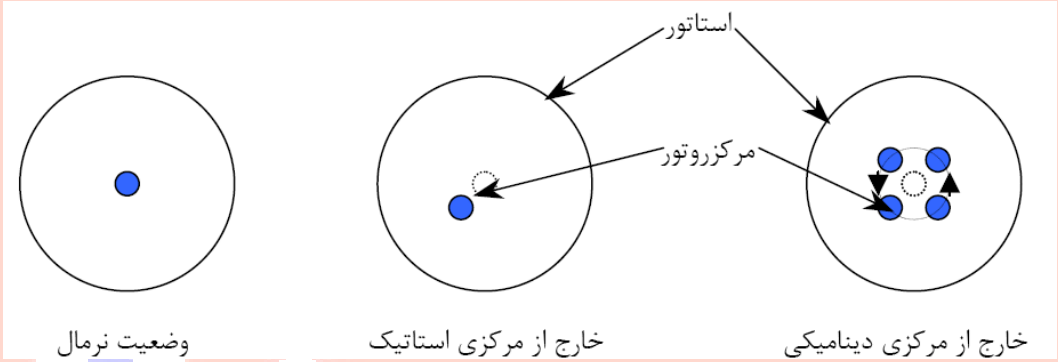
ارتعاشاتی با فرکانس سرعت چرخشی روتور که ماهیت الکتریکی دارند

به طور کلی خارج از مرکزی در موتورهای الکتریکی می‌تواند بصورت استاتیکی یا دینامیکی رخ دهد. در حالت استاتیکی، استاتور خارج از مرکز چرخش روتور واقع شده است و گپ هوائی نامتقارن میان روتور و استاتور غیرچرخان می‌باشد. اما در حالت دینامیکی روتور خارج از مرکز مغناطیسی استاتور بوده و گپ هوائی چرخانی میان روتور و استاتور ایجاد می‌شود.



شکل (۱): طرح شماتیک خارج از مرکزی دینامیکی و استاتیکی

در حالت عادی فرض بر این است که روتور هم‌مرکز با کویل‌های استاتور می‌باشد. در غیر این‌صورت یک نیروی مغناطیسی نابالانس بصورت زیر تولید می‌گردد:

$$F = \frac{KI^2}{g^2}\left(\frac{4e}{(1-e^2)}\right)$$

که در این معادله K یک ضریب ثابت، I جریان استاتور، g گپ هوایی متوسط میان روتور و استاتور و e خارج از مرکزی می‌باشد. با توجه به این معادله، مشاهده می‌گردد که درصورت افزایش جریان و خارج از مرکزی مقدار نیروی مغناطیسی نابالانس ایجاد شده نیز افزایش می‌یابد. همچنین این معادله نشان می‌دهد که هرچه گپ هوائی متوسط بزرگتر باشد، تاثیر خارج از مرکزی بر نیروی نابالانس ایجاد شده کمتر خواهد بود. فرض می‌شود که خارج از مرکزی و میدان مغناطیسی در یک خط باشند. سمت نزدیکتر روتور بترتیب جذب قطب‌های مثبت و منفی می‌گردد. بنابراین نیرو در طول یک سیکل دوبار نوسان می‌کند. بطور کلی این عوامل باعث ایجاد دو ساید باند در اطراف فرکانس نابالانسی $1 \times rpm$ می‌گردد.

روتور خارج از مرکز به روتوری گفته می‌شود که قطر خارجی آن با حلقه بیرینگ همراستا نباشد. روتور خارج از مرکز فاصله هوایی مینیممی ساخته که با فرکانس چرخش شفت می‌چرخد. با توجه به مطالب گفته شده، روتور خارج از مرکز یکی از عواملی است که می‌تواند خارج از مرکزی دینامیکی در الکتروموتور به وجود آورد.

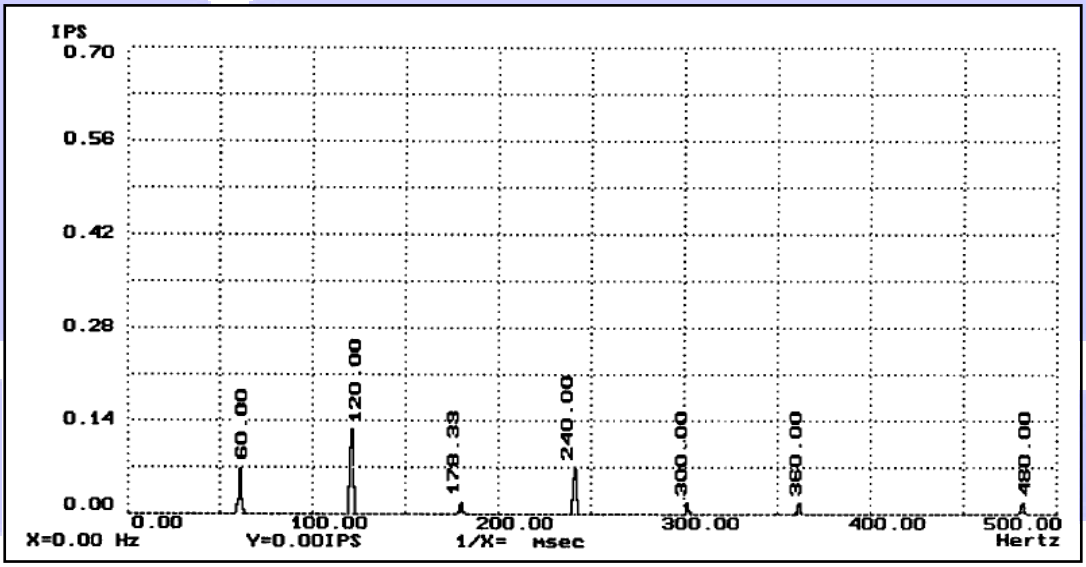
این نیروی آنبالانسی خالص با فرکانس چرخش روتور (فرکانس چرخش مینیمم فاصله هوایی) خواهد چرخید که موجب ایجاد ارتعاش در فرکانس یک برابر دور خواهد شد. جریان عبوری از استاتور موجب خواهد شد نیروی مغناطیسی اطراف استاتور با سرعت سنکرون دوران کند. روتور نیز تمایل دارد با دور (Rotating Flux Wave) شار مغناطیسی چرخان

استاتور دوران کند اما به دلیل وجود load (بارگذاری) روتور با مقداری لغزش در پشت سر میدان چرخشی استاتور حرکت خواهد کرد. لغزش برابر تفاضل سرعت سنکرون و سرعت چرخشی روتور در حال بارگذاری کامل می‌باشد. هنگامی که نقطه بلند ناشی از خارج از مرکزی واقع بر روی روتور (نقطه واقع بر مینیمم فاصله هوایی) با نقطه ماکزیمم شار استاتور در یک امتداد قرار می‌گیرند، نیروی تولید شده ماکزیمم خواهد شد و سپس به صورت پیوسته کاهش خواهد یافت و این نیرو در مینیمم شار به کمترین مقدار خود خواهد رسید. طی مطالبی که گفته شد یک نیروی آنبالانس تولید خواهد شد که با سرعت چرخشی روتور دوران می‌کند و شدت و بزرگی آن با لغزش تغییر می‌کند.

نتیجه پایانی چنین پدیده‌ای در موتور القائی ایجاد ارتعاش در فرکانس دور شافت بوده که در دامنه با فرکانس Slip یا لغزش مدوله خواهد شد. چنین شرایطی در بی‌باری و بارگذاری کامل نیز ایجاد خواهد شد. تحت شرایط بی‌باری فرکانس چرخش روتور به فرکانس سرعت سنکرون نزدیک می‌شود و می‌تواند یک مدولاسیون با پریود ۵ الی ۱۵ دقیقه داشته باشد. تحت شرایط بارگذاری کامل فرکانس مدولاسیون برابر لغزش ضربدر تعداد قطب‌ها خواهد بود. به این فرکانس فرکانس گذر قطب نیز گفته می‌شود.

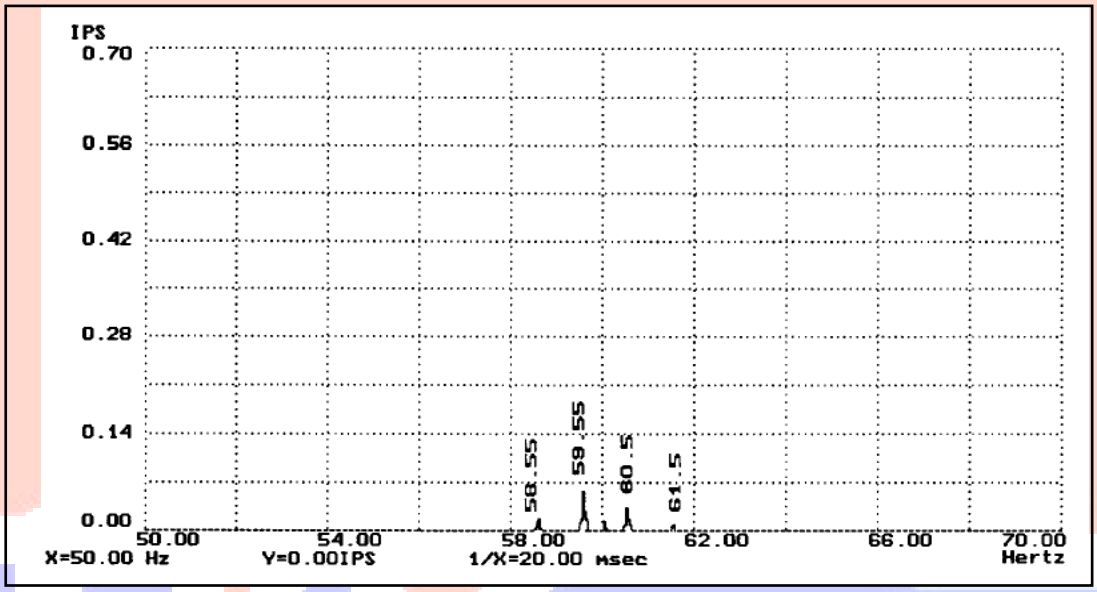
برای مثال در موتور دو قطبی با سرعت چرخشی 3564rpm با فرکانس برق 60Hz لغزش برابر 36cpm خواهد بود و نتیجه آن مدولاسیون فرکانسی 2×36=72 cpm خواهد شد. همانطور که محاسبه شد فرکانس مدولاسیون در این مثال برابر 72CPM یا 1.2Hz می‌باشد. این بدان معنی است که در اسپکترام فرکانسی در اطراف فرکانس چرخشی روتور سایدباندهایی به فاصله 1.2Hz ایجاد خواهد شد.

اسپکترام ارتعاشی نشان داده شده در شکل ۲ مربوط به یک الکتروموتور با سرعت چرخشی 3600RPM می‌باشد. اسپکترام موجود به علت وجود فرکانس سرعت چرخشی و هارمونیک‌های آن می‌تواند بیانگر وجود عیوبی مانند نرمی (شل بودن) پایه‌ها، نامیزانی یا حتی خمش شفت نیز باشد. برای تشخیص صحیح‌تر، لازم است تجزیه و تحلیل بیشتری صورت پذیرد تا عامل اصلی پیدایش این پیک‌ها در اسپکترام مشخص شود.



شکل (۲): اسپکترام ارتعاشی مربوط به یک الکتروموتور با سرعت چرخشی 3600RPM

در شکل ۳ پنجره‌ای به عرض 20Hz در اطراف فرکانس 60Hz نشان داده شده است. فرکانس خط برابر با 60Hz و فرکانس دور موتور 59.5Hz می‌باشد. فرکانس سرعت چرخشی الکتروموتور دارای سایدباندهای ۱ هرتزی است که از ضرب فرکانس لغزش (۰/۵ هرتز) در تعداد قطب‌ها (۲ قطب) حاصل می‌شود که همان فرکانس گذر قطب (PPF) می‌باشد. همانطور که در اسپکترام بزرگنمائی شده مشاهده می‌شود پیک فرکانسی سرعت چرخشی دارای سایدباندهایی در فرکانس 58.5,60.5&60.5Hz می‌باشد.



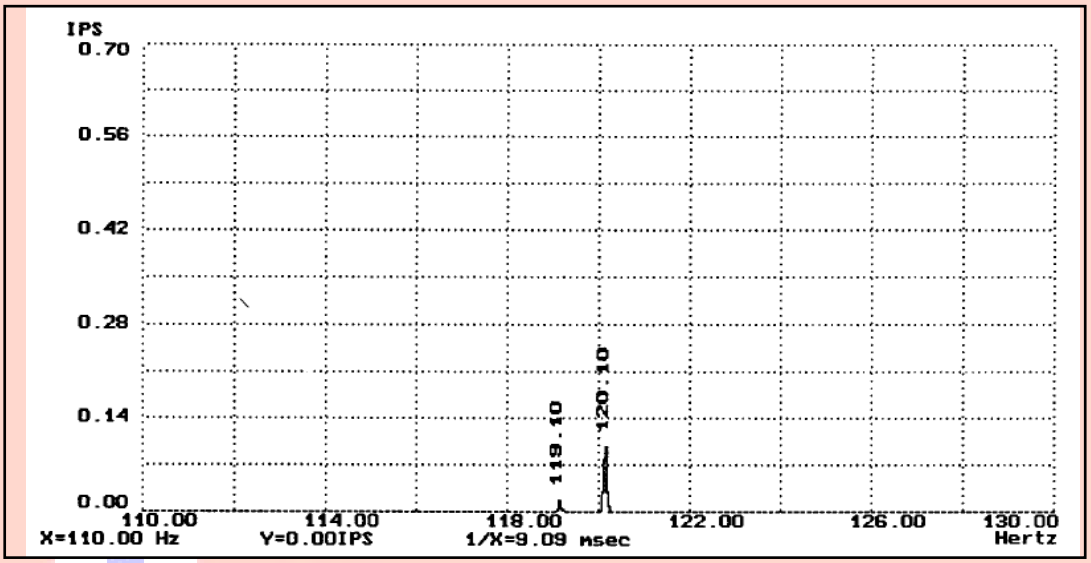
شکل (۳): پنجره ۲۰ هرتزی اطراف فرکانس ۶۰ هرتز برای موتور خارج از مرکز مغناطیسی

در شکل ۴ پنجره‌ای به عرض 20Hz در اطراف فرکانس 120Hz نشان داده شده است. این شکل دارای وضوح کافی جهت تشخیص هارمونیک دوم فرکانس سرعت چرخشی الکتروموتور می‌باشد. هارمونیک دوم فرکانس سرعت چرخشی الکتروموتور در 119Hz واقع شده که با توجه به مقدار دامنه‌ی آن، به عنوان عیبی قابل رسیدگی در نظر گرفته نمی‌شود. در این اسپکترام فرکانس غالب در 120Hz واقع شده که در حقیقت همان دوبرابر فرکانس خط یا 2xline frequency می‌باشد.

همان گونه که گفته شد، خارج از مرکزی روتور (خارج از مرکزی دینامیکی) یک گپ هوایی چرخان میان روتور و استاتور ایجاد می‌نماید که باعث القای ارتعاشات ضربه‌ای می‌گردد. این همان پدیده بیت[۱] می‌باشد که میان دو فرکانس $2 \times F_L$ و نزدیکترین هارمونیک دور (معمولاً هارمونیک دوم) رخ می‌دهد. پدیده‌ی بیت میان دو موج که دارای فرکانس‌های نزدیک به هم هستند، ایجاد می‌شود. پدیده‌ی بیت در الکتروموتورهایی رخ می‌دهد که دارای سرعت چرخشی 1800,3600RPM بوده و دچار خارج از مرکز مغناطیسی شده باشند. الکتروموتورهایی با سرعت چرخشی کمتر (۱۲۰۰ دور به پایین) نمی‌توانند تحت تاثیر مسئله خارج از مرکز مغناطیسی بودن، قرار گیرند. زیرا هارمونیک‌های بالاتر دور موتور در نزدیکی فرکانس۶۰ هرتز وجود دارند. فرکانس۶۰ هرتز، هنگامی‌که موتور در شرایط خارج از مرکز مغناطیسی بودن قرار

۱- تغییرات شدید صوت در اثر تداخل ضربان (beat)

داشته باشد، می‌تواند به عنوان یک فرکانس مجزا پدیدار گردد. از دیگر علائم خارج از مرکز مغناطیسی بودن موتور، تشدید پدیده‌ی Siren می‌باشد.



شکل (۴): پنجره ۲۰ هرتزی اطراف فرکانس ۱۲۰ هرتز برای موتور خارج از مرکز مغناطیسی

گردآوری و ترجمه: خلیل اله سیاوشی

BASAMAD