

บทที่ 5

การประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับ สวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

5.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุ กำลัง

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังตามวิธีการในบทที่ 3 ซึ่งจะประกอบด้วยค่าต่างๆดังนี้ ค่าแรงดันเกินสูงสุด (V_{max}), ค่าแรงดันก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว (V_r) [4], ค่าแรงดันเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด (V_s) [4], ค่าความถี่ของการแกว่ง ($f_{voltage}$), ค่าระยะเวลาที่เกิดทรานเซียนต์ ($T_{transient}$) และค่าสูงสุดของผลการแปลงเวฟเลขยกกำลังสอง ($MAX(SQUARED WTC_{D1})$, $MAX(SQUARED WTC_{D2})$)

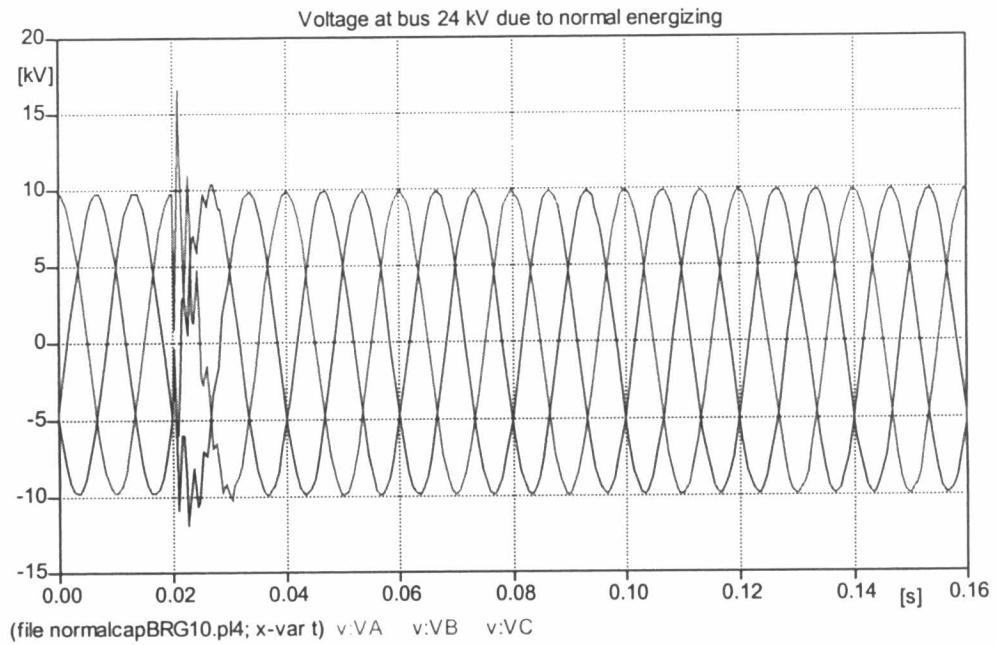
คุณลักษณะที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจำแนกรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง[4] สำหรับในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง 3 แบบคือ

5.1.1 การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ (Normal Energizing)[4]

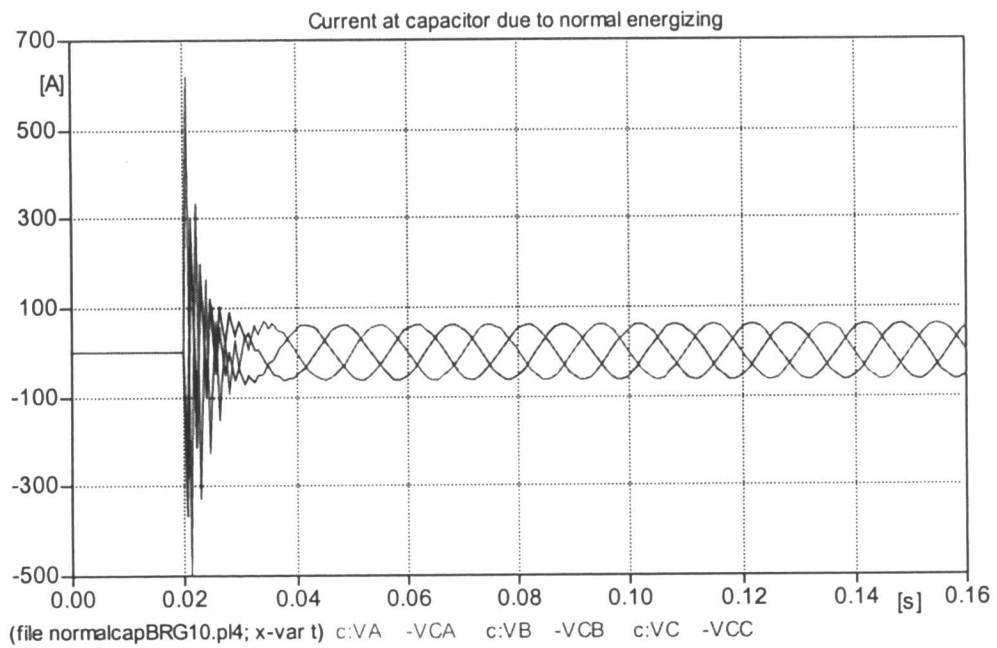
การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ (Normal Energizing) เป็นการนำตัวเก็บประจุเข้าสู่ระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อให้ประโยชน์ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าเหมาะสม โดยที่ในบริเวณใกล้เคียงนั้นไม่มีการต่อตัวเก็บประจุอยู่ก่อนหน้าเลย ดังนั้นจึงเรียกว่า การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ โดยจะแสดงรูปตัวอย่างแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติไว้ที่รูปที่ 5.1

5.1.2 การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุขณะที่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่ก่อน (Back to Back Energizing)

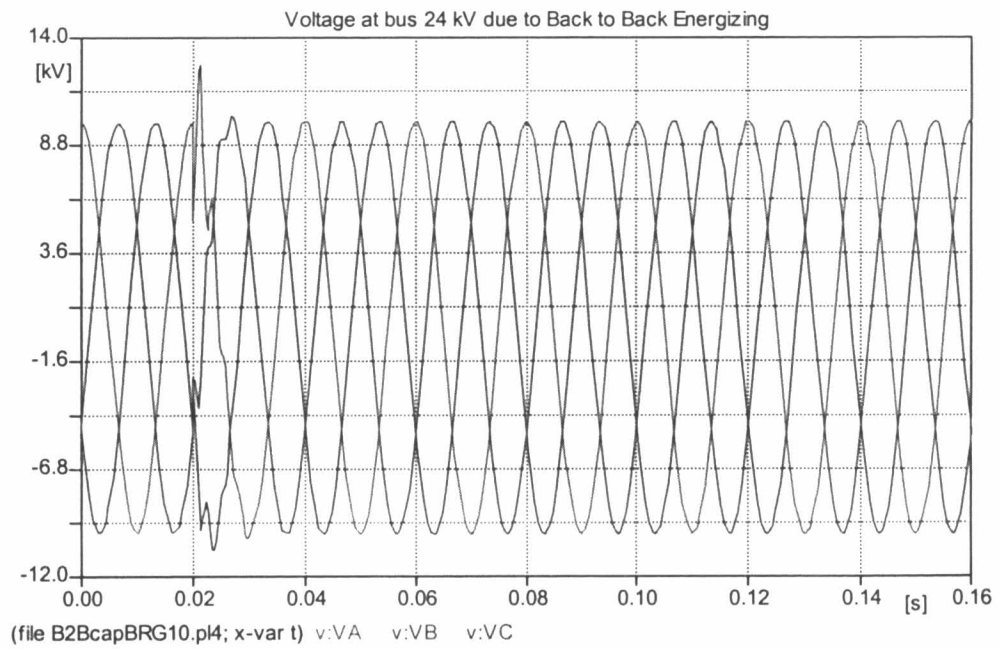
ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าตามข้อ 5.1.1 จำเป็นต้องมีการเพิ่มค่าของตัวเก็บประจุเพื่อความเหมาะสม(เนื่องจากการแปรเปลี่ยนของโหลด) ดังนั้นจึงต้องมีการสับตัวเก็บประจุเข้าสู่ระบบไฟฟ้าเพิ่มอีก การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังในรูปแบบนี้ จะมีผลทำให้รูปคลื่นแรงดันมีการแกว่งเนื่องจากการสับสวิตช์เก็บประจุและขนาดแรงดันเกินน้อยกว่าแบบแรกก็คือ การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบปกติ แต่รูปคลื่นของกระแสจะเกิดการแกว่งมากกว่าแบบการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบปกติ สามารถเปรียบเทียบได้จากรูปที่ 5.1 , 5.2 (Normal Energizing) และ รูปที่ 5.3 , 5.4 (Back to Back Energizing)



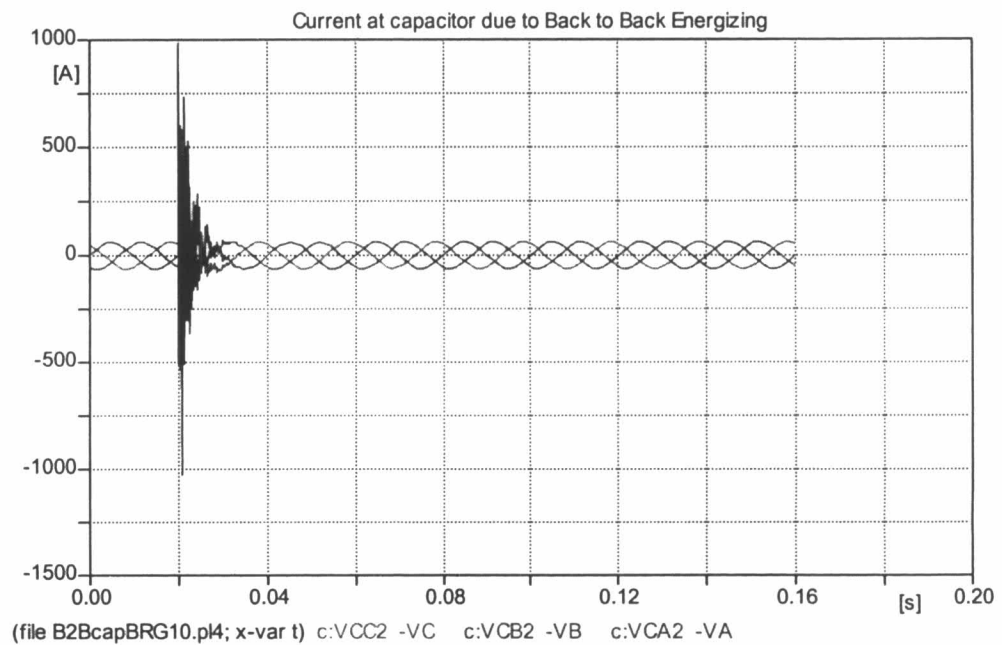
รูปที่ 5. 1 แรงดันเกินชั่วคราวที่บัส 24 kV เนื่องจาก Normal Energizing



รูปที่ 5. 2 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุกำลังเนื่องจาก Normal Energizing



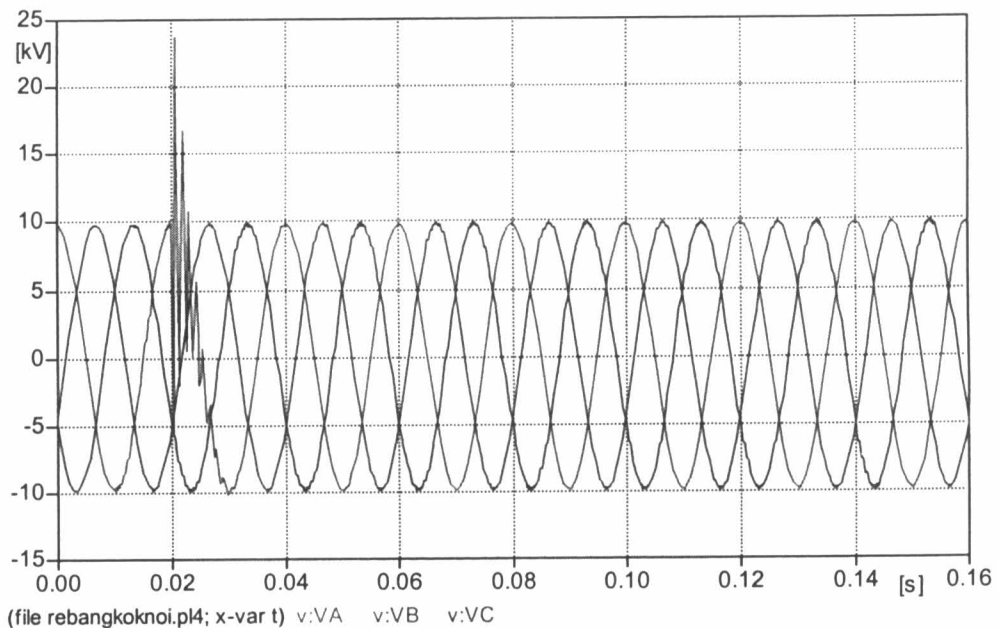
รูปที่ 5. 3 แรงดันเกินชั่วคราวที่บัส 24 kV เนื่องจาก Back to Back Energizing



รูปที่ 5. 4 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุกำลังเนื่องจาก Back to Back Energizing

5.1.3 การเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบหรือการเกิดกระแสคืนตัว (Capacitor Switch Restrike on open)

ในการเปิดสวิตช์เพื่อนำตัวเก็บประจุออกจากระบบไฟฟ้ากำลังบางครั้ง อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันพื้นตัวที่ขั้วของสวิตช์ มีค่าสูงกว่าอัตราการเพิ่มความเป็นฉนวนของ ฉนวนภายในสวิตช์ ผลกระทบคือ จะทำให้มีการนำกระแสขึ้น (เกิดอาร์คระหว่างขั้วสวิตช์) ทำให้ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุมีรูปแบบเป็นดังรูปที่ 5.5 แต่สำหรับเหตุการณ์นี้มีอัตราการเกิดคิด เป็นจำนวนครั้งต่อปีน้อยมากต่างจาก 2 กรณีแรก

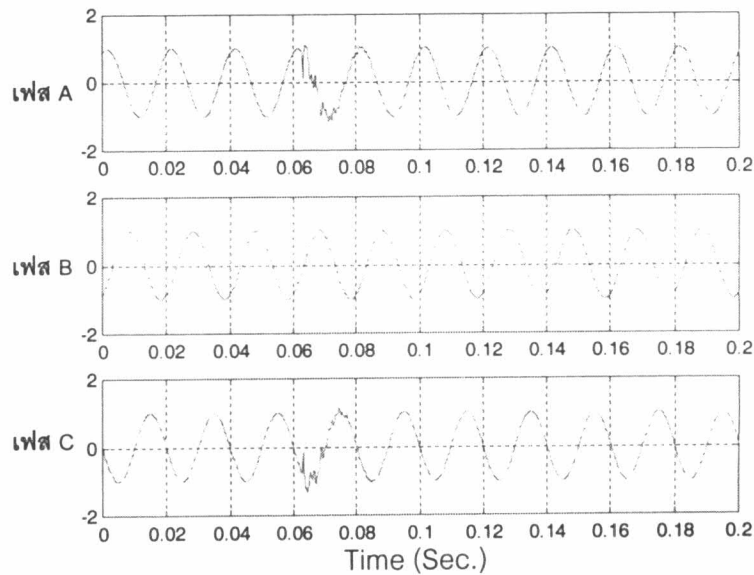


รูปที่ 5. 5 ตัวแรงดันเกินชั่วครู่เนื่องจาก Capacitor Switch Restrike on open

5.2 วิธีการสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังจากคุณลักษณะของแรงดันเกินชั่วครู่

5.2.1 คุณลักษณะเฉพาะของแรงดันเกินชั่วครู่เนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ

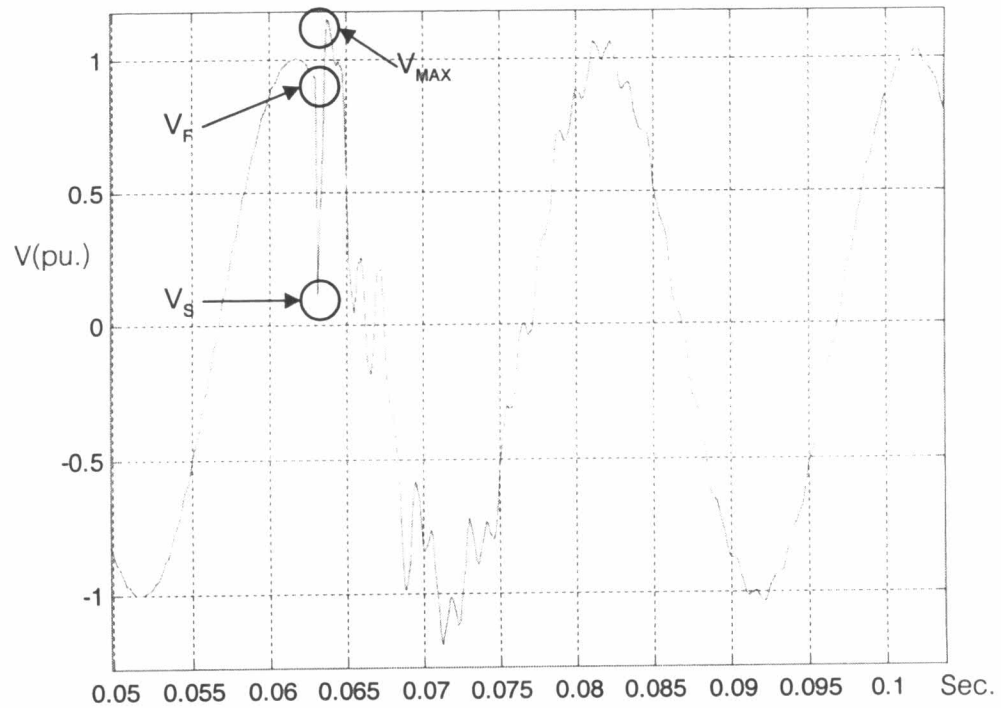
ในการหาคุณลักษณะของเหตุการณ์นี้จะต้องใช้รูปคลื่นแรงดันเฟสที่มีผลกระทบมากที่สุด(สับสวิตช์ที่เวลาเกิดแรงดันสูงสุด) สังเกตได้จากรูปที่ 5.6 ก็คือ แรงดันที่เฟส A จากนั้นทำการหาค่าต่างๆต่อไปนี้



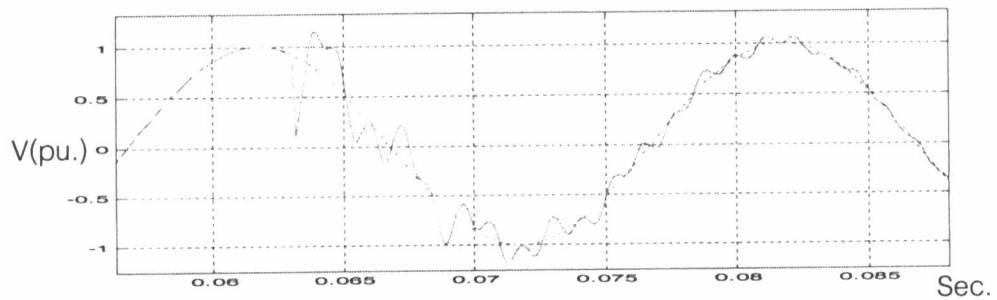
รูปที่ 5. 6 รูปคลื่นแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจาก Normal Energizing ทั้ง 3 เฟส

รูปคลื่นแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ(Normal Energizing) จะมีคุณลักษณะเฉพาะดังนี้ [4]

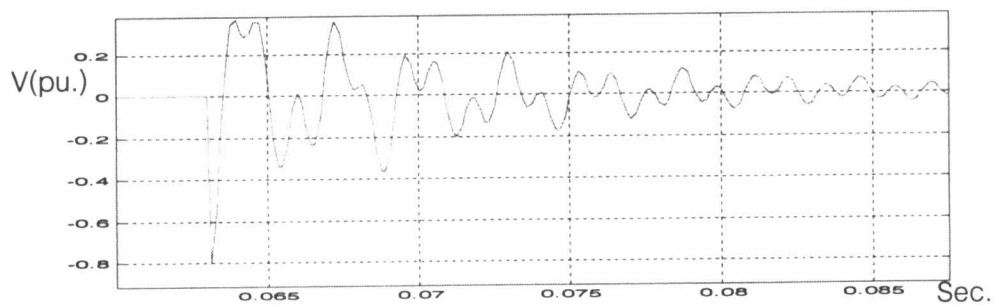
1. V_{MAX} คือ ค่าแรงดันต่อหน่วยสูงสุดของการแกว่งของรูปคลื่นเนื่องจากการสับสวิตช์ ตัวเก็บประจุโดยในกรณีนี้ค่าจะอยู่ระหว่าง 0.85-2 ต่อหน่วย
2. V_F คือ ค่าแรงดันต่อหน่วยที่ตำแหน่งการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุ
3. V_S คือ ค่าแรงดันต่อหน่วยขณะแรงดันลดลงทันทีทันใดหลังจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุโดยในกรณีนี้ค่าจะอยู่ระหว่าง 0-0.15 ต่อหน่วย
4. เปรียบเทียบค่า V_F และ V_S ว่ามีขั้วไปทางเดียวกันหรือไม่ โดยในกรณีนี้ค่า V_F และ V_S จะต้อง มีขั้วไปทางเดียวกัน
5. ผลต่างของ V_F และ V_S (ΔV) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.8
6. $f_{voltage}$ คือ ค่าความถี่ที่ประมาณจากรูปคลื่น โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง 300-1000 Hz
7. ค่าสูงสุดของการยกกำลังสองผลการแปลงเวฟเลข
 - 7.1 :ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D1})$ จะต้องมากกว่า 5×10^{-4}
 - 7.2 ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D2})$ จะต้องมากกว่า 5×10^{-3}
8. $T_{transients}$ คือระยะเวลาที่เกิดการแกว่งของรูปคลื่นแรงดันโดยจะเกิดในช่วง 0.1-1 ไมโครวินาที โดยใช้การประมาณจากการแปลงเวฟเลข
9. ต้องครบทุกเงื่อนไขตามข้อ 1 – 8 จะแสดงว่ารูปคลื่นแรงดันเป็นเหตุการณ์ Normal Energizing



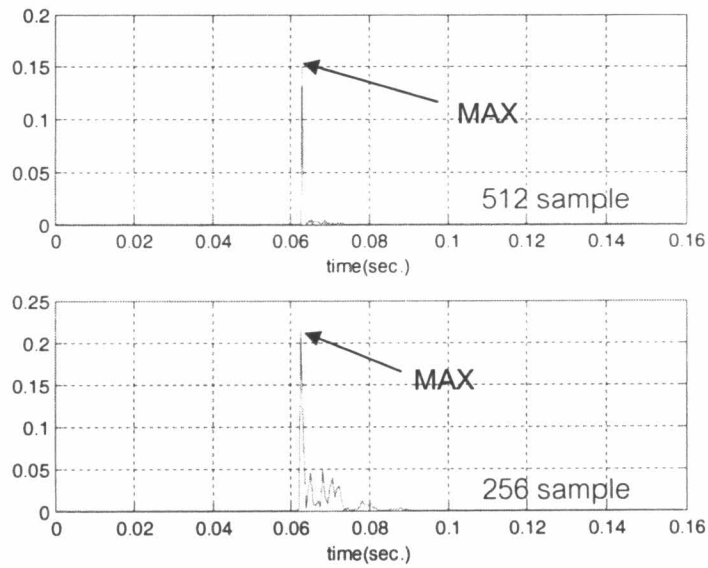
รูปที่ 5. 7 รูปคลื่นแรงดันเนื่องจาก Normal Energizing ที่เฟส A จากการจำลอง (ATP/EMTP)



รูปที่ 5. 8 รูปคลื่นแรงดันที่เกิดปัญหา (Normal Energizing) และรูปคลื่นแรงดันพื้นฐาน



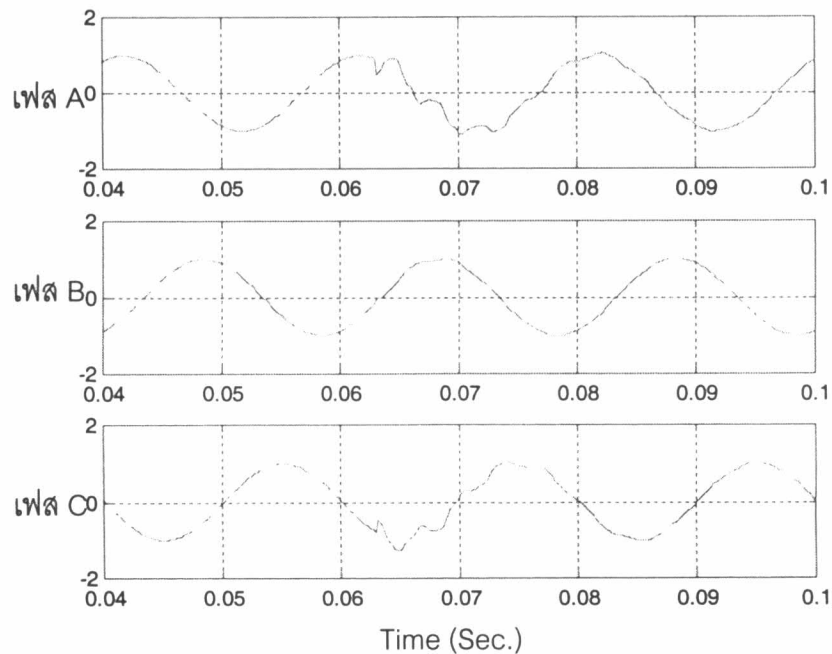
รูปที่ 5. 9 การแยกส่วนที่เป็นรูปคลื่นแรงดันแกว่ง (Normal Energizing) ออก
จากแรงดันพื้นฐาน



รูปที่ 5. 10 ค่าสูงสุดของการยกกำลังสองผลการแปลงเวฟเลขที่ระดับความละเอียดที่ 1 และ 2 ของรูปคลื่นแรงดันเกินเนื่องจาก Normal Energizing

5.2.2 คุณลักษณะเฉพาะของแรงดันเกินชั่วคราวเนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุขณะที่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่ก่อน

ในการเลือกที่จะวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆของรูปคลื่นจะต้องเลือกรูปคลื่นที่แสดงผลกระทบมากที่สุดเช่นเดียวกับข้อที่ 5.2.1



รูปที่ 5. 11 รูปคลื่นแรงดันเกินเนื่องจาก Back to Back Energizing ทั้ง 3 เฟส

โดยที่รูปคลื่นแรงดันเกินชั่วครู่เนื่องจาก Back to Back energizing จะมีคุณลักษณะเฉพาะดังนี้ [4]

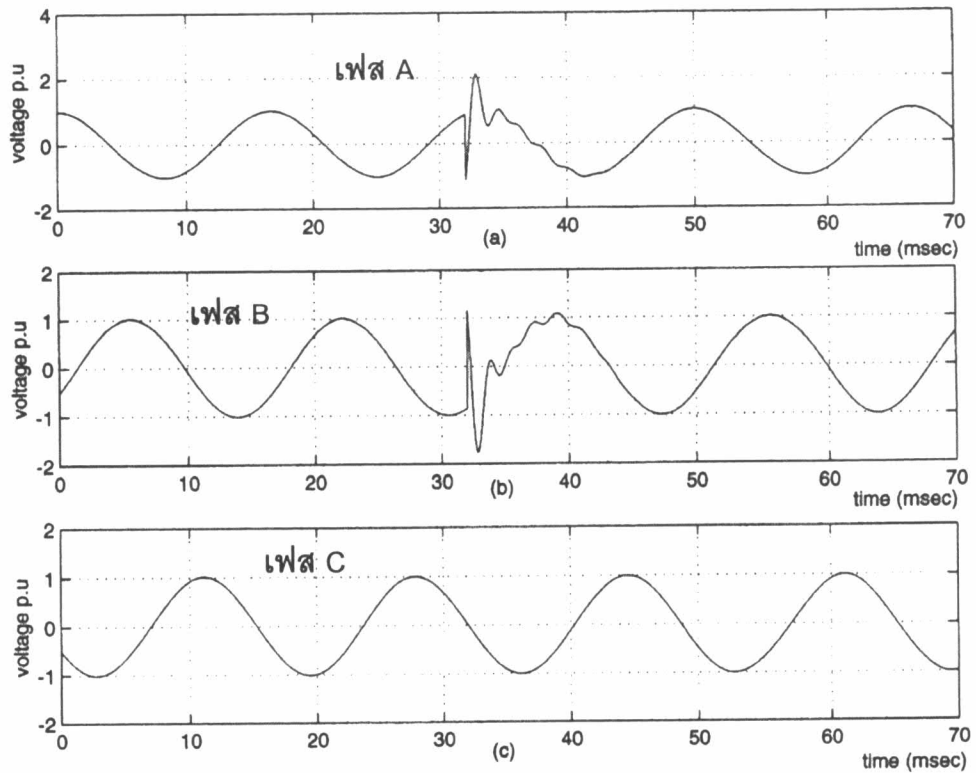
1. V_{MAX} ในกรณีนี้ค่าจะอยู่ระหว่าง 0.85-2 ต่อหน่วย
2. V_S คือ ค่าแรงดันต่อหน่วยขณะแรงดันลดลงทันทีที่ทันใดหลังจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุโดยในกรณีนี้ค่าจะอยู่ระหว่าง 0.5-0.8 ต่อหน่วย
3. เปรียบเทียบค่า V_F และ V_S ว่ามีขั้วไปทางเดียวกันหรือไม่ โดยในกรณีนี้ค่า V_F และ V_S จะต้องมีขั้วไปทางเดียวกัน
4. ผลต่างของ V_F และ V_S (ΔV) จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5
5. $f_{voltage}$ คือค่าความถี่การแกว่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 300-1000 Hz
6. ค่าสูงสุดของการยกกำลังสองผลการแปลงเวฟเลท
 - 6.1 ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D1})$ จะต้องมากกว่า 5×10^{-4}
 - 6.2 ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D2})$ จะต้องมากกว่า 5×10^{-3}
7. $T_{transients}$ คือระยะเวลาที่เกิดการแกว่งของรูปคลื่นแรงดันโดยจะเกิดในช่วง 0.1-1 ไมโครวินาที โดยใช้การประมาณจากการแปลงเวฟเลท
8. ต้องครบทุกเงื่อนไขตามข้อ 1 - 7 จะแสดงว่ารูปคลื่นแรงดันเป็นเหตุการณ์ Back to Back Energizing

5.2.3 คุณลักษณะเฉพาะของแรงดันเกินชั่วครู่เนื่องจากการเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบหรือการเกิดกระแสคืนตัว[4]

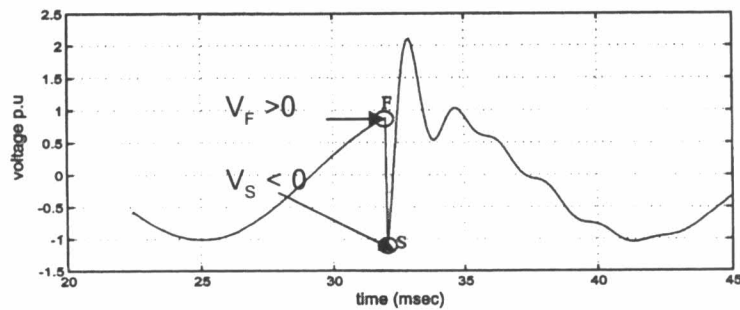
รูปคลื่นแรงดันเกินชั่วครู่เนื่องจากการเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบหรือการเกิดกระแสคืนตัวจะมีคุณลักษณะเฉพาะดังนี้คือ

1. V_{MAX} ในกรณีนี้ค่าจะอยู่ระหว่าง 0.85-3.1 ต่อหน่วย (มากกว่า 2 กรณีแรก)
2. การพิจารณาค่า V_F และ V_S ไม่จำเป็นต้องสนใจขนาดของแรงดัน เนื่องจากคุณลักษณะนี้มีความแตกต่างกับ 2 กรณีแรกคือ V_F และ V_S จะมีขั้วที่ต่างกันจะเห็นจากรูปที่ 4.13
3. $f_{voltage}$ คือค่าความถี่การแกว่งจะมีค่าอยู่ในช่วง 300-1000 Hz
4. ค่าสูงสุดของการยกกำลังสองผลการแปลงเวฟเลท
 - 4.1 ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D1})$ จะต้องมากกว่า 0.1
 - 4.2 ค่า $MAX(SQUARED\ WTC_{D2})$ จะต้องมากกว่า 0.1

5. $T_{transients}$ คือระยะเวลาที่เกิดการแกว่งของรูปคลื่นแรงดันโดยจะเกิดในช่วง 0.1- 1 ไซเคิล โดยใช้การประมาณจากการแปลงเวฟเลท
6. ต้องครบทุกเงื่อนไขตามข้อ 1 - 5 จะแสดงว่ารูปคลื่นแรงดันเป็นเหตุการณ์ (Capacitor Switch Restrike on open)



รูปที่ 5. 12 รูปคลื่นแรงดันการเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 13 การหาตำแหน่งของ V_F และ V_S

ตารางที่ 5.1 สรุปลักษณะของรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังทั้ง 3 แบบ

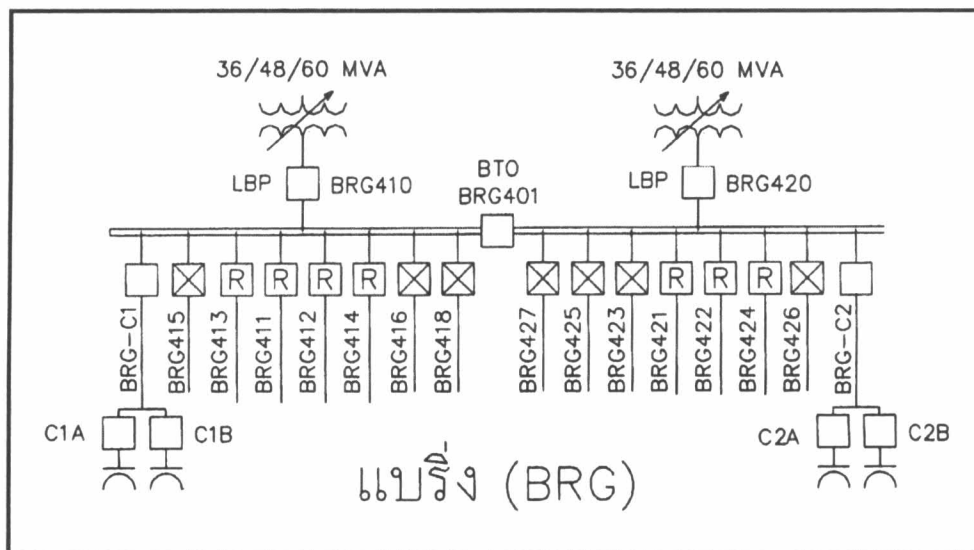
เงื่อนไขคุณลักษณะ	รูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง		
	Normal Energizing	Back to Back Energizing	Capacitor Switch Restrike on open
ช่วงขนาดของ V_{max}	ระหว่าง 0.85-2 pu.	ระหว่าง 0.85-2 pu.	ระหว่าง 0.85-3.1 ต่อหน่วย
ช่วงขนาดของ V_S	ระหว่าง 0.-0.15 pu.	ระหว่าง 0.5.-0.8 pu.	ไม่พิจารณา
ขั้วของ V_S และ V_F	เหมือนกัน	เหมือนกัน	ต่างกัน
ผลต่างของ V_F และ V_S (ΔV)	มากกว่าหรือเท่ากับ 0.8 pu.	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 pu.	ไม่พิจารณา
ความถี่การแกว่ง $f_{voltage}$	ช่วง 300-1000 Hz	ช่วง 300-1000 Hz	ช่วง 300-1000 Hz
MAX(SQUARED WTC _{D1})	มากกว่า $5 \cdot 10^{-4}$	มากกว่า $5 \cdot 10^{-4}$	มากกว่า 0.1
MAX(SQUARED WTC _{D2})	มากกว่า $5 \cdot 10^{-3}$	มากกว่า $5 \cdot 10^{-3}$	มากกว่า 0.1
ระยะเวลาที่เกิดการแกว่ง	ช่วง 0.1- 1 ไมโครวินาที	ช่วง 0.1- 1 ไมโครวินาที	ช่วง 0.1- 1 ไมโครวินาที

5.3 การทดสอบวิธีการสั้นนิชฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังที่ระดับแรงดันขนาดกลาง โดยจำลองรูปคลื่นแรงดันจากระบบไฟฟ้าจริง

การทดสอบในหัวข้อนี้มีจุดประสงค์ที่จะแสดงถึงประสิทธิภาพของวิธีการนี้ โดยจะจำลองการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังที่แรงดันระดับกลางของการไฟฟ้านครหลวง โดยใช้โปรแกรม ATP/EMTP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทรานเซียนต์อย่างกว้างขวาง

5.3.1 ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการจำลองและค่าพารามิเตอร์

ระบบไฟฟ้า ใช้สถานีไฟฟ้าย่อยแมริงของการไฟฟ้านครหลวงเป็นตัวอย่างในการจำลองบนโปรแกรม ATP/EMTP



รูปที่ 5.14 ภาพไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของสถานีไฟฟ้าย่อยแมริง

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลของสถานีไฟฟ้าย่อยแมริงและสายป้อน

69 kV System		Power Transformer			
R_s (Ω)	L_s (mH)	%Z	Loss(kW)	MVA	Con
0.7422	23.62	12	90	36	Dyn1

Distribution lines			
Z_0 (Ω)	V_0 (km/s)	Z_{pos} (Ω)	V_{pos} (km/s)
965.5	$1.94 \cdot 10^5$	314.7	$2.69 \cdot 10^5$

ข้อมูลโหลดที่ใช้ในการพิจารณา ใช้โหลดที่สายป้อน BRG 424 คือ โรงงาน
รองเท้าบาจา และ โรงงาน NS Electronics ซึ่งเคยมีการบันทึกข้อมูลของโหลดในแต่ละวันดังนี้

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลโหลดในแต่ละวันที่บันทึกของโรงงานรองเท้าบาจา

วันที่บันทึก	Bata Load ϕ A		Bata Load ϕ B		Bata Load ϕ C	
	R (Ω)	L (mH)	R (Ω)	L (mH)	R (Ω)	L (mH)
18 ตุลาคม 2543	0.2782	1.4814	0.2689	1.4398	0.2495	1.3056
24 ตุลาคม 2543	0.1847	0.8512	0.1754	0.8559	0.1658	0.8066
27 ตุลาคม 2543	0.5628	3.4236	0.4889	2.9068	0.4699	2.5677
28 ตุลาคม 2543	4.0333	22.0089	3.0250	19.2577	3.2267	15.4062
6 พฤศจิกายน 2543	0.4209	3.0812	0.4745	3.4236	0.4209	2.4454

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลโหลดในแต่ละวันที่บันทึกของโรงงาน NS Electronics

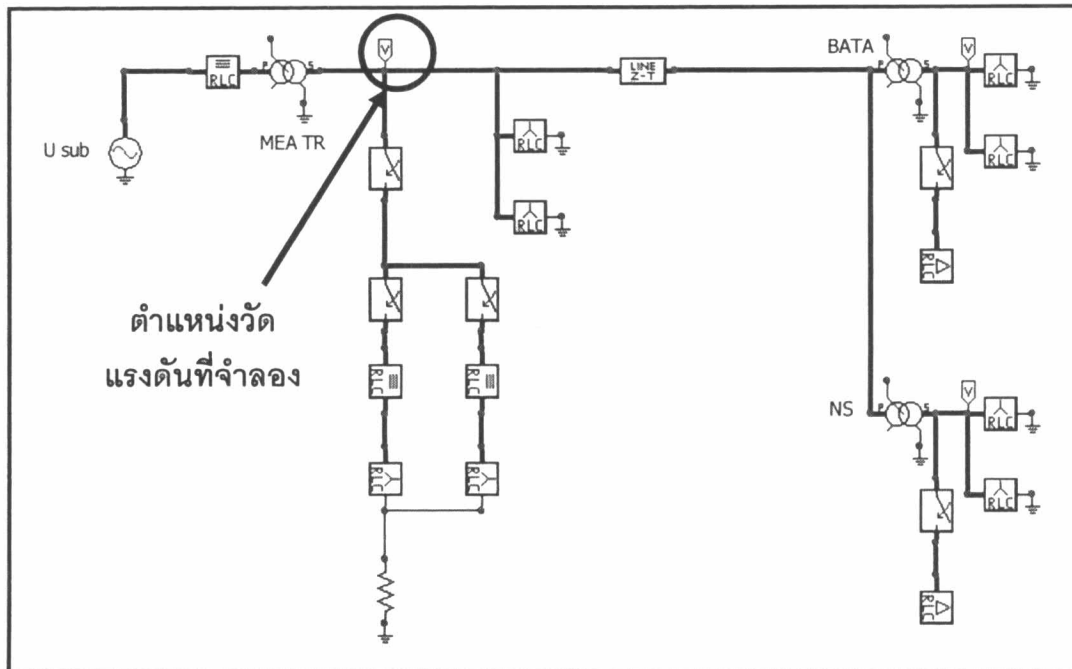
วันที่บันทึก	NS Load ϕ A		NS Load ϕ B		NS Load ϕ C	
	R (Ω)	L (mH)	R (Ω)	L (mH)	R (Ω)	L (mH)
18 ตุลาคม 2543	0.1161	0.7100	0.1113	0.6787	0.1100	0.6340
24 ตุลาคม 2543	0.1247	0.7515	0.1189	0.7132	0.1155	0.6669
27 ตุลาคม 2543	0.1204	0.7336	0.1139	0.6314	0.1128	0.6909
28 ตุลาคม 2543	0.1147	0.7100	0.1103	0.6728	0.1103	0.6366
6 พฤศจิกายน 2543	0.1301	0.7443	0.1235	0.7371	0.1213	0.6971

ข้อมูลการติดตั้งตัวเก็บประจุกำลังของโหลดและระบบไฟฟ้า มีการบันทึก
ข้อมูลของการใช้ตัวเก็บประจุกำลังพร้อมโหลดในแต่ละวันดังนี้

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลการใช้ตัวเก็บประจุกำลังของโรงงานรองเท้าบาจาและ NS Electronics

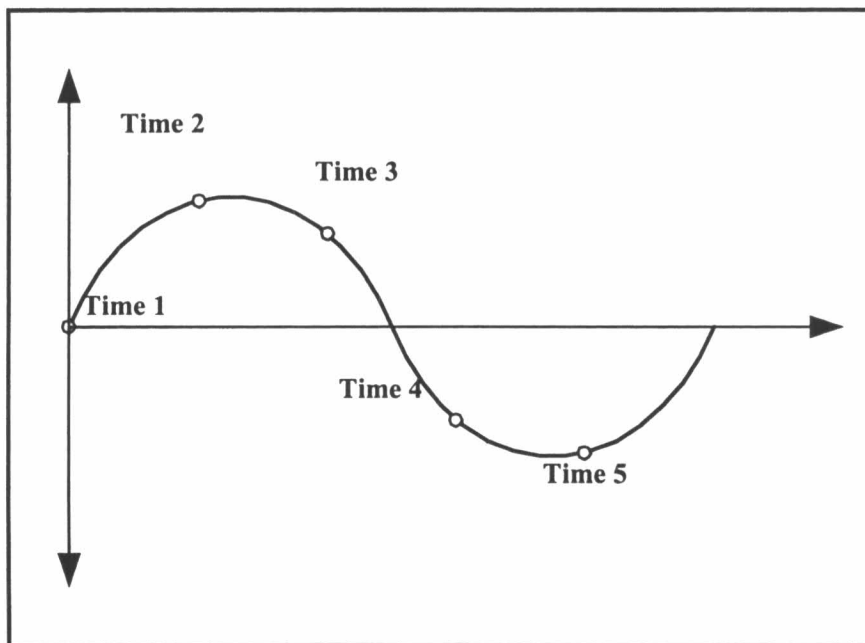
วันที่บันทึก	Bata cap		NS cap		สถานีไฟฟ้าย่อย	
	kVar	C(μ F)	kVar	C(μ F)	MVar	C(μ F)
18 ตุลาคม 2543	50	308	255	1571	3.6	19.89
24 ตุลาคม 2543	50	308	250	1540	3.6	19.89
27 ตุลาคม 2543	0	0	250	1540	3.6	19.89
28 ตุลาคม 2543	0	0	250	1540	7.2	39.78
6 พฤศจิกายน 2543	50	308	250	1540	3.6	19.89

5.3.2 การจำลองการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังและผลการจำลองรูปคลื่นแรงดัน



รูปที่ 5. 15 ระบบไฟฟ้าและพารามิเตอร์ที่จำลองในโปรแกรม

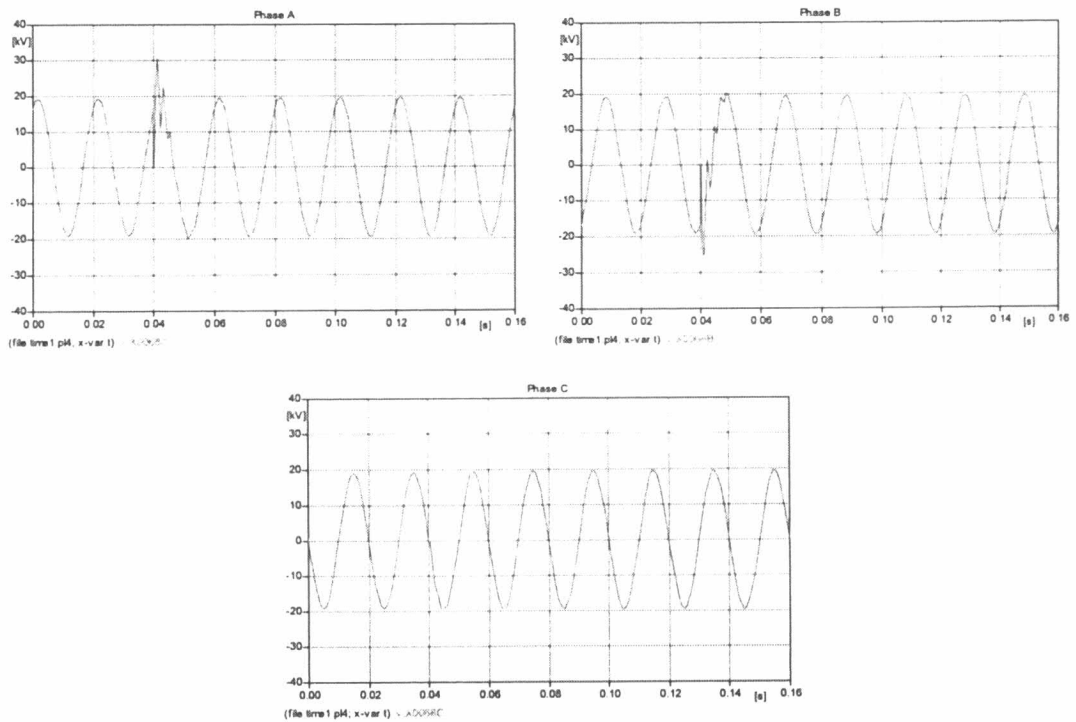
การจำลองสับสวิตช์แต่ละตำแหน่งบนรูปคลื่นไซน์



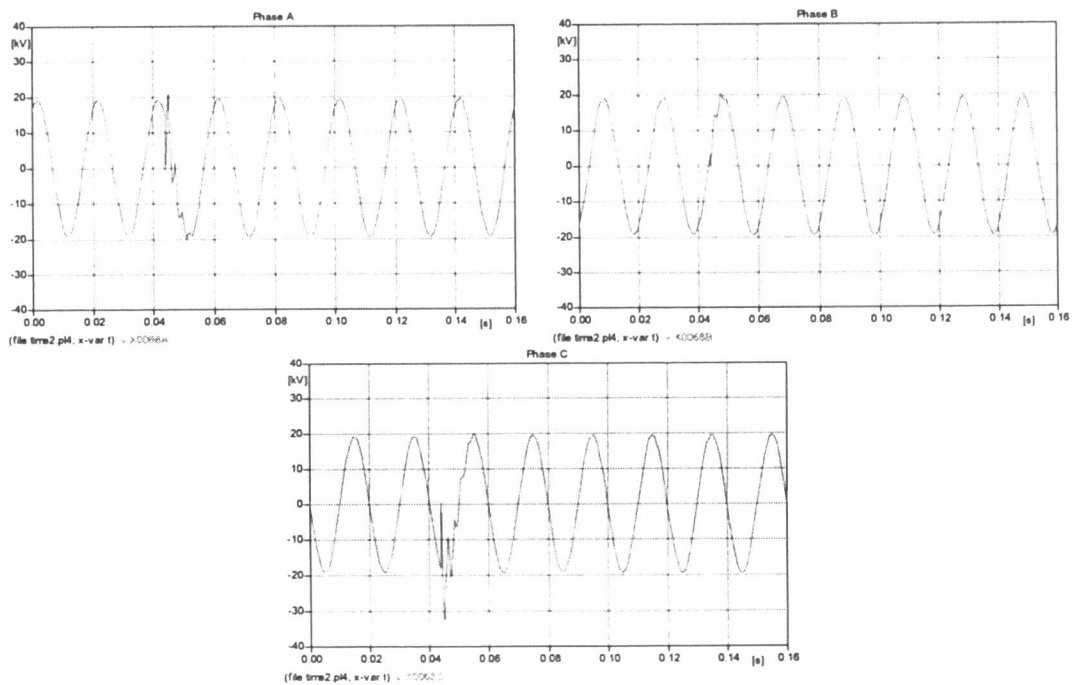
รูปที่ 5. 16 ตำแหน่งการสับสวิตช์ที่เลือกในการจำลอง

กรณีศึกษาที่ 1 การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังแบบปกติ (Normal Energizing)

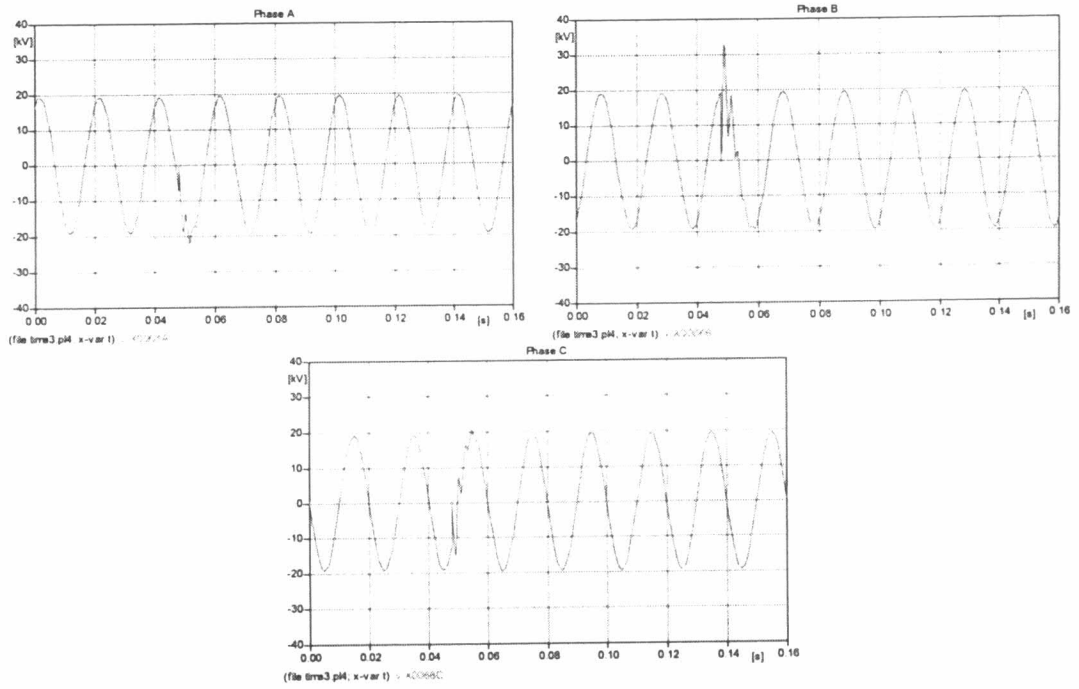
- ค่าไหลตามวันที่ 18 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



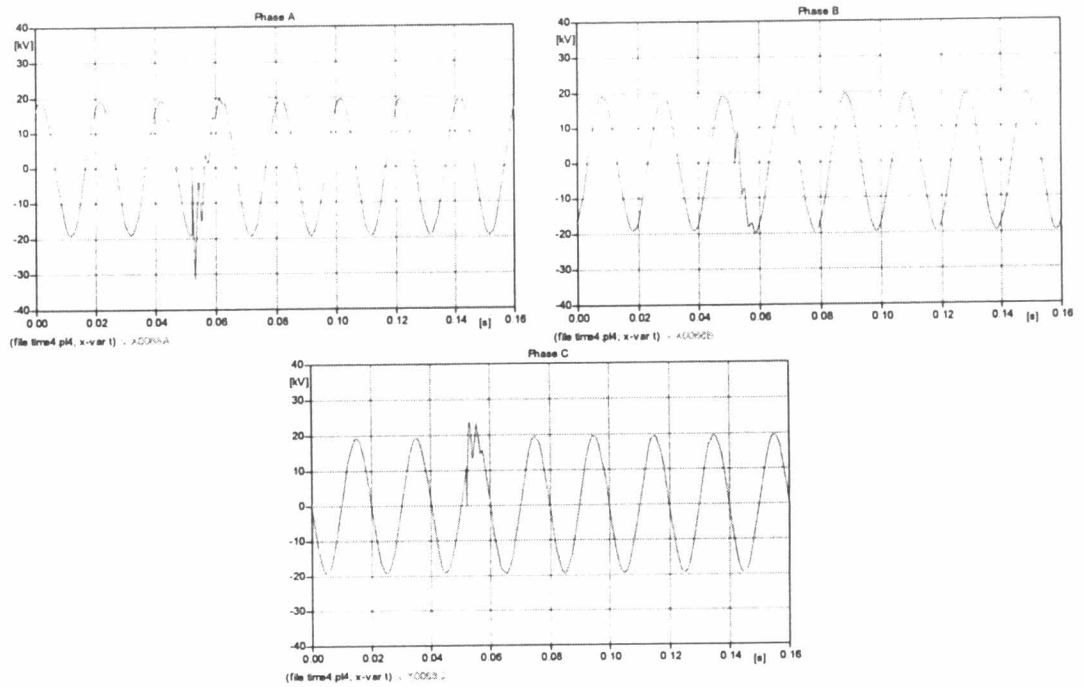
รูปที่ 5. 17 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



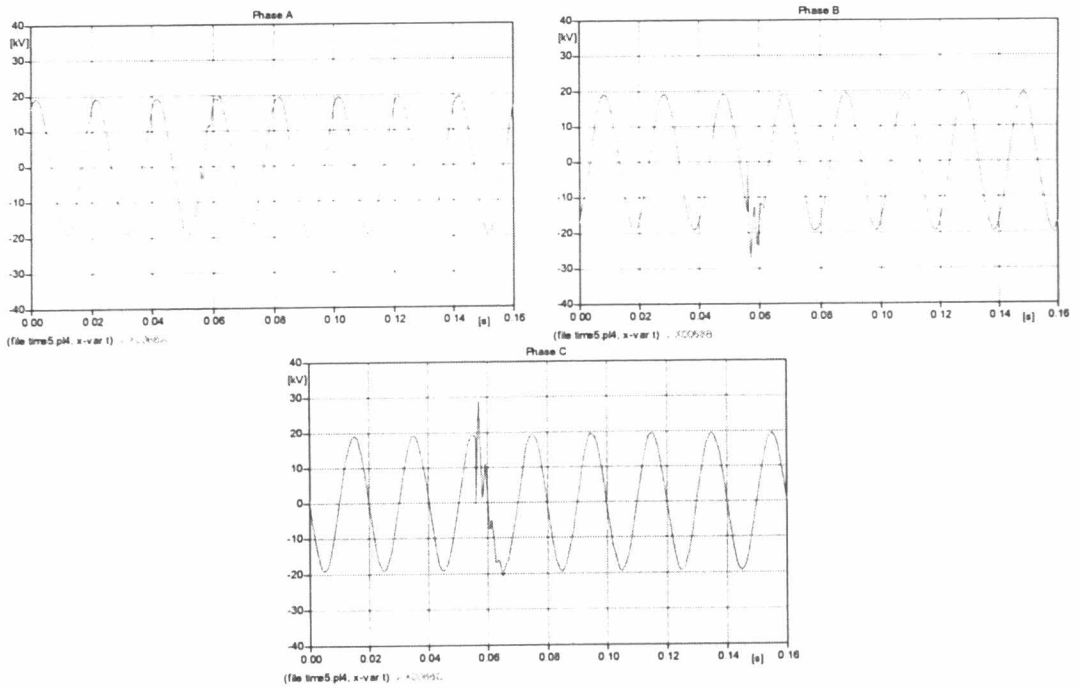
รูปที่ 5. 18 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 19 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

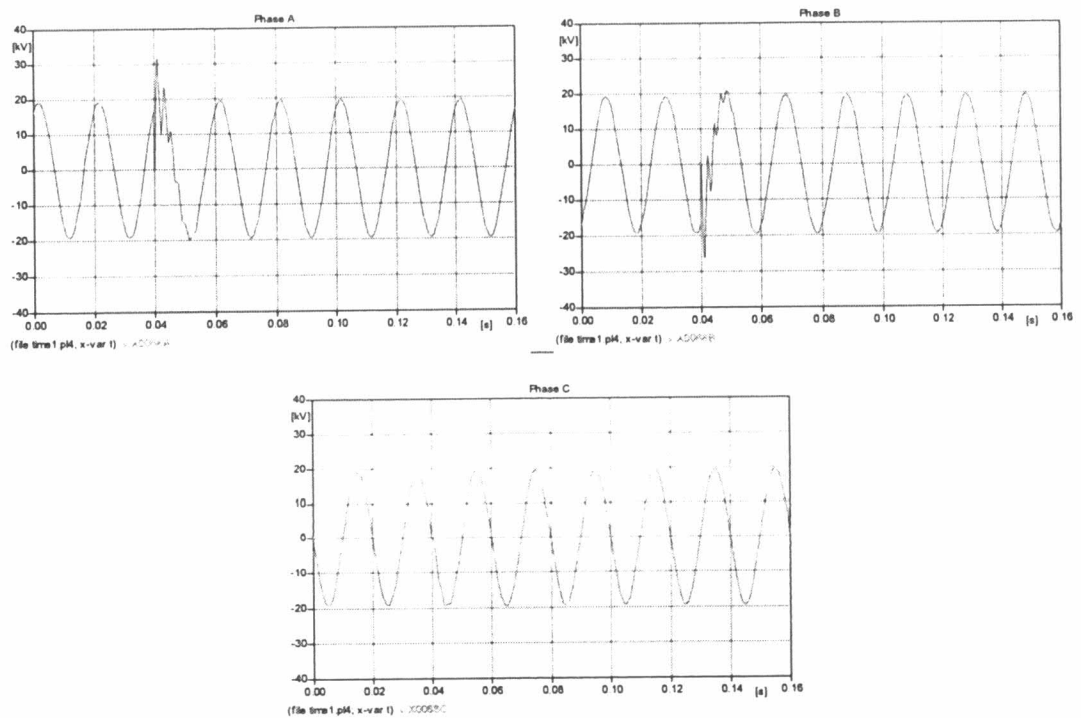


รูปที่ 5. 20 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

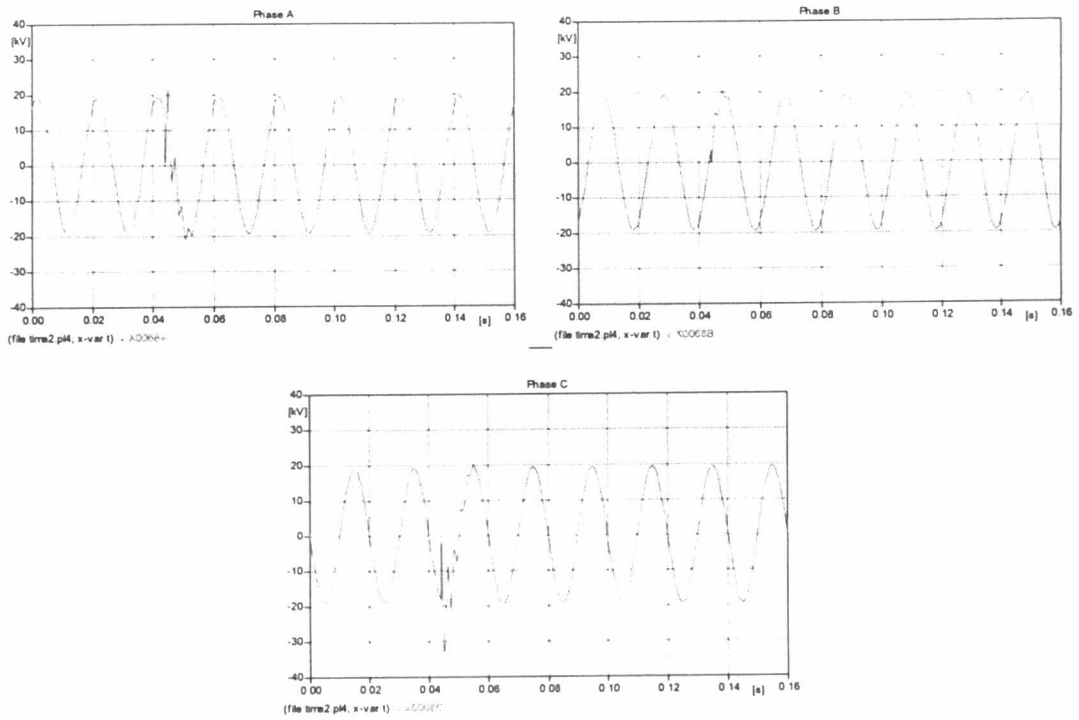


รูปที่ 5. 21 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

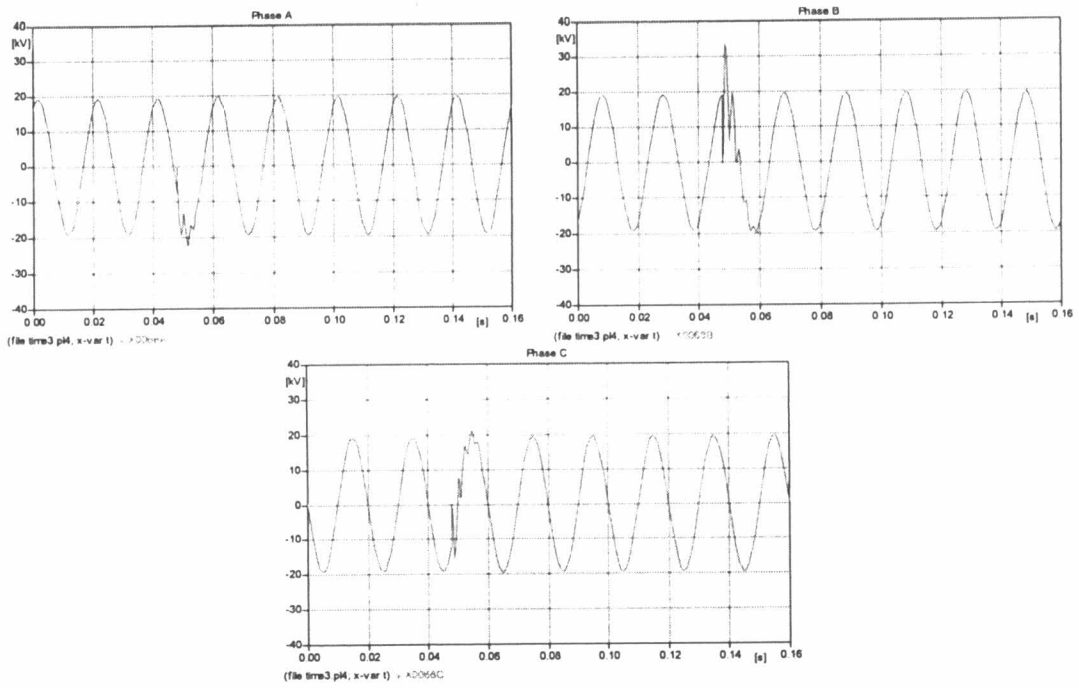
- ค่าไหลตามวันที่ 24 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตซ์ต่างๆ



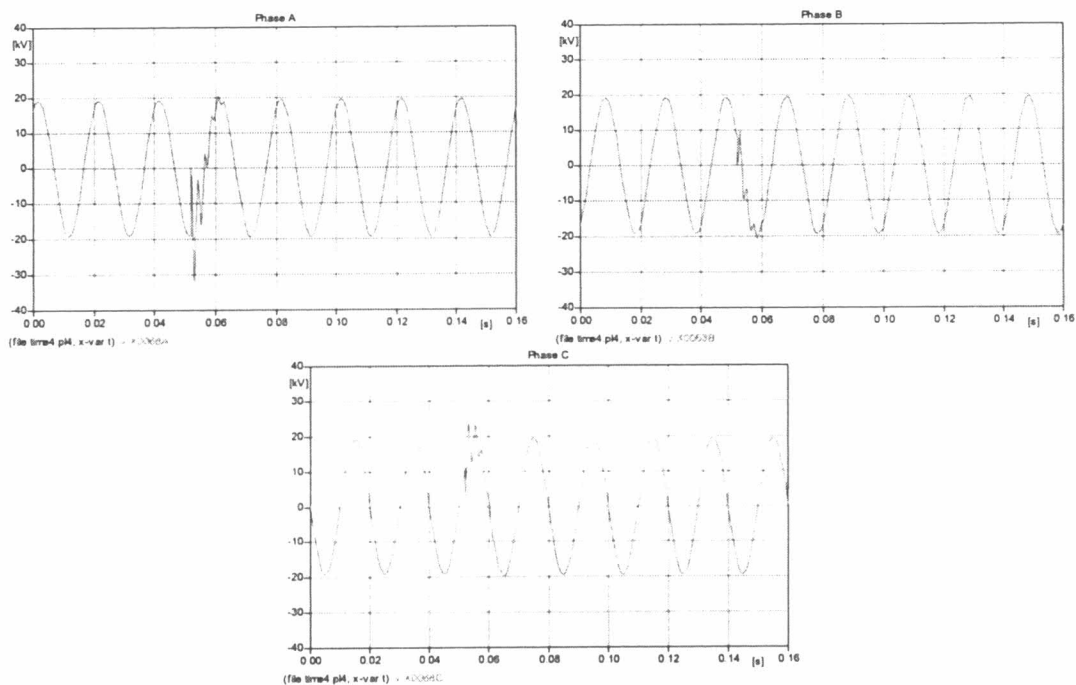
รูปที่ 5. 22 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



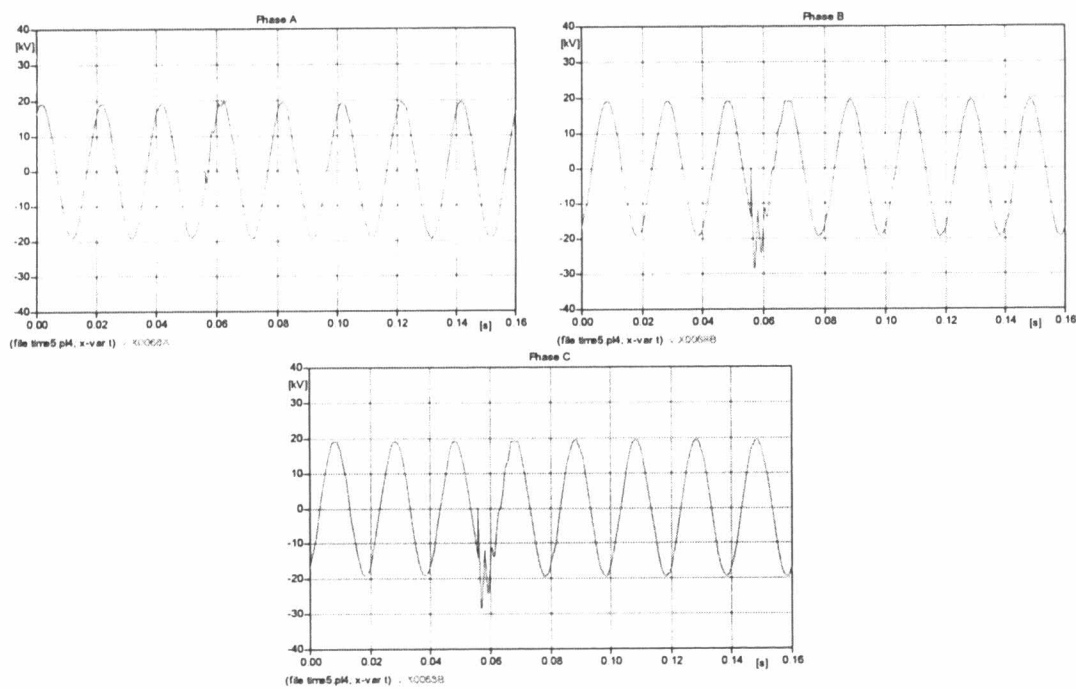
รูปที่ 5. 23 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 24 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

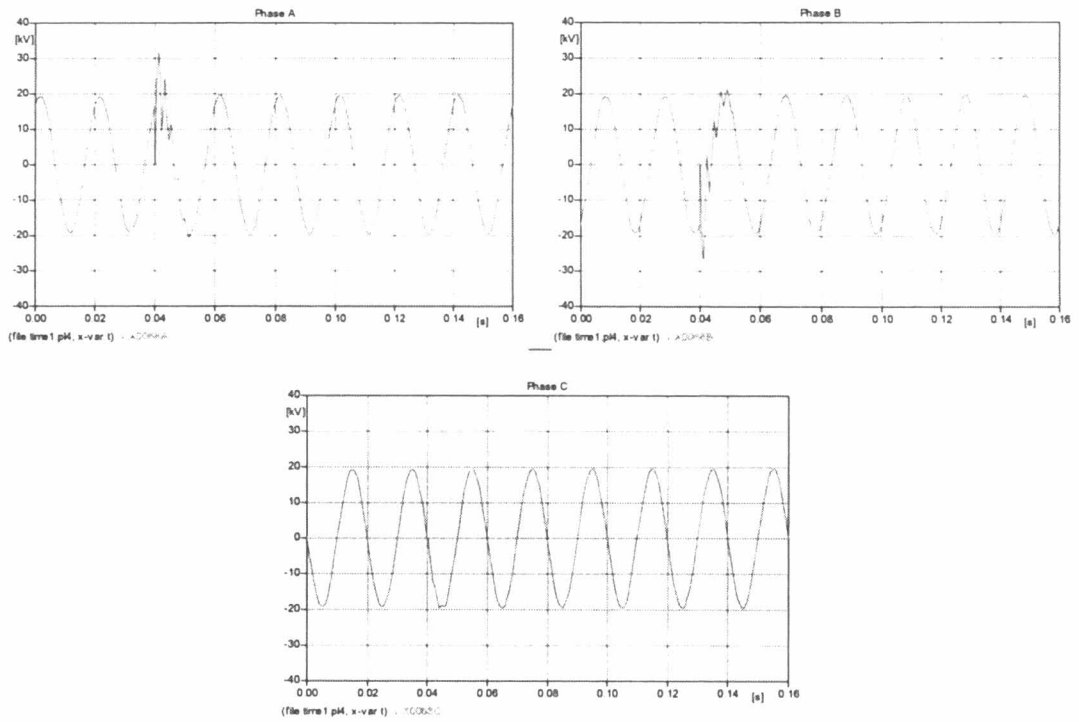


รูปที่ 5. 25 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

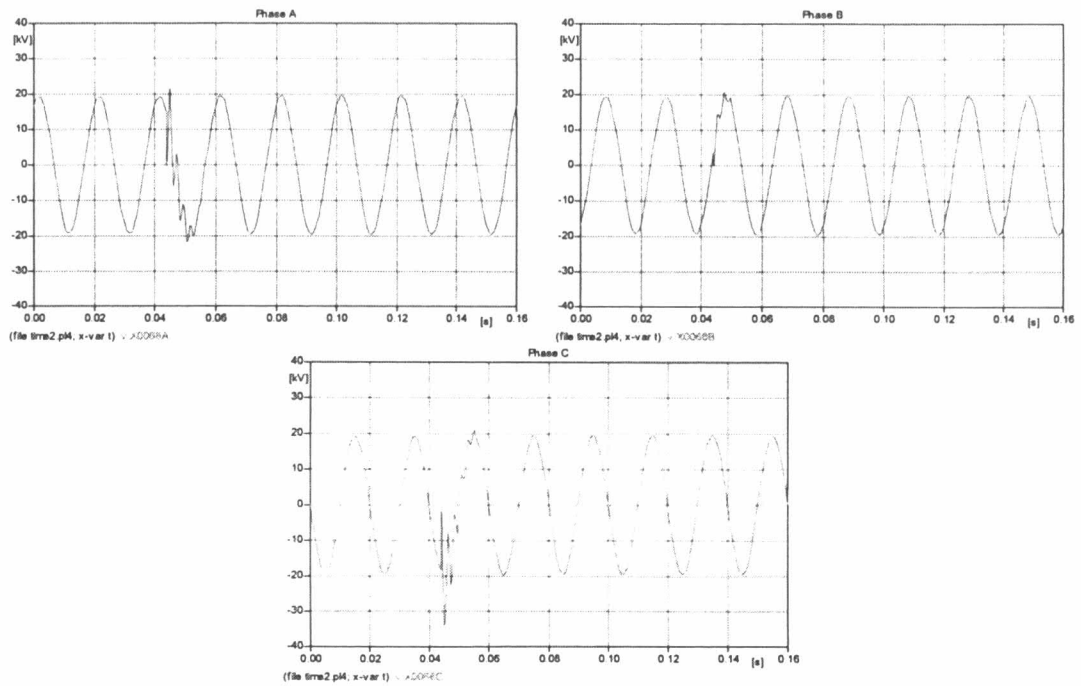


รูปที่ 5. 26 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

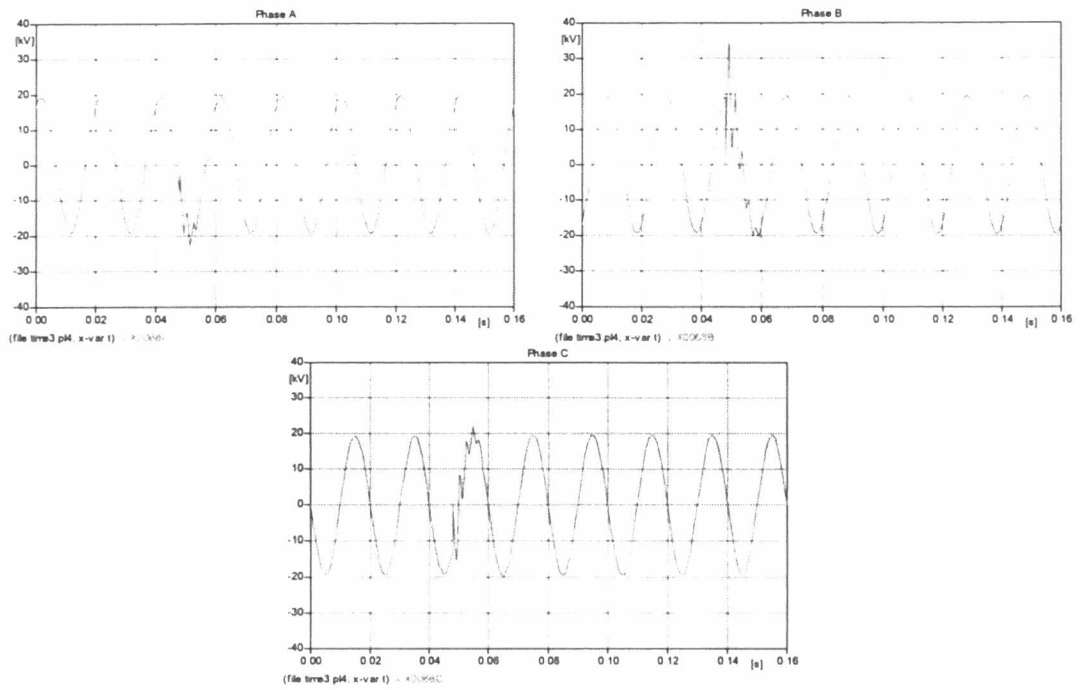
- ค่าโหลดตามวันที่ 27 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



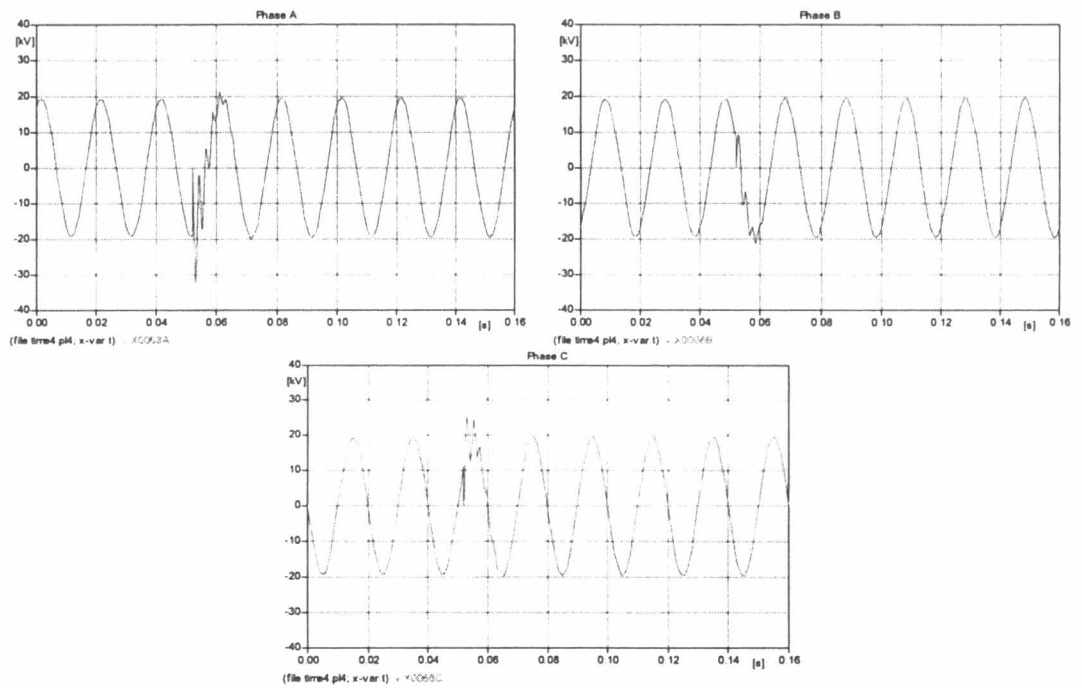
รูปที่ 5. 27 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



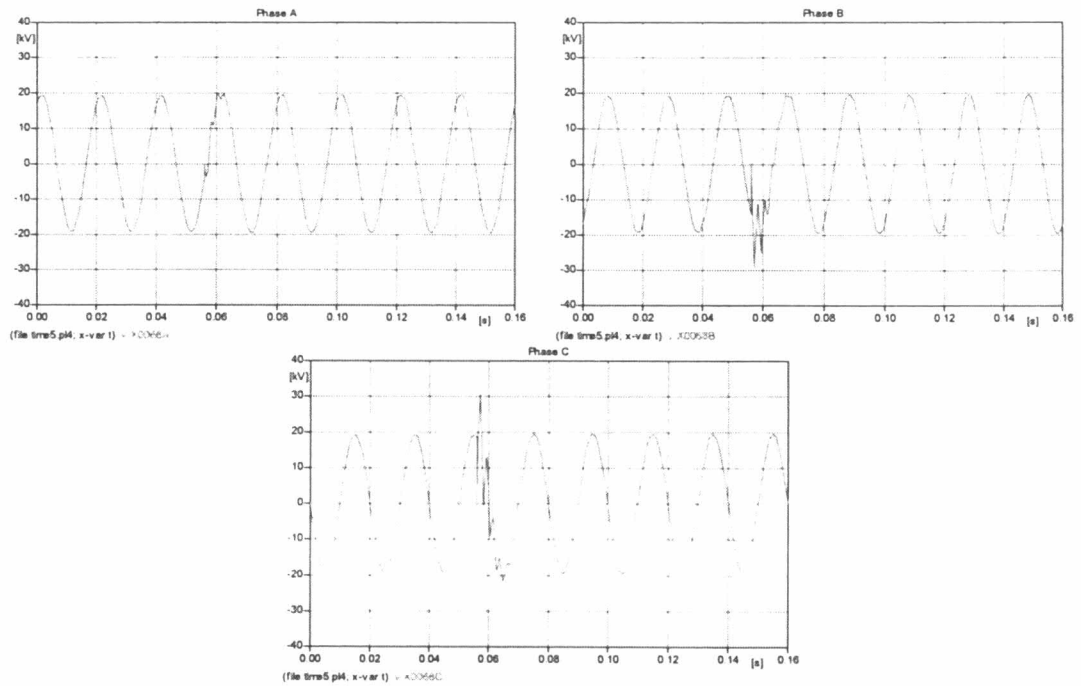
รูปที่ 5. 28 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 29 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

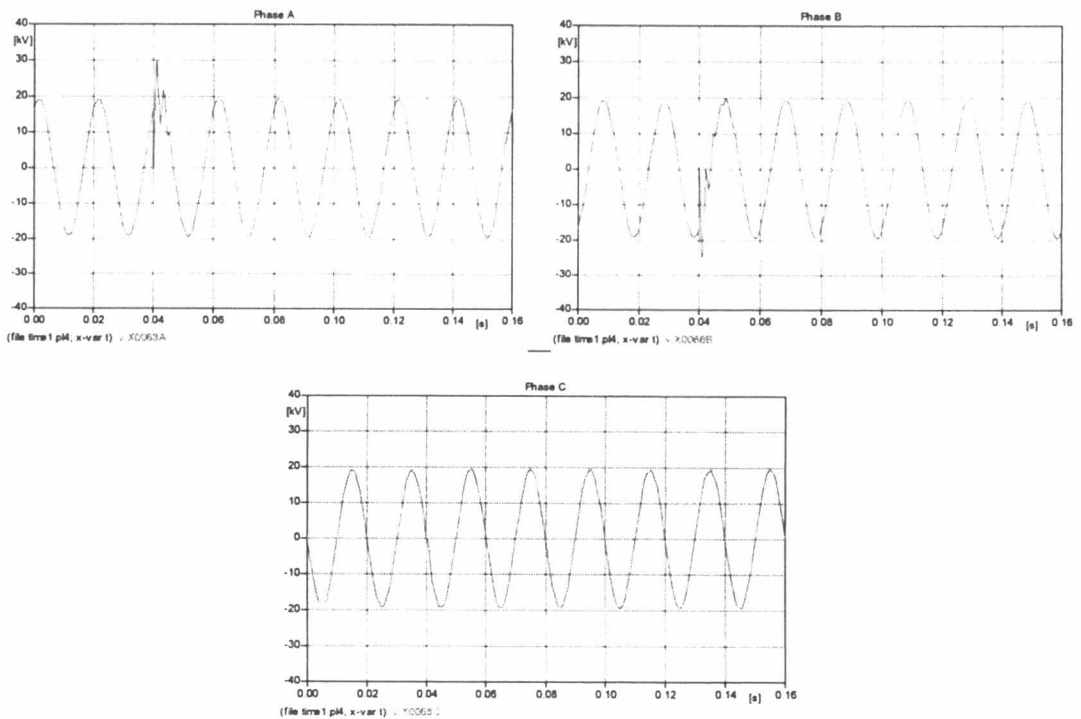


รูปที่ 5. 30 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

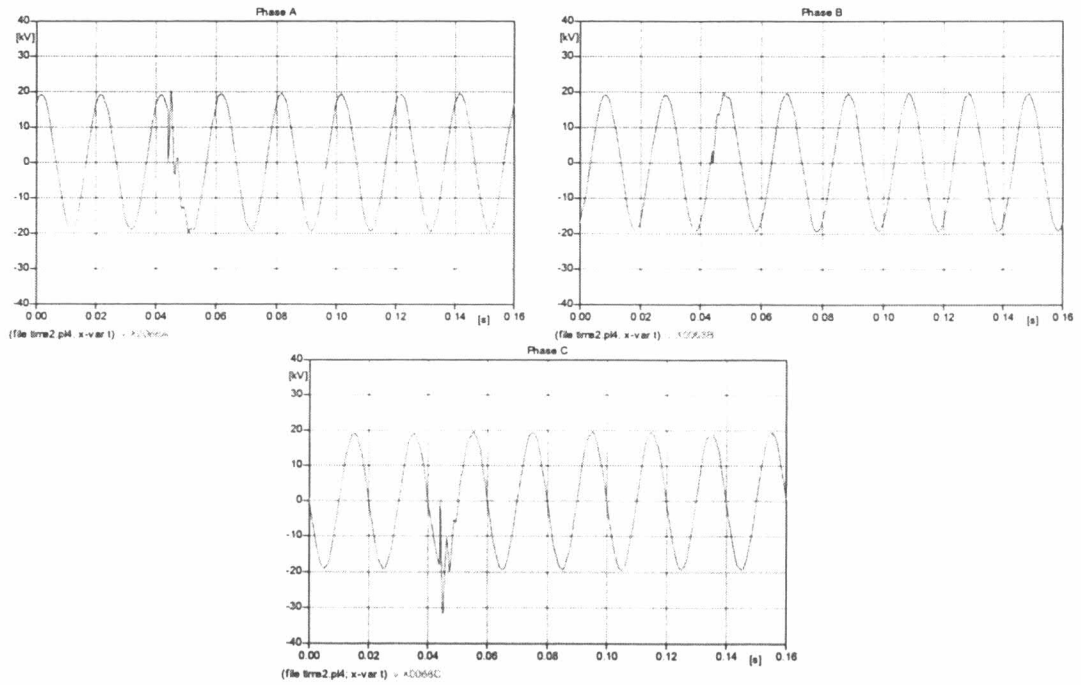


รูปที่ 5. 31 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

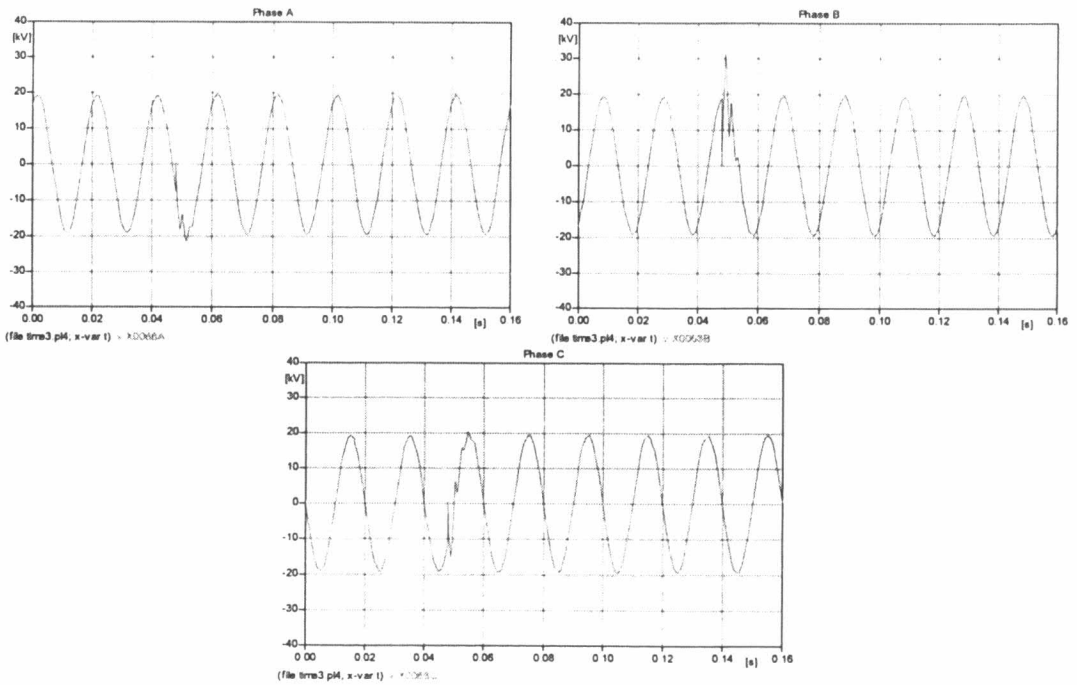
- ค่าไหลตามวันที่ 6 พฤศจิกายน 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



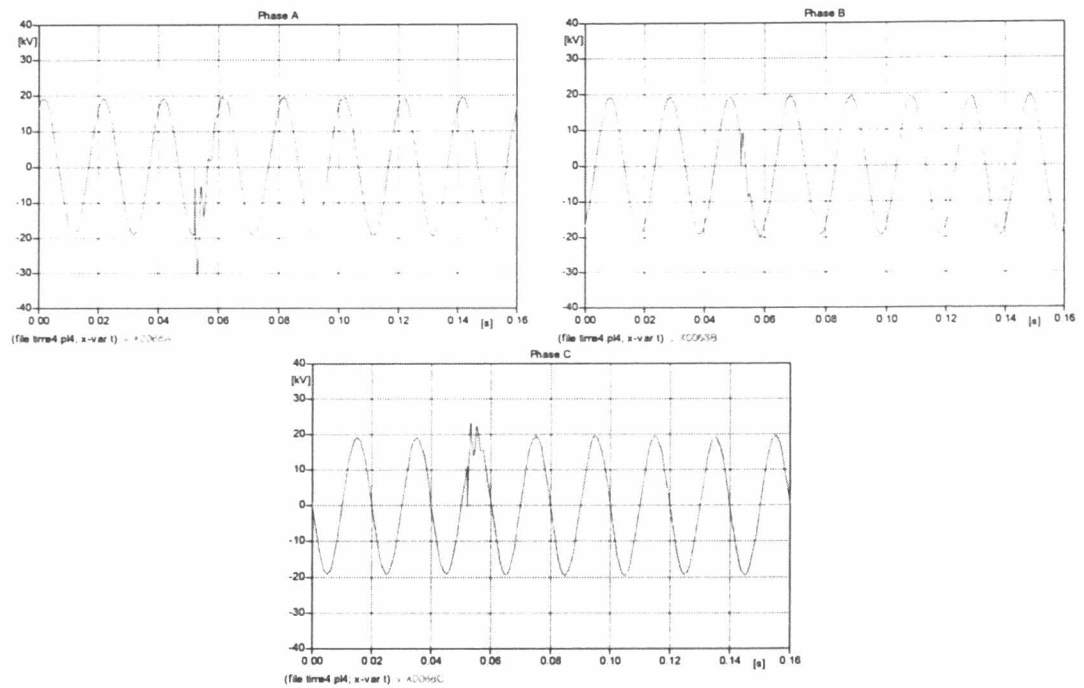
รูปที่ 5. 32 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



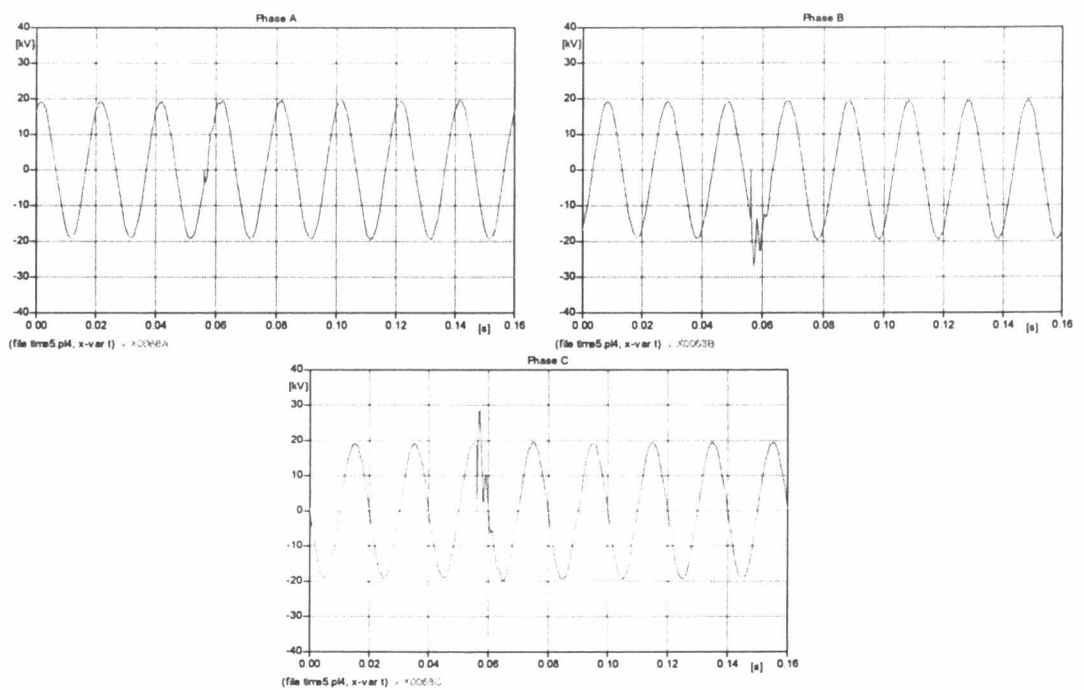
รูปที่ 5. 33 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 34 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

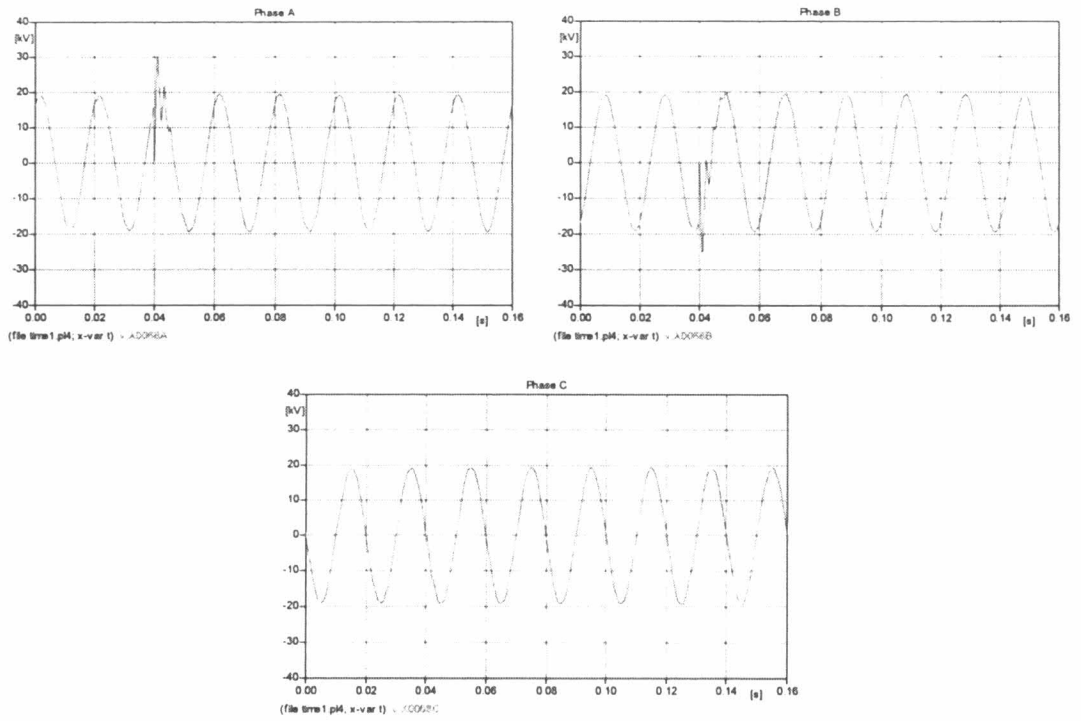


รูปที่ 5. 35 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

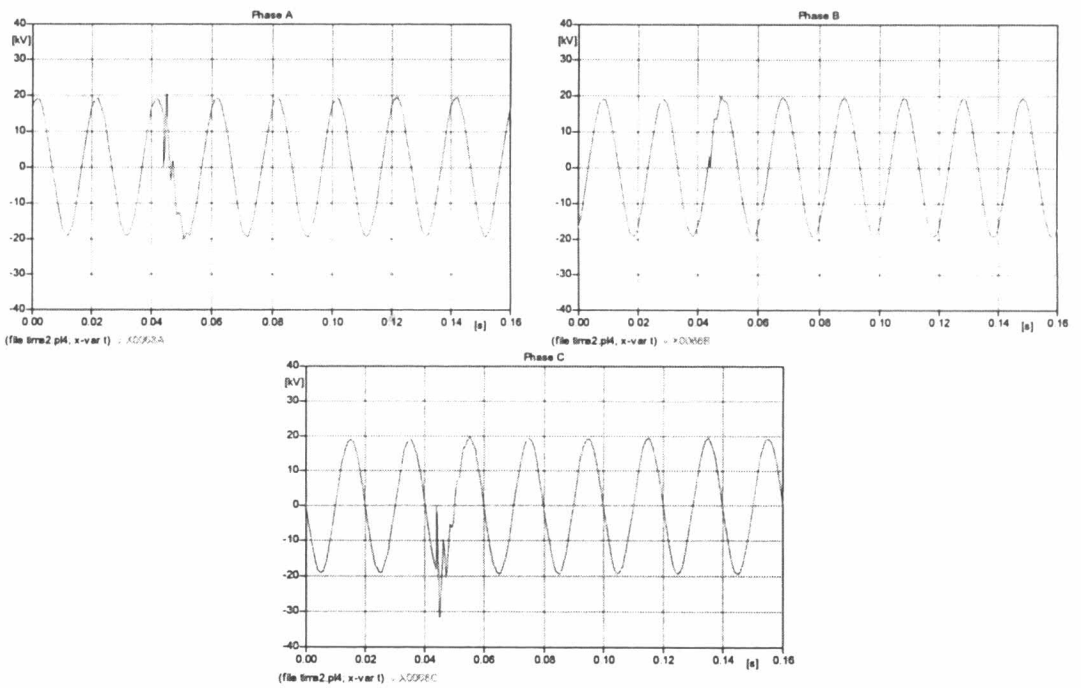


รูปที่ 5. 36 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

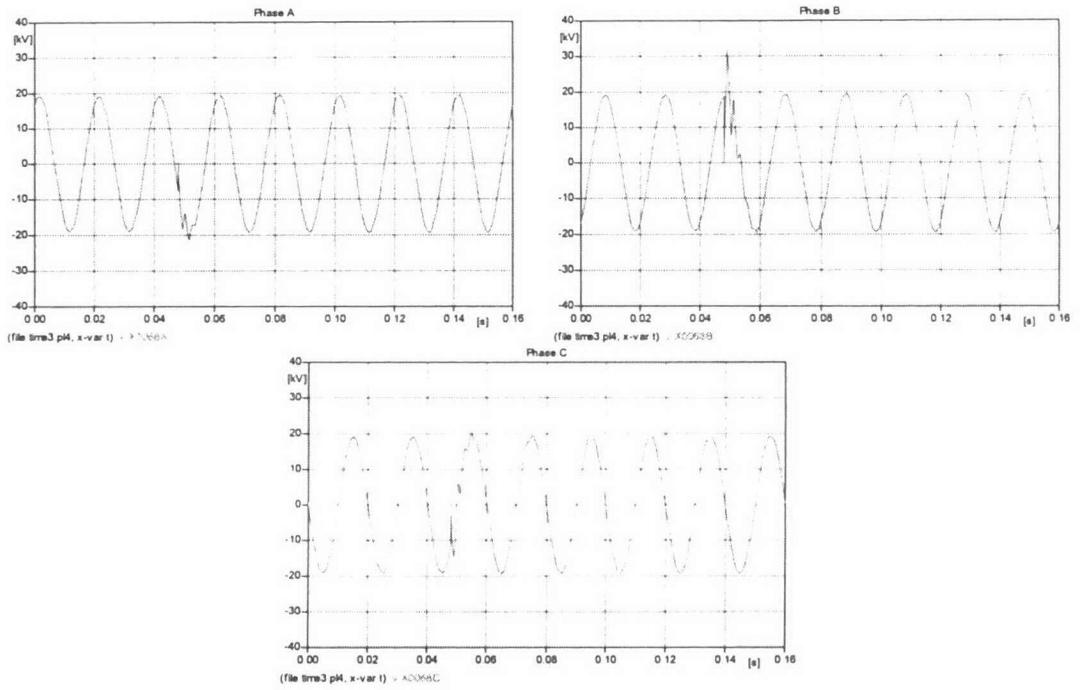
- ค่าโหลดตามวันที่ 27 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตซ์ต่างๆ



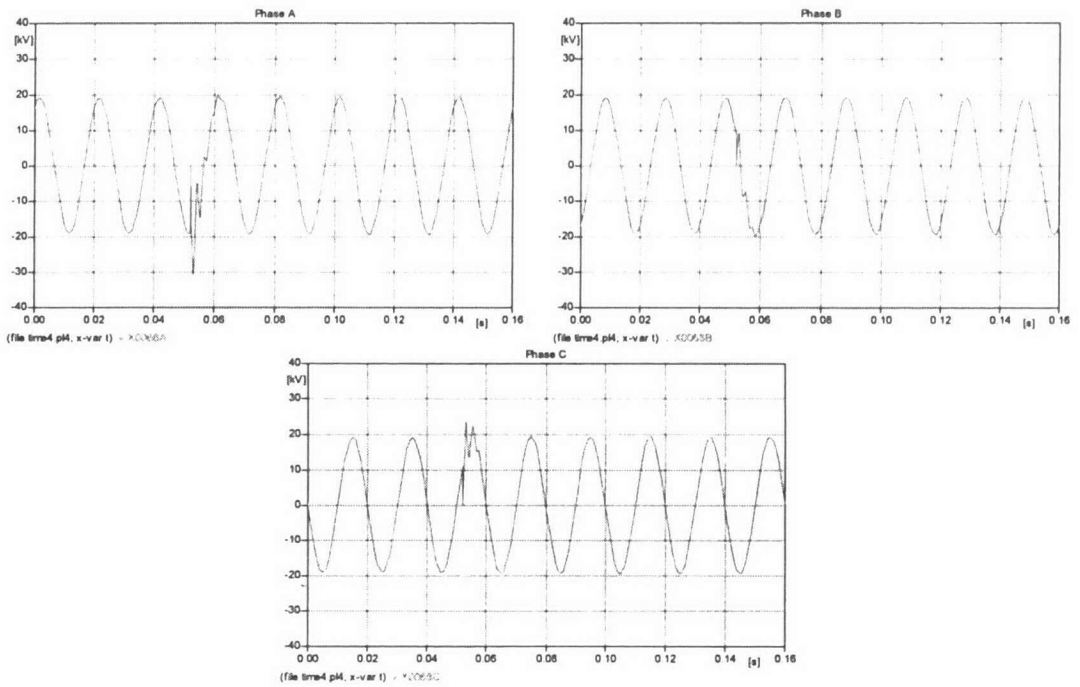
รูปที่ 5. 37 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



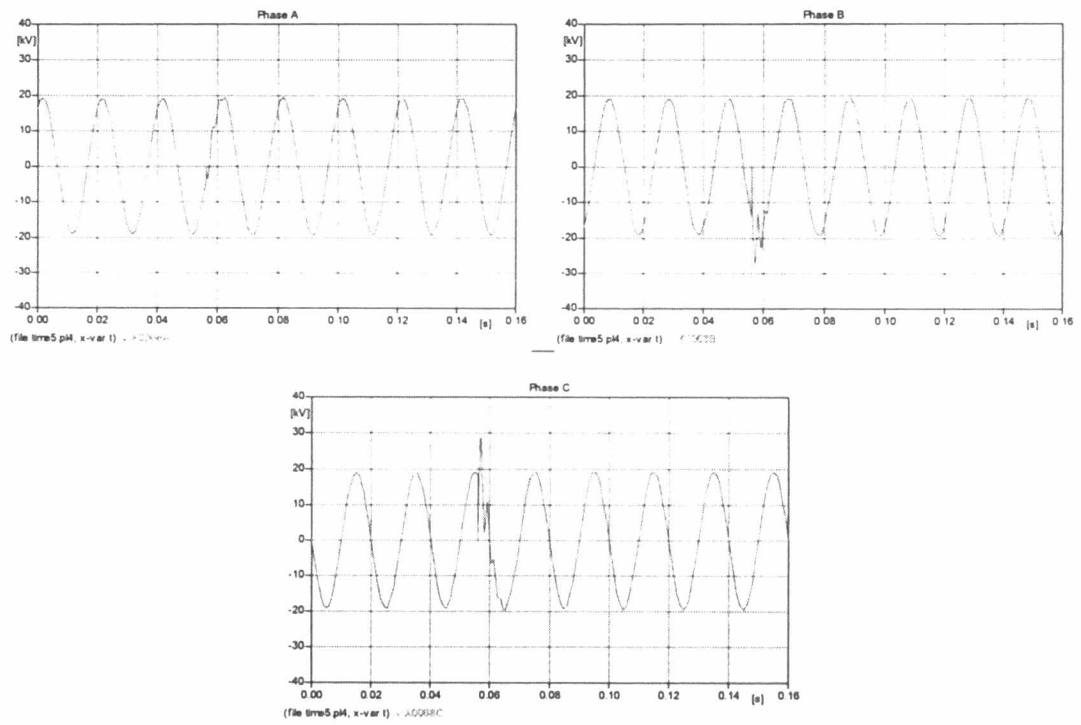
รูปที่ 5. 38 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 39 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 40 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 41 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันตั้งแต่ รูปที่ 5.17-5.41 จะแสดงผลตามตารางที่ 5.6-5.9

ตารางที่ 5.6 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Max voltage, V_f) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	maximum voltage (pu.)			V_f (pu.)		
	A	B	C	A	B	C
5.17	1.5921	1.3194	*	0.8321	-0.8822	*
5.18	*	1.0425	1.6711	*	0.1739	-0.9309
5.19	1.1331	1.695	1.0747	-0.3443	0.9778	-0.6325
5.20	1.6333	1.0584	1.2309	-0.9904	0.4454	0.5445
5.21	1.0134	1.4309	1.5083	-0.2343	-0.7172	0.9505
5.22	1.6282	1.3502	*	0.8324	-0.882	*
5.23	1.0892	1.0506	1.7045	0.7575	0.1744	-0.931
5.24	1.1533	1.732	1.0952	-0.3449	0.978	-0.632
5.25	1.6671	1.075	1.2558	-0.9903	0.445	0.5449
5.26	1.0242	1.4609	1.5422	-0.2338	-0.7175	0.9503
5.27	1.6559	1.3629	*	0.8341	-0.8803	*
5.28	1.1117	1.0662	1.7272	0.7553	0.1781	-0.9321
5.29	1.1769	1.7589	1.1239	-0.348	0.9786	-0.6293
5.30	1.6859	1.0935	1.2774	-0.9901	0.4417	0.5478
5.31	1.0304	1.4908	1.5642	-0.2305	-0.72	0.9492
5.32	1.552	1.2969	*	0.8292	-0.8847	*
5.33	1.0511	1.0261	1.6336	0.7614	0.1686	-0.929
5.34	1.1063	1.6512	1.0487	-0.3393	0.977	-0.6367
5.35	1.6017	1.0417	1.1992	-0.9908	0.4502	0.5398
5.36	1.0096	1.3944	1.4725	-0.2396	-0.7134	0.952
5.37	1.5658	1.3106	*	0.8295	-0.8844	*
5.38	1.0547	1.0307	1.6509	0.7611	0.1693	-0.9292
5.39	1.1147	1.6672	1.0553	-0.3398	0.9771	-0.6362
5.40	1.6194	1.0465	1.2092	-0.9908	0.4496	0.5404
5.41	1.0104	1.4077	1.4887	-0.2391	-0.7139	0.9519

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.7 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (V_s , Max Squared WTC1) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	V_s (pu.)			Max Squared WTC1		
	A	B	C	A	B	C
5.17	0.0951	-0.0962	*	0.1019	0.1161	*
5.18	*	0.0179	-0.0782	*	0.0062	0.1793
5.19	-0.0801	0.1081	-0.0653	0.0282	0.1805	0.0658
5.20	-0.0216	0.0082	0.0134	0.2185	0.0363	0.0765
5.21	-0.0346	-0.1227	0.1572	0.0055	0.0924	0.1424
5.22	0.0642	-0.0649	*	0.1158	0.1312	*
5.23	0.0543	0.0157	-0.07	0.1173	0.0061	0.1767
5.24	-0.0209	0.0527	-0.0318	0.032	0.204	0.0742
5.25	-0.0252	0.0101	0.0151	0.2168	0.0359	0.0761
5.26	-0.0315	-0.1104	0.1418	0.0056	0.0961	0.148
5.27	0.0604	-0.0609	*	0.1159	0.1303	*
5.28	0.0518	0.0153	-0.067	0.1151	0.0063	0.1747
5.29	-0.0195	0.0489	-0.0293	0.0327	0.2059	0.0741
5.30	-0.0242	0.0096	0.0146	0.217	0.0354	0.077
5.31	-0.0297	-0.1062	0.1357	0.0055	0.0981	0.1498
5.32	0.0792	-0.0807	*	0.1155	0.1322	*
5.33	0.0656	0.0184	-0.0839	0.1211	0.006	0.1805
5.34	-0.0267	0.0683	-0.0416	0.03	0.1969	0.0729
5.35	-0.0303	0.0122	0.0181	0.2148	0.0365	0.074
5.36	-0.0375	-0.1277	0.165	0.0056	0.0899	0.1402
5.37	0.0797	-0.0812	*	0.115	0.1316	*
5.38	0.066	0.0186	-0.0845	0.1197	0.0059	0.1785
5.39	-0.0269	0.0689	-0.0419	0.0301	0.1967	0.0727
5.40	-0.0306	0.0123	0.0183	0.2147	0.0364	0.0742
5.41	-0.0376	-0.1285	0.1659	0.0056	0.0898	0.1399

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.8 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Max Squared WTC2, transient duration) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	Max Squared WTC2			transient duration (Cycle)		
	A	B	C	A	B	C
5.17	0.4494	0.4854	*	0.5	0.5	*
5.18	*	0.0139	0.1619	*	0.1875	0.125
5.19	0.0619	0.3581	0.1218	0.25	0.3438	0.5
5.20	0.2047	0.0507	0.0515	0.375	0.25	0.34
5.21	0.0121	0.1441	0.2068	0.4856	0.5	0.5
5.22	0.4715	0.509	*	0.3125	0.3125	*
5.23	0.1106	0.0147	0.176	0.3438	0.2813	0.2813
5.24	0.0639	0.3696	0.1256	0.25	0.25	0.25
5.25	0.1932	0.0485	0.0578	0.3125	0.25	0.3125
5.26	0.0134	0.154	0.2213	0.3425	0.5	0.5
5.27	0.47	0.5046	*	0.375	0.4375	*
5.28	0.1174	0.0155	0.186	0.4375	0.2813	0.3438
5.29	0.0653	0.3745	0.1265	0.3125	0.25	0.25
5.30	0.1845	0.0463	0.0641	0.375	0.375	0.375
5.31	0.0137	0.1616	0.2319	0.25	0.5	0.5
5.32	0.456	0.4965	*	0.1563	0.0938	*
5.33	0.0853	0.0129	0.154	0.2188	0.1875	0.2188
5.34	0.0574	0.3356	0.115	0.1875	0.1875	0.1875
5.35	0.2129	0.0531	0.0532	0.25	0.25	0.3125
5.36	0.0115	0.1289	0.2017	0.25	0.375	0.375
5.37	0.4513	0.4913	*	0.1563	0.3125	*
5.38	0.0918	0.0131	0.1558	0.2188	0.1875	0.2188
5.39	0.0575	0.3365	0.1153	0.1875	0.1875	0.1875
5.40	0.2084	0.0521	0.052	0.3125	0.25	0.3125
5.41	0.012	0.1326	0.2015	0.25	0.375	0.375

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.9 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Estimated Frequency, ΔV) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	Estimated Frequency (Hz)			ΔV (pu.)		
	A	B	C	A	B	C
5.17	581.8182	581.8182	*	0.737	0.786	*
5.18	*	2133.333	581.8182	*	0.156	0.8527
5.19	752.9412	581.8182	640	0.2642	0.8697	0.5672
5.20	581.8182	711.1111	673.6842	0.9688	0.4372	0.5311
5.21	914.2857	640	564.7059	0.1997	0.5945	0.7933
5.22	581.8182	581.8182	*	0.7682	0.8171	*
5.23	581.8182	2133.333	581.8182	0.7032	0.1587	0.861
5.24	640	556.5217	595.3488	0.324	0.9253	0.6002
5.25	581.8182	711.1111	600	0.9651	0.4349	0.5298
5.26	914.2857	595.3488	556.5217	0.2023	0.6071	0.8085
5.27	544.6809	561.4035	*	0.7737	0.8194	*
5.28	556.5217	800	551.7241	0.7035	0.1628	0.8651
5.29	640	533.3333	581.8182	0.3285	0.9297	0.6
5.30	551.7241	619.3548	581.8182	0.9659	0.4321	0.5332
5.31	711.1111	581.8182	533.3333	0.2008	0.6138	0.8135
5.32	673.6842	640	*	0.75	0.804	*
5.33	673.6842	2133.333	640	0.6958	0.1502	0.8451
5.34	800	600	662.069	0.3126	0.9087	0.5951
5.35	640	752.9412	673.6842	0.9605	0.438	0.5217
5.36	914.2857	662.069	600	0.2021	0.5857	0.787
5.37	673.6842	640	*	0.7498	0.8032	*
5.38	673.6842	2133.333	609.5238	0.6951	0.1507	0.8447
5.39	800	581.8182	640	0.3129	0.9082	0.5943
5.40	595.3488	752.9412	673.6842	0.9602	0.4373	0.5221
5.41	914.2857	662.069	581.8182	0.2015	0.5854	0.786

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

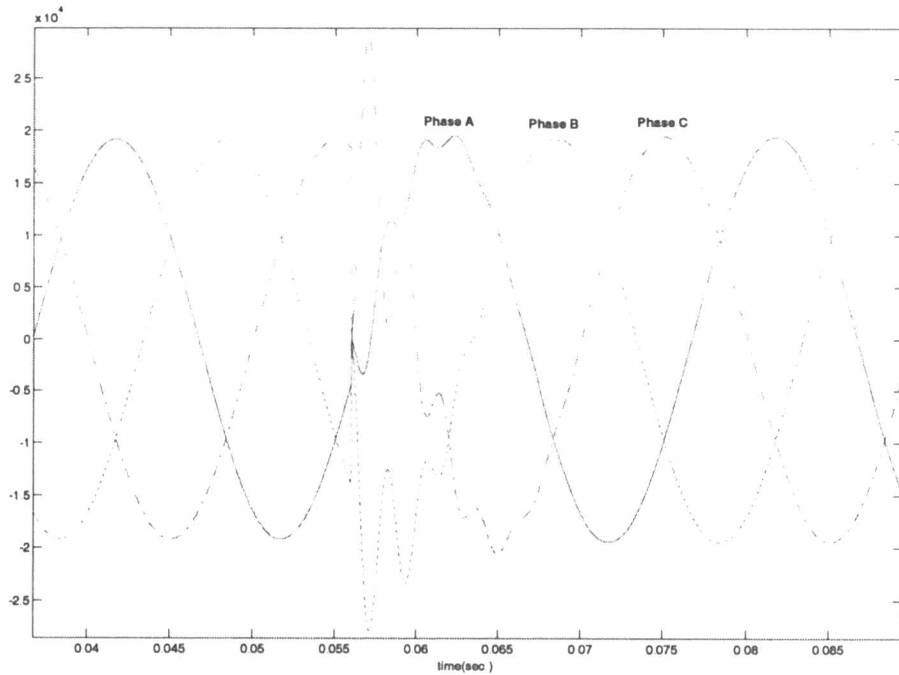
ผลการใช้คุณลักษณะของรูปคลื่นในการสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ของกรณีศึกษาที่ 1 โดยใช้การพิจารณาแต่ละเฟสได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ผลการสันนิษฐานการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุที่จำลองรูปแบบ Normal Energizing

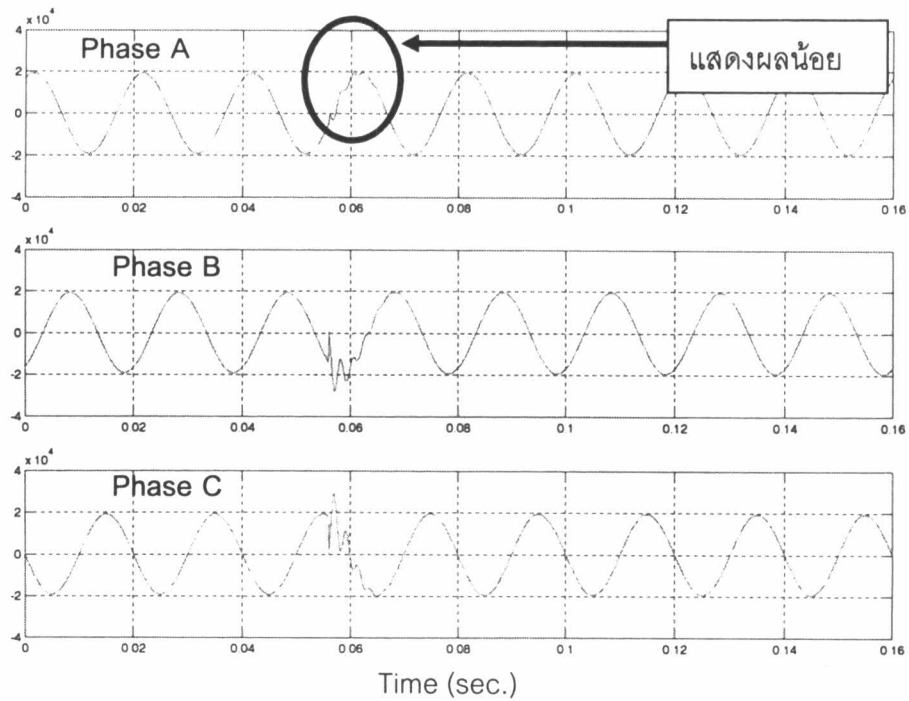
รูปที่	Phase A	Phase B	Phase C	ผลการสันนิษฐานรูป
5.17	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.18	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.19	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.20	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.21	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.22	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.23	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.24	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.25	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.26	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.27	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.28	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.29	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.30	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.31	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.32	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.33	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.34	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.35	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.36	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.37	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.38	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.39	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.40	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.41	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง

จะพบว่าสามารถสันนิษฐานได้ถูกต้องทั้งหมดที่จำลองมา โดยการเลือกจะตัดสินจากเฟสใดเฟสหนึ่งที่เงื่อนไขครบถ้วน เนื่องจากการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังนั้นจะแสดงปัญหามากที่สุดใน

บริเวณตำแหน่งใกล้หรือที่ยอดคลื่น และในกรณีเดียวกันอีกสองเฟสที่เหลืออาจจะอยู่ในตำแหน่งที่เกิดปัญหาน้อยตามรูปที่ 5.42 และรูปที่ 5.43 ดังนั้นจึงทำการเลือกเพียงหนึ่งรูปคลื่นเป็นผลการสันนิษฐานตามตารางที่ 5.9



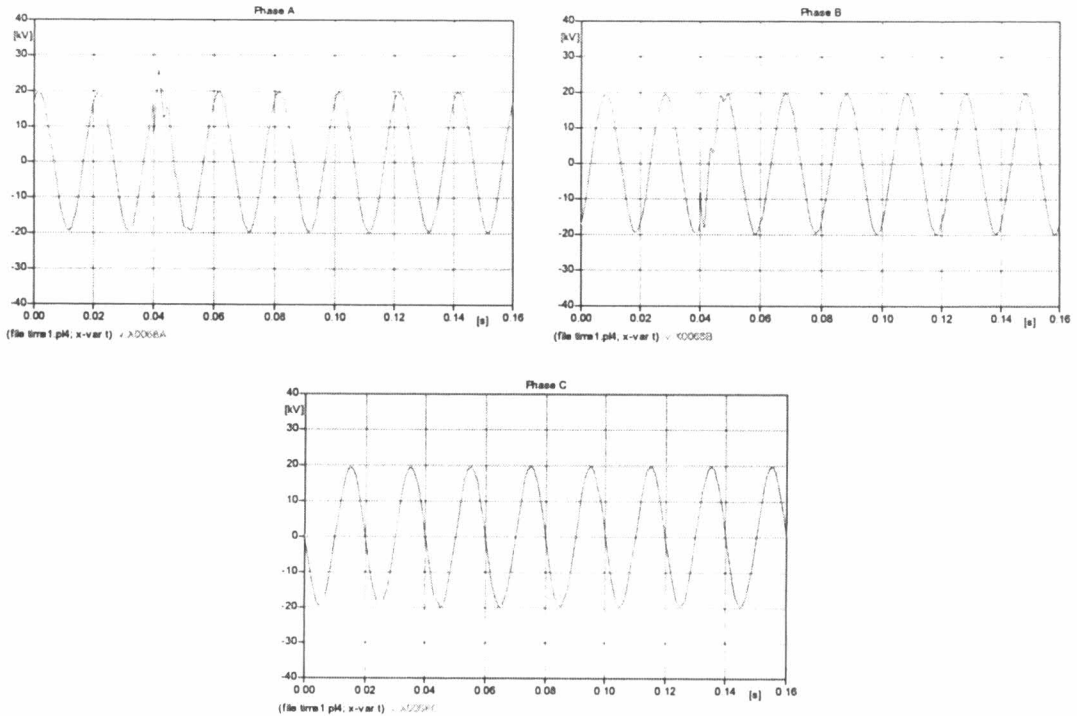
รูปที่ 5. 42 รูปคลื่นแรงดันทั้ง 3 เฟสเมื่อสับสวิตซ์ตัวเก็บประจุกำลัง



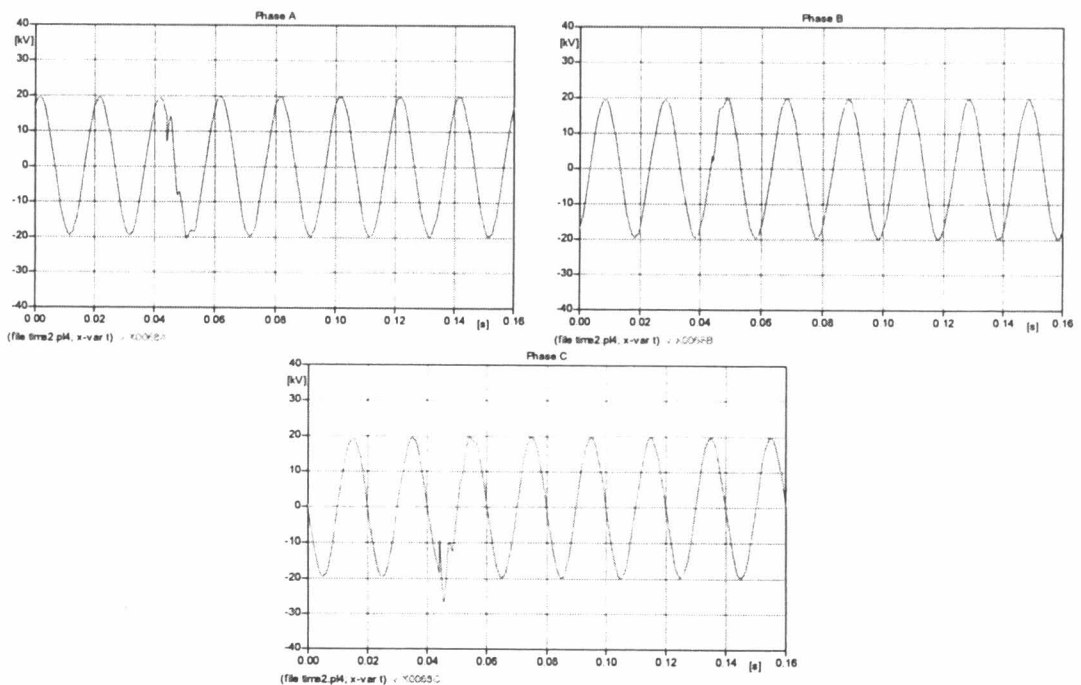
รูปที่ 5. 43 รูปคลื่นแรงดันทั้ง 3 เฟสแยกให้เห็นเฟสที่เกิดผลน้อย

กรณีศึกษาที่ 2 การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุขณะที่มีตัวเก็บประจุต่ออยู่ก่อน (Back to Back Energizing)

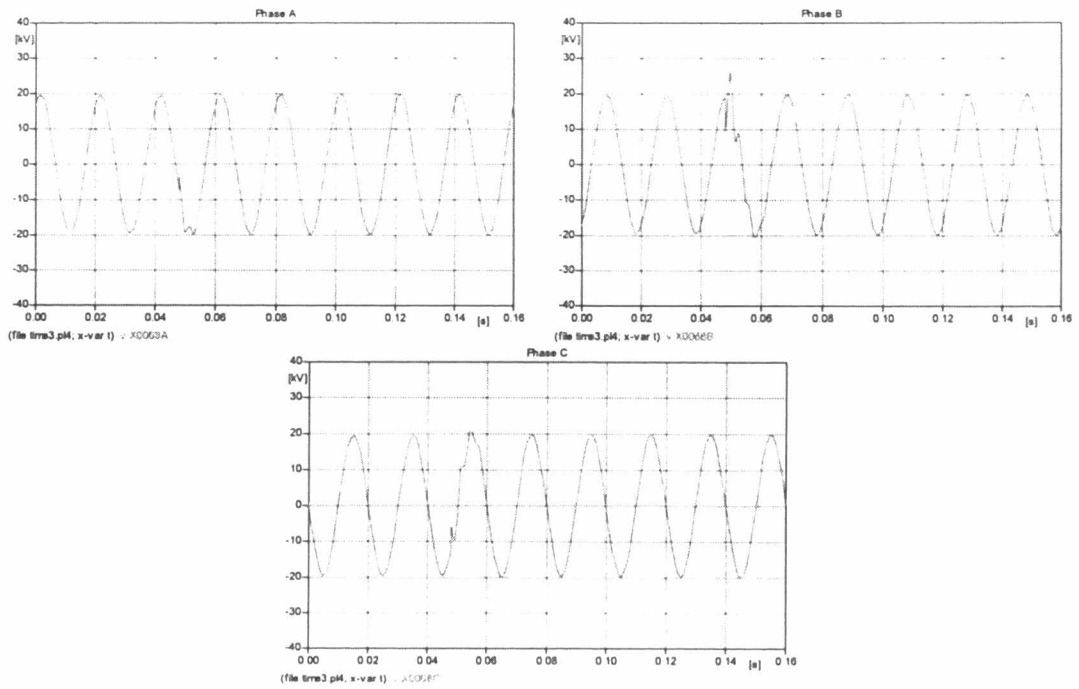
- ค่าไหลตามวันที่ 18 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



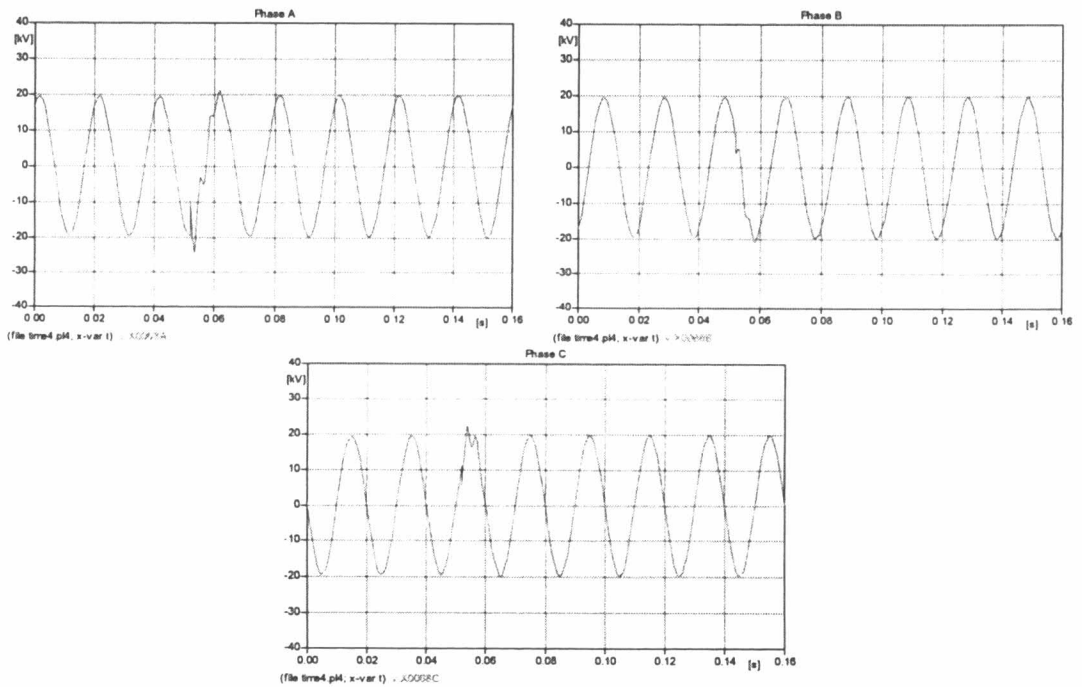
รูปที่ 5. 44 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



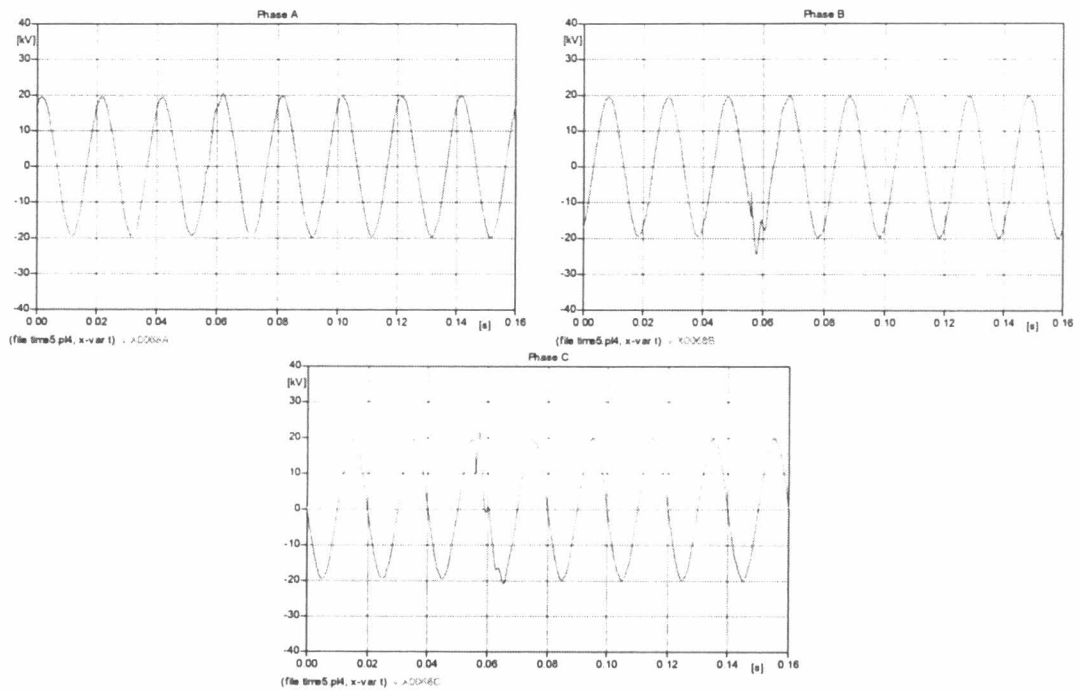
รูปที่ 5. 45 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 46 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

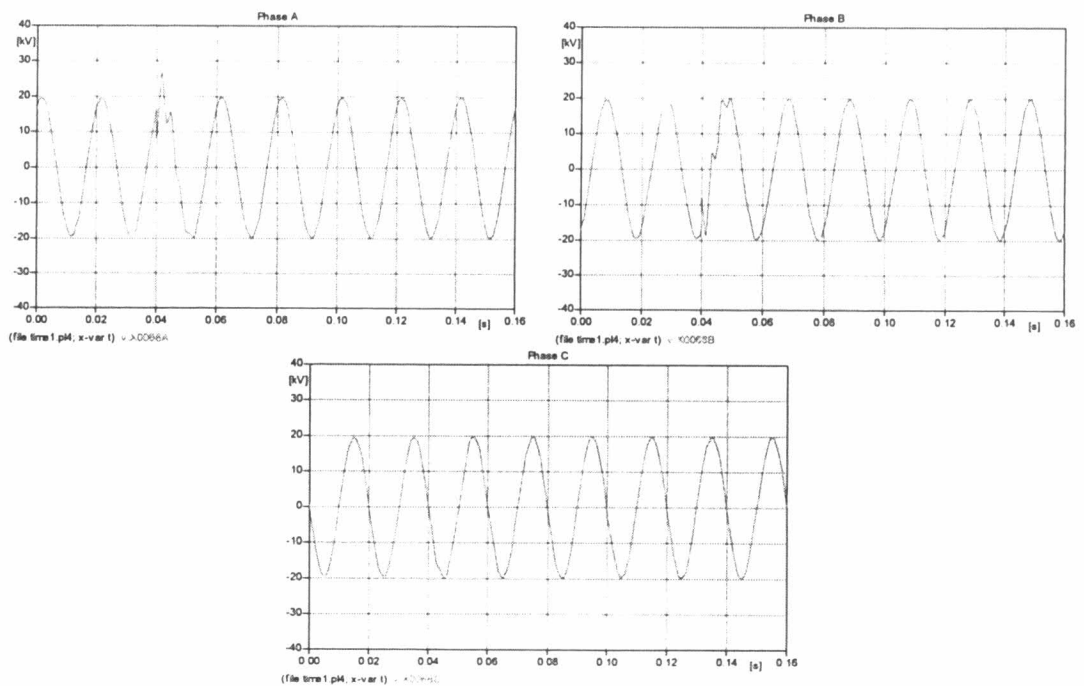


รูปที่ 5. 47 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

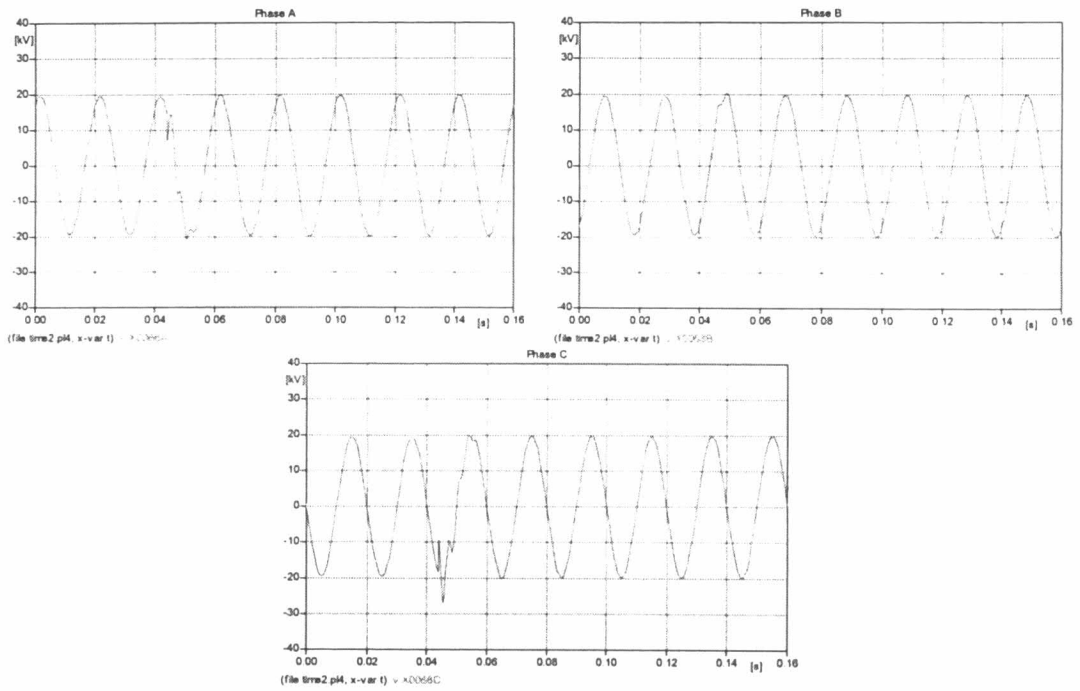


รูปที่ 5. 48 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

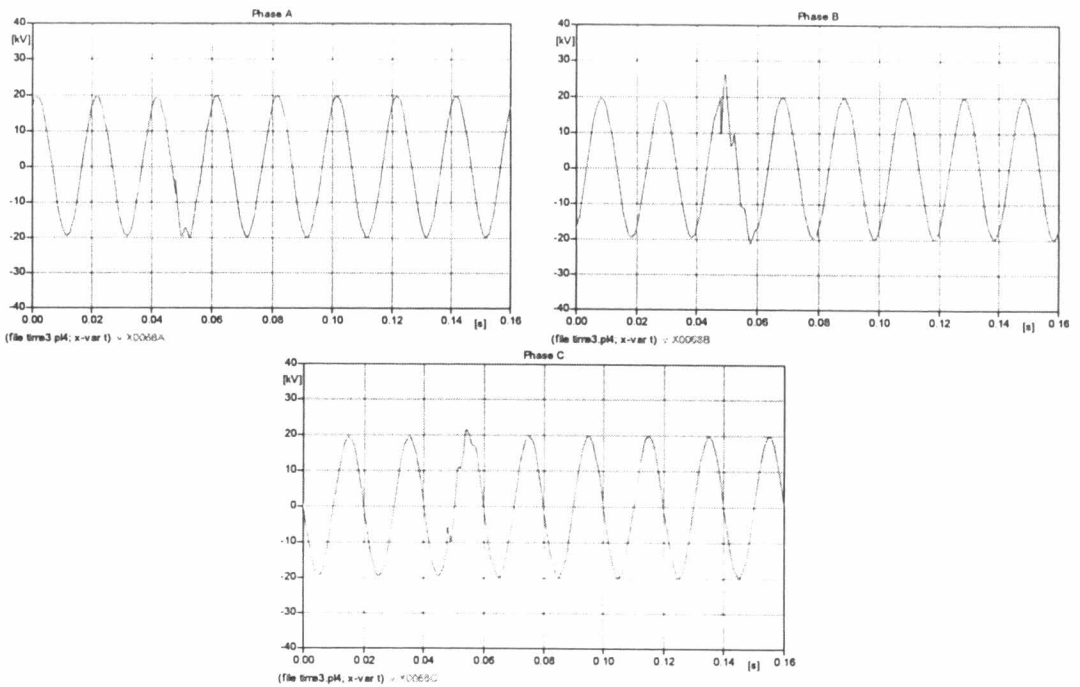
- ค่าไหลตามวันที่ 24 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตซ์ต่างๆ



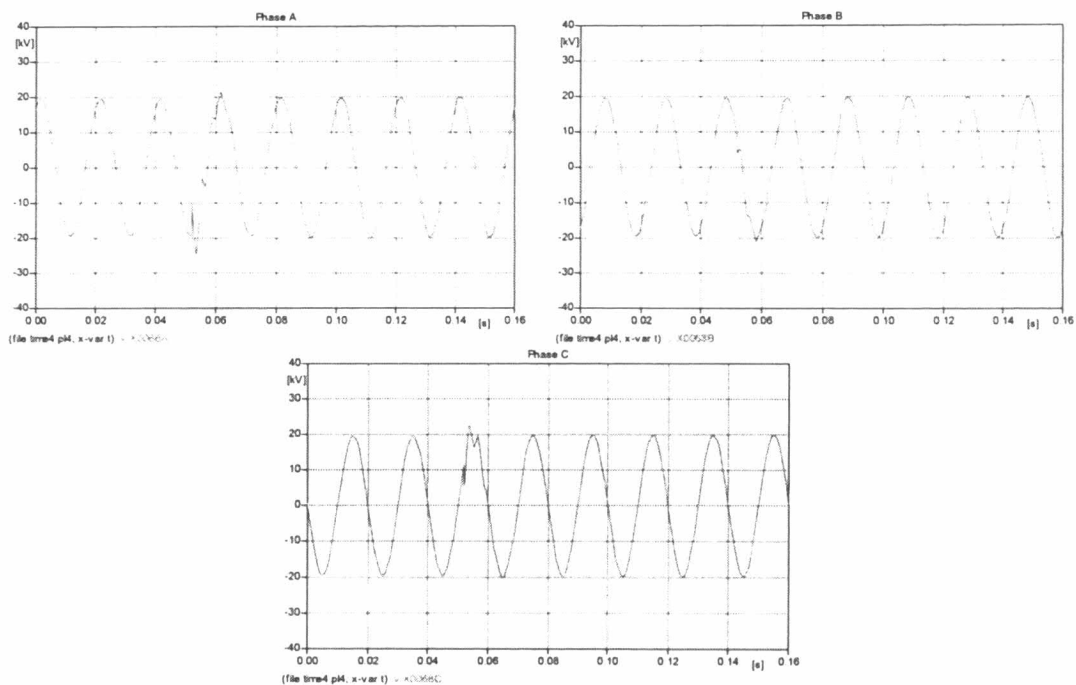
รูปที่ 5. 49 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



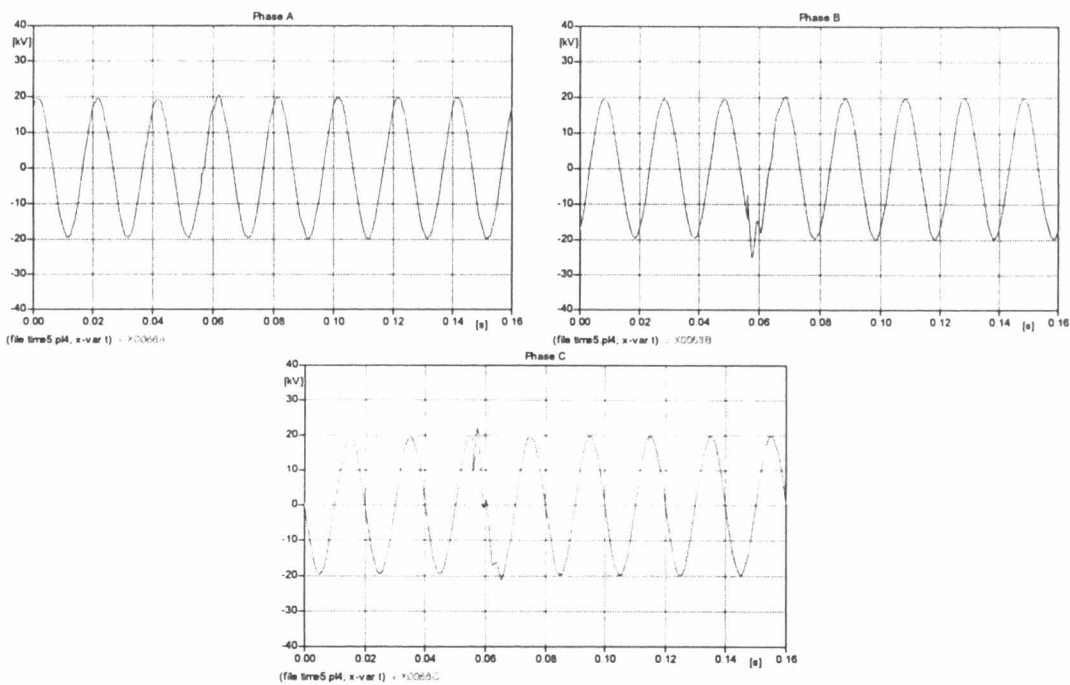
รูปที่ 5. 50 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 51 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

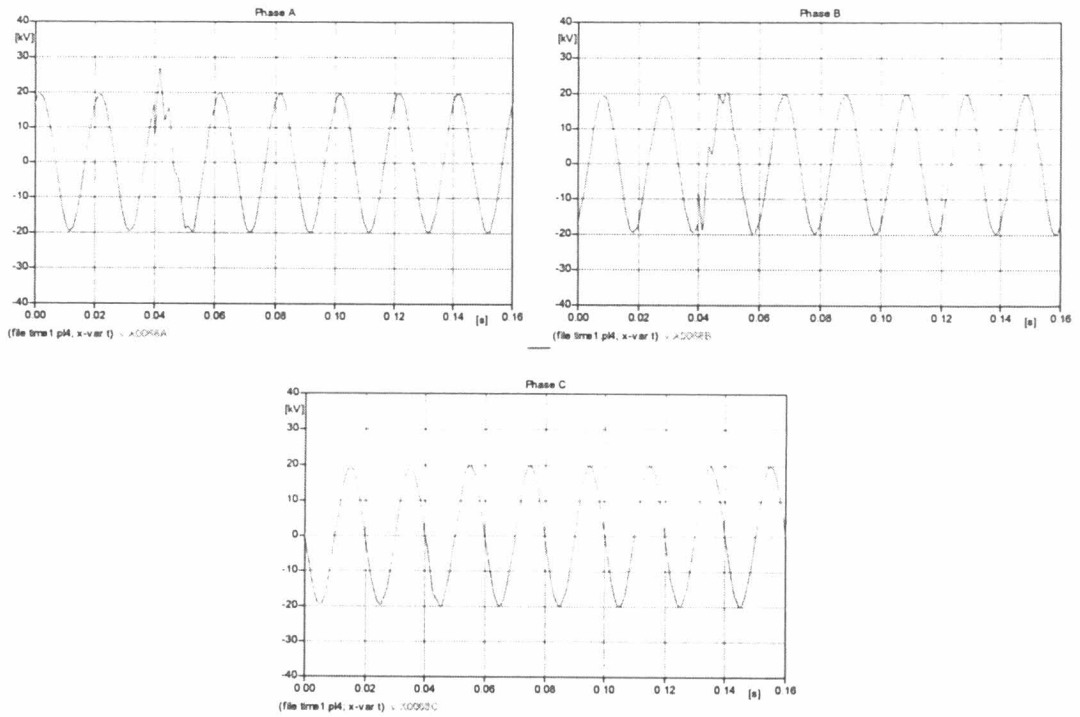


รูปที่ 5. 52 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

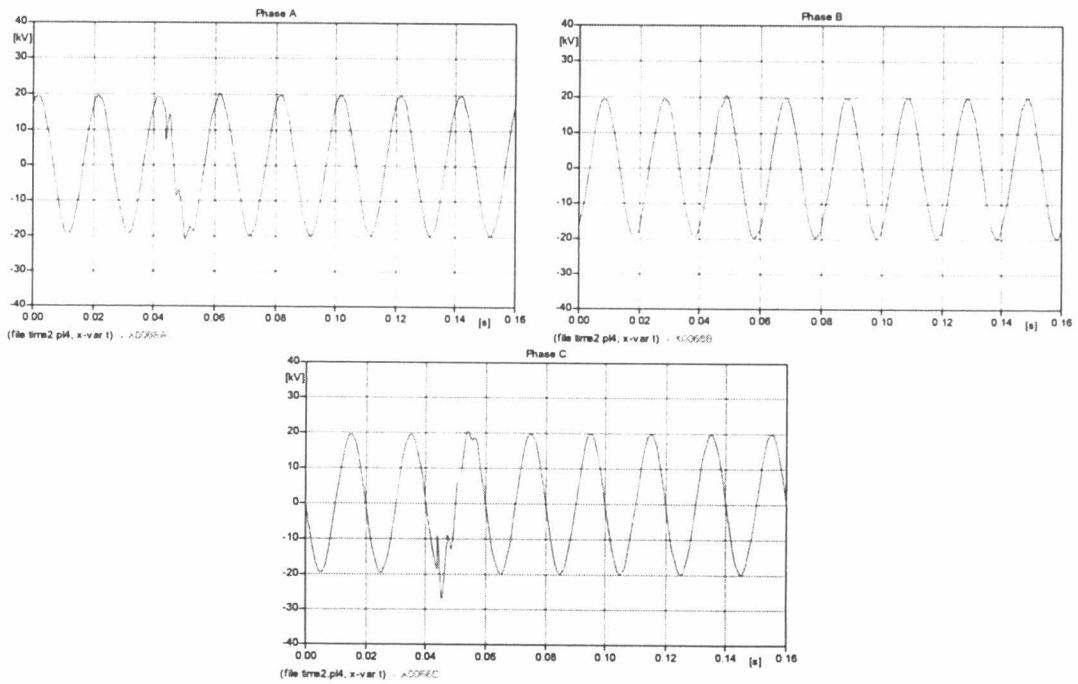


รูปที่ 5. 53 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

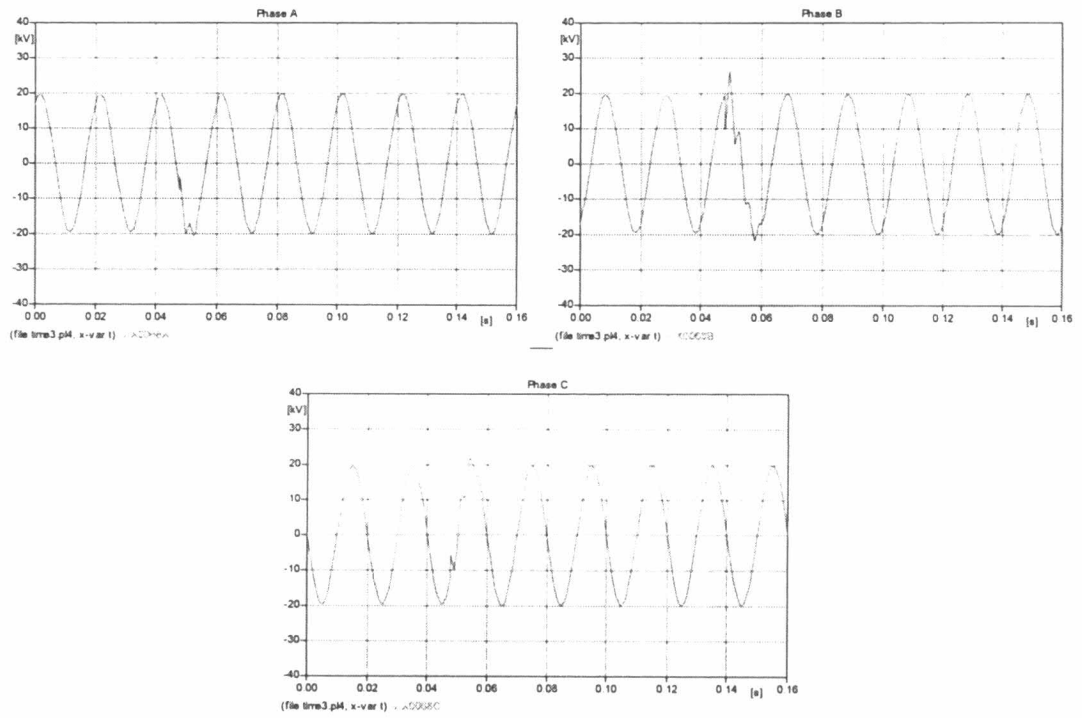
- ค่าโหลดตามวันที่ 27 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตซ์ต่างๆ



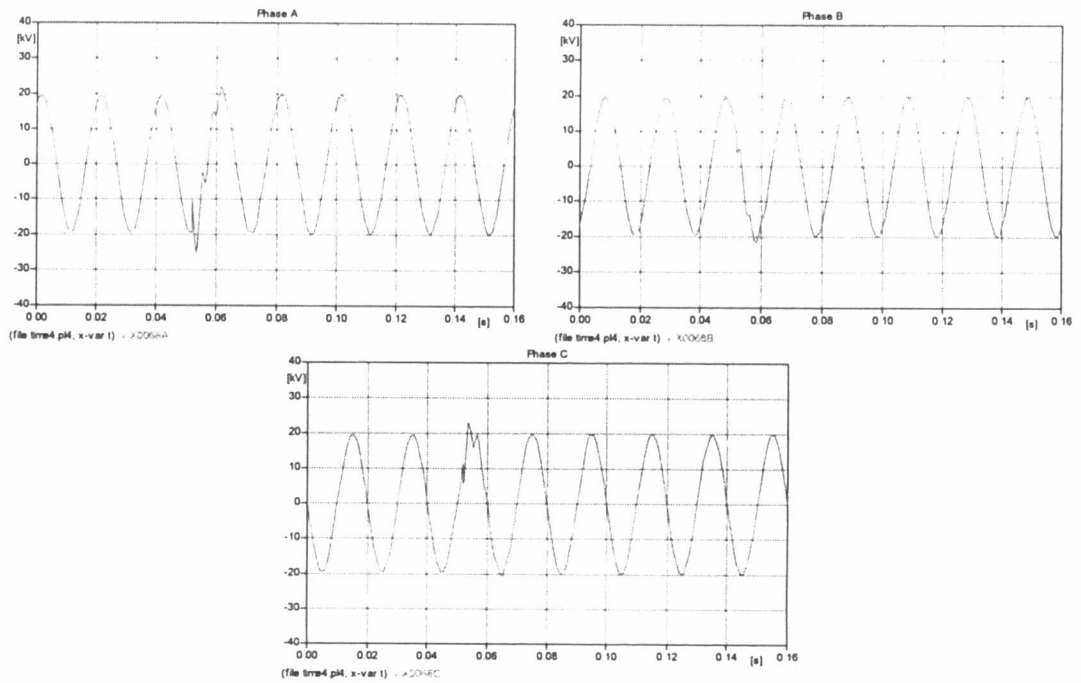
รูปที่ 5. 54 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



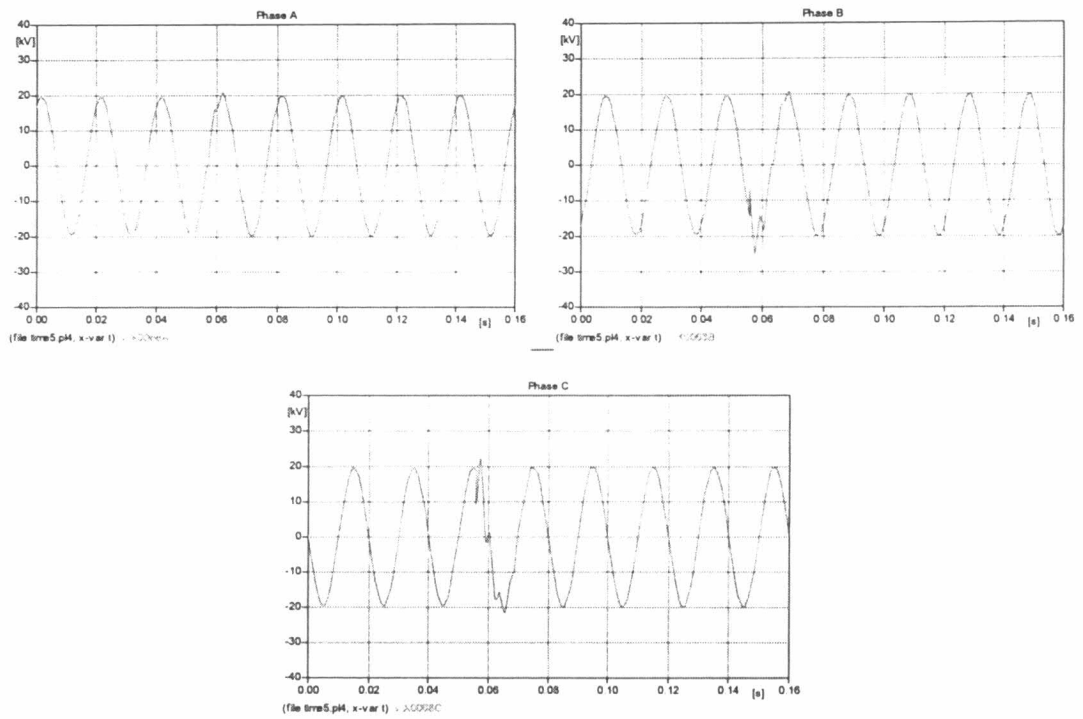
รูปที่ 5. 55 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 56 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

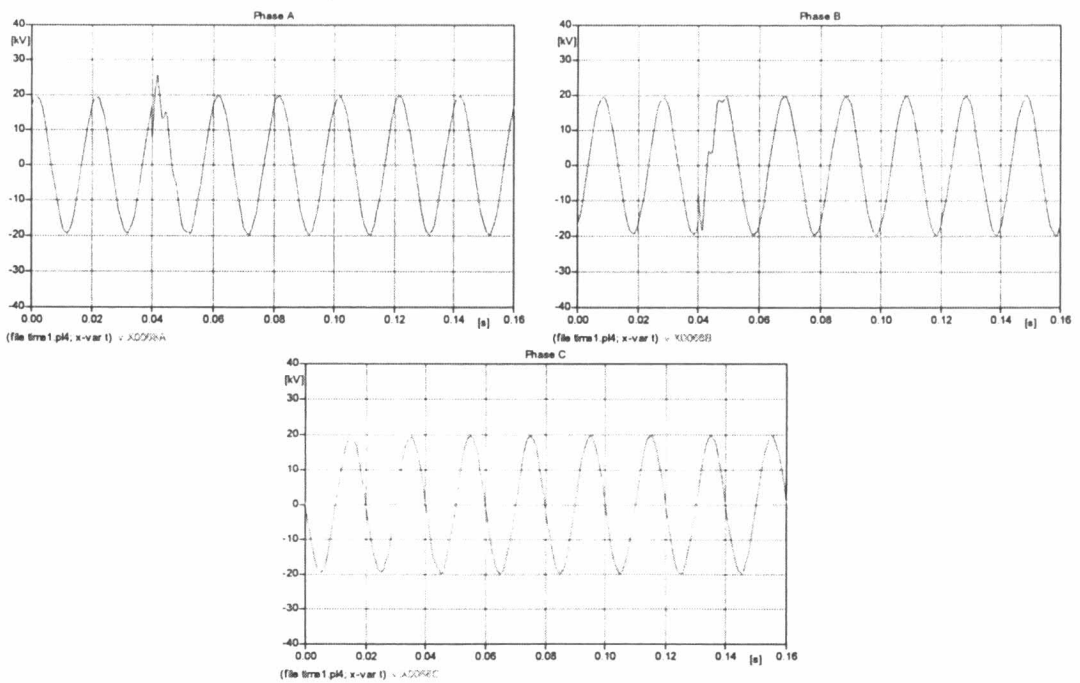


รูปที่ 5. 57 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

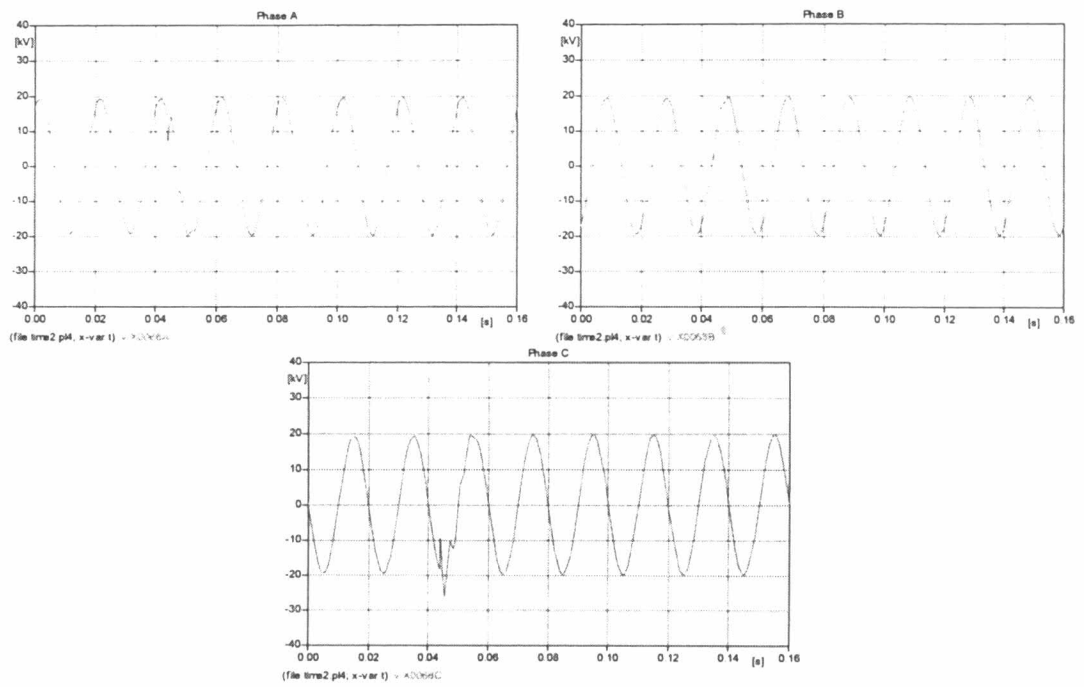


รูปที่ 5. 58 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

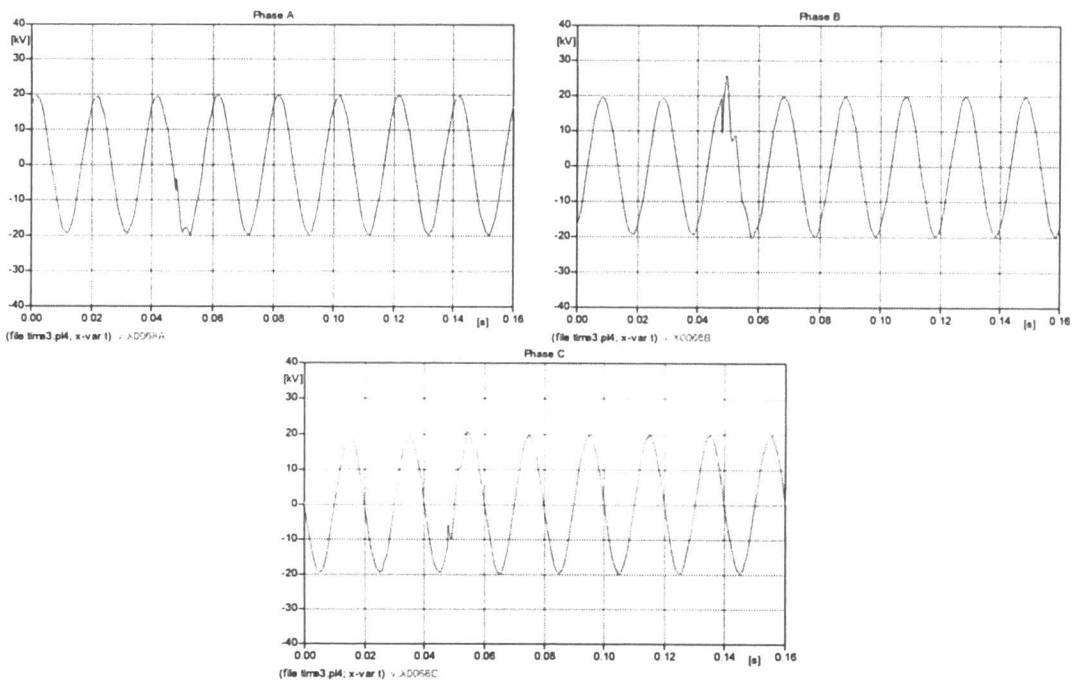
- ค่าไหลตามวันที่ 6 พฤศจิกายน 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



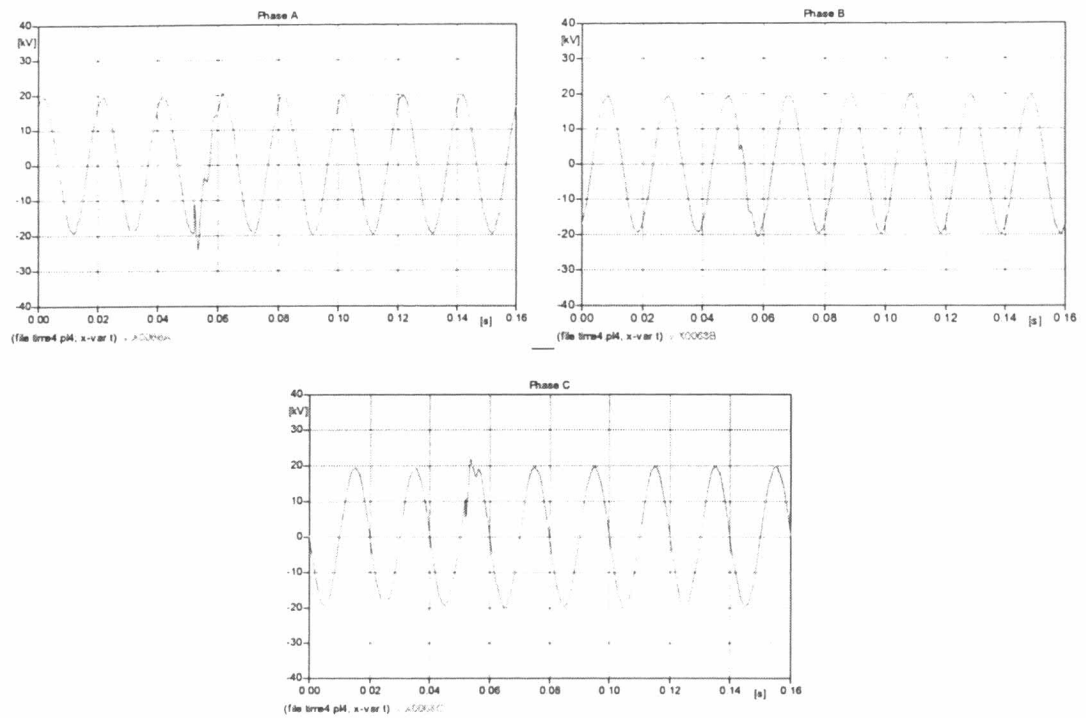
รูปที่ 5. 59 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



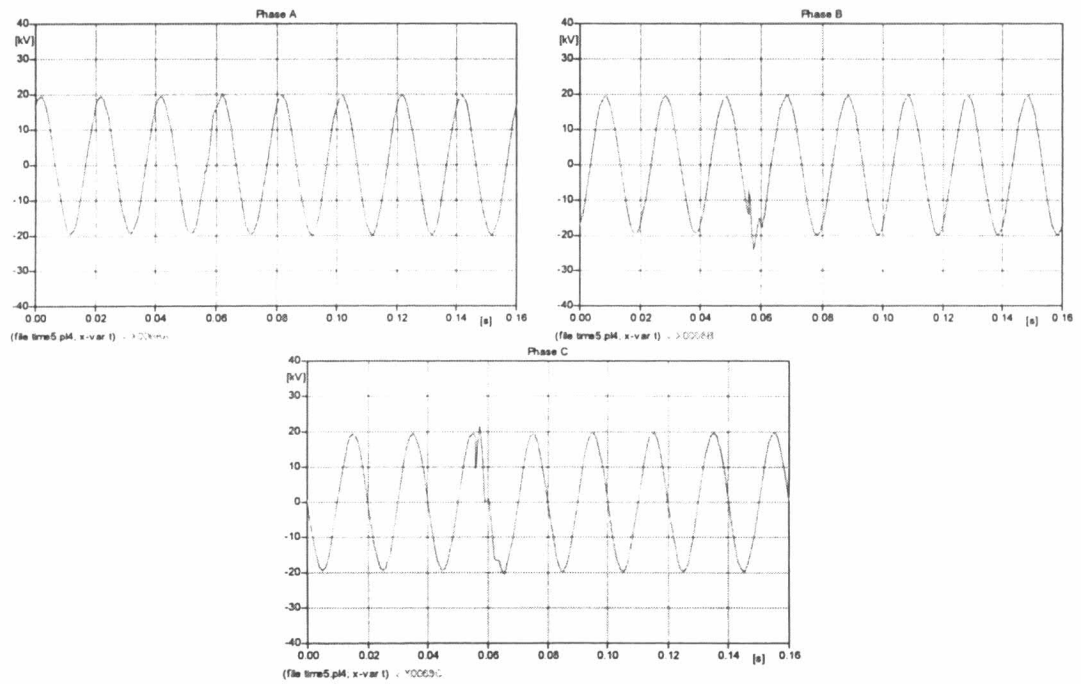
รูปที่ 5. 60 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 61 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส

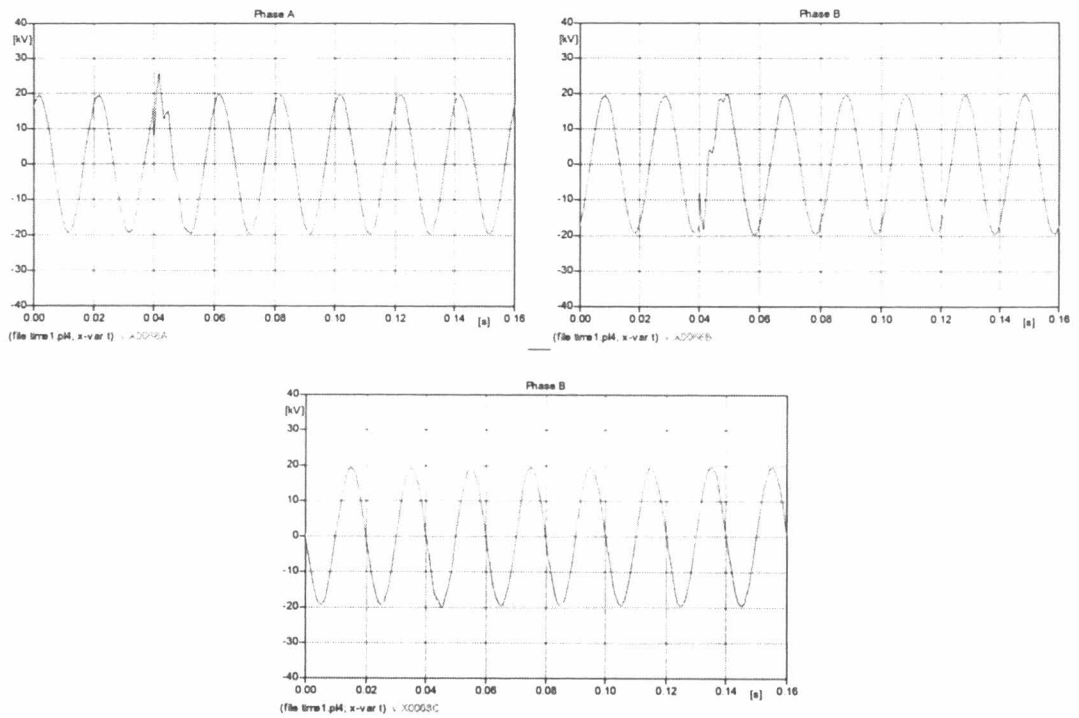


รูปที่ 5. 62 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส

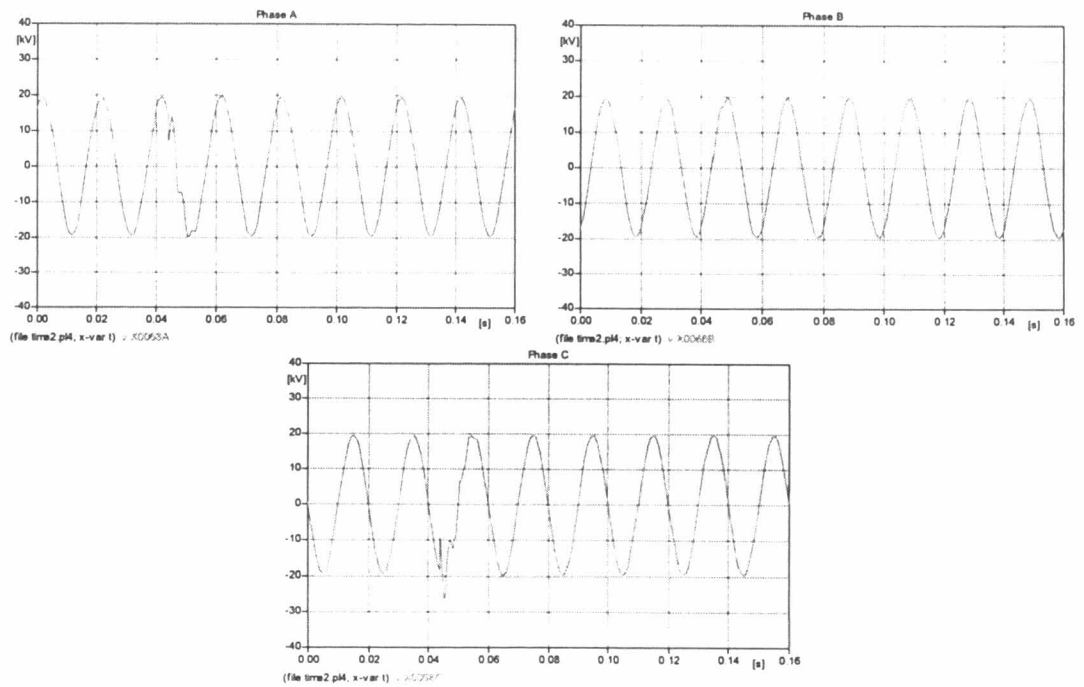


รูปที่ 5. 63 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

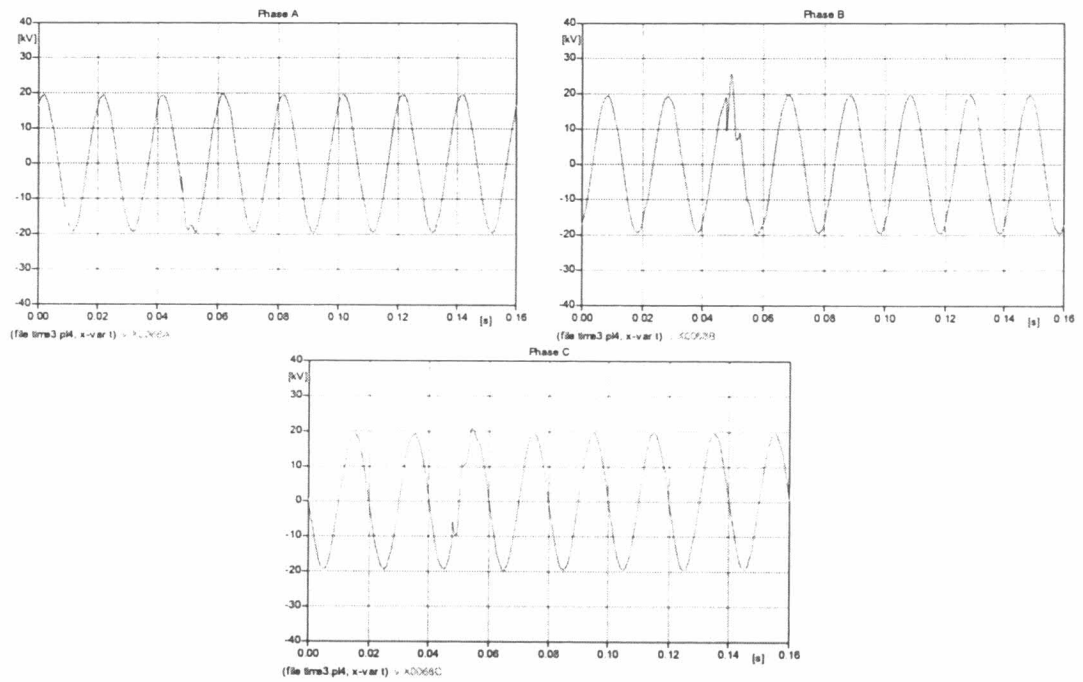
- ค่าโหลดตามวันที่ 28 ตุลาคม 2543 ที่ตำแหน่งเวลาการสับสวิตช์ต่างๆ



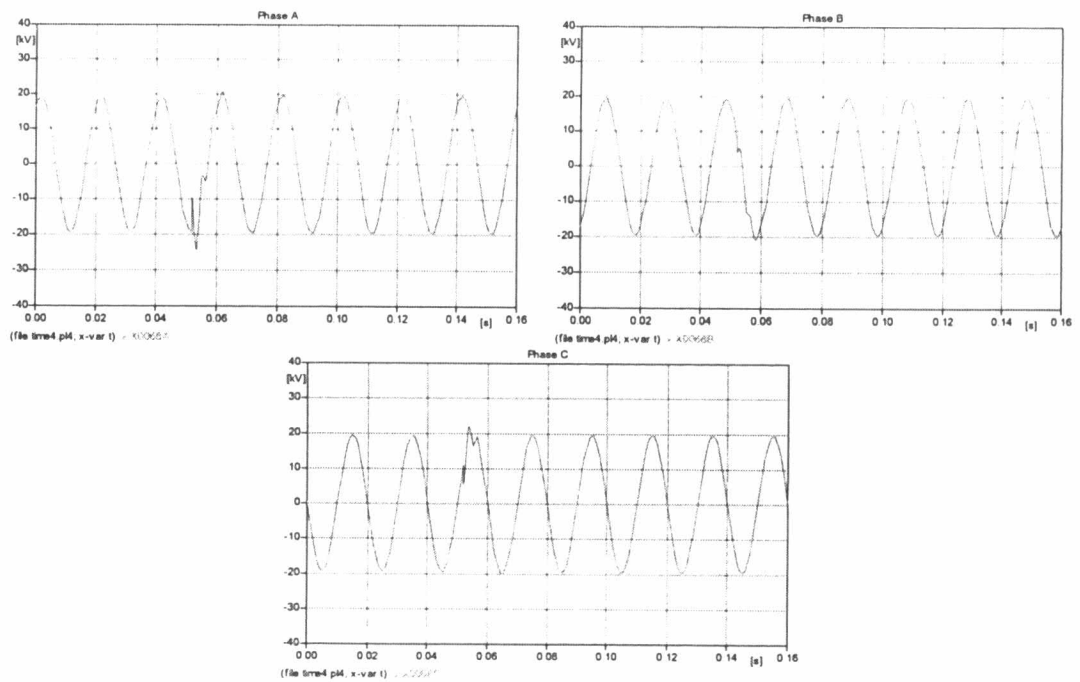
รูปที่ 5. 64 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 1 ทั้ง 3 เฟส



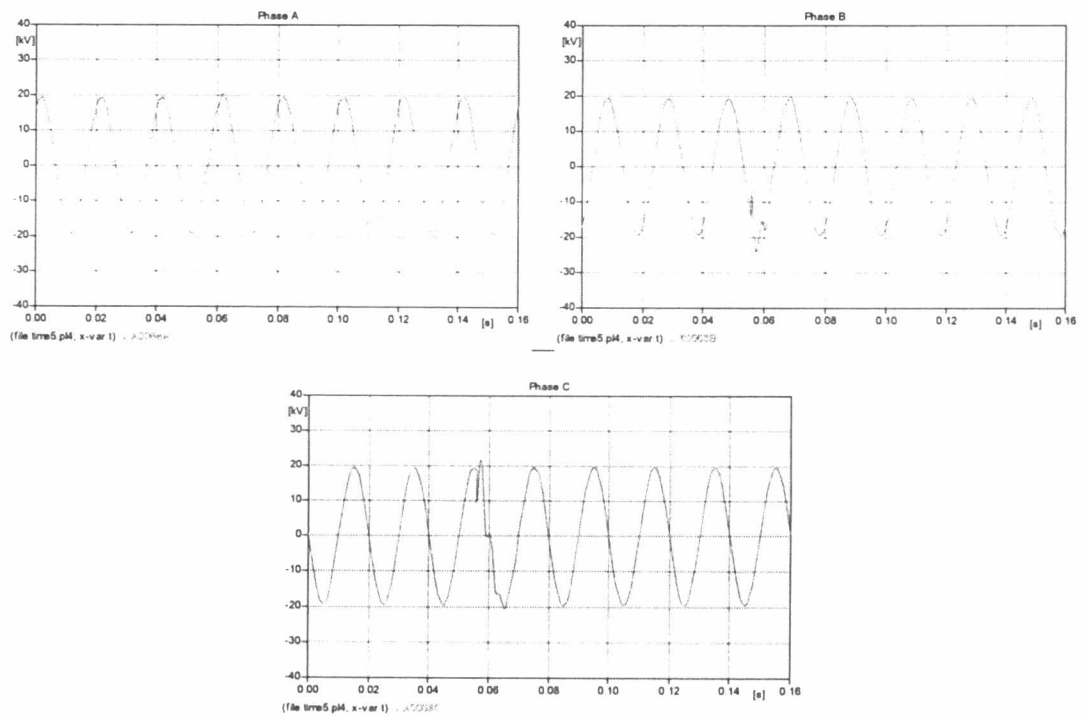
รูปที่ 5. 65 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 2 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 66 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 3 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 67 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 4 ทั้ง 3 เฟส



รูปที่ 5. 68 รูปคลื่นแรงดันระดับกลางที่ตำแหน่ง Time 5 ทั้ง 3 เฟส

คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันตั้งแต่ รูปที่ 5.44-5.68 จะแสดงผลตามตารางที่ 5.11-5.14

ตารางที่ 5.11 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Max voltage, V_F) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	maximum voltage (pu.)			V_F (pu.)		
	A	B	C	A	B	C
5.44	1.335	1.02	*	0.8313	-0.8825	*
5.45	1.0461	*	1.3576	0.7585	*	-0.9305
5.46	1.0273	1.3282	1.0785	-0.3433	0.9772	-0.6332
5.47	1.2483	1.0768	1.1381	-0.9902	0.4463	0.5435
5.48	*	1.259	1.117	*	-0.7165	0.951
5.49	1.3469	1.0334	*	0.8316	-0.8823	*
5.50	1.0548	1.0359	1.3698	0.7581	0.737	-0.9307
5.51	1.0352	1.3416	1.0888	-0.3438	0.9773	-0.6327
5.52	1.2607	1.0843	1.1463	-0.9902	0.4458	0.544
5.53	1.0509	1.2702	1.1285	-0.2347	-0.7168	0.9508
5.54	1.3587	1.0459	*	0.8334	-0.8805	*
5.55	1.078	1.0404	1.3794	0.7559	0.1159	-0.9318
5.56	1.0411	1.3502	1.1062	-0.347	0.9779	-0.6299
5.57	1.2682	1.0967	1.1582	-0.9899	0.4425	0.5469
5.58	1.057	1.2822	1.1323	-0.0373	-0.7194	0.9497
5.59	1.3194	1.0081	*	0.8284	-0.885	*
5.60	1.0255	*	1.3437	0.7621	*	-0.9286
5.61	1.019	1.3184	1.0614	-0.3382	0.9763	-0.6374
5.62	1.2378	1.0644	1.1225	-0.9906	0.4512	0.5388
5.63	*	1.2436	1.1103	*	-0.7127	0.9525
5.64	1.3246	1.0154	*	0.8287	-0.8847	*
5.65	1.0308	*	1.3499	0.7618	*	-0.9288
5.66	1.0237	1.3228	1.0664	-0.3387	0.9765	-0.6369
5.67	1.243	1.0691	1.1269	-0.9906	0.4506	0.5394
5.68	*	1.2475	1.1143	*	-0.7132	0.9523

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.12 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (V_s , Max Squared WTC1) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	V_s (pu.)			Max Squared WTC1		
	A	B	C	A	B	C
5.44	0.4562	-0.4579	*	0.023	0.0266	*
5.45	0.3747	*	-0.488	0.025	*	0.037
5.46	-0.2396	0.5207	-0.3148	0.0079	0.0508	0.0186
5.47	-0.494	0.2013	0.2925	0.0572	0.0096	0.02
5.48	*	-0.4109	0.5148	*	0.027	0.042
5.49	0.4456	-0.4469	*	0.025	0.0288	*
5.50	0.3757	0.8183	-0.4894	0.0241	0.0011	0.0356
5.51	-0.2377	0.5057	-0.3055	0.0084	0.0541	0.0198
5.52	-0.4983	0.203	0.2951	0.0562	0.0094	0.0197
5.53	-0.1022	-0.4046	0.5064	0.0017	0.0281	0.0436
5.54	0.4454	-0.4448	*	0.0251	0.0287	*
5.55	0.374	0.1547	-0.4893	0.0237	0.0012	0.0353
5.56	-0.2384	0.5049	-0.3034	0.0086	0.0544	0.0197
5.57	-0.498	0.2013	0.2965	0.0562	0.0092	0.0199
5.58	0.0325	-0.4045	0.5039	0.0017	0.0285	0.0439
5.59	0.4487	-0.4531	*	0.025	0.0291	*
5.60	0.3799	*	-0.4912	0.0249	*	0.0363
5.61	-0.2383	0.5095	-0.3105	0.0081	0.0531	0.0197
5.62	-0.4992	0.2059	0.2929	0.0562	0.0096	0.0193
5.63	*	-0.4081	0.5148	*	0.0269	0.0424
5.64	0.449	-0.4531	*	0.0249	0.029	*
5.65	0.3799	*	-0.4914	0.0247	*	0.0361
5.66	-0.2386	0.5097	-0.3103	0.0081	0.0531	0.0197
5.67	-0.4992	0.2056	0.2932	0.0562	0.0096	0.0193
5.68	*	-0.4086	0.515	*	0.0269	0.0423

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.13 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Max Squared WTC2, transient duration) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	Max Squared WTC2			transient duration (Cycle)		
	A	B	C	A	B	C
5.44	0.0746	0.0854	*	0.3125	0.3125	*
5.45	0.0327	*	0.0627	0.5	*	0.5
5.46	0.0111	0.0731	0.0271	0.25	0.5	0.3521
5.47	0.0224	0.0069	0.0045	0.5	0.25	0.5
5.48	*	0.0387	0.0609	*	0.4375	0.5
5.49	0.0773	0.0883	*	0.3125	0.3125	*
5.50	0.0335	0.005	0.0642	0.5	0.25	0.5
5.51	0.0118	0.0774	0.0286	0.25	0.5	0.25
5.52	0.0204	0.0065	0.005	0.5	0.25	0.36
5.53	0.0026	0.0402	0.0632	0.25	0.6875	0.5
5.54	0.0768	0.0872	*	0.375	0.3125	*
5.55	0.0337	0.0052	0.0652	0.5	0.25	0.5
5.56	0.0121	0.0778	0.0285	0.25	0.5	0.25
5.57	0.0196	0.0062	0.0054	0.6875	0.4	0.34
5.58	0.0025	0.0408	0.0635	0.35	0.6875	0.5
5.59	0.0768	0.0886	*	0.3125	0.3125	*
5.60	0.0323	*	0.0612	0.3125	*	0.5
5.61	0.0113	0.0761	0.0286	0.25	0.5	0.25
5.62	0.0227	0.0071	0.0044	0.5	0.34	0.34
5.63	*	0.0385	0.0614	*	0.375	0.5
5.64	0.0762	0.0878	*	0.3125	0.3125	*
5.65	0.0324	*	0.0614	0.3125	*	0.5
5.66	0.0113	0.076	0.0285	0.25	0.5	0.25
5.67	0.0224	0.007	0.0043	0.5	0.34	0.34
5.68	*	0.0385	0.0613	*	0.375	0.5

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

ตารางที่ 5.14 การรายงานคุณลักษณะรูปคลื่น (Estimated Frequency) โดยแยกแต่ละเฟส

รูปที่	Estimated Frequency (Hz)		
	A	B	C
5.44	474.0741	446.5116	*
5.45	474.0741	*	446.5116
5.46	581.8182	457.1429	468.2927
5.47	446.5116	1280	512
5.48	*	457.1429	457.1429
5.49	474.0741	446.5116	*
5.50	474.0741	6400	446.5116
5.51	556.5217	417.3913	457.1429
5.52	446.5116	1280	492.3077
5.53	711.1111	446.5116	408.5106
5.54	408.5106	412.9032	*
5.55	417.3913	3200	406.3492
5.56	556.5217	400	457.1429
5.57	406.3492	533.3333	492.3077
5.58	3200	446.5116	400
5.59	474.0741	457.1429	*
5.60	492.3077	*	446.5116
5.61	2133.333	474.0741	556.5217
5.62	446.5116	1280	1066.667
5.63	*	556.5217	474.0741
5.64	474.0741	457.1429	*
5.65	492.3077	*	446.5116
5.66	2133.333	474.0741	556.5217
5.67	446.5116	1280	533.3333
5.68	*	468.2927	474.0741

หมายเหตุ * คือไม่สามารถหาค่าได้

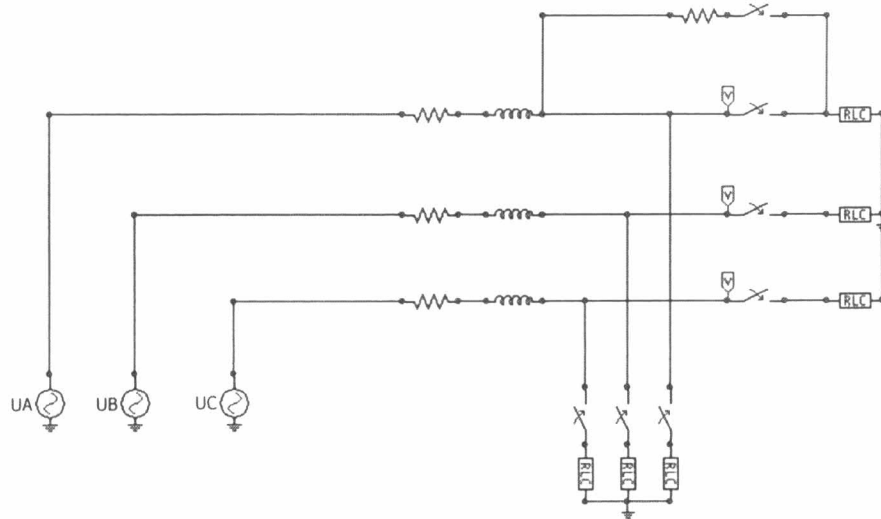
ผลการใช้คุณลักษณะของรูปคลื่นในการสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตซ์ของกรณีศึกษาที่ 2 โดยใช้การพิจารณาแต่ละเฟสได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.15 ผลการสันนิษฐานการสับสวิตซ์ตัวเก็บประจุที่จำลองรูปแบบ Back to Back Energizing

รูปที่	Phase A	Phase B	Phase C	ผลการสันนิษฐานรูปแบบ
5.44	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.45	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.46	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.47	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.48	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.49	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.50	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.51	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.52	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.53	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.54	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.55	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.56	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.57	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.58	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.59	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.60	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.61	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.62	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.63	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.64	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.65	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง
5.66	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.67	เงื่อนไขครบถ้วน	ไม่ครบเงื่อนไข	ไม่ครบเงื่อนไข	ถูกต้อง
5.68	ไม่ครบเงื่อนไข	เงื่อนไขครบถ้วน	เงื่อนไขครบถ้วน	ถูกต้อง

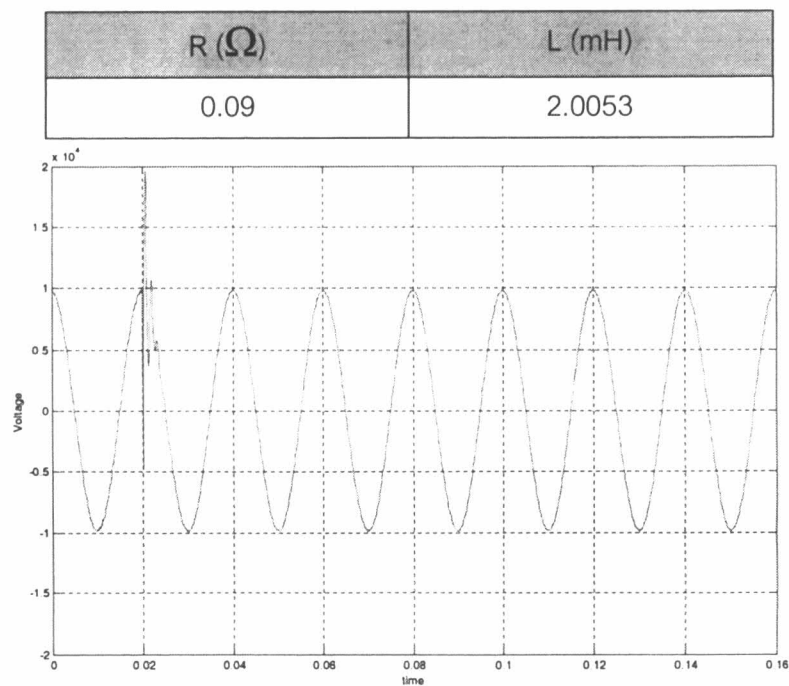
จะพบว่าสามารถสันนิษฐานได้ถูกต้องทั้งหมดที่จำลองมา

กรณีศึกษาที่ 3 การเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบหรือการเกิดกระแสคืนตัวจะทำการทดลองจากวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 5. 69 วงจรที่ใช้จำลองการเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบ การจำลองจะลองเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ของระบบเพื่อสังเกตความแตกต่างของคุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดัน

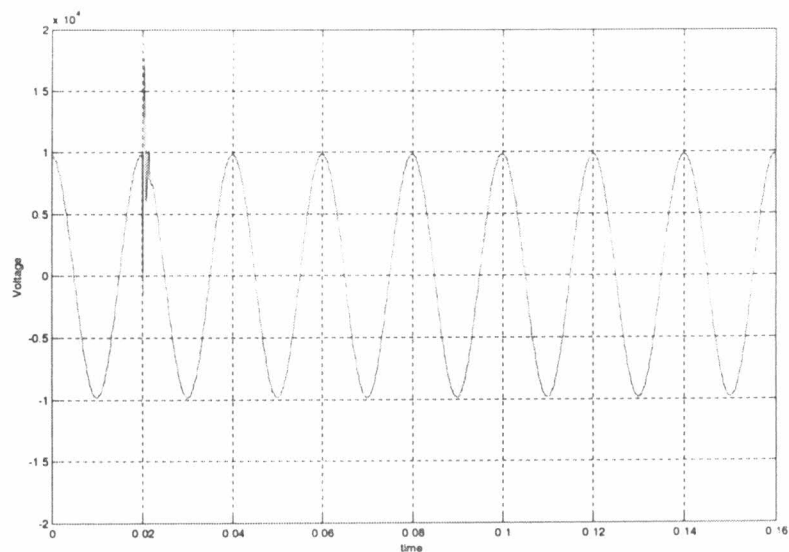
ที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z_1



รูปที่ 5. 70 รูปคลื่นแรงดันจำลองที่เกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z_1

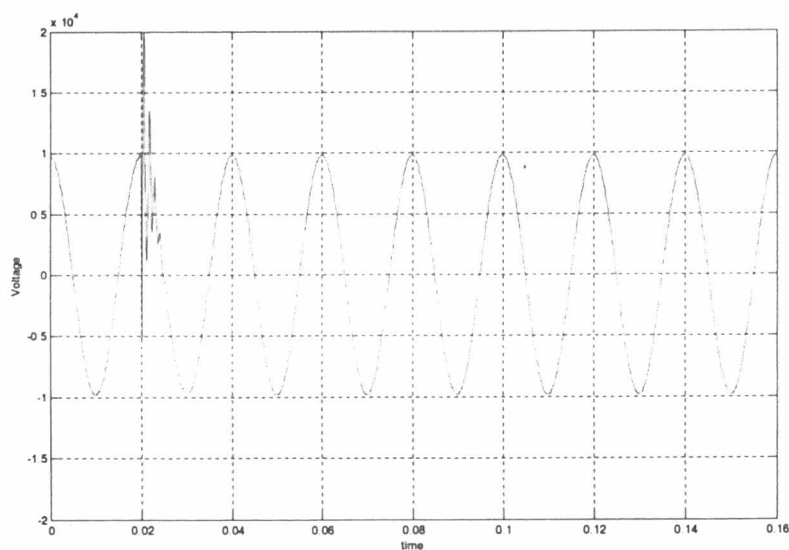
ที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z2

R (Ω)	L (mH)
0.04	0.9217



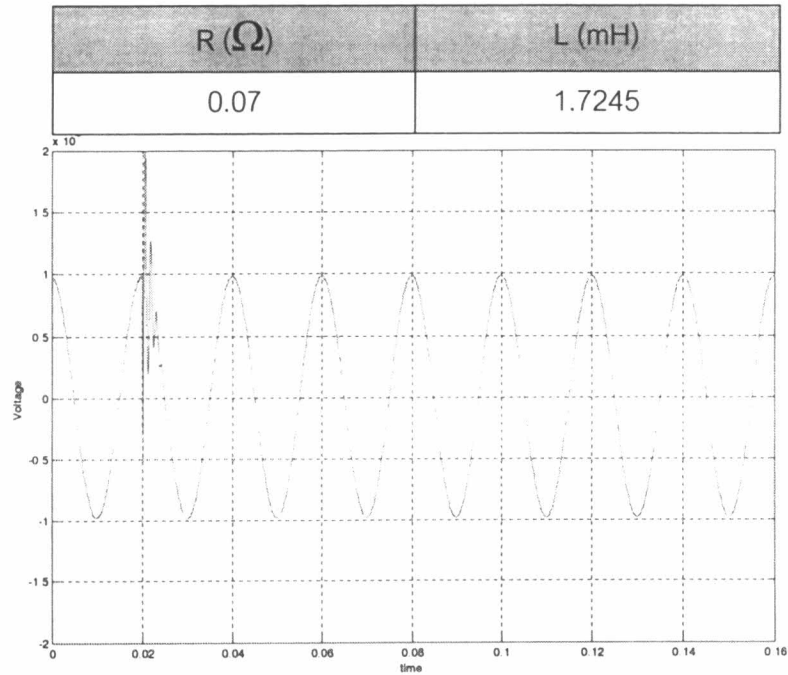
รูปที่ 5. 71 รูปคลื่นแรงดันจำลองที่เกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกค่าอิมพีแดนซ์ Z2
ค่าอิมพีแดนซ์ Z3

R (Ω)	L (mH)
0.06	1.6016



รูปที่ 5. 72 รูปคลื่นแรงดันจำลองที่เกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกค่าอิมพีแดนซ์ Z3

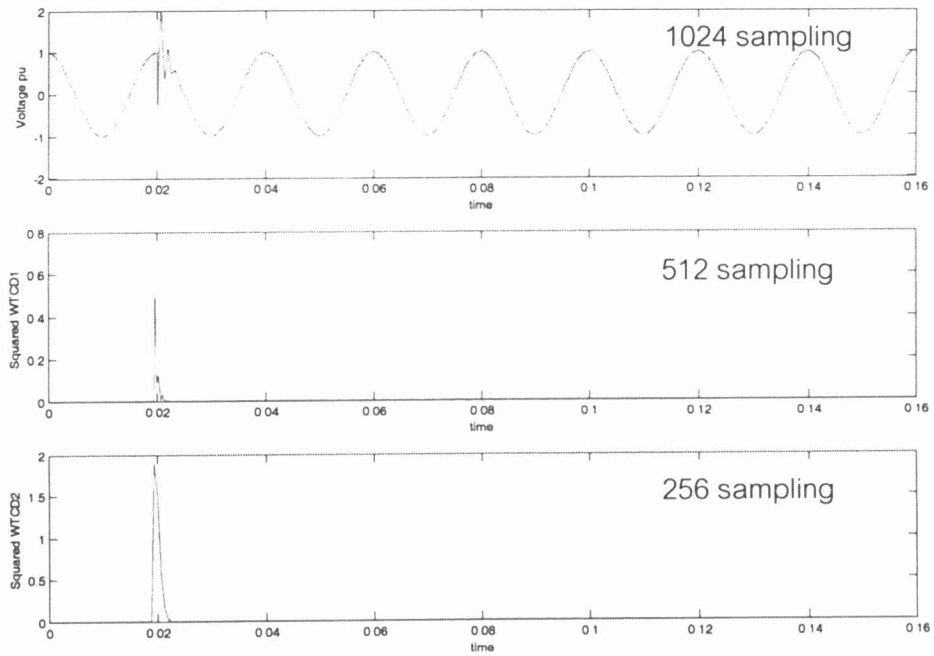
ค่าอิมพีแดนซ์ Z4



รูปที่ 5. 73 รูปคลื่นแรงดันจำลองที่เกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกค่าอิมพีแดนซ์ Z4

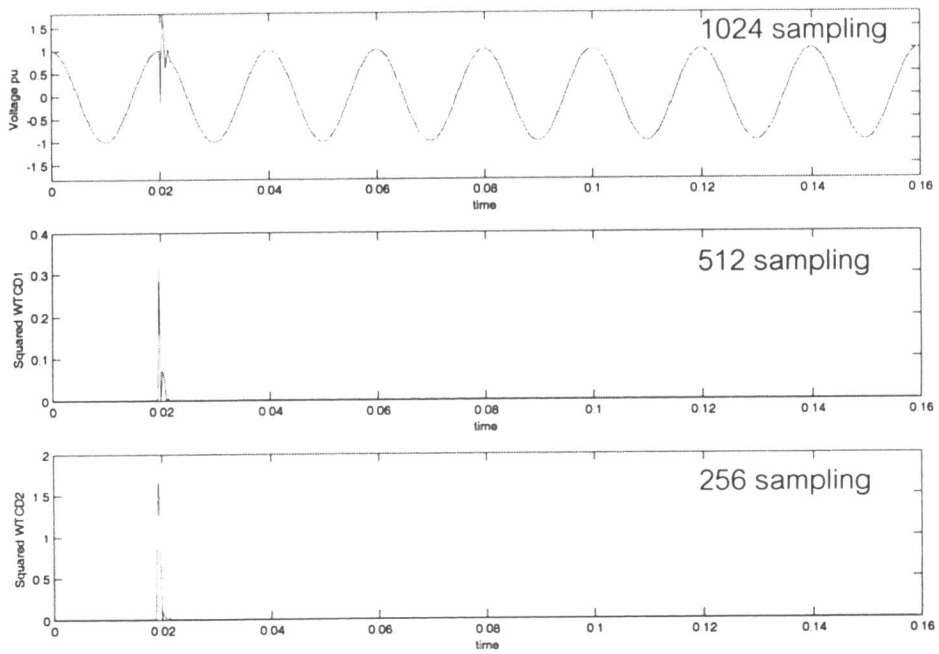
สำหรับกรณีศึกษาที่ 3 การเกิดอาร์คขณะปลดตัวเก็บประจุออกจากระบบหรือการเกิดกระแสคืนตัวจะเกิดปัญหาเพียงเฟสเดียว จึงวิเคราะห์เฟสเดียวและเนื่องจากค่าความต้านทานขณะเกิดอาร์คมีค่าไม่แน่นอนการสันนิษฐานรูปแบบจึงใช้จากเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้ จะแสดงดังนี้

ที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z1



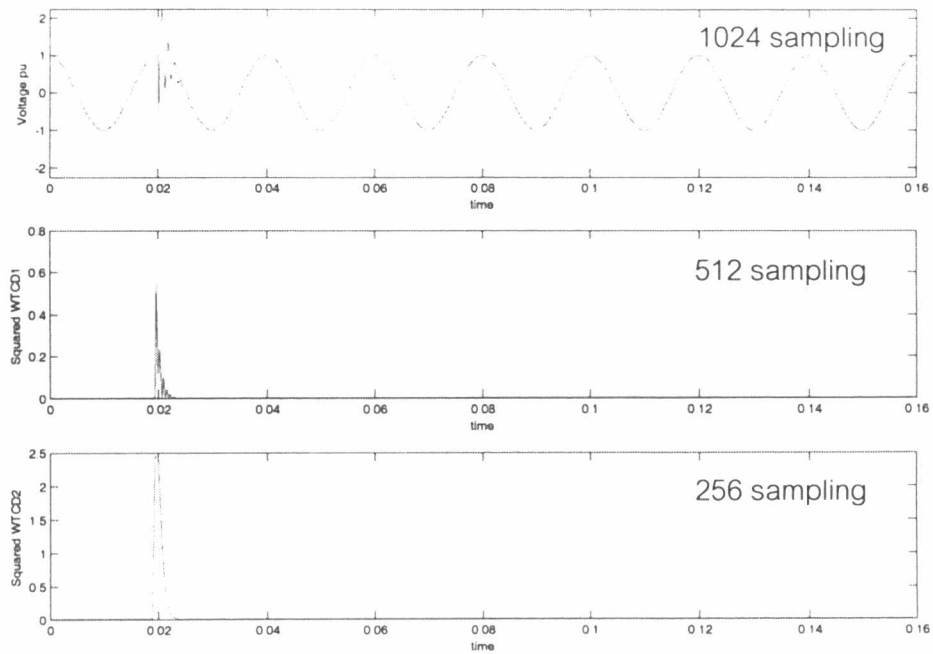
รูปที่ 5. 74 การวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z1

ที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z2



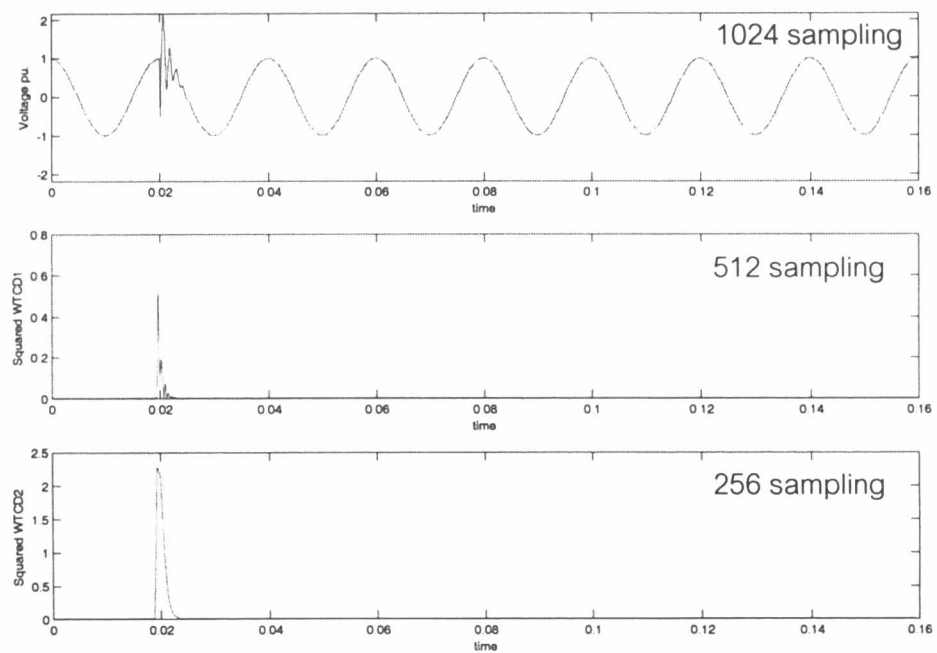
รูปที่ 5. 75 การวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันที่ค่าอิมพีแดนซ์ Z2

ที่ค้ำอิมพีแดนซ์ Z3



รูปที่ 5. 76 การวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันที่ค้ำอิมพีแดนซ์ Z3

ที่ค้ำอิมพีแดนซ์ Z4



รูปที่ 5. 77 แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันที่ค้ำอิมพีแดนซ์ Z4

ตารางที่ 5.16 สรุปการหาคุณลักษณะของรูปที่ 5.74 – 5.77 และผลการสันนิษฐานรูปแบบการ
สับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

คุณลักษณะของรูปคลื่น	รูปที่ 5.74	รูปที่ 5.75	รูปที่ 5.76	รูปที่ 5.77
maximum voltage (pu.)	2.0031	1.8146	2.2403	2.1749
V_F (pu.)	1.0078	1.0036	1.0061	1.0065
V_S (pu.)	-0.4921.	-0.1479	-0.5208	-0.5211
MAX(Squared WTC_{D1})	0.5336	0.3129	0.5511	0.5521
MAX(Squared WTC_{D2})	1.9027	1.7388	2.4443	2.2851
transient duration (cycle)	0.1250	0.0469	0.2500	0.2500
Frequency (Hz)	1163.63	1600.00	1066.66.	1066.66
การประเมินรูปคลื่น				
NORMAL ENERGIZING (%)	31.91	43.01	31.91	31.25
BACK-TO-BACK ENERGIZING (%)	15.96	5.38	15.96	14.20
RESTRRIKE ON OPEN (%)	52.13	51.61	52.13	54.55
การสรุปคำตอบ	RESTRRIKE	RESTRRIKE	RESTRRIKE	RESTRRIKE

จะพบว่าสามารถสันนิษฐานได้ถูกต้องทั้งหมดที่จำลองมา

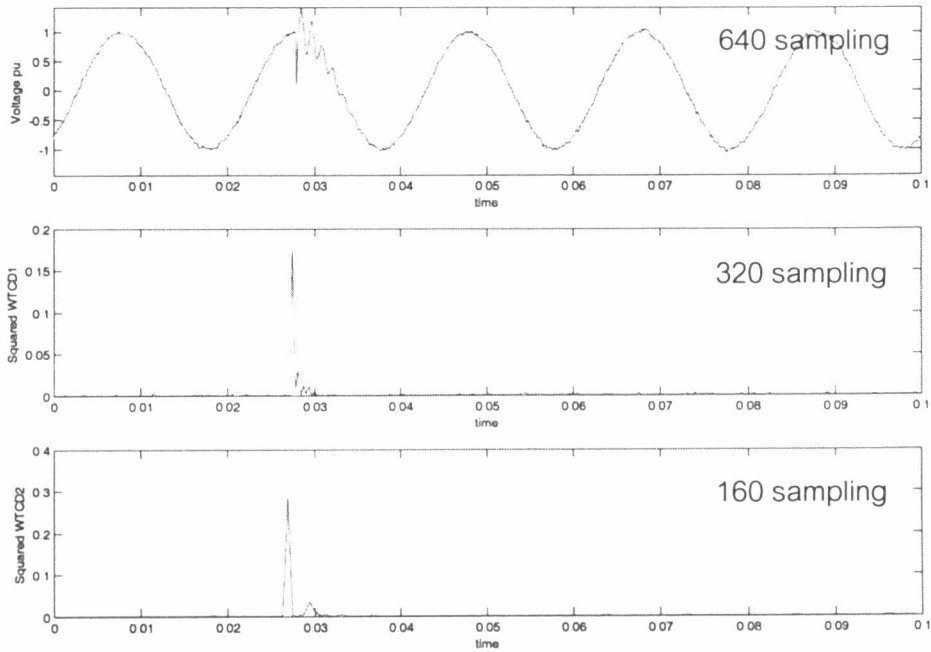
5.4 การสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังจริงที่ระดับแรงดันขนาด กลาง 33 kV โดยใช้คุณลักษณะรูปคลื่นแรงดัน

จากการทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลังเข้าและออกกับระบบไฟฟ้าจริงได้ ผล
การทดลองทั้งหมด 9 รูปคลื่น ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

- NORMAL ENERGIZING 3 เหตุการณ์
- BACK-TO-BACK ENERGIZING 6 เหตุการณ์

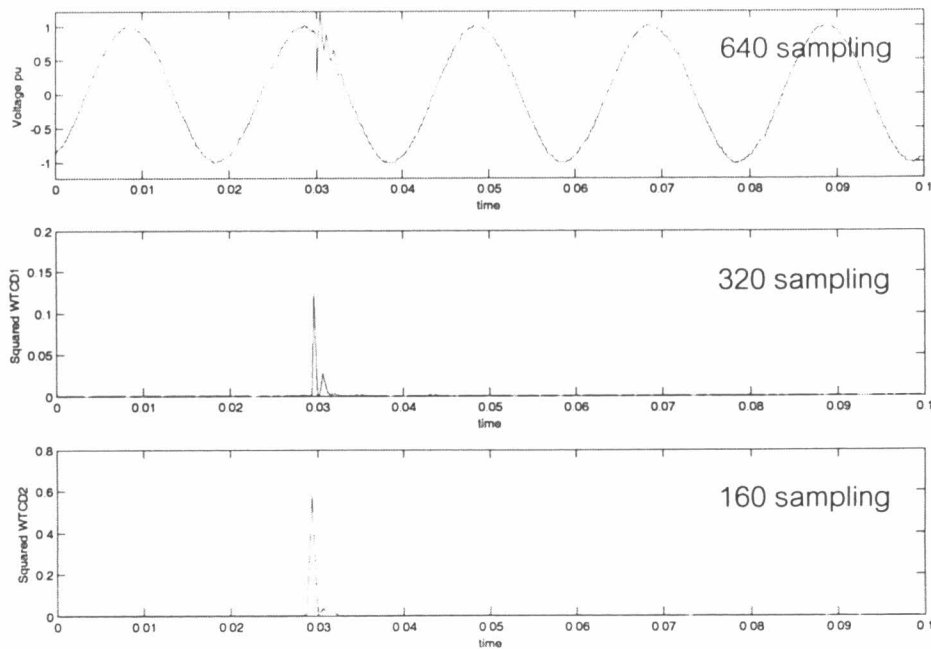
สำหรับเหตุการณ์ CAPACITOR SWITCH RESTRRIKE ON OPEN จากการ
ทดลองไม่สามารถวัดได้ ดังนั้นจึงใช้เหตุการณ์ทั้งหมด 9 เหตุการณ์ในการการสันนิษฐานรูปแบบ
การสับสวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

5.4.1 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 1



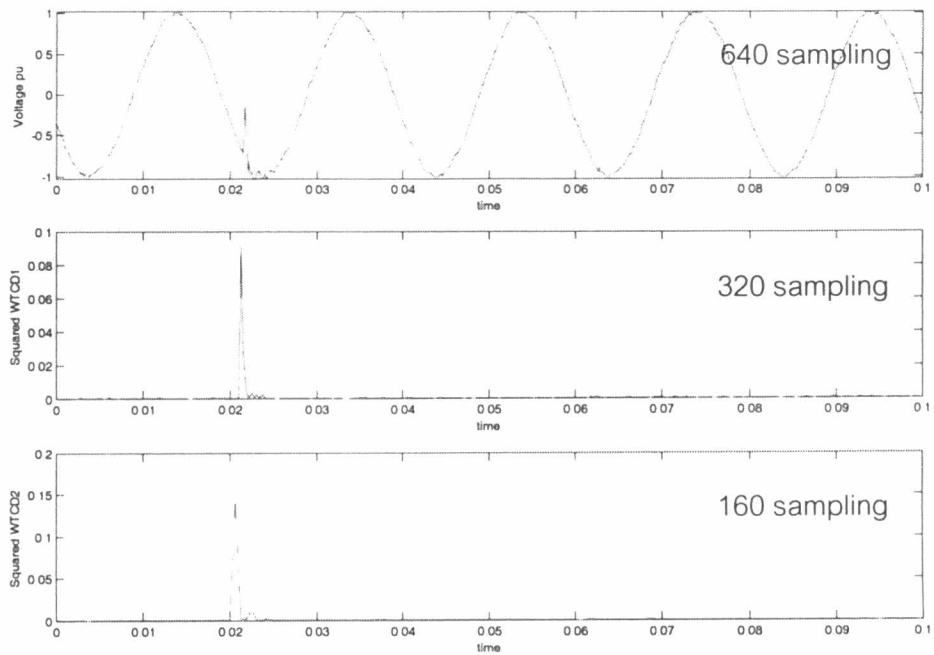
รูปที่ 5. 78 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 1 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.2 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 2



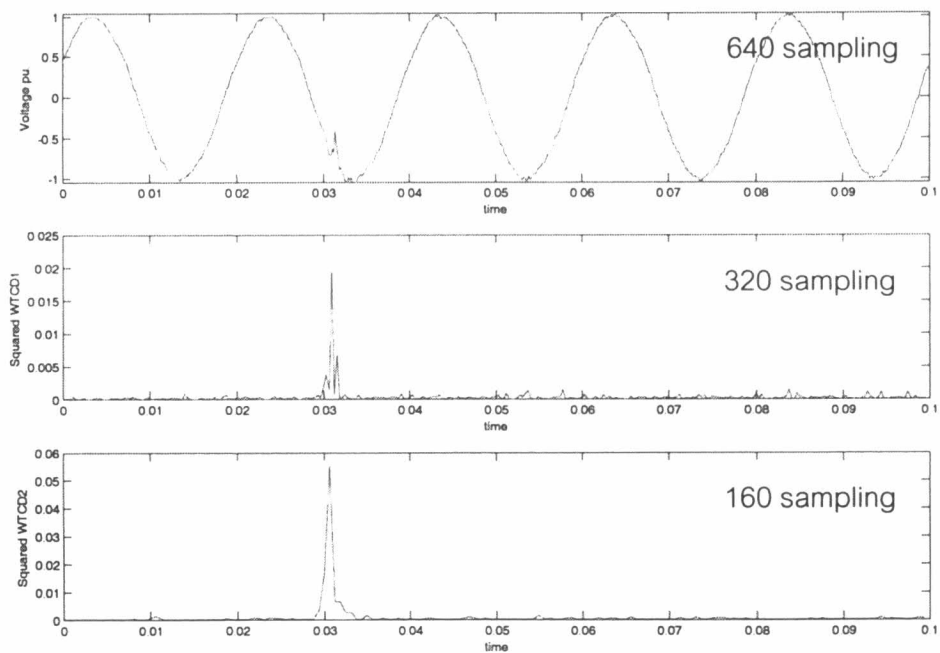
รูปที่ 5. 79 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 2 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.3 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 3



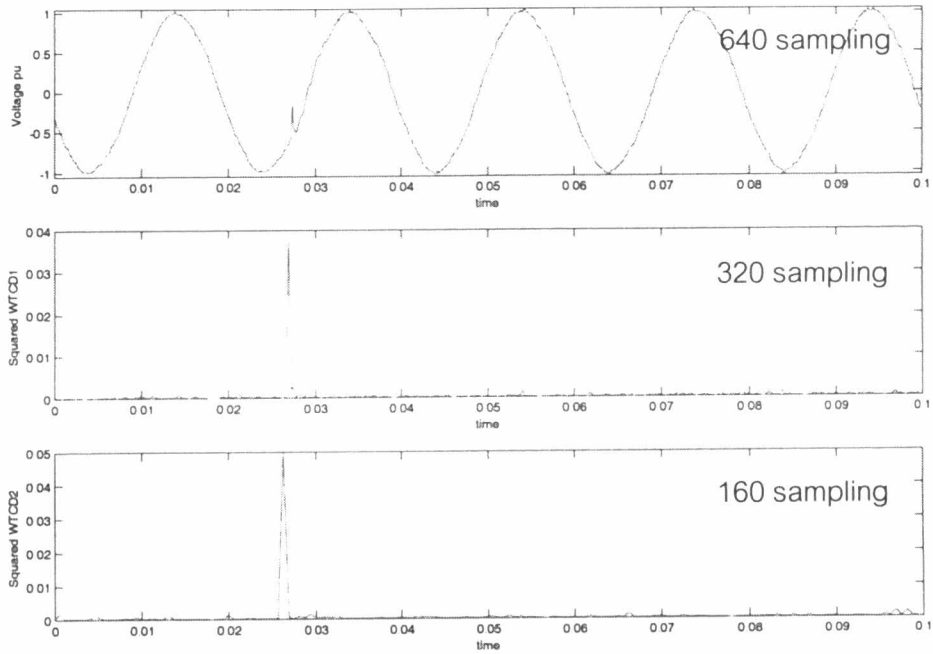
รูปที่ 5. 80 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 3 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.4 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 4



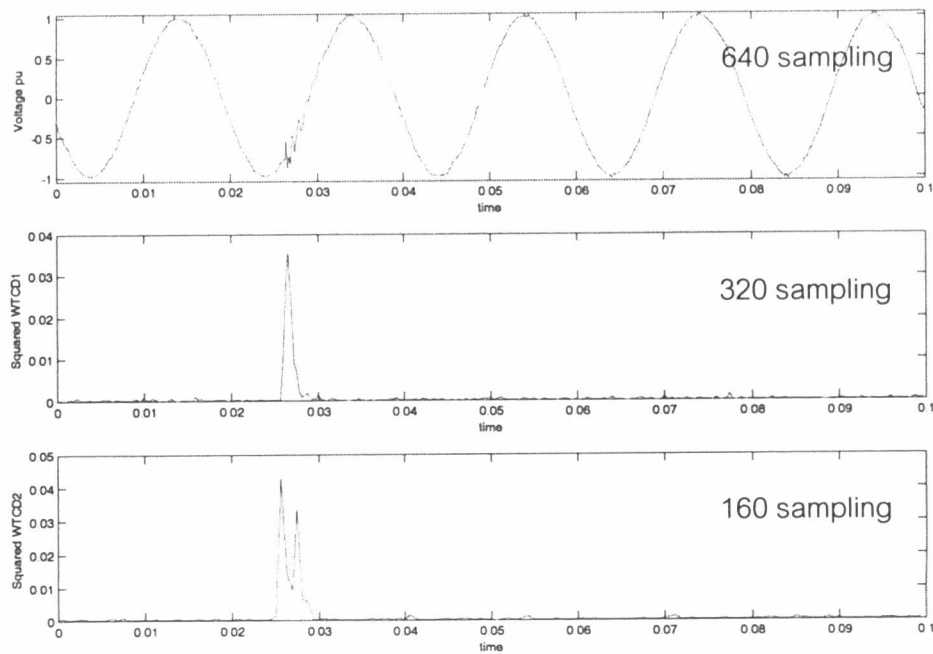
รูปที่ 5. 81 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 4 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.5 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 5



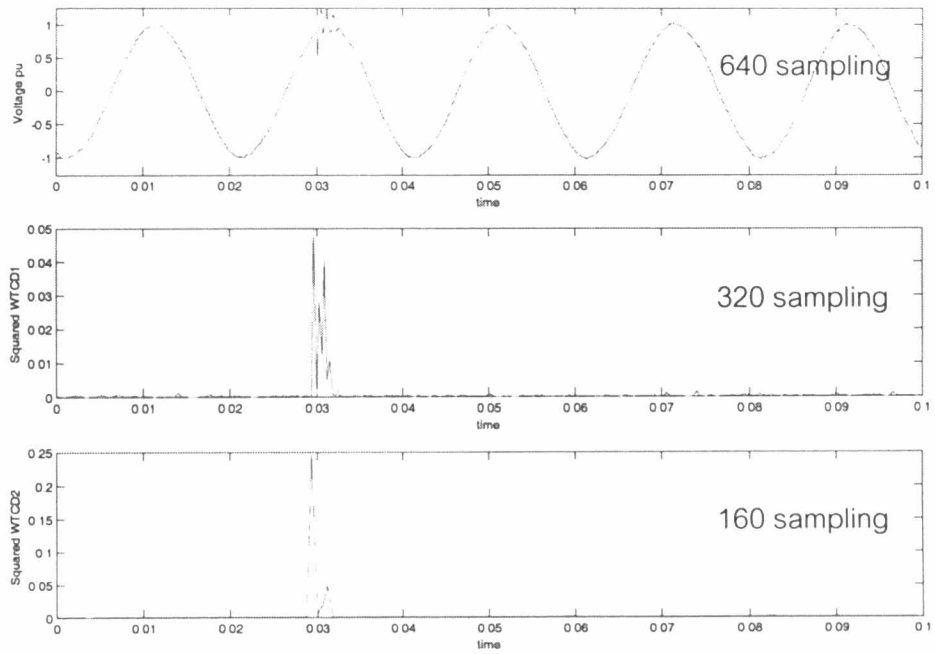
รูปที่ 5. 82 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 5 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.6 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 6



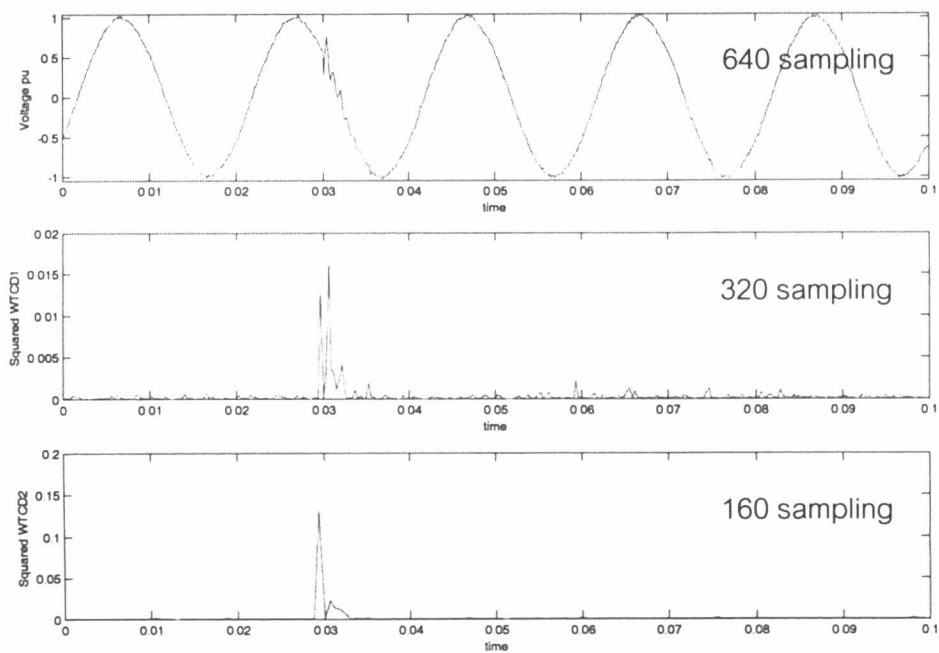
รูปที่ 5. 83 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 6 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.7 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 7



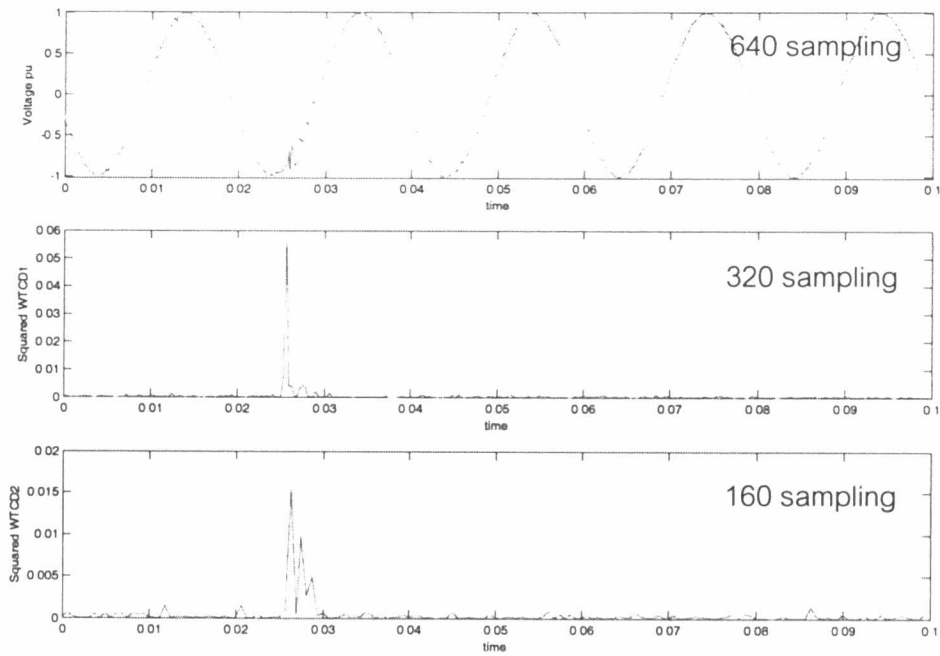
รูปที่ 5. 84 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 7 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.8 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 8



รูปที่ 5. 85 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 8 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น

5.4.9 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 9



รูปที่ 5. 86 การทดลองสับสวิตช์ตัวเก็บประจุครั้งที่ 9 และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะรูปคลื่น
เนื่องผลการทดลองจริงมีเพียงเฟสเดียวจึงต้องใช้การประมาณเหมือนตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.17 สรุปการหาคุณลักษณะของรูปที่ 5.78 – 5.86 และผลการสันนิษฐานรูปแบบการสับวิตช์ตัวเก็บประจุกำลัง

คุณลักษณะของรูปคลื่น	รูปที่ 5.78	รูปที่ 5.79	รูปที่ 5.80	รูปที่ 5.81	รูปที่ 5.82	รูปที่ 5.83	รูปที่ 5.84	รูปที่ 5.85	รูปที่ 5.86
maximum voltage (pu.)	1.4227	1.2310	1.0763	1.0658	1.0450	1.0457	1.2530	1.0426	1.0193
V_F (pu.)	0.9732	0.8976	-0.7175	-0.5836	-0.5862	-0.7652	0.8950	0.5595	-0.8664
V_S (pu.)	0.0737	0.1368	-0.1158	-0.7105	-0.1529	-0.5356	0.4603	0.2797	-0.6880
MAX(Squared WTC _{D1})	0.1805	0.1261	0.0918	0.0204	0.0375	0.0356	0.0494	0.0167	0.0573
MAX(Squared WTC _{O2})	0.2852	0.5755	0.143	0.0557	0.0499	0.0431	0.2454	0.1308	0.0155
transient duration (cycle)	0.1250	0.25	0.0625	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Frequency (Hz)	1024	1745.45	6400	6400	6400	2133.33	1920	1745.45	6400
การประเมินรูปคลื่น									
NORMAL ENERGIZING (%)	68.84	71.43	60.61	19.53	34.48	17.24	17.24	20.83	17.24
BACK-TO-BACK ENERGIZING (%)	18.12	15.87	30.30	74.22	60.34	77.59	77.59	72.92	77.59
RESTRRIKE ON OPEN (%)	13.04	12.70	9.09	6.25	5.17	5.17	5.17	6.25	5.17
การสรุปคำตอบ	NORMAL	NORMAL	NORMAL	B TO B	B TO B	B TO B	B TO B	B TO B	B TO B

5.5 สรุปผลการสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุจากการทดลองจริง

จากรูปคลื่นที่ได้จากการทดลองจริงทั้ง 9 รูปคลื่น สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดันโดยการแปลงเวฟเลท และสามารถใส่ประโยชน์จากคุณลักษณะของรูปคลื่นเพื่อสันนิษฐานรูปแบบการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุ ซึ่งจากหัวข้อที่ผ่านมาได้แสดงผลการสันนิษฐาน พบว่าจากวิธีการดังกล่าวสามารถประมาณรูปคลื่นแรงดันได้ถูกต้องทั้ง 9 รูปคลื่น แต่จะเป็นการบอกจะแนวโน้มความน่าจะเป็นของรูปคลื่น เช่น รูปคลื่นมีเปอร์เซ็นต์ที่จะเป็นรูปแบบการสับสวิตช์แบบใด เนื่องจากรูปคลื่นที่ได้จากการทดลองจริงมีสัญญาณรบกวนจากเครื่องวัดและการถูกตัดทอนความถี่การแกว่งของระบบกับตัวเก็บประจุตามที่ได้แสดงมา ซึ่งจะไม่เหมือนกับการสับสวิตช์ตัวเก็บประจุจากผลการจำลอง (EMTP) ที่สามารถสันนิษฐานรูปแบบได้ถูกต้องตามที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 5.3 และตัวอย่างการวิเคราะห์จะแสดงไว้ที่ภาคผนวก ง