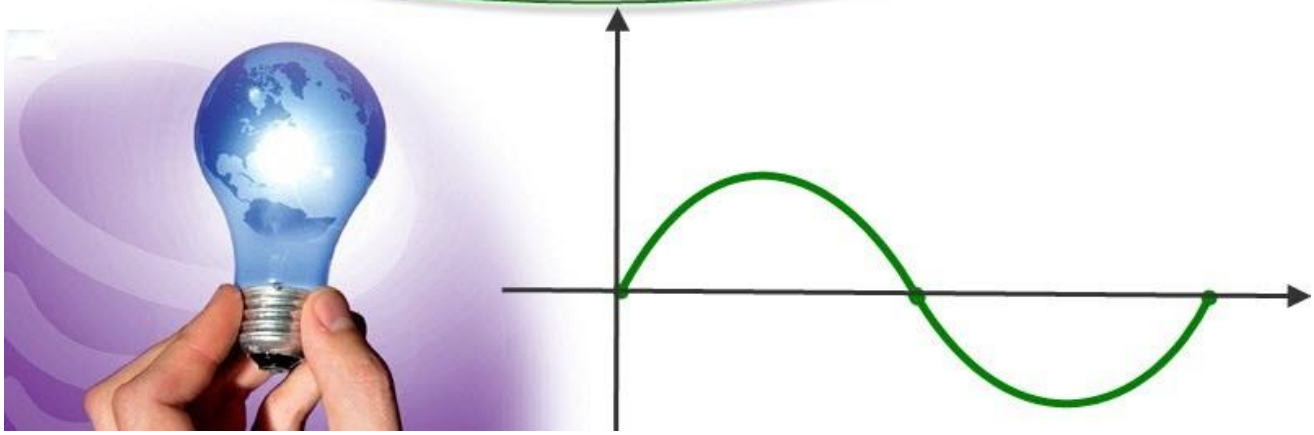
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

هارمونیک ها و تاثیرات آن در سیستم های قدرت

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۴۲۲)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

استفاده از مبدلهای الکترونیک قدرت در اواخر دهه ۱۹۷۰ معمول گردید بسیاری از مهندسان برق در مورد توانایی پذیرش اعوجاج هار مونیکی توسط سیستم های قدرت به بحث و تبادل نظر پرداختند . پیش بینی های نگران کننده ای از سر نوشت سیستم های قدرت در صورت اجازه استفاده از این تجهیزات انجام گرفت . در حالی که بعضی از این پیش بینی ها بیش از حد قلمداد می شد ، ولی بررسی مفهوم کیفیت برق مدیون آنها ، بدلیل پیگیری درباره این مسئله نو ظهور می باشد . بروز هارمونیک ها در سیستم های قدرت ناشی از استفاده عناصر غیر خطی در شبکه می باشد . اعواج ها رمونیکی هنوز مهم ترین مسئله کیفیت برق می باشد مسائل هارمونیکی با بسیاری از قوانین معمولی طراحی سیستم های قدرت و عملکرد آن تحت فرکانس اصلی مغایر است . بنابراین مهندسین برق با پدیده های نا آشنایی روبرو می شوند . که لازمه دانستن ریاضی خاص و نیاز به ابزار پیچیده و تجهیزات پیشرفته برای حل مشکلات و تجزیه تحلیل آنها دارد. اعوجاج هارمونیکی در بسیاری از دوره ها در سیستم های قدرت الکتریکی جریان متناوب وجود داشته و دنبال شده است . جستجوی کتب و منابع و مطالب تکنیکی دهه های قبل و اخیر نشان می دهد که مقالات مختلفی در رابطه با این موضوع انتشار یافته است . اولین منابع هارمونیکی ترانسفور ماتور ها بودند و نخستین مشکل نیز در سیستم های تلفن پدید آمد . استفاده از لامپ های قوس الکتریکی بدلیل مولفه های خاص هارمونیکی توجهات خاصی را برانگیخت ولی این مسائل به اندازه

اهمیت مسئله مبدل های الکترونیک قدرت در سالهای اخیر نبوده است . با پیشرفت تکنولوژی در سالهای اخیر استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت نیز افزایش چشمگیری داشته است. در طی سالهای اخیر پژوهشگران متوجه شده اند که اگر سیستم انتقال به نحو مناسبی طراحی شود به نحوی که بتواند مقدار توان مورد نیاز بارها را به راحتی تامین کند ، احتمال ایجاد مشکل ناشی از هارمونیک ها برای سیستم های قدرت بسیار کم خواهد بود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

کلیات هارمونیک

1-1- مقدمه

هنگامی‌که استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت در اواخر دهه ۱۹۷۰ معمول گردید، توجه بسیاری از مهندسین شرکت‌های برق درمورد توانایی پذیرش اعوجاج هارمونیکی توسط سیستم‌های قدرت را برانگیخت . پیش‌بینی‌های مأیوس‌کننده‌ای از سرنوشت سیستم‌های قدرت درصورت اجازه استفاده ازاین تجهیزات انجام گرفت. درحالی‌که بعضی ازاین نگرانی‌ها احتمالاً بیش از حد قلمداد گردیدند، ولی بررسی مفهوم کیفیت برق مدیون این افراد به‌دلیل پیگیری آنها درمورد این مسئله می‌باشد.بروز هارمونیک در سیستم‌های برق اولین پیامد عناصر غیرخطی در شبکه است. به‌خاطر گسترش فزاینده استفاده از عناصر غیرخطی در سیستم‌های برق، مانند راه‌اندازها (درایورهای تنظیم سرعت) و مبدل‌های الکترونیکی قدرت، مقدار هارمونیک شکل موج جریان و ولتاژ به‌طور چشمگیری افزایش یافته است و بنابراین اهمیت موضوع کاملاً مشخص است، لذا شرکت‌های برق باید تمهیداتی را ارایه کنند تا از آسیب‌دیدگی تجهیزات مشترکین، اعم از خانگی و صنعتی جلوگیری شود. از طرف دیگر با توجه به اینکه ایجاد یک موج کاملاً سینوسی از طرف شرکت‌های برق نمی‌تواند تضمین شود، لذا مشترکین باید اعوجاجات تولید شده توسط تجهیزات خود را محدود کنند.

۱-۲-تاریخچه هارمونیک

ادوارد اوئن در سال ۱۹۹۸ میلادی ، تاریخچه ای را در مورد هارمونیک ها در شبکه قدرت منتشر نمود . او از تجربه شهر هاتفورد امریکا در سال ۱۸۹۳ میلادی به عنوان اولین مشکل اعوجاجات هارمونیکی یاد می کند، و اینکه مهندسین قدرت با مشکل گرم شدن بیش از حد یک موتور الکتریکی و خرابی عایقبندی آن موجه شده بودند . شایان ذکر است که این موتور قبل از ارسال به هارتفورد در کارخانه سازنده شده و به خوبی کار کرده بود. تنها تفاوت بین شرایط آزمایش در کارخانه وشرایط کار واقعی در هارتفورد یک خط انتقال ۱۰ مایلی بود . به منظور پیدا کردن دلیل این مشکل ،تحلیل هارمونیکی بر روی شکل موج های جریان و ولتاژ خط انتقالی که موتور را تغذیه می کرد ،انجام گرفت . نتایج بدست آمده عامل گرم شدن موتور را تشدید ایجاد شده در خط انتقال ناشی از وجود هارمونیک ها تشخیص داد. شایان ذکر است که تولید کنندگان تجهیزات الکتریکی در اروپا برخلاف امریکایی ها به دلیل اینکه در سیستم های انتقال خود از فرکانس های بالا (مانند ۱۲۵، ۱۳۳ یا ۱۴۰ هرتز) استفاده نمی کردند ،تا آن زمان با تشدید خط انتقال مواجه نشده بودند.ازدیگر تجارب هارمونیک ها در شبکه قدرت در آن سالها می توان به بکار گیری یک ژنراتور سه فاز ۱۲۵ هرتز با ولتاژ نامی ۳/۸ کیلو ولت اشاره نمود که توسط شرکت جنرال الکتریک برای نیروگاه رینبو طراحی شده بود . قدرتی که توسط این ژنراتور تولید می شد از طریق یک خط انتقال به سمت دیگر شهر هارتفورد منتقل می گردید و در آنجا یک موتور سنکرون را تغذیه می کرد .موتور سنکرون نیز به نوبه خود به عنوان محرک یک ژنراتورِ DC بود که قطارهای شهر را تغذیه

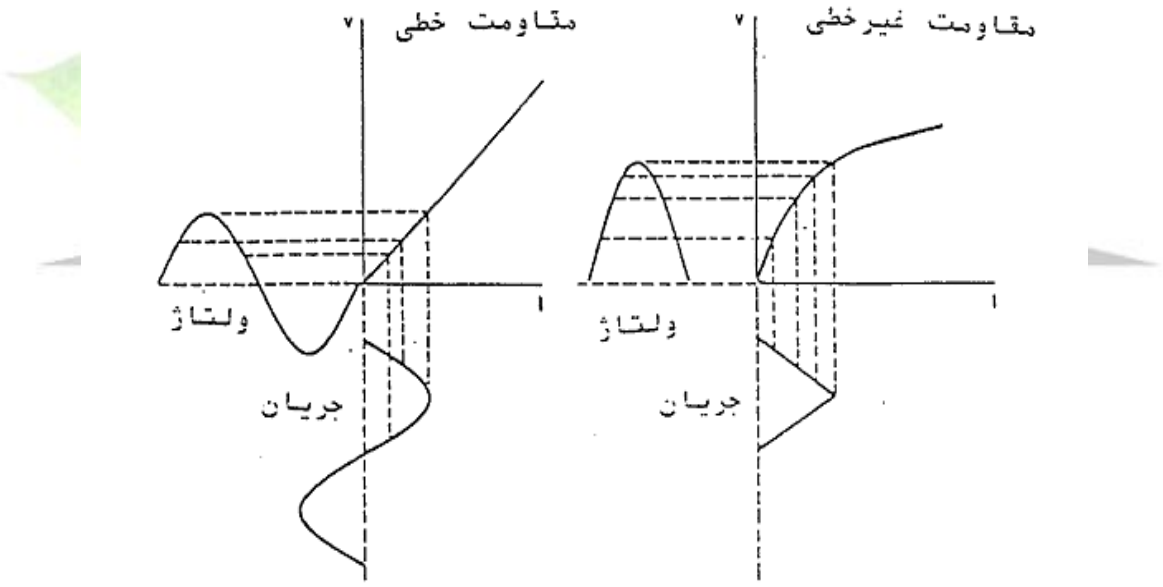
می کرد. از آنجا که طراحان از احتمال وجود تشدید در خط انتقال بی اطلاع نبودن اضافی را نیز در این زمینه انجام دادند . در حقیقت با محاسبه اندوکتانس وخازنی خط انتقال و احتمالااندوکتانس بار ،مشاهده کردند که در فرکانس حدود ۱۶۰۰ هرتز (هارمونیک سیزدهم فرکانس اصلی) در خط تشدید ایجاد می شود. شکل موج های ولتاژ ژنراتور نیروگاه وموتور سنکرون دارای مولفه های هارمونیکی قابل توجه بودند. شاید جالب ترین جنبه این تحقیقات این باشد که آنها چگونه توانستند با وجود وسایل و تجهیزات بسیار ابتدای کار خود را به اتمام رسانند. آنها به تجهیزات اندازه گیری مدرن مانند اسیلوسکوپ یا هارمونیک سنج دسترسی نداشتند .درسال ۱۸۹۳ حتی امکان دسترسی به یک ولت متر خوب نیز وجود نداشت . اسیلوگراف ها هم هنوز اختراع نشده بودند و تنها وسیله ای که امکان استفاده از آن وجود داشت موج نما نام داشت که شکل موج را بصورت نقطه به نقطه از طریق قطع و وصل مرتب یک زبانه نمونه گیری می کرد . آشکار ساز موج نما بجای یک گالوانومتر انحرافی از یک گالوانومتر صفراستفاده می کرد و این بدان معنی است که در هر نقطه باید یک پل متعادل می شد .به هر حال آنان موفق شدند که شکل موج ها را ثبت کرده وتحلیل فوریه را بر روی این شکل موج ها انجام دهند . طبق گزارشات موجود محاسبه هر یک از ضرایب فوریه یک ساعت طول می کشید. شایان ذکر است که کموتاتور موج نما،با فرکانس ۴۵۰۰ هرتز اطلاعات را ثبت می کرد که برای فرکانس پایه ۱۲۵ هرتز ، ۳۶ نمونه در هر سیکل بدست خواهد آمد. امروزه با استفاده از هارمونیک سنج های دیجیتال و با بکار گیری الگوریتم های سریع تبدیل فوریه گسسته می توان بصورت بلادرنگ اعوجاجات هارمونیکی را اندازه گیری کرد.

۱-۳-مفهوم هارمونیک

به بیان ساده میتوان هارمونیک را چنین بیان کرد : به دلیل وجود عواملی در سیستم شکل موج جریان و در نتیجه شکل موج ولتاژ از حالت سینوسی خود خارج شده و با ضرایبی دارای نوسان می شود. درسالهای اولیه هارمونیکها به خاطر مصرف کننده های خطی متعادل در صنایع چندان رایج نبودند، مانند : موتورهای القایی سه فاز،گرم کنندها وروشن کننده های ملتهب شونده تا درجه سفیدی و ..... این بارهای خطی جریان سینوسی ای در فرکانسی برابر با فرکانس ولتاژ می کشند. بنابراین با این تجهیزات اداره کل سیستم نسبتا با سلامتی بیشتری همراه بود. ولی پیشرفت سریع در الکترونیک صنعتی در کاربری صنعتی سبب بوجود آمدن بارهای غیر خطی صنعتی شد. در ساده ترین حالت ، بارهای غیرخطی شکل موج بار غیر سینوسی از شکل موج ولتاژ سینوسی رسم می کنند (شکل موج جریان غیر سینوسی).پدیدآورنده های اصلی بارهای غیر خطی درایوهای AC / DC ، نرم راه اندازها ، یکسوسازهای ۶ / ۱۲ فاز و ... می باشند.

عناصر غیر خطی جزئی از مدار الکتریکی است که در آن ولتاژ متناسب با جریان نمی باشد. این بارها باعث آسیب رساندن به شکل موج ولتاژ و جریان می شوند. در یک عنصر خطی مانند راکتور هوایی زمانی که ولتاژ مشخصی به سر آن اعمال می شود جریان معینی اندازه گیری می شود که عموما لزومی ندارد که این جریان دارای همان شکل موج ولتاژ باشد. در هر حال اگر ولتاژ دو برابر شود جریان نیز دو برابر خواهد شد و شکل موج جریان همان نوع شکل موج

قبلی را خواهد داشت. این موضوع در مورد عناصر غیر خطی صادق نمی باشدو جریان یک شکل موج متفاوتی به خود خواهد گرفت. دو مقاومت را که دارای مشخصه V-I مطابق شکل (۱) در نظر می گیریم یکی از مقاومت ها خطی است و مشخصه V-I یک خط مستقیم است و دیگری یک مقاومت غیر خطی است. اگر یک ولتاژ سینوسی به هر دو مقاومت اعمال شود متوجه خواهیم شد که جریان در مقاومت غیر خطی تغییر شکل خواهد داد. این یک پدیده اساسی در ایجاد هارمونیک ها در سیستم قدرت می باشد.



شکل ۱- مشخصه ولتاژ و جریان در مقاومت خطی و غیر خطی

جهت درک بیشتر به پاره ای از مفاهیم مربوط به هارمونیک های سیستم قدرت پرداخته می شود . اساساً هر موج متناوبی می تواند بوسیله مجموعه ای از موج های سینوسی توصیف گردد که این

مجموعه بنام سری فوریه ریاضی دان فرانسوی (۱۷۶۸-۱۸۳۰)معروف است که در فصل بعدی راجب آن توضیحات بیشتری داده می شود.

$$u_{(t)} = u_{dc} + \sum_{n=1}^{\infty} (u_{(n)s} \sin(n\omega t) + u_{(n)c} \cos(n\omega t)$$

سری مربوطه به دو بخش قابل تفکیک می باشد .

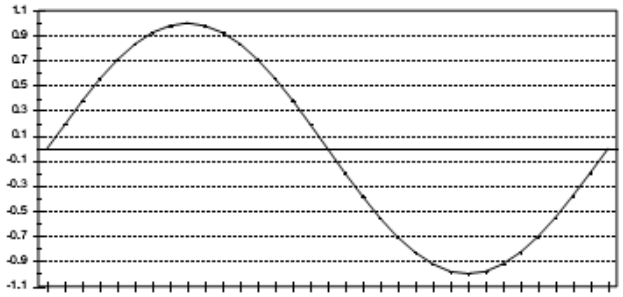
$$u_{(n)s=\frac{1}{\pi}} \int_{0}^{2\pi} u(t) \sin(n\omega t) d\omega t$$

$$u_{(n)c=\frac{1}{\pi}} \int_{0}^{2\pi} u(t) \cos(n\omega t) d\omega t$$

در این روابط n مرتبه n ام هارمونیک و t زمان اصلی پریود و $\omega = 2\frac{\pi}{t}$ می باشد .

فرکانس هر یک از موج های سینوسی این مجموعه ضریب صحیحی از فرکانس موج تناوبی اولیه یا پایه می باشد . هر جمله این سری بعنوان یک هارمونیک فرکانس پایه تعریف می گردد . جمله ای که فرکانس آن همان فرکانس پایه است. هارمونیک اول یا بعضی اوقات پایه نامیده می شود و جمله ای که فرکانس آن دو برابر فرکانس پایه است هارمونیک دوم و بقیه به همین صورت نام گذاری می گردند . فرکانس 60hz به این معنی می باشد که ۶۰ بار بر ثانیه نوسان دارد شکل موج افزایش یافته تا ماکزیمم مقدار بالا رفته سپس تا صفر کاهش پیدا می کند و در ادامه این کاهش تا ماکزیمم مقدار منفی کاهش پیدا می کند و سپس دوباره به صفر برمی گردد بر آورد هر کدام از این تغییرات که اتفاق می افتد به تابعی به نام شکل موج سینوسی نشانه داده شده در شکل (2) بر می گردد این تابع در مقدار زیادی از آثار طبیعی اتفاق می افتد از قبیل حرکت رفت و برگشت

آونگ یا ارتعاش رشته های و یلون زمانی که آنرا به صدا در آورند. فرکانس های مختلف هارمونیک به فرکانس بنیادی و اصلی وابسته می باشند .

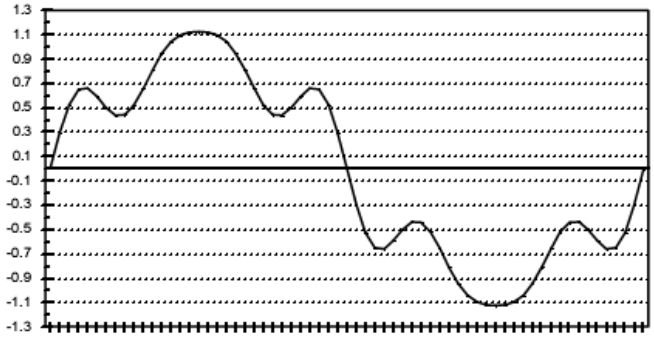


شکل ۲- شکل موج سینوسی پایه

برای مثال : هارمونیک دوم در یک سیستم 60hz برابر با $2\times60hz$ یا 120hz می باشد .

هارمونیک سوم برابر ۶۰ HZ =۱۸۰ HZ × ۳ و هارمونیک پنجم برابر ۶۰ HZ = ۳۰۰ HZ ×

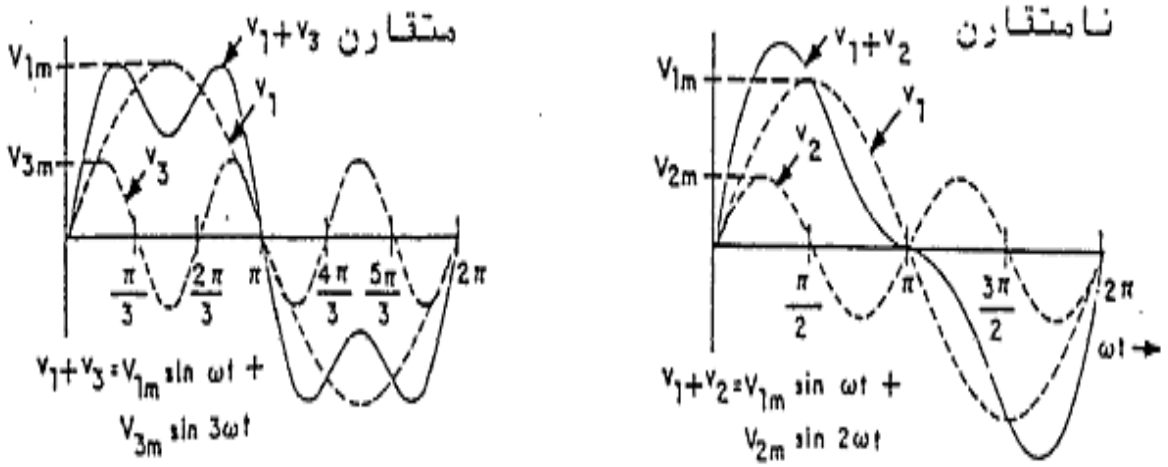
۵ می باشد. شکل 2 نشان می دهد که چگونه یک سیگنال با دو هارمونیک در اسیلوسکوپ ظاهر می شود.



شکل ۳-جمع دو هارمونیک

موجهای بدست آمده هارمونیکی با توجه به فرکانس پایه ۲ نوع می باشند ، موجهای متقارن و موجهای نا متقارن، موجهای متقارن تنها دارای هارمونیک فرد می باشند در حالیکه موجهای غیر متقارن علاوه بر هارمونیک های فرد دارای هارمونیک های زوج نیز می باشند. شکل (۴) دو نمونه موج های نامتقارن و

متقارن را نشان می دهد:



WWW.WIKIPOWER.IR

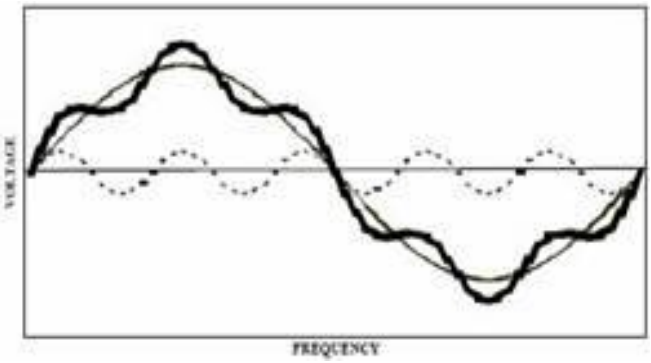
شکل 4- شکل موج های متقارن و نا متقارن

بیشتر وسایل و تجهیزات سیستم قدرت متقارن می باشند و در نتیجه در حالت مانا تنها هارمونیک های فرد بدون مولفه DC تولید می گردد. تقارن در اینجا بدین معنی است که وقتی جریان از یک وسیله خارج می گردد همان مشخصه را دارد که در زمان ورود بوسیله داشته است یا به عبارت دیگر پاسخ وسیله به جریانهای مثبت و منفی یکسان است. موارد استثنایی عدم تقارن هم در سیستم های قدرت وجود دارد که یکسو کننده ها و اینورتر ها از این دسته هستند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

4-1- اساس هارمونیک ها

اصولا هارمونیک ها آلوده سازی شکل موج را در اشکال سینوسی آنها نشان می دهند، ولی فقط در مضارب فرکانس اصلی . تخریب شکل موج را می توان در فرکانس های مختلف (مضارب فرکانس اصلی) بعنوان یک نوسان دوره ای بوسیله آنالیز فوریه تجزیه و تحلیل کرد. در حال حاضر هارمونیکهای فرد و زوج و مرتبه ۳ در اندازه های مختلف ضرایب فرکانس های مختلف در سامانه های الکتریکی موجودند که مستقیما تجهیزات سامانه الکتریکی را متاثر می سازند. در معنایی وسیعتر هارمونیکهای زوج و مرتبه ۳ هریک تلاش می کنند که دیگری را خنثی نمایند. ولی در مدت زمانی که بار نا متعادل است این هارمونیک های زوج و مرتبه ۳ منجر به اضافه بار در نول و اتلاف انرژی شدید می شوند. با تمام احوال هارمونیک های فرد اول مانند هارمونیک پنجم ، هفتم ، یازدهم ، سیزدهم و .... عملکرد این تجهیزات الکتریکی را تحت تاثیر قرار می دهند. برای فهم بهتر تاثیر هارمونیک ها ، شکل (۵) تاثیر تخریب هارمونیک پنجم بر شکل موج سینوسی را نشان می دهد :



شکل۵- تاثیر هارمونیک پنجم بر موج سینوسی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

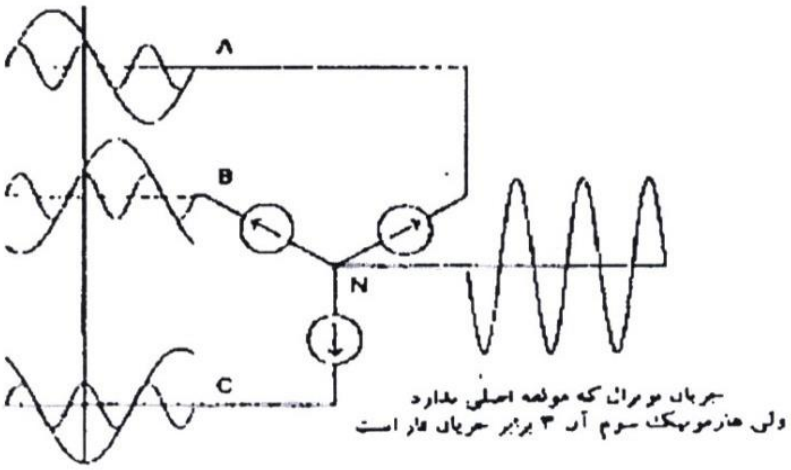
5-1-میان هارمونیک ها

ولتاژها و یا جریانهائی که مؤلفه فرکانس آنها مضرب صحیحی از فرکانس مؤلفه اصلی نباشد را میان هارمونیک‌ها (Interharmonics) می‌نامند. میان هارمونیکها را می‌توان در کلیه سطوح ولتاژ شبکه مشاهده کرد. آنها بصورت فرکانسها منفرد و یا طیف وسیعی از فرکانسها ظاهر می‌شوند. منبع اصلی تولید اعوجاج میان هارمونیک‌ها، مبدلهای فرکانسی استاتیک، سیکلوکانورتر، موتورهای القائی و دستگاههای تولید قوس الکتریکی هستند. سیگنالهای PLC هم می‌توانند بعنوان منابع تولید میان هارمونیکی شناخته شوند. اثرات میان هارمونیک‌ها چندان شناخته شده نیستند. اما اثرات منفی آنها روی سیگنالهای PLC و ایجاد فیلکر روی مانیتورها شناسائی شده است.

6-1-هارمونیک های مضرب سوم

هارمونیک های مرتبه سوم یکی از مهمترین موضوعات در سیستم های با ستاره زمین شده است که جریان در نوترال آنها وجود دارد. دو مشکل عمده،که ممکن است در سیستم قدرت به وجود آید شامل اضافه بار نوترال و تداخلات تلفنی می باشد.چیزی که اغلب در ارتباط با وسایل شنیده می شود بد کار کردن آنها است . زیرا ولتاژهای فازبه نول توسط ا فت ولتاژ با هارمونیکهای مضرب سه که در سیستم نول بوجود می آید به طور بدی مغشوش می شود.

در شکل (۶) جریانهای زیاد نول درمدارهایی که بار تک فاز غیرخطی دارند را نشان می دهد در این شکل فرض بر این است که مولفه های هارمونیک اصلی و سوم وجود دارند . با جمع جریانها در گروه N، جزء جریان اصلی در نول صفر خواهد شد ،ولی جزءهای هارمونیک مضرب سه ،سه برابر جریانهای هارمونیک مضرب سه فاز می باشد، زیرا فازو زمان آنها به طور طبیعی روی هم قرار می گیرند.

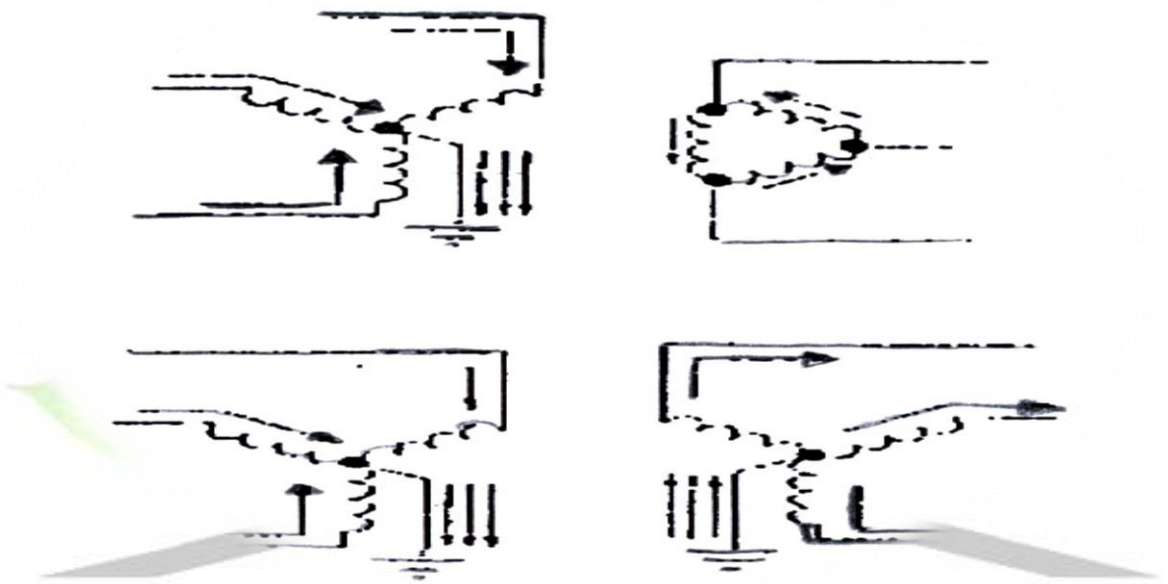


شکل۶- جریانهای زیاد نول درمدارهایی که بار تک فاز غیرخطی دارند

نوع اتصال سیم پیچ ترانسفورماتورها تأثیر بسزایی در عبور جریان های هارمونیک مرتبه سه ناشی از بارهای غیرخطی تک فاز دارد. دو حالت در شکل ۷ نشان داده شده است.

در ترانسفورماتور با اتصال ستاره- مثلث جریان های هارمونیک مرتبه سوم از سمت شبکه به طرف ستاره زمین شده وارد می شوند. از آنجایی که توالی هارمونیک های مضرب سوم هم فاز هستند در نقطه نوترال با یکدیگر جمع می شوند.ضمناً یادآور می شویم که مولفه های هارمونیک های باقی مانده از جمله هارمونیک اصلی به دلیل اینکه با هم ۱۲۰درجه اختلاف فاز دارند لذا مجموع آنها در نقطه نوترال برابر با صفر می شود.در توالی هارمونیک ۵و۷می توان به این نکته اشاره کرد که توالی فاز آنها با هم برابر نیست یعنی اینکه یکی توالی مثبت و دیگری دارای توالی منفی می باشد اما ۱۲۰اختلاف فاز بین سیم پیچ های انها بر قرار می باشد.

به دلیل قانون تعادل آمپر دورها در سیم پیچی های طرف مثلث جریان هارمونیک سوم بوجود می آید. ولی این جریان ها در داخل مثلث گرفتار شده و در جریان های خط ظاهر نمی شوند. وقتی که جریان ها متعادل باشند، جریان های هارمونیک مرتبه صفر رفتار کنند.



شکل ۷- مسیر عبور جریان هارمونیک سوم در ترانسفورماتور سه فاز

این نوع اتصال در اغلب ترانسفورماتورهای پست های توزیع وجود داشته که در آن ها طرف مثلث به فیدر تغذیه اتصال می یابد. با استفاده از سیم پیچی ستاره زمین شده در هر دو طرف ترانسفورماتور، هارمونیک مرتبه سه اجازه می یابد که بدون مانعی از طرف فشار ضعیف به فشار قوی منتقل شود. این هارمونیک ها در هر دو طرف با نسبت مساوی وجود دارند.

7-1-منابع تولید هارمونیک

پیدایش عناصر نیمه هادی و استفاده فراوان از آن ها در شبکه های قدرت عامل جدیدی برای ایجاد هارمونیک در سیستم های قدرت بوجود آورد. کاربرد این عناصر را می توان در تجهیزات و سیستم های قدرت زیر دید:

- سیستم های HVDC
- تجهیزات مورداستفاده در کنترل کننده های سرعت ماشین های الکتریکی
- اتصال نیروگاههای خورشیدی و بادی به سیستم های توزیع
- کاربرد SVC بعنوان ابزار مهمی در کنترل توان راکتیو
- استفاده زیاد از یکسوکننده ها برای دشارژ باطریها

از سوی دیگر عوامل زیر را می توان به عنوان تولیدکننده هارمونیک نیز در نظر گرفت.

- تولید شکل موج غیرسینوسی توسط ماشین های سنکرون ناشی از وجود شیارها و عدم توزیع یکنواخت سیم پیچی های استاتور
- عدم یکنواختی در راکتانس ماشین های سنکرون
- توزیع غیرسینوسی فوران مغناطیسی در ماشین های سنکرون
- جریان مغناطیسی ترانسفورماتور
- بارهای غیرخطی شامل دستگاههای جوشکاری
- کوره های الکتریکی و القایی

از نظر صنایع و کارخانجات، صنایع زیر را می توان از جمله عوامل تولید هارمونیک در شبکه های الکتریکی محسوب نمود:

- صنایع شامل مجتمع های شیمیایی و پتروشیمی و نیز صنایع ذوب آلومینیم که از یکسوکننده های پرقدرت برای تولید برق DC موردنیاز انجام فرآیندهای شیمیایی و ذوب آلومینیوم استفاده می کنند. با توجه به قدرت بالا، این یکسوکننده ها هارمونیک قابل ملاحظه ای در شبکه قدرت به وجود می آورند.

از سوی دیگر استفاده از سیستم های HVDC به منظور ارتباط بین دو نقطه با فواصل طولانی باعث ایجاد هارمونیک در سیستم می گردد.

- استفاده از سیستم های الکترونیک قدرت در سیستم حمل و نقل برقی مانند اتوبوس برقی و متروها باعث می شود که سطوح بالایی از هارمونیک به سیستم توزیع تزریق شود.
- بارهای غیرخطی مانند کوره های قوس الکتریکی که در صنایع ذوب آهن استفاده می شود از عوامل تولید هارمونیک در مقیاس بزرگ می باشند.
- استفاده از SVC جهت تنظیم ولتاژ کنترل توان راکتیو باعث ایجاد هارمونیک در شبکه قدرت می گردد.

1-8- اغتشاش هارمونیک و مقدار موثر

جهت مقایسه امواج اعوجاج یافته با موج سینوسی خالص شاخص های مختلفی را تعریف کرده اند که از معروفترین آنها میتوان به THDاشاره نمود.که به معنی ضریب اعوجاج کلی می باشد. THDمقدار موثر مولفه های هارمونیکی یک موج مغتوش شده استو نشانگر مقدار انرژی گرمایی هارمونیک ها نسبت به مولفه مقدار اصلی آن می باشد.به طور کلی میتوان اعوجاج ولتاژ و جریان را به صورت زیر نمایش داد

ولتاژ $THD_u = \frac{\sqrt{\sum_{n=۲}^{\infty} U^{۲}_{(n)}}}{U_{(۱)}}$

جریان $THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=۲}^{\infty} I^{۲}_{(n)}}}{I_{(۱)}}$

ازآنجا که مقدار RMS یک موج برابر است با مجذور مجموع مربعات مولفه های آن است اعم از مولفه های هارمونیکی و هم مولفه اصلی . لذا مقدار موثرولتاژ و جریان توسط رابطه های زیر بیان می شود

$$U_{Rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u(t)^2 dt} = U_{(۱)}\sqrt{۱ + THD^{۲}_u}$$

$$I_{Rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i(t)^2 dt} = I_{(1)}\sqrt{1 + THD_I^2}$$

THD کمیت مناسبی برای خیلی از کاربرد ها می باشد ولی محدودیت های آن باید مشخص گردد مقدار این ضریب نبایستی‌از میزان معینی (۵ درصد از شبکه های توزیع) تجاوز نماید.

ضریب THD معمولا بر حسب درصد بیان می شود.

برای مثال :

THD = ۱۰٪ $\Rightarrow U_{rms}$ = ۱/۰۰۵ u (۱)

THD = ۲۵٪ $\Rightarrow U_{rms}$ = ۱/۰۳۱ u (۱)

THD = ۵۰٪ $\Rightarrow U_{rms}$ = ۱/۱۱۸ u (۱)

$THD = ۱۰۰٪ \quad \Rightarrow U_{rms} = ۱/۴۱۴ \ u$ (۱)

این ایده خوبی برای مشخص کردن حرارت اضافی ناشی از ولتاژ مغشوش شده دو سر یک بار مقاومتی می باشد ، در این صورت می تواند نشان دهنده تلفات اضافی باشد که توسط جریان از هادی می گذرد. در هر صورت نمی تواند شدت ولتاژ دو سر یک خازن را نشان دهد زیرا این ولتاژ مربوط به مقدار پیک ولتاژ است نه مقدار حرارت آن . ولتاژ هارمونیکی تقریباً مربوط به مقادیر اصلی شکل موج در زمان نمونه برداری می باشند .از آنجا که ولتاژ فقط چند درصدی تغییر می کند ،ولتاژTHD تقریباً همیشه عدد معنی داری خواهد بود .این حالت برای جریان وجود ندارد .یک جریان کوچک ممکن است دارای THD بزرگی باشد اما تهدید مهمی برای سیستم نخواهد بود .از آنجایی که بیشتر وسایل ثبت و اندازه گیریTHDرا بر اساس نمونه برداری حاضر گزارش می کنند،استفاده کننده ممکن است به اشتباه جریان را خطرناک قلمداد کند .بعضی تحلیل گرها برای اجتناب از این مشکلTHD را به فرکانس اصلی و جریان پیک تا به فرکانس اصلی نمونه خاص ارجاع می دهند .به این اغتشاش،اغتشاش مصرف کل یا به کلام ساده TDD گفته می شود و بعنوان اساس برای راهنمایی در استاندارد IEEE ۵۱۹-۱۹۹۲ بکار برده می شود.

1-9-علت ایجاداعوجاج هارمونیکی

علت اعوجاج هارمونیکی در سیستم‌های قدرت ناشی از عناصر غیرخطی می‌باشد. عنصر غیرخطی عنصری است که جریان آن متناسب با ولتاژ اعمالی نمی‌باشد افزایش چند درصدی ولتاژ ممکن است باعث شود که جریان دوبرابر شده و نیز موج جریان شکل دیگری به خود بگیرد. این

مورد ساده ای از منبع تولید اعوجاج در سیستم قدرت می باشد.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 که فرکانس آن‌ها ضریب صحیحی از فرکانس اصلی می‌باشند، هارمونیک‌های مؤلفه اصلی گویند.

جمع این موج‌های سینوسی به سری فوریه معروف است این مفهوم ریاضی اولین بار توسط فوریه ریاضیدان فرانسوی مورد توجه قرار گرفت.اعوجاج در شکل موج جریان و ولتاژ را باید با توجه به هارمونیک های آن بررسی کرد.هارمونیک ولتاژ,ولتاژی است که فرکانس آن مضرب صحیحی (۲و۳و۴برابروغیره)از فرکانس اصلی خط باشد.

فرض کنید در یک سری از موج سینوسی یک موج دارای کمترین فرکانسfو بقیه دارای فرکانسی برابر با مضرب صحیحی از fباشند , موج سینوسی که دارای کمترین فرکانس می باشدبه عنوان موج اصلی و بقیه هارمونیک های آن نامیده می شوند

برای مثال یک سری موج سینوسی که دارای فرکانس های ۲۰,۴۰,۱۰۰,380هرتزمی باشد,دارای هارمونیک های زیر هستند.

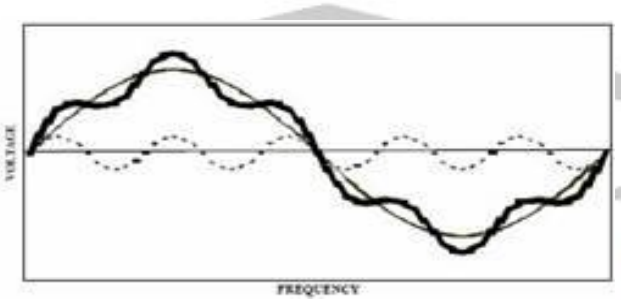
هارمونیک موج اصلی ۲۰هرتز(پایین ترین فرکانس)

هارمونیک دوم (۲۰*۲) =۴۰هرتز

هارمونیک پنجم (۲۰*۵) =۱۰۰هرتز

هارمونیک نوزدهم (۲۰*۱۹) =۳۸۰هرتز

برای درک بیشتر از اعوجاج ناشی از هارمونیک ها فرض کنید که دو منبع e_1, e_2به صورت سری متصل شده باشند. شکل ۸



شکل ۸-اعوجاج ناشی از هارمونیک

فرکانس این دو موج به ترتیب ۶۰هرتز و ۳۰۰هرتز و مقدار ماکزیمم ولتاز آن ها به ترتیب ۱۰۰ ولت و ۲۰ولت می باشد.

موج اصلی و هارمونیک پنجم آن سینوسی کامل بوده و فرض می گردد که در یک زمان از صفر عبور کنند.چون منابع به صورت سری می باشند ولتاژپایانه e_3از جمع لحظه ای هردو منبع به دست می آید. شکل موج نتیجه یک موج سر پهن می باشد.بنابراین جمع یک موج اصلی و هارمونیک های

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آن یک شکل موج غیر سینوسی است که درجه اعوجاج در آن به مقدار هارمونیک های آن بستگی دارد.تولید هر شکل موج تناوبی ولتاژو جریان امکان پذیر می باشدو برای این منظور کافی است موج اصلی را با تعدادی دلخواه از مولفه های هارمونیک آن ترکیب کرد.

برای مثال : یک موج مربعی به اندازه ۱۰۰ولت و فرکانس ۵۰هرتز را میتوان از سری کردن منابع سینوسی شکل۸ بدست آورد.

یک موج مربعی در آن صورت ازموج اصلی و تعداد نامحدودی هارمونیک تشکیل یافته است هارمونیک های بالا دارای مقدار کمتری بوده و در نتیجه از اهمیت کمتری برخوردار هستند به هر حال این هارمونیک های بالا هستند که کناره های با شیب زیا دو گوشه های تیز موج مربعی را می سازند.

در عمل موج مربعی به وسیله جمع منابع سینوسی تولید نمی شودولی این مثال نشان می دهد که هر شکل موجی را می توان توسط موج اصلی و هارمونیک های آن تولید کرد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۱ موج مربعی ۱۰۰ ولت

هارمونیک	دامنه V	فرکانس Hz	دامنه نسبی
اصلی	۱۲۷,۳	۵۰	1
سوم	۴۲,۴۴	۱۵۰	1/3
پنجم	۲۵,۴۶	۲۵۰	1/5
هفتم	۱۸,۴۶	۳۵۰	1/7
نهم	۱۴,۱۵	۴۵۰	1/9
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
صدو بیست و هفتم	۱,۰۰	۶۳۵۰	1/127
.		.	.
.		.	.
nام	۱۲۷,۳/n	50n	1/n

بر عکس هرموج متناوب را می توان به موج اصلی و هارمونیک های آن تجزیه کرد.هارمونیک های ولتاژو جریان معمولا دلخواه نیستند اما در بعضی از مدارهای ACاجتناب ناپذیر می باشند.هارمونیک ها توسط بارهای غیر خطی مانند کوره های قوس الکتریکی و مدارهای مغناطیسی اشباع شونده تولید می گردند.این هارمونیک ها همچنین در جاهایی مانند مدارهای الکترونیک

قدرت که ولتاژیا جریان متناوباً قطع و وصل می شوند به وجود می آیند. تمام این مدارها شکل موج هایی ایجاد می کنند که از نظر هارمونیک ها غنی می باشند.

در مدارهای ACشکل موج اصلی جریان و ولتاژ,توان اصلی را به وجود می آورد .این توان اصلی توان مفیدی است که مثلاًسبب گردش یک موتور می شود.از سوی دیگر هارمونیک های توان از حاصل ضرب هارمونیک های ولتاژوجریان ایجاد میگردندکه معمولاًبه صورت حرارت در مدار,تلف شده و کار مفیدی را انجام نمی دهد.بنابر این تا انجایی که امکان دارد هارمونیک های ولتاژو جریان باید کوچک نگه داشته شوند.

10-1-تجهیزات آسیب‌پذیر

موتورهای الکتریکی ازجمله وسایلی هستند که درمعرض بیشترین اثر نامطلوب هارمونیک‌ها قراردارند، هارمونیک حاصل‌از ولتاژ تغذیه باعث تلفات بالاتر در موتورهای الکتریکی شده که باعث کاهش ظرفیت نامی می‌شود. کاهش عمر و فرسوده شدن عایق‌بندی موتور به‌خاطر افزایش دمای داخلی بالاتراز میزان نامی، از دیگر اثرات نامطلوب هارمونیک‌ها در موتورهای الکتریکی است.

سیستم عایق‌بندی آسیب‌پذیرترین قسمت یک موتور الکتریکی درمقابل افزایش دمای حاصل‌از هارمونیک است.تسریع در فرسایش، خطا و مشکلات عایقی و کاهش عمر معمول‌ترین نشانه‌های مشاهده شده در سیستم‌های عایقیِ درمعرض اضافه حرارت، می‌باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

1-11-مزایای فنی و اقتصادی کاهش هارمونیک‌ها

اگرچه بحث تفصیلی درمورد خسارات هارمونیک‌ها ، پیچیده است ولی می‌توان در یک جمع‌بندی اجمالی مزایای کاهش هارمونیک‌ها را به‌شرح زیر بیان نمود:

- کاهش تلفات تجهیزات الکتریکی و شبکه برق‌رسانی
- آزادسازی ظرفیت تجهیزات شبکه مانند موتورهای الکتریکی و ترانسفورماتورها
- افزایش طول عمر تجهیزات به‌دلیل کاهش تلفات و کاهش درجه حرارت
- کاهش احتمال رزونانس موازی و سری در شبکه
- افزایش راندمان موتورهای الکتریکی
- کاهش خطای عملکرد رله‌ها ، تجهیزات کنترلی و حفاظتی شبکه ناشی از تأثیرات هارمونیک‌ها
- کاهش خطای قرائت دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنتورها و در نتیجه کاهش خطای مبالغ دریافتی از مشترکین
- عملکرد بهتر تجهیزات شبکه و مشترکین از جمله ماشین‌های الکتریکی به‌دلیل کاهش گشتاور مخالف به‌واسطه برخی از هارمونیک‌ها
- بهبود رضایت مشترکین به‌دلیل بهبود کیفیت توان

1-12-حدود هارمونیک

امروزه استفاده از بارهای غیر خطی روبه افزایش است و به تبع آن مقادیر هارمونیک‌ها نیز افزایش می‌یابد استاندارد برای کیفیت برق تحویل شرکتهای توزیع برق را ملزم به رعایت حدودی نموده که با توجه به آن مقادیر هارمونیک‌ها از میزان تعیین شده نباید بیشتر باشد لذا هم مصرف کننده و هم تولید کنندگان ملزم به رعایت حدود استاندارد هستند به طوری که اگر میزان هارمونیک تزریقی به شبکه از طرف مصرف کنندگان از حد مجاز فراتر رود ، باید نسبت به رفع آن اقدام کنند، در غیر این صورت جریمه به آنها تعلق می‌گیرد.

13-1-هارمونیک ها در سیستم سه فاز

در یک سیستم سه فاز متعادل که هارمونیک ها نیزبصورت متعادل فرض می شوند می توان مولفه های هارمونیکی ولتاژ و جریان را بصورت توالی صفر، منفی، مثبت دسته بندی نمود.

در یک سیستم متعادل سه فاز ولتاژ فاز را می توان به شکل زیر بیان نمود.

WikiPower.ir

مولفه اصلی

$$v_{a1}(t) = v_1 \cos(\omega t + \phi_1)$$

$$v_{b1}(t) = v_1 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \phi_1)$$

$$v_{c1}(t) = v_1 \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \phi_1)$$

هارمونیک دوم

$$v_{a2}(t) = v_2 \cos(2\omega t + \phi_2)$$

$$v_{b2}(t) = v_2 \cos(2\omega(t - \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_1) = v_2 \cos(2\omega t + \frac{2\pi}{3} + \phi_2)$$

$$v_{c2}(t) = v_2 \cos(2\omega(t + \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_2) = v_2 \cos(2\omega t _ \frac{2\pi}{3} + \phi_2)$$

هارمونیک سوم

$$v_{a3}(t) = v_3 \cos(3\omega t + \phi_3)$$

$$v_{b3}(t) = v_3 \cos(3\omega(t - \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_3) = v_3 \cos(3\omega t - 2\pi + \phi_3)$$

$$v_{c3}(t) = v_3 \cos(3\omega(t + \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_3) = v_3 \cos(3\omega t + 2\pi + \phi_3)$$

هارمونیک چهارم:

$$v_{a4}(t) = v_4 \cos(4\omega t + \phi_4)$$

$$v_{b4}(t) = v_4 \cos(4\omega(t - \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_4) = v_4 \cos(4\omega t - \frac{2\pi}{3} + \phi_4)$$

$$v_{c4}(t) = v_4 \cos(4\omega(t + \frac{2\pi}{3\omega}) + \phi_4) = v_4 \cos(4\omega t + \frac{2\pi}{3} + \phi_4)$$

با مشاهده این هارمونیک ها، کاملاً آشکار است که مولفه اول در دسته بندی توالی مثبت، دومین مولفه در دسته بندی توالی منفی، سومین مولفه در دسته بندی توالی صفر و چهارمین مولفه در دسته بندی توالی مثبت قرار می گیرد.

جدول۲ مرتبه هارمونیک ها و توالی آنها را در یک سیستم سه فاز متعادل نشان می دهد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول۲- توالی هارمونیک ها در یک سیستم سه فاز متعادل

توالی	مرتبه هارمونیکی
+	۱
-	۲
۰	۳
+	۴
-	۵
۰	۶

14-1-هارمونیک ها و شبکه قدرت ایران

با نگرشی اجمالی به صنایعی که در کشورمان فعال میباشد ، مشاهده می شود که هر یک ازآنها در برگیرنده تعداد قابل توجه ای از منابع هارمونیکی هستندکه وار شبکه سراسری برق می کنند . به عنوان مثال :

- مجتمع های فولاد و صنایع ذوب آهن (نظیر نورد اهواز ، آهن اصفهان ،فولاد مبارکه و غیره) از کوره های عظیم قوس الکتریکی برای ذوب فلزات استفاده می کنند . درکنار این کوره ها از SVC برای تامین توان راکتیو مورد نیاز جهت بهبود ضریب توان آنها استفاده می شود . در قسمت های دیگر این مراکز صنعتی انواع و اقسام موتورهای AC و DC در حال کار می باشند و در کنار آنها نیز کنترل کننده های مربوطه در حال انجام وظیفه کنترلی خود و در عین حال تزریق هارمونیک در شبکه مجتمع می باشند
- سیستم های انتقال HVDC دارای دو ایستگاه مبدل در ابتدا و انتهای خط DC می باشند که یکی در حالت یکسو کنند گی و دیگری در وضعیت اینورتری کار می کنند .

ایستگاه های مبدل فوق حاوی پل های سه فاز تایریستوری می باشند و می دانیم که این پل ها در ردیف مهمترین تولید کنندگان هارمونیک می باشند . لازم به توضیح است که فعلاً بدلیل عدم وجود سیستم HVDC در شبکه سراسری برق ، ایران این شبکه از این هارمونیک ها مصون می باشد

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

1-15-جمع بندی مطالب

امروزه با افزایش استفاده از بارهای غیرخطی (به خصوص مبدل‌های AC/AC و AC/DC ،کوره‌های قوس الکتریکی، ادوات اشباع‌شونده نظیر ترانسفورماتور و ماشین‌های الکتریکی وتجهیزات تخلیه‌ای مانند لامپ‌های فلورسنت جیوهای) پدیده‌های ناخواسته‌ای در سیستم قدرت بروزکرده که از بین آنها بوجود آمدن هارمونیک های بزرگ جریان در برق شهر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. علت این توجه افزایش بارهای حساس به هارمونیک های جریان نظیر بارهای با کنترل میکروپروسسوری و یا بارهایی که در آنها ادوات الکترونیک قدرت بکار رفته است همچنین افزایش تلفات سیستم قدرت و افزایش نویز در مدارهای کنترلی‌شبکه قدرت در اثر هارمونیک‌های جریان می‌باشد

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

تحلیل ریاضی هارمونیک

2-1-مقدمه

قبل از آنکه به بررسی اعوجاجات هارمونیکی در شبکه قدرت بپردازیم لازم است از دیدگاه ریاضی چگونگی تحلیل سیگنال های غیر سینوسی را مورد مطالعه قرار دهیم.برای این منظور تبدیل فوریه پیوسته به عنوان یک اپراتور ریاضی جهت تحلیل طیف فرکانسی ویا کانولوشن سیستم های آنالوگ در حوزه زمان به کار برد.با توجه به این که در بسیاری از کاربردها ,تابع ریاضی سیگنال های مورد مطالعه پیچیده بوده ویا ممکن است در بعضی از موارد نتوان رابطه تحلیلی برای آن ها تعریف نمود,استفاده از کامپیوتر و به کار گیری تبدیل فریه گسسته به جای تبدیل فوریه پیوسته از اهمییت ویژه ای برخوردار می شود.

لذا در این فصل به بررسی سری فوریه توابع هارمونیکی می پردازیم.

2-2-سریهای فوریه

توابع دوره ای کاربرد وسیعی در مسائل مهندسی دارند .نمایش این توابع بر حسب توابع دوره ای ساده مانند سینوس و کسینوس , که منجر به سری فوریه می گردند , از نظر عملی اهمیت زیادی دارند . بسیاری از توابع دورهای نا پیوسته را می توان با سری فوریه بسط داد. ابتدا به بررسی توابع دوره ای و رابطه شان با سری های مثلثاتی می پردازیم.

1-2-2سری فوریه توابع دوره ای

تابع f(X) را دورهای گویند هر گاه این تابع به ازای هر عدد حقیقی x تعریف شده باشد وعدد مثبتی مانند T موجود باشد به طوری که به ازای هر x عدد T را دوره f(x) می نامند . با توجه به معادله فوق داریم :

$f(x+nT)=f(x)$ که n عددی صحیح و دلخواه می باشد . به علاوه چنانچه f(x) و g(x) دارای دوره تناوب T باشند, آنگاه دوره تناوب تابع h(x)=af(x)+bg(x) برابر با T است.

هدف ما پیدا کردن نمایش توابع گوناگون با دوره تناوب 2π بر حسب توابع ساده زیر است:

$Cosx,sinx,cos2x,sin2x,\ldots,cosnx\ ,sinnx,\ldots$

که این توابع نیز دارای دوره تناوب 2π هستند . سری هایی که در ارتباط با این موضوع مطرح می شوند به صورت زیر

هستند که $a_0, a_1, a_2, \ldots, b_0, b_1, b_2, \ldots$ ثابتهای حقیقی هستند . این سری را یک سری مثلثاتی می نامند ، a را ضرایب سری فوریه گویند.

توابع دورهای اغلب در مسائل مهندسی مطرح می شوند و می توان توابع دوره ای با دوره تناوب π ۲ را به صورت یک سری مثلثاتی نمایش داد. چنانکه خواهیم دید توابع دوره ای هارمونیک را نیز می توان به صورت یک سری مثلثاتی نمایش داد.

۲-۲-۲-فرمول های اویلر سری فوریه

فرض می کنیم $f(x)$ تابعی با دوره تناوب π ۲ باشد که بتوان آن را به صورت سری مثلثاتی :

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}[a_n \cos nx + b_n \sin nx]$$

نمایش داد. ضرایب b_n , a_n , a_0 برای چنین تابعی به فرمولهای اویلر مشهورند که عبارتند از :

$$a_0 = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\,dx$$

WikiPower.ir

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\cos nx\,dx$$

n=1,2,....

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi} f(x)\sin nx\,dx$$

n=1,2,...

برای توابع دوره ای f(x) با دوره تناوب دلخواه با توجه به روابط فوق می توان b_n , a_n , a_0 را محاسبه کرد و سری مثلثاتی

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}[a_n \cos nx + b_n \sin nx]$$

را تشکیل داد . این سری موسوم به سری فوریه متناظر با f(x) است و ضرایب آن را از روابط فوق به دست می آورند.

۲-۳-موج مربعی

تابع زیر را که نمایانگر یک موج مربعی است در نظر بگیرید.

$$f(x)=\begin{cases}-k & -\pi<x<0\\ +k & 0<x<\pi\end{cases},\ f(x)=f(x+2\pi)$$

با استفاده از روابط بالا داریم:

$$a_0=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)\,dx=0$$

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)\cos nx\,dx=\frac{1}{\pi}\left[\int_{-\pi}^{\pi}(-k)\cos nx\,dx+\int_{0}^{\pi}k\cos nx\,dx\right]=$$

$$\frac{1}{\pi}\left[-k\frac{\sin nx}{n}\right]_{-\pi}^{0}+k\frac{\sin nx}{n}\Big]_{0}^{\pi}$$

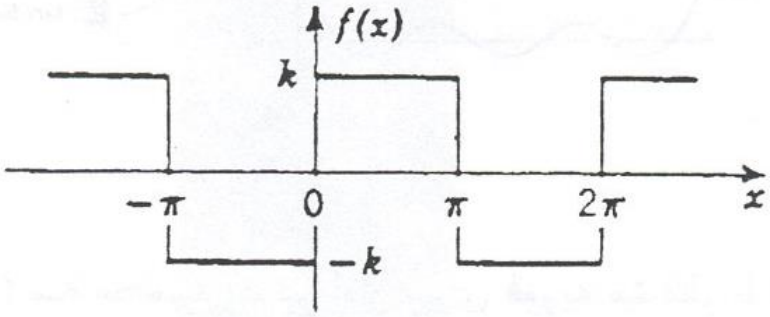
علت مشخص است چرا که در نقاط $-\pi$ و۰ و π به ازای n=1,2,... داریم sinnx=0 همینطور از رابطه های فوق داریم:

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(x)\sin nx\,dx=\frac{1}{\pi}\left[\int_{-\pi}^{0}(-k)\sin nx\,dx+\int_{0}^{\pi}k\sin nx\,dx\right]$$

$$=\left[k\frac{\cos nx}{n}\right]_{-\pi}^{0}-\left[k\frac{\cos nx}{n}\right]_{0}^{\pi}$$

با استفاده از روابط cos(-a)=cosa وcos(0)=1 نتیجه می گیریم:

$$b_n = \frac{k}{n\pi}[\cos 0 - \cos(-n\pi) - \cos(n\pi) + \cos 0] = \frac{2k}{n\pi}(1 - \cos n\pi)$$



شکل ۱- تابع مفروض f(x)موج مربعی دوره ای

می دانیم عبارت $(1-\cos n\pi)$به ازای n های فرد برابر ۲ و به ازای nهای زوج برابر صفر می باشد

به همین علت داریم:

$$b_1 = \frac{4k}{\pi} \quad , \quad b_2 = 0 \quad , \quad b_3 = \frac{4k}{3\pi} \quad , \quad b_4 = 0 \quad , \quad b_5 = \frac{4k}{5\pi} \quad , \ldots.$$

WikiPower.ir

چون زوج ها صفرند و همینطور مجموع های زوج , سری فوریه به صورت زیر است :

$$\frac{4k}{\pi}(\sin x + \frac{1}{3}\sin 3x + \frac{1}{5}\sin 5x + \ldots.)$$

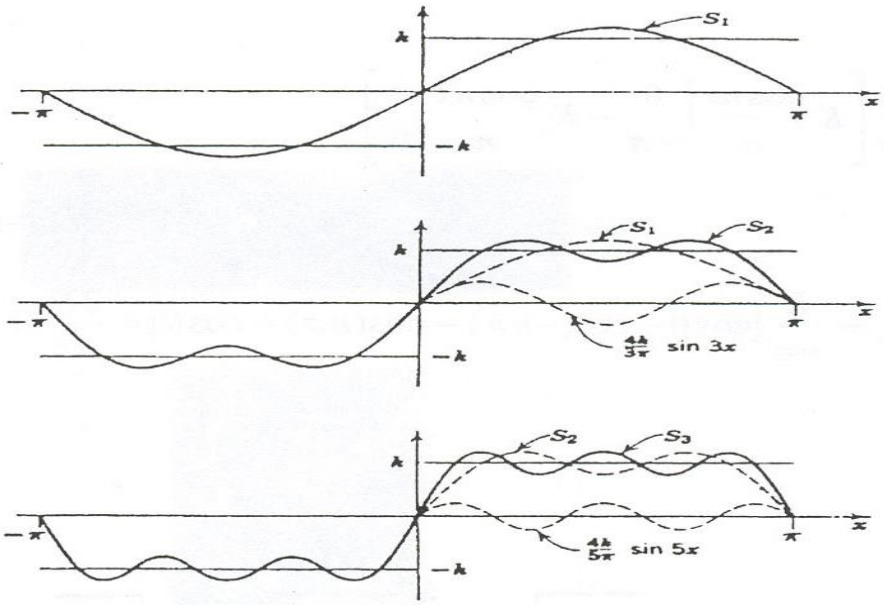
در عمل معمولا مجموع چند جزء اول از این سری برای محاسبات مربوطه کافی است . مجموع های

جزئی عبارتند از :

$$S_1 = \frac{4k}{\pi}\sin x \qquad S_2 = \frac{4k}{\pi}(\sin x + \frac{1}{3}\sin 3x)$$

و.....

سه مجموع جزئی اول سری فوریه متناظر با f(x) در شکل ۲-نشان داده شدند .



شکل۲ –سه مجموع جزئی اول سری فوریه متناظر با f(x)

WikiPower.ir

۲-۴-سری فوریه توابع زوج و فرد

در تعیین ضرایب سری فوریه یک تابع هر گاه , تابع فرد یا زوج باشد می توان از محاسبات غیر ضروری اجتناب کرد . نخست به یاداوری توابع زوج و فرد می پردازیم . تابع y=g(x) زوج نامیده میشود, هر گاه به ازای هر x داشته باشیم:

$$g(-x) = g(x)$$

تابع h(x) را فرد می نامند هر گاه به ازای هر x داشته باشیم :

$$h(-x) = -h(x)$$

اگر g(x) زوج باشد داریم :

$$\int_{-T}^{T} g(x)dx = 2\int_{0}^{T} g(x)\,dx$$

اگر h(x) فرد باشد داریم:

$$\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} h(x)dx = 0$$

سری فوریه تابع زوج f(t) با دوره تناوب T سری فوریه کسینوسی است .(f زوج)

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(\frac{2n\pi}{T}t)$$

با ضرایب :

$$a_0 = \frac{2}{T}\int_{0}^{\frac{T}{2}} f(t)dt$$

$$a_n = \frac{4}{T}\int_{0}^{\frac{T}{2}} f(t)\cos(\frac{2n\pi}{T}t)\,dt$$

n=1,2,...

سری فوریه تابع فرد f(t) با دوره تناوب T سری فوریه کسینوسی است .

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(\frac{2n\pi}{T}t)$$

(f فرد)

با ضرایب :

$$b_n = \frac{4}{T}\int_{0}^{\frac{T}{2}} f(t)\sin(\frac{2n\pi}{T}t)\,dt$$

۲-۵-سری فوریه گسسته (DFT)[۱]

[۱] - Disintograte Fowier Transformation

معادلات سری فوریه که تاکنون مورد توجه قرار گرفت برای محاسبات توابع آنالیزتحلیلی مناسب بودند لذا لازم است که به شکل جدیدی از آن دست یافت تا بتوان در برنامه های کامپیوتری مورد استفاده قرار گیرند. در این خصوص روشهای ریاضی متفاوتی را می توان استفاده نمود که از بین آنها می توان به تبدیل فوریه گسسته که ابزار محاسباتی قوی برای این منظور است اشاره نمود. با استفاده از این تبدیل می توان طیف فرکانسی یک تابع متناوب گسسته را توسط رابطه زیر بدست آورد. که در آن N نرخ نمونه برداری از تابع است.

$$X(K)=\frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N}x(n)e^{-jk\frac{2\pi n}{N}}$$

که در آن k شاخص فرکانس است که از ۱ تا $\frac{N}{2}-1$ تغییر می کند.

در این حالت، ضرایب فوریه را می توان توسط روابط زیر بدست آورد.

$$A_K=\frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N}x(n)\cos(K\frac{2\pi n}{N})$$

$$B_K=\frac{2}{N}\sum_{n=0}^{N}x(n)\sin(K\frac{2\pi n}{N})$$

که در آن:

$N=0,1,\ldots,N-1$

$K=0,1,2,\ldots,\frac{n}{2}$

۲-۶-جمع بندی مطالب

با استفاده از سری فوریه می توان فرکانس و اندازه چندین موج سینوسی را که با یکدیگر ترکیب شده و یک شکل موج دلخواه را ایجاد می کنند مشخص ساخت.از دیدگاه ریاضی بسط سری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فوریه یک سیگنال بهترین پردازش از نظر خطای متوسط مربعات، به کمک استفاده از هارمونیک

مرتبه اول و مرتبه های بالاتر (مضارب صحیح از هارمونیک مرتبه اول) می باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

منابع تولید هارمونیک

3-1-مقدمه

منبع ایجاد هارمونیک ها وجود عناصر غیر خطی در سیستم قدرت می باشند. عناصر غیر خطی جزئی از مدار الکتریکی است که در آن ولتاژ متناسب با جریان نمی باشد. این بارها باعث آسیب رساندن به شکل موج ولتاژ و جریان می شوند. به عنوان مثال در یک عنصر غیر خطی باتغیرات اندکی در ولتاژ مقدار جریان تغیرات شدیدتری نسبت به ولتاژ رابه دنبال خواهد داشت. به طور کلی میتوان چنین بیان کرد که بارهای غیر خطی درصورتی که به یک منبع سینوسی متصل گردند جریانی متناوب اما به صورت غیر سینوسی (هارمونیک دار) از شبکه می کشند. با توجه به اهمییت موضوع تولید هارمونیک ها درشبکه های قدرت در این فصل به عواملی که باعث تولید هارمونیک ها می شود اشاره می شود.

3-2-مبدل های قدرت

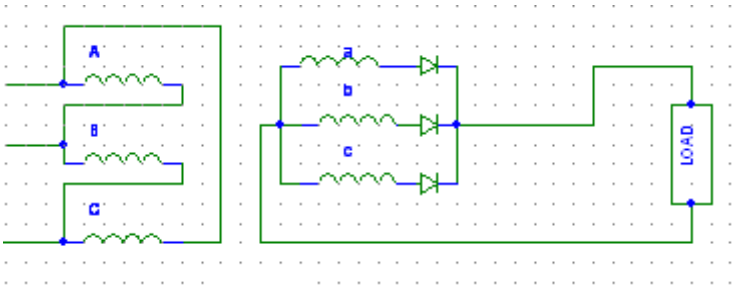
اولین عاملی که در این بخش مطرح می شود مبدل ها هستند. یکسوسازهاجریان AC را به DC و اینونترها جریان DC را به AC تبدیل می کنند . در شکل(1) یک خط انتقال HVDC را نشان می دهد . در ابتدای خط انرژی الکتریکی AC از طریق مبدل شماره ۱ که در حالت یکسوکنندگی کار میکند به انرژی الکتریکی DC تبدیل میشود. سپس در انتهای خط از طریق مبدل شماره ۲که در حالت اینونتری کار می کند مجددا به انرژی الکتریکی AC تبدیل می شود.

شکل ۱_خط انتقال HVDC

.

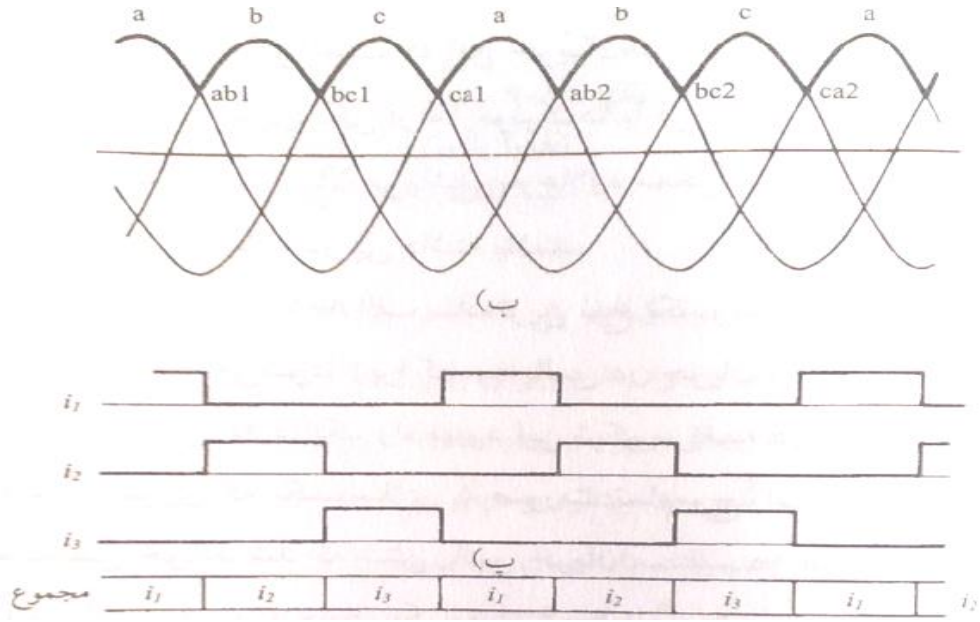
همان طور که می دانیم یک دیود ایده ال تنها اجازه عبور جریان را در یک جهت می دهد که مقدار جریان توسط ولتاژ منبع و امپدانس بار تعیین می گردد.

بامعکوس شدن ولتاژ ورودی دیود به صورت یک امپدانس بینهایت عمل می کند و هیچگونه جریان معکوسی از آن عبور نمی کند با در نظر گرفتن ترکیب نشان داده شده در شکل (۲) با یک دیود متصل شده به هر یک از سه فاز یک تغذیه AC , و با توجه به شکل موج مشاهده می گردد که در هر نقطه از زمان یک یا دو دیود دارای ولتاژ مثبت AC اعمال شده به آنها می باشد.



الف)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲_یکسوساز سه فاز

هدایت از طریق دیودی صورت امکان میپذیرد که در معرض ولتاژ بالاتری قرار داشته باشد.

با کاهش ولتاژ در یک فاز و افزایش ولتاژ فاز دیگر, نقطه ای وجود دارد که ولتاز دو فاز یکسان خواهند بود . همانند نقاطab1وbc1 و ca1پس از این نقطه هدایت از واحدی که ولتاژ آن افت می کند به واحدی(فازی)که ولتاژآن افزایش می یابد منتقل می گردد.

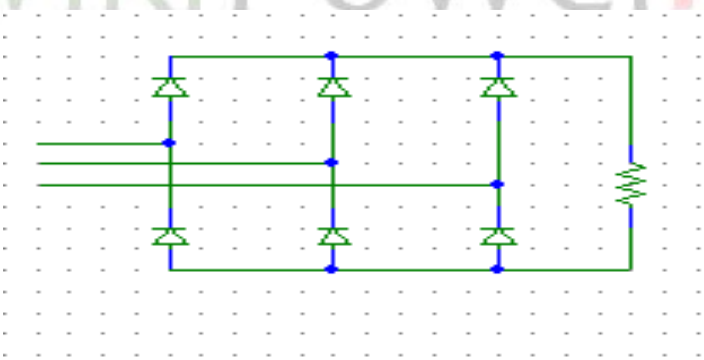
به این انتقال هدایت کموتاسیون گویند, هر یک از خروجی ها در طی زمان ab1_bc1,ab2_bc2, وغیره در یک فاز و به طور مشابه در دو فاز دیگر ولی با ۱۲۰و۲۴۰ درجه جابجایی برقرار می گردد,آنچنان که در شکل (۲) نشان داده شده است در شرایط ایده ال فرض می شود که بار کاملا سلفی بوده واز دید ورودی AC مبدل , هر فاز با جریان هایی با شکل مستطیلی بار گذاری می شود .از انجایی که این پالس ها دیگر دارای شکل موج سینوسی نیستند,هارمونیک ها پدیدار می گردند.

به ازای جریان هارمونیکی خاص عبوری از شبکه تغذیه , افت ولتاژی بر روی امپدانس سری سیستم به وجود آمده ,و بنابر این یک ولتاژ هارمونیکی تولید میگردد. مجموع هر یک از این افت ولتاژهای هارمونیکی, اغتشاش ولتاژ هارمونیکی کل را نتیجه می دهد.

جریان های هارمونیکی همچنین موجب افزایش تلفات می گردند , و از این رو ظرفیت بار گذاری شبکه را کاهش میدهند . همچنین ممکن است که این جریان ها باعث ایجاد خطا در کنتورها و سیستم حفاظتی شوند.

ترکیب نشان داده شده در شکل (۲) ساده ترین نوع یکسو سازهای ۳فاز است که بعنوان یکسوساز ۳_پالس شناخته میشود.زیرا که سه پالس در جریان (i_1, i_2, i_3) خروجی به ازای هر سیکل کامل AC ورودی وجود دارد.یک راه بهبود این ترکیب تعبیه دو دیود در هر فاز است. مطابق شکل(3) به طوری که یکسو سازی بصورت تمام موج است.که به آن یکسوساز۶_پالس گویند.

WikiPower.ir



شکل 3_یکسو ساز ۶-پالس

از دیدگاه فرو نشانی هارمونیک ها, پل ۶_پالس بهترین موردی است که امکان دسترسی به آن با یک منبع AC ورودی ۳فاز وجود دارد. برای بهبود بیشتر لازم است که تعداد پالس ها را بیشتر

نماییم مانند۱۲_پالس.برای این منظور باید از ترانسفورماتوری استفاده کنیم که دارای خروجی ۶فاز که باهم اختلاف فاز ۶۰ درجه داشته باشند .

هارمونیک های تولید شده توسط یکسو ساز ایده ال از رابطه ی زیر بدست می آید.

رابطه هارمونیک تولیدی $N=KP\pm1$

P تعداد پاس

K هر عدد صحیح از ۱ تا بی نهایت

N شماره هارمونیک

بنابر این یکسوساز۳-پالس ساده تمامی هارمونیک ها را به جز هامونیک های مرتبه ۳را تولید میکنند.

در مورد یک ترکیب ۶_پالس, هارمونیک های ذوج نیز حذف می شوند و هارمونیک های ۲۳,۱۹,۱۷,۱۳,۱۱,۷,۵,وغیره باقی میمانند.

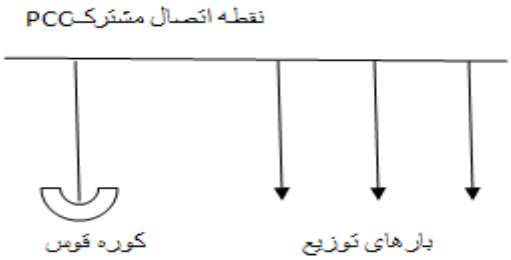
یک آرایش ۱۲_پالس تنها دارای هارمونیک های ۳۷,۳۵,۲۵,۲۳,۱۳,۱۱ وغیره می باشد. وهر چه قدر تعداد پالسها را افزایش دهیم تعداد هارمونیک های مرتبه های پایین کمتر می شوند.

بنابراین اندازه هر جریان هارمونیکی با عکس شماره هارمونیک متناسب است, به طوری که با افزایش تعدادپالس ها جریان های هارمونیکی دارای اندازه کوچکتری خواهند بود کاهش اغتشاش هارمونیکی شکل موج ولتاژبر هر دو اساس فنی و اقتصادی مهم می باشد. تعدادی از هارمونیک ها را میتوان با افزایش تعدادپالس های یکسو ساز , آنچنان که شرح داده شد حذف کرد.

با این وجود یکسوسازها باعث تولید زیر هارمونیکها به دلیل انحراف در زاویه تاخیرتریستور میگردند که باعث ایجاد نامتقارنی در میان فازها میشود.بااستفاده از فیلترها میتوان دامنه ی گسترش هارمونیک ها را کاهش داد.

3-3-کوره های قوس الکتریکی

یکی دیگر از عواملی که باعث تولید هارمونیک در سیستم های قدرت وجود کوره های قوس الکتریکی می باشد. یک خصوصیت بارز عملکرد کوره های قوس الکتریکی وقوع مکرر اتصال کوتاه بین الکترود ها و فلزات قراضه ورودی آن می باشد.اغلب در هنگام دور شدن فلزات قراضه ی ذوب شده از الکترود, قوس خاموش شده و جریانی عبور نخواهد کرد.در هنگام دوره ی ذوب شدن جریان به صورت اتفاقی با اتصال کوتاه شدن به صورت دوفاز یا سه فاز, ویا یک فاز با مدار باز,تغییر می کند.نوسان میان اتصال کوتاه تا مدار باز موجب تولید شدید تغییرات جریان, معمولا چندین برابر بزرگتر از مقدار نامی پلاک کوره ,می گردد.. از انجایی که جریان بار متغیر کوره از شبکه تغذیه عبور می کند متناسب با آن تغییراتی بر روی ورودی باس باری که کوره با سایر مشترکین در همان شبکه ارتباط پیدا می کند تحمیل می شود که اغلب این باس بار به عنوان نقطه اتصال مشترک PCCتعریف می شود و در شکل (۴) نشان داده شده است.

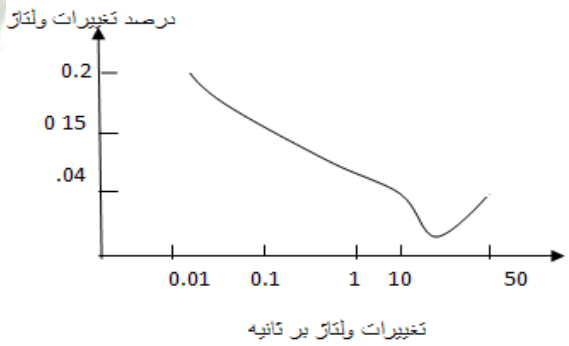


شکل ۴-نقطه اتصال مشترک

3-3-1-نوسانات ولتاژ و فلیکر لامپ

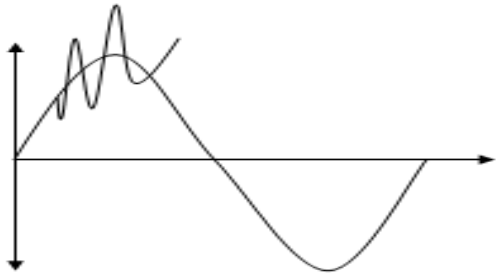
نوسان ولتاز منبع در هنگام ذوب شدن فلزات قراضه ممکن است که باعث ایجاد فلیکر در لامپ های التهابی گردد که چشم انسان به آن حساس می باشد.

منحنی حساسیت چشم انسان نسبت در تغییرات ولتاز منبع در شکل (۵) نشان داده شده است



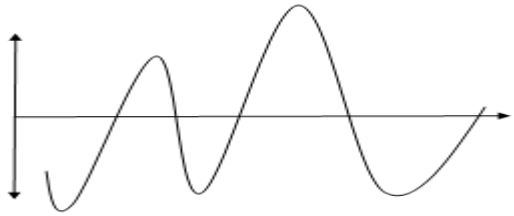
شکل ۵-حداکثر مقدار تغییر ولتاژ جهت جلوگیری از آزردگی فلیکر

در نتیجه حرکت قوس میان الکترودها جریان کوره به سرعت در فرکانس متغییر از زیر ۰,۱ هرتز تا بیش از ۱۰ هرتز نوسان می کند .این امر نوسان ولتاژ منبع را در پی دارد. بخشی از این نوسان در شکل (۶) نشان داده شده است که درآن شکل موج ولتاز منبع دارای مقدار لحظه ای V می باشد.



شکل ۶-نوسان ولتاژ تحمیلی به شکل موج اصلی ولتاژ

ممکن است آن را به عنوان یک موج حامل که با نوسانات اتفاقی ولتاژ ایجاد شده توسط کوره قوسی مدوله شده است,در نظر گرفت. این ولتاژ مدولاسون را می توان به صورت مستقل از شکل موج عادی منبع در نظر گرفت که دارای مقدار لحظه ای V_F حول خط صفر خود,مطابق شکل (۷) می باشد.



شکل ۷۴-نوسان ولتاژ حول ولتاژ پایه

لازم است پارامتری جهت این ولتاژ نوسانی تعیین گردد به نحوی که این پارامتر را بتوان اندازه گیری کرده و جهت تعریف شدت فلیکر برای انسان مورد استفاده قرار داد.

در عمل ,V_F به صورت درصدی از مقدار RMS ولتاژ منبع بیان می شود که مقادیر نمونه آن برابر است با چند دهم یک درصد می باشند.

افت ولتاژ اتصال کوتاه V_Tدرصد تغییر ولتاژ در نقطه اتصال مشترک می باشد هنگامی که الکترودهای کوره از حالت مدار باز به حالت اتصال کوتاه در اثر فرو ریختن آن ها در داخل فلز ذوب شده تغییر وضعیت می دهند. V_T را میتئان با درصد قابل قبئلی از رابطه زیر به دست آورد

$$V_T = \frac{S_F}{S_{PCC}} \times 100\%$$

که درآن S_F قدرت اتصال کوتاه ظاهری کوره قوسی دیده شده از نقطه اتصال مشترک است و S_{PCC} سطح اتصال کوتاه در نقطه اتصال مشترک می باشد. جهت دست یابی به مقدار مناسب S_{PCC} بهتر است که محاسبات بر پایه شرایط بهره برداری سیستم در هنگام پایین بودن سطح اتصال کوتاه تغذیه ها انجام شودبه عنوان مثال دراثر کاهش تولید در زمان بار سبک

برای گروهی از کوره های قوسی که در داخل یک تاسیسات ویا در یک محل نصب شده اند و یا دارای توان کافی جهت انتقال فلیکر از طریق شبکه های EHVبه نقطه اتصال مشترک مورد بررسی می باشند لازم است که MVA معادل اتصال کوتاه کوره تا نقطه اتصال مشترک مورد استفاده قرار گیرد. برای تعدادی از کوره های دارای قدرت های اتصال کوتاه ظاهری S_{F1} وS_{F2}وS_{F3} وغیره , توان اتصال کوتاه معادل S_{eq} برابر ریشه

nام مجموع توان nام توان های اتصال کوتاه هربک از کوره های قوسی در نقطه اتصال مشترک می باشد یعنی

$$S_{eq} = \sqrt[n]{S_{f1}^n + S_{f2}^n + \cdots + S_{fn}^n}$$

و فلیکر ترکیبی V_{FG} در نقطه اتصال مشترک داده شده را می توان به صورت زیر تعیین کرد

$$V_{\mathrm{FG}} = \sqrt[\mathrm{m}]{\sum \mathrm{V}_{\mathrm{fg}}^{\mathrm{m}}}$$

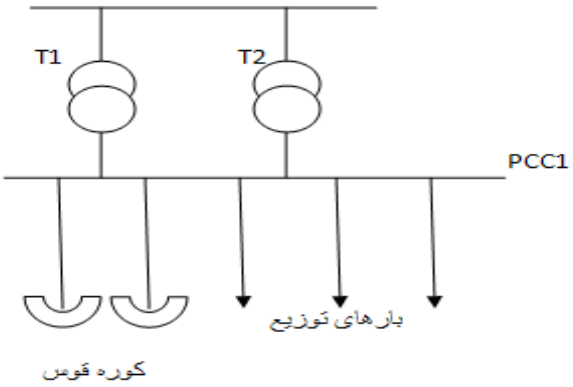
که در آن سهم فلیکر V_{FG} از هر یک از تاسیسات مورد مطالعه برای آینده, به علاوه سهم فلیکر تأسیسات موجود ,به صورت درصد ولتاژ منبع در نقطه اتصال مشترک تعریف می شود. mمی تواند مقداری بین ۲و ۴را وابسته به وضعیت بهره برداری هر کوره که تأسیسات مورد ارزیابی را تحت تأثیر قرار می دهد , اختیار کند.

3-3-2-روش های کاهش نوسان ولتاژ

در جایی که نوسانات شدید ولتاژ توسط تأسیسات کوره های قوسی ایجاد می شود باید فکری برای کاهش این نوسانات انجام داد.لذا برای کاهش این نوسانات روش های بازآرایی اتصالات منابع و جبران سازی خازنی در این پروژه مورد بررسی قرار می گیرد شایان به ذکر است روش های دیگری نیز وجود دارد که از حوصله این پروژه خارج است

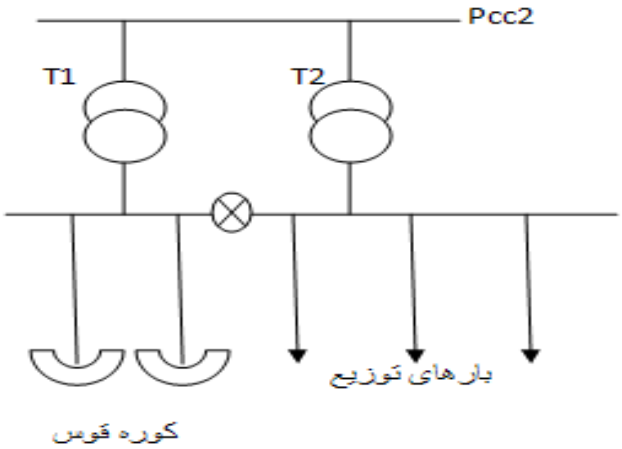
3-3-2-1-بازآرایی اتصالات منبع

در صورتی که نوسانات شدید ولتاژ تحمیلی بر سیستم به طور زیان باری مشترکین را تحت تاثیر قرار می دهد , لازم است که نقطه اتصال مشترک pcc1,در شکل (۸) به سطح ولتاژ بالاتری انتقال پیدا کند.



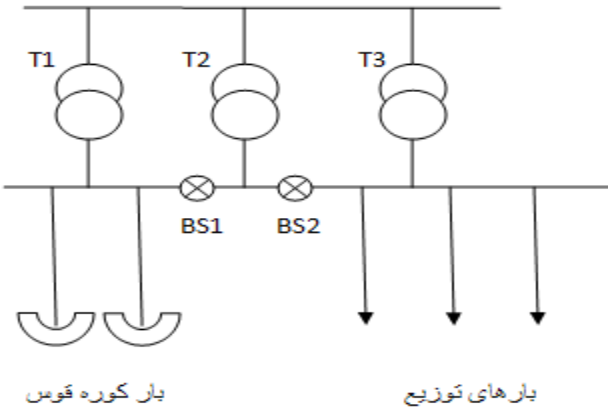
شکل ۸-تغذیه عادی شبکه از pcc1

این امر را می توان با فراهم آوردن ترانسفورماتور انحصاری برای بار کوره قوسی شکل (۹) بدست اورد که در آن نقطه اتصال مشترک میان بار کوره قوسی و بار توزیع اینک در سطحpcc2 می باشد.



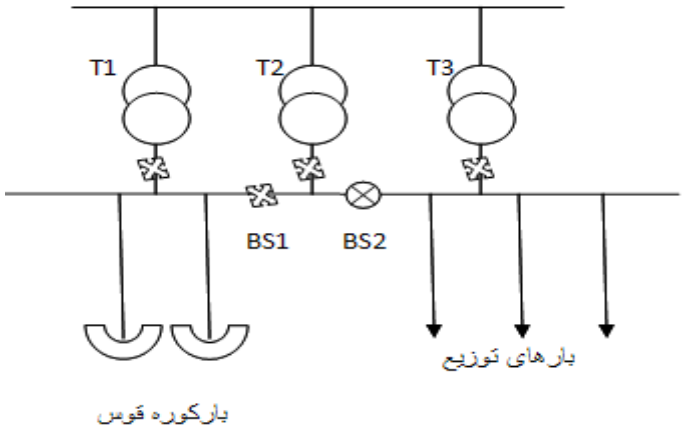
شکل ۹-انتقال بارهای شبکه به سطح ولتاژ بالااز نقطه pcc1بهpcc2

در صورت نیاز به امنیت تغذیه هم برای کوره قوسی و هم برای بارهای شبکه توزیع در برابر از دست رفتن ترانسفورماتور , آنگاه می توان یک ترانسفورماتورآماده به خدمت را مطابق شکل (۱۰) مورد استفاده قرار داد



شکل ۱۰- اضافه کردن ترانس برای امنیت سیستم

از نظر بهره برداری ترجیح داده می شود که این ترانسفورماتور یکی از بار ها را مطابق شکل (۱۱) تغذیه کند. در این صورت در صورت بروز خطا بر روی ترانسفورماتور ۳,به عنوان مثال , مدار T3قطع شده ,ومدار شکن BS2 بسته خواهد شد و سپس مدار شکن BS1جهت بازیابی منابع برای بارهای توزیع باز می شود, در حالی که منابع برای تغذیه بار کوره القایی حفظ می شوند . به همین ترتیب میتوان در صورت بروز خطا در ترانس های دیگر گفته های بالا را تکرار کرد.



شکل ۱۱-بروز خطا در ترانس ها

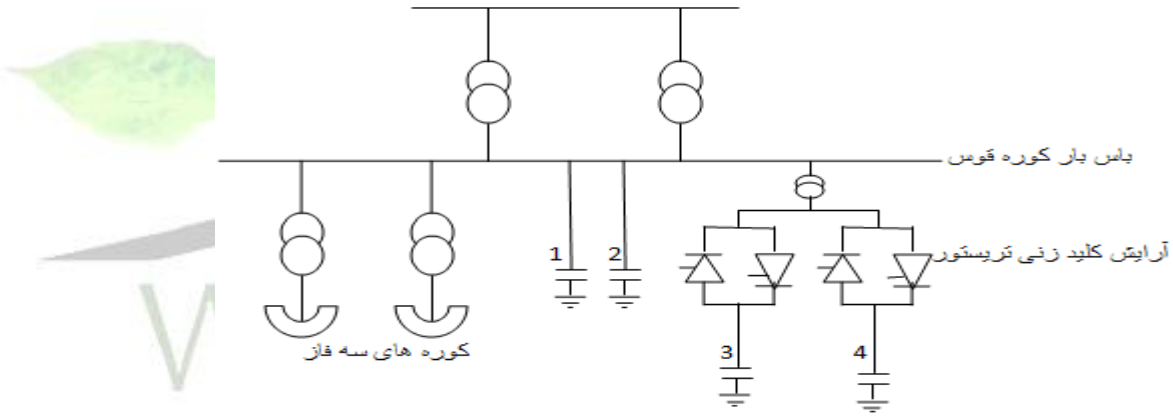
3-3-2-2-جبران سازی خازنی

بار یک کوره قوسی به صورت راکتیو است, به این دلیل که عبور جریان در هنگامی آغاز می گردد که ولتاژ میان الکترود و فلز به اندازه کافی برای ایجاد قوس بالا باشد, یعنی جریان نسبت به ولتاژ پس فاز می باشد. اشکال مختلفی از ترکیبات جبران سازی خازنی جهت کاهش نوسانات ولتاژ موجود می باشد. که در این پروژه به یک شکل اشاره شده است . شکل (۱۲)

خازن های موازی ثلبت ارزانترین و مورد استفاده ترین روش جبرانسازی برای بارهای با ضریب قدرت پایین می باشد, مسئله اصلی به دست آوردن ظرفیت خازنی بهینه در هنگام تغییر بار در سیکل ذوب است. در نتیجه تجهیزات اغلب به نحوی طراحی می شوند که در هنگام ذوب شدن مقداری توان راکتیو جبران سازی نشده از سیستم تغذیه گرفته شود. در صورتی که خازن دارای جبران سازی اضافی باشد و توان راکتیو را به سیستم تغذیه پس بفرستد , این امر ممکن است موجب بروز اضافه ولتاژ درسیستم گردد .لازم است که توجه شود که خازن های ثابت به تنهایی

نوسانات توان راکتیو یا نوسانات ولتاژ اضافی ناشی از کوره قوس را کاهش نمی دهند . از این رو غیر ممکن است که جبران سازی کامل فلیکر به وسیله خازن های ثابت انجام پذیرد.

با استفاده از تریستور امکان وارد یا خارج کردن خازن ها با سرعت بسیار بالا از مدار فراهم شده و به طور قابل توجهی نوسانات ولتاژ کاهش می یابد . با نصب بانک های خازنی ثابت در باس بار کوره قوسی ۱و۲در شکل (۱۲) به نحوی که این خازن ها موجب بروز مسائل اقتصادی ولتاژ بر روی سیستم نگردند . در این صورت شاید ممکن باشد مقدار خازن های سوئیچ شونده ۳و۴را کاهش داد.



شکل ۱۲- جبران سازی با خازن کلید زنی شونده

3-4-تجهیزات جوشکاری

یکی دیگر از منابع تولید هارمونیک تجهیزات و دستگاهای جوشکاری می باشند. چرا که تجهیزات جوشکاری معمولا جریان متغیری را از سیستم تغذیه می کشند, واز این رو موجب نوسان

ولتاژمی شوندبا آنکه این نوسانات دارای نامنظمی کمتری از نوسانات کوره های القایی و قوسی می باشند .

ولیکن حد قابل قبول بودن آنها یکسان است.یک دستگاه جوش تکفاز متصل شده بین دوفاز یک سیستم سه فاز را در نظر گرفته شود.یک بار تکفاز بر روی یک سیستم سه فاز موجب ۳۰درجه جابجایی فاز می گردد,ودو عدد از ولتاژهای فازبه نول دچار افت ولتاز می شوند.که بدترین حالت افت ولتازاتفاق افتاده توسط رابطه زیر بیان می شود

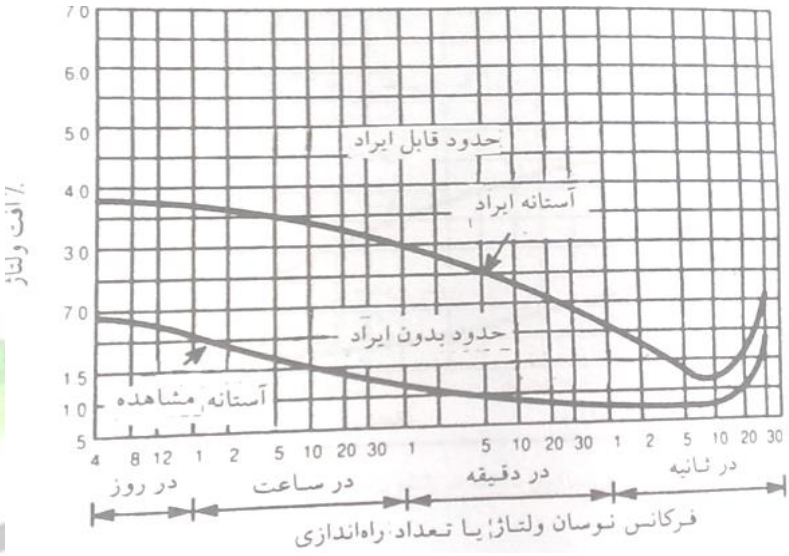
$$\Delta v=I\{R\cos(Ø-30)+X\sin(Ø-30)\}$$

که در آن R وX به ترتیب مقاومت و راکتانس در پایانه های منبع جوش می باشند.

5-3-موتورهای الکتریکی

در سر راه اغلب موتورها جهت کنترل سرعت اینورتورهای جریان وولتاژ وجود دارد .لذا جریان استاتور ماشین غیر سینوسی است .این موجهای غیر سینوسی حاوی هارمونیک اصلی وسایر هارمونیکها خواهند بود.سایر هارمونیک ها از هارمونیک اصلی نیز میدان گردان در شکاف هوایی پدید می آورند و سرعت چرخش آنها بیشتر از سرعت میدان گردان حاصله از هارمونیک اصلی است.به این هارمونیکها لفضا هارمونیکهای زمانی اطلاق می شود وبه علت ایجاد میدان گردان گشتاورها پارازیت ایجاد می کنند .هارمونیکهای زمانی را می توان توسط سیم پیچی کلافهای باگام کسری تضعیف کرد.در سیستم سه فاز جریان هارمونیک سوم وجود ندارد.همانطور که در قسمت کوره های قوسی به پدیده فلیکر اشاره شد اینجانیز پدیده فلیکر قابل چشم پوشی نمی باشد.

پدیده فلیکر در موتورها زمانی به وجود می آید که راه اندازی موتورها ویا بارهای بزرگ باعث افت ولتاژسیستم تغذیه شده که ممکن است باعث سو سو زدن لامپ های روشنایی شود.سو سو زدن لامپ ها وقتی ایراد دارد که مقدار افت ولتاژ و فرکانس از آستانه معینی تجاوز کند.این آستانه مورد ایراد در شکل (۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۳-منحنی نوسان ولتاژ

اگر مقدار افت ولتاژ وفرکانس زیر آستانه ایراد دار و بالای آستانه قابل درک باشد سوسو زدن لامپ قابل توجیه است اما عموما حساس نیست.

اگر مقدار افت ولتاژ و فرکانس زیر آستانه ایراد دار باشد مردم عموماً سوسو زدن لامپ ها را احساس نمی کنند.

به عنوان مثال موتور ۵ اسب بخار که توسط یک خط ۲۰۸ ولت تغذیه می شودرا در نظر بگیرید این خط مدارهای روشنایی ۱۲۰ ولتی را نیز انرژی می دهد.

قدرت موتور ۵ اسب بخار

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جریان بار کامل ۱۶ آمپر

جریان راه اندازی ۹۶ آمپر

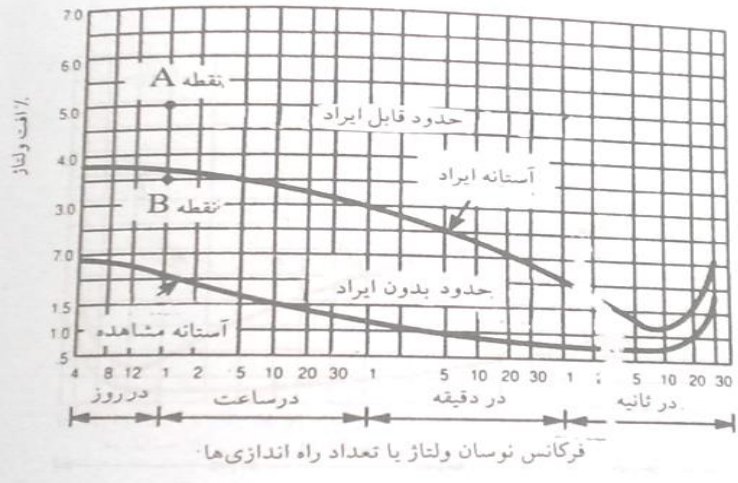
مقاومت ظاهری خط تغذیه ۰,۰۶ اهم

افت ولتاژ در خط تغذیه = جریان راه اندازی *مقاومت ظاهری خط تغذیه

مقدار افت ولتاژ برابر است با ۰,۰۶*۹۶=۶

از شکل (۱۴) این نتایج بدست می آید که افت ۶ ولت در طول خط تغذیه معادل ۵درصد ولتاژ مدار روشنایی ۱۲۰ولت است و باعث سوسو زدن قابل ملاحضه می شود.اگر موتورهر ساعت یکبار راه اندازی شود نقطه روی منحنی افت ولتاژ در حدود قابل ایراد است.(نقطهA)

برای حل این مشکل مدارهای روشنایی را می توان از خط جداگانه ای تغذیه کرد یا افت ولتاژ در طول خط را کاهش داد در این حالت افت ۳,۶ درصد یا کمتر قابل ایراد نمی باشد.ویا تغذیه مدارهای روشنایی از خط دیگر یا بهبود خط موجود راه حل معمول است.البته راه انداز کاهش ولتاژ برای موتور روش دیگری است که اغلب اقتصادی می باشد.اگر جریان راه اندازی با استفاده از راه انداز کاهش ولتاژ به ۷۰درصد مقدار نامی آن محدود شود افت ولتاژ ۷۰*۵=۳,۵درصد و راه اندازی موتور در هر ساعت ایرادی ندارد. (نقطهB)



منحنی نوسان مثال-شکل۱۴

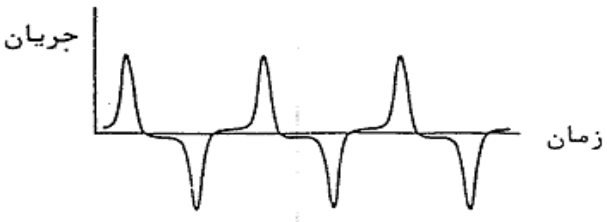
6-3-ژنراتورها

به علت اینکه در ساختمان سیستم های اکسایتر ژنراتور از تریستور ودیود استفاده میشود و همان طور که می دانیم تریستور ها و دیود ها به خاطر ماهیت شان تولید کننده هارمونیک ها هستند. در ورودی سیستم اکسایتر استاتیکی از ترانس هایی استفاده می شود که این هارمونیک مزاحم را به دیگر اجزا منتقل نکنند که برای این هدف از گروه برداری Yd یا Dy استفاده میشود تا هارمونیک ها در همان اتصال مثلث باقی بمانند و به طرف دیگر منتقل نشوند. در این گونه ترانس ها به هیچ عنوان نباید مرکز ستاره اتصال زمین گردد وگرنه در سیستم زمین دچار اشکالات زیادی خواهند شد و حفاظت های این نوع ترانس را بایستی به گونه ای دیگر طراحی کنند. در مورد اتصال DY5 به طور قطع نمی توان گفت که در کلیه ترانس های سیستم های تحریک از این اتصال استفاده شده است . در طرح واحد نیروگاهی ۲۳۰ مگاواتی که دارای سیستم تحریک استاتیکی

هستند (به عنوان مثال واحد های نیروگاه اصفهان) برای ترانس اکسایتر از اتصال **Yd11** استفاده شده است.

7-3-ترانسفورماتور های قدرت

به دلیل کم بودن جریان در یک ترانسفورماتور بی بار می توان از اثر مقاومت سیم پیچی و راکتانس نشتی آن صرفنظر نمود . در این حالت ولتاژ سینوسی به سیم پیچ اولیه شاری سینوسی در هسته ترانسفورماتور تولید می شود . با این وجود ، جریان اولیه آن کاملاً سینوسی نخواهد بود زیرا رابطه بین شار مغناطیسی کنندگی کاملاًخطی نبوده و از منحنی هیسترزیس هسته ترانسفورمر تبعیت می کند . هرگاه نقطه کار ترانسفورمر وارد ناحیه اشباع گردد، شکل موج جریان از حالت سینوسی خود خارج شده و دچار اعوجاج می گردد.شکل (۱۵)منحنی جریان تحریک را نشان می دهد



شکل ۱۵- شکل موج جریان مغناطیس کنندگی

مقدار هارمونیک ها در جریان تحریک یک ترانسفورماتور نمونه بر حسب درصدی از مقدار جریان تحریک در فرکانس پایه یک ترانسفورماتور در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقدار هارمونیک در جریان تحریک ترانسفورماتور

مقدار هارمونیک به	مرتبه هارمونیک
۵۰	سوم
۲۰	پنجم
۵	هفتم
۲/۶	نهم

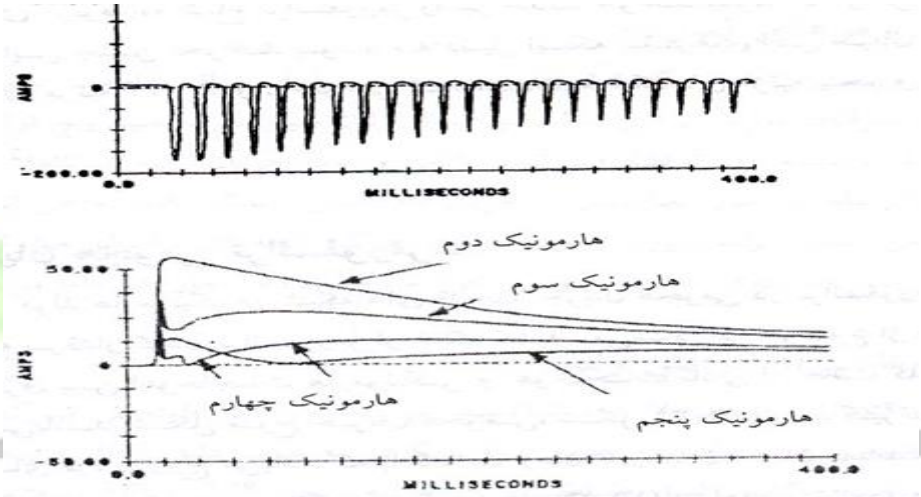
خوشبختانه جریان تحریک فقط ۵٪ تا ۱٪ میزان جریان نامی تراسفورماتورها می باشد. در نتیجه هارمونیک های ایجاد شده توسط ترانسفورماتورها معمولا مشکلی در سیستم قدرت بوجود نمی آورند مگر اینکه سیستم قدرت در یک هارمونیک مشخص به نوسان درآید ولی با توجه به تعداد زیاد ترانسفورماتورها در سیستم قدرت و بخصوص اینکه تعداد زیادی از آنها بار کمی دارند هارمونیک تولیدی آنها در شبکه مقدار نسبتا قابل توجه ای است.

3-8-جریان هجومی ترانسفورمرها

منبع دیگر تولید هارمونیک در شبکه های قدرت، جریان هجومی در ترانسفورمر ها می باشد که در لحظه برقدار کردن ترانسفورمر از شبکه کشیده می شود .اصولا در لحظه اول برق دار کردن ترانس ها جریان بسیار زیادی از شبکه کشیده می شودکه این جریان حاوی هارمونیک هایی می باشد .

شکل موج جریان هجومی ، شکل (16) ، دربرگیرنده هر دو نوع هارمونیک های فرد و زوج می باشد که با گذشت زمان تا رسیدن جریان مغناطیسی کنندگی به حالت ماندگار میرا می گردند .

همانگونه که در شکل (16) مشاهده می شود، هارمونیک های مرتبه دوم ،سوم ،چهارم و پنجم نمایان می باشند. هارمونیک های جریان هجومی معمولاً مشکلی در شبکه پدید نمی آورند مگر آنکه سیستم در یکی از این هارمونیک ها دارای تشدید باشد که در این حالت برقدار کردن ترانسفورمر، سیستم را تحریک کرده و باعث اعوجاج ولتاژ می گردد.به هر حال جریان هجومی یک منبع تولید هارمونیک می باشد.



شکل16-شکل موج جریان هجومی هارمونیکی

لامپ های تخلیه ای3-9-

لامپ های تخلیه ای و بلاخص لامپ های فلورسنت را می توان به صورت دو دیود پشت به پشت در نظر گرفت.در حقیقت در هر دو نیم سیکل برای ایجاد قوس الکتریکی می بایستی دامنه ی ولتاژ از ولتاژ شروع شکست عایق لامپ بیشتر باشدتا مسیر قوس بسته شده وجریان الکتریکی ایجاد شود. همانطور که اشاره شد به دلیل دارا بودن عناصر غیر خطی مانند دیود درساختمان لامپهای فلورسنت این لامپ ها تولید هارمونیک می کنند.از آنجا که در کلیه مراکز اداری و صنعتی

مهمترین سیستم روشنایی را به دلیل راندمان نوری بالا ,عمر زیاد و مصرف کم لامپ های فلورسنت تشکیل می دهند,بنابراین بررسی هارمونیک های تولید شده توسط این لامپ ها حائز اهمیت خواهد بود .

با توجه به اینکه مدارهای روشنایی معمولا طولانی می باشند ,وجود خازن تصحیح ضریب توان می تواند در مدار LCمعادل باعث ایجاد تشدید در فرکانس مربوط به هارمونیک سوم شود. در پی وجود این مشکلات در مرحله طراحی بهتر است که از این تشدید پیشگیری به عمل آید.

برای جلوگیری از حالت تشدید سعی می شود که خازن های تصحیح ضریب توان را از مجاورت هر لامپ برداشته و به جای این خازن ها از یک بانک خازنی مناسب در تابلوی اصلی استفاده شود.بهتر است که این خازن ها به صورت مثلث بسته شوند و بین شبکه وسیستم روشنایی قرار گیرند.

WikiPower.ir

جدول 2-مقدارهارمونیک موثردر لامپ فلورسنت

شماره	درصد هارمونیک
۲	٪۴
۳	٪۲۰
۴	٪۱
۵	٪۱۰
۶	٪۱

3-10-منابع جدید تولید هارمونیک ها

با پیشرفت تکنولوژی شبکه قدرت با منابع جدیدی که ایجاد هارمونیک می کند روبرو می باشد

.

تمهیدات لازم برای صرفه جویی انرژی مانند ساخت موتور های برقی با راندمان بالا و همچنین متعادل کننده های بار که معمولا در آنها از نیمه هادی های قدرت در راه اندازی و قطع استفاده می شوند . این دستگاه ها اغلب ولتاژهای نامنظم و شکل موجهای جریانی را که مملو از هارمونیک ها هستند تولید می کنند . چند نمونه از این منابع در زیر اشاره شده است.

- دستگاه های کنترل کننده موتور ها همانند کنترل کننده های سرعت ماشینها ، قطار های برقی و وسایل حمل و نقل
- صرفه جویی انرژی و کنترل موتورها
- سیستم انتقال جریان مستقیم با ولتاژ بالا و همچنین پستهای تبدیل سیستم Ac به Dc
- اتصال نیرو گاه های انرژی خورشیدی و بادی به سیستم توزیع
- جریان کننده های بار راکتیو استاتیکی که بطور وسیعی جایگزین کنداسنور های سنکرونی می شوند
- گسترش استفاده از وسائل نقلیه برقی که نیاز شدیدی به مقدار برق یکسو شده برای شارژ با طریها دارند .
- استفاده احتمالی از دستگاه های تولید برق مستقیم مانند : نیرو گاه های سلول سوختی (full cell) و باطری های ذخیره کننده که احتیاج به مبدل های قدرت جریان مستقیم به جریان متناوب دارند (Dc به Ac)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- مبدل های فرکانس مورد استفاده در ماشین های سرعت کم و گشتاور زیاد
- انتقال برق به صورت جریان مستقیم با ولتاژ فشار قوی
- مصرف برق وسایل حمل و نقل
- یکسو سازی برای شارژ نمودن باطری
- مبدلهای کاهنده فرکانس (سیکلوکانورتر)
- مدولاسیون ضربه ای منقطع (PBM)
- منابع تغذیه غیر معمول انرژی در سیستمهای توزیع

3-11-جمع بندی مطالب

مشترکین انتظار یک منبع برق رسانی با کیفییت خوب را دارند.اما این تقاضای آنها با چالش هایی مواجه است زیرا که با پیشرفت تکنولوژی و قطعات الکترونیکی و منابعی که در بخش های بالا اشاره شد موجب بروز هارمونیک در شبکه شده که اعوجاج هایی زیان آوری را برای شبکه به همراه خواهد داشت.اگر راهکاری برای حذف این هارمونیک ها ارائه نشود .مشترکین باید هزینه های اضافی را در قبال مصرف کم پرداخت نمایند چرا که هارمونیک های تولیدی توسط منابعی که ذکر گردیده شد بر روی کنتورها و دیگر تجهیزات اندازه گیری تاثیر گذار خواهد بود.به همین منظور در فصل ششم به بیان راهکارهایی برای حذف هارمونیک ها اشاره شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

آثار هارمونیک

WikiPower.ir

4-1-مقدمه

اعوجاجات هارمونیکی بصورت جریان های هارمونیکی توسط بارهای غیر خطی به بقیه شبکه تزریق شده و با توجه به امپدانس شبکه، بصورت اعوجاجات ولتاژ هارمونیکی به تجهیزات مختلف اعمال می شود. لذا تجهیزات مورد استفاده در شبکه های قدرت آلوده به هارمونیک بطور دائم در معرض این اعوجاجات می باشند. لازم است تاثیرات این اعوجاج ها بر تجهیزات را مورد بررسی قرار داده و چنانچه عملکرد صحیح تجهیزات تحت تاثیر قرار بگیرد،می بایستی روش هایی را به منظور کاهش اینگونه تاثیرات جستجو نمود.اعوجاجات هارمونیکی دارای اثرات متفاوتی بر روی

تجهیزات وسیستم های الکتریکی می باشند . در این بخش به تاثیرات مخرب هارمونیک ها بر ادوات سیستم های قدرت می پردازیم.

4-2-خازن

در این بخش میخواهیم اثر هارمونیک بر خازن ها را بررسی کنیم. نقش خازنها به عنوان المان های الکتریکی و الکترونیکی کارآمد در صنایع مربوط به تولید و انتقال و توضیع امروزی غیر قابل انکار است بگونه ای که دیگر هرگز نمی توان چنین صنایعی را بدون وجود خازنهای نیرو متصور شد.از این رو شناخت کامل خازنها و عوامل تاثیر گذار برآنها و حفظ و نگهداری و نظارت دقیق بر آنها ، برای افزایش طول عمر خازن ها و کار کرد بهینه آنها امری الزامی و اجتناب ناپذیر است. لذا در زیر به بررسی رفتار هارمونیک بر روی خازن ها و رفتار خازن ها بر روی هارمونیک اشاره می شود.

WikiPower.ir

4-2-1-اثر هارمونیک ها بر خازن ها

یکی از مواردی که باعث آسیب رساندن به خازنها می گردد گرم شدن خازن ناشی از اضافه جریان شدید خازن می باشد بالا بودن ورودی به خازن حتی در صورت کم بودن هارمونیک ولتاژ امکان پذیر است زیرا امپدانس خازن با عکس فرکانس در ارتباط است.

$$X_C = \frac{1}{hC\omega}$$

مسئله دیگری که در عملکرد خازن ها ممکن است پدید آید مشکل عایقی است زیرا اضافه ولتاژ ناشی از هارمونیک ها ممکن است به حدی برسد که بر خازن تاثیر بگذارد زیرا معمولا خازن ها حساس ترین عنصر در شبکه می باشند و اضافه ولتاژ آنها معمولا نباید از ۲۰ در صد ولتاژ پیک نامی بیشتر بشود.

عموما در سیستم های قدرت اغتشاشات ولتاژ به اندازه ای نیست که سبب آسیب رساندن به خازن گردند مگر اینکه شرایط رزونانس در سیستم پدید آید که این مسئله در سیستم های برق رسانی به صنایع بسیار دیده می شود.

4-2-2-اثر هارمونیک ها بر تلفات دی الکتریک خازن ها

تلفات بانک های خازنی همان تلفات دی الکتریکی می باشد واز فرمول زیر محاسبه می گردد

$$P=\sum_{h=1}^{\infty}V_h^2.C\omega h.tg\delta_h$$

در معادله بالا

ظرفیت خازن بر حسب فاراد =C

hام ضریب تلفات در هارمونیک =h

V= ولتاژ هارمونیک h ام

حال اگر ضریب تلفات را مستقل از فرکانس در نظر بگیریم خواهیم داشت

$$\delta_1=\delta_2=\delta_3=\delta_h$$

در نتیجه تلفات دی الکتریک برابر خواهد شد با

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$P=\sum_{h=1}^{\infty}V_h^2.C\omega h.tg\delta_1$$

تلفات دی الکتریک یک خازن که از موج سینوسی با مقدار موثر V_R تغذیه می شود , برابر خواهد بود با :

$$P_R=V_R^2C\omega\tan\delta_1$$

در این صورت نسبت بین تلفات در موج سینوسی و تلفات در موج غیر سینوسی برابر خواهد شد با :

$$\frac{P}{R}=\frac{\sum V_h^2}{V_R^2}\frac{C\omega h\tan\delta_1}{C\omega\tan\delta_1}$$

$$\frac{P}{P_R}=\frac{\sum V_h^2}{V_R^2}h$$

به کمک روابط فوق می توان تلفات عایقی را در صورت وجود هارمونیک ها محاسبه نمود.

WikiPower.ir

4-2-3-اثر خازنها بر روی هارمونیک

خازنها تجهیزاتی هستند که تولید هارمونیک نمی نمایند, لیکن بر روی هارمونیک های موجود ناشی از عوامل غیر خطی تاثیرات خاصی را بر جای می گذارند که لازم است بر روی آنها مطالعه شود . اولین تاثیر خازن منحرف کردن مسیر هارمونیک جریان از مسیر اصلی یعنی از روی عوامل تولید کننده هارمونیک به سوی شبکه می باشد . بدون خازن اصولا سیستم ها سلفی هستند . این مسئله حتی در فرکانس های هارمونیکی صدق می کند , اما هنگامیکه خازنها در یک مدار سلفی واقع می شوند امکان دارد باعث ایجاد رزونانس در فرکانس طبیعی سیستم گردد.

اصولا دو نوع رزونانس ناشی از خازن به وجود می آید

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

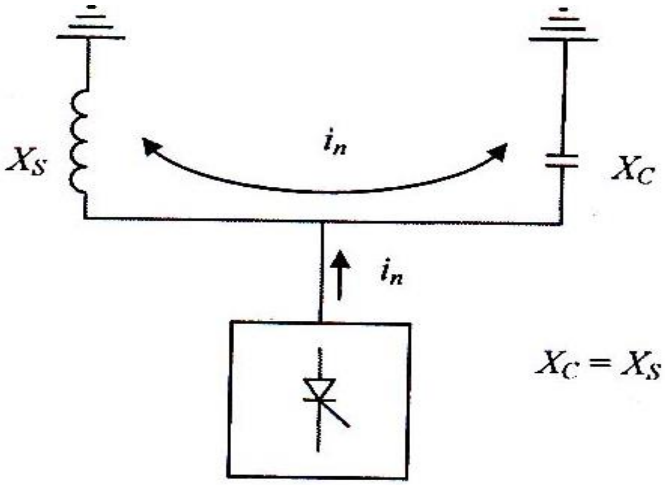
- رزونانس موازی
- رزونانس سری

4-2-3-1-رزونانس موازی

در فرکانس رزونانس ترکیب موازی بانک خازنی و رآکتانس شبکه (منبع تولید) به صورت امپدانس بزرگی ظاهر می شود . در این صورت اگر هارمونیک جریانی به این امپدانس تزریق شود ولتاژ اعوجاج دار بزرگی به دلیل بالا بودن امپدانس ظاهر می گردد.شکل(۲) چگونگی تشدید موازی را نشان می دهد.ولتاژ هارمونیکی بزرگ سبب تولید هارمونیک جریان در بانک خازنی و رآکتانس منبع می شود به عبارت دیگر اثر رزونانس به صورت تقویت هارمونیک جریان تزریق شده ظاهر می گردد. در چنین حالتی ولتاژ دو سر خازن ها آنقدر زیاد می شوند که باعث آسیب به خازنها می شوند.

اثر خازنها بستگی به تیزی حالت رزونانس دارد . بارهای مصرفی فاکتور اصلی در کاهش دادن اغتشاش هارمونیک در شرایط رزونانس است . در صورتی که سطح بار افزایش یابد میزان تقویت در شرایط رزونانس به دلیل اینکه مسیری با امپدانس کمتری در برابر جریان هارمونیکی ایجاد می شود کاهش می یابد

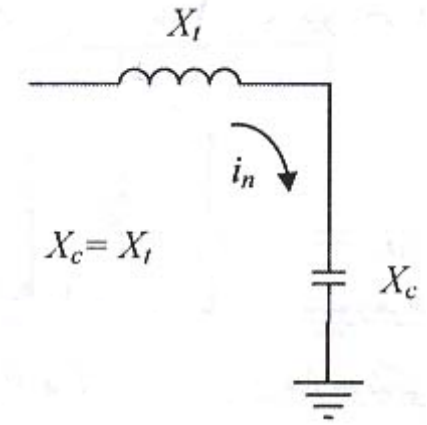
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲_تشدید موازی

2-3-2-4-رزونانس سری

تشدید سری نتیجه ترکیب سری بانک های خازنی با خط یا اندوکتانس ترانسفورمرها است. این مسئله زمانی که خازنها در انتهای مسیر بر روی فیدر قرار دارند پدید می آید.شکل (۲) حالت تشدید سری را نمایش می دهد. تشدید سری باعث ایجاد یک مسیر با امپدانس کوچک در برابر جریان های هارمونیکی شده و به اصطلاح کلیه جریان های هارمونیکی هم مرتبه با مقدار تنظیمی خودش را به تله انداخته و از نفوذ آنها در سایر قسمت های شبکه جلوگیر می نمایند .تشدید سری می تواند باعث ایجاد مقادیر زیادی اعوجاج ولتاژ در خازن و سلفی گردد که در مدار سری قرار گرفته اند



شکل۲_ حالت تشدید سری

در تشدید سری بر خلاف تشدید موازی ، هارمونیک جریان تقویت نمی گردد . اما جریان می تواند در مواد زیر آثار نامطلوبی را در پی داشته باشد :

- اگر خطی در شرایط رزونانس سری قرار گرفته باشد و خطوط مخابراتی نیز با آن موازی باشند آنگاه در چنین حالتی تداخلات شدیدی می تواند بروز کند.
- اعوجاج ولتاژ هارمونیکی به دلیل تمرکز هارمونیک جریان در مسیر رزونانس پدید می آید

WikiPower.ir

۴-۳-تاثیرات هارمونیک بر ترانس های قدرت

دراین بخش دو نوع هارمونیک های جریان و هارمونیک های نیروی محرکه ی الکتریکی می پردازیم که این ها اثرات متفاوتی بر کار ترانسفورماتورها دارند . اکنون این نتایج نامطلوب در زیر مختصراً شرح داده می شود.

4-3-1-هارمونیک های جریان

- اثر بر تلفات اهمی

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وجود هامونیکهای جریان گردشی در سیم پیچ های ترانسفورماتور افزایش تلفات_افزایش درجه حرارت ودر نتیجه کاهش بازده را به همراه خواهد داشت. تاثیرات هارمونیک بر تلفات ترانس توسط رابطه زیربیان می شود:

$$P_h = 3\sum_h I_n^2 R_n + P_{fe}\sum_h (\frac{V_n}{V_1})^2 \frac{1}{n^{2/6}}$$

R_n: *مقاومت سیم مسی در فرکانس nام*

P_{fe}: *تلفات آهنی در فرکانس اصلی*

برای فرکانسهای مختلف R_n از معادله زیر بدست می آید:

$$R_n = R_1(C_0 + C_1 n^b + C_2 n^2)$$

جدول (۱) مقادیر تقریبی برای مفروضات معادله تلفات هسته نشان می دهد

جدول ۱-مقدار تقریبی برای مفروضات معادله تلفات هسته

	c_0	c_1	c_2	b
توزیع	۰/۹-۰/۸۵	۰/۰۸-۰/۰۵	۰/۰۸-۰/۰۵	۱/۴-۰/۹
انتقال	۰/۸-۰/۷۵	۰/۱۳-۰/۱	۰/۱۳-۰/۱	۱/۴-۰/۹
	$c_0 + c_1 + c_2 = 1$			

- تداخل الکترومغناطیسی با مدارهای مخابراتی

هارمونیک های جریان در اطراف هادی های خطوط انتقال هارمونیکهای شاربا فرکانس های متفاوت ایجاد میکنند.این هارمونیک های شار مغناطیسی نیروهای محرکه الکتریکی در مدارهای مخابراتی که به موازات خطوط انتقال کشیده شده اند القا می کنند ودر نتیجه

تداخل ایجاد می شود برای مثال در یک ترانسفورماتور ستاره-ستاره با چهار سیم تغذیه هارمونیکهای مضرب ۳می توانندر خطوط جاری شوند وبنابراین تداخل در مدارهای مخابراتی مجاور ایجاد میکنند این تداخل القایی در حالی که از سیم پیچ کمکی استفاده میشود ممکن است باعث عملکرد غلط وسایل حفاظتی گردند

- تاثیر بر روی تلفات هسته

موقعی که موج نیروی محرکه ی الکتریکی قله دار باشد موج شار به صورت صاف می گردد. بنابر این تلفات پسماند که تقریبا متناسب با مجذور شار است کاهش میابد اما تلفات فوکو که متناسب با مجذور نیروی محرکه الکتریکی است افزایش میابد از انجا که تلفات پس ماند بخش عمده ای از تلفات هسته را تشکیل می دهد در مجموع تلفات هسته کاهش میابد اما اگر موج نیروی محرکه ی الکتریکی صاف شود تلفات هسته افزایش می یابد باید به این نکته توجه کرد که وقتی هارمونیک های سوم جریان در سیم پیچی ترانسفورماتور جاری نمی شوند موج شار سر صاف است.

2-3-4-هارمونیک های ولتاژ

- تنش ولتاژ روی عایق

در برخی اوقات ولتاژسیم پیچی ها از مقدار اسمی شان تجاوز می کند اگر این حالت اتفاق افتد عایق ترانسفور ماتورها دارای تنش ولتاژبالا شده که در نتیجه افزایش تلفات عایقی را به همراه دارد عمر عایق کوتاه می شود و راندمان ترانسفورماتور کاهش میا بد برای مثال در ترانسفور ماتور ستاره –ستاره بدون سیم خنثی عمر عایق کوتاه و کارایی آن کاهش می یابد.

- تداخل الکترواستاتیکی با مدارهای مخابراتی
- ولتاژهای تشدید بزرگ

اگر یک ترانسفورماتور ستاره_ستاره با ثانویه که نقطه خنثی به ان وصل است را به کابل یا خط انتقال بلند متصل گردد ممکن است پدیده تشدید رخ دهد.

WikiPower.ir

4-4-اثر هارمونیک بر روی لامپهای روشنایی و المانهای حرارتی

تلفات در تجهیزات الکتریکی مقدار زیادی وابسته به اغتشاشات ولتاژ اعمالی به آنها می باشد .

معادله کلی را که برای تلفات می توان نوشت به صورت زیر است :

$$P = \sum V_h^n F(h)$$

که در آن پارامترها به صورت زیر تعریف شده اند :

V_h = مقدار موثر هارمونیک h ام

n = مقدار ثابت

$F(h)$ = تابعی است که بستگی به نوع تلفات دارد

اگر لامپهای روشنایی یا المان های حرارتی را به عنوان یک مقاومت در نظر بگیریم قدرت جذب شده لامپهای روشنایی و المانهای حرارتی تلفات اهمی خواهند بود در نتیجه در رابطه بالا توان n برابر با ۲ و تابع $F(h)=\frac{1}{r}$ خواهد شد , یعنی داریم :

$$P=\sum V_h^2\frac{1}{r}$$

در رابطه بالا r مقاومت لامپ یا المان حرارتی است .اگر جذب قدرت در صورت اعمال موج ولتاژ سینوسی با مقدار موثر برابر با مقدار زیر باشد :

$$P_R=\frac{V_R^2}{r}$$

آن گاه خواهیم داشت :

$$\frac{P}{P_R}=\frac{\frac{\sum V_h^2}{r}}{\frac{V_R^2}{r}}=\frac{\sum V_h^2}{V_R^2}$$

WikiPower.ir

$$\frac{P}{P_R}=(\frac{V_1}{V_R})^2\sum_{h=1}(\frac{V_h}{V_1})^2$$

حال اگر مقدار موثر ولتاژ سینوسی اعمالی برابر با مقدار موثر مولفه اصلی موج ولتاژ هارمونیکی باشد یعنی $V_1=V_R$ آنگاه خواهیم داشت :

$$\frac{P}{P_R}=\frac{V_1^2+\sum_{h=2}V_h^2}{V_1^2}=1+(THD)^2$$

به عبارت دیگر هر چه اعوجاج کلی ولتاژ TDH بیشتر باشد جذب قدرت یا بار مصرفی در حال تغذیه با موج هارمونیکی نسبت به جذب قدرت یا بار مصرفی با موج سینوسی بیشتر خواهد شد .

فرمول زیر برای تغییرات طول عمر پیشنهاد گردیده است:

$$(\frac{T_{MR}}{T_M})^{2/7} = \frac{V_R}{V}$$

$$L = L_R\left(\frac{V_R}{V}\right)^{۱۳/۱} = L_R\left(\frac{T_{MR}}{T_M}\right)^{۳۵/۴}$$

T_{MR} : دما در ولتاژ نامی V_R

T_M: دما در ولتاژ V

L_R: عمر عادی با ولتاژ V_R

L : عمر لامپ با ولتاژ V

هارمونیک ها باعث جذب قدرت بیشتر و در نتیجه افزایش دمای المانهای حرارتی می گردند و درنتیجه بر کاهش طول عمر این قبیل تجهیزات تاثیر می گذارند.

4-5-اثر برروی موتورها

موتورها در مقابل اعوجاج هارمونیکی ولتاژ ضربه پذیر می باشند. اعوجاج هارمونیکی ولتاژ در ترمینال های ورودی موتور به هارمونیک فوران در داخل موتور منجر می شود. فوران های هارمونیکی در ایجاد گشتاور مشارکتی نمی کنند ولی چون با سرعتی متفاوت با فرکانس اصلی به گردش در می آیند در نتیجه جریان های با فرکانس بالا در رتور ایجاد می کنند. اثر هارمونیک ها روی موتورها شبیه به اثر جریان توالی منفی در فرکانس اصلی می باشد. بنابراین فوران های اضافی

علاوه بر افزایش تلفات مشکلات دیگری را نیز بوجود می آورند. کاهش راندمان همراه با گرم شدن، لرزش و نویز از عوارض اعوجاج هارمونیک ولتاژ در موتورها می باشند.

در فرکانس های هارمونیکی، موتورها را با راکتانس رتور قفل شده که به خط متصل است نمایش می دهند مولفه های مرتبه پائین هارمونیکی ولتاژ که دامنه بزرگی داشته و امپدانس ظاهرشده آن کوچک می باشد برای موتورها دارای اهمیت بیشتری است.

اگر اعوجاج ولتاژ در محدوده تعریف شده توسط استاندارد هارمونیک های مجاز در شبکه برق ایران قرار بگیرد نیازی به تغییر ظرفیت موتورها نخواهد بود. مقادیر داده شده در این استاندارد به قرار زیر است:

THD =٪۵ و نیز دامنه هر مولفه هارمونیکی فرد باید کمتر از ۳٪ باشد.

هنگامیکه اعوجاج ولتاژ ۵ تا ۱۰ درصد و یا بیشتر شود تلفات حرارتی اضافی ایجاد مشکل می کند.

برای افزایش طول عمر موتور چنین اعوجاجی را باید تصحیح نمود و کاهش داد.

WikiPower.ir

6-4-اثر هارمونیک بر ماشینهای سنکرون

هارمونیک ها میزان امپدانس ماشین سنکرون را تغییر می دهند در صورتیکه موج جریان دارای هارمونیک باشد امپدانس ماشین در برابر هر هارمونیکی برابر با امپدانس زیرگذاری ماشین ضربدر شماره هارمونیک خواهد بود.

مسئله دیگری که هارمونیک جریان ایجاد می نماید تاثیر مکانیکی بر توربین و ژنراتور می باشد. در این حالت نوسانات مکانیکی بدلیل گشتاور پالسی ناشی از تداخل بین جریانهای هارمونیکی و

مولفه میدان اصلی ایجاد می گردد که باعث آسیب رسیدن به محورها می گردد. از طرف دیگر در صورتیکه فرکانس موج هارمونیکی به نحوی باشد که تولید نوسانات پالسی کند و فرکانس این نوسانات با فرکانسهای طبیعی مکانیکی ترکیب ژنراتور توربین برابر شود آنگاه شرایط تشدید فراهم می آید و باعث اشکالات عمده ای بر محور توربین ژنراتور می گردد.

4-7-اثر هارمونیک بر وسایل اندازه گیری

هارمونیک ها می توانند بر عملکرد وسایل اندازه گیری انرژی الکتریکی تأثیر به سزایی داشته باشند.برای همین منظور تأثیرات هارمونیک ها بر واتمترها وکنتورها در زیر شرح داده شده است

4-7-1-اثر هارمونیک بر واتمترها

واتمترها اندکسیونی هستند که تحت تاثیر فرکانس قرار می گیرند زیرا گشتاور وارد شده به دیسک آنها مناسب با فلو و جریان گردابی است که در دیسک القا می شود. فلوو جریان گردابی نیز با افزایش فرکانس کاهش می یابند بنابراین واتمترها دارای خطای منفی در فرکانس های بالاتر از فرکانس نامی هستند . به عبارت دیگر مقادیری که واتمترها نشان می دهند کمتر از مقدار واقعی می باشند. میزان تقریبی خطا برای هارمونیک دوم حدود ۵٪ و برای هارمونیک دهم برابر با ۵۶٪ می باشد از سوی دیگر اثر هارمونیک ها بر روی وسایل اندازه گیری بستگی به جهت عبور جریان هارمونیک دارد.

4-7-2-اثر هارمونیک بر کنتورها

برای بررسی تاثیر هارمونیک بر کنتورها از روش تحلیل مدل ریاضی استفاده شده است تا بتوان عملکرد آن را برای ولتاژ و جریان غیر سینوسی شبیه سازی کرد.

تعیین مدل ریاضی

$$S = \frac{\sum_{k=۱,۳,۵} k\omega c_k \tau_k \phi''_{vk} \phi''_{ik} \sin(\beta_{vk} - \beta_{ik})}{k_۱ + \sum_{k=۱,۳,۵} c_k \tau_k (k'_{۲\tau} \phi''_{vk} + k'_۳ \phi''_{ik})''}$$

درصد خطا از رابطه زیر به دست می آید:

$$\frac{(S - S_۰)}{S_۰} \times ۱۰۰$$

که S سرعت دیسک بر اساس رابطه اولی و S_0 سرعت دیسک در فرکانس مبنای $\omega_۰$ (فرکانس اصلی) می باشد.

پاسخ کنتور به ورودی هارمونیک:

فرض کنیم جریان و ولتاژ ورودی به کنتور علاوه بر فرکانس اصلی شامل هارمونیک مرتبه hام باشند یعنی:

$$V = VCos\omega_۰ t + V_h Cos(h\omega_۰ t - \gamma_v)$$

$$i = ICos(\omega_۰ t - \theta) + I_h Cos(h\omega_۰ t - \gamma_i)$$

توان متوسط که توسط کنتور باید ثبت کند به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P = \frac{\omega}{۲\pi} \int_۰^{\frac{۲\pi}{\omega}} v.i.dt = \frac{VI}{۲} Cos\theta + \frac{v_h i_h}{۲} Cos(\gamma_v - \gamma_i)$$

در صورتیکه ورودیهای ولتاژ و جریان شامل هارمونیکی باشند .

معمولاً اندازه هارمونیک h ام ولتاژ و جریان ، بیش از $\left[\frac{1}{h}\right]$ برابر مولفه اصلی نیست لذا در نظر گرفتن هارمونیک ۳و۵و۷ کافی است.

8-4-عملکرد رله ها

بطور کلی رله ها وسایل حفاظتی هستند که بخشی از سیستم را که خطا در آنجا رخ داده است از بقیه شبکه ایزوله می نمایند بطوریکه بقیه سیستم به طور عادی کار خود را دنبال نماید. تحت چنین عملکردی سیستم حفاظتی باید قادر به تشخیص حالت عادی و وجود خطا در سیستم باشد و به نحوی طراحی شده باشد که فقط در مقابل وجود خطا عکس العمل نشان دهد. با چنین دیدی از عملکرد رله ها هر عاملی که سبب تاخیر و تسریع بی مورد عملکرد رله ها گردد مشکلات زیادی را برای شبکه های توزیع به همراه خواهند داشت.

عوامل تاثیر گذار بر عملکرد نا مناسب رله ها :

- تنظیم نامناسب رله
- تنظیم نامناسب رله در ارتباط با دیگر رله ها
- تاثیر هارمونیک ها بر روی رله ها

اثر هارمونیک بر روی رله یا هارمونیک ولتاژ بوده یا هارمونیک جریان می باشد. رله ها با توجه به سیستم عملکردشان به یک نوع هارمونیک و یا هر دو نوع هارمونیک حساس می باشند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هر کجا که هارمونیک جریان وجود داشته باشد این هارمونیک جریان به علت عبور از امپدانس مسیر تولید هارمونیک ولتاژ می نماید و هر جا نیز هارمونیک ولتاژ وجود داشته باشد در بارها هارمونیک جریان ایجاد می کند.

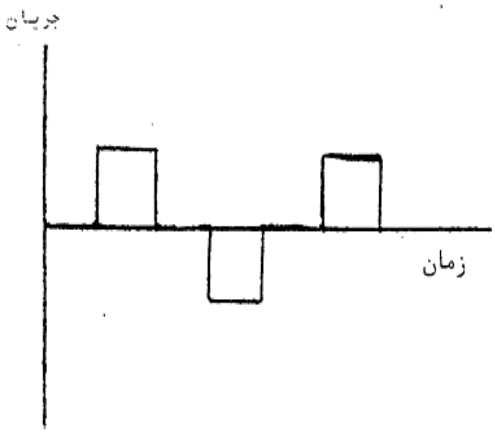
استاندارد هایی که به منظور تست رله استفاده می شوند معمولا موج سینوسی بدون هارمونیک را پیشنهاد می کنند. رله های استاتیکی که بایستی به مقدار موثر جریان حساس باشند معمولا بر اساس اندازه گیری پیک موج جریان کار می کنند یعنی با توجه به سینوسی بودن موج مقدار موثر آن را محاسبه می نمایند. اگر شکل موج جریان دارای هارمونیک باشد مقدار موثری را که محاسبه می کند صحیح نمی باشد و دارای خطای عملکرد خواهند بود. ومشکلاتی را در شبکه به وجود خواهد آورد.

WikiPower.ir

4-9-تاثیر هارمونیک بر کلیدها

کلید ها وسایلی هستند که در صورت لزوم جریان مدار را قطع می کنند ، عملکرد صحیح کلیدها بستگی به شکل موج جریان دارد که قرار است توسط کلید قطع گردد در نتیجه در صورت وجود هارمونیک در جریان امکان دارد شکل موج جریان به نحوی باشد که در حوالی جریان صفر ، مشتق جریان مقدار بزرگی شود و در نتیجه سبب اشکال در قطع شدن جریان گردد.

نمونه ای از این نوع جریان ها ، جریان های مربوط به کانورتورها می باشند که در حوالی جریان صفر مقدار مشتق جریان بسیار زیاد است. شکل (۵) شکل موج جریان یک مبدل را نشان می دهد.



شکل۵- موج جریان یک مبدل

از طرف دیگر بسیاری از خرابی دیژنکتورها یا مدارشکن ها (Circuit breaker) دارای سیم پیچ طولانی کننده قوس ناشی از عدم عملکرد موفق این سیم پیچ ها در صورت وجود هارمونیک می باشند زیرا سیم پیچ طویل کننده قوس هنگامیکه عمل قطع در حال اتفاق است سبب حرکت قوس به مجرای قوس (arc - chute) می گردد. و در صورتیکه این عمل به علت وجود هارمونیک ها و در نتیجه زیاد شدن امپدانس آنها به صورت کامل انجام نگردد قوس دیرتر خاموش می گردد و سبب آسیب رساندن به دیژنکتورها می گردد.

4-10-اثر بر روی فیوزها

با توجه به اینکه فیوزها عناصری هستند که گرم شدن آلمان آنها سبب سریعتر عمل نمودن آنها می گردد ، لذا وجود هارمونیک زیاد در شبکه باعث تغییر دادن منحنی مشخصه جریان – زمان فیوزها به دلیل گرم شدن اضافی آنها می شود.

این مسئله بخصوص در جریان های پایین اتصال کوتاه بیشتر نمایان می گردد.

4-11-اثر هارمونیک ها بر عایق ها

اضافه ولتاژ ناشی از هارمونیک ها می تواند بر توانایی عایق ها تاثیر بگذارد و سبب شکست آنها گردد و با توجه به اینکه عایق ها تقریباً در تمامی تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق وجود دارند لذا بررسی تاثیر هارمونیک بر عایق ها لازم به نظر می رسد.

ازمیان تجهیزات مورد استفاده خازنها حساسترین عنصر به حساب می آیند و اضافه ولتاژ آنها معمولاً نباید از ۲۰٪ ولتاژ نامی بیشتر گردد.

اضافه ولتاژ قابل تحمل موتورهای الکتریکی از دیدگاه عایقی برابر یا بیشتر از دو برابر ولتاژ نامی موتور است. با توجه به چنین شرطی دیده می شود که هارمونیک ها تاثیر زیادی بر عایق های موتورها نخواهد گذاشت و هارمونیک ها بر تلفات موتور تاثیر بیشتری دارند.

همچنین هارمونیک ها بر عملکرد تجهیزاتی مانند برقگیرها که از فواصل هوایی استفاده می کنند تاثیر می گذارند در ضمن هارمونیک ها باعث گرم شدن اضافی تجهیزاتی که در آنها از نیمه هادیها استفاده می گردد می شوند. ازدیگر عناصری که هارمونیکها بر عایق آنها تاثیر می گذارند کابلها می باشند که این مسئله احتمال شکست عایقی در کابلها را به علت افزایش ولتاژ زیاد می کند.

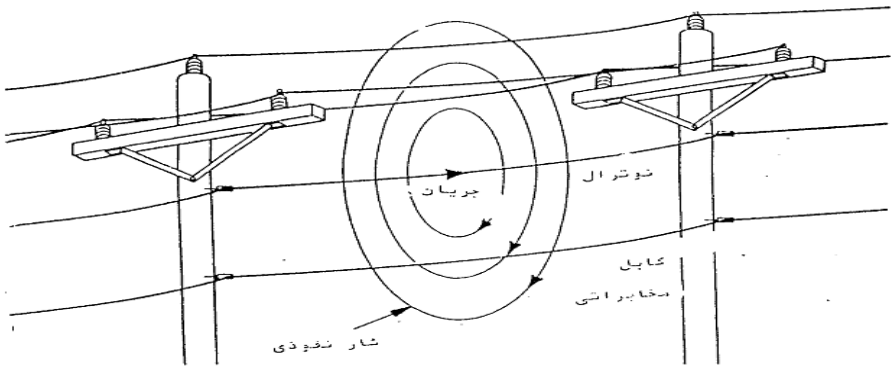
4-12-اثر بر روی سیستم های مخابراتی

جریان های هارمونیکی در سیستم توزیع یا در سوی مصرف کننده می تواند موجب تداخل در مدارات مخابراتی شوند. ولتاژهای القائی در هادی های موازی با جریان های هارمونیکی مشابه اغلب در پهنای باند ارتباطات صوتی قرار می گیرند. هارمونیک های بین 540 HZ و ۱۲۰۰ هرتز عملاً مخرب اند. ولتاژ القاء شده در هر آمپر از جریان با نسبت فرکانس افزایش می یابد. هارمونیک

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

های سوم به خصوص درسیستم های چهار سیم مشکل آفرین هستند. چون آنها در کلیه فازها با هم همفازند و در نتیجه مستقیماً در سیم خنثی جمع شده و تاثیر زیادی روی مدار مخابراتی خواهند داشت. جریان های هارمونیکی در سیستم قدرت با مدارهای مخابراتی توسط القاء و یا هدایت مستقیم کوپل می شوند.

شکل(۶) این کوپل شدن از نول یک خط هوائی توزیع را توسط القاء نشان می دهد. این یک مشکل اساسی برای زمانی بود که از سیم های باز مخابراتی تلفن استفاده می شد. هم اکنون با استفاده از شیلد محافظ و بهم تابیدن سیم های تلفن ، این مورد از کوپل شدن چندان اهمیتی ندارد. ولتاژ اندوکتیو در هر هادی برابر بوده بنابراین برآیند ولتاژ القاء شده در حلقه دو هادی صفر می گردد.

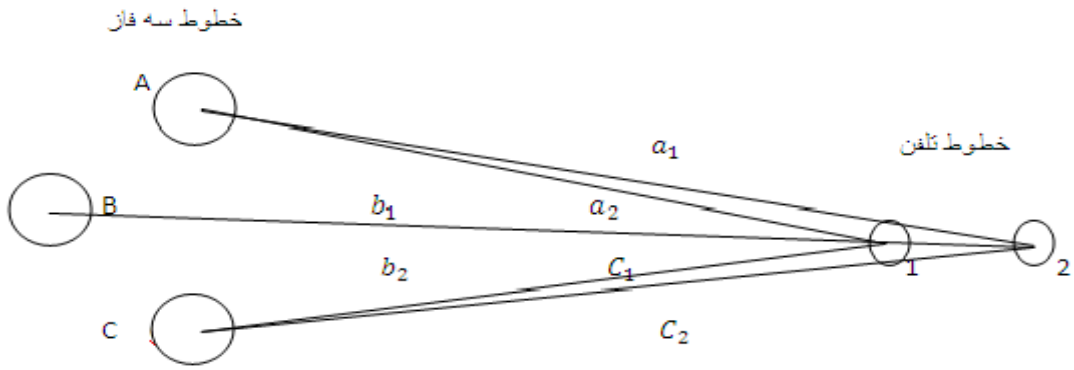


شکل ۶- کوپلاژ و القاءاز خطوط قدرت روی خطوط مخابرات

محاسبه ولتاژ القایی هارمونیکی در خطوط تلفن4-12-1-

اگر خطوط تلفن مطابق شکل (۷) در مجاورت خطوط انتقال قرار گیرد رابطه ولتاژالقایی به قرار زیر است

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۷-چگونگی اثر القا بر خطوط تلفن

شارهای القایی توسط هر فاز بر روی خطوط تلفن از رابطه های زیر بدست می آید

$$\Phi_{12})_a=2\times10\text{^-}7\times i_a\ln\frac{a2}{a1}$$ (

$$\Phi_{12})_b=2\times10\text{^-}7\times i_b\ln\frac{b2}{b1}$$ (

$$\Phi_{12})_c=2\times10\text{^-}7\times i_c\ln\frac{c2}{c1}$$ (

$$\Phi_{12})_c\ (\Phi_{12})_a+(\Phi_{12})_b+((\Phi_{12}\ )=$$

ضریب القای متقابل $M=\frac{|\Phi_{12}|}{|I|}$

مقدار ولتاژ القایی $\omega\times\ \Phi_{12}=E=\omega\times M\times|I|$

همانطور که در رابطه بالا دیده می شود با افزایش فرکانس هارمونیکی میزان دامنه ولتاژ القایی

در خطوط تلفن زیادتر شده مقدار کل این ولتاژ القایی درخطوط تلفن از رابطه زیر بدست می آید

$$E=\sqrt{{E_1}^2+{E_3}^2+{E_5}^2+\cdots+{E_n}^2}$$

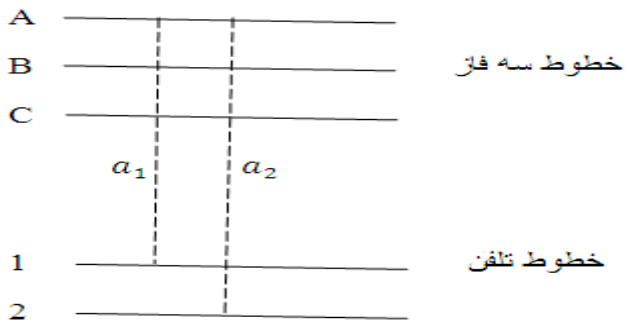
حال باید به فکر ازبین بردن این ولتاژ القایی در خطوط تلفن باشیم

بنابراین روش های زیر برای ازبین بردن ولتاژ القایی درتلفن پیشنهاد می گردد

- ترانسپوزه کردن کردن خط تلفن
- ترانسپوزه کردن خط انتقال
- تاباندن سیم های تلفن به هم
- استفاده ازشیلد عایقی
- افزایش فاصله خط انتقال و خط تلفن

برای درک بهترمفهوم ازبین بردن ولتاژ القایی به آخرین گزینه اشاره می شود.همانطور که درشکل (۸) دیده می شود با افزایش فاصله بین خطوط انتقال و خطوط تلفن مقدار فاصله a_1 تقریباً با مقدارفاصله a_2 برابر شده و در این صورت طبق رابطه شار القایی مقدار آن تقریبا به صفر نزدیک می شود.

$$a_1 \approx a_2 \rightarrow \ln\frac{a2}{a1} = 0$$



شکل ۸-افزایش فاصله هوایی بین خطوط تلفن و شبکه

13-4-تاثیرات دیگر هارمونیک ها

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هارمونیک ها علاوه بر موارد ذکر شده در بخشهای فعلی اثرات زیر را نیز دارا می باشد :

- تاثیرهارمونیک ها بر سیستم هایی که وظیفه انتقال فرمانی سیستمهای کنترل از راه دور بر عهده دارندچنین تاثیری عملکرد نامناسبی را برای دستگاه اصلی باقی می گذارد .
- هارمونیک ها سبب اشباع هسته ترانسهای ولتاژ می گردد و باعث افزایش خطای اندازه گیری می گردد . در ترانسها جریان این تاثیر کمتر است ولی انرژی و توان و زاویه فاز ترانسفوماتور جریان تححت تاثیر قرار می گیرد.
- هارمونیک توالی صفر بر سیستم زمین تاثیر می گذارد و لازم است در انتخاب شرایط نامی چنین تجهیزاتی این مسئله مورد توجه قرار گیرد .
- هارمونیک ها بر عملکرد سیستمهای کنترل تاثیر می گذارند
- هارمونیک ها باعث افزایش تلفات در کابلها می گردند و در نتیجه در صورت وجود هارمونیک ها ظرفیت کابلها تا حدودی کاهش پیدا می کند .
- هارمونیک ها باعث افزایش تلفات در کابلها می گردند و در نتیجه در صورت وجود هارمونیک ها ظرفیت کابلها تا حدودی کاهش پیدا می کند.

14-4-جمع بندی مطالب

هارمونیک ها اثرات مخرب کننده ای بر تجهیزات سیستم های قدرت بر جای می گذارند .که ممکن باعث خرابی این تجهیزات گردد. بنابراین باید به فکر حذف این هارمونیک ها بود تا بتوان این آثار نامطلوب هارمونیک ها را کاهش داد. در فصل ششم به بیان روش های حذف هارمونیک اشاره شده است

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

شبیه سازی هارمونیک

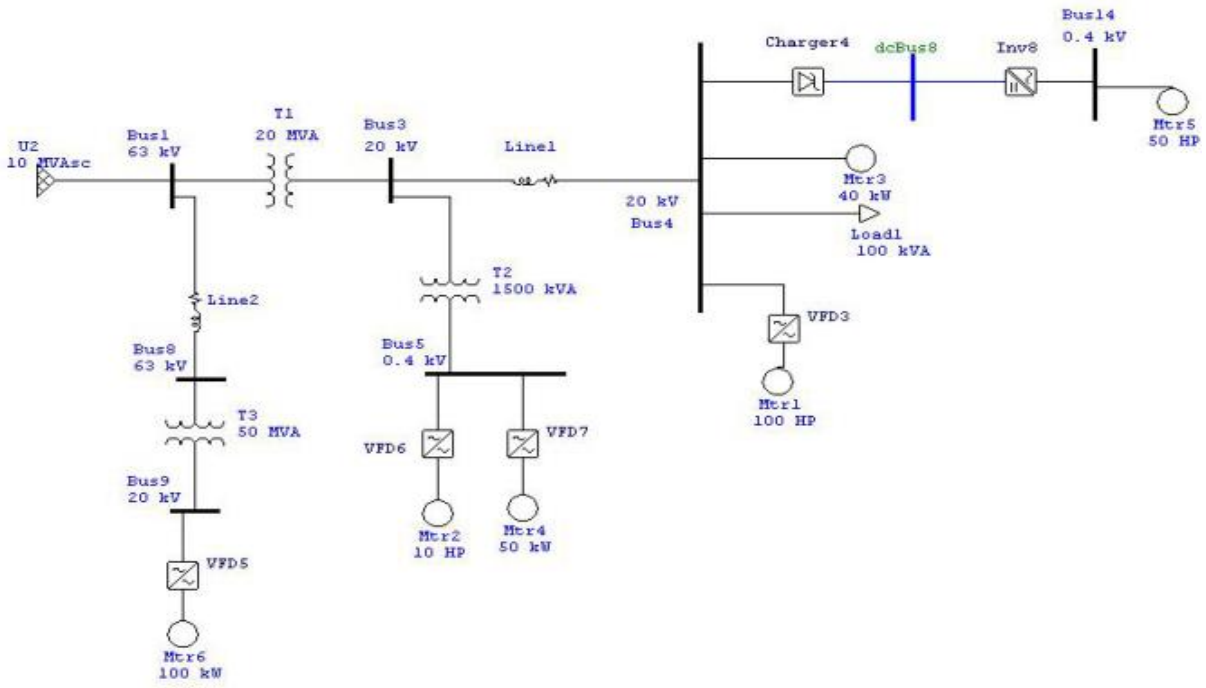
5-1-مقدمه

برای درک بهتر از اثر هارمونیکی،یکی از روش های مناسب تجزیه وتحلیل با استفاده از نرم افزار می باشد. در این فصل به بررسی شبکه های ساده که در آن ها عناصر غیر خطی و به وجود آورنده هارمونیک قرار دارند پرداخته شده است و به نظر می رسد با مقایسه داده ها در حالت های هارمونیکی و غیر هارمونیکی دید مناسبی از اثرات هارمونیکی حاصل شود.

5-2-شبیه سازی

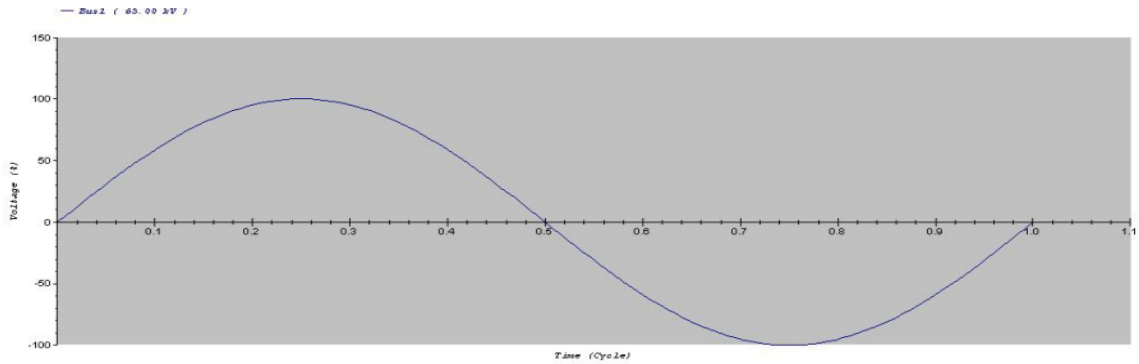
شکل (1) شبکه مورد نظر را نشان می دهد که مشخصات روی هر المان ثبت شده است. این شبیه سازی با نرم افزار etap انجام شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



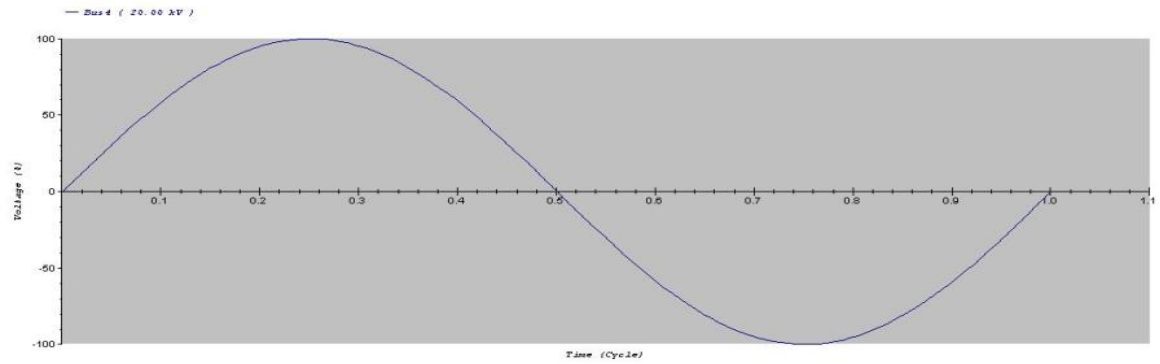
شکل ۱- شبکه شبیه سازی شده با etap

در ابتدا شبکه را بدون هارمونیک در نظر می گیریم،یعنی عناصر تولید کننده هارمونیک را ایده آل فرض میکنیم. حال آنالیز هارمونیکی را انجام می دهیم، در این صورت میتوانیم شکل موج باس بارها را ببینیم. شکل (2) و شکل(۳) شکل موج باس بار ۱ و ۴ را نشان میدهد.



شکل ۲-شکل موج باس بار ۱

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-شکل موج باس بار ۴

همانطور که از شکل بر می آید،شکل موج باس بارها کاملا سینوسی میباشد که به دلیل عدم وجود هارمونیک و ایده آل بودن سیستم می باشد.

جدول(۱) و (۲) برخی از نتایج شبیه سازی را نشان می دهد.قصد داریم با مقایسه نتایج به هدف خود برسیم.

WikiPower.ir

جدول ۱-نتایج شبیه سازی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

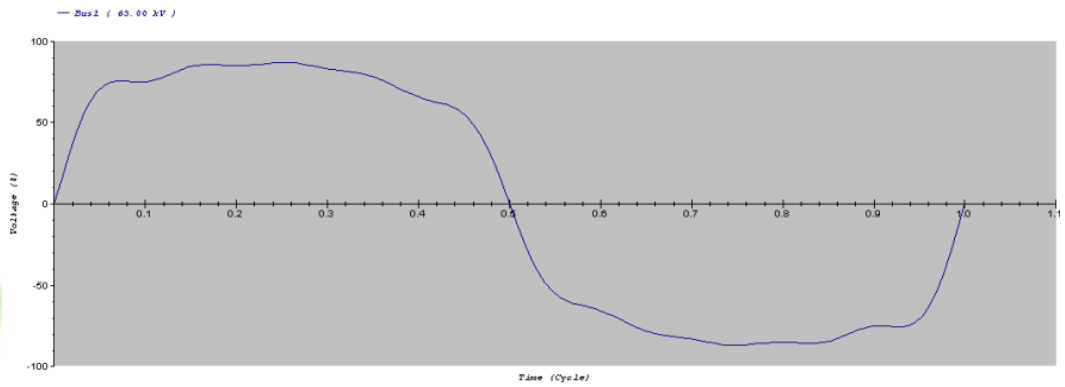
Bus Info. & Rated kV		Voltage Distortion					Current Distortion						
ID	kV	Fund(%)	RMS(%)	ASUM(%)	THD(%)	TIF	To Bus ID	Fund.(A)	RMS(A)	ASUM(A)	THD(%)	TIF	IT
Bus1	63.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.50	Bus8	17.78	17.78	17.78	0.00	0.50	0.89E+01
							Bus3	10.17	10.17	10.17	0.00	0.50	0.51E+01
Bus3	20.00	100.02	100.02	100.02	0.00	0.50	Bus4	16.14	16.14	16.14	0.00	0.50	0.81E+01
							Bus1	32.04	32.04	32.04	0.00	0.50	0.16E+02
							Bus5	17.18	17.18	17.18	0.00	0.50	0.86E+01
Bus4	20.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.50	Bus3	14.88	14.88	14.88	0.00	0.50	0.74E+01
Bus5	0.40	99.48	99.48	99.48	0.00	0.50	Bus3	859.05	859.05	859.05	0.00	0.50	0.43E+03
Bus8	63.00	100.07	100.07	100.07	0.00	0.50	Bus1	1.08	1.08	1.08	0.00	0.50	0.54E+00
							Bus9	1.08	1.08	1.08	0.00	0.50	0.54E+00
Bus9	20.00	100.06	100.06	100.06	0.00	0.50	Bus8	3.40	3.40	3.40	0.00	0.50	0.17E+01
Bus14	0.40	100.00	100.00	100.00	0.00	0.50							

جدول ۲- مقادیر ولتاژ هارمونیکی

Bus		Harmonic Voltages (% of fundamental voltage)																
ID	Fund. kV	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23
		25	29	31	35	37	41	43	47	49	53	55	59	61	65	67	71	73
Bus1	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus3	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus4	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus5	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus8	63.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus9	20.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bus14	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

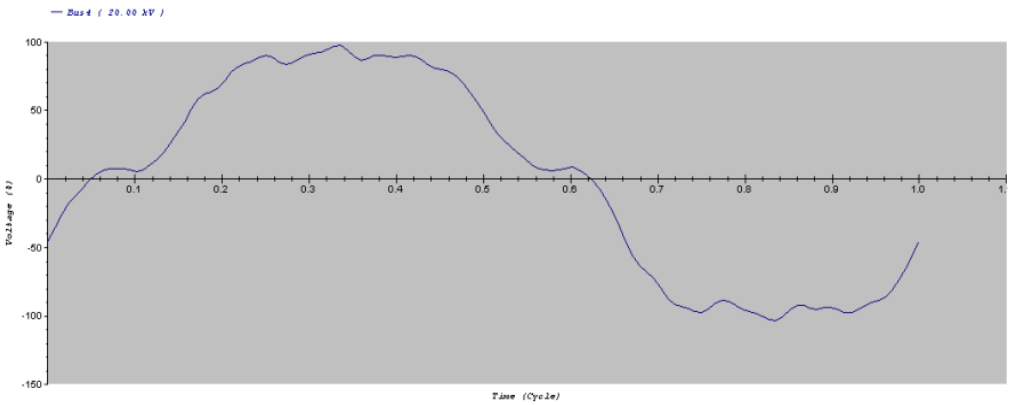
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در مرحله بعدی عناصر شبکه را با در نظر گرفتن هارمونیک تولیدی آنها بررسی می کنیم. شکل ۴و۵ شکل موج باس بار ۱و۴ را نشان میدهد.



WikiPower.ir

شکل ۴-شکل موج باس بار ۱



شکل ۵-شکل موج باس بار ۴

همانطور که در شکل های بالا مشاهده میگردد.شکل موج باس بار یک و شکل موج باس بار چهار از حالت سینوسی خارج شده و حاوی مولفه های هارمونیکی می باشد.جدول (۳)و(۴) نتایج این شبیه سازی را به ما نشان می دهد.

جدول ۳- نتایج شبیه سازی

	Bus Info. & Rated kV		Voltage Distortion					Current Distortion					
	ID	kV	Fund(%)	RMS(%)	ASUM(%)	THD(%)	TIF	To Bus ID	Fund.(A)	RMS(A)	ASUM(A)	THD(%)	TIF	IT
* #	Bus1	63.00	100.00	102.87	149.50	24.13	59.67	Bus8	17.78	30.19	90.17	137.20	1490.49	0.45E+05
								Bus3	10.17	12.69	29.67	74.68	1482.45	0.19E+05
* #	Bus3	20.00	100.02	101.01	133.65	14.13	125.69	Bus4	16.14	18.38	43.12	54.38	1553.18	0.29E+05
								Bus1	32.04	39.99	93.46	74.68	1482.45	0.59E+05
								Bus5	17.18	17.83	27.32	27.82	363.86	0.65E+04
* #	Bus4	20.00	100.00	101.01	134.39	14.24	139.18	Bus3	14.88	15.08	21.78	16.26	432.15	0.65E+04
* #	Bus5	0.40	99.48	100.97	144.71	17.42	280.87	Bus3	859.05	891.69	1366.20	27.82	363.86	0.32E+06
* #	Bus8	63.00	100.07	103.05	154.12	24.57	86.21	Bus1	1.08	14.08	33.131297.59		2517.41	0.35E+05
								Bus9	1.08	14.08	33.131300.35		2517.44	0.35E+05
* #	Bus9	20.00	100.06	101.08	135.22	14.29	156.46	Bus8	3.40	44.35	104.361300.35		2517.44	0.11E+06
* #	Bus14	0.40	100.00	102.87	149.50	24.13	59.67							

جدول۴- مقادیر ولتاژ هارمونیکی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Bus		Harmonic Voltages (% of fundamental voltage)																
ID	Fund. kV	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
Bus1	63.00	5.00 0.00	20.00 0.00	3.00 0.00	10.00 0.00	1.50 0.00	6.00 0.00	1.00 0.00	3.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00
Bus3	20.00	5.06 0.85	0.23 0.13	3.05 0.19	10.61 0.11	0.01 0.07	6.52 0.06	1.08 0.05	0.09 0.02	0.01 0.01	1.58 0.00	0.01 0.00	1.99 0.00	0.06 0.00	0.11 0.00	0.40 0.00	0.49 0.00	0.85 0.00
Bus4	20.00	5.06 1.06	0.23 0.16	3.07 0.22	10.66 0.10	0.01 0.06	6.59 0.05	1.10 0.05	0.09 0.01	0.01 0.01	1.61 0.00	0.01 0.00	2.10 0.00	0.06 0.00	0.12 0.00	0.43 0.00	0.55 0.00	0.97 0.00
Bus5	0.40	5.09 1.49	0.02 0.31	3.07 0.37	12.43 0.42	0.00 0.62	9.11 0.77	1.08 0.83	0.09 0.77	0.01 0.82	0.73 0.00	0.00 0.00	4.32 0.00	0.06 0.00	0.00 0.00	1.79 0.00	1.20 0.00	0.08 0.00
Bus8	63.05	5.04 0.57	20.18 0.10	3.03 0.16	10.33 0.00	1.56 0.00	6.25 0.00	1.04 0.00	3.27 0.00	0.00 0.00	0.95 0.00	0.00 0.00	0.87 0.00	0.03 0.00	0.00 0.00	0.12 0.00	0.13 0.00	0.37 0.00
Bus9	20.01	5.08 1.26	0.28 0.19	3.02 0.28	10.57 0.00	0.01 0.00	6.29 0.00	1.03 0.00	0.10 0.00	0.01 0.00	2.79 0.00	0.01 0.00	2.51 0.00	0.08 0.00	0.09 0.00	0.33 0.00	0.34 0.00	0.87 0.00
Bus14	0.40	5.00 0.00	20.00 0.00	3.00 0.00	10.00 0.00	1.50 0.00	6.00 0.00	1.00 0.00	3.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00

3-5-نتیجه گیری

با مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی این شبکه ساده و مطالب ذکر شده،این نکات حاصل می شود که عناصر غیر خطی موجود در سیستم از قبیل نیمه هادی های قدرت و همچنین ترانسفورمر در ایجاد اعوجاج هارمونیکی و آلوده کردن شبکه نقش غیر قابل انکاری دارند،و از آنجایی که وجود این عناصر در سیستم با توجه به شرایط، دیگر تقریبا الزامی شده، باید با انتخاب وسایل با درصد هارمونیکی پایین و همچنین استفاده مناسب فیلتر هارمونیکی درصد هارمونیک را پایین بیاوریم و از آسیب دیدگی لوازم بر اثر این عامل جلوگیری کنیم. باید به این نکته نیز توجه داشت که اگر فیلتر هارمونیکی در مکان مناسب نصب نشود نه تنها باعث کاهش هارمونیک نمی شود که ممکن است به تشدید آن نیز کمک کند.نکته دیگری که ممکن است در انتخاب و نصب فیلتر دخیل باشد مساله اقتصادی است که به دلیل گرانی استفاده آن در همه جا از لحاظ اقتصادی توجیه ندارد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

روش های حذف هارمونیک

WikiPower.ir

6-1-مقدمه

علی رغم تلاشهای که در زمینه طراحی بهتر منابع هارمونیک انجام گرفته است تا اینکه هارمونیک کمتری وارد شبکه نمایند ، لیکن هنوز برخی از بارهای غیر خطی بهتر در اندازه های کوچک و بزرگ وجود دارند که باعث تزریق هارمونیک در شبکه می گردند همچنین در شرایط گذرا نظیر وقوع اتصال کوتاه و عملیات کلید زنی جریانها از شکل سینوسی خارج می شوند و باعث به وجود آمدن هارمونیک در شبکه می گردند . بنابراین بایستی اقداماتی در جهت کنترل آنها صورت گیرد . در نتیجه از استفاده از وسایلی نظیر فیلتر ها اجتناب ناپذیر است . البته راه حل های دیگری نیز وجود دارند که در ادامه به آنها اشاره خواهیم نمود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

6-2-فیلتر گذاری

اولین روشی که دراین بخش برای حذف هارمونیک ها اشاره شده استفاده از فیلترها می باشد که فیلترها به دو قسمت فیلترهای فعال (اکتیو) و فیلترهای غیر فعال(پسیو) تقسیم بندی می شوند

6-2-1-فیلترهای غیر فعال

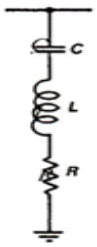
یکی از روش های حذف هارمونیک ها ،استفاده از فیلترهای غیر فعال است. هدف اولیه از طراحی یک فیلتر غیرفعال ، کاهش دامنه پیک یا چند مؤلفه هارمونیکی ولتاژ و یا جریان است. چنانچه تنها مقصود از طراحی این فیلتر پیشگیری از نفوذ یک مؤلفه فرکانسی خاص به قسمت هایی از شبکه قدرت باشد ، می توان از فیلتر نوع سری استفاده نمود که از ترکیب موازی یک خازن و سلف به دست آمده و در برابر فرکانس های مربوطه امپدانس بزرگی را از خود نشان می دهد. در مورد مبدل های استاتیکی و ترانسفورمرهای متصل به آنها می توان از این روش استفاده کرد زیرا این تجهیزات برای عملکرد عادی خودناگریز به تولید شکل موج های غیرسینوسی و به تبع آن هارمونیک می باشند. دراین حالت می توان با ایجاد مسیرهای موازی و در عین حال با امپدانس کم برای فرکانس های مورد نظر ، هارمونیک را به این مسیر هدایت کرده واز نفوذ آنها در سایر نقاط سیستم پیشگیری کرد. نوع دیگری هم قرار دادن فیلتر موازی نزدیک به منبع اغتشاش که باعث اتصال کوتاه کردن جریانهای هارمونیکی شده و. این کار باعث می‌شود که این نوع جریانها به منبع نرسد. این متداول‌ترین نوع فیلترگذاری است زیرا هم از نظر اقتصادی مقرون بصرفه بوده

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و هم باعث صاف کرد ولتاژ بار می‌شود همچنین باعث حذف جریان هارمونیکی می‌شودجهت به حداقل رساندن دامنه ولتاژ ها و جریان های هارمونیکی در سیستم AC می توان از ترکیب فیلتر های سری و موازی نیز استفاده نمود ولی باید هزینه زیادی را صرف این کار کرد.

6-2-1-1-انواع فیلترهای غیرفعال

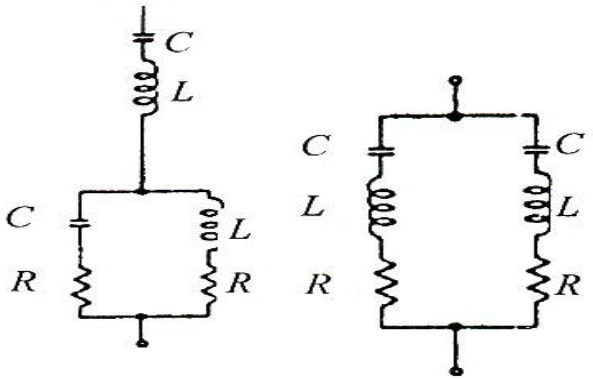
از متداول ترین نوع فیلترهای غیرفعال که برای حذف هارمونیک های جریان مورد استفاده قرار می گیرند ، فیلترهای تک تنظیمه ، دو تنظیمه ، و بالاگذر می باشند. فیلترهای تک تنظیمه دارای فرکانس تشدید نزدیک به مولفه فرکانس هارمونیکی می باشند که قرار است حذف گردد.شکل (۱)



شکل ۱- فیلتر تک تنظیمه

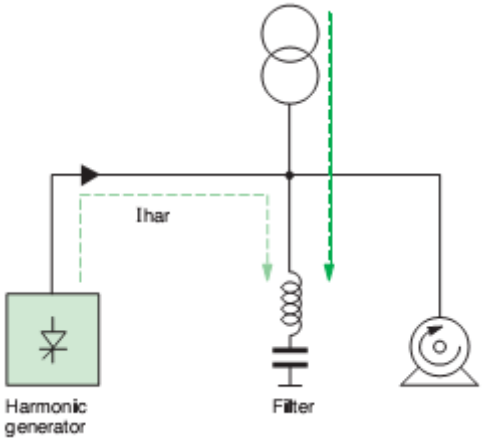
فیلتر دو تنظیمه ، از طرف دیگر ، مسئولیت حذف دو فرکانس هارمونیکی به طور همزمان را دارد.شکل(۲)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-فیلتر دو تنظیمه

در حقیقت این نوع فیلترها برای مولفه جریان هارمونیکی مربوطه یک مسیربا امپدانس کوچک ایجاد کرده و با به تله انداختن مولفه / مولفه های مذکور ، از نفوذ آنها به سایر قسمت های شبکه جلوگیری می نماید. در کنار این نوع فیلترها ، معمولاً فیلتر بالاگذر نیز مورد استفاده قرار می گیرد که در برابر کلیه مولفه های هارمونیکی با فرکانس بیش از فرکانس قطع ، امپدانس کوچکی از خود نشان می دهد . و مانع نفوذ آنها به شبکه می شود. در شکل (۳) اتصال یک فیلتر پیسو به سیستم نشان داده شده است .همانطور که در قسمت های بالا به فیلترهای غیر فعال اشاره شد. این وسیله یک مسیر با مقاومت پایین در مسیر هارمونیک ایجاد شده به زمین توسط یک مقاومت ایجاد می کند از نقص های این فیلتر ثابت بودن مقادیر شان می باشد یعنی اگر مشخصات شبکه توزیع تغییر کند شاید خود باعث ایجاد تشدید که خود باعث افزایش هارمونیک شوند تا کاهش آنرا انجام دهند .

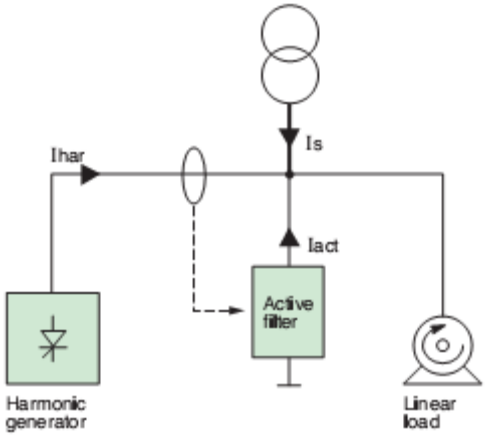


شکل۳- اتصال فیلتر غیر فعال به سیستم

2-2-6-فیلتر های فعال

فیلترهای فعال تجهیزات نسبتاً جدیدی برای حذف هارمونیک ها می باشند. عملکرد آنها براساس مدارات الکترونیک قدرت پیچیده بوده و در نتیجه هزینه بسیار زیادتری نسبت فیلترهای غیرفعال دارند. بهرحال، این دسته فیلترها دارای مزایای متمایزی مانند تشدید نکردن با سیستم می باشند. این گونه تجهیزات را در شرایط بسیار مشکل، جائیکه فیلتر غیرفعال بصورت موفق عمل نمی کنند (بدلیل بروز تشدید موازی) می توان بکار برد. اینگونه تجهیزات در یک زمان می توانند بیش از یک هارمونیک را نیز کنترل نمایند و همچنین بعضی دیگر از مسائل کیفیت برق مانند فلیکر ولتاژ را کنترل نمایند. این نوع فیلترها بصورت خاص برای بارهای بزرگ و اعوجاج ساز که در یک نقطه نسبتاً ضعیف در سیستم قدرت متصل می شوند مفید خواهندبود. اساس کار فیلترهای اکتیو بدین صورت است که در ابتدا باید سیستم شناسایی کننده آن ، مولفه های زاید (هارمونیکی) جریان بار که یک جریان غیر خطی و محتوی مولفه هامونیکی است ، شناسایی کند .گاه سیستم

اینورتر فیلتر همراه با مدارات کنترلی مربوطه با یستی مبادرت به تولید مولفه های زاید جریان نماید وآنرا به شبکه تزریق کند تا به این صورت مولفه های زیاید از خط و منبع حذف گردد.شکل (۴) شمای اتصال یک فیلتر فعال را نشان می دهد.



شکل۴-اتصال فیلتر فعال به سیستم

WikiPower.ir

6-2-3-فیلترهای فعال هایبرید

در ترکیب‌های هایبرید، از فیلترهای غیرفعال و فعال در کنار یکدیگر استفاده می‌شود. این ترکیب باعث می‌شود که هر یک از این فیلترها نارسایی‌های دیگری را بپوشاند.دراین فیلترها یکسری فرکانسها را فیلتر پیسو فیلتر می کند و همچنین یک سری از فرکانس ها را فیلتر اکتیو فیلتر می کند .به این ترتیب، مشخصه هارمونیکی‌فیلتر غیر فعال بهبود یافته و توان نامی مورد نیاز برای فیلتر فعال نیز کاهش خواهد یافت.فیلترهای هایبرید در دو نوع هایبرید سری و موازی ساخته می شوند.

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

3-6-ترانسفورماتورهای سازگار با هارمونیک

روش دیگری که میتوان برای از بین بردن هارمونیک ها در شبکه های قدرت بکار برد استفاده از ترانسفورماتورهای سازگار با هارمونیک می باشد.که این ترانس ها به دو دسته ترانسفورماتورهای مقاومkوترانسفورماتورهای HMTتقسیم می شوند

1-3-6-ترانسفورماتورهای مقاوم عاملk

هارمونیک‌های تولید شده توسط بارهای غیر خطی می‌توانند مشکلات حرارتی و گرمائی خطرناکی را در ترانسفورماتورهای توزیع استاندارد ایجاد نمایند. حتی اگر توان بار خیلی کمتر از مقدار نامی آن باشد، هارمونیک‌ها می‌توانند باعث گرمای بیش از حد و صدمه دیدن ترانسفورماتورها شوند. جریان‌های هارمونیکی تلفات فوکو را بشدت افزایش می‌دهند. بهمین دلیل سازنده‌ها، ترانسفورماتورهای تنومندی را ساخته‌اند تا اینکه بتوانند تلفات اضافی ناشی از هارمونیک‌ها را تحمل کنند. سازنده‌ها برای رعایت استاندارد یک روش سنجش ظرفیت، بنام عامل k را ابداع کرده‌اند. در اساس عامل k نشان دهنده مقدار افزایش در تلفات فوکو است. بنابر این ترانسفورماتور عامل k ترانسفورماتور باشد. مقادیر استاندارد عامل k برابر با ۴، ۹، ۱۳، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ می‌باشند. این نوع ترانسفورماتورها عملاً هارمونیک را از بین نبرده تنها نسبت به آن مقاوم می‌باشند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

6-3-2-ترانسفورماتورHMT

نوع دیگر از ترانسفورماتورهای سازگار با هارمونیک ترانسفورماتورهای اچ ام تی هستند که از صاف شدن بالای موج ولتاژ بواسطه بریده شدن آن جلوگیری می‌کند. اچ ام تی طوری ساخته شده‌است که اعوجاج ولتاژ سیستم و اثرات حرارتی ناشی از جریان‌های هارمونیک را کاهش می‌دهد. اچ ام تی این کار را از طریق حذف فلوها و جریان‌ها هارمونیکی ایجاد شده توسط بار در سیم ترانسفورماتور انجام می‌دهد. چنانچه شبکه‌های توزیع نیروی برق مجهز به ترانسفورماتورهای اچ ام تی گردند می‌توانند همه نوع بارهای غیر خطی (با هر درجه از غیر خطی بودن) را بدون اینکه پیامدهای منفی داشته باشند، تغذیه نمایند. بهمین دلیل در اماکنی که بارهای غیر خطی زیاد وجود دارد از ترانسفورماتور اچ ام تی بصورت گسترده استفاده می‌شود.

WikiPower.ir

6-3-2-1-مزایای ترانسفورماتور HMT

- می‌توان از عبور جریان مؤلفه صفر هارمونیک‌ها (شامل هارمونیک‌های سوم، نهم و پانزدهم) در سیم پیچی اولیه، از طریق حذف فلوی آنها در سیم پیچی‌های ثانویه جلوگیری کرد. ترانسفورماتورهای اچ ام تی با یک خروجی در دو مدل با شیفت فازی متفاوت ساخته می‌شوند. وقتی که هر دو مدل با هم بکار می‌روند می‌توانند

جریان‌هاتی هارمونیک پنجم، هفتم،هفدهم و نوزدهم را در قسمت جلوئی شبکه حذف کنند.

- ترانسفورماتورهای اچ ام تی با دو خروجی می‌توانند مولفه متعادل جریان‌های هارمونیک پنچم، هفتم، هفدهم و نوزدهم را در داخل سیم پیچی ثانویه حذف کنند.
- ترانسفورماتورهای اچ ام تی با سه خروجی می‌توانند مولفه متعادل جریانهای هارمونیک پنچم، هفتم، یازدهم و سیزده را در داخل سیم پیچی‌های ثانویه حذف کنند.
- کاهش جریان‌های هارمونیکی در سیم پیچی‌های اولیه اچ ام تی باعث کاهش افت ولتاژهای هارمونیکی و اعوجاج مربوط می‌شود
- کاهش تلفات توان بعلت کاهش جریان‌های هارمونیکی. بعبارت دیگر ترانسفورماتور اچ ام تی باعث ایجاد اعوجاج ولتاژ خیلی کمتری در مقایسه با ترانسفورماتورهای معمولی یا ترانسفورماتور عامل K می‌شود.

البته روش هایی دیگر نیز برای حذف هارمونیک در ترانس وجود دارد که به آنها در زیر اشاره شده است.

- چگالی شار کمتر

با استفاده از چگالی های شار کمتر میتوان هارمونیک ها را کاهش داد ولی این مسله با افزایش سطح هسته به نتیجه میرسد (برای همان ولتاژ) که نتیجتا به هادی های بیشتری

نیاز است و متعاقب هزینه افزایش می یابد لذا طراحی و کار ترانسفورماتور در چگالی های شار هسته کمتر مقرون به صرفه نیست

- نوع اتصال

جریان ها و ولتاژهای هارمونیک مضرب سوم در خطوط با استفاده از انواع اتصالات ستاره و مثلث ترانس ها قابل حذف هستند

- اتصال مثلث سیم پیچی اولیه یا ثانویه

هارمونیک های ولتاژ بیش از هامونیکهای جریان زیان آورند هر کوششی باید برای حذف ولتاژهای هارمونیک مضرب سوم باید صورت گیرد.

همانطور که میدانیم در مواقعی که یکی از سیم پیچی های ترانسفورماتور به صورت مثلث بسته می شود ولتاژهای هارمونیک مضرب سوم به طور قابل ملاحضه ای تضعیف می شوند نظر به این نکته یکی ازسیم پیچی های ترانسفورماتور چه اولیه چه ثانویه بخاطر تضعیف ولتاژهای هارمونیک مضرب سه باید به صورت مثلث بسته شودکه در این صورت هارمونیک های مضرب سوم طرف دیگر به خاطر القای ترانسفورماتور حذف خواهند شد.

- استفاده از سیم پیچ ثالثیه

اگر امکان نداشته باشد که سیم پیچ اولیه یا ثانویه به صورت مثلث بسته شود . ترانس سه فاز باید طوری ساخته شود که دارای یک سیم پیچ اضافی بنام سیم پیچی سوم باشد . سیم پیچی سوم باید به صورت مثلث بسته شود. این مثلث بسته که به وسیله ی سیم پیچی ثالثیه تشکیل می گردد مسیری برای جریانهای هارمونیک سوم مهیا می گردد .درنتیجه

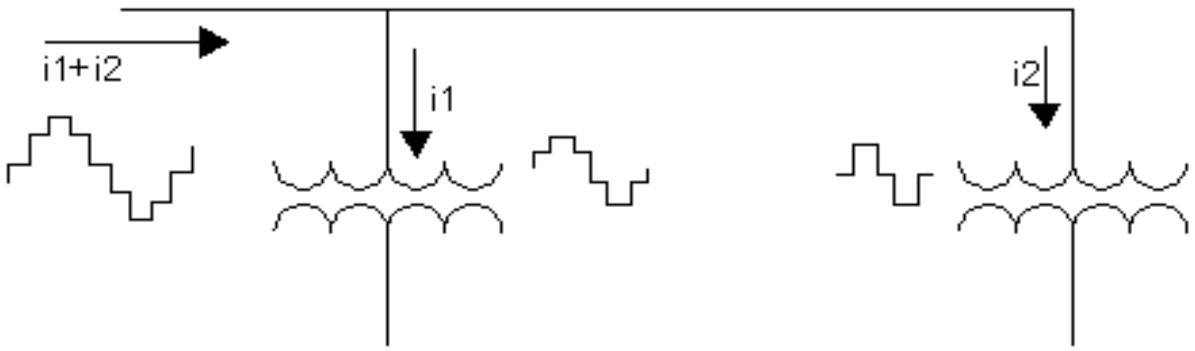
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هارمونیک سوم حذف می شود.بنابراین شکل موج شار ونیروی محرکه الکتریکی تقریبا سینوسی می گردد.

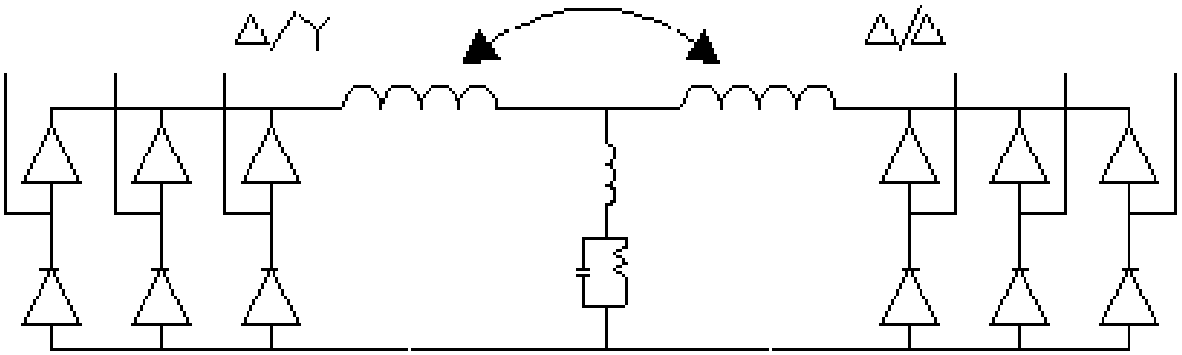
- **ترانسفورماتور ستاره_مثلث زمین شده**

۶-۴-روشهای چند پالسه

یکی دیگر از روش های حذف هارمونیک ها استفاده از مبدل های چند پالسه می باشد کلمه چند پالسه اساساً به معنی بیش از یک پالس است ولی در صنعت الکترونیک قدرت، این لفظ به مبدل‌هایی اطلاق می‌شود که در یک سیستم سه فازه کار کرده و در سمت DC بیش از شش پالس در هر سیکل تولید می‌نمایند.مبدل‌های چند پالسه در واقع در برگیرنده چندین مبدل می‌باشند. این مبدل‌ها به گونه ای به یکدیگر و به سیستم قدرت متصل می‌گردند که هارمونیک‌های تولید شده یک مبدل توسط هارمونیک‌های تولید شده مبدل دیگر حذف گردند. بدین ترتیب هارمونیک‌های بخصوصی که با تعداد مبدل‌ها در ارتباط می‌باشند، از سیستم قدرت حذف می‌شوند. این روش‌ها در سطحی گسترده در صنایع الکتروشیمیایی که مصرف کننده توان زیادی می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته گسترش استفاده از مبدل‌های قدرت برای کنترل موتورهای AC باعث شده است که روش‌های چند پالسه در توان‌های کمتر مثل ۱۰۰ اسب بخار نیز مورد استفاده قرار بگیرند.شکل(۵) چگونگی حذف هارمونیک توسط دو مبدل ۶پالسه برای یک بار DCمشترک را نشان میدهد



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

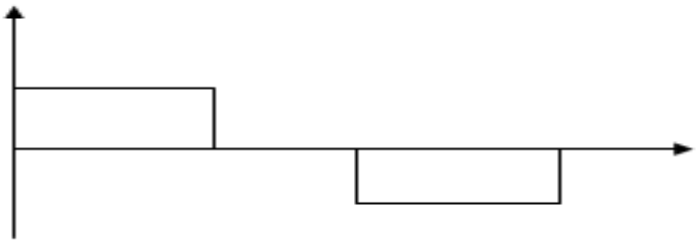


شکل ۵-چگونگی حذف هارمونیک توسط دو مبدل ۶پالسه برای یک بار DCمشترک

۶_۵_روش میکروپروسسوری تزریق جریان

اساس این روش تغییر جریان هارمونیکی تولید شده توسط غیر خطی به گونه‌ای است که مقدار مؤلفه‌های هارمونیکی آن کاهش یابد. شکل موج‌های جریان با تزریق جریان‌های هارمونیکی که از نظر اندازه مساوی ولی از نظر زاویه در خلاف جهت هارمونیک‌های موجود در جریان اصلی بار می‌باشند، انجام می‌گردد..اصول کار جبران هارمونیکی در شکل های (۶)،(۷)،(۸)،شرح داده شده است

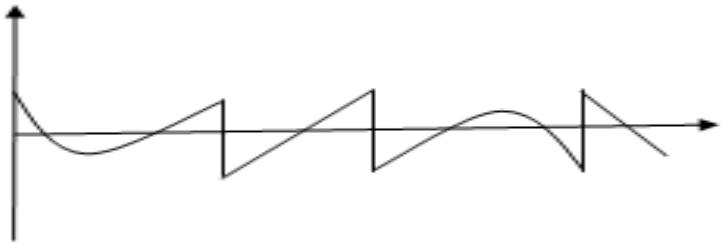
.فرض کنیم یک بار غیر خطی با منحنی مشخصه شکل(۶)باشد



شکل۶-شکل موج بر غیر خطی

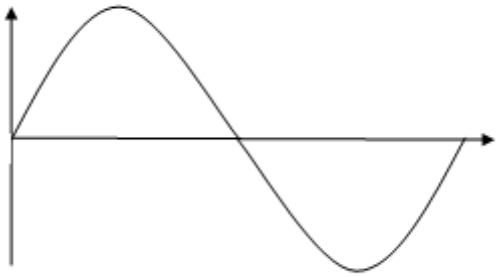
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این صورت مجموع مولفه های هارمونیکی که بر روی شکل موج اصلی تآثیر میگذارند در شکل (۷)نمایش داده شده است



شکل۷_شکل موج حاوی کلیه مولفه های هارمونیکی

در این صورت با ترزیق جریان معکوس مولفه های هارمونیکی شکل(۷) سبب سینوسی شدن شکل موج می شود.شکل (۸) شکل موج پس از ترزیق جریان مولفه معکوس را نشان می دهد.



شکل۸-شکل موج اصلی

۶-۶-نتیجه گیری و پیشنهادات

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بحث کیفیت برق از ابتدای شناخت الکتریسیته مطرح بوده است.اما آنچه که در گذشته بعنوان کیفیت برق در نظر گرفته می شود،به دلیل عدم حساسیت زیاد مصرف کننده ها چندان مطرح نبوده است.

امروزه کیفیت برق از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است.این اهمیت را می توان ناشی از دلایل زیر دانست:

- امروزه بارهای صنعتی به مراتب حساس‌تر از بارهای قدیمی نسبت به کیفیت برق می باشد.
- افزایش بازدهی در گرو کیفیت برق است.
- حساسیت کنترل کننده ها
- دنیا به سمت کنترل کننده های حساس اتوماتیک پیش رفته است در نتیجه مسئله کیفیت برق امری لازم و ضروری است.

کیفیت برق در ایران مورد کم توجهی قرار گرفته است در سالهای اخیر استفاده از لامپ های کم مصرف با تبلیغات و توصیه های مختلفی پیشنهاد شده است و تا به حال هیچ گونه مشکل جدی در رابطه با از دست دادن کیفیت برق رسانی به مصرف کنندگان از بابت استفاده از این لامپها گزارش نشده است با توجه به یارانه های اعمالی و راه اندازی کارخانه ها ی تولید کننده این نوع لامپ ها و استقبال مصرف کنندگان، استفاده از این نوع لامپها به صورت فزاینده ای در حال رشد می باشد.

چنانچه استفاده از این لامپها افزایش یافته و سهم عمده ای از بازار روشنایی در کل شبکه را در بر گیرد با توجه به بالا بودن ضریب کل اعوجاج THD این گونه لامپها در صد بالای هارمونیک به شبکه توزیع تزریق می شود و تاثیر سوء آن بر روی تجهیزات الکتریکی شبکه و .... (مراجعه شود

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به فصل۴) خواهد داشت.در یک آینده نگری شرکت برق به منظور جلو گیری از مشکلات ذکر شده (فصل ۴) مجبورند از هم اکنون در فکر طراحی و صرف هزینه های لازم جهت نصب فیلتر های مناسب ,و تعویض کنتورهای مشترکین باشند،که این مسئله توجیه اقتصادی لستفاده از اینگونه لامپها را زیر سوال می برد.از آنجایی که روشنای یکی از عوامل مهم مصرف انرژی الکتریکی در ساعات اوج شبکه می باشد و به تنهایی در حدود ۳۵ درصد بار پیک را شامل می شود. لازمه تبلیغ برای تغییر فرهنگ مصرف لامپهای موجود با لامپهای کم مصرف جدید ضرورتاً نیاز به بررسی و تحلیل کارشناسانه پیرامون اثرات مختلف این موضوع دارد.

WikiPower.ir