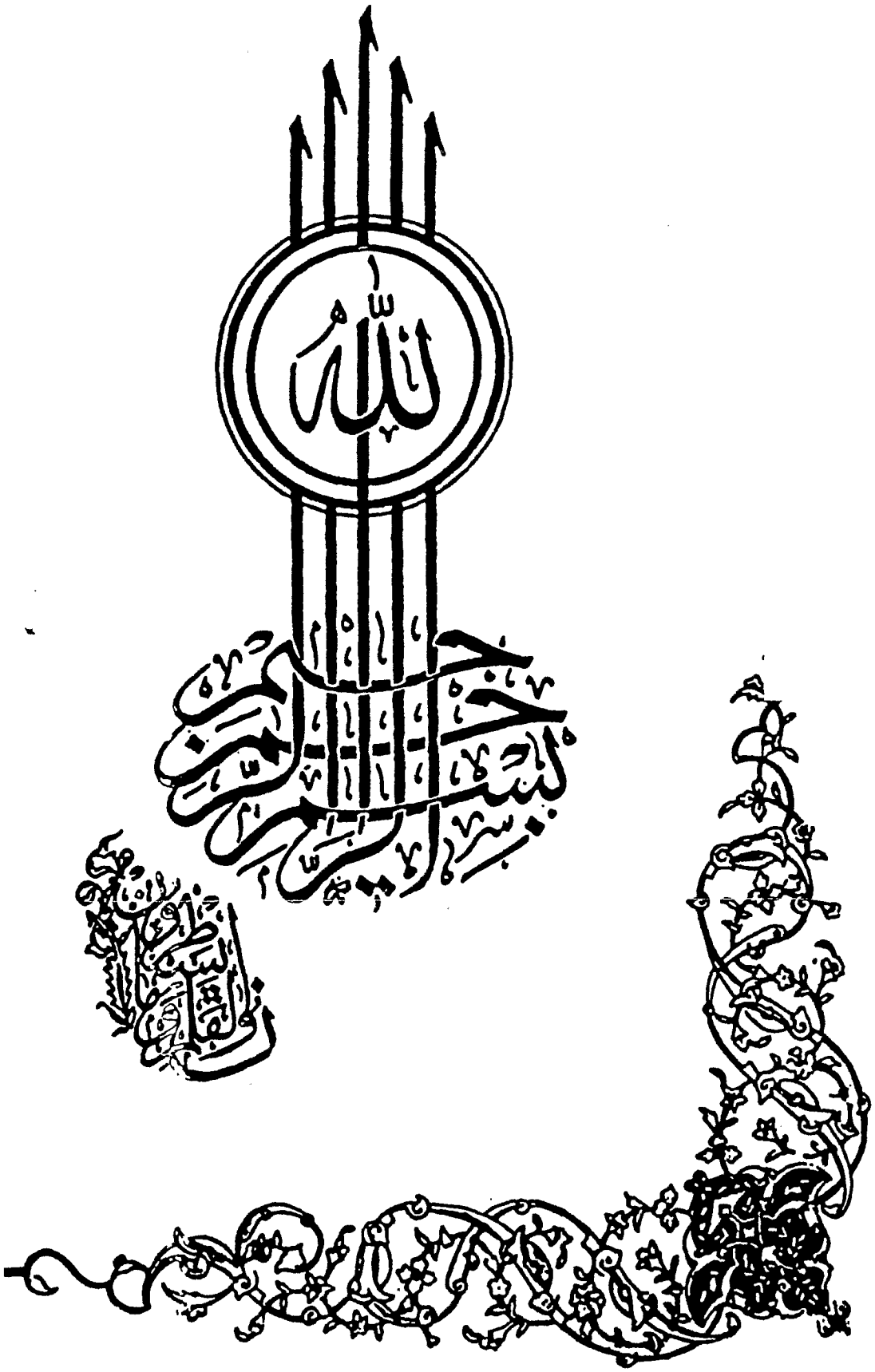

٤٨٣٩٠

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
مرکز مدارک

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

۱۳۸۲ /۷/ ۴۰

جبران همزمان توان راکتیو و هارمونیکهای شبکه براساس کنترل بهنگام یک اینورتر منبع جریان

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

بهرام حیدر علیزاده افشار

٤٨٣٩٠

استاد راهنما

دکتر حمید رضا کارشناس

۱۳۸۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تحت شماره ۱۳۸۲/۷/۴۰

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق- قدرت آقای بهرام حیدرعلیزاده افشار

تحت عنوان

جبران همزمان توان راکتیو و هارمونیکهای شبکه براساس کنترل بهنگام یک اینورتر منبع جریان

در تاریخ ۱۳۸۱/۸/۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر حمید رضا کارشناس

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر علیرضا بخشایی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علیمحمد دوست حسینی

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که حمد مختص ذات اوست. خدا را شکرگزار هستم که به من توفیق داد تا این دوره را به پایان برسانم. بی شک گذارندن این دوره بدون همکاری و همراهی خانواده، اساتید، دوستان و همکاران ارجمندم امکانپذیر نبود لذا از خداوند متعال موفقیت و بهروزی این عزیزان را خواستارم.

لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ برادرم و خانوادهٔ عزیزم که در دوران تحصیل یار و مشوق بنده بوده‌اند و راه را در این راه هموار نموده‌اند تشکر و قدردانی کنم.

معلمان، دبیران و اساتید تمام دوران تحصیلاتم حقی بزرگ بر من دارند که تا پایان عمر مرا وام دار این عزیزان می‌کند لذا از تمام عزیزانی که در طول این دوران از محضرشان بهرهمند شده‌ام سپاسگزاری می‌کنم.

از استاد و برادر بزرگوارم، جناب آقای دکتر حمید رضا کارشناس که با رهنمودهایشان نه تنها در طول انجام پایان نامه، بلکه در تمام دوره همراه بنده بوده‌اند قدردانی می‌کنم. همچنین از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر علیرضا بخشایی که در طول این دوره از نعمت مشاوره با ایشان بهره‌مند بوده‌ام تشکر و قدردانی می کنم.

از اساتید ارجمند، آقایان دکتر سید مرتضی سقاییان نژاد و دکتر محمد ابراهیمی که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند متشکرم.

همچنین از اساتید ارجمندم آقایان دکتر علیمحمد دوست‌حسینی ، دکتر مهدی معلم، دکتر محمد اسماعیل همدانی گلشن، دکتر حسن قوجه بگلو، دکتر جعفر سلطانی و دکتر اکبر ابراهیمی که در طول این دوره از محضرشان بهره‌مند شده‌ام سپاسگزاری می‌کنم.

همچنین از دوستان عزیزم احسان ایمانیان، علی آذرنوش، رضا بهرام‌زاده و سایر عزیزانی که در طول این دوره مرا آموخته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بهرام حیدر علیزاده افشار

آبان ماه ۱۳۸۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـــات، ابتکارات
و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پـایـان نامه
متعلق به دانشگـــاه صنعتـــی اصفهان است.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فهرست مطالب ..... هفت
چکیده فارسی ۱

فصل اول : مقدمه ۲

فصل دوم:کاربرد سیستم الکترونیک قدرت در شبکه توزیع

۲-۱ مقدمه ۶
۲-۱ کیفیت توان چیست؟ ۷
۲-۲ ارتباط کیفیت توان با کیفیت ولتاژ ۱۰
۲-۳ اختلالات کیفیت توان ۱۱
۲-۳ روش‌های بهبود کیفیت توان در شبکه توزیع ۱۳
۲-۴ تجهیزات Custom Power ۱۴
۲-۴-۱ STATCOM در شبکه توزیع ۱۵
۲-۴-۲ جبران‌کننده دینامیکی ولتاژ (DVR) ۱۹
۲-۴-۳ UPFC در شبکه توزیع ۲۲
۲-۴-۴ فیلترهای اکتیو در شبکه توزیع ۲۳
۲-۴-۵ کلیدهای نیمه هادی ۲۵
۲-۵ توان راکتیو و جبران آن ۲۷
۲-۶ D-STATCOM به عنوان جبران‌کننده توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی ۲۷
۲-۷ مقایسه مبدل‌های جریان و ولتاژ ۲۷
۲-۸ ساختار مبدل نوع جریان برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی ۲۹
۲-۹ نتیجه‌گیری ۳۰

فصل سوم: روش‌های تولید جریان مرجع

۳-۱ مقدمه ۳۱
۳-۲ روش‌های استخراج سیگنال مرجع ۳۱
۳-۲-۱ استخراج مولفه اصلی جریان با استفاده فیلترهای میان‌گذر ۳۱
۳-۲-۲ تخمین دامنه و فاز مولفه اصلی با فرض ثابت بودن فرکانس توسط الگوریتم وفقی ۳۳
۳-۲-۳ روش تخمین جریان مرجع مستقل از فرکانس ۳۳

۳-۲-۴ تئوری توان راکتیو لحظه‌ای و استخراج جریان مرجع ۳۷
۳-۲-۵ روش تعمیم یافته تئوری توان راکتیو لحظه‌ای ۴۰
۳-۳ جبران کنندگی‌های مختلف با روش تعمیم یافته تئوری توان راکتیو لحظه‌ای ۴۵
۳-۴ جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی توسط روش تعمیم یافته ۴۸
۳-۵ نتیجه‌گیری ۴۹

فصل چهارم: ساختار مبدل نوع جریان برای استفاده در یک D-STATCOM

۴-۱ مقدمه ۵۰
۴-۲ ساختار یک D-STATCOM بر پایه مبدل نوع جریان ۵۱
۴-۳ روش‌های تولید جریان PWM در مبدل نوع جریان ۵۱
۴-۳-۱ روش PWM سینوسی برای مبدل نوع جریان ۵۳
۴-۳-۲ روش PWM توسط بردارهای فضایی ۵۶
۴-۴ قابلیت تعقیب جریان مرجع با شکل موج دلخواه توسط بردارهای فضایی در مبدل جریان ۵۹
۴-۵ نتیجه‌گیری ۶۱

فصل پنجم: عملکرد مبدل نوع جریان در جبران توان راکتیو و جریان هارمونیکی

۵-۱ مقدمه ۶۲
۵-۲ منبع جریان کنترل‌شونده به عنوان مبدل جریان ایده‌آل ۶۳
۵-۳ مبدل نوع جریان با منبع جریان ایده‌آل در طرف DC ۶۵
۵-۴ مبدل نوع جریان با جایگزینی سلف بجای منبع جریان ایده‌آل ۶۷
۵-۵ بلوک دیاگرام و مدارهای کنترلی مبدل D-STATCOM ۶۸
۵-۶ عملکرد D-STATCOM بر پایه مبدل نوع جریان، با جایگزینی سلف بجای منبع جریان ایده‌آل ۶۹
۵-۷ پاسخ سیستم جبران‌کننده به تغییرات بار ۷۰
۵-۸ بررسی هارمونیکی و THD متغییرهای سیستم ۷۱
۵-۹ تنظیم جزیان سلف DC ۷۲

فصل ششم: نتایج و پیشنهادات

۶-۱ نتایج ۷۵
۶-۲ پیشنهادات ۷۶

مراجع ۷۷

چکیده

با توجه به رشد روزافزون مصرف انرژی الکتریکی و بارهای غیرخطی در سیستم قدرت، بهره‌برداری بهینه از سیستم قدرت و ارائه توان الکتریکی با کیفیت بالا، از مسایل مهم مهندسی برق می‌باشد. سیستم‌های الکترونیک قدرت از یکسو منشاء جریان‌های هارمونیکی و اختلالات کیفیت توان در شبکه هستند و از سوی دیگر با استفاده از سیستم‌های الکترونیک قدرت می‌توان کیفیت توان را در شبکه بهبود بخشید. در این راستا تجهیزات Custom Power برای بهبود کیفیت توان در شبکه توزیع گسترش یافته‌اند. فیلتر اکتیو و D-STATCOM از تجهیزات Custom Power هستند که برای جبران همزمان توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی می‌توان از آنها استفاده کرد. این مبدل‌ها بعنوان منابع جریان کنترل شونده، جریان‌های جبران‌کنندگی را بصورت موازی به شبکه تزریق می‌کنند. به همین منظور می‌توان از مبدل‌های نوع ولتاژ یا جریان بعنوان جبران‌کننده استفاده کرد. در این تحقیق از یک مبدل نوع جریان برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی ناشی از یک یکسوکننده کنترل‌شده استفاده شده است. این مبدل با استفاده از اندیس مدولاسیون کنترل می‌شود. برای عملکرد صحیح یک جبران‌کننده به جریان مرجع دقیق نیاز است. در این تحقیق از روش تعمیم‌یافته تئوری توان راکتیو لحظه‌ای برای استخراج جریان مرجع استفاده شده است. برای تولید جریان‌های PWM در مبدل جریان از روش مدولاسیون بردارهای فضایی استفاده شده است. عملکرد جبران‌کننده با استفاده از نرم‌افزار PSCAD/EMTDC شبیه‌سازی شده و صحت جبران‌کنندگی تایید گردیده است.

فصل اول

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون مصرف انرژی الکتریکی و رشد بارهای غیرخطی در سیستم قدرت، بهره‌برداری بهینه از این سیستم و ارائه توان الکتریکی با کیفیت بالا، از مسائل مهم مهندسی برق می‌باشد. امروزه مصرف کننده‌های انرژی الکتریکی خواستار قابلیت اطمینان و کیفیت بالا در شبکه توزیع هستند. لذا شرکتهای برق در صدد بهبود کیفیت توان و قابلیت اطمینان در شبکه هستند. سیستم‌های الکترونیک قدرت از یکسو منشاء جریان‌های هارمونیکی و اختلالات کیفیت توان در سیستم قدرت هستند(مانند درایوهای الکتریکی و یکسوکننده‌ها) و از سوی دیگر با استفاده از سیستم‌های الکترونیک قدرت می‌توان کیفیت توان را در شبکه بهبود بخشید. با پیشرفت‌های روزافزون در سیستم‌های الکترونیک قدرت، بر بهبود ساختار و عملکرد سیستمهای انتقال وتوزیع توان الکتریکی، تأکید زیادی وجود دارد. عبارت کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ بصورت یکی از معروفترین واژه‌های صنعت برق درآمده است. این واژه بعنوان یک مفهوم فراگیر برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت بکار می‌رود. موضوعاتی که در ارتباط با این مفهوم قرار دارند، الزاماً جدید نیستند. آنچه جدید است، تلاش کنونی مهندسین برای برخورد با این مفهوم از یک دیدگاه سیستماتیک است.

بطور کلی چهار دلیل را می‌توان برای توجه روزافزون به این مطلب عنوان کرد:

- حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورد استفاده درگذشته، نسبت به تغییرات کیفیت توان بیشتر شده است. به گونه‌ای که بسیاری از تجهیزات مشترکین دارای کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیک قدرت هستند، که به بسیاری از اغتشاشات حساس می‌باشند.
- اهمیت روزافزون بهبود راندمان کلی سیستم قدرت، موجب رشد مداوم استفاده از تجهیزات پربازده، از قبیل محرکه‌های پربازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازنهای موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است. این امر موجب افزایش سطح هارمونیکی درشبکه‌های قدرت شده است. لذا بسیاری از کارشناسان نگران عواقب آتی آن روی شبکه هستند.
- افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت توان، مطلع شدن مصرف کنندگان برق از موضوعاتی مانند قطعی‌ها، کمبود ولتاژها و گذراهای کلیدزنی موجب شده است که شرکتهای برق نسبت به بهبود کیفیت توان تحویلی اهمیت بیشتری قایل شوند.
- 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 مراجع مختلف می‌توان مشاهده کرد که تعاریف کاملاً متفاوتی برای کیفیت توان ارائه شده است. بعنوان مثال می‌توان به تعریف زیر اشاره کرد[۱]:

«هرگونه مشکلی که باعث تغییر در ولتاژ، جریان یا فرکانس گردد و موجب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده شود، بعنوان یک مشکل کیفیت توان مطرح است».

در راستای طرح و توسعه سیستمهای الکترونیک قدرت، مؤسسه تحقیقات توان الکتریکی[1] در کالیفرنیا، مفاهیم FACTS در سیستمهای انتقال و Custom Power در سیستمهای توزیع را معرفی کرده است. ادوات FACTS در جهت کنترل بهتر توان عبوری از شبکه و افزایش بارگذاری در سیستمهای انتقال، تا محدوده گرمایی تجهیزات، عمل می‌کنند. از طرفی تجهیزات Custom Power در صدد بهبود قابلیت و اطمینان کیفیت توان در شبکه توزیع هستند[۱].

از میان تجهیزات Custom Power، فیلتر اکتیو و D-STATCOM به صورت موازی به شبکه متصل می‌شوند و به عنوان یک منبع جریان کنترل‌شونده، اعوجاج هارمونیکی ناشی از بارهای غیرخطی را اصلاح می‌کنند. این مبدل‌ها قابلیت جبران توان راکتیو مورد نیاز بارها را نیز دارند. از طرفی DVR مبدلی است که

1- Electric Power Research Institute

بصورت سری به شبکه متصل می‌شود و به عنوان یک منبع ولتاژ کنترل‌شونده، کیفیت ولتاژ تحویلی شبکه (اعم از کمبود ولتاژ و عدم تعادل ولتاژ فازها) را بهبود می‌بخشد.

از مبدل‌های نوع ولتاژ و نوع جریان می‌توان به عنوان D-STATCOM استفاده کرد. هر دو مبدل به خوبی وظایف یک جبران‌کننده را برآورده می‌سازند. در این تحقیق از مبدل نوع جریان برای جبران همزمان توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی استفاده شده است. این مبدل با استفاده از اندیس مدولاسیون کنترل می‌شود.

برای عملکرد صحیح یک جبران‌کننده، لازم است که جریان مرجع بصورت مناسبی استخراج گردد. جریان مرجع جریانی است که اگر به شبکه تزریق شود، جبران‌سازی مورد نظر انجام می‌شود. روش‌های متفاوتی برای استخراج جریان مرجع وجود دارد. در این تحقیق از روش تعمیم یافته تئوری توان راکتیو لحظه‌ای استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی سرعت و دقت بالای این روش را تایید می‌کنند. شکل موج جریان مرجع برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی سینوسی نمی‌باشد و دارای هارمونیک می‌باشد. لذا روش تولید جریان PWM باید قادر به تعقیب این شکل موج جریان مرجع باشد لذا تنها از روش‌های مدولاسیون on-line می‌توان استفاده کرد. روش بردارهای فضایی به راحتی می‌تواند هر شکل موج دلخواهی را در مبدل‌های نوع جریان تعقیب کند. عملکرد مبدل نوع جریان برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی با استفاده از نرم افزار PSCAD/EMTDC شبیه‌سازی شده و صحت عملکرد آن نشان داده شده است.

در این تحقیق پس از معرفی مفهوم کیفیت توان و لزوم پرداختن به این مساله، در فصل دوم ابتدا اختلالات کیفیت توان معرفی شده و تجهیزات Custom Power برای حل مشکل این اختلالات در شبکه توزیع بررسی می‌گردند. از میان این تجهیزات D-STATCOM برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی در شبکه توزیع مطالعه خواهد شد. برای عملکرد صحیح این مبدل لازم است که سیگنال جبران‌کنندگی به صورت مناسب استخراج گردد. در فصل سوم روش‌های تشخیص و استخراج جریان مرجع به عنوان سیگنال جبران‌کننده مورد بررسی قرار می‌گیرد و از بین آنها روش تعمیم یافته تئوری توان راکتیو لحظه‌ای انتخاب می‌شود. در فصل چهارم مبدل نوع جریان برای تولید جریان‌های مرجع مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای تولید جریان‌های مرجع به صورت PWM از روش‌های on-line استفاده می‌شود. از بین آنها روش SIN-PWM و روش بردارهای فضایی توضیح داده خواهد شد. نشان داده خواهد شد که در مبدل‌های نوع جریان روش بردارهای فضایی قابلیت تعقیب شکل موج‌های دارای هارمونیک را دارد. در

فصل پنجم عملکرد مبدل نوع جریان برای جبران توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی ناشی از یک بار غیرخطی ارائه خواهد شد و در فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات ملاحظه می‌گردد.

فصل دوم
کاربرد سیستم‌های الکترونیک قدرت در شبکه توزیع

۲-۱ مقدمه

در فصل قبل با یک مرور کلی، روند ارائه مطالب در این تحقیق بیان شد. در این فصل پس از پرداختن به موضوع کیفیت توان، اختلالهایی که باعث کاهش کیفیت توان در شبکه توزیع می‌شوند مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس تجهیزاتی که برای رفع این اختلالات و بهبود کیفیت توان استفاده می‌شوند، تحت عنوان Custom Power، مطالعه می‌گردند. با توجه به اهمیت توان راکتیو، اصول جبران توان راکتیو توسط مبدل‌های الکترونیک قدرت توضیح داده خواهد شد. فیلترهای اکتیو برای جبران هارمونیک‌های شبکه توسعه یافته‌اند. از طرفی STATCOM برای جبران توان راکتیو بکار می‌رود. با توجه به تشابه ساختار این دو مبدل الکترونیک قدرت می‌توان از یک ساختار مشابه برای هر دو منظور استفاده کرد. در این تحقیق از مبدل D-STATCOM برای جبران همزمان توان راکتیو و جریان‌های هارمونیکی استفاده خواهد شد. پس از مقایسه مبدل‌های نوع ولتاژ و جریان، مبدل نوع جریان برای استفاده در D-STATCOM مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۲-۲ کیفیت توان الکتریکی

کیفیت توان الکتریکی توجه روزافزون شرکتهای برق و مشترکین را به خود معطوف کرده است. عبارت کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ بصورت یکی از معروفترین واژه‌های صنعت برق درآمده است. این واژه بعنوان یک مفهوم فراگیر برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت بکار می‌رود. موضوعاتی که در ارتباط با این مفهوم قرار دارند، الزاماً جدید نیستند. آنچه جدید است، تلاش کنونی مهندسین برای برخورد با این مفهوم از یک دیدگاه سیستماتیک است[۱].

بطور کلی چهار دلیل را می‌توان برای توجه روزافزون به این مطلب عنوان کرد:

- حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورد استفاده درگذشته، نسبت به تغییرات کیفیت توان بیشتر شده است. به گونه‌ای که بسیاری از تجهیزات مشترکین دارای کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیک قدرت هستند، که به بسیاری از اغتشاشات حساس می‌باشند.
- اهمیت روزافزون بهبود راندمان کلی سیستم قدرت، موجب رشد مداوم استفاده از تجهیزات پربازده، از قبیل محرکه‌های پربازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازنهای موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است. این امر موجب افزایش سطح هارمونیکی درشبکه‌های قدرت شده است. لذا بسیاری از کارشناسان نگران عواقب آتی آن روی شبکه هستند.
- افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت توان، مطلع شدن مصرف کنندگان برق از موضوعاتی مانند قطعی‌ها، کمبود ولتاژها و گذراهای کلیدزنی موجب شده است که شرکتهای برق نسبت به بهبود کیفیت توان تحویلی اهمیت بیشتری قایل شوند.
- اتصال شبکه‌ها به یکدیگر و تشکیل شبکه‌های بزرگتر موجب شده است که معیوب شدن یک عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را به دنبال داشته باشد.

انگیزه اصلی برای بهبود کیفیت توان، افزایش بهره‌وری مشترکین می‌باشد. کارخانه‌های تولیدی خواستار ماشین‌های سریعتر، با بهره‌وری و راندمان بیشتر هستند. شرکتهای برق هم مشوق سوق دادن کارخانه‌های تولیدی به این سمت هستند. با این کار بهره‌وری بیشتر برای مشترکین حاصل می‌شود. همچنین موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در سرمایه‌گذاری مراکز تولید و پست‌ها بخاطر استفاده کردن مشترکین از وسایل پربازده خواهد شد.

نکته جالب توجه این است که اغلب دستگاههایی که برای افزایش بهره‌وری بکار می‌روند، نسبت به بیشتر اغتشاشات کیفیت توان حساس هستند و گاهی اوقات این ادوات خود منشأ مضاعف مشکل کیفیت توان هستند.

۲-۲-۱ کیفیت توان به چه معنی است؟

در مراجع مختلف می‌توان مشاهده کرد که تعاریف کاملاً متفاوتی برای کیفیت توان ارائه داده‌اند. بعنوان مثال شرکتهای برق کیفیت توان را مترادف با قابلیت اطمینان تعریف کرده‌اند و بصورت آماری نشان می‌دهند که مثلاً یک شبکه ۹۹/۹۸ درصد قابلیت اطمینان داد. در عوض سازندگان وسایل الکتریکی کیفیت توان را بصورت کارکرد مناسب دستگاهها براساس مشخصات منبع تغذیه تعریف می‌نمایند.

تعریف کیفیت توان برای وسایل الکتریکی متفاوت و سازندگان مختلف، می‌تواندمعانی متفاوتی داشته باشد. بهرحال، کیفیت توان در نهایت مسئله‌ای است مختص مشترکین، و نقطه نظرات مشترکین در این امر بسیار دخیل است. بنابراین، تعریفی بر این اساس ارائه داده شده است، که به صورت زیر می‌باشد [۲]:

«هرگونه مشکلی که باعث تغییر در ولتاژ، جریان یا فرکانس گردد و موجب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده شود، بعنوان یک مشکل کیفیت توان مطرح است».

در رابطه با عوامل ایجاد کننده مسائل کیفیت توان، دیدگاههای متفاوتی وجود دارد. شکل(۲-۱) نتایج حاصل از یک بررسی آماری را که توسط شرکت برق جورجیا (Georgia Power) انجام گرفته است، نشان می‌دهد. که در آن از افراد شرکت برق و مشترکین در رابطه با علل ایجاد مسائل کیفیت توان نظرخواهی شده است [۱].

در حالیکه نتایج آماری شرکت‌های دیگر می‌تواند کاملاً متفاوت با این نتایج باشد، ولی به وضوح می‌توان مشاهده کرد که یک مسئله مشترک در بین تمامی این نتایج آماری وجود دارد. بدین معنی که دیدگاههای شرکت‌های برق و مشترکین در اغلب اوقات بسیار با هم متفاوت است. در حالیکه هر دو گروه حدوداً دو سوم علتها را ناشی از پدیده‌های طبیعی (از قبیل صاعقه) می‌دانند، مشترکین بیش از افراد شرکت برق تصور می‌کنند که علت ایجاد مسئله، عملکرد اشتباه شرکت برق است.

هنگامیکه یک مشکل برای دستگاه برقی مصرف کننده رخ دهد، مشترکین ممکن است سریعاً به شرکت برق شکایت کنند که یک قطعی برق عامل این مسئله بوده است. در حالیکه اطلاعات شرکت برق هیچ گونه وقایع غیرعادی را روی مصرف کننده نشان نمی‌دهد.