

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

کاهش تنش های وارد بر کلید قدرت هنگام کلیدزنی کنترل شده بانک خازنی

حسن حمیدی^۱، حسن آبنیکی^۲، اصغر برقندان^۱

^۱شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی

^۲دفتر امور تحقیقات برق، معاونت منابع انسانی و تحقیقات شرکت توانیر

بهبود ضریب توان، افزایش ظرفیت سیستم، بهبود تنظیم ولتاژ و کاهش تلفات سیستم، مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱].

در این مقاله، بانک خازنی ۲۰ کیلوولت نصب شده در پست بی‌بی‌حوریه برق منطقه‌ای گیلان که شامل چهار پله با ظرفیت ۲.۴ مگاوار برای هر پله، می‌باشد شبیه‌سازی شده است. هر پله بانک خازنی از اتصال ستاره دوپل یونیت‌های ۴۰۰ کیلوواری تشکیل شده است؛ به عبارت دیگر هر ستاره بانک خازنی توان راکتیوی معادل ۱۲۰۰ کیلووار تولید می‌کند.

تخلیه داخلی یونیت‌های بانک خازنی بوسیله یک مقاومت که بصورت ستاره موازی با یونیت‌های خازنی قرار گرفته، مدل شده است. مقدار مقاومت تخلیه به ولتاژ سیستم، ظرفیت بانک خازنی، ولتاژ باقیمانده مجاز یونیت و مدت زمان تخلیه بستگی دارد [۲]. در نتیجه ولتاژ و بار اولیه بانک خازنی هنگام ورود به مدار، صفر در نظر گرفته می‌شود.

فیدر فشار متوسط ۲۰ کیلوولت بانک‌های خازنی از طریق دو ترانس قدرت 30MVA با $U_k=10\%$ که موازی می‌باشند، تغذیه شده‌اند. در این مقاله اثر دو ترانس قدرت موازی، بصورت راکتانس مدل‌سازی شده که در محدود کردن جریان عبوری، هنگام کلیدزنی بانک‌های خازنی موثر می‌باشد.

همچنین راکتور محدودکننده جریان، برای محدودسازی جریان کلیدزنی بانک‌های خازنی استفاده شده است [۳].

همانند عملکرد کلیدهای واقعی، کلیدهای شبیه‌سازی شده، پس از دریافت فرمان قطع تا زمانی که مقدار جریان عبوری به نزدیک صفر (به مقدار کمتر از ۵ آمپر) نرسد، مسیر جریان را قطع نخواهد کرد. کلیدهای

چکیده — کلیدزنی بانک‌های خازنی یکی از بیشترین عملیات‌هایی است که در سیستم قدرت اتفاق می‌افتد و موجب پیدایش حالت‌های گذرا با دامنه بزرگ و فرکانس بالا می‌شود. دامنه و فرکانس حالت‌های گذرای بوجود آمده به مشخصات منبع، ظرفیت بانک خازنی، میرایی سیستم (اندوکتانس سری با بانک خازنی)، زمان کلیدزنی، وجود یا عدم وجود مجموعه خازن‌های موازی با بانک خازنی و بار الکتریکی اولیه بانک خازنی بستگی دارد. با توجه به نسبت x/r بزرگ و میرای کوچک پست، کلیدزنی بانک‌های خازنی با ظرفیت بالا در پست‌های انتقال انرژی الکتریکی، موجب ایجاد اضافه ولتاژ و اضافه جریان بزرگ با فرکانس بالا می‌شود. در این مقاله تاثیرات کلیدزنی کنترل شده بانک خازنی در کاهش دامنه اضافه ولتاژ، اضافه جریان‌های گذرا، کاهش دامنه و نرخ افزایش قوس در کلیدزنی بانک‌های خازنی منفرد و پشت به پشت فشار متوسط، پست بی‌بی‌حوریه برق منطقه‌ای گیلان شبیه‌سازی و تاثیر آن در افزایش طول عمر کلید بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی — اضافه ولتاژ و جریان، بانک خازنی، کلیدزنی کنترل شده، قوس الکتریکی، هارمونیک

۱. مقدمه

کاهش تلفات انرژی الکتریکی و افت ولتاژ در سیستم انتقال و توزیع الکتریکی همواره مطلوب می‌باشد. یکی از نشانه‌های بالا بودن تلفات انرژی سیستم الکتریکی، کوچک بودن ضریب توان آن است. بانک‌های خازنی برای

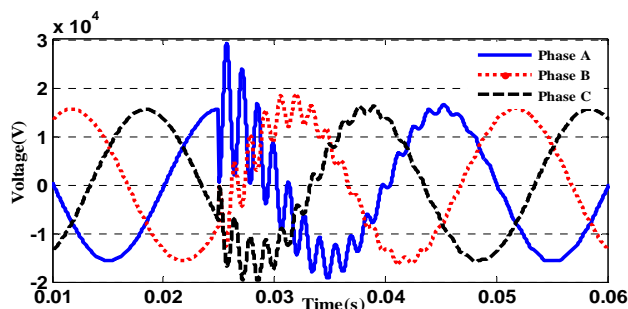
۲. کلیدزنی سه پل بانک خازنی در لحظه بیشینه

ولتاژ

۲.۱. کلیدزنی سه پل بانک خازنی منفرد در لحظه

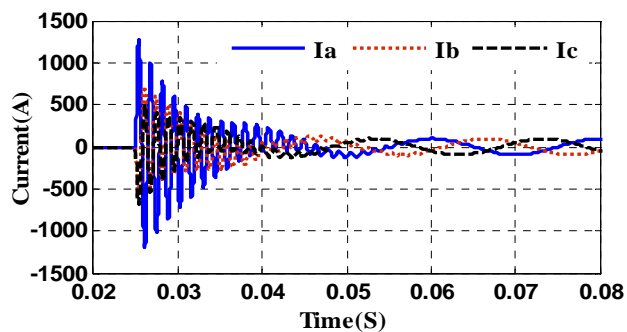
بیشینه ولتاژ

در این حالت بانک خازنی در لحظه بیشینه ولتاژ فاز A به صورت سه پل توسط کلید وارد مدار می شود. این حالت زمانی رخ می دهد که کلید فشار متوسط سه پل بوده و هیچگونه کنترلی برای زمان کلیدزنی بانک خازنی وجود ندارد. اضافه ولتاژ و جریان های بوجود آمده در «شکل های ۲، ۳ و ۴» نشان داده شده است.



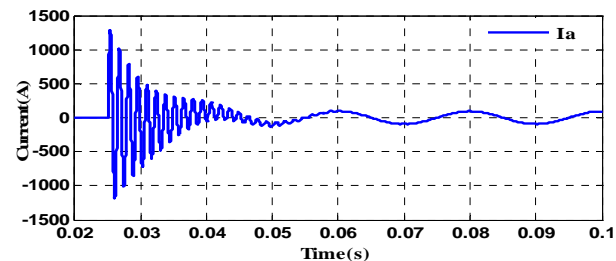
شکل ۲: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه بیشینه

ولتاژ



شکل ۳: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه بیشینه

ولتاژ



شکل ۴: تغییرات جریان فاز A باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه

بیشینه ولتاژ

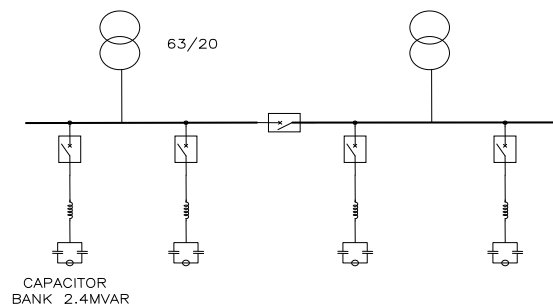
فشار متوسط^۱ به صورت سه پل عمل می کنند، ولی LBS^2 ها می توانند به صورت تک پل هم عمل کنند.

کنتاکت های اصلی کلیدها بلافاصله پس از دریافت فرمان وصل، شروع به حرکت می کنند ولی قبل از رسیدن کنتاکت ها به یکدیگر، مسیر جریان توسط قوس الکتریکی ایجاد شده در داخل کلید برقرار می شود و به عبارت دیگر جریان عبوری از کلید هنگام وصل در سیکل های ابتدایی ماهیت قوسی دارد. لذا در این مقاله می توان کاهش اضافه جریان ها را معادل کاهش قوس الکتریکی در نظر گرفت.

مشابه پروژه های اجرا شده در صنعت برق ایران، نقطه نول مرکز ستاره های بانک خازنی زمین نشده است و قسمتی از حفاظت یونیت های خازنی بر عهده ترانس کور بالانس^۳ می باشد که در مسیر ارتباطی دو نقطه نول ستاره های دوبل قرار گرفته است. در این شبیه سازی با قرار دادن یک تجهیز اندازه گیری، امکان سنجش جریان عبوری بین نول ها در زمان عدم تعادل بازوهای ستاره دوبل فراهم شده است.

از آنجا که تعداد کلیدزنی بانک های خازنی در سیستم قدرت فراوان بوده؛ اضافه ولتاژ و اضافه جریان های ناشی از کلیدزنی بانک خازنی دارای دامنه و فرکانس بالا می باشد، باید روش های مناسبی برای کاهش آن ارائه نمود تا اثرات مخربشان بر تجهیزات شبکه کاهش و نیز طول عمر تجهیزات افزایش یابد؛ همچنین کیفیت توان سیستم بهبود یابد و ولتاژهای القایی بر روی سیستم های فشار ضعیف و کنترلی کاهش یابد [۳-۶].

در این مقاله، اثر زمان کلیدزنی بانک خازنی منفرد و پشت به پشت پست بی بی حوری در مقدار دامنه اضافه ولتاژ و اضافه جریان بوجود آمده، در حالت های مختلف ذیل با شبیه سازی در نرم افزار EMTP/ ATP Draw و PSCAD بررسی شده است. بهترین زمان کلیدزنی با استفاده از ادوات کنترلی که منجر به کمترین مقدار اضافه ولتاژ و جریان می گردد، مشخص می شود.



شکل ۱- سیستم شبیه سازی شده در نرم افزار

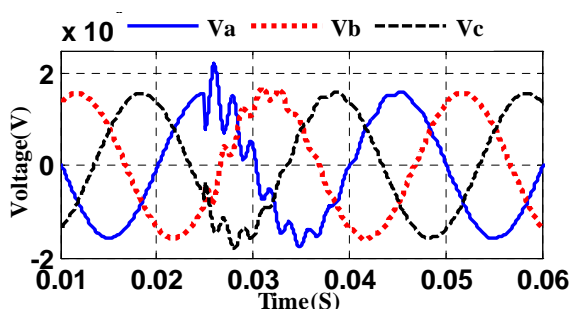
- 1 MV circuit breaker
- 2 Load Break Switch
- 3 Core Balance

۲.۲. کلیدزنی سه پل بانک خازنی پشت به پشت در

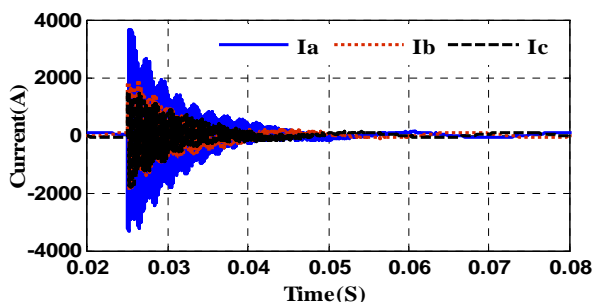
لحظه بیشینه ولتاژ

این حالت مشابه (۲.۱) زمانی رخ می دهد که کلید فشار متوسط سه پل بوده و هیچگونه کنترلی برای زمان کلیدزنی بانک خازنی وجود ندارد. بعد از اینکه پله اول بانک خازنی وارد مدار شده و به حالت پایدار رسیده است، پله دوم بانک خازنی در لحظه بیشینه فاز A به صورت سه پل توسط کلید وارد مدار می گردد. کلیدزنی بانک خازنی در مجاورت الکتریکی بانکهای خازنی دیگر را کلیدزنی پشت به پشت می نامند [۵-۸].

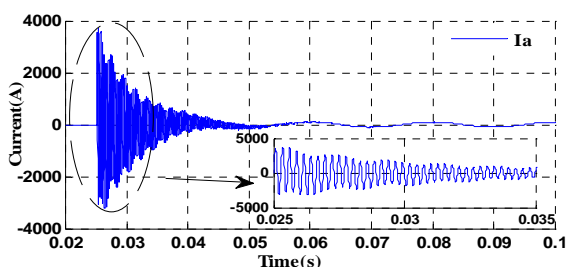
اضافه ولتاژ و اضافه جریانهای بوجود آمده در «شکل های ۶، ۷ و ۸» نشان داده شده است.



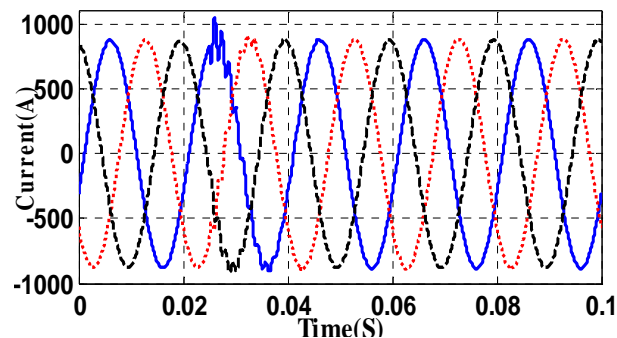
شکل ۵: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در لحظه بیشینه ولتاژ



شکل ۶: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در لحظه بیشینه ولتاژ



شکل ۷: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در لحظه بیشینه ولتاژ



شکل ۸: تغییرات جریان فاز بار در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه بیشینه ولتاژ

همانطور که در «شکل های ۲، ۳ و ۴» مشاهده می گردد، دامنه اضافه ولتاژ و اضافه جریان (قوس الکتریکی) بوجود آمده در فازی که بانک خازنی در لحظه بیشینه ولتاژ فاز (فاز A) وارد مدار شده است، بیشترین مقدار را دارد.

با توجه به (۱) و (۲) فرکانس و دامنه جریان هجومی (قوس الکتریکی) بانک خازنی منفرد محاسبه می گردد [۴-۷]. همانطور که مشاهده می گردد با افزایش سطح ولتاژ، ظرفیت بانک خازنی و کاهش امپدانس مسیر بانک خازنی، دامنه جریان هجومی افزایش می یابد.

همچنین با کاهش ظرفیت بانک خازنی و امپدانس مسیر، فرکانس نوسانات افزایش می یابد.

$$i(t) = \frac{V(0)}{Z_0} \sin \omega_0 t \quad (1)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C_1}} \quad (2)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} \quad (3)$$

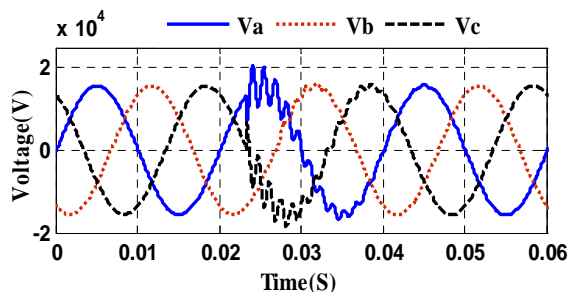
که

$V(0)$ = اختلاف ولتاژ منبع و ولتاژ اولیه بانک خازنی در لحظه کلیدزنی (شارژ باقیمانده در خازنهای پشت بی بی حوریه گیلان توسط مقاومت موازی به صفر می رسد و همواره در لحظه بستن شارژ خازن تقریباً صفر می باشد).

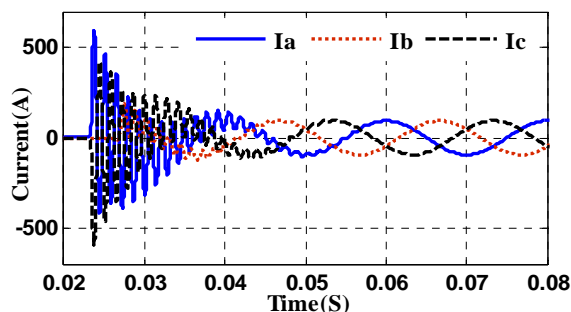
L = اندوکتانس بین بانک خازنی تا منبع

C_1 = ظرفیت بانک خازنی

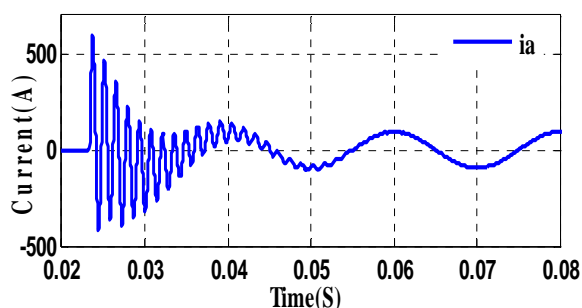
میکروپروسسوری هستند که فرمان وصل پل های کلیدها را در زمان صفر ولتاژ همان فاز ارسال می کنند [۶]. LBS ها کلیدهای تک پل یا سه پل هستند که صرفاً توانایی قطع و وصل جریان بار را دارند. اضافه ولتاژ و جریان بوجود آمده در این حالت در «شکل های ۹، ۱۰ و ۱۱» نشان داده شده است.



شکل ۹: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه صفر ولتاژ هر فاز



شکل ۱۰: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه صفر ولتاژ هر فاز



شکل ۱۱: تغییرات جریان فاز A باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه صفر ولتاژ هر فاز

با توجه به اینکه نول ستاره های بانک خازنی زمین نشده است، بعد از وصل فاز اول تا زمانی که فاز دوم وارد مدار نگردد، جریانی از فاز اول نمی گذرد. در لحظه بسته شدن فاز دوم، ولتاژ دو سر کلید فاز دوم تغییرات شدید لحظه ای ولتاژ دارد و یک برخورد ولتاژی^۵ رخ می دهد که علاوه بر اعمال تنش های شدید بر کلید باعث اضافه ولتاژ و اضافه جریان می گردد.

معادلات (۴) تا (۷) مربوط به دامنه و فرکانس جریان هجومی ناشی از کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت می باشد.

$$i(t) = \frac{V(0)}{Z_{01}} \sin \omega_{01} t \quad (4)$$

$$Z_{01} = \sqrt{\frac{L_B}{C_{EQ}}} \quad (5)$$

$$\omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{L_B C_{EQ}}} \quad (6)$$

$$C_{EQ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (7)$$

$V(0)$ = اختلاف ولتاژ بانک خازنی اول و ولتاژ اولیه بانک خازنی دوم در لحظه کلیدزنی

L_B = اندوکتانس بین بانک های خازنی

C_1 = ظرفیت بانک خازنی اول

C_2 = ظرفیت بانک خازنی دوم

C_{EQ} = ظرفیت خازنی معادل

با مقایسه روابط مربوط به بانک خازنی منفرد و پشت به پشت و با اطلاع از اینکه اندوکتانس بین بانک های خازنی کمتر از اندوکتانس بین بانک خازنی و منبع ولتاژ بوده و همچنین ظرفیت معادل بانک خازنی از ظرفیت بانک خازنی منفرد کمتر می گردد، می توان نتیجه گرفت دامنه و فرکانس جریان هجومی ناشی از بانک خازنی پشت به پشت، بیشتر از بانک خازنی منفرد می باشد [۶]. همچنین بیشتر جریان تزریقی به بانک خازنی در لحظه وصل، در کلیدزنی پشت به پشت از سوی بانک خازنی مجاور می باشد و مقدار کوچکتری از منبع می باشد. نتایج بدست آمده در در «شکل ۳» و در «شکل ۷» قابل رویت می باشد.

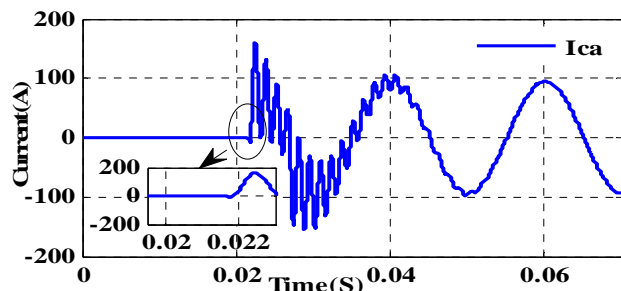
۳. کلیدزنی تک پل بانک خازنی منفرد در لحظه

صفر ولتاژ هر فاز

هنگامی که ولتاژ هر فاز به مقدار صفر می رسد، کلید آن فاز بسته شده و بانک خازنی وارد مدار می گردد. به عبارت دیگر بانک خازنی به صورت کنترل شده وارد مدار می شود. یکی از روش های عملی کلیدزنی کنترل شده استفاده از ZVC^۴ و LBS می باشد. ZVC ها وسایل کنترلی

5 Clashing Voltage

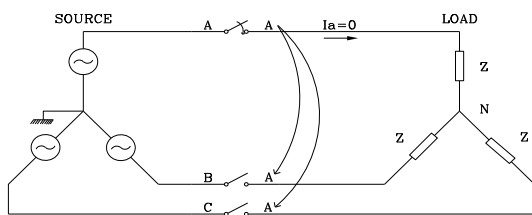
4 Zero Voltage Control



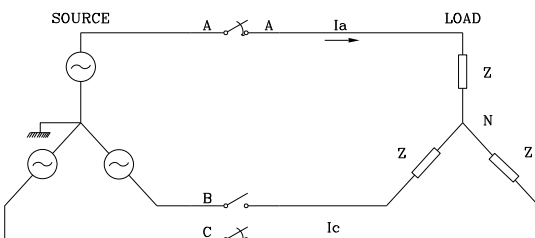
شکل ۱۴: تغییرات جریان فاز A در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در سه زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی

با مشاهده در «شکل ۶» و در «شکل ۱۲» مشخص می‌گردد که دامنه اضافه ولتاژها بوجود آمده در این حالت نسبت به (۲.۱) بشدت کاهش یافته است که در «شکل ۷» و در «شکل ۱۳» نشان داده شده است.

فاز A در زمان $t = 0.02\text{ms}$ وارد مدار می‌گردد از آنجا که مرکز ستاره بانک خازنی زمین نشده است، تا زمانی که فاز دوم وارد مدار نگردد ($t = 0.021667\text{ s}$)، جریانی از فاز اول بدلیل اینکه مسیری برای عبور جریان وجود ندارد، عبور نمی‌کند. تا زمان وصل فاز سوم، جریان عبوری از دو فاز دیگر عکس یکدیگر می‌باشند. این موارد در «شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶» نشان داده شده است.



شکل ۱۵: حالتی که فقط فاز A بسته شده است



شکل ۱۶: حالتی که فاز A و C وارد مدار می‌شوند

۴.۲. کلیدزنی تک پل بانک خازنی منفرد در دو زمان

متفاوت

با توجه به اینکه در حالت قبل با وجود بسته شدن فاز A مسیر جریان برقرار نشده و مسیر جریان پس از بسته شدن فاز دوم برقرار می‌شود؛ لذا

دامنه اضافه ولتاژ و اضافه جریان در فازی که در آخرین مرحله در لحظه صفر ولتاژش وارد مدار می‌گردد، کمترین مقدار را دارد، که در «شکل ۹» قابل رویت می‌باشد.

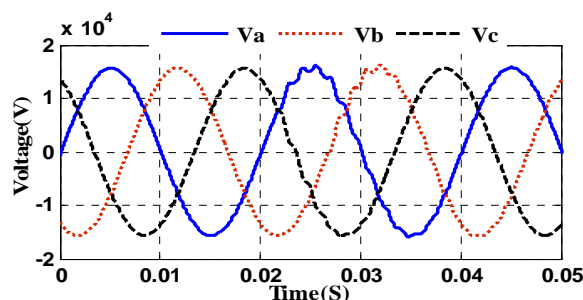
۴. کلیدزنی تک پل بانک خازنی در بهترین زمان

۴.۱. کلیدزنی تک پل بانک خازنی منفرد در سه

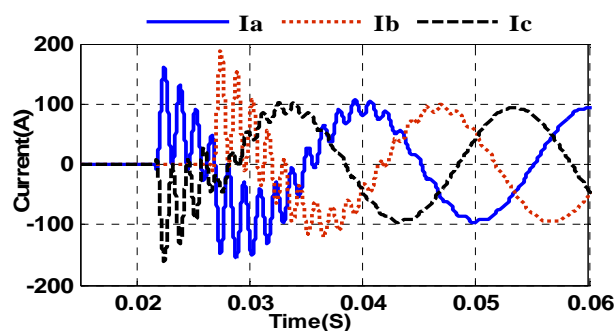
زمان متفاوت

در این روش هنگامی که مقدار ولتاژ فاز A به صفر می‌رسد، این فاز توسط کلید وارد مدار می‌گردد. سپس در لحظه‌ای که دامنه ولتاژ فاز C برای اولین بار بعد از ورود فاز A به مدار، با دامنه ولتاژ فاز A برابر می‌گردد، توسط کلید وارد مدار می‌شود که از برخورد ولتاژ دو سر کلید جلوگیری می‌کند. فاز B نیز هنگامی که مقدار ولتاژش برای اولین بار بعد از ورود فاز C، به صفر می‌رسد، توسط کلید وارد مدار می‌گردد [۶،۹].

اضافه ولتاژها و اضافه جریان‌های بوجود آمده در «شکل‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴» نمایش داده شده است.

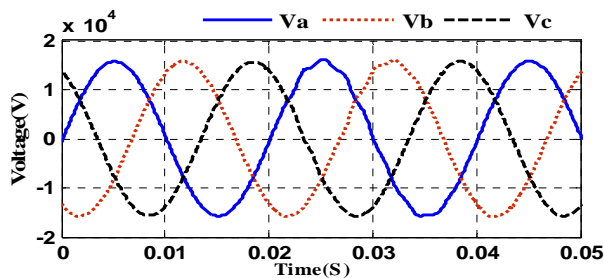


شکل ۱۲: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در سه زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی



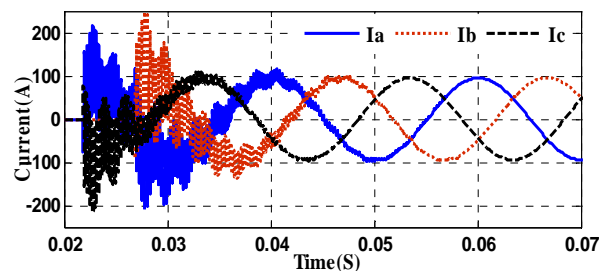
شکل ۱۳: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در سه زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی

با توجه به «شکل های ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲» می توان مشاهده نمود که این نوع کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت دارای کمترین دامنه اضافه ولتاژ و اضافه جریان بوجود آمده در کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت می باشد.



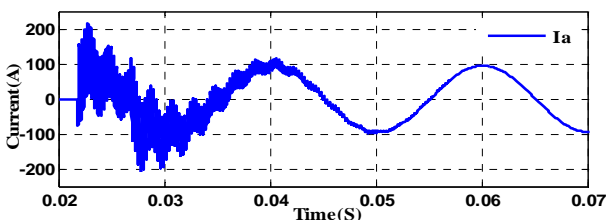
شکل ۱۹: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در دو

زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی



شکل ۲۰: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در

دو زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی

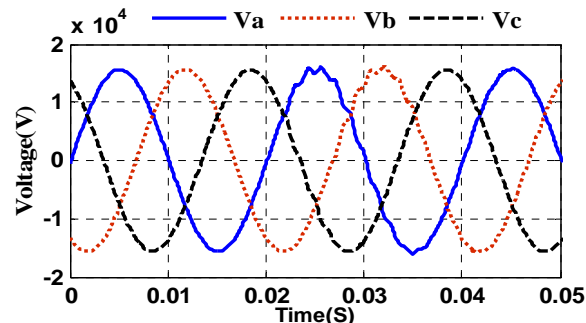


شکل ۲۱: تغییرات جریان فاز A در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در

دو زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی

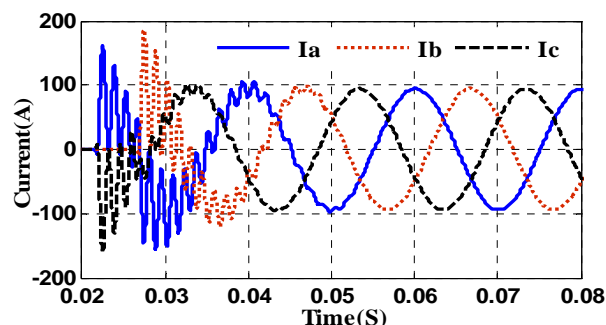
حالت های (۴.۱)، (۴.۲) و (۴.۳) زمانی که از ادوات کنترلی استفاده شود، رخ می دهد. این ادوات کنترلی از جمله ZVC های مورد نیاز این طرح باید قابلیت برنامه ریزی برای ایجاد تاخیر مناسب تا لحظه رسیدن به نقطه مطلوب را داشته باشند. بدیهی است نتایج بدست آمده برای حالتی می باشد که سرعت عملکرد کلید در طول عمر کاری ثابت و دقت ادوات کنترلی ایده آل فرض شود. در غیر این صورت با توجه به جابجایی نقطه عملکرد واقعی کلید نسبت به نقطه مطلوب، اضافه ولتاژ و جریان با دامنه بزرگتری می تواند اتفاق افتد [۶].

می توان ابتدا در لحظه ای که دو فاز (A و C) دامنه یکسان دارند با هم وارد مدار گردند و فاز سوم (B) در اولین زمانی که دامنه ولتاژش بعد از وصل دو فاز دیگر، صفر می گردد، توسط کلید وارد مدار گردد.



شکل ۱۷: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در دو زمان

متفاوت توسط ادوات کنترلی



شکل ۱۸: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در دو زمان

متفاوت توسط ادوات کنترلی

در این حالت شکل موج ولتاژ و جریان مشابه (۴.۱) می باشد. از آنجاکه کلیدزنی در دو مرحله صورت می گیرد، نسبت (۴.۱) که در سه مرحله انجام می گردد، احتمال خطا بعلاوه تغییر زمان عملکرد کلید و دقت عملکرد رله ها در طول عمر کاری شان و کاهش تعداد کلیدزنی، کاهش می یابد.

۴.۳. کلیدزنی تک پل بانک خازنی پشت به پشت در

دو زمان متفاوت

در این حالت مشابه (۴.۲) کلیدزنی صورت می گیرد با این تفاوت که قبل از کلیدزنی یک بانک خازنی در مدار می باشد، تا اثر این نوع کلیدزنی در اضافه ولتاژ و اضافه جریان بوجود آمده در بانک های خازنی پشت به پشت بررسی گردد.

وجود آمده نسبت به حالت هایی که از رله های ZVC استفاده نمی شود، کمتر می باشد.

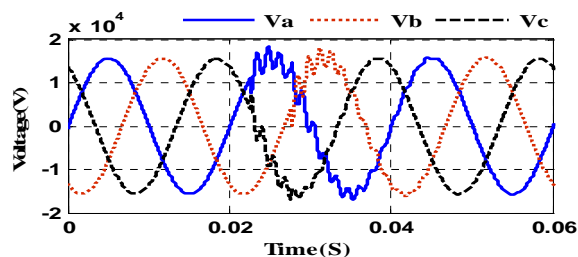
۴.۴. کلیدزنی تک پل بانک خازنی منفرد در سه زمان متفاوت با در نظر گرفتن خطای رله ZVC:

در این حالت خطای رله ZVC و کلید در نظر گرفته می شود یعنی بانک خازنی در زمان تعیین شده وارد مدار نمی گردد. دقت زمانی رله ZVC، ± 0.009 میلی ثانیه می باشد [۹]. برای مثال لحظه عبور ولتاژ فاز A از صفر، ۲۰ میلی ثانیه می باشد در حالیکه با در نظر گرفتن خطای کلید و ZVC، بانک خازنی در لحظه ۲۱ میلی ثانیه وارد مدار می گردد. اضافه جریان و اضافه ولتاژ بوجود در این حالت در «شکل های ۲۲ و ۲۳» نشان داده شده است.

جدول ۱: دامنه و فاز بیشترین اضافه ولتاژ و اضافه جریان بوجود آمده در اثر

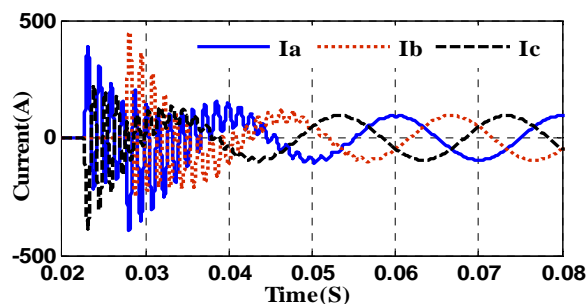
کلیدزنی در حالت های مختلف

حالت	بیشترین اضافه ولتاژ (pu)	بیشترین اضافه جریان (pu)	فاز بیشترین اضافه ولتاژ و جریان
۲.۱	۱/۸۶	۱۳/۴۷	A
۲.۲	۱/۴۰	۳۹/۰۵	A
۳	۱/۳	۶/۲۵	A
۴.۱	۱/۰۳۴	۱/۹۹	B
۴.۲	۱/۰۳۲	۱/۹۶	B
۴.۳	۱/۰۲۸	۲/۶۴	B
۴.۴	۱/۱۶	۴/۷۱	B



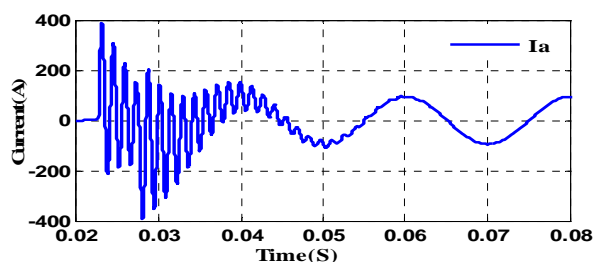
شکل ۲۲: تغییرات ولتاژ باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در سه

زمان متفاوت با در نظر گرفتن خطای رله ZVC



شکل ۲۳: تغییرات جریان باس در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در

دو زمان متفاوت با در نظر گرفتن خطای رله ZVC



شکل ۲۴: تغییرات جریان فاز A در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در

سه زمان متفاوت با در نظر گرفتن خطای رله ZVC

در «جدول ۱» دامنه بیشترین اضافه ولتاژ و اضافه جریان بوجود آمده در آن فاز، در حالت های مختلف نشان داده شده است. مشاهده می شود حتی با در نظر گرفتن خطای رله های ZVC، دامنه اضافه ولتاژها و اضافه جریان های

۵. اثر اضافه جریان های ناشی از کلیدزنی بانک

خازنی بر کلیدهای وصل کننده بانک خازنی:

نرخ تغییرات جریان هجومی ناشی از کلیدزنی بانک خازنی نباید بیشتر از توانایی قابل تحمل جریان هجومی کلید قدرت که از (۸) بدست می آید، باشد.

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{\max} = 2\sqrt{2}\pi f_s I_{sc} \quad A/\mu s \quad (8)$$

برای محاسبه نرخ تغییرات جریان هجومی نسبت به زمان $\left(\frac{di}{dt}\right)$ که کلید در معرض آن قرار می گیرد، از (۹) می توان استفاده می شود [۷]:

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = 2\pi f_s i_{peak} \quad A/\mu s \quad (9)$$

$$I_{peak} = \sqrt{2I_{cc}I_{rated}} \quad (A) \quad (10)$$

$$f_i = f_s \sqrt{\frac{i_{cc}}{i_{rated}}} \quad (\text{Hertz}) \quad (11)$$

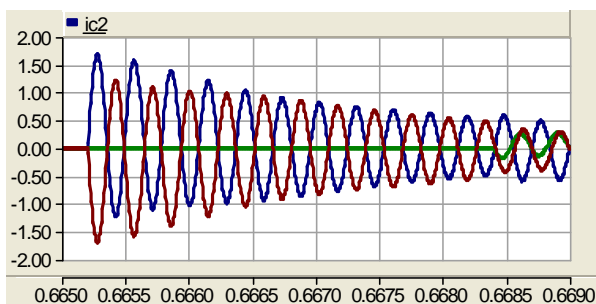
$$I_{cc} = \text{جریان اتصال کوتاه سیستم در نقطه‌ی اتصال}$$

$$I_{rated} = \text{جریان نامی بانک خازنی}$$

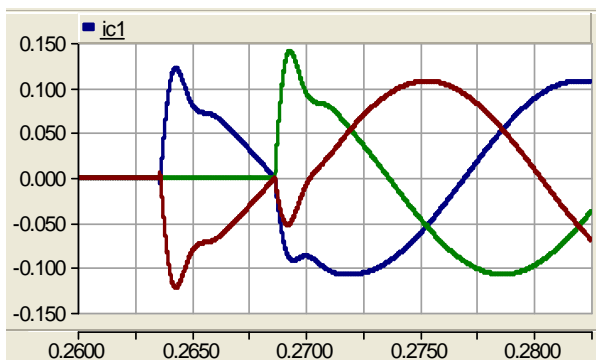
$$f_s = \text{فرکانس سیستم}$$

$$F_i = \text{فرکانس جریان هجومی}$$

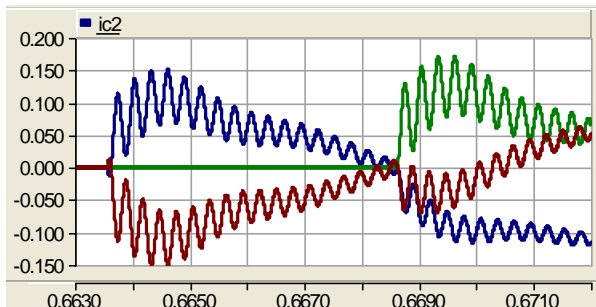
نرخ تغییرات جریان نسبت به زمان ناشی از کلیدزنی در حالت‌های مختلف در شکل‌های زیر نشان داده شده است.



شکل ۳۲: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید دوم در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در لحظه صفر ولتاژ هر فاز



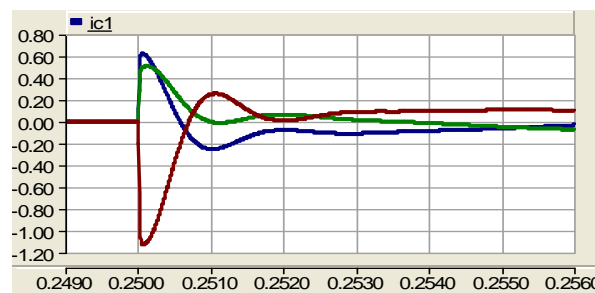
شکل ۳۳: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید اول در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در دو زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی



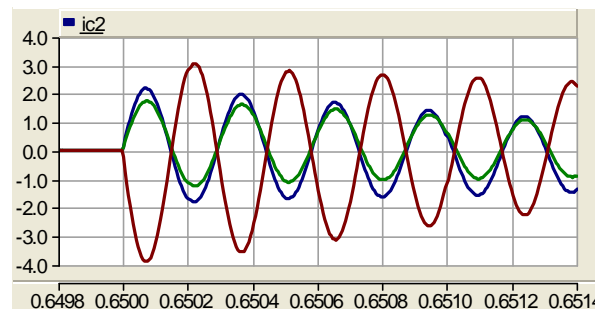
شکل ۳۴: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید دوم در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در دو زمان متفاوت توسط ادوات کنترلی

باتوجه به شکل‌های فوق در کلیدزنی کنترل شده علاوه بر کاهش دامنه اضافه جریان و قوس موجب کاهش نرخ افزایش قوس در زمان برقراری جریان نیز می‌شود. بدیهی است این امر موجب کاهش تنش‌های وارد بر کلید قدرت می‌شود.

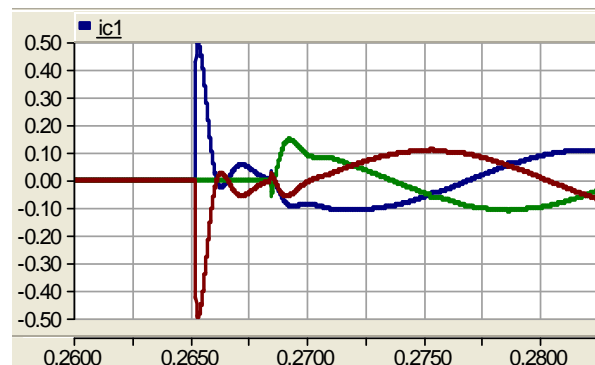
همچنین میزان تداخل امواج القایی بر روی کابل‌های کنترلی اطراف بانک‌های خازنی با شیب جریان نسبت مستقیم دارد. لذا با کاهش شیب جریان هجومی بانک خازنی میزان القا بر روی کابل‌های کنترلی کاهش می‌یابد [۸].



شکل ۲۹: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید اول در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه بیشینه ولتاژ



شکل ۳۰: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید دوم در اثر کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت در لحظه بیشینه ولتاژ



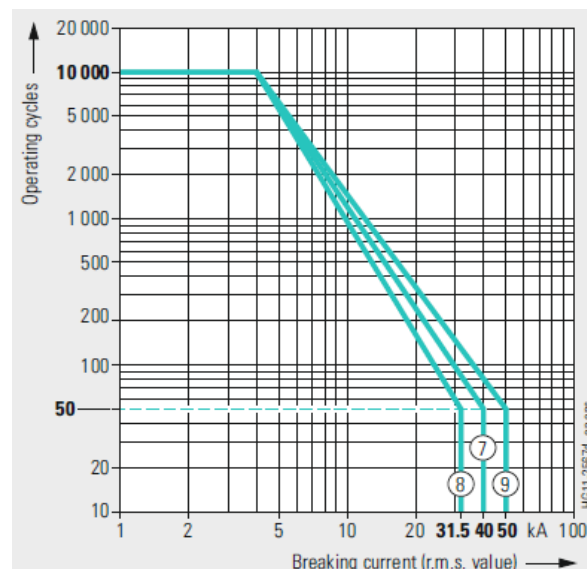
شکل ۳۱: دامنه و نرخ تغییرات جریان هجومی عبوری از کلید اول در اثر کلیدزنی بانک خازنی منفرد در لحظه صفر ولتاژ هر فاز

استفاده از روش وصل بانک خازنی با نوترال زمین نشده در نقطه صفر ولتاژ منبع، جهت کاهش دامنه حالت های گذرا روش مناسبی نمی باشد و کلیدزنی باید در نقطه مناسب اشاره شده در مقاله صورت گیرد. با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه سازی، استفاده از ادوات کنترلی از جمله رله ZVC به همراه LBS های تک فاز، دامنه اضافه ولتاژ و اضافه جریان را بشدت کاهش داده است.

مزیت این روش نسبت به سایر روش های دیگر از قبیل استفاده از مقاومت و راکتور در مسیر بانک خازنی این است که روش های مذکور حالت های گذرا بوجود آمده را محدود می کند در حالیکه این روش بدلیل کلیدزنی در نقطه مطلوب از بوجود آمدن اضافه ولتاژ و اضافه جریان جلوگیری می کند و موجب کاهش دامنه حالت های گذرا می شود.

از مزایای دیگر این روش، کاهش میزان القا بر روی کابل های کنترلی و کاهش تنش های وارد بر تجهیزات و در نتیجه افزایش طول عمر کاری تجهیزات مخصوصا کلید می باشد. همچنین در صورت استفاده از ادوات کنترل شونده می توان مقدار راکتور میراکننده را به صورت قابل ملاحظه ای کاهش داد.

تعداد عملکرد مجاز و عمر کاری کلیدهای قدرت به جریان های عبوری در لحظه قطع و وصل آن ها بستگی دارد و با افزایش جریان های عبوری قطع و وصل کلید، تعداد عملکرد مجاز و عمر کاری آن، کاهش می یابد.



شکل ۳۵- تغییرات تعداد عملکرد کلید ۲۴ کیلوولت شرکت زمینس نسبت به دامنه جریان قطع [۱۱].

منابع

- [1] B. C. Furumasa and R. M. Hasibar, "Design and installation of 500 kV back-to-back shunt capacitor banks," IEEE Trans. Power Delivery, vol.7, 1992, pp.539-545
- [2] T. M. Blooming, "Capacitor Failure Analysis," IEEE Trans. Industry Applications Magazine, Vol.12, no.5, Sept.-Oct. 2006, pp.38-48.
- [3] Z. Wróblewski and J. Budzisz, "Switching Effects in Capacity Circuits with a Vacuum Switch" Modern Electric Power Systems 2010, Wroclaw, Poland
- [4] Z Qingjie, Y. Haiwen, L. Yingyi, W. Qiusheng, "The Operating Transient Process Analysis and Synchronous Switching Strategies Research of Vacuum Breaker" Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, 2010
- [5] IEC standard 60871, "shunt capacitor for A.C power systems having a rated voltage above 1000 V" part 1, third edition 2005-07.
- [6] D. W. Skeans "Recent Developments in Capacitor Switching Transient Reduction" presented to T&D World Exposition Substation Section, New Orland, 1995.
- [7] A. Greenwood, "Electrical transient in power systems" 2th edition, john wiley & Sons inc, 1991.
- [8] IEEE Standard c37-99-2000 " IEEE Guide for the protection of Shunt Capacitor Banks"
- [9] Joslyn High Voltage "Zero Voltage Closing Control Instruction Manual"
- [10] ANSI / IEEE Application Guide for Capacitance Current Switching for AC High Voltage Circuit Breakers Rated on Symmetrical Current Basis Standard C37.012-2005, December 2005.
- [11] Siemens publication "3AH3 Vacuum Circuit-Breakers catalogue HG 11.03 · 2010"

تعداد عملکرد کلید قدرت ۲۴ کیلوولت شرکت زمینس در «شکل ۳۵» نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می گردد، کلید جریان 4 kA را ۱۰۰۰۰، جریان 10 kA را ۱۰۰۰ مرتبه و جریان 31.5 kA را حداکثر ۵۰ مرتبه تحمل می نماید. در نتیجه کاهش اضافه جریان های بوجود آمده در لحظه قطع و وصل بانک خازنی به افزایش طول عمر کلید کمک می نماید [۱۱]. با توجه به شبیه سازی های انجام شده می توان نتیجه گرفت که کلید قدرتی که در با کمک رله ZVC بانک خازنی را وصل می کند بیشترین طول عمر را نسبت به سایر حالت های کلیدزنی دارد.

۶. نتیجه گیری

همانطوریکه از نظر تئوری و شبیه سازی بررسی شد، کلیدزنی بانک خازنی بر روی شینه های فشار متوسط می تواند باعث ایجاد اضافه ولتاژ و اضافه جریان های گذرا شود. حالت های گذرا بوجود آمده در زمان کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت شدت بیشتری می یابد.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله