

تحلیل لرزش در ماشین‌های دوار

قسمت دوم

حسگرهای ارتعاش سنج

حسگر ارتعاش سنج^۱ اولین المان مورد نیاز برای اندازه‌گیری ارتعاشات و ابزاری است که حرکت ارتعاشی را حس و آن را به یک سیگنال الکتریکی متناسب با حرکت ارتعاشی، تبدیل می‌کند.

با تبدیل ارتعاشات به سیگنال الکتریکی، امکان ذخیره‌سازی، انجام پردازش‌های بعدی و نیز مشاهده‌ی سیگنال از طریق دستگاه‌های الکترونیکی (تجهیزات داده برداری) فراهم می‌شود.

حسگرهای لرزش معمولاً به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- حسگرهای حرکت (ارتعاش) نسبی^۲: ارتعاش توسط این حسگرها به صورت نسبی و نسبت به یک نقطه‌ی ثابت مرجع اندازه‌گیری می‌شود، مانند حسگرهای جریان گردابی^۳،
- حسگرهای حرکت (ارتعاش) مطلق^۴: مانند حسگرهای سرعت سنج و شتاب سنج،

با توجه به مکانیزم کاری و پارامتر اصلی اندازه‌گیری، حسگرهای ارتعاش سنجی که امروزه در ماشین‌آلات دوار مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

۱. جابجایی سنج؛

۲. سرعت سنج^۵؛

۳. شتاب سنج^۶.

۱. حسگر (ترانسدیوسر) جابجایی: این حسگرها از نوع غیرتماسی^۷ هستند. این نوع حسگرها، حسگرهای جریان گردابی^۸ نیز نامیده می‌شوند.

¹ Vibration Transducer

² Relative motion transducer

³ Eddy current transducer

⁴ Absolute motion transducer

⁵ Velocity transducer

⁶ Accelerometer

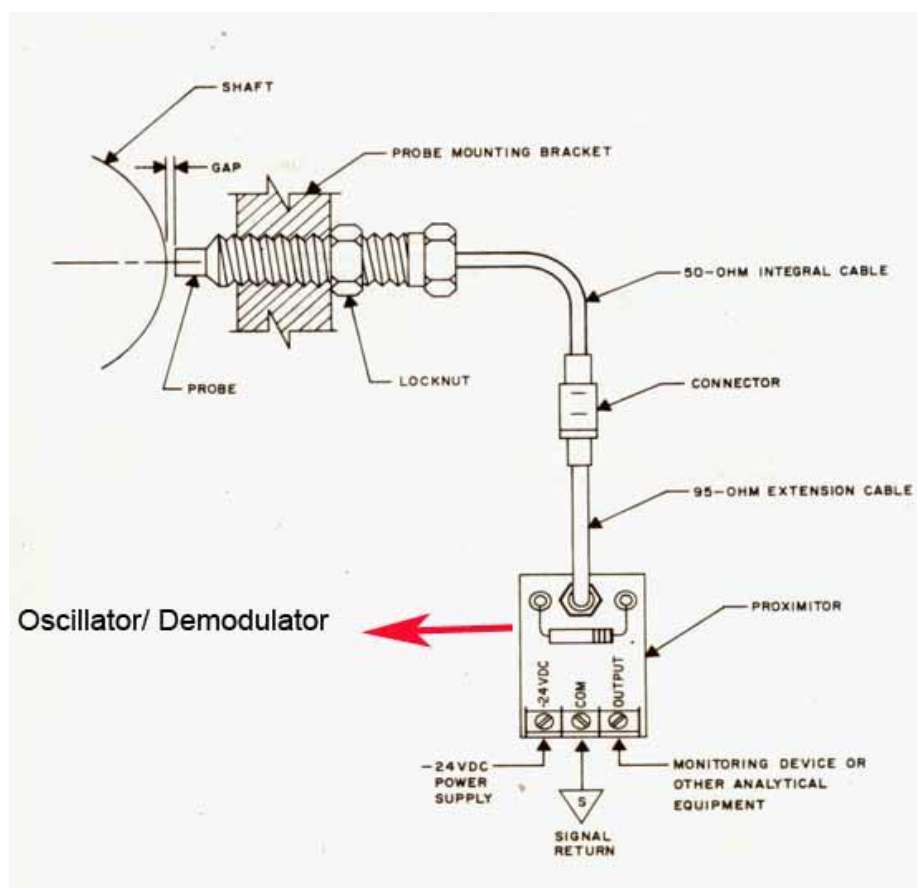
⁷ Non-contact or proximity probe

⁸ Eddy current

اساس کار این نوع حسگر بر پایه‌ی تولید میدان مغناطیسی در یک سیم پیچ که در نوک حسگر^۹ تعبیه شده است می باشد. این میدان مغناطیسی، در محور دوران (شفت) که یک رسانای الکتریکی است باعث القای جریان گردابی می شود، هر چه رسانای الکتریکی به سیم پیچ نزدیک تر باشد میزان جذب انرژی در رسانا بیشتر خواهد بود. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است سامانه‌ای که از حسگرهای جریان گردابی استفاده می نماید از یک نوسان ساز^{۱۰}، کابل ارتباطی و حسگر (پراب) تشکیل شده است.



شکل ۱. شمای ظاهری یک حسگر ارتعاش از نوع جابجایی سنج

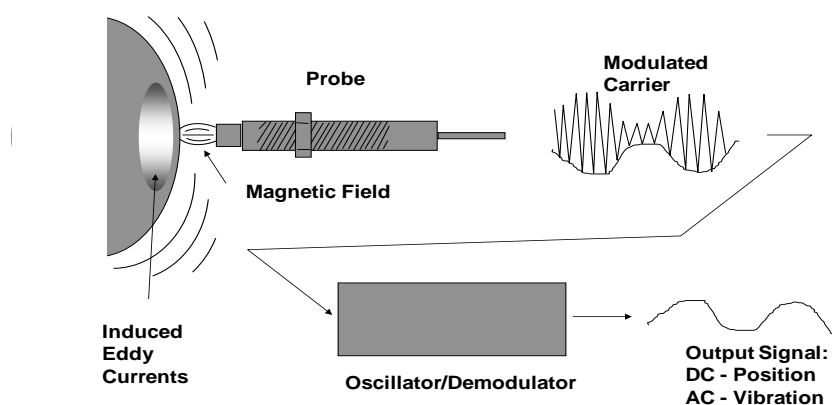


شکل ۲. ساختار یک حسگر ارتعاش از نوع جابجایی سنج

⁹ Probe

¹⁰ Oscillator/ Demodulator

نوسان ساز یک سیگنال فرکانس بالا (فرکانس رادیویی) برای ارسال به حسگر (پراب) تولید می کند و این سیگنال باعث ایجاد یک میدان مغناطیسی در اطراف حسگر می گردد. از آن جایی که میدان مغناطیسی فقط توسط اجسام هادی تحت تأثیر قرار می گیرد، تا زمانی که جسم هادی مقابل حسگر قرار نگیرد، هیچ تأثیری روی میدان مغناطیسی و به تبع آن هیچ کاهش در سیگنال RF ایجاد نخواهد شد. با نزدیک شدن یک جسم هادی به ناحیه-ی میدان مغناطیسی، این میدان در جسم هادی نفوذ پیدا کرده و باعث ایجاد جریان های گردابی در سطح آن شده و در نتیجه انرژی برگشتی و دامنه ی سیگنال RF کاهش می یابد، نوسان ساز و آشکارساز میزان پوش دامنه ی^{۱۱} سیگنال RF را اندازه گیری می کند و متناسب با نقاط پیک آن، یک ولتاژ مستقیم ایجاد می نماید.



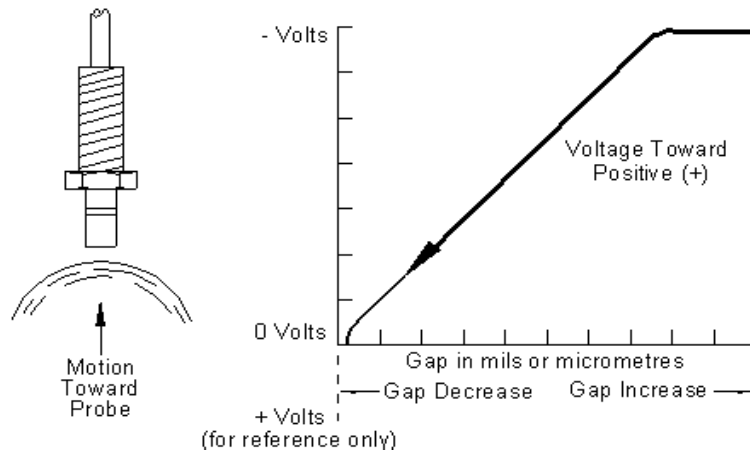
شکل ۳. چگونگی عملکرد یک حسگر ارتعاش از نوع جابجایی سنج

همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود با توجه به دوران جسم هادی، دامنه ی پوش سیگنال RF نیز با توجه به جابجایی سطح هادی تغییر می کند و مانند آن است که یک سیگنال با مدولاسیون دامنه ایجاد شده است که حول یک سیگنال DC دارای نوسان است.

سیگنال DC موقعیت جسم و سیگنال AC میزان لرزش را نشان می دهد.

حسگر لرزش غیرتماسی دارای یک دامنه ی خطی کارکرد است و در زمان تنظیم و نصب آن و اتصال به سامانه ی نمایش دهنده باید به این نکته توجه داشت که حسگر در فاصله ای از جسم هادی/شفت قرار گیرد که نقطه ی کار آن در ناحیه ای قرار داشته باشد که در صورت حداکثر نوسان از محدوده ی خطی حسگر خارج نشود.

^{۱۱} Envelope

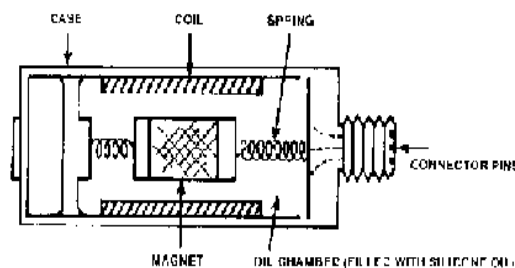


شکل ۴. ناحیه‌ی خطی برای یک حسگر ارتعاش از نوع جابجایی سنج

در زمان نصب باید دقت شود که نوک حسگر صدمه نبیند و در محل مورد نظر محکم بسته شده باشد. در ضمن مجموعه‌ی طول حسگر، کابل ارتباطی تا نوسان‌ساز/ آشکارکننده^{۱۲} توسط سازنده مشخص و کالیبره می‌شود و اگر به هر دلیلی این طول تغییر کند باید مجدداً سامانه را کالیبره نمود.

حسگرهای اندازه‌گیری لرزش از نوع سرعت سنج

این نوع حسگر یا ترانسدیوسر^{۱۳} بر روی بدنه‌ی جسم نصب می‌شوند و از این رو به آن حسگر تماسی^{۱۴} یا بدنی می‌گویند. اساس عملکرد این حسگر به این صورت است که پس از نصب بر روی جسم، با توجه به میزان ارتعاش جسم، پوسته‌ی خارجی حسگر به ارتعاش در آمده و این حرکت، آهن‌ربایی را که درون ترانسدیوسر تعبیه شده و به یک فنر متصل است به حرکت در آورده و جابجایی آهن‌ربا باعث ایجاد یک ولتاژ (emf) در سیم‌پیچ می‌شود. با توجه به این که تغییرات ولتاژ با سرعت حرکت آهن‌ربا متناسب است می‌توان سرعت مطلق حرکت ارتعاشی جسم را از روی ولتاژ اندازه‌گیری نمود.



شکل ۵. نمای داخلی حسگر لرزش سرعتی

¹² Oscillator/Demodulator

¹³ Transducer

¹⁴ Contact type

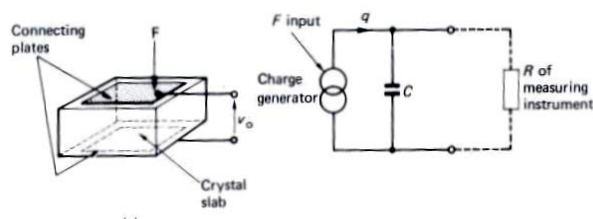
همان طور که در بالا اشاره شد برای اندازه گیری لرزش، حسگر باید مرتعش شود، از این رو لازم است فرکانس طبیعی حسگر مد نظر قرار گیرد، به عبارت دیگر حساسیت حسگر باید نسبت به کلیه فرکانس ها یکسان و برابر با مقدار تعیین شده برای حسگر باشد. بنابراین محدوده فرکانسی قابل استفاده برای حسگر، محدوده‌ی خارج از ناحیه‌ی فرکانس طبیعی حسگر بوده و در ناحیه ای قرار دارد که پاسخ فرکانسی آن اصطلاحاً مسطح است.

این حسگرها به منبع تغذیه نیاز ندارند ولی نسبت به میدان های مغناطیسی خارجی حساس هستند.

حسگرهای اندازه گیری لرزش از نوع شتاب‌سنج

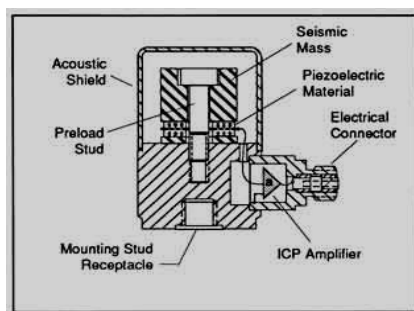
این حسگرها نیز از نوع تماسی هستند و در آنها از یک المان پیزوالکتریک برای تبدیل شتاب به سیگنال الکتریکی استفاده می‌شود. المان پیزوالکتریک متناسب با نیروی وارد بر آن، بارهای الکتریکی در دو سطح خود ایجاد می‌کند.

در طرح اولیه‌ی شتاب‌سنج‌ها، این بار الکتریکی که در حد پیکو کلمب (pC) است به عنوان خروجی حسگر استفاده می‌گردید. در طرح های امروزی با استفاده از تقویت کننده های درون حسگر، این بار الکتریکی تقویت شده و به صورت mV به عنوان خروجی حسگر استفاده می‌شود.



شکل ۶. ساختار الکتریکی حسگر ارتعاش از نوع شتاب‌سنج

بطور معمول ترانسدیسورهای شتاب دارای دو ساختار می‌باشند، نوع فشاری^{۱۵} و نوع برشی^{۱۶}. این دو ساختار در شکل ۷ نمایش داده شده‌اند.

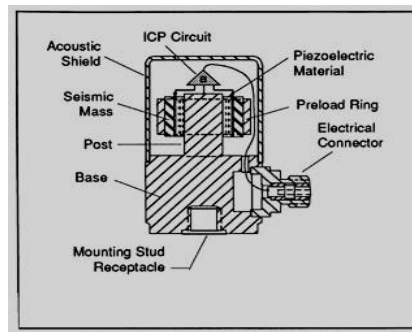


Compression Mode

الف) فشاری

¹⁵ Compression type

¹⁶ Shear type



Shear Mode

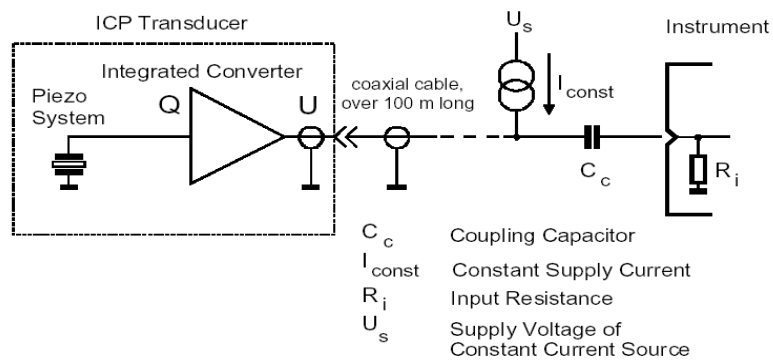
ب) برشی

شکل ۷. ساختار دو نوع ترانسدیوسر شتاب

همان طور که در شکل ۷ مشخص است در نوع فشاری، پیزوالکتریک از پایه، جدا بوده و در نتیجه نسبت به حرارت از حساسیت کمتری برخوردار است.

اختلاف دیگری که بین دو نوع حسگر شتاب وجود دارد در استفاده از حالت دهنده‌ی سیگنال^{۱۷} است، بدین نحو که بعضی از حسگرهای شتاب مجهز به یک مدار الکترونیکی برای تقویت سیگنال هستند و چون این قسمت درون حسگر تعبیه شده است دمای کارکرد این حسگرها دارای محدودیت می‌باشد.

در گروه دیگر که در اصطلاح **Charge Mode** نامیده می‌شوند خروجی حسگر لازم است توسط یک تقویت کننده‌ی بار^{۱۸} به نمایش دهنده متصل گردد.



شکل ۸. حسگر شتاب مجهز به یک مدار الکترونیکی داخلی

¹⁷ Signal conditioner

¹⁸ Charge amplifier

شتاب سنج‌ها، لرزش مطلق را اندازه‌گیری می‌کنند. همچنین بعضی از سازندگان با قرار دادن یک مدار انتگرال‌گیر درون حسگر شتاب از آن برای نمایش میزان لرزش از نوع سرعت استفاده می‌کنند.

روش نصب حسگرهای لرزش

حسگرهای لرزش به روش‌های مختلف بر روی ماشین‌ها نصب می‌شوند از جمله:

- نصب دائمی: که حسگر با استفاده از پیچ و یا جوش به ماشین متصل می‌شود.
- نصب مغناطیسی: که غالباً در تجهیزات اندازه‌گیری قابل حمل کاربری دارد.
- روش دستی، که در این روش حسگر در هنگام استفاده با دست در محل مورد نظر نگهداشته می‌شود.