

## بررسی تاثیر جریان هجومی بر عملکرد رله دیفرانسیل واحدهای نیروگاهی مجهز به GCB

مجتبی خدرزاده  
دانشکده مهندسی برق  
دانشگاه صنعت آب و برق  
[khederzadeh@yahoo.com](mailto:khederzadeh@yahoo.com)

محسن رحیمی  
دانشکده تحصیلات تکمیلی  
دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب  
[mohsenrahimie@gmail.com](mailto:mohsenrahimie@gmail.com)

چکیده - تاثیر جریان هجومی بر عملکرد رله های دیفرانسیل از دیرباز مورد توجه بوده است و در گذشته با استفاده از محتوی هارمونیک موج جریان هجومی از عملکرد کاذب رله دیفرانسیل جلوگیری می گردید. ولی با گسترش شبکه های قدرت، امروزه آن روشها دیگر کارآمد نیستند. گزارشات آماری موجود بیانگر موارد متعددی از عملکرد کاذب رله دیفرانسیل در نیروگاههای گازی مجهز به GCB در ایران است. در این مقاله، ضمن مروری جامع بر مسئله جریان هجومی در ترانسفورماتورهای قدرت، روشهایی بر اساس ماهیت شکل و محتوی جریان هجومی برای تمایز این جریان از جریان خطا ارائه خواهد شد. نکته قابل تاکید آنست که در این مقاله، تکیه اصلی بر شناخت ماهیت و رفتار جریان هجومی بوده و نمونه برداری های عملی انجام شده در سایت نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند و نیز راهکار اجرایی جهت حل مشکل تریپ کاذب رله دیفرانسیل ارائه شده است. همچنین تست های شبیه سازی بمنظور درک عمیق تر ماهیت جریانهای هجومی به انجام رسیده است.

کلید واژه- جریان هجومی، حفاظت دیفرانسیل ترانسفورماتور و ژنراتور، مانیتورینگ سیگنالهای حفاظتی، GCB

حفاظت های دیفرانسیل مجهز به ممانعت از هارمونیک دوم، تحت تاثیر برخی اغتشاشات و یا مانورهای بهره بردای دچار خطای کاذب شده اند. موارد متعددی از عملکرد کاذب حفاظت دیفرانسیل ژنراتور (87G) در پروژه های ۳۰ توربین گاز V94.2 ساخت شرکت مپنا گزارش شده اند، دو مورد مربوط به نیروگاه کازرون در ژانویه ۲۰۰۴ و مورد دیگر در نیروگاه کرمان، آوریل ۲۰۰۵ و یک مورد در نیروگاه دماوند تهران در سپتامبر ۲۰۰۶ که اطلاعات بدست آمده از طریق رکوردرهای خطا و مقادیر ثبت شده در رله REG 216 ساخت شرکت ABB خطای کاذب این رله را تایید و عملکرد آنها بدلیل خطای خارجی یا مانورهای بهره برداری غیر معمول می داند.

### ۲- ماهیت جریان هجومی

#### ۱-۲ بررسی از دیدگاه ریاضی

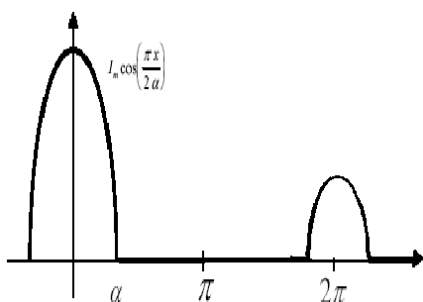
جریان هجومی یک شکل موج با قالبی مشخص شبیه

### ۱- مقدمه

ساخت مکانهای صنعتی بزرگ و امکانات تجاری عظیم موجب مطرح شدن نیاز به افزایش قابلیت اطمینان در سطح شبکه شده است و بارهای مصرفی حساس یا مصرف کننده های بحرانی بدلیل وابستگی به مسائل افت ولتاژ و خطاهای ناشی از عوامل مختلف از کیفیت توان تحویلی رنج می برند. در این میان امنیت رله های دیفرانسیل نیز به عنوان عضوی از شبکه قدرت، به رقابت گذاشته می شود. درواقع می بایست بگونه ای عمل شود که از تریپ کاذب رله های دیفرانسیل ممانعت بعمل آید.

تاثیر جریان هجومی بر عملکرد رله دیفرانسیل از دیرباز مورد توجه بوده است. معیارهای بسیاری برای جلوگیری از عملکرد کاذب رله ها پیشنهاد شده است که در این میان معیار بلاک کردن هارمونیک دوم مرسوم ترین آن است. اثر بخشی این معیار با تعدادی از کاربران صنعتی در دهه گذشته مورد تحقیق قرار گرفته و دیده شد که بعضی از

(۱) با خط چین مشخص شده رو به نزول است و نهایتاً نموداری مشابه شکل موج (۳) حاصل خواهد شد.

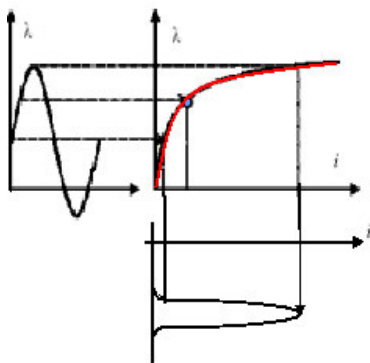


شکل ۳: شکل موج جریان هجومی با اثر نزولی بدلیل مولفه dc

## ۲-۲ بررسی از دیدگاه فیزیکی

در واقع بدلیل غیرخطی بودن هسته ترانسفورماتور، وقتی که یک ترانسفورماتور قدرت برقرار می شود، به احتمال زیاد جریان هجومی مغناطیس کنندگی اتفاق خواهد افتاد.

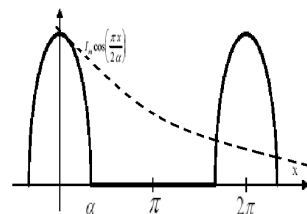
منحنی B-H یا  $\lambda-i$  در واقع تابع تبدیل وقوع این پدیده است که در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴: تبدیل موج سینوسی به جریان هجومی با منحنی غیر خطی  $\lambda-i$

کمترین مقدار این مولفه وابسته به نقطه زانوی مشخصه مغناطیسی می باشد. هرچه مقدار چگالی شار اشباع هسته پایین تر باشد، مقدار مولفه هارمونیک دوم با دامنه بزرگتری را بدنبال خواهد داشت. لذا ترانسفورماتورهای جدیدی که با مواد مغناطیسی بهتر ساخته می شوند و در واقع مشخصه مغناطیسی ورقه های آهن هسته آنها  $B_{MAX}$  بالاتری دارد، جریانهای هجومی شان دارای مولفه هارمونیک دوم کمتری خواهد بود.

نیم موج یکسو شده دارد. البته شکل موج یک جریان خطا وابسته به وضعیت خطا و پارامترهای شبکه قدرت متغیر خواهد بود و نمی تواند کاملاً دقیق پیش بینی شود. جهت مشخص نمودن مولفه های هارمونیک جریان هجومی در حالت ایده آل، همانند شکل (۱) در نظر گرفته می شود.



شکل ۱: شکل موج جریان هجومی در حالت ایده آل

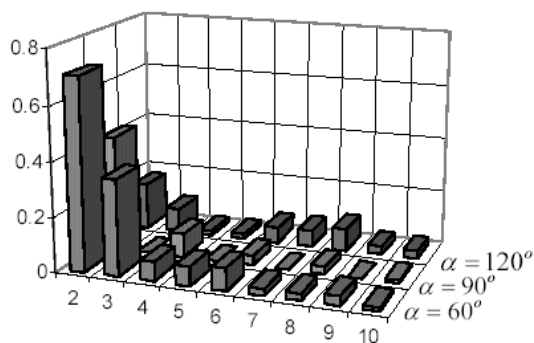
دامنه هارمونیک  $n$ ام شکل موج نشان داده شده (نمایش یک تابع زوج) بصورت سری فوریه فرمول (۱) محاسبه می شود:

(۱)

$$A_n = \frac{I_m}{\pi} \left[ \frac{1}{n+1} \sin((n+1)\alpha) + \frac{1}{n-1} \sin((n-1)\alpha) - 2 \cos\left(\frac{\alpha}{n}\right) \sin n\alpha \right]$$

$\alpha$  بعنوان پارامتر زاویه در نظر گرفته شده است.

شکل (۲) طیف فرکانسی ساده ای از شکل (۱) را با بکاربردن سری فوریه بالا برای زوایای  $\alpha=60, 90$  &  $120$  نشان می دهد.



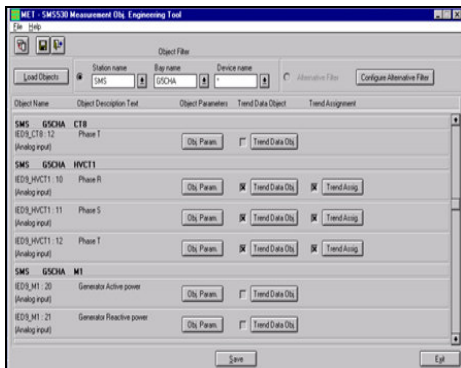
شکل ۲: طیف فرکانسی جریان های هجومی با زوایای مختلف

همانگونه که ملاحظه می شود، مقدار هارمونیک دوم همواره بدلیل وجود مولفه dc که میراکنندگی آن در شکل

### ۳- نمونه برداری عملی از برقدار کردن ترانسفورماتور قدرت در سایت نیروگاه سیکل ترکیبی دماوند

پس از اتمام تعمیرات اساسی واحد ۵ گازی، با هماهنگی های بعمل آمده در نیروگاه دماوند و فعال نمودن سیستم SMS530 مربوط به ثبت وقایع رله REG216، جریانهای راه اندازی ترانس اصلی واحد با مشخصات نامی 200MVA و 15.75/400KV در حالت بی باری و بمنظور مانیتورینگ اولین برقدار کردن پس از تعمیرات اساسی واحد ثبت شد.

نرم افزار SMS530 (Signal Monitoring System) جهت نمونه گیری از جریان راه اندازی با نرخ نمونه برداری 600HZ معادل دقت 1.667 msec استفاده شد. نمونه برداری جریان از طریق CT های 400/1A روی خط 400KV یعنی HVCT فازهای R,S,T انجام و آماده سازی ها در کانالهای حفاظتی مربوط مطابق شکل (۵) انجام گردید.



شکل ۵: آماده سازی کانالهای حفاظتی مطابق وایرینگ تا رله REG216 و مانیتورینگ در نرم افزار SMS530

جریان هجومی با فرکانسی در حدود 50HZ بصورت تک قطبی در هر فاز و متشکل از نیم سیکل های منفی یا مثبت برقرار می شود. این نیم سیکلها فاصله زمانی تقریبا یکسان داشته، درحالیکه دامنه آنها بتدریج کاهش می یابد.

شکل منحنی جریان هجومی، همچنین دامنه و مدت برقراری آن به عوامل ذیل بستگی دارد:

۱- قدرت ترانسفورماتور و نوع آن: قدرت ترانس، جنس، ابعاد و اندازه هسته را مشخص می نماید و مشخصات مزبور اندازه جریان هجومی را در شرایط بهره برداری تعیین می نماید.

۲- قدرت اتصال کوتاه شبکه: قدرت اتصال کوتاه، سطح جریان هجومی و دامنه آنرا که در حدود ۶ الی ۸ برابر بار نامی ترانسفورماتور است، مشخص می نماید.

۳- لحظه وصل ترانسفورماتور و برق دار نمودن آن: لحظه وصل نسبت به منحنی سینوسی ولتاژ تغذیه مورد نظر بوده که عبارت از لحظه بروز قوس در زمان وصل کنتاکتهای کلید می باشد.

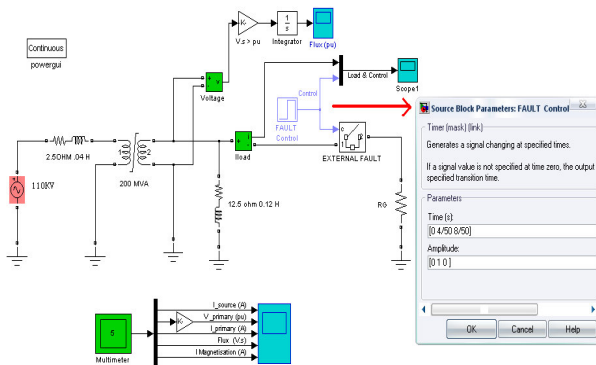
۴- شار موجود در هسته ترانسفورماتور (شار باقیمانده): در هنگام بی برق کردن ترانس، بخشی از فوران موجود در هسته ناشی از جریان تحریک، در هسته مغناطیسی ترانس حفظ شده که به شار باقیمانده موسوم است و این پدیده بشدت به فیزیک هسته وابسته است.

برای یک ترانسفورماتور معین با قدرت اتصال کوتاه مشخص که به شبکه متصل می شود، لحظه وصل کلید اتفاقی خواهد بود، اگرچه سه فاز همزمان وصل می شوند اما مقادیر لحظه ای ولتاژ سینوسی در سه فاز متفاوت بوده و لذا شار ظاهر شده در لحظه وصل در سه فاز متفاوت و غیرقابل پیش بینی است. بعنوان مثال، زمانیکه جریان در یک فاز صفر است در دو فاز دیگر بطور همزمان حداکثر مقدار را دارا می باشد. لذا کنترل بسته شدن غیر همزمان بازوهای کلید قدرت و بعبارتی کنترل بسته شدن فازها در زمان مناسب یک راهکار جهت این موضوع است.

سیم پیچهای هر دو طرف ترانس:  $L_2=0.035 \text{ H}$  ,  
 $R_2=115\Omega$  ,  $L_1=0.06\text{H}$  ,  $R_1=15\Omega$  ,  $K=110/35\text{KV}$

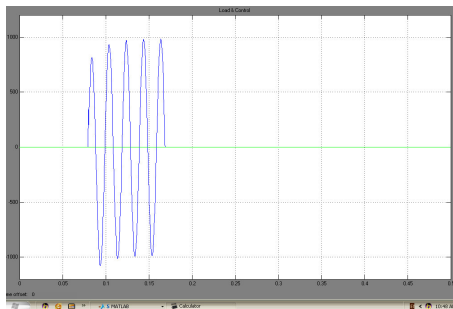
پارامترهای هسته:

$L\mu=500 \text{ H}$  و نقطه اشباع CT برابر  $\Psi_s/\Psi_m=1.2$  .  
 همچنین یک کلید جهت سیموله کردن شرایط ایجاد و رفع  
 خطای خارجی بکاربرده شده و توسط یک بلوک قابل برنامه  
 ریزی کنترل می شود که در شکل (۷) نشان داده شد:



شکل ۷: مدل ترانس تکفاز متصل به بار با کلید کنترل شده.

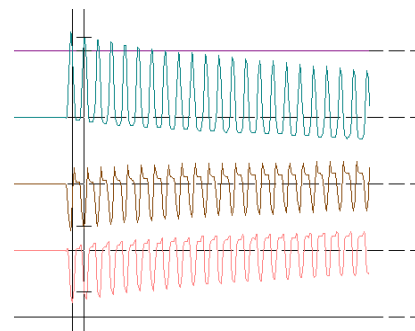
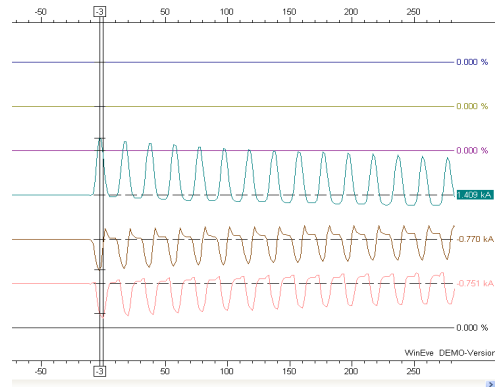
شکل موج خطا در زمان قطع و وصل کلید، در طول ۴  
 سیکل مطابق شکل (۸) نشان داده شده است:



شکل ۸: شکل موج خطا در زمان تغییر وضعیت کلید طی ۴ سیکل .

شکل موجهای ارائه شده در نمودار(۹-الف) و (۹-ب) مربوط  
 به مولتی متر واقع در مدار می باشد، که بترتیب شامل شکل  
 موج جریان کشیده شده از منبع ، ولتاژ اولیه، جریان اولیه،  
 شار مغناطیس کنندگی ترانس و جریان مغناطیس کنندگی  
 ترانسفورماتور می باشد.

نتایج ثبت شده از نرم افزار مذکور بصورت شکلهای  
 (۶-الف) و (۶-ب) قابل مشاهده است.



شکل ۶: الف- نمودار مقادیر جریان اندازه گیری شده سمت فشار  
 قوی در سه فاز معادل 1.41, -0.77, -0.75KA ب- نمودار جمع  
 شده جریانهها در زمان ۴۰۰ میلی ثانیه جهت مشاهده مولفه dc

#### ۴- نتایج تست های شبیه سازی

به منظور واضح تر شدن و تشخیص چگونگی تاثیر  
 جریان هجومی روی ترانسفورماتور قدرت از نرم افزار  
 MATLAB استفاده شد که بخوبی وضعیت منحنی های  
 جریان و ولتاژ ترانسفورماتور شبیه سازی شده را بیان می  
 نماید.

در این بخش، بعنوان اولین مدل روی یک ترانسفورماتور  
 قدرت شامل پارامترهایی بشرح ذیل بررسی های مربوط  
 انجام شد:

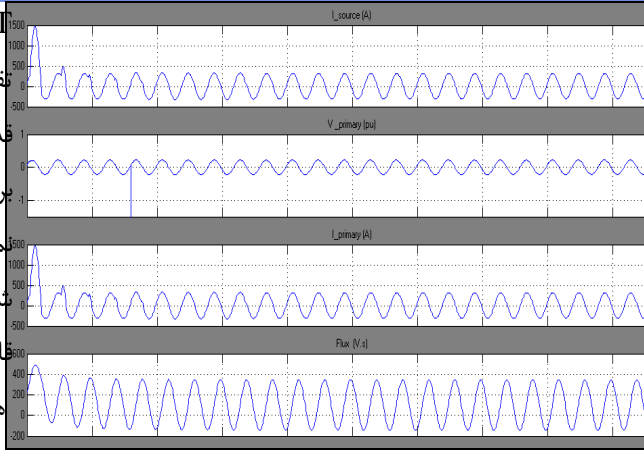
پارامترهای منبع AC عبارتند از:

$\omega=100\pi \text{ rad}$  ,  $U_m=110 \text{ kv}$  ,  $\theta=20^\circ$  که زاویه  
 شروع است یعنی زاویه ای که در لحظه اول که ترانس به  
 منبع ولتاژ وصل می شود.

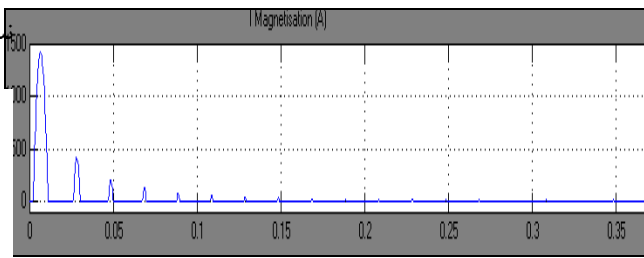
پارامترهای ترانس تکفاز مطابق ذیل داده شده است:

CTهای ثانویه ترانس 400/1A می باشد. یک بار سه فاز که تقریباً معادل با توان منبع می باشد سر راه ترانسفورماتور قدرت گذاشته شده تا ترانس مذکور تحت بار برقرار شود. برای مدل کردن CTها در اولیه و ثانویه از جریانهای دو نمونه برداری شده و به عنوان ورودی به اولیه CTها داده شد. در ثانویه CTها بارگذاری انجام شد تا جریان ثانویه قابل قرائت باشد.

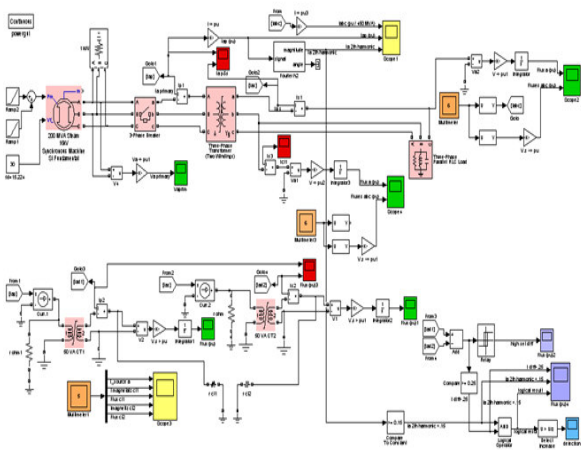
هارمونیک دوم جریانی که از منبع کشیده شده توسط بلوک فوریه جداسازی شده و اندازه این هارمونیک دوم نیز نسبت به هارمونیک اصلی سنجیده شده است.



(الف)



(ب)



شکل ۹: الف - شکل موج های جریان و ولتاژ اولیه و شار مغناطیس کنندگی ترانس از طریق مولتی متر، ب- شکل موج جریان مغناطیس کنندگی ترانسفورماتور

شکل ۱۰: مدل ترانسفورماتور سه فاز تغذیه شونده از ژنراتور سنکرون و لحاظ نمودن CT های اولیه و ثانویه ترانس. شکل منحنی هیستریزس بکار برده شده برای ترانس اصلی بصورت شکل (۱۱) می باشد که شامل قابلیت انتخاب برای پارامترهایی نظیر شار باقیمانده  $F_r$ ، شار اشباع و جریان متناظر آن، جریان در شار صفر یا Coercive current،  $df/di$  در شار صفر می باشد. این چهار پارامتر در ساخت منحنی هیستریزس ترانسفورماتور بطور مستقیم موثر خواهند بود.

حال مدل دیگری مطابق شکل (۱۰) که در واقع سعی شده تا با توجه به اسناد و مدارک فنی موجود در سایت ارائه شده از طرف کارخانه های سازنده، شبیه سازی یک واحد گازی نیروگاه دماوند باشد، در نظر گرفته خواهد شد. تعریف پارامترهای مورد نیاز از مدارک فنی موجود صورت پذیرفته که در بخش ترانسفورماتور از سوی شرکت ایران ترانسفو، در بخش ژنراتور مدارک ارائه شده از سوی شرکت پارس ژنراتور و همچنین در بخش کلید اصلی واحد یا GCB از سوی شرکت ABB بکار گرفته شد.

در این مدل از یک ژنراتور سنکرون قطب صاف 200MVA، با پارامترهای گشتاور و تحریک و یک ترانسفورماتور قدرت افزایشده با ظرفیت نامی 200MVA و نسبت ولتاژی 15.75/400KV و همچنین یک بریکر سه فاز با جریان نامی ۷۳۳۱ آمپر استفاده شده است. ترانسهای جریان نیز در اولیه و ثانویه مدل شده اند. نسبت تبدیل CTهای سمت اولیه ترانس 8600/1A و نسبت تبدیل

بطور عمده روشهای تشخیص و تفکیک این دو جریان (جریان خطا و هجومی) بشرح ذیل تقسیم بندی می شوند:

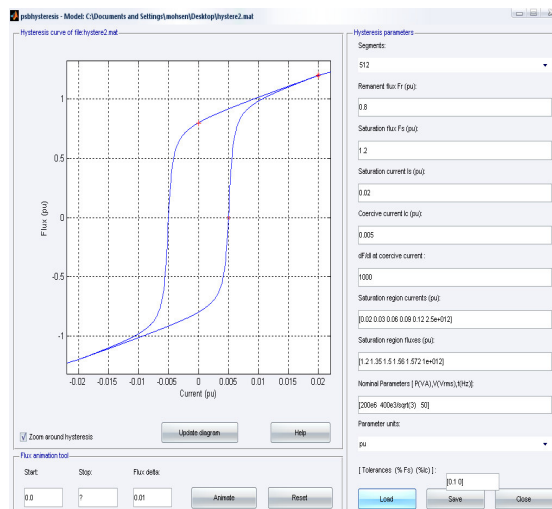
- کنترل شکل سینوسی منحنی های دو جریان و حس کردن تفاوت های مابین آنها.
- تجزیه و تحلیل مشخصات شدت میدان مغناطیسی و شار حاصل از دو جریان در هسته. (منحنی B-H)

سرعت تشخیص و تفکیک دو جریان بسیار حائز اهمیت بوده و در واقع سرعت کار رله را مشخص می نماید. بهمین علت تفاوت این روش ها با توجه به سرعت تشخیص روشها تعیین می شود.

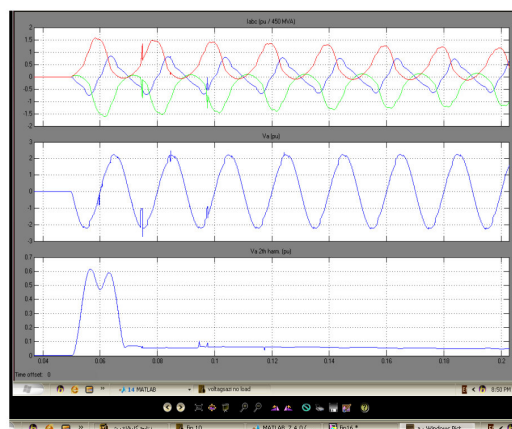
منظور از تجزیه و تحلیل مشخصات جریان برقرار شده در ثانویه ترانسفورماتورهای جریان که جریان دیفرانسیل را می سازند، تعیین هارمونیک و مولفه dc موجود در جریان ثانویه است. تفکیک جریانها در روش فوق در حدود نیم سیکل طول می کشد.

بطور کلی در رله های دیفرانسیل دیجیتالی تشخیص و تفکیک جریانهای عیب و جریان هجومی در هنگام برقرار نمودن ترانسفورماتور قدرت با استفاده از کمیات جریان صورت گرفته و به سه روش کلی ذیل تقسیم می شود:

- استفاده از هارمونیک های موجود در جریان CT های مورد استفاده در دوطرف.
- استفاده از پارامترها و کمیت های موثر در تفاوت شکل دو جریان.
- اندازه گیری و مقایسه تغییرات ظاهر شده در پارامترها و مشخصات ترانسفورماتورهای قدرت.



شکل ۱۱: مدل منحنی هیستریزس ترانسفورماتور سه فاز و تنظیم پارامترهای مربوطه. نمودار اسکوپ ۱ در شکل ذیل آورده شده است. مقدار هارمونیک دوم نسبت به دامنه هارمونیک اصلی، نمودار آخر شکل (۱۲)، حائز اهمیت بیشتری است.



شکل ۱۲: شکل موجهای مربوط به اسکوپ یک در مدل شبیه سازی شده در شکل ۱۰.

## ۵- روشهای تشخیص جریان هجومی از خطای واقعی و جلوگیری از تریپ کاذب رله دیفرانسیل

### ۵-۱- روشهای کلی تشخیص جریان هجومی از خطای واقعی

دستیابی به این هدف مستلزم تشخیص و تفکیک جریان سینوسی عیب و جریان مغناطیس کنندگی ترانسفورماتور می باشد.



۱- جریان بی باری که در واقع جریان ثابتی است و همواره وجود دارد و باید در ملاحظات دیفرانسیلی در نظر گرفته شود.

۲- جریان ناشی از عدم انطباق کامل نسبت تبدیل CTها و یا تغییر تپ ترانس تحت بار برای ترانسفورماتور قدرت (OLTC).

۳- جریان خطا ناشی از پدیده اشباع CTهای دو طرف. نهایتاً یک ضریب اطمینان قابل قبول و منطقی برای فاصله گرفتن رله از مجموع این خطاها لازم است.

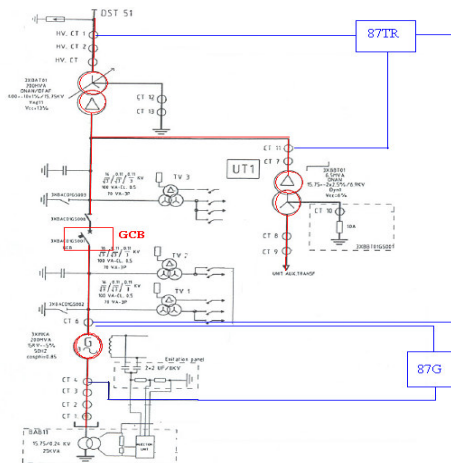
بطور مثال در رله های مورد استفاده در سایت دماوند یعنی REG 216 این نمودار مطابق شکل (۱۵) از یک تکه خط با شیب صفر (g) و یک تکه خط شیب دار با شیب (v) تشکیل شده است. در حالیکه در نمونه های پیشرفته تر رله های دیجیتالی، این منحنی بصورت سه تکه خطی و یا منحنی های سهمی شکل تری جهت تشخیص عملکرد توسط رله پایش می گردد.

دو طرح اصلاحی در تصحیح الگوریتم رله دیفرانسیل ژنراتور ارائه شد.

طرح اول : همانگونه که در شکل (۱۶) نشان داده شده، در این طرح ایجاد یک تاخیر زمانی ۳ ثانیه ای پس از بسته شدن GCB (کلید اصلی واحد) در حالت dead، مد نظر قرار گرفت، و رله دیفرانسیل ژنراتور در این مدت زمان برای سپری شدن جریان هجومی بلاک گردید، که البته بدلیل خطر جریان هجومی در زمان برقرار شدن سایر ترانس های مجاور و اعمال جریان هجومی از آن طریق و back energize شدن ترانس مذکور نسبت به سایر واحدهای مجاور، طرح نامناسبی تشخیص داده شد و عملاً بدلیل امکان برقراری جریان هجومی پس از بلاک شدن اولیه رله حفاظتی هر واحد و خطر تریپ کاذب واحد از طریق واحدهای مجاور در سایت اجرا نشد.

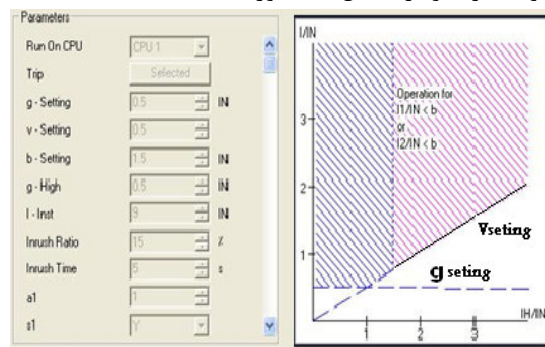
## ۵-۲- تدابیر اتخاذ شده در سایت نیروگاه دماوند

نمودار تک خطی حفاظت دیفرانسیل ترانسفورماتور اصلی و ژنراتور در شکل (۱۳) نشان داده شده است، همچنین موقعیت بریکر اصلی واحد یا GCB در نمای تک خطی ذیل دیده می شود.



شکل ۱۴: نقشه تک خطی آرایش CTهای مربوط به حفاظت دیفرانسیل ترانسفورماتور و ژنراتور واحد.

همچنین قبل از بیان طرح های ارائه شده، ابتدا ناحیه عملکرد رله دیفرانسیل و ستینگ های مربوط به نیروگاه دماوند در نمودار شکل (۱۵) آورده شده است.



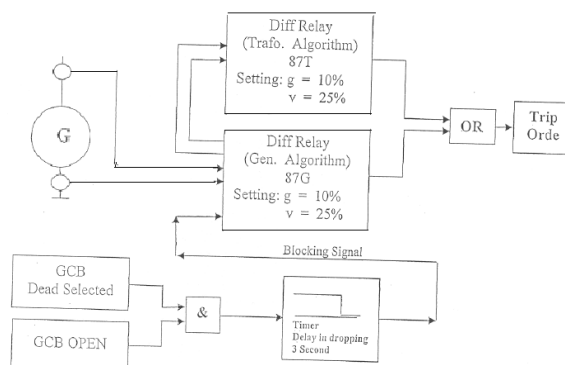
شکل ۱۵: ناحیه عملکرد رله دیفرانسیل ترانسفورماتوری و تنظیمات مربوط به رله.

آنچه که در منحنی مشخصه دیفرانسیلی شکل فوق نشان داده شده مجموعه ای از چند جریان خطا می باشد که با توجه به قابلیت رله های دیفرانسیل دیجیتالی، با دقتی قابل قبول بصورت تکه خطی بعنوان محدوده کاری رله دیفرانسیل نمایش داده می شود. این جریانها شامل موارد ذیل خواهند بود:

## ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله در مورد ماهیت جریان هجومی بلحاظ تئوری و نظری بطور عمیق تری بحث شد و با فراهم آوردن شرایط لازم، آزمایشاتی در سایت روی یک ترانسفورماتور قدرت انجام شد. این نمونه‌گیری‌ها از طریق ترانسهای جریان HV در خروجی ترانسفورماتور قدرت سه فاز ۴۰۰ کیلو ولت و در زمان برقرار کردن ترانسفورماتور از سوی شبکه قدرت صورت گرفت.

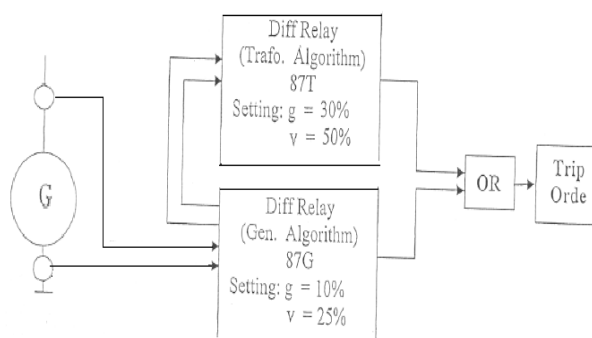
با بکارگیری تعاریف جدیدی برای مشاهده جریان هجومی توسط نرم افزار SMS530 که یک نرم افزار مانیتورینگ حفاظتی است، شرایط ثبت اطلاعات فراهم شد. این نمونه‌گیری‌ها جریان راه اندازی ترانسفورماتور 200MVA و میرا شدن آنرا طی چند سیکل بخوبی نشان داد. و نهایتاً طرح کاربردی و مورد قبولی که جهت مقابله با تریپ کاذب رله دیفرانسیل ژنراتور با وجود GCB مورد استفاده خواهد بود، افزایش معقول مقدار ستینگ پارامترهای g و v رله دیفرانسیل ژنراتور تشخیص داده شد، مضاف به اینکه بدلیل درگیری مستقیم ژنراتور با ترانس اصلی واحد در زمان وصل کلید GCB و برقرار نمودن ترانسفورماتور از طریق ژنراتور واحد و امکان انتقال جریان هجومی ترانسفورماتور اصلی به ژنراتور، نوع رله دیفرانسیل ژنراتور نیز به نوع ترانسفورماتوری یا inrush proof تغییر یابد.



شکل ۱۶: طرح اول پیشنهادی جهت مقابله با جریان هجومی که نامناسب تشخیص داده شد.

طرح دوم: مطابق شکل (۱۷) تغییر تایپ حفاظت پشتیبان

رله دیفرانسیل ژنراتور (87G) به نوع ترانسفورماتوری (87TR) و تغییر ستینگ پارامتر g رله دیفرانسیل ژنراتور از ۰.۱ به ۰.۳، پریونیت و پارامتر v منحنی عملکرد دیفرانسیل ژنراتور از ۰.۲۵ به ۰.۵، پریونیت مطرح شد که در سایت نیروگاه دماوند به اجرا درآمد.



شکل ۱۷: طرح دوم پیشنهادی جهت مقابله با جریان هجومی

با توجه به آنکه جریان نامی در خروجی ژنراتور برابر ۷۳۳۱ آمپر است، مقدار جریان آستانه عملکرد رله دیفرانسیل ژنراتور، g setting، از مقدار ۷۳۳ آمپر به ۲۲۰۰ آمپر تغییر یافته که با توجه به سوابق آماری، مقدار جریان مورد انتظاری که با بسته شدن کلید GCB و اعمال جریان هجومی ترانسفورماتور به ژنراتور سنکرون توسط رله دیفرانسیل ژنراتور حس می شود زیر این حد و در زمان خطای داخلی بمراتب بالاتر از حد ستینگ می باشد.





#### ۷- مراجع

- [1] M. Kitayama, M. Nakabayashi "A new approach to fast inrush current discrimination based on transformer magnetizing characteristics". 14<sup>th</sup> PSC, 2002
- [2] Hanli Weng, Pei Liu "studies on the operation behavior of differential protection during a loaded transformer energization". IEEE, power delivery, 2007
- [3] Kuniaki Yabe. "Power Differential Method for Discrimination between fault & magnetizing inrush current in transformers." IEEE, 1997.
- [4] Keizo Inagaki, M. Higaki "digital protection based on an equivalent circuit composed of inverse induction" IEEE, 1988
- [5] Document of DAMAVAND P/P for Digital protection & report of CESI for unwanted trips on differential relay.
- [6] Gerhard Ziegler, " Numerical Differential Protection" in Germany, March 2005, publicis - erlangen.de/Books, siemens.
- [7] Documents of Damavand p/p in protection relay "REG 216", s147&148.