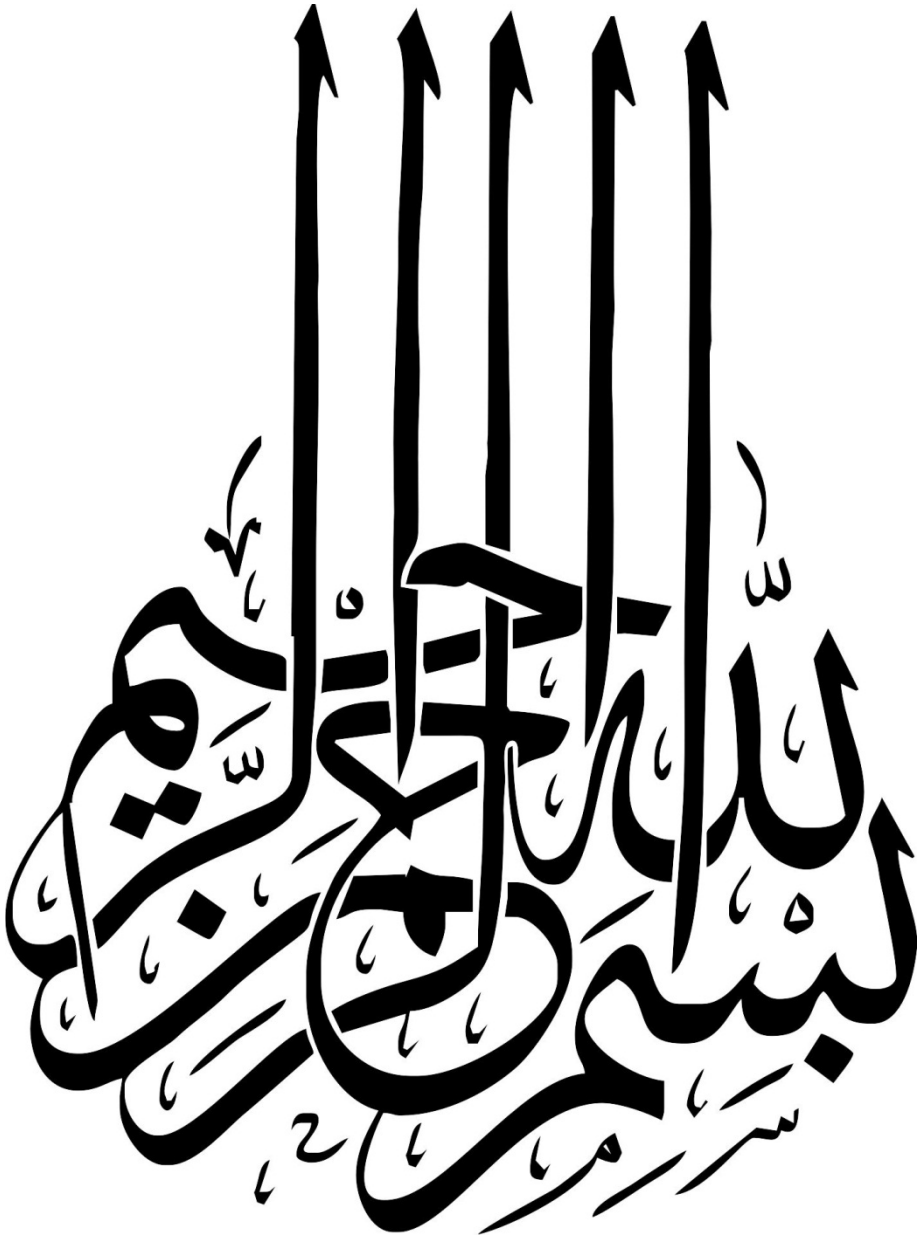
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده برق و رباتیک
گروه قدرت

عنوان:

طراحی بهینه فیلتر پسیو در شبکه قدرت

دانشجو : مریم آقائی

استاد راهنما:

دکتر دستفان

استاد مشاور:

دکتر رحیمی شعرباف

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

پاییز ۹۰

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای ..... رشته ..... گرایش ..... تحت عنوان .....

که در تاریخ ..... با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه : ..... امتیاز .....) ☐	دفاع مجدد ☐	مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)

۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ ۱۶)

۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما			
۲ـ استاد مشاور			
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی			
۴ـ استاد ممتحن			
۵ ـ استاد ممتحن			

تأیید رئیس دانشکده :

تقدیم به

همسر عزیزم، خانواده مهربانم

و تمامی خوانندگان این پایان‌نامه

در اینجا مجالی است که سپاس خود را به

همه دوستانی که در راه تهیه این پایان‌نامه، صمیمانه به من یاری رسانده‌اند، به ویژه استاد ارجمند

جناب دکتر علی دستفان

تقدیم نمایم.

تعهد نامه

اینجانب ..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ..... دانشکده ..... دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه .....

.....تحت راهنمائی.....متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

با افزایش بارهای غیرخطی در شبکه، سطوح هارمونیکی در سیستم قدرت افزایش پیدا کرده‌است. منابع اصلی هارمونیک‌های سیستم قدرت شامل ادوات الکترونیک قدرت، عملکردهای سوئیچ‌زنی و بارهای غیرخطی دیگر می‌باشد. کاربرد این ادوات در سیستم‌های قدرت باعث اعوجاج جریان‌های موجود در شبکه می‌شود حتی در جاهایی که با منابع ولتاژ سینوسی تغذیه می‌شوند. جریان‌های اعوجاج یافته با جاری شدن در شبکه سبب اعوجاج ولتاژ باس‌ها می‌شوند و بنابراین کیفیت توان در سیستم‌های توزیع با خطر روبرو می‌شود. چندین روش برای حل این مشکل وجود دارد که از میان آنها فیلترهای پسیو به عنوان اقتصادی‌ترین و کارسازترین روش‌ها برای جبران هارمونیک‌ها استفاده می‌شود.

این گزارش روشی را در طرح‌ریزی فیلترهای پسیو با استفاده از الگوریتم گراف بیان می‌کند. الگوریتم پیشنهادی با جستجو در گراف‌هایی که برای شبکه تعریف می‌شود حالت بهینه را می‌یابد. در این روش به منظور تسریع در همگرایی از چهار نوع حرکت برای جستجوی فضای مسئله استفاده شده‌است.

هدف از طراحی فیلتر برای شبکه مینیمم کردن هزینه ، تلفات شبکه، اعوجاج هارمونیکی کل ولتاژ و بهبود پروفایل ولتاژ می‌باشد. روش پیشنهادی بر روی سیستم تست ۳۰ باسه IEEE با بارهای هارمونیکی که به صورت منابع جریان در نظر گرفته شده‌اند اعمال می‌شود. نتایجی که از این روش بدست می‌آید نشان از کارایی و قابلیت الگوریتم در طراحی فیلتر پسیو دارد.

کلمات کلیدی: اعوجاج هارمونیکی ، فیلتر پسیو ، الگوریتم گراف

فهرست مطالب

۱. فصل اول: مقدمه..... ۱

۲. فصل دوم : هارمونیک‌ها، منابع تولید آن و تاثیرات..... ۴

۱.۲ معرفی..... ۵

۲.۲ علت ایجاد اعوجاج هارمونیکی ۷

۳.۲ منابع هارمونیک..... ۷

۴.۲ اثرات هارمونیک‌ها ۹

۵.۲ آنالیز فوریه و لایه های هارمونیکی ۱۶

۶.۲ استاندارد حدود هارمونیک‌ها ۱۷

۷.۲ تکنیک‌های جبران هارمونیکی ۱۸

۸.۲ آنالیز پخش بار هارمونیکی..... ۲۱

۳. فصل سوم : فیلترهای پسیو ۲۴

۱.۳ معرفی..... ۲۵

۲.۳ ساختار انواع فیلترهای پسیو ۲۶

۳.۳ روش طراحی فیلتر پسیو ۲۹

۴.۳ روشهای تعیین بهینه پارامترهای فیلتر پسیو ۳۱

۵.۳ جایابی و تعیین اندازه بهینه فیلترهای پسیو در یک شبکه قدرت ۳۶

۱.۵.۳ کاربرد الگوریتم ژنتیک برای جایابی و مقداردهی فیلتر پسیو..... ۳۶

۲.۵.۳ کاربرد شبکه‌های عصبی برای جایابی و سایز فیلترهای هارمونیکی پسیو ۴۰

۳.۵.۳ روش PSO با ارزیابی تغییرات زمانی غیرخطی برای طراحی بهینه فیلترهای هارمونیکی ۴۳

۴.۵.۳ طرح ریزی فیلتر هارمونیک پسیو در یک سیستم قدرت با در نظر گرفتن قیود احتمالی ۴۶

۴. فصل چهارم : استفاده از الگوریتم گراف برای طراحی فیلترهای پسیو ۵۴

۱.۴ الگوریتم گراف ۵۵

۲.۴ تعریف گره و آرک در گراف ۵۶

۳.۴ نحوه استفاده از الگوریتم گراف در خازن‌گذاری بهینه ۵۹

۴.۴ نحوه بکارگیری الگوریتم گراف در طراحی بهینه فیلتر پسیو ۶۳

۵. فصل پنجم : نتایج ۶۸

۱.۵ شبکه مورد بررسی ۶۹

۲.۵ نتایج مربوط به خازن گذاری ۷۰

۳.۵ نتایج مربوط به فیلترگذاری ۷۶

۶. فصل ششم ۸۳

۱.۶ نتیجه گیری ۸۴

۲.۶ پیشنهادات ۸۵

فهرست اشکال

شکل ۱.۲ سیگنال اصلی ،هارمونیک های مرتبه پنجم و هفتم ۱۶
شکل۲.۲ سیگنال اصلی ترکیب شده با هارمونیک‌های مرتبه پنجم و هفتم ۱۶
شکل۳.۲ آنالیز فوریه برای تفکیک هارمونیک‌ها..... ۱۷
شکل۴.۲ پیکربندی های اصلی فیلتر اکتیو(الف)فیلتر اکتیو موازی (ب) فیلتر اکتیو سری ۱۹
شکل۵.۲ ساختار فیلتر پسیو سری..... ۲۰
شکل۶.۲ نمونه ای از فیلتر پسیو شنت ۲۰
شکل۷.۲ پیکربندی های رایج فیلترهای اکتیو هیبرید :(الف) فیلتر اکتیو شنت و فیلتر پسیو شنت،(ب) فیلتر اکتیو سری و فیلتر پسیو شنت ۲۱
شکل۸.۲ پیکربندی سیستم یکسوساز 12 پالسه ۲۱
شکل۹.۲ دیاگرام تک خطی شبکه n باسه ۲۳
شکل۱.۳ پهنای باند فیلتر تک تیون..... ۲۶
شکل۲.۳ انواع رایج فیلترهای پسیو موازی ۲۷
شکل۳.۳ نمایش مدل مداری ساختر فیلتر نوع c ۲۸
شکل۴.۳ پاسخ فرکانسی فیلترهای پسیو موازی..... ۲۸
شکل ۵.۳ دیاگرام تک خطی شبکه ۳۳
شکل ۶.۳ دیاگرام مداری فیلتر پسیو خودتیون..... ۳۶
شکل ۷.۳ سیستم تست ۱۸ باسه ۳۷
شکل۸.۳ IHD در هر باس ۱۲/۵KV قبل از نصب فیلتر..... ۳۸
شکل۹.۳THD ولتاژ در هر باس ۱۲/۵KV قبل از نصب فیلتر..... ۳۸
شکل۱۰.۳IHD ولتاژ در هر باس۱۲/۵KV بعد از نصب فیلتر ۳۹
شکل۱۱.۳ THD ولتاژ در هر باس۱۲/۵KV بعد از نصب فیلتر ۳۹
شکل۱۲.۳ سیستم تست ۳۶ باسه ۴۱
شکل۱۳.۳ THD ولتاژ قبل از قراردادن فیلتر ۴۲
شکل۱۴.۳ THD ولتاژ بعد از قراردادن فیلتر ۴۲
شکل۱۵.۳ دیاگرام تک خطی سیستم ۴۴

شکل۱۶.۳ اعمال حد به ولتاژ هارمونیک احتمالی..... ۴۷
شکل۱۷.۳ تخمین ولتاژ هارمونیکی در محدوده دوره اطمینان..... ۴۸
شکل۱۸.۳سیستم تست ۱۸ باسه ۴۹
شکل۱۸.۳ دوره اطمینان ۹۵٪ برای THDv در هر باس شبکه قبل از قراردادن فیلتر ۵۱
شکل۱۹.۳ IHDv قبل از قرار دادن فیلتر ۵۱
شکل۲۰.۳ THDv در هر باس ۱۲/۵kv بعد از قراردادن فیلتر پسیو ۵۲
شکل۱.۴ انواع ممکن حرکت‌های نوع اول و دوم ۵۷
شکل۲.۴ حرکت‌های ممکن نوع سوم..... ۵۸
شکل۳.۴ حرکت‌های ممکن نوع چهارم ۵۸
شکل۴.۴ حرکت‌های ممکن انواع اول و دوم ۶۵
شکل۵.۴ انواع ممکن حرکت‌های نوع سوم..... ۶۶
شکل۶.۴ انواع ممکن حرکت‌های نوع چهارم..... ۶۶
شکل ۱.۵ شبکه ۳۰ باسه IEEE ۶۹
شکل ۲.۵ وضعیت ولتاژها در باسهای شبکه ۷۰
شکل ۳.۵ وضعیت ولتاژ باسها در مرحله اول ۷۱
شکل ۴.۵ وضعیت ولتاژ باسها در مرحله دوم ۷۲
شکل ۵.۵ وضعیت ولتاژ باسها بعد از خازن‌گذاری..... ۷۳
شکل ۶.۵ مقادیر ولتاژ در باس ۳۰ در هر مرحله..... ۷۴
شکل ۷.۵ وضعیت ولتاژ باس ها قبل از قراردادن فیلتر..... ۷۸
شکل ۸.۵ THD ولتاژ باس‌ها قبل از قراردادن فیلتر..... ۷۸
شکل ۹.۵ وضعیت ولتاژها در مرحله اول فیلترگذاری ۷۹
شکل ۱۰.۵وضعیت THD ولتاژها در مرحله اول فیلترگذاری..... ۸۰
شکل ۱۱.۵ ولتاژ باس ها بعد از فیلترگذاری..... ۸۰
شکل ۱۲.۵ وضعیت THD ولتاژها ۸۱

لیست جداول

جدول ۱.۲ IEEE 519 حدود جریان هارمونیکی ۱۸
جدول۲.۲ حدود اعوجاج ولتاژ ۱۸
جدول ۱.۳ محتوی هارمونیکی جریان و ولتاژ در باس TB4 برای شرایط بار مختلف ۳۴
جدول۲.۳ پارامترهای فیلتر بهینه در شرایط بار مختلف با استفاده از تکنیک برنامه ریزی خطی ۳۴
جدول۳.۳ سطوح THD باس TB4 در شرایط بار مختلف با استفاده از تکنیک برنامه ریزی خطی ۳۴
جدول ۴.۳ پارامترهای فیلتر بهینه در شرایط بار مختلف با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی فازی ۳۵
جدول ۵.۳ سطوح THD باس TB4 در شرایط بار مختلف با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی فازی ۳۵
جدول ۶.۳ باسهای کاندید فیلتر هارمونیکی و سایزهای اجزا ۳۹
جدول۷.۳ جریان هارمونیکی یکسوکننده های شش پالسه ۴۲
جدول۸.۳ سه منبع جریان هارمونیکی ۴۴
جدول۹.۳مشخصات احتمالی منابع جریان هارمونیکی ۵۰
جدول۱۰.۳ باسهای کاندید فیلتر هارمونیکی و سایزهای اجزا ۵۲
جدول۱۱.۳ ولتاژ rms خازن فیلتر در حد بالای دوره اطمینان ۹۵٪ ۵۲
جدول۱.۴ هزینه سالانه خازن‌های ثابت ۶۰
جدول ۱.۵ نتایج خازن‌گذاری در مرحله اول ۷۱
جدول ۲.۵ نتایج خازن‌گذاری در مرحله دوم ۷۲
جدول ۳.۵ نتایج نهایی الگوریتم در خازن‌گذاری ۷۳
جدول ۴.۵ مقدار ولتاژ باس‌ها در هر مرحله ۷۴
جدول ۵.۵ میزان تزریق هارمونیکی در باسهای مربوطه ۷۷
جدول ۶.۵ نتایج فیلترگذاری در مرحله اول ۷۹
جدول ۷.۵ نتایج نهایی فیلترگذاری ۸۱

فصل اول

مقدمه

کاربرد مبدل‌های الکترونیک قدرت که منجر به بهبود عملکرد، بازده و قابلیت اطمینان سیستمهای قدرت می-شود در صنعت بسیار رایج است. با اختراع یکسوکننده‌های کنترل شده سیلیکونی SCR[1]در سال 1957 ، کاربرد صنعتی آنها تدریجاً افزایش یافت. استفاده وسیع از یکسوکننده‌های تریستوری/ دیودی تکفاز و سه فاز، درایورهای تنظیم کننده سرعت ASD[2]، منابع تغذیه وقفه ناپذیر UPS[3] در کاربردهای خانگی و صنعتی در دو دهه اخیر اتفاق افتاده است[1]. یکسوکننده های دیودی و تریستوری مشخصات بار غیرخطی را نمایش می‌دهند و جریان غیر سینوسی را از منبع ولتاژ حتی موقعی که از منابع ولتاژ سینوسی تغذیه می‌کند می‌کشد. این جریان‌های غیر سینوسی به داخل سیستم قدرت تزریق می‌شود و مسائل کیفیت توان را بوجود می‌آورد. هارمونیک‌های جریان تزریق شده باعث اعوجاج ولتاژها می‌شود که مشکلات عمده‌ای را برای مؤسسات و مشتریان در سطح توزیع ایجاد می‌کند. این سطوح اغتشاش در صورتی که حدود خاصی را رعایت نکنند، مشکلاتی را برای بارهایی مانند موتورهای آسنکرون، ماشینهای سنکرون، ترانسفورمرها، خازنها و دستگاههای حساس الکترونیکی ایجاد می‌کنند[2]. فرکانس ولتاژ اعوجاج یافته، باعث بدعمل کردن به عبارتی تریپ بارهای خطی و غیرخطی دیگر متصل به PCC[4] می‌شود. جریان های هارمونیکی تزریقی می تواند بر روی رنج وسیعی از تجهیزات سیستم قدرت مانند ترانس‌ها و موتورها تاثیر بگذارند و باعث تلفات اضافی شوند. هارمونیک‌ها همچنین می توانند با خطوط ارتباطی تداخل کنند و باعث بروز خطا در اندازه گیری قدرت شوند[2].با توجه به طیف گسترده ای از ادوات الکتریکی که از اغتشاش اثر می‌پذیرند اهمیت کاهش اعوجاج هارمونیکی در شبکه قدرت نمایان می‌شود.

[1]silicon controlled rectifiers
[2]Adjustable Speed Drives
[3]Uninterruptible Power Supplies
[4]Point of Common Coupling

بنابراین برای اینکه شبکه از خسارات محتمل و ممکنه در امان باشد، استانداردهای کیفیت توان در تعداد زیادی از شبکه‌های توزیع، اعمال می‌شود و حدودی برای اعوجاج کل هارمونیک‌ها (THD[5]) طراحی شده‌است.

یکی از راههای کاهش THD استفاده از فیلترها برای کنترل هارمونیک‌ها در شبکه می‌باشد. برای طراحی چنین فیلترهایی ضروری است تا ابتدا سطح اعوجاج هارمونیکی در هر دو شکل موج ولتاژ و جریان ارزیابی شود و سپس روشی صحیح را برای تعیین پارامترهای فیلتر درنظر بگیریم. امروزه دو نوع فیلتر در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد فیلترهای پسیو و فیلترهای اکتیو. در حال حاضر فیلترهای پسیو مرسوم‌ترین راه جبران هارمونیک-ها به حساب می‌آیند[1]. در این پایان نامه روشی برای جایابی بهینه این نوع فیلترها در شبکه پیشنهاد می‌شود. نتایج جایابی بهینه فیلترهای پسیو روی شبکه مورد مطالعه نشان از کارایی این روش دارد.

در این پایان نامه ابتدا در فصل دوم مسئله هارمونیکها در سیستم قدرت، منابع تولید هارمونیکی و تاثیرات آنها در شبکه و سپس روشهای جبران (کاهش) هارمونیکها بیان می‌شود. در فصل بعدی فیلتر پسیو و انواع آن به عنوان رایج‌ترین روش جبران هارمونیک مطرح می‌شود و در ادامه روشهای تعیین بهینه المانهای فیلتر پسیو و جایابی بهینه فیلتر در شبکه بیان می‌شود. در فصل چهارم ضمن معرفی الگوریتم گراف، جزئیات استفاده از این روش ابتدا در خازن گذاری بهینه مطرح می‌شود. سپس الگوریتم را در مکان‌یابی بهینه و مقدار المانهای فیلتر پسیو به کار می‌بریم. شبکه مورد مطالعه در اینجا شبکه ۳۰ باسه IEEE می‌باشد که در فصل پنجم آورده شده-است. نتایج شبیه سازی نیز بدون حضور خازن‌ها و فیلترها و سپس با جایابی بهینه خازنها و سپس فیلترها نشان داده شده‌است. در نهایت در فصل آخر نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه شده‌است.

[5] Total Harmonic Distortion

فصل دوم

هارمونیک‌ها، منابع تولید آن و تاثیرات

۱.۲ معرفی

بروز هارمونیک در سیستم‌های قدرت اولین پیامد عناصرغیرخطی در شبکه است. به‌خاطر گسترش فزاینده استفاده از عناصر غیرخطی، مانند راه‌اندازها (درایورهای تنظیم سرعت) و مبدل‌های الکترونیک قدرت، مقدار هارمونیک‌های جریان و ولتاژ به‌طور چشمگیری افزایش یافته‌است و بنابراین اهمیت موضوع کاملاً مشخص است.[1]

به نظر برخی ازمحققین، اعوجاج هارمونیکی هنوز مهمترین مسئلـه کیفیت برق می‌باشد. مسائل هارمونیکی با بسیاری از قوانین معمولی طراحی سیستم‌های قدرت و عملکرد آن، تحت فرکانس اصلی مغایر است. بنابراین مهندس برق با پدیده‌های ناآشنایی روبرو می‌شود که نیاز به ابزار پیچیده و تجهیزات پیشرفته برای حل مشکلات و تجزیه و تحلیل آنها دارد. گرچه تحلیل مسائل هارمونیکی می‌تواند دشوار باشد، ولی خوشبختانه همهٔ سیستم قدرت دارای مشکل هارمونیکی نیست و فقط درصد کمی از فیدرهای مربوط به سیستم‌های توزیع تحت‌تأثیر عوامل ناشی از هارمونیک‌ها قرار می‌گیرند. مشترکین برق در صورت وجود هارمونیک‌ها مشکلات زیادتری را تحمل می‌کنند. مشترکین صنعتی که ازمحرکه‌های موتور با قابلیت تنظیم سرعت، کوره‌های قوس الکتریکی، کوره‌های القایی، یکسوکننده‌ها، اینورترها، دستگاه‌های جوش و نظایر آن استفاده می‌کنند، نسبت به مسائل ناشی از اعوجاج هارمونیکی ضربه‌پذیرتر از بقیهٔ مشترکین می‌باشند.

اعوجاج هارمونیکی یک پدیده جدید در سیستم‌های قدرت به شمار نمی‌رود. جستجوی منابع و تحقیقات دهه‌های قبل نشان می‌دهد که مقالات مختلفی در رابطه با این موضوع انتشار یافته‌است. اولین منابع هارمونیکی شناخته‌شده، ترانسفورماتورها بودند و اولین مشکل نیز در سیستم‌های تلفن پدید آمد[1]. استفاده گروهی از لامپ‌های قوس الکتریک به‌دلیل مؤلفه‌های هارمونیکی توجهات خاصی را برانگیخت ولی این مسائل به اندازه اهمیت مسئله مبدل‌های الکترونیک قدرت در سال‌های اخیر نبوده است.

خوشبختانه در طی این سال‌ها پژوهشگران متوجه شده‌اند که اگر سیستم انتقال به نحو مناسبی طراحی گردد، به‌گونه‌ای که بتواند مقدار توان مورد نیاز بارها را به راحتی تأمین نماید، احتمال ایجاد مشکل ناشی از هارمونیک‌های جریان برای سیستم قدرت بسیار کم خواهد بود، گرچه این هارمونیک‌ها می‌توانند موجب مسائلی در سیستم‌های مخابراتی شوند. اغلب در سیستم‌های قدرت مشکلات زمانی بروز می‌کنند که خازن‌های موجود در سیستم باعث ایجاد تشدید در یک فرکانس هارمونیکی گردند[2]. در این شرایط اغتشاشات و اعوجاجات، بسیار بیش از مقادیر معمول می‌گردند. امکان ایجاد این مشکلات در مورد مراکز کوچک وجود دارد ولی شرایط بدتر در سیستم‌های صنعتی به‌دلیل احتمال زیاد تشدید رخ می‌دهد.

سطوح هارمونیک‌های جریان و ولتاژ در سیستم توزیع دائم در حال افزایش است، یک دلیل مهم گسترش وسائلی است که تولید هارمونیک می‌نمایند. وسایل کنترل کننده تریستوری مثال نمونه ایست که در سطوح قدرت صنعتی، تجاری و خانگی در حد وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است، این وسایل برای کنترل ولتاژ، تغییر فرکانس و مبدل قدرت بکار برده می شوند و عموماً به سبب قیمت پائین تر، بازده بیشتر و نگهداری ساده تر جایگزین دیگر وسایل شده اند. دلیل دیگر افزایش هارمونیک‌ها، ازدیاد تحریک ترانسفورماتورهای توزیع است که کاربردپذیری آنها عملاً بیشتر و بیشتر می‌شود. دلیل سوم استفاده از خازن‌های موازی را می توان نام برد، خازن‌ها در هیچ شرایطی تولید هارمونیک نمی‌نمایند. اما نصب خازن‌های تصحیح کننده ضریب قدرت مسائل پتانسیلی را افزایش و حضور آنها در مدار القائی اساساً امکان حلقه‌های شبکه را برای تشدید محلی ، عمومی یا بزرگ سازی هارمونیک مهیا می‌سازد[1].

تمایل بسوی ظرفیت بیشتر و ولتاژ بالاتر سیستم‌های توزیع، در سطوح هارمونیک اثر خواهد گذاشت. آمیختن بارهای مسکونی، تجاری و صنعتی با درجه زیاد روی همان فیدرها امکان تداخل القائی را مطرح خواهد نمود.

بانک‌های خازن تصحیح کننده ضریب قدرت به تعداد زیادتر یا در اندازه بزرگتر احتمال تولید حلقه‌های تشدید را افزایش می‌دهند، ایستگاه‌های قدرت (مانند مترو، تراموا) برای انتقال سریع از سیستم‌های توزیع تغذیه شده،

بعلت آمیختن با بارهای تجاری و مسکونی عموماً سطوح هارمونیک محیطی را افزایش می‌دهند.

بیشتر صنایع آلومینیوم و کلر در فرآیند تولیدات خود از سیستم های dc استفاده می‌نمایند. این تأسیسات هارمونیک بالا را تولید می‌کنند. خلاصه آنکه کوچکترین تردیدی باقی نمی‌گذارد که هارمونیک‌ها بدون کنترل در سیستم قدرت در حال افزایش می‌باشند.[1]

۲.۲ علت ایجاد اعوجاج هارمونیکی

یکی از دلایل اعوجاج هارمونیکی در سیستم‌های قدرت ترانسفورماتورها می‌باشند که با به اشباع رفتن ترانس‌ها می‌توانند ایجاد شوند. اعوجاج هارمونیکی در سیستم‌های قدرت ناشی از عناصر غیرخطی نیز می‌باشد. عنصر غیرخطی عنصری است که جریان آن متناسب با ولتاژ اعمالی نمی‌باشد افزایش چند درصدی ولتاژ ممکن است باعث شود که جریان دو برابر شده و نیز موج جریان شکل دیگری به خود بگیرد. این مورد ساده ای از منبع تولید اعوجاج در سیستم قدرت می‌باشد.

هر شکل موج اعوجاجی پریودیک را می‌توان به صورت جمع موج‌های سینوسی بیان نمود. یعنی وقتی که شکل موج از یک سیکل به سیکل دیگر تغییر نکند، این موج را می‌توان به صورت جمع امواج سینوسی خالص که درآن فرکانس هر موج سینوسی، مضرب صحیحی از فرکانس اصلی موج اعوجاجی است نمایش داد. این موج‌های سینوسی را هارمونیک‌های مؤلفه اصلی می گویند. جمع این موج‌های سینوسی به سری فوریه معروف است این مفهوم ریاضی اولین بار توسط فوریه ریاضیدان فرانسوی مورد توجه قرارگرفت.