บทที่1
บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น

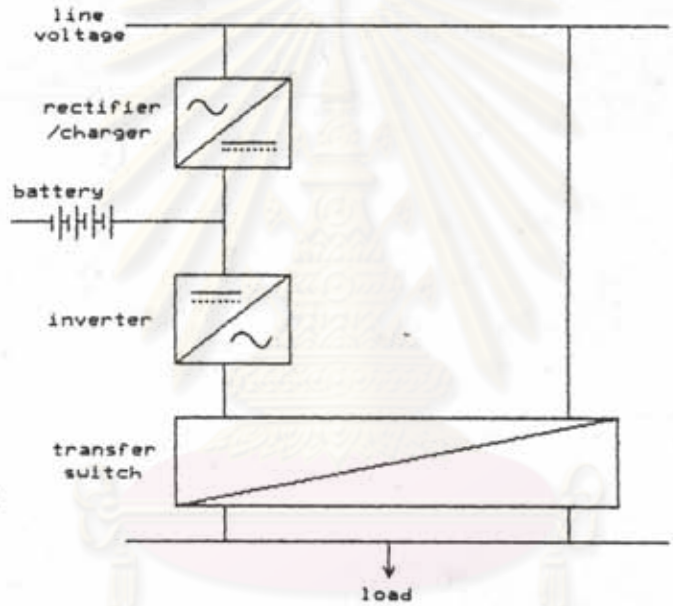
อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ นับว่ามีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เราในปัจจุบันนี้มากขึ้นทุกที ในบรรดาอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ มักจะมีอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ อุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานหลัก ถ้าพลังงานจากการไฟฟ้าเกิดขาดหายไป อุปกรณ์เหล่านี้ก็จะหยุดทำงาน หากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกนั้นๆไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เช่น วิทยุ เทป โทรทัศน์ ก็จะไม่สร้างความเสียหายให้มากนัก แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ ที่เมื่อต้องหยุดทำงานแล้วจะสร้างความเสียหายให้แก่ชีวิต เช่น เครื่องมือที่ใช้สำหรับรักษาผู้ป่วยในโรงพยาบาล เครื่องควบคุมความปลอดภัยในโรงงาน หรือทำให้สูญเสียทรัพย์สินและเวลา เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ต้องใช้เวลานานและต้องการความต่อเนื่อง การใช้งานของคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารต่างๆ

ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อพลังงานจากการไฟฟ้าขาดหายไป อุปกรณ์บางชนิดจะมีการออกแบบ ให้สามารถใช้ได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีแบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอุปกรณ์นั้นๆ ในช่วงที่ไฟฟ้ากระแสสลับขาดหายไป อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ อุปกรณ์ทางการแพทย์ และอุปกรณ์สื่อสารที่สำคัญ ส่วนอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่ไม่สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับได้ เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงาน ก็จำเป็นที่จะต้องหาอุปกรณ์ทางอีเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง อุปกรณ์นี้ คือ UPS (uninterruptible power supply) หรือแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง

UPS คือ อุปกรณ์ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องทั้งในสภาวะปกติและในสภาวะที่ไฟฟ้าของการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง อีกทั้งยังสามารถที่จะรักษาระดับแรงดันและความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับที่จ่ายแก่โหลดให้มีค่าที่เหมาะสม

โครงสร้างโดยทั่วไปของ UPS จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน [Uninterruptible Power Supply, 2530] คือ

- วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง
- แบตเตอรี่
- วงจรอินเวอร์เตอร์
- สวิตช์โอนย้าย



รูปที่ 1.1 โครงสร้างโดยทั่วไปของ UPS

1 <u>วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (rectifier/charger)</u>

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในการประจุแบตเตอรี่ และจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์ แต่สำหรับ UPS บางแบบ เช่น UPS ที่ทำงานในโมดโอนย้ายไปหน้า (forward transfer mode) วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ประจุแบตเตอรี่อย่างเดียว ทำให้วงจรมีขนาดเล็กกว่าแบบที่ต้องจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์มาก ในส่วนของการประจุแบตเตอรี่นี้ ในสภาพการทำงานปกติ แรงดันออกจะมีค่าคงที่เท่ากับ แรงดันอัดประจุลอยตัว(float charge

voltage) ของแบตเตอรี่ โดยมีกระแสในการประจุแบตเตอรี่เพียงเล็กน้อย แต่ภายหลังการใช้งานของแบตเตอรี่ เช่น หลังจากเกิดไฟฟ้าผิดปกติ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะจำกัดกระแสในการประจุแบตเตอรี่เอาไว้ ทั้งนี้ก็เพราะว่าหลังจากที่แบตเตอรี่จ่ายประจุออกจนหมดหรือเกือบหมดแล้ว แรงดันจะมีค่าต่ำ ถ้าหากไม่มีการจำกัดกระแสไว้ ก็อาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ ในระหว่างการประจุ แรงดันแบตเตอรี่จะค่อยๆสูงขึ้นจนเท่ากับแรงดันอัดประจุลอยตัว หลังจากนั้นแรงดันแบตเตอรี่ก็จะคงที่ โดยทั่วไปวงจรนี้จะใช้ไดโอดและวงจรกรอง ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงทางด้านเข้าของวงจรแปลงผัน ซึ่งการแปลงผันโดยวิธีนี้ จะทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกจำนวนมาก และตัวประกอบกำลังมีค่าค่อนข้างต่ำ

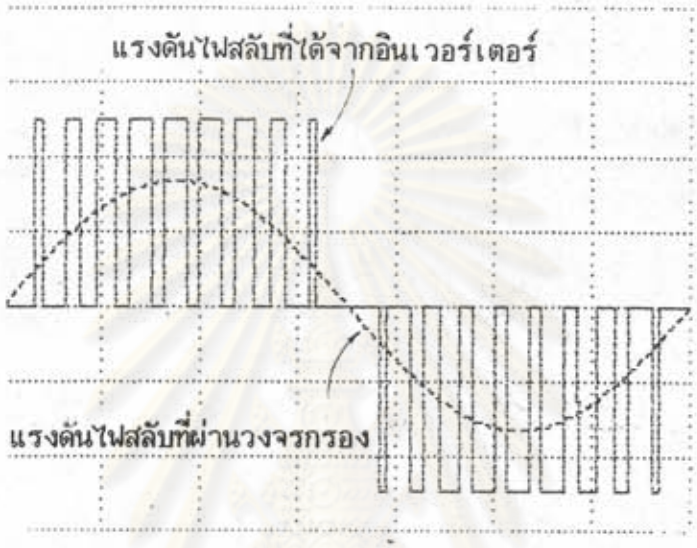
2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นส่วนที่ทำให้ UPS สามารถจ่ายกำลังให้กับโหลดได้เมื่อไฟจากการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ระยะเวลาจ่ายไฟฟ้าสำรอง(back-up time) ของ UPS จะขึ้นกับขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้และโหลดของ UPS แบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด(lead-acid batterry) และ แบตเตอรี่ชนิดนิกเกล-แคดเมียม (nickel-cadmium) แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมี่ยมนี้ จะให้แรงดันออก 1.2 โวลต์ต่อเซลล์ มีอัตราการอัดประจุสูง สามารถทำงานในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง และมีอายุการใช้งานเฉลี่ยสูงกว่าชนิดตะกั่ว-กรด นอกจากนี้ยังปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานมากกว่า แต่มีราคาแพงกว่า แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะให้แรงดันออก 2 โวลต์ต่อเซลล์ แบตเตอรี่ชนิดนี้จะกำเนิดก๊าซไฮโดรเจน และออกซิเจน ในขณะที่ทำการประจุกระแส จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานในบริเวณที่อากาศถ่ายเทไม่สะดวก แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนสารละลายเป็นวุ้น(gel) หรือแบบผนึกอย่างมิดชิด(sealed) เพื่อสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

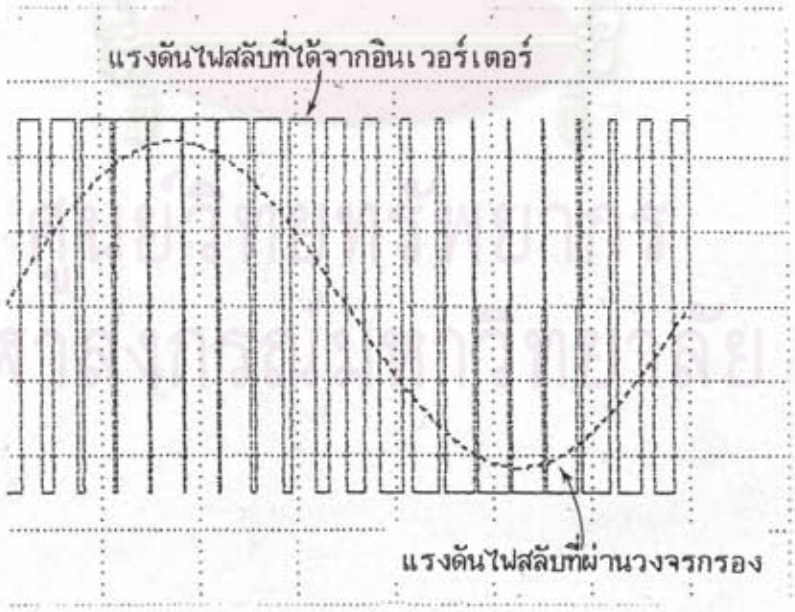
3 วงจรอินเวอร์เตอร์ (inverter)

วงจรอินเวอร์เตอร์ จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับโหลด แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับนี้จะต้องมีแรงดันและความถี่ที่เหมาะสมกับโหลด ไม่ว่าแรงดันด้านเข้าจะเป็นอย่างไร ระหว่างแรงดันต่ำสุดกับแรงดันอัดประจุลอยตัวซึ่งเป็นแรงดันสูงสุด วงจรอินเวอร์เตอร์นี้จะประกอบไปด้วยภาคที่สำคัญ 3 ภาค คือ ภาคกำลัง ภาคควบคุม และภาคกรอง

ภาคกำลังประกอบด้วยวงจรซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อไฟตรง ตามคำสั่งของภาคควบคุม อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรอาจเป็น SCR BJT GTO หรือ MOSFET ก็ได้ แรงดันที่ออกมาจากภาคนี้จะมีลักษณะเป็น พัลส์บวก และ พัลส์ลบที่มีความกว้างต่างๆกัน ดังรูปที่ 1.2 หรืออาจมีลักษณะเป็นพัลส์บวกลบที่มีความกว้างต่างๆกันดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.2 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ



รูปที่ 1.3 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ

ภาคควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันออก ให้ค่าองค์ประกอบหลักมูลคงที่ ไม่ว่าแรงดันไฟตรงจะเปลี่ยนไปก็ตาม รวมทั้งควบคุมความถี่และเฟส ให้ตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากการไฟฟ้า เพื่อให้การโอนย้ายโหลดระหว่างอินเวอร์เตอร์กับการไฟฟ้า เป็นไปอย่างต่อเนื่อง การควบคุมเพื่อให้ได้ลักษณะดังกล่าวอาศัยการแปรผันความกว้างของพัลส์ และยังต้องกำหนดเวลาการสวิตช์ให้เหมาะสม เพื่อเป็นการลดฮาร์มอนิกของแรงดันออกด้วย

ภาคกรองแรงดัน จะทำให้แรงดันที่ออกจากภาคกำลังมีลักษณะที่ใกล้เคียงคลื่นรูปไซน์มากขึ้น วงจรกรองนี้อาจเป็นวงจรกรอง LC แบบผ่านต่ำ หรือ ที่ยอมให้เฉพาะความถี่ 50 เฮิรตซ์ ผ่าน วงจรกรองนี้ยังเป็นตัวช่วยจำกัดอัตราการเพิ่มของกระแสลัดวงจร แต่ในขณะเดียวกันจะเป็นตัวจำกัดความเร็วในการตอบสนอง ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับ UPS

4 <u>สวิตช์โอนย้าย(Tranfer Switch)</u>

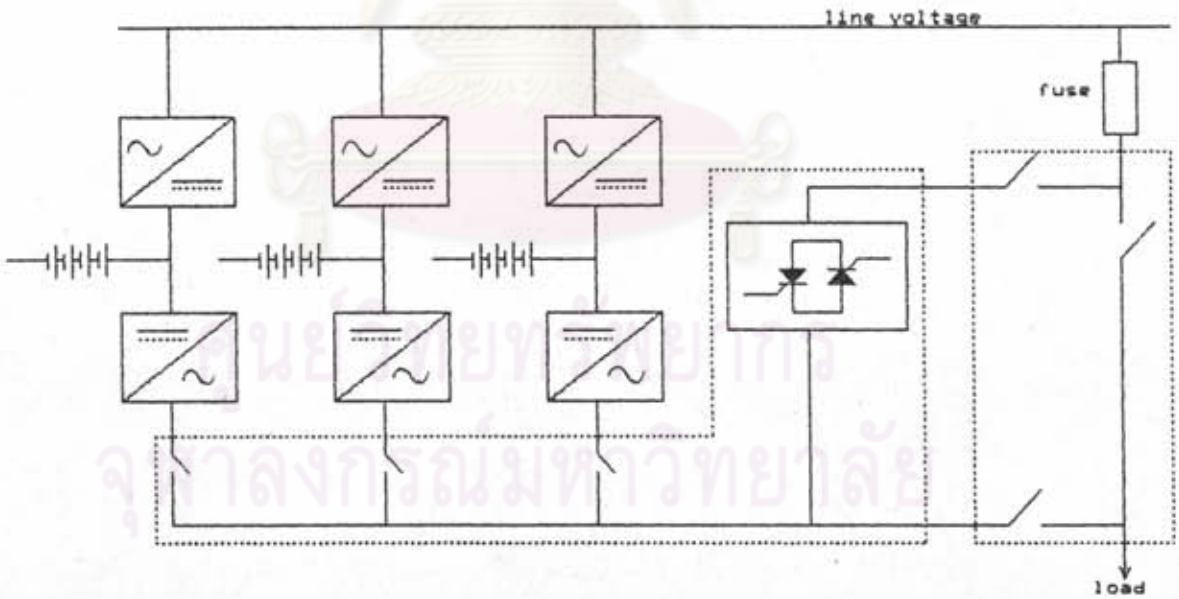
สวิตช์โอนย้าย คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อโหลดเข้ากับสายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าหรือตัดโหลดออกจากสายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า แล้วย้ายมาต่อกับอินเวอร์เตอร์แทน การตัดต่อของสวิตช์โอนย้ายขึ้นอยู่กับชนิดของ UPS ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 3 ระบบคือ

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

4.1 <u>ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า</u> ระบบนี้มีส่วนประกอบต่างๆ ต่อกันดังรูปที่ 1.1 โดยในภาวะปกติสวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับสายไฟจากการไฟฟ้า แต่ในขณะที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง สวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS อินเวอร์เตอร์จะจ่ายไฟให้กับโหลดโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ระบบนี้มีข้อดีคือ ขนาดของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะมีหน้าที่เพียงแต่ประจุแบตเตอรี่ ไม่ต้องจ่ายกำลังให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ตลอดเวลา แต่มีข้อเสียคือ มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ตามการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าจากการไฟฟ้า การทำงานของสวิตช์โอนย้าย และการเริ่มเดินเครื่องของวงจรอินเวอร์เตอร์ต้องใช้เวลา อาจทำให้เกิดการหดหายของไฟฟ้าในช่วงนี้ได้ ดังนั้นโหลดที่จะใช้กับ UPS แบบนี้ จะต้องสามารถรับปัญหาดังกล่าวได้

4.2 <u>ระบบโอนย้ายย้อนกลับ</u> ระบบนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 1 โดยที่สวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS ทั้งในขณะที่ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าอยู่ในภาวะปกติและเกิดขัดข้อง แต่ในขณะที่โหลดใช้กระแสเกินกว่าที่ UPS จะจ่ายให้ได้ หรือ UPS เกิดขัดข้อง สวิตช์โอนย้ายจะทำหน้าที่โอนย้ายโหลดไปต่อเข้ากับสายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า UPS ในระบบนี้มีข้อดีคือ โหลดจะได้รับแรงดันและความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากโหลดต่ออยู่กับวงจรอินเวอร์เตอร์ตลอดเวลา ระบบนี้เป็นระบบที่ได้รับความนิยมสูงสุด

4.3 <u>ระบบขนานเผื่อเกิน</u> มีส่วนประกอบดังรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นระบบที่มีอินเวอร์เตอร์มากกว่า 1 ตัว จ่ายโหลดร่วมกัน โดยที่แต่ละตัวจ่ายโหลดเท่าๆกัน และเมื่อมีอินเวอร์เตอร์เครื่องใดเสีย ตัวที่เหลือจะจ่ายโหลดแทน การที่ต้องเอาอินเวอร์เตอร์มาขนานกันหลายตัวเนื่องจาก โหลดมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่อินเวอร์เตอร์แต่ละตัวจะจ่ายได้ หรือต้องการให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงขึ้น แต่ขนาดของสวิตช์โอนย้ายจะต้องใหญ่เพียงพอที่จะจ่ายโหลดสูงสุดของระบบได้



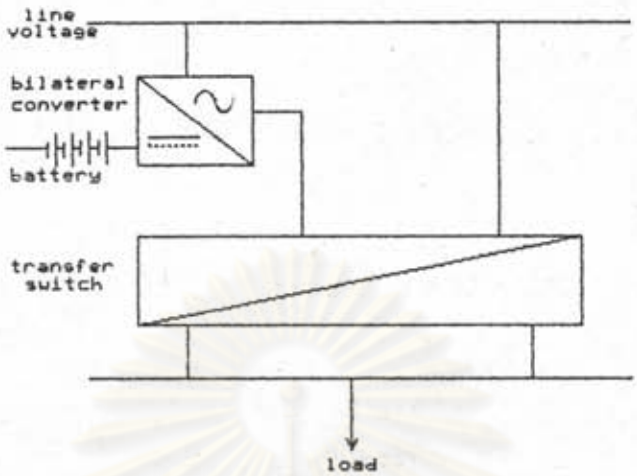
รูปที่ 1.4 ระบบขนานเผื่อเกิน

ปัญหาของระบบนี้คือ การแบ่งกระแสโหลดระหว่างอินเวอร์เตอร์ที่ขนานกัน จะต้องใช้ระบบควบคุมที่ดีพอ

สวิตช์โอนย้ายที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ สวิตช์โอนย้ายแบบสถิต(static transfer switch) และสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า (electromechanical transfer switch) สวิตช์โอนย้ายแบบสถิตมักจะใช้ SCR เป็นสวิตช์ สามารถโอนย้ายได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาน้อยกว่า 1/4 คาบ ส่วนสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าจะใช้เวลาโอนย้ายประมาณ 2-12 คาบ ขึ้นอยู่กับขนาดของสวิตช์ที่ใช้ ดังนั้นโหลดที่ใช้กับ UPS ที่ใช้สวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าจะต้องเป็นโหลดที่ยอมให้ไฟฟ้าหายไปได้หลายคาบ เช่น โหลดที่สามารถใช้กับ UPS ระบบโอนย้ายไปข้างหน้าได้ ถึงแม้ว่าสวิตช์โอนย้ายแบบสถิตจะทำงานได้เร็วกว่า แต่จะมีความยุ่งยากและราคาแพงกว่า และมีกำลังสูญเสียในสวิตช์ ดังนั้นโดยทั่วไปมักจะมีการต่อสวิตช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าขนานกับแบบสถิต เพื่อลดปัญหาดังกล่าว

จากโครงสร้างของ UPS ในรูปที่ 1.1 เราสามารถที่จะรวมวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรอินเวอร์เตอร์เข้าไว้ด้วยกันได้ โดยใช้วงจรที่สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งสองโมดการทำงาน ซึ่งวงจรลักษณะดังกล่าวนี้จะต้องเป็นวงจรที่แปลงผันพลังงานได้สองทิศทาง (bilateral converter)

วงจรแปลงผันสองทิศทางที่จะทำการศึกษานี้ นอกจากจะทำหน้าที่เป็นทั้งวงจรแปลงผันไฟสลับเป็นไฟตรง ที่สามารถควบคุมแรงดันไฟตรงทางด้านออกได้ เพื่อใช้ในการประจุพลังงานให้กับแบตเตอรี่ และทำหน้าที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แปลงผันพลังงานจากแบตเตอรี่กลับไปจ่ายให้กับโหลดในรูปของแรงดันไฟสลับ เมื่อไฟจากการไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ซึ่งจะทำให้โครงสร้างทางกำลังของ UPS มีราคาถูกและมีขนาดที่เล็กลง นอกจากนั้นในขณะที่วงจรทำการแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีการควบคุมไฟตรงทางด้านออกให้มีค่าที่เหมาะสมอยู่นั้น ยังสามารถที่จะควบคุมกระแสทางด้านเข้าของวงจร ให้มีรูปคลื่นกระแสใกล้เคียงรูปไซน์ เพื่อลดผลเสียต่างๆอันเกิดจากกระแสฮาร์มอนิก และปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้กับระบบ ในกรณีที่ระบบมีโหลดอื่นๆที่มีตัวประกอบกำลังต่ำต่ออยู่ โครงสร้างของ UPS ที่ใช้วงจรแปลงผันสองทิศทางที่กำลังจะศึกษานี้ แม้ว่าจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อเสียคือ UPS ที่จะใช้วงจรนี้จะต้องเป็นประเภท โอนย้ายไปข้างหน้า



รูปที่ 1.5 โครงสร้างของ UPS ที่ใช้วงจรแปลงผันสองทิศทาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และเลือกรูปแบบของวงจรแปลงผันสองทิศทางที่เหมาะสำหรับทำหน้าที่เป็น UPS
- ออกแบบ สร้าง และทดสอบ วงจรแปลงผันสองทิศทางนี้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

แหล่งจ่ายไฟที่สร้างขึ้นนี้มีคุณสมบัติดังนี้

1.3.1 คุณสมบัติของวงจรเมื่อทำหน้าที่แปลงผันไฟสลับ-ไฟตรง

1 แรงดันด้านออกเป็นไฟตรง ที่ใช้สำหรับการประจุแบตเตอรี่ ขนาดแรงดัน 48 โวลต์

2 สามารถปรับปรุงตัวประกอบกำลังของโหลดและระบบ ให้ดีกว่า 0.9

3 กระแสด้านเข้าของวงจรมีลักษณะใกล้เคียงรูปไซน์ มีความเพี้ยนต่ำกว่า 20 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.2 คุณสมบัติของวงจรเมื่อทำหน้าที่แปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ

1 ให้แรงดันออก 220 โวลต์ มีความถี่อยู่ระหว่าง 48 ถึง 52 Hz
2 ลักษณะสัญญาณออกเป็นรูปไซน์ มีความเพี้ยนต่ำกว่า 5%
3 สามารถจ่ายโหลดเต็มพิกัดได้ 500 โวลต์-แอมแปร์

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1 ศึกษาข้อมูลในการวิจัย โดยการศึกษาโครงสร้างของวงจรแปลงผันสองทิศทางว่าจะสามารถควบคุม ให้มีการทำงานตามรูปแบบที่ต้องการได้อย่างไร
2 ทดสอบความเป็นไปได้ของการทำงานของวงจร โดยซีมูเลตการทำงานของวงจรด้วยปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า LEC
3 ออกแบบวงจรในแต่ละส่วน
4 ประกอบวงจรในแต่ละส่วนเข้าหากัน และทำการทดสอบการทำงาน
5 แก้ไขปรับปรุงส่วนต่างๆ ที่บกพร่อง
6 ทำการทดสอบวงจรทั้งหมด และลองใช้งาน
7 ประเมินผลและสรุปรายงานเพื่อทำการเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1 เป็นการออกแบบสร้างวงจรแปลงผันแบบใหม่ ที่ใช้ทำหน้าที่เป็น UPS อันเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนา UPS ที่มีการใช้โครงสร้างแบบใหม่
2 มีการปรับปรุงกระแสฮาร์มอนิกของระบบให้น้อยลง อันเป็นการลดมลภาวะทางไฟฟ้า และยังเป็นการกระตุ้นเตือนผู้ออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้คำนึงถึงปัญหานี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย