



# การประเมินผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้หลักการระบุตำแหน่ง ความผิดปกติในระบบจำหน่ายด้วยเส้นโค้ง ITIC

ฤทธิพัฒน์ โพธิ์ศรี\* และสมพร สิริสำราญนุกุล

## Evaluation of Voltage Sag Impact by Method of Fault Position in Distribution System with ITIC curve

Rittipad Posree\* and Somporn Sirisumrannukul

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Electrical Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology North Bangkok Bangkok 10800

\* Corresponding author. E-mail address: texnaja@gmail.com

### บทคัดย่อ

แรงดันตกชั่วขณะ คือ ปัญหาคุณภาพอย่างหนึ่งสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเหนือดินซึ่งมีโอกาสเกิดความผิดปกติหรือการลัดวงจร ผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากความผิดปกติหรือการลัดวงจรขึ้นอยู่กับขนาดกระแสและระยะเวลาในการกำจัดความผิดปกติของอุปกรณ์ป้องกัน ปัจจัยทั้งสองดังกล่าวทำให้ทราบถึงระดับความลึกและระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ด้วยการอ้างอิงกับกราฟ ITIC เราจะทราบว่าอุปกรณ์ที่มีความไวที่เชื่อมต่ออยู่ ณ บัสที่สนใจ สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมหรือไม่ บทความนี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของความผิดปกติเพื่อให้ได้ขนาดและจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์แรงดันตกซึ่งอ้างอิงกับข้อมูลที่ทราบค่าแน่นอนและข้อมูลเชิงสุ่มของระบบ วิธีที่พัฒนาขึ้นได้ทำการทดสอบกับระบบจำหน่าย Roy Billinton Test System (RTBS) ผลการจำลองเหตุการณ์ที่ได้รับเป็นประโยชน์อย่างมากและเป็นแนวทางสำหรับผู้ใช้งานไฟฟ้าในการตัดสินใจหาจุดสมดุลระหว่างต้นทุนในการป้องกันเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะและผลกระทบทางเศรษฐกิจเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะ

**คำสำคัญ:** แรงดันตกชั่วขณะ การระบุตำแหน่งความผิดปกติ เส้นโค้ง ITIC

### Abstract

Voltage sag is one of the main power quality problems in overhead distribution systems which are exposed to faults or short circuits. The effects of voltage sag from fault or short circuit generally depend on fault current magnitude and clearing time of protective device. These two factors determine the depth and duration of voltage sag. With reference to the ITIC curve, it can be determined whether sensitive equipment connected at the bus of interest can function properly This paper presents a method of fault position to obtain the magnitude of voltage and the number of voltage sag events based on deterministic data and statistical data of the system. The developed methodology was tested with the Roy Billinton Test System (RTBS). The simulation results obtained are very useful and can be served as a guideline for customers to justify the optimal balance between the cost of investment to guard against voltage sag events and the economic loss due to voltage sag events.

**Keywords:** Voltage sag, Fault Position, ITIC curve

### บทนำ

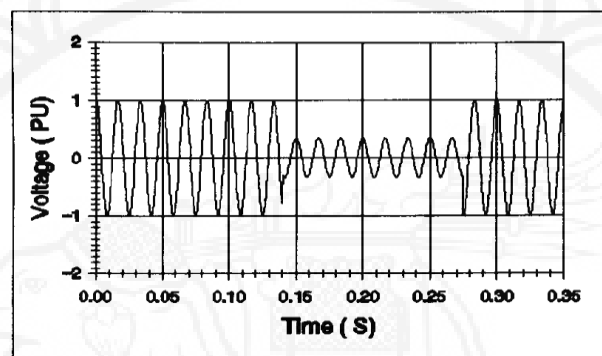
ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าได้รับความสำคัญเป็นอย่างมากและต่อเนื่องควบคู่ไปกับ

การใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ของทางด้านผู้ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าสมัยใหม่อ่อนไหวต่อการเกิดปัญหาทางด้านแรงดันไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงดันตกชั่วขณะ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า แรงดันตก



ช่วงนี้มีโอกาสเกิดขึ้นมากกว่าการที่ไฟฟ้าดับ และผลกระทบกับความเสียหายต่อผู้ใช้ไฟฟ้าก็จะมีมากกว่าด้วยเช่นกัน แรงดันตกชั่วขณะ หมายถึง การที่ขนาดของแรงดันประสิทธิผลมีขนาดลดลงชั่วขณะ (โดยทั่วไปแล้วขนาดของแรงดันอยู่ที่ประมาณ 10%-90% และระยะเวลาประมาณ 0.5-30 ลูกคลื่น) (Jovica & Chandra, 2006) ซึ่งโดยปกติแล้วมักจะเกิดจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่บางจุดในระบบไฟฟ้า แรงดันตกชั่วขณะนั้นเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในเรื่องคุณภาพไฟฟ้า

ต่อลูกค้าผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรม เพราะอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่นั้น (อุปกรณ์ควบคุมการผลิต PLC ตัวปรับความเร็วมอเตอร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น) ต่างก็มีความไวต่อการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ แม้แต่รีเลย์และคอนแทกเตอร์สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าก็สามารถที่จะมีความไวต่อแรงดันตกชั่วขณะเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากการทำงานในกระบวนการผลิตหยุดลงเมื่ออุปกรณ์เหล่านี้ไม่ทำงาน เพราะเกิดแรงดันตกดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบคลื่นแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดปกติในบริเวณที่ห่างไกล (Mark, David, & Marek, 1993)

การมีเข้าใจความแตกต่างระหว่างไฟฟ้าดับและการเกิดแรงดันตกชั่วขณะมีความสำคัญมาก การที่ไฟฟ้าดับจะเกิดเมื่ออุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าได้ตัดวงจรที่จ่ายไฟฟ้าให้กับลูกค้า ซึ่งเป็นเหตุการณ์ปกติที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ แต่สำหรับแรงดันตกชั่วขณะจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาขณะที่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า การเกิดความผิดปกติบนวงจรสายป้อนที่ขนานกัน หรือบนสายส่งของระบบไฟฟ้าก็จะทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะได้และส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นบริเวณกว้างมากกว่าการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ดังนั้นการเกิดแรงดันตกชั่วขณะจะมีความถี่ในการเกิดมากกว่าการที่ไฟฟ้าดับ และ ถ้าหากว่าอุปกรณ์มีความไวต่อแรงดันตกชั่วครู่ความถี่ที่จะเกิดปัญหากับอุปกรณ์หรือการผลิตก็จะมากขึ้นไปด้วย

การหยุดชะงักของการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องมาจากแรงดันตกชั่วขณะและไฟดับสามารถสร้างความเสียหายอย่างมากต่อกระบวนการผลิตของผู้ใช้ไฟฟ้า การหยุดการทำงานเพียงแค่นั้นตอนเดียวก็อาจจะทำให้เสียหายทั้งกระบวนการได้ และมูลค่าความเสียหาย

ของทางเศรษฐกิจก็จะขึ้นอยู่กับประเภทของการผลิต ทั้งในส่วนของ ค่าความเสียหายนี้รวมถึงการสูญเสียโอกาสในการผลิตสินค้า ค่าแรงงานในการเริ่มต้นทำงานใหม่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความเสียหาย คุณภาพของสินค้าลดลง การส่งสินค้าล่าช้า สูญเสียความพึงพอใจของลูกค้า และอื่นๆ อีกมากมาย (Goswami, Gupta, & Singh, 2008; Jovica & Chandra, 2006)

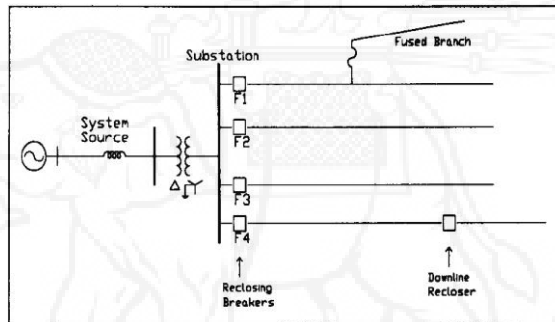
บทความนี้กล่าวถึง คุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะ กราฟ ITIC (Information Technology Industry Council) และการหาจำนวนครั้ง ขนาด และระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกโดยใช้หลักการของตำแหน่งความผิดพลาด ด้วยข้อมูลขนาดและระยะเวลาการเกิด แรงตกชั่วขณะทำให้เราสามารถประเมินความเสี่ยงได้ว่าอุปกรณ์คาดว่าจะได้รับผลกระทบเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะหรือไม่ โดยการนำความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและระยะเวลาของการแรงดันตกมาเขียนลงในกราฟ ITIC

#### 1. การเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

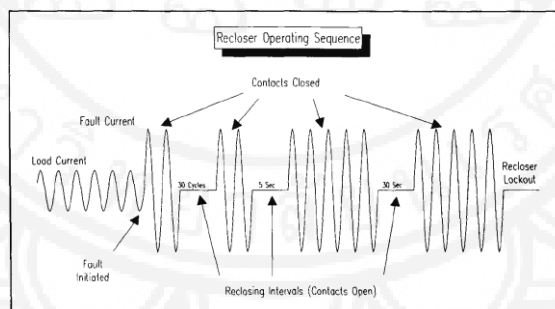
โดยปกติแล้ว แรงดันตกชั่วขณะจะเกิดเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าจนกระทั่งความผิด

พร้อมจะถูกกำจัดด้วยอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ซึ่งถ้าเป็นในโรงงานอุปกรณ์นี้ การกำจัดความผิดพลาดก็จะทำหน้าที่โดยฟิวส์ หรือเบรกเกอร์สายป้อนของโรงงาน ถ้าเป็นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าความผิดพลาดก็จะถูกกำจัดด้วยฟิวส์หรือไม่ก็เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ในสถานีไฟฟ้า ถ้าหากว่ามีอุปกรณ์ปิดชำรุดตั้งอยู่การเกิดแรงดันตกชั่วขณะก็สามารถที่จะเกิดซ้ำได้หลายครั้งตามจำนวนครั้งของการสับซ้ำของอุปกรณ์ป้องกัน การเกิดความผิดพลาดในระบบไฟฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้ที่สถานีไฟฟ้าหรือไม่ก็ในระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า รูปที่ 2 แสดงระบบสถานีไฟฟ้าทั่วไปที่มีสายป้อนต่ออยู่ที่บัสเดียวกัน ซึ่งเมื่อเกิดความผิดพลาดที่สายป้อนที่ F1 ก็จะทำให้เกิดการขัดข้องในการจ่ายไฟฟ้าให้กับลูกค้าที่สายป้อนนั้น

อย่างไรก็ตามผู้ใช้ไฟทั้งหมดที่อยู่ในสายป้อนที่ขนานกับสายป้อนที่เกิดความผิดพลาดจะเกิดแรงดันตกชั่วขณะในขณะที่ยังเกิดความผิดพลาดอยู่ ถ้าหากมีอุปกรณ์ปิดชำรุดที่สถานีไฟฟ้าแห่งนั้น ผู้ใช้ไฟที่อยู่ในสายป้อนที่ไม่เกิดความผิดพลาดก็สามารถที่จะได้รับแรงดันตกชั่วขณะหลายๆ ครั้งได้เช่นกัน (Mark, David, & Marek, 1993) ในตอนท้ายของช่วงเวลาที่เกิดซึ่งประมาณมากกว่า 10 ลูกคลื่น ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับแรงดันไฟฟ้าดังรูปที่ 3 ความผิดพลาดที่เกิดในระบบสายส่งสามารถมีผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟจำนวนมากและแม้ว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ห่างออกไปไกลมากก็ตามก็ยังสามารถได้รับรู้ได้ถึงแรงดันตกชั่วครู่



รูปที่ 2 ระบบจำหน่ายทั่วไปที่มีความผิดพลาดที่เกิดที่สายป้อน F1 (Mark, David, & Marek, 1993)



รูปที่ 3 ลำดับการทำงานของอุปกรณ์ปิดชำรุดทำให้เกิดปัญหาแรงดันตกชั่วขณะในระบบ (Mark, David, & Marek, 1993)

## 2. ITIC Curve

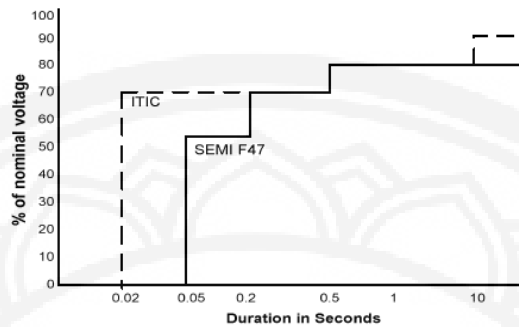
โดยปกติแล้วการประเมินผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะจะต้องใช้ค่า 2 ตัวคือ ขนาดของแรงดัน (Magnitude) และระยะเวลาในการเกิด (Duration) ค่าทั้งสองดังกล่าวนำมาใช้ร่วมกับเส้นโค้งของแรงดันต่อความทนต่อการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกสำหรับอุปกรณ์ ซึ่งเส้นโค้งนี้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการลดลงของแรงดันซึ่งแทนอยู่ในแกน Y และระยะเวลาซึ่งแทนอยู่ใน

แกน X โดยกราฟนี้จะมีพื้นที่ที่อุปกรณ์ยังสามารถทำงานได้และพื้นที่ที่อุปกรณ์หยุดทำงาน โดยกราฟเส้นโค้งนี้ถูกเรียกว่าเส้นโค้ง ITIC ซึ่งสภาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับนานาชาติได้กำหนดไว้สำหรับอุปกรณ์สารสนเทศ นอกจากนี้ยังมีอีกกราฟหนึ่งชื่อว่า SEMI F47 เป็นกราฟที่ใช้ออกความคงทนต่อการเกิดแรงดันตกชั่วขณะสำหรับอุปกรณ์ประเภทเซมิคอนดักเตอร์ รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นโค้ง ITIC และ SEMI F47 ซึ่งมี



ความแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะในบทความนี้ การประเมินผลกระทบอ้างอิงกับกราฟ ITIC เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม

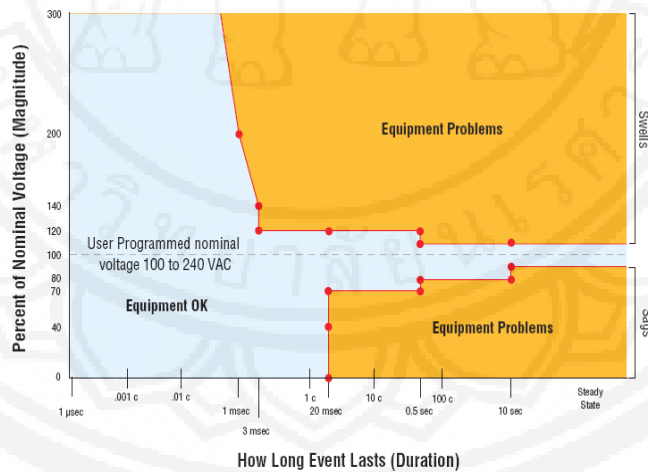
หลักการวิเคราะห์ยังคงเหมือนเดิมไม่ว่าจะใช้กราฟการประเมินรูปแบบใด



รูปที่ 4 เส้นโค้ง ITIC และ SEMI F47

ผลกระทบจากการเกิดแรงดันตกชั่วขณะนั้นขึ้นอยู่กับความลึกของการตกของแรงดันซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสลัดวงจร และช่วงระยะเวลาที่เกิดซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน รูปที่ 5 แสดงกราฟ ITIC ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ 2 ส่วน คือ พื้นที่ที่มีภูมิคุ้มกัน (Immunity Region) หรือพื้นที่ที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามปกติ และพื้นที่ที่ไม่มีภูมิคุ้มกัน

(Unimmunity Region) หรือพื้นที่ที่อุปกรณ์อาจจะได้รับความเสียหายจากการเกิดไฟฟ้าดับ ตัวอย่างของการใช้กราฟ ITIC เช่น อุปกรณ์จะสามารถทำงานได้เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีขนาดลดลง 0.8 เท่าของแรงดันปกติ และเวลาน้อยกว่า 10 วินาที ซึ่งเมื่อเทียบในแกน X และ Y จะเห็นว่าอยู่ในพื้นที่ที่มีภูมิคุ้มกัน



รูปที่ 5 เส้นโค้ง ITIC ของอุปกรณ์ตัวอย่าง

3. การระบุตำแหน่งของความผิดพลาด (Method of Fault Position) (ธนัชฐ์ เมนะเนตร, 2552)

วิธีการระบุตำแหน่งความผิดพลาดถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่คาดว่าจะเกิดขึ้น เนื่องจากการเกิดความผิดพลาดในระบบจำหน่ายนั้น มี

ลักษณะแบบสุ่ม (Random) การทำนายถึงความถี่ที่จะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ดังนั้นการประเมินแรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่ายไฟฟ้าต้องการข้อมูล ข้อมูลทั่วไปของระบบ เช่น พารามิเตอร์ของสายป้อน เช่น ความต้านทาน ค่ารีแอคแตนซ์ เป็นต้น และ ข้อมูลความ

เชื่อถือได้ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ในรูปของอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ เช่น สายป้อน หม้อแปลงจำหน่าย รวมทั้งสถิติการเกิดไฟฟ้าดับของพื้นที่ในรูปของประเภทและจำนวนครั้งของการเกิดการลัดวงจร เป็นต้น การระบุตำแหน่งความผิดปกติพร่องจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดพื้นที่ที่ต้องการจะทำนายความถี่การเกิดแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้า

3.2 แบ่งพื้นที่ที่กำหนดไว้ออกเป็นช่วงเล็กๆ โดยแต่ละส่วนเล็กๆ จะนำไปหาค่าความผิดปกติแบบต่างๆ

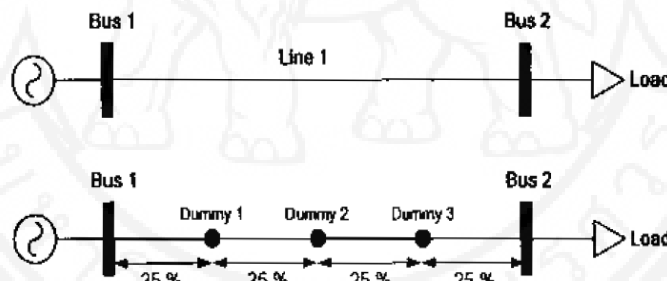
3.3 ตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติแต่ละตำแหน่งจะมีการกำหนดค่าความถี่ในการเกิดการลัดวงจร คือ จำนวนครั้งในการเกิดการลัดวงจรต่อปี

3.4 แรงดันตกชั่วขณะจะถูกคำนวณในแต่ละจุดที่จะเกิดความผิดปกติในระบบ

3.5 ค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3.3 และ 3.4 (คุณสมบัติและจำนวนครั้งของแรงดันตกชั่วขณะ) จะถูก

นำมารวมกันเพื่อหาจำนวนการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลาที่กำหนด ณ จุดโหลดที่ต้องการประเมินผลกระทบ (ธนินธุ์ เมนะเนตร, 2552)

แนวคิดของวิธีนี้คือความผิดปกติพร่องสามารถเกิดขึ้นที่จุดใดก็ได้ในสายป้อน ตั้งแต่ต้นสายถึงปลายสาย โดยอาศัยหลักการการประยุกต์การใช้วิธีมอนติคาร์โลร่วมกับวิธีระบุตำแหน่งความผิดปกติพร่อง แต่การใช้วิธีนี้จะต้องพิจารณาทุกจุดบนสายตามความยาวให้มากที่สุด เพื่อที่จะได้คำตอบที่ถูกต้องมากที่สุดซึ่งใช้เวลานานในกระบวนการสุ่มแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีการแบ่งสายป้อนออกเป็นจำนวนส่วนเท่าๆ กัน ตามรูปที่ 6 ซึ่งสร้างจุดระหว่างต้นสายกับปลายสายขึ้น ตัวอย่างในรูปที่ 6 แบ่งสายป้อนออกเป็น 3 จุด (Dummy Node) ทำให้มี 5 ตำแหน่งที่เป็นไปได้ในการเกิดความผิดปกติพร่อง ประกอบด้วย บัสที่ 1 จุด Dummy Node ทั้งสามจุด และ บัสที่ 2 จากนั้น เราจึงหาค่าการเกิดจากจุดต่างๆ ที่แบ่งนี้

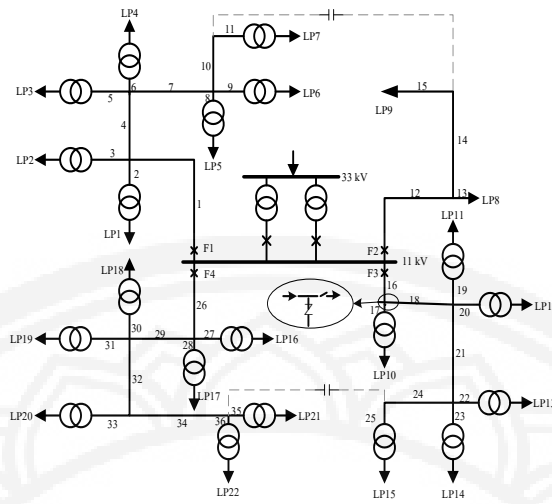


รูปที่ 6 วิธีการระบุตำแหน่งผิดปกติพร่อง

### วิธีการศึกษาและวัสดุอุปกรณ์

โปรแกรมการวิเคราะห์ทำโดยการจำลองระบบไฟฟ้า โดยใช้หลักการการระบุตำแหน่งของความผิดปกติพร่องได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยสามารถจำลองระบบไฟฟ้าเพื่อนำมาหาค่าจำนวนครั้งในการที่เกิดความผิดปกติพร่องและทดสอบกับระบบจำหน่ายทดสอบมาตรฐาน Roy Billinton Test System (RTBS) บัสที่ 2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า RBTS

บัสที่ 2 มีระดับแรงดันเท่ากับ 11 kV ดังรูปที่ 7 โดยระบบจำหน่ายไฟฟ้า RBTS บัสที่ 2 มีจุดโหลดทั้งหมด 22 จุดโหลด สวิตช์ถ่ายโอนโหลดจำนวน 2 ตัว และเซอร์กิตเบรกเกอร์จำนวน 4 ชุด ซึ่งข้อมูลความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ โหลดและจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ความยาวของสายไฟฟ้า สถิติการเกิดความผิดปกติพร่องภายในระบบ RBTS บัสที่ 2 แสดงได้ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 7 ระบบจำลอง RBTS

ตารางที่ 1 ความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ ระบบ RBTS บัสที่ 2

อุปกรณ์	$\lambda$	r	S
หม้อแปลง	0.015	200	-
สายป้อน	0.065	5	1.0

โดย  $\lambda$  = อัตราการล้มเหลว (ครั้ง/กิโลเมตร - ปี)  
 r = ระยะเวลาในการซ่อมหรือระยะเวลาทดแทน (ชั่วโมง)  
 S = ระยะเวลาในการปลดสับสวิตช์ (ชั่วโมง)

ตารางที่ 2 ข้อมูลโหลดและจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ RBTS บัสที่ 2

จุดโหลด (LP)	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (MW)	ผู้ใช้ไฟฟ้า/จุดโหลด
1,2,3,10,11	ที่อยู่อาศัย	0.535	210
12,17,18,19	ที่อยู่อาศัย	0.450	200
6,7,15,16,22	ธุรกิจบริการ	0.454	10
8	อุตสาหกรรม	1.000	1
9	อุตสาหกรรม	1.150	1
4,5,13,14,20,21	หน่วยงานของรัฐ	0.566	1

ตารางที่ 3 ข้อมูลความยาวของสายไฟฟ้า ระบบบัสที่ 2

ประเภทสายป้อน	ความยาวสาย (km)	หมายเลขสายป้อน
1	0.60	2,6,10,14,17,21,25,28,30,34
2	0.75	1,4,7,9,12,16,19,22,24,27,29,32,35
3	0.80	3,5,8,11,13,15,18,20,23,26,31,33,36

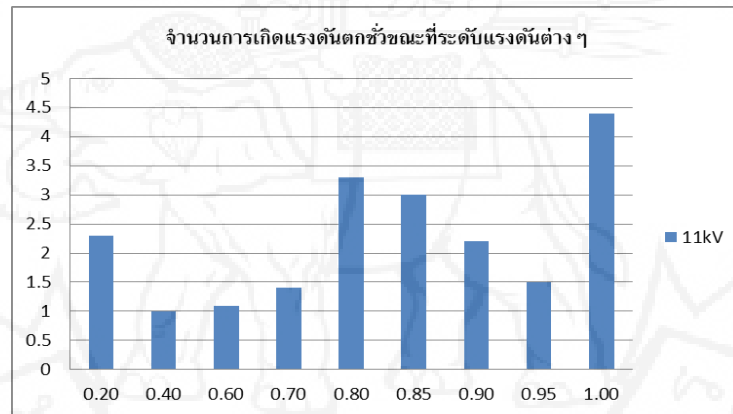
ตารางที่ 4 สถิติการเกิดความผิดปกติในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

ชนิดของความผิดปกติ	ร้อยละการเกิดความผิดปกติ
Single Line-to-Ground Fault	58.14
Line-to-Line Fault	30.23
Symmetrical Three-Phase Fault	11.63

**ผลการศึกษา**

ผลการทดสอบการรันโปรแกรมเพื่อหาค่าการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ปลายสายป้อนแสดงได้ดังรูปที่ 8 ตำแหน่งปลายสายป้อนเป็นจุดโหลดที่เราสนใจเนื่องจากมีอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อระดับแรงดันตกชั่วขณะติดตั้งอยู่ ในที่นี้ เราสนใจระดับแรงดันตกที่ต่ำกว่า 90%

ลงมา เราพบว่าที่แรงดัน 11 kV จะมีอัตราการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่ 80% มีค่าสูงสุด เท่ากับ 3.3 ครั้งต่อปี รองลงมา คือ ที่ระดับแรงดัน 85% จำนวน 3.0 ครั้งต่อปี รวมจำนวนครั้งของการเกิดแรงดันตกแล้วเท่ากับ 17.2 ครั้งต่อปี ค่าของกราฟในรูปที่ 8 แสดงเป็นจำนวนได้ในตารางที่ 5

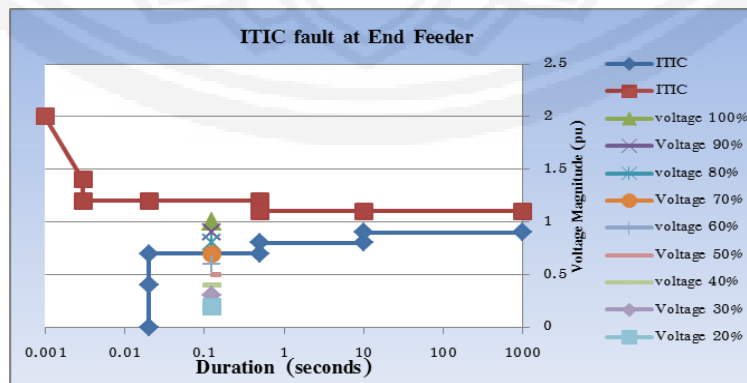


รูปที่ 8 กราฟจำนวนการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่แรงดันระดับต่างที่ปลายสาย

ตารางที่ 5 ผลการหาค่าแรงดันตกชั่วขณะที่ปลายสาย

Voltage	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	0.95	1	total
11kV	2.3	1	1.1	1.4	3.3	3	2.2	1.5	4.4	17.2

**อภิปรายผลการศึกษา**



รูปที่ 9 กราฟ ITIC เมื่อเกิดความผิดปกติที่ปลายสายป้อน



หากการเกิดความผิดพลาดที่ปลายสายป้อน เมื่อนำขนาดของแรงตกชั่วขณะที่เหลืออยู่ 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% มาเขียนลงกราฟ ITIC โดยเวลาการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในการกำจัดความผิดพลาดอยู่ที่ 0.123 วินาทีทุกค่าซึ่งเป็นระยะเวลาที่ระบบป้องกันทำงาน เราจะเห็นได้ว่า ที่แรงดันต่ำกว่า 70% ลงมาอุปกรณ์ คาดว่าอุปกรณ์จะไม่สามารถทำงานได้ดังรูปที่ 9 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางการเกิดแรงดันตกชั่วขณะก็พบว่าที่แรงดันคงเหลือต่ำกว่า 70% มีจำนวนครั้งของการเกิดเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะรวมทั้งหมดเท่ากับ 5.8 ครั้งต่อปี ด้วยหลักการดังกล่าวทำให้เราสามารถประเมินความเสี่ยงของการเกิดแรงดันตกและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเพื่อนำไปประเมินความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนของการติดตั้งระบบป้องกัน และ ผลกระทบจากความเสียหายทางเศรษฐกิจเนื่องจากแรงดันตกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

บทความนี้นำเสนอการประเมินผลกระทบเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดความผิดพลาดในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้วิธีการหาตำแหน่งจุดผิดพลาดที่อ้างอิงกับการคำนวณการลัดวงจรและวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาอัตราจำนวนครั้งในการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่แรงดันคงเหลือระดับต่าง ๆ จากนั้นจึงนำค่าแรงดันที่ได้มาเขียนลงในกราฟ ITIC เพื่อหาว่าอุปกรณ์จะไม่สามารถทำงานได้ที่ช่วงระดับแรงดันเท่าไร โดยนำมาเขียนลงในกราฟ ITIC ผลที่ได้คือเราสามารถประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่มีความไวต่อการเกิดแรงดันตกชั่วขณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เรามีข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจประเมินการลงทุนในการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าได้ในอนาคต งานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต คือ การนำเสนอการประยุกต์ใช้ความน่าจะเป็นร่วมกับโครงสร้างประเภทของระบบการทำงานของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวสำหรับการนำประเมินความเสียหายเนื่องจากเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

ธนิษฐ์ เมนะเนตร. (2552). การประเมินแรงดันตกช่วงสั้นในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โลร่วมกับโปรแกรมศึกษาพฤติกรรมชั่วคราวทางแม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. [1]

Goswami, A. K., Gupta, C. P., & Singh, G. K. (2008). Assessment of Financial Losses due to Voltage Sags in and Indian Distribution system. In *IEEE Region 10 Colloquium and the Third International Conference on Industrial and Information Systems* (pp.1-6). India: Kharagpur.

Jovica, V. M., & Chandra, P. G. (2006). Probabilistic Assessment of Financial Losses due to Interruption and Voltage Sags Part I: The Methodology. *IEEE transaction on power delivery*, 21, 0885-8977.

Mark, F. M., David, R. M., & Marek, J. S. (1993). Voltage Sags in Industrial Systems. *IEEE transactions on industry applications*, 29, 397-403.

#### Translated Thai References

Tanit Meananeatra. (2552). Evaluation of Voltage Sag in Distribution System by Mote Carlo Simulation and Electromagnetic Transein Program. Bangkok: Graduate College King Mongkut's University of Technology North Bangkok. [in Thai] [1]