مجلّه
مهندسی برق
دانشگاه تبریز

ISSN 2008-7799

مجلّه مهندسی برق، جلد ۴۱، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۰ **شماره پیاپی ۶۲**

فهرست مطالب

۱- نویدرضا ابجدی **داود قنبری** غلامرضا عرب مارکده **جعفر سلطانی**	**کنترل مستقیم شار و گشتاور یک موتور القایی شش فاز نامتقارن**	۱
۲- محمدهادی اصلی‌نژاد سیدمحمد صادق‌زاده **جواد علمایی** **سعید زارع**	**بررسی و تعیین نوع استراتژی کنترلی بخش واسطه DG در بهره‌برداری‌های متصل به شبکه و جزیره‌ای سیستم**	۱۳
۳- مهدی ثواقبی علیرضا جلیلیان	کنترل سلسله مراتبی برای جبرانسازی هارمونیک‌های ولتاژ در ریزشبکه‌های جزیره‌ای	۲۵
۴- علی حسامی نقشبندی **شورش شکوهی** حسن بیورانی	**کاربرد کنترل‌کننده فازی- عصبی در پایداری ولتاژ و فرکانس ریزشبکه‌های جزیره‌ای**	۴۱
۵- رحمت‌اله هوشمند امیرحسین زارع نیستانک **معین پرستگاری**	**بهره‌برداری بهینه از نیروگاه‌های بادی با استفاده از نیروگاه‌های تلمبه‌ای- ذخیره‌ای به منظور کاهش عدم قطعیت در عملکرد آنان در بازار برق**	۵۳
۶- محمدرضا عزیزیان **محسن ناصری** **رحیم عجبی فرشباف**	**یک ساختار ترکیبی برای کنترل توان لغزش موتور القائی روتور سیم‌پیچی شده با کنترل بدون حسگر سرعت**	۶۳
۷- بهرام نوشاد مرتضی رزّاز **سیدقدرت‌اله سیف‌السادات**	**تعیین یک مدل دقیق ترانسفورماتور جریان برای آنالیز حالت‌های گذرای الکترومغناطیسی در طی خطاهای الکتریکی**	۷۷

از انتشارات دانشگاه تبریز

مجلـــهٔ مهندسی برق دانشگاه تبریز

(علمی - پژوهشی)

در مرکز استنادی علوم جهان اسلام (ISC) نمایه سازی گردیده است.

هیأت تحریریه

****

دکتر علی آقاگل‌زاده	استاد دانشکدهٔ فنی ، دانشگاه صنعتی بابلسر	دکتر فروهر فرزانه	استاد دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف
دکتر علی افضلی‌کوشا	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران	دکتر جواد فیض	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران
دکتر ابراهیم بابایی	دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر محمدرضا فیضی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز
دکتر محمدباقر بناءشریفیان	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر گئورک قره‌پتیان	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دکتر سیدحسین حسینی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر جواد نوری نیا	دانشیار دانشکده فنی مهندسی دانشگاه ارومیه
دکتر سهراب خان‌محمدی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر محمدکاظم مروج‌فرشی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس
دکتر علی رستمی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر محمدرضا میبدی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دکتر حمید سلطانیان‌زاده	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران	دکتر معصومه نصیری‌کناری	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه صنعتی شریف
دکتر مهرداد طرفدارحق	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر زین‌العابدین نوابی شیرازی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران
دکتر محمدعلی طینتی	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز	دکتر سیدکمال‌الدین نیکروش	استاد دانشکدهٔ مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
دکتر قادر کریمیان	دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز	دکتر سعید نیک‌مهر	دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز
دکتر ضیاء الدین دائی کوزه کنانی	دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز	دکتر محمدعلی بادامچی زاده	استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز
دکتر سعید پاشازاده	استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز		

صاحب امتیاز مجله:	رئیس دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر
مدیر مسئول:	معاون پژوهشی دانشگاه تبریز
سردبیر مجله:	دکتر محمدباقر بناءشریفیان
مدیر داخلی:	دکتر محمدعلی بادامچی‌زاده
صفحه آرائی:	بهروز علی‌مرادی

نشانی: تبریز - دانشگاه تبریز – دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - دفتر مجله مهندسی برق – ۱۵۸۱۳-۵۱۶۶۶

تلفن: ۳۳۹۳۷۵۶(۰۴۱۱) فاکس: ۳۳۹۳۷۵۶(۰۴۱۱)

پست الکترونیکی: E-mail: joee_tabrizu@tabrizu.ac.ir

مجله مهندسی برق

دانشگاه تبریز

ISSN 2008-7799

جلد ۴۱، شماره ۲

پاییز و زمستان ۱۳۹۰

شماره پیاپی ۶۲

مجلــه مهندســی بــرق

دانشگاه تبریز

مختصری از تاریخچه مجله

اولین شماره این مجله در سال ۱۳۵۴ با پنج مقاله تحت عنوان "**مجله دانشکدهٔ فنی**" به چاپ رسید و انتشار آن تا سال ۱۳۷۹ ادامه یافت. این مجله در سال ۱۳۸۰ رتبه علمی- پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را دریافت نمود. از سال ۱۳۸۴ با توجه به نظر کمیسیون نشریات وزارت متبوع، موضوعات تخصصی فنی و مهندسی به صورت ویژه‌نامه برای سه عنوان مجزای مهندسی برق، مهندسی عمران و مهندسی مکانیک را به چاپ رساند.

این مجله از سال ۱۳۸۱ در مرکز **استنادی علوم جهان اسلام** ***(ISC)*** **نمایه‌دار** گردیده و از سال ۱۳۸۸ به سه مجله مستقل مجله مهندسی برق، مجله مهندسی عمران و محیط زیست و مجله مهندسی مکانیک تفکیک شده و اکنون با رتبه علمی- پژوهشی ادامه فعالیت می‌دهند.

پاییز و زمستان ۱۳۹۰

شمارهٔ پیاپی ۶۲

اهداف مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز

- ارتقای سطح علمی و فنی متخصصان جامعه،
- گسترش مرزهای دانش بشری،
- برقراری امکان ارتباط بین مراکز علمی و پژوهشی و همچنین مراکز پژوهشی و صنعتی منطقه‌ای،
- انتشار و انتقال یافته‌های علمی و فنی مراکز آموزشی و پژوهشی، به ویژه یافته‌های اساتید، دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا و نیز دستاوردهای متخصصان صنایع گوناگون در موضوع مجله،
- کمک مؤثر در حل مسایل پیچیده علمی و فنی صنایع و مراکز پژوهشی مرتبط در سطح منطقه‌ای و کشوری.

در این راستا از کلیه پژوهشگران، متفکران و مبتکرین دعوت می‌شود که برای تحقق و به ثمر رسیدن هدف‌های یاد شده، مقاله‌های پژوهشی اصیل خود را در کلیه گرایش‌های تخصصی مهندسی برق (شامل، ولی نه محدود به، الکترونیک، قدرت، کنترل، کامپیوتر، مخابرات، مهندسی پزشکی) به زبان فارسی به دفتر مجلهٔ مهندسی برق دانشگاه تبریز ارسال دارند.

مقاله‌های رسیده با توجه به معیارهایی چون اهمیت موضوع، نوآوری، کاربردی بودن موضوع، گستردگی و فراگیری موضوع، کیفیت نگارش، چگونگی تجزیه و تحلیل، ارایه و تحلیل نتایج به دست آمده، پس از داوری توسط داوران متخصص در موضوع مقاله، در هیأت تحریریه مطرح و در مورد قبول یا رد آن تصمیم‌گیری خواهد شد. مقالهٔ ارسال شده نباید قبلاً در هیچ کدام از مجلات داخل یا خارج ارائه شده باشد.

هرگونه مسئولیت در خصوص بدیع بودن محتوا و نتایج علمی و فنی مقالات به عهده نویسندگان مقاله خواهد بود.

هیأت تحریریه

مجلّه
مهندسی برق
دانشگاه تبریز

ISSN 2008-7799

مجلّه مهندسی برق، جلد ۴۱، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۰ **شماره پیاپی ۶۲**

فهرست مطالب

۱- نویدرضا ابجدی **داود قنبری** غلامرضا عرب مارکده **جعفر سلطانی**	**کنترل مستقیم شار و گشتاور یک موتور القایی شش فاز نامتقارن**	۱
۲- محمدهادی اصلی‌نژاد سیدمحمد صادق‌زاده **جواد علمایی** **سعید زارع**	**بررسی و تعیین نوع استراتژی کنترلی بخش واسطه DG در بهره‌برداری‌های متصل به شبکه و جزیره‌ای سیستم**	۱۳
۳- مهدی ثواقبی علیرضا جلیلیان	کنترل سلسله مراتبی برای جبرانسازی هارمونیک‌های ولتاژ در ریزشبکه‌های جزیره‌ای	۲۵
۴- علی حسامی نقشبندی **شورش شکوهی** حسن بیورانی	**کاربرد کنترل‌کننده فازی- عصبی در پایداری ولتاژ و فرکانس ریزشبکه‌های جزیره‌ای**	۴۱
۵- رحمت‌اله هوشمند امیرحسین زارع نیستانک **معین پرستگاری**	**بهره‌برداری بهینه از نیروگاه‌های بادی با استفاده از نیروگاه‌های تلمبه‌ای- ذخیره‌ای به منظور کاهش عدم قطعیت در عملکرد آنان در بازار برق**	۵۳
۶- محمدرضا عزیزیان **محسن ناصری** **رحیم عجبی فرشباف**	**یک ساختار ترکیبی برای کنترل توان لغزش موتور القائی روتور سیم‌پیچی شده با کنترل بدون حسگر سرعت**	۶۳
۷- بهرام نوشاد مرتضی رزّاز **سیدقدرت‌اله سیف‌السادات**	**تعیین یک مدل دقیق ترانسفورماتور جریان برای آنالیز حالت‌های گذرای الکترومغناطیسی در طی خطاهای الکتریکی**	۷۷

از انتشارات دانشگاه تبریز

بررسی و تعیین نوع استراتژی کنترلی بخش واسطه DG در بهره‌برداری‌های متصل به شبکه و جزیره‌ای سیستم

محمد هادی اصلی نژاد[۱]، کارشناس ارشد مهندسی قدرت، سعید زارع[۲]، کارشناس ارشد مهندسی قدرت ، جواد علمایی[۳]، عضو هیات علمی گروه مهندسی قدرت، سید محمد صادق‌زاده [۴]، عضو هیات علمی گروه مهندسی قدرت

۱- شرکت توزیع نیروی برق استان قم- قم- ایران- hadiasli87@gmail.com

۲- شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ- تهران- ایران - aghshahed@gmail.com

۳- دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب- تهران- ایران- j_olamaei@azad.ac.ir

۴- دانشکده فنی و مهندسی- دانشگاه شاهد - تهران- ایران- sadeghzadeh@shahed.ac.ir

چکیده: دو استراتژی کنترلی مهم بخش واسطه DG بررسی شده در مقاله حاضر در دو مد بهره‌برداری متصل به شبکه و جزیره‌ای سیستم، استراتژی کنترلی جریان ثابت و استراتژی کنترلی ولتاژ- فرکانس (V-f) ثابت می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در مقاله حاضر، استراتژی جریان ثابت در حالت بهره‌برداری متصل به شبکه مناسب است؛ چرا که در این حالت ولتاژ و فرکانس DG و شبکه یکسان است. استراتژی دوم برای حالت جزیره‌ای مناسب می‌باشد و باید در این حالت ولتاژ و فرکانس کنترل و تنظیم شود. برای اثبات موضوع فوق‌الذکر، با استفاده از نرم‌افزار PSCAD/EMTDC، سناریوسازی‌های مختلفی با شبیه‌سازی در حوزه زمان انجام شده است. سناریوهای معرفی شده در این مقاله، استراتژی-های کنترلی مختلفی را برای حالت‌های تشخیص و عدم تشخیص جزیره‌ای شدن شبکه بررسی و تحلیل کرده است.

واژه‌های کلیدی: استراتژی کنترل، عملکرد جزیره‌ای، تولیدات پراکنده، میکروشبکه

A Control Strategy of DG Interface in Islanding and Network Connected Modes

M.H.Aslinezhad[1], S.Zare[2], J.Olamaei[3], S.M.Sadeghzadeh[4]

1- Qom Province Electricity Distribution Company, Qom, Iran

2- Tehran Province Electricity Distribution Company, Tehran, Iran

3- Electrical Engineering Department, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran

4- Faculty of Electrical Engineering, Shahed University, Tehran, Iran

Abstract : Constant current and constant voltage- frequency (V-f) control strategies are important control strategies of DG interface that considered in islanding system and connected to network modes in this paper. Constant current control strategy is suitable in connected to network mode; because DG voltage and frequency are equal to voltage and frequency of network. Constant voltage-frequency (V-f) control strategy is suitable in islanding system mode. In order to evidence of above subject, the possible different scenarios are simulated in PSCAD/EMTDC software. These scenarios are analyzed with different control strategies to detect the islanding mode.

Keywords: Control Strategy, Islanding Operation, Distributed Generation, Micro Grid

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۰/۴/۱

تاریخ اصلاح مقاله : ۱۳۹۱/۶/۱۳۰

تاریخ پذیرش مفاله: ۱۳۹۱/۸/۸

نام نویسنده مسئول: محمد هادی اصلی نژاد

نشانی نویسنده مسئول: ایران- قم- میدان توحید- خیابان ۲۰ متری سواران- کوی ۴- پ ۱۶۸

۱-مقدمه

بهبود کیفیت توان، قابلیت اطمینان بالا، بهبود اثرات زیست محیطی، پیک‌سایی، انتخاب‌پذیری سوخت و افزایش بهره‌وری از جمله مزایای استفاده از منابع تولید پراکنده (DG) برای مصرف‌کننده و شبکه قدرت می‌باشد. از طرفی DG گزینه مناسبی برای رسیدن به اهداف مربوط به پروتکل کیوتو و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است.

DG ها، منابع تولید انرژی الکتریکی می‌باشند که به شبکه‌های توزیع متصل شده و در مقایسه با نیروگاه‌ها، ظرفیت تولیدی و هزینه راه‌اندازی کمتری دارند. مسائل اقتصادی در گسترش نیروگاه‌ها، بالابودن راندمان منابع تولید پراکنده، کاهش آلودگی محیط‌زیست، بالابودن کیفیت برقرسانی به شبکه، کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ، آزادسازی ظرفیت شبکه، از جمله مواردی است که استفاده از تولیدات پراکنده را مورد توجه قرار می‌دهد. از مهمترین منابع تولید پراکنده می‌توان به نیروگاه‌های آبی، بادی، پیلهای سوختی، میکروتوربینها، باتریها و سیستمهای زمین گرمایی اشاره کرد[۱].

در طی چند سال اخیر به طور قابل توجهی از DG های کوچک در رنج 100kW در صنعت برق بهره‌برداری شده است[۲]. انتظاری که مشترکین برق و مالکان DG ها دارند این است که وقتی شبکه سراسری قطع شد و یا برق تولیدی شبکه از کیفیت خوبی برخوردار نبود، به کمک این منابع انرژی کوچک به صورت مستقل و مجزا از شبکه و در حالت جزیره‌ای سیستم، بتوانند برخی از نیاز بارهای بحرانی خود را تامین کنند. از طرفی در مواقع کاهش بارهای محلی، برق تولیدی DG را به شبکه تزریق نمایند. با این کار هم به تولید شبکه کمک می‌شود و هم با فروش این انرژی الکتریکی، هزینه‌های سرمایه-گذاری اولیه و جاری DG تامین می‌شود. به عبارت دیگر DG باید این قابلیت را داشته باشد که بتواند در دو حالت متصل به شبکه و ایزوله از شبکه کار کند. بهره‌برداری مستقل DG ها و عملکرد هماهنگ و کنترل آنها همراه با بارهای محلی قابل کنترل از شبکه سراسری و به صورت جزیره و به همراه یک منبع ذخیره انرژی مانند باطری و یا خازن، ساختار کلی و مفهوم میکروشبکه (MG) را بوجود می‌آورد. بدین ترتیب یک سیستم قدرت بدون وقفه‌ای ایجاد می‌شود که قابلیت اطمینان بالایی دارد [۳ و ۴].

با توجه به روند موجود در سیستم‌های توزیع و استانداردهای IEEE1547 و UL1741، بهره‌برداری مستقل میکروشبکه مگر در حالت‌های خاص توصیه نشده است؛ چرا که از مهمترین دلایل آن به خطر افتادن جان تکنسین ها در اثر برقدار ماندن قسمت جزیره ای است. بنابراین باید واحدهای DG پایین دست، بعد از هر وقوع سوئیچینگ چه از نوع تصادفی (وقوع خطا) و چه از نوع عمدی (تعمیرات و نگهداری) از شبکه جدا شوند [۳ و ۴] و [۹-۷]. این عمل به دلیل ملاحظات ایمنی و محدودیت‌های حفاظتی و کنترلی موجود در سیستم‌های توزیع انجام می شود. البته امکان بهره‌برداری جزیره‌ای یک واحد DG و بار محلی آن، در صورتی که جزیره شامل بخشهایی از سیستم قدرت نباشد وجود دارد که در این حالت، واحد DG مشابه یک UPS برای بار عمل می‌کند.

چالش اصلی عملکرد یک DG با بار محلی متصل به شبکه و جدا از شبکه این است که DG فوق باید به یک VSC با یک کنترلی تجهیز شود که شرایط زیر را براورده سازد.

- مبدل باید قادر باشد که ولتاژ و فرکانس باس میکروگرید را در هر دو عملکرد ثابت نگه دارد.
- VSC باید بدون در نظر گرفتن پارامترهای پلانت، بتواند بار از پیش تعیین شده را تغذیه کند.
- کنترل VSC باید با فیدبک از روی بار محلی باشد[۵ و ۶].

در حالت متصل به شبکه از استراتژی کنترل ابتدایی برای VSC استفاده می گردد. در این حالت ولتاژ و فرکانس توسط شبکه به شین PCC دیکته می شود و در این شرایط VSC توان اکتیو و راکتیو را بر اساس مولفه جریانی dq تغییر می دهد[۱۰ و ۱۱].

افزودن یک استراتژی کنترل جریان dq برای واحدهای متعدد DG در حالت جزیره ای میکرو شبکه، مبتنی بر نمودارهای افت توان راکتیو/ولتاژ و توان اکتیو/فرکانس، روشی است که اکثرا کارهای قبل بر اساس آن پایه گذاری شده است. کنترل مستقل توان اکتیو و راکتیو برای مینیمم کردن حالت گذرا و نگهداری پایداری زاویه ولتاژ و کیفیت آن چیزی است که در مرجع [۳] به آن اشاره شده است.

مدل دینامیکی سیگنال کوچک و حالت گذرای میکرو شبکه شامل تولیدات پراکنده با واسطه الکترونیکی در مرجع [۴] و [۶] بحث شده است. در [۶] یک روش کنترلی کاهشی بر پایه تولید توان راکتیو از روی توالی منفی جریان و توالی مثبت ولتاژ خط پیشنهاد شده است. البته روش ارائه شده در تغییرات سریع و یا زیاد بار پاسخ دینامیکی ضعیفی خواهد داشت ویا حتی ممکن است به ناپایداری ولتاژ و یا فرکانس بینجامد.

در مرجع [۱۱]، یک کنترل کننده بر پایه روش کنترلی کلاسیک بیان شده است که طراحی این کنترل کننده بر اساس روش آزمون وخطا می باشد. این روش یک روش سیستماتیک نبوده و طراحی آن نیز مستلزم این است که تابع تبدیل کل سیستم محاسبه شده و سپس کنترل کننده از روی آزمون و خطا برای آن محاسبه گردد.

بهره‌برداری از میکروشبکه اثر زیادی روی ایمنی موجود، کنترل و حفاظت سیستم، روند پخش توان انرژی الکتریکی دارد. بنابراین در حال حاضر بهره‌برداری از میکروشبکه به طور کامل انجام نشده و تحقیقات در این زمینه به شدت در حال گسترش است[۳ و ۹].

هدف این مقاله معرفی دو استراتژی کنترلی بخش واسطه DG در دو مد عملکرد متصل به شبکه و ایزوله از شبکه و مقایسه بین آنها در سناریوهای مختلف است که برای این منظور، شبیه‌سازی‌هایی در حوزه زمان با نرم‌افزار PSCAD انجام شده است.

۲- معرفی استراتژی‌های کنترلی بخش واسطه DG

نوع DG استفاده شده در این مقاله کانورتری (فتوولتائیک یا پیل سوختی) بوده که اینورتر سه فاز از نوع VSC به شبکه قدرت متصل می‌شود.

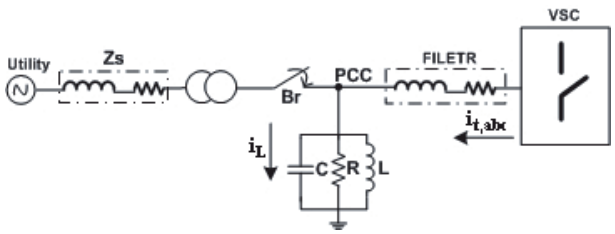
تکنیکی که یک واحد DG و بار محلی آن فعال شود تا سیستم هم در مد متصل به شبکه و هم در مد جزیره بتواند کار کند این است که VSC به کنترلرهایی مجهز شود تا بتواند هم هر دو مد بهره‌برداری را همراهی و دنبال کند و هم فرآیند انتقال بین دو مد بهره‌برداری را به درستی انجام دهد.

استراتژی کنترلی جریان ثابت در مد متصل به شبکه بر مبنای عملکرد جریان کنترل شده VSC استوار است. در این رویکرد، فرکانس و ولتاژ نقطه PCC توسط شبکه سراسری به واحد DG و بار دیکته می‌شود و VSC تبادل مولفه‌های توان اکتیو و راکتیو خود را با استفاده از مولفه‌های جریان در حوزه dq شبکه کنترل می‌کند [۵و۶].

در این مقاله برای بهره‌برداری مستقل یک واحد DG کانورتری و بار محلی آن بعد از جزیره شدن، از یک کنترلر V-f ثابت استفاده می‌شود[۹]. در مد متصل به شبکه، VSC مبتنی بر استراتژی کنترلی جریان dq سنتی کنترل می‌شود. بعد از وقوع جزیره‌ای شدن استراتژی کنترلی جریان dq غیرفعال شده و کنترلر V-f ثابت فعال می‌شود.

۲-۱- مدلسازی سیستم در مد بهره‌برداری متصل به شبکه

سیستم مورد مطالعه که در شکل (۱) نشان داده شده است شامل یک DG کانورتری 500kW متصل شده به یک بار RLC با ضریب کیفیت ۱.۸ و یک شبکه می‌باشد (مقادیر پارامترهای سیستم در پیوست آورده شده است).



شکل(۱) دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه

در مواردی که VSC بصورت متصل به شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد لازم است که در فرآیند کنترلی قاب مرجع dq0، با فرکانس سیستم سنکرون شود که برای این منظور از روش PLL سه فاز استفاده می‌شود[۱۰]. بدین ترتیب $v_{sq}=0$ و v_{sd} نیز برابر مقدار پیک ولتاژ فاز شبکه خواهد شد (v_{sd} , v_{sq} مولفه‌های عمودی ولتاژ شبکه هستند) و روابط توان اکتیو و راکتیو خروجی VSC بصورت زیر می‌شود[۵ و ۱۰ و ۱۲] :

$$P=\frac{3}{2}v_{sd}i_d \qquad (۱)$$

$$Q=\frac{3}{2}v_{sd}i_q \qquad (۲)$$

در این روابط i_q ,i_d مولفه‌های عمودی جریان خروجی VSC می‌باشند و با کنترل مولفه **d** جریان می‌توان توان اکتیو و با کنترل مولفه **q** جریان می‌توان توان راکتیو خروجی یک واحد DG را به صورت مستقل از هم کنترل کرد که مبنای کارکرد استراتژی کنترلی جریان ثابت در مد متصل به شبکه است. به دلیل حجم بالای مطالب مقاله، جزئیات بیشتر این استراتژی کنترلی عنوان نشده و خواننده محترم برای بررسی بیشتر به مراجع [۵ و ۱۲] ارجاع می‌شود.

۲-۲- مدلسازی سیستم در مد بهره‌برداری جزیره

واحد DG و بار آن در شکل (۱) باید هم در مد متصل به شبکه و هم در مد جزیره‌ای در سرویس باشند. در شکل (۱) با باز شدن بریکر، واحد DG و بار محلی آن یک جزیره را تشکیل می‌دهد و به عنوان یک سیستم خودگردان و مستقل عمل می‌کند.

در یک مد جزیره به دلیل شرایط توان تولیدی DG و توان مصرفی بار قبل از لحظه رخداد جزیره و یا نقص کنترل بر ولتاژ و فرکانس (وقتی که مد کنترل جریان ثابت در قبل از رخداد جزیره اتخاذ شده است)، ولتاژ و فرکانس منحرف شده و سرانجام جزیره ناپایدار می‌شود. بنابراین برای نگه داشتن بهره‌برداری بدون وقفه بعد از وقوع جزیره‌ای شدن، باید وقوع جزیره به درستی و به سرعت تشخیص داده شده و سپس یک استراتژی کنترلی جدیدی که بتواند دامنه ولتاژ و فرکانس جزیره را تنظیم کند، فعال شود. این عمل با استراتژی کنترلی V-f ثابت انجام می‌شود. این استراتژی کنترلی در عین داشتن ساختاری ساده می‌تواند پایداری مقاوم سیستم جزیره شده را ضمانت کرده و با وجود عدم قطعیت‌ها در پارامترهای بار، مشخصات عملکرد مطلوبی را برای سیستم جزیره شده ایجاد کند (همانند پاسخ به ترنزینت‌های سریع و خطای حالت دائمی صفر) [۹]. در این استراتژی برای تثبیت فرکانس از یک اسیلاتور داخلی (مشابه یک UPS) و برای تنظیم ولتاژ سیستم در رنج استاندارد از اندازه بردار فضایی ولتاژ PCC به عنوان یک سیگنال فیدبک استفاده شده است.

۲-۲-۱- کنترل فرکانس جزیره

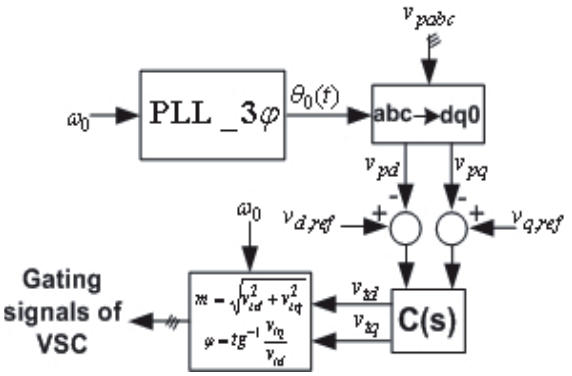
در مد بهره‌برداری جزیره، VSC می‌تواند از یک اسیلاتور داخلی استفاده کند. این اسیلاتور باید فرکانسی ثابت و برابر با فرکانس نامی شبکه ($\omega_0=2\pi f_0$) داشته باشد تا سیگنالهای مدولاسیون را تولید کند. بنابراین فرکانس سیستم جزیره شده ω با روند کنترل حلقه باز کنترل شده و VSC مجموعه‌ای از ولتاژهای سه فازه در فرکانس ω_0 تولید می‌کند. این مطلب در شکل (۲) مشاهده می‌شود.

۲-۲-۲- کنترل ولتاژ جزیره

شکل (۲) نحوه کنترل ولتاژ جزیره را نشان می‌دهد. در این شکل ω_0 فرکانس نامی شبکه و v_{pabc} ولتاژ سه‌فاز در نقطه PCC است. طبق شکل، نحوه تنظیم ولتاژ بدین ترتیب است که با انتقال v_{pabc} به قاب مرجع dq0 تحت زاویه نامی $\theta_0(t)=\omega_0 t$ می‌توان نتیجه گرفت که قاب مرجع dq0 به دلیل سنکرون بودن با فرکانس نامی سیستم، می‌توان مقدار مولفه q ولتاژ PCC را روی صفر و همچنین مقدار مولفه d ولتاژ PCC را برابر مقدار پیک ولتاژ نامی شبکه و سیستم تنظیم کرد[۶]. به عبارت دیگر برای داشتن ولتاژ همیشه ثابت در سیستم ایزوله از شبکه تحت مقدار نامی بایستی:

$$v_{q,ref}=0 \quad , \quad v_{d,ref}=V_m \qquad (۳)$$

که در رابطه (۳) V_m مقدار پیک ولتاژ شبکه است.



شکل(۲) بلوک دیاگرام کنترلی سیستم در مد بهره برداری جزیره

طبق شکل (۲) برای تنظیم ولتاژ بار روی مقدار نامی از یک جبرانساز استفاده شده است. البته برای سیستم مورد مطالعه یک DG با ظرفیت 0.5 MW و ولتاژ خروجی 0.6 kV در نظر گرفته شده است و برای سیستم با رنج توانی و ولتاژی دیگر می‌توان به آسانی پارامترهای جبرانساز را تغییر داد و خروجی مطلوب را بدست آورد.

تابع تبدیل این جبرانساز به فرم زیر است :

$$C(s)=\frac{9000}{s(s+15)} \qquad (۴)$$

همانطور که در رابطه (۴) ملاحظه می‌شود در طراحی جبرانساز برای ایجاد خطای حالت دائمی صفر به یک سیگنال مرجع پله واحد، از یک قطب در نقطه صفر استفاده شده و برای رسیدن به سرعت مناسب پاسخ، اضافه جهش (overshoot) و حاشیه‌های پایداری مقاوم مطلوب از یک قطب در نقطه s=15 و یک بهره ساده استفاده شده است. کنترلر طراحی شده از نظر ساختاری بسیار ساده است و به دلیل داشتن پهنای باند محدود خاصیت حذف اغتشاش و نویز احتمالی در سیستم را دارد. خروجی جبرانساز، سیگنالهای کنترلی v_{td} ,v_{tq} خواهد بود که طبق الگوی سوئیچینگ SPWM، این سیگنالهای کنترلی مقدار اندیس مدولاسیون m و اختلاف زاویه φ (بین ولتاژ ترمینال VSC و ولتاژ نقطه PCC) را تعیین می‌کنند و ω_0 هم فرکانس سیگنالهای مرجع این الگو را مشخص می‌کند. بدین ترتیب می‌توان سیگنالهای گیتهای اینورتر در شکل (۱) را برای مد بهره‌برداری جزیره تولید کرد.

به طور خلاصه می‌توان گفت که منطق استراتژی‌های کنترلی بر این اساس استوار است که اولا فرکانس سیستم جزیره همواره به صورت یک عدد ثابت توسط یک اسیلاتور در مدار کنترلی DG تولید و به کنترلر اینورتر واحد DG اعمال می‌شود که در نهایت جزیره دارای فرکانس ثابتی خواهد بود. ثانیا ولتاژ سیستم جزیره با توجه به مدلسازی انجام شده سیستم و استخراج تابع تبدیل آن و طراحی یک جبرانساز برای رسیدن به یک مقدار مطلوب، کنترل می‌شود.

۲-۳- انتقال (transition) بین دو مد بهره‌برداری

قابلیت دیگری که باید VSC داشته باشد انتقال یکنواخت و آرام از یک مد کاری متصل به شبکه به مد کاری جزیره است؛ چرا که در حالت متصل به شبکه، با فرض تنظیم بودن ولتاژ و فرکانس بار توسط شبکه، VSC در پی تنظیم تبادل توان خروجی با سیستم است و در حالتی که شبکه قطع شده و به صورت جزیره می‌شود باد به دنبال تنظیم ولتاژ و فرکانس در نقطه PCC باشد زیرا در حالت دوم مرجع ولتاژ و فرکانس از دست رفته است.

انتقال بین این دو استراتژی کنترلی، اگر با ملاحظاتی انجام نشود معمولاً با ترنزینت‌های سخت و طولانی همراه خواهد بود که ممکن است منجر به ناپایداری سیستم جزیره و از دست رفتن آن شود. بنابراین به منظور ضمانت پایداری و عملکرد مطلوب سیستم جزیره شده، لازم است که انتقال از مد بهره‌برداری متصل به شبکه به مد جزیره، بصورت یکنواخت انجام شود. این امر مستلزم آن است که زاویه فاز اسیلاتور داخلی و کنترلر جریان ثابت، در حین فعال شدن روش کنترلی جزیره و غیرفعال شدن روش کنترلی جریان ثابت، با هم سنکرون شوند. برای این منظور کافیست سیگنالهای کنترلی لحظه‌ای کنترلر جریان ثابت در لحظه تغییر روش کنترلی، به عنوان شرایط اولیه برای کنترلر معرفی شده استفاده شوند. بدین منظور با استفاده از یک PLL زاویه فاز ولتاژ PCC مانیتور می شود. سپس با استفاده از یک sample & hold (که وظیفه نمونه برداری و حفظ یک سیگنال را بر عهده دارد)، زاویه ولتاژ PCC در لحظه تغییر استراتژی کنترلی (که لحظه تشخیص جزیره است) نمونه برداری شده و ذخیره می‌گردد و به عنوان زاویه فاز اولیه به اسیلاتور داخلی داده می‌شود تا زاویه تولیدی خود را با آن سنکرون کند.

۳-بررسی عملکرد سیستم در دو مد بهره‌برداری

این بخش عملکرد سیستم شکل (۱) را در قبل، حین و بعد از وقوع جزیره‌ای شدن بر مبنای کنترلهای VSC معرفی شده در سناریوهای مختلف ارزیابی می‌کند. در این مطالعات فرض می‌شود که وقوع جزیره شدن توسط روش اکتیو تزریق سیگنال اغتشاش ذکر شده در مرجع [۴] (که یک روش مستقر در خود VSC بوده و از سرعت بالایی

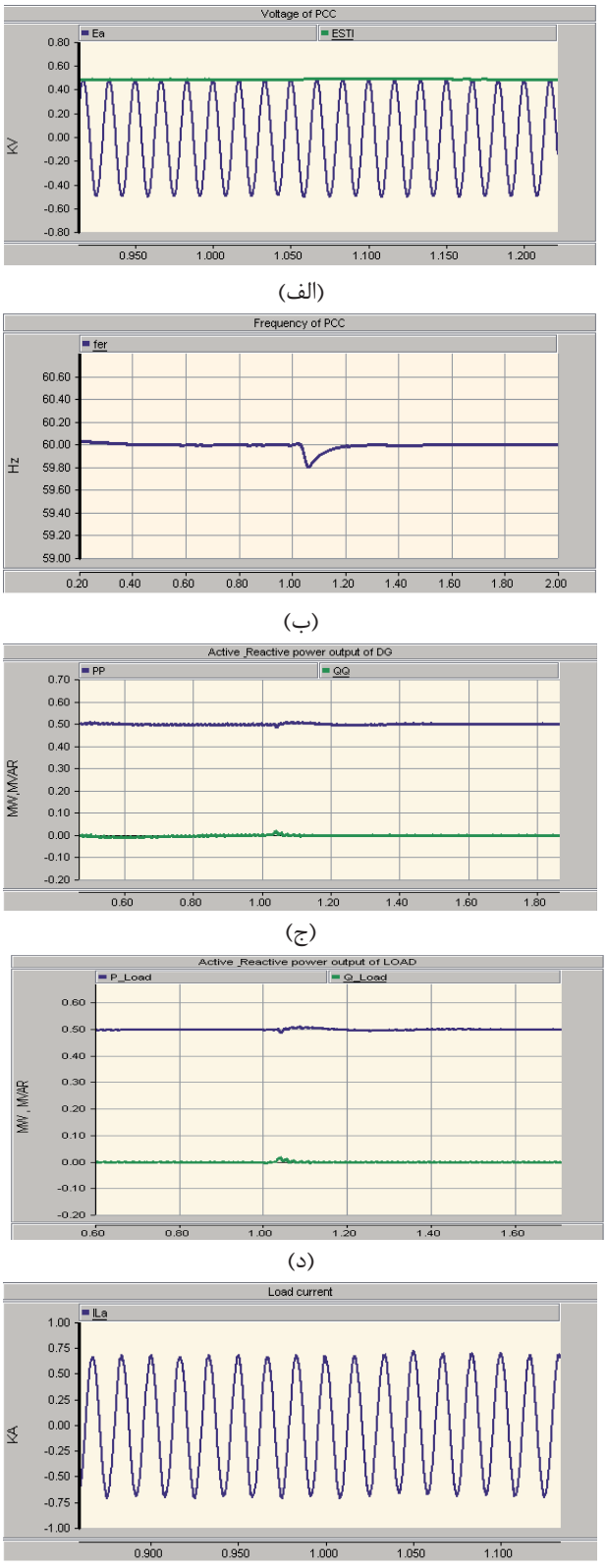
برخوردار است) تشخیص داده می‌شود و بر طبق این تشخیص، استراتژی کنترلی DG از حالت جریان ثابت (در مد بهره‌برداری متصل به شبکه) به حالت استراتژی کنترلی V-f ثابت (در مد بهره‌برداری جزیره) تغییر می‌کند. این مطالعات بر مبنای شبیه‌سازی در حوزه زمان با نرم افزار PSCAD انجام شده است.

۳-۱ سناریو اول matched power

در این سناریو فرض می‌شود که تمام توان مصرفی بار توسط DG تامین می‌شود و قبل از جزیره شدن، هیچ توانی از سمت شبکه مبادله نمی‌شود. در ضمن پارامترهای بار در شکل (۱) طوری تنظیم شده که بار در فرکانس نامی شبکه توان راکتیو مصرف نمی‌کند و DG هم طوری تنظیم شده که در مد متصل به شبکه در ضریب قدرت واحد کار کند. مقادیر پارامترهای بار در پیوست آورده شده است. استراتژی روش تشخیص جزیره‌ای شدن از مرجع [۵] بهره‌گیری شده است. در این روش که روش اکتیو محسوب می‌شود با تزریق یک سیگنال کوچک (اغتشاش) به سیستم، تغییرات نامحسوس اما قابل تعقیب در فرکانس نقطه PCC ایجاد می‌شود که با استفاده از یک مدار منطقی قابل تشخیص و اندازه‌گیری است.

فرض کنید در t=1s سیستم شکل (۱) جزیره شود لذا با انجام شبیه-سازی مشخص می‌شود که در t=1.1s با استفاده از روش تزریق سیگنال اغتشاش فوق‌الذکر، جزیره شدن سیستم تشخیص داده شده و بلافاصله استراتژی کنترلی DG از فرم جریان ثابت به فرم V-f ثابت تغییر می‌کند. شکل‌های زیر پاسخ‌های دینامیکی سیستم را قبل، در حین و بعد از جزیره ای شدن را نشان می‌دهند.

در شکل (۳ (الف،ب)) ملاحظه می‌شود که قبل از جزیره شدن ولتاژ و فرکانس بار توسط شبکه تعیین می‌شود و بعد از جزیره شدن به کمک روش کنترلی معرفی شده، ولتاژ و فرکانس روی مقادیر نامی خود حفظ شده‌اند. در شکل (۳(ج)) توان‌های اکتیو و راکتیو تولیدی DG را مشاهده می شود. با توجه به این شکل، قبل از جزیره شدن، چون تمام توان مصرفی بار توسط DG تعیین می‌شد و بعد از جزیره شدن نیز بار ثابت مانده است و به همین دلیل توان تولیدی DG تغییر نخواهد کرد. روش کنترلی معرفی شده با توجه به حفظ ولتاژ و فرکانس روی مقادیر نامی خود، توان تولیدی نامی DG را برای بار ثابت نگه می‌دارد و نیز توان مصرفی بار بدون تغییر باقی خواهد ماند (شکل(۳ (د))). شکل (۳(ه)) جریان بار فاز a را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بار هیچ گونه اغتشاش و اعوجاجی را به علت انتقال از مد بهره‌برداری متصل به شبکه به مد جزیره و تغییر استراتژی کنترلی، متحمل نمی-شود و دلیل آن انتقال یکنواخت و آرام بین دو مد کاری است که در بخش ۲-۳ توضیح داده شد.



(الف)

(ب)

(ج)

(د)

(ه)

شکل (۳) پاسخ دینامیکی سیستم شکل۱ به رخداد پدیده جزیره‌ای برنامه‌ریزی شده (الف)ولتاژ بار در نقطه PCC (ب)فرکانس بار در نقطه PCC (ج)توانهای اکتیو و راکتیو خروجی DG(به ترتیب از بالا به پایین)(د)توانهای اکتیو و راکتیو مصرفی بار (به ترتیب از بالا به پایین) ، (ه)جریان مصرفی بار

۳-۲- سناریو دوم عدم تشخیص جزیره

در این حالت برای نشان دادن اهمیت وجود یک استراتژی کنترلی مناسب در مد بهره‌برداری جزیره DG، فرض بر این است که بعد از رخداد جزیره، استراتژی کنترلی DG تغییر نکرده و روی همان کنترل جریان ثابت باقی بماند. به عبارت دیگر جزیره‌ای شدن سیستم به دلیل ضعف روش تشخیص بکار رفته اعلام نشده و DG بر طبق همان استراتژی کنترلی قبلی خود کار کند. در این سناریو فرض می‌شود بار به گونه‌ای تنظیم شده که قبل از جزیره شدن، $0.5MW + j0MVAR$ توان مورد نیاز آن توسط DG و $0.11MW + j0.027MMVAR$ توسط شبکه تامین شود و DG هم طوری تنظیم شده که در ضریب قدرت واحد کار کند. پارامترهای بار در پیوست در جدول (۲) آورده شده است.

۳-۳- سناریو سوم تشخیص به موقع

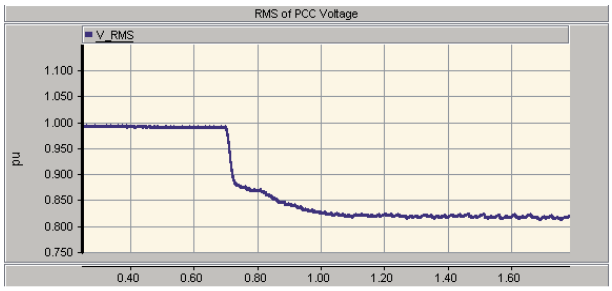
این سناریو مشابه سناریو ۳-۲ است با این تفاوت که در اینجا عمل تشخیص به درستی و با سرعت مناسب (50 ms) انجام می‌شود و به دنبال آن استراتژی کنترلی DG از جریان ثابت به V-f ثابت تبدیل می‌شود. قابل ذکر است که زمان تشخیص در این سناریو بسیار کوتاهتر از سناریو اول است به دلیل اینکه در این حالت قبل از جزیره شدن، بین DG و بار تعادل توان برقرار نیست لذا بعد از جزیره شدن پارامتر فرکانس به سرعت از محدوده مجاز خود خارج شده و تشخیص انجام می‌شود.

۳-۴- سناریو چهارم تشخیص کند جزیره

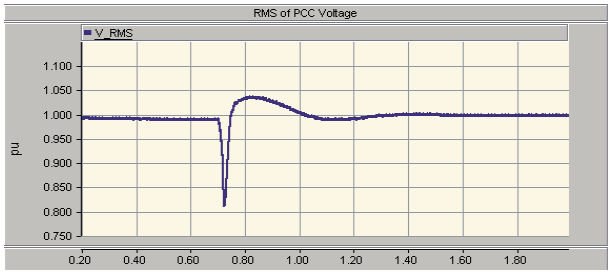
در این حالت برای نشان دادن اهمیت سرعت تشخیص جزیره در فرآیند شکل‌گیری یک میکروشبکه مستقل، فرض می‌شود عمل تشخیص به کندی انجام می‌گردد (مثلاً با زمان تشخیص تقریبی 310 ms).

نتایج شبیه‌سازی سه سناریو قبل در شکل‌های (۴) تا (۷) نمایش داده شده است. (جزیره ای شدن در t= 0.7s رخ می‌دهد) در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که بعد از جزیره شدن، به دلیل کاهش توان بار (طبق شکل (۷(الف))) و باتوجه به ثابت بودن امپدانس بار، ولتاژ بار لزوماً کاهش می یابد و با توجه به ثابت بودن جریان خروجی VSC در استراتژی کنترلی استفاده شده، توان اکتیو خروجی DG نیز کاهش می‌یابد (شکل (۶(الف))). اما طبق شکل‌های (۴(ب)) و (۷(ب)) مشاهده می‌شود که با اعمال استراتژی کنترلی معرفی شده، ولتاژ بار بعد از جزیره شدن در مقدار قبل از فرآیند جزیره‌ای، ثابت می‌ماند و همچنین به دلیل ثابت بودن بار در قبل و بعد از جزیره، توان اکتیو و راکتیو آن نیز در هر دو وضعیت ثابت می‌ماند و این برای بارهای محلی بسیار مطلوب است. اما DG برای ثابت نگه داشتن توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی بار و همچنین ولتاژ و فرکانس نقطه PCC، ممکن است تغییراتی را در تولید توان بعد از جزیره‌ای شدن متحمل شود.

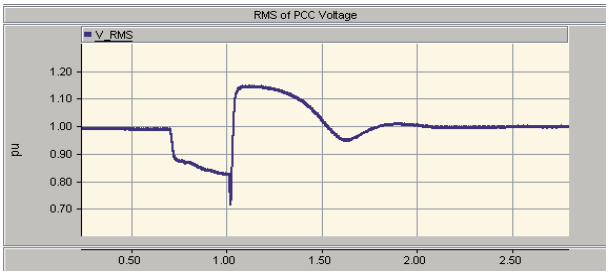
در شکل (۶(ب)) ملاحظه می‌شود که DG به منظور جبران توان اکتیو و راکتیو مصرفی بار، توان‌های تولیدی خود را بعد از جزیره شدن افزایش داده است و نشان دهنده عملکرد مطلوب یک منبع انرژی در یک جزیره مستقل است. همانطور که از شکل (۵(الف)) مشاهده می‌شود با رخداد جزیره به دلیل ثابت ماندن استراتژی کنترلی DG روی جریان ثابت، فرکانس سیستم از مقدار نامی منحرف شده و به مقدار فرکانس رزونانس بار میل می‌کند. دلیل این انحراف این است که DG طوری تنظیم شده که هیچ توان راکتیوی را با بار مبادله نمی‌کند و بنابراین برای جبران توان راکتیو بار، آنقدر فرکانس تغییر می‌یابد تا به فرکانس رزونانس برسد و در نتیجه نیازی به توان راکتیو نیاز نداشته باشد.



(الف)



(ب)

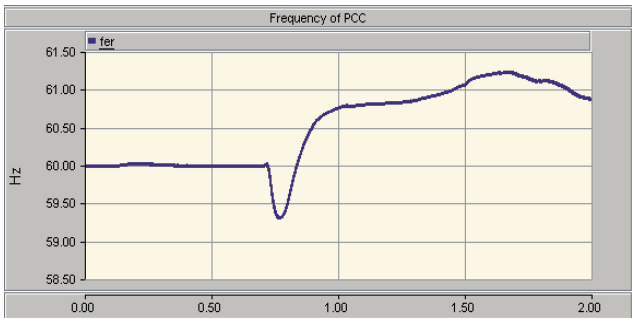


(ج)

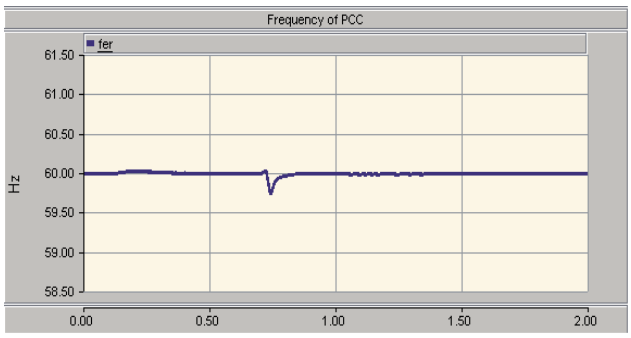
شکل (۴) ولتاژ موثر بار در نقطه PCC، (الف) با فرض عدم تشخیص جزیره و ثابت ماندن استراتژی کنترلی جریان ثابت در دو مد کاری، (ب) با فرض تشخیص درست و با سرعت جزیره و در نتیجه تغییر استراتژی کنترلی در مد بهره‌برداری جزیره، (ج) با فرض تشخیص کند جزیره در t= 1.1 s و تغییر استراتژی کنترلی در مد جزیره

طبق شکل (۵(ب)) ملاحظه می‌شود که با اعمال یک استراتژی کنترلی مناسب برای وضعیت جزیره‌ای می‌توان فرکانس بار را در حالت نامی ثابت نگه داشت. در قسمت (ج) شکل‌های (۴) و (۵) و (۶) و (۷)

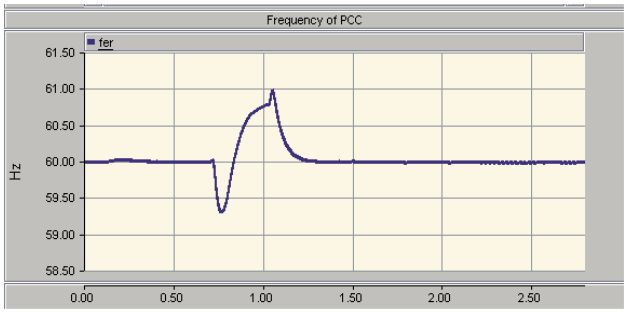
عملکرد سیستم و بار با فرض تشخیص کند جزیره شدن نشان داده شده است. همانطور که از این شکلها ملاحظه می‌شود ولتاژ و فرکانس بار در فاصله زمانی ۰.۷ تا ۱.۱ ثانیه (فاصله زمانی بین جزیره شدن و تشخیص آن) افت و خیزهای قابل توجهی دارد که با توجه به این فاصله زمانی، می‌تواند برای بار خطرساز باشد. این افت و خیز در توانهای تولیدی DG و بار نیز مشاهده می‌شود (قسمت (ج) شکل‌های (۶) و (۷)). بنابراین لازم است که به منظور حفظ سیستم بعد از جزیره شدن، فرآیند تشخیص جزیره حتی المقدور به سرعت انجام شود تا بار و سیستم تحت تنشهای گذرای کمتری قرار گیرند.



(الف)

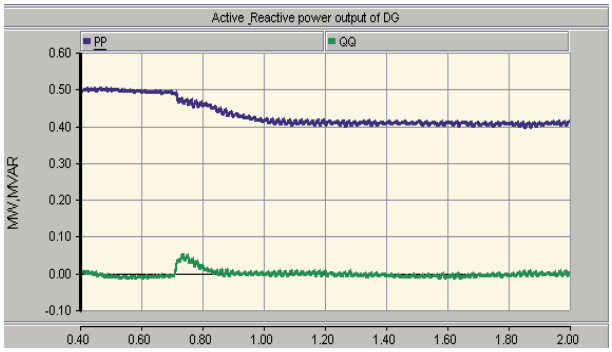


(ب)

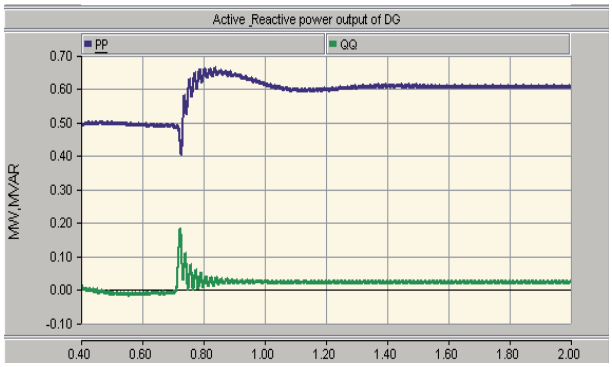


(ج)

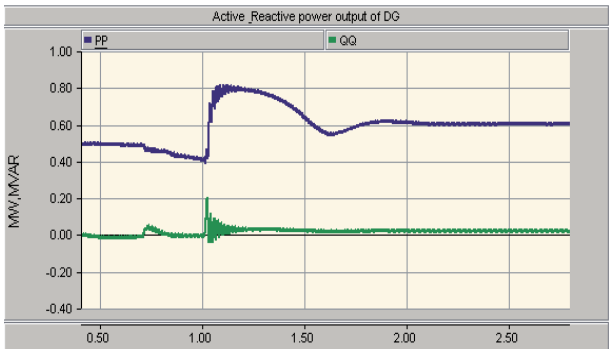
شکل (۵) فرکانس بار در نقطه PCC، (الف) سناریو دوم، (ب) سناریو سوم، (ج) سناریو چهارم



(الف)



(ب)

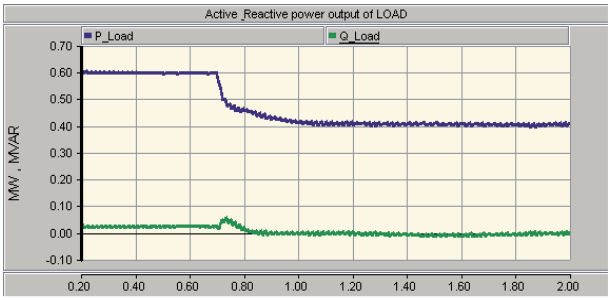


(ج)

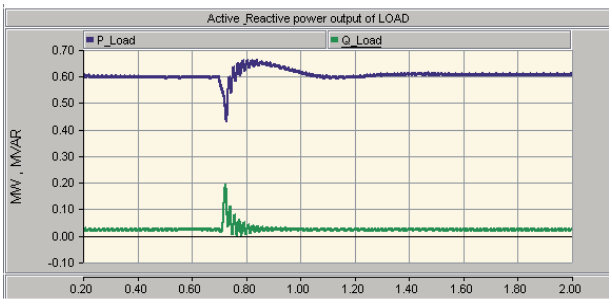
شکل (۶) توان اکتیو و راکتیو خروجی DG (به ترتیب از بالا به پایین)، (الف) سناریو دوم، (ب) سناریو سوم، (ج) سناریو چهارم

۳-۵- سناریو پنجم تشخیص اشتباه به جزیره‌ای شدن

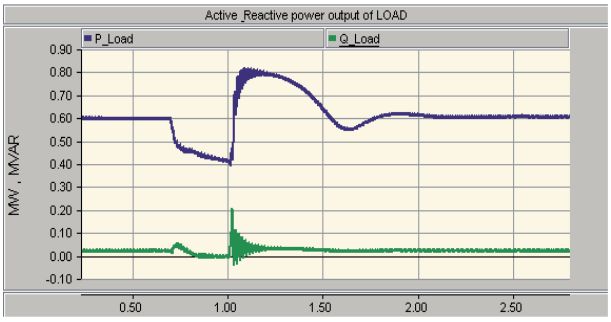
در این حالت فرض بر این است که بار با مشخصات جدول (۲) پیوست، بطور ناگهانی در لحظه t=1 s وارد سیستم شده و DG اشتباهاً اعلام جزیره کند. لذا در این وضعیت با عوض شدن استراتژی کنترلی، پارامترهای سیستم تغییر خواهند کرد که در قسمت (الف) شکل‌های (۸) تا (۱۱) نشان داده شده است. در این سناریو، هدف این است که اهمیت تشخیص مطمئن جزیره (و نه اشتباه) نشان داده شود. برای مقایسه بین تشخیص اشتباه و درست، در قسمت (ب) شکل‌های (۸) تا (۱۱) پارامترهای سیستم، با فرض اینکه بار به طور ناگهانی وارد سیستم شده و DG اشتباهاً اعلام جزیره نمی‌کند و استراتژی کنترلی بدون تغییر باقی می‌ماند، نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

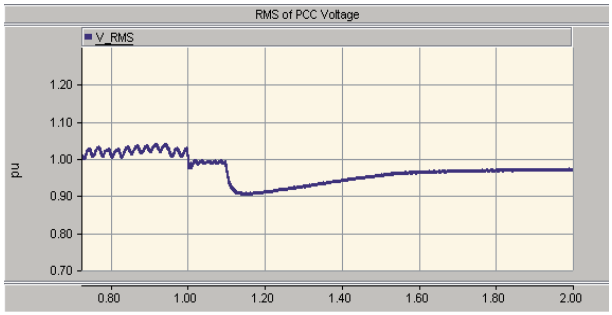


(ج)

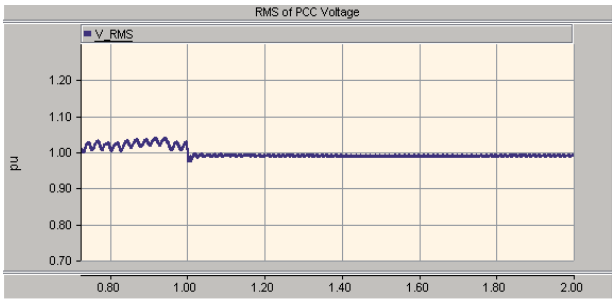
شکل (۷) توان اکتیو و راکتیو مصرفی بار(به ترتیب از بالا به پایین)، (الف) سناریو دوم، (ب) سناریو سوم، (ج) سناریو چهارم

همانطور که در شکل (۸ (الف و ب)) ملاحظه می‌شود، با تشخیص اشتباه به جزیره و تغییر استراتژی کنترلی در t=1.018 s، ولتاژ دچار افت شده و این موضوع از نظر مباحث کیفیت توان مناسب نیست ولی با تشخیص درست و تغییر نکردن روش کنترلی DG، ولتاژ روی مقدار نامی خود ثابت می‌ماند. در شکل (۹ (الف و ب) ملاحظه می‌شود که با ورود بار به سیستم، فرکانس در هر دو حالت تشخیص اشتباه و درست یعنی در هر دو استراتژی کنترلی، تغییر چندانی نمی‌کند و فقط یک حالت گذرایی در ابتدای ورود بار، رخ می‌دهد و این نشان می‌دهد که روش معرفی شده در تنظیم فرکانس موفق است.

مطالعه این سناریو زمانی اهمیت پیدا می‌کند که در سیستم چندین واحد DG با ظرفیتهای متفاوت وجود داشته باشد و هر کدام به نوبه خود در تنظیم ولتاژ و فرکانس با وجود متصل بودن به شبکه سراسری، دخالت کنند. لذا باعث مختل شدن کنترل ولتاژ و فرکانس و تغییر آنها در نقاط مختلف شبکه می‌شود. استاندارد IEEE1547 دخالت DG را در کنترل ولتاژ و فرکانس سیستم در مد بهره‌برداری متصل به شبکه را ممنوع کرده و معمولاً این اجازه نیز از شرکتهای برق صادر نمی‌شود.

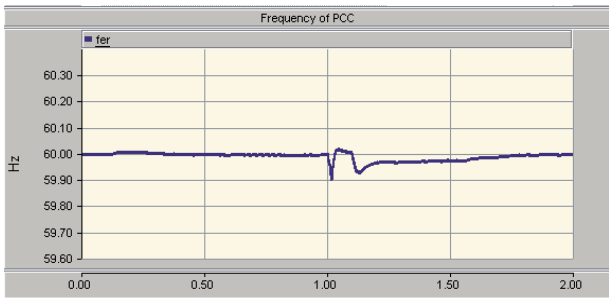


(الف)

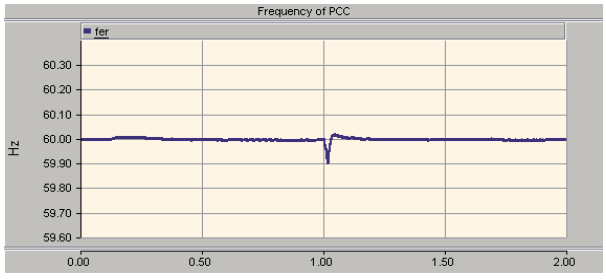


(ب)

شکل (۸) مقدار موثر ولتاژ در PCC با ورود ناگهانی بار به سیستم، (الف) با فرض تشخیص اشتباه DG به جزیره، (ب) با فرض تشخیص درست DG به عدم تشکیل جزیره

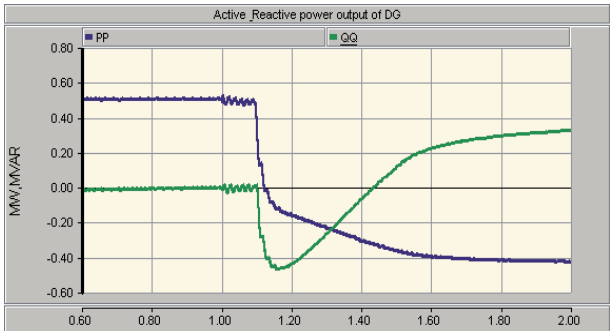


(الف)

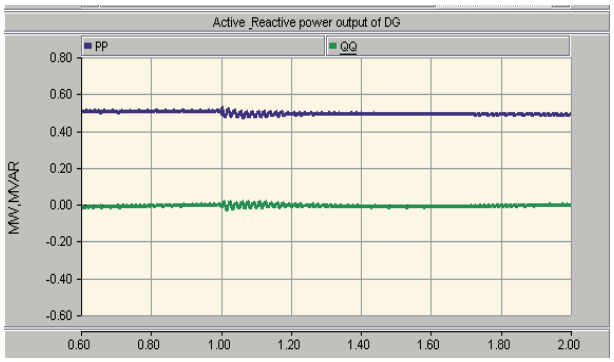


(ب)

شکل (۹) فرکانس در PCC با ورود ناگهانی بار به سیستم، (الف) با فرض تشخیص اشتباه DG به جزیره، (ب) با فرض تشخیص درست DG به عدم تشکیل جزیره

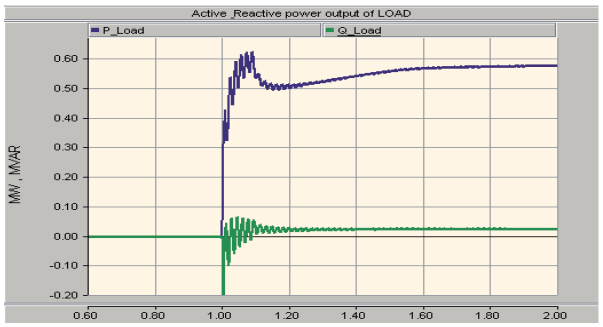


(الف)

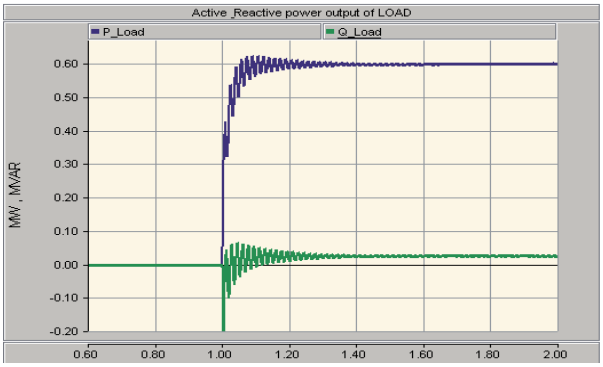


(ب)

شکل (۱۰) توان اکتیو و راکتیو خروجی DG (به ترتیب از بالا به پایین) با ورود ناگهانی بار به سیستم ، (الف) با فرض تشخیص اشتباه DG به جزیره، (ب) با فرض تشخیص درست DG به عدم تشکیل جزیره



(الف)



(ب)

شکل (۱۱) توان اکتیو و راکتیو مصرفی بار(به ترتیب از بالا به پایین) با ورود ناگهانی بار به سیستم ، (الف) با فرض تشخیص اشتباه DG به جزیره، (ب) با فرض تشخیص درست DG به عدم تشکیل جزیره

در شکل (۱۰(الف)) ملاحظه می‌شود که در تشخیص اشتباه DG به اعلام جزیره و با تغییر روش کنترلی، DG به دلیل نداشتن کنترل روی خروجی توان‌های خود، با وجود اینکه به شبکه متصل است، P و Q تولیدی آن دستخوش تغییرات شدیدی می‌شود. با فرض اینکه این اتفاقات در سیستم زیاد رخ دهد، ضمن نداشتن کنترل بر منبع تولید انرژی در سیستم، از راندمان آن نیز کاسته می‌شود. در این حالت مشخص نسیت که DG چه زمان‌هایی تولید انرژی می‌کند و کاملاً به شرایط سیستم وابسته می‌شود. این موضوع مدیریت بر انرژی تولیدی را از مالک DG سلب می‌کند. اما با تشخیص درست، توان تولیدی DG ثابت می‌ماند (موافق با استاندارد IEEE1547) (شکل ۱۰(ب)).

شکل (۱۱) توان مصرفی بار را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در صورت تشخیص اشتباه، تغییرات در ولتاژ PCC اثر خود را بر توان بار نیز نشان می‌دهد (با توجه به ثابت ماندن امپدانس بار). اما با تشخیص درست و باقی‌ماندن در همان استراتژی کنترلی جریان ثابت، با توجه به اینکه ولتاژ بار توسط شبکه تعیین شده و ثابت است لذا توان مصرفی بار نیز ثابت می‌ماند. بنابراین لازم است که جزیره‌ای شدن به درستی تشخیص داده شود و با سایر حالتهای گذرایی که در سیستم قدرت ممکن است به وفور رخ دهد، اشتباه نشود.

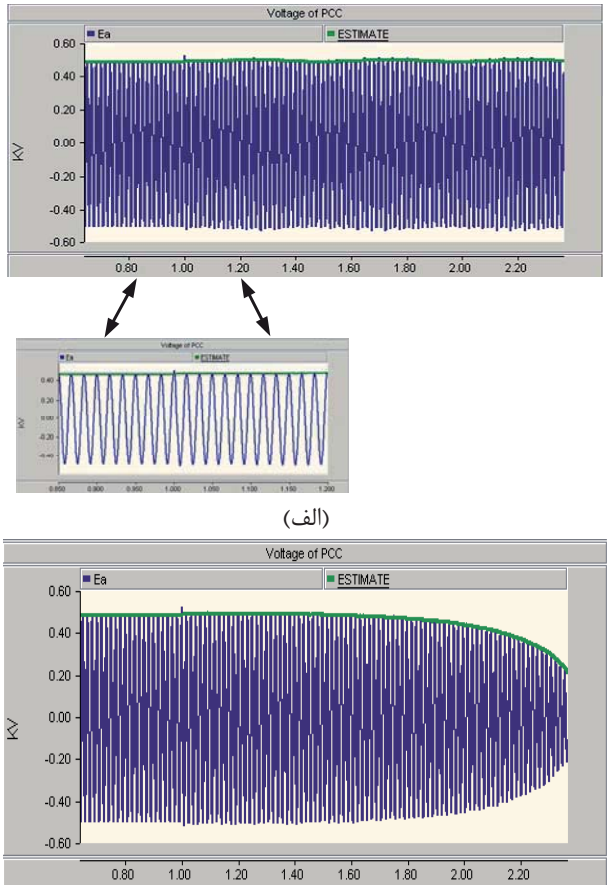
۳-۶- سناریو ششم بار موتوری

در این سناریو، هدف بررسی اثر روش‌های کنترلی جریان ثابت و V-f ثابت برای یک بار محلی موتوری است. بخش عمده ای از بارهای سیستم قدرت، موتوری هستند. لذا لازم است تا به عنوان یک نمونه کاربردی، اثر یک بار واقعی نیز در سیستم بررسی شود. بدین منظور یک موتور القایی قفس سنجابی با توان ۵۰۰ اسب بخار و ولتاژ نامی برابر ولتاژ نامی شبکه (0.6 kV)، که در مد کنترل سرعت ثابت کار می‌کند به سیستم شکل (۱) متصل شده و پاسخ دینامیکی آن ملاحظه می‌گردد. در ترمینال‌های موتور از یک بانک خازنی جهت جبران بخش عمده‌ای از توان راکتیو مصرفی آن استفاده شده است و بخش اندکی از توان راکتیو توسط شبکه تامین می‌شود.

DG نیز مطابق شرایط جدول (۱) پیوست تنظیم شده است. شکل‌های (۱۲) تا (۱۵) پاسخ دینامیکی سیستم با وجود بار موتوری را نشان می‌دهد. در قسمت (الف) شکل‌های فوق‌الذکر فرض بر این است که بعد از رخداد جزیره در t=1s و تشخیص آن در t=1.013s استراتژی کنترلی از جریان ثابت به V-f ثابت تغییر می‌یابد و در قسمت (ب) این شکل‌ها فرض می‌شود تشخیص انجام نشده و استراتژی کنترلی در هر دو مد کاری جریان ثابت باقی می‌ماند. همانطور که در قسمت (ب) شکل‌های (۱۲) تا (۱۵) مشاهده می‌شود در صورتی که بعد از رخداد جزیره کنترلی روی ولتاژ و فرکانس بار انجام نشود و روش کنترلی روی جریان ثابت باقی بماند، بعد از رخداد

جزیره، ولتاژ و فرکانس کم کم از مقدار نامی خارج شده و سیستم به سمت ناپایداری می‌رود و این به دلیل ماهیت موتور و کنترل آن است. چرا که موتور بدون کنترل ولتاژ و فرکانس در ترمینال‌های خود، نمی تواند بصورت پایدار کار کند. اما طبق قسمت (الف) شکل‌های (۱۲) و (۱۳)، با اعمال کنترلر V-f ثابت در مد جزیره و حفظ ولتاژ و فرکانس بار، سیستم پایدار می‌ماند.

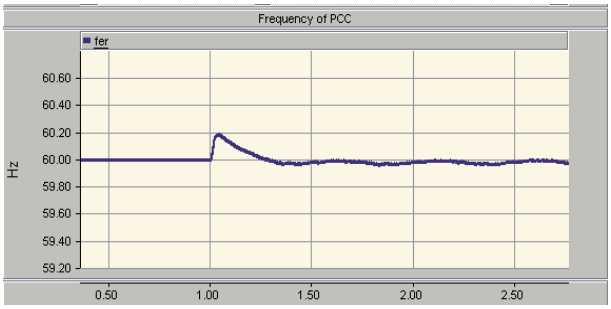
در شکل (۱۴(الف)) توان خروجی DG نمایش داده شده که بعد از جزیره‌ای شدن، با تغییر توان تولیدی سعی شده است تا توان بار روی رنج ثابتی باقی بماند که این برای یک بار محلی توان ثابت امری ضروری است (شکل (۱۵(الف))). بنابراین این سناریو نشان می‌دهد که وجود یک روش کنترلی مناسب در مد ایزوله از شبکه برای بهره‌برداری مستقل، امری ضروری است تا پایداری سیستم حفظ شود.



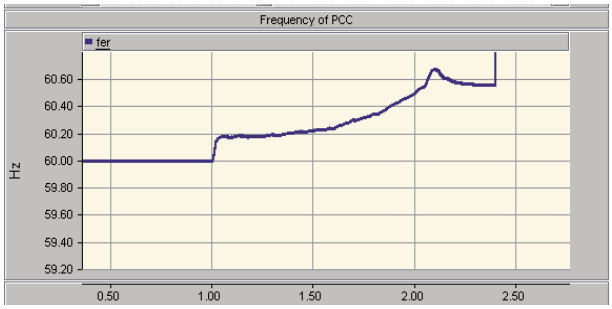
(الف)

(ب)

شکل (۱۲) ولتاژ PCC ، (الف) فعال شدن کنترلر معرفی شده در مد بهره برداری جزیره ، (ب) عدم تغییر استراتژی کنترلی

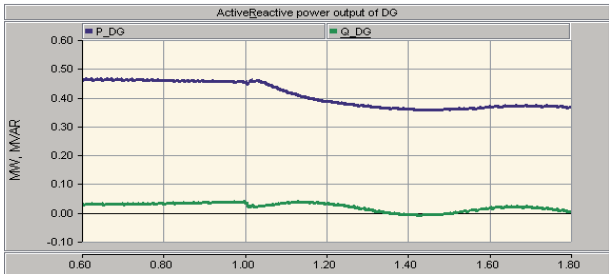


(الف)

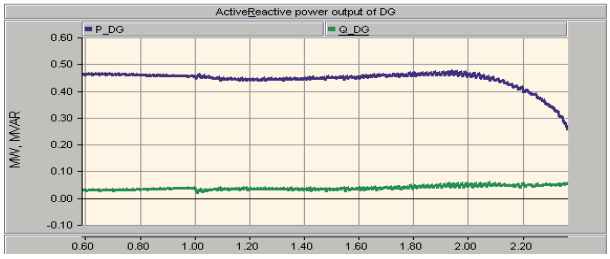


(ب)

شکل (۱۳) فرکانس PCC



(الف)



(ب)

شکل (۱۴) توان اکتیو و راکتیو خروجی DG (به ترتیب از بالا به پایین)

۴- نتیجه‌گیری

سناریوهای بررسی شده نشان می‌دهد که وجود یک استراتژی کنترلی مناسب در مدهای بهره‌برداری متصل و ایزوله از شبکه برای حفظ پایداری و کیفیت برق مطلوب بسیار اهمیت دارد. مشخص شد که یک واحد DG در مد متصل به شبکه فقط در کنترل توان‌های تولیدی خود می‌تواند دخالت داشته باشد و طبق قوانین موجود، اجازه دخالت در کنترل ولتاژ و فرکانس نقطه اتصال به شبکه را ندارد. در مد ایزوله از شبکه، جهت تشکیل شبکه مستقل و میکروشبکه، واحد DG

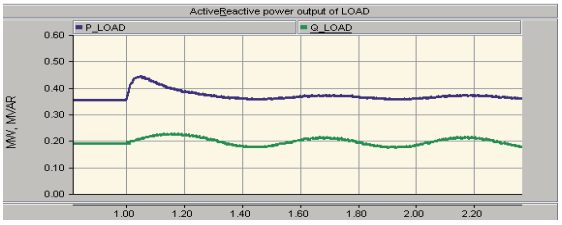
باید بتواند ولتاژ و فرکانس سیستم جزیره را کنترل کند تا به طور مطلوب پایدار بماند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که استراتژی V-f ثابت از عهده اینکار به خوبی برمی‌آید. لذا به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت در تشکیل یک جزیره مستقل موارد زیر باید مورد نظر باشند :

۱- تشخیص صحیح پدیده جزیره‌ای شدن و تمایز بین پدیده جزیره‌ای شدن و سایر حوادث رخ داده در سیستم

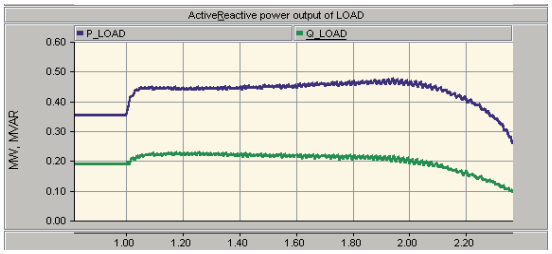
۲- سرعت تشخیص بالا

۳- اجرای استراتژی‌های کنترلی مناسب در مدهای بهره‌برداری متصل به شبکه و جزیره‌ای

۴- انتقال یکنواخت و نرم بین دو مد بهره‌برداری



(الف)



(ب)

شکل (۱۵) توان اکتیو و راکتیو مصرفی بار (به ترتیب از بالا به پایین)

پیوست

جدول (۱) مقادیر پارامترهای سیستم قدرت شکل (۱)

R(Ω)	**0.59**
L(mH)	**1.061**
C(μF)	**6432**
QF	**1.45**

جدول (۲) پارامترهای بار در سناریو دوم

R(Ω)	**0.72**
L(mH)	**1.061**
C(μF)	**6631.5**
QF	**1.8**
V_{dc}(kV)	**1.2**
R_f(Ω)	**0.029**
L_f(mH)	**1.15**
VCS rated power (MW)	**0.5**
Utility Voltage(kV)	**0.6**
F(Hz)	**60**
X_S(Ω)	**0.036**
X/R rated of Utility	**10**
PWM carrier frequency(Hz)	**1/1**
Transformer ratio	**3780**

مراجع

[1] A. Girgis, S. Brahma, “Development of adaptive protection scheme for distribution systems with high penetration of distributed generation," Power Delivery, IEEE Trans. on Volume 19, Issue 1, Jan. 2004, pp.56 – 63.

[2] H.Zeineldin, F.EI-Saadany, A.Salama, “Impact of DG Interface Control on Islanding Detection and Nondetection Zones”, IEEE Trans.POWER DELIVERY, VOL.21, NO.3, JULY 2006

[3] F.Katiraei, R.Iravani, P.W.Lehn, “Micro Grid Autonomous Operation During and Subsequent to Islanding Process”, IEEE Trans. POWER DELIVERY, VOL.20,NO.1, JANUARY 2005

[4] F.Katiraei, R.Iravani, “Power management strategies for a microgrid with multiple distributed generation units”, IEEE Trans. POWER SYSTEMS, VOL.21, NO.4, NOV 2006

[5] H.González, R.Iravani, “Current Injection for Active Islanding Detection of Electronically-Interfaced Distributed Resources”, IEEE Trans.POWER DELIVERY, VOL.21, NO.3, JULY 2006

[6] Chen CL et al “Design of parallel inverters For smooth mode transfer micro grid Applications”, IEEE Trans. Power Electron 2010; 25(1):6-15.

[7] Standard for Interconnecting Distributed Resources With Electric Power Systems, IEEE Std.1547, 2003.

[8] Inverters, Converters, and Controllers for Use in Independent Power Systems, UL Std. 1741, 2002.

[9] H.Karimi, H.Nikkhajoei, R.Iravani, “Control of Electronically-Coupled Distributed Resource Unit Subsequent to an Islanding Event”, IEEE Trans.POWER DELIVERY, VOL.23, NO.1, JANUARY 2008

[10] M.Prodanvic and Timothy, “Control of Power Quality in Inverter-Based DG”, IEEE Proc, 2002

[11] Karimi H, Nikkhajoei H, Iravani R. “Control of an electronically-coupled distributed resource unit subsequent to an islanding event”, IEEE Trans. Power Del 2008; 23(1):493-501.

[12] C.Schauder, H.Mehta, “Vector Analysis and control of advanced staticVAR compensators”, Proc. Inst.Elect. Eng., VOL. 140, pp. 299–306, JULY 1993

چاپار sadeghzadeh@shahed.ac.ir

+ اندازه‌ی قلم -

Re: تقاضای اعلام وضعیت مقاله

از : J of EE - Univ. of Tabriz <joee.tabrizu@gmail.com> سه‌شنبه, ۲۶ دی ۱۳۹۱ ۰۹:۰۶ ق.ظ

موضوع : Re: تقاضای اعلام وضعیت مقاله ۱ پیوست

به : seyed mohammad SADEGHZADEH <sadeghzadeh@shahed.ac.ir>

جناب آقای سید محمد صادق زاده
با سلام و ارزوی توفیق
به استحضار میرساند که مقاله جنابعالی و سایر همکاران در شماره ۶۲ این مجله که هم اکنون از طرف انتشارات دانشگاه زیر چاپ میباشد چاپ خواهد شد. به محض تحویل از طرف انتشارات(حدود ۲۰ روز آینده) به تعداد مولفین به آدرس پستی آقای اصلی نژاد ارسال خواهد شد.در صورت لزوم و ضرورت امر میتوانید از فایل الکترونیکی ضمیمه استفاده نمایید.
با تشکر دفتر مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز

seyed mohammad SADEGHZADEH <sadeghzadeh@shahed.ac.ir> ۲۰۱۳/۱/۱۴

> دبیر خانه محترم مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز
>
> سلام علیکم
>
> مستدعی است اینجانب را از آخرین وضعیت چاپ مقاله به شرح
>
> محمد هادی اصلی‌نژاد، سعید زارع، جواد علمایی، **سید محمد صادق‌زاده**، بررسي و تعيين نوع استراتژي كنترلي بخش واسطه DG در بهره‌برداری‌های متصل به شبکه و جزیره‌اي سيستم
>
> که برای چاپ در مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز پذیرفته شده است مطلع فرمایید.
>
> از زحمات جنابعالی و همکاران محترم سپاسگزارم
>
> با احترام - سید محمد صادق زاده

all files.۶۲.pdf
۷ مگابایت

بسمه تعالی

تاریخ: ۹۱/۸/۸
شماره: ۵/۴۶/۱۰۴۵۹
پیوست: ــــــ

دانشگاه تبریز

مجله علمی پژوهشی مهندسی برق

جناب آقای مهندس محمدهادی اصلی نژاد

با سلام

احتراماً با کمال خوشوقتی به استحضار می‌رساند که مقالهٔ شمارهٔ ۱۶۹-۱۳۹۰ تحت عنوان «بررسی و تعیین نوع استراتژی کنترلی بخش واسطه DG در بهره‌برداری‌های متصل به شبکه و جزیره‌ای سیستم» توسط هیأت تحریریه جهت چاپ در مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز پذیرفته شده است. شایسته است نسبت به تنظیم مقاله بر اساس قالب ویژه پیوستی اقدام نموده و در اسرع وقت به دفتر مجله ارسال فرمایید. مضافاً اینکه بر اساس تصمیم دانشگاه و هیئت تحریریه مبلغ -/۱۰۰۰۰۰۰ریال از بابت هزینه های مجله به حساب شماره ۲۱۷۷۲۲۰۴۲۹۰۰۴ بانک ملی ایران به نام مدیریت پژوهشی دانشگاه واریز و تصویر فیش واریزی را به دفتر مجله ارسال نمایید. لازم به ذکر است که اصلاحات ضروری مندرج در فایل پیوستی را حداکثر تا پایان آبان ماه در فایل اصلی مقاله اعمال و به دفتر مجله ارسال نمایید. بدیهی است در صورت عدم ارسال به موقع مقاله مذکور از نوبت چاپ شماره بعدی (آذرماه) خارج شده و در شماره های آتی چاپ خواهد شد.

دکتر محمدباقر بناء شریعتیان
سردبیر مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز

تلفن تماس: ۳۳۹۳۷۵۶-۰۴۱۱ شماره فاکس: ۳۳۹۳۷۵۶-۰۴۱۱
پست الکترونیکی: joee_tabrizu@tabrizu.ac.ir E-mail:
joee_tabrizu@yahoo.com
ioee.tabrizu@gmail.com