

ماشین بالانس



Balancing machine

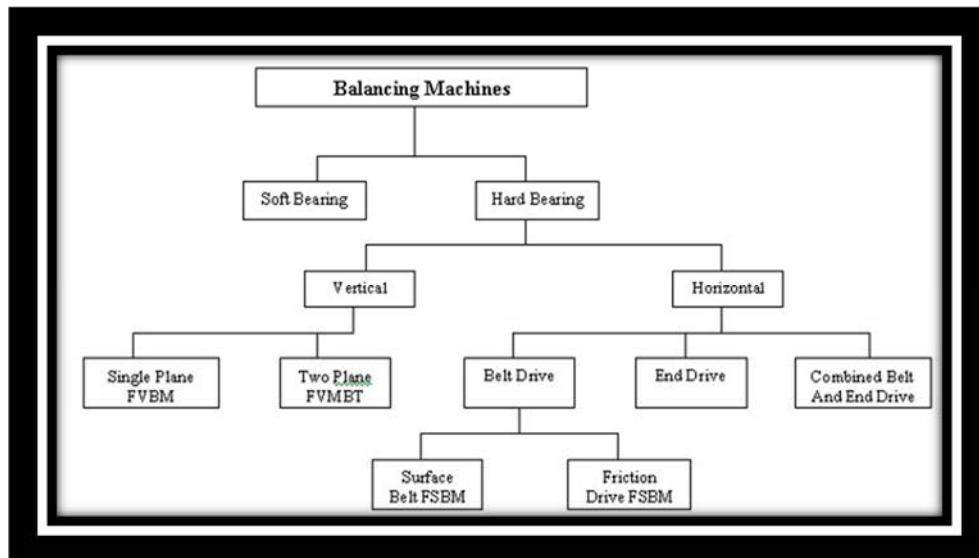
## ۱. ماشین‌های بالانس دینامیکی

بالانس، یک فرآیند جهت بهبود توزیع وزن قطعه‌ای که در یاتاقان‌هایش می‌چرخد می‌باشد (بدون نیروهای گریز از مرکز نامتعادل). بالانس روتورها به دلایل زیر ضروری می‌باشد:

- کم کردن ارتعاشات و صدا که به طور کلی سبب بهبود عمر ماشین و کاهش خستگی اپراتور می‌شود.
- کاهش خستگی و تنش دینامیکی که منجر به کاهش ابعاد فونداسیون و تجهیزات ضروری ماشین می‌شود.
- برای کاهش افت‌های قدرت که سیستم مرتعش انرژی را با توجه به فاکتور میرایی حاضر در سیستم جذب می‌کند.
- برای جلوگیری از عملکرد ناصحیح و غلط ماشین‌های مجاور، با توجه به انتقال ارتعاشات می‌باشد.

ماشین‌های بالانس وسیله‌ای برای اندازه‌گیری میزان عدم تعادل در یک روتور می‌باشند. در یک ماشین بالانس دینامیکی معمول، روتور بر روی دو سری از یاتاقان‌ها که توسط یک کوپلینگ به یک درایور مناسب وصل می‌شود قرار می‌گیرد. نیروهای گریز از مرکز نامتعادل بر روی یاتاقان‌ها توسط سنسورها اندازه‌گیری شده و به وسیله اندازه‌گیری این تجهیزات، به عدم تعادل روتور مربوط می‌شوند. این عدم تعادل می‌تواند توسط خود ماشین به وسیله یک واحد تصحیح مناسب، یا خارج از سیستم بالانس تصحیح شود.

## ۲. طبقه‌بندی ماشین‌های بالانس



شکل ۱- نمودار طبقه‌بندی ماشین‌های بالانس

میزان عدم تعادل می‌تواند از دو طریق موثر قرار گیرد. قوانین یاتاقان نرم و یاتاقان سخت.

### ۲.۱. ماشین‌های یاتاقان نرم

این ماشین‌ها بر اساس قوانین اندازه‌گیری جابه‌جایی پایه‌ریزی شده‌اند. روتور بر روی قطعات ارتعاشی سوار شده که به صورت انعطاف‌پذیر معلق می‌باشد. این سیستم تعلیق نرم، به روتور اجازه می‌دهد تا زمانی که جابه‌جایی‌های نوسانی چرخشی با توجه به ارتعاشات توسط یک الکتروپنماتیک (سنسور) ضبط شده و به پانل اندازه‌گیری ارسال شود، ارتعاش کند.

دامنه ارتعاشات به جرم روتور، سرعت، یاتاقان، جرم معلق و فاصله بین یاتاقان‌ها بستگی دارد. از این رو رابطه بین جابه‌جایی و عدم تعادل موجود، توسط این پارامترها تغییر می‌کند. بنابراین اگر ماشین بخواهد به صورت مستقیم عمل کند، کالیبراسیون ماشین پیش از انجام بالانس هر نوع روتور، ضروری به نظر می‌رسد. در این ماشین‌ها اثر جانبی<sup>۱</sup> (اثر عدم تعادل موجود در یک صفحه یا صفحه دیگر) باید حذف شود. این موضوع را جدایی صفحه<sup>۲</sup> نیز می‌نامند.

### ۲.۲. ماشین‌های یاتاقان سخت

این ماشین‌ها بر اساس قانون اندازه‌گیری نیرو عمل می‌کنند. وقتی روتور بر روی یاتاقان‌های صلب شروع به چرخش می‌کند، به دلیل وجود عدم تعادل در روتور، نیروهای گریز از مرکز تولید می‌شوند. این نیروها به وسیله ترانس‌دیوسرهای حساس فشار که بر روی پایه‌های تعادلی قرار دارند اندازه‌گیری می‌شوند. این سیگنال‌ها به یک پانل کنترلی جهت اندازه‌گیری میزان و محل عدم تعادل، ارسال می‌شوند. برای یک سرعت داده شده، نیروهای عدم تعادل به طور مستقل از وزن روتور، با مقدار عدم تعادل متناسب می‌باشند. از این رو، پیش کالیبراسیون پانل اندازه‌گیری قبل از نصب، ضروری می‌باشد. این نوع از ماشین‌ها خود به چند دسته دیگر تقسیم می‌شوند که در زیر به یک دسته از آن‌ها می‌پردازیم:

#### ۲.۲.۱. ماشین‌های بالانس افقی

این ماشین‌ها معمولاً برای دو صفحه عمودی (بالانس دینامیکی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. بالانس تک صفحه (استاتیکی) نیز در این ماشین‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. روتور و محور چرخش آن در یک صفحه افقی می‌چرخد. روتورها با سوراخ‌های موجود بر محور چرخش خود به کمک یک مندریل مناسب متعادل می‌شوند. این ماشین‌ها شامل قطعات زیر می‌شوند:

<sup>1</sup> Cross effect

<sup>2</sup> Plane separation

- زمینه ماشین (بستر دستگاه)
- پایه‌های تعادلی
- پایه‌های محرک
- تجهیزات اندازه‌گیری

به طور معمول، بستر و شاسی ماشین از چدن ساخته می‌شود. یک شیار T شکل برای محکم کردن روتور وجود دارد. پایه‌های تعادلی که از چدن ساخته می‌شوند، می‌توانند به راحتی در طول دستگاه با توجه به طول روتور، جابه‌جا شوند. سنسورهای پیزوالکتریک، نیروی عدم تعادل گریز از مرکز را حس کرده و سیگنالی معادل با آن نیرو، به صورت خروجی به پانل اندازه‌گیری می‌فرستند. یک پیش تقویت‌کننده<sup>۳</sup> این سیگنال‌های الکتریکی را برای تحلیل دستگاه‌های اندازه‌گیری، آماده می‌سازد.

### ۳. روش محاسبه زاویه عدم تعادل

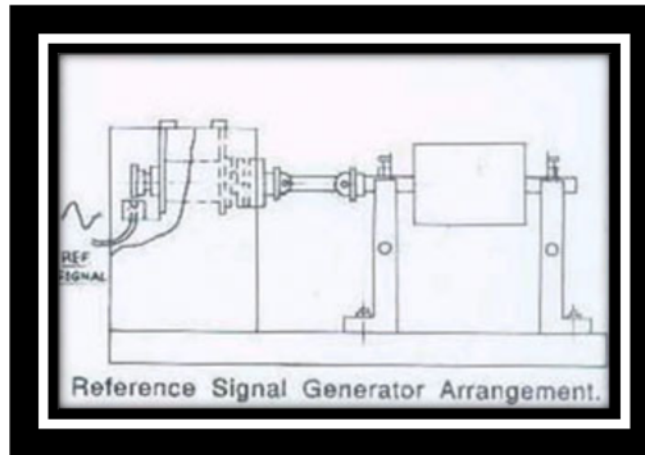
سه روش برای یافتن زاویه عدم تعادل وجود دارد:

#### ۳.۱. مولد فاز مرجع

در ماشین‌های رانش از انتها، یک مولد فاز مرجع به طور مستقیم با محور ماشین کوپل می‌شود. مولد یک سیگنال مرجع الکتریکی هم فرکانس با سرعت قطعه چرخشی تولید می‌کند. اختلاف فاز بین سیگنال مرجع و سیگنال عدم تعادل تولید شده به وسیله ترانسدیوسر، توسط تجهیزات اندازه‌گیری که نشان‌دهنده مکان زاویه‌ای عدم تعادل می‌باشد، تفسیر و مشخص می‌شود. این ماشین‌ها دارای یک دیسک مدرج می‌باشند که به محور ماشین کوپل شده و نقطه مرجع مناسبی را برای جابه‌جایی مکان زاویه‌ای روی روتور فراهم می‌سازند.

---

<sup>3</sup> Preamplifier

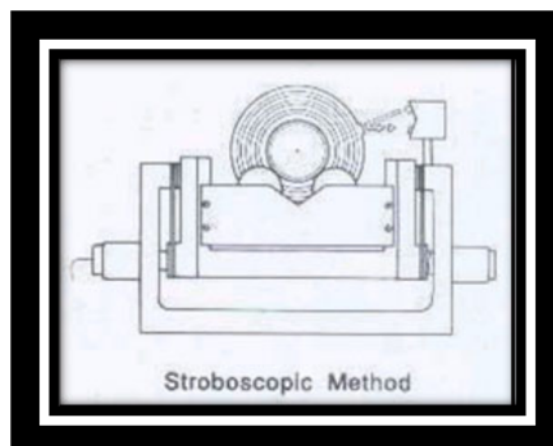


شکل ۲- چینش سیستم مولد سیگنال مرجع

### ۳.۲. روش استروبوسکوپ (حرکت نمایی)

این روش در ماشین‌هایی که با تسمه نقاله به حرکت در می‌آیند مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدار اندازه‌گیری الکترونیکی برای روشن شدن چراغ حرکت نمایی (استروسکوپ) در هر دور چرخش یک پالس را به وجود می‌آورد. این فلش‌ها و پالس‌ها در جهت مسقیم نوارهایی ثابت که در پیرامون روتور قرار دارند می‌باشند.

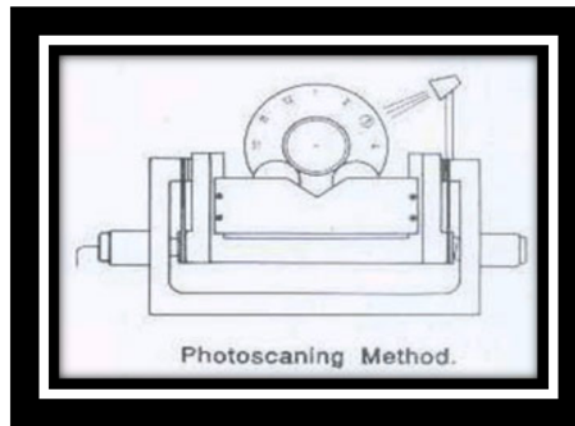
تعداد پالس‌های مربوط به مکان زاویه‌ای عدم تعادل، طوری به نظر می‌رسد که نوسانی وجود ندارد و یکنواخت می‌باشد. با وجود این که ذخیره اطلاعات مکان زاویه‌ای ممکن نمی‌باشد، این روش به صورت نشانه مسقیم بر روتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳- چینش سیستم استروبوسکوپ

## ۳.۳. روش اسکن تصاویر

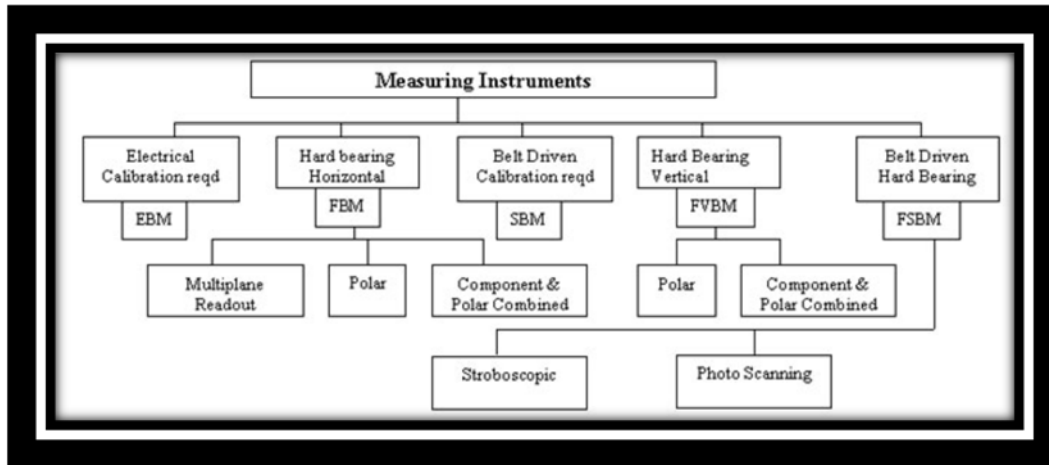
این روش نیز در سیستم‌هایی که با تسمه نقاله به حرکت در می‌آیند مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک منبع روشنایی از قسمت اسکن‌کننده، بر روی نشانه‌های مرجع اسکن که در پیرامون روتور قرار دارند، متمرکز می‌شود. یک فتوسل در هر دور چرخش انقطاع‌ها را احساس کرده و یک سیگنال مرجع هم فرکانس با سرعت روتور تولید می‌کند. اختلاف فاز بین سیگنال مرجع و سیگنال عدم تعادل تولید شده به وسیله ترانسدیوسر، به وسیله تجهیزات اندازه‌گیری تعیین شده که این اختلاف فاز، مکان زاویه‌ای عدم تعادل را نشان می‌دهد. سپس این زاویه به وسیله یک زاویه‌سنج با مرجع به روی روتور، جهت اسکن نشانه‌های مرجع روی روتور، انتقال می‌یابد.



شکل ۴- چینش سیستم اسکن تصاویر

## ۴. انواع سیستم‌های پردازش

در یک تقسیم‌بندی کلی انواع سیستم‌های پردازش و سیستم مناسب جهت استفاده از آن‌ها را مشاهده می‌کنید:



شکل ۵- نمودار طبقه‌بندی تجهیزات پردازش

#### ۴.۱. نشان قطبی<sup>۴</sup>

این نشانه برای ماشین‌هایی با اهداف عمومی مناسب می‌باشد، که اصلاحات بر روی روتور باید در هر مکان زاویه‌ای بر محیط صفحه انتخاب شده از روتور انجام شود. روتورهای مورد استفاده در نشان‌های قطبی، آرماتورهای موتورهای الکتریکی، پروانه‌ها و چرخ-لنگرها می‌باشند.

#### ۴.۲. نشان اجزاء<sup>۵</sup>

این سیستم برای روتورهایی که محل اصلاح عدم تعادل آن از پیش تعیین شده است و یا چند بخش معین بر روی محیط وجود دارد، مناسب می‌باشد. بنابراین عدم تعادل باید در اجزاء، در راستای سیستم مختصات مناسب اصلاح شود. تیغه‌های فن در این روش مورد تست قرار می‌گیرند.

#### پردازش چند خط سیری<sup>۶</sup>

۴.۳

این سیستم برای ماشین‌هایی که در آن‌ها، عدم تعادل به بیشتر از دو صفحه تصحیح بر روی روتور و مکان‌هایی از پیش تعیین شده جهت تصحیح عدم تعادل نیاز دارد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

<sup>4</sup> Polar indication

<sup>5</sup> Component indication

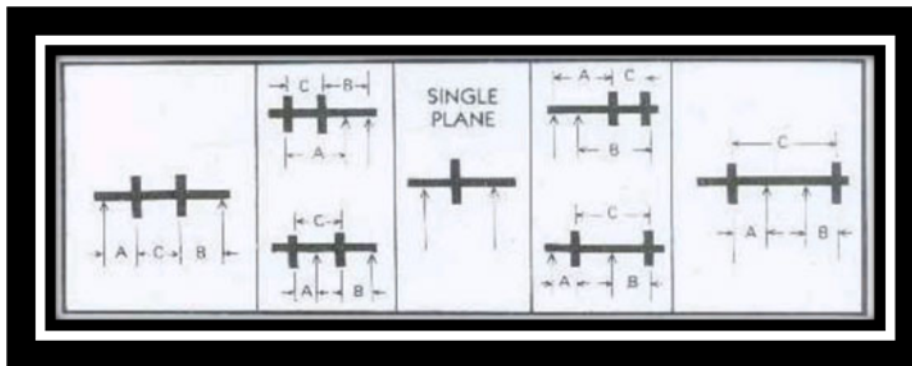
<sup>6</sup> Multilane Readout

## EBM.۴,۴

این نوع از تجهیزات، تنها یک نشانگر میزان عدم تعادل آنالوگ دارد. این نشانگر، میزان عدم تعادل را در صفحه انتخاب شده در تنظیم مولد مرجع برای میزان بالاترین خروجی در نشانگر برحسب متر نشان می‌دهد. زاویه عدم تعادل به وسیله نشانگر زاویه عدم تعادل روی ژنراتور مرجع که هم‌زمان با یک نشانه مرجع ثابت بر روی بدنه ماشین است، نشان داده می‌شود. کالیبراسیون این نوع از تجهیزات برای روتور داده شده نیازمند بالانس به وسیله سعی و خطای اولیه می‌باشد. هیچ وسیله‌ای برای ذخیره میزان عدم تعادل در تجهیزات استاندارد نمی‌باشد. زاویه عدم تعادل به کمک دیسک مرجع زاویه عدم تعادل که بر روی محور ماشین به روتور قرار دارد، انتقال می‌یابد.

## FBM.۴,۵

زاویه و مقدار عدم تعادل به وسیله دو نشان‌دهنده آنالوگ که بر روی هر صفحه قرار دارند، نشان داده می‌شوند. ماشین برای نشان دادن میزان عدم تعادل به گرم، به وسیله انتخاب برنامه مناسب و ابعاد هندسی و کمک ۵ عقربه و سوئیچ برنامه، این کار را انجام می‌دهد. هیچ کارکرد آزمایشی مورد نیاز نمی‌باشد. یک دستگاه ضبط مقدار نشان داده شده، برای ثبت میزان نشان داده شده تا کارکرد بعدی وجود دارد. زاویه عدم تعادل به کمک دیسک مرجع زاویه عدم تعادل که بر روی محور ماشین به روتور قرار دارد، انتقال می‌یابد.



شکل ۶- اشکال مختلف روتور

## SBM.۴,۶

این سیستم شامل یک نشانگر آنالوگ میزان عدم تعادل می‌باشد. این سیستم باید به صورت ابتدایی به وسیله یک صفحه مدرج، با سرعت چرخش روتور تنظیم شود. پس تمامی فرآیندهای کالیبراسیون سیستم EBM باید انجام شود. زاویه عدم تعادل به وسیله



مکانی نشان داده می‌شود که استروبو تیوب بر روی تعداد نوارهایی که به روتور برای صفحه تصحیح متصل شده است، فلش می‌زند. هیچ وسیله‌ای جهت ضبط و ثبت بر روی تجهیزات استاندارد وجود ندارد.

### FSBM.۴,۷

این سیستم کاملا مشابه FBM می‌باشد. زاویه عدم تعادل به صفحات تصحیح مربوطه با مرجع نسبت به نشان گر زاویه عدم تعادل بر روی روتور که سنسورها اسکن می‌کنند، منتقل می‌شود. این تجهیزات با یک نشان گر دور موتور دیجیتال جهت نشان دادن سرعت عملکرد تجهیز می‌شوند. جهت کاربری‌های خاص، یک میکروتخلیل گر نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

یک اندازه‌گیری ایمن و مطمئن باید شامل شرایط زیر باشد:

- محافظت در برابر بار زیاد موتور گرداننده
- فیوزها برای تجهیزات اندازه‌گیری
- لیمیت سوئیچ برای کولپلینگ‌های یونیورسال برای مدل‌های با ظرفیت بیش از ۱۰۰ کیلوگرم
- بستن گیره‌های یاتاقان‌گردهای روتور برای تمامی مدل‌ها به جز تا SBM/FSBM-10
- کلاچ‌های لغزشی برای انتقال گشتاور آرام برای مدل‌های با ظرفیت بالای ۱۰۰۰ کیلوگرم و ماشین‌های عمودی با ظرفیت بالای ۱۰ کیلوگرم

### ۵. ویژگی‌ها و تجهیزات اضافی

ماشین‌های استاندارد همان‌طور که در صفحه داده‌های فنی شرح داده شده است، توسط سیستم‌های اندازه‌گیری استاندارد تجهیز می‌شوند. در کنار این تجهیزات، ویژگی‌ها و تجهیزات اضافی، جهت کاربردهای ویژه ای می‌توانند مورد مصرف قرار بگیرند.

### مراجع

[1]: ISO 2953, mechanical vibration- Balancing machine

[2]: DYNAMIC BALANCING MACHINES, Precibalance Company FAQ