

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

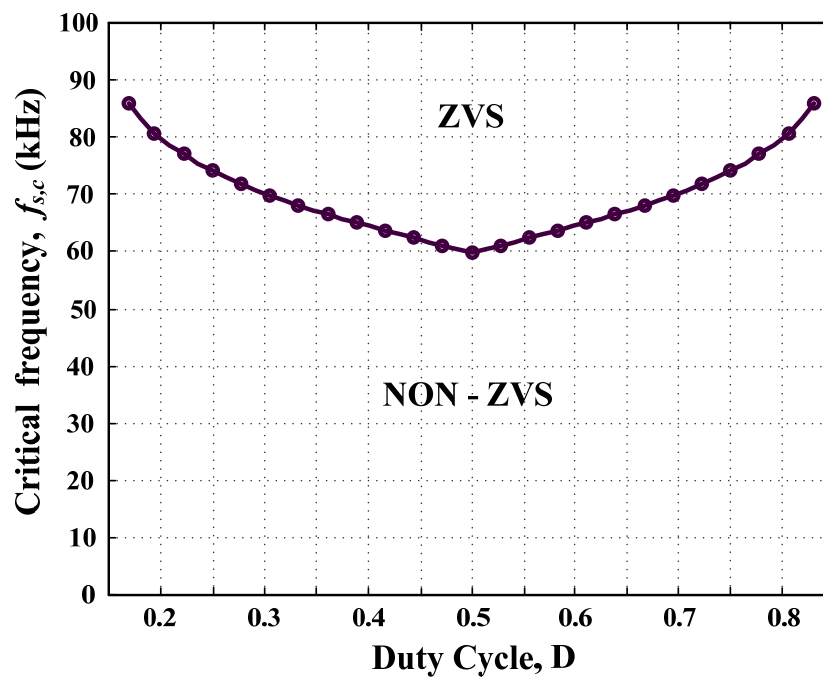
งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการวิเคราะห์การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์ที่ใช้เพาเวอร์ MOSFET เป็นอุปกรณ์สวิตชิงจ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรมของอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยการเหนี่ยวนำความถี่สูงที่สามารถปรับค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุตด้วยวิธีการปรับค่าความถี่สวิตชิ่งของคลื่นแรงดันเอาต์พุต เพื่อวิเคราะห์การทำงานของวงจรที่ได้มีการเพิ่มโหมดการทำงานที่เกิดจากการขนถ่ายประจุของตัวเก็บประจุแคปาซิเตอร์-อินดักเตอร์ของสวิตช์ MOSFET รวมเข้าไปในการวิเคราะห์เพื่อให้เห็นกลไกการทำงานที่แท้จริงของวงจรได้อย่างถูกต้องชัดเจนตลอดย่านของการปรับค่าความถี่สวิตชิ่ง (D) นำไปสู่การพิจารณาเงื่อนไขและตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทำงานของวงจรภายใต้สภาวะ ZVS และ NON-ZVS

การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์จ่ายโหลดเรโซแนนท์อนุกรมที่มีการปรับค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุตด้วยวิธีการปรับค่าความถี่สวิตชิ่งของสัญญาณควบคุมเกทของอินเวอร์เตอร์นั้น ถ้ากำหนดให้สวิตช์เป็นแบบอุดมคติซึ่งไม่มีตัวเก็บประจุ C_{ds} ต่ออยู่ระหว่างแคปาซิเตอร์และอินดักเตอร์ของสวิตช์ ในระหว่างการปรับเพิ่มค่าความถี่สวิตชิ่งในทิศทางลดลงจาก 0.5 หรือในทิศทางเพิ่มขึ้นจาก 0.5 เพื่อปรับลดกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต สามารถทำนายได้ว่าการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS ของอินเวอร์เตอร์จะเกิดขึ้นเสมอถ้ามีการปรับเพิ่มความถี่สวิตชิ่งให้มีค่าสูงพอที่จะทำให้มุมเฟสของกระแสเอาต์พุตไม่นำหน้าทั้งขอบหน้าบวกหรือลบของคลื่นแรงดันเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติที่มีการใช้เพาเวอร์ MOSFET เป็นอุปกรณ์สวิตช์จะพบว่าตัวเก็บประจุ C_{ds} ต่อแฝงอยู่ระหว่างแคปาซิเตอร์และอินดักเตอร์ของสวิตช์ MOSFET ทำให้การทำงานของวงจรภายใต้สภาวะ ZVS ของอินเวอร์เตอร์อาจจะไม่เกิดขึ้นถึงแม้ว่ามุมเฟสของกระแสเอาต์พุตจะไม่นำหน้าทั้งขอบหน้าบวกหรือลบของคลื่นแรงดันเอาต์พุตก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากขนาด Current-Time Area ไม่เพียงพอในการขนถ่ายประจุออกจากตัวเก็บประจุ C_{ds} ได้เสร็จสมบูรณ์ก่อนสวิตช์ดังกล่าวจะเริ่มนำกระแสในจังหวะถัดไป ดังนั้นการที่จะยังคงรักษาสภาวะการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ให้อยู่ภายใต้สภาวะ ZVS ได้นั้นจะต้องปรับเพิ่มความถี่สวิตชิ่งขึ้นไปอีกเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีสวิตช์ในทางอุดมคติดังกล่าวข้างต้น แต่เงื่อนไขในการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS หรือเงื่อนไขที่ทำให้การขนถ่ายประจุออกจากตัวเก็บประจุ C_{ds} ได้เสร็จสมบูรณ์ก่อนสวิตช์เริ่มนำกระแสในจังหวะถัดไปจะมาถึงก็ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความถี่สวิตชิ่งเพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นในวงจรด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ถึงผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อการเกิดสภาวะ ZVS หรือ NON-ZVS ทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความถี่สวิตชิ่ง (f_s) ค่าพิคขององค์ประกอบหลักมูลของกระแสเอาต์พุต (I_{o1}) ค่ามุมเฟส

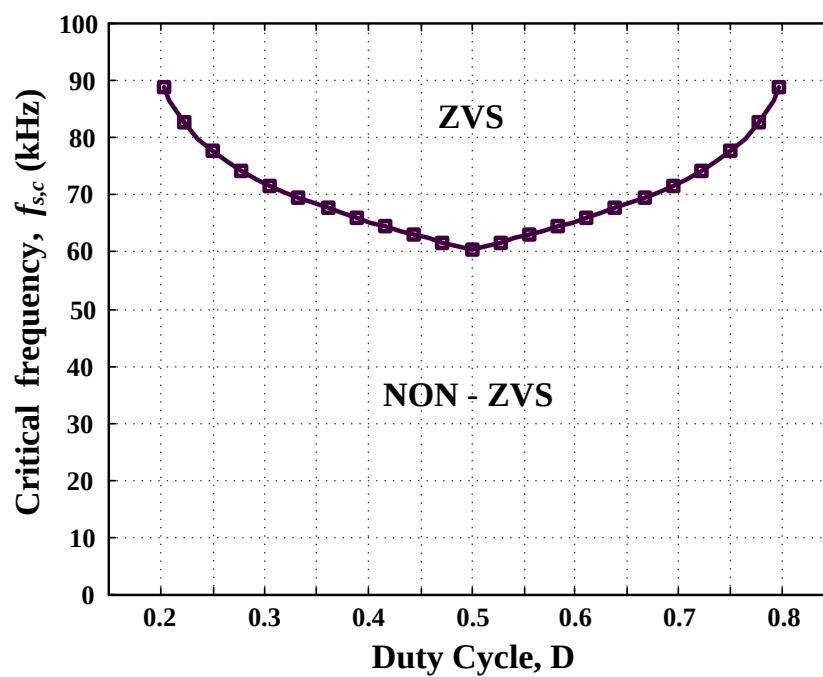
ค่าหลังขององค์ประกอบหลักมูล (θ_1) และค่าเวลาการชาร์จประจุประจุ (T_{Ch}) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้สามารถใช้กำหนดจุดแบ่งรอยต่อระหว่างสภาวะ ZVS และ NON-ZVS ของอินเวอร์เตอร์ที่ค่าดีวีไอซ์เกิดใดๆ ได้ โดยที่การทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์จะอยู่ภายใต้สภาวะ ZVS ได้ก็ต่อเมื่อค่าความถี่สวิตชิง (f_s) ค่าพีคขององค์ประกอบหลักมูลของกระแสเอาต์พุต (I_{o1}) ค่ามูฟเฟสค่าหลังขององค์ประกอบหลักมูล (θ_1) ต้องมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติของมัน ในขณะที่ค่าเวลาการชาร์จประจุ (T_{Ch}) ต้องมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของมัน

สำหรับข้อเสนอแนะที่น่าสนใจและสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความชัดเจนหรือนำไปพัฒนาต่อก็คือ (1) การวิเคราะห์เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเนื่องจากการสวิตช์ (Switching Loss) ในกรณีที่วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงานภายใต้สภาวะ NON-ZVS (2) พิจารณาค่าตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานภายใต้สภาวะ ZVS หรือ NON-ZVS ของวงจรอินเวอร์เตอร์จะง่ายโหดเรโซแนนซ์ที่อนุกรม ตัวอย่างเช่น ค่า Q ค่าแรงดันดีซีลิงค์ เป็นต้น (3) สามารถนำหลักการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้ไปใช้กับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบอื่นได้และ (4) ในการออกแบบระบบควบคุมของวงจรอินเวอร์เตอร์เต็มบริดจ์จะง่ายโหดเรโซแนนซ์ที่อนุกรมที่ควบคุมกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตด้วยวิธีการควบคุมด้วยดีวีไอซ์เกิดจะต้องมีรูปแบบ 2 รูปแบบ คือควบคุมมุมค่าดีวีไอซ์เกิด(D) และควบคุมความถี่สวิตชิง (f_s) ทั้งนี้เพื่อให้การทำงานของอินเวอร์เตอร์อยู่ภายใต้สภาวะ ZVS ตลอดย่านการควบคุม

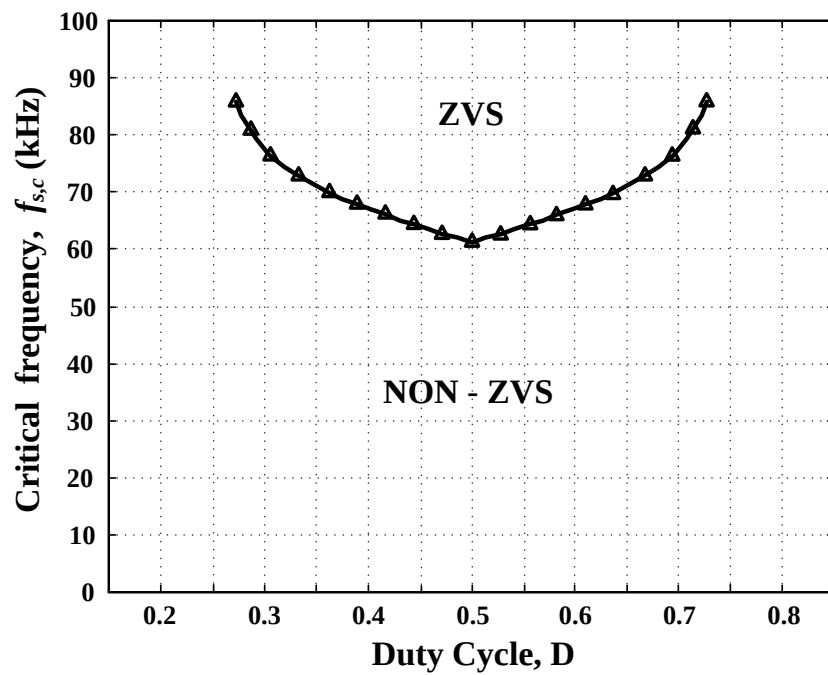
ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีวีไอซ์เกิด (D) และความถี่สวิตชิงวิกฤติ ($f_{s,c}$) จากการคำนวณโดยใช้วิธีการที่นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ของรายงานการวิจัยนี้เมื่อแรงดันดีซีลิงค์ $V_d = 150$ V และโหนดเรโซแนนซ์ที่อนุกรมมีค่า $R = 25 \Omega$ $L = 175 \mu H$ และ $C = 0.0402 \mu F$ ถ้าผู้ออกแบบเลือกใช้เพาเวอร์มอสเฟตแตกต่างกัน 3 เบอร์ได้แก่เบอร์ 2SK1017 มีค่า $C_{ds} = 320$ pF เบอร์ IRFP460 มีค่า $C_{ds} = 870$ pF และเบอร์ 2SK1521 มีค่า $C_{ds} = 2400$ pF สามารถแสดงเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดีวีไอซ์เกิด (D) และความถี่สวิตชิงวิกฤติ ($f_{s,c}$) ของกรณีที่เลือกใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1017, IRFP460 และ 2SK1521 ได้ดังรูปที่ 6.1, 6.2 และ 6.3 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละค่าการควบคุมดีวีไอซ์เกิดจะต้องควบคุมให้ความถี่สวิตชิงสูงกว่าค่าวิกฤติบนเส้นกราฟเหล่านี้ นอกจากนั้นค่า C_{ds} ที่แตกต่างกันยังส่งผลต่อย่านการควบคุมที่แตกต่างกันด้วย ดังแสดงการเปรียบเทียบสำหรับกรณีตัวอย่างได้ดังรูปที่ 6.4 ซึ่งสามารถควบคุมดีวีไอซ์เกิดได้ในย่านจาก 0.17 ถึง 0.83 สำหรับกรณีที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1017 ในย่านจาก 0.2 ถึง 0.8 สำหรับกรณีที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRFP460 และในย่านจาก 0.27 ถึง 0.73 สำหรับกรณีที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1521



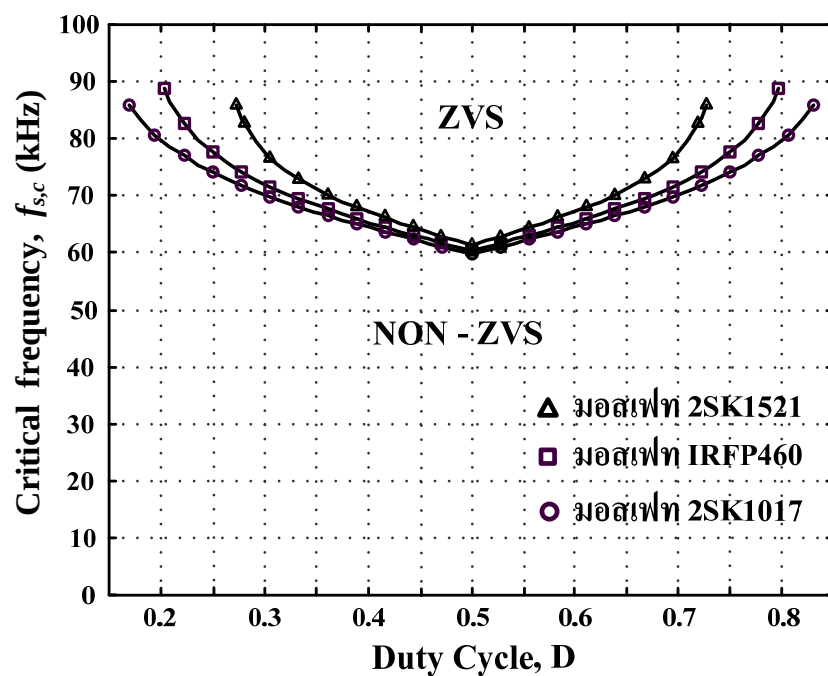
รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิตช์วิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าดิวตี้ไซเคิล (D) สำหรับกรณิ
ที่ใช้เฟาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1017 เป็นอุปกรณ์สวิตช์ ซึ่งมี $C_{ds} = 320$ pF



รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิตช์วิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าดิวตี้ไซเคิล (D) สำหรับกรณิ
ที่ใช้เฟาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRFP460 เป็นอุปกรณ์สวิตช์ ซึ่งมี $C_{ds} = 870$ pF



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทช์วิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าเดวตี้ไซเคิล (D) สำหรับกรณีที่ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1521 เป็นอุปกรณ์สวิทช์ ซึ่งมี $C_{ds} = 2400$ pF



รูปที่ 6.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่สวิทช์วิกฤติ ($f_{s,c}$) และค่าเดวตี้ไซเคิล (D) เมื่อใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ 2SK1521, IRFP460 และ 2SK1017