# ผลกระทบจากกระแสฟอลต์ต่อหม้อแปลงกระแส กรณีศึกษาระบบไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง

# Impact of The Fault Current of Current Transformer: A of MEA

**ภาณุพล สิริวิทยะธนกุล[1*] พิชิต อ้วนไตร[2] และพิเชษฐ์ ศรียรรยงค์[3]**

Phanuphon Siriwithtayathanakun[1*] Pichit Uantrai[2] and Pichet Sriyanyong[3]

**บทคัดย่อ**

บทความนี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากการเกิดกระแสฟอลต์ในสายส่งที่มีผลต่อหม้อแปลงกระแสโดยการวิธีการสร้างแบบจำลองระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังแรงดัน69 kV สายส่ง SKT692ของสถานีไฟฟ้าพระนครใต้ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทรานเซียนต์ ATP-EMTP ผลจากการศึกษาจากแบบจำลองระบบไฟฟ้าพบว่า เมื่อมีฟอลต์เกิดขึ้นรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจะลดลงจนถึงศูนย์โดยมีค่ากระแสสูงประมาณ 24.2 kA หรือร้อยละ 82.3 % ซึ่งมีเมื่อกับขนาดกระแสลัดวงจรของหม้อแปลงกระแสจึงส่งผลกระทบทำให้อายุการใช้งานของหม้อแปลงลดลงและชำรุดได้

**คำสำคัญ** : กระแสฟอลต์(Fault Current) , ATP-EMTP

**Abstract**

This paper studies the effect of fault current on sub-transmission line that directly effect to current transformer via ATP-EMTP software. The SKT692 sub-transmission line in 69 kV system at South Bangkok terminal station is selected to analyze. The result shows that when fault occurs on sub-transmission line, the voltage wave form will reduce to zero, but current increase to peak value at 24.2 kA or 82.3 percentage of short circuit current of current transformer.The impact will reduce an aging of current transformer and also damage as well.

**Keywords** : Fault Current ,ATP-EMTP

## บทนำ

ในระบบไฟฟ้ากำลังหม้อแปลงกระแส(Current Transformer :CT) เป็นอุปกรณ์หลักในระบบป้องกันและการวัดในระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เนื่องจากใช้ในการวัดปริมาณกระแสสำหรับส่งค่าไปยังรีเลย์ป้องกัน (Protection relay) (Ravindra, 2009)เพื่อตรวจสอบความบกพร่อง เช่น กระแสฟอลต์(FaultCurrent), กระแสไม่สมดุล(Unbalance Current)(B.Kansztenny, 2008)เป็นต้น เช่นนั้นความเชื่อมั่นระบบไฟฟ้า(Reliability) จึงมีผลมาจากอุปกรณ์ระบบป้องกันที่มีในระบบ

กระแสฟอลต์เป็นหนึ่งในปัญหาที่เกิดขึ้นมีผลทำให้อุปกรณ์หม้อแปลงกระแสระเบิดชำรุด หรืออาจทำให้มีอายุการใช้งานที่ลดลง ซึ่งในระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงก็เช่นกัน หลายครั้งที่ระบบส่งจ่ายเกิดความ

[1] นักศึกษาปริญาญาเอก ภาควิชาครุศาสตรไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

[3] ภาควิชาครุศาสตรไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[1] Ph D. Student, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, KingMongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Lecture, Program in Industrial Electrical Technology, ThepsatriRajabhat University.

[3] Associate Professor, Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

* Corresponding author. Email: Phanu.si@mea.or.th

เสียหายจากกระแสฟอลต์ดังเช่นเหตุการณ์วันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 สถานีไฟฟ้าพระนครใต้ที่สายส่ง SKT692 มีหม้อแปลงกระแสระเบิดชำรุดบริเวณลานไก(Switchyard)(Andrew, 2014)ขณะเกิดฟอลต์ในระบบสายส่งห่างออกไปเป็นระยะทาง 2.3 กิโลเมตร

กระแสฟอลต์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณค่อนข้างสูงจึงทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเก่าที่มีอายุการใช้งานหลายสิบปีระเบิดชำรุดเนื่องจากความซับซ้อนของการส่งจ่ายระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงที่มากขึ้นจากปริมาณความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้ปริมาณกระแสฟอลต์สูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงเป็นที่มาในการศึกษากระแสฟอลต์ที่มีผลกระทบต่อหม้อแปลงกระแสในระบบไฟฟ้ากำลังของ กฟน. ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองระบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรม ATP-EMTP(A.M. Gole,1998)จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสถานีไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์วางแผนในการบำรุงรักษาตลอดจนเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในระบบไฟฟ้า(Manuel, 2013) ให้มีค่าดัชนีชี้วัด System Average Interruption Frequency (SAIFI), System Average Interruption Duration Index (SAIDI) , ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการส่งจ่ายเพิ่มสูงขึ้นได้ โดยการศึกษานี้จะศึกษากระแสฟอลต์ในระบบไฟฟ้าของสายส่ง 69 kV กรณีดังกล่าวเพียงเท่านั้น

**หม้อแปลงกระแส**

หม้อแปลงกระแสเป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ลดทอนกระแสสูงทางด้านปฐมภูมิให้มีค่าต่ำเพียงพอที่จะสามารถใช้กับอุปกรณ์วัด หรืออุปกรณ์ระบบป้องกัน โดยโครงสร้างหม้อแปลงกระแสที่ระเบิดชำรุดที่สถานีไฟฟ้าพระนครใต้มีลักษณะคล้ายที่หนีบผม ตามภาพที่ 1ซึ่งอุปกรณ์หลักภายในประกอบไปด้วย

- ขดลวดด้านปฐมภูมิ(Primary Winding) หรือตัวนำกระแสด้านแรงสูงซึ่งจะถูกห่อหุ้มด้วยกระดาษบรรจุในท่อฉนวน(housing) ที่ทำมาจากพอร์ซเลน(Porcelain)โดยตัวนำนี้คล้องผ่านแกนเหล็กที่บรรจุอยู่ภายในตัวถังโลหะบริเวณด้านล่าง ซึ่งตัวถังโลหะและแกนเหล็กจะมีการต่อลงดิน
- ขดลวดทุติยภูมิ(Secondary Winding) จะถูกพันรอบแกนเหล็ก โดยมีการเชื่อมต่อแยก(tap)สายจากขดลวดทุติยภูมิ เพื่อให้มีค่าอัตราส่วนขดลวด (Turn Ratio)ที่แตกต่างกัน หรือที่เรียกว่า “Multi-Ratio”
- ฉนวนภายในหม้อแปลงกระแส นอกจากกระดาษที่ใช้ห่อหุ้มขดลวดหรือตัวนำทางด้านแรงสูงแล้ว ยังมีฉนวนน้ำมันที่ช่วยเพิ่มระดับการฉนวน และช่วยในด้านการระบายความร้อน

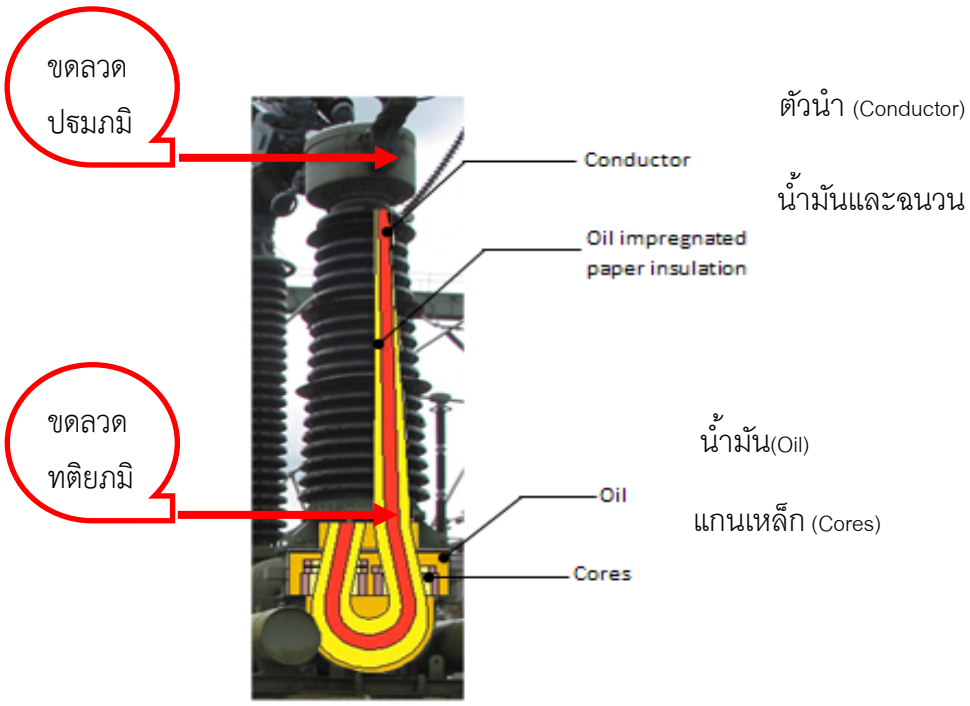



Figure 1 ภาพเทียบเคียงโครงสร้างภายในหม้อแปลงกระแสของสถานีไฟฟ้าพระนครใต้

**แรงดันเกินในสภาวะชั่วครู่** (Transient overvoltage)(สำรวย, 2547)

แรงดันเกินในสภาวะชั่วครู่จะทำให้ฉนวนหม้อแปลงกระแสเกิดการเสื่อมสภาพทันทีทันใดซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยดังนี้

- แรงดันเกินจากปัจจัยภายนอก (External voltage) เป็นผลที่เกิดจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “แรงดันเกินฟ้าผ่า (Lightning surge)”
- แรงดันเกินจากปัจจัยภายใน (Internal voltage) เป็นผลที่เกิดจากการทำงานของสวิตช์ตัดตอน เช่น การสวิตชิ่งจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเพื่อแยกฟอล์ตออกจากระบบ, การทำสวิตชิ่งปลด-สับ C-Bank เป็นต้น ส่วนแรงดันเกินจากปัจจัยภายในสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามขนาดค่ายอด, ช่วงเวลา และความถี่ของแรงดัน คือ 1) แรงดันเกินสวิตชิ่ง(switching surge) และ 2) แรงดันเกินชั่วคราว (temporary overvoltage)

เมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลา และขนาดแรงดันเกินทั้ง 3 ชนิด ข้างต้นสามารถแสดงได้ ตามภาพที่ 2

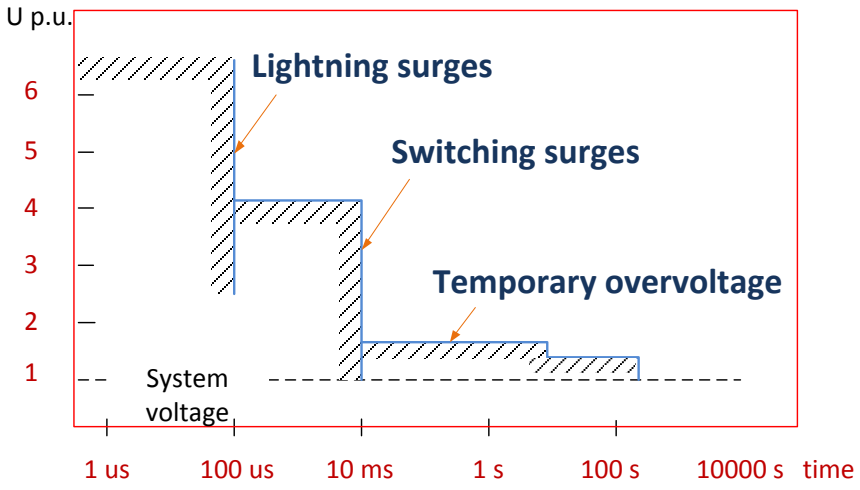



Figure 2 ช่วงระยะเวลาและขนาดของแรงดันเกินแบบต่างๆ

## วิธีการศึกษา

จากการศึกษาในบทความนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเกิดกระแสฟอลต์ในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง, กฟน. โดยใช้ข้อมูลจริงจากเหตุการณ์วันที่ 25กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557ตามภาพที่ 4 และความเสียหายที่เกิดขึ้นที่หม้อแปลงเฟส Y ตามภาพที่ 5และข้อมูลจากศูนย์ระบบสั่งการณ์ กฟน. ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลการทำสวิตชิ่งและสภาพอากาศ ในช่วงเวลาเกิดเหตุระบบไฟฟ้าขัดข้องที่สถานีไฟฟ้าพระนครใต้ ตรวจสอบพบ สภาพอากาศปกติและตรวจสอบจากศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้า พบว่า ไม่มีการทำการสวิตชิ่งดังกล่าวเมื่อมาพิจารณาแรงดันเกินในสภาวะ transient overvoltage จึงไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้ฉนวนเกิดการเสื่อมสภาพทันทีทันใดที่จะทำให้เกิดเหตุการณ์ระบบไฟฟ้าขัดข้องในเวลาต่อมา

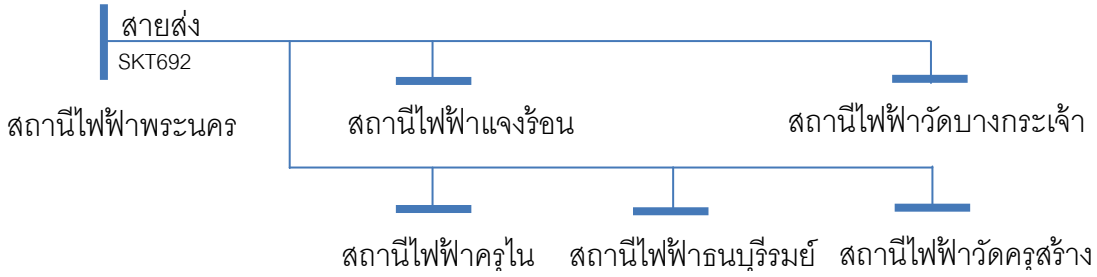
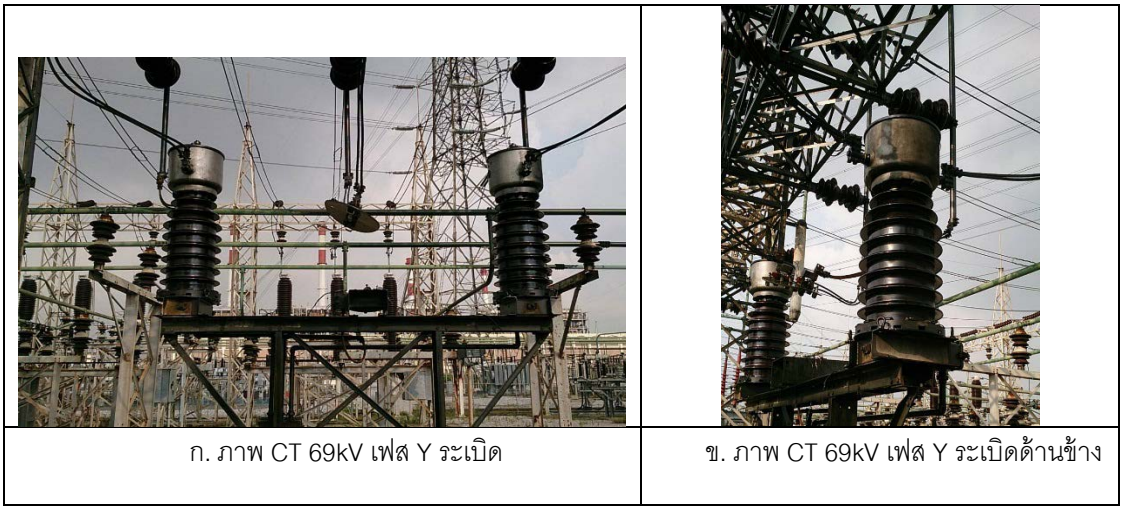



**Figure 4** ระบบส่งจ่ายของสายส่ง SKT692



ก. ภาพ CT 69kV เฟส Y ระเบิด

ข. ภาพ CT 69kV เฟส Y ระเบิดด้านข้าง

**Figure 5** 69kV หม้อแปลงกระแสเฟส Y ระเบิดชำรุดและความเสียหายเกิดจากการระเบิด

## ผลการศึกษา

จากนั้นตรวจสอบข้อมูลสภาพการจ่ายไฟสถานีไฟฟ้าพระนครใต้เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในสายส่ง SKT692จากรีเลย์ระยะทาง (Distance Relay)ตรวจจับพบฟอล์ตที่โซน1 ที่ระยะทาง 2.3 กิโลเมตรมีกระแสฟอลต์สูงสุดประมาณ 23.82kA เกิดขึ้นหลังเซอร์กิตเบรกเกอร์SKT6912Aทำให้เกิดกระแสลัดวงจรไหลผ่านไปสู่จุดที่เกิดฟอลต์จากข้อมูลของระบบจากศูนย์สั่งการณ์ระบบไฟฟ้าไม่พบว่าค่าที่ผิดปกติของกระแสและแรงดัน แต่มาพิจารณาพบว่าเครื่องวัดของสถานีไฟฟ้าไม่สามารถวัดแรงดันและกระแสขณะที่เกิดเหตุขัดข้องได้เพราะเครื่องวัดมีความไวที่ต่ำดังนั้นเพื่อ

ตรวจสอบขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้าจึงทำการจำลองระบบไฟฟ้าของสายส่ง SKT692ด้วยโปรแกรม ATP-EMTP(Mustafa, 2000)ขึ้นตามภาพที่ 6แบบจำลองระบบไฟฟ้าโดยกำหนดให้เกิดฟอลต์แบบ Single Phase to Ground ที่เฟส Y ระยะทาง 2.3 km ที่เวลา 0.1 S ที่สถานีไฟฟ้าพระนครใต้ในการจำลองระบบไฟฟ้ามีผลการการจำลองตามภาพที่7

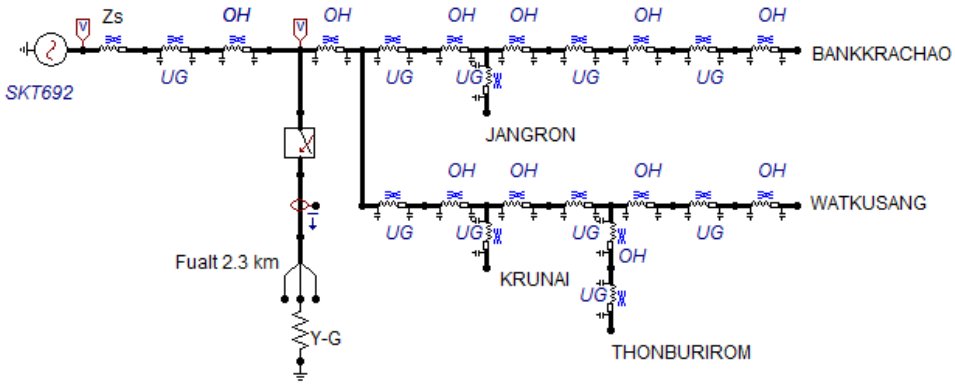
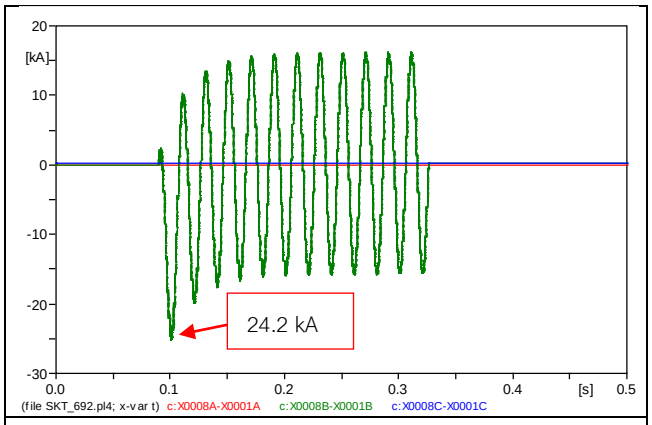
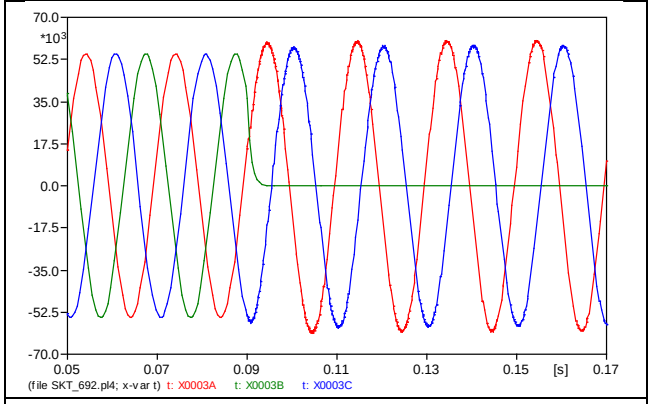



Figure 4 แบบจำลองระบบไฟฟ้า SKT691 ขณะลัดวงจร




ก. กระแสลัดวงจรเฟส Y




ข. แรงดันขณะลัดวงจร เฟส

Figure 7 แรงดันและกระแสของสายส่ง SKT691ขณะเกิด fault

(สีแดง :เฟส R , สีเขียว : เฟส Y, สีน้ำเงิน : เฟส B)

## อภิปรายผล

จากภาพที่ 5ผลการจำลองระบบไฟฟ้าในขณะการเกิดSingle Phase to Ground tofault พบว่า กระแสขณะลัดวงจรที่เกิดขึ้นในเฟส Y และเกิดจากการยุบตัวของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าลดลงจนถึงศูนย์ โดยมีกระแสขึ้นประมาณ 24.2 kAหรือร้อยละ 82.3 % ซึ่งมีเมื่อกับขนาดกระแสลัดวงจรของหม้อแปลงกระแสและเทียบกับค่าที่รีเลย์ตรวจจับได้มีค่าใกล้เคียงกัน

## สรุปผล

หม้อแปลงกระแสทางด้านแรงสูงที่ติดตั้งใช้งานในลานไก (Switchyard) ของการไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งด้านนอกอาคารหรือกลางแจ้งซึ่งจะต้องเผชิญกับมลพิษ เช่น ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงด้านอุณหภูมิ, ความชื้น และสิ่งเจือปนแล้ว เป็นต้นสิ่งจะเป็นปัจจัยทางอ้อมที่สะสมทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ นอกจากนั้นการที่ระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีความซับซ้อนมากขึ้นทำอาจมีค่ากระแสเกินกว่าค่าที่ออกแบบไว้ในระบบไฟฟ้า ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นในสภาพการจ่ายไฟฟ้าในปัจจุบันเพื่อใช้ในการศึกษาระบบไฟฟ้าที่มีเปลี่ยนแปลงเมื่อมีกระแสฟอลต์เกิดขึ้น ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่ามีค่ากระแสฟอลต์สูงประมาณ 24.2 kA หรือ 82.3% เมื่อเทียบกับขนาดกระแสลัดวงจรของหม้อแปลงกระแส

ในทางปฏิบัติแนวทางการแก้ไขด้านทางบำรุงรักษาด้วยการตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าในอุปกรณ์ที่ติดตั้งในลานไกควรการตรวจสอบและเก็บข้อมูล เช่น ค่าข้อมูล tan $\delta$และค่าความต้านทานฉนวน (Insulation resistance), ประกอบการทดสอบความร้อนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน อย่างสม่ำเสมอ และประเมินสุขภาพของอุปกรณ์ (Asset Health) เพื่อจะได้กำหนดกลยุทธ์ในการวางแผนบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทันถ่วงทีและสามารถลดความเสี่ยงของการเกิด breakdown ของอุปกรณ์

อย่างไรก็ดีการตรวจสอบและการบำรุงรักษาควรพิจารณาเพิ่มรายละเอียดการทำงานและความถี่ในการตรวจสอบเพื่อประเมินสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในปัจจุบันและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีสภาพใหม่ในเหมาะสมพื้นที่ใช้งาน

## เอกสารอ้างอิง

ดร. สำรวยสังข์สะอาด, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, เมษายน 2547

A.M. Gole, J. Martinez-Velasco., Modeling Guidelines for Switching Transients, IEEE Modeling and Analysis of System Transients Working Group., 1998

Andrew M Steffen Pleasant Prairie Switchyard Reconfiguration, T&D Conference and Expositon,2014

B. Kasztenny, Enhanced Adaptive Protection Method for Capacitor Bank IET 9th International Conference ,2008

Mustafa Kizilcay, ATP-EMTP Beginner' s Guide, European EMTP-ATP Users Group e.V., 2000

Manuel Gonzalez Improvement of SAIDI and SAIFI Reliability Indices Using A Shunt Circuit-Breaker in Ungrounded MV Networks

Ravindra P. Singh. Switchgear and Power System Protection.PHI New Delhi, 2009