کاهش هارمونیک در اینورترها

همواره مساله هارمونیک ها در اینورترها به عنوان چالش پیش روی برخی مصرف کنندگان که اینورتر را در محیطی نصب نموده اند که میزان هارمونیک ها در محیط تهدید به حساب می آید و فرایند را دچار اختلال می کند، بوده. ما تلاش می کنیم در این مقاله راه حل های کاهش هارمونیک در اینورترها را معرفی کنیم و مزایا و معایب هرکدام را بررسی کنیم.

راه حل های کاهش هارمونیک در اینورتر ها

راکتور خط

ترانسفورماتور ایزوله

ترانسفورماتورهای کاهش دهنده هارمونیک / تغییر فاز

مبدل ۱۲ پالس

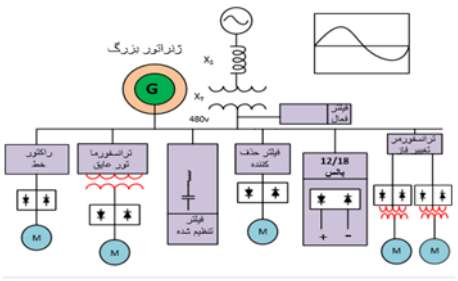
مبدل ۱۸ پالس

فیلترهای تنظیم شده موازی غیرفعال (پسیو)

فیلترهای تنظیم شده سری غیرفعال (پسیو)

فیلترهای فعال (اکتیو)

یکسو کننده فعال (اینورتر های بازسازی)



شکل ۱: کاهش هارمونیک در اینورترها

راکتورهای خط

راکتور خط = سلف

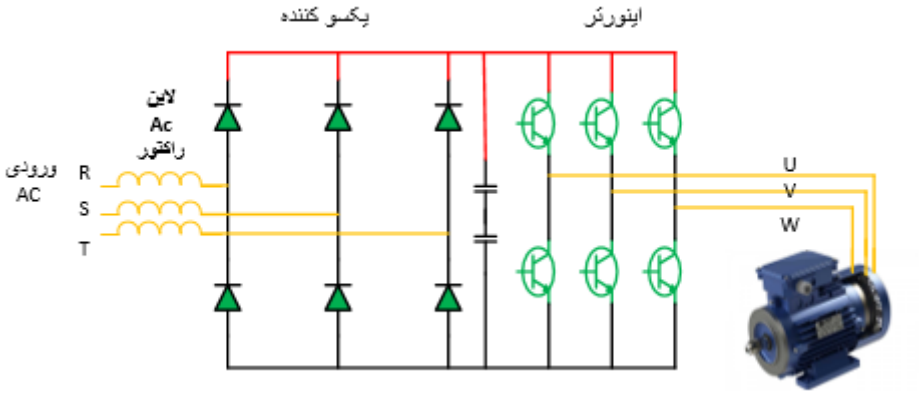
یک سلف، سرعت افزایش جریان را کند می کند.

با افزایش فرکانس ، مقاومت سلف افزایش می یابد.

فرکانس (هرتز) =F

سلف (هانری)= L

راکتور خط همانگونه که در کاربرد VFD / VSD مورد استفاده قرار می گیرد ، یک مؤلفه القایی است که در سمت خط یا سمت منبع برای کاهش هارمونیک در اینورترها ، بافر ولتاژ ، کاهش شکاف های ارتباط، کاهش نویز حالت دیفرانسیل و غیره استفاده می شود.



شکل ۲:شماتیک موقعیت مکانی راکتور خط AC

راکتورهای خط بر اساس ریت جریان (آمپر) و اندوکتانس ((mHمشخص می شوند. ریت جریان بر اساس ریت بار کامل درایو است ، در حالی که اندوکتانس درواحد میلی هانری ((mHیا معمولا به صورت٪ Z ، درصد امپدانس یا UK%بیان می شود. قرارداد ٪ Z یا درصد امپدانس از عملی که با ترانسفورماتورها استفاده می شود ، گرفته شده است. درصد امپدانس رآکتور خط ، درصد امپدانس درایو در بار کامل است.

راکتور خط برای اینورتر

راکتور خط ۳٪ معمولاً برای اکثر کاربرد ها کافی است. راکتور خط ۵٪ در مواقعی با مشکلات شدید کاهش هارمونیک در اینورترها مواجه هستیم استفاده شود. توجه داشته باشید که اضافه کردن راکتورهای بزرگتر از ۵٪ سود اضافی بسیار کمتری را به همراه دارد و هزینه آن از افزایش عملکرد فراتر می رود. این معمولاً درمورد درایوهای ولتاژ پایین است. برای درایوهای ولتاژ متوسط ، این مسئله معمولاً صدق نمی کند و به طور معمول نیاز به امپدانس بیشتر از ۵٪ است.

فرمول محاسبه درصد امپدانس یک راکتور خط به شرح زیر است:

$$\%Z=\frac{L*I*2\pi f}{VLN}$$

Z = ٪ امپدانس ارائه شده به درایودر جریان I

I = جریان درای

f = ۶۰ / ۵۰ فرکانس سیستمHz

اندوکتانس راکتور (معمولاً در واحد میلی هانري بيان مي شود) = L

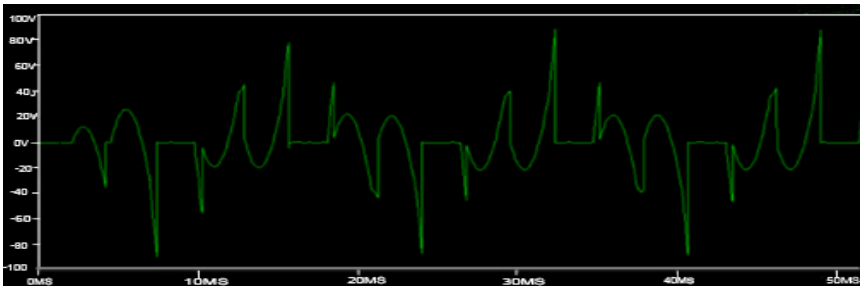
ولتاژ خط-خنثی در ورودی درایو. حتی برای یک سیستم دلتا از ولتاژ خنثی خطی محاسبه شده استفاده می شود. = VLN

افت ولتاژ AC

راکتور خط به دلیل ماهیت سلفی ، افت ولتاژ ایجاد می کند ، یعنی در مقابل تغییر ناگهانی جریان مقاومت می کند. با این حال ، باید توجه داشت که افت ولتاژ اساسی (۵۰ / ۶۰ Hzدر سراسر راکتور خط مقدار کمی خواهد بود. دلیل این امر این است که درایوها ذاتاً دستگاههای دارای قدرت جابجایی زیاد نیستند (ضریب توان فرکانس بنیادی). به این ترتیب افت ولتاژ فرکانس اساسی در سراسر راکتور بسیار کمتر خواهد بود.

افت ولتاژ راکتور خط

افت ولتاژ برای اجزای هارمونیک بیشتر است زیرا جریان های هارمونیک معمولاً ضریب توان ضعیفی دارند. شکل موج زیر افت ولتاژ در راکتور خط را برای یک فاز هنگام تغذیه اینورتر را نشان می دهد. توجه داشته باشید که افت ولتاژ به صورت سینوسی نیست و از حضور اجزای هارمونیک قوی برخوردار است. همچنین در اینجا از بازرسی بصری مشخص شده است که افت ولتاژ ۶۰ هرتز در راکتور تقریباً وجود ندارد.

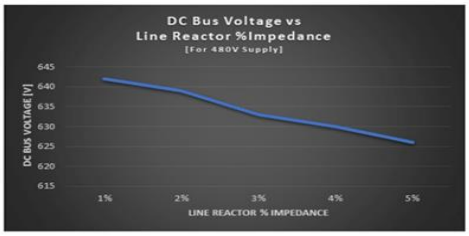


شکل ۳: نمودار افت ولتاژ راکتور خط

افت ولتاژ باس DC

اضافه شدن راکتور خط منجر به کاهش جزئی ولتاژ باس DC خواهد شد. با این حال ، رابطه خطی نیست. به عنوان مثال اگر ولتاژ باس DC یک درایو با ۳% راکتور خط ۶۳۳ ولت باشد ، تغییر راکتور به ۵٪ باعث کاهش ۵% ولتاژ نخواهد شد. این تغییر تنها باعث کاهش ولتاژ (۵% -۳%) / ۲ = ۱٪ می شود. در این حالت ولتاژ باس DC 626 ولت با ۵% راکتور خط در مقابل V۶۳۳ برای ۳% رآکتور خط خواهد بود.

نمودار زیر ولتاژ شارژ DCیک اینورتر ۴۸۰ ولت با راکتور خط بین ۱ تا ۵ درصد شبیه سازی شده را نشان می دهد. ولتاژ DC واقعی به بار موتور ، ولتاژ تغذیه و کیفیت انرژی ولتاژ تغذیه بستگی دارد.



شکل ۴:نمودار ولتاژ شارژ dc یک اینورتر 480v

تاثیر راکتورهای خط بر اینورتر

راکتورها با ٪ Z برای ولتاژ سیستم می باشند (یعنی ۳٪ ، ۵٪ ، ۸٪ و غیره)

راکتورهای خط بزرگتر از ۵٪ به دلیل افت ولتاژ توصیه نمی شوند.

مثال: یک راکتور خط ۳٪ منجر به افت ولتاژ ۳٪ هنگام عبور جریان نامی کامل می شود.

۴۸۰ ولت *۳% = ۱۴,۴ ولت

۴۸۰ ولت *۵% = ۲۴ ولت

۴۸۰ ولت *۸% = ۳۸,۴ ولت

راکتوربا میزان % بالاتر ممکن است باعث ایجاد افت ولتاژ اینورتر شود.

مزایا

کمترین هزینه

کاهش متوسط میزان هارمونیک ها

فراهم اوردن محافظت بیشتر

عدم حساسیت نسبت به تغییرات سیستم

معایب

نیاز به فضای بزرگتر / نصب جداگانه

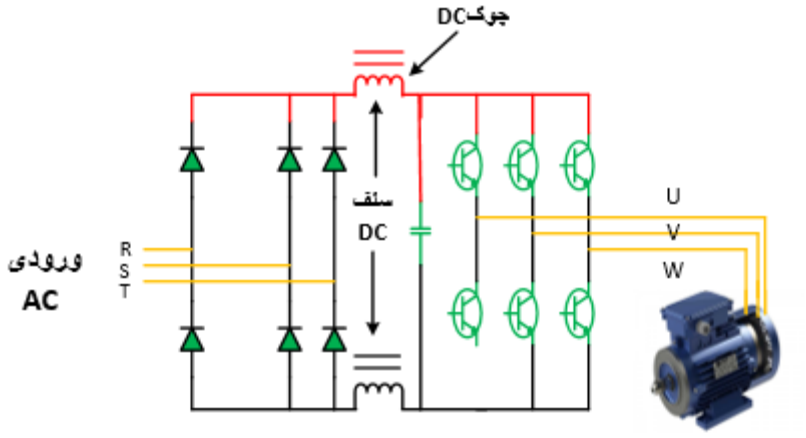
امکان کافی نبودن میزان کاهش هارمونیک ها

مشکلات افت ولتاژ احتمالی

تولید گرما

چوک های پیوند DC

چوک های پیوند DC می توانند به صورت جداگانه (معمولاً در باس DC مثبت) یا به صورت جفت در باس مثبت و منفی استفاده شوند. هنگامی که دو راکتور DC در باس استفاده می شوند ، اندوکتانس به صورت افزودنی است. امپدانس های معادل با استفاده از یک راکتور بزرگتر روی باس مثبت یا منفی یا دو راکتور کوچکتر روی هر دو باس مثبت و منفی قابل دستیابی است.



شکل ۵:شماتیک موقعیت مکانی چوکDC

کنترل هارمونی های جانبی خط با محدود کردن مقدار پیک جریان خط.

کاهش ریپل ولتاژ DCباس ،با کاهش گرما در خازن باس و طولانی شدن عمر آن ، به سیستم کمک می کند .

کاهش ولتاژ AC در مقایسه با راکتور خط.

کاهش مقدار جریان گذرا سوئیچینگ خازن DC پس از افزایش ناگهانی.

مقایسه چوک DC و راکتور خط

راکتور خط و همچنین چوک DC به کاهش هارمونیک های (کاهش هارمونیک در اینورترها) جانبی تغذیه کمک می کند. هر دو مزایا و معایبی دارند.در زیر جدول مقایسه راکتور خط AC و چوک DC آمده است :

چوک DC	راکتور خط AC
چوک DCدر کارخانه نصب شده است یا با قابلیت اتصال در آینده سفارش داده می شود .	قابلیت اضافه کردن آسان به درایو در هر زمان
چوک DC باعث ایجاد گرما می شود ، با این حال از دست دادن گرمای آن نسبت به راکتور خط کمتر است و در صورتی که درایو گزینه نصب چوک DC را داشته باشد این گزینه در طراحی درایو لحاظ خواهد شد .	راکتور خط AC به طور مستقیم در زیر درایو نصب می شود می تواند منجر به گرم شدن اضافی درایو شود که در طراحی اصلی پیش بینی نشده است
اضافه کردن چوک DC تاثیری روی ولتاژ ورودی جریان ندارد .	باعث کاهش جزئی ولتاژ ورودی AC به درایو می شود
مقدار ولتاژ ریپل DC را کاهش می دهد .	تاثیری روی مقدار ریپل ولتاژ DC ندارد .
اعوجاج جریان هارمونیک به صورت تئوری = 37% تضعیف بیشتر هارمونیک های 5 ام و 7 ام در مقایسه با راکتور خط برای امیدانس قابل مقایسه فراهم می آورد .	اعوجاج جریان هارمونیک به صورت تئوری = 32%
امیدانس چوک DC تقریبا باید دو برابر امیدانس راکتور خط برای ارائه نتایج قابل مقایسه است .	امیدانس خط 3% برای بسیاری از کاربرد ها کافی خواهد بود
محافظت در مقابل افزایش جریان فراهم می آورد	محافظت در مقابل افزایش جریان فراهم می آورد
از لحاظ فیزیکی برای امیدانس داده شده و ریت جریان کوچکتر است	از لحاظ فیزیکی برای امیدانس داده شده و ریت جریان بزرگتر است
هزینه کمتر برای امیدانس خاص و ریت جریان	هزینه بیشتر برای امیدانس خاص و ریت جریان

جدول ۱:مقایسه راکتور خط AC و چوک DC

ترانسفورماتورهای ایزوله در اینورتر

مزایای مشابه راکتور خط ارائه می دهد. ترانسفورماتورهای ایزوله مانند یک راکتور خط ۳,۵-۶٪ هستند. (ترانسفورماتور(z%

مزایا

کاهش متوسط میزان هارمونیک ها

جداسازی از زمین

هزینه متوسط (در مقایسه دیگر روش های تضعیف)

معایب

نصب جداگانه

امکان کافی نبودن میزان کاهش هارمونیک در اینورترها

عدم افزایش محافظت در برابر اینورترها

مقایسه راکتور خط و ترانسفورماتورهای ایزوله

راکتور خط و ترانسفورماتور ایزوله مزایای مشابه بسیاری را در هنگام استفاده در سمت منبع اینورتر ارائه می دهند. هر دو به کاهش هارمونیک های فعلی ، محافظت از یکسو کننده های دیود Front End، محافظت از ولتاژ گذرا ، کنترل نویز دیفرانسیل ، شکاف ولتاژی کمک می کنند. مزایا و معایبی در استفاده از هر دو مورد وجود دارد.

جدول زیر راکتور خط وترانسفورماتور ایزوله را مقایسه می کند.

ترانسفورماتور ایزوله	راکتور خط
مزایای مشابه	به کاهش هارمونیک های فعلی در سمت ورودی اینورتر کمک می کند .این امر تأثیر مثبتی در کاهش میزان اعوجاج ولتاژ تأسیسات و همچنین در رفع نیازهای انتشار محلی هارمونیک خواهد داشت.
مزایای مشابه	نصب و راه اندازی اینورتر نزدیکی ترانسفورماتور عرضه با درجه KVA بسیار بالاتر ، با اضافه کردن یک راکتور خط می توانید دیودهای Front End و خازنهای باس DC را محافظت کنید.
مزایای مشابه	اعوجاج ولتاژی که در طول راه اندازی اینورتر اتفاق می افتد ، معمولاً باعث می شوند که جریان هجومی بالاتفاصله پس از بازگرداندن ولتاژ وارد شود .این شدت جریان می تواند به قطعات الکترونیکی Front End صدمه بزند ، به خصوص اگر اعوجاج ولتاژی در فاصله زمانی نزدیک رخ دهد .یک راکتور خط باعث کاهش میزان جریان شدید می شود و از این رو از قطعات الکترونیکی Front End اینورتر محافظت می کند.
مزایای مشابه	از طریق کنترل حالت دیفرانسیل نویز از اینورتر کمک می گیرد

جدول ۲: مقایسه راکتور خط و ترانسفورماتور ایزوله

ترانسفورماتور ایزوله	راکتور خط
مزایای مشابه	اینورترهای DC که دارای یکسو کننده کنترل شده با سیلیکونیFront End (SCR) هستند ، در سمت ورودی AC شکاف ولتاژی ایجاد می کنند .این به دلیل روندی است که یکی از SCR ها روشن و دیگری در حال خاموش شدن است - فرآیندی که به عنوان جابجایی شناخته می شود .در طی این مدت کوتاه ، یک اتصال کوتاه بین دو فاز ایجاد می شود که منجر به شکاف ولتاژ می شود .راکتور خط معمولاً در جلوی درایو مستقر در SCR برای کاهش عمق شکاف استفاده می شود .اگرچه افزودن راکتور خط منجر به کاهش "عمق "شکاف ولتاژ می شود ، اما "عرض "شکاف را افزایش می دهد .در اکثر موارد افزایش عرض شکاف مشکلی نیست بلکه باید مورد نظر قرار بگیرد.
مزایای مشابه	در هنگام تعویض خازن ، احتمال افت ولتاژ درایو را کاهش دهید .توجه داشته باشید که اگر درایو در حال کار نباشد ، راکتور خط نمی تواند از خاموش شدن ولتاژ در هنگام تعویض بانک خازن جلوگیری کند.
مزایای مشابه	اگر تأسیسات قصد دارد هر نوع "فیلتر هارمونیك فعال "را برای کنترل هارمونیك در سیستم برقی نصب کنند ، داشتن راکتورهای خط در تمام درایوهای فرکانس متغیر معمولاً "ضروری "است .فیلترهای هارمونیک فعال معمولاً نیاز به حداقل ۳ %راکتانس در تمامی درایو ها در سرویس الکتریک که برای استفاده در نظر گرفته شده است نیاز است .

جدول ۳: مقایسه راکتور خط و ترانسفورماتور ایزوله

ترانسفورماتور ایزوله	راکتور خط
تضعیف نویز حالت مشترک که از طرف ورودی یا خروجی منشاء دارد.	تضعیف نویز حالت مشترک که از طرف ورودی یا خروجی منشاء گرفته شده باشد ، را فراهم نمی کند
مرجع زمین را برای درایو *ارائه می دهد و کنترل جریان زمین را فراهم می کند.	مرجع زمین را برای درایو یا کنترل جریان زمین فراهم نمی کند.
ترانسفورماتورهای ایزوله بسته به ولتاژ سیستم و ولتاژ دارای درجه بندی شده درایو ، اجازه تغییر ولتاژ مناسب را می دهند.	هیچ نوع تغییر ولتاژ را فراهم نمی کند
نصب مشکل بعد از راه اندازی	نصب آسان بعد از راه اندازی.
به طور کلی در مقایسه با راکتور خط هزینه بیشتری دارد.	در مقایسه با ترانسفورماتور ایزوله هزینه کمتری دارد.
فضای بیشتری را نسبت به راکتور خط اشغال می کند.	فضای کمتری را نسبت به ترانسفورماتور ایزوله اشغال می کند.

جدول۴: مقایسه راکتور خط و ترانسفورماتور ایزوله

ترانسفورماتورهای کاهش دهنده هارمونیک / تغییر فاز

ترانسفورماتورهای مخصوص (معمولا zig-zag)که از تغییر فاز برای از بین بردن هارمونیک در اینورترها استفاده می کنند.

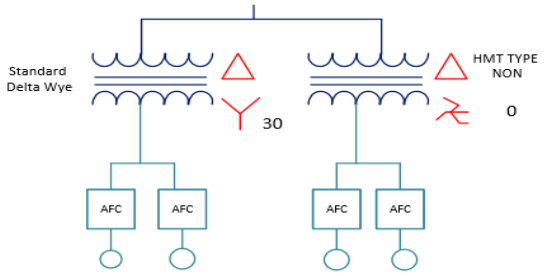
کاربرد بستگی به هارمونیک های هدفمند دارد.

هارمونیک های مرتبه ۳ (۳ ام و ۹ ام و ...) می توانند از طریق ترانسفورماتور تکی لغو از بین بروند.

هارمونیک های (۵ ام و ۷ ام و ...) با استفاده از ترانسفورماتور های جفت از بین می روند .

–دلتا : ترانسفورماتورهای Wye دارای تغییر فاز ۳۰ درجه هستند.

- HMT دارای درجه های مختلف تغییر فاز بسته به تولید کننده -۰ درجه ، + ۱۵ درجه ، ۱۵ درجه و غیره است.



شکل ۶: شماتیک ترانسفورماتورهای کاهش هارمونیک در اینورترها

مزایا

صرفه جویی در مصرف انرژی

کاهش حرارت

فراهم اوردن امکان کاهش اضافی تضعیف هارمونیک ۳ ام

از بین بردن هارمونیک ها در سیستم اولیه

عدم انتقال ترانسفورماتور

معمولا شامل محافظ الکترواستاتیک اضافی است

قابل اعتماد بالا (بدون قطعات الکترونیکی)

عدم نیاز به تعمیر و نگهداری

نصب آسان

معایب

راه حل فشرده مهندسی. (مقاوم سازی دشوار)

چند ترانسفورماتور مورد نیاز برای هدف قرار دادن ۵ ، ۷ ، ۱۷ ، ۱۹ ، و غیره.

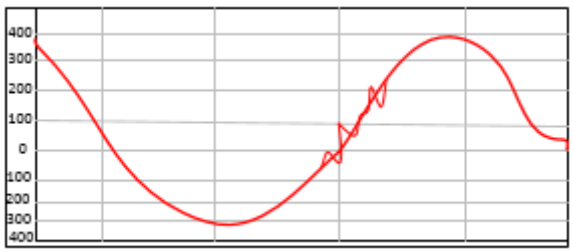
بار باید بین جفت ترانسفورماتور تعادل برقرار شود. (فقط بار متعادل ضعیف می شود.)

شکاف ولتاژی

شکاف شرایطی است که مقدار ولتاژ برای مدت زمانی کوتاه (به طور متوسط در میکرو ثانیه) به سمت صفر کاهش می یابد. توجه داشته باشید که شکاف ولتاژ با یک رویداد ولتاژ گذرا متفاوت است. برخی از نوع گذرا همچنین می تواند باعث کاهش سریع ولتاژ به سمت محور عبور صفر شود. تفاوت کلیدی در اینجا این است که شکاف ولتاژی یک وضعیت پایدار است در حالی که ولتاژ گذرا فقط برای نمونه مختصر اتفاق می افتد وقتی که هر گونه اختلال لحظه ای در سیستم رخ می دهد . نمونه هایی از ولتاژ گذرا عبارتند از: صاعقه ، سوییچ خازن و غیره.

چه موقع شکاف ولتاژ اتفاق می افتد؟

شکاف ولتاژی وضعیتی پایدار است به این معنی که همیشه وقتی اتفاق می افتد که فرایندی که شکاف ایجاد می کند (معمولاً انواعی از دستگاه کنترل شده (SCRدر حال کار است ، همیشه اتفاق می افتد. شکاف ولتاژی به دلیل فرآیندی که به عنوان جابجایی در یکسو کننده های کنترل شده سیلیکون ((SCRشناخته می شود ایجاد می شود. در مدت زمان کوتاهی که جریان از یک SCR به دیگری منتقل می شود ، یک اتصال کوتاه ایجاد می شود. SCR ورودی شروع به انتقال می کند در حالی که SCR در حال خروج به طور کامل هدایت را متوقف نمی کند. این باعث می شود که یک اتصال کوتاه فاز-فاز که برای فشار دادن ولتاژ کافیست (برای مدت زمان بسیار کوتاه معمولاً در حد میکرو ثانیه). این مکانیسم اساسی برای ایجاد شکاف ولتاژی است. شکاف ممکن است در هر نقطه در نیمه چرخه AC اتفاق بیفتد زیرا زاویه رفت و برگشت یک مقدار ثابت نیست و برای برآورده کردن نیازهای بار در حال تغییر است.



شکل ۷:نمودار شکاف ولتاژ

آیا اینورتر می تواند شکاف ایجاد کند؟

پاسخ به این بستگی دارد که از چه نوع اینورتری استفاده می شود. پاسخ در ادامه شرح داده می شود .

اینورتر با ولتاژ پایین مدرن با تکنولوژی مدولاسیون عرض پالس ، معمولاً دارای مدار دیودی Front End است. دیود Front End یک اصلاح کننده کنترل نشده است به این معنا که دیود هیچ گونه ابزار کنترل ولتاژ ندارد. فقط ولتاژ ورودی AC را اصلاح می کند. پاسخ ساده این است که اگراینورتر دارای یک دیود Front End باشد ، دیگر هیچ شکاف ولتاژی نمی تواند رخ دهد.

بعضی از تولید کنندگان اینورتر بزرگتر (HP< ۱۰۰ بعضی اوقات از یک مدار شارژ نرم SCR استفاده می کنند. این کار برای جلوگیری از لرزش های زیاد جریان برای شارژ شدن باس DC است. این اینورتر دارای Front End کنترل شده SCR است که خازن های DC را به صورت کنترل شده (شارژ نرم) شارژ می کند. هنگامی که باس DC شارژ شد ، SCR همیشه روشن می شود و دستگاه به عنوان یکسو کننده دیود کار می کند. در مدت زمان کوتاهی که SCR در حال شارژ نرم است ، می توان انتظار داشت که شاهد شکاف ولتاژی باشیم. توجه داشته باشید که این باعث نمی شود که ولتاژ حالت پایدار داشته باشد.

اینورتر که از مدار یکسو کننده Front End کاملاً کنترل شده با استفاده از SCR استفاده می کند ، ولتاژ شکاف پایداری را در ولتاژ منبع تغذیه ایجاد می کند.

مشکلات ناشی از شکاف ولتاژی

نکته جالب توجه این است که دستگاهی که شکاف ایجاد می کند معمولاً تحت تأثیر شکافی که ایجاد می کند نیست. این ها دستگاه های دیگری هستند که به همان منبع ولتاژ متصل شده اند که به دلیل شکاف تحت تأثیر قرار گرفته و یا مختل می شوند.اعوجاج ولتاژ ایجاد شده توسط اینورترها می تواند باعث "شکاف" شکل موجهای ولتاژ سیستم انرژی شود که به نوبه خود می تواند باعث ایجاد نقص تجهیزات الکترونیکی شود. ناحیه بین دو شکل موج نشان داده شده در شکل زیر سطح واقعی اعوجاج است و به عنوان درصدی از شکل موج بنیادی خالص ۶۰ هرتز بیان شده است.

شکل ۸: شکل موج ولتاژ سیستم قدرت

برخی از مشکلاتی که می تواند ناشی از شکاف ولتاژی ایجاد شود ، عبارتند از:

در صورت اتصال ولتاژ به اندازه کافی عمیق برای ایجاد گذرگاههای صفر اضافی بر روی موج ولتاژ ، تجهیزاتی که به عبور صفر به شکل موج AC متکی هستند ممکن است نقص داشته باشند. یک مثال رایج در مواردی است که انواع خاصی از ساعتهای دیجیتال به دلیل عبور صفر اضافی سریعتر عمل می کنند.

تغییر ناگهانی ولتاژ به دلیل شکاف فرکانس های طبیعی سیستم الکتریکی را تحریک می کند. این باعث ایجاد هارمونیک های غیر مشخصه اضافی در ولتاژ سیستم می شود.

تداخل رادیویی احتمالی به دلیل وجود فرکانس های مرتبه بالاتر که در شبکه قدرت تشعشع می کنند.

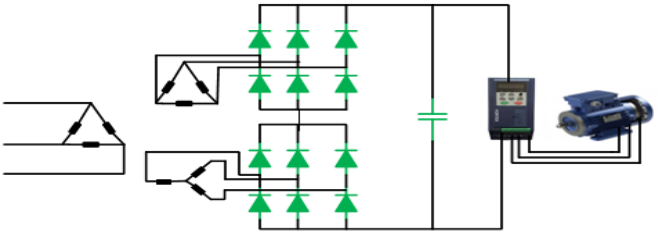
ولتاژ قلاب با هارمونیک فرکانس بسیار غنی است و می تواند به منطق حساس و الکترونیک ارتباطی موجود در این مرکز آسیب برساند.

از آنجایی که شکاف باعث ایجاد هارمونیک با فرکانس بالا (بسیار بالاتر از عملکرد دستگاه غیرخطی معمولی) می شود ، فیلترهای متصل شده به همان سیستم قدرت می توانند شار جریانی اضافی را تجربه کنند و باعث تحمیل بار اضافه به مدار های فیلتر می شود. این فیلترها معمولاً فیلترهای (EMIتداخل الکترومغناطیسی) ، فیلترهای خط و غیره هستند.

شکاف ولتاژی می تواند باعث خسارت های اضافی در خازن های ضریب توان شود و منجر به افزایش دمای کار شود.

اینورترهای چند پالس (۱۲ - ۱۸پالس)

یک روش اضافی برای کاهش هارمونیکها استفاده از درایوهای ۱۲ پالس و درایوهای ۱۸ پالس است.این درایوها حاوی چند یکسو کننده و همچنین یک ترانسفورماتور گران قیمت با یک قسمت اولیه و ثانویه چندگانه هستند. این تنظیمات برای لغو برخی از جریانهای پایین تر و دامنه بالاتر هارمونیک عمل می کنند.



شکل ۹:یکسو کننده پالس

مزایا(۱۲پالس)

هزینه متنوع است

کاهش قابل توجه هارمونیک ها –9 = (I) THD٪ @ بار کامل ۱۱٪ @ ½ بار

از بین بردن تقریبی تمام هارمونیک های ۵ ام و ۷ ام

عدم حساسیت به تغییرات سیستم

معایب

هزینه متنوع است

افزایش اندازه و وزن

پیچیدگی بیشتر

اعوجاج جریانی وابسته به بار است

مزایا(۱۸پالس)

تا ۴ برابر کاهش ۱۲ پالس

بسیار مناسب برای درایوهای بزرگ

از بین بردن تقریبی تمام هارمونیک های ۵ ام و ۷ ام ۱۱ ام و ۱۳ ام

عدم حساسیت به تغییرات سیستم

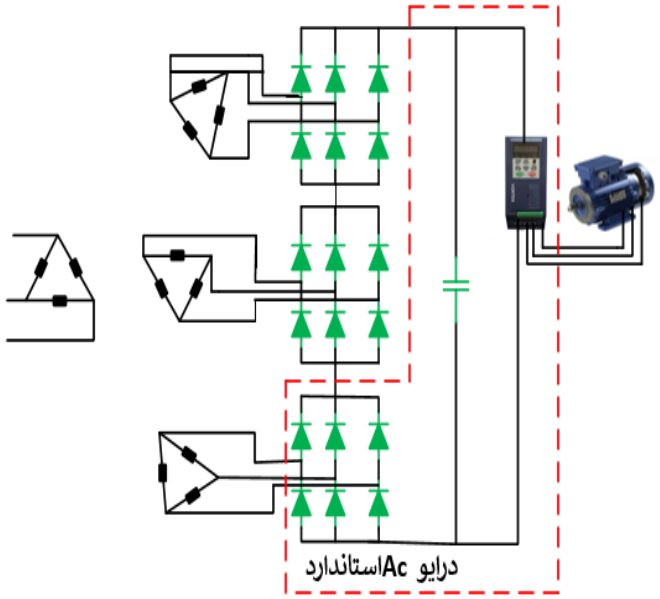
معایب

هزینه بالاتر

باید در تمام اینورتر ها به کار گرفته شود

افزایش اندازه و وزن

پیچیدگی بیشتر



شکل ۱۰: یکسو کننده پالس

شامل ترانسفورماتور (۱ اولیه ، ۳ ثانویه) و ۳ پل ورودی و راکتورهای تعادل است.

اعوجاج جریان در پایانه های ورودی تقریباً ۱۰٪ برای درایوهای ۱۲ پالس است. ۵٪ برای درایوهای ۱۸ پالس

این فناوری ها دارای اشکالات مختلفی هستند:

هزینه اولیه یک درایو ۱۲ پالس تقریباً ۴۰۰٪ بیشتر از یک درایو استاندارد ۶ پالس (۵۰۰٪ بیشتر برای درایو ۱۸ پالس)

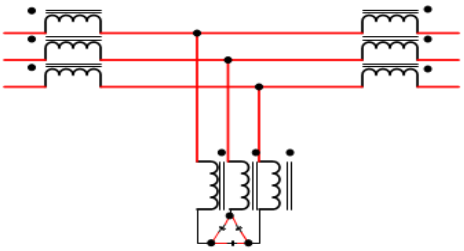
خطوط برق ورودی باید به خوبی متعادل شوند (۱٪ یا بهتر)؛ حتی عدم تعادل ۳٪ تقریباً همه کاهش هارمونیک ها را نادیده می گیرد.

اندازه بدنی - پل های اضافی و ترانسفورماتورهای سفارشی الزامات اندازه را افزایش می دهند

ضررهای بالاتر در بهره وری باعث ایجاد راندمان کمتر می شود.

فیلترهای پسیو

فیلترهای پسیو متشکل از یک پیکربندی تنظیم شده از خازنها ، سلفها و در بعضی موارد مقاومتها ، بعضی اوقات برای از بین بردن هارمونیکهای خاص (به طور معمول هارمونیک ۵ ام و ۷ ام و غیره) استفاده می شوند. بسته به میزان کاهش ، استفاده از فیلترهای پسیو ، هزینه کلی درایوهای نصب شده را بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ درصد افزایش می دهد. این فیلترها نسبت به عدم تعادل خط دارای تحمل هستند اما در استفاده از آنها ضررهایی نیز وجود دارند.



شکل ۱۱: فیلتر پسیو

فیلترهای فعال

کنترل و نظارت بسیار دقیق

کنترل انعطاف پذیر هارمونیک ها

- سیستم می تواند به دلیل نیاز مشتری به تغییرات رشد کند

- اندازه آن براساس بارهای واقعی در حال اجرا در مقابل تأمین

- می تواند در MCC با درایوهای یکپارچه یا تغذیه کننده ها اعمال شود

مزایا

می توان از نظر اندازه انطباق با استاندارد IEEE 519 را تضمین کند

طراحی شنت قابل بارگیری نیست

هارمونیک های ۲ ام تا ۵۰ ام را از بین می برد

جریان راکتیو ۶۰ هرتز را فراهم می کند (تصحیح ضریب توان)

پاسخ سریع به بارهای متغیر

قابلیت گسترش

معایب

به طور معمول گران تر از روش های دیگراست

اندازه

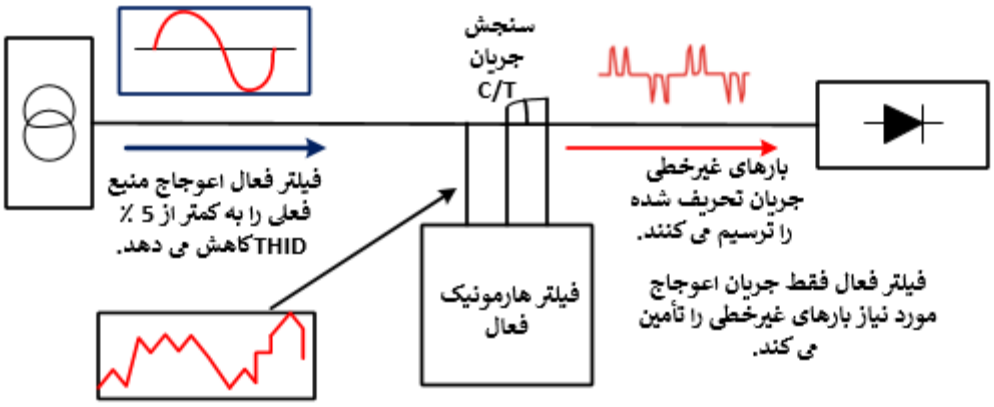
پیچیده تر

فیلترهای هارمونیک اکتیو و Active Front End

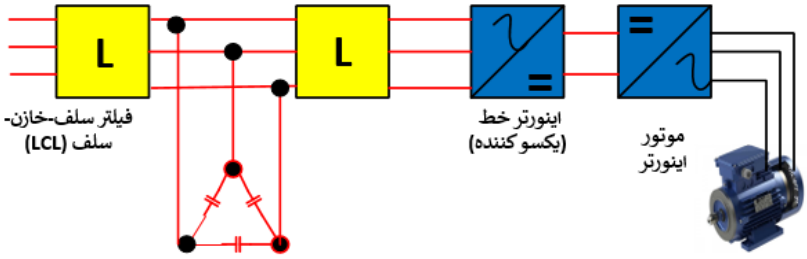
تکنولوژی های جدیدتر فیلتر هارمونیک اکتیو (AHFو VFD(AFE) ,Active Front Endهستند.یک AHF می تواند هارمونیک های چندین اینورتر یا کل امکانات را فیلتر کند. AHF موازی با بارهای دیگر است و فقط هارمونیک های اصلاحی مورد نیاز برای جبران موارد تولید شده توسط بارهای غیرخطی را کنترل می کند. اعوجاج فعلی در ورودی فیلتر کمتر از ۴٪ خواهد بود و این فیلترها به دلیل عدم تعادل خط نسبتاً بی تأثیر هستند.

AFE در واقع ترکیبی از دو اینور است. یکی از انها به موتور نیرو می دهد و دیگری به طور فعال قدرت را از خط می کشد. AFE هم جریان اصلی و هم جریان هارمونیک ایجاد شده توسط بار را کنترل می کند.

هر دو تکنیک مانند تکنیک های کاهش نویز شنیداری اکتیو عمل می کنند. اگر هارمونیک ۵ ام تشخیص داده شود ، یک هارمونیک با دامنه برابر و مخالف ایجاد می شود که هارمونیک ۵ ام را به طور موثر از بین می برد. این تکنیک ها ، اگرچه هنوز به اندازه یک درایو ۱۸ پالس هزینه دارند با این وجود بیشترین انتظار برای کاهش قیمت را دارند.



شکل ۱۲:فیلتر فعال



شکل ۱۳:Active front end

مزایا

اعوجاج هارمونیک کمی ایجاد می کند

قدرت اضافی را به خط AC باز می گرداند

پاسخ سریع به بارهای مختلف

معایب

به طور گسترده مورد استفاده قرار نمی گیرد

پیچیدگی

راه حل بسیار گران قیمت - رقابت بیشتر برای بارهای بزرگ احیا کننده

به رآکتورخط بزرگ نیاز دارد