

بهبود پایداری گذرا در سیستم تک ماشینه با استفاده از SVC

غزل دائمی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق دانشگاه صنعتی اراک

www.ghazaldaemi2020@gmail.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ پذیرش: خرداد ماه ۱۴۰۳

چکیده

هر سیستم‌های قدرت برق را از مراکز تولید به نقاط مختلف مصرف در مسافت‌های طولانی منتقل می‌کنند. این امر در حالی است که در گذشته، توزیع برق در محدوده‌های کوچک و با ولتاژ پایین انجام می‌گرفت. تبادل توان در سطوح ولتاژ بالا مزایایی مانند به اشتراک گذاری و ایجاد رقابت را به همراه دارد. پایداری ولتاژ در این سیستم‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. ناپایداری ولتاژ زمانی رخ می‌دهد که با افزایش بار، ولتاژ سیستم به طور قابل توجهی افت کند و به سطحی غیرقابل قبول برسد. و منجر به خاموشی، آسیب به تجهیزات و سایر مشکلات شد. اگر منابع تغذیه کننده سیستم محدودیت داشته باشند، احتمال ناپایداری ولتاژ افزایش می‌یابد. محدودیت می‌تواند به دلیل کمبود توان یا توان راکتیو باشد. اگر بار به طور ناگهانی افزایش یابد، سیستم ممکن است فرصت کافی برای تنظیم ولتاژ را نداشته باشد و ناپایدار شود. خرابی در خطوط انتقال یا ژنراتورها می‌تواند منجر به افت ولتاژ و ناپایداری شود. اگر سیستم‌های کنترل ولتاژ به درستی کار نکنند، ممکن است نتوانند افت ولتاژ را به طور موثر جبران کنند و سیستم ناپایدار شود. با افزایش ظرفیت منابع تولید و انتقال، می‌توان از محدودیت منابع و ناپایداری ولتاژ جلوگیری کرد. سیستم‌های کنترل ولتاژ می‌توانند به طور خودکار ولتاژ را در سطح قابل قبولی حفظ کنند. با طراحی صحیح سیستم قدرت، می‌توان احتمال ناپایداری ولتاژ را کاهش داد. ناپایداری ولتاژ می‌تواند منجر به مشکلات مختلفی شود. درک عوامل مؤثر بر ناپایداری ولتاژ و انجام اقدامات پیشگیرانه، می‌تواند از بروز این پدیده جلوگیری کرد و پایداری ولتاژ را در سیستم‌های قدرت برقرار کرد.

واژگان کلیدی: ولتاژ، ناپایداری سیستم، جبران سازه‌های توان راکتیو.

۱- مقدمه

در دنیای پیچیده سیستم‌های قدرت، ثبات و پایداری حکم ستون‌های اصلی را دارند. گویی قلب تپنده این شبکه عظیم، در گرو حفظ تعادل و تاب‌آوری در برابر چالش‌ها است. در این مقاله، سفری به ژرفای مفهوم پایداری در سیستم‌های قدرت خواهیم داشت و انواع آن را مورد بررسی قرار خواهیم داد. سیستم پایدار، به ازای هر ورودی محدود، پاسخی محدود خواهد داد [۱-۳]. این تعریف، چارچوبی تئوریک ارائه می‌دهد، اما در دنیای واقعی، پایداری به معنای حفظ تعادل و پرهیز از انحرافات غیرقابل کنترل است. تعریف تئوریک پایداری، بی‌نهایت را به عنوان مرز ناپایداری معرفی می‌کند. اما در دنیای فیزیکی، محدودیت‌های ذاتی، بی‌نهایت تئوریک را به حدی قابل قبول تبدیل می‌کنند. ناپایداری در یک سیستم قدرت، زمانی رخ می‌دهد که خروجی از این حد قابل قبول عبور کند و بازگشت به حالت اولیه بدون دخالت انسان، غیرممکن شود [۴-۶]. با وجود سیستم‌های حفاظتی قدرتمند، ناپایداری در تئوری می‌تواند به دور بی‌نهایت روتورها و آسیب به ژنراتورها و توربین‌ها منجر شود [۷-۹]. اما در عمل، این سیستم‌ها مانع از بروز چنین

حوادثی می‌شوند. از دیدگاه یک مهندس کنترل، ناپایداری در سیستم قدرت زمانی رخ می‌دهد که سیستم کنترل قادر به مهار اغتشاشات نباشد و سیستم حفاظتی برای حفظ سلامت سیستم، وارد عمل شود.

۲- تغییرات کوتاه مدت

این گروه در دسته بندی فرورفتگی‌های ولتاژ و قطعی‌های کوتاه مدت IEC جای می‌گیرند [۱۰-۱۲]. این تغییرات بر حسب زمان تداوم آنها در سه دسته آنی، لحظه ای و موقتی قرار می‌گیرند. تغییرات ولتاژ کوتاه مدت اغلب بعلاوه شرایط اتصال کوتاه، انرژی دار کردن بارهای بزرگ که محتاج جریان راه اندازی زیاد می‌باشند و یا بعلاوه عدم اتصال محکم سیم بندی قدرت بوجود می‌آیند. بستگی به محل اتصال کوتاه و شرایط سیستم اتصال کوتاه می‌تواند باعث افزایش موقتی ولتاژ (swell) یا افت ولتاژ یا از دست دادن کامل ولتاژ (قطعی) شود. محل وقوع اتصال کوتاه ممکن است در نزدیکی یا دور از نقطه مورد نظر باشد. در هر صورت وقوع اتصال کوتاه تاثیری کوتاه مدت روی ولتاژ داشته و اثر آن تازمانی است که وسایل حفاظتی وارد عمل شوند و اتصال کوتاه را رفع نمایند

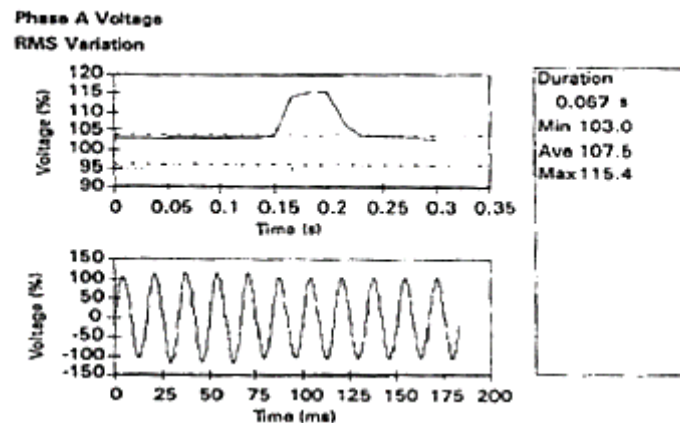
۳- قطعی

یک قطعی موقعی اتفاق می‌افتد که ولتاژ تغذیه یا جریان بار به مقدار کمتر از ۰/۱ پریونیت برای مدت کمتر از یک دقیقه کاهش یابد. عوامل موثر بر قطعی سیستم می‌تواند اتصال کوتاه سیستم قدرت، خرابی دستگاه و بد کار کردن سیستم کنترلی باشد. قطعی‌ها توسط زمان تداومشان اندازه گیری می‌شوند. چون دامنه آن همواره کمتر از ۱۰ درصد مقدار نامی است. مدت زمان یک قطعی ناشی از خطای اتصال کوتاه در سیستم توزیع توسط زمان عملکرد سیستم حفاظتی تعیین می‌شود. مدت زمان یک قطعی ناشی از خرابی دستگاه و یا قطع خراب شدن اتصالات می‌تواند نامنظم باشد و از قاعده خاصی پیروی نکند. بعضی از قطعی‌ها ممکن است بعد از یک کمبود ولتاژ (sag) ناشی از خطای اتصال کوتاه در سیستم رخ بدهد. افزایش موقتی ولتاژ (swell) بین لحظه وقوع اتصال کوتاه و زمان عملکرد رله‌های حفاظتی اتفاق می‌افتد. در فیدر اتصالی، مصرف کنندگان یک کمبود ولتاژ را تجربه می‌کنند که بلافاصله قطعی را در پی دارد. مدت تداوم قطعی بستگی به قابلیت باز بستن (reclosing) سیستم حفاظتی دارد. بازبست آنی عموماً خطاهای اتصالی بی دوام را با قطعی کمتر از ۳۰ سیکل محدود می‌کند. بازبست تاخیری سیستم حفاظت، ممکن است موجب قطعی لحظه ای یا موقتی گردد [۱۳-۱۹].

۴- کمبود ولتاژ (sags)

کمبود ولتاژ عبارت است از کاهش در ولتاژ موثر به اندازه ۰/۱ الی ۰/۹ پریونیت در فرکانس نامی که برای مدت زمانی از ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه ادامه یابد. تعریف IEC برای توصیف این پدیده کلمه dip است. این دو عبارت با هم، هم معنی هستند و می‌توانند به جای یکدیگر استفاده شوند. یک کمبود "۲۰ درصد" به ولتاژی گفته می‌شوند که دارای دامنه ای برابر ۰/۸ پریونیت باشد. کمبود ولتاژ معمولاً با خطاهای اتصال کوتاه همراه است البته کلید زنی بارهای سنگین یا راه اندازی موتورهای پر قدرت هم می‌تواند علت آن باشد. همچنین خطای اتصال کوتاه در یکی از فیدرهای موازی موجب افت ولتاژ در باس توزیع شده که در نتیجه روی کلیه فیدرهای خروجی از آن باس، تا زمانی که خطای اتصال کوتاه برطرف شود، تاثیر می‌گذارد. معمولاً زمان رفع خطای اتصال کوتاه از ۳ تا ۳۰ سیکل است که بستگی به دامنه جریان اتصال کوتاه و نوع تشخیص دهنده اضافه جریان و کلید قطع دارد. کمبود ولتاژ ممکن است ناشی از تغییرات بار یا راه اندازی موتور باشد. یک موتور القایی هنگام راه اندازی به مقدار ۶ تا ۱۰ برابر جریان نامی از شبکه جریان می‌کشد. این جریان پس فاز موجب افت ولتاژ در دو سر امپدانس شبکه می‌گردد. اگر دامنه دائم جریان در مقایسه با جریان اتصال کوتاه قابل ملاحظه باشد، کمبود ولتاژ بوجود آمده می‌تواند چشم گیر باشد. قبلاً مدت دوام حادثه کمبود بوضوح تعریف نشده بود. زمان تداوم کمبود در بعضی از مقالات در محدوده ای از یک دهم سیکل (۲ میلی ثانیه) تا چند دقیقه تعریف شده بود. افت ولتاژهایی که بیشتر از ۱ دقیقه طول بکشند معمولاً توسط تجهیزات تنظیم ولتاژ کنترل شده و ممکن است که عوامل متعددی بغیر از اتصال کوتاه داشته باشند. لذا این پدیده‌ها تحت تغییرات بلندمدت تقسیم می‌شوند. مدت زمان کمبود در این قسمت به سه

دسته تقسیم می شود: آنی، لحظه ای و موقتی که منطبق بر دسته های سه گانه قطعی ها، کمبودها و بیشبودها است. این تقسیم های زمانی در رابطه با عملکرد زمانی دستگاه های حفاظتی تعیین شده اند. بیشبود ولتاژ به صورت یک افزایش در مقدار مؤثر ولتاژ یا جریان بین ۱/۱ الی ۱/۸ پریونیت در فرکانس نامیرای مدت زمان از ۵/۰ سیکل تا یک دقیقه تعریف می شود. دامنه بیشبود بصورت باقیمانده ولتاژ توصیف می شود که در این حالت معمولاً بزرگتر از ۱ پریونیت است. همانند کمبودها، بیشبودها معمولاً بر اثر شرایط خطای اتصال کوتاه سیستم بوجود می آیند اما وقوع آنها بسیار کمتر از وقوع کمبودهاست. یک بیشبود می تواند بر اثر یک اتصال کوتاه تک خط به زمین اتفاق بیفتد که در اثر آن در فازهای دیگر یک اضافه ولتاژ موقتی رخ دهد. بیشبودها همچنین ممکن است بعلاوه از مدار خارج شدن بارهای بزرگ یا وارد مدار شدن یک بانک خازنی بزرگ رخ دهد. بیشبودها توسط دامنه مقدار (RMS) و مدت زمان شناسایی می شوند. شدت اضافه ولتاژ هنگام شرایط خطای اتصال کوتاه تابعی از محل خطا، امپدانس سیستم و نحوه زمین کردن می باشد. در یک سیستم زمین نشده، ممکن است در اثر اتصال کوتاه یک فاز به زمین، ولتاژ فازهای سالم به ۱/۷۳ پریونیت برسد. در نزدیکی پست توزیعی که زمین شده است، هیچگونه اضافه ولتاژی بعلاوه وجود ترانسفورماتور پست روی فازهای اتصالی نشده رخ نمی دهد چون این ترانسفورماتورها بصورت ستاره - مثلث متصل شده اند که مسیری را برای عبوری مؤلفه صفر جریان اتصال کوتاه با امپدانس کم ایجاد می کند. در اثر اتصال کوتاه در نقاط مختلف یک سیستم چهار سیمه که در چند جا زمین شده است، مقدار بیشبودهای ولتاژ در فازهای سالم متفاوت خواهد بود. بسیاری از نویسندگان عبارت "اضافه ولتاژ لحظه ای" را بعنوان مترادفی برای واژه بیشبود استفاده می کنند.



شکل ۱- بیشبود ولتاژ آنی ناشی از خطای اتصال کوتاه خط به زمین (SLG)

۵- تغییرات بلند مدت ولتاژ

تغییرات بلندمدت هرگونه تغییر در مقدار مؤثر ولتاژ در فرکانس نامی برای زمان بیشتر از ۱ دقیقه را شامل می شود. تغییرات بلندمدت می تواند بصورت اضافه ولتاژ و یا کاهش ولتاژ باشد، که بستگی به عوامل ایجاد کننده آن دارد. اضافه و یا کاهش ولتاژ عموماً از خطاهای اتصال کوتاه سیستم ناشی نمی شوند بلکه عوامل ایجاد کننده آنها تغییرات بار سیستم و عملکرد کلیدزنی در سیستم می باشد. مشخصه های این پدیده ها توسط منحنی های ولتاژ مؤثر بر حسب زمان است.

۶- اضافه ولتاژ، کاهش ولتاژ

دقیقه گفته می شود. اضافه ولتاژها می توانند در نتیجه کلیدزنی بار (از مدار خارج شدن بارهای بزرگ)، یا تغییرات جبران کننده های راکتیو موجود در سیستم (وارد مدار شدن بانک خازنی) بوجود آیند. قابلیت ضعیف سیستم تنظیم ولتاژ یا کنترل کننده ها موجب اضافه ولتاژها خواهد شد. همچنین تنظیم نامناسب تپ های ترانسفورماتورها می تواند موجب اضافه ولتاژها گردد. کاهش ولتاژ به کاهش در مقدار مؤثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد در فرکانس نامی و برای مدت بیش از یک دقیقه گفته می شود. کاهش ولتاژ در نتیجه وقایعی بوجود می آیند که برعکس عوامل ایجاد کننده اضافه ولتاژ عمل می کنند. وارد مدار شدن بارهای سنگین یا از مدار خارج شدن بانک خازنی می تواند موجب کاهش ولتاژ گردد، مگر اینکه تجهیزات تنظیم کننده ولتاژ وارد مدار گردد و

کاهش ولتاژ را برطرف سازد. علاوه بر این اضافه بار مدار هم می‌تواند موجب کاهش ولتاژ گردد. کاهش ولتاژ منبع تغذیه به مقدار صفر برای مدت زمان بیش از یک دقیقه به عنوان قطعی بادوام در نظر گرفته می‌شود. قطعی‌های ولتاژ بیشتر یک دقیقه اغلب طبیعتاً ماندگار هستند و محتاج بازبینی‌های موردی برای رفع آن می‌باشند. قطعی‌های بادوام به صورت یک پدیده سیستم قدرت هیچ رابطه‌ای با ارتباط مستعمل خاموشی (outage) ندارد. خاموشی همچنان که در استاندارد IEEE std 100-1992 آمده است، به یک پدیده خاصی اطلاق نمی‌شود.

۷- کندانسورهای سنکرون

کندانسورهای سنکرون در مدت زمان بیش از 50 سال نقش اصلی را در کنترل توان راکتیو عهده دار بوده اند. کندانسور سنکرون در سطوح ولتاژ انتقال و زیرانتقال -برای بهبود پایداری و نگاهداری ولتاژ در محدوده مطلوب در شرایط تغییر بار و در وضعیت‌های اضطراری- به کار رفته است. بنا به دلایل اقتصادی کاربرد آنها در ناحیه زیرانتقال به طور وسیع با بانک‌های خازنی موازی جایگزین شده است. کندانسورهای سنکرون در حمایت فوری و اضطراری از ولتاژ و نگهداری یا افزایش خروجی آنها در ولتاژ کاهش یافته، نصب این خازن‌ها دارای مزیت ذاتی هستند. این مزیت سبب شده است که کاربرد آنها در سطوح ولتاژ انتقال که به مقادیر بزرگی نیاز است، ادامه یابد. در خلال دهه گذشته افزایش قابل توجهی در اندازه کندانسور سنکرون، رخ داده است. این افزایش به سبب افزایش مداوم در سطوح ولتاژ انتقال و توانایی انتقال توان بالاتر هر مدار، صورت گرفته است. همزمان با این، مؤسسات تولیدکننده برق با به تعویق انداختن و یا حذف مدارهای انتقال طراحی شده، مواجهه کرده اند. این موضوع وضعیت‌های بحرانی را به وجود آورده است که حمایت فوری و اضطراری مقادیر عظیمی از توان راکتیو را فرامی‌خواند.

کندانسور سنکرون اساساً یک ماشین سنکرون است که به آن سرعت داده و با سیستم قدرت سنکرون می‌شود. پس از سنکرون شدن ماشین، جریان تحریک آن کنترل می‌شود تا بر حسب نیاز سیستم قدرت توان راکتیو را تولید و یا جذب نماید. و در طبقه جبران کننده‌های موازی اکتیو قرار می‌گیرد. اکثریت تاسیسات کندانسور سنکرون برای نصب در فضای آزاد طراحی شده اند و برای راه اندازی، خاموش کردن و نمایش وضعیت کار آن از کنترل‌های اتوماتیک استفاده شده است. ساختمان بتا مربوط به سیستم کنترل علاوه بر تجهیزات کنترل اتوماتیک و حفاظت، تجهیزات کنترل تحریک و تجهیزات کنترل موتور را در خود جا داده است.

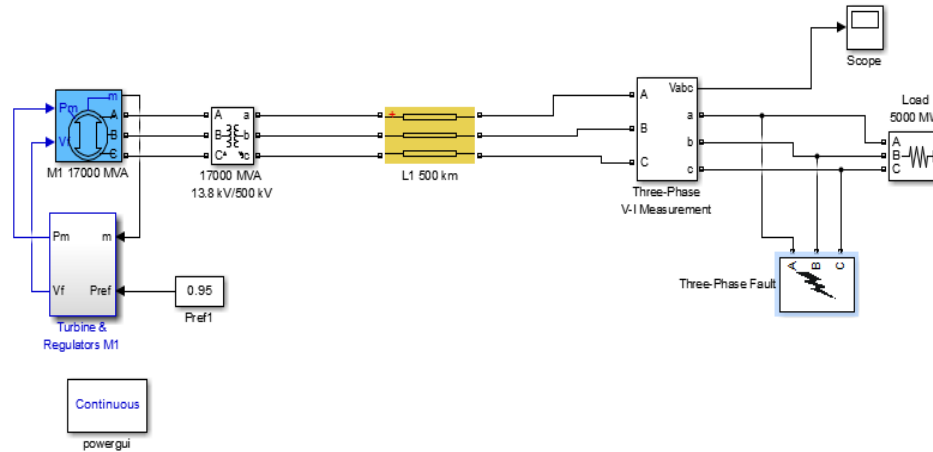
سیستم قدرت به وسیله تغییر پیوسته در میزان بار خط انتقال- بین پریرودهای (عادی) عملکرد بار کم و بار پیک که در نتیجه تغییر در تقاضا و تغییرات شبکه ناشی از خروج خط برای تعمیرات و غیره ایجاد می‌شود- مشخص می‌گردد. چنین تغییرات باری به تغییرات پیوسته مشابهی در توان راکتیو موردنیاز سراسر سیستم انتقال می‌یابد. در نواحی توزیع و زیرانتقال تغییرات توان راکتیو موردنیاز معمولاً توسط بانک‌های خازنی همراه با تپ چنجر ترانسفورماتور و رگولاتورهای ولتاژ واقع بر خطوط توزیع، برآورده می‌شود. در شبکه انتقال تغییرات وسیعی از توان راکتیو موردنیاز بین دو حالت بار کم (که خطوط مشابه منابع توان راکتیو رفتار می‌کنند) و بار زیاد (که خطوط نقش مصرف کننده توان راکتیو دارند) وجود دارد. نتیجه

کلی می‌تواند به این صورت باشد که نتوان سطوح ولتاژها را در مقدار صحیح نگاه داشت یا در حد کفایت تبادل توان راکتیو را با مؤسسات مجاورانجام داد. بانک‌های خازنی موازی سوئیچ شونده و بانک‌های راکتور موازی معمولاً برای کنترل ولتاژ انتقال به کار برده می‌شوند و توانایی آنها در انجام چنین نقشی بستگی به اندازه خازن یا راکتوری که در هر مرحله سوئیچ می‌شود، دارد. در انجام این نقش، کندانسورهای سنکرون دارای مزایای تکنیکی زیر هستند:

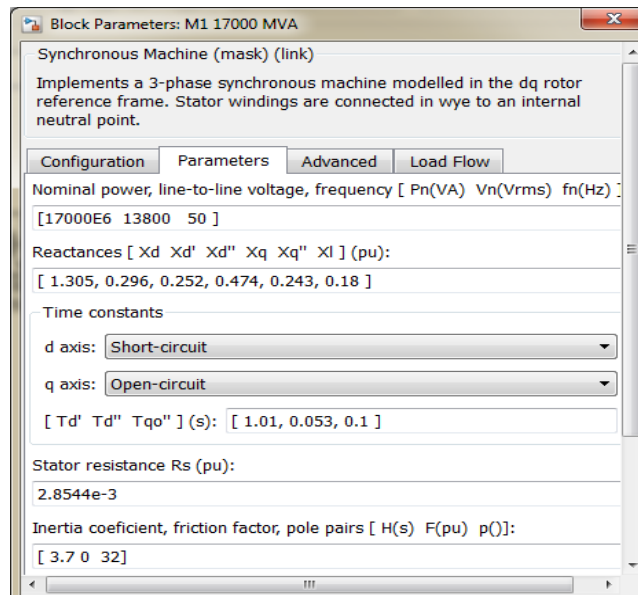
۱. توان راکتیو پیوسته قابل تنظیم را فراهم می‌کند طوری که کنترل ولتاژ سیستم انتقال را میسر می‌نماید.
۲. جهت برآورده کردن نیازمندی‌های دارای توانایی تامین توان راکتیو اندوکتیو و کاپاسیتیو می‌باشد.

۸- شبیه سازی و نتایج

این مدل شبیه سازی خط بدون SVC می باشد. در این مدل از یک ژنراتور، ترانسفورماتور، پارامترهای خط انتقال (به طول ۵۰۰ کیلومتر)، بلوک فالت بریگر، اندازه گیر ولتاژ و جریان سه فاز و بار تشکیل شده است. ژنراتور: این قسمت همان طور که از شماتیک واقعی ژنراتور پیداست، از یک توربین و یک آرمیچر تشکیل شده است. بنابراین ما در شبیه سازی نیز باید از یک قطعه توربین و قطعه شبیه ساز ژنراتور استفاده کنیم. حالا ورودی توربین که همان انرژی سیال است و باعث چرخش توربین می شود و انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند روی ۰/۹۵ پریونیت تنظیم شده است. ظرفیت آرمیچر ژنراتور ۱۷۰۰۰ مگا ولت آمپر است و ولتاژ خطی خروجی آرمیچر ژنراتور ۱۳۸۰۰ ولت می باشد.

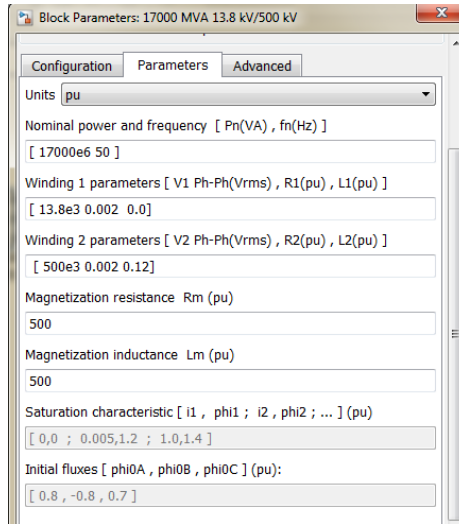


شکل ۲- شبیه سازی بدون SVC



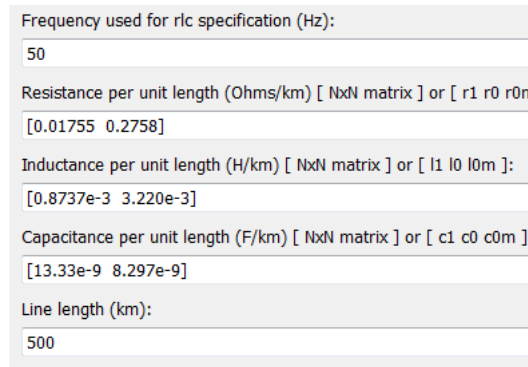
شکل ۳- مقادیر داده شده به آرمیچر ژنراتور با استفاده از شبیه سازی در متلب

۲- ترانسفورماتور: اولیه ترانسفورماتور در این شبیه سازی اتصال مثلث و ثانویه آن ستاره زمین شده می باشد. ولتاژ سیم پیچی اولیه ۱۳/۸ کیلو ولت می باشد و ولتاژ سیم پیچی ثانویه ۵۰۰ کیلوولت می باشد. ظرفیت نامی آن ۱۷۰۰۰ مگا ولت آمپر می باشد و روی فرکانس ۵۰ هرتز تنظیم شده است.



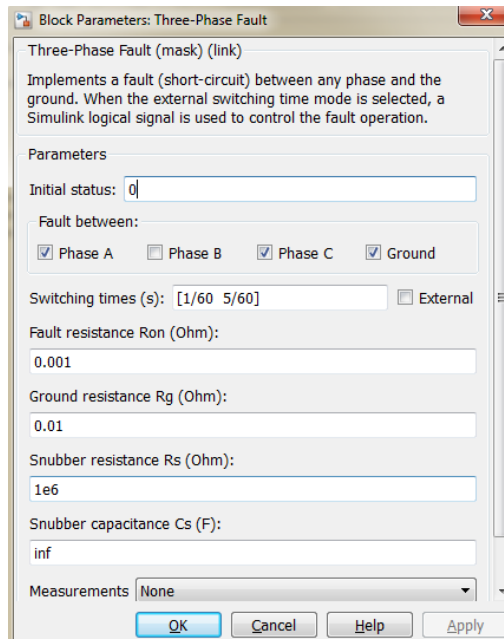
شکل ۴- مقادیر داده شده به ترانسفورماتور با استفاده از شبیه ساز متلب

۳- پارامترهای خط انتقال: مقادیر داده شده در شبیه ساز متلب به پارامتر خط انتقال به صورت زیر می باشد.



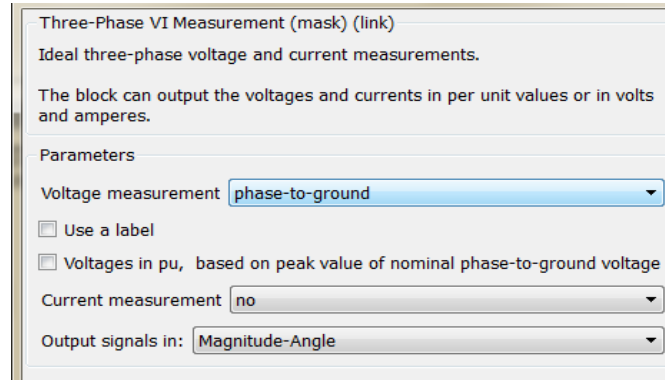
شکل ۵- مقادیر داده شده به خط انتقال با استفاده از شبیه ساز متلب

۴- بلوک فالت بریکر: توسط این بلوک می توان انواع اتصالاتی ها برای شبیه سازی در نظر گرفت.



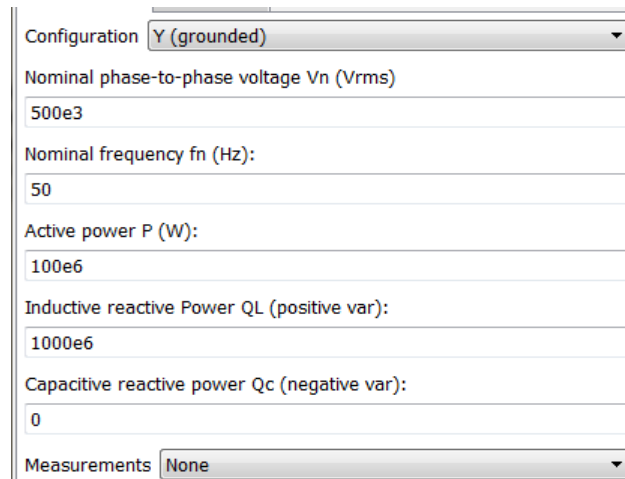
شکل ۶- بلوک فالت بریکر

۵- اندازه گیر ولتاژ و جریان: مقادیر داده شده به اندازه گیر ولتاژ و جریان به صورت زیر می باشد. در این اندازه گیری تنها ولتاژ اندازه گیری می شود.



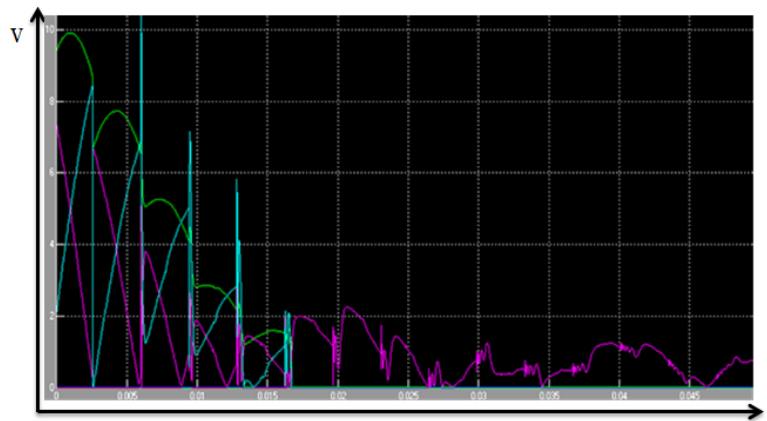
شکل ۷- مقادیر داده شده به اندازه گیر ولتاژ و جریان با استفاده از شبیه ساز متلب

۶- بار: بار اتصالی به خروجی خط انتقال باری، اهمی و با اتصال ستاره زمین شده می باشد. مقدار توان اکتیوی که ابر مصرف می کند ۷۵۰۰ مگا وات می باشد



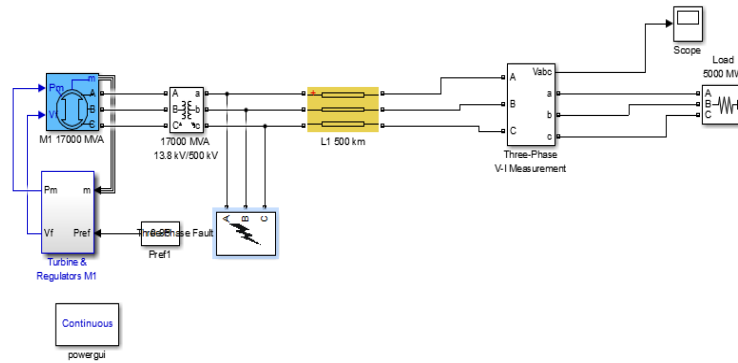
شکل ۸- مقادیر داده توسط برنامه و شبیه سازی بار

شکل موج خروجی ولتاژ در شبیه سازی بدون SVC: (بر فرض در این حالت اتصال کوتاه دو فاز با زمین در نظر گرفته شده باشد)



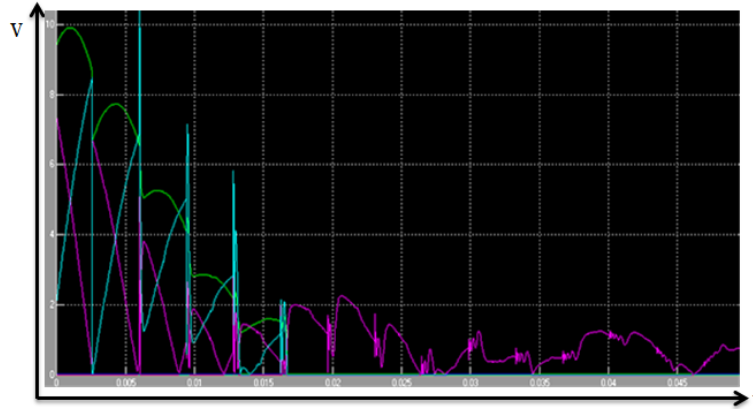
شکل ۹- شکل موج خروجی ولتاژ در شبیه ساز بدون SVC

شبیه ساز روی زمان تناوب ۰/۰۵ ثانیه تنظیم شده است. همان طور که قابل مشاهده است شکل موج دو فازی که اتصال کوتاه شده اند صفر و تنها شکل موج اول با دامنه بسیار نوسانی که از حالت ac نیز خارج شده است. حالت دوم: شبیه سازی مدار در صورتی که جای بلوک فالت بریکر تغییر کرده باشد.



شکل ۱۰- شبیه سازی مدار در صورتی که جای بلوک فالت بریکر تغییر کرده

در این حالت محل اتصالی به نزدیکی ترانسفورماتور انتقال منتقل شده است. حال شکل موج اتصالی به صورت زیر است.



شکل ۱۱- شکل موج اتصالی در صورتی که جای بلوک فالت بریکر تغییر کرده

مشاهده می شود که هر سه شکل موج نوسانی که دامنه آنها رو به صفر شدن است. این اتصالی بر مبنای دو فاز a و c نسبت به زمین بوده که در این حالت دامنه هر سه فاز با هم تغییر می کند. حالت سوم: شبیه سازی با SVC: در این حالت مانند حالت اول می باشد فقط یک SVC به مدار اضافه شده است. مقادیر داده شده به برنامه شبیه سازی در مورد SVC:

Static Var Compensator (Phasor Type) (mask) (link)

Implements a phasor model of a three-phase, three-wire Static Var Compensator (SVC). The output (m) is a bus signal. Use the Bus Selector block to extract individual signals. If positive-sequence modeling is selected, the block uses only positive-sequence entities, and the negative-sequence component is ignored).

Parameters

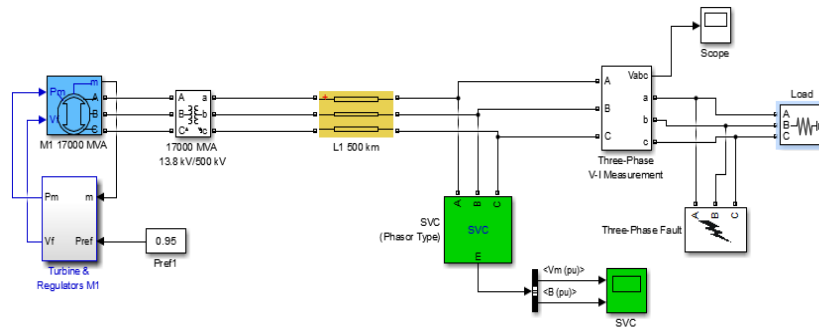
Display:

Mode of operation:

Bref for var control mode (pu/Pbase):

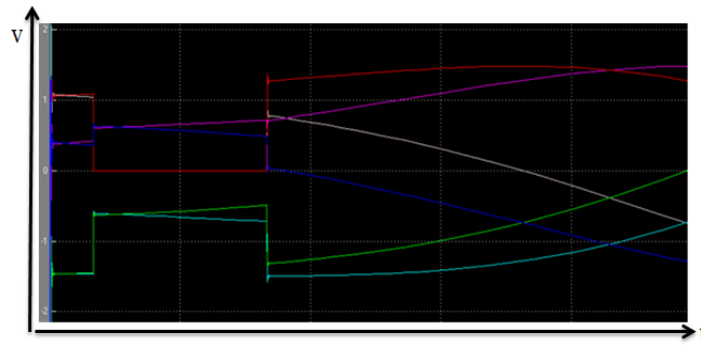
شکل ۱۲- مقادیر داده شده به شبیه ساز متلب در مورد SVC

مدل عملکرد SVC در این حالت کنترل توان راکتیو می باشد (سوسپتانس روی حالت نرمال تنظیم شده است)

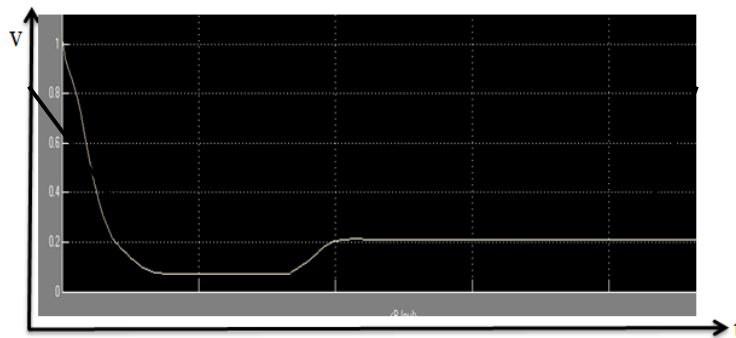


شکل ۱۳- شماتیک مدار در صورتی که از SVC استفاده شود

در این حالت برنامه شبیه ساز روی زمان تناوب ۰/۰۲ ثانیه تنظیم شده است. مشاهده می شود که در زمان خیلی خیلی کم اتصالی رخ داده و توسط SVC با شکل موجهایی که به مدار القا می کند نوسانات میرا شده و ولتاژ را در حد پایدار نگه داشته است. شکل موج ایجاد شده توسط SVC: (با فرض اینکه اتصال کوتاه دوفاز با زمین در نظر گرفته شده باشد).

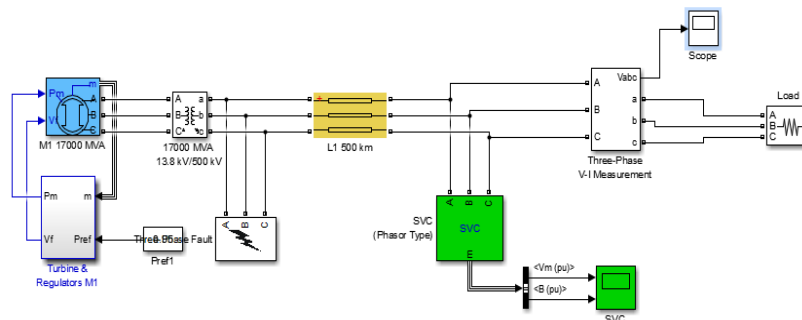


مدت زمان عملکرد SVC

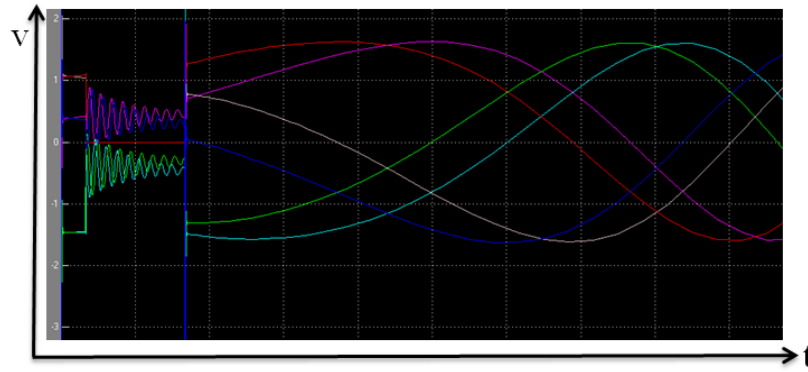


شکل ۱۴- شکل موج ایجاد شده توسط SVC

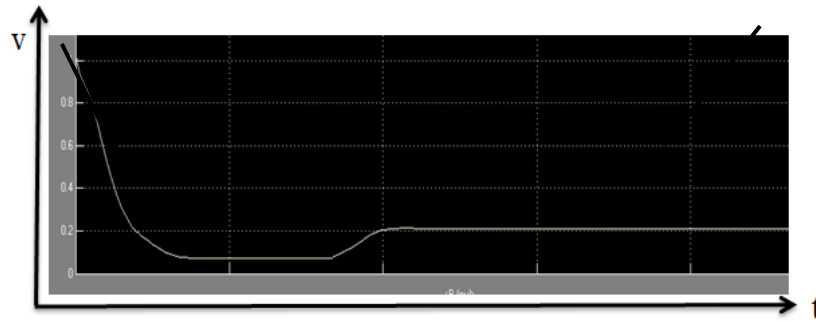
حالت چهارم: شبیه سازی با SVC در حالتی که جای بلوک فالت بریکر به بعد از ترانسفورماتور منتقل شده باشد (اتصالی در آنجا رخ دهد).



شکل ۱۵- شبیه ساز با SVC در صورتی که جای بلوک فالت بریکر به بعد از ترانسفورماتور منتقل شود



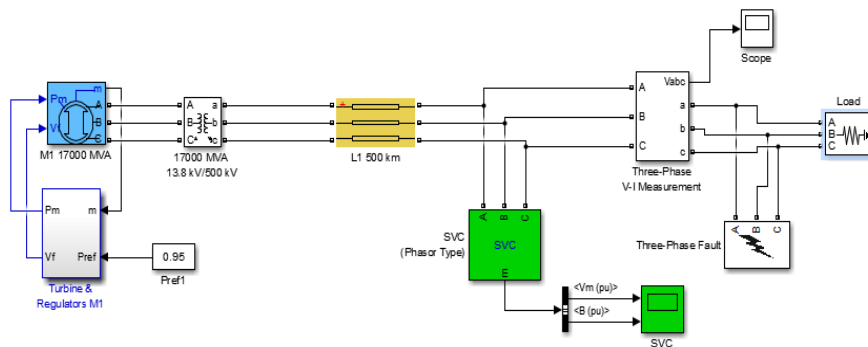
مدت زمان عملکرد SVC



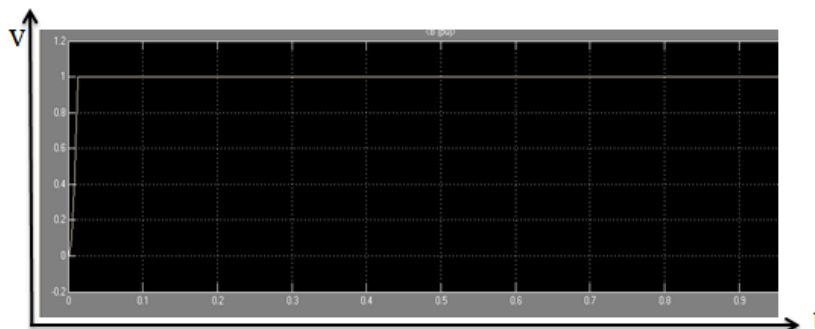
شکل ۱۶- شکل موج ایجاد شده با SVC درحالی که جای بلوک فالت بریکر به بعد از ترانسفورماتور منتقل شده

در این حالت زمان عملکرد SVC زودتر می باشد.

حالت پنجم: شبیه سازی مدار در صورتی که پارامترهای SVC تغییر کند (در قسمت های قبل کنترل توان راکتیو بود اما الان کنترل ولتاژ است). شکل موج آن با تغییر بلوک فالت تفاوتی با شکل موج مدارات قبلی ندارد ولی اگر پارامتر کنترل ولتاژ باشد یک زاویه β به ولتاژ SVC اضافه می شود.



شکل ۱۷- شماتیک مدار در صورتی که پارامترهای SVS تغییر کند



شکل ۱۸- شکل موج ایجاد شده در صورتی که پارامترهای SVC تغییر کند

۹- نتیجه گیری

از زمانهای گذشته تا به امروز عرضه انرژی الکتریکی از سیستم‌های مجزا تا سیستم‌های بزرگ صورت پذیرفته است. در اوایل انرژی الکتریکی تولید شده در یک گستره محدودی از استقرار مصرف کننده‌ها توزیع می‌شد (فاصله بین محل‌های تولید انرژی الکتریکی و مراکز مصرف آن زیاد نبوده است). این سیستم‌ها کوچک در سطوح ولتاژی پایین تری بوده است. امروزه تبادل توان به صورت افزایش یافته در فواصل بیشتر در بالاترین سطح ولتاژ سیستم امکان به اشتراک گذاری رزرو و رقابتی شدن را فراهم آورده است. انرژی الکتریکی بایستی با حداقل هزینه و بیشترین و بالاترین قابلیت اطمینان در همه جا در دسترس باشد. کمبود توان راکتیو در شبکه‌های قدرت سیستم را به سوی ناپایداری سوق می‌دهد و منجر به ایجاد افت ولتاژ و نوسانات ولتاژی می‌گردد. مصرف کننده‌ها باید ولتاژ را در حالت بسیار نزدیک به مقدار نامی نگه دارند. زیرا در غیر این صورت آسیب‌هایی به دلیل جریانهای بالا به تجهیزات وارد می‌شود.

۱۰- مراجع

1. Kundur, P. S., Balu, N. J., & Lauby, M. G. (2017). Power system dynamics and stability. Power system stability and control, 3, 700-701.
2. Alayi, Reza, et al. "A sustainable energy distribution configuration for microgrids integrated to the national grid using back-to-back converters in a renewable power system." Electronics 10.15 (2021): 1826.
3. Zishan, F., Tightiz, L., Yoo, J., & Shafaghatian, N. (2023). Sustainability of the Permanent Magnet Synchronous Generator Wind Turbine Control Strategy in On-Grid Operating Modes. Energies, 16(10), 4108.
4. Zishan, F., Akbari, E., Sheikholeslami, A. R., & Shafaghatian, N. (2023). Optimization and Placement of DG Resources in the Network to Reduce Line Loading. International Journal of Industrial Electronics Control and Optimization, 6(2), 89-100.
5. Arora, A., Hote, Y. V., & Rastogi, M. (2011). Design of PID controller for unstable system. In Control, Computation and Information Systems: First International Conference on Logic, Information, Control and Computation, ICLICC 2011, Gandhigram, India, February 25-27, 2011. Proceedings (pp. 19-26). Springer Berlin Heidelberg.
6. Mansouri, Saeedeh, et al. "Using an intelligent method for microgrid generation and operation planning while considering load uncertainty." Results in Engineering 17 (2023): 100978.
7. Sadeghi, Baran, et al. "Optimization of synchronized frequency and voltage control for a distributed generation system using the Black Widow Optimization algorithm." Clean Energy 6.1 (2022): 105-118.
8. Azari, A., Noghabi, A. S., Zishan, F., Montoya, O. D., & Molina-Cabrera, A. (2023). Evaluating the Effect of the Communication Link of the Relays on the Operation Time of the Protection System. Energies, 16(6), 2692.
9. Zishan, F., Mansouri, S., Abdollahpour, F., Grisales-Noreña, L. F., & Montoya, O. D. (2023). Allocation of renewable energy resources in distribution systems while considering the uncertainty of wind and solar resources via the multi-objective Salp Swarm algorithm. Energies, 16(1), 474.
10. Akbari, Ehsan, et al. "Optimized two-level control of islanded microgrids to reduce fluctuations." IEEE Access 10 (2022): 95824-95838.
11. Vinnal, T., Jarkovoi, M., & Kütt, L. (2018, November). Voltage Dips and Swells in Low Voltage Networks of Estonia. In 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) (pp. 1-6). IEEE.
12. Alayi, Reza, et al. "Optimal load frequency control of island microgrids via a PID controller in the presence of wind turbine and PV." Sustainability 13.19 (2021): 10728.
13. Ganjei, Nima, et al. "Designing and sensitivity analysis of an off-grid hybrid wind-solar power plant with diesel generator and battery backup for the rural area in Iran." Journal of Engineering 2022 (2022).
14. Zishan, F., Akbari, E., Montoya, O. D., Giral-Ramírez, D. A., & Molina-Cabrera, A. (2022). Efficient PID Control Design for Frequency Regulation in an Independent Microgrid Based on the Hybrid PSO-GSA Algorithm. Electronics, 11(23), 3886.
15. Grisales-Noreña, Luis Fernando, et al. "Optimal power dispatch of pv generators in ac distribution networks by considering solar, environmental, and power demand conditions from Colombia." Mathematics 11.2 (2023): 484.
16. Khiyavi, Asgar Poorghasemi. "The Study and Analysis New Method for Improving Transient Stability IEEE-9 Bus System." Majlesi Journal of Energy Management 5.1 (2016).
17. Zishan, F., Akbari, E., & Montoya, O. D. (2024). Analysis of probabilistic optimal power flow in the power system with the presence of microgrid correlation coefficients. Cogent Engineering, 11(1), 2292325.

18. Montoya, Oscar Danilo, Farhad Zishan, and Diego Armando Giral-Ramírez. "Recursive Convex Model for Optimal Power Flow Solution in Monopolar DC Networks." *Mathematics* 10.19 (2022): 3649.
19. Akbari, E., Sheikholeslami, A. R., & Zishan, F. (2023). Participation of Renewable Energy in Providing Demand Response in Presence of Energy Storage. *Renewable Energy Research and Applications*, 4(2), 225-234 .