

การศึกษาต้นทุนและแผนการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ของอาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง

A Study of Cost and Maintenance Plan for Low-Voltage Electrical System of Toll Surveillance Building

ปิยะเนตร ผึ้งเดือน^{1,*}, กวิน ตันติเสวี²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: s6701082857010@email.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจัดทำแผนการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบสำรองไฟฟ้ด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบควบคุมตู้สวิตช์ และประเมินต้นทุนค่าบำรุงรักษาสำหรับอาคารด่านเก็บค่าผ่านทางตลอดระยะเวลา 30 ปี นับจากการสิ้นสุดระยะเวลารับประกันผลงาน การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลแผนและผลการบำรุงรักษาของอาคารด่านเก็บค่าผ่านทางจำนวน 6 แห่ง ทั้งในส่วนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) และการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) ร่วมกับการสัมภาษณ์วิศวกรและช่างเทคนิคผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ทราบถึงรายการบำรุงรักษาและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่บำรุงรักษา จากนั้นจึงวิเคราะห์ความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์และประเมินค่าใช้จ่ายทางตรงของการบำรุงรักษาในรูปแบบมูลค่าประจำปี (Annual Worth: AW) รวมทั้งวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนตลอดระยะเวลา 30 ปี ผลการศึกษาพบว่า ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาประจำปีเทียบเท่ามีสัดส่วนประมาณร้อยละ 6.52 ถึง 8.00 ของมูลค่างานระบบไฟฟ้าแรงต่ำ เมื่อคิดอัตราส่วนลดร้อยละ 6.57 ต่อปีและอาจเพิ่มและอาจเพิ่มขึ้นจากสัดส่วนนี้ไม่เกินร้อยละ 17 เมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของราคาวัสดุและค่าแรงและรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ถี่ขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดทำงบประมาณรายจ่ายประจำปีสำหรับการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำทั้ง 4 ระบบ และสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารในการวางแผนบำรุงรักษาระยะยาว

คำสำคัญ: การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า, อาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง, ต้นทุนการบำรุงรักษา, การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, มูลค่าประจำปี (AW)

Abstract

This study aims to analyze and develop a maintenance plan for four low-voltage electrical systems, namely power distribution systems, lighting systems, emergency power supply systems using generators, and switchgear control systems. It also

evaluates the maintenance costs of toll collection buildings over a 30-year period after the expiration of the warranty period. Data were collected from maintenance plans and actual maintenance records of six toll collection buildings, covering both preventive maintenance (PM) and corrective maintenance (CM). In addition, in-depth interviews were conducted with experienced engineers and technicians to identify maintenance activities and the service life of related electrical equipment. Based on these data, equipment replacement frequencies were analyzed, and direct maintenance costs were estimated in terms of Annual Worth (AW). A sensitivity analysis was also performed to examine cost variations over the 30-year period. The results indicate that the equivalent annual maintenance cost accounts for approximately 6.52% to 8.00% of the value of the low-voltage electrical works, based on a discount rate of 6.57% per year. This proportion may increase by no more than 17% when increases in material prices and labor costs are considered, together with shorter equipment replacement cycles. The findings can be used as a guideline for preparing annual maintenance budgets for the four low-voltage electrical systems and can support managerial decision-making in long-term maintenance planning.

Keywords: Electrical System Maintenance, Toll Collection Building, Maintenance Cost, Preventive Maintenance, Annual Worth (AW)

1. บทนำ

อาคารด่านเก็บค่าผ่านทางเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคม เนื่องจากเป็นพื้นที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการจราจร การจัดเก็บค่าผ่านทาง ระบบสื่อสาร กล้องวงจรปิด และอุปกรณ์สนับสนุนการให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง ระบบไฟฟ้าแรงต่ำภายใน

อาคารจึงต้องมีความพร้อมใช้งาน ความปลอดภัย และความต่อเนื่องในการจ่ายไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบไฟฟ้าสำรองด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบควบคุม/ตู้สวิตช์ หากระบบดังกล่าวขัดข้องอาจส่งผลกระทบต่อให้บริการประชาชน ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และรายได้ของโครงการ ดังนั้น การวางแผนบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างเป็นระบบจึงเป็นประเด็นสำคัญต่อการบริหารอาคารและโครงสร้างพื้นฐาน [1, 2, 3]

หลังสิ้นสุดระยะเวลารับประกันผลงาน หน่วยงานเจ้าของอาคารจำเป็นต้องรับผิดชอบการบำรุงรักษาระยะยาวด้วยตนเอง ทั้งการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข หากไม่มีการวางแผนกำหนดรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ล่วงหน้า อาจเกิดภาระค่าใช้จ่ายที่ไม่คาดคิดและความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของระบบไฟฟ้า ดังนั้นเจ้าของอาคารจึงได้วางผู้เชี่ยวชาญมารับผิดชอบงานบำรุงรักษา และเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการทำงาน กอปรกับอาคารเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างพื้นฐาน จึงมักทำสัญญาว่าจ้างระยะยาว เจ้าของอาคารจึงจำเป็นต้องศึกษาต้นทุนของการบำรุงรักษาระบบอย่างครอบคลุมตลอดระยะเวลาใช้งาน เพื่อนำไปจัดหางบประมาณ

1.1 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษารายละเอียดในการบำรุงรักษาและประเมินความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์

(2) เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาตลอดระยะเวลาใช้งาน 30 ปีโดยวิธีมูลค่ารายปี (Annual Worth) และวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุและค่าแรง

1.2 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงกรณีโดยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอาคารด้านเก็บค่าผ่านทางจำนวน 6 อาคาร ซึ่งเปิดใช้งานแล้วและมีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบไฟฟ้าสำรองด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบควบคุม/ตู้สวิตช์ การวิเคราะห์ครอบคลุมรายการอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาและการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบดังกล่าว

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Voltage Electrical System)

ตามมาตรฐาน IEC 60364 – Low-voltage electrical installations ได้ให้ความหมายของ ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ว่าเป็นการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1,000 โวลต์ ครอบคลุมข้อกำหนดด้านการออกแบบ การเลือกใช้อุปกรณ์ การติดตั้ง การป้องกันอันตราย การตรวจสอบ และการบำรุงรักษาสำหรับอาคาร ประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้ [1]

2.1.1 ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า หมายถึง ระบบที่ทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายหลัก เช่น สายป้อน (Feeder) ไปยังวงจรรย่อย (Branch

Circuits) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดประเภทต่าง ๆ เช่น ระบบแสงสว่าง เตารับ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ

2.1.2 ระบบแสงสว่าง หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ให้แสงสว่างในพื้นที่ใช้งาน ทั้งภายในและภายนอกอาคาร เพื่อรองรับการทำงาน การอยู่อาศัย และความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

2.1.3 ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง ระบบจ่ายไฟฟ้าสำรองที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Electric Generator) เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดที่สำคัญเมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าดับหรือระบบจ่ายไฟหลักขัดข้อง

2.1.4 ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์ หมายถึง ตู้ควบคุมและจ่ายไฟฟ้าหลักของอาคารหรือสถานประกอบการ ทำหน้าที่รับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายหลัก

2.2 การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (Maintenance of Low Voltage Electrical System)

การบำรุงรักษา หมายถึงการพยายามรักษาสภาพของระบบและบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้มีสภาพที่พร้อมจะใช้งานตลอดเวลา การบำรุงรักษาจะครอบคลุมการซ่อมบำรุงด้วย [2] โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

2.2.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance - PM)

เป็นการบำรุงรักษาตามแผนที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า มีวัตถุประสงค์เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน และมีความปลอดภัย ป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายอย่างทันที อันส่งผลกระทบต่อการใช้งานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ โดยส่วนแรกเป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามคาบเวลาที่กำหนด ถึงแม้ว่าบริภัณฑ์หรืออุปกรณ์จะยังสามารถใช้งานได้ก็ตาม เป็นการป้องกันบริภัณฑ์ชำรุดระหว่างการใช้งานที่อาจเกิดผลกระทบสูง และอีกส่วนหนึ่งคือการตรวจสอบเพื่อการบำรุงรักษา เป็นการดำเนินการตรวจสอบและตรวจวัดก่อน เมื่อพบข้อบกพร่องก็ค่อยทำการบำรุงรักษา โดยอาจดำเนินการบำรุงรักษาในเวลานั้นเลยหรือภายหลังก็ได้ตามความจำเป็น

2.2.2 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective Maintenance - CM)

แบ่งเป็นการบำรุงรักษาขณะหยุดเครื่อง (Shutdown Maintenance) โดยมีแผนที่กำหนดแน่นอน เช่น การซ่อมเครื่องจักรสำรองซึ่งเสียหายแต่ไม่จำเป็นต้องซ่อมในทันทีที่เครื่องเสีย [4] และการบำรุงรักษาเมื่อเครื่องเสีย (Breakdown Maintenance) ที่ได้มีการเตรียมการไว้แล้วว่าเมื่อเครื่องเกิดเสียหายจะมีวิธีปฏิบัติอย่างไร จึงจะดูแลแก้ไขให้คืนสู่สภาพเดิมได้เร็วที่สุด

2.3 ทฤษฎีมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money)

รูบนา [5] กล่าวว่า มูลค่าของเงินตามเวลา (Time value of money) หมายถึงจำนวนเงินที่มีมูลค่าแตกต่างกันระหว่างปัจจุบันกับอนาคตโดยมีปัจจัยเกี่ยวกับอัตราผลตอบแทนและระยะเวลาเป็นตัวกำหนดมูลค่าของเงินนั้น ค่าของเงินตามเวลาที่แสดงถึงแนวคิดที่ว่าค่าของเงินจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาขึ้นกับศักยภาพของเงินที่สามารถได้รับผลตอบแทนหรือดอกเบี้ย

2.3.1 มูลค่าของเงินปัจจุบัน (*Present Worth: PW*) คือ จำนวนเงินในอนาคตที่ถูกปรับลดด้วยอัตราคิดลด (*Discount Rate*) เพื่อแปลงกลับเป็นมูลค่าปัจจุบัน มีสูตรในการคำนวณดังนี้ (1)

$$PW = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

PW = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนบำรุงรักษาตลอดช่วงเวลาศึกษา

C_t = ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาในปีที่ t

i = อัตราคิดลดต่อปี

t = ปีที่เกิดค่าใช้จ่าย

n = ระยะเวลาวิเคราะห์ 30 ปี

2.3.2 มูลค่าประจำปี (*Annual Worth: AW*) คือ มูลค่าเทียบเท่ารายปีของต้นทุนหรือผลประโยชน์ตลอดช่วงอายุโครงการ โดยคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา (*Time Value of Money: TVM*) เพื่อสะท้อนภาระค่าใช้จ่ายที่แท้จริงในแต่ละปี มีสูตรในการคำนวณดังนี้ (2)

$$AW = PW \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2)$$

AW = มูลค่ารายปีเทียบเท่า หรือค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปี

PW = เงินลงทุนเริ่มต้น หรือ มูลค่าปัจจุบัน

i = อัตราคิดลด (*Discount Rate*)

n = ระยะเวลาวิเคราะห์ 30 ปี

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ผ่านมาได้ประยุกต์ใช้แนวคิดมูลค่าของเงินตามเวลาและการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดช่วงอายุการใช้งานในการประเมินภาระค่าใช้จ่ายของโครงการก่อสร้างและงานบำรุงรักษา วิจัย [6] ได้รวบรวมข้อมูลการแจ้งซ่อมและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงในอดีตจากหลายโครงการ เพื่อนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์และพยากรณ์ต้นทุนร่วมกับแนวคิดมูลค่าของเงินตามเวลา ขณะนั้นจันท์ [7] ศึกษาความเสี่ยงด้านการดำเนินงานและด้านการเงินของผู้รับเหมา โดยใช้การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยด้านต้นทุน และพบว่าค่าวัสดุและค่าแรงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผลกำไรทางการเงินของโครงการ นอกจากนี้ Han [3] ได้อธิบายแนวคิด *Equivalent Annual Cost* ซึ่งสอดคล้องกับการใช้มูลค่ารายปีเทียบเท่าในการแปลงต้นทุนตลอดช่วงเวลาศึกษาให้อยู่ในรูปค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปี ส่วน Mahpour [11] และ Obradović [12] ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการประมาณต้นทุนบำรุงรักษาอาคารอย่างเป็นระบบมีความสำคัญต่อการจัดสรรงบประมาณและการบริหารทรัพยากรตลอดอายุการใช้งานของอาคาร

งานวิจัยที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประเมินต้นทุนของโครงการก่อสร้างหรืองานบำรุงรักษาอาคารทั่วไป ซึ่งมีการรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาอาคารโดยเน้นที่งานสถาปัตยกรรม [6] ในขณะที่การศึกษาด้านการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารยังมีค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

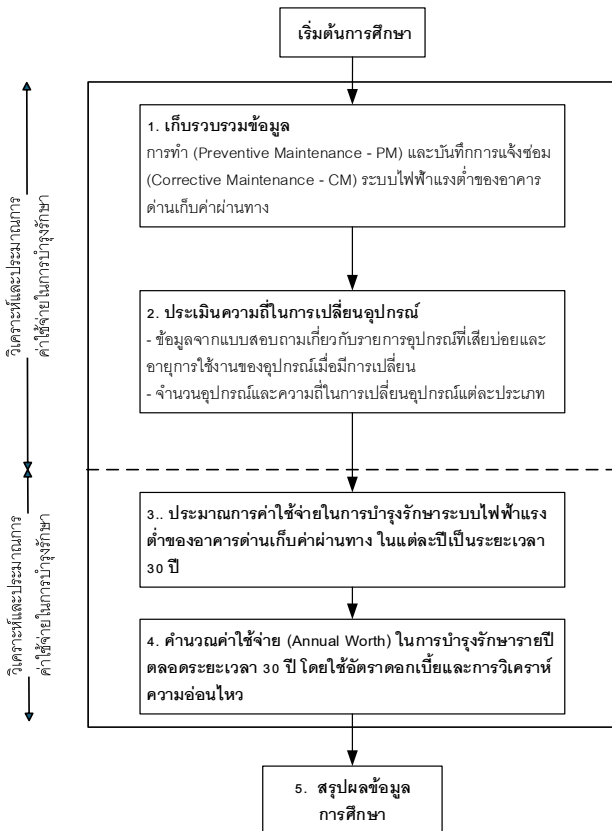
อาคารควบคุมระบบโครงสร้างพื้นฐานซึ่งต้องมีการปฏิบัติงานตลอด 24 ชั่วโมง ส่วนใหญ่การศึกษาต้นทุนการบำรุงรักษาอาคารลักษณะนี้มักอยู่ในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนซึ่งยังไม่ได้พิจารณาแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และความถี่ของการเปลี่ยนอุปกรณ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเน้นที่การศึกษาเชิงลึกโดยรวบรวมแผนการบำรุงรักษา ผลการบำรุงรักษาในอดีต และความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเพื่อมาประเมินต้นทุนการบำรุงรักษาและวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารตลอดระยะเวลา 30 ปี เพื่อสนับสนุนการวางแผนงบประมาณและการบริหารสินทรัพย์ในระยะยาว

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้ได้เก็บข้อมูลแผนการบำรุงรักษา รายการแจ้งซ่อม และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นใน 4 ระบบหลัก ได้แก่ (1) ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า (*Power Distribution System*) (2) ระบบแสงสว่าง (*Lighting System*) (3) ระบบไฟฟ้าสำรองด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (*Generator System*) และ (4) ระบบควบคุมและตู้สวิตช์ (*Main Distribution Board and Panel Board*) จากอาคารด้านเก็บค่าผ่านทาง จำนวน 6 อาคาร เพื่อมาศึกษา วิธีการการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำและประมาณการค่าใช้จ่ายตลอดช่วง 30 ปีหลังสิ้นสุดระยะเวลารับประกันผลงานของอาคารด้านเก็บค่าผ่านทาง มีขั้นตอนการวิจัยดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดอธิบายดังหัวข้อ 3.1 – 3.4

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลอาคารด้านเก็บค่าผ่านทาง จำนวน 6 อาคารด้านที่ก่อสร้างเสร็จและเปิดใช้งานแล้ว มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 ข้อมูลที่รวบรวมแบ่งเป็น 3 ส่วนได้แก่



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและรายการตรวจสอบอุปกรณ์ ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการรายงานผลการตรวจสอบอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในระบบไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารเมื่อช่างเข้าดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันทำให้ทราบความถี่ในการเข้าตรวจสอบอุปกรณ์ รวมถึงรายการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามกำหนดเวลาบางอุปกรณ์

3.1.2 ข้อมูลการแจ้งซ่อมและเปลี่ยนอุปกรณ์ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลการแจ้งซ่อมในช่วง 3 ปีย้อนหลัง ซึ่งเป็นปีที่ 7, 8, และ 9 ของอาคาร นำไปแยกตามประเภทของอุปกรณ์

3.1.3 สัมภาษณ์วิศวกรและช่างเทคนิคอาวุโส เป็นการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่มีประสบการณ์จำนวน 10 คน เพื่อให้ทราบอายุการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละประเภท งาน รูปแบบการชำรุด และรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับการใช้งานจริง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดสมมติฐานด้านความถี่ในการบำรุงรักษาและการประมาณต้นทุนตลอดช่วงเวลาการศึกษารายละเอียดผู้สัมภาษณ์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลอาคารที่ศึกษา

อาคาร	รายละเอียดระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่ศึกษา	มูลค่าโครงการระบบไฟฟ้าแรงต่ำ(บาท)	พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร)	ปีที่เริ่มใช้งาน
อาคาร 1	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่อง ก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	969,584 473,880 1,563,891 467,025	576	2559
อาคาร 2	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	1,055,301 470,230 1,594,878 588,584	576	2559
อาคาร 3	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	857,721 470,230 1,591,878 508,258	576	2559
อาคาร 4	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	914,897 372,133 1,444,678 459,228	707	2559
อาคาร 5	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	711,839 487,570 1,573,078 711,839	560	2559
อาคาร 6	- ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า - ระบบแสงสว่าง - ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องก้านิดไฟฟ้า - ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์	727,597 464,283 1,402,098 426,804	480	2559

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

ที่	ตำแหน่ง	ประสบการณ์การทำงาน			รวม (คน)
		ระดับต้น 1-5ปี	ระดับกลาง 6-15ปี	ระดับอาวุโส >20ปี	
1	ผู้จัดการงานวิศวกรรม	-	-	2	2
2	วิศวกร	-	3	2	5
3	หัวหน้าช่างเทคนิค	-	-	1	1
4	ช่างเทคนิค	1	-	1	2
	รวม	1	3	6	10

3.2 ประเมินความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์

ข้อมูลที่ได้จากแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) บันทึกการแจ้งซ่อมเชิงแก้ไข (CM) และการสัมภาษณ์วิศวกรและช่างเทคนิค ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 3.1 ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความถี่ของอุปกรณ์ในแต่ละประเภทตลอดระยะเวลา 30 ปี โดยความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ถูกกำหนดขึ้นโดยพิจารณาจากช่วงอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่และกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง ซึ่งสะท้อนความไม่แน่นอนของรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ ของการเปลี่ยนอุปกรณ์

3.3 วิเคราะห์และประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

ผู้วิจัยได้นำปริมาณงานและความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์มาคำนวณค่าใช้จ่ายใบเสนอราคาของผู้รับจ้างในการเปลี่ยนอุปกรณ์ นำมาคำนวณค่าใช้จ่าย

- ราคาค่าวัสดุ = ความถี่ x ราคาวัสดุ/หน่วย
- ราคาค่าแรง = ความถี่ x ราคาค่าแรง/หน่วย

โดยการอ้างอิงราคาจากใบเสนอราคาของผู้รับจ้างใบเสนอราคาของผู้รับจ้าง ราคาวัสดุจากสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์ อัตราค่าจ้างจาก ประกาศคณะกรรมการค่าจ้างอัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือช่าง [10]

3.4 ประเมินต้นทุนการบำรุงรักษาตลอดระยะเวลา 30 ปี

การประเมินต้นทุนการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำและวิเคราะห์ความอ่อนไหวใช้วิธีการวิเคราะห์กระแสเงินสดและคำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money: TVM) เพื่อสะท้อนภาวะค่าใช้จ่ายที่แท้จริงตลอดอายุการใช้งานของโครงการ ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการคำนวณมูลค่าประจำปี (Annual Worth: AW) ของต้นทุนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) และ ต้นทุนการซ่อมแซมเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance: CM) ดังสมการ (1) และ (2) และคิดเป็นสัดส่วนเทียบกับมูลค่าโครงการ โดยงานวิจัยนี้ใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) เท่ากับ 6.57% ต่อปี ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของลูกค้ายักษ์ขึ้นดี (MLR) ณ วันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ของธนาคารใหญ่จำนวน 3 แห่ง [7] เพื่อให้สะท้อนต้นทุนของเงินทุนในภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน

เนื่องจากอายุของโครงการยาว 30 ปีและอาจมีความผันผวนของค่าวัสดุและค่าแรงตลอดระยะเวลาของโครงการ ผู้ศึกษาได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีศึกษาโดยเลือกอาคารตัวอย่าง 1 หลัง คือ อาคารที่ 1 เป็นกรณีศึกษาเชิงลึก ภายใต้กรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่และกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่างร่วมกับสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงและค่าวัสดุ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ค่าแรง ค่าวัสดุ และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษากำหนดสถานการณ์ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจำนวน 8 สถานการณ์ ซึ่งเป็นการพิจารณาร่วมกัน (Combination

of factors) ของปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ (1) ความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ (2) ราคาต้นทุนวัสดุ และ (3) ราคาต้นทุนค่าแรง โดยแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 กรณีย่อย คือ ปัจจัยด้านความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์แบ่งเป็น 2 กรณีย่อยคือ รอบการเปลี่ยนถี่และห่าง ในขณะที่ปัจจัยด้านต้นทุนวัสดุแบ่งเป็น 2 กรณีย่อยคือ ราคาวัสดุคงที่ และราคาวัสดุเพิ่มขึ้น และสุดท้ายปัจจัยด้านค่าแรงแบ่งเป็น 2 กรณีย่อยได้แก่ ค่าแรงคงที่ และค่าแรงเพิ่มขึ้น ดังในตารางที่ 3

กรณีย่อย “ค่าวัสดุเพิ่มขึ้น” เป็นกรณีที่ค่าวัสดุเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 2.22 ต่อปี โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยราคาชนิดของอัตราการเพิ่มขึ้นของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดอุปกรณ์ไฟฟ้าและประปา ช่วงปี 2564–2568 [8] ในขณะที่ กรณีย่อย “ค่าแรงเพิ่มขึ้น” เป็นกรณีที่สะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของค่าแรง โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลอัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือของช่างไฟฟ้าภายในอาคารและอุตสาหกรรม ระดับ 3 จากกระทรวงแรงงาน ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง [9] ซึ่งพบว่าในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี 2563 ถึงปี 2568 อัตราค่าจ้างเพิ่มขึ้นจาก 660 บาท มาเป็น 696 บาท คิดเป็นอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1.07 ต่อปี

ตารางที่ 3 สมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอาคารที่ 1

ที่	ความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์	ค่าวัสดุ	ค่าแรง
1	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่	ไม่ปรับ	ไม่ปรับ
2	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่	ไม่ปรับ	ปรับขึ้น
3	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่	ปรับขึ้น	ไม่ปรับ
4	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่	ปรับขึ้น	ปรับขึ้น
5	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง	ไม่ปรับ	ไม่ปรับ
6	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง	ไม่ปรับ	ปรับขึ้น
7	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง	ปรับขึ้น	ไม่ปรับ
8	รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง	ปรับขึ้น	ปรับขึ้น

ตารางที่ 4 สรุปผลความถี่การทำ PM รายการอุปกรณ์

ลำดับ	ระบบ/รายการอุปกรณ์ ที่ตรวจเช็ค	ความถี่ (ครั้ง/ปี)
1	ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า	1
1.1	อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย (Safety Switch)	1
1.2	ฟิวส์เซฟตี้สวิตช์	1
1.3	สายไฟฟ้าแรงต่ำจากมิเตอร์ไฟฟ้า ไปเซฟตี้สวิตช์	1
1.4	สายไฟฟ้าวงจรย่อยไปยังอุปกรณ์ ต่าง ๆ เช่น สายไปปลั๊ก, โคมไฟ ฯลฯ	1
1.5	สายระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือระบบต่อลงดิน	1
1.6	สายระบบต่อลงดินของ ตู้ MDB	1
2	ระบบแสงสว่าง (Lighting System)	4
2.1	โคม DOWNLIGHT	4
2.2	โคม ตะแกรงมีแผ่นสะท้อนแสง ชนิดฝังฝ้า	4
2.3	หลอดไฟ TUBE LED T8 20W	4
2.4	หลอดไฟ LED ขั้ว E27 ใช้กับ DOWNLIGHT	4
2.5	โคมไฟลูกฉิ่ง	4
2.6	แบตเตอรี่โคมไฟลูกฉิ่ง	4
2.7	โคม DOWNLIGHT	4
2.8	โคม กันน้ำกันฝุ่น	4
2.9	หลอดไฟ TUBE LED T8 20W	4
2.1	หลอดไฟ LED ขั้ว E27	4
3	ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4
3.1	แบตเตอรี่ /Battery Condition	4
3.2	ชุดชาร์จแบตเตอรี่/Battery Charger	4
3.3	ฝาถังน้ำมันเครื่อง	4
4	ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์(MDB/PB)	1
4.1	โวลท์มิเตอร์ (Voltmeter)/ แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)	1
4.2	กิโลวัตต์/ชม. มิเตอร์ (Kwh Meter)/กิโลวัตต์มิเตอร์ (KW Meter)	1
	เฮิร์ตมิเตอร์ (Hz Meter)	1
4.4	แอมป์ซีเลคเตอร์ (Amp. Selector SW)	1
4.5	สวิตช์สลับอัตโนมัติ ATS (Automatic Transfer Switch)	1
4.6	หลอดสัญญาณ (Control lamp)	1
4.7	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	1
4.8	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) วงจรย่อย	1

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.1 ผลการเก็บข้อมูลแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance - PM)

ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) ของอุปกรณ์ในระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า โดยแสดงรายการอุปกรณ์ ความถี่ในการตรวจเช็คตามแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนบำรุงรักษาระยะยาวดังตารางที่ 4

4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่าย CM (Corrective Maintenance – CM)

ผู้ศึกษาได้รวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนอุปกรณ์ในงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข ย้อนหลัง 3 ปี ของอาคารทั้ง 6 หลัง นำมาคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายจากการซ่อม และเปลี่ยนอุปกรณ์ในงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) โดยอ้างอิงราคาจากใบเสนอราคาของผู้รับจ้าง สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์และอัตราค่าจ้างจากประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง [8, 9] ดังตารางที่ 5 และคำนวณเป็นสัดส่วนเทียบกับมูลค่าของงานระบบไฟฟ้าแรงต่ำของแต่ละอาคารดังตารางที่ 6

4.1.3 ผลการสัมภาษณ์ผู้จัดการงานวิศวกรรม วิศวกร และช่างเทคนิค

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้จัดการ วิศวกร และช่างเทคนิคอาวุโส จำนวน 10 คน ตามตารางที่ 2 ได้ผลความคิดเห็นเกี่ยวกับอายุใช้งานของอุปกรณ์ โดยพบว่าผู้ให้สัมภาษณ์มีความคิดเห็นที่หลากหลายเกี่ยวกับอายุการใช้งาน อุปกรณ์แต่ละประเภทเนื่องจากผู้ตอบแต่ละคนมีประสบการณ์ด้านการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์แตกต่างกันตามพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์และระยะเวลาการเปิดใช้งานอุปกรณ์ในแต่ละวัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำผลการสัมภาษณ์ทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดกรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ในงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) โดยพิจารณาจากช่วงอายุการใช้งานที่มีความถี่ในการตอบสนองสูงสุด อย่างไรก็ตาม ในบางอุปกรณ์มีช่วงอายุการใช้งานที่ผู้ตอบเลือกสูงสุดเท่ากันหลายช่วง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดอายุของอุปกรณ์เป็นแบบช่วงโดยมีขอบเขตล่างหมายถึงอายุอุปกรณ์สั้นที่สุดและขอบเขตบนหมายถึงอายุอุปกรณ์ยาวที่สุด เพื่อสะท้อนความไม่แน่นอนของรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงว่าอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานสั้นที่สุดคือกลุ่มหลอดไฟ และแบตเตอรี่ โดยเฉพาะหลอดไฟ LED ขั้ว E27 แบตเตอรี่โคมไฟลูกฉิ่ง และแบตเตอรี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือมีอายุประมาณ 2-3 ปี สะท้อนว่าเป็นรายการที่ควรให้ความสำคัญในการวางแผนงบประมาณและสำรองวัสดุทดแทนอย่างต่อเนื่อง รองลงมาคืออุปกรณ์ประเภท ฟิวส์ เซฟตี้สวิตช์และหลอดสัญญาณ มีอายุการใช้งาน 4-5 ปี และโคมไฟ ชุดชาร์จแบตเตอรี่ และฝาถังน้ำมันเครื่อง มีรอบการเปลี่ยนปานกลางประมาณ 6-10 ปี ในทางตรงกันข้าม กลุ่มสายไฟฟ้า อุปกรณ์วัดในตู้ MDB/PB, ATS และเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานมากกว่า 30 ปี จึงถือเป็นอุปกรณ์ที่โดยทั่วไปยังไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนภายในช่วงเวลาศึกษา แต่ควรเน้นการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อคงสภาพการใช้งานและความปลอดภัยของระบบโดยรวม

ตารางที่ 5 สรุปค่าใช้จ่ายจากการซ่อมและเปลี่ยนอุปกรณ์ในงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) ของงานระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 4 ระบบ ย้อนหลัง 3 ปี ของอาคารด่านเก็บค่าผ่านทางทั้ง 6 อาคาร

อาคารที่	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข CM งานระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 4 ระบบ		
	ปีที่ 7 (บาท)	ปีที่ 8 (บาท)	ปีที่ 9 (บาท)
1	14,203	30,570	18,790
2	21,505	24,955	67,838
3	16,021	21,254	4,096
4	7,507	47,726	4,385
5	14,410	22,339	1,698
6	23,511	30,003	15,730

ตารางที่ 6 ร้อยละของค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) ย้อนหลังปีที่ 7-9 ต่อมูลค่าสัญญางานระบบไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารด่านเก็บค่าผ่านทางทั้ง 6 อาคาร

อาคารที่	มูลค่าสัญญา	ร้อยละของค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (CM) ต่อมูลค่าสัญญางานระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 4 ระบบ		
		ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9
1	3,474,380	0.4%	0.9%	0.5%
2	3,708,993	0.6%	0.7%	1.8%
3	3,428,087	0.5%	0.6%	0.1%
4	3,474,380	0.2%	1.4%	0.1%
5	3,230,476	0.4%	0.7%	0.1%
6	3,020,782	0.8%	1.0%	0.5%

4.2 ผลการวิเคราะห์ความถี่ในการบำรุงรักษา

จากข้อมูลอายุการใช้งานอุปกรณ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์ดังในตารางที่ 7 นำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดระยะเวลาเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่ และกรณีที่ 2 รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง ซึ่งกรณีรอบเปลี่ยนถี่ใช้ช่วงอายุสั้นที่สุด และกรณีรอบเปลี่ยนห่างใช้ช่วงอายุยาวที่สุดผู้วิจัยได้ปริมาณจากความถี่

ตารางที่ 7 ความถี่ช่วงอายุการเปลี่ยนอุปกรณ์

ลำดับ	ระบบ/รายการอุปกรณ์	อายุการใช้งาน (ปี)	
		สั้นที่สุด	ยาวที่สุด
1	ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า		
1.1	อุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัย (Safety Switch)	6	10
1.2	ฟิวส์เซฟตี้สวิตช์	4	5
1.3	สายไฟฟ้าแรงต่ำจากมิเตอร์ไฟฟ้า ไป เซฟตี้สวิตช์	>30	>30
1.4	สายไฟฟ้าวงจรย่อยไปยังอุปกรณ์ ต่าง ๆ เช่น สายไปปลั๊ก, โคมไฟ ฯลฯ	>30	>30
1.5	สายระบบป้องกันฟ้าผ่าหรือระบบต่อลงดิน	>30	>30
1.6	สายระบบต่อลงดินของ ตู้ MDB	>30	>30
2	ระบบแสงสว่าง (Lighting System)		
2.1	โคม DOWNLIGHT	6	10
2.2	โคม ตะแกรงมีแผ่นสะท้อนแสง ชนิดฝังฝ้า	6	10
2.3	หลอดไฟ TUBE LED T8 20W	6	10
2.4	หลอดไฟ LED ขั้ว E27 ใช้กับ DOWNLIGHT	2	3
2.5	โคมไฟลูกเดิน	4	10
2.6	แบตเตอรี่โคมไฟลูกเดิน	2	3
2.7	โคม DOWNLIGHT	6	10
2.8	โคม กันน้ำกันฝุ่น	6	10
2.9	หลอดไฟ TUBE LED T8 20W	2	10
2.1	หลอดไฟ LED ขั้ว E27	2	5
3	ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		
3.1	แบตเตอรี่/Battery Condition	2	3
3.2	ชุดชาร์จแบตเตอรี่/Battery Charger	6	10
3.3	ฝาถังน้ำมันเครื่อง	6	10
4	ระบบควบคุม/ตู้สวิตช์(MDB/PB)		
4.1	โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)/ แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)	>30	>30
4.2	กิโลวัตต์/ชม. มิเตอร์ (Kwh Meter)/ กิโลวัตต์มิเตอร์ (KW Meter)	>30	>30
4.3	เฮิร์ตมิเตอร์ (Hz Meter)	>30	>30
4.4	แอมป์ซีเลคเตอร์ (Amp. Selector SW)	>30	>30
4.5	สวิตช์สลับอัตโนมัติ ATS (Automatic Transfer Switch)	>30	>30
4.6	หลอดสัญญาณ (Control lamp)	4	5
4.7	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	>30	>30
4.8	เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) วงจรย่อย	>30	>30

4.3 ผลการประมาณค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ความถี่ในการบำรุงรักษาและรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ในหัวข้อ 4.2 ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลดังกล่าวมาประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของอาคารด้านเก็บค่าผ่านทางกรณีศึกษาทั้ง 6 อาคารภายใต้กรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์และกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่างโดยคำนวณจากความถี่ของกิจกรรมการบำรุงรักษาในแต่ละปีร่วมกับต้นทุนต่อครั้งของงานบำรุงรักษา ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุ ค่าแรง และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายรายปี ผลการประมาณการค่าใช้จ่ายรายปีและค่าใช้จ่ายรวมดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการวิเคราะห์กระแสเงินสด มูลค่าปัจจุบัน (Present Worth: PW) และมูลค่าประจำปี (Annual Worth: AW) ได้ผลดังในตารางที่ 8

จากตารางที่ 8 พบว่า อาคารที่ 4 มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) และมูลค่าประจำปี (AW) รวมต่ำที่สุด ทั้งในกรณีรอบเปลี่ยนห่างและรอบเปลี่ยนถี่ โดยมีค่า PW อยู่ในช่วง 3,032,138 - 3,303,271 บาท และมีค่า AW อยู่ในช่วง 236,586 - 257,741 บาท ตามลำดับ นอกจากนั้นอาคารที่ 4 มีพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด 707 ตร.ม. จึงทำให้ต้นทุนถูกเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ได้ต่ำที่สุด ส่งผลให้ทั้งค่า PW และ AW ต่ำกว่าอาคารอื่น อยู่ในช่วง 4,289 - 4,672 บาท/ตร.ม. สำหรับ PW และอยู่ในช่วง 335 - 365 บาท/ตร.ม. สำหรับ AW

เมื่อเปรียบเทียบผลจากตารางที่ 8 กับผลการประมาณการในตารางที่ 8 พบว่า ค่าใช้จ่าย CM จริงย้อนหลัง 3 ปี มีสัดส่วนต่อมูลค่าสัญญาเพียงร้อยละ 0.1-1.8 ต่อปี ขณะที่ค่า AW จากการประมาณการระยะยาวในตารางที่ 8 มีสัดส่วนสูงกว่า เนื่องจากค่า AW รวมทั้งค่าใช้จ่ายจากงาน PM ค่าใช้จ่าย CM และภาระการเปลี่ยนอุปกรณ์ตามรอบอายุการใช้งานตลอดระยะเวลา 30 ปี

เมื่อนำค่ามูลค่ารายปีเทียบเท่า (AW) ไปคำนวณคิดเป็นสัดส่วนกับมูลค่าสัญญาของโครงการได้พบแสดงดังในรูปที่ 2 พบว่าอาคารที่ 1-5 มีมูลค่าประจำปี (AW) ของต้นทุนการบำรุงรักษา อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 6.52 - 8.33 ต่อมูลค่างานต่อปี โดย อาคาร ที่ 2 สัดส่วนเทียบกับมูลค่างานต่ำที่สุดในขณะที่อาคารที่ 6 มีสัดส่วนของมูลค่าประจำปี ต่อมูลค่างานสูงที่สุดที่ร้อยละ 8.0 - 9.0

4.4 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการกรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้เลือกอาคารที่ 1 มาวิเคราะห์ความอ่อนไหวจำนวน 8 สถานการณ์ โดยใช้อัตราคิดลดเท่ากับ 6.57% ต่อปี ได้ผลดังในรูปที่ 3 พบว่าค่า AW ในกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่สูงกว่ากรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่างในทุกสถานการณ์อย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นว่าเมื่ออุปกรณ์มีรอบการเปลี่ยนสั้นลงหรือเกิดกิจกรรมบำรุงรักษาเร็วขึ้น จะส่งผลให้ภาระค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีสูงขึ้นตามไปด้วย

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าวัสดุและค่าแรงสามารถส่งผลต่อภาระค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีของโครงการได้อย่างชัดเจน จากรูปที่ 3 สถานการณ์ที่ค่าแรงและค่าวัสดุเพิ่มขึ้น

ร้อยละ 1.07 และ ร้อยละ 2.22 ตามลำดับพร้อมกันให้ค่า AW สูงที่สุด คือ 241,853 บาทในกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่างและ 277,535 บาทในกรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่ ขณะที่กรณีค่าวัสดุคงที่และค่าแรงคงที่ให้ค่า AW ต่ำที่สุด อยู่ในช่วง 237,226 - 272,133 บาท ตามลำดับ โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6.83, 6.96, 7.83 และ 7.99 ของมูลค่าโครงการ ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนการบำรุงรักษา กรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง ซึ่งเป็นกรณีที่ต้นทุนต่ำที่สุดกับต้นทุนการบำรุงรักษากรณีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่ และได้รับผลกระทบจากค่าวัสดุและค่าแรงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด พบว่ามีความแตกต่างกันถึง 17% ซึ่งหน่วยงานเจ้าของอาคารอาจนำข้อมูลส่วนนี้ไปใช้ในการพิจารณาส่วน เพื่อความเสี่ยงในด้านต้นทุน ของการบำรุงรักษา

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจัดทำแผนการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำของอาคารด้านเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งครอบคลุม 4 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบจ่ายและกระจายไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง ระบบสำรองไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบควบคุม/ตู้สวิตช์ ตลอดจนเพื่อประเมินต้นทุนค่าบำรุงรักษาตลอดช่วงอายุการใช้งาน 30 ปีภายหลังจากสิ้นสุดระยะเวลารับประกันผลงาน ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ข้อมูลการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงจากอาคารด้านเก็บค่าผ่านทางจำนวน 6 แห่ง ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึกวิศวกรและช่างเทคนิคผู้มีประสบการณ์ เพื่อกำหนดรายการบำรุงรักษา อายุการใช้งานของอุปกรณ์

ผลการศึกษาพบว่า การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแรงต่ำในอาคารด้านเก็บค่าผ่านทางมีปัจจัยด้านความถี่ในการเปลี่ยนอุปกรณ์เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนรวมระยะ 30 ปี อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาผ่านมูลค่ารายปีเทียบเท่า (Annual Worth: AW) ผลการศึกษาพบว่า ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาประจำปีเทียบเท่ามีสัดส่วนประมาณร้อยละ 6.52 ถึง 8.00 ของมูลค่างานระบบไฟฟ้าแรงต่ำ เมื่อกำหนดรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง โดยคิดอัตราส่วนลดร้อยละ 6.57 ต่อปี และอาจเพิ่มจากสัดส่วนนี้อีกไม่เกินร้อยละ 17 หากคำนึงถึงการเพิ่มของราคาวัสดุและค่าแรง ในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.22 และ 1.07 ต่อปีตามลำดับและมีรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ถี่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ถี่เกินความจำเป็น โดยเฉพาะในกลุ่มหลอดไฟและแบตเตอรี่ จะส่งผลให้ภาระต้นทุนรายปีเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นหน่วยงานจำเป็นต้องเตรียมงบประมาณสำรองเพื่อความผันผวนดังกล่าวไว้ประมาณเกือบหนึ่งในห้าของต้นทุนเฉลี่ยรายปีขั้นต่ำ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการบริหารงบประมาณในระยะยาว

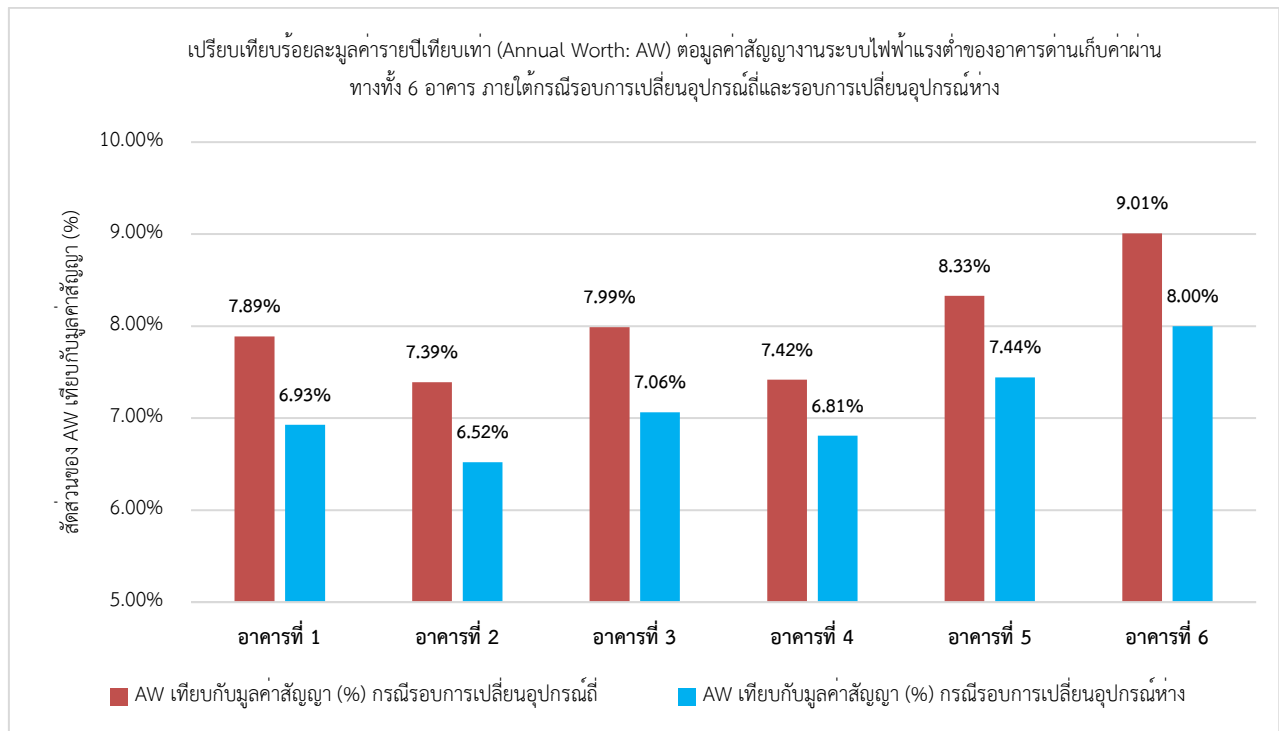
สำหรับข้อเสนอแนะเชิงบริหารจัดการ หน่วยงานควรจัดสรรงบประมาณบำรุงรักษาประจำปีไว้ที่ประมาณร้อยละ 7 ถึง 9 ของมูลค่าสัญญาการติดตั้ง เพื่อรองรับความผันผวนของต้นทุนในอนาคต โดยกลยุทธ์สำคัญในการควบคุมงบประมาณคือการปรับเปลี่ยนวิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์จากการเปลี่ยนพร้อมกันทั้งหมดมาเป็นการบริหารจัดการแบบจัดโซนพื้นที่

หรือการทยอยเปลี่ยนเป็นระยะ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดต้นทุนที่พุ่งสูงขึ้นอย่างกะทันหันในบางปี ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์ประเภทเดียวกันในทุกพื้นที่ถึงกำหนดอายุการใช้งานพร้อมกัน การใช้แนวทางทยอยเปลี่ยนจะช่วยให้เกิดการเฉลี่ยต้นทุน ทำให้ภาระงบประมาณรายปีมีความสม่ำเสมอ ไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพคล่องทางการเงินของหน่วยงาน ควบคู่ไปกับการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์ให้ยาวนานที่สุด

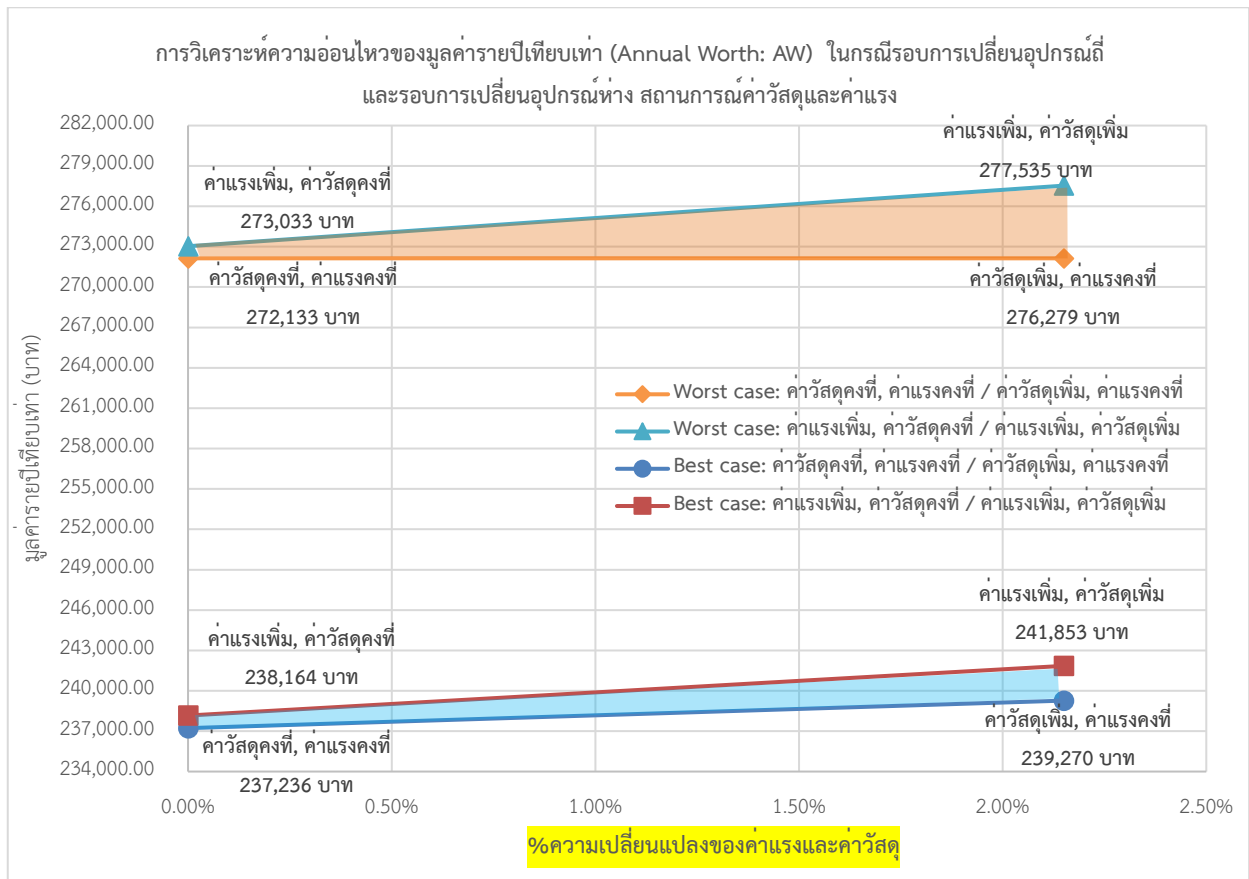
ตารางที่ 8 ผลสรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคาร ในรูปมูลค่าปัจจุบันและมูลค่าประจำปี

อาคารที่	มูลค่าสัญญา (บาท)	พื้นที่ใช้ สอย ตร.ม.	มูลค่าปัจจุบัน (PW)				มูลค่าประจำปี (AW)			
			รอบเปลี่ยนถึ		รอบเปลี่ยนห่าง		รอบเปลี่ยนถึ		รอบเปลี่ยนห่าง	
			รวม	ราคา/ตร.ม.	รวม	ราคา/ตร.ม.	รวม	ราคา/ตร.ม.	รวม	ราคา/ตร.ม.
1	3,474,380	576	3,512,859	6,099	3,084,122	5,354	274,095	476	240,642	418
2	3,708,993	576	3,512,535	6,098	3,099,508	5,381	274,069	476	241,843	420
3	3,428,087	576	3,510,481	6,095	3,102,677	5,387	273,909	476	242,090	420
4	3,474,380	707	3,303,271	4,672	3,032,138	4,289	257,741	365	236,586	335
5	3,230,476	560	3,448,288	6,158	3,080,700	5,501	269,057	480	240,375	429
6	3,020,782	480	3,297,169	6,869	2,907,459	6,057	272,113	567	241,599	503

ที่มา: อัตราคิดลดคำนวณจากอัตราดอกเบี้ย MLR ประจำวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2568 จากเว็บไซต์ของธนาคารแห่งประเทศไทย ซึ่งระบุว่า ธนาคารกรุงเทพ มี MLR เท่ากับ 6.50 % ธนาคารกรุงไทย 6.50 % และธนาคารกสิกรไทย 6.72 % เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ย MLR ทั้งสามแห่งได้เท่ากับ 6.57 % ต่อปี



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบร้อยละมูลค่ารายปีเทียบเท่า (AW) ต่อมูลค่าสัญญาของอาคารด้านเก็บค่าผ่านทางทั้ง 6 อาคาร ภายใต้กรณีรอบเปลี่ยนอุปกรณ์ถึและรอบเปลี่ยนอุปกรณ์ห่าง



รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเปรียบเทียบของมูลค่ารายปีเทียบเท่า (AW) ระหว่างกรณี รอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ดีและรอบการเปลี่ยนอุปกรณ์ห่างการต้นทุนค่าวัสดุและค่าแรงงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.). *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564*. (EIT Standard 022001-22). กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ.
- [2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2559). *คู่มือการตรวจสอบความปลอดภัยระบบไฟฟ้าโรงงาน (ฉบับปรับปรุงใหม่ 2559)*. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. หน้า ค2-ค8
- [3] Han, D., Qi, H., and Xie, A. (2014). On the equivalent annual cost method. *Journal of Finance Issues*, 13(2), 1–10.
- [4] ชีระศักดิ์ พรหมเสน. (2556). *การบำรุงรักษาตามสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่ม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม หน้า 84-85
- [5] ฐาปนา บุณนวรศิลป์ (2555) *การจัดการการเงิน*. กรุงเทพมหานคร ห้างหุ้นส่วนจำกัด ยงพลเทรดดิ้ง, หน้า15-17
- [6] วิชัย เขยพงษ์, วรณวิทย์ ตั้มทอง (2567). การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับอาคารชุดพักอาศัย: กรณีศึกษาโครงการอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 29*, เชียงใหม่ , 29-31 พฤษภาคม 2567, หน้า 2-3
- [7] นัจฉรินทร์ มิตรสัมพันธ์, กวินตันติเสวี (2566). ศึกษาปัญหาความเสี่ยงที่มีผลต่อการดำเนินงานและการเงินของผู้รับเหมาก่อสร้างรายย่อยในโครงการก่อสร้างอาคารของหน่วยงานราชการในเขตพื้นที่ภาคกลาง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28*, ภูเก็ต , 24-26 พฤษภาคม 2566 หน้า 6-9
- [8] ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2568). อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อของธนาคารพาณิชย์. สืบค้นจาก <https://www.bot.or.th/>
- [9] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, กระทรวงพาณิชย์. (2564 - 2568). ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดอุปกรณ์ไฟฟ้าและประปา.
- [10] กระทรวงแรงงาน. (2569) . [ออนไลน์] อัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือ. (2563-2568). [สืบค้นวันที่ 26 มีนาคม 2569] จาก <https://www.mol.go.th/อัตราค่าจ้างตามมาตรฐานฝีมือ>
- [11] Mahpour, A. (2023). Building Maintenance Cost Estimation and Circular Economy: The Role of Machine-Learning. *Sustainable Materials and Technologies*, 37, e00679. doi: 10.1016/j.susmat.2023.e00679.
- [12] Obradović, D., Briš Alić, M., and Čulo, K. (2024). The Issue of Estimating the Maintenance and Operation Costs of Buildings: A Case Study of a School. *Eng*, 5(3), 1209–1231. doi: 10.3390/eng5030066.