بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه قدرت

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی برق- قدرت

عنوان

بهبود کارآیی شبکه‌های توزیع با استفاده از سیستم تولید پراکنده انعطاف‌پذیر

استاد راهنما

دکتر سید حسین حسینی

استاد مشاور

دکتر سعید قاسم‌زاده

پژوهشگر

سعید خانی

اسفند ۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی من است. پس

در برابر وجود گرامی‌شان زانوی ادب بر زمین می‌زنم و با دلی مملو از عشق، محبت و خضوع بر دستشان بوسه می‌زنم.

تقدیر و تشکر

سپاس و ستایش خداوند را که هر چه هست همه از مهر اوست.

از خانواده ی عزیزم که با حمایت های همیشگی خود زمینه موفقیت را برایم فراهم ساختند تشکر و قدردانی می نمایم.

از کمک های علمی و فکری اساتید راهنما و مشاور ارجمندم دکتر حسینی و دکتر قاسم زاده که در طول این دوره با صبر و حوصله مرا راهنمایی نموده و همواره پشتیبان من بوده اند کمال تشکر را دارم.

در پایان جا دارد سپاسگزار لطف و مهربانی کلیه دوستانم باشم که مرا در انجام این پروژه یاری نموده اند.

نام خانوادگی: خانی **نام:** سعید

عنوان پایان نامه: بهبود کارآیی شبکه‌های توزیع با استفاده از سیستم تولید پراکنده انعطاف‌پذیر

استاد راهنما : دکتر سید حسین حسینی
استاد مشاور: دکتر سعید قاسم‌زاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی برق قدرت **گرایش:** الکترونیک قدرت **دانشگاه:** تبریز
دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ التحصیلی** : ۱۳۸۹/۱۲/۱۶ **تعداد صفحه:** ۱۱۱

کلید واژه‌ها: تولید پراکنده، تولید پراکنده انعطاف پذیر، سیستم‌های فتوولتاییک، اکتیو فیلتر، تعقیب نقطه حداکثر توان، روش p-q تصحیح شده، مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده

چکیده

با افزایش تقاضای انرژی و با توجه به مسائل زیست محیطی استفاده از سیستم‌های فتوولتاییک برای تأمین انرژی الکتریکی روز به روز گسترش می‌یابد. اما به دلیل قیمت تمام شده بالای این سیستم‌ها و غیرخطی بودن مشخصه آرایه‌های فتوولتاییک، استفاده از آنها بدون بکارگیری مبدل‌های الکترونیک قدرت و روش‌های کنترلی مناسب در بازده بالا امکان‌پذیر نمی‌باشد. از طرفی استفاده روزافزون از مبدل‌های الکترونیک قدرت در صنایع و اتصال شبکه‌ها به یکدیگر موجب افزایش سطح هارمونیکی شبکه‌های قدرت شده است. یکی از تجهیزاتی که برای جبران هارمونیک‌ها، نامتعادلی و تصحیح ضریب قدرت در سطح شبکه به کار می‌روند فیلترهای اکتیو موازی هستند که آنها نیز دارای مشکل قیمت تمام شده بالا می باشند.

آنچه میان سیستم‌های فتوولتاییک و فیلترهای اکتیو موازی مشترک است استفاده از یک مبدل الکترونیک قدرت جهت اتصال به سیستم است. از اینرو به نظر می‌رسد استفاده از یک کنترل مناسب که بتواند از سیستم فتوولتاییک با قابلیت‌های اضافی همچون جبران هارمونیک و ... بهره‌برداری کند یک راه‌حل مناسب جهت تولید انرژی، بهبود کیفیت توان و کاهش هزینه‌ها باشد. از چنین سیستم‌هایی به عنوان تولید پراکنده انعطاف‌پذیر یا سیستم یک‌پارچه DG و D-FACTS نیز یاد می‌شود.

بنابراین در این پایان‌نامه از یک سیستم فتوولتاییک چهارسیمه متصل به شبکه برق فشار ضعیف برای بهبود کیفیت توان، تأمین انرژی بار محلی و تزریق توان اضافی به شبکه استفاده شده است. از آنجایی‌که این شبکه‌ها ماهیت هارمونیکی و نامتعادل دارند، استفاده از روش کنترلی p-q تصحیح شده که از مناسب‌ترین روش‌ها برای چنین شرایطی می باشد، پیشنهاد و برای افزودن قابلیت تزریق حداکثر توان آرایه تغییراتی در این روش داده شده است. که در نتیجه، در کنار جبران هارمونیک و نامتعادلی، تصحیح ضریب توان و از بین بردن جریان سیم نول، آرایه حداکثر توان را نیز به شبکه تزریق می کند. در ادامه مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده معرفی، طراحی و به جای مبدل بوست در ساختار سیستم چهارسیمه استفاده می‌گردد.

در نهایت روش کنترلی یاد شده و ساختارها در محیط نرم‌افزار PSCAD/EMTDC شبیه‌سازی شده و کارایی آنها با یکدیگر مقایسه گردیده است.

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب V

فهرست شکل‌ها V

فهرست جداول XIII

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع ۶

۲-۱- تولید پراکنده ۷

۲-۱-۱- معرفی منابع انرژی پراکنده (DER) ۷

۲-۱-۲- تولید پراکنده و تعاریف مربوط به آن ۸

۲-۱-۲-۱-ظرفیت تولید پراکنده ۹

۲-۱-۲-۲- مکان تولید پراکنده ۹

۲-۱-۲-۳- هدف تولید پراکنده ۱۰

۲-۱-۳- منابع ذخیره کننده انرژی ۱۱

۲-۱-۴- مشخصه های عملکردی تکنولوژی های تولید کننده ها پراکنده و ذخیره‌کننده- ۱۲

های

انرژی

۲-۱-۵- مزایا و معایب استفاده از تولیدات پراکنده و ذخیره کننده های انرژی ۱۳

۲-۲- انرژی خورشیدی و سلول‌های فتوولتاییک ۱۴

۲-۲-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های فتوولتاییک ۱۴

۲-۲-۲- مزایای سیستم‌های فتوولتاییک (PV) ۱۵

۲-۲-۳- دلایل بازده پایین در سیستمهای فتوولتاییک ۱۷

۲-۲-۴- بازده سیستمهای فتوولتاییک (PV) ۱۷

۲-۲-۵- اجزا سیستمهای فتوولتاییک ۱۸

۲-۲-۵-۱- آرایه PV ۱۸

۲-۲-۵-۲- PCS ۱۹
۲-۲-۵-۳- بار و شبکه ۲۰
۲-۲-۵-۴- باتری ۲۰
۲-۲-۶- انواع سیستمهای فتوولتاییک ۲۰
۲-۲-۶-۱- Stand alone systems ۲۰
۲-۲-۶-۲- Utility interactive systems ۲۰
۲-۲-۶-۳- Bi modal systems ۲۰
۲-۲-۷- ردیابی نقطه حداکثر توان آرایه (MPPT) ۲۱
۲-۲-۷-۱- روش P&O ۲۲
۲-۲-۷-۲- روش IC ۲۴
۲-۲-۷-۳- روش ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه ۲۵
۲-۲-۷-۴- روش شبکه عصبی ۲۷
۲-۲-۷-۵- مقایسه روشهای MPPT ۲۸
۲-۲-۸- انواع توپولوژی سیستمهای فتوولتاییک ۲۸
۲-۲-۸-۱- PCS های مرکزی ۲۹
۲-۲-۸-۲- PCS های رشته ای ۲۹
۲-۲-۸-۳- Modularized PCS ۳۰
۲-۲-۹- انواع PCS ها ۳۰
۲-۲-۹-۱- اینورترهای دارای ترانسفورماتور ۳۱
۲-۲-۹-۲- اینورترهای بدون ترانسفورماتور ۳۲
۲-۳- معرفی برخی از شاخص‌های کیفیت توان و راهکارهای بهبود آنها ۳۵
۲-۳-۱- مقدمه ۳۵
۲-۳- ۲- مشکلات سیستم‌های توزیع از لحاظ کیفیت توان ۳۶
۲-۳-۳- هارمونیک‌های ولتاژ و جریان ۳۶
۲-۳-۴- نامتعادلی ولتاژ و جریان ۳۹

۲-۳-۵- توان راکتیو ۴۰
۲-۳-۶- فیلترهای اکتیو ۴۱
۲-۴- تولید پراکنده انعطاف‌پذیر ۴۴
۲-۵ نتیجه‌گیری ۴۵
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۴۹
۳-۱- روابط جریان- ولتاژ ماجول های PV ۵۰
۳-۲- منحنی مشخصه ماجول‌های PV ۵۲
۳-۳- مدل سازی آرایه‌های PV ۵۴
۳-۴- به دست آوردن نقطه حداکثر توان(MPPT) ۵۵
۳-۵- مبدل‌های الکترونیک قدرت در سیستم‌های فتوولتاییک ۵۶
۳-۵-۱- مبدل‌های DC/DC ۵۶
۳-۵-۱-۱- مبدل بوست ولتاژ DC ۵۷
۳-۵-۱-۲- طراحی سلف و خازن مبدل بوست ولتاژ DC ۵۸
۳-۵-۲- مبدل‌های منبع امپدانسی ۶۰
۳-۵-۲-۱- مبدل‌های منبع امپدانسی جاسازی شده ۶۲
۳-۵-۲-۲- طراحی سلف و خازن مبدل‌های منبع امپدانسی جاسازی شده ۶۵
۳-۵-۳- اینورتر سه‌فاز چهارسیمه ۶۹
۳-۶- محاسبه جریان‌های مرجع برای جبران‌سازی ۷۰
۳-۶-۱- روش p-q تصحیح شده ۶۹
۳-۷ نتیجه‌گیری ۷۵
فصل چهارم: نتایج و بحث ۷۷
۴-۱- مقدمه ۷۸
۴-۲- سیستم فتوولتاییک سه‌فاز چهارسیمه ۷۹
۴-۳- سیستم کنترل ۸۱
۴-۳-۱- ردیابی نقطه حداکثر توان ۸۱

۴-۳-۲- ایجاد جریان‌های مرجع اینورتر ۸۳

۴-۴- شبیه‌سازی ۸۴

۴-۴-۱- شبیه‌سازی اتصال سیستم فتوولتاییک به شبکه نامتعادل و هارمونیکی و استفاده از روش کنترلی p-q تصحیح شده به همراه مبدل بوست ۸۴

۴-۴-۲- شبیه‌سازی اتصال سیستم فتوولتاییک به شبکه نامتعادل و هارمونیکی و استفاده از روش کنترلی p-q تصحیح شده و به همراه مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۹۶

۴-۵ نتیجه‌گیری ۱۰۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۵

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۶

۵-۲ پیشنهادات ۱۰۷

فصل ششم: مراجع ۱۰۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

دنیای مدرن امروزی به شدت نیازمند انرژی برق با کیفیت و قابلیت اطمینان بالاست. گسترش به کارگیری تجهیزات الکتریکی جدید همانند میکروپرسسورها، کامپیوترها، وسایل الکترونیکی حساس و ... اهمیت این موضوع را بیشتر مشخص می‌سازد. بازارهای رقابتی فعال، کهنه و قدیمی شدن شبکه های انتقال و توزیع، نیاز به سرمایه گذاری کلان برای توسعه و نو کردن شبکه و زیر ساخت های پایه ای آن و نیاز به استفاده از منابع انرژی پاک همگی چالش های امروز صنعت برق در جهت افزایش قابلیت اطمینان ، امنیت و کیفیت توان هستند. در نظر گرفتن چالش‌های یاد شده و نیاز به یک روش بهینه‌تر برای بهبود کارآیی سیستم‌های توزیع که همانا بهبود مهم‌ترین و اصلی‌ترین وظیفه آن یعنی رساندن انرژی الکتریکی با قابلیت اطمینان بالا(بدون وقفه) و بالاترین کیفیت به مشتریان است، صنعت برق را به سوی استفاده از تکنولوژی های جدیدی مثل سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر در شبکه انتقال و تولید پراکنده، سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر توزیع و custom power در شبکه های توزیع سوق داده است.

منابع انرژی پراکنده(DER) یکی از عناصر مهم و جدانشدنی سیستم‌های توزیع جدید هستند، که از این میان منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک به علت کاهش منابع سوخت‌های فسیلی و نقش مهمی که این منابع در کاهش گازهای گلخانه‌ای دارند، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. انرژی خورشیدی در قالب سیستم‌های فتوولتاییک یکی از مهم‌ترین این نوع از انرژی‌ها است، که می‌تواند به شبکه فشار ضعیف وصل گردد از این جهت انرژی خورشیدی تنها منبع انرژی تجدیدپذیر است که می‌تواند به طور گسترده در شهرها مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از سیستم‌های فتوولتاییک روز به روز با افزایش تقاضای انرژی برای تامین انرژی الکتریکی گسترش می‌یابد. اما از آنجا که قیمت تمام شده این سیستم‌ها بالاست و به علت غیرخطی بودن مشخصه آرایه‌های فتوولتاییک، استفاده از این سیستم‌ها بدون به کارگیری مبدل‌های الکترونیک قدرت و روش‌های کنترلی مناسب در بازده بالا امکان‌پذیر نمی‌باشد، که این موضوع باعث افزایش هزینه می‌گردد. از طرفی به

عنوان **صفحه**

شکل(۲- ۱): منبع تولید پراکنده به همراه سه بخش عمده تولید کننده اولیه، واسط الکترونیک قدرتی و سوئیچ گیر ۸
شکل(۲-۲): ترکیب‌های مختلف منابع تولید پراکنده ۸
شکل(۲- ۳): نقشه میانگین تابش سالانه تابش نور خورشید ۱۶
شکل(۲- ۴): منحنی انرژی تولیدی آرایه فتوولتاییک نمونه در طول ۲۴ ساعت شبانه روز ۱۶
شکل(۲-۵): نمونه‌ای از واحد تولید انرژی ترکیبی ۱۷
شکل(۲- ۶): سلول نوری ۱۹
شکل(۲-۷): پیکربندی آرایه‌های فتوولتاییک ۱۹
شکل(۲- ۸): منحنی مشخصه خروجی ماجول خورشیدی نمونه و نقطه حداکثر توان آن ۲۱
شکل(۲- ۹): الگوریتم روش P&O ۲۳
شکل(۲- ۱۰): الگوریتم روش IC ۲۵
شکل(۲- ۱۱): لایه‌های شبکه عصبی ۲۷
شکل(۲- ۱۲): PCS های مرکزی ۲۹
شکل(۲- ۱۳): PCS های رشته‌ای ۳۰
شکل(۲- ۱۴): PCS های Modularized ۳۰
شکل(۲- ۱۵): DC-AC با ترانسفورماتور ۳۱
شکل(۲- ۱۶): DC/AC با DC/DC و ترانسفورماتورفرکانس بالا ۳۲
شکل(۲- ۱۷): اینورتر Fly back ۳۲
شکل(۲- ۱۸):اینورتر تک مرحله ای DC/AC ۳۳
شکل(۲- ۱۹):سیستم DC/AC با DC/DC ۳۴
شکل(۲- ۲۰): اینورترهای cascade ۳۴
شکل(۲- ۲۱): سیستم سه فاز سه سیمه با مبدل DC / AC ۳۵
شکل(۲- ۲۲): فلوچارت حل مشکلات کیفیت توان ۳۷
شکل(۲- ۲۳): منابع مشکلات کیفیت توان ۳۷

شکل (۲- ۲۴): تاثیر افت ولتاژ به اندازه $\Delta U_{(n)}$ بر اغتشاش ولتاژ در نقطه اتصال مشترک ۳۸
شکل(۲- ۲۵): فیلتر اکتیو موازی ۴۲
شکل (۲- ۲۶): الف) FDG نوع شنت، ب) FDG نوع سری ۴۶
شکل(۲- ۲۷): سیستم UPQC به همراه DG ۴۶
شکل(۳- ۱): مدار معادل پیوند نیمه هادی سلول خورشیدی ۵۰
شکل(۳- ۲): مدل‌سازی ماجول خورشیدی به عنوان منبع ولتاژ وابسته ۵۳
شکل(۳- ۳): مدل جریان وابسته برای آرایه PV ۵۴
شکل(۳- ۴): نحوه سری و موازی کردن ماجول‌های فتوولتاییک ۵۵
شکل(۳- ۵): منحنی ولتاژ- توان آرایه PV ۵۵
شکل(۳- ۶): بلوک دیاگرام کنترلی روش $^{dP}/_{dV}$ ۵۶
شکل(۳- ۷): مبدل بوست ۵۸
شکل(۳- ۸): نحوه کلیدزنی مبدل بوست و منحنی ولتاژ و جریان ۵۸
شکل(۳- ۹): مبدل منبع امپدانسی اولیه ۶۱
شکل(۳- ۱۰): مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۶۳
شکل(۳- ۱۱): مدار معادل مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده در حالت اکتیو ۶۳
شکل(۳- ۱۲): مدار معادل مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده در حالت shoot-through ۶۴
شکل(۳-۱۳): شکل موج حالت دائم ولتاژ خازن و جریان سلف ۶۷
شکل(۳-۱۴): شکل موج ولتاژ خازن و جریان سلف برای ریپل‌های کوچک ۶۷
شکل(۳- ۱۵): اینورتر مورد استفاده در فیلتر اکتیو ۶۸
شکل(۳- ۱۶): ساختار split capacitor مورد استفاده در فیلتر اکتیو ۶۸
شکل(۴- ۱): شکل موج‌های ولتاژ سیستم ۷۹
شکل(۴- ۲): مدار قدرت سیستم با مبدل بوست ۸۰
شکل(۴- ۳): مدار قدرت سیستم با مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۸۰
شکل(۴- ۴): بلوک دیاگرام سیستم کنترلی برای سیستم فتوولتاییک با مبدل بوست و روش p-q تصحیح شده ۸۳

شکل(۴- ۵): بلوک دیاگرام سیستم کنترلی برای سیستم فتوولتاییک با مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده و روش p-q تصحیح شده ۸۴
شکل(۴- ۶): جریان‌های سه‌فاز بار ۸۵
شکل(۴-۷): جریان سیم نول ۸۵
شکل(۴- ۸): (الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان جبران شده خط و (ج) طیف هارمونیکی آن با استفاده از روش p-q تصحیح شده ۸۷
شکل(۴-۹): جریان جبران شده سیم نول با استفاده از روش p-q تصحیح شده ۸۷
شکل(۴-۱۰): جریان جبران شده ۸۷
شکل(۴- ۱۱): جریان جبران شده سیم نول با استفاده از تئوری برداری
شکل(۴- ۱۲): نحوه تغییرات در شرایط محیطی ۸۹
شکل(۴- ۱۳): تغییرات زمان وظیفه مبدل بوست ۹۰
شکل(۴- ۱۴): منحنی تغییرات توان آرایه بر حسب ولتاژ آرایه ۹۰
شکل(۴- ۱۵): تغییرات ولتاژ و جریان آرایه ۹۰
شکل(۴- ۱۶): تغییرات توان آرایه و توان تزریقی ۹۱
شکل(۴- ۱۷): ولتاژ خازن لینک dc ۹۱
شکل(۴- ۱۸): تغییرات جریان‌های سه‌فاز منبع ۹۱
شکل(۴- ۱۹): تغییرات توان‌های اکتیو و راکتیو تزریقی و منبع ۹۱
شکل(۴-۲۰): (الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیکی ($P_{inj}=7.3^{kw}$) ۹۳
شکل(۴-۲۱):(الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیکی($P_{inj}=10.8^{kw}$) ۹۴
شکل(۴-۲۲): (الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیکی ($P_{inj}=12^{kw}$) ۹۵
شکل(۴- ۲۳):جریان سیم نول بعد از جبران‌سازی ۹۵
شکل(۴- ۲۴): نحوه تغییرات زمان shoot through ۹۷
شکل(۴- ۲۵): منحنی تغییرات توان بر حسب ولتاژ یکی از آرایه‌ها ۹۷
شکل(۴-۲۶):تغییرات ولتاژ و جریان آرایه ۹۸
شکل(۴- ۲۷): منحنی تغییر توان آرایه‌ها و توان تزریقی ۹۸

شکل(۴- ۲۸): ولتاژ خازن‌های مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۹۸

شکل(۴-۲۹): ریپل جریان آرایه فتوولتاییک ۹۸

شکل(۴- ۳۰): تغییرات جریان‌های خط سه‌فاز منبع ۹۹

شکل(۴- ۳۱): تغییرات توان اکتیو و راکتیو منبع و تزریقی ۹۹

شکل(۴- ۳۲): (الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیکی ($P_{inj}=7.3^{kw}$) ۱۰۰

شکل(۴- ۳۳):(الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیک($P_{inj}=10.8^{kw}$) ۱۰۱

شکل(۴- ۳۴): (الف) جریان‌های تزریقی، (ب) جریان‌های خط، (ج) طیف هارمونیکی ($P_{inj}=12^{kw}$) ۱۰۲

شکل(۴- ۳۵): جریان سیم نول بعد از جبران‌سازی ۱۰۳

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱): تقسیم بندی کلی واحدهای تولید پراکنده براساس ظرفیت تولید ۹
جدول (۲-۲): انواع مختلف تکنولوژی های تولید پراکنده همراه با محدوده ظرفیت تولید ۱۰
جدول (۲-۳): انواع تکنولوژی‌های منابع ذخیره کننده انرژی ۱۲
جدول (۲-۴): مقایسه روشهای MPPT ۲۸
جدول ۲-۵: تاثیرات هارمونیک بر روی انواع مختلف تجهیزات ۳۹
جدول(۲- ۶) : جریان‌های جبران‌سازی ۴۳
جدول (۳-۱): مشخصات ماجول‌های سیلیکونی شرکت (OFFC) ۵۱
جدول(۴-۱): پارامترهای شبیه سازی ۸۵
جدول(۴-۲): مقادیر THD جریان منبع قبل از جبران‌سازی ۸۶
جدول(۴-۳): مقادیر THD جریان منبع و RMS جریان سیم نول بعد از جبران‌سازی($P_{inj}=0$) ۸۸
جدول(۴- ۴): مقادیر THD جریان منبع بعد از جبران‌سازی با استفاده از مبدل بوست ۹۵
جدول(۴-۵): پارامترهای شبیه سازی در مورد مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۹۶
جدول(۴- ۶): مقادیر THD جریان منبع بعد از جبران‌سازی با استفاده از مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده ۱۰۳
جدول(۴- ۷): مقادیر تلفات دو نوع مبدل مختلف ۱۰۳

هنگام شب و یا تابش کم آفتاب که آرایه‌های فتوولتاییک توانایی خروجی خود را از دست می‌دهند مجبور خواهیم بود که سیستم را از شبکه جدا نماییم، که عمل کنترل آنرا دشوارتر خواهد نمود و سیستم در این حالت بدون استفاده خواهد ماند.

استفاده روزافزون از مبدل‌های الکترونیک قدرت در صنایع و رشد مداوم استفاده از تجهیزات پربازده از قبیل محرکه‌های پربازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازن‌های موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات موجب افزایش سطح هارمونیکی در شبکه‌های قدرت شده است. هم‌چنین اتصال شبکه‌ها به یکدیگر و تشکیل شبکه‌های بزرگتر موجب شده است که معیوب شدن یک عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را به دنبال داشته باشد. در حالت کلی مشکلات سیستم‌های توزیع از لحاظ کیفیت توان را می‌توان از دو دید مختلف بررسی نمود:

۱. از دید مصرف‌کننده: اغتشاشاتی که از شبکه به مصرف‌کنندگان تحمیل می‌شود.(کمبود، بیشبود، نامتعادلی و هارمونیک ولتاژ)

۲. از دید شبکه: پدیده‌هایی که از طرف مصرف‌کننده به شبکه تحمیل می‌شود.(جریان‌های هارمونیکی، جریان‌های نا متعادل، توان راکتیو، فلیکر و ...)

از میان اغتشاشات یاد شده هارمونیک‌های جریان از مهم‌ترین مشکلات کیفیت توان محسوب می‌گردد که از جانب مصرف‌کنندگان به شبکه تحمیل شده و باعث آلودگی شبکه می‌گردد. هارمونیک‌ها تاثیرات خسارت آوری بر روی تجهیزات شبکه و مصرف‌کننده‌ها دارند. آنها باعث گرمای اضافی در ترانسفورماتورها، کابل‌ها و موتورها، عملکرد ناخواسته رله‌ها و اندازه‌گیری اشتباه سیستم‌های اندازه‌گیری ولتاژ و جریان می‌شوند. هم‌چنین هارمونیک‌ها در موتورها باعث گرم شدن روتور، ریپل و کاهش گشتاور می‌شوند. بنابراین بایستی هر چه بیشتر به فکر حل این مساله بود تا از بروز هرگونه مشکل جلوگیری کرد.

رایج‌ترین روش کاهش هارمونیک و جبران‌سازی توان راکتیو استفاده از فیلترهای پسیو است که به آسانی طراحی شده و از طرفی ارزان و دارای قابلیت اطمینان بالا هستند. ولی فرکانس فیلترینگ ثابت و

احتمال ایجاد تشدید از مهم‌ترین مشکلات آنها می‌باشند. با پیشرفت روزافزون تکنولوژی ساخت کلیدهای الکترونیک قدرت، فیلترهای اکتیو به عنوان راه‌حلی مناسب جهت حل مشکلات فیلترهای پسیو و همچنین عملکرد بهتر در مقایسه با آنها مطرح شدند. ولی فیلترهای اکتیو نیز دارای مشکلاتی از قبیل هزینه ساخت زیاد هستند.

با توجه به مطالب یاد شده به نظر می‌رسد، به منظور غلبه بر معایب سیستم‌های فتوولتاییک و هم‌چنین جلوگیری از هزینه‌های گزاف نصب ادوات جبران‌ساز، می‌توان با طراحی و کنترل مناسب قابلیت‌های این ادوات را نیز به سیستم فتوولتاییک اضافه کرده و از سیستم به صورت چند منظوره بهره جست، که از اینگونه سیستم‌ها به عنوان سیستم تولید پراکنده انعطاف‌پذیر یاد می‌شود. هم‌چنین می‌توان با استفاده از مبدل‌های مناسب تلفات را پایین آورد.

در همین راستا در این پایان‌نامه، ابتدا در فصل دوم مروری بر سیستم‌های تولید پراکنده و به ویژه سیستم فتوولتاییک و انواع روش‌های موجود برای استخراج حداکثر توان از آرایه‌های فتوولتاییک خواهیم داشت، سپس انواع اغتشاشاتی را که از جانب مصرف‌کنندگان می‌تواند به شبکه تحمیل شده و پیامدهای آن را ذکر خواهیم نمود. سپس مروری بر فیتلرهای اکتیو و روش‌های کنترلی موسوم خواهیم داشت. در ادامه تاریخچه سیستم‌های تولید پراکنده انعطاف‌پذیر در تزریق توان اکتیو و راکتیو کنترل شده به منظور تامین توان مورد نیاز بارها و همچنین رفع اغتشاشات می‌پردازیم.

در فصل سوم به مدل‌سازی آرایه‌های فتوولتاییک خواهیم پرداخت. در ادامه روش dp/dv را به همراه مبدل dc/dc بوست و مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده که برای استخراج حداکثر توان از آرایه‌های فتوولتاییک از آنها استفاده خواهیم کرد معرفی و طراحی خواهند شد. سپس روش p-q تصحیح شده که روشی متناسب با ماهیت سیستم‌های توزیع یعنی شبکه‌ای دارای نامتعادلی و هارمونیکی و با هر نوع باری است معرفی و تغییراتی در آن برای افزودن قابلیت تزریق حداکثر توان آرایه فتوولتاییک در کنار جبران اغتشاشاتی همانند نامتعادلی و هارمونیک جریان خواهیم داد.

در نهایت در فصل چهارم یک سیستم فتوولتاییک سه فاز چهارسیمه انعطاف‌پذیر متصل به شبکه برق فشار ضعیف با قابلیت‌های اضافی جبران هارمونیک، نامتعادلی، توان راکتیو و جریان سیم نول با استفاده از مبدل dc/dc بوست و مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده و هم‌چنین روش p-q تصحیح شده پیشنهاد و با استفاده از نرم‌افزار PSCAD/EMTDC شبیه‌سازی شده است. در ادامه به مقایسه دو مبدل dc/dc بوست و مبدل منبع امپدانسی جاسازی شده پرداخته‌ایم.

فصل دوم

بررسی منابع