ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

<u>ความเบื้องต้น</u>

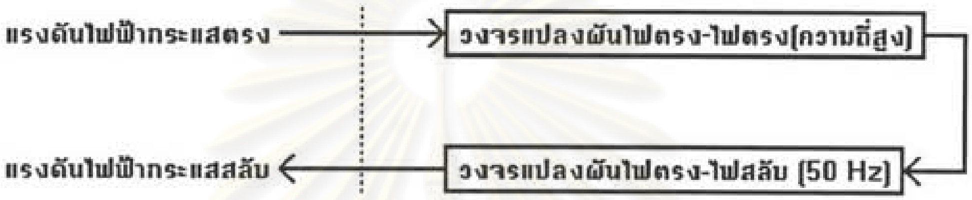
อินเวอร์เตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ แปลงผันไฟฟ้ากระแสตรง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แปรค่าองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันและความถี่ได้ ในเมืองใหญ่ๆอินเวอร์เตอร์ที่ให้ความถี่ 50 เฮิรตซ์ คงตัว อาจจะไม่ใช่สิ่งจำเป็น เพราะมีไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฯใช้ตลอดเวลา แต่ตามชนบทห่างไกลที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ หรือบนยานพาหนะที่ต้องการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ อินเวอร์เตอร์ ยังเป็นอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ โดยจะนำแรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่ (12V/24V) แปลงผันให้เป็น ไฟสลับแรงดัน 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์ เป็นแหล่งจ่ายไฟที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ยังคงใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า(โดยทั่วไป)ได้ ถึงแม้ว่าจะอยู่ในสถานที่ ที่ไม่มีไฟป้อนมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

อินเวอร์เตอร์ความถี่ 50 เฮิรตซ์ ที่ขายในท้องตลาดปัจจุบัน มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีน้ำหนักมาก เพราะทำงานที่ความถี่ต่ำต้องใช้หม้อแปลงแกนเหล็กขนาดใหญ่ โดยมีหลักการทำงานดังรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ทั่วไป

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันต่ำ จะถูกแปลงผันโดยการตัดต่อสวิตช์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 Hz แล้วป้อนเข้าหม้อแปลง เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องการ (เช่น $220V_{RMS}$) จ่ายให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้า

เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก เราจะใช้วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ความถี่สูง เพื่อแปลงผันแรงดันไฟตรงค่าต่ำ (เช่นจากแบตเตอรี่ 12V) เป็นแรงดันไฟตรงค่าสูง (เช่น 300V) วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง จะใช้หม้อแปลงความถี่สูงที่มีขนาดเล็กลง และมีน้ำหนักน้อยลง จากแรงดันไฟตรงค่าสูง จะแปลงผันเป็นแรงดันไฟสลับที่ต้องการ (เช่น $220V_{RMS}$) จ่ายให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยไม่ต้องใช้ หม้อแปลงความถี่ต่ำ หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์เช่นนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่จะสร้างใหม่

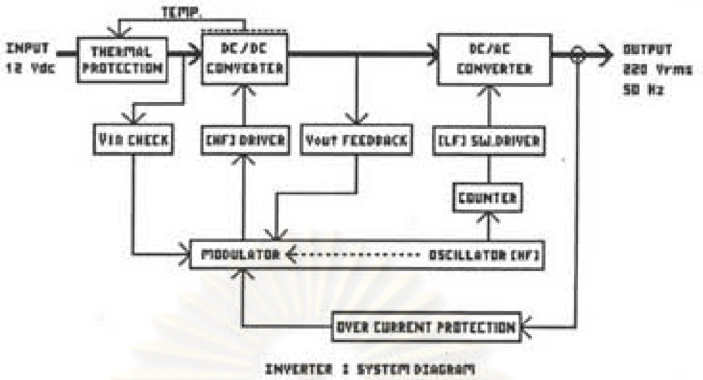
เนื่องจากต้องการให้อินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก และเพื่อรองรับเทคโนโลยีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มในการใช้ เทคโนโลยีการติดอุปกรณ์บนผิวหน้า (Surface-Mounted Technology : SMT) เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นอินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ จึงมีการศึกษา SMT เบื้องต้นและใช้อุปกรณ์ติดผิว (Surface-Mounted Devices : SMD) ในบางส่วนที่สามารถหา SMD ได้ ทำให้การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์สะดวกและมีขนาดเล็กกว่าการใช้อุปกรณ์แบบมีขาเสียบทะลุแผ่นวงจรพิมพ์ (Through Hole Components)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. ศึกษาหลักการทำงาน ออกแบบสร้าง และทดสอบวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สายกำลังขนาดเล็ก
2. ศึกษาหลักการทำงาน ออกแบบสร้าง และทดสอบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้หม้อแปลงความถี่สูง
3. ศึกษาการใช้เทคโนโลยีการติดอุปกรณ์ผิวหน้า เพื่อการลดขนาดของอินเวอร์เตอร์

<u>โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ที่จะออกแบบสร้าง</u>



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ที่จะสร้าง

1. <u>วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง (DC/DC Converter)</u>

เป็นส่วนที่แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันต่ำ (12 โวลต์) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง โดยใช้หลักการสวิตชิงที่ความถี่สูง ประมาณ 25.6 กิโลเฮิรตซ์ คือใช้สวิตช์ 2 ตัว ผลัดกัน นำกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำเข้าหม้อแปลง ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงที่ออกจากหม้อแปลง ผ่านวงจรเรียงกระแสและวงจรกรอง ได้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันประมาณ 300 โวลต์ โดยแปรผัน ตามวัฏจักรงานของสวิตช์ ซึ่งจะคุมค่าแรงดันออกไว้ ถึงแม้ว่าแรงดันเข้า หรือกระแสด้านออก เปลี่ยนแปลงในพิสัยที่กำหนด วงจรแปลงผันที่ใช้ได้แก่ วงจรพุช-พูลดัดแปร (Modified Push-Pull Converter) (โคทม อารียา, 2537)

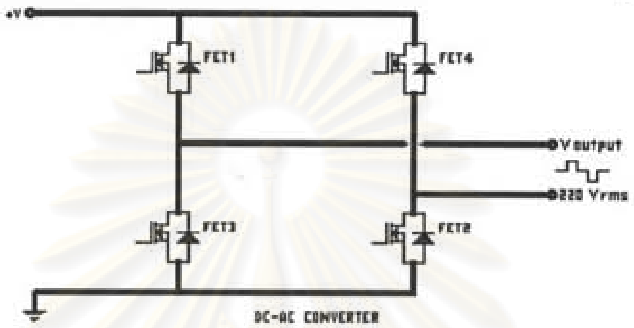
เหตุที่เลือกความถี่ในการสวิตช์ 25.6 กิโลเฮิรตซ์ เนื่องจากวงจรมอดูเลเตอร์จะให้สัญญาณขับนำสวิตช์มีความถี่ครึ่งหนึ่งของความถี่จากออสซิลเลเตอร์คือ 51.2 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งนำมาหารด้วยวงจรหาร 2^{10} ได้เท่ากับ 50 เฮิรตซ์ เพื่อใช้ขับนำวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ ที่ความถี่ที่ต้องการ

2. <u>วงจรป้องกันอุณหภูมิเกิน (Thermal Protection)</u>

วงจรส่วนนี้ใช้รีเลย์ (Relay) แรงดันต่ำ 12 โวลต์ ที่รับกระแสได้สูง 30 แอมแปร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อวงจร เพื่อป้อนแรงดันด้านเข้าให้แก่วงจรทั้งหมดในสภาวะปกติ และมีการตรวจจับอุณหภูมิที่วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง โดยถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับที่กำหนด รีเลย์จะหยุดทำงาน เป็นการตัดกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ป้อนให้อินเวอร์เตอร์ เพื่อป้องกันอินเวอร์เตอร์เสียหาย เนื่องจากความร้อนสะสม

3. วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ (DC/AC Converter)

ทำหน้าที่รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงประมาณ 300 โวลต์ มาจากวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง แล้วเปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นเกือบสี่เหลี่ยม (Quasi-Square Wave) ความถี่ 50 เฮิรตซ์ แรงดัน 220 โวลต์ (Vrms) วงจรแปลงผันที่ใช้ได้แก่ วงจรแปลงผันแบบบริดจ์ (Bridge Converter) โดยใช้สวิตช์ 4 ตัวในการจัดสัณฐานรูปคลื่น ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับแบบบริดจ์

4. วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (HF Oscillator)

เป็นส่วนที่กำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่สูง ที่ควบคุมความถี่การสวิตช์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงให้คงที่ และนำสัญญาณความถี่สูงนี้ไปผ่านวงจรหารความถี่ เพื่อกำเนิดสัญญาณความถี่ 50 เฮิรตซ์ให้แก่วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ

5. มอดูเลเตอร์ (Modulator)

ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปควบคุมการตัดต่อสวิตช์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ความถี่ของการสวิตช์ถูกกำหนดจากวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่สูงที่คงที่ ป้อนให้มอดูเลเตอร์ซึ่งควบคุมวัฏจักรงาน (Duty Cycle) ของสวิตช์ โดยรับสัญญาณจากวงจรตรวจสอบแรงดันด้านเข้า, วงจรป้อนกลับแรงดันออก และวงจรป้องกันกระแสเกิน เพื่อการคุมค่าแรงดันด้านออกของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด

6. วงจรตรวจสอบแรงดันด้านเข้า (Input-Voltage Check)

เป็นการตรวจสอบว่าแรงดันเข้าอยู่ในพิสัยที่กำหนด(11-14 โวลต์) โดยเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงคงที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกส่งไปวงจรมอดูเลเตอร์ เพื่อควบคุมวัฏจักรงานของสวิตช์ในวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงให้สอดคล้องกับแรงดันเข้า เป็นการคุมค่าแรงดันออก และวงจร

ตรวจสอบนี้จะสั่งให้สวิตช์หยุดการทำงาน ในกรณีที่แรงดันเข้ามากกว่าหรือต่ำกว่าพิสัยที่กำหนด เพื่อป้องกันสวิตช์เสียหาย เนื่องจากแรงดันคร่อมสวิตช์หรือกระแสที่ไหลผ่านสวิตช์มากเกิน

7. วงจรป้อนกลับแรงดันออก (Output-Voltage Feedback)

เป็นการตรวจสอบแรงดันออกของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง เปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง โดยนำมาป้อนกลับให้วงจรมอดูเลเตอร์ เพื่อคุมค่าของแรงดันออก ให้เท่ากับแรงดันที่กำหนด เป็นการป้องกันสวิตช์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับและโหลดที่ต่ออยู่ไม่ให้เสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน

8. วงจรป้องกันกระแสเกิน (Over-Current Protection)

เป็นการตรวจวัดปริมาณกระแสที่จ่ายให้แก่โหลดของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ โดยเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้ส่งให้แก่วงจรมอดูเลเตอร์เพื่อควบคุมวัฏจักรงานสวิตช์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ให้ทำงานตามปกติถ้ากระแสไฟฟ้าด้านออกที่อยู่ในพิสัย แต่ถ้าโหลดต้องการกำลังไฟฟ้ามากกว่าพิกัดที่กำหนด วงจรป้องกันนี้ จะส่งผลให้วงจรแปลงผันไม่คุมค่าแรงดันด้านออก ทำให้แรงดันด้านออกลดลง กระแสโหลดจึงไม่เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าที่จำกัดไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อินเวอร์เตอร์เสียหายนั่นเอง

9. วงจรขับนำสวิตช์ความถี่สูง (High Frequency Switch Driver)

ทำหน้าที่ขับนำสวิตช์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ให้สวิตช์ตัดต่อวงจร ตามสัญญาณขับนำที่ส่งมาจากวงจรมอดูเลเตอร์ วงจรขับนำนี้จะต้องทำงานที่ความถี่สูง ป้อนแรงดันและกระแส ให้เพียงพอที่สวิตช์ต้องการ

10. วงจรนับ/หารความถี่ (Counter)

นำสัญญาณนาฬิกา จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาความถี่สูง มาหารความถี่ลง ให้ได้ความถี่ต่ำ 50 เฮิรตซ์ที่ต้องการ แล้วนำมาจัดสัณฐานรูปสัญญาณ ได้สัญญาณ 2 สัญญาณที่มีช่วงเวลาตาย (Dead Time) ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อขับนำสวิตช์ของวงจร แปลงผันไฟตรง-ไฟสลับให้ได้รูปคลื่นเกือบสี่เหลี่ยม (Quasi-Square) เพื่อลดฮาร์มอนิกที่ 3 สัญญาณที่ได้จากวงจรหารความถี่นี้จะส่งไปที่วงจรขับนำสวิตช์ความถี่ต่ำ

11. วงจรขับนำสวิตช์ความถี่ต่ำ (Low Frequency Switch Driver)

นำสัญญาณ 2 สัญญาณที่ได้จากวงจรหารความถี่ มาขับนำสวิตช์ทั้ง 4 ตัว ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ ให้ได้รูปคลื่นแรงดันออกที่ต้องการ คือรูปเกือบสี่เหลี่ยม(Quasi-Square Wave) ความถี่ 50 เฮิรตซ์

ขอบเขตโครงการวิทยานิพนธ์

1. กำลังของเครื่อง 100 โวลต์-แอมแปร์
2. แรงดันเข้า แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 11-14 โวลต์
3. แรงดันออก แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 (+10%,-10%)โวลต์ ความถี่ 49-51 เฮิรตซ์ มีรูปคลื่นเกือบสี่เหลี่ยม

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. ค้นคว้าและศึกษาข้อมูลการทำงานของอินเวอร์เตอร์
2. ออกแบบและวิเคราะห์วงจร จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม LEK6 (เอกชัย ลีลารัศมี, 2534)
3. สร้าง ทดสอบและแก้ไขปรับปรุงวงจรในแต่ละส่วน
4. ศึกษาเทคโนโลยีของอุปกรณ์ติดผิวหน้า
5. ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ติดผิวหน้า
6. ทดสอบการทำงานของวงจรทั้งหมด
7. ประเมินผล สรุป และเขียนวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้เทคนิค ปัญหาในการพัฒนาวงจรอินเวอร์เตอร์
2. ได้เรียนรู้เทคนิค และปัญหาในการพัฒนาวงจรแปลงผันไฟตรงความถี่สูง
3. ได้เรียนรู้เทคนิค และปัญหาในการจำลองการทำงาน ก่อนที่จะประกอบวงจรจริง
4. ได้ศึกษาเทคโนโลยีของอุปกรณ์ติดผิวหน้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย