آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات

عنوان آزمایش:

بالانس استاتیکی و دینامیکی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۹۹-۹۸

بالانس استاتیکی و دینامیکی

فهرست دستورالعمل دستگاه بالانس استایک و دینامیک

هدف 1

مقدمه 1

شرح دستگاه 1

نحوه تنظیم محل قرارگیری بلوک ها بر روی محور 1

بالانس استاتیکی 2

بالانس دینامیکی 2

اجزای تشکیل دهنده دستگاه 2

هدف :

بررسی تعادل استاتیکی و دینامیکی اجسامی که دارای حرکت دورانی هستند و همچنین پیدا کردن محل وضعیت عضوهای مزبور.

مقدمه :

می توان شروع تکنولوژی بالانسینگ را به ابتدای پیدایش ماشینهای دوار مربوط دانست. محورهایی که با سرعت زیادی دوران می کنند باید به دقت بالانس شوند, درغیر این صورت محور تبدیل به یک منبع ارتعاش خواهد شد که در سرعت های بالا منجر به شکست و ایجاد حادثه خواهد شد. امروزه با تمام دقتی که در ساخت قطعات دوار بکار برده می شود، به ندرت اتفاق می افتد که قطعه بالانس باشد. در واقع در قسمت ساخت، زیاد مقرون به صرفه نیست که روی این مسئله دقیق شوند و بهتر است که قطعه بعد از ساخت بالانس گردد.

مسئله بالانس بودن به خصوص در توربین های گازی که با سرعت های بسیار بالا (درحدود 15000 تا 50000 دور در دقیقه) دوران می کنند, قابل توجه است و کوچکترین غیربالانسی در محورهای این توربین ها باعث حادثه بزرگ خواهد شد.

شرح دستگاه :

مجموعه دستگاه شامل یک محور فولادی بالانس است که بر روی فریم اصلی سوار شده است.

یک سر محور فولادی به موتور و انتهای دیگرمحور (شفت), داخل بلبرینگ که بر روی پایه ای سوار است, قرار می گیرد.

چهار عدد دیسک (بلوک), نیز جزئی از دستگاه بالانسینگ می باشند. بر روی هر یک از دیسک ها, یک سوراخ تعبیه شده است که برنجی هایی با جرم های مختلف درون آن قرار گرفته است. (به عنوان نامیزان). با باز کردن پیچ تثبیت پایه, انتهای محور آزاد شده و می توان دیسک ها را روی آن سوار کرد. دیسک ها به راحتی روی شفت بسته می شوند.

به منظور جابجا نمودن هر یک از دیسک ها، ابتدا باید پیچ سفت کننده، کمی باز شود. ضمناً لزومی ندارد که پیچ کاملاً باز شود. محل قرارگیری دیسک ها و زاویه قرارگیری جرم نامیزان به ترتیب توسط شاخص طولی و زاویه سنج قابل تنظیم است. برای خروج هر یک از دیسک ها پیچ سفت کننده کاملا باز خواهد شد و هر یک از دیسک ها از شیار انتهایی شفت خارج می شوند.

توسط فلکه پیچی (کلاچ)ابتدای محور, می توان از گردش محور در زمان تنظیم زاویه قرار گیری دیسک جلوگیری نمود. به منظور بررسی تعادل دینامیکی شفت, توسط یک کلاچ, شفت به موتور کوپل می شود.

نحوه تنظیم محل قرارگیری دیسک ها بر روی محور :

یک نمایانگر زاویه ای (زاویه سنج) و شاخص طولی، وضعیت زاویه ای و مکانی جرم نامیزان هر یک از دیسک ها را روی محور مشخص می کند. نحوه تنظیم محل قرارگیری دیسک ها به این ترتیب است که ابتدا فلکه پیچی ابتدای محور را باز نمایید تا محور (شفت) آزادانه دوران نماید. شاخص را در ابتدای محور (محل قرارگیری زاویه سنج یا همان صفر خط کش) قرار دهید. محور را حرکت دهید تا جاییکه عدد زاویه مورد نظر (مثلا صفر درجه) در مقابل شاخص قرار گیرد. در این حالت محور را با بستن فلکه پیچی ثابت نمایید. دیسک را حرکت دهید تا به فاصله طولی مورد نظر جهت نصب برسد. حال با محکم کردن پیچ ، دیسک را در جای خود ثابت نمایید. دیسک های دیگر نیز به همین ترتیب روی محور سوار می شوند. پس از نصب دیسک ها بر روی محور، فلکه پیچی را باز کنید تا محور بتواند آزادانه حرکت کند.

شعاع قرارگیری جرم های نامیزان در همه دیسک ها 40 mm است و مقدار آنها مطابق زیر است :

دیسک 1 : وزنه 16 گرمی

دیسک 2 : وزنه 26 گرمی

دیسک 3 : وزنه 34 گرمی

دیسک 3 : وزنه 38 گرمی

بالانس استاتیکی :

در حالت بررسی بالانس استاتیکی، پس از نصب بلوک ها و باز نمودن فلکه پیچی(کلاچ)، محور را کمی منحرف نمایید. به عبارت دیگر محور را با دست به اندازه چند درجه دوران داده و رها کنید. برای بالانس استاتیکی باید بتوان در هر موضع دلخواهی، محور را به حال سکون نگه داشت. اگر محور به موضع اولیه بازگشت از نظر استاتیکی بالانس نیست و باید زاویه قرارگیری حداقل یکی از دیسک ها را تغییر داد. توجه نمایید که در حالت بررسی بالانس استاتیک محور با موتور ارتباط نداشته باشد.

بالانس دینامیکی :

در حالت بررسی بالانس دینامیکی، شفت اصلی, توسط یک الکتروموتور به حرکت در می آید. جهت ایجاد ارتباط بین شفت و محور موتور، یک کلاچ تعبیه شده است که به راحتی و با دست این ارتباط برقرار می شود. با قرار دادن کلید on/off در حالت on ، و فشار دادن کلید سبز رنگ, موتور شروع به حرکت می کند و با برداشتن دست از روی کلید سبز رنگ، موتور از حرکت باز می ایستد. دور موتور ثابت است. در صورتی که سیستم از نظر دینامیکی بالانس نباشد، دستگاه به نوسان در می آید.

اجزای تشکیل دهنده دستگاه :

1- شاسی اصلی
2- الکتروموتور
3- محور فولادی بالانس
4- چهار عدد دیسک (بلوک) با جرم نامیزان

5- نمایانگر زاویه ای متصل به شاسی اصلی
6- شاخص اندازه گیری طول
7- کلاچ جهت انتقال قدرت از موتور به شفت (باید در حالت تست بالانس دینامیکی نصب شود).
8- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه
9- کلید فشاری جهت روشن و خاموش کردن الکتروموتور

فهرست دستور آزمایش های دستگاه بالانس استایک و دینامیک

هدف 1

تئوری 1

روش انجام آزمایش 3

سوالات 5

هدف :

بررسی تعادل استاتیکی و دینامیکی اجسامی که دارای حرکت دورانی هستند و همچنین پیدا کردن محل وضعیت عضوهای مزبور.

تئوری :

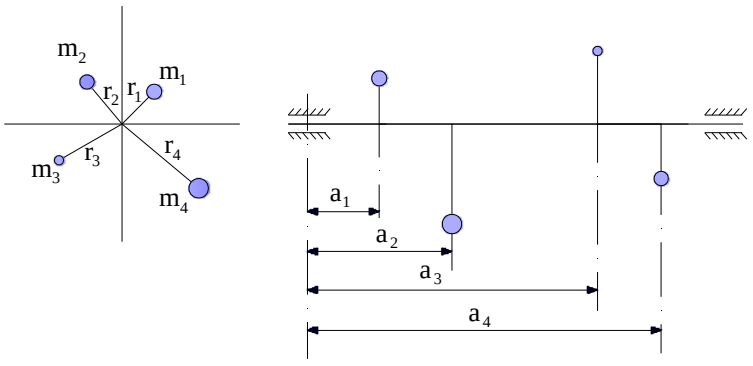
یک محور با جرم هایی که بر روی آن سوار شده, می تواند به صورت استاتیکی و یا دینامیکی بالانس باشد. اگر یک محور به صورت استاتیکی بالانس باشد, در آن صورت محور در هر سرعتی بدون ارتعاش قادر به چرخش خواهد بود.

الف) بالانس استاتیک

برای اینکه یک سیستم چرخان تعادل استاتیکی داشته باشد, لازم است که برآیند نیروهای اینرسی ناشی از دوران حول محور صفر باشد. برای این منظور باید مرکز جرم سیستم یا روتور بر روی محور دوران قرار داشته باشد. در صورتیکه یک سیستم شامل چند جرم مطابق شکل (1) داشته باشیم, شرط بالانس استاتیک به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum m_i r_i Cos\theta_i = 0$$
$$\sum m_i r_i Sin\theta_i = 0$$

که در آن روابط r فواصل جرمها از مراکز دوران و θ زاویه بستن جرمها نسبت به یک مرجع مشخص می باشد.

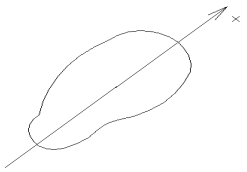


شکل (1)

ب) بالانس دینامیک

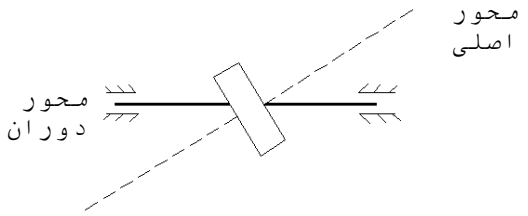
برای اینکه یک سیستم تعادل دینامیکی داشته باشد, لازم است علاوه بر نیروهای اینرسی, کوپل های ناشی از این نیروها نیز در حال تعادل باشند. برای این منظور لازم است علاوه بر اینکه مرکز جرم بر روی محور دوران قرار می‌گیرد، محور دوران، محور اصلی سیستم باشد. جسم زیر را که حول محور x در حال دوران می‌باشد را در نظر بگیرید. اگر

ممانهای اینرسی حاصلضرب $I_{xy} = I_{xz} = 0$ باشد، محور x که محور دوران جسم است، محور اصلی سیستم نیز خواهد بود.



شکل (2)

حال دیسک زیر که به طور مایل بر روی محور دوران قرار گرفته است را در نظر بگیرید. مرکز جرم این دیسک بر روی محور دوران می‌باشد، اما محور آن محور اصلی نمی‌باشد.



شکل (3)

برای سیستمهایی که شامل چند جرم می‌باشند شرط بالانس دینامیکی به‌صورت زیر در خواهد آمد:

$$\sum m_i r_i Cos\theta_i = O \qquad \sum m_i r_i aCos\theta_i = O$$
$$\sum m_i r_i Sin\theta_i = O \qquad , \qquad \sum m_i r_i aSin\theta_i = O$$

که a فاصله هر جرم از یک مبدا دلخواه در راستای محور می‌باشد. برای تحلیل مسائل بالانس محورهـای دوار دو روش محاسباتی و ترسیمی موجود است که در اینجا به ذکر هر دو می پردازیم.

1)روش محاسباتی

ابتدا نیروهای گریز از مرکز وارد بر جرم ها را به دو مولفه افقی و عمودی تجزیه می کنیم. برایند کلیه نیروها بایـد صـفر باشد.

$$\sum F_x = 0$$
$$\sum F_y = 0$$

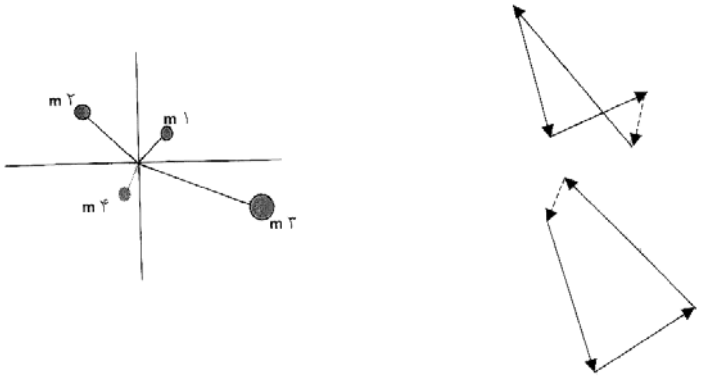
سپس گشتاورهای حاصل از هر دو گروه نیروهای افقی یا عمودی حول هر نقطه باید باهم در حال تعادل باشند. در واقع باید مجموع گشتاورها، حول محور x و حول محور y برابر صفر باشد:

$$\sum F_i a_i \sin\theta_i = 0$$
$$\sum F_i a_i \cos\theta_i = 0$$

که F در روابط فوق نیروی گریز از مرکز است و a و θ به ترتیب فاصله و زاویه جرم ها نسبت به مبدأ مختصات می باشند.
باتوجه به اینکه نیروی اینرسی برابر $F_i = m_i r_i \omega^2$ می باشد، بنابراین Fi متناسب با $(m_i r_i)$ می باشند. با مشخص بودن موقعیت زاویه ای دوتا از جرمها می توان موقعیت زاویه ای دو جرم دیگر را نیز پیدا نمود. همچنین اگر موقعیت مکانی دو جرم نیز معلوم باشد, می توان محل قرارگیری دو جرم دیگر را نیز بوسیله روابط بالا تعیین کرد.

2)روش ترسیمی

شکل (4) استفاده از روش ترسیمی را برای یافتن جرم متعادل کننده (بالانس کننده) سیستم نشان می دهد. چنانکه در شکل مشاهده می شود کافی است, برای گشتاور مربوط به هر جرم با انتخاب مقیاس مناسب یک بردار به همان بزرگی و در جهت قرارگیری جرم (زاویه نسبت به مبدأ مشخص) رسم کرد. ترتیب رسم بردارها می تواند دلخواه باشد ونهایتاً مجموعه سه بردار و بردار مربوط به گشتاور در جرم بالانس کننده سیستم یک چند ضلعی بسته را می سازد.
به این ترتیب زاویه بستن جرم مجهول سیستم مشخص می گردد. به عنوان مثال در شکل زیر جرم 4 باید در جهتی که با خط چین نشان داده شده بسته شود که با استفاده از هرکدام از دوچند ضلعی رسم شده , بدست آمده است.



شکل (4)

پس از پیدا کردن مقادیر زاویه مربوط به دو جرم متعادل کننده, در این روش (ترسیمی) احتیاجی نیست که بردارهای گشتاور به اجزای آنها تجزیه شوند.
بردارهایی به اندازه های $m_n r_n a_n ... m_2 r_2 a_2, m_1 r_1 a_1$ که متناسب با گشتاورهای $F_n a_n ... F_2 a_2, F_1 a_1$ و موازی با بردارهای $m_i r_i$ می باشند، رسم می کنیم. درست همانطور که در حالت بالانس استاتیکی عمل نمودیم. باید توجه داشت که بیشتر از دو مجهول را با استفاده از این روش نمی توان یافت.

روش انجام آزمایش :

با توجه به برابر بودن شعاع قرارگیری جرم نامیزان در چهار بلوک و اینکه طرف دوم روابط برابر صفر می‌باشد، روابط بالانس استاتیکی و دینامیکی به صورت زیر در می‌آید :

$$\sum_{i=1}^{n} m_i Cos\theta_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i Sin\theta_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i a_i Sin\theta_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i a_i Cos\theta_i = 0$$

1. دو زاویه از چهار زاویه θ_1 و θ_2 را فرض کرده و ازطریق ترسیمی و با کمک از پرگار حلقه بسته را ترسیم و دو زاویه دیگر را بدست آورید. $(\theta_1 = 0°,\ \theta_2 = 90°)$

2. با فرض دو مقدار برای دو فاصله a_1 تا a_4 و با مقادیر θ_i بدست آمده از قسمت قبل, دوفاصله دیگر را به کمک رابطه بالانس دینامیکی بدست آورید.

توجه : اختلاف بزرگترین فاصله a و کوچکترین آنها نباید از طول محور بیشتر و کمترین اختلاف بین فواصل a نباید از ضخامت وزنه ها (حدود 1.3 cm) کمتر گردد.

جدول (2)

شماره وزنه	1	2	3	4
a				
θ				

3. وزنه‌ها را طبق مقادیر بدست آمده a در روی محور دستگاه ببندید و بالانس بودن استاتیکی و دینامیکی سیستم را کنترل نمایید (برای بالانس استاتیکی باید بتوان در هر موضع دلخواهی، محور را به حال سکون نگه داشت و برای بالانس دینامیکی پس از روشن کردن موتور، از عدم لغزش محور, می توان به بالانس دینامیکی بودن پی برد). در صورتیکه سیستم بالانس نشده باشد, علت را جستجو کند.

4. زوایای بدست آمده از طریق ترسیمی را به روش تحلیلی از روابط فوق بدست آورده و با مقادیر بدست آمده از طریق ترسیمی، در جدول (3) تنظیم و مقایسه نمایید.

$$\sum m_i Cos\theta_i = 0$$
$$\sum m_i Sin\theta_i = 0$$

راهنمایی :

$$Sin\theta = \frac{2tg\theta/2}{1+tg^2\theta/2} \quad , \quad Cos\theta = \frac{1-tg^2\theta/2}{1+tg^2\theta/2}$$

جدول (3)

------	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	a_1	a_2	a_3	a_4
ترسیمی								
تحلیلی								

سوالات :

1. آیا اگر یک سیستم از نظر استاتیکی بالانس نباشد می‌تواند از نظر دینامیکی بالانس باشد.
2. می‌دانید که معمولا" تایر اتومبیل را فقط از نظر استاتیکی بالانس می‌کنند، علت را بیان کنید.
3. آیا همیشه می‌توان با افزودن یا کاستن فقط یک جرم در یک صفحه در یک روتور نابالانس، آن را بالانس دینامیکی نمود.
4. با توجه به سوال فوق بگویید اینکه گفته می‌شود که یک روتور در یک صفحه یا دو صفحه نابالانسی دارد به چه معناست.