หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของต้น

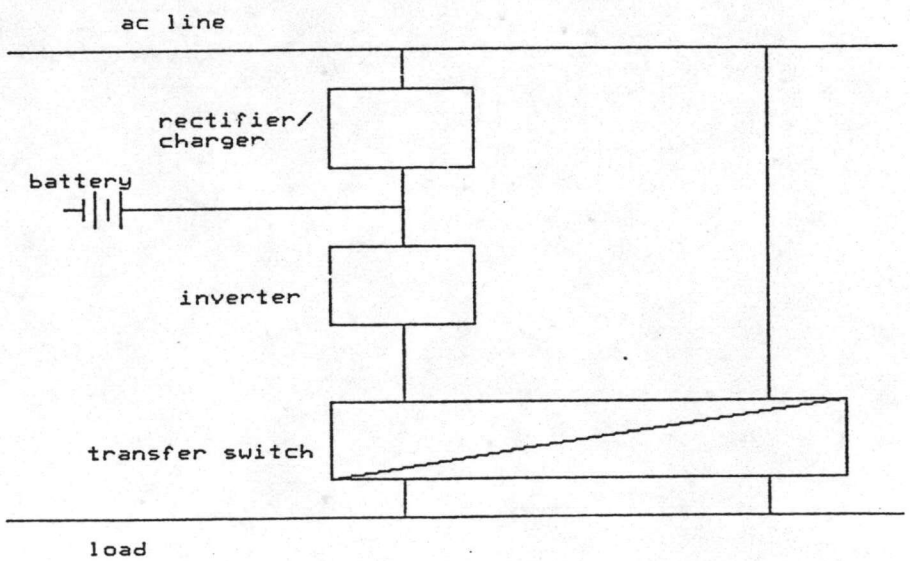
ในปัจจุบัน อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ทางไฟฟ้านับว่ามีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เราในด้านการอำนวยความสะดวกทั้งทางตรงและทางอ้อม อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ที่อำนวยความสะดวกในทางตรง ได้แก่ โทรทัศน์ โทรศัพท์ เครื่องปรับอากาศ วิทยุ เครื่องเล่นเทป ฯลฯ ส่วนอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ที่อำนวยความสะดวกในทางอ้อมได้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้เหล่านี้ ถ้าหากขาดพลังงานไฟฟ้าก็ไม่สามารถใช้งานได้ ถ้าหากอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้เหล่านั้น ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เช่น วิทยุ เครื่องเล่นเทป พัดลม ฯลฯ ก็จะไม่ให้เกิดความเสียหายหรือกระทบกระเทือนต่อมนุษย์เรามากนัก แต่ถ้าอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้นั้นมีความสำคัญ การขาดพลังงานไฟฟ้าก็จะก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ประมวลข้อมูลที่สำคัญ ถ้าไม่มีพลังงานไฟฟ้า ข้อมูลเหล่านั้นอาจสูญหายไป อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีความสำคัญมาก ๆ เช่น เครื่องมือในห้องผ่าตัด ถ้าหากไม่มีพลังงานไฟฟ้าในขณะที่ทำการผ่าตัด ก็อาจทำให้คนไข้เสียชีวิตได้เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาระบบไฟฟ้าสำรองขึ้น สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ที่สำคัญๆ ก็อาจมีการออกแบบให้ใช้ได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีแบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้ ในช่วงที่ไฟฟ้ากระแสสลับขาดหายไป อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้เหล่านี้ได้แก่ เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์สื่อสารที่มีความสำคัญๆ ฯลฯ ส่วนอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ที่ไม่ได้ออกแบบให้ใช้ได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง ก็จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นช่วยจ่ายกำลังสำรองให้ในช่วงที่ไฟฟ้ากระแสสลับขาดหายไป

ซึ่งอุปกรณ์นั้นคือ UPS (Uninterruptible Power Supply) หรือแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง

UPS คือ อุปกรณ์ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องทั้งในสภาวะปกติและในสภาวะที่ไฟฟ้าของการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง อีกทั้งยังสามารถ รักษาระดับแรงดันและความถี่ของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับโหลดให้มีค่าที่เหมาะสม

โครงสร้างทั่วไปของ UPS หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบต่อเนื่องต่อเนื่องนี้จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 4 ส่วน (Uninterruptible Power Supply ,2530) ดังรูปที่ 1.1 คือ

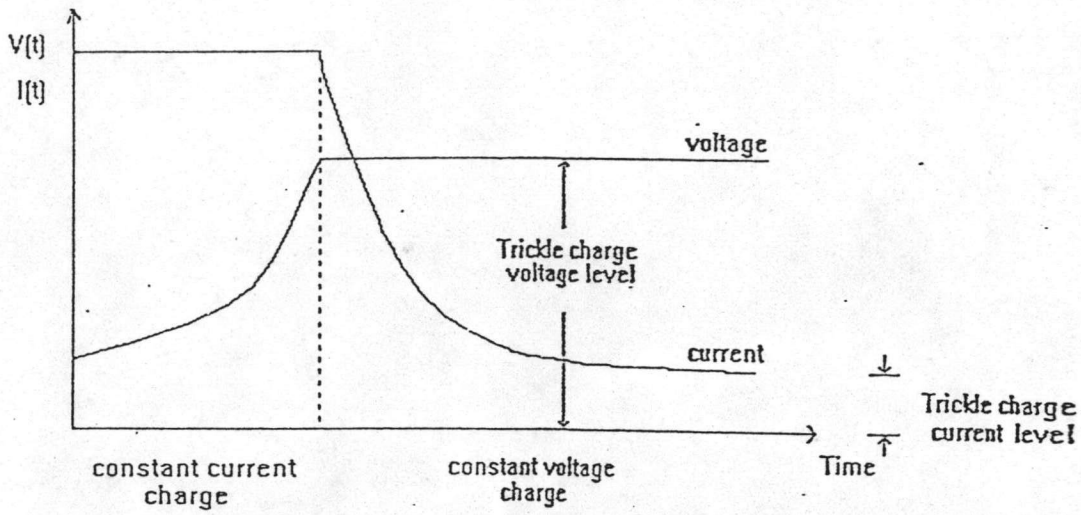
- วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
- แบตเตอรี่
- วงจรอินเวอร์เตอร์
- สวิตช์โอนย้าย



รูปที่ 1.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของ UPS

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (rectifier/charger)

วงจรผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ทำหน้าที่แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในการประจุแบตเตอรี่และจ่ายพลังงานให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์แต่สำหรับ UPS บางแบบ เช่น UPS ที่ทำงานในโหมดโอนย้ายไปข้างหน้า (forward transfer mode) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ประจุแบตเตอรี่อย่างเดียว ทำให้วงจรมีขนาดเล็กกว่าแบบที่ต้องจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์มากในส่วนของการประจุแบตเตอรี่นี้ในสภาวะปกติ แรงดันออกจะมีค่าคงที่ เท่ากับแรงดันอัดประจุลอยตัว (float charge voltage) ของแบตเตอรี่ โดยมีกระแสในการประจุแบตเตอรี่เพียงเล็กน้อย แต่ภายหลังการใช้งานแบตเตอรี่ เช่น หลังจากเกิดไฟฟ้าผิดปกติ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำการจำกัดกระแสในการประจุแบตเตอรี่เอาไว้ ทั้งนี้เพราะว่าหลังจากที่แบตเตอรี่จ่ายประจุออกจนหมดหรือเกือบหมดแล้ว แรงดันจะมีค่าต่ำ ถ้าหากไม่มีการจำกัดกระแสไว้ก็อาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ ในระหว่างการประจุ แรงดันแบตเตอรี่จะค่อยๆ สูงขึ้นจนเท่ากับแรงดันประจุลอยตัว หลังจากนั้นแรงดันแบตเตอรี่จะคงที่ดังในรูปที่ 1.2 โดยทั่วไปวงจรนี้จะใช้ไดโอดและวงจรกรอง ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ ให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเข้าของอินเวอร์เตอร์และแบตเตอรี่ ซึ่งการแปลงผันโดยวิธีนี้ จะทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกจำนวนมากและตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำ แต่เราสามารถลดค่ากระแสฮาร์มอนิกให้น้อยลงและเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้มากขึ้นได้โดยใช้วงจรสวิตชิงที่ทำงานที่ความถี่สูงที่เหมาะสมเป็นต้น



รูปที่ 1.2 ลักษณะการประจุแบตเตอรี่

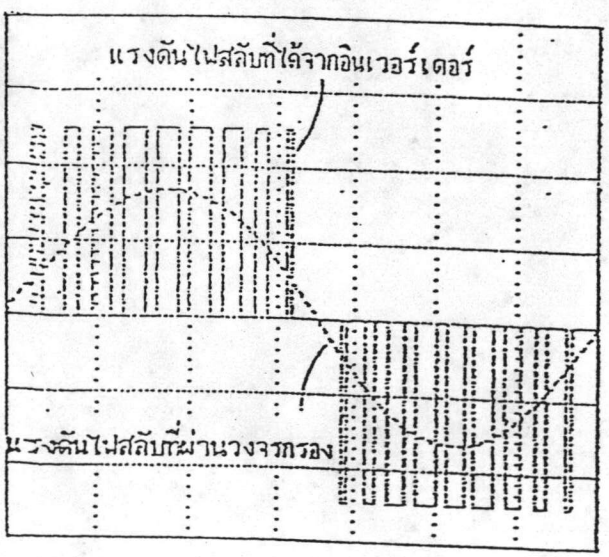
แบตเตอรี่ (battery)

แบตเตอรี่เป็นส่วนที่ทำให้ UPS สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดได้ เมื่อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ระยะเวลาจ่ายไฟฟ้าสำรอง (back-up time) ของ UPS จะขึ้นกับขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ และโหลดของ UPS แบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) และแบตเตอรี่ชนิด นิเกล-แคดเมียม (nickel-cadmium) แบตเตอรี่ชนิดนิกเกล-แคดเมียมนี้ จะใช้แรงดันออก 1.2 โวลต์ต่อเซลล์มีอัตราการประจุสูง สามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และมีอายุการใช้งานเฉลี่ยสูงกว่าชนิดตะกั่ว-กรด นอกจากนี้ยังปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานมากกว่า แต่มีราคาแพงกว่า แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะให้แรงดันออก 2 โวลต์ต่อเซลล์ แบตเตอรี่ชนิดนี้จะก่าเนิดก๊าซไฮโดรเจน และออกซิเจน ในขณะที่ทำการประจุกระแสจิงไม่เหมาะที่จะ น่าไปใช้งานในบริเวณที่อากาศถ่ายเทไม่สะดวก แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนสารละลายเป็นวุ้น (gel) หรือแบบผนึกมิดชิด (sealed) เพื่อสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

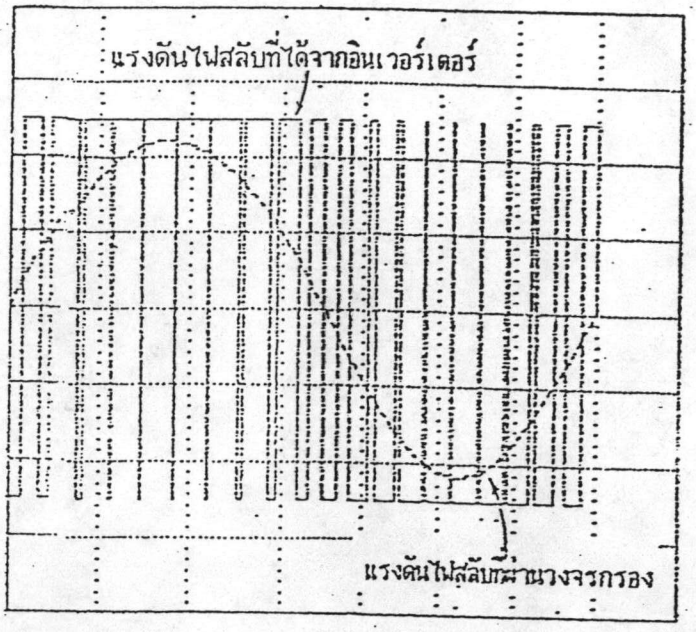
วงจรอิเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับโหลด ไฟฟ้ากระแสสลับนี้จะต้องมีระดับแรงดันและความถี่ที่เหมาะสมกับโหลด ไม่ว่าแรงดันด้านเข้า จะเป็นอย่างไรระหว่างแรงดันต่ำสุดกับแรงดันอัดประจุลอยตัวซึ่งเป็นแรงดันด้านเข้าสูงสุด วงจรอินเวอร์เตอร์นี้จะประกอบไปด้วยภาคที่สำคัญ 3 ภาค คือ ภาคกำลัง ภาคควบคุม ภาคกรอง

ภาคกำลังประกอบด้วยวงจรซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อไฟตรง ตามคำสั่งของภาคควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรอาจเป็น SCR BJT GTO หรือ MOSFET ก็ได้ แรงดันที่ออกมาจากภาคนี้จะมีลักษณะเป็น พัลส์บวกและพัลส์ลบที่มีความกว้างต่างๆ กันดังรูปที่ 1.3 หรืออาจมีลักษณะเป็นพัลส์บวกลบที่มีความกว้างต่างๆ กันดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.3 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ



รูปที่ 1.4 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ

ภาคควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันออก ให้ค่าองค์ประกอบหลักมูลคงที่ไม่ว่าแรงดันไฟกระแสตรงจะเปลี่ยนไปก็ตาม รวมทั้งควบคุมความถี่และเฟสให้ตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากการไฟฟ้า เพื่อให้การโอนย้ายโหลดระหว่างอินเวอร์เตอร์กับการไฟฟ้าเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การควบคุมเพื่อให้ได้ลักษณะดังกล่าวอาศัยการแปรผันความกว้างของพัลส์ และยังต้องกำหนดเวลาการตัดต่อสวิตช์ให้เหมาะสม เพื่อเป็นการลดฮาร์มอนิกของแรงดันด้านออกของอินเวอร์เตอร์

ภาคกรอง จะทำให้แรงดันที่ออกจากภาคกำลังมีลักษณะที่ใกล้เคียงคลื่นรูปไซน์มากขึ้นวงจรกรองนี้อาจเป็นวงจรกรอง LC แบบผ่านต่ำ ที่ยอมให้เฉพาะความถี่ 50 เฮิรตซ์ผ่าน วงจรกรองนี้ยังช่วยจำกัดอัตราการเพิ่มของกระแสลัดวงจร แต่ในขณะเดียวกันจะเป็นตัวจำกัดความเร็วในการตอบสนอง ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ UPS นั้นด้วย

สวิตช์โอนย้าย (transfer switch)

สวิตช์โอนย้าย คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อโหลดเข้ากับสายไฟฟ้ากำลังหรือตัดโหลด ออกจากสายไฟฟ้ากำลังแล้วย้ายมาต่อกับอินเวอร์เตอร์แทน

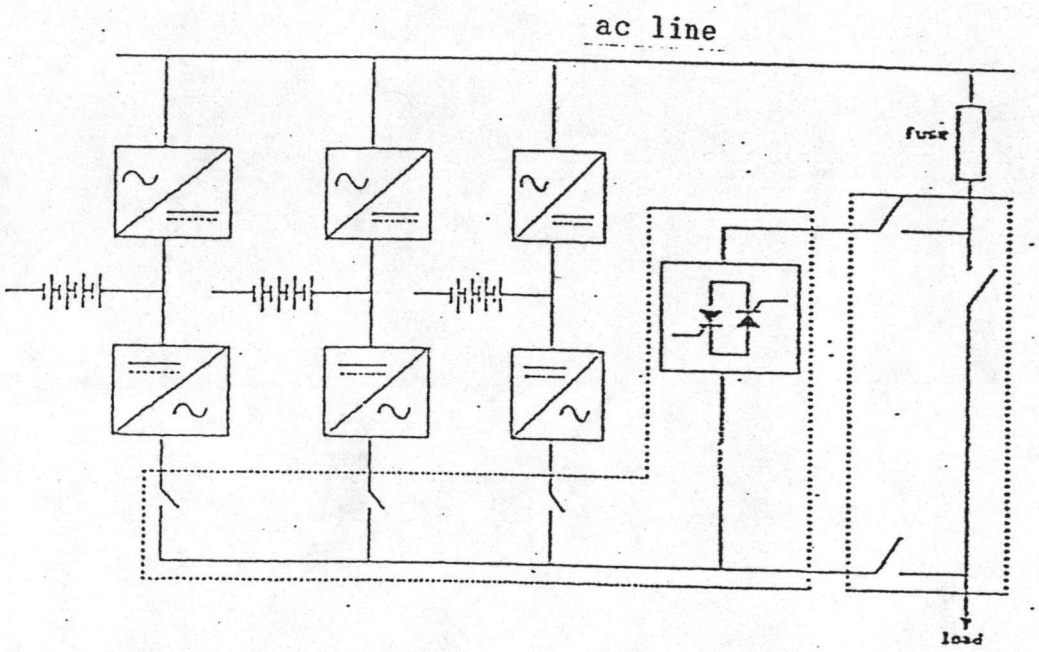
การตัดต่อของสวิตช์โอนย้ายขึ้นอยู่กับชนิดของ UPS ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบคือ

- ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า (forward transfer system)
- ระบบโอนย้ายย้อนกลับ (reverse transfer system)
- ระบบขนานเผื่อเกิน (parallel redundant system)

ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า ระบบนี้มีส่วนประกอบต่างๆ ต่อกันดังรูปที่ 1.1 โดยในสภาวะปกติสวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับสายไฟจากการไฟฟ้า แต่ในขณะที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง สวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS อินเวอร์เตอร์จะจ่ายไฟให้กับโหลดโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ระบบนี้มีข้อดีคือ ขนาดของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะทำหน้าที่เพียงแต่ประจุแบตเตอรี่ ไม่ต้องจ่ายกำลังให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ตลอดเวลาแต่มีข้อเสียคือ มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ตามการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า การทำงานของสวิตช์โอนย้าย และการเริ่มเดินเครื่องของวงจรอินเวอร์เตอร์ต้องใช้เวลา อาจทำให้เกิดการขาดหายของไฟฟ้าในช่วงนี้ได้ ดังนั้นโหลดที่จะใช้กับ UPS แบบนี้จะต้องสามารถรับปัญหาดังกล่าวได้

ระบบโอนย้ายย้อนกลับ ระบบนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 1.1 สวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS ทั้งในสภาวะที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า อยู่ในสภาวะปกติและเกิดขัดข้องแต่ในขณะที่โหลดใช้กระแสเกินกว่าที่ UPS จะจ่ายให้ได้ หรือ UPS เกิดขัดข้องสวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่โอนย้ายโหลด ไปต่อเข้ากับสายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า UPS ระบบนี้มีข้อดีคือโหลดจะได้รับแรงดันและความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากโหลดต่ออยู่กับวงจรอินเวอร์เตอร์ตลอดเวลา ระบบนี้เป็นระบบที่ได้รับความนิยมสูงสุด

ระบบขนานเผื่อเกิน ระบบนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 1.5 ซึ่งเป็นระบบที่มีอินเวอร์เตอร์มากกว่า 1 ตัว จ่ายโหลดร่วมกัน โดยที่แต่ละตัวจะจ่ายโหลดเท่าๆกัน และเมื่ออินเวอร์เตอร์เครื่องใดเสีย ตัวที่เหลือจะจ่ายโหลดแทน การที่ต้องเอาอินเวอร์เตอร์มาขนานกันหลายตัวเนื่องจาก โหลดมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่อินเวอร์เตอร์แต่ละตัวจะจ่ายได้หรือต้องการให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงขึ้น แต่ขนาดของสวิตช์โอนย้ายจะต้องใหญ่เพียงพอที่จะจ่ายโหลดสูงสุดของระบบได้



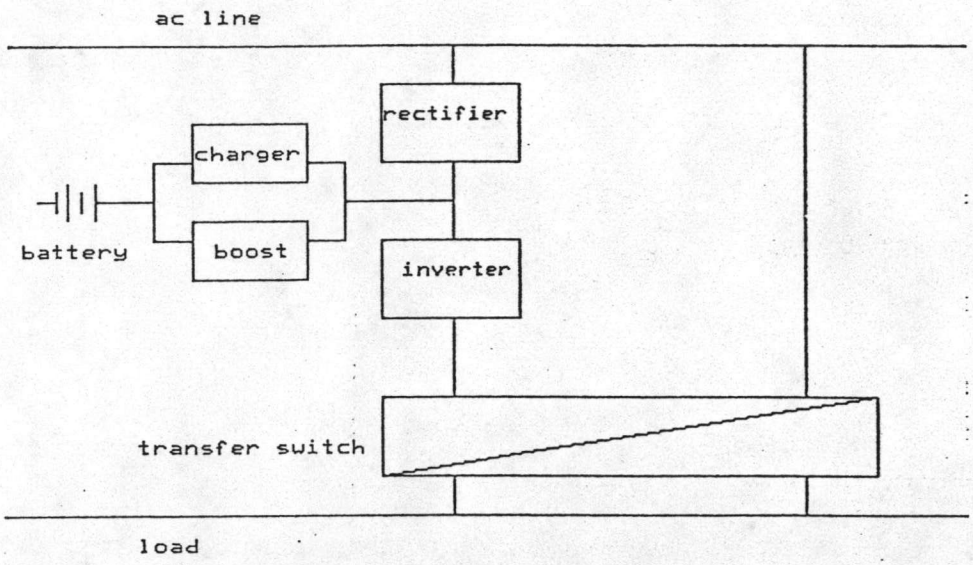
รูปที่ 1.5 ระบบขนานเผื่อเกิน

ปัญหาของระบบนี้คือ การแบ่งกระแสโหลดระหว่างอินเวอร์เตอร์ที่ขนานกัน ดังนั้นจึงต้องใช้ระบบควบคุมที่ดีพอ

สวิตช์โอนย้ายที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบคือ สวิตช์โอนย้ายแบบสถิต (static transfer switch) และสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า (electromechanical transfer switch) สวิทชิโอนย้ายแบบสถิตมักจะใช้ SCR เป็นสวิตช์ สามารถโอนย้ายได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาน้อยกว่า 1/4 คาบ

ส่วนสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า จะใช้เวลาโอนย้ายประมาณ 2-12 คาบ ขึ้นอยู่กับขนาดของสวิตช์ที่ใช้ ดังนั้นโหลดที่ใช้กับ UPS ที่ใช้สวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าจะต้องเป็นโหลดที่ยอมให้ไฟฟ้าหายไปได้หลายคาบ เช่น โหลดที่สามารถใช้กับ UPS ระบบโอนย้ายไปข้างหน้าได้ ถึงแม้ว่าสวิตช์โอนย้ายแบบสถิตจะทำงานได้เร็วกว่า แต่จะมีความยุ่งยากและราคาแพงกว่า และมีกำลังสูญเสียในสวิตช์ ดังนั้นโดยทั่วไปมักจะมีการต่อสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าขนานกับแบบสถิต เพื่อลดปัญหาดังกล่าว

จากโครงสร้างของ UPS ในรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าการเชื่อมต่อระหว่างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แบตเตอรี่ และวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นมีการเชื่อมต่อกันด้วยแรงดันกระแสตรง ที่มีแรงดันเท่ากับแรงดันอัดประจุลอยตัวของแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นแรงดันที่มีค่าต่ำ เมื่อมีการจ่ายไฟให้กับโหลดจะมีกระแสไหลในวงจรต่างๆ มากกว่าวงจรที่มีการเชื่อมต่อกันด้วยแรงดันที่สูงกว่า ดังนั้นเราสามารถสร้าง UPS ที่มีการเชื่อมต่อด้วยแรงดันกระแสตรงมากกว่าแรงดันอัดประจุลอยตัวของแบตเตอรี่ของ UPS นั้นได้ดังโครงสร้างในรูปที่ 1.6 ซึ่งจะแยกวงจรประจุแบตเตอรี่ออกจาก วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และเพิ่มวงจรทบระดับแรงดันจากแบตเตอรี่ ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันเท่ากับแรงดันที่ใช้เชื่อมต่อสำหรับ UPS นั้น นอกจากนั้นเรายังสามารถออกแบบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเข้า ให้มีการแก้ตัวประกอบกำลังด้านเข้าให้มีค่าสูง ซึ่งจะเป็นการลดฮามอนิกอันดับสูงให้น้อยลงได้ อีกยังทำให้ระบบจ่ายกำลังจ่ายกำลังได้มากขึ้นอีกด้วย สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกโครงสร้างดังกล่าวในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งรายละเอียดของวงจรในแต่ละส่วนจะกล่าวถึงในบทต่อไป



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของ UPS ที่มีการเชื่อมต่อด้วยแรงดันกระแสตรงที่มีค่าสูงกว่าแรงดันอัดประจุลอยตัวของแบตเตอรี่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษา ค้นคว้า ออกแบบ สร้างและทดสอบแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องชนิดหนึ่งเฟสขนาด 500 โวลต์แอมแปร์ ที่มีการเชื่อมต่อของวงจรในส่วนต่างๆ ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีค่าสูงกว่าแรงดันอัดประจุลอยตัว ของแบตเตอรี่ และมีค่าตัวประกอบกำลังด้านเข้าใกล้เคียงหนึ่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. กำลังของเครื่อง 500 โวลต์แอมแปร์
2. แรงดันเข้า 1เฟส 220±10% โวลต์ ความถี่ 45-55 เฮิรตซ์
3. กระแสด้านเข้ามีลักษณะใกล้เคียงรูปไซน์ และตัวประกอบกำลังด้านเข้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.90
4. แรงดันออก 1 เฟส 220±5% โวลต์ ความถี่ 50±1% เฮิรตซ์

5. แรงดันด้านออกมีลักษณะใกล้เคียงรูปไซน์ และมีความเพี้ยนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5%

6. เวลาจ่ายกำลังสำรองอย่างน้อย 5 นาที

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1. สำรวจและค้นคว้าข้อมูลของแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง
2. ศึกษาการทำงานของแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง
3. ออกแบบวิเคราะห์วงจรในแต่ละส่วนโดยการชีมูเลตการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. สร้าง ทดลองและแก้ไขปรับปรุงวงจรในแต่ละส่วน
5. นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบรวมกัน และทดลองวงจรทั้งหมด
6. แก้ไขปรับปรุงส่วนต่าง ๆ ที่บกพร่อง
7. ทำการทดสอบวงจรทั้งหมด
8. ประเมินผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้เทคนิค และปัญหาในการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง
2. ได้เรียนรู้เทคนิค และปัญหาในการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง
3. เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อผลิตในรูปตสาหกรรม
4. เป็น UPS ที่มีการปรับปรุงกระแสฮาร์มอนิกระบบให้น้อยลง ซึ่งจะทำให้มีการรบกวนทางไฟฟ้าลดลง