



## دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی مهندسی برق

شبیه سازی پارامترهای کیفیت توان در یک شبکه نمونه

محمد عسجدی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر جلیل زاده

تابستان ۱۳۹۴

## تقدیر و تشکر

بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌های ارزشمند و توجهات بی‌دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر جلیل زاده سپاسگزاری نمایم.

همچنین از تمامی دوستانی که به نحوی در تکمیل این پایان‌نامه مرا یاری نمودند، متشکرم.

محمد عسجدی

تابستان ۹۴

# پایان نامه کارشناسی

تقدیم به پدر ارجمند و روح مادر بزرگوارم

به پاس الطاف بی دریغ و زحمات بی پایانان

## فهرست مطالب

فصل اول	۱
۱. مقدمه	۱
فصل دوم	۴
۲. تعاریف و حدود مجاز پدیده ها	۴
۱-۲- تعاریف	۵
۱-۱-۲- فرورفتگی ولتاژ (افتادگی ولتاژ):	۵
۲-۱-۲- برآمدگی ولتاژ	۶
۳-۱-۲- نوسان ولتاژ (فلیکر):	۶
۴-۱-۲- گذراها	۷
۵-۱-۲- قطعی های کوتاه مدت:	۹
۶-۱-۲- هارمونیک ها:	۹
۷-۱-۲- عدم تعادل ولتاژ:	۱۰
۸-۱-۲- تغییرات فرکانس:	۱۱
۹-۱-۲- تغییرات بلند مدت ولتاژ	۱۱
۲-۲- حدود مجاز پدیده های کیفیت برق:	۱۲
۲-۲-۲- هارمونیک ها	۱۲
۳-۲-۲- هارمونیک های میانی	۱۴
۴-۲-۲- عدم تعادل ولتاژ	۱۴
فصل سوم	۱۵
۳. هارمونیک ها	۱۵
۱-۳- مقدمه:	۱۶
۲-۳- منابع تولید هارمونیک	۱۹
۱-۲-۳- مبدل های AC/DC	۱۹
۲-۲-۳- کوره های الکتریکی:	۲۰
۳-۲-۳- جبران کننده های استاتیکی توان راکتیو	۲۱
۴-۲-۳- ترانسفورمرهای قدرت:	۲۳
۵-۲-۳- لامپ های تخلیه ای	۲۵
۶-۲-۳- سایر منابع	۲۵
۳-۳- آثار هارمونیک ها:	۲۶

- ۳-۱-۳- خازن ها ..... ۲۷
- ۳-۲- لامپ های روشنایی و المان های حرارتی ..... ۳۲
- ۳-۳- موتورهای آسنکرون (القایی) ..... ۳۳
- ۳-۴- ماشین های سنکرون ..... ۳۵
- ۳-۵- ترانسفورمرها ..... ۳۶
- ۳-۶- عملکرد رله ها ..... ۳۹
- ۳-۷- وسایل اندازه گیری انرژی الکتریکی ..... ۴۱
- ۳-۸- کلیدهای فشار قوی ..... ۴۴
- ۳-۹- عایق ها ..... ۴۵
- ۳-۱۰- فیوزها ..... ۴۵
- ۳-۱۱- سیستم های مخابراتی ..... ۴۶
- ۳-۱۲- تاثیرات دیگر هارمونیک ها ..... ۴۶
- ۳-۴- روش های حذف هارمونیک ها: ..... ۴۷
- ۳-۱-۴- روش های چند پالسه ..... ۴۸
- ۳-۲-۴- فیلترهای غیرفعال ..... ۵۲
- ۳-۳-۴- فیلترهای فعال ..... ۵۳
- ۳-۴-۴- روش میکروپروسسوری تزریق جریان ..... ۵۵
- ۳-۴-۵- استفاده از ماشین سنکرون با مدار تحریک رزونانس ..... ۵۷
- ۳-۵- مقررات برخی از کشورها در رابطه با پذیرش مشترکین برق که تولید هارمونیک می نمایند ..... ۵۸
- ۳-۱-۵- کشور آلمان ..... ۵۸
- ۳-۲-۵- کشور استرالیا ..... ۵۸
- ۳-۳-۵- کشور انگلستان ..... ۵۹
- ۳-۴-۵- کشور آمریکا ..... ۶۰
- ۳-۶- مقررات برخی از کشورها در رابطه با مقدار مجاز هارمونیک ها در شبکه های برق با ولتاژ مختلف ..... ۶۱
- ۳-۱-۶- کشور آلمان ..... ۶۲
- ۳-۲-۶- کشور استرالیا ..... ۶۲
- ۳-۳-۶- کشور انگلستان ..... ۶۲
- ۳-۴-۶- کشور آمریکا ..... ۶۳
- ۳-۷- مقادیر اندازه گیری شده هارمونیک ها در شبکه های برق برخی کشورها ..... ۶۴
- فصل چهارم ..... ۶۸

۴. شبیه سازی ..... ۶۸
- ۴-۱- مقدمه ..... ۶۹
- ۴-۱-۱- شبیه سازی شبکه استاندارد IEEE 9 با سه ..... ۶۹
- ۴-۱-۲- اضافه شدن ناگهانی بار ..... ۷۰
- ۴-۱-۳- اضافه شدن بار خازنی (خازن گذاری) ..... ۷۳
- ۴-۱-۴- اثر خازن در صورت وجود یک بار سلفی مانند موتور در شبکه ..... ۷۳
- ۴-۱-۵- کلید زنی یک موتور آسنکرون ..... ۷۴

فهرست جداول

جدول ۱-۲- حدود مجاز فیلکر در شبکه..... ۱۲

جدول ۲-۲- حدود مجاز هارمونیک ولتاژ در شبکه به درصد نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز ۱۳

جدول ۳-۲- حدود مجاز درصد عدم تعادل ولتاژ..... ۱۴

جدول ۱-۳- ولتاژهای هارمونیک تولید شده در کوره ذوب آهن قراضه و کوره گرم کننده..... ۲۱

جدول ۲-۳- حداکثر دامنه جریان های هارمونیک در TCR..... ۲۲

جدول ۳-۳- حد مجاز هارمونیک های ولتاژ در شبکه های برق انگلستان..... ۶۰

جدول ۴-۳- ماکزیمم مقدار مجاز هارمونیک های جریان مشترکین در کشور آمریکا..... ۶۱

جدول ۵-۳- حد مجاز هارمونیک های ولتاژ در شبکه های برق کشور استرالیا..... ۶۲

جدول ۶-۳- حد مجاز هارمونیک های ولتاژ در شبکه های برق کشور انگلستان..... ۶۳

جدول ۷-۳- حد مجاز هارمونیک های ولتاژ در شبکه های برق کشور آمریکا..... ۶۳

جدول ۸-۳- حد مجاز هر نوع هارمونیک ولتاژ در شبکه های برق کشور آمریکا..... ۶۴

جدول ۹-۳- نتایج اندازه گیری های انجام شده در مورد هارمونیک ها در شبکه های توزیع، با ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت که توسط کمیته کاری سیگه..... ۶۵

جدول ۱۰-۳- نتیجه اندازه گیری های انجام شده در مورد هارمونیک ها در شبکه های توزیع (ولتاژ متوسط) و فوق توزیع با ولتاژ ۱ تا ۱۰۰ کیلوولت را که کمیته کاری سیگه..... ۶۶

جدول ۱۱-۳- نتیجه اندازه گیری های انجام شده در مورد هارمونیک ها در شبکه های مختلف ولتاژ زیاد تا ۲۲۰ کیلوولت را که کمیته سیگه..... ۶۷

- فهرست اشکال
- شکل ۱-۲- فرورفتگی ولتاژ ..... ۵
- شکل ۲-۲- برآمدگی ولتاژ ..... ۶
- شکل ۳-۲- کلیدزنی حالت خازنی با ایجاد یک موج در پیک ولتاژ ..... ۸
- شکل ۴-۲- یک ضربه ولتاژ ..... ۸
- شکل ۵-۲- قطعی کوتاه ..... ۹
- شکل ۶-۲- نمای یک هارمونیک ..... ۱۰
- شکل ۷-۲- عدم تعادل ..... ۱۱
- شکل ۱۱-۳- دو مبدل شش پالس در قالب یک تجهیز و یک بار DC برای عملکرد دوازده پالس ..... ۵۰
- شکل ۱-۴- شبکه ۹ باسه استاندارد ..... ۶۹
- شکل ۲-۴- نمایی از سیمولینک که نمایانگر یک بار با توان راکتیو و اکتیو ..... ۷۰
- شکل ۳-۴- ولتاژ خروجی باس های سری اول ..... ۷۱
- شکل ۴-۴- ولتاژ خروجی باس های سری دوم ..... ۷۱
- شکل ۵-۴- ولتاژ خروجی باس های سری سوم ..... ۷۲
- شکل ۶-۴- ولتاژ دچار تغییر باس پنجم ..... ۷۲
- شکل ۷-۴- ولتاژ باس پنجم در اثر خازن گذاری ..... ۷۳
- شکل ۸-۴- نمای شبیه سازی در سیمولینک ..... ۷۴
- شکل ۹-۴- نمودار باس پنجم ..... ۷۴
- شکل ۱۰-۴- ولتاژ باس پنجم ..... ۷۴
- شکل ۱۱-۴- جریان های موتور ..... ۷۵
- شکل ۱۲-۴- گشتاور مغناطیسی ..... ۷۵
- شکل ۱۳-۴- پایداری فرکانسی برخی از شبکه های بزرگ ..... ۷۷





یک تعریف جامع کیفیت برق را کیفیت خدمت توصیف می نمایند که شامل سه مفهوم: قابلیت اطمینان در عرضه، کیفیت برق ارایه شده و نهایتاً تهیه و جمع آوری اطلاعات می باشد. در سال های اخیر، کیفیت برق را همان کیفیت ولتاژ برق نامیده اند.

کیفیت برق تغییرات خصوصیات و مشخصات الکتریکی را نشان می دهد و کیفیت برق مناسب نشان دهنده وضعیت مناسب تغییرات یا اعوجاج یا اغتشاش در کمیت های ولتاژ، جریان و فرکانس بوده که خرابی یا عملکرد نا درست تجهیزات شبکه و مشترکین را به دنبال خواهد داشت.

در مراجع مختلف تعاریف کاملاً متفاوتی برای واژه کیفیت برق وجود دارد. برای مثال شرکت های برق ممکن است واژه کیفیت برق را مترادف با کلمه عدم قطعی برق فرض نموده و با استفاده از آمارهای موجود نشان دهند که قطعی برق بسیار کم و در نتیجه کیفیت بسیار بالا بوده است. در عوض سازندگان وسایل الکتریکی ممکن است کیفیت را " مشخصاتی از شبکه قدرت که توانایی کارکرد مناسب را برای تجهیزات مهیا می سازد " تعریف می کنند.

با افزایش تجهیزات الکترونیکی در شبکه از قبیل کامپیوترها، UPS ها و کنترل دورها و غیره از یک طرف و پیچیده تر شدن شبکه ها از طرف دیگر، موضوع کیفیت برق، فوق العاده اهمیت پیدا کرده است. با توسعه کنترل الکترونیک قدرت در سیستم های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، معرفی تعاریف جانبی و فرعی نیز افزایش یافته است.

بیشترین کارهایی که قبلاً در این زمینه انجام شده است، مربوط به هارمونیک ها می باشد، در حالیکه روز به روز اعوجاج هارمونیک ها مسئله کیفیت را حاد تر می کند، یک مفهوم گسترده تر در خصوص کیفیت برق وجود دارد که شامل تغییرات گذرا برای بررسی و ارزیابی در سازگاری الکترومغناطیسی<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار می گیرد که شامل بهره برداری رضایت بخش و مطلوب اجزاء و سیستم ها بدون تداخل با یکدیگر و یا تداخل با سایر اجزاء سیستم می باشد.

در راه رسیدن به کیفیت برق مطلوب مشترکین مسئول حفظ مقدار اعوجاج و اغتشاش ایجاد خود تا حد مقدار مجاز مشخص شده توسط استاندارد ها می باشند و شرکت های برق مسئول کنترل و نگهداری اعوجاجی در شینه های شبکه تا حد مقدار مجاز تعیین شده در شرایط عادی شبکه می باشد.

واژه کیفیت برق که مشخصات و خصوصیات انرژی الکتریکی را مشخص می نماید ، تعداد بسیار زیادی از اعوجاج های موجود در شبکه را پوشش می دهد.

به طور کلی می توان دلایل زیر را برای توجه روز افزون به مبحث کیفیت برق ذکر نمود : حساسیت تجهیزات الکترونیکی جدید نسبت به تغییرات کیفیت برق بیشتر شده است . بسیاری از وسایل جدید الکترونیکی از کنترل کننده های میکروپروسسوری و المان های الکترونیک قدرت استفاده می کنند و این تجهیزات به بسیاری از انواع اعوجاج های موجود در شبکه قدرت حساس می باشند . حساسیت این تجهیزات الکتریکی به نوبه خود به عملکرد نامناسب تجهیزات منجر خواهد شد که با توجه به تعداد زیاد این وسائل به خصوص در مراکز صنعتی ، بیمارستانی ، آزمایشگاهی و مانند آنها مسایل خاصی را به دنبال خواهد داشت .

تأکید روز افزون بر بهبود راندمان کلی شبکه های قدرت ، باعث استفاده از وسایلی از قبیل محرکه های موتور با قابلیت تنظیم سرعت و نیز خازن های موازی برای بهبود ضریب قدرت شده است . به کمک این خازن ها تلفات شبکه کاهش می یابد اما خازن ها مشخصه امپدانس - فرکانس شبکه را تغییر می دهند و باعث ایجاد پدیده تشدید و در نتیجه تقویت اعوجاج به صورت گذرا و نیز افزایش سطح اعوجاج هارمونیک در شبکه می شوند . از سوی دیگر کنترل کننده های سرعت موتورها ، مقدار هارمونیک ها را در شبکه بالا می برند که باعث بروز نگرانی هایی نسبت به تأثیر آینده اینگونه تجهیزات بروی کیفیت برق شده است . به عبارت دیگر کاربرد وسایل و تجهیزات جدید که از نیازهای مبرم یک سیستم قدرت مدرن است خود عامل به وجود آمدن مشکلات جدیدی شده است که نیاز به بررسی تاثیرات متقابل این گونه تجهیزات بر سیستم و سیستم بر این گونه تجهیزات را لازم می سازد .

آگاهی نسبت به مسایل کیفیت برق نزد مشترکین بالا رفته است . موضوعاتی چون قطع برق ، پایین بودن ولتاژ و پدیده های گذرای مربوط به کلیدزنی روز به روز بیشتر مورد توجه مشترکین قرار می گیرد و شرکت های برق را وادار می سازد که کیفیت برق تحویلی به مشترکین را بهبود بخشند . این بدان معناست که دیگر مشترکین فقط به داشتن برق اکتفا نمی کنند ، بلکه به دلیل استفاده از تجهیزات مدرن ، برقی با کیفیت بالا می خواهند .

به دلیل وجود شبکه مجتمع و به هم پیوسته ، خرابی هر المان شبکه روی تجهیزات دیگر آن شبکه اثر نامطلوبی گذاشته و تبعات بعدی افزونتری را به همراه خواهد داشت . از آنجا که شبکه های قدرت شبکه های وسیعی هستند که به دلایل گوناگون از جمله کیفیت نامناسب برق در آنها وجود دارد . در نتیجه انتشار مشکلات ناشی از کیفیت نامناسب برق در یک شبکه به هم پیوسته در هر لحظه امکان خواهد داشت .

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

