

عدم تعادل باقیمانده مجاز



Permissible Residual Unbalance

عدم تعادل باقیمانده مجاز

یک روتور نامتعادل سبب ایجاد ارتعاش و تنش در خود روتور و سازه پشتیبان آن می‌شود. بنابر این بالانس روتور جهت دستیابی به یک یا چند مورد از موارد زیر، لازم می‌باشد:

۱. افزایش عمر یاتاقان
۲. کم کردن ارتعاشات
۳. کاهش صداهای قابل شنیدن
۴. کاهش تنش‌های عملکردی
۵. کاهش آزار و خستگی‌های اپراتور
۶. کاهش افت قدرت
۷. افزایش کیفیت محصول
۸. ایجاد رضایت در مشتری

عدم تعادل حتی در یک جزء مونتاژ می‌تواند سبب ارتعاش در کل مونتاژ شود. این ارتعاشات القایی می‌تواند سبب سایش شدید یاتاقان‌ها، بوش‌ها، شفت‌ها، چرخ‌دنده‌ها و غیره می‌شود. این موضوع اساساً سبب کاهش عمر این قطعات می‌شود.

ارتعاشات می‌تواند سبب ایجاد تنش‌های غیردلخواهی شود که در بعضی موارد منجر به از بین رفتن کل سیستم شود. در این شرایط میزان کارایی و عملکرد به دلیل جذب انرژی به وسیله سازه پشتیبانی کاهش می‌یابد. ارتعاشات ممکن است به دیگر تجهیزات منتقل شده و سبب کارکرد نامناسب آن‌ها شود.

جهت یافتن، اندازه‌گیری و مشخص کردن محل عدم تعادل از ماشین بالانس استفاده می‌شود. اطلاعاتی که توسط دستگاه بالانس به دست می‌آید، مجوز تغییر توزیع جرم را در روتور، در جهت بالانس آن می‌دهد.

بالانس یک کمیت صفر می‌باشد یعنی با عدم مشاهده عدم تعادل، وجود آن تایید می‌شود.

• تعاریف

عدم تعادل، توزیع وزن متغییر در روتور می‌باشد.

خروج از مرکز به معنای نداشتن مرکز یا محور چرخش یکسان می‌باشد.

به عنوان مثال یک دیسک با شعاع $R(\text{mm})$ و جرم $P(\text{kg})$ و یک اضافه وزن p در نقطه‌ای مشخص را در نظر بگیرید. وقتی که دیسک در حرکت چرخشی قرار می‌گیرد، نیروی گریز از مرکز F بر روی p اثر کرده و آن را به محور منتقل می‌کند. در نتیجه، محور از نقطه ابتدایی جابه‌جا شده و یک دایره فرضی به دور مکان اولیه تشکیل می‌دهد. به این جابه‌جایی خروج از مرکز می‌گویند.

در علم ریاضیات و هندسه، خروج از مرکز برابر با نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ در مقاطع مخروطی مانند دایره و بیضی است. خروج از مرکز، انحراف یک مقطع مخروطی را از دایره بودن می‌سنجد. خروج از مرکز را با e نشان می‌دهند.

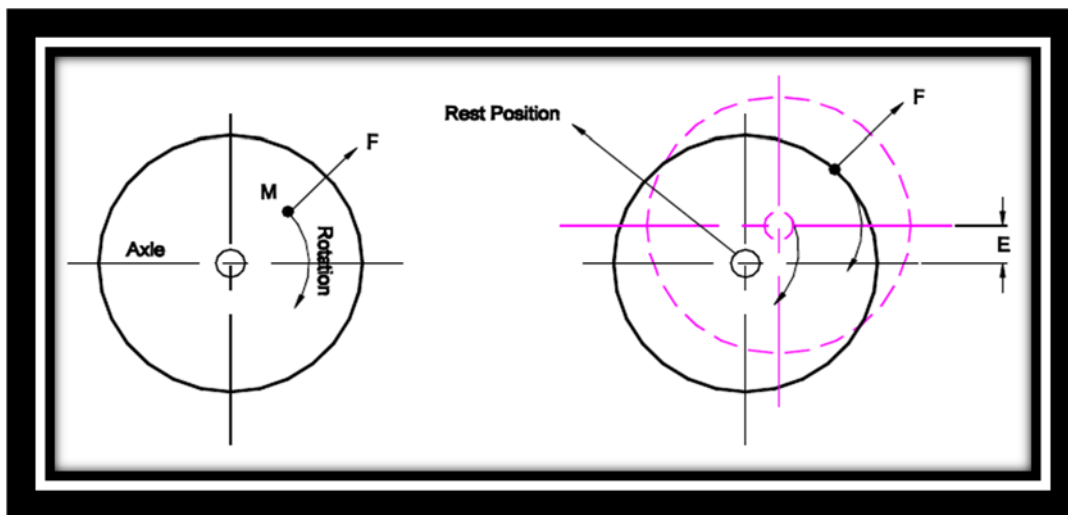
به طور خاص:

- خروج از مرکز دایره برابر با ۰ است.
- خروج از مرکز بیضی بین ۰ تا ۱ است. این عدد در صورت ۰ بودن دایره بودن مقطع را نشان می‌دهد و نمی‌تواند ۱ باشد.
- خروج از مرکز سهمی ۱ است
- خروج از مرکز هذلولی بیشتر از ۱ است.

در صورتی که خروج از مرکز دو مقطع مخروطی یکسان باشد آن دو مقطع یکسانند (و برعکس).

خروج از مرکز e_T به میزان عدم تعادل p موجود در شعاع R محور چرخش روتور با وزن P ، از طریق رابطه زیر مربوط می‌شود. e_T همچنین به عنوان تِلرانس بالانس و یا خروج از مرکز باقیمانده نیز شناخته می‌شود:

$$e_T = \frac{p * R}{P}$$



شکل ۱- خروج از مرکز

- عدم تعادل باقیمانده مجاز یا تِلرانس بالانس، معادله e_T

این روش مطابق با استاندارد ایزو ۱۹۴۰/۱ می‌باشد. از آنجایی که بالانس ۱۰۰ درصدی ممکن نمی‌باشد، داشتن تِلرانس جهت بالانس، لازم و ضروری می‌باشد. به نمودار و جدول ۱ مراجعه شود.

با توجه به ملزومات صنعتی و نوع پمپ و کاربردش، تولیدکنندگان حرفه‌ای پمپ معمولاً توصیه‌های ۳، ۶، ۴، ۰، ۴، ۰ و ۵، ۲ استاندارد را برای بالانس مورد نظر قرار می‌دهند. به جدول شماره ۲ مراجعه شود.

مرتبه بالانس G بر حسب میلی‌متر بر ثانیه به عدم تعادل باقیمانده بیشینه مربوط می‌شود، e_T بر حسب میکرومتر و سرعت چرخش n بر حسب دور بر دقیقه. به فرمول زیر توجه کنید:

$$e_T = \frac{10 * G}{\left(\frac{n}{1000}\right)}$$

مثال:

با توجه به اطلاعات داده شده، عدم تعادل باقیمانده مجاز و کمترین مقدار عدم تعادل باقیمانده را تعیین کنید:

سرعت ۸۰۰ دور بر دقیقه، وزن شفت ۸،۱ کیلوگرم، شعاع پولی ۱۵۲ میلی‌متر، مرتبه بالانس ۴ (یعنی سرعت ارتعاش ۴ میلی‌متر بر ثانیه برای پولی)

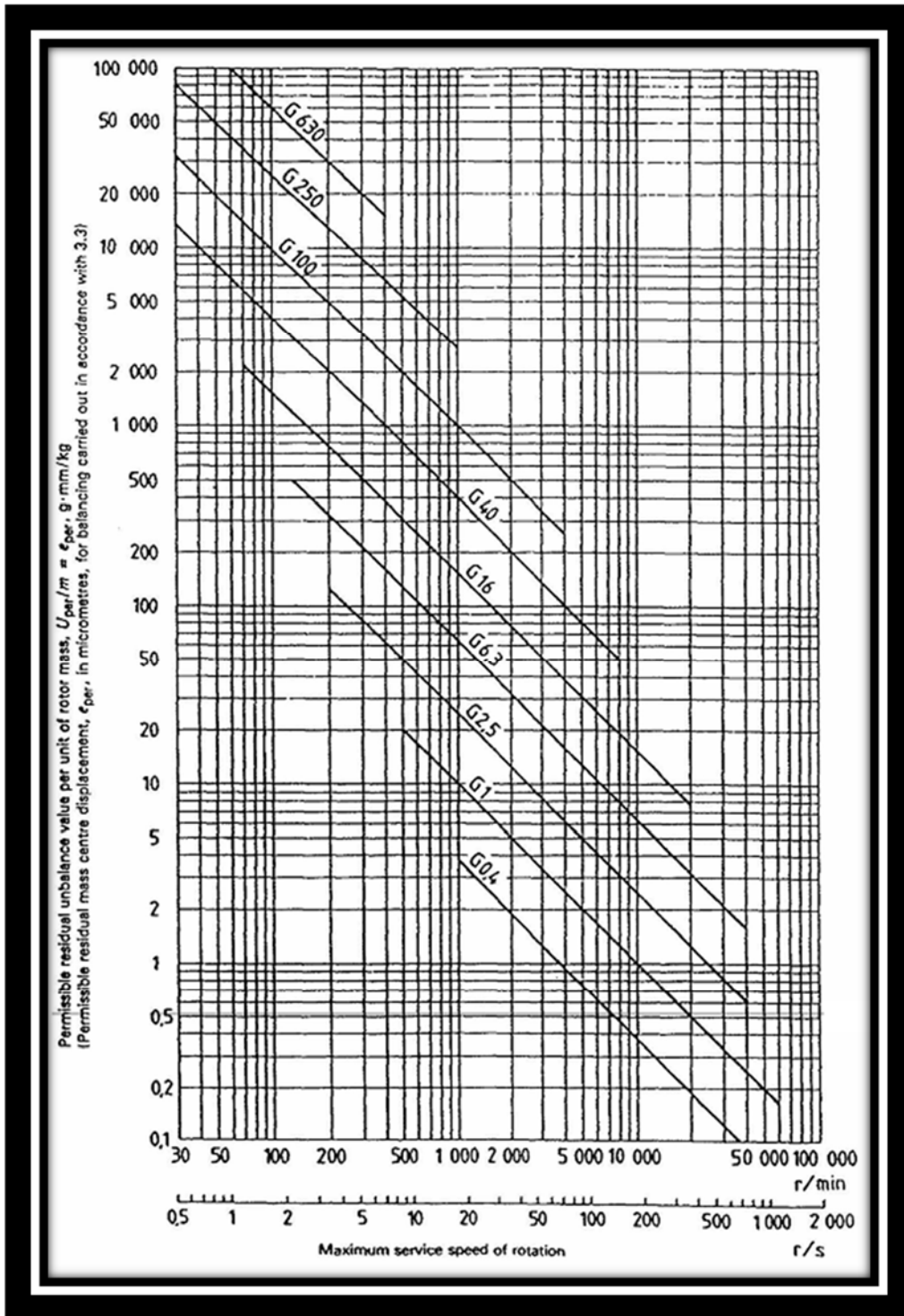
برای عدم تعادل باقیمانده مجاز یا ترانس بالانس:

$$e_T = \frac{10 * G}{\left(\frac{n}{1000}\right)} = \frac{10 * 4}{800/1000} = 50 \mu m$$

برای محاسبه بیشترین مقدار عدم تعادل باقیمانده:

$$e_T = \frac{p * R}{P} \rightarrow p = \frac{P * e_T}{R} = \frac{50 * 8.1}{152} = 2.66 \text{ gr}$$

بنابراین خروج از مرکز باقیمانده مجاز ۵۰ میکرومتر و عدم تعادل باقیمانده مجاز برای این پولی ۲،۶۶ گرم خواهد بود.



جدول ۱- مقادیر عدم تعادل باقیمانده مجاز بیشینه مخصوص متناسب با مراتب متفاوت کیفیت بالانس

Balance Quality Grade	Product of the Relationship ($e_{per} \cdot \omega v$) ^{(1) (2)} mm/s	Rotor Types - General Examples
G 4 000	4 000	Crankshaft/drives ⁽³⁾ of rigidly mounted slow marine diesel engines with uneven number of cylinders ⁽⁴⁾
G 1 600	1 600	Crankshaft/drives of rigidly mounted large two-cycle engines
G 630	630	Crankshaft/drives of rigidly mounted large four-cycle engines Crankshaft/drives of elastically mounted marine diesel engines
G 250	250	Crankshaft/drives of rigidly mounted fast four-cylinder diesel engines ⁽⁴⁾
G 100	100	Crankshaft/drives of fast diesel engines with six or more cylinders ⁽⁴⁾ Complete engines (gasoline or diesel) for cars, trucks and locomotives ⁽⁶⁾
G 40	40	Car wheels, wheel rims, wheel sets, drive shafts Crankshaft/drives of elastically mounted fast four-cycle engines with six or more cylinders ⁽⁴⁾ Crankshaft/drives of engines of cars, trucks and locomotives
G 16	16	Drive shafts (propeller shafts, cardan shafts) with special requirements Parts of crushing machines Parts of agricultural machinery Individual components of engines (gasoline or diesel) for cars, trucks and locomotives Crankshaft/drives of engines with six or more cylinders under special requirements
G 6.3	6.3	Parts of process plant machines Marine main turbine gears (merchant service) Centrifuge drums Paper machinery rolls; print rolls Fans Assembled aircraft gas turbine rotors Flywheels Pump impellers Machine-tool and general machinery parts Medium and large electric armatures (of electric motors having at least 80 mm shaft height) without special requirements Small electric armatures, often mass produced, in vibration insensitive applications and/or with vibration-isolating mountings Individual components of engines under special requirements
G 2.5	2.5	Gas and steam turbines, including marine main turbines (merchant service) Rigid turbo-generator rotors Computer memory drums and discs Turbo-compressors Machine-tool drives Medium and large electric armatures with special requirements Small electric armatures not qualifying for one or both of the conditions specified for small electric armatures of balance quality grade G 6.3 Turbine-driven pumps
G 1	1	Tape recorder and phonograph (gramophone) drives Grinding-machine drives Small electric armatures with special requirements
G 0.4	0.4	Spindles, discs and armatures of precision grinders Gyroscopes

جدول شماره ۲- مرتبه کیفیت بالانس برای گروه‌های مختلف روتورهای صلب

[1]: Jim Lyons, Primer on Dynamic Balancing, MainTech South, 1998

[2]: Quality assured through Perfect Balancing Solutions, RotoTechniks Company, 2010

[3]: PERMISSIBLE RESIDUAL UNBALANCE, Technical Bulletin, 2001