



هارمونیک‌ها و سیستم‌های قدرت

مؤلف:

پروفسور د. لا. روزا

مترجمین:

دکتر محمود حسینی علی‌آبادی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

دکتر حسن فشکی فراهانی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آشتیان

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی

سرشناسه	: د لا رزا، فرانسیسکو می.
عنوان و نام پدیدآور	: Francisco C, De La Rosa
مشخصات نشر	: هارمونیک ها و سیستم های قدرت / مؤلف فرانسیسکو د. لا. روزا ؛ ترجمه محمود حسینی علی آبادی، حسن فشکی فراهانی.
مشخصات ظاهری	: تهران : دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، ۱۳۹۵.
شابک	: ۱۶۷ ص.: مصور.
وضعیت فهرست نویسی	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۲۶۶-۲
یادداشت	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: ۲۰۰۶، Harmonics and power systems
موضوع	: کتابنامه: ص. ۱۶۷.
موضوع	: برق -- سیستم ها
موضوع	: Electric power systems
موضوع	: هارمونیک ها (امواج برقی)
موضوع	: Harmonics (Electric waves)
شناسه افزوده	: حسینی علی آبادی، محمود، ۱۳۵۸ -، مترجم
شناسه افزوده	: فشکی فراهانی، حسن، ۱۳۵۸ -، مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد تهران مرکزی
رده بندی کنگره	: ۶۲۰۳۱۶ TK۳۲۲۶/د۵۲۰۹۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۰۳۱۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۰۰۳

عنوان کتاب: هارمونیک ها و سیستم های قدرت

تالیف: فرانسیسکو د. لا. روزا

ترجمه: دکتر محمود حسینی علی آبادی - دکتر حسن فشکی فراهانی

چاپ اول: ۱۳۹۵

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

لایتنوگرافی، چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی

شابک: ISBN: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۲۶۶-۲

قیمت: ۱۰۵۰۰۰ ریال

نشانی: معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی - خیابان فرصت شیرازی

پلاک ۱۶۰ صندوق پستی ۱۳۱۸۵ / ۷۶۸ تلفن: ۶۶۹۲۵۰۱۱ - ۶۶۹۲۸۰۶۰ - ۶۶۵۶۶۲۶۳

کلیه حقوق برای دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی محفوظ است

پیشگفتار مولف

این کتاب تلاش می‌کند تا یک مرجع کامل برای آشنایی با نحوه تولید، انتشار و کنترل هارمونیک‌ها در شبکه‌های قدرت الکتریکی را فراهم آورد. با توجه به نیاز صنایع به حجم بزرگی از توانهای AC، به اشکال متفاوت در کاربردهای مختلف، اعوجاج هارمونیکی یکی از مسائل بشمار می‌آید. همچنین هارمونیک‌ها موضوع اصلی بسیاری از کمیته‌های فنی می‌باشند که الزامات و استانداردهایی را برای محدودیت‌های اعوجاج هارمونیکی تدوین می‌کنند. سازندگان تجهیزات و شبکه‌های الکتریکی نیز تلاش‌های زیادی برای یافتن شرایط صحیح برای طراحی و عملکرد تجهیزات قدرت انجام داده‌اند تا بتوانند عملکرد ایمن در محیط‌های هارمونیک داشته باشند و در عین حال سطوح هارمونیکی را طبق شرایط استاندارد تحمل نمایند.

این کتاب عیقی از مطالب بسیار مهم و قابل قبول در زمینه هارمونیک‌ها می‌باشد که از نظر اینجانب برای درک بهتر موضوع هارمونیک توسط خوانندگان کافی می‌باشد. در فصل اول به عنوان مقدمه، توضیحات مقدماتی مناسب برای تریف از هارمونیک‌ها به همراه روابط تحلیلی مورد نیاز برای پارامترهای الکتریکی، تحت شرایط غیر سینوسی ارائه شده است. در فصل دوم انواع منابع هارمونیکی نگران‌کننده برای صنایع معرفی شده‌اند.

مشترکین صنعتی از تولیدکننده‌های اصلی هارمونیک‌های جریان در سیستم‌های قدرت هستند. بسیاری از فرآیندهای صنعتی در فرآیندهای خود از موتورهای چرخان مستقیم بزرگ (DC) و یا درایوهای فرکانس متغیر استفاده می‌کنند. همچنین مصرف‌کنندگان بزرگ مانند کوره‌های الکتریکی، دستگاه‌های جوش الکتریکی یا باتری شارژرها از دیگر مولدهای قابل توجه جریان‌های هارمونیکی می‌باشند. نحوه گسترش جریان‌های هارمونیکی از بخش صنعتی به تاسیسات تجاری و خانگی - که اغلب در نتیجه ازدیاد کامپیوترهای شخصی، لوازم بازی و سرگرمی که نیاز به توان تحویل شده دارند - تشریح شده است. علاوه بر موارد ذکر شده، استفاده از ذخیره‌سازهای انرژی مانند بالاست‌های الکترونیکی، کار رفته در لامپ‌های بخش تجاری و منابع تغذیه وقفه ناپذیر - UPS‌ها - مشکل را بیشتر می‌کنند.

مهم‌ترین و پرکاربردترین استانداردهای صنعتی برای کنترل سطح اعوجاج هارمونیک در فصل سوم توضیح داده شده است. تأثیرات هارمونیک‌ها در مقالات فنی مختلف در نظر گرفته شده است. محدوده تأثیرات هارمونیک‌ها از تسریع در کاهش عمر تجهیزات تا عملکرد غیرعادی پردازنده‌های حساس یا تجهیزات حفاظتی می‌باشد. فصل چهارم تلاش می‌کند تا تأثیرات مهم هارمونیک‌ها در بخش‌های مختلف خانگی، تجاری و صنعتی را معرفی نماید. بخشی از این تلاش به مشخص نمودن تأثیرات هارمونیک‌ها در ایجاد گشتاورهای ضربانی ماشین‌های الکتریکی که می‌تواند باعث ایجاد لرزش اضافی در محور ماشین شود، بر می‌گردد.

با توجه به وجود پراکندگی زیاد منابع هارمونیکی در شبکه‌های الکتریکی، مانیتورینگ هارمونیک‌ها در محل

اتصال مشترکین به شبکه ضروری می باشد. علاوه بر این با توجه به دینامیک بارهای صنعتی، مشخصات سطوح هارمونیک در طول یک دوره مشخص، ضروری می باشد. فصل پنجم، روش های مهم جهت اندازه گیری هارمونیک ها در تاسیسات صنعتی را بیان می کند.

یکی از روش های موثر و مهم برای حذف تاثیرات هارمونیک ها، استفاده از فیلترهای پسیو می باشد. فصل ششم مفاهیم و اصول طراحی این فیلترها را ارائه می کند. برای این منظور فیلترهای تک تنظیمه و بالاگذر مورد بررسی قرار می گیرند. همچنین اجزای فیلتر تعیین شده و برای برآورده شدن استانداردهای عملکردی مورد تست قرار داده شده اند. تعدادی مثال کاربردی نیز جهت نشان دادن کارایی های مختلف این فیلترها ارائه شده است.

به علت هزینه بالا، فیلترهای هارمونیک، مخصوصاً در کاربردهای صنعتی، اغلب از دیگر روش های کاهش اعوجاج استفاده می کنند. این روش ها عبارتند از استفاده از منابع مستحکم تر، مبدل های قدرت با تعداد پالس های بیشتر، راکتور سبک و تجدید آرایش بار که در فصل هفتم ارائه شده است. در فصل هشتم، تجهیزات مرتبط با انتشار هارمونیک های جریان به شبکه توزیع مورد بررسی قرار گرفته است. این تجهیزات شامل منابع AC، خطوط انتقال، کان ها، ترانسفورمرها، فیلترهای هارمونیک، تصحیح کننده های ضریب توان، بانک های خازنی و غیره می باشند. مشخصات انتشار هارمونیک ها در شبکه های الکتریکی گسترده، بسیار پیچیده است، از این رو با استفاده از ماثری در سطح اثربخشی استفاده از نرم افزارهای تحلیل هارمونیک در شبکه های پیچیده با چندین منبع هارمونیک انتشار داده شده است. انتشار هارمونیک ها در شبکه های الکتریکی که می تواند بارهای دیگر شبکه را تحت تاثیر قرار دهد و حتی ممکن است به ترانسفورمرهای موجود در پست ها هم نفوذ کنند نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

در نهایت، روش های مختلف تعیین تلفات در تجهیزات الکتریکی به عنوان اعوجاجات هارمونیک در فصل نهم ارائه شده است که این مساله به صورت ویژه بر روی ترانسفورمرها و ماشین های گردان مورد بررسی قرار گرفته است. بسیاری از مثال های ارائه شده در این کتاب بر مبنای تجارب اصحاب در بخش صنعت می باشد.

امیدوارم این کتاب نقش مهمی در فهم مسائل پیچیده جهت حل مسائل خاص مربوط به اعوجاجات هارمونیک در شبکه های قدرت الکتریکی داشته باشد.

فهرست مطالب

۱	فصل اول: اعوجاج هارمونیک و شاخص‌های کیفیت توان در سیستم‌های قدرت الکتریکی.....
۱-۱	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- اساس تئوری هارمونیک.....
۳	۳-۱- بارهای خطی و غیرخطی.....
۴	۳-۱-۱- بارهای خطی.....
۶	۳-۱-۲- بارهای غیرخطی.....
۹	۴-۱- سری فوریه.....
۱۲	۴-۱-۱- توابع متعامد.....
۱۳	۴-۱-۲- ضرایب فوریه.....
۱۳	۴-۱-۳- تابع زوج.....
۱۳	۴-۱-۴- تابع فرد.....
۱۳	۴-۱-۵- تاثیر تقارن شکل موج.....
۱۴	۴-۱-۶- محاسبه هارمونیک با استفاده از سری فوریه.....
۱۶	۵-۱- شاخص‌های کیفیت توان در اعوجاج هارمونیک.....
۱۶	۵-۱-۱- اعوجاج هارمونیک کل با THD.....
۱۷	۵-۱-۲- اعوجاج هارمونیک کل.....
۱۷	۵-۱-۳- ضریب تداخل تلفر.....
۱۷	۵-۱-۴- شاخص پیام C.....
۱۷	۵-۱-۵- حاصلضربهای $V \cdot T$ و $I \cdot T$
۱۸	۵-۱-۶- شاخص K.....
۱۸	۵-۱-۷- ضریب توان جابجایی، اعوجاج و کل.....
۱۹	۵-۱-۸- پارامترهای مرتبط با ولتاژ.....
۱۹	۶-۱- مقادیر توان در شرایط غیرسینوسی.....
۱۹	۶-۱-۱- ولتاژ و جریان لحظه‌ای.....
۲۰	۶-۱-۲- توان لحظه‌ای.....
۲۰	۶-۱-۳- مقادیر موثر.....
۲۰	۶-۱-۴- توان اکتیو.....
۲۰	۶-۱-۵- توان راکتیو.....
۲۰	۶-۱-۶- توان ظاهری.....
۲۱	۶-۱-۷- ولتاژ در سیستم‌های سه‌فاز متعادل.....
۲۲	۶-۱-۸- ولتاژ در سیستم‌های سه‌فاز نامتعادل.....
۲۲	مراجع.....
۲۴	فصل دوم: منابع هارمونیک.....
۲۴	۱-۲- مقدمه.....
۲۵	۲-۲- ماهیت اعوجاج هارمونیک.....
۲۸	۳-۲- منابع سنتی هارمونیک.....
۳۰	۳-۲-۱- ترانسفورمرها.....
۳۴	۳-۲-۲- ماشین‌های دوار.....
۳۵	۳-۲-۳- مبدل‌های قدرت.....
۴۷	۴-۳-۲- لامپ‌های فلورسنت.....
۴۹	۵-۳-۲- کوره الکتریکی.....

۴۹	۴-۲- متابع هارمونیک در آینده
۴۹	مراجع
۵۱	فصل سوم: استاندارد سازی سطوح هارمونیک
۵۱	۱-۳- مقدمه
۵۳	۲-۳- محدودیت های اعوجاج هارمونیک
۵۴	۱-۲-۳- مطابقت با ۱۹۹۲ : ۵۱۹-IEEE
۵۶	۲-۲-۳- مطابقت حدود اعوجاج هارمونیک در استاندارد IEC
۵۸	مراجع
۵۹	فصل چهارم: تأثیرات هارمونیک ها بر روی سیستم های توزیع
۵۹	۱-۴- مقدمه
۵۹	۲-۴- تأثیرات حرارتی بر روی ترانسفورمرها
۶۰	۱-۲-۴- اضافه بار به بول
۶۱	۳-۴- تأثیرات گوناگون بر روی بانک های خازنی
۶۱	۱-۳-۴- اضافه ولتاژ
۶۲	۲-۳-۴- شرایط تشدید
۶۲	۳-۳-۴- عملکرد غیر منتظره
۶۳	۴-۴- عملکرد غیر طبیعی رله های حفاظتی
۶۳	۵-۴- تجهیزات نوری
۶۴	۶-۴- تداخل تلفنی
۶۴	۷-۴- تأثیرات حرارتی بر روی ماشین های گردان
۶۴	۸-۴- گشتاورهای ضربانی در ماشین های گردان
۷۰	۹-۴- عملکرد غیر معمول تجهیزات حالت جامد
۷۰	۱۰-۴- ملاحظات برای کابل ها و تجهیزات در محیط های هارمونیک
۷۰	۱-۱۰-۴- زراتورها
۷۲	۲-۱۰-۴- هادی ها
۷۲	۳-۱۰-۴- تجهیزات اندازه گیری انرژی
۷۳	مراجع
۷۴	فصل پنجم: اندازه گیری هارمونیک ها
۷۴	۱-۵- مقدمه
۷۵	۲-۵- سوالات مرتبط با اندازه گیری هارمونیک
۷۵	۱-۲-۵- دلایل اندازه گیری اعوجاج شکل موج
۷۶	۲-۲-۵- نحوه اندازه گیری هارمونیک ها
۷۷	۳-۲-۵- مسائل مهم برای اندازه گیری
۷۷	۴-۲-۵- مکان های لازم جهت اندازه گیری هارمونیک
۷۸	۵-۲-۵- مدت زمان اندازه گیری هارمونیک ها
۷۹	۳-۵- روند اندازه گیری
۷۹	۱-۳-۵- تجهیزات
۷۹	۲-۳-۵- ترانسیدوسرها
۸۰	۴-۵- دیدگاه های مرتبط
۸۱	مراجع

فصل ششم: روش‌های حذف هارمونیک.....	۸۳
۱-۶- مقدمه.....	۸۳
۲-۶- مفاهیم کلی در طراحی فیلترهای هارمونیکی پسیو.....	۸۳
۳-۶- فیلترهای تک تنظیمه.....	۸۴
۱-۳-۶- روابط طراحی فیلتر تک تنظیمه.....	۸۶
۲-۳-۶- نقاط تشدید موازی.....	۸۷
۳-۳-۶- ضریب کیفیت.....	۹۰
۴-۳-۶- مقادیر عملی پیشنهادی برای المان‌های فیلتر.....	۹۲
۵-۳-۶- شناسایی نامتعادلی.....	۹۴
۶-۳-۶- انتخاب فیلتر و ارزیابی عملکرد.....	۹۴
۴-۶- فیلترهای میان‌گذر.....	۹۵
۵-۶- موارد م. ط. قابل توجه در طراحی فیلترهای پسیو.....	۹۷
۶-۶- ر. ی. برا. طراحی فیلترهای هارمونیکی تنظیم شده.....	۹۸
۱-۶-۶- تاب بانک خازنی برای بهبود ضریب توان از سطح فعلی به سطحی حدود ۰/۹ تا ۰/۹۵.....	۹۸
۲-۶-۶- انتخاب راکتور. ر. ی. با. از. رای تنظیم فیلتر به فرکانس هارمونیکی دلخواه.....	۹۹
۳-۶-۶- کنترل پارام. های عمل. ی. خازن برای قرار گرفتن در محدوده حداکثر پیشنهادی IEEE-۱۸.....	۹۹
۴-۶-۶- آزمایش شرایط.....	۱۰۰
۷-۶- مثال ۱: سازگاری یک بانک خازنی با یک فیلتر هارمونیکی مرتبه پنجم.....	۱۰۰
۸-۶- مثال ۲: شبیه‌سازی دیجیتال فیلترهای هارمونیکی تک تنظیمه.....	۱۰۳
۹-۶- مثال ۳: فیلتر بالا گذر در پایانه‌های ربراتور مت. د. ترل وضعیت تشدید.....	۱۱۱
۱۰-۶- مثال ۴: مقایسه بین روش‌های مختلف حذف هارمونیک‌ها با استفاده از برنامه Austin Hasip در دانشگاه تگزاس.....	۱۱۳
فصل هفتم: سایر روش‌ها برای کاهش سطوح اعوجاج هارمونیک.....	۱۲۰
۱-۷- مقدمه.....	۱۲۰
۲-۷- تجدید آرایش شبکه.....	۱۲۱
۳-۷- افزایش استحکام منبع تغذیه.....	۱۲۱
۴-۷- حذف هارمونیک با استفاده از مبدل‌های چند پالسه.....	۱۲۳
۵-۷- راکتورهای سری به عنوان المان‌های کاهش دهنده هارمونیکی.....	۱۲۵
۶-۷- معادل‌سازی فاز.....	۱۲۶
۱-۶-۷- نامتعادلی ولتاژ فاز.....	۱۲۶
۲-۶-۷- تأثیرات نامتعادلی ولتاژ فاز.....	۱۲۷
مراجع.....	۱۲۷
فصل هشتم: تحلیل‌های هارمونیکی.....	۱۲۸
۱-۸- معرفی.....	۱۲۸
۲-۸- فرکانس تغذیه در برابر انتشار اعوجاج هارمونیک.....	۱۲۸
۳-۸- نمایش منبع هارمونیک.....	۱۳۱
۱-۳-۸- مشخصات زمان فرکانس اعوجاج.....	۱۳۱
۲-۳-۸- شرایط تشدید.....	۱۳۶
۳-۳-۸- نمایش هارمونیک شکل‌موج‌های دوره‌ای.....	۱۳۸
۴-۸- مسائلی در مورد انتشار هارمونیک.....	۱۳۸
۵-۸- جاری شدن جریان‌های هارمونیکی.....	۱۳۹

۱۴۱	۱-۵-۸- فلسفه مدل کردن
۱۴۲	۲-۵-۸- مدل سازی تک فاز در مقابل سه فاز
۱۴۲	۳-۵-۸- مدل های خط و کابل
۱۴۳	۴-۵-۸- مدل ترانسفورمر برای آنالیز هارمونیک
۱۴۴	۵-۵-۸- خازن های تصحیح ضریب توان
۱۴۴	۶-۵-۸- رابطه بین سیستم AC و پارامترهای بار
۱۴۶	۱-۶-۸- مشخصات سیستم های توزیع
۱۴۷	۲-۶-۸- برخی تاسیسات خاص و صنعتی
۱۴۸	۷-۸- روش های تحلیل
۱۴۸	۱-۷-۸- محاسبات ساده
۱۴۹	۲-۷-۸- شبیه سازی با استفاده از نرم افزار تجاری
۱۵۰	۸-۸- مثال هایی از تحلیل های هارمونیک
۱۵۰	۱-۸-۸- جریا هارمونیک هنگام برق دار کردن ترانسفورمر
۱۵۲	۲-۸-۸- های فیلتر به زمین
۱۵۳	مراجع
۱۵۵	فصل نهم: مقایسه تلفات توان در محاسبات هارمونیک
۱۵۵	۱-۹- مقدمه
۱۵۵	۲-۹- مفهوم تلفات هارمونیک
۱۵۷	۳-۹- تلفات در تجهیزات قدرت و سیستم های توزیع
۱۵۸	۴-۹- تلفات هارمونیک در تجهیزات
۱۵۸	۱-۴-۹- المان های مقاومتی
۱۶۰	۲-۴-۹- ترانسفورمرها
۱۶۲	۵-۹- مثال های تعیین شاخص K
۱۶۲	۶-۹- ماشین های گردان
۱۶۴	مراجع