شناسائی پدیده فیلیکر ولتاژ ناشی از بهره برداری ترانسهای جوشکاری و حذف این پدیده از شبکه توزیع

هدایت الله مختاری احمد رضائی محمد یعقوبیان

شرکت توزیع جنوب شرق تهران دانشگاه صنعت آب وبرق (شهید عباسپور)

چکیده :

یکی ازمعضلات شرکتهای توزیع نیروی برق تغذیه انشعابات سه فازبرای متقاضیان دارای کارگاههای جوشکاری ازشبکه عمومی‌است ،زیرادراثر جوشکاری پدیده‌ای بنام فیلیکر ولتاژهمزمان با راه‌اندازی دستگاه جوش روی شبکه ایجادمیشود که نوسانات ناشی از آن بصورت چشمک زدن در وسائل خانگی بخصوص تلویزیون های همجواربا کارگاههای مذکورپدیدمی آید.شرکت توزیع نیروی برق جنوب شرق تهران باهمکاری دانشگاه صنعت آب وبرق شهید عباسپور مبادرت به شروع تحقیقاتی درزمینه شناسایی و روشهای رفع این پدیده نمود که مقاله حاضربخشی ازاین تحقیقات میباشد که‌تقدیم میگردد. در این مقاله به‌منظورشناسایی‌این‌نوع فیلیکرباکمک برنامه EMTP سعی شده بااستفاده ازنتایج حاصل ازآزمایشات ،مدارمعادل دستگاه جوش شبیه سازی شده ومطالعات لازم جهت شناسایی این پدیده‌انجام گیرد وسپس روش های حذف آن بررسی و نتایج آورده شده است .

شرح مقاله :

فیلیکرولتاژعبارت است ازنوسانات ولتاژکه تعدادآنهاازچندین نوسان درثانیه تانوسانات در ساعت میتواند متغیرباشد .عوامل بوجودآورنده این پدیده عبارتند از:قطع ووصل بارهای لحظه‌ای ، ترانسهای جوشکاری ،کوره های القائی ووسائل برقی باقطع ووصل اتوماتیک .

هدف مادراین پروژه تحقیقاتی که این مقاله بخشی ازآن است ، شناخت پدیده فـیلیکراست تابتوانیم درجهت رفع آن بکوشیم وراه حلهایی رابیابیم .

۱ - آشنایی باترانس جوشکاری وبدست آوردن پارامترهای آن

بـــمنظورشناخت پـــدیده فـیلیکرناشی ازکـــاربرد تـــرانســـفورماتورهای جـــوشکاری ابتدابایدباساختمان داخلی این ترانسهاآشناشویم وسپس به شناسایی ومطالعه پدیده فیلیکربپردازیم . ساختمان ترانسهای جوشکاری معمولا"شبیه ترانسهای معمولی میباشد بااین تفاوت که بـاستثنای بالاترین تپ (TAP) یک سلف باسیم پیچ‌ثانویه‌بطورسری بسته شده ووظیفه‌آن محدودکردن جریان جوشکاری درتپهای مختلف میباشد.

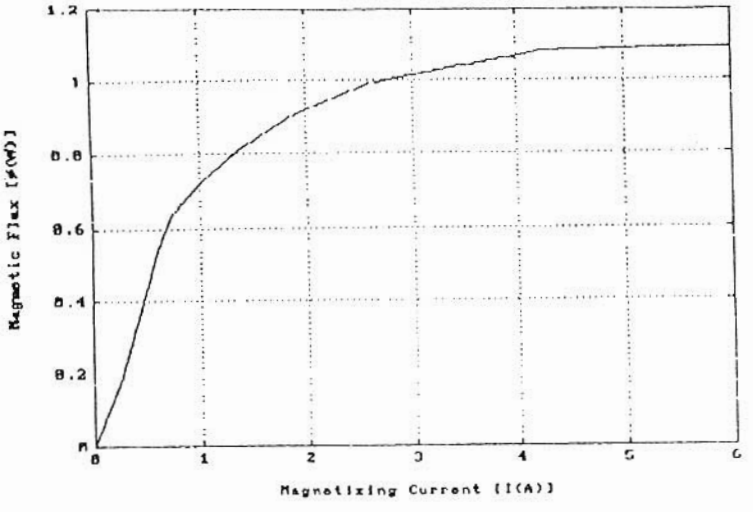
بمنظوربدست آوردن پارامترهای الکتریکی ترانس ،یک آزمایش بی باری برروی آن صورت گرفته و منجنی مشخصه هسته بدست آورده شده است که درشکل (۱)دیده میشود ودوآزمـایش اتصال کوتاه درتپهای 40A و200A انجام شده وامپدانس سری درطرف اولیه ترانس بدست آورده شده است که مقادیرآن بشرح ذیل است وعلت تغییرشدیدامپدانس ترانس دردوحالت مذکوروجودسلف سری درحالت دوم میباشد .

الف: Is = 200A Xeq = 2.399 Req = 0.375

ب : Is = 40A Xeq = 8.85 Req = 2.9

۲ - بررسی مراحل عمل دریک سیکل جوشکاری :

به منظور آشنایی هرچه بیشتربانحوه تأثیربارگیری ترانس جوشکاری وپدیده فیلیکربرروی شبکه توزیع لازم است که مراحل مختلف یک سیکل جوشکاری شناخته وموردبررسی قرارگیرد. بامشاهده ودقت درنحوه بارگیری ازترانس جوشکاری مراحل انجام عملیات جوشکاری رامیتوان بصورت زیربیان نمود:



شکل (۱)- منحنی مشخصه هسته ترانس

۲-۱- وصل ترانس جوش به شبکه وبرقراری جریان تحریک ترانس :

دراین حالت بسته به لحظه وصل ترانس ممکن است جریان هجومی آن به چندبرابرجریان نامی ترانس برسد،ولی چون این مدت زمان بسیارکوتاهی وجودداردااختلالی درکارپایدارشبکه ایجادنمیکند.

۲-۲- نزدیک شدن الکترودبه قطعه کارواتصال کوتاه ترانس :

دراین‌مرحله الکترودجوشکاری به قطعه کارنزدیک میشودوطرف ثانویه ترانس اتصال کوتاه می گرددوجریان زیادی ازشبکه اخذمیشودکه مدت زمان این مرحله بسته به مهارت

جوشکارمیتواندکم و یازیادوتعداددفعات آن ازیک تاچندین بارتکرارشود.

۲ -۳- دورکردن الکترودوبرقراری قوس :

بعدازاتصال کوتاه بادورکردن الکترودقوس کوچکی بین الکترودوقطعه کاربوجود می آید که باعث یونیزه شدن فاصله هوایی بین آن دومیگرددوبه همین دلیل باشرط ثابت ماندن فاصله بین الکترود وقطعه کار،قوس برقرارمانده وجریان ناشی ازعملیات جوشکاری بدون ایجادنوسانی ثابت می‌ماند .

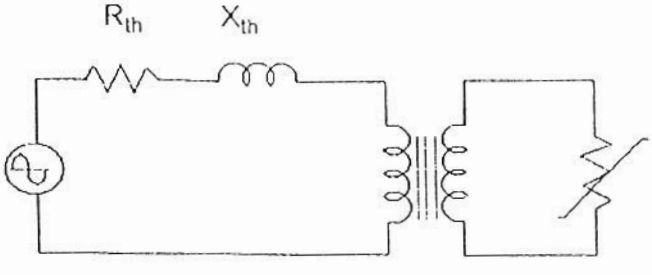
لکن دست جوشکار دائما" حرکت دارد وطول قوس کم وزیاد میشود وبه دلیل لرزشهای دست جوشکاربهنگام کارمقاومت قوس تغییرات زیادی داشته ونوسانات راتشدیدمینماید .

۲ -۴- قطع عملیات جوشکاری :

دراین مرحله به علت پایان عملیات جوشکاری یاتمام شدن الکترودویاخطای جوشکار،جریان بارقطع میشودومجددا" مراحل جوشکاری تکرارمیگردد .

۳- شبیه سازی ترانس جوشکاری توسط برنامه EMTP

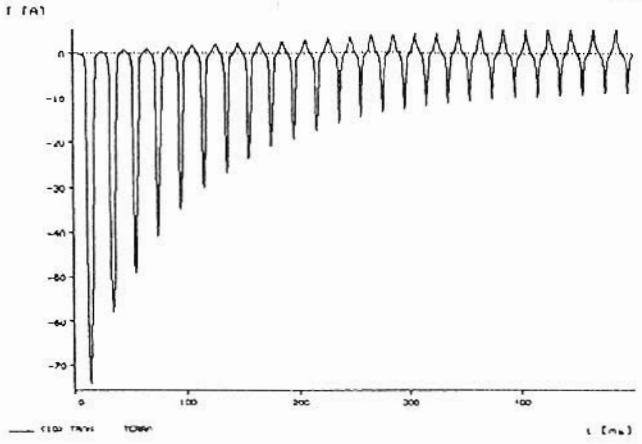
بعدازبدست آوردن پارامترهای ترانس ومشخص شدن منحنی (I) وهمینطورشناخت مراحل یک سیکل جوشکاری ،بمنظوربررسی رفتارآن درمراحل مختلف جوشکاری وتاثیر آن برروی ولتاژ بااستفاده ازشبیه سازی کامپیوتری مدارمعادل نشان داده شده درشکل (۲)مدل سازی شده است .



شکل (۲)- مدارمعادل ترانس جوشکاری متصل به شبکه

۳-۱- شبیه سازی ترانس درحالت بی باری

دراین مرحله راه اندازی دستگاه وجریان هجومی ترانس وتاثیرآن درولتاژ شبکه موردمطالعه قرارگرفته است . باوصل ترانس به شبکه درلحظه صفرولتاژحداکثرجریان هجومی راخواهیم داشت که درشکل (۳)تغییرات آن نشان داده شده است که درحدود۰/۳ ثانیه تداوم داشته وسپس به مقدارنامی خودکاهش یافته است وحداکثردامنه آن به ۶۰ آمپریعنی درحدوددوبرابرجریان نامی ترانس رسیده است .



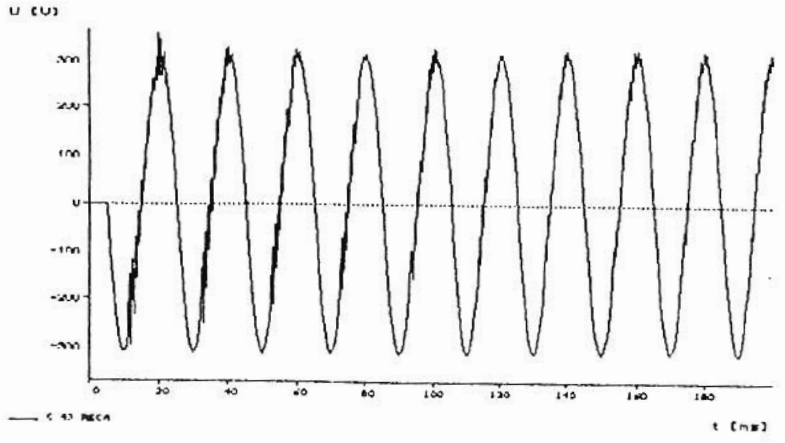
شکل (۳)- جریان هجومی ترانس جوشکاری درلحظه وصل به شبکه

براثروجوداین جریان همانطورکه درشکل (۴)دیده میشود،افت ولتاژواعوجاجهایی در ولتاژ ایجاد شده است که ناشی ازاشباع ترانس وعدم تقارن جریان هجومی میباشدولی به سرعت و درکمتر از ۰/۳ ثانیه برطرف شده وسیستم به حالت تعادل رسیده است .

۳-۲- مدلسازی قوس بایک مقاومت ثابت :

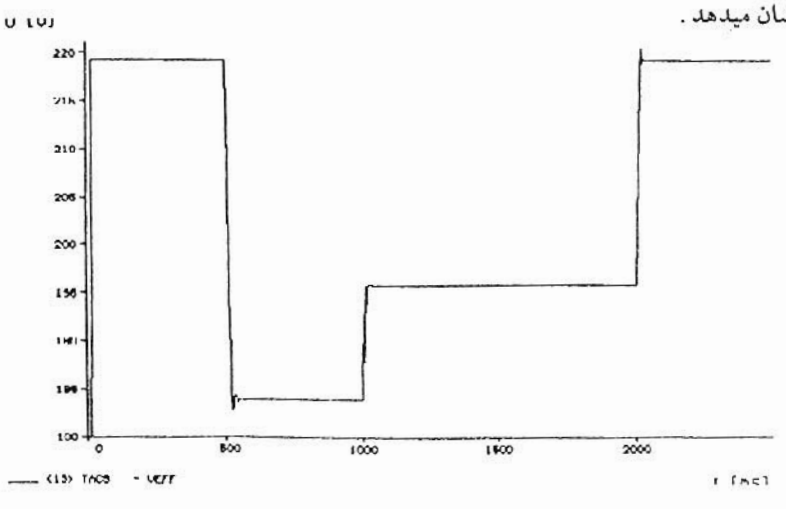
دراین مرحله برای بررسی مقدماتی پدیده فیلکرباتوجه به سیکل کارآن که قبلا"آورده شد ، ابتدادوسرسیم پیچی ثانویه اتصال کوتاه شده وبعدازمدتی بابرقراری جریان ،مقاومت قوس در مدار ظاهرشده واتصال کوتاه برطرف میگرددوپس ازتوقف جوشکاری وقطع قوس ،ترانس بی بار میشود.

باتوجه به نتایج آزمایشات اتصال کوتاه ترانس وجریان نامی حالت پایدارجوشکاری ، مقاومت قوس محاسبه ودرمدارقرارداده شده است .



شکل ۴ - منحنی تغییرات ولتاژشبکه درهنگام وصل ناگهانی ترانس جوشکاری

دراین مرحله ازکارمقاومت قوس بصورت یک مقدارثابت درنـظرگرفته شـده وپس ازاتـصال کوتاه موقتی ،مقاومت قوس واردشده است ودرپایان ترانس قطع شده که به منزله پـایان عـملیات جوشکاری میباشد شکل (۵)ولتاژمؤثرشبکه ناشی ازبارگذاری درطرف ثانویه جوش بایک مقاومت ثابت رانشان میدهد .



شکل (۵)- تغییرات ولتاژشبکه درحالتهای مختلف جوشکاری

همانطوریکه دراین شکل مشاهده میشوددرابتدادرحدود۳۵ ولت افت ولتاژداریم که ناشی از جریان اتصال کوتاه ترانس میباشد.پس ازبرقراری قوس دراین لحظه جوشکاری مقاومت قوس در مدار ظاهرشده و جریان اتصال کوتاه محدودشده است ،ولی بازهم میزان افت ولتاژدراین حالت حدود ۲۵ ولت ویا۱۲ درصدبوده واین تغییرات ولتاژتاپایان یک مرحله جوشکاری همان پدیده فیلیکر میباشدوباختم آن افت ولتاژبطورموقتی ازبین رفته تامجددا"سیکل جوشکاری از ابتدا آغازگردد.باتوجه به پدیده مذکوروتغییرات شدیدولتاژدرمدت زمان جوشکاری که درواقع بعنوان پدیدهفیلیکرولتاژنامیدهمیشود،اکنون‌به‌بررسی روش های کنترل وکاهش نوسانات ناشی از این پدیده می‌پردازیم ودراین مسیر تاثیرانواع جبران کننده ها رابرروی این پدیده موردمطالعه قرار میدهیم .

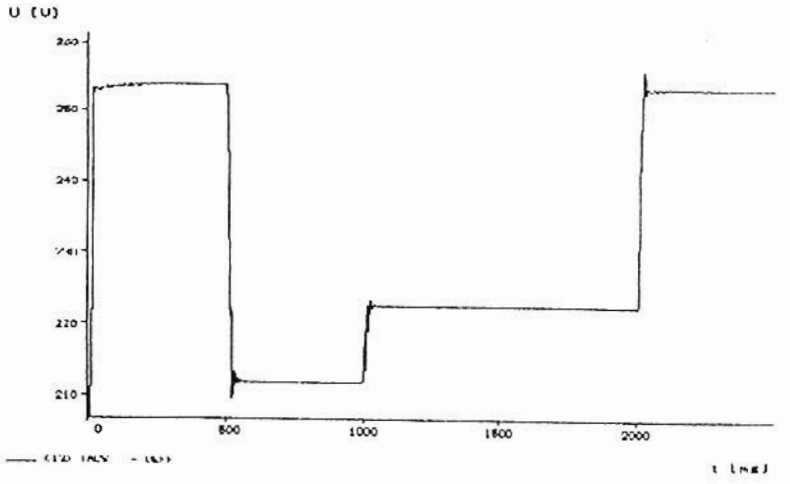
٤- روشهای حذف پدیده فیلیکر

۴-۱- استفاده ازخازن موازی باترانس

ابتدابه تاثیرخازن موازی برروی پدیده فیلیکرمیپردازیم وبرای این منظورخازن موازی در دوحالت درمدارقرارگرفته است .درحالت اول خازن بصورت دائم درمدارقرارداده شده و مقدار آن $1500\ \mu F$ است که بطورهمزمان باوصل ترانس جوشکاری به شبکه ،درمدارقرارمی گیرد.در شکل (۶) مشاهده میشودکه قبل ازآغاز مرحله جوشکاری دامنه ولتاژشبکه به ۲۵۰ ولت رسیده است و سپس باعمل جوشکاری درمراحل مختلف مقدارولتاژ شبکه افزایش می یابد .

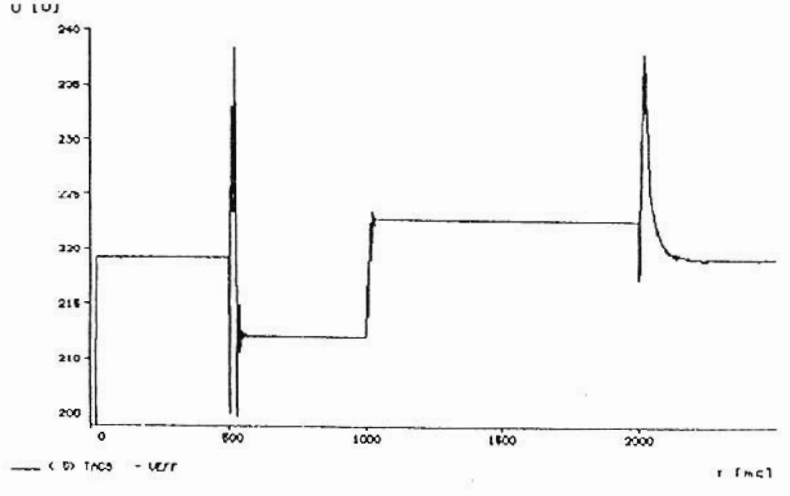
باکاهش ظرفیت خازن مشاهده میشودکه تاثیروجوداین خازن کم شده ومیتوان چنین نتیجه گرفت که خازن موازی ثابت درمدارراه حل مناسبی برای کنترل نوسانات ولتاژناشی ازپدیده فیلیکرنمیباشد .

مرحله باخازن های $1200\ \mu F$ و $1500\ \mu F$ که همزمان باعمل جوشکاری واردمدار میشوند، مطالعه انجام شده است .درشکل (۷)- مشاهده میشودباوجود خازن $1200\ \mu F$ ولتاژشبکه نسبت‌به



شکل (۶)- ولتاژشبکه درمراحل مختلف جوشکاری باوجودخازنموازی دائم

حالتهای قبل وبدون هیچ کنترلی نسبتا"بهبودیافته ولی چنانچه مشاهده میشوددرزمان برقراری جریان اتصال کوتاه باافت ولتاژودرزمان برقراری قوس باافزایش ولتاژمواجه هستیم .دراین حالت مشاهده شدکه بانصب خازن موازی ،جریان اتصال کوتاه کمترازجریان قوس جوشکاری میگرددکه

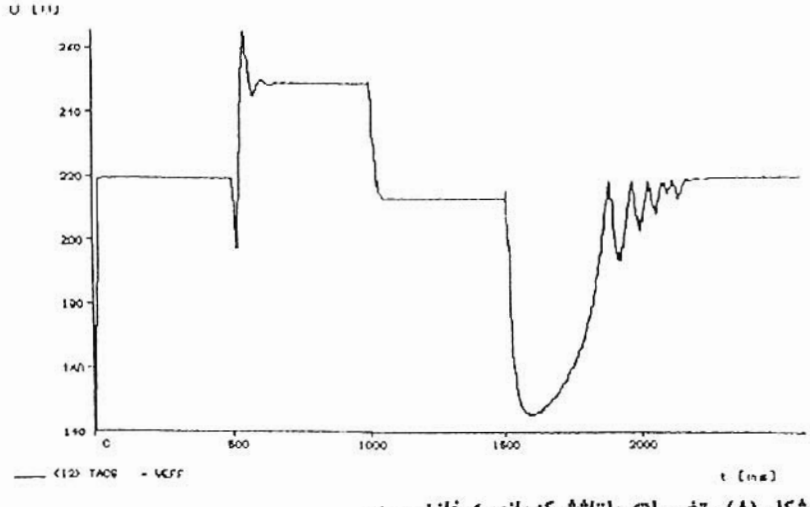


شکل (۷)- تغییرات ولتاژشبکه باخازن موازی همراه باکلید

استفاده ازخازنμF 1500 سبب تثبیت ولتاژ شبکه درزمان اتصال کوتاه شده ولی درزمان برقراری قوس ،دامنه ولتاژدرحدود۱۵ ولت ویا۷ درصدافزایش یافته وجریان خط نیزهمانندحالت قبل دراتصال کوتاه کاهش یافته ودرزمان برقراری قوس افزایش نشان می دهد.

۴-۲ - نصب خازن سری

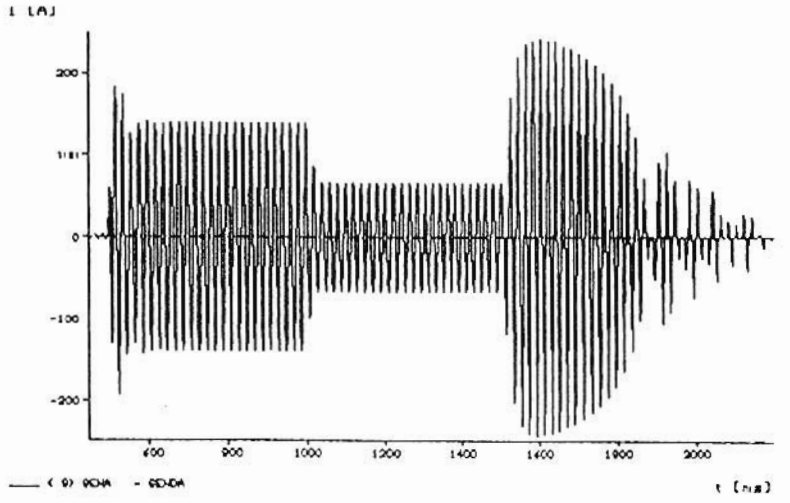
حال به بررسی تاثیرخازن سری برروی پدیده فیلیکرمیپردازیم برای بررسی وضعیت ولتاژشبکه باجبران سازسری (خازن سری)مقدارخازن به گونه ای انتخاب شده است که امپدانس سری شبکه که عامل اصلی افت ولتاژاست ،به حداقل ممکن کاهش یابد،مقداراین خازن راμF 550 درنظرگرفتیم . نمودارهای بدست آمده دراین حالت مبین آن است که مقدارمؤثرولتاژشبکه درزمان اتصال کوتاه درحدود ۲۰ درصدافزایش یافته درزمان برقراری قوس درحدودمقدارنامی خودتثبیت شده وازطرف دیگرزمان قطع عمل جوشکاری اختلالات شدیدی درولتاژشبکه دیده میشودکه بتدریج میراشده است . شکل (۸)تغییرات ولتاژشبکه رادرمراحل مختلف نشان می دهد.



شکل (۸)- تغییرات ولتاژشبکه بانصب خازن سری

باکاهش مقدارخازن سری مشاهده میشودکه مقدارافزایش ولتاژدرزمان اتصال کوتاه کمترشده ولی میرائی اعوجاجهای ولتاژدرزمان قطع جریان بارکاهش یافته ،امادرمدت زمان طولانی تری حذف میشوند.درشکل (۹)جریان طرف اولیه ترانس درمراحل مختلف جوشکاری آورده شده است و ملاحظه میشوداین جریان قبل ازعمل جوشکاری بسیارزیادمیباشدوجریانهای اتصال کوتاه وقوس

به مراتب ازآن کمترمیباشندوعلاوه برآن پس ازقطع عمل جوشکاری نیزجریان بی باری ترانس بشدت افزایش یافته و میتواندخطرسازباشد .

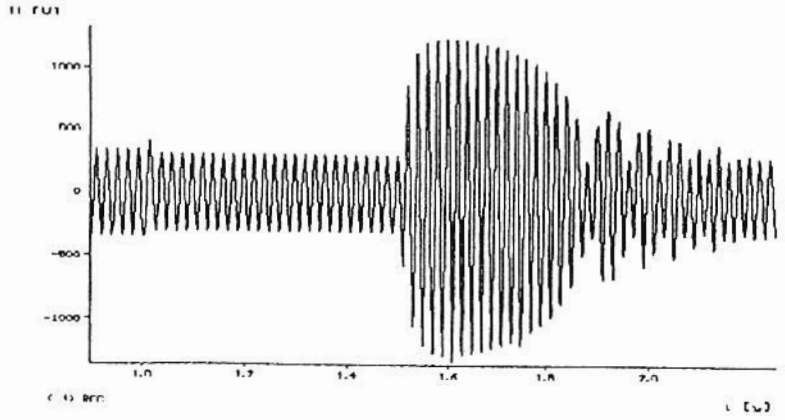


شکل (۹)- جریان ترانس باوجودازخازن سری

درشکل (۱۰)نیزولتاژدوسرترانس قبل ازخازن آورده شده است که مبین اضافه ولتاژشدیدی حدود ۱۴۰۰ ولت درترانس جوش وخازن سری است ،که میتواند باعث سوختن آنهاشود ولذاخازن سری به تنهایی مناسب نمی باشد.

۴ - ۳ - استفاده ازجبران کننده استاتیکی تریستوری (SVC):

دراین مرحله بمنظورکنترل پدیده فلیکرازجبران کننده استاتیکی متشکل ازیک خازن و راکتور موازی همانندشکل (۱۱)که به دوسرترانس متصل شده وباتغییرزاویه آتش تریستورهاکه حساس به تغییرات ولتاژشبکه بوده ،میتوان جریان راکتورومیزان توان راکتیوتزریقی به شبکه را



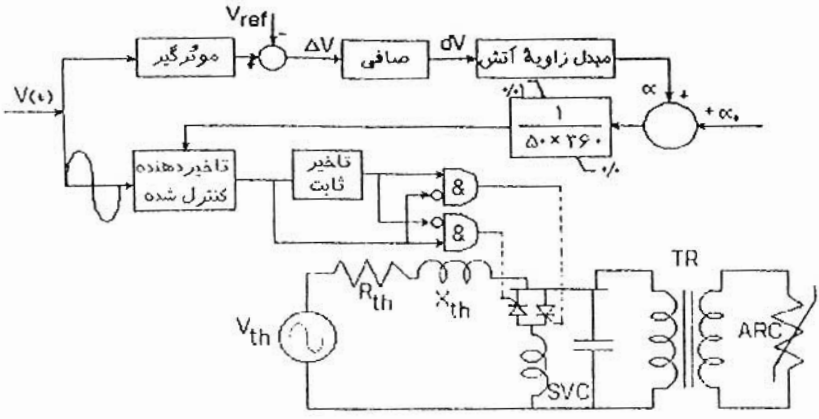
شکل (۱۰)تغییرات ولتاژترانس

بطورپیوسته کنترل کرد.برای زاویه آتش تریستورها،یک سیگنال متناسب باولتاژشبکه به‌گیت آنها اعمال میشودکه برای این منظور ازمدارکنترل نشان داده شده درشکل استفاده میشود.سیگنال ورودی ،ولتاژدوسرباراست که بامقدارمرجع مقایسه‌وپس ازفیلتربه زاویه آتش مناسب تبدیل شده ومتناسب باآن تأخیردرارسال سیگنال آتش ایجادمیشودوباتغییرولتاژ،جریان راکتورنیزتغییرکرده وولتاژشبکه راثابت میکند.درشکل (۱۲)تغییرات ولتاژباردرمراحل جوشکاری آورده شده وملاحظه میشودولتاژشبکه ثابت وفیلیکرحذف شده است .

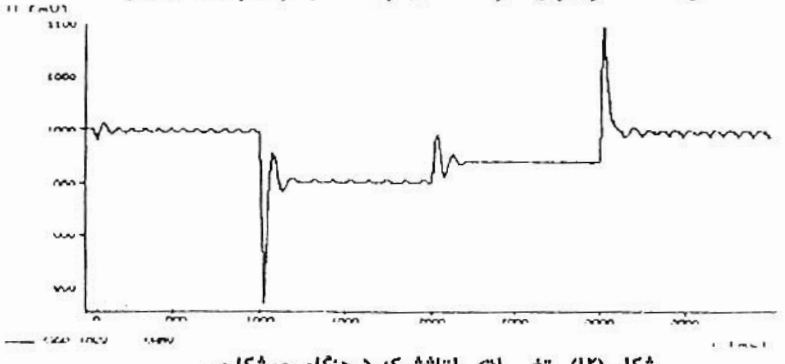
شکل (۱۳)تغییرات جریان راکتوررانشان میدهدکه متناسب باتغییرولتاژبوده ودرنتیجه توان راکتیوSVC تغییرکرده وولتاژراتثبیت میکند.

نتیجه :

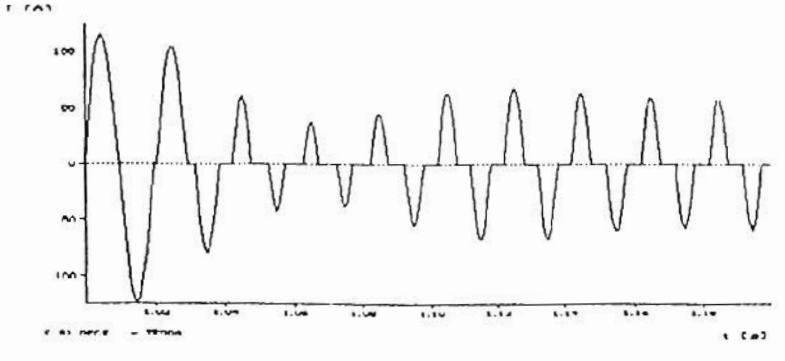
مطالعات انجام شده برروی حذف پدیده فیلیکرمبین آن است که استفاده ازخازنهای سری وموازی به تنهایی جهت کنترل این پدیده کافی نمی باشد ولی‌باکمک جبران کننده استاتیکی میتوان آنراکنترل کردوالبته باید دراستفاده ازاین نوع جبران کننده نکات اقتصادی وفنی نظیربررسی ظرفیت جبران کننده وهارمونیکهای تولیدشده رادرنظرداشت .



شکل (۱۱)- مدارجبران سازاستاتیکی برای محدودکردن پدیده فیلیکر



شکل (۱۲)- تغییرات ولتاژشبکه درهنگام جوشکاری



شکل شماره (۱۳)- تغییرات جریان راکتوردرمدت زمان جوشکاری

مرجع

1 - Transmision & Distribution Reference Book" Westinghouse