บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

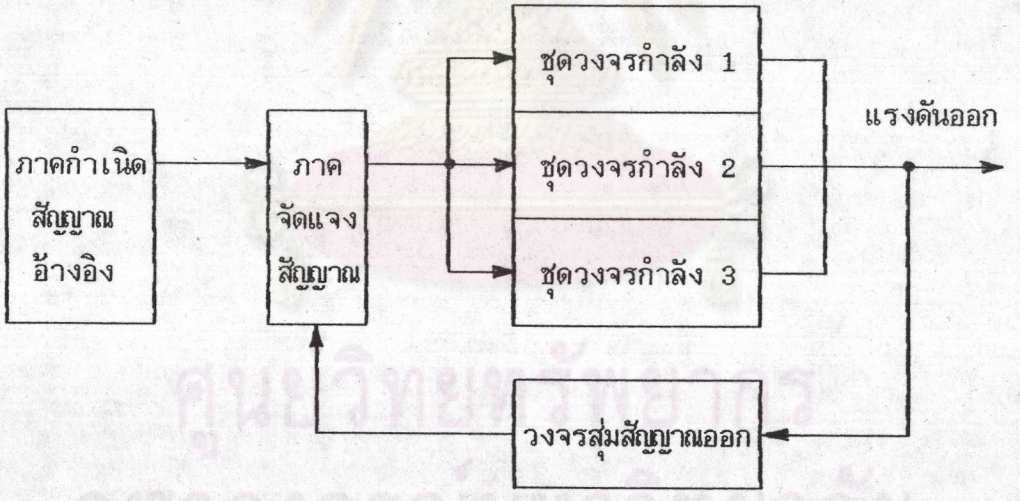
1.1 ความเป็นมาของปัญหา

แหล่งจ่ายไฟตรงที่ให้แรงดันออกต่ำ และกระแสออกสูงมีที่ใช้งาน เช่น เครื่องประจุแบตเตอรี่ เครื่องเชื่อมโลหะแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วแหล่งจ่ายไฟตรงดังกล่าวจะใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำเพื่อลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับลงมาให้มีค่าเหมาะสม จากนั้นก็ใช้วงจรเรียงกระแสเพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และในกรณีที่ต้องการปรับค่าแรงดันออกจะทำได้โดยการเปลี่ยนอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง หรืออาจจะทำโดยใช้วงจรเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส (phase-controlled rectifier) [Dewan and Stranghen, 1984; Bird and King, 1985] หม้อแปลงของแหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้หลักการดังกล่าวข้างต้นนั้น จะเป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่น ๆ ถ้าต้องการคุณภาพกระแสออก และแรงดันออกที่ดี คือ มีการกระเพื่อมของกระแสออกและแรงดันออกที่ต่ำ ยังต้องใช้ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรองซึ่งมีขนาดใหญ่เช่นกัน ดังนั้น การใช้แหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิงทำหน้าที่ในการแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงที่แรงดันด้านขาเข้าสูงให้เป็นไฟตรงแรงดันต่ำทางด้านขาออก จะช่วยลดขนาด และน้ำหนักของแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันออกต่ำลงได้มาก ทั้งนี้เพราะ แรงดันขาเข้าของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง จะได้จากการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยไม่ผ่านหม้อแปลงความถี่ต่ำ นอกจากนี้วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงยังทำงานที่ความถี่สูง ทำให้ขนาดของหม้อแปลงที่ใช้ลดแรงดัน ตลอดจนขนาดของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกรองเพื่อลดการกระเพื่อมของกระแสออก และแรงดันออกให้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากแรงดันออกของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ขึ้นกับวัฏจักรการทำงานของสวิตช์ [Middlebrook and Cuk, 1983; Chryssis, 1984; Mitchell, 1988] ดังนั้นจึงทำให้สามารถควบคุมกระแสออก และแรงดันออกของแหล่งจ่ายไฟตรงได้สะดวก และมีการตอบสนองที่รวดเร็วกว่าวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมเฟส เนื่องจากตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำที่ใช้มีขนาดเล็กกว่า ดังนั้น แหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิงจึงเหมาะสำหรับทำเป็นแหล่งจ่ายไฟตรงแรงดันออกต่ำและกระแสออกสูงที่ต้องการแรงดันออกที่มีคุณภาพ ควบคุมได้ง่าย มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา ประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ดี แหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิงยังมีข้อเสียในแง่ความซับซ้อนของวงจร ความทนทาน และปัญหาของการกำเนิดสัญญาณรบกวน

อนึ่ง เป็นการยากที่จะหาอุปกรณ์ที่ใช้ในแหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตชิง เช่น ทรานซิสเตอร์ แกนเฟอร์ไรต์ ตัวเก็บประจุ และไดโอดที่มีขนาดใหญ่ตามพิกัดเพื่อสร้างแหล่งจ่ายไฟตรงที่มีกำลังสูง วิธีหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหานี้ คือ การนำเอาแหล่งจ่ายไฟตรงหลายชุดที่มีกำลังไม่สูงมาขนานกันเพื่อเพิ่มกำลังให้สูงขึ้น ข้อได้เปรียบของการนำเอาแหล่งจ่ายไฟตรงมาขนานกันนั้นก็คือ ความเชื่อถือได้ของระบบจะสูงขึ้น สามารถขยายกำลังให้สูงขึ้นได้ในอนาคต และการบำรุงรักษาจะง่าย เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟตรงแต่ละชุดจะมีกำลังไม่สูงนัก รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบที่มีการขนานแหล่งจ่ายไฟตรง จากบล็อกไดอะแกรมดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการขนานแหล่งจ่ายไฟตรง จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ คือ

1. ภาคกำเนิดสัญญาณอ้างอิง
2. ภาคจัดแจงสัญญาณ
3. ชุดวงจรกำลัง
4. วงจรสุ่มสัญญาณออก

โดยแต่ละส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นระบบมีหน้าที่ ดังนี้ คือ



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของการขนานแหล่งจ่ายไฟตรง

1.1.1 ภาคกำเนิดสัญญาณอ้างอิง ทำหน้าที่ให้กำเนิดสัญญาณอ้างอิงของตัวแปรที่ถูกควบคุม คือ แรงดันขาออก หรือกระแสขาออก ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแรงดันระหว่าง 0 - 10 โวลต์ หรือกระแส 4 - 20 มิลลิแอมแปร์ สัญญาณออกของภาคกำเนิดสัญญาณอ้างอิงจะป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบ และคุมค่าของภาคจัดแจงสัญญาณ

1.1.2 ภาคจัดแจงสัญญาณ ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณป้อนกลับ จากวงจรสุ่มสัญญาณออกกับสัญญาณอ้างอิงจากภาคกำเนิดสัญญาณอ้างอิง และทำหน้าที่จัดแจงสัญญาณความคลาดเคลื่อน (error) ให้มีค่าเหมาะสม เพื่อใช้เป็นสัญญาณควบคุมป้อนให้กับชุดวงจรกำลังแต่ละชุด ทำให้ระบบมีคุณสมบัติที่ดี และมีเสถียรภาพ โดยที่สัญญาณควบคุมนี้จะควบคุมกระแสออกของวงจรกำลังแต่ละชุด จะเรียกสัญญาณนี้ว่าสัญญาณคำสั่งกระแส (current command signal)

1.1.3 ชุดวงจรกำลัง ทำหน้าที่จ่ายกระแสออก ตามสัญญาณคำสั่งกระแสจากภาคจัดแจงสัญญาณ กระแสออกจากระบบจะมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสออกของชุดวงจรกำลัง ขณะที่แรงดันออกของระบบเท่ากับผลคูณของค่าความต้านทานโหลดกับผลรวมของกระแสออกของชุดวงจรกำลัง ดังนั้น การควบคุมกระแสออก หรือแรงดันออกของระบบ จะควบคุมโดยสัญญาณคำสั่งกระแสจากภาคจัดแจงสัญญาณเช่นกัน

1.1.4 วงจรสุ่มสัญญาณ ทำหน้าที่ตรวจจับตัวแปรด้านขาออกที่ต้องการควบคุม ซึ่งได้แก่ กระแสออก หรือแรงดันออก เพื่อป้อนให้กับภาคจัดแจงสัญญาณ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษา วิเคราะห์ และเลือกรูปแบบของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ทั้งภาคกำลัง ภาคควบคุม และระบบป้องกัน ที่ใช้ประกอบเป็นชุดวงจรกำลัง
2. ศึกษา วิเคราะห์ และเลือกรูปแบบการควบคุมการขนานชุดวงจรกำลัง
3. ออกแบบ และสร้างชุดวงจรกำลัง แล้วนำชุดวงจรกำลังมาขนานกัน
4. ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ทางไฟฟ้าของชุดวงจรกำลังที่สร้างขึ้น และระบบที่ใช้ชุดวงจรกำลังขนานกัน
5. เปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการวิเคราะห์ และคำนวณแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาแหล่งจ่ายไฟตรงที่ใช้หลักการ การขนานวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงเพื่อเพิ่มกำลัง ประกอบด้วย

1. การศึกษา และจัดทำชุดวงจรกำลังแต่ละชุดวงจร สามารถจ่ายกำลังได้สูงสุด 600 วัตต์ ที่แรงดันออก 30 โวลต์ กระแสออกสูงสุด 20 แอมแปร์ โดยแรงดันออกสามารถ

ปรับได้ระหว่าง 24 - 30 โวลต์ และชุดวงจรกำลังแต่ละชุดสามารถลัดวงจรด้านออกได้

2. การขนานชุดวงจรกำลัง 3 ชุดเข้าด้วยกัน เพื่อให้ระบบที่ได้จากการขนานชุดวงจรกำลังมีกระแสออกสูงสุด 60 แอมแปร์ แรงดันออกสูงสุด 30 โวลต์

1.4 ความสำคัญ หรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

1. ด้านวิชาการ ได้ประสบการณ์ในการออกแบบ และสร้างวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ทั้งภาคกำลัง และภาคควบคุม และระบบป้องกัน ตลอดจนการขนานวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามข้อกำหนด รวมทั้งวิธีทดสอบการขนานวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง

2. ด้านประยุกต์ จะได้เครื่องต้นแบบเพื่อนำไปใช้งาน เช่น เครื่องเชื่อมโลหะแบบใช้ไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องประจุแบตเตอรี่ เป็นต้น และเป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป

1.5 วิธีการดำเนินงานโดยย่อ

1. ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบของการขนานวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ตลอดจนรูปแบบของวงจรกำลัง และวิธีการควบคุมแบบต่าง ๆ ของชุดวงจร เพื่อใช้ในการขนาน

2. กำหนดโครงสร้าง และแนวทางในการออกแบบของชุดวงจรกำลัง และการขนานชุดวงจรกำลัง

3. ออกแบบ และตรวจสอบระบบที่ออกแบบไว้ จำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อหาจุดบกพร่อง และหาแนวทางแก้ไขให้ดีขึ้น

4. สร้าง และทดสอบการทำงานของวงจรกำลังแต่ละชุด

5. ปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องของวงจรกำลังแต่ละชุด

6. นำวงจรกำลังแต่ละชุดมาขนานกัน

7. ทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของชุดวงจรกำลัง และระบบที่ได้จากการขนานชุดวงจรกำลัง เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการออกแบบ และการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

8. แก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ที่เห็นสมควร ทดสอบคุณสมบัติเพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการเขียนรายงาน