

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

7.1 บทนำ

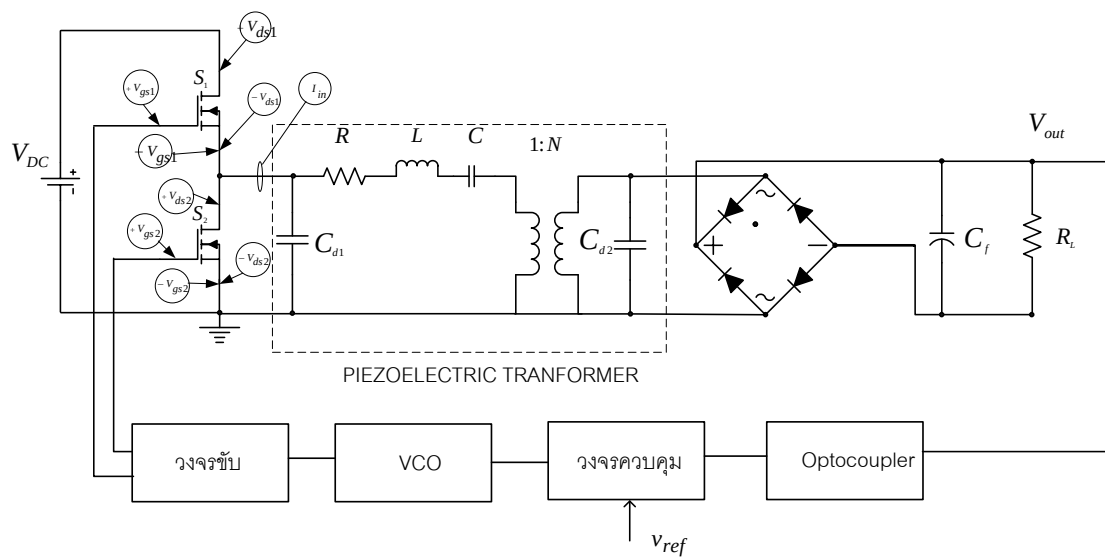
วงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบที่ออกแบบในบทที่ผ่านมา ถูกนำมาทดลองเพื่อทดสอบความสามารถการทำงานในรูปแบบที่ออกแบบไว้ การรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกและการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อกระแสไฟฟ้าที่ทางออกเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งวิธีการทดลองและผลการทดลองที่ได้จะนำเสนอต่อไปในบทนี้ โดยอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ได้แก่

1. Digital Oscilloscope ของ Tektronix รุ่น TDS754D
2. Oscilloscope ของ Yokogawa รุ่น DL1520
3. High-Voltage Differential Probe ของ Tektronix รุ่น P5205
4. Current Probe ของ Tektronix รุ่น TCP202 (15A Max)
5. Digital Multimeter FLUKE179
6. Autotransformer ของ ISKRA รุ่น HSN0103K

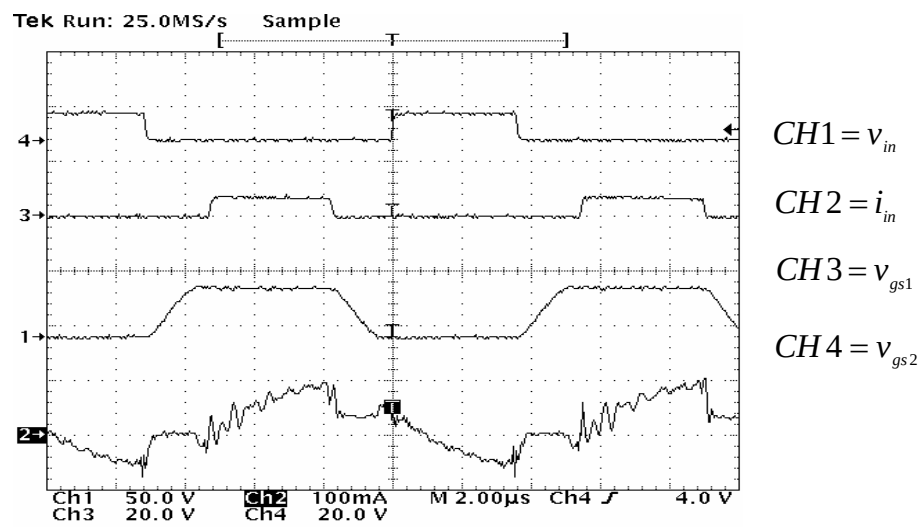
7.2 รูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

หัวข้อนี้นำเสนอผลการวัดคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ เพื่อยืนยันว่าวงจรมีการทำงานในโหมดการทำงานที่ถูกออกแบบไว้ และสวิตช์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์ เป็นศูนย์ (ZVS) โดยตำแหน่งการวัดคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 6.1

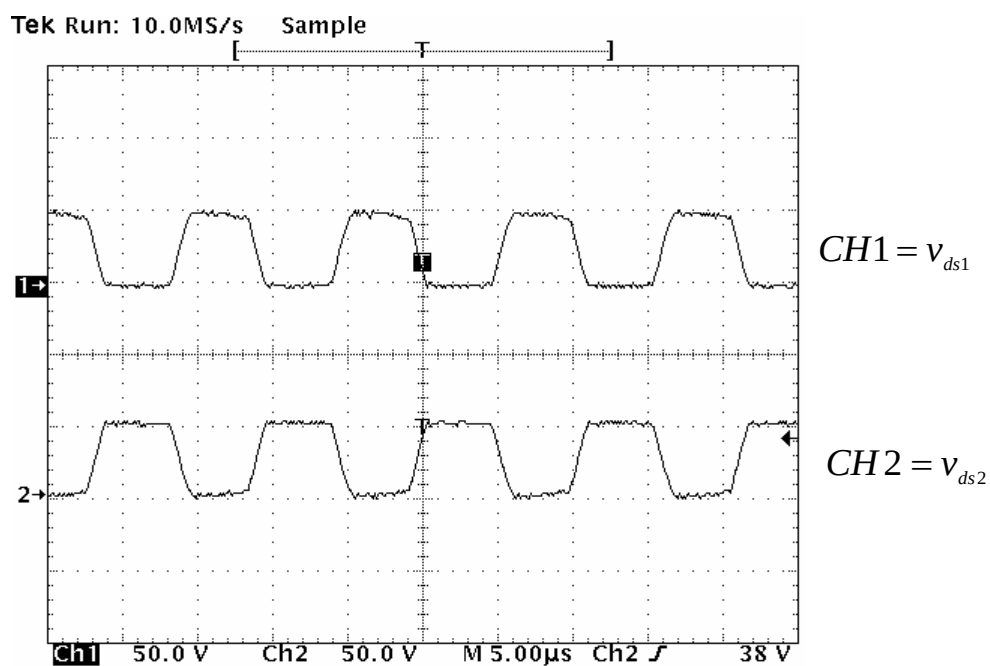
รูปที่ 7.2 แสดงคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการขับมอสเฟต (V_{gs1}) ที่ช่องสัญญาณ CH4 คลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการขับมอสเฟต (V_{gs2}) ที่ช่องสัญญาณ CH3 คลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการขับมอสเฟต (V_{ds1}) ที่ช่องสัญญาณ CH1 และคลื่นสัญญาณกระแสไฟฟ้า I_{in} ที่ช่องสัญญาณ CH2 รูปที่ 7.3 แสดงคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมอสเฟต (V_{ds1}) ที่ช่องสัญญาณ CH1 และคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมอสเฟต (V_{ds2}) ที่ช่องสัญญาณ CH2 รูปที่ 7.4 แสดงคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมมอสเฟต (V_{ds2}) ช่องสัญญาณ CH1 และคลื่นสัญญาณกระแสไฟฟ้าที่ I_{in} ที่ช่องสัญญาณ CH2 จากรูปคลื่นสัญญาณวงจรมีการทำงานในโหมดที่ออกแบบไว้และมีการทำงานที่สวิตช์ทำงานแบบ ZVS



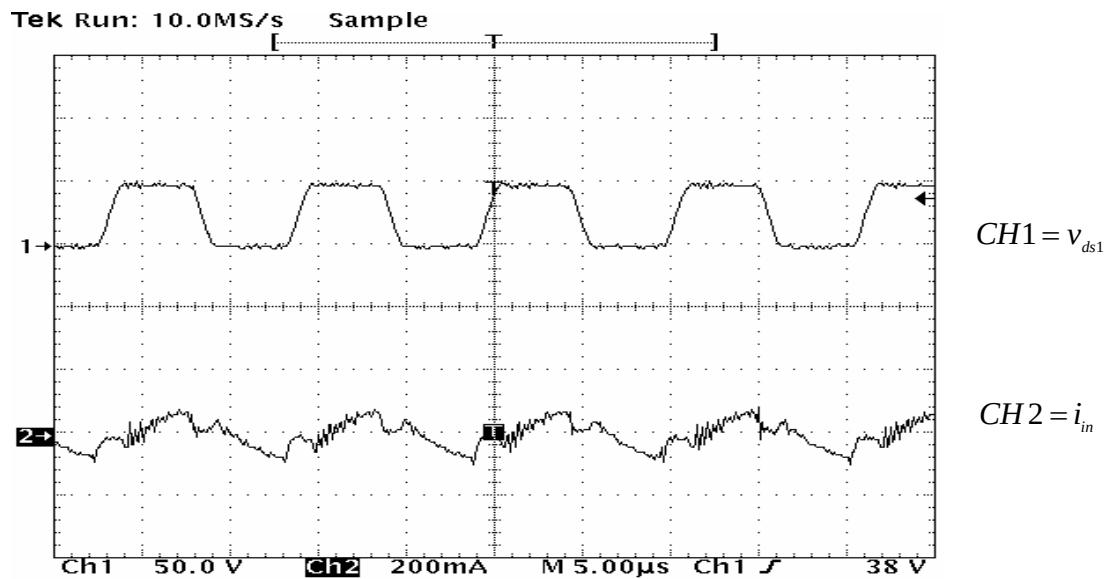
รูปที่ 7.1 ตำแหน่งของการวัดคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรเพียโซอิเล็กทริก
ทรานส์ฟอร์เมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ



รูปที่ 7.2 คลื่นสัญญาณ v_{gs1} , v_{gs2} , v_{ds2} และ i_{in} ที่โหลด 500Ω , $V_{DC}=50V$ และ $V_{out}=20V$ ของวงจร
วงจรคอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ



รูปที่ 7.3 คลื่นสัญญาณ v_{ds1} และ v_{ds2} ที่โหลด 500Ω , $V_{DC}=50V$ และ $V_{out}=20V$ ของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ



รูปที่ 7.4 คลื่นสัญญาณ v_{ds1} และ i_{in} ที่โหลด 500Ω , $V_{DC}=50V$ และ $V_{out}=20V$ ของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

7.3 การทดสอบวัดค่าประสิทธิภาพของวงจรเปลี่ยนโวลติจ์อิเล็กทรอนิกส์ทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

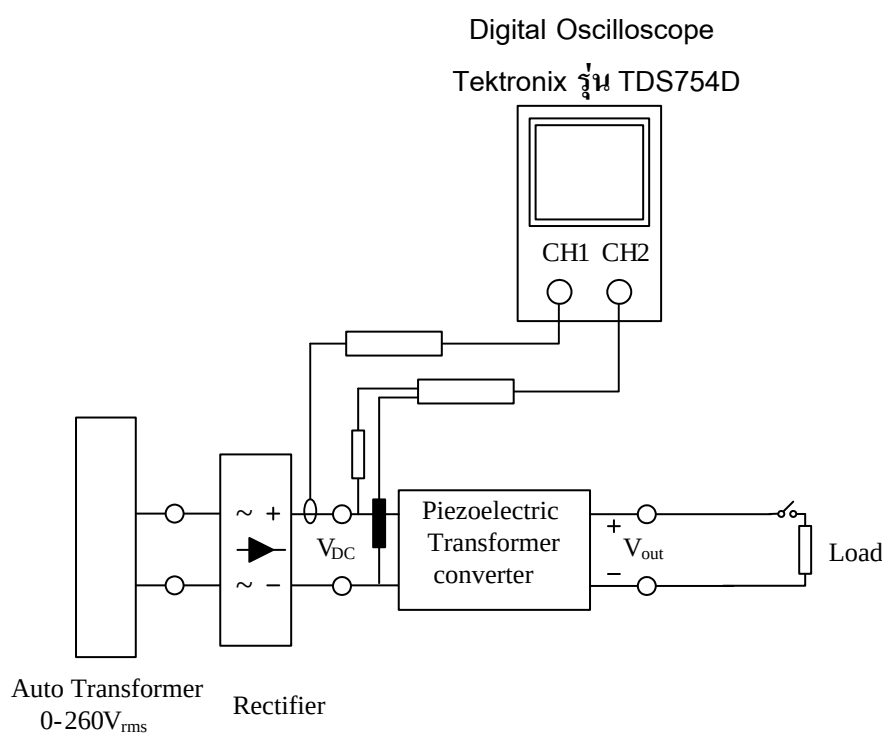
1. จัดชุดทดลองดังรูปที่ 7.5 เพื่อวัดกำลังไฟฟ้าที่ทางเข้า (P_{in})
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า 50V ได้แรงดันไฟฟ้าที่ทางออก 20V ให้กับวงจรภาคกำลัง
3. บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ทางเข้าที่ค่าความต้านทาน 500Ω, 600Ω, 700Ω, และ 800Ω

ตามลำดับ

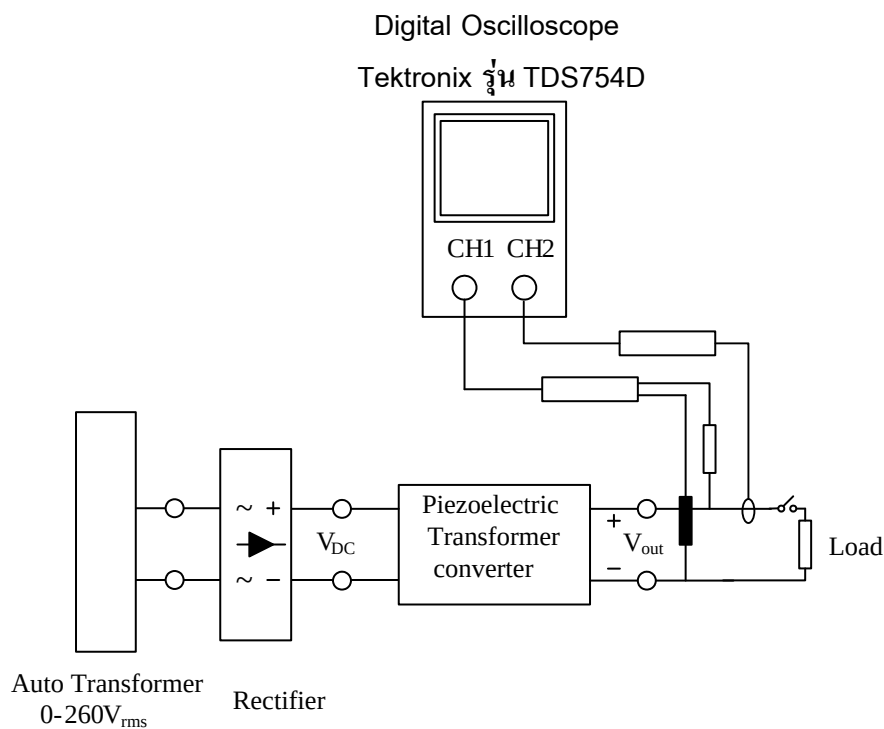
4. จัดชุดทดลองดังรูปที่ 7.6 เพื่อวัดกำลังไฟฟ้าที่ทางออก (P_{out})
5. บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ทางออกที่ค่าความต้านทาน 500Ω, 600Ω, 700Ω, และ 800Ω

ตามลำดับ

5. นำค่ากำลังไฟฟ้าที่ทางออกและทางเข้าที่ค่าความต้านทาน 500Ω, 600Ω, 700Ω, และ 800Ω มาคำนวณหาประสิทธิภาพ (η)



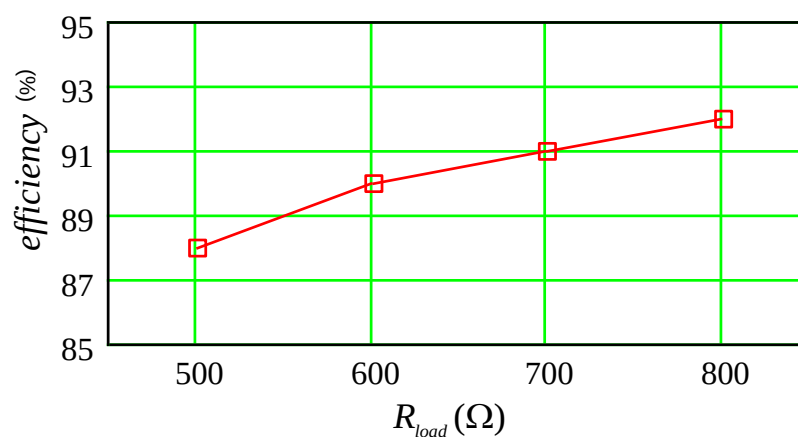
รูปที่ 7.5 การจัดชุดทดลองสำหรับทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ทางเข้า



รูปที่ 7.6 การจัดชุดทดลองสำหรับทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ทางออก

ผลการทดลอง

วงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นถ้าโหลดมีขนาดที่มากขึ้นแสดงตามรูปที่ 7.7



รูปที่ 7.7 ผลการวัดประสิทธิภาพทางไฟฟ้าของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

7.4 การทดสอบการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของวงจรเพียโซอิเล็กทริกคอนเวอร์เตอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

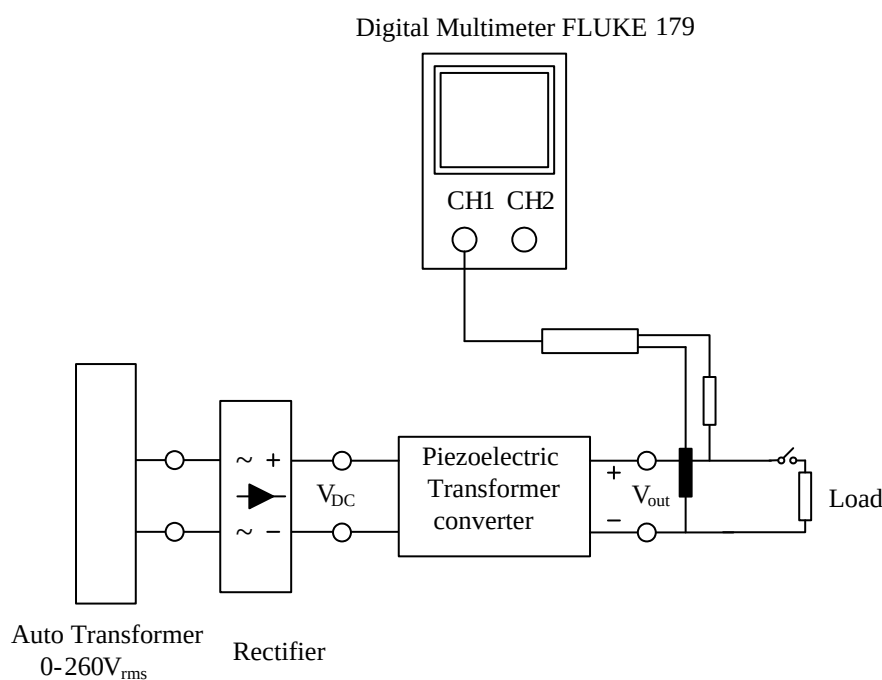
ขั้นตอนการทดลอง

1. จัดชุดทดลองดังรูปที่ 7.7
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า (V_{DC}) 40V ให้กับวงจรภาคกำลัง
3. บันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกที่ค่าความต้านทาน 500 Ω , 600 Ω และ 800 Ω

ตามลำดับ

4. ทำการทดลองตามข้อ 2 และ 3 โดยเปลี่ยนการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้าเป็น 50V

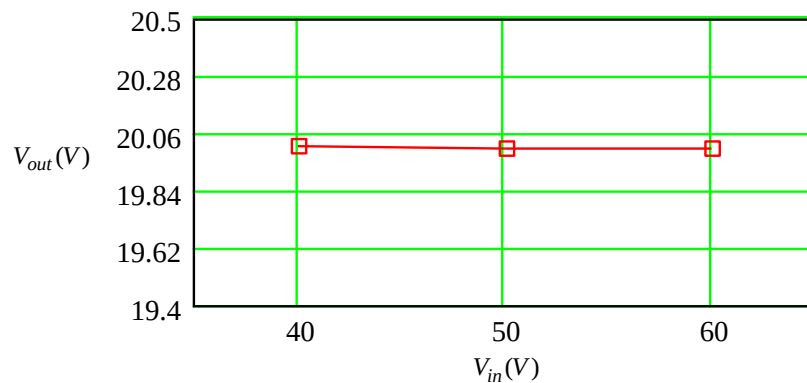
และ 60V ตามลำดับ



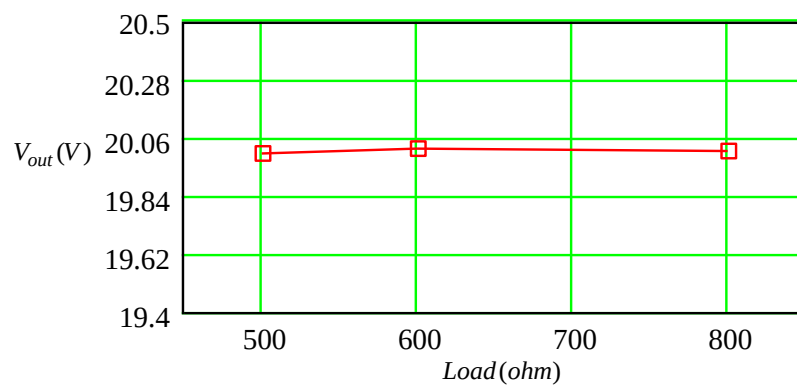
รูปที่ 7.8 การจัดชุดทดลองสำหรับทดสอบการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้านทางออก

ผลการทดลอง

วงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์เมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ มีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงานและมีผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อแรงดันทางไฟฟ้าที่ทางเข้าเปลี่ยนแปลงและเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงแสดงตามรูปที่ 7.9 และรูปที่ 7.10 ตามลำดับ



รูปที่ 7.9 แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้าเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 7.10 แรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อโหลดที่ทางออกเปลี่ยนแปลง

จากผลการวัดแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกพบว่าวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบมีเสถียรภาพตลอดย่านการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลตอบสนองเชิงความถี่ของฟังก์ชันถ่ายโอนวงเปิด $G_p(s)G_c(s)H(s)$ ในรูปที่ (6.18) และ (6.19) ตามลำดับ นอกจากนี้วงจรยังมีความสามารถในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกที่ดีเนื่องจากการออกแบบให้อัตราขยายที่ความถี่ต่ำมีค่าสูง

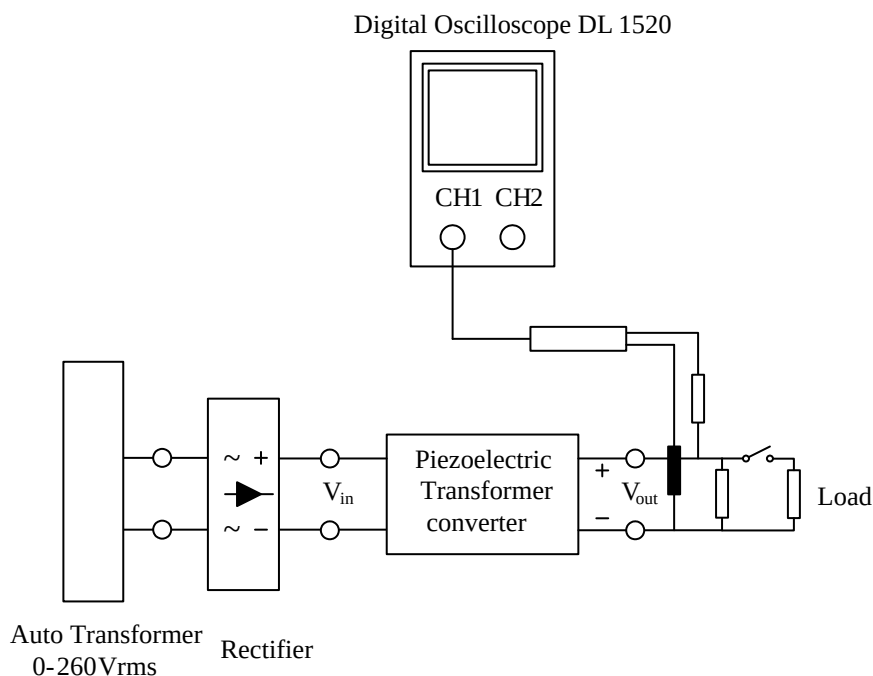
7.5 การทดสอบการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. จัดชุดทดลองดังรูปที่ 7.8
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ทางเข้า (V_{DC}) 50V ให้กับวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ

3. บันทึกสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อค่าความต้านทานของโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจากค่าความต้านทาน 800Ω ไปเป็น 500Ω

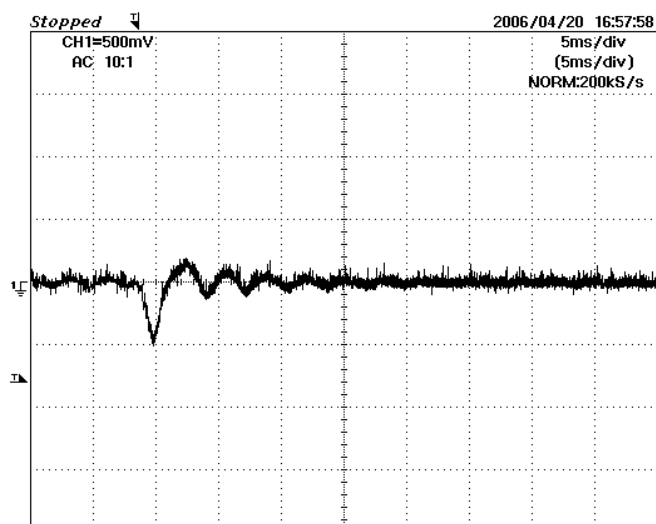
4. บันทึกสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเมื่อค่าความต้านทานของโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจากค่าความต้านทาน 500Ω ไปเป็น 800Ω



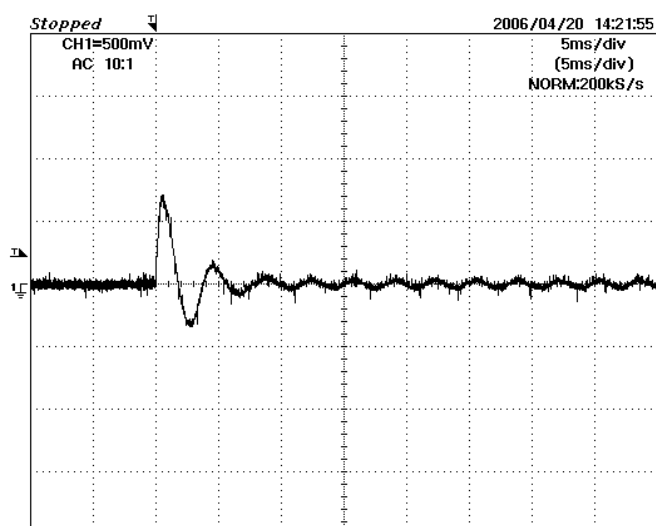
รูปที่ 7.11 การจัดชุดทดลองสำหรับทดสอบการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออก

ผลการทดลอง

ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของวงจรเปียโซอิเล็กทริกทรานส์ฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบเมื่อค่าความต้านทานของโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจากค่าความต้านทาน 800Ω ไปเป็น 500Ω และจากค่าความต้านทาน 500Ω ไปเป็น 800Ω แสดงในรูปที่ 7.12 และ 7.13 ตามลำดับ



รูปที่ 7.12 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจาก 800Ω ไปเป็น 500Ω



รูปที่ 7.13 ผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกของวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจาก 500Ω ไปเป็น 800Ω

จากผลการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกพบว่าวงจรเพียโซอิเล็กทริกทรานฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบ มีผลตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออกเป็นที่น่าสนใจ โดยมีระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัว (Settling time) 15 ms และ 10 ms ตามลำดับ โดยวงจรเพียโซอิเล็กทริก ทรานฟอร์มเมอร์คอนเวอร์เตอร์ต้นแบบมีการออกแบบความถี่ Crossover frequency ไว้ที่ 3 kHz ($f_c = 3 \text{ kHz}$)