

# การหาอัตราการล้มเหลวและพยากรณ์เวลาเสียหายของอุปกรณ์ ในสถานีไฟฟ้าย่อย 22 kV

ภูมรินทร์ ทวีศรี

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการหาอัตราการล้มเหลวและวิเคราะห์การล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมถึงการพยากรณ์เวลาเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าย่อย 22 กิโลโวลต์ ซึ่งประกอบไปด้วยสถานีไฟฟ้าย่อย 3 สถานี การหาอัตราการล้มเหลวโดยเฉลี่ยในแต่ละสถานีย่อยใช้วิธีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเพื่อหาระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบทำงานจนถึงปัจจุบันแล้วนำไปคำนวณหาอัตราการล้มเหลวที่เกิดขึ้น โดยสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 1 สถานีไฟฟ้าย่อยที่ 2 และสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 3 มีอัตราการล้มเหลว 0.3663 0.6945 และ 0.2191 ครั้งต่อปี ในด้านการประเมินความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าทั้ง 3 สถานีใช้วิธีการวิเคราะห์จากค่าดัชนี SAIFI เพื่อวัดค่าดัชนีที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟโดยค่าดัชนี SAIFI ของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 3 เท่ากับ 0.2843 ซึ่งมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟน้อยที่สุด รองลงมาคือสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 2 มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 0.5349 และสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 1 มีค่าดัชนี SAIFI เท่ากับ 0.6916 ซึ่งมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟสูงที่สุดส่วนการพยากรณ์เพื่อหาเวลาการทำงานของอุปกรณ์ที่จะเสียในรอบถัดไปใช้วิธีการทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งผลการพยากรณ์ระยะเวลาที่สถานีไฟฟ้าย่อยที่ 1 จะเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ที่มีระยะเวลาทำงานอีก 14,349 ชั่วโมง สถานีไฟฟ้าย่อยที่ 2 จะเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ที่มีระยะเวลาทำงานอีก 8,891 ชั่วโมง และสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 3 จะเกิดความเสียหายของอุปกรณ์ที่มีระยะเวลาทำงานอีก 18,670 ชั่วโมง ตามลำดับผลจากการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในครั้งต่อไปของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 3 เพื่อหาแนวทางป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยทำการบำรุงรักษาระบบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ส่วนสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 1 และสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 2 มีความเสี่ยงสูงจากความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประวัติความเสียหายเกิดขึ้นสูงและมีอายุการใช้งานมานานรวมไปถึงมีผลกระทบที่มีต่อการใช้ไฟฟ้าสูงเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหาย โดยจะต้องทำการบำรุงรักษาระบบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง จะสามารถป้องกันความเสียหายที่มีผลกระทบโดยตรงในส่วนการผลิตในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

**คำสำคัญ:** อัตราการล้มเหลว, ระยะเวลาอุปกรณ์ทำงาน, การพยากรณ์เวลา

# Failure Rate Determination and Time Forecast of Electrical Equipment for 22 kV Substations

Phummarin Thavitchasri

Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage.

## Abstract

This article presents the failure rate determination, failure rate analysis and time forecast of electrical equipment for 22 kV substations from 3 substations. To identify the failure rate occurring in each substation, the exponential distribution was used find the average time of the systems operating at the present and failure rate calculated result. The study indicated that the failure rate result of substation No.1 substation No.2 and substation No.3 was 0.3663 0.6945 and 0.2191 time per year, respectively. SAIFI index were used to assess the electrical system reliability. The SAIFI index result of substations no. 3 was 0.2843 this number was lowest impact to user, SAIFI index result of substations no. 2 was 0.5349 and substations no. 1 was 0.6916 this number was highest impact to user. The time forecast of electrical equipment was used statistic test in Minitab program. The time forecast result of equipment failures for substations no. 1 substations no. 2 and substations no. 3 will occur after operating time 8,891 hours 14,349 hours and 18,670 hours in order. The assessment of failure rate result for time forecast of substation no.3 must complete maintenance system 1 time per year to prevent electrical equipment failure. Substation no. 1 and Substation no. 2 must complete maintenance system at least 2 times per year to prevent production loss in factory in the future.

**Keywords:** Failure rate, Time to Failure, Time Forecast.

## 1. บทนำ

บทความนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์หาอัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าจ่ายขนาด 22 kV โดยมีการหาค่าอัตราความล้มเหลว (Failure Rate) การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าและการพยากรณ์ระยะเวลาความเสียหายของอุปกรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งผลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการดูแลรักษาอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าจ่ายในอนาคตต่อไป

การหาอัตราความล้มเหลว (Failure Rate) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าจ่ายขนาด 22 kV นั้นจะต้องมีความเข้าใจในหลักวิชาการและมีข้อมูลที่เพียงพอในการเข้ากระบวนการวิเคราะห์ เพื่อที่จะสามารถประเมินสถานภาพของระบบไฟฟ้าได้ สามารถป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นผลทำให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพที่ดีขึ้น

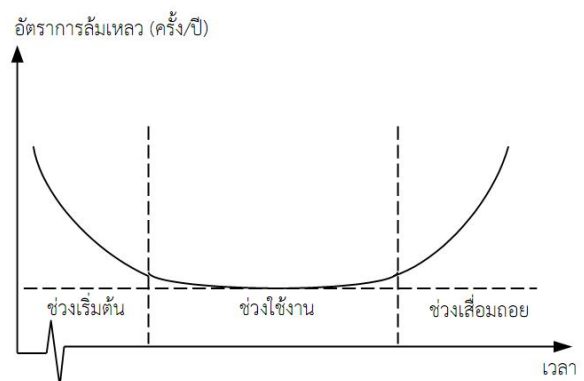
การหาความน่าเชื่อถือระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าสามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการจ่ายระบบไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟในกลุ่มต่างๆ โดยค่าดัชนีชี้วัด SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) เป็นดัชนีวัดความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า ค่าที่ได้จะบ่งบอกถึงค่าเฉลี่ยของความถี่ที่ระบบไฟฟ้าขัดข้องแบบต่อเนื่องต่อผู้ใช้ไฟในพื้นที่ที่กำหนดและค่าดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้องของเวลาที่เป็นนาฬิกาหรือชั่วโมงที่เกิดไฟดับแบบต่อเนื่องต่อผู้ใช้ไฟ ซึ่งตัวชี้วัดทั้ง 2 ตัวนี้ สามารถบอกถึงดัชนีเหตุการณ์ของระบบไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่กระทบกับผู้ใช้ไฟและบอกถึงผลกระทบของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากเหตุขัดข้องทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดที่เป็นมาตรฐานของการไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมในการดูแลระบบการจ่ายไฟฟ้าให้มีความต่อเนื่องมากที่สุด จึงต้องมีการประเมินดัชนีชี้วัดตลอดเวลา [1-2] โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม ได้มีการจำลองการติดตั้งระบบไฟฟ้าของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมและอุตสาหกรรมอาหาร [2] เพื่อที่จะนำผลค่าความน่าเชื่อถือของระบบค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าโดยรวมถึงการปรับปรุงระบบไปวิเคราะห์เพื่อจัดการระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ยังไม่ครอบคลุมและไม่ครบถ้วนกับ

ภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ จึงได้ทำการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าร่วมกับการหาอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้าและพยากรณ์เวลาความเสียหายของอุปกรณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของสถานีไฟฟ้า โดยการนำข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้ามาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติเพื่อนำผลที่ได้ วางแผนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์เพื่อลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตและทำให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพที่ดีขึ้น

## 2. ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 การศึกษาและวิเคราะห์อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า

ในสถานีไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์ที่หลากหลายซึ่งจะมีหน้าที่แตกต่างกันแต่พฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้นจะมีความเหมือนในระดับของฟังก์ชันการทำงานคือจะประกอบด้วยสถานะทำงานปกติ (Up) และสถานะทำงานล้มเหลว (Down) โดยจากหลักการของการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้นจะเป็นไปตามวัฏจักรเวลา [1-3] โดยการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะยาวจะใช้ค่าประมาณเป็นระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะทำงานเป็นปกติและมีความต่อเนื่องและระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะล้มเหลวจะมีกระบวนการซ่อมแซมเพื่อที่จะให้ระบบกลับมาทำงานได้ในสภาวะปกติอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งพฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้ากับช่วงเวลาการทำงานได้ 3 ช่วงดังรูปที่ 1



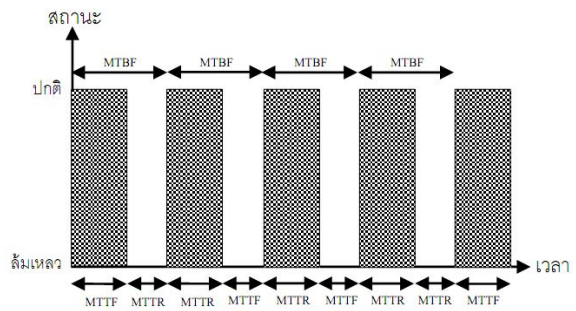
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันของอัตราความเสียหายกับเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ช่วงระยะเวลาที่ 1 เรียกว่า ช่วงเริ่มต้น (Early Life) หมายถึงเมื่ออุปกรณ์ได้ผลิตออกมาจากโรงงานอัตราการล้มเหลวหรืออุปกรณ์ที่มีข้อบกพร่องนั้นจะมีอยู่มากในบางครั้งเราจึงเรียกช่วงเริ่มแรกนี้ว่าช่วงเบิร์นอิน (Burn In) และเมื่อทำการศึกษาในเชิงสถิติแล้วจะพบว่าการแจกแจงของความล้มเหลวในช่วงเวลานี้จะใช้การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) [4-5]

ช่วงระยะเวลาที่ 2 เรียกว่าช่วงใช้งาน (Useful Life) ซึ่งช่วงนี้การใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ได้ดีหมายถึงหลังจากที่มีการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของอุปกรณ์ในช่วงแรกเริ่มแล้วจะได้อุปกรณ์ที่บกพร่องน้อยหรืออาจจะไม่มีเลยในช่วงนี้อัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ค่อนข้างคงที่นั่นคือการแจกแจงของความล้มเหลวจึงเป็นแบบสุ่มและเมื่อทำการศึกษาในเชิงสถิติแล้วจะพบว่าการแจกแจงของความล้มเหลวในช่วงเวลานี้จะเป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

ช่วงระยะเวลาที่ 3 เรียกว่าช่วงเสื่อมถอย (Wear - Out) โดยปกติอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอายุการใช้งานเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการเสื่อมถอยและอัตราการล้มเหลวจะเพิ่มมากขึ้นการอธิบายลักษณะการแจกแจงของความล้มเหลวในช่วงเวลานี้ในทางสถิติจะใช้การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ในการศึกษาความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นมักจะให้ความสนใจและศึกษาในช่วงระยะเวลาที่ 2 หรือช่วงการใช้ประโยชน์ (Useful Region) [4-5]

ส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์ที่หลากหลายซึ่งจะมีหน้าที่แตกต่างกันแต่พฤติกรรมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้นจะมีความเหมือนในระดับของฟังก์ชันการทำงานคือจะประกอบด้วยสถานะทำงานปกติ (Up) และสถานะทำงานล้มเหลว (Down) โดยจากหลักการการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้นในระยะยาวจะใช้ค่าประมาณเป็นระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะทำงานเป็นปกติและมีความต่อเนื่อง และระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะล้มเหลวจะมีกระบวนการซ่อมแซมเพื่อที่จะให้ระบบกลับมาทำงานได้ในสภาวะปกติอีกครั้งหนึ่งซึ่งพฤติกรรมการทำงานของระบบไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 [4-5]



รูปที่ 2 ช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์เป็นค่าเฉลี่ย

โดยที่ MTTF (Mean Time to Failure) คือระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะทำงานปกติโดยค่า MTTF จะเป็นส่วนกลับกับอัตราการล้มเหลว ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ (1)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (1)$$

MTTR (Mean Time to Repair) คือระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะล้มเหลวหรือค่าเฉลี่ยของเวลาที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมระบบ โดยค่า MTTR จะเป็นส่วนกลับกับอัตราการซ่อมแซม ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการที่ (2)

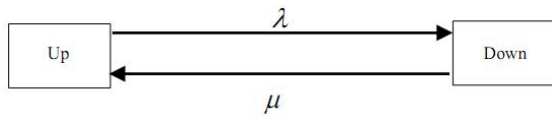
$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (2)$$

MTBF (Mean Time between Failures) คือช่วงเวลาในหนึ่งคาบการทำงานของอุปกรณ์หรือสามารถอธิบายได้ว่าเป็นค่าเวลาทั้งหมด ดังนั้นค่า MTBF คือผลรวมของระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะทำงานปกติ (MTTF) และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะล้มเหลว (MTTR) สามารถหาได้จากสมการที่ (3)

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (3)$$

## 2.2 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์

ลักษณะรูปแบบการจำลองการทำงานของอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นแบบ 2 สถานะ ซึ่งแบบจำลองสถานะ การทำงานของอุปกรณ์ 2 สถานะนั้นประกอบไปด้วย สถานะที่อุปกรณ์ทำงานตามปกติ (Up) และสถานะที่อุปกรณ์ทำงานล้มเหลว (Down) [6-9] จะมีลักษณะดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองการทำงาน 2 สถานะของอุปกรณ์

โดยที่  $\lambda$  คือ อัตราการล้มเหลว (Failure Rate)

$\mu$  คือ อัตราการซ่อมแซม (Repair Rate)

### 2.3 การหาค่าอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์

การคำนวณอัตราการล้มเหลวและอัตราการซ่อมของอุปกรณ์ภายใต้สมมติฐานการกระจายของระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์และระยะเวลาการซ่อมแซมอุปกรณ์เป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล สามารถหาได้จากสมการที่ (4)

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^T N_{out-i}}{\sum_{i=1}^T N_i} \quad (4)$$

โดยที่  $N_{out-i}$  คือ จำนวนครั้งที่ไฟดับหรืออุปกรณ์เสียหายปีที่  $i$

$N_i$  คือ จำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบในปีที่  $i$

$T$  คือ จำนวนปีที่เก็บข้อมูล

### 2.4 ดัชนีความเชื่อถือได้ของผู้ใช้ไฟ

การคำนวณดัชนีความน่าเชื่อถือได้ของผู้ใช้ไฟ [4-5] ที่นิยมใช้ได้แก่ SAIFI คือดัชนีความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของระบบโดยเฉลี่ยมีหน่วยเป็น ครั้ง/อุปกรณ์/ปี สามารถหาได้จากสมการที่ (5)

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \quad (5)$$

SAIDI คือ ดัชนีแสดงช่วงระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของระบบโดยเฉลี่ย มีหน่วยเป็น ชั่วโมง/อุปกรณ์/ปี สามารถหาได้จากสมการที่ (6)

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \quad (6)$$

$U_i$  คือ ระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องของอุปกรณ์ปีที่  $i$

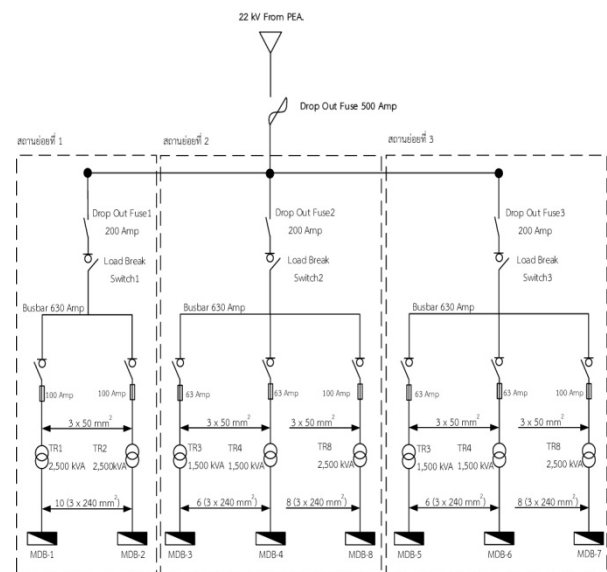
## 3. การวิเคราะห์อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงขนาด 22 kV

### 3.1 รูปแบบสถานีไฟฟ้าย่อย

ในการหาอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าย่อยขนาด 22 kV ที่ป้อนเข้าไปให้โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์ จะมีรูปแบบ Single Line Diagram โดยแยกการติดตั้งอุปกรณ์ในแต่ละสถานีย่อยทั้ง 3 สถานี ได้ดังรูปที่ 4 [11] และเนื่องจากสถานีไฟฟ้าย่อยทั้ง 3 สถานี ได้มีการติดตั้งและใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 จนถึง ปัจจุบัน ทำให้การวิเคราะห์จะต้องคำนึงถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละส่วน ควบคุมเกี่ยวกับภาระการจ่ายโหลดและการจัดการการบำรุงรักษาที่มีต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดให้พร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา โดยผลการสรุปการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้ง 3 สถานี แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลประวัติของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละสถานีย่อย

สถานีไฟฟ้า	อุปกรณ์	จำนวนปีที่ใช้งาน (ปี)	ความเสียหาย (ครั้ง)	การบำรุงรักษา (ครั้ง/ปี)
สถานีย่อยที่ 1	Drop out Fuse 1 - MDB1	22	13	1
	Drop out Fuse 1 -MDB2	22	7	1
สถานีย่อยที่ 2	Drop out Fuse 2-MDB3	22	13	2
	Drop out Fuse 2-MDB4	22	25	2
	Drop out Fuse 2-MDB8	12	2	2
สถานีย่อยที่ 3	Drop out Fuse 3-MDB5	18	4	1
	Drop out Fuse 3-MDB6	18	4	1
	Drop out Fuse 3-MDB7	20	1	1



รูปที่ 4 โดอะแกรมของอุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้า

#### 4. การหาค่าอัตราการล้มเหลวในสถานีไฟฟ้า

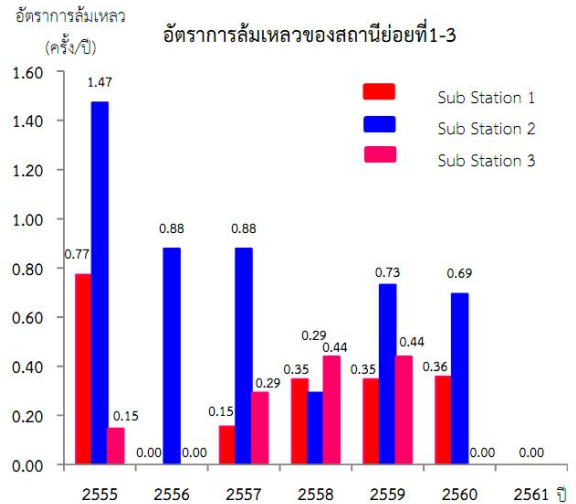
ในการหาค่าอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าขนาด 22 kV ได้ทำการเก็บข้อมูลสถิติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2561 จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์แห่งหนึ่ง มาทำการวิเคราะห์หาอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการเก็บข้อมูลความเสียหายเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ ได้ทำการแยกความเสียหายของอุปกรณ์แต่ละส่วนของในแต่ละสถานี ดังรูปที่ 4 ประกอบไปด้วยทรอปเอาท์ฟิวส์ (Drop Out Fuse) สายป้อนแรงสูง (HV Feed Line) สวิตช์เกียร์ (Switch Gear) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) สายป้อนแรงต่ำ (LV Cable Line) และเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Air Circuit Breaker) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลจำนวนครั้งที่เหตุการณ์ระบบไฟฟ้ามีปัญหา

ปี \ อุปกรณ์	2555 (ครั้ง)	2556 (ครั้ง)	2557 (ครั้ง)	2558 (ครั้ง)	2559 (ครั้ง)	2560 (ครั้ง)	2561 (ครั้ง)
Drop out Fuse	2	-	1	-	-	-	-
HV. Feed Line	1	-	-	-	1	-	-
Switch Gear	-	1	-	-	-	-	-
Trans former	7	4	5	5	2	2	-
LV. Cable Line	1	-	1	-	-	-	-
ACB	10	6	5	8	6	2	-
Total	21	11	12	13	8	4	-

##### 4.1 ผลการหาค่าอัตราการล้มเหลว

จากข้อมูลการบันทึกระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าย่อยของแต่ละสถานี สามารถนำมาคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวได้จากสมการที่ 1 ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปที่ 5



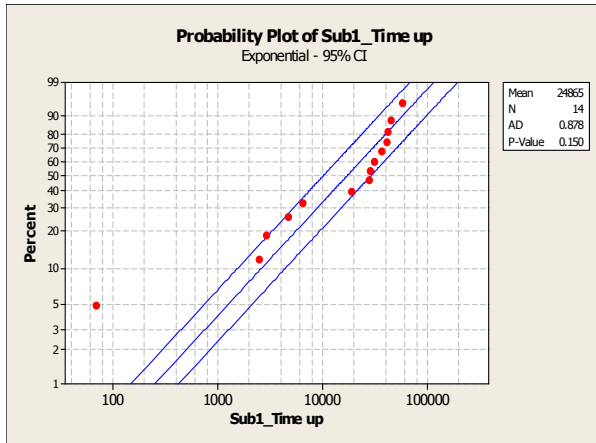
รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์อัตราการล้มเหลว

##### 4.2 การทดสอบหาช่วงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์

ในการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งถัดไป ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab หาแนวโน้มเพื่อประเมินค่าอัตราการล้มเหลวใหม่แล้วนำมาคำนวณย้อนกลับเพื่อไปหาระยะเวลาที่อุปกรณ์จะเสียในครั้งถัดไป โดยผลจากการทดสอบของสถานีย่อยที่ 1 2 และ 3 ดังนี้

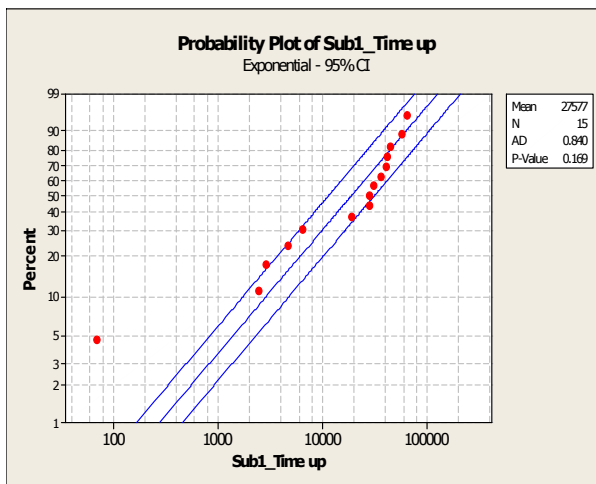
###### 4.2.1 การทดสอบหาช่วงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อยที่ 1

ในการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งถัดไปของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 1 ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab หาแนวโน้มลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามหลักการที่ถูกต้องหรือไม่ โดยผลจากการทดสอบของสถานีย่อยที่ 1 มีประวัติความเสียหายเกิดขึ้นมา 14 ครั้งและมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 24,865 ชั่วโมง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 1 จากการประเมินความเสียหายทั้ง 14 ครั้ง

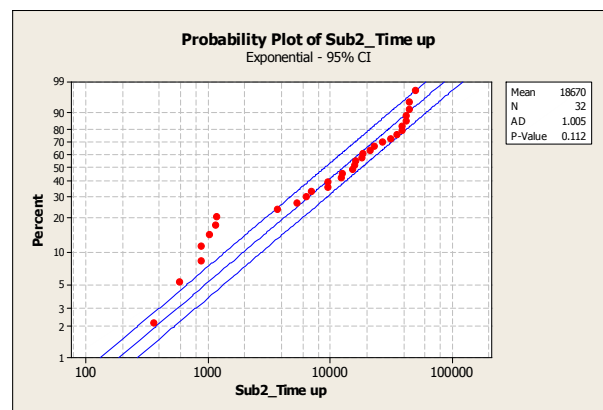
ในการประเมินระยะเวลาความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งถัดไป ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาแนวโน้มในการประเมินค่าอัตราการล้มเหลวใหม่แล้วนำมาคำนวณย้อนกลับเพื่อไปหาระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายในครั้งถัดไป ผลจากการทดสอบหาระยะเวลาที่จะเกิดความเสียหายในครั้งที่ 15 ของสถานีย่อยที่ 1 พบว่าจะมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 27,577 ชั่วโมง ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 1 จากการประเมินความเสียหายในครั้งที่ 15

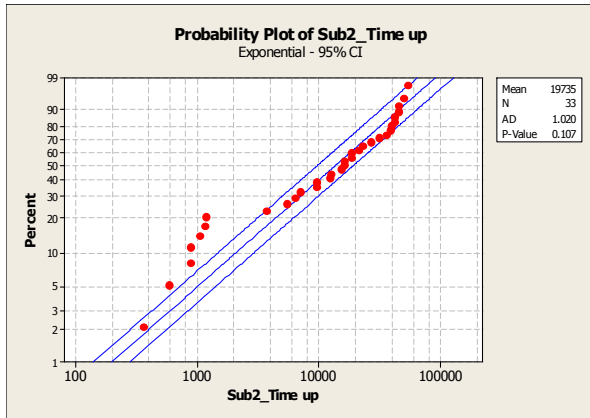
#### 4.2.2 การทดสอบหาช่วงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อยที่ 2

ในการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งถัดไปของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 2 ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab หาแนวโน้มลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามหลักการที่ถูกต้องหรือไม่ โดยผลจากการทดสอบของสถานีย่อยที่ 2 มีประวัติความเสียหายเกิดขึ้นมา 32 ครั้งและมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 18,670 ชั่วโมง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 2 จากการประเมินความเสียหายทั้ง 32 ครั้ง

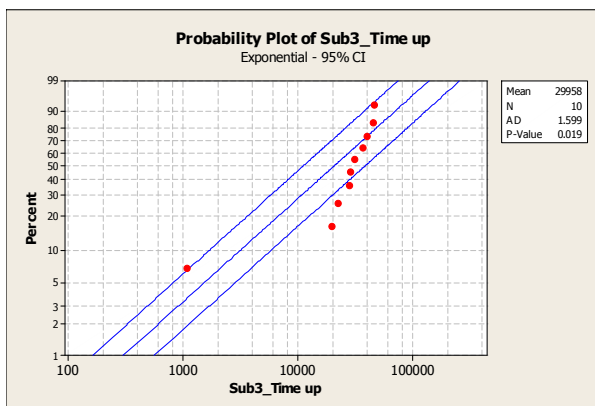
ในการประเมินระยะเวลาความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งถัดไป ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาแนวโน้มในการประเมินค่าอัตราการล้มเหลวใหม่แล้วนำมาคำนวณย้อนกลับเพื่อไปหาระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายในครั้งถัดไป ผลจากการทดสอบหาระยะเวลาที่จะเกิดความเสียหายในครั้งที่ 33 ของสถานีย่อยที่ 2 พบว่าจะมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 19,735 ชั่วโมง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 2 จากการประเมินความเสียหายในครั้งที่ 33

4.2.3 การทดสอบหาช่วงระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีย่อยที่ 3

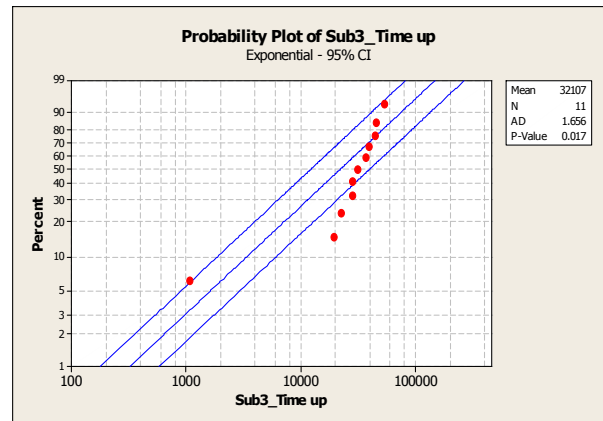
ในการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งที่ถัดไปของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ 3 ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab หาแนวโน้มลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามหลักการที่ถูกต้องหรือไม่ โดยผลการทดสอบของสถานีย่อยที่ 3 มีประวัติความเสียหายเกิดขึ้นมา 10 ครั้งและมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 29,958 ชั่วโมง ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 3 จากการประเมินความเสียหายทั้ง 10 ครั้ง

ในการประเมินระยะเวลาความเสียหายของอุปกรณ์ในครั้งที่ถัดไป ได้ใช้ช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์ทำงานในช่วงที่มีการเก็บข้อมูลแล้วนำไปทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหา

แนวโน้มในการประเมินค่าอัตราการล้มเหลวใหม่แล้วนำมาคำนวณย้อนกลับเพื่อไปหาระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายในครั้งที่ถัดไป ผลจากการทดสอบหาระยะเวลาที่จะเกิดความเสียหายในครั้งที่ 11 ของสถานีย่อยที่ 3 พบว่าจะมีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ 32,107 ชั่วโมง ดังรูปที่ 11

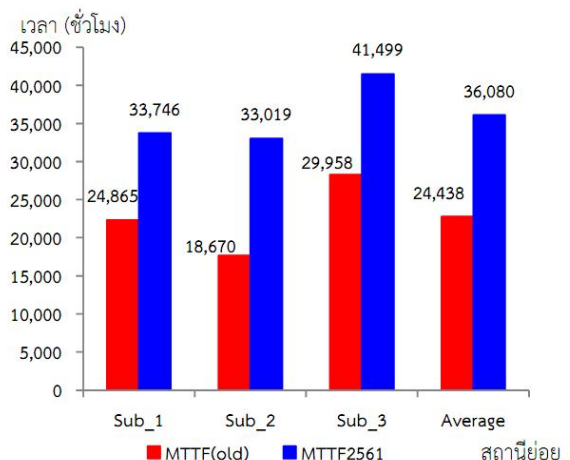


รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์เวลาทำงานเฉลี่ยของสถานีย่อยที่ 3 จากการประเมินความเสียหายในครั้งที่ 11

4.3 การพยากรณ์ระยะเวลาความเสียหายในครั้งที่ถัดไป

จากการทดสอบทางสถิติหาระยะเวลาเฉลี่ยการทำงาน ของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อนำมาหาระยะเวลาที่อุปกรณ์จะเสียหายในครั้งที่ถัดไปของแต่ละสถานี โดยผลของการพยากรณ์ระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ก่อนที่จะเกิดการเสียหายในครั้งที่ถัดไป ของสถานีย่อยทั้ง 3 สถานี ดังรูปที่ 12

การพยากรณ์เวลาที่จะเกิดความเสียหายครั้งต่อไป ทั้ง 3 สถานี



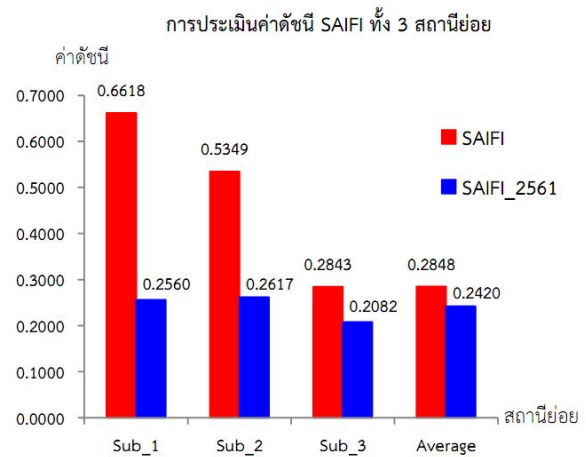
รูปที่ 12 ผลการพยากรณ์ระยะเวลาการเสียหายในครั้งถัดไปของสถานีย่อยที่ 1 2 3



จากรูปที่ 12 เป็นผลสรุปการพยากรณ์ระยะเวลาความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าของสถานีฟ้าย่อยที่ 1 สถานีฟ้าย่อยที่ 2 และสถานีฟ้าย่อยที่ 3 ซึ่งผลการประเมินระยะเวลาของสถานีย่อยที่ 1 จากความเสียหาย 14 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานทั้งหมด 24,865 ชั่วโมง และได้ทำการประเมินความเสี่ยงโดยพยากรณ์ให้อุปกรณ์เสียในครั้งที่ 15 จะทำให้มีชั่วโมงเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายอยู่ที่ 33,746 ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 8,891 ชั่วโมงทำให้สามารถวางแผนในการเตรียมการบำรุงรักษาระบบ ภายใน 1 ปี เนื่องจากโดยปกติในโรงงานอุตสาหกรรม จะใช้ระบบการนับชั่วโมงการทำงาน 12 เดือน เท่ากับ 8,640 ชั่วโมงส่วนผลการประเมินระยะเวลาของสถานีย่อยที่ 2 จากความเสียหาย 32 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานทั้งหมด 18,670 ชั่วโมง และได้ทำการประเมินความเสี่ยงโดยพยากรณ์ให้อุปกรณ์เสียในครั้งที่ 33 จะทำให้มีชั่วโมงเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายอยู่ที่ 33,019 ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 14,349 ชั่วโมงสามารถวางแผนในการเตรียมการบำรุงรักษาระบบ ภายใน 18 เดือนและผลการประเมินระยะเวลาของสถานีย่อยที่ 3 จากความเสียหาย 10 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานทั้งหมด 29,958 ชั่วโมง และได้ทำการประเมินความเสี่ยงโดยพยากรณ์ให้อุปกรณ์เสียในครั้งที่ 11 จะทำให้มีชั่วโมงเฉลี่ยที่อุปกรณ์จะเสียหายอยู่ที่ 41,499 ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 11,541 ชั่วโมงทำให้สามารถวางแผนในการเตรียมการบำรุงรักษาระบบ ภายใน 13 เดือน

#### 4.4 ผลการคำนวณค่าดัชนี SAIFI ของสถานีไฟฟ้า

จากการคำนวณดัชนี SAIFI ที่เกิดขึ้นในปี 2561 เพื่อที่จะทราบผลการพยากรณ์ในการนำไปวางแผนและเตรียมมาตรการรองรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยผลของการประเมินดัชนี SAIFI ของสถานีย่อยทั้ง 3 สถานี ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ผลการประเมินค่าดัชนี SAIFI ที่เกิดขึ้นในปี 2561

## 5. สรุปผลจากการวิจัย

จากการหาค่าอัตราการล้มเหลวและพยากรณ์ระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าฟ้าย่อยขนาด 22 kV โดยสถานีย่อยที่ 1 มีอัตราการล้มเหลว 0.3663 ครั้งต่อปี สถานีย่อยที่ 2 มีอัตราการล้มเหลว 0.6945 ครั้งต่อปีและ สถานีย่อยที่ 3 มีอัตราการล้มเหลว 0.2191 ครั้งต่อปี ในส่วนการพยากรณ์ระยะเวลาของอุปกรณ์ (MTTF) ใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ ด้วยโปรแกรม Minitab โดยการแจกแจงระยะเวลาการทำงานแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งการประเมินเวลาการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าฟ้าย่อยทั้ง 3 สถานี ผลจากการประเมินความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในครั้งต่อไปของสถานีไฟฟ้าฟ้าย่อยที่ 3 เพื่อหาแนวทางป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยทำการบำรุงรักษาระบบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งส่วนสถานีไฟฟ้าฟ้าย่อยที่ 1 และ สถานีไฟฟ้าฟ้าย่อยที่ 2 มีความเสี่ยงสูงจากความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประวัติความเสียหายเกิดขึ้นสูงและมีอายุการใช้งานมานานรวมไปถึงมีผลกระทบที่มีต่อการใช้ไฟฟ้าสูงเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหาย โดยจะต้องทำการบำรุงรักษาระบบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง จะสามารถป้องกันความเสียหายที่มีผลกระทบโดยตรงในส่วนการผลิตในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภูมิรินทร์ ทวีชศรี, “การศึกษาความล้มเหลวของอุปกรณ์และผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้า 22,000 โวลต์”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8 (TREC-8), 2558, หน้า 4-7.
- [2] สัมประสิทธิ์ ประสพสุข, “การประเมินระบบไฟฟ้าบนพื้นฐานดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554, หน้า 20-21.
- [3] วิศนพงษ์ เต็มไชยรัตน์, “การประเมินความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบไฟฟ้าด้วยวิธีการมอนติคาร์โล”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37 (EECON-37), 2557, หน้า 249-252.
- [4] อำนาจ ขวัญไสวธรรม, “การวิเคราะห์แจกแจงอัตราความเสียหายของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549, หน้า 6-7.
- [5] สุทธิพงษ์ รัตนภากร, “การประเมินความเชื่อถือได้ของการจัดอันดับเทียร์สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552, หน้า 11-12.
- [6] W. Pitt Tuner IV, Vince Renaud, and Kenneth G. Brill, “Classifications Define Site Infrastructure Performance,” The Uptime Institute, 2008.
- [7] T.M Lindquist, L. Bertling, R. Eriksson “Circuit Breaker Failure Data and Reliability Modeling”, The Institute of Engineering and Technology, Generation, Transmission and Distribution, vol. 2, no. 6, pp. 813-820, Nov. 2008.
- [8] Billington, R., and Li, W, “Reliability Assessment of Electrical Power System Using Monte Carlo Method,” New York: Plenum Press, 1994.
- [9] Billington, R., and Allan, R.N, “Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques,” London: Plenum Press, 1994.
- [10] ชัยยศ มิตรเชื้อชาติ, “การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าย่อยร่วมกับการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555, หน้า 33-35.
- [11] ภูมิรินทร์ ทวีชศรี “การประเมินความเสี่ยงของอุปกรณ์ไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าแรงสูง 22,000 V. และผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8 (EENET2016), 2559, หน้า 121-124.
-