

## CHƯƠNG 8

### LÝ THUYẾT CHUNG VỀ CHẨN ĐOÁN

#### 8.1. KHÁI NIỆM CHẨN ĐOÁN TRẠNG THÁI KỸ THUẬT

##### 8.1.1. Định nghĩa:

Là công tác kỹ thuật nhằm xác định trạng thái kỹ thuật của cụm máy để dự báo tuổi thọ làm việc tiếp tục mà **không phải tháo máy**.

##### 8.1.2. Các loại thông số dùng trong chẩn đoán:

Một tổng thành bao gồm nhiều cụm chi tiết và một cụm bao gồm nhiều chi tiết tạo thành. Chất lượng làm việc của tổng thành sẽ do chất lượng của các cụm, các chi tiết quyết định.

Các **thông số kết cấu** là tập hợp các thông số kỹ thuật thể hiện đặc điểm kết cấu của cụm chi tiết hay chi tiết. Chất lượng các cụm, các chi tiết do các thông số kết cấu quyết định:

Hình dáng, kích thước.

Vị trí tương quan.

Độ bóng bề mặt.

Chất lượng lắp ghép.

Trạng thái tốt hay xấu của cụm chi tiết thể hiện bằng các đặc trưng cho tình trạng hoạt động của nó, các đặc trưng này được gọi là **thông số ra** và được xác định bằng việc kiểm tra đo đạc. Ví dụ: công suất, thành phần khí thải, nhiệt độ nước, dầu, áp suất dầu bôi trơn, lượng mạt kim loại trong dầu bôi trơn, tiếng ồn, tiếng gõ, rung động, tình trạng lốp, quãng đường phanh...

Mỗi một cụm máy đều có những **thông số ra giới hạn** là những giá trị mà khi nếu tiếp tục vận hành sẽ không đảm bảo tính kinh tế kỹ thuật hoặc không cho phép. Khi đối chiếu kết quả kiểm tra với các giá trị giới hạn, cho phép xác định, dự báo được tình trạng của cụm máy. Các thông số ra giới hạn do nhà chế tạo qui định hoặc xác định bằng thống kê kinh nghiệm trên loại cụm máy đó.

Chỉ cần một thông số ra đạt giá trị giới hạn bắt buộc phải ngừng máy để xác định nguyên nhân và tìm cách khắc phục.

##### 8.1.3. Các điều kiện để một thông số ra được dùng làm thông số chẩn đoán

Có ba điều kiện:

Điều kiện đồng tính:

Thông số ra được dùng làm thông số chẩn đoán khi nó tương ứng (tỷ lệ thuận) với một thông số kết cấu nào đó. Ví dụ: hàm lượng mạt kim loại trong dầu bôi trơn tỷ lệ thuận với hao mòn các chi tiết của cụm máy nên thỏa mãn điều kiện đồng tính.

Điều kiện mở rộng vùng biến đổi:

Thông số ra được dùng làm thông số chẩn đoán khi sự thay đổi của nó lớn hơn nhiều so với sự thay đổi của thông số kết cấu mà nó đại diện.

Ví dụ: - Hàm lượng mạt kim loại sẽ thay đổi nhiều, trong khi hao mòn thay đổi ít nên nó được dùng làm thông số chẩn đoán hao mòn.

- Công suất động cơ Ne thay đổi ít khi có hao mòn nên không được dùng làm thông số chẩn đoán hao mòn.

Điều kiện dễ đo và thuận tiện đo đạc.

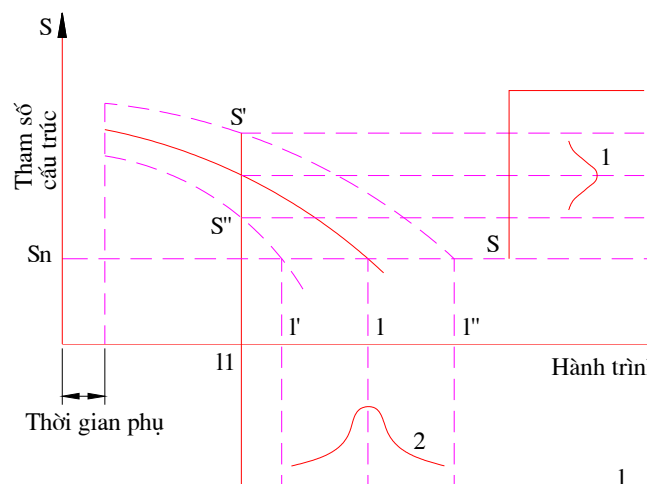
Một thông số được dùng làm thông số chẩn đoán khi nó phải đồng thời thoả mãn ba điều kiện trên.

## 8.2. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VỀ CHẨN ĐOÁN

### 8.2.1. Khái niệm độ tin cậy

Khái niệm về độ tin cậy rất phức tạp, vì nó phụ thuộc rất nhiều vào tham số ngẫu nhiên, chỉ có thể áp dụng lý thuyết xác suất mới có thể phân tích mối tương quan của chúng ảnh hưởng của chúng đến độ tin cậy trong sử dụng.

Khái niệm cơ bản của lý thuyết độ tin cậy là khái niệm sự cố, thời điểm phát sinh sự cố là biến cố ngẫu nhiên. Các sự cố này phát sinh ứng với những xe đưa vào sử dụng với cùng điều kiện sau những quãng đường hoạt động khác nhau và được xác định bằng độ phân tán. Sự cố được chia thành sự cố tức thời (đột xuất) hoặc sự cố tiệm tiến (diễn biến từ từ theo thời gian sử dụng). Đối với ô tô, trong các cụm máy, tổng thành thì hư hỏng và sự cố diễn ra một cách từ từ do quá trình thay đổi của các thông số kết cấu.



Hình 8.1 Đồ thị trình bày khái niệm sự cố

Ví dụ xét một thông số kết cấu S nào đó, (hình 8.1) tùy theo điều kiện sử dụng thông số này sẽ thay đổi theo các đường cong khác nhau (đường gạch gạch), giá trị trung bình của sự thay đổi biểu diễn bằng đường nét liền. Nếu tìm thông số kết cấu S sau một quãng đường l thì trị số đó sẽ nằm trong vùng S' - S'' và sự phân bố đó tuân theo qui luật Gauss (đường 1). Ta gọi giá trị giới hạn của thông số kết cấu là  $S_n$  thì hành trình phát sinh sự cố sẽ là  $l' - l''$ , sự phân bố cũng theo qui luật Gauss (đường 2). Hành trình không phát sinh sự cố sẽ là l với độ khuếch tán là  $(-\Delta l_1, +\Delta l_2)$ .

Đặc điểm cơ bản của độ bền xe ô tô từ khi sử dụng đến khi bắt đầu xuất hiện sự cố đầu tiên là xác suất của sự làm việc tốt trong quãng hành trình công tác hoặc trong điều kiện vận hành cụ thể nào đó, có nghĩa là độ bền được xác định như xác suất trong hành

trình đó không hề phát sinh ra một hư hỏng, một sự cố nào có trị số lớn hơn trị số cho trước nào đó.

Xác suất của hành trình hoạt động tốt của phương tiện cho tới khi phát sinh sự cố đầu tiên được biểu thị bằng biểu thức:

$$p(l) = p(L > l)$$

$l$  - là hành trình hoạt động của phương tiện.

Hành trình không phát sinh sự cố ngẫu nhiên  $L$  là hành trình hoạt động cho tới khi có biểu hiện hư hỏng. Ví dụ với một tổng thành nào đó với một hành trình xác định khi  $p(l)=0,8$  có nghĩa là chỉ có 80% tổng thành giữ được không hư hỏng trong khoảng hành trình đó.

Xác suất  $p(l)$  được gọi là hàm độ tin cậy và có các tính chất sau:

$0 \leq p(l) \leq 1$  sau một thời gian sử dụng do thông số kết cấu thay đổi, độ bền giảm đi.

$p(l=0) = 1$ , khi bắt đầu sử dụng phương tiện còn tốt.

$p(l) = 0$ , khi sử dụng quá lâu ( $l$  tiến tới  $\infty$ ), tổng thành hư hỏng hoàn toàn, hết độ tin cậy.

$p(l)$  là hàm giảm đều theo thời gian sử dụng hay quãng đường (trừ trường hợp xảy ra tai nạn hoặc khi không chấp hành đúng các qui định bảo dưỡng kỹ thuật). hàm độ tin cậy có thể có thể biểu diễn bằng công thức toán học như sau:

$$p(l) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=\Delta l_i} \Delta n_i}{N_0} \quad (8.1)$$

$N_0$  - là số lượng ô tô, tổng thành hoạt động không xảy ra sự cố trong giới hạn hành trình qui định.

$\Delta n_i$  - số tổng thành bị hư hỏng trong khoảng hành trình  $\Delta l_i$ .

$l$  - hành trình làm việc không có xảy ra sự cố.

$i$  - số thứ tự quãng khảo sát.

Đối với các cụm tổng thành của ô tô còn tiếp tục được sử dụng sau khi đã được sửa chữa hết các hư hỏng thì độ tin cậy của nó được đánh giá bằng khoảng hành trình hoạt động giữa hai lần phát sinh sự cố, khi xác định người ta thường lấy trị số hành trình trung bình giữa hai lần sự cố  $L_{cp}$  theo số liệu thống kê của từng loại xe. Cần khẳng định rằng từng cụm, tổng thành riêng biệt thì có độ tin cậy khác nhau.

Hành trình trung bình giữa hai lần sự cố có thể tính toán theo công thức sau:

$$L_{cp} = \frac{L}{N} \sum_{i=1}^{i=N} \frac{1}{\Delta n_i} \quad (8.2)$$

$N$  - Tổng số đối tượng được khảo sát.

$\Delta n_i$  - Số lượng các hư hỏng của đối tượng thứ  $i$  phát sinh ra trong hành trình  $L$ .

## 8.2.2. Lý thuyết cơ bản về chẩn đoán

Chẩn đoán là một quá trình logic nhận và phân tích các tin truyền đến người tiến hành chẩn đoán từ các thiết bị sử dụng chẩn đoán để tìm ra các hư hỏng của đối tượng (xe, tổng thành máy, hộp số, gầm v.v...).

Trạng thái kỹ thuật của ô tô, của tổng thành cũng như triệu chứng hư hỏng của chúng khá phức tạp, trong khi đó lượng thông tin lại không đầy đủ lắm. Vì vậy việc chọn các tham số chẩn đoán (triệu chứng chẩn đoán) đặc trưng cho trạng thái kỹ thuật của đối tượng phải được tiến hành trên cơ sở số lượng tin tức nhận được đối với từng triệu chứng cụ thể. Trong chẩn đoán thường sử dụng lý thuyết thông tin để xử lý kết quả.

Trong quá trình sử dụng, trạng thái kỹ thuật của xe ô tô thay đổi dần khó biết trước được. Tiến hành chẩn đoán xác định trạng thái kỹ thuật của ô tô dựa trên cơ sở số liệu thống kê xác suất của các trạng thái kỹ thuật đó. Thí dụ, trạng thái kỹ thuật của bóng đèn pha ô tô có thể ở hai trạng thái: tốt (sáng), không tốt (không sáng). Ta giả thiết rằng, xác suất của trạng thái kỹ thuật tốt là rất lớn - 0,9, còn xác suất của hư hỏng - 0,1. Bóng đèn như một hệ thống vật lý có rất ít độ bất định - hầu như lúc nào cũng đều thấy bóng đèn ở trạng thái kỹ thuật tốt.

Một thí dụ khác, bộ chế hòa khí do có thể có nhiều hư hỏng như mức độ tắc ở các giclơ, mòn các cơ cấu truyền động, các hư hỏng khác v.v... nên có thể rơi vào nhiều trạng thái kỹ thuật khác nhau.

Độ bất định của một hệ vật lý (ở dưới dạng đối tượng chẩn đoán là ô tô, tổng thành, cụm v.v...) trong lý thuyết thông tin được thể hiện bằng entrôpi.

$$\text{Entrôpi } \vartheta(X) = -\sum_{i=1}^{i=m} p_i \log_2 p_i, \quad (8.3)$$

trong đó: m - số trạng thái kỹ thuật của đối tượng X;

$p_i$  - xác suất của đối tượng X ứng với trạng thái i.

Trong lý thuyết thông tin entrôpi đo bằng đơn vị nhị nguyên và sử dụng lôgarit cơ số 2. Đơn vị đo entrôpi là bit. Bit là entrôpi một liệt số nhị nguyên nếu như nó có đồng xác suất có thể bằng 0 hoặc bằng 1, nghĩa là:

$$1\text{bit} = \log_2 \frac{1}{p_i} = \log_2 \frac{1}{0,5} = 1$$

Ngày nay ta chưa thể cung cấp một cách đầy đủ trị số xác suất của các trạng thái kỹ thuật khác nhau của tất cả các tổng thành máy. Vì vậy để đơn giản bài toán trước tiên là cho đồng xác suất tất cả các trạng thái kỹ thuật của đối tượng chẩn đoán. Khi đó công thức (8.3) có dạng như sau:

$$\vartheta(X) = \log_2 m$$

Trong trường hợp này entrôpi là lớn nhất. Thí dụ đối với một đối tượng nào đó có 4 trạng thái kỹ thuật ( $m = 4$ ) thì entrôpi bằng 2 bit. Nếu như xác suất của 4 trạng thái kỹ thuật đó có trị số khác nhau, thí dụ 0,5; 0,3; 0,1; 0,1 thì entrôpi của nó luôn luôn bằng 1,68 bit. Ở bảng 8.1 là trị số entrôpi của đối tượng có các trạng thái kỹ thuật khác nhau.

Bảng 8.1

Số trạng thái kỹ thuật m								
Entrôpi $\varepsilon(X)$ , bit	1	1,585	2,0	2,322	2,585	2,807	3,0	3,17

Như vậy là nhờ chẩn đoán ta biết được một phần nào trạng thái kỹ thuật, do đó độ bất định (về trạng thái kỹ thuật của ô tô) sẽ giảm đi. Như vậy càng hiểu biết nhiều, nắm chắc trạng thái kỹ thuật của phương tiện đang sử dụng thì entropi càng giảm đi. Khi trạng thái kỹ thuật của đối tượng hoàn toàn xác định thì entropi của nó sẽ có trị số bằng 0. Do đó trong trường hợp này số lượng tin tức về đối tượng X bằng entropi của nó.

$$U_x = \varepsilon(X) = \log_2 m.$$

Nếu một đối tượng nào đó (máy, hộp số v.v...) có trạng thái kỹ thuật có thể cùng xảy ra một lúc và xác suất của trạng thái này bằng xác suất của trạng thái khác (các trạng thái kỹ thuật có đồng xác suất) thì phần tin tức  $U_{xi}$  xuất phát từ một nguồn nào đó cũng bằng:

$$U_{xi} = \log_2 p_i = \log_2 m,$$

trong đó:  $p_i$  - xác suất tình trạng thứ i của đối tượng X trong trường hợp này  $p_i = \frac{1}{m}$  (vì các trạng thái kỹ thuật có cùng một trị số xác suất).

Phần tin tức sẽ tăng lên tùy theo độ giảm của trị số xác suất của trạng thái kỹ thuật của đối tượng.

Giữa entropi của đối tượng và hàm độ tin cậy của đối tượng đó có một quan hệ xác định. Thí dụ, ta khảo sát một cụm đơn giản sau:

Trong bất kỳ thời điểm nào đó phù hợp với hành trình của ô tô L hàm độ tin cậy  $p(l)$  được biểu thị bằng xác suất của trạng thái tốt của cụm máy. Giả thiết rằng  $p(l) = 0,85$  thì xác suất về trạng thái không tốt của cụm máy đó sẽ bằng  $1 - p(l) = 0,15$ .

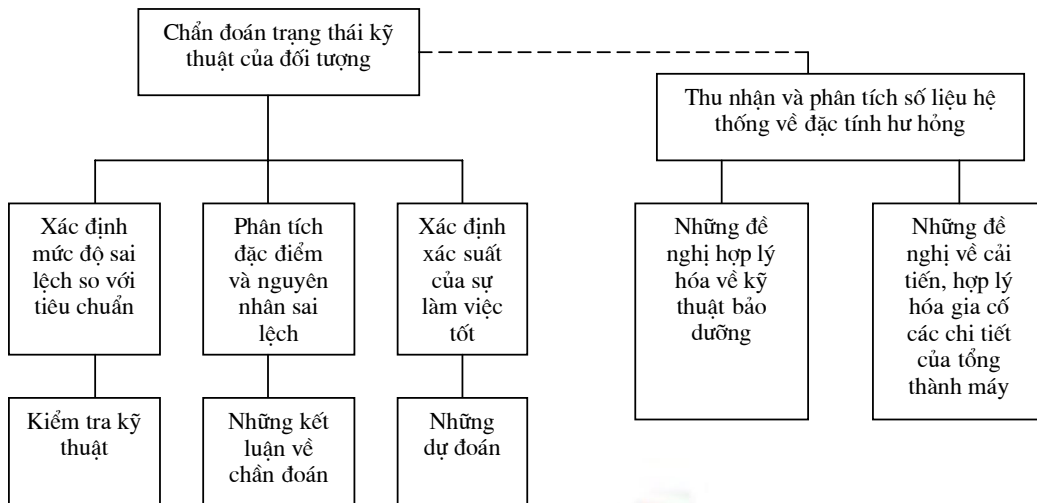
Như vậy đối với hai trạng thái kỹ thuật của cụm máy có thể xảy ra ta có thể xác định được entropi của cụm theo công thức (8.3).

Ta lấy  $p_1 = p(l)$ : ứng với trạng thái kỹ thuật tốt;

$p_2 = 1 - p(l)$ : ứng với trạng thái kỹ thuật xấu. Vì trong trường hợp này  $m = 2$  nên entropi của cụm bằng

$$\varepsilon(X) = -p(l) \log_2 p(l) - [1 - p(l)] \log_2 [1 - p(l)] \quad (8.4)$$

Ở công thức (8.5) là mối quan hệ giữa hàm độ tin cậy của cụm máy khi có  $m = 2$  với entropi của cụm này. Quan hệ giữa entropi với độ tin cậy giới thiệu ở hình 8.2.



**Hình 8.2.** Quan hệ giữa entropi của cụm (X) với hàm độ tin cậy

Nếu trong một tổng thành có n cụm, mỗi cụm có m = 2 thì entropi của tổng thành này là:

$$\varepsilon(X) = - \sum_{i=1}^{i=n} \log_2 [p_i(l)]^{p_i(l)} [1 - p_i(l)]^{1-p_i(l)} \quad (8.5)$$

Như vậy ta có hai hệ thống liên quan: hệ thống trạng thái kỹ thuật (H) - không tốt và hệ thống triệu chứng của trạng thái kỹ thuật đó (C).

Trong quá trình tiến hành chẩn đoán ta căn cứ vào các triệu chứng C, nghĩa là dựa trên hệ thống trạng thái C. Những tin tức mà ta nhận được lúc đó sẽ làm giảm entropi của hệ thống H.

Ta ký hiệu những tin tức nhận được do kết quả quan sát trên hệ thống C, bằng chữ U với chỉ số C → H. Như vậy độ lớn của tin tức đó là:

$$U_{C \rightarrow H} = \varepsilon(H) - \varepsilon(H/C),$$

trong đó:  $\varepsilon(H/C)$  - tổng entropi của hệ thống H tương ứng với hệ thống C. Độ lớn nào đặc trưng độ lớn bất định của hệ thống H trong khi hệ thống C hoàn toàn xác định.

Sau khi có kết quả chẩn đoán thì trị số entropi còn lại bằng  $\varepsilon(H/C)$ .

Nhưng giá trị thực chất của công việc chẩn đoán nằm ở phần tin tức (triệu chứng Ci) chứng tỏ hệ thống H nằm trong một trạng thái kỹ thuật cụ thể - nghĩa là có những hư hỏng Hj. Phần tin tức được ký hiệu bằng  $UC_{i \rightarrow H}$  và được tính bằng công thức sau đây:

$$U_{C_i \rightarrow H} = \sum_{j=1}^m P(H_j / C_i) \log_2 \frac{P(H_j / C_i)}{P(H_j)}, \quad (8.6)$$

Để tính toán trực tiếp phần tin tức nhận được từ hệ thống Ci dễ dàng, ta thay trị số xác suất có điều kiện  $P(H_j/C_i)$  bằng trị số xác suất không có điều kiện  $P[H \div H_j](C \div C_i)$  và ký hiệu bằng  $P_{ij}$  thì công thức (8.6) có dạng:

$$U_{C_i \rightarrow H} = \sum_{j=1}^m \frac{P_{ij}}{P(C_i)} \log_2 \frac{P_{ij}}{P(C_i)P(H_j)}; \quad (8.7)$$



$$P(H_j / C_i) = \frac{P_{ij}}{P(C_i)},$$

trong đó:  $P_{ij}$  - xác suất không có điều kiện. Như vậy hệ thống H sẽ nằm trong trạng thái  $H_j$ , nghĩa là  $H \sim H_j$ , còn hệ thống C nằm trong trạng thái  $C_i$ , nghĩa là  $C \sim C_i$ ;

$P(H_j)$  - xác suất của hư hỏng đã xuất hiện  $H_j$  hoặc xác suất hệ thống H trong trạng thái kỹ thuật  $H_j$ ;

$P(C_i)$  - xác suất của triệu chứng đã rõ ràng  $C_i$ , nghĩa là xác suất của hệ thống C trong trạng thái  $C_i$ .

Giả thiết rằng tất cả các hư hỏng có cùng xác suất còn các triệu chứng đặc trưng cho các hư hỏng đó có cùng xác suất thì nếu một cụm có ba hư hỏng ( $m = 3$ ) xác suất của một trong ba hư hỏng đó  $P(H_j) = 1/3$ . Nếu cho một hư hỏng cụ thể nào đó đặc trưng bởi ba triệu chứng ( $n_j = 3$ ) thì xác suất không điều kiện của một trong các triệu chứng đó bằng:

$$P_{ij} = \frac{1}{9} \text{ vì } P_{ij} \frac{1}{33} = \frac{1}{9} = \frac{P(H_j)}{n_j}$$

Như vậy là trong trường hợp các hư hỏng có cùng xác suất ta có thể viết:

$$P(H_j) = \frac{1}{m}; \quad P_{ij} = \frac{1}{mn_j}; \quad P(C_i) = \sum_{j=1}^m P_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j}.$$

Do đó công thức (8.7) viết dưới dạng sau:

$$U_{C_i \rightarrow H} = \sum_j \frac{1}{n_j \sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j}} \log_2 \frac{m}{n_j \sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j}} \quad (8.8)$$

Giả thiết rằng hệ thống H có ba trạng thái kỹ thuật  $H_1, H_2, H_3$  và các hư hỏng được đặc trưng bằng bốn tổ hợp triệu chứng khác nhau  $C_1, C_2, C_3, C_4$ . Ta thành lập ma trận chẩn đoán C như ở bảng 8.2.

Bảng 8.2

$C_i$ (triệu chứng)	$H_j$ (trạng thái kỹ thuật)		
	$H_1$	$H_2$	$H_3$
$C_1$	1	1	0
$C_2$	1	0	1
$C_3$	1	1	1
$C_4$	0	0	1

Từ bảng trên ta thấy: trạng thái kỹ thuật  $H_1$  có triệu chứng  $n_1 = 3$ ; trạng thái kỹ thuật  $H_2$  có triệu chứng  $n_2 = 2$ ; trạng thái kỹ thuật  $H_3$  có triệu chứng  $n_3 = 3$ . Dựa trên cơ sở ma trận chẩn đoán ta lập được ma trận xác suất và tin tức (bảng 8.3).

$U_{C_i \rightarrow H}$  là trị số phần tin tức tính theo công thức (8.8) ứng với từng triệu chứng.

Bảng 8.3