

การศึกษาเพื่อลดความรุนแรงในสภาวะชั่วขณะของการปลดสับตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Case Study of Reduce Violence in Transient for Capacitor Bank in PEA Distribution System

ฉลอง โสตาบัน¹ วิทยา ชัยสงคราม² และ เวทิน ปิยรัตน์³

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาขนาดการเกิดความรุนแรงในสภาวะชั่วขณะอันเนื่องมาจากการปลดสับตัวเก็บประจุเข้ากับระบบจำหน่ายของสายส่งการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 22 kV และ 33 kV โดยทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางสำหรับการลดขนาดความรุนแรงด้วยการใช้ตัวแทรกชั่วคราวในการแก้ปัญหาดังกล่าว สำหรับบทความนี้ใช้โปรแกรม ATP/EMTP ในการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถลดขนาดของความรุนแรงให้มีค่าลดลงอันเนื่องมาจากกระแสและแรงดันชั่วขณะ สำหรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างหรือพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์ในงานการปลดสับตัวเก็บประจุ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความปลอดภัยแก่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานของการไฟฟ้า อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนนำเข้าเครื่องมือราคาแพงจากต่างประเทศได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ระบบจำหน่าย, สภาวะชั่วขณะ, ตัวแทรกชั่วคราว

Abstract

This paper presents a study of the analysis high fault transient while remove capacitors from a distribution system of 22 kV and 33 kV. In order to investigate and solve this problem, The power circuit topology is modeled by using ATP/EMTP software. The objective of this investigation is to construct the modeling for reducing a high fault during capacitors connected in the distribution system. The result shows that it can implement safety to product workers. Finally, It was able to reduce the cost and it is not necessary to import the equipment products from outsources.

Keyword : Distribution System , Transient , Pre-insertion

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

1. บทนำ

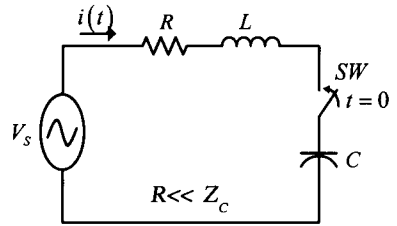
ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าได้เข้าไปมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก แทบจะเรียกได้ว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต เป็นพลังงานที่ใช้ในอาคารบ้านเรือน อาคารสำนักงานหรือแม้แต่โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นหน่วยผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มีคุณภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็น และถือเป็นภารกิจสำคัญของหน่วยงานที่มีหน้าที่ผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งนี้เพื่อคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบจำหน่าย [1] หน่วยงานการไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องออกแบบและพัฒนาให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค และเหนืออื่นใดการปรับปรุงและรักษาคุณภาพพลังงานไฟฟ้าในขณะที่ส่งจ่ายก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เช่นกัน ปัญหาหนึ่งสำหรับการปฏิบัติงานของบุคลากรผู้ปฏิบัติงานการไฟฟ้าในการซ่อมบำรุงระบบ คือ การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์รวมถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้ปัจจัยบางอย่างสามารถควบคุมได้และบางอย่างไม่สามารถควบคุมได้ ตัวอย่างหนึ่งที่บทความนี้ให้ความสนใจ คือ การลดภาวะความรุนแรงขณะปลดสับตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย ซึ่งเกิดจากการกระชากของกระแสชั่วขณะและพิกัดแรงดันเกินโดยอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อพนักงานการไฟฟ้าที่ปฏิบัติงานจะทำการปลดสับในขณะที่มีการจ่ายกระแสไฟอยู่ ดังนั้นสิ่งหนึ่งที่มีปัญหาตามมา คือ การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ เช่น ครอบเอาต์พิวส์ หรือตัวเก็บประจุ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาการอาร์คหรือการเกิดประกายไฟขนาดรุนแรงโดยในบางครั้งอาจเกิดอันตรายต่อตัวผู้ปฏิบัติงานด้วย

บทความนี้จึงมีความสนใจเพื่อศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดความรุนแรงและแนวทางการแก้ไขปัญหาคความรุนแรง รวมถึงแนวทางการพัฒนาเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถลดผลกระทบของความรุนแรงให้น้อยลงทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก

2. ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 การวิเคราะห์ทฤษฎีการปลดสับตัวเก็บประจุ [2]

ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรักษาระดับคุณภาพและเสถียรภาพของระบบจำหน่าย โดยทั่วไปมีอยู่หลายวิธีและวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย คือ การสับตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลัง เพื่อให้ระบบมีคุณภาพและศักยภาพเพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภค โดยสามารถเขียนวงจรสมมูลดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรสมมูลอย่างง่ายของการปลดสับตัวเก็บประจุ

เมื่อ $V_s = \text{A.C. Voltage Source}$ คือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

$R = \text{Resistance}$ คือ ค่าความต้านทานของสายในระบบจำหน่าย

$L = \text{Inductance}$ คือ ค่าความเหนี่ยวนำของสายในระบบจำหน่าย

$C = \text{Capacitance}$ คือ ค่าความสามารถในการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

$Z_C = \sqrt{L/C}$ คือ ค่า Surge Impedance ($R \ll Z_C$)

จากรูปที่ 1 เป็นวงจรสมมูลของการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุใช้กับระบบจำหน่าย โดยมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่ออนุกรมกับโหลด RLC โดยสามารถวิเคราะห์ห้วงจรสถานะชั่วขณะของวงจรอันดับสอง ดังนี้คือ

$$V_R + V_L + V_C = V_s \quad (2.1)$$

เมื่อ

$$iR + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt = V_s \quad (2.2)$$

และ

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} = \frac{dV_s}{dt} \quad (2.3)$$

โดยหาผลตอบสนองทางธรรมชาติ ไม่พิจารณาแหล่งจ่าย
ในสภาวะเริ่มต้นมีค่าเป็นศูนย์ จะได้ว่า

$$Ls^2 + Rs + \frac{1}{C} = 0 \quad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.4) ทหารด้วยค่า L จะได้

$$s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0 \quad (2.5)$$

จัดรูปสมการใหม่โดยกำหนดให้ $\alpha = \frac{R}{2L}$ และ $\omega_d = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
จะได้

$$s^2 + 2\alpha s + \omega_d^2 = 0 \quad (2.6)$$

จากสมการที่ (2.6) มีคำตอบ 2 ค่า คือ s_1 และ s_2 ดังนี้

$$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_d^2} \quad (2.6 ก)$$

$$s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_d^2} \quad (2.6 ข)$$

เมื่อพิจารณาคำตอบทั้ง 2 พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3
กรณี คือ

$$f_n(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t} \quad (2.7)$$

$$f_n(t) = (A_1 t + A_2) e^{-\alpha t} \quad (2.8)$$

$$f_n(t) = B e^{-\alpha t} \sin(\omega_n t + \beta) \quad (2.9)$$

จากสมการที่ (2.2) พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า
กระแสสลับ $V_s = V_m \sin(\omega t + \alpha)$ จะได้

$$Rif + L \frac{dif}{dt} + \frac{1}{C} \int if dt = V_m \sin(\omega t + \alpha) \quad (2.10)$$

ดังนั้น

$$\frac{dif}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \alpha) - B\omega \sin(\omega t + \alpha) \quad (2.11)$$

และ

$$\int if dt = -\frac{A}{\omega} \cos(\omega t + \alpha) + \frac{B}{\omega} \sin(\omega t + \alpha) \quad (2.12)$$

กำหนดให้ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ จะได้ผลตอบสนองบังคับ
ของกระแส

$$if(t) = \frac{V_m}{Z} \sin(\omega t + \alpha - \theta) \quad (2.13)$$

และผลตอบสนองทางเวลาของกระแส คือ

$$i(t) = if(t) + i_n(t) \quad (2.14)$$

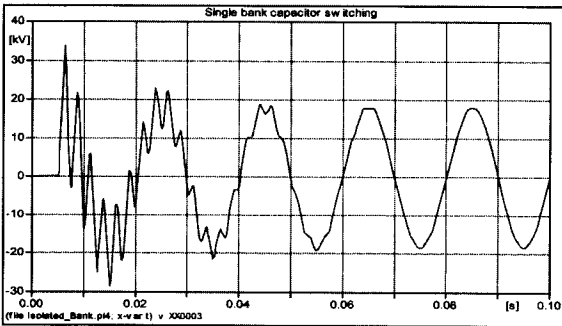
2.2 แนวทางการปลดสวิตช์ตัวเก็บประจุ

สำหรับแนวทางการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุที่อยู่
ด้วยกันหลายแนวทาง ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ให้สามารถ
ยกกระดับแรงดันกรณีสายส่งมีระยะทางไกลมากทำให้
เกิดแรงดันตกจนทำให้แรงดันปลายสายมีขนาดต่ำกว่า
มาตรฐาน รวมถึงการปรับปรุงตัวประกอบกำลังสำหรับ
ระบบไฟฟ้าเพื่อลดค่าลิ่งไฟฟ้าสูญเสียทำให้สามารถรับ
ภาระได้สูงขึ้นด้วย [4] สำหรับแนวทางการสับสวิตช์
ตัวประกอบกำลังที่อยู่ด้วยกันหลายวิธีเช่น รีเอคเตอร์
สำหรับจำกัดกระแส การปิดแบบซิงโครนิส หรือการใช้ตัว
แทรกชั้วคราว โดยในบทความนี้นำเสนอการใช้ตัวแทรก
ชั้วคราว [5] ดังแสดงในลำดับต่อไป

2.3 การปลดสวิตช์ตัวเก็บประจุ

การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุที่มีแหล่งกำเนิดเป็น
ความเหนี่ยวนำสูง ดังแสดงในรูปที่ 1 จะทำให้เกิดการ
สั้นชั้วขณะ ซึ่งอาจมีขนาดสูงถึงสองเท่าของระดับแรงดัน

สูงสุดและมีความถี่ประมาณ 300–1000 Hz และมีขนาดแรงดันเกินประมาณ 1.1–1.6 pu



รูปที่ 2 ขนาดแรงดันเกินเนื่องจากการปลดสวิตช์ตัวเก็บประจุในระบบที่มีความเหนี่ยวนำสูง

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการเกิดแรงดันเกินชั่วขณะเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย อย่างไรก็ตามแรงดันเกินชั่วขณะทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานของผู้บริโภคไม่มากนักแต่ปัญหาที่ต้องพิจารณาคือ กระแสกระชากขนาดสูง (High Inrush Current) แรงดันเกิน (Over Voltage) ซึ่งโดยทั่วไปปัจจัยการเกิดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบแต่ละระบบ ปกติแรงดันเกินจะมีขนาด 1.6 pu [6] ของแรงดันปกติ โดยอุปกรณ์ในระบบต้องทนขนาดพิกัดแรงดันเกินและกระแสเกินนี้ได้ หรืออาจขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้งานจำกัดค่าที่เหมาะสม

2.4 วิธีการลดผลกระทบจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุในสถานะชั่วขณะ

2.4.1 รีแอกเตอร์สำหรับจำกัดกระแส (Current Limiting Reactor)

ปกติจะใช้ลดกระแสในสถานะชั่วขณะ แต่จะไม่สามารถลดแรงดันเกินที่มีตำแหน่งระยะไกล โดยติดตั้งตัวเหนี่ยวนำค่าคงที่ชนิดถาวรพิกัดต่ำๆ เพื่อควบคุมกระแสกระชากขณะทำการสับสวิตช์ซ้ำ ซึ่งขนาดที่ใช้

ได้ผลมักมีขนาดใกล้เคียงกับค่าความเหนี่ยวนำของระบบสำหรับใช้งานต่อเนื่องซึ่งมีขนาดใหญ่และราคาแพง

2.4.2 เทคนิคการปิดแบบซิงโครนัส

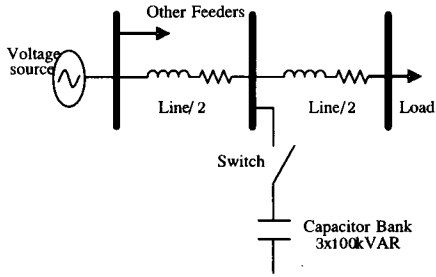
เทคนิคการปิดแบบซิงโครนัส คือ การสับสวิตช์หน้าสัมผัสของแต่ละเฟสเมื่อแรงดันขนาดใกล้ศูนย์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ทนแรงดันได้จนปิดสวิตช์สำเร็จ แต่ความถูกต้องแม่นยำมักทำได้ยาก เนื่องจากมีปัจจัยอื่นจากภายนอก เช่น สภาวะแวดล้อม ดินฟ้าอากาศ ตลอดจนถึงเงื่อนไขการควบคุมที่ยังยากซับซ้อนและราคาแพง

2.4.3 ตัวแทรกชั่วคราว (Pre-Insertion)

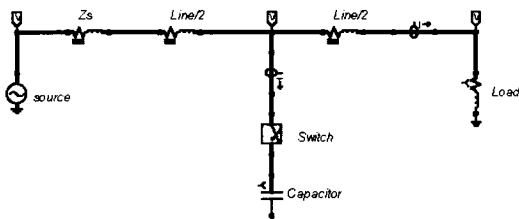
ตัวแทรกชั่วคราวทั้งแบบความต้านทานหรือแบบขดลวดเหนี่ยวนำ ให้ความสำคัญในการลดทอนกระแสและแรงดันเกินชั่วขณะ เหมาะกับการสับตัวเก็บประจุ ขนาดตัวต้านทานจะถูกตัดวงจรอย่างรวดเร็วหลังเกิดแรงดันเกินจึงเป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันเกินครั้งที่สองแรงดันเกิดจากการแทรก (Insertion) ครั้งสุดท้ายมักเกิน 1 ลูกคลื่น สมรรถนะของตัวแทรกจะถูกประเมินโดยการนำเข้าและลดทอนสัญญาณแรงดันเกินอีกทั้งความสามารถในการกระจายพลังงานที่เหมาะสมกับเหตุการณ์และการเกิดซ้ำของเหตุการณ์ ดังนั้นบทความนี้จึงสนใจที่จะศึกษาเพื่อลดทอนความรุนแรงโดยใช้กลไกการใช้ตัวแทรกชั่วคราว

3. วิธีการทดลอง

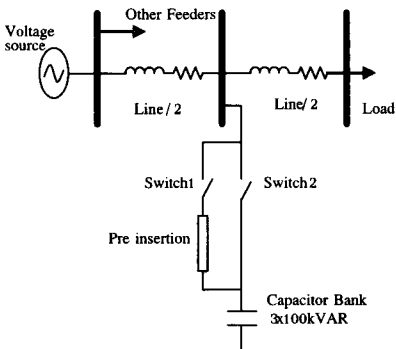
บทความนี้ทำการทดลองโดยการจำลองแบบจากระบบจำหน่ายสายส่ง 22 kV และ 33 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจำลองกับโปรแกรม ATP เวอร์ชัน 5.0 เป็นแบบจำลองโดยกำหนดเงื่อนไขเพื่อคำนวณพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อป้อนเป็นข้อมูลในโปรแกรมโดยมีผังวงจรเส้นเดียวดังแสดงในรูปที่ 3 และผังวงจรแบบจำลองดังรูปที่ 4



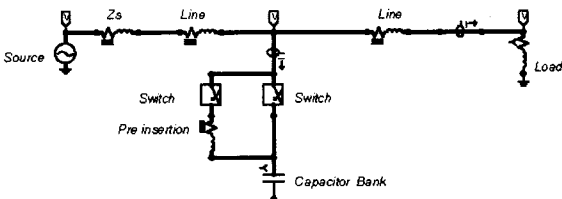
รูปที่ 3 แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบจำหน่ายไม่มีตัวแทรกชั่วคราว



รูปที่ 4 แผนผังวงจรจากโปรแกรม ATP ไม่มีตัวแทรกชั่วคราว



รูปที่ 5 แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบจำหน่ายมีตัวแทรกชั่วคราว



รูปที่ 6 แผนผังวงจรจากโปรแกรม ATP มีตัวแทรกชั่วคราว

รูปที่ 3 และ รูปที่ 4 เป็นผังวงจรเส้นเดียวที่ไม่มีตัวแทรกชั่วคราวและรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นผังวงจรเส้นเดียวที่มีตัวแทรกชั่วคราว ขนาดตัวเก็บประจุ 3x100 kVAR และข้อมูลของระบบจำลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลของระบบจำลองระบบจำหน่าย

อุปกรณ์	ชนิด	$R(\Omega / km / \phi)$	$X(\Omega / km / \phi)$	$X(\Omega / km / \phi)$
แหล่งจ่ายแรงดัน	22 kV	0.0554664	7.7249304	24.579324
สายจำหน่าย (Line)	PIC_22_185	0.210655	0.414406	1.319095
ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	3 x 100 kVAR_22kV	-	1612.9	$R(\Omega / km / \phi)$
ภาระทางไฟฟ้า (Load)	7.8 MW 4.8 MVAR_22kV	62.05128	100.83334	320.9625

4. ผลการทดลอง

ผลการทดสอบได้ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบเป็นสามกรณี กล่าวคือ ทดสอบแบบไม่มีตัวแทรกชั่วคราว แบบมีตัวแทรกชั่วคราวเป็นตัวด้านทานอย่างเดียว และแบบมีตัวแทรกชั่วคราวเป็นตัวด้านทานและตัวเหนี่ยวนำร่วมกัน โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ

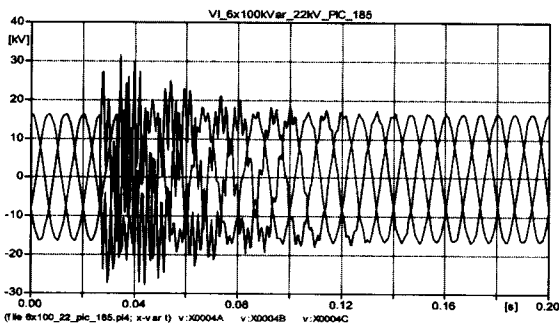
ตารางที่ 2 ค่าแรงดันสูงสุด kV (peak) แต่ละกรณีที่ทำการศึกษาสำหรับระบบ 22 kV

กรณีทดสอบ	ค่าแรงดันสูงสุด kV (peak)		
	เฟส A	เฟส B	เฟส C
ไม่มี ตัวแทรกชั่วคราว	-27.309	30.051	34.283
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทานอย่างเดียว ($R=130 \Omega, L=0 \text{ mH}$)	-17.889	22.165	23.050
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทานร่วมตัวเหนี่ยวนำ ($R=130 \Omega, L=70 \text{ mH}$)	-19.538	19.331	19.529
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทานร่วมตัวเหนี่ยวนำ ($R=1 \Omega, L=100 \text{ mH}$)	-24.005	23.831	22.106

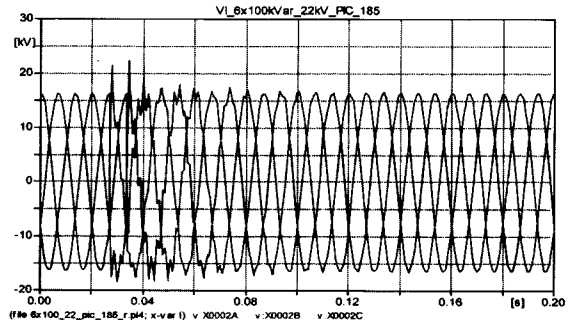
ตารางที่ 3 ค่าแรงดันสูงสุด kV (peak) แต่ละกรณีที่ทำการศึกษาสำหรับระบบ 33 kV

กรณีทดสอบ	ค่าแรงดันสูงสุด kV (peak)		
	เฟส A	เฟส B	เฟส C
ไม่มี ตัวแทรกชั่วคราว	-38.954	-40.533	42.153
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทาน อย่างเดียว (R=130 Ω,L=0 mH)	-31.782	-33.918	35.182
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทาน ร่วมตัวเหนี่ยวนำ (R=130 Ω,L=70 mH)	-32.643	-33.646	34.128
มี ตัวแทรกชั่วคราว ชนิด ความต้านทาน ร่วมตัวเหนี่ยวนำ (R=1 Ω,L=100 mH)	-34.734	-31.211	30.985

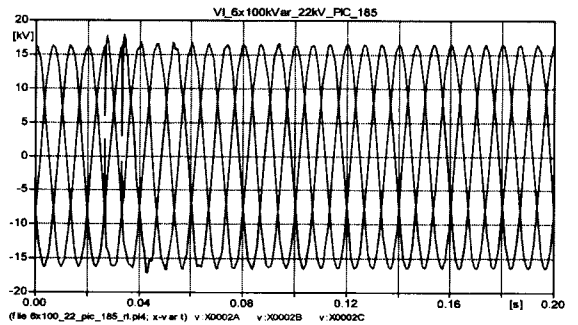
จากตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 การสับสวิตช์แบบมีตัวแทรกชั่วคราวสามารถลดขนาดแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นให้มีค่าน้อยลงทั้งแบบที่เป็นความต้านทานอย่างเดียวและแบบตัวเหนี่ยวนำร่วมกับตัวต้านทาน ทั้งนี้แบบที่ใช้ร่วมกันสามารถลดทอนระดับแรงดันสูงสุดได้มากกว่าทั้งสองแบบและเมื่อพิจารณารูปสัญญาณเปรียบเทียบในรูปที่ 7,8 และ 9 แสดงผลการลดระดับความรุนแรงในการสับสวิตช์ทั้งแบบที่มีตัวแทรกชั่วคราวสามารถลดระดับของแรงดันสูงสุดให้ต่ำลงและลดกระแสกระเพื่อมให้มีความต่ำลงด้วย ทั้งนี้จะพบว่าประกายไฟหรือการเกิดการอาร์คก็มีปริมาณน้อยลงเช่นกัน



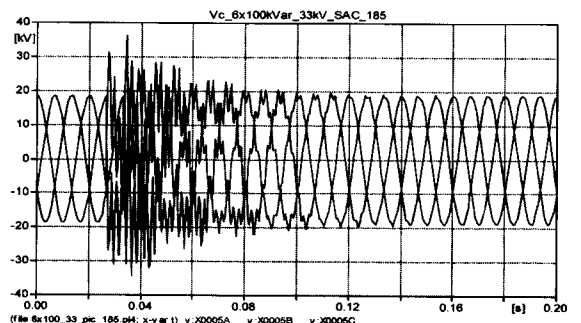
รูปที่ 7 ค่าแรงดันของภาวะทางไฟฟ้าในระบบ 22 kV สาย PIC_185 กรณีไม่มีตัวแทรกชั่วคราว



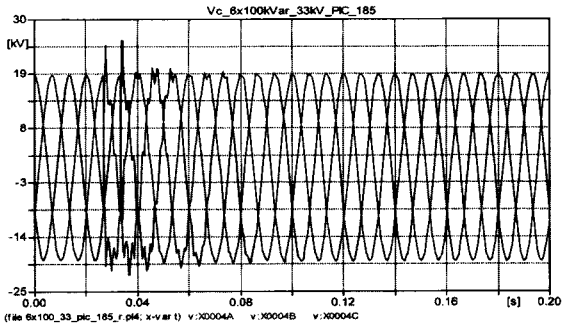
รูปที่ 8 ค่าแรงดันของภาวะทางไฟฟ้าในระบบ 22 kV สาย PIC_185 กรณีมีตัวแทรกชั่วคราวชนิดตัวต้านทาน (R)



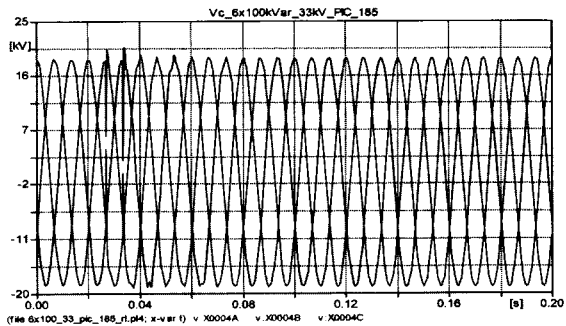
รูปที่ 9 ค่าแรงดันของภาวะทางไฟฟ้าในระบบ 22 kV สาย PIC_185 กรณีมีตัวแทรกชั่วคราวชนิดตัวต้านทานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ (RL)



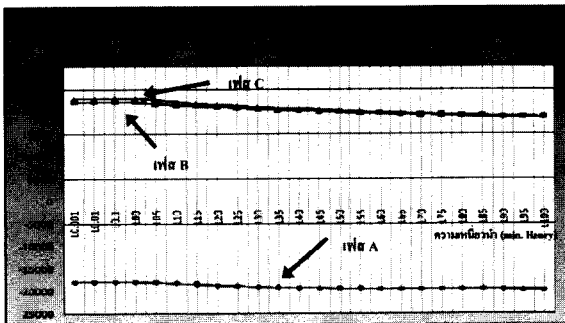
รูปที่ 10 ค่าแรงดันของตัวเก็บประจุในระบบ 33 kV สาย PIC_185 กรณีไม่มีตัวแทรกชั่วคราว



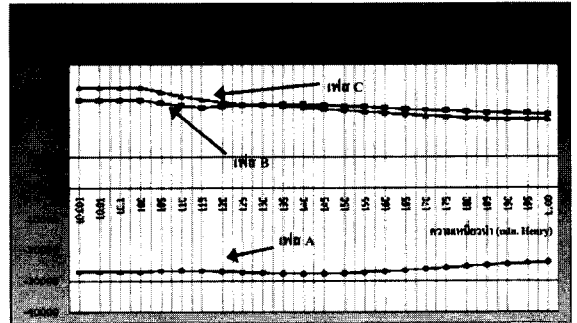
รูปที่ 11 ค่าแรงดันของตัวเก็บประจุในระบบ 33 kV สาย PIC_185 กรณีมีตัวแทรกชั่วคราว ชนิดตัวต้านทาน (R)



รูปที่ 12 ค่าแรงดันของตัวเก็บประจุในระบบ 33 kV สาย PIC_185 กรณีมีตัวแทรกชั่วคราว ชนิดตัวต้านทานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ (RL)



รูปที่ 13 ค่าแรงดันเปรียบเทียบของตัวเก็บประจุสูงสุดแต่ละเฟส กรณีมีตัวแทรกชั่วคราว เป็นตัวต้านทานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ ($R=130 \text{ W}$, L ค่าต่างๆ)



รูปที่ 14 ค่าแรงดันเปรียบเทียบของตัวเก็บประจุสูงสุดแต่ละเฟส กรณีมีตัวแทรกชั่วคราว เป็นตัวต้านทานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ ($R=1 \text{ W}$, L ค่าต่างๆ)

5. สรุป

การศึกษาเพื่อลดความรุนแรงในการปลดสับตัวเก็บประจุเพื่อการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำให้สามารถลดขนาดความรุนแรงได้ทั้งระบบ 22 kV และ 33 kV โดยจากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบแบบที่มีตัวแทรกชั่วคราวกับแบบที่ไม่มีตัวแทรกชั่วคราว สามารถลดขนาดความรุนแรงได้ประมาณ 15–20% ของขนาดพิกัดแรงดันสูงสุด ซึ่งเกิดขึ้นทุกๆ เฟสในขนาดพิกัดใกล้เคียงกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดพิกัดที่มีความรุนแรงน้อยลงและเมื่อเปรียบเทียบขนาดการเกิดความรุนแรงระหว่างแบบไม่มีตัวแทรกชั่วคราวกับแบบที่ใช้ตัวแทรกชั่วคราวขนาดความรุนแรงจะลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 7–12 เมื่อใช้ตัวแทรกชั่วคราวแบบความต้านทานร่วมกับตัวเหนี่ยวนำ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากการทดสอบจะพบว่าขนาดความรุนแรงจะน้อยลงที่ค่าความเหนี่ยวนำที่เหมาะสมและจะมีผลกับค่าเวลาที่เหมาะสมด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจึงควรพิจารณาค่าความต้านทานและค่าความเหนี่ยวนำที่ใช้ร่วมกัน โดยคำนึงถึงช่วงเวลาชั่วขณะไม่ให้ใช้เวลานานเกินไป ซึ่งจากการทดสอบใช้เวลาประมาณ 0.03 วินาที จึงจะสามารถปรับประยุกต์ใช้ได้กับงานที่เหมาะสม และลดผลกระทบอื่นๆ

ลงเพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานการไฟฟ้า ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอันเนื่องมาจากการชำรุดของอุปกรณ์จากสาเหตุดังกล่าว นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลพื้นฐานจากการทดสอบนี้ไปใช้สำหรับออกแบบและสร้างวัสดุหรือเครื่องมืออุปกรณ์เพื่อการพัฒนาต่อไปอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติมีให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยจนแล้วเสร็จสมบูรณ์ และมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ศรีนครินทรวิโรฒที่ให้การสนับสนุนข้อมูลดำเนินการต่าง ๆ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arie L. Shenkman. Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook. Springer, Netherlands, 2005.
- [2] กองแผนงานระบบไฟฟ้า ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2550 (2007), การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2550.
- [3] Thomas E. Grebe. Application of Distribution System Capacitor Banks and Their Impact on Power Quality. IEEE Transactions on industry applications, Vol.32, No.3, May / June 1996.
- [4] M.F.Mcgranaghan , R.M.Zavadil , Impact of utility switched capacitors on customer systems magnification at low voltage capacitors. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.2, April 1992.
- [5] Michael Beanland, Thomas Speas, Joe Rostron, Pre-Insertion Resistors in High Voltage Capacitor Bank Switching, Western Protective Relay Conference October 19-21, 2004
- [6] IEEE 1159-1995; IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality , Institute of Electrical and Electronics Engineers / 01-May-1995 / 80 pages