هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران
۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۲

طراحی وساخت تستر برقگیر ۲۰ کیلو ولت

هادی صفری فارمد – حمید مهدوی نیک

شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان

کلمات کلیدی : *برقگیر ، حفاظت ، توزیع انرژی الکتریکی*

چکیده :

یکی از تجهیزاتی که بوفور در شبکه های توزیع مورد استفاده قرار می گیرد ، برقگیر می باشد که وظیفه مهم حفاظت از ترانسفورماتورتوزیع را به عهده دارد ، لذا آگاهی از صحت یا عدم صحت عملکرد برقگیرها در شبکه توزیع انرژی الکتریکی از اهمیت خاصی برخوردار می باشد . دراین مقاله مراحل طراحی وساخت دستگاهی جهت آزمایش برقگیرهای اکسید روی در شبکه برقدار برقدار وتشخیص خراب یا سالم بودن آن معرفی می گردد.

مقدمه

یکی از تجهیزاتی که بوفور درشبکه‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، برقگیر می‌باشد که وظیفهٔ مهم حفاظت ترانسفورماتور توزیع را به عهده دارد، لذا آگاهی از صحت یا عدم صحت عملکرد برقگیرها در شبکه توزیع انرژی الکتریکی از ضرورتهای اساسی می‌باشد. در این مقاله مراحل طراحی وساخت دستگاهی جهت آزمایش برقگیرهای اکسید روی در شبکهٔ برقدار و تشخیص خراب یا سالم بودن آن معرفی می‌گردد.

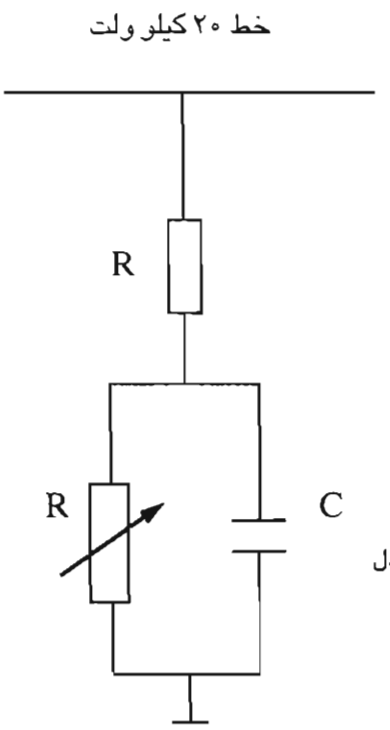
قرصهای برقگیر متداول از مادهٔ اکسید روی و اندکی مواد اضافی مانند Co, $MnCo_3$, Sb_2O_3 ساخته می‌شوند و وظیفهٔ اصلی آنها محافظت از تجهیزات شبکهٔ توزیع در مقابل اضافه ولتاژهای گوناگون می‌باشد. در شرایط عادی برقگیر سالم دارای جریان نشتی کمتر از یک میلی‌آمپر می‌باشد که این مؤلفه نیز با توجه به درجهٔ حرارت محیط و گذشت زمان متغیر است. ساده‌ترین روش جهت اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر قطع کردن سیم اتصال زمین آن و سپس اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر توسط یک دستگاه سنجش جریان دقیق می‌باشد. اما این روش غیراصولی است، لذا بهتر است نمونه‌برداری جریان را توسط یک ترانسفورمر جریان انبری انجام دهیم.

با توجه به نزدیکی برقگیرها به خطوط حامل انرژی و ترانسفورماتورها، نویز زیادی در اطراف آنها وجود دارد، طوری که اثر این نویزها بر روی ترانسفورمر جریان، از جریان نشتی سیم زمین برقگیر نیز می‌تواند بیشتر باشد، لذا باید نفوذپذیری مغناطیسی نسبی هستهٔ مورد استفاده در ترانسفورمر جریان خیلی زیاد باشد تا مسیر شار نویز در هوا بسته شود، اما مسیر شار نشتی از داخل ترانس جریان بگذرد، در اینصورت نسبت سیگنال به نویز زیاد می‌شود. البته در دستگاه مورد نظر سیستم حذف نویز به صورت الکترونیکی در نظر گرفته شده است.

۱-۱- آشکارسازی هارمونیک سوم جهت آزمایش صحت برقگیر

قرصهای برقگیرمورد نظر از مادهٔ شیمیایی اکسید روی ساخته می‌شوند و مدار معادل آنها، مطابق شکل(۱) شامل یک مقاومت ثابت، یک مقاومت متغیر با زمان و دما ویک خازن که بصورت موازی با مقاومت متغیر قرار دارد، می‌باشد. بنابراین جریان نشتی برقگیر شامل دو مؤلفهٔ مقاومتی و خازنی می‌باشد.

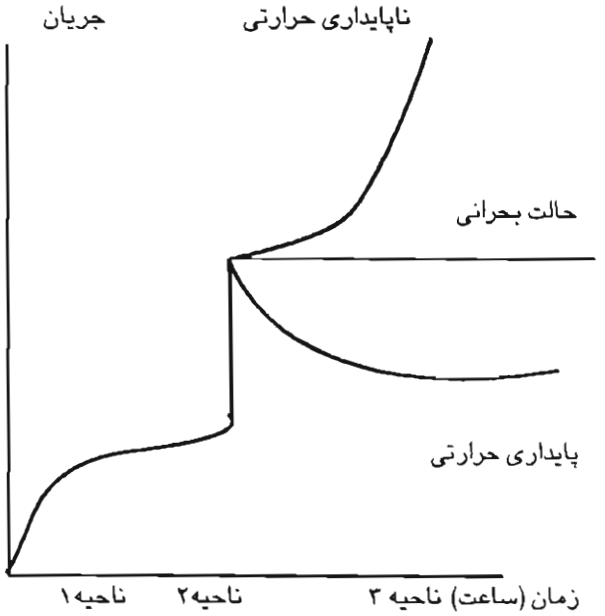
باتوجه به مطالعات گوناگونی که برروی قرصهای برقگیر اکسید روی انجام پذیرفته، مشخص شده است که اگر مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی، با توجه به ولتاژ قرص، از حد خاصی بیشتر شود، برقگیر کارایی خود را از دست می‌دهد.



شکل (۱)- مدار معادل برقگیر اکسیدروی

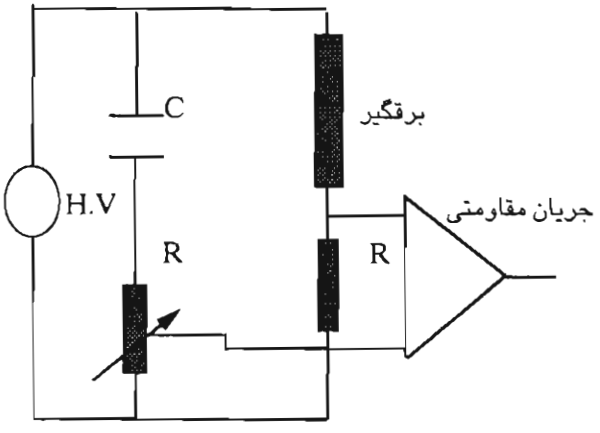
در شکل (۲) منحنی تغییرات مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی برقگیر اکسید روی بر حسب زمان نشان داده شده است. افزایش ولتاژ یا دما، باعث زیادتر شدن مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی برقگیر می‌شود. همچنین باگذشت زمان، دامنهٔ این مؤلفهٔ مقاومتی زیاد شده که این افزایش مطابق ناحیهٔ (۳) شکل (۲) ممکن است سبب ناپایداری حرارتی شود که در اینحالت باید قرص برقگیر تعویض شود.

در شکل (۲) سه ناحیه مشخص شده است، در ابتدای نصب برقگیر مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی تغییرات افزایشی کمی دارد که به صورت ناحیهٔ یک مشخص شده است. در ناحیهٔ دو این تغییرات کمتر می‌شود. در ناحیهٔ سه، مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی زیاد شده و امکان بروز ناپایداری حرارتی وجود دارد. در نواحی (۱) و (۲) برقگیر سالم می‌باشد اما در ناحیهٔ (۳) عملکرد برقگیر مشخص نیست و با آزمایش تعیین می‌گردد.

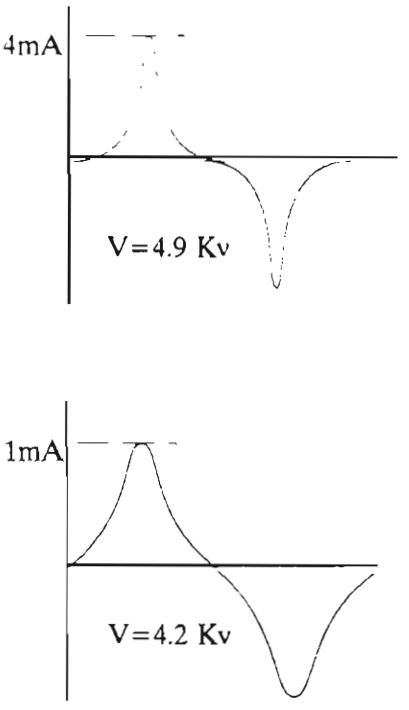


شکل (۲)- منحنی تغییرات مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی برقگیر اکسید روی بر حسب زمان

برای تعیین میزان مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی مطابق شکل (۳) از یک تقویت‌کنندهٔ تفاضلی استفاده می‌نمائیم و با توجه به ولتاژی که در طرف ثانویهٔ ترانسفورماتور افزاینده حاصل می‌شود، جریان مقاومتی را در خروجی تقویت‌کنندهٔ تفاضلی بدست می‌آوریم. با افزایش ولتاژ اعمال شده به برقگیر، مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی آن بصورت غیرخطی افزایش می‌یابد.



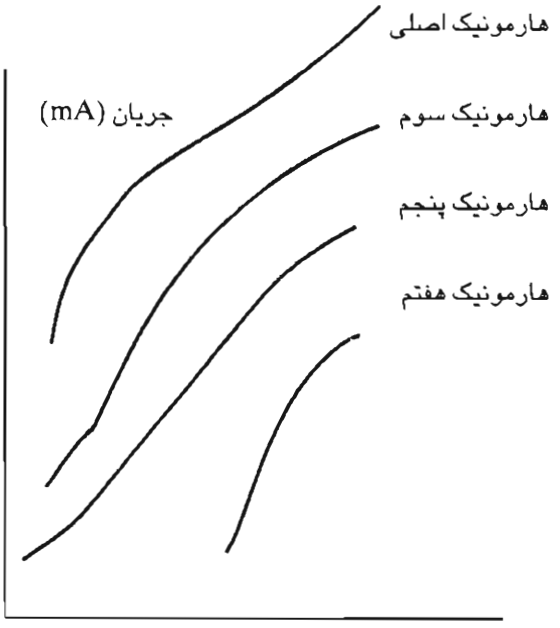
شکل (۳)- اندازه‌گیری مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی برقگیر



شکل(۴)- شکل موج مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی برقگیر

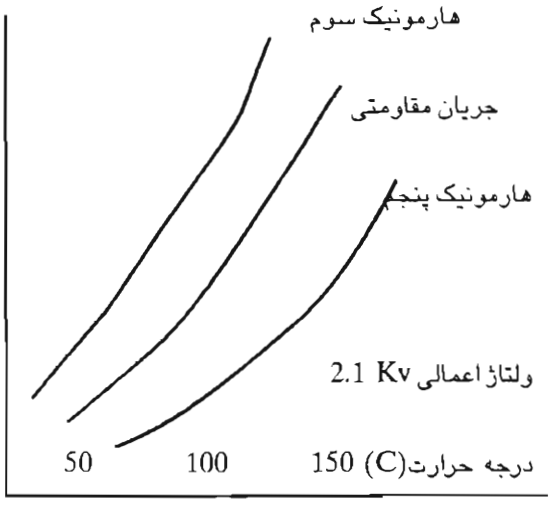
با توجه به شکل (۴)، مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی دارای شکل موج سینوسی نمی‌باشد لذا اگر بخواهیم توسط فیلتر نویز هارمونیکهای موجود را حذف کنیم، دامنهٔ جریان مقاومتی کم می‌شود و اندازه‌گیری آن دشوار می‌باشد.

مطابق شکل (۵) با افزایش دامنهٔ مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی، دامنهٔ هارمونیک سوم آن نیز افزایش می‌یابد طوری که حتی تغییرات دامنهٔ هارمونیک سوم بیشتر بوده و به همین دلیل برای تشخیص عیب برقگیر، از آشکارسازی دامنهٔ هارمونیک سوم جریان نشتی استفاده‌می‌شود، در این روش مشکل حذف نویز نیز از بین می‌رود چرا که فیلتر بکار گرفته شده نویز حاصل از فرکانسهای دیگر را حذف خواهد کرد.



شکل(۵)- دامنهٔ هارمونیکهای جریان نشتی برقگیر

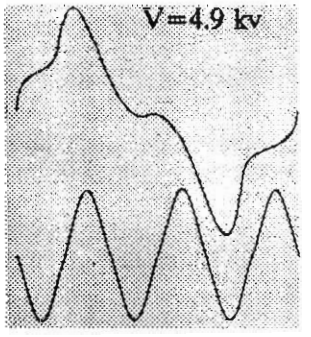
جهت تعیین اثر دما بر روی قرص برقگیر، دمای قرص را به ۱۵۰ درجه رسانده و سپس با قرار دادن قرص در محیط آزاد، جریان مقاومتی آن را در دماهای مختلف تا دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌نمائیم. شکل (۶) نتایج آنالیز فوریه را بر روی جریان مقاومتی برقگیر نشان می‌دهد. (ولتاژ اعمالی بر روی قرص ۲/۱ کیلوولت می‌باشد.) با توجه به شکل (۶) مشاهده می‌شود که تغییرات دامنهٔ هارمونیک سوم جریان نشتی نسبت به سایر هارمونیکهای آن بیشتر است که این خود دلیل دیگری بر این نکته است که برای تشخیص صحت یا عدم صحت برقگیر از آشکارسازی هارمونیک سوم جریان نشتی استفاده کرده‌ایم.

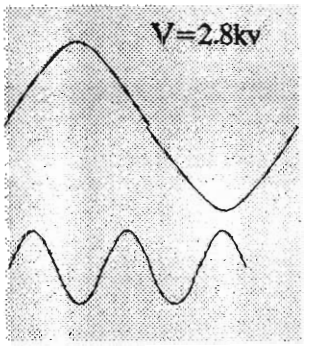


شکل(۶)- تغییرات جریان مقاومتی برقگیر و هارمونیکهای جریان نشتی آن با تغییر درجه حرارت

شکل (۷) شکل موج جریان نشتی برقگیر و هامونیک سوم آن را نشان می‌دهد. شکل موج جریان نشتی دربخش بالای نمودار رسم شده است. در ولتاژهای کم مثلا ۲/۸ کیلوولت شکل موج جریان نشتی تقریباً سینوسی است، اما با افزایش ولتاژ، اعوجاج شکل موج جریان نشتی زیادتر می‌شود. این اعوجاج حاصل از افزایش دامنهٔ مؤلفهٔ مقاومتی‌جریان نشتی است. با توجه به شکل (۷)

مشاهده می‌شود که دو دلیل برای افزایش دامنهٔ هارمونیک سوم جریان نشتی وجود دارد، یکی افزایش ولتاژ و دیگری افزایش اعوجاج، لذا سودمندتر است که به جای اندازه‌گیری مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی، دامنهٔ هارمونیک سوم آن اندازه‌گیری شود.





شکل(۷)- شکل موجهای جریان نشتی برقگیر و هارمونیک سوم آن به ازاء ولتاژهای متفاوت

۲-۱ آشکارساز هارمونیک سوم جریان‌نشتی

دستگاه ساخته شده میزان هارمونیک سوم جریان نشتی را که توسط سیم زمین برقگیر به زمین هدایت می‌شود، نشان می‌دهد.این اندازه‌گیری ، توسط یک ترانسفورمر جریان انبری انجام می‌شود. سیم رابط ترانس جریان و دستگاه آشکارساز،از نوع شیلددار انتخاب شده است تا اثر نویز کمتر شود. برای آشکارسازی هارمونیک سوم جریان نشتی و حذف سایر هارمونیکهای آن از یک فیلتر میانگذر استفاده شده است.

۱-۲- ترانس جریان

ترانس جریان انبری جزء اصلی دستگاه ساخته شده می‌باشد و به عنوان سنسور عمل می‌کند. نحوهٔ سیم‌پیچی، تعداد دور، جنس هسته، حجم

هسته. شعاع هسته و کم کردن فاصلهٔ هوایی در هنگام بسته‌شدن دهانهٔ انبری ترانس جریان از جمله موارد مهمی هستند که باید مدنظر قرار گیرند تا ولتاژ القاء شده بر اثر عبور جریان از سیم زمین به بیشترین مقدار برسد و نسبت سیگنال به نویز افزایش یابد.

$$B = \frac{\mu i}{2\pi r} \qquad (۳)$$

با توجه به روابط فوق تعداد دور برابر است با:

$$N = \frac{r.Z_A}{f.\mu.\mu_r.A} \qquad (۴)$$

در رابطهٔ (۴):

شعاع هسته	r
سطح مقطع هسته	A
فرکانس هارمونیک سوم	f
نفوذپذیری هسته	μ_r
امپدانس تقویت‌کننده	Z_A

۱-۲-الف) تعداد دور سیم‌پیچی سنسور

برای انتقال حداکثر توان به تقویت‌کننده لازم است که امپدانس ترانس جریان و تقویت‌کننده برابر باشند، لذا اگر Z_A امپدانس تقویت کننده و Z_T نیز امپدانس ترانس جریان باشد:

$$Z_A = Z_T = \omega L_T = 2\pi f L_T \qquad (۱)$$

$$L_T = \frac{\lambda}{i} = \frac{N\phi}{i} \qquad (۲)$$

میدان مغناطیسی در فاصلهٔ r از سیم به طول بینهایت برابر است با:

۲-۱-ب)- جنس هستهٔ ترانس جریان

منظور از جنس هسته میزان نفوذپذیری آن می‌باشد. با افزایش میزان نفوذپذیری مغناطیسی

هسته، ولتاژ القاءشده در ثانویهٔ ترانس زیاد می‌شود. همچنین عواملی مانند شعاع هسته و سطح مقطع هسته نیز در ولتاژ القاءشده مؤثر می‌باشند اما تنها کوچک‌کردن شعاع هسته مناسب است زیرا با افزایش سطح مقطع هسته جهت افزایش ولتاژ القایی، ولتاژ القاء شده در اثر نویز نیز زیاد می‌شود.

$$V = 4.44 * f.N.\phi_m = 4.44 * f.N.\frac{\mu i}{2\pi r}.A \quad (۵)$$

۲-۱-ج)- نحوهٔ سیم‌پیچی

سیم‌پیچی باید در تمام محیط هر دو نیم هسته به طور متقارن و با تعداد دور مساوی انجام شود تا حتی‌الامکان اثرات نویزهای پراکندهٔ محیط حذف شود. همچنین فاصلهٔ سیم‌پیچها تا هسته نباید زیاد شود تا شار نشتی به کمترین مقدار خود برسد. بدین منظور از سیمهای با قطر کمتر استفاده گردیده است.

۲-۱-د)-نحوهٔ باز و بست دهانهٔ ترانس جریان

باز و بست کردن دهانهٔ ترانس جریان به علت انبری بودن آن مربوط به قسمت مکانیکی دستگاه می‌باشد و از آن جهت مهم است که در هنگام بسته‌شدن دهانه دو نیمهٔ هسته از تمام جهات بر هم مماس شوند تا فاصلهٔ هوایی به کمترین مقدار خود برسد چرا که در غیراینصورت نفوذپذیری نسبی فقط مربوط به جنس هسته نبوده بلکه نفوذپذیری معادل حاصل از هسته و هوا بوده و به میزان قابل توجهی زیادی ولتاژ القایی کاهش می‌یابد.

۳- فیلتر میانگذر

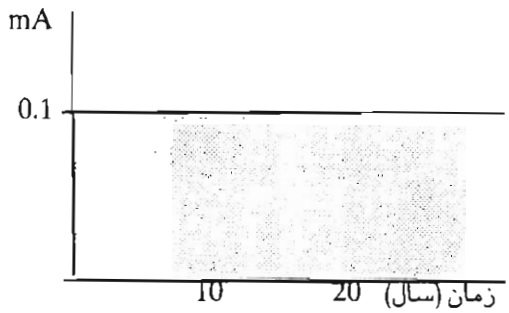
قسمت اصلی دستگاه آشکارساز جریان نشتی، فیلتر میانگذر آن می‌باشد که برای آشکارسازی دامنهٔ هارمونیک سوم جریان نشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فیلتر دارای فرکانس مرکزی ۱۵۰هرتز و عرض باند ۴۰ هرتز می‌باشد.

با توجه به اینکه نویز با فرکانسهای مختلفی در محیط وجود دارد و فیلتر نیز فقط فرکانس

۱۵۰هرتز را عبور می‌دهد، خروجی فیلتر دارای شکل موج سینوسی نسبتاً خوبی می‌باشد و از اثرات نویز تا حد زیادی کاسته می‌شود.

۴- محدودهٔ جریان نشتی

با توجه به آزمایشات متعددی که بر روی برقگیرهای سالم و سوختهٔ ۲۰ کیلوولت مختلف انجام شده محدودهٔ مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی آن مطابق شکل (۸) مشخص شده‌است. برای دامنهٔ هارمونیک سوم ۱۰۰ میکروآمپر نسبت سیگنال به نویز دستگاه آشکارساز جریان نشتی در محیط آزمایشگاه ۴۰dB بدست آمده است.



شکل(۷)- محدودهٔ مؤلفهٔ مقاومتی جریان نشتی جهت سالم بودن برقگیر

نتیجه گیری

آگاهی از صحت یا عدم صحت عملکرد برقگیرها به عنوان محافظ ترانسفورماتورها در شبکه‌های توزیع از اهمیت بالائی برخوردار است. با توجه به مطالب بیان شده، نتیجه‌گیری می‌شود که آشکارسازی دامنهٔ هارمونیک سوم جریان نشتی روش مناسبی جهت تشخیص صحت یا عدم صحت برقگیر می‌باشد.

مراجع

1) W.G.Carlson et al: A Procedure for EStimating the lifetime of Gapless Metal Oxide Surge Arrester. IEEE Traansaction on Power System, Vol. PWRD-1, No.2, April 1986.

2) Japanese comment on IEE-TC37 WG-4 (Secretary), 3September 1981. "Test Circuit or Measuring Resistive and Capacitive Component of Leakage Current".

3) A. Mizukoshi et al : INfluence of Uniformity of Energy Absorption Capabilities of Zine oxide Elements as Applied in Arrester. IEEE PAS, VOL. PAS 102, No.5, May 1983.

4) IEC-TC37 WG-4 "Meteal oxide Surge Arrester without Gaps for AC system" 1986.

5) S.Shirakawa et al : zinc Oxide Lightning Arrester " ZLA" for Gas - Insulated Seitchgear, Hitachi REview Vol.29 (1980) NO.2