

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 หลักการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูง และหลักการของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมความถี่สูง	6
2.1 บทนำ	6
2.2 การให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูง	6
2.2.1 หลักการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูง	6
2.2.2 วงจรสมมูลของอุปกรณ์ที่มีการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูง	8
2.3 หลักการของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมในกรณีที่แรงดันที่จ่ายให้กับวงจร มีลักษณะคลื่นเป็นไซน์	10
2.3.1 การเปลี่ยนแปลงค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเมื่อเปลี่ยน แปลงค่าความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ที่จ่ายให้กับวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	10
2.3.2 เฟเซอร์ไดอะแกรมของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	12
2.3.3 ค่า Quality factor : Q ของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	14
2.3.4 การเปลี่ยนแปลงขนาดและมุมของอิมพีแดนซ์เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของ แรงดันคลื่นไซน์ที่ค่า Q ต่างๆ	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.5 การเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรเรโซแนนท์ อนุกรมเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ที่ค่า Q ต่างๆ	18
2.3.6 การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันคร่อมตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเมื่อ เปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ที่จ่ายให้กับวงจรที่ค่า Q ต่างๆ ...	21
2.4 หลักการของวงจรเรโซแนนท์อนุกรมกรณีแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร มีลักษณะคลื่นสแควร์.....	23
2.4.1 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสที่ความถี่ต่าง ๆ.....	23
2.4.2 การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร.....	28
2.5 สรุป	29
บทที่ 3 หลักการทำงานและการควบคุมด้วยควิตซ์ไอเซลล์ของอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ขณะจ่าย โหลดเรโซแนนท์อนุกรม.....	31
3.1 บทนำ	31
3.2 หลักการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ขณะจ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรม	31
3.2.1 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ขณะจ่ายโหลดเรโซแนนท์ อนุกรมเมื่อความถี่สวิตซ์ซึ่งต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์.....	32
3.2.2 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ขณะจ่ายโหลดเรโซแนนท์ อนุกรมเมื่อความถี่สวิตซ์ซึ่งเท่ากับความถี่เรโซแนนท์.....	33
3.2.3 การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ขณะจ่ายโหลดเรโซแนนท์ อนุกรมเมื่อความถี่สวิตซ์ซึ่งสูงกว่าความถี่เรโซแนนท์.....	34
3.3 หลักการควบคุมกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตโดยการควบคุมควิตซ์ไอเซลล์ ของคลื่นแรงดันเอาต์พุต	35
3.4 ความถี่สวิตซ์ซึ่งขณะแรงดันศูนย์ (ZVS) ของอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมควิตซ์ไอเซลล์ กรณีที่ไม่คิดผลของตัวเก็บประจุเอาต์พุต (C_{oss}) ของสวิตช์มอสเฟต	41
3.5 ผลของตัวเก็บประจุเอาต์พุต (C_{oss}) ของสวิตช์มอสเฟตที่มีต่อการทำงาน ของอินเวอร์เตอร์	45
3.6 สรุป	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การวิเคราะห์การทำงานของวงจรมอเตอร์ภายใต้สภาวะ ZVS	
และ NON-ZVS โดยมีการควบคุมด้วยดิวิตีไซเคิล	48
4.1 บทนำ	48
4.2 การวิเคราะห์การทำงานของวงจรมอเตอร์ภายใต้สภาวะ ZVS และ NON-ZVS	50
4.2.1 ขบวนการขนถ่ายประจุของตัวเก็บประจุแคปซอร์สของสวิตช์มอสเฟต	50
4.2.2 การวิเคราะห์ห้วงจรแสดงการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในโหมดต่าง ๆ	
ภายใต้สภาวะ ZVS	53
4.2.3 การวิเคราะห์ห้วงจรแสดงการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในโหมดต่าง ๆ	
ภายใต้สภาวะ NON-ZVS	55
4.2.4 การวิเคราะห์หาสมการแรงดันและกระแสตามจุดต่างๆ ของวงจรมอเตอร์	
ในแต่ละโหมดการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS และ NON-ZVS	58
4.3 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่างๆ ในวงจรมอเตอร์จาก	
การคำนวณขณะวงจรมอเตอร์ทำงานภายใต้สภาวะ ZVS และ NON-ZVS	67
4.4 สรุป	74
บทที่ 5 ผลการวิเคราะห์และการทดลอง	75
5.1 บทนำ	75
5.2 คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทของวงจรมอเตอร์จากการคำนวณ	
และทดลองภายใต้สภาวะ ZVS และ NON-ZVS	75
5.3 ผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อการเกิด ZVS หรือ NON-ZVS	78
5.3.1 การกำหนดจุดแบ่งรอยต่อระหว่างสภาวะ ZVS และ NON-ZVS โดยใช้สภาวะ	
Critical ZVS ในการพิจารณา	78
5.3.2 การวิเคราะห์หาเส้นแบ่งรอยต่อระหว่างสภาวะ ZVS และ NON-ZVS ของวงจรมอเตอร์	
ซึ่งกำหนดด้วยตัวแปรวิกฤติของสภาวะ Critical ZVS	80
5.4 สรุป	89
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	90
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	97
ประวัติผู้วิจัย	123

(๗)

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1	ค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการทดลอง..... 81
ตารางที่ 5.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรวิกฤติขณะวงจรทำงานภายใต้ สภาวะ Critical ZVS..... 82
ตารางที่ 5.3	ค่าความต้านทานสมมูล (R) และค่าความเหนี่ยวนำสมมูล (L) ของโหลด ที่ได้จากการวัดขณะอินเวอร์เตอร์ทำงานภายใต้สภาวะ Critical ZVS..... 83

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างและหลักการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำของชิ้นงานทรงกระบอก	7
รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่นของกระแสเมื่อเทียบกับความลึกจากผิวของชิ้นงาน (x)	8
รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของขดลวดเหนี่ยวนำและชิ้นงานซึ่งมองได้เหมือนหม้อแปลงที่มีขดลวดปฐมภูมิเท่ากับ N รอบและขดลวดทุติยภูมิเท่ากับ 1 รอบ	9
รูปที่ 2.4 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมและวงจรเฟเซอร์ในกรณีที่เป็นโหลดของแหล่งจ่ายแรงดันในลักษณะคลื่นไซน์	10
รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงค่ารีแอ็กแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ (X_L/Z_0) และตัวเก็บประจุ (X_C/Z_0) เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	12
รูปที่ 2.6 เฟเซอร์โคออร์ดิเนตของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	13
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของขนาดอิมพีแดนซ์ (Z/Z_0) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	17
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมอิมพีแดนซ์ (θ) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	18
รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของค่า rms ของกระแส ($I_{o,rms}/[V_{o,m}/Z_0]$) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	19
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของกำลังไฟฟ้า ($P_o/[V_{o,m}^2 R/Z_0^2]$) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์อินพุตต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	20
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ ($V_{C,m}/V_{o,m}$) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	22
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของแรงดันคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ($V_{L,m}/V_{o,m}$) และอัตราส่วนความถี่ของแรงดันคลื่นไซน์ต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	23
รูปที่ 2.13 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมและวงจรเฟเซอร์ในกรณีที่แรงดันจ่ายให้เป็นคลื่นสแควร์	25
รูปที่ 2.14 คลื่นแรงดันคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (v_L) แรงดันคร่อมตัวเก็บประจุ (v_C) และกระแสที่ไหลในวงจร (i_o) เมื่อแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรมีลักษณะคลื่นสแควร์	26

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized rms ของกระแสในวงจร ($I_{o,rms}/[V_d/Z_0]$) และอัตราส่วนของความถี่หลักมูลต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	28
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของกำลังไฟฟ้า ($P_o/[V_d^2 R/Z_0^2]$) และอัตราส่วนของความถี่หลักมูลต่อความถี่เรโซแนนท์ (f/f_0)	29
รูปที่ 3.1 วงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์จ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรม.....	32
รูปที่ 3.2 คลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตพร้อมวงจรแสดงโหมคการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เมื่อความถี่สวิตชิงต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์ ($f_s < f_0$).....	32
รูปที่ 3.3 คลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตพร้อมวงจรแสดงโหมคการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เมื่อความถี่สวิตชิงเท่ากับความถี่เรโซแนนท์ ($f_s = f_0$).....	34
รูปที่ 3.4 คลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตพร้อมวงจรแสดงโหมคการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เมื่อความถี่สวิตชิงสูงกว่าความถี่เรโซแนนท์ ($f_s > f_0$).....	35
รูปที่ 3.5 คลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรมที่มี การควบคุมกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตโดยการควบคุมดิฟเฟอเรนเชียลของคลื่นแรงดันเอาต์พุต... 36	
รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงของ $V_{o,(dc)}$, $V_{o,rms(ac)}$, $V_{o1,rms(ac)}$ และ $V_{o,rms(dc,ac)}$ ขณะปรับค่าดิฟเฟอเรนเชียล D.....	37
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า normalized ของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต ($P_o/[V_d^2 R/Z_0^2]$) และค่าดิฟเฟอเรนเชียล (D).....	39
รูปที่ 3.8 องค์ประกอบของคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตพร้อมมุมต่างเฟส.....	41
รูปที่ 3.9 คลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุตเมื่อปรับค่าดิฟเฟอเรนเชียลเท่ากับ 0.2, 0.3 0.5, 0.7 และ 0.8 ในกรณีที่ไม่มีกรปรับเพิ่มความถี่สวิตชิง.....	43
รูปที่ 3.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความถี่สวิตชิงวิกฤตต่อความถี่เรโซแนนท์ ($f_{s,c}/f_0$) และค่าดิฟเฟอเรนเชียล (D).....	45
รูปที่ 3.11 วงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์จ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรมที่คิดผลของ C_{oss} ของสวิตช์มอสเฟต.....	45
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งของประจุในตัวเก็บประจุ C_{oss} ของสวิตช์มอสเฟตในโหมคต่าง ๆ.....	46
รูปที่ 4.1 วงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์และวงจรสมมูลด้านเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ ขณะจ่ายโหลดที่มีการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูง.....	49

(ญ)

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.2 ขั้วอ้างอิงของแรงดันและทิศทางอ้างอิงของกระแสตามจุดต่างๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ เต็มบริดจ์จ่ายโหลดที่มีการให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำซึ่งแทนด้วย RLC อนุกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้.....	50
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงแรงดันคร่อมสวิตช์มอสเฟตในระหว่างที่มีการขนถ่ายประจุ ในแต่ละกิ่งของอินเวอร์เตอร์.....	51
รูปที่ 4.4 ลำดับการขนถ่ายประจุในแต่ละกิ่งของตัวเก็บประจุสวิตช์ภายในหนึ่งไซเคิล ของแรงดันเอาต์พุต.....	52
รูปที่ 4.5 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D < 0.5$ ($D = 0.35$).....	53
รูปที่ 4.6 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D = 0.5$	54
รูปที่ 4.7 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D > 0.5$ ($D = 0.65$).....	55
รูปที่ 4.8 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D < 0.5$ ($D = 0.35$)....	56
รูปที่ 4.9 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D = 0.5$	57
รูปที่ 4.10 วงจรแสดงการทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D > 0.5$ ($D = 0.65$).....	58
รูปที่ 4.11 วงจรแสดงการทำงานในโหมด ① และ ② พร้อมทั้งวงจรสมมูล.....	59
รูปที่ 4.12 วงจรแสดงการทำงานในโหมด ③ และ ④ พร้อมทั้งวงจรสมมูล.....	60
รูปที่ 4.13 วงจรแสดงการทำงานในโหมด ① และ ② พร้อมทั้งวงจรสมมูล.....	63
รูปที่ 4.14 วงจรแสดงการทำงานในโหมด ③ และ ④ พร้อมทั้งวงจรสมมูล.....	65
รูปที่ 4.15 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D < 0.5$ ($D = 0.35$).....	68
รูปที่ 4.16 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D = 0.5$	69
รูปที่ 4.17 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ ZVS สำหรับกรณี $D > 0.5$ ($D = 0.65$).....	70
รูปที่ 4.18 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D < 0.5$ ($D = 0.35$).....	71
รูปที่ 4.19 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D = 0.5$	72

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.20 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสตามจุดต่าง ๆ ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS สำหรับกรณี $D > 0.5$ ($D = 0.65$).....	73
รูปที่ 5.1 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.35$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	76
รูปที่ 5.2 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.5$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	76
รูปที่ 5.3 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.65$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	77
รูปที่ 5.4 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.35$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	77
รูปที่ 5.5 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.5$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	77
รูปที่ 5.6 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสเอาต์พุต v_o , i_o จากการคำนวณ และทดลองที่ค่า $D=0.65$ ขณะวงจรทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS, สเกล : 50 Volt/Div, 5 Amp/Div, 2 μ s/Div.....	77
รูปที่ 5.7 นิยามของตัวแปรวิกฤติและขนาดของ current-time area สำหรับกรณี $D = 0.35$ ($D < 0.5$).....	79
รูปที่ 5.8 นิยามของตัวแปรวิกฤติและขนาดของ current-time area สำหรับกรณี $D = 0.5$	79
รูปที่ 5.9 นิยามของตัวแปรวิกฤติและขนาดของ current-time area สำหรับกรณี $D = 0.65$ ($D > 0.5$).....	80
รูปที่ 5.10 ขนาด current-time area ขณะปรับค่าควิตีไซเคิลจาก 0.4 ลดลงเป็น 0.35	85
รูปที่ 5.11 ขนาด current-time area ขณะปรับค่าควิตีไซเคิลจาก 0.6 เพิ่มขึ้นเป็น 0.65	86

(๓)

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทชิงวิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าคิวด์ไอเซิล (D).....	87
รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีคขององค์ประกอบหลักมูลของกระแสเอาท์พุท วิกฤติ ($I_{o1,c}$) และค่าคิวด์ไอเซิล (D).....	87
รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเฟสค้างขององค์ประกอบหลักมูลวิกฤติ ($\theta_{1,c}$) และค่าคิวด์ไอเซิล (D).....	88
รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาการชาร์จประจุวิกฤติ ($T_{Ch,c}$) และค่าคิวด์ไอเซิล (D).....	88
รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทชิงวิกฤติและค่าคิวด์ไอเซิลสำหรับกรณี ที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1017 เป็นอุปกรณ์สวิทชิงซึ่งมี $C_{ds} = 320$ pF	92
รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทชิงวิกฤติและค่าคิวด์ไอเซิลสำหรับกรณี ที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRFP460 เป็นอุปกรณ์สวิทชิงซึ่งมี $C_{ds} = 870$ pF	92
รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทชิงวิกฤติและค่าคิวด์ไอเซิลสำหรับกรณี ที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1521 เป็นอุปกรณ์สวิทชิง ซึ่งมี $C_{ds} = 2400$ pF.....	93
รูปที่ 6.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทชิงวิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าคิวด์ ไอเซิล (D) เมื่อใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1521, IRFP460 และ 2SK1017.....	93