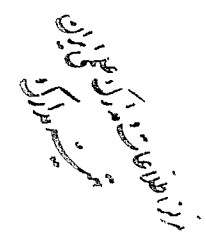
٤٧٨١٤

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

بررسی اعوجاجهای هارمونیکی شبکهٔ ذوب‌آهن اصفهان ناشی از یکی از واحدهای نورد

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

۱۳۸۲ /۷/ ۲۰۱



رضا مهری

استاد راهنما

دکتر حمید رضا کارشناس

٤٧٨١٦

۱۳۸۱

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق (قدرت) آقای رضا مهری

تحت عنوان

بررسی اعوجاجهای هارمونیکی شبکهٔ ذوب‌آهن اصفهان ناشی از یکی از واحدهای نورد

در تاریخ ۸/ ۱۳۸۱/٤ 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 محمد اسماعیل همدانی گلشن

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 پدر و مادر 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 محمد اسماعیل همدانی گلشن 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 مهدی معلم که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند متشکرم.

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

بر خود لازم می‌دارم از همکاری بی‌دریغ واحدهای مختلف شرکت ذوب‌آهن اصفهان: معاونت تحقیقات، مدیریت تولید و توزیع برق و سرپرستی و پرسنل شبکه‌ها و پستها، دیسپاچینگ برق، دفتر فنی تولید و توزیع برق، آزمایشگاه برق(رولیاژ)، نت برق، بهره‌برداری نورد ۳۵۰ و... تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از مدیریت و کارشناسان شرکت بهراد، معاونت تحقیقات برق منطقه‌ای اصفهان و شرکت دانشمند اصفهان نیز به خاطر همکاری در انجام این پایان‌نامه سپاسگزاری نمایم.

رضا مهری

تیرماه ۱۳۸۱

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

به یاد پدر عزیزم

و

تقدیم به

مادر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان
صفحه

فهرست مطالب ..... هفت
چکیده فارسی ۱
فصل اول : مقدمه ۲
فصل دوم : معرفی بارهای هارمونیکی سیستم قدرت و واحد مونوبلوک ذوب‌آهن اصفهان
۲-۱- مقدمه ۶
۲-۲- بارهای هارمونیکی تکفاز ۷
۲-۳- کوره‌های قوس الکتریکی ۷
۲-۴- تجهیزات قابل اشباع ۹
۲-۵- جبران‌کننده‌های استاتیکی ۱۰
۲-۶- یکسوکننده‌های DC ۱۰
۲-۶-۱- کموتاسیون در مبدلهای DC شش پالسه ۱۱
۲-۶-۲- شکافهای ایجاد شده در ولتاژ خط مبدلهای DC ۱۱
۲-۶-۳- تأثیر اتصال ترانسفورمر تغذیهٔ مبدل بر شکافهای ولتاژ ۱۲
۲-۶-۴- روش تقریبی محاسبه سطح شکافها ۱۲
۲-۶-۵- تأثیر شکافهای ولتاژ خط بر شکافها ۱۳
۲-۶-۶- مبدلهای DC دوازده پالسه ۱۴
۲-۶-۷- محتوای هارمونیکی مبدلهای DC شش پالسه و دوازده پالسه ۱۴
۲-۷- درایو ماشینهای سنکرون ۱۵
۲-۷-۱- اینورترهای کموتاسیون بار ۱۶
۲-۷-۲- مدهای کنترل دور موتورهای سنکرون ۱۶
۲-۷-۳- درایو موتور سنکرون کنترل شده خودی با استفاده از اینورتر کموتاسیون بار ۱۶
۲-۸- واحد مونوبلوک ذوب‌آهن اصفهان ۱۸
۲-۹- مدل هارمونیکی واحد مونوبلوک ۱۸
۲-۹-۱-مدل بارهای هارمونیکی ۱۹
۲-۹-۲- مدل هارمونیکی واحد مونوبلوک در حوزهٔ زمان ۲۰
فصل سوم: مدلهای هارمونیکی المانهای سیستم قدرت
۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- خطوط هوایی و کابلهای زمینی ۲۵

۳-۲-۱- تأثیر اثر پوستی بر پارامترهای خطوط انتقال ۲۸
۳-۳- ترانسفورمرها ۳۱
۳-۴- مدل شبکه قدرت از دید سیستم مورد مطالعه ۳۷
۳-۵- مدل هارمونیکی بارهای سیستم قدرت ۴۰
۳-۵-۱- بارهای مجتمع ۴۰
۳-۵-۲- بارهای موتوری ۴۳
۳-۶- مدل هارمونیکی ماشینهای سنکرون ۴۵
۳-۷- مدل عناصر سری و موازی ۴۷

فصل چهارم: مدلسازی شبکه الکتریکی ذوب‌آهن اصفهان برای مطالعات هارمونیکی

۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- معرفی شبکه ذوب‌آهن اصفهان ۴۸
۴-۳- طرح مشکل ۵۱
۴-۴- ارائه مدل برای عناصر سیستم قدرت ذوب‌آهن ۵۲
۴-۴-۱- مدل خطوط الکتریکی ۵۲
۴-۴-۲- مدل ترانسفورمرهای قدرت ۵۳
۴-۴-۳- مدل شبکه سراسری ایران از دید شبکه ذوب‌آهن ۵۵
۴-۴-۴- مدل ماشینهای سنکرون ۵۶
۴-۴-۵- مدل موتورهای القایی ۵۶
۴-۴-۶- مدل بارهای مجتمع و انبوه ۵۷
۴-۴-۷- مدل فیلترها، خازنها و راکتورهای سری ۵۹
۴-۵- بررسی مشخصات امپدانس هارمونیکی شبکه ذوب‌آهن ۵۹
۴-۶- تأثیر مدلهای خطوط بر مشخصه هارمونیکی سیستم ۶۰
۴-۷- تأثیر اثر پوستی بر مشخصه امپدانس هارمونیکی ۶۷
۴-۸- تأثیر تغییرات شبکه سراسری و مدل شبکه بر مشخصه امپدانس هارمونیکی ۶۸
۴-۹- تأثیر مدل کردن ماشینهای سنکرون بر مشخصه هارمونیکی سیستم ۷۴
۴-۱۰- ساده‌سازی مدل شبکه قدرت ۷۴
۴-۱۰-۱- رگرسیون خطی داده‌ها ۷۶
۴-۱۰-۲- بدست آوردن مشخصهٔ خطی مجموعهٔ بارها به روش رگرسیون خطی ۷۷

فصل پنجم: اثر واحد مونوبلوک بر مشخصهٔ هارمونیکی شبکهٔ ذوب‌آهن

۵-۱- مقدمه ۸۶
۵-۲- بررسی اندازه‌گیری هارمونیکی در نقاط شبکه در سال ۱۳۷۲ ..... ۸۷
۵-۳- استانداردهای سطوح مجاز هارمونیکی ۸۹
۵-۴- منابع هارمونیکی شبکه ذوب‌آهن ۹۰

۵-۵- تأثیر بارهای هارمونیکی مختلف بر مشخصهٔ هارمونیکی باس‌بار ۵۵ ..... ۹۱
۵-۶- مدلسازی شبکه برای مطالعات در حوزهٔ زمان ۹۲
۵-۷- نمونه برداری هارمونیکی از شبکه ذوب‌آهن ۹۳
۵-۸- بررسی نتایج اندازه‌گیریها و شبیه‌سازیهای انجام شده ۹۶
۵-۹- تأثیر هارمونیکی واحد مونوبلوک بر سایر نقاط شبکه ۹۹
۵-۱۰- بررسی علت عدم همخوانی نتایج اندازه‌گیریهای اولیه و نهایی ۱۰۰
۵-۱۱- اثرات خطوط ارتباطی نیروگاههای حرارتی و مرکزی بر محتوای هارمونیکی باس‌بارهای مورد مطالعه ۱۰۳
۵-۱۲- تأثیر اتصال واحد مونوبلوک به باس‌بار نیروگاه حرارتی برمحتوای هارمونیکی نقاط مورد مطالعه ۱۰۴
۵-۱۳- نتیجه‌گیری ۱۰۷

فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۱۱
۶-۲- پیشنهادات ۱۱۳
مراجع ۱۱۵
چکیده انگلیسی ۱۱۸

چکیده

اغتشاشات هارمونیکی یکی از مباحث مهم در زمینهٔ کیفیت توان الکتریکی سیستمهای قدرت است که با افزایش میزان بارهای غیر خطی، مبدلهای استاتیکی و... از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده‌است. علت اصلی این اغتشاشات جاری شدن جریان غیرسینوسی بارهای غیر خطی در شبکه می‌باشد که سبب بروز ولتاژهای هارمونیکی(غیرسینوسی) در نقاط مختلف شبکه می‌گردد. یکی از مهمترین تبعات منفی این اغتشاشات عملکرد نامناسب تجهیزات حساس در شبکه می‌باشد که امروزه با پیشرفت تکنولوژی تعداد آنها رو به افزایش می‌باشد. گزارش عملکرد نامناسب الکتروفیلترهای کوره‌بلند شبکه‌ذوب‌آهن اصفهان یکی از این اختلالات می‌باشد که خرابی تریستورهای الکتروفیلترها را در پی دارد. در مطالعات اولیه توسط شرکت ذوب‌آهن علت این خرابی‌ها یک واحد ماشین سنکرون نصب شده در پست ARP۸ تشخیص داده شد که با تزریق اعوجاجهای هارمونیکی، شبکه را آلوده می‌نماید. در این مطالعه به بررسی اثرات هارمونیکی این واحد بر شبکه پرداخته می‌شود. ابتدا بارهای هارمونیکی و مدلهای ارائه شده برای عناصر و منابع هارمونیکی سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرند پس از مدلسازی هارمونیکی شبکه، مشخصات هارمونیکی سیستم و حساسیتهای شبکه به مدلها و تغییرات مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به این حساسیتها شبکه ساده می‌شود. با مدلسازی شبکه و بارهارمونیکی واحد مونوبلوک توسط نرم‌افزار PSCAD/EMTDC، اثر هارمونیکی این واحد بر نقاط مختلف شبکه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با استانداردهای سطوح مجاز هارمونیکی مقایسه می‌شوند.

فصل اول
مقدمه

کیفیت توان الکتریکی سیستمهای قدرت از جمله واژه‌هایی است که از اواخر دهۀ ۱۹۸۰ بیشتر توسط متخصصان و مهندسان برق مورد استفاده قرار گرفته است. اغتشاشات کیفیت توان الکتریکی سیستم قدرت، به هر گونه مشکلی که موجب تغییر در ولتاژ، جریان یا فرکانس شده‌و بر عملکرد تجهیزات و مصرف‌کنندهها تأثیر گذارد اطلاق می‌گردد. با افزایش تجهیزات الکترونیکی حساس به اغتشاشات شبکه از یک طرف، افزایش بارهای غیر خطی تولید اعوجاجهای هارمونیکی از طرف دیگر، افزایش آگاهی‌های مشترکین وحساسیت آنها بر عملکرد تجهیزات خود و گسترده شدن شبکه‌ها، اهمیت این مفهوم نزد شرکتهای برق و مشترکین افزایش یافته است.

یکی از مصادیق اغتشاشات شبکه که در مبحث کیفیت توان الکتریکی مورد توجه قرار می‌گیرد، اعوجاجهای هارمونیکی ایجاد شده توسط ادوات نیمه هادی و بارهای غیر خطی است. اعوجاجهای متناوب در شبکه به عنوان اعوجاجهای هارمونیکی شناخته می‌شوند و اعوجاجهای لحظه‌ای و غیر متناوب در این تعریف نمی‌گنجند. با فرض سینوسی بودن ولتاژ نیروگاهها و منابع قدرت، در صورت نصب شدن بارهای غیرخطی در شبکه، جریانهای هارمونیکی در شبکه جاری می‌شوند و بدلیل وجود امپدانسهای سری و موازی، اعوجاج ولتاژ در باس‌بارها ایجاد گردیده و بارهای حساس را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اعوجاجهای هارمونیکی از عواملی هستند که از دهۀ ۱۹۳۰ مشکلاتی را برای شبکه فراهم نموده‌اند. ابتدا ترانسفورمرها، به عنوان منابع اصلی هارمونیکها به شمار می‌آمدند. با عرضۀ اولین لامپهای قوس الکتریکی به بازار، اعوجاجهای هارمونیکی در شبکه‌ها افزایش یافت. در دهۀ ۱۹۷۰ با وارد شدن ادوات نیمه‌هادی به شبکۀ قدرت و افزایش روز افزون استفاده از این ادوات و استفاده از کوره‌های القایی، قوس الکتریکی، درایوها، مبدلها و منابع تغذیه، مشکل هارمونیکی جدی‌تر شد. مشکل هارمونیکی زمانی حادتر می‌شود که خازنهای تصحیح ضریب توان نصب شده درشبکه بدلیل فراهم نمودن شرایط رزنانس، باعث تشدید وتقویت این اعوجاجها می‌شوند. فیلترهای پسیو نصب شده در شبکه که سطح هارمونیکها را درشبکه کاهش می‌دهند، در صورت تنظیم نامناسب آنها، هارمونیکها را در شبکه تقویت می‌کنند.

وجود هارمونیکهای ولتاژ و جاری شدن هارمونیکهای جریان در شبکه بر عملکرد تجهیزات و ادوات شبکه تأثیر می گذارد. خازنها، تجهیزات الکترونیکی، ترانسفورمرها، موتورها و ... عناصری هستند که از این هارمونیکها متأثر می‌شوند. خازنها هر چند خود عامل تولید هارمونیکها نیستند ولی می‌توانند با تشکیل رزنانس در شبکه دامنۀ هارمونیکها را تقویت نمایند. همچنین وجود اعوجاجهای ولتاژ هرچند به مقدار کم، باعث جاری شدن هارمونیکهای جریان در خازنها و منجر به عملکرد نادرست فیوزها و خازنها می‌شوند [۱]. ترانسفورمرها علاوه بر اینکه خود عامل تولید هارمونیکها هستند جاری شدن هارمونیکهای جریان و اعمال ولتاژهای هارمونیکی به ترانسفورمر، موجب تولید نویزهای شنوایی، افزایش تلفات گرمایی آهن و مس، افزایش دمای کار ترانسفورمر و افزایش فشارهای عایقی و مکانیکی ترانسفورمرها می‌شوند. هادیها و کابلهای قدرت بدلیل وجود خازنهای موازی، شرایط مساعدتری برای ایجاد رزنانس در شبکه دارند و جاری شدن هارمونیکهای جریان، باعث افزایش دما و صدمه دیدن عایق کابلها می‌شود. با اعمال ولتاژ هارمونیکی به موتور، گرمای اضافی و گشتاورهای ضربه‌ای ایجاد میگردد. جاری شدن هامونیکهای جریان در ترمینال ماشینها علاوه بر تولید نویزهای شنوایی، فلوی مغناطیسی اعوجاج یافته و منجر به پدیدههای crowling وcogging در موتورهای القایی می‌گردد. اعوجاجهای هارمونیکی شبکه بر عملکرد رله‌ها، ادوات اندازه گیری، تجهیزات الکترونیکی و کنترلی حساس به شکل‌موجها تأثیر می گذارند و اختلالات تلفنی و الکترومغناطیسی از اثرات جاری شدن هارمونیکهای مرتبۀ بالا (۱۲۰۰-۵۴۰ هرتز) در خطوط انتقال است که بر سیگنالهای تلفنی تأثیر می گذارند.

موسسات استاندارد جهانی جهت حفظ سطح اعوجاجهای هارمونیکی در حد قابل قبول و مصون ماندن تجهیزات از اثرات مخرب آنها سطوح مجاز هارمونیکی تعریف می‌نمایند که این سطوح توسط

اندیسهای مشخصی از پارامترهای شبکه بیان می‌شوند که از جملهٔ این استانداردها می توان به استانداردهای IEEE، IEC، CIGRE و ANSI اشاره نمود.

باتوجه به اثرات مخرب اعوجاجهای هارمونیکی در شبکه و لزوم رعایت سطوح هارمونیکی مجاز استانداردهای جهانی، روشهای تصحیحی و درمانی این اعوجاجها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. لذا لازم است هنگام طراحی و سرمایه گذاری، توجه ویژه‌ای جهت جلوگیری از ایجاد این مشکلات لحاظ گردد. در صورت وجود اعوجاجهای هارمونیکی، انجام اندازه‌گیری‌های هارمونیکی برای تشخیص منابع هارمونیکی و سطوح هارمونیکها در نقاط مختلف و طراحی و پیاده سازی راه حل تصحیحی مناسب مستلزم صرف هزینه و دقت زیاد می‌باشد. بنابراین به منظور بررسی و تحلیل هارمونیکی یک شبکه لازم است از روشهای کامپیوتری و شبیه‌سازی‌های نرم افزاری استفاده گردد تا در وقت و هزینه صرفه‌جویی شود.

اولین گام در این مطالعات، ارائهٔ یک مدل مناسب برای سیستم مورد نظر می‌باشد به گونه‌ای که رفتار هارمونیکی سیستم را بخوبی بیان نماید. در هنگام بررسی یک سیستم واقعی، ارائه مدل دقیق برای منابع هارمونیکی و سایر عناصر شبکه بدلیل فقدان اطلاعات کافی و دقیق برای آنها، امکان پذیر نیست. همچنین وجود رفتار غیرخطی در سیستم قدرت و تغییرات لحظه به لحظهٔ بارهای شبکه از موانع دیگر ارائهٔ مدل دقیق از سیستم می‌باشد. اما استفاده از مدارهای معادل ساده شده برای عناصرسیستم قدرت، جوابها و راه‌حلهای قابل قبولی از سیستم و رفتار هارمونیکی آنها ارائه می‌نماید. لذا می‌توان با این روش مشخصات هارمونیکی سیستم قدرت را مورد بررسی قرار داد.

در سال ۱۳۷۸ گزارشی مبنی بر وجود مشکلات هارمونیکی در یکی از پستهای شرکت ذوب آهن اصفهان دریافت شد. این اختلالات شامل خرابی مداوم تریستورهای الکتروفیلترهای کوره بلند که از پست ۱۷RP تغذیه می‌شوند، می‌شد. با انجام آزمایشها و تستهای اولیه توسط گروه فنی این شرکت، علت اصلی این اختلالات یک واحد موتورسنکرون با توان ۵MW ، موسوم به واحد مونوبلوک تشخیص داده شد که با تزریق هارمونیکهای جریان به شبکه و باسبار حساس ۱۷RP ، شکل موج ولتاژ اعوجاج یافته و موجب خرابی تریستورهای الکتروفیلترها می‌شدند. نمونه برداری های اولیه انجام شده توسط این شرکت بیانگر این مطلب می‌باشد که سطح هارمونیکهای ولتاژ نزدیک مقدار استاندارد بوده و ممکن است در شرایطی سطح اعوجاجهای هارمونیکی افزایش یافته و شبکه را آلوده نماید. البته با تغییر موقت محل تغذیهٔ الکتروفیلترها مشکل رفع شده‌است ولی این سوال هنوز مطرح است که آیا این واحد می‌تواند بر محتویات هارمونیکی سایر نقاط شبکه تأثیر منفی داشته باشد؟ و در صورت وجود اثرات منفی این واحد، راه حلهای مناسب برای کاهش اعوجاجهای هارمونیکی چیست؟

بـه منظور دستیابی به اهداف فوق لازم است شبکه با دقت مناسب مدل شود و با استفاده از شبیه سازی اثر این بار بر سایر نقاط مورد بررسی قرارگیرد. در فصل دوم بطور مختصر بارهای هارمونیکی شبکهٔ قدرت و بـار خـاص واحد مونوبلوک مورد بررسی قرار می‌گیرند و مدل هارمونیکی‌مناسب برای واحد مونوبلوک پیشـنهاد مـی‌شـود. در فصـل سوم به مرور مدلهای مختلف عناصر سیستم قدرت پرداخته می‌شود و در فصل چهارم، با توجه به نوع مطالعات و شرایط شبکه مدل مناسب انتخاب شده و مشخصه‌های هارمونیکی شبکه و حساسـیت ایـن مشخصـه‌هـا بـا اسـتفاده از شـبیه سازی‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرد و سعی می‌شود مدل سـاده‌شده‌ای از شبکه ارائه گردد تا سرعت مطالعات با حفظ دقت، افزایش یابد. در فصل پنجم با استفاده از مـدل سـاده شـده، اثـرات واحـد مونوبلوک بر نقاط مختلف شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد که برای تأیید مـدل مـورد اسـتفاده از نمونـه برداریهای هارمونیکی استفاده می‌شود. در فصل ششم نتایج جمع‌بندی شده و پیشنهادات لازم ارائه می‌گردد.

فصل دوم
معرفی بارهای هارمونیکی سیستم قدرت
و
واحد مونوبلوک ذوب‌آهن اصفهان

۲-۱- مقدمه

یکی از مباحث کیفیت توان الکتریکی سیستم قدرت، اعوجاجهای هارمونیکی شبکه قدرت است. وجود اعوجاجهای هارمونیکی در شبکه، موجب اختلال در عملکرد تجهیزات نصب شده و کاهش طول عمر آنها می‌گردد. افزایش استرسهای عایقی، تلفات گرمایی مس و آهن در ترانسفورمرها، افزایش استرسهای عایقی در خطوط کابلی، گرم شدن بیش از حد و پدیده‌های crowling و cogging در موتورها و... از جمله اثرات تخریبی اعوجاجهای هارمونیکی در شبکه هستند. با نصب روز افزون تجهیزات الکترونیکی حساس در شبکه و وجود سیستمهای کنترلی وابسته به شکل موجهای ولتاژ و جریان در شبکه، با وجود استفاده از فیلترهای هارمونیکی در این تجهیزات، بحث لزوم حذف و کاهش هارمونیکها در شبکه قوت می‌یابد.

بارهای هارمونیکی از جمله مهمترین عوامل ایجاد اعوجاجهای هارمونیکی در شبکه هستند که به دلیل خاصیت غیرخطی آنها، علاوه بر جریان مولفهٔ اصلی، جریانهای هارمونیکی نیز در شبکه جاری می‌شود که موجب خارج‌شدن شکل موجهای جریان از حالت سینوسی می‌گردد. با جاری شدن هارمونیکهای جریان در شبکه و مواجه شدن با امپدانسهای هارمونیکی شبکه، ولتاژ هارمونیکی در سیستم ایجاد می‌گردد. ترانسفورمرها از جملهٔ اولین منابع هارمونیکی هستند که در زمرهٔ بارها قرار نمی‌گیرند ولی بدلیل طبیعت