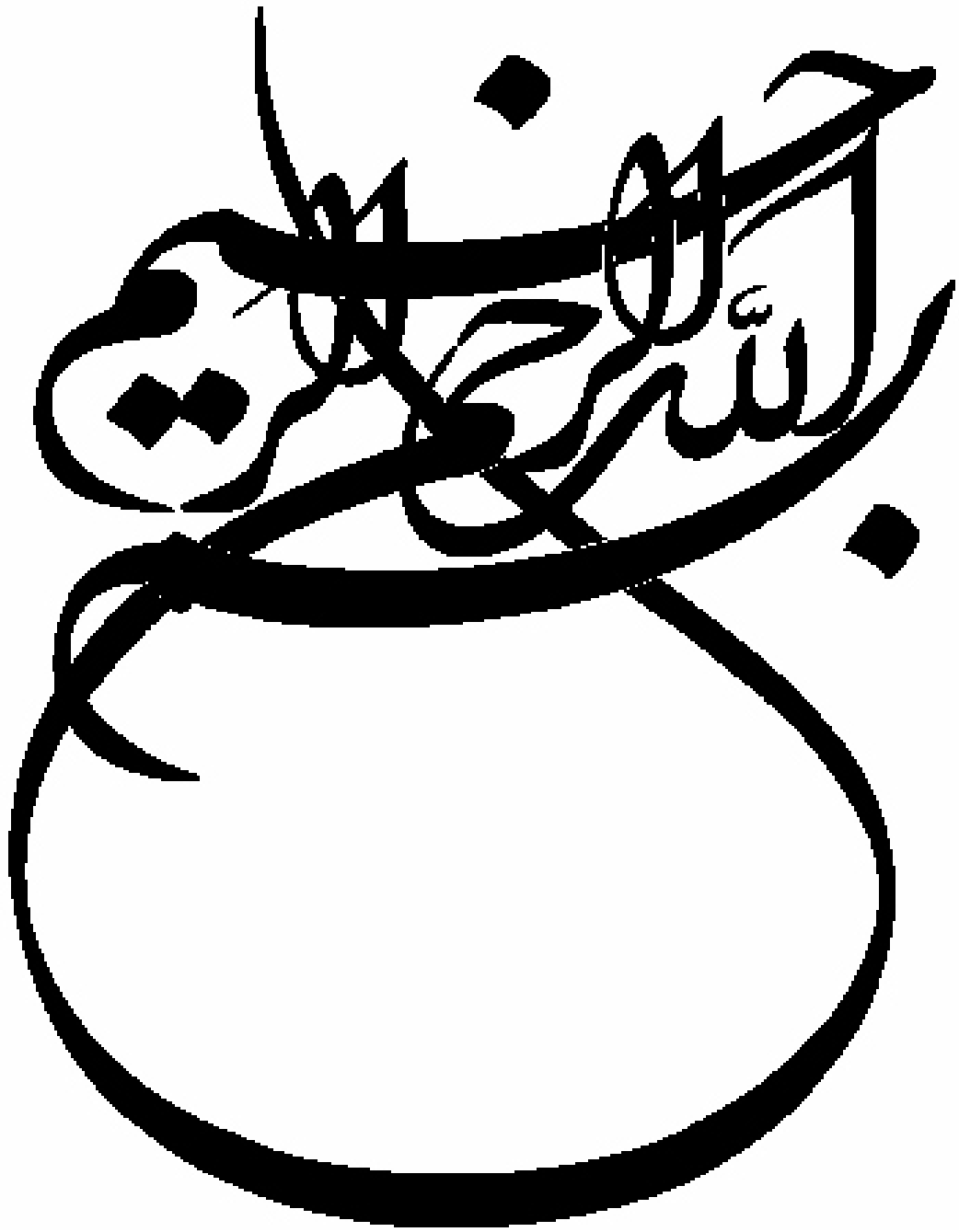


دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

پروژه کارشناسی ارشد

عنوان:

شبیه‌سازی جبرانساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC) بر مبنای کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته

استاد راهنما

حیدر علی شایانفر

استاد مشاور

ناصر مهدوی طباطبائی

دانشجو

احد مختارپور

زمستان ۱۳۸۴

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

پروژه کارشناسی ارشد

عنوان:

شبیه‌سازی جبرانساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC) بر مبنای کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته

دانشجو

احد مختارپور

زمستان ۱۳۸۴

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که از هیچ تلاشی در جهت موفقیت من دریغ نکرده‌اند.

تشکر و قدردانی

اکنون که با یاری خداوند متعال این تحقیق را به پایان رسانیده‌ام، بر خود لازم می‌دانم که از اساتید ارجمند و گرانقدرم جناب آقای دکتر حیدر علی شایانفر به عنوان استاد راهنما و جناب آقای دکتر ناصر مهدوی طباطبائی به عنوان استاد مشاور به جهت راهنمائی‌های بی‌دریغشان در پیشبرد پروژه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از اساتید گرامی جناب آقایان مهندس احد کاظمی، دکتر محمد تقی بطحائی و دکتر علیرضا جلیلیان که در نشست داوری این پایان نامه حضور یافتند، مراتب سپاس را ابراز می‌نمایم.

چکیده

افزایش استفاده از عناصر الکترونیک قدرت، رایانه‌ها و سایر ادوات غیرخطی در سیستم‌های قدرت، باعث ایجاد اختلالات هارمونیکی می‌شود. لذا لزوم توجه، اندازه‌گیری و کنترل کیفیت توان بیش از پیش شده است. فیلترهای سری جهت رفع مشکلات ولتاژ و فیلترهای موازی جهت رفع مشکلات جریان استفاده می‌شوند. برای جبران همزمان مشکلات ولتاژ و جریان در سیستم‌های قدرت، جبرانساز یکپارچه کیفیت توان معرفی شده است. این وسیله متشکل از دو فیلتر اکتیو سری و موازی است که جهت رفع مشکلاتی مانند نامتعادلی و هارمونیک‌های ولتاژ بار به همراه جبران‌سازی هارمونیک‌های جریان منبع و اصلاح ضریب توان استفاده می‌شود. در این پروژه سیستم کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان بر اساس کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته ION[1] شبیه‌سازی خواهد شد. با استفاده از این تجهیزات پیشرفته می‌توان ولتاژها و جریان‌های اندازه‌گیری شده توسط ترانس‌های ولتاژ و جریان را تحلیل و مقادیر هارمونیک‌های اصلی ولتاژ و جریان را به همراه توالی مثبت ولتاژها تعیین کرد. موردی که باید ذکر شود این است که این ادوات، قابلیت‌های فراوانی در زمینه اندازه‌گیری سیستم قدرت دارند و شبیه‌سازی کامل آن غیر قابل اجرا می‌باشد. در این وسیله اندازه‌گیری، فقط بخش تعیین مقادیر هارمونیک‌های اصلی ولتاژ و جریان بار به همراه توالی مثبت ولتاژها مدل‌سازی خواهد شد. نهایتاً بر اساس مدل شبیه‌سازی شده ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته، جبرانسازی نامتعادلی، حذف مولفه dc، منفی و هارمونیک‌های ولتاژ به همراه هارمونیک‌های جریان و اصلاح ضریب قدرت صورت خواهد گرفت. عمل کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان با سه روش صورت خواهد پذیرفت. در حالت اول از روش تعیین مولفه اصلی سیگنال برای کنترل تعیین سیگنال مرجع ولتاژ و جریان استفاده خواهد شد. در حالت دوم از روش تعیین مولفه اصلی برای تولید سیگنال مرجع جریان و از روش تعیین توالی مثبت ولتاژ برای تعیین سیگنال مرجع ولتاژ استفاده خواهد شد. در نهایت در حالت سوم از تئوری PQ برای ایجاد سیگنال مرجع جریان و از روش تعیین توالی مثبت ولتاژ برای تعیین سیگنال مرجع ولتاژ استفاده خواهد شد. در نهایت مقایسه بین سرعت و دقت جبرانسازی آنها انجام شد. با توجه به این مقایسه ملاحظه خواهد شد، سیستمی که در آن از روش تعیین مولفه اصلی سیگنال به عنوان سیگنال مرجع جریان و از روش تعیین توالی مثبت به عنوان سیگنال مرجع ولتاژ استفاده کرده دارای دقت و سرعت جبرانسازی بهتری می‌باشد. علاوه بر آن اندازه‌گیری عملی پارامترهای کیفیت توان در شهرک صنعتی شهید سلیمی به مدت یک هفته صورت گرفته و بخشی از اطلاعات حاصل ارائه خواهد شد. همچنین بر اساس این اطلاعات، در نرم افزار MATLAB کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان صورت خواهد گرفت. نتایج شبیه‌سازی و نتایج عملی اشاره‌گر توانایی این روش در اندازه‌گیری و کنترل کیفیت توان می‌باشند.

[1]- Integrated Object Network

فهرست

مقدمه

فصل اول – کیفیت توان

۱-۱ تعریف کیفیت توان.....۲

۱-۲ تعاریف و اصطلاحات کیفیت توان.....۳

۱-۲-۱ گذراها (Transients).....۴

۱-۲-۲ تغییرات کوتاه مدت ولتاژ.....۵

۱-۲-۳ تغییرات بلند مدت ولتاژ.....۷

۱-۲-٤ نامتعادلی ولتاژ.....۸

۱-۲-۵ اعوجاج شکل موج.....۸

۱-۲-٦ تغییرات ولتاژ.....۹

۱-۲-۷ تغییرات فرکانس.....۹

۱-۲-۸ توان راکتیو.....۹

۱-۲-۹ اضافه ولتاژهای گذرا.....۱۰

۱-۲-۱۰ هارمونیک‌ها.....۱۱

۱-۳ لزوم توجه به سیستم‌های اندازه‌گیری و کنترل.....۱۴

فصل دوم – سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر FACTS

۲-۱ سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر FACTS (Flexible AC Transmission Systems).....۱۶

۲-۲ تجهیزات CP (Custom Power) در شبکه‌های توزیع.....۱۷

۲-۳ تجهیزات CP قطع و وصل.....۱۸

۲-۴ تجهیزات CP کنترل‌پذیر گسسته.....۱۹

۲-۵ تجهیزات CP کنترل‌پذیر پیوسته.....۲۰

۲-۶ تجهیزات CP شامل D-STATCOM.....۲۱

۲-۷ تجهیزات CP شامل DVR.....۲۲

فصل سوم – جبرانساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC)

۳-۱ مقدمه.....۲۵

۳-۲ نقش فیلترهای اکتیو در اصلاح کیفیت توان الکتریکی.....۲۵

۳-۳ فیلترهای اکتیو.....۲۶

۳-۳-۱ فیلتر اکتیو موازی.....۲۷

۲-۳-۳ فیلتر اکتیو سری..... ۲۸
۳-۴ سیستم یکپارچه جبرانساز کیفیت توان (ترکیب فیلتر اکتیو سری و موازی) UPQC..... ۲۹
۱-۴-۳ جبرانساز یکپارچه کیفیت توان، ترکیبی از دو فیلتر اکتیو سری و موازی..... ۲۹
۱-۱-۴-۳ روش جبرانسازی..... ۳۰
۲-۱-۴-۳ روش استخراج جریان..... ۳۱
۳-۱-۴-۳ روش استخراج ولتاژ..... ۳۱
۴-۱-۴-۳ روش ترکیبی..... ۳۲
۵-۱-۴-۳ شارش توان اکتیو و راکتیو..... ۳۴
۲-۴-۳ جبرانساز یکپارچه کیفیت توان، اصول، کنترل و کاربردها..... ۳۶
۱-۲-۴-۳ روش کنترل..... ۳۷
۲-۲-۴-۳ کنترل فیلتر اکتیو موازی..... ۳۹
۳-۲-۴-۳ کنترل فیلتر اکتیو سری..... ۳۹
۳-۴-۳ مدلسازی، آنالیز و کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان..... ۴۱
۱-۳-۴-۳ مدلسازی ریاضیUPQC..... ۴۱
۲-۳-۴-۳ روش کنترل..... ۴۳
۴-۴-۳ شبیه‌سازی جبرانساز یکپارچه کیفیت توان بر اساس آشکارسازی سیگنال کنترل..... ۴۶
۱-۴-۴-۳ مدار PLL..... ۴۷
۲-۴-۴-۳ تنظیم ولتاژ خازن..... ۴۷
۳-۴-۴-۳ مدار آشکارساز جریان جبرانساز..... ۴۸
۴-۴-۴-۳ مدار کنترل فیلتر اکتیو سری..... ۴۸
۵-۴-۴-۳ محاسبه‌گر ولتاژهای جبرانساز..... ۵۰
۵-۴-۳ جبرانساز یکپارچه کیفیت توان، تئوری، مدلسازی و کاربردها..... ۵۰
۱-۵-۴-۳ روش کنترل..... ۵۰
۲-۵-۴-۳ تعیین جریان جبرانساز..... ۵۱
۳-۵-۴-۳ تعیین ولتاژ جبرانساز..... ۵۲
۴-۵-۴-۳ تعیین مقدار توان راکتیو جبرانسازی..... ۵۲
۶-۴-۳ جبرانسازی افت ولتاژ بار با استفاده از جبرانساز یکپارچه کیفیت توان..... ۵۳
۱-۶-۴-۳ دیاگرام فازوری..... ۵۳
۲-۶-۴-۳ روش کنترل..... ۵۴
۷-۴-۳ روش کنترلی جدیدی برای جبرانساز یکپارچه کیفیت توان..... ۵۵
۱-۷-۴-۳ تئوریPQ..... ۵۶

۳-۴-۸ حذف فلیکر ولتاژ با استفاده از جبرانساز یکپارچه کیفیت توان.....۵۷
۳-۴-۸-۱ روش کنترل.....۵۸
۳-۴-۹ جبرانساز یکپارچه کیفیت توان با روش کنترل جدیدی بر مبنای تئوری موجی.....۵۹
۳-۴-۹-۱روش‌های حوزه زمانی.....۵۹
۳-۴-۹-۲ روش‌های حوزه فرکانسی.....۶۰
۳-۴-۹-۳ تئوری موجی گسسته.....۶۰

فصل چهارم – دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته

۴-۱ مقدمه.....۶۳
۴-۲ انتخاب دستگاه اندازه‌گیری مناسب.....۶۳
۴-۳ دستگاه‌های اندازه‌گیری سری ION7000.....۶۴
۴-۴ طراحی داخلی دستگاه‌های اندازه‌گیری ION.....۶۴
۴-۵ طراحی ماجول‌ها و توابع جدید نرم‌افزاری در دستگاه‌های اندازه‌گیری ION.....۶۵
۴-۶ کاربرد دستگاه‌های اندازه‌گیریION.....۶۵
۴-۷ پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط دستگاه اندازه‌گیری ION7330.....۶۷
۴-۷-۱ پارامترهای اصلی.....۶۷
۴-۷-۲ پارامترهای کیفیت توان.....۶۷
۴-۷-۳ پارامترهای انرژی.....۶۸
۴-۸ نصب و تنظیم دستگاه اندازه‌گیری ION7330.....۶۸
۴-۸-۱ روش اول.....۶۸
۴-۸-۲ روش دوم.....۶۹
۴-۸-۳ روش سوم.....۶۹
۴-۹ ارتباط دستگاه ION7330 با رایانه.....۷۰
۴-۱۰ شبکه دستگاه‌های اندازه‌گیری ION7330.....۷۲
۴-۱۱ پروتکل ارتباطی ModBus RTU.....۷۳

فصل پنجم – شبیه‌سازی جبرانساز یکپارچه کیفیت توان

۵-۱ مقدمه.....۷۶
۵-۲ فیلترهای اکتیو سری و موازی.....۷۶
۵-۳ مدل‌سازی عملکرد کنترل فیلتر اکتیو سری بر مبنای کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته.....۷۷
۵-۳-۱ سری فوریه.....۷۷

۵-۳-۲ مدل‌سازی ماجول تعیین‌کننده سری فوریه در دستگاه اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته.....۷۹
۵-۳-۳ مدل‌سازی ماجول تعیین‌کننده توالی مثبت ولتاژ در دستگاه اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته.....۸۲
۵-۳-۳-۱ سیستم شیفت دهنده.....۸۳
۵-۳-۳-۲ فیلتر پائین‌گذر.....۸۳
۵-۳-۳-۳ سیستم جبران دامنه ولتاژ.....۸۴
۵-۴ مدل‌سازی عملکرد کنترل فیلتر اکتیو موازی بر مبنای کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته.....۸۶
۵-۵ نتایج شبیه‌سازی.....۸۹
۵-۵-۱ شبیه‌سازی سیستم کنترل الف.....۹۱
۵-۵-۲ شبیه‌سازی سیستم کنترل ب.....۱۰۰
۵-۵-۳ شبیه‌سازی سیستم کنترل بر مبنای تئوری PQ.....۱۰۸

فصل ششم – اندازه‌گیری عملی توسط دستگاه اندازه‌گیری پیشرفته

۶-۱ اندازه‌گیری عملی توسط دستگاه اندازه‌گیری.....۱۱۴
۶-۲ استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده جهت کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان.....۱۲۳

فصل هفتم - نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

نتیجه‌گیری.....۱۲۶

پیوست.....۱۳۰
مراجع.....۱۳۹

مقدمه

ادوات متعددی به جهت رفع مشکلات کیفیت توان در شبکه‌های الکتریکی پیشنهاد شده است. از آن جمله می‌توان به فیلترهای پسیو و اکتیو سری و موازی اشاره کرد. هر کدام از این ادوات قابلیت اصلاح پاره‌ای از مشکلات کیفیت توان در شبکه توزیع را دارا می‌باشند. در دید کلی، فیلترهای سری برای اصلاح مشکلات ولتاژ (مانند هارمونیک‌های ولتاژ) و فیلترهای موازی برای اصلاح مشکلات جریان (مانند هارمونیک‌های جریان) استفاده می‌شوند. ادوات FACTS[1] قابلیت‌های فراوانی در زمینه کنترل و بهبود کیفیت توان، در سیستم‌های قدرت، ایجاد کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به جبرانسازی هارمونیک‌های ولتاژ و جریان، جبرانسازی توان راکتیو و ضریب توان، حذف مولفه dc و منفی ولتاژ دو سر بار و اصلاح نامتعادلی ولتاژ اشاره کرد. جبرانساز یکپارچه کیفیت توان UPQC[2] متشکل از دو فیلتر موازی و سری است که از طریق یک خازن مشترک تغذیه می‌شوند. این جبرانساز قادر است به طور همزمان عمل اصلاح هارمونیک‌های ولتاژ دو سر بار و جریان خط و ضریب توان را انجام داده و مولفه dc و منفی را از ولتاژ دو سر بار حذف کند. وظیفه بخش کنترلی UPQC تعیین سیگنال‌های جبرانساز ولتاژ و جریان جهت بهبود مشکلات کیفیت توان شبکه‌های توزیع می‌باشد. اولین مقاله در این مورد در سال ۱۹۹۶ توسط Hideaki Fujita و Hirofumi Akagi ارائه شد. در این مقاله اصول اولیه این وسیله به همراه استراتژی کنترل آن بررسی شده بود. در دید کلی مطالعات و استراتژی‌های کنترلی ارائه شده برای UPQC را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

۱- طرح بخش کنترلی با در نظر گرفتن توان‌های اکتیو و راکتیو انتقالی از منبع[۱].

۲- طرح بخش کنترلی بر مبنای تبدیل ولتاژ و جریان به محورهای dqo [۲]و[۳]و[۴].

۳- طرح بخش کنترلی با فرض سینوسی بودن ولتاژ و تعریف مقاومت مجازی برای تعیین جریان جبرانساز[۵].

1 - Flexible AC Transmission Systems
2- Unified Power Quality Conditioner

۴- طراحی بخش کنترلی با توجه به تئوری شیفت فاز[۶].

۵-استفاده از مولفه‌های اصلی به عنوان سیگنال‌های جبرانساز[۲].

۶- استفاده از تئوری مولفه‌های متقارن و تئوری pq [۷]و[۸].

۷- استفاده از تئوری موجی برای تعیین سیگنال‌های جبرانساز[۹].

۸- طراحی بخش کنترلی بر مبنای شبکه‌های عصبی[۱۰].

۹- استفاده از الگوریتم فازی جهت کنترل[۱۱].

در این پروژه کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان بر اساس کار ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته ION شبیه‌سازی خواهد شد. با استفاده از این تجهیزات پیشرفته می‌توان ولتاژها و جریان‌های اندازه‌گیری شده توسط ترانس‌های ولتاژ و جریان را تحلیل و مقادیر هارمونیک‌های اصلی ولتاژ و جریان را به همراه توالی مثبت ولتاژها تعیین کرد. موردی که باید ذکر شود این است که این ادوات، قابلیت‌های فراوانی در زمینه اندازه‌گیری سیستم قدرت دارند و شبیه سازی کامل آن غیر قابل اجرا می‌باشد. در این وسیله اندازه‌گیری، فقط بخش تعیین مقادیر هارمونیک‌های اصلی ولتاژ و جریان بار به همراه توالی مثبت ولتاژها شبیه‌سازی خواهد شد. نهایتاً جبرانسازی نامتعادلی، حذف مولفه dc و منفی به همراه هارمونیک‌های ولتاژ و جریان خط و اصلاح ضریب قدرت بر اساس مدل شبیه‌سازی شده ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته صورت خواهد گرفت. ترتیب عملکرد به صورت زیر است:

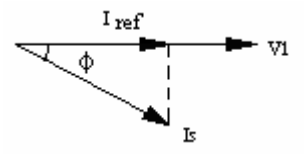
۱- شبیه‌سازی ادوات اندازه‌گیری پیشرفته در نرم افزار MATLAB .

۲- کنترل فیلتر سری با در نظر گرفتن توالی مثبت ولتاژها به عنوان سیگنال مرجع.

۳- کنترل فیلتر سری با در نظر گرفتن مولفه اصلی ولتاژ دو سر بار به عنوان سیگنال.

۴- کنترل فیلتر موازی با در نظر گرفتن مولفه مماسی هارمونیک اصلی جریان بر ولتاژ به عنوان سیگنال مرجع.

شکل (۱) نشانگر نحوه تعیین سیگنال مرجع جریان است.



شکل (۱)

در واقع کنترل UPQC به دو صورت شبیه‌سازی خواهد شد. ابتدا با در نظر گرفتن بخش کنترلی بند ۲ و۴ و سپس با در نظر گرفتن بخش کنترلی قسمت ۳ و۴.

در فصل اول مروری بر تعریف کیفیت توان و اصطلاحات مربوطه شده، علل وقوع و تاثیرات آنها مشخص خواهد شد. فصل دوم مروری بر ادوات FACTS کرده و جایگاه UPQC را در بین آنها مشخص خواهد کرد. در فصل سوم فیلترهای اکتیو سری و موازی و در نهایت جبرانساز یکپارچه کیفیت توان معرفی خواهد شد. همچنین مروری بر تمام سیستمهای کنترل ارائه شده برای این وسیله در مقالات معتبر خواهد شد. در فصل چهارم ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته بررسی و پاره‌ای از قابلیتهای مربوطه بیان خواهد شد.

در فصل پنجم، مدل‌سازی ادوات اندازه‌گیری و کنترل پیشرفته به همراه شبیه‌سازی جبرانساز یکپارچه کیفیت توان بر مبنای کار این ادوات در نرم افزار MATLAB انجام شده و نتایج ارائه و بررسی خواهند شد. در فصل ششم اندازه‌گیری عملی پارامترهای کیفیت توان در شهرک صنعتی شهید سلیمی صورت گرفته و بخشی از اطلاعات حاصل ارائه خواهد شد. همچنین بر اساس این اطلاعات، در نرم افزار MATLAB کنترل جبرانساز یکپارچه کیفیت توان صورت خواهد گرفت. نهایتاً در فصل هفتم جمع بندی و نتیجه گیری به همراه پیشنهادات ذکر خواهد شد.

فصل اول

کیفیت توان

۱-۱ تعریف کیفیت توان

در مراجع مختلف تعاریف متفاوتی برای کیفیت توان ارائه شده است. بعنوان مثال شرکت‌های برق، کیفیت توان را مترادف با قابلیت اطمینان تعریف کرده‌اند و یا سازندگان وسایل الکتریکی کیفیت توان را بصورت کارکرد مناسب دستگاه‌ها بر اساس مشخصات منبع تغذیه تعریف می‌کنند. یکی از تعاریف ارائه شده برای کیفیت توان بر اساس استاندارد IEEE1100 می‌باشد. در این تعریف، کیفیت تغذیه تجهیزات الکترونیکی، جهت دسترسی به عملکرد مناسب را کیفیت توان مطلوب گفته‌اند. بنابراین هر گونه انحراف ولتاژ، جریان و فرکانس از شرایط ایده‌آل در شبکه قدرت را که موجب اختلال در عملکرد سیستم مورد نظر گردد، مشکل کیفیت توان گویند. شبکه قدرت ایده‌ال شبکه‌ای است که شکل موج‌های ولتاژ و جریان آن در تمامی نقاط شبکه، سینوسی و هم‌فاز بوده همچنین فرکانس و دامنه ولتاژ در آن ثابت باشد. در اصطلاح مهندسی، توان عبارتست از نرخ انتقال انرژی و متناسب با حاصلضرب ولتاژ در جریان است. شبکه توزیع فقط می‌تواند کیفیت ولتاژ را کنترل کند و هیچ کنترلی روی جریان ندارد. بنابراین استانداردهای کیفیت توان حدود مجاز ولتاژ را مشخص می‌کنند. اگر چه ژنراتورها یک موج ولتاژ تقریباً سینوسی کامل تولید می‌کنند ولی جریان عبوری از امپدانس شبکه می‌تواند موجب بروز اغتشاشات ولتاژی متعددی گردد. بعنوان مثال جریان حاصل از یک اتصال کوتاه، موجب کاهش ولتاژ یا صفر شدن آن می‌گردد و یا جریان‌های ناشی از اصابت صاعقه، در عبور از شبکه قدرت ولتاژهای ضربه‌ای بزرگی را ایجاد می‌کنند که عموماً باعث جرقه روی عایق‌ها گشته و در نتیجه آن پدیده‌های دیگری از قبیل اتصال کوتاه بوجود می‌آید. بنابراین باید مسئله کیفیت جریان نیز مد نظر قرار گیرد. یکی دیگر از دلایل توجه به کیفیت توان، مسائل اقتصادی است. مشکلات کیفیت توان می‌تواند ضررهای اقتصادی روی مشترکین صنعتی داشته باشد. بعنوان مثال در اثر عملکرد کلید قدرت شبکه توزیع یک کارخانه، خط تولید از کار افتاده و برای راه‌اندازی مجدد آن چند ساعت وقت لازم است که اینکار برای کارخانه مستلزم هزینه‌هایی می‌باشد. بطور کلی چهار دلیل را برای توجه به مساله کیفیت توان به صورت زیر می‌توان بیان کرد[۱۲]:

- حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی نسبت به ادوات قدیمی بیشتر شده است.

- رشد مداوم استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت، باعث افزایش سطح هارمونیکی شده است.
- مشترکین نسبت به مسائل کیفیت توان آگاهی بیشتری یافته و به دنبال افزایش بهره‌وری می‌باشند.
- به علت اتصال شبکه‌ها به همدیگر، اختلال موجود در یک نقطه از سیستم قدرت، در بقیه نقاط سیستم تاثیر نامطلوب خواهد داشت.

۱-۲ تعاریف و اصطلاحات کیفیت توان

پدیده‌ها، اصطلاحات و استانداردهای کیفیت توان توسط انجمن مهندسین برق و الکترونیک[1] و موسسه IEC تعریف شده‌اند. استاندارد IEC پدیده‌های الکترومغناطیسی را در گروه‌های جدول ۱-۱ دسته‌بندی کرده است.

جدول ۱-۱ دسته‌بندی پدیده‌های الکترومغناطیسی بر اساس استاندارد IEC [۱۲]

۱- پدیده های هدایتی فرکانس پائین هارمونیک ها، میان هارمونیک ها سیستم های پیام رسانی (PLS) تغییرات ولتاژ افتادگی (فرورفتگی، کمبود) ولتاژ و قطعی ها عدم تعادل ولتاژ تغییرات فرکانس قدرت ولتاژهای القائی فرکانس پائین مولفه DC در شبکه AC
۲- پدیده های تشعشعی فرکانس پائین میدانهای مغناطیسی میدانهای الکتریکی
۳- پدیده های هدایتی فرکانس بالا ولتاژ و یا جریانهای القائی با شکل موج پیوسته گذراهای یک جهته گذراهای نوسانی
۴- پدیده های تشعشعی فرکانس بالا میدانهای مغناطیسی میدانهای الکتریکی میدانهای الکترومغناطیسی امواج پیوسته گذراها
۵- پدیده های تخلیه الکترو استاتیک
۶- پالس الکترومغناطیسی ناشی از فعالیتهای هسته ای

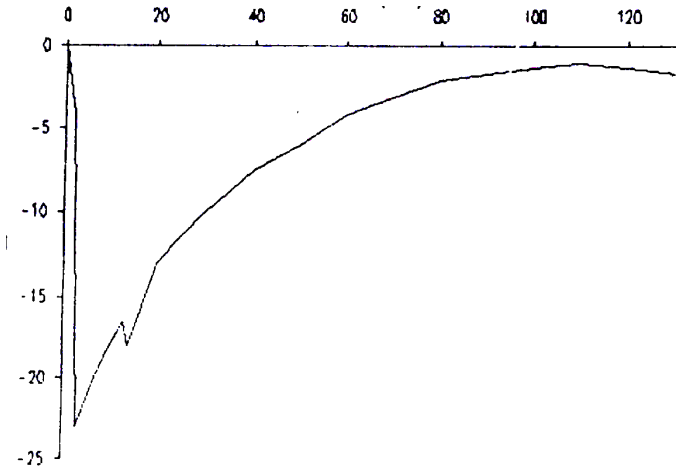
[1]- IEEE

۱-۲-۱ گذراها (Transients)

گذراها به پدیده‌های نامطلوبی گفته می‌شود که طبیعتی لحظه‌ای دارند. بخشی از تغییرات حاصل از آنها در انتقال از یک نقطه کار به نقطه کار دیگر میرا می‌شوند. عموماً در سیستم قدرت دو نوع گذرای ضربه‌ای و نوسانی به صورت زیر داریم.

الف- گذرای ضربه‌ای

گذرای ضربه‌ای تغییراتی ناگهانی با فرکانسی غیر از فرکانس سیستم قدرت و با پلاریته مثبت یا منفی می‌باشد. در شکل ۱-۱ این نوع گذرا نشان داده شده است[۱۲]. عامل اصلی ایجاد گذرای ضربه‌ای، صاعقه بوده که زیاد هم دوام نمی‌آورد. اما گاهی ممکن است پس از طی مسافتی به شبکه توزیع نیز برسد. گذراهای ضربه‌ای می‌توانند فرکانس طبیعی مدارهای قدرت را تحریک نموده و باعث ظهور گذراهای نوسانی شوند.

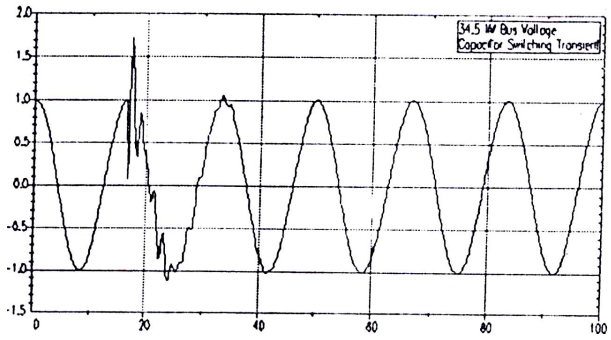


شکل ۱-۱ جریان گذرای ضربه‌ای ناشی از صاعقه [۱۲]

ب- گذرای نوسانی

گذرای نوسانی مانند گذرای ضربه‌ای است با این تفاوت که هر دو پلاریته مثبت و منفی را دارا بوده و سریعاً تغییر پلاریته می‌دهد. این نوع گذرا در شکل ۱-۲ نشان داده شده است[۱۲]. گذرای نوسانی از لحاظ فرکانس به سه نوع فرکانس بالا، متوسط و کم تقسیم می‌شود. گذراهای نوسانی با فرکانس بالاتر از ۵۰۰ کیلو هرتز و تداوم زمانی در حد میکرو ثانیه، بعنوان گذرای نوسانی فرکانس

بالا در نظر گرفته می‌شوند. گذراهایی که دارای مولفه‌های فرکانسی بین ۵ و ۵۰۰ کیلو هرتز با تداوم چند ده میکرو ثانیه باشند، گذرای نوسانی فرکانس متوسط نامیده می‌شوند. گذراهائی که مولفه اصلی فرکانس آن کمتر از ۵ کیلو هرتز و تداوم آن از ۳/ ۰تا ۵ میلی ثانیه باشد، به عنوان گذرای فرکانس پائین در نظر گرفته می‌شوند.



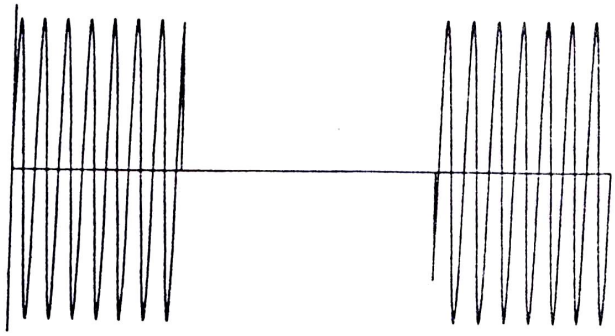
شکل ۱-۲ گذرای نوسانی ناشی از وصل بانک خازنی [۱۲]

۱-۲-۲ تغییرات کوتاه مدت ولتاژ

این پدیده در دسته فرورفتگی‌های ولتاژ و قطعی‌های کوتاه مدت IEC جای داشته و به سه دسته آنی، لحظه‌ای و موقتی تقسیم می‌شود. تغییرات کوتاه مدت ولتاژ، اغلب در اثر عدم اتصال محکم سیم‌بندی‌ها و همچنین وصل بارهای بزرگی که نیاز به جریان راه اندازی زیاد دارند، بوجود می‌آیند. این تغییرات شامل موارد زیر می‌باشند[۱۲].

الف- قطعی

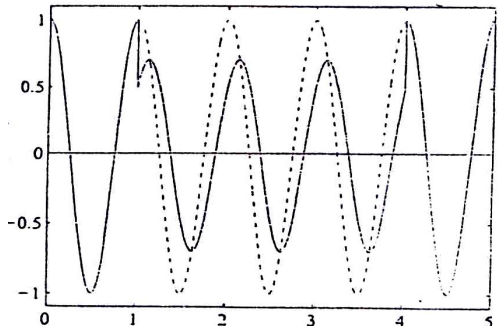
قطعی، موقعی اتفاق می‌افتد که ولتاژ یا جریان بار، برای مدت کمتر از یک دقیقه به مقدار کمتر از ۰/۱ پریونیت کاهش یابد. عوامل موثر در قطعی می‌تواند اتصال کوتاه در سیستم قدرت، خرابی دستگاه و عملکرد نامناسب سیستم کنترل باشد. بعضی از قطعی‌ها ممکن است بعد از یک کمبود ولتاژ ناشی از خطای اتصال کوتاه، در سیستم رخ بدهد. معمولاً قطعی‌ها موقتی یا دائم بوده و قطعی‌های موقتی (از ۲ تا ۵ سیکل) موجب قطع کامل ولتاژ برای چند لحظه می‌شوند. شکل ۱-۳ نوعی از قطعی را نشان می‌دهد[۱۲].



شکل ۱-۳ تغییر کوتاه مدت ولتاژ (قطعی) [۱۲]

ب- افتادگی (فرورفتگی، کمبود، کاهش) ولتاژ[1]

کاهش مقدار موثر ولتاژ به میزان ۰/۱ الی ۰/۹ پریونیت و با طول زمانی ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه (معمولاً ۰/۵ سیکل تا۳۰ سیکل) را کمبود کوتاه مدت ولتاژ می‌نامند. کمبود ولتاژ معمولاً با خطاهای اتصال کوتاه همراه بوده و بعضی مواقع ناشی از راه‌اندازی موتورهای پرقدرت می‌باشد. برای حل مشکلات کمبود ولتاژ در دستگاه‌هائی که کنترل کننده‌های اتوماتیک دارند از منابع تغذیه بدون قطع[2] استفاده شده و در بعضی مناطق از بریکرهای بازبست استفاده می‌گردد. برای مقابله با کمبود ولتاژ از ترانسفورماتورهای فرورزونانس و جمع‌کننده‌های مغناطیسی نیز استفاده می‌شود. جمع‌کننده‌های مغناطیسی برای بارهای بزرگ استفاده شده و به این ترتیب کمبود ولتاژها را جبران می‌کنند. شکل۱-۴ نشانگر نوعی افتادگی ولتاژ است[۱۲].



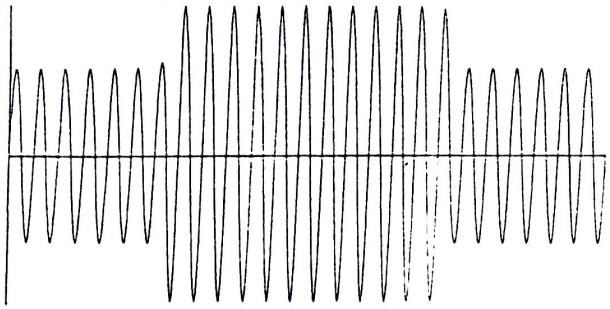
شکل ۱-۴ افتادگی ولتاژ [۱۲]

[1] - Sag

[2] - UPS

پ- برآمدگی (بیشبود، افزایش) ولتاژ[1]

برآمدگی ولتاژ بصورت افزایش مقدار موثر ولتاژ بین ۱/۱ الی ۱/۸ پریونیت و با طول زمانی ۰/۵ سیکل تا یک دقیقه تعریف می‌شود. افزایش ولتاژ معمولاً بر اثر خطاهای اتصال کوتاه در سیستم بوجود می‌آید. شکل ۱-۵ نشانگر نوعی افزایش ولتاژ است[۱۲].



شکل ۱-۵ افزایش ولتاژ [۱۲]

۱-۲-۳ تغییرات بلند مدت ولتاژ

تغییرات بلند مدت، هر گونه تغییر در مقدار موثر ولتاژ (بصورت اضافه و یا کاهش) و برای زمان بیشتر از ۱ دقیقه را شامل می‌شود. این پدیده بر اثر عواملی چون تغییرات بار و کلیدزنی در سیستم قدرت ایجاد می‌شود[۱۲]. انواع این پدیده در زیر اشاره شده است.

الف- اضافه ولتاژ

افزایش مقدار موثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد و برای مدت بیش از یک دقیقه به عنوان اضافه ولتاژ بلند مدت نامیده می‌شود. این پدیده بر اثر عواملی مانند از مدار خارج شدن بارهای بزرگ و یا وارد مدار شدن بانک‌های خازنی بوجود می‌آید.

ب- کاهش ولتاژ

کاهش مقدار موثر ولتاژ به میزان بیش از ده درصد، با طول زمانی بیش از یک دقیقه به عنوان کاهش ولتاژ بلند مدت گفته می‌شود. این پدیده بر اثر عواملی مثل وارد مدار شدن بارهای بزرگ و یا از مدار خارج شدن بانک‌های خازنی بوجود می‌آید.

[1] - Swell