

บทที่ 7

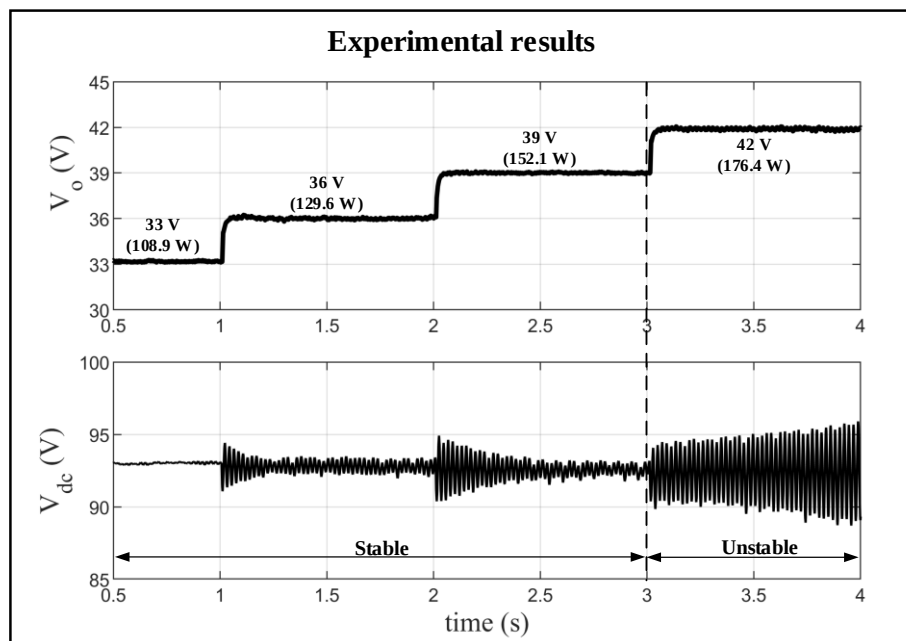
ผลการทดสอบเสถียรภาพของชุดทดสอบ

7.1 บทนำ

การทดสอบระบบควบคุมของชุดทดสอบที่ได้สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการดังรายละเอียดที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 6 ที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมโหมดการเลื่อนสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรแปลงผันแบบบักได้ถูกต้องเป็นไปตามค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการยืนยันได้ว่าชุดทดสอบสามารถนำไปใช้สำหรับการยืนยันผลการวิเคราะห์เสถียรภาพและการสร้างเสถียรภาพทั้งหมดในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ได้ ดังนั้นเนื้อหาในที่ 7 นี้จึงเป็นการนำเสนอการทดสอบเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่พิจารณาด้วยชุดทดสอบ โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่ระบบเกิดการขาดเสถียรภาพอันเนื่องมาจากโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว กรณีที่มีการสร้างเสถียรภาพ ณ จุดการขาดเสถียรภาพของระบบ และกรณีที่มีการสร้างเสถียรภาพจากจุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบ โดยผลทดสอบที่ได้จะเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือและแสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้และวิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์มีความถูกต้องซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ

7.2 ผลการทดสอบการขาดเสถียรภาพ

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่พิจารณา ดังที่ได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 4.2 ในบทที่ 4 พบว่าระบบจะเกิดการขาดเสถียรภาพเมื่อโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว (P_{CPL}) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 176.4 W ซึ่งจากการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์และการจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูป ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องและตรงกับผลการวิเคราะห์เสถียรภาพทางทฤษฎี ดังนั้นเพื่อยืนยันว่าระบบไฟฟ้าที่พิจารณาเกิดการขาดเสถียรภาพขึ้นจริง งานวิจัยวิทยานิพนธ์จึงดำเนินการทดสอบจุดการขาดเสถียรภาพของชุดทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.1 ดังนี้



รูปที่ 7.1 การทดสอบการขาดเสถียรภาพจากชุดทดสอบ

จากรูปที่ 7.1 จะพบว่า ในช่วงเวลาที่ 0.5 วินาที ถึง 3 วินาที เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรแปลงผันแบบบัค (v_o) มีการเปลี่ยนแปลงจาก 33 V ($P_{CPL} = 108.9$ W) เป็น 36 V ($P_{CPL} = 129.6$ W) และ 39 V ($P_{CPL} = 152.1$ W) แรงดันไฟฟ้าที่วงจรกรอง (v_{dc}) มีลักษณะของการสั่นไหวที่ลดลงและสามารถเข้าสู่จุดสมดุลได้เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลานี้ชุดทดสอบยังคงทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ แต่อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาที่ 3 วินาที ถึง 4 วินาที เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรแปลงผันแบบบัคมีการเปลี่ยนแปลงจาก 39 V ($P_{CPL} = 152.1$ W) ไปเป็น 42 V ($P_{CPL} = 176.4$ W) แรงดันไฟฟ้าที่วงจรกรองจะเกิดการสั่นไหวที่เพิ่มมากขึ้นและไม่สามารถเข้าสู่จุดสมดุลได้ ซึ่งสอดคล้องและตรงกับผลการวิเคราะห์เสถียรภาพในรูปที่ 4.2 ในบทที่ 4 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบไฟฟ้าที่พิจารณาเกิดการขาดเสถียรภาพอันเนื่องมาจากโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว และจุดการขาดเสถียรภาพเกิดขึ้นก่อนค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสร้างเสถียรภาพเพื่อให้ระบบสามารถทำงานต่อได้อย่างมีเสถียรภาพจนถึงค่ากำลังไฟฟ้าพิกัดของระบบ โดยการสร้างเสถียรภาพของชุดทดสอบจะได้รับการนำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 7.3

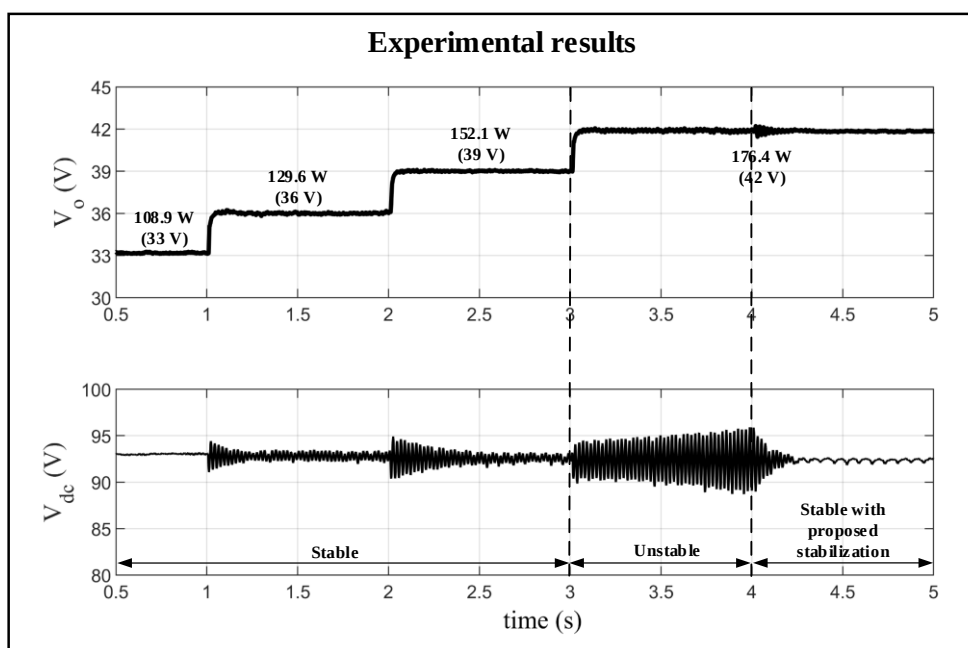
7.3 ผลการทดสอบการสร้างเสถียรภาพ

การสร้างเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่พิจารณา อาศัยค่าอัตราขยายของตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้า (K_f) ที่มีค่าน้อยและเพียงพอต่อการสร้างเสถียรภาพซึ่งจากผลการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ และการจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูปทั้งการสร้างเสถียรภาพ ณ จุดการขาดเสถียรภาพในหัวข้อที่ 5.2.3 และการสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่พิกัดในหัวข้อที่ 5.2.4 ในบทที่ 5 พบว่าผลที่ได้มี

ความสอดคล้องและตรงกับผลวิเคราะห์เสถียรภาพทางทฤษฎี ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือ และแสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้และวิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์สามารถใช้งานได้จริง ในทางปฏิบัติ ดังนั้นหัวข้อที่ 7.3 นี้จึงได้ทดสอบการสร้างเสถียรภาพให้กับชุดทดสอบด้วย ตัวชดเชยอุป้อนไปหน้า ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมการสร้างเสถียรภาพของชุดทดสอบสามารถ ดูได้จากภาคผนวก จ. และผลการทดสอบการสร้างเสถียรภาพสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

7.3.1 ผลการทดสอบการสร้างเสถียรภาพ ณ จุดการขาดเสถียรภาพ

จากเส้นทางเดินของค่าเจาะจงเด่นที่จุดการขาดเสถียรภาพเมื่อ K_f มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้นำเสนอไว้ดังรูปที่ 5.7 ในบทที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าอัตราขยาย K_f เท่ากับ 0.1 เป็นค่าที่น้อยและเพียงพอที่สามารถสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพของระบบได้ และจาก ผลการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์และการจำลองสถานการณ์ แบบฮาร์ดแวร์ในรูปในรูปที่ 5.8 และรูปที่ 5.9 ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้อง และตรงกับผลการวิเคราะห์เสถียรภาพทางทฤษฎี โดยผลการทดสอบการสร้างเสถียรภาพ ณ จุดการขาดเสถียรภาพสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.2



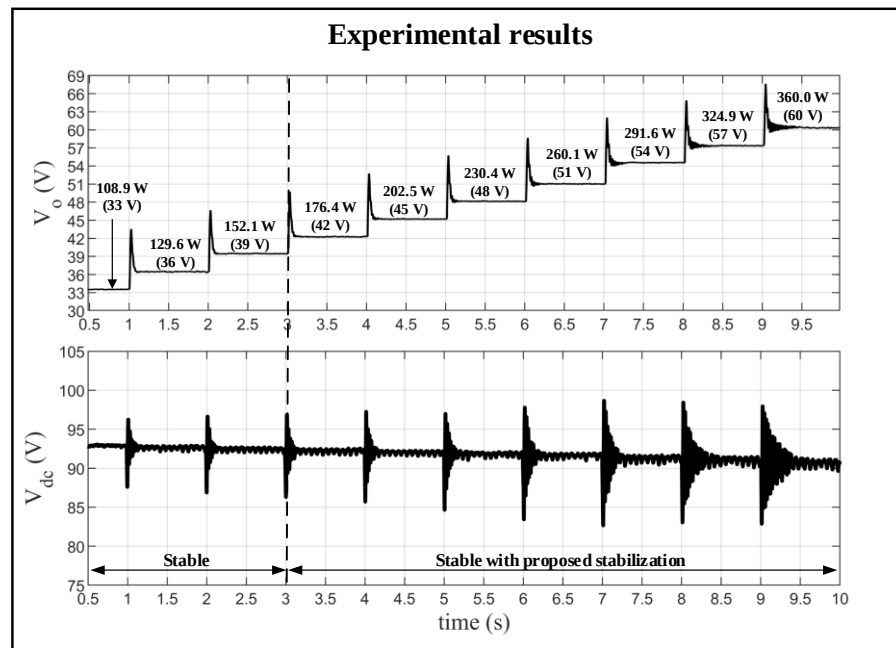
รูปที่ 7.2 การทดสอบการสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจากชุดทดสอบ

จากรูปที่ 7.2 แสดงให้เห็นว่า เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราขยาย K_f เท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายถึงระบบไม่มีการสร้างเสถียรภาพ ตั้งแต่ช่วงเวลา 0.5 วินาที ถึง 4 วินาที เมื่อแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรแปลงผันแบบ buck มีการเปลี่ยนแปลงจาก 39 V ($P_{CPL} = 152.1$ W) เป็น 42 V ($P_{CPL} = 176.4$ W) ในช่วงเวลาที่ 3 วินาที ถึง 4 วินาที แรงดันไฟฟ้าที่วงจรกรอง (v_{dc}) จะเกิดการสั่นไกวเพิ่ม

มากขึ้นจนไม่สามารถเข้าสู่จุดสมดุลได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เสถียรภาพในรูปที่ 4.2 ในบทที่ 4 และในรูปที่ 5.7 ในบทที่ 5 ว่าระบบไฟฟ้าที่พิจารณาจะขาดเสถียรภาพที่จุดปฏิบัติงานนี้ และเมื่อกำหนดให้ค่าอัตราขยาย K_f เท่ากับ 0.1 ซึ่งหมายถึงระบบมีการสร้างเสถียรภาพด้วยวิธีการที่นำเสนอ ในช่วงเวลา 4 วินาที ถึง 5 วินาที จะพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่วงจรกรองจะมีการสั่นไหวที่ลดลงและสามารถเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ซึ่งหมายถึงระบบมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงสามารถยืนยันได้ว่าวิธีการสร้างเสถียรภาพที่นำเสนอสามารถทำให้ระบบที่ขาดเสถียรภาพกลับมามีเสถียรภาพได้

7.3.2 ผลการทดสอบการสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า

จากเส้นทางเดินของค่าเจาะจงเด่นที่จุดกำลังไฟฟ้าค่าที่พิกัดเมื่อ K_f มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้รับการนำเสนอไว้ดังรูปที่ 5.10 ในบทที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าอัตราขยาย K_f เท่ากับ 0.2 เป็นค่าที่น้อยและเพียงพอที่สามารถสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบได้ และจากผลการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์และการจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูปในรูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12 ตามลำดับพบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องและตรงกับผลการวิเคราะห์เสถียรภาพทางทฤษฎี ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันและแสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงได้ดำเนินการทดสอบสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า โดยผลการทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.3 ซึ่งจากรูปจะพบว่า เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราขยาย K_f เท่ากับ 0.2 ตั้งแต่ช่วงเวลา 0.5 วินาที ถึง 10 วินาที โดยที่แรงดันไฟฟ้าขาออกเริ่มต้นของวงจรแปลงผันแบบบัส (v_o) เท่ากับ 33 V ($P_{CPL} = 108.9$ W) ที่เวลา 0.5 วินาที และทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขาออกครั้งละ 3 V ในทุก ๆ 1 วินาที จนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบ 60 V ($P_{CPL, rated} = 360$ W) ที่เวลา 9 วินาที แรงดันไฟฟ้าที่วงจรกรอง (v_{dc}) จะปรากฏการสั่นไหวในช่วงสภาวะชั่วคราวและการสั่นไหวจะมีค่าลดลงจนกระทั่งสามารถเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ ซึ่งสอดคล้องและตรงกับผลการวิเคราะห์ทางทฤษฎีที่ได้ในรูปที่ 5.10 จึงสามารถยืนยันได้ว่าวิธีการสร้างเสถียรภาพด้วยตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้า สามารถกำจัดผลของโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัวได้และทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบ ดังนั้นจึงเป็นการแสดงให้เห็นว่าองค์ความรู้และวิธีการสร้างเสถียรภาพที่นำเสนอมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ



รูปที่ 7.3 การทดสอบการสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพ
จนถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่พิกัดจากชุดทดสอบ

7.3 สรุป

บทที่ 7 นี้เป็นการนำเสนอผลการทดสอบเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่พิจารณาด้วยชุดทดสอบที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ทั้งผลการทดสอบการขาดเสถียรภาพ ผลการสร้างเสถียรภาพ ณ จุดการขาดเสถียรภาพ และผลการสร้างเสถียรภาพที่จุดการขาดเสถียรภาพจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า เพื่อใช้ยืนยันผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีทั้งหมดและเพื่อให้ผลการศึกษาวิจัยของวิทยานิพนธ์มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากความสอดคล้องและตรงกันของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี ผลการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ ผลการจำลองสถานการณ์แบบฮาร์ดแวร์ในรูป และผลที่ได้จากชุดทดสอบที่แสดงให้เห็นว่า ระบบเกิดการขาดเสถียรภาพ และวิธีการสร้างเสถียรภาพด้วยตัวชดเชยลูปป้อนไปหน้าที่นำเสนอ สามารถทำให้ระบบมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานจนถึงค่าพิกัดกำลังไฟฟ้า ที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์เสถียรภาพและการสร้างเสถียรภาพ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าแนวคิด องค์ความรู้ และวิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยวิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดพัฒนาสำหรับการสร้างเสถียรภาพให้กับระบบที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นในอนาคตได้