بالانس در محل
بالانس دو صفحه ای

2 Plane Field Balancing

علی اکبر وکیلی

شرکت مهندسی تواتر سپاهان

چکیده

در این نمایش سعی شده نحوه انجام عملیات بالانس در محل به روش دو صفحه ای و مسائل مربوط به آن ارائه شود. مشکلاتی که در حین این عملیات ممکن است بوجود آید به همراه راه حل های آن نیز مورد توجه قرار گرفته است. دستگاه مورد استفاده در این نمایش دستگاه بالانسر پرتابل VB92 محصول شرکت مهندسی تواتر سپاهان است اما می توان از هر بالانسر پرتابل دیگری نیز در انجام این آزمایش استفاده نمود. البته بعضی ویژگی ها بصورت اختصاصی مربوط به دستگاه VB92 می باشد. در این نمایش فرض شده بیننده با مسائل عمومی بالانس، سنسورها و ماشین های دوار تا حدودی آشنایی دارد و هدف اصلی آن ارائه روش کار با یک بالانسر پرتابل است. برای آشنایی کامل با عملیات بالانس به دوره های آموزشی این شرکت مراجعه گردد.

با ارسال نظرات خود ما را در بهبود تهیه این گونه نمایش ها یاری نمایید.

استفاده از محتوا با ذکر منبع آزاد است.

شرکت مهندسی تواتر سپاهان

info@tavator.com www.tavator.com

اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی، شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان، خیابان ۱۲، شماره ۳۰۸

تلفن: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۰۸ فاکس: ۰۳۱-۳۳۹۳۲۰۷۹

علی اکبر وکیلی

مقدمات بالانس دو صفحه ای

تعیین عیب

- عیوب دیگر نیز ممکن است مشابه نابالانسی خود را نشان دهند.، مانند: ناهمراستایی، خمش شافت، لنگی
- برخی عیوب دیگر ممکن است فرآیند بالانس را مشکل کنند مانند، لقی، ترک و رزنانس

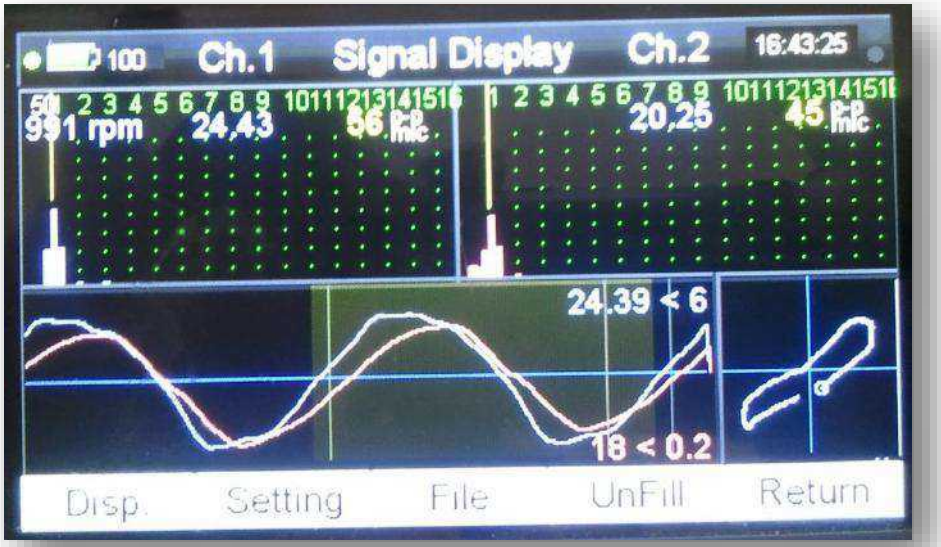
بالانس تک یا دو صفحه ای

- ۷۰ درصد بالانس ها را می توان با بالانس تک صفحه ای، بالانس نمود.
- معمولاً بالانس دو صفحه ای بیشتر زمان بر بوده و کمتر موفقیت آمیز است.

آماده سازی

- ایمن سازی و اخذ مجوز های لازم.
- بازرسی های چشمی، تمیز کاری و ..
- تعیین روش جرم گذاری آزمایشی و دائمی و تهیه وزنه های آزمایشی و اصلاحی
- نصب سنسور ارتعاش سنج و برچسب و پروب مرجع فاز

نشانه های نابالانسی



- هارمونیک اول در طیف فرکانسی
- شکل سینوسی در سیگنال زمانی
- ارتعاشی عمدتاً شعاعی
- شکل دایره یا بیضی اوربیت جابجایی شافت (ژرنال بیرینگ) و جابجایی بدنه یاتاقان

نشانه های نابالانسی

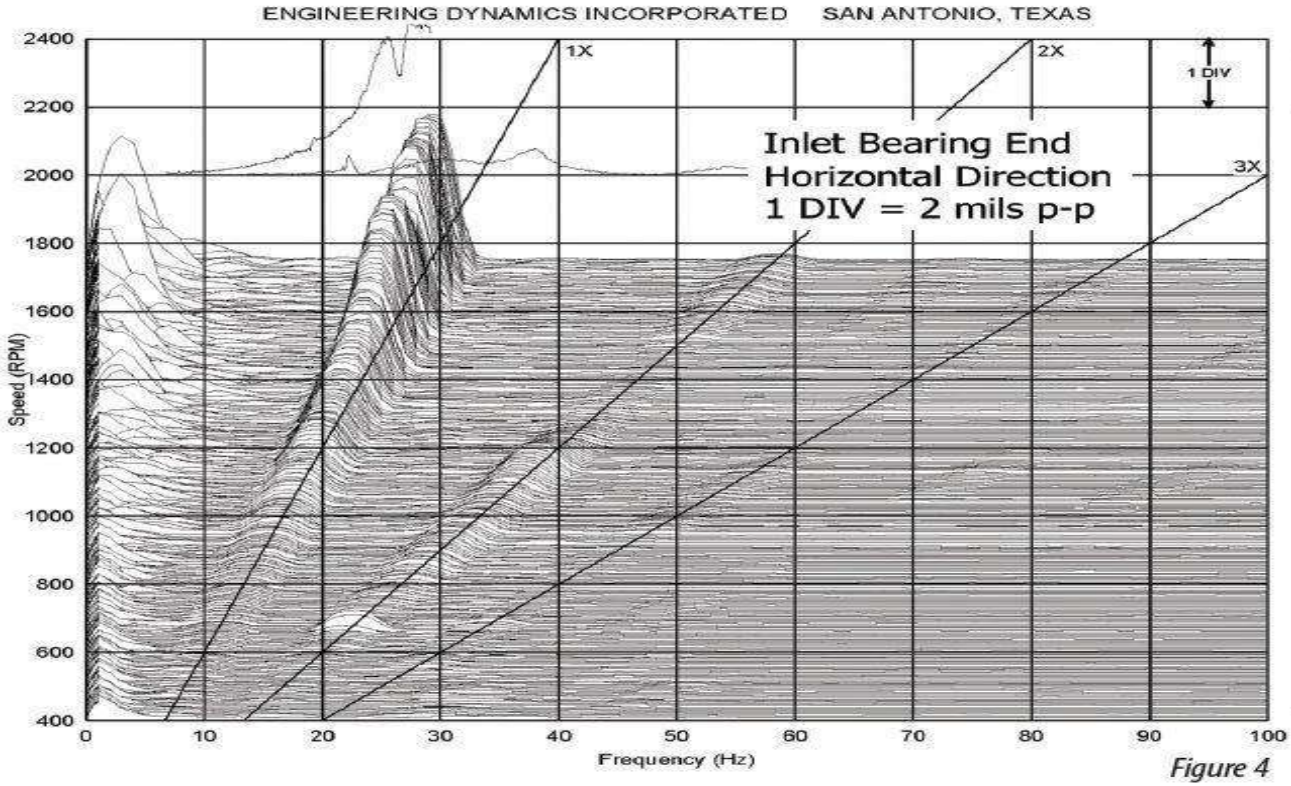
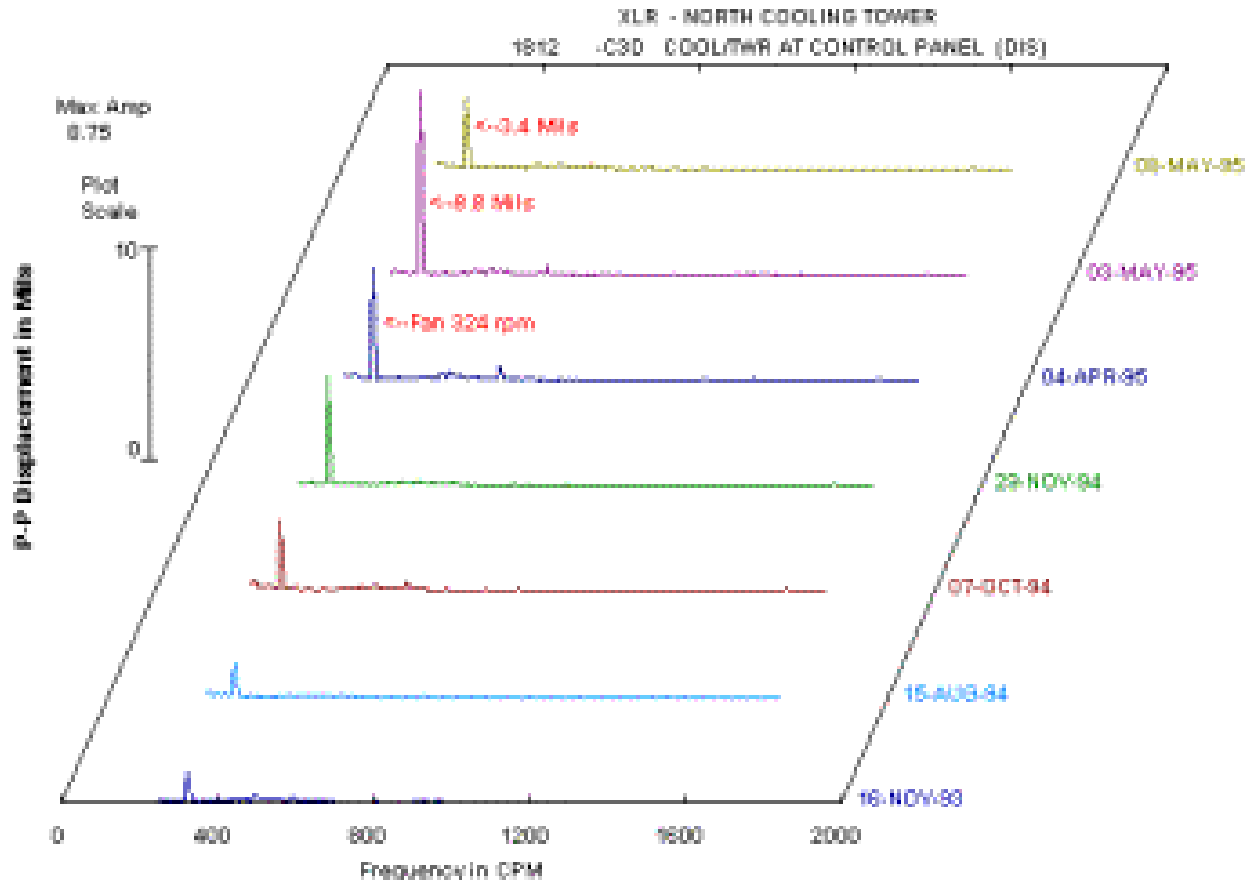


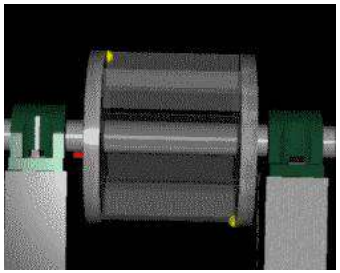
Figure 4

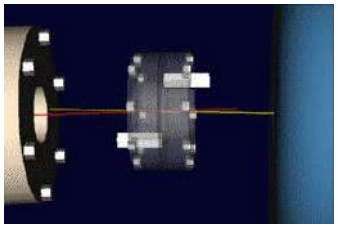
- افزایش تدریجی دامنه در 1X در هنگام راه اندازی (نمودار Cascade و نمودار RunUp)

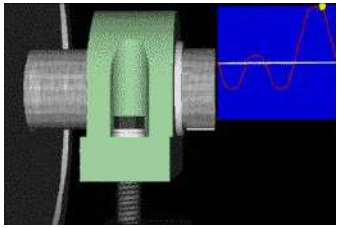
نشانه های نابالانسی

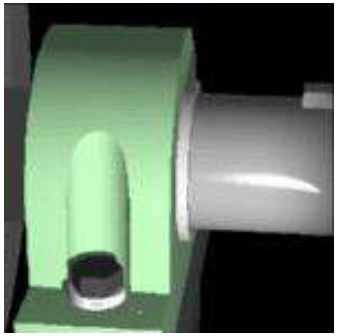


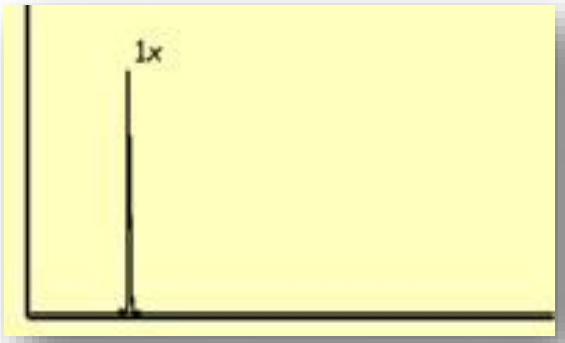
- افزایش دامنه هارمونیک اول در ردگیری طیف (نمودار آبشاری)



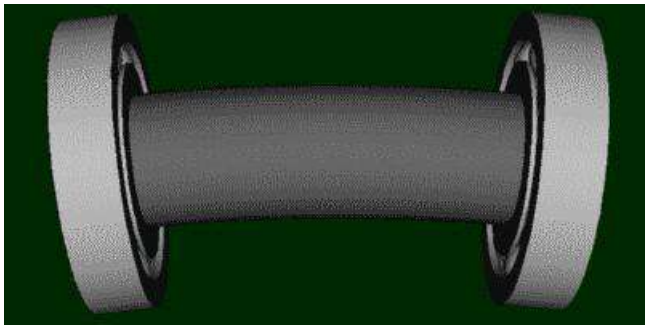








شناسایی شکل حرکت



تعیین نابالانسی بعنوان عیب موجود در ماشین

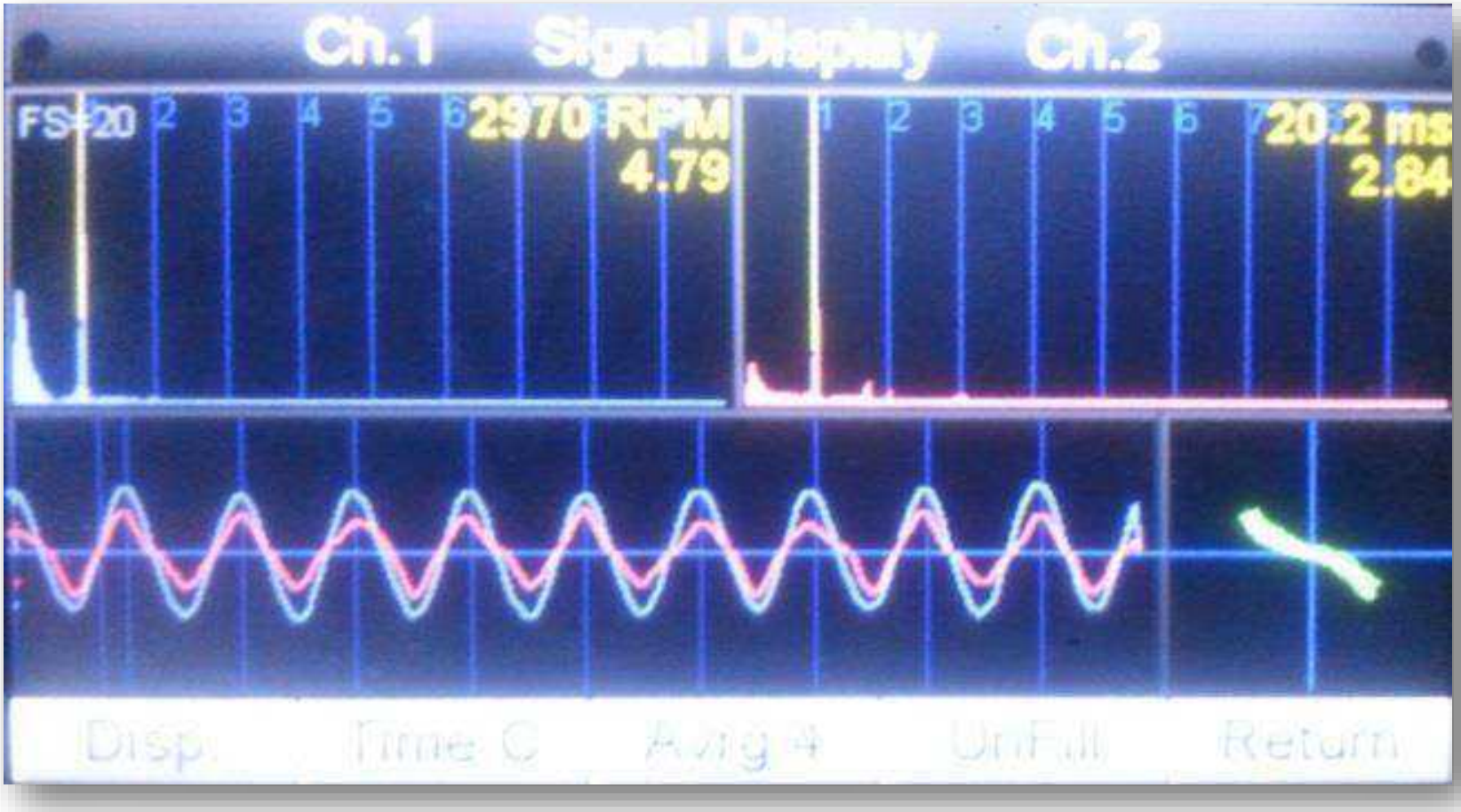
عیب هایی دیگری مانند ناهمراستایی، خمش شافت، لنگی پولی اگر چه معمولاً طیف های فرکانسی متفاوتی دارند و با هارمونیک ها همراه هستند، اما در مواردی ممکن است فقط هارمونیک 1X داشته و سیگنال زمانی آنها نیز کاملاً سیینوسی و مانند نابالانسی خود را نشان دهند.

نابالانسی الکتریکی و عیب های الکتریکی در الکتروموتورها ممکن است با نابالانسی اشتباه گرفته شود.

لقی ها، ترک و رزنانس می تواند باعث ایجاد رفتار غیر خطی در عملیات بالانس شده و این عملیات را با مشکل روبرو سازد و زمان عملیات بالانس را افزایش دهد.

قبل از شروع به بالانس مشخص نمایید مشکل نابالانسی است یا علت دیگری دارد.

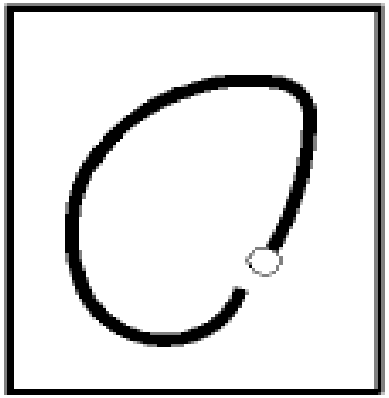
هر هارمونیک اولی نابالانسی نیست !

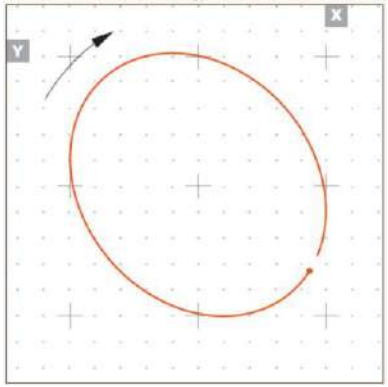
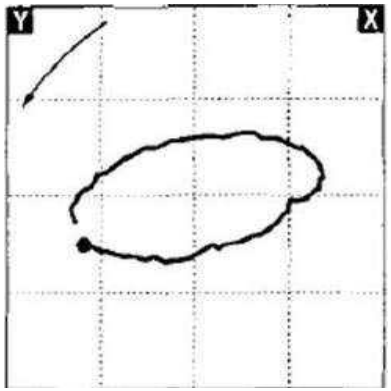


پیش بار در یاتاقان سمت اکسایتر ژنراتور 25MW اشکال در تنظیمات داخلی یاتاقان. طیف و سیگنال هر دو شبیه نابالانسی است ولی اوربیت متفاوت است.

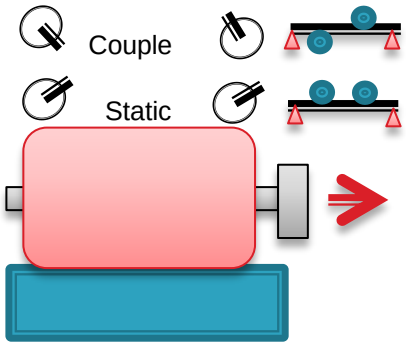
سایر آنالیزهای نشان دهنده نابالانسی

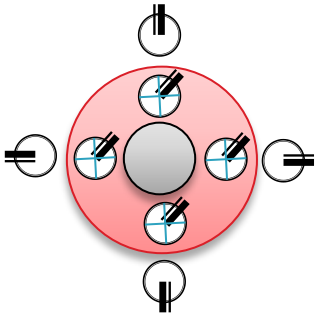
شکل اوربیت شافت یا اوربیت حرکت یاتاقان



رفتار فازی اطراف یاتاقان



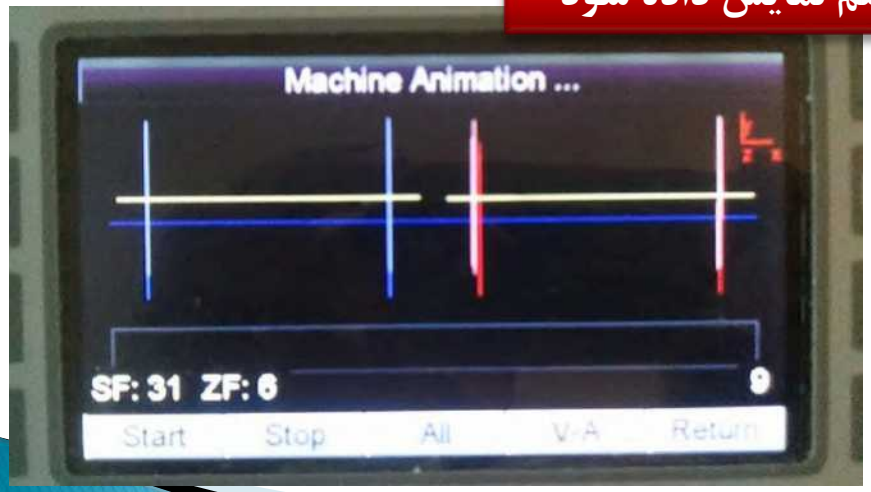


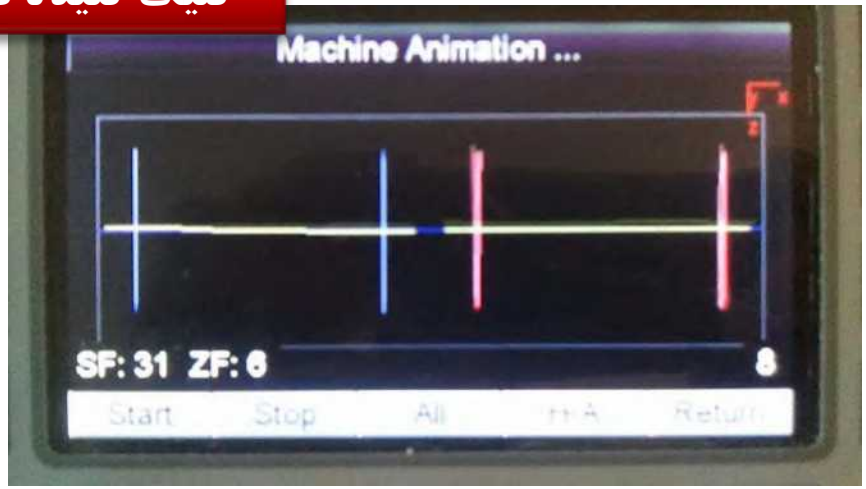
سایر آنالیزهای نشان دهنده نابالانسی

NEW

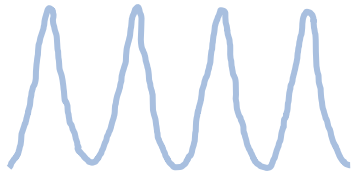
Bearing Animation پویا نمایی یاتاقان

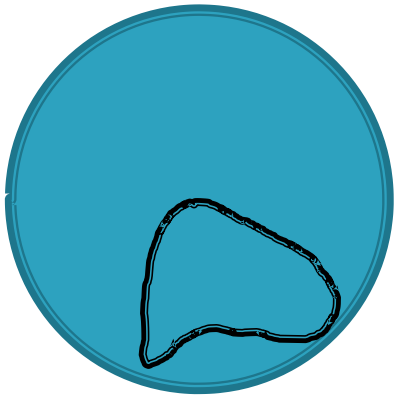
کلیک کنیدتا فیلم نمایش داده شود

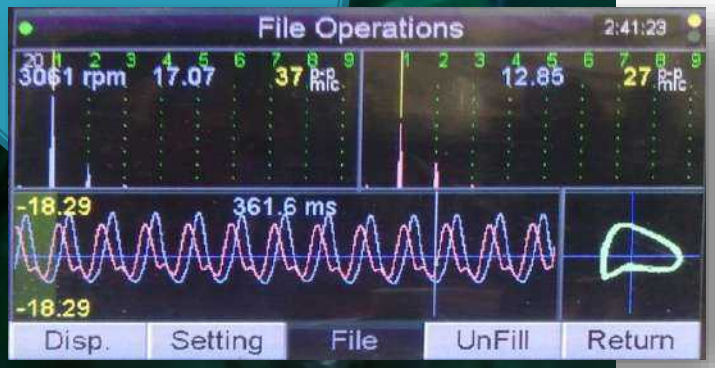


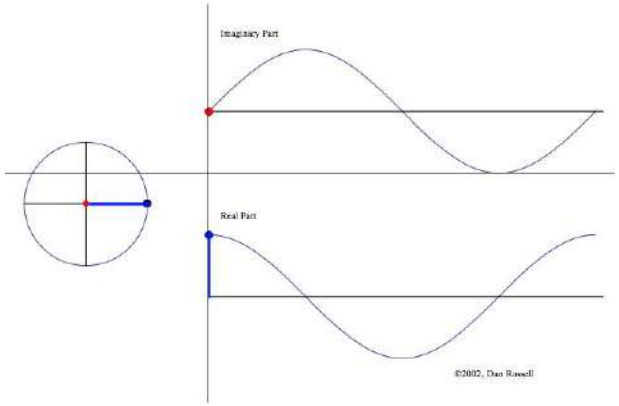


روش بدست آوردن اوربیت یاتاقان

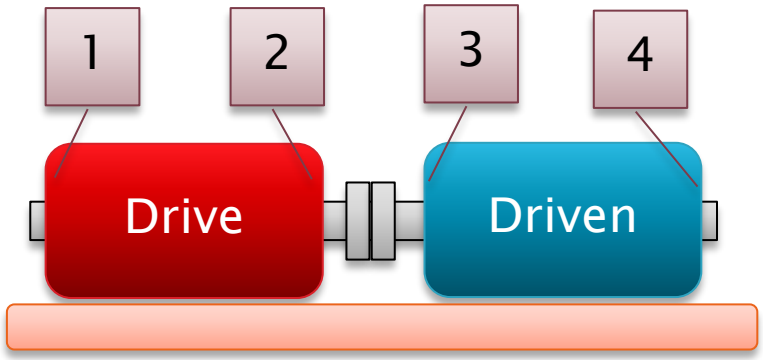


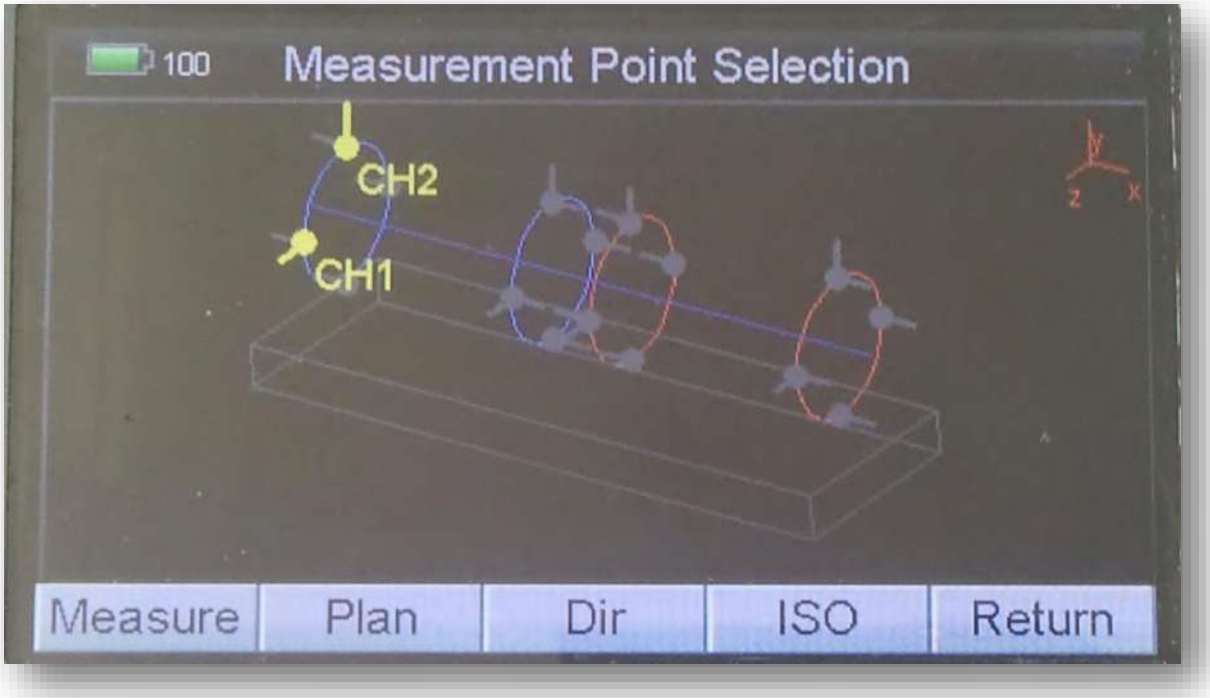






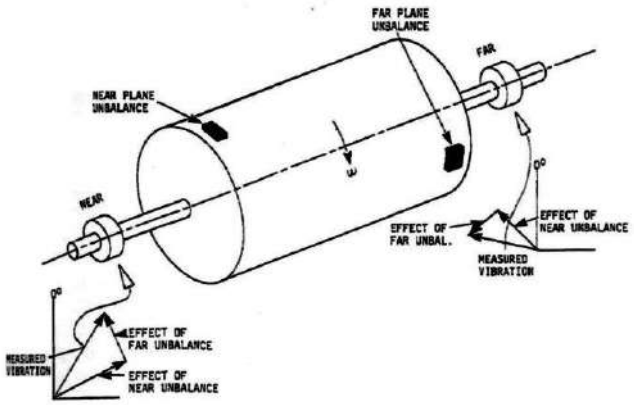
روش محاسبه پویا نمایی





نابالانسی تک یا دو صفحه ای روتور های صلب

- حدود ۷۰ درصد نابالانسی ها بصورت تک صفحه ای قابل اصلاح است.
- نابالانسی دو صفحه ای مشکل تر و زمان بیشتری نیاز دارد.



- اگر روتور دیسکی شکل باشد (قطر بیش از ۵ برابر طول)،
- یا نابالانسی فقط در مرکز ثقل باشد،
- یا فاز دو یاتاقان در یک جهت برابر باشد،
- یا اثر ضربدری خیلی کم یا خیلی زیاد باشد،
- و سرعت زیر 1000 rpmباشد.

در غیر اینصورت

بالانس تک صفحه ای

نابالانسی دو صفحه ای

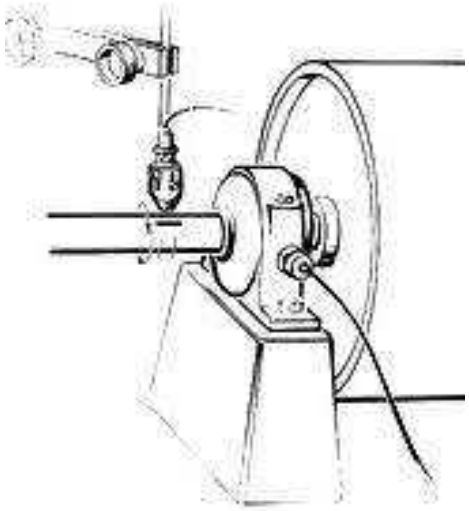
تجهیزات بالانس

- دو عدد سنسور لرزش
- یک عدد سنسور فاز
- یک عدد بالانسر آنالایزر پرتابل

سنسورهای اندازه گیری

لرزش

- شتاب سنج (به همراه انتگرال گیری)
- سرعت سنج ارتعاش
- پروب پروکسی (سیستم های موجود حفاظتی)



مرجع فاز

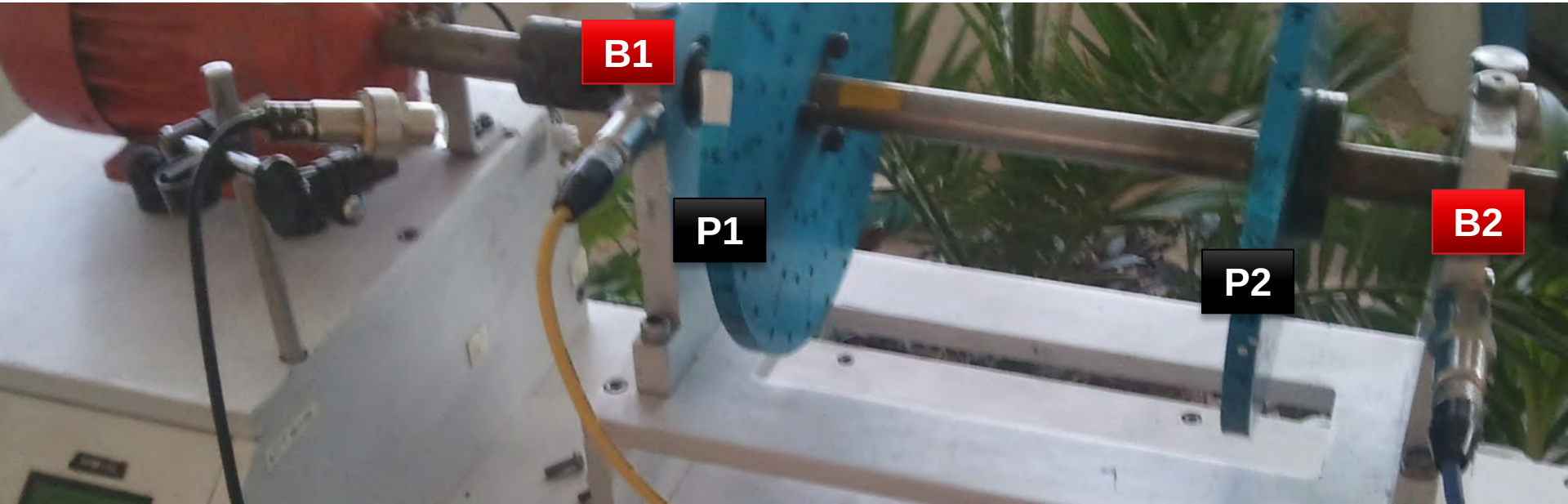
- استفاده از سنسور انعکاسی و نصب برچسب روی شافت
  Photoelectric Probe
- استفاده از سنسور پروکسی روبروی کلید، جای کلید و .....
  KeyPhasor

سنسور فتوالکتریک و برچسب

- سرعت پاسخ سنسور باید زیر یک میلی ثانیه باشد.
- طول برچسب باید متناسب با سرعت و قطر انتخاب شود.
- نور محیطی (تابش مستقیم خورشید، پروژکتور و ..) خطا ایجاد خواهد کرد.
- جهت اندازه گیری زاویه خلاف جهت چرخش است مگر اینکه دستگاه عکس آنرا تعیین کرده باشد
- در صورت اعمال جرم در محل سوراخ های مشخص بهتر است سوراخ های روتور را در جهت مثبت (معمولاً خلاف جهت حرکت) شماره گذاری نمایید.
- زاویه سنسور تاکو دلخواه است.
- محل نصب برچسب دلخواه است.

سنسور لرزش

- معمولاً از شتاب سنج استفاده می شود و دستگاه با استفاده از انتگرال گیری سرعت ارتعاشی را بدست می آورد.
- برای بالانس دو صحفه ای باید دو یاتاقان جداگانه و دو عدد سنسور لرزش استفاده شود.
- جهتی که دامنه ارتعاش بیشتر ولی رفتار خطی تر دارد انتخاب گردد. (معمولاً دامنه های خیلی بالا غیر خطی هستند). معمولاً جهت های افقی بهتر جواب می دهد.
- ترتیب یاتاقان ها (B1, B2) مهم نیست.
- ترتیب صفحات بالانس (P1, P2) مهم نیست.



مراحل بالانس دو صفحه ای

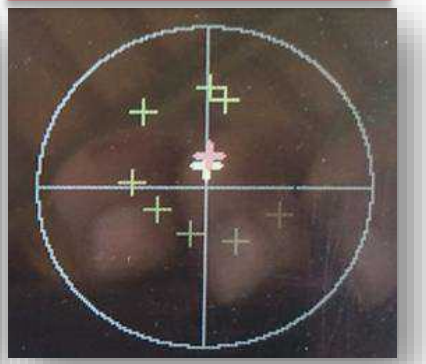
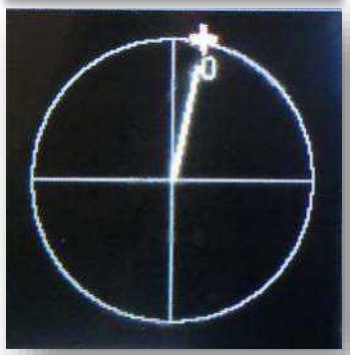
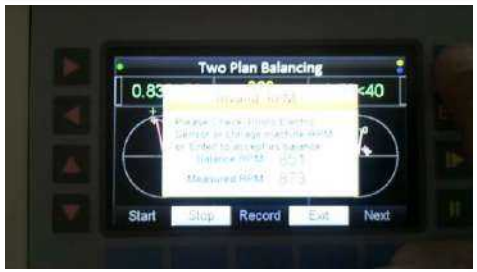
اندازه گیری بدون جرم	• دامنه و فاز دو یاتاقان در حالت اولیه در شرایط ثابت (سرعت، بار، دبی، و ....) اندازه گیری می شود.
اندازه گیری با جرم آزمایشی صفحه ۱	• نصب جرم آزمایشی در صفحه ۱ • اندازه گیری دامنه و فاز دو یاتاقان در همان شرایط قبل (سرعت، بار، دبی و ...)
اندازه گیری با جرم آزمایشی صفحه ۲	• برداشتن جرم صفحه ۱ (در نصب موقت) و نصب جرم آزمایشی در صفحه ۲ • اندازه گیری دامنه و فاز دو یاتاقان در همان شرایط قبل (سرعت، بار، دبی و ...)
مجاسبه و اعمال جرم اصلاحی	• جرم اصلاحی هر صفحه در همان شعاع و صفحه آزمایشی نصب گردد.
اندازه گیری و در صورت نیاز پیرایش	• در صورت عدم کاهش کافی دامنه بالانس، با محاسبه Trim وزنه های پیرایش بالانس محاسبه و اعمال گردد.

مرحله صفر- اندازه گیری بدون جرم آزمایشی - انتخاب سرعت بالانس

مرحله صفر- اندازه گیری بدون جرم آزمایشی

مرحله صفر- اندازه گیری بدون جرم آزمایشی - نکات

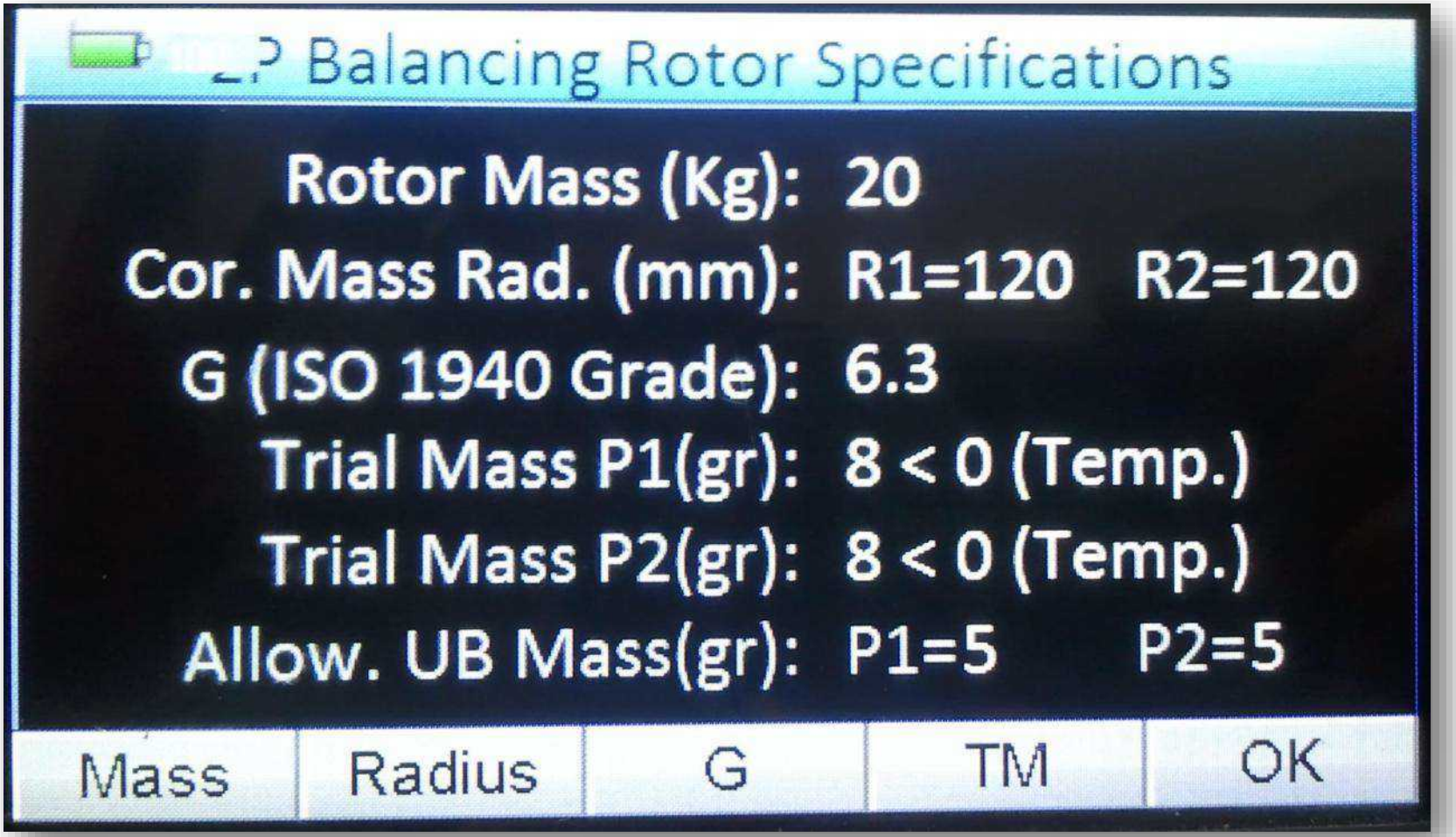
- با دگمه Start اندازه گیری و معدل گیری دامنه و فاز دو یاتاقان شروع و با دگمه Stop متوقف می گردد.
- وقتی تغییرات دامنه معدل به حد اقل رسید، باید اندازه گیری را متوقف و با دگمه Record آنرا ثبت کرد. اندازه گیری ها را تا رسیدن به نتیجه دلخواه می توان تکرار کرد.
- علامت های + باریک سفید رنگ سابقه اندازه گیری ها (کمرنگ قدیمی تر و پر رنگ جدید تر را نشان می دهد)، علامت + ضخیم مقدار معدل زرد رنگ معدل جدید و علامت + ضخیم سفید معدل قبلی را نشان می دهد.
منطبق شدن این دو علامت بر هم پایداری معدل و مناسب بودن آنرا برای ثبت نشان می دهد. در این روش بهترین اندازه گیری را می توانید بدلخواه در هر زمان ثبت کنید. هر چقدر پراکندگی سابقه بیشتر باشد به معنی این است که مشکل دیگری غیر از نابالانسی جرمی وجود دارد، یا تجهیزات بالانس بدرستی نصب نشده است (مشکل سنسور تاکو، ابعاد برچسب، نور محیطی، لقی محل سنسور لرزش و ...)

عیب الکتریکی	نابالانسی	ثبت دامنه و فاز	برای مشاهده کلیک کنید
			

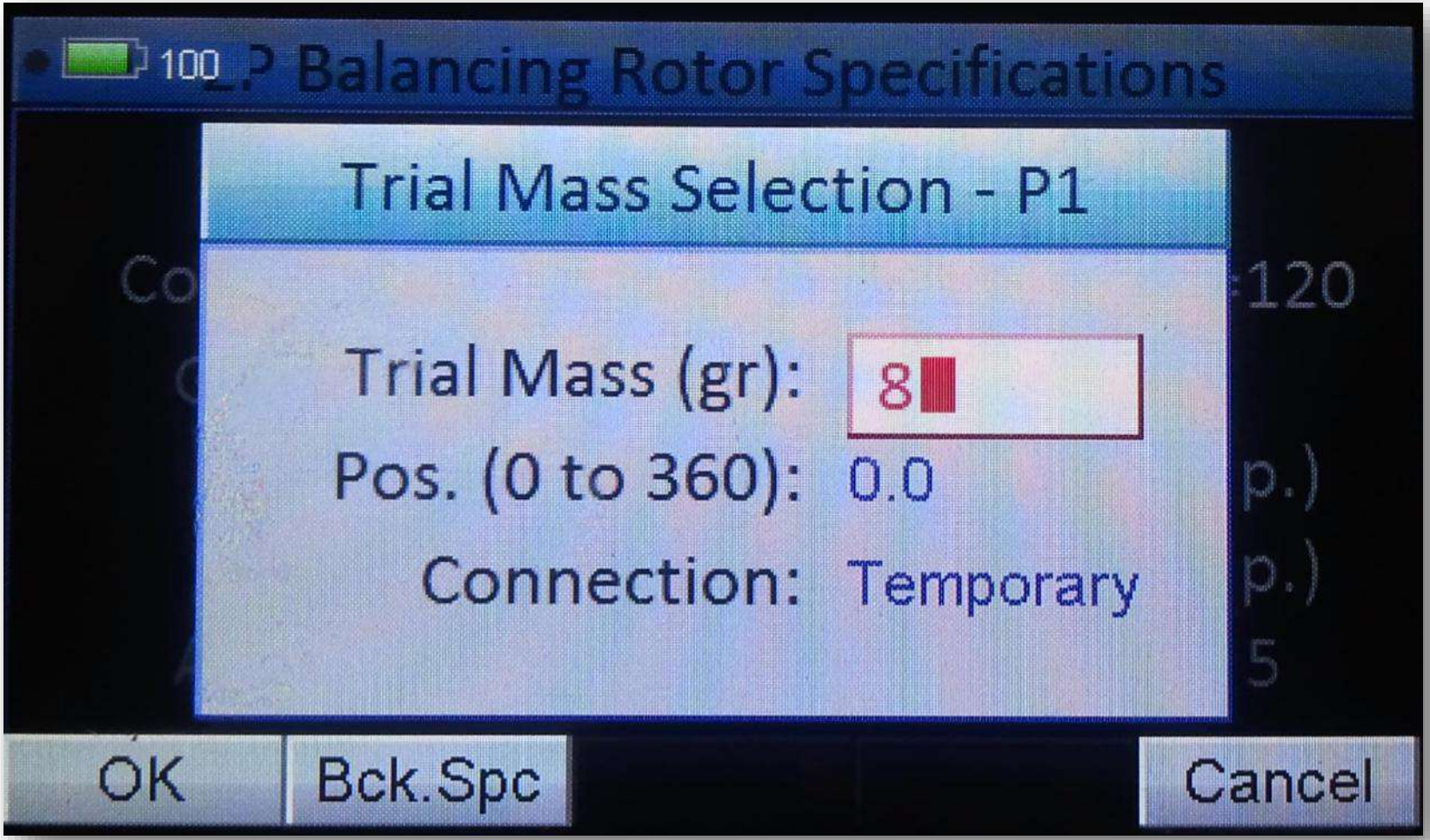
مرحله یک- اندازه گیری با جرم آزمایشی

- وزنه آزمایشی آنقدر بزرگ باشد که دامنه و فاز را تغییر دهد و آنقدر کوچک که آسیبی به روتور نرساند. معمولاً نیروی گریز از مرکز وزنه نباید از یک دهم وزن روتور بیشتر باشد.
- اگر وزن روتور و شعاع اعمال جرم را وارد کنید، دستگاه می تواند وزن جرم آزمایشی را به شما پیشنهاد دهد.
- موقعیت نصب جرم آزمایشی دلخواه است. اما معمولاً آن را در زاویه صفر نصب می کنند.
- جرم آزمایشی می تواند موقت یا دائمی باشد. معمولاً بصورت موقت نصب می شود چون فقط یک وزنه آزمایشی است و باید عوض شود.
- فقط در مواردی که نتوان جرم موقتی نصب نمود از نصب دائم استفاده کنید.
- اگر وزن روتور و شعاع های اعمال جرم و درجه کیفیت بالانس را وارد نمایید آنگاه دستگاه می تواند مقدار مجاز را محاسبه و نمایش دهد. در اینصورت دستگاه ارتعاش معادل این مقدار مجاز را در نتیجه نهایی بصورت یک دایره قرمز رنگ نشان خواهد داد. البته وارد کردن این مقدار ها الزامی نیست و بدون آنها نیز دستگاه عملیات بالانس را انجام می دهد.

مرحله یک- اندازه گیری با جرم آزمایشی - مشخصات روتور



مرحله یک- اندازه گیری با جرم آزمایشی - مشخصات جرم آزمایشی

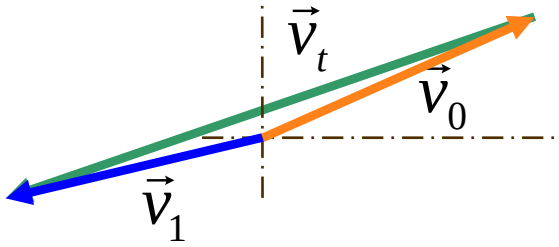


مرحله یک- اندازه گیری با جرم آزمایشی - اندازه گیری مناسب

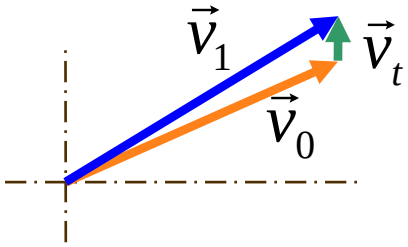
مرحله یک- نکات

- اندازه گیری باید دقیقاً در همان شرایط اولیه (سرعت چرخشی، بار، دبی و ..) صورت گیرد.
- اگر سرعت چرخشی تغییر کند دستگاه بصورت خودکار صفحه انتخاب دور را مجدداً نشان داده و منتظر می ماند تا دور به دوری که در مرحله اول ثبت شده برسد، یا با تایید کاربر دور جدید را جایگزین کند. این انتخاب فقط برای هنگامی پیش بینی شده که راه دیگری برای تغییر دور وجود نداشته باشد.
- جرم آزمایشی باید در محلی نصب شده باشد که تغییر مناسبی در دامنه و فاز ایجاد نماید. در غیر اینصورت محاسبات مثلثاتی دقیق نخواهد بود و مقدار جرم اصلاحی با دقت پایین محاسبه خواهد شد. در اینصورت با تغییر محل یا مقدار جرم آزمایشی می توانید این مرحله را تکرار تا به تغییر مناسب دست پیدا کنید.

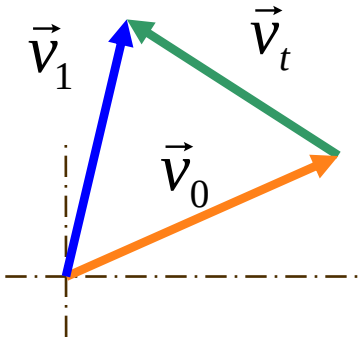
جهت را تغییر دهید



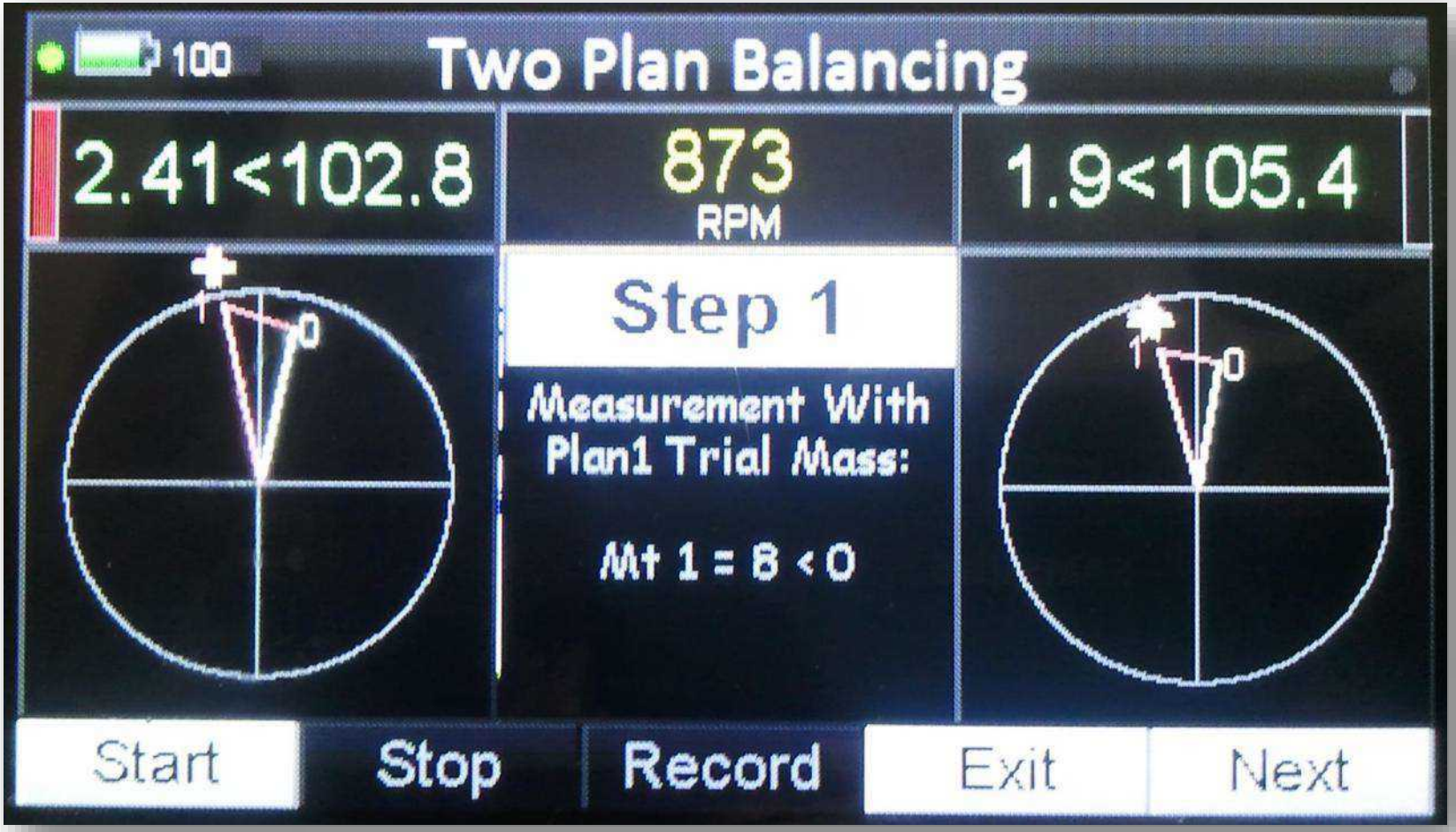
مقدار را افزایش دهید



مقدار و جهت مناسب



مرحله یک- ثبت مقادیر

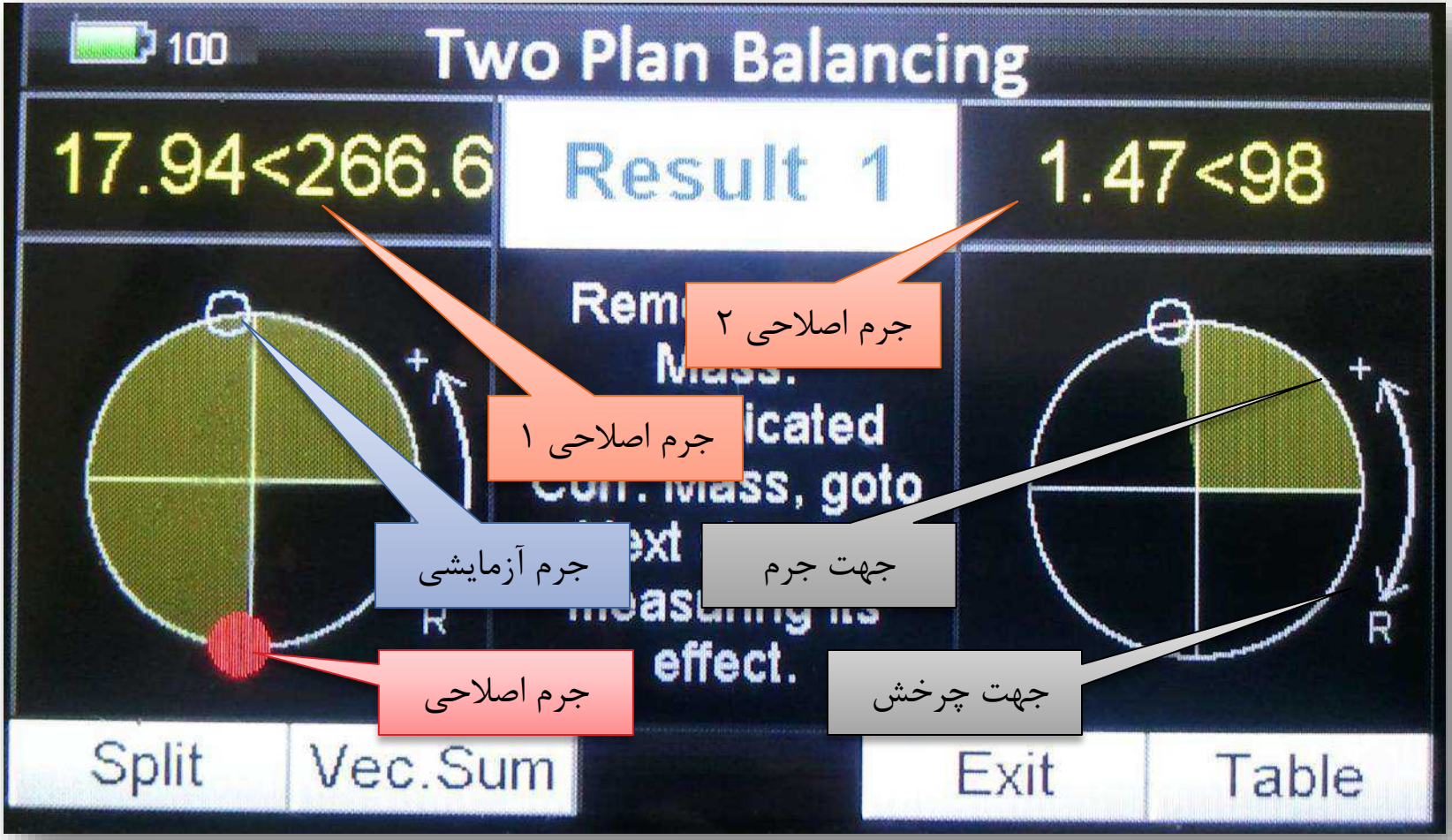


مرحله دو - اندازه گیری با جرم آزمایشی ۲

- جرم آزمایشی صفحه ۱ را برداشته و جرم آزمایشی صفحه ۲ نصب گردد.
- می توان در شرایط خاص جرم آزمایشی صفحه ۱ را باقی گذاشت، در اینصورت این جرم آزمایشی دائمی محسوب شده و باید در مشخصات بعنوان Permanent ثبت شود.
- مقدار جرم آزمایشی می تواند برابر با جرم آزمایشی صفحه ۱ باشد یا نباشد. معمولاً در شعاع های یکسان از همان جرم صفحه ۱ استفاده می شود.
- موقعیت جرم آزمایشی صفحه ۲ می تواند هر نقطه دلخواه نسبت به جرم آزمایشی صفحه ۱ باشد. معمولاً در زاویه صفر نصب می گردد.
- کلیه شرایط ذکر شده در مرحله جرم آزمایشی ۱ باید برآورده شود.

مرحله دو- ثبت مقادیر

محاسبات و تعیین جرم های اصلاحی



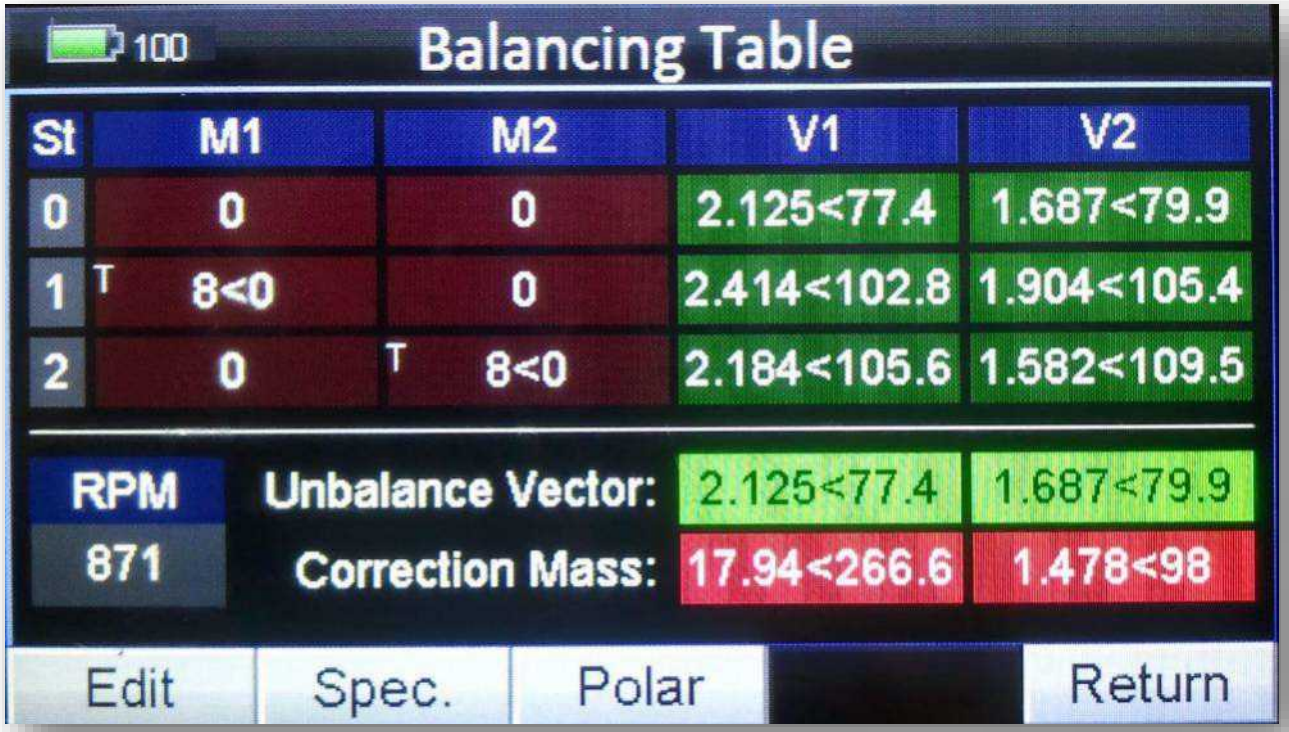
نصب جرم اصلاحی

- جرم آزمایشی صفحه ۲ برداشته شود و جرم های اصلاحی محاسبه شده نصب گردد.
- اگر جرم آزماشی بعنوان جرم آزمایشی دائمی در مشخصات وارد شده باشد نباید برداشته شود.
- جرم های اصلاحی در همان شعاع و صفحه جرم های آزمایشی نصب گردد.
- جهت اندازه گیری زاویه خلاف جهت چرخش روتور در نظر گرفته شود مگر اینکه دستگاه جهت دیگری را مشخص کرده باشد.
- اگر موقعیت نصب جرم ها نقاط مشخصی باشد، مانند پره های مشخص، سوراخ های مشخص و .. در اینصورت از ویژگی تفکیک Split استفاده شود. با وارد کردن تعداد موقعیت های مشخص (تعداد پره یا تعداد سوراخ) جرم های اصلاحی در محل های مشخص تجزیه شده و نشان داده می شود. در اینصورت هر جرم به دو نقطه مجاور تجزیه می گردد.

محاسبات و تعیین جرم های اصلاحی

بررسی نتیجه

- پس از اعمال جرم با مراجعه به قسمت Table جدول فرآیند بالانس نمایش داده خواهد شد.
- در این مرحله هر کدام از مراحل قابل ویرایش و اندازه گیری مجدد است.
- برای ادامه فرآیند بالانس با ورود به قسمت Edit می توان عملیات پیرایش بالانس Trim را انجام داد.



روابط محاسبات بالانس دو صفحه ای

Mt 1	Mt 2	V1	V2	Mc 1	Mc 2
0	0	V10	V20	--	--
Mt 1	0	V11	V21	--	--
0	Mt 2	V12	V22	Mc 1	Mc 2

$$\{\vec{m}\} = [\vec{S}].\{\vec{v}\} \Rightarrow \{\vec{v}\} = [\vec{\alpha}].\{\vec{m}\} \qquad [\vec{S}] = [\vec{\alpha}]^{-1}$$

$$\begin{Bmatrix} \vec{v}_1 \\ \vec{v}_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{\alpha}_{11} & \vec{\alpha}_{12} \\ \vec{\alpha}_{21} & \vec{\alpha}_{22} \end{bmatrix} . \begin{Bmatrix} \vec{m}_1 \\ \vec{m}_2 \end{Bmatrix}$$

$$\vec{w} = \vec{v}_{t11}.\vec{v}_{t22} - \vec{v}_{t12}.\vec{v}_{t21}$$

$$\begin{cases} \vec{v}_{t11} = \vec{v}_{11} - \vec{v}_{10} \\ \vec{v}_{t12} = \vec{v}_{12} - \vec{v}_{10} \\ \vec{v}_{t21} = \vec{v}_{21} - \vec{v}_{20} \\ \vec{v}_{t22} = \vec{v}_{22} - \vec{v}_{20} \end{cases}$$

$$\begin{Bmatrix} \vec{m}_{c1} \\ \vec{m}_{c2} \end{Bmatrix} = \frac{1}{\vec{w}} \begin{bmatrix} \vec{m}_{t1}.\vec{v}_{t22} & -\vec{m}_{t1}.\vec{v}_{t12} \\ -\vec{m}_{t2}.\vec{v}_{t21} & \vec{m}_{t2}.\vec{v}_{t11} \end{bmatrix} . \begin{Bmatrix} -\vec{v}_1 \\ -\vec{v}_2 \end{Bmatrix}$$

پیرایش بالانس- Trim Balancing

- با انتخاب Trim علاوه بر اندازه گیری اثر جرم های اصلاحی اعمال شده امکان محاسبه جرم های پیرایشی نیز فراهم می گردد.

نکات پایانی

- در بالانس محلی ملاک کاهش دامنه ارتعاش است، اما می توان جرم های مجاز را نیز بدست آورد.
- با استفاده از Trim می توانید تا رسیدن به ارتعاش مناسب جرم های پیشنهادی را اعمال کنید و مجدداً اندازه گیری کنید.
- مواردی که دامنه کاهش خوبی پیدا کرده ولی عملیات Trim کوپل نسبتاً بزرگی را پیشنهاد می کند از آن صرفنظر کنید. در جاهایی که پایه های دو یاتاقان از یکدیگر استقلال انعطاف پذیری ندارد ممکن است این وضعیت ایجاد شود.
- با ذخیره سازی اطلاعات بالانس، علاوه بر امکان گزارش گیری بالانس، در مراجعات بعدی برای بالانس مجدد، می توان از ضرایب تاثیر بدست آمده استفاده کرد و نیازی به اعمال جرم های آزمایشی نخواهد بود. با اولین اندازه گیری Trim می توان جرم های اصلاحی را محاسبه نمود. البته برای این کار باید همان سنسورها و همان موقعیت های نصب (و زاویه) سنسورها و برچسب را استفاده کرد، و پاسخ مکانیکی ماشین بعلت لقی یا ترک و .. تغییر نکرده باشد.

پایان

علاوه بر نکات ذکر شده مسائل متعدد دیگری در بالانس دینامیکی وجود دارد که از حوصله این نمایش خارج است. به هر حال از اینکه برای مشاهده این نمایش وقت گذاشتید سپاسگزارم و امیدوارم اطلاعات مناسبی از آن دریافت کرده باشید.

ارسال نظرات مثبت و منفی شما می تواند تشویقی برای ادامه این فرآیند باشد.

موفق باشید

علی اکبر وکیلی

vakili@tavator.com

09131132601

https://telegram.me/TavatorSepahanCo

Telegram: @AliAkbarVakili

اسفند ۱۳۹۴