بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEC134

نوع پذیرش : ارائه

کاهش اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن در شبکه های توزیع

ساسان گرجانی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سید حسین حسینیان
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

کلمات کلیدی:کیفیت توان، بانکهای خازنی ،برقگیر،کلیدزنی همزمان، فیلتر

خلاصه:

دراین مقاله تاثیر عملکرد بانکهای خازنی برروی ولتاژ شبکه بررسی می‌گردد.این بررسی شامل مطالعه حالت گذرای ناشی از کلیدزنی بانکهای خازنی می‌باشد.به کمک این مطالعه تأثیر نامطلوب کلیدزنی بانک های خازنی برتجهیزات الکترونیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد وسه راه حل برای این مشکل ارائه می‌گردد.

۱-مقدمه:

مطالعه مسائل کیفیت توان درسالهای اخیر به دلیل گسترش استفاده از تجهیزات الکترونیکی حساس ، به موضوع مهمی در صنعت برق تبدیل شده است.درسالهای گذشته اغتشاشات، قطعی های کوتاه مدت درولتاژ، وسایر مسائل کیفیت توان درمقایسه با سالهای اخیر، که از تجهیزات حساس به ولتاژ استفاده فراوانی می‌شوداهمیت چندانی نداشت.امروزه به دلیل استفاده گسترده ازوسائل الکترونیکی، هر حادثه ای در شبکه قدرت ممکن است باعث بروز قطعی در یک تجهیز حساس واز کار افتادن یک سیستم صنعتی ودر نتیجه بروز خسارات فراوانی گردد[۷]. آمار نشان می‌دهد میزان بارهای الکترونیکی از ۲۰٪(در سال ۱۹۸۵)به ۵۰٪تا۶۰٪(درسال ۲۰۰۰)افزایش داشته اند. این افزایش اهمیت بهبود کیفیت توان ارائه شده به مصرف کننده رانشان می‌دهد[۲].

برای بهبود کیفیت توان ،باید منابع مربوط به اغتشاشات راشناخت تا بتوان آنها راکنترل کرد. عواملی که می‌توانند برروی کیفیت توان تاثیربگذارند عبارتند از [٤]

۱)برقدار کردن بانکهای خازنی
۲)راه اندازی موتورهای الکتریکی
۳)برقدار کردن ترانسفورماتور
٤)برقدار کردن خط
۵)عملکرد مبدل ها
٦)اتصال کوتاه مستقیم

۷)اتصال کوتاه با مقاومت جرقه
۸)رفع خطا
۹)پدیده فرورزونانس

امروزه بانکهای خازنی درشبکه های قدرت دارای استفاده فراوانی هستند وبرای جبرانسازی توان راکتیو، بهبود ولتاژ سیستم و همچنین آزاد سازی ظرفیت خطوط وترانسفورماتور ها بهترین راه حل می‌باشند. عمده مسائل کیفیت توان ناشی از بکار گیری خازن به گذراهای پدید آمده ازکلیدزنی خازن مربوط می‌شود[۳].

۲-کلیدزنی خازن:

ورودوخروج بانکهای خازنی از متداولترین کارهایی است که روزانه درسیستم های قدرت انجام می‌شود. این عمل باعث بروز گذراهایی در ولتاژ وجریان سیستم قدرت می‌شود.در لحظه کلیدزنی ،به دلیل اینکه ولتاژ خازن نمی‌تواند بصورت آنی تغییر کندیک تغییر سریع در ولتاژ باس رخ می‌دهد که میزان تغییر به شارژ اولیه خازن بستگی دارد.این تغییر ولتاژ پس از چند نوسان رفع می‌گردد[٦].

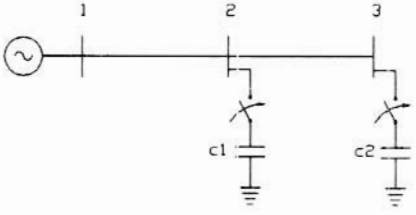
کلیدزنی خازن را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:[۲]

۱-کلیدزنی معمولی بانکهای خازنی
۲-کلیدزنی بانکهای خازنی پشت به پشت(Back to Back)

۲-۱-کلیدزنی معمولی بانکهای خازنی

در این نوع کلیدزنی هیچ بانک خازنی برقدار در نزدیکی بانک خازنی که باید کلیدزنی شود وجود ندارد.در شکل (۱) یک شبکه نمونه نشان داده شده است که شکل موج ولتاژ در باس ۲ به هنگام کلیدزنی خازن C_1 شبیه‌سازی شده است. نتایج شبیه‌سازی در شکل (۲) آورده شده است. اطلاعات شبکه نیز در جدول (۱) وجود دارد.شبیه‌سازی فوق و بقیه شبیه‌سازی‌های این مقاله با نرم‌افزار EMTP انجام گرفته است.

همانطور که از شکل (۲) مشخص است میزان اضافه ولتاژ در این شبکه در باس ۲ از ۱/٤ پریونیت تجاوز نمی‌کند.



شکل(۱)-شبکه نمونه

همچنین در این نوع کلیدزنی پله ولتاژ از صفر عبور نمی‌کندویابه عبارت دیگر پلاریته ولتاژ در لحظه کلیدزنی تغییر نمی‌کند[۲].

جدول(۱)-اطلاعات شبکه شکل (۱)

مشخصات خط:

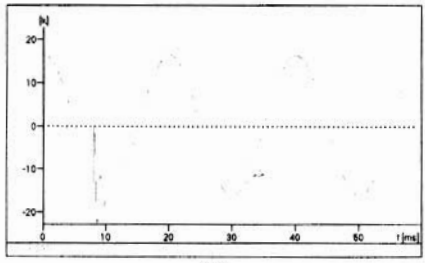
شماره خط	۱	۲
شماره باس	۱	۲
شماره باس	۲	۳
$R_+(\Omega)$	۰/۷۱۱	۰/۷۱۱
$L_+(mH)$	۱۱/۸۵۷	۱۱/۸۵۷
$R_0(\Omega)$	۰/۵۵	۰/۵۵
$L_0(mH)$	۸/۹۸	۸/۹۸
$Z_c(\Omega)$	۲۰۰	نسبتا بزرگ

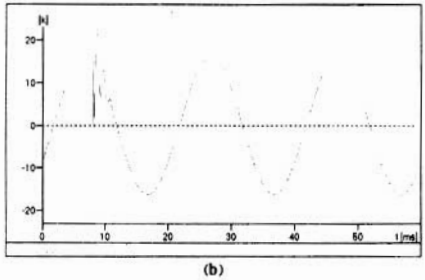
مشخصات خازن:

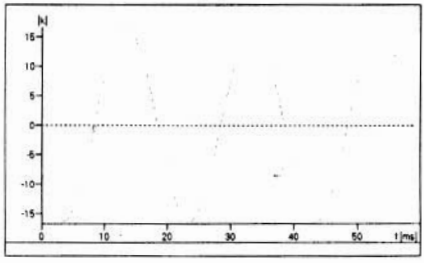
	C_1	C_2
$C(\mu F)$	۲/۵۱	۲/۵۱

مشخصات منبع:

$V_{L-L}(v)$	۲۰۰۰۰
f(Hz	۵۰

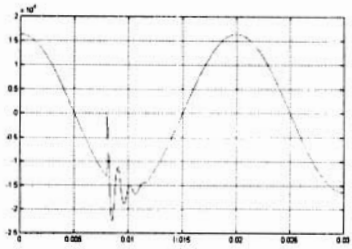


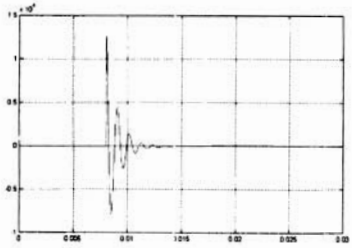


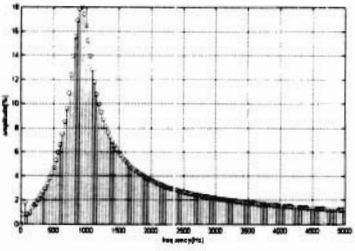


شکل(۲)-شکل موج ولتاژ ناشی از برقدار کردن معمولی خازن a-فاز b.A-فاز c.B-فازCدر شبکه شکل(۱)

برای بدست آوردن فرکانس نوسانات ناشی از کلیدزنی خازن ،لازم است که شکل موج اغتشاش ناشی از کلیدزنی خازن از شکل موج اصلی ولتاژ جدا شود.با توجه به تبدیل فوریه سریع سیگنال که در شکل (۳) نشان داده شده فرکانس غالب نوسان در این نوع کلیدزنی ۹۳۰ هرتز است.





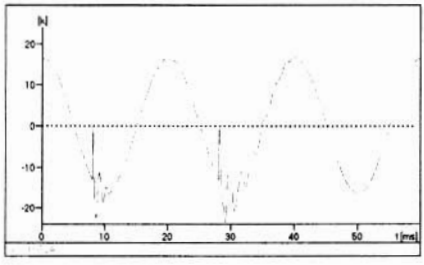


شکل(۳)-a-شکل موج ولتاژ ناشی از کلیدزنی خازنb-شکل موج بدست آمده از جدا کردن فرکانس اصلی شبکه ازشکل موج(a)c-تبدیل فوریه شکل موج قسمت (b) که بیانگر فرکانس نوسانات می‌باشد

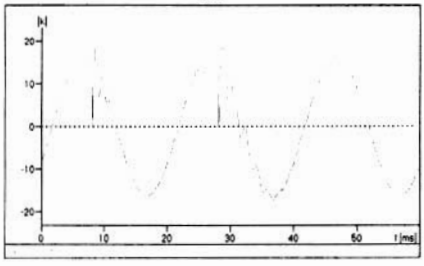
۲-۲-برقدار کردن بانکهای خازنی پشت به پشت:

برقدار کردن پشت به پشت بانکهای خازنی زمانی اتفاق می افتد که یک بانک خازنی در نزدیکی یک بانک خازنی دیگر که برقدار است کلیدزنی شود. شکل موج ولتاژ باس ۳ که ناشی از این نوع برقدار کردن خازن می‌باشددر شکل (٤) نشان داده است که در آن خازن C_2 پس از بسته شدن خازن C_1 بسته میشود. از

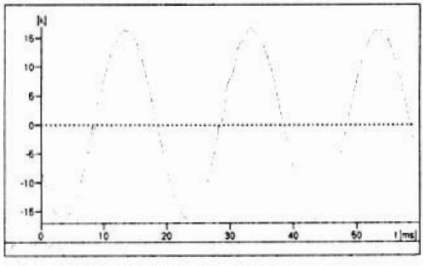
این شکل مشخص است میزان اضافه ولتاژ در این نوع کلیدزنی از ۱/۵ پریونیت تجاوز نمی‌کند. همچنین شکل موج ولتاژبه هنگام کلیدزنی خازن تغییر پلاریته نمی‌دهد(با فرض اینکه شارژ اولیه خازن صفر باشد.)[۲]



(a)



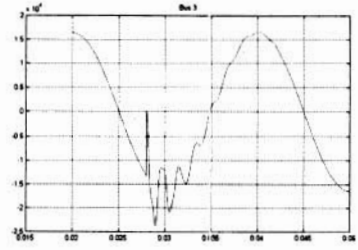
(b)



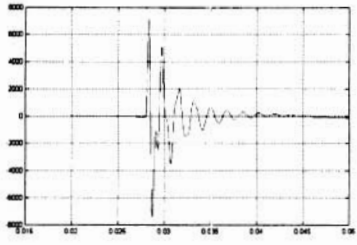
(c)

شکل(٤)-شکل موج ولتاژ باس ۳تاشی از برقدار کردن خازن متصل در باس ۳ در حالیکه خازن C_1 برقدار است. a-فازA،b-فازB،c-فازCدر شبکه شکل(۱)

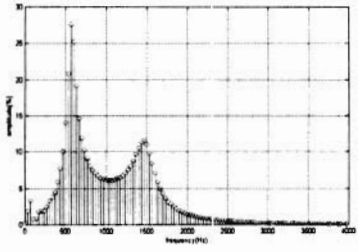
برا ی استخراج فرکانس نوسانات در این نوع کلیدزنی نیز شکل موج اغتشاش از شکل موج اصلی ولتاژ جدا شده و از آن تبدیل فوریه سریع گرفته شده است. همانطورکه از شکل (۵) مشخص است فرکانس غالب این نوع کلیدزنی بدلیل اینکه یک خازن برقدار دیگر در شبکه وجود دارد با فرکانس نوسانات نوع اول کلیدزنی خازن متفاوت است.



(a)



(b)



(c)

شکل(۵)-a-شکل موج ولتاژ باس ۳تاشی از برقدار کردن خازن متصل در باس ۳ در حالیکه خازن C_1 برقدار است.b-شکل موج بدست آمده از جدا کردن فرکانس اصلی شبکه ازشکل موج(a)c-تبدیل فوریه شکل موج قسمت (b) که بیانگر فرکانس نوسانات می‌باشد

۳-اثرات کلیدزنی خازن بر روی مصرف کننده ها

گذراهای ناشی از کلیدزنی خازن معمولا در طرف تولید کننده اهمیت چندانی ندارد اما همانطور که در شکلهای (۳)و(۵) نشان داده شد بدلیل پائین بودن فرکانس،این اضافه ولتاژهای گذرا از ترانسفورماتور کاهنده به طرف مصرف کننده منتقل می‌شوندوممکن است بصورت ولتاژهایی بادامنه بزرگ در طرف مصرف کننده ظاهر شوند.

این اضافه ولتاژهای گذرا می‌توانند باعث ایجاد قطعی (بسته به دامنه اضافه ولتاژ)در مصرف کنندگانی شوند که از عناصر الکترونیک قدرت وکنترل کننده های دور موتور استفاده می کنند. این مشکل از تغییر ولتاژ باس dcکه اینورتر مربوطه از آن تغذیه می‌شود ناشی می‌گردد. زمانی که ولتاژ باس dc از میزان معینی بالاتر رود وسیله حفاظتی باعث قطع شدن موتور می‌گردد[۳].

٤-راههای کاهش اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن :

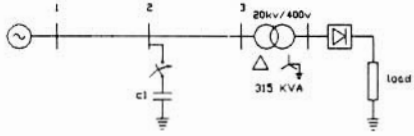
همانطور که نشان داده شد برقدار کردن خازن ها باعث بروز اضافه ولتاژهایی در شبکه می‌گردد که در ذیل سه روش برای کاهش این اضافه ولتاژها اشاره وبررسی می‌گردد.این سه روش عبارتند از:

۱-استفاده از برقگیر

۲- استفاده از کلیدزنی همزمان بانکهای خازنی

۳-استفاده از فیلتر به جای خازن جبرانساز

برای بررسی هر کدام از روشهای فوق از شبکه نمونه شکل(۱) استفاده شده است. به این شبکه یک ترانسفورماتور۲۰kv/٤۰۰v اضافه شده است ودو نوع بار بصورت مجزا به خروجی این ترانسفور ماتور متصل واثرات کلیدزنی خازن برروی آنها وهمچنین تأثیر هر کدام از سه روش بالا برروی اضافه ولتاژهای بوجود آمده در ولتاژ هر مصرف کننده به هنگام کلیدزنی خازن نشان داده شده است.این شبکه در شکل (٦) آورده شده است.



شکل(٦)-شبکه توزیع نمونه برای بررسی اثرات ناشی از کلیدزنی خازن بر ولتاژ مصرف کننده

بدلیل اینکه یکسوساز تمام موج تکفاز در اغلب لوازم الکترونیکی استفاده می‌شود این یکسوساز با یک بار RL به عنوان بار نمونه اول انتخاب شده است. همچنین یکسوساز تمام موج سه فاز نیز بدلیل اینکه برای تغذیه اینورتر های کنترل کننده دور موتور که امروزه در صنعت کاربردهای فراوانی دارند استفاده می‌شود به عنوان بار نمونه دوم انتخاب شده است.مشخصات این دو نوع بار و ترانسفور ماتور کاهنده در جدول (۲) آورده شده است.

جدول(۲)-مشخصات بار وترانسفور ماتور در شبکه شکل (٦)

مشخصات بار		
	۱	۲
نوع بار	یکسوساز دیودی تکفاز تمام موج	یکسوساز دیودی سه فاز تمام موج
(Ω)مقاومت بار	۲۰	۵۰
(mH)اندوکتانس بار	۷۰	٦۰
(μF)خازن موازی با بار	۲۰۰۰	۲۰۰
(Ω)مقاومت استابر دیود	۱	۱
(μF)خازن استابر دیود	۳۳	۳۳

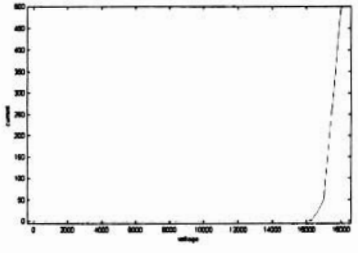
مشخصات ترانسفورماتور

قدرت ترانسفور ماتور	۳۱۵KVA
امپدانس اتصال کوتاه	٪٤
$\cos\phi_{sc}$	۰/٤
مثلث	اتصال سیم پیچ ها در طرف ۲۰kV
ستاره مستقیم زمین شده	اتصال سیم پیچ ها در طرف ٤۰۰V

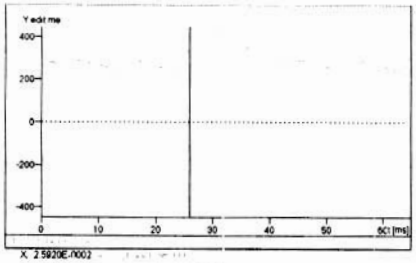
٤-۱-استفاده از برقگیر:[۱]

٤-۱-۱-برای کاهش اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن در باس مربوط به خازن(باس ۲) برقگیر قرار می‌دهیم.

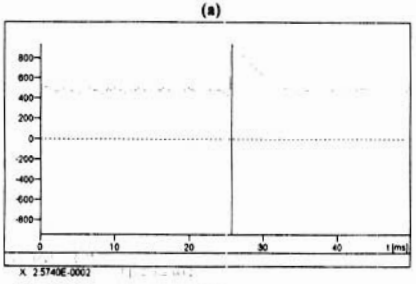
برای نشان دادن اثر برقگیربرروی ولتاژ بار در یکسوسازهای تکفاز وسه فازتمام پل اشاره شده در جدول (۲)،یک برقگیر سه فاز با منحنی مشخصه شکل(۷) در باس ۲ نصب شده ونتایج شبیه‌سازی در شکل(۹) نشان داده شده است.همچنین در شکل(۸) ولتاژ دو سر بار در هر دو نوع یکسوساز بدون اعمال هیچکدام از روشهای فوق آورده شده است. همانطور که از این شکل مشخص است میزان اضافه ولتاژ بوجود آمده از کلیدزنی خازن در باس ۲ در یکسوساز تکفاز تقریبا ۱/٦۲ پریونیت ودر یکسوساز سه فاز تقریبا ۱/۹۷ پریونیت است.



شکل(۷)-مشخصه برقگیر



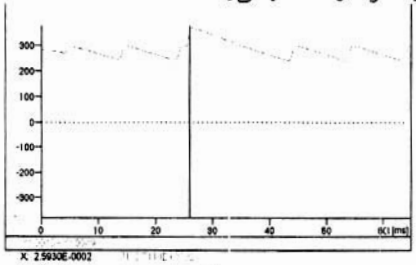
(a)



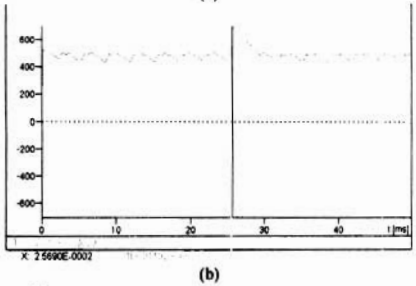
(b)

شکل(۸)-(a) ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز
(b) ولتاژ دوسر بار در یکسوساز سه فاز

پس از نصب برقگیرها این اضافه ولتاژ به ۱/۳٦ پریونیت در یکسوساز تکفاز و۱/٤٦پریونیت در یکسوساز سه فاز می‌رسد.



(a)

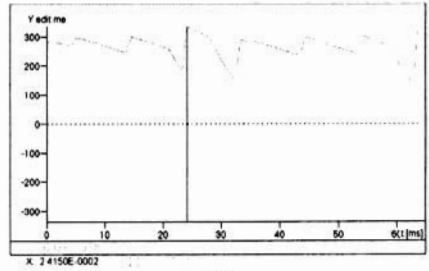


(b)

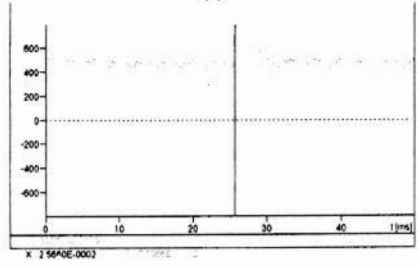
شکل(۹)-(a) ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز پس از نصب برقگیر درباس۲(b)، ولتاژ دوسر بار در یکسوساز سه فازپس از نصب برقگیردرباس۲

٤-١-٢-در شبیه‌سازی دوم برقگیرها را روی باس ۳ قرار می‌دهیم. برقگیرها دارای همان مشخصه های بند٤-١-١ هستند.با توجه به شکل موج ولتاژ هر کدام از دو نوع مصرف کننده که در شکل(١٠) آورده شده است ملاحظه می‌شود که میزان اضافه ولتاژ دوسر بار در یکسوساز تکفاز تقریبا ١/٢١ پریونیت ودر یکسوساز سه فاز١/٦٥ پریونیت است.

٤-١-٣-در بررسی دیگر برقگیرهای کوچک MOV (metal oxide varistor) در خروجی ترانسفورماتور ٢٠kv/٤٠٠v قرار می‌دهیم .منحنی مشخصه این برقگیرها در شکل(١١) نشان داده شده است.با توجه به شکل موج ولتاژ دو سر هر کدام از دونوع مصرف کننده که در شکل(١٢) آورده شده است دیده می‌شود که میزان اضافه ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز ١/٣٩ پریونیت ودر یکسوساز سه فاز١/٤٣ پریونیت است.

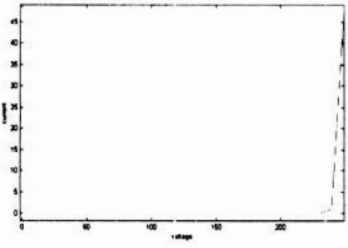


(a)

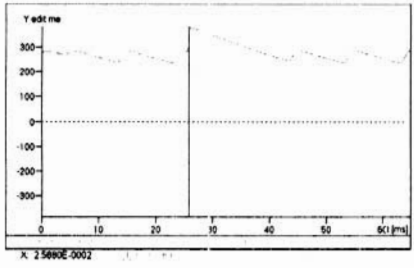


(b)

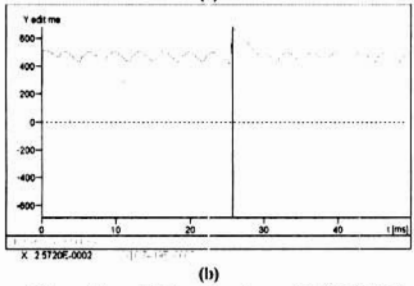
شکل(١٠)-(a) ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز پس از نصب برقگیر درباس۳(b)، ولتاژ دوسر بار در یکسوساز سه فازپس از نصب برقگیردرباس۳



شکل(١١)-منحنی مشخصه برقگیر MOV که در طرف ٤٠٠v (نزدیک بار) نصب می‌شود



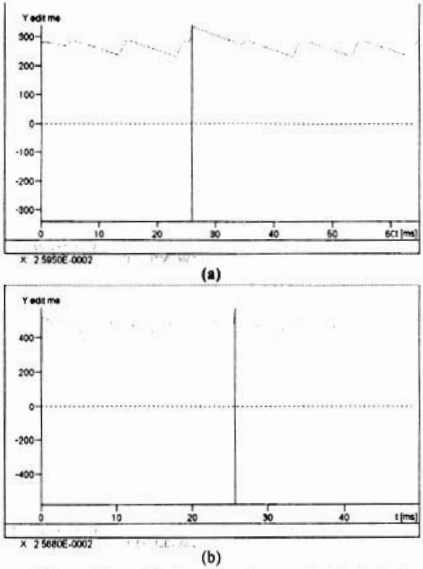
(a)



(b)

شکل(١٢)-(a) ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز پس از نصب برقگیردر طرف ٤٠٠v(نزدیک بار)(b)، ولتاژ دوسر بار در یکسوساز سه فازپس از نصب برقگیردر طرف، ٤٠٠v(نزدیک بار)

٤-١-٤-علاوه براینکه در باس۲ (در طرف ٢٠KV)از برقگیر استفاده می‌کنیم در خروجی ترانسفورماتور(نزدیک بار) نیز از برقگیرهای اشاره شده در بند٤-١-٣ استفاده می‌کنیم. نتایج شبیه‌سازی که در شکل (١٣) آورده شده است نشان می‌دهدکه میزان اضافه ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز ١/٢٢ پریونیت ودر یکسوساز سه فاز ١/٢٠ پریونیت می‌باشد.



شکل(۱۳)-(a) ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز پس از نصب برقگیردر طرف۲۰kvو ۴۰۰v(نزدیک بار)(b)، ولتاژ دوسر بار در یکسوساز سه فازپس از نصب برقگیردر طرف ۲۰kvو ۴۰۰v(نزدیک بار)

نتایج حاصل از این ٤شبیه‌سازی بیانگراین است که استفاده از روش چهارم بیشترین کاهش را در اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن ایجاد می‌کند اما باید توجه کرد که نصب برقگیر در طرف ۲۰کیلوولت(در باس ۲) بر عهده شرکت برق می‌باشد در حالیکه نصب برقگیر در خروجی ترانسفورماتور(نزدیک بار) برعهده مصرف کننده می‌باشد. با این وجود شرکت برق موظف است برای ارائه یک ولتاژ سالم به مصرف کننده، در باسبار خازن برقگیر نصب نماید تا از وارد کردن خسارات احتمالی بر مصرف کننده در اثر کلیدزنی خازن جلوگیری نماید.در جدول (۳) خلاصه نتایج شبیه‌سازی های انجام شده با برقگیر آورده شده است.

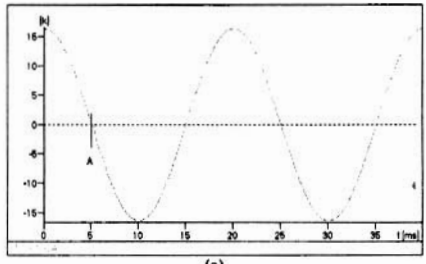
٤-۲-استفاده از کلیدزنی همزمان:[۵]

منظور از کلیدزنی همزمان خازنها برقدار کردن خازنهای هرفاز در لحظه عبور از صفر ولتاژ آن فاز می‌باشد. در این روش اگر شارژ اولیه خازنها صفر باشد گذرای قابل ملاحظه ای پدید نخواهد آمد. در صورتی خازنها دارای شارژ اولیه باشند کلیدها باید زمانی بسته شوند که ولتاژ شبکه با شارژ اولیه خازنها برابر باشد.در شبکه نمونه شکل(۱) خازن C_1 باهمین روش کلیدزنی شده و نتایج آن در شکل(١٤) نشان داده شده است.

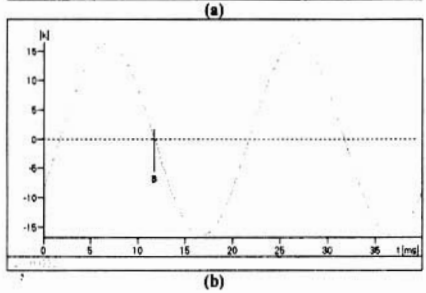
جدول(۳)-خلاصه نتایج شبیه‌سازی های انجام شده با استفاده از برقگیر

	میزان اضافه ولتاژ در ولتاژ بار متصل به یکسوساز تکفاز	میزان اضافه ولتاژ در ولتاژ بار متصل به یکسوساز سه فاز
حالت عادی (بدون استفاده از برقگیر)	۱/٦۲	۱/۹۷
استفاده از برقگیر درباس۲	۱/۳	۱/٤٦
استفاده از برقگیر درباس۳	۱/٦۱	۱/٦۵
استفاده از برقگیر در خروجی ترانسفورماتور	۱/۳۹	۱/٤۳
استفاده از برقگیر درباس۲ ودرخروجی ترانسفورماتور	۱/۲۲	۱/۲۰

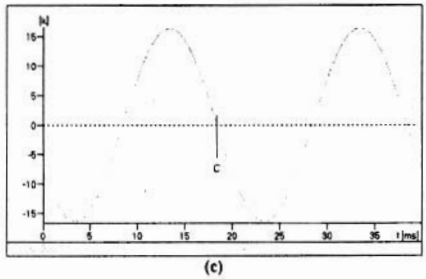
روش دیگر برای برقدار کردن همزمان خازنهایی که بصورت ستاره زمین نشده می‌باشند روش ۵میلی ثانیه می‌باشد.زمانی که ولتاژ دو فاز باهم مساوی هستند کلید مربوط به این دو فاز بسته می‌شود که مسلما گذرای قابل ملاحظه‌ای نخواهد داشت. پس از ۵میلی ثانیه ولتاژ نقطه ستاره بانک خازنی برابر با متوسط ولتاژ دو فاز یعنی صفر خواهد بود که با ولتاژ فاز سوم نیز برابر است. بستن کلید فاز سوم در این لحظه نیز با گذرای مهمی همراه نخواهد بود. این روش به شبکه نمونه شکل(۱) به منظور کلیدزنی خازن C_1اعمال شده و نتیجه شبیه‌سازی در شکل(۱۵) آورده شده است.



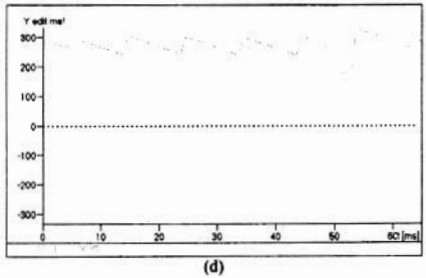
(a)



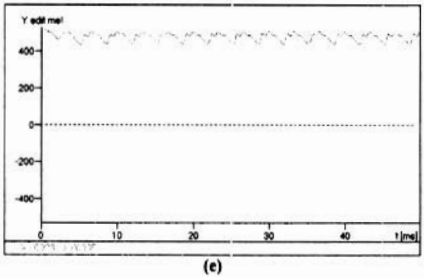
(b)



(c)



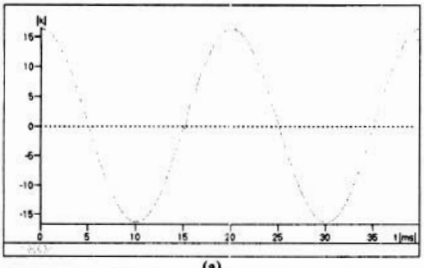
(d)



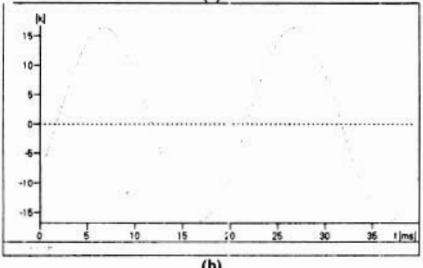
(e)

شکل(۱٤)-کلیدزنی همزمان خازن متصل به باس ۲ در شبکه نمونه a- فاز b،A-فاز c،B-فاز C در باس ۲ شبکه شکل(۱)

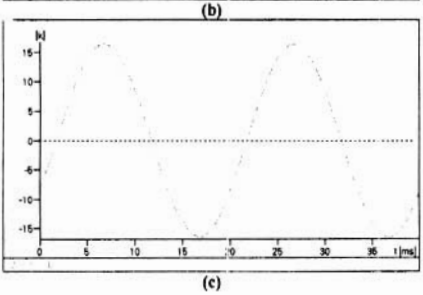
d-ولتاژ بار در یکسوساز تکفاز e-ولتاژ بار در یکسوساز سه فاز



(a)



(b)

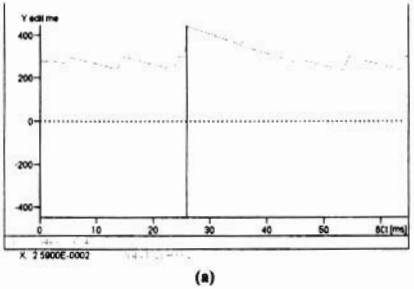


(c)

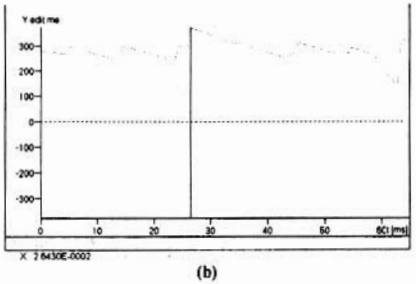
شکل(۱۵)-کلیدزنی همزمان خازن به روش ۵میلی ثانیه متصل به باس ۲ در شبکه نمونه a-فاز b،A-فاز c،B-فازCدر شبکه شکل(۱)

٤-٣-استفاده از فیلترهای هارمونیکی:[١]

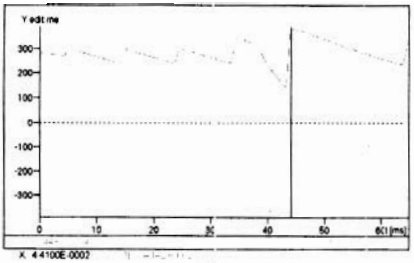
در این روش بجای استفاده از خازن تنها، از یک فیلتر که شامل سلف وخازن است استفاده می‌شود به گونه‌ای که این مجموعه علاوه بر این که در فرکانس قدرت توان راکتیو را جبران می‌کند از بروز اضافه ولتاژهای ناشی از برقدار کردن خازن نیز جلوگیری می نماید. در شبکه نمونه شکل(٦) خازن متصل به باس ٢ با مقادیر مختلف اندوکتانس سری شده ومیزان اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن در جدول (٤) آورده شده است همچنین شکل موج ولتاژ دو سر بار برای دو حالتی که اندوکتانس‌های ٢٥mH و ٧٥mH با خازن سری شده است برای هر دو نوع یکسوساز (تکفاز وسه فاز) شبیه‌سازی شده ونتایج حاصله در شکل(١٦) آورده شده است.



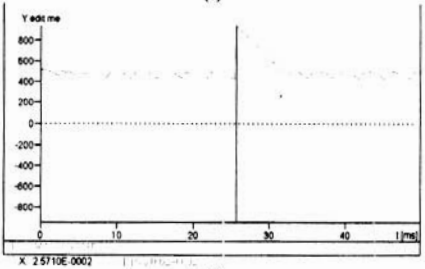
(a)



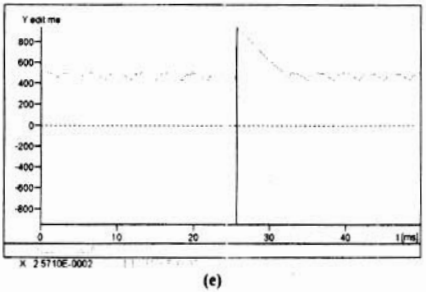
(b)



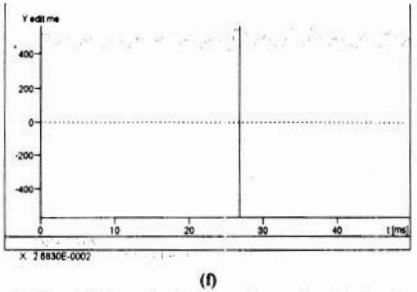
(c)



(d)



(e)



(f)

شکل(١٦)- (a)-شکل موج ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز در کلیدزنی خازن، خازن بدون اندوکتانس(b)-خازن سری با اندوکتانس ٢٥میلی هانری(c)- خازن سری با اندوکتانس ٧٥میلی هانری، (d)- شکل موج ولتاژ دو سر بار در یکسوساز سه فاز در کلیدزنی خازن، خازن بدون اندوکتانس(e)- خازن سری با اندوکتانس ٢٥میلی هانری(f)- خازن سری با اندوکتانس ٧٥میلی هانری

همانطور که از شکلهای فوق مشخص است با افزایش اندوکتانس ، میزان اضافه ولتاژهای پدید آمده در ولتاژ بار هر دو نوع یکسوساز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. با این وجود باید دقت کرد که رزونانس سلف با خازن باعث تقویت برخی هارمونیکهای خاص نگردد. همچنین میزان اندوکتانس به اندازه ای نباشد که فیلتر در فرکانس قدرت بجای جبران توان راکتیو ، مصرف کننده آن باشد.

جدول(٤)-میزان اضافه ولتاژهای بوجود آمده در دوسر بار در یکسوساز تکفاز و سه فاز زمانی که از فیلتر به جای خازن استفاده شود.

میزان اضافه ولتاژ دو سر بار در یکسوساز سه فاز(پریونیت)	میزان اضافه ولتاژ دو سر بار در یکسوساز تکفاز(پریونیت)	اندوکتانس(میلی هانری)
١/٧٩	١/٤١	١٠
١/٥٩	١/٤١	٢٠
١/٤٥	١/٣٠	٣٠
١/٣٥	١/٢٥	٤٠
١/٢٨	١/٣٤	٥٠
١/٢٢	١/٤٠	٦٠
١/١٨	١/٤٢	٧٠
١/١٨	١/٣٠	٨٠
١/١٨	١/٣٠	٩٠
١/١٧	١/٣٧	١٠٠

٥-نتیجه گیری:

در این مقاله سه روش برای کاستن از اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی خازن ارائه گردید. با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی ها، استفاده از کلید سنکرون برای برقدار کردن بانکهای خازنی بهترین راه حل می‌باشد چرا که هیچگونه اضافه ولتاژی در شبکه ایجاد نمی‌گردد. اما بدلیل گسترش شبکه قدرت وافزایش استفاده از بانکهای خازنی وهمچنین قیمت بالای این کلید ها،از لحاظ اقتصادی استفاده از این روش برای تمامی بانکهای خازنی مناسب نخواهد بود.

استفاده از برقگیر وفیلتر های هارمونیکی ، اضافه ولتاژها را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد همانطور که از جداول ٣و٤ مشخص است استفاده از فیلتر بجای خازن میزان اضافه ولتاژ را در خروجی یکسوساز سه فاز به١/١٧ پریونیت می رساند در حالیکه در یکسوساز تکفاز کمترین مقدار اضافه ولتاژ ١/٢٥ پریونیت خواهد بود.

با استفاده از برقگیر حداقل اضافه ولتاژ در خروجی یکسوساز تکفاز ١/٢٢ پریونیت ودر خروجی یکسوساز سه فاز ١/٢٠ پریونیت خواهد بودکه در نتیجه استفاده از برقگیر برای برای یکسوساز سه فاز مناسب خواهد بود اما برای یکسوساز تکفاز کافی نیست. از ترکیب روش سوم بند١-٤ مقاله (استفاده از برقگیر کوچک MOV در خروجی ترانسفورماتور) وبند ٣-٤ (استفاده از فیلتر هارمونیکی) میزان اضافه ولتاژ در خروجی یکسوساز تکفاز به ١/١٦ پریونیت می‌رسدکه ترکیب این دو روش برای کاهش اضافه ولتاژ در یکسوساز تکفاز مناسب خواهد بود.

همانطور که قبلا نیز اشاره شد نصب فیلترهای هارمونیکی به جای خازن وظیفه شرکت برق می‌باشد اما اضافه کردن برقگیر در خروجی ترانسفور ماتور بر عهده مصرف کننده است.

٦-مراجع:

1-Thomas E.Grebe"Application of distribution system capacitor banks and their impact on power quality", Conference paper of IEEE,1995,pp.c3-1-c3-6

2-Surya Santoso,Mack Grady,Edward J.Powers,Jeff Lamoree and C.Bhatt , "Characterization of Distribution Power Quality Event with Fourier and Wavelet

Transforms",IEEE transaction on power delivery,Vol.15,No.1,January2000, pp.247-254
3-Philip K.S. Lim, Thomas E.Wyatt and Clarence W.Woodell, "Power Quality Considrations for installing Sensetive Electronics Equipment-A Utility's Prespective", IEEE conference 1997
4-Surya Santoso,Mack Grady,Edward J.Powers,Jeff Lamoree and Siddharth C.Bhatt "A Scalable PQ Event Identification system",IEEE Transaction on Power Delivery,Vol.15,No.2,April 2000,pp.738-743
5-Emmanouil Styvaktakis, Math H,J, Bollen.Irene Y.H.Gu "Classification of power system transients : synchronized switching ",IEEE conference 2000
6-Wu Jun,Tapab Kumar Saha، "Simulation of power Quality Problems on a University Distribution System", IEEE conference 2000
7-Roger C.Dugan, Mark F.McGranahan, H. Wayane Beaty "Electrical Power System Quality",
۸-هاشم علیپور،گئورگ قره پتیان ،"بررسی حالات گذرا توسط EMTP"،چاپ اول ،مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر،۱۳۷۸