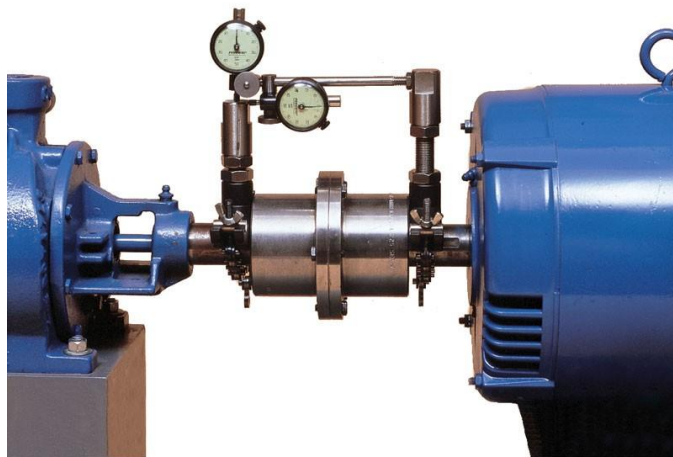


# SỔ TAY CÂN TÂM MÁY QUAY



## MỤC LỤC

<b>Chương 1 .....</b>	<b>4</b>
<b>GIỚI THIỆU VỀ CÂN TÂM .....</b>	<b>4</b>
1.1. Sai lệch cân tâm là gì?.....	4
1.2. Nguyên nhân gây sai lệch cân tâm.....	6
1.3. Lợi ích của việc cân tâm máy chính xác? .....	7
1.4. Hậu quả của sự sai lệch cân chỉnh .....	8
1.5. Các dạng sai lệch cân chỉnh thường gặp .....	11
1.6. Các bước thực hiện cân tâm.....	11
1.7. Sai số cho phép khi thực hiện cân tâm.....	13
1.8. Làm thế nào để giảm thời gian thực hiện cân tâm? .....	15
1.9. Bao lâu thì nên tiến hành kiểm tra và cân tâm lại? .....	15
1.10. Làm sao bạn biết nhà thầu xây dựng đã lắp đặt và cân tâm máy chính xác và hợp lý? ....	16
<b>Chương 2 .....</b>	<b>18</b>
<b>NHẬN BIẾT SAI LỆCH CÂN TÂM .....</b>	<b>18</b>
2.1. Nhận biết qua phân tích dữ liệu trên hệ thống system1 .....	18
2.2. Phân tích sai lệch tâm thông qua thiết bị đo phân tích rung động dạng cầm tay .....	26
2.3. Case history.....	30
2.4. Những phương pháp kiểm tra khác.....	36
<b>Chương 3 .....</b>	<b>38</b>
<b>CÁC VẤN ĐỀ LƯU Ý KHI CÂN TÂM .....</b>	<b>38</b>
3.1. Chiến lược thực hiện .....	38
3.2. Lập kế hoạch thực hiện chi tiết .....	40
3.3. Các lưu ý khi thực hiện công việc cân tâm .....	45
<b>CHƯƠNG 4 .....</b>	<b>95</b>
<b>CÂN TÂM THÔ.....</b>	<b>95</b>
<b>CHƯƠNG 5 .....</b>	<b>102</b>
<b>KHẮC PHỤC SAI LỆCH CÂN TÂM .....</b>	<b>102</b>
5.1. Lắp đặt máy lần đầu tiên .....	103
5.2. Các bước định vị trí của máy cơ bản.....	105
6.1. Các loại công cụ dùng để dịch chuyển.....	117
5.3. Phải làm gì khi mọi thứ không làm việc như ý muốn .....	125
<b>CHƯƠNG 6 .....</b>	<b>130</b>
<b>CƠ BẢN VỀ MÔ HÌNH CÂN CHỈNH.....</b>	<b>130</b>
6.1. Kỹ thuật đồ họa và mô hình cân chỉnh.....	132
6.2. Mô hình cân chỉnh cơ bản .....	133

6.3.	Tỷ lệ hệ thống truyền động trên mô hình cân chỉnh .....	135
6.4.	Những quy tắc quan trọng trong việc đồ hoạ và mô hình cân chỉnh.....	137
<b>CHƯƠNG 7 .....</b>		<b>154</b>
<b>PHƯƠNG PHÁP CÂN CHỈNH REVERSE.....</b>		<b>154</b>
7.1.	Các phương trình toán học cơ bản cho phương pháp cân chỉnh Reverse.....	155
7.2.	Mô hình phương pháp Reverse sử dụng kỹ thuật điểm đến điểm (Point-to-point).....	157
7.3.	Các chỉ số Rim luôn gấp 2 lần lượng offset thực tế. ....	160
7.4.	Mô hình phương pháp Reverse sử dụng kỹ thuật đường đến điểm .....	164
<b>CHƯƠNG 8 .....</b>		<b>169</b>
<b>PHƯƠNG PHÁP RIM – FACE.....</b>		<b>169</b>
8.1.	Mối quan hệ toán học trong cân chỉnh máy .....	170
8.2.	Phương pháp 16 điểm .....	171
8.3.	Phương pháp 24 điểm .....	173
8.4.	Các vấn đề với việc thu thập các chỉ số đo face.....	177
8.5.	Mô hình phương pháp Face và Rim.....	183
<b>CHƯƠNG 9 .....</b>		<b>190</b>
<b>TÍNH TOÁN BÙ CHO SỰ GIÃN NỖ NHIỆT .....</b>		<b>190</b>
9.1.	Sự giãn nở nhiệt .....	190
9.2.	Các phương pháp khác để xác định giãn nở nhiệt.....	194
9.3.	Trích xuất các chỉ số đo cần đạt.....	199

## Chương 1

# GIỚI THIỆU VỀ CÂN TÂM

**Các điểm chính mà học viên cần nắm trong chủ đề này là:**

Hiểu được khái niệm về cân tâm ở máy quay.

Hư hỏng thường gây ra bởi sai lệch cân tâm.

Các lợi ích của việc cân tâm chính xác.

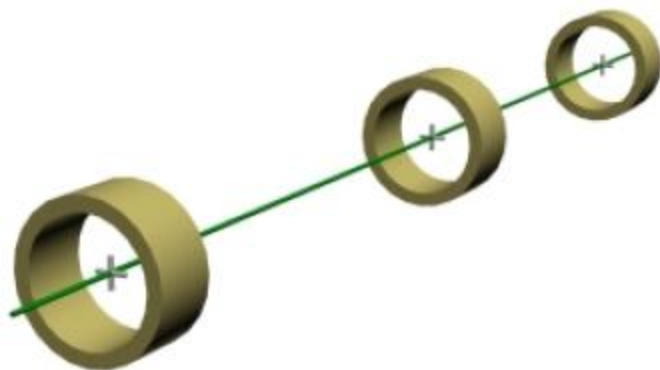
Các dạng sai lệch cân tâm.

Các bước thực hiện cân tâm.

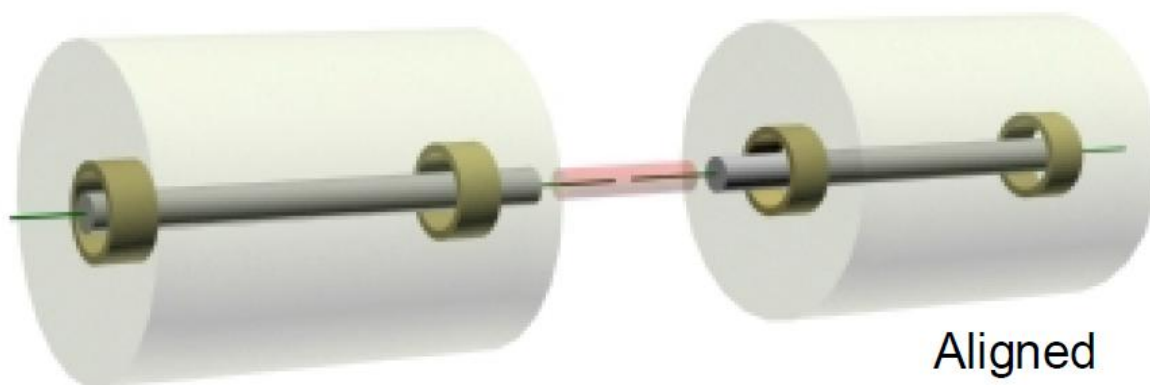
Sai số cho phép khi thực hiện cân tâm.

### 1.1. Sai lệch cân tâm là gì?

Để hiểu khái niệm về sai lệch cân tâm, đầu tiên chúng ta phải định nghĩa về cân tâm. Sự cân tâm bên trong hoàn hảo tồn tại khi tâm của tất cả các bearing, các diaphragm và seal được đặt trên cùng một đường thẳng và đường thẳng đó là đường tâm của máy (hình 1). Hai máy được xem là trong trạng thái cân tâm ngoài hoàn hảo nếu các đường tâm của hai trục là trên cùng một đường thẳng (hình 2, trên). Trong thực tế, một chút sai lệch cân tâm bên trong và bên ngoài luôn tồn tại. Các khớp nối mềm (flexible) được thiết kế để chịu một lượng sai lệch cân tâm nhất định và lượng sai lệch cân tâm đó phụ thuộc vào loại khớp nối được sử dụng. Khi sai lệch cân tâm vượt quá dung sai cho phép của khớp nối được sử dụng, thì các thiết bị được xem là bị sai lệch cân tâm.

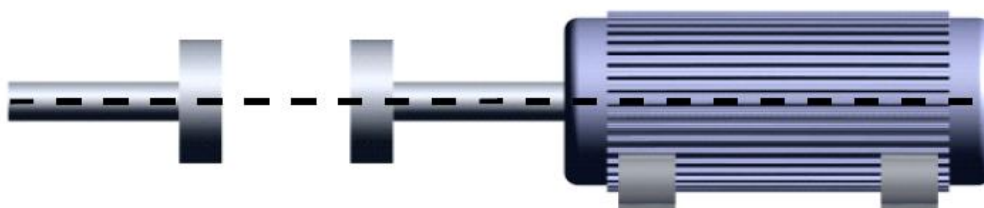


Hình 1.1: Cân tâm nội hoàn hảo tồn tại trong máy khi tâm của các bộ phận bên trong là nằm trên một đường thẳng.



Hình 1.2: Cân tâm ngoài hoàn hảo khi đường tâm trục của chúng thẳng hàng trong giới hạn cho phép màu đỏ.

Trong phạm vi của tài liệu này chủ yếu đề cập đến trường hợp cân đồng tâm ngoài hay gọi là cân tâm khớp nối. Mục tiêu của việc thực hiện cân tâm ở thiết bị quay là: “làm đồng tâm trục dưới các điều kiện hoạt động bình thường”. Bởi vì mỗi thiết bị và mỗi trục tạo ra phản ứng khác nhau dưới các điều kiện hoạt động khác nhau, nên việc cân chỉnh được thực hiện để nhằm đưa các trục về gần giá trị đồng tâm nhất có thể trong các điều kiện hoạt động bình thường hay chúng ta thường gọi là đưa về giá trị spec tức giá trị nằm trong miền dung sai cho phép (xem thêm mục 7 ở dưới).



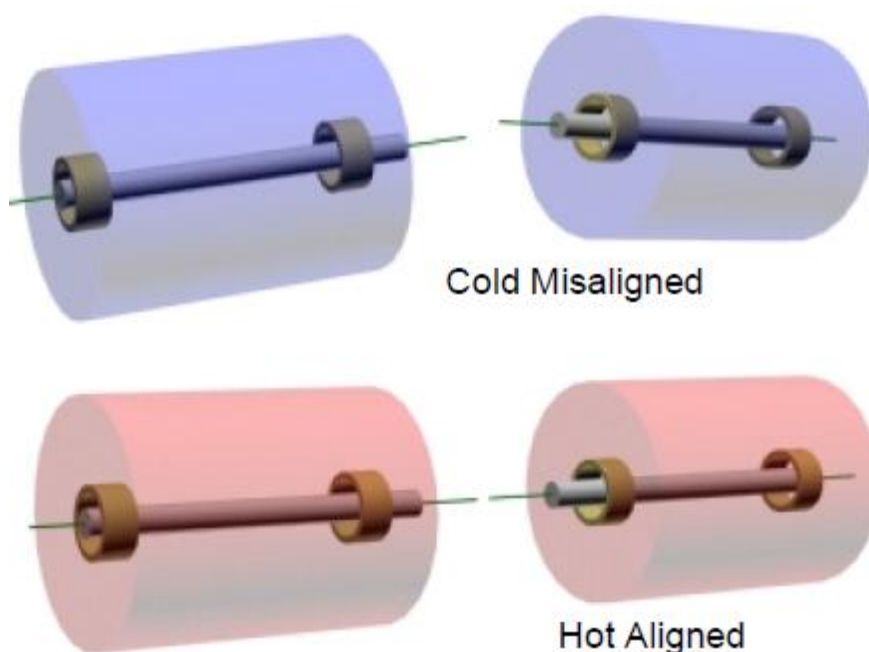
Hình 1.3: Mục tiêu của cân chỉnh là làm đồng tâm các trục.

## 1.2. Nguyên nhân gây sai lệch cân tâm

### a. Nhiệt độ

Trong khi một thiết bị đang hoạt động, nhiệt độ có thể chênh lệch giữa bộ phận với nhau và nhiệt độ có thể thay đổi cùng với tải. Sự giãn nở nhiệt gây ra sự thay đổi các kích thước tuyến tính của máy khi được so sánh với điều kiện nguội hay không hoạt động.

Khi nhiệt độ thay đổi trong khi khởi động, các kích thước tuyến tính của máy có thể thay đổi một cách phức tạp, các bộ phận nóng giãn nở nhiều hơn các bộ phận nguội. Sự thay đổi về kích thước ở các bộ đỡ máy và vỏ máy có thể làm cho máy nâng lên hay hạ xuống và/hoặc thay đổi hướng góc khi thiết bị được gia nhiệt nóng lên. Bất kỳ thiết bị lân cận nào cũng sẽ thay đổi và sự thay đổi đó sẽ gần như theo các dạng hoàn toàn khác nhau. Do đó, nếu hai thiết bị được cân chỉnh ở trạng thái nguội, thì chúng có thể trở nên sai lệch ở trạng thái nóng. Bởi lý do này, các thiết bị được cố ý làm sai lệch ở trạng thái nguội và sự sai lệch nguội này được tính toán cẩn thận để tạo ra sự cân chỉnh đúng trong trạng thái nóng (Hình 4).



Hình 1.4: các máy được cố ý làm sai lệch ở trạng thái nguội để mà khi máy đạt đến trạng thái hoạt động, giãn nở nhiệt sẽ làm máy đạt trạng thái cân chỉnh.

### b. Tải

Bởi vì nhiệt độ của máy có thể thay đổi cùng với tải, nên sự cân chỉnh có thể cũng thay đổi cùng với tải và nó có thể khó để thiết lập sự cân chỉnh nguội mà tạo ra trạng thái cân chỉnh nóng có thể chấp nhận đối với tất cả các điều kiện tải hoạt động.

### c. Các yếu tố bên ngoài khác

- Nền móng

Các triệu chứng sai lệch tâm cũng có thể bị gây ra bởi các yếu tố bên ngoài tác động lên bản thân máy. Các vấn đề về nền móng có thể làm thay đổi vị trí máy theo thời gian. Các vấn đề bộ máy có thể bao gồm: nứt bê tông, lỏng các tấm đỡ và lỏng các bulong chân. Bê tông bị nhiễm dầu có thể dẫn đến suy giảm nền bê tông và mất đi sức bền đỡ vốn có.

**- Co kéo đường ống**

Co kéo đường ống có thể làm biến dạng vỏ máy và gây ra sai lệch cân tâm bằng việc dịch chuyển các bộ đỡ bearing. Co kéo đường ống có thể bởi lỏng các hanger giữ ống hay cong, gãy hay thiếu các giá đỡ ống. Các mối nối đường ống kém có thể tạo ra các tải lớn lên vỏ máy. Đường ống cần phải không tạo ra lực tác dụng lên vỏ máy.

**- Soft foot**

Soft foot là tình trạng mà ở đó một hay nhiều chân máy không đồng phẳng sau khi siết chặt các bulong chân. Khi một chân không được đỡ một cách phục hợp (soft foot) thì việc siết các bulong chân xuống sẽ làm biến dạng vỏ máy. Soft foot có thể bị gây ra bởi không đủ lượng shim chêm. Hay bởi lượng shim quá nhiều cái mà có thể tạo ra một bộ đỡ dạng lò xo. Không nên đặt lượng shim vượt quá 4-5 shim dưới mỗi chân máy. Soft foot có thể bị gây ra bởi các tấm đỡ chân bị biến dạng, sự lắp đặt tấm đỡ không phù hợp, gia công các chân hay tấm đỡ không phù hợp hay các chân không song song với tấm đỡ. Vỏ máy bị cong hay biến dạng cũng có thể gây ra soft foot.

Các ảnh hưởng bên ngoài tạo ra các triệu chứng mất đồng tâm nhưng chúng không giống như sai lệch tâm. Thông thường, khi các ảnh hưởng bên ngoài được khắc phục thì trạng thái cân tâm của máy trở lại ngưỡng cho phép. Trạng thái sai lệch cân tâm thực sự tồn tại chỉ khi tất cả các yếu tố bên ngoài được xem xét và khắc phục và sai lệch vẫn duy trì.

**- Sử dụng công cụ không phù hợp:**

Việc sử dụng công cụ đo không phù hợp hoặc không chính xác cũng là nguyên nhân gây ra sai lệch cân tâm như: sử dụng đồng hồ đo không chính xác, sử dụng dụng cụ đo có độ chính xác thấp để đo lường...

**- Nhân lực thực hiện việc cân chỉnh không được đào tạo phù hợp:**

Người thực hiện cân tâm phải được đào tạo và nắm được quy trình cân chỉnh. Hiểu được các bước cần kiểm tra, sử dụng dụng cụ nào cho phù hợp, các khó khăn và các vấn đề dẫn đến sai số cân chỉnh là gì để có giải pháp khắc phục tương ứng, việc đọc sai thông số cũng là một trong những nguyên nhân phổ biến gây ra sai lệch cân chỉnh.

### **1.3. Lợi ích của việc cân tâm máy chính xác?**

Cân tâm chính xác sẽ làm tăng tuổi thọ vận hành của máy móc thông qua việc:

- 1- Giảm lực hướng kính và dọc trục để tăng tuổi thọ ổ bạc và sự ổn định của rôto.

- 2- Tối thiểu lực gây cong trục ở các điểm truyền lực từ vị trí khớp nối tới ổ bạc phía khớp nối
- 3- Tối thiểu sự mài mòn của các bộ phận khớp nối
- 4- Giảm khả năng hư seal
- 5- Duy trì khe hở thích hợp của bánh công tác bên trong
- 6- Loại bỏ khả năng hư trục từ sự mỏi của kim loại
- 7- Hạ mức rung động trên vỏ máy, buồng ổ bạc và rôto

#### 1.4. Hậu quả của sự sai lệch cân chỉnh

Mặc dù khá phổ biến nhưng sai lệch cân chỉnh có thể nguy hại bản thân rất tốt trên máy quay trong công nghiệp. Những gì chúng tôi chứng kiến là những tác động thứ cấp của sai lệch cân chỉnh vì nó gây ra thiệt hại cho các máy móc thiết bị một cách từ từ trong thời gian dài. Một số triệu chứng sai lệch như sau:

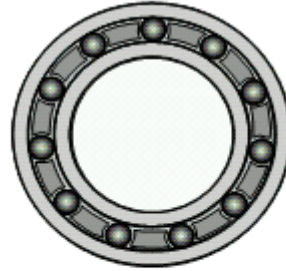
- Rung động cao theo phương dọc trục/hướng kính: Biểu hiện rung động ở các thiết bị khác nhau sẽ khác nhau phụ thuộc vào mức độ và loại sai lệch, loại khớp nối, và điều kiện của bộ đỡ và nền bê tông. Soft foot và biến dạng vỏ máy cũng sẽ thường ảnh hưởng đến cân chỉnh và tạo ra rung động.
- Nhiệt độ tăng cao tại hay gần các bearing hay nhiệt độ dầu xả cao: sai lệch cân chỉnh làm cộng thêm lực pre-load lên tải của bearing. Lực preload được định nghĩa như là một lực tĩnh đơn hướng. Preload tăng thêm sẽ làm gia tăng tải trên một inch vuông của bearing và gia tăng sự ma sát. Bearing bị preload nghiêm trọng có thể sẽ xuất hiện nhiệt độ bề mặt kim loại cao hơn.
- Sai lệch cân tâm nghiêm trọng có thể gây ra mài mòn, hư hỏng sớm đối với bearing, seal, trục và khớp nối:
  - o Mài mòn/hư hỏng bearing và seal – bearing dạng fluid film bị tải nặng bởi sai lệch cân chỉnh có thể bị mài bóng và chà xát trên bề mặt babbit.



Hình 1.5: Bearing bị tải cục bộ bị chà xát trên bề mặt babbit.

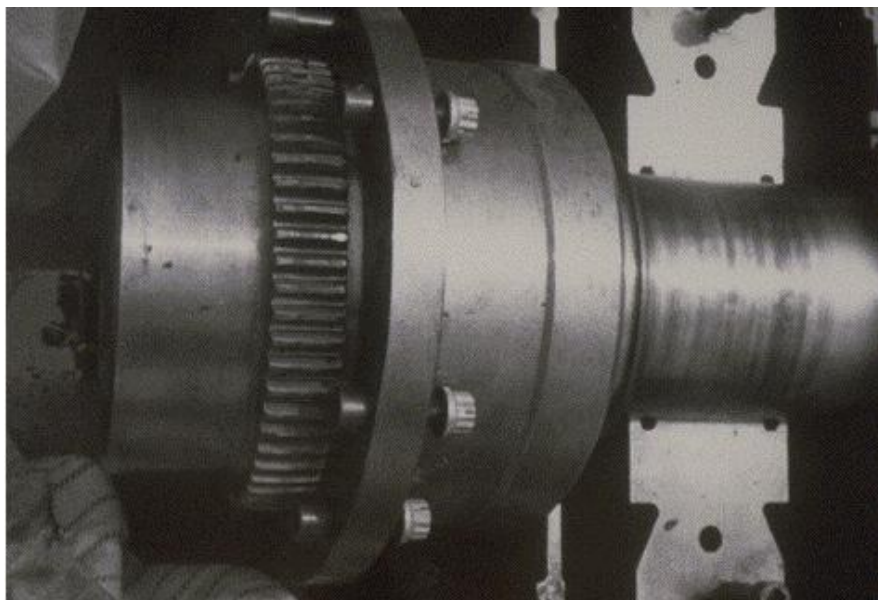
- Bearing dạng con lăn sẽ bị rút ngắn tuổi thọ đáng kể. Mức độ preload bởi sai lệch cân chỉnh được đưa trực tiếp vào phương trình để tính toán tuổi thọ của loại bearing này.

$$L_{10} = \begin{matrix} \text{Hours of life} \\ \text{for 10\% failure rate} \end{matrix}$$



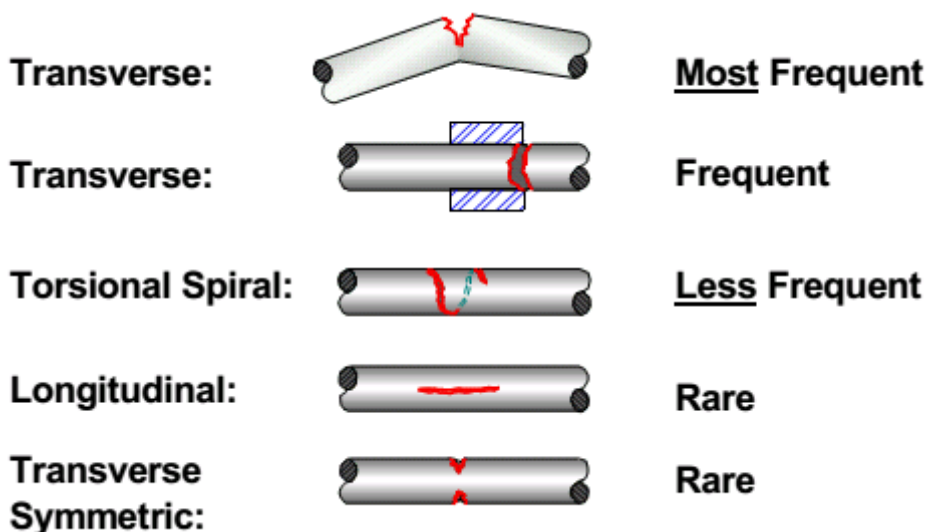
$$L_{10} = \frac{16,700}{\text{rpm}} \left[ \frac{\text{dynamic capacity} \times \text{load rating}}{\text{FORCE}} \right]$$

- Seal và packing có thể cũng sẽ bị cọ xát hoặc mài mòn quá mức do bị sai lệch cân chỉnh dẫn đến rung động tăng thêm và làm giảm hiệu suất hoạt động của máy.
- Mài mòn/hư hỏng khớp nối – các khớp nối được thiết kế để truyền momen, mà cũng vừa có khả năng hấp thụ một phần sai lệch cân chỉnh. Tuy nhiên, nếu sự sai lệch cân chỉnh quá mức có thể gây ra mài mòn và hoặc hư hỏng sớm đối với khớp nối. Các khớp nối dạng bánh răng sẽ chịu sự mài mòn không đều và vượt quá mức trên các răng. Các diaphragm và lá shim có thể bị mỏi, biến dạng và nứt gãy các bộ phận bên trong. Sự sai lệch cân chỉnh tạo ra ứng suất xen kẽ đối với các bộ phận quay; khi đạt đến giới hạn mỏi, các coupling hub tự chúng có thể bị nứt.



Hình 1.6: Khớp nối dạng bánh răng cùng với ống kết nối được bị loại bỏ.

- Nút trục – các ứng suất đan xen không đều bởi sai lệch cân chỉnh có thể cũng gây ra các vết nứt gãy xảy ra trên rotor, thường gần các mối ghép chặt ở coupling hub.



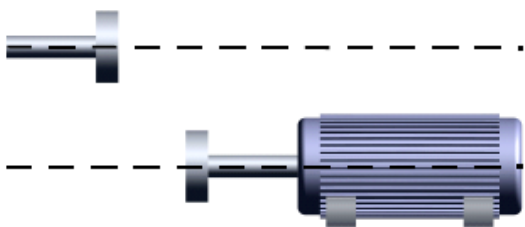
Hình 1.7: Các loại nứt trục.

- Những hư hỏng khác – Sai lệch cân chỉnh thường là nguyên nhân gốc của rất nhiều dạng hư hỏng thứ cấp khác. Thông thường, những vấn đề khác này xuất hiện đầu tiên: cọ xát có thể xảy ra ở seal và ở các bearing, khả năng gây ra rung cao.
  - Sự mất ổn định có thể xảy ra ở seal và bearing khi sai lệch cân chỉnh dẫn đến một bearing bị mất tải.
  - Đáp ứng mất cân bằng cao có thể xảy ra khi sai lệch cân chỉnh làm bearing bị mất tải (unloaded).
  - Lỏng các chi tiết cơ khí có thể bắt nguồn từ sự mài mòn bị gây ra bởi các lực lớn tác động lên các bộ phận máy do sai lệch cân chỉnh.
- Như vậy, sự tổn thất lớn nhất của doanh thu bởi sai lệch cân chỉnh là do tổn thất về sản lượng khi một thành phần của máy hư hỏng do sự sai lệch cân tâm và sản phẩm mà nó đang tạo ra sẽ bị dừng và doanh thu đang tạo ra cũng vậy, cái mà sau đó dẫn đến lượng tổn thất lớn thứ hai về tài chính. Sau khi máy bị hỏng, các bộ phận mới phải được mua và chúng ta phải trả tiền để sửa chữa hay thay thế hoàn toàn các bộ phận bị hư hỏng hay toàn bộ cụm thiết bị. Khi sản lượng bị mất đi, thì tiến độ thực hiện sửa chữa có khuynh hướng đẩy nhanh hơn và thông thường phải giảm thiểu thời gian cần thiết để thực hiện việc cân chỉnh chính xác cho thiết bị. Và quá trình suy thoái lại bắt đầu lại từ đầu.
- Phần lớn các nhà máy công nghiệp không ý thức được vấn đề sai lệch cân chỉnh của họ tệ như thế nào và có thể hơn một nửa của tất cả các thiết bị đang vận hành ngày nay vượt quá sai lệch 4mils/in của sai lệch cân chỉnh.

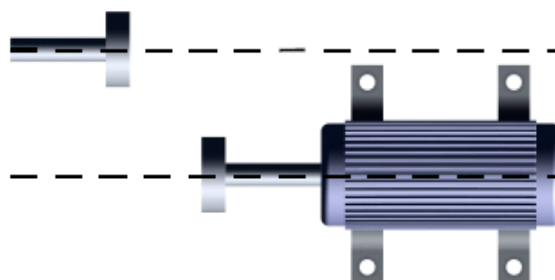
### 1.5. Các dạng sai lệch cân chỉnh thường gặp

Sai lệch ở khớp nối có thể được phân thành hai dạng sai lệch là sai lệch song song (offset) và sai lệch góc (angular).

**Sai lệch song song (offset):** là khoảng sai lệch giữa hai trục song song cùng với hai mặt coupling hub song song với nhau như hình.



Hình 1.8: Sai lệch song song theo mặt phẳng đứng.



Hình 1.9: Sai lệch song song theo mặt phẳng ngang

**Sai lệch góc (Angular):** là khoảng sai lệch góc giữa hai tâm trục hoặc hai giữa hai mặt coupling.



Hình 1.10: Sai lệch góc theo mặt phẳng đứng.



Hình 1.11: Sai lệch góc theo mặt phẳng ngang

Cả sai lệch góc và sai lệch song song đều xảy ra trong mặt phẳng đứng và mặt ngang. Thông thường, sai lệch giữa máy này với máy kia là sự kết hợp của 4 khả năng.

Một dạng sai lệch khác (không phải sai lệch khớp nối thường gặp) nữa là sai lệch bearing

### 1.6. Các bước thực hiện cân tâm

**Bước 1:** chuẩn bị các công cụ cần thiết và huấn luyện nhân sự cho việc thực hiện cân tâm.

Hãy mua sắm hay chế tạo các công cụ và dụng cụ đo cần thiết. Đảm bảo rằng những ai tham gia vào quá trình cân tâm sẽ được huấn luyện đầy đủ về các quy trình và kỹ thuật cân tâm khác nhau, nắm được cách làm thế nào để bảo quản thiết bị đo và làm thế nào để sử dụng chúng, những công cụ nào sử dụng để dịch chuyển vị trí máy, máy có thực sự sẵn sàng để thực hiện cân tâm và hoạt động hay nó cần phải được tháo ra và phục hồi lại, khi một bộ máy hay nền máy bị suy yếu đến điểm mà ở đó việc sửa chữa là cần thiết hay sự khắc phục phải được thực hiện, các vấn đề khắc phục mà tồn tại giữa mặt dưới của vỏ máy và các điểm tiếp xúc trên

bộ máy, làm thế nào kiểm tra ứng suất động và tĩnh của đường ống, các vị trí máy ở trạng thái dừng máy mong muốn là gì, làm thế nào để đo dịch chuyển máy OL2R, sai lệch cân tâm cho thiết bị đang hoạt động là như thế nào, và làm thế nào để lưu trữ những ghi chép về công việc vừa được thực hiện trong quá trình cân chỉnh cho sự tham chiếu về sau.

**Bước 2:** Thu thập thông tin liên quan về thiết bị được cân tâm

Có các công cụ đặc biệt để đo cân tâm hay thay đổi vị trí máy hay không? Thiết bị có dịch chuyển từ vị trí dừng đến điều kiện hoạt động không? Nếu vậy lượng dịch chuyển là bao nhiêu và bạn phải điều chỉnh lượng offset bao nhiêu để máy đạt được sự đồng tâm khi ở trạng thái hoạt động. Hãy thu thập tất cả các thông tin về lịch sử thiết bị để biết được các vấn đề mà đã được phát hiện và đã được xử lý.

**Bước 3:** Đảm bảo an toàn cho nơi làm việc

Trước khi bắt đầu công việc trên bất kỳ thiết bị nào hãy ghi nhớ an toàn là trên hết. Thực hiện tag và lock out thiết bị và thông báo cho người thích hợp mà đang làm việc với thiết bị. Xin thủ tục cấp phép và kiểm tra nồng độ khí cháy nổ ở nơi làm việc.

Bước 4: thực hiện các bước kiểm tra ban đầu trước khi bắt đầu thực hiện cân tâm  
Thực hiện kiểm tra khe hở bearing, kiểm tra các dấu hiệu bị lỏng, đo runout trục và hub, kiểm tra khớp nối xem có bị hư hỏng hay mòn ở các bộ phận nào hay không, tìm và khắc phục bất kỳ vấn đề nào phát hiện đối với bộ máy và nền máy, tìm và khắc phục tình trạng soft foot và tìm và loại bỏ bất kỳ ứng suất kéo của đường ống, ống góp tác động lên máy.

**Bước 5:** Đo lường sai lệch tâm

Đầu tiên, cân chỉnh thô thiết bị và kiểm tra để đảm bảo rằng tất cả các bulong chân đều được siết chặt. Sau đó đo các vị trí trụ sử dụng các cảm biến đo chính xác (+0.001 in hay tốt hơn) như các đồng hồ so, thiết bị đo laser, các đầu đo tiệm cận, các bộ ghi nhận quang học hay một số loại thiết bị cảm biến chính xác khác. Từ dữ liệu này, xác định xem thông số cân chỉnh của thiết bị có nằm trong sai số cho phép hay không?

**Bước 6:** hiệu chỉnh sai tình trạng sai lệch cân tâm

Nếu thiết bị không nằm trong giới hạn cân chỉnh cho phép, thì đầu tiên, hãy xác định các vị trí hiện tại của tâm trục quay của tất cả các thiết bị trong dây truyền máy, sau đó, hãy tìm hiểu về bất kỳ giới hạn dịch chuyển dịch ở các chân thiết bị hay các điểm cần kiểm soát; tiếp theo, quyết định bước nào hoặc lượng dịch chuyển thiết bị cần thực hiện là bao nhiêu; và cuối cùng, định vị trí của máy theo phương đứng, ngang và dọc trục. Sau khi bạn thực hiện sự dịch chuyển, hãy đảm bảo kiểm tra thông số cân tâm như được mô tả ở bước 5 để xác định các thiết bị xem thiết bị có thật sự được dịch chuyển theo cách mà bạn muốn thiết bị đạt đến hay không. Khi thông số cân tâm đạt đến giới hạn cho phép, thì hãy ghi nhận lại

các vị trí cân tâm cho việc tham khảo trong tương lai, và các tấm shim được sử dụng để điều chỉnh độ cao của máy.

Nếu có các bulong công theo phương ngang và dọc trục, chạm các bulong công vào mặt bên của máy, sau đó rút chúng ra để mà đảm bảo khe hở khoảng 10-20mils giữa vỏ máy và đầu của bulong công, hãy khóa các bulong chân ở vị trí đó và đảm bảo các bulong chân được an toàn.

**Bước 7:** Chuẩn bị sẵn sàng để vận hành thiết bị

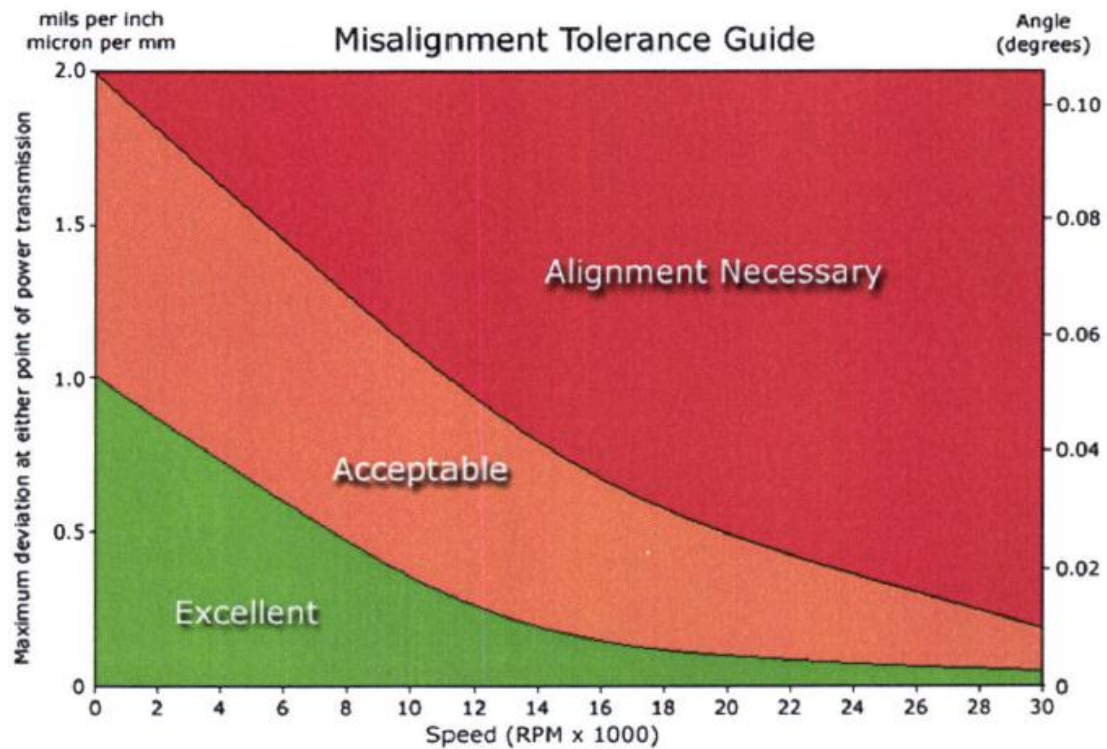
Đảm bảo hệ thống truyền động sẵn sàng để hoạt động trước khi bạn tháo các nhãn gián an toàn. Hãy đảm bảo chủng loại và lượng dầu bôi trơn phù hợp ở tất cả các ổ đỡ máy, đảm bảo tất cả các bulong chân được siết chặt. Nếu chúng ta đang làm việc với một motor điện, thì chúng ta có thể phải tháo biển Lock Out và đảm bảo motor đang được quay đúng hướng. Nếu thiết bị ta đang làm việc là turbine hơi hay gas turbine thì bạn có thể muốn kiểm tra các thông số thiết lập overspeed trip. Với thiết bị dẫn động được ngắt kết nối khỏi thiết bị truyền động, bây giờ có lẽ là thời điểm tốt nhất để kiểm tra mức động rung động ở các bearing (cũng như bất kỳ thông số hoạt động khác). Sau khi thiết bị truyền động chạy test solo xong, hãy lắp lại biển Lock Out lại. Đảm bảo rằng khoảng cách giữa hai đầu trục và khoảng cách khớp nối được thiết lập đúng. Giả định rằng khớp nối được kiểm tra về các bộ phận bị hư hỏng trong quá trình thực hiện cân chỉnh, hãy thay thế bất kỳ chi tiết nào bị hỏng, lắp lại khớp nối và kiểm tra sự quay tự do của toàn bộ hệ thống máy nếu có thể. Hãy đảm bảo bất kỳ kết nối nào (đường ống, dây hay cuộn dây, ống góp) kết nối đến máy được an toàn. Lắp các bao che khớp nối và thực hiện bất kỳ công việc kiểm tra còn lại đối với dây truyền động trước khi tháo các tấm biển về an toàn.

**Bước 8:** Khởi động hệ thống dẫn động và đảm bảo nó hoạt động tốt.

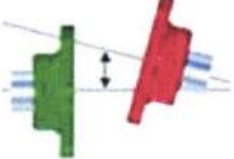
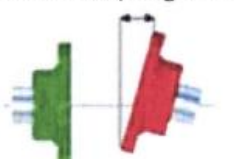
Vận hành thiết bị ở các điều kiện hoạt động bình thường và ghi nhận các thông số độ rung, nhiệt độ tại ổ đỡ, tải bearing, lưu lượng và áp suất đầu vào đầu ra, dòng điện và các thông số hoạt động khác.

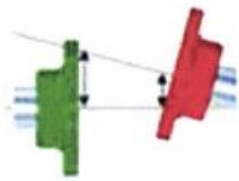
### 1.7. Sai số cho phép khi thực hiện cân tâm

Khi nào thì thông số cân chỉnh cho phép đạt được? điều đó phụ thuộc vào một vài yếu tố khác nhau. Có hai yếu tố quan trọng nhất kiểm soát thông số cho phép là lượng offset, tốc độ và khoảng cách giữa hai điểm truyền động. Các điểm truyền động năng lượng thông thường được đề cập đến là các yếu tố flexible trong khớp nối; các đĩa trong khớp nối dạng disk pack, tâm của bánh răng trong khớp nối dạng bánh răng hay membrane trong khớp nối dạng diaphragm. Nguyên tắc cơ bản là sự mất cân chỉnh cho phép là 1mil trên 1 inch của chiều dài khớp nối đối với thiết bị vận hành với tốc độ dưới 1800rpm và 0.5 mil/inch đối với các máy vận hành trên 1800rpm và 0.25mil/inch với các máy vận hành trên 3600rpm.



Hình 1.12: Sai lệch cân chỉnh cho phép (theo shaft alignment handbook)

	RPM	inch (mils)		metric (mm)	
		Acceptable	Excellent	Acceptable	Excellent
<b>Short "flexible" couplings</b>  <b>Offset:</b>  	600	9.0	5.0	0.19	0.09
	750				
	900	6.0	3.0		
	1200	4.0	2.5		
	1500			0.09	0.06
	1800	3.0	2.0		
	3000			0.06	0.03
	3600	1.5	1.0		
	6000			0.03	0.02
	7200	1.0	0.5		
<b>Angularity:</b> <b>Inch:</b> Gap difference per 10 inch coupling diameter <b>Metric:</b> Gap difference per 100mm coupling diameter  	600	15.0	10.0	0.13	0.09
	750				
	900	10.0	7.0		
	1200	8.0	5.0		
	1500			0.07	0.05
	1800	5.0	3.0		
	3000			0.04	0.03
	3600	3.0	2.0		
	6000			0.03	0.02
	7200	2.0	1.0		
<b>Soft foot</b>	Any	0.06		2	

	RPM	inch (mils)		metric (mm)	
		Acceptable	Excellent	Acceptable	Excellent
<b>Spacer shaft and membrane (disc) couplings:</b> <b>Inch:</b> Offset per inch spacer shaft <b>Metric:</b> Offset per 100mm spacer shaft 	600	3.0	1.8		
	750			0.25	0.15
	900	2.0	1.2		
	1200	1.5	0.9		
	1500			0.12	0.07
	1800	1.0	0.6		
	3000			0.07	0.04
	3600	0.5	0.3		
	6000			0.03	0.02
	7200	0.03	0.02		
<b>Soft foot</b>	Any	0.06		2	

Hình 1.13: Dung sai cân chỉnh theo pruftechnik

- Đối với những thiết bị có thông số của NSX thì tuân thủ theo hướng dẫn của NSX.

### 1.8. Làm thế nào để giảm thời gian thực hiện cân tâm?

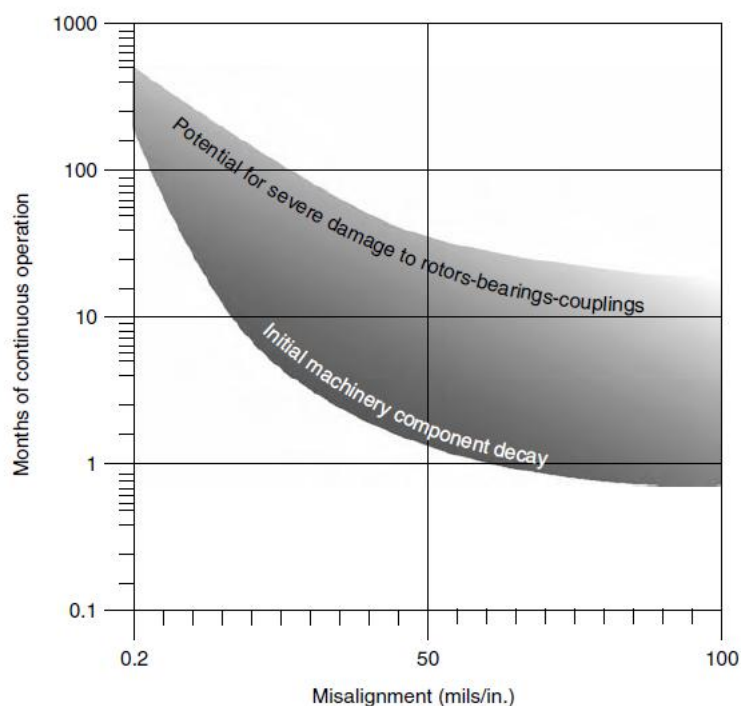
Đầu tiên là người thực hiện công việc cân tâm phải biết họ đang làm gì? và mục tiêu của họ là gì? Họ phải chuẩn bị tất cả các dụng thích hợp cần thiết cho công việc.

Chìa khóa dẫn đến thành công của việc cân tâm là làm sao để có khả năng tối thiểu hóa số lần di chuyển chân máy

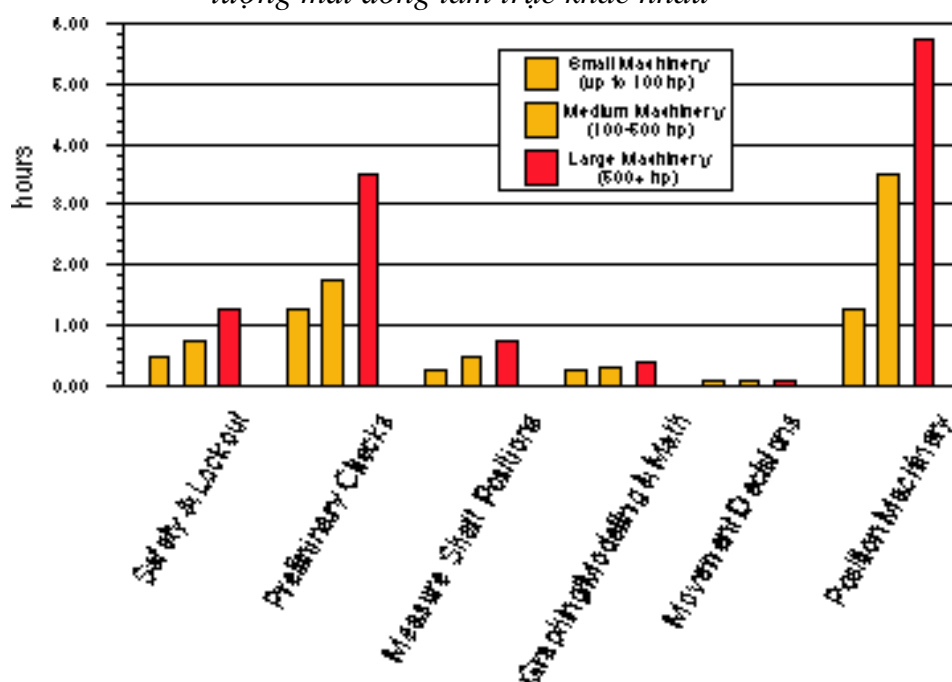
### 1.9. Bao lâu thì nên tiến hành kiểm tra và cân tâm lại?

Máy động chuyển động quay ngay sau khi bạn khởi động, sự di chuyển này là khá nhanh và vị trí máy sẽ cố định sau khi sự giãn nở nhiệt và điều kiện vận hành ổn định (sau 2 giờ đến 1 tuần). Tuy nhiên, vẫn có sự thay đổi nhỏ xảy ra trong một khoảng thời gian dài. Vị trí máy sẽ thay đổi từ từ do các nguyên nhân sau: nền móng máy nứt hoặc cong oằn, nền đất máy bị trượt. Khi nền móng có sự di chuyển chậm, đường ống kết nối với máy sẽ bị kéo dãn, trong trường hợp này máy có thể bị mất độ đồng tâm. Nhiệt độ thay đổi theo mùa cũng gây nền bê tông, móng máy, đường ống giãn nở ra hoặc co lại.

Đề nghị nên kiểm tra lại cân tâm sau 3-6 tháng chạy máy đối với các máy mới được lắp đặt và sau đó cứ 1 năm kiểm tra 1 lần.



Hình 1.14: Thời gian dự tính dẫn tới hư hỏng của máy móc theo sự thay đổi của lượng mất đồng tâm trục khác nhau



Hình 1.15: Thời gian dự tính thực hiện các bước cân tâm

#### 1.10. Làm sao bạn biết nhà thầu xây dựng đã lắp đặt và cân tâm máy chính xác và hợp lý?

Trong hợp đồng với nhà thầu xây dựng, phải yêu cầu họ cung cấp thông số cân tâm ban đầu và thông số cân tâm cuối cùng, tình trạng softfoot (chân kênh) và cách sửa chữa của họ, thông tin về sự cong của trục và bích khớp nối(hub), sự dịch chuyển máy họ đã làm và dung sai cân tâm cuối cùng. Đừng thỏa mãn với

câu trả lời (khi bạn yêu cầu các thông số trên) như... “Chúng tôi đã dùng đồng hồ so” hoặc “Chúng tôi đã sử dụng máy cân tâm laser”.  
Đồng hồ so và laser không di chuyển máy, con người di chuyển chúng.

## Chương 2

# NHẬN BIẾT SAI LỆCH CÂN TÂM

### Các điểm chính cần nắm:

- *Nắm được cách nhận biết sai lệch cân tâm thông qua giám sát thông số trên hệ thống system1*
- *Nắm được cách nhận biết sai lệch cân tâm thông thiết bị đo phân tích dạng cầm tay*
  - *Nắm được các phương pháp phát hiện sai lệch cân tâm.*

Có nhiều phương pháp nhận biết sai lệch cân tâm như qua phân tích độ rung, phân tích ảnh nhiệt hoặc thông qua việc giám sát rò rỉ tại hiện trường, kiểm tra các bộ phận, chi tiết hư hỏng trong quá trình tháo ra; Tuy nhiên, trong khuôn khổ tài liệu này tác giả sẽ tập trung chủ yếu vào việc phân tích sai lệch tâm thông qua phân tích rung động:

### 2.1. Nhận biết qua phân tích dữ liệu trên hệ thống system1

#### a. Nhiệt độ bearing cao

Nhiệt độ bạc đỡ cao thường là cảnh báo đầu tiên về tình trạng sai lệch cân tâm. Các tải hướng kính cao được tạo ra từ sự thay đổi tải do vấn đề sai lệch cân tâm có thể gây ra ứng suất tiếp xúc lớn trong lưu chất bôi trơn của các bearing bị quá tải. Ứng suất này tạo ra nhiệt độ dầu cao hơn tại các ổ đỡ hay nhiệt độ vỏ bearing cao hơn.

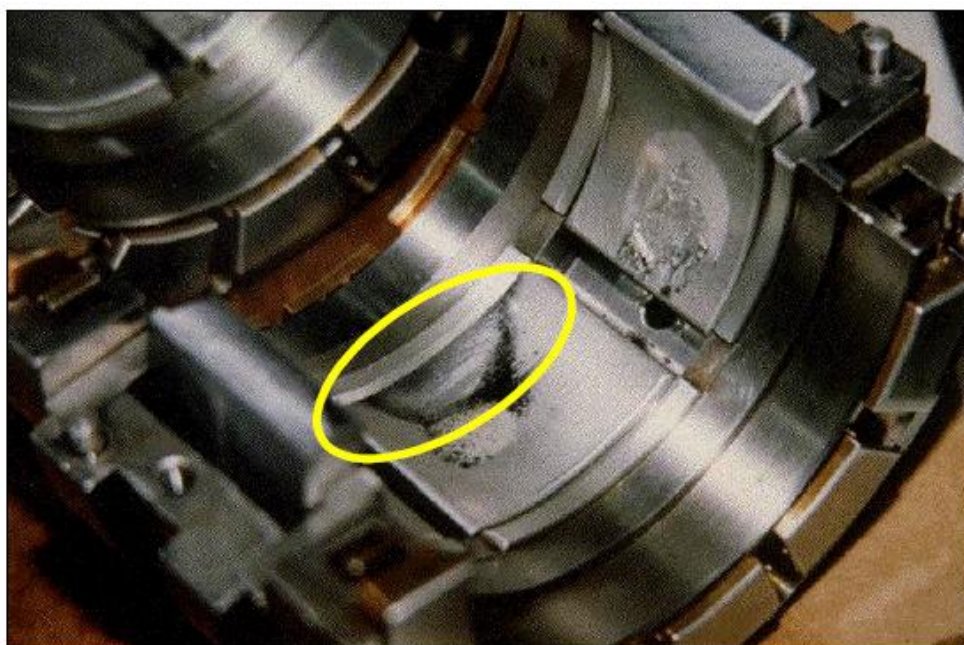
Nhiệt độ dầu ở đường hồi về không phải là chỉ dẫn hữu ích về nhiệt độ của ổ đỡ. Nó bị giới hạn bởi ở điểm đo dầu thoát ra khỏi bearing là hỗn hợp dầu gồm dầu ở vị trí chịu tải cao và các vùng tải thấp khác. Vì vậy, nó chỉ cung cấp một bức tranh mơ hồ về tình trạng máy.

Cảm biến đo nhiệt độ được gắn vào bạc đỡ có thể cung cấp cảnh báo tốt hơn trong trường hợp này. Một cách lý tưởng, các cảm biến đo nhiệt độ cần được lắp ở một vài vị trí khác nhau theo chu vi của bạc đỡ. Có 2 lý do cho việc này. Thứ nhất, ở một số thiết bị, hướng của tải hướng kính lên một bearing có thể khác nhau ở các điều kiện hoạt động khác nhau và nó có thể khó để dự đoán được đâu là vị trí tải cao nhất trong ổ đỡ. Thứ hai, nếu máy trở lên bị sai lệch cân tâm, thì sự thay đổi tải có thể tọa ra các tải hướng kính mà tác động theo hướng không dự đoán trước và không được mong đợi.

Như đã đề cập ở trên, nhiệt độ hoạt động bình thường của bearing dạng babbit thường từ 70-80oC. Đối với vật liệu babbit thông thường, nhiệt độ thấp khoảng 105oC có thể gây ra những hư hỏng thật sự cho babbit. Babbitt sẽ bắt đầu dẻo ra ở nhiệt độ 115oC và nóng chảy ở nhiệt độ khoảng 125oC.

Trong khi nhiệt độ bearing cao chỉ ra tình trạng quá tải, thì nhiệt độ thấp bất thường ở bearing chỉ ra rằng tải trong bearing đó có thể thấp hơn mức bình thường. Sự thay đổi tải như vậy xảy ra khi bị sai lệch tâm, một bearing có thể cho thấy nhiệt độ cao bất thường, trong khi cái còn lại có thể là thấp bất thường. Bởi lý do này nên các nhiệt độ gối đỡ nên được giám sát và so sánh dọc theo chiều dài máy.

Sự sai lệch cân tâm nghiêm trọng dẫn đến sự đánh bóng hay quẹt vào vật liệu babbit của bearing. Khi máy được tháo ra, các bearing nên được kiểm tra cẩn thận để xem có dấu vết hư hỏng gì hay không (hình 2.1).

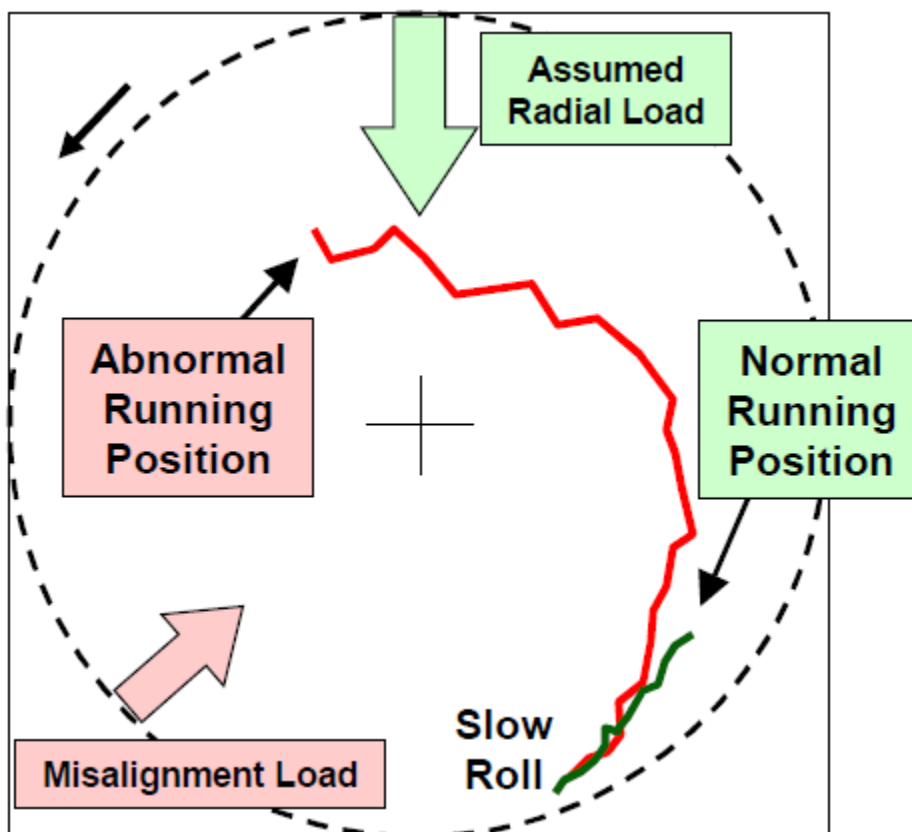


*Hình 2.1: một bearing bị hư hỏng bởi hiện tượng phóng dòng điện tĩnh và bị cọ do sai lệch cân tâm.*

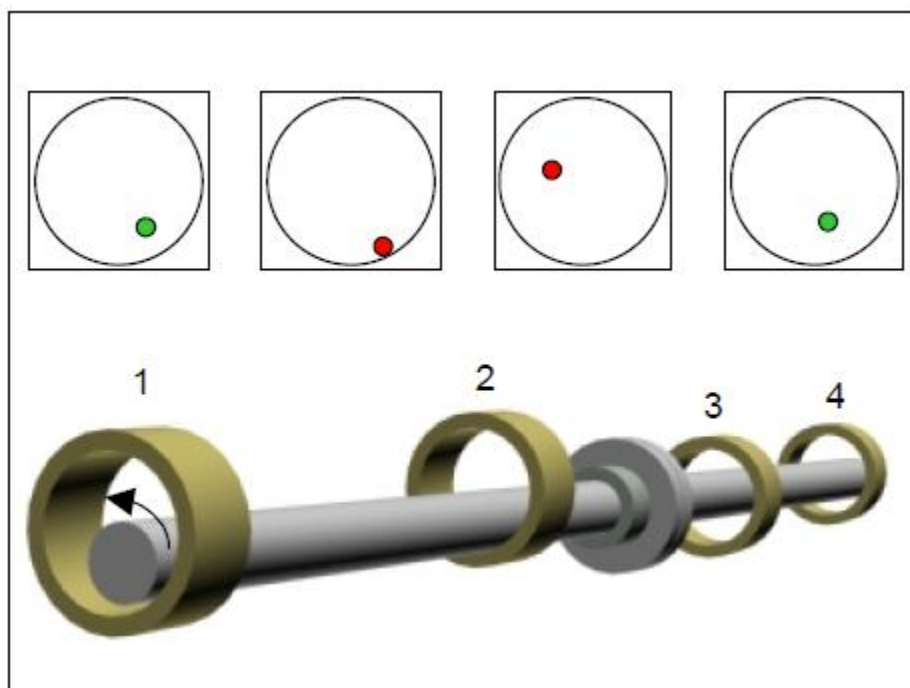
**b. Vị trí tâm trục trung bình**

Đối với các máy theo phương ngang sử dụng bạc đỡ mà được cân chỉnh hoàn hảo và ở thiết bị này lực trọng lực là lực hướng kính chính thì vị trí tâm trục trung bình sẽ thay đổi từ khi khởi động hay dừng máy thông thường như đường màu xanh hình 2.2. Thông thường góc vị trí trục sẽ nằm trong khoảng từ 0 đến 45o từ hướng của tải tác động. Nếu dây truyền máy trở nên sai lệch, thì sự thay đổi của tải sẽ gây ra sự thay đổi hành vi của đồ thị shaft centerline (hình 2.2 màu đỏ). Tải hướng kính bởi sai lệch cân chỉnh có thể theo hướng khác nhau và hướng và lượng tải sai lệch có thể thay đổi khi máy nóng lên. Các bearing chịu tải nặng sẽ có tỉ lệ lệch tâm cao hơn bình thường trong khi các bearing chịu tải nhẹ sẽ có tỉ lệ lệch tâm lúc vận hành thấp hơn mức bình thường. Nếu sự sai lệch tâm trở nên nghiêm trọng, thì các vị trí hoạt động của trục có thể di chuyển đến vị trí bất thường như gần đỉnh của bearing như hình 2.2.

Sự khác nhau về vị trí ở thời điểm hoạt động có thể xuất hiện nhiều nhất dọc qua khớp nối giữa hai máy, ở đó rotor có thể hoạt động theo ngược nhau góc 1/4 của bearing hình 2.3. Các đồ thị shaft centerline cần được kiểm tra ở mỗi vị trí dọc trục và được so sánh để tìm ra các dấu hiệu dịch chuyển bất thường. Các đồ thị tâm trục là hữu dụng nhất khi đường tròn khe hở bạc được biết và bao gồm trong đồ thị. Cách đo, việc hoạt động bất thường của tâm trục có thể dễ dàng được phát hiện. Các đồ thị tâm trục cần được so sánh với các dữ liệu trước đó và kiểm tra về sự thay đổi.



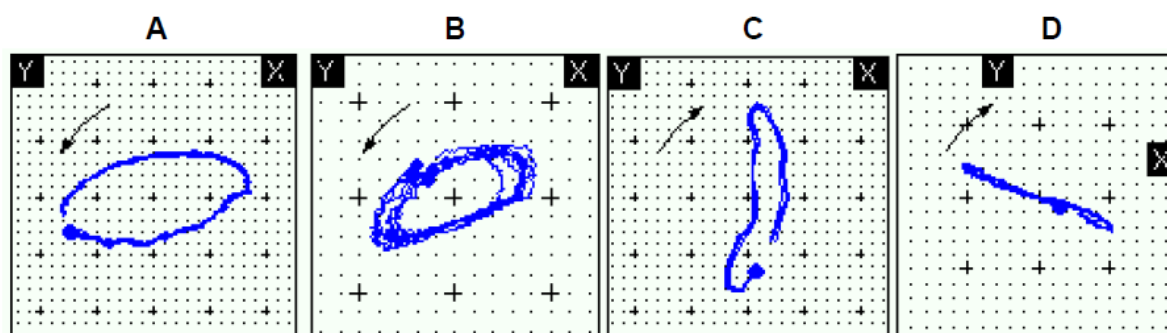
Hình 2.2: sự so sánh hành vi tâm trục bình thường và bất thường trong quá trình khởi động của một thiết bị sử dụng bạc đỡ, nằm ngang và chịu tải trọng lực. Ở đây, tải hướng kính được giả định theo hướng thẳng đứng xuống. chiều quay của trục là từ X sang Y (CCW). Đường tròn đứt đoạn định nghĩa khe hở bạc đỡ khi tốc độ tăng, nên dầu trở nên mạnh hơn và rotor thông thường được dịch chuyển lên và cách thành bạc một chút như đường màu xanh. Khi lực sai lệch tâm hiện diện, hành vi có thể thay đổi một chút (màu đỏ) và rotor có thể đi đến hoạt động ở vùng bất thường trong bạc đỡ (lưu ý rằng rotor đang hoạt động trong bạc tilting pad thông thường có khuynh hướng dịch chuyển thẳng lên theo hướng tải khi tốc độ tăng).



Hình 2.3. Dây truyền máy bị sai lệch so với hình 5 được trình bày cùng với các vị trí tâm trục trung bình lúc hoạt động ở mỗi ổ đỡ. Lưu ý rằng, ở ví dụ này các vị trí tâm trục ở bearing 1 và 4 gần như bình thường trong khi vị trí rotor ở bearing 2 và 3 là ở vùng bất thường, chỉ ra tình trạng có thể bị sai lệch cân tâm.

### c. Orbits

Orbit có thể rất hữu ích cho việc chẩn đoán sai lệch cân chỉnh. Chịu tải thông thường, các orbit ở các bạc đỡ (plain bearing, cylinder) có khuynh hướng tạo ra orbit direct hay unfilter hình elip và ở đó tần số chủ yếu là 1X (hình 2.4). Hình elip như vậy có thể thay đổi trong một dải rộng và vẫn được xem là bình thường.



Hình 2.4: các orbit unfiltered.

Mỗi orbit trình bày 8 vòng quay. Orbit A là orbit bình thường được thu thập ở ổ đỡ của máy phát trên dây truyền turbin hơi nhỏ máy phát. Orbit tương đối elip và chủ yếu là 1X. Orbit B từ bearing của gas turbine frame 5. Orbit trình bày bằng chứng về sự rung buộc dọc theo cạnh thấp phía dưới, biểu hiện của sự sai lệch cân tâm. Orbit C từ ổ đỡ của máy kích từ ở turbine hơi máy phát 500MW. Hình elip lớn dạng quả chuối. Hình dạng quả chuối sẽ tạo ra thành phần rung động 2X cacis mà nặng nhất theo phương ngang. Chú ý đường cong bên phải của orbit cái mà thể hiện rằng trục

có thể bám theo biên dạng của bearing. Orbit D từ ổ đỡ của turbine hơi cao áp. Orbit dạng phẳng cao, cho thấy sai lệch cao, tải hướng kính tạo ra bởi sai lệch cân tâm (chú ý rằng orbit dạng đường thẳng có thể xảy ra bởi các lý do khác).

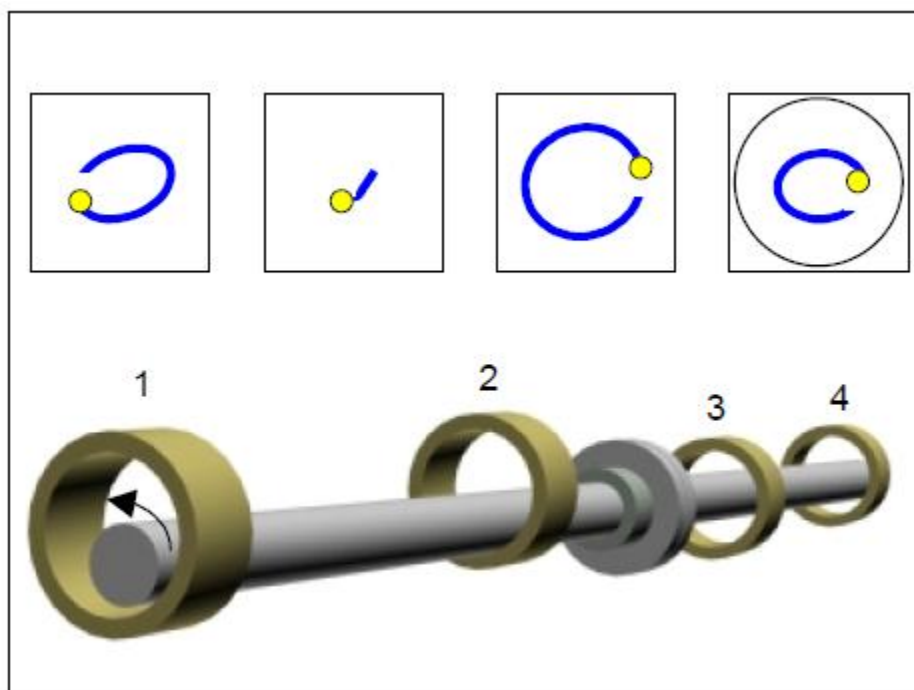
Các ổ đỡ dạng elip hay quả chanh khuynh hướng tạo ra các orbit mà có dạng elip lớn hơn cái mà tạo ra bởi các bearing dạng cylindrical hay tilting pad. Cũng vậy, trục chính của elip trong các bearing dạng quả chanh hay elip có khuynh hướng trùng với hình học của bearing.

Bởi vì các tải hướng kính có thể thay đổi biên độ và hướng cùng với tải, nên các orbit có thể thay đổi kích thước và hình dạng cùng với tải. Cũng vậy, bất kỳ sự cộng hưởng nào sẽ ảnh hưởng đến kích thước và sự xuất hiện của orbit.

Bởi nhiều khả năng như vậy, nên một bộ dữ liệu cơ sở của các orbit hoạt động đối với một thiết bị cụ thể cần được lưu trữ lại cho mục đích tham chiếu về sau.

Hình dạng của orbit trực tiếp nhạy cảm với lượng tải hướng kính tác động lên rotor. Khi tải hướng kính được gia tăng, orbit sẽ trở lên bị phẳng hơn và một phần của quỹ đạo orbit có thể bám theo một phần biên dạng của bearing. (lưu ý rằng các bearing dạng lemon hay elip thường có khuynh hướng tạo ra các orbit đẹp hơn các bearing dạng cylindrical. Đối với các bearing này, hướng của các orbit có khuynh hướng trùng với biên dạng hình học của bearing. Orbit có thể cũng trở thành biên dạng trái chuối, chứa thành phần rung động 2X mà có thể quan sát thấy trên đồ thị spectrum (hình 9C). Các thành phần 2X có thể được khuếch đại nếu rotor hoạt động ở một nửa tốc độ cộng hưởng. Trong trường hợp bị sai lệch cân chỉnh nghiêm trọng, rotor có thể trở nên bị giới hạn mà các orbit có biên dạng bám theo một đường trùng với đường cong của bearing (hình 9 D) ay nếu sự mất cân bằng là nhỏ, thì có thể co lại gần như thành một điểm. Giả định rằng sự mất cân bằng là nguồn gốc chính của rung động ở rotor thì các sự chi tiết của hành vi orbit phụ thuộc vào tải hướng kính gây ra sai lệch cân tâm, lượng mất cân bằng tác động lên rotor và góc trạng thái và tỉ lệ lệch tâm của bearing.

Một rotor được mất tải trong một bearing bởi sai lệch cân tâm có thể hoạt động ở tỉ lệ lệch tâm thấp và có một orbit gần như tròn. Bởi vì các hình dạng orbit dạng elip là bình thường, nên orbit dạng tròn sẽ ẩn chứa một tải hướng kính thấp bất thường mà có thể bởi sai lệch cân tâm. Nhiều orbit cần được trình bày cho nhiều vị trí dọc trục trong dây truyền máy và được so sánh cùng với những cái khác(hình 10). Nếu dữ liệu dừng hay chạy máy có sẵn thì nhiều orbit cần được kiểm tra theo toàn bộ dải tốc độ của máy để tìm ra các tải hướng kính cao. Những orbit (cái chưa các thông tin về vị trí động của tâm trục) cần được đối chiếu với các đồ thị shaft centerline (cái mà chưa các thông tin về vị trí trung bình của tâm trục) theo toàn bộ chiều dài của máy.



Hình 2.5: Rotor bị sai lệch của hình 5 được trình bày với các orbit có thể xảy ra. Tất cả orbit được thu thập ở cùng tốc độ hoạt động. Kích thước orbit (biên độ rung động) được kiểm soát một phần bởi độ cứng bearing, cái mà là một hàm của tỉ lệ lệch tâm. Do đó, orbit bearing số 2 bị tải nặng là nhỏ trong khi bearing số 3 chịu tải nhẹ hơn có kích thước tương đối lớn. Bearing số 2 tuân theo một phần đường cong của bearing. Bearing 1 và 4 gần như chịu tải bình thường.

#### d. Rung động

Giả định rằng nguồn gốc của rung động bắt nguồn trong rotor (ví dụ, bởi lượng mất cân bằng), thì lượng rung động vỏ sẽ phụ thuộc vào sự truyền rung động rotor thông qua bearing vào trong casing (độ rung vỏ cũng sẽ phụ thuộc vào thiết bị được lắp đặt như thế nào đến bộ máy). Độ cứng của các ổ bạc rất cao tồn tại khi tỉ lệ lệch tâm cao và khi đó rotor sẽ truyền rung động đến vỏ máy hiệu quả hơn. Do đó, trong các máy bị sai lệch tâm, rotor có thể truyền rung động nhiều hơn đến vỏ máy và máy có thể trải qua rung động vỏ cao hơn mức bình thường. Rung động tương đối của trục, bởi vì sự ràng buộc gia tăng ở rotor (sự tăng độ cứng động học), có thể giảm khi nhiều năng lượng rung động được truyền đến vỏ máy.

Nếu, bởi sai lệch cân tâm, một phần bearing bị mất tải, thì rotor có thể trở lên nằm xa thành bearing và truyền rung động kém hơn (sự truyền dẫn giảm) ở vị trí đó và rung động vỏ ở đó có thể giảm. Dưới điều kiện này, rung động tương đối của rotor có thể tăng vì độ cứng động học giảm. Do đó, việc tăng hay giảm độ rung vỏ cũng có thể là chỉ dẫn của tình trạng sai lệch cân tâm. Sự tăng độ rung vỏ cùng với giảm độ rung trục (và ngược lại) có thể cho phép ta nhận định là do sai lệch cân tâm.

Hãy nhớ rằng rung động vỏ có thể tăng nếu cấu trúc đỡ máy giảm hay lỏng hay nếu máy phát triển vấn đề soft foot. Sự giảm độ cứng của bộ đỡ máy cho phép rung động

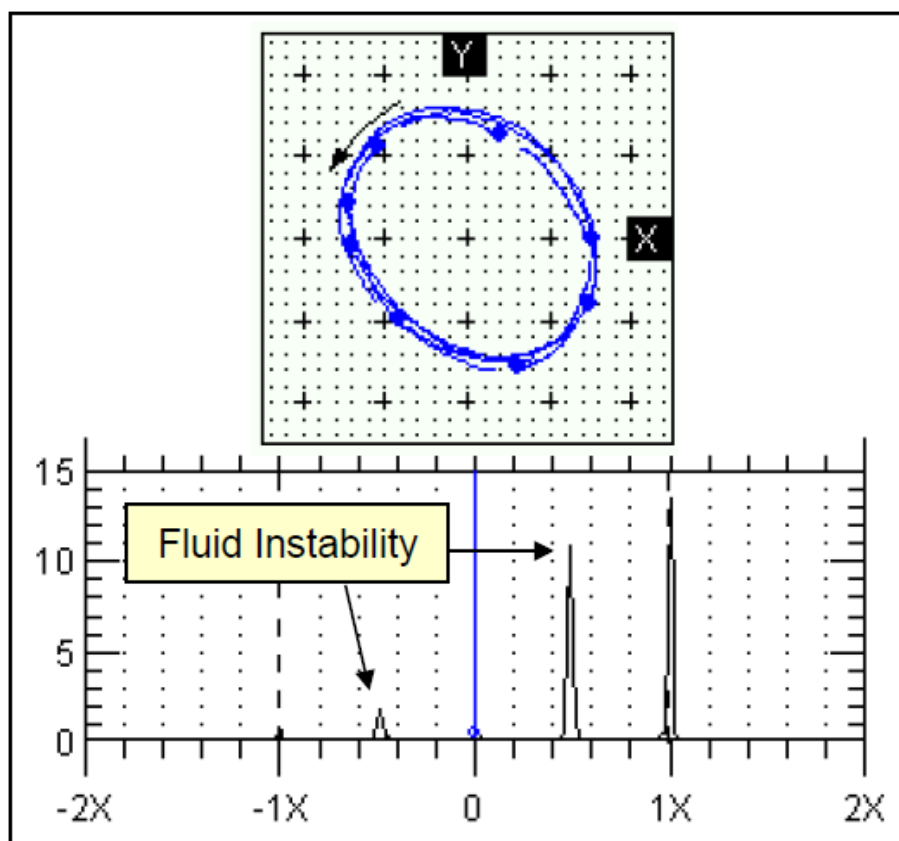
tăng. Đôi khi, việc siết chặt các bulong bị lỏng sẽ làm giảm độ rung về trở lại bình thường.

#### e. Cọ xát

Sự cọ xát ở seal có thể xảy ra nếu rotor bị sai lệch tâm. Sự cọ xát có thể xảy ra trong quá trình khởi động hay dừng máy, hay cọ xát có thể xảy ra trong quá trình hoạt động bình thường. Sự cọ xát có thể bao gồm sự thay đổi về hành vi độ rung 1X thông qua sự cộng hưởng hay thay đổi hành vi độ rung ở trạng thái ổn định. Sự cọ xát trên các seal giữa các cấp có thể làm khe hở rộng thêm dẫn đến sự rò rỉ lưu lượng cao và tổn thất hiệu suất. Bất kỳ thiết bị nào mà cho thấy sự tổn thất hiệu suất theo thời gian thì cần phải đánh giá cẩn thận để tìm nguyên nhân gốc và sai lệch tâm cần được xem xét như là một khả năng.

#### f. Sự mất ổn định gây ra bởi lưu chất

Các rotor chịu tải bình thường sẽ hoạt động trong các bearing được bôi trơn dạng thông thường hay một phần ở tỉ lệ lệch tâm cao khoảng 0.5-0.6 hay gần như vậy. Các bearing tilt pad thông thường hoạt động với tỉ lệ lệch tâm từ 0.1 đến 0.2 nếu bearing chịu tải bởi sai lệch cân tâm, thì tỉ lệ lệch tâm hoạt động có thể rơi xuống giá trị thấp khi rotor hoạt động gần tâm bearing. Nếu bearing trở lên ngập hoàn toàn (fully flooded), thì các lực tiếp tuyến cao từ lưu chất có thể đủ để tạo ra sự mất ổn định do lưu chất. Sự mất ổn định do lưu chất thường thể hiện bản thân nó như là rung động dạng forward, subsynchronous ở tỉ lệ tần số không nguyên. Thông thường, rung động subsynchronous trong dải từ 0.3X đến dưới 0.5X, dù nó có thể xảy ra ngoài dải này (hình 11).



Hình 2.6: sự mất ổn định bởi lưu chất trong hệ thống rotor. Rung động chủ yếu forward ở tần số subsynchronous. Orbit xuất hiện các chấm không liên tục quanh orbit gần như tròn, forward orbit. Full spectrum cho thấy đường 1X ở bên phải và đường subsynchronous forward dưới 1/2X cùng với đường subsynchronous ở phần reverse thấp hơn. Sự mất ổn định bởi lưu chất có thể được ngắt đi khi sai lệch cân tâm gây mất tải ở bearing, gây ra tình trạng ngập dầu toàn bộ bearing. Có một số trường hợp mà ở đó máy chạy một vài năm không xảy ra vấn đề gì, được đại tu và gặp phải tình trạng mất ổn định do lưu chất khi khởi động. Sai lệch cân tâm trong quá trình lắp lại là nguyên nhân. Khi máy được dừng và cân tâm lại, hiện tượng mất ổn định biến mất. Sự cân tâm phù hợp tạo ra tải phphợp ở các bearing và đặt rotor ở tỉ lệ lệch tâm hoạt động phù hợp.

## 2.2. Phân tích sai lệch tâm thông qua thiết bị đo phân tích rung động dạng cầm tay

### Các đặc tính của sai lệch cân tâm:

- Năng lượng dọc trục cao với sai lệch góc.
- Kích hoạt năng lượng hướng kính với sai lệch song song.
- Pha thay đổi 180o dọc khớp nối.

### Waveform

- Dạng hình sin, có tính chu kỳ.
- Một hay 2 sự kiện trên một vòng quay.

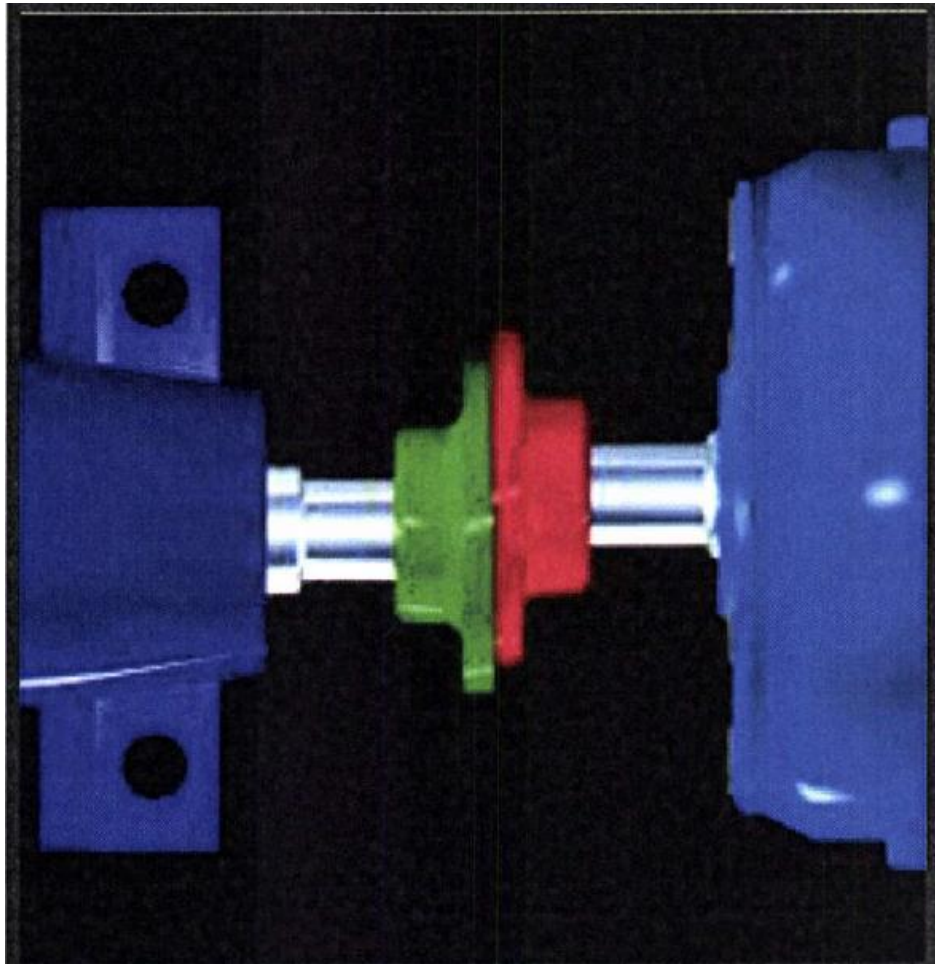
### Spectrum

- Tăng biên độ 1X và/hay 2X đỉnh.
- Khả năng kích hoạt tần số 3X trong trường hợp khớp nối bị kẹt hay hư hỏng khớp nối.

### Nguyên tắc cơ bản:

Nếu đỉnh 2X là 50% hay lớn hơn so với biên độ của 1X thì misalignment có thể đang xảy ra.

### a. Phân biệt trường hợp sai lệch song song

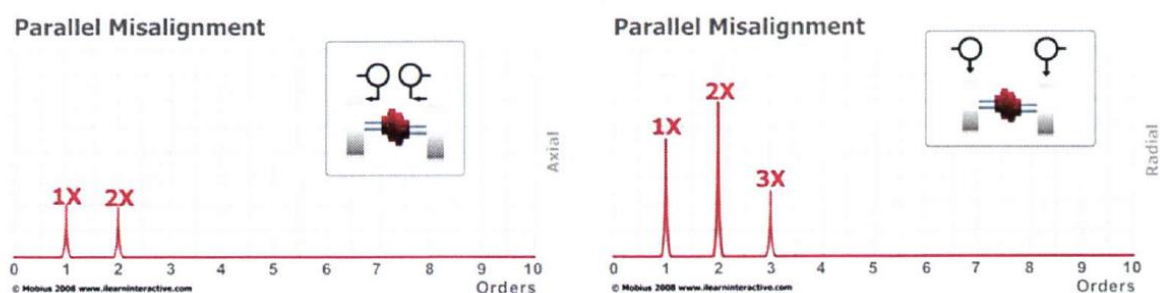


Hình 2.6. Sai lệch tâm trục song song

Sai lệch song song tạo ra lực cắt và momen uốn ở mỗi đầu của trục khớp nối. Độ rung 1X và 2X được tạo ra ở theo phương hướng kính (đo ngang hoặc đứng) ở các bearing mỗi đầu của khớp nối. Hầu hết thành phần 2X sẽ cao hơn 1X.

Tần số lực chính là  $2 \times V$  và  $2 \times H$  và thấp hơn là  $1 \times V$  và  $1 \times H$  nhưng chúng ta cũng có thể thấy sự xuất hiện của các tần số 3X, 4X và cả 5X bởi sự phi tuyến. Một số các harmonic khác có thể cũng xuất hiện phụ thuộc vào loại khớp nối mà ta sử dụng.

Mức độ rung động 1X và 2X dọc trục sẽ thấp trong trường hợp sai lệch cân chỉnh song song thuần túy.



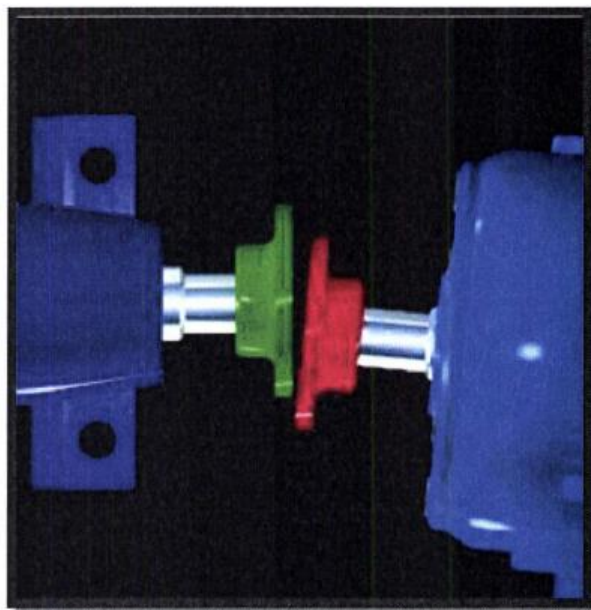
Hình 2.7: Sai lệch cân chỉnh dạng offset hay song song.

Rung động thay đổi pha  $180^\circ \pm 30^\circ$  dọc theo khớp nối theo phương hướng kính

và lệch pha theo phương dọc trục. Khi so sánh thông số pha theo phương đứng và ngang trên từng bearing, nó không lệch nhau 90o như là trong trường hợp bị mất cân bằng.

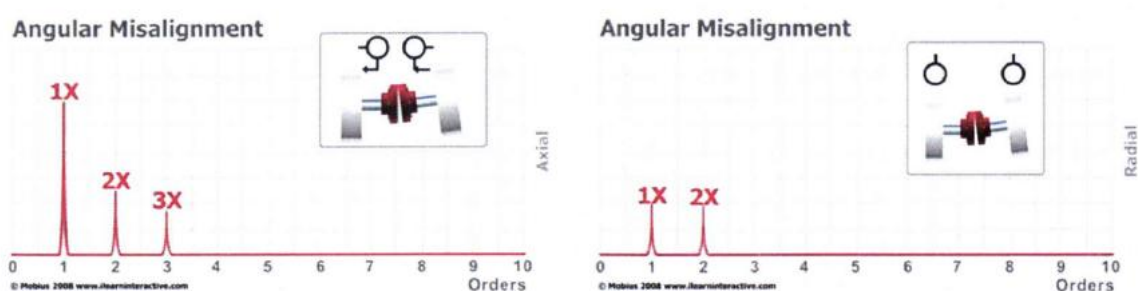
Chúng ta chủ yếu xác định sai lệch song song dựa vào phương hướng kính.

#### **b. Phân biệt sai lệch góc**



*Hình 2.8: Hình minh họa sai lệch góc*

Sai lệch góc tạo ra momen uốn ở mỗi đầu trục, và điều này tạo ra rung động lớn ở tần số 1X và thấp hơn ở tần số 2X theo phương dọc trục ở hai đầu bearing. Cũng xuất hiện những dải tần số tương đối cao 1X và 2X theo phương hướng kính (Đứng và ngang), tuy nhiên thành phần này cùng pha.



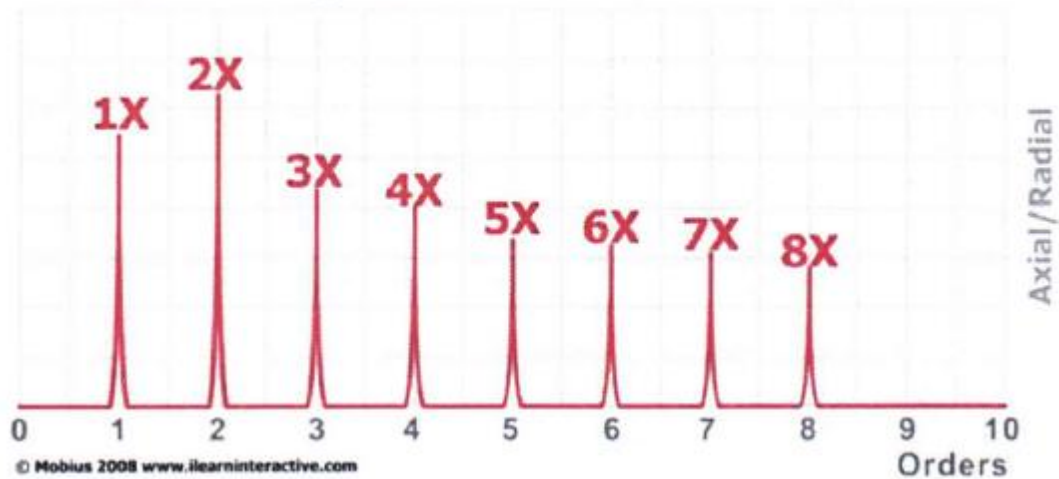
*Hình 2.9: Sai lệch góc theo phương dọc trục và ngang.*

Rung động bị lệch pha 180o dọc theo khớp nối theo phương dọc trục và cùng pha theo phương hướng kính. Nó không lệch nhau 90o giữa phương đứng và ngang ở cùng một bearing.

Các khớp nối bị sai lệch sẽ thường cũng tạo ra mức độ run gododngj 1X cao ở các bearing trên các đầu khác của trục. Điều này có nghĩa rằng bạn có thể thu thập chỉ số dọc trục ở bearing NDE của motor hay bơm mà vẫn phát hiện được sai lệch cân tâm. Trong thực tế sai lệch cân tâm thường là sự kết hợp của sai lệch góc và song song, do đó, biểu hiện trong thực tế là sự kết hợp của 2 trường hợp trên. Trong đó, khi sai

lệch tâm ở cấp độ nghiêm trọng thì ngoài các tần số đã nêu chúng ta còn thấy xuất hiện các dải tần số harmonics của 1x do xảy ra sự cọ xát, lỏng hệ thống giá đỡ...

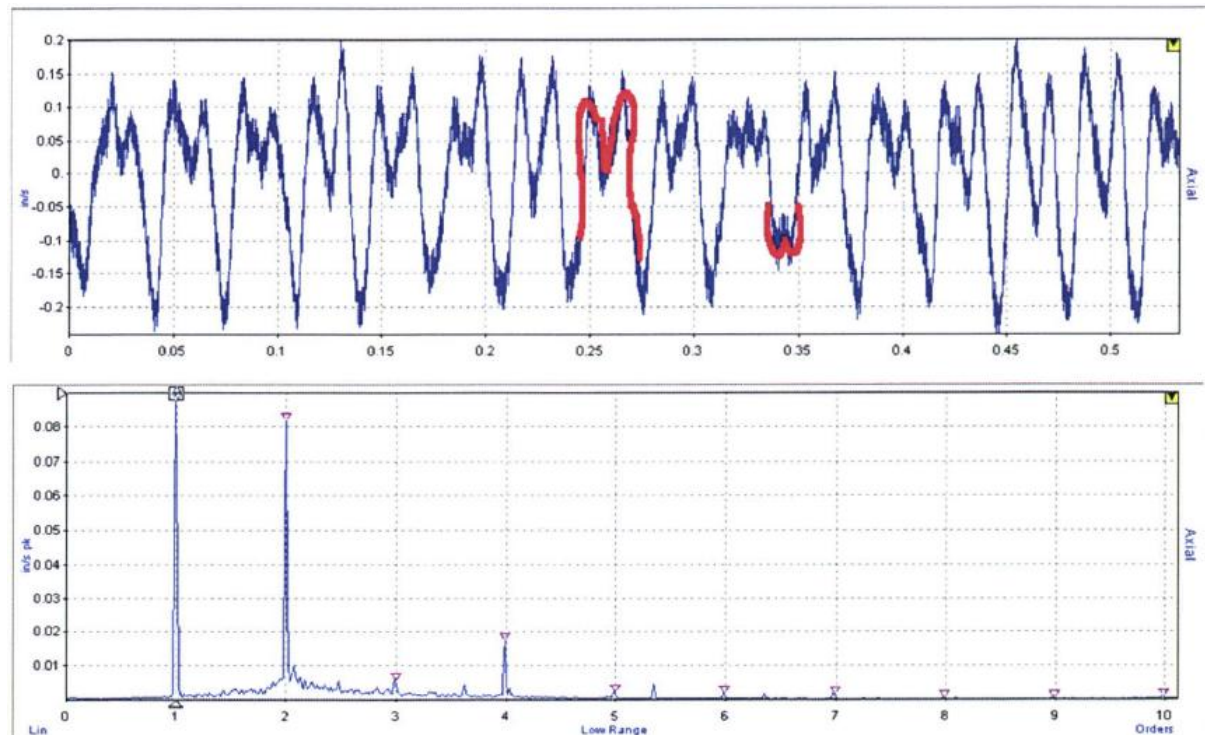
### Severe Misalignment



Hình 2.10: Sai lệch cân tâm nghiêm trọng.

#### c. Phân tích hiện tượng sai lệch cân tâm sử dụng Time waveform

Time waveform có thể là công cụ hữu ích để chuẩn đoán tình trạng sai lệch tâm. Khi khớp nối bị kẹt có thể tạo ra các dạng time waveform hình chữ M hay W...

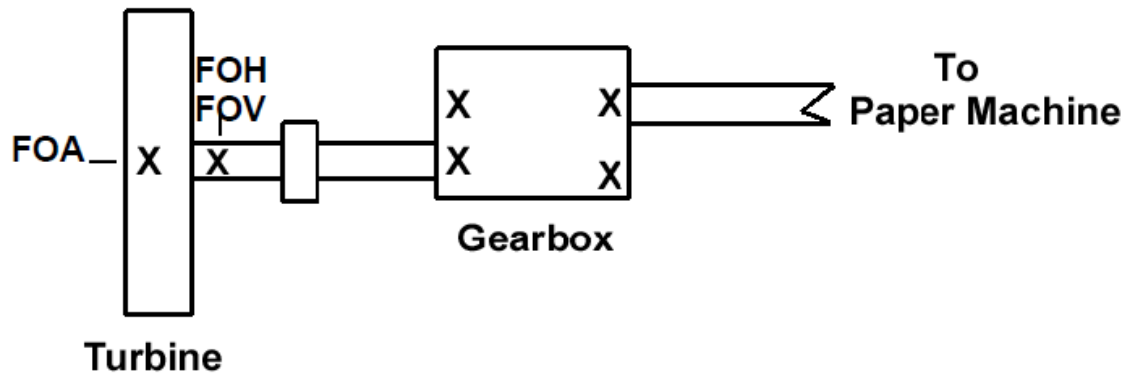


Hình 2.11: minh họa sai lệch alignment qua đồ thị time waveform và spectrum

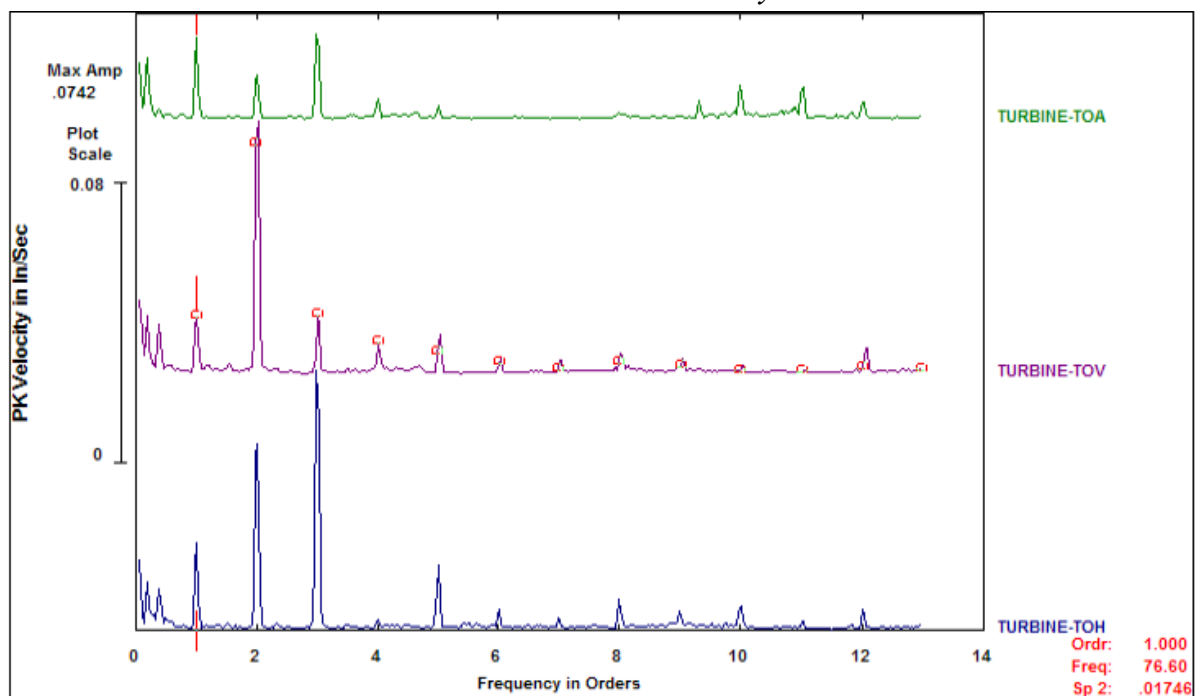
Nếu bạn đo khoảng thời gian giữa đỉnh của chữ M và tính toán tần số, nó sẽ là 2X và nếu đo khoảng thời gian giữa phần dưới hay chân của M nó sẽ là 1X.

### 2.3. Case history

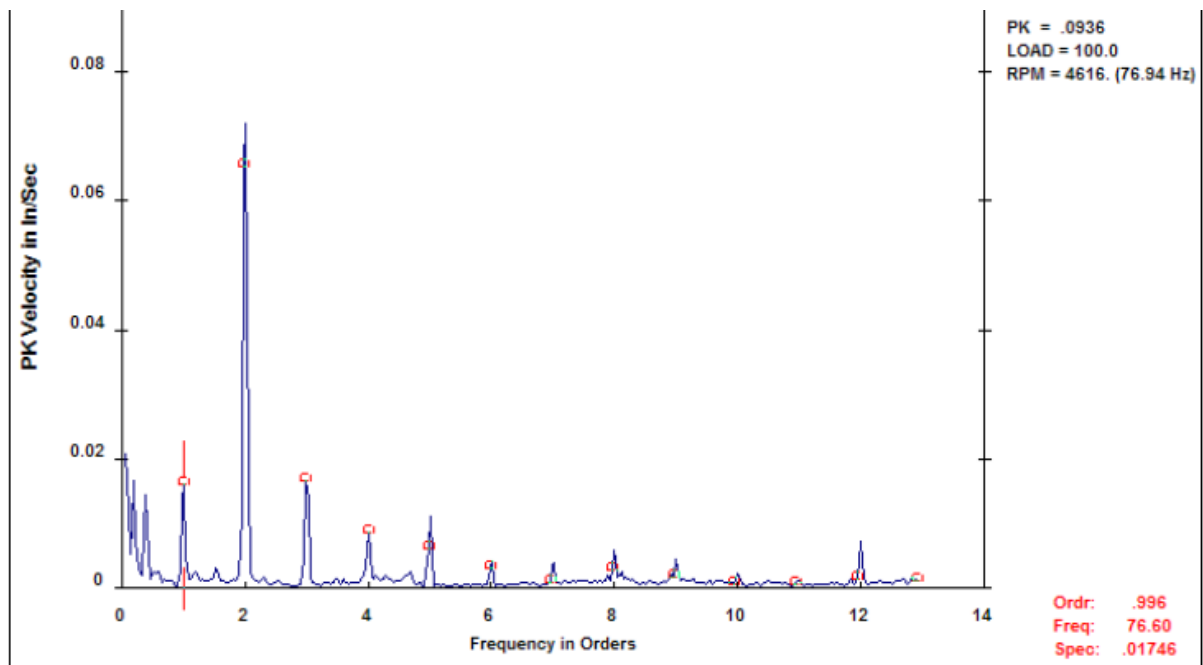
- a. Trường hợp 1: Sai lệch song song: hãy xem bộ dữ liệu sau và phân tích nguyên nhân?



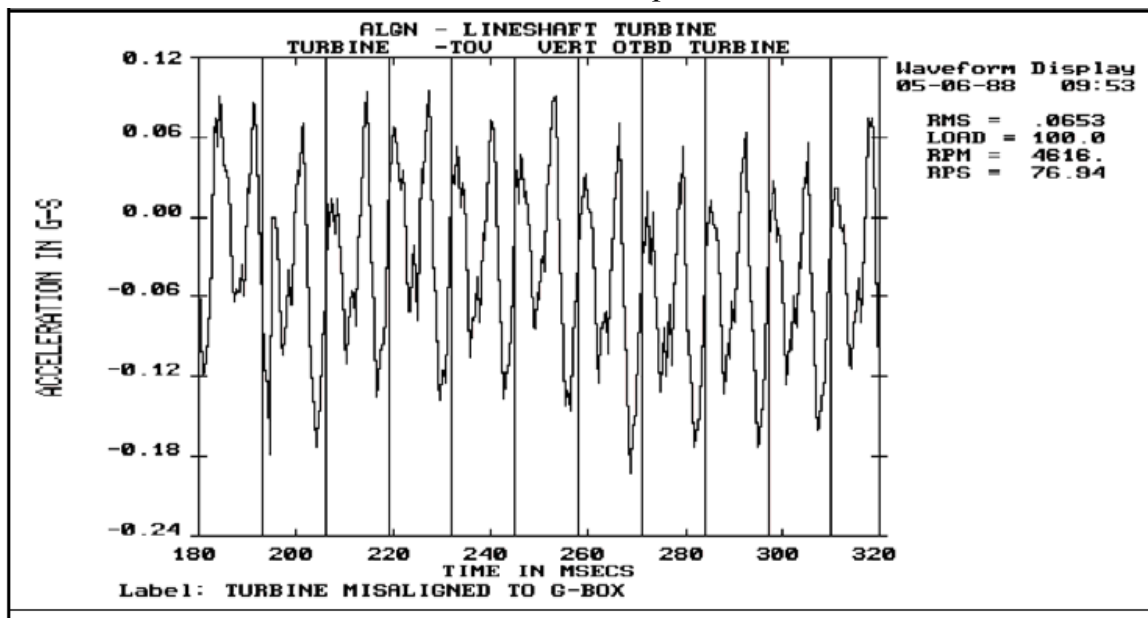
Hình 2.12: Sơ đồ kết nối máy.



Hình 2.13: Đồ thị waterfall



Hình 2.14: Đồ thị spectrum



Hình 2.15: Đồ thị time waveform

Machine: (Align) Lineshaft Turbine  
 Meas. Point: Turbine - TOV - Vert OTBD Turbine  
 Date/Time: 05-06-88 / 09:53:04  
 Amplitude Units: In / Sec Pk  
 Data Label: Turbine Misaligned to G-Box

Peak No.	Frequency (Hz)	Peak Value	Order Value	Peak No.	Frequency (Hz)	Peak Value	Order Value
1	14.73	.0169	.19	13	329.26	.0021	4.28
2	29.61	.0146	.38	14	359.18	.0028	4.67
3	40.98	.0028	.53	15	384.84	.0110	5.00
4	43.99	.0028	.57	16	461.81	.0044	6.00
5	76.59	.0175	1.00	17	538.78	.0044	7.00
6	91.55	.0029	1.19	18	607.07	.0019	7.89
7	118.25	.0031	1.54	19	615.77	.0061	8.00
8	153.93	.0815	2.00	20	624.09	.0027	8.11
9	178.91	.0019	2.33	21	688.34	.0023	8.95
10	230.91	.0182	3.00	22	693.30	.0047	9.01
11	307.92	.0088	4.00	23	769.51	.0023	10.00
12	316.68	.0020	4.12	24	923.74	.0084	12.01
Total Mag .3270		Subsynchronous .1184 / 13%		Synchronous .3010 / 85%		Nonsynchronous .0480 / 2%	

Hình 2.16: Bảng liệt kê các đỉnh tần số

**Phân tích:**

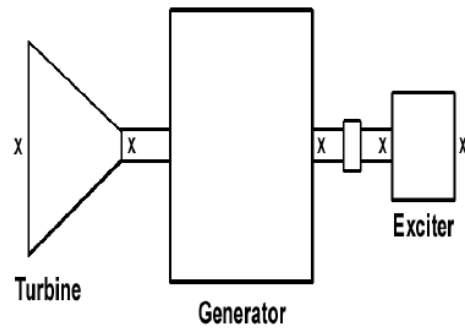
- 1) Năng lượng chủ yếu là đồng bộ (bội số của vận tốc quay).
- 2) Đỉnh 2X là cao nhất theo vị trí phương ngang.
- 3) 2X gấp 5 lần tần số 1X.
- 4) 2 sự kiện trên một vòng quay trục.
- 5) 3X chỉ ra có thể hư hỏng khớp nối.

**Chẩn đoán:** sai lệch song song.

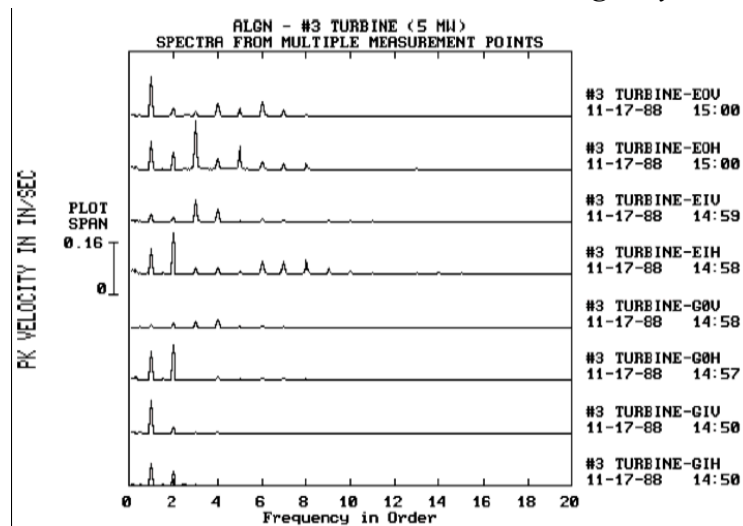
**Hành động khắc phục:** cân chỉnh trục turbine và hộp số.

**b. Trường hợp 2: Sai lệch góc**

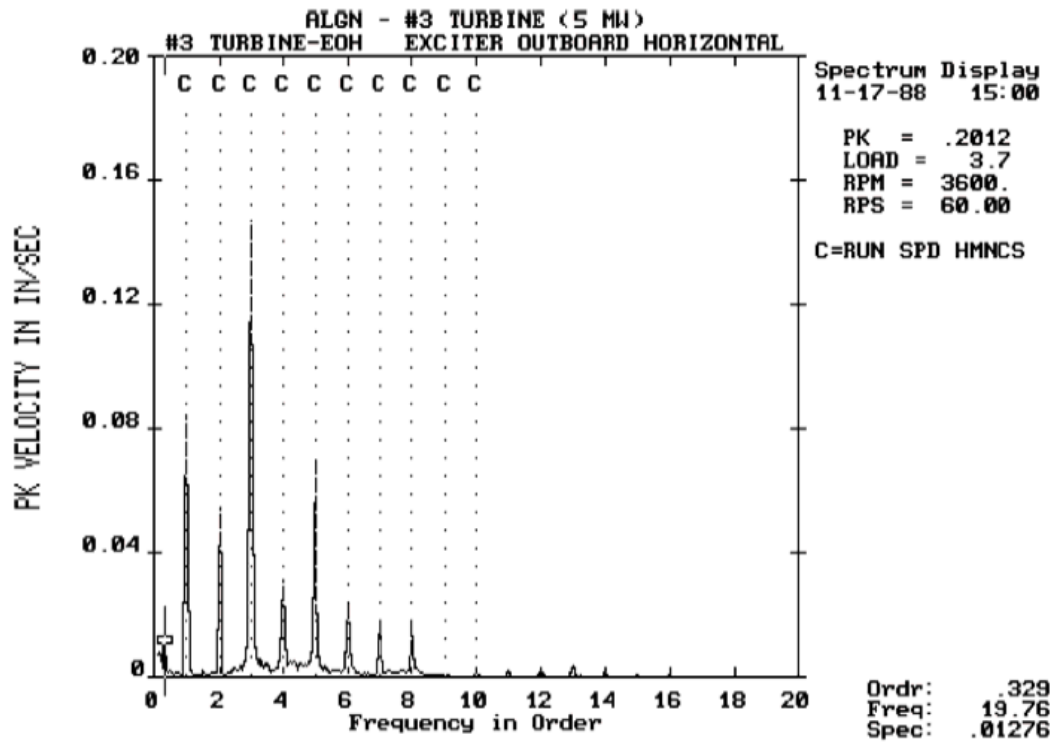
Xem bộ dữ liệu của một turbine dẫn động máy phát sau đây:



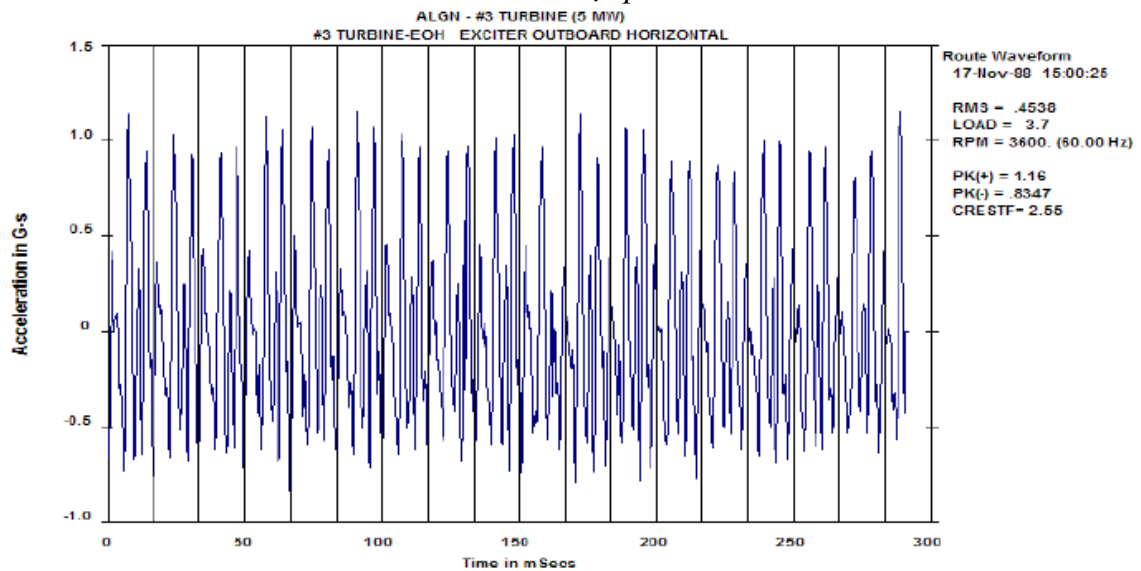
Hình 2.17: Sơ đồ kết nối của hệ thống máy.



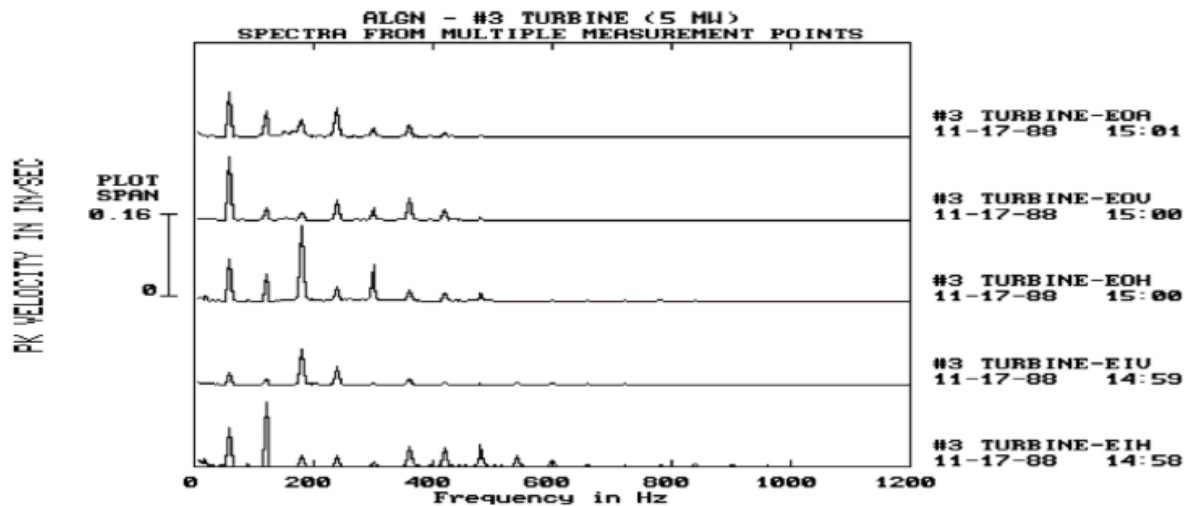
Hình 2.18: Đồ thị waterfall



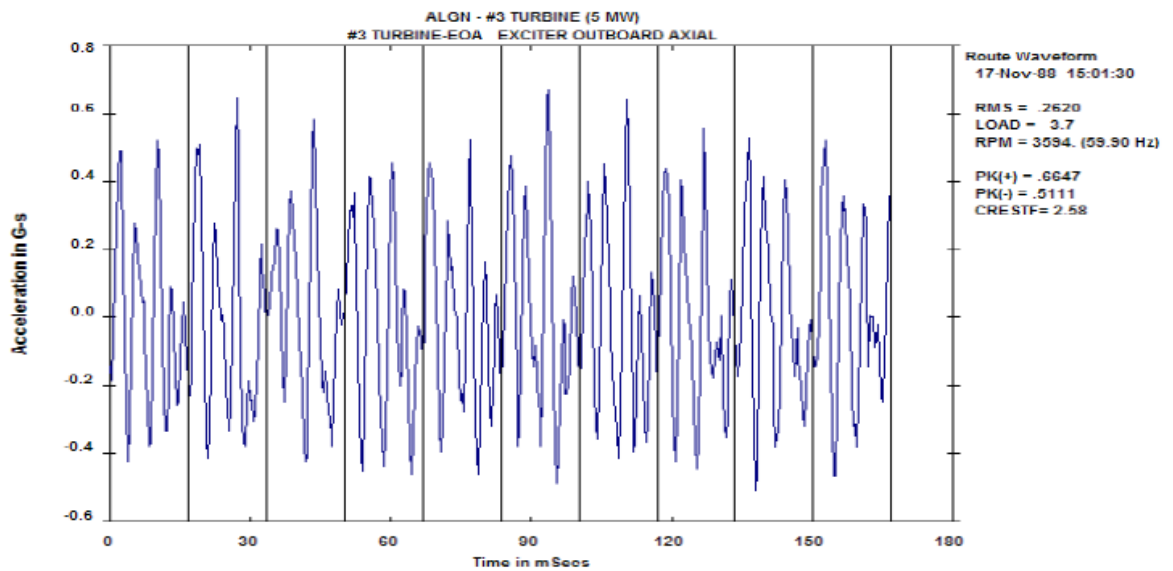
Hình 2.19: Đồ thị spectrum



Hình 2.20: Đồ thị time waveform



Hình 2.20: Đồ thị waterfall



Hình 2.21: Đồ thị time waveform

LIST OF SPECTRAL PEAKS							
*****							
Machine:		(ALGN) #3 TURBINE (5 MW)					
Meas. Point:		#3 TURBINE-EOA --> EXCITER OUTBOARD AXIAL					
Date/Time:		17-Nov-88 15:01:30 RPM= 3594. Units=In/Sec PK					
PEAK NO.	FREQUENCY (Hz)	PEAK VALUE	ORDER VALUE	PEAK NO.	FREQUENCY (Hz)	PEAK VALUE	ORDER VALUE
1	16.28	.0037	.272	13	239.44	.0591	3.997
2	31.13	.0022	.520	14	268.57	.0019	4.484
3	59.94	.0054	1.001	15	289.41	.0025	4.832
4	119.67	.0527	1.998	16	300.19	.0195	5.012
5	131.01	.0028	2.187	17	310.39	.0035	5.182
6	151.42	.0123	2.528	18	349.13	.0027	5.829
7	160.26	.0078	2.676	19	359.77	.0248	6.006
8	166.47	.0134	2.779	20	370.34	.0035	6.183
9	178.99	.0368	2.988	21	395.11	.0027	6.596
10	193.52	.0023	3.231	22	419.79	.0096	7.008
11	201.45	.0021	3.363	23	430.64	.0019	7.190
12	210.81	.0034	3.519	24	479.64	.0033	8.008
TOTAL MAG		SUBSYNCHRONOUS		SYNCHRONOUS		NONSYNCHRONOUS	
.1285		.0043 / 0%		.0934 / 53%		.0218 / 3%	
(ELECTRICAL=		.0854 / 44%		FLOOR= .0170		SPEC CREST= 1.57)	

Hình 2.22: Bảng các đỉnh tần số

#### Phân tích:

- 1) Năng lượng chủ yếu là bội số của tốc độ quay.
- 2) Tỷ lệ 1X và 2X cao.
- 3) Có sự xuất hiện tần số 3X.
- 4) Đồ thị time waveform có tính chu kỳ và lặp lại.
- 5) Tác động thấp.

**Chẩn đoán:** Sai lệch cân tâm giữa máy phát và exciter.

**Hành động khắc phục:** cân tâm lại giữa máy phát và kích từ, điều chỉnh lại cấu trúc giá đỡ của kích từ.

#### 2.4. Những phương pháp kiểm tra khác

**Đo giãn nở của vỏ máy** – vỏ máy được giới hạn bởi các ràng buộc vật lý do giãn nở nhiệt có thể biến dạng và gây ra tình trạng sai lệch cân chỉnh bên trong máy. Đối với một máy phát turbine hơi lớn, giãn nở nhiệt theo phương dọc trục được hấp thụ bởi thanh trượt hay rãnh trượt trên bộ turbine. Việc đo giãn nở nhiệt của 2 casing, được đo trên góc phía trước của vỏ turbine áp suất cao, được sử dụng để đảm bảo rằng giãn nở nhiệt đang xảy ra đều.

**Ảnh nhiệt (infrared thermography)** – phân tích ảnh nhiệt của một dây truyền máy có thể giúp xác định nhiệt độ cục bộ của vỏ máy. Một điểm nóng (hot spot) bị gây ra, ví dụ, bởi rò hơi, có thể đang ảnh hưởng đến giãn nở nhiệt của hệ thống và dẫn đến tình trạng sai lệch cân chỉnh.

**Các móc giữ đường ống (piping hanger)** – các móc giữ đường ống cần phải đỡ ống theo cách mà không ngược với hướng giãn nở nhiệt của đường ống.

**Các khớp đàn hồi (expansion joint)** - các ứng suất trong thành phần cấu trúc và trong đường ống bởi giãn nở nhiệt có thể được loại bỏ bởi sử dụng khớp nối đàn hồi tại những vị trí quan trọng.

**Bulong mặt bích** – kiểm tra tình trạng lỏng và gãy của các bulong mặt bích đường ống. Các bulong gãy có thể là bằng chứng cho thấy sự co kéo đường ống là đáng kể, có thể đang gây ra tình trạng sai lệch cân chỉnh.

**Các shim cân chỉnh** – Các shim cần được làm sạch, không bị bám sơn và rỉ sét. Chúng phải được nằm chặt dưới chân máy. Để ngăn ngừa giá đỡ bị yếu (soft or spongy), các shim này cần được giới hạn từ 3-4 shim tại một vị trí.

**Chốt côn** – Kiểm tra sự lỏng và hư hỏng đối với các chốt.

**Lịch sử bảo dưỡng** - Bằng chứng đối với một vấn đề gặp phải ở thiết bị thường nằm trong lịch sử thiết bị. Xem xét lại những ghi chép về thiết bị để xác định các bộ phận máy nào được phục hồi hay thay thế. Xem lại lịch sử cân chỉnh của máy. Điều này bao gồm các thông số cân chỉnh quá khứ và hiện tại, những thay đổi về thông số cân chỉnh.

Sự kiểm tra về sự mài mòn và tính chất kim loại đối với các bộ phận bị mòn – kiểm tra các chi tiết máy bị mòn bất thường như:

- Khớp nối
- Bearing
- Seal

## Chương 3

# CÁC VẤN ĐỀ LƯU Ý KHI CÂN TÂM

### Các điểm chính cần nắm:

- *Nắm được các chiến lược cân tâm phù hợp*
- *Hiểu được các công việc cần chuẩn bị cho việc thực hiện cân chỉnh thành công*

Đối với một số thiết bị có thể dễ dàng thực hiện cân chỉnh và không gặp bất kỳ khó khăn nào trong quá trình thực hiện. Những thiết bị nhỏ mà dễ dàng dịch chuyển, giãn nở nhiệt không lớn và tình trạng bị kẹt bulong có thể xử lý được ngay. Đối với những thiết bị này thì sự chuẩn bị cho việc thực hiện cân chỉnh là tương đối đơn giản chỉ cần bộ đồ gá, bộ siết lực, shim chêm cùng một số dụng cụ thông thường cần thiết là có thể thực hiện được. Tuy nhiên, đối với những thiết bị lớn, phức tạp mà đòi hỏi những thiết bị cân chỉnh chuyên dụng, tính toán phức tạp và mất nhiều thời gian để hiệu chỉnh thì việc chuẩn bị kỹ lưỡng cho quá trình cân chỉnh là cần thiết. Một số điểm lưu ý trước khi thực hiện công việc cân tâm là:

### 3.1. Chiến lược thực hiện

Có nhiều cách để hoàn thành một công việc. Những cách này có thể được xem xét ngay khi ở giai đoạn khái nhiệm và ưu điểm của các phương pháp này có thể được đánh giá trước khi lựa chọn. Phần này sẽ trình bày các phương pháp cân tâm phổ biến cùng với sự thảo luận về ứng dụng của chúng. Phương pháp sẽ không được lựa chọn

cho đến sau khi hệ thống được khảo sát và thông tin về thiết bị được thu thập đầy đủ. Một số phương pháp sẽ đạt được sự cân tâm thỏa yêu cầu và một số phương pháp thì thích hợp hơn cho những trường hợp cụ thể. Người cân tâm phải nắm rõ tất cả các phương pháp và áp dụng nó cho từng trường hợp một cách phù hợp.

### **3.1.1. Không thực hiện cân tâm**

Đây là phương pháp mặc định nếu chúng ta không thể làm bất cứ việc gì, hay nếu thời gian là không đủ. Phương pháp này có những ưu điểm riêng của nó. Thứ nhất, nó tiết kiệm thời gian cho kế hoạch thực hiện. Một vài giờ hay một vài ngày có thể được lược bớt khỏi kế hoạch nếu việc cân tâm nguội được xóa bỏ. Thứ hai, phương pháp này giúp tiết kiệm tiền. Chi phí của dịch vụ cân tâm được loại bỏ khỏi ngân sách. Nó được dịch chuyển vào tương lai sau khi hư hỏng khi có nhiều tiền hơn trong ngân sách. Thứ ba là nó ngăn ngừa việc tạo ra các vấn đề có thể phát sinh trong quá trình thực hiện cân chỉnh, như là trường hợp kẹt bulong hay co kéo đường ống hay giãn nở nhiệt. Thứ tư là nó sẽ hầu như đảm bảo một nguồn thu nhập tương lai cho các nhà cung cấp chi tiết hay dịch vụ tái tạo.

Không thực hiện cân tâm có thể đạt được sự hoạt động thỏa mãn ở các thiết bị nhỏ một thời gian và tiết kiệm chi phí. Khả năng hoạt động thỏa mãn suy giảm dần ở các thiết bị lớn hơn và đạt đến 0 ở các thiết bị lớn và nhiệt độ cao ở nhiều dây truyền thiết bị.

### **3.1.2. Sử dụng các điểm tham chiếu (lấy dấu) lúc thiết bị dừng**

Đây là các con chốt, các dấu đột hay khoảng cách cố định từ một đối tượng không dịch chuyển. Thiết bị được cân tâm tốt trước đó và nó đã chạy tốt. Trước khi tháo hệ thống, các vị trí của các bộ phận chính được thiết lập tương đối với cấu trúc nền đứng yên. Sau đó trong quá trình lắp lại, việc cân chỉnh chỉ đơn giản là trả lại các bộ phận quan trọng lại vị trí đã lấy dấu trước đó.

Sự lắp lại của vị trí lần thứ hai phụ thuộc rất lớn vào điều kiện lúc dừng máy. Các chốt là tốt nhất nếu khe hở lỗ là nhỏ, đặc biệt là các chốt côn. Ưu điểm của chiến thuật này là tiết kiệm được thời gian và thừa hưởng được những thuận lợi ở lần cân tâm tốt trước đó. Nhược điểm là chúng ta phải giả định rằng không có sự thay đổi cơ học nào xảy ra ở nền máy, vỏ máy, các trục hay bearing.

### **3.1.3. Cân tâm thô**

Đây là các thước thẳng cạnh bắc ngang qua hai nửa khớp nối, các thước nhét được sử dụng để đo khe hở và dịch chuyển máy cùng với các búa mềm. Nhiều sự cân tâm tốt đã đạt được trong nhiều thế kỷ ở các thiết bị nhỏ sử dụng phương pháp cân tâm thô này. Chúng vẫn còn được sử dụng cho phần lớn các thiết bị nhỏ. Khi chi phí của thiết bị ít hơn chi phí cân tâm, thì đây là phương pháp tốt nhất để sử dụng. Nó cần ít thời gian, công cụ và huấn luyện hơn các phương pháp cân tâm khác.

Tuy nhiên, kết quả thực hiện lại phụ thuộc phần lớn vào kỹ năng, sự đánh giá, sự kiên nhẫn và kế hoạch cho các ngày còn lại của người thực hiện. Các phương pháp cân thô được thảo luận ở phần sau.

#### **3.1.4. Cân tâm lỗ**

Phương pháp này áp dụng cho các thiết bị lớn có các bộ bearing nằm riêng biệt, nhiều bearing, hay vỏ máy dài. Trước khi lắp rotor thì cần phải thực hiện cân chỉnh đồng tâm cho các bearing của máy. Phương pháp này phù hợp nhất đối với các máy quay rất lớn và dây chuyền máy dài.

#### **3.1.5. Công cụ quang học**

Các công cụ quang học như telescope, titling level, jig transit và theodolite. Những dụng cụ đo này hữu dụng đối với khoảng cách dài, đến hàng trăm feet. Chúng cũng hữu dụng đối với các khoảng cách nhỏ, chính xác hơn với dải đo nhỏ hơn. Những dụng cụ đo này có thể được sử dụng để thiết lập độ phẳng cho nền, định vị trí của vỏ máy và cân chỉnh đồng tâm trục. Chúng được sử dụng để đo sự giãn nở nhiệt hay bất kỳ dịch chuyển nào theo thời gian sau khi các điểm tham chiếu phù hợp được thiết lập. Chúng có thể đo độ phẳng, độ thẳng và vuông góc cùng với các phụ kiện và các đặc tính hình học mà không có thiết bị đo nào khác có thể thực hiện được ở các khoảng cách lớn.

Sự bất lợi của dụng cụ quang học là thời gian thiết lập và kỹ năng, sự kiên nhẫn của người vận hành.

#### **3.1.6. Sử dụng đồng hồ so gắn ở trục**

Đây là dụng cụ đo phổ biến nhất và các phương pháp này có thể thực hiện được hầu như tất cả các nhiệm vụ cân tâm. Các phụ kiện có sẵn trên thị trường cho các khớp nối lớn, cũng như các bộ đồ gá nhỏ cho các không gian hẹp, đảm bảo sự hữu dụng vô đối. Độ chính xác cân tâm có thể đạt được cùng với chi phí thấp.

Một số phương pháp cân tâm sử dụng đồng hồ so có thể kể đến gồm: phương pháp reverse, phương pháp Rim-face, phương pháp double radial, phương pháp face-face, phương pháp shaft to coupling spool method... Tuy nhiên, trong đó phương pháp Rim-face và Reverse là hai phương pháp phổ biến thường được sử dụng nhất và sẽ được thảo luận kỹ ở chương sau.

Cân chỉnh laser là phương pháp reverse indicator đơn giản cùng với các thiết bị đo laser thay thế cho đồng hồ so. Các dụng cụ đo có laser có ít hữu dụng hơn đồng hồ so ở khoảng 10 đến 20 lần chi phí.

#### **3.1.7. Cân chỉnh ở điều kiện hoạt động (running alignment)**

Phương pháp này sử dụng các thiết bị đo độ rung để dịch chuyển máy trong khi đang hoạt động. Nó đảm bảo ứng suất ở khớp nối và bearing trong điều kiện nóng.

### **3.2. Lập kế hoạch thực hiện chi tiết**

Những chiến lược phải luôn giữ mở khi lập kế hoạch cân chỉnh. 4 phần sau trình bày các kỹ thuật lập kế hoạch chi tiết:

- Thu thập thông tin về thiết bị.

- Chuẩn bị các dụng cụ đo.
- Chuẩn bị các công cụ
- Thực hiện kiểm tra trước khi cân chỉnh máy.

Chiến lược tốt nhất sẽ không rõ ràng cho đến khi thông tin về thiết bị được thu thập.

### **3.2.1. Thu thập thông tin về thiết bị**

Đây là một khảo sát có tính hệ thống được hoàn thành trước hết bởi nói chuyện qua điện thoại, sau đó bằng việc kiểm tra các bản vẽ và cuối cùng là khảo sát thực tế tại hiện trường. Các gợi ý cho việc thực hiện gồm:

1. Ai là người giám sát hay là người liên hệ công việc trong quá trình thực hiện công việc, về nhân sự, cấp phép và phối hợp thực hiện?
2. Loại dây truyền thiết bị: hai yếu tố hay nhiều yếu tố? máy nén, hộp số, motor, turbine, bơm, quạt, hay thiết bị khác...? thiết bị nằm ngang, đứng hay kết hợp ?
3. Công suất và tốc độ quay.
4. Các yếu tố nào của dây truyền là cố định và yếu tố nào thường được dịch chuyển cho việc điều chỉnh cân chỉnh? Có thể dịch chuyển tất cả các yếu tố trong quá trình cân chỉnh không? Thứ tự dịch chuyển tốt nhất cho dây truyền nhiều thiết bị là gì?
5. Loại khớp nối nào được sử dụng ở thiết bị? Nhà sản xuất, loại, kích thước, khớp nối trực tiếp hay có spacer, có thông số giãn nở nhiệt của khớp nối không (prestretch) và vị trí của khớp nối nếu dây truyền có nhiều thiết bị. Nếu trực tiếp (quill shaft) được sử dụng thay thế cho khớp nối thì trạng thái nó như thế nào. Các hub lộ ra ngoài hay bị che kín, đường kính tối đa của khớp nối và khả năng lắp đặt các thiết bị đo là như thế nào?
6. Đường kính trục hoặc đường kính xấp xỉ trục là bao nhiêu?
7. Độ cao của tâm trục trên bề mặt máy gần nhất hay điểm nền máy mà có thể gây trở ngại cho việc lắp đặt xích quay trục.
8. Khoảng cách dọc trục giữa hai đầu trục (DBSE) của hai thiết bị gần nhau. Các yêu cầu về khe hở khớp nối là gì (khoảng cách danh nghĩa giữa hai coupling hub)?
9. Khoảng cách của phần hở của các trục cùng với khớp nối được kết nối.
10. Khoảng cách dọc trục giữa các tâm của các phần trục hở của các máy gần nhau.
11. Có bất kỳ vấn đề hay khó khăn nào về việc đo lường?
12. Các loại bearing được sử dụng trong các máy.
13. Đối với sleeve bearing, lượng dọc trục tự do là bao nhiêu. Đối với sleeve bearing motor, vị trí tâm từ hay tâm hình học là ở đâu?
14. Liệt kê các máy mà trục của nó không thể quay bằng tay bằng bộ trở trục thông thường hay turning gear.
15. Cân tâm nguội được thực hiện cùng hay không cùng với lượng bù trừ giãn nở nhiệt? Nếu lượng bù trừ giãn nở nhiệt được yêu cầu, thì giá trị của chúng là bao

- nhiều, chúng có phải được đo hay không? Xét đến sự dịch chuyển bởi nhiệt, thủy tĩnh (hydrostatic), thủy động lực học (hydrodynamic), momen (torque) và gear0-climbing.
16. Nếu lượng offset cho giãn nở nhiệt cần phải được đo thì phương pháp đo khả thi nhất là gì? Sử dụng Essinger bar, optics, dodd-dymac bars, indikon probes, Jackson water stand hay phương pháp khác? Sự lựa chọn phương pháp thường phụ thuộc vào khả năng tiếp cận đến các điểm đo và sự sẵn sàng của thiết bị đo.
  17. Dây truyền máy cần cân chỉnh hiện tại đang hoạt động hay đang dừng? nếu đang chạy, khi nào thì nó sẽ được dừng? nếu dừng, khi nào nó sẽ chạy lại? mất bao lâu sau khi khởi động/dừng máy để đạt được trạng thái ổn định về nhiệt độ?
  18. Thiết bị là dây truyền được lắp mới và việc cân chỉnh được thực hiện lần đầu tiên hay là cân chỉnh lại một thiết bị mà đã và đang hoạt động?
  19. Có bất kỳ vấn đề gì được biết đến cùng với các mối ghép của đường ống, bê tông, bệ máy hay các tấm đế, nền máy hay cấu trúc giá đỡ hay các yếu tố bên ngoài khác không?
  20. Dây truyền máy được đặt trong nhà hay ở ngoài trời?
  21. Nó được gắn xuống đất hay ở trên cao?
  22. Khả năng dịch chuyển máy theo phương ngang và phương đứng như thế nào? Chiều dày của các miếng shim hiện hữu là bao nhiêu hay các khối nâng để cho phép dịch chuyển xuống là bao nhiêu? Có các bulong công được lắp đặt sẵn hay không?
  23. Khoảng không gian sẵn có dưới tâm máy ở mỗi đầu cho việc gắn các thiết bị nâng (con đội) theo phương đứng là bao nhiêu? Nếu các vị trí tâm không phù hợp cho việc kích lên thì hãy xác định các vị trí phù hợp khác và có không gian cho việc thực hiện. Nếu việc đội lên là không khả thi thì hãy xác định các phương pháp nhắc lên khả thi sẵn có là gì?
  24. Xác định khối lượng của các yếu tố thiết bị.
  25. Xác định kích cỡ và chiều dài các bulong chân, số lượng của mỗi kích cỡ và các yêu cầu về lực siết đối với các bulong này. Có bất kỳ bulong nào tựa sát khe hở lỗ bulong hay không? Các bulong có thể cho phép cắt bớt hay không?
  26. Có bất kỳ hơi ăn mòn nào hay không... ở khu vực mà cần sử dụng các vật liệu đặc biệt cho bulong chân hay các miếng shim? Vật liệu shim thông thường là loại thép không gỉ 304. Các vật liệu bulong thông thường là dạng carbon steel, hay thép hợp kim grade 8 nếu các bulong bị xén bớt được sử dụng.
  27. Có các loại shim được cắt sẵn chuẩn bán trên thị trường mà phù hợp hay không hay cần có các shim được chế tạo riêng yêu cầu không? có các mẫu hay kích thước sẵn có để cho phép việc cắt trước các miếng shim cho công việc cân tâm không?

28. Có sự ràng buộc về thời gian không? Việc cân tâm có nằm trong hạng mục đường găng trong đợt đại tu hay trong tiến độ được xây dựng không? Nếu có, có nhiều hơn một ca làm việc được yêu cầu hay không?
29. Có bất kỳ công việc nào khác mà phải được hoàn thành trong khu vực lân cận mà có thể ảnh hưởng đến công việc cân chỉnh không? Nếu có thì nó được phối hợp thực hiện như thế nào? Công việc nào được ưu tiên hơn?
30. Có bất kỳ bộ gia nhiệt hay thiết bị nào khác mà có thể ảnh hưởng đến sự giãn nở nhiệt hay chỉ số của đồng hồ đo từ không? Nếu có, chúng có thể được tắt đi trong quá trình thực hiện cân chỉnh hay không?
31. Có bất kỳ tiếng ồn môi trường, độ rung, hơi, khí, nhỏ giọt của chất lỏng, bắn cát vệ sinh, hàn, cháy hay các yếu tố bên ngoài khác mà cần các hành động bảo vệ, trì hoãn công việc hay gián đoạn công việc cân chỉnh hay không?
32. Nếu được phơi dưới ánh nắng mặt trời hay các nguồn nhiệt không liên tục khác, thì có khả năng lắp các tấm chắn hay không? Nếu công việc tiếp tục dưới điều kiện trời mưa thì có thể có các tấm chắn để che chắn mưa được dựng sẵn trước hay không?
33. Có đủ không gian ở gần thiết bị để đặt bàn xếp để giữ các hộp công cụ cân chỉnh, các tấm shim... hay không?
34. Nếu các công việc gần như tiêu tốn hết 1 ngày hay 24h làm việc mà không hoàn thành, thì nó có an toàn để các công cụ mà không trông nom không? Nếu không thì sự lựa chọn phải được thực hiện giữa 1 và 2h công thêm để lấy và tiêu tốn thêm thời gian ở ca cuối, cộng thêm một hay 2h thiết lập cho ca mới tương ứng với chỉ định một nhân viên bảo vệ và bỏ các công cụ ra và thiết lập.
35. Nếu dây truyền máy hiện tại có thông số cân chỉnh tốt và được cân chỉnh lại sau khi tháo ra và lắp lại một trong những yếu tố máy, thì có khả thi để tạo chốt cho những thiết bị này trước khi tháo nó ra nếu chúng chưa có được đóng chốt sẵn hay không? Nếu việc đóng chốt là không phù hợp thì làm thế nào để tạo ra các điểm đánh dấu ăn khớp cùng với mũi vạch dấu để cho phép đặt thiết bị nhanh chóng gần vị trí được cân tâm hay không?
36. Thiết bị có lịch sử bị hư hỏng mà có thể góp phần gây ra sự sai lệch thông số cân tâm hay không? Ví dụ có thể là rung động, sự mài mòn của bạc đỡ, khớp nối, hư hỏng seal, nứt bearing housing hay hư hỏng các bulong chân.
37. Có sự dịch chuyển do giãn nở đáng kể nào hay sự dịch chuyển của đường ống gây ra sự sai lệch cân chỉnh để mà khớp nối hiện hữu không thể bù đắp được ngay cả với việc cân chỉnh tốt nhất ở trạng thái nguội cùng với lượng bù trừ giãn nở nhiệt sẵn có tốt nhất hay không? Nếu vậy, có cần xem xét thêm đến việc tăng khả năng chịu đựng sai lệch cân chỉnh của khớp nối như loại khớp nối mềm, hay phải cải thiện đường ống hay hệ thống support của nó hay không?
38. Sai số cân chỉnh được yêu cầu là bao nhiêu? Nếu không có thông số nào được đưa ra thì xem chương số 8.

39. Khách hàng có ưu tiên sử dụng phương pháp lazer hay cân chỉnh bằng đồng hồ so hay không?

40. Sự dịch chuyển theo phương ngang được giám sát như thế nào?

### **3.2.2. Sự chuẩn bị về các dụng cụ đo lường**

Trước thời điểm đưa ra sự chuẩn bị về các thiết bị đo lường này thì chiến lược cân chỉnh phải được quyết định và lựa chọn. Phần này giả định rằng phương pháp cân tâm bằng đồng hồ so sẽ được sử dụng, thì ta cần chuẩn bị như sau:

1. Xác định phương pháp cân tâm tốt nhất được sử dụng- phương pháp reverse, rim-face hay một trong những phương pháp khác. Phương pháp Reverse được yêu cầu bất cứ khi nào nó có thể.
2. Chuẩn bị bộ kit cân chỉnh cùng với các chi tiết phù hợp với kích thước của trục.
3. Kiểm tra tất cả các đồng hồ so về sự dịch chuyển tự do không bị kẹt hay giật cục.
4. Xác định sai số đồ gá tương ứng với khoảng cách được sử dụng để cân tâm.
5. Chuẩn bị sẵn 2 đồng hồ so có đế từ hay đồ gá để giám sát sự dịch chuyển theo phương ngang (ngay cả khi hệ thống cân chỉnh bằng lazer được sử dụng)
6. Chuẩn bị các phụ kiện cần thiết như xích gá cho khớp nối lớn, các thanh dài để có thể cắt phù hợp với chiều dài tại hiện trường, các khớp nối thêm, bộ cố định.
7. Nếu sự giãn nở nhiệt được đo tại hiện trường thì thiết bị đo nào cần phải được mang theo? Infra-red thermometers, thermocouple thermometers, essinger bars, đồng hồ so được gắn cố định lên nền máy, các đầu đo tiệm cận, dụng cụ quang học, lasers.
8. Giấy và bút chì để ghi nhận dữ liệu và lập bản vẽ.
9. Khả năng tính toán – giấy họa đồ, thước thẳng, máy tính.
10. Biểu đồ sai số để xác định ngưỡng chấp nhận được.

### **3.2.3. Chuẩn bị về công cụ**

Chuẩn bị tốt về dụng cụ để đo và kiến thức về lượng dịch chuyển cần thiết là đạt được một nửa quãng đường cân tâm rồi. Một nửa còn lại phải dịch chuyển chính xác theo 3 phương của máy mà có thể nặng hơn khối lượng của một cái nhà. Cho nhiệm vụ này, chúng ta cần có các công cụ nâng vật nặng kèm theo các công cụ thông thường.

1. Cần thu thập đủ lượng shim với kích thước đúng. Các tấm shim thép không gỉ được cắt trước cần được chuẩn bị trước. Hãy kiểm tra kỹ các tấm shim về độ sạch, loại bỏ các vết ố hay cong vênh của các cạnh shim.
2. Chuẩn bị một vài dụng cụ siết cho các kích thước của bulong chân, loại đầu mở, dạng mũ chụp hay socket.
3. Đóng gói bộ dụng cụ chuẩn gồm kìm, channel lock, cờ lê chữ C, cờ lê, bộ allen key, búa, dũa, giấy nhám, thước nhét, đồ làm sạch, dầu và dẻ lau.
4. Chuẩn bị thiết bị quay trục như strap wrench, chain wrench, thanh bẫy loại nhỏ.
5. Lựa chọn công cụ nâng, cầu, bẫy. Những loại này có thể là các thanh bẫy lớn, các con đội thủy lực, palang xích hay các thiết bị định vị trí đặc biệt.

6. Nếu không có các bulong công nào được lắp đặt, thì hãy mang các bulong công tạm thời như các thanh kê gỗ lớn, thanh kẹp chữ C lớn, bộ kéo xích hay các sản phẩm điều chỉnh theo phương ngang khác.
7. Nếu các khớp nối cần được lắp đặt hay loại bỏ, hãy mang các bearing hay bộ cao và bình gò dùng để gia nhiệt.

#### **3.2.4. Các công việc kiểm tra ở máy trước khi cân chỉnh**

Giả thiết rằng mọi thứ đã được chuẩn bị sẵn sàng và chúng ta mang tất cả đến máy. Trước khi đo hay dịch chuyển mọi thứ thực sự, thì những bước kiểm tra sau đây cần phải được thực hiện hay đưa ra các lý do thuyết phục để không làm chúng:

1. Nếu máy chưa được đặt lên, hãy kiểm tra bề máy về độ phẳng cùng với thước thẳng hay livo, mài bề hoặc các tấm chân nếu cần.
2. Làm sạch bề và phần dưới của mỗi chân máy. Sửa các bề mặt ngoài này cùng với dũa để loại bỏ các vết ố, điểm nhấp nhô, gỉ sét và sơn.
3. Kiểm tra nền máy, bề đỡ và bê tông. Tìm kiếm các vết nứt, điểm mòn hay suy giảm khác.
4. Kiểm soát quá trình lock out và tag out. Xác nhận sự cô lập thiết bị bằng cách thử khởi động máy.
5. Kiểm tra hay thiết lập vị trí dọc trục, xem xét lượng dịch dọc tự do và các yêu cầu khe hở giãn nở nhiệt của khớp nối.
6. Kiểm tra các khả năng về co kéo đường ống. Nếu nghi ngờ, đo lượng co kéo trên máy bằng đồng hồ so khi tháo đường ống ra. Khắc phục hiện tượng co kéo đường ống.
7. Thực hiện cân tâm thô.
8. Kiểm tra sự biến dạng của casing hay soft foot. Sử dụng đồng hồ so, thước nhét như được mô tả trong chương sau. Khắc phục tình trạng soft foot trước khi tiếp tục công việc.
9. Đo lượng run out ở tất cả các trục mà có thể tiếp cận được. Runout nhiều hơn 0.003inch TIR trên bề mặt chính xác của trục là đủ để dừng công việc cân chỉnh và sửa chữa rotor khắc phục hiện tượng runout.
10. Đối với các thiết bị lớn sử dụng plain bearing, khởi động bơm dầu và xác nhận lại sự tuần hoàn của nó.

Không phải tất cả các bước được liệt kê trên là được áp dụng hết mỗi khi nhận nhiệm vụ cân tâm. Đối với các công việc cân chỉnh định kỳ, thì chúng ta không cần thiết phải tuân theo checklist này. Những bước nêu trên là những bước chuẩn bị cho việc lên kế hoạch thực hiện khi không có được hiểu biết về thực tế đối với thiết bị. Sự chuẩn bị tốt sẽ đảm bảo rằng công việc được thực hiện bình thường và đúng tiến độ.

### **3.3. Các lưu ý khi thực hiện công việc cân tâm**

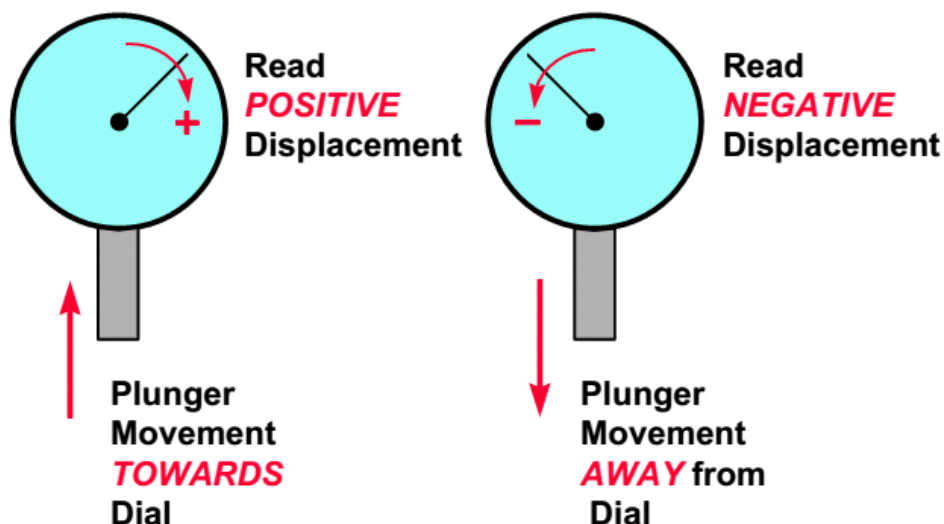
#### **3.3.1. Đảm bảo các công cụ này sạch và trong trạng thái tốt**

Những công cụ thông thường được sử dụng trong cân chỉnh bao gồm:

- Đồng hồ so (dial indicator)
- Thanh giữ đồng hồ so (indicator holder)
- Giá cân chỉnh.
- Thanh cân chỉnh.
- Đế từ cùng với thanh vuông góc (Magnetic Orthogonal Level)
- Đế từ cùng với thanh xoay dạng cổ ngỗng (Magnetic Bases With Goosenecks).
- Gương có thể điều chỉnh được.
- Lựa chọn công cụ cầm tay tốt.

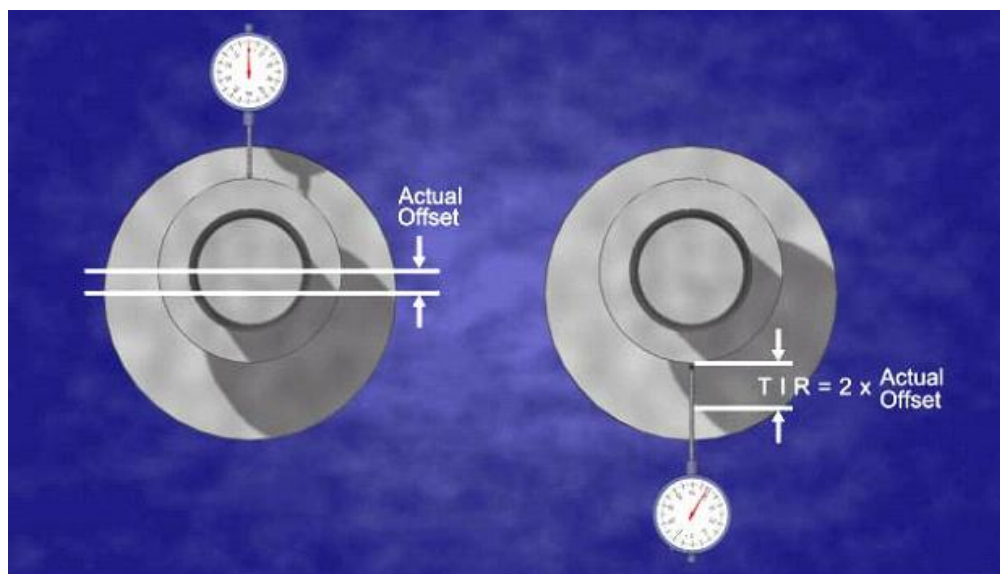
### 3.3.2. Đồng hồ so

- Đo vị trí tương đối.
- Mặt đồng hồ so quay đến vị trí 0 của mặt chỉ thị.
- Mặt chỉ thị có một đầu đo được ép bởi một lò xo để đảm bảo nó luôn tiếp xúc với bề mặt đo.
- Khi đầu đo bị đẩy vào, thì kim đồng hồ dịch chuyển theo chiều kim đồng hồ và kết quả thông số là dương (+).
- Khi đầu đo bị đẩy ra, thì kim chỉ dịch chuyển ngược chiều kim đồng hồ và kết quả đọc là giá trị âm.



Hình 3.1: nguyên lý hoạt động của đồng hồ so

- Dịch trục song song tương ứng tổng với chỉ số đo: Có hai loại chỉ số đo đồng hồ; thực tế và tổng chỉ số được đo (TIR). Khi một đồng hồ so được chuẩn 0 trên một trục và quay 180o, thì kết quả là là tổng chỉ số đo (TIR). Lượng dịch song song thực tế của tâm trục là một nửa giá trị này. Chỉ số đo trên đồng hồ so dịch song song theo cả hai mặt của trục, vì vậy kết quả tổng chỉ số đo là gấp 2 lần lượng dịch thực tế.

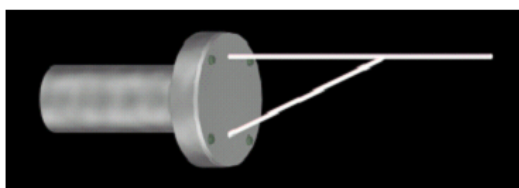


Hình 3.2: Lượng offset TIR và thực tế.

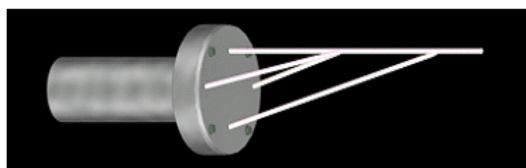
### 3.3.3. Giá đỡ cân chỉnh (Alignment Mounting Brackets)

Giá đỡ cân chỉnh là bộ phận cố định được sử dụng để giữ đồng hồ so trên các bộ phận của khớp nối. Các giá đỡ có thể được chế tạo riêng cho một máy hay có thể điều chỉnh để sử dụng cho một vài loại máy khác nhau. Bởi vì thường có hàng trăm loại ứng dụng khác nhau trong mỗi nhà máy mà nó làm chúng ta nghĩ đến việc tạo ra giá đỡ có thể điều chỉnh được. Việc cung cấp sự điều chỉnh giá đỡ cần phải được thực hiện cho vừa đường kính trục và khoảng cách khớp nối. Các giá đỡ phải đủ cứng vững để đảm bảo chỉ số có tính lặp lại đủ thấp để giảm thiểu sai số vòng của thanh đỡ. Một số loại giá đỡ phổ biến nhất có thể kể đến như dưới:

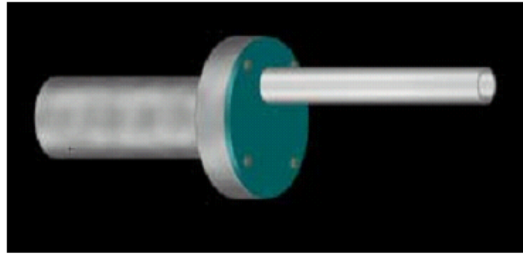
Simple Plate and Bar



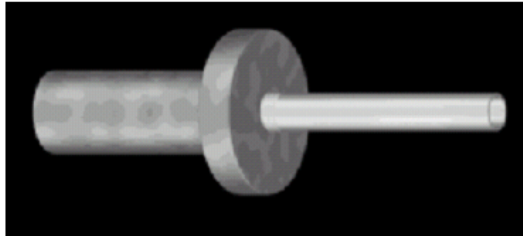
Christmas Tree



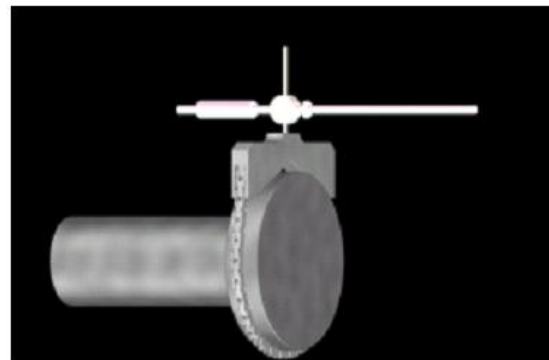
**Pipe and Plate**



**Screw In Pipe**



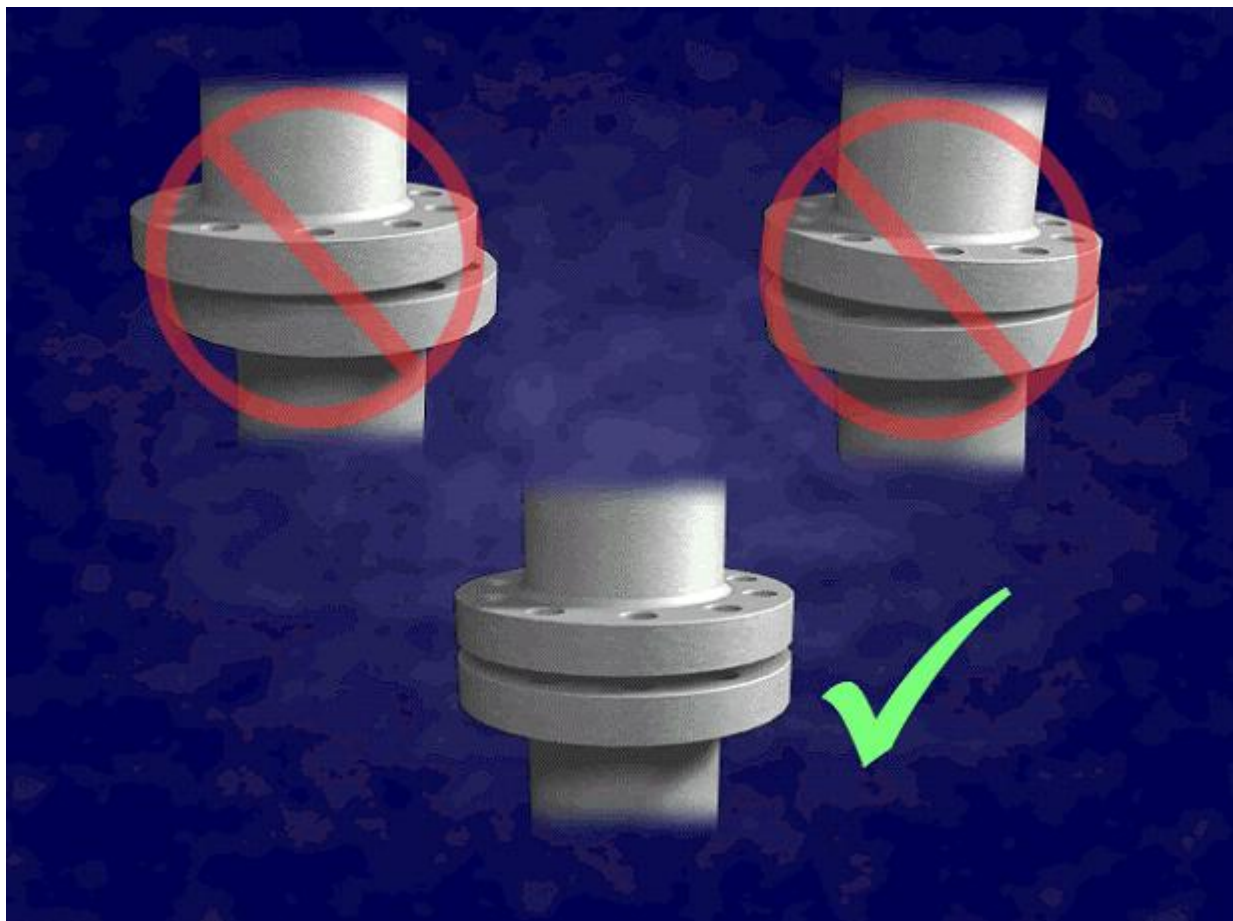
**Chain Bracket**



*Hình 3.3: các kiểu giá đỡ cân tâm*

#### **3.3.4. Đường ống**

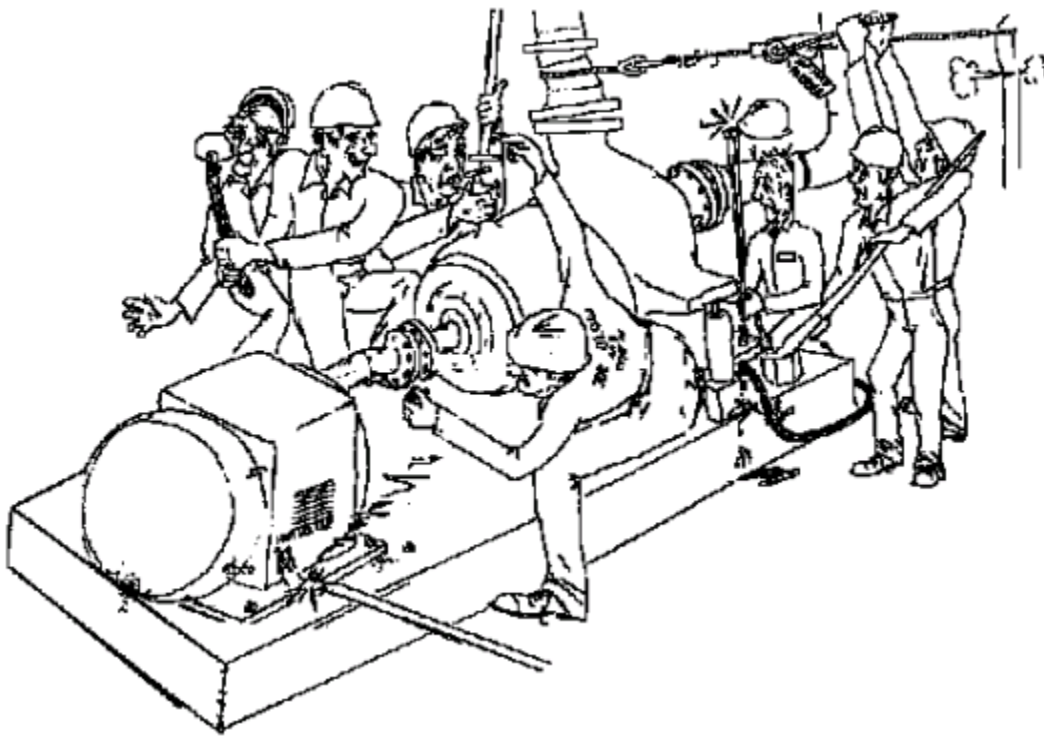
Các lực do tác động của đường ống thường là yếu tố gây ra các hư hỏng bởi sai lệch cân chỉnh. Cân chỉnh tĩnh một thiết bị có thể hoàn hảo nhưng các lực đường ống có thể dễ dàng đẩy vỏ máy đến tình trạng thông số cân chỉnh nằm ngoài ngưỡng cho phép. Do đó, việc kiểm tra toàn bộ hệ thống đường ống là cần thiết trước khi thực hiện bất kỳ quá trình cân chỉnh nào.



*Hình 3.4: Đường ống ở trạng thái đúng trước khi lắp đặt.*

Thông thường, cân chỉnh đồng tâm trục được hoàn thành trước khi đường ống được kết nối. Đường ống sau đó được gắn vào thiết bị. Các mặt bích đường ống phải song song với và được cân chỉnh cùng với các mặt bích thiết bị. Các mặt bích phải thẳng hàng không có bất kỳ vật kê hay hỗ trợ dọc theo đường ống.

Một nguyên tắc cơ bản cần nhớ là “ thay đổi đường ống theo bơm chứ đừng thay đổi bơm theo đường ống”. Nếu cân tâm trục thay đổi một cách đáng kể (lượng thay đổi có thể chấp nhận được là khác nhau với từng ứng dụng nhưng nếu sai lệch lớn hơn 2 mils thì thường không cho phép; tuy vậy cũng có những ứng dụng 4mils vẫn được chấp nhận) thì sau khi đường ống được gắn, đường ống sẽ được ngắt kết nối, các lực co kéo ống được loại bỏ và toàn bộ quy trình bắt đầu lại từ đầu. Cũng có những trường hợp, lực co kéo ống quá lớn dẫn đến hư hỏng khớp nối, bearing và hư hỏng trục. Trong một trường hợp mà đường ống cửa hút của một bơm lớn vận hành ở nhiệt độ cao không được đỡ và giữ một cách phù hợp thì nó có thể làm bể cửa hút của bơm. Bạn có thể hình dung các mối quan tâm về an toàn mà được nói đến bởi hư hỏng này cùng với chi phí sửa chữa và tổn thất sản lượng.



*Hình 3.5: Hình minh họa*

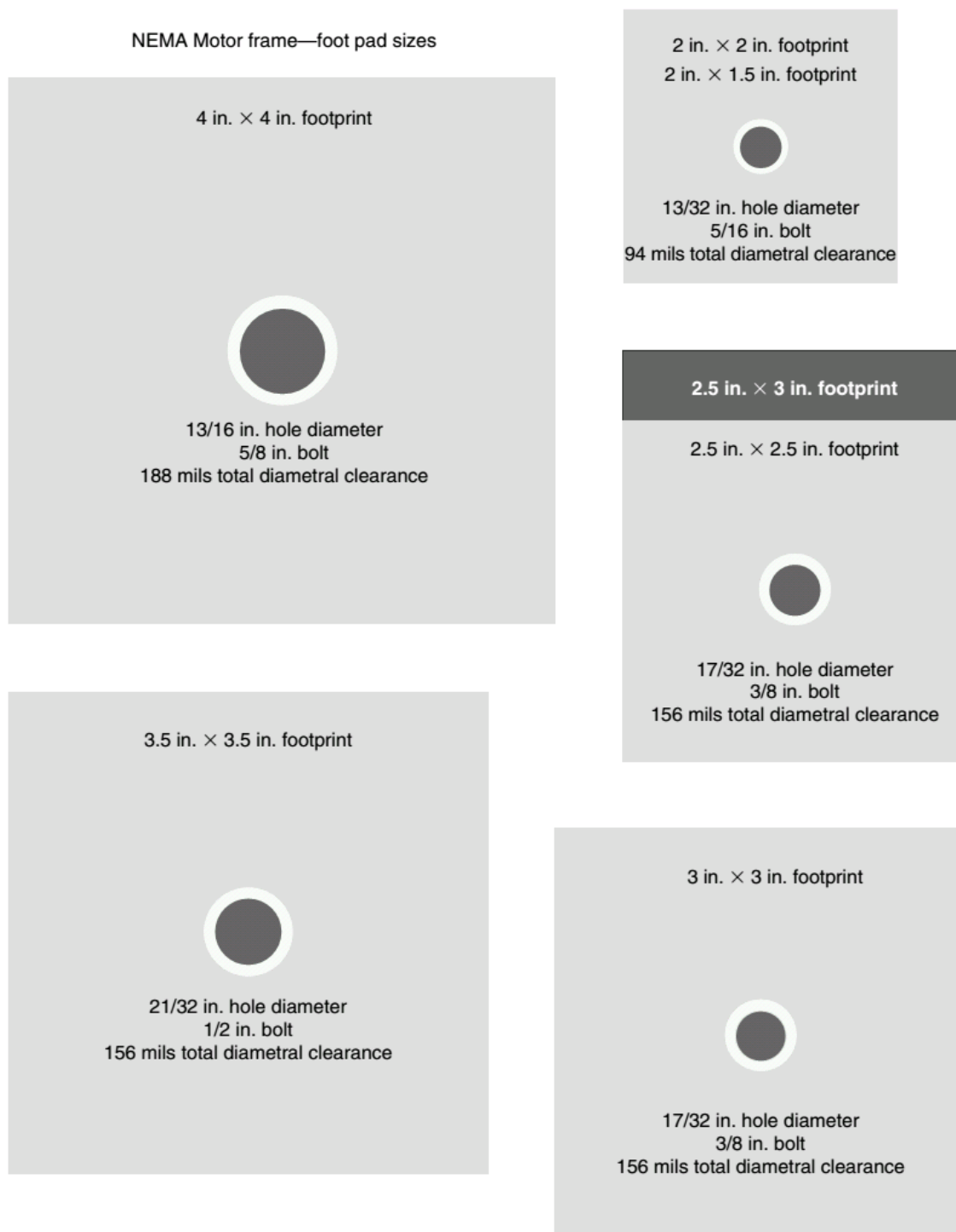
### **3.3.5. Kẹt bulong**

Không có trường hợp sử dụng nào có được thông số cân chỉnh hoàn hảo sau một thời gian hoạt động nếu các bulong giữ thân máy có khiếm khuyết. Tệ hơn nữa là cùng với khiếm khuyết này sẽ không cho bạn có thể cân chỉnh máy một cách phù hợp. Bolt bound là thuật ngữ được sử dụng để mô tả tình trạng khe hở không đủ giữa bulong giữ và lỗ chân máy để cho phép cân chỉnh theo phương ngang và dọc trục. Giải pháp tốt nhất cho tình huống đó là đưa máy về xưởng và khoan lỗ đủ rộng để cho phép việc dịch chỉnh theo phương ngang. Những gì thực tế thường xảy ra nhất là các bulong này được gửi đến xưởng và cắt bớt để giảm đường kính xuống. Việc này hoàn toàn được chấp nhận miễn là lượng cắt bớt không quá chiều sâu tối thiểu của ren. Các bulong cũng cần phải thẳng cùng với đoạn ren sạch và không bị ăn mòn. Bởi vì các bulong đòi hỏi một lực căng nhất định để ép chặt và vì vậy nó cần thiết phải có đủ độ bền để tạo ra lực căng ấy.

Nếu bạn quyết định nói rộng hay khoan rộng lỗ của chân máy, hãy sử dụng các lông đền dày hay cứng hơn cùng với bulong.



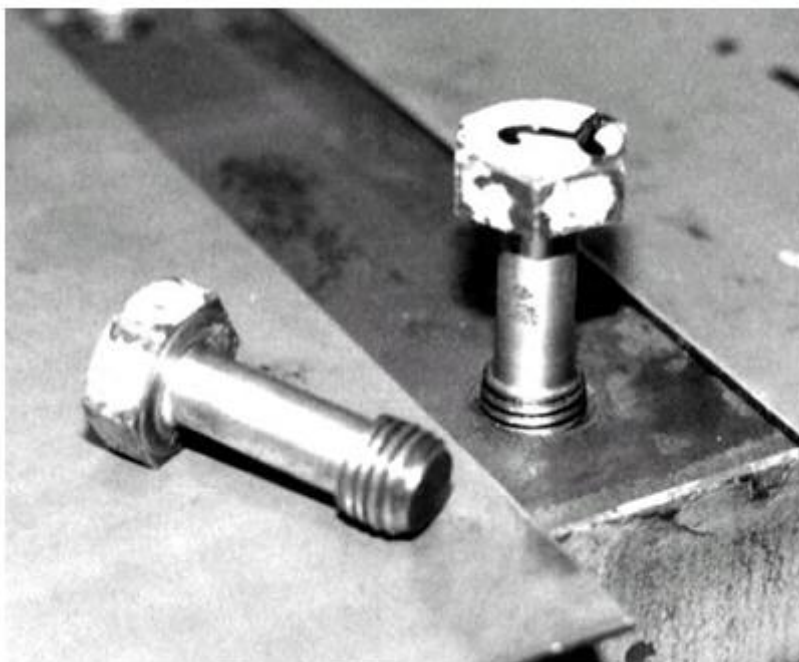
*Hình 3.6: Quan sát khe hở bulong ở chân máy.*



Hình 3.7: Tiêu chuẩn Nema

Bolt	Diameter	Hole	Hole diameter	Clearance
5/16 in.	0.313	13/32 in.	0.406	0.094
3/8 in.	0.375	17/32 in.	0.531	0.156
1/2 in.	0.5	21/32 in.	0.656	0.156
5/8 in.	0.625	13/16 in.	0.813	0.188

Hình 3.8: Các bulong, đường kính lỗ và khe hở đường kính.



Hình 3.9: Các buloong được cắt bớt thân bulong.

### 3.3.6. Shim

Có nhiều loại shim khác nhau có thể được sử dụng để phục vụ cân chỉnh theo phương đứng. Thép các bon, thép không gỉ và đồng thau là những vật liệu thường được dùng làm shim phổ biến nhất. Cũng có những tấm shim bán sẵn trên thị trường được cắt trước hoặc ở dạng tấm. Shim lý tưởng cho mọi trường hợp là shim bằng vật liệu thép không gỉ được cắt trước. Chúng sẵn có với các kích thước từ 1mil đến 150 chiều dày. Các miếng shim hay cuộn shim được dán nhãn theo chiều dày danh nghĩa, thông thường sử dụng thước cặp để kiểm tra độ dày thực tế của chúng. Nếu ta sử dụng lại các shim có sẵn thì phải đảm bảo rằng chúng sạch, phẳng và không bị bẩn. Các miếng shim cần có cùng kích thước như chân của máy. Vật liệu shim nên là thép không gỉ 316 (304 SS bị ăn mòn trong môi trường nước có chứa clo).

### 3.3.7. Soft foot

#### 3.3.7.1. Vì sao phải khắc phục soft foot?

Một trong những vấn đề thường gặp khi cân chỉnh máy quay đó là vấn đề liên quan đến vỏ máy đến bệ máy. Khi máy quay được đặt trên bệ của nó, một hay nhiều hơn một trong những chân máy không tiếp xúc tốt với bề mặt của khung bệ máy. Điều này có thể bị ảnh hưởng bởi khung bị biến dạng hay bị cong, vỏ máy biến dạng hay bị cong, việc gia công chân máy không phù hợp, việc gia công bệ máy không phù hợp hay sự kết hợp của cả khung bị biến dạng và vỏ máy bị biến dạng. Vấn đề này thường được biết đến cùng với khái niệm gọi là **Soft foot**. Soft foot thường mô tả bất kỳ tình trạng nào mà ở đó bề mặt tiếp xúc kém hoặc không tiếp xúc xảy ra giữa phần phía dưới của chân máy và nơi mà chúng tiếp xúc trên bệ máy hay khung máy. Các vấn đề về soft foot dường như

ng nghiêm trọng hơn trên các bộ máy được gia công trái ngược với các bộ máy được đúc. Bộ máy được gia công thường được làm từ nhiều phần kết hợp lại như dầm chữ I, ống cấu trúc, cùng nhiều bộ phận khác. Những bộ phận này sau đó được hàn lại với nhau để tạo thành khung. Cơ hội để cắt đúng một góc 45o hay 90o và hàn chúng lại với nhau để đảm bảo mọi thứ phẳng, vuông góc và trên cùng một mặt phẳng là điều rất khó thực hiện được. Tuy nhiên, các vỏ máy, bộ máy đúc cũng không tránh khỏi các vấn đề này. Ngay cả các tấm chân được đúc và chân máy sau đó được gia công thì khả năng trong quá trình lắp đặt khung bị biến dạng khi đặt lên bộ bê tông tạo ra vấn đề soft foot là vẫn có khả năng xảy ra. Tại sao chúng ta lo lắng về hiện tượng này? Có một vài lý do quan trọng giải thích cho việc tại sao chúng cần được khắc phục như sau:

- 1) Phụ thuộc vào chuỗi các bulong chân được siết xuống, tâm quay có thể bị dịch chuyển đến nhiều vị trí khác nhau, gây ra lượng sai lệch đáng kể khi cố gắng cân chỉnh thiết bị.
- 2) Việc siết xuống bất kỳ bulong chân nào mà không tiếp xúc tốt sẽ làm cho vỏ máy bị biến dạng làm sai lệch các giá trị khe hở quan trọng trên các bộ phận quan trọng như bearing, bộ làm kín trục, pump wearing, seal làm kín giữa các cấp nén, rotor từ hay khe hở air gap ở motor...
- 3) Theo thời gian độ rung “dư” trong máy sẽ bắt đầu làm lỏng các bulong chân và các shim ở chân có khả năng bị văng ra khỏi chân gây ra tình trạng soft foot. Cùng với việc nới lỏng các bulong chân thì khả năng thông số alignment sẽ bị dịch chuyển đến giá trị không mong muốn.
- 4) Các vùng ứng suất cao được cục bộ trên vỏ máy bắt đầu đạt đến chu kỳ mỏi của vật liệu gây ra nứt vỏ máy.
- 5) Chân bị lỏng, rung động trong máy sẽ gây ra mài mòn chân vỏ máy và bề mặt tiếp xúc của bộ máy.

Hình 3.10 trình bày mặt dưới bearing housing của bơm chịu đựng hư hỏng đáng kể bởi tình trạng soft foot và lượng shim không đồng đều dưới bộ bearing trên trục lớn không tiếp xúc tốt với mặt dưới của bearing và lượng shim không đều được gắn dưới giữa vỏ máy và khung máy. Hình 3.11 trình bày một tấm shim dưới khung gối bearing trên một quạt lớn mà không tiếp xúc với khung gối bearing. Sau khi tình trạng soft foot được khắc phục, độ rung giảm xuống 400%. Hình 3.12 trình bày các tấm shim bị lỏng dưới khung máy nén nơi mà các bulong chân bị lỏng bởi tình trạng soft foot. Một lần nữa, độ rung giảm đáng kể sau khi vấn đề soft foot được khắc phục.

Mọi người thường mắc lỗi khi hình dung tình trạng soft foot ở máy giống như trường hợp một chân của một cái bàn bốn chân bị ngắn. Cách hoán dụ này quá đơn giản và không phản ánh đúng bản chất của những gì xảy ra thực sự ở thiết

bị. Chân của ghế nhìn chung đang tạo ra điểm tiếp xúc lên sàn nhà. Nếu các chân của máy quay chỉ đang tiếp xúc điểm thì mọi vấn đề soft foot có thể được khắc phục bằng cách sử dụng 3 chân còn lại như được biết đến trong cái giá 3 chân. Điều quan trọng là chúng ta phải nhận ra rằng các chân thiết bị của chúng ta đang không tiếp xúc điểm. Thay vì có 4 hay nhiều hơn các bề mặt chân phẳng dưới vỏ máy của chúng ta đang có gắng khớp với 4 hay nhiều hơn các bề mặt phẳng trên bệ máy. Bây giờ, cơ hội cho tất cả 4 bề mặt dưới vỏ máy phẳng và có cùng mặt phẳng và cả 4 mặt phẳng trên đế là phẳng và cùng mặt phẳng là thực sự hiếm xảy ra. Thông thường chúng ta cố gắng để làm tiếp xúc phần dưới của chân máy đến điểm tiếp xúc trên bệ máy, một cách không song song, bị côn, tình trạng khe hở hình nêm tồn tại mà không thể khắc phục cùng với các miếng shim dạng phẳng.



*Hình 3.10: Khung đỡ dưới của bearing ở bơm cần phải xử lý lại bề mặt đã bị hư hỏng do tiếp xúc không tốt với khung của nó.*

Ngoài ra, khả năng thường xảy ra nhất là tình trạng soft foot tồn tại ở tất cả các điểm chân máy. Bây giờ chúng ta không thể nói rằng thiết bị của chúng ta đang nằm tự do trên không gian, mà chỉ rằng các chân không có được tiếp xúc tốt với bệ máy. Các tình trạng khác nhau có thể tồn tại. Thiết bị có thể lắc dọc theo đường chéo góc hay có thể lắc từ mặt này qua mặt kia hay từ đầu này đến đầu kia. Không phải là không phổ biến khi thấy rằng 3 trong số bốn chân nhấc lên và chân còn lại ép chặt xuống. Nó có thể có tiếp xúc đường ở các chân phía DE và các cạnh phía NDE có khe hở.



*Hình 3.11: Tấm shim bị lỏng dưới chân của bearing của quạt bị tình trạng soft foot.*



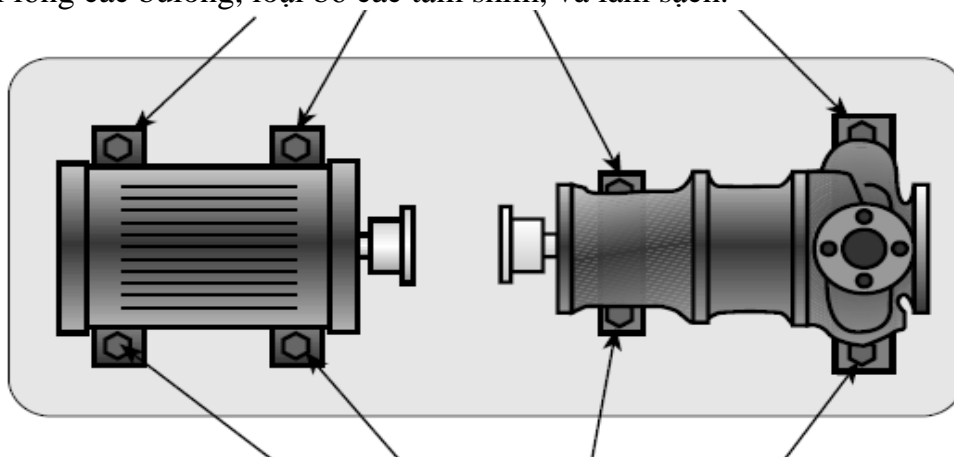
*Hình 3.12: Khung máy đối với tấm shim đơn đã làm việc trong tình trạng bị lỏng do vấn đề về soft foot.*

#### **3.3.7.2. Các bước khắc phục tình trạng soft foot**

Có 4 bước cơ bản cho việc phát hiện và khắc phục tình trạng soft foot như được minh họa trong hình 3.13 đến hình 3.14:

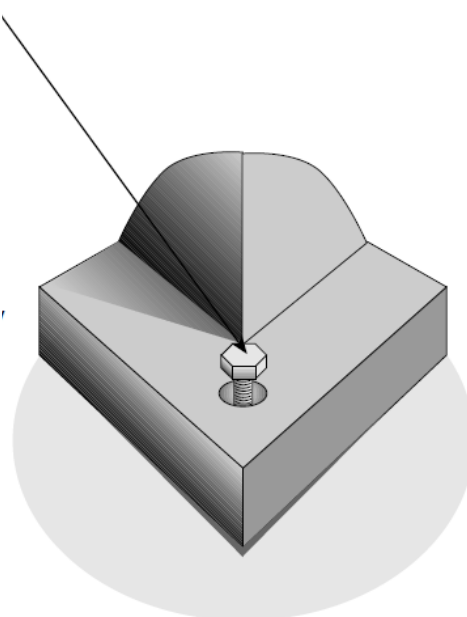
- **Bước 1:** Loại bỏ bất kỳ ứng suất trong vỏ máy và bệ máy. Nới lỏng các bulong, loại bỏ các tấm shim, và làm sạch.
- **Bước 2:** Kiểm tra tình trạng rung lắc vỏ máy và đo các khe hở xung quanh các chân máy.
- **Bước 3:** Lắp đặt các shim đúng.
- **Bước 4:** Xác nhận lại tình trạng soft foot đã được khắc phục.

Bước 1: loại bỏ bất kỳ ứng suất trong vỏ máy và bộ máy.  
Nới lỏng các bulong, loại bỏ các tấm shim, và làm sạch.



Nới lỏng các bulong, loại bỏ các tấm shim, và làm sạch.

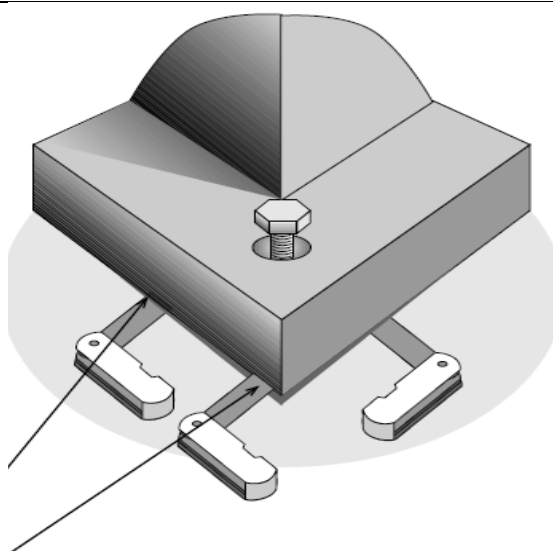
- Nếu thiết bị đang hoạt động trong một thời gian và có các tấm shim dưới chân máy và bạn giả định rằng soft foot chưa được khắc phục, thì hãy loại bỏ tất cả các tấm shim đang tồn tại và thiết lập lại mặt phẳng cho vỏ máy và bộ máy.
- Làm sạch mặt dưới của mỗi chân máy và các điểm tiếp xúc trên bộ máy. Loại bỏ bất kỳ bụi, gỉ sét hay các tấm shim cũ bên dưới các chân. Nếu cần thiết, sử dụng một vài loại đá mài hay giấy nhám mịn khoảng 80 grit để làm sạch các bề mặt dưới của chân máy và các điểm tiếp xúc (đôi khi được gọi là các miếng pad) trên bộ máy.
- Lắp các bulong chân nhưng đừng siết chặt chúng. Cố gắng đưa vỏ máy về tâm của mỗi lỗ và cân chỉnh sơ bộ thiết bị.



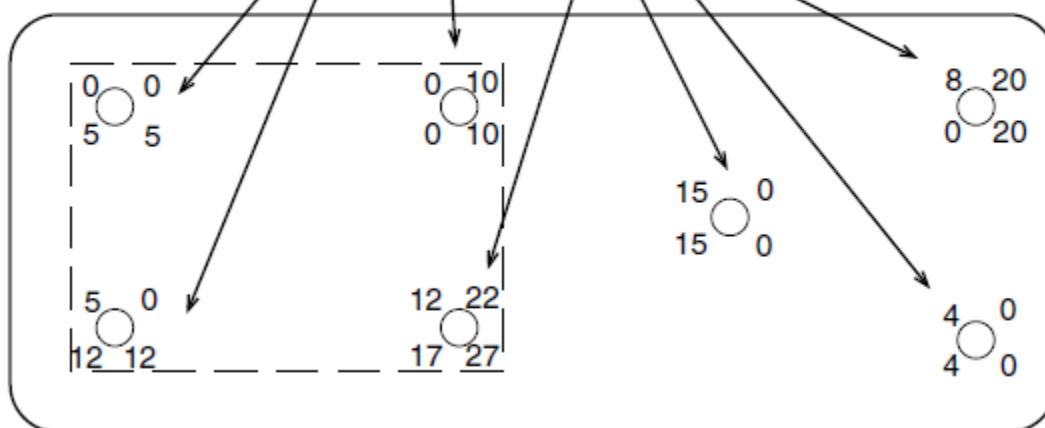
*Hình 3.13: loại bỏ các tấm shim đang tồn tại dưới chân, làm sạch bề mặt.*

Bước 2: kiểm tra tình trạng rung lắc vỏ máy và đo các khe hở xung quanh các chân máy.

- Với các bulong chân đã được loại bỏ hoàn toàn, hay rất lỏng dưới các lỗ bulong, kiểm tra để xem thiết bị có bị lắc từ góc này qua góc khác, đầu này đến đầu kia, mặt này đến mặt khác. Nếu có thể, xác định xem vỏ máy có khớp với bệ máy tốt hơn ở một vị trí so với các vị trí khác không. Giữ máy ở đúng vị trí đó bằng cách siết chặt một hay nhiều bulong và đo 4 điểm xung quanh mỗi lỗ bulong còn lại cùng với thước nhét và ghi lại thông số đo ở mỗi điểm chân máy còn lại.
- Cùng với các bulong được đặt vào lỗ nhưng không siết đo 4 điểm xung quanh lỗ bulong bằng thước nhét và ghi nhận lại thông số.

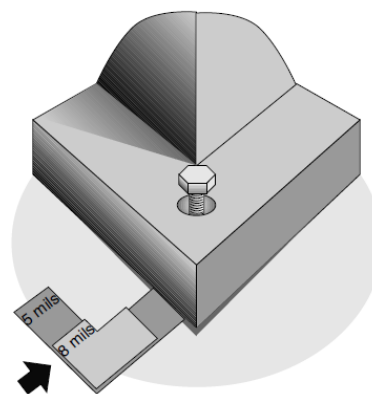


Đo xung quanh các lỗ bulong và ghi nhận thông số.



Hình 3.14: Soft foot- bước 2: đo khe hở ở 4 điểm quanh mỗi bulong chân bằng thước nhét.

Loại bỏ tình trạng soft foot dưới mỗi chân bằng cách lắp các shim dạng chữ U (nếu bạn có khe hở bằng nhau ở 4 điểm đo xung quanh lỗ bulong) hay bằng xây dựng shim bậc hình nêm cùng với các shim hình L hay J hay strip và lắp đặt các nêm đặc biệt dưới mỗi chân mà cần khắc phục. xem các hình dạng shim bên dưới.



*Lưu ý: sau khi bạn lắp đúng shim dưới một chân, có thể giúp cho việc cảm nhận hiện tượng soft foot có được loại bỏ hay không. Để làm điều này, đầu tiên siết chặt các bulong bằng tay, đặt một cờ lê lên đầu bulong và cố gắng siết chặt nó mọi cách. Nếu bulong siết chặt một cách nhanh chóng (ví dụ bạn chỉ phải quay cờ lê 1/8 vòng hay ít hơn) thì vấn đề soft foot có lẽ đã được khắc phục. Nếu tuy nhiên bạn phải thực hiện 1/4 hay 1/2 vòng quay bằng cờ lê và chân cảm thấy vẫn không có định thì vấn đề soft foot vẫn tồn tại và bạn phải cố gắng cùng với những tấm shim khác.*

Nếu bạn phải xây dựng shim hình nêm cùng với các shim hình L hay J hay strip, nhiều nhất có thể, thì hãy duy trì biên dạng bên ngoài của của shim hình chữ U khi bạn xếp các miếng shim lên nhau. Sau đó, bạn có thể phải lắp thêm các miếng Shim dưới chân đó để thay đổi chiều cao hay đường tiếp xúc của vỏ máy khi bạn cân chỉnh thiết bị. nếu các tấm shim soft foot được gia công chặt và được xếp cùng với nhau theo dạng chữ U, bạn có thể dễ dàng tháo các tấm shim soft foot và đặt thêm các tấm shim lên trên hay dưới các tấm shim này và lắp thêm toàn bộ khối lắp mà không thay đổi sự sắp xếp của các tấm shim soft foot trước đó.

Shim được Sử dụng Tin snip để các các phần shim được cắt trước thành dạng cắt trước. Ls, Js hay strips

Shim dạng Shim dạng Shim dạng Shim dạng  
 chữ U chữ J chữ L chữ U Strips



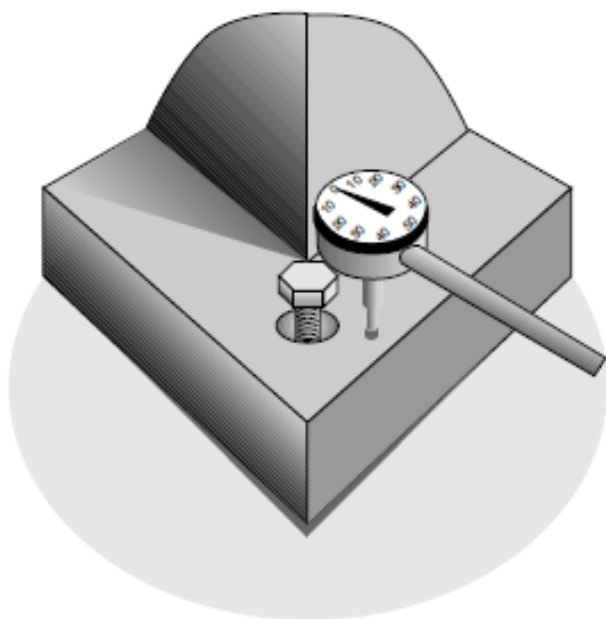
Hình 3.15: soft foot – bước 3: lắp đặt các shim đúng.

Bước 4 xác nhận lại tình trạng soft foot đã được khắc phục.

Xác nhận lại soft foot hay vấn đề biến dạng vỏ máy, khung đã được loại bỏ bằng một trong những phương pháp sau:

- Phương pháp nhiều bulong - sử dụng nhiều đồng hồ so.

- Phương pháp nhiều bulong - sử dụng 1 đồng hồ so.
- Phương pháp trực di chuyển.
- Phương pháp một bulong – một đồng hồ so.



*Hình 3.16: Soft foot- bước 4. Kiểm tra độ nâng hay dịch chuyển.*

Thử thách thật sự đối với việc khắc phục tình trạng soft foot (hình 3.17) là phải đảm bảo sự tiếp xúc dọc qua trục của mỗi bulong chân. Một cách lý tưởng thì sẽ tốt nhất để đạt được tiếp xúc dạng hình vòng xuyến ở tất cả khu vực quanh mỗi lỗ bulong nhưng điều này cần gia công các tấm shim có hình côn mà sẽ cần sự kiên nhẫn của những người thực hiện nó. Tuy nhiên, có một lượng nhỏ người mà sẵn sàng bỏ thời gian để làm điều này để đảm bảo chất lượng công việc được hoàn thành tốt.

#### **3.3.7.3. Xác định rằng vấn đề soft foot đã được loại bỏ**

Có một vài phương pháp để kiểm tra xem tình trạng soft foot có được loại bỏ hay chưa. Bởi tính chất phức tạp của vỏ máy và biến dạng của khung đỡ, đôi khi, phương pháp tốt nhất cần một vài điểm trên vỏ máy được giám sát sự dịch chuyển. Nếu điều này là không khả thi thì một điểm trên vỏ máy có thể được giám sát trong khi một vài bulong được nới lỏng. Phương pháp khác là phải giám sát sự dịch chuyển của các trục máy trong khi nới lỏng một hay nhiều các bulong chân (hình 3.18 đến hình 3.25).

#### **a. Nhiều bulong – Phương pháp sử dụng nhiều đồng hồ so (phương pháp được ưu tiên)**

- 1) Siết chặt tất cả các bulong giữ chân máy ở đúng vị trí.
- 2) Gắn 1 đồng hồ so ở mỗi vị trí bulong giữ chân máy. Chân đồng hồ so được gá trên bệ máy hay đế và nơi mà kim đo của đồng hồ so gần các lỗ bulong nhất có

thể, đảm bảo rằng đầu đồng hồ so chạm vào mặt trên của chân và set 0 cho đồng hồ so ở vùng giữa của đồng hồ nhỏ trong mặt đồng hồ so.

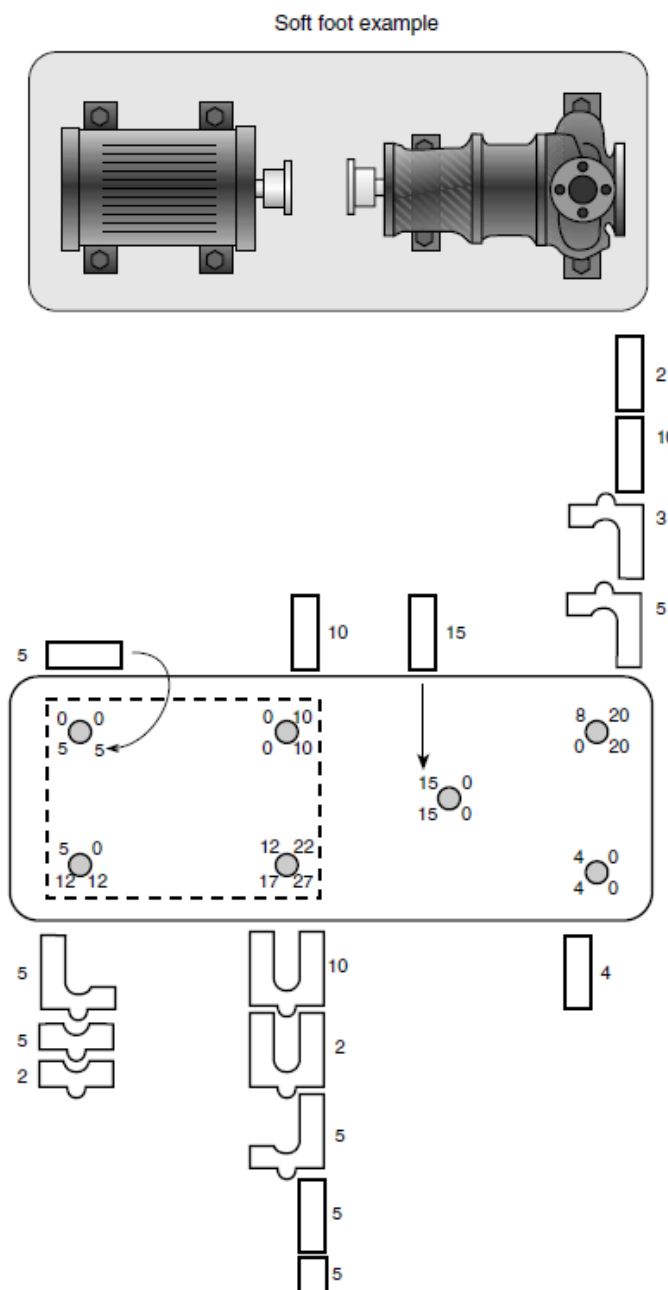
- 3) Nói lỏng bulong mà vị trí đó tình trạng soft foot nghiêm trọng nhất và xem hiển thị đồng hồ so ở chân đó xem lượng dịch chuyển là bao nhiêu. Nếu nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển thì có lẽ vấn đề soft foot đang tồn tại ở vị trí chân này nhưng hãy khoan làm bất kỳ điều gì. Hãy để bulong này lỏng.
- 4) Nói lỏng bulong khác cùng với việc quan sát hiển thị của đồng hồ so ở các vị trí chân đó và cũng xem đồng hồ ở vị trí chân đầu tiên xem có bất kỳ dịch chuyển thêm gì không. Nếu có nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển được phát hiện khi bulong này được nói lỏng và khoảng 2-3 mils dịch chuyển được phát hiện ở đồng hồ đặt tại vị trí đầu tiên mà đã được nói lỏng thì có lẽ sự biến dạng đang xảy ra chéo qua những bulong này nhưng cũng hãy khoan làm bất cứ điều gì hãy để các bulong này ở trạng thái lỏng.
- 5) Tiếp tục nói lỏng mỗi bulong trong số các bulong còn lại mà đang giữ vỏ máy, quan sát các đồng hồ ở mỗi bulong được nói lỏng và quan sát bất kỳ sự dịch chuyển thêm. Quan sát cẩn thận đồng hồ so bởi vì mỗi góc có thể cao hay thấp hơn khi mỗi bulong được nói lỏng ra, cung cấp cho bạn bằng chứng về sự biến dạng khung theo đường chéo hay biến dạng dọc theo mặt bên đang xảy ra.
- 6) Khi tất cả các bulong được nói lỏng, xem lại những gì bạn giám sát được khi mỗi bulong được nói lỏng nếu chỉ một đồng hồ so chỉ ra thông số nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển thì có lẽ tình trạng soft foot chỉ xảy ra tại vị trí chân đó thôi. Hãy loại bỏ bất kỳ tấm shim nào dưới chân đó và đo lại 4 điểm xung quanh lỗ bulong bằng thước nhét và lắp đặt một tấm shim phẳng hay hình nêm để khắc phục tình trạng phát hiện được. Nếu nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển được phát hiện ở một vài vị trí bulong, thì có lẽ vấn đề soft foot mỗi một trong số các chân đó. Hãy loại bỏ các tấm shim dưới các chân đó và đo lại 4 điểm quanh các lỗ bulong bằng thước nhét và lắp đặt các tấm shim phẳng hay hình nêm để khắc phục tình trạng vừa phát hiện.
- 7) Lắp lại quy trình nếu việc khắc phục thêm là cần thiết.

#### **b. Phương pháp nhiều bulong – sử dụng 1 đồng hồ so (ưu tiên thứ 2)**

- 1) Siết chặt tất cả các bulong chân máy .
- 2) Gắn một đồng hồ so ở vị trí bulong có tình trạng soft foot nghiêm trọng nhất. Đế của đồng hồ so gắn trên bề mặt máy và đặt đầu đo của đồng hồ gần vị trí lỗ bulong nhất có thể, đảm bảo rằng đầu đo chạm lên mặt trên của chân máy và set 0 cho đồng hồ ở dải giữa của đồng hồ.
- 3) Nói lỏng bulong mà ở đó đồng hồ so được gắn, quan sát mặt đồng hồ ở vị trí chân đó xem có dịch chuyển không. Nếu nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển thì có

lẽ vấn đề soft foot đang tồn tại ở vị trí chân này nhưng hãy khoan làm bất kỳ điều gì. Hãy để bulong này lỏng.

- 4) Nới lỏng bulong khác trong khi quan sát đồng hồ so ở vị trí chân đầu tiên xem có bất kỳ dịch chuyển nào không. Nếu lượng dịch chuyển thêm khoảng 2-3mils được ghi nhận khi bulong này được nới lỏng thì có khả năng một số biến dạng đang xảy ra dọc theo hai bulong này nhưng khoan hãy làm gì. Hãy để các bulong này lỏng.
- 5) Tiếp tục nới lỏng mỗi trong số các bulong còn lại mà đang giữ vỏ máy, xem đồng hồ ở vị trí bulong đầu tiên và quan sát xem có bất kỳ dịch chuyển thêm nào hay không. Hãy quan sát cẩn thận đồng hồ so bởi vì mỗi góc có thể tăng hay giảm khi mỗi bulong được nới lỏng cung cấp cá bằng chứng hướng đến việc sự biến dạng khung theo đường chéo hay theo cạnh bên đang xảy ra.
- 6) Khi tất cả các bulong được nới lỏng, xem lại những gì bạn đã ghi nhận được khi mỗi bulong được nới lỏng. Nếu nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển đã xảy ra khi chỉ một trong những bulong được nới lỏng thì có lẽ tình trạng soft foot đang chỉ xảy ra ở bulong đó. Loại bỏ bất kỳ tấm shim nào dưới mỗi chân đó và đo lại 4 điểm xung quanh lỗ bulong bằng thước nhét và lắp thêm các tấm shim phẳng hay hình nêm để khắc phục tình trạng soft foot vừa ghi nhận. Nếu lượng dịch chuyển 2-3mils dịch chuyển đã được biết đến khi **một vài bulong được nới lỏng** thì có thể tình trạng soft foot xảy ra ở một trong những chân này. Loại bỏ bất kỳ các tấm shim soft foot dưới các chân này và đo lại 4 điểm quanh vị trí bulong chân bằng thước nhét và lắp các tấm shim phẳng hay hình nêm để khắc phục tình trạng vừa ghi nhận.
- 7) Lắp lại quy trình này nếu tình trạng soft foot vẫn chưa được khắc phục.



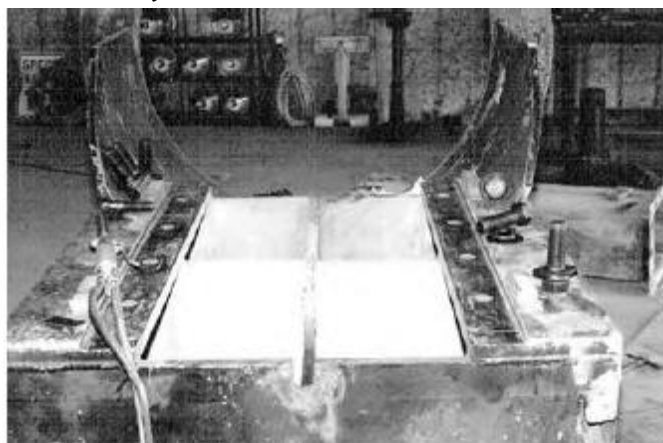
Hình 3.17: Ví dụ về soft foot.



*Hình 3.18: Làm sạch mặt dưới cầu chân motor.*



*Hình 3.18: Bộ máy được làm sạch dưới chân motor hình 3.17*



*Hình 3.19: Các tấm để được làm sạch trên khung bộ máy của bơm.*



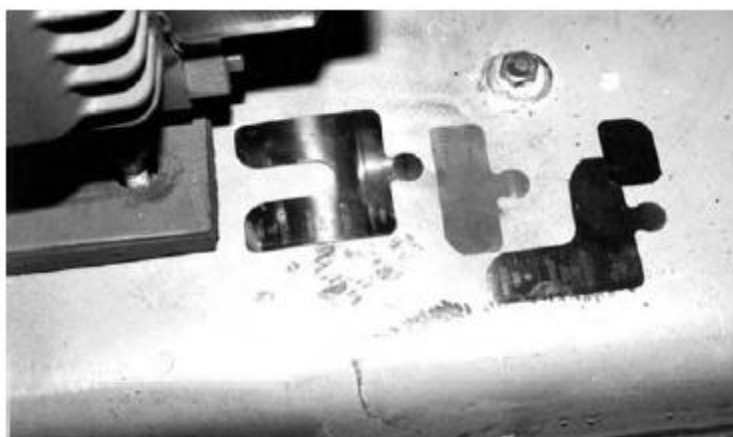
*Hình 3.20: Làm sạch chân bơm sử dụng giấy nhám 180 grit xung quanh thanh thép dày 1/8inch và kéo trượt trước và sau để làm sạch bề mặt bên dưới chân máy và mặt đế của bộ cùng một lúc.*



*Hình 3.21: Miếng shim hiệu chỉnh soft foot.*



*Hình 3.22: Các tấm shim hiệu chỉnh soft foot cho motor.*



*Hình 3.23: Các tấm shim hiệu chỉnh soft foot.*

**c. Phương pháp dịch chuyển trực (ưu tiên lựa chọn thứ 3)**

- 1) Siết chặt tất cả các bulong chân máy.
- 2) Gắn đồ gá lên một trục và gắn đồng hồ so trên đỉnh của trục khác và set 0 cho đồng hồ ở giữa dải đo của đồng hồ.
- 3) Nới lỏng tuần tự một bulong và quan sát sự dịch chuyển của kim đồng hồ khi mỗi bulong được nới lỏng.
- 4) Nếu nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển khi chỉ một bulong được nới lỏng thì có lẽ tình trạng soft foot chỉ xảy ra ở tại chân đó. Loại bỏ bất kỳ shim soft foot nào dưới chân đó và đo lại 4 điểm quanh bulong chân bằng thước nhét và lắp shim phẳng hoặc shim dạng nêm để khắc phục tình trạng vừa ghi nhận được. Nếu có nhiều hơn 2-3mils dịch chuyển được ghi nhận khi một vài bulong được nới lỏng, thì có lẽ tình trạng soft foot ở một trong những chân này. Hãy loại bỏ tất cả các shim soft foot dưới các chân này, đo lại 4 điểm quanh các bulong chân bằng thước nhét và lắp các tấm shim phẳng, hình nêm để khắc phục tình trạng soft foot ghi nhận được.
- 5) Lắp lại quy trình nếu cần.

**d. Phương pháp 1 bulong – 1 đồng hồ so (lựa chọn cuối cùng)**

- 1) Siết chặt tất cả các bulong chân tại các chân máy.

- 2) Đặt đồng hồ so ở một trong những chân vỏ máy. Đế của đồng hồ so gắn xuống bệ máy và đặt đầu đo đồng hồ so gần lỗ bulong nhất có thể, đảm bảo rằng đầu đo đang chạm vào mặt trên của chân máy và set 0 cho đồng hồ ở giữa dải đo.
- 3) Nới lỏng bulong mà ở đó đồng hồ so được đặt, quan sát đồng hồ so ở chân đó xem có bất kỳ dịch chuyển nào hay không. Nếu lượng dịch chuyển nhiều hơn 2-3mils thì có lẽ tình trạng soft foot vẫn đang duy trì ở chân đó. Loại bỏ bất kỳ tấm shim nào dưới chân đó và đo lại 4 điểm quanh lỗ bulong bằng thước nhét và lắp thêm các tấm shim phẳng hoặc nê-mê để khắc phục. Sau đó siết chặt lại bulong này.
- 4) Lặp lại dịch chuyển đồng hồ so đến mỗi một chân, nới lỏng bulong đó và quan sát sự dịch chuyển của đồng hồ so. Nếu lượng dịch chuyển nhiều hơn 2-3mils thì có lẽ tình trạng soft foot vẫn đang duy trì ở chân đó. Loại bỏ bất kỳ tấm shim nào dưới chân đó và đo lại 4 điểm quanh lỗ bulong bằng thước nhét và lắp thêm các tấm shim phẳng hoặc nê-mê để khắc phục. Sau đó siết chặt lại bulong này.
- 5) Lặp lại quy trình nếu cần thiết.

Khi soft foot được khắc phục, các miếng shim sẽ được nằm ở đó cho phần còn lại của quá trình cân chỉnh. Chúng ta có thể thêm vào nhiều shim hơn sau đó để thay đổi chiều cao hay đỉnh của vỏ máy nhưng các shim này được sử dụng để hiệu chỉnh tình trạng soft foot sẽ được giữ nguyên. Như được minh họa trong hình 3.24 đến hình 3.26, tình trạng soft foot có thể xảy ra ở các bộ phận khác của máy bên cạnh bản thân vỏ máy, trong trường hợp này, nó là khối đỡ của bearing và bệ đỡ của nó. Hình 3.27 trình bày bearing turbine cùng với tấm đỡ bắt bulong đến vỏ bình ngưng. Có sự tiếp xúc không đều giữa tấm đỡ phương ngang và mặt bích của vỏ condenser. Các shim soft foot phải được lắp ở đây để cung cấp đủ tiếp xúc nhằm đạt được độ cứng phương ngang mong muốn.

Hình 3.28 đến hình 3.31 trình bày giá đỡ bearing khác mà không tạo ra đủ tiếp xúc. Hình 3.28 trình bày mặt dưới của tấm gối đúc phía dưới. Lưu ý rằng nó quá rộng. Để xác định vị trí casting thấp hơn không chạm vào bệ, shim dày 5mil dạng strip sau đó được đặt vào vùng tiếp xúc, bộ bearing được đặt xuống và các bulong được siết chặt vừa đủ lại. Sau khi nới lỏng các bulong và loại bỏ khối đỡ casting thấp hơn, lượng sai lệch được đo sử dụng một ống có chứa plastigage như được trình bày trong hình 3.30. Các shim sau đó được lắp vào vị trí khe hở quá 5mils. Hình 3.31 trình bày kiểm tra lift check trên khối đỡ để đảm bảo vấn đề thiếu sự tiếp xúc được khắc phục.



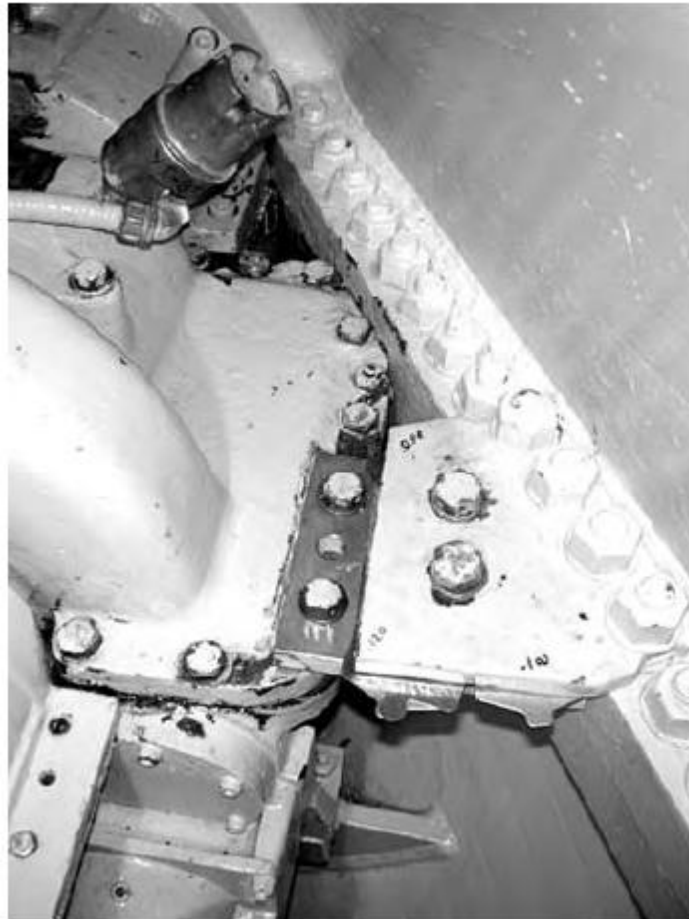
*Hình 3.24: Các shim khắc phục soft foot cho bộ đỡ bearing của quạt.*



*Hình 3.25: Kiểm tra sự nhấc lên cùng với đồng hồ so gá tại chân máy.*



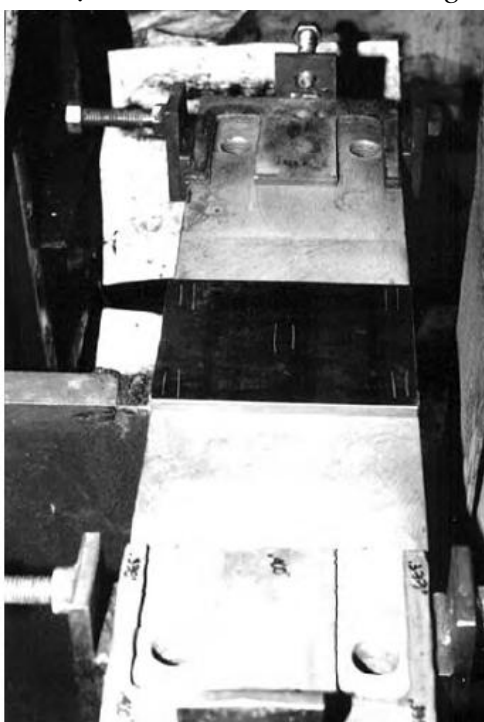
*Hình 3.26: Kiểm tra sự nhấc lên bằng đồng hồ so gá tại bộ máy của quạt.*



*Hình 3.27: Các shim soft foot được lắp đặt tại các tấm đỡ phương ngang của bearing ở turbine*



*Hình 3.28: Mặt dưới của khối đỡ bearing thấp hơn.*



*Hình 3.29: Lắp đặt các miếng shim và plastigage để kiểm tra tiếp xúc.*



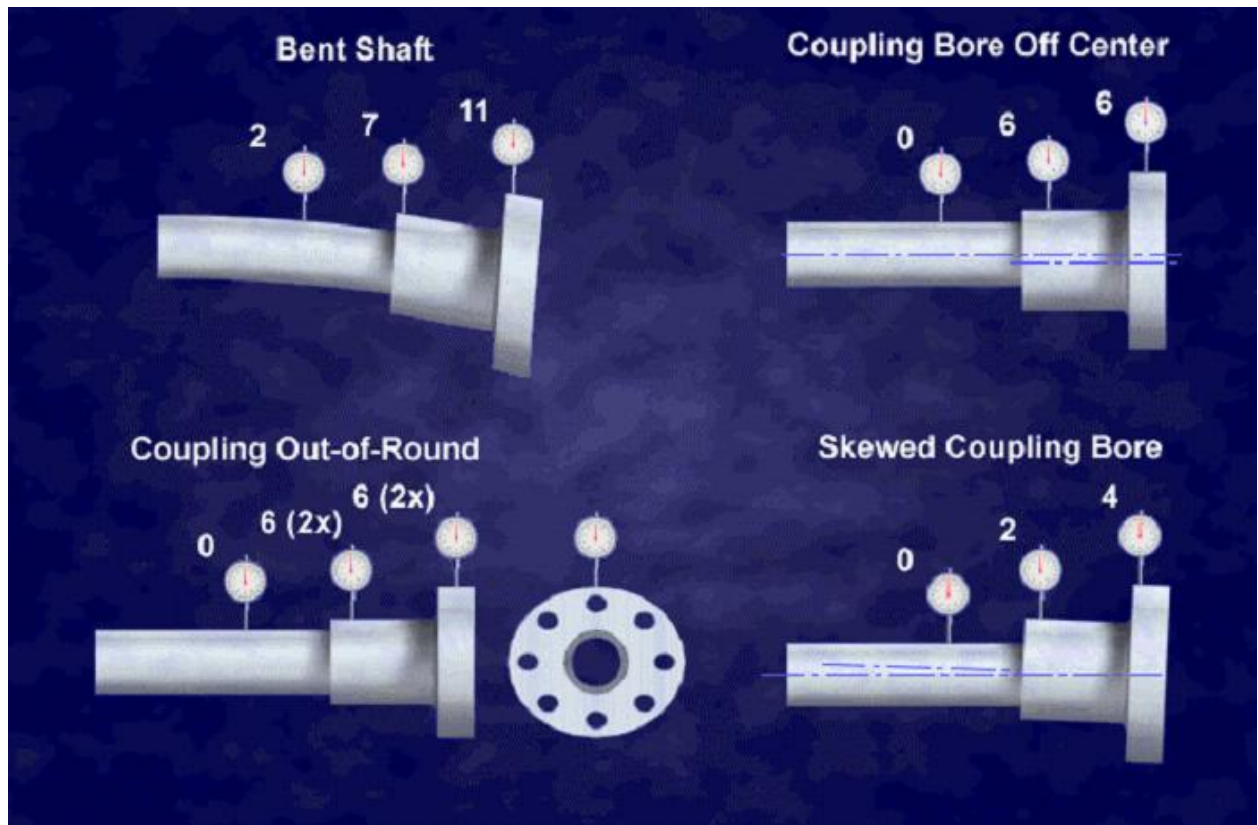
*Hình 3.30: Đo sai lệch sử dụng plastigage*



*Hình 3.31: Kiểm tra nhấc khi lắp đặt các shim khắc phục tình trạng không tiếp xúc.*

### **3.3.8. Runout của trục và khớp nối**

Runout là thuật ngữ được sử dụng để mô tả tình trạng mà tồn tại khi bề mặt quay không hoàn toàn tròn so với tâm hình học của nó. Tình trạng không tròn này thường gặp khi làm việc cùng với trục quay và khớp nối. Các chỉ số đo bằng đồng hồ so là cách dễ dàng nhất để giải thích thông số run out này có đạt hay không.



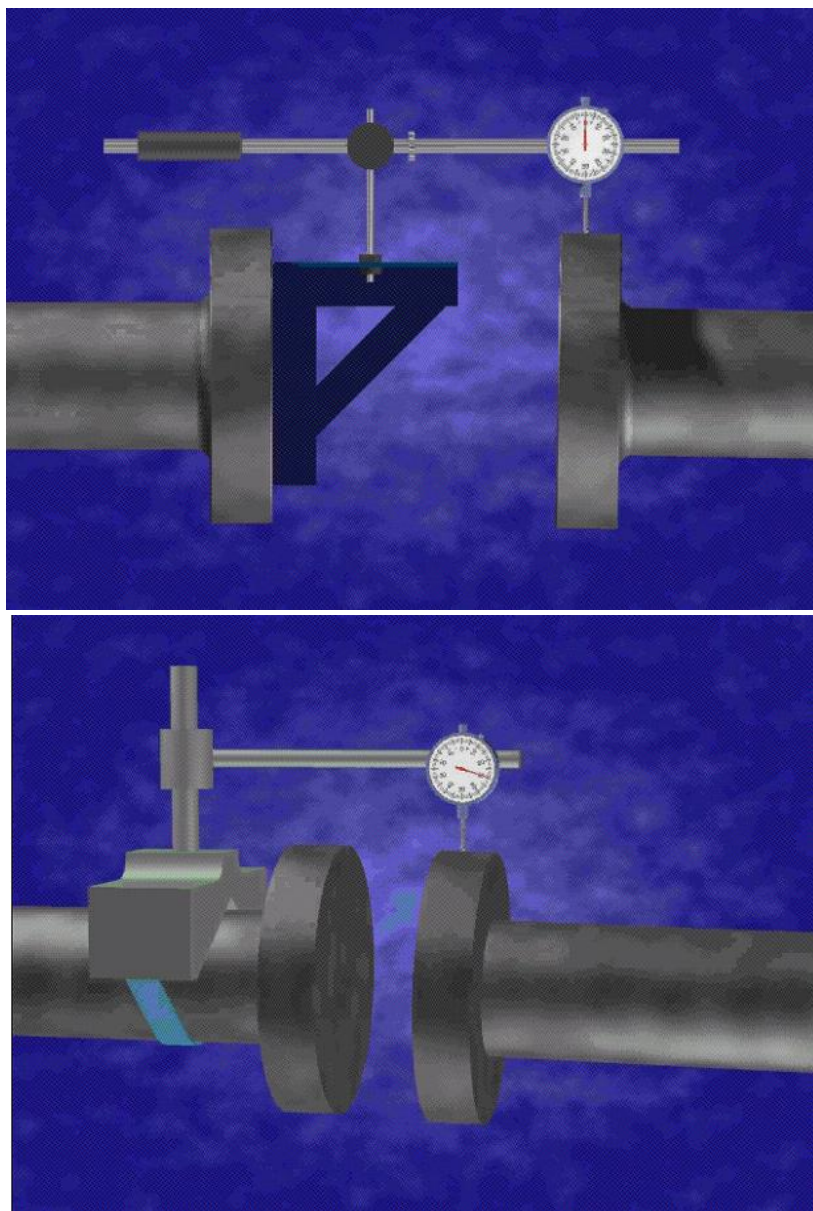
Hình 3.31: Hình minh họa đo run out tại đầu trục.

#### Đo runout

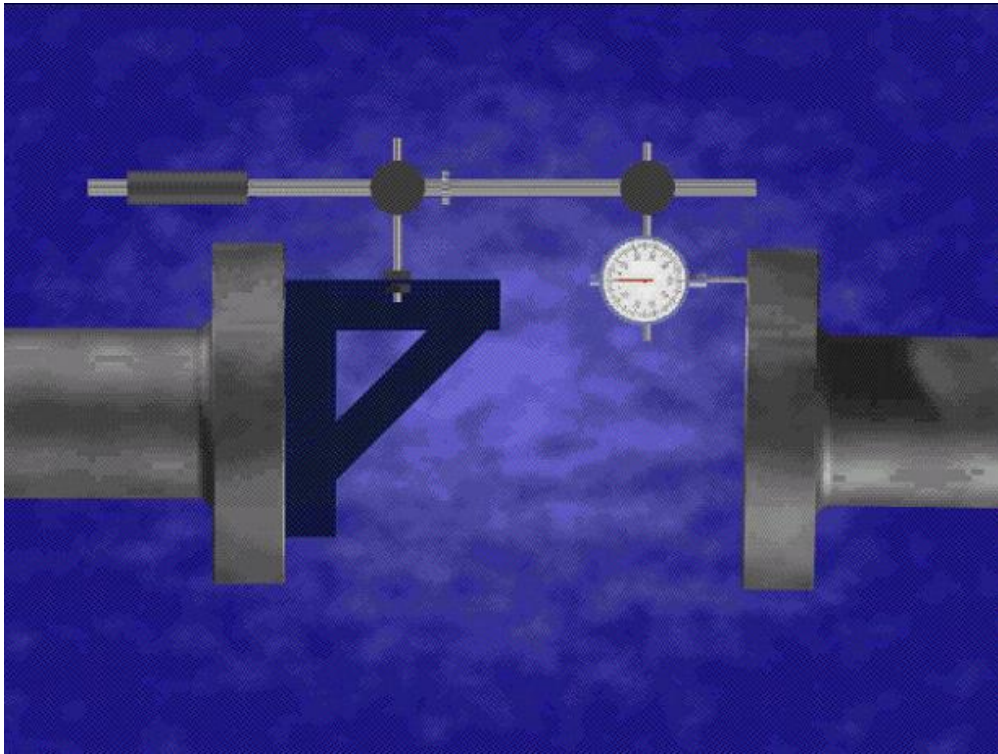
1. Dầu bôi trơn cần phải cung cấp trước khi quay trục. Nếu việc đó không thể thực hiện được thì phải cho dầu bôi trơn lên bạc để tránh làm hư hỏng bề mặt bạc. Thông thường trong quá trình phục hồi lại, các bearing sẽ được bôi một lớp dầu bảo quản như STP. Loại dầu này sẽ cung cấp đủ khả năng bôi trơn cho các bearing khi trục được quay bằng tay trong quá trình cân chỉnh.
2. Gá đế từ lên housing trên coupling. Sử dụng cổ ngỗng, định vị trí đồng hồ so trên trục. Set 0 cho đồng hồ so và quay trục ghi nhận giá trị run out sau mỗi 90°. Lặp lại quy trình này đối với việc kiểm tra trên khớp nối.
3. Giá trị run out là quá lớn nếu bất kỳ chỉ số đo nào vượt quá 2mils cho cả khớp nối và trục của các máy hoạt động ở tốc độ 3600rpm hoặc hơn. Ở các máy tốc độ thấp, giá trị run out lớn hơn có thể vẫn được chấp nhận nhưng tốt nhất là nên giữ ở giá trị nhỏ nhất có thể.

Giới hạn giá trị runout :

Shaft speed	Maximum recommended runout
0–1800 rpm	5 mils (0.005 in.)
1800–3600 rpm	3 mils (0.003 in.)
3600+ rpm	2 mils (0.002 in.)



*Hình 3.32: Đo runout mặt rim.*



*Hình 3.33: Kiểm tra runout trên bề mặt face*



*Hình 3.34: Đo giá trị runout trên phân trục truyền động dài giữa các bearing.*



*Hình 3.35: Đo runout trên mặt sau coupling hub của khớp nối bánh răng được gắn trên steam turbine.*



*Hình 3.36: Đo runout ở mặt sau của gear coupling hub được gắn với máy nén.*



Hình 3.37: Đo runout trên khớp nối cao su.



Hình 3.38: Đo runout trên trục truyền động đứng ở trên một khớp nối ren.



Hình 3.39: Đo runout trên trục truyền động tương tự ở gần đỉnh trục.



Hình 3.40: Đo giá trị runout trên trục ngắn stub shaft.

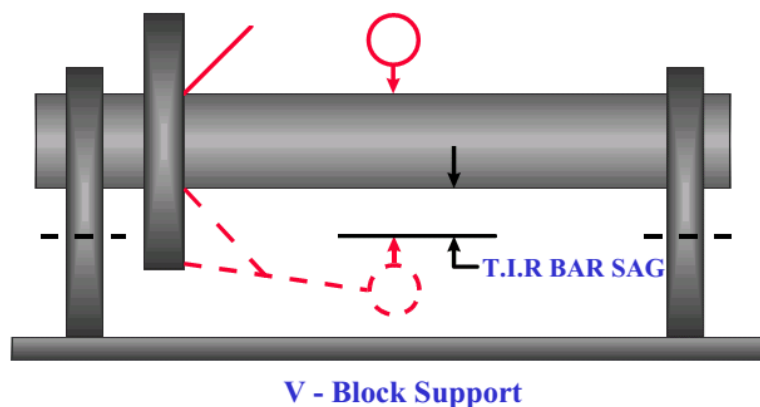


Hình 3.41: Kim loại bị bong ra kẹt giữa hai bề mặt tiếp xúc của stub shaft

### 3.3.9. Sai số do thanh gá (Bar sag)

- Bar sag là sai số được tạo ra bởi trọng lực có được khi thanh gá cân chỉnh hướng đến bề mặt đo ở vị trí góc 12h và xa bề mặt trục ở vị trí 6h. Lượng sai lệch bị ảnh hưởng bởi cả độ cứng vững của đồ gá và khối lượng đặt lên nó.
- Quy trình kiểm tra sai số Bar sag: Gắn thanh chỉ lên một đoạn ống mà có thể được đỡ ở cả hai đầu cùng với khối V. Gá đồng hồ so lên thanh bar. Quay ống 180o, thông số trên đồng hồ chính là tổng chỉ số đo sai lệch sag (T.I.R).

### Indicator Bar Sag Check



Hình 3.42: Kiểm tra sai số đồ gá trên khối V

Ghi nhận thông số là “BAR SAG TIR”. Mô tả và dán thông số này lên bộ đồ gá cho việc tham khảo về sau. Giá trị sai lệch thực tế là  $\frac{1}{2}$  giá trị đọc được. Thông số TIR sag được dùng để chuẩn hoá thông số đo trên đồng hồ so. Kết quả sai số có được khi thanh bar rút xa bề mặt trục. Điều đó có nghĩa là kim đồng hồ di chuyển ra thêm dẫn đến số âm thêm. Do đó, thông số sag sẽ luôn là một số âm. Sai số này được trừ khỏi thông số đồng hồ:  $(-(-\text{sag})) = + \text{sag}$ . Nói cách khác số sag thường được sử dụng để làm kim đồng hồ dương thêm.

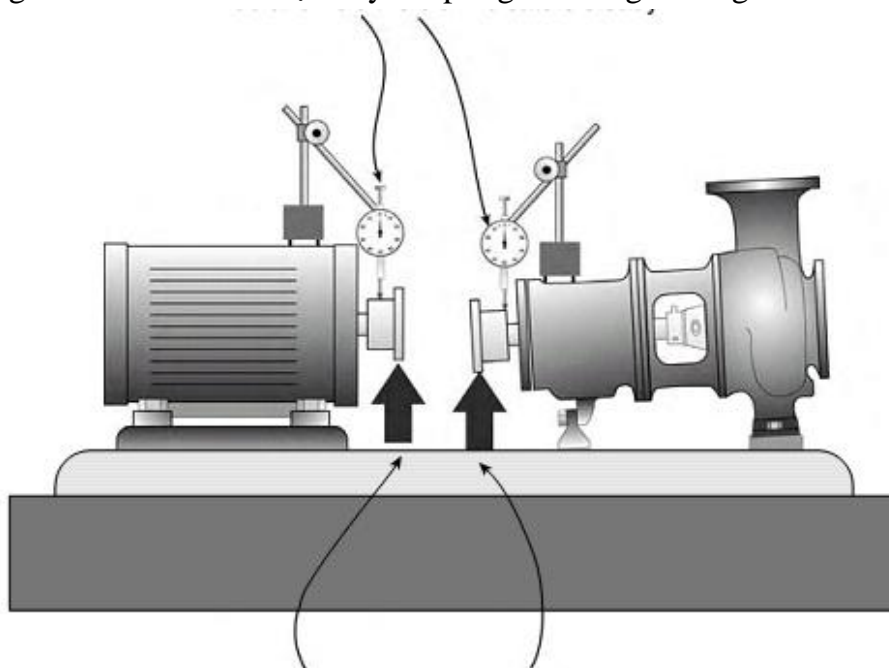
### 3.3.10. Kiểm tra các bộ phận máy được lắp không phù hợp, bị hư hỏng hay mài mòn

Nếu bạn làm việc trong ngành xây dựng, có thể bạn sẽ thường gặp việc lắp đặt các máy quay mới. Tuy nhiên, đối với đội ngũ bảo trì, bạn sẽ thường phải làm việc với những thiết bị đã hoạt động một thời gian và luôn cần phải tìm ra và khắc phục các vấn đề về gặp phải ở thiết bị.

Nếu thiết bị đã vận hành được một thời gian, các bearing đỡ rotor có thể đã xảy ra một số hư hỏng và có thể cần phải được kiểm tra để đảm bảo rằng các bearing trong tình trạng hoạt động tốt. Một trong những bước kiểm tra đơn giản nhất mà có thể thực hiện được là kiểm tra nhấc trục như được trình bày trong hình 3.43 và hình 3.44.

#### Kiểm tra nhấc trục

Đặt các đồng hồ so ở đỉnh của trục hay coupling hub và giữ đồng hồ so cố định



Nhấc mỗi đầu trục và ghi nhận thông số đồng hồ so

Hình 3.43: Làm thế nào để thực hiện kiểm tra nhấc trục.

Đặt đồng hồ so trên đỉnh trục gần với vị trí bearing phía DE nhất có thể, điều quan trọng là phải giữ đồng hồ so trên đối tượng cố định bằng đế từ hay đồ gá. Sau đó nhấc trục lên đủ để phát hiện ra nếu có bất kỳ chuyển động nào xảy ra, nhưng không dùng lực quá lớn để tránh gây biến dạng trục, có thể dễ dàng thực hiện bằng cách sử dụng pistong thủy lực, plang xích hay cầu trục.

Nếu trục được đỡ trên ổ bi như được trình bày trong hình 3.45, thì việc nhấc trục cần được bỏ qua ( nó có thể là 0 đến 1mils). Nếu có lượng nhấc trục vượt quá cùng với ổ bi, thì 4 nguyên nhân có thể xảy ra là:

- 1) Vòng K trong của ổ bi lỏng trên trục.
- 2) Khe hở quá lớn giữa các con lăn và vòng K trong, K ngoài.
- 3) Vòng K ngoài lỏng trên housing.

4) Sự kết hợp của hai hay nhiều yếu tố trên.

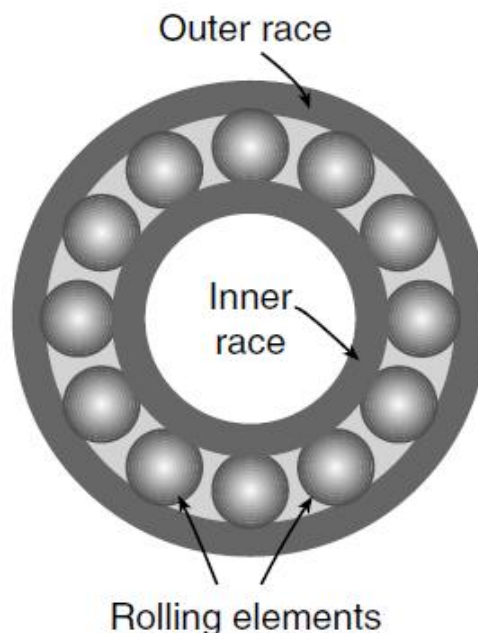


*Hình 3.44: Thực hiện kiểm tra nhắc trực đối với trục bơm.*

Nếu vòng trong lồng trên trục, vòng trong sẽ bắt đầu trượt trên trục, dẫn đến gây hư hỏng cho trục. Nếu tình trạng này tồn tại, thì việc vận hành máy phải được dừng ngay lập tức và bearing được tháo ra để kiểm tra tình trạng trục, bearing và bearing housing. Trục và bearing phải được thay thế.

Nếu khe hở quá lớn giữa các yếu tố quay và K trong và K ngoài, các con lăn sẽ bắt đầu trượt trên các rãnh gây ra hư hỏng bearing. Nếu tình trạng này tồn tại, thì việc vận hành máy phải được dừng ngay lập tức và bearing được tháo ra để kiểm tra tình trạng trục, bearing và bearing housing. Trục và bearing phải được thay thế.

Ổ lăn bắt đầu xuất hiện vào những năm đầu thế kỷ 19 và cũng được biết đến với tên gọi ổ bi hay ổ chống ma sát. Ổ lăn bao gồm vòng trong, các con lăn và vòng ngoài. Đôi khi các con lăn được giữ cố định bởi bộ vòng cách. Khi trục quay, một lớp dầu bôi trơn được hình thành giữa các con lăn và rãnh lăn. Chiều dày của lớp dầu vào khoảng 1 đến 3um (4 đến 12mils) và áp suất dầu ở lớp dầu nhỏ nhất là rất cao (khoảng 40kpsi). Nếu lớp dầu này bị phá vỡ thì tiếp xúc kim loại với kim loại giữa con lăn và rãnh lăn sẽ có thể xảy ra gây hư hỏng cho ổ lăn. Hư hỏng đối với con lăn, rãnh lăn hay vòng cách có thể được phát hiện thông qua phân tích rung động.



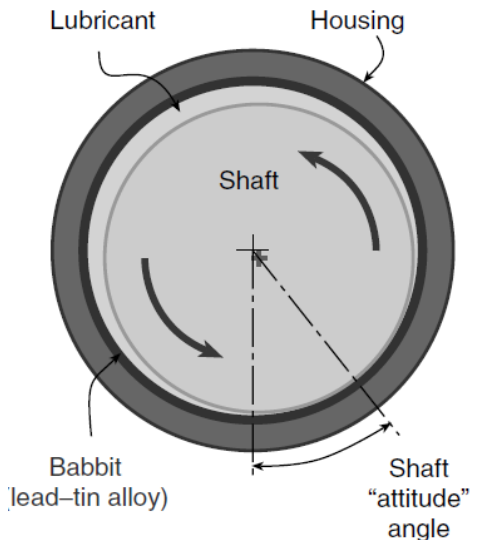
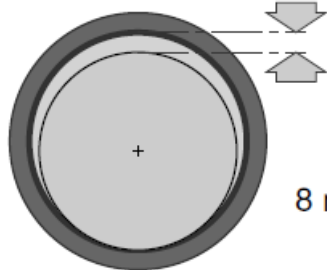
Hình 3.45: Thiết kế ổ lăn

Nếu khe hở giữa K ngoài và housing quá lớn, thì K ngoài sẽ bắt đầu trượt bên trong housing và dẫn đến hư hỏng housing. Nếu trường hợp này tồn tại thì việc chạy máy bị dừng ngay lập tức và bearing được tháo ra để kiểm tra trục, bearing và bearing housing, có thể bearing housing và vỏ máy sẽ phải được sửa chữa/thay thế trong trường hợp hư hỏng nghiêm trọng.

Có những cách sửa chữa có thể áp dụng đối với item 1 và 3 (như lỏng vòng K trong hay K ngoài) nhưng chúng thường không được khuyến cáo cho hoạt động trong thời gian dài. Chúng ta có thể tạm thời sử dụng epoxy để dán giữa K trong và trục hay K ngoài và housing nhưng đó không phải là biện pháp khắc phục tốt nhất. Nghe có vẻ là hay cho đến khi bạn phải tháo bearing ở một vài ngày sau đó. Hay là chúng ta có thể tạm thời đóng sleeve lên trục hay housing nhưng đó cũng không phải là giải pháp khắc phục tốt nhất. Khả năng làm sleeve để đạt được mối ghép có độ dôi chính xác có thể phải cố định sleeve một cách chính xác ở vị trí đầu tiên. Chúng ta nên tham khảo ý kiến NSX về quy trình lắp đặt các bearing mới và loại và lượng bôi trơn phù hợp sử dụng cho loại bearing đó.

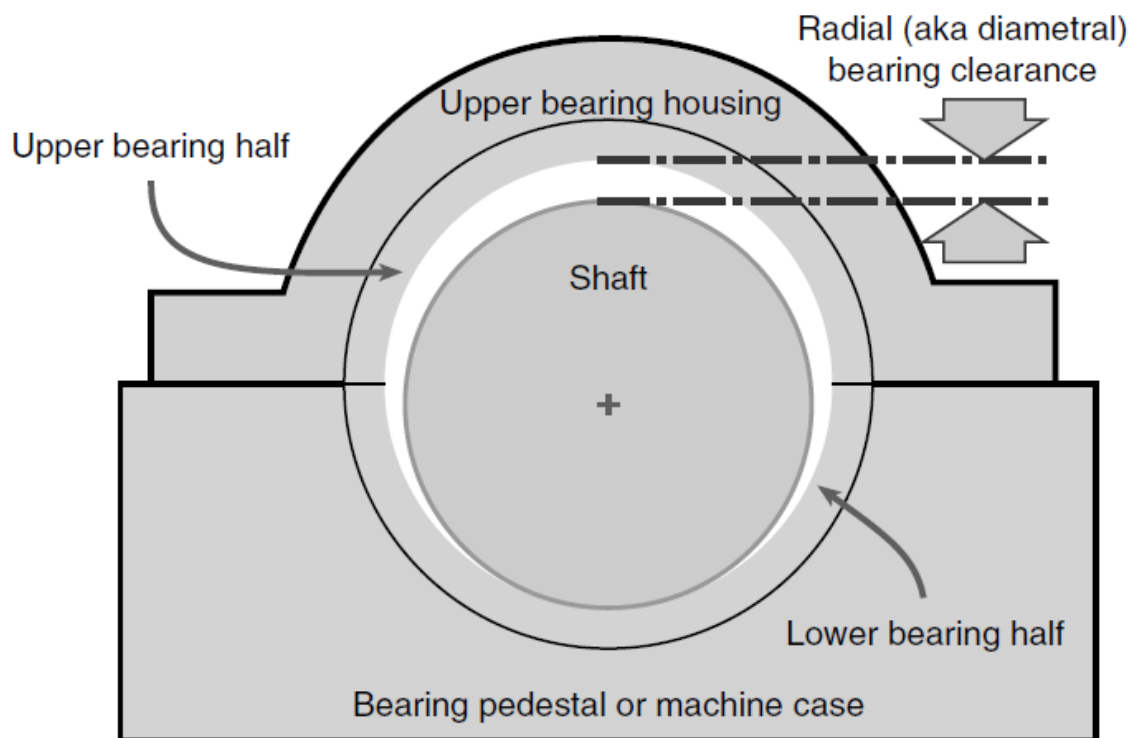
Nếu trục được đỡ trên các loại bạc trượt, thì lượng nâng trục phải nằm trong khe hở cho phép của bearing. Hình 3.46 trình bày nguyên lý hoạt động cơ bản của các loại ổ trượt. Như được ghi chú trong hình 3.46, quy tắc đối với khe hở bạc đỡ thường nằm từ  $\frac{3}{4}$  đến 2mils/in của đường kính trục đối với các loại bearing babiit bôi trơn dầu. Nếu lượng nâng lớn hơn khe hở lớn nhất đối với trục đó, thì bearing đó phải được thay thế và kiểm tra. Với các loại bearing dạng trượt hình trụ, thì có phương pháp khuyến cáo khác cho việc kiểm tra khe hở bearing được đưa ra trong hình 3.46. Plastigage hay chì có thể được sử dụng để kiểm tra khe hở bearing. Ngoài ra việc kiểm tra khe hở bạc, thì việc kiểm tra độ nghiêng hay xoắn phải được thực hiện như trong hình 3.47. Việc kiểm tra độ nghiêng, xoắn được thực hiện để xác định xem tâm của lỗ bearing có song

song với tâm trục quay theo chiều lên xuống (ngiên) hay phương ngang (xoắn) hay không. Một phương pháp kiểm tra khác là sử dụng bột màu “blue check”. Một lớp bột màu xanh được quét lên nửa dưới của bạc đỡ. Bạc đỡ sau đó được lắp vào nửa dưới của housing và đặt trục nằm lên trên bạc và sau đó nhấc trục lên, lấy nửa bạc dưới ra ngoài. Bearing sau đó được kiểm tra để xác định xem lượng bột màu được chuyển đến trục là bao nhiêu. Giá trị tiếp xúc giữa trục và bạc này phải đảm bảo từ 80% trở lên. Hình 3.49 trình bày bearing trong quá trình kiểm tra blue check. Hãy nhớ rằng kiểm tra blue checking sẽ xác định việc có bị nghiêng hay không nhưng nó không cần thiết cho trường hợp bị xoắn.

<p>Đây là những loại ổ đỡ lâu đời nhất được biết đến hàng ngàn năm trước. khi trục quay, một nêm dầu được hình thành giữa trục và bề mặt bạc nhấc trục đi lên. Khi nêm dầu được hình thành, trục di chuyển một chút về một bên và không chạy ở chính xác tâm bearing. Chiều dày lớp dầu nhỏ nhất nằm trên đường thẳng được nối dài giữa hai tâm của trục và bearing housing được gọi là góc trạng thái của trục. Chiều dày nhỏ nhất của lớp dầu có thể thay đổi từ 0.3 đến 2mils và tác động như lớp giảm chấn cho lượng dịch chuyển nhỏ của trục (rung động). Chất bôi trơn được sử dụng trong các máy quay thông thường là dầu nhưng chất bôi trơn cũng có thể là bất kỳ lưu chất nào khác(nén được hoặc không nén được như nước hay khí nito) dưới các điều kiện khác nhau hay các lý do về vấn đề môi trường. Những bearing này thường được biết đến với tên gọi:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hydrodynamic bearing.</li><li>- Plain bearing</li><li>- Journal bearing</li><li>- Sleeve bearing</li><li>- Babbitt bearing</li></ul>		
	<p>Kiểm tra đường kính bearing. Đo bằng plastigage có thể đo đến 8mils và bằng chỉ đo trên 8mils.</p>	<p>Khe hở bearing thay đổi từ <math>\frac{3}{4}</math> đến 2mils/in của đường kính trục (ví dụ 4in. đường kính trục thì khe hở có thể từ 0.003 đến 0.008in.).</p>

Hình 3.46: Thiết kế của bạc trượt.

Hình 3.46: Thiết kế của bạc trượt.

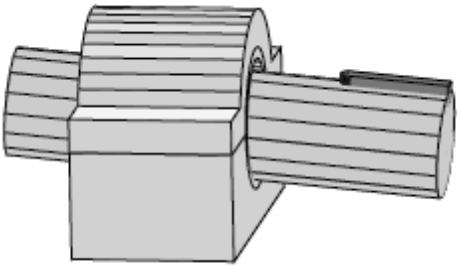
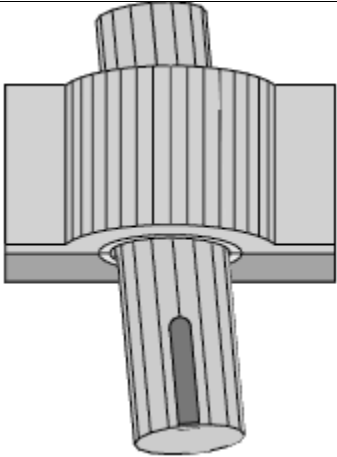
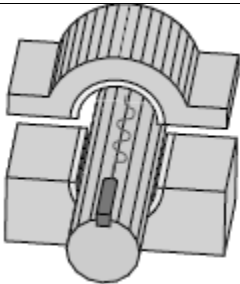
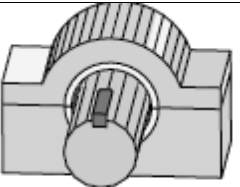
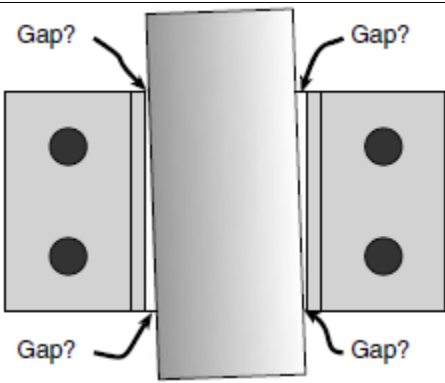
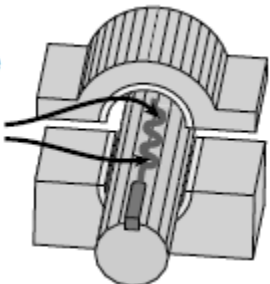


Khe hở bearing nên nằm trong khoảng từ  $\frac{3}{4}$  đến 2mils/in đường kính của trục (ví dụ đường kính trục là 4in thì khe hở bạc nên nằm trong khoảng từ 0.003 đến 0.008in)

Tháo nửa bearing trên và đặt plastigage hoặc chì mềm lên đỉnh của trục	Lắp lại nửa trên bearing và siết các bulong với lực thích hợp.	Tháo nửa trên bearing và đo chiều rộng plastigage hoặc chiều dày của miếng chì.

Hình 3.47: Kiểm tra khe hở bạc trượt.

Bearing ở trạng thái bị nghiêng	Bearing ở trạng thái bị xoắn
---------------------------------	------------------------------

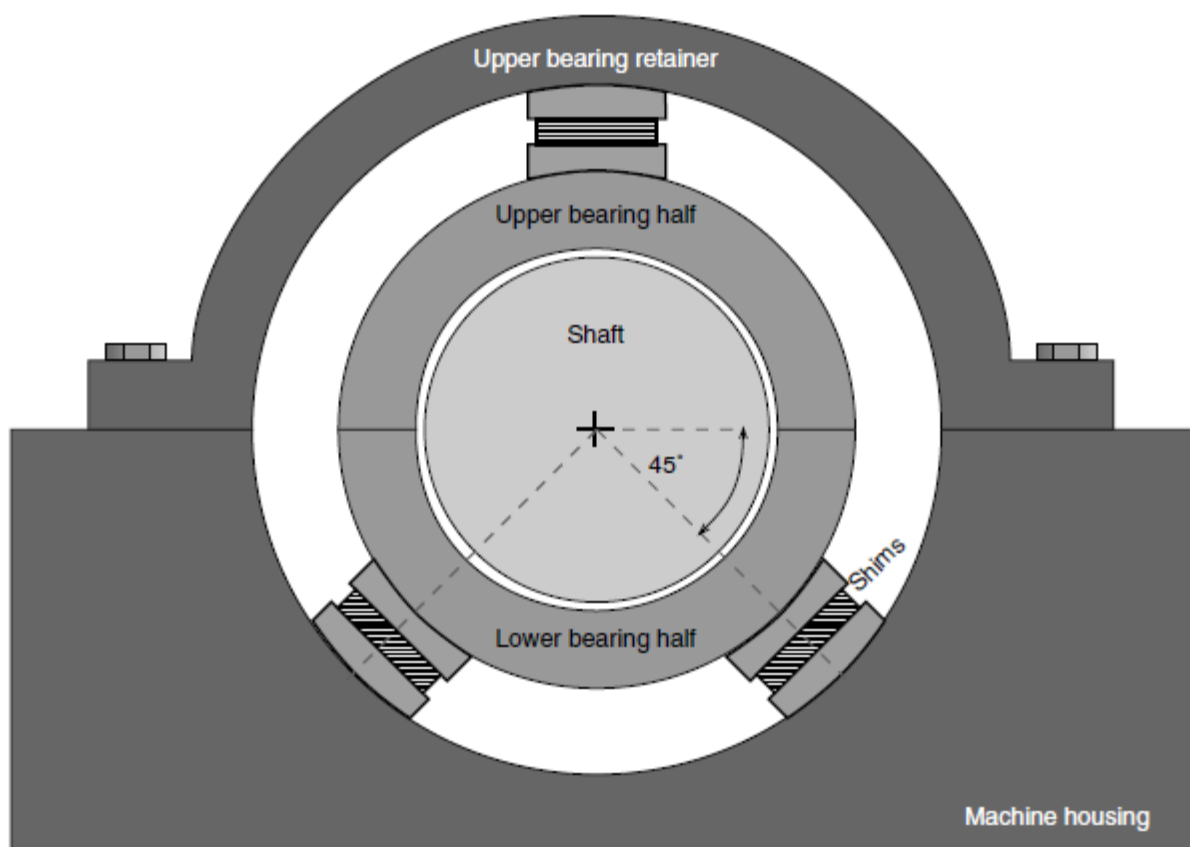
	
<p>Tháo nửa trên bearing ra và đặt vào mặt trên trục miếng plastigage hoặc chì mềm</p>	 <p>Tháo nửa trên bearing và đo các khe hở ở hai bên trục phía trước và sau của bearing bằng thước nhét.</p>
<p>Lắp lại nửa trên bearing và siết các bulong với lực thích hợp.</p>	  <p>Gap? Gap? Gap? Gap?</p>
<p>Tháo nửa bearing trên và đo chiều rộng của plastigage hay chiều dày của dây chì ở hai đầu của bearing. Nếu chiều dày không giống nhau thì bearing đang bị nghiêng.</p>	 <p>Nếu tất cả 4 khe hở không cùng giá trị và bằng một nửa tổng khe hở bạc thì bạc đang bị xoắn.</p>

Hình 3.48: Tìm tình trạng bị nghiêng và xoắn ở bạc trượt.



*Hình 3.49: Kiểm tra tiếp xúc của bearing bằng bột màu.*

Một số các bearing được nằm dạng cầu trong housing của chúng để bù cho các tình trạng nghiêng và xoắn. Hình 5.9 trình bày một dạng sắp xếp như vậy cho bearing của turbine hơi lớn nơi mà bộ bearing được giữ cố định bởi 3 giá đỡ. Các shim có thể được thêm vào hay bỏ bớt ra từ mỗi giá đỡ để định vị trí của bearing theo phương đứng và ngang và cho phép một lượng khe hở nhỏ để các bearing và pad có thể tự lùa trong housing dạng hình cầu này.

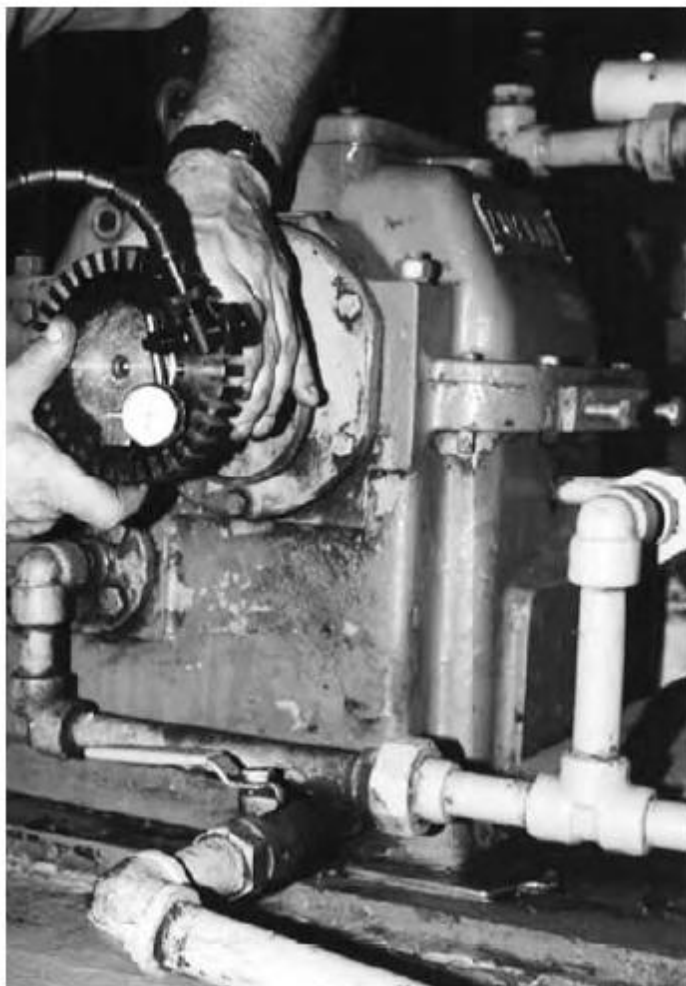


*Hình 3.50: Bạc trượt được đặt trên giá đỡ có thể điều chỉnh được.*

Một trục được đỡ trong các bearing dạng trượt có thể dịch chuyển tự do theo phương dọc trục và do đó cần có một số thiết bị (hay lực) để duy trì vị trí dọc trục đúng. Trong các motor điện được đỡ trong các bạc trượt, lực từ định tâm rotor trong housing. Điều này thường được biết đến như là tâm từ của rotor. Để tìm tâm từ, chúng ta cần ngắt kết nối khớp nối giữa motor và thiết bị đang được truyền động và khởi động motor lên và chạy nó một mình (solo run). Khi motor đạt đến tốc độ hoạt động bình thường, thì chúng ta có thể gạch một đường bằng bút màu hay miếng đá sáp lên trục đang quay (cẩn thận vì trục đang quay khi làm việc này) gần bearing phía dẫn động sử dụng housing của seal hay bộ phận tĩnh nào đó khác trên motor để làm điểm tham chiếu. Motor được loại bỏ năng lượng (dừng) và rotor ngừng quay. Sau khi thiết lập điều kiện an toàn, rotor được quay bằng tay và khi nó đang quay, rotor theo phương dọc trục được đẩy hay kéo cho đến khi vạch chỉ mà được đánh dấu trên trục trùng với điểm tham chiếu đã lựa chọn. Đây là nơi mà rotor từ muốn chạy đến dưới các điều kiện hoạt động bình thường. Điều này sẽ trở nên quan trọng sau đó trong quá trình cân chỉnh để định vị trí dọc trục chính xác giữa các trục.

Các thiết bị quay khác được đỡ trong các bạc trượt không có lực từ thì cũng phải định tâm trục giống như motor. Vì vậy bạc chặn được sử dụng. Có 3 loại thành phần chính đối với một bạc chặn:

1. Đĩa chặn (thrust runner hay thrust disk): đây là một cái đĩa được gắn cố định trên trục.
2. Một bearing chặn phía active: đây là bearing mà mặt đĩa chặn sẽ tựa vào trong quá trình hoạt động. Một lớp dầu bôi trơn ngăn đĩa chặn không bị trầy xước do cọ xát với bề mặt bạc chặn.
3. Một bạc chặn phía inactive: Nó giống như bạc chặn phía active và dưới điều kiện hoạt động bình thường đĩa chặn không bao giờ tựa trên nó, bởi vì hầu hết các thiết bị được thiết kế chỉ đẩy theo một hướng. Tuy nhiên, nếu trục muốn dịch chuyển theo hướng ngược lại, thì bearing này sẽ giữ trục lại trước khi nó va chạm vào các chi tiết tĩnh bên trong thiết bị.

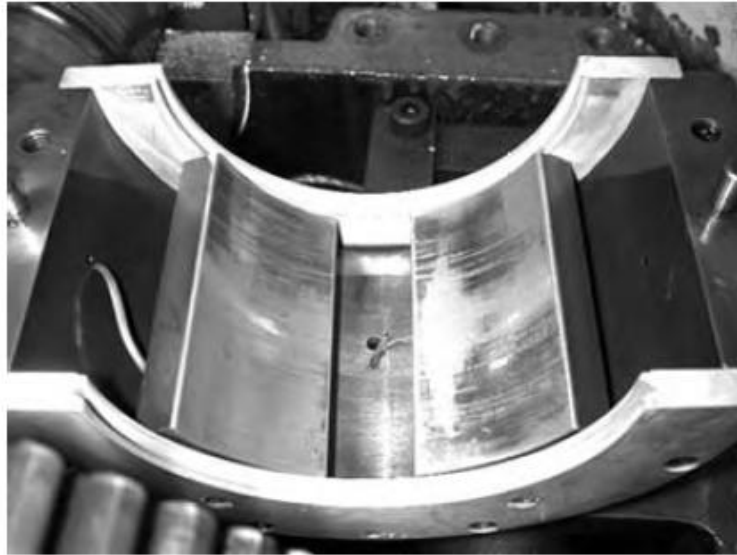


*Hình 3.51: Thực hiện kiểm tra khe hở bạc chặn.*

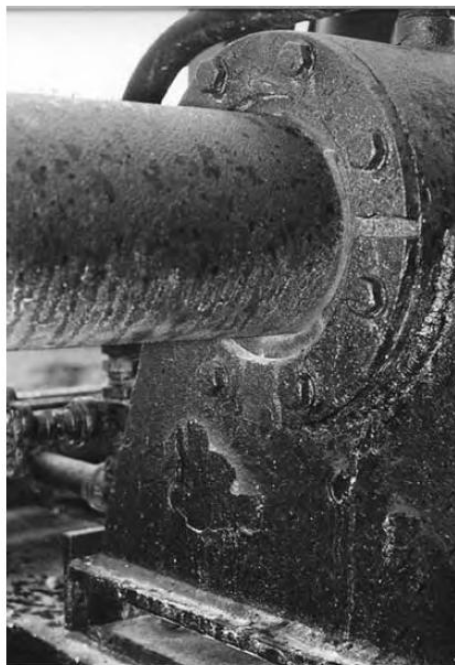
Rất nhiều trong số những hư hỏng tàn khốc của thiết bị xảy ra bởi hư hỏng bạc chặn hay bởi việc lắp đặt và thiết lập khe hở đúng của bạc chặn không phù hợp. Để kiểm tra khe hở này thì chúng ta phải đặt một đồng hồ so tựa trên một đầu của trục (hay coupling hub) và gắn chân đồng hồ so vào phần tĩnh bởi đế từ hay đồ gá. Kéo trục cho đến khi đĩa chặn tựa lên một phía bạc chặn và set 0 cho đồng hồ như trình bày trong hình 3.51. Sau đó, đẩy trục ra xa cho đến khi nó tựa lên mặt còn lại của bạc chặn như được chỉ ra trong hình 3.52. Điều này được lặp lại khoảng 2 hoặc 3 lần và giá trị dịch chuyển hiển thị trên đồng hồ so mỗi thời điểm phải được giám sát. Nhìn chung, khe hở ổ chặn nằm đâu đó trong khoảng 15 đến 40mils nhưng chúng ta nên tham khảo ý kiến của NSX về giá trị khe hở đúng của bạc chặn và quy trình để điều chỉnh giá trị khe hở này nếu nó không nằm trong dải khuyến cáo.

Hình 3.53 trình bày phần dưới của bạc trượt dạng pad. Lưu ý rằng có một số dấu hiệu của sự mài mòn trên miếng pad. Với các bạc trượt dạng tilt pad, một mandrel (thanh hình trụ được gia công bằng với khe hở ngoài của trục) được sử dụng kết hợp với đồng hồ so để kiểm tra khe hở bạc. Điều này có thể được thực hiện trên một cái bàn và quy trình thực hiện giống như kiểm tra nhấc trục ngoại trừ việc mandrel được đặt theo phương đứng, bộ bearing được trượt trên mandrel và một đồng hồ so được gắn tựa lên

bearing và sau đó cố định lên bàn. Bearing sau đó được dịch chuyển hướng đến và ra xa đồng hồ so để đo khe hở.



*Hình 3.53: Hình dưới của bạc trượt dạng tilting pad.*

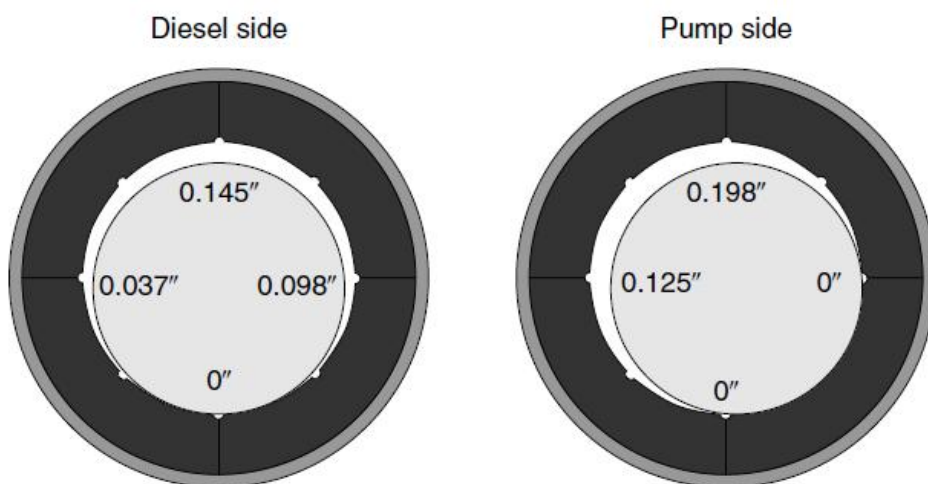


*Hình 3.54: bearing nước dạng cutlass với khe hở vượt quá giới hạn.*

Các khe hở bearing được đề cập ở trên không dùng cho tất cả các loại bạc trượt. Các bearing dạng bôi trơn bằng nước “cutlass” có khe hở lớn hơn. Các bearing cutlass mới thông thường có khe hở giữa 15 đến 20mils và khe hở lớn nhất thường không vượt quá 80mils. Với các loại bearing này, việc kiểm tra khe hở có thể được thực hiện bằng sử dụng thước nhét kiểm tra tại 4 điểm xung quanh theo chu vi hình tròn của bearing. Bearing cutlass với khe hở quá lớn trên một trục vớt được trình bày trong hình 3.54. Hình 3.55 trình bày các thông số đo bằng thước nhét đối với bearing này, đang cho thấy lượng khe hở đang vượt quá giá trị cho phép. Lưu ý rằng dường như là

có hiện tượng xoắn ở bearing này. Tình trạng và chế độ lắp ghép của các bearing là cực kỳ quan trọng trong các thiết bị quay và phải là một trong những mục được kiểm tra trước khi cân chỉnh nhưng có nhiều bộ phận khác cần được kiểm tra về sự nhất quán phần cơ khí.

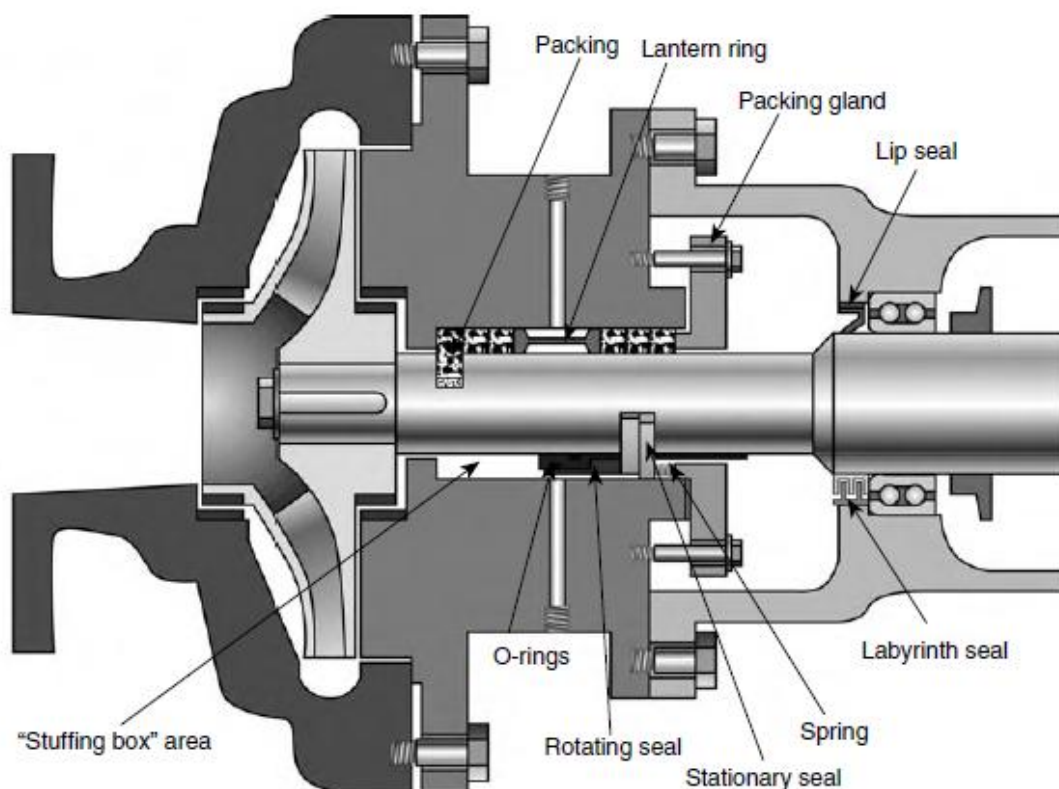
Trong phần lớn các thiết bị quay, một số loại lưu chất hay khí hiện diện bên trong vỏ máy và nếu nó không được làm kín phù hợp thì lưu chất hay khí sẽ rò rỉ ra ngoài. Chất bôi trơn trong các bearing có thể cũng rò ra ngoài nếu không được làm kín thích hợp. các bằng chứng ghi nhận từ việc quan sát là dấu hiệu đầu tiên về vấn đề gặp phải với bộ làm kín (seal). Nếu một ai đó chú ý thấy có sự nhỏ giọt dầu từ vỏ máy dưới trục hay trên bề mặt máy thì đó là dấu hiệu của sự rò rỉ đang xảy ra.



Hình 3.55: Các giá trị khe hở được đo trên bearing.

Khí hay hơi rò rỉ thường xuyên có thể phát hiện bằng thính giác được. Rò rỉ áp suất cao thường nằm ngoài dải phát hiện của con người và có thể cần các cảm biến phát hiện rò và thiết bị mới phát hiện được. dải nghe thông thường của con người thông thường từ 20 đến 20000Hz (1Hz = 1 chu kỳ / 1s).

Để chứa lưu chất nén được hay không nén được bên trong vỏ máy, có 4 loại bộ làm kín trục phổ biến thường được sử dụng nhất: labyrinth, lip, mechanical và packing. Hình 3.56 trình bày thiết kế cơ bản của mỗi loại bộ làm kín này. Dù các loại seal được trình bày ở bơm dạng overhung, nhưng chúng cũng được sử dụng rộng rãi ở các loại thiết bị quay khác. Hình 3.56 minh họa cách làm thế nào ngăn lưu chất được bơm không bị rò rỉ ra ngoài dọc theo trục bằng cách sử dụng hai phương pháp làm kín phổ biến nhất mechanical packing và mechanical seal.



Hình 3.56: Các loại seal thường được sử dụng trong máy quay

Mechanical packing bao gồm các vòng flexible trong giống sợi dây thường bện cùng với mặt cắt ngang hình chữ nhật. Các vòng packing được nhét vào khoang hình trụ bao quanh trục được gọi là stuffing box như được trình bày ở phần trên của trục trong hình 3.55. Thông thường có khoảng 3 vòng packing được nhét vào. Một thiết bị được gọi là lantern ring bao gồm nhiều hơn 3 vòng packing. Packing gland sau đó được bắt bulong đến housing của bơm để nén các vòng packing tạo ra sự làm kín. Loại mechanical packing không phải là loại phương tiện cung cấp sự làm kín tốt nhất và một ít rò rỉ phải xảy ra chỉ để giữ một lớp lưu chất giữa các vòng packing và trục nếu không các vòng packing này sẽ dẫn đến mòn trục. Dù nó không được trình bày trong sơ đồ nhưng thông thường trong thực tế người ta thường chế tạo một ống lót gắn trên trục ở vị trí này để mà vòng packing không gây hư hỏng cho bản thân trục bơm. Một lỗ được khoan thông qua hộp stuffing box nơi mà vòng lantern ring được lắp để bơm lưu chất (thường là chính lưu chất công nghệ) vào trong hộp stuffing box nhằm cùng cấp lớp bôi trơn làm mát giữa packing và trục hay sleeve gắn trên trục.

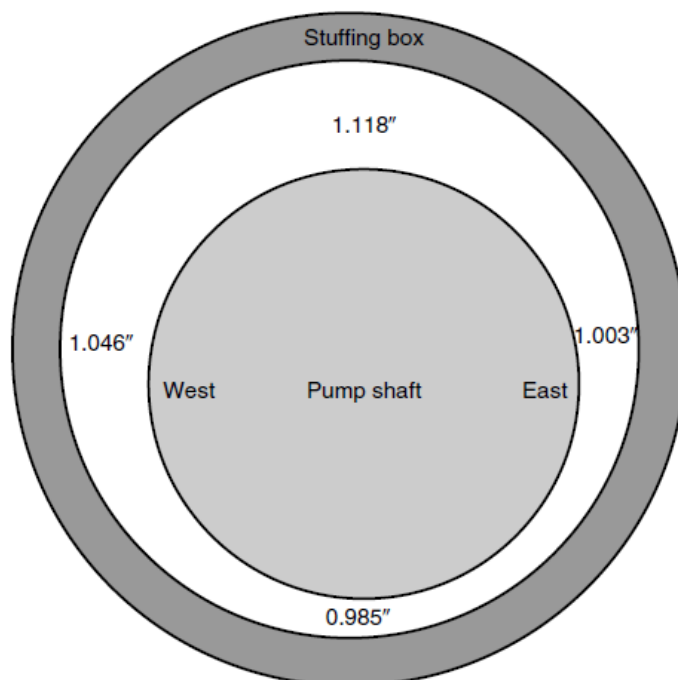
Các mechanical seal bao gồm một vòng tĩnh và một vòng động như được trình bày ở phần dưới của trục trong hình 3.55. Có nhiều loại thiết kế tương ứng với một hay hai bộ vòng làm kín. Các mặt làm kín của seal ring được tạo phẳng và có độ nhám bề mặt rất nhỏ (thường khoảng 4rms hay nhỏ hơn). Để giữ các mặt với nhau thì một lò xo hay nhiều lò xo được sử dụng. Một lần nữa, chúng ta cũng cần một lớp lưu chất ở giữa mặt tĩnh và mặt động. Nguyên tắc thiết kế của mechanical seal là khi lưu chất công nghệ cố gắng đi ngang qua các bề mặt seal làm kín, trước thời điểm nó đi ra ngoài môi

trường thì lưu chất đã bị bay hơi. Đối với công nghệ mà ở đó việc bay hơi là có hại thì loại seal hai cấp được sử dụng và sẽ có lưu chất không độc hại được bơm vào khu vực stuffing box như là lớp đệm ngăn rò rỉ.

Để đảm bảo khả năng làm kín thì việc quan trọng là phải đảm bảo rằng trục nằm giữa stuffing box hay seal housing. Đối với bơm được trình bày trong hình 3.56, với các biên dạng lỗ bulong dùng cho bearing housing và stuffing box được gia công đồng tâm với lỗ bearing và trục không bị cong thì khe hở giữa mặt ngoài của trục và lỗ stuffing box cần phải bằng nhau theo chu vi tròn. Thông thường điều này là đúng nhưng không phải lúc nào cũng vậy. Trong một số thiết kế bơm khác thì bearing housing không phải là một phần của các housing được gia công đồng tâm với nhau và không tự động đồng tâm với tâm lỗ stuffing box. Trong cả hai trường hợp, chúng ta cần phải kiểm tra độ đồng tâm của stuffing box. Để xác định rằng trục có được đồng tâm hay không, thì ta đo khoảng cách từ bề mặt ngoài của trục đến mặt trong của các housing làm kín được đo ở 4 vị trí cách nhau 90°. Những thông số đo tại 4 vị trí này có thể được thu thập theo nhiều cách khác nhau như sử dụng thước nhét, calip ngàm và trong một số trường hợp để từ và đồng hồ so có thể được sử dụng cho việc đo lấy giá trị. Hình 3.57 trình bày một snap gauge (calip ngàm) được sử dụng để đo khoảng cách giữa mặt ngoài của trục bơm và mặt trong của stuffing box nơi mà packing được sử dụng để làm kín nước bên trong bơm. Hình 3.58 trình bày các thông số đo ban đầu được thu thập ở bơm này. Trục bơm thấp hơn ở hướng đông. Ở bơm này, bearing housing phải được dùng để định tâm trục trong stuffing box trước khi cân chỉnh bơm với thiết bị dẫn động của nó.



*Hình 3.57: Snap gauge được sử dụng để đo khe hở stuffing box.*



Hình 3.58: Khe hở stuffing box được đo ở bơm trong hình 3.57

Ngoài việc đảm bảo lưu chất công nghệ không bị rò rỉ dọc theo trục, thì chất bôi trơn cũng phải đảm bảo được giữ kín trong bearing. Hình 3.56 trình bày hai trong số các bộ làm kín được sử dụng phổ biến nhất như: lip seals, labyrinth seal. Lip seal thường được làm bằng cao su và nếu không cẩn thận có thể dễ dàng lắp ngược. Quá trình thực hiện các bước kiểm tra ban đầu ở motor và bơm, chúng ta được giám sát một oil seal được lắp ngược trong motor điện như được trình bày trong hình 3.58.

Bởi vì các thiết bị quay đều bị rung động trong quá trình hoạt động, có khả năng rằng housing có thể bị suy giảm sau thời gian dài. Các vùng ứng suất cao sẽ bắt đầu bị mỏi theo chu kỳ và các vết nứt có thể bắt đầu hình thành và sau đó phát triển lớn hơn. Sự kiểm tra bằng mắt vỏ máy và housing này có thể không phát hiện ra khu vực có vấn đề. Hình 3.60 trình bày vị trí một vết nứt được tìm thấy ở housing máy trong quá trình kiểm tra trực quan. Các vết nứt có thể khó để phát hiện bằng mắt nếu không sử dụng các phương pháp kiểm tra không phá hủy.



Hình 3.59: Oil seal bị lắp ngược trên motor.

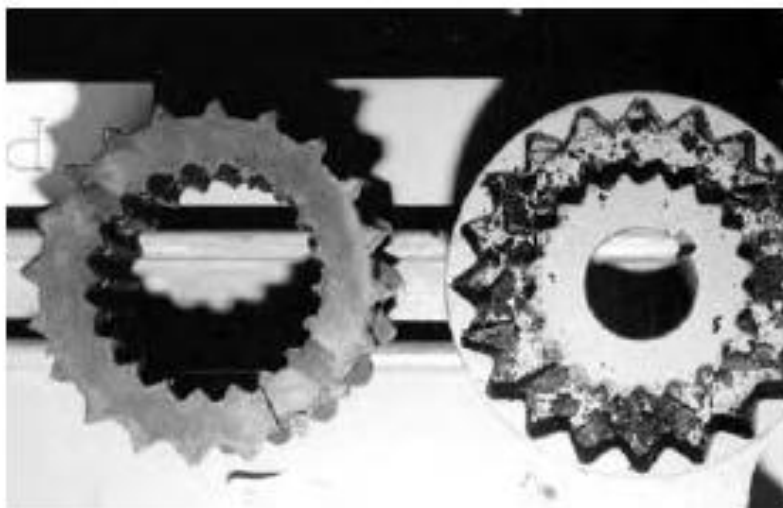


Hình 3.60: Mối hàn bị nứt ở vị trí housing máy.

Đối với thiết bị đang hoạt động trong thời gian dài, thì chúng ta nên thực hiện kiểm tra bằng mắt ở vị trí khớp nối (flexible hay rigid) xem có khu vực nào bị mài mòn hay có vấn đề không. Hình 3.61 trình bày các răng bị mòn quá mức của khớp nối răng. Các khớp nối mềm sẽ bị suy giảm nhanh chóng dưới các điều kiện sai lệch cân chỉnh trung bình đến nghiêm trọng. Hình 3.62 trình bày sự mài mòn vượt quá mức ở một khớp nối mềm mới mà bị sai lệch cân chỉnh 20mils/inch xảy ra trong khoảng thời gian 30 tuần hoạt động không liên tục.



*Hình 3.61 khớp nối răng bị mòn quá mức.*



*Hình 3.62 Khớp nối mềm bị mòn quá mức.*

## CHƯƠNG 4

# CÂN TÂM THÔ

Điểm chính cần nắm trong chương này:  
Nắm được phương pháp ý nghĩa và phương pháp cân tâm thô.

Phương pháp cân tâm thô là những phương pháp mà không sử dụng các dụng cụ đo chính xác như các đồng hồ so, và không thực hiện các hàm toán học để tính toán lượng dịch chuyển chính xác của máy. Thay vào đó, các thiết bị đo là đơn giản giống như thước thẳng cạnh và thước nhét và sự dịch chuyển của máy được xác định bởi một người thợ máy người có thể quan sát hướng khắc phục và ước lượng cho lượng dịch chuyển cần thiết.

Các kết quả tự bản thân nó là không có thô. Thực sự, sự cân tâm xuất sắc có thể đạt được cùng với phương pháp cân tâm này. Thuật ngữ thô “rough” là mô tả nhiều hơn về phương pháp thử sai với tốc độ hội tụ chậm về kết quả cân tâm tốt. Sự hội tụ chậm này một phần là bởi sự không hoàn hảo của các khớp nối. Các phương pháp thô sử dụng các nửa khớp nối như là bề mặt tham chiếu cho việc đo lường. Các khớp nối không hoàn hảo, hay không được gá đặt hoàn hảo được sử dụng như là các tham chiếu cho việc cân tâm có thể dẫn đến cân tâm khớp nối tốt nhưng không có nghĩa là cân tâm trực tốt. Do đó, cân tâm khớp nối luôn là thô khi sử dụng các bề mặt khớp nối không được gia công chính xác hay các bề mặt được sơn. Tuy nhiên, khi sử dụng các bề mặt khớp nối được gia công chính xác như là

các điểm tham chiếu hay các trục tự bản thân nó, thì sự cân tâm xuất sắc có thể đạt được cùng với các phương pháp cân tâm thô này.

Các phương pháp cân tâm thô sử dụng các dụng cụ đo rẻ tiền hay các dụng cụ đo chuyên dụng khi chúng ta xét đến thước thẳng hay thước nhét như là một phần của các công cụ thông thường của thợ cơ khí. Sự thành công của phương pháp này phụ thuộc chỉ vào kiến thức và kinh nghiệm của thợ máy và không ở những dụng cụ đo kỹ thuật cao.

Các phương pháp cân tâm thô có thể áp dụng khi lắp đặt thiết bị đầu tiên lên bệ máy của nó. Nó có thể được xem xét như là bước đầu tiên trong 3 bước cân tâm. Bước cân tâm thứ hai là sự cân chỉnh chính xác sau khi đường ống được kết nối. Cân tâm thứ 2 là sự hiệu chỉnh cho việc thiết lập và giãn nở nhiệt sau khi máy hoạt động khoảng 48 giờ.

Các phương pháp cân tâm thô làm cho việc thực hiện cân tâm chính xác dễ dàng hơn bằng việc loại bỏ các sai lệch góc lớn. Các phương pháp cân tâm chính xác sử dụng tính toán cho tam giác vuông để đạt đến sự dịch chuyển của các chân máy. Do đó, với sai lệch góc lớn, thì phép tính tam giác vuông là không chính xác và dẫn đến sự dịch chuyển đúng hướng nhưng không đúng lượng cần thiết. Sự cân chỉnh sẽ hội tụ. Nhưng cùng với một vài bước di chuyển thêm hơn là mong đợi ban đầu. Sự cân tâm thô ban đầu đặc biệt nếu nó loại bỏ sai lệch góc lớn, sẽ giảm thiểu công sức trong quá trình dịch chuyển chính xác sau đó.

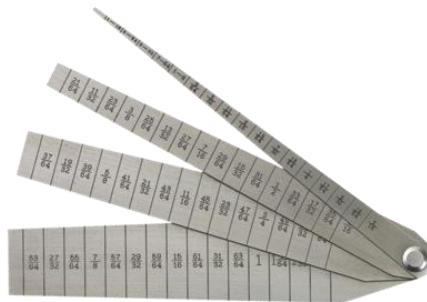
Các phương pháp cân tâm thô có thể sử dụng để biết trong các tình huống khẩn cấp khi không có dụng cụ đo sẵn có. Các dụng cụ đo được ưu tiên có thể ở đâu đó xa, bị gãy hay hết pin. Trong những điều kiện này, chúng trở lên vô dụng. Các phương pháp cân tâm thô có thể cứu nguy cho những tình huống này, và công việc có thể tiếp tục.

Các phương pháp cân tâm thô trở nên là phương pháp duy nhất nếu không có trục nào có thể quay được.

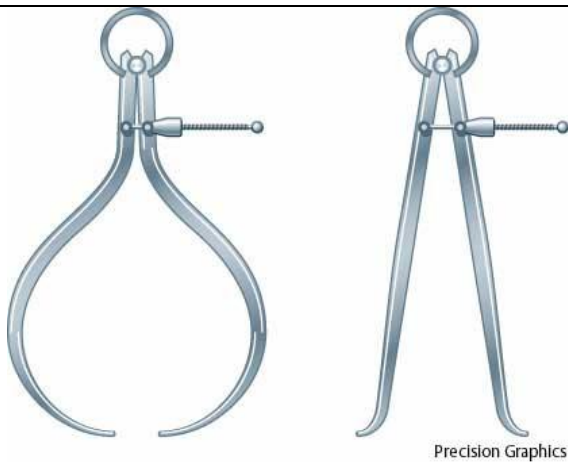
Các dụng cụ đo được sử dụng như trong hình trình bày các dụng cụ đo ước lượng như thước thẳng, thước côn và thước cặp. Một số loại khớp nối được bán cùng với một số dụng cụ đo đính kèm trong hộp cùn với hướng dẫn cho phương pháp cân tâm thô. Đối với những trường hợp này cần phải được cộng thêm vào các dụng cụ đo chính xác như được trình bày trong hình .... Chúng là thiết bị đo lỗ nhỏ, thước cặp hay panme cả loại đo trong và đo ngoài. Những dụng cụ này là những dụng cụ đo chính xác nhưng khi được sử dụng với các khớp nối không chính xác thì kết quả là thô và sắp xỉ cân tâm trục với trục.



Hình 4.1: Thước thẳng cạnh



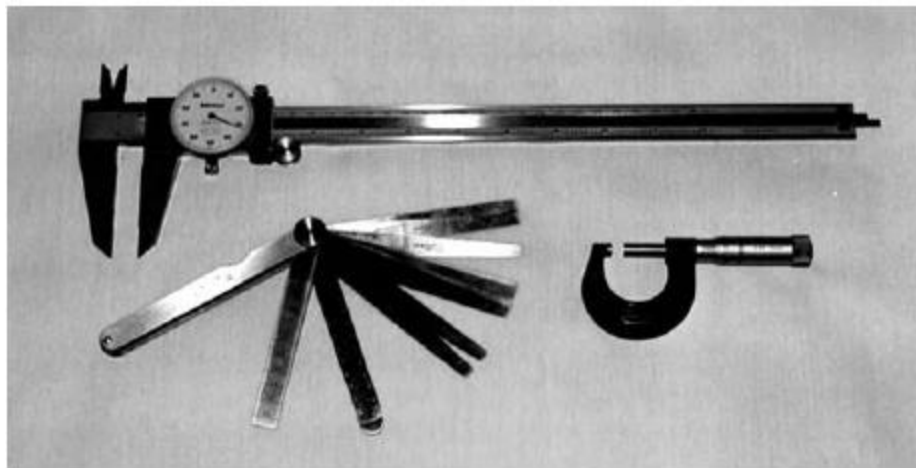
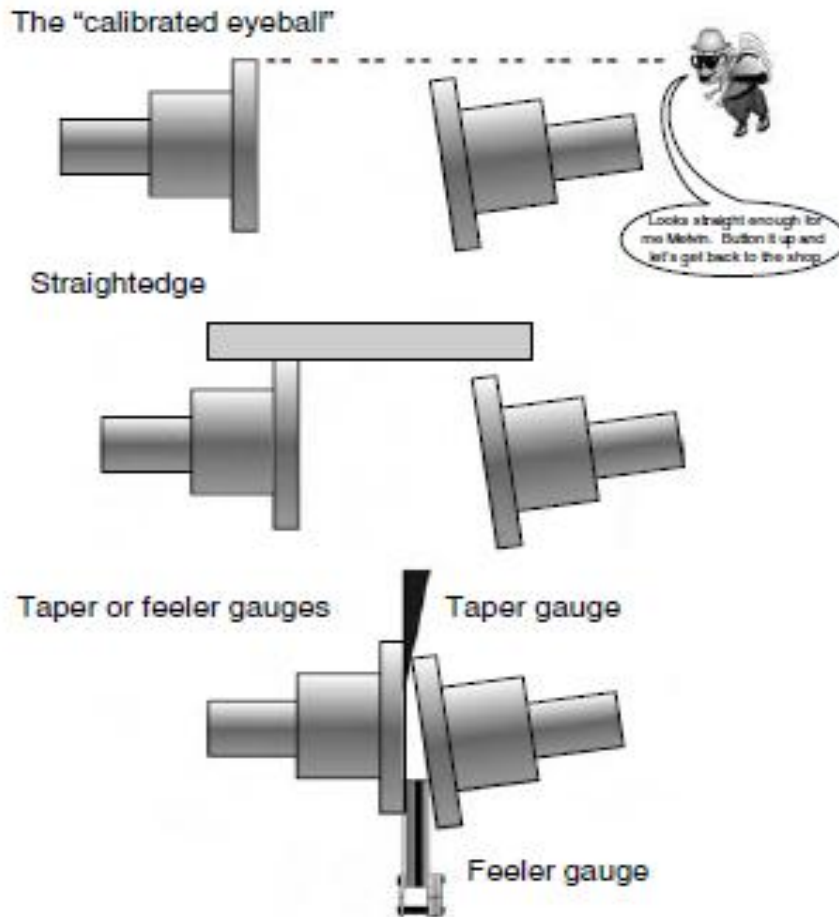
Hình 4.2: Thước đo côn



Hình 4.3: Calip đo khoảng cách



Hình 4.4: Thước nhét.



Hình 4.5: Thước cặp, thước kẹp và thước nhét.

**Quy trình cân tâm thô là:**

1. Định vị trí máy trên nền máy.
2. Thêm vào các khối riser block.
3. Điều chỉnh khoảng cách dọc trục.
4. Khoan các lỗ bulong chân.
5. Thực hiện cân tâm thô khớp nối.

Thiết bị đầu tiên được đặt trên nền máy. Thiết bị được truyền động được đặt ở nơi mà các đường ống được mong đợi sẽ kết nối đến nó. ở thời điểm này, cả hai máy

có thể dịch chuyển được, và quan tâm nhiều hơn đến sự đặt cố định đối với một thiết bị mà sau đó trở thành thiết bị ít dịch chuyển. Đối tượng này phải được giảm thiểu về sự co kéo đường ống. Thiết bị dẫn động sau đó được đặt lên nền ở vị trí mà có thể kết nối với máy khác. Một vài sự quan tâm cần được thực hiện đối với khả năng tiếp cận để bảo dưỡng và để định tâm máy trên các tấm chân đế.

Các khối riser được thêm vào dưới chân của tất cả các máy để cho phép sự dịch chuyển xuống thấp sau đó theo phương đứng. Các tấm shim 1/8 inch nên là các tấm shim nhỏ nhất. Các máy lớn hơn cần phải có các khối Riser có thể tháo ra được có chiều dày hơn 1/4 đến 1/2 inch. Không có giới hạn trên đối với chiều cao của các khối nâng, cho đến khi sự ổn định trở thành mối bận tâm hay đối với chiều dài bulong chân sẵn có. Đối tượng của các khối nâng là hai phần. Nhà sản xuất chọn chúng để tạo ra sự sai khác về chiều cao tâm của hai máy. Người lắp đặt lắp đặt chúng để tạo ra sự dịch chuyển theo phương đứng. Đối với mục đích cân tâm thô, chúng phải có thể tháo ra mà không cần phải nhấc toàn bộ máy khỏi nền máy. Các tấm shim được ưu tiên cho mục đích này. Chúng có thể được tháo ra sau đó để làm mỏng bớt hoặc thay chúng bởi các miếng dày hơn.

Đây là thời điểm tốt để kiểm tra độ phẳng của các bề mặt giáp nhau. Chấp nhận nếu thước nhét 0.002inch đặt được ở tất cả các chân với các bulong chân nổi lồi. Bất kỳ khe hở nào lớn hơn 0.02inch sẽ cần phải được khắc phục trước khi đưa máy vào hoạt động. Điều này dường như là một điểm nhỏ trong một người chưa có kinh nghiệm nhưng những người cân tâm kinh nghiệm sẽ làm nó. Kết quả là sự cân tâm chính xác sẽ chứng minh sau đó. Ở thời điểm này trong quy trình cân tâm thô khi đặt các máy đầu tiên là chỉ số đầu tiên về độ phẳng của các bề mặt tiếp giáp nhau. Nó cũng là thời điểm tốt nhất để khắc phục nó khi các đường ống không được kết nối và thiết bị dịch chuyển lớn sẵn có.

Khoảng cách dọc trục của các thiết bị được điều chỉnh đến khe hở phù hợp giữa hai đầu trục. Khe hở này thường được xác định bởi nhà sản xuất khớp nối. Có khe hở tối thiểu mà sẽ cho phép các phần của khớp nối được loại bỏ và thay thế thông qua việc mở ra. Có thể có khe hở lớn hơn được xác định cho sự hoạt động phù hợp, đặc biệt yếu tố spacer là một phần trong thiết kế. Khoảng dọc trục của hai đầu trục ở thời điểm này là vị trí thô, nhìn chung nằm trong khoảng 1/8inch. Khoảng dọc trục chính xác hơn có thể được thực hiện đối với các máy sử dụng bạc trượt các mối quan tâm dọc trục và tâm từ.

Vị trí của các bulong chân bay giờ có thể được đánh dấu và khoan. Kinh nghiệm tốt khi thực hiện đánh dấu đầu tiên cho các bulong là đặt các bushing vào trong khe hở lỗ mà bulong chân sẽ đặt vào. Bushing này sẽ được sử dụng để định tâm cho các điểm lấy dấu. Điều này cung cấp khả năng dịch chuyển bằng nhau cả bên trái hay bên phải. Sau khi cả hai máy được siết bulong, cân chỉnh thô có thể được tiến hành sử dụng bốn bước của Nelson.

### **Bước 1 – Đo sai lệch góc theo phương đứng**

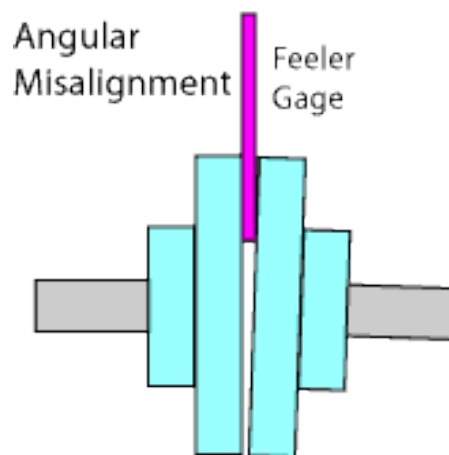
Chiều dày hay thước nhét chèn vào khe hở ở đỉnh và đáy của khớp nối như hình. Nếu khe hở lớn, thì dụng cụ đo lỗ, thước cặp hay thước panme đo trong có thể được sử dụng. Đối với đo chính xác, khe hở cần được đo ở đường kính ngoài cùng. Điều này có nghĩa là lượng chèn vào nhỏ nhất của dụng cụ đo chiều dày được yêu cầu ở một bên của mặt hở. Thiết bị có thể dịch chuyển được được gọi ý lên hay xuống và được điều chỉnh cho đến khi khe hở ở đỉnh và đáy là bằng nhau. Sự tính toán thông thường không được thực hiện một cách chính xác. Sự điều chỉnh được hoàn thành theo cách thử sai. Sự sai lệch của khe hở cho chúng ta biết về người thợ cơ khí ở đó hướng để điều chỉnh và khoảng ước lượng là bao nhiêu. Một sự ước lượng về sự thay đổi shim được yêu cầu là một phần đơn giản. Sự sai lệch góc ở khớp nối là bằng nhau đối với sai lệch góc ở chân. Tỷ lệ tuyến tính là khoảng cách chân máy đối với đường kính khớp nối. ví dụ nếu khớp nối là 5 inch đường kính và sai lệch khe hở là 0.006inch, thì góc là:

$$6\text{mils}/5\text{inches} = 1,2\text{mils}/\text{inch}.$$

Nếu khoảng cách từ chân trước đến chân sau là 18inch thì shim thay cần là:

$$18\text{ inches} * 1,2\text{mils}/\text{inch} = 21.6\text{ mils} \sim 22\text{mils}.$$

22mils này được thêm vào hay loại bỏ ở chân trước hay sau phụ thuộc vào hướng nghiêng được yêu cầu. Mục tiêu là loại bỏ sai lệch góc theo phương đứng và có 2 tâm trục song song nhưng cùng với lượng offset theo phương đứng.



### **Bước 2 - Đo lượng offset theo phương đứng**

Một thước thẳng được đặt bắc ngang qua đỉnh của một nửa khớp nối và lượng offset song song được đo bởi thước đo chiều dày. Thiết bị thấp hơn được nâng lên hay thiết bị cao hơn được hạ xuống một lượng bằng với lượng offset. Điều này được thực hiện bằng việc thêm vào hay bớt đi một lượng shim bằng nhau ở tất cả các chân. Điều này không ảnh hưởng đến sai lệch góc theo phương đứng được điều chỉnh ở bước 1. Mục tiêu là có 2 trục đồng trục theo phương đứng. Việc thay đổi shim hoàn thành ta có thể tiến hành điều chỉnh theo phương ngang.

### **Bước 3 - Đo sai lệch góc theo phương ngang**

Khe hở được đo ở mỗi mặt bên của khớp nối. Sự sai khác về khe hở là chỉ dẫn về sai lệch góc được yêu cầu. Thiết bị có thể dịch chuyển ngang cho đến khi khe hở bằng nhau. Sự điều chỉnh thường được thực hiện tức thời cùng với bước 4.

**Bước 4- Đo lượng offset theo phương ngang.**

Một thước thẳng được đặt ngang qua một bên của một nửa khớp nối và lượng offset theo phương ngang được kiểm tra. Thiết bị có thể dịch chuyển được trượt đi cho đến khi thước thẳng nằm thẳng hàng qua hai nửa khớp nối, và khe hở là bằng nhau. Cân chỉnh thô bây giờ hoàn thành cùng với hai trục đồng trục theo 3 phương.

Phương pháp cân tâm thô miêu tả ở trên giả định rằng hai nửa khớp nối là tròn và đồng tâm cùng với tâm trục và đặt trên mặt phẳng vuông góc với trục. Phép đo runout đơn giản của bề mặt và mặt rim riêng biệt có thể thực hiện cùng với đồng hồ so để đánh giá sai số hình học của khớp nối. Bất kỳ sai số hình học nào sẽ dẫn đến một lượng sai lệch cân chỉnh tương ứng. Lượng runout nhỏ hơn 0.002inch TIR sẽ dẫn đến kết quả cân tâm thô thỏa yêu cầu.

## CHƯƠNG 5

# KHẮC PHỤC SAI LỆCH CÂN TÂM

### Các điểm chính cần nắm:

Nắm được các công việc di chuyển máy khi thực hiện cân tâm.

Các công cụ sử dụng để dịch chuyển máy.

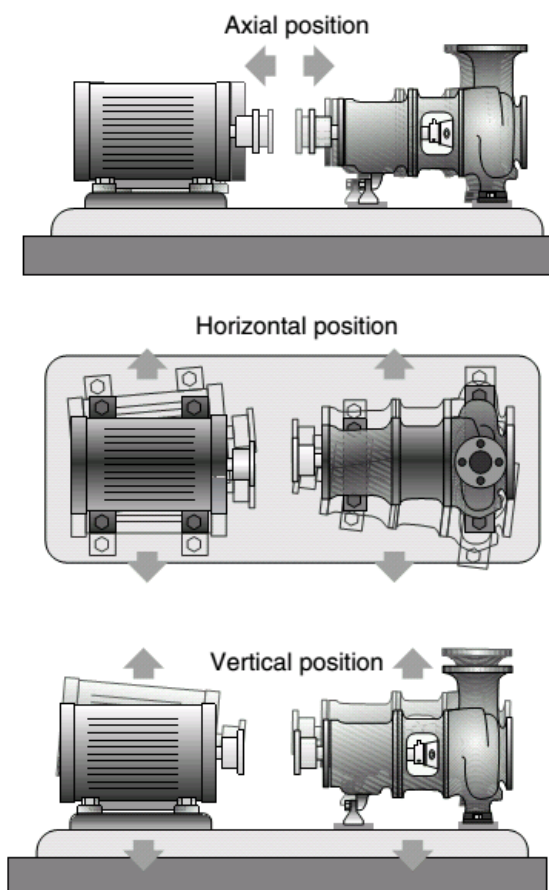
Các gợi ý về cách xử lý vấn đề khi thực hiện cân tâm không thành công.

Giả sử rằng chúng ta đang cố gắng để cân chỉnh một máy hoạt động tốt (bearing, seal, trục, khớp nối, bệ đỡ, nền bê tông tốt...), mục tiêu của chúng ta như sau:

- **Mục tiêu 1:** Xác định vị trí tương đối của hai đường tâm trục quay của máy.  
Nếu lượng sai lệch vượt ngưỡng cho phép thì quyết định phương cách và

lượng dịch chuyển của một máy hay cả hai máy cần phải điều chỉnh theo mặt phẳng X, Y và Z (lên, xuống, trái, phải, hướng tới, lùi ra xa...) cần thiết để cải thiện trạng thái cân chỉnh được mong muốn ở trạng thái máy nguội.

- **Mục tiêu 2:** Dịch chuyển 1 máy hay cả hai máy theo các mặt phẳng X, Y và Z (lên, xuống, trái, phải, hướng lại gần hoặc lùi ra xa) như được trình bày trong hình 5.1 Trở lại mục tiêu 1 cho đến khi bạn đạt được sai lệch cân chỉnh nằm trong ngưỡng cho phép.



Hình 5.1: Dịch chuyển theo các mặt phẳng X, Y và Z.

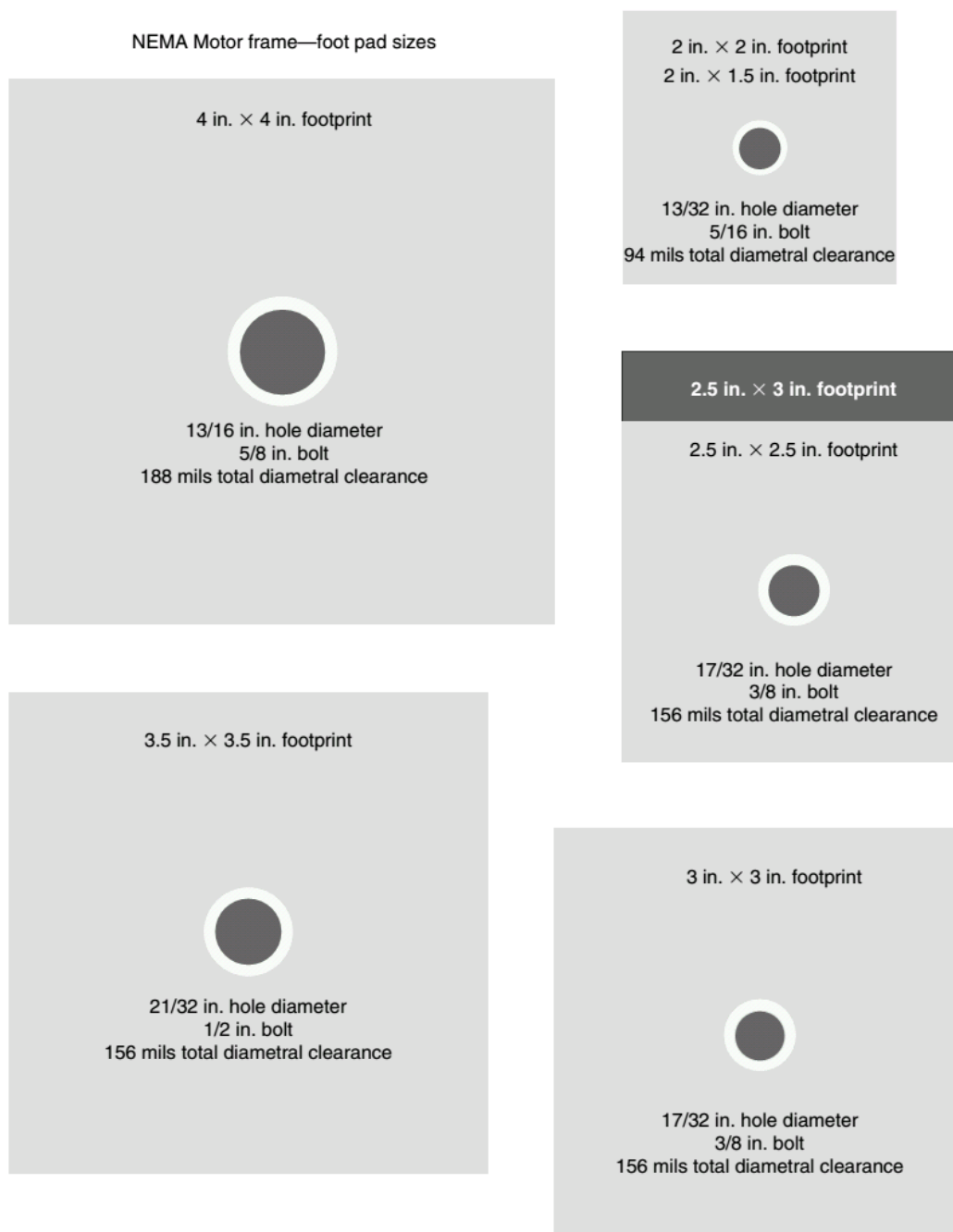
### 5.1. Lắp đặt máy lần đầu tiên

Nếu bạn lần đầu tiên đang lắp đặt thiết bị mới, có một vài vấn đề gặp phải mà chúng ta cần phải được xem xét đến:

- 1) Nếu chúng ta đang lắp đặt thiết bị trên bề cứng hay khối bê tông thì bê tông hay vữa của khối bê tông hay nền này có được đủ thời gian để cứng lại hay không? Thông thường bê tông hay vữa với thành phần chủ yếu là xi măng sẽ đạt được 50% hoá cứng sau 4-7 ngày và 80-90% sau 15-30 ngày. Do đó, chúng ta không nên đặt thiết bị trên các bề này vào ngày sau khi bê tông vừa được phun lên.
- 2) Có bất kỳ kết nối bên ngoài đến máy như đường ống, ống cổ góp hay các cuộn dây điện hay không? Nếu vậy, các kết nối bên ngoài này có được gia công xong

và gắn vào vị trí cuối cùng của chúng trước khi đặt thiết bị lên bệ máy của nó hay không? Hy vọng là không. Các máy cần phải được thiết lập sơ bộ hay vị trí cân chỉnh cuối cùng trước khi thực hiện bất kỳ kết nối nào đến nó. Hãy nhớ rằng, các mặt bích đường ống trên bơm, máy nén hay turbine là các điểm kết nối lưu chất, không phải các các móc giữ đường ống. Các cấu trúc bệ đỡ cần phải có để đỡ đường ống để loại bỏ đi bất kỳ ứng suất nào lên máy.

- 3) Có bất kỳ sự xem xét nào liên quan đến việc khoan hay bắt ren xuống bệ máy nơi mà máy sẽ được gắn vào hay không? Nếu vậy, các máy có được cân chỉnh theo phương dọc trục và phương ngang trên các bệ này trước khi khoan hay bắt ren để đảm bảo rằng các bulong chân được đặt đúng tâm của lỗ hay không? Hy vọng là có như vậy. Việc khoan hay bắt lỗ trên trên bệ máy thì khó hơn so với nó tưởng và yêu cầu một vài nỗ lực trong việc định vị trí lỗ một cách chính xác. Hình 2.2.2 trình bày một số yêu cầu kỹ thuật từ hiệp hội sản xuất thiết bị điện quốc tế (NEMA) cho kích thước các tấm chân, đường kính lỗ phải được khoan vào chân máy và đường kính bulong để giữ chặt các chân đo trên bệ máy. Như bạn có thể thấy, không có nhiều không gian giữa thân bulong và lỗ được khoan vào chân máy. Hình 2.2.3 trình bày kích thước lỗ bulong, bulong được sử dụng cho các kích thước lỗ đó và tổng khe hở đường kính giữa bulong và lỗ. Cần phải biết rằng nếu bulong được đặt ngay tâm lỗ thì máy có thể chỉ dịch chuyển được một nửa lượng khe hở này (khe hở bán kính).



Hình 5.2: Tiêu chuẩn Nema

## 5.2. Các bước định vị trí của máy cơ bản

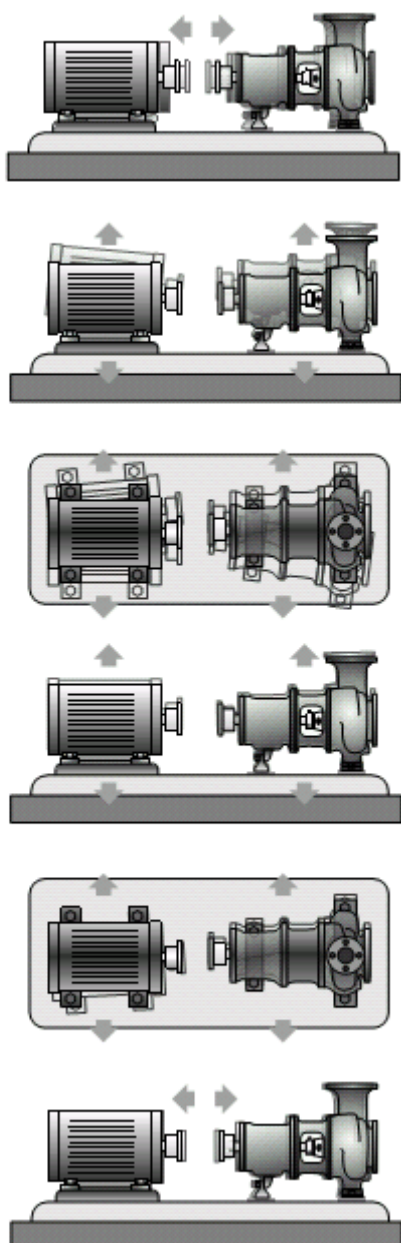
Chúng ta sống trong thế giới 3 chiều vì vậy việc hiệu chỉnh sai lệch cân chỉnh trục cần giải pháp 3 chiều và thông thường cách hiệu quả nhất để xác định lại vị trí của các vỏ máy như sau:

1. Điều chỉnh vị trí dọc trục của máy đảm bảo rằng khoảng cách giữa hai mặt coupling hub (shaft end) có **sai số không quá 100mils** so với giá trị kích thước mong muốn.
2. Thực hiện dịch chuyển lớn lên và xuống bằng cách thêm hoặc bỏ bớt lượng shim giữa các chân máy và bệ máy.

3. Thực hiện dịch chuyển lớn theo phương ngang trên một máy hoặc cả hai máy.
4. Thực hiện lượng dịch chuyển tinh chỉnh theo hướng lên và xuống bằng cách thêm hay loại bỏ bớt lượng shim giữa các chân máy và bệ máy.
5. Thực hiện lượng dịch chuyển tinh chỉnh theo phương ngang trên một máy hoặc cả hai máy.
6. Điều chỉnh vị trí dọc trục của máy đảm bảo rằng khoảng cách giữa hai đầu trục **có sai số không vượt quá 10mils** so với khoảng cách mong muốn.

#### **5.2.1. Khoảng cách dọc trục**

Đối với nhiều ứng dụng mà các rotor được đỡ trên các bearing chống ma sát, thì giá trị đo khoảng cách giữa hai đầu trục là tương đối chính xác. Đối với các rotor với các loại bạc đỡ và chặn dạng trượt, thì vị trí vận hành thông thường của rotor phải được xem xét. Ví dụ, các motor điện với các lõi từ được đỡ trên các bearing trượt sẽ tìm kiếm tâm từ khi từ trường xuất hiện. Do đó, các motor phải chạy solo để xác định vị trí tâm từ trước khi thiết lập khoảng cách dọc trục. Các máy nén ly tâm, turbine và các loại thiết bị truyền động khác thông thường sẽ vận hành hướng về phía active của bạc chặn. Trong quá trình cân chỉnh thì các rotor này phải được đẩy tựa về phía mặt active của bạc chặn trước khi thiết lập khoảng cách dọc trục này.



Bước 1 - chỉnh thô ( $\pm 100\text{mils}$ ) vị trí dọc trục của các trục.

Bước 2 – Thực hiện điều chỉnh lớn cho một hoặc cả hai thiết bị lên hoặc xuống bằng việc thêm hay loại bỏ bớt shim tại các chân máy.

Bước 3 – Thực hiện điều chỉnh lượng tương đối lớn một hay cả hai máy theo phương ngang bằng việc dịch chuyển các đầu phía DE và NDE.

Bước 4- Thực hiện điều chỉnh tinh (nếu cần thiết) đối với một hoặc cả hai thiết bị theo phương lên xuống bằng việc thêm hoặc loại bớt shim.

Bước 5- Thực hiện điều chỉnh tinh (nếu cần) theo phương ngang bằng việc dịch chỉnh phía DE và NDE.

Bước 6 – Thực hiện bất kỳ điều chỉnh cuối cùng nào đối với vị trí dọc trục của trục.

*Hình 5.3: Trình tự thực hiện sự dịch chỉnh hiệu chuẩn sai lệch.*

Khoảng cách dọc trục phải được đo gần vị trí tâm quay của mỗi trục nhất có thể nếu không có sự quy định nào khác bởi Nhà sản xuất thiết bị hoặc khớp nối. Như được trình bày trong hình 5.3, dịch chuyển đầu tiên bạn phải thực hiện là dịch chuyển dọc trục. Nếu bạn bị sai lệch góc, và bạn đo khoảng cách dọc trục ở đường kính phía ngoài cùng của coupling hub trên một phía, thì khoảng cách này trên phía còn lại của coupling hub sẽ bị sai khác. Hãy nhớ rằng dịch chuyển đầu tiên bạn thực hiện là +100mils nghĩa là bạn có thể sử dụng một thước dây chuẩn hay một thước thông thường dùng để đo khoảng cách này.

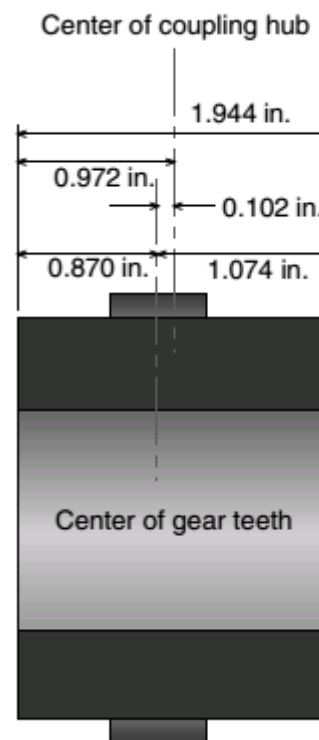
Đối với khoảng cách dọc trục cuối cùng, nếu không có sai số dọc trục được quy định, thì nguyên tắc thông thường là phải giữ khoảng cách này đến khoảng sai số +0.010in. của kích thước được yêu cầu. Sự quan trọng của việc duy trì khe hở này một cách hợp

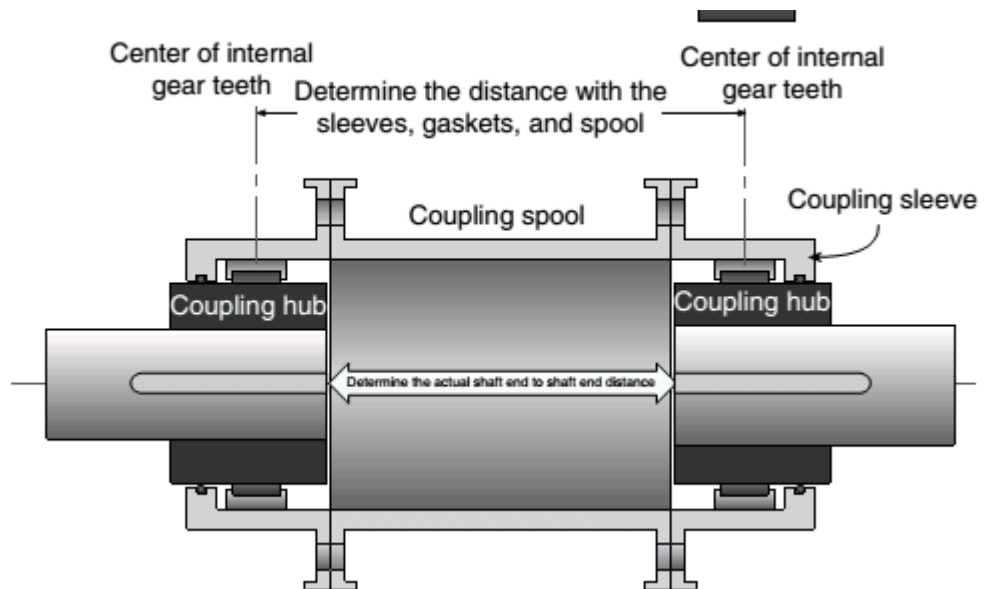
lý là để tránh bị ứng suất vượt quá giới hạn khi khớp nối bị tình trạng kẹt xảy ra khi khoảng cách khe hở không hợp lý do sự sai lệch quá lớn theo phương đứng và phương ngang. Mục đích của khớp nối là để truyền lực quay, không phải lực đẩy dọc trục từ máy này sang máy khác. Nhà sản xuất khớp nối sẽ thường có hướng dẫn về khoảng cách đúng phải cần được đảm bảo cho khớp nối của họ. Chúng ta nên đạt được thông tin này trước khi thực hiện công việc cân chỉnh. Hình 5.4 trình bày thông tin về việc xác định khoảng các dọc trục đúng cho khớp nối dạng bánh răng.

Lắp đặt khớp nối răng

**Đạt được khoảng cách đúng giữa các trục.**

Thông thường răng trên coupling hub không nằm trong tâm của hub mà bị lệch tâm một chút. Bức hình bên phải trình bày một số kích thước thực tế trên coupling hub răng được sử dụng cho turbine 175hp dẫn động bơm cấp nước nồi hơi. Lưu ý rằng, các răng của bánh răng là lệch tâm khoảng 0.102in. Thông thường, các hub khớp nối được lắp để mà các răng bánh răng bên ngoài gần bearing phía DE hơn là đầu trục nhưng điều này không phải luôn luôn đúng. Trong trường hợp này, điều ngược lại là đúng. Mục đích là phải đặt các răng của bánh răng ngoài trên coupling hub bên phải trong tâm của răng bánh răng trên ống trượt khớp nối. Điều quan trọng là phải đảm bảo rằng khoảng cách trục đến trục đúng để ngăn các răng của bánh răng trở nên quá gần với nhau và chạy ăn khớp một phần với các răng của ống lót hay quá xa và gây cọ vào oring của housing.





Hình 5.4: Xác định khoảng cách dọc trục đúng của khớp nối răng.

### 5.2.2. Thực hiện các hiệu chỉnh theo phương đứng

Nếu chúng ta đang nói về các máy được đặt nằm ngang thì dụng cụ được sử dụng nhiều nhất để thay đổi chiều cao hay nâng vỏ máy lên được gọi là shim stock. Shim stock là tấm kim loại phẳng được cuộn hay để phẳng có chiều dày từ khoảng 0.001 đến 0.125in (**1 đến 125mils**). Shim stock vượt quá 125mils thông thường được gọi là spacer hay tấm. Shim stock thông thường được làm bằng đồng thau, thép cacbon hay thép không gỉ, nhưng cũng có thể được làm từ bất kỳ kim loại nào hay nhựa nếu muốn. Sự chính xác về độ dày của shim stock thông thường là 5% giá trị chiều dày danh nghĩa. Ví dụ, một shim 50mil có thể thay đổi trong khoảng 48 đến 52mils. Shim stock thường được bán với chiều rộng khoảng 6inch và chiều dài khoảng 10ft.



Hình 5.5 Các shim có kích thước A,B,C,D

Một số công ty cung cấp cả shim được cắt trước theo biên dạng chữ U với nhiều kích thước và chiều dày khác nhau như được trong hình 5.5 và hình 5.5. Những shim được cắt trước có hình dạng chữ U này được cung cấp theo 4 chuẩn kích thước (một số nhà sản xuất khác nhau dựa trên các kích thước này):

- A size—2 in. 2 in. with a 5 =8 in. slot
- B size—3 in. 3 in. with a 3 =4 in. slot
- C size—4 in. 4 in. with a 1–1 =4 in. slot
- D size—5 in. 5 in. or 5 in. 6 in. with a 1–1 =4 in. slot

Các shim được cắt trước theo hình dạng chữ U được gia công theo chiều dày như sau: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100 và 125 mils. Một số công ty cung cấp các rãnh rộng hơn trên được gọi là shim dạng quá cỡ



Hình 5.6: Các shim có kích thước A, B, C, D.

Nếu cần thiết lắp một miếng shim bằng chiều dày của spacer trên 125mils, chúng ta nên sử dụng các tấm bằng thép cacbon và thép không gỉ và tấm shim này phẳng ở cả hai bên để đảm bảo các bề mặt song song với sai số 1mil/ 6in. Miếng spacer này cần phải đạt độ bóng khoảng 125rms hay cao hơn sau khi mài.

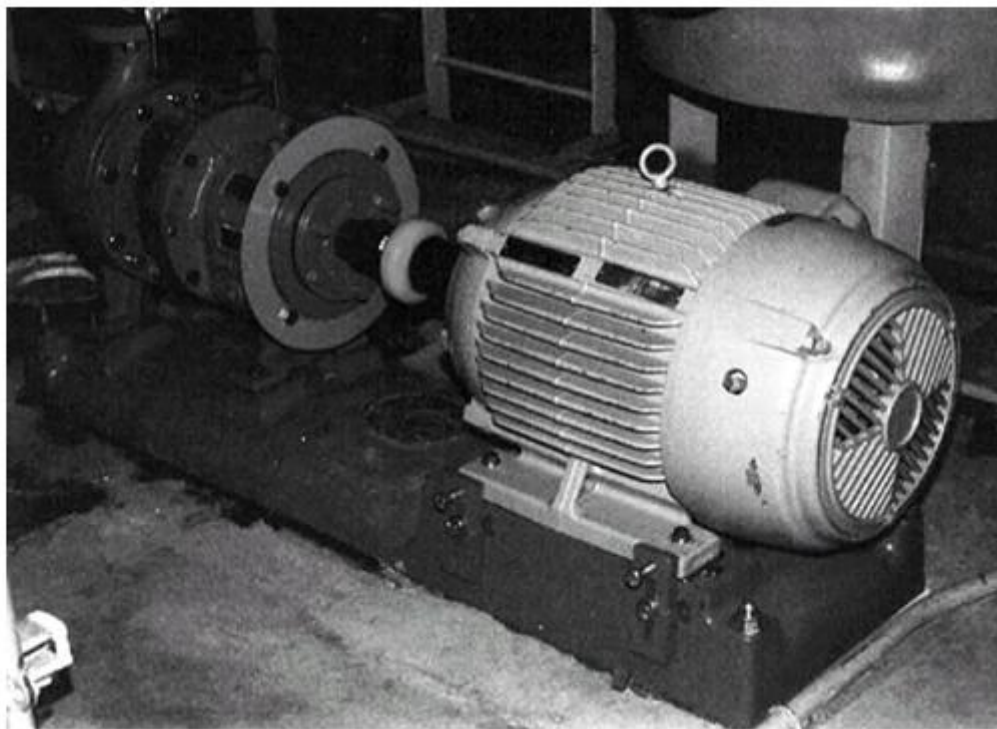
Các shim được cắt trước theo hình chữ U được đề cập ở trên thông thường được làm bằng thép không gỉ, cái mà là vật liệu được yêu cầu sử dụng để ngăn ngừa sự oxi hoá hoặc ăn mòn mà có thể xảy ra với các tấm shim bằng thép cacbon. Các shim bằng đồng thau làm việc tốt nếu trong môi trường làm việc không có Amonia. Thép cacbon thường được sử dụng khi cần một tấm shim có chiều dày lớn hơn 125mils. Các shim được cắt trước theo hình chữ U với kích thước A đến D được hiểu là sử dụng dựa trên kích thước khung của motor theo tiêu chuẩn NEMA từ 100 đến 400. Các shim này cũng có thể được sử dụng cho các máy khác ngoài motor. Những kích thước shim chuẩn trên sử dụng tốt cho khoảng 70% thiết bị trong công nghiệp nhưng chúng

không phù hợp với mọi thứ đặc biệt là các máy lớn hơn, vì vậy, chúng ta cũng thường gặp các shim được gia công để áp dụng trong nhiều tình huống khác nhau. Nguyên tắc thông thường là phải cung cấp ít nhất 80% tiếp xúc giữa chân máy và điểm tiếp xúc của nó trên bề máy, hay khung máy. Thường tôi tìm thấy các shim có kích thước loại C nằm dưới chân các máy có kích thước chân khoảng 6 đến 9 in. Chỉ bởi vì lỗ shim này khớp với đường kính bulong chân của các máy, chứ không phải có nghĩa rằng các shim này là các shim đúng cho công việc này. Do đó, trong nhiều trường hợp, các shim đặc biệt cần được gia công.

Shim dự phòng có thể được mua theo chiều rộng 6in cuộn theo chiều dài 100in và 180in và có thể nhôm, đồng, thép cacbon và thép không gỉ với chiều dày như sau: 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 25 và 31mils. Để gia công các shim có chiều dày lớn hơn, bạn cần sử dụng các tấm shim cái mà có thể được mua theo số gauges như sau:

Gauge	Thickness (in.)
28	0.015
26	0.018
24	0.024
22	0.030
20	0.036
19	0.042
18	0.048
16	0.060
14	0.075
13	0.090
12	0.105
11	0.120
10	0.135
8	0.165
7	0.187

Trong trường hợp mà bạn phải tự làm các tấm shim từ cuộn shim 6in., thì bộ đột tốt có thể được sử dụng để cắt shim. Thực hiện đường cắt thẳng không quá khó với shim có chiều dày nhỏ hơn 20mils. Nhưng nó khó để cắt nếu chiều dày shim vượt quá 20mils. Cắt lỗ với biên dạng hình cầu có một chút khó khăn đặc biệt là với shim có độ dày trên 15mils. Thường sử dụng một đầu vạch dấu tạo hình trên shim và sau đó bắt đầu cắt đi. Khuyến cáo phải mang bao tay vải khi cắt các shim này. Sau khi cắt, hãy dùng một cây gỗ và một búa đập gần đó để làm phẳng các cạnh vừa mới cắt. Ngay khi có được shim hoàn chỉnh, hãy sử dụng bút lông để viết lên chiều dày shim ở cả hai mặt. Nếu bạn đang phải cắt một vài miếng shim, thì sẽ rất dễ dàng quên đi người nào sẽ là người lấy đi cuộn shim đó.



*Hình 5.7: Bulong công có thể tháo ra được sử dụng để dịch chuyển motor theo phương ngang.*

Khi các lỗ là rất khó để cắt, bạn có thể muốn đầu tư một cái đe và bộ đột để tạo ra một cái lỗ trước tiên, sau đó bạn chỉ phải cắt các đường thẳng. Nếu bạn cần phải làm các miếng shim có chiều dày vượt quá 25mils, thì bạn cần phải sử dụng máy cắt bằng thủy lực hoặc cơ có kích thước tổng thể của shim và sau đó khoan lỗ cho cho khe và sử dụng cưa tốt để tạo ra các vết cắt cho lỗ. Nếu bạn phải làm một bộ shim chêm, hãy cắt hình dạng tổng thể, xếp chúng với nhau cùng với các miếng shim mỏng hơn nằm giữa các miếng shim dày hơn, kẹp lại thành một khối giữa hai tấm kim loại dày 1/4in, sau đó sử dụng phay mặt đầu để cắt lỗ cho tất cả các miếng shim ở cùng một thời điểm.

Một số nguyên tắc chung cần phải tuân thủ khi gia công shim là:

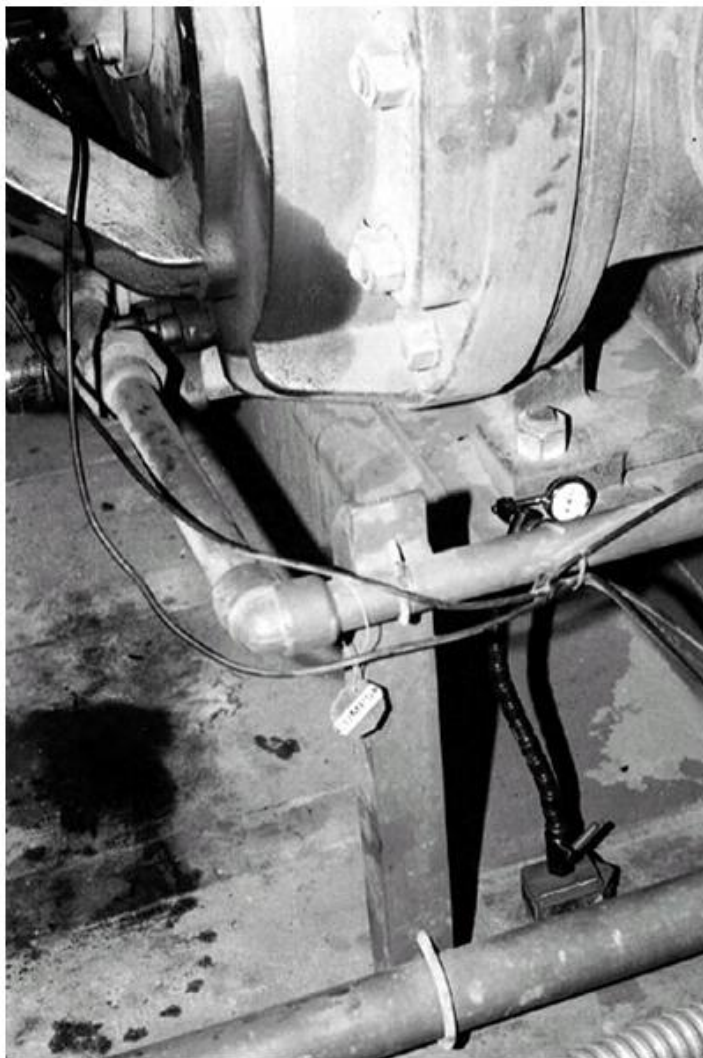
1. Ngoại trừ các shim dành cho soft foot, bạn không nên sử dụng **quá 5 đến 6 miếng shim** dưới một chân máy để thực hiện cân chỉnh.
2. Tổng lượng shim dùng để hiệu chỉnh cân chỉnh **không vượt quá 1/2 đường kính của bulong giữ chân máy.**

### **5.2.3. Dịch chuyển ngang**

Các bulong công được gá cố định hay bất kỳ dụng cụ nào có thể được sử dụng để đẩy thiết bị trượt ngang đều cần phải được đặt ở gần điểm chân máy nhất có thể mà không làm chặt thêm hay nới lỏng các bulong nền. Sự sắp xếp các bulong công điển hình được trình bày trong hình 5.6. Đồng hồ so được gá trên bệ máy mà được sử dụng để giám sát dịch chuyển ngang cần phải được đặt ngược hướng với chiều dịch chuyển của vỏ máy để tránh bị nhảy kim do bị va quệt vào trong quá trình kích bulong như được chỉ ra trong hình 5.7. Sự không thuận lợi của các bulong công được gá cố định là

chúng phải được hàn lên bộ máy hay khung máy mà nó sẽ trở nên khó để thêm hay bỏ bớt các shim khi các tấm bulong công hiện hữu ở vị trí cần chêm shim.

Điều quan tâm là hầu hết các máy quay không có các bulong công được lắp để định vị trí của máy. Gợi ý hữu dụng trong thực tế để đạt được sự dịch chuyển theo phương ngang là phải sử dụng các bulong chân góc như là một điểm tựa và dịch một đầu của thiết bị ở một thời điểm khi dịch chuyển trượt ngang như hình 5.8.

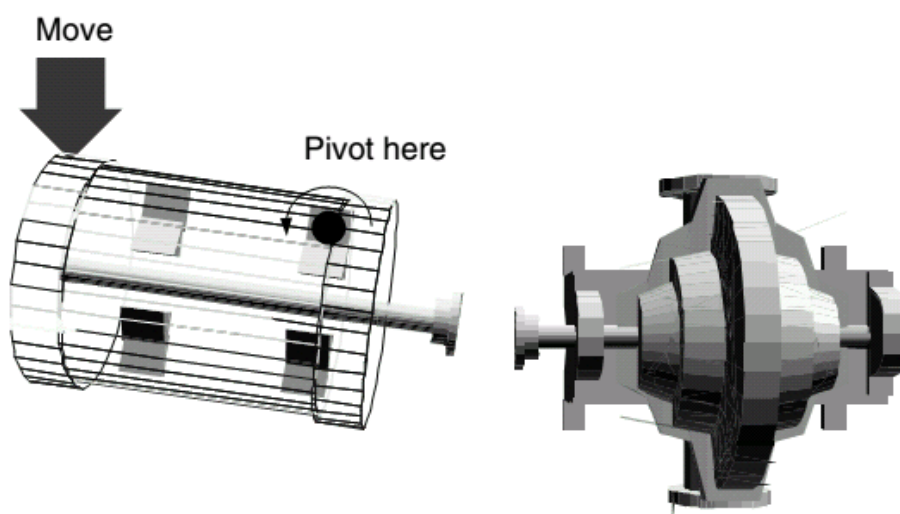


*Hình 5.8 giám sát dịch chuyển cùng với đồng hồ so.*

Bắt đầu bằng việc siết chặt một trong những bulong phía DE, thường ở cùng một phía với phía bạn đang đẩy. Sau khi đầu NDE được dịch chuyển một lượng định trước, siết chặt một trong những bulong phía NDE và nói lỏng bulong phía DE mà bạn đã sử dụng như là điểm tựa. Giám sát sự dịch chuyển của đầu phía DE bằng cách vừa đặt một đồng hồ so ở một bên vỏ máy ở chân phía DE và sử dụng một đồng hồ so và bộ đồ gá gắn lên đầu trục, chỉnh 0 cho đồng hồ ở một bên của coupling hub sau đó quay đồng hồ so và bộ đồ gá 180o và lưu ý thông số đo như được trình bày trong hình 5.9. Bắt đầu dịch chuyển phía DE theo hướng thích hợp cho đến khi đồng hồ so trên coupling hub đọc được bằng một nửa giá trị ban đầu. Chỉnh 0 trở lại và quay đồng hồ

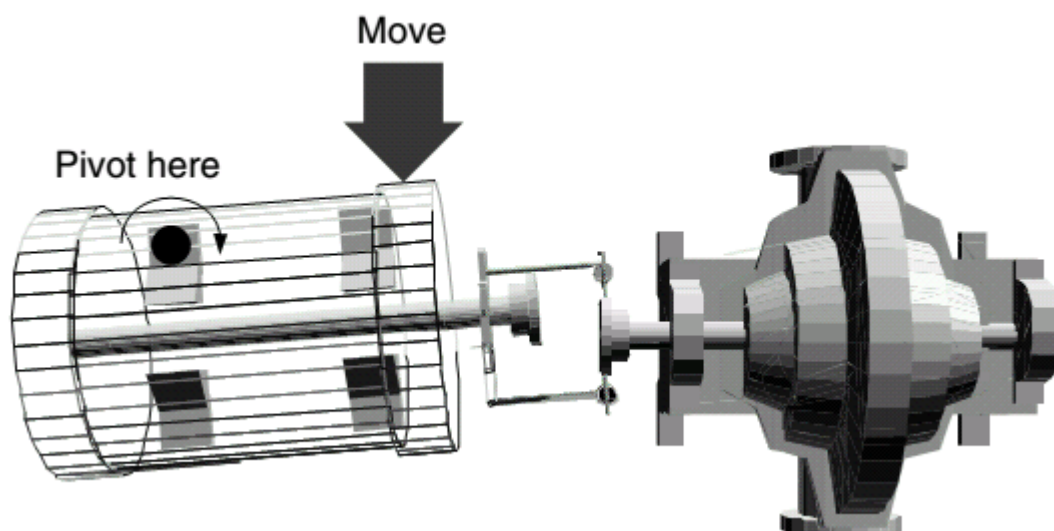
so và trục trở lại 180o về điểm set 0 ban đầu ở phía đối diện của coupling hub và kiểm tra chỉ số của đồng hồ so. Ở đây giả định rằng bạn không muốn có lượng offset định trước theo phương ngang bởi lượng dịch chuyển từ điểm máy nguội đến trạng thái chạy máy (OL2R) (xem chương 16), tiếp tục dịch chuyển phía DE để đạt được chỉ số đọc là 0 khi xoay từ đầu này sang đầu bên kia của coupling hub. Chúng ta cũng có thể phải dịch chuyển đồng thời 2 đầu đồng thời cùng lúc sử dụng các đồng hồ so và các bulong công ở mỗi chân. Đối với thiết bị có khoảng cách từ DE đến NDE 3ft hay ít hơn, điều này thường thực hiện tốt nhất với 2 người thực hiện cân chỉnh. Các thiết bị lớn hơn thường cần 4 người hoặc nhiều hơn thì mới hiệu quả. Trong trường hợp lắp đặt mới, thì có thể cần tạo ra “sơ đồ” sự dịch chuyển ngang tổng thể “map. Điều này sẽ hữu ích khi tính toán lượng dịch chuyển ngang cần thiết để xác định xem nó có thể dịch chuyển được như tính toán yêu cầu hay không. Một ví dụ điển hình về sơ đồ lượng dịch chuyển cho phép được minh họa trong hình 5.11.

Đầu tiên, nới lỏng tất cả các đai ốc nhưng chừa lại một trong những bulong phía DE và dịch chuyển phía NDE một lượng mà đã được định trước.



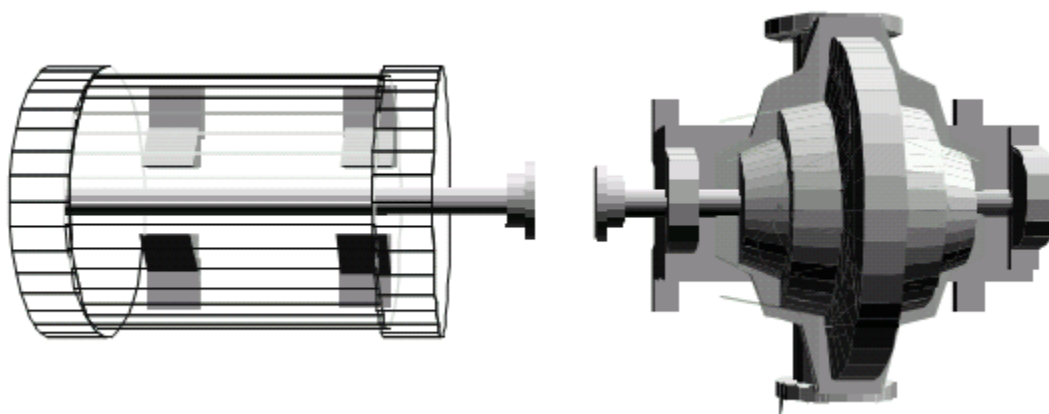
*Hình 5.9: Vị trí pivot và đẩy theo phương ngang phía NDE*

Tiếp theo, siết chặt một trong những bulong phía NDE, nới lỏng bulong phía DE mà đã sử dụng như là điểm tựa, gắn đồ gá và đồng hồ so lên một đầu của trục, quay bộ đồ gá và đồng hồ so sang một bên, chỉnh 0 cho đồng hồ so và quay sang bên đối diện và ghi nhận thông số đọc được.

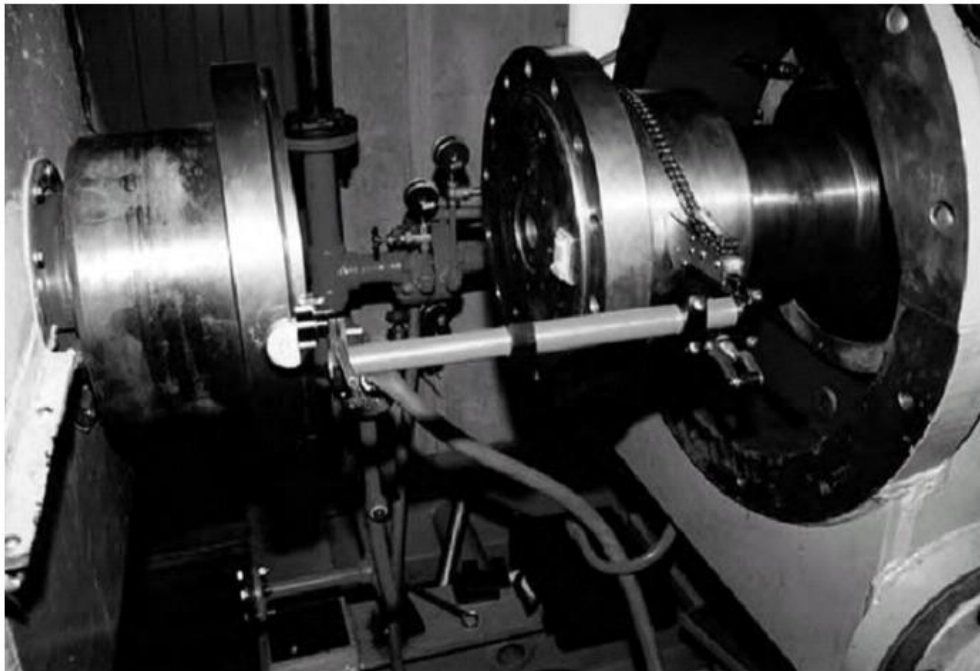


*Hình 5.10: Vị trí pivot và đẩy theo phương ngang phía DE*

Cuối cùng, dịch chuyển chân phía DE cho đến khi chỉ số đồng hồ so bằng một nửa giá trị ban đầu (giả sử rằng bạn muốn các trục đồng tâm khi thiết bị ở trạng thái nguội).



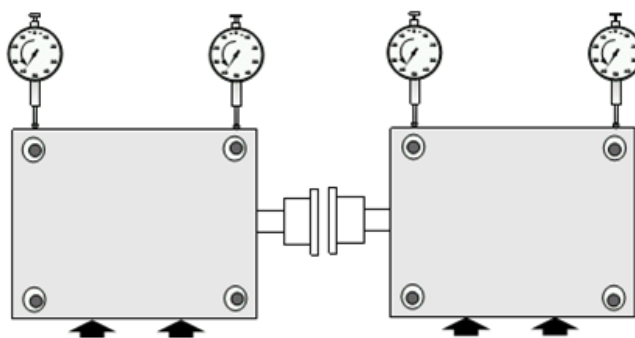
*Hình 5.11: Chỉnh phía NDE sau đo đến phía DE.*



Hình 5.11: Giám sát dịch chuyển đầu phía DE với bộ đồ gá và đồng hồ so được gắn trên trục.

Thiết lập máy để máy đưa về tâm của lỗ bulong	
<p>Đầu tiên đẩy máy về một phía cho đến khi thân bulong chạm vào cạnh lỗ. Lắp các đồng hồ so tại cạnh bên của vỏ máy tại các vị trí bulong và set 0 cho đồng hồ.</p>	
<p>Tiếp theo đẩy hết máy theo hướng ngược lại cho đến khi mặt bên kia của bulong chạm vào thành lỗ. Ghi nhận thông số hiển thị trên mỗi đồng hồ nhưng không di chuyển chúng.</p>	

Cuối cùng đẩy máy trở lại một nửa giá trị hiển thị của đồng hồ. Ta sẽ được vị trí ngay tâm lỗ theo phương ngang.



Hình 5.12: Đặt máy ở tâm của lượng dịch chuyển ngang của nó.

Khi sơ đồ được tạo ra, đặt mỗi thiết bị ở trung tâm của lượng dịch chuyển ngang cho phép và lượng dịch dọc cho phép và bắt đầu để đo lường sự cân chỉnh trục của bạn. Các sơ đồ dịch chuyển này sẽ chứng minh giá trị của nó khi chúng ta thực hiện cân chỉnh cho nhiều thiết bị trong một dây truyền.

#### 5.2.4. Dịch chuyển đứng

Nhắc thiết bị là tương đối khó khăn hơn so với trượt nó theo phương ngang vì vậy chúng ta mong muốn để thực hiện số lần dịch chuyển nhỏ nhất có thể để đạt được vị trí theo phương đứng chính xác. Các bulong công dùng để nâng thiết bị thường hiếm khi được tìm thấy ở góc của các vỏ máy quay. Nếu cân chỉnh theo phương ngang đạt được theo yêu cầu, hãy cố gắng giữ các bulong chân chặt càng nhiều càng tốt hay hãy sử dụng các bulong công siết chặt 2 bên để ngang thiết bị dịch chuyển trở lại gây sai lệch thông số cân chỉnh khi các shim được thêm vào hay loại bớt ra khỏi chân máy. Nhắc thiết bị với một cặp bulong chân được siết chặt có thể rất khó và thử thách và phải được thực hiện một cách cẩn trọng. Ý tưởng để nhắc thiết bị là chỉ nâng thiết bị vừa đủ để nhét lượng shim vào hoặc lấy shim ra.

#### 6.1. Các loại công cụ dùng để dịch chuyển

Các búa có lẽ là công cụ được sử dụng phổ biến nhất để dịch chuyển thiết bị theo phương ngang. Mặc dù đây là phương pháp ít được ưu tiên sử dụng, có các kỹ thuật được ưu tiên khi sử dụng các búa để dịch chuyển thiết bị theo phương ngang.

1. Sử dụng các loại búa có bề mặt mềm (bằng nhựa hay cao su) thay vì dùng các búa bằng kim loại.
2. Nếu các bề mặt gõ mềm không có sẵn, hãy đặt một miếng gỗ hay miếng nhựa giữa búa và điểm tác động trên bộ phận của máy để ngăn ngừa hư hỏng đối với thiết bị.
3. Hãy tác động nhẹ ở lần đầu tiên sau đó tăng dần lực tác động. Trong thực tiễn, bạn có thể có được cảm giác về việc thiết bị dịch chuyển như thế nào ở mỗi lần tác động. Lực tác động càng lớn thì kim đồng hồ giám sát sẽ bị tác động càng mạnh dẫn đến thông số đo có thể không chính xác.

#### 5.2.5. Đòn bẩy, xà beng và nêm

Đòn bẩy và xà beng có thể được tìm thấy trong mỗi hộp công cụ cơ khí và chúng thường không dùng để cân chỉnh tại hiện trường ngoại trừ trường hợp thực sự cần thiết. Hệ quả là, đối với các thiết bị nhỏ, nhẹ thì đòn bẩy là công cụ được sử dụng rộng rãi nhất để nâng thiết bị. Thanh bẩy; tuy nhiên, cung cấp sự kiểm soát rất thấp về độ chính xác khi nâng thiết bị và có thể trượt khỏi vị trí của nó một cách dễ dàng, cái mà có thể gây ra chấn thương cho người thực hiện còn lại người mà đang cố gắng để loại bỏ các shim cũ bên dưới chân của thiết bị bằng các ngón tay của mình.

Thanh nâng có thể cũng được sử dụng để dịch chuyển ngang thiết bị giả định rằng có một dụng cụ kê ở gần chân máy. Dụng cụ kê; tuy nhiên, thường điểm cuối là đường ống, cuộn dây hay thanh dài 2x4 được đỡ bởi một vài thứ khác trên khung bộ máy hay nền máy.

Sử dụng búa và nêm bằng kim loại để nâng thiết bị là phương pháp ít được mong đợi nhất. Nếu không còn giải pháp nào khác, ở đây có một vài gợi ý khi sử dụng kỹ thuật này:

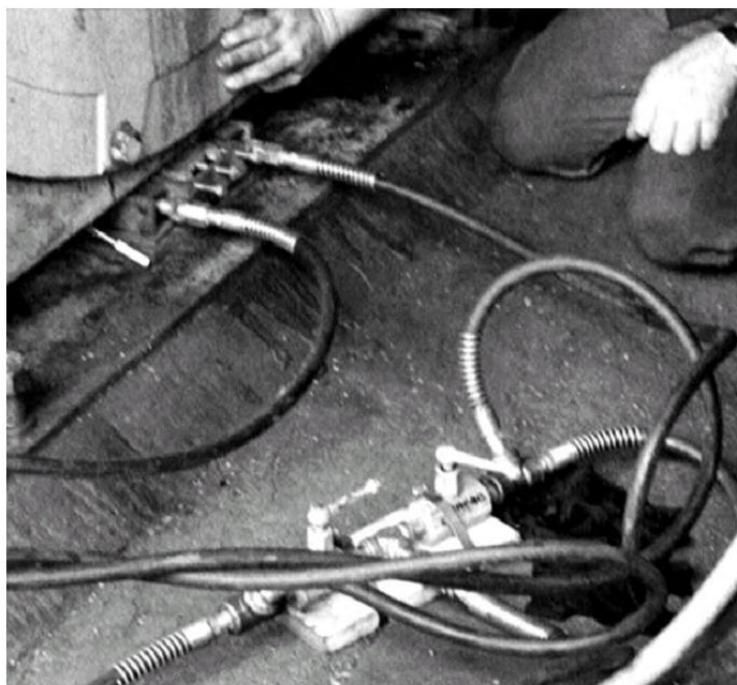
1. Đặt một miếng nêm gần chân máy mà cần được nâng không gây ảnh hưởng đến quá trình thêm vào hay loại bớt các miếng shim. Vỏ máy có thể bị biến dạng bằng với lượng shim cần thiết thêm vào hay lấy ra ở khu vực chân này mà không phải nâng toàn bộ thiết bị lên.
2. Bôi một lớp mỏng mỡ hay dầu đến cả hai đầu của nêm.
3. Tương đối dễ để lắp một miếng nêm nhưng nó lại tương đối khó khăn để lấy nó ra khỏi bộ phận của máy nhất là các thiết bị nặng. Trước khi lắp đặt, hay cung cấp một số phương tiện để loại bỏ nêm.

#### **5.2.6. Palang và xích kéo**

Những dụng cụ này có thể được sử dụng để vừa nhấc và dịch chuyển thiết bị theo phương ngang. Vấn đề lớn nhất ở thiết bị này là thường thiếu các điểm móc thích hợp cho dây xích hay palang khi dịch chuyển theo phương ngang. Cũng có vấn đề về sự vượt quá khả năng của xích kéo khi được trang bị để nâng thiết bị. Chất lượng xích và palang càng tốt hơn; tuy nhiên, cung cấp khả năng kiểm soát và an toàn hơn so với sử dụng búa và thanh bẩy.

#### **5.2.7. Bộ kích thủy lực**

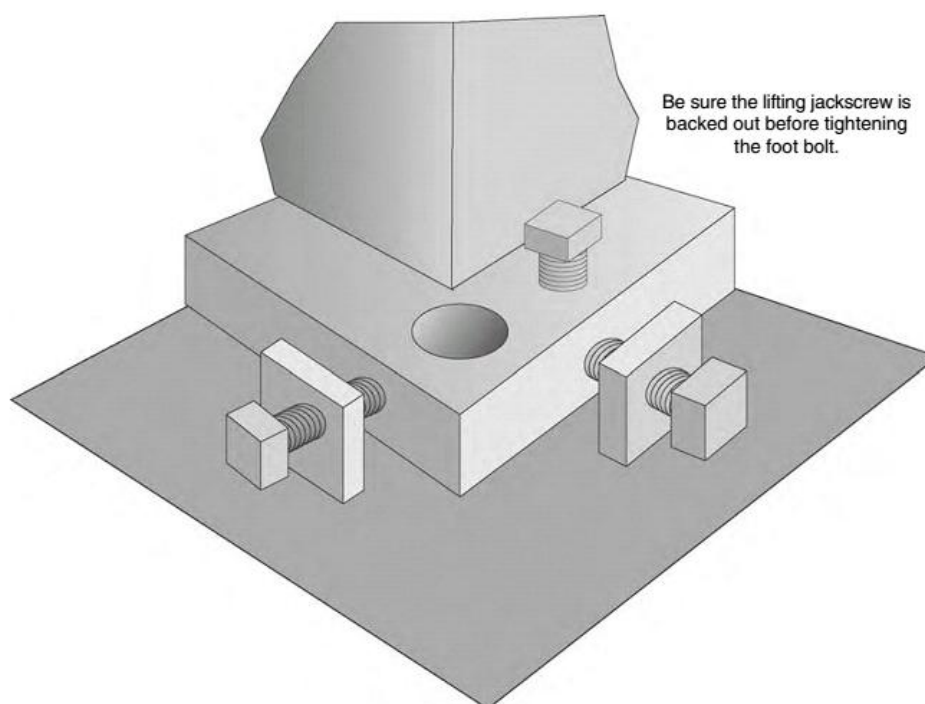
Có nhiều loại kích thủy lực mà có thể dễ dàng mua với giá hợp lý trên thị trường. Khi được trang bị phù hợp, kích thủy lực cung cấp sự kiểm soát và an toàn tốt khi nhấc hay trượt thiết bị và là một trong những phương pháp được ưu tiên cho việc dịch chuyển thiết bị quay. Hình 5.13 trình bày một hệ thống kích thủy lực dùng để nâng và định vị trục phương ngang thường gặp.



Hình 5.13 dụng cụ kích nâng thủy lực và định vị trí phương ngang.

#### 5.2.8. Các bulong công cố định

Dù các bulong công là phương pháp được ưu tiên sử dụng nhất để dịch chuyển máy, nhưng chúng lại không thường xuyên được tìm thấy trong công nghiệp vì chi phí và công sức để lắp đặt chúng. Một bộ bulong công điển hình được minh họa trong hình 5.14

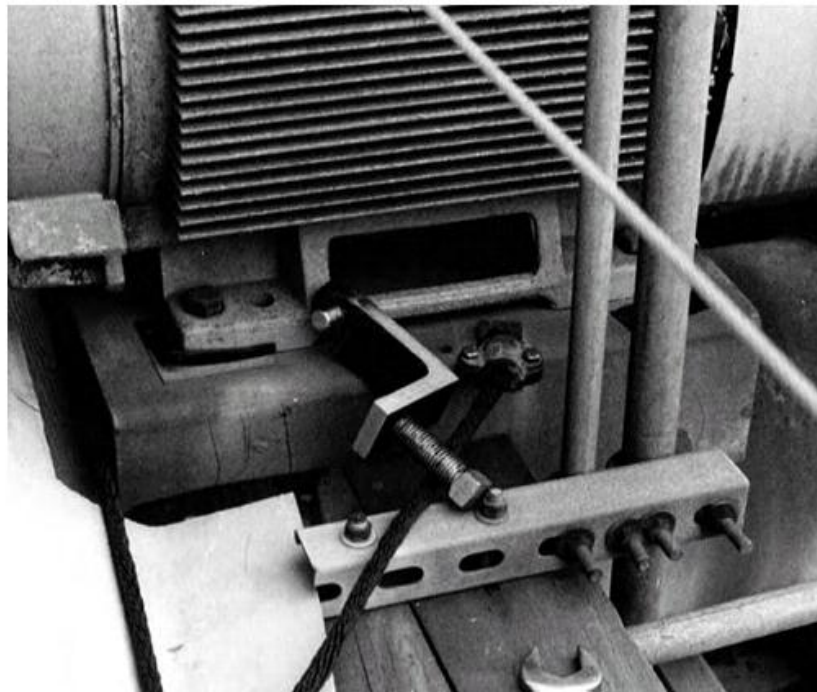


Hình 5.14: Các bulong công cố định theo hướng dịch chuyển đứng, ngang và dọc trục.

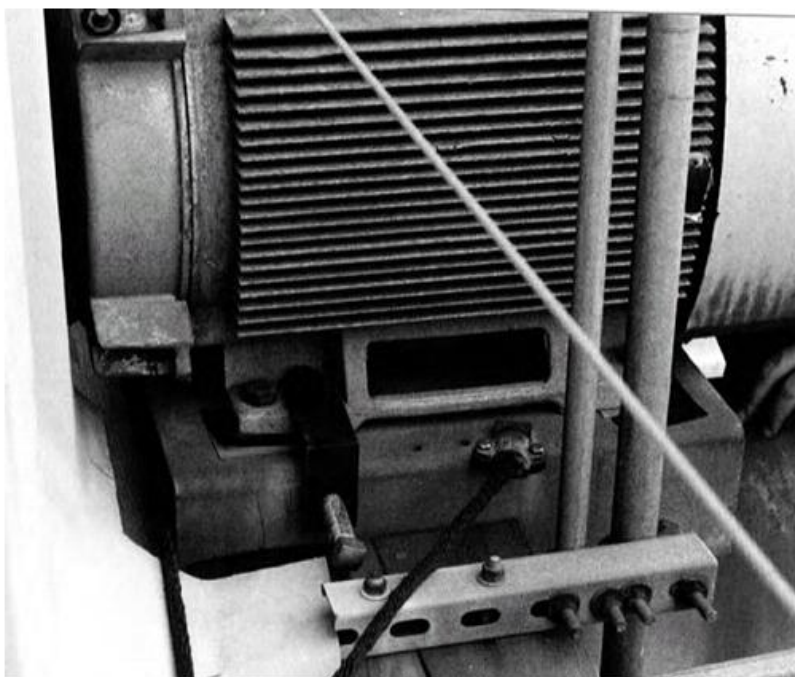
#### 5.2.9. Các bulong công di động và các bộ định vị trí máy

Hãy linh hoạt trong việc thiết kế ra các loại đồ gá mà có thể sử dụng theo hình thức này hay hình thức khác trong các ứng dụng cân chỉnh thực tế. Nếu bạn có nhiều hơn một thiết bị cùng loại bơm, motor, máy nén... thì bạn nên sử dụng thanh đồ gá công như được trình bày trong hình 5.15 đến 5.20 phù hợp trong từng ứng dụng riêng biệt. Các bộ bulong công di động được trình bày trong hình 5.21 đến 5.23.

Các thiết bị khác mà có thể được đặt giữa bệ máy và vỏ máy cái mà có khả năng điều chỉnh tiếp xúc bề mặt không song song cùng với tính chất về điều chỉnh độ cao máy là các bộ định vị trí máy như được minh họa trong hình 5.24 và 5.25.



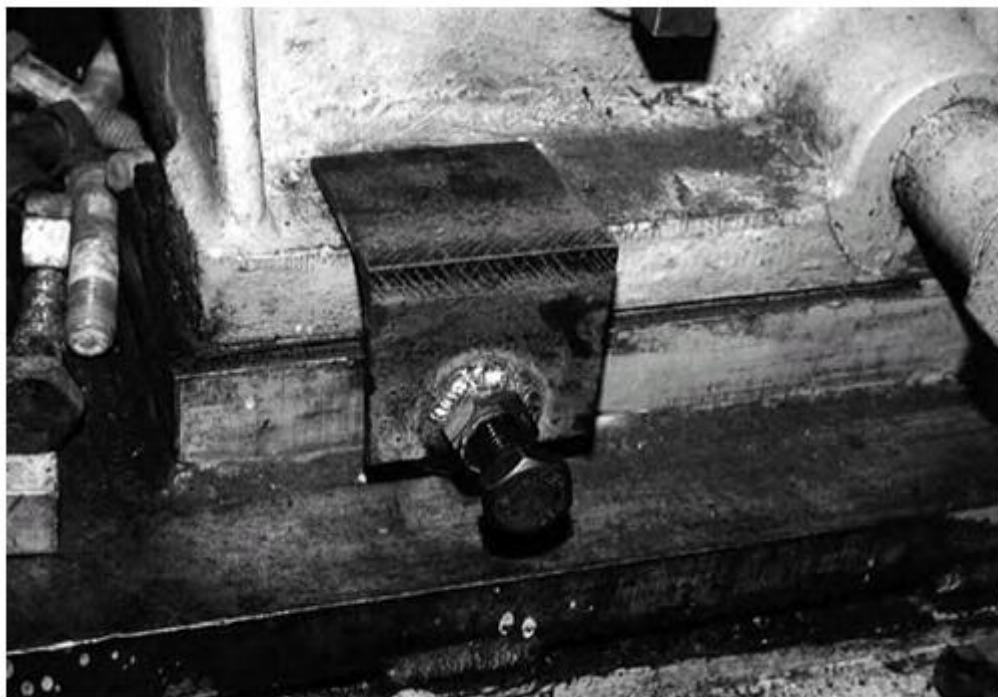
*Hình 5.15 dụng cụ kéo sẵn sàng được gắn vào lỗ bulong trên vỏ máy.*



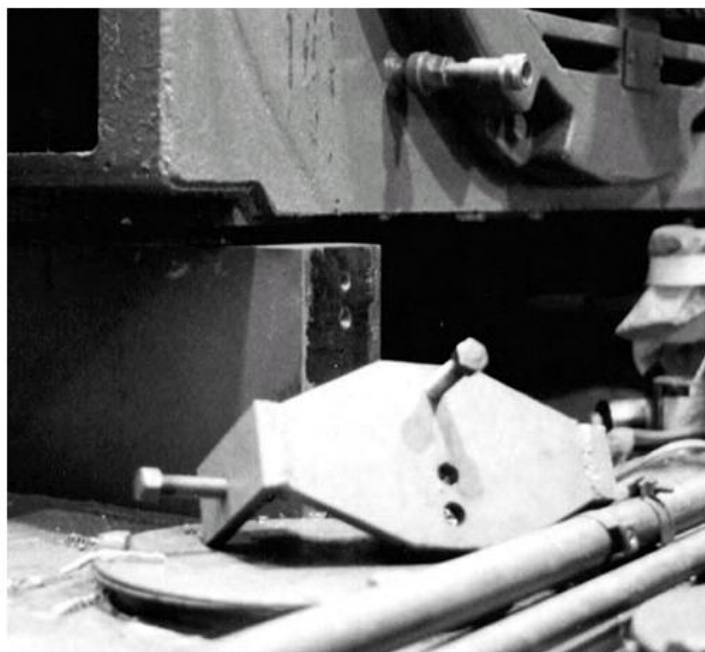
*Hình 5.16: Dụng cụ kéo được gắn vào lỗ bulong và sẵn sàng để kéo trượt máy.*



*Hình 5.17: Dụng cụ kéo sẵn sàng được gắn vào lỗ bulong trên vỏ máy.*



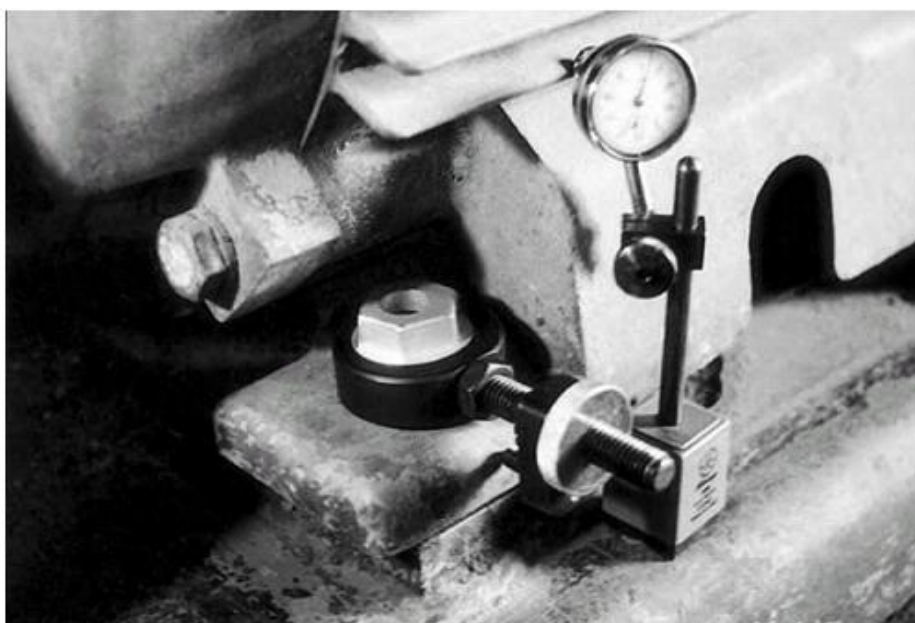
*Hình 5.18: Dụng cụ kéo đã gắn vào lỗ và sẵn sàng kéo máy trượt.*



*Hình 5.19: Dụng cụ kéo và bulong công được gắn trên lỗ và lỗ côn trong khung rãnh.*



*Hình 5.20: Dụng cụ kéo và bulong công đã được gắn trên rãnh khung máy và sẵn sàng đẩy hay kéo trượt hay đẩy theo hướng dọc trục.*



*Hình 5.21: Bulong công di động được gắn lên vỏ máy.*



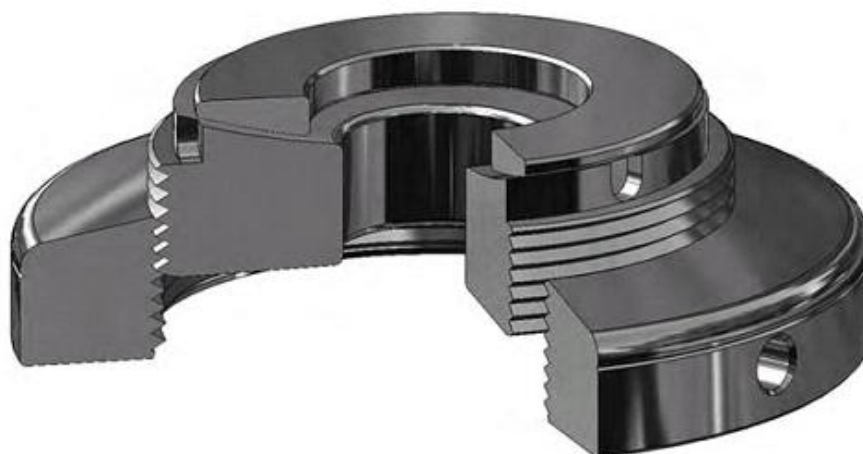
*Hình 5.22: Bộ bulong công di động cho bulong kích thước 3/8 đến 3/4 inch.*



*Hình 5.23: Bộ bulong công di động dành cho bulong kích thước 3/8 đến 1 1/4 in.*



*Hình 5.24: Bộ định vị máy tiêu chuẩn của vibracon.*



*Hình 5.25: Bộ định vị máy biên dạng thấp của Vibracon*

### **5.3. Phải làm gì khi mọi thứ không làm việc như ý muốn**

Khi bạn đang cân chỉnh một bộ phận máy và mọi thứ bạn cố gắng dường như không làm việc đúng và trong một số trường hợp, việc cân chỉnh dường như làm cho tình huống nghiêm trọng hơn trước đó. Hay có lẽ bạn đã cải thiện được lượng sai lệch cân chỉnh tổng nhưng dường như không thể thiết bị về trong giới hạn sai số 1mil trên 1 in hay tốt hơn. Bạn đang tiếp tục lấy ra khoảng 5-10mils lượng shim ra và sau đó đặt nó vào dưới cùng mặt phẳng bulong mà bạn vừa mới lấy ra hay thiết bị dường như có khuynh hướng dịch chuyển ra ngoài giới hạn cho phép khi bạn siết chặt bulong lại. Sau khi lắng bả những câu tục tĩu về thiết bị hay công cụ bạn đang sử dụng, bạn nhìn lên và để ý thấy mọi người đi qua nhìn bạn như thể bạn đang bấn loạn. Bạn cần phải làm gì?

**Dưới đây là danh sách xử lý cho các tình huống mà cân chỉnh không mang lại được kết quả như ý muốn:**

1. Dừng công việc lại và tạm ngưng công việc tại site một vài phút. Trở lại khu vực nghỉ ngơi và thư giãn. Trước hết, bạn phải nhận ra rằng có một điều gì đó mà bạn đã bỏ qua. Nó có thể bạn cảm thấy mình đúng nhưng bạn chưa hình dung được những sai sót trong đó và những sai sót này có thể là một vài thứ nhỏ nhất tác động cùng với nhau để gây ra vấn đề lớn Bởi vì bạn đi qua các bước tiếp theo này, đừng lừa dối hay giả vờ là bạn đã làm những điều này, hãy trở lại và kiểm tra mỗi và mọi bước một lần nữa (hay có thể cho lần đầu tiên). Hãy nhớ rằng bạn có thể tìm thấy nhiều hơn một điều sai vì vậy đừng dừng lại nếu bạn phát hiện ra một vài thứ theo kiểu nửa vời thông qua danh sách này.
2. Trở lại chương 1 để đọc về toàn bộ công việc cân chỉnh. Bạn có thể lướt nhanh qua bước 1 và bắt đầu tập trung vào những gì đang được nói đến từ bước 2 trở đi. Đừng chỉ đọc các từ giống như bạn đang đọc tiểu thuyết. Dừng lại sau mỗi câu và hiểu những gì mỗi câu nói đến. Nếu bạn đọc một câu và không hoàn thành những gì trong đó đề nghị, thì hãy dừng lại , đánh dấu lại vị trí bạn đọc và thực hiện ngay đề nghị đó. Nếu bạn không hiểu những gì đang được yêu cầu/hỏi, hãy dành một chút thời gian và tìm thông tin ở đâu đó như ở trong sách và đọc để hiểu nó. Sau khi bạn hoàn thành những mục thiếu, trở lại vị trí mà nãy bạn dừng lại.
3. Đặc biệt chú ý đến bước 4 (các kiểm tra ban đầu). Hơn một nửa thời gian số người gặp vấn đề về cân chỉnh là do bước này. Một lần nữa, không phải là cố gắng nhấn mạnh quá nhiều nhưng đừng giả định về những gì mình đã làm. Dù bạn đã làm thật, thì hãy trở lại và kiểm tra chúng một lần nữa. Nếu bạn tìm thấy rằng lượng run out vượt quá ngưỡng cho phép hay soft foot hay bearing bị lỏng hay tẩm để bị biến dạng hay sự biến dạng của nền máy hay co kéo đường ống, hãy khắc phục các vấn đề đó. Tôi hoàn toàn hiểu được về những gì ẩn sau câu nói nghe có vẻ đơn giản “ hãy khắc phục nó”. Một số việc trong đó sẽ đòi hỏi nhiều thời gian, tiêu tốn thời gian, chi phí và một số vấn đề ngăn đến tận cổ nhưng phải xử lý. Tôi cũng hiểu rằng trong nhiều tình huống bạn sẽ phải đưa một số người khác tham gia vào và khi bạn giải thích các vấn đề mà bạn gặp phải, có thể (sẽ có thể) một số (nhiều trong số) sự do dự trong bộ phận họ hay chính bạn để khắc phục những gì đã tìm thấy. Nó là lựa chọn của bạn. Nếu bạn tìm thấy một vài thứ ở đây, và quyết định không làm bất kỳ điều gì về nó, bạn có thể cố gắng đi tiếp và làm công việc tốt nhất bạn có thể nhưng đừng mong đợi một kết quả tốt nhất và đừng phàn nàn về hệ thống đo lường cân chỉnh của bạn, các cần siết, nhà sản xuất thiết bị, nhà sản xuất khớp nối, hoạ đồ cân chỉnh hay kỹ thuật cân chỉnh, quyền sách này...để đổ lỗi cho

những gì sẽ xảy ra. Bạn và mọi người những ai không quyết định làm bất cứ việc gì nên đứng trước gương, nhìn thẳng vào nó và bắt đầu phàn nàn người mà bạn nhìn thấy trong gương ấy.

4. Đâu nào! Bạn đã có được sự cải thiện chưa? Bạn phải đang cảm thấy tốt hơn một chút bởi bây giờ (giả định rằng bạn cảm thấy tốt về những mục công việc trước đó). Bây giờ, hãy xem xét thật kỹ hệ thống đo lường cân chỉnh của bạn. nếu bạn đang sử dụng đồng hồ so, hãy tháo chúng ra và bằng tay bạn hãy ấn đầu đo đồng hồ để cảm nhận xem có bất kỳ cảm giác gợn hay kẹt khi đầu kim đo chuyển động không? Nếu bạn đang sử dụng hệ thống lazer (hay bất kỳ hệ thống sử dụng các cảm biến điện nào) hãy kiểm tra xem tất cả các sợi cáp là tốt và chung được kết nối đến và từ các sensor có tốt không. Hãy kiểm tra pin. Xem xét thật kỹ bộ đồ gá cân chỉnh. Chúng có được cố định chặt trên trục hay không? Đế của bộ đồ gá đang nằm ở rãnh then hay không? Thanh nối dài có được cố định chặt trên bộ đồ gá gắn đồng hồ so không? Các bộ phát và bộ thu tín hiệu lazer có được giữ cố định trên trục hay không? Bạn có thể phải tháo hệ thống khỏi thiết bị. Tìm một đoạn ống dài khoảng 20-30in schedule 40. Đặt ống trên khối chữ V hay các con lăn gắn bộ đồ gá đồng hồ so/sensor cố định trên ống. Chỉnh 0 cho đồng hồ so ở đỉnh và quay hệ thống xuống đáy và xem điều gì xảy ra. Trên đồng hồ so, bạn có thấy các giá trị sai lệch vòng đồ gá là giống nhau sau vài lần quay hay không? Trên hệ thống lazer hay đọc thông số có vị trí 0 ở tất cả các lần quay có giống cùng một vị trí hay không? Bây giờ đặt hệ thống đo lường trở lại trục máy. Kiểm tra để đảm bảo các bulong được siết chặt và sau đó lấy một vài bộ số liệu. Các bộ số liệu này có tương đối giống nhau hay không? Bạn có chắc là bạn đang đọc đồng hồ đúng không? Nếu bạn ghi ngờ hãy yêu cầu ai đó mà bạn tin rằng họ biết việc và nhờ họ lấy các bộ thông số (không cùng với sự trợ giúp của bạn) và xem những gì anh ấy hay cô ấy ghi nhận được. 2 bộ số liệu có tương đồng nhau không? Nói lòng đồ gá trên trục, quay toàn bộ các hệ thống đo lường cân chỉnh trục 120o quanh trục và lấy một bộ số liệu khác. 2 bộ số liệu có tương tự nhau không? Nếu khớp nối dạng mềm (flexible được bắt bulong rồi, hay lấy các bộ số liệu, nói lòng các bulong khớp nối và lấy các bộ số liệu khác. Chúng có giống nhau không? Nếu máy bị sai lệch nghiêm trọng, chúng có lẽ sẽ không giống nhau. Bây giờ tại sao lại như vậy? hãy xem kỹ hình 1.2. Khi các trục máy quay được kết nối với nhau, dù với khớp nối mềm, thì các trục bắt đầu cong bởi tình trạng sai lệch cân chỉnh. Bây giờ hãy xem kỹ vị trí mà hệ thống đo lường cân chỉnh trục sẽ được gắn trên trục. Hãy để ý rằng các đồ gá sẽ được gắn trên trục đang ở trong tình trạng bị ứng suất cong. Nếu các khớp nối không được kết nối, các ứng suất cong này sẽ không xuất hiện và trục sẽ không nằm ở vị trí như trong hình 1.3 nhưng các trục sẽ ở vị trí đồng tâm với tâm của các bearing đỡ ở mỗi đầu trục. Hiện tượng này là một trong những lý do chính

khiến bạn cứ “đi đuôi đuôi của bạn” khi sử dụng các hệ thống đo lường cân chỉnh mà yêu cầu bạn giữ nguyên khớp nối khi lấy các trị số đo. Hãy ngắt kết nối hay nói lỏng bulong khớp nối là cực kỳ quan trọng với các máy nhỏ và các khớp nối không có spacer. Đối với các máy lớn với các coupling có spacer, thì thường không cần thiết. Hãy xem, chỉ có một cách bạn sẽ có thể chắc chắn rằng bạn đang nhận được bộ số liệu đo chính xác trên vị trí mà tâm quay của trục sẽ là khi các trục trong trạng thái tương đối không bị ứng suất. Nếu bạn làm việc với các số liệu đo không có giá trị, bạn sẽ nhận được kết quả tương ứng.

5. Ok, bây giờ bạn phải đảm bảo rằng bạn đang thu nhận các thông tin đo lường thực sự chính xác về các vị trí của các trục máy khi ở trạng thái dừng máy. Nếu bạn đang sử dụng một trong những phương pháp mô hình hoá hay hoạ đồ được giải thích trong chương 8, thì hãy trở lại và kiểm tra xem bạn có đang vẽ một cách chính xác các thông số đo hay không. Nếu có bất kỳ sự nghi ngờ nào, thì hãy yêu cầu một ai đó mà bạn tin tưởng rằng anh ấy có thể thực hiện được và nhờ họ mô hình các thông tin này (một lần nữa không cùng với sự hỗ trợ của bạn) và hãy xem những gì anh hay cô ấy đạt được. Hai đồ hoạ đồ có tương đồng nhau không? Nếu bạn đang sử dụng một máy tính, hãy trích các chỉ số đo từ hệ thống đo lường và vẽ dữ liệu đó. Kết quả này so sánh với những gì chương trình phần mềm vẽ nói cho bạn biết điều gì không? Nếu bạn đang sử dụng hệ thống lazer, hãy tháo hệ thống lazer, lắp đặt một số bộ đồ gá và lấy một số chỉ số đo bằng đồng hồ so, vẽ hay mô hình các chỉ số này và so sánh với những gì hệ thống lazer đang nói cho bạn biết. Các kết quả này có tương thích với nhau không?
6. Đến đây, bạn có vẫn cảm thấy thật sự tốt về mọi thứ không? Bởi vì bây giờ đến với kiểm tra sau cùng. Các máy có đang được dịch chuyển một cách chính xác đến vị trí mà bạn muốn chúng đến không? Vâng, bạn đã nói phía DE của bơm phải được nâng cao khoảng 27mils. Bạn đã đo lường chiều dày shim bằng thước panme trước khi lắp chúng vào không? bạn có lắp chúng dưới đúng chân hay không? Bạn có đặt chúng dưới đúng bộ bulong hay không? Bạn có đặt chúng dưới tất cả các bulong ở phía DE hay không? Bạn có đang đẩy các shim ra khỏi lượng shim hiện tại đang có ở dưới các bulong chân máy của phía DE hay không? Bạn có đang phải vỗ sự hiệu chỉnh soft foot khi ạn lắp thêm shim hay không?

Bạn đã siết chặt lại các bulong sau khi các shim được lắp vào không? Khi bạn cố gắng dịch chuyển máy theo phương ngang, vỏ máy có dịch chuyển ngang khi bạn nói lỏng các chân bulong ra không? Bạn có lắp các đồng hồ so ở hai bên máy phía DE và NDE để giám sát sự dịch chuyển không? Vâng, bạn nói rằng phía NDE của turbine phải được dịch chuyển hướng đông khoảng 86mils.

Bạn có thấy đầu cuối được dịch chuyển nhiều trước khi bạn gõ búa hay không? Bạn có dịch chuyển đầu NDE của bơm hơn là đầu phía NDE của turbine hay không? Bạn dịch chuyển đầu phía NDE về hướng đông hay bạn thực sự dịch chuyển nó về hướng tây không? Khi bạn siết chặt các bulong lại, thì thiết bị có đang nằm ở vị trí bạn đã định nó theo phương ngang hay không? Làm thế nào bạn biết được điều đó? Bạn có lắp bộ đồng hồ so ở mặt bên của vỏ máy phía DE và NDE để giám sát bất kỳ dịch chuyển này? Bạn có đang trượt các shim ra khỏi vị trí hiện hữu ở chân khi bạn dịch chuyển máy theo phương ngang không?

7. Lấy các bộ chỉ số khác sau mỗi lần dịch chuyển máy. Nếu bạn đang sử dụng hệ thống đo bằng đồng hồ so, bạn có điều chỉnh 0 cho tất cả các lần quay tròn hay không? Bạn tốt hơn là không. Nếu không dĩ nhiên bạn không có bất kỳ sai lệch vống nào và bạn thực sự muốn 2 tâm trục đồng trục với nhau một cách chính xác. Nếu có một số dịch chuyển OL2R, thì bạn có trở lại tính toán những gì mà chỉ số này đang chỉ ra hay không? Nếu bạn vẽ các vị trí mới của các trục và chúng nằm trong các vị trí ở trạng thái nguội mong muốn? thì có xác định rằng bạn nằm trong giới hạn cho phép chưa hay không? Khoảng cách giữa các trục cso đúng không? Bạn có đang cố gắng để gắn 1mil shim dưới chân để có được thông số cân chỉnh hoàn hảo không? Nếu vậy, bạn hãy giữ nguyên tất cả mọi thứ, trở lại sau khi bạn chạy máy trong vòng 24h và xem xem các trục có nằm chính xác vị trí mà bạn đã để lại hay không?
8. Bạn có chạy máy và đo nhiệt độ tại các gối đỡ không, mức độ rung động và các dữ liệu vận hành khác? Độ rung có lên cao và ai đó đang phàn nàn bạn về việc làm công việc cân chỉnh không tốt không?

## **CHƯƠNG 6**

# **CƠ BẢN VỀ MÔ HÌNH CÂN CHỈNH**

Đến thời điểm này chúng ta đã đi qua 6 chương trình bày về các vấn đề liên quan đến công việc cân tâm như cân tâm là như thế nào, làm thế nào để chẩn đoán nguyên nhân do sai lệch tâm, các công việc cần chuẩn bị để thực hiện việc cân tâm là gì, các lưu ý trong quá trình thực hiện cân tâm, cân tâm thô như thế nào, và thảo luận làm thế nào để định vị trí máy khắc phục tình trạng sai lệch cân chỉnh. Nghe như chúng ta chỉ hoàn thành với toàn bộ chủ đề ở điểm này, nhưng làm thế nào chúng ta đo vị trí của trục một cách thực sự chính xác? Ngay cả khi chúng ta có được các thông số đo trục với trục, thì làm thế nào chúng ta quyết định cách thức và di chuyển máy một lượng bao nhiêu để điều chỉnh sai lệch theo một cách hiệu quả nhất.

Trước khi chúng ta bắt đầu thảo luận về những cách khác nhau để đo và điều chỉnh sai lệch cân chỉnh trên thiết bị quay, chương này sẽ bao gồm khái niệm cơ bản phía sau một phương pháp luận được gọi là mô hình cân chỉnh, mà cũng thường được biết đến với tên gọi là đồ thị

cân chỉnh. Chương 8 đến chương 9 sẽ chỉ ra cách làm thế nào để xây dựng những mô hình này sử dụng 2 phương pháp đo cân chỉnh cơ bản Reverse và Rim-Face. Còn hiện tại, chúng ta hãy cùng tập trung vào ý tưởng làm thế nào trình bày trực quan tâm quay của trục trong tình trạng sai lệch cân chỉnh, để mà qua đó, chúng ta có thể thực hiện điều chỉnh hiệu quả đối với vấn đề sai lệch cân chỉnh mà chúng ta gặp phải.

Trong định nghĩa gốc của cân chỉnh trục thì mục tiêu là tìm và sau đó cân chỉnh tâm quay của hai hay nhiều trục máy với nhau. Theo như cân chỉnh trục đang được đề cập thì toàn bộ máy có thể bị bỏ qua và trục quay của nó có thể được trình bày dưới dạng một đường thẳng giống như những gì trình bày trong hình 7.1.

Mô hình cân chỉnh có tỷ lệ chính xác, hình ảnh chưa phóng đại tình trạng sai lệch của các trục máy. Thông tin bổ sung có thể được đưa vào mô hình cân chỉnh để hỗ trợ trong việc trình bày các ràng buộc dịch chuyển, khe hở nội, sự biến dạng dẻo tự nhiên và vị trí kết nối đường ống... Cho đến nay, mô hình cân chỉnh là một phương pháp hiệu quả nhất để trình bày tình trạng sai lệch cân chỉnh mà ta gặp phải.

Khi mô hình cân chỉnh được xây dựng, thì sau đó bạn lựa chọn vị trí mong muốn của các trục, cái mà được đề cập đến như là đường Overlay Line hay đường cân chỉnh mong muốn sau cùng. Cuối cùng bạn xác định lượng và hướng của dịch chuyển từ vị trí thực của tâm trục đến đường mong muốn một cách trực tiếp từ mô hình cân chỉnh.

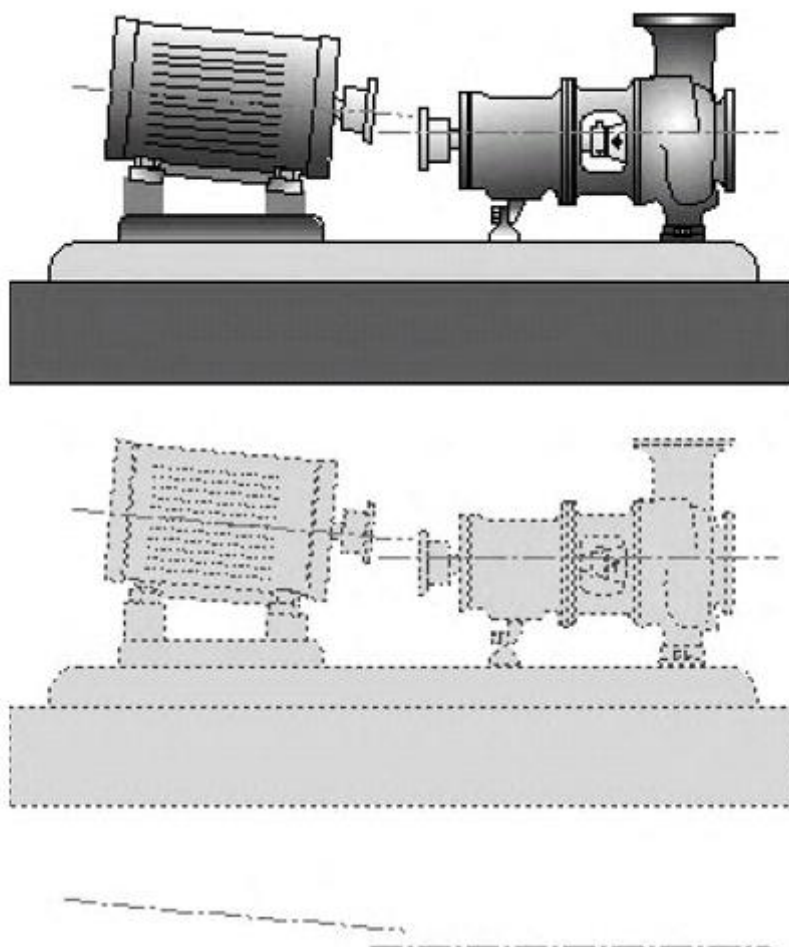
Thực tế là mô hình là một trình bày trực quan đúng tỉ lệ của các vị trí trục cho bạn cơ hội để xác định một cách chính xác các giải pháp dịch chuyển có thể để điều chỉnh tình trạng sai lệch cân chỉnh. Phương pháp mô hình cân chỉnh và khái niệm đường overlay được sử dụng từ cuối thập niên 1970, nhưng phần lớn mọi người thực hiện cân chỉnh máy đều chưa bao giờ biết hay sử dụng các kỹ thuật này.

Bạn có thể thốt lên rằng bạn không cần một số lượng vô hạn các giải pháp mà bạn chỉ cần một giải pháp hiệu quả để thực hiện.

Nếu bạn có nhận thức rằng có thể có vô số các giải pháp cân chỉnh có thể đối với bất kỳ vấn đề cân chỉnh nào thì bạn có thể cũng nhận ra rằng nhiều trong số chúng là khó thực hiện, tiêu tốn thời gian và chi phí để làm. Nhưng cũng có nhiều là có tính hợp lý, dễ thực hiện và ít tốn kém chi phí. Nếu hệ thống cân chỉnh của bạn giới hạn bạn ở một vài lựa chọn, thì có khả năng bạn sẽ thực sự gặp khó khăn. Thực tình, nếu bạn làm đủ nhiều các công việc cân chỉnh, tôi có thể đảm bảo rằng bạn sẽ gặp vấn đề cùng với số lượng giải pháp bị hạn chế. Đối với kiến thức của tôi, thì không có nhiều cách hiệu quả để điều chỉnh sai lệch cân chỉnh hơn là giải pháp được giải thích trong chương này. Cho đến ngày nay, một số người cân chỉnh thiết bị quay sẽ thực hiện cân chỉnh theo phương pháp thử sai. Họ đưa vào một số shim dưới chân và di chuyển máy qua bên một chút, lấy các chỉ số đo khác và xem thử các thông số đo có tốt hơn hay không? Kỹ thuật tình vi này được gọi là đoán mò cuối cùng sẽ tạo ra sự thất vọng, lo lắng, giận giữ nếu được tiếp tục trong một thời gian dài. Đến một mức độ nhất định tôi hoan nghênh nỗ lực của họ. Ít nhất họ đã cố gắng để cải thiện tình trạng sai lệch cân chỉnh; nhiều người khác thậm chí đã không cố gắng. Có xảy ra một cách tốt hơn nhiều để xác định làm thế nào định vị trí máy một cách chính xác thay vì đoán mò và có xảy ra một cách tốt hơn việc có chương trình phần mềm máy tính bị giới hạn nói cho bạn những gì cần làm. Đặc biệt có hay

không một cách đơn giản hơn để giải quyết tình trạng sai lệch cân chỉnh. Ngay cả đối với những người thực hiện cân chỉnh máy quay thường xuyên, thì cũng khó để hình dung một cách chính xác đâu là vị trí tâm trục quay chỉ bởi nhìn vào đồng hồ so, lazer hay các dữ liệu đo quang học.

Mục tiêu của bạn là định vị trí mỗi máy để mà cả hai trục trở nên đồng trục và bạn luôn bắt đầu tự hỏi, có phải một trục cao hơn hay thấp hơn trục khác, có phải lệch về hướng tay hay lệch về hướng đông và nếu vậy thì bao nhiêu? Các mô hình cân chỉnh có thể là đơn giản hay phức tạp như chính hệ thống truyền động của nó. Nếu bạn đang cố gắng cân chỉnh hai bộ phận máy như là motor và bơm, mô hình cân chỉnh có thể được xây dựng để chỉ ra cả hai trục này. Nếu bạn đang cố gắng để cân chỉnh một hệ thống gồm 8 yếu tố với một góc chính xác thì mô hình cân chỉnh có thể được tạo ra để trình bày mỗi một trong số các trục này bao gồm góc chính xác mà hệ thống cần đạt được. Chương này được định hướng để giới thiệu cho bạn về mô hình truyền động gồm hai yếu tố. Các hệ thống truyền động phức tạp hơn sẽ được trình bày trong lần cập nhật sau.



Hình 6.1: Trình bày tâm trục quay của các trục máy bằng các đường thẳng.

### 6.1. Kỹ thuật đồ họa và mô hình cân chỉnh

Đề cập đến dụng cụ được sử dụng để đo các vị trí của các tâm trục quay (là đồng hồ so, bộ ghi nhận quang học, lazer hay tương tự như vậy), mỗi một hệ thống đo cân chỉnh sử dụng một (hay một chút thay đổi) của các phương pháp đo sau đây:

1. Phương pháp Reverse.
2. Phương pháp Rim – Face.
3. Phương pháp Double radial.
4. Phương pháp trục với ống khớp nối - Shaft to coupling spool method.
5. Phương pháp Face – Face.

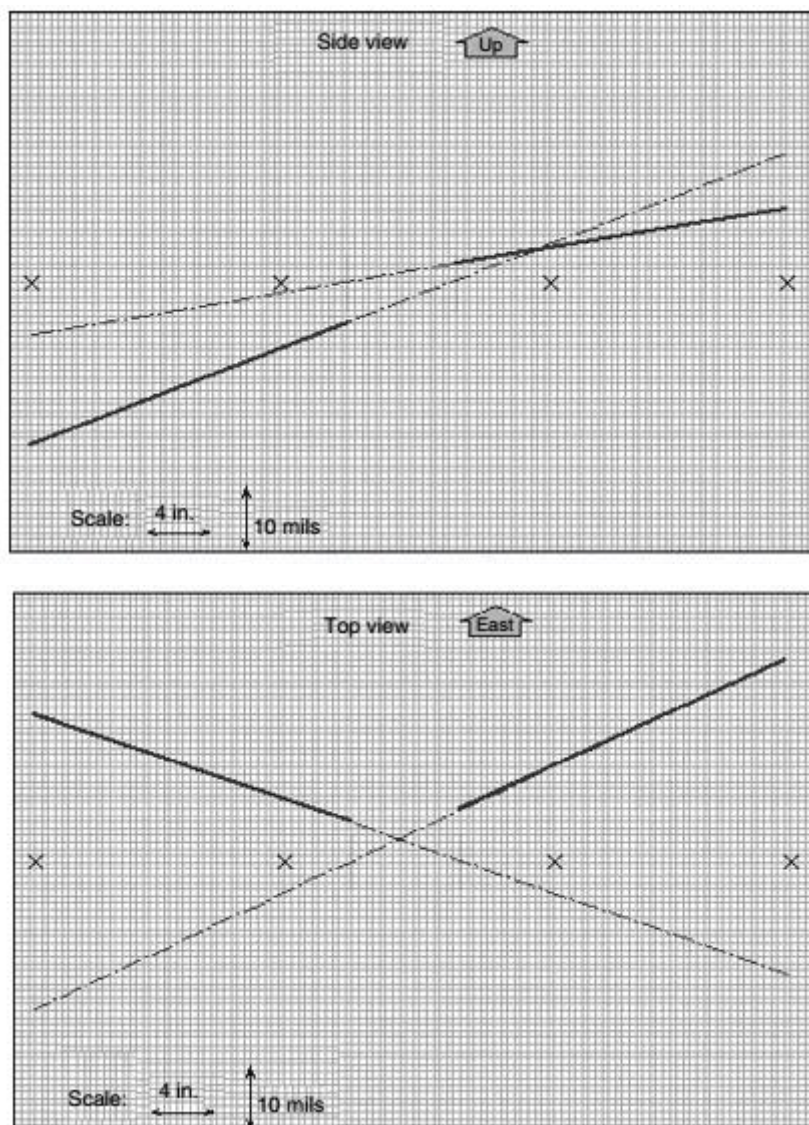
Để hiểu mỗi một trong số những kỹ thuật này làm việc như thế nào, thì các chỉ số đồng hồ so sẽ được sử dụng để minh họa cách mà mỗi phương pháp có thể được đồ họa hay mô hình để xác định vị trí tương đối của mỗi trục. Tất cả các kỹ thuật này có thể được vẽ hay mô hình hoá bằng tay. Thông thường tất cả những gì bạn cần là một vài tờ giấy vẽ được chia ô (20 ô chia /1 in là lựa chọn tốt nhất), thước thẳng, và một cây bút chì (cùng với một cục tẩy để xoá khi cần). Thậm chí bạn không phải cần đến một tờ giấy vẽ mà tất cả bạn cần là một khoảng ô có tỷ lệ hay một vài dụng cụ đo như thước, nhưng giấy vẽ là tốt nhất.

## **6.2. Mô hình cân chỉnh cơ bản**

Kỹ thuật mô hình cân chỉnh trục dưới dạng đồ họa sử dụng hai yếu tố tỷ lệ khác nhau. Một yếu tố tỉ lệ với kích thước tổng của hệ thống máy để thu hẹp trong đường bao của giấy vẽ và yếu tố tỷ lệ khác được sử dụng để khuếch đại sai lệch cân chỉnh giữa các trục máy.

Nếu chúng ta giới hạn chủ đề thảo luận đối với các máy được đặt nằm ngang, thì sẽ có hai đồ thị cần được vẽ. Như được minh họa trong hình 6.2, một họa đồ sẽ trình bày các vị trí được khuếch đại của mỗi trục theo hướng nhìn từ mặt bên minh họa trên và dưới hay các vị trí theo phương đứng của máy. Họa đồ còn lại sẽ được tạo ra theo góc nhìn từ trên xuống sẽ minh họa vị trí hai mặt bên hay vị trí theo phương ngang của máy. Hình 6.3 trình bày khung nhìn 3 chiều của sai lệch hệ thống truyền động.

Hãy nhớ rằng các vị trí tâm trục được trình bày theo hình chiếu bên và trên xuống được khuếch đại để giúp cho việc quan sát tình trạng sai lệch cân chỉnh tốt hơn. Khi các vị trí tương đối của các trục máy được tạo ra trên họa đồ, nhiều nhiều giải pháp khác nhau có thể được xác định để đưa tâm trục quay thẳng hàng so với cái còn lại. Lợi ích của mô hình này là trình bày một cách trực quan, nhưng có tỷ lệ khung vẽ chính xác so với tình trạng sai lệch thực tế vì vậy bạn có thể dễ dàng xác định vị trí mà máy có thể được dịch chuyển dễ dàng để đạt được cân chỉnh đồng trục trong những điều kiện giới hạn bởi bề đỡ, nền móng và giới hạn cho phép dịch chuyển theo phương ngang giữa các bulong vỏ máy và các lỗ khoan trên vỏ máy (tình trạng cấu trúc bulong chân).



Hình 6.2 mô hình cân chỉnh với hình chiếu cạnh bên và trên xuống chỉ ra tình trạng sai lệch cân chỉnh được khuếch đại giữa hai trục theo phương đứng (hình chiếu bên) và theo phương ngang (hình chiếu trên xuống).

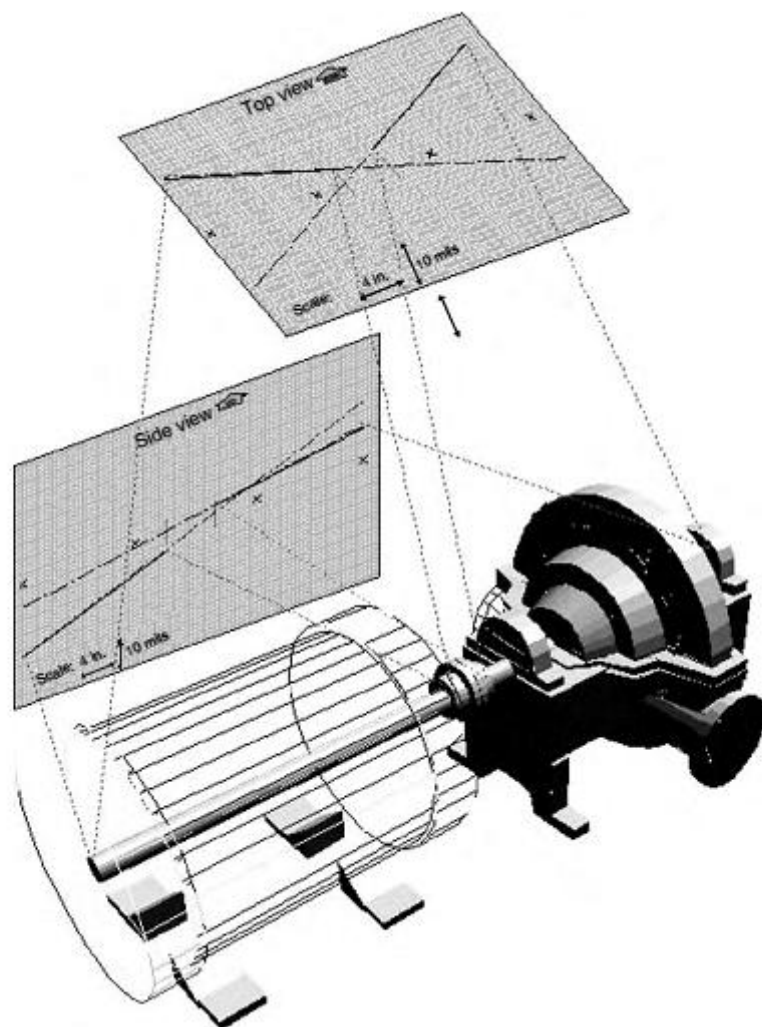
Ngoài ra, kỹ thuật cân chỉnh dạng mô hình có thể bao gồm các thông số đo khác như khe hở lắp không phù hợp của đường ống, khe hở khi giữa stator và rotor và khe hở giữa rotor quạt với chèn đầu cánh... cuối cùng, họa đồ là một ghi chép lâu dài về cân chỉnh máy và có thể được giữ để tham khảo về sau.

Tóm lại, chương này sẽ xem xét đến những bước quan trọng sau đây trong việc điều chỉnh sai lệch cân chỉnh (xem bước 6 trong chương 1).

1. Xác định các vị trí hiện tại của tâm trục quay của toàn bộ máy.
2. Giám sát bất kỳ giới hạn dịch chuyển của máy ở các điểm điều khiển và điều chỉnh (thường chân máy và các bulong nền).
3. Vẽ các giới hạn trên giấy vẽ hay mô hình.
4. Xác định sự dịch chuyển đối với cả hai vỏ máy trên bản vẽ hay mô hình mà sẽ khả thi để thực hiện.

Chúng ta đầu tiên sẽ bắt đầu bằng việc minh họa các quy luật cơ bản của việc làm thế nào tạo ra các vị trí tương đối của hai tâm trục quay và sau đó trình bày cách làm sao để có thể xác

định những khả năng dịch chuyển khác nhau sẵn có khi thay đổi vị trí của cửa máy bị sai lệch.



Hình 6.3: hình chiếu 3d của hình chiếu cạnh và bằng.

### 6.3. Tỷ lệ hệ thống truyền động trên mô hình cân chỉnh

Có một số vị trí then chốt trên hệ thống truyền động của bạn nơi mà các khoảng cách cần được đo để lấy tỉ lệ trên giấy hoạ đồ. Những vị trí quan trọng đó là:

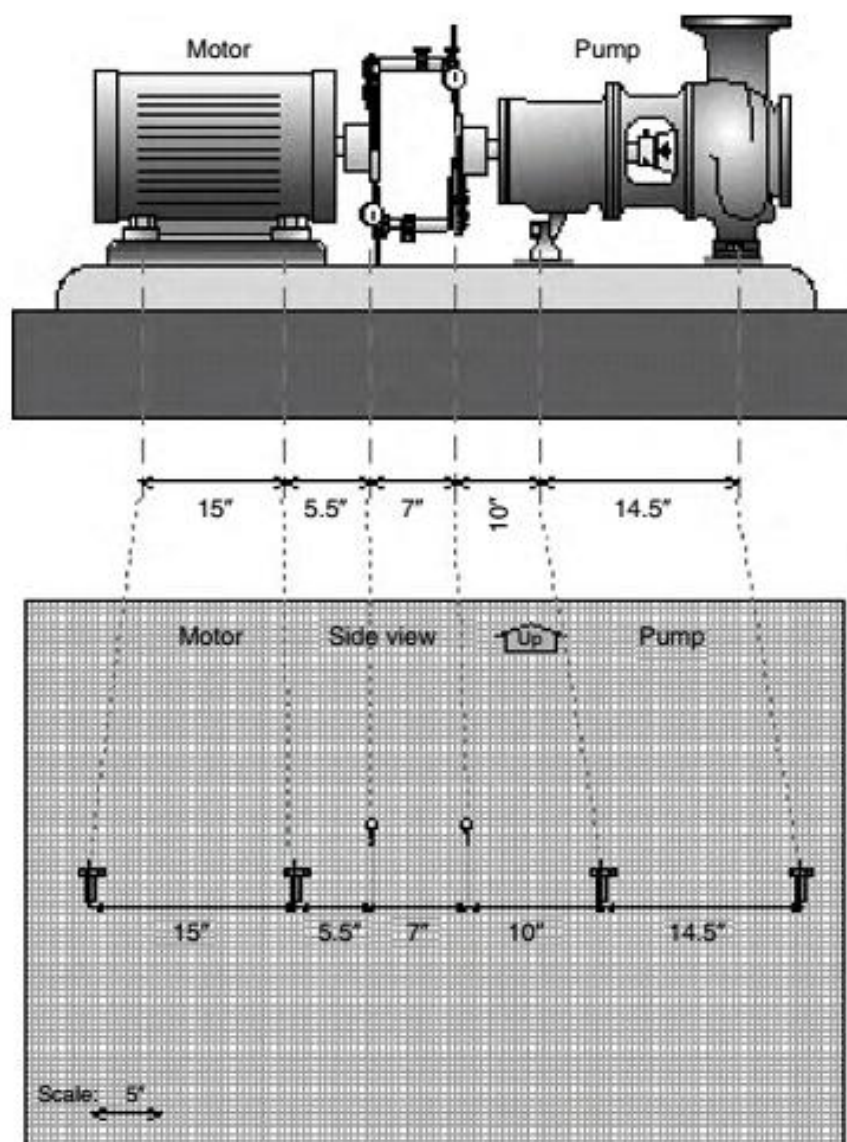
1. Vị trí chân và các bulong giữ của các máy.
2. Vị trí mà các thông số đo được thu thập trên trục máy.

Các vị trí quan trọng khác có thể cần được lấy là:

1. Vị trí các thông số đo được lấy để giám sát việc máy đã bị dịch chuyển từ trạng thái nguội sang trạng thái hoạt động như thế nào.
2. Vị trí kết nối của các đường ống.
3. Vị trí thực hiện các điều chỉnh theo phương ngang (Giả định rằng chúng không hoàn toàn chính xác ở vị trí bulong chân của máy).
4. Các khe hở nội giữa các bộ phận quay và tĩnh trong mỗi máy.

Để bắt đầu mô hình vấn đề cân chỉnh của bạn, hệ thống truyền động được tỉ lệ trên hoạ đồ như được trình bày trong hình 6.4 và hình 6.5. Những khoảng cách bạn đo dọc theo chiều

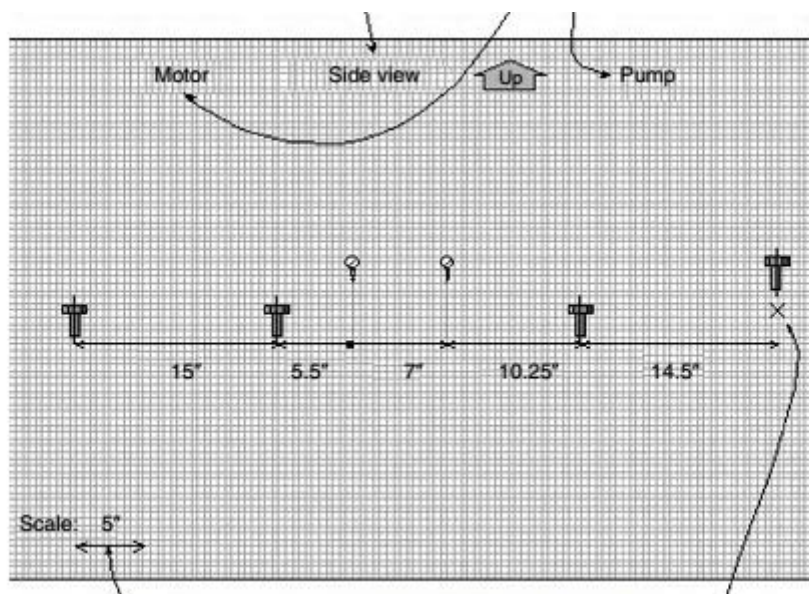
dài của dây truyền máy cần phải chính xác trong khoảng 1→ 4” nếu có thể hay ít nhất là với độ chính xác 1% của toàn bộ chiều dài hệ thống.



Hình 6.4 tỉ lệ chân máy và các vị trí đo trên bản họa đồ.

Đặt tên hình chiếu mà bạn đang nhìn ghi nó ở góc trên của bản họa đồ.

Ghi tên của mỗi máy trong dây truyền đang thực hiện cân tâm.



Đánh dấu tỉ lệ bản vẽ từ trái sang phải

Bạn có thể sử dụng X để chỉ vị trí tâm của các bulong chân.

Hình 6.5: Tỷ lệ chân máy và các vị trí đo trên giấy hoạ đồ. Tỷ lệ khoảng cách chính xác giữa chân phía DE và NDE của hai máy, khoảng cách từ chân phía DE của cả hai thiết bị đến điểm đo của đồng hồ so (lấy chỉ số đo) trên hai trục, và khoảng cách giữa các điểm đo dọc đường tâm hoạ đồ từ trái sang phải.

#### 6.4. Những quy tắc quan trọng trong việc đồ hoạ và mô hình cân chỉnh

Mô hình cân chỉnh có thể phức tạp khi bạn lần đầu tiên thực hiện nó nhưng có một vài quy tắc áp dụng khi xây dựng một mô hình cân chỉnh sử dụng phương pháp đo cân chỉnh:

1. Chỉ vẽ các chỉ số đo đã được bù cho sai số võng của đồ gá.
2. Chỉ vẽ chỉ số bằng một nửa giá trị Rim (TIR)
3. Dấu dương (+) của đồng hồ có nghĩa là trục đang thấp.
4. Dấu âm (-) của đồng hồ nghĩa là trục đang cao.
5. Set 0 cho đồng hồ ở mặt bên phía mà đang hướng lên đỉnh của tờ giấy hoạ đồ.
6. Đối với bất cứ trục nào đồng hồ so (hay thiết bị đo khác) đang lấy các thông số là trục mà bạn muốn vẽ trên giấy hoạ đồ.
7. Thêm vào các điều kiện biên của bạn.
8. Lựa chọn đường điều chỉnh thông số cân chỉnh đúng (đường Overlay hay đường cân chỉnh mong muốn sau cùng) mà có thể và dễ dàng để thực hiện.

##### 6.4.1. Vẽ các thông số đo mà đã được bù cho sai số võng của đồ gá

Như đã thảo luận ở chương 6, trọng lực sẽ gây ảnh hưởng lên đồ gá cơ khí khi đo các vị trí trục trên các máy được đặt theo phương ngang. Độ võng của đồ gá nhìn chung chỉ ảnh hưởng đến các chỉ số đo được lấy từ trên và dưới của một trục và sẽ gây ảnh hưởng khi vẽ các trục trong hình chiếu đứng của mô hình cân chỉnh. Thông thường lượng sai số võng là giống nhau ở cả hai mặt bên của trục và do đó các sai số võng này tự triệt tiêu nhau. Các chỉ số đo được lấy từ một mặt bên của một trục đến mặt còn lại được vẽ trong hình chiếu bằng của mô hình cân chỉnh. Nếu bạn không chắc về cách bù cho sai số võng của đồ gá trong quá trình đo

lượng của bạn, thì xin hãy xem lại phần này trong chương 6 và đặc biệt là 5.56 và 5.56.

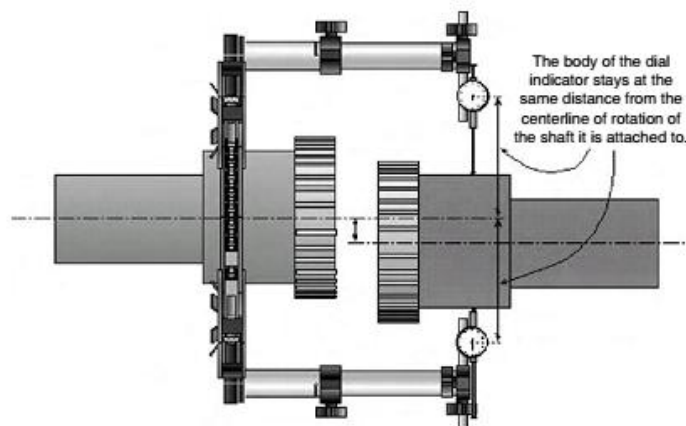
#### 6.4.2. Các chỉ số Rim luôn gấp đôi lượng offset

Hãy nhớ rằng, bất cứ khi nào thì chỉ số Rim hay chỉ số đo theo chu vi, là khoảng được đo từ một mặt đến một mặt khác của trục (xoay 180o) là gấp đôi lượng khoảng cách thực tế giữa tâm quay của trục ở điểm đó. Hãy xem hình 5.44 và 5.45 để hiểu tại sao điều này xảy ra.

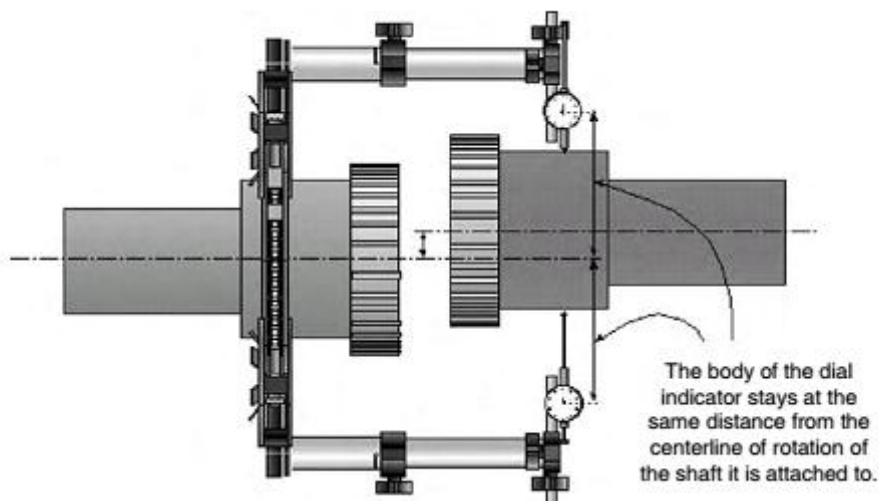
#### 6.4.3. Cộng nghĩa là “thấp” và Trừ có nghĩa là “cao”

Khi nào và làm thế nào để xác định vị trí của các trục máy quay trên mô hình cân chỉnh sẽ có ý nghĩa hơn nếu bạn trả lời được cảm biến đo đã nói cho bạn những gì. Nếu bạn set 0 cho đồng hồ so ở đỉnh của trục và quay xuống dưới đáy và đồng hồ của bạn có giá trị đo là 40mils, thì nó thấp hơn điểm đó là 20mils. Dấu của số đo cho bạn biết hướng nghiêng của trục, con số cho bạn biết khoảng cách của nó là bao xa. Đây là một đại lượng vector nó có phương chiều và độ lớn. Dấu nói cho bạn biết chiều và số cho biết về độ lớn.

Ví dụ, hình 6.6 chỉ ra một bộ đồ gá được gắn trên trục với đồng hồ so được giữ ở trục bên trái đang đo trục bên phải. Khi đồ gá và đồng hồ so quay xuống dưới, đầu đo của đồng hồ so bị đẩy vào khi được chuyển từ vị trí trên xuống vị trí dưới đáy của trục bên phải. Khi đầu đo của đồng hồ so bị đẩy vào trong, thì kim chỉ sẽ quay theo hướng kim đồng hồ, cho ta số đo dương. Do đó, trục bên phải thấp hơn so với trục bên trái.



Hình 6.6: Chỉ số dương chỉ ra rằng trục đang đo là thấp hơn. Đầu đo của đồng hồ so bị đẩy vào trong khi nó chuyển từ vị trí đỉnh đến vị trí dưới đáy của trục bên phải. Khi đầu đo của đồng hồ đo bị đẩy vào trong, kim đồng hồ quay theo hướng kim đồng hồ cho ra số đo dương. Do đó, trục bên phải là thấp hơn so với trục bên trái.



Hình 6.7: Chỉ số âm cho thấy rằng trục bạn đang đo là cao.

Hình 6.7 biểu diễn đồng hồ so được gắn trên bộ đồ gá gắn trên trục bên trái đang đo thông số ở trục bên phải. Khi đồ gá và đồng hồ so được quay đến dưới đáy của trục, đầu đo của đồng hồ so di chuyển ra ngoài khi nó được chuyển đổi từ vị trí đỉnh xuống đáy của trục bên phải. Khi đầu đo đồng hồ so thụt ra ngoài, kim đồng hồ sẽ quay ngược chiều kim đồng hồ tạo ra chỉ số âm. Do đó trục bên phải cao hơn so với trục bên trái.

Dấu quy ước quanh từ thấp và cao là bởi lý do như vậy. Cao và thấp là thuật ngữ tương đối và chỉ áp dụng nếu bạn đang xem xét trục được đặt theo phương ngang khi nhìn chúng ở hình chiếu đứng (hướng trên và dưới). Nếu ví dụ, bạn đang khảo sát trục trong hình 6.6 từ trên và đỉnh của trang này là phía bắc, trục bên phải hình 6.6 sẽ xuất hiện ở phía bắc của trục bên phải (dấu dương (+) của chỉ số đồng hồ so). Ngược lại, nếu bạn đang xem trục trong hình 6.7 từ trên và đỉnh của tờ giấy này là phía bắc, trục bên phải trong hình 6.7 sẽ xuất hiện ở phía bắc của trục bên phải (dấu âm của chỉ số đồng hồ đo).

Điều này nghe có vẻ đơn giản nhưng thực tế nhiều người lại gặp vấn đề khi vẽ vị trí các trục ở hình chiếu bằng. Một lần nữa, Điều quan trọng chúng ta cần nhớ là điều gì xảy ra khi đầu đo của đồng hồ so khi bạn di chuyển từ một mặt của trục đến mặt đối diện của nó. Kim đồng hồ có bị đẩy vào trong (dấu dương) hay bị thụt ra ngoài (dấu âm).

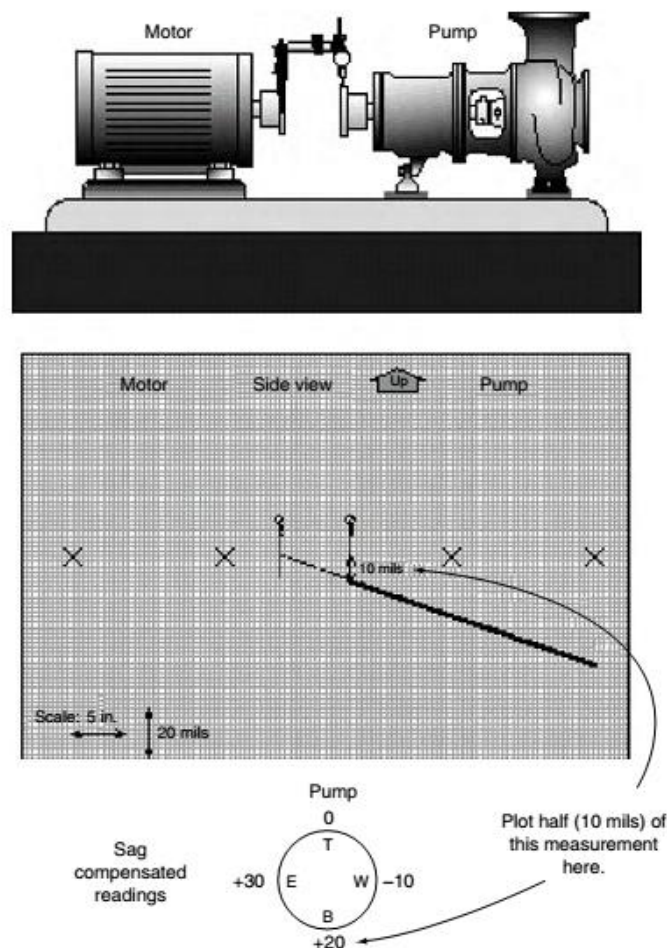
#### **6.4.4. Set 0 cho đồng hồ so ở bên mà đang hướng lên đỉnh của tờ giấy họa đồ**

Đối với các thiết bị nằm ngang, khi bạn nhìn mô hình cân chỉnh ở hình chiếu đứng, bạn sẽ chỉ cần vẽ các chỉ số đo của đồng hồ đo bạn có được ở vị trí đỉnh của trục và vị trí dưới đáy của trục. các chỉ số bạn có được ở các mặt bên (bắc và nam hay đông và tây hay trái và phải) có ý nghĩa ở hình chiếu bằng.

Khi mọi người bắt đầu thiết lập hệ thống đo cân chỉnh đồng hồ so được đặt trên đỉnh của trục ở hướng 12h, set 0 cho đồng hồ so ở đó và quay lần lượt 90° để lấy 3 chỉ số đo còn lại như trình bày trong hình 5.35 đến hình 5.36.

#### **6.4.5. Bất cứ khi nào thì trục mà đồng hồ so đang lấy thông số là trục mà bạn muốn vẽ trên tờ giấy họa đồ**

Một lần nữa, khi quan sát mô hình cân chỉnh từ hình chiếu đứng bạn muốn vẽ các chỉ số đo bạn ghi nhận được từ vị trí đỉnh và đáy của trục. Bởi vì bạn thường set 0 ở trên đỉnh trục và quay xuống dưới đáy, nên bạn sẽ vẽ một nửa giá trị đọc được tại vị trí đáy lên mô hình cân chỉnh. Một đường thẳng biểu diễn tâm quay của trục bơm được vẽ từ vị trí mà ở đó đồ gá được gắn lên trên motor thông qua điểm mà đồng hồ so đo vị trí trục bơm như trình bày trong hình 6.6. Hãy lưu ý tỉ lệ bản vẽ ở góc bên trái phía dưới của mô hình cân chỉnh. Hãy nhớ rằng, bạn chỉ vẽ một nửa giá trị đo ở tại đáy trên hình hoạ đồ. Cũng nhớ rằng bất cứ khi nào trục mà đồng hồ so lấy thông số cũng là trục mà bạn muốn vẽ trên hoạ đồ. Trong trường hợp này, nó là trục của bơm.

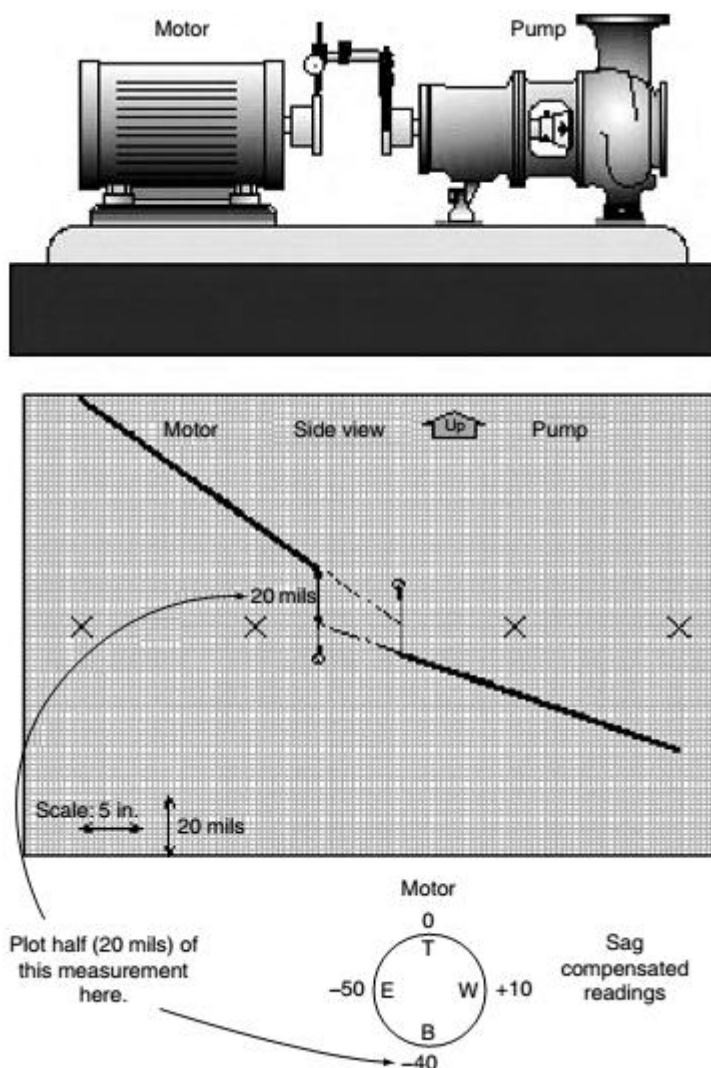


Hình 6.8: Vẽ trục bơm ở hình chiếu đứng

Một đường trình bày tâm trục quay của trục motor được vẽ từ vị trí mà đồ gá được gắn trên trục bơm thông qua điểm đồng hồ so đo vị trí của trục motor như được trình bày trong hình 6.8. Hãy nhớ rằng, bạn chỉ vẽ một nửa chỉ số đo tại đáy của trục trên hoạ đồ. Cũng ghi nhớ rằng, bất kỳ lúc nào thì trục mà đồng hồ so lấy thông số cũng là trục mà bạn muốn vẽ trên giấy hoạ đồ. Trong trường hợp này, nó là trục motor.

Hình 6.9 bây giờ trình bày một bức tranh khuếch đại tình trạng sai lệch cân chỉnh của motor và bơm theo hướng cao và thấp. Nhưng vị trí của các trục này ở hình chiếu bằng là ở đâu? Khi xem mô hình cân chỉnh trong hình chiếu bằng bạn muốn biểu diễn các thông số đo bạn ghi nhận được từ một bên của trục đối với bên còn lại của trục và đây là điểm mà nhiều lỗi có thể bị mắc phải. Bởi vì bạn không set giá trị 0 cho đồng

hồ so tại một bên, thì làm thế nào bạn xử lý các chỉ số ở hai bên bây giờ? Thật sự đơn giản, set 0 cho chỉ số ở bên mà đang hướng lên đỉnh của tờ giấy hoạ đồ.



Hình 6.9: Vẽ trục motor ở hình chiếu đứng.

Bạn phải tưởng tượng rằng bạn bây giờ đang nhìn hệ thống truyền động từ phía trên. Khi bạn đang nhìn hệ thống truyền động từ hình chiếu đứng với motor ở bên trái bạn và bơm ở bên phải, cách mà bạn đang nhìn là (Bắc, nam, đông hay tây) là gì? Xác nhận hướng đúng là rất quan trọng bởi vì không gì quan trọng hơn việc di chuyển máy của bạn một lượng đúng theo một hướng sai cả.

Trong hệ thống truyền động motor và bơm chúng ta đang nói đến ở đây, chúng ta hãy nói rằng chúng ta đang nhìn hướng đến hướng tây như bạn nhìn thiết bị được trình bày trong hình 6.8 và 6.8. Bây giờ chúng ta sẽ quan sát máy từ phía trên khi mô hình ở hình chiếu bằng, chúng ta muốn set 0 cho đồng hồ ở mặt bên đang chỉ hướng lên đỉnh của tờ giấy hoạ đồ và biểu diễn các chỉ số ở bên mà đang hướng xuống dưới đáy của tờ giấy hoạ đồ. Trong trường hợp này, hướng đang chỉ lên đỉnh của tờ giấy hoạ đồ trong hình chiếu bằng sẽ là hướng đông. Do đó, chúng ta muốn set 0 cho đồng hồ so ở hướng đông của mỗi trục và biểu diễn chỉ số đạt được ở phía tây của mỗi trục.

Có hai cách chúng ta có thể làm việc này. Một là phải quay đồ gá và đồng hồ so đến hướng đông của mỗi trục và set 0 cho đồng hồ so ở đó và sau đó quay đồ gá cùng đồng hồ so 180o đến hướng tây và ghi nhận chỉ số đồng hồ so tại đó. Một cách khác là thực hiện phép tính toán toán học cho các chỉ số đo hướng đông và tây mà chúng ta có được từ bộ số liệu thông số đo trên đồng hồ so để đưa giá trị ở hướng đông về 0. Hình 6.10 trình bày cách làm thế nào để thực hiện phép toán này theo các số đo hướng đông và tây.

Thông số đo đã được bù cho sai số đồ gá		
<p><b>Motor</b></p>	<p><b>Pump</b></p>	
Thực hiện đưa chỉ số phía đông về 0		
<p><b>Motor</b></p> <p>0+50 = +50</p>	<p><b>Pump</b></p> <p>0-30 = -30</p>	
Chỉ số đo đã được bù cùng với thông số phía đông được đưa về 0		
<p><b>Motor</b></p>	<p><b>Pump</b></p>	
Chỉ số đo từ đông sang tây được vẽ trên đồ thị hình chiếu đứng (Top view)		
<p><b>Motor</b></p>	<p><b>Pump</b></p>	

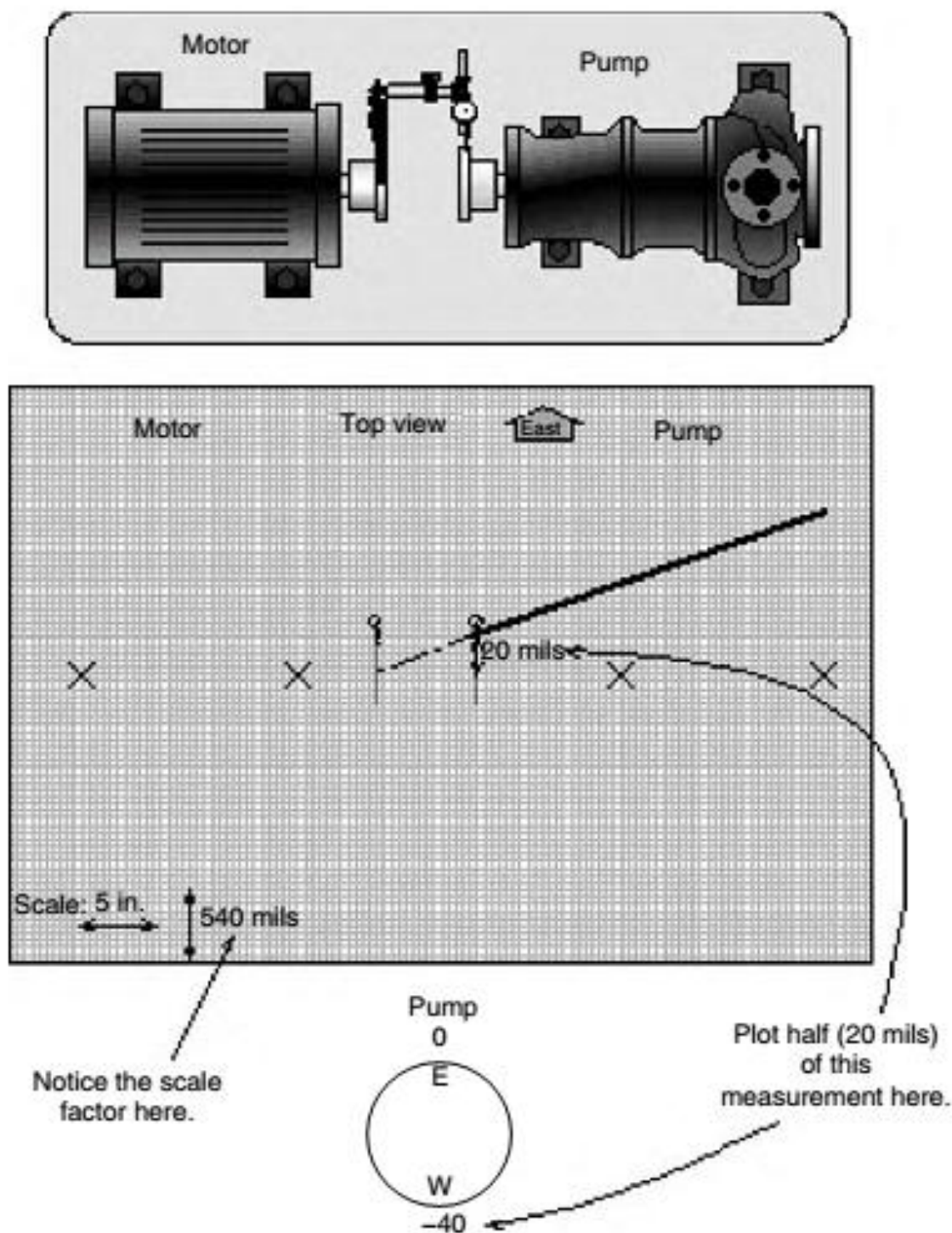
Hình 6.10: Set 0 ở hướng đông.

Thông số ban đầu với đồng hồ so được set 0 ở vị trí đỉnh và thông số mới với đồng hồ so được set 0 ở hướng đông đang nói cho chúng ta về cùng một tình trạng sai lệch cân chỉnh giữa hai trục. Tất cả chúng ta đã làm là set 0 cho đồng hồ so ở vị trí khác và chú ý rằng quy luật giá trị vẫn đúng dù chúng ta set 0 ở trên đỉnh hay ở hướng đông. Bay

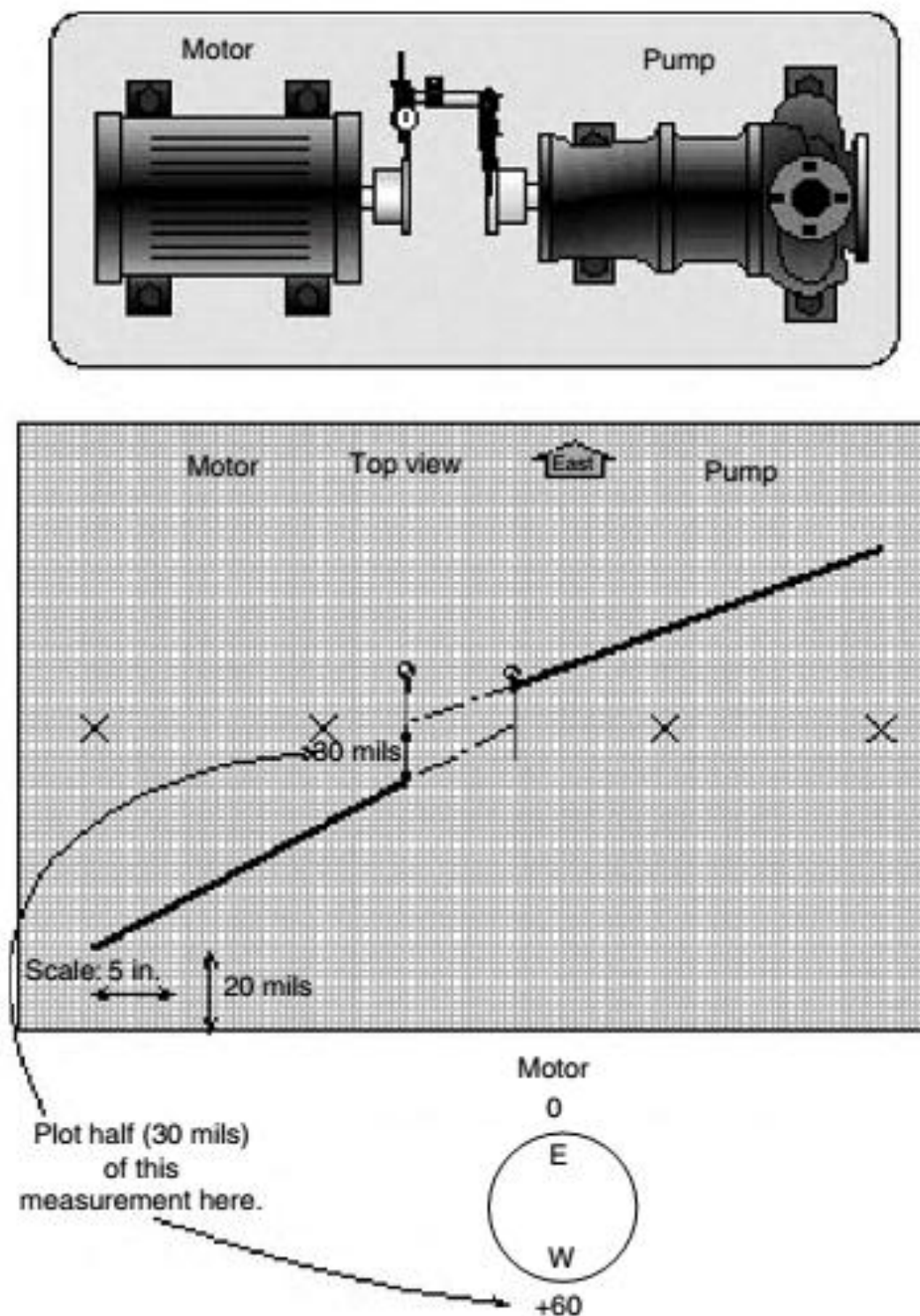
giờ chúng ta sẽ biểu diễn trục trong hình chiếu bằng và các chỉ số đáy là không có giá trị, chỉ có chỉ số hướng đông và tây là quan trọng.

Hình 6.11 và hình 6.12 chỉ ra cách làm thế nào để vẽ các chỉ số đông và tây trên hình chiếu bằng của mô hình cân chỉnh. Lưu ý rằng tỉ lệ bản vẽ ở hình chiếu bằng là không giống với tỉ lệ bản vẽ ở hình chiếu đứng. Chúng ta không phải có cùng tỉ lệ ở cả hai bản vẽ nhưng nhớ hệ số tỉ lệ ứng với từng bản vẽ. Không có quá nhiều sự lặp lại ở đây, nhớ rằng bạn chỉ vẽ một nửa chỉ số đo của đồng hồ trên giấy vẽ. Hãy nhớ rằng bất kể điều gì thì trục mà đồng hồ so lấy thông số là trục mà bạn muốn vẽ trên giấy hoạ đồ. Hai lỗi chính trong vẽ hoạ đồ mà mọi người gặp phải là hay quên chỉ vẽ một nửa giá trị rim và vẽ sai trục trên bản hoạ đồ.

Mô hình cân chỉnh được chỉ ra trong hình 6.9 đến hình 6.12 được tạo ra sử dụng phương pháp Reverse cái mà sẽ được trình bày chi tiết trong chương 9. Bốn phương pháp khác (rim-face, double radial, shaft to coupling spool, and face-face) và kỹ thuật vẽ mô hình liên quan sẽ được trình bày trong các chương từ 11 đến 15.



Hình 6.11: Vẽ trục bơm ở hình chiếu bằng.

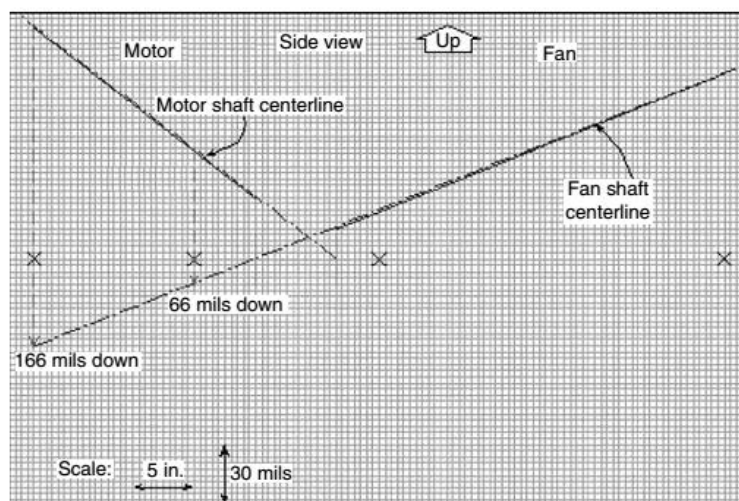


Hình 6.12: Vẽ trục motor ở hình chiếu bằng.

#### 6.4.6. Xác định lượng di chuyển đúng để di chuyển một máy từ mô hình cân chỉnh

Chúng ta hãy xem một ví dụ khác. Hình 6.13 trình bày một motor và tình trạng sai lệch cân chỉnh ở motor và quạt ở hình chiếu đứng. Như bạn thấy, các trục không

thẳng hàng với nhau. Bây giờ chúng ta làm gì? Bước tiếp theo là xác định các ràng buộc về dịch chuyển ở các vỏ máy tại các điểm kiểm soát hoặc điều chỉnh (ở đây thường là các bulong chân). Sự giới hạn dịch chuyển định nghĩa đường biên mà giúp bạn đưa ra quyết định sáng suốt về việc điều chỉnh cân chỉnh như thế nào là dễ dàng và không gặp vấn đề khi thực hiện. Vậy thì giải pháp dịch chuyển mà không gặp vấn đề là gì? Tôi hoàn toàn hiểu rằng bất kỳ sự dịch chuyển đúng nào mà bạn thực hiện trên máy động sẽ không gặp phải vấn đề và dễ dàng để thực hiện. Nhưng có một số dịch chuyển mà sẽ gặp rất nhiều khó khăn để thực hiện so với những phương án khác. Bạn cần thực sự có nhiều sự lựa chọn để thực hiện việc điều chỉnh alignment hiệu quả và thông minh. Do đó, hãy giữ bộ não mở, lạc quan khi bạn cố gắng sửa chữa vấn đề cân chỉnh của bạn. Hình 6.13, lưu ý rằng nếu bạn muốn giữ quạt ở vị trí hiện tại của nó, thì bạn sẽ phải dịch chuyển motor xuống ở cả hai đầu DE và NDE. Như được trình bày trong hình 6.13, lượng dịch chuyển ở bulong phía NDE có được bởi việc đếm số ô vuông (3mils một ô vuông với tỉ lệ này) từ tâm trục thực tế của motor ở mặt phẳng bulong phía NDE đến tâm quay được kéo dài của quạt. Trong trường hợp cụ thể này, giá trị là 166mils (0.166in). Lượng dịch chuyển ở bulong phía DE đạt được bằng việc đếm số ô vuông từ vị trí tâm trục thực của motor là mặt phẳng bulong phía DE đến được tâm quay kéo dài của quạt. Trong trường hợp này, đó là 66 mils (0.066in.). Nếu có 166mils dưới các bulong phía NDE và 66 mils dưới các bulong phía DE (đó là không có các shim cho soft foot) thì một giải pháp cân chỉnh tốt sẽ là loại bỏ lượng shim đang có dưới các chân thích hợp. Nhưng khả năng là không có nhiều shim như vậy dưới các chân phía DE và NDE.



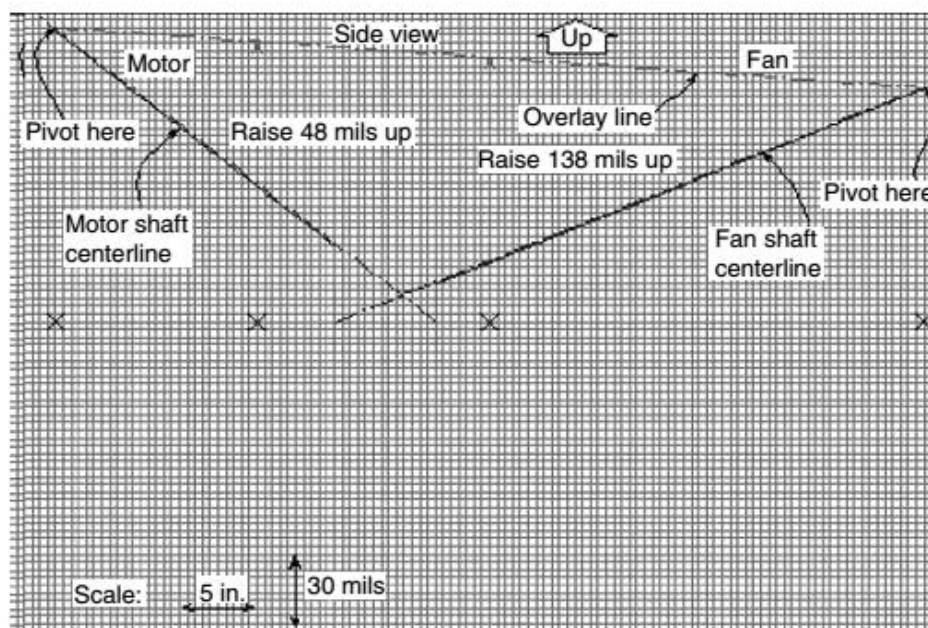
Hình 6.13: Các giải pháp dịch chuyển đối với motor.

#### 6.4.7. Đường overlay hay đường cân chỉnh mong muốn cuối cùng

Đường cân chỉnh mong muốn sau cùng (hay đường overlay) là đường thẳng được vẽ trên đỉnh của hoạ đồ, trình bày vị trí mong muốn của cả hai trục cần phải đạt được sự đồng trục. Chúng ta thường gặp trường hợp một vỏ máy cố định, trong trường hợp này là trục của quạt, mà tâm trục quay của máy chính là đường cân chỉnh mong muốn sau cùng được trình bày trong hình 6.13.

Có các cách khác để điều chỉnh vấn đề sai lệch cân chỉnh ở motor và quạt này mà sẽ gặp ít rắc rối hơn. Vì những sự điều chỉnh được thực hiện ở các chân phía DE và

NDE của máy, một số giải pháp hợp lý thay thế sẽ xem xét việc sử dụng một hay nhiều các chân này như là điểm tựa. Cả hai chân phía NDE và DE, hay các chân phía NDE của một máy và các chân phía DE của vỏ máy khác có thể được sử dụng làm các điểm đòn bẩy.



Hình 6.14: Các giải pháp dịch chuyển đối với chân phía DE của cả motor và bơm bằng đặt tựa ở các chân phía NDE của cả hai máy.

Bằng việc vẽ đường mong muốn thông qua các chân này, thì việc cân chỉnh trục có thể thường đạt được với lượng dịch chuyển nhỏ hơn. Trong các tình huống thực tế, thông thường bạn sẽ có sự thành công nhiều hơn trong việc cân chỉnh hai vỏ máy một chút hơn là di chuyển chỉ một vỏ máy với một lượng lớn. Hình 6.14 trình bày việc sử dụng đường overlay để kết nối mặt phẳng bulong phía NDE của motor với các bulong phía NDE của quạt. Các mặt phẳng bulong phía DE sau đó được dịch chuyển một lượng được chỉ ra trong hình 6.14 để khắc phục tình trạng sai lệch cân chỉnh theo phương cao thấp. Không có shim nào được loại bỏ và tốt hơn là không có bộ nào phải bị mài đi.

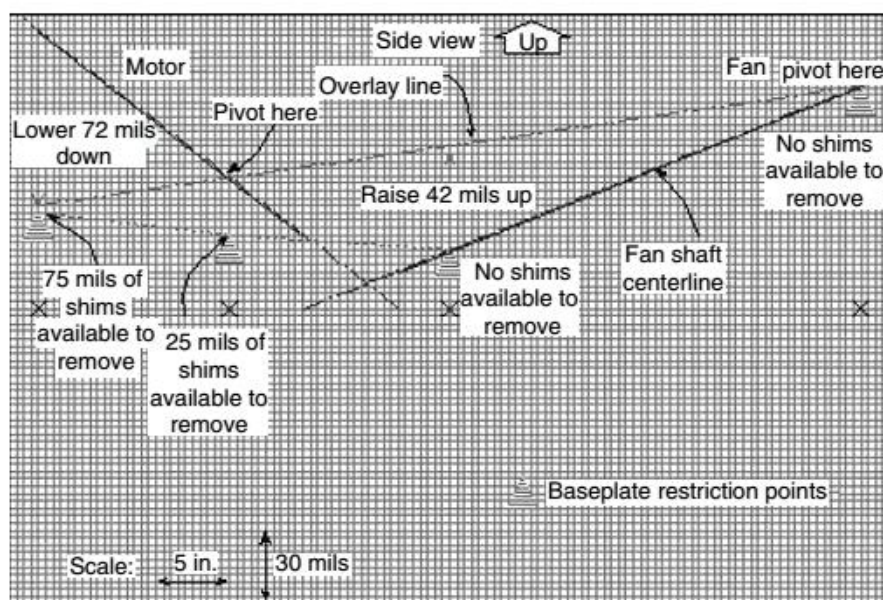
#### 6.4.8. Đưa vào các điều kiện biên, giới hạn dịch chuyển và phạm vi dịch chuyển cho phép

Khi xem một thiết bị theo hướng cao và thấp (hình chiếu đứng), các giới hạn được định nghĩa bởi lượng dịch chuyển của máy có thể được điều chỉnh theo hướng cao và thấp.

Các casing của máy có thể di chuyển lên bao nhiêu? Một cách tưởng tượng thì không có giới hạn dịch chuyển theo phương đứng, thông thường các vỏ máy được dịch chuyển lên trên bởi việc lắp thêm các tấm shim (miếng kim loại có chiều dày khác nhau) nằm giữa chân và bộ máy.

Các vỏ máy có thể được dịch chuyển xuống dưới bao xa? Điều này phụ thuộc vào lượng shim còn dư hiện hữu dưới chân máy mà không tính lượng dùng để hiệu chỉnh soft foot. Vậy, bạn có thể dịch chuyển xuống bao nhiêu? Tôi không biết. Bạn sẽ phải xem thiết bị để biết được lượng shim bao nhiêu shim có thể được rút ra dưới chân

máy trong hệ thống truyền động. Có thể có 10, 20 hay 50 mils lượng shim dưới chân máy mà có thể được rút ra không tính lượng dùng để hiệu chỉnh soft foot. Những shim này xác định phạm vi dịch chuyển xuống hay một vài người gọi nó là chân bệ máy hay điểm giới hạn của bệ máy. Lượng shim tồn thông thường là các tấm kim loại có chiều dày khoảng từ 1mils (0.001 in) đến 125mils (0.125in). Có một số công ty đã gia công trước, dạng shim hình U theo bộ chiều dày 4 kích thước chuẩn và 17 kích thước chuẩn. Khi chiều dày của shim vượt quá 125mils, chúng thông thường được được đề cập như là tấm đệm hay các tấm được gia công từ thép tấm. vì vậy, nếu bạn muốn dịch chuyển máy xuống dưới và không có các shim dưới chân máy, mà bạn hiện đang trên nền máy và điều đó được định nghĩa là giới hạn dịch chuyển theo phương đứng hay điểm giới hạn của bệ máy. Hình 6.15 trình bày motor và quạt tương tự nhưng bây giờ chúng ta quan sát thấy rằng có 75mils lượng shim tồn dưới chân phía NDE và 25mils lượng shim dưới chân phía DE không tính lượng shim dùng hiệu chuẩn soft foot mà có thể được loại bỏ nếu muốn. Bằng việc đếm xuống 75mils từ tâm của trục motor và mặt phẳng bulong phía NDE và vẽ một điểm giới hạn ở đó, chúng ta bây giờ có thể thấy được điểm cuối lượng có thể dịch chuyển xuống điểm chết dưới mà không cần loại bỏ kim loại của nền máy là bao nhiêu. Tương tự như vậy, bằng việc đếm xuống 25mils từ tâm trục motor và mặt phẳng bulong phía DE và vẽ điểm giới hạn nền tại đó, chúng ta giờ đây có thể biết được giới hạn cuối cùng có thể xuống được mà không loại bỏ kim loại của bệ máy là bao nhiêu. Trong trường hợp cụ thể này, không còn shim nào dưới bất kỳ chân nào của quạt vì vậy các điểm giới hạn nền của nó được xác định trực tiếp chính là vị trí của tâm trục ở phía đầu DE và NDE như được chỉ ra trong hình 6.15. Bây giờ chúng ta biết được các điểm thấp nhất có thể dịch chuyển xuống mà không phải loại bỏ phần kim loại nền rồi, một giải pháp khả thi là sẽ phải sử dụng chân phía NDE của quạt và chân phía DE của motor như là điểm tựa đòn bẩy loại bỏ 72mils lượng shim từ chân phía NDE của motor và đưa vào lượng shim 42mils dưới chân phía DE của quạt như được trình bày trong hình 6.15.



Hình 6.15 các giải pháp dịch chuyển sử dụng chân NDE của quạt và phía DE của motor làm các điểm tựa.

#### 6.4.8.1. Các giới hạn dịch chuyển ngang

Ngoài việc cân chỉnh máy theo hướng cao và thấp, một điều quan trọng nữa là máy cần được cân chỉnh phù hợp theo phương ngang. Máy được cân chỉnh theo phương ngang bằng việc chuyển đổi vỏ máy theo phương ngang. Sự dịch chuyển trượt này thông thường được giám sát bởi việc thiết lập các đồng hồ so dọc theo bên hông vỏ máy ở vị trí bulong giữ phía outboard và inboard, gắn chân đồng hồ xuống bệ máy, set 0 cho đồng hồ so và sau đó dịch chuyển các đầu phía DE và NDE một lượng cho trước. Đây là vị trí mà thông thường việc cân chỉnh lại trở lên cực kỳ bức mình bởi vì có một lượng khe hở giới hạn giữa bulong chân và lỗ casing.

Nếu ví dụ, bạn muốn dịch chuyển đầu NDE của máy một khoảng 120mils theo phương nam, bắt đầu dịch chuyển đầu phía NDE giám sát sự dịch chuyển của đồng hồ so, và vỏ máy dừng dịch chuyển sau khoảng 50mils, điều này được xét như là giới hạn dịch chuyển thường được đề cập đến như là tình trạng “bolt bound” kẹt bulong. Vấn đề trong việc dịch chuyển máy theo phương ngang là có một giới hạn nhất định đối với việc dịch chuyển cho phép theo cả hai hướng. Tổng lượng dịch chuyển hai bên ở mỗi đầu vỏ máy được đề cập đến như là giới hạn dịch chuyển ngang. Để tìm giới hạn dịch chuyển ngang cho phép này, loại bỏ một bulong ở mỗi chân máy, nhìn xuống dưới lỗ và xem còn dư một lượng bao nhiêu giữa bulong và lỗ trên vỏ máy ở vị trí đó. Nếu cần, gắn bulong vào trong lỗ hai vòng và đo khe hở giữa bulong và lỗ theo hai bên lỗ bằng thước nhét hay dây chì.

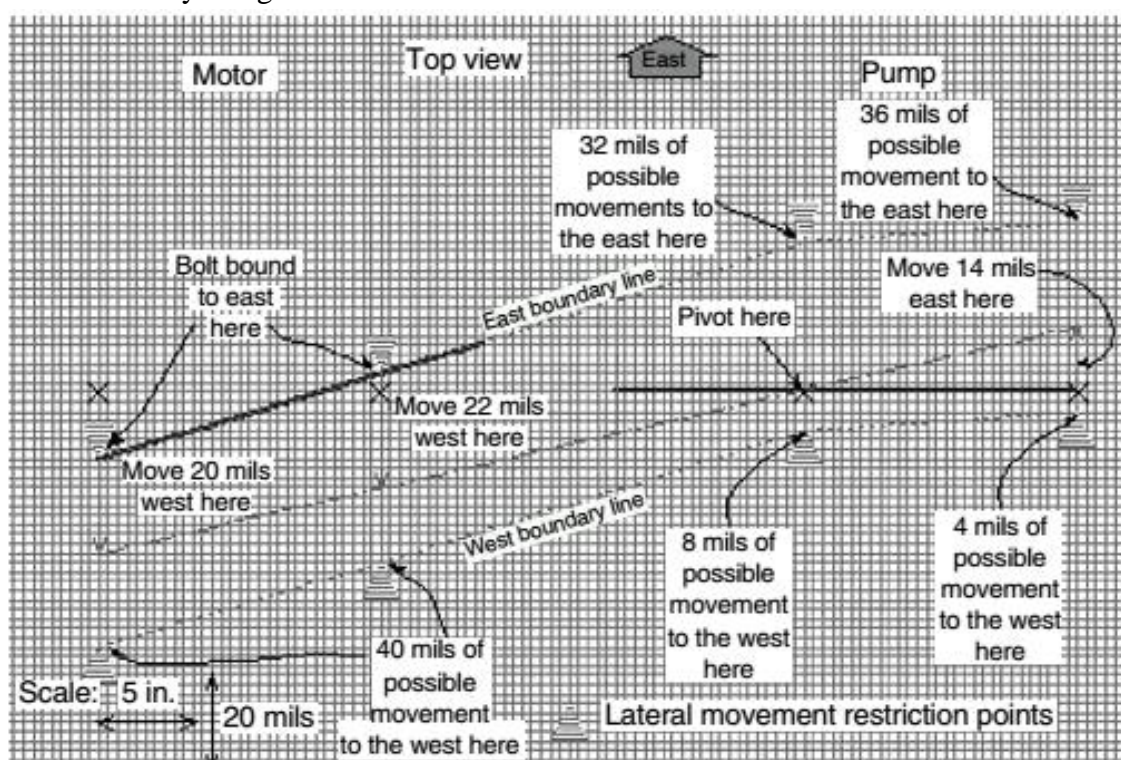
Điều quan trọng đối với một người là phải nhận ra sự điều chỉnh cân chỉnh mà không gặp vấn đề vướng có thể chỉ đạt được khi giới hạn dịch chuyển cho phép được biết rõ. Có lẽ một trong những điều quan trọng nhất trong chương này sẽ là khi bạn xem xét vỏ của cả hai máy có thể dịch chuyển, có vô số khả năng để cân chỉnh cho trục máy, một vài trong số đó nằm trong giới hạn dịch chuyển cho phép. Nó dường như rất kỳ cục nhưng nhiều người giảm độ cao bệ nền hay giảm kích thước chân máy đi bởi vì họ cảm thấy rằng máy cần phải thấp hơn. Khi máy trở nên kẹt bulong để cố gắng dịch chuyển nó theo phương ngang, nhiều người thường cắt bớt thân bulong hay mài lỗ cho rộng ra.

Thông thường có một giải pháp dễ dàng hơn. Một cách thất vọng, nhiều hệ thống đo lường cân chỉnh được trình bày trong sách này ép người sử dụng đến việc đặt tên cho vỏ máy tĩnh và máy có thể dịch chuyển được cái mà sẽ gây ra các vấn đề nhầm lẫn vị trí khi vỏ máy phải được dịch chuyển ra ngoài giới hạn dịch chuyển cho phép của nó. Điều này không xảy ra lần đầu tiên bạn cân chỉnh hệ thống máy hay lần thứ 2 hay thứ 3 nhưng nếu bạn cân chỉnh đủ nhiều thiết bị, thực tế bạn sẽ không thể dịch chuyển máy có thể dịch chuyển một lượng định trước được. Một khi tâm quay được xác định và giới hạn dịch chuyển cho phép được mình hoạ trên hoạ đồ, điều này trở nên rõ ràng rằng những sự thay đổi vị trí sẽ làm việc một cách dễ dàng và cái nào không thực hiện được. Hình 6.16 chỉ ra mô hình cân chỉnh hình chiếu bằng của motor và bơm. Không điều gì tốt hơn, nó cho thấy rằng tất cả bạn sẽ phải làm là dịch chuyển phía NDE của motor một lượng 14mils theo hướng đông và phía DE của motor là 4mils theo hướng tây. Quá dễ. Điều gì xảy ra nếu phía NDE của motor bị kẹt bulong theo hướng đông ?

Bằng việc loại bỏ một bulong phía đầu DE và NDE của motor và bơm, các giới hạn dịch chuyển ngang có thể quan sát thấy. Trong trường hợp này các giới hạn sau cần được giám sát:

1. Phía NDE motor – kẹt bulong hướng đông và có thể dịch chuyển theo hướng tây 40mils.
2. DE motor – kẹt bulong hướng đông và có thể dịch chuyển theo hướng tây 40mils.
3. DE bơm – có thể dịch chuyển hướng đông 32mils và 8mils theo hướng tây.
4. NDE bơm - có thể dịch chuyển hướng đông 36mils và 4mils theo hướng tây.

Bằng việc vẽ giới hạn hướng đông và tây trên mô hình cân chỉnh bạn có thể biết dễ dàng khả năng dịch chuyển. Một giải pháp có thể (ngoài đó có thể có rất nhiều) được trình bày trong hình 6.16



Hình 6.16: Áp dụng các giới hạn dịch chuyển ngang để đạt được sự dịch chuyển dễ dàng theo hướng đông và tây.

Xin vui lòng tuân theo 4 bước có bản dưới đây để bạn khỏi mất nhiều thời gian cho việc hiệu chỉnh sai lệch cân chỉnh:

1. Tìm các vị trí của mỗi trục trong dây truyền máy bằng kỹ thuật hoạ đồ và mô hình hoá được trình bày trong chương này và chương sau.
2. Xác định tổng giới hạn dịch chuyển cho phép của vỏ máy theo cả hai phương đứng và ngang.
3. Vẽ các giới hạn trên hoạ đồ hay mô hình.
4. Lựa chọn đường cân chỉnh mong muốn sau cùng hay overlay line mà nằm trong phạm vi dịch chuyển cho phép và dịch chuyển máy đến đường đó.

Nếu bạn bị liên quan đến việc cân chỉnh bằng việc tuân theo 4 bước trên, đảm bảo rằng bạn sẽ tiết kiệm được thời gian cho việc phải dịch chuyển một cái máy mà ở đó nó không muốn đi.

#### **6.4.8.2. Khái niệm cân chỉnh cố định-dịch chuyển đến từ đâu?**

Tôi không biết. Mỗi một bộ phận của máy quay hiện hữu ở lúc này hay lúc khác được đặt ở đó. Đất mẹ không bao giờ sinh ra một cỗ máy. Mỗi máy có thể dịch chuyển được, chỉ có điều là nỗ lực bỏ để dịch chuyển nó mà thôi. Vậy thì tại sao phần lớn những người thực hiện cân chỉnh máy gọi một máy là cố định và một máy còn lại là có thể dịch chuyển?

Chỉ có một lý do mà tôi có thể giải thích cho điều này là trong mỗi ngành công nghiệp có motor dẫn động một bơm. Khi bạn lần đầu tiếp cận với dây truyền bơm và motor, bạn ngay lập tức chú ý rằng bơm có đường ống kết nối đến nó và chỉ những bộ phận liên quan được gắn trên motor là cuộn dây cáp điện (thường là ống cáp mềm). Từ những điểm ưu thế ở thời điểm này thì rõ ràng rằng chúng ta có thể dễ dàng dịch chuyển motor vì không có đường ống được kết nối với nó giống như bơm. Bạn sẽ ưu tiên để chỉ di chuyển motor bởi vì nó xem ra dễ dàng hơn để dịch chuyển so với bơm (và tôi cũng vậy). Giả thuyết này được đưa ra rằng bơm không thể dịch chuyển, không quan tâm đến vị trí bạn tìm thấy trục motor tương ứng với trục bơm là vị trí nào

Nhưng bạn làm gì khi bạn phải cân chỉnh một steam turbine dẫn động một bơm? Chúng đều có đường ống; máy nào bạn sẽ gọi là máy đứng yên bơm hay steam turbine? Không cần biết câu trả lời của bạn là gì, bạn sẽ phải dịch chuyển một trong số chúng và chúng cả hai đều có đường ống kết nối đến casing.

Đường ống không có lý do gì không di chuyển một bộ phận của máy, đặc biệt, trong một chút những gì chúng ta biết về cách mà đường ống thực sự được kết nối đến máy. Đối với một vài người, họ lo ngại phải nối lỏng bulong giữa máy mà có đường ống được kết nối đến nó vì sự co kéo đường ống đủ lớn để mà họ lo sợ rằng máy này sẽ bị dịch chuyển đến một vị trí nào đó mà nó không bao giờ trở về trạng thái cân chỉnh nữa. Vậy đây là vấn đề của quá trình cân chỉnh hay lắp đường ống? xem thêm chương 3 để có thêm thông tin về chủ đề này.

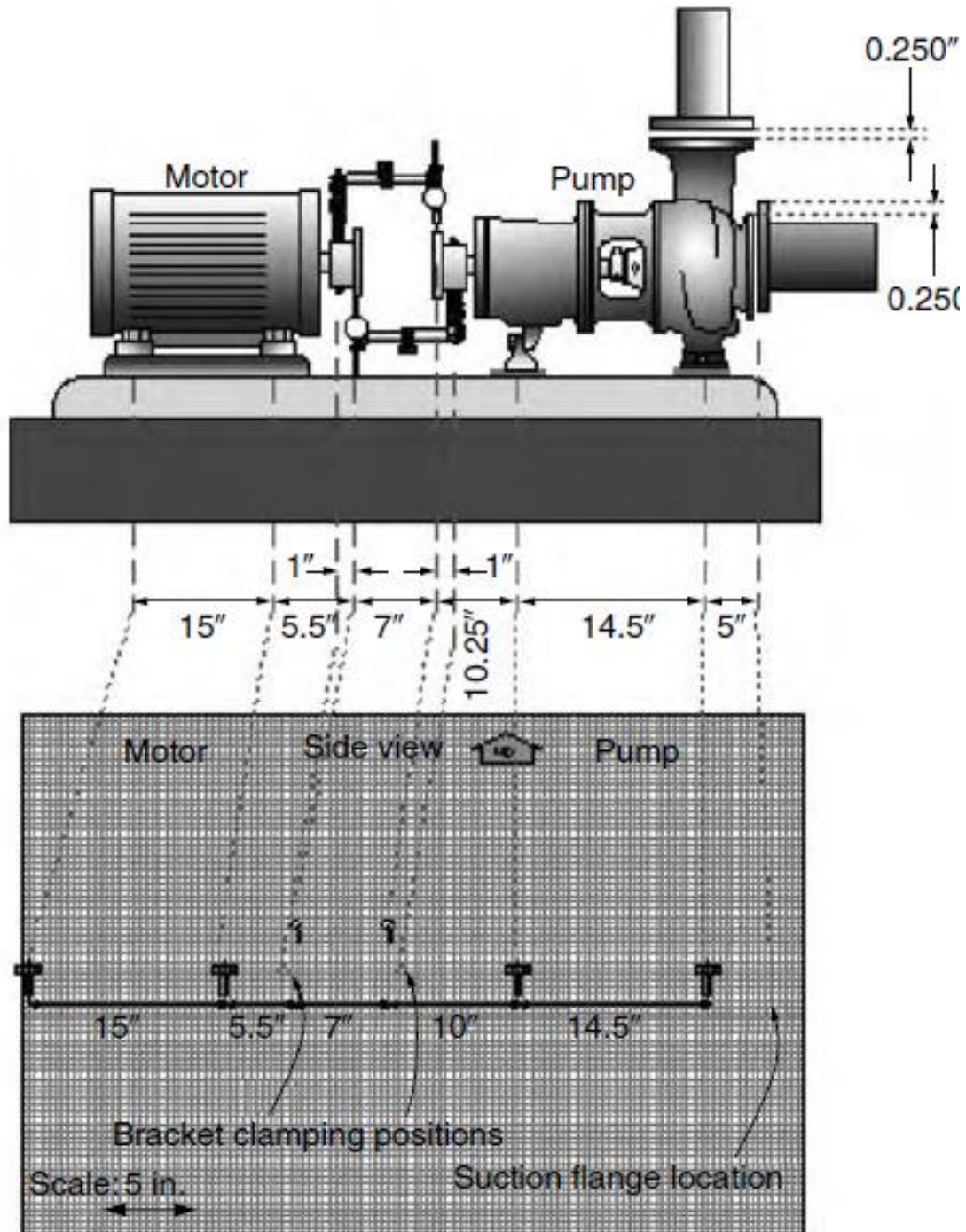
Nếu bạn cân chỉnh nhiều máy và khẳng định rằng một máy sẽ cố định, thực sự bạn sẽ thu được chính xác những gì bạn xứng đáng cho suy nghĩ nông cạn này của bạn.

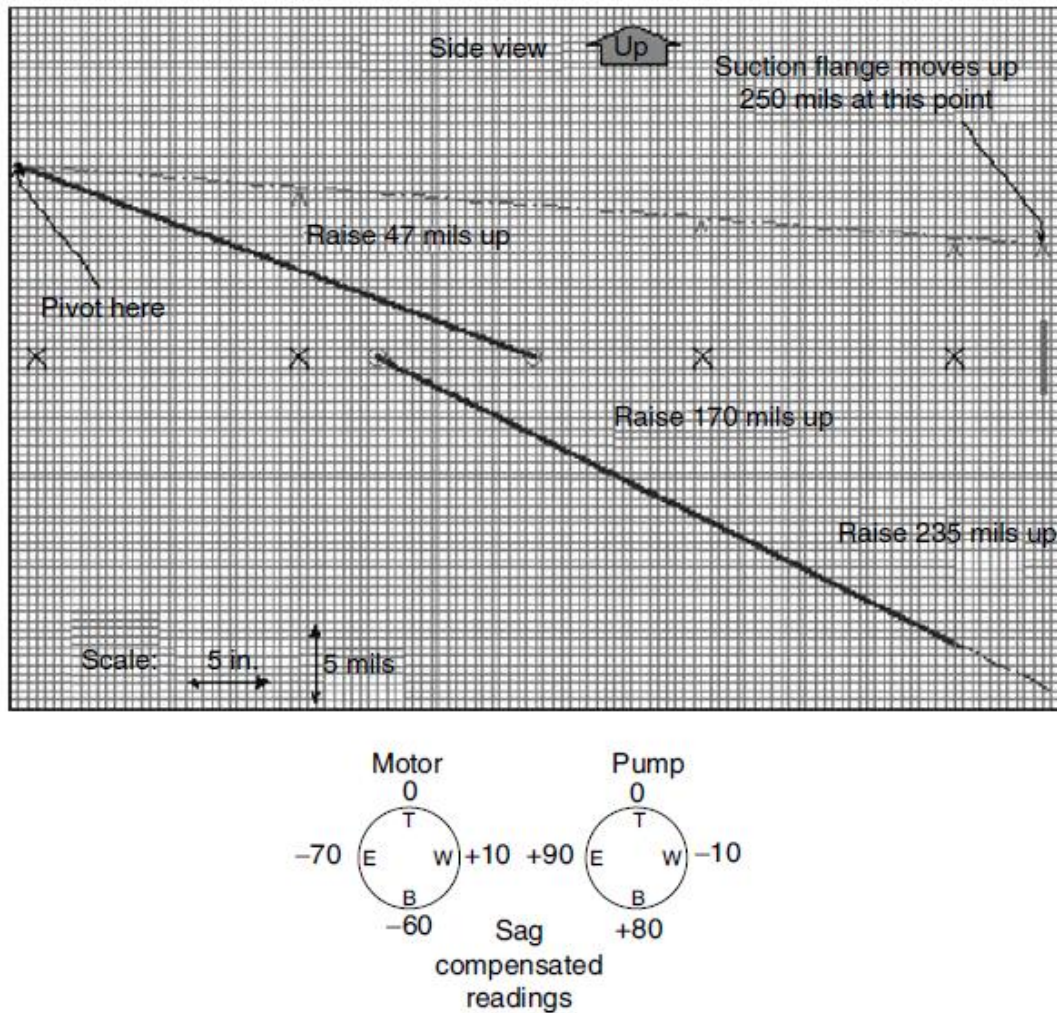
#### **6.4.8.3. Giải quyết các vấn đề về lắp ráp đường ống cùng với đường cân chỉnh mong muốn (overlay line)**

Dù chúng ta đang chỉ ra rằng đường cân chỉnh mong muốn sau cùng được vẽ qua các điểm bulong chân, nhưng điều quan trọng là phải biết rằng đường overlay này có thể được vẽ ở bất kỳ đâu và các trục máy được dịch chuyển đến đường đó.

Điều này đặc biệt có lợi nếu có sự xem xét ở các khía cạnh khác như là các vấn đề về lắp ống. Hình 6.17 trình bày một motor và bơm ở đây đường ống đầu hút là 1/4in cao hơn mặt bích của bơm và có khe hở vượt quá 1/4inch ở tại các mặt bích đầu xả. Thay vì cân chỉnh cả hai trục sau đó lắp đặt thêm 250mils (1/4inch) dưới mỗi chân, một giải pháp khác dễ dàng hơn tồn tại. Tỷ lệ vị trí mặt bích đầu vào của bơm vào mô hình cân chỉnh. Kéo dài đường tâm trục của bơm để đi qua điểm mặt bích của hút. Đặt dấu

250mils ở trên đường tâm trục bơm nơi mà các mặt bích của bơm đã được đặt. Xây dựng đường mong muốn cuối cùng đi từ điểm đó đến chân phía NDE của motor như được minh họa trong hình 6.16. Sau đó giải quyết cho việc dịch chuyển ở mỗi mặt phẳng bulong để không chỉ để loại bỏ vấn đề sai lệch đường ống mà còn để cân chỉnh các trục.





Hình 6.18 đường mong muốn cân chỉnh sau cùng được xác định để điều chỉnh vấn đề sai lệch đường ống và cân chỉnh các trục trong một lần dịch chuyển.

Hình 6.17 tỉ lệ kích thước đối với motor và bơm bao gồm vị trí mặt bích đầu vào của bơm.

Chúng ta đã xem xét nhiều khái niệm cơ bản phía sau mô hình cân chỉnh trong chương này. Xác định được khoảng sai lệch cân chỉnh lớn nhất và bạn có nằm trong sai số cân chỉnh cho phép hay không sẽ được trình bày trong chương tiếp theo. Sự chỉ dẫn riêng về việc làm thế nào thực hiện 5 phương pháp đo cân chỉnh và biểu diễn chúng trong mô hình cân chỉnh sẽ được trình bày trong chương 10 đến chương 15.

## **CHƯƠNG 7**

# **PHƯƠNG PHÁP CÂN CHỈNH REVERSE**

Phương pháp cân chỉnh Reverse đồng hồ so cũng thường được gọi là phương pháp Reverse hay double đồng hồ so và được trình bày trong hình 7.1 Phương pháp này dường như được biết đến từ khoảng năm 1950 ở Mỹ và không rõ ai là người đầu tiên phát triển kỹ thuật này. Anh em nhà Clark (bây giờ là Dresser – Rand) đã đưa kỹ thuật này vào sử dụng cân chỉnh các thiết bị quay của họ và Don Cutler (hiện đang làm việc cho Thomas- Rexnord) đã phát triển phương pháp đồ hoạ đường thẳng đến các điểm (line-topoint) trong khi đang làm việc cho Clark.

Phương pháp Reverse có thể được sử dụng trên 60-70% các thiết bị quay hiện có và vẫn là một trong những phương pháp được ưu tiên cho việc đo lường các trục của máy động. Chúng ta sử dụng kỹ thuật này phù hợp nhất khi khoảng cách sửa các điểm đo trên máy

khoảng từ 3-30in. Mặc dù trong hình 7.1 trình bày việc sử dụng hai đồ gá và hai đồng hồ so ở cùng thời điểm, nhưng không có lý do tại sao một đồ gá và đồng hồ so có thể không được sử dụng ở nơi mà bộ thông số được lấy trên một trục đầu tiên và sau đó đảo ngược bộ đồ gá và đồng hồ so để lấy bộ dữ liệu trên trục còn lại. Thực tế thì Chúng ta có thể thực hiện chỉ một đồ gá ở một thời điểm để đảm bảo rằng các thông số được lấy một cách chính xác và giảm thiểu rắc rối có thể xảy ra khi cố gắng quan sát hai đồng hồ so đồng thời cùng lúc như được minh họa trong hình 7.2. Ngoài ra, sẽ mất bao nhiêu thời gian để thiết lập 2 bộ đồ gá và 2 đồng hồ so khi so sánh với việc thiết lập 1 bộ đồ gá và hai đồng hồ so?

#### Ưu điểm

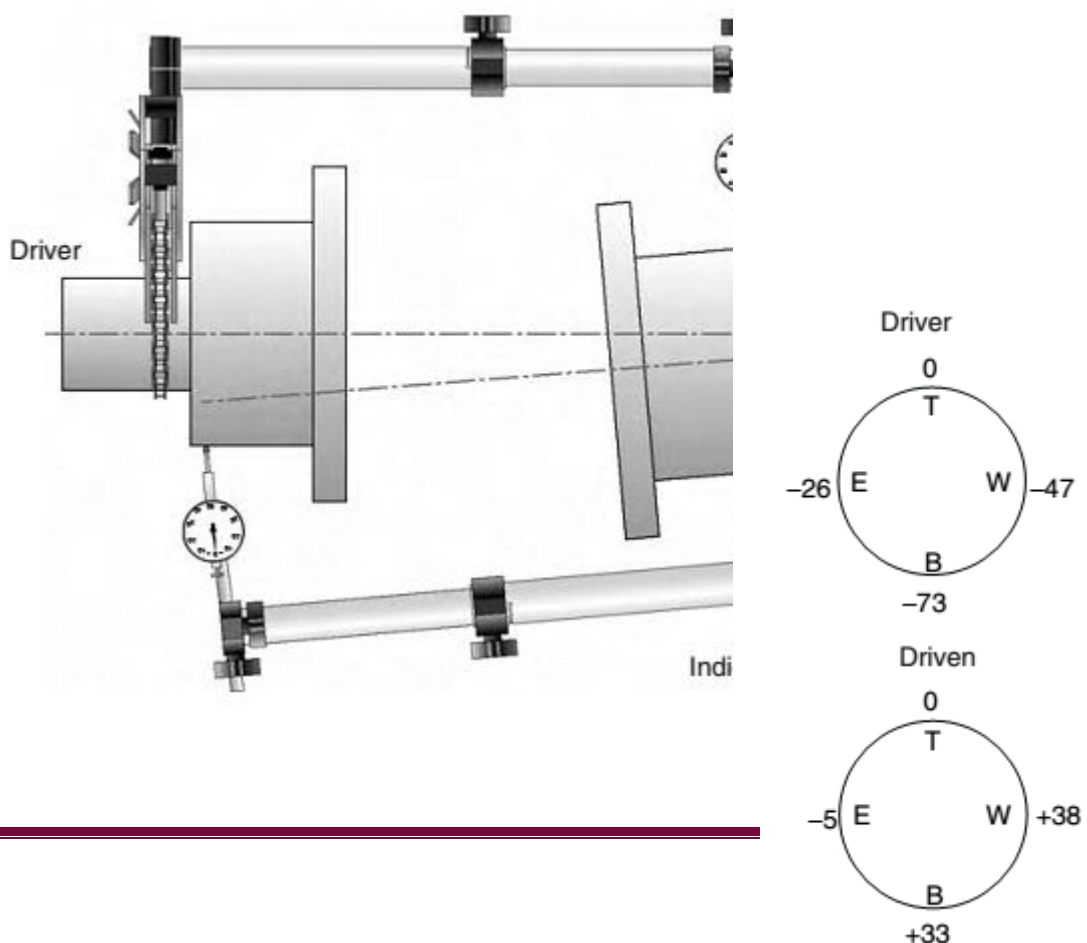
- Nhìn chung chính xác hơn phương pháp cân chỉnh Rim-Face khi khoảng cách từ điểm gá đặt của bộ đồ gá đến điểm mà ở đó các đồng hồ so ghi nhận thông số trên trục thường lớn hơn nhiều khoảng cách trên mặt phẳng lấy chỉ số.
- Nếu thiết bị được đỡ bởi loại bearing trượt và các trục có thể chuyển động qua lại tự do theo phương dọc trục thì khi quay trục để lấy thông số, dường như sẽ không có ảnh hưởng độ chính xác của các chỉ số đo.

#### Nhược điểm

- Cả hai trục phải được quay.
- Khó để hình dung vị trí của các trục từ chỉ số đo của đồng hồ so.
- Độ võng của đồ gá phải được đo và bù cho thông số đo.

### 7.1. Các phương trình toán học cơ bản cho phương pháp cân chỉnh Reverse.

Có một mối quan hệ toán học tồn tại giữa kích thước máy ( vị trí chân bulong máy), vị trí trục được lấy thông số và kích thước đo của chính các trục này. Ngay khi các chỉ số đo được lấy và được vẽ trên mô hình cân chỉnh thì các giải pháp hiệu chỉnh sai lệch sẽ đạt được ngay trên họa đồ cân chỉnh.



#### Quy trình

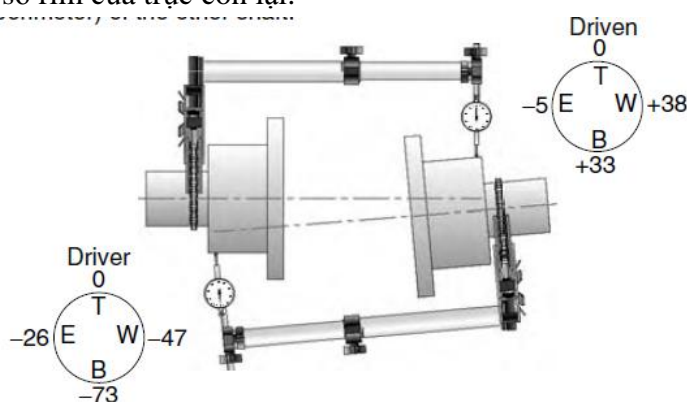
1. Gắn các bộ đồ gá cân chỉnh chắc chắn đến một (hai) trục và gắn đồng hồ so đọc chỉ số trên trục còn lại hoặc ở vị trí coupling hub.
2. Set 0 cho đồng hồ so tại vị trí 12h.
3. Quay từ từ trục và đồ gá lần lượt 90° ở các vị trí 3h, 6h, 9h. Ghi nhận các chỉ số đo trên đồng hồ so (có thể âm hoặc dương).
4. Trở lại vị trí 12h để thấy đồng hồ so có trở về 0 hay không.
5. Lặp lại bước 2 với bước 4 để xác nhận lại chỉ số đo này.
6. Nếu một đồ gá được sử dụng thì đảo gắn đồ gá trên trục còn lại và lặp lại bước 1 đến bước 5.

*Hình 7.1 Phương pháp và quy trình cân chỉnh Reverse.*

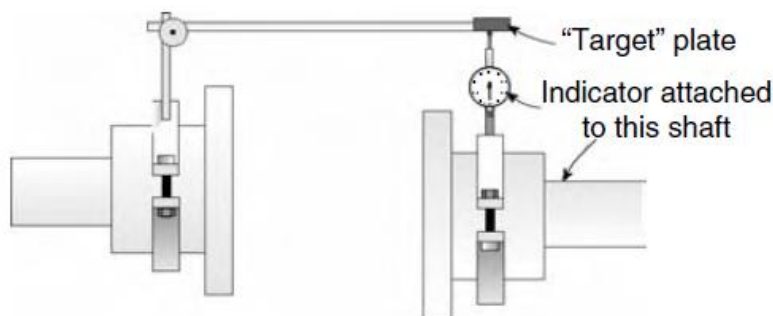
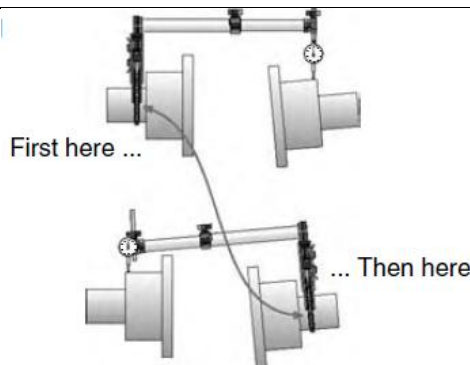
Hình 7.6 trình bày mối quan hệ toán học giữa các kích thước máy và chỉ số đồng hồ so được lấy sử dụng kỹ thuật Reverse đồng hồ đo. Các phương trình này sẽ giải cho lượng dịch chuyển cần thiết để hiệu chỉnh lại tình trạng sai lệch này (đưa các trục về mối quan hệ đồng trục khi ngừng máy) trên vỏ máy này hay vỏ máy khác. Nó có thể là một hay hai tình trạng. Nếu bạn quyết định giữ thiết bị truyền động đứng yên, bạn sẽ tính toán lượng dịch chuyển cho thiết bị được dẫn động hay ngược lại. Điều này thường được đề cập đến như là khai niệm cân chỉnh “đứng yên – dịch chuyển” và được đề xuất bởi các lý do được nêu trong chương 7.

Phương pháp mô hình cân chỉnh và khái niệm đường Overlay line được sử dụng từ nửa sau của năm 1970.

Phương pháp truyền thống ban đầu là một bộ đồ gá được gá lên một trục và một thanh ngang cố định trên đồ gá bắc qua đầu trục còn lại. Đồng hồ so được gá cố định trên thanh bar này để đo chỉ số rim của trục còn lại.



Nó không quan trọng việc 2 bộ đồ gá và hai đồng hồ so được sử dụng ở cùng một thời điểm. Các chỉ số đo có thể được lấy cùng với một bộ đồ gá và một đồng hồ so mà ở đó đồ gá được gắn đến trên 1 trục và bộ thông số đo được lấy ở trục đối diện. Đồ gá có thể sau đó được tháo ra và gắn vào trục đối diện và các chỉ số đo được lấy trên trục mà bộ đồ gá vừa được tháo ra.



Một phương pháp thay thế là gá bộ đồ gá cân chỉnh lên một trục mà thanh đỡ kéo dài đến trục còn lại. Một đồng hồ so sau đó được gắn đến trục mà các chỉ số đo được lấy phía dưới của thanh bar.

Hình 7.2 những cách thiết lập đồng hồ so theo phương pháp Reverse khác nhau.

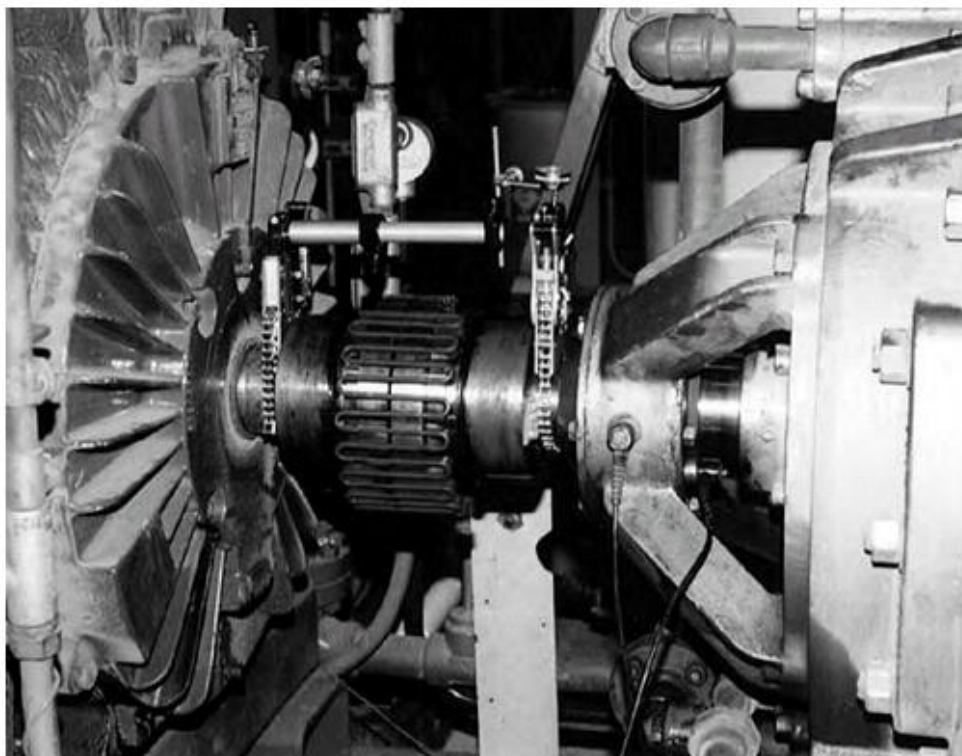
## 7.2. Mô hình phương pháp Reverse sử dụng kỹ thuật điểm đến điểm (Point-to-point)

Có lẽ kỹ thuật mô hình dễ dàng nhất để học là phương pháp mô hình Reverse theo điểm đến điểm và sẽ do đó được trình bày trước tiên.

Có 8 thông tin mà bạn cần để xây dựng các vị trí trục sử dụng kỹ thuật này là:

1. Khoảng cách từ chân máy phía DE và phía NDE (mặt phẳng chân máy) của máy đầu tiên.
2. Khoảng cách từ bulong chân máy phía DE của máy đầu tiên đến điểm gắn đồ gá trên trục.
3. Khoảng cách từ vị trí đồ gá này (vị trí giữ đồ gá) đến điểm mà ở đó đồng hồ so thu thập các dữ liệu rim trên máy đầu tiên. Lưu ý rằng khoảng cách này có thể là 0 nếu bạn sử dụng việc lắp đặt đối xứng ở nơi mà bạn đang gắn và lấy chỉ số ở cùng một điểm trên mỗi trục.
4. Khoảng cách từ điểm đồng hồ so lấy thông số rim trên máy đầu tiên đến điểm mà các đồng hồ so lấy thông số rim trên máy thứ hai.
5. Khoảng cách từ điểm đồng hồ so đang thu thập dữ liệu rim trên máy thứ 2 đến điểm mà gắn giữa đồ gá. Lưu ý rằng khoảng cách này có thể bằng 0 nếu bạn sử dụng việc lắp đặt đối xứng mà ở đó bạn sử dụng điểm lắp đặt là điểm lấy thông số trên mỗi trục.
6. Khoảng cách từ điểm mà đồ gá đang được giữ cố định đến mặt phẳng chân bulong phía DE trên máy thứ 2.
7. Khoảng cách từ các mặt phẳng chân bulong phía DE và NDE của máy thứ hai.

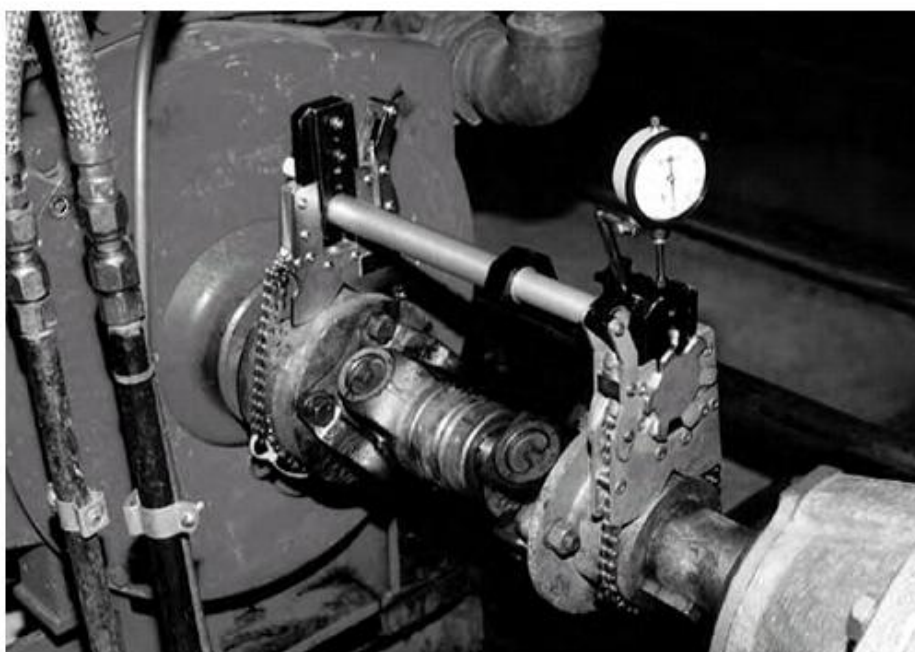
8. 8 chỉ số đồng hồ so được lấy ở đỉnh, đáy và hai bên của trục sau khi bù cho lượng sai lệch võng của đồ gá (thật hoàn hảo nếu hệ thống đồ gá không có sai lệch võng).



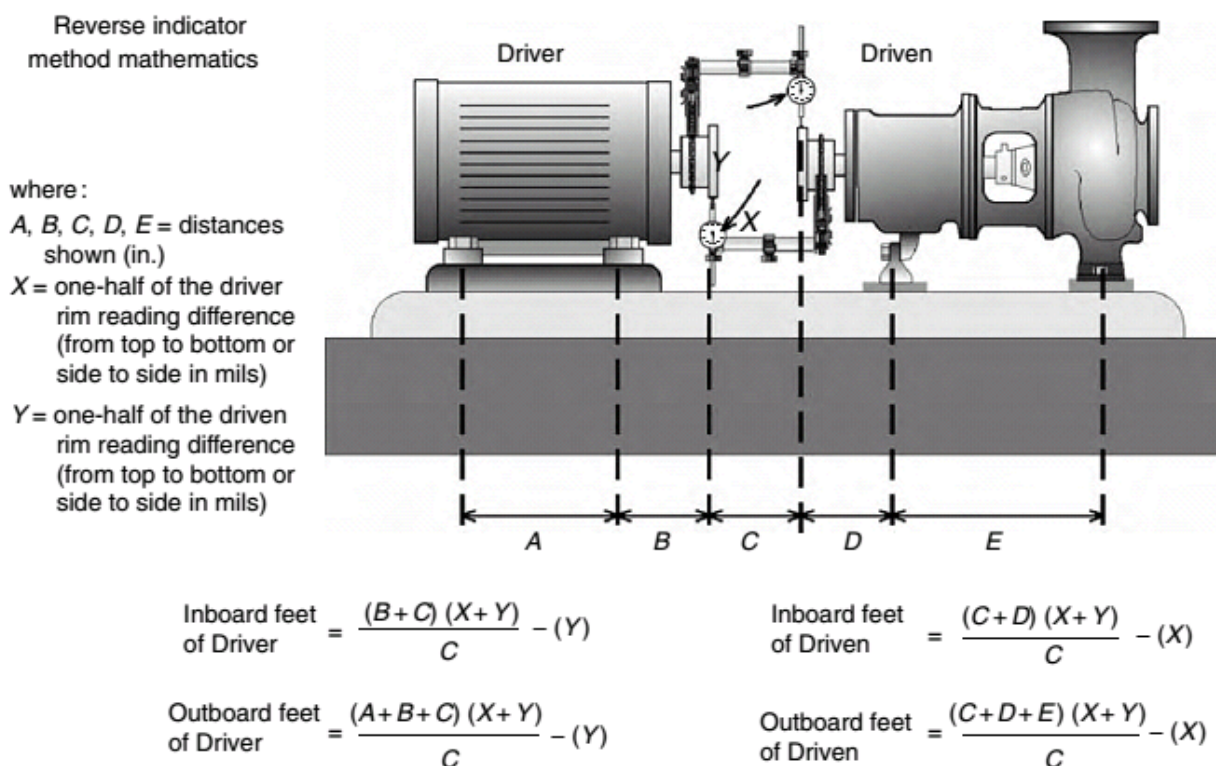
*Hình 7.3: Kỹ thuật Reverse được thực hiện ngang qua một coupling dạng metal ribbon.*



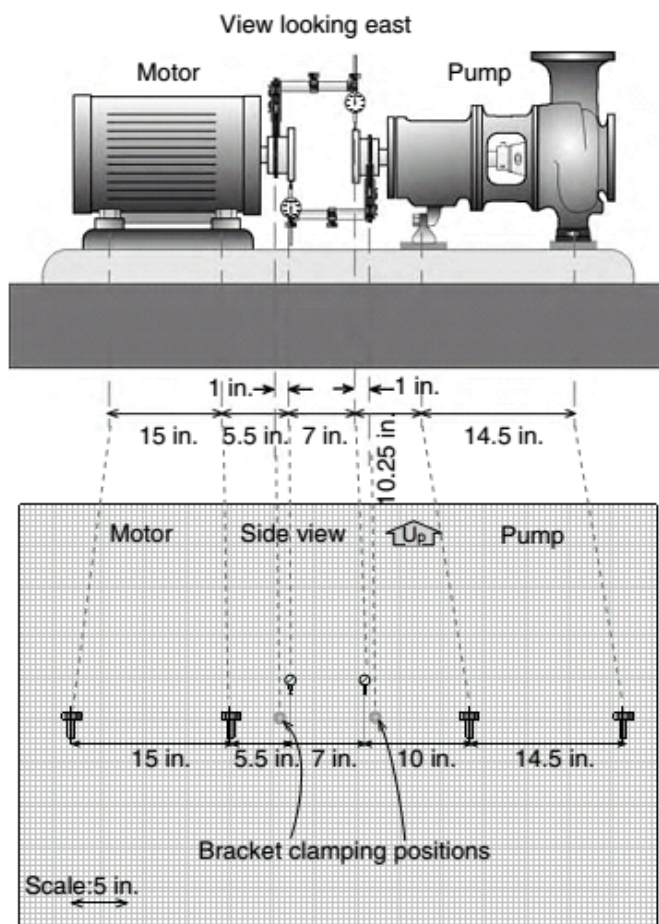
*Hình 7.4: Kỹ thuật reverse được thực hiện qua một motor và bơm nhỏ sử dụng bộ đồ gá.*



Hình 7.5: Kỹ thuật reverse được thực hiện với khớp nối universal.



Hình 7.6: Phương trình toán học của phương pháp Reverse cho tính toán lượng dịch chuyển hiệu chỉnh cho cả hai vỏ máy.



Hình 7.7: Thông tin kích thước cần cho việc vẽ các chỉ số Reverse sử dụng phương pháp vẽ điểm đến điểm.

Từ quan điểm về hình học, phương pháp Reverse đo sự sai lệch tâm trục ở hai phần trong không gian tại mỗi khoảng cách biết trước. Hình 7.7 minh họa các điểm mô hình chính mà chúng ta sẽ xây dựng. Tỷ lệ khoảng cách chính xác dọc theo chiều dài dây truyền thiết bị trên giấy vẽ tâm trục như được trình bày trong hình 7.8

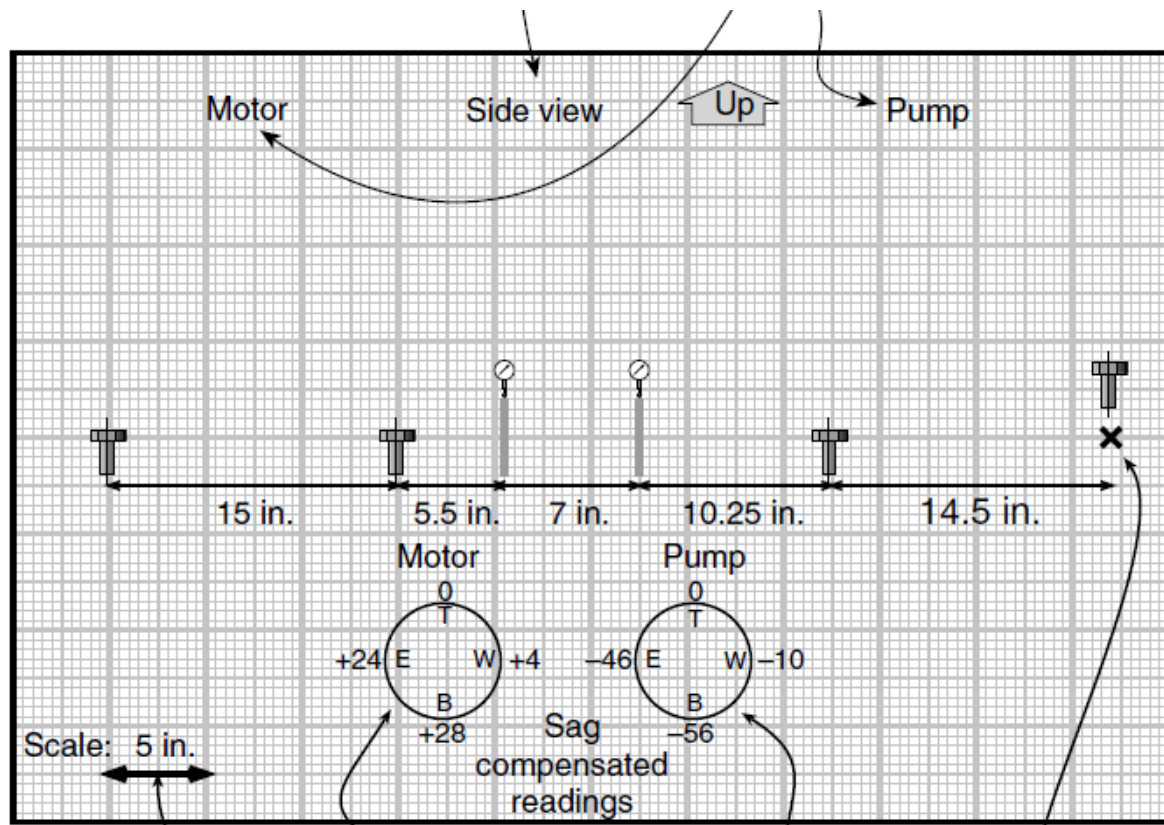
### 7.3. Các chỉ số Rim luôn gấp 2 lần lượng offset thực tế.

Hãy nhớ rằng bất kỳ thời điểm nào thì chỉ số rim hay thông số đo theo đường kính được lấy, là lượng được đo từ một mặt này đến mặt khác của trục (180o cách nhau theo chiều quay) gấp 2 lần lượng sai lệch tâm trục thực tế.

Tỷ lệ chính xác khoảng cách giữa chân máy phía DE và NDE của cả hai máy, các khoảng cách từ chân máy phía DE của cả hai thiết bị đến vị trí lấy thông số đo của cả hai trục và khoảng cách giữa hai điểm đo trên đồ họa tâm trục từ trái qua phải giữa đường tâm trục quay ở điểm đó.

Ghi hình chiếu hay hướng nhìn của bản vẽ

Vị trí ghi tên máy



Thiết lập tỉ lệ bản vẽ

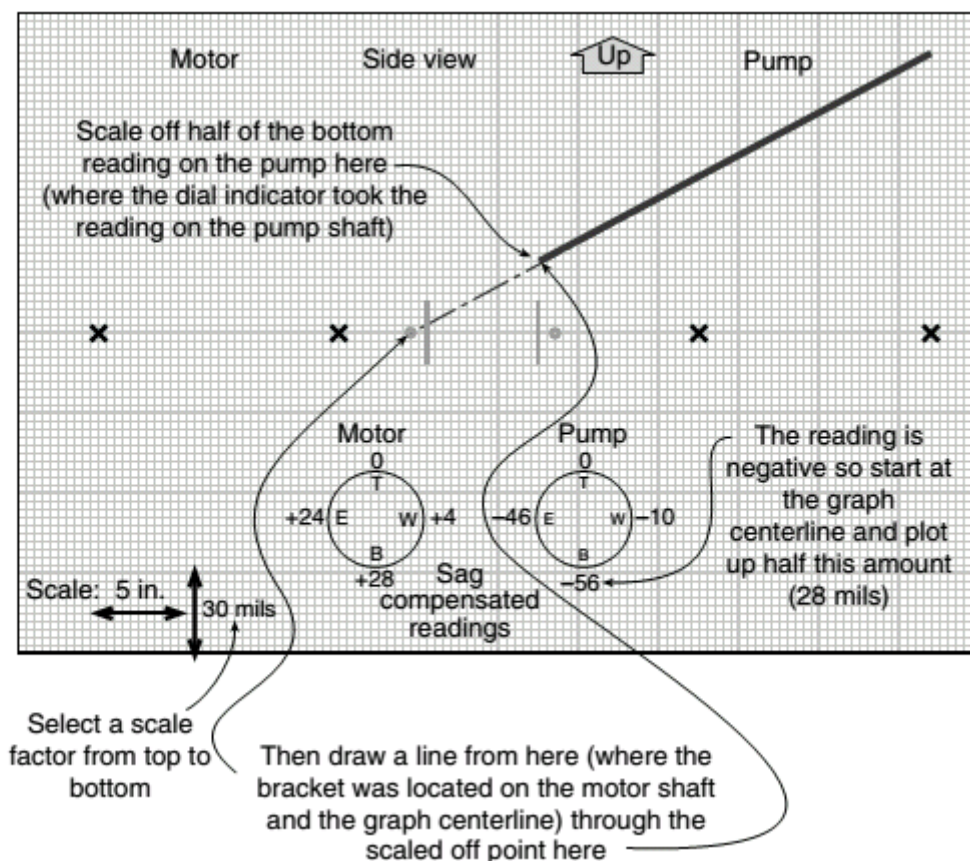
Ghi nhận chỉ số nhớ là Dùng dấu X để minh họa vị trí bù cho sai số võng của tâm của bulong đồ gá.

Hình 7.8: Tỷ lệ các kích thước của hệ thống dẫn động trên hoạ đồ.

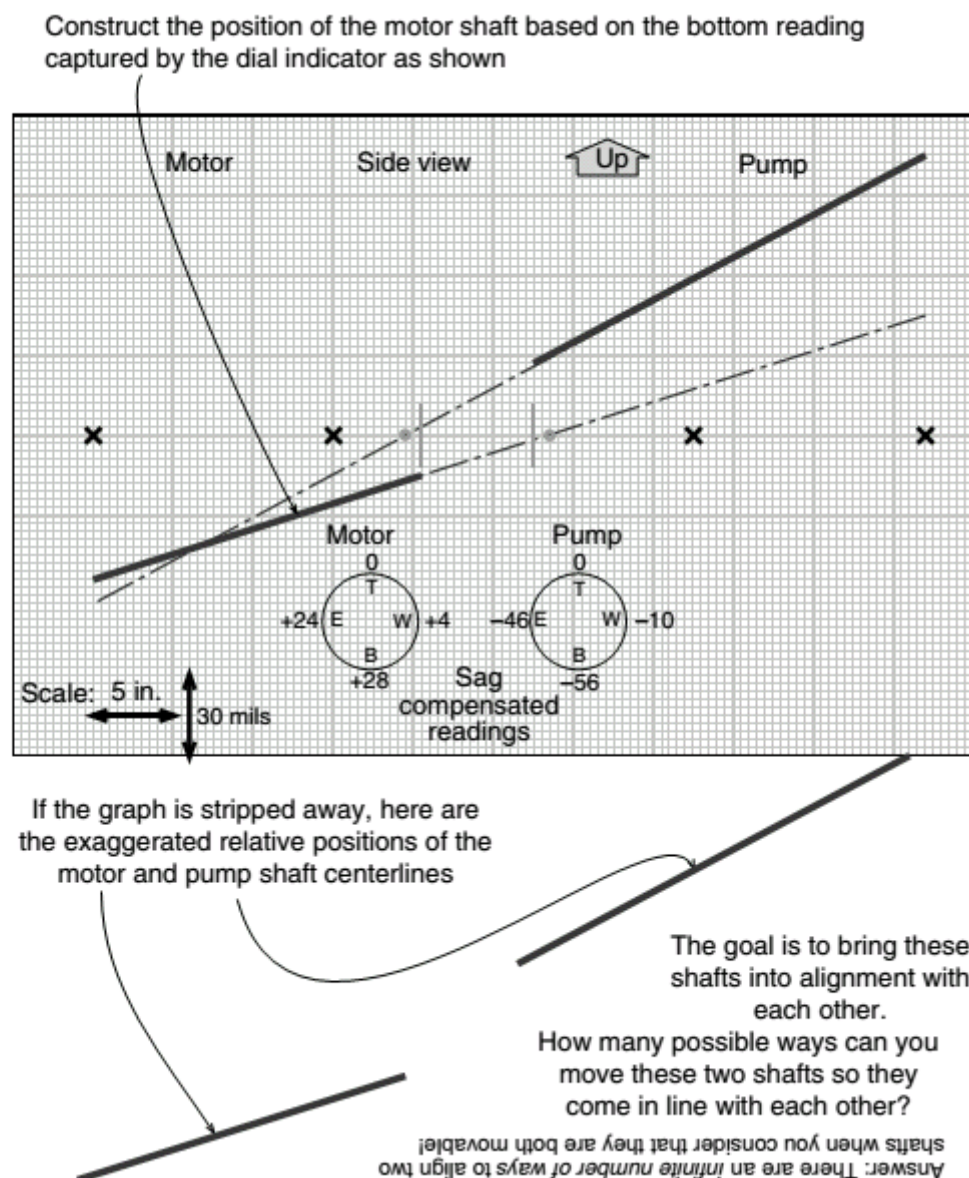
Quy trình vẽ theo kỹ thuật điểm đến điểm như sau;

1. Bắt đầu với các chỉ số đo ở hình chiếu đứng hay chỉ số top và bottom của trục nơi mà chỉ ra sai lệch cao thấp của máy (điều này giúp bạn lấy hệ số tỉ lệ bản vẽ tốt nhất cho toàn bộ hoạ đồ).
2. ở các điểm giao nhau trên tâm hoạ đồ và điểm mà ở đó đồng hồ so ghi nhận chỉ số lớn nhất, vẽ một điểm trên hay dưới của giao điểm này bằng một nửa giá trị đo top-bottom. Nếu giá trị bottom là âm, đặt một điểm bằng một nửa giá trị này từ tâm của hoạ đồ hướng lên đỉnh của hoạ đồ. Nếu chỉ số bottom là dương, đặt điểm bằng lượng một nửa giá trị bottom ở phía dưới của đường tâm đồ hoạ (tương tự như các kỹ thuật mô hình điểm đến điểm). Đặt một đường thẳng từ điểm trên tâm hoạ đồ ở vị trí đồ gá được gắn giữ đến điểm mà lấy chỉ số đo. Hãy vẽ một đường từ điểm lấy chỉ số đo đến phía không dẫn động của trục. Hãy nhớ, bất kỳ trục nào được lấy thông số thì trục đó chính là trục sẽ được vẽ trên giấy hoạ đồ. Hình 7.9 trình bày một ví dụ vẽ trục bơm trên mô hình cân chỉnh theo phương đứng.
3. Tiếp theo, ở giao điểm của tâm hoạ đồ và điểm mà ở đó đồng hồ so lấy có thông số nhỏ nhất, vẽ một điểm trên hay dưới của giao điểm này bằng một nửa giá trị top to bottom hay chỉ số phương đứng của đồng hồ so. Nếu chỉ số bottom là âm thì vẽ điểm ở trên của đường tâm hoạ đồ, nếu chỉ số là dương thì vẽ điểm này ở dưới đường tâm hoạ đồ. Kéo một đường thẳng từ điểm trên tâm hoạ đồ à ở đó đồ gá được gắn giữ qua điểm trên hoạ đồ mà đồng hồ so lấy thông số. Vẽ một đường từ điểm trên hoạ đồ mà ở

đó đồng hồ so lấy thông số đến phía NDE của trục đó. Hình 7.10 trình bày một ví dụ vừa việc vẽ trục motor trên mô hình cân chỉnh theo phương đứng.



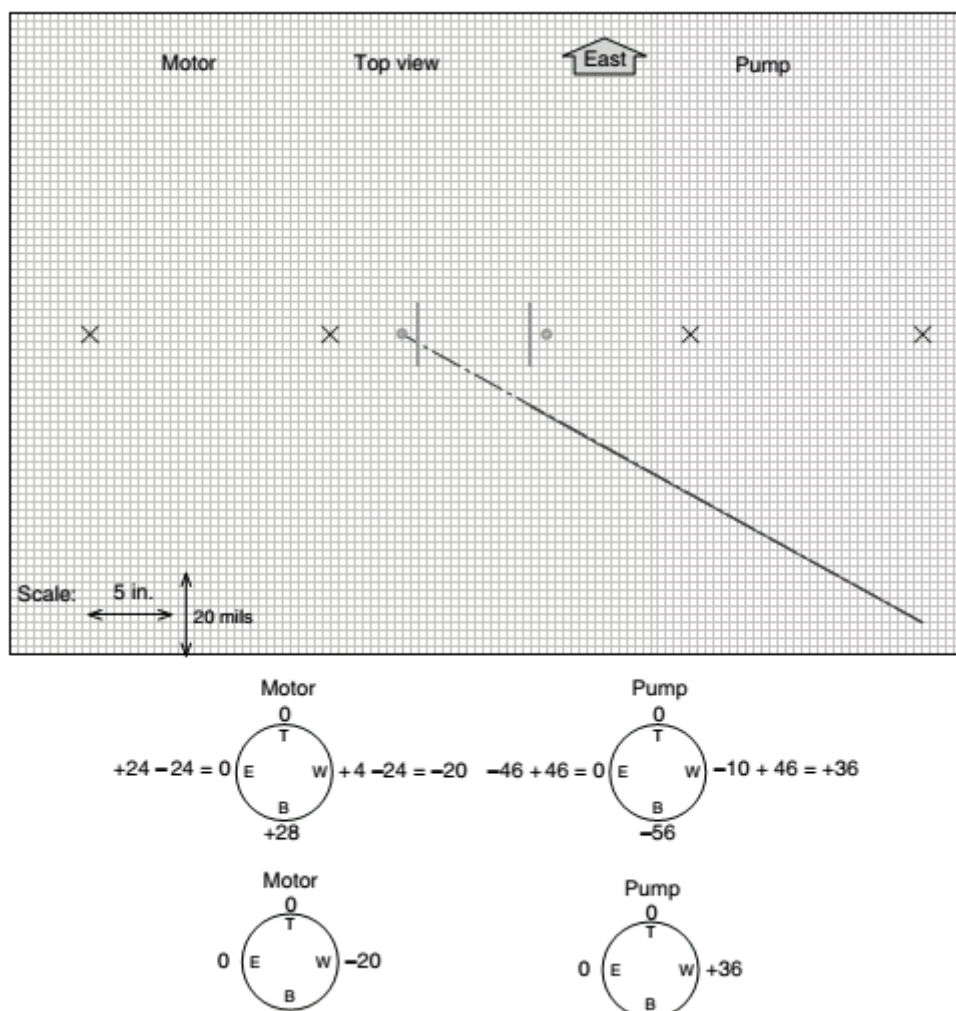
Hình 7.9: Vẽ trục bơm trên mô hình hình chiếu đứng.



Hình 7.10: Vẽ trục motor trên mô hình cân chỉnh theo phương đứng.

Lưu ý rằng có sự nhất quán đối với kỹ thuật vẽ này. Nếu thông số đồng hồ ở mặt phẳng đứng (top-bottom) là âm, ta vẽ một nửa giá trị của nó hướng lên đỉnh của tờ giấy vẽ đối với cả hai trục. Nếu thông số này là dương, hãy vẽ một nửa giá trị này hướng xuống dưới của tờ giấy vẽ đối với cả hai trục.

Quá trình thực hiện vẽ vị trí trục đối với hình chiếu bằng là tương tự như ở hình chiếu đứng. Như đã thảo luận trong chương 8, một trong những nguyên tắc cơ bản khi thực hiện mô hình cân chỉnh là phải đưa về 0 giá trị đồng hồ so ở mặt bên hướng lên trên đỉnh của tờ giấy vẽ. Tham chiếu hình 7.7 vị trí phát biểu rằng hãy nhìn hướng đông. Do đó, khi nhìn hệ thống truyền động từ trên xuống (hình chiếu bằng), thì hướng chỉ lên đỉnh của tờ giấy phải là hướng đông. Hình 7.1 trình bày cách trục bom được vẽ ở hình chiếu bằng và làm thế nào để thông số mặt bên hướng đông được đưa về 0. Hình 7.2 trình bày cách làm thế nào trục motor được vẽ trong hình chiếu bằng.



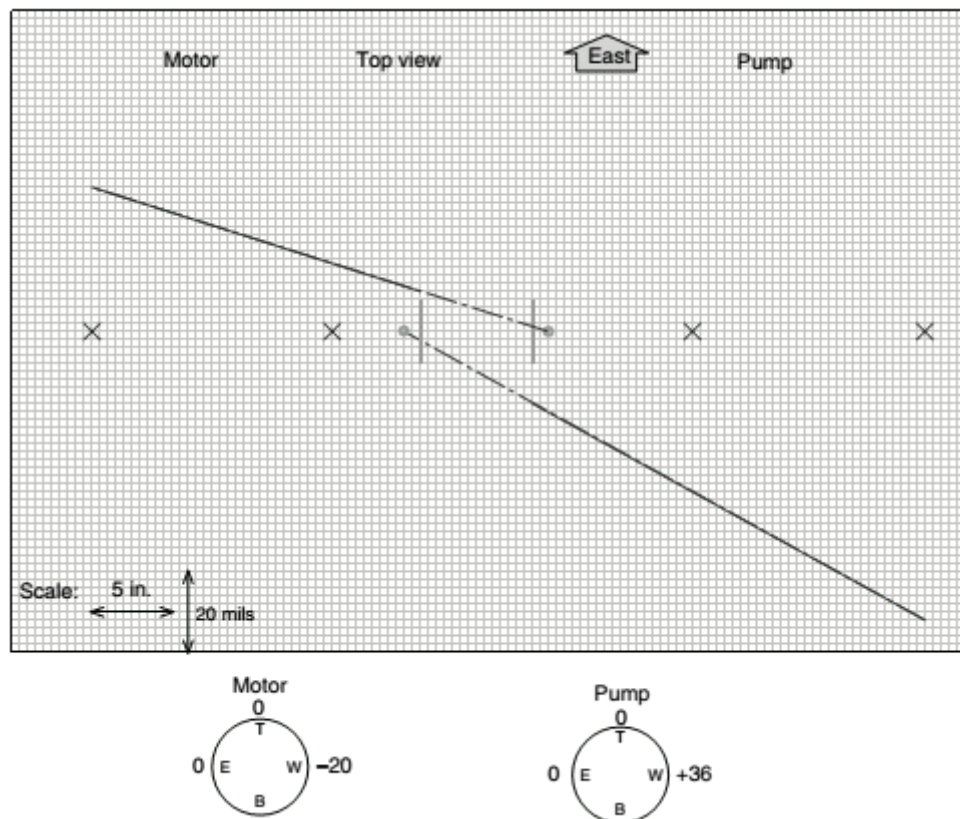
Hình 7.11: Vẽ trục bơm trên hình chiếu bằng của mô hình cân chỉnh.

#### 7.4. Mô hình phương pháp Reverse sử dụng kỹ thuật đường đến điểm

Có một phương pháp thay thế khác để họa đồ hay mô hình các chỉ số theo phương pháp Reverse. Có 2 điểm thuận lợi của kỹ thuật này trái ngược với phương pháp điểm đến điểm “point to point” là:

- Dễ dàng hơn trong việc mô hình nhiều yếu tố của dây truyền máy nơi mà các chỉ số đo được lấy ở hai hay nhiều flexible coupling.
- Bất kể bạn có có một bộ đồ gá đối xứng hay không đối xứng thì các điểm mà ở đó các bộ đồ gá được tháo giữ trên trục là không liên quan, chỉ các điểm mà ở đó các chỉ số đồng hồ so được lấy là được yêu cầu.

Có 6 thông tin chính mà bạn phải xây dựng vị trí trục một cách phù hợp khi sử dụng phương pháp này:



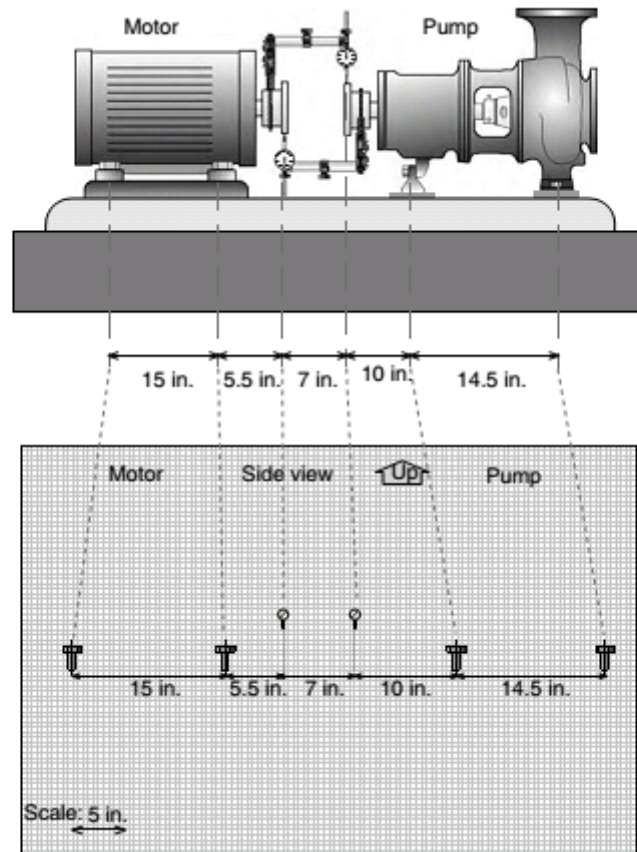
Hình 7.12 vẽ trục motor trên hình chiếu bằng của mô hình cân chỉnh.

1. Khoảng cách giữa các chân máy phía DE và NDE (các mặt phẳng bulong) của máy thứ nhất.
2. Khoảng cách từ mặt phẳng bulong chân phía DE của máy thứ nhất đến điểm trên trục mà ở đó đồng hồ so đọc giá trị đo rim trên máy thứ nhất.
3. Khoảng cách từ vị trí đồng hồ so đang lấy thông số rim trên máy thứ nhất đến điểm mà ở đó các đồng hồ so lấy dữ liệu rim trên máy thứ hai.
4. Khoảng cách từ vị trí đồng hồ so lấy giá trị rim trên máy thứ hai đến mặt phẳng bulong chân phía DE của máy thứ hai.
5. Khoảng cách giữa các chân bulong tại mặt phẳng bulong chân phía DE và NDE ở máy thứ hai.
6. 8 chỉ số đồng hồ so được lấy ở đỉnh, đáy và ở hai bên của các trục sau khi đã bù trừ đi sai lệch vòng của đồ gá (hoàn hảo nhất là hệ thống đồ gá không có sai lệch vòng).

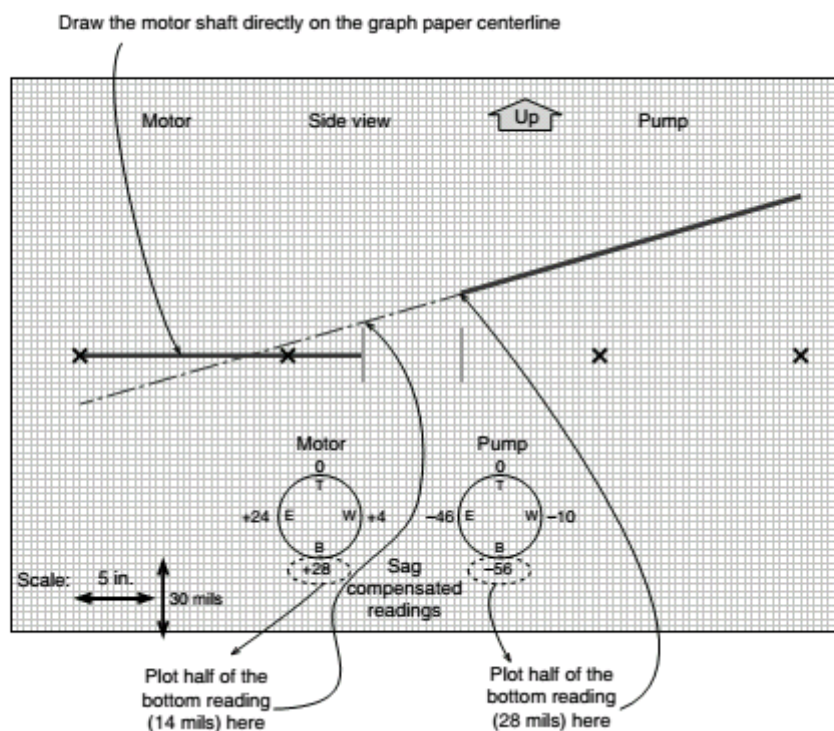
Tỷ lệ một cách chính xác khoảng cách dọc theo chiều dài của dây truyền máy trên đường tâm của hoa đồ như được trình bày trong hình 7.3.

Quy trình vẽ theo kỹ thuật đường đến điểm là như sau:

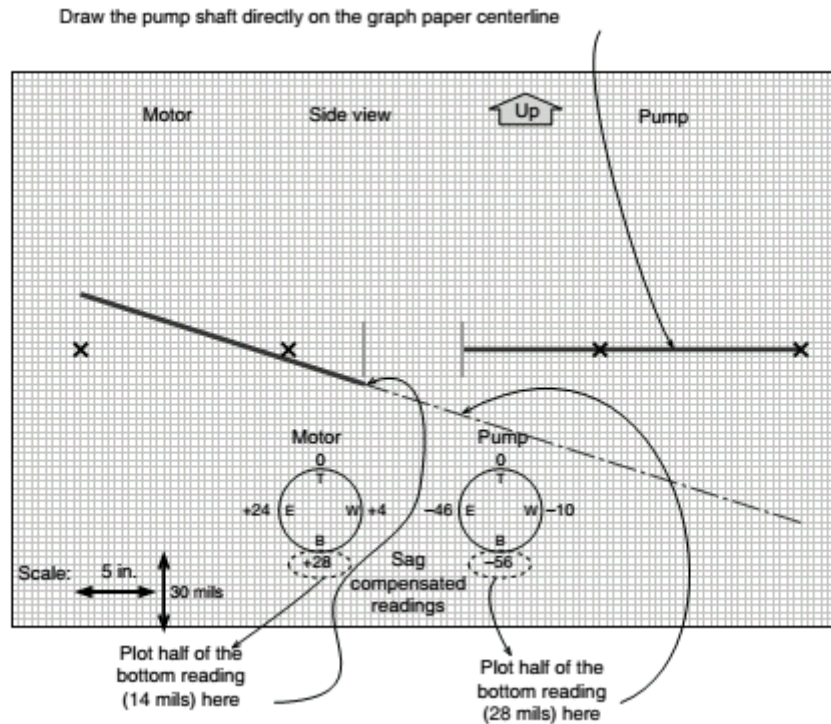
1. Lựa chọn một trong 2 trục máy và vẽ một trong hai trục này trên đỉnh của đường tâm hoa đồ. Hình 7.14 trình bày một ví dụ về vị trí trục motor đầu tiên được đặt trên đường tâm giấy hoa đồ và vị trí trục bơm được vẽ từ các thông số đo theo phương pháp Reverse. Hình 7.15 trình bày một ví dụ mà ở đó vị trí trục bơm được vẽ trước tiên trên đường tâm giấy hoa đồ và vị trí trục motor được vẽ từ cùng các chỉ số đo bằng phương pháp Reverse.



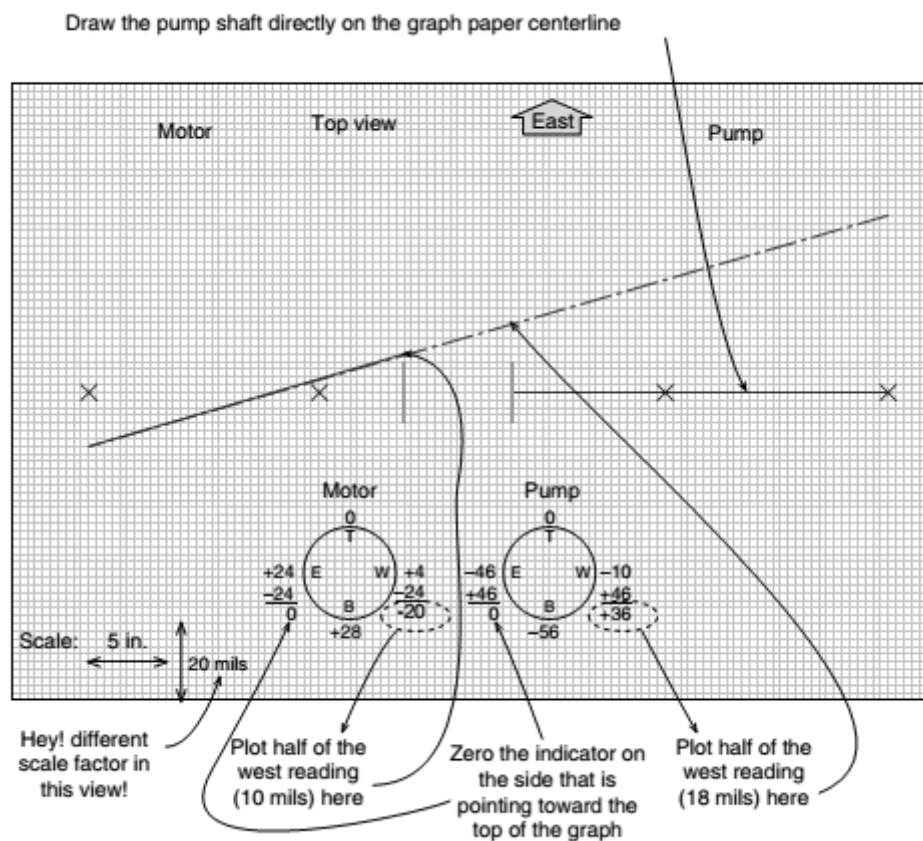
Hình 7.13 thông số kích thước cần thiết cho việc vẽ các chỉ số Reverse sử dụng phương pháp vẽ đường đến điểm.



Hình 7.14 ví dụ hình chiếu đứng mà ở đó trục motor là trục được vẽ lên đầu tiên trên đường tâm của giấy họa đồ và vị trí trục bơm được vẽ sau đó.



Hình 7.15 ví dụ hình chiếu đứng mà ở đây trục bơm được vẽ trước lên đường tâm giấy họa đồ và vị trí trục motor được vẽ sau đó.



Hình 7.16 ví dụ hình chiếu bằng mà ở đó trục bơm được vẽ trước tiên lên đường tâm giấy họa đồ và vị trí trục motor được vẽ sau đó.

2. Bắt đầu từ các chỉ số đo của đồng hồ so theo phương đứng (top-bottom hay side to side) ở trên trục còn lại (cái mà bạn không vẽ trên đường tâm trục hoạ đồ).
3. Vẽ vị trí đường tâm của trục còn lại bằng cách bắt đầu tại giao điểm của đường tâm hoạ đồ và điểm lấy chỉ số của đồng hồ so trên trục còn lại. Nếu chỉ số bottom là âm, vẽ một điểm tại vị trí cách đường tâm hoạ đồ một khoảng bằng một nửa chỉ số đọc được tại bottom hướng lên trên đỉnh của tờ giấy vẽ. Nếu chỉ số là dương thì hãy vẽ về phía ngược lại so với đường tâm của trục hoạ đồ. Hãy khoan vẽ bất kỳ đường nào.
4. Tiếp theo, bắt đầu tại giao điểm của đường tâm hoạ đồ và điểm lấy chỉ số đo đồng hồ so trên trục mà được vẽ phía trên của tờ đường tâm hoạ đồ. Nếu chỉ số đo tại bottom là âm, hãy vẽ một điểm cách đường tâm hoạ đồ một khoảng bằng 1 nửa giá trị tại bottom hướng xuống dưới đáy của tờ giấy vẽ. Nếu giá trị là dương thì vẽ tương tự theo chiều ngược lại (điều này ngược với phương pháp điểm đến điểm point to point).
5. Hai điểm được đánh dấu trên giấy hoạ đồ tại vị trí lấy thông số đo của đồng hồ so định nghĩa lên đường một đường thẳng (đường tâm của trục quay) của trục còn lại. Hãy vẽ đường thẳng nối hai điểm này từ điểm cuối của khớp nối đến điểm cuối phía NDE của trục còn lại.

Để thực hiện điều chỉnh thông số alignment này hãy xem phần 7.4.6 và 7.4.6.

## ***CHƯƠNG 8***

# **PHƯƠNG PHÁP RIM – FACE**

Có lẽ kỹ thuật đồng hồ so đầu tiên được sử dụng để cân chỉnh máy quay là phương pháp Rim-Face được trình bày trong hình 8.1. Nó không hoàn toàn rõ ràng về việc ai là người đầu tiên sử dụng kỹ thuật này hay khi nào và ở đâu nó được sử dụng để cân chỉnh các trục của máy quay nhưng phương pháp này thường được sử dụng trong các hướng dẫn lắp đặt máy và hướng dẫn lắp đặt khớp nối và nó vẫn được sử dụng bởi những người cân chỉnh máy. Nó tương tự như cách mà các thợ máy điều chỉnh định tâm và chỉnh cho các phôi trên máy phay hay máy tiện và điều chắc chắn rằng đến từ thực tiễn gia công trong buổi bình minh của cuộc cách mạng công nghiệp.

Như được trình bày trong hình 8.2, các chỉ số face có thể được lấy ở cả hai mặt của coupling hub (hay một đối tượng được gắn cố định trên trục còn lại). Độ chính xác của phương pháp này trực tiếp liên quan đến đường kính của mặt lấy chỉ số như được minh họa trong hình 8.3. Đường kính của mặt face càng lớn, thì độ chính xác của phương pháp này càng cao. Giả sử rằng cả hai trục có thể quay được, đường kính mặt face có thể được tăng bởi gắn thêm một đối tượng lên một trục và chỉ số đo face được đo trên đối tượng này như được trình bày trong hình 8.4.

#### **Ưu điểm**

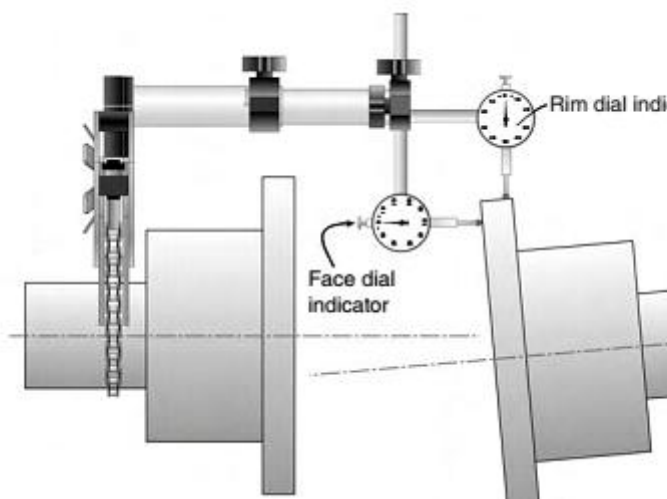
1. Đây là một kỹ thuật tốt để sử dụng trong các tình huống mà ở đó một trong các trục máy không thể quay được hay khó có thể quay một trong các trục của máy (xem thêm chương 12).
2. Nhiều người sử dụng phương pháp này hiểu rằng thông số rim (hay bề mặt đường kính) chỉ ra lượng offset của tâm trục hay độ sai lệch song song và đồng hồ face chỉ ra sai lệch góc của trục cần đo.
3. Đây là một phương pháp tốt để sử dụng khi bề mặt face để lấy thông số có đường kính tương đối lớn (thông thường khoảng 8inch hay lớn hơn). Phương pháp này bắt đầu đạt đến độ chính xác của kỹ thuật reverse bất cứ khi nào đường kính face lấy chỉ số đo bằng hay vượt quá khoảng cách từ vị trí đồ gá đến điểm lấy thông số rim trong phương pháp Reverse.

#### **Nhược điểm**

1. Không chính xác bằng phương pháp Reverse nếu cả hai trục có thể quay được và đặc biệt nếu bề mặt lấy thông số face có đường kính nhỏ hơn 8 inch.
2. Nếu trục máy được đỡ trên các bạc trượt (plain hay sleeve bearing), thì trục sẽ dễ dàng bị dịch dọc trục hướng đến hoặc ra xa trục còn lại khi quay trục dẫn đến kết quả chỉ số đo face thiếu chính xác (xem mục 5.10).
3. Độ võng của đồ gá phải được đo và được bù khi thực hiện cân chỉnh.

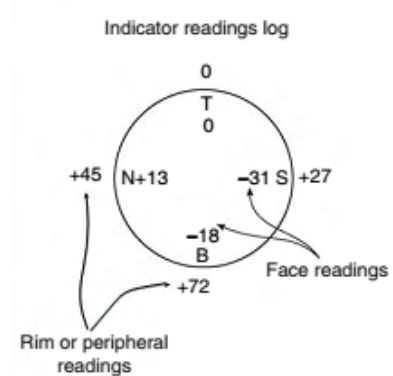
### **8.1. Mối quan hệ toán học trong cân chỉnh máy**

Hình 8.8 trình bày mối quan hệ toán học giữa các kích thước máy và chỉ số đo của đồng hồ so được thu thập sử dụng phương pháp Rim – Face. Các phương trình sẽ giải ra lượng dịch chuyển mà cần để điều chỉnh lại tình trạng sai lệch cân chỉnh đang tồn tại (đưa các trục về mối quan hệ đồng trục khi nguội) trên vỏ máy này hay vỏ máy khác hoặc có thể xảy ra cả hai trường hợp. Nếu bạn quyết định giữ thiết bị dẫn động đứng yên, bạn sẽ tính toán cho lượng dịch chuyển của máy bị dẫn động hay ngược lại.



#### Quy trình

1. Gắn đồ gá cân chỉnh chắc chắn lên một trục và xác định vị trí đồng hồ so trên mặt face và đường kính bề mặt của trục còn lại (hay coupling hub).
2. Chỉnh 0 cho đồng hồ so ở vị trí 12h.
3. Quay trục và đồ gá từ từ lần lượt mỗi lần 90° ở các vị trí 3h, 6h và 9h. Ghi nhận các chỉ số đo (âm hoặc dương).
4. Trở lại vị trí 12h để kiểm tra xem đồng hồ so có về vị trí 0 không.
5. Lặp lại các bước 2 đến 4 để xác nhận lại bộ chỉ số vừa thu thập được.

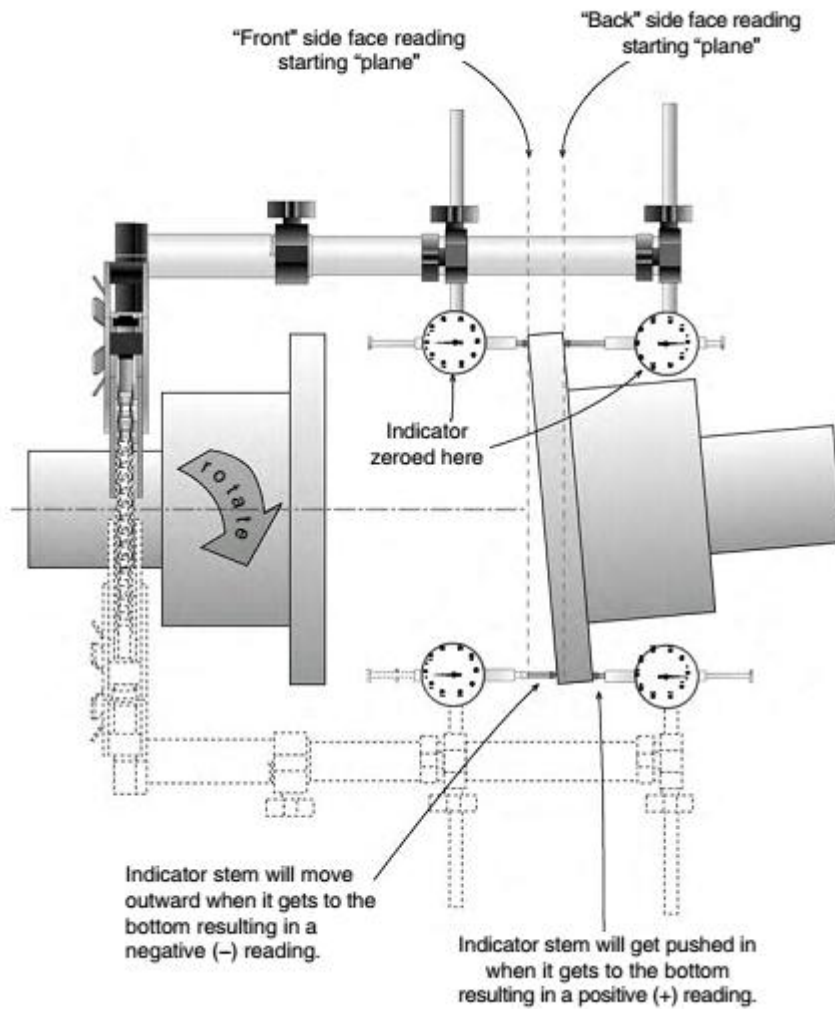


Hình 8.1 phương pháp và quy trình cân chỉnh Rim-face.

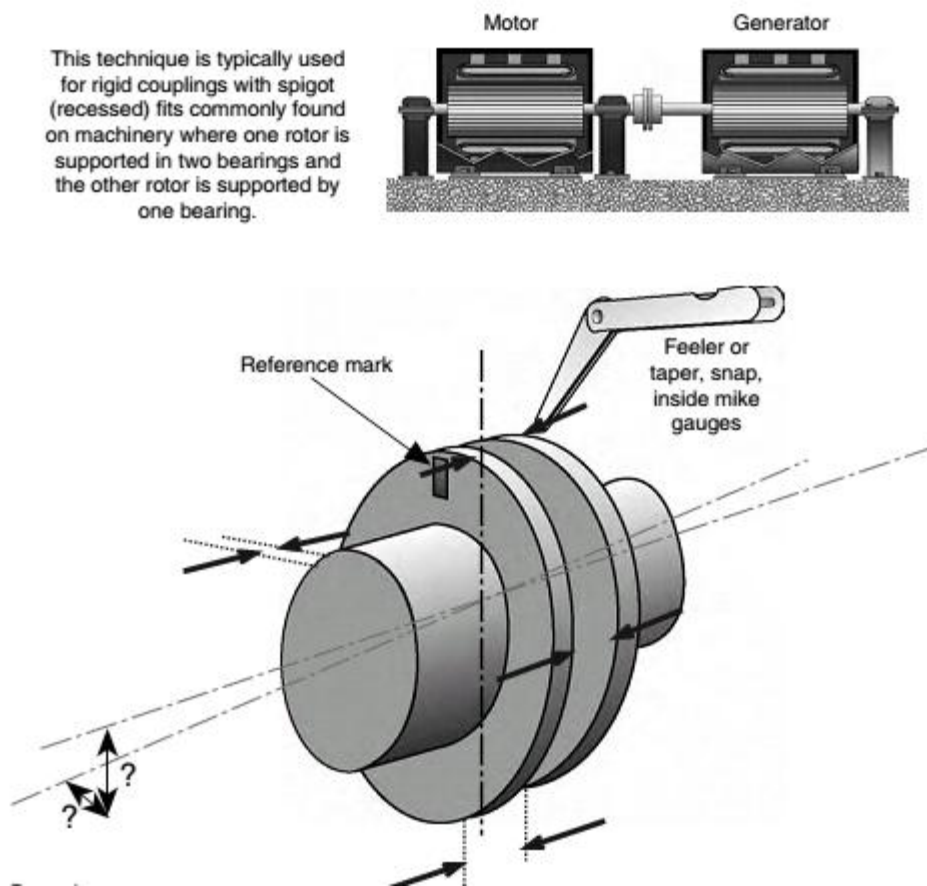
### 8.2. Phương pháp 16 điểm

Phương pháp này tương tự phương pháp Rim-face được gọi trên là phương pháp 16 điểm thường được sử dụng trên các máy quay được kết nối với nhau bởi khớp nối cứng hơn là các khớp nối dạng flexible coupling. Quy trình thực hiện được minh họa trong hình 8.8.

Phương pháp này thông thường được sử dụng ở nơi mà một trục được đỡ trên hai bearing và trục còn lại được đỡ trên một bearing ở phía NDE. Các mặt bích khớp nối có rãnh khớp với nhau. Giả định được đưa ra khi thực hiện kỹ thuật này là chỉ có cân chỉnh sai lệch góc thuần túy hiện diện (không có sai lệch song song) và rằng các bề mặt bích là vuông góc với các đường tâm trục quay. Các bulong mặt bích được nới lỏng, các trục được tách rời chỉ một lượng nhỏ, đảm bảo rằng các bề mặt mặt bích vẫn liên tục trong các rãnh và một chuỗi các chỉ số đo face được lấy ở bốn điểm quanh các bề mặt bích ở vị trí 12h, 3h, 6h và 9h. Không có chỉ số Rim nào được lấy.



Hình 8.2 các chỉ số đo face có thể được lấy ở mặt trước hoặc mặt sau.



#### Quy trình

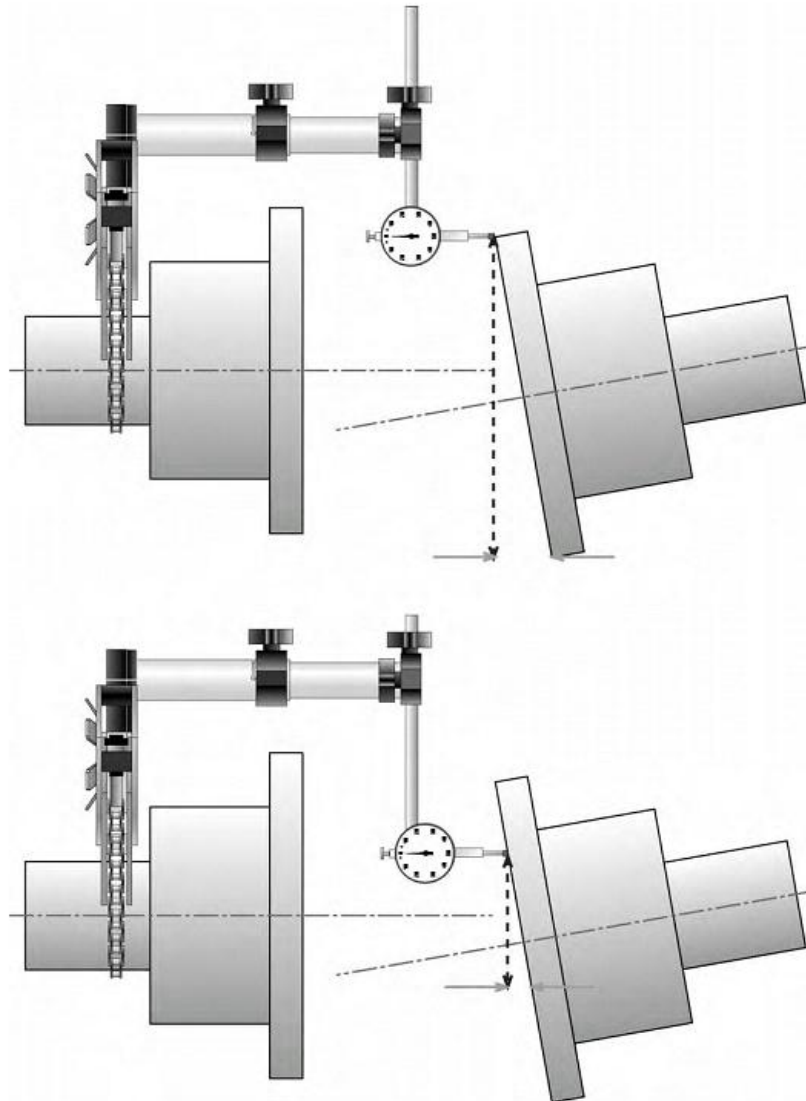
1. Đảm bảo các bulong khớp nổi được nói lỏng và có một sự chia tách nhẹ (khoảng 20mils) giữa hai bề mặt khớp nổi để ngăn ngừa sự kẹt hay lực tác động qua lại từ trục này sang trục kia.
2. Đặt một dấu tham chiếu trên một (hoặc cả hai) trục, thường ở vị trí 12h.
3. Đánh dấu chính xác vị trí gia tăng 90o trên coupling hub từ điểm 12h tham chiếu.
4. Sử dụng thước nhét, hay thước côn có thể đo độ chính xác đến 0.001in. (1mils) để đo khe hở giữa hai bề mặt khớp nổi ở mỗi chu kỳ 90o (cả hai bên và trên dưới).
5. Đo đường kính của coupling hub nơi mà khe hở được ghi nhận.
6. Ghi nhận mỗi chỉ số khe hở và quay cả hai trục một góc 90o.
7. Ghi nhận bộ dữ liệu khác và quay trục 90o một lần nữa.
8. Lặp lại bước 7 cho đến khi các dấu tham chiếu được đo hết và trở lại vị trí ban đầu 12h.

Hình 8.9 phương pháp và quy trình thực hiện phương pháp 16 điểm

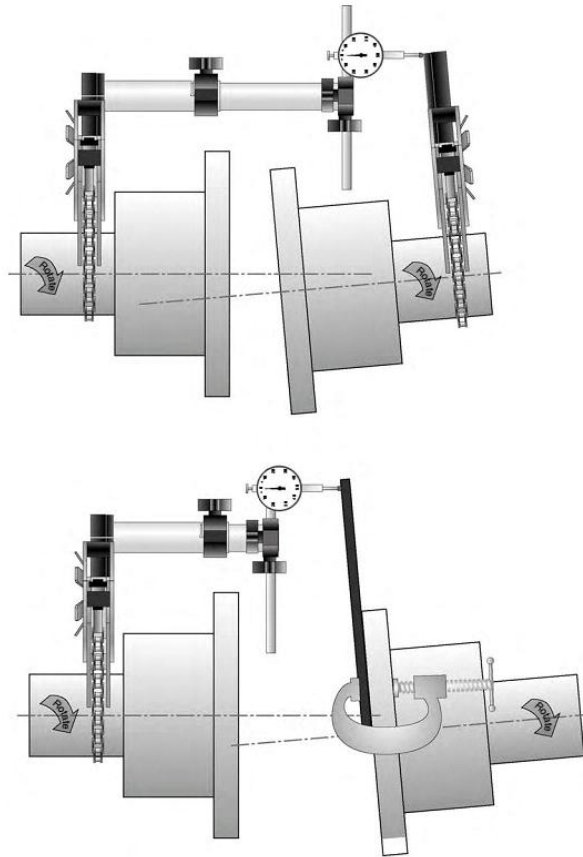
### 8.3. Phương pháp 24 điểm

Phương pháp 24 điểm cũng thường được sử dụng trên các máy quay được kết nối với nhau bởi khớp nổi cứng hơn là các khớp nổi dạng flexible. Quy trình thực hiện được minh họa trong hình 8.7. Nó thường được sử dụng ở nơi mà hai trục được đỡ trên hai bearing. Các bulong mặt bích được nói lỏng, các trục tách rời nhau ột chút, và một loạt các chỉ số đo face được lấy ở 4 điểm xung quanh mặt bích ở các vị trí 12h, 3h, 6h và 9h cùng với các chỉ số đo rim theo chu vi thường được đo bằng đồng hồ so. Đối với tất cả các mục

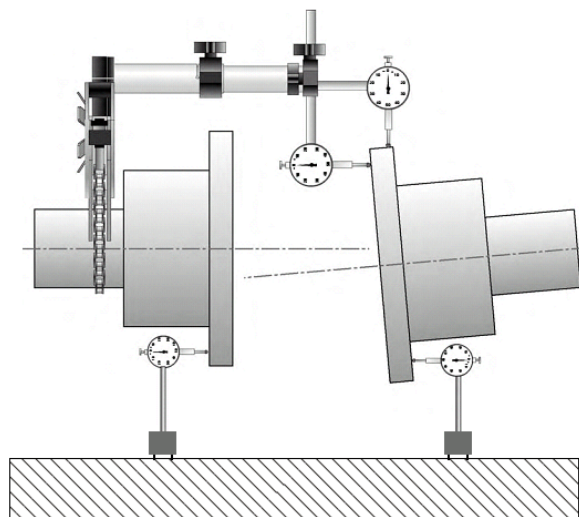
đích thực tế thì đây là kỹ thuật face và rim được giải thích trước đó. Tốt hơn nên đo các chỉ số face cùng với đồng hồ so, thước nhét, snap gause hay thước có độ chính xác cao được sử dụng để lấy chỉ số đo face.



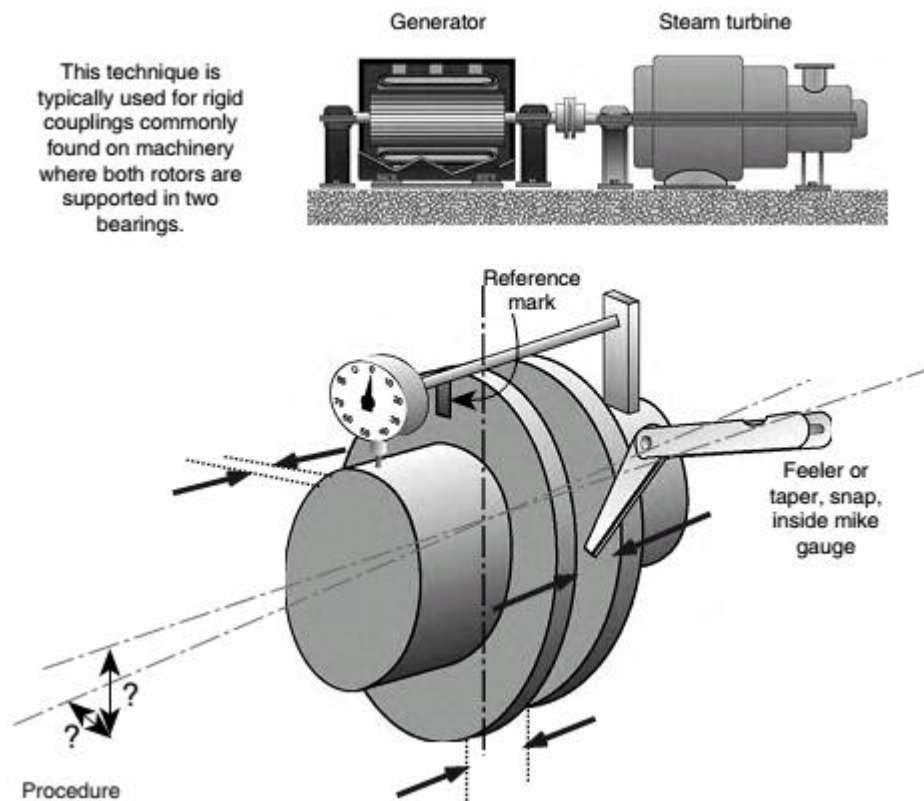
*Hình 8.3 Ghi nhận các chỉ số đo face trên các đường kính khác nhau sẽ dẫn đến chỉ số đo khác nhau mặc dù trục ở cùng một vị trí góc.*



Hình 8.4 các chỉ số face có thể được thu thập ở bất kỳ bề mặt hay thiết bị được gắn cứng trên một trục (giả định các trục có thể quay cùng với nhau).



Hình 8.5 nếu các trục đang dịch chuyển dọc trục trong quá trình đo face, các đồ hồ so có thể được gắn thêm để giám sát sự dịch chuyển dọc trục của mỗi trục để điều chỉnh đúng giá trị đo face.



Hình 8.10 phương pháp và quy trình thực hiện 24 điểm.

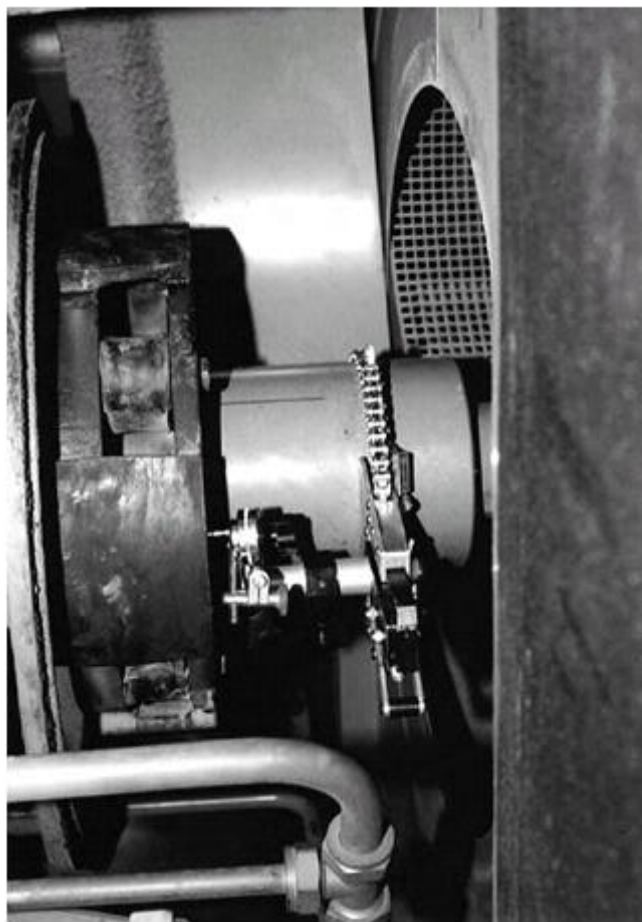
#### Quy trình

1. Đảm bảo rằng bulong khớp nối được nối lỏng và có một lượng chia tách nhỏ khoảng 20mils giữa hai bề mặt trục để tránh bất kỳ ứng suất hoặc lực tác động qua lại giữa các trục.
2. Đánh dấu tham chiếu trên một trục hoặc cả hai trục, thường ở vị trí 12h.
3. Đánh dấu chính xác các vị trí gia tăng thêm 90° từ điểm 12h.
4. Gắn bộ đồ gá lên một trục và gắn đồng hồ so đọc thông số thông số bề mặt đường kính hay thông số rim của khớp nối trục còn lại. Chính 0 cho đồng hồ so tại vị trí 12h.
5. Sử dụng thước nhét hay thước côn có khả năng đo chính xác đến 0.001inch (1mil) để đo khe hở giữa hai bề mặt của coupling hub ở các vị trí cách nhau 90° đã được đánh dấu (cả hai bên và trên dưới).
6. Đo đường kính coupling hub tại vị trí ghi nhận thông số.
7. Ghi nhận mỗi giá trị khe hở và quay trục một góc 90°.
8. Ghi nhận bộ số liệu khác tại vị trí vừa rồi bằng thước nhét và lưu ý chỉ số đo của đồng hồ so hiện tại đang ở cạnh bên của coupling hub. Quay cả hai trục một góc 90° một lần nữa.
9. Ghi nhận bộ số liệu khác tại vị trí vừa rồi bằng thước nhét và lưu ý chỉ số đo của đồng hồ so hiện tại đang ở đáy của coupling hub. Quay cả hai trục một góc 90° một lần nữa.
10. Ghi nhận bộ số liệu khác tại vị trí vừa rồi bằng thước nhét và lưu ý chỉ số đo của đồng hồ so hiện tại đang ở cạnh bên của coupling hub. Quay cả hai trục một góc 90° một lần nữa trở lại vị trí tham chiếu ban đầu.

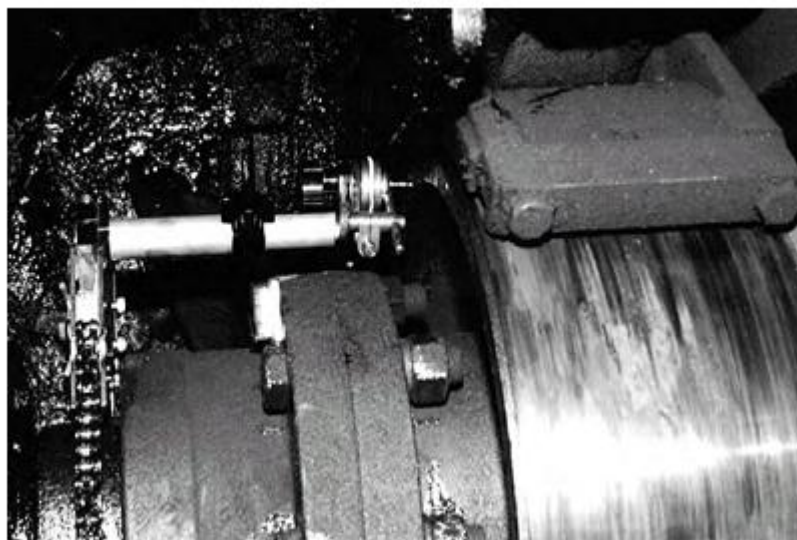
#### **8.4. Các vấn đề với việc thu thập các chỉ số đo face.**

Khi thực hiện bất kỳ phương pháp nào mà ở đó các chỉ số face được thu thập, thì sự không chính xác về đo lường và sự mâu thuẫn có thể xảy ra nếu các trục được quay, dịch chuyển hướng đến hay ra xa trục còn lại, trong quá trình thu thập các thông số đo. Điều này rất dễ xảy ra nếu các trục được đỡ trên các bạc trượt.

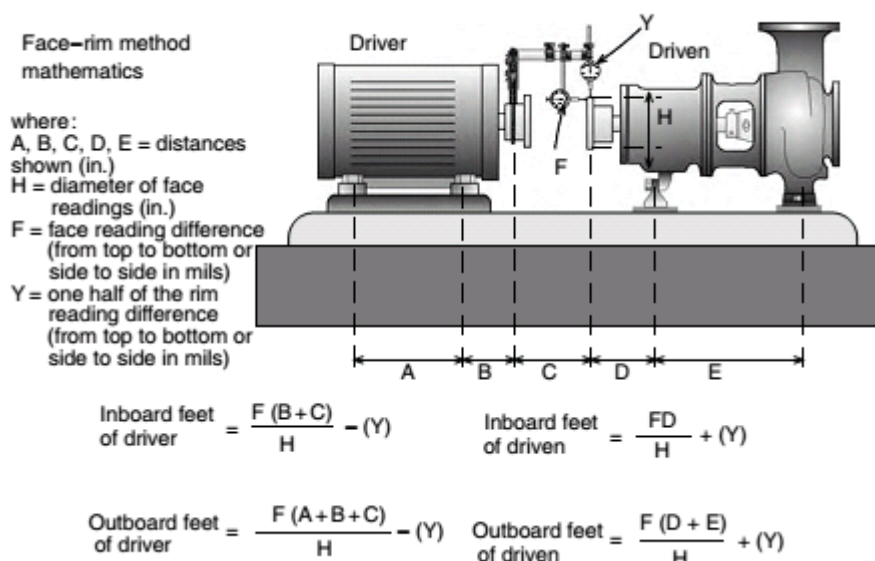
Dấu hiệu trước tiên cho thấy điều này đang xảy ra là nếu đồng hồ so hay cảm biến đo bất kỳ không trở về 0 sau khi quay 360o. Nó do đó được đề nghị rằng có ít nhất hai bộ số liệu đo được lấy để thấy rằng có sự lặp lại về các thông số đo ở mỗi vị trí 90o hay không. Nếu các chỉ số đo không lặp lại trong khoảng sai số 1-2mils sau hai lần quay được thực hiện và bạn giả sử rằng các trục thực sự dịch chuyển hướng đến hay ra xa trục còn lại, thì bạn có thể thử một trong 3 quy trình sau đây để cải thiện độ chính xác của thông số đo.



*Hình 8.6 các chỉ số đo face đang được lấy trên trục máy nén.*



Hình 8.7 chỉ số đo face được lấy trên tang thẳng.



Hình 8.8 công thức Face-rim cho tính toán lượng dịch chuyển trên mỗi vỏ máy.

#### 8.4.1. Thiết lập sẵn vị trí dọc trục

Sau khi các đồ gá được gắn lên trục và đồng hồ so hay bất kỳ sensor đo nào khác được sử dụng được định tại vị trí 12h, trước khi bạn chỉnh 0 cho đồng hồ so, hãy đẩy trục một chút hay kéo chúng cùng với nhau để ép chung vào sát bề mặt bạc chặn, sau đó set 0 cho đồng hồ so. Mỗi khi quay 90o trong quá trình đo thông số, thì hãy đẩy các trục một chút (hay kéo chúng cùng với nhau nếu đó là những gì bạn đã làm lúc đầu tiên) để ép trục tựa lên bề mặt bạc chặn của chúng, sau đó quan sát và ghi nhận chỉ số đo của bạn.

#### 8.4.2. Bù cho sự dịch chuyển dọc trục cùng với các đồng hồ so cố định

Hình 8.11 trình bày đồ gá được cố định trên trục với một đồng hồ so đang thu thập dữ liệu face. Có nhiều hơn 2 đồng hồ so được gắn đến đế máy (hay bất kỳ thiết bị chuẩn đứng yêu nào khác) giám sát sự dịch chuyển dọc trục của mỗi trục. Khi các trục này được quay qua mỗi góc 90o, các thông số đo được giám sát và ghi nhận trên 3

đồng hồ so. Hình 8.12 trình bày một ví dụ về việc làm thế nào để bù cho các lượng dịch dọc trục được giám sát này.

Tại sao điều này lại quan trọng?

Máy quay mà được đỡ trên bạc trượt được thiết kế để dịch chuyển tự do theo hướng dọc trục. Lượng dịch chuyển dọc trục này bị giới hạn bởi bạc chặn hay bởi các lực từ. Lượng dịch chuyển tự do dọc trục là khác nhau giữa các máy nhưng thông thường không lớn hơn 20mils và nhiều nhất khoảng 1/2inch như ở motor 500hp. Nếu bạn có ý định sử dụng phương pháp Rim-face để đo cho mục đích cân chỉnh thì phải bù cho sai số do chuyển động tự do này gây ra trong quá trình cân chỉnh.

1. Gắn bộ đồ gá cân chỉnh đến một trong hai trục, đặt đồng hồ so ở vị trí 12h trên trục còn lại hay bề mặt coupling hub như được trình bày đảm bảo rằng kim đồng hồ so ở vị trí giữa của khoảng dịch chuyển (kim nhỏ đồng hồ so). Gắn đế từ lên casing của máy hay bất kỳ đối tượng nào đứng yên, đặt đồng hồ so đối diện với coupling hub, điểm cuối của trục hay bất kỳ thứ gì được gắn lên trục àm ở đó đồng hồ so có thể giám sát bất kỳ chuyển động dọc trục nào trong quá trình quay trục. Nếu cả hai trục có thể dịch chuyển dọc trục từ do, một đế từ và một đồng hồ so khác phải được đặt trên cả hai trục như trình bày bên hình. Chỉnh 0 cho tất cả các đồng hồ so và chuẩn bị ghi nhận thông số đo.
2. Quay cả hai trục 1 góc 90o. Giám sát kỹ mỗi đồng hồ so trong khi quay lưu ý nếu kim đồng hồ đang bị đẩy vào (giá trị dương, kim quay cùng chiều kim đồng hồ) hay nếu thụt ra (giá trị âm kim quay ngược chiều kim đồng hồ). Dừng sau mỗi ¼ vòng và ghi nhận số liệu đo trên mỗi đồng hồ so.
3. Một lần nữa, quay cả hai trục một góc 90o và giám sát kỹ mỗi đồng hồ so trong quá trình quay lưu ý chuyển động đẩy và hay thụt ra của kim đồng hồ. Dừng sau ¼ vòng quay và ghi nhận chỉ số đo ở mỗi đồng hồ.
4. Nếu có thể, một lần nữa, quay cả hai trục một góc 90o và ghi nhận các chỉ số đo của đồng hồ (xem phần 5.10).

Tại sao điều này lại quan trọng?

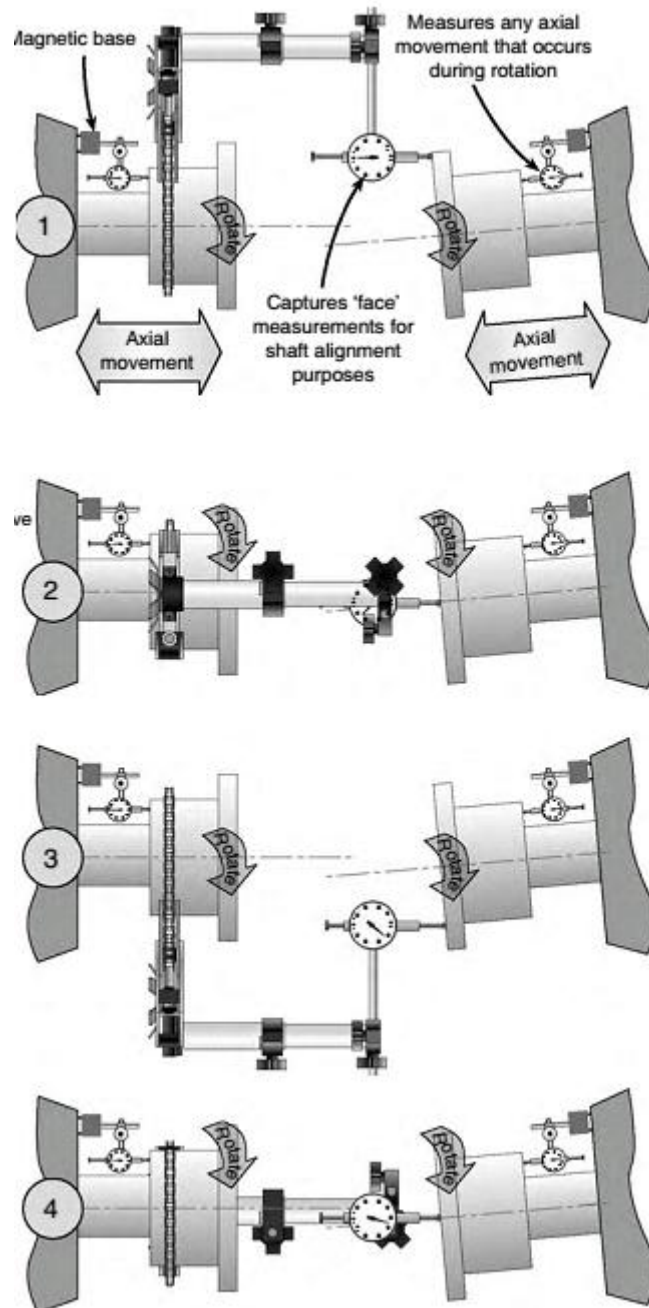
Máy quay mà được đỡ trên bạc trượt được thiết kế để dịch chuyển tự do theo hướng dọc trục. Lượng dịch chuyển dọc trục này bị giới hạn bởi bạc chặn hay bởi các lực từ. Lượng dịch chuyển tự do dọc trục là khác nhau giữa các máy nhưng thông thường không lớn hơn 20mils và nhiều nhất khoảng 1/2inch như ở motor 500hp. Nếu bạn có ý định sử dụng phương pháp Rim-face để đo cho mục đích cân chỉnh thì phải bù cho sai số do chuyển động tự do này gây ra trong quá trình cân chỉnh.

1. Gắn bộ đồ gá cân chỉnh đến một trong hai trục, đặt đồng hồ so ở vị trí 12h trên trục còn lại hay bề mặt coupling hub như được trình bày đảm bảo rằng kim đồng hồ so ở vị trí giữa của khoảng dịch chuyển (kim nhỏ đồng hồ so). Gắn đế từ lên casing của máy hay bất kỳ đối tượng nào đứng yên, đặt đồng hồ so đối diện với coupling hub, điểm cuối của trục hay bất kỳ thứ gì được gắn lên trục àm ở đó đồng hồ so có thể giám sát bất kỳ chuyển động dọc trục nào trong quá trình quay trục. Nếu cả hai trục có thể dịch chuyển dọc trục từ do, một đế từ và một đồng hồ so khác phải được đặt trên cả hai trục như trình bày bên hình. Chính 0 cho tất cả các đồng hồ so và chuẩn bị ghi nhận thông số đo.

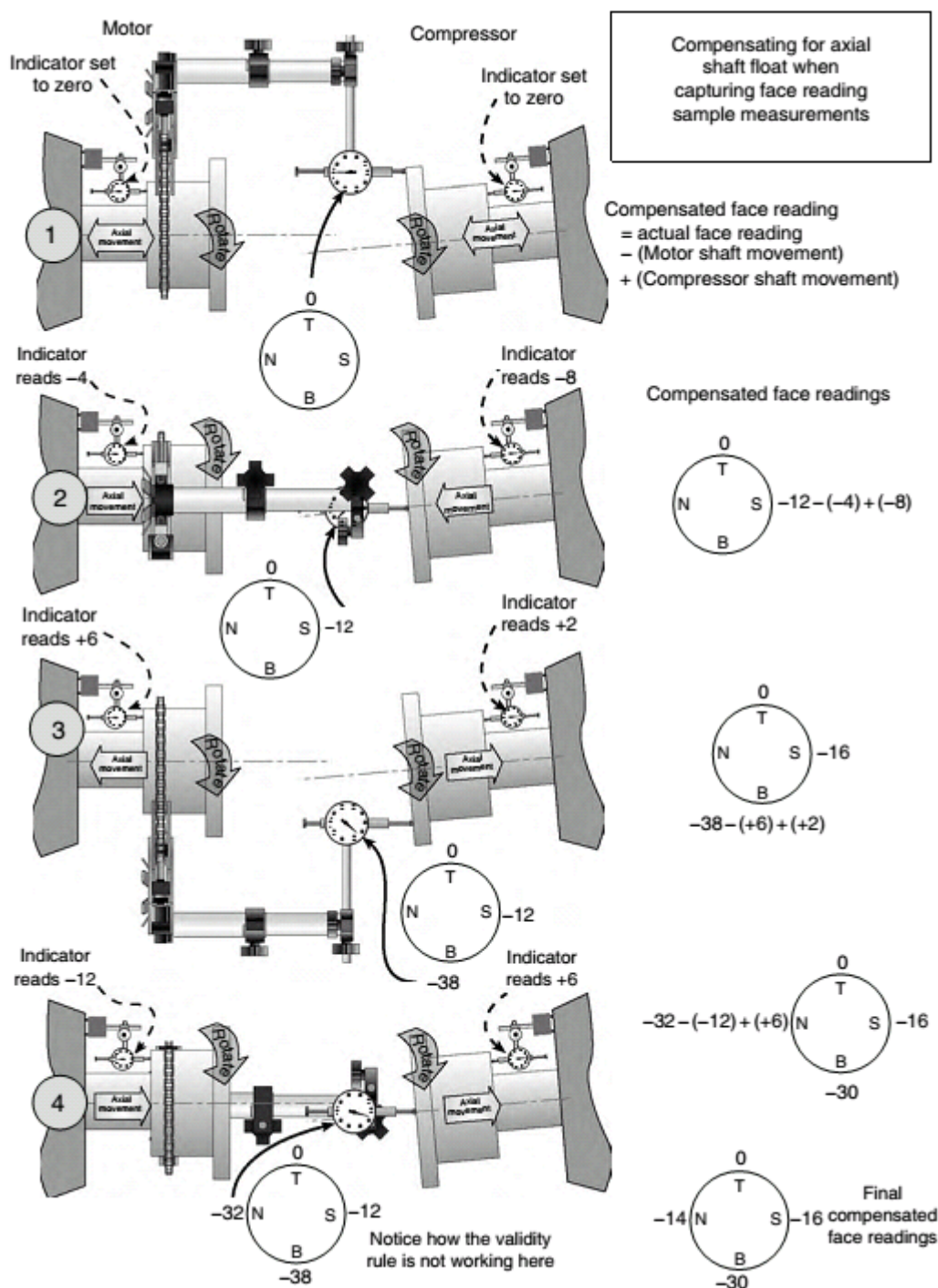
2. Quay cả hai trục 1 góc 90°. Giám sát kỹ mỗi đồng hồ so trong khi quay lưu ý nếu kim đồng hồ đang bị đẩy vào (giá trị dương, kim quay cùng chiều kim đồng hồ) hay nếu thụt ra (giá trị âm kim quay ngược chiều kim đồng hồ). Dừng sau mỗi ¼ vòng quay và ghi nhận số liệu đo trên mỗi đồng hồ so.

3. Một lần nữa, quay cả hai trục một góc 90° và giám sát kỹ mỗi đồng hồ so trong quá trình quay lưu ý chuyển động đẩy và hay thụt ra của kim đồng hồ. Dừng sau mỗi ¼ vòng quay và ghi nhận chỉ số đo ở mỗi đồng hồ.

4. Nếu có thể, một lần nữa, quay cả hai trục một góc 90° và ghi nhận các chỉ số đo của đồng hồ (xem phần 5.10).



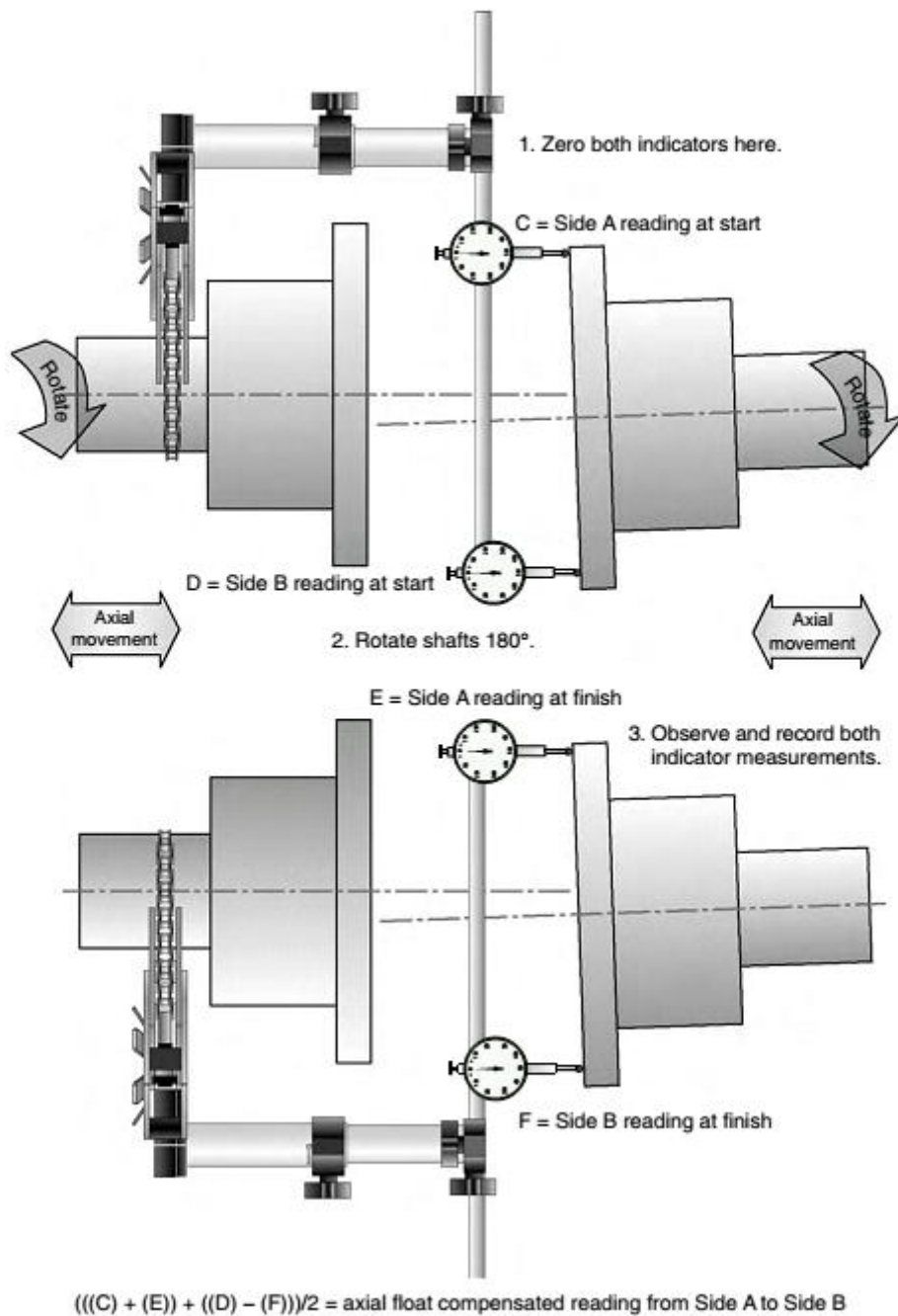
Hình 8.11 bù cho sự dịch chuyển dọc trục với các đồng hồ so được gá cố định.



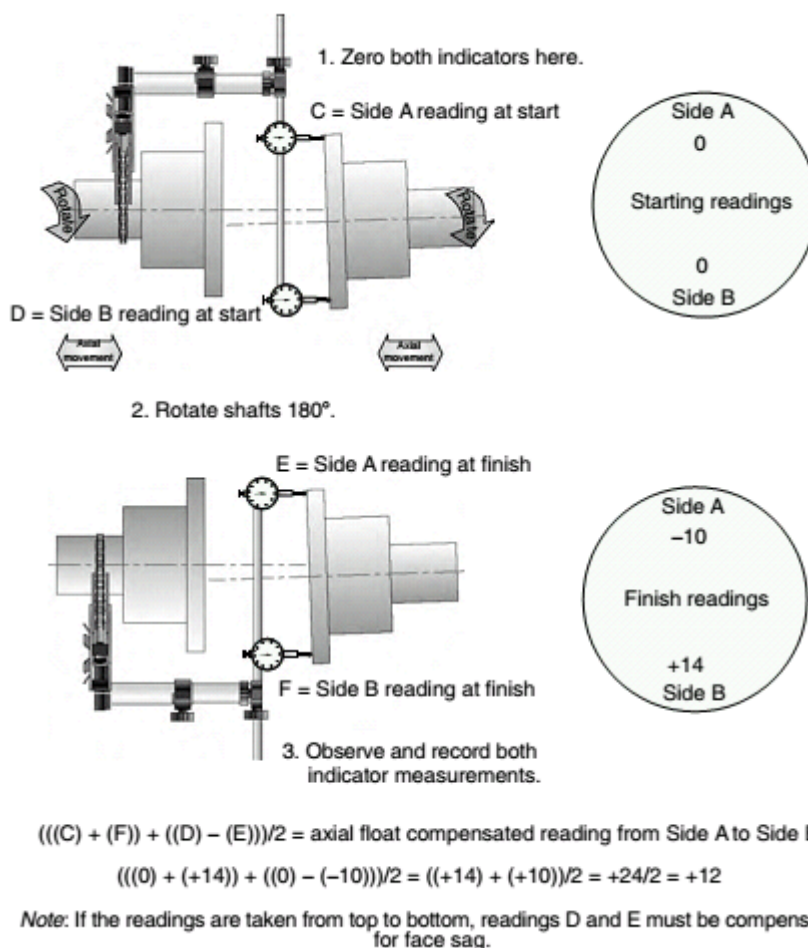
Hình 8.12 ví dụ về bù cho lượng dịch chuyển dọc trục với các đồng hồ so cố định

#### 8.4.3. Bù cho sự dịch chuyển dọc trục cùng với các đồng hồ so quay

Hình 8.13 trình bày bộ đồ gá cân chỉnh được gắn trên các trục với hai đồng hồ so đo face đặt cách nhau 180°. Trong quá trình quay, nếu các trục dịch chuyển tự do về phía sau hay trước, cả hai đồng hồ so sẽ bị ảnh hưởng một cách tỉ lệ. bằng việc lấy một nửa sai lệch toán học giữa hai bộ chỉ số đo này qua lần quay 180°, lượng dịch dọc trục mà đã xảy ra sẽ được loại bỏ. hình 8.14 trình bày một ví dụ về cách làm thế nào để bù trừ cho lượng dịch dọc này.



Hình 8.13 bù cho lượng dịch dọc với các đồng hồ so quay.



Hình 8.14 ví dụ về bù cho lượng dịch dọc trục với các đồng hồ so quay.

### 8.5. Mô hình phương pháp Face và Rim

Phương pháp Face và Rim đo lượng offset và sai lệch góc của đường tâm trục quay còn lại ứng với đường tâm của trục tham chiếu. Lượng offset được đo bởi thông số Rim và lượng sai lệch góc được đo bởi đồng hồ đo face. Tương tự như phương pháp Reverse, phương pháp mô hình đường đến các điểm trong chương 10, một trong những trục được đặt trực tiếp trên đường tâm giấy hoạ đồ để tham chiếu và sau đó trục còn lại được định vị trí dựa trên các chỉ số đo đạt được từ đồng hồ so.

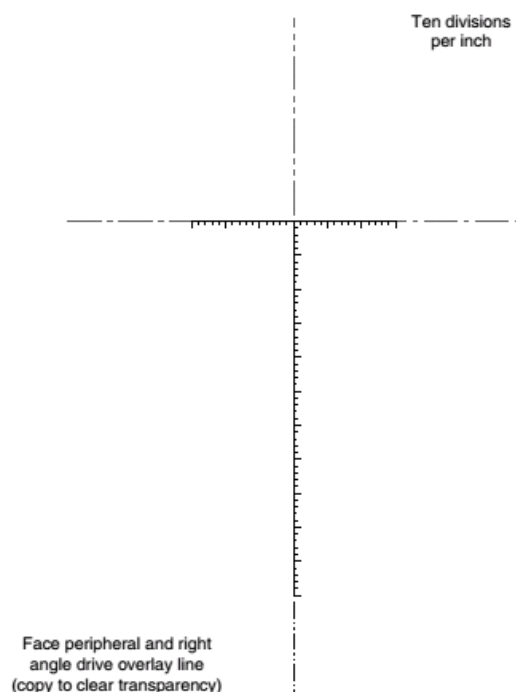
Để hoạ đồ phương pháp Rim – face bạn cần phải có một thước nhựa hình chữ T có vạch chia tương tự như trình bày trong hình 8.5. Đường mong muốn T bar sẽ trình bày trục mà đồng hồ so đọc thông số đo. Trục mà bộ đồ gá được gắn là trục tham chiếu và do đó sẽ được vẽ trên đường tâm của trục hoạ đồ này.

Có 9 phần thông tin mà bạn cần để xây dựng nên các vị trí trục hợp lý sử dụng kỹ thuật này là:

1. Xác định trục nào sẽ là trục được gắn đồ gá và trục nào là trục đồng hồ so đọc chỉ số đo?
2. Khoảng cách từ chân phía NDE và DE tại bề mặt bulong của máy mà bộ đồ gá được gắn lên.

3. Khoảng cách từ bulong phía DE của máy mà bộ đồ gá được gắn đến điểm trên trục nơi mà đồ gá được giữ cố định.
4. Khoảng cách từ vị trí đồ gá được giữ cố định đến điểm mà đồng hồ so lấy thông số rim và face trên trục còn lại.
5. Khoảng cách từ vị trí mà các đồng hồ so đang lấy các chỉ số face và rim đến chân bulong phía DE của máy còn lại.
6. Khoảng cách giữa hai chân bulong phía DE và NDE ở mặt phẳng bulong của máy mà đồng hồ so đang đọc chỉ số.
7. Đường kính mà chỉ số face được lấy.
8. Các chỉ số face đang được lấy ở phía trước hay phía sau của bề mặt coupling hub hay bề mặt dùng để lấy chỉ số. Xem hình 8.2.
9. 8 chỉ số đồng hồ so được lấy tại các vị trí top, bottom, và hai bên của các thông số đo rim và face.

Tỷ lệ khoảng cách trên giấy hoạ đồ và tỉ lệ đường kính bề mặt lấy chỉ số face trên thanh T như được chỉ ra trong hình 8.16 và hình 8.16. Phần đỉnh của chữ T trình bày bề mặt face của trục bạn đang lấy chỉ số và phần dưới của chữ T trình bày đường tâm quay của trục.



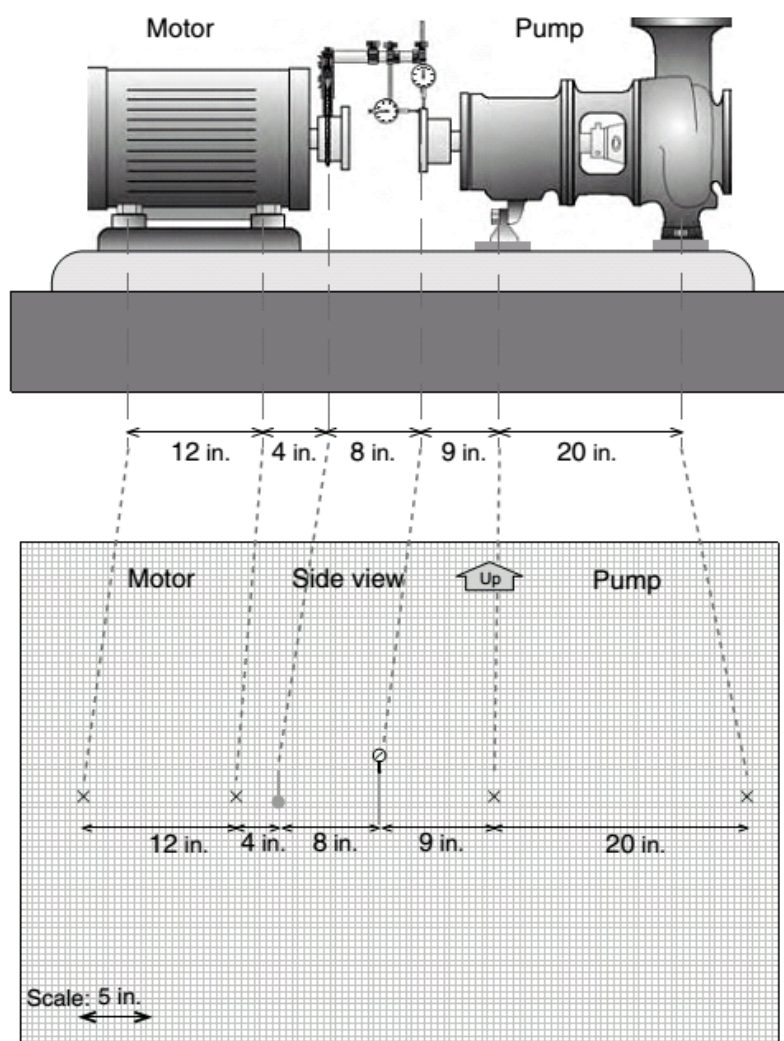
Hình 8.15 đường overlay chữ T (tỉ lệ 50%).

Trong phương pháp này, bạn có 2 tỉ lệ khác nhau cho bản vẽ. Nói cách khác, bất kỳ tỉ lệ nào bạn sử dụng từ trái qua phải để tỉ lệ cho kích thước dọc theo chiều dài máy, cái mà cùng hệ số tỉ lệ được sử dụng từ vị trí top đến bottom trên hoạ đồ tỷ lệ đường kính face của bề mặt lấy thông số khi bạn chuyển đổi kích thước đến đỉnh của chữ T trên thanh T overlay. Cũng như vậy, bất cứ tỷ lệ nào bạn lựa chọn để khuếch đại tình trạng sai lệch cân chỉnh cho các chỉ số rim từ trên xuống dưới bản

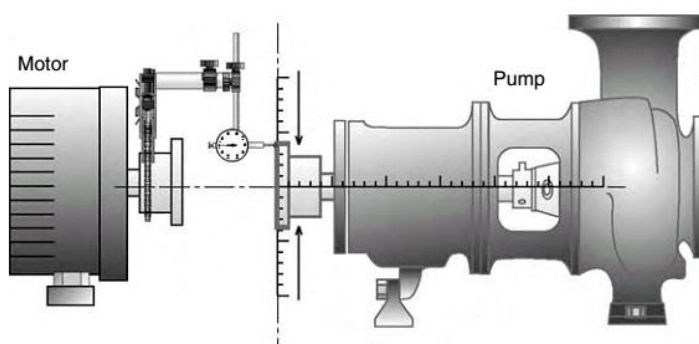
vẽ, cái mà cùng tỉ lệ được sử dụng từ trái qua phải của bản vẽ khi bạn quay thành T overlay để phản ánh chỉ số face mà bạn đang giám sát. Hãy đảm bảo rằng bạn sử dụng cùng tỉ lệ (inches) cho cả hai kích thước máy và đường kính face và cùng tỉ lệ (mils) cho các chỉ số đo rim và face.

Quy trình vẽ theo kỹ thuật Rim-Face như sau:

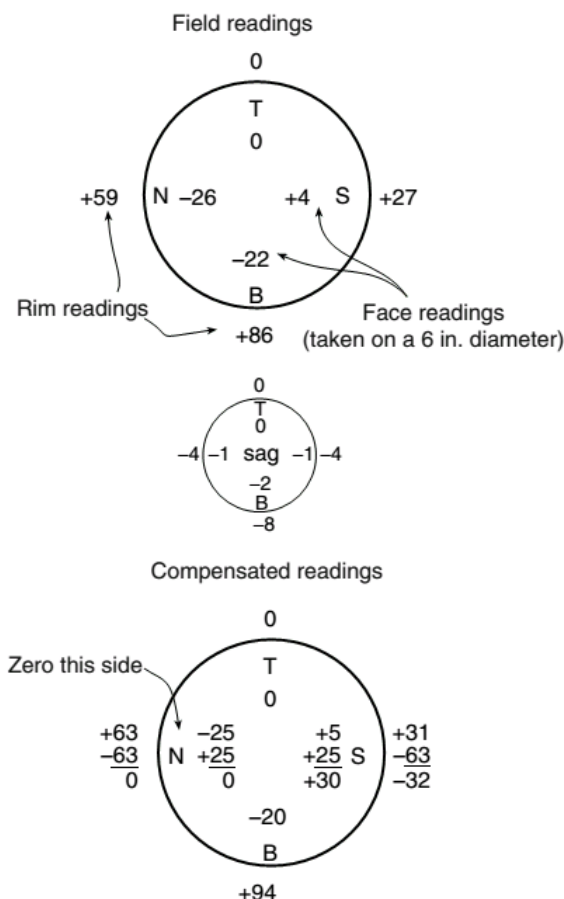
1. Vẽ trục mà bộ đồ gá cân chỉnh được gắn trên trục tiếp trên đường tâm hoạ đồ.
2. Tiếp theo, xác định vị trí thanh T overlay để phản ánh các chỉ số ghi nhận được trên thông số Rim của trục còn lại. Nếu thông số rim dưới đáy là âm, thì hãy trượt thanh T hướng lên đỉnh của tờ giấy để phân chân chữ T có giá trị là một nửa thông số rim này từ đường tâm hoạ đồ. Nếu thông số rim ở tại vị trí bottom là âm thì trượt thanh T hướng xuống dưới đáy của tờ giấy để mà chân của chữ T bằng một nửa thông số rim tính từ đáy của đường tâm hoạ đồ.
3. Xoay quanh thanh T overlay để phản ánh chỉ số face ghi nhận được. Có một số cách để hoàn thành việc này. Bạn có thể xoay hay quanh thanh T từ điểm trên của thanh chữ T nơi mà đồng hồ so được chỉnh về 0 và di chuyển điểm dưới đáy. Điều này được đề cập đến như là một điểm xoay trên “Top pivot. Bạn có thể xoay vị trí đế và đỉnh của giao điểm chữ T và xoay một nửa ở điểm đỉnh hay đáy thường được đề cập đến như là trục xoay tâm hay bạn có thể xoay từ điểm thấp hơn của thanh T và di chuyển điểm đỉnh thường được đề cập đến như là một điểm xoay đáy.



Hình 8.16 Thông tin kích thước cần để vẽ các thông số đo face-rim.



Hình 8.17 Tỷ lệ đường kính của thông số face trên đỉnh của thanh T overlay.



Hình 8.18 các thông số đo Face-rim thực tế và đã được bù cho hình 8.19 và hình 8.20

Hình 8.19 và hình 8.20 trình bày một ví dụ của mô hình cân chỉnh của hình chiều đứng và hình chiều bằng của motor và bơm vị trí mà các chỉ số face-rim được thu thập dữ liệu.

Một thiết bị rẻ tiền mà sử dụng quy luật thanh T overlay đã xuất hiện từ năm 1973 (được phát triển sớm hơn ở công nghiệp lọc dầu ở đảo Caribbean Hà Lan).

Bảng vẽ cân chỉnh máy được trình bày trong hình 8.21, là một thước vẽ khoảng 7.5" 11", với overlay nhựa có thể sử dụng lại cái à trượt và xoay trong rãnh để định vị trí dễ dàng. Nó có thể được sử dụng cho cân chỉnh Face-rim, Reverse và các thiết lập khác, với bất kỳ cấu hình đồ gá và đồng hồ xoay.



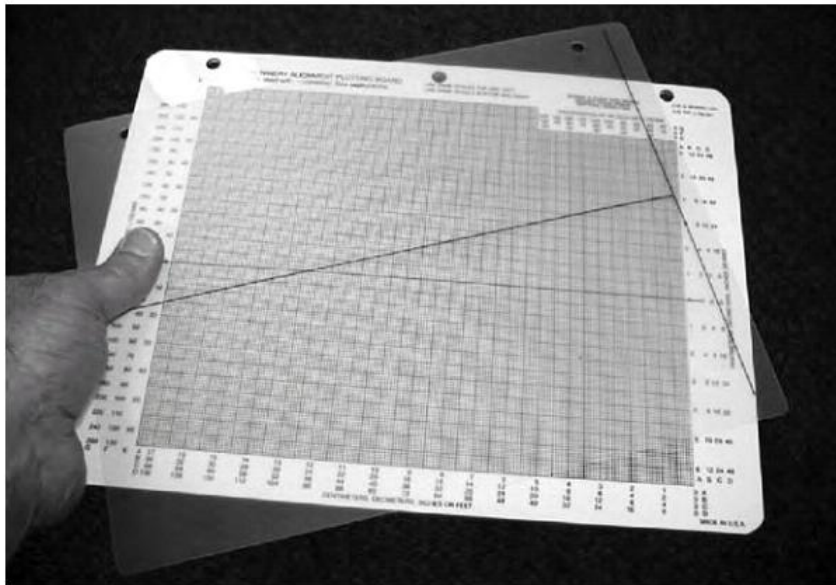


FIGURE 11.21 Murray & Garig Machinery Alignment Plotting Board.

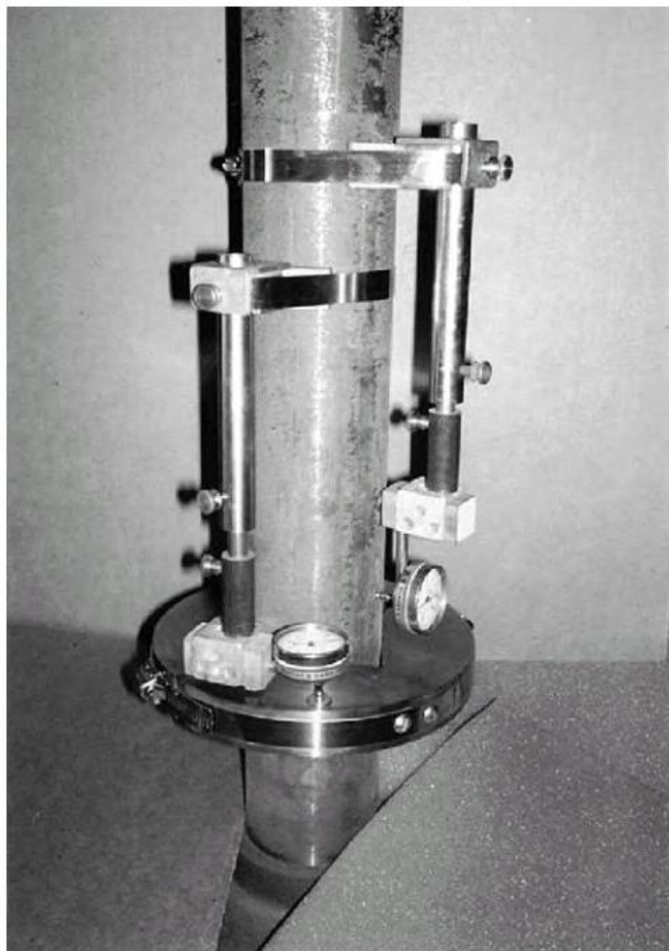


FIGURE 11.22 Artificial face split disk system. (Courtesy of Murray & Garig Tool Works, Baytown, TX.)

## CHƯƠNG 9

# TÍNH TOÁN BÙ CHO SỰ GIÃN NỞ NHIỆT

Các điểm chính trong chương cần lưu ý:

Học viên làm quen với các phương pháp khác nhau được sử dụng để đo sự giãn nở nhiệt của một dây truyền máy.

Học viên sẽ có thể đưa các giá trị giãn nở nhiệt lên trên bản đồ cân chỉnh và trích xuất những thông số đo đồng hồ so cần đạt đến.

### 9.1. Sự giãn nở nhiệt

Sự cân chỉnh đồng trục hay giá trị 0-0 tĩnh (trạng thái nguội) thường không dẫn đến thông số cân chỉnh cho phép ở trạng thái nóng. Thông thường, từng bộ phận riêng biệt trong dây truyền máy có giá trị giãn nở nhiệt khác nhau. Đường ống hay các nguồn lực khác có thể đẩy máy sai lệch cân chỉnh theo phương ngang. Khi sự giãn nở nhiệt của máy được biết, chúng ta có thể vẽ lượng offset nguội mong

muốn và truy xuất đến giá trị thông số đồng hồ so cần đạt đến cho sự cân chỉnh trực tiếp. Khi điều đó được thực hiện, dây truyền máy sẽ bị sai lệch ở trạng thái tĩnh nhưng ở trạng thái động nó được cân chỉnh. Dây truyền máy sẽ giãn nở nhiệt đến giá trị cần cân chỉnh.

Có một số phương pháp để xác định giãn nở nhiệt như sau:

- Lượng offset được khuyến cáo bởi NSX.
- Gradient nhiệt.
- Thanh Essinger.
- Giám sát bằng laze.
- Cân chỉnh quang học.

Lượng offset được khuyến cáo bởi NSX:

- Thường là giá trị được tính toán.
- Nhìn chung là giá trị cho phép cho lần cân chỉnh đầu tiên.
- Có thể không phù hợp với môi trường của bạn.
- Có thể không phù hợp với điều kiện vận hành của bạn.

Gradient nhiệt

- Thông thường, là phương pháp ước lượng tốt hơn về cân chỉnh động học so với lượng offset được khuyến cáo bởi NSX.
- Chỉ yêu cầu phải có hảo kế hồng ngoại hoặc súng bắn nhiệt bằng laze.
- Phương trình giãn nở nhiệt là:

$$\delta L = \alpha L \cdot \delta T$$

ở đây:

$\delta L$ : là lượng thay đổi về chiều dài.

$\alpha$ : là hệ số giãn nở nhiệt.

L là chiều dài.

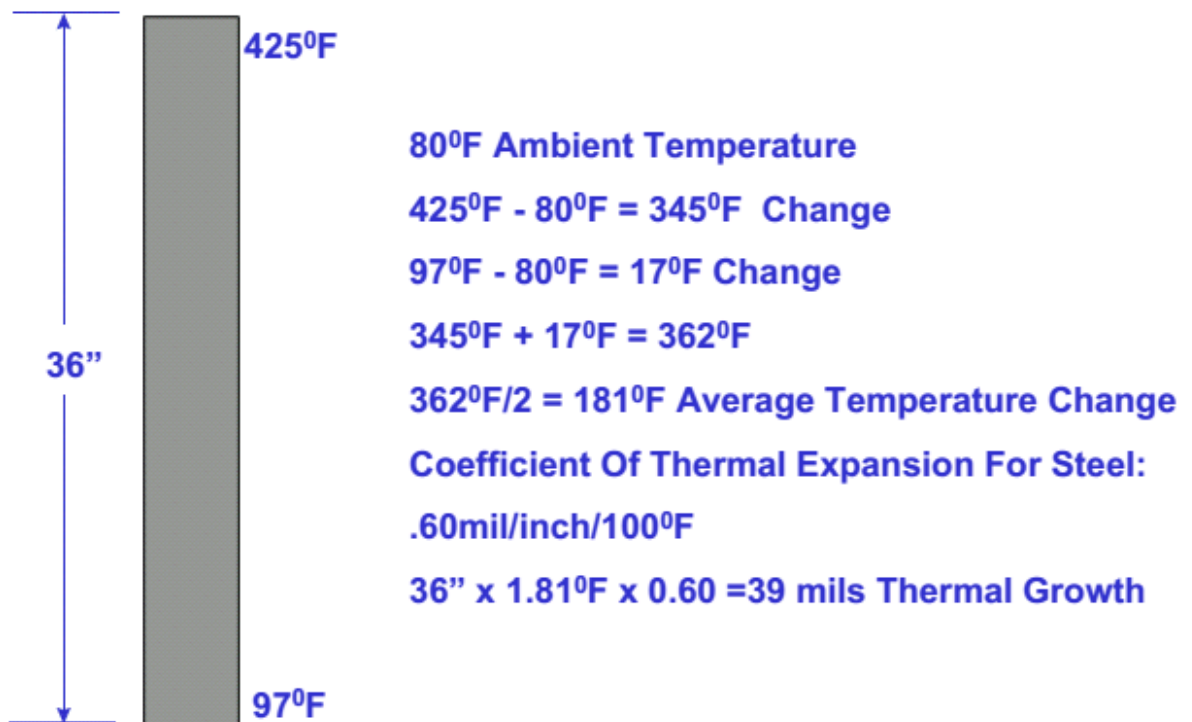
$\delta T$ : lượng thay đổi về nhiệt độ.

Material	$\alpha$ (inch/inch-°F)
Aluminum, 99% pure	$12.0 \times 10^{-6}$
Aluminum alloys	$12.5 \times 10^{-6}$
Brass, 70% Cu - 30%Zn	$11.0 \times 10^{-6}$
Carbon Steel , 1040	$6.3 \times 10^{-6}$
Cast Iron, grey	$5.9 \times 10^{-6}$
Concrete	6.5 - $8.0 \times 10^{-6}$
Nickel Steel	$7.3 \times 10^{-6}$
Stainless Steel	$9.6 \times 10^{-6}$
Vulcanized Rubber	$45.0 \times 10^{-6}$
Nylon	$55.0 \times 10^{-6}$

Bảng 1: hệ số giãn nở nhiệt của các vật liệu khác nhau.

Ví dụ về việc bù cho sự giãn nở nhiệt

Sử dụng phương pháp tăng nhiệt độ trung bình;

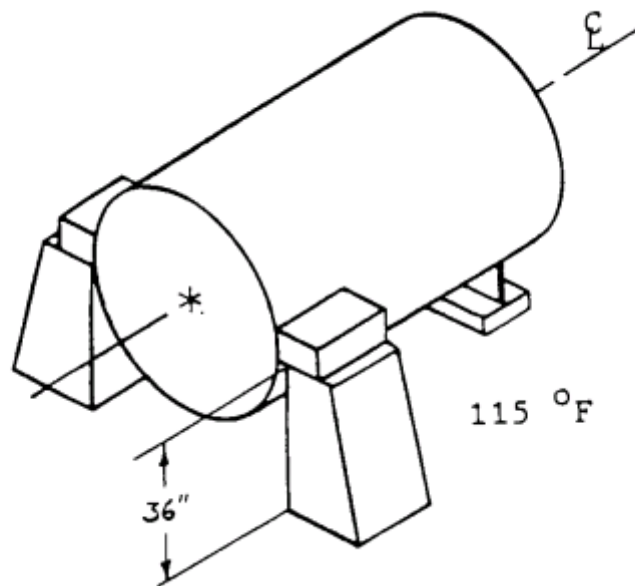


Ví dụ vấn đề 1:

Hình 1 trình bày một máy nén dạng barrel được đặt ngay tâm với bộ đỡ bằng thép cacbon và chiều cao là 36 inch. Khi máy nén không chạy, nhiệt độ bề mặt của bộ đỡ là 70°F. Sau khi máy nén hoạt động đủ lâu đạt đến nhiệt độ ổn định của bộ đỡ đo được khoảng 115°F (trung bình). Sự thay đổi về nhiệt độ của bộ đỡ từ trạng thái nguội sang nóng do đó là 45°F. Sự thay đổi về chiều cao sau đó có thể được tính như sau:

$$\delta L = \alpha L \cdot \delta T$$

$$\delta L = (5.3 \times 10^{-6} \text{ in/in-}^\circ\text{F}) (36 \text{ in}) (45^\circ\text{F}) = 0.010 \text{ inch.}$$



Hình 9.1: chiều cao bộ đỡ máy nén và sự thay đổi về nhiệt độ.

Hình 2 trình bày đầu khác của máy nén ở đó bộ đỡ dạng wobble được gắn. Sự thay đổi về chiều cao có một chút khó hơn để tính toán bởi vì có sự khác nhau về nhiệt độ casing và nhiệt độ của tấm đế.

Vỏ máy nén:

$$\delta L = \alpha L \cdot \delta T$$

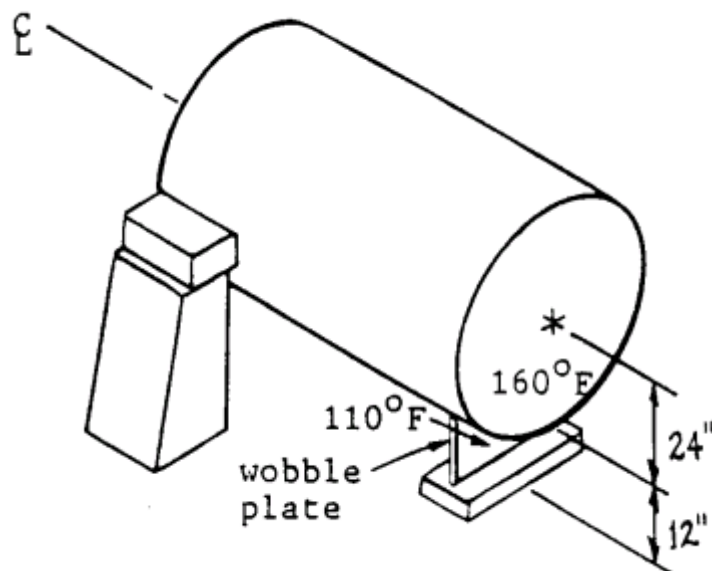
$$\delta L = (5.3 \times 10^{-6} \text{ in/in-}^\circ\text{F})(24\text{in})(90^\circ\text{F}) = 0.014 \text{ inch.}$$

Tấm đế:

$$\delta L = \alpha L \cdot \delta T$$

$$\delta L = (5.3 \times 10^{-6} \text{ in/in-}^\circ\text{F})(12\text{in})(40^\circ\text{F}) = 0.003 \text{ inch.}$$

$$\text{Tổng lượng tăng thêm} = 0.014 \text{ inch} + 0.003 \text{ inch} = 0.017 \text{ inch.}$$

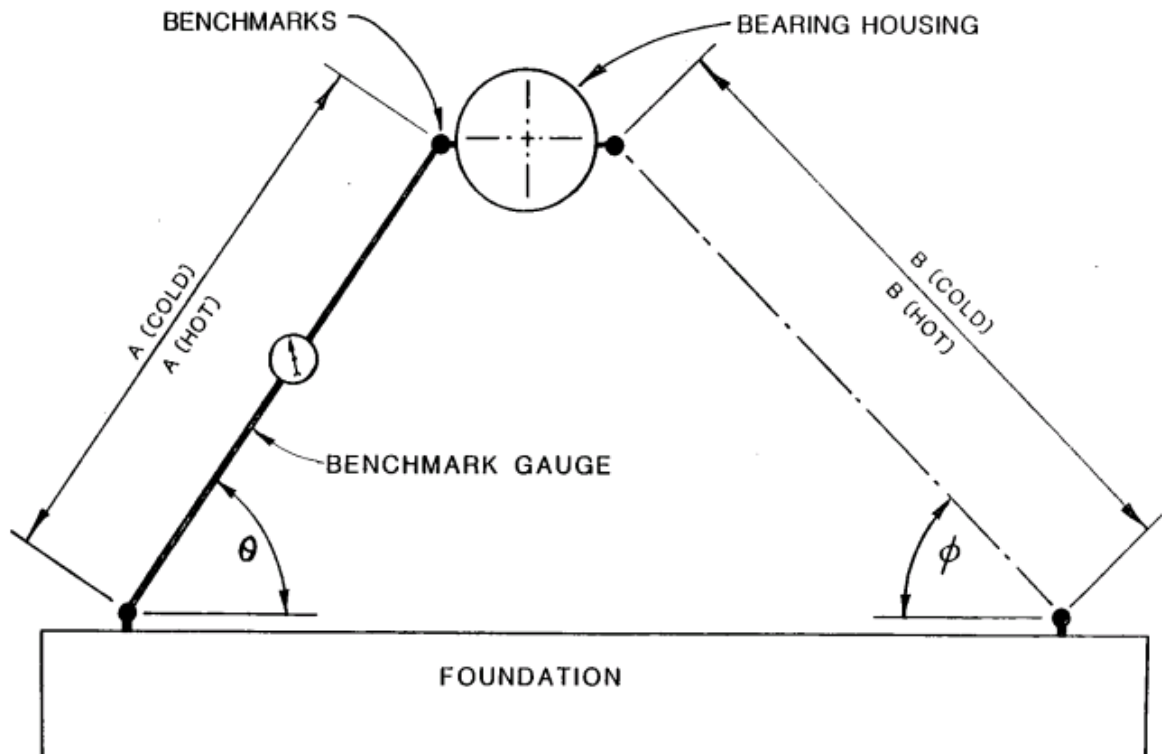


Hình 9.2: Tấm đế ở đầu máy nén.

## 9.2. Các phương pháp khác để xác định giãn nở nhiệt

Thanh essinger (Acculign):

- Có thể cung cấp thông tin hữu ích khi được áp dụng hợp lý.
- Cần nền bê tông rắn chắc hay bề mặt cứng vững làm điểm tham chiếu.
- Có thể gặp khó khăn khi sử dụng quanh các máy sát nhau.



Kiểm soát bằng laze

- Đầu laze nhạy với nhiệt độ sẽ không chịu được nhiệt độ quá nóng.
- Đầu laze gắn trên đồ gá rất nhạy với nhiệt độ.
- Các đồ gá đặt thường được đặt trên casing và dễ bị ảnh hưởng bởi casing, không di chuyển bearing housing.



Đầu laze là thiết bị được gắn bên phải vỏ khớp nối và bộ thu hồi tín hiệu được gắn bên trái của vỏ khớp nối.

**Cân chỉnh quang học**

- Thiết bị đắt tiền.
- Dễ lắp đặt và rất chính xác.
- Thích hợp với hầu hết loại máy.
- Đo được dịch chuyển của bearing housing.
- Thiết bị quang thích hợp cho việc sử dụng trong các quy trình đo khác.

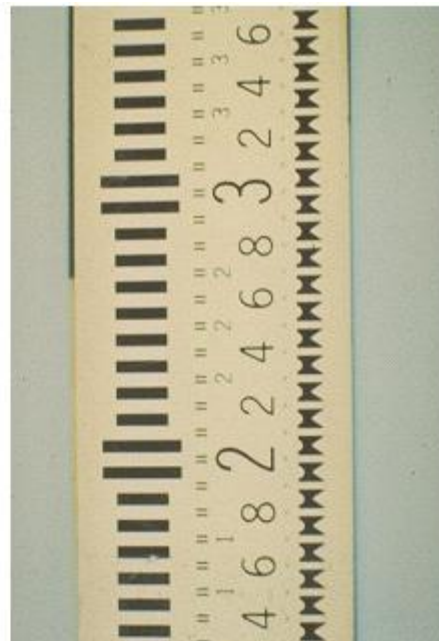
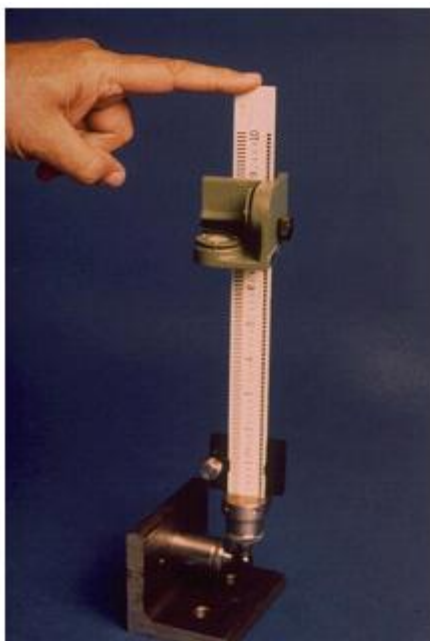


Thiết bị đo bên trái là jig transit square. Nó được sử dụng để:

- Chỉnh phẳng.
- Thiết lập đo chính xác theo hướng ngang và đứng.
- Điều chỉnh chính xác góc bên phải.
- Kiểm tra sự thẳng hàng.

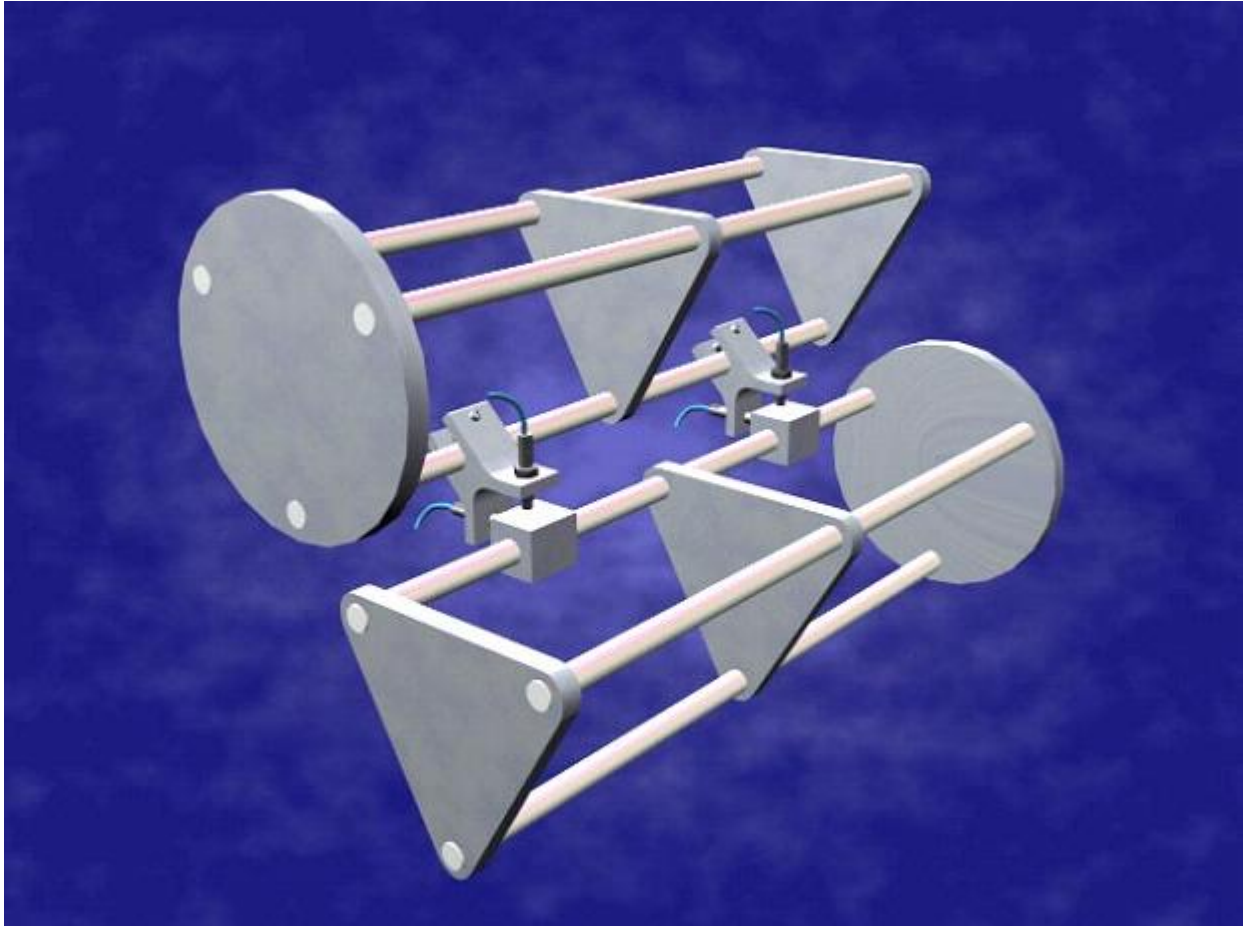


Hình trên là một sight level. Nó được sử dụng để thiết lập mặt phẳng ngang chính xác (cho phép đo chính xác phương đứng) và cao độ. Dưới đây là tỷ lệ quang được sử dụng cho việc đo chính xác.



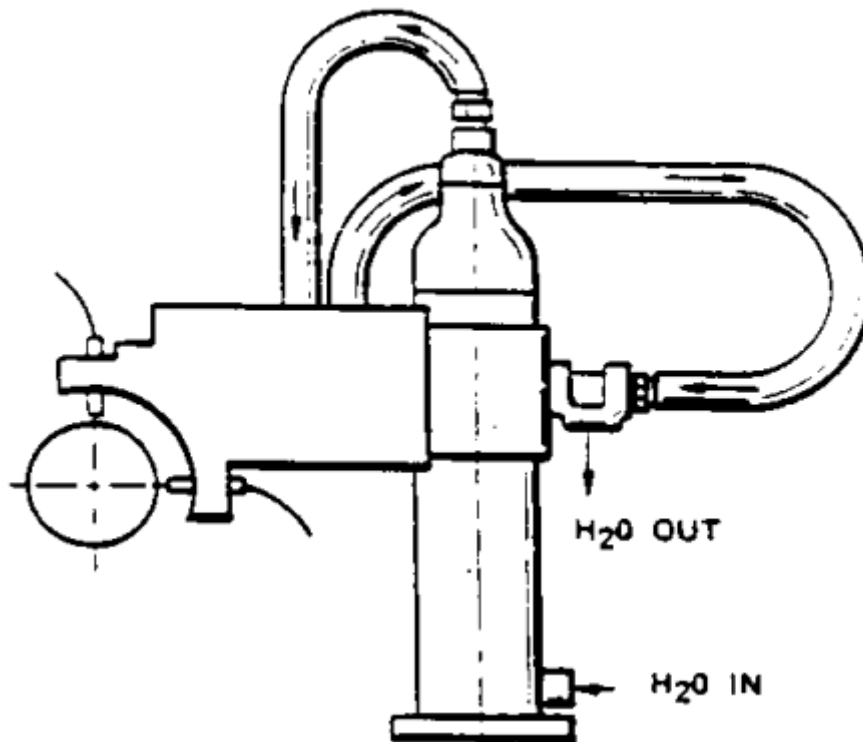
### **Dyalign (Dodd Bars)**

- Đo bằng đầu đo tiệm cận.
- Sử dụng đồ gá ngang khớp nối.
- Thích hợp với hầu hết các máy.
- Bị ảnh hưởng bởi rung động.



**Mức nước nguội Jackson:**

- Đo bằng đầu đo tiệt cận.
- Nước nguội và thanh giữ và đế đứng của các đầu đo tiệt cận được cô lập.
- Cần cung cấp nước và xả ra.



Các giá trị giãn nở nhiệt điển hình:

Turbine

- Dầu hơi vào của steam turbine: 25 đến 60 mils.
- Dầu hơi exhaust của steam turbine: 0 đến 25 mils.
- Dầu khí thoát của gas turbine: 25 đến 140 mils.
- Dầu vào (intake) của gas turbine: 0 đến 25 mils.

Máy nén

- Dầu hút: 15 mils đến 30 mils.
- Dầu xả: 5 đến 40 mils.

Motor

- Dầu NDE: 5 đến 40 mils.
- Dầu DE: 0 đến 10 mils.

Hộp số (gearbox):

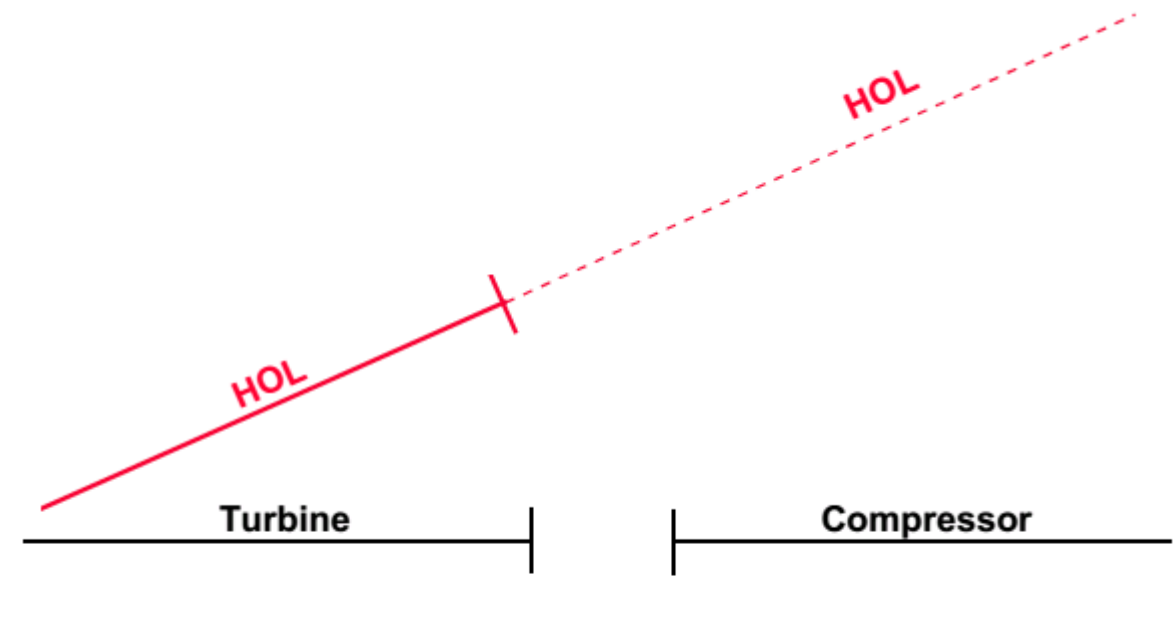
- Bánh răng trụ: 10 đến 30 mils.
- Trục răng: 15 đến 40 mils.

### 9.3. Trích xuất các chỉ số đo cần đạt

#### 9.3.1. Đầu tiên hãy trích xuất các chỉ số cần đạt theo phương đứng:

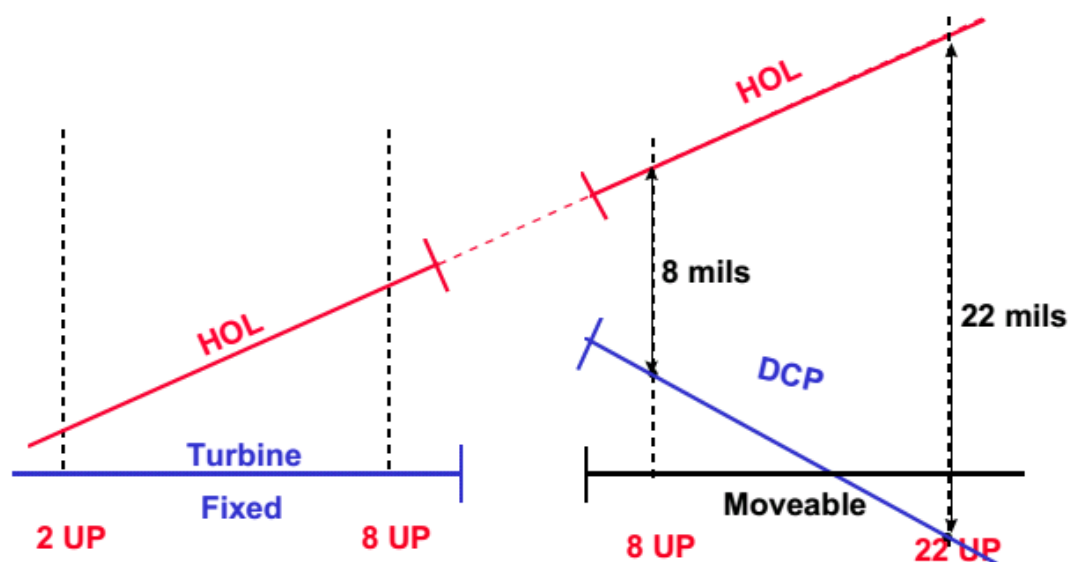
Xây dựng một bản vẽ có tỷ lệ thích hợp như phần mô tả trước. Lựa chọn các máy cố định và máy có thể di chuyển trong quá trình cân chỉnh. Vẽ vào đó vị trí trục tĩnh của máy cố định. Tiếp theo đó vẽ giãn nở nhiệt của máy cố định. Hãy vẽ đường vận hành nóng (HOL) của máy cố định bằng đường chấm gạch. Bởi vì mục tiêu là cân đồng trục ở trạng thái vận hành, nên giá trị cân đồng tâm khi vận hành

đối với máy di chuyển là một đường kéo dài của đường tâm khi nóng của máy cố định.



**HOL = Hot Operating Line**

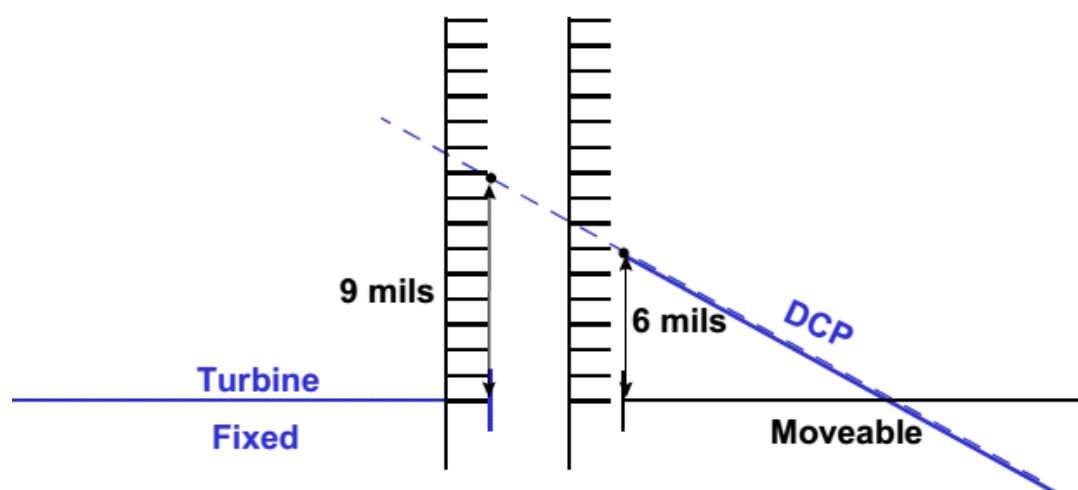
Hãy trừ lượng giãn nở nhiệt của máy có thể di chuyển tính từ đường HOL. Hãy vẽ vị trí mong muốn ở trạng thái nguội (DCP) bằng đường đậm.



**HOL = Hot Operating Line**

**DCP = Desired Cold Position**

Đo lường offset trực ở vị trí lấy thông số đo và gấp đôi thông số này cho giá trị TIR.



- Lượng offset T/C sẽ có giá trị dương nếu: Turbine cao hơn (máy nén thấp hơn).
- T/C có giá trị âm nếu: Turbine thấp hơn (máy nén cao hơn).

Ghi nhận giá trị trên đường tròn thông số T/C với dấu thích hợp. Hãy sử dụng dấu + để định nghĩa chỉ số dương.

**Quy luật dấu cho C/T, đang xét chỉ số T/C:**

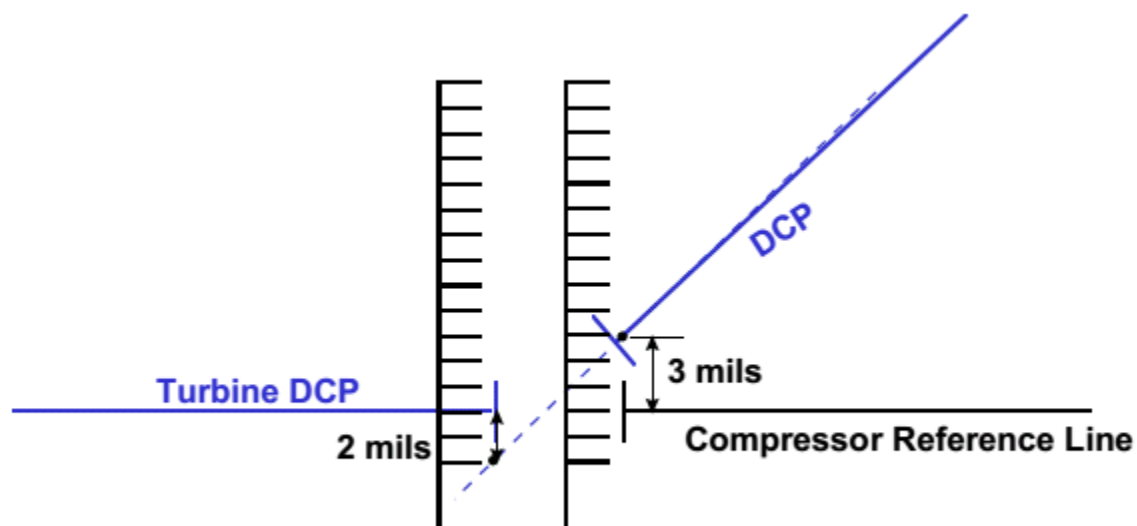
- Cùng dấu- ngược bên của đường tham chiếu như điểm T/C
- Ngược dấu – cùng bên đường tham chiếu như điểm T/C.

Ghi nhận giá trị trên đường tròn thông số T/C với dấu thích hợp. Hãy sử dụng dấu + để định nghĩa chỉ số dương.

Thông số trích xuất là:



Một ví dụ khác



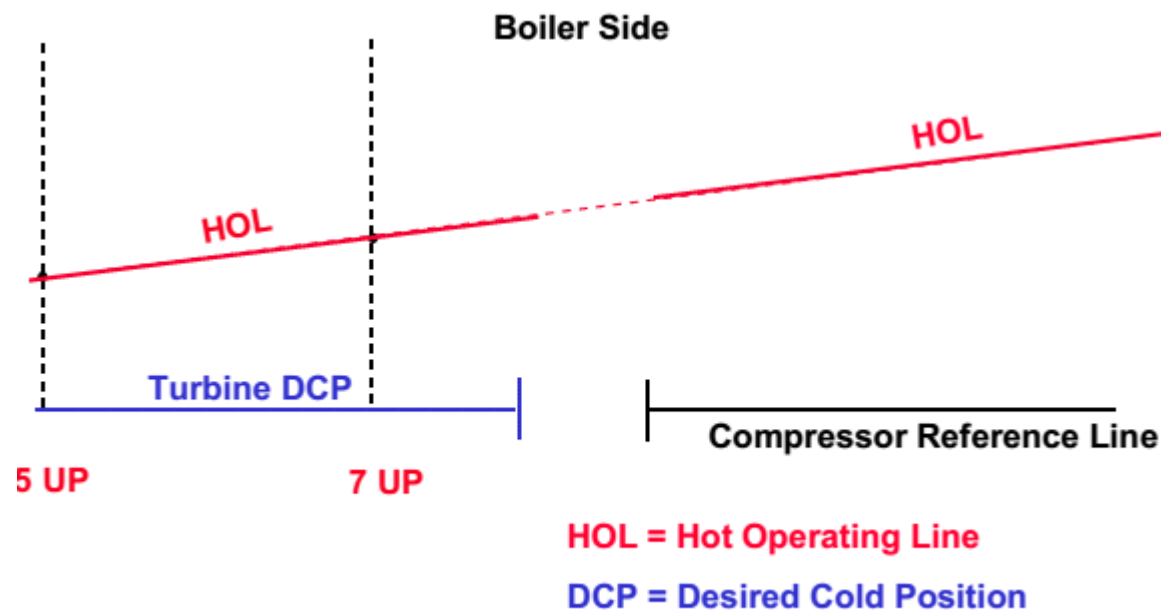
Trích xuất thông số:



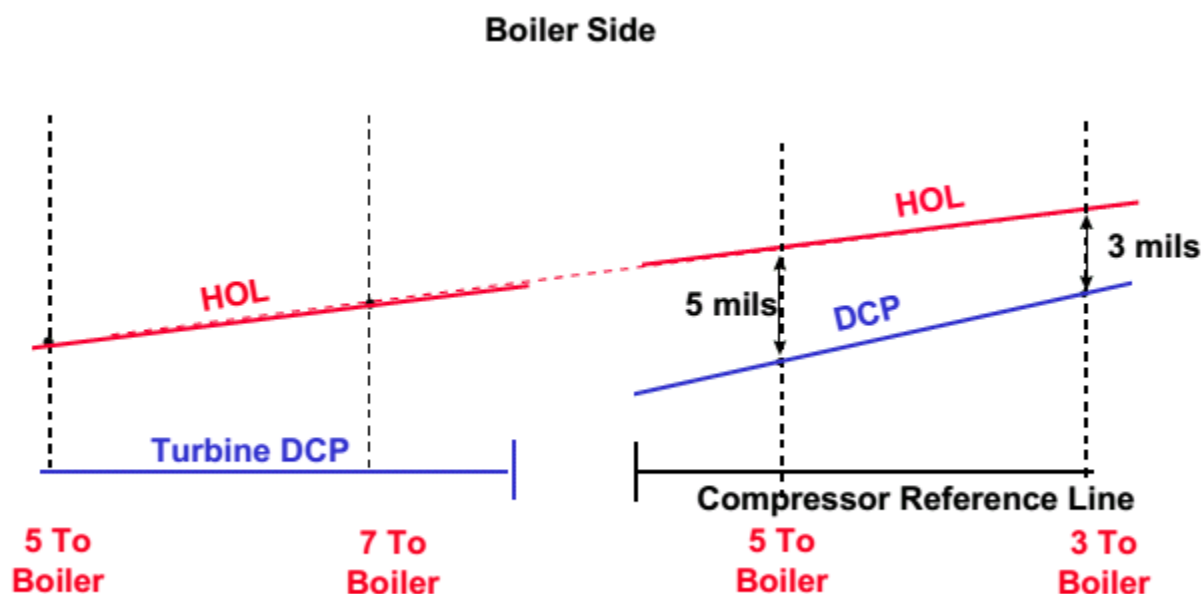
Quy luật cùng dấu ngược bên được áp dụng ở đây.

### 9.3.2. Tiếp theo trích xuất chỉ số theo phương ngang:

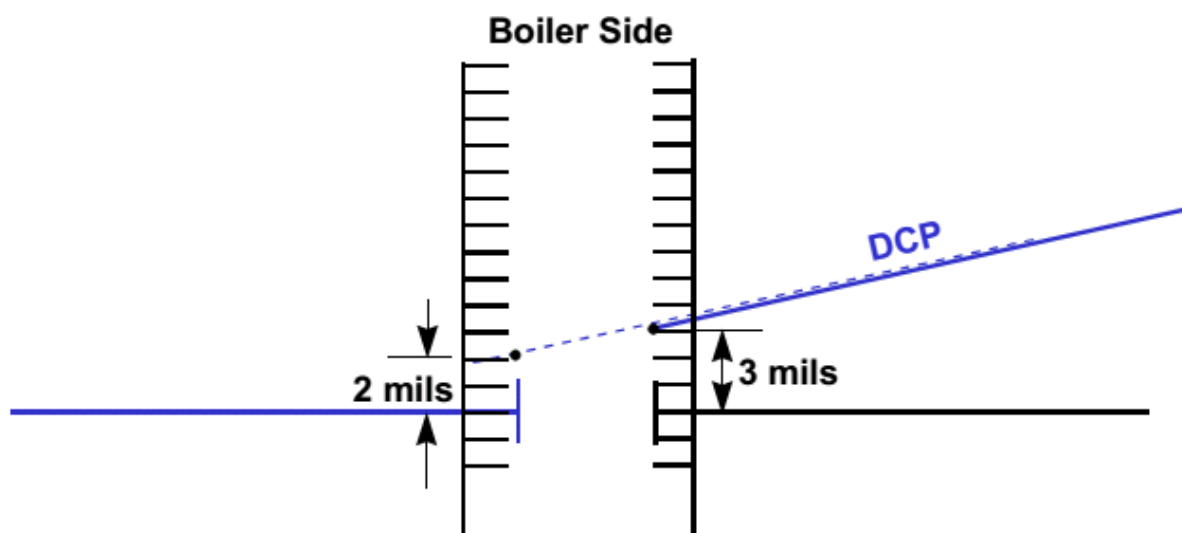
Tiến hành thực hiện như đối với phương đứng, vẽ vị trí mong muốn ở trạng thái nguội (DCP) của máy nén có thể di chuyển được.



Sau đó loại bỏ sự dịch chuyển nhiệt theo phương ngang từ đường tâm ở trạng thái nóng (HOL) để xác định đường ở trạng thái nguội:



Đo lường offset trực tại đường lấy chỉ số đối với C/T và T/C. Gấp đôi giá trị này để được thông số TIR. Thiết lập hướng theo la bàn hay cột mốc như là bên tham chiếu trên bản vẽ. Hãy tưởng tượng chỉ số 0 theo phương ngang trên bên tham chiếu. Ghi nhận 0 trên bên tham chiếu bên trong đường tròn thông số.



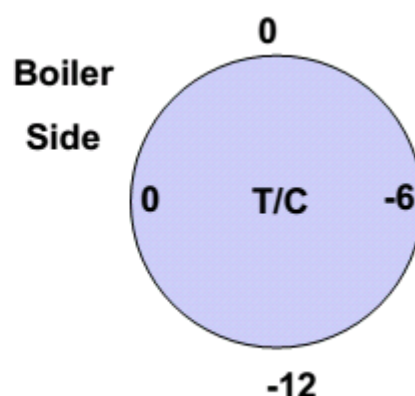
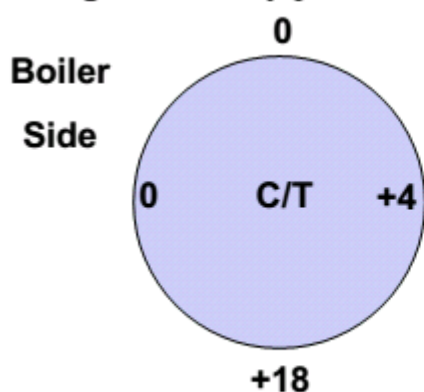
- Giá trị T/C sẽ dương (+) nếu: Turbine hướng về bên tham chiếu (máy nén xa bên tham chiếu).
- Giá trị T/C sẽ âm (-) nếu : Turbine xa bên tham chiếu (máy nén hướng đến bên tham chiếu).

Ghi nhận giá trị trên đường tròn thông số T/C với dấu thích hợp. Xin hãy sử dụng dấu + để định nghĩa chỉ số dương.

Quy ước dấu cho C/T, đang xét chỉ số đo theo T/C:

- Cùng dấu – ngược bên so với đường tham chiếu như điểm T/C
- Ngược dấu – cùng bên với đường tham chiếu như điểm T/C

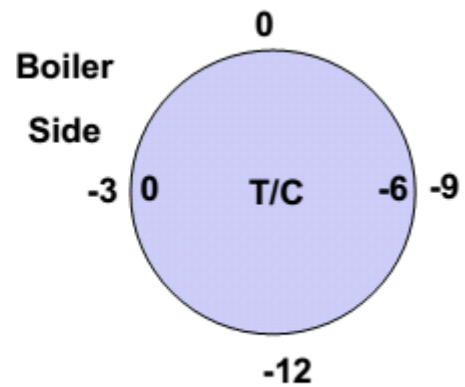
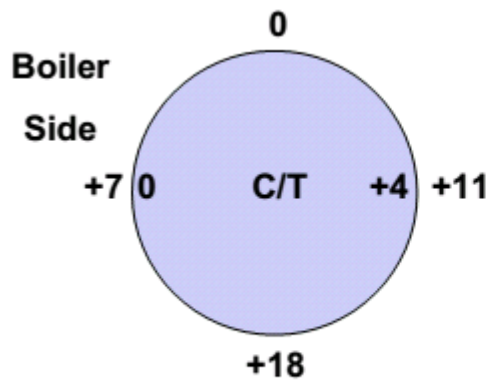
Ghi nhận giá trị trên đường tròn thông số T/C với dấu thích hợp. Xin sử dụng dấu + để định nghĩa giá trị dương.



### Hoàn thành các chỉ số theo phương ngang:

Áp dụng quy luật giá trị: tổng của mặt bên = giá trị đáy (set 0 ở đỉnh).

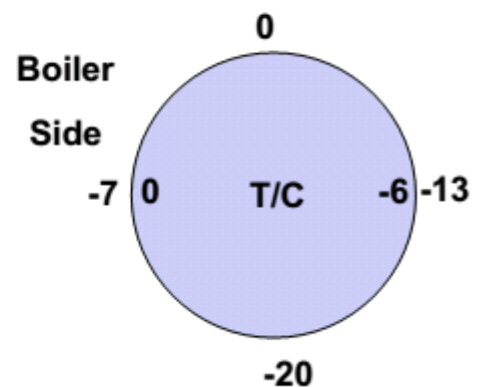
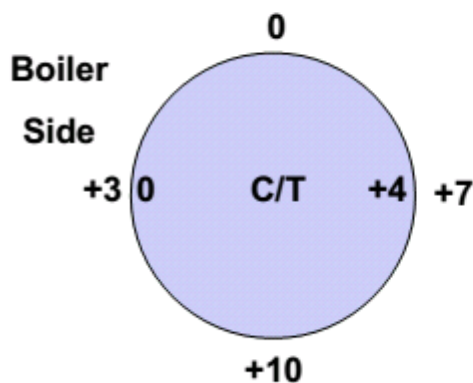
Trừ chỉ số theo phương đứng cho chỉ số phương ngang ngược bên tham chiếu cho giá trị T/C. Lấy một nửa giá trị đó và sau đó thêm nó vào cả hai bên giá trị phương ngang ở bên trong đường tròn thông số. Ghi nhận các giá trị đó bên ngoài đường tròn thông số ở vị trí phương ngang tương ứng.



### Bù cho sai số võng của đồ gá

Các thông số được trích xuất, trong thực tế là đã được bù cho sai số võng do đồ gá, vì chúng không có sai số võng. Khi sai số võng của đồ gá được biết, chúng ta cần không bù chỉ số đo cuối cùng cho việc sử dụng ngoài hiện trường. Các chỉ số không bù bằng cách làm các số này âm thêm. Luôn luôn không bù cho cả phương đứng và phương ngang. Luôn dán nhãn chỉ số là đã được bù hay chưa được bù để biết tham chiếu.

### “Uncompensated” Readings For 0.008” TIR Sag



### Cân chỉnh lần cuối:

Các thông số cân chỉnh cuối cùng là các số quan trọng nhất của toàn bộ quy trình cân chỉnh. Đảm bảo rằng bạn hay ai đó có mức độ tự tin cao, chứng kiến các chỉ số cân chỉnh cuối cùng.