الکترودها از حد تحمل ولتاژ عایق بیشتر باشد، پدیده شکست اتفاق می‌افتد و قوس الکتریکی بین دو الکترود برقرار می‌گردد و عایق را تخریب می‌کند. این پدیده را تخلیه جزئی می‌نامند. در عایق‌های جامد و مایع مهم‌ترین عامل بروز تخلیه‌های جزئی، حفره‌های موجود در عایق هستند.

۲-۲- مدل‌سازی مداری تخلیه جزئی

مطابق با شکل۱ در ابتدا عایق جامدی را در نظر می‌گیریم که بین ترمینال‌های A و B واقع شده و در درون آن یک حفره قرار دارد. این حفره را می‌توان با یک خازن و یک فاصله هوایی که مانند یک کلید کنترل شونده با ولتاژ دو سر حفره عمل می‌کند، مدل نمود. خازن CF در شکل ۱ جهت مدل کردن حفره استفاده شده است.



شکل ۱: مدل مداری تخلیه جزئی [۱۸]

خازن‌های سالم در قسمت‌های دیگر را که به راستا و موازات این حفره قرار دارند می‌توان با دو خازن Cs و Cp مدل نمود. اگر ولتاژ اعمالی به ترمینال‌های A و B به‌گونه‌ای زیاد شود که شدت میدان در حفره به شدت افزایش یابد، این حفره منشا تخلیه جزئی خواهدگشت. کلید S فقط برای لحظه‌ای بسیار کوتاه وصل می‌شود. مقاومت R محدود بودن دامنه جریان i_1 را مدل می‌کند. اگر ولتاژ متناوب U بین ترمینال‌های A و B اعمال شود، افت ولتاژی به اندازه U_F روی حفره خواهیم داشت. با افزایش ولتاژ، خازن‌ها تماماً شارژ می‌شوند. با شارژ خازن C_F ولتاژ دو سر آن و طبعاً ولتاژ دو سر فاصله هوایی افزایش می‌یابد تا بالاخره در ولتاژ خاصی که به ابعاد، نوع و فشار گاز موجود درون حفره بستگی دارد، در فاصله هوایی تخلیه الکتریکی رخ دهد و خازن C_F تا حدی که ولتاژ آن برای قطع شدن تخلیه کافی باشد، تخلیه می‌شود.

۲-۳- مدل‌سازی ریاضی تخلیه جزئی

به‌منظور مطالعه، بررسی و خصوصیات تخلیه جزئی، مدل مداری ارائه شده است تا با شبیه‌سازی در محیطهای نرم‌فزاری بتوان این خصوصیات را استخراج نمود و از آن‌ها در آشکارسازی و شناسایی تخلیه جزئی بهره برد. رفتار تخلیه الکتریکی داخلی در ولتاژ متناوب را می‌توان با استفاده از مدل شکل ۱ مورد بررسی قرارداد. طبق نتایج محققان، مدل پدرسون که مورد مطالعه طرح تحقیقاتی ما نیز می‌باشد، از دقت بالاتری نسبت به بقیه مدل‌ها برخوردار است[۱۹].

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

در عایق خازنی مربوطه (اپوکسی رزین) یک حفره استوانه‌ای قرار گرفته است. این حفره با سه ظرفیت خازنی مدل‌سازی می‌شود. این ظرفیت‌ها به‌صورت زیر تعریف می‌گردند:

$$c_p = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times (a-2b) \times b}{c} \quad (۱)$$

$$c_s = \frac{\varepsilon_0 \times \varepsilon_r \times r^2 \times \pi}{c-h} \quad (۲)$$

$$c_F = \frac{\varepsilon_0 \times r^2 \times \pi}{h} \quad (۳)$$

ولتاژ عبوری از حفره استوانه‌ای به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$U_1 = U_3 \times \frac{C_s}{C_s + C_p} \quad (۴)$$

بار شارژ آشکار شده به‌وسیله ترمینال a و b به‌صورت زیر قابل اندازه-گیری می‌باشد:

$$Q = C_s \times U_1 \quad (۵)$$

در دو رابطه اخیر، Q و U_1 به ترتیب شارژ آشکار شده از اندازه‌گیری تخلیه جزئی و ولتاژ دو سر حفره خازنی می‌باشد.

۳- الگوریتم‌های تشخیص خطا

۳-۱- تئوری آشوب و اسیلاتورهای آشوبناک

تئوری آشوب از شاخه‌های جدید و جذاب علم است که مدل‌هایی با رفتارهای تصادفی و ناگهانی را تحلیل می‌کند. آشوب با متمرکز شدن بر روی رفتار ناپایدار و غیرمنظم سیستم، مطالعه کمی و عددی انجام می‌دهد. یک ویژگی متمایزکننده سیستم‌های آشوب، بروز رفتار غیر نوسانی ناپایدار در سیستم‌های ریاضی ساده است. معادله یک اسیلاتور غیرخطی به‌صورت زیر است:

$$\frac{d^2x}{dt^2} - x + \varepsilon h\left(x, \frac{dx}{dt}\right) = 0 \quad (۶)$$

در رابطه بالا، با انتخاب $\varepsilon = 1$ و $h\left(x, \frac{dx}{dt}\right) = x^3$ به معادله دافینگ اغتشاش نیافته می‌رسیم. حال اگر به معادله قبل، چندجمله ای $-\delta\frac{dx}{dt} + \gamma cos(t)$ اضافه گردد، معادله اسیلاتور دافینگ حاصل می‌شود:

$$\frac{d^2x}{dt^2} - x + x^3 + \delta\frac{dx}{dt} = \gamma\cos(t) \quad (۷)$$

که در آن δ نرخ میرایی و $\gamma cos(t)$ نیروی محرکه متناوب و $-x + x^3$ نیروی بازدارندهی غیرخطی می‌باشد.

اگر در معادله‌ی اسیلاتور دافینگ نرخ میرائی δ ثابت نگه داشته شود، با افزایش γ حالت سیستم نیز تغییر می‌کند. در طی این تغییرات، حالت سیستم از متناوب به آشوب رفته و در ادامه از حالت آشوبناک به حالت شبه متناوب تغییرخواهدکرد. بنابراین برای تشخیص سیگنال ضعیف از تغییر حالت سیستم از حالت آشوبناک به متناوب استفاده می‌شود.

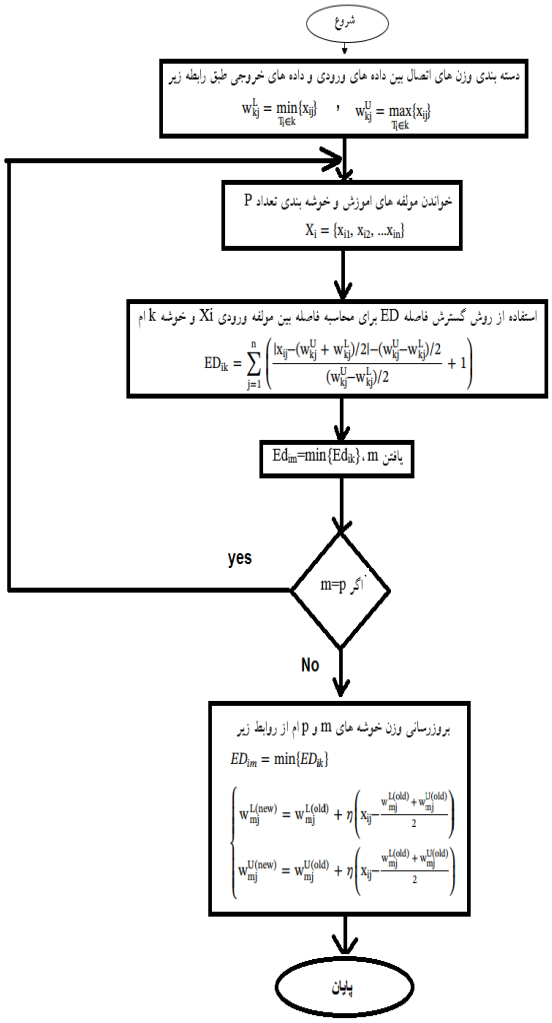
تاکنون از اسیلاتور دافینگ برای تشخیص سیگنال‌های ضعیف، خطای امپدانس بالای سیستم‌های قدرت، حالت جزیره ای و ... استفاده شده است.

۳-۲- الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی

شبکه عصبی تعمیمی را می‌توان به یادگیری تحت نظارت با هدف رسیدن به کمترین مقدار خطا با انتخاب بهترین وزن‌دهی برای داشتن خوشه‌بندی عالی تعریف کرد. به‌منظور ارزیابی توانایی یادگیری تابع خطا به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

$$E_t = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{Q}\sum_{j=1}^{n_c}\left(t_{ij} - O_{ij}\right)^2 \quad (۸)$$

که t_{ij} هدف jامین خروجی برای iامین مولفه ورودی و Q_{ij} هدف jامین خروجی واقعی برای ورودی iام می‌باشد. فلوچارت الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی به‌صورت زیر است:



شکل ۲: فلوچارت الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی [۲۰]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۴- تست تخلیه جزئی خازن قدرت

شکل ۳ فلوچارت و پلت فرم آزمایشگاهی اندازه‌گیری سیگنال تخلیه جزئی خازن قدرت را نشان می‌دهد.



شکل ۳: پلت‌فرم آزمایشگاهی اندازه‌گیری تخلیه جزئی

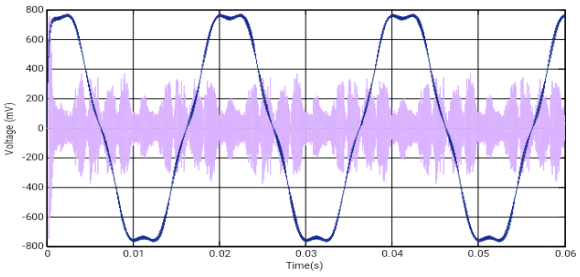
در ابتدا ترانسفورماتور فشار قوی، ولتاژ خازن را تا زمان ایجاد تخلیه جزئی افزایش می‌دهد. سیگنال تخلیه جزئی توسط ترانسفورماتور جریان فرکانس بالا و یک مدار تشخیص‌دهنده، اندازه‌گیری شده و سپس به‌منظور تحلیل مسئله، سیگنال تخلیه جزئی از سیستم نوسان-نما به کامپیوتر سرور ارسال می‌شود. سپس روش پیشنهادی براساس تئوری آشوب و شبکه عصبی تعمیمی برای آنالیز و تشخیص خطا و موقعیت آن در خازن روی این سیگنال اعمال می‌کنیم. مشخصات خازن به‌کاررفته در جدول ۱ آورده‌شده‌است.

جدول ۱: مشخصات خازن قدرت

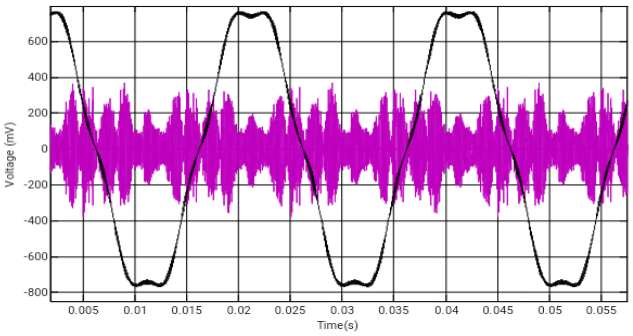
آیتم	خازن قدرت فشار ضعیف
ظرفیت نامی	70KVAR
کاپاسیتانس	128μF
تعداد فاز	3
فرکانس	60
ولتاژ نامی	380 V
جریان نامی	106A

۵- نتایج شبیه‌سازی

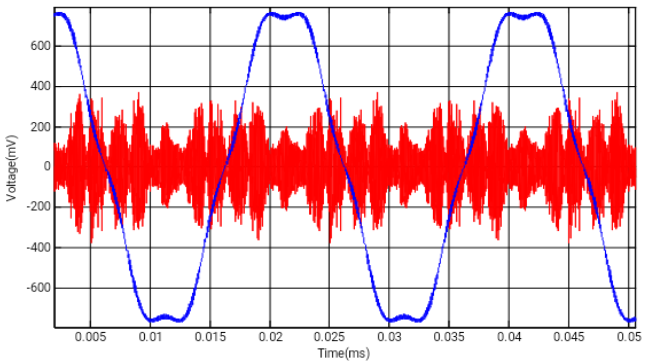
شکل موج اندازه‌گیری شده تخلیه جزئی ناهنجاری عایق روغن، تخلیه جزئی پوشش حلقه و همینطور تخلیه جزئی قسمت اتصال با ناخالصی به ترتیب در شکل‌های ۴ الی ۶ آورده‌شده است.



شکل۴: ولتاژ تخلیه جزئی در ناهنجاری عایق روغنی



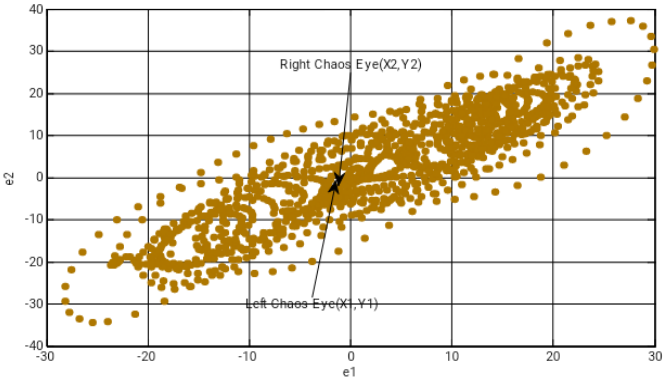
شکل ۵: ولتاژ تخلیه جزئی در قسمت پوشش خازن قدرت



شکل ۶ : ولتاژ تخلیه جزئی در قسمت ناخالصی سر اتصال خازن قدرت

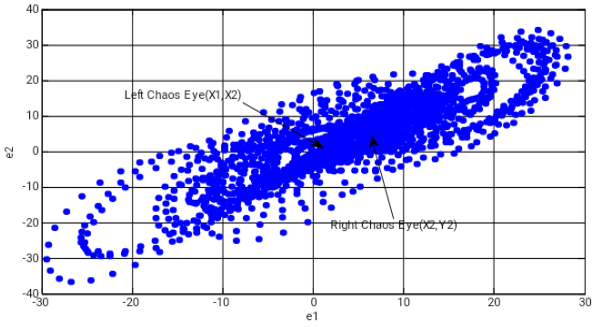
۵-۱- نتایج شبیه سازی تئوری آشوب

برای خازن در هر سه نوع خطا، مدار آشکارساز یک میلیون سیگنال ولتاژ تخلیه اندازه‌گیری می‌کند و سیگنال‌ها هیچ پیچیدگی و ویژگی خاصی را نشان نمی‌دهند. بنابراین یک میلیون داده تخلیه ولتاژ با استفاده از روش آشکارسازی سنکرون آشوب محاسبه و طبق دیاگرام اسکاتر چشم‌های آشوب را استخراج و داده‌های ویژگی خطا را ارزیابی خواهیم نمود. شکل‌های ۷ الی ۹ دیاگرام اسکاتر و مرکز جاذبه شکل موج‌های تخلیه ولتاژ خازن‌ها را بعد از محاسبه با روش آشکارسازی آشوب نشان می‌دهد.

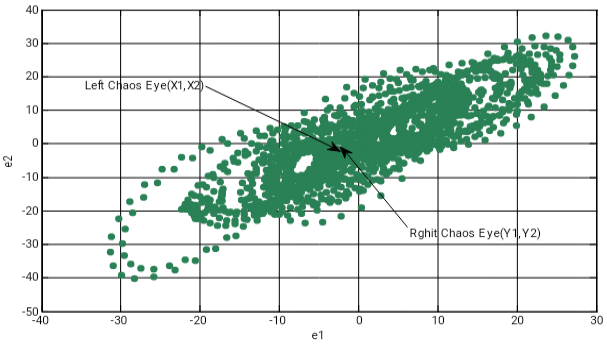


شکل ۷: دیاگرام اسکاتر و چشم های آشوب در ناهنجاری عایق روغنی

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

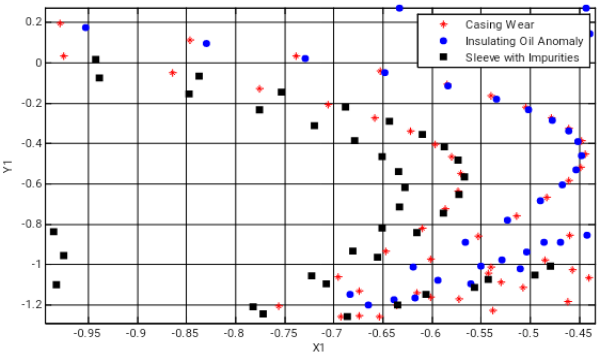


شکل ۸: دیاگرام اسکاتر و چشم‌های آشوب در پوشش خازن قدرت

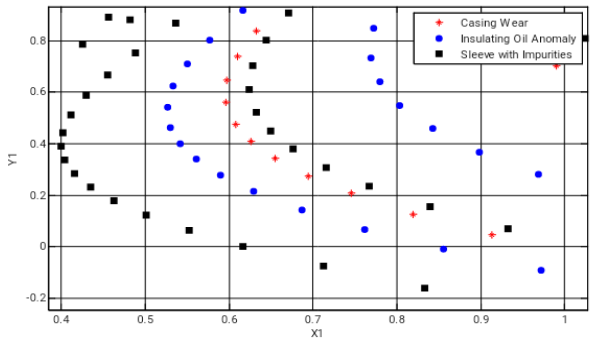


شکل ۹: دیاگرام اسکاتر و چشم‌های آشوب در ناخالصی سر اتصال خازن قدرت

باتوجه به سیگنال تخلیه جزئی خازن‌های قدرت ۱۵ چشم آشوب همزمان برای هر نوع خطا دیده می‌شود. به‌منظور افزایش دقت آزمایشات ،هر آزمایش تخلیه جزئی برای هر نوع خطا ۱۵ بار انجام دادیم و سیگنال‌ها برای سه دوره تناوب (ms,1million ۵۰) برای آنالیز دریافت شد. بعد از این که اطلاعات اصلی با تئوری آشوب آنالیز شد، هر نوع خطا تعداد ۱۵ چشم آشوب و در مجموع هر سه نوع خطا ۴۵ چشم آشوب ارائه‌دادند. مشاهده می‌شود که دیاگرام اسکاتر همزمان چشم چپ و راست را دارد و اگر همزمانی آشوب چشم راست یا چشم چپ در الگوریتم مورد توجه قرار بگیرد ویژگی‌های استخراج شده برای هر خطا طبق شکل ۱۰ و شکل ۱۱ تغییر می‌کنند.

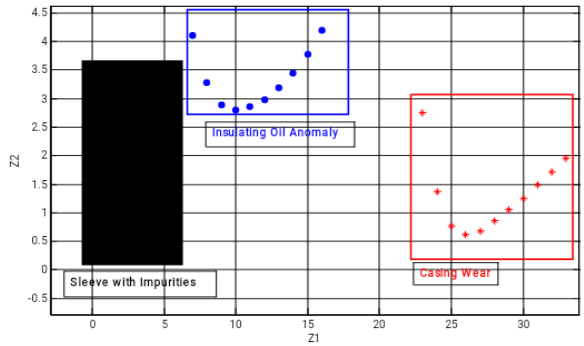


شکل ۱۰: دیاگرام توزیع چشم‌های آشوب سمت چپ



شکل ۱۱: دیاگرام توزیع چشم‌های آشوب سمت راست

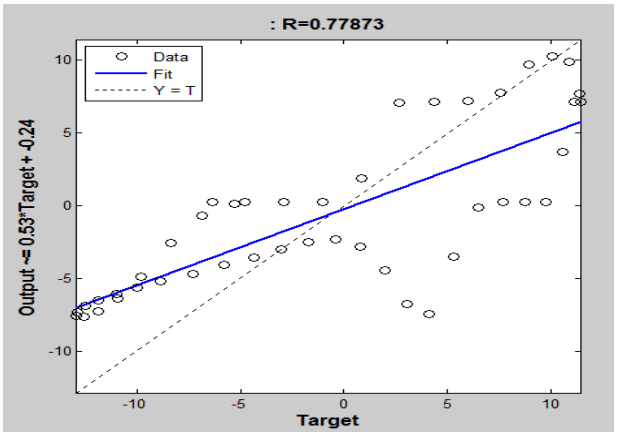
برای جداسازی مقادیر ویژگی، نیاز به پردازش داده‌ها می‌باشد. لذا برای استخراج مقادیر ویزگی مختصات چشم آشوب چپ (۱x1,y) را برای محاسبه ۱z درهم ضرب می‌کنیم و مختصات چشم راست (۲x2,y) را برای محاسبه ۲z مطابق شکل ۱۲ به‌هم تقسیم می‌کنیم. ۲z1, z مقادیر ویژگی سیستم ENN برای آنالیز با الگوریتم است.



شکل ۱۲. دیاگرام توزیع چشم‌های آشوب پس از پردازش روش لورنز

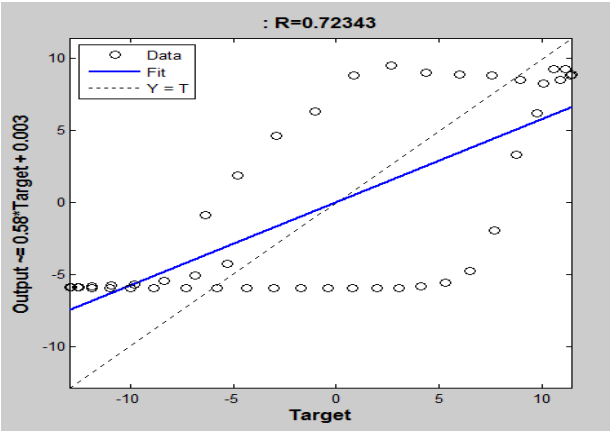
۲-۵- نتایج تشخیص شبکه عصبی

ساختار شبکه عصبی دارای دو ورودی و سه خروجی است و به‌ترتیب شامل۱۰ و ۱۲ لایه پنهان می‌باشد. باتوجه به نرخ یادگیری و نرخ تشخیص، ۱۲ لایه پنهان دقت ۷۷٪ را مطابق شکل ۱۳ ارائه می‌دهد. شبکه چند لایه (۲-۱۰-۳) نرخ ۷۲٪ را برای تشخیص مطابق شکل ۱۴ ارائه می‌دهد.



شکل ۱۳: نتایج رگرسیون برای شبکه چند لایه با لایه‌های ۲-۱۲-۳

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]



شکل ۱۴: نتایج رگرسیون برای شبکه چند لایه با لایه‌های ۲-۱۰-۳

از نتایج جدول ۲ پیداست که بعد از ۱۰۰۰ تکرار همگرایی، آموزش شبکه عصبی نرخ یادگیری را ۹۸٪ نشان می‌دهد و نرخ تشخیص را ۹۰٪ اعلام می‌کند. بدین معنا که تقریباً ۴۱ چشم آشوب درست در نوع خطای خود طبقه‌بندی شده‌است. نرخ تشخیص ENN با مقدار ۹۰٪ نسبت به روش چند لایه‌ای که ۷۹٪ اعلام می‌کند بهتر است و روش تعمیم با ۷۰ ٪ پائین‌ترین نرخ تشخیص را نشان می‌دهد. چنین نتیجه می‌شود که دقت روش ENN از دو الگوریتم دیگر بهتر است و تفاوت آن‌ها به ۲۰ ٪ می‌رسد.

جدول ۲: مقایسه نتایج روش ENN با دیگر روش‌ها

رتبه	نرخ دقت ٪	نرخ یادگیری ٪	زمان آموزش	الگوریتم
1	90	98	1000	ENN
2	79	79	1000	Multilayer Neural Network (2-12-3) [۲۱]
3	74	74	1000	Multilayer Neural Network (2-10-3) [۲۱]
4	71	75	1000	Multilayer Neural Network (2-6-3) [۲۱]
5	70	___	___	Extension Method [۲۲]

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله ایده جدیدی جهت تشخیص پدیده تخلیه جزئی در خازن‌های قدرت (نسبت به سایر روش‌های غیرمتعارف که ظرف چند دهه گذشته مورد استفاده قرارگرفته‌است) ارائه شد. روش‌هایی که تا کنون جهت مانیتورینگ کردن این خطا مورد استفاده قرار گرفته است دارای نواقصی بوده‌اند.

تشخیص دقیق وقوع این پدیده منوط به آنالیز پیوسته و آزمایشات مکرر و زمان‌بر خواهدبود. در این تحقیق تلفیقی از استفاده همزمان الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی و آشکارسازی سنکرون مبتنی بر تئوری آشوب برای تشخیص تخلیه جزئی انجام شد. در این مطالعه از شبکه بازخورد BPN برای آموزش شبکه عصبی برای مقادیر ویژگی‌های چشم آشوب استفاده کردیم و سپس با نرم افزار متلب برنامه ENN را برای مسئله مذکور مورد تجزیه و تحلیل قراردادیم و نتایج را با دیگر روش‌های شبکه عصبی مقایسه‌کردیم.

استخراج ویژگی‌های خطا با آنالیز آشکارساز سنکرون مبتنی بر آشوب صورت‌گرفت. علاوه بر این یک برنامه خطایاب کنترل گرافیکی رابط انسان-ماشین و همینطور سیستم تشخیص خطا توسعه داده شد. این برنامه با روش تشخیص خطای آشکارسازی سنکرون مبتنی بر آشوب و الگوریتم شبکه عصبی تعمیمی ادغام گشت تا تشخیص خطای خازن-های قدرت انجام گردد. نتایج به‌دست آمده، بهبود قابل‌توجهی داشت.

مراجع

[1] S. Tenbohlen, D. Denissov, S.M. Hoek, S.M. Markalous, “Partial discharge measurement in the ultra-high frequency (UHF) range”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 15, No. 6, 2008, pp. 1544-1552.

[2] M. Ren, B. Song, T. Zhuang, S. Yang, “Optical partial discharge diagnostic in SF6 gas insulated system via multi-spectral detection”, ISA Transactions, Vol. 75, 2018, pp. 247-257.

[3] B. Jokanović, M. Bebić, N. Kartalović , “The influence of combined strain and constructive solutions for stator insulation of rotating electrical machines on duration of their reliable exploitation”, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 110, 2019, pp. 36-47.

[4] N. Valentine, M.H. Azarian, M. Pecht “Metallized film capacitors used for EMI filtering: A reliability review”, Microelectronics Reliability, Vol. 92, 2019, pp. 123-135.

[5] M. M. Yaacob, M. A. Alsaedi, J. R. Rashed, A. M. Dakhil & S. F. Atyah, “Review on partial discharge detection techniques related to high voltage power equipment using different sensors”, Photonic Sensors, Vol. 4, 2014, pp. 325–337.

[6] G. Robles, J. M. Martinez-Tarifa, M. V. Rojas-Moreno, J. Sanz-Feito, “Inductive Sensor for Measuring High Frequency Partial Discharges Within Electrical Insulation”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.58 , No. 11 , 2009, pp. 3907 – 3913.

[7] M. D. Judd, L. Yang, “Partial discharge monitoring for power transformers using UHF sensors Part 1: Sensors and signal interpretation”, IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 21, No. 2, 2005, pp. 5-14.

[8] D. K. Mishra, S. Dhara, C. Koley, N. K. Roy, S. Chakravorti, “Self-organizing feature map based unsupervised technique for detection of partial discharge sources inside electrical substations”, Measurement, Vol. 147, 2019.

[9] M. Ramesh, L. Cui, R. S. Gorur, “Impact of superficial and internal defects on electric field of composite insulators”, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol.106, 2019, pp. 327-334.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

زیرنویس‌ها

[1] Wavelet

رزومه



علی درویش فالحی تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع دکتری برق- قدرت در دانشگاه شهید بهشتی سپری کرده است. در حال حاضر عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شادگان می‌باشد.

[10] J. Seo, H. Ma, T. Saha, "Probabilistic wavelet transform for partial discharge measurement of transformer", Dielectrics and Electrical Insulation, IEEE Transactions, Vol. 22, No. 2 , 2015, pp. 1105–1117.

[11] N. D. Jacob, H. Hassanzadeh, D. R. Oliver, S. S. Sherif, B. Kordi, "Classification of degradation in oil-impregnated cellulose insulation using texture analysis of optical microscopy images", Electric Power Systems Research, Vol. 133, 2016, pp. 104-112.

[12] D. Guillen, G. Idarraga-Ospina, E. Mombello, S. Cabral, "Partial discharges location in transformer winding using wavelets and Kullback–Leibler divergence", Electric Power Systems Research, Vol. 136, 2016, pp. 398-405.

[13] X. Lin, G. Chen, J. Li, F. Lu, X. Cheng, "Investigation of acoustic emission source localization performance on the plate structure using piezoelectric fiber composites", Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 28215, 2018, pp. 9-16.

[14] S. Wang, P. Phillips, Z. Dong, Y. Zhang, "Intelligent facial emotion recognition based on stationary wavelet entropy and Jaya algorithm", Neurocomputing, Vol. 27210, 2018, pp. 668-676.

[15] G. Ma, H. Zhou, C. Shi, Y. Li, Q. Zhang, C. Li, Q. Zheng "Distributed Partial Discharge Detection in a Power Transformer Based on Phase-Shifted FBG", IEEE Sensors Journal, Vol. 18 , No. 7 , 2018, pp. 2788 – 2795.

[16] J. Joseph, S. Mohan, S. T. Krishnan, "Numerical modelling, simulation and experimental validation of partial discharge in cross-linked polyethylene cables", IET Science, Measurement & Technology, Vol. 13, No. 2, 2019, pp. 309 – 317.

[17] J. M. Rodríguez-Serna, R. Albarracín-Sánchez, "Numerical Simulation of Temperature and Pressure Changes due to Partial Discharges in Spherical Cavities Within Solid Dielectrics at Different Ageing Conditions", Energies, Vol. 12, No. 24, 2019, pp. 4771.

[18] H.A. Illias ; G. Chen ; Paul L. Lewin, "Comparison between three-capacitance, analytical-based and finite element analysis partial discharge models in condition monitoring", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 24, No. 1, 201 , pp. 99-109.

[19] S. Harjo, "Partial Discharge in High Voltage Insulating Materials", International Journal on Electrical Engineering and Informatics, Vol. 8, No. 1, 2016, pp. 147-163.

[20] S. Laamami, M. Behamed, K. Sbita, "Artificial neural network-based fault detection and classification for photovoltaic system", International Conference on Green Energy Conversion Systems (GECS), 2017, pp. 1-7.

[21] M. H. Wang, H. T. Yau, "New Power Quality Analysis Method Based on Chaos Synchronization and Extension Neural Network", Energies, Vol. 7, No. 10, 2014, pp. 6340-6357.

[22] K. H. Chao, C. L. Chiu, "An intelligent islanding detection method based-on extension theory for photovoltaic power generation systems", International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (3CA), 2010, pp. 171-174.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

Analysis and Diagnosis of Partial Discharge of Power Capacitors Using Extension Neural Network Algorithm and Synchronous Detection Based Chaos Theory

Ali Darvish Falehi

Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Shadeghan Branch, Islamic Azad University, Shadeghan, Iran, a_darvishfalehi@sbu.ac.ir

Abstract: Power capacitors are important equipment of the power systems that are being operated in high voltage levels at high temperatures for long periods. As time goes on, their insulation fracture rate increases, and partial discharge is the most important cause of their fracture. Therefore, fast and accurate methods have great importance to accurately diagnosis the partial discharge. Conventional methods often require multiple sensors and signal parameters, which in turn increases the cost and complexity of the system. In this paper, extension neural network algorithm and synchronous detection based chaos theory is proposed to estimate the partial discharge level of power capacitors. This method uses an error diagnosis system for the power capacitor and extracts the properties of the properties by the synchronous detection based chaos theory method. The prominent advantage of this method is effective compression of the mass data and extracts the feature data to enhance the accuracy of the extension neural network method. The results show that the ENN diagnosis rate was 90% higher than the multi-layer method (79%) and the extension method shows 70% lower diagnosis rate.

Keywords: partial discharge, power capacitors, chaos theory, extension neural network.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.2.1.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.2 Summer 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]