วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ 4

ปัญหาความชำรุดเสียหายอุปกรณ์ (Failure) เป็นประเด็นที่สำคัญของทุกองค์กร เนื่องจากปัญหาดังกล่าวได้ก่อให้เกิดความสูญเสียไม่เพียงแต่เวลาในการผลิต แต่ยังทำให้สูญเสียโอกาสในการแข่งขัน ดังนั้นความน่าเชื่อถือระบบจะสามารถขจัดความผันแปรของระบบ ซึ่งระบบจะต้องถูกออกแบบเพื่อให้มีสมรรถนะและมาตรฐานตามที่คาดหมาย การบำรุงรักษาจึงเป็นการรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูแลรักษาอุปกรณ์ให้มีสภาพที่พร้อมใช้งาน ส่วนความน่าเชื่อถือเป็นค่าความน่าจะเป็น (Probability) ที่ชิ้นส่วนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมตามช่วงเวลาที่กำหนด (Specified time) ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเครื่องจักร จึงเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่จะเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) ในการดำเนินงาน โดยที่ความน่าเชื่อถือ หมายถึง คุณภาพตลอดช่วงเวลาการใช้งาน ส่วนการประกันคุณภาพ หมายถึง คุณภาพ ณ. เวลาการตรวจสอบ (Inspection) ดังนั้นการทดสอบความน่าเชื่อถือจึงเป็นส่วนงานหนึ่งของฝ่ายงานวิศวกรรมและงานคุณภาพ

วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability engineering) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการทดสอบ การวิเคราะห์ความน่าจะเป็น (Probability analysis) และการสำรวจภาคสนาม (Field surveys) ซึ่งเนื้อหาในส่วนต่อไปนี้จะอธิบายถึงวิธีการเบื้องต้นที่ถูกใช้ในการประมาณความน่าเชื่อถือและสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบกระบวนการ

โดยทั่วไปความน่าเชื่อถือกระบวนการ มักแสดงในรูปของความบกพร่องหรือของเสีย ส่วนความน่าเชื่อถือ คือ ความน่าจะเป็นที่สามารถใช้งานในระดับเหมาะสม สำหรับช่วงเวลาที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขสภาวะการใช้งานปกติ (Normal condition)

แนวคิดการทดสอบอายุ

การทดสอบอายุการใช้งาน (Life-testing) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์จะสามารถถูกใช้งานตามข้อกำหนดหรือไม่ ในสภาวะการทำงานหรือเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ผลการทดสอบจะทำให้ผู้ผลิตสามารถรับประกันคุณภาพของสินค้าหากผ่านการทดสอบตามสภาวะเงื่อนไขการทำงานและเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้งาน หากเกิดข้อบกพร่องในระหว่างทดสอบทางผู้ผลิตก็จะได้ปรับแก้ก่อนที่จะปล่อยของเสียออกสู่ตลาดและใช้ข้อมูลที่ถูกบันทึกระหว่างทดสอบในการปรับปรุงปัจจัย ที่ช่วยป้องกันข้อบกพร่องไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก ซึ่งอายุการใช้งาน คือ หนึ่งในเกณฑ์แห่งคุณภาพ (Quality criteria) ที่ถูกใช้งานโดยปราศจากข้อบกพร่องหรือรักษาคุณลักษณะทางคุณภาพ (Quality characteristics) ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

สำหรับรูปแบบการทดสอบโดยทั่วไป จะดำเนินในรูปแบบของ การใส่ภาระสูงสุด (Maximum loading) การสั่นสะเทือน (Vibration) ความถี่หรือแรงดันทางไฟฟ้า (Voltage) ตามข้อกำหนดของการออกแบบ (Design specification) หากสามารถทำงานได้อย่างปกติภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว นั่นหมายถึงอุปกรณ์สามารถสนองความต้องการในการใช้งานและสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้งาน นั่นเอง

จะเขียนแผ่นข้อกำหนดเฉพาะของความน่าเชื่อถืออย่างไร

แผ่นข้อกำหนดความน่าเชื่อถือ (Reliability specification sheet) เป็นเอกสารที่บอกถึงสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับเครื่องจักรซึ่งอธิบายในรูปของความน่าเชื่อถือ และใช้ข้อความที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจถึงข้อกำหนดความน่าเชื่อถือ เช่น การแสดงความถี่สูงสุดหรือความน่าจะเป็นของการเกิดขัดข้องในช่วงเวลาที่กำหนด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ดังเช่น :

1. เครื่องฉีดพลาสติก : กำหนดให้มีเวลาหยุดเครื่องรวม (Total downtime) น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง สำหรับการใช้งานทุก 100 ชั่วโมง

2. เครื่องถ่ายเอกสาร : สามารถถ่ายสำเนาเอกสารได้ไม่ต่ำกว่า 100000 แผ่น โดยไม่เกิดการขัดข้องและสามารถต่อเข้ากับเต้าเสียบ (Outlet) ไฟฟ้าในบ้าน ที่ใช้ไฟขนาด 220 โวลต์

3. ค่าเวลาเฉลี่ยการใช้งานจนกระทั่งเกิดความขัดข้อง 30000 ชั่วโมง สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้งานในสภาพปกติ

นี่ก็คือ ตัวอย่าง ข้อกำหนดแบบง่ายๆ แต่ในการใช้งานจริงจะพบว่ามีการแสดงรายการข้อมูลของผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์อย่างยาวเหยียด

จะทำการคำนวณเพื่อวัดค่าความน่าเชื่อถืออย่างไร

ถ้าหากวิศวกรความน่าเชื่อถือ (Reliability engineer) แห่งบริษัทขายอุปกรณ์ไฟฟ้าแห่งหนึ่ง ได้ทำการเลือกเครื่องปิ้งขนมปัง (Toaster) อย่างสุ่ม 5 เครื่อง และได้ให้พนักงานทดลองใช้งาน ซึ่งทุกๆ เช้าพนักงานแต่ละคนจะทำการปิ้งขนมปังโดยใช้เครื่องของบริษัท และนำเครื่องส่งกลับมายังบริษัทเมื่อต้องทำการซ่อมแซม หลังจากนั้น 1000 วัน ทางบริษัทก็ได้ทำการเก็บข้อมูลจากเครื่องปิ้งขนมปังทั้งห้านี้ โดยมีการแสดงข้อมูลในตาราง

เครื่องปิ้งขนมปัง	จำนวนครั้งของการซ่อม
1	3
2	2
3	5
4	2
5	1
รวม	13

ทำการคำนวณค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องปิ้งขนมปังในช่วงการใช้งาน 1000 วัน โดยหาค่าเฉลี่ยการขัดข้องที่สามารถซ่อมแซมได้และค่าที่คำนวณได้จะให้สารสนเทศที่มีคุณค่าเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับตราผลิตภัณฑ์อื่นๆ และสามารถประมาณค่าใช้จ่ายสำหรับการรับประกันการใช้งาน (Warranty cost)

ค่าเฉลี่ยการขัดข้อง = 13/5 = 2.6 ครั้ง

ดังนั้นอาจกล่าวว่าค่าที่คำนวณได้ คือค่าเฉลี่ยที่เครื่องปิ้งขนมปังต้องทำการซ่อม 2.6 ครั้ง ในทุก 1000 ชั่วโมงภายใต้การใช้งานปกติ ซึ่งหน่วยพื้นฐานสำหรับการวัดความน่าเชื่อถือ มักใช้อัตราการชำรุด (Failure rate) ซึ่งเป็นการวัดสัดส่วนการชำรุดของอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบ (FR (%)) หรือ ความถี่ของการขัดข้องระหว่างชั่วโมงปฏิบัติการ (Operating time) ภายใต้สภาวะการทำงานปกติ ดังแสดงในสมการ

$$FR\ (\%) = \frac{\text{จำนวนครั้งการขัดข้อง}}{\text{จำนวนหน่วยที่ทดสอบ}} \times 100\ \%$$

$$FR\ (N) = \frac{\text{จำนวนครั้งการขัดข้อง}}{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน}}$$

การคำนวณค่าเวลาเฉลี่ยการชำรุด

เราสามารถรายงานความน่าเชื่อถือของเครื่องปิ้งขนมปังด้วยการใช้ค่า MTBF (Mean Time Between Failure) ที่ถูกใช้เพื่อวัดค่าความน่าเชื่อถืออย่างแพร่หลาย ด้วยการนำค่าช่วงเวลารวมหาร ด้วย จำนวนครั้งของการชำรุดเฉลี่ย

MTBF = 1000/2.6 = 384.6 วัน

ค่าที่คำนวณได้จะบอกว่าเครื่องปิ้งขนมปังมีเวลาการใช้งานจนกระทั่งส่งซ่อมโดยเฉลี่ย 384.6 วัน แต่ไม่ได้หมายถึงเครื่องปิ้งขนมปังทุกเครื่องต้องทำการซ่อมภายในระยะเวลาดังกล่าว ในกรณีนี้อาจแสดงถึง 50% โดยประมาณ จะต้องทำการซ่อมภายใน 384.6 วัน ถ้าหากความน่าจะเป็นของการชำรุดมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution)

นอกจากนี้ค่า MTBF ยังผกผันกับค่าอัตราการชำรุด (Failure rate) ซึ่งแสดงด้วยความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{Failure rate } (\lambda) = \frac{1}{\text{MTBF}} = \frac{1}{384.6} = 0.0026$$

ค่าที่คำนวณได้จะชี้บอกว่ามีโอกาสเพียง 0.0026 หรือ 0.26% ที่เครื่องจะชำรุดหรือขัดข้องภายในหนึ่งวัน โดยค่าดังกล่าวจะถูกนำไปใช้สำหรับการออกแบบ

การคำนวณค่าเวลาเฉลี่ยการใช้งานจนกระทั่งเกิดความขัดข้องครั้งแรก

จากค่าเฉลี่ยการใช้งานที่คำนวณได้ในส่วนก่อนนี้ คือ 384.6 วัน โดยมีการใช้งานจนกระทั่งเกิดความขัดข้องหรือเสียหายครั้งแรก ซึ่งเรียกว่า MTTF (Mean Time To First Failure) ถ้าหากค่า MTTF มีระยะเวลาที่

ยาวนานกว่า MTBF นั่นหมายความว่าจะต้องมีการซ่อมบ่อยครั้งขึ้น ในทางตรงข้ามหากว่า MTTF มีระยะเวลาที่สั้นกว่า MTBF ก็แสดงว่าต้องทำการซ่อมแซมตั้งแต่เนิ่น (Early) ของการใช้งาน

สำหรับวิธีการคำนวณค่า MTTF นั้นมีความคล้ายคลึงกับ MTBF โดยการเก็บข้อมูลจากการทดสอบเครื่องปิ้งขนมปังเมื่อเกิดความขัดข้องครั้งแรก ค่าเฉลี่ยของข้อมูลดังกล่าวนี้ เรียกว่า MTTF

เครื่องปิ้งขนมปัง	ระยะเวลาใช้งานจนกระทั่งขัดข้องครั้งแรก (วัน)
1	123
2	256
3	495
4	380
5	350
ระยะเวลารวม	1604

$$MTTF = \frac{\text{ระยะเวลารวม}}{\text{จำหน่วยที่ถูกทดสอบ}}$$

หรือ $MTTF = \frac{1604}{5} = 320.8$ วัน (เกิดขัดข้องครั้งแรก)

จากที่คำนวณได้แสดงถึง ค่า MTTF ที่สั้นกว่า MTBF ดังนั้นอาจมีอุปกรณ์บางชิ้นส่วนที่เกิดความชำรุดหรือเสียหายก่อนกำหนด ซึ่งสามารถแสดงรายการสาเหตุหลักให้เกิดขัดข้องของชิ้นส่วนเหล่านี้ เพื่อใช้สำหรับการแก้ไขในการออกแบบ

แนวทางคำนวณค่าเวลาเฉลี่ยจนกระทั่งเกิดความชำรุด

จากที่กล่าวถึงวิธีการคำนวณที่ผ่านมานั้น เป็นการสมมุติว่า ความเสียหายหรือขัดข้องที่เกิดขึ้นจากการใช้งานสามารถทำการส่งกลับไปยังศูนย์บริการเพื่อทำการซ่อมแซมได้ แต่ในความเป็นจริงนั้นมีหลายผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้ หากเกิดความเสียหายหรือขัดข้องขึ้นครั้งแรก ตัวอย่างเช่น หลอดทรานซิสเตอร์ หลอดไฟ และ ฟิวส์

สำหรับวิธีการคำนวณความน่าเชื่อถือของรายการที่ไม่สามารถซ่อมแซมได้นั้น (Nonrepairable items) หรือ Mean time until failure มีความใกล้เคียงกันกับการหาค่า MTTF เว้นแต่เพียงว่ารายการดังกล่าวไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้เท่านั้น ดังนั้นการคำนวณหาค่าดังกล่าวจัดทำโดยการวัดค่าช่วงอายุ (Life span) ของแต่ละรายการและรายงานค่าเฉลี่ยช่วงอายุการใช้งานจนกระทั่งเกิดความชำรุด

สมมุติว่าวิศวกรได้ค้นพบว่าฟิวส์ในเครื่องปิ้งขนมปัง คือ สาเหตุหลักของความขัดข้องที่เกิดขึ้นในเครื่อง เขา

จึงตัดสินใจเพื่อทดสอบช่วงอายุของฟิวส์ และได้ผลการทดสอบที่บันทึกลงในตาราง ดังนี้

ฟิวส์	อายุ (ชั่วโมง)
1	1200
2	1850
3	1050
4	1300
5	1450
เวลารวม	6850

$$MTTF = \frac{6850}{5} = 1370 \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้นอาจกล่าวว่าฟิวส์ของเครื่องปิ้งขนมปังมีอายุการใช้งานเฉลี่ย (Average life span) 1370 ชั่วโมง

แนวทางคำนวณอัตราความเสี่ยง

ถ้าหากทำการผกผันค่า MTTF ก็จะได้ค่าอัตราความเสี่ยง (Hazard rate) ซึ่งมีความแตกต่างจากอัตราการชำรุด โดยที่อัตราการชำรุด แสดงถึงค่าความน่าจะเป็นของการซ่อมแซม ดังนั้นอัตราความเสี่ยงจึงบอกถึงความน่าจะเป็นของการชำรุดโดยรวม (Total failure)

$$\text{Hazard rate} = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{1370} = 0.00073$$

ถ้านำอัตราความเสี่ยงคูณกับช่วงเวลา (Time span) ที่สนใจ ก็จะได้ค่าความน่าจะเป็นของความขัดข้องระหว่างช่วงเวลาที่กำหนด เช่น การระบุให้ความน่าเชื่อถือของฟิวส์ที่ 99% หลังจากการใช้งาน100 ชั่วโมง นั่นหมายถึง โอกาสที่ฟิวส์จะขาดไม่เกิน 1% ที่แสดงด้วยความสัมพันธ์ ดังนี้

เวลา × อัตราความเสี่ยง = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความขัดข้อง

100 × 0.00073 = 0.073 หรือ โอกาสที่จะเกิดความขัดข้อง 7.3%

ดังนั้น ค่าที่ประเมินได้ แสดงว่าฟิวส์ มีคุณสมบัติไม่เพียงพอต่อความน่าเชื่อถือของเครื่องปิ้งขนมปังนี้ ที่กำหนดความน่าเชื่อถือไว้ 99% หรือมี โอกาสที่จะเกิดความขัดข้อง 1%

ความน่าเชื่อถือสำหรับกระบวนการ : แนวทางคาดการณ์การขัดข้องเครื่องจักรและกำหนดช่วงเวลาบำรุงรักษา

เมื่อเครื่องจักรถูกใช้งานในกระบวนการผลิต จนถึงช่วงเวลาหนึ่งที่จะต้องทำการบำรุงรักษาหรือการปรับตั้งเครื่อง โดยเกี่ยวข้องกับความสามารถในการบำรุงรักษา (Maintainability) หรือที่มักเรียกว่า ความสามารถบริการ (Serviceability) ที่แสดงถึงความสะดวกในการบำรุงรักษาหรือการฟื้นสภาพของอุปกรณ์หลังเกิดขัดข้อง เมื่อกระบวนการผลิตได้ใช้เวลา เพื่อดำเนินการสร้างผลิตผล เราจะเรียกช่วงเวลานี้ว่า " Uptime " ส่วนเวลาที่ทำการหยุดซ่อมหรือรอคอยการตั้งเครื่อง จะเรียกว่า " Downtime " ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวนี้สามารถสะท้อนถึงความน่าเชื่อถือของกระบวนการ

แนวทางคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการบำรุงรักษา

ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการบำรุงรักษา (Mean Time Between Maintenance) หรือ MTBM คือการวัดค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาระหว่างการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา (Maintenance activity) เช่น การหยุดเครื่องเพื่อทำการปรับเปลี่ยนใบมีดตัด ดังนั้นค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างการหยุดเครื่อง เรียกว่า MTBM

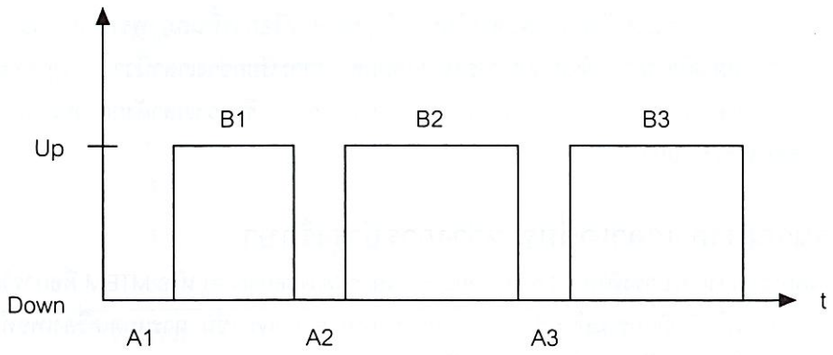
จำนวนรอบการใช้งานจนกระทั่งต้องทำการปรับเปลี่ยนใบมีด
250
270
260
230
240
ผลรวมจำนวนรอบการใช้งาน = 1250

$$MTBM = \frac{\text{จำนวนรอบการใช้งาน}}{\text{จำนวนครั้งการซ่อม}} = \frac{1250}{5} = 250 \text{ รอบ}$$

ค่าที่คำนวณได้จะถูกนำมาใช้ในการกำหนดรอบเวลาของการบำรุงรักษาและสามารถระบุในตารางเวลาของงานผลิต (Production timetable) จากกรณีดังกล่าวทำให้ทราบว่าควรต้องทำการเปลี่ยนใบมีดในทุก 250 รอบของการใช้งาน เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายกับชิ้นงานหรืออุปกรณ์ข้างเคียง

การคำนวณความถี่การซ่อมบำรุงในแต่ละรอบของการปฏิบัติการ

ถ้าหากเครื่องจักรต้องการเวลาหนึ่งชั่วโมง (ตัวอย่างที่แล้ว) เพื่อทำงานให้ครบ 100 รอบ ดังนั้นควรจะมีการซ่อมโดยเฉลี่ยในทุก 2.5 ชั่วโมง จากกรณีใบมีดตัด ดังกล่าวนี้ ถ้าหากมี 40 ชุดที่ต้องทำการปรับเปลี่ยนในทุก 100 ชั่วโมงของการผลิต ซึ่งแต่ละชุดต้องใช้เวลา 10 นาที ในการถอดเปลี่ยนและปรับตั้ง ก็จะมีผลกระทบต่อผลรวมของ "Uptime" และ "Downtime" นั่น คือ เวลาการผลิตที่เพิ่มขึ้น 400 นาที สำหรับกระบวนการ



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับการขัดข้อง

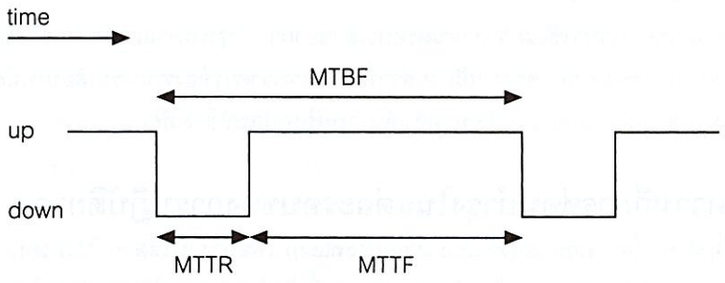
จากรูปที่ 4.1 สามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่า MTTF , MTTR และMTBF จาก

$$MTTF = \frac{(B1+B2+B3)}{3}$$

$$MTTR = \frac{(A1+A2+A3)}{3}$$

$$MTBF = \frac{(A1+B1)+(A2+B2)+(A3+B3)}{3} = MTTR+MTTF$$

จากสมการความสัมพันธ์ทั้ง 3 นี้ สามารถเขียนเป็นแผนภาพ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของ MTBF, MTTF และ MTTR

แนวทางการคำนวณหาความพร้อมของกระบวนการ

ความพร้อม (Availability) คือ การวัดสัดส่วนที่เครื่องจักรหรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีความพร้อมต่อการใช้งาน เช่น เมื่อเราต้องการใช้สว่านไฟฟ้าในการขันสกรู ดังนั้นเมื่อเราหยิบสว่านขึ้นก็จะมีความคาดหวังว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสามารถทำงานได้ตามต้องการหรือในฐานะผู้จัดการสายการผลิต ก็มักจะคาดหวังว่ากระบวนการผลิตมีความพร้อมที่จะผลิตชิ้นงาน เมื่อได้กำหนดการเริ่มงาน

ในกรณีของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อย่าง อุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive) ที่มีการใช้เครื่องจักรในการขึ้นรูปขนาดหลายร้อยตัน จากการศึกษาพบว่าเครื่องขึ้นรูป มี MTBF 240 นาที เมื่อทำการทดสอบความน่าเชื่อถือเพื่อประมาณอัตราการชำรุดในแต่ละองค์ประกอบของเครื่อง ที่แสดงดังตาราง

องค์ประกอบ	อัตราการชำรุด	เวลาการซ่อมแซม (นาที)
Die mount	0.90	30
Stroke control	0.80	20
Stock feeder	0.95	15

สารสนเทศที่แสดงดังกล่าวนี้ทำให้สามารถนำมาคำนวณค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องขึ้นรูปและทำตารางกำหนดการของทั้งงานผลิตและงานบำรุงรักษา ได้อย่างแม่นยำขึ้น

$$Availability = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

MTTR แสดงถึงค่าเวลาสำหรับการซ่อมแซม ที่คิดตั้งแต่การเริ่ม Breakdown จนกระทั่งการซ่อมเสร็จสมบูรณ์ โดยสามารถหาได้จาก

$$MTTR = \frac{\text{ผลรวมเวลาการซ่อมบำรุง}}{\text{ผลรวมอัตราการชำรุด}}$$

ดำเนินการคำนวณหาค่า MTTR ดังนี้

ผลรวมเวลาการซ่อมบำรุง = 30+20+15 = 65 นาที

ผลรวมอัตราการชำรุด = 0.90+0.80+0.95 = 2.65

ดังนั้น ค่า MTTR $= \frac{65}{2.65} = 24.5$ นาที

ค่า MTTR ไม่ใช่ค่าเวลาเฉลี่ยการซ่อมบำรุง (65/3=21.67) ในแต่ละครั้งของการซ่อมบำรุงจะถูกถ่วงน้ำหนักโดยค่าความน่าจะเป็นของความต้องการสำหรับการซ่อม เมื่อได้ค่า MTTR ก็สามารถทำการประมาณความพร้อมได้จาก

$$\text{Availability} = \frac{240}{240 + 24.5} = 0.907 \text{ หรือ } 90.7\ \%$$

นั่นคือ 9 ใน10 ครั้ง ของการใช้งานเครื่องขึ้นรูป สามารถพร้อมใช้งานได้ทันที ซึ่งผลการคำนวณจะบอกแก่ผู้จัดทำตารางการผลิตว่าในทุก 240 นาที ของการผลิต โดยใช้เครื่องขึ้นรูปนี้ ควรมีการเผื่อเวลาสำหรับการบำรุงรักษาไว้ 24.5 นาที

การคำนวณหาค่าความน่าเชื่อถือรวม

โดยทั่วไปการวัดค่าความน่าเชื่อถือ มักรายงานและแสดงด้วยค่าความน่าจะเป็น ที่หมายถึง โอกาสของความสำเร็จหรือล้มเหลว ตามรอบเวลาที่ระบุ เมื่อแต่ละชิ้นส่วนได้ถูกรวมเข้ากับผลิตภัณฑ์ ก็สามารถทำการประมาณค่าความน่าเชื่อถือโดยรวมของระบบ โดยใช้แนวคิดของ MTBF และอัตราการชำรุด ลองพิจารณาจากตัวอย่างของเครื่องซักผ้า (Washing machine) ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ และสามารถถอดประกอบ เมื่อต้องการซ่อมแซม

สมมุติว่า ช่างทดสอบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการวัดค่าความน่าเชื่อถือในแต่ละชิ้นส่วนและพบว่าสามารถจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันได้ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

จำนวนชิ้นส่วนที่ถูกใช้	อัตราการขัดข้อง (หลังการใช้งาน 1000 ชั่วโมง)
15	0.03
30	0.15
29	0.11

อัตราการชำรุดที่ถูกรายงานในตัวอย่างนี้ แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนที่เกิดความขัดข้องหลังการใช้งาน 1000 ชั่วโมง ด้วยสารสนเทศดังกล่าวนี้สามารถกำหนดอัตราการชำรุดและ MTBF สำหรับเครื่องซักผ้า ซึ่งไม่มีชิ้นส่วนสำรอง (Redundant parts) โดยใช้ผลรวมของอัตราการชำรุด ดังนั้นเพื่อหาผลรวมดังกล่าว ขั้นแรกจะต้องทำการคูณอัตราการชำรุดด้วยจำนวนชิ้นส่วน ซึ่งแสดงในตาราง ดังนี้

จำนวนชิ้นส่วนที่ถูกใช้	อัตราการขัดข้อง	ผลรวมของอัตราการขัดข้อง
15	0.03	0.45
30	0.15	4.50
29	0.11	3.19
		8.14

ดังนั้น อัตราการชำรุดสำหรับเครื่องซักผ้า คือ 8.14% สำหรับการใช้งานทุก 1000 ชั่วโมง ซึ่งค่าอัตราการชำรุดต่อชั่วโมง คือ 8.14/1000 =0.00814 ชั่วโมง และทำการหาค่า MTBF ที่เป็นส่วนผกผันกับอัตราการชำรุดได้ดังนี้

$$\text{MTBF} = \frac{1}{0.00814} = 122.85 \text{ ชั่วโมง}$$

เมื่อวิศวกรทำการประเมินความน่าเชื่อถือของการออกแบบเครื่องซักผ้า ที่มีค่า MTBF คือ 122.85 ชั่วโมง ถ้าเครื่องมีรอบเวลา 30 นาที ในการซักผ้า ดังนั้นค่าเฉลี่ยของจำนวนรอบการทำงาน คือ 122.85/0.5 = 245.7 หรือ 246 รอบการทำงาน ก่อนที่จะทำการซ่อมบำรุง ถ้าหากการใช้งานเครื่องซักผ้าแต่ละครอบครัว สี่ครั้งในหนึ่งสัปดาห์นั่น ก็คือ เครื่องซักผ้าสามารถใช้งานได้นานกว่าหนึ่งปีก่อนที่จะทำการซ่อมบำรุง ด้วยการใช้เทคนิคขั้นสูงของความน่าเชื่อถือ ซึ่งทำให้วิศวกรสามารถประเมินเงื่อนไขการรับประกันและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

กรณีศึกษาการออกแบบ : แผงวงจรคอมพิวเตอร์ (Computer circuit board) ประกอบด้วยอุปกรณ์ 67 ชิ้น โดยมีอัตราความชำรุด แสดงในตาราง กำหนดให้อุปกรณ์แต่ละตัวมีการต่อแบบอนุกรม (Series) ให้หาค่า MTBF ของแผงวงจร

ชนิดอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์ (n)	อัตราความชำรุด (λ)	อัตราความเสียชำรุดสะสม (nλ)
Type-1 Capacitor	1	0.0027×10^{-6} ครั้ง/ชั่วโมง	0.0027×10^{-6} ครั้ง/ชั่วโมง
Type-2 Capacitor	19	0.0025	0.0475
Resistor	5	0.0002	0.0010
Flip-flop	9	0.4667	4.2003
Nand gate	5	0.2456	1.2286
Differential receiver	3	0.2738	0.8214
Dual gate	2	0.2107	0.4214
Quad gate	7	0.2738	1.9166
Hex inverter	5	0.3196	1.5980
Shift register	4	0.8847	3.5388
Quad buffer	1	0.2738	0.2738
4-bit shifter	1	0.8035	0.8035
Inverter	1	0.3196	0.3196
Connector	1	4.3490	4.3490
Wiring board	1	1.5870	1.5870
Solder connector	1	0.2328	0.2328
	N = 67		$\Sigma\lambda = 21.672 \times 10^{-6}$ ครั้ง/ชั่วโมง

Sol. ดังนั้น MTBF = $\frac{1}{\lambda_{SYS}}$ = 46142 ชั่วโมง

ถ้าต้องการปรับปรุงความเชื่อมั่นของแผงวงจร อาจทำการควบคุมคุณภาพอุปกรณ์อย่างเข้มงวดสำหรับ Flip flop, Shift registers, Quad gate, Hex inverter และ Wiring board **********

ค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดการความน่าเชื่อถือ

- การจัดการออกแบบ (Design management) โดยการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหาย (Failure mode analysis) และการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่คงทน (Robust design)

- การจัดการบำรุงรักษา (Maintenance management) เพื่อเป็นการประกันและเตรียมความพร้อมของกระบวนการ ให้มีความสอดคล้องกับแผนงาน

- การจัดการลอจิสติกส์ (Logistics management) เพื่อเป็นการประกันความพร้อมของสิ่งอำนวยความสะดวกที่สามารถส่งมอบได้ทันเวลาและการคาดการณ์ความต้องการของอะไหล่หรือการบริการ

สำหรับการประเมินค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์หรือความน่าเชื่อถือกระบวนการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพ โดยองค์กรจะประเมินค่าใช้จ่ายของการชำรุด (ค่าความเสียหายจากเครื่องจักรขัดข้องหรือความชำรุดของผลิตภัณฑ์) เทียบกับ ค่าใช้จ่ายในการป้องกัน (Prevention cost) ดังนั้นแบบจำลองของค่าใช้จ่ายกระบวนการที่สามารถใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายที่สำหรับความน่าเชื่อถือ และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความบกพร่องหรือการชำรุดเสียหาย จะแสดงในรูปของต้นทุนวงจรอายุ (Life cycle cost) หรือ LCC

การประเมินความมีประสิทธิผลของระบบ

ปัจจุบันได้มีแบบจำลองมากมาย เพื่อใช้ในการวัดประสิทธิผลของระบบ ซึ่งแบบจำลองพื้นฐานจะแสดง ด้วย

$$P_{se} = P_a \times P_r \times P_c$$

เมื่อ P_{se} = ค่าประสิทธิผลของระบบ

P_a = ความน่าจะเป็นของความพร้อมใช้งาน

P_r = ค่าความน่าเชื่อถือ

P_c = ความน่าจะเป็นที่การออกแบบมีความสอดคล้องกับหน้าที่การทำงานที่กำหนด (Specified function)

ประสิทธิผลของระบบ (System effectiveness) จะเป็นตัวบอกว่า เครื่องจักรหรือกระบวนการสามารถสนองความต้องการและสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้งานได้ดีเพียงไร เช่น ถ้าท่านเป็นผู้ผลิต TV และต้องการที่จะทราบประสิทธิผลของอุปกรณ์ ดังกล่าวในช่วงเวลา 10000 ชั่วโมง ด้วยการวัดความน่าเชื่อถือที่แสดงด้วยสารสนเทศสำคัญ ดังนี้

MTBF = 16000 ชั่วโมง , MTTR = 72 ชั่วโมง , Reliability = 0.535

ประการแรก ควรต้องทำการคำนวณ เพื่อหาค่าของความพร้อมใช้งาน นั่นคือ

$$P_a = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

หรือ $$P_a = \frac{16000}{16000 + 72} = 0.995$$

จากค่าความน่าเชื่อถือ เราได้ทราบแล้วว่ามีค่า 0.535 ถ้าสมมติว่าทุกชิ้นส่วนของ TV นี้สามารถใช้งานได้ตามที่ลูกค้าคาดหวัง ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นสำหรับกรณีนี้ คือ 1.00 และนำตัวแปรทั้งสามส่วนนี้ ทำการประมาณหาค่าประสิทธิผลของระบบ ได้ดังนี้

$$P_{se} = 0.995 \times 0.535 \times 1.00 = 0.532$$

สรุป

สำหรับเนื้อหาที่กล่าวในบทนี้ ก็เป็นเพียงการนำเสนอแนวทางการพัฒนา ด้วยการใช้สถิติเพื่อประเมินหรือคาดการณ์ความน่าเชื่อถือ ดังนั้นสารสนเทศของความน่าเชื่อ (Reliability information) จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในการออกแบบที่รวมถึงการจัดวางตำแหน่งและกำหนดการเดินเครื่องจักร ดังนั้นวิศวกรหรือผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องสามารถคาดการณ์และควบคุมระดับความน่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น