

بهبود حالت گذرای کلیدزنی در بانک های خازنی با استفاده از سلف و مقاومت الحاقی و به صورت کلیدزنی پشت به پشت

مهران وطن خواه^{*۱}.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

خلاصه

- کلیدزنی در بانک های خازنی فشار قوی که برای کنترل ولتاژ و توان راکتیو در پست های فشار قوی استفاده می شوند معمولاً سبب به وجود آمدن حالات گذرای قابل توجه می شود. آشوب های به وجود آمده در شکل موج زمینه ساز آسیب به بانک های خازنی می شود. به این شکل که باعث کاهش عمر یونیت های خازنی شده یا در صورت تداوم باعث خرابی کامل بانک های خازنی می شود. استفاده از مقاومت الحاقی و سلف در بانک های خازنی در لحظه کلیدزنی سبب کاهش مدت زمان گذرا در بانک های خازنی می شود. در این مقاله با استفاده از نرم افزار شبیه ساز حالات گذرا (EMTP) تأثیر کلیدزنی در ابتدا برای بانک خازنی در خط ۱۳۲ KV و بدون کلیدزنی پشت به پشت و سپس برای همان بانک خازنی ولی با کلیدزنی پشت به پشت و در ابتدا سلف تنها و مقاومت تنها و سپس مقاومت و سلف به همراه هم انجام می شود تا تأثیرات استفاده از کلید زنی پشت به پشت همراه با سلف و مقاومت برای کاهش دوره ی گذرا و همچنین تضعیف این حالت نشان داده شود.

کلمات کلیدی: بانک های خازنی، حالت گذرای اضافه ولتاژ و اضافه جریان، کلیدزنی تنها، کلیدزنی پشت به پشت

۱. مقدمه

اتصال کوتاه که در اثر تخلیه ی خازن ها در زمان برقرار شدن در بانک های خازنی ایجاد می شود سبب وقوع حالات گذرای کلیدزنی در بانک های خازنی می شود. این اتصال کوتاه باعث به وجود آمدن جریان های هجومی خیلی بالا و به تبع آن آشفستگی در ولتاژ می شود. جریان های هجومی بالا باعث به وجود آمدن فشار بر روی ادوات کلیدزنی، فیوزها و یونیت های خازنی می شوند. هنگامی که بیش از یک بانک خازنی بر روی یک شینه باشد، برقرار شدن بانک خازنی باعث کم شدن بسیار زیاد امپدانس منبع برای لحظه ی کلیدزنی می شود که در نتیجه سبب ایجاد ولتاژ گذرای فوق العاده زیادی در همه بانک های خازنی متصل به شینه می شود [۱]. ولتاژ گذرا سرانجام باعث خرابی یونیت خازنی می شود یا عمر عملیاتی مفید آن را کوتاه می کند [۲].

* Corresponding author: توضیحات مربوط به نویسنده اول

Email:

در این مقاله شبیه سازی حالت گذرا برای یک بانک خازنی در خطوط KV ۱۳۲ توسط نرم افزار EMTP انجام می‌شود. در این مطالعه از سلف و مقاومت الحاقی به همراه کلیدزنی پشت به پشت برای کاهش حالت گذرای کلیدزنی استفاده شده است و آثار این روش توسط نرم افزار EMTP مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲. روش کلیدزنی در بانک خازنی

به منظور بهبود و کاهش دوره‌ی گذرا در بانک‌های خازنی در زمان برقرار شدن از روش کاربرد سلف و مقاومت و کلید خازنی پشت به پشت به طور همزمان استفاده می‌کنیم:

۲.۱. سلف و مقاومت الحاقی

مقاومت‌ها معمولاً چند میلی ثانیه قبل از کلیدزنی و بسته شدن اتصالات اصلی وارد مدار می‌شوند. به دست آوردن زمان مناسب وارد شدن مقاومت به مدار خود امر بسیار مهمی است [۳]. در این مقاله علاوه بر مقاومت از یک سلف نیز برای کاهش سطح جریان اتصال کوتاه استفاده شده است که همراه با مقاومت وارد مدار می‌شود [۴].

۲.۲. کلیدزنی پشت به پشت

در این روش ابتدا مقاومت و سلف وارد مدار شده و پس از چند میلی ثانیه کلید قطع شده و در نتیجه این مقاومت و سلف از مدار خارج شده و سپس کلید اصلی وصل می‌شود که این نوع کلیدزنی سبب کاهش حالت گذرا در شکل موج ولتاژ می‌شود [۵].

۳. شبیه سازی

شبیه سازی به وسیله نرم‌افزار EMTP به منظور ارزیابی ولتاژ و جریان در زمان کلیدزنی در بانک‌های خازنی انجام شده است. شکل شماره ۱، یک شمای تک خطی از یک خط KV ۱۳۲ به همراه بریکر و بانک خازنی را نشان می‌دهد که در آن از مقاومت و سلف الحاقی و همچنین کلیدزنی پشت به پشت استفاده شده است. شکل شماره ۲ همان خط ۱۳۲kV و همان بانک خازنی در شکل شماره ۱ می‌باشد. با این تفاوت که در آن از سلف تنها و کلیدزنی پشت به پشت نیز استفاده شده است. در شکل شماره ۳ برای خط ۱۳۲kV و بانک خازنی این بار از مقاومت الحاقی به تنهایی و کلیدزنی پشت به پشت استفاده شده است و در نهایت در شکل ۴ شمای تک خطی به همراه استفاده‌ی همزمان سلف و مقاومت الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت مشاهده می‌شود.

۳.۱. پارامترهای شبیه سازی

پارامترهای شبیه سازی در جدول شماره ۱ ارائه شده است:

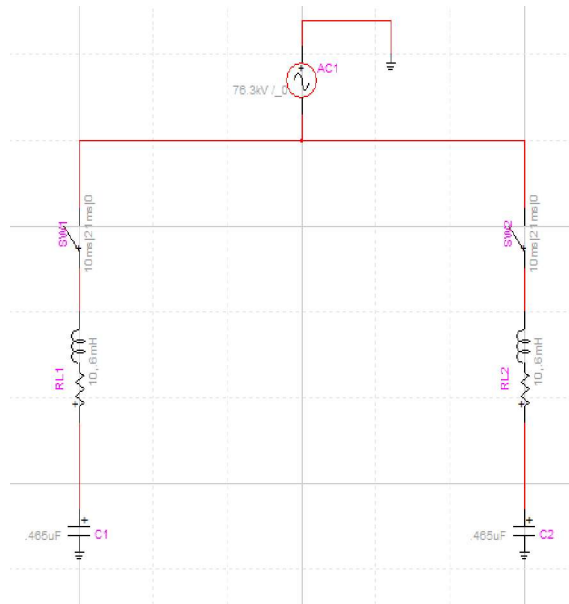
جدول ۱: پارامترهای شبیه سازی سیستم

واحد	مقدار	توضیحات
KV	۱۳۲	ولتاژ خط
KV	۷۶.۳	ولتاژ فاز
mH	۰.۰۶	اندوکتانس سری
μF	۲۶	کاپاسیتانس
μF	۰.۴۶۵	ظرفیت خازنی
V	۶۹۸۵	ولتاژ خازن
Ω	۱۰	مقاومت
Ω	۵۰	مقاومت الحاقی
mH	۰.۶	سلف الحاقی

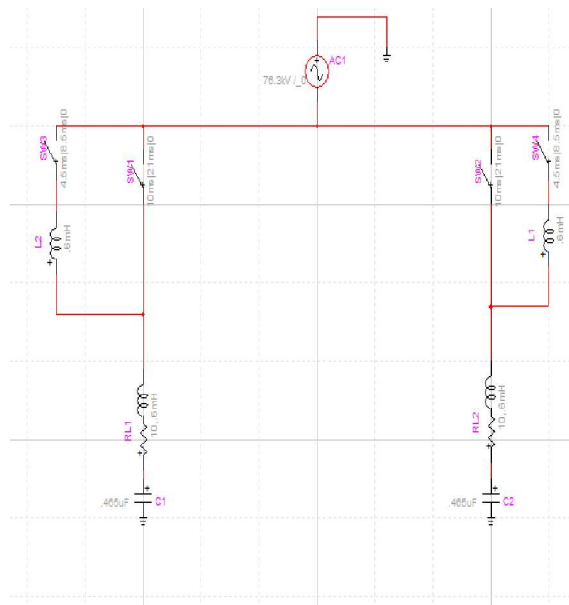
۳.۲. روش شبیه سازی

شبیه سازی به صورت پله پله و به شکل زیر انجام می شود:

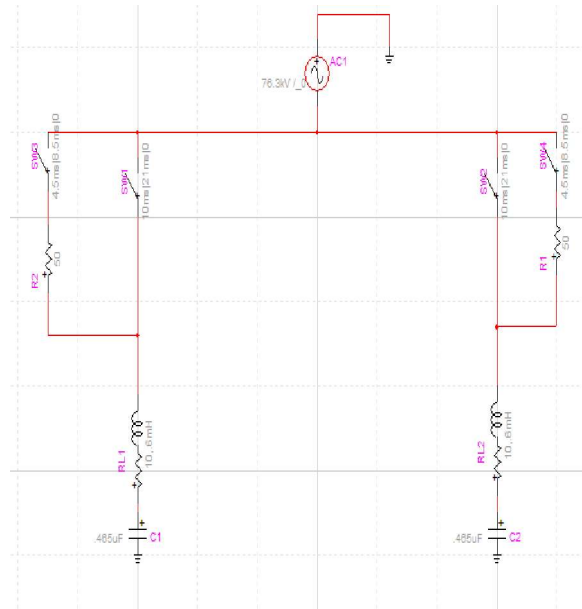
- ۳.۲.۱. شبیه سازی مدار شکل ۱ و به دست آوردن شکل موج ولتاژ
- ۳.۲.۲. شبیه سازی مدار شکل ۱ و به دست آوردن شکل موج جریان
- ۳.۲.۳. شبیه سازی مدار شکل ۲ و بدست آوردن شکل موج ولتاژ
- ۳.۲.۴. شبیه سازی مدار شکل ۲ و به دست آوردن شکل موج جریان
- ۳.۲.۵. شبیه سازی مدار شکل ۳ و به دست آوردن شکل موج ولتاژ
- ۳.۲.۶. شبیه سازی مدار شکل ۳ و به دست آوردن شکل موج جریان
- ۳.۲.۷. شبیه سازی مدار شکل ۴ و به دست آوردن شکل موج ولتاژ
- ۳.۲.۸. شبیه سازی مدار شکل ۴ و به دست آوردن شکل موج جریان



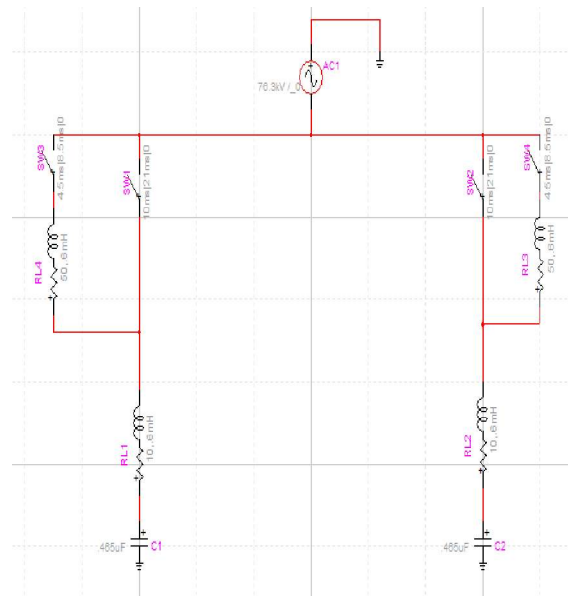
شکل ۱: بانک خازنی خط ۱۳۲ کیلوولت بدون سلف و مقاومت الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت



شکل ۲: بانک خازنی خط ۱۳۲ کیلوولت با سلف الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت



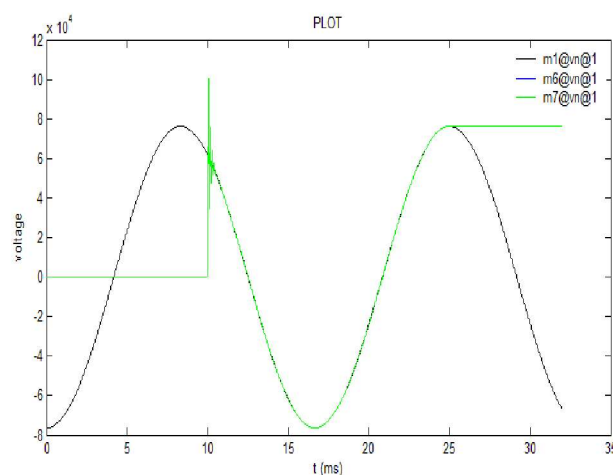
شکل ۳: بانک خازنی خط ۱۳۲ کیلوولت با مقاومت الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت



شکل ۴: بانک خازنی خط ۱۳۲ کیلوولت با مقاومت و سلف الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت

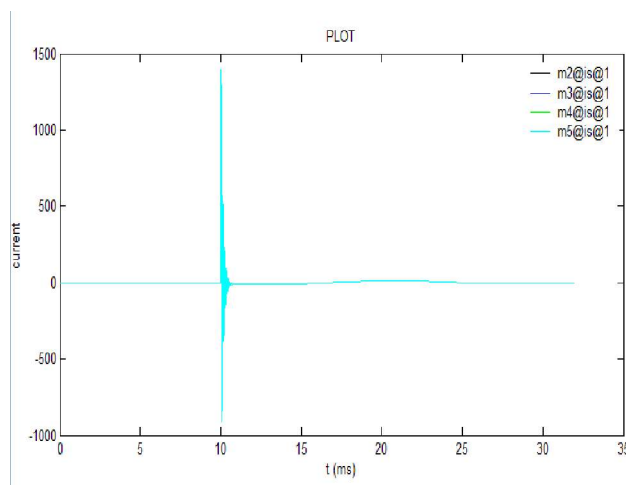
۴. نتایج شبیه سازی

۴.۱. همانطور که در شکل شماره ۵ می بینیم در مدار شماره ۱ که فاقد سلف و مقاومت و همچنین کلیدزنی پشت به پشت است در زمان بین ۱۰ ms تا ۱۱ ms در شکل موج یک اعوجاج شدید مشاهده می شود که می تواند برای تجهیزات و یونیت های خازنی دچار مشکل کند و به مرور سبب خرابی آن ها شود.



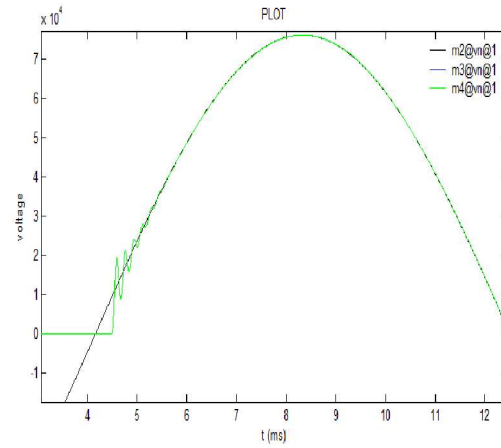
شکل ۵: شکل موج ولتاژ مدار ۱

۴.۲. در شکل شماره ۶ شکل موج در مدار ۱ مشاهده می شود. در لحظه ی کلیدزنی جریان به صورت فوق العاده ای و تا حدود ۱۵۰۰ آمپر افزایش ناگهانی داشته است که بسیار بیشتر از سطح عایقی مجاز برای تجهیزات می باشد که سبب آسیب رساندن به آن ها می شود.



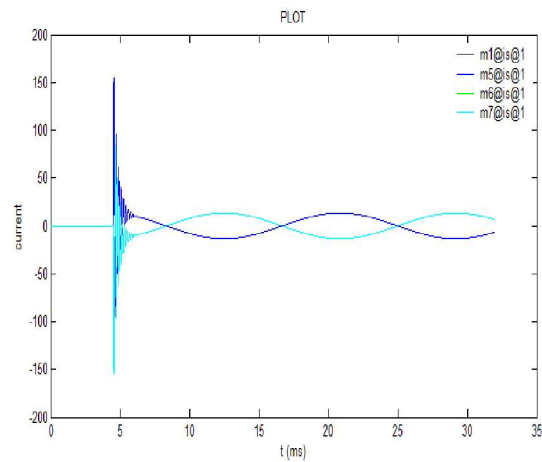
شکل ۶: شکل موج جریان مدار ۱

۴.۳. پس از شبیه سازی مدار ۲ در شکل ۷ کاملاً مشخص است که در لحظات بین ۴ms تا ۵ms اعوجاج نسبتاً شدیدی در شکل موج ولتاژ ایجاد شده است که برای تجهیزات خطرآفرین است.



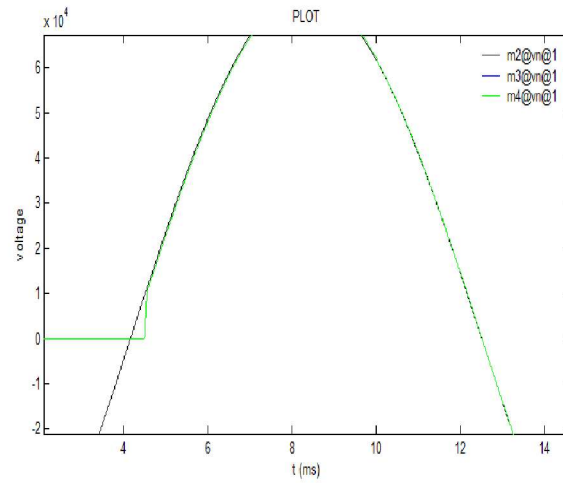
شکل ۷: شکل موج ولتاژ مدار ۲

شکل موج جریان مدار ۲ نیز در شکل ۸ مشهود است که یک اعوجاج قابل توجه داشته است.



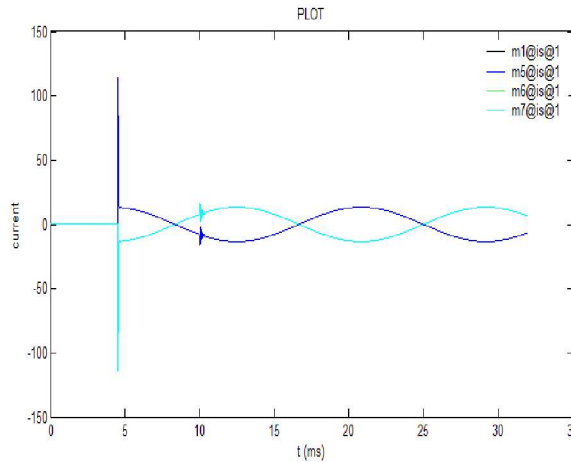
شکل ۸: شکل موج جریان مدار ۲

۴.۴. در مرحله‌ی بعد شبیه سازی بر روی مدار شکل ۳ انجام شده است. در این مرحله تقریباً اعوجاج در شکل موج در لحظات بین ۴ms تا ۵ms برطرف شده است و از این حیث نسبت به مدار ۲ شرایط بهتری حاصل شده است.



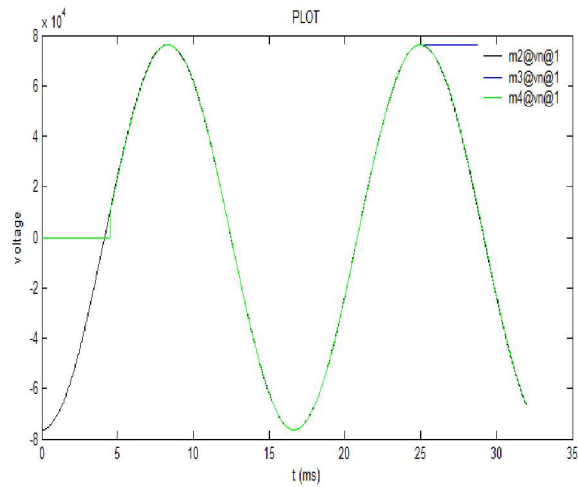
شکل ۹: شکل موج ولتاژ مدار ۳

۴.۵. شکل موج جریان حاصل از شبیه سازی مدار ۳ نیز در شکل ۱۰ ارائه شده است که در این مرحله نیز اعوجاج بسیار کم شده و همچنین سطح جریان نیز نسبت به حالت قبل کمتر شده است.



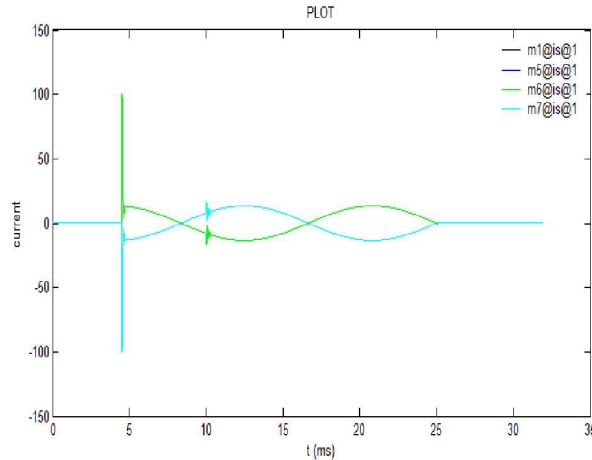
شکل ۱۰: شکل موج جریان مدار ۳

۴.۶. در این مرحله شبیه سازی بر روی مدار شماره ۴ انجام شده است که دارای سلف و مقاومت الحاقی به همراه کلیدزنی پشت به پشت است. همانطور که از شکل ۱۱ مشخص است اعوجاج بسیار شدید که در شکل موج شماره ۵ بود کاملاً برطرف شده است و اعوجاج بسیار کمی را در شکل موج شاهد هستیم که سبب افزایش طول عمر تجهیزات می شود.



شکل ۱۱: شکل موج ولتاژ مدار ۴

۴.۷. آخرین قسمت شبیه سازی مربوط به دست آوردن شکل موج جریان در مدار شماره ۴ می باشد. به وضوح در شکل ۱۲ مشخص است که سطح جریان بسیار کاهش یافته و کاملاً مناسب هماهنگی تجهیزات عایقی می باشد و دیگر خطری برای ادوات سیم ندارد.



شکل ۱۲: شکل موج جریان مدار ۴

۵. بحث پیرامون نتایج

۵.۱. در شکل ۱ که مدار بدون سلف و مقاومت الحاقی و همچنین کلیدزنی پشت به پشت است یک اعوجاج بسیار زیاد در شکل موج و جریان مشاهده می شود و همچنین سطح جریان نیز بسیار بالا و در حدود ۱۵۰۰ آمپر می باشد .

۵.۲. در شکل ۲ که از سلف و کلیدزنی پشت به پشت استفاده شده اعوجاج نسب به مدار ۱ کمتر شد ولی هنوز وجود داشت و البته سطح جریان نیز کاهش محسوسی داشت و تقریباً به ۱۵۰ آمپر رسید.

۵.۳. در مدار ۳ که از مقاومت و کلیدزنی پشت به پشت استفاده شد اعوجاج شکل موج ولتاژ نسبت به حالت قبل بسیار کمتر شد و در شکل موج جریان نیز این قضیه صادق است اما سطح جریان نیز همچنان در همان حدود ۱۵۰ آمپر می‌باشد.

۵.۴. در نهایت در شکل ۴ که از یک مدار با استفاده‌ی همزمان مقاومت و سلف و کلیدزنی پشت به پشت بهره برده‌ایم می‌توان گفت اعوجاج در شکل موج تقریباً برطرف شده است و همچنین سطح جریان نیز به حدود ۱۰۰ آمپر رسیده است. با مقایسه‌ی نتایج بالا درمی‌یابیم که بهترین راه برای کاهش اثرات کلیدزنی در بانک‌های خازنی استفاده همزمان از سلف و خازن و کلیدزنی پشت به پشت می‌باشد.

۶. نتیجه‌گیری

کلیدزنی در بانک‌های خازنی سبب به وجود آمدن حالت گذرای ناخواسته می‌شود که ممکن است باعث آسیب رساندن به یونیت‌های خازنی شود و به مرور زمان سبب از کار افتادن کامل بانک خازنی شود. استفاده از مقاومت و سلف‌های الحاقی باعث کاهش اثرات گذرا ناشی از کلیدزنی در بانک‌های خازنی می‌شود. یکی از راه‌هایی که می‌توان این موضوع را به روشنی نشان داد استفاده از نرم‌افزار EMTP و شبیه‌سازی به وسیله آن می‌باشد.

در مرحله‌ی اول کلیدزنی در بانک خازنی فاقد سلف و مقاومت الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت شبیه‌سازی شد که در نتیجه اعوجاج شدیدی در شکل موج ولتاژ و جریان به وجود آمد و همچنین سطح جریان فوق‌العاده زیاد بود. در مرحله‌ی دوم از سلف الحاقی و کلیدزنی پشت به پشت بهره‌برده شد. با اعمال این تغییرات بسامد اعوجاج در شکل موج کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به مرحله‌ی اول داشت ولی همچنان وجود داشت اما در شکل موج جریان اعوجاج به لحاظ بسامد شدت بیشتر و به لحاظ مقدار شدت کمتری نسبت به مرحله‌ی اول یافت. در مرحله‌ی سوم از مقاومت الحاقی به تنهایی و کلیدزنی پشت به پشت استفاده شد. تغییر قابل توجه در این مرحله نسبت به دو مرحله‌ی قبل کاهش بسیار شدید اعوجاج هم در شکل ولتاژ و هم در شکل موج جریان بود اما همچنان قابل چشم‌پوشی نبودند. در مرحله‌ی آخر از سلف و مقاومت الحاقی به صورت همزمان و کلیدزنی پشت به پشت استفاده شد که نتیجه‌ی آن کاهش فوق‌العاده‌ی اعوجاج در شکل موج ولتاژ به طوری که نزدیک به صفر بود مشاهده شد. همچنین اعوجاج شکل موج جریان نیز به حداقل رسید و مقدار جریان نیز نسبت به تمام مراحل قبل کمتر شد.

با روش ارائه شده در این مقاله که همان استفاده از سلف و مقاومت الحاقی به همراه کلیدزنی پشت به پشت می‌باشد، حالت گذرای ولتاژ بسیار کاهش می‌یابد و حتی نزدیک به صفر نیز می‌شود و همچنین سطح جریان اتصال کوتاه نیز به مقدار قابل توجهی کاسته می‌شود به طوری که برای یونیت‌های خازنی در بانک خازنی و سایر ادوات سیستم‌های قدرت مشکلی ایجاد نمی‌کند.

۰۷. مراجع

- [۱] M. Beanland, T Speas, “Pre-insertion Resistors in high Voltage Capacitor Bank Switching” Western Protective Relay Conference, pp ۱-۲, October ۱۹-۲۱, ۲۰۰۴.
- [۲] Kalyan K. Mustaphi, Govind Gopakkumar, Huihus Yan and Dr Bruce A Mork, “Shunt capacitor bank switching transients: A tutorial and case study” Minnesota Power System Conference, pp ۱-۴, November ۲-۴, ۱۹۹۹.
- [۳] E.H. Camm, “Shunt capacitor overvoltage and a reduction technique”, ۱۹۹۹IEEE/PES transmission and distribution conference and exposition New Orleans, pp ۱-۵, April ۱۴, ۱۹۹۹,
- [۴] George V Fantozzi, “Selecting a capacitor switching overvoltage control method effective in preventing nuisance tripping of adjustable speed drives”, in EEI ES & Committee meeting, pp ۱-۲, April ۴, ۱۹۹۵.
- [۵] S. Zondi, P. Bokoro and B. Paul, “A case study of induced current unbalance as a result of capacitor failure”, Southern Africa Universities Power Engineering Conference, pp ۱, January ۲۸-۳۰, ۲۰۱۵.