البته توصیه اکثر مراجع براین است که در دودستگاهی که با هم کوپله می شود ترجیحا" ازیک نوع یاتاقان (غلتکی یا لغزشی) استفاده شودکه متاسفانه دراکثر جاها مراعات نمی شود.

مراحل عملی هم محورسازی

همانطورکه قبلاً نیزاشاره شدعملیات هم محوری درماشین آلاتی که روی سطح زمین نصب می شوندباید دردوصفحه عمود برهم افق و قائم انجام شود. دلیل استفاده ازصفحه افق (سطح تراز) بدین جهت است که برای ماشین آلات با محورها سنگین اولا وزن شافت روی یاتاقانهای تراست قرار نگیرد وثانیا نصب Base Plate وچک کردن(ترازکردن) محل های قرارگیری دستگاه روی آن Pad Stall راحت ترانجام شود .

کلیه مراحل عملیاتی و محاسباتی هم محورسازی درصفحات افق و قائم دقیقا مشابه بوده و فقط نحوه انجام کار متفاوت است که درصفحه قائم میزان تغییرات موردنیاز جهت هم محورسازی با کم و زیاد کردن شیمز های زیر پایه ها انجام می شود ولی در صفحه افق با حرکت دادن ماشین با شل و سفت کردن Jack Bolt ها میزان تغییرات لازم داده می شود(که بسیار راحت تر از صفحه قائم است چون اگر ماشین بیشتراز مقدارلازم حرکت کرده باشد باسفت کردن Jack Bolt مقابل آن براحتی قابل تصحیح وبرگشت می باشد) درصورتی که در صفحه قائم تغییرات زیرپایه ها با مشکل بیشتری انجام می شود واگر خطایی صورت گیرد(مقدارشیمز قرار داده شده مناسب نباشد)عملیات هم محورسازی با صرف وقت زیادی باید انجام شود.

معمولا"روش انجام کارهم محورسازی به این صورت است که ابتدا ماشین در صفحه افق (درموقعیت ساعت ۳ و۹) با دقت خوب هم محور می گرددوسپس وضعیت Alignment در صفحه قائم اندازه گیری وتصحیح می شود و با توجه به اینکه امکان حرکت کردن ماشین(در حین شیمز گذاشتن وبرداشتن) درصفحه افق وجود داردمجددا وضعیت هم محوری درصفحه افق باید دوباره چک وتصحیح شود وجهت اطمینان بیشتروضعیت Alignment درصفحه قائم نیز مجددا اندازه گیری, ثبت وگزارش می شود.

همانطورکه توضیح داده شد کار هم محورسازی بالاخص روی دستگاهها وماشین آلات سنگین کارمشکل وپردردسری است ودرصورتی که مراحل شمیزگذاری وشمیزبرداری باسعی وخطا انجام شود ممکن است ساعت ها بطول انجامدو باعث صرف وقت زیاد وناراحتی های روحی روانی برای نفرات شود. درصورتی که با دانستن اصول محاسبات هرکدام از روش ها (ساعت های اندازه گیر)درکمترین زمان ممکن کار هم محوری انجام می شود.

تعیین موقعیت یک خط درصفحه

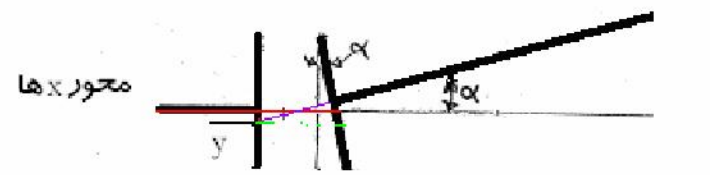
با توجه به اینکه درعملیات هم محوری باید محورتقارن یک دستگاه با محور تقارن دستگاه دیگر در یک راستا قرارگیرد و برای این منظور بایدبتوانیم موقعیت آنها را درصفحات افق وقائم شناسائی کنیم که قبل از وارد شدن به بحث اصلی لازم است درمورد موقعیت یک خط درصفحه توضیح مختصری داده شود .

تعیین موقعیت یک خط در صفحه مختصات (صفحه x و y) از دو راه امکان پذیراست .

۱-معلوم بودن زاویه ویک نقطه از خط

۲-معلوم بودن دو نقطه از یک خط

اگر زاویه خط را با یکی ازمحورهای مختصات (مثلا محورx) همراه با یک نقطه از آن داشته باشیم می توانیم موقعیت نقاط دیگر آن خط را نیز نسبت به آن محور بدست آورده وبا محاسبه میزان انحرافات لازم خط را در هر موقعیتی از صفحه(روی محور افق) قرارداده و امتداد دو محور(محورافق وخط مطلوب) را دریک راستا قراردهیم که این پایه و اصول کار الاین به روش Face & Round برای هم محورکردن دستگاه ها و ماشین آلات است .همینطورکه درشکل زیرملاحظه می شودبامشخص بودن زاویه آلفاونقطهyموقعیت خط سمت راست نسبت به محورxهامشخص می شود.



همچنین اگر موقعیت دو نقطه ازیک خط در صفحه مختصات معلوم باشد با اتصال این نقاط به هم وامتداد دادن آن موقعیت خط بدست می آید و براحتی می توان میزان انحراف تک تک نقاط دیگرخط را از نقاط معلوم دیگر محور ثابت (محورxها) نیز بدست آورد و با میزان جابجائی صحیح نقاط معلوم (نقاط روبروی پایه ها) ازمحورxها دوخط مطلوب و محور افق یا قائم را در یک امتداد قرارداده ونهایتا" دو محور را دریک راستا قراردادکه این (پایه و اساس کار هم محوری به روش Reverse برا ی هم محورکردن دستگاه هاست.

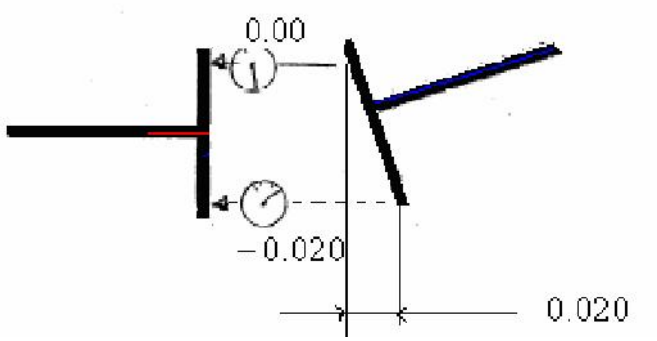
مفهوم اعدادی که از روی ساعت های اندازه گیر قرائت می شود

باعنایت به مواردفوق قبل ازاین که به توضیح روش هاوفرمول هاپرداخته شودبهتراست توضیح مختصری راجع به مفهوم اعدادی که ازروی ساعت های اندازه گیرقرائت می شودپرداخته شود. اعدادی که از روی ساعت های اندازه گیر قرائت می شوند نشان دهنده وضعیت کوپلینگ ها وزاویه محور ثقارن شافت دستگاه متحرک(الکتروموتور) نسبت به محور تقارن دستگاه ثابت(پمپ) است که به عنوان محور مرجع(محورxها) درنظر گرفته می شود .

در کلیه روش های هم محوری با استفاده از ساعت های اندازه گیر معمولا ساعت ها به دو طریق نصب می شوند یا روی لبه بیرونی کا پلینگ Round یا روی صورت یا سطح کوپلینگFace .

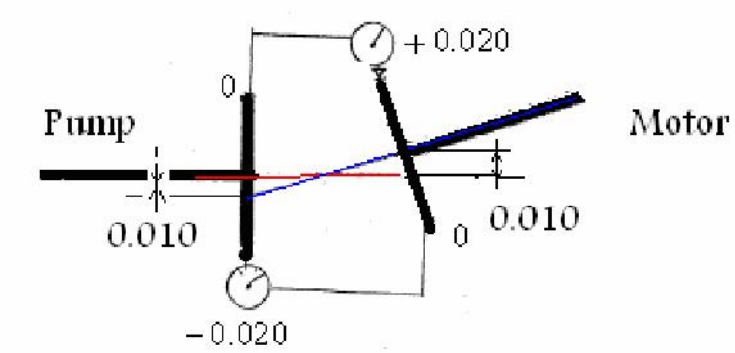
مفهوم عدد قرائت شده Face

عدد قرائت شده از ساعت اندازه گیر روی صورت Face کوپلینگ مبین اختلاف فاصله بین قسمت بالا وپائین دهنه کوپلینگ ها (ساعت ۱۲و۶) درصفحه قائم ویا (ساعت ۳ و۶) در صفحه افق است بدین معنی که اگر ساعت اندازه گیری که روی صورت کوپلینگ نصب می شود در ساعت ۱۲ روی صفر تنظیم شود وپس از ۱۸۰ درجه چرخش در موقعیت ساعت۶مثلاعدد0.020 اینچ را نشان دهد مبین این است که فاصله در قسمت پائین کوپلینگ ها نسبت به قسمت بالای کوپلینگ هابه اندازه 0.020 اینچ بیشتر است (شکل پایین) یعنی دهنه پایین کا پلینگ ها باز و دهنه بالا بسته است .



مفهوم عدد قرائت شده Round

با توجه به اینکه در تمامی روش های هم محوری همواره یکی از ساعت های اندازه گیر روی Roundکوپلینگ ها بسته می شوندمفهوم عددقرائت شده از روی Roundبسیارحائزاهمیت است. جهت تفهیم بهتر به شکل زیر دقت کنید.



عددی که از روی ساعتی که پایه آن روی شافت دستگاه متحرک(الکترو موتور) بسته شده و پلانجر آن روی کوپلینگ شافت دستگاه ثابت(پمپ) حرکت می کند قرائت می شود(ساعت سمت چپی) مبین انحراف امتدادمحورتقارن دستگاه متحرک نسبت به محور تقارن دستگاه ثابت است(در نقطه ای که پلانجر قرار دارد) یعنی اگر ساعت اندازه گیر در موقعیت ساعت ۱۲ روی صفر تنظیم شود وپس از ۱۸۰ درجه چرخش درموقعیت ساعت ۶ بطورمثال عدد0.020- اینچ از روی آن قرائت شود مبین این است که امتداد محور تقارن دستگاه متحرک در آن نقطه (روی کوپلینگ دستگاه ثابت) نسبت به محور تقارن دستگاه ثابت به اندازه $\frac{0.020}{2}$ یا0.010 اینچ پایین تر قرارگرفته(وضعیت نشان داده شده در شکل فوق) واگر عدد قرائت شده با علامت مثبت باشد مبین این است که امتداد محور دستگاه متحرک درآن نقطه بالاتر از محور دستگاه ثابت واقع شده است(که البته با این نقطه تنها نمی توان زاویه محور را بدست آورد).

و همچنین عددی که از روی ساعتی که پایه آن روی شافت پمپ بسته شده وپلانجر آن روی کوپلینگ شافت دستگاه متحرک است قرائت می شود(ساعت سمت راستی) مبین میزان انحراف محور تقارن شافت دستگاه متحرک نسبت به امتداد محور تقارن دستگاه ثابت(درموقعیت کوپلینگ دستگاه متحرک) است . که فرضا اگر ساعت اندازه گیرفوق درموقعیت ساعت ۶ صفرشود وپس از ۱۸۰ درجه چرخش درموقعیت ساعت ۱۲ عدد 0.020 + اینچ از آن قرائت شود مبین این است که محورتقارن شافت دستگاه متحرک (در نقطه

مقابل کوپلینگ دستگاه متحرک) به اندازه $\frac{0.020}{2}$ یا0.010 اینچ نسبت به امتداد محور تقارن دستگاه ثابت(پمپ) بالاتر است به عبارت دیگراین نقطه از محور تقارن شافت دستگاه متحرک به پلانجرساعت اندازه گیر نزدیک شده است .که با مشخص شدن این انحرافات در دو نقطه در روش Reverse ویا یکی از این انحرافات در روش Face-Round وضعیت محور تقارن در هر یک از صفحات افق و یا قائم مشخص خواهد شد.

لازم به توضیح است که اعداد قرائت شده از روی ساعت اندازه گیر در موقعیت های ۱۲ و۶ (یا ۳و۹) باهم یکسان بوده وتنها تفاوت آنها اختلاف در علامتهای مثبت ومنفی است یعنی اگر درموقعیت ساعت ۱۲ (وقتی در موقعیت ساعت ۶ روی صفر تنظیم شده باشد) عددخوانده شده مثبت است درموقعیت ساعت ۶ عدد خوانده شده همان عدد قبلی و با علامت منفی خواهد بود. درموقعیت هایی که اختلاف ناهم محوری خیلی زیاد است ساعت های اندازه گیر باید طوری تنظیم شوند(پلانجر درموقعیتی قرارگیرد) که دریک دورکامل محور از محور جدا نشوند یا روی محور جام نکنند یعنی مانورکافی برای حرکت پلانجر وجود داشته باشد.

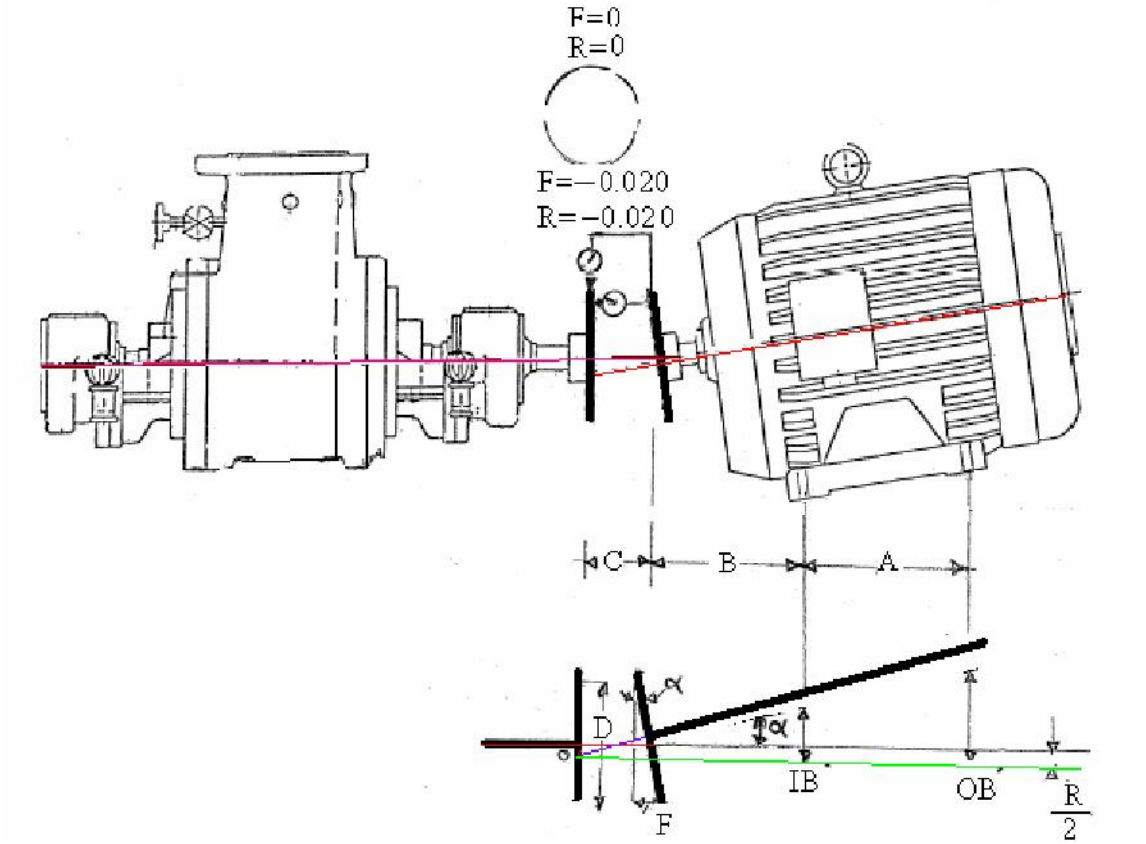
باعنایت به مواردفوق ذیلا به روش های محاسباتی وروابط ومعادلات ریاضی هم محورسازی بااستفاده ازساعت های اندازه گیرپرداخته می شود

روابط و معادلات ریاضی هم محوری به روش Face & Round

با عنایت به توضیحات ارائه شده قبلی و جهت درک فیزیکی بهتر بحث هم محوری به روش فوق را با حل یک مثال توضیح می دهیم .

مثال : فرض کنید ساعت های اندازه گیر در شکل زیر در موقعیت ساعت ۱۲ روی صفر تنظیم شده اند وبا چرخش ۱۸۰ درجه ای محور د رموقعیت ساعت ۶ به ترتیب R=-0.020 و F=-0.020 اینچ قرائت شده است.

با توجه به عدد قرائت شده روی صورت کوپلینگ (F)که در موقعیت ساعت ۶ منفی است نتیجه می گیریم که فاصله قسمت پائین کوپلینگ بیشتر از قسمت بالایی کوپلینگ می باشد (وضعیت کوپلینگ ها بصورت ۸است)و چون سطح کوپلینگ عمود بر محور می باشد پس نتیجه می گیریم که شیب محور دستگاه متحرک(الکتروموتور) مثبت است .



زاویه کوپلینگ نسبت به خط عمود α است پس انحراف محور نسبت به خط افق نیز به همان اندازه زاویهαخواهد بود که تانژانت آن برابر است با $Tan\alpha=\frac{F}{D}$ (کهD قسمتی از قطر کوپلینگ است که ساعت اندازه گیر روی آن حرکت می کند) برای این که دو محور با هم موازی شوند باید زاویه αبه صفر برسد پس باید نقاطی از محور که مقابل پایه ها قراردارند به اندازه IB و OB به سمت پایین حرکت کنند. به عبارت دیگر اگرامتداد محور شافت متحرک حول نقطه انتهایی آن(در موقعیت قرار گیری پلانجر ساعت اندازه گیر (نقطه o) در جهت عقربه های ساعت دوران کندزاویه α به صفر می رسد ودو محور با هم موازی می

شوند.که اگردر این مرحله محور شافت متحرک نیز به اندازه $\frac{R}{2}$ به سمت بالا حرکت کند (با اضافه کردن0.010اینچ شمیز زیر تمامی پایه ها) دومحور کاملا با هم دریک راستا قرار خواهند گرفت.

تانژانت زاویه α روی سطح کوپلینگ برابر است با:

$$\mathrm{Tan}\,\alpha = \frac{F}{D}$$

و ازطرف دیگر درمثلث های افقی کوچک وبزرگ تانژانت این زاویه برابر است با:

$$\mathrm{Tan}\,\alpha = \frac{IB}{B+C}$$

وهمچنین از طرف دیگر:

$$\mathrm{Tan}\,\alpha = \frac{OB}{A+B+C}$$

و نهایتا:

$$\begin{cases} \mathrm{Tan}\,\alpha = \dfrac{F}{D} = \dfrac{IB}{B} & IB = F * \left(\dfrac{B+C}{D}\right) \quad (1) \\ \mathrm{Tan}\,\alpha = \dfrac{F}{D} = \dfrac{OB}{A+B} & OB = F * \left(\dfrac{A+B+C}{D}\right) \quad (2) \end{cases}$$

به عبارت دیگر جهت موازی کردن دو محور با همدیگرزاویه αباید به صفر برسد یعنی محور دستگاه متحرک حول نقطه o(محل تلاقی امتداد محور نقارن شافت متحرک با کوپلینگ دستگاه ثابت) درجهت عقربه های ساعت دوران کند که دراین صورت نقاط مقابل پایه های جلو وعقب دستگاه به اندازه IB و OB به سمت پایین باید حرکت کنند و یا عکس این قضیه یعنی اگر زیر پایه های جلو وعقب ماشین متحرک به اندازه IB و OB به سمت پایین حرکت کند زاویه α به صفر می رسد و باعث می شود که دو محوریاهم موازی شوند.

البته برای به صفر رساندن زاویه α می توان محور دستگاه متحرک را حول نقاط دیگری دوران داد وفرمول ها و روابط دیگری را بدست اورد ولی به واسطه اینکه موقعیت این نقطه کاملا"مشخص می باشد(فاصله آن با محور x ها برابر $\frac{R}{2}$ است) باعث ساده شدن روابط می شود .

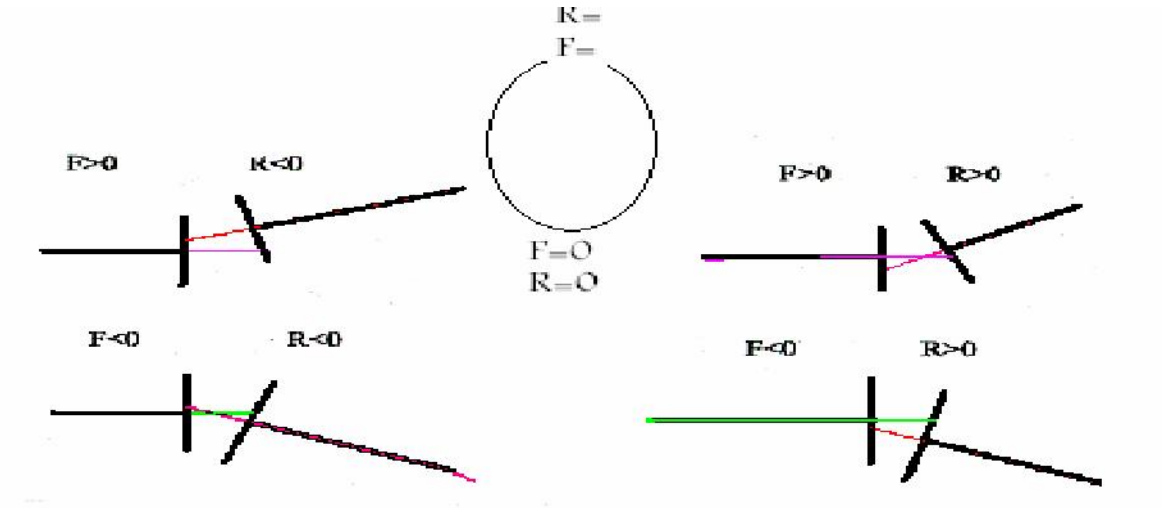
همانطورکه ملاحظه می کنید فرمول های (۱) و(۲) جهت موازی نمودن دومحور(یعنی حذف ناهم محوری زاویه ای) مورد استفاده قرارمی گیرند که مقدار حرکت زیر پایه های جلوIB و پایه های عقب OB باهم مساوی نیستند و برای اینکه دو محور از حالت موازی روی یک خط قرارگیرند باید به اندازه $\frac{R}{2}$ زیر چهار پایه دستگاه متحرک (برای حالت فوق) شمیز گذاری شود. یعنی برای اینکه این دومحور در یک امتداد قرارگیرند

در یک مرحله بایداز زیر پایه های جلو وعقب شمیزکم کردتا زاویه α به صفر برسد(طبق فرمول های (۱) و(۲) و دریک مرحله دیگربه اندازه $\frac{R}{2}$ (جمع جبری اعداد)زیر پایه ها شمیز اضافه نمود تادو محوردریک امتداد قرارگیرند.

برای اینکه کار دریک مرحله انجام شود میتوان روابط را برای حالت کلی به شکل زیردر آورد:

$$\begin{cases} IB=(\pm)F(\frac{B+C}{D})(\pm)\frac{R}{2} & (۳) \\ OB\ (=(\pm)\ F(\frac{A+B+C}{D})(\pm)\frac{R}{2} & (٤) \end{cases}$$

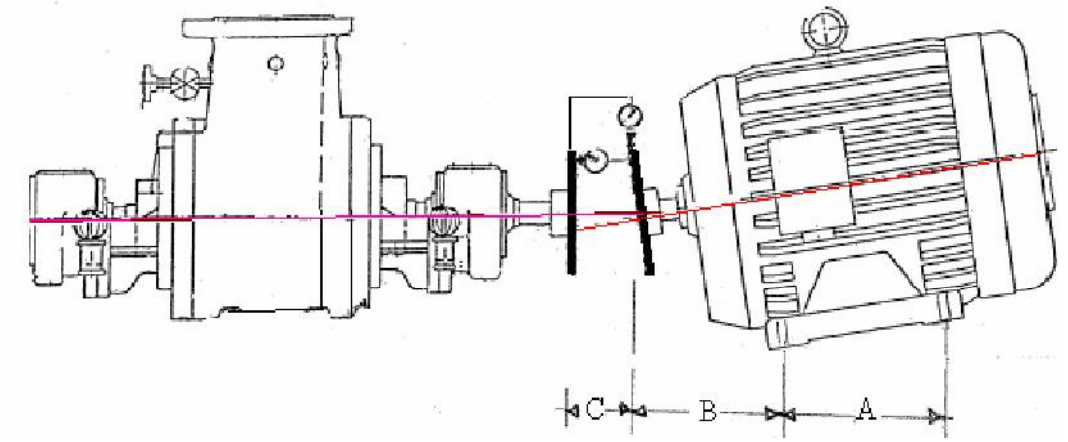
که بسته به موقعیت کوپلینگ ها (مقدارFace) وموقعیت انحراف امتداد محور دستگاه متحرک نسبت به محورx ها(مقدار $\frac{R}{2}$ علامت های مثبت ومنفی در این معادلات شامل چهار حالت کلی به شرح زیر است:



هرکدام از این حالت ها مبین وضعیت زاویه ای وموازی بودن محورها در صفحه می باشد. لازم به توضیح است که درحالت های چهارگانه فوق قسمت های اول یادوم روابط (۳) و (٤) همیشه هم علامت می باشند(هردومثبت یا هردومنفی)

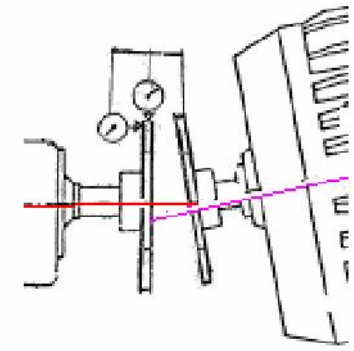
چند نکته:

نکته اول : اگرشافت ماشین متحرک قادر به چرخیدن نباشد و پایه های ساعت های اندازه گیر روی شافت دستگاه ثابت نصب شده باشدیعنی پلانجرساعت ها روی کوپلینگ ماشین متحرک قرارگرفته باشد مثل شکل زیر روابط باید به فرم معادلات (۵)و(۶) مورد استفاده قرار گیرند.که این مبین آن است که محور تقارن شافت دستگاه متحرک حول نقطه انتهائی خودش باید چرخیده شود تا نا هم محوری زاویه ای آن به صفربرسدومحورباهم موازی شوند.



$$\begin{cases} IB=(\pm)F(\frac{B}{D})(\pm)\frac{R}{2} & (۵) \\ OB=(\pm)F(\frac{A+B}{D})(\pm)\frac{R}{2} & (۶) \end{cases}$$

نکته دوم : درصورتی فاصله کوپلینگ ها خیلی کم باشد و امکان نصب ساعت های اندازه گیر روی صورت کوپلینگ وجود نداشته باشد می توان ساعت اندازه گیر مربوط به Face را درقسمت پشت کوپلینگ نصب کرد ولی باید توجه داشت اعدادی که قرائت می شوند ازنظر علامت با اعداد قبلی عکس یکدیگراست که با کمی دقت می توان پی به وضعیت زاویه کوپلینگ ها برد.

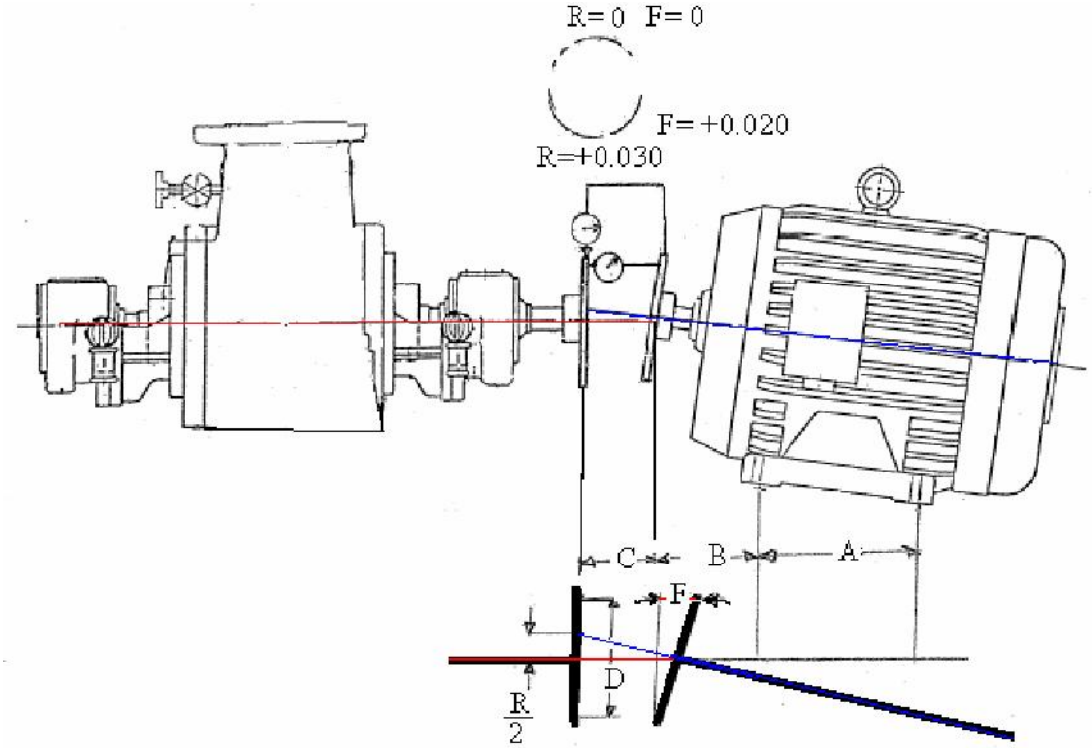


نکته سوم : هم محورکردن درصفحات افق و قائم دقیقا مثل هم بوده و استفاده از این روابط در صفحه افق نیز براحتی امکان پذیر می باشد.

نکته چهارم : D قطرتمامی کوپلینگ نیست بلکه به عنوان قسمتی از قطر کوپلینگ است که ساعت اندازه گیری Face روی آن حرکت می کند (دوبرابر فاصله نوک پلانجرتا مرکز شافت) .

مثال: اگر ساعت های اندازه گیر طبق شکل زیر روی پمپ و الکتروموتور نصب شده باشند(و پمپ به عنوان دستگاه ثابت باشد) و در موقعیت ساعت ۱۲ هر دو ساعت روی صفرقرار گیرند وپس از ۱۸۰درجه چرخش در موقعیت ساعت۶ به ترتیب F= +0.020 , R=+0.030 قرائت شود و ابعاد به ترتیب A=100Cm

و B=40Cm و C=20Cm و D=20Cm باشند مطلوبست مقدارحرکت پایه ها در صفحه قائم (مقدار شمیزی که زیرپایه های جلو وعقب باید کم یا زیاد نمود)



با تعیین وضعیت کوپلینگ ها و موقعیت امتداد محور تقارن شافت الکتروموتور نسبت به محور تقارن پمپ مسئله قابل حل است که طبق اعداد موجود وضعیت دو محور نسبت به هم بصورت (۷) است .

دراین حالت برای صفرکردن زاویه انحراف (حذف نا هم محوری زاویه ای) بایدمحور الکتروموتور به اندازه زاویه α درجهت عکس عقربه های ساعت دوران کند(یعنی زیرپایه های جلو وعقب بایدشمیز اضافه شود) به عبارت دیگر قسمت اول روابط باید مثبت باشند و با توجه به علامت مثبت R امتداد محور تقارن شافت الکتروموتور نسبت به محور تقارن پمپ بالا تر است پس باید کلیه پایه ها به اندازه $\frac{R}{2}$ پایین بیاید(قسمت دوم روابط فوق با علامت منفی)و باتوجه به اینکه وضعیت کوپلینگ ها و انحراف محور مشخص شد برای مسئله بدون در نظر گرفتن علامتهای F و R(استفاده ازقدرمطلق آنها) روابط بصورت زیر درمی آیند:

$$\begin{cases} IB = +F\left(\frac{B+C}{D}\right) - \frac{R}{2} = +0.020\left(\frac{40+20}{20}\right) - \frac{0.030}{2} \\ OB = +F\left(\frac{A+B+C}{D}\right) - \frac{R}{2} = +0.020\left(\frac{100+40+20}{20}\right) - \frac{0.030}{2} \end{cases}$$

و نتیجتا:

$$\begin{cases} IB = +0.060 - 0.0\ 15 = +0.045 \\ OB = +0.160 - 0.015 = +0.145 \end{cases}$$

یعنی زیر پایه های جلوی الکتروموتوربه اندازه0.045 اینچ و زیرپایه های عقب الکتروموتوربه انـدازه 0.145 اینچ باید شمیز گذاشته شود تا دو دستگاه با هم دریک امتداد(هم محوری) قرار گیرند.

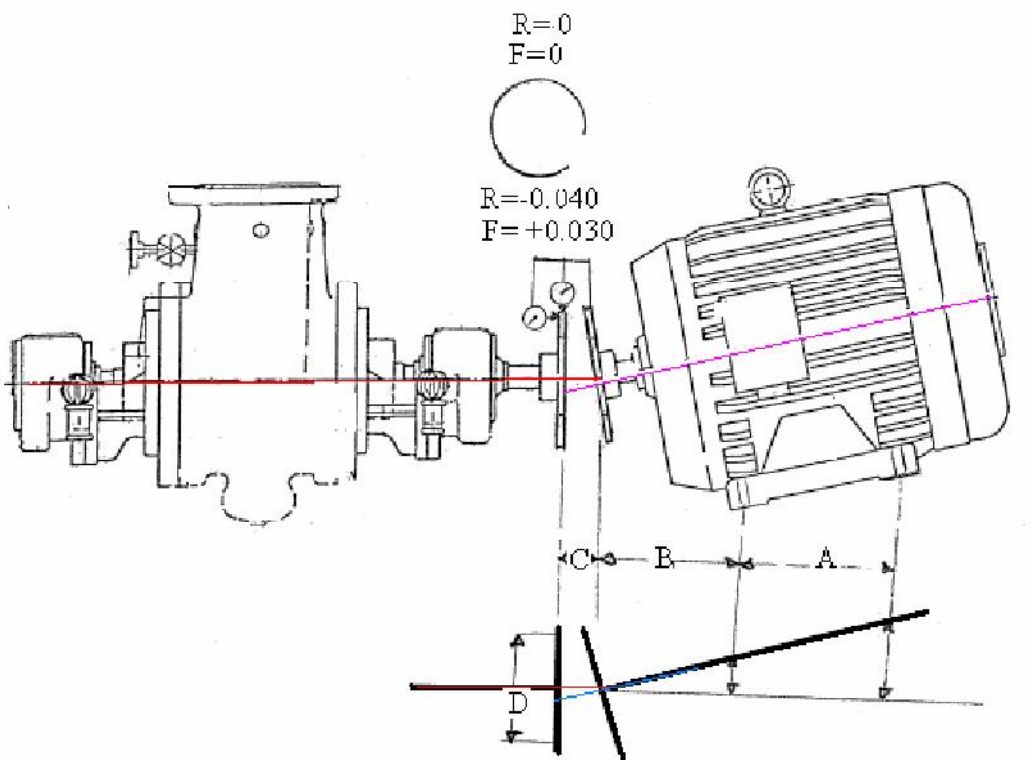
چندنکته :

نکته اول : واحدهای اندازه گیری انحرافات (که از روی ساعت های اندازه گیر خوانده می شوند) و انـدازه های فاصله ها(A, B ,C ,D ,...) هیچ ارتباطی با همدیگر ندارند یعنی می توان از ساعت های اندازه گیراینچی استفاده کرد ولی فواصل رابر حسب میلی متر، سانتی متر، اینچ و ...اندازه گرفت.

نکته دوم : جهت راحتی کاربافرمول ها وتصمیم گیریها جاهایی که بـرای تـصحیح زاویـه یـا اخـتلاف نیـاز بـه شمیزگذاری داشته باشیم . ازعلامت مثبت ودرجاهایی که باید شمیزبرداری شود از علامت منفی استفاده مـی شود به همین دلیل اگر عدد بدست آمده از فرمول ها و روابط فوق مثبت باشدنیاز به شمیزگذاری اسـت و اگر حاصل عبارت عدد منفی باشد باید شمیز برداشته شود.

نکته سوم:بعد از تشخیص وضعیت محور ها اگر به اندازه $F*\frac{A}{D}$ فقط روی یکی از پایه هاشیمز گذاشته یـا برداشته شود می توان دریک مرحله مقدار ناهم محوری زاویـه ای رااز بـین بـردودو محـور رابـاهم مـوازی نمودبطور مثال در مسئله قبلی اگربه اندازه $0.020 * \frac{100}{20}$ یا 0.100 اینچ به زیر پایه های عقب اضافه شود یا به همین اندازه از زیرپایه های جلوکم شود دو محور کاملا با هم موازی می شوند.

مثال: در شکل زیر وضعیت کوپلینگ ها بصورت بسته است و درمو قعیت ساعت ۱۲ سـاعتهای انـدازه گیـر صفر ودر موقعیت ساعت ۶ اعداد F= +0.030 , R=-0.040 اینچ قرائت شده است درصورتی که فواصل Cm, A=100 B=40Cm, C=10Cm D=20Cm باشدمطلوبست تعیین مقدارشمیزی که بایدزیرپایه هـا اضـافه یـا کم کرد تا دو محورباهم هم محوری گردند(ضمناخیز ساعت مربـوط بـهRound 0.010اینچ انـدازه گیـری شده است).



خیزساعت 0.010اینچ است و عددقرائت شده از روی ساعت Round ترکیبی ازناهم محوری وخیز ساعت است در این حالت نا هم محوری واقعی R= (-0.040+0.010)= -0.030اینچ است.

وضعیت کوپلینگ ها طبق اعداد داده شده بصورت فوق است .

پس روابط ریاضی بصورت زیرپایدمورد استفاده قرار گیرند.

$$\begin{cases} IB = -F\left(\frac{B+C}{D}\right)+\frac{R}{2} = -0.030*\left(\frac{40+10}{20}\right)+\frac{0.030}{2} \\ OB = -F\left(\frac{A+B+C}{D}\right)+\frac{R}{2} = -0.030*\left(\frac{100+40+10}{20}\right)+\frac{0.030}{2} \end{cases}$$

که نهایتا:

$$\begin{cases} IB = -0.075+0.010=-0.065 \\ OB = -0.225+0.010 = -0.215 \end{cases}$$

با برداشتن 0.065 اینچ شیمزاز زیرپایه های جلو و برداشتن0.215 اینچ شیمز از زیر پایه های عقب الکتروموتور, دودستگاه باهم هم محور خواهند شد.

محاسبات و روابط هم محوری به روش Two Face& Round

همانطورکه قبلانیزذکرشدروش فوق دقیقا با روش Face & Round مشابه است ولی شرایط کاربرد آن درموقعیت هایی است که محورها دارای حرکت طولی(محوری) باشند وباعث ایجادخطا روی ساعت اندازه گیر Face شود. (یعنی عددی که از روی ساعت Face خوانده می شود ترکیبی است از حرکت محوری شافت و نا هم محوری زاویه ای است)که یکی از روش ها ی حذف حرکت های محوری این است که در هربار که می خواهیم ساعت های اندازه گیر را تنظیم یا قرائت کنیم حرکت های طولی شافت ها را به منتهی الیه یک طرف منتقل کنیم تا اثر حرکت ها ی محوری از روی ساعت های اندازه گیرحذف شوند (که این کار برای ماشین های سنگین که شا فت های سنگین دارندبالاخص چرخ دنده های جناقی امکان پذیرنیست)و راه دیگر حل مشکل استفاده از روش هم محوری با آرایش Two Face & Round است.

دراین روش دو ساعت اندازه گیر با اختلاف زاویه ۱۸۰ درجه بصورت عمود روی سطح کوپلینگ Face ویک ساعت اندازه گیرهم رویRound بسته می شود چون حرکت های طولی روی هر دو ساعت اندازه گیر اضافه و یا کم می شود با بدست آوردن اختلاف اعداد قرائت شده می توان آن راحذف نمود. که با توجه به این که در صورت وجود ناهم محوری زاویه ای یکی از ساعت ها علامت مثبت و دیگر علامت منفی دارد اختلاف اعدادبدست می آید دو برابر Face واقعی است بدین جهت مقدارFaceواقعی نصف اختلاف اعدادقرائت شده ازروی ساعت های اندازه گیراست .

جهت روشن شدن مطلب به حل یک مثال می پردازیم:

مثال : درشکل صفحه بعداز دوساعت اندازه گیر روی سطح کوپلینگ استفاده شده که ساعت F1 و R در موقعیت ساعت ۱۲ صفر و درموقعیت ساعت ۶ عددF6= -0.030 و R= -0.030 وساعت F2 در موقعیت ساعت ۶ صفر و درموقعیت ساعت ۱۲ عدد F12= -0.040 اینچ را نشان می دهداگرابعادو اندازه ها به ترتیب A=100Cm, B=40Cm , C=20Cm D.=20Cmباشد مطلوب است میزان تغییرات شمیز لازم جهت هم محور شدن دودستگاه .

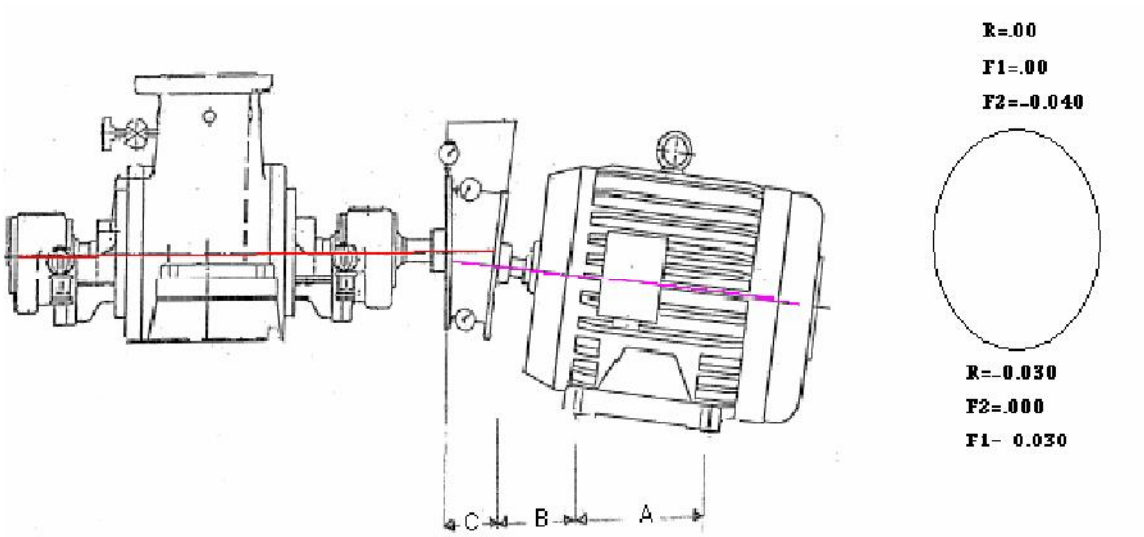
حل : برای درک بهترو کم شدن خطا درهرموقعیتی (ساعت ۱۲ یا ۶) که می خواهیم وضعیت کوپلینگ ها (Face)را بررسی کنیم ابتدا عدد خوانده شده از ساعتی راکه درآن موقعیت قراردارددرامی نویسیم (در موقعیت ساعت ۱۲)وسپس عددی که در موقعیت بعدی(موقعیت ساعت ۶) خوانده شده رااز آن کم می کنیم و بانصف کردن اختلاف اعداد بدست آمده مقدار Face واقعی بدست می آیدکه برای این حالت به ترتیب زیر عمل می کنیم:

Face واقعی در ساعت ۱۲ برابراست با : $F_{12} = \frac{F_{12} - F_6}{2}$

و:

$$F_{12} = \frac{-0.040 - (-0.030)}{2} = -0.005$$

پس وضعیت کوپلینگ هابصورت زیرخواهدشد:



همانطورکه ملاحظه می کنید Face واقعی(-0.005) با اعدادی که از روی ساعت های اندازه گیر قرائت شده بود بسیار متفاوت است یعنی دراین حالت 0.030 اینچ حرکت محوری وجود داشته است و فقط به اندازه 0.005 اینچ اختلاف فاصله بین قسمت بالای وپائین کوپلینگ وجوددارد .

همچنین اگر بخواهیم موقعیت Face کوپلینگ ها را در ساعت ۶ بدست آوریم باید بنویسیم :

$$F\,6 = \frac{-0.030-(-0.040)}{2} = +0.005$$

که این مبین بسته بودن کوپلینگ در موقعیت ساعت ۶ می باشد که با نتیجه قبلی کاملا"یکسان می باشد.

با توجه به باز بودن کوپلینگ ها در بالا و R=-0.030 وضعیت کوپلینگ ها مشخص طبق شکل فوق خواهدشد.

که دراین حالت روابط ریاضی بصورت زیر(قدر مطلق اعداد) به کار برده می شوند.

$$\begin{cases} IB = +F\left(\frac{B+C}{D}\right)+\frac{R}{2} = +0.050*\left(\frac{40+20}{20}\right)+\frac{0.030}{2} \\ OB = +F\left(\frac{A+B+C}{D}\right)+\frac{R}{2} = +0.005*\left(\frac{100+40+20}{20}\right)+\frac{0.030}{2} \end{cases}$$

و نهایتا:

$$\begin{cases} IB=+0.015+0.015=+0.030 \\ OB=+0.040+0.015=+0.055 \end{cases}$$

که برای هم محوری صفر صفر با اضافه کردن 0.030 اینچ زیر پایه های جلو و 0.055 اینچ شیمز زیر پایه های عقب دستگاه متحرک(الکتروموتور) دو دستگاه باهم هم محور خواهندبود.

معادلات و روابط ریاضی مربوط به روش FACE- FACE DISTANCE

همانطورکه قبلا" نیزاشاره شد این روش برای جاهایی که فاصله دو دستگاه زیادباشد (مثل Spool های رابط بین الکتروموتورو گیرباکس برج های خنک کننده)مورداستفاده قرارمی گیردواساس کار آن استفاده از روش Face & Round ولی بصورت دوبله یکی بین الکتروموتور و اسپول و دیگری بین گیرباکس و اسپول است که برای انجام هم محوری ابتدا باید انحرافات زاویه ای Face و موازی نبودن Round بین الکتروموتور و اسپول و همچنین اسپول وگیرباکس را اندازه گیری و سپس نسبت به انجام تصحیحات لازم جهت هم محوری اقدام کرد.

برای هم محورکردن این سیستم ها راههای متعددی وجود دارد که باید برحسب نتایج خوانده شده از ساعت های اندازه گیر وشرایط مکانی بهترین روش را انتخاب و سپس جامه عمل به آن پوشاندکه در غیر این صورت وضعیت خیلی بدتر از قبل خواهدشد.

که برای روشن شدن موضوع ذیلا به چند طریق آن اشاره می شود:

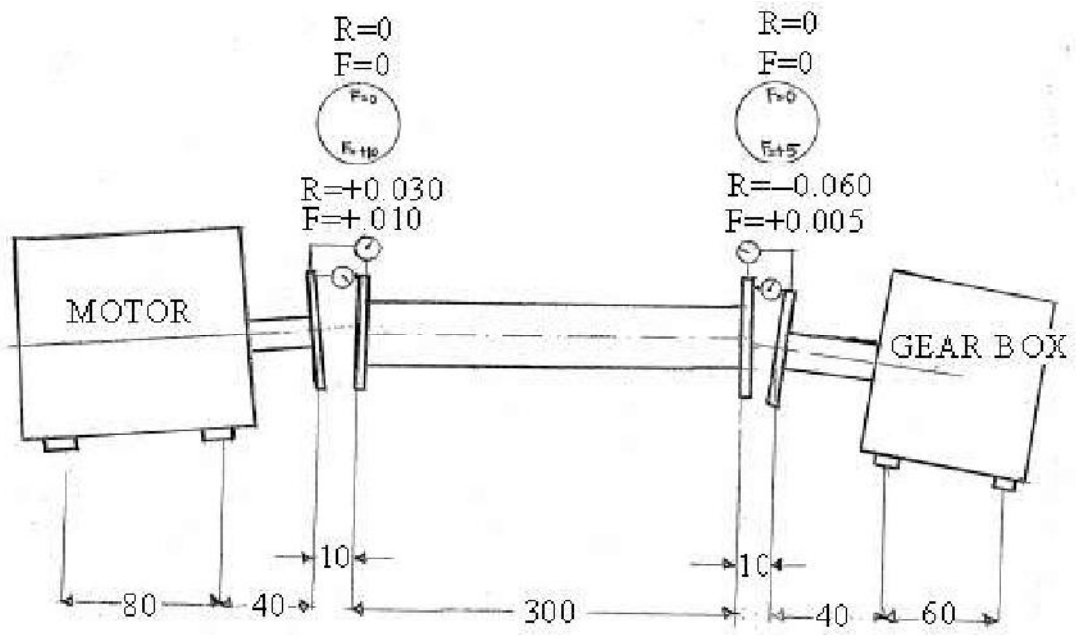
روش اول: در این روش محور تقارن اسپول را به عنوان محور ثابت در نظر می گیریم ووبااندازه گیری انحرافات زاویه ای وOffsetازروی ساعت های اندازه گیر الکتروموتور و گیرباکس را بصورت هم زمان باسپول هم محور می کنیم(شیمز گذاری ویا شیمز برداری هم زیر پایه های گیربکس وهم زیر پایه های الکتروموتور) .

روش دوم : در این روش گیرباکس را ثابت در نظر می گیریم و سپس مجموعه الکتروموتورو اسپول را به عنوان یک دستگاه (دستگاهی که پایه های آن الکتروموتوراست ومحورآن مجموعه محور الکتروموتور بعلاوه طول اسپول) باگیرباکس هم محوری می کنیم که برای انجام این کار در یک مرحله الکتروموتور نسبت به اسپول هم محورمی شودو در مرحله بعدمجموعه الکتروموتور و اسپول را نسبت به گیرباکس هم محوری می شود. که در عمل ترکیبی از نتایج جبری اعداد بدست آمده در هرمرحله مورد استفاده قرار می گیرد ولی در یک مرحله با قراردادن و یا برداشتن شمیز زیر پایه های الکتروموتور این کار انجام می شود.

روش سوم : دقیقامثل روش قبل است با این تفاوت که همه مجموعه نسبت به الکتروموتور هم محوری می شودوتغییرات شیمز فقط زیر پایه های گیربکس انجام می شود.

جهت تفهیم بهترموضوع به حل یک مثال می پردازیم :

مثال : درشکل زیر ساعت های اندازه گیر درموقعیت ساعت ۱۲ صفر ودر موقعیت ساعت ۶ اعداد قرائت می شوند که نتایج آن بشرح ذیل می باشد.



همانطور که قبلا نیز اشاره گردید برای انجام هم محوری راه حل های متعددی وجود داردکه ذیلابه شرح آن پرداخته می شود..

راه اول:

ثابت در نظر گرفتن گیرباکس وهم محور کردن الکتروموتور نسبت به اسپول وسپس هم محوری کردن مجموعه اسپول والکتروموتور نسبت به گیرباکس که عملیات محاسباتی آن به قرار زیر است:

با ثابت فرض کردن گیرباکس مقدارشمیز موردنیاز جهت هم محوری الکتروموتور نسبت به اسپول با توجه به وضعیت کوپلینگ ها و اعداد بدست آمده عبارتست از:

$$\begin{cases} IB = 0.010*\left(\frac{40+10}{20}\right) - \frac{0.030}{2} = +0.025-0.015=+0.010 \\ OB=0.010*\left(\frac{80+40+10}{20}\right) - \frac{0.030}{2} = +0.065-0.015=+0.050 \end{cases}$$

مقدار شمیزموردنیاز برای هم محوری مجموعه الکتروموتور و Spool با توجه به وضعیت کوپلینگ ها واعداد بدست آمده عبارتست از:

$$\begin{cases} IB=+0.005*\left(\frac{40+10+300}{20}\right) - \frac{0.060}{2} = +0.0\ 875\ -0.030= +0.0575 \\ OB=+0.005*\left(\frac{80+40+10+300}{20}\right) - \frac{0.060}{2} =0.1075-0.030= +0.0775 \end{cases}$$

که با ترکیب نتایج بدست آمده مقدارشمیزموردنیاززیر پایه های الکتروموتور جهت هم محوری برابر است با :

$$\begin{cases} IB=+0.10+0.057=0.067 \\ OB=+0.050+0.077=0.127 \end{cases}$$

راه حل دوم:

دراین راه حل اسپول راثابت فرض کرده ودریک مرحله الکتروموتور را نسبت به اسپول وبار دیگر گیرباکس را نسبت به اسپول هم محور می کنیم.

برای هم محور کردن الکتروموتور نسبت به اسپول باتوجه به وضعیت کوپلینگ ها داریم:

$$\begin{cases} IB = +0.010 * \left(\frac{40+10}{20}\right) - \frac{0.030}{2} = +0.025 - 0.015 = +0.010 \\ OB=+0.010 * \left(\frac{80+40+10}{20}\right) - \frac{0.030}{2} = +0.065 - 0.015 = +0.050 \end{cases}$$

برای هم محور کردن گیرباکس نسبت به اسپول باتوجه به وضعیت کوپلینگ ها داریم:

$$\begin{cases} IB = +0.005 * \left(\frac{40+10}{20}\right) + \frac{0.060}{2} = +0.0125 + 0.015 = +0.0425 \\ OB = +0.005 * \left(\frac{60+40+10}{20}\right) + \frac{0.060}{2} = +0.0275 + 0.030 = +0.0575 \end{cases}$$

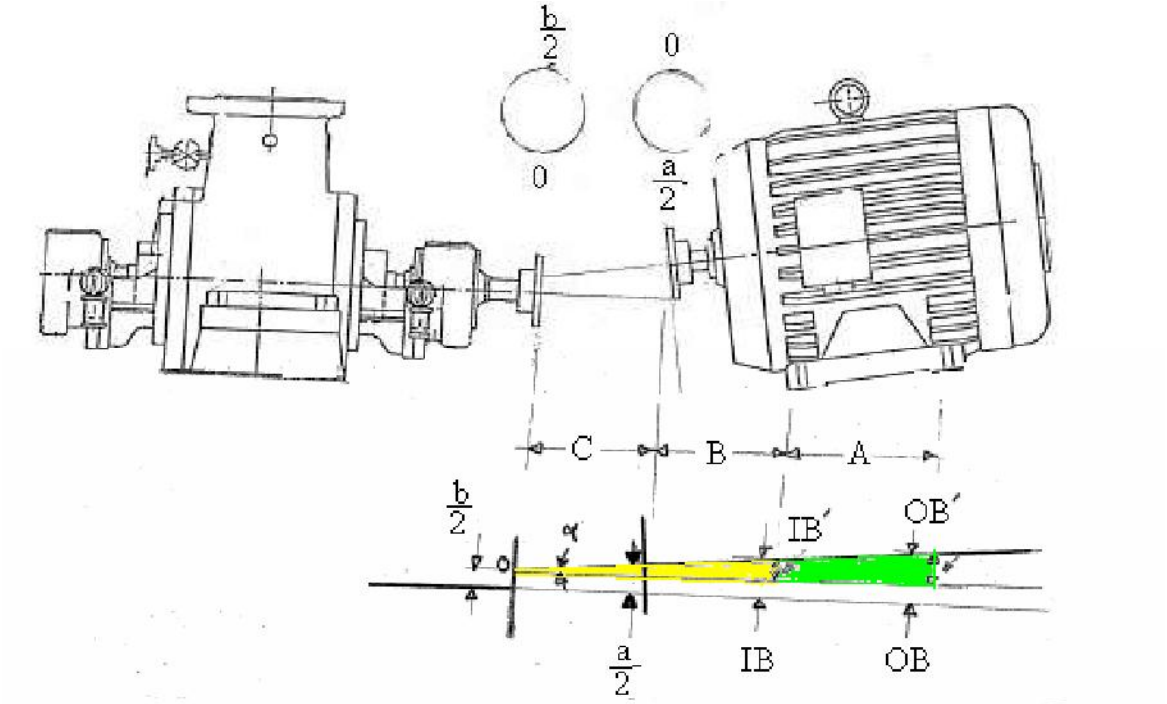
نکته : با توجه به زیادبودن طول وسنگین بودن اسپول ها و باعنایت به اینکه اتصالات بین کوپلینگ های الکتروموتور و گیرباکس و طرفین اسپول از نوع اتصالات Flexible می باشد اسپول همیشه در اثر وزن زیاد خود به طرف پایین کشیده می شود و به هیچ وجه نمی توان در حالت استاتیکی آن رانسبت به الکتروموتور و گیرباکس هم محوری نمود ومثل ساعت اندازه گیری که خیزداشته باشدSegment عمل می کند که در حین انجام هم محوری باید خیز ساعت ووزن اسپول راتواما درمحاسبات منظور نمود.

لازم به توضیح است که با وجود خیز ذکرشده دراین نوع سیستم ها هیچ وقت به Alignment صفر صفر نخواهید رسید و به همین دلیل است که دقت این روش نسبت به روش های دیگر پائین است.

باتوجه به این که حل مسائل هم محوری به روش Face& Round به روش ترسیمی کمی مشکل و وقت گیراست وکاربرد زیادی هم در صنایع نداردازتوضیح آن صرف نظر می شود.

معادلات و روابط ریاضی هم محوری به روش REVERSE

در روش Reverse از دو عدد ساعت اندازه گیر که به صورت زیر روی لبه کوپلینگ ها Roundبسته می شود میزان انحراف دو نقطه از محور ماشین متحرک نسبت به محور تقارن ماشین ثابت اندازه گیری می شود و با اتصال این دو نقطه زاویه انحراف محور مشخص می شود که با امتداد آن میزان انحراف پایه های دستگاه و نهایتا مقدار حرکت لازم جهت هم محورشدن دستگاهها پیدا میشود.



همانطورکه قبلا نیز توضیح داده شده است وقتی ساعت های اندازه گیردریک نقطه صفر می شوند و با چرخش ۱۸۰ درجه ای شافت به موقعیت جدیدمی رسند (مثلا" از موقعیت ساعت ۱۲ به ساعت ۶ درصورتی که دو محور باهم دریک امتداد قرارنگرفته باشند انحرافاتی روی ساعت ها ی اندازه گیربوجود می آید که به شرح آن می پردازیم. عددی که روی محور سمت راستی قرائت می شود مبین میزان انحراف محورتقارن الکتروموتور نسبت به امتداد محور تقارن پمپ درنقطه مقابل کوپلینگ الکتروموتور است(a/2) و عددی که از روی ساعت اندازه گیرسمت چپی قرائت می شود مبین میزان انحراف امتداد محور تقارن الکتروموتور نسبت به محور تقارن پمپ درنقطه مقابل کوپلینگ پمپ است (b/2) که با اتصال این نقاط به همدیگر زاویه انحراف محورتقارن شافت الکتروموتور نسبت به محورتقارن پمپ بدست می‌آید(زاویه α) که با ادامه این خط انحراف محور در مقابل محل قرارگیری پایه ها بدست می آیدو نهایتا" میزان و جهت جابجائی حرکت پایه ها مشخص می شود.

درشکل صفحه قبل تانژانت زاویه α برابر است با :

$$\mathrm{Tan}\alpha = \frac{\frac{a}{2} - \frac{b}{2}}{C} = \frac{a-b}{2C}$$

وازطرف دیگر :

$$\begin{cases} \mathrm{Tan}\alpha = \dfrac{IB'}{B+C} \\ \mathrm{Tan}\alpha = \dfrac{OB'}{A+B+C} \end{cases}$$

که از مساوی قراردادن روابط فوق باهم داریم :

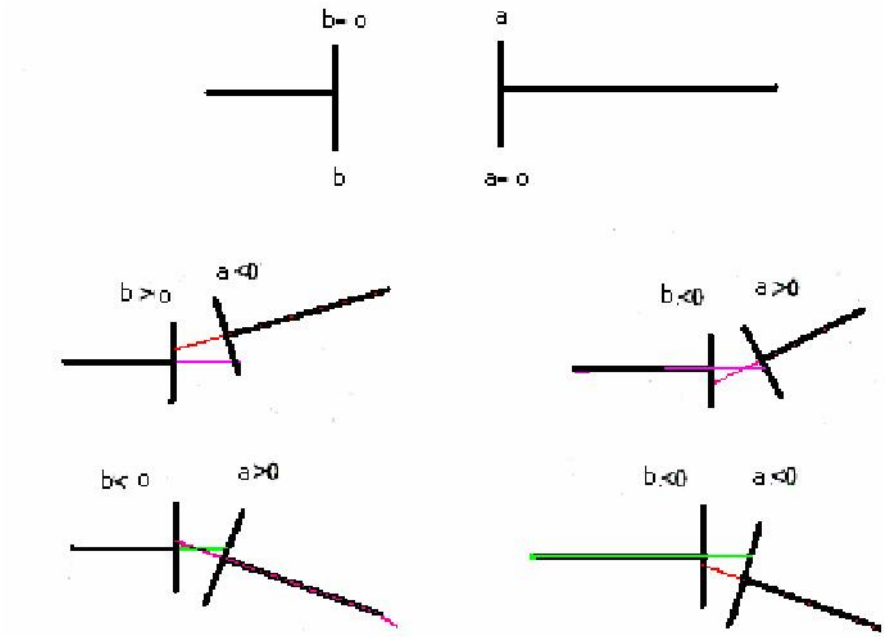
$$\begin{cases} IB = \dfrac{a-b}{2} * \left(\dfrac{B+C}{C}\right) & (1) \\ OB = \dfrac{a-b}{2} * \left(\dfrac{A+B+C}{C}\right) & (2) \end{cases}$$

این روابط مبین این است که اگر محورتقارن الکتروموتور حول نقطه O (که یک نقطه کاملا مشخص می باشدو فاصله آن ازمحور تقارن شافت پمپ به اندازه $\frac{b}{2}$ است) درجهت عقربه های ساعت چرخانده شود دو محور باهم موازی می شوند یعنی ناهم محوری زاویه ای Angular Misalignment حذف می شود (ولی محور به اندازه b/2نسبت به هم فاصله پیدا می کنند با کم کردن شمیز بطورمساوی از زیر چهار پایه ماشین کاملاً دو محور برهم منطبق می شوند).

به عبارت دیگر معادلات کلی هم محوری به روش Reverse عبارتند از :

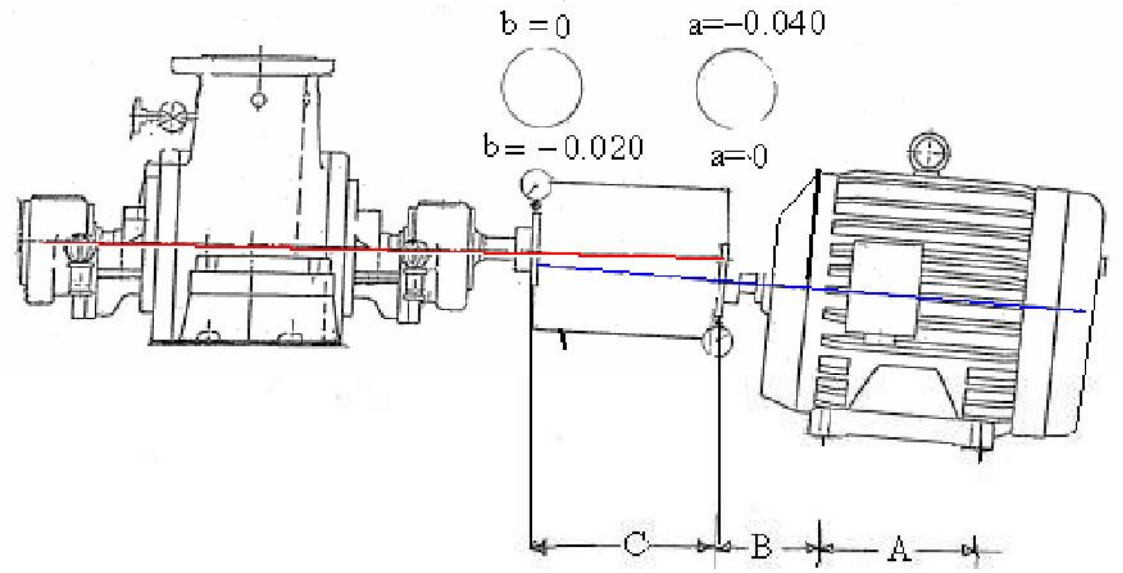
$$\begin{cases} IB = \pm\left(\dfrac{a-b}{2}\right) * \left(\dfrac{B+C}{C}\right) \pm \dfrac{b}{2} & (3) \\ OB = \pm\left(\dfrac{a-b}{2}\right) * \left(\dfrac{A+B+C}{C}\right) \pm \dfrac{b}{2} & (4) \end{cases}$$

که OB, IB میزان تغییرات لازم جهت هم محور دستگاه در جهت های افق و یا قائم است(بسته به اینکهa وb درموقعیت ساعت۱۲و۶ یا۳و۹ خوانده شده باشند) و مثل روش Face & Round دارای چهار حالت کلی است که با کمی دقت در ذهن مجسم شده وتشخیص داده می شود که وضعیت واقعی چهار حالت براساس علامت اعدادی که ازروی ساعت های اندازه گیرقرائت می شودبه شرح زیر است .



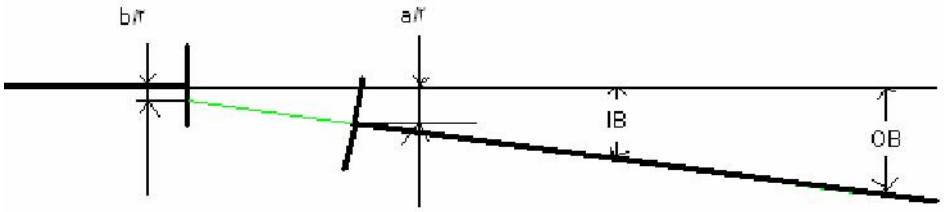
برای روشن شدن مطلب به حل چند مثال می پردازیم .

مثال یک : فرض کنید در هم محوری به روش Reverse شرایط هم محوری به قرار زیر بوده است با در نظر گرفتن $A=80_{Cm}$ $B=40_{Cm}$ و $C=20_{Cm}$ مقدار تغییرات لازم جهت حصول به هم محوری را پیدا کنید.



وقتی ساعت سمت راستی در موقعیت ساعت ۶ صفر می شود و در ساعت ۱۲ عدد a=–0.040 اینچ را نشان می دهد این بدان معناست که پلانجر ساعت از داخل ساعت بیرون آمده یا به عبارت دیگر امتداد محور ماشین متحرک (روی کوپلینگ ماشین ثابت) نسبت به محور مبنا به اندازه a/2 یا 0.020 اینچ پایین رفته است و وقتی عدد قرائت شدن روی ساعتی سمت چپی منفی باشد این نیز بدان معناست که محور ماشین متحرک در نقطه کوپلینگ از ساعت دور شده یعنی بالاتر رفته (به اندازه b/2 یا 0.020-) و باعث شده که ساعت

اندازه گیر یک عدد منفی را نشان دهد که با اتصال این نقاط وضعیت و زاویه قرارگیری دو محور مشخص می شود.



برای اینکه محور شافت متحرک روی محور شافت مبنا قرار گیرد باید ابتدا به اندازهٔ زاویه α در جهت عکس چرخش عقربه های ساعت دوران کند (به عبارت دیگر پایه های عقب و جلو به سمت بالا حرکت کنند) تا دو محور موازی شوند و بعد به اندازه 0.020 اینچ زیر نمامی پایه های ماشین متحرک (الکتروموتور) شیمز اضافه شود تا دو محور با هم راستا شوند.

حال با توجه به اینکه وضعیت دو محور مشخص شد روابط ریاضی بصورت زیربادرنظرگرفتن قدرمطلق اعداد استفاده می شوند.

$$\begin{cases} IB = +\left(\frac{a-b}{2}\right)*\left(\frac{B+C}{C}\right)+\frac{b}{2} \\ OB = +\left(\frac{a-b}{2}\right)*\left(\frac{A+B+C}{C}\right)+\frac{b}{2} \end{cases}$$

وباعددگذاری:

$$\begin{cases} IB = +\left(\frac{-0.020-(-0.040)}{2}\right)*\left(\frac{40+20}{20}\right)+\frac{0.040}{2} = +0.030+0.010 = +0.040 \\ OB = +\left(\frac{-0.020-(-0.040)}{2}\right)\left(\frac{80+40+20}{2}\right)+\frac{0.040}{2} = +0.070+0.010 = +0.080 \end{cases}$$

بااضافه کردن چهل هزارم اینچ شیمزبه زیرپایه های جلووهشتادهزارم به پایه های عقب به موقعیت صفر-صفرخواهیم رسید.

لازم به توضیح است برای سهولت کار وقتی وضعیت دو محور مشخص و حالت تشخیص داده شد مقادیر مثبت یا منفی روابط دیگر مد نظر قرار نمی گیرد (از قدر مطلق آنها استفاده می شود) و تعیین علامت های + یا – بر اساس زاویه محور نسبت به محور مبنااست که اگر برای این که دو محور را با هم موازی کنیم مجبور باشیم شافت ماشین متحرک را حول نقطهٔ O درجهت عقربه های ساعت دوران دهیم قسمت های اول روابط منفی است و اگر برای موازی نمودن ، محور دستگاه متحرک باید در جهت عکس عقربه های ساعت(

حول نقطه O) دوران نماید از علامت مثبت استفاده می شود و همینطور در رابطه با قسمت دوم روابط (علامت $\frac{b}{2}$) اگر تشخیص داده شود امتداد محور در سمت بالاتر از محور مبنا قرار گرفته علامت آن منفی می شود(یعنی باید از زیرتمامی پایه ها شیمز کم شود) و اگر در زیر محور قرار گرفته باشد علامت $\frac{b}{2}$ مثبت در نظر گرفته می شود(یعنی بایدزیر تمامی پایه ها شیمز اضافه شود).

چند نکته :

نکته اول : در روابط به دست آمده علامت منفی یعنی حرکت محور تقارن دستگاه به سمت پایین (کم کردن شمیز زیر پایه ها) و علامت مثبت به معنای حرکت رو به بالا (یعنی افزایش شمیز) و نهایتاً اگر حاصل IB و OB دارای علامت مثبت باشد یعنی باید زیر پایه ها شیمزاضافه شود و اگر علامت منفی باشد باید شمیز برداشته شود .

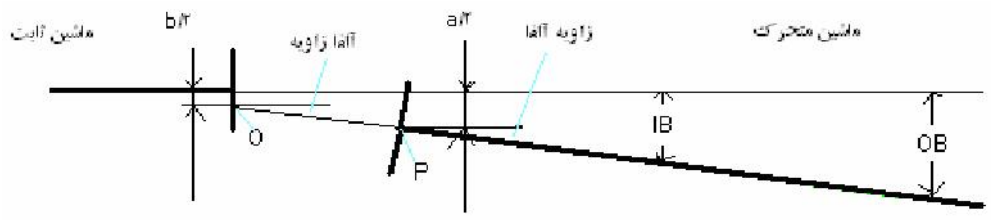
نکته دوم : هر چه فواصل ساعت های اندازه گیر(C) در روش Reverse بیشتر باشد دقت اندازه گیری بالاترخواهدبود (درصد خطا کمتر می شود) که البته این تا جایی است که خیز ساعت تاثیر گذار نباشد.

نکته سوم : یک راه میانبر برای استفاده از روابط وجود دارد و آن این که اگر ساعتی که پلانجر آن روی ماشین متحرک است (پایه آن روی دستگاه ثابت بسته شده) در ساعت ۱۲ صفر و در ساعت ۶ خوانده شود (a۶) و همچنین ساعتی که پلانجر آن روی محور ماشین ثابت است در ساعت ۶ صفر و در ساعت ۱۲ قرائت شود (b۱۲) می توان تمامی علامت های روابط (۳) (٤) از روی ساعت های اندازه گیر (با همان علامت هایی که خوانده شده اند) را مستقیما" در روابط قرار داده و هر عددی که بدست آمد (چه مثبت و چه منفی) از آن استفاده کرد یعنی اگر حاصل عبارت IB منفی شد یعنی از زیر پایه جلو شمیز برداشته شود واگرمثبت شدبایدشیمزاضافه کرد .

چند توضیح

همانطور که قبلا" نیز اشاره شده اعداد خوانده شده از روی ساعت های اندازه گیر در موقعیت بالای یک کوپلینگ (ساعت ۱۲) با اعداد خوانده شده در قسمت پایین (ساعت ۶) با هم مساوی ولی مختلف العلامه اند .

برای هم محوری کردن دستگاهها به روش Reverse فرمول های دیگری نیز وجود دارد که ذیلاً به آنها اشاره می شود .دراین روابط برای صفرکردن زاویه آلفابجای این که محورحول نقطه تقاطع امتدادماشین متحرک وماشین ثابت (O)درنظر گرفته شودمحورحول نقطه ای که ازامتدادمحورتقارن دستگاه متحرک وکوپلینگ همان دستگاه(P) است چرخانده می شود.



ولذادراین صورت روابط ریاضی بصورت زیرقابل استفاده است.

$$\begin{cases} IB = \pm\left(\frac{a-b}{2}\right)\frac{B}{C} \pm \frac{b}{2} \\ OB = \pm\left(\frac{a-b}{z}\right)\left(\frac{A+B}{C}\right) \pm \frac{b}{2} \end{cases}$$

که با عنایت به یکسان بودن نتیجه کار به حل یک مثال با این روش می پردازیم .

مثال:مثال قبلی رابا فرمول های فوق مجددا حل می کنیم

با توجه به اینکه وضعیت محور نغییری نکرده است علامت های مثبت ومنفی قسمت های اول ودوم روابط مثل شرایط قبلی بوده و فرمول های فوق بصورت زیر مورد استفاده قرار می گیرندوازقدرمطلق آنها استفاده می شود

$$\begin{cases} IB = +\left(\frac{a-b}{2}\right)\frac{B}{C} + \frac{a}{2} \\ OB = +\left(\frac{a-b}{2}\right)\left(\frac{A+B}{C}\right) + \frac{a}{2} \end{cases}$$

که با عدد گذاری به روابط زیر می رسیم:

$$\begin{cases} IB = +\frac{-0.040-(-0.020)}{2} * \frac{40}{20} + \frac{0.040}{2} \\ OB = +\frac{-0.040-(-0.020)}{2} * \frac{80+40}{20} + \frac{0.040}{2} \end{cases}$$

و از آنجا:

$$\begin{cases} IB = +0.010 * 2 + 0.020 = +0.040 \\ OB = +0.010 * 6 + 0.020 = +0.080 \end{cases}$$

همانگونه که ملاحظه می کنید جواب بدست آمده باجواب قبلی کاملا یکسان است.

نکته:

وقتی که موقعیت کوپلینگ ها مشخص شداگربه اندازه:

$$\frac{a-b}{2} * \frac{A}{C}$$

به زیرپایه های جلویا پایه های عقب اضافه یاکم شود(بسته به موقعیت محور ها)با یک مرحله شیمز گذاری می توان دو محور را موازی کرد که در مرحله بعداعدادی که به دست می آیند بصورت مثبت مثبت یا منفی منفی یا مقادیر مساوی بوده که در این شرایط کار خیلی راحت شده ویا قرار دادن یا برداشتن شیمز بطور مساوی زیر تمامی پایه ها عملیات هم محوری به سهولت انجام می شود.

مثال:

در مثال حل شده فوق اگر به اندازه:

$$\frac{-0.040-(-0.020)}{2} * \frac{80}{20} = 0.040$$

0.040 اینچ شیمز زیر پایه های جلو اضافه شود یا از زیر پایه های عقب الکتروموتور کم شود نا هم محوریAngularityحذف شده ودو محورکاملا با هم موازی می شود.

حل ترسیمی مسائل هم محوری به روش Reverse

جهت تسریع در انجام هم محوری برای کسانی که کاربا معادلات ریاضی برای آنها مشکل است روش ترسیمی روش بسیار مناسب و راحتی است(بالاخص برای اپتیمم کردن شرایط هم محوری که بعدا به شرح آن می پردازیم)..همانطور که قبلاً نیز اشاره شده اگر مقادیر انحراف ساعت های اندازه گیر روی کوپلینگ ها مشخص باشد با متصل کردن این نقاط انحراف به همدیگر و امتداد دادن آن وضعیت محور مشخص می شود وبا گذاشتن یا برداشتن مقدار مناسب شیمز(یا حرکت افقی دستگاه در صفحه افق توسط جک بولت ها) دو دستگاه با هم هم محورمی شوند.

برای بدست آوردن حرکت های لازمه پایه های ماشین(در جهات افق وقائم)بجای استفاده ازروابط ریاضی می توان از روش های ترسیمی نیز استفاده کرد که برای انجام آن با دقت بالا از کاغذهای شطرنجی استفاده می شود. و روش کار به این صورت است که یک خط افقی(خط مبنایامحورXها) ترسیم می شود و نقاط فاصله مختلف پایه ها و کوپلینگ هابا مقیاسی مناسب و یکسان روی آن مشخص می شود. و همچنین در وضعیت عمودی در محل قرار گیری کوپلینگها میزان انحراف ساعتهای اندازه گیر را با مقیاسی مناسب (تا جایی که کلیه نقاط بتوانند در صفحه قرار گیرند) پیدا می کنیم و سپس نقاط بدست آمده را به هم متصل نموده و امتداد می دهیم در این حالت فواصل عمودی بین محل قرارگیری پایه ها با محل تقاطع آنها با خط رسم شده میزان تغییراتی که باید زیر پایه ها داده شود مشخص می شود که اگر این نقاط زیر خط مبنا قرار گرفته باشند برای هم محور شدن دستگاه باید به زیر پایه ها شمیز اضافه شود و اگر این نقاط تقاطع در بالای خط مبناء واقع شده باشند باید از زیر پایه ها شمیز کم شود.

جهت روشن شدن موضوع بعد ازذکرچند نکته اساسی به حل چند مثال می پردازیم .

چند نکته مهم:

نکته اول : جهت راحت شدن کار و اینکه در حین تجزیه و تحلیل اعداد خوانده شده و تشخیص حالت کوپلینگ ها دچار اشتباه نشویم یک قانون عمومی برای این روش ذکر می کنیم و آن این که اگر اعداد خوانده شده از روی ساعت اندازه گیری که پلانجر آن روی شافت متحرک(مثلا الکتروموتور) است در موقعیت ساعت ۶صفر شود ودرموقعیت ساعت ۱۲ خوانده شود (a_{12}) و همچنین عدد خوانده شده ازروی ساعت اندازه گیری که پلانجر آن روی کوپلینگ محور ثابت است درموقعیت ساعت ۱۲صفرودرموقعیت ساعت ۶خوانده (b۶)شود می توان این اعداد را همراه با علامتشان مستقیماً روی محور عمودی (روی نقطه قرار گیری کوپلینگ ها) برد بدین صورت که اگر علامت آنها مثبت باشد نقاط رادر بالای محو ر مبنا قرار دهیم و اگر علامت آنها منفی باشد زیر محور قرار می دهیم و با متصل کردن این دو نقطه و امتداد دادن آن انحراف نقاط محل قرار گیری پایه ها را از خط مبنا اندازه گیری و مقدار حرکت مورد نیاز را بدست آوریم .

نکته دوم : اگر خطی که نقاط انحراف رابه هم متصل می کند را در هر دو جهت امتداد دهیم (در جهت محل قرارگیری ماشین ثابت ومتحرک) ومیزان انحرافات نقاط مقابل پایه های دستگاه ثابت را از آن خط اندازه گیری کنیم به راحتی می توانیم ماشین ثابت را هم نسبت به ماشین متحرک هم محور نمائیم که در بعضی از مواقع که امکان حرکت هر دو دستگاه وجود داشته باشد یا محدودیتی از لحاظ نداشتن شمیز زیر پایه های ماشین متحرک باشد این کار می تواند کمک موثری در جهت تسریع کار باشد .

نکته سوم:دراین روش بایدنصف مقدار اعدادقرائت شده ازروی ساعت های اندازه گیردرمحاسبات ترسیمی درنظر گرفته شود

مثال:اگرمیزان انحرافات اندازه گیری شده روی ساعت های اندازه گیری شده به روشReverseبصورت زیر باشد.

a(12)=+0.020 b(6)=+0.010

F=34Cm E=70Cm C=50Cm B=36Cm A=50Cm

مطلوبست مقدار شیمز مورد نیاز زیر پایه های جلو وعقب دستگاه هابرای:

۱-هم محوری کردن پمپ نسبت به الکتروموتور

۲-هم محوری کردن الکتروموتور نسبت به پمپ

برای انجام کار طبق شکل صفحه بعد ابتدا یک خط افقی رسم می کنیم وبه ازا هر یک سانتیمترفاصله بین نقاط به اندازه دو میلیمتر روی آن جدا می کنیم تا نقاط معلوم مقابل پایه ها ولبه کوپلینگ ها مشخص شود سپس با توجه به توضیحات قبلی در نقاط مقابل کوپلینگ الکتروموتور به اندازه0.010 اینچ در جهت مثبت نقطه مورد نظر را پیدا می کنیم(برای سهولت کار روی محور عمودی هر یک هزارم اینچ را معادل یک میلیمتر در نظر می گیریم وهمچنین در نقطه مقابل کوپلینگ پمپ وبه اندازه0.005 اینچ در جهت مثبت

نقطه انحراف بعدی را پیدا وبه هم وصل کرده ودر دوجهت امتداد می دهیم وسپس میزان انحراف نقاط مقابل پایه های پمپ والکتروموتور را با مقیاس هر یک میلیمتر معادل یک هزارم اینچ محاسبه وزیر پایه ها اعمال می کنیم

درمثال فوق انحراف پایه های جلو وعقب الکتروموتور نسبت به محور افقی مبنا به ترتیب برابربا 0.014و0.019 اینچ است یعنی اگر بخواهیم الکتروموتور رانسبت به پمپ هم محوری کنیم باید 0.014 اینچ از زیر پایه های جلو و0.019اینچ شیمز از زیر پایه های عقب کم کنیم واگر قرار باشد که پمپ نسبت به الکتروموتور هم محوری شود باید 0.002اینچ شیمزاز زیر پایه های جلوی و0.006اینچ از زیر پایه های عقب پمپ برداشته شود تا پمپ و الکتروموتور با هم هم محور گردند.