

NGHIÊN CỨU QUY LUẬT HỎNG HÓC NHẪM NÂNG CAO TUỔI THỌ CỦA THIẾT BỊ CÔNG NGHIỆP

Bùi Ngọc Định*

Trường Cao đẳng Công thương Miền Trung

Tóm tắt

Nền sản xuất công nghiệp của thế giới càng phát triển, các thiết bị phức tạp, tinh vi ngày càng nhiều, sự cố hỏng hóc càng phức tạp. Việc nghiên cứu qui luật hình thành và phát triển của sự cố gây hỏng hóc một cách khoa học và đầy đủ đóng vai trò lớn trong công tác quyết định chính sách bảo trì bảo dưỡng, từ đó góp phần nâng cao tuổi thọ và hiệu quả làm việc của thiết bị công nghiệp.

Từ khóa: Suất sự cố, thiết bị công nghiệp, hàm mật độ, độ tin cậy, tuổi thọ thiết bị

Abstract

Research of breakdown law to improve the lifetime of industrial equipment

The better the world's industrial production grows, the more sophisticated equipment are manufactured and the more complicated faults occur. Therefore, studying the rules of formation and development of the breakdowns scientifically and fully plays an essential role in planning equipment maintenance policies, thus contributing to the improvement of the lifetime and efficiency of the industrial equipment.

Keywords: breakdown rate, industrial equipment, probability density function, reliability, equipment lifetime

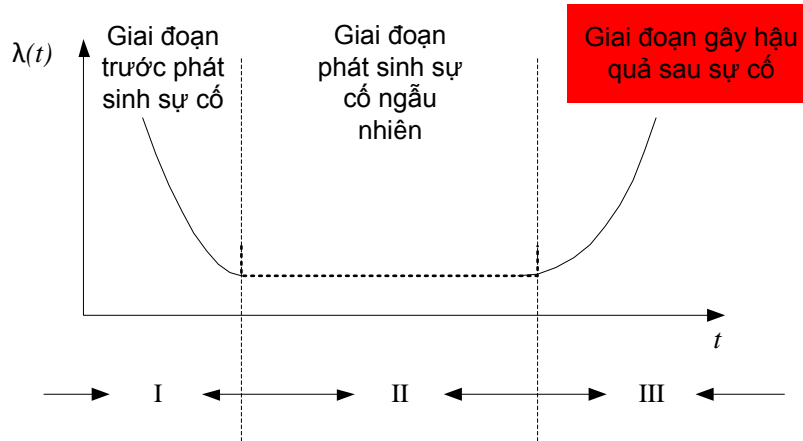
1. Mở đầu

Việc nâng cao hiệu quả làm việc và tuổi thọ làm việc có ý nghĩa lớn trong chính sách phát triển công nghiệp, đặc biệt điều này càng có ý nghĩa đối với Việt Nam trong bối cảnh Chính phủ chủ trương đẩy mạnh nền công nghiệp nước nhà bắt kịp cuộc cách mạng 4.0. Sự cố gây hỏng hóc máy móc, thiết bị sản xuất (thiết bị công nghiệp) là một trong các tác nhân chính làm giảm hiệu quả làm việc và tuổi thọ của máy móc thiết bị. Việc nghiên cứu một cách có hệ thống và khoa học sự cố gây hỏng hóc sẽ làm cơ sở giúp doanh nghiệp sản xuất nâng cao hiệu quả hoạt động.

2. Quy luật phát sinh sự cố hỏng hóc

Sự cố hỏng hóc (faults) của thiết bị dùng để chỉ trạng thái thiết bị đã mất đi các tính năng đầy đủ và tiêu chuẩn của nhà sản xuất. Khoa học về sự cố hỏng thiết bị nghiên cứu quy luật chung của sự cố phát sinh, xem sự cố phát sinh như là các sự kiện ngẫu nhiên (random events). Các chuyên gia đã sử dụng phương pháp thống kê nghiên cứu qui luật chung về sự phát sinh và phát triển sự cố hỏng hóc của thiết bị công nghiệp, từ đó đề xuất ra các luận cứ khoa học về công tác bảo trì và bảo dưỡng thiết bị. Qui luật phát sinh và phát triển sự cố được biểu diễn dưới hình thức của một đường cong gọi là “đường cong bồn tắm” (bath-tub curve) như hình 1.

* Email: dinhbuingoc@gmail.com



Hình 1. Quy luật “đường cong bồn tắm” của phát sinh sự cố thiết bị

(1) Giai đoạn trước phát sinh sự cố [2]

Trên hình 1, giai đoạn này chính là giai đoạn I, đầu giai đoạn này tỉ suất phát sinh sự cố rất cao, nhưng sau đó hạ thấp dần. Đối với các thiết bị cơ khí, đây là giai đoạn thiết bị chịu ảnh hưởng lớn của mài mòn do ma sát, ngoài ra nó còn ứng với giai đoạn vận hành thử. Độ dài thời gian giai đoạn này phụ thuộc vào chất lượng của công việc thiết kế và chế tạo. Sự cố phát sinh ở cuối giai đoạn này do sai sót trong thiết kế và chế tạo hoặc do quá trình sử dụng không đúng dẫn đến. Nhưng các tác nhân không tốt này sẽ mở đầu cho quá trình bản thân thiết bị tự thích nghi và dẫn đến quá trình làm việc ổn định tương đối (giai đoạn II).

Ở giai đoạn này hàm số mật độ $\lambda(t)$ và hàm số độ tin cậy $R(t)$ sử dụng phân bố lũy thừa Weibull với tham số đặc trưng tuổi thọ $\beta < 1$ như các biểu thức (1). Trong hàm số này, η là tham số hình dạng và β là tham số đặc trưng tuổi thọ.

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (1)$$

(2) Giai đoạn phát sinh sự cố ngẫu nhiên [2]

Khi đi vào giai đoạn này, tỉ lệ xuất hiện sự cố (còn gọi là suất sự cố - failure rate) hư hỏng của thiết bị về cơ bản có xu hướng ổn định, giá trị xác suất xuất hiện gần như không đổi. Trong giai đoạn này, sự cố sẽ xuất hiện ngẫu nhiên. Trong thời kỳ sự cố phát sinh ngẫu nhiên, xác suất xuất hiện sự cố gây hư hỏng có giá trị thấp nhất λ_{\min} và có giá trị ổn định, cũng là thời kỳ tốt đẹp nhất và hoạt động ổn định nhất trong vòng đời của thiết bị, giai đoạn này còn được gọi là tuổi thọ hữu hiệu của thiết bị. Sự cố thiết bị xuất hiện trong giai đoạn này có nguyên nhân từ chất lượng thiết kế, sử dụng, môi trường làm việc và chất lượng công tác bảo trì bảo dưỡng. Thông qua việc nâng cao chất lượng thiết kế và chế tạo, cải tiến công tác quản lý sử dụng, tăng cường giám sát chẩn đoán hư hỏng và bảo trì bảo dưỡng có thể hạ thấp giá trị xác suất gây sự cố đến mức thấp nhất.

Ở giai đoạn này, suất sự cố gần như là không đổi, suất sự cố thiết bị tuân theo phân bố lũy thừa, hàm mật độ và hàm độ tin cậy của sự cố lần lượt như các biểu thức (2):

$$f_2(t) = \lambda_2 \exp(-\lambda_2 t) \quad R_2(t) = \exp(-\lambda_2 t) \quad (2)$$

Do trong giai đoạn này, suất sự cố có xu hướng là không đổi, cho nên hàm độ tin cậy của thiết bị trở thành tính toán hiệu năng và cũng được xem là chỉ tiêu chủ yếu của thiết bị. Hàm độ tin cậy dùng để chỉ thiết bị sau khoảng thời gian vận hành t , độ tin cậy trong thời gian tiếp tục vận hành được biểu diễn $R(t+\Delta t)$. Biến lượng T biểu thị thời gian làm việc liên tục của thiết bị tính từ thời điểm bắt đầu vận hành cho đến thời điểm phát sinh sự cố, t biểu thị thời điểm làm việc hiện tại, Δt biểu thị thời gian làm việc liên tục, có thể tính ra:

$$R(t + \Delta t \setminus t) = P(T > t + \Delta t \setminus T > t) = \frac{P\{(T > t + \Delta t)(T > t)\}}{P(T > t)}$$

$$= \frac{R(t + \Delta t)}{R(t)} = \frac{\exp\{-\lambda_2(t + \Delta t)\}}{\exp(-\lambda_2 t)} = \exp(-\lambda_2 \Delta t)$$
(3)

Từ biểu thức (3) ở trên có thể thấy Hàm độ tin cậy và thời gian làm việc tại thời điểm xét độc lập với nhau. Chỉ có khoảng thời gian Δt và suất sự cố phát sinh ngẫu nhiên λ_2 phụ thuộc vào nhau.

(3) Giai đoạn gây hậu quả sau sự cố [4]

Còn được gọi là giai đoạn sự cố gây hao mòn, sau khi thiết bị được đưa vào sử dụng, suất sự cố hay khả năng xuất hiện sự cố bắt đầu tăng. Điều này do các chi tiết, bộ phận của thiết bị bị ăn mòn, mài mòn, lão hóa, v.v... gây nên. Nếu tại điểm uốn của đường cong (điểm chuyển tiếp giữa đoạn II và III) tiến hành công tác đại tu thiết bị có thể nâng cao hiệu quả kinh tế đồng thời giảm đến mức thấp nhất suất sự cố của thiết bị.

Trong giai đoạn này, suất sự cố thiết bị bắt đầu tùy thuộc vào mức gia tăng của thời gian làm việc mà có xu hướng tăng lên. Trước khi thiết bị bước vào giai đoạn này nên tiến hành công tác bảo trì dự phòng, để cải thiện trạng thái vận hành của thiết bị, nhằm trì hoãn quá trình tăng cao suất sự cố và cũng để kéo dài tuổi thọ thiết bị. Suất sự cố giai đoạn này (còn được gọi là thời kỳ sự cố hao mòn) chủ yếu do sự cố ngẫu nhiên và sự cố do hao mòn hợp thành [4]. Theo trình tự được biểu diễn bởi:

$$\lambda(t) = \lambda_2(t) + \lambda_3(t) \quad R(t) = \exp\left\{-\int_0^t \lambda(t) dt\right\}$$
(4)

Như vậy, Hàm độ tin cậy trong giai đoạn sự cố hao mòn được xác định:

$$R(t + \Delta t \setminus t) = \frac{R(t + \Delta t)}{R(t)} = \frac{\exp\left\{-\int_0^{t+\Delta t} \lambda(t) dt\right\}}{\exp\left\{-\int_0^t \lambda(t) dt\right\}}$$

$$= \exp\left\{-\int_t^{t+\Delta t} [\lambda_2(t) + \lambda_3(t)] dt\right\} = \exp\left\{-\lambda_2 \Delta t - \int_t^{t+\Delta t} \lambda_3(t) dt\right\}$$
(5)

Nếu đã biết phân bố suất sự cố ở thời kỳ sự cố hao mòn của thiết bị như phân bố lũy thừa, phân bố Weibull v.v... có thể dựa vào biểu thức (5) qui định hàm số độ tin cậy, từ đó xác định được chu kỳ bảo trì dự phòng.

Đối với 5 dạng đường cong quy luật trình bày ở dưới có thể dùng hàm phân bố Weibull để xác định, tức hàm biểu diễn suất sự cố là [3]:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \delta}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (6)$$

Trong đó η là tham số hình dạng và β là tham số đặc trưng tuổi thọ. Nếu:

$\beta > 2h$, đường cong suất sự cố như hình 2A

$\beta = 2h$, đường cong suất sự cố như hình 2B

$1h < \beta < 2h$, đường cong suất sự cố như hình 2C

$\beta = 1h$, đường cong suất sự cố như hình 2D

$\beta < 1h$, đường cong suất sự cố như hình 2E

Đường cong biểu diễn suất sự cố của thiết bị theo hình 1 gồm 3 đoạn, nó thể hiện quá trình hoàn chỉnh và qui luật biến đổi suất sự cố từ vận hành thử, hiệu chỉnh, làm việc ổn định bình thường, đại tu đến báo hỏng. Nhận biết chính xác qui luật phát sinh sự cố thiết bị, tăng cường công tác bảo dưỡng hằng ngày, có thể cải thiện hữu hiệu tính năng làm việc cũng như trạng thái vận hành của thiết bị, nâng cao độ tin cậy của thiết bị.

3. Các dạng đường cong cơ sở sự cố gây hỏng trong thực tế

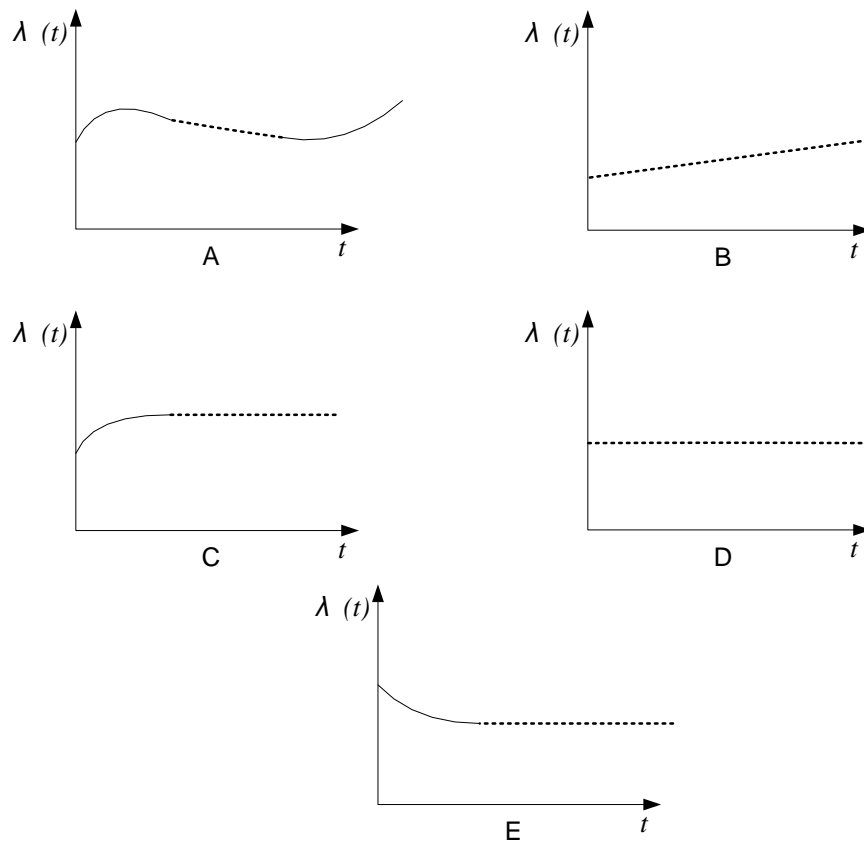
Cùng với sự xuất hiện các thành tựu khoa học như xử lý thông tin, vật liệu mới, từ đường cong biểu diễn qui luật suất sự cố nói trên, các chuyên gia đã tính toán, điều chỉnh lại hình dạng cho phù hợp với từng nhóm thiết bị ứng với từng lĩnh vực hoạt động khác nhau.

Ngoài tuân theo qui luật cơ bản như hình 1, còn có 5 qui luật tuân theo các dạng đường cong như hình 2. Bảng 1 cho thấy kết quả thống kê của qui luật suất sự cố thiết bị tuân theo. Trong đó thực chất, dạng đường cong như hình 1 chính là các dạng hình 2A, 2D và 2E tổ hợp lại tạo thành [1]. Trong thực tế vận hành, qui luật phát triển suất sự cố có thể là 1 hoặc vài loại đường cong tổ hợp tạo nên.

Stt	Tuân theo dạng đường cong	Tỉ lệ Thiết bị tuân theo chiếm (%)
1	Hình 1	4
2	Hình 2A	2
3	Hình 2B	5
4	Hình 2C	7
5	Hình 2D	14
6	Hình 2E	68

Suất sự cố của thiết bị được quyết định bởi tính phức tạp của nó, tính phức tạp càng cao, qui luật của suất sự cố tiệm cận về 2 dạng 2D và 2E. Các nghiên cứu về sự cố của các thiết bị hiện đại cho thấy thiết bị lão hóa không chắc phát sinh nhiều sự cố và ngược lại thiết bị mới không chắc phát sinh ít sự cố. Đồng thời, đối với các thiết bị hiện đại có độ tin cậy cao, tốc độ hao mòn nhìn thấy được giảm thấp nhưng tốc độ hao mòn không nhìn thấy được lại tăng cao; Các thiết bị phức tạp sau khi được phục hồi (hoặc tự phục hồi), tính chất sự cố sẽ được cập nhật và có xu hướng ổn định không thay đổi. Tuy nhiên do tính chất trạng thái làm việc của thiết bị là khác nhau nên về tổng thể suất sự cố so với trước có xu hướng kéo

dài. Sau mỗi lần sửa chữa khắc phục sự cố, suất sự cố thiết bị dần tăng lên, tức là mức lão hóa và khả năng hư hỏng ngày càng lớn [3].



Hình 2. 5 dạng đường cong thực tế cơ sở

4. Kết luận

Việc nghiên cứu và nắm vững qui luật nói trên là cơ sở để các nhà sử dụng đề ra phương án, kế hoạch bảo trì phòng ngừa (PM - Preventive maintenance) cho thiết bị và máy móc nhằm ngăn ngừa các sự cố có khả năng xảy ra để kéo dài tuổi thọ của thiết bị và tránh những hư hỏng trước thời hạn □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tan J.S., Krame M.A (2012) “A general framework for preventive maintenance optimization in chemical process operations” *Computers Chemical Engineering* 21(12): 1451-1469.
- [2] 范体军, 陈荣秋, 崔南方 (2013) “基于流程的设备维护外包模式研究” *华中科技大学学报 (自然科学版)* 31(3): 81-83.
- [3] 刘坚 (2014) “设备 e-维护模式的体系理论与关键技术研究” 湖南大学 2014.
- [4] Yiliu Tu, Eddie H. H.Yeung (2012) “Integrated Maintenance Management System in a Textile Company” *The International Journal of Advance Manufacturing echnology*, 13:453-462.

(Ngày nhận bài: 05/09/2018; ngày phản biện: 24/09/2018; ngày nhận đăng: 01/10/2018)