

بررسی نویزهای مد دیفرانسیلی و مشترک

تألیف: هانیه دیلم صالحی

چکیده

جریان، ولتاژ یا میدان الکترومغناطیسی ناخواسته را نویز گویند. همانطور که می‌دانید بارهای الکتریکی ساکن باعث ایجاد میدان الکتریکی می‌شوند، حرکت یکنواخت بارها (جریان الکتریکی)، میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و حرکت شتابدار آنها موجب تشعشع الکترومغناطیسی می‌شود. بر اساس اصول نظریه الکترومغناطیس، میدان‌های الکترومغناطیسی، ولتاژها یا جریان‌هایی را در مدارات القا می‌کنند و برعکس، ولتاژها و جریان‌ها می‌توانند میدان‌های الکترومغناطیسی را در اطراف خود ایجاد کنند. بنابراین کاهش نویز، در واقع کاهش میدان‌های الکترومغناطیسی یا ولتاژها و جریان‌های مزاحم در سیستم‌ها است.

امروزه تمامی این مباحث تحت عنوان سازگاری الکترومغناطیس (EMC) مطرح هستند. برای این منظور قبلاً از عبارت تداخل الکترومغناطیسی (EMI) یا تداخل فرکانس رادیویی (RFI) استفاده می‌شد، ولی امروزه از واژه مثبت سازگاری به جای تداخل استفاده می‌شود.

در این نوشتار انواع نویز و اثرات آنها بیان شده و سپس روش‌های کاهش نویز مورد بررسی قرار گرفته است.



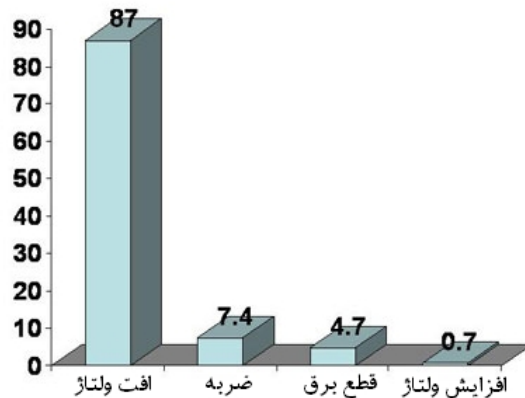
تهیه شده توسط مرکز اسناد فنی و مهندسی شرکت فاراتل
این سند تحت پوشش مرکز اسناد فنی و مهندسی شرکت فاراتل بوده
و هرگونه دخل و تصرف در آن باید از طریق این واحد صورت گیرد.
استفاده از مطالب و تصاویر این نوشتار با ذکر منبع و درج وب سایت فاراتل بلامانع است.

فهرست مطالب

1	مقدمه
1	1- نویز چیست؟
2	2- منابع نویز
2	3- انواع نویز
3	3-1- سیگنال مد دیفرانسیلی
4	3-1-1- نویز دیفرانسیلی چه تأثیری روی دستگاه‌های الکترونیکی دارد؟
4	3-2- سیگنال مد مشترک
5	3-2-1- نویز مد مشترک چه تأثیری روی دستگاه‌های الکترونیکی دارد؟
5	3-3- تفاوت نویز مد دیفرانسیلی و مشترک
6	4- نویز و EMC
6	4-1- سیگنال‌های مد دیفرانسیلی و EMC
7	4-2- سیگنال‌های مد مشترک و EMC
7	5- فیلترهای EMI
7	5-1- اجزای فیلتر
8	5-2- انواع فیلتر
8	6- روش‌های حذف نویز مد مشترک
8	6-1- حذف نویز مد مشترک توسط ترانسفورمر
9	6-2- حذف نویز مد مشترک توسط چوک
9	6-2-1- اثر سیگنال مد دیفرانسیلی بر یک چوک ایده‌آل
10	6-2-2- اثر سیگنال مد مشترک بر یک چوک ایده‌آل
10	6-3- حذف نویز مد مشترک توسط اتوترانس سر وسط
10	6-3-1- اثر سیگنال مد دیفرانسیلی بر یک اتوترانس ایده‌آل
11	6-3-2- اثر سیگنال مد مشترک بر یک اتوترانس ایده‌آل
11	7- نقش یوپی‌اس در کاهش نویز مد دیفرانسیلی و مشترک
11	7-1- مد دیفرانسیلی
13	7-2- مد مشترک
14	نتیجه‌گیری
14	مراجع

مقدمه

اغلب زمانیکه صحبت از اختلالات برق¹ و یوپی‌اس به میان می‌آید، قطع برق به ذهنمان می‌رسد. این در حالی است که طبق آمارهای ارائه شده، قطع برق تنها درصد بسیار کمی از اختلالات برق را تشکیل می‌دهد. (مطابق شکل 1)



شکل 1: آمار انواع اختلالات برق در مدت یک ماه، ارائه شده توسط شرکت AT&T

در واقع اغلب اختلالات برق، حالت‌های گذرای هستند که باعث تغییر دامنه و یا فرکانس ولتاژ می‌شوند. این اختلالات می‌توانند باعث آسیب رساندن به تجهیزات الکتریکی و یا ایجاد خطا شوند. بنابراین دلیل اصلی استفاده از یوپی‌اس، داشتن شکل موج برق خروجی مناسب و قابل اطمینان است.

علاوه بر مطالب ذکر شده، امروزه تمایل به استفاده از منابع تغذیه سوئیچینگ به علت حجم و وزن پایین آنها افزایش یافته است. این مسئله منجر به افزایش تابش EMI² خواهد شد که به نوبه خود باعث ایجاد نویز می‌شود. معمولاً مدارات متضاد بنا به ضرورت باید در فضای کوچکی قرار گیرند و در مجاورت هم به خوبی کار کنند. این امر موجب افزایش احتمال تداخل می‌شود.

دستگاه‌های طراحی شده نه تنها در شرایط ایده‌آل آزمایشگاهی، بلکه در دنیای واقعی و در کنار دیگر وسایل باید به درستی کار کنند. این بدین معنی است که دستگاه نباید متأثر از منابع نویز خارجی باشد و از طرفی خود دستگاه هم نباید منبع نویز در محیط شود. بنابراین سازگاری الکترومغناطیسی³ باید یکی از اهداف مهم طرح باشد.

1- نویز چیست؟

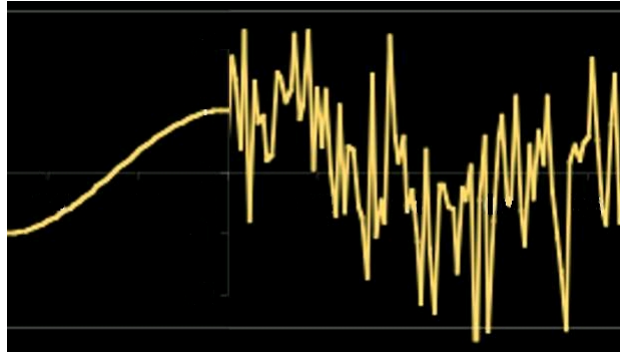
تعاریف بسیار زیادی برای نویز وجود دارد که پرکاربردترین آنها تعریف زیر است:

¹ جهت مطالعه در مورد اختلالات رایج برق، به مقاله "یوپی‌اس به زبان ساده" در وب سایت شرکت فاراتل مراجعه نمایید.

² Electromagnetic Interference

³ سازگاری الکترومغناطیسی یا EMC (Electromagnetic Compatibility) توانایی یک سیستم الکترونیکی در کارکرد درست در محیط الکترومغناطیسی مورد نظر و تبدیل نشدن آن به منبع (نویزی) آلوده کننده محیط است. محیط الکترومغناطیسی، ترکیبی از انرژی‌های هدایتی و تشعشعی است. بنابراین EMC دو جنبه دارد: انتشار و تأثیرپذیری.

"نویز هرگونه سیگنال الکتریکی ناخواسته است که بر روی سیگنال اصلی سوار می‌شود و آشکارسازی و تشخیص سیگنال اصلی را دشوار می‌سازد."



شکل 2: سیگنال نویز، سوار بر سیگنال اصلی

در واقع نویز یک نوسان تصادفی سیگنال الکتریکی است و جزء جدایی‌ناپذیر مدارات الکتریکی می‌باشد.

2- منابع نویز

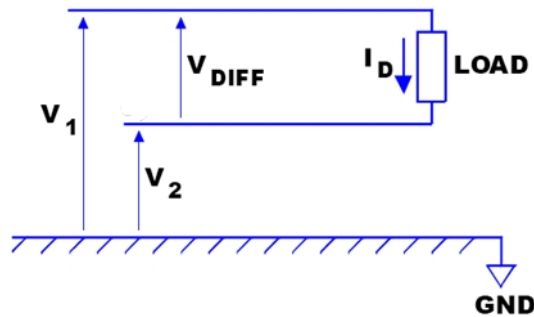
منابع نویز را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد:

- 1- منابع نویز ذاتی: مانند نویز گرمایی و نویز ضربه‌ای که در اثر نوسانات تصادفی در سیستم‌های فیزیکی به وجود می‌آید.
- 2- منابع نویز ساخت دست بشر: مانند نویز ناشی از موتورها، سوئیچ‌ها، دستگاه‌های الکترونیکی دیجیتال و فرستنده‌های رادیویی
- 3- نویزهای ناشی از اغتشاشات طبیعی و جوی: مانند رعد و برق و تشعشعات خورشیدی

3- انواع نویز

نویز را به طور عمده می‌توان به دو دسته تقسیم نمود: 1- نویز دیفرانسیلی (Differential Mode) 2- نویز مد مشترک (Common Mode). چنانچه عنوان شد نویز در واقع یک سیگنال ناخواسته است. بنابراین در این نوشتار در حالت کلی سیگنال‌ها را دسته‌بندی می‌نماییم اما به طور خاص منظورمان سیگنال نویز می‌باشد.

1-3- سیگنال مد دیفرانسیلی



شکل 3: سیگنال مد دیفرانسیلی

یک کابل 2×1 (سیم دوبل ساده) را در نظر بگیرید که به بار متصل شده است. ولتاژ سیم‌های کابل نسبت به زمین (GND) را با V_1 و V_2 و جزء دیفرانسیلی سیگنال را با V_{DIFF} نمایش می‌دهیم. در حالت کلی سیگنال دیفرانسیلی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V_{DIFF} = V_1 - V_2 \quad (1)$$

حالت خاصی از سیگنال دیفرانسیلی، حالتی است که V_1 و V_2 برابر و خلاف جهت یکدیگر باشند. یعنی:

$$V_1 = -V_2 \quad (2)$$

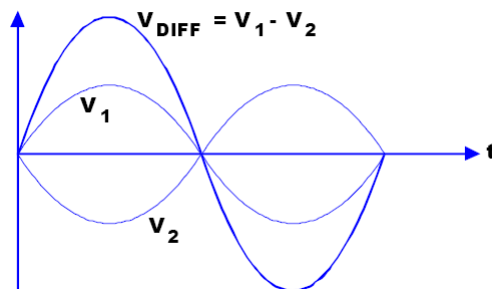
در این حالت دامنه سیگنال‌ها یکی است و اختلاف فاز آنها 180° می‌باشد.

بدلیل تقارن V_1 و V_2 نسبت به زمین (مطابق رابطه 2 و همچنین مطابق شکل 4) جریانی (از طریق خازن‌های پراکنده) به سوی زمین سرازیر نخواهد شد و تمامی جریان دیفرانسیلی (I_D) در بار جریان می‌یابد.

تذکر: چنانچه ولت‌متری بین فاز و نول قرار دهیم V_{DIFF} قابل مشاهده است.

در سیستم‌هایی که انتقالات، توسط کابل صورت می‌پذیرد سیگنال مد دیفرانسیلی، سیگنال مطلوبی است که حامل اطلاعات می‌باشد.

چنانچه در شکل 4 مشاهده می‌شود حاصل جمع لحظه‌ای سیگنال‌های V_1 و V_2 همواره صفر است.



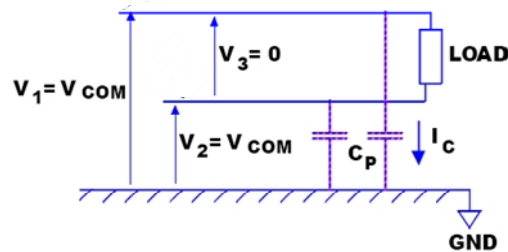
شکل 4: شکل موج سیگنال‌های V_1 ، V_2 و V_{DIFF}

3-1-1- نویز دیفرانسیلی چه تأثیری روی دستگاه‌های الکترونیکی دارد؟

همان‌طور که ذکر شد نویز دیفرانسیلی در واقع اختلاف پتانسیل ناخواسته‌ای میان فاز و نول است. خطوط فاز و نول مسیر مستقیم انتقال برق به مدارات الکتریکی دستگاه‌هاست. این مسأله باعث می‌شود نویز دیفرانسیلی وارد اجزای حساس این مدارات شده و احتمالاً به آنها آسیب برساند. به عنوان مثال ممکن است منبع تغذیه شما را بسوزاند.

3-2- سیگنال مد مشترک

مانند حالت قبل همان کابل 2×1 (سیم دوبل ساده) را در نظر بگیرید که به بار متصل شده است. ولتاژ سیم‌های کابل نسبت به زمین (GND) را با V_1 و V_2 و جزء مد مشترک سیگنال با V_{COM} نمایش می‌دهیم. خازن‌های پراکندگی بین کابل و زمین نیز با C_p مشخص می‌شوند.



شکل 5: سیگنال مد مشترک

برای اینکه یک سیگنال مد مشترک خالص داشته باشیم باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$V_1 = V_2 = V_{COM} \quad (3)$$

در این حالت دامنه سیگنال‌ها یکی است و اختلاف فاز آنها 0° می‌باشد.

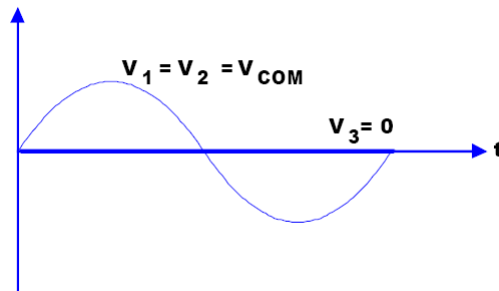
$$V_3 = 0 \quad (4)$$

از آنجایی که بار در دو سر خود اختلاف پتانسیلی نمی‌بیند جریانی از آن نخواهد گذشت و تمامی جریان مد مشترک (I_c) از طریق خازن‌های پراکندگی میان کابل و زمین به سوی زمین جاری خواهد شد. بنابراین زمین مسیر برگشت نویز مد مشترک می‌باشد.

تذکر: چنانچه ولت‌متری بین فاز و نول قرار دهیم ولتاژی نشان نخواهد داد و V_{COM} از این طریق قابل مشاهده نخواهد بود.

در سیستم‌هایی که انتقالات، توسط کابل صورت می‌پذیرد، سیگنال مد مشترک سیگنالی نامطلوب است که حامل هیچگونه اطلاعاتی نیست.

چنانچه در شکل 6 مشاهده می‌شود حاصل جمع لحظه‌ای سیگنال‌های V_1 و V_2 صفر نخواهد بود. این بدان معنی است که پتانسیل زوج کابل نسبت به زمین تغییر می‌کند. این تغییرات پتانسیل، منشأ ایجاد تابش الکترومغناطیسی از سیم خواهد بود.



شکل 6: شکل موج سیگنال‌های V_1 ، V_2 و V_{COM}

3-2-1- نویز مد مشترک چه تأثیری روی دستگاه‌های الکترونیکی دارد؟

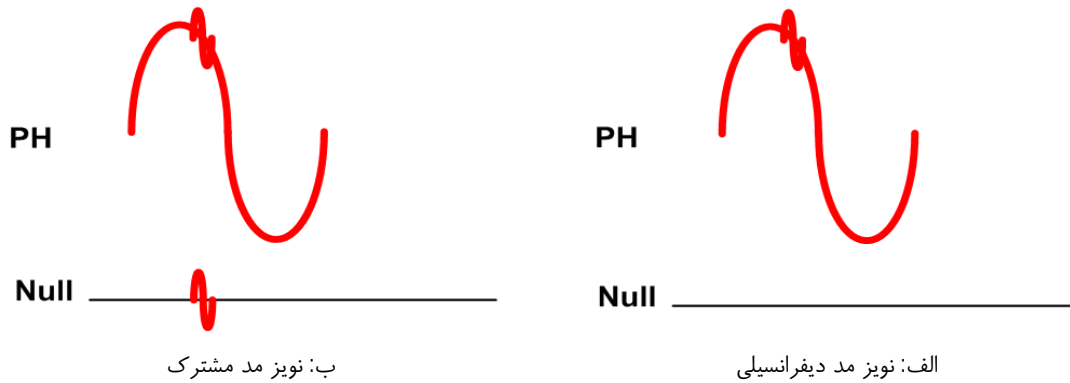
نویز مد مشترک اختلاف ولتاژ ناخواسته‌ای است که میان زمین و فاز و همچنین زمین و نول وجود دارد. مدارات دیجیتال جهت تعیین مرجع ولتاژ اغلب مستقیماً و یا از طریق خازن به زمین متصل می‌شوند. بنابراین این نویز می‌تواند منشأ تغییر سطح منطقی سیگنال دیجیتال و ایجاد خطا در اطلاعات باشد یا مثلاً باعث هنگ کردن و اختلال در عملکرد کامپیوتر شود.

تذکر: جهت کاهش نویز مد مشترک نیاز به سیستم ارت استاندارد و فیلترهای پیچیده‌تری داریم.

3-3- تفاوت نویز مد دیفرانسیلی و مشترک

از مهمترین تفاوت‌های این دو نویز آن است که نویز دیفرانسیلی بین دو هادی اصلی (مثلاً فاز و نول) وجود دارد اما در مد مشترک، هادی‌های اصلی بطور مشترک با هم نسبت به زمین تغییراتی دارند. فرض کنید که ولتاژ نول ثابت باشد و نویزی باعث زیاد و یا کم شدن لحظه‌ای ولتاژ فاز شود، این نوع نویز را دیفرانسیلی می‌نامیم. در حقیقت مقدار نویز در تفاضل دو سیگنال از هم قابل رویت است. (شکل 7-الف)

اما اگر این تغییر ولتاژ توأمان روی هر دو هادی اصلی بیاید آنگاه دیگر نویز دیفرانسیلی نیست. چون تغییر سطح سیگنال در هر دو هادی بصورت مشترک اتفاق می‌افتد آن را نویز مد مشترک می‌گویند (شکل 7-ب). واضح است که دیگر این نویز را در تفاضل دو سیگنال از همدیگر نمی‌توانیم مشاهده نماییم. عوامل تولید نویزهای مد مشترک اغلب مدارات سوئیچینگ می‌باشند.



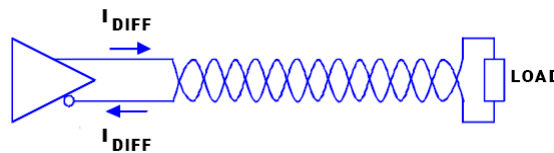
شکل 7: تفاوت نویز مد مشترک و دیفرانسیلی

4- نویز و EMC

EMC یا سازگاری الکترومغناطیسی توانایی یک سیستم الکترونیکی در کارکرد درست در محیط الکترومغناطیسی مورد نظر و تبدیل نشدن آن به منبع (نویزی) آلوده کننده محیط است که دو جنبه دارد: انتشار و تأثیرپذیری. بنابراین باید به نحوی عمل شود که هم ایجاد نویز و هم تأثیرپذیری مدارات از نویز کاهش یابد.

همانطور که می‌دانید جریانی که از یک سیم عبور می‌کند در اطراف سیم، میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند. این میدان مغناطیسی باعث تداخل الکترومغناطیسی و در نتیجه ایجاد نویز در بسیاری از تجهیزات الکترونیکی می‌شود. در یک کابل زوج بهم پیچیده، رشته سیم‌ها به صورت مارپیچی دور یکدیگر تنیده شده‌اند. این امر باعث می‌شود میدان مغناطیسی القایی تا حدی در درون این مارپیچ محبوس شود اما در عین حال بیرون مارپیچ نیز میدان قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در حالت کلی هر قدر این مارپیچ تنگ‌تر به هم تنیده شده باشد و سطح محصور بین سیم‌ها کوچک‌تر باشد فلوی مغناطیسی، بهتر درون آن محبوس می‌شود.

4-1- سیگنال‌های مد دیفرانسیلی و EMC

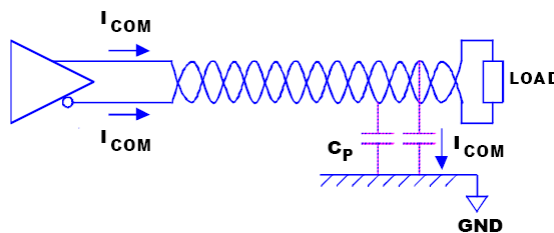


شکل 8: سیگنال دیفرانسیلی و EMC

برای سیگنال‌های دیفرانسیلی خالص، جریان در هر یک از جفت سیم‌ها بر خلاف دیگری حرکت می‌کند. چنانچه سیم‌ها به صورت یکنواخت پیچیده شده باشند این جریان‌های مخالف، میدان‌های مغناطیسی مساوی و در خلاف جهت یکدیگر ایجاد می‌کنند که یکدیگر را خنثی خواهند کرد. چنانچه سیم‌ها به طور یکنواخت پیچیده نشده باشند

میدان‌های ایجاد شده دقیقاً با هم برابر و خلاف جهت یکدیگر نخواهند بود و بنابراین برآیندشان صفر نمی‌شود. این عدم تقارن، تداخل RF^4 را افزایش می‌دهد. این پیشامد، تبدیل دیفرانسیلی به مد مشترک نامیده می‌شود. تذکر: سیگنال مد دیفرانسیلی مستقیماً تداخل RF ایجاد نخواهد کرد (مگر اینکه پدیده دیفرانسیلی به مد مشترک اتفاق بیفتد).

4-2- سیگنال‌های مد مشترک و EMC



شکل 9: سیگنال مد مشترک و EMC

جریان مد مشترک (I_{COM}) در هر دو سیم در یک جهت جریان می‌یابد و از طریق خازن پراکندگی (C_p) به زمین باز می‌گردد. در این حالت، جریان‌های هم‌سو در اطراف دو سیم میدان‌های مغناطیسی با پلاریته و اندازه یکسان ایجاد می‌کند که اثر یکدیگر را از بین نخواهند برد. بنابراین جریان مد مشترک اطراف زوج سیم به هم تنیده، یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند و باعث می‌شود سیم، درست مانند یک آنتن عمل کند.

تذکر 1: سیگنال مد مشترک مستقیماً تداخل RF ایجاد می‌کند.

تذکر 2: جهت حذف این سیگنال حتماً نیازمند ارت استاندارد هستیم تا تخلیه جریان از طریق چاه ارت صورت گیرد.

5- فیلترهای EMI

5-1- اجزای فیلتر

فیلترهای EMI ترکیبی از خازن‌ها و سلف‌ها می‌باشند که با به کارگیری آنها سیگنال‌های ناخواسته کاهش پیدا می‌کنند.

فیلتر خازنی: خازنی که بین سیم سیگنال و زمین قرار گرفته باشد، یک فیلتر EMI ساده است. هر چه فرکانس سیگنال افزایش پیدا کند امپدانس خازن کاهش می‌یابد، بنابراین بخش قابل توجهی از نویز، به زمین انتقال می‌یابد.

⁴ Radio Frequency

فیلتر سلفی: به صورت مشابه سلفی که به صورت سری در مسیر سیگنال قرار گیرد نیز مانند یک فیلتر عمل می‌کند. با افزایش فرکانس سیگنال، امپدانس سلف بیشتر می‌شود و مانع از عبور نویز می‌شود.

2-5- انواع فیلتر

خازن‌ها و سلف‌ها ممکن است به صورت‌های مختلفی به هم متصل شوند. اما به طور کلی فیلترها دارای چهار نوع عمده می‌باشند:

1- فیلترهای پایین‌گذر⁵: این فیلترها سیگنال‌های فرکانس پایین را عبور داده و سیگنال‌های فرکانس بالا را تضعیف می‌کند.

خازن و سلف ساده به صورتیکه در قسمت قبل توضیح داده شد فیلتر پایین‌گذر می‌باشند. معمولاً نویز منتشر شده از تجهیزات الکترونیکی، دارای فرکانسی بالاتر از فرکانس سیگنال‌های مدار است، بنابراین فیلترهای پایین‌گذر برای کاربردهای EMI مناسب هستند.

2- فیلترهای بالاگذر⁶: این فیلترها سیگنال‌های فرکانس پایین را تضعیف نموده و سیگنال‌های فرکانس بالا را عبور می‌دهند.

3- فیلترهای میان‌گذر⁷: این فیلترها محدوده فرکانسی خاصی را عبور می‌دهند.

4- فیلترهای میان‌نگذر⁸: این فیلترها به جز یک محدوده فرکانسی خاص، به بقیه رنج فرکانسی اجازه عبور می‌دهند.

معمولاً نویز دیفرانسیلی را می‌توان بوسیله فیلترهای معمول کاهش داد. به عنوان مثال در یوپی‌اس‌های شرکت فاراتل، این عمل توسط یک فیلتر LC پایین‌گذر انجام می‌شود. اما حذف نویز مشترک دارای پیچیدگی بیشتری است. بنابراین در بخش بعدی سه نوع فیلتر را جهت حذف نویز مد مشترک مورد بررسی قرار می‌دهیم.

6- روش‌های حذف نویز مد مشترک

1-6- حذف نویز مد مشترک توسط ترانسفورمر⁹

یک ترانس ایده‌آل (شکل 10-الف) وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را توسط تزویج مغناطیسی کامل بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه انتقال می‌دهد. چنین ترانسی تنها جریان دیفرانسیلی متناوب را عبور خواهد داد. جریان مد مشترک به

⁵ Low Pass Filters (LPF)

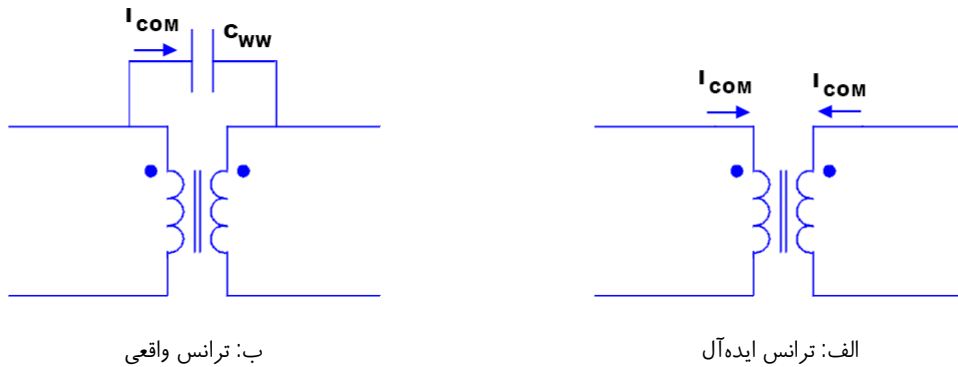
⁶ High Pass Filters (HPF)

⁷ Band Pass Filters (BPF)

⁸ Band Stop Filters (BPF)

⁹ جهت مطالعه بیشتر در مورد اثر ترانس بر حذف نویز Common Mode به مقاله "علل استفاده از ترانس ایزوله در یوپی‌اس‌های Double Conversion" در سایت فاراتل مراجعه نمایید.

دلیل اینکه اختلاف پتانسیلی بین سیم‌پیچ‌های ترانسفورمر ایجاد نمی‌کند و بنابراین میدان مغناطیسی در آنها بوجود نمی‌آورد انتقال داده نخواهد شد.



شکل 10: جریان مد مشترک در ترانسفورمر

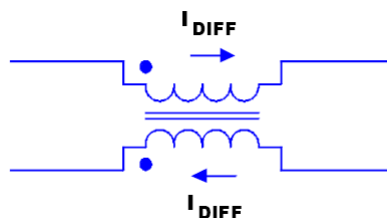
در عمل میان سیم‌پیچ اولیه و ثانویه هر ترانسفورمر واقعی خازنی کوچک ولی با ظرفیتی غیر صفر (C_{WW}) وجود دارد. (مطابق شکل 10-ب) این خازن به علت فاصله فیزیکی و وجود دی‌الکتریک بین سیم‌پیچ‌ها بوجود می‌آید. اندازه این خازن را می‌توان از طریق افزایش فاصله میان سیم‌پیچ‌ها و استفاده از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک پایین، میان آنها کاهش داد.

وجود خازن C_{WW} مسیری جهت عبور بخش کوچکی از جریان مد مشترک از سیم‌پیچ اولیه ترانسفورمر به ثانویه آن فراهم می‌آورد. امپدانس این مسیر به اندازه خازن C_{WW} و فرکانس سیگنال بستگی دارد.

2-6- حذف نویز مد مشترک توسط چوک

یک چوک مد مشترک ایده‌آل با دو سیم‌پیچ و یک هسته را در نظر می‌گیریم (از اثر امپدانس‌های پراکندگی صرف نظر می‌کنیم)

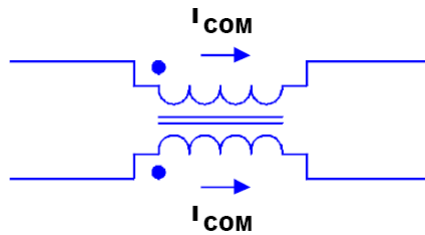
1-2-6- اثر سیگنال مد دیفرانسیلی بر یک چوک ایده‌آل



شکل 11: جریان دیفرانسیلی در چوک ایده‌آل

جریان دیفرانسیلی در سیم‌پیچ‌های چوک در جهت‌های مخالف، جریان می‌یابد و میدان‌های مغناطیسی برابر و در خلاف جهت یکدیگر بوجود می‌آورد که یکدیگر را خنثی می‌کنند. این امر باعث می‌شود امپدانس چوک در مقابل سیگنال دیفرانسیلی صفر باشد و آن را بدون هیچگونه تضعیفی از خود عبور دهد.

2-2-6- اثر سیگنال مد مشترک بر یک چوک ایده‌آل



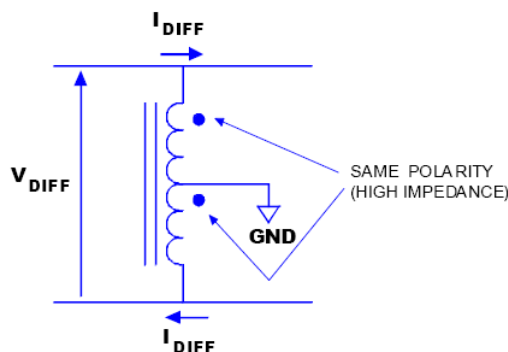
شکل 12: جریان مد مشترک در چوک ایده‌آل

جریان مد مشترک از هر دو سیم‌پیچ چوک در یک جهت عبور می‌کند و میدان‌های الکتریکی یکسانی ایجاد می‌کند که اثرشان با یکدیگر جمع می‌شود. این امر باعث می‌شود امپدانس چوک در برابر سیگنال مد مشترک بسیار بالا بوده و این سیگنال با تضعیف زیاد از چوک عبور کند. میزان این تضعیف، به امپدانس چوک و امپدانس بار بستگی دارد.

3-6- حذف نویز مد مشترک توسط اتوترانس سر وسط

اتوترانس، ترانسی است که تنها یک سیم‌پیچ دارد. در این بخش یک اتوترانس ایده‌آل را در نظر می‌گیریم، بدین معنا که از اثر امپدانس‌های پراکندگی صرف‌نظر می‌کنیم.

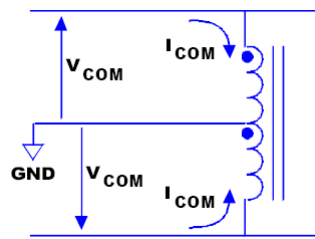
1-3-6- اثر سیگنال مد دیفرانسیلی بر یک اتوترانس ایده‌آل



شکل 13: جریان دیفرانسیلی در اتوترانس سر وسط

یک سیگنال دیفرانسیلی، سیم‌پیچی دو نیمه اتوترانس سر وسط را به صورت هم‌جهت می‌بیند، این بدین معنی است که جریان عبوری از آن باعث ایجاد میدانی مغناطیسی شده و ترانس، امپدانس بالایی نشان می‌دهد. ترانس، مانند امپدانس موازی بالایی عمل می‌کند که سیگنال دیفرانسیلی را به میزان قابل توجهی ضعیف نخواهد کرد.

2-3-6- اثر سیگنال مد مشترک بر یک اتوترانس ایده‌آل



شکل 14: جریان مد مشترک در اتوترانس سر وسط

یک سیگنال مد مشترک، سیم‌پیچی دو نیمه اتوترانس سر وسط را در خلاف جهت یکدیگر می‌بیند، این امر بدین معنی است که جریان، باعث ایجاد میدان‌های مغناطیسی برابر و با فاز مخالف خواهد شد که اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. در نتیجه امپدانس این ترانس در برابر سیگنال مد مشترک صفر خواهد بود و آنرا مستقیماً به زمین اتصال کوتاه می‌کند.

7- نقش یوپی‌اس در کاهش نویز مد دیفرانسیلی و مشترک

برق شهر دارای اختلالات زیادی است. یکی از انواع این اختلالات نویز می‌باشد. جهت داشتن منبع برق دائمی و قابل اطمینان اغلب از یوپی‌اس استفاده می‌شود. از طرفی باید دقت نمود که یوپی‌اس سرشار از منابع تغذیه سوئیچینگ است که خود مولد نویز هستند. بنابراین در انتخاب یوپی‌اس مناسب باید دقت شود که هم نویز برق شهر را به طور مناسبی کاهش دهد و هم دارای تکنولوژی‌ای باشد که نویز تولید شده در مدارات داخلی یوپی‌اس به مصرف کننده انتقال داده نشود. در ادامه به بررسی عوامل تعیین کننده در انتخاب یوپی‌اس با حداقل نویز دیفرانسیلی و مشترک می‌پردازیم.

1-7- مد دیفرانسیلی

چنانچه پیش از این ذکر شد نویز دیفرانسیلی، نویزی مخرب است که می‌تواند باعث آسیب رساندن به تجهیزات الکترونیکی شود. در انتخاب یک یوپی‌اس مناسب حتماً باید به میزان نویز دیفرانسیلی آن توجه نمود. دو فاکتور

بسیار مهم در یوپی‌اس تعیین‌کننده میزان نویز دیفرانسیلی است. این فاکتورها THD ولتاژ خروجی و THD جریان ورودی می‌باشند. برای بحث در مورد این فاکتورها ابتدا باید به توضیح مفهوم THD¹⁰ پردازیم:

"THD یا اعوجاج هارمونیک کل، یک پارامتر کیفی بوده و نمایانگر آن است که یک شکل موج یا سیگنال تا چه حد به شکل موج سینوسی نزدیک می‌باشد. مقدار THD برحسب درصد بیان شده و هر چه میزان THD کمتر باشد نمایانگر بهتر بودن شکل موج سینوسی است."¹¹

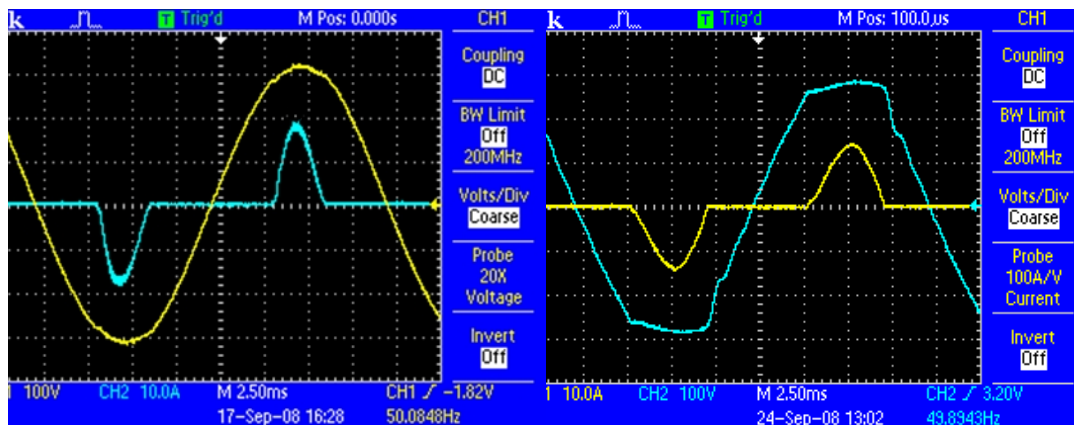
بالا بودن THD به معنای افزایش هارمونیک‌ها و افزایش میزان نویز تشعشعی می‌باشد.

حال که مفهوم THD را شرح دادیم به بررسی فاکتورهای انتخاب یوپی‌اس می‌پردازیم:

1- THD ولتاژ خروجی: یوپی‌اس نقش یک منبع تغذیه را برای بارهای متصل به خود بازی می‌کند. با توجه

به اینکه بارها می‌توانند از نوع خطی، غیرخطی و یا ترکیبی از آنها باشد لذا جریان کشیده شده از یوپی‌اس کاملاً نامشخص است. اما یکی از پارامترهای مهم در کیفیت خروجی یوپی‌اس، شکل موج ولتاژ آن است که باید تحت بدترین شرایط و به ازای هر نوع باری دارای THD محدودی باشد. یوپی‌اس‌های فاراتل از سیستم کنترلی پیشرفته‌ای برخوردار می‌باشند که حتی در حادترین حالت‌ها نیز THD ولتاژ خروجیشان حتی بهتر از حد مجاز ذکر شده در استاندارد می‌باشد.¹²

در شکل 15-الف، شکل موج ولتاژ برق شهر بدون استفاده از یوپی‌اس نمایش داده شده است همانطور که ملاحظه می‌شود این شکل موج دارای هارمونیک‌های زیادی می‌باشد. این در حالی است که با استفاده از یوپی‌اس در شکل 15-ب شکل موج خروجی، به یک شکل موج سینوسی کامل تبدیل شده است.

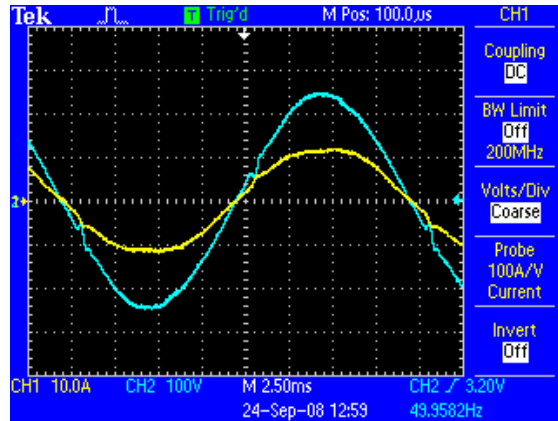


الف: نمونه ولتاژ، در محل بار هنگام کشیده شدن جریان نامی غیرخطی بدون استفاده از یوپی‌اس
 ب: نمونه ولتاژ خروجی یوپی‌اس‌های Double Conversion فاراتل در محل بار هنگام کشیده شدن جریان نامی غیرخطی
 شکل 15- شکل موج ولتاژ برق قبل و بعد از استفاده از یوپی‌اس

¹⁰ Total Harmonic Distortion

¹¹ جهت مطالعه بیشتر در مورد THD به مقاله "THD به زبان ساده" در سایت فاراتل مراجعه نمایید.
¹² جهت مشاهده مقادیر استانداردهای هارمونیک‌ها به مقاله "THD به زبان ساده" در سایت فاراتل مراجعه نمایید.

2- THD جریان ورودی: استفاده از مدار PFC¹³ در ورودی یوپی اس علاوه بر بالا بردن ضریب توان، هارمونیک جریان کشیده شده از شبکه برق را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. کیفیت ولتاژ شبکه برق خارج از کنترل ماست اما با این تکنولوژی می‌توانیم هارمونیک جریانی که به سیستم برق شهر تزریق می‌کنیم را کاهش دهیم. استفاده از این مدار در یوپی اس‌های فاراتل، جزء مزایای این دستگاه‌هاست.



شکل 16- نمونه جریان ورودی یوپی اس‌های Double Conversion فاراتل هنگام تامین توان بار نامی کامپیوتری

2-7- مد مشترک

در مورد نویز مد مشترک متاسفانه مانند مد دیفرانسیلی یک فاکتور عددی جهت انتخاب یوپی اس مناسب وجود ندارد. لذا در هنگام خرید یوپی اس باید در مورد روش‌های بکار گرفته شده جهت کاهش نویز مد مشترک از سازنده دستگاه سؤال نمود.

شرکت فاراتل جهت کاهش میزان نویز مد مشترک در یوپی اس‌های خود از سه روش بهره می‌جوید:

- 1- استفاده از فیلترهای مرسوم EMI و RFI¹⁴ در ورودی و خروجی دستگاه یوپی اس: چنانچه ذکر شد منابع تغذیه سوئیچینگ یکی از عوامل ایجاد نویز هستند و بخش عمده‌ای از مدارات داخلی یوپی اس را منابع تغذیه سوئیچینگ تشکیل می‌دهد. فاراتل با قرار دادن فیلتر در ورودی یوپی اس مانع از ورود نویز به دستگاه شده و با قرار دادن فیلتر در خروجی آن مانع از انتقال نویز ایجاد شده در مدارات یوپی اس به مصرف‌کننده شده است.
- 2- استفاده از فیلتر ویژه‌ی فاراتل در خروجی یوپی اس: شرکت فاراتل با استفاده از یک فیلتر منحصر به فرد در خروجی یوپی اس‌های خود، نویز مد مشترک را تا حد زیادی کاهش داده است.

¹³ Power Factor Correction

¹⁴ RFI: Radio Frequency Interference

3- استفاده از ترانس ایزوله: چنانچه علیرغم استفاده از فیلترهای ذکر شده همچنان مشکل نویز برطرف نشده باشد استفاده از ترانس ایزوله پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است که عملکرد ترانس زمانی معنادار است که ثانویه آن زمین شده باشد.¹⁵

نتیجه گیری

در حالت کلی نویز جزء جدایی‌ناپذیر مدارات الکتریکی است. منشأ این نویز می‌تواند عاملی خارجی (مانند سیستم های مخابراتی) یا یکی از مدارات داخلی (مانند منابع تغذیه سوئیچینگ) باشد. بنابراین اهمیت طراحی دستگاه‌هایی که مولد نویز نباشند، به اندازه اهمیت طراحی دستگاه‌هایی است که تأثیرپذیر از نویز نباشند و جهت اقتصادی بودن، حذف نویز باید از ابتدای طراحی مورد توجه قرار گیرد.

نویز را می‌توان در یک دسته بندی کلی به انواع "دیفرانسیلی" و "مشترک" تقسیم‌بندی کرد. نویزهای دیفرانسیلی مخربند و اغلب با فیلترهای معمولی می‌توان آنها را کاهش داد، این در حالی است که نویزهای مد مشترک معمولاً باعث ایجاد خطا می‌شوند و برای کاهش آنها نیازمند ارت استاندارد و فیلترهای پیچیده‌تری می‌باشیم. در این نوشتار چندین تکنیک جهت حذف نویز مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

تألیف: هانیه دیلم صالحی

لیسانس مهندسی برق - الکترونیک از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران
فوق لیسانس مهندسی هسته‌ای از دانشگاه امیرکبیر تهران
کارشناس ارشد اسناد فنی و مهندسی شرکت فاراتل



¹⁵ جهت مطالعه بیشتر در مورد عملکرد ترانس ایزوله به مقاله "علل استفاده از ترانس‌های ایزوله در یوپی‌اس‌های Double Conversion" مراجعه نمایید.

مراجع

1. Understanding Common Mode Noise
<http://www.coilcraft.com>
2. Multilayer Ceramic EMI Filters
<http://www.syfer.com>
3. Common mode Susceptibility of Computers, Rasmussen Neil
4. A Survey of Common-Mode Noise, Gaboian Jerry
5. Mixed Mode EMI Noise Level Measurement in SMPS, R.Dhanasekaran, M.Rajaram, S.N.Sivanadam, American Journal of Applied Sciences
6. تکنیک‌های کاهش نویز در سیستم‌های الکترونیکی، مطاعی مصطفی، رضایی الهه، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
7. یوپی‌اس به زبان ساده، مرکز اسناد فنی و مهندسی شرکت فاراتل
8. THD به زبان ساده، مرکز اسناد فنی و مهندسی شرکت فاراتل
9. علل استفاده از ترانس‌های ایزوله در یوپی‌اس‌های Double Conversion، واحد آموزش خدمات پس از فروش شرکت فاراتل

تماس با ما

برای اعلام نظرات خود، لطفاً از طریق ایمیل زیر اقدام بفرمایید:

articles@faratel.com

