

کنترل لینک (DC) توسط کنترل کننده تک سیکلی بهبود یافته در توربین بادی DFIG

محمد یزدخواستی^۱، دکتر بهادر فانی^۲

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان، mohammad.yazdekhasti@gmail.com

دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، bahador.fani@gmail.com

چکیده - محدودیت منابع سوخت فسیلی و همچنین اهمیت روزافزون حفظ محیط زیست، توجه بیشتر به انرژی های تجدید پذیر را امری اجتناب ناپذیر نموده است. در ایران نیز با توجه به پتانسیل قابل توجه در این بخش، تولید انرژی الکتریکی با باد از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. یکی از پرکاربردترین توربین های بادی، توربین بادی مجهز به توربین بادی با تغذیه دوپل می باشد. بنابراین کنترل اجزای آن به هنگام وقوع خطاها اهمیت می یابد، در این مقاله هدف کنترل لینک دی سی با استفاده از روش کنترلی پیشنهادی بر روی یک شبکه، شبیه سازی شده است. توسط کنترل کننده تک سیکلی بهبود یافته کنترل لینک دی سی هنگام خطا در محدوده مشخص و همچنین بازبازی شبکه پس از برطرف شدن خطا به خوبی انجام گردیده است. نتایج شبیه سازی، توانایی استراتژی این روش کنترلی را نشان می دهد.

کلید واژه - لینک DC، مبدل پشت به پشت، ژنراتور القایی دوسو تغذیه، بار غیر خطی، خطاهای سه فاز، دو فاز، تک فاز.

۱- مقدمه

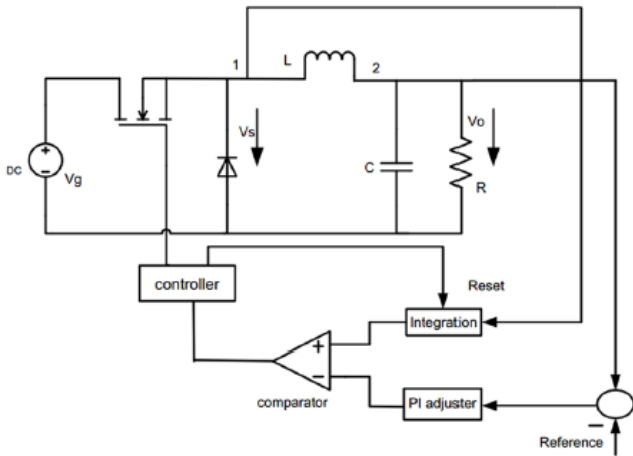
استفاده از ژنراتورهای بالقایی (آسنکرون) در سیستم های تبدیل انرژی، به دلیل ارزانی، استحکام و نیاز کم آن ها به نگهداری در حلال افزایش است [2]. از مهمترین مزیت های این ژنراتورها، پایداری، ساختمان مکانیکی ساده و تولید انبوه با قیمت می باشد. در سال های اخیر توربین های بادی با تغذیه دوپل (DFIG) ۲ بسیار مورد توجه سازندگان قرار گرفته اند. متغیر بودن سرعت آن ها، این قابلیت را ایجاد می کند که توربین بتواند در محدوده وسیع تری از وزش باد در راندن مانع از میم خود کار کند [3]. از مزیت دیگر DFIG می توان به جذب نوسانات باد با تغییر سرعت چرخش و تورو عدم انتقال آن ها به شبکه اشاره کرد. بخش کنترلی یک سیستم بادی از جمله با اهمیت ترین قسمت موجود در سیستم جهت دریافت بهترین راندمان، بشمار می آید. بیشتر روش هایی که تاکنون معرفی شده است، علاوه بر مزایای ارائه شده، معایبی نیز داشته اند. از جمله این روش های، می توان به روش مدولاسیون پهنای پالس (PWM) که یک روش کنترلی خطی است، اشاره کرد. روش های دیگری مانند SPWM، Programmed PWM وجود دارند که زیرشاخه مدولاسیون PWM هستند [4,5]. در مرجع [6] از روش کنترل مد جریان که از جمله روش های پر کاربرد

گسترش استفاده از منابع انرژی های تجدید پذیر به سبب سازگاری با محیط زیست و دسترسی راحت و کم هزینه آن ها است [1]. استفاده از انرژی باد در بسیاری از کشورهای جهان، رو به فزونی گذاشته است. باد یکی از مهمترین منابع انرژی تجدید پذیر می باشد که از دیر باز ذهن بشر را به خود معطوف کرده است. در شرایط کنونی با توجه به توجیه پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی های نو، بهره گیری از انرژی باد مورد توجه جدی قرار گرفته است که کشور ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. بطور کلی، یک توربین بادی می تواند به انواع ژنراتورهای سه فاز متصل شود. امروزه نیاز به ایجاد یک جریان الکتریکی سازگار با شبکه، توسط مبدل های فرکانسی متصل به شبکه قابل حل است، حتی اگر جریان ها به دو صورت متناوب در فرکانس متغیر و یا جریان بصورت مستقیم (DC) باشد. ژنراتورهای متداول مورد استفاده در توربین بادی عبارتند از:

۲- ماشین سنکرون ۱
۲- ماشین آسنکرون

¹- Synchronous machine

² - Double Fed Induction Generator



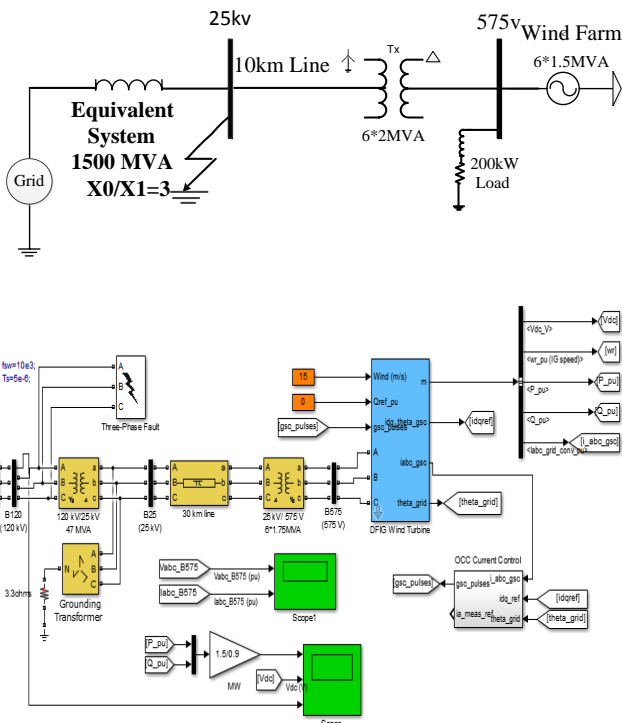
شکل (۲): تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته.

۳- عملکرد کنترل کننده تک سیگلی بهبود یافته و مزیت‌های آن نسبت به کنترل کننده تک سیگلی

مهمترین وظیفه کنترل کننده به کار برده شده در این مقاله کنترل مبدل سمت ماشینجهت کنترل لینک DC شبکه است. با این وجود که تکنیک تک سیگلی به خوبی اغتشاشات سمت منبع را حذف می کند، اما سیستم با اغتشاشاتی در سمت بار مواجه است. در این جا از تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته استفاده می شود که عیوب تکنیک کنترل تک سیگلی را مرتفع کرده است. در مدل پیشنهادی برای مبدل سمت شبکه از روابط و مفاهیم کنترل تک سیگلی بهبود یافته استفاده شده است. مبدل باک با پیاده سازی این تکنیک کنترلی در شکل (۲) نشان داده شده است.

۳- نتایج شبیه سازی

۴-۱- شماتیک تک فاز و کلی از مدار شبیه سازی شده در محیط سیمپولینک نرم افزار متلب



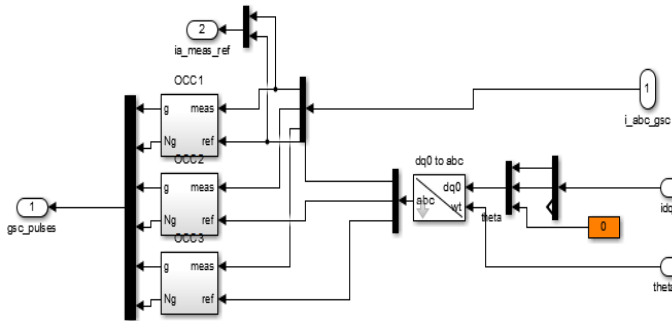
شکل (۳): شماتیک تکفاز و کلیک مزرعه بادی در محیط متلب

تکنیک کنترل تک سیگلی ولتاژ دیود را انتگرال گیری کرده و با مرجع کنترل مقایسه می کند. در این تکنیک می توان سیکل کاری را برای عدم پذیرش اغتشاشات سمت منبع تنظیم کرد، در حالی که در تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته خروجی ولتاژ با مرجع کنترل مرتبط است تا سیگنال خطا را به دست آوریم که این سیگنال با تنظیم کننده ی PI کار می کند و برای مقایسه گر این تکنیک کنترلی مشخص می باشد.

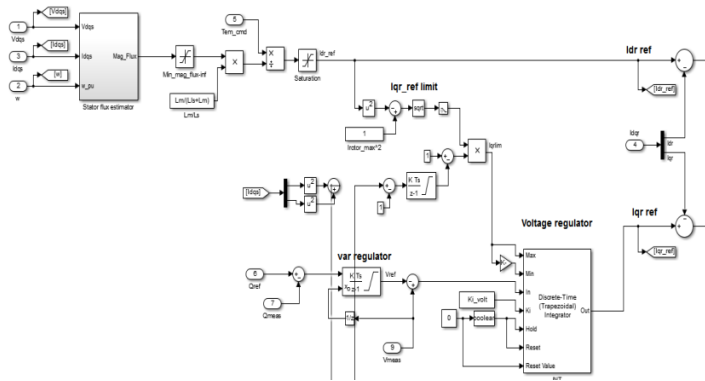
جریان کنترل شده ی تک سیگلی با جریان کنترل شده تک سیگلی بهبود یافته در زمانی که سمت منبع در سیستم اغتشاشی دارد معادل است. رویه تنظیم تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته با تنظیم تکنیک کنترل تک سیگلی مشابه می باشد. برای عدم پذیرش اغتشاشات منبع توان، تنها یک سیکل برای تکمیل تنظیمات کنترل تک سیگلی کفایت می کند. بنابراین این کنترلر برای عدم پذیرش اغتشاشات منبع توان عملکرد مناسبی خواهد داشت.

زمانی که اغتشاشاتی در سمت بار وجود داشته باشد، ولتاژ خروجی با مرجع سیگنال خطایی تولید می کند که فوراً تغییر می کند. تنظیم کننده PI با این سیگنال خطا کار می کند و خروجی مربوطه ی تنظیم کننده PI برای مقایسه گر به عنوان مرجع مشخص می باشد. به دلیل تغییرات مرجع مقایسه گر، سیکل کاری مرتبط با آن فوراً تغییر می کند. در زمانی که مرجع کنترل متناظر متغیر است، رویه مشابهی برای تکنیک کنترل تک سیگلی دنبال می شود. در زمانی که ولتاژ دوسر خروجی به مقدار حالت ماندگار پایدار برسد، خروجی مربوطه ی تنظیم کننده ی PI به مقدار مشخص در وضعیت پایدار می رسد. بنابراین تکنیک بهبود یافته می تواند عدم پذیرش اغتشاشات سمت بار را نیز انجام دهد. [13]

این امر سبب می‌گردد تا با کنترل زوایای آتش اینورترها به صورت بهینه، حفاظت مورد نظر از سیستم توربین بادی فراهم آید.

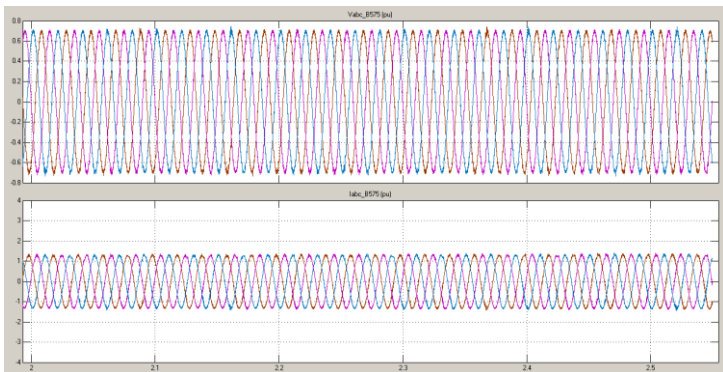


شکل ۲-۴ شمایی از کنترلر OCC و ورودی‌های آن برای مبدل سمت شبکه در محیط سیمولینک نرم‌افزار MATLAB



شکل ۳-۴ شمایی از کنترلر و ورودی‌های آن برای مبدل سمت روتور در محیط سیمولینک نرم‌افزار MATLAB

در شرایط نرمال (عدم رخداد خطا) شکل موج ولتاژ و جریان شبکه به صورت شکل ۴-۴ می‌باشد.



شکل ۴-۴ شکل موج ولتاژ و جریان شبکه در حالت بدون خطا

اطلاعات سیستم تحت مطالعه و سیستم بادی DFIG در جداول ۴-۱ و ۴-۲ آورده شده است.

جدول ۴-۱ اطلاعات سیستم تحت مطالعه

پارامتر	مقدار
ولتاژ منبع	۱۲۰ کیلوولت
طول خط	۳۰ کیلومتر
توان ظاهری ترانس کاهنده	۱۲۰ کیلوولت به ۲۵ کیلوولت
مقاومت R1 و R2 ترانس کاهنده	۲,۶ × ۱۰ ^{-۳} کیلوولت به ۲۵ کیلوولت
سلف L1 و L2 ترانس کاهنده	۰,۰۸ کیلوولت به ۲۵ کیلوولت
توان ظاهری ترانس کاهنده	۱۰,۷۵ کیلوولت به ۵۷۵ ولت
مقاومت R1 و R2 ترانس کاهنده	۸,۳ × ۱۰ ^{-۳} کیلوولت به ۵۷۵ ولت
سلف L1 و L2 ترانس کاهنده	۰,۰۲۵ کیلوولت به ۵۷۵ ولت

جدول ۴-۲ اطلاعات مربوط به DFIG

پارامتر	مقدار
جریان ماکزیمم مبدل سمت شبکه	۰,۸ پریونیت
سلف کوپلینگ سمت شبکه	۰,۳ پریونیت
مقاومت کوپلینگ سمت شبکه	۰,۰۰۳ پریونیت
ولتاژ نامی باس DC	۱۱۵۰ ولت
توان نامی	۱,۶ مگاوات
ولتاژ نامی	۵۷۵ ولت
فرکانس نامی	۵۰ هرتز

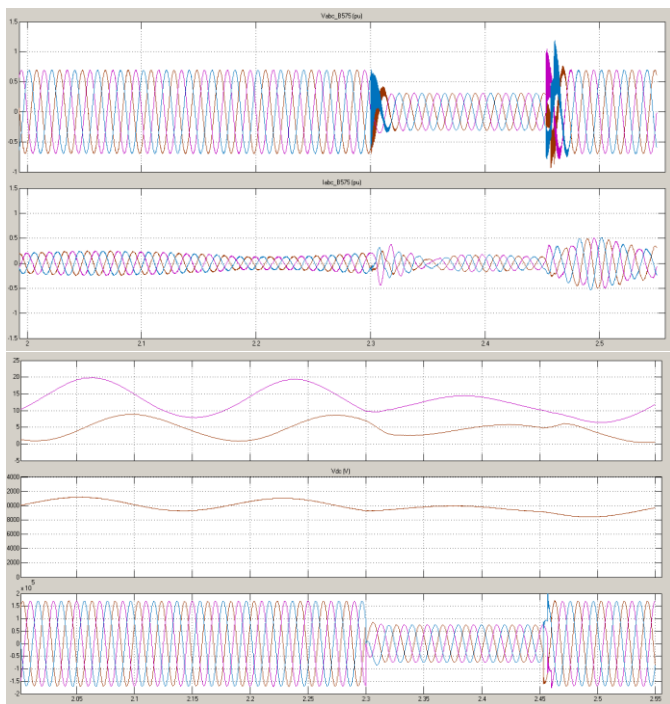
به منظور مدل نمودن کنترلر OCC برای مبدل سمت شبکه و از کنترلر پیشنهاد شده (volt/var) برای مبدل سمت روتور استفاده شده است. شکل بلوک دیاگرامی کنترلر OCC برای مبدل سمت شبکه و کنترلر سمت روتور در شکل‌های ۲-۴ و ۳-۴ آورده شده است. روابط OCC به صورت سیگنال ورودی پس از ورود به مدار کنترلی و اعمال پردازش‌های لازم بر روی آن در خروجی به گیت سوئیچ‌های اینورتر اعمال می‌گردد.

۴-۲-۱ اتصال کوتاه سه‌فاز

به منظور مدل نمودن اتصال کوتاه سه‌فاز سوئیچ‌های نمایش داده شده در شکل ۴-۶ به طور همزمان در لحظه ۲,۳ ثانیه بسته شده و در واقع از این لحظه به مدت ۰,۱۵ ثانیه اتصال کوتاه سه‌فاز برای شبکه ایجاد می‌نمایند.

بدون استفاده از سیستم حفاظتی: در حالتی که از مدار حفاظت پیشنهادی استفاده نشود، در شرایط رخداد اتصال کوتاه سه‌فاز شکل موج ولتاژ، جریان و توان شبکه به صورت شکل ۴-۷ نمایش داده خواهد شد.

همانطوریکه مشاهده می‌گردد، بدون استفاده از مدار حفاظت مورد نظر در شرایط رخداد خطای سه‌فاز ولتاژ و توان تقریباً به صفر نزدیک شده و دامنه جریان نیز به شدت دچار اعوجاج شده است. از سویی مشاهده می‌گردد که در لحظات رخداد خطا، مقدار ولتاژ Vdc به صورت کنترل نشده‌ای تغییر می‌یابد.



شکل ۴-۷ شکل موج های الف) ولتاژ (ب) جریان باس DFIG،

ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) د) ولتاژ اتصال dc؛

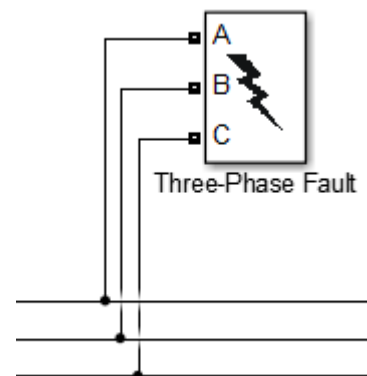
ه) ولتاژ منبع (باس 120kV) در سیستم بدون حفاظت در خطای سه‌فاز

در شرایطی که از مدار حفاظتی پیشنهادی استفاده شود شکل موج-هایولتاژ، جریان، توان و Vdc به صورت شکل ۴-۸ تغییر خواهد نمود.

همانطوریکه با توجه به شکل ۴-۴ مشاهده می‌گردد ولتاژها و جریان‌های سه‌فاز در شرایط پیش از رخداد خطا به صورت متقارن به شبکه متصل می‌باشند.

۴-۲-۲ تحلیل مدار حفاظتی در شرایط رخداد خطا

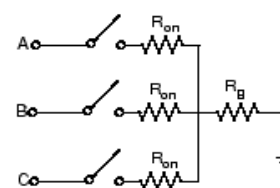
به منظور مدل‌سازی خطاهای تکفاز، دوفاز و سه‌فاز در شبیه‌سازی انجام شده از بلوک شکل ۴-۵ استفاده شده است.



شکل ۴-۵ بلوک مدل کننده خطای اتصال کوتاه

این بلوک به صورت موازی با شبکه قرار می‌گیرد و می‌تواند اتصال کوتاه تکفاز، دوفاز و سه‌فاز را با مقاومت نقطه اتصال مشخص محیا نماید.

شکل ۴-۶ شماتیک مداری نحوه عملکرد این بلوک را نمایش می‌دهد.

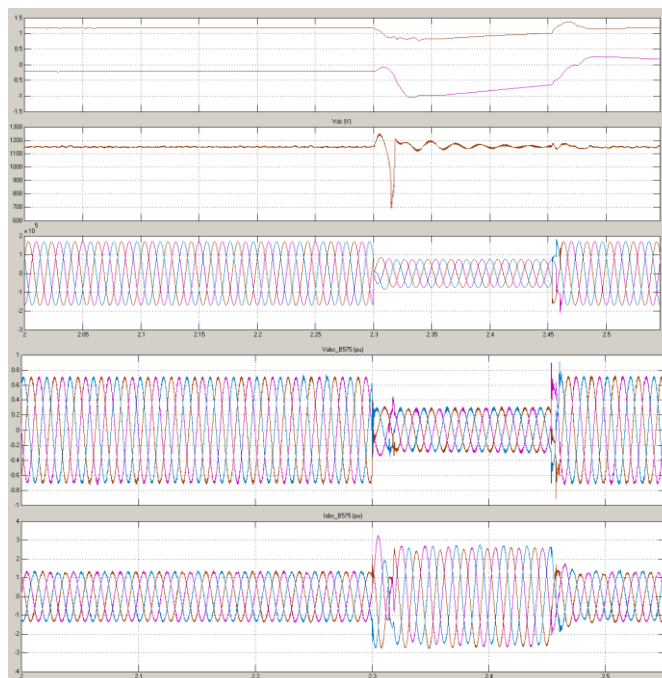


شکل ۴-۶ شماتیک مداری بلوک مدل کننده اتصال کوتاه

در این مقاله مقادیر مقاومت Ron و Rg هر دو ۰,۰۰۰۱ اهم در نظر گرفته شده است.

۲-۴- اتصال کوتاه دوفاز

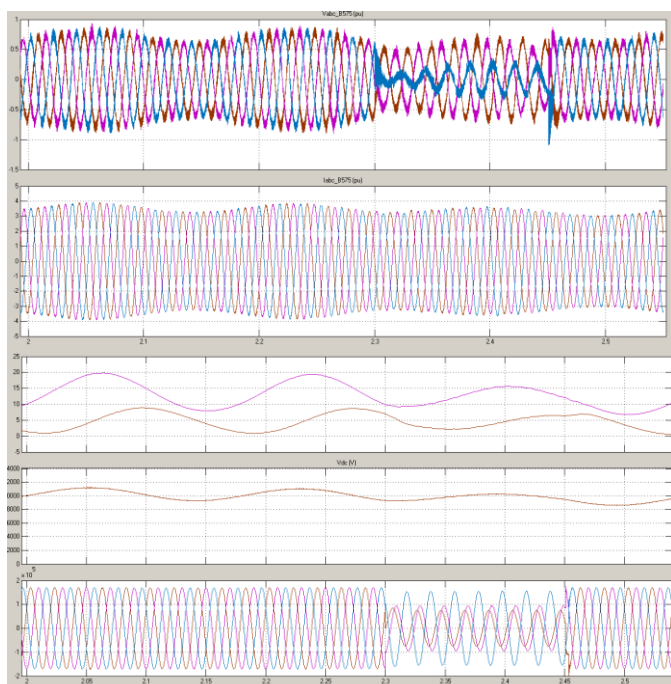
به منظور مدل نمودن خطای اتصال کوتاه دوفاز مطابق شرایط تنظیم شده قبلی، اتصال کوتاه دوفاز A و B با زمین رخ می دهد. بدون استفاده از سیستم حفاظتی: در حالتی که از مدار حفاظت پیشنهادی استفاده نشود، در شرایط رخداد اتصال کوتاه دوفاز هشکلموجولتاژ، جریان و توان شبکه به صورت شکل ۴-۹ نمایش داده خواهد شد.



شکل ۴-۸ شکل موج های الف) ولتاژ و ب) جریان باس DFIG، ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) د) ولتاژ اتصال dc؛ ه) ولتاژ منبع (باس ۱۲۰kV) در سیستم با حفاظت در خطای سه فاز

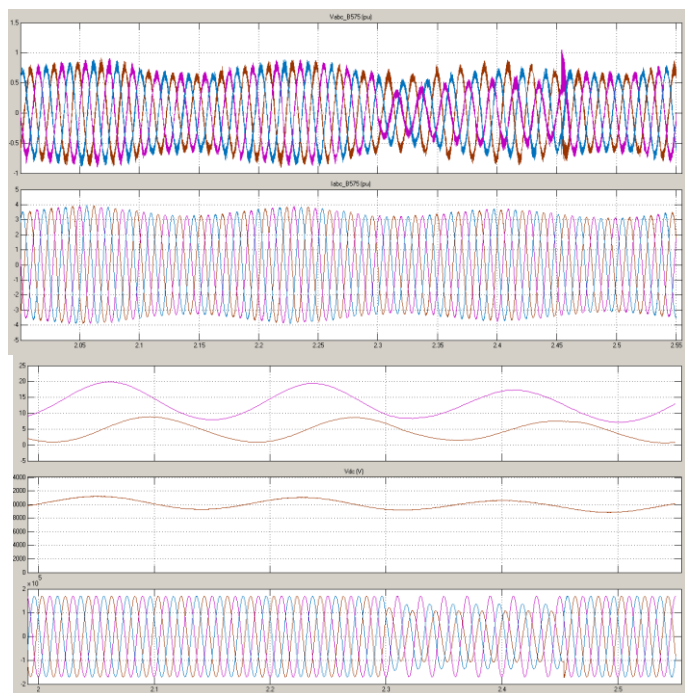
در شکل ۴-۸ به ترتیب ولتاژ، جریان، توان اکتیو و راکتیو شبکه و ولتاژ باس dc و ولتاژ منبع نشان داده شده است. با توجه به این شکل ها مشاهده می گردد دامنه ولتاژ، جریان، توان و ولتاژ Vdc به صورت کنترل شده ای تغییر می کنند.

همچنان که از شکل ۴-۸ مشاهده می شود کنترلر OCC مبدلسمت شبکه نیز خروجی توان اکتیو پایدار و ولتاژ اتصال dc را به سطح مناسبی می رساند. سطح ولتاژ اتصال dc حدود مقدار ۱۲۰۰ باقی مانده است که شرایط مناسبی را ایجاد کرده است. برخلاف عدم تعادل ولتاژ صورت گرفته در شبکه، کنترلر توانسته است نواسانات رخ داده در را حذف نماید. در ادامه به طور خلاصه دو نوع دیگر خطاهای دوفاز و تکفاز را بررسی کرده ایم.



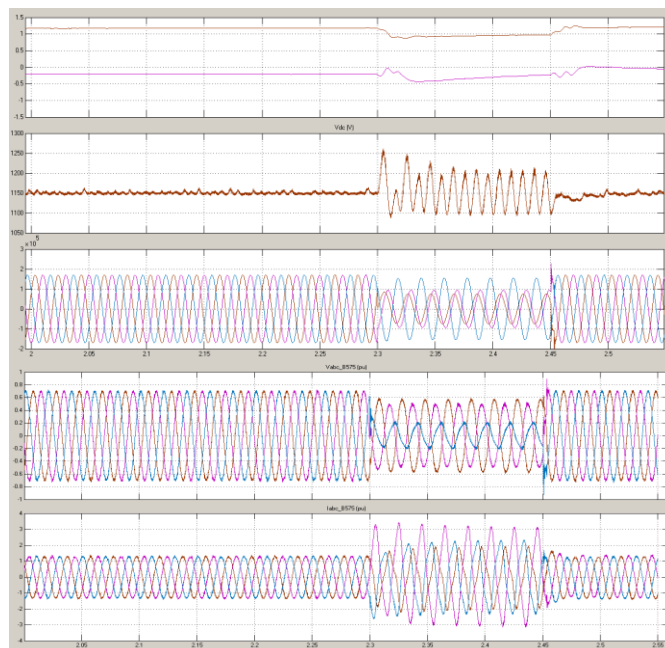
شکل ۴-۹ شکل موج های الف) ولتاژ و ب) جریان باس DFIG، ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) د) ولتاژ اتصال dc؛ ه) ولتاژ منبع (باس ۱۲۰kV) در سیستم بدون حفاظت با خطای دو فاز

با استفاده از سیستم حفاظتی: در حالتی که از مدار حفاظت پیشنهادی استفاده شود، در شرایط رخداد اتصال کوتاه دوفاز شکل موج ولتاژ، جریان و توان شبکه به صورت شکل ۴-۱۰ نمایش داده خواهد شد.



شکل ۱۱-۴ شکل موج های الف) ولتاژ (ب) جریان باس DFIG.

ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) (د) ولتاژ اتصال dc؛
ه) ولتاژ منبع (باس ۱۲۰kV) در سیستم بدون حفاظت با خطای تک فاز



شکل ۱۰-۴ شکل موج های الف) ولتاژ، ب) جریان باس DFIG.

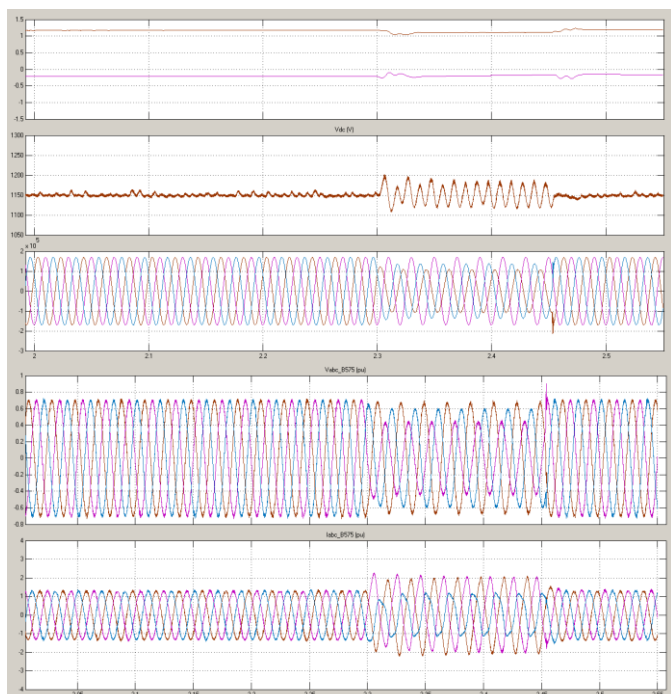
ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) (د) ولتاژ اتصال dc، ه)
ولتاژ منبع (باس ۱۲۰kV) در سیستم با حفاظت با خطای دو فاز

در این جا نیز مشاهده می گردد که با استفاده از کنترلرهای لغزشی پیشنهادی ولتاژ، جریان و توان های اکتیو و راکتیو شبکه و ولتاژ اتصال dc در حدود مطلوبی قرار گرفته اند.

اتصال کوتاه تکفاز

به منظور مدل نمودن خطای اتصال کوتاه تکفاز مطابق شرایط تنظیم شده قبلی، اتصال کوتاه فاز a با زمین رخ می دهد بدون استفاده از سیستم حفاظتی: در حالتی که از مدار حفاظت پیشنهادی استفاده نشود، در شرایط رخداد اتصال کوتاه تکفاز شکل موج ولتاژ، جریان و توان شبکه به صورت شکل ۴-۱۱ نمایش داده خواهد شد.

با استفاده از سیستم حفاظتی: در حالتی که از مدار حفاظت پیشنهادی استفاده شود، در شرایط رخداد اتصال کوتاه تکفاز با زمین شکل موج ولتاژ، جریان و توان شبکه به صورت شکل ۴-۱۲ نمایش داده خواهد شد. مشاهده می گردد که با استفاده از کنترلرهای لغزشی پیشنهادی ولتاژ، جریان و توان های اکتیو و راکتیو شبکه و ولتاژ اتصال dc در حدود مطلوبی قرار گرفته اند.



شکل ۱۲-۴ شکل موج های الف) ولتاژ و ب) جریان باس DFIG.

ج) توان اکتیو (رنگ بنفش) و راکتیو (رنگ قرمز) (د) ولتاژ اتصال dc؛
ه) ولتاژ منبع (باس ۱۲۰kV) در سیستم با حفاظت با خطای تک فاز

۵- نتیجه گیری

مراجع

1. Harini. C, Kumari. NK, Raju. GS, "Analysis of wind turbine driven doubly fed induction generator", in Electrical Energy Systems (ICEES), 2011.
2. Chen. WL, Hsu, "Controller Design for an Induction Generator Driven by a Variable-Speed Wind Turbine", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 21. No. 3, pp.625-635, 2006.
3. Gautam. D, Vittal. V, Harbour. T, "Impact of Increased Penetration of DFIG-Based Wind Turbine Generators on Transient and Small Signal Stability of Power Systems", IEEE Transactions on Energy Society, Vol. 24. No. 3, pp.1426-1434, 2009.
4. Kazmierkowski. M. P, Malesani. L, "Current control techniques for Three-phase voltage-source PWM converters a survey", IEEE Transactions on Industry Electronics, Vol.45, No.5, pp.691-703, 1998.
5. Cheng. L, "Coordinated Control of Dual PWM Converters for VSCF Wind Energy Generation", Master Thesis. Chinese Electric Institute, Apr. 2004.
6. Desich. C.W, "Simple Switching Control Method Changes Power Converter into a Current Source", in IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp.300-306, 1978.
7. Forchetti. D, Garcia. G, Valla. M.I, "Vector control strategy for a doubly-fed standalone induction generator", in Proceedings of 28th Annual Conference of the IEEE Transactions on Industry Electronics Society (IECON'02), No. 2, pp.991-995, 2001.
8. Cardenas. R, Pena. R, Clare. J, Asher. G, and Proboste. J, "MRAS Observers for Sensorless Control of Doubly-Fed Induction Generators", IEEE Transactions on Industry Electronics, Vol. 23, No. 3, pp.1075-1084, 2008.
9. Yanhua. L, Zhang. Xu, Zhao. Dongmei. M, "Research on the Wind Farm Reactive Power Compensation Capacity and Control Target", in Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), pp.1-5, 2011.
10. کنترلمستقل توابع " سعیدلسانی، هادیپاریم‌رادی " اکتیوور اکتیو در ژنراتور های اقلایب یا تغذیه دابل متصل به شبکه تهران، 1381 کنفرانس بین المللی برق
11. Lock. A.S, da Silva. E, Elbuluk. M.E, Jacobina. C.B, "A clamping current control technique, based on one cycle control OCC", in IEEE Power Electronics Specialists Conference, Record, pp.319 - 325, 2009.
12. Femia. N, Fortunato. M, "Dynamic model of one-cycle control for converters operating in continuous and discontinuous conduction modes", in International Journal of Circuit Theory and Applications, Vol. 37. No. 5, pp.661-686, 2013
13. K. Subramanian, V. K. S. Kumar, E. M. Saravanan, and E. Dinesh, "Implementation of One Cycle Control Technique in Dc-Dc Buck Converter," vol. 8, no. January, pp. 200-206, 2015.

در اینمقاله از تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته استفاده شده است که عیوب تکنیک کنترل تک سیگلی را مرتفع کرده است. در مدل پیشنهادی برای مبدل سمت شبکه از روابط و مفاهیم کنترلر تک سیگلی بهبود یافته استفاده شده است. در این تکنیک می توان سیکل کاری را برای عدم پذیرش اغتشاشات سمت منبع تنظیم کرد. در تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته خروجی ولتاژ با مرجع کنترل مرتبط است تا سیگنال خطا را به دست آوریم که این سیگنال با تنظیم کننده ی PI کار می کند و برای مقایسه گر این تکنیک کنترلی مشخص می باشد. جریان کنترل شده ی تک سیگلی با جریان کنترل شده تک سیگلی بهبود یافته در زمانی که سمت منبع در سیستم اغتشاشی دارد معادل است. رویه تنظیم تکنیک کنترل تک سیگلی بهبود یافته با تنظیم تکنیک کنترل تک سیگلی مشابه می باشد. برای عدم پذیرش اغتشاشات منبع توان، تنها یک سیکل برای تکمیل تنظیمات کنترلر تک سیگلی کفایت می کند. بنابراین این کنترلر برای عدم پذیرش اغتشاشات منبع توان عملکرد مناسبی خواهد داشت. زمانی که اغتشاشاتی در سمت بار وجود داشته باشد، ولتاژ خروجی با مرجع سیگنال خطایی تولید می کند که فوراً تغییر می کند. تنظیم کننده PI با این سیگنال خطا کار می کند و خروجی مربوطه ی تنظیم کننده PI برای مقایسه گر به عنوان مرجع مشخص می باشد. به دلیل تغییرات مرجع مقایسه گر، سیکل کاری مرتبط با آن فوراً تغییر می کند. در زمانی که مرجع کنترلر متناظر متغیر است، رویه مشابهی برای تکنیک کنترل تک سیگلی دنبال می شود. در زمانی که ولتاژ دوسر خروجی به مقدار حالت ماندگار پایدار برسد، خروجی مربوطه ی تنظیم کننده ی PI به مقدار مشخص در وضعیت پایدار می رسد. بنابراین تکنیک بهبود یافته می تواند عدم پذیرش اغتشاشات سمت بار را نیز انجام دهد.

استراتژی کنترلی پیشنهادی با رویکرد بررسی اتصال کوتاه سه فاز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج خروجی کاربردی بودن روش پیشنهادی را به اثبات می رساند؛ با استفاده از کنترلر پیشنهادی دامنه ولتاژ، جریان، توان و ولتاژ Vdc به صورت کنترل شده ای تغییر می کنند. همچنان که از نتایج مشاهده می شود کنترلر OCC مبدل سمت شبکه نیز خروجی توان اکتیو پایدار و ولتاژ اتصال dc را به سطح مناسبی می رساند. برخلاف عدم تعادل ولتاژ صورت گرفته در شبکه، کنترلر توانسته است نواسانات رخ داده در را حذف نماید. نتایج ارائه شده در مقالات دیگر کارایی مطلوبی را از خود نشان داده است.