

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

شناسایی مدهای متفاوت پدیده فرورزونانس و طبقه بندی

پدیده توسط شبکه عصبی کوانتیزه کننده برداری

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۴۸۱)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : اضافه ولتاژ در شبکه ی توزیع
۲	- چکیده
۲	بخش ۱-۱ : اضافه ولتاژهای موجی در شبکه توزیع و حفاظت مصرف کنندگان در برابر آن
۲	۱-۱-۱ : مقدمه
۵	۱-۱-۲ : مکانیزم الکترواستاتیکی انتقال موج ضربه
۷	۱-۱-۳ : مکانیزم الکترومغناطیسی انتقال منبع ولتاژ ضربه به ثانویه
۹	۱-۱-۴ : بررسی تأثیر قرار دادن برقگیر در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور
۱۲	۱-۱-۵ : خلاصه و نتیجه گیری
۱۳	بخش ۱-۲ : اضافه ولتاژهای رزونانس در ترانسفورماتورهای توزیع
۱۳	۱-۲-۱ : مقدمه
۱۴	۱-۲-۲ : بانکهای ستاره - مثلث
۱۵	۱-۲-۳ : امواج طرف ثانویه
۱۶	بخش ۱-۳ : بررسی محدودساز جریان خطای رزونانس موازی با کلید تریستوری و تأثیر آن روی مشخصات فنی مدار شکن ها
۱۶	- چکیده
۱۶	۱-۳-۱ : مقدمه
۱۷	۱-۳-۲ : روشهای محدود کردن جریان خطا
۱۹	۱-۳-۳ : محاسبه عناصر تشکیل دهنده محدود ساز رزونانس موازی
۲۱	۱-۳-۴ : مدل سازی رفتار محدود ساز جریان خطا با ATP

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- ۲۲ ۱-۳-۵ : مدلسازی اثرات محدود ساز بر ولتاژ برگشتی مدار شکنها توسط
نرم افزار **ATP**
- ۲۲ ۱-۳-۵-۱ : وقوع خطا در مدار بدون **FCL**
- ۲۲ ۱-۳-۵-۲ : وقوع خطا در مدار با **FCL**
- ۲۳ ۱-۳-۶ : نتیجه گیری

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل دوم : آنالیز حساسیت مدار محدود ساز جریان اتصال کوتاه از نوع تشدید موازی
۲۶	- چکیده
۲۶	بخش ۱-۲ : مقدمه
۲۸	بخش ۲-۲ : معرفی شبکه آزمایشگاهی مورد بررسی
۳۰	بخش ۲-۳ : آنالیز حساسیت
۳۱	۲-۳-۱ : تعیین بدترین مکان وقوع خطا
۳۵	۲-۳-۲ : تعیین بدترین زمان وقوع خطا
۳۶	۲-۳-۳ : تعیین اثرات مقاومت شاخه موازی در پیک جریان و ولتاژ بازیافت و جریان گردش
۳۷	۲-۳-۴ : اثر تأخیر ورود شاخه موازی در پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت
۳۸	۲-۳-۵ : تعیین اثرات Kse در پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت و جریان گردش
۳۸	بخش ۴-۲ : اثر R1 و Kse بر روی جریان عبوری از تریستورها و ولتاژ دو سر خازن
۳۹	بخش ۵-۲ : راندمان محدود سازی
۴۰	بخش ۶-۲ : اضافه ولتاژ شین قبل از PCL
۴۱	بخش ۷-۲ : اثر فرکانس رزونانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بخش ۸-۲: نتیجه گیری ۴۴

فصل سوم: فرورزونانس در شبکه های توزیع

- چکیده ۴۶

بخش ۱-۳: فرورزونانس در شبکه های توزیع ۴۶

۱-۳-۱: مقدمه ۴۶

۱-۳-۲: فرورزونانس در شبکه های توزیع ۴۷

۱-۳-۳: در چه سیستم ها و شرایطی احتمال وقوع فرورزونانس وجود دارد؟ ۴۹

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۵۳	۳-۱-۴: پیامدهای فرورزونانس
۵۴	۳-۱-۵: روشهای جلوگیری از وقوع فرورزونانس
۵۵	۳-۱-۶: روشهای میرا کردن نوسانات فرورزونانس
۶۱	۳-۱-۷: نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۳	بخش ۲-۳: بررسی وقوع پدیده فرورزونانس بر اثر کلید زنی ناقص در شبکه های توزیع
۶۳	۳-۲-۱: مقدمه
۶۵	۳-۲-۲: مشخصه های اصلی فرورزونانس در مدارهای الکتریکی
۶۷	۳-۲-۲-۱: حساسیت وقوع فرورزونانس نسبت به پارامترهای مدار (پدیده برش)
۶۷	۳-۲-۲-۲: حساسیت وقوع فرورزونانس نسبت به شرایط اولیه مدار
۶۸	۳-۲-۳: دسته بندی حالت های مختلف فرورزونانس
۷۰	۳-۲-۴: بررسی کلید زنی ناقص در شبکه توزیع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۷۲	۱-۲-۳: کلید زنی در شرایط بی باری ترانسفورماتور
۷۳	۲-۲-۳: کلید زنی در شرایط بارداری ترانسفورماتور
۷۴	۳-۲-۳: کلید زنی ناقص با وجود انواع مختلف بار
۷۷	بخش ۳-۳: فرورزونانس در شبکه های توزیع و تاثیر آن بر برقگیرهای ZnO
۷۷	- چکیده
۷۷	۱-۳-۳: مقدمه
۷۹	۲-۳-۳: برقگیرهای ZnO
۸۵	۳-۳-۳: نتایج شبیه سازی پدیده فرورزونانس
۸۷	۴-۳-۳: نتایج شبیه سازی پدیده فرورزونانس همراه با برقگیر
۹۱	۵-۳-۳: بحث و نتیجه گیری

	
فهرست مطالب	
صفحه	عنوان

فصل چهارم: یک روش جدید برای شناسایی و دسته بندی

مدهای مختلف پدیده فرورزونانس

۹۵	- چکیده
۹۵	بخش ۱-۴: مقدمه
۹۶	بخش ۲-۴: کیفیت توان و فرورزونانس
۹۸	بخش ۳-۴: مدهای فرورزونانس
۱۰۳	بخش ۴-۴: یک روش پیشنهادی جهت دسته بندی و شناسایی
۱۰۷	بخش ۵-۴: شبیه سازی فرورزونانس و دسته بندی مدها
۱۱۱	بخش ۶-۴: نتیجه گیری
۱۱۱	- مراجع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم : طبقه بندی پدیده فرورزونانس توسط شبکه عصبی کوانتیزه کننده برداری

و بر اساس ویژگیهای استخراج شده توسط تبدیل موجک

۱۱۴	- چکیده
۱۱۴	بخش ۱-۵ : مقدمه
۱۱۶	بخش ۲-۵ : پدیده فرورزونانس
۱۱۸	بخش ۳-۵ : جمع آوری اطلاعات
۱۲۲	بخش ۴-۵ : اعمال تبدیل موجک و استخراج ویژگیها
۱۲۵	بخش ۵-۵ : شبکه عصبی کوانتیزه کننده برداری
۱۲۷	۵-۵-۱ : روش یادگیری LVQ
۱۲۹	بخش ۶-۵ : پیاده سازی الگوریتم و نتایج شبیه سازی
۱۳۲	بخش ۷-۵ : نتیجه گیری
۱۳۳	- پیوست
۱۳۵	- مراجع

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول :

اضافه ولتاژ در شبکه ی توزیع



چکیده

در بسیاری از موارد شاهد آسیب دیدن تجهیزات و دستگاه های حساس در منازل و کارگاه ها در مواقعی از قبیل زمان وقوع رعد و برق هستیم. این امر نشان دهنده ایجاد برخی از اضافه ولتاژها با دامنه بزرگتر از حد تحمل عایق دستگاه ها در مدار مصرف کنندگان فشار ضعیف است. بسیاری از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این اضافه ولتاژها از مدار طرف فشار قوی ترانسفورماتورهای توزیع به طرف فشار ضعیف آنها منتقل می شوند

۱-۱: اضافه ولتاژهای موجی در شبکه توزیع و حفاظت مصرف کنندگان در برابر آن

۱-۱-۱: مقدمه

اضافه ولتاژهای ایجاد شونده در شبکه توزیع فشار ضعیف را می توان به دو دسته طبقه بندی کرد:

الف- اضافه ولتاژهای موقت با فرکانس ۵۰ هرتز این نوع اضافه ولتاژها، که می توانند زمانی از کسری از ثانیه تا مدت های طولانی را دارا باشند، عللی از این قبیل دارند:

الف-۱- خرابی عایق بین سیم پیچ های فشار قوی و فشار ضعیف در اثر ایجاد یک خطا در درون ترانسفورماتور.

الف-۲- پاره شدن هادی شبکه فشار متوسط و افتادن آن بر روی شبکه فشار ضعیف.

الف-۳- انتقال اضافه ولتاژ از طریق تزویج و القاء بین اتصالات زمین ترانسفورماتور و شبکه در موارد طراحی و اجرای ناصحیح یا خطاهای نامتقارن.

الف-۴- وصل فیوزهای کات اوت سه فاز سمت فشار متوسط با فواصل زمانی طولانی و در نتیجه تکفاز یا دو فاز باقی ماندن شبکه.

الف-۵- اتصالاتی های نامتقارن.

الف-۶- بارهای شدید نامتقارن.

الف-۷- وقوع تشدید (رزونانس) و تشدید آهنی (فرورزونانس)

الف-۸- قطع بار ناگهانی.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ب- اضافه ولتاژهای گذرا با فرکانسهای کیلوهرتز تا مگاهرتز این اضافه ولتاژها می توانند در اثر عواملی بشرح زیر ایجاد شوند:

ب-۱- ۱- صابت م ستقیم صاعقه به خط فشار ضعیف که البته احتمال آن کم است زیرا خطوط فشار ضعیف ارتفاع کمی دارند و در موارد زیادی توسط ساختمانها یا اشیاء بلندتر احاطه شده اند.

ب-۲- تخلیه جریان صاعقه به زمین در نزدیکی خط توزیع برق که می تواند در آن اضافه ولتاژهای قابل ملاحظه ای القاء نماید شکل ۱

ب-۳- انتقال اضافه ولتاژ از طرف فشار قوی به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتورهای توزیع که می تواند به صورت الکتروستاتیکی و یا الکترومغناطیسی باشد.

ب-۴- کلید زنی نامناسب از قبیل وصل ناهمزمان قطب های کلید.



شکل ۱-۱ اصابت صاعقه به نقطه ای در نزدیک یک خط توزیع نیروی برق

براه افتادن اضافه ولتاژهای موجی یا موقت در شبکه فشار ضعیف و رسیدن آنها به منازل و کارگاهها می تواند خطراتی را متوجه تجهیزات و اذ سانها نماید. عایق بندی دستگاههای فشار ضعیف باید طوری باشد که بتواند ولتاژ $2U_n+1000$ ولت را تحمل کند

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که در اینجا U_n ولتاژ نامی دستگاه یعنی ۲۲۰ ولت تکفاز است. بنابراین با توجه به حاشیه اطمینان لازم، باید اضافه ولتاژهای گذرای بیشتر از ۱۰۰۰ ولت حذف شوند و از ورود آنها به مدارهای داخلی منازل و کارگاهها جلوگیری بعمل آید.

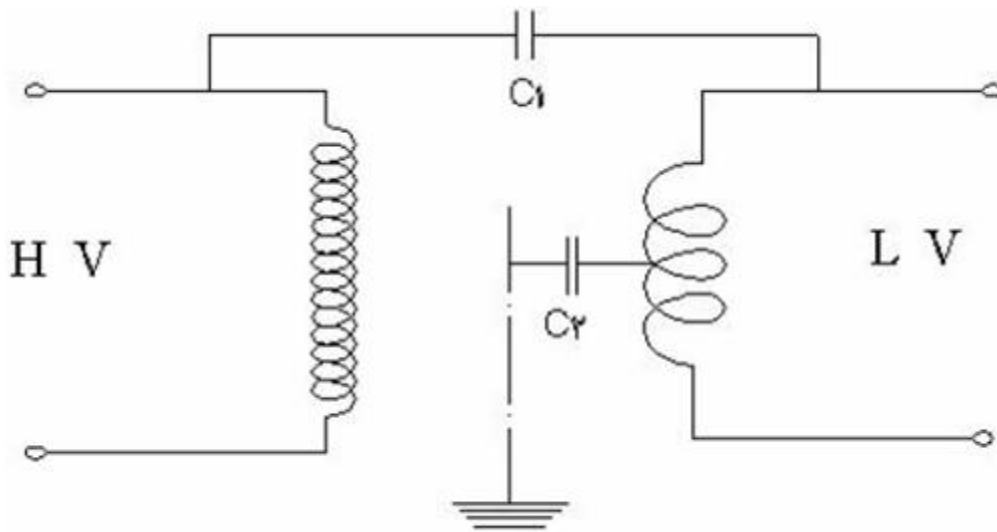
یکی از منابع مهم ایجاد اضافه ولتاژهای ضربه ای در شبکه فشار ضعیف انتقال آنها از شبکه فشارقوی از طریق ترانسفورماتورهای توزیع است. موج های ولتاژ ضربه می توانند در داخل ترانسفورماتور با دو مکانیزم از یک سیم پیچ به سیم پیچ دیگر منتقل شوند:

۱- الکترواستاتیکی ۲- الکترومغناطیسی. اکنون به تشریح این دو مکانیزم می پردازیم:

۲-۱-۱: مکانیزم الکترواستاتیکی انتقال موج ضربه

هنگامی که یک موج ولتاژ ضربه، مانند موجی که از برخورد مستقیم صاعقه به خط فشار متوسط برق بر روی شبکه توزیع به راه می افتد، به ترانسفورماتور می رسد در اولین لحظه تنها خازن های ذاتی سیم پیچ دخالت دارند و نقش توزیع و تقسیم ولتاژ بر روی سیم پیچ فشار قوی را بازی می کنند. سیم پیچ فشار ضعیف که به هسته زمین شده ترانسفورماتور نزدیکتر است، یک خازن کلی C_2 با زمین می سازد و سیم پیچ فشار قوی، که بر روی سیم پیچ فشار ضعیف واقع شده، یک ظرفیت خازنی کلی C_1 با این سیم پیچ تشکیل خواهد داد شکل ۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱-۲ ظرفیت های خازنی کلی C_1 بین سیم پیچ ها

و C_2 بین سیم پیچ فشار ضعیف و هسته

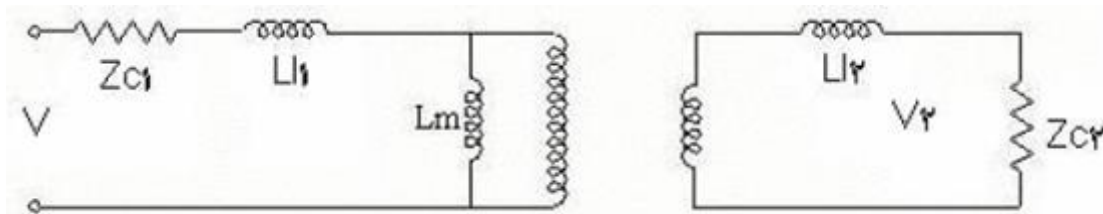
ظرفیت خازنی بین سیم پیچ های فشار قوی و بدنه به لحاظ زیادی فاصله بین آن دو کوچک بوده و قابل صرف نظر است. با توجه به مدار معادل شکل ۱ مدار در این حالت بصورت مقسم خازنی عمل کرده و دامنه ولتاژ صاعقه به نسبت عکس ظرفیت های خازنی بین آنها تقسیم خواهد شد. بنابراین ولتاژی معادل در رابطه (۱) از طریق خازنی به طرف فشار ضعیف منتقل خواهد شد. در این حالت دامنه اضافه ولتاژ منتقل شده به ثانویه، ارتباطی به نسبت تبدیل مربوط به تعداد دور سیم پیچ های ترانسفورماتور یعنی N_1/N_2 نداشته و تابع شکل ساختمانی سیم پیچ ها، جنس عایق ها و فواصل عایقی ترانسفورماتور خواهد بود. القاء الکترواستاتیکی موج ولتاژ ضربه از سمت فشار قوی به طرف فشار ضعیف دارای مدت زمان بسیار کوتاهی است. زیرا سایر اجزاء مدار یعنی سلفها و مقاومتها سریعاً وارد بازی شده، نقش خود را در میرایی اضافه ولتاژ به انجام می رسانند. اما با اینحال شیب افزایش ولتاژ و زمانی که اضافه ولتاژ در مدار ثانویه باقی می ماند و بر روی آن سیر می کند بقدر کافی بزرگ هست که حتی اگر عایق خود سیم پیچ فشار ضعیف را دچار خرابی نکند، تجهیزات متصل شده به آن را گرفتار مشکل نماید. این امر بخصوص در ترانسفورماتورهای توزیع با نسبت تبدیل بزرگ بخاطر شکل ساختمانی خاصی که دارند می تواند مسأله زا باشد. برای کاهش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

دامنه اضافه ولتاژ ضربه ای منتقل شده به ثانویه ناشی از القاء خازنی با در نظر گرفتن رابطه ۱ می توان به دو طریق عمل کرد. طریق اول آنست که ظرفیت خازن را با نصب خازن اضافی بین ترمینالهای ثانویه و زمین بزرگتر نمائیم. روش دوم آنست که حفاظ زمین شده Earted Shield در کارخانه بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه قرارداد شود. این کار منجر به کوچکتر شدن خازن C_1 گردیده، دامنه ولتاژ انتقال را کاهش خواهد داد. لازم به ذکر است که تاکنون از هر دو روش در صنعت برق استفاده شده است در مرجع [2] می توان طراحی و اجرای یک نمونه حفاظ زمین شده بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه را ملاحظه نمود. هر دو راه ذکر شده دارای هزینه های خاص خود بوده و بلحاظ اقتصادی قابل استفاده عملی در شبکه های توزیع بنظر نمی رسند.

۳-۱-۱: مکانیزم الکترومغناطیسی انتقال منبع ولتاژ ضربه به ثانویه

مدار معادل معمولی ترانسفورماتور دارای دو سلف سری و یک سلف موازی است (شکل ۲) سلف های سری که L_{11}, L_{12} نامیده می شوند بیانگر پراکندگی فوران مغناطیسی در فضای سیم پیچ ها و کانال عایق بین آنها هستند. سلف موازی که L_m نام دارد، نشان دهنده فوران مغناطیسی اصلی عبوری از هسته ترانسفورماتور است. در شکل (۲) Z_{C1}, Z_{C2} و عبارت از امپدانس های موجی شبکه طرف اولیه و ثانویه ترانسفورماتور هستند.



شکل ۳-۱ مدار معادل ترانسفورماتور همراه با امپدانس موجی خطوط دو طرف

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

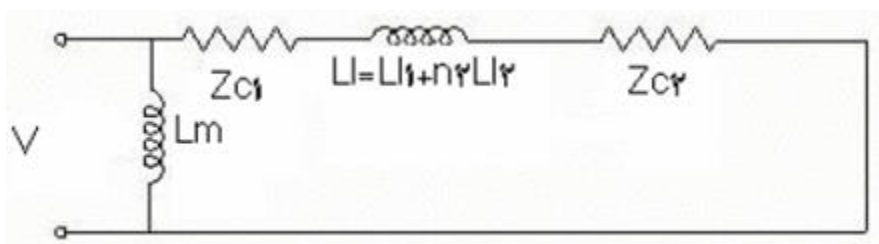
همانگونه که ذکر شد در اولین لحظه ورود موج ضربه به ترانسفورماتور، توزیع ولتاژ و انتقال آن به ثانویه تنها تابع ظرفیت های خازنی ترانسفورماتور است. اما پس از گذشت لحظه کوتاهی، به تدریج سلف های مربوط به پراکندگی و هسته ترانسفورماتور نیز وارد مدار می شوند و موج ضربه ای به طریق الکترومغناطیسی نیز به ثانویه منتقل می گردد. در این مکانیزم، علاوه بر سلف های مربوط به ترانسفورماتور، امپدانس های موجی خطوط متصل به اولیه و ثانویه نیز دخالت می نمایند. در این حالت از خازن های ذاتی سیم پیچ های ترانسفورماتور صرف نظر می شود. زیرا فرکانس غالب موج ضربه ای به حدود کیلو هرتز رسیده است. امپدانس موجی خطوط Surge Impedance طبق رابطه (۳) تعریف می شود که در آن C و L به ترتیب اندوکتانس سری و خازن موازی خط در واحد طول آن هستند.

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

همانگونه که از تئوری انتشار امواج ضربه ای [1] می دانیم، امپدانس های موجی خطوط، اثر خود را مشابه مقاومت های اهمی ظاهر نموده، در ثابت های زمانی مربوط به انتشار امواج نقش بازی می کنند. ولتاژ دو سر یک سلف L که موج ولتاژ ضربه ای با دامنه V به ترمینالهای آن می رسد، طبق رابطه (۴) تغییر خواهد نمود:

$$V_L = -V \left(1 - 2e^{-\frac{Z_c t}{L}}\right) \quad (4)$$

با فرض نسبت تبدیل دورها برابر با $n=N1/N2$ مدار معادل شکل ۲ را می توان به تقریب به صورت شکل ۳ فرض نمود:



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۴-۱ مدار معادل تقریبی ترانسفورماتور

با استفاده از این مدار معادل دامنه ولتاژ ضربه منتقل شده به سمت فشار ضعیف به طریقه الکترومغناطیسی، پس از برخورد یک اضافه ولتاژ پله ای با دامنه V به سیم پیچ فشار قوی، برابر خواهد بود با:

$$V_2 = \frac{2nZ_{e2}V}{Z_{e1} + n^2Z_{e2}} \left\{ \exp\left[\frac{-Z_{e1}n^2Z_{e2}t}{L_m(Z_{e1} + n^2Z_{e2})}\right] - \exp\left[\frac{-Z_{e1} + n^2Z_{e2}}{L_{l1} + n^2L_{l2}}\right] \right\} \quad (5)$$

در تشریح این پدیده باید گفت که پس از مرحله اولیه که القاء فقط بصورت خازنی است، با ایجاد جریان در اثر موج صاعقه در سیم پیچ اولیه، القاء ولتاژ به ثانویه از طریقه میدان مغناطیسی بیرون بسته آغاز و پیدایش موج ولتاژ ثانویه ساخته می شود. پس از لحظاتی کوتاه میدان مغناطیسی در هسته نیز ایجاد گردیده و با فعال شدن شاخه موازی مدار معادل، پشت موج القاء شده به ثانویه ساخته می شود. انتقال موج ضربه به ثانویه در اثر القاء خازنی به صورت بسیار سریع صورت می گیرد و می تواند برای عایق های طرف ثانویه و تجهیزات متصل به شبکه فشار ضعیف خطر آفرین باشد. دامنه ولتاژ القاء شده در ثانویه در شبکه های توزیع تا ۱۵ در صد دامنه اولیه نیز گزارش شده است. [5] تحمل عایقی سمت فشار قوی ترانسفورماتورهای توزیع در برابر ولتاژهای ضربه ای بسته به کلاس عایقی مربوطه برابر با ۹۵ یا ۱۲۵ کیلو ولت است. [6] در عمل بوجود آمدن اضافه ولتاژهای موجی صاعقه با دامنه هایی تا حدود ۹۰ کیلو ولت و بالاتر در سمت فشار قوی امری محتمل است. در این صورت امکان انتقال یک موج ولتاژ با دامنه تا حدود ۱۰ کیلو ولت به سمت فشار ضعیف وجود دارد. انتقال چنین اضافه ولتاژی به مدارهای مصرف کنندگان می تواند باعث خرابی عایق تجهیزات و لوازم برقی ایشان گردد. بنابراین با توجه به امکان القاء اضافه ولتاژهای ضربه ای با دامنه غیر مجاز و خطرناک به شبکه های فشار ضعیف توزیع انرژی الکتریکی، نصب برگیرهای فشار ضعیف اکسید روی در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور یا ترجیحاً در ورودی

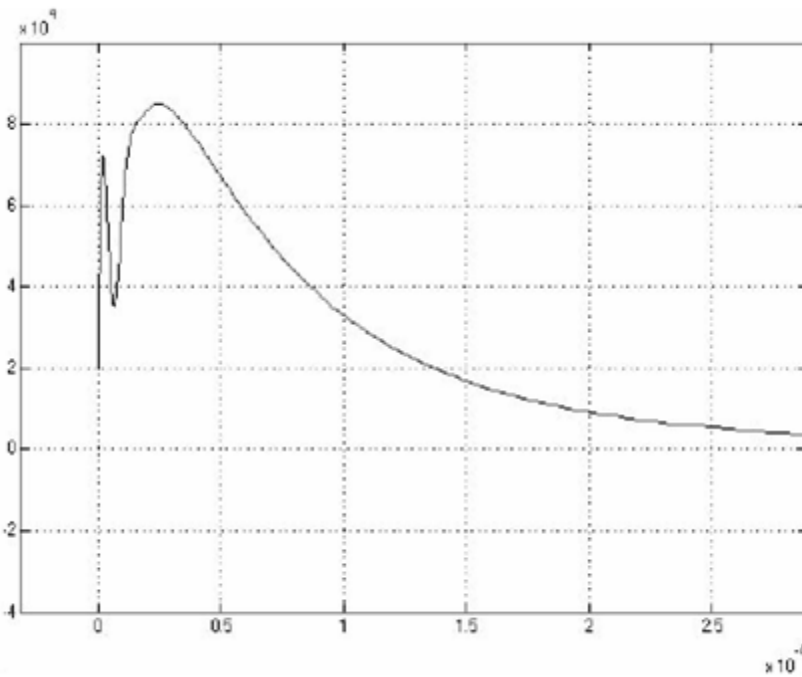
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشترکین برق، در برخی از کشورها توصیه گردیده و یا اجباری شده است. این روش نسبت به روشهای ذکر شده در بخش ۱-۲ بسیار اقتصادی تر است.

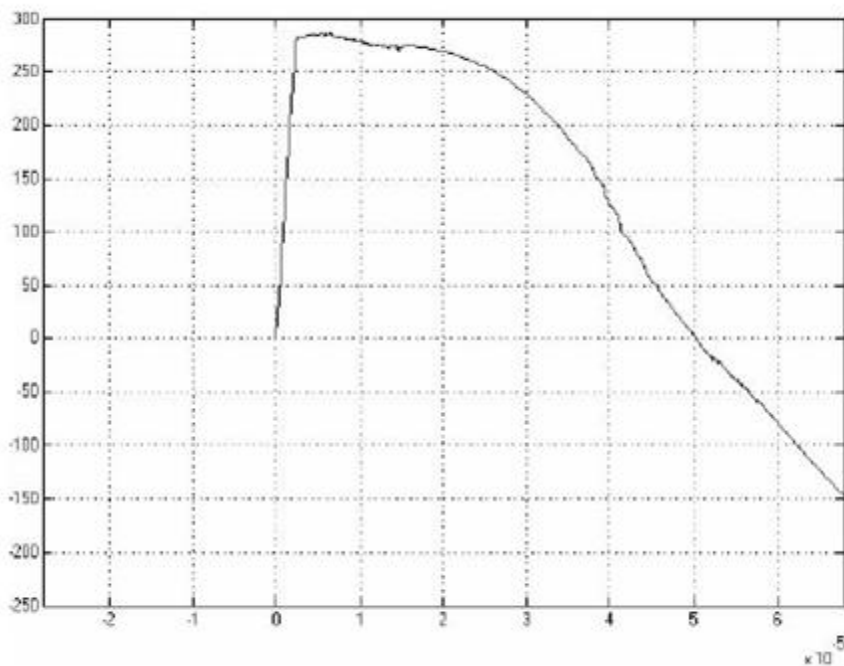
۴-۱-۱: بررسی تأثیر قرار دادن برقیگر در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور

در اینجا با بررسی یک مورد عملی، تأثیر قرار دادن برقیگر اکسید روی در ثانویه یک ترانسفورماتور توزیع ۲۰ کیلوولت به ۴۰۰ ولت را مورد ملاحظه قرار می دهیم. یک اضافه ولتاژ ضربه ای ناشی از صاعقه به دامنه بیش از ۸۰ کیلوولت به ترمینال اولیه این ترانسفورماتور رسیده است. در شکل ۴ موج ضربه ولتاژ اعمالی به اولیه ترانسفورماتور دیده می شود. ترانسفورماتور مزبور در سمت فشار ضعیف خود دارای برقیگر بوده است. در این تحقیق مدار ترانسفورماتور و برقیگر مذکور با استفاده از مدل مشروح سیم پیچها شبیه سازی گردید [3] و اضافه ولتاژ انتقال یافته به ثانویه محاسبه شد که بعلت محدود بودن حجم پروژه از آوردن مشروح آن در اینجا خودداری می شود. در شکل ۵ موج ضربه ولتاژ القاء شده به ثانویه این ترانسفورماتور در حالتی که در سمت ثانویه آن برقیگر وجود دارد، مشاهده می گردد. همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می شود دامنه این اضافه ولتاژ با توجه به نوع برقیگر انتخاب شده به کمتر از ۳۰۰ ولت رسیده است که بهیچوجه برای عایق تجهیزات فشار ضعیف خطرناک نیست. لازم به ذکر است که طراحی و انتخاب برقیگرهای فشار ضعیف باید به طور خاص انجام شود. به طوری که بتوانند در عین حفاظت مدار در مقابل اضافه ولتاژها، خودشان نیز آسیبی ندیده و گرمای حاصله از تخلیه جریان صاعقه و نیز جریان ناشی با فرکانس قدرت را بخوبی دفع نمایند. برقیگرهای فشار ضعیف برخلاف برقیگرهای شبکه فشار متوسط، باید بتوانند اضافه ولتاژهای موقت TOV را بمدت طولانی بدون ایجاد ناپایداری حرارتی در آن تحمل نمایند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵-۱ موج اضافه ولتاژ رسیده به ترمینال فشار قوی یک ترانسفورماتور توزیع



شکل ۶-۱ موج ولتاژ ضربه القا شده از سمت فشار قوی به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور توزیع

مذکور در شکل ۵-۱ در حالت وجود برق گیر اکسید روی ترمینال

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سؤالی که اینجا مطرح است آن است که برقیگر فشار ضعیف را در کجا باید قرار داد. گزینه های مختلفی می تواند مطرح باشد. اولین گزینه آن است که برقیگر در ترمینالهای فشار ضعیف ترانسفورماتور توزیع قرار گیرد. گزینه دوم آنکه برقیگر را در محل انشعابات فشار ضعیف قرار دهیم. و بالاخره گزینه سوم آن است که برقیگرهای فشار ضعیف در ورودی مشترکین قرار گیرند. به منظور مقایسه این سه حالت آزمایش عملی انجام گردید. یک کابل فشار ضعیف بطول ۱۰۰ متر به عنوان معادل فیزیکی یک خط توزیع انتخاب گردید، به وسط آن کابل دیگری بطول ۱۰ متر به عنوان انشعاب متصل شد. از یک منبع تولید موج ضربه جریانی جهت ایجاد موج مشابه صاعقه بر روی خط استفاده به عمل آمد. با استفاده از این مدار و مولد موج ضربه مذکور و با قرار دادن برقیگر اکسید روی فشار ضعیف در قسمتهای مختلف مدار نتایج جالبی به دست آمد که بعلاوه محدودیت صفحات پروژه از درج مشروح آنها در اینجا خودداری بعمل می آید. نتایج این آزمایشها نشان می دهد که نصب برقیگر در ترمینالهای فشار ضعیف ترانسفورماتور باعث عبور جریان زیاد صاعقه از آن می گردد، لذا برقیگر انتخاب شده باید دارای ظرفیت تحمل قدرت بالا باشد که قیمت چنین برقیگری گرانتر است. مزیت این گزینه آنستکه تنها با قرار دادن برقیگر روی ترمینالهای ترانسفورماتور در سمت فشار ضعیف آن، خود ترانسفورماتور و نیز کل خط توزیع متصل به آن حفاظت میشود. اما طبق نتایج آزمایشهای بعمل آمده، این روش از جهت بزرگی دامنه اضافه ولتاژ رسیده به محل مشترکین کمترین حفاظت را خواهد داشت و شرکت برق نیز متحمل انتخاب و خرید برقیگرهای با ظرفیت زیادتر جهت نصب بر روی ترانسفورماتور خواهد گردید. گزینه دوم نصب برقیگر در محل انشعابات است. در این حالت تنش کمتری به برقیگر وارد می شود. به علاوه این مزیت را دارد که چندین انشعاب با هم مورد حفاظت قرار می گیرند. اما در این گزینه نیز شرکت برق متحمل خرید برقیگرهای زیادی خواهد گردید. گزینه آخر نصب برقیگر در محل ورودی مشترکین است. بر اساس نتایج آزمایش، این روش بهترین حالت حفاظت را برای مشترکین تأمین نموده، برقیگر نیز کمترین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تنش را تحمل خواهد کرد و لذا انتخاب برقیگیر با ظرفیت انرژی کمتر و در نتیجه قیمت ارزانتر ممکن خواهد بود. می توان هزینه خرید و نصب برقیگیر را در این گزینه به عهده مشترکین گذاشت.

۵-۱-۱: خلاصه و نتیجه گیری

در این پروژه موضوع بوجود آمدن اضافه ولتاژهای گذرا و موقت در ورودی مدار مشترکین فشارضعیف شبکه مورد بحث قرار گرفت. نمونه هایی از اضافه ولتاژهای گذرا از طریق شبیه سازی و آزمایش مطالعه گردید و برخی از راههای ممکن جهت کاهش دامنه این اضافه ولتاژها و نگه داشتن آنها در حد مجاز ذکر شد. پیشنهاد میگردد که شرکتهای توزیع برق نصب برقیگیرهای فشارضعیف در ورودی منازل و کارگاهها را، به عنوان یک عمل ضروری در جهت تحویل برق ایمن و با کیفیت به مشتریان خود، مورد بررسی و در مد نظر قرار دهند.

۲-۱: اضافه ولتاژهای رزونانسی در ترانسفورماتورهای توزیع

۱-۲-۱: مقدمه

نتیجه طبیعی استفاده صنایع از ترانسفورماتورهای توزیع با ظرفیتهای بالاتر، افزایش احتمال بروز اضافه ولتاژها در وضعیتهای مختلف روزانه است. برای تعیین پارامترهای سیستم که می توانند باعث ایجاد اضافه ولتاژهای فرورزونانس شدید گردند، آزمایشهای کاملی توسط موسسه DSTAR انجام گرفته است. آزمایشات مذکور بر روی تعدادی ترانسفورماتور توزیع و تحت شرایط کار واقعی انجام شده است. در طول این آزمایشات، صدها بار عملیات کلیدزنی بر روی ترانسفورماتورهای توزیع با ولتاژهای متفاوت و با سیم پیچ ستاره زمین شده و اولیه مثلث انجام گردید. این پروژه بطور کلی ثابت کرد که در ترانسفورماتورهای با ظرفیت بالا که امروزه توسط صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند، احتمال ایجاد اضافه ولتاژ فرورزونانسی بیشتر از ترانسفورماتورهای دهه گذشته می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بطور نمونه ، در آزمایشات انجام گرفته شده توسط DSTAR بر روی یک ترانسفورماتور معمولی با هسته سیلیکون - فولاد با ظرفیت 225 KVA و ولتاژ 25 KV با اتصال $Y - Y$ ، یک اضافه ولتاژ با پیک 2.35 برابر پیک نامی ترانسفورماتور اندازه گیری شده است .

تحقیقات DSTAR ، برخی نظرات موجود در مورد اثرات پدیده اضافه ولتاژ را رد کرد. برای مثال بجای جریان تحریک هسته تلفات هسته ترانسفورماتور بهترین مشخصه برای شناسایی پدیده اضافه ولتاژ در ترانسفورماتور می باشد. نتایج تحقیقات انجام گرفته توسط این مرکز ، اخیراً " بعنوان مبحث جدید و با ارزشی از سوی IEEE منتشر شده است .

پروژه تحقیقاتی دیگری توسط موسسه DSTAR جهت تعیین تأثیر نصب برقگیر اکسید روی بر روی اضافه ولتاژهای فرورزونانس انجام گرفته است. این تحقیقات نشان داد که وقوع اضافه ولتاژهای فرورزونانس باعث خرابی سریع برقگیر GAPLESS نخواهد شد.

بدلیل وجود امپدانس خیلی بزرگ مدار فرورزونانس گرم شدن برقگیر به آهستگی صورت میگیرد. همچنین این تحقیقات نشان داد که برقگیرها می توانند بعنوان عامل موثری در کنترل اضافه ولتاژها در شرایط گوناگون باشند. دستورالعملهای مختلفی برای کاربرد برقگیرهای مختلف با توجه به شرایط بهره برداری وجود دارد که بیان می کند هر برقگیر چند دقیقه می تواند اضافه ولتاژ فرورزونانس را تحمل کند. این اضافه ولتاژ در زمان کلیدزنی (سوئیچینگ) ترانسفورماتورها رخ می دهد.

۲-۲-۱: بانکهای ستاره - مثلث

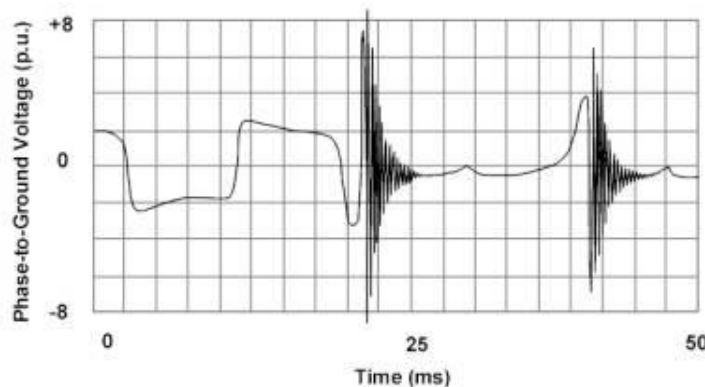
کلیدزنی بانکهای ترانسفورماتور سه فاز هوایی با سیم پیچی $\Delta - Y$ بصورت فاز به فاز می تواند سبب ایجاد مشکلات اضافه ولتاژ و خرابی ترانسفورماتورها یا برقگیرها گردد. این موضوع در تحقیقات DSTAR بررسی گردید و نتایج بدست آمده مطالب مفیدی را در مورد کلیدزنی ، حفاظت اضافه ولتاژها و قابلیت برقگیرها در رفع این اضافه ولتاژها ارائه نمود. نتایج تحقیقات

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مذکور همچنین گونه دیگری از پدیده اضافه ولتاژ را که قبلاً گزارش نشده بود، کشف و معرفی نمود. این اضافه ولتاژ که دامنه زیادی دارد یک علت روشن برای خرابی خیلی از ترانسفورماتورها در این زمینه می باشد. یک نمونه از این نوع اضافه ولتاژ در شکل شماره ۷-۱ نشان داده شده است.

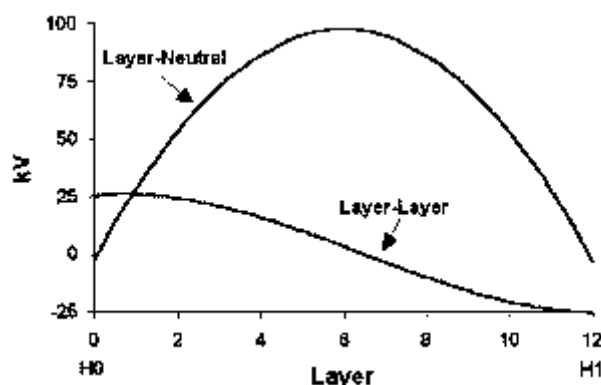
۳-۲-۱: امواج طرف ثانویه

ترانسفورماتورهای تک فاز توزیع با سیم پیچی از نوع طراحی non - interlaced به همان اندازه که ممکن است بواسطه امواج صاعقه وارد شده از طریق نقطه خشی در ثانویه صدمه ببینند به همان قدر نیز ممکن است از طریق امواج طرف اولیه در معرض خطر باشند. همانطور که در شکل ۸-۱ دیده می شود ولتاژ القاء شده در سیم پیچی طرف اولیه در مجموع کم است ولی تنش های لایه به لایه در میان سیم پیچی های ترانسفورماتور زیاد اتفاق می افتد. آزمایشات متعدد DSTAR و بررسی های تحلیلی انجام شده دستورالعمل و راهنمائیهای را برای حداقل نمودن ریسک خرابی ترانسفورماتور در مواجهه با این پدیده، تهیه نموده است.



شکل ۷-۱ تغییرات اضافه ولتاژ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۸-۱

۳-۱: بررسی محدود ساز جریان خطای رزونانس موازی با کلید تریستوری و تأثیر آن روی

مشخصات فنی مدار شکن ها

چکیده

این پروژه ابتدا به بررسی نوع محدود ساز جریان خطا که بر اساس رزونانس در مدارهای LC موازی استوار می باشد می پردازیم. عملکرد این محدود ساز در یک شبکه ۲۰ کیلو ولت در صورت وقوع خطاهای یک فاز و سه فاز با استفاده از نرم افزار (ATP) مدلسازی شده است. در ادامه تأثیر این نوع محدود ساز جریان خطا (FCL) بر ولتاژ برگشتی (RECOVERY VOLTAGE) مدار شکنها مورد بررسی قرار گرفته است. برای انجام اینکار با مدلسازی مدار شکنهای ۱/۵، ۸ و ۱۱ سیکلی در مدل خط مورد آزمایش، ولتاژ برگشتی این مدار شکنها بعد از عمل محدود سازی مورد تحلیل قرار گرفته اند.

۱-۳-۱: مقدمه

افزایش تقاضا برای استفاده از انرژی الکتریکی، موجب تولید قدرت بیشتر و انتقال آن شده است. توسعه برای ظرفیت بیشتر سیستم باعث تولید جریانهای خطای بزرگتر و افزایش گرمای حاصل از عبور جریان القایی و همچنین کاهش قابلیت شبکه می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

عبور این جریان خطای زیاد از شبکه نیاز به تجهیزاتی دارد که قادر به تحمل این جریان باشند. همچنین برای قطع این جریان نیاز به کلیدهایی با قدرت قطع بالا می باشد که هزینه های سنگینی را تحمیل می کند. تلاشهای بسیاری برای محدود سازی جریان خطا در چند دهه اخیر صورت گرفته است و انواع مختلفی از محدود سازها طراحی و ساخته شده است که در ادامه پروژه به روشهای محدود سازی اشاره خواهد شد.

مسئله ای که بعد از طراحی محدود سازها مورد توجه قرار گرفته است اثر آنها بر ولتاژ برگشتی مدار شکنها می باشد. در صورتیکه استفاده از FCL ها باعث افزایش برگشتی شود مدار شکنهای موجود در شبکه قدرت قابلیت خود را از دست خواهند داد.

این پروژه به بررسی اثرات ناشی از این نوع FCL بر ولتاژ برگشتی پرداخته است. نتایج حاصله از مدلسازی نشان می دهد که وجود این محدودیت ساز در مدار باعث کاهش TRV ولتاژ برگشتی می گردد.

۱-۳-۲ : روشهای محدود کردن جریان خطا

یک محدود کننده مناسب باید خواص زیر را دارا باشد:

- در جریان نامی سیستم مقاومتی نداشته باشد.
 - در صورت وقوع خطا یک امپدانس بی نهایت را در طی چند میلی ثانیه وارد سیستم سازد.
 - قابلیت عملکرد چند باره را داشته باشد.
 - باعث ایجاد اضافه ولتاژهای گذرا و هارمونیک در سیستم نشود.
 - دارای قابلیت اطمینان بالایی باشد.
- تمامی محدود سازهای جریان خطای موجود بر اساس وارد کردن یک امپدانس بزرگ بصورت سری با سیستم عمل می کنند. تنها تفاوت موجود روش ایجاد کردن این امپدانس بزرگ می باشد. روشهای محدود سازی را می توان به انواع زیر دسته بندی کرد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- محدود سازی با استفاده از فیوزهایی با قدرت قطع بالا

- محدود کننده های ابر رسانایی

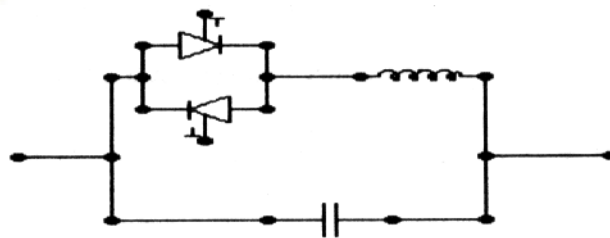
- محدود کننده های امیدانسی با کلید مکانیکی

- محدود کننده های امیدانسی، رزونانسی با کلید تریستوری.

در ادامه از بین روشهای محدود سازی جریان به شرح محدود کننده های رزونانس - موازی با کلید تریستوری می پردازیم.

- محدود ساز رزونانس موازی :

این محدود ساز از یک تانک LC موازی و یک کلید استاتیک تریستوری تشکیل شده است که بصورت سری مطابق شکل ۹-۱ در خط قرار می گیرند.



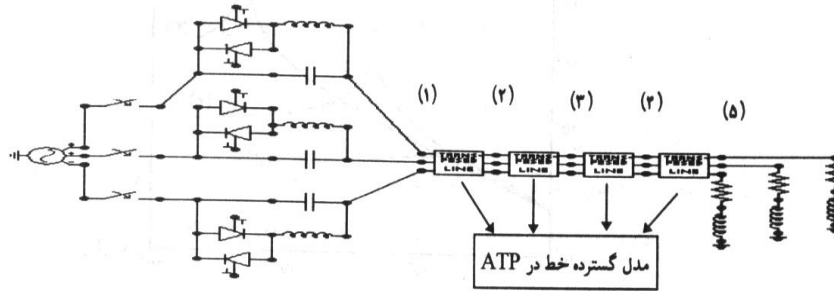
شکل ۹-۱ محدود ساز رزونانس موازی

در حالت عادی تریستورها خاموش می باشند و خازن تنها در مدار می باشد. در صورت وقوع خطا با روشن شدن تریستورها، سلف و خازن موازی تشکیل یک مدار رزونانس موازی داده و جریان خطا را محدود می کنند.

از مزایای این روش وجود خازن سری در خط است که موجب افزایش ظرفیت خط انتقال، تنظیم پخش توان راکتیو و اکتیو، بهبود پایداری حالت گذرای سیستم و ... می شود. البته به مشکلات وجود خازن سری مانند پدیده SSR باید توجه کرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این نوع محدود ساز در یک مدل شبکه KV ۲۰ که مدار سه فاز آن مطابق شکل ۱-۱۰ ارائه شده، توسط نرم افزار ATP مدلسازی شده است. برای مدلسازی از مدل گسترده یک خط که مشخصات آن ارائه شده است استفاده شده است.



شکل ۱-۱۰ محدود ساز رزونانس موازی در یک شبکه سه فاز ۲۰ کیلو ولت

مقادیر پارامترهای مدل گسترده خط مورد شبیه سازی بقرار زیر است:

$$R_f = 45 \Omega, L_f = 190 \text{ mH}, \omega = 100\pi, R_s = 0.1 \Omega, L_s = 4.8 \text{ mh}$$

$$l = 40 \text{ km}, R_L = 0.05 \Omega/\text{km}, Z_c = 300 \Omega, v = 30 \times 10^8 \text{ m/s}, V_m = 16.33 \text{ KV}$$

اندیس 1 مربوط به مقادیر بار، اندیس L مربوط به مقادیر خط و اندیس S مربوط به منبع می باشد.

۳-۳-۱: محاسبه عناصر تشکیل دهنده محدود ساز رزونانس موازی

در شرایطی که خازن C در مدار قرار دارد جریان بار و حداقل و حداکثر جریان خطا قبل از وارد شدن سلف در مدل فشرده خط از روابط زیر بدست می آید:

$$|I_{\max}| = \frac{V_m}{\sqrt{(R_s + R_l + R_l)^2 + \left[\omega(L_s + L_l + L_l) - \frac{1}{\omega C} \right]^2}} \quad (1)$$

خطا در انتهای خط روی می دهد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

$$|I_{\max}| = \frac{V_m}{\sqrt{(R_s + R_L)^2 + \left[\omega(L_s + L_L) - \frac{1}{\omega C} \right]^2}} \quad (2)$$

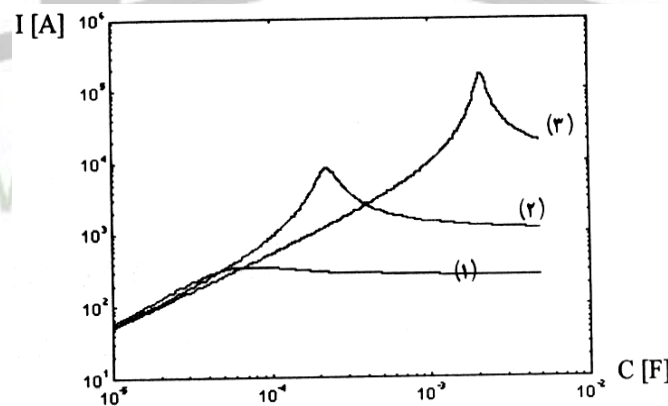
خطا در ابتدای خط رخ می دهد:

$$|I_{\max}| = \frac{V_m}{\sqrt{R_s^2 + \left[\omega L_s - \frac{1}{\omega C} \right]^2}} \quad (3)$$

برای یافتن مقدار مناسب خازن C منحنی تغییرات سه جریان فوق را بر حسب C رسم می کنیم. از منحنی های شکل ۱-۱۱ محدوده مناسب برای انتخاب خازن عبارتست از:

(۴)

$$300\mu f \leq C \leq 2000\mu f$$



شکل ۱-۱۱ منحنی تغییرات جریان بار، حداقل و حداکثر جریان خطا

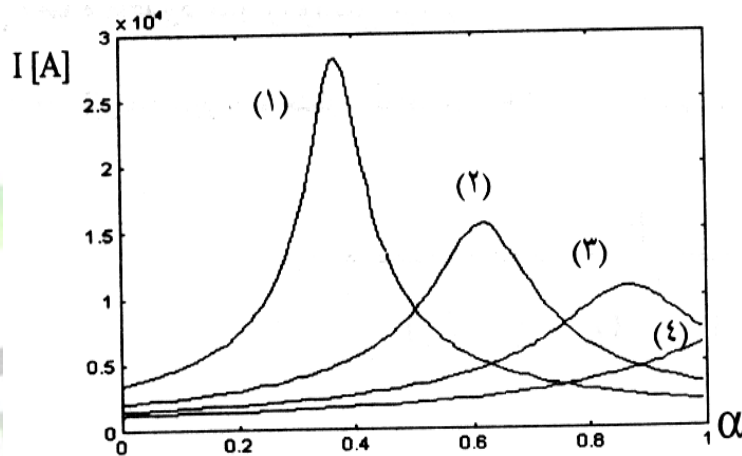
بر حسب خازن محدود ساز

بعد از انتخاب مقدار مناسب برای خازن C ، مقدار سلف محدود ساز از روابط زیر حاصل می شود.

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \quad , \quad f = 50\text{HZ} \quad (5)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای انتخاب خازن C راکتانس این خازن جبران سازی را α برابر راکتانس خط انتقال در نظر می گیریم. بر اساس شکل ۱۲-۱ که نمودار تغییرات جریان خطا در ۴ نقطه متساوی در طول خط را بر حسب α نشان می دهد دیده می شود که با مقادیر کوچک α جریان خطا در نقاط ۱ و ۴ مقادیر بزرگی دارد و با مقادیر بزرگ α جریان خطای نقاط ۳ و ۴ دارای مقادیر بزرگی می باشد. لذا مقدار مناسب را برابر $\alpha = 0.5$ انتخاب می کنیم. با استفاده از این ضریب جبران سازی مقدار خازن برابر است با:



شکل ۱۲-۱ تغییرات دامنه جریان خطا در ۴ نقطه بر حسب ضریب جبران سازی خط α

$$L = 40.47 \text{ mH} \Rightarrow X_c = \alpha X_L \Rightarrow C = 500 \mu\text{f} \quad (1)$$

۴-۳-۱: مدلسازی رفتار محدود ساز جریان خطا با ATP

برای مطالعه رفتار محدود ساز جریان خطا، خطاهائی بصورت یکفاز و سه فاز در نقاط مختلف شکل (۲) ایجاد شده است. می دانیم که میزان محدود سازی جریان خطا به محل وقوع خطا، زمان وقوع خطا و زمان فعال شدن FCL بستگی دارد. در این قسمت نتایج بدست آمده برای وقوع خطاهای یکفاز و سه فاز در نقاط (۲) و (۵) در لحظه $t = 25 \text{ ms}$ و فعال شدن FCL به میزان سه میلی ثانیه بعد از وقوع خطا ارائه شده است. توجه به نمودارهای موجود نشان می دهد که برای وقوع خطا در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نقطه شماره (۲) بیشترین کاهش جریان خط را داریم و این جریان به میزان ۵۶٪ کاهش میابد. میزان کاهش جریان خط برای خطاهای واقع در انتهای خط، نزدیک ۲۰٪ می باشد.

۱-۳-۵ : مدل سازی اثرات محدود ساز بر ولتاژ برگشتی مدار شکنها

توسط نرم افزار ATP

برای بررسی اثرات FCL بر ولتاژ برگشتی مدار شکنها مراحل زیر انجام شده است که به شرح آنها می پردازیم.

۱-۳-۵-۱ : وقوع خطا در مدار بدون FCL

در این حالت هیچکدام از عناصر محدود ساز در مدار نمی باشند و با ایجاد خطاهای سه فاز در نقاط (۲) و (۵) و سپس قطع مدار شکنها، میزان ولتاژ برگشتی ارائه شده است. برای قطع مدار از مدار شکنهایی با زمانهای عملکرد ۱/۵ و ۸ و ۱۱ میلی ثانیه استفاده شده است.

۱-۳-۵-۲ : وقوع خطا در مدار با FCL

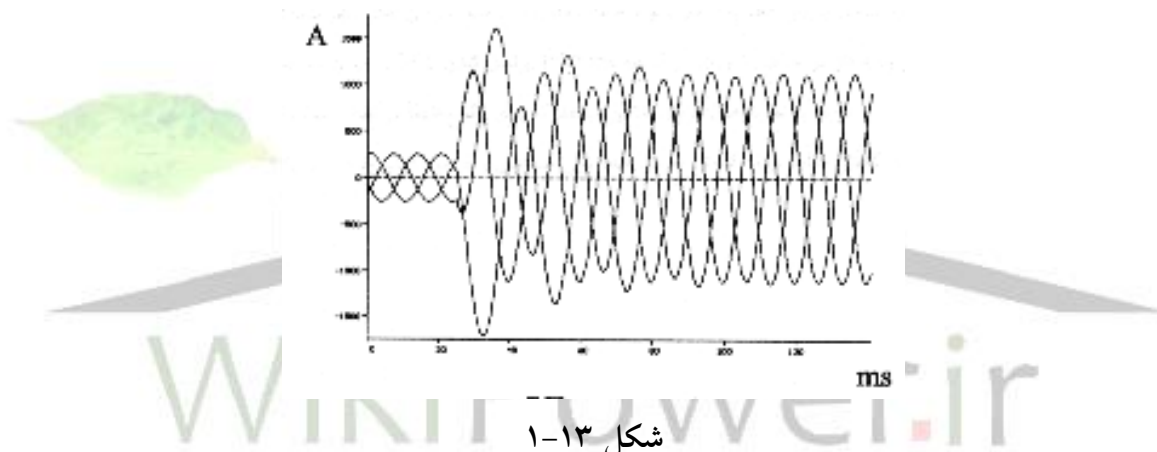
در این حالت خازن جبران ساز در مدار قرار دارد و با سه میلی ثانیه تأخیر بعد از وقوع خطا دیگر عناصر محدود ساز نیز وارد مدار می شوند. در این مرحله نیز برای مطالعه ولتاژ برگشتی، خطاهایی بصورت سه فاز ایجاد شده و بعد از محدود سازی، خط توسط مدار شکنهایی مشابه حالت قبل قطع می شود.

توجه به نمودارهای ارائه شده نشان می دهد که با وجود FCL در مدار مشخصه ولتاژ برگشتی تغییر می یابد. ملاحظه می شود که با افزایش زمان عملکرد مدار شکنها، مقدار ولتاژ برگشتی کاهش بیشتری میابد. در صورتیکه زمان قطع مدار شکن نزدیک لحظه وقوع خطا باشد بدلیل ولتاژ گذرای بالائی که در دو سر خازن وجود دارد ولتاژ بالائی در دو سر مدار شکن ظاهر می شود. هر چه مدار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکن دیرتر قطع شود ولتاژ گذرا کاهش میابد. در نتیجه اختلاف پتانسیل بین دو سر مدار شکن کاهش میابد.

در زیر تعدادی از شکل‌های شبیه سازی شده با مشخصات مربوطه ارائه شده است. در ضمن باید به این نکته توجه داشت که مقادیر سلف و خازن تانک LC باید بصورت خیلی دقیق بکار برده شوند تا فقط در فرکانس شبکه رزونانس انجام دهند در غیر این صورت مدار رزونانس اثرات نامطلوبی روی عناصر مدار بوجود خواهد آورد (بعلت محدودیت در تعداد صفحات پروژه، مابقی اشکال شبیه سازی آورده نشده است).



شکل ۱۳-۱

۶-۳-۱: نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی در کاربرد محدود ساز جریان خطا از نوع رزونانس — موازی در خطوط ۲۰ کیلو ولت نشان می دهد که در بدترین حالت خطا، پیک جریان خطا را بیش از ۵۰٪ کاهش می دهد. ضمناً این محدود ساز در تغییر مشخصه ولتاژهای برگشتی مدار شکنها نیز مؤثر می باشد. لذا شرکتهای توزیع برق بمنظور بهبود بهره برداری با ملاحظات اقتصادی می توانند از محدود سازها بعنوان یک عنصر مهم استفاده نمایند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم:

آنالیز حساسیت مدار محدود ساز جریان اتصال کوتاه از نوع تشدید موازی

چکیده

در سالهای اخیر محدود سازهای جریان خطا (FCL) به عنوان ابزار مهمی برای کاستن سطح اتصال کوتاه در یک شبکه قدرت مطرح شده اند، لذا دستیابی و شناخت بدترین حالات ممکن در روند محدود سازی جریان خطا و انتخاب مقادیر نامی اجزاء محدود کننده بر اساس آن امری ضروری است. همچنین بررسی میزان تأثیر هر یک از اجزاء محدود کننده جریان خطا سیستم های قدرت در کمیت هایی چون راندمان محدود سازی، ولتاژ بازیافت شین متصل به FCL هم از لحاظ میزان اضافه ولتاژ و هم از لحاظ میزان هارمونیک ها، جریان گردشی عبوری از ترستورها و خازن و ولتاژ دو سر خازن از موارد مهمی هستند که در این پروژه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند.

۱-۲: مقدمه

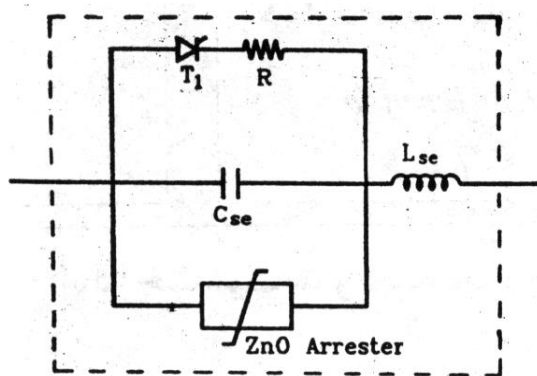
با گسترش شبکه های انتقال و توزیع، جریان اتصال کوتاه در شبکه افزایش می یابد این افزایش از یک طرف باعث پدید آمدن اضافه ولتاژهای گذرا، بالا رفتن نیروهای دینامیکی، افزایش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

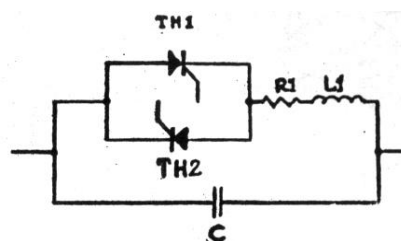
گرمای حاصل از عبور جریان در تجهیزات و کاهش قابلیت اعتماد سیستم گردیده [1] و از طرف دیگر هزینه های ناشی از تعویض و تبدیل تجهیزات از جمله مدار شکن ها بر سیستم تحمیل می گردد. به علاوه بارهای حساس به ولتاژ تغذیه (کامپیوترها و تجهیزات الکترونیکی) نیازمند یک منبع تغذیه با ولتاژ مناسب از لحاظ کمیت (دامنه ولتاژ) و از لحاظ کیفیت (میزان هارمونیک ها) هستند در حالیکه در اثر وقوع اتصال کوتاه در هر یک از خطوط، ولتاژ شین ها دستخوش تغییرات نامطلوب می گردد. استفاده از محدود ساز جریان خط، علاوه بر اینکه مشکلات فوق را در هنگام بروز خطا رفع می کند، در صورت استفاده از یک مدل مناسب می تواند مزایای دیگری را در حالت کار نامی سیستم به همراه داشته باشد.

اساس کار تمام محدود سازهای جریان خط بر ورود یک امپدانس بزرگ به سیستم در زمان وقوع خطا یا اتصال کوتاه بنا نهاده شده است. تفاوت موجود در روشهای محدود کردن جریان خطا در نحوه ایجاد این امپدانس بزرگ و طریقه ورود آن به سیستم می باشد.

یکی از روشهای مطرح شده، ایجاد امپدانس بزرگ بر اساس فراهم نمودن پدیده تشدید در مدار LC سری یا موازی است. مدار الکتریکی این دو نوع محدود ساز در شکل ۱-۲ نشان داده شده است؛ جدول ۱-۲ مقایسه کاربرد محدود ساز جریان خطا از نوع مدار تشدید سری و موازی را نشان می دهد [2].



ب) مدل تشدید سری



الف) مدل تشدید موازی

شکل ۱-۲ مدار الکتریکی محدود ساز جریان خطا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۱-۲ مقایسه دو نوع محدود ساز جریان خطا از نوع مدار تشدید سری و موازی

محدودساز	مدار تشدید موازی	مدار تشدید سری
مزایا	- کاهش جریان خطا - موثر بودن برای خطاها در طول خط انتقال - عملکرد مطلوب در مقابل خطاهای همراه با قوس - افزایش ظرفیت انتقال خط - عدم تشکیل تشدید سری	- کاهش جریان خطا - حذف کلیدهای تریستوری - حذف آشکار ساز جریان خطا - حذف سیستم کنترلی سریع - اتوماتیک بودن مدار
معایب	- نیاز به کلیدهای تریستوری سریع با قدرت مناسب - نیاز به آشکار ساز جریان خطا - نیاز به سیستم کنترل و راه اندازی کلیدهای تریستوری - نیاز به هماهنگی با سیستم حفاظتی موجود	- افزایش تلفات به لحاظ حضور دائمی سلف در مدار - تأثیر پذیری کم برای خطاهای دور از منبع - ضریب اطمینان کم برای خطاهای همراه با قوس - احتمال تشکیل تشدید سری - نیاز به تعدادی ورستور غیر خطی ZnO

در این
پروژه

برای انجام آنالیز حساسیت از مدار محدود ساز نوع تشدید موازی استفاده شده است. انجام دقیق آنالیز حساسیت در یک سیستم یا مدار مستلزم شناخت معادلات حاکم بر آنها و اعمال روشهای ریاضی موجود در خصوص حل آنها می باشد [6].

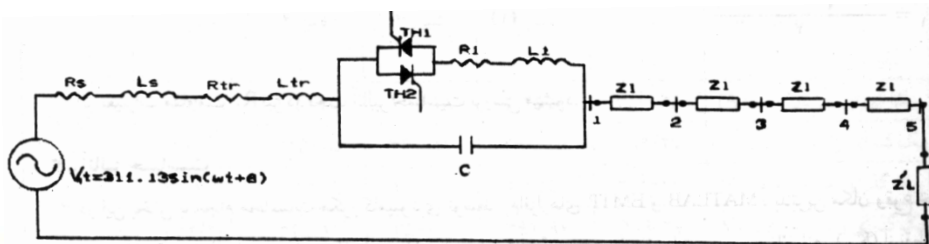
ولی از آنجا که معادله دیفرانسیل حاکم بر مدار محدود ساز نوع تشدید موازی از رتبه ۳ می باشد، برای این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. در ضمن نتایج اجراهای مکرر توسط EMTP، توسط نرم افزار MATLAB، تحلیل و ترسیم گردیده است.

۲-۲: معرفی شبکه آزمایشگاهی مورد بررسی

این محدود ساز برای یک شبکه ۲۲۰ ولت تک فاز (این شبکه مشابه یک سیستم قدرت منظور شده است) طراحی شده است و مدار معادل الکتریکی آن در شکل ۲-۲ دیده می شود. که در آن مدار معادل تونن شبکه از دید ابتدای یک فیدر و نیز مدل ترانسفورماتور و خط انتقال در نظر گرفته شده اند. برای امکان انجام مانور بیشتر در بررسی عملکرد محدود ساز، مدل خط به چهار بخش تقسیم شده است و در آن برای اینکه بدترین حالت از لحاظ دامنه جریان خطا بررسی شود، خازنهای خط در نظر گرفته نشده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه

محا سبه پارامترهای شبکه بدون FCL با فرضهای زیر، یا هر فرض منطقی دیگری قابل انجام است. فرضهای زیر بر این اساس صورت گرفته اند که بدترین شرایط را فراهم کنند و عملکرد بازدارنده در چنین شرایطی بررسی می شود. که مسلماً در شرایط مطلوبتر نیز پاسخگو خواهد بود. به عنوان نمونه بزرگ بودن امپدانس تونن از تاثیر FCL در کاهش حداکثر پیک گذرای جریان خطا می کاهد [3]، که در اینجا سعی شده است با فرضهای انجام شده، مقدار بزرگی برای آن بدست آید.



شکل ۲-۲

مدار الکتریکی یک شبکه دارای FCL از نوع تشدید موازی

در شبکه فوق داریم: در حالت بدون محدود کننده

$$S_{sc} = 1000VA, I_n = \frac{1}{12} I_{sc}$$

SSC: قدرت اتصال کوتاه قبل از FCL

$$\frac{X_s}{R_s} = 10, \frac{X_l}{R_l} = 8, P_L = 50(W)$$

PL: توان مصرفی توسط بار

لذا پارامترهای خط و امپدانس تونن منبع و بار به صورت زیر بدست می آیند:

$$\left| \begin{array}{l} R_{th} = R_s + R_{tr} = 4/816 (\Omega) \\ X_{th} = X_s + X_{tr} = 48/16 (\Omega) \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} R_l = 11/67 (\Omega) \\ X_l = 93/3 (\Omega) \end{array} \right. \quad R_L = 348/4 (\Omega)$$

برای تعیین پارامترهای محدود کننده (FCL)، نخست از تعیین خازن شروع می کنیم.

نصب خازن با در نظر گرفتن مزیت های زیر و مطالعات دقیق سیستم صورت می گیرد [3-5]

مزایا:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱ - افزایش قدرت انتقالی ماکزیمم و بهبود پایداری ماندگار

۲ - افزایش بار طبیعی خط (SIL)

۳ - کاهش زاویه انتقال دلتا (δ) در یک قدرت معین.

۴ - کاهش تلفات خط

۵ - کاهش افت ولتاژ و ایجاد پروفیل ولتاژ بهتر در طول خط

۶ - بهبود پایداری گذرا

۷ - کاهش حساسیت ولتاژ به اختلالات در حالت گذرا

معایب:

۱ - افزایش احتمال تشدید زیر سنکرون (SSR)

۲ - احتمال وقوع فرورزونانس

۳ - احتمال ایجاد پدیده تشدید سری با قسمتی از خط در اثر وقوع خطا و در نتیجه تجاوز مقادیر ولتاژ و جریان، از حدود نامی تجهیزات.

اما چون در این شبکه آزمایشگاهی تمام موارد فوق را نمی توان اجرا کرد؛ مقدار خازن را با فرض اینکه بخواهیم قدرت انتقالی به بار از نوع امپدانس را ۶۰ درصد افزایش دهیم، پیدا می کنیم، با این فرض درصد جبران سازی سری خط (Kse) خواهد شد:

$$Kse = 52/5\% \text{ یا } c = 16/237 \mu F$$

با این وجود در بحث آنالیز حساسیت اثر تغییرات جبران سازی را نیز بررسی خواهیم کرد.

برای تعیین مقدار L1 از رابطه تشدید موازی (معادله ۱) استفاده می کنیم [7]، R1 می تواند مقاومت اهمی سلف L1 باشد و یا اینکه مجموع این مقاومت با یک مقاومت خارجی باشد.

$$X_{L1} = \frac{X_c + \sqrt{X_c^2 - 4R_1^2}}{2} \quad (1)$$

اثر مقاومت R1 نیز در بحث آنالیز حساسیت بررسی می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۲: آنالیز حساسیت

در این بخش با انجام محاسبات مکرر کامپیوتری توسط نرم افزارهای EMTP و MATLAB، بدترین مکان وقوع خطا - بدترین زمان وقوع خطا - اثر تغییرات R1 - اثر زمان فعال شدن شاخه موازی - اثر تغییرات درصد جبران سازی (Kse) از نقطه نظر پیک جریان خطا و پیک ولتاژ بازیافت شین قبل از FCL، نشان داده می شود. از نتایج این قسمت می توان منحنی های راندمان محدود سازی و اضافه ولتاژ شین قبل از FCL (شین تغذیه کننده) را نیز رسم نمود، سپس اثرات Kse و R1 را بر روی جریان گردشی و ولتاژ دو سر خازن مشاهده کرد.

۳-۲-۱: تعیین بدترین مکان وقوع خطا

قبل از هر چیز باید نقطه شروعی را برای زمان وقوع خطا (tsc)، تأخیر فعال شدن شاخه موازی بعد از وقوع خطا (Δt_d)، R1 و Kse داشته باشیم.

برای انتخاب لحظه ای جهت وقوع خطا؛ لحظه ای را در نظر می گیریم که حالت گذرای ناشی از وصل کلید اصلی مدار رفع شده باشد. هدف از این کار آن است که چندین تغییر حالت با هم انجام نشود و تحلیل نتایج ساده تر باشد. لحظه $t_{sc} = 100\text{ms}$ این شرط را برآورده می کند.

تأخیر فعال شدن شاخه موازی نیز در این مرحله $\Delta t_d = 5\text{ms}$ در نظر گرفته می شود.

مقدار R1=۱ فرض می شود و مقدار Kse نیز مطابق آنچه قبلاً گفته شده $Kse = 52/5\%$ انتخاب

می شود. پس با ثابت فرض کردن پارامترهای tsc و Δt_d و R1 و Kse مکان وقوع خطا را تغییر

داده و مقادیر پیک جریان اتصال کوتاه و پیک ولتاژ بازیافت را به ازای اتصالی روی شین های ۱ تا

۵ بدست می آوریم. جدول ۲-۲ نتیجه این محاسبات را نشان می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مکان خطا	شین ۱	شین ۲	شین ۳	شین ۴	شین ۵
کمیت					
پیک گذرای جریان خطا (A)	۳/۲۹۳۵	۲/۲۵۵۱	۱/۷۶۱۸	۱/۴۴۲۵	۱/۲۱۰۸
پیک گذرای ولتاژ بازیافت (V)	۵۸۹/۲۳	۴۰۳/۸۸	۳۶۶/۰۳	۳۵۲/۵۹	۳۴۳/۸۸

جدول ۲-۲ تأثیر محل بر روی پیک گذرای جریان و ولتاژ بازیافت

از جدول فوق می توان به این نتیجه رسید که بدترین مکان وقوع خطا از لحاظ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت ابتدای خط (شین ۱) می باشد.

اما این نتیجه در حالت خاص زیر یعنی به ازای:

$$R1=1\Omega, tsc=100ms, \Delta t_d=5ms, Kse=52/5\%$$

بدست آمد. باید دید که آیا با تغییر هر یک از مقادیر فوق که قابت در نظر گرفته شده اند آیا باز هم بدترین مکان وقوع خطا همان ابتدای خط (شین ۱) است. لذا به طور متناوب با ثابت فرض کردن ۳ پارامتر از پارامترهای فوق به بررسی اثر تغییرات پارامتر چهارم روی بدترین مکان وقوع خطا می پردازیم:

الف — R1 را پارامتر متغیر و Kse و tsc و Δt_d را پارامترهای ثابت فرض می کنیم. جدول ۲-۳

مقادیر پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت را برای دو مقدار R1؛ در حالت اتصالی روی شین

های ۱ تا ۵ نشان می دهد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

R_1	شین ۵	شین ۴	شین ۳	شین ۲	شین ۱	مکان خطا کمیت
۹/۸ (Ω)	۱/۲۱۰۸	۱/۴۴۲۵	۱/۷۶۱۸	۲/۲۵۵۱	۳/۲۹۳۵	پیک گذرای جریان خطا (A)
	۳۳۶/۴۰	۳۴۵/۲۵	۳۶۰/۲۳	۳۹۸/۲۶	۵۸۹/۲۷	پیک گذرای ولتاژ بازیافت (V)
۱۵ (Ω)	۱/۲۱۰۹	۱/۴۴۲۵	۱/۷۶۱۸	۲/۲۵۵۱	۳/۲۹۳۵	پیک گذرای جریان خطا (A)
	۳۳۲/۲۸	۳۴۱/۱۲	۳۵۶/۸۰	۳۹۴/۹۶	۵۸۹/۲۷	پیک گذرای ولتاژ بازیافت (V)

جدول ۲-۳ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت با تغییر مقاومت R_1

نتایج بدست آمده در جدول ۲-۳ نشان می دهد که حساسیت بدترین مکان وقوع خطا به تغییرات

R_1 صفر است (بدترین محل وقوع خطا با تغییر R_1 تغییر نمی کند)

ب - با تغییر tsc و ثابت گرفتن بقیه پارامترهای نتیجه می گیریم که باز هم بدترین مکان وقوع خطا

از لحاظ ۲ کمیت پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت همان ابتدای خط است.

ج — با تغییر Δt_d و ثابت گرفتن بقیه پارامترها نتیجه می گیریم که تغییر تأخیر، تأثیری در بدترین

مکان وقوع خطا از لحاظ ۲ کمیت فوق ندارد.

د — با تغییر Kse و ثابت گرفتن بقیه پارامترها، نتیجه می گیریم با تغییر Kse باز هم بدترین مکان

وقوع خطا از لحاظ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت، ابتدای خط است. نتایج در جدول ۲-۴

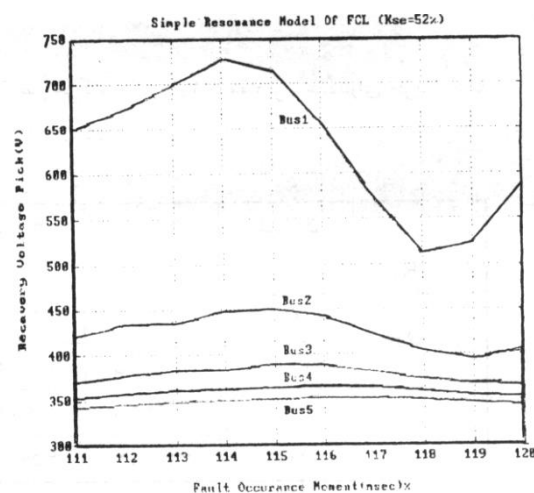
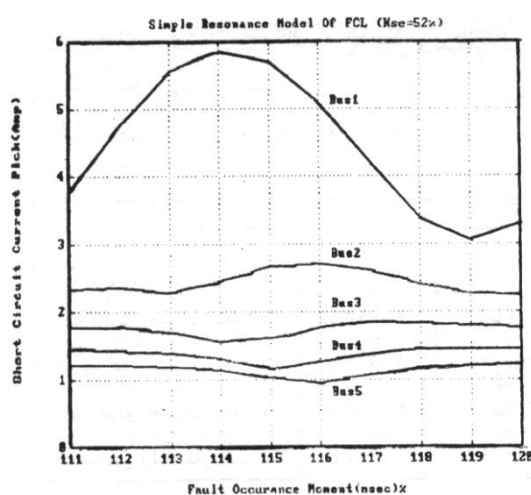
نشان شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

K _{se}	مکان خطا					کمیت
	شین ۵	شین ۴	شین ۳	شین ۲	شین ۱	
٪۱۰	۱/۰۳۱۲	۱/۲۴۲۷	۱/۶۱۰۳	۲/۴۰۴۱	۶/۸۶۵۴	پیک گذرای جریان خطا (A)
٪۳۰	۱/۰۸۳۱	۱/۲۷۱۸	۱/۵۸۲۳	۲/۲۶۰۲	۶/۶۴۱۱	
٪۵۲/۵	۱/۱۳۱۲	۱/۲۹۶۸	۱/۵۶۳۴	۲/۴۷۲۲	۵/۸۴۹۷	
٪۷۵	۱/۱۵۵۳	۱/۲۹۶۹	۱/۵۷۳۶	۲/۵۹۵۳	۴/۹۴۱۴	
٪۱۰۰	۱/۱۲۴۵	۱/۲۴۱۵	۱/۷۱۴۸	۲/۵۳۰۲	۳/۹۸۷۱	
٪۱۰	۲۷۹/۸۶	۲۷۳/۳۱	۲۷۰/۷۷	۲۷۰/۷۷	۴۵۷/۱۶	پیک گذرای ولتاژ بازیافت (V)
٪۳۰	۳۱۹/۶۷	۳۲۹/۳۵	۳۴۹/۱۰	۴۰۰/۴۳	۷۳۰/۴۲	
٪۵۲/۵	۳۴۱/۲۴	۳۵۳/۴	۳۷۶/۰۱	۴۳۸/۷۶	۷۲۵/۸۱	
٪۷۵	۳۵۴/۷۰	۳۶۷/۱۸	۳۹۹/۳۵	۴۶۷/۸۹	۶۶۵/۹۵	
٪۱۰۰	۳۶۳/۹۱	۳۸۰/۴۳	۳۹۸/۶۹	۴۸۰/۰۴	۶۶۷/۵۱	

جدول ۴-۲ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت با تغییر K_{se}

از مجموع موارد مطرح شده در بندهای فوق و همچنین با عنایت به شکل ۳ می توان نتیجه گرفت که بدترین مکان وقوع خطا از لحاظ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت به ترتیب ابتدای خط، ۲۵ در صد، ۵۰ در صد، ۷۵ در صد، ۱۰۰ در صد طول خط می باشد و در طراحی مدار باید بدترین مکان وقوع خطا را مد نظر داشت.



شکل ۳-۲ تغییرات پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت بر

حسب زمان وقوع خطا با تغییر محل خطا

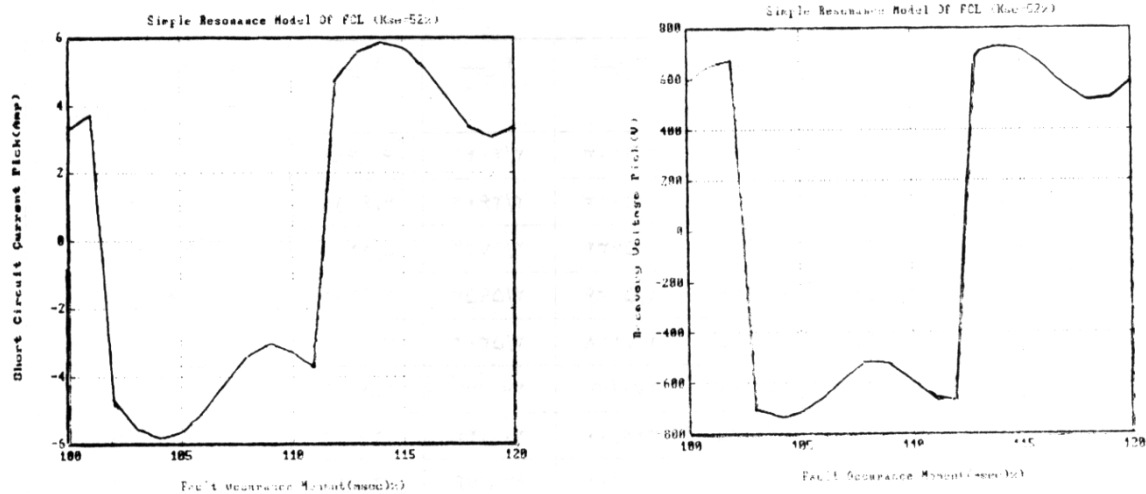
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۳-۲: تعیین بدترین زمان وقوع خطا

در این حالت با در نظر گرفتن فرض های اولیه زیر، زمان وقوع خطا را برای یک سیکل کامل تغییر می دهیم:

$$R1=1\Omega, \Delta t_d=5ms, Kse=52/5\%$$

مکان وقوع خطا را نیز شین ۱ یعنی بدترین مکان فرض می کنیم. با تغییر زمان اتصالی از ۱۰۰ تا ۱۲۰ میلی ثانیه به این نتیجه می رسیم که بدترین زمان وقوع خطا، از لحاظ پیک گذرای جریان خطا و پیک گذرای ولتاژ بازیافت لحظات ۱۰۴ و ۱۱۴ میلی ثانیه می باشد. و مقادیر کمیت های فوق به ازای اتصالی در طول نیم سیکل اول قرینه مقادیر بدست آمده به ازای اتصالی در زمان های نیم سیکل دوم می باشند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴ تکرار پذیری پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت

در هر پریود از ولتاژ سیستم (خطا در شین ۱)

مشابه آنچه که در بندهای الف تا د قسمت (۳ — ۱) انجام شد اثر تغییر هر یک از پارامترهای $R1$ ، Δt_d و Kse و مکان وقوع خطا نیز بررسی شده است. بدترین زمان وقوع خطا از لحاظ پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت وابسته به میزان تأخیر ورود شاخه موازی، مقدار Kse و محل وقوع خطا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

است و مستقل از مقدار مقاومت شاخه موازی و زمان طی شده نسبت به وصل کلید اصلی مدار یا به عبارت دیگر تعداد سیکل هایی که از موج ولتاژ منبع گذشته باشد، می باشد و بدترین زمان وقوع خطا، به ازای مقادیر مشخصی از کمیت های مکان خطا، Kse، Δt_d و R1 زمان مشخصی بعد از عبور موج ولتاژ منبع از صفر است. شکل ۲-۳ و ۲-۴ نشان می دهند که بدترین زمان وقوع خطا لحظات ۱۰۴ و ۱۱۴ میلی ثانیه می باشند (۴ میلی ثانیه بعد از عبور ولتاژ از صفر)

۲-۳-۳: تعیین اثرات مقاومت شاخه موازی در پیک جریان و ولتاژ بازیافت و جریان گردشی با فرض های اولیه: Bus 1 = مکان خطا و Kse = ۵۲/۵٪ و $\Delta t_d = ۵ms$ و $tsc = ۱۰۴ms$ مقاومت R1 را تغییر داده و مقادیر پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت را بدست می آوریم. نتایج نشان می دهند که افزایش R1 باعث افزایش پیک گذرای جریان خطا و پیک مانای جریان خطا گردیده و برعکس باعث کاهش پیک گذرای ولتاژ بازیافت می شود. این نتیجه برای حالت خاص فوق حاصل شد. باید اثر تغییر هر یک از پارامترهای Δt_d و tsc و مکان وقوع خطا را در این نتیجه بررسی کنیم؛ نتایج شبیه سازی نشان می دهد که به ازای tsc و Δt_d های دیگر باز هم قاعده فوق الذکر برقرار است.

با توجه به رابطه (۱)
$$X_{L1} = \frac{\sqrt{X_c^2 - 4R_1^2}}{2}$$
 می توان نتیجه گرفت که هر چه Kse کمتر باشد به معنی

کمتر بودن مقدار X_c است و در نتیجه جمله $4R_1^2$ به ازای تغییرات R1 در حوزه صفر تا ۲۰ اهم می تواند در برابر جمله X_c^2 موثر باشد. نتایج شبیه سازی کامپیوتری نشان می دهد که در جبران سازی ۱۰٪ Kse؛ افزایش R1 از ۱ تا ۱۳ اهم باعث افزایش ۵/۶ درصد در پیک گذرای جریان خطا می گردد. در حالیکه در جبران سازی های کم، افزایش R1 از ۱ تا ۱۳ اهم باعث افزایش ۵/۶ درصد در پیک گذرای جریان خطا می گردد. در حالیکه در جبران سازی ۵۲/۵٪ Kse افزایش R1 از صفر تا ۲۰ اهم باعث افزایش ۰/۰۹٪ در پیک گذرای جریان خطا می گردد. در جبران سازی های

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کم؛ افزایش R1 باعث کاهش پیک ولتاژ بازیافت و هارمونیک های ولتاژ بازیافت می گردد به عنوان مثال در $Kse = 10\%$ ، افزایش R1 از ۱ تا ۱۸ اهم باعث کاهش ۴۹ درصد در پیک ولتاژ بازیافت شده است. در حالیکه در جبران سازی های زیاد؛ افزایش R1 اثر فوق را نشان نمی دهد. مثلاً در $Kse = 100\%$ با افزایش R1 از ۱ تا ۱۸ اهم؛ تأثیری در پیک ولتاژ بازیافت مشاهده نمی گردد.

یکی دیگر از اثرات مهم افزایش R1 روی جریان خطای مدار آن است که میرایی مولفه های گذرای جریان خطا را که مجموع دو عبارت به صورت زیر است افزایش می دهد:

$$A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t} \cos(\omega_n t + \Theta_1) \quad (2)$$

این امر از بحث مکان ریشه های این سیستم نیز نتیجه گرفته می شود [7].

تحلیل مشابهی نشان می دهد که افزایش R1، پیک گذرای جریان گردشی و ولتاژ گذرای دو سر خازن را کاهش می دهد.

۴-۳-۲: اثر تأخیر ورود شاخه موازی در پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت

نتایج شبیه سازی کامپیوتری نشان می دهد تأخیر (۳ — ۱) ms برای ورود شاخه موازی قابل قبول است. اصولاً سرعت ورود شاخه موازی از لحاظ اینکه باعث می گردد جریان خطا سریعتر محدود گردیده و به علاوه رشد مولفه های I0 و V0 (بترتیب جریان و ولتاژ اولیه سلف و خازن) کمتر گردد، امری ضروری است و همین امر موجب سریعتر ایزوله شدن مدار و افزایش پایداری سیستم می گردد.

۵-۳-۲: تعیین اثرات Kse در پیک گذرای جریان خطا و ولتاژ بازیافت و جریان گردشی

نتایج شبیه سازی کامپیوتری نشان می دهد که افزایش درصد جبران سازی باعث کاهش پیک جریان خطا به ازای اتصالی روی شین ۱ می گردد، اگر چه این روند برای اتصالی روی شین های بعدی کاملاً صادق نیست اما از آنجا که ثابت شد، بدترین مکان وقوع خطا همان شین ۱ است لذا، افزایش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Kse مطمئناً به عنوان یک اثر مثبت در کاهش پیک جریان خطا خواهد بود. از معایب افزایش Kse ، افزایش اضافه ولتاژ شین تغذیه کننده می باشد که این امر برای اتصالی روی شین های دیگر غیر از شین ۱ قانونمند است و به عنوان یک نکته منفی در کیفیت ولتاژ شین بازیافت مطرح است. در ضمن افزایش Kse پیک گذرای جریان گردشی را کاهش می دهد. ولی پیک گذرای ولتاژ دو سر خازن را زیاد می کند.

۴-۲: اثر R1 و Kse بر روی جریان عبوری از تریستورها و ولتاژ دو سر خازن

افزایش R1 باعث کاهش پیک جریان عبوری از شاخه موازی می گردد به علاوه میرایی مولفه dc این جریان بیشتر می شود. با افزایش R1 تقسیم جریان بین ۲ تریستور متعادلتر می گردد. بدین معنی که در مقاومت های کم میزان جریان عبوری و مدت زمان عبور جریان از یک بازو (سطح زیر منحنی جریان — زمان) زیاد است و در بازوی دیگر کم است که با افزایش R1 تا حد مناسبی می توان این مشکل را رفع کرد. توزیع متعادل جریان بین تریستورها باید در زمان های کوچک بعد از روی دادن خطا برقرار شود (مثلاً تا ۳۰۰ms بعد از وقوع خطا) زیرا در این فاصله زمانی است که مدار شکن هنوز عمل نکرده و جریان گردشی از تریستورها عبور می کند بعد از سپری شدن این زمان با فرمان رله ها مدار ایزوله می گردد.

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که افزایش R1 ، باعث کاهش پیک ولتاژ خازن می گردد. همچنین افزایش Kse باعث کاهش پیک جریان عبوری از تریستورهای و افزایش ولتاژ دو سر خازن می گردد.

۵-۲: راندمان محدود سازی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یکی از شاخص های مهم در کارایی محدود ساز جریان خطا در سیستم های قدرت، راندمان

محدود سازی جریان خطا است که طبق رابطه (۳) بیان می شود:

$$\eta = \frac{\text{پیک جریان خطا با FCL} - \text{پیک جریان خطا بدون FCL}}{\text{پیک جریان خطا بدون FCL}} \times 100 = \text{راندمان محدود سازی جریان خطا}$$

(۳)

شکل ۵-۲ راندمان محدود سازی را برای مدار نشان داده شده در شکل ۲-۲ بر حسب محل خطا و

برای درصدهای جبران سازی متفاوت نشان می دهد. حداکثر راندمان محدود سازی در جبران سازی

۱۰۰٪ در خطاهای ابتدای خط بدست آمده است. ملاحظه می شود که به ازای خطاهای شین ۲ به

بعد راندمان کوچک است و در بعضی نقاط به مقدار محسوسی پیک گذرای جریان خطا را نیز زیاد

می کند (راندمان منفی می شود). البته در این نقاط دامنه جریان خطا به علت بزرگ بودن مقاومت

مسیر خطا از اهمیت بالایی برخوردار نیست. به علت بزرگ بودن امپدانس خط و تونن منبع راندمان

محدود ساز در این شبکه پایین و حتی برای خطا در بعضی از نقاط منفی است، و این امر حتماً باید

در بکارگیری محدود ساز مورد توجه قرار گیرد.

۶-۲: اضافه ولتاژ شین قبل از PCL

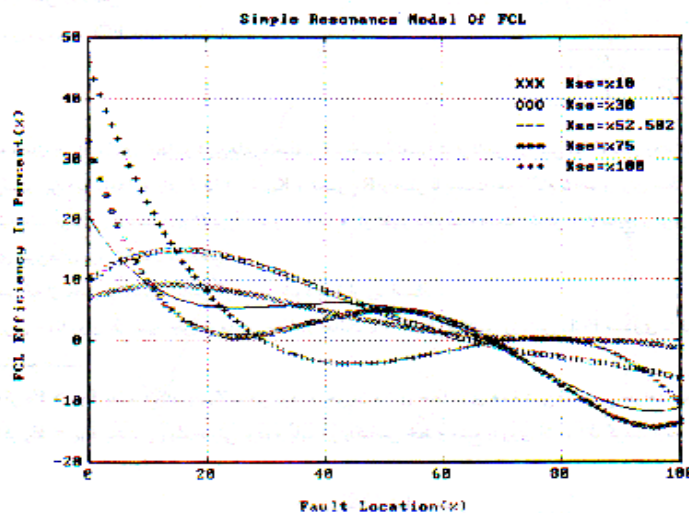
درصد اضافه ولتاژ شین تغذیه کننده قبل از FCL را به صورت رابطه (۴) تعریف می کنیم:

$$\eta = \frac{\text{پیک ولتاژ قبل از خطا} - \text{پیک ولتاژ شین بعد از وقوع خطا}}{\text{پیک ولتاژ قبل از خطا}} \times 100 = \text{درصد اضافه ولتاژ شین تغذیه کننده}$$

(۴)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲-۶ میزان اضافه ولتاژ شین تغذیه کننده را برای مدار شکل ۱-۲ بر حسب محل خطا و برای درصدهای جبران سازی مختلف نشان می دهد. ملاحظه می شود که افزایش KSE باعث افزایش اضافه ولتاژ شین تغذیه کننده شده و هر چه محل خطا به ابتدای خط نزدیکتر باشد میزان این اضافه ولتاژ بیشتر و با دور شدن محل خطا، اضافه ولتاژ کاهش می یابد.



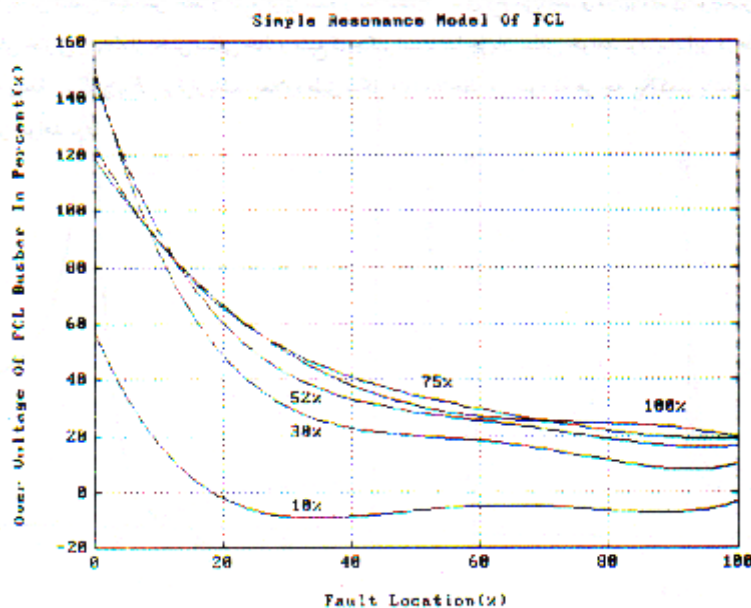
راندمان

شکل ۲-۵

جریان

محدود ساز

خطا بر حسب محل خطا با تغییر درصد جبران سازی



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۶-۲ اضافه ولتاژ شین قبل از FCL بر حسب محل خطا به ازای

درصد جبران سازی های مختلف

۲-۷: اثر فرکانس رزونانس

فرکانس رزونانس FCL عبارت است از:

$$F_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_1 C} - \left(\frac{R_1}{L_1}\right)^2} \quad (5)$$

دامنه و فاز جریان مانای خطا در شین های مختلف را بر حسب تغییرات فرکانس رزونانس FCL بکار رفته در شبکه شکل (۲) رسم می کنیم. این دیاگرام ها به ازای $Kse = 52/5\%$ و تغییر R_1 از صفر تا بیست اهم با گام ۵ اهم و برای خطا روی شین های ۱ تا ۵ رسم شده اند. فرکانس رزونانس (FR) نیز از صفر تا ۱۰۰ هرتز تغییر داده شده است. شکل ۲-۷ نتایج را برای دامنه و فاز جریان خطا روی شین های ۱ و ۴ نشان می دهد.

نتایجی که از بحث فرکانس رزونانس گرفته می شود به قرار زیر است:

۱ - برای خطا روی هر شین جریان مانای خطا در حالت $FR = FS$ (فرکانس رزونانس FCL مساوی با فرکانس منبع تغذیه باشد) مینیمم است.

۲ - اگر $FR > FS$ باشد آنگاه ZFCL سلفی بوده و جریان مانای خطا روی همه شین ها سلفی خواهد شد.

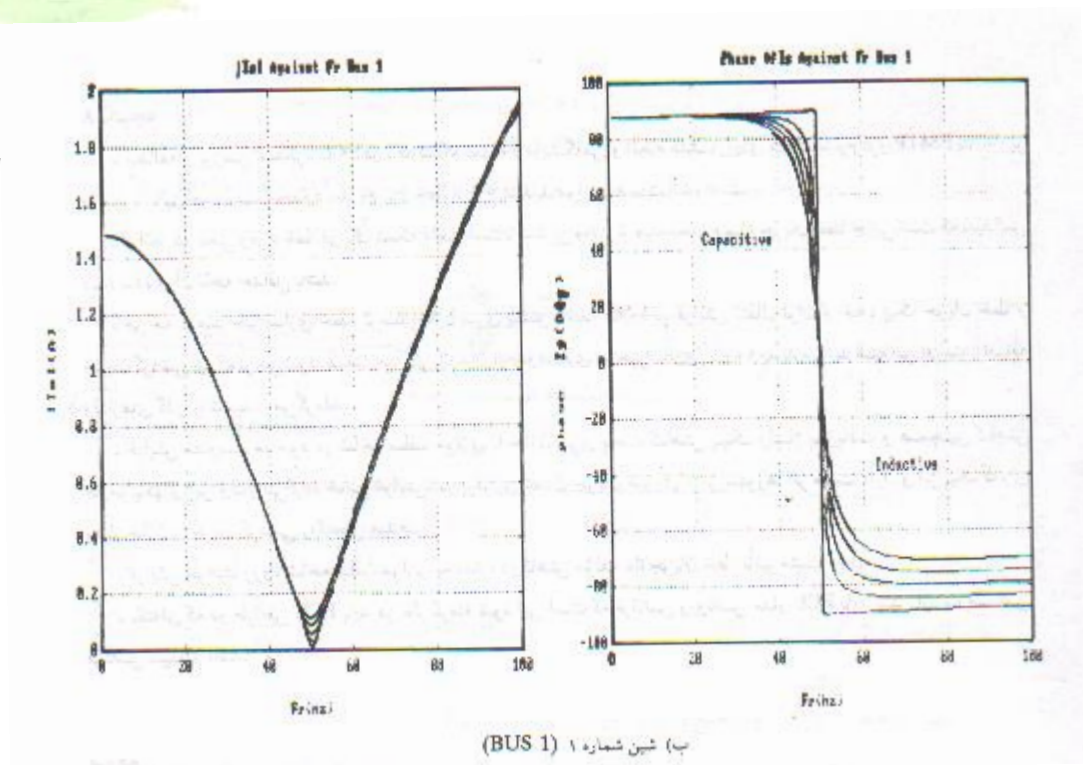
۳ - اگر $FR < FS$ باشد ZFCL خازنی بوده و باید اثر راکتانس خط و منبع را روی آن در نظر گرفت و دو حالت زیر محتمل است:

الف - برای خطا روی شین های ۱ و ۲ چون خاصیت سلفی خط و منبع به اندازه های بزرگ نیست که بخش خازنی ZFCL را خنثی کند لذا همواره به ازای $FR < FS$ جریان مدار خازنی می باشد.

ب - برای خطا روی شین های ۳ و ۴ و ۵ به ازای فرکانس رزونانس های (به ترتیب) ۲۰ و ۳۱/۵ و ۳۶/۵ هرتز بخش خازنی ZFCL با بخش سلفی امپدانس خط و منبع برابر شده و لذا تشدید سری

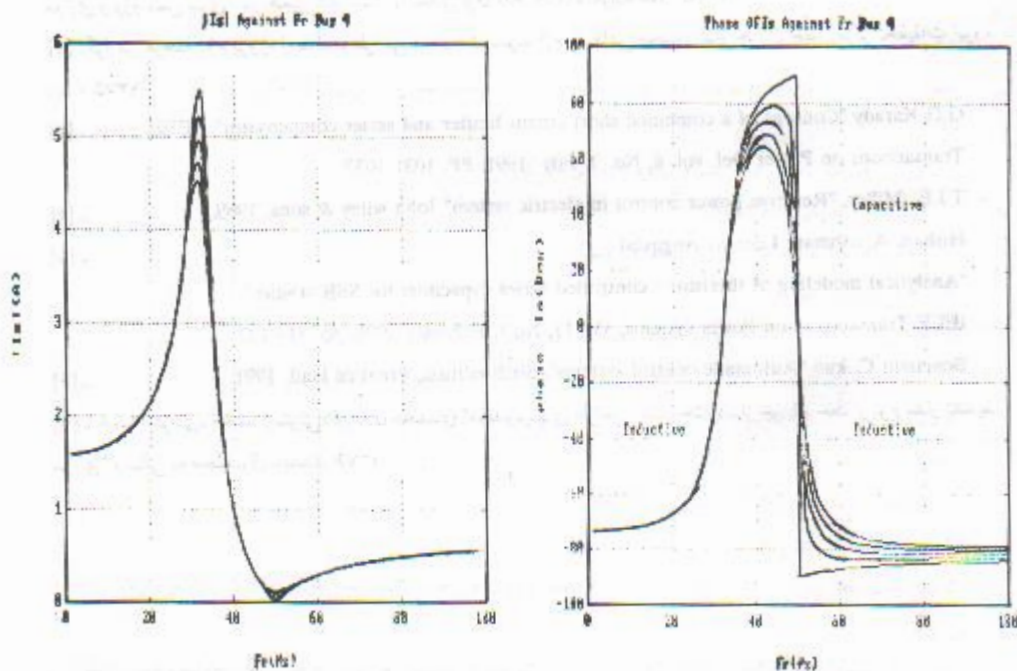
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رخ می دهد. و در FR های کوچکتر از این مقادیر نیز چون بخش خازنی ZFCL از بخش سلفی کوچکتر است لذا جریان سلفی خواهد بود. بنابراین در طراحی باید در نظر داشت که رابطه $F_R \geq F_S$ برقرار باشد. بعلاوه طبق شکل (۷) ملاحظه می شود که هر چه R1 کمتر باشد دامنه مانای جریان خطا کمتر خواهد بود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

(ب) شین شماره ۱ (BUS 1)



(الف)

شین

شماره ۴ (BUS 4)

شکل ۲-۷ تغییرات دامنه و فاز جریان خطا (ماندگار) در دو شین مختلف بر حسب فرکانس

۲-۸: نتیجه گیری

با مطالعه و بررسی عملکرد FCL در یک شبکه نمونه آزمایشگاهی و انجام مدل‌سازیهای متعدد با نرم افزار EMTP نتایج زیر در مورد آنالیز حساسیت محدود ساز جریان خطا از نوع تشدید موازی بدست آمده است.

— از آنجا که محل وقوع خطا در یک شبکه متغیر است، بدترین محل از دید محدود ساز جریان خطا جایی است که امپدانس دیده شده از آن نقطه حداقل باشد.

— هر چه درصد جبران سازی خط، توسط خازن سری بیشتر باشد، علاوه بر افزایش انتقال توان از خط، پیک جریان خطا و جریان گردشی نیز کمتر می شود. ضمناً حداکثر راندمان محدود سازی در جبران سازی ۱۰۰٪ پدید می آید البته این افزایش، اضافه ولتاژهای گذرا را شدیدتر می گرداند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

— افزایش مقاومت موجود در شاخه سلف موازی با خازن سری باعث کاهش پیک ولتاژ بازیافت و همچنین کاهش هارمونیکهای این ولتاژ می گردد همین افزایش، در برقراری تعادل جریان عبوری از ترستورها اثر مثبت دارد. و نیز پیک گذرای ولتاژ خازن و جریان گردشی را کاهش می دهد.

— افزایش سرعت ورود شاخه سلف موازی به مدار، در کاهش مؤلفه dc جریان خطا تأثیر مثبت دارد.

— نکته ای که طراحی FCL باید در نظر گرفته شود این است که فرکانس رزونانس مدار FCL باید بیش از، یا مساوی فرکانس سیستم باشد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم :

فرورزونانس در شبکه های توزیع



چکیده

فرورزونانس یک پدیده رزونانس غیر خطی است که بین خازن شبکه و اندوکتانس غیر خطی ترانس ولتاژ در هنگام اشباع رخ میدهد. فرورزونانس در فرکانس اصلی و فرکانسهای بالاتر باعث مشکلات عایقی و در فرکانسهای کمتر باعث مشکلات حرارتی می شود. فرورزونانس می تواند باعث گرم شدن ترانس، وارد شدن نیروی دینامیکی زیاد بر سیم پیچهای اولیه، افزایش ولتاژ و در نتیجه شکست الکتریکی و حرارتی ترانس ولتاژ شود. گسترش شبکه های توزیع، طراحی ترانسهای با حجم کمتر و افزایش هارمونیک در شبکه وقوع فرورزونانس در شبکه های توزیع را افزایش داده است. در این پروژه شرایط وقوع فرورزونانس در ترانسهای ولتاژ، روشهای میرا کردن نوسانات فرورزونانس و طراحی ترانسهای مقاوم در برابر فرورزونانس بررسی می شود.

بخش ۱-۳: فرورزونانس در شبکه های توزیع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳-۱-۱: مقدمه

فرورزونانس یک رزونانس غیر خطی است که بین خازن شبکه نظیر خازن کابلها، خطوط، خازن گریدینگ کلید قدرت و ... با اندوکتانس غیر خطی تجهیزات نظیر راکتور، ترانس ولتاژ یا ترانس قدرت رخ می دهد. فرورزونانس در شبکه های توزیع، عموماً بر اثر اضافه ولتاژهای ناشی از کلید زنی تک فاز، اضافه ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه تک فاز، سوختن فیوزهای کات-اوت، کلیدزنی خازنی و سایر اضافه ولتاژهای ناشی از شرایط گذرا رخ میدهد. موقعیت و طول کابلها، خازن گریدینگ کلید قدرت، مقدار شار پسماند هسته مغناطیسی در هنگام کلید زنی، انرژی ذخیره شده و مشخصات ترانس عوامل دیگری هستند که در وقوع فرورزونانس مؤثر هستند. در شرایط فرورزونانس اضافه ولتاژهایی تا $4p.u$ در بدترین شرایط بوجود می آید که باعث شکست الکتریکی در عایق می شود. جریانهای پالسی با دامنه زیادی که بر اثر فرورزونانس از ترانس عبور می کند نیروی دینامیکی زیادی ایجاد نموده و در ترانسهای رزینی بدلیل قرار گرفتن سیم پیچ در کوارتز و عدم امکان انبساط، باعث پاره شدن سیم های اولیه می شود. اضافه جریانهایی که در شرایط فرورزونانس از ترانس ولتاژ میگذرد باعث گرم شدن آن شده و با توجه به اینکه دارای ظرفیت حرارتی کمی هستند این تنشهای حرارتی می تواند باعث انفجار آنها شود. فرورزونانس میتواند در فرکانس اصلی یا زیر هارمونیکها رخ دهد.

در این پروژه سعی می شود ضمن معرفی فرورزونانس در شبکه های توزیع، شرایط لازم برای وقوع فرورزونانس، مدارات مختلف مرتبط با فرورزونانس، پیامدهای فرورزونانس و روشهای میرا کردن نوسانات فرورزونانس در هنگام طراحی و بهره برداری بررسی گردد. در انتها به طراحان و تولیدکنندگان پیه شهاداتی برای تولید ترانسهای با ملاحظات فرورزونانس شده است. برای حل مشکل ترانسهای پیه که در حال بهره برداری هستند نیز تجهیزات جانبی مناسبی جهت میرا کردن نوسانات فرورزونانس پیه شهاد شده است. همچنین سعی شده است که اطلاعات لازم در مورد سفارش و خرید ترانسهای ولتاژ با ملاحظات فرورزونانس در اختیار بهره برداران قرار گیرد.

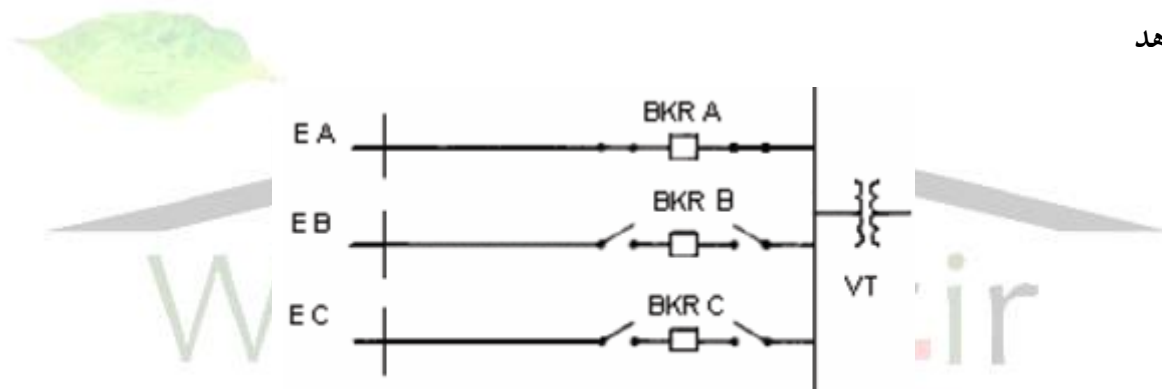
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۱-۳: فرورزونانس در شبکه های توزیع

در مداراتی که راکتانس ترانس ولتاژ یا ترانس قدرت با خازن شبکه سری می شود وقوع فرورزونانس محتمل است. فرورزونانس را نباید با رزونانس خطی که در آن سلف و خازن برابر هستند اشتباه گرفت. در رزونانس خطی ولتاژ و جریان با یکدیگر رابطه خطی داشته و به فرکانس وابسته هستند. در حالت فرورزونانس رابطه ولتاژ و جریان علاوه بر فرکانس به عوامل دیگری نظیر دامنه ولتاژ تحریک سیستم، شرایط اولیه نظیر چگالی شار لحظه کلید زنی و تلفات کل در مدار فرورزونانس وابسته است که با پرشهای ناگهانی ولتاژ و جریان از یک حالت پایدار به حالت دیگر، آشکار میگردد.

سیستم شکل ۱-۳ حالتی از ساختار باسبارها که وقوع فرورزونانس در آن محتمل است را نشان می

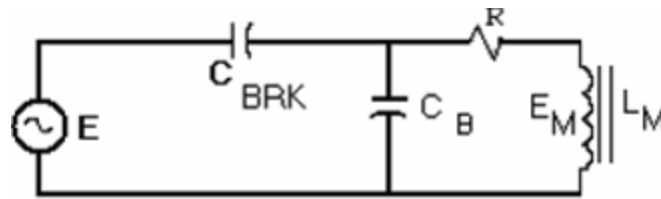
دهد



شکل ۱-۳ یک مدار نمونه برای بررسی فرورزونانس

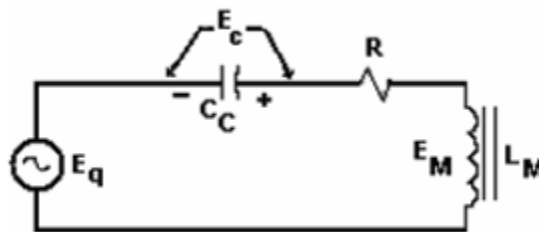
در این مدار کلید فاز A که به خازنهای گریدینگ مجهز است باز می شود. هنگامی که کلید باز می شود، این خازنها در مدار قرار میگیرند. بواسطه پدیده تقسیم ولتاژ بین خازن باسبار و خازن گریدینگ کلید قدرت مقداری ولتاژ روی باسبار القاء میگردد. مدار منتهجه در شکل ۲-۳ نشان داده شده است. در این مدار E ولتاژ سیستم، L_m اندوکتانس مغناطیس شونددگی غیر خطی ترانس و R مقاومت سری سیم پیچ اولیه ترانس ولتاژ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-۳ باز شدن کلید در مدار تکفاز

مدار معادل تونن این مدار در شکل ۳-۳ نشان داده شده است. در این مدار E_q ولتاژ معادل تونن مدار و C_C خازن معادل تونن است. E_q تقریباً برابر با ولتاژ مرتبط با خازن باسبار است.



شکل ۳-۳ معادل تونن مدار شکل ۲-۳

هنگامی که کلید فاز A باز می شود جریان از مدار عبور میکند تا اینکه از صفر طبیعی خود بگذرد. در این نقطه مقدار ولتاژ نزدیک قله خود است و خازن با همین ولتاژ شارژ می شود. ولتاژ ذخیره شده را می توان DC فرض کرد که در دو سر راکتانس مغناطیس شونددگی ترانس ولتاژ قرار گرفته و باعث می شود که هسته به اشباع برود. هنگامی که هسته به اشباع می رود راکتانس مغناطیس شونددگی کاهش یافته و فرورزونانس رخ می دهد. در نتیجه با هر نو سان ولتاژ شارژ خازن کاهش می یابد تا اینکه اشباع منفی رخ دهد. می توان نتیجه گرفت که فرورزونانس غیر خطی است و تابعی از تعداد زیادی پارامتر شامل ولتاژ القاء شده، مشخصه مغناطیس شونددگی V_T ، مقاومت تلفاتی V_T و خازن مدار است.

۳-۱-۳: در چه سیستم ها و شرایطی احتمال وقوع فرورزونانس وجود دارد؟

در سیستمهای با مشخصات و تجهیزات با شرایط زیر وقوع فرورزونانس محتمل تر است.

الف: ترانسفورماتورهای با اندازه کوچک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترانسفورماتورهای با ظرفیت کوچک نظیر P.T ها آمادگی بیشتری برای وقوع فرورزونانس نسبت به ترانسهای بزرگتر نظیر ترانسهای قدرت دارند. زیرا خازنهای کمتری برای تشدید مدار L-C نیاز دارند. تجربیات نشان می دهد که فرورزونانس در ترانسهای ولتاژ با ولتاژ کمتر از 15KV کمتر رخ میدهد ولیکن در سیستمهای توزیع با ولتاژهای بالاتر از 15KV کیلوولت (۲۰ تا ۳۶ کیلوولت) و شبکه کابلی احتمال وقوع آن بیشتر است.

ب: مدار باز شدن خطوط هوایی و کابلها

ظرفیت خازنی مدار تغذیه کننده P.T اولین عامل در احتمال وقوع فرورزونانس هستند. وقوع فرورزونانس در ترانسفورماتورهایی که با کابل تغذیه می شوند خطرناکتر از آنهایی است که با خطوط هوایی تغذیه می شوند. زیرا راکتانس خازنی کابل به مراتب کمتر از خط هوایی است. برای مثال راکتانس خازنی کابل تک رشته ای شیلد شده تقریباً ۲ درصد خط هوایی در یک طول یکسان است. بنابراین مدارات تغذیه شده با کابل شانس بیشتری برای فرورزونانس دارند.

ج: ترانسفورماتورهای با بارگذاری سبک

نوسانات فرورزونانس ماندگار خواهد بود مگر آنکه تلفات انرژی مدار، نوسانات را میرا کند. در طی فرورزونانس یا سایر شرایط تشدید، راکتانس خازنی و سلفی مدار L-C نزدیک به هم یا مساوی هستند. در شرایط بی باری تلفات انرژی فقط به مقاومت سیم پیچ اولیه و تلفات هسته منحصر خواهد شد. طبیعتاً این تلفات کوچک میرائی کافی را فراهم نمی کند.

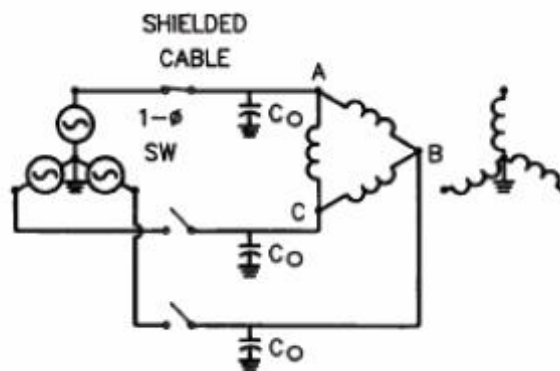
به منظور فراهم نمودن میرائی نوسانات فرورزونانس و کاهش نوسانات به ثانویه مدار P.T مقاومت اضافه می شود که یک بار طبیعی و مؤثر فراهم می کند. این مقاومت انرژی مدار را تلف نموده و همچنین نوسانات را کاهش می دهد. در غیر اینصورت کل انرژی حبس شده بایستی در ترانس تلف شود و با توجه به محدود بودن بردن حرارتی ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ وات ترانسهای ولتاژ، باعث گرم شدن ترانس، پاره شدن سیمهای اولیه و احتمالاً انفجار آنها خواهد شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

د : تأثیر نوع اتصال اولیه ترانسها در وقوع فرورزونانس

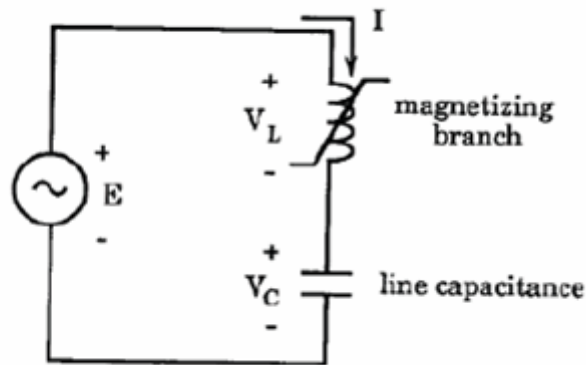
تأثیر نوع اتصال ترانس در وقوع فرورزونانس با بررسی ترانس با اتصال Δ بررسی می شود. یک منبع سه فاز که بصورت مؤثر زمین شده با سه کلید تک قطب و سه کابل که جداگانه شیلد شده اند یک مجموعه ترانس دو قطبی با اتصال Δ را تغذیه می کند. در کابلهایی که مستقلاً شیلد شده اند خازن بین خط و زمین وجود دارد ولیکن خازن بین فاز-فاز وجود ندارد. ترانسفورماتورها کم بار یا بی بار هستند. مدار کامل در شکل ۴-۳ نشان داده شده است.

هنگامی که کلید فاز A بسته شود امپدانس مغناطیس شوندگی ترانسفورماتور از طریق خازن کابلهای B و C نسبت به زمین تحریک می شود. مدار ساده شده ترانسفورماتور متصل شده به کابل که یک فاز آن قطع شده در شکل ۴-۳ نشان داده شده است در این شرایط خازن فازهای B, C نسبت به زمین شبیه یک اتصال کوتاه عمل می کنند و سیم پیچهای ترانسفورماتور که بین فازهای A, B و همچنین A, C متصل شده است شروع به کشیدن جریان تحریک یا جریان هجومی می نمایند. در نتیجه ممکن است هسته ترانسفورماتورها بر اثر جریان کشیده شده بوسیله سیم پیچها و خازن فازهای B, C نسبت به زمین به اشباع برود.



شکل ۴-۳ کلید زنی تکفاز در ترانس با اتصال DYn

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۵ مدار ساده شده ترانسفورماتور تغذیه شده بوسیله کابل با باز شدن یک فاز

هسته غیر خطی ترانسفورماتور و امپدانسهای مغناطیسی باعث می شود که پریود و سیعی از تبادل انرژی بین خازن کابل فازهای B, C با زمین و همچنین هسته ترانسفورماتور برقرار که منجر به تحمیل اضافه ولتاژ بین فازهای B با زمین و C با زمین و دو طرف سیم پیچی ترانسفورماتور می شود. جریانی که بوا سطر این پدیده از ترانس میگذرد از حد حرارتی آن بیشتر است که باعث انفجار آن میشود. حتی هنگامیکه سیم پیچ دوم نیز در مدار قرار می گیرد، شرایط اضافه ولتاژ برقرار می ماند و حتی بدتر نیز می شود. با بسته شدن فاز سوم شرایط متعادل بوجود آمده و فرورزونانس خاتمه می یابد.

ه : عملکرد فیوزها

عملکرد فیوز مشابه کلید زنی تک فاز بوده و با ذخیره انرژی در خازن شبکه وقوع فرورزونانس را بدنبال خواهد داشت. همچنین عملکرد فیوز باعث تک فاز و یا دوفاز شدن مدار میشود که در ترانسهای دو قطبی وقوع فرورزونانس را تشدید می کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۱-۳: پیامدهای فرورزونانس

وقوع فرورزونانس در ترانسهای ولتاژ بر روی خود ترانس و سایر تجهیزات دیگر تأثیراتی دارد که در زیر تشریح می شود.

الف: خرابی سیستم عایقی به خاطر عوامل حرارتی

در طی شرایط فرورزونانس پالسهای از جریان با دامنه زیاد از ترانس عبور می کند و انرژی ذخیره شده مدار در اولیه ترانس و هسته تلف می شود. با توجه به بردن حرارتی کم این ترانسها ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ وات سیم پیچها گرم و عایق ترانس معیوب می شود.

ب: خرابی سیم پیچ اولیه ترانس بخاطر نیروی دینامیک زیاد

عبور جریانهای پالسی با دامنه زیاد نیروی دینامیکی زیادی به سیم پیچها وارد می کند و با توجه به اینکه این ترانسها رزینی هستند این نیروی دینامیکی زیاد باعث پاره شدن سیمها و نهایتاً تخریب ترانس ولتاژ می شود.

ج: شکست عایقی در سیم پیچهای اولیه بخاطر اضافه ولتاژها

در شرایط فرورزونانس اضافه ولتاژهای فوق العاده زیاد تا حد $4p.u$ باعث شکست الکتریکی در ترانس و تخریب آن می شود.

د: خرابی برقگیر

برقگیرها برای حفاظت تجهیزات شبکه در برابر اضافه ولتاژ استفاده می شوند. نوسانات ولتاژ بالای که بر اثر فرورزونانس بوجود می آید برقگیرها را در حالت اضافه بار حرارتی قرار داده و میتواند باعث تخریب آنها شود. این اتصالات مستعد برای فرورزونانس حداقل آمادگی برای فرورزونانس مشکل در ZnO برقگیرهای بدون فاصله هوایی بیشتر رخ می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵-۱-۳: روشهای جلوگیری از وقوع فرورزونانس

انجام تمهیداتی در بهره برداری و توسعه، احتمال وقوع فرورزونانس در شبکه را کاهش میدهد. برخی از این تدابیر مربوط به زمان بهره برداری و برخی نیز به زمان ایجاد و یا توسعه شبکه مربوط می شود. این عوامل عبارتند از:

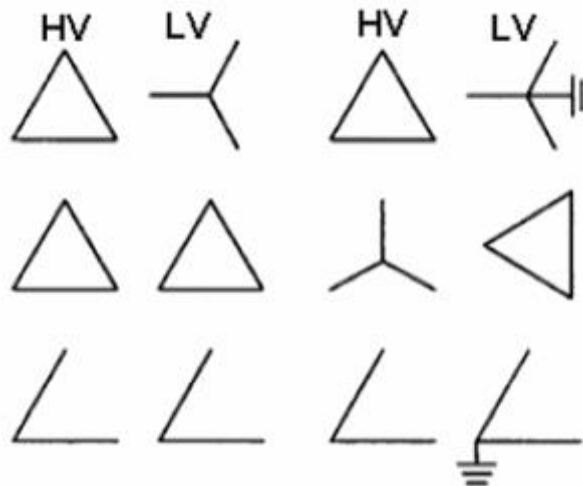
الف: استفاده از دستگاههای کلید زنی سه فاز که از شرایط تکفاز شدن و در نتیجه وقوع فرورزونانس جلوگیری می کند.

ب: شناسایی استعداد سیستم برای وقوع فرورزونانس و پرهیز از حالاتی که وقوع آنرا محتمل می نماید. از قبیل انتخاب طول کابل با در نظر گرفتن ظرفیت خازنی، در نظر گرفتن خازن گریدینگ کلید قدرت و باس بارها در طراحی و سفارش ترانس.

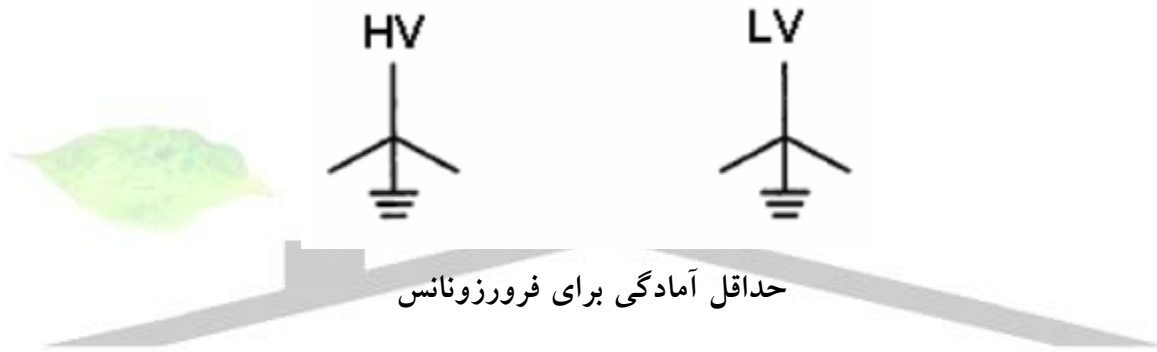
ج: استفاده از سربندیهایی که وقوع فرورزونانس را حداقل کند. یک اتصال ستاره با نوترالی که به صورت مؤثر زمین شده وقوع فرورزونانس را تا حد زیادی کاهش میدهد. زمین کردن اولیه ترانس ولتاژ با ایجاد یک مسیر اتصال کوتاه برای مدار C-L تا حد زیادی احتمال وقوع فرورزونانس را کاهش می دهد. با این حال اولی های که به صورت مؤثر زمین شده با شد نیز نمی تواند احتمال وقوع فرورزونانس را بطور کامل محدود نماید. جدول ۱-۳ سربندیهای گوناگون و ارتباط آن با فرورزونانس را نشان میدهد.

جدول ۱-۳ احتمال وقوع فرورزونانس در اتصالات مختلف

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



اتصالات مستعد برای فرورزونانس



حداقل آمادگی برای فرورزونانس

د : انجام کلید زنی در نزدیکی ترانس ولتاژ به نحوی که ظرفیت خازنهای مرتبط با ترانسفورماتور و انرژی ذخیره شده کاهش یابد.

ه : استفاده از ترانسهای که قابلیت میرا کردن نوسانات فرورزونانس را داشته و یا احتمال وقوع فرورزونانس در آنها حداقل باشد.

۶-۱-۳ : روشهای میرا کردن نوسانات فرورزونانس

جلوگیری از وقوع فرورزونانس پرمزینه تر از میرا کردن نوسانات فرورزونانس است. ضمن آنکه جلوگیری از وقوع فرورزونانس مستلزم تمهیداتی است که منجر به محدودیتهایی در توسعه و بهره برداری می شود. در اینجا برای میرا کردن نوسانات فرورزونانس در ترانسهای تک فاز و تولید

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ترانسهایی که احتمال وقوع فرورزونانس در آنها کمتر و یا در مقابل آن مقاومتر باشند روشهایی پیشنهاد می شود.

الف : استفاده از مقاومت سری دراولی هر ترانس ولتاژ

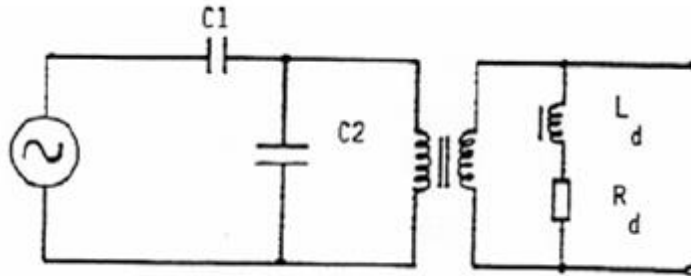
قرار گرفتن مقاومت در اولیه ترانس ولتاژ، جریان فرورزونانس را محدود کرده و باعث کاهش نیروی دینامیکی و تلفات حرارتی در سیم پیچهای ترانس می شود. علاوه بر این باعث می شود که انرژی حبس شده در مدار در مقاومت تلف شده و نوسانات فرورزونانس سریعتر میرا شود. استفاده از مقاومت در اولیه علیرغم قابلیتی که دارد دارای مشکلاتی نیز هست. با توجه به مقاومت زیاد سیم پیچ اولیه ترانسهای ولتاژ حدود چند هزار اهم برای آنکه مقاومت مورد نظر مؤثر واقع شود بایستی مقدار بالایی داشته باشد. مقاومت زیاد در اولیه باعث افزایش خطا و همچنین تلفات بصورت دائم در مدار می شود و عملاً مورد استفاده قرار نمی گیرد.

ب : استفاده از رآکتور اشباع و مقاومت سری با آن به موازات ثانویه

قرار دادن مقاومت در ثانویه باعث محدود کردن زمان فرورزونانس و پیامدهای دینامیکی و حرارتی آن و میرا کردن انرژی ذخیره شده در مدار می شود. قرار گرفتن مقاومت در ثانویه بصورت دائم باعث افزایش بردن ترانس و کاهش دقت آن و افزایش حجم ترانس می شود و اگر مقدار بار کاهش یابد در آن صورت میرائی کافی فراهم نمی شود. از اینرو از روشهای دیگر برای استفاده از بار در ثانویه استفاده میشود. یکی از این روشها استفاده از مقاومت سری با رآکتور اشباع به موازات ثانویه است. شکل ۶-۳ طرح چنین مداری را نشان می دهد. در حالت عادی رآکتور اشباع نشده و جریانی که از مدار کشیده می شود بسیار محدود خواهد بود. رآکتور طوری طراحی می شود که در برابر ولتاژهای زیر هارمونیک و اضافه ولتاژها، اشباع شده و بدینوسیله مقاومت میرا کننده در مدار قرار می گیرد. طراحی رآکتور اشباع وابستگی زیادی به خازن معادل شبکه دارد. با توجه به اینکه خازن شبکه های توزیع دارای تغییرات زیادی هستند استفاده از این روش در ترانسهای ولتاژ القایی دشوار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

است. این روش همچنین باعث بزرگ شدن ترانس و افزایش قیمت آن می شود. از این روش در ترانسهای ولتاژ خازنی که خازن ترانس بر خازن شبکه غالب است استفاده می شود.



شکل ۳-۶ استفاده از راکتور اشباع سری با مقاومت به موازات ثانویه

ج : استفاده از برقگیر

عمده ترین عامل شروع فرورزونانس در شبکه اضافه ولتاژ است. برقگیر با محدود کردن اضافه ولتاژها از وقوع فرورزونانس جلوگیری می کند. اما نمی توان انتظار داشت که برقگیر بطور کلی از وقوع فرورزونانس جلوگیری نماید. زیرا در برخی شرایط ولتاژ شروع فرورزونانس کمتر از ولتاژ عملکرد برقگیر است. همچنین اضافه ولتاژهای طولانی می تواند باعث انفجار برقگیر شود.

د : استفاده از فیوز در اولیه

بنظر می رسد کاربرد فیوز در اولیه از صدمه دیدگی ترانس جلوگیری مینماید علیرغم آنکه در طی شرایط فرورزونانس جریانهای پالسی با دامنه بالا از ترانس میگذرد ولیکن به دلیل زمان کوتاه این پالسها احتمال عملکرد فیوز و حفاظت ترانس بسیار کم است در واقع فیوز اولیه ترانسهای ولتاژ برای حفاظت ترانس در مقابل اضافه حرارت انتخاب نمی شوند.

ه : استفاده از مقاومت در اتصالات مثلث باز در ثانویه ترانس

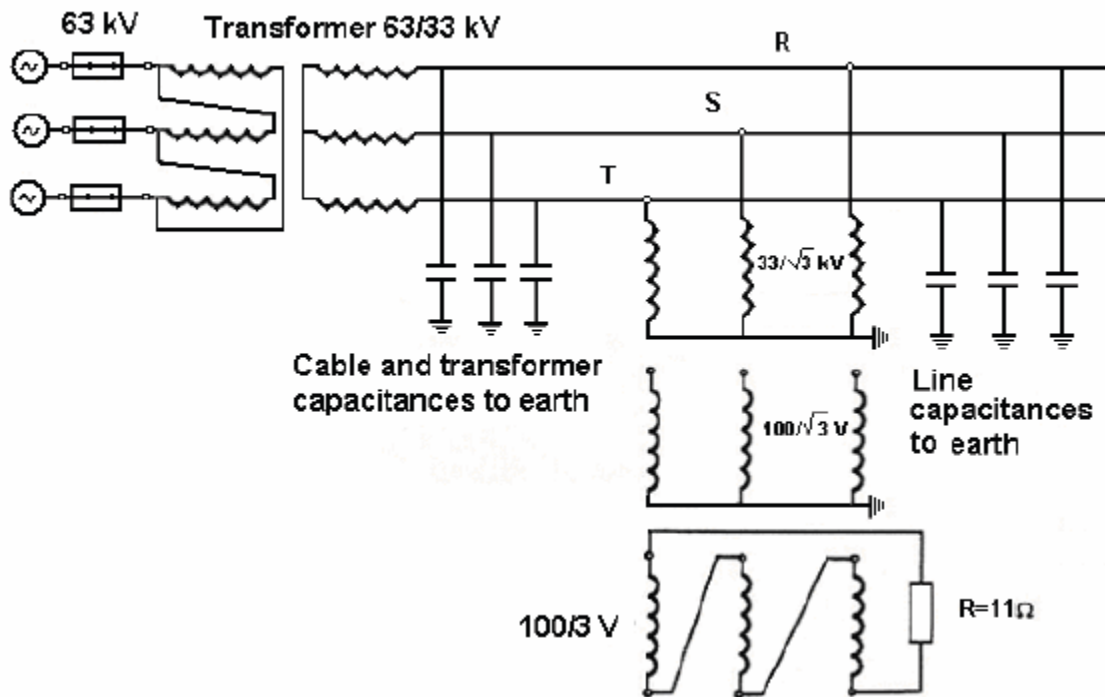
یکی از مؤثرترین روشهای میرا کردن نوسانات استفاده از سیم پیچ مثلث باز در ثانویه ترانسها است. چنین ترکیبی در شکل ۳-۷ نشان داده شده است. در شرایط فرورزونانس تعادل ولتاژ فازها به هم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خورده و سیم پیچ ثانویه دوم مثلث باز مقاومت R را در مدار قرار میدهد. این مقاومت در حالت عادی باری به مدار تحمیل نمی کند و از اینرو بر روی دقت تأثیری ندارد. ولیکن در شرایط فرورزونانس ضمن محدود کردن نو سانات، انرژی ذخیره شده درخازنهای مدار را تلف می کند. انتخاب یک مقاومت مناسب بستگی زیادی به مشخصات ترانس و شبکه دارد. ظرفیت خازنی شبکه، راکتانس مغناطیسی ترانس، مقاومت اولیه ترانس و شبکه، بردن حرارتی ترانس ولتاژ و جریان مجاز سیم پیچ اولیه معیارهایی هستند که در انتخاب مقاومت مؤثر هستند. نتایج شبیه سازی ها و آزمایشات نشان میدهد که استفاده از یک مقاومت در ثانویه که بتواند ۹۰۰ وات انرژی از مدار بکشد میراثی کافی را ۱۳ اهم، ۱۱۰ ولت و برای ترانسهای با ثانویه $110/\sqrt{3}$ یک مقاومت ۱۳,۵ فراهم مینماید بنابراین برای ترانسهای با ثانویه $100/\sqrt{3}$ یک مقاومت ۱۱ اهم، ۹۰۰ وات استفاده میشود.

شرکت نیروترانس به مشتریان خود توصیه می کند که از سیم پیچ دوم بصورت مثلث باز استفاده نمایند و در ترانسهای تکفاز خود از این سربندی استفاده می کنند. مقاومتی که در اتصال بار قرار می گیرد برابر ولتاژ نامی را بایستی نیازمندیهای استاندارد را برآورده سازد. بر اساس استاندارد IEC این ترانسها بایستی بتوانند ۱,۹ ولتاژ نامی را به مدت ۸ ساعت تحمل کنند. تحت هر گونه شرایطی که عدم تعادل ولتاژ رخ دهد این مقاومتها در مدار قرار میگیرند. برای مثال در صورتی که اتصال کوتاه تک فاز با زمین رخ دهد در اتصال مثلث باز ولتاژی القا میشود که ماندگار است مقاومتی که در ثانویه قرار دارد بایستی بتواند تحمل بار گذاری طولانی را داشته باشد. از اینرو مقاومت طراحی شده بایستی بتواند مدت ۸ ساعت تحت شرایط نامی کار کند.

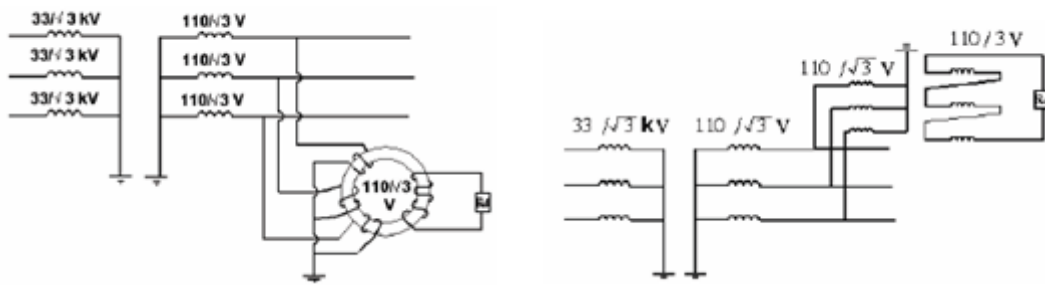
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۷ نمای کلی از شبکه و ترانس با سیم پیچ مثلث باز

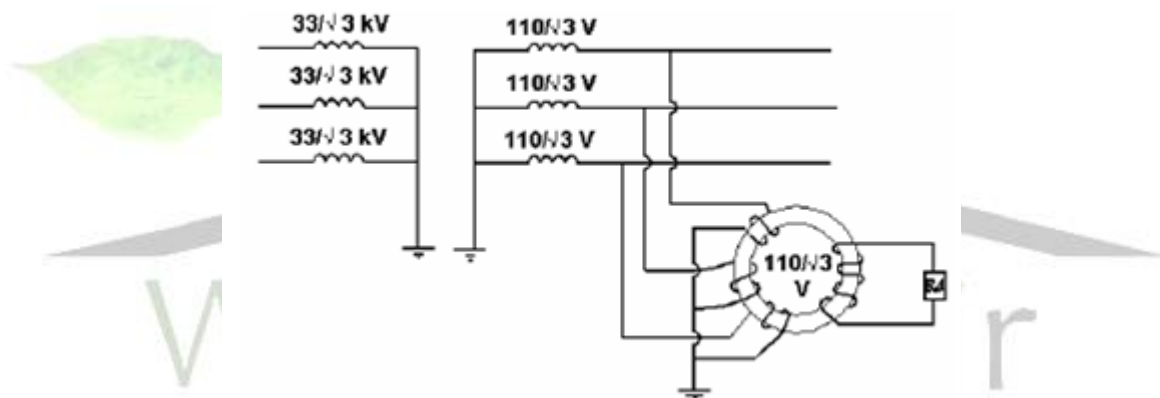
و مدار پیشنهادی برای ترانسهایی که در حال بهره برداری هستند شرکت نیرو ترانس برای ترانسهای تک فاز که در حال بهره برداری هستند و قابلیت مقابله با نوسانات فرورزونانس را ندارند نوعی ترانس کمکی طراحی نموده است. در ساخت ترانس کمکی از همان ایده قرار دادن مقاومت در اتصال مثلث باز استفاده شده است. ولیکن با توجه به اینکه یک سر از سیم پیچ های ثانویه اندازه گیری بایستی حتماً زمین شوند، اتصال آنها به صورت مثلث باز غیر عملی است. از اینرو از یک ترانس واسطه استفاده شده است تا بتوان ثانویه ها را بصورت مثلث باز مورد استفاده قرار داد. شرکت نیرو ترانس دو طرح برای تولید این ترانسها در نظر گرفته است که در شکل های ۳-۸ و ۳-۹ نشان داده شده اند. در طرح اول که در شکل ۳-۸ نشان داده شده است، از سه ترانس تک فاز با اتصال ستاره-مثلث باز استفاده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۸-۳ استفاده از سه ترانس تکفاز در طرح ترانس کمکی

در طرح دوم که در شکل ۱۰-۳ نشان داده شده، یک هسته با چهار سیم پیچ است که در واقع نوعی ترانس ولتاژ، مؤلفه صفر است. مزیت این طرح آن است که علاوه بر اینکه شرایط مورد نیاز را فراهم می کند از نظر هزینه تمام شده، وزن و حجم نسبت به طرح اول مناسب تر است.

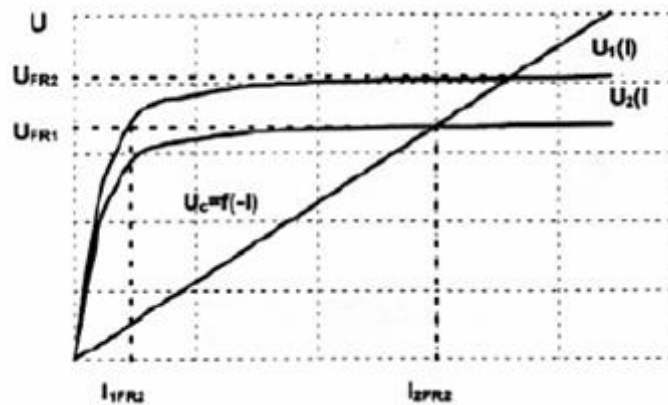


شکل ۹-۳ استفاده از یک هسته ۴ سیم پیچ در طرح ترانس کمکی

ز : استفاده از ترانسفورماتورهای با نقطه اشباع بالاتر

در شکل ۱۰-۳ دو ترانس با دو منحنی اشباع متفاوت نشان داده شده است. منحنی (۱) U_1 مربوط به ترانسهایی با اندوکتانس مغناطیسی بیشتر و منحنی (۲) U_2 مربوط به ترانسهایی با اندوکتانس مغناطیسی کمتر است. در شکل مشاهده می شود که ولتاژ فرورزونانس برای منحنی های U_1, U_2 و بترتیب $UFR1$ و $UFR2$ است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۰-۳ مشخصه $U_C=f(-I)$ دو ترانس ولتاژ با چگالی شار متفاوت و ولتاژ خازن شبکه $U-I$

در یک ولتاژ مشخص، اگر در ترانس با منحنی U_2 فرورزونانس رخ دهد جریان I_{2FR2} که از آن میگذرد چندین برابر بیشتر از I_{1FR2} است که از درون ترانس با مشخصه U_1 میگذرد. به هر حال یک توصیه کلی آن است که از ترانسهای با هسته مغناطیسی بزرگتر که دارای ولتاژ اشباع بزرگتر و در نتیجه جریان فرورزونانس کمتری هستند، استفاده شود. ولیکن عیب این ترانسها افزایش وزن، حجم و قیمت آنها است.

۷-۱-۳: نتیجه گیری و پیشنهادات

از آنجا که فرورزونانس یک پدیده کاملاً غیر خطی است و به پارامترهای زیادی وابسته است، آنالیز کامل و پیش بینی وقوع آن امکانپذیر نیست. مدل‌های مختلفی توسط دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی و سازندگان ارائه شده است. این مدلها به پارامترهای شبکه و مشخصات ترانسها وابسته هستند. علیرغم موارد مذکور شبیه سازی های انجام شده برای یک حالت واقعی با نتایج آزمایشات تناسب خوبی دارد. ولیکن نمی توان یک مدل خاص را برای کلیه شبکه ها و شرایط تعمیم داد. در این پروژه ضمن بررسی شرایط وقوع فرورزونانس در شبکه و پیامدهای آن، روشهای عملی مقابله با فرورزونانس بررسی شد. بطور کلی میتوان نتایج این بررسیها را بصورت زیر خلاصه نمود:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱- نتایج تحقیقات نشان میدهد که عمده ترین موارد وقوع فرورزونانس در ایران به سطح ولتاژ 33KV مربوط می شوند و تا کنون گزارشی از وقوع فرورزونانس در سطوح ولتاژی پائین تر از 33 ارائه نشده است.

۲- بیشترین موارد وقوع فرورزونانس مربوط به ترانسهای دو قطبی است که از طریق کابل تغذیه میشوند و بر اثر تک فاز شدن یا کلید زنی تک فاز رخ میدهد. این ترانسها بوسیله فیوزهای کات اوت قطع و وصل میشوند. سیم پیچهای کمکی نمیتوانند فرورزونانس در این ترانسها را محدود کنند، تنها راه حل مشکل این ترانسها انجام کلید زنی در نزدیکی ترانس و پرهیز از تک فاز شدن ترانس است.

۳- بخش دیگری از گزارشات فرورزونانس به ترانسهای تک فاز مربوط میشوند که بر اثر کلید زنی تک فاز رخ داده است. این ترانسها دارای سیم پیچ کمکی مقابله با فرورزونانس نبوده و اولیه آنها بصورت مؤثر زمین نشده اند.

۴- نمیتوان نتیجه گیری کرد که تنها راه مبارزه با فرورزونانس در ترانسهای تک فاز در آینده نیز مقاومت در ثانویه خواهد بود با این حال سازندگان موظفند که ترانسهای خود را به قابلیت مقابله با فرورزونانس مجهز نمایند. بهره بردارن باید به این موضوع توجه نمایند تا پیدا شدن راه حل مناسب که در استاندارد IEC شبیه گنجانده شود، پارامترهای لازم پستها و خطوط را در اختیار سازندگان ترانس قرار دهند تا ایشان بر اساس آنها مطالعات لازم را انجام داده و توصیه های لازم برای جلوگیری از وقوع فرورزونانس ارائه نمایند.

۵- به بهره برداران توصیه می شود که استعدادهای شبکه برای وقوع فرورزونانس را شناسایی کرده و حتی الامکان احتمال وقوع فرورزونانس را کاهش دهند.

۶- در جاهایی که احتمال وقوع فرورزونانس وجود دارد و ترانسهای ولتاژ نیز به تجهیزات میرا کننده مجهز نیستند، بایستی از تجهیزات کمکی پیشنهادی استفاده نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۲: بررسی وقوع پدیده فرورزونانس بر اثر کلید زنی ناقص در شبکه های توزیع

۳-۲-۱: مقدمه

پدیده فرورزونانس اولین بار در سال ۱۹۲۰ مورد نقد و بررسی قرار گرفت، در این بررسی هرگونه نوسان غیر معمول در مدارهای الکتریکی باتلفات کم که حداقل شامل یک سلف غیر خطی، یک خازن و یک منبع سینوسی به عنوان فرورزونانس معرفی گردید [۱]. شبکه های قدرت تشکیل شده از تعداد زیادی سلف های غیر خطی (اشباع شونده) مانند، ترانسفورماتورهای قدرت، ترانسفورماتورهای اندازه گیری، راکتورهای موازی و ... می باشد. وجود حالت های مختلف در شبکه های فعال می تواند سناریوهای مختلفی جهت وقوع پدیده فرورزونانس در سیستم های قدرت باشد.

مشخصه اصلی وقوع پدیده فرورزونانس وجود دو پاسخ حالت ماندگار شبکه برای یک مجموعه پارامترهای شبکه معین می باشد. حالت های گذرای سیستم، اضافه ولتاژهای صاعقه، شارژ و دشارژ ترانسفورماتورهای قدرت یا بارهای شبکه، بروز یا رفع عیب در شبکه، کلید زنی ناقص و ... می تواند تحت شرایط اولیه خاص سبب بروز فرورزونانس در شبکه گردد. در هنگام بروز این پدیده پاسخ شبکه به طور ناگهانی از یک پاسخ حالت ماندگار (با وجود منبع سینوسی با فرکانس ثابت) به یک حالت ماندگار فرورزونانسی انتقال یافته که سبب ایجاد اضافه ولتاژ، اضافه جریان و افزایش سطح هارمونیک می گردد که وجود چنین شرایطی در شبکه سبب آسیب دیدن تجهیزات الکتریکی، کاهش کیفیت توان، افزایش تلفات و عملکرد ناصحیح تجهیزات حفاظتی می گردد [۴-۲]. یک نمونه از وجود دو پاسخ ماندگار در شبکه، دشارژ شدن ولتاژ ترانسفورماتور هنگام باز شدن کلید قدرت می باشد، وجود خازن گرادینگ کلید قدرت سبب می گردد تا ترانسفورماتور از طریق خازن تغذیه گردد در این حالت با توجه به شرایط اولیه، ولتاژ دو سر ترانسفورماتور یا به نقطه صفر میل می کند و یا اینکه اضافه ولتاژ پایدار در دو سر ترمینال ترانسفورماتور ظاهر می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به منظور جلوگیری صحیح و منطقی از اثرات پدیده فرورزنانس لازم است تا:

(الف) این پدیده کاملاً شناسایی گردد.

(ب) شرایط وقوع این پدیده پیش بینی گردد.

(ج) طراحی و بهره برداری صحیح از شبکه صورت پذیرد.

(د) اجتناب یا جلوگیری از بروز مکرر آن صورت پذیرد.

که موارد (ج) و (د) نتیجه بررسی های شرایط (الف) و (ب) می باشد.

در شبکه های توزیع برخی از خرابی ها که اتفاق می افتد به دلیل عدم آگاهی بهره برداران از علت آن، عامل آن به عنوان نامعلوم ثبت می گردد که سبب می گردد تا تجزیه و تحلیل مناسب درباره علت بروز آن صورت نگیرد. یکی از این پدیده های نا آشنا در شبکه های توزیع فرورزنانس می باشد که می تواند خرابی های زیادی به تجهیزات الکتریکی و شبکه وارد نماید. لذا شناسایی، پیش بینی، طراحی و بهره برداری صحیح شبکه جهت جلوگیری از وقوع این پدیده امری لازم و غیر قابل اجتناب می باشد.

مثال های عملی و شبیه سازی شده از ساختار شبکه های الکتریکی که احتمال وقوع پدیده فرورزنانس در آنها وجود دارد و همچنین تأکید و شنا سایی انواع ساختارها و شرایط بالقوی که سبب بروز چنین پدیده خطرناک در شبکه های الکتریکی می گردد، موجب آگاهی طراحان و بهره برداران از سیستم و عدم بروز آن در شبکه می گردد.

از عمده تفاوت های مهم بین فرورزنانس و رزنانس خطی می توان به موارد ذیل اشاره کرد
[۴ - ۵].

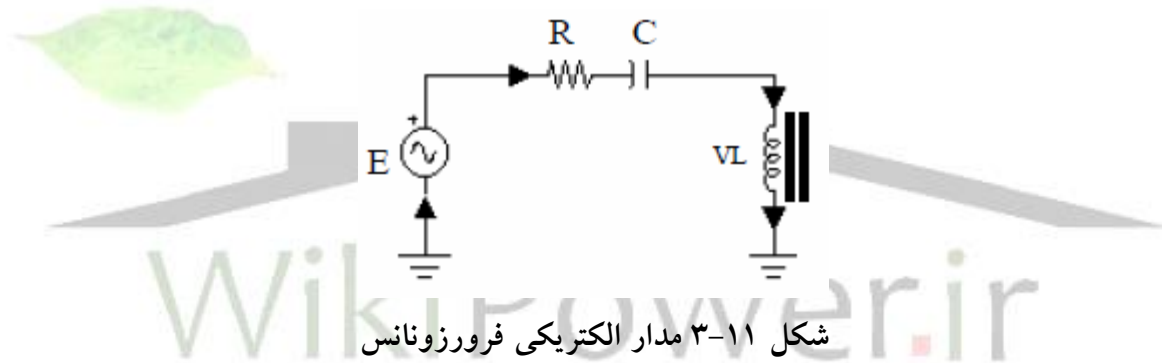
- فرکانس شکل موج های مدار در حالت رزنانس با فرکانس منبع تغذیه مدار یکسان می باشد ولی در فرورزنانس هم فرکانس نبوده و در برخی موارد شکل موج ها غیر پریودیک می باشد.
- رزنانس در محدوده وسیعی از پارامترهای مدار اتفاق می افتد در صورتی که شرایط ایجاد فرورزنانس بسیار محدود می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- برای یک ساختار مداری مشخص با پارامترهای معین پاسخ های رزونانسی حالت های ماندگار شبکه مشخص می باشند ولی در حالت فرورزونانس پاسخ های حالت ماندگار نامعین می باشد. در این پروژه سعی می گردد پس از شناسایی کامل این پدیده، وقوع این پدیده در شبکه های توزیع بر اثر کلید زنی ناقص (عدم قطع یا وصل سه فاز مدار در یک لحظه) تشریح و اثرات آن مورد بررسی قرار گیرد تا تمهیدات مناسب جهت حفاظت تجهیزات و اجتناب از وقوع آن صورت پذیرد.

۲-۳: مشخصه های اصلی فرورزونانس در مدارهای الکتریکی

به منظور بررسی پدیده فرورزونانس در مدارهای الکتریکی شکل ۱۱-۳ که تشکیل شده از یک مقاومت، یک خازن و یک سلف اشباع شونده است را مورد مطالعه قرار می دهیم.

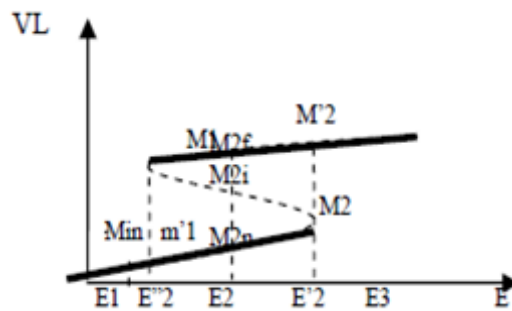


شکل ۱۱-۳ مدار الکتریکی فرورزونانس

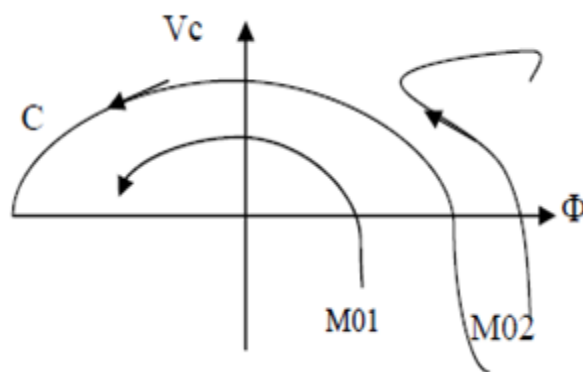
برای این مدار شکل موج های مربوط به دو سر ولتاژ سلف نسبت به ولتاژ ورودی و تغییرات ولتاژ خازن نسبت به شار مغناطیسی (متغیرهای حالت) در شکل های ۱۲-۳ آورده شده است. شکل های (۱۲-۳ الف) و (۱۲-۳ ب) مشخصه های فرورزونانس نسبت به:

- حساسیت وقوع فرورزونانس نسبت به پارامترهای مدار (پدیده پرش)
- حساسیت وقوع فرورزونانس نسبت به شرایط اولیه که در ذیل توضیح داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۱۲-۳-الف) حساسیت نسبت به پارامترهای شبکه



شکل (۱۲-۳-ب) حساسیت نسبت به شرایط اولیه

شکل ۱۲-۳ حساسیت پارامترها و شرایط اولیه در وقوع فرورزونانس

۱-۲-۳: حساسیت وقوع فرورزونانس نسبت به پارامترهای مدار (پدیده پرش)

طبق شکل (۱۲-۳-الف) با افزایش تدریجی و آرام دامنه ولتاژ ورودی از صفر تا مقدار بی شینه آن

سه نوع رفتار متفاوت در مدار شکل ۱۱-۳ ایجاد می گردد که عبارتند از:

- $E = E_1$: مقدار ولتاژ سلف برابر $Mn1$ بوده که مقدار آن منحصر به فرد و مدار در حالت نرمال می باشد.

- $E = E_2$: سه جواب $M2f$ و $M2i$ و $M2n$ برای مدار شکل فوق وجود دارد که دو جواب آن حالت ماندگار شبکه و $M2i$ نقطه گذرا می باشد.

- $E = E_2$: در این حالت نقطه کار شبکه به طور ناگهانی از $M2$ به M_2 (ایجاد پدیده پرش) انتقال می یابد. نقطه $M2$ را بنام حد نرمال می شناسیم.

- $E = E_3$: تنها مد فرورزونانس در مدار اتفاق می افتد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هنگامی که مقدار E از نقطه E3 شروع به کاهش می نماید و به نقطه M1 می رسد ناگهان حالت مدار به نقطه ۱, M انتقال می یابد. بروز پدیده پرش، در مدارات فرورزنانسی، می تواند تحت مقادیر دیگر پارامترهای شبکه (با تغییر C و L و R و دامنه ولتاژ) نیز حاصل گردد.

۲-۲-۳: حساسیت وقوع فرورزنانس نسبت به شرایط اولیه مدار

قرار گرفتن مدار در شرایط فرورزنانس (M2f) یا شرایط نرمال (M2n) به شرایط اولیه متغیرهای حالت ارتباط دارد. شکل (۱۲-۳-ب) نشان دهنده مسیر حرکت جفت متغیر (Φ, V_c) در حوزه زمان می باشد. منحنی C شرایط مرزی حالت نرمال و فرورزنانسی شبکه می باشد. اگر شرایط اولیه در داخل منحنی C قرار گیرد مدار دازای نقطه کار نرمال و در غیر این صورت مدار دارای نقطه کار فرورزنانسی می باشد.

۳-۲-۳: دسته بندی حالت های مختلف فرورزنانس

بر اساس مشاهده تجربی و شبیه سازی مداراتی که احتمال وقوع پدیده فرورزنانس در آنها محتمل است می توان رفتار پدیده فرورزنانس را، براساس شکل موج های مدار، به چهار دسته تقسیم نمود که عبارتند از [۶-۴]:

الف) فرورزنانس در مد پایه (ج) فرورزنانس شبه پرئودیک

ب) فرورزنانس زیرهارمونیک اصلی (د) فرورزنانس مد آشفته

که ویژگی حالت های فوق در ادامه آورده شده است.

الف) فرورزنانس در مد پایه

در این حالت که شکل (۱۳-۳-الف) بیان کننده شکل موج های مدار می باشد، پرئود نو سانان همانند پرئود نو سانان منبع و هارمونیک های مضارب فرد آن می باشد. در این حالت تنها یک نقطه کار نرمال و یک نقطه کار فرورزنانسی برای مدار وجود دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ب) فرورزونانس در مد زیر هارمونیک اصلی

در این حالت که شکل (۱۳-۳-ب) بیان کننده شکل موج های مدار می باشد، پریود نوسانات هارمونیک از $\frac{1}{n}$ فرکانس منبع می باشد. (n عدد فرد می باشد). در این حالت چندین نقطه کار فرورزونانسی برای مدار موجود می باشد.

ج) فرورزونانس در مد شبه پریودیک

در این حالت که شکل (۱۳-۳-ج) بیان کننده شکل موج های مدار می باشد، شکل موج مدار غیر پریودیک است. طیف فرکانسی متغیر مدار شامل ترکیب $mf_1 + mf_2$ (که n و m اعداد طبیعی و نسبت f_2 به f_1 عدد گنگ) می باشد. در این حالت نقاط حالت مدار یک منحنی بسته را تشکیل می دهد.

د) فرورزونانس در مد آشفته

در این حالت که شکل (۱۳-۳-د) بیان کننده موج های مدار می باشد، شکل موج مدار کاملاً غیر پریودیک است. طیف فرکانسی متغیر مدار پیوسته بوده و هارمونیک های فراوانی در این شکل موج وجود دارد. در این حالت نقاط حالت مدار یک سطح بسته را تشکیل می دهند. با توجه به مطالب فوق می توان نتایج ذیل را بدست آورد.

۱. فرورزونانس یک رخداد پیچیده است که:

- حالت های گذرا و ماندگار گوناگونی در یک شبکه معین ایجاد می کند.
- به مقادیر پارامترهای شبکه، این پدیده حساسیت دارد.
- به شرایط اولیه شبکه این پدیده حساسیت دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

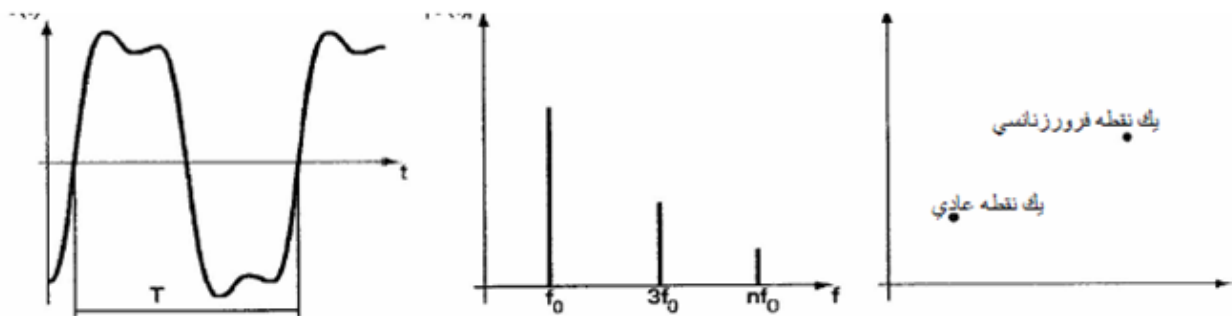
۲. تغییرات کوچک در مقادیر پارامترها یا شرایط اولیه مدار سبب پرش ناگهانی از یک نقطه کار عادی به یک نقطه کار فرورزونانسی می شود.
۳. هارمونیک های غیر مجاز، اضافه ولتاژ و اضافه جریان، در حالت گذرا و ماندگار سبب ایجاد خطر برای تجهیزات الکتریکی، کاهش کیفیت توان و عملکرد نامناسب تجهیزات حفاظتی می گردد.
۴. تداوم حالت ماندگار فرورزونانسی در مدارهای الکتریکی سبب افزایش تلفات و جذب انرژی از منابع ولتاژ شبکه می شود.

۴-۲-۳: بررسی کلید زنی ناقص در شبکه توزیع

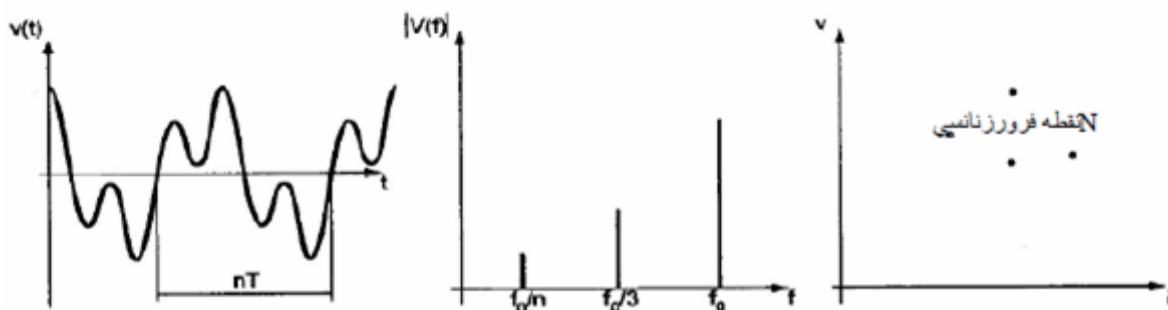
به منظور بررسی پدیده فرورزونانسی در شبکه های توزیع برخی از حالت های مختلف شبکه که در آنها کلید زنی ناقص صورت گرفته را، مورد مطالعه قرار می دهیم. همان گونه که گفته شد منظور از کلید زنی ناقص، قطع غیر هم زمان سه فاز مدار شبکه می باشد که بر اثر عملکرد نامطلوب کلید یا عملکرد فیوز کات اوت برخی از فازها اتفاق می افتد. در مطالعات انجام شده حالتی از این نوع کلید زنی در نظر گرفته شده است که دو فاز مدار پس از کلید زنی قطع و یک فاز همچنان وصل باقی می ماند. در شکل (۱۴-۳-الف) مدار مورد مطالعه که در محیط Sim Power System برنامه MATLAB شبیه سازی گشته آورده شده است.

ترانسفورماتور استفاده شده در مدل فوق ۴، ۲۰/۰ کیلو ولت با ظرفیت 500Kva که دارای منحنی اشباع مطابق شکل (۱۴-۳-ب) می باشد. خط توزیع (به ازاء واحد طول) دارای مقاومت ۰،۲۴ اهم، سلف 1mH و خازن شنت ۱ میکروفاراد برای شبکه زمینی و ۰،۰۱ نانوفاراد برای شبکه هوایی می باشد. در شبیه سازی صورت گرفته طول مدار 4km در نظر گرفته شده است. در این شبیه سازی فرض شده است بر اثر کلید زنی ناقص فازهای B و C قطع ولی فاز A همچنان وصل می باشد.

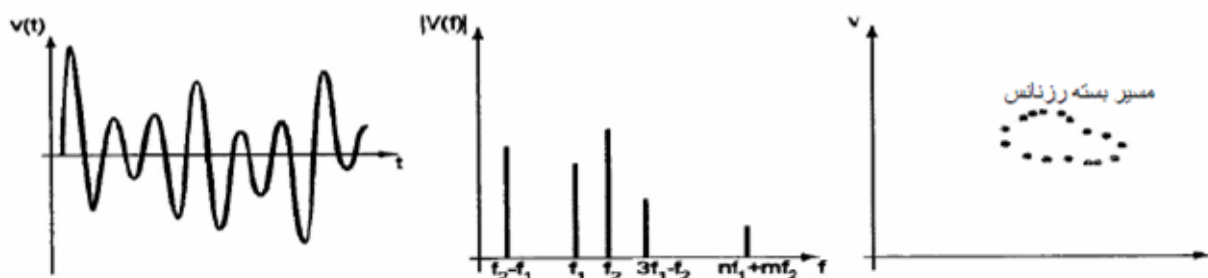
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



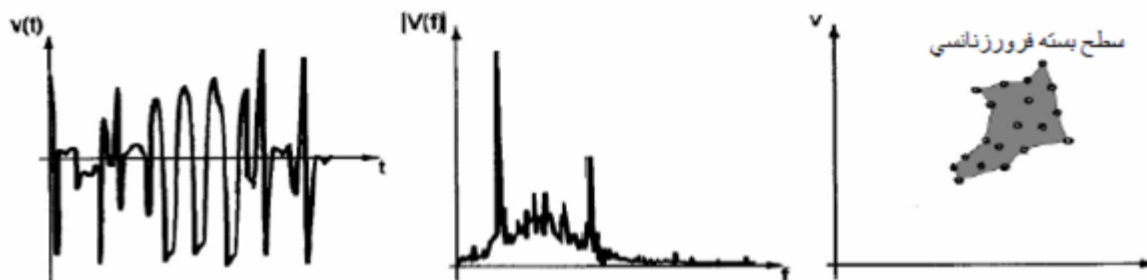
شکل ۱۳-۳ الف فرورزونانس مد پایه



شکل ۱۳-۳ ب فرورزونانس مد زیر هارمونیک



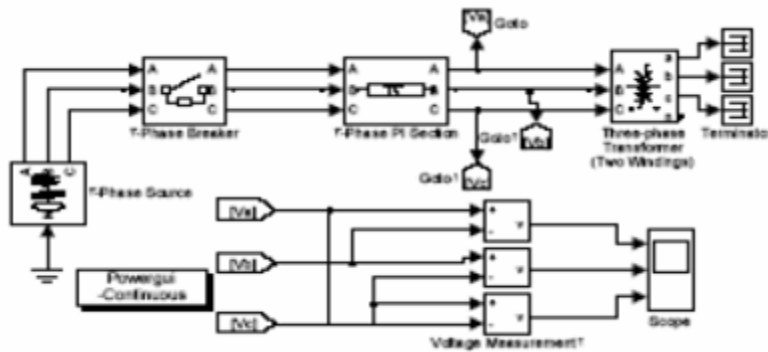
شکل ۱۳-۳ ج فرورزونانس مد شبه هارمونیک



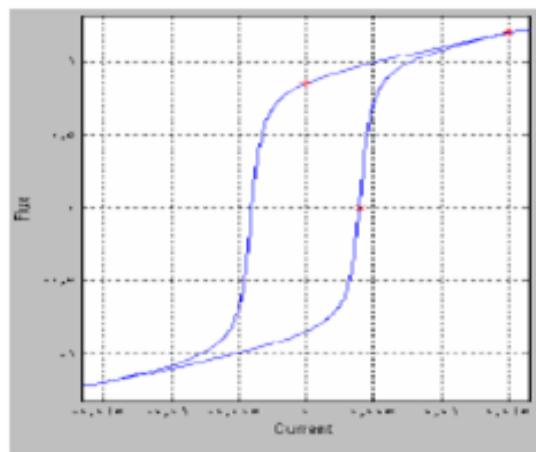
شکل ۱۳-۳ د فرورزونانس مد شبه هارمونیک

شکل ۱۳-۳ مد های مختلف فرورزونانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۴-۳-الف شبکه مورد مطالعه



شکل ۱۴-۳-ب منحنی اشباع ترانسفورماتور

شکل ۱۴-۳ مشخصات مدار مورد مطالعه

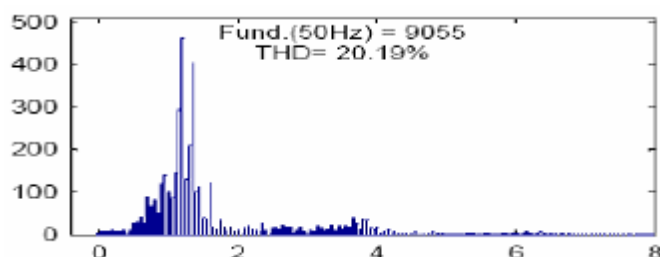
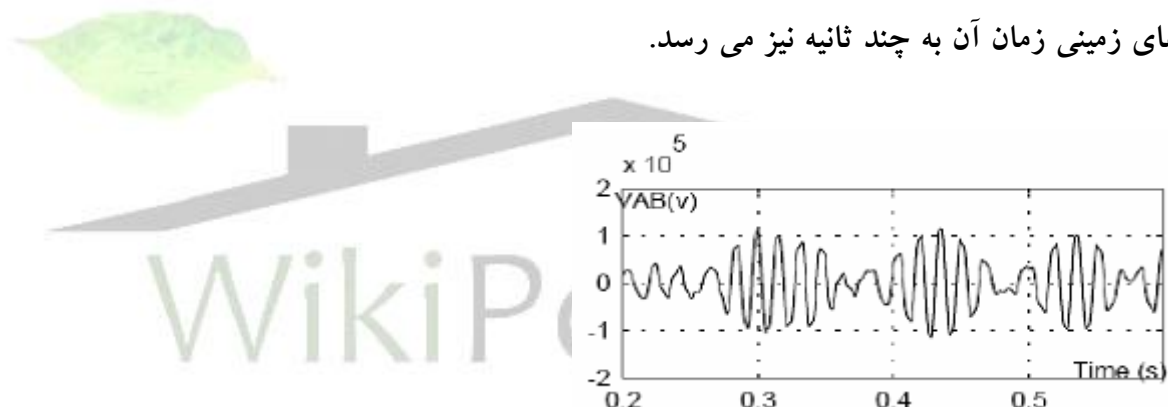
۱-۲-۳: کلید زنی در شرایط بی باری ترانسفورماتور

با توجه به مدار شکل (۱۴-۳-الف) در صورتی که کلید زنی ناقص در شبکه رخ دهد ترانسفورماتور مدار از طریق فاز A و خازن های شنت فازهای B و C تغذیه شده و مدار معادل آن مطابق شکل ۱۱-۳، که مستعد وقوع پدیده فرورزونانس است، می باشد. پس از کلید زنی به دلیل ثابت بودن جریان سلف ولتاژ دو سر فازهای AB و AC افزایش یافته و هسته ترانسفورماتور وارد منطقه اشباع می گردد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در مدار فوق در صورتی که $1e-8 < C < 1e-5$ باشد (چنین ظرفیت خازن شنتی تنها در شبکه های توزیعی که طول کابل استفاده شده در آنها بیش از چهار کیلومتر می باشد قابل حصول است، فرورزونانس رخ می دهد. در شکل ۱۵-۳ اثرات این کلید زنی در شبکه زمینی و در حالت بی باری ترانسفورماتور آورده شده است.

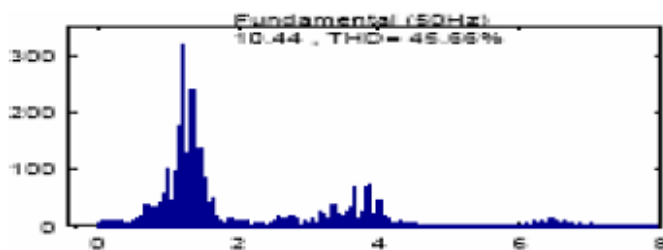
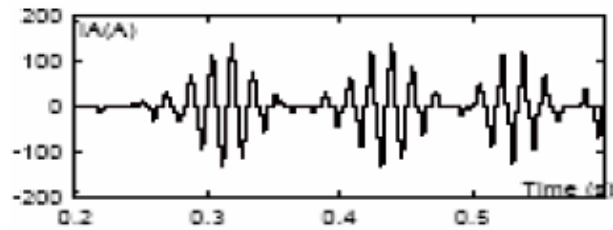
پس از کلید زنی که در لحظه 0.2S رخ داده است شکل موج ولتاژ به صورت شبه پریودیک با پیک ولتاژ تقریباً چهار برابر مقدار نامی شروع به نوسان نموده و فرورزونانس مد شبه پریودیک در مدار رخ می دهد. شکل موج های جریان و فازهای دیگر نیز گویای این مطلب می باشد. در صورتی که کلید زنی کامل (عملکرد قطع سه فاز به صورت همزمان) در شبکه فوق صورت گیرد ولتاژ فازها بعد از گذشت زمانی به صفر می رسد، البته در شبکه های هوایی این زمان بسیار کم ولی در شبکه های زمینی زمان آن به چند ثانیه نیز می رسد.



شکل ۱۵-۳ ب طیف فرکانسی VAB

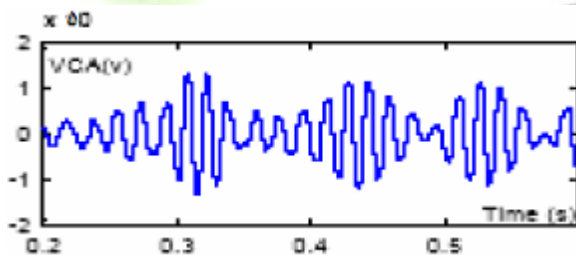
شکل ۱۵-۳ الف VAB ولتاژ دو سر یکفاز ترانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

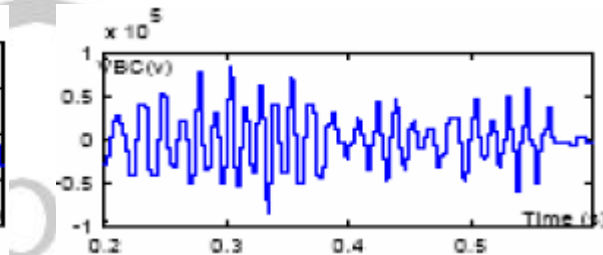


شکل ۱۵-۳-د طیف فرکانسی IA

شکل ۱۵-۳-ج IA جریان فاز A مدار



شکل ۱۵-۳-ی VCA ولتاژ دو سر یکفاز



شکل ۱۵-۳-و VBC ولتاژ دو سر یکفاز ترانس

ترانس

شکل ۱۵-۳ کلید زنی ناقص در حالت بی باری ترانسفورماتور

۲-۴-۳: کلید زنی در شرایط بارداری ترانسفورماتور

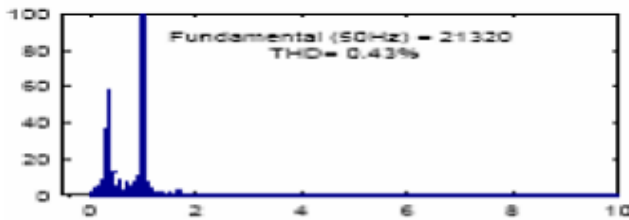
وجود بار در ثانویه ترانسفورماتور سبب ایجاد شار مخالف شار سیم پیچ اولیه شده و سبب محدود شدن تغییرات H (میدان مغناطیسی) در هسته می گردد شکل ۱۶-۳ شکل موج های ولتاژ و جریان ترانسفورماتور را در این شرایط نشان می دهد. با توجه به طیف فرکانسی شکل موج ولتاژ فرورزونانس مد زیر هارمونیک در شبکه رخ داده است. در این حالت بار ترانسفورماتور

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

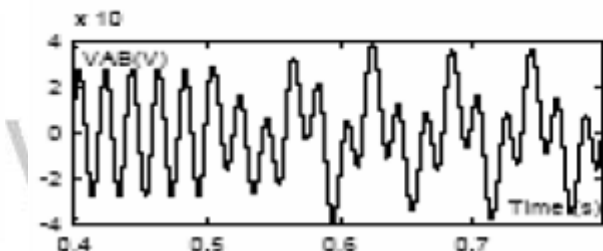
در نظر گرفته شده است. پیک ولتاژ در این حالت تقریباً ۲، ۱ برابر پیک ولتاژ نامی می باشد.

۳-۲-۴: کلید زنی ناقص با وجود انواع مختلف بار

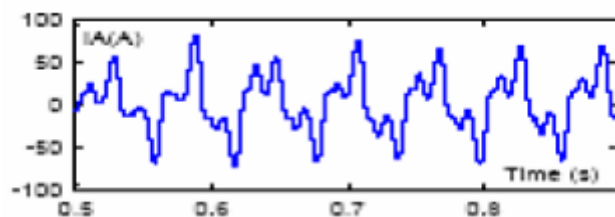
در این بخش به منظور بررسی اثر انواع بار در وقوع پدیده فرورزنانس در کلید زنی ناقص در سه حالت، بار کاملاً مقاومتی، بار کاملاً سلفی، بار کاملاً خازنی، شبکه مذکور مورد بررسی قرار گرفته شده است. در شرایطی که بار کاملاً مقاومتی باشد پس از کلید زنی شکل موج ولتاژ حالت سینوسی با فرکانس منبع خود را حفظ کرده و با ثابت زمانی مدار شروع به کاهش می نماید. در شکل ۱۷-۳ شکل موج ولتاژ در زمان کلید زنی این حالت نشان داده شده است. (زمان کلید زنی 0.1S می باشد).



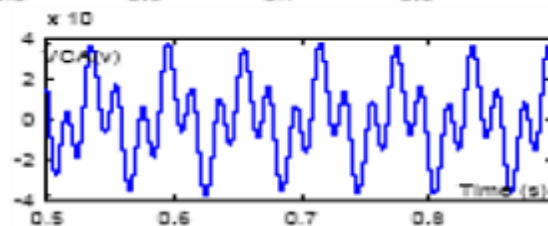
شکل ۱۶-۳-ب طیف فرکانسی VAB



شکل ۱۶-۳-الف VAB ولتاژ دو سر یکفاز ترانس



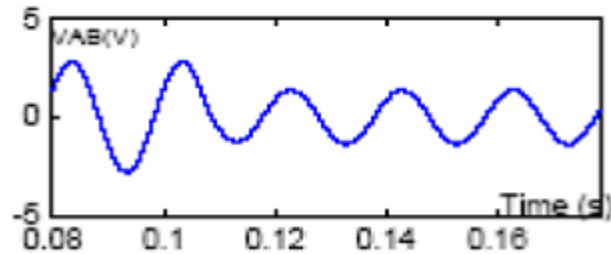
شکل ۱۶-۳-و جریان فاز A مدار



شکل ۱۶-۳-ی VCA ولتاژ دو سر یکفاز ترانس

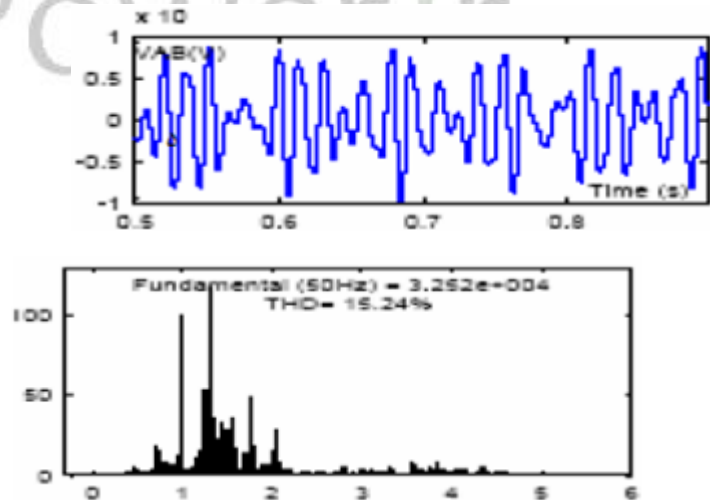
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۶-۳ کلید زنی ناقص در حالت بارداری ترانسفورماتور



شکل ۱۷-۳ شکل موج ولتاژ در بار کاملاً مقاومتی

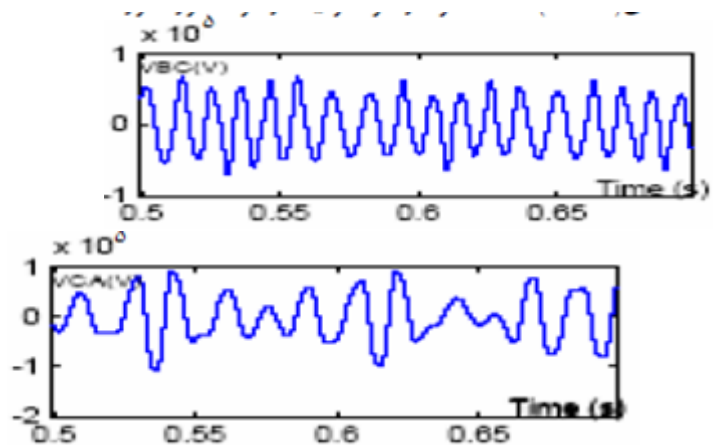
در شرایطی که بار کاملاً سلفی باشد، که بیشتر در مناطق صنعتی رخ می دهد، پس از کلید زنی شکل موج ولتاژ، حالت سینوسی خود را از دست می دهد. و شرایط برای وقوع پدیده فرورزونانس با توجه به افزایش ناگهانی ولتاژ ترانسفورماتور فراهم می گردد. در شکل ۱۸-۳ شکل موج های مدار در زمان کلید زنی این حالت نشان داده شده است. (زمان کلید زنی 0.5S می باشد). مقدار بار ترانسفورماتور در این حالت 300kvar سلفی می باشد.



شکل ۱۸-۳ ب طیف فرکانسی VAB

شکل ۱۸-۳ الف VAB ولتاژ دو سر یکفاز ترانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۱۸ ولتاژ دو سر یکفاز

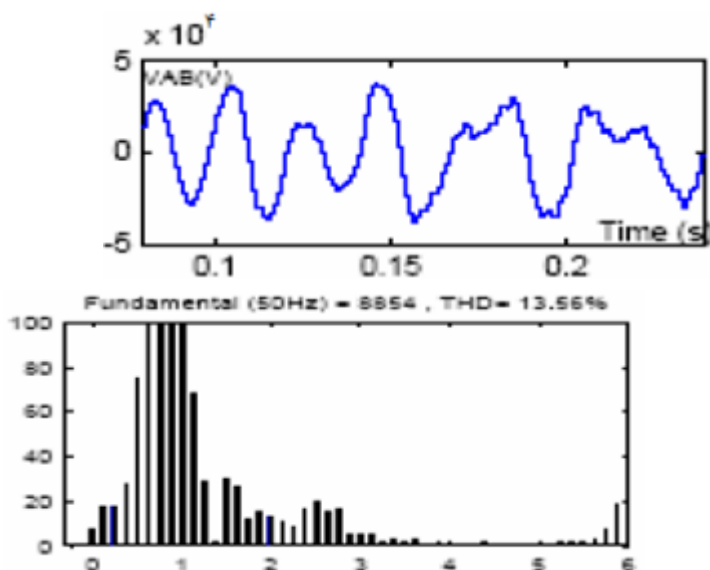
شکل ۳-۱۸ و جریان فاز A مدار

ترانس

شکل ۳-۱۸ شکل موج ولتاژ در بار کاملاً سلفی

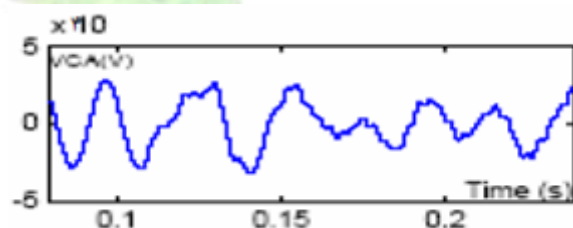
همان گونه که در شکل ۳-۱۸ مشاهده می گردد پس از کلید زنی در لحظه $T = 0.5S$ حالت فرورزنانس در مد شبه پیرویدیک در شبکه رخ داده است. در شرایطی که بار کاملاً خازنی باشد، که به دلیل خازن گذاری بیش از حد در زمان کم باری شبکه رخ می دهد، پس از کلید زنی شکل موج ولتاژ، حالت سینوسی خود را از دست می دهد و شرایط برای وقوع پدیده فرورزنانس با توجه به افزایش ناگهانی ولتاژ ترانسفورماتور مجدداً فراهم می گردد. در شکل ۳-۱۹ شکل موج های مدار در زمان کلید زنی این حالت نشان داده شده است. (زمان کلید زنی $0.1S$ می باشد.) مقدار بار ترانسفورماتور در این حالت $300kvar$ خازنی می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

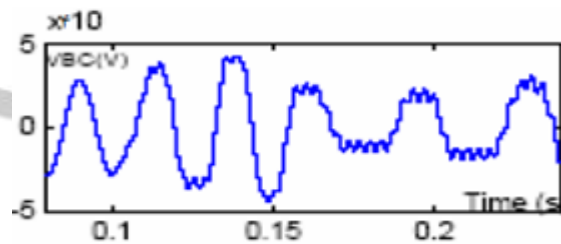


شکل ۳-۱۹ الف VAB ولتاژ دو سر یکفاز ترانس

شکل ۳-۱۹ ب طیف فرکانسی VAB



شکل ۳-۱۹ سی VCA ولتاژ دو سر یکفاز



شکل ۳-۱۹ و جریان فاز A مدار

ترانس

شکل ۳-۱۹ شکل موج ولتاژ در بار کاملاً سلفی

با توجه به بررسی های انجام شده در این بخش در صورتی که شبکه کاملاً هوایی باشد احتمال وقوع پدیده فرورزونانس در طول های کمتر از 20km غیر ممکن می باشد. در شبکه های زمینی به دلیل خازن شنت کابل و زمین در صورت کلید زنی ناقص در شبکه امکان وقوع این پدیده فراهم می باشد. بنابراین استفاده از کلیدهای مناسب در شبکه و همچنین عدم استفاده از کات اوت فیوز در مدارات کابلی منشعب شده از خطوط هوایی با طول بیش از ۴ کیلومتر توصیه می گردد.

۳-۳: فرورزونانس در شبکه های توزیع و تاثیر آن بر برقیهای ZnO

چکیده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فرورزونانس پدیده ای است که می تواند در تمام سطوح ولتاژ سیستم قدرت رخ دهد. وقوع پدیده فرورزونانس در شبکه های توزیع زیر زمینی به دلیل وجود کابل با خاصیت خازنی همراه با ترانسفورماتور با هسته اشباع پذیر و همچنین استفاده از حفاظت های با عملکرد تکفاز مانند فیوز، امری محتمل است. در شبکه های توزیع ممکن است پدیده فرورزونانس تداوم بیشتری داشته باشد. اکثراً در شبکه های توزیع در سمت ۲۰ کیلوولت برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل صاعقه از برقگیرهای ZnO استفاده می کنند. در هنگام وقوع فرورزونانس از این برقگیرها جریان های ناشی عبور خواهد کرد، و مسئله تحمل حرارتی برقگیر مطرح می گردد. در این پروژه، با توجه به نمودار مربوط به توانایی جذب انرژی و ریسستور برای چگالی جریان معین، مقدار انرژی که برقگیر مورد مطالعه می تواند در طی وقوع پدیده فرورزونانس در شبکه توزیع تحمل کند، بدست آمده و با استفاده از آن، زمان آسیب حرارتی برقگیر تخمین زده شده است.

۱-۳-۳: مقدمه

فرورزونانس می تواند در مدارهای سری یا موازی رخ دهد. پدیده فرورزونانس بر اساس تغییرات سیگنالهای جریان و ولتاژ به چهار نوع تقسیم بندی می شود.

الف: مد پایه Fundamental Mode:

در این مد فرکانس تغییرات ولتاژ و جریان برابر فرکانس شبکه (f_0) است. که سیگنالهای ولتاژ و جریان می توانند شامل هارمونیک های با فرکانس ($f_0, 2f_0, 3f_0, \dots$) باشند.

ب: مد زیر هارمونیکی Subharmonic Mode:

در این مد سیگنالهای ولتاژ و جریان می توانند شامل هارمونیک های با فرکانس با شند فرکانس

$$f_0, \frac{f_0}{n-1}, \dots, \frac{f_0}{n} \text{ شبکه می باشد}$$

ج: مد شبه تناوبی Quasi periodic Mode

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در واقع در این مد تغییرات سیگنالهای ولتاژ و جریان پریودیک نیست. فرکانس های هارمونیک ولتاژ و جریان به فرم nf_1+mf_2 بیان می شوند، که m و n اعداد صحیح بوده و f_1/f_2 کسر غیر گویا می باشد. مثلاً سیگنالهای ولتاژ و جریان می توانند شامل هارمونیک های با فرکانس $f_2-2f_1, f_1, f_2, 3f_1-f_2, \dots, nf_1, mf_2$ باشند.

د : مد آشفته Chotic Mode:

در این مد تغییرات سیگنالهای ولتاژ و جریان کاملاً بی نظم است و اگر تحلیل هارمونیک صورت گیرد، مشخص می شود که امواج برای همه فرکانس ها بصورت پیوسته وجود دارند فرورزونانس در سیستم های قدرت ممکن است نتایج زیر را به همراه داشته باشد .

- اضافه ولتاژهای دائمی فاز به فاز یا فاز به زمین
- اضافه جریانهای دائمی
- اعوجاج دائمی شکل موج های جریان و ولتاژ
- تغییر ولتاژ نقطه صفر
- اضافه دمای ترانسفورماتور در بهره برداری بی بار
- صدای پیوسته و بسیار بلند در ترانسفورماتورها و راکتورها
- آسیب تجهیزات الکتریکی مانند بانک خازنی، برقگیر، VT, CVT و ... بر اثر شکست عایقی و یا اضافه دما
- عملکرد غیر منتظره تجهیزات حفاظتی

البته ممکن است بعضی از وقایع بالا بر اثر اتفاقاتی به جز فرورزونانس نیز رخ دهد. مثلاً تغییر ولتاژ نقطه صفر در یک سیستم زمین نشده ممکن است در اثر یک اتصال کوتاه تکفاز به زمین رخ دهد.

تجربه نشان داده است که خطر وقوع فرورزونانس در حالات زیر بیشتر است:

الف : هنگامی که ترانسفورماتور ولتاژ در یک سیستم با نوترال ایزوله، متصل بین فاز و زمین باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ب : هنگامی که ترانسفورماتور بوسیله خط بلند و یا خازنی تغذیه شود.

ج : هنگامی که ترانسفورماتور بی بار و یا کم بار برقرار گردد.

د : هنگامی که حفاظت توسط فیوز انجام شود.

عملیات کلید زنی بانک های خازنی و خطوط و یا ترانسفورماتورهای بی بار، شکست عایقی تجهیزات شبکه و یا صاعقه، می توانند هر کدام باعث راه اندازی پدیده فرورزونانس شوند.

۲-۳-۳ : برقگیرهای ZnO

یکی از تجهیزاتی که در هنگام رخداد پدیده فرورزونانس در معرض آسیب می باشند، برقگیرها هستند. برقگیرها تجهیزاتی هستند که برای حفاظت عایقی تجهیزات الکتریکی در مقابل اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه و یا کلیدزنی به کار می روند.

برقگیرهای ZnO از المانهای مقاومتی، شامل ترکیبی از اکسید روی و اکسید فلزات دیگر، تشکیل شده اند. دیسکهای ورستور معمولاً از نظر اندازه دو نوع م یباشند [2]، ولی این مقادیر اندازه می تواند با توجه به کارخانه سازنده و نوع طراحی اعمال شده متفاوت نیز باشد. انواع معمول از نظر اندازه بصورت زیر هستند:

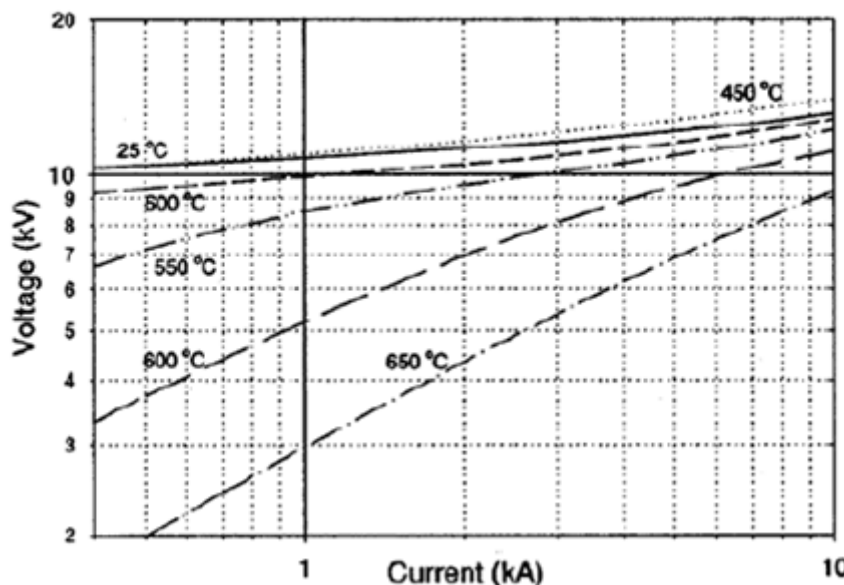
الف : (قطر ۳۲ میلی متر و ارتفاع ۴۵ میلی متر، که در برقگیرهای بخش توزیع استفاده می شوند.

ب : (قطر ۶۳ میلی متر و ارتفاع ۲۳ میلی متر، که در برقگیرهای پست های فشار قوی استفاده می شوند.

در طراحی برقگیرهای ZnO باید به انتقال حرارت از دیسک های ZnO به محیط اطراف توجه کرد. در برقگیرهای ZnO چون فاصله هوایی نداریم، المانهای مقاومتی بطور دائم تحت ولتاژ فاز به زمین قرار دارند. پس از اعمال ولتاژ به برقگیر، مقدار معینی حرارت در نتیجه عبور جریان ناشی تولید میشود. این مقدار حرارت موجب افزایش دمای قرص برقگیر می شود. اگر ولتاژ اعمال شده مناسب باشد، تولید حرارت با حرارت دفع شده از قرص متعادل شده و درجه حرارت به تعادل می رسد. ولی اگر ولتاژ اعمال شده از حد معینی بالاتر رود، این موازنه ب هم خورده و درجه حرارت بطور پیوسته

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افزایش می یابد و متعاقباً مقدار جریان ناشی نیز زیاد میشود، که خود افزایش دما را تسریع می کند، تا آنکه فروپاشی حرارتی قرص برقیگر به دلیل افزایش غیر مجاز دما اتفاق می افتد. نمودار شکل ۲۰-۳ از اندازه گیری مشخصه ولتاژ-جریان یک برقیگر در دمای بین ۲۵ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد بدست آمده است و تغییرات مشخصه برقیگر بر حسب تغییرات دما را نشان می دهد



شکل ۲۰-۳ نمودار تغییرات مشخصه I-V برقیگر بر حسب تغییرات دما

از مشخصه های بسیار مهم یک برقیگر، ماکزیمم توانایی تحمل انرژی آن است که برحسب Kj/Kv بیان می شود. جدول ۲-۳ ماکزیمم توانایی تحمل انرژی برقیگرهای ZnO را نشان می دهد. می توانیم برای بدست آوردن توانایی تحمل انرژی یک برقیگر خاص، برحسب کیلو ژول، با توجه به کلاس برقیگر با توجه به ولتاژ نامی برقیگر عدد متناظر را از جدول ۲-۳ انتخاب نموده و در MCOV و یا در ولتاژ نامی برقیگر ضرب کنیم در برقیگرها احتمال وقوع سه نوع عمده از آسیب ها وجود دارد

الف: ناپایداری حرارتی، که ناشی از تجاوز دمای برقیگر از ماکزیمم دمای مجاز پایداری حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ب : سوراخ شدن موضعی دیسک (Puncture) ، که در اثر تمرکز جریانهای بالا در یک مسیر و بالا رفتن دمای نقطه داغ تا حدود ۸۰۰ درجه سانتی گراد رخ می دهد.

ج : ترکیدن برقگیر (Cracking) ، که بر اثر گرم شدن غیر یکنواخت برقگیر و بالا رفتن فشار و تنش ماده، از حد مجاز تنش رخ می دهد.

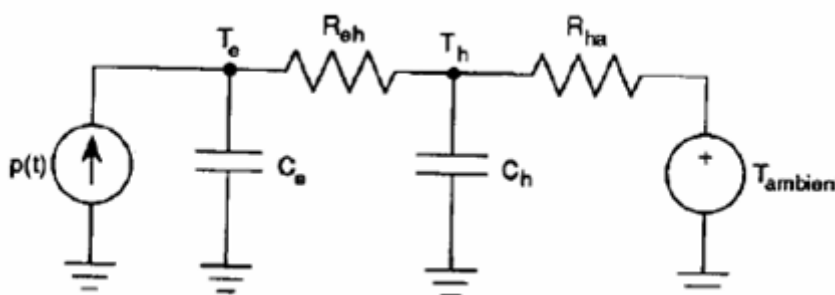
جدول ۲-۳ ماکزیمم توانایی تحمل برق گیرهای ZnO

Arrester Class Rating (KV)	توانایی تحمل انرژی	
	KJ/KV of Rating	KJ/KV of MCOV
2.7 - 48	4.0	4.9
54 - 360	7.2	8.9

در سیستمهای توزیع زمینی هنگامی که از برقگیر برای حفاظت ترانسفورماتور استفاده می کنیم، در صورت وقوع پدیده فرورزونانس و استمرار این پدیده ممکن است برقگیر دچار فروپاشی حرارتی شود. چون برقگیر در این حالت طی مدت زیادی تحت ولتاژی بالاتر از ولتاژ کار دائم قرار می گیرد، جریان نشتی نیز در آن افزایش می یابد. ولی نکته ای که حائز اهمیت می باشد این است که برای برقگیرهای ZnO مورد استفاده در سیستمهای توزیع، توانایی تحمل انرژی جدول ۲-۳ معمولاً برای جریانهای تخلیه با دامنه بالا و مدت زمان کم تعیین می شود، و این در حالی است که در زمان وقوع فرورزونانس دامنه جریان تخلیه کمتر و مدت زمان عبور این جریان طولانی تر است و در این زمان نسبتاً طولانی تبادل حرارتی بین قرصهای ZnO و محیط نیز انجام می گیرد و از طرفی نیز قرصهای ZnO طی مدت بیشتری تحت اضافه دما قرار می گیرند که مسئله پیری قرصهای ZnO مطرح می گردد. بنابراین مقادیر بیان شده در جدول ۲-۳ برای توانایی تحمل انرژی برقگیر، در این حالت قابل استناد نمی باشند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مدلی در مرجع برای تخمین دمای ورستور ارائه شده است. این مدل یک مدار معادل الکتریکی است که در شکل نشان داده شده است. یک برقیگر ZnO از دیسکهای ورستور تشکیل شده است که معمولاً اطراف آنها را پرسلین در بر گرفته است. بین دیسک و پرسلین هوای خشک وجود دارد. با توجه به این مشخصه فیزیکی برقیگر، یک مدار معادل که شامل دو خازن، دو مقاومت و دو منبع ولتاژ می باشد، پیشنهاد شده است. در این مدار معادل شکل ۲۱-۳ و T_e, T_h نشان دهنده دمای دیسک ZnO و C_e, C_h پرسلین، و ظرفیت حرارتی دیسک ZnO و پرسلین، R_{eh} مقاومت حرارتی بین دیسک و پرسلین و R_{ha} مقاومت حرارتی بین پرسلین و محیط می باشد، و $P(t)$ نیز مبین منبع حرارتی است.

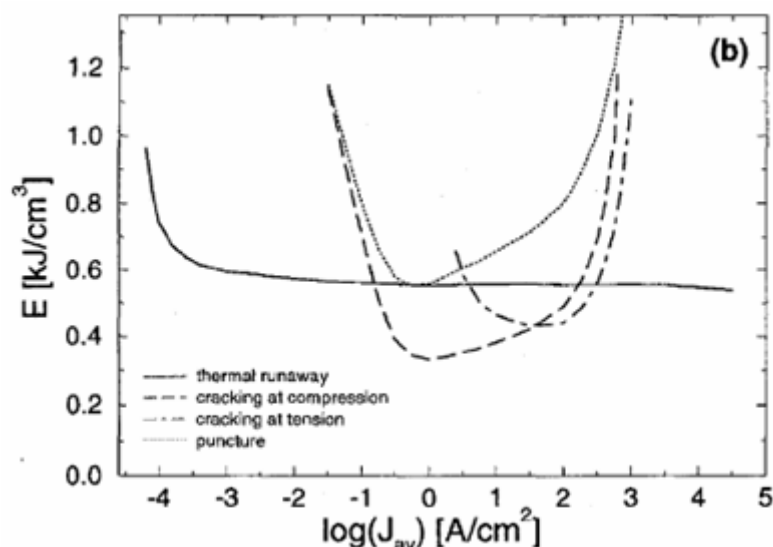


شکل ۲۱-۳ مدار معادل مدل حرارتی برقیگر ZnO

استفاده از این مدل شکل ۲۱-۳ سه مشکل را به همراه دارد. اولاً با استفاده از این مدل تنها می توان پایداری حرارتی برقیگر را بررسی نمود و این مدل دمای نقطه داغ برقیگر و یا مقدار تنشهای حرارتی را به ما نمی دهد. ثانیاً پارامترهای حرارتی برقیگر وابسته به تغییرات دما می باشد و یک رابطه غیر خطی با دما دارد. البته بدلیل اینکه ماکزیمم دمای مجاز پایداری حرارتی برقیگر در حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد است، می توان تغییرات پارامترهای حرارتی را خطی فرض نمود. ثالثاً بدست آوردن پارامترهای این مدار معادل جهت شبیه سازی، مستلزم انجام تست آزمایشگاهی با تجهیزات دقیق و در محیط استاندارد می باشد، تا بتوان از طریق حداقل انجام یک تست و برازش نتایج به روشهای گوناگون، پارامترهای این مدار معادل را تخمین زد. در مرجع با استفاده از روابط پیچیده انتقال حرارت، ماکزیمم قابلیت جذب انرژی تا رسیدن به ناپایداری حرارتی، Puncture و

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Cracking برقیهای ZnO، در چگالی جریانهای متوسط مختلف برای وریدستورهای کلاس توزیع محاسبه شده است. نتایج محاسبات در نمودار شکل ۲۲-۳ آمده است. البته نباید این مقادیر توانایی جذب انرژی را با مقادیر بیان شده در جدول ۲-۳ اشتباه کرد. در نمودار شکل ۲۲-۳ برای حالت دو وضعیت در اثر نیروی فشرده‌گی و در اثر نیروی کششی بررسی شده است. همانطور که در نمودار شکل ۲۲-۳ مشاهده می شود، برای رنج وسیعی از چگالی جریانهای متوسط، توانایی جذب انرژی تا رسیدن به مرحله ناپایداری حرارتی در حدود 550 J/cm^3 می باشد. مطالعاتی که بر روی اثر فرورزونانس سیستمهای توزیع بر برقیها انجام شده است، نشان داده است که در فرورزونانس هایی که منجر به اضافه ولتاژهایی بالای و ۱.۸ پرینیت می شوند، احتمال فروپاشی حرارتی برقی ZnO وجود دارد. و در فرورزونانس هایی که منجر به اضافه پرینیت می شوند، در اکثر موارد ولتاژهایی کمتر از ۱.۵ برقیها تا ۳ دقیقه تحمل حرارتی کافی را دارند و آسیبی نخواهند دید. البته این موضوع کاملاً وابسته به کارخانه سازنده، نمودار و ولتاژ زانویی انتخاب شده برای برقی، می باشد



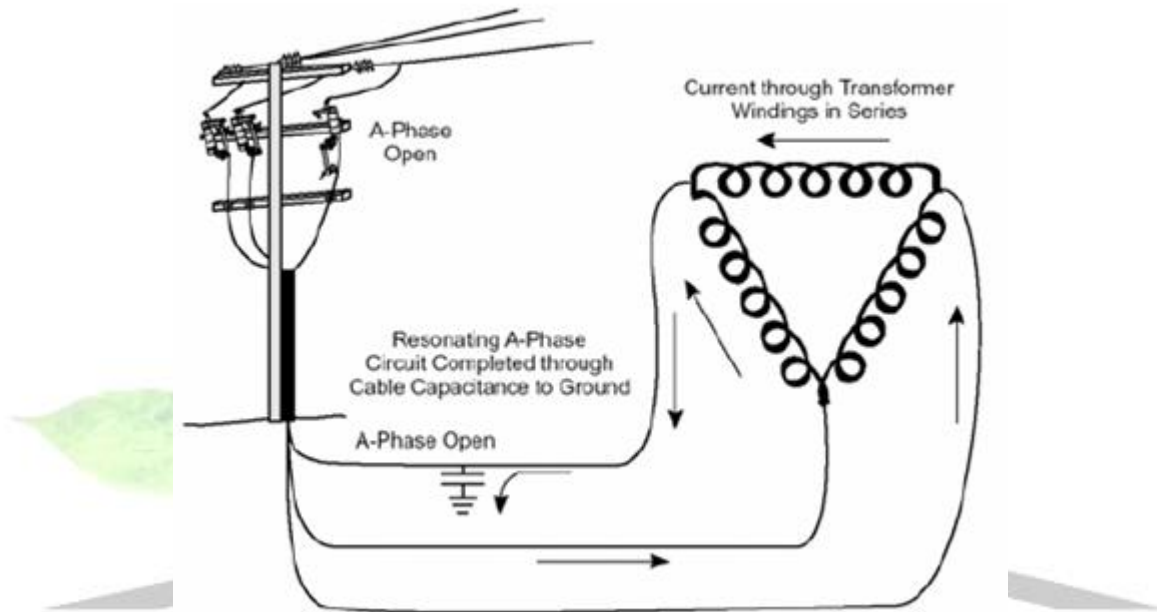
شکل ۲۲-۳ مقادیر توانایی جذب انرژی وریدستور بر حسب چگالی

جریان در حالات مختلف آسیب برقی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۳-۳: نتایج شبیه سازی پدیده فرورزونانس

اکنون می خواهیم وقوع پدیده فرورزونانس را در یک شبکه توزیع زیر زمینی بررسی کنیم.

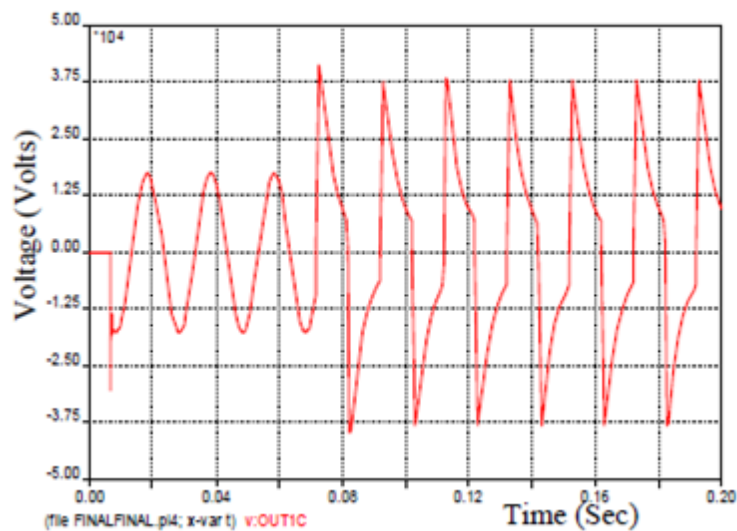


شکل ۳-۲۳ شمای شبکه مفروض

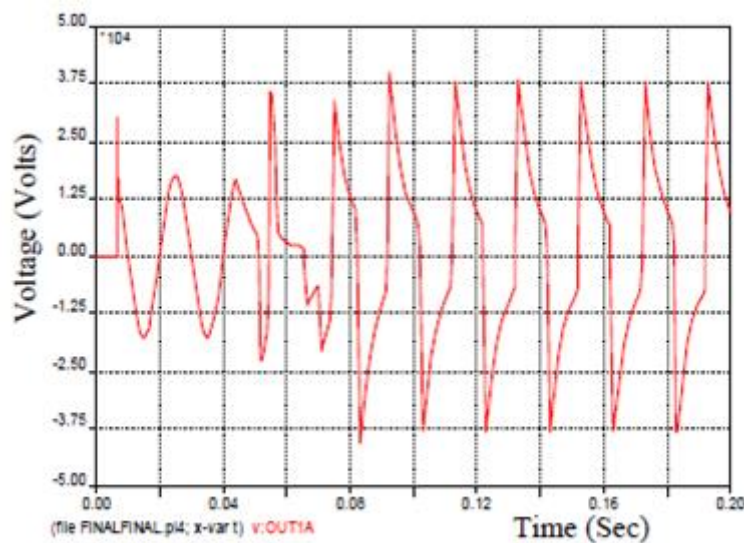
یک ترانسفورماتور توزیع $20000/400$ ولت را در نظر بگیرید که از طریق یک کابل زیر زمینی به طول ۱۱۰۰ متر تغذیه می شود. نمونه ای از این حالت را در شکل ۳-۲۳ می بینیم. ترانسفورماتور دارای سیم پیچی و گروه برداری D11yn می باشد.

شبیه سازی در نرم افزار EMTP انجام شده است. ضمیمه شامل مدار شبیه سازی و اطلاعات سیستم می باشد. ترانسفورماتور بی بار در $t=0.0067$ ، هنگامی که ولتاژ فاز B در حال عبور از صفر است، از طریق کابل زمینی به منبع 21.5 کیلوولت متصل می گردد. فاز A در $t=0.044\text{sec}$ قطع می شود. اضافه ولتاژ ناشی از فرورزونانس در فاز A، در سمت اولیه ترانسفورماتور، رخ می دهد. سپس در $t=0.07\text{sec}$ فاز C قطع می شود. در پیامد این اتفاق اضافه ولتاژ در فاز C نیز ظاهر می گردد. ولتاژ فازهای و در سمت اولیه ترانسفورماتور در شکل های ۳-۲۴ و ۳-۲۵ نشان داده شده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۴-۳ ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانس

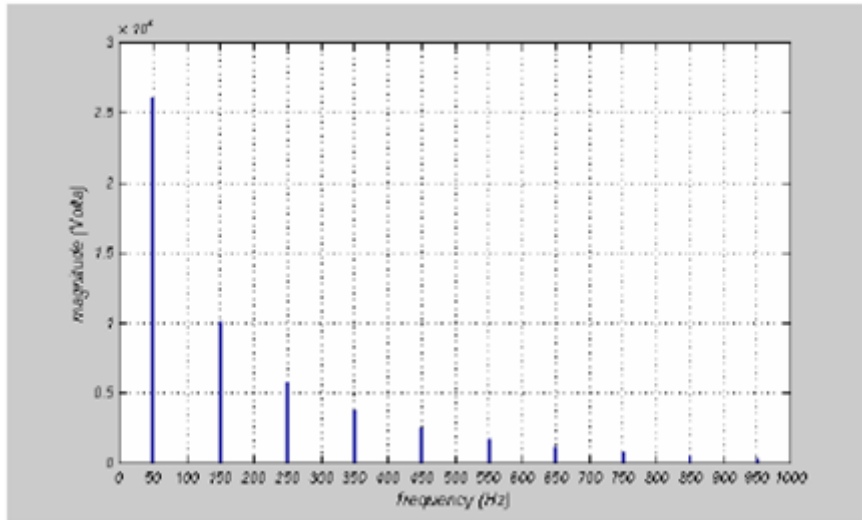


شکل ۲۵-۳ ولتاژ فاز C در سمت اولیه ترانس

در لحظات اولیه، ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانسفورماتور به 40078 ولت نیز می رسد. اگر ولتاژ فاز A و C را در بازه زمانی طولانی تری بررسی کنیم، مشاهده می شود که در ادامه، ماکزیمم ولتاژ فاز کمی کاهش یافته و به 38267 ولت می رسد، ولی از این مقدار کمتر نخواهد شد. نتایج تحلیل هارمونیک ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانسفورماتور، بعد از گذشت چند سیکل از وقوع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فرورزونانس در شکل ۳-۲۶ آمده است. از شکل ۳-۲۶ می توان دریافت که فرورزونانس از نوع پایه می باشد.



شکل ۳-۲۶ نتایج تحلیل هارمونیک ولتاژ فاز A بعد از چند سیکل فرورزونانس

۳-۳-۴: نتایج شبیه سازی پدیده فرورزونانس همراه با برگیر

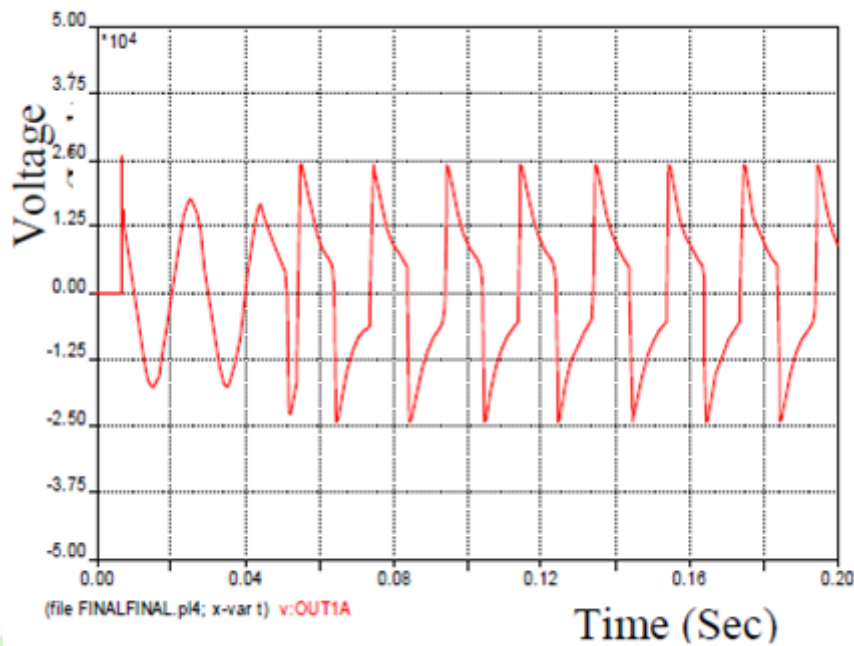
حال شبکه مفروض شکل ۳-۲۳ را در حالی که اولیه ترانسفورماتور توسط برگیر حفاظت می شود، بررسی می کنیم.

برگیر ۲۴ کیلو ولت مورد استفاده، دارای ولتاژ کار دائم ۱۸,۵ کیلوولت است. در این حالت نیز ترانسفورماتور بی بار در $t=0.0067\text{sec}$ ، هنگامی که ولتاژ فاز B در حال عبور از ۲۱,۵ کیلوولت صفر است، از طریق کابل زیر زمینی به منبع متصل می گردد. فاز A در $t=0.044$ قطع می شود.

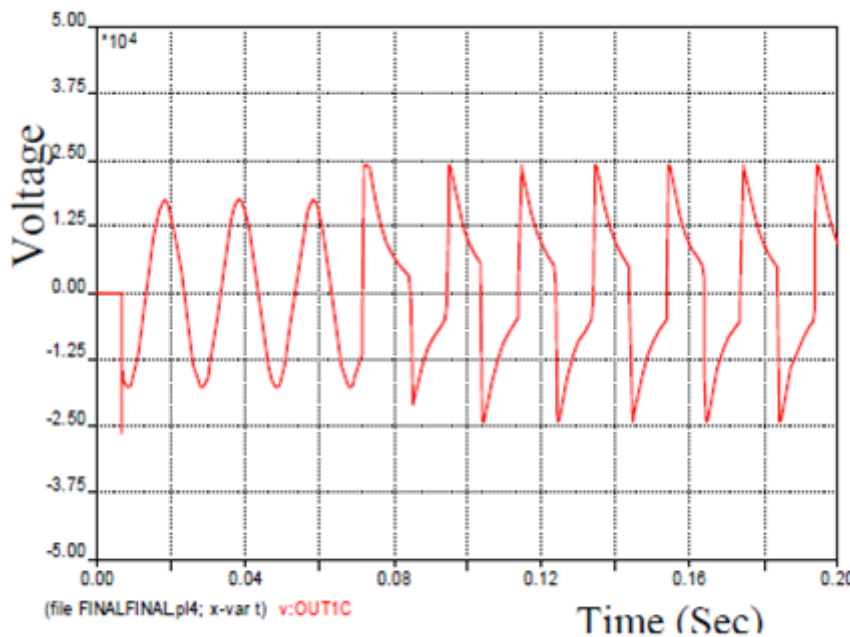
، اضافه ولتاژ ناشی از فرورزونانس در فاز A در سمت اولیه ترانسفورماتور، رخ می دهد. سپس در $t=0.07$ فاز C قطع می شود. در پیامد این اتفاق اضافه ولتاژ در فاز C نیز ظاهر می گردد. ولتاژ

فازهای A و C در سمت اولیه ترانسفورماتور در شکل های ۳-۲۷ و ۳-۲۸ نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۷-۳ ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانس حفاظت شده توسط برقگیر

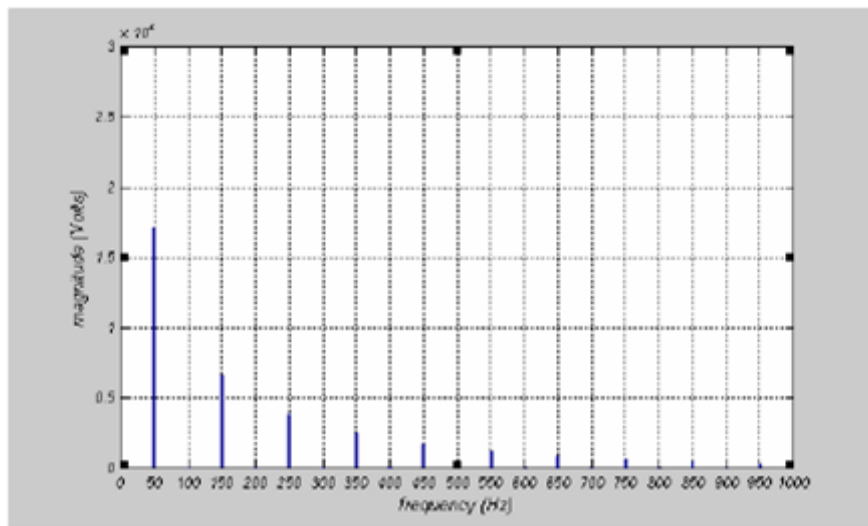


شکل ۲۸-۳ ولتاژ فاز C در سمت اولیه ترانس حفاظت شده توسط برقگیر

همانطور که مشاهده می شود، دامنه اضافه ولتاژهای فاز در این حالت بسیار کاهش یافته و دامنه ولتاژ فاز A از حدود ۲,۴ پریونیت در حالت بدون برقگیر، به ۱,۵ پریونیت یعنی حدود ماکزیمم ولتاژ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فاز به فاز در حالت وجود برقیگیر تقلیل یافته است. در لحظات اولیه، ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانسفورماتور به ۲۴۲۳۰ ولت نیز می رسد. اگر ولتاژ فاز A و C را در بازه زمانی طولانی تری بررسی کنیم، مشاهده می شود که در ادامه، ماکزیمم ولتاژ فاز کمی کاهش یافته و به ۲۴۱۴۳ ولت می رسد، ولی از این مقدار کمتر نخواهد شد. نتایج تحلیل هارمونیک ولتاژ فاز A در سمت اولیه ترانسفورماتور حفاظت شده توسط برقیگیر، بعد از گذشت چند سیکل از وقوع فرورزونانس در شکل ۲۹-۳ آمده است. از شکل ۲۹-۳ می توان به سادگی دریافت که فرورزونانس در این حالت نیز از نوع پایه می باشد.



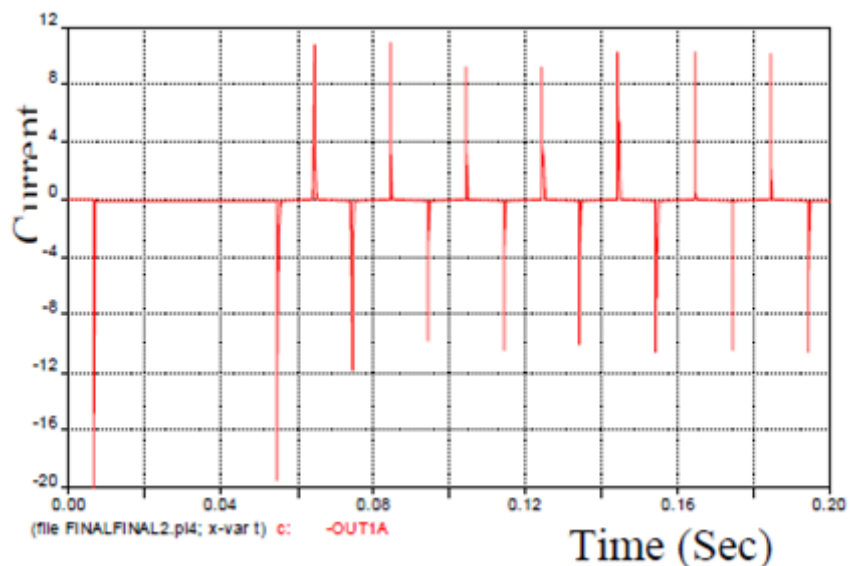
شکل ۲۹-۳ نتایج تحلیل هارمونیک ولتاژ فاز A بعد از چند سیکل

فرورزونانس در حالت وجود برقیگیر در سمت اولیه ترانس

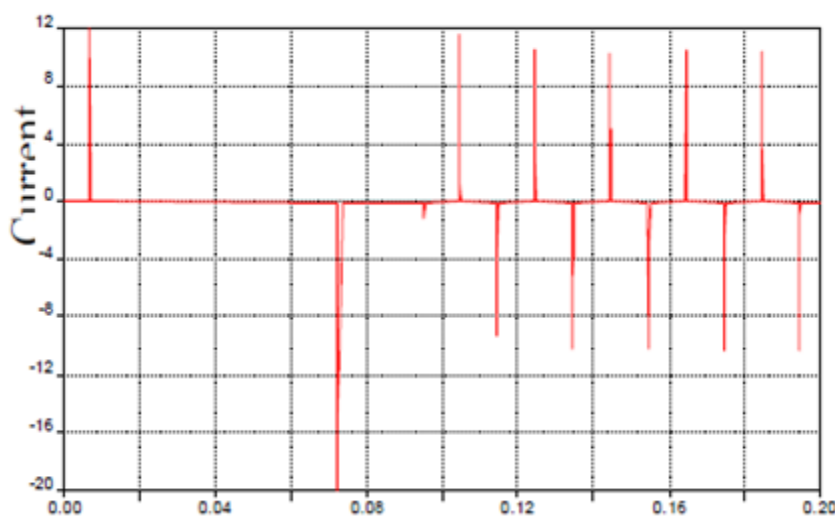
جریان عبوری از برقیگیرهای فازهای A و C در شکل های ۳۰-۳ و ۳۱-۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، پیک جریان تخلیه برقیگیرهای فازهای A و C در لحظه اولیه وقوع فرورزونانس بیشتر است.

پیک جریان تخلیه برقیگیر در حالت ماندگار وقوع فرورزونانس به حدود ۱۰,۵ آمپر می رسد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳۰-۳ جریان تخلیه برقی فاز A

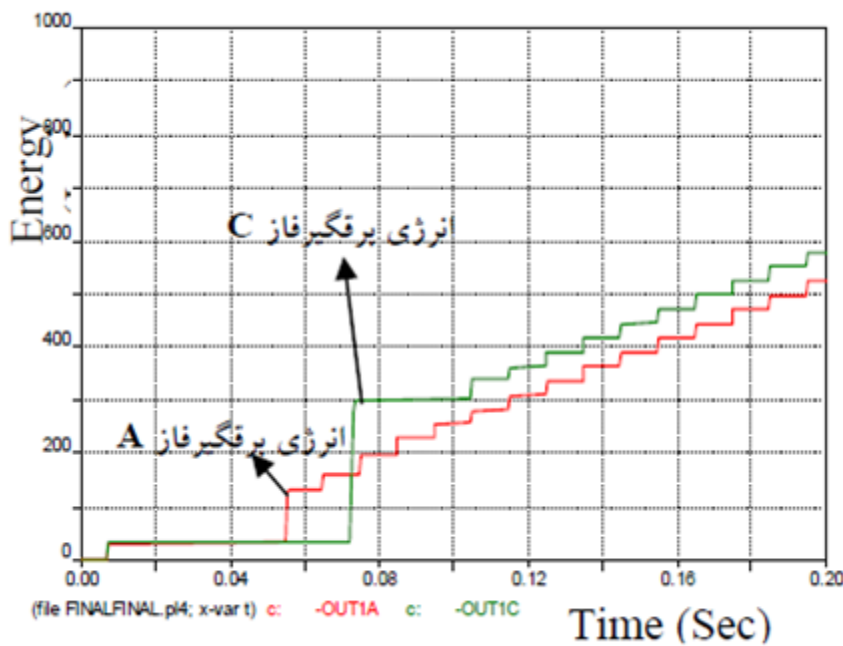


شکل ۳۱-۳ جریان تخلیه برقی فاز C

آنچه در این شبیه سازی مد نظر قرار نگرفته است، تغییرات مشخصات الکتریکی برقی ZnO در اثر افزایش دما در صورت استمرار فرورزونانس می باشد. چون همانطور که قبلاً بیان شد، استمرار عبور جریان در برقی باعث افزایش دما می شود و خود افزایش دما نیز باعث تغییر مشخصه الکتریکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برقگیر شده و مقدار پیک جریان تخلیه برقگیر در یک ولتاژ ثابت افزایش می یابد و بعد از گذشت مدت زمان نسبتاً کمی نرخ افزایش دما بیشتر می شود. اگر برر سی ها تا حدود دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد حداکثر دمای پایداری حرارتی برقگیر انجام شود، تغییرات مشخصه ۱-۷ برقگیر تا این دما چندان چشمگیر نیست و می توان از این تغییرات جریان چشم پوشی نمود شکل ۳۲-۳ و از طرفی نیز با تغییر مشخصه ولتاژ-جریان برقگیر و افزایش لحظه ای جریان، مشخصه فرورزونانس نیز تغییر می یابد و معمولاً دامنه اضافه ولتاژ نسبتاً کاهش می یابد. بنابراین با توجه به این دلایل شاید بتوان در خصوص پدیده فرورزونانس جریان عبوری از برقگیر را، علی رغم تغییر مشخصه ۱-۷ برقگیر، ثابت فرض کرد.



شکل ۳۲-۳ انرژی جذب شده توسط برقگیرهای فازهای A, C

۵-۳-۳: بحث و نتیجه گیری

وقوع فرورزونانس در شبکه های توزیع زیر زمینی به دلیل وجود کابل با خاصیت خازنی همراه با ترانسفورماتور با هسته اشباع پذیر، امری محتمل است. همانطور که مشاهده کردیم یکی از مواردی که می تواند باعث راه اندازی فرورزونانس شود، تکفاز و یا دو فاز شدن سیستم است. اکثر این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اتفاق در شبکه های توزیع بدلیل استفاده از فیوز جهت حفاظت سیستم رخ می دهد. همانطور که در شبیه سازی مشاهده شد، دامنه اضافه ولتاژهای ناشی از فرورزونانس می تواند نسبت به حداکثر ولتاژ نامی سیستم بسیار بزرگ باشد، که این امر به سیستم عایقی صدمه خواهد زد و با توجه به مدت زمان تداوم این اضافه ولتاژ، ممکن است شکست عایقی رخ دهد. برای جلوگیری از تکفاز و یا دو فاز شدن سیستم می توان به جای فیوز از حفاظتهای سه فاز مانند رله اضافه جریان استفاده نمود، که البته با توجه به گستردگی و وسعت شبکه های توزیع، اقتصادی به نظر نم ی رسد. راه آسانتر آن است که فیوزهای شبکه های توزیع، حداقل برای شبکه های زیر زمینی که احتمال وقوع پدیده فرورزونانس در آنها بیشتر است، طی دوره های زمانی تست شوند، تا حداقل از عملکرد ناصحیح این نوع تجهیز حفاظتی پیشگیری شود.

اکثراً در شبکه های توزیع در سمت ۲۰ کیلوولت برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل صاعقه از برقگیرهای ZnO استفاده می کنند. همانگونه که مشاهده شد، وجود برقگیر می تواند دامنه اضافه ولتاژ ناشی از فرورزونانس را تا حدود حداکثر ولتاژ فاز به فاز سیستم کاهش دهد. که این امر در سیستمهایی که سیستم عایقی متناسب با حداکثر ولتاژ فاز به فاز سیستم انتخاب شده است، از آسیب عایقی جلوگیری می کند و در سایر موارد می تواند باعث کاهش شدت آسیب عایقی شود و یا مدت زمان تحمل عایق در برابر فرورزونانس را افزایش دهد.

همانطور که قبلاً بحث شد تداوم اضافه ولتاژ برای یک زمان معین، که از مشخصه حرارتی ZnO حاصل می شود، می تواند منجر به ناپایداری و فروپاشی حرارتی و یا سوراخ شدن موضعی و ریسستور شود. در هنگام وقوع فرورزونانس، اضافه ولتاژهای ناشی از آن می تواند باعث عبور جریانهای ناشی در برقگیر گردد. معمولاً برقگیرها جهت تخلیه جریانهای با دامنه بسیار بالا و در مدت زمان کم، طراحی می شوند. اطلاعاتی که در خصوص قابلیت جذب انرژی برقگیر توسط کارخانه سازنده ارائه می شود برای جریانهای تخلیه با دامنه بالا و در مدت زمان کم، در رنج زمانی میکرو ثانیه، می باشد. مدت زمان تداوم فرورزونانس می تواند طولانی باشد و از طرفی دامنه جریانهای تخلیه برقگیرها در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این حالت معمولاً در حدود ۱۰ آمپر و یا کمتر است، و اطلاعاتی که کارخانه سازنده در خصوص حداکثر انرژی قابل جذب توسط برقگیر ارائه داده است، در این مورد قابل استناد نیست. در این پروژه، با توجه به نمودار مربوط به توانایی جذب انرژی ورستور برای چگالی جریان متوسط معین شکل ۳ مقدار انرژی که برقگیر مورد مطالعه می تواند در طی وقوع پدیده فرورزونانس در شبکه مفروض تحمل کند، بدست آمده و با استفاده از آن، زمان آسیب حرارتی برقگیر، تخمین زده شده است و همچنین نوع این آسیب مشخص گردیده است. این مقدار قابلیت جذب انرژی محاسبه شده، در جریانهای کم و طبعاً برای مدت زمانهای طولانی تر بدست آمده و تبادل حرارتی ورستور با محیط و پیری ورستور نیز در آن لحاظ شده است.

آنچه می تواند در شبیه سازی ها حائز اهمیت باشد، نزدیکی مدل به واقعیت است. پیشنهاد می شود که برای استفاده در شبیه سازی های نرم افزار EMTP، مدلی کاملتر برای برقگیر ZnO که مشخصه الکتریکی آن با توجه به دامنه جریان تخلیه و مدت زمان عبور آن تغییرات دما و انرژی تغییر کند، تهیه شود.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم:

یک روش جدید برای شناسایی و دسته بندی مدهای مختلف پدیده فرورزونانس

چکیده

با توجه به اهمیت کیفیت توان در سیستم های انتقال و توزیع، در این مقاله در ابتدا مقدمه ای برای آشنایی با پدیده فرورزونانس بعنوان یکی از مهمترین عوامل بر هم زننده کیفیت توان آورده شده، و سپس به معرفی و بررسی انواع مدهای پدیده پرداخته شده است. در ادامه یک روش جدید برای شناسایی و تفکیک اتوماتیک مدهای فرورزونانس ارائه شده است و نهایتاً یک نمونه موردی فرورزونانس با شبیه سازی یک ترانس پنج ستونه در نرم افزار MATLAB بررسی شده و روش پیشنهادی در قالب یک برنامه کامپیوتری جهت دسته بندی مدهای مختلف پدیده مورد آزمایش قرار گرفته است و نتایج حاصل، حاکی از صحت روش پیشنهادی می باشد.

۴-۱: مقدمه

در طی ۹۰ سال اخیر بسیاری از محققین به بررسی پدیده فرورزونانس در ترانسفورماتورها پرداخته اند. واژه فرورزونانس اولین بار در سال ۱۹۲۰ توسط آقای بوچروت برای این پدیده بکار گرفته شد، آقای باتلر در ۱۹۳۷ تاثیر خازن سری بر بروز پدیده را تحقیق نمود، اولین کار تحلیلی بر روی این پدیده در سال ۱۹۵۰ توسط رودنبرگ صورت گرفت. در سال ۱۹۶۵ هاپکینسون فرورزونانس بوجود آمده در اثر خاصیت خازنی تانک ترانس های توزیع را بررسی نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

های بعدی به دو حوزه اصلی بررسی مدهای فرورزونانس در سطوح مختلف شبکه و بهبود مدل های ترانسفورماتور تقسیم شدند. ۱. سمیت در سال ۱۹۷۵ مدهای مختلف فرورزونانس را در یک نوع ترانسفورماتور توزیع سه فاز بر اساس دامنه و شکل موج ولتاژ دسته بندی نمود. آرتوری و مورک با استفاده از تبدیل دوگانی، مدل مناسب ترانسفورماتورهای سه فاز را برای بررسی پدیده فرورزونانس ارائه دادند. فرورزونانس به بیان ساده تشدید سری بین یک سلف غیرخطی و ظرفیتهای خازنی شبکه می باشد، و نوعاً شامل اندوکتانس مغناطیس کننده قابل اشباع ترانسفورماتور و ظرفیت خازنی یک کابل توزیع یا خط انتقال بلند متصل به ترانس می باشد. احتمال وقوع این پدیده در شرایط نبود بار یا دمپینگ مناسب افزایش می یابد. رفتار پدیده بدلیل شرایط غیر خطی، غیر قابل پیش بینی می باشد و برای یک سری پارامترهای معین، پاسخ ها با مدهای گوناگونی حاصل می شود که در بخش ۳ توضیح داده خواهد شد.

به دلیل بررسی کامل و مفصل پدیده فرورزونانس در بس یاری، در این مقاله از پرداختن به تشریح از مکتوبات پدیده فرورزونانس خودداری شده، و هدف مقاله به ارائه یک روش نوین به منظور شناسایی و دسته بندی مدهای مختلف پدیده در نرم افزار MATLAB محدود شده است. مباحث این مقاله به صورت زیر توسعه یافته است:

در بخش ۲، جایگاه فرورزونانس در تقسیمات کیفیت توان و آثار سوء آن بررسی شده، معرفی و بررسی انواع مدهای پدیده در بخش ۳ آورده شده، در بخش ۴ یک روش پیشنهادی جهت شناسایی و دسته بندی مدهای مختلف پدیده ارائه شده است، در بخش ۵ نتایج بدست آمده از دسته بندی مدهای مختلف پدیده با شبیه سازی فرورزونانس در یک ترانس پنج ستونه به اثبات رسیده و نهایتاً بحث و نتایج در بخش ۶ آورده شده است.

۲-۴: کیفیت توان و فرورزونانس

تعاریف بسیار متفاوتی از دیدگاه های مختلف در مورد کیفیت توان وجود دارد، برای مثال یک شرکت توزیع برق؛ کیفیت توان را قابلیت اطمینان سیستم و دردسترس بودن انرژی می داند، در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حالیکه یک مصرف کننده صنعتی؛ کیفیت توان را در مشخصاتی از شبکه می بیند که تجهیزات کارخانه وی بتوانند بدرستی عمل نمایند. اما به راستی کیفیت توان قضیه ای است که باید از دیدگاه مصرف کنندگان بررسی شود و بصورت یک تعریف جامع می توان گفت: مشکلات کیفیت توان شامل هرگونه اعوجاج بوجود آمده در ولتاژ، جریان و یا فرکانس سیستم می باشد بطوری که موجب خطا یا اختلال در عملکرد تجهیزات مصرف کنندگان گردد طبق یک دسته بندی مشترک بین استانداردهای مختلف IEC، IEEE و ANSI می توان پدیده های الکترومغناطیسی برهم زننده کیفیت توان را به هفت دسته زیر تقسیم نمود:

- گذراها: شامل گذراهای ضربه ای و نوسانی.
- تغییرات کوتاه مدت ولتاژ: شامل قطعی، فرورفتگی و یا برآمدگی ولتاژ در زمان کمتر از ۳۰ سیکل.
- تغییرات بلند مدت ولتاژ: شامل قطعی، کاهش ولتاژ و یا افزایش ولتاژ در زمان بیش از یک دقیقه.
- نامتقارنی ولتاژ شامل هر دو پارامتر اندازه و فاز.
- تغییرات شکل موج ولتاژ: شامل وجود مولفه DC، هارمونیک، زیر هارمونیک، نویز و غیره.
- نوسانات ولتاژ: شامل پدیده مشهور فلیکر.
- تغییرات فرکانس قدرت.

در این میان جایگاه فرورزونانس در دسته گذراهای نوسانی فرکانس پایین قرار می گیرد، چرا که این پدیده ماهیتی نوسانی با فرکانسی کمتر از ۵ کیلوهرتز دارد. فرورزونانس می تواند در قالب پنج مد مختلف، که در بخش بعد بررسی می گردد، ظاهر شود و در برخی موارد با افزایش دامنه ی ولتاژ به بیش از ۴ پریونیت موجبات آسیب به تجهیزات سیستم و مصرف کنندگان را فراهم آورد. بنابراین لازم است تا در بحث کیفیت توان توجه ویژه ای به این پدیده معطوف گردد، و در همین راستا این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

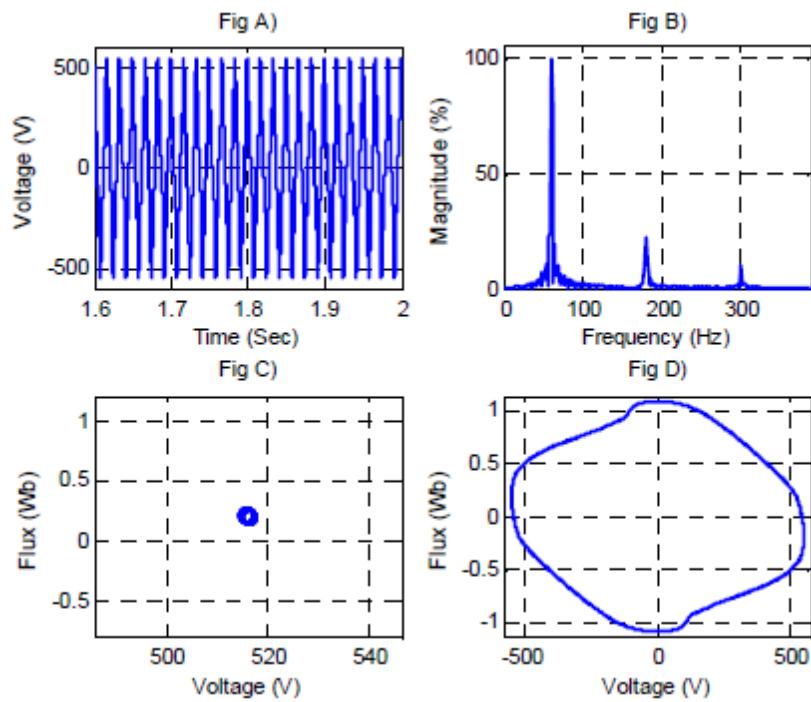
مقاله به بررسی مد های مختلف پدیده فرورزونانس و چگونگی شناسایی آنها جهت تمهیدات پیشگیرانه و یا تسکین دهنده آتی می پردازد.

۳-۴: مدهای فرورزونانس

چنانکه قبلاً ذکر شد رفتار پدیده بدلیل شرایط غیر خطی، غیر قابل پیش بینی می باشد و با توجه به شرایط اولیه و پارامترهای مدار، مدهای مختلفی برای پدیده حاصل خواهد شد. محققین مختلف دسته بندی های کم و بیش مشابهی را، که دربرای مدهای پدیده ارائه نموده اند کاملترین حالت دسته بندی مدها به صورت زیر می باشد:

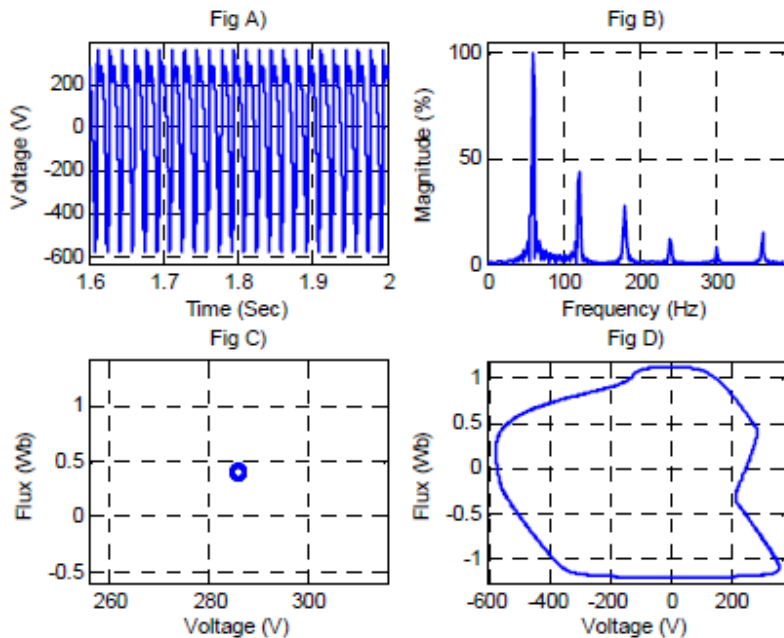
۱. مد فرکانس مبنا: شکل موج پریودیک با فرکانسی برابر فرکانس قدرت و هارمونیک ناچیز.
 ۲. مد هارمونیک: شکل موج پریودیک با فرکانس قدرت و دارای هارمونیک های قابل توجه.
 ۳. مد زیرهارمونیک: شکل موج پریودیک با پریودی چندین برابر پریود سیستم قدرت.
 ۴. مد شبه-پریودیک: شکل موج غیر پریودیک با طیف فرکانسی ناپیوسته.
 ۵. مد آشوبگونه: شکل موج غیر پریودیک با طیف فرکانسی پیوسته.
- از آنجا که رفتار پدیده فرورزونانس بصورت دینامیکی و غیر خطی می باشد، لذا جهت تمیز و تشخیص مدهای مختلف پدیده لازم است تا از ابزارهای دینامیک غیرخطی مانند دیاگرام های طیف فرکانسی، پوینکر و فاز- بردار استفاده شود. ابزارهای مذکور به طور کامل در تشریح شده اند، لذا در اینجا تنها اشاره مختصری به نحوه ترسیم و استفاده از آنها می شود.
- دیاگرام طیف فرکانسی حاوی اطلاعات دامنه بر حسب فرکانس می باشد و با تجزیه یک سیگنال به مولفه های هارمونیک و زیر هارمونیک اطلاعات بسیار مفیدی را از رفتار پدیده استخراج می کند. اساس این روش بر پایه گرفتن سری فوریه از سیگنال می باشد. در نرم افزار MATLAB تابع FFT این امکان را به سهولت فراهم می آورد. نمودار B در شکل های ۱-۴ تا ۵-۴ نمونه این نوع دیاگرام را برای مد های مختلف پدیده نشان می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱-۲ نمودار های ولتاژ- زمان A طیف فرکانسی B پوینگر C و فاز

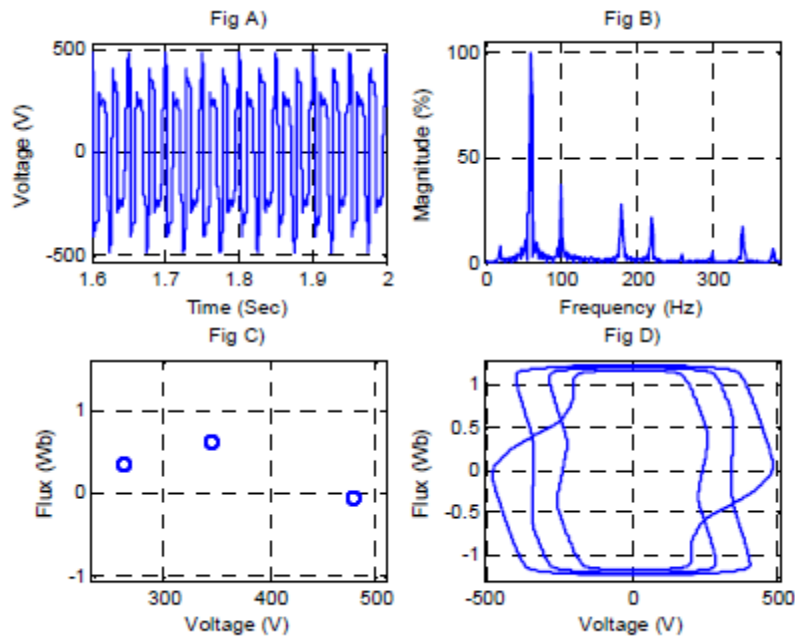
بردار D در مد فرکانس مبنای فرورزونانس



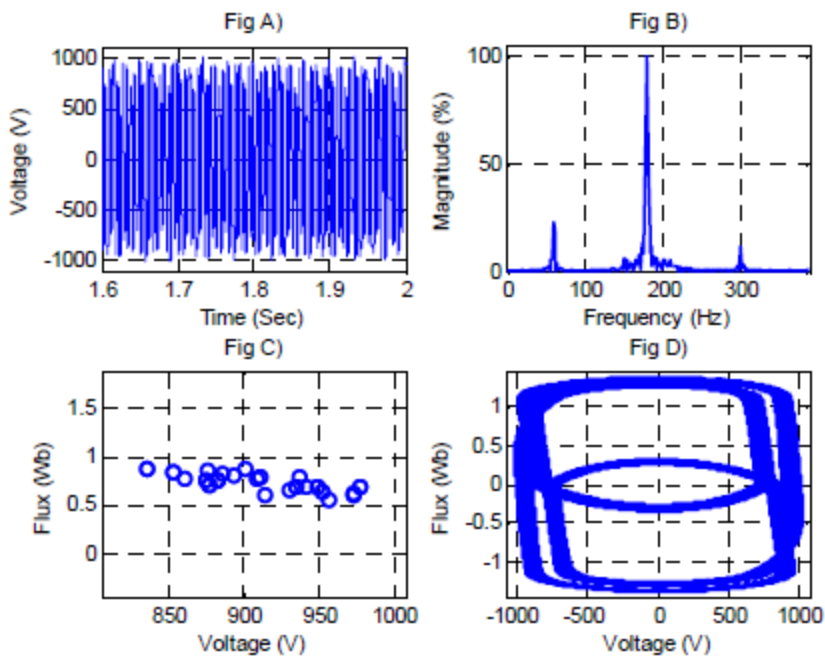
شکل ۲-۲ نمودار های ولتاژ- زمان A طیف فرکانسی B پوینگر C و فاز

بردار D در مد هارمونیک فرورزونانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

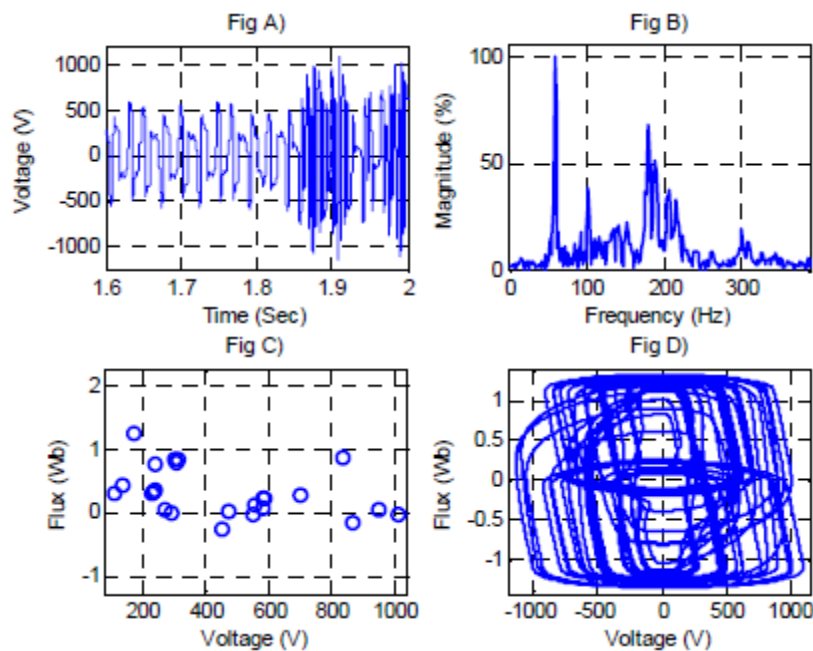


شکل ۳-۴ نمودار های ولتاژ- زمان A طیف فرکانسی B پوینگر C و فاز بردار D در مد زیر هارمونیک فرورزونانس



شکل ۴-۴ نمودار های ولتاژ- زمان A طیف فرکانسی B پوینگر C و فاز بردار D در مد شبه- پرئودیک فرورزونانس

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۴-۵ نمودار های ولتاژ- زمان A طیف فرکانسی B پوینکر C و فاز

بردار D در مد آشوبگرایانه فرورزونانس

دیاگرام پوینکر با نمونه برداری منظم از سیگنال بدست می آید. در بررسی های فرورزونانس لازم است تا بازه نمونه برداری برابر پریود فرکانس مینا انتخاب شود، و در این حالت مشاهده می شود که با توجه به مد فرورزونانس یک یا چند نقطه در صفحه دو بعدی بدست می آید. نمودار C در شکل های ۴-۱ تا ۴-۵ نمونه این نوع دیاگرام را برای مد های مختلف نشان می دهد.

دیاگرام فاز- بردار یک نمودار دوبعدی می باشد که دو بردار عمود بر هم، دو بعد آن را تشکیل می دهند و در بررسی های فرورزونانس معمولاً یک بردار، ولتاژ و بردار دیگر، جریان یا شار می باشد. نمودار D در شکل های ۴-۱ تا ۴-۵ نمونه این نوع دیاگرام را برای مدهای مختلف پدیده نشان می دهد. شکل ۴-۱ مربوط به مد فرکانس مبنای فرورزونانس می باشد و چنانکه مشاهده می شود؛ نمودار دامنه-زمان سیگنال تقریباً سینوسی است، دیاگرام طیف فرکانسی هارمونیک های نسبتاً ناچیز، و دیاگرام پوینکر تنها یک نقطه را نشان می دهد، که به معنی پریودیک بودن سیگنال و غالب بودن فرکانس مبنای در طیف هارمونیک سیگنال می باشد، و نهایتاً دیاگرام فاز- بردار یک مسیر بسته تقریباً

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دایره ای را نشان می دهد، که حکایت از غالب بودن فرکانس مبنا و وجود چند هارمونیک دارد. شکل ۲-۴ مربوط به مد هارمونیک فرورزونانس می باشد و چنانکه مشاهده می شود؛ نمودار دامنه-زمان سیگنال غیر سینوسی اما پرIODیک است، دیاگرام طیف فرکانسی هارمونیک های نسبتاً زیاد، و دیاگرام پوینکر تنها یک نقطه را نشان می دهد که به معنی پرIODیک بودن سیگنال و غالب بودن فرکانس مبنا در طیف هارمونیکی سیگنال می باشد، و نهایتاً دیاگرام فاز-بردار یک مسیر بسته غیر دایره ای را نشان می دهد، که حکایت از پرIODیک بودن سیگنال و وجود هارمونیک های زیاد دارد. شکل ۳-۴ مربوط به مد زیرهارمونیک فرورزونانس می باشد و چنانکه مشاهده می شود؛ نمودار دامنه-زمان سیگنال غیر سینوسی و پرIODیک است، دیاگرام طیف فرکانسی وجود زیر هارمونیک با فرکانس ۲۰ هرتز را نشان می دهد، در دیاگرام پوینکر نیز سه نقطه مشاهده می شود که به معنی زیرهارمونیک بودن سیگنال و وجود پرIOD سه در طیف هارمونیکی سیگنال می باشد، و نهایتاً دیاگرام فاز-بردار سه مسیر بسته را نشان می دهد که حکایت از پرIODیک بودن و وجود زیر هارمونیک سوم دارد.

شکل ۴-۴ مربوط به مد شبه-پرIODیک فرورزونانس می باشد و چنانکه مشاهده می شود؛ نمودار دامنه-زمان سیگنال غیر پرIODیک، و دیاگرام طیف فرکانسی ناپیوسته است و در آن ضرایب غیر صحیح فرکانس مبنا مقدار دارند، دیاگرام پوینکر نیز نقاط متعددی را نشان می دهد که به صورت منظم و در یک مسیر قرار گرفته اند که این به معنی غیر پرIODیک بودن سیگنال می باشد، و نهایتاً دیاگرام فاز-بردار تعداد بسیار زیادی مسیر بسته نزدیک بهم را در دو دسته نشان می دهد که حکایت از عدم پرIODیک بودن سیگنال و وجود یک زیرهارمونیک غالب دارد.

شکل ۵-۴ مربوط به مد آش و بگونه فرورزونانس می باشد و چنانکه مشاهده می شود؛ نمودار دامنه-زمان سیگنال غیر پرIODیک و غیر سینوسی، و دیاگرام طیف فرکانسی پیوسته است یعنی برای کلیه فرکانس ها یک مقدار غیر صفر وجود دارد دیاگرام پوینکر نقاط بسیار زیادی را نشان می دهد که به صورت نامنظم و اتفاقی در فواصل زیادی از یکدیگر قرار گرفته اند که این به معنی غیر پرIODیک و

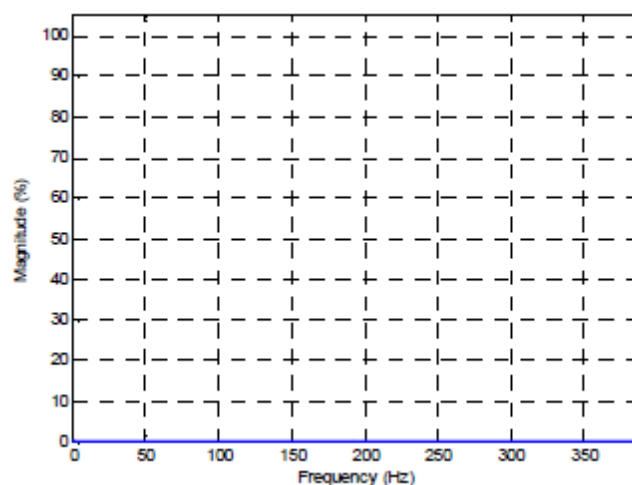
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

آشوبگونه بودن سیگنال می باشد و نهایتاً دیاگرام فاز-بردار تعداد بسیار زیادی مسیر بسته بدون نظم را نشان می دهد که حکایت از آشوبگونه بودن سیگنال دارد.

۴-۴: یک روش پیشنهادی جهت دسته بندی و شناسایی

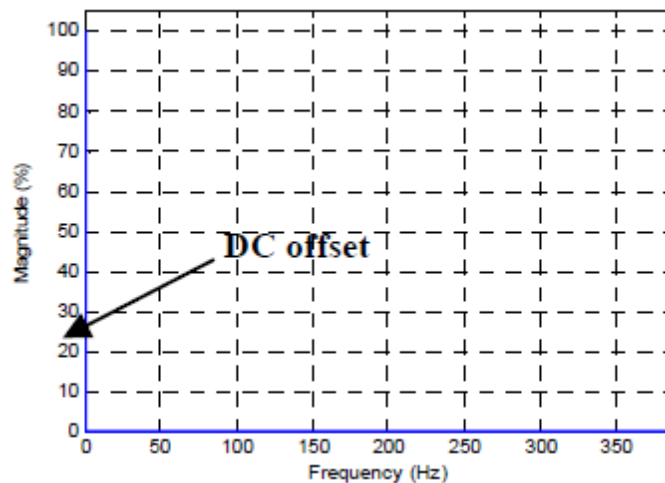
مدهای پدیده فرورزونانس هدف اصلی از ارائه این مقاله معرفی یک روش جامع برای دسته بندی و شناسایی اتوماتیک مدهای مختلف فرورزونانس می باشد. روش پیشنهادی در این مقاله یک روش ترکیبی است که با استفاده از دو ابزار تبدیل فوریه و انتگرال بازه معین و اطلاعات دیاگرام پوینکر پنج مد ذکر شده فرورزونانس را شناسایی و تفکیک می نماید.

جهت تفکیک سه مد فرکانس مبنا، هارمونیک و زیر هارمونیک ابزار تبدیل فوریه FFT نقش اساسی را بازی می کند، اما چنانکه در نمودارهای B شکل ۱-۴ تا ۳-۴ مشاهده می شود تشخیص و تفکیک این مدها از یکدیگر با استفاده از طیف فرکانسی نشان داده شده کمی مشکل می باشد. یک راه کار پیشنهادی این مقاله استفاده از انتگرال گیر بازه معین می باشد، به این معنی که سیگنال مورد نظر ابتدا از یک انتگرال گیر با بازه معین پررود مبنا عبور داده می شود و سپس تحت تبدیل فوریه قرار می گیرد. به این ترتیب یک طیف فرکانسی بسیار ساده مانند اشکال ۶-۴ تا ۸-۴ برای سه مد مذکور حاصل خواهد شد که امکان شناسایی آنها را به سهولت فراهم می آورد.

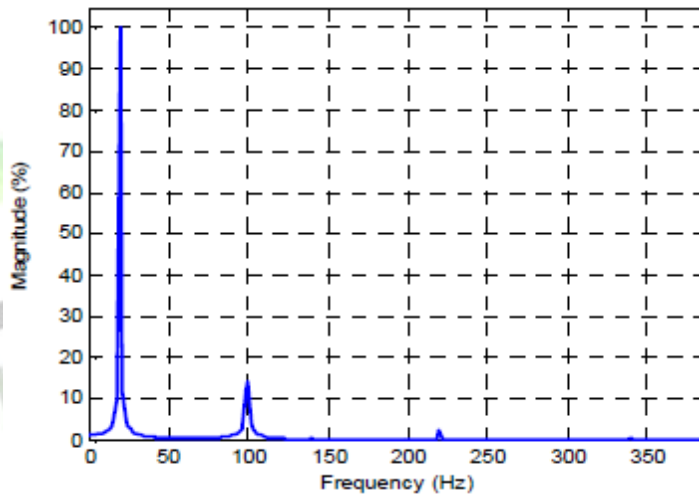


شکل ۶-۴ طیف فرکانسی سیگنال خروجی انتگرالگیر بازه معین در مد مبنا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۷-۴ طیف فرکانسی سیگنال خروجی انتگرالگیر بازه معین در مد هارمونیک



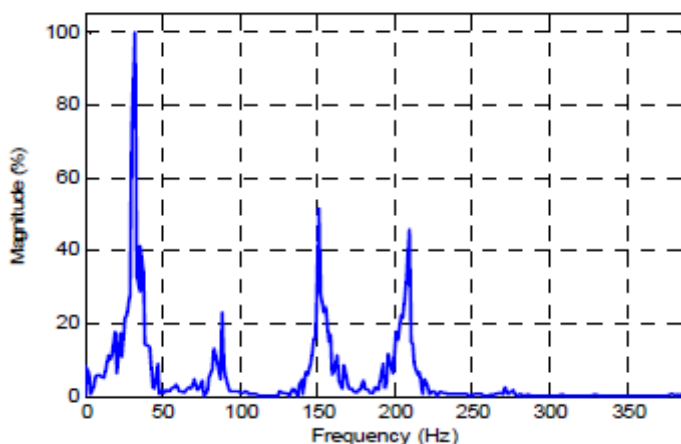
شکل ۸-۴ طیف فرکانسی سیگنال خروجی انتگرالگیر بازه معین در مد زیرهارمونیک ۳

چنانکه مشاهده می شود؛ طیف های فرکانسی اشکال ۱-۴ تا ۳-۴ به سه طیف ساده در شکل های ۶-۴ تا ۸-۴ تبدیل شده اند و اکنون به راحتی می توان توسط یک برنامه کامپیوتری ساده این سه مد را تفکیک نمود. روش کار نیز بسیار ساده است؛ در صورتی که هیچ فرکانسی در طیف فرکانسی مقدار نداشته باشد یا مقادیر کوچکی در فرکانس صفر وجود داشته باشد، فرورزونانس در مد مینا می باشد. اگر طیف فرکانسی تنها در فرکانس صفر مقدار داشته باشد، حکایت از مد هارمونیک است و اگر طیف فرکانسی در کسری از فرکانس مینا مقدار داشته باشد، حکایت از مد زیرهارمونیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

است نکته اینکه در این حالت ممکن است فرکانس صفر و یا هارمونیک های صحیح زیر هارمونیک نیز مقدار داشته باشد توضیح پدیده فوق بسیار ساده است :

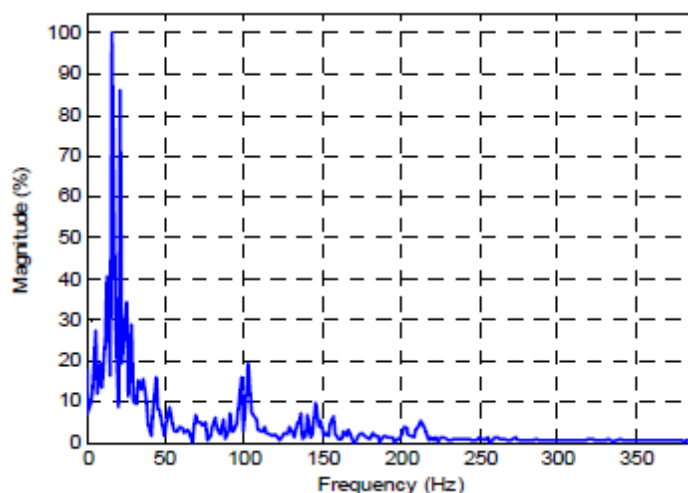
هنگامی که از یک سیگنال با فرکانس مبنا در پرریودهای همان فرکانس انتگرال گرفته شود، خروجی صفر خواهد بود. اگر از یک سیگنال هارمونیکی در بازه فرکانس مبنای آن سیگنال انتگرال گرفته شود، سیگنال خروجی تنها یک مقدار DC خواهد بود و اگر از یک سیگنال زیر هارمونیک در بازه مبنا انتگرال گرفته شود، فرکانس مبنای آن حذف می شود، هارمونیک های اصلی آن DC می شوند و تنها یک موج زیرهارمونیک خالص یا هارمونیکی باقی می ماند. جهت شناسایی مد شبه-پریودیک نیز ابزار ترکیبی مذکور تبدیل فوریه و انتگرال گیر بازه معین شرط لازم است اما کافی نیست. شکل ۹-۴ طیف فرکانسی متناظر با طیف فرکانسی شکل ۴-۴ را نشان می دهد و همانگونه که مشاهده می شود یک زیر هارمونیک غالب با هارمونیک های نظیرش قابل مشاهده است، اما در اینجا مد فرورزونانس زیر هارمونیک نمی باشد، چرا که طیف فرکانسی در مجاورت فرکانس زیر هارمونیک پیوستگی کامل دارد و این موجب حصول مد شبه-پریودیک شده است. در این حالت برای تمیز دو مد زیرهارمونیک و شبه-پریودیک از اطلاعات دیاگرام پوینکر استفاده می شود و تعداد نقاط دیاگرام پوینکر با عدد زیرهارمونیکی بدست آمده از طیف فرکانسی مقایسه می شود، اگر این دو عدد با هم برابر باشند مد حاصل زیر هارمونیک است و در غیر این صورت مد حاصل شبه-پریودیک است :



شکل ۹-۴ طیف فرکانسی سیگنال خروجی انتگرالگیر بازه معین در مد شبه-پریودیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شنا سایی مد آشوبگونه بسیار ساده تر از سایر مدها می باشد ، چرا که در این حالت اولاً طیف فرکانسی مانند آنچه در شکل ۵-۴ نشان داده شده است کاملاً پیوسته است و ثانیاً دیاگرام پوینکر شامل تعداد بسیار زیادی نقاط منفصل می باشد . در این حالت نیازی به استفاده از انتگرال گیر بازه معین نمی باشد اما در صورت استفاده ، دیاگرام طیف فرکانسی متناظر به صورت شکل ۱۰-۴ خواهد بود و همانطور که مشاهده می شود پیوستگی طیف فرکانسی مشهود است.

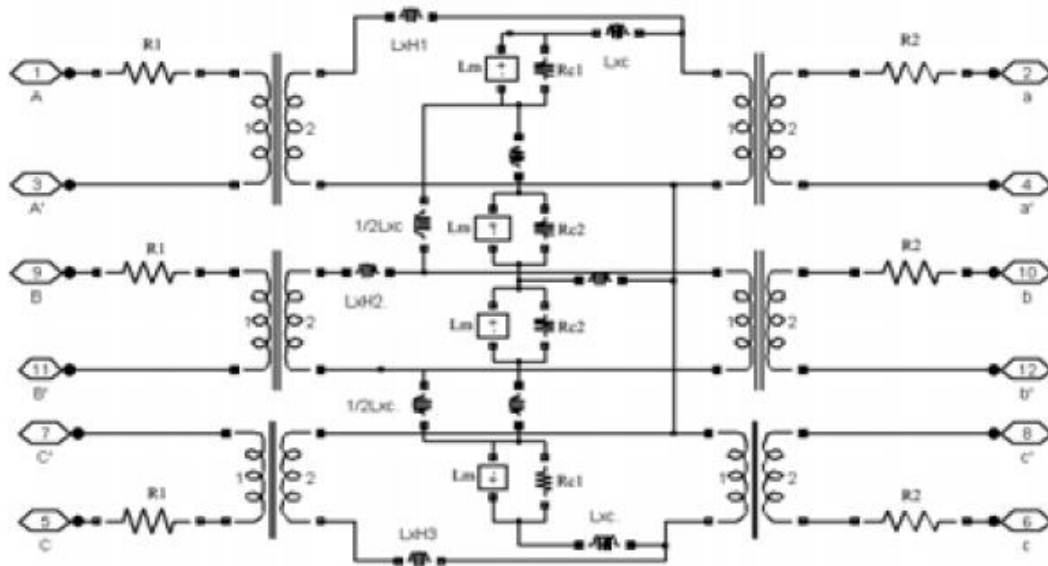


شکل ۱۰-۴ طیف فرکانسی سیگنال خروجی انتگرالگیر بازه معین در مد آشوبگرایانه

۵-۴: شبیه سازی فرورزونانس و دسته بندی مدها

جهت بررسی کارایی روش پیشنهادی، در این بخش یک نمونه موردی از بروز فرورزونانس در یک ترانس پنج ستونه استاندارد، که مشخصات آن در پیوست الف آورده شده ، بررسی شده است. شبیه سازی فرورزونانس در نرم افزار MATLAB و بر اساس مدل ترانس پنج ستونه پیشنهادی نویسنده که در شکل ۱۱-۴ نشان داده شده، انجام گرفته است توضیح اینکه؛ مدل مذکور یکی از کامل ترین مدل ها برای شبیه سازی ترانس های سه فاز است که با در نظر گرفتن اشباع و یکپارچگی هسته ، قابلیت شبیه سازی دقیق گذراهای فرکانس پایین مانند فرورزونانس را دارا می باشد.

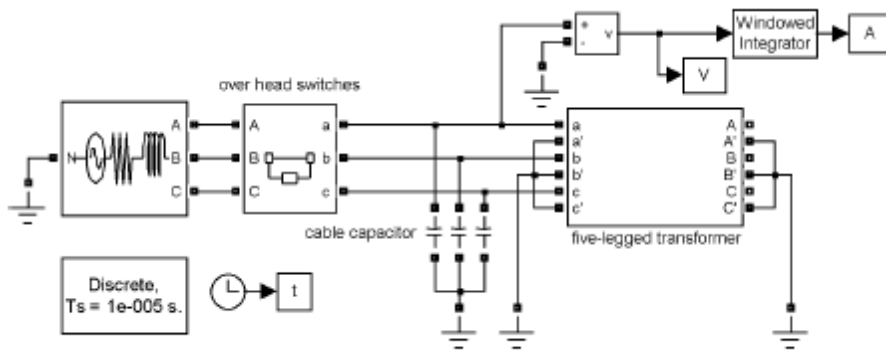
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



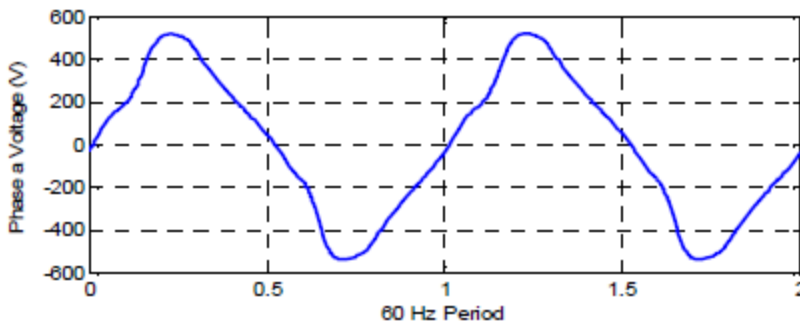
شکل ۱۱-۴ مدل ترانس ۵ ستونه پیشنهادی جهت شبیه سازی دقیق فرورزونانس

در این نمونه موردی، فرورزونانس در اثر باز شدن یک پل کلید سر خط پل A در فاز a ترانسفورماتور پنج ستونه ی بی بار رخ می دهد و بسته به مقدار خازن متصل به مدار طول کابل تغذیه مدهای مختلف فرورزونانس به وقوع می پیوندد. شکل ۱۲-۴ مدار پیشنهادی جهت شبیه سازی پدیده مورد نظر در نرم افزار MATLAB را نشان می دهد. با اجرای مدل مذکور، نتایج شبیه سازی مدهای مختلف فرورزونانس، به ازای مقادیر مختلف خازن معادل کابل متصل به ترانس ۵، ۱۰، ۲۲، ۵۰، ۳۰ و ۱۴،۵ میکروفاراد بصورت نشان داده شده در اشکال ۱۳-۴ تا ۱۷-۴ می باشد، که در مقایسه با نتایج گزارش شده برای نمونه موردی بررسی شده [14] کوچکترین اختلافی نشان نمی دهد.

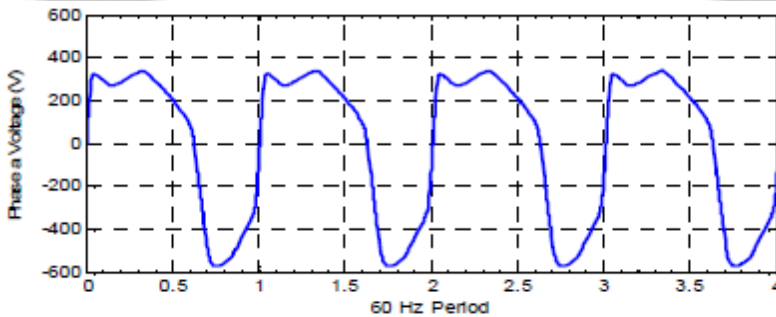
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



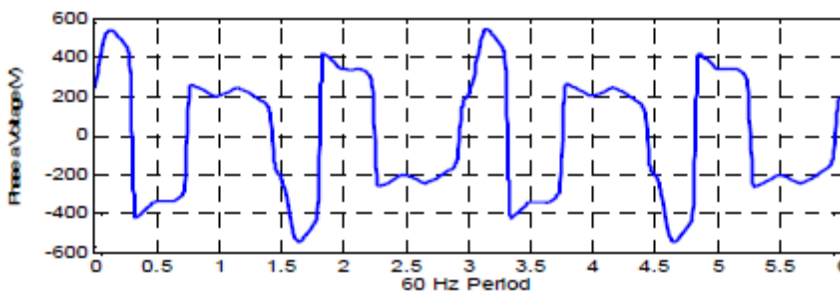
شکل ۱۲-۴ مدار پیشنهادی جهت شبیه سازی پدیده فرورزونانس در ترانس ۵ ستونه



شکل ۱۳-۴ فرورزونانس مد مبنا در فاز a (خازن معادل کابل ۵ میکرو فاراد)

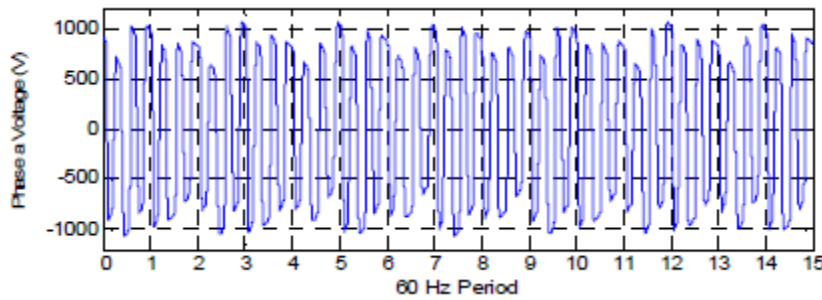


شکل ۱۴-۴ فرورزونانس مد هارمونیک در فاز a (خازن معادل کابل ۱۰ میکرو فاراد)

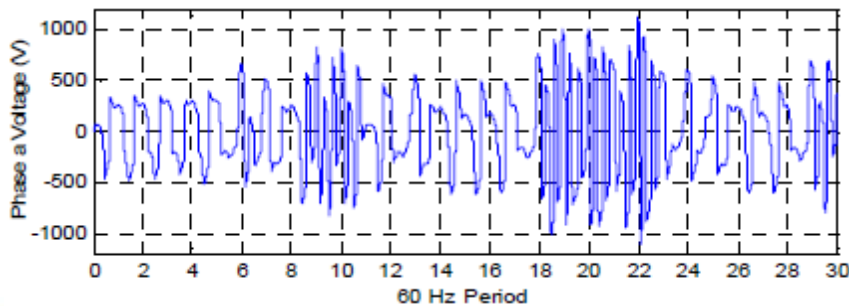


شکل ۱۵-۴ فرورزونانس مد زیر هارمونیک سوم در فاز a (خازن معادل کابل ۲۲,۵ میکرو فاراد)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



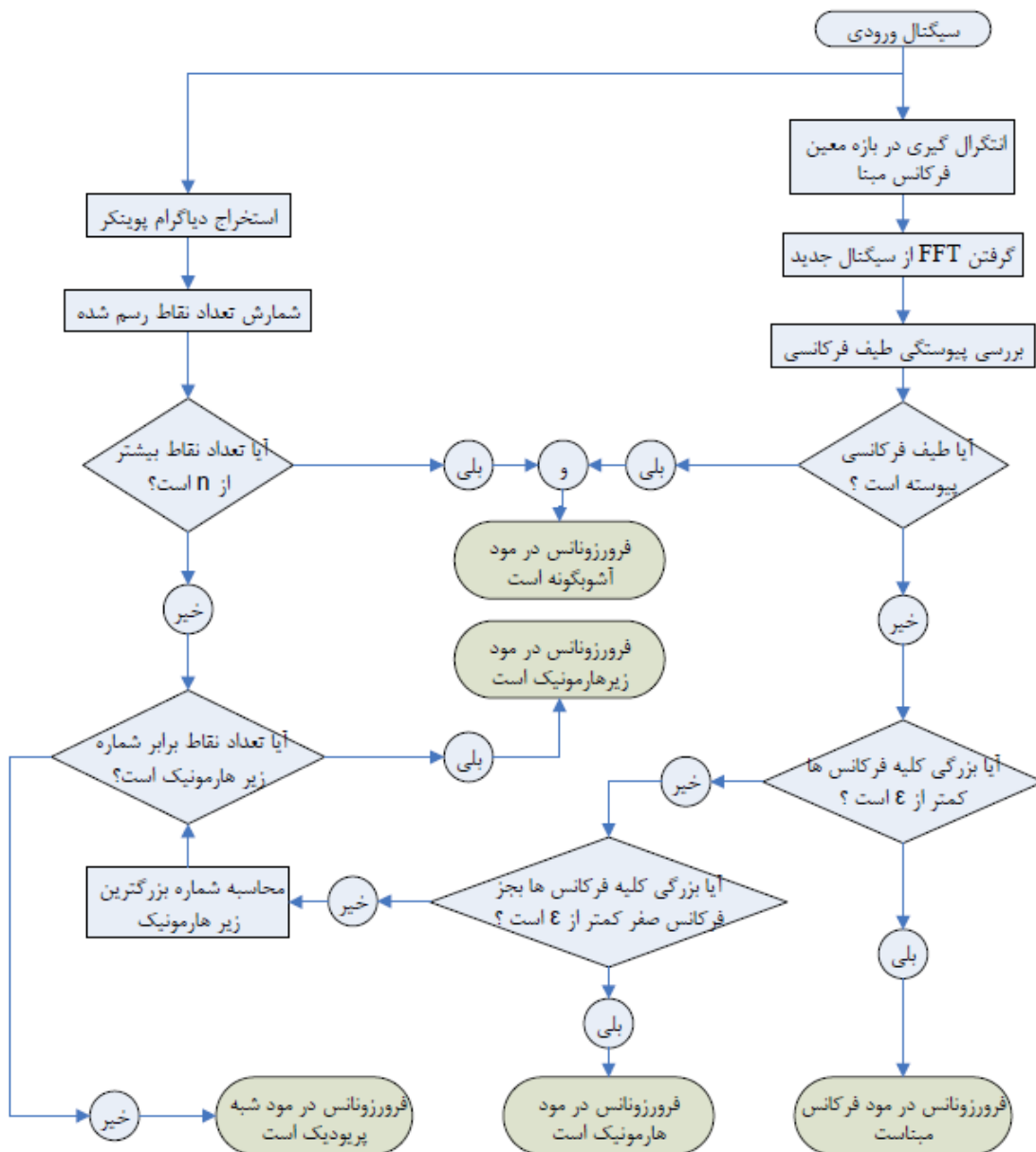
شکل ۱۶-۴ فرورزونانس مد شبه- پریودیک در فاز a (خازن معادل کابل ۳۰ میکرو فاراد)



شکل ۱۷-۴ فرورزونانس مد آشوب در فاز a (خازن معادل کابل ۱۴,۵ میکرو فاراد)

جهت شناسایی و دسته بندی مدهای پدیده فرورزونانس ، برنامه ای مطابق روش پیشنهادی بخش ۴ توسط دستورات نرم افزار MATLAB نوشته شده ، که فلوچارت ساده شده آن در شکل ۱۸-۴ نشان داده شده است. در فلوچارت مذکور سیگنال ورودی، که در اینجا فرضاً یکی از اشکال ۱۳-۴ تا ۱۷-۴ می باشد، پس از انتگرال گیری در بازه فرکانس مبنا و اعمال تبدیل فوریه FFT، به ترتیب به یکی از اشکال ۶-۴ تا ۱۰-۴ تبدیل می شود توضیح اینکه اشکال ۶-۴ تا ۱۰-۴ که پیشتر ارائه گردید از انتگرال گیری و تبدیل فوریه اشکال ۱۳-۴ تا ۱۷-۴ حاصل آمده اند و در واقع کلیه اشکال این مقاله مربوط به شبیه سازی نمونه موردی بررسی شده می باشند و نهایتاً این سیگنال توسط برنامه ی شناسایی نوشته شده شکل ۱۸-۴ مورد پردازش قرار می گیرد، و به این ترتیب دسته بندی و شناسایی اتوماتیک مدهای فرورزونانس بوجود آمده در ترانس پنج ستونه مذکور ، انجام می پذیرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۸-۴ فلودارت روش دسته بندی مدهای فرورزونانس

۶-۴: نتیجه گیری

با توجه به اهمیت کیفیت توان در سیستم های انتقال و توزیع، در ابتدای این مقاله، مقدمه ای برای آشنایی با پدیده فرورزونانس بعنوان یکی از مهمت رین عوامل بر هم زننده کیفیت توان ارائه شد. در ادامه به معرفی و بررسی انواع مدهای پدیده فرورزونانس پرداخته، و مدهای پدیده در غالب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پنج مد مختلف تفکیک ، و در این میان چند ابزار دینامیکی مناسب برای نمایش و شناسایی مدهای پدیده معرفی شد . در ادامه یک روش نوین برای شناسایی و تفکیک اتوماتیک مدهای فرورزونانس با بهره گیری از ابزارهای دینامیکی مذکور ارائه شد.

نهایتاً یک نمونه موردی فرورزونانس ، با شبیه سازی یک ترانس پنج ستونه در نرم افزار MATLAB بررسی شد و روش پیشنهادی مقاله در قالب یک برنامه کامپیوتری جهت دسته بندی مدهای مختلف پدیده مورد آزمایش قرار گرفت.

مراجع

- [1] Boucherot, P., "Existence de deux régimes en ferro résonance," R.G.E., pp. 827–828, Dec. 1920.
- [2] Butler, J.W., and Concordia, C., "Analysis of Series Capacitor Application Problems," AIEE Trans., Vol. 56, pp. 975–988, Aug. 1937.
- [3] Rudenberg, R., Transient Performance of Electric Power Systems., NY: McGraw-Hill Book Company, ch. 48, 1950.
- [4] Hopkinson, R. H., "Ferroresonance During Single- Phase Switching of 3-phase Distribution Transformer Banks," IEEE Trans, Vol. Pas-84, No. 4, pp. 289–293, April 1965.
- [5] Smith, D. R., Swanson, S. R., and Borst, J. D., "Overvoltages with remotely-switched cable-fed grounded wye-wye transformers," IEEE Trans. PAS, Vol. Pas-94, No. 5, pp. 1843–1853, Sept./Oct. 1975.
- [6] Arturi, C. M., "Transient simulation and analysis of a five-limb generator step-up transformer following an out-of-phase synchronization," IEEE Trans., Vol. 6, No. 1, pp. 196–207, Jan. 1991.
- [7] Mork, B., Ferroresonance and chaos—Observation and simulation of ferroresonance in a five-legged core distribution transformer, North Dakota State University, Ph.D. dissertation, Publication no. 9227588, UMI Publishing Services, Ann Arbor, MI48106, (800) 521-0600, May 1992.
- [8] Dugan, R.C., Electrical power system quality, 2th edition, McGraw-Hill, 2004

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

[9] Ferracci, P., Ferroresonance, Cahier technique no. 190, Groupe Schneider, March 1998.

[10] Mork, B.A., and Stuehm, D.L., "Application of Nonlinear Dynamics and Chaos to Ferroresonance in Distribution Systems", IEEE Trans, Vol. 9, No. 2, April 1994.

[11] Escudero, V., Dudurych, M., and Redfern, M.A., "Characterization of ferroresonant modes in HV substation with CB grading capacitors", Electric Power Systems Research 77, pp. 1506–1513, 2007.

[12] Chakravarthy, S. K., and Nayar, C. V., "Ferroresonant Oscillations in Capacitor Voltage Transformers", IEE Proc, Vol. 142, No. 1, February 1995.

[13] Parker, T. S., and Chua, L. O., " Chaos: A Tutorial for Engineers", IEEE Trans, Vol. 75, No. 8, Aug 1987.

[14] Mork, B., "Five-legged wound core transformer model: Derivation, parameters, implementation, and evaluation," IEEE Trans. Power Del., Vol. 14, pp. 1519–1526, Oct. 1999.

No. 4,

[15] Khorasani, P. G., and Deihimi, A., "A New Modeling of Matlab Transformer for Accurate Simulation of Ferroresonance", IEEE Conf, PowerEng-2009, March 2009.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم :

طبقه بندی پدیده فرورزونانس توسط شبکه عصبی کوانتیزه کننده برداری و بر اساس ویژگیهای استخراج شده توسط تبدیل موجک



چکیده

یکی از عوامل سوختن و خرابی ترانسفورماتورها در سیستم های قدرت، وقوع پدیده فرورزونانس است. بنابراین شناسایی پدیده فرورزونانس از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله کارکرد شبکه عصبی یادگیری کوانتیزه کننده برداری LVQ در طبقه بندی دو دسته سیگنال که دسته اول شامل انواع فرورزونانس و دسته دوم شامل انواع کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار، کلیدزنی ترانسفورماتور می باشد، با استفاده از ویژگیهای استخراج شده توسط تبدیل موجک Daubechies خانواده تا شش سطح مورد بررسی قرار گرفته است. انرژی شش سیگنال جزئیات حاصل از اعمال تبدیل موجک به عنوان ویژگیهای استخراج شده از الگوها، برای آموزش و امتحان شبکه عصبی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

LVQ بکار رفته است. در انتها نتایج این روش با نتایج الگوریتم فوق توسط شبکه عصبی رقابتی مقایسه شده است.

۱-۵: مقدمه

به منظور تشخیص پدیده های تصادفی در سیستم های قدرت، سیگنالهای مختلفی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از این سیگنالها، سیگنال کیفیت توان است که روشهای مختلفی در مقالات برای طبقه بندی در این زمینه منتشر شده است. از جمله: روش فیلتر کالمن، تبدیل فوریه زمان، سیستم های خبره برای طبقه بندی سیگنالهای کوتاه کیفیت توان، طبقه بندی اتوماتیک بر اساس استخراج ویژگیهای موجکها طبقه بندی کننده بایسین، آمده شبکه های عصبی، مدل مخفی مارکوف ۱۵ است. دسته دیگر، سیگنالهای خطای امیدانس بالا است که در این زمینه نیز مقالات زیادی منتشر شده است. در حوزه زمان روشهای نسبت رله زمین و الگوریتم رله تناسبی مطرح شده است. در حوزه فرکانس با استفاده از تبدیل فوریه، مولفه های روشهایی بر اساس مولفه های هارمونیک مطرح شده است روش فیلتر کالمن هارمونیک داخلی و شبکه های عصبی و تبدیل موجک در نیز مطرح شده است. در این مقاله از یک الگوریتم جدید با استفاده شبکه عصبی و تبدیل موجک برای شناسایی فرورزونانس از سایر پدیده های گذرا استفاده شده است. شبکه LVQ بردارهای ورودی را به وسیله یک لایه رقابتی برای پیدا کردن زیر کلاسه های ورودی، و سپس ترکیب زیر کلاسه ها توسط یک لایه خطی در کلاسه های هدف، طبقه بندی می کند. بر خلاف شبکه های پرسپترون که تنها بردارهای مجزا شده خطی را طبقه بندی می کنند، شبکه LVQ این توانایی را دارد که هر دسته از بردارهای ورودی را طبقه بندی کند. تنها لازم است که لایه رقابتی به اندازه کافی نرون داشته باشد، تا به هر طبقه تعداد کافی نرون تعلق بگیرد. تبدیل موجک در فرکانسهای بالا رزولوشن زمانی خوب و رزولوشن فرکانسی ضعیف، و برعکس در فرکانسهای پایین، رزولوشن فرکانسی خوب و رزولوشن زمانی ضعیف دارد. این خاصیت در مورد سیگنال های دارای فرکانسهای بالا در بازه های زمانی کوتاه و دارای فرکانسهای پایین برای بازه های زمانی طولانی،

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مانند سیگنالهای این تحقیق که دارای چنین خاصیتی می باشند، مفید خواهد بود. ساختار مقاله بصورت زیر است:

در بخش دوم مقاله، به معرفی پدیده فرورزونانس پرداخته در بخش سوم نحوه بدست آوردن سیگنالها با استفاده از نرم افزار EMTP بر روی شبکه 20KV توضیح داده شده، در بخش چهارم به معرفی تبدیل موجک پرداخته و نحوه استخراج ویژگیها توضیح داده شده است و در بخش پنجم، به معرفی شبکه عصبی LVQ پرداخته و در انتها نتایج شبیه سازی الگوریتم پیشنهاد شده با استفاده از تبدیل موجک و شبکه عصبی آمده است.

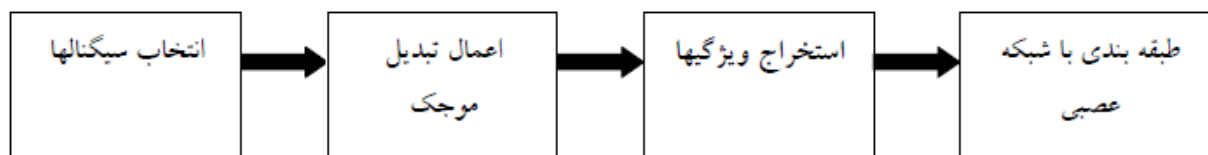
۲-۵: پدیده فرورزونانس

فرورزونانس اصطلاحی است که بمنظور توصیف پدیده تشدید در مدارهای که حداقل دارای یک عنصر غیر خطی سلفی است، بکار برده می شود. مدارهای که شامل ترکیب سری یک سلف قابل اشباع و مقاومت خطی و خازن است، مدار فرورزونانس نامیده می شود. تشدید می شود که در مدار شامل سلف خطی رخ می دهد به تشدید خطی سری و تشدید می شود که در مدار شامل راکتور قابل اشباع رخ می دهد به فرورزونانس یا تشدید جهشی موسوم است. تحقیقات در مورد پدیده فرورزونانس سابقه هشتاد ساله دارد. کلمه فرورزونانس در مقالات علمی دهه ۱۹۲۰ دیده شد. علایق عملی در سال ۱۹۳۰ زمانی به وجود آمد که استفاده از خازنهای سری برای تنظیم ولتاژ در سیستمهای توزیع، باعث بروز اضافه ولتاژ در شبکه توزیع می گردید. از آن زمان تاکنون بیش تر تحقیقات در این زمینه بر مدل سازی دقیقتر ترانسفورماتور و مطالعه پدیده فرورزونانس متمرکز بوده است. اصولاً فرورزونانس پدیده ای غیرخطی است. بنابراین بسیاری از روشهای بکار برده شده جهت بررسی این پدیده مبتنی بر حوزه زمان و با بکار بردن نرم افزار EMTP می باشد. فرورزونانس اثرات تخریبی متعددی بر ترانسفورماتورها و تجهیزات دیگر دارد که عبارتند از:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

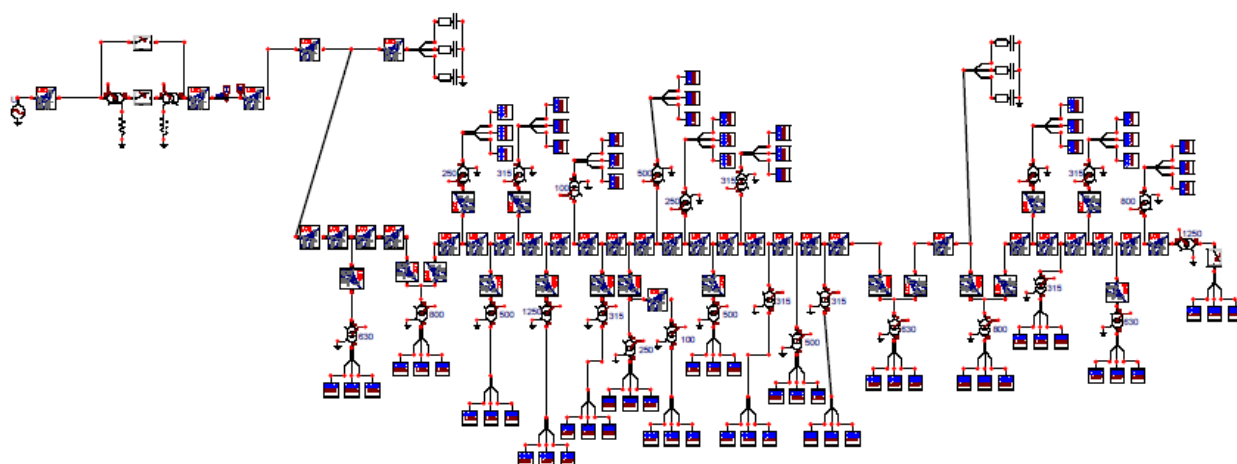
- به وجود آمدن ولتاژها و جریانهای بزرگ ماندگار یا موقت در سیستم
- ایجاد اعوجاج در شکل موجهای ولتاژ جریان
- تولید صداهای گوش خراش پیوسته در ترانسفورماتورها و راکتورها
- تخریب تجهیزات الکتریکی به علت گرمای زیاد یا شکست الکتریکی
- عملکرد ناخواسته رله ها
- گرم شدن ترانسفورماتور در حالت بی باری سه شرط لازم نه کافی برای بروز پدیده فرورزونانس عبارتند از:

۱. حضور همزمان خازن با راکتور غیر خطی در سیستم
 ۲. وجود حداقل یک نقطه از سیستم که دارای ولتاژ ثابت نباشد.
 ۳. وجود اجزا سیستم با بار کم مانند ترانس فورماتورهای قدرت یا ترانسفورماتورهای ولتاژ بدون بار یا منابع انرژی با اتصال کوتاه پایین مانند ژنراتورهای اضطراری در صورتیکه هر کدام از این سه شرط برقرار نباشد احتمال وقوع فرورزونانس بسیار ضعیف است.
- با توجه به اثرات مخرب این پدیده، تشخیص آن از سایر پدیده های گذرا از اهمیت ویژه ای برخوردار است که در این مقاله از یک الگوریتم جدید برای تشخیص این پدیده استفاده شده است شکل ۱-۵ به کمک این الگوریتم تف سیر برخی از رخدادها که احتمال بروز پدیده فرورزونانس در آنها وجود دارد قابل انجام بوده، همچنین میتوان نسبت به ساخت رله هایی برای مقابله با پدیده فرورزونانس کمک نماید.



شکل ۱-۵ الگوریتم ارائه شده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-۵ فیدر 20KV

۳-۵: جمع آوری اطلاعات

برای بدست آوردن سیگنالها، بخشی از یک فیدر 20KV جزیره قشم که در شکل ۲-۵ نشان داده شد انتخاب شده است. در این قسمت پس از تشریح اطلاعات شبکه شبیه سازی شده، نحوه بدست آوردن سیگنالها توضیح داده می شود. با توجه به اینکه طول هر بخش فیدر کوچک است برای بررسی حالت های گذرا، استفاده از مدل π برای خطوط مناسب می باشد. نحوه آرایش هادیها و فاصله بین آنها در شکل ۱۵-۵ نشان داده شده است. کابل مورد استفاده سه کابل تکفاز 1×120 بودند مدل π استفاده شده برای کابل نیز مدل ۱ است. اطلاعات الکتریکی مورد نیاز برای مدل سازی خطوط در بصورت زیر است:

$$X=0.35 \Omega / Km \text{ , } R=0.509 \Omega / Km$$

$$\text{شعاع خارجی هادیها} = 0.0549 \text{ cm}$$

اطلاعات مکانیکی مورد نیاز برای مدل سازی خطوط در پیوست آمده است. مدل استفاده شده برای بارهای فشار ضعیف مدل فرکانسی بار بنام CIGRE است که در سمت فشار ضعیف ترانسهای توزیع نصب شدند. به منظور رعایت عدم تعادل بار از سه بار تکفاز جداگانه برای هر ترانس استفاده شد. جریان بارهای فشار ضعیف مطابق با جدول 3 استفاده شدند. مدل فرکانسی بار مدل CIGRE است و برای استفاده از آن نیاز به پارامترهای فیزیکی بار نظیر V, Q, P و پارامترهای A, B, C می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

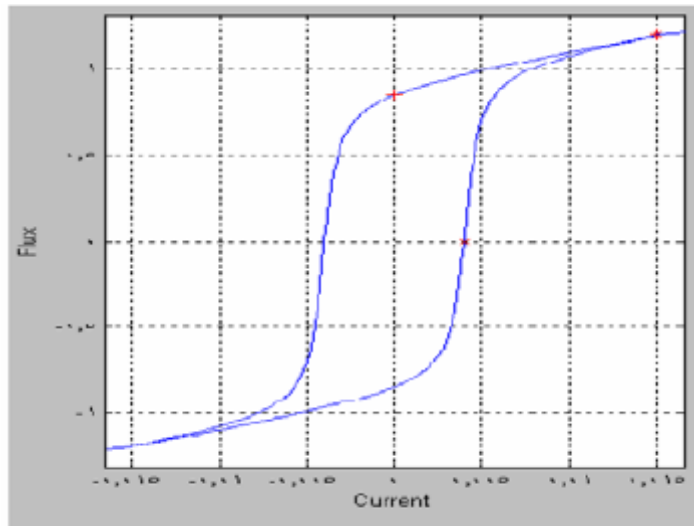
پارامترهای فیزیکی بار با توجه به سطح ولتاژ ۲۲۰ ولت برای شبکه فشار ضعیف و جریان هر فاز و ضریب توان بار که برای باره ای خانگی ۰.۸ و برای بارهای صنعتی ۰.۷۵ در نظر گرفته شد پارامترهای A,B,C عبارتند از:

$$A=0.073 \quad B=6.7 \quad C=0.74$$

به منظور کلید زنی خازنی از سه خازن با ظرفیتهای 100KVAR تا 250KVAR به صورت ستاره استفاده شد. در دو مکان یکی در ۲,۳ طول فیدر و دیگری در انتهای فیدر، اقدام به انجام آزمایشهای کلیدزنی خازنی گردید. برای ترانسفورماتورها از مدل اشباع آنها استفاده شد و برای مدل سازی حلقه هیستریزس از عنصر سلف با حلقه هیستریزس TYPE96 در EMTP استفاده شد که به خروجی شاخه مغناطیس کننده ترانس متصل گردید. منحنی مغناطیس شونده ترانسفورماتورها در شکل ۳-۵ آمده است. اطلاعات مربوط به پارامترهای مدار معادل ترانس که برای استفاده در مدل اشباع مورد نیاز است. با استفاده از اطلاعات آزمایشهای اتصال کوتاه و بی باری ترانس بدست می آیند که معمولاً در کاتالوگهای مربوط ارائه شده اند. اطلاعات نوعی تعدادی از ترانسها در جدول ۴-۵ آمده است. انواع سیگنالهای فرورزونانس که پارامترهای مختلف از جمله انواع کلید زنیها، نوع اتصال ترانسفورماتور، پدیده هیستریزس، خاصیت خازنی خط، طول خط و اثر بار، که می توانند در وقوع این پدیده موثر باشند شبیه سازی شده اند که در شکل ۴-۵ سه نمونه از سیگنالهای فرورزونانس که با شبیه سازی در EMTP حاصل شده است، آمده است. انواع سیگنالهای کلیدزنی خازنی، با کلیدزنی دو بانک خازنی موجود در شبکه در حالتی مختلف، بدست آمده است بعنوان مثال ابتدا بانک خازنی اول را کلیدزنی، بار دیگر بانک خازنی دوم، بار دیگر هر دو را با هم و حالتی دیگر نیز میتوانند با کلیدزنی یک بانک خازنی و کلیدزنی قسمتی از شبکه بدست آید که در شکل ۵-۵، سه نمونه آمده است. برای شبیه سازی انواع سیگنالهای کلیدزنی بار، بارها را در حالتی مختلف کلیدزنی می کنیم، بعنوان مثال ابتدا بارها را بصورت تک تک و بار دیگر بارها را دو تا دو تا و حالتی دیگر نیز میتوانند با کلیدزنی یک یا دو بار و کلیدزنی قسمتی از شبکه بدست آید بهمین ترتیب سیگنالهای مختلفی بدست می آیند که در شکل ۶-۵، سه نمونه آمده است. برای

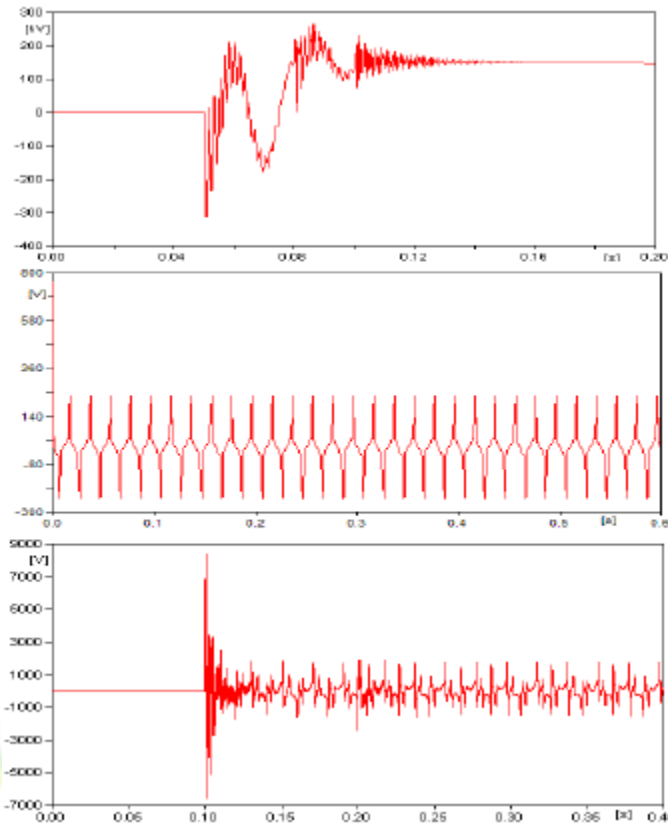
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شبیه سازی سیگنالهای کلیدزنی ترانسفورماتور، ترانسفورماتورها را در حالت های مختلف کلیدزنی می کنیم، بعنوان مثال ابتدا ترانسفورماتورها را بصورت تک تک و بار دیگر ترانسفورماتورها را دو تا دو تا و حالت های دیگر نیز میتوانند با کلیدزنی یک یا دو ترانسفورماتور و کلیدزنی قسمتی از شبکه بدست آید، بهمین ترتیب سیگنالهای مختلفی بدست می آید که در شکل ۷-۵، سه نمونه آمده است. بدین ترتیب برای هر گروه از سیگنالها ۲۰ نمونه بدست می آید. سپس سیگنالها را در بازه ماگزیمم-مینیمم ۰ تا ۱ نرمالیزه مقیاس می کنیم. این عمل در استخراج صحیح تر ویژگیها برای هر الگو، بسیار موثر است.



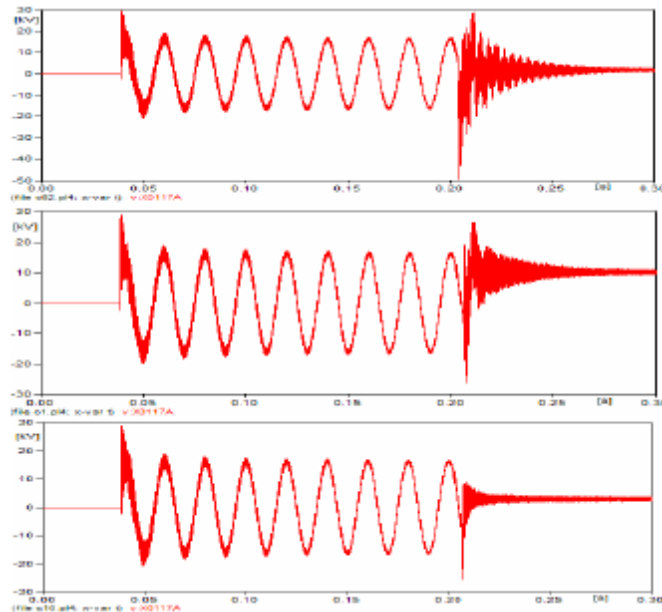
شکل ۳-۵ منحنی مغناطیس شوندهای ترانسفورماتورها

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



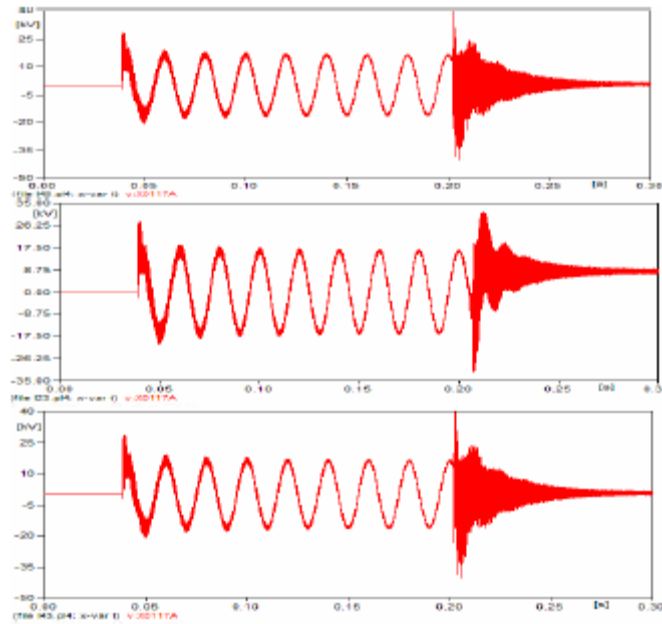
شکل ۴-۵ سه نمونه از سیگنال های فرورزونانس

WikiPower.ir

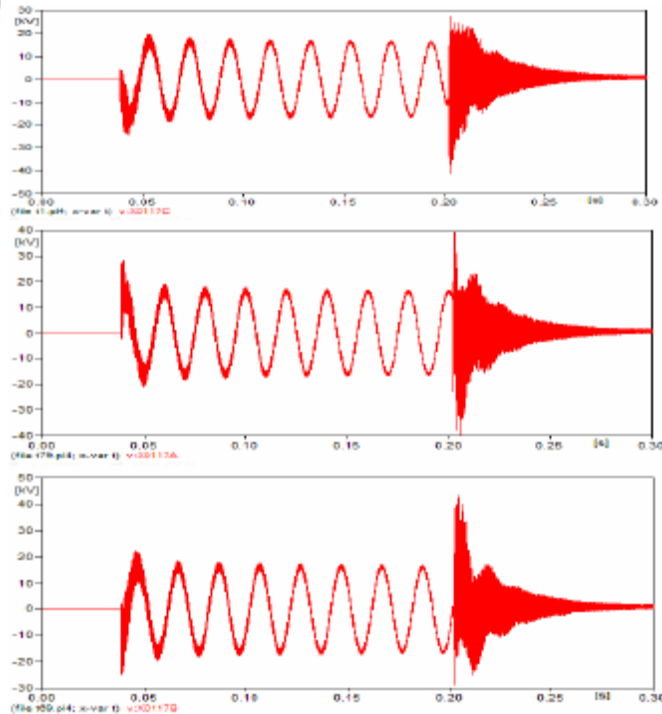


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۵-۵ سه نمونه از سیگنال های کلید زنی خازنی



شکل ۵-۶ سه نمونه از سیگنال های کلید زنی بار



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

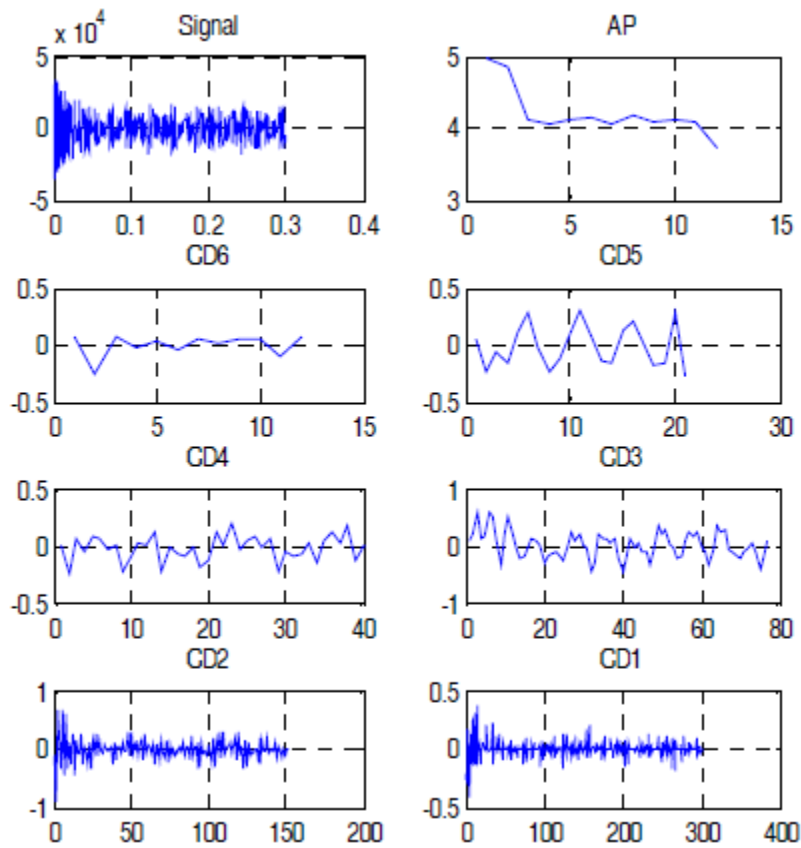
شکل ۵-۷ سه نمونه از سیگنال های کلید زنی ترانسفورماتور

۴-۵: اعمال تبدیل موجک و استخراج ویژگیها

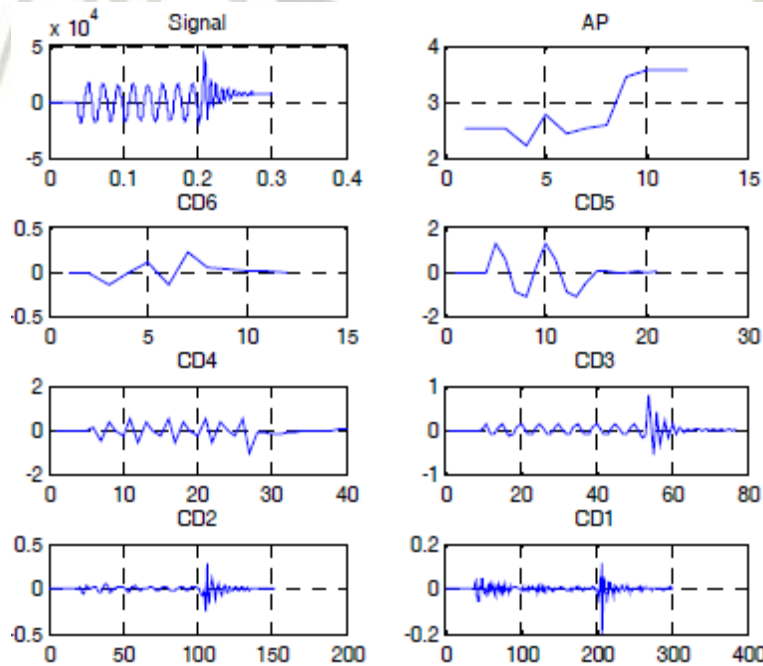
عملیات تجزیه توسط تبدیل موجک با عبور سیگنال از یک فیلتر پایین گذر نیم باند دیجیتالی انجام می شود. این فیلتر پایین گذر نیم باند تمام فرکانسهای را که بالاتر از نصف بیشترین فرکانس سیگنال قرار دارند را حذف می کند. اگر سیگنال با نرخ نایکویست که دو برابر بیشترین فرکانس در سیگنال است نمونه برداری شده باشد، بالاترین فرکانس که در سیگنال وجود دارد π رادیان است. یعنی، فرکانس نایکویست در حوزه فرکانسی گسسته مطابق با π (rad/s) می باشد. بعد از عبور سیگنال از یک فیلتر پایین گذر نیم باند، طبق نظریه نایکویست می توان نصف نمونه ها را حذف کرد، چرا که حال سیگنال دارای حداکثر فرکانس $\pi/2$ (rad/s) می باشد. به این ترتیب سیگنال حاصل دارای طولی به اندازه نصف طول سیگنال اولیه می باشد. این عملیات شش مرتبه تکرار می شود، و سیگنالهایی که توسط فیلتر پایین گذر در هر مرحله کنار گذاشته می شوند، به عنوان سیگنال جزئیات در نظر گرفته می شود. انرژی این سیگنالهای جزئیات، ویژگیهای استخراج شده از الگوها جهت ارائه به شبکه عصبی، در این تحقیق خواهند بود. در شکلهای ۸-۵ تا ۱۱-۵ یک الگوی هر یک از سیگنالها را همراه با شش سیگنال جزئیات و سیگنال تقریب حاصل از اعمال تبدیل موجک خانواده Daubechies تا شش سطح را نشان می دهد. طبق تعریف، انرژی هر سیگنال گسسته مثل $x(n)$ چنین تعریف میشود: (N طول سیگنال)

$$E(x) = \sum_{n \in \langle N \rangle} |x(n)|^2 \quad (1)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



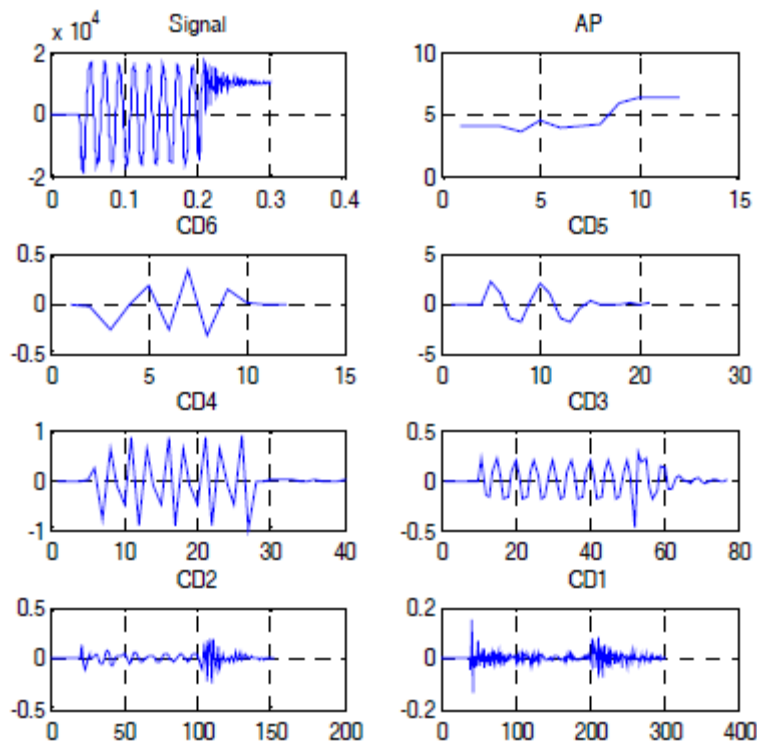
شکل ۸-۵ یک الگوی فرورزونانس، سیگنال تقریب AP و سیگنال های جزئیات CD1-CD6



شکل ۹-۵ یک الگوی کلید زنی ترانسفورماتور، سیگنال تقریب AP

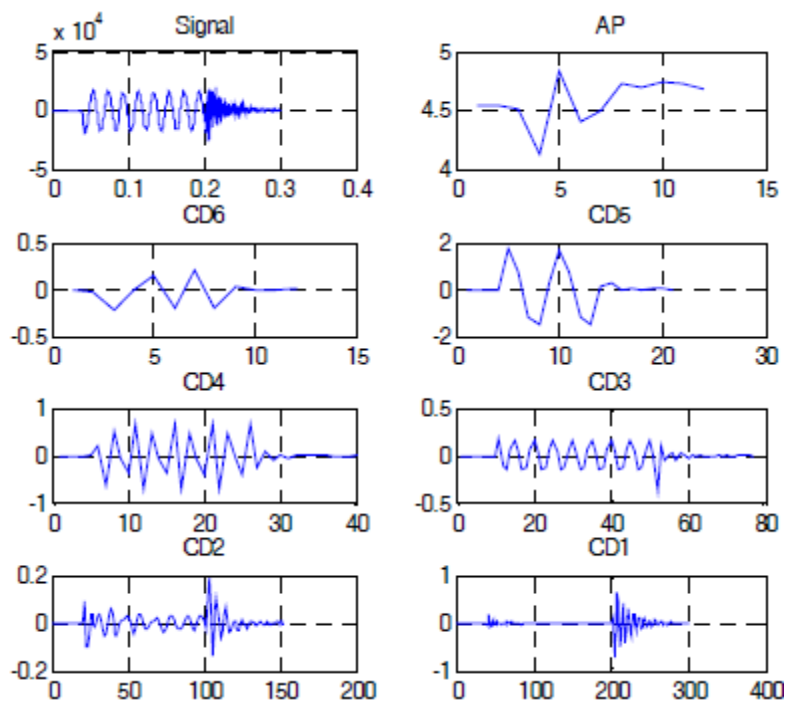
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

وسیگنال های جزئیات CD1-CD6



شکل ۱۰-۵ یک الگوی کلید زنی خازن، سیگنال تقریب AP

وسیگنال های جزئیات CD1-CD6



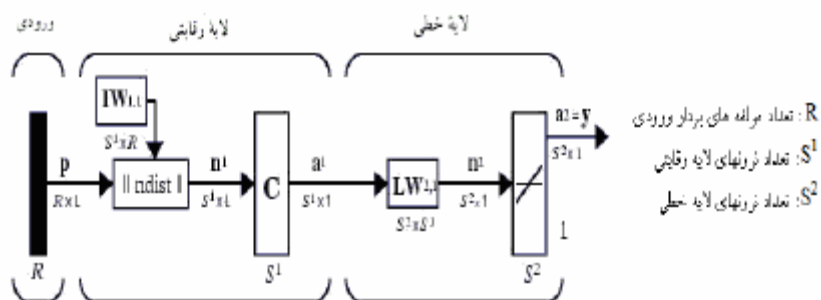
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۱-۵ یک الگوی کلید زنی بار، سیگنال تقریب AP و سیگنال های جزئیات CD1-CD6

۵-۵: شبکه عصبی کوانتیزه کننده برداری

در این مقاله، برای تشخیص دو کلاس از یکدیگر جدا سازی پدیده فرورزونانس از سایر پدیده های گذرا از یک طبقه بندی کننده استفاده می کنیم که شبکه عصبی LVQ، نقش یک طبقه بندی کننده را بازی میکند که در این قسمت به معرفی شبکه عصبی LVQ پرداخته شده است. یک شبکه LVQ در لایه اول از یک شبکه رقابتی و در لایه دوم از یک لایه خطی تشکیل شده است. لایه رقابتی بردارهای ورودی را به همان روش شبکه های رقابتی طبقه بندی میکند. لایه خطی نیز کلاسهای لایه رقابتی را بصورت کلاسهای مورد نظر کاربر طبقه بندی میکند. ما کلاسهایی که لایه رقابتی جدا کرده است را زیر کلاس و کلاسهایی را که لایه خطی مشخص می کند، کلاسهای هدف می نامیم. لایه های رقابتی و خطی دارای یک نرون برای هر زیر کلاس یا کلاس هدف هستند. تعداد کلاسهای هدف همواره از تعداد زیر کلاسها کمتر است. معماری شبکه LVQ در شکل ۱۲-۵ نشان داده شده است. در این شکل P بردار ورودی با R مولفه و $IW^{1,1}$ ماتریس وزن نرونهای لایه رقابتی است. هر سطر این ماتریس مربوط به یک نرون می باشد. بلوک $\|ndist\|$ فاصله بردار ورودی P را از بردار وزن هر نرون محاسبه می کند. بنابراین اگر تعداد نرونهای لایه رقابتی S^1 باشد، برای بردار ورودی با R مولفه ابعاد ماتریس $IW^{1,1}$ ، $S^1 \times R$ خواهد بود. در این حالت خروجی بلوک $\|ndist\|$ که در شکل با n^1 مشخص شده است، نیز یک بردار S^1 مولفه ای است که هر مولفه آن برابر فاصله یک نرون تا بردار ورودی است. بلوک C یک تابع رقابتی است که خروجی آن a^1 برداری است که یک مولفه آن ۱ و سایر مولفه های آن صفر میباشد. مولفه یک آن متناظر با کمترین مولفه n^1 است. مولفه یک از بردار a^1 بیانگر زیر کلاسی است که بردار ورودی P به آن تعلق دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۲-۵ معماری شبکه عصبی یادگیری کوانتیزه کننده برداری

در لایه خطی کلاس هدف متناظر با زیر کلاس لایه رقابتی مشخص میشود. تعداد نرونهای لایه خطی S^2 با تعداد کلاسهای هدف برابر است. بلوک $LW^{2,1}$ ماتریس وزن نرونهای لایه خطی می باشد و مولفه های آن ۱ یا صفر میباشند. این لایه زیر کلاسهای قرار گرفته در هر کلاس هدف را مشخص میکند. برای مثال فرض کنید که نرونهای ۲، ۱ و ۳ در لایه رقابتی، زیر کلاسهایی از ورودی را یاد میگیرند که به کلاس هدف شماره ۲ لایه خطی تعلق دارند. آنگاه نرونهای رقابتی ۲، ۱ و ۳ دارای وزنهای یک در نرون دوم لایه خطی، و وزنهای صفر در بقیه نرونهای لایه خطی خواهند بود. بنابراین این نرون لایه خطی در صورت برنده شدن هر یک از نرونهای ۲، ۱ و ۳ لایه رقابتی، یک در خروجی ایجاد خواهد کرد. به این ترتیب زیر کلاسهای لایه رقابتی بصورت کلاسهای هدف ترکیب خواهند شد. ماتریس $LW^{2,1}$ در ابتدا به وسیله کاربر مقدار دهی میشود و برخلاف $IW^{1,1}$ در جریان یادگیری تغییر نمی کند. در پایان بردار بدست آمده از ضرب ماتریس a^1 در $LW^{2,1}$ یعنی a^2 به یک تابع همانی اعمال میشود تا بردار خروجی لایه خطی بدست آید.

۱-۵-۵: روش یادگیری LVQ

یادگیری شبکه LVQ در لایه رقابتی بر اساس یک دسته از جفتهای ورودی هدف می باشد یادگیری با ناظر:

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \dots, \{p_Q, t_Q\} \quad (3)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بردارهای p ورودی و بردارهای t هدف می باشند. هر بردار هدف شامل یک مولفه 1 می باشد و بقیه عناصر آن صفر هستند. عدد 1 نمایانگر طبقه بردار ورودی می باشد. برای مثال، جفت آموزشی زیر را در نظر بگیرید

$$\left\{ p_1 = \begin{bmatrix} 3 \\ 2.1 \\ 1.3 \\ 0.4 \\ 0.1 \end{bmatrix}, t_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\} \quad (4)$$

در اینجا ما بردارهای ورودی پنج مولفه ای داریم، و هر بردار ورودی باید به یکی از شش کلاس تعلق گیرد. شبکه باید طوری آموزش یابد که این بردار ورودی p را در سومین کلاس طبقه بندی کند. به منظور آموزش شبکه، یک بردار ورودی ارائه میشود، و فاصله p با هر سطر ماتریس وزن ورودی $IW^{1,1}$ محاسبه میشود. نرونهای مخفی لایه اول به رقابت می پردازند. فرض کنید که a امین مولفه از a^1 دارای کمترین مقدار است، پس نرون a رقابت را می برد. آنگاه تابع تبدیل رقابتی a امین مولفه از a^1 را یک و سایر مولفه های آنرا را صفر می کند. هنگامی که a^1 در ماتریس وزن نرونهای لایه دوم یعنی $LW^{2,1}$ ضرب میشود، یک موجود در a^1 ، کلاس K را برای بردار ورودی p انتخاب می کند. به این ترتیب، شبکه بردار ورودی p را در کلاس K قرار داده و a^2_k یک شده است. البته این کلاس بدست آمده برای بردار p توسط شبکه می تواند درست یا غلط باشد. اگر تشخیص شبکه درست باشد سطر a ام از $IW^{1,1}$ را طوری تصحیح می کنیم که این سطر به بردار ورودی نزدیکتر شود، و برعکس، در صورت غلط بودن تشخیص، تصحیح به گونه ای صورت میگیرد که این سطر ماتریس وزن $IW^{1,1}$ از ورودی دورتر می شود. فرض کنید بردار q, p امین بردار ارائه شده به شبکه جهت آموزش باشد. اگر p توسط شبکه درست طبقه بندی شود، داریم

$$a^2_k = t_k = 1 \quad (5)$$

در این مرحله ما مقدار جدید a امین سطر از $IW^{1,1}$ را چنین تنظیم می کنیم:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$IW_i^{1,1}(q) = IW_i^{1,1}(q-1) + \alpha(p(q) - IW_i^{1,1}(q-1)) \quad (6)$$

در این رابطه α نرخ یادگیری است که مقدار آن بین صفر و یک میباشد، $IW_i^{1,1}(q-1)$ مقدار قبلی و $IW_i^{1,1}(q)$ مقدار جدید ا امین ردیف ماتریس وزن نرونهاى لایه رقابتی است. از طرفی، اگر طبقه بندی اشتباه باشد یعنی

$$a_k^2 = 1 \neq t_k = 0 \quad (7)$$

مقدار جدید ا امین ردیف از $IW^{1,1}$ را طبق رابطه زیر تغییر میدهیم

$$IW_i^{1,1}(q) = IW_i^{1,1}(q-1) - \alpha(p(q) - IW_i^{1,1}(q-1)) \quad (8)$$

این اصلاحات موجب می شود که وزن نرون مخفی برنده به سوی بردار ورودی که در کلاس مربوطه قرار دارد حرکت کند و از طرفی از سایر بردارها فاصله بگیرد.

۵-۶: پیاده سازی الگوریتم و نتایج شبیه سازی

سیگنالهای بدست آمده را به دو دسته تقسیم می کنیم که دسته اول شامل انواع فرورزونانس و دسته دوم شامل انواع کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار، کلیدزنی ترانسفورماتور می باشد. این سیگنالها، با استفاده تبدیل موجک خانواده Daubechies موجود در جعبه ابزار Wavelet نرم افزار MATLAB تجزیه شده، انرژی سیگنالهای جزئیات حاصل از اعمال تبدیل موجک تا شش سطح به عنوان ویژگیهای ارائه شده به شبکه عصبی بکار رفته است. برای شبکه LVQ، در لایه مخفی ۸ نرون در نظر گرفته شده که ۲ نرون آن به سیگنالهای فرورزونانس و ۶ نرون باقیمانده به سیگنالهای کلیدزنی خازنی، کلیدزنی بار و کلیدزنی ترانسفورماتور اختصاص یافته است. برای آموزش شبکه از هر چهار نوع سیگنال، ۱۵ نمونه جهت یادگیری ۱۰ نمونه جهت تست شبکه بکار رفته است. همچنین نرخ یادگیری شبکه ۰,۰۰۰۱ و تعداد epoch ها ۲۵۰ انتخاب شده است. لازم به ذکر است که نرخ یادگیری و تعداد epoch ها، با روش سعی و خطا انتخاب شده اند که با مقادیر فوق، شبکه بیشترین درصد تشخیص را دارد. نرخ یادگیری کم نوسانات وزن نرونها را در هنگام یادگیری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افزایش می دهد و مقدار کمتر برای این پارامتر، تاثیر محسوسی در بهبود دقت شبکه ندارد. تبدیل موجک خانواده Daubechies را بر روی هر سه فاز جریان و ولتاژ سیگنالها اعمال می کنیم که نتایج حاصله توسط شبکه عصبی LVQ در جدول ۱-۵ آمده است. لازم به ذکر است ولتاژها و جریانها، ولتاژها و جریانهای ابتدای فیدر ثانویه ترانسفورماتور 20KV/0.4 است. با اعمال تبدیل موجک Daubechies1 بر روی جریان فاز دوم سیگنالها، شبکه عصبی کمترین دقت یعنی ۵۱,۶۶٪ و با اعمال تبدیل موجک Daubechies2 بر روی ولتاژ فاز سوم سیگنالها، شبکه عصبی بالاترین دقت یعنی ۹۵٪ را داشته است. این نتایج را می توان با استفاده از انرژی لحظه ای توان دوم جریان فاز دوم و ولتاژ فاز سوم سیگنالها بهتر توجیه کرد که در شکل های ۱۳-۵ و ۱۴-۵ نشان داده شده اند. از شکل های مذکور می توان به راحتی مشاهده کرد که در مورد ولتاژ فاز سوم سیگنالها، سیگنالهای فرورزونانس شباهت بسیار کمتری با سیگنالهای سایر پدیده های گذرا از لحاظ انرژی لحظه ای دارد در نتیجه دقت الگوریتم برای این مورد بیشتر است. در مورد جریان فاز دوم سیگنالها، سیگنالهای فرورزونانس شباهت بسیار زیادی با سیگنالهای سایر پدیده های گذرا از لحاظ انرژی لحظه ای دارد در نتیجه دقت الگوریتم برای این مورد کمتر است. الگوریتم فوق توسط شبکه عصبی رقابتی نیز پیاده سازی شده است که نتایج حاصل در جدول ۲-۵ آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده، با اعمال تبدیل موجک Daubechies1 بر روی جریان فاز دوم سیگنالها، شبکه عصبی کمترین دقت یعنی ۴۸,۳۳٪ و با اعمال تبدیل موجک Daubechies2 بر روی ولتاژ فاز سوم سیگنالها، شبکه عصبی بالاترین دقت یعنی ۹۳,۳۳٪ را داشته است. مقایسه نتایج جدول های ۱-۵ و ۲-۵ نشان میدهد که شبکه عصبی دقت بیشتری در تشخیص الگوها نسبت به شبکه عصبی LVQ رقابتی دارد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۱-۵

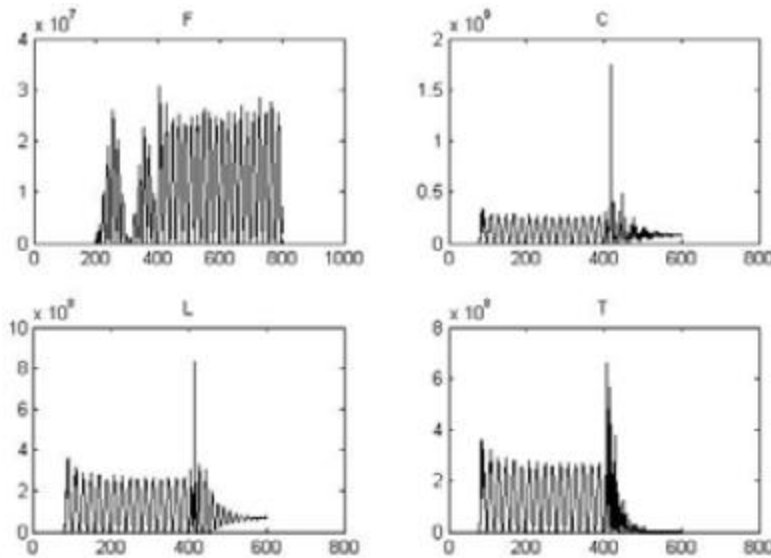
درصد تشخیص شبکه عصبی LQV	نوع تبدیل موجک	سیگنال
٪۶۵	Db1	جریان فاز اول
٪۹۰	Db3	جریان فاز سوم
٪۷۰	Db2	جریان فاز اول
٪۶۵	Db3	جریان فاز اول
٪۶۵	Db5	جریان فاز اول
٪۵۵	Db6	جریان فاز اول
٪۵۱،۶۶	Db1	جریان فاز دوم
٪۷۰	Db2	جریان فاز دوم
٪۷۰	Db3	جریان فاز دوم
٪۶۱،۶۶	Db4	جریان فاز دوم
٪۹۵	Db2	جریان فاز سوم

جدول ۲-۵

درصد تشخیص شبکه عصبی LQV	نوع تبدیل موجک	سیگنال
٪۶۵	Db1	جریان فاز اول
٪۷۸،۳۳	Db2	جریان فاز اول
٪۷۰	Db3	جریان فاز سوم
٪۷۰	Db2	جریان فاز سوم
٪۴۸،۳۳	Db1	جریان فاز دوم
٪۶۳،۳۳	Db2	جریان فاز دوم
٪۶۳،۳۳	Db4	ولتاژ فاز دوم
٪۶۳،۳۳	Db6	جریان فاز دوم
٪۸۷،۴۸	Db3	ولتاژ فاز سوم
٪۹۳،۳۳	Db2	ولتاژ فاز سوم
٪۷۱،۶۵	Db4	جریان فاز سوم

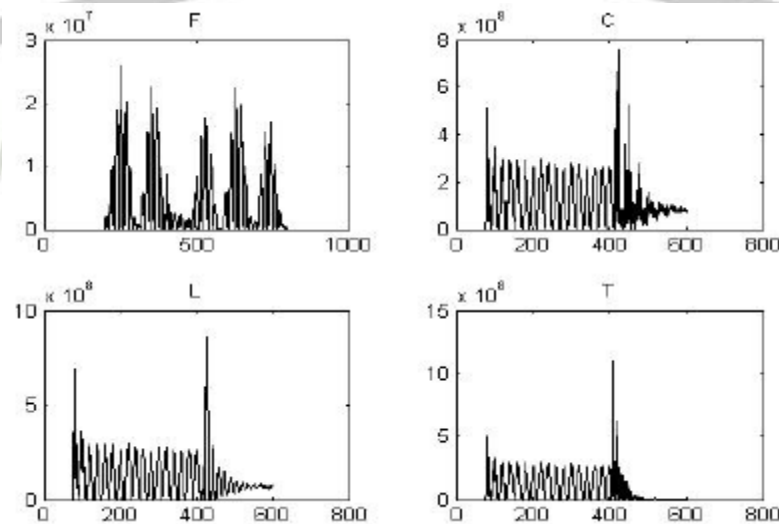
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

ولتاژ فاز سوم	Db3	٪۸۷،۴۸
---------------	-----	--------



شکل ۱۳-۵ انرژی لحظه ای یک نمونه از جریان فاز دوم سیگنالها (فرورزونانس F , کلید زنی

خازنی C , کلید زنی بار L , کلید زنی ترانسفورماتور T)



شکل ۱۴-۵ انرژی لحظه ای یک نمونه از ولتاژ فاز سوم سیگنالها (فرورزونانس F , کلید زنی خازنی C

, کلید زنی بار L , کلید زنی ترانسفورماتور T)

۵-۷: نتیجه گیری

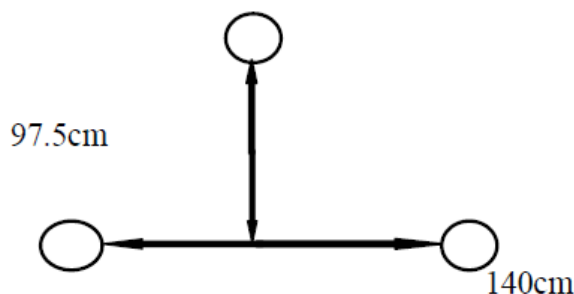
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در این مقاله، یک الگوریتم جدید با استفاده از تبدیل موجک و شبکه عصبی جهت جداسازی فرورزونانس از سایر سیگنالهای گذرا پیشنهاد شد. با اعمال تبدیل موجک Daubechies2 بر روی ولتاژ فاز سوم سیگنالها شبکه عصبی بالاترین دقت و با اعمال تبدیل موجک Daubechies1 بر روی جریان فاز دوم سیگنالها شبکه عصبی کمترین دقت را داشت. شبکه عصبی LVQ دقت بیشتری در تشخیص الگوها نسبت به شبکه عصبی رقابتی داشت. در الگوریتم ارائه شده، به آسانی می توان تعداد ویژگیهای استخراج شده از الگوها را با تغییر تعداد سطوح موجک بسته به تعداد کلاسها تغییر داد. همچنین شبکه عصبی LVQ انتخاب شده این توانایی را دارد که کلاسهای دارای بردارهای ویژگی غیر خطی و پیچیده در فضای چند بعدی را طبقه بندی کند. هر اندازه که این پیچیدگی بیشتر باشد تنها با دید تعداد نرونهای لایه رقابتی را افزایش دهیم. شبکه در تشخیص الگوهایی که در یادگیری از آنها استفاده نکرده ایم دقت قابل قبولی داشت که این امر اهمیت عملی الگوریتم را بیشتر نمایان می کند.

پیوست

ارتفاع پایه ۱۲ متر

میزان فلش در فاصله ۲ پایه ۲,۳۲ متر



شکل ۵-۱۵ پیکربندی فازها و اطلاعات مکانیکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۴-۵ مشخصات ترانسفورماتور ها

شماره	S(KVA)	نوع اتصال	نسبت دورها	UK%	P _{oc} (W)	In1%	P _{sc} (W)
۱	۳۰۰۰	Yd1	63/20kv	۱۴	۲۲۴۱۰	۲٫۸۳	۱۵۱۲۴۷
۲	۱۲۵۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۲۱۰۰	۱٫۴	۱۶۴۰۰
۳	۱۰۰۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۱۷۵۰	۱٫۴	۱۳۵۰۰
۴	۸۰۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۱۴۵۰	۱٫۵	۱۱۰۰۰
۵	۶۳۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۱۲۰۰	۱٫۶	۹۳۰۰
۶	۵۰۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۱۰۰۰	۱٫۷	۷۸۰۰
۷	۴۰۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۸۵۰	۱٫۸	۶۴۵۰
۸	۳۱۵	Dy5	20/0.4kv	۶	۷۲۰	۲	۵۴۰۰
۹	۲۵۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۶۵۰	۲٫۳	۴۴۵۰
۱۰	۱۰۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۳۴۰	۲٫۶	۲۱۵۰
۱۱	۵۰	Dy5	20/0.4kv	۶	۲۱۰	۲٫۸	۱۲۵۰

جدول ۳-۵ اطلاعات بار ها

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شماره	$I_a(A)$	$I_b(A)$	$I_c(A)$	$I_n(A)$	ظرفیت ترانسهای متصل شده
۱	۱۱۵	۷۸	۱۱۰	۹۰	۶۳۰
۲	۲۹۵	۲۰۰	۲۲۰	۱۶۵	۸۰۰
۳	۴۰	۶۰	۵۵	۰	۵۰۰
۴	۲۰۰	۲۵۰	۲۲۰	۰	۱۲۵۰
۵	۴۰	۴۰	۴۰	۸	۳۱۵
۶	۲۰	۲۵	۲۵	۱۰	۲۵۰
۷	۸۰	۵۰	۴۰	۰	۱۰۰
۸	۸۵	۴۰	۷۰	۴۰	۵۰۰
۹	۱۴۵	۱۳۰	۱۲۰	۴۰	۳۱۵
۱۰	۲۰۵	۱۸۰	۲۰۵	۶۵	۵۰۰
۱۱	۱۲۵	۱۰۰	۱۰۵	۲۵	۶۳۰
۱۲	۳۰	۶۰	۵۰	۲۰	۸۰۰
۱۳	۶۵	۵۵	۵۵	۲۵	۳۱۵
۱۴	۱۵۵	۱۴۰	۱۰۵	۹۹	۶۳۰
۱۵	۶۰	۵۵	۵۵	۱۷	۲۵۰
۱۶	۳۳	۵۷	۴۵	۳۲	۳۱۵
۱۷	۵	۲۰	۲۰	۱۵	۱۰۰
۱۸	۶۰	۶۵	۷۵	۲۵	۵۰۰
۱۹	۲۵	۶۵	۶۰	۳۵	۲۵۰
۲۰	۸۰	۸۵	۷۵	۲۸	۳۱۵
۲۱	۱۵	۱۵	۱۵	۵	۱۰۰
۲۲	۱۷۵	۱۳۰	۱۴۵	۴۵	۳۱۵
۲۳	۱۶۵	۱۷۵	۱۵۰	۵۵	۸۰۰
۲۴	۱۲۵	۱۵۰	۱۵۰	۴۵	۱۲۵۰

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مراجع

- [1] Haili Ma and Adly Girgis , " Identification and tracking of Harmonics Source in a Power System using Kalman filter" IEEE trans.on power Delivery vol.11,No.3, July 1996
- [2] Irene Gu, math Bollen, " Time frequency and Timescale domain analysis of voltage Disturbances" IEEE trans.on power Delivery vol.15,No.4, October 2000
- [3] Surya Santoso, Jeff Lamoree, Mack Grady, Edward powers and Siddharth.Bhatt." A Scalable PQ Event Identification System" IEEE trans.on power Delivery vol.15,No.2, April 2000
- [4] A.Gaouda M.salama, M.Sultan and A.Chikhani, " Power Quality Detection and Classification using Wavelet Multiresolution Signal Decomposition", IEEE trans.on power Delivery vol.14,No.4, October 1999
- [5] Masoud karami, hossein Mokhtari and Reza Irvani,"Wavelet Based On Line Disturbance Detection for Power Quality Application ", IEEE trans.on power Delivery vol.15,No.4, October 2000
- [6] J.Chung, E.J. Powers, W.M.G rady, and S.C.Bhatt," Electric Power Transient Disturbance Classification Using wavelet Based Hidden Markov Models", Proceeding of 2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol.6, 2000
- [7] B.Perunicic, M.Mallini, Z.Wang, Y.Liu, and G.T. Heydt," Power Quality Disturbance Detection and Classification Using Wavelets and Artificial Neural Networks ", The 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 1998
- [8] C.L.Huang, H.Y.Chu and M.T.Chen,"Algorithm comparison for High Impedance fault based on Staged Fault Test", IEEE trans.on power Delivery vol.3, October 1988
- [9] H.Calhoun, M.T.Bishop, C.h.Eiceler and R.E.Lee,"Development and Testing of an Electromechanical Relay to detect Fallen Distribution Conductors", IEEE trans.on power apparatus and systems vol.PAS-100(4), April 1998
- [10] Y.Sheng and S.M.Rovnyak, "Decision Tree- Based Methodology for High Impedance Fault Detection", IEEE trans.on power Delivery vol.19 , April 2004

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

- [11] B.D.Russell, and R.P.Chinchali, "A Digital Signal processing Algorithm For Detecting ASrcing Fault On Power Distribution Feeders ", IEEE trans.on power Delivery, vol 4,January 1989
- [12] A.A.Girgis, W.Chang, and E.B.Makram, "Analysis of High Impedance Fault Generated Signals Using a Kalman Filtering Approach", IEEE trans.on power Delivery, vol 5,No,October 1990
- [13] R.Keyhani, M.Deriche and E.Palmer," A High Impedance fault Detector Using a Neural Network and Subband Decomposition ", Sixth International symposium on Signal processing and its Applications,Vol.2,Aug. 2001
- [14] C.H.Kim, H.Kim, Y.Ko, S.H.Byun, R.K.Aggarwal and A.T.Johns,"A Novel Fault Detection Technique of High Impedance Arcing Faults in transmission Lines Using the wavelet Transform", IEEE trans.on power Delivery, vol 17,October 2002
- [15] Ferracci, p. , "Ferroresonance" Chaier Technique No.19, Group Shnieder
- [16]A.R.Sedighi,M.R.Haghifam,O.P.Malik,M.H.Ghass emian,"High Impedance Fault Detection Based on Wavelet Transform and Statistical pattern Recognition", IEEE trans.on power Delivery, 2005
- [17] Howard Demuth and Mark Beale, Neural Network Toolbox. Math Work, Version 4, 2004.