بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

قدرت

عنوان:

بررسی تاثیر منابع تولید پراکنده بر پارامترهای کیفیت توان در شبکه توزیع و ارائه راهکارهای بهبود آنها

استاد راهنما: دکتر علیرضا صدیقی

استاد مشاور: دکتر محمودرضا حقی فام

پژوهش و نگارش: بهرام آبادیان

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به همه کسانی که امروز را تحسین روز از آینده خود می دانند و برای فردایی بهتر می کوشند.

سپاس پروردگار عالمیان را سزاست که به

موهبت دانایی و فیض خویش آدمیان خاکی نهاد را رفعت ملکوتی بخشید

و هم بدان امید که از دانش بی پایان خود، دوستداران دل آگاه دانستن را اکرام نماید.

و با سپاس از کلیه کسانی که مرا در این راه یاری نمودند، به ویژه

استاید محترم و بزرگوارم

جناب آقایان دکتر علیرضا صدیقی و دکتر محمدرضا حقی فام

که راهنمایی های ایشان نه تنها در طول انجام پایان نامه، بلکه در تمامی مراحل تحصیل

اساس کارم بود و

بی شک بدون کمک های دلسوزانه و بی دریغ ایشان این پایان نامه هرگز

به سرانجام نمی رسید.

تقدیم به:

پدرم،

خورشید بی پایان کرامت، اسطوره صداقت، ایثار، تلاش و تکیه گاه استوار خستگی هایم.

و مادرم،

جویبار جاری مهربانی، الهه محبت، بردباری، گذشت و زیباترین معنای هستی.

در برابر وجود نازنینشان زانوی ادب بر زمین می نهم و با دلی مملو از عشق و محبت بر دستشان بوسه می زنم.

چکیده:

در این پایان نامه تاثیرات مثبت و منفی حضور انواع منابع تولید پراکنده با انواع تکنولوژی اتصال بر روی پارامترهای کیفیت توان الکتریکی سیستم توزیع مورد بررسی قرار گرفته است. حضور منابع تولیدپراکنده در شبکه توزیع تاثیرات مشخص و بارزی روی توان و تغییرات ولتاژ در مصرف کننده و تجهیزات سیستم دارد. تولیدات پراکنده در سطوح مختلف ولتاژ وقتی به سیستم قدرت متصل می‌شوند، می‌توانند تنظیم ولتاژ، وقفه‌های ماندگار، هارمونیک‌ها، فلیکر، افت ولتاژ، فرورفتگی ولتاژ، برآمدگی ولتاژ و اضافه ولتاژ را تحت تاثیر قرار دهند. در بخش اول پایان نامه تاثیر حضور منابع تولید پراکنده با انواع تکنولوژی اتصال بر روی پارامترهای کیفیت توان الکتریکی یک فیدر حقیقی بررسی و مقایسه می‌شود و در بخش بعدی الگوریتمی برای تعیین اندازه و مکان بهینه منابع تولیدپراکنده با انواع تکنولوژِی اتصال برای سیستم توزیع ارائه می‌شود. به منظور کاربردی‌تر نمودن نتایج این پایان‌نامه از اطلاعات شبکه توزیع نیروی برق استان یزد استفاده شده و با در نظرگرفتن اطلاعات بار شبکه ، پارامترهای کیفیت توان الکتریکی در یک پست انتخابی شبکه‌ی توزیع با حضور منابع تولیدپراکنده با انواع تکنولوژی اتصال بررسی شده است. همچنین به منظور اجرای مراحل برنامه‌نویسی و انجام محاسبات شبکه از نرم‌افزار DIgSILENT وEMTP استفاده شده است. با نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده می‌توان به این نتیجه رسید که تکنولوژی اتصال نقش بسیار مهمی در بحث کیفیت توان الکتریکی در شبکه توزیع دارد و می تواند به اندازه انرژی اولیه منابع تولید پراکنده موثر باشد. پس بسته به مکان ، اندازه و تکنولوژی اتصال منابع تولیدپراکنده می توان به حالت بهینه از نظر کیفیت توان الکتریکی در شبکه با حضور منابع تولید پراکنده رسید.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

مقدمه ۲

فصل دوم : مروری به سابقه تحقیق

مروری بر تحقیق گذشتگان ۷

۲-۱- تنظیم ولتاژ ۷

۲-۲- فلیکر ولتاژ ۸

۲-۳- هارمونیک ۹

۲-۴- فرورفتگی ولتاژ ۹

فصل سوم: مبانی علمی

۳-۱- مقدمه تولیدات پراکنده ۱۱

۳-۱-۱- تعریف منابع تولید پراکنده ۱۱

۳-۱-۲- مزایای استفاده از تولید پراکنده ۱۳

۳-۱-۳- تولید پراکنده و مسائل زیست‌محیطی ۱۶

۳-۱-۴- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده ۱۷

۳-۱-۵- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده در ایران ۱۹

۳-۱-۶- معرفی انواع تکنولوژی تولید پراکنده ۲۳

۳-۱-۶-۱- مولدهای تولید پراکنده تجدید ناپذیر: ۲۴

۳-۱-۶-۲- مولدهای تولیدپراکنده با انرژی تجدیدپذیر: ۲۶

۳-۱-۷- اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه ۲۹

۳-۱-۷-۱- سیستم DG مستقل از شبکه سراسری برق باشد. ۲۹

۳-۱-۷-۱- سیستم DG متصل به شبکه سراسری برق باشد. ۲۹

۳-۱-۸- تکنولوژی‌های اتصال ۲۹

۳-۱-۹- اطلاعات مورد نیاز جهت اتصال DG به شبکه ۳۲
۳-۱-۹-۱- اطلاعات شبکه: ۳۳
۳-۱-۹-۲- اطلاعات DG: ۳۳
۳-۲- مقدمه بررسی مسائل کیفیت توان الکتریکی ۳۴
۳-۲-۱- مبانی کیفیت توان الکتریکی ۳۴
۳-۲-۱-۱- وقفه ۳۴
۳-۲-۱-۲- اضافه جهش (آذرخش یا کلید زنی) ۳۵
۳-۲-۱-۳ کمبود ولتاژ (افت ولتاژ) ۳۶
۳-۲-۱-۴- هارمونیکها: ۳۶
۳-۲-۱-۵- فرورفتگی ولتاژ: ۳۷
۳-۲-۱-۶- برآمدگی ولتاژ: ۳۷
۳-۳- مشکلات کیفیت توان شبکه‌های توزیع دارای منابع تولید پراکنده ۳۸
۳-۳-۱- نامتعادلی ولتاژ ۳۹
۳-۳-۲- تنظیم ولتاژ ۳۹
۳-۳-۳- اضافه ولتاژ به خاطر جاری شدن توان در جهت معکوس: ۴۱
۳-۳-۴- تداخل با تپ چنجر بار(LTC) و کنترلکنندههای تنظیمکننده استاتیکی ولتاژ(SVR): ۴۱
۳-۳-۵- افت ولتاژ در پایین دست یک تنظیم کننده (LDC) به واسطه DG : ۴۲
۳-۳-۶- زمین DG : ۴۴
۳-۳-۷- هارمونیک ۴۶
۳-۳-۸- انواع فیلترهای بهبود کیفیت توان ۵۱
۳-۳-۸-۱- فیلترهای پسیو ۵۱
۳-۳-۸-۲- فیلترهای اکتیو ۵۲
۳-۳-۸-۳- فیلترهای هیبرید ۵۳
۳-۳-۹- فلیکر: ۵۴

۳-۳-۹-۱ نیاز به منابع ذخیره سازی انرژی ۵۶
۳-۴- اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه با در نظرگرفتن محدودیتهای کیفیت توان..... ۵۷
۳-۴-۱- تغییرات آرام ولتاژ ۵۸
۳-۴-۲- تغییرات سریع ولتاژ (فلیکر)..... ۶۱
فصل چهارم: بررسی تاثیر منابع تولید پراکنده بر روی پارامترهای کیفیت توان در شبکه توزیع
۴-۱- کیفیت توان در سیستمهای توزیع با حضور منابع تولید پراکنده (مقدمه) ۶۴
۴-۲- بررسی تاثیر انواع تکنولوژی اتصال منابع تولید پراکنده بر روی پارامترهای کیفیت توان الکتریکی..... ۶۵
۴-۳ مقایسه و بررسی پارامترهای پارامترهای کیفیت توان فیدر مورد مطالعه در حالتهای مختلف ۶۷
۴-۴- تاثیر اندازه منابع تولید پراکنده برروی پارامترهای کیفیت توان..... ۷۸
۴-۵- تاثیر مکان منابع تولید پراکنده با مولدهای مختلف بر روی پارامترهای کیفیت توان الکتریکی..... ۸۸
۴-۶- مکان یابی انواع منابع تولید پراکنده از دید پارامترهای کیفیت توان الکتریکی در شبکه توزیع ۱۰۰
۴-۶-۱ مکانیابی منابع تولید پراکنده به منظور تثبیت ولتاژ و داشتن بهترین حالت ماندگار ولتاژ ۱۰۱
۴-۶-۲- مکان یابی منابع تولید پراکنده به منظور داشتن بهترین شرایط از نظر هارمونیک ولتاژ و جریان..... ۱۱۸
۴-۶-۳- مکان یابی منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن برآمدگی و فرو رفتگی ولتاژ ۱۳۱
۴-۷- ارایه یک الگوریتم کلی برای مکان یابی بهینه منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن محدودیتهای پارامترهای کیفیت توان..... ۱۴۱

۴-۸- استفاده از الگوریتم هوشمند در محاسبه نوع، مکان و اندازه منابع تولید پراکنده به منظور داشتن بهترین شرایط کیفیت توان الکتریکی..... ۱۴۹

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری..... ۱۵۳

۵-۲- پیشنهادات..... ۱۵۳

فصل ششم: منابع و مآخذ

۶- فهرست منابع..... ۱۵۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۳-۱: میزان رشد استفاده از انرژیها در تولید برق ۱۷

شکل۳-۲: یک پیل سوختی نمونه ۲۸

شکل۳-۳: نیروگاه بادی ۳۱

شکل۳-۴: اینورتر الکترونیک متصل به شبکه ۳۲

شکل۳-۵: موج ولتاژ در یک برون رفت ۳۵

شکل ۳-۶: جریان راه اندازی گذرا ۳۶

شکل۳-۷: افت ولتاژ ناشی از مشکل در شبکه ۳۶

شکل۳-۸: هارمونیک جریان در یک بار غیرخطی ۳۷

شکل۳-۸: خمیدگی ولتاژ ۳۷

شکل۳-۹: برآمدگی ولتاژ ۳۸

شکل۳-۱۰: تنظیم ولتاژ طبق استاندارد ANSI ۴۱

شکل۳-۱۱ :پروفیل ولتاژ با حضور و بدون حضور DG ۴۲

شکل ۳-۱۲ مدار جبرانکننده افت خط ۴۳

شکل۳-۱۳: ساختار فیلتر هیبرید ۵۴

شکل۳-۱۴: فلیکر ولتاژ ۵۴

شکل۳-۱۵: تحلیل گرافیکی پروفیل ولتاژ حداقل بار ۵۴

شکل۳-۱۶:لرزش ولتاژ – منحنی آستانه آزردگی ۵۵

شکل۳-۱۷:تغییرات ولتاژ در نقطه اتصال ۵۹

شکل۴-۱ : فیدر شماره ۷ پست شرق یزد ۶۷

شکل۴-۲: پروفیل ولتاژ در طول فیدر ۶۷

شکل۴-۳: دامنه هارمونیک سوم ولتاژ ۶۸

شکل ۴-۴: دامنه هارمونیک پنجم ولتاژ ۷۰

شکل ۴-۵: دامنه هارمونیک هفتم ولتاژ ۷۱
شکل۴-۶: دامنه هارمونیک نهم ولتاژ ۷۱
شکل۴-۷: دامنه هارمونیک یازدهم ولتاژ ۷۲
شکل۴-۸: دامنه هارمونیک سیزدهم ولتاژ ۷۲
شکل۴-۹: دامنه هارمونیک سوم جریان ۷۴
شکل۴-۱۰: دامنه هارمونیک پنجم جریان ۷۵
شکل۴-۱۱: دامنه هارمونیک هفتم جریان ۷۵
شکل ۴-۱۲: دامنه هارمونیک نهم جریان ۷۶
شکل۴-۱۳: دامنه هارمونیک یازدهم جریان ۷۷
شکل۴-۱۴: دامنه هارمونیک سیزدهم جریان ۷۷
شکل ۴-۱۵: دامنه هارمونیک سوم ولتاژ برای مولد سنکرون ۷۸
شکل۴-۱۶: دامنه هارمونیک پنجم ولتاژ برای مولد سنکرون ۷۹
شکل۴-۱۷: دامنه هارمونیک هفتم ولتاژ ۸۰
شکل۴-۱۸: دامنه هارمونیک نهم ولتاژ ۸۰
شکل ۴-۱۹: دامنه هارمونیک سوم جریان برای مولد سنکرون ۸۱
شکل ۴-۲۰: دامنه هارمونیک پنجم جریان برای مولد سنکرون ۸۲
شکل۴-۲۱: پروفیل ولتاژ در حالت سنکرون ۸۳
شکل ۴-۲۲: دامنه هارمونیک سوم ولتاژ برای مولد آسنکرون ۸۴
شکل ۴-۲۳: دامنه هارمونیک پنجم ولتاژ برای مولد آسنکرون ۸۴
شکل ۴-۲۴: دامنه هارمونیک نهم ولتاژ برای مولد آسنکرون ۸۵
شکل ۴-۲۵: هارمونیک سوم جریان برای مولد آسنکرون ۸۶
شکل ۴-۲۶: دامنه هارمونیک پنجم جریان برای مولد آسنکرون ۸۶
شکل ۴-۲۷: دامنه هارمونیک نهم جریان ۸۷
شکل ۴-۲۸: پروفیل ولتاژ در حالت آسنکرون ۸۸

شکل ۴-۲۹: دامنه هارمونیک سوم ولتاژ برای مولد سنکرون ۸۹
شکل۴-۳۰: دامنه هارمونیک پنجم ولتاژ برای مولد سنکرون ۹۰
شکل۴-۳۱: دامنه هارمونیک هفتم ولتاژ برای مولد سنکرون ۹۰
شکل ۴-۳۲: دامنه هارمونیک یازدهم ولتاژ ۹۱
شکل ۴-۳۳: دامنه هارمونیک سوم جریان ۹۲
شکل۴-۳۴: دامنه هارمونیک پنجم جریان برای مولد سنکرون ۹۲
شکل۴-۳۵: دامنه هارمونیک نهم جریان برای مولد سنکرون ۹۳
شکل۴-۳۶: پروفیل ولتاژ در طول فیدر برای مکانهای مختلف نصب مولد سنکرون ۹۴
شکل۴-۳۷: هارمونیک سوم ولتاژ برای مولد آسنکرون ۹۵
شکل ۴-۳۸: دامنه هارمونیک پنجم ولتاژ ۹۵
شکل۴-۳۹: دامنه هارمونیک نهم ولتاژ ۹۶
شکل ۴-۴۰: دامنه هارمونیک سوم جریان ۹۷
شکل ۴-۴۱: دامنه هارمونیک پنجم جریان ۹۷
شکل ۴-۴۲: دامنه هارمونیک نهم جریان ۹۸
شکل ۴-۴۳: پروفیل ولتاژ برای منبع تولید پرا کنده آسنکرون در مکانهای مختلف نصب ۹۹
شکل ۴-۴۴: ماتریس Over&Under ۱۰۷
شکل ۴-۴۵: فیدر ۷ پست شرق یزد ۱۰۷
شکل۴-۴۶: ماتریس ولتاژ باسها در حالت مولد سنکرون در نرم افزار DIgSilent ۱۰۸
شکل ۴-۴۷: ماتریس Over&Under در نرم افزار DIgSilent ۱۰۹
شکل ۴-۴۸: مقادیر تابع معیار ۱۱۰
شکل ۴-۴۹: مکان مناسب نصب مولد سنکرون ۱۱۱
شکل ۴-۵۰ : ماتریس Over&Under برای مولد آسنکرون ۱۱۱
شکل ۴-۵۱: مکان مناسب نصب مولد آسنکرون ۱۱۲
شکل ۴-۵۲: تعداد افت ولتاژ در حالات مختلف ۱۱۴

شکل ۴-۵۳: اندازه افت ولتاژ در حالات مختلف ۱۱۵
شکل ۴-۵۴: مقایسه ولتاژ برای حالات بهینه استفاده از انواع مولدها ۱۱۷
شکل ۴-۵۵ ماتریس THD ۱۲۰
شکل ۴-۵۶: ماتریس VTHD ۱۲۱
شکل ۴-۵۷: ماتریس THDV برای مولد سنکرون ۱۲۳
شکل۴-۵۸ : ماتریس THDC برای استفاده از مولد سنکرون ۱۲۴
شکل ۴-۵۹: ماتریس PQ ۱۲۴
شکل ۴-۶۰: مقدار تابع معیار در حالت مولد سنکرون ۱۲۵
شکل ۴-۶۱: مکان بهینه برای مولد سنکرون ۱۲۶
شکل ۴-۶۲: مکان بهینه برای مولد آسنکرون ۱۲۷
شکل ۴-۶۳: مقایسه تعداد THD ولتاژ غیر مجاز ۱۲۸
شکل ۴-۶۴ : مقایسه تعداد THD جریان غیر مجاز ۱۲۸
شکل ۴-۶۵ : مقایسه تعداد THD جریان غیر مجاز برای حالات مختلف ۱۲۹
شکل۴-۶۶: مقایسه حالات بهینه برای تعداد باسهای دارای THD ولتاژ غیر مجاز ۱۳۰
شکل ۴-۶۷: مقایسه حالات بهینه برای میزان انحراف THD ولتاژ ۱۳۰
شکل ۴-۶۸: مقایسه حالات بهینه برای THD جریان ۱۳۱
شکل ۴-۶۹: ماتریس SCH ۱۳۶
شکل ۴-۷۰ : ماتریس تعداد خطای سه فاز ۱۳۸
شکل ۴-۷۱: پاسخ بهینه الگوریتم ۱۳۹
شکل ۴-۷۲: مکان بهینه برای مولد سنکرون ۱۳۹
شکل ۴-۷۳: پاسخ بهینه الگوریتم برای مولد آسنکرون ۱۴۰
شکل ۴-۷۴: مکان بهینه برای مولد آسنکرون ۱۴۰
شکل ۴-۷۸: ماتریس PQ در حالت آسنکرون ۱۴۳
شکل ۴-۷۹ : مکان بهینه برای مولد آسنکرون ۱۴۴

شکل ۴-۸۰: ماتریس PQ برای مولد سنکرون ۱۴۴
شکل ۴-۸۱ ..... ۱۴۵
شکل ۴-۸۲ :شبکه مورد بررسی ۱۴۶
شکل ۴-۸۳ ماتریس ولتاژ ۱۴۷
شکل ۴-۸۴ :ماتریس THDV ۱۴۷
شکل ۴-۸۵ :ماتریس THDC ۱۴۸
شکل ۴-۸۶ :ماتریس PQ ۱۴۸
شکل ۴-۸۷: مکان بهینه برای حالت استفاده اینورتر ۱۴۹
شکل ۴-۸۸ :پاسخ الگوریتم ژنتیک در نرم افزار DigSilent ۱۵۰
شکل۴-۸۹: مکان و ظرفیت بهینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۱۵۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: سهم DGها از تولید برق در جهان ۱۳

جدول۳-۲: پتانسیل های بالقوه موجود در کشور. ۲۱

جدول ۳-۵ مرز جریان هارمونیکی(٪) با استفاده از IEEE std.519 ..... ۴۸

جدول ۳-۶:تخریب هارمونیکی بیشینه ولتاژ با استفاده از IEEE std.519 ..... ۴۹

جدول ۳-۷:هارمونیک توالی فاز ۴۹

جدول۳-۱۸:محدوده دامنه تغییرات سریع ولتاژ ۶۱

جدول۴-۱ ..... ۱۱۳