چهارمین کنفرانس
شبکه‌های توزیع نیرو

گذرای ناشی‌ازسوئیچ کردن خازنهای قدرت درسیستم‌های توزیع‌وانتقال وروشحذف‌آنها

رضا قاضی
استادیار دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده :

مسئله کلید زنی دربانکهای خازنی که به منظور تزریق توان راکتیو در سیستمهای قدرت الکتریکی بکارمیرود، حائز اهمیت است . پدیده گذرای ناشی از کلید زنی درفرآیندبرق دار کردن بانکهای خازنی موازی ،بصورت جریانهای هجومی با فرکانس زیاد واضافه ولتاژهای گذرا ،ظاهر میگرددکه حوادث نامطلوبی را بدنبال خواهنداشت.در این مقاله ضمن بررسی این پدیده گذراوتعیین شرایطی که در آن سوئیچ کردن بدون گذرا می تواند تحقق یابد ،به معرفی مداری می پردازیم که بادخالت یک چیپ تکی میکروپرسسوروسوئیچ های تریستوری بتوان خازنهای قدرت را بطور خودکارو بدون وقوع گذرا واردمدار ویا خارج کرد .ازچنین روشی میتوان درجبران کننده های استاتیکی ازنوع TSC نیز استفاده کردوکلید زنی بدون گذرا را انجام داد .

شرح مقاله :

جهت فراهم نمودن توان راکتیو مورد نیاز شبکه دربهبود پروفیل ولتاژ درشرایط ماندگار وهمچنین بهبود شرایط دینامیکی سیستم (بهبود پایداری ومیرا کردن نوسانات)نیاز به کلید زنی بانک های خازنی می باشد [۲و۱]. لیکن همانطوریکه بررسی های متعدد ،منجمله بررسی که درکلید زنی دو بانک خازنی به قدرت سی مگاوار بر روی شین ۱۳۲ کیلوولت دربخشی از شبکه ایران انجام گرفته است [۳] نشان میدهند ،وقتی شرایط سوئیچینگ بدون گذرا فراهم نگردد ، کلید زنی بانکهای خازنی حوادث متعددی رابدنبال خواهدداشت .دربخشهای بعدی مقاله نشان داده میشود که با انتخاب کلید های تریستوری همراه با مدارهای کنترول لازم می توان ازنقطه نظر تئوری کلید زنی بدون گذرا ودرعمل کلید زنی با حداقل گذرا را انجام داد وخازنها را بطور خودکار وارد مدار ویا ازمدار خارج نمود درنتیجه ازبروز عوارض وپی آمدهای نامطلوب درشبکه پیشگیری نمود .

۱ـ بانک خازنی سوئیچ شده بانریستور

دیاگرام یک بانک خازنی که به کمک سوئیچ های تریستوری قابل کنید زنی می باشد درشکل ۱ نشان داده شده است .همانطوریکه ملاحظه می شود درشبکه های توزیع وولتاژ متوسط خازنها مستقیما" قابل سوئیچ به شبکه می باشند لیکن برای سطوح ولتاژ بالا ،ازطریق ترانسفورماتور افزاینده (همانطوریکه درشکل ۱ ملاحظه می شود) به شبکه متصل می گردند .

هرخازنی قادراست ازطریق زوج تریستورموازی معکوس به مدارمتصل ویاقطع گردد .بنابراین توان راکتیو تزریقی به شبکه (ویا سوسپتانس)با کنترل تعداد خازنها قابل تنظیم می باشد .برای اینکه بتوان با تعداد معین خازن ،قابلیت انعطاف بیشتر وهمچنین محدوده کنترل بیشتری را ایجاد کردظرفیت شاخه ها را بصورت باینری ،یعنی ۱و۲و۴و۸و... انتخاب می نمایند .

۲ـ مفهوم سوئیچینگ بدون گذرا

به منظور بررسی گذرای کلید زنی مدارشکل ۲ الف را درنظر می گیریم . دراین شکل راکتور با هسته هوایی به منظور محدود کردن جریان تریستور برای مواقعی که دراثر اغتشاش کلید زنی نامطلوبی رخ می دهد ونیز برای جلوگیری ازوقوع رزونانس ،بسا خازن سری شده است .سوئیچ های تریستوری معمولا" بین راکتور وبانک خازنی قرارداده می شوند تا درصورت اتصال کوتاه شدن هر یک از آنها ،جریان تریستور محدود گردد .مادامیکه پالسهای آتش اعمال نشود تریستور خاموش می باشد .وقتی با اعمال پالس آتش تریستور روشن می گردد ،خازن به مدار سوئیچ می شود .هر بار که جریان تغییر جهت می دهد تریستور دیگر روشن می شود وجریان بطور پیوسته برقرار می شود .با قطع پالسهای آتش ،وقتی جریان تریستور به مقدار کمتر ازجریان نگهدارنده تریستور می رسد یعنی درنقطه صفر طبیعی جریان یا پیک ولتاژ تغذیه (زیرا جریان وولتاژ ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند)،تریستور خاموش می شود .بنابراین بر حسب اینکه درکدام نقطه صفر خاموش شده باشدخازن به اندازه پیک ولتاژ مثبت یا منفی باردارباقی می ماند (شکل ۲ ب).حال برای کلید زنی بعدی اگر در لحظه کلید زنی ولتاژ تغذیه با ولتاژ دو سر خازن متفاوت باشد ،یک جریان گذرا ازخازن عبور می کندتا ولتاژها را یکسان نماید (درحالت ایده آل برای یک تغییر پله ای ولتاژ ،جریان هجومی $i = c\, du/dt$ لازم است).این پدیده همراه با نوسانات فرکانس بالاست که برحسب میزان تلفات موجود درسیستم ،به تدریج میرا می گردند .بنابراین برای حذف این جریان لحظه مناسب برای کلید زنی وقتی است که $du/dt=0$ باشد یعنی لحظه ای که بر پیک ولتاژ تغذیه منطبق است .ازنقطه نظر باراولیه خازن ،لازم است درلحظه سوئیچ کردن ،خازن به اندازه پیک ولتاژ تغذیه باردارباشد .برحسب اینکه بار خازن مثبت یا منفی باشد عمل سوئیچینگ به ترتیب درلحظه مثبت یا منفی پیک ولتاژتغذیه انجام می گیردتا همراه با گذرا نباشد .همانطوریکه شکل ۲ ب نشان می دهد ،درلحظه t1 که درآن لحظه ولتاژ باس بار درمقدار ماکزیمم خودمی باشد وبا ولتاژ دو سر خازن هم پلاریته است ،عمل کلید زنی انجام می گیرد .با قطع پالسهای آتش ،تریستور در t2 خاموش می شود وخازن به اندازه پیک منفی باردار باقی می ماند وبرای عمل کلید زنی بعدی آماده می شود .از آنجائیکه برای دلایل ا یمنی ،خازنها همراه با مقاومت هستند [۴] وقتی که خارج ازمدار هستند به تدریج تخلیه می شوند .برای اینکه بتوان ولتاژ آنرا درمقدار پیک ولتاژ تغذیه نگاه داشت درلحظه t0 یعنی لحظه ای که ولتاژ تغذیه در پیک خود است یک پالس آتش کوتاه به تریستور مربوط به آن خازن اعمال می گردد .به این ترتیب خازنها همواره دارای حداکثر ولتاژ هستند و آماده برای کلید زنی بدون گذرا می باشند ،چه اگر خازن تا حداکثر مقدار ولتاژ تغذیه باردار نباشد ویا اینکه در بدترین حالت بدون بار باشدحتی اگر درلحظه جریان صفر (پیک ولتاژ) کلید زنی صورت گیرد همراه با جریان هجومی خواهد بود .این شرایط درشکل ۳ نشان داده شده است که درآن وقتی خازن بدون بار است جریان حدود ۱/۷ پریونیت است و در حدود ۳ سیکل ادامه دارد .

۳ـ مدار پیشنهادی برای تحقق کلید زنی بدون گذرا

همانطوریکه قبلا" گفتیم بایستی دو شرط فراهم گرددتا بتوان عمل کلید زنی بدون گذرا را فراهم کرد . این عمل با استفاده از مدار پیشنهادی که درحقیقت مدار تشخیص انطباق ولتاژ خازن و ولتاژ باس تغذیه یعنی(Vs - Vc) است وبا دخالت یک چیپ میکروپروسسور انجام می گیرد .این مدار که یک مدار منطقی است درشکل ۴ نشان داده شده است .مدار دارای دو ورودی است که یکی ولتاژ خازن Vc ودیگری ولتاژ باس تغذیه Vs است .

خروجی این مدار به پورت VIA میکروپروسسور AIM 65 ارتباط دارد .باکمی دقت میتوان ملاحظه کرد که وقتی Vc و Vs هم پلاریته هستند وحداکثر مقدار رادارند ،خروجی این مدار منطقی HIGH ودر غیر اینصورت LOW می باشد .بنابراین هرگاه میکروپروسسور بخواهد پالسهای آتش را به تریستور متصل به یک خازن صادر کند ،خروجی این مدار را (که یکی ازورودیهای آن ولتاژ دو سر همین خازن و ورودی دیگر ولتاژ باس تغذیه است)تشخیص می دهد .وقتی این خروجی HIGH شد ، لحظه مناسب برای کلید زنی بدون گذرا فراهم شده است .برای هر یک از خازنها چنین مداری وجود داردوخروجی آن به میکروپروسسور متصل است .خروجی این مدار درشکل ۵ نشان داده شده است .میکرو پروسسور علاوه بر این با ارسال پالسهای آتش کوتاه مدت ،همانطوریکه قبلا" گفته شد ، عمل باردار باقی ماندن خازنهای خارج از مدار را نیز فراهم می نماید .البته مدارهای دیگری نیز برای این کار پیشنهاد شده است [۵] .لیکن این روش بسیار ساده ومطمئن و بادخالت میکروپروسسور انجام می گیرد .سخت افزار لازم شامل مدار فوق ،مدار آتش تریستور (شکل ۶) ومیکرو پروسسور AIM65 [6] به خازن متصل به سوئیچ های تریستوری فراهم شده وبا نرم افزار مناسب عمل کلید زنی بدون گذرا بر روی خازن ۱۰۰ میکروفاراد و ولتاژ تغذیه ۴۱۵ ولت در آزمایشگاه انجام گرفته است. نتیجه نشان داده است که عمل کلید زنی با حداقل گذرا همراه است .

۴ـ نتیجه

همانطوریکه توصیف شد با استفاده از میکروپروسسوروسوئیچ های تریستوری ومدار پیشنهادی می توان بانکهای خازنی را بطور خودکار وارد مدار ویا خارج کردواز وقوع پدیده گذرای سوئیچینگ که عوارض نامطلوبی درسیستم های قدرت خواهد داشت جلوگیری نمود .مدارپیشنهادی در عین سادگی دارای قابلیت اطمینان خوبی است .

۵ـ منابع

1-OLWEGARD A.
"Thyristor controlled shunt capacitors for improving system stability" CIGRE paper No. 32 - 20 1976.

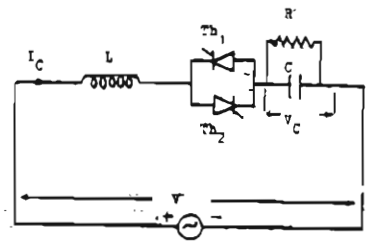
2-TORSENG S. "Thyristor switched capacitors "IEE Technical seminar on control of reactive compensation for ac power system 1980.

۳ـ مهدی پور غلامحسین " بررسی کلید زنی خازنی درشبکه های برق آذربایجان " هشتمین کنفرانس بین المللی برق - تهران آبان ۱۳۷۲

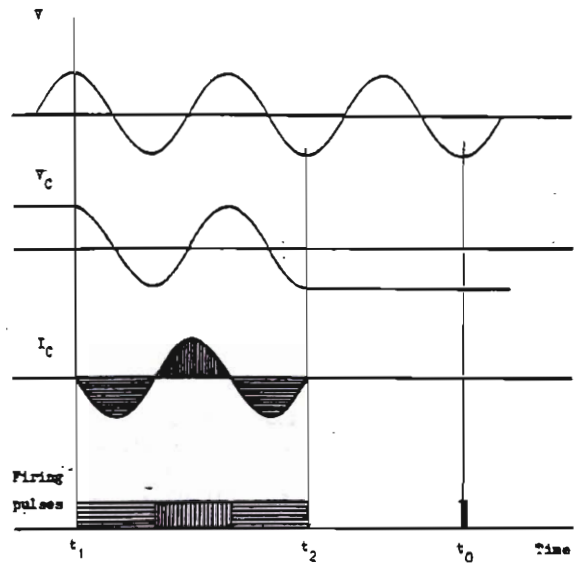
4-Frank H. LANDSTORM B.
"power factor correction with thyristor controlled capacitors" ASEA journal vol.44 No.6 1971.

5 - Logini M. " on the advantages of a new circuit for automatic investigation power capacitors " IEE technical seminar on reactive compaensation ,1980

6- AIM 65 user guide

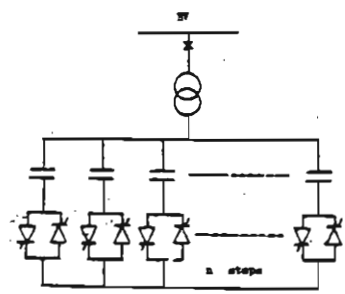


(الف)

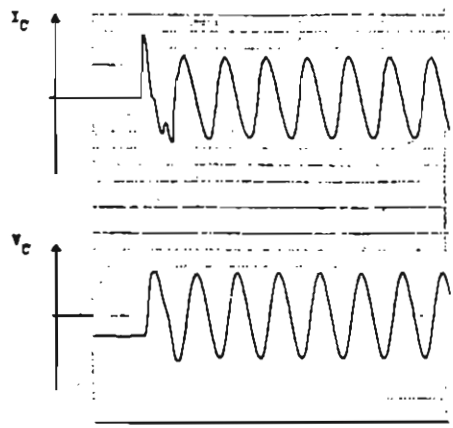


(ب)

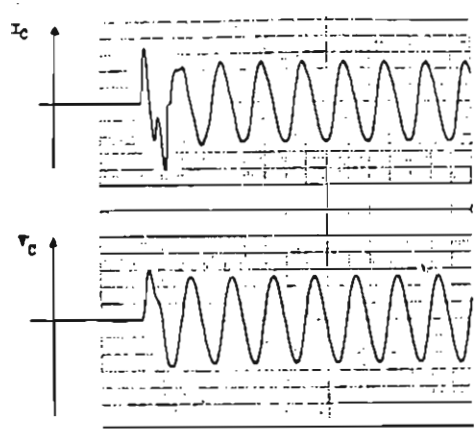
شکل ۲ ـ شرایطکلیدزنی درخازن سوئیچ شده باتریستور



شکل ۱ ـ طرح شماتیک خازنهای سوئیچ شونده باتریستور

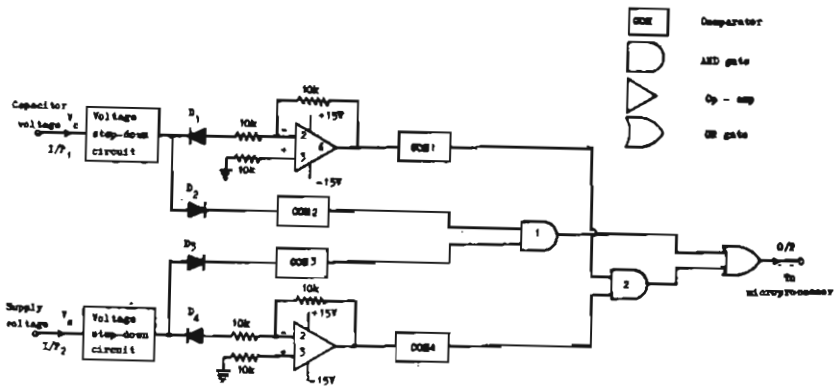


V_C= - 0.45 pu

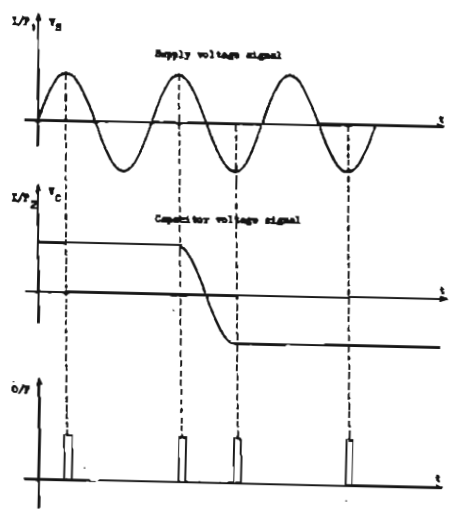


V_C = 0

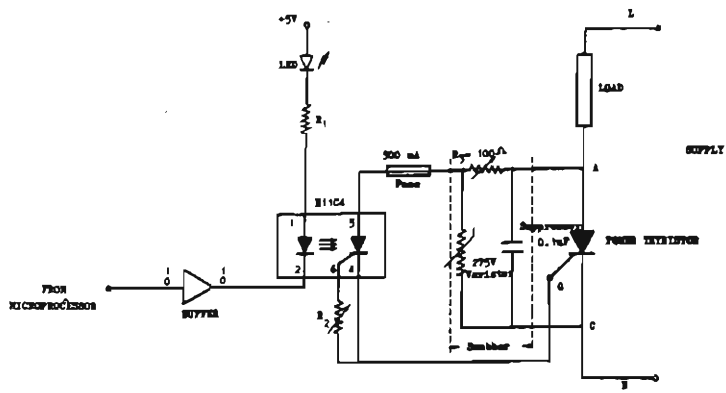
شکل ۳ ـ گنرای ناشی ازکلیدزنی خازن باباراولیه متفاوت



شکل ۴ ـ مدار تشخیص انطباق V_S و V_C



شکل ۵ ـ خروجی مدار فوق



شکل ۶ ـ مدار آتش تریستور