دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه قدرت

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش قدرت

بهبود عملکرد سیستم فتوولتائیک با اینورتر منبع جریان در حالت متصل به شبکه در شبکه توزیع

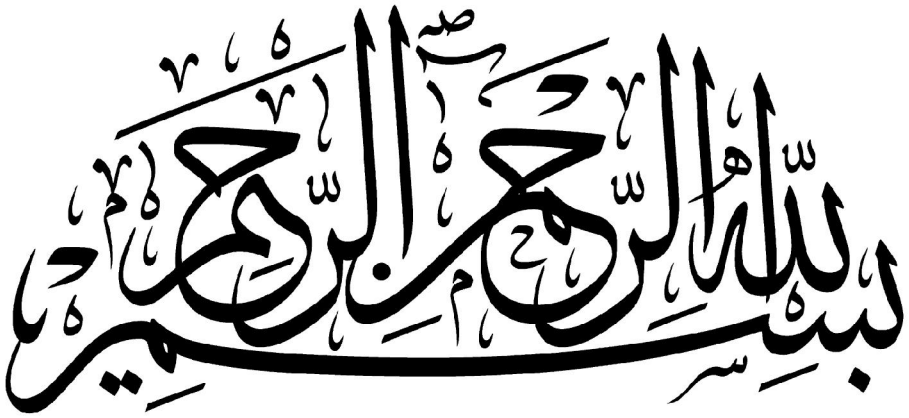
نگارش:

آرزو نورعلی نژاد

استاد راهنما:

دکتر محمد مردانه

بهمن ماه ۱۳۹۱


بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

بهبود عملکرد سیستم فتوولتائیک با اینورتر منبع جریان در حالت متصل به شبکه در شبکه توزیع

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

نگارش:

آرزو نورعلی نژاد

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه قدرت دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: بسیار خوب

دکتر محمد مردانه استادیار در رشته مهندسی برق – قدرت (استاد راهنما)

دکتر طاهر نیکنام دانشیار در رشته مهندسی برق – قدرت (استاد داور)

دکتر اکبر رهیده استادیار در رشته مهندسی برق – قدرت (استاد داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

بسمه تعالی

اینجانب آرزو نورعلی نژاد دانشجوی رشته برق قدرت/الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۸۹۱۱۴۰۳۳ تأیید می‌نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله و پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: آرزو نورعلی نژاد

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر محمد مردانه

تاریخ:

امضا:

تشکر و قدردانی

"من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق"

سپاس مخصوص خداوند مهربان که به انسان توانایی و دانایی بخشید تا به بندگانش شفقت ورزد، مهربانی کند و در حل مشکلاتشان یاری شان نماید. از راحت خویش بگذرد و آسایش هم نوعان را مقدم دارد، با او معامله کند و در این خلوص انباز نگیرد و خوش باشد که پروردگار سمیع و بصیر است. سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مرا قوت قلب بود.

اکنون که به فضل الهی این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می‌دانم که تشکر ویژه ازاستاد گرانقدر **جناب آقای دکتر مردانه** داشته باشم که در کمال سعه صدر و با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند و در همه حال با راهنمایی‌هایشان حامی من بودند.

از اساتید محترم؛ جناب آقای دکتر نیکنام و دکتر رهیده که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از زحمات تمامی اساتید دانشگاه صنعتی شیراز که اینجانب را در امر تحصیل راهنمایی کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

بهبود عملکرد سیستم فتوولتائیک مجهز به اینورتر منبع جریان در حالت متصل به شبکه در شبکه توزیع

نگارش:
آرزو نورعلی‌نژاد

قابلیت افزایش ولتاژ اینورترهای منبع جریان می‌تواند مشکل نیاز به یک مبدل الکترونیک قدرت اضافی را برطرف ساخته و هزینه سیستم را پایین بیاورد. علاوه بر این توانایی در حفاظت اتصال کوتاه و کنترل مستقیم جریان خروجی، از دیگر مزیت‌های این نوع اینورترها نسبت به اینورترهای منبع ولتاژ می‌باشد.

سیستم‌های فتوولتائیک اغلب به شبکه توزیع و یا فوق توزیع متصل می‌شوند، در نتیجه در معرض خطاهای تک فاز و یا دوفاز قرار می‌گیرند. به همین دلایل اغتشاشات بردار ولتاژ، باید به درستی با سیستم سنکرون‌ساز، آشکار شود و سیستم کنترلی مبدل، چنین شرایط عملکردی را از بین برده و برای شبکه یک پشتیبان فراهم می‌کند.

در شرایط نامتعادل بودن ولتاژهای سه‌فاز، استفاده از حلقه بسته شده فاز در دستگاه مرجع دوتایی تفکیک شده در آشکارسازی مولفه توالی مثبت نتیجه بهتری نسبت به حلقه بسته شده فاز معمولی خواهد داشت. این نوع از حلقه بسته شده فاز بردار ولتاژ نامتعادل را در دو دستگاه مرجع سنکرون توالی مثبت و توالی منفی تجزیه می‌کند. در نتیجه حتی در شرایط نامتعادل بودن شبکه می‌تواند مولفه توالی منفی را از ولتاژ حذف کرده و مقدار دقیق مولفه توالی مثبت را با سرعت و دقت مناسب آشکارسازی کند.

واژه‌های کلیدی: سیستم فتوولتائیک، اینورتر منبع جریان، کدهای شبکه، شرایط نامتعادلی، حلقه بسته شده فاز در دستگاه مرجع سنکرون دوتایی تفکیک شده

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ماژول‌های فتوولتائیک ۳

۱-۲-۱- تاریخچه و انواع سلول‌های فتوولتائیک ۳

۱-۳- مبدل‌های الکترونیک قدرت در سیستم‌های فتوولتائیک ۵

۱-۴- کدهای شبکه و تجهیزات کمکی برای سیستم‌های فتوولتائیک ۶

۱-۴-۱- قابلیت گذر از خطا ۷

۱-۴-۲- توان راکتیو و اهمیت آن ۷

۱-۵- سیستم کنترلی و سنکرون‌سازی در مبدل‌های سه فاز ۸

۱-۶- مروری بر تحقیقات مرتبط ۹

۱-۶-۱- اینورتر منبع جریان ۱۰

۱-۶-۲- کدهای شبکه ۱۲

۱-۶-۳- کنترل سیستم‌های فتوولتائیک در شرایط نامتعادلی ۱۲

۱-۷- اهداف پایان نامه ۱۵

۱-۸- بخش‌های مختلف پایان نامه ۱۶

۲.فصل دوم: سیستم‌های فتوولتائیک و مبدل‌های الکترونیک قدرت ۱۷

۲-۱- مدار معادل و مشخصه سلول‌های فتوولتائیک ۱۸

۲-۲- توپولوژی‌های اتصال سیستم‌های فتوولتائیک ۲۱

۲-۲-۲- اجزای سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه ۲۳

۲-۳- اینورتر سیستم فتوولتائیک ۲۴

۲-۳-۱- مبدل منبع ولتاژ ۲۵

۲-۳-۲- مبدل منبع جریان ۲۶

۲-۳-۳- مشخصه دو اینورتر منبع ولتاژ و منبع جریان ۲۶

۳.فصل سوم: مدل‌های فتوولتائیک در نرم افزار دیگسایلنت ۳۳

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- مدلهای مختلف سیستم فتوولتائیک در دیگسایلنت ۳۴

۳-۲-۱- مدل با باتری ۳۵

۳-۲-۲- مدل با خازن موازی ۳۵

۳-۲-۳- مدل ژنراتورهای استاتیکی ۳۶

۴.فصل چهارم: عملکرد دینامیکی سیستم فتوولتائیک با اینورتر منبع جریان ۳۸

۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- ساختار سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه ۳۹
۴-۳- مشخصه سیستم فتوولتائیک ۴۰
۴-۳-۲- نمایش فازوری سیستم فتوولتائیک ۴۲
۴-۳-۳- نمایش سیستم فتوولتائیک در دستگاه سنکرون dq ۴۳
۴-۴- کنترل سیستم فتوولتائیک ۴۴
۴-۴-۲- کنترل‌کننده جریان سمت DC ۴۵
۴-۴-۳- کنترل کننده جریان سمت AC ۴۷
۴-۵- عملکرد دینامیکی سیستم فتوولتائیک مجهز به اینورتر منبع جریان ۴۹
۴-۶- جمع بندی ۵۲

۵.فصل پنجم: بررسی سیستم فتوولتائیک با در نظر گرفتن کدهای شبکه ۵۴

۵-۱- مقدمه ۵۵
۵-۲- معرفی کدهای شبکه آلمان ۵۶
۵-۳- مدل فتوولتائیک با در نظر گرفتن کدهای شبکه ۶۰
۵-۳-۱- مدل مبنا ۶۰
۵-۳-۲- ژنراتور فتوولتائیک ۶۲
۵-۳-۳- فرم کنترلی ژنراتور فتوولتائیک ۶۴
۵-۴- بررسی عملکرد سیستم تحت کدهای شبکه آلمان ۷۴
۵-۴-۱- بررسی شرایط پایدار ۷۵
۵-۴-۲- بررسی کنترل توان اکتیو ۷۸
۵-۴-۳- پشتیبانی دینامیکی ولتاژ ۸۱
۵-۴-۴- کنترل توان راکتیو ۸۸

۶.فصل ششم : سنکرون‌سازی مبدل‌های الکترونیک قدرت با شبکه ۹۱

۶-۱- مقدمه ۹۲
۶-۲- بردار ولتاژ سه‌فاز در شرایط خطا ۹۴
۶-۳- خطاهای گذرای شبکه و افت ولتاژها ۹۷
۶-۴- دستگاه مرجع سنکرون PLL در شرایط نامتعادلی ۹۹
۶-۵- PLL دستگاه مرجع سنکرون دوتایی تفکیک شده ۱۰۱

۶-۵-۱- دستگاه مرجع سنکرون دوتایی ۱۰۱
۶-۵-۲- شبکه جداساز ۱۰۳
۶-۵-۳- تحلیل دستگاه مرجع سنکرون دوتایی تفکیک‌شده ۱۰۵
۶-۶- نتایج شبیه‌سازی ۱۰۸
۶-۶-۱- عملکرد SRF-PLL ۱۰۸
۶-۶-۲- عملکرد DDSRF ۱۱۱
۶-۶-۳- شبکه مورد مطالعه ۱۱۲
۶-۷- جمع بندی ۱۱۶

۷.فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها **۱۱۸**
۷-۱- خلاصه و نتیجه گیری ۱۱۹
۷-۲- پیشنهادها ۱۲۱

۸.مراجع **۱۲۳**

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱یک مونو کریستال سیلیکونی مدرن سلول فتوولتائیک، با تعدادی خطوط موازی برای جمع شدن الکترون‌های آزاد و دو اتصال عمود بر خطوط برای اتصال داخلی ۳
شکل ۲-۱ مدار معادل ساده برای سلول فتوولتائیک شامل یک منبع جریانی که از تابش نورخورشید بدست آمده و یک دیود موازی با آن ۱۸
شکل ۲-۲a –جریان اتصال کوتاه و b–ولتاژمدار باز دو پارامتر مهم برای سلولهای فتوولتائیک. ۱۸
شکل ۲-۳ نمونهای ازمشخصه ولتاژ–جریان ۲۰
شکل ۲-۴ ساختار یک آرایه فتوولتائیک ۲۱
شکل ۲-۵ انواع سیستمهای فتوولتائیک ۲۳
شکل ۲-۶ مدار مبدل VSIبه همراه مبدل افزاینده DCبه DC ۲۵
شکل ۲-۷ مدار مبدل CSI ۲۶
شکل ۳-۱ مدل سیستم فتوولتائیک با باتری ۳۵
شکل ۳-۲ مدل سیستم فتوولتائیک با خازن موازی ۳۶
شکل ۳-۳ مدل سیستم فتوولتائیک با ژنراتورهای استاتیکی ۳۶
شکل ۴-۱ دیاگرام تک خطی شبکه ۴۰
شکل ۴-۲ مشخصه توان–جریان سیستم فتوولتائیک به ازای سطوح تابش مختلف ۴۱
شکل ۴-۳ مدل ترکیبی جریان خروجی منبع جریان ۴۲
شکل ۴-۴ فرم کنترلی سیستم فتوولتائیک ۴۵
شکل ۴-۵ کنترل کننده جریان سمت DC ۴۶
شکل ۴-۶ کنترل کننده جریان سمت AC ۴۸
شکل ۴-۷ رفتار سیستم در پاسخ به تغییرات پلهای در سطح تابش در لحظه t=۰.۲ از kW/m^2 ۵۰۰ به kW/m^2 ۶۰۰ افزایش و در لحظهی t=۰.۵ کاهش می‌یابد(S=سطح تابش؛ I_{dc}=جریان سمت DC مبدل CSI؛ i_{sa}= جریان فاز a تزریق شده به شبکه؛ i_{ga}=جریان فاز a در نقطهی PCCو v=ولتاژ در نقطهی PCC) ۵۰
شکل ۴-۸ پاسخ سیستم در صورت وقوع خطا در سمت شبکه؛(i) خطای سهفاز؛ (ii) خطای تکفاز (a جریان لینک DCو b جریان سمت ACاینورتر) ۵۱
شکل ۴-۹ کنترل کننده توان راکتیو ۵۲

شکل ۴-۱۰ مقدار موثر ولتاژ سمت AC ۵۲
شکل ۵-۱ شرایط کنترل توان اکتیو برای ژنراتورهای متصل به شبکه ۵۸
شکل ۵-۲ نمونه ای از مشخصه ضریب توان برحسب توان ۵۹
شکل ۵-۳ دیاگرام تک خطی شبکه ۶۰
شکل ۵-۴ تنظیمات شبکه بالا دست (خارجی) ۶۱
شکل ۵-۵ مدار معادل ساده ای از یک اتصال کوتاه در شبکه[۵۰] ۶۲
شکل ۵-۶ مشخصه توان ژنراتور فتوولتائیک در شرایط عملکردی پایدار ۶۳
شکل ۵-۷ منحنی ظرفیت اینورتر ۶۴
شکل ۵-۸ فرم کنترلی سیستم فتوولتائیک ۶۵
شکل ۵-۹ ساختار اسلات تابش ۶۶
شکل ۵-۱۰a -تغییرات سطح تابش b-اثر تغییرسطح تابش در ولتاژ فتوولتائیک و c-اثر تغییرات سطح تابش در جریان فتوولتائیک ۶۷
شکل ۵-۱۱ اثر تغییرات سطح تابش در توان خروجی ۶۷
شکل ۵-۱۲ تغییرات دما و تاثیر آن در ولتاژ خروجی ۶۸
شکل ۵-۱۳ مدل آرایه فتوولتائیک ۶۹
شکل ۵-۱۴ مدار الکتریکی یک سلول خورشیدی ایدهآل ۶۹
شکل ۵-۱۵ باس DC و مدل راکتور ۷۱
شکل ۵-۱۶ کنترل کاهش توان اکتیو ۷۲
شکل ۵-۱۷ مدل کنترل کننده اصلی ۷۳
شکل ۵-۱۸ ساختارPLL ۷۴
شکل ۵-۱۹ تابش خورشید ۷۶
شکل ۵-۲۰ تنظیم روی ضریب توان ثابت ۷۶
شکل ۵-۲۱ تغییرات توان اکتیو و راکتیو در اثر سایه ۷۷
شکل ۵-۲۲ تغییرات ولتاژ در اثر کاهش سطح تابش ۷۸
شکل ۵-۲۳ تغییر در پارامتر سرعت برای ایجاد افزایش فرکانس ۷۹
شکل ۵-۲۴ افزایش فرکانس ۷۹
شکل ۵-۲۵ کاهش توان اکتیو ژنراتور به علت افزایش ولتاژ ۸۰
شکل ۵-۲۶ مقادیرتوان اکتیو وراکتیو در باس LV در طی افزایش فرکانس ۸۰

شکل ۵-۲۷ حدود منحنی ولتاژ یک نیروگاه خورشیدی در نقطه اتصال به شبکه [۵۱]..... ۸۱
شکل ۵-۲۸ (a) مدار معادل یک شبکه با خطا (b) نمایش مدار الکتریکی..... ۸۲
شکل ۵-۲۹ رفتار مدل فتوولتائیک در افت ولتاژ ۱۰۰٪..... ۸۴
شکل ۵-۳۰ رفتار مدل فتوولتائیک در افت ولتاژ ۸۰٪..... ۸۵
شکل ۵-۳۱ رفتار مدل فتوولتائیک در افت ولتاژ ۵۰٪..... ۸۶
شکل ۵-۳۲ رفتار مدل فتوولتائیک در افت ولتاژ ۲۰٪..... ۸۷
شکل ۵-۳۳ کنترل کننده Q اعمال شده به مدل کنترل کننده اصلی..... ۸۸
شکل ۵-۳۴ تنظیمQ در ژنراتور فتوولتائیک..... ۸۹
شکل ۵-۳۵ تغییرات توان راکتیو وابسته به تغییرات توان اکتیو ۸۹
شکل ۶-۱ بردار ولتاژ سه‌فاز ایدهآل ۹۳
شکل ۶-۲ نمودارهای مکان a- یک نامتعادلی b-بردار ولتاژ هارمونیکی ۹۷
شکل ۶-۳ افت ولتاژ به علت وقوع خطا در شبکه [۱۰] ۹۸
شکل ۶-۴ ساختار SRF PLL..... ۹۹
شکل ۶-۵ رابطه بین محورهای مختصات مختلف[۱۰]..... ۱۰۰
شکل ۶-۶ بردار ولتاژها و محورهای DSRF [۶۰]..... ۱۰۲
شکل ۶-۷ بلوک جداسازی برای از بین بردن بردار ولتاژ v^m در سیگنالهای محور dq^n..... ۱۰۴
شکل ۶-۸ دستگاه مرجع سنکرون جداسازی دوتایی ۱۰۵
شکل ۶-۹ بلوک دیاگرامDDSRF..... ۱۰۸
شکل ۶-۱۰ پاسخ PLL معمولی در شرایط: (i) متعادل و (ii) نامتعادل (a- ولتاژهای سه فاز؛ b- زاویه آشکارسازی شده (rad)؛ c-مولفه‌های dq)..... ۱۰۹
شکل ۶-۱۱ پاسخPLLمعمولی در شرایط نامتعادل؛ (i) پهنای باند کم؛ (ii) اعمال یک فیلتر مرتبه دو پایین گذر به مولفه d(a- زاویه آشکارسازی شده؛ b- مولفه‌های dq؛ c- مولفه‌های توالی مثبت)..... ۱۱۰
شکل ۶-۱۲ ساختار DDSRF PLL..... ۱۱۱
شکل ۶-۱۳ پاسخ‌های:SRF PLL(i)، و DDSRF PLL(ii). (a- مولفه‌های dq؛ b- مولفه توالی مثبت ولتاژ) ۱۱۱

شکل ۶-۱۴ مولفه محور dآشکارسازی شده توسط SRF PLL و DDSRF PLL (۱- DDSR PLL؛ ۲- SRFPLLبا فرکانس قطع متوسط؛ ۳- SRF PLL با فرکانس قطع بزرگ؛ ۴- SRF PLL با فرکانس قطع کوچک).....۱۱۲
شکل ۶-۱۵ اتصال نیروگاههای فتوولتائیک به شبکه ۳۴ باس.....۱۱۳
شکل ۶-۱۶ مدل دینامیکی نیروگاه فتوولتائیک مجهز به اینورتر منبع جریان.....۱۱۴
شکل ۶-۱۷ خطای تک فاز به زمین - آشکارسازی توسط: DDSRF PLL(i)؛ SRF PLL(ii). (a- ولتاژ باس بار فشار قوی ترانس؛ b- ولتاژ باس بار فشار ضعیف ترانس؛ c- مولفه‌های توالی مثبت آشکارسازی شده) ۱۱۵
شکل ۶-۱۸ خطای فاز به فاز - آشکارسازی توسط: DDSRF PLL(i)؛ SRF PLL(ii). (a- ولتاژ باس بار فشار قوی ترانس؛ b- ولتاژ باس بار فشار ضعیف ترانس؛ c- مولفه‌های توالی مثبت آشکارسازی شده).....۱۱۵
شکل ۶-۱۹ خطای تک فاز به زمین برای DDSRF PLL: a- دامنه مولفه توالی مثبت ولتاژ آشکارسازی شده؛ b- مقدار مرجع جریان محور q.....۱۱۶

فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱ مقادیر پارامترهای سیستم فتوولتائیک ۵۳
جدول ۵-۱ شرایط لازم برای سیستمهای تولیدی متصل به شبکه [۴۶] ۵۷
جدول ۵-۲ افت ولتاژ برای انواع واحدهای تولیدی [۳۷] ۸۱
جدول ۵-۳ شرایط خطا در هر تست ۸۳
جدول ۵-۴ نتایج بدست آمده از تست‌های مختلف ۸۷
جدول ۵-۵ پارامترهای سیستم فتوولتائیک در مدل ژنراتور استاتیکی در حالت استاندارد ۹۰
جدول ۶-۱ پارامترهای مختلف خطوط شبکه ۳۴ شینه ۱۱۳

فهرست نشانه‌های اختصاری

خازن لینک DC	C_{dc}
خازن فیلتر	C_f
بار الکترون	q
اندیس مولفه ها در دستگاه dq	d,q
جریان سمت DC اینورتر	i_{dc}
جریان سمت AC	i_s
جریان خروجی اینورتر	i_t
جریان PV	i_{pv}
جریان مرجع	i_{ref}
مقدار موهومی	$\mathrm{Im}\{\}$
ثابت بولتزمن	K
ضریب زاویه توالی فازها برابر با ۰، ۱ و ۲	k
ضرایب کنترل کننده PI	k_p, k_i
اندوکتانس راکتور واسط	L
اندیس مدولاسیون	M
نسبت تبدیل ترانس	N
توان هدایتی	P_c
مؤلفه d اندیس مدولاسیون اینورتر در دیگسایلنت	Pm_d
مؤلفه q اندیس مدولاسیوناینورتر در دیگسایلنت	Pm_q
توان PV	P_{pv}
توان اکتیو در نقطه PCC	P_s
توان کلیدزنی	P_{sw}

توان راکتیو در نقطه PCC	Q_s
مقدار حقیقی	Re{}
فرکانس مختلط، $\sigma + j\omega$	s
سطح تابش	S
زمان	t
بالانویس ماتریس ترانهاده	T
ولتاژ لینک DC	v_{dc}
ولتاژ شبکه	v_g
ولتاژ PV	v_{pv}
ولتاژ مرجع	v_{ref}
ولتاژ در نقطه PCC	v_s
دامنه مؤلفه توالی مثبت ولتاژ	V_S^{+1}
دامنه مؤلفه توالی منفی ولتاژ	V_S^{-1}
بردار ولتاژ در دستگاه مرجع ساکن	$v_{S_{\alpha\beta}}, v_{S_{\alpha\beta}}^{+1}, v_{S_{\alpha\beta}}^{-1}$
سرعت زاویه‌ای دستگاه dq	ω
فرکانس زاویه‌ای نامی شبکه (مثلا 377rad/s)	ω_0
فرکانس زاویه‌ای قطع فیلتر	ω_c
فرکانس پهنای باند حلقه فیدبک	ω_{-3dB}
فرکانس زاویه‌ای طبیعی حلقه	ω_n
زاویه فاز بردار ولتاژ	θ
نسبت میرایی	ξ
زاویه اولیه منفی ولتاژ	φ^{-1}
زاویه مرجع دستگاه dq	δ
بالا نویس مربوط به اغتشاش سیگنال کوچک متغییر	$\tilde{}$

بالانویس مقدار پیک متغییر سه فاز	^
علامت کانوولوشن بین دو عبارت	*

فهرست کلمات اختصاری

AC	Alternating Current
CSI	Current Source Inverter
DC	Direct Current
DDSRF	Decoupled Double Synchronous Reference Frame
DG	Distributed Generation
DSL	Digsilent Simulation Language
FRT	Fault Ride Throught
GC	Grid Code
HVDC	High Voltage Direct Current
ICT	Information and Communication Technology
IEC	International Electrotechnical Commission
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
LVRT	Low Voltage Ride Through
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PCC	Point of Common Coupling
PI	Proportional Integral
PLL	Phase locked loop
PR	Proportional Resonance
PV	PhotoVoltaic
PWM	Pulse Width Modulation
RB	Reverse Blocking
RMS	Root Mean Squar
SPWM	Sinusoidal Pulse Width Modulation
SVM	Space Vector Modulation
USD	United States Dollar
VSI	Voltage Source Inverter
WT	Wind Turbine
ZSI	Z-Source Inverter