

مدل سازی ساختار واقعی حفاظت جریانی ترانسفورماتور و بهینه سازی دریک محیط هارمونی

حمید تقوی رکن آبادی^۱، محمد حسن ابوالفتحی^۲، هادی اعرابها^۳، محمد رضا باروتکوب^۱

شرکت بهینه سازان هوشمند برق، شرکت مدیریت تولید برق یزد، دانشگاه علامه طباطبایی

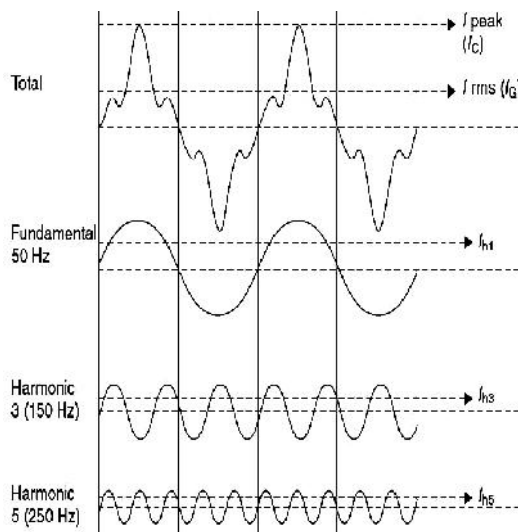
چکیده

در این مقاله سعی شده است ساختار داخلی رله جریانی را با دقت بالا شبیه سازی کند و کلیه مباحث سخت افزاری طوری در کنار هم قرار گیرد تا بتوان اثرات هر کدام در صورت عدم وجود مورد بررسی قرار گیرد سپس با سوار کردن برخی از اغتشاشات موجود بر روی شبکه عملکرد رله را مورد بحث قرار دادیم در عمل دیده شد این اغتشاشات میزان خطای رله را افزایش می دهد و صدمات جبران ناپذیری به شبکه سراسری وارد می کند به همین دلیل راهکاری برای تعدیل این موضوع تعبیه شد و نتایج به دست آمده کاهش میزان خطا را نشان می دهد

کلید واژه

اشباع ترانس جریان - هارمونیک - میکرو پرسسور - ضریب اعوجاج هارمونیک - فیلتر آنالوگ

و با یک درجه کمتر ماشینهای گردان، بسیار رایج شده است. شکل (۱) شکل موج جریان را در یک شبکه توزیع نشان می دهد. همان طور که از شکل موج و محتوای هارمونیکی آن مشخص است بالاترین میزان هارمونیک مربوط به هارمونیک سوم در شبکه های توزیع می باشد. رله ها از نظر نوع تکنولوژی ساخت به سه دسته الکترومکانیکی و استاتیکی و دیجیتالی تقسیم می شوند [۱]. در نوع استاتیکی (میکروپروسسوری) که هدف طراحی ما نیز می باشد طراحی بر مبنای ادوات الکترونیکی بوده و لذا فاقد امکان برنامه ریزی می باشند. حال تاثیر هارمونیک ها بر روی رله های استاتیکی باعث تاخیر در پاسخ دهی مناسب آن می شود که در بخش بعد به صورت شفاف تر مورد بحث قرار خواهد گرفت.



شکل ۱: درجات هارمونیک

۳. مدل سازی ساختار رله جریان زیاد

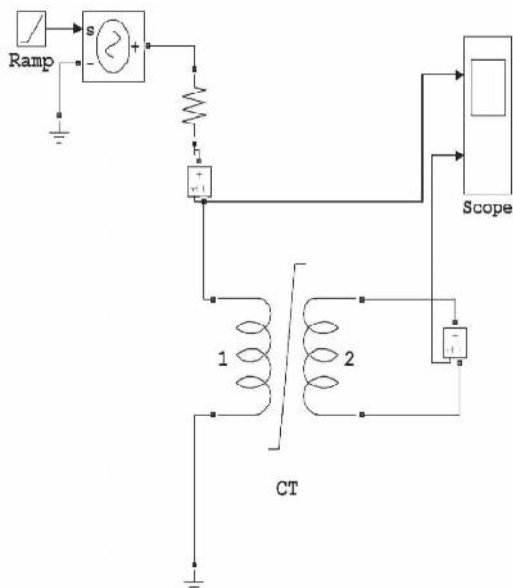
رله جریان زیاد از نوع میکروپروسسوری دارای ساختار پیچیده ای می باشد که از مهمترین تجهیزات به کار رفته در آن می توان مبدل D/A-A/D، یکسوساز، نمونه گیر، نگه دارنده، حافظه، انواع فیلپ فلاپ ها، شمارنده ها، ریزپردازنده میکروپروسسوری، و بسیاری از المان های دیگر نام برد. شبیه سازی این نوع رله با تمام ساختار داخلی در نرم افزار متلب صورت گرفته است با توجه به حجم زیاد اطلاعات در مورد شبیه سازی در این مقاله به ذکر نمای کلی شبیه سازی در شکل (۲) بسنده شده است. برای تعریف اغتشاش ورودی از پارامترهای ریاضی استفاده شده است با توجه به میزان حساسیت رله ها به هارمونیک با دامنه بالا و هم چنین اغتشاشات گذرا، سعی شده است که از هارمونیک سوم، پنجم، هفتم، و یازدهم که بیشترین تاثیر را دارد به کار برده شود

۱. مقدمه

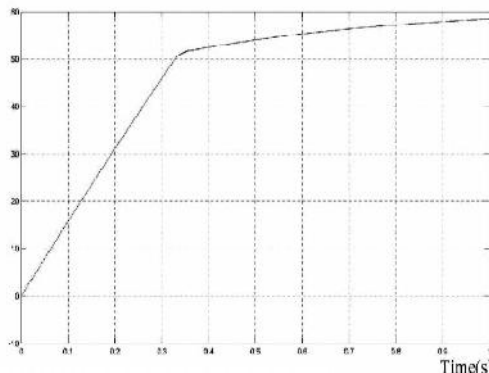
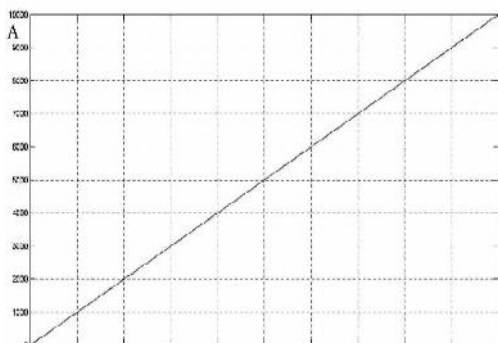
حفاظت سیستم های قدرت یکی از مقوله های مهم و ضروری در طراحی، اجرا و بهره برداری این شبکه های می باشد. طرح های حفاظتی گوناگون علی رغم تنوع ظاهری در چهار ویژگی قابلیت اطمینان، حساسیت، انتخابگری و سرعت مشترک می باشند [۱]. نظر به محدودیت حرارتی تجهیزات و همچنین ملاحظات پایداری، عملکرد تجهیزات حفاظتی در هنگام وقوع خطا بایستی از سرعت کافی برخوردار باشد. لذا تحقیقات بسیاری در زمینه شناسایی و تجزیه و تحلیل عوامل موثر بر عملکرد رله ها صورت گرفته است. یکی از این عوامل وجود هارمونیک ها در شبکه می باشد که با افزایش پیک شکل موج منجر به اشباع ترانس جریان و افزایش خطای عملکرد رله های اضافه جریان می شوند [۲]. جایگزینی ترانس های جریانی فیبرنوری به جای ترانس های متداول یکی از راهکارهای ارائه شده جهت رفع مشکلات ناشی از اشباع هسته ترانس های جریان می باشد که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این تکنولوژی، که توانسته معضلات اشباع و تاثیرات هارمونیک را بر روی هسته را به کل حذف کند و یک موج کاملاً سینوسی به ورودی رله بدهد [۳]. در مقاله ای دیگر، یک مدل سازی رله جریان زیاد، توسط شبکه عصبی صورت پذیرفته است. رله جریان زیاد جهتی عصبی جهت حفاظت سیستم های قدرت با قابلیت اطمینان بالا و سرعت عملکرد بالا در شرایط اغتشاش کامل شبکه توزیع بکار برده می شود [۴]. در بخش بعدی این مقاله به بررسی تاثیر هارمونیک و اشباع ترانسفورماتور جریان بر عملکرد رله جریانی پرداخته شده است. در ادامه و در بخش سه، یک مدل از ساختار داخلی رله جریانی در نرم افزار متلب شبیه سازی شده است که دارای ساختمان پیچیده ای می باشد در همین بخش روابط ریاضی هارمونیک ها را به صورت مدل به ورودی CT اضافه کردیم و نتایج مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم به ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد پرداخته و در بخش های بعدی نتایج را با هم مقایسه کرده است.

۲. حفاظت جریانی در یک محیط هارمونی

امروزه واژه هارمونیک در رابطه با مسایل سیستم قدرت کاربرد زیادی دارند. بالاترین میزان درصد هارمونیک در سیستم های قدرت در بخش شبکه های توزیع می باشد [۵]. استفاده از بارهای غیرخطی مانند اینورترها، وسایل تخلیه قوس الکتریکی، وسایل اشباع شده مغناطیسی

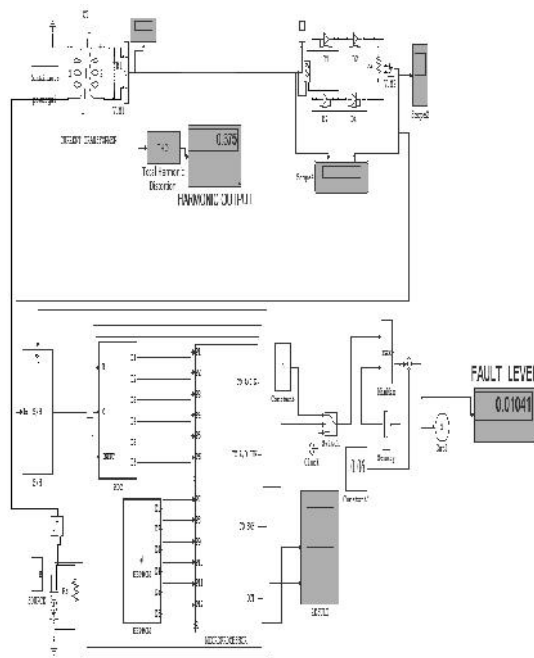


شکل ۳: شبیه سازی CT اشباع



شکل ۴: موج خروجی CT اشباع (شکل پایینی)

در این راستا برای تاثیرات بیشتر اغتشاشات، از ترانس با قابلیت اشباع استفاده شده است تا عملکرد رله در بدترین شرایط مورد ارزیابی قرار گیرد با توجه به حجم زیاد مداری میکرو پرسوسر اعمال این شرایط، ارزیابی خروجی زمان بر می شود

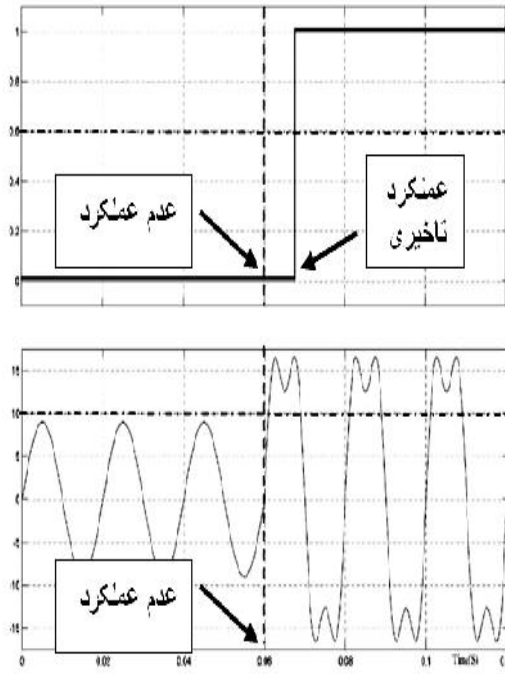


شکل ۲: نمای کلی از ساختار داخلی رله جریان زیاد

۳.۱. شبیه سازی تاثیر هارمونیک بر روی حفاظت

در وهله اول برای بررسی دقیق تر تاثیرات هارمونیک بر روی رله از یک ترانسفورماتور جریان استفاده شده است. شکل (۳) با توجه به شکل (۴) خواهیم دید که شکل موج خروجی CT کاملا اشباع شده است. (شکل پایینی) ملاحظه می شود که در صورت اعمال جریانی بیش از جریان نامی ترانسفورماتور وارد ناحیه اشباع شده و هارمونیک زوج تولید می کند و میزان جریان ثانویه آن به صورت غیرخطی تغییر می کند همین شکل موج خروجی، ورودی رله O/C خواهد بود که عامل اصلی خطا در عملکرد رله به شمار می رود. [۳] و [۴]

در ادامه یک منبع جریانی که دارای هارمونیک های ۱۱، ۳، ۵، ۷ می باشد به ورودی CT قابل اشباع وصل می کنیم این منبع جریان طوری تعریف شده است که هارمونیک های موجود را در یک زمان خاص وارد مدار می کند. شکل (۵) همچنین در حافظه رله،

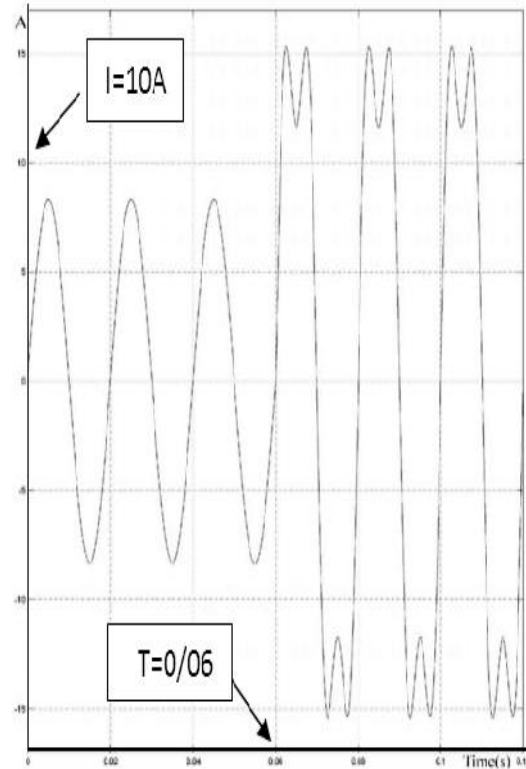


شکل ۶: منحنی عملکرد رله در حضور هارمونیک

۴. راه حل

یکی از روش های قدرتمند که در سالهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته، فیلترینگ هارمونیکی می باشد که باید طوری این فیلتر انتخاب شود که بتواند هر دو پارامتر را تعدیل نماید حال با توجه به شرایط فرکانسی اغتشاشات، باید از فیلتر پایین گذر استفاده شود در این مقاله سعی شده است تمامی فیلترهای آنالوگ در مسیر خروجی ترانس جریان گذاشته شود و بهینه ترین فیلتر انتخاب شود حال یکایک فیلتر های آنالوگ با توجه به مشخصات سخت افزاری که دارند در ساختار رله وارد می کنیم و نتایج را مقایسه می کنیم و در آخر بهینه ترین را مورد ارزیابی قرار می دهیم نکته ای که باید قبل از تست گفته شود برای تسریع در عملکرد شبیه سازی به جای زمان استارت ورود اغتشاش از ۰/۰۶ به ۰/۰۲ تغییر می دهیم

عدد ثابت ۱۰ تعریف شده است. پردازشگر مرکزی طوری برنامه ریزی شده که به محض رسیدن دامنه جریان به ۱۰ آمپر رله فرمان قطع صادر کند. در حالت عادی خروجی میکروپروسسور به صورت صفر منطقی است، چنانچه خطایی روی دهد خروجی آن به یک منطقی تغییر می یابد که نشانگر عملکرد صحیح آن است.

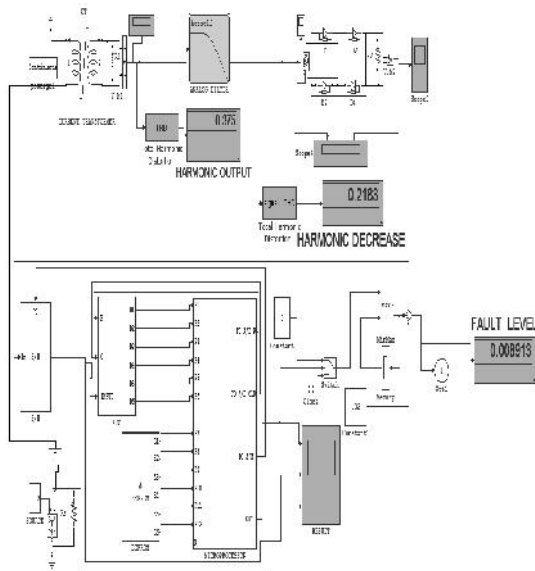


شکل ۵: شکل موج ثانویه ترانس جریان

قسمت اول شکل (۵) نشانگر وضعیت عادی در سیستم می باشد و در بازه (۰-۰۶/۰) قرار دارد به صورت یک سیگنال سینوسی بدون هارمونیک اضافی است. قسمت دوم که در بازه (۰-۱۲/۰-۰۶/۰) ملاحظه می شود نشانگر ایجاد خطای اضافه جریان در شبکه می باشد که دارای هارمونیک اضافی علاوه بر هارمونیک اصلی می باشد. حال این سیگنال به رله اعمال شده، تا عملکرد آن بررسی شود. با توجه به (شکل موج ۲)، با اعمال این شرایط خروجی به دست آمده دارای زمان تاخیر عملکرد ۰/۰۱۰۴ و درصد هارمونیک ۳۷ درصد می باشد (THD) که این شرایط بسیار نامطلوب و خطرناک هنگام خطا در سیستم می باشد.

۴,۳. فیلتر BESELF

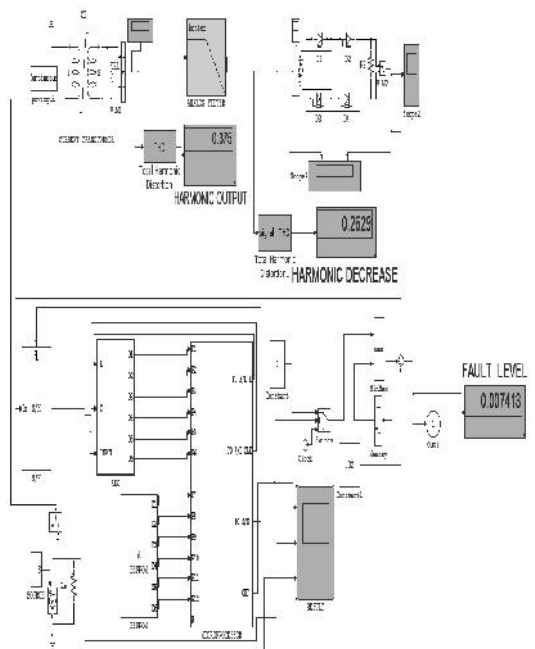
حال سومین فیلتر که BESELF نام دارد در مدار و بعد از CT قرار می دهیم و عملکرد مطابق شکل ۹ می شود



شکل ۹: عملکرد فیلتر آنالوگ BESELF در رله

۴,۴. فیلتر BUTTER

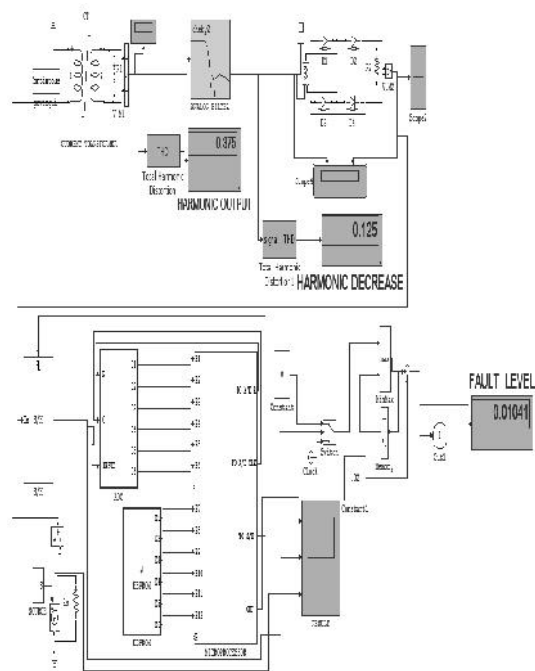
حال چهارمین فیلتر که BUTTER نام دارد در مدار و بعد از CT قرار می دهیم و عملکرد مطابق شکل ۱۰ می شود



شکل ۱۰: عملکرد فیلتر آنالوگ BUTTER در رله

۴,۱. فیلتر CHEVII

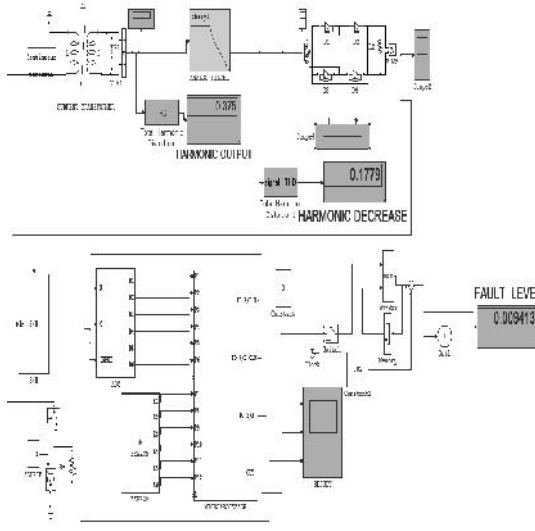
حال اولین فیلتر که CHEVII نام دارد در مدار و بعد از CT قرار می دهیم و عملکرد مطابق شکل ۷ می شود



شکل ۷: عملکرد فیلتر آنالوگ CHEVII در رله

۴,۲. فیلتر CHEVI

حال دومین فیلتر که CHEVI نام دارد در مدار و بعد از CT قرار می دهیم و عملکرد مطابق شکل ۸ می شود

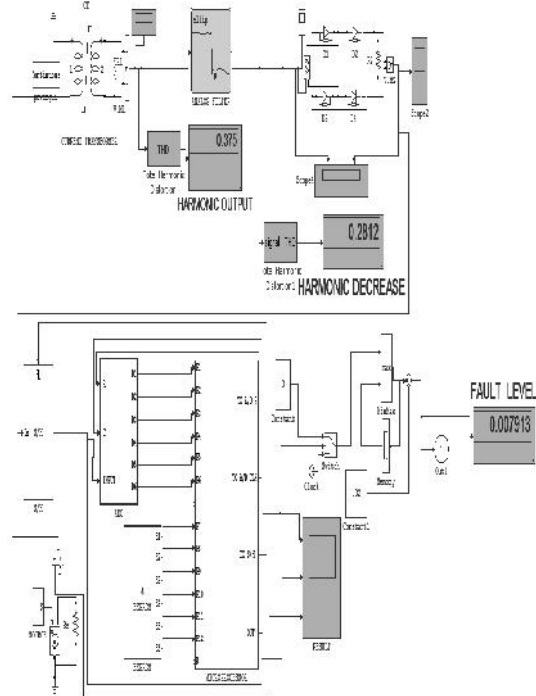


شکل ۸: عملکرد فیلتر آنالوگ CHEVI در رله

شده است که نتایج نشان می دهد هر دو پارامتر بعد از فیلترینگ بهبود و تعدیل یافته است.

۴.۵. فیلتر ELLIP

حال چهارمین فیلتر که ELLIP نام دارد در مدار و بعد از CT قرار می دهیم و عملکرد مطابق شکل ۱۰ می شود



شکل ۱۰: عملکرد فیلتر آنالوگ ELLIP در رله

حال به بررسی نتایج در بند بعدی می پردازیم

۵. نتیجه گیری

با توجه به مقادیر به دست آورده شده و با توجه به جدول (شماره ۱) این نتایج حاصل می شود

جدول شماره ۱: مقایسه نتایج

	THD	TIME DELEY
CHEVII	0.125	0.1042
CHEVI	0.1779	0.0094
BESELF	0.218	0.0089
BUTTER	0.269	0.0074
ELLIP	0.28	0.0079

حال با توجه به جدول ذیل و حساسیت پارامتر تاخیر زمان و همچنین تعدیل هارمونیک که هدف اصلی ما بود بهترین گزینه فیلتر آنالوگ پایین گذر BUTTER می باشد.

در جدول شماره (۲) مقایسه ای بین شبیه سازی رله جریانی بدون فیلتر و شبیه سازی رله جریانی با فیلتر BUTTER انجام

جدول شماره ۲: مقایسه نتایج با فیلتر BUTTER و بدون فیلتر

	THD	TIME DELEY
قبل از فیلترگذاری	0.034	0.0104
بعد از فیلتر گذاری	0.28	0.0079

۶. پیشنهادات

۶.۱. مدل سازی ساختار رله جریان زیاده‌عصبی و بهینه سازی آن به کمک الگوریتم ژنتیک [۸].

۶.۲. جایگزینی ترانس جریان معمولی با ترانس جریان فیبرنوری برای کاهش اثرات اشباع [۹] و [۱۰].

- در پایان تشکر می کنم از مدیریت محترم شرکت تولید برق یزد و کلیه همکاران عزیزم که بنده را یاری کردند.

همچنین از سرکار خانم مهندس لیلا حسینی بابت کمک در مدل سازی تشکر و قدر دانی می کنم.

۷- منابع

[۱] خدزاده، مجتبی و مرتجی، محمد، (۱۳۸۳)، "مبانی حفاظت سیستم های قدرت"، چاپ اول، موسسه آموزش عالی صنعت آب و برق، تهران، ۳۶۰ صفحه.

[۲] قاسمی، فروزان، "تاثیر هارمونیک های جریان بر روی رله های IDMT شبکه های توزیع"، چهارمین کنفرانس شبکه های توزیع، مهر ۱۳۸۱، خراسان رضوی.

[۳] خدایی، محمدرضا و امینایی، صدیقه، "استفاده از مدل های نوری جریان در سیستم های قدرت به جای ترانس جریان"، کنفرانس دانشجویی ۱۳۸۸، شیراز.

[۴] عروج، زهرا و امینایی، صدیقه، "رله جریان زیاد بر پایه شبکه مصنوعی"، کنفرانس بین المللی برق ۱۳۸۸، شیراز.

[۵] فرهادی محلی، محسن و زعفری، علی، "کنترل هارمونیک در بارهای غیرخطی و تاثیر آن در افزایش بهره‌وری شبکه های توزیع و فشار ضعیف"، اولین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق، آذر ۱۳۹۱، اصفهان.

[۶] صابری نوقایی، عباس و ساده، جواد، "هماهنگی بهینه رله های اضافه جریان در شبکه های با ساختارهای متفاوت به کمک یک الگوریتم ژنتیک ترکیبی"، کنفرانس بین المللی برق، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی ۱۳۹۱، مشهد.

[7] David M.E. Ingram and Simon D. Round, "A Fully Digital Hysteresis Current Controller for an Active Power Filter", Department of Electrical & Electronic Engineering University of Canterbury, 2003.

مدل سازی ساختار واقعی حفاظت جریانی ترانسفورماتور و بهینه سازی دریک محیط هارمونی

سومین کنفرانس بین المللی ترانسفورماتور ۱۳۹۵ - تهران، ایران

[8] M. Janatian and H. Karegar "Novel fuzzy & artificial ANN representation of O/C relay characteristics" PSC Tehran May 2003 pp. 32- 41.

[9] K. Venkataramana and A. Singh "Recent techniques used in transmission lineprotection" International Journal of Power Proceeding Russian Moscow Oct. 2006 pp. 51- 63.

[10] J. D. P. Hrabliuk "Optical Current Sensors Eliminate CT Saturation" IEEE Transactions on Industrial Electronics Feb.2005 pp. 243-254.

[11] Matlab/simulink help, Version 2007,Version 2009

[12] Moinuddin K Syed, Dr. BV Sanker Ram ,
"Instantaneous Power Theory Based Active Power Filter: A MATLAB/ SIMULINK APPROACH", Journal of Theoretical and Applied Information Technology,