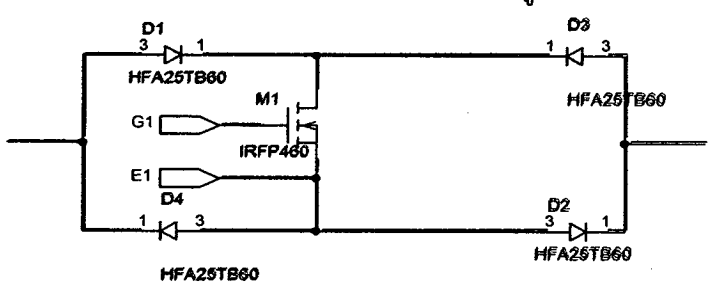
บทที่ 4
ผลการจำลองและผลการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์

1. บทนำ

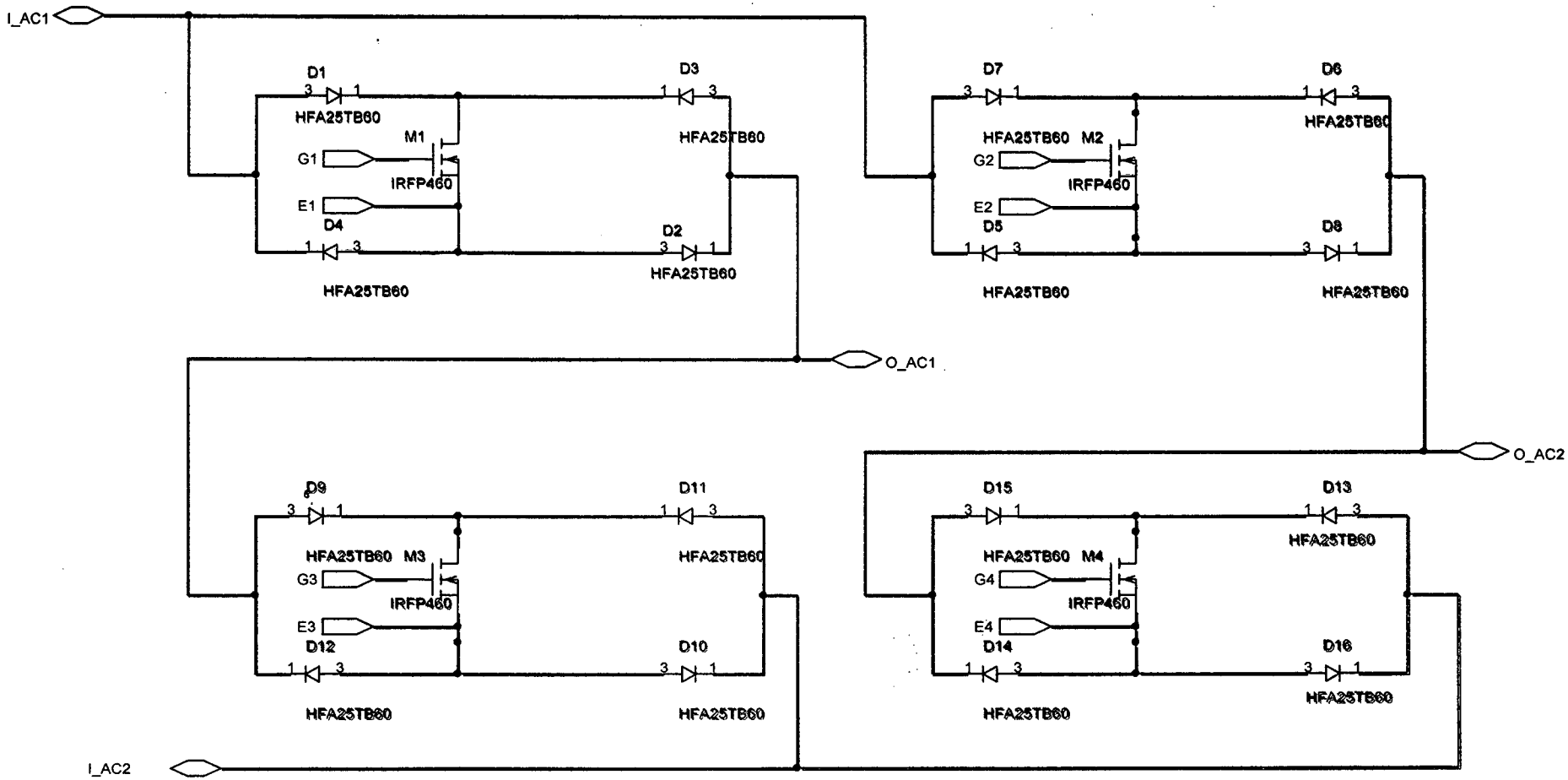
ในบทนี้เป็นการจำลองการทำงานของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส โดยใช้โปรแกรมจำลองวงจรไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์ที่มีชื่อว่าโปรแกรม OrCAD/PSpice 9.1 student version ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์ วงจรการทำงานของสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด จะทำงานตามสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์ (Switching Frequency) เท่ากับ 250Hz, 500Hz และ 1000Hz และค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle) เท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เพื่อทำการศึกษาพฤติกรรมการทำงานพร้อมทำการวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์สัญญาณในเชิงฟูเรียร์(Fast Fourier Transform : FFT) และพล็อตสเปกตรัม (Spectrum) ของรูปคลื่นแรงดันและกระแสไฟฟ้า รวมทั้งเป็นการนำวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส ที่ทำการสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบตามหลักการและโครงสร้างดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 นำไปทำการทดสอบกับโหลดชนิดต่างๆ คือ โหลดชนิดตัวต้านทาน และโหลดชนิดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขของค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและด้านเอาท์พุท รวมทั้งนำมาทำการวิเคราะห์เชิงฟูเรียร์เพื่อศึกษาฮาร์โมนิคของคลื่นทั้งสองด้วย พร้อมทั้งทำการศึกษาคุณลักษณะของวงจรโดยการหาความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าดิวตี้ไซเคิล จำนวนพัลส์ และ ค่าความถี่การสวิทช์ ของสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มกับค่าแรงดันและกระแสอินพุทและเอาท์พุทของวงจรที่ได้ทำการต่อกับโหลดชนิดต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไป

2. วงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการจำลอง

การจำลองการทำงานของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสในงานวิจัยนี้ ได้ใช้โครงสร้างวงจรและลักษณะสวิทช์สองทาง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด ที่ใช้นั้นแต่ละชุด ประกอบด้วย สวิทช์กำลังมอสเฟท (Power MOSFET) เบอร์ IRFP460 1 ตัว กับ ไดโอดกำลัง (Power Diode) เบอร์ HFA25TB60 4 ตัว นำมาต่อกันในลักษณะดังรูปที่ 4.1

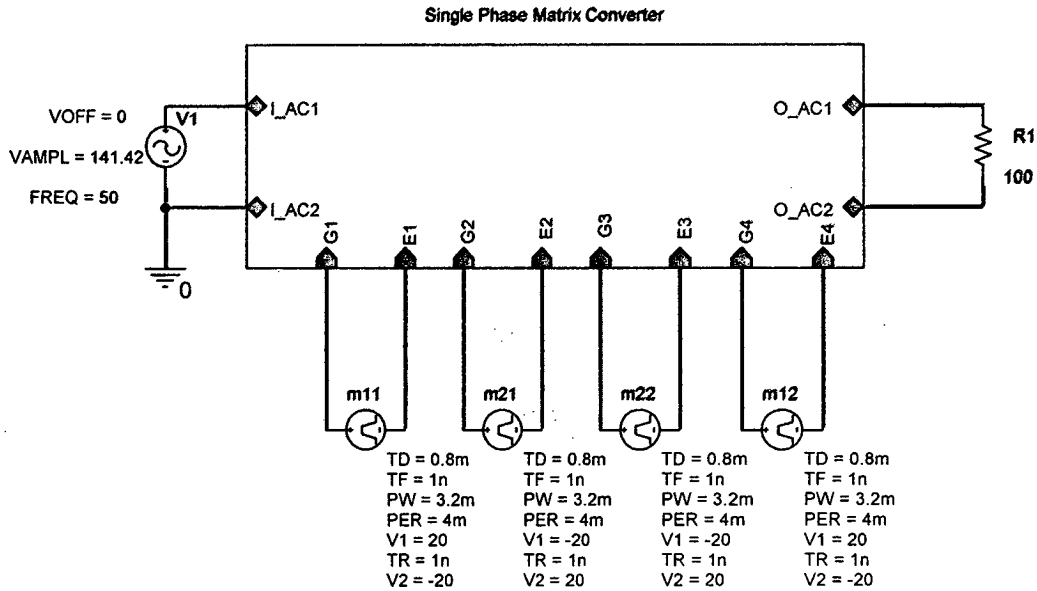


รูปที่ 4.1 ลักษณะสวิทช์สองทางที่ใช้ในการจำลองของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส



รูปที่ 4.2 ลักษณะวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ใช้ในการจำลอง

สวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด จะถูกนำมาต่อกันตามโครงสร้างของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส เพื่อทำการศึกษาถึงพฤติกรรมการทำงาน พร้อมทำการวัดรูปคลื่นสัญญาณที่จุดต่างๆ ของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส ตามลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขค่าดิวตี้ไซเคิลและความถี่สวิทช์ค่าต่างๆ



รูปที่ 4.3 ลักษณะวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ใช้ในการจำลองวงจรทั้งหมด

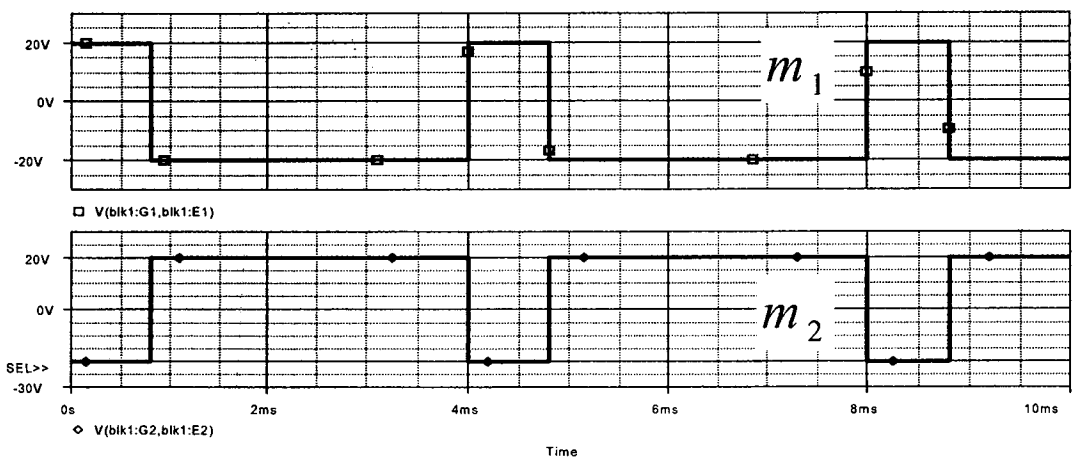
ลักษณะวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสโดยรวมที่ใช้ในการจำลองวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ คือ แรงดันอินพุท V1 ที่เป็นแหล่งจ่ายไฟสลับ VSIN ที่ใช้มีค่าแรงดันเท่ากับ 100 Vrms (VAMPL = 141.42 Vpeak), ความถี่(FREQ) 50 Hz และสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่จ่ายให้แก่สวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด คือ m11, m12, m21 และ m22 ใช้อุปกรณ์ที่ชื่อ VPULSE ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์พีดับลิวเอ็ม เพื่อจ่ายสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มตามเงื่อนไขที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 และค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz ตามที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยที่สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m11 และ m12 คำนวณจากสมการ m_1 ใช้ในการขับสวิทช์สองทาง S_1 และ S_4 และสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m21 และ m22 คำนวณจากสมการ m_2 ใช้ในการขับสวิทช์สองทาง S_2 และ S_3 ส่วนทางด้านเอาท์พุทของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ ได้ทำการต่อกับโหลดความต้านทานและความต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ เพื่อทำการจำลองวงจรแล้ววัดรูปคลื่นที่จุดต่างๆ และศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสต่อไป

3. ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์

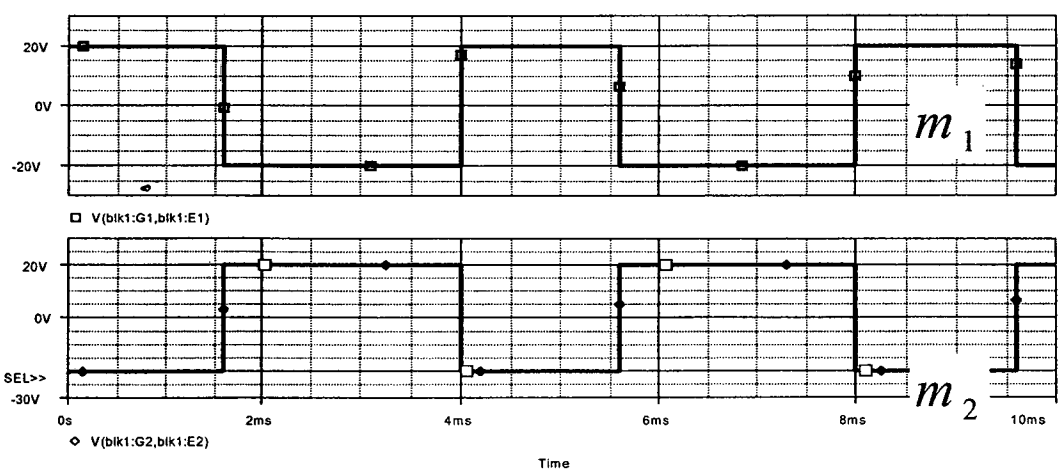
ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนี้ ได้ทำการคำนวณจากสมการ m_1, m_2 ในบทที่ 2 โดยจะทำการพิจารณาที่เงื่อนไขของความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังมีลักษณะดังต่อไปนี้

3.1. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz

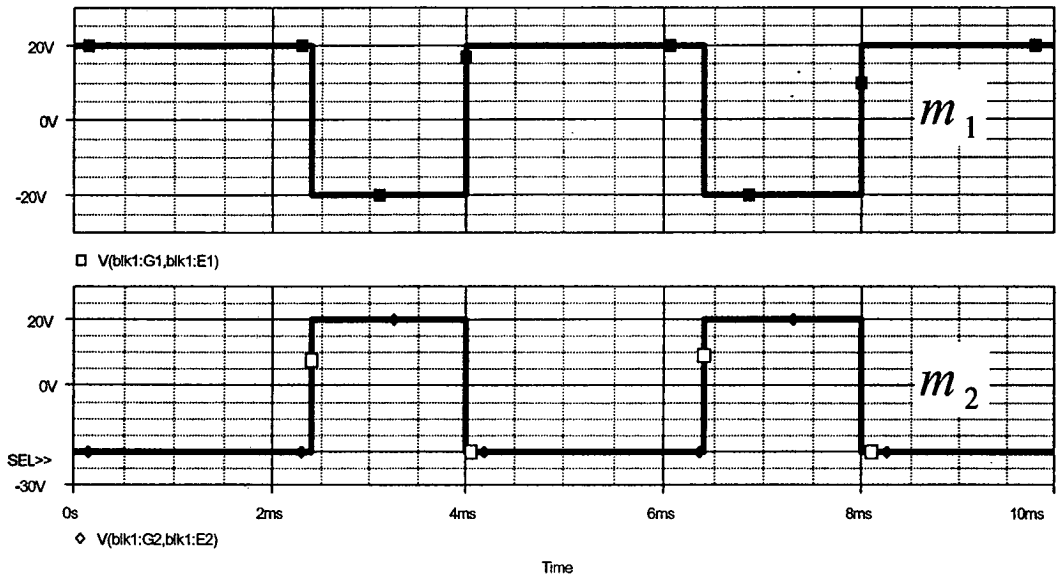
สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz, จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.4



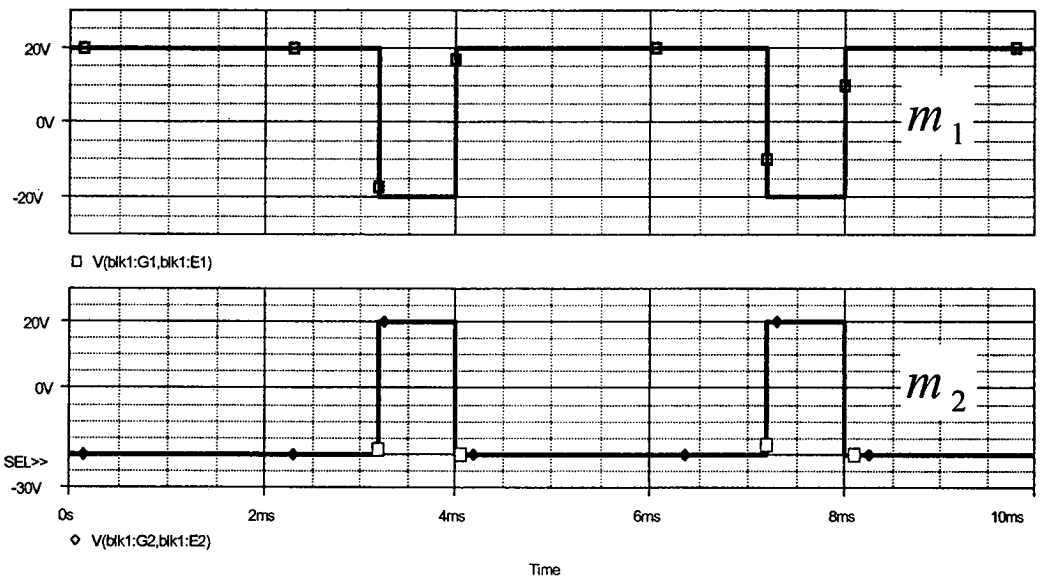
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6



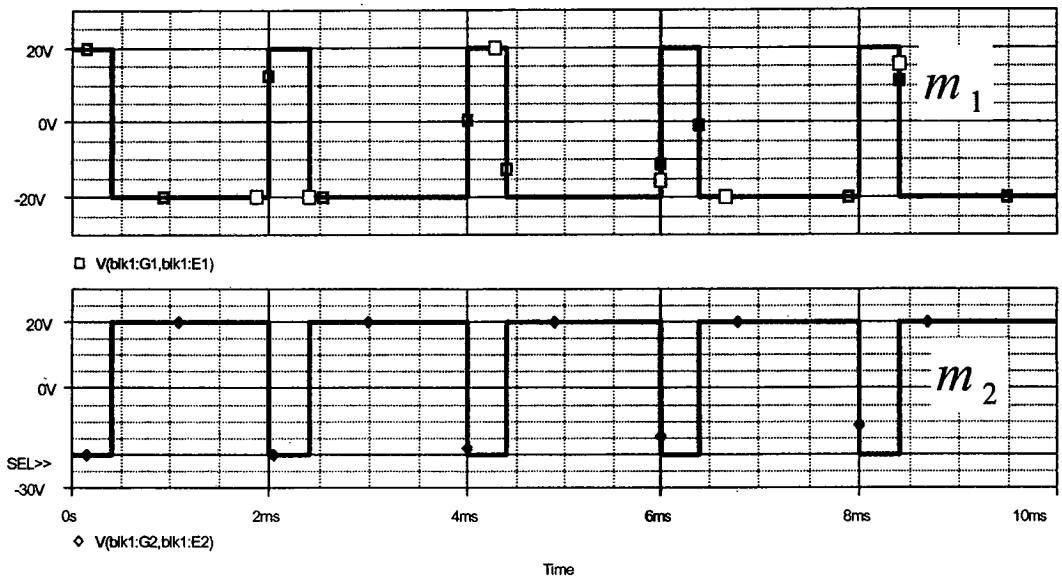
(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

รูปที่ 4.4 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz

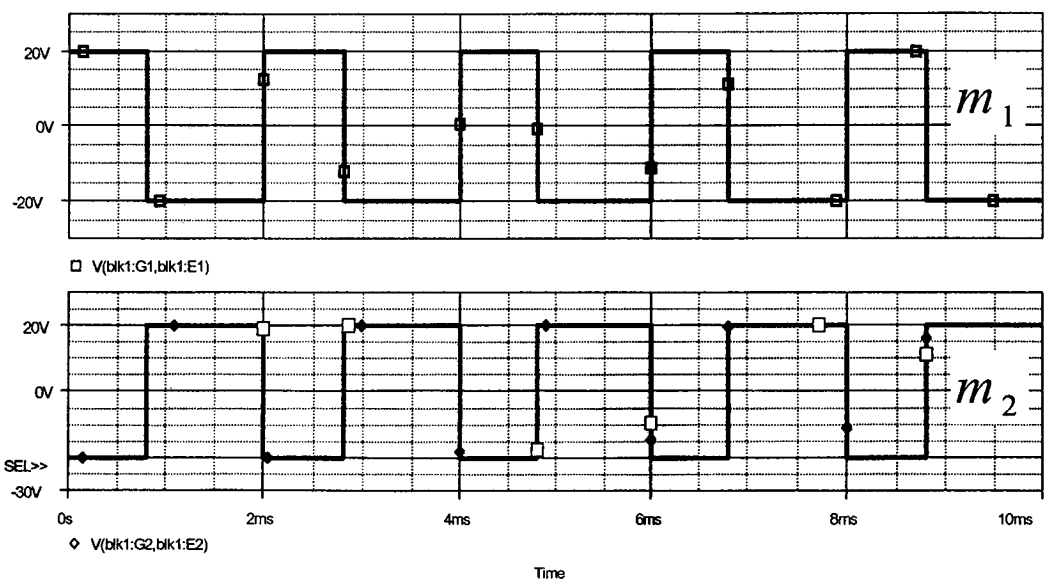
3.2. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz

สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz, จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พี

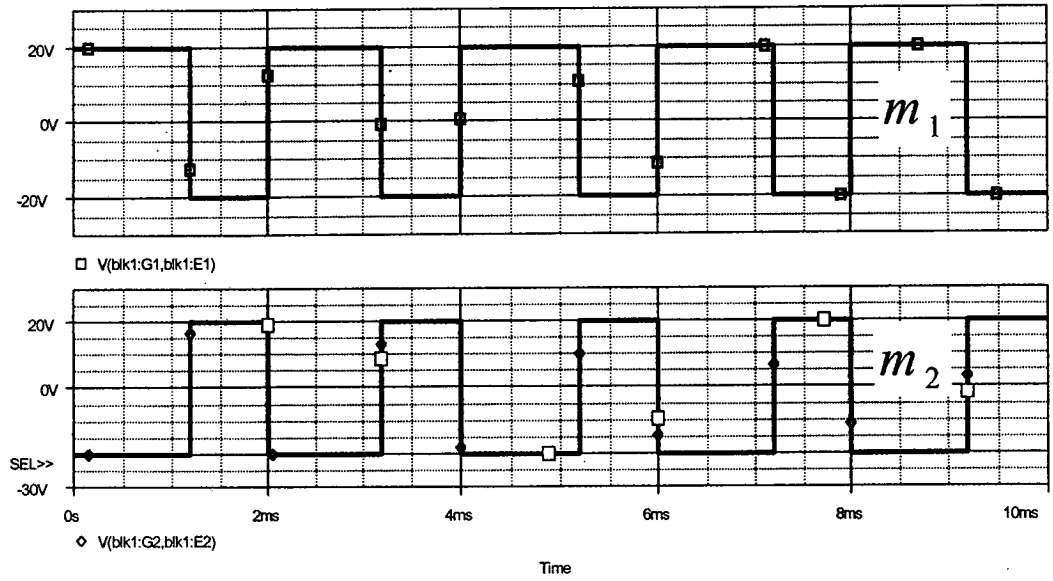
ดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.5



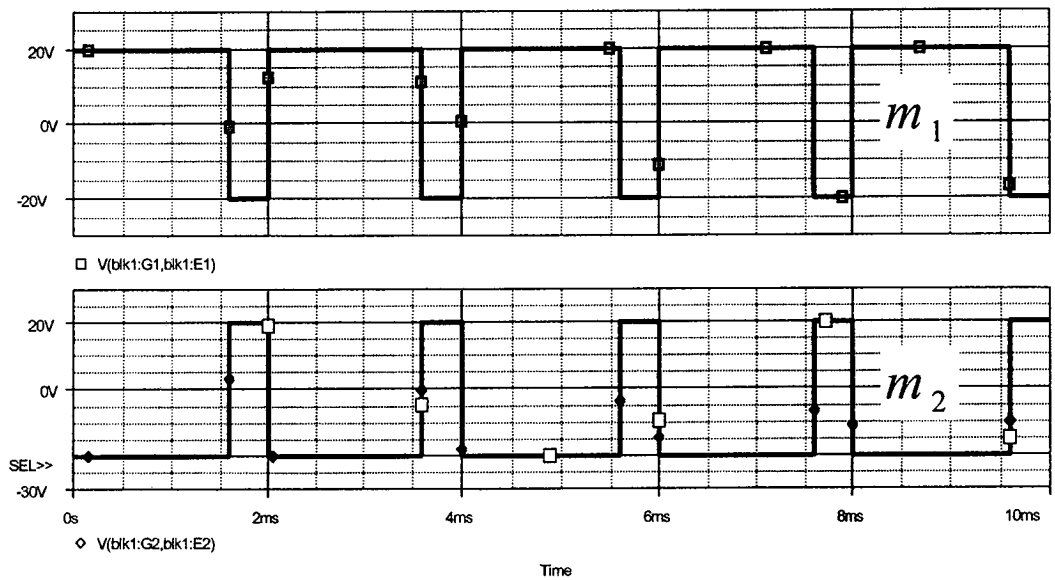
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6



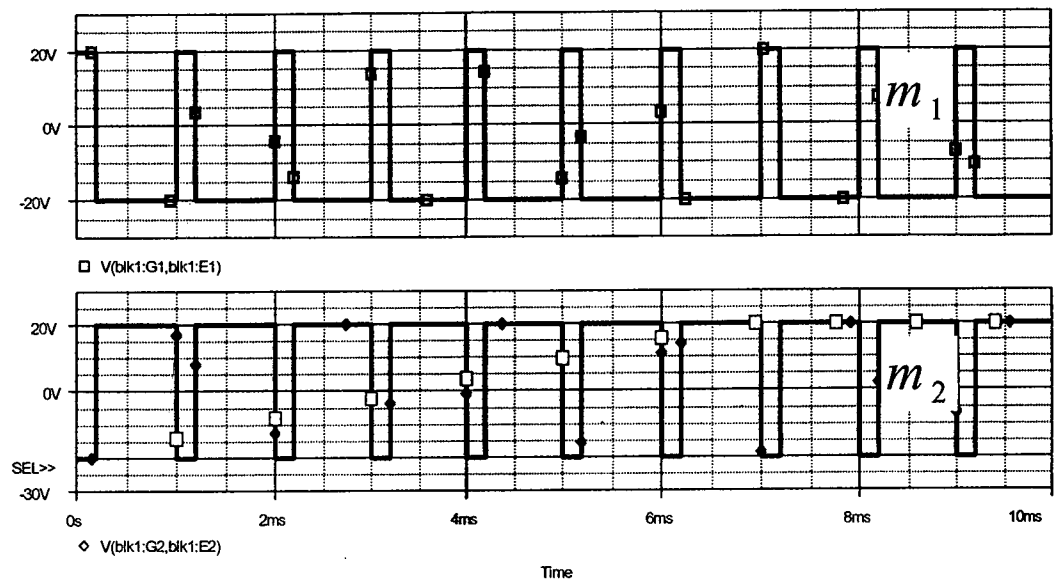
(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

รูปที่ 4.5 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz

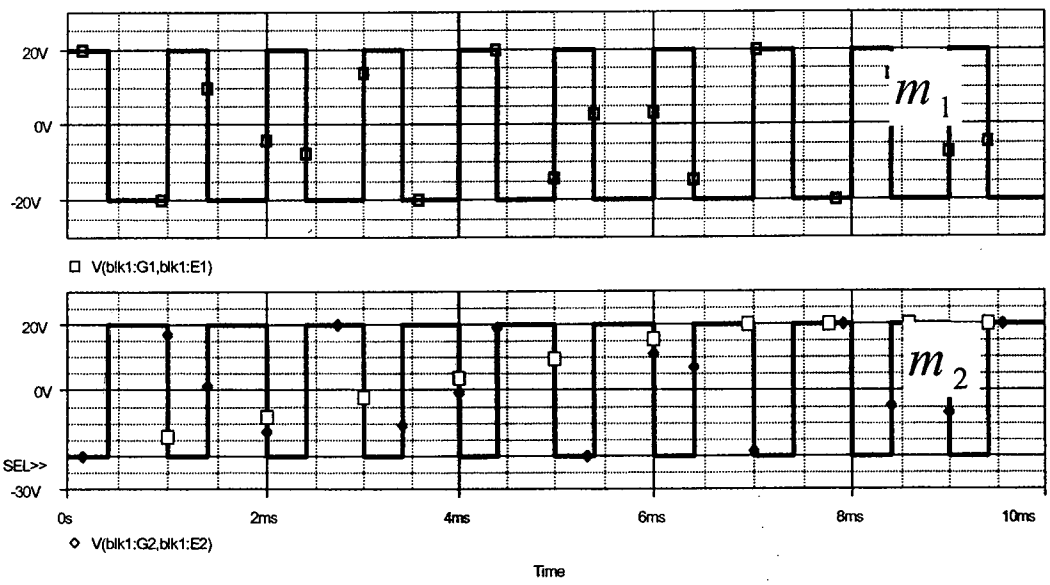
3.3. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz

สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz, จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พี

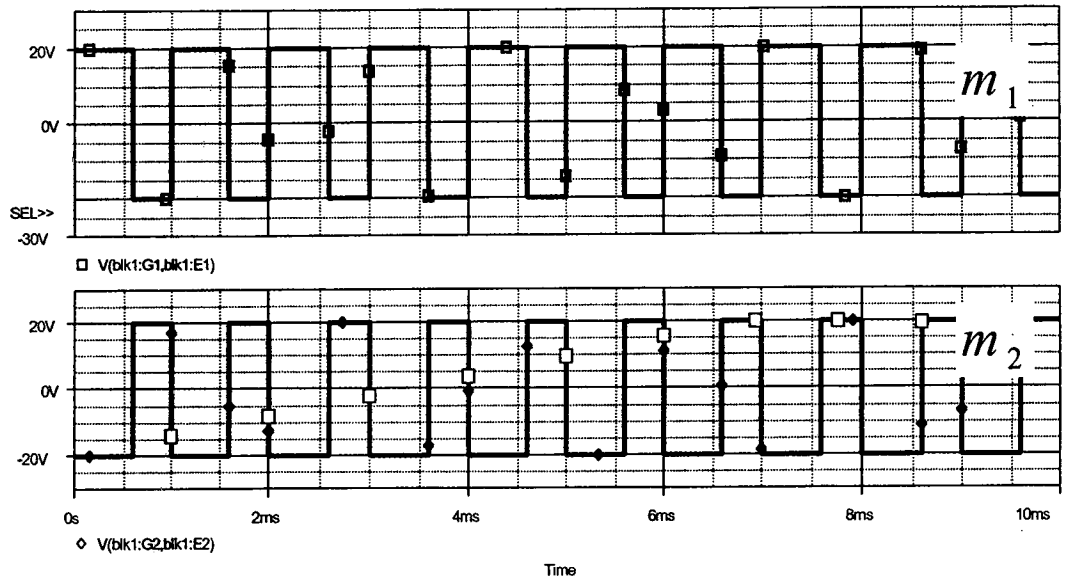
ดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.6



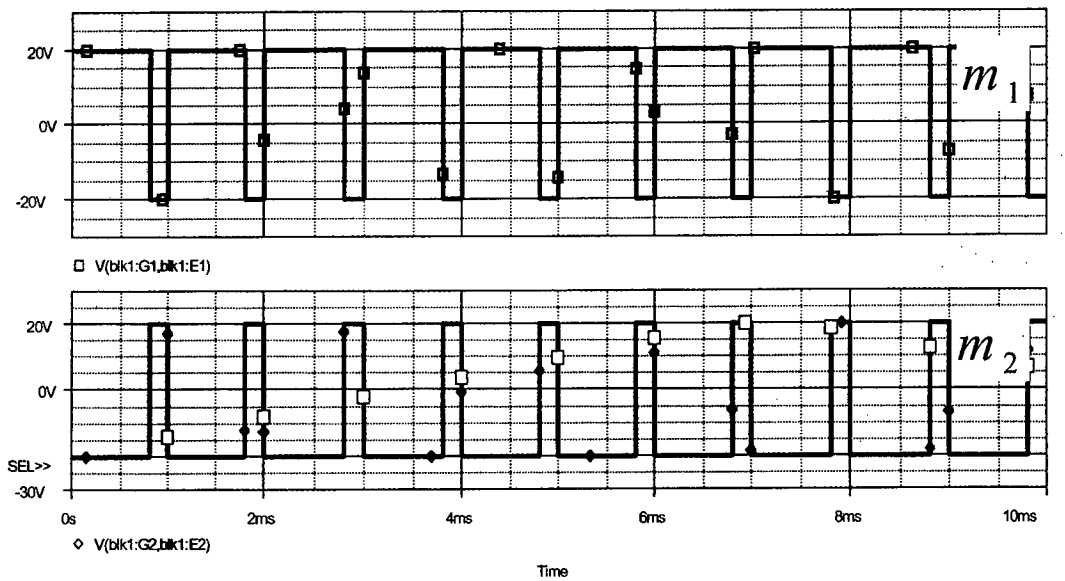
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6



(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

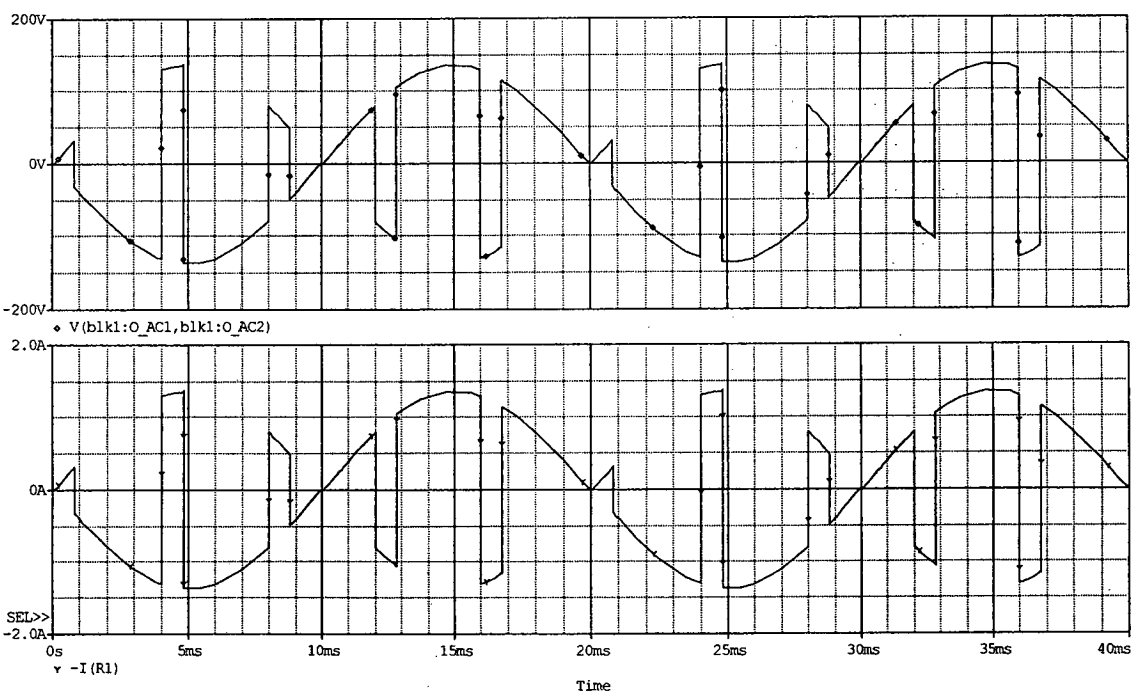
รูปที่ 4.6 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz

4. การจำลองวงจรโดยการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน

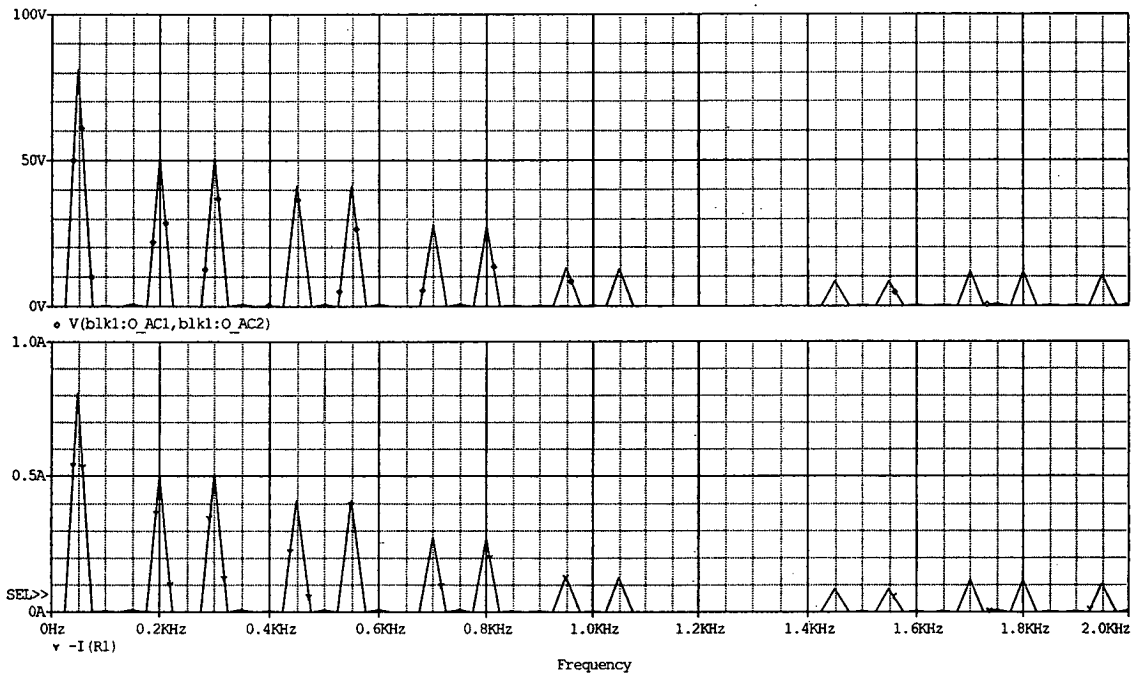
ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม OrCAD/PSpice นั้น จะนำมาทำการทดสอบกับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ โดยใช้สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มในการขับนำสวิทช์สองทางที่มีเงื่อนไขของลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม คือ ความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ซึ่งในการทดสอบเพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT เพื่อศึกษาค่าฮาร์โมนิคที่อันดับต่างๆ ที่เกิดขึ้นว่ามีผลต่อค่าแรงดันและกระแสมากน้อยอย่างไร ในการทดสอบได้ทำการแยกทดสอบเป็นหัวข้อตามเงื่อนไขของลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ดังนี้

4.1 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อ ไซเคิล

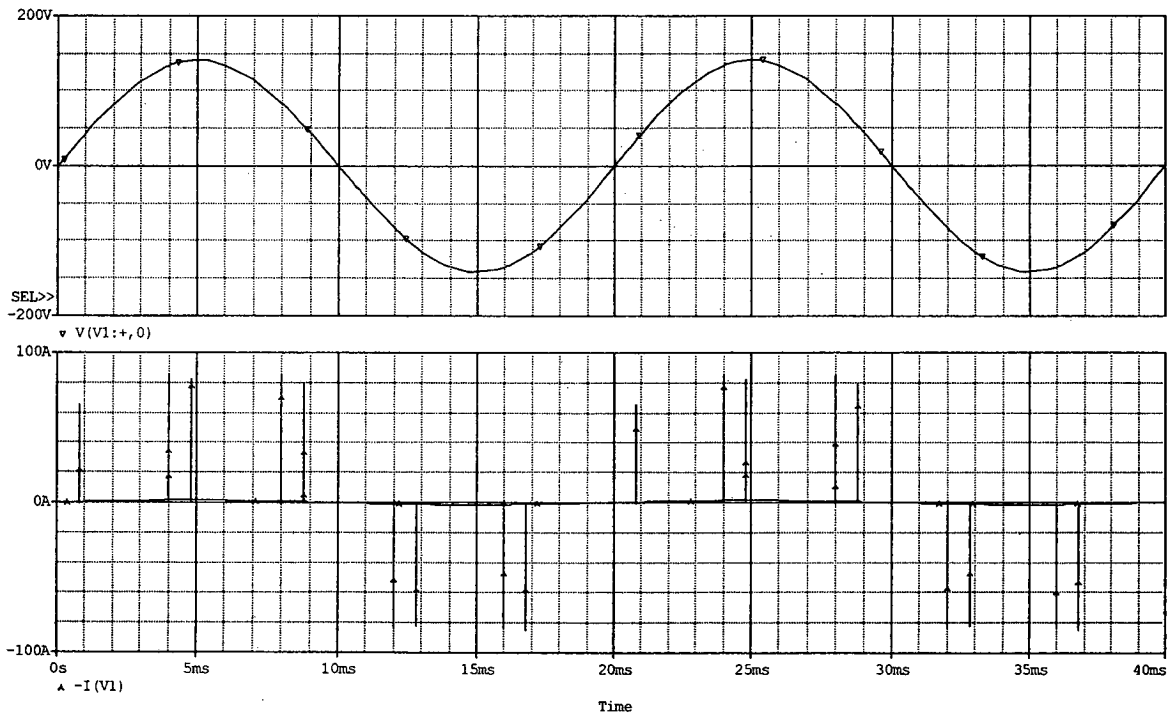
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจรและการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10



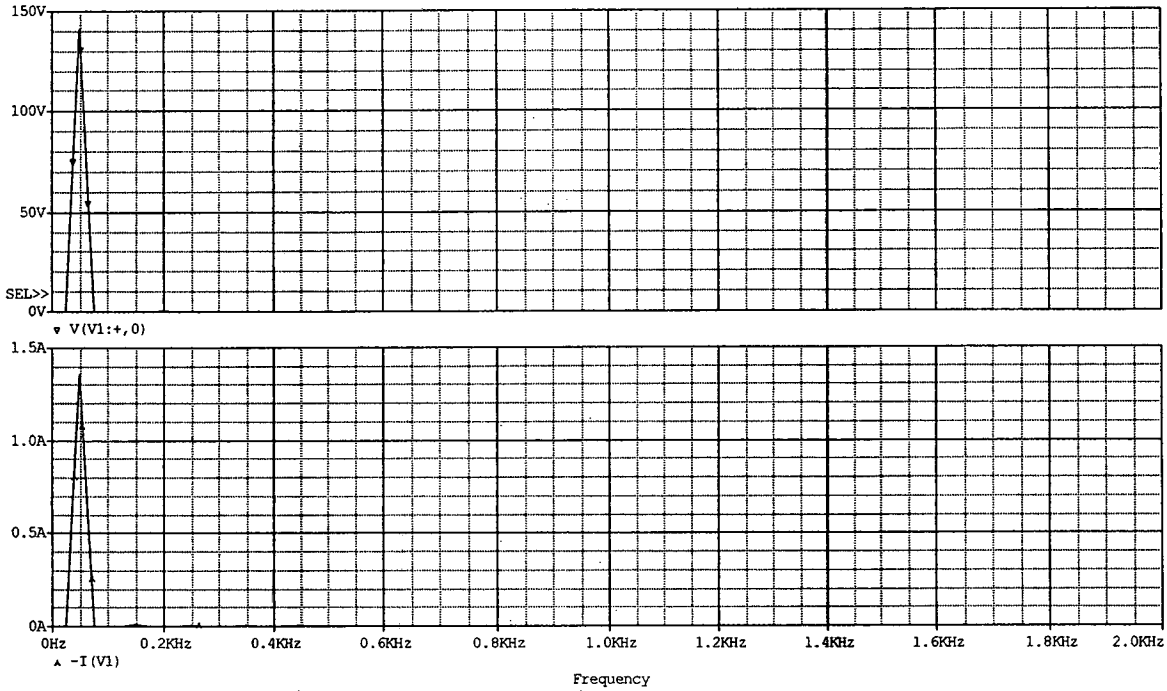
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

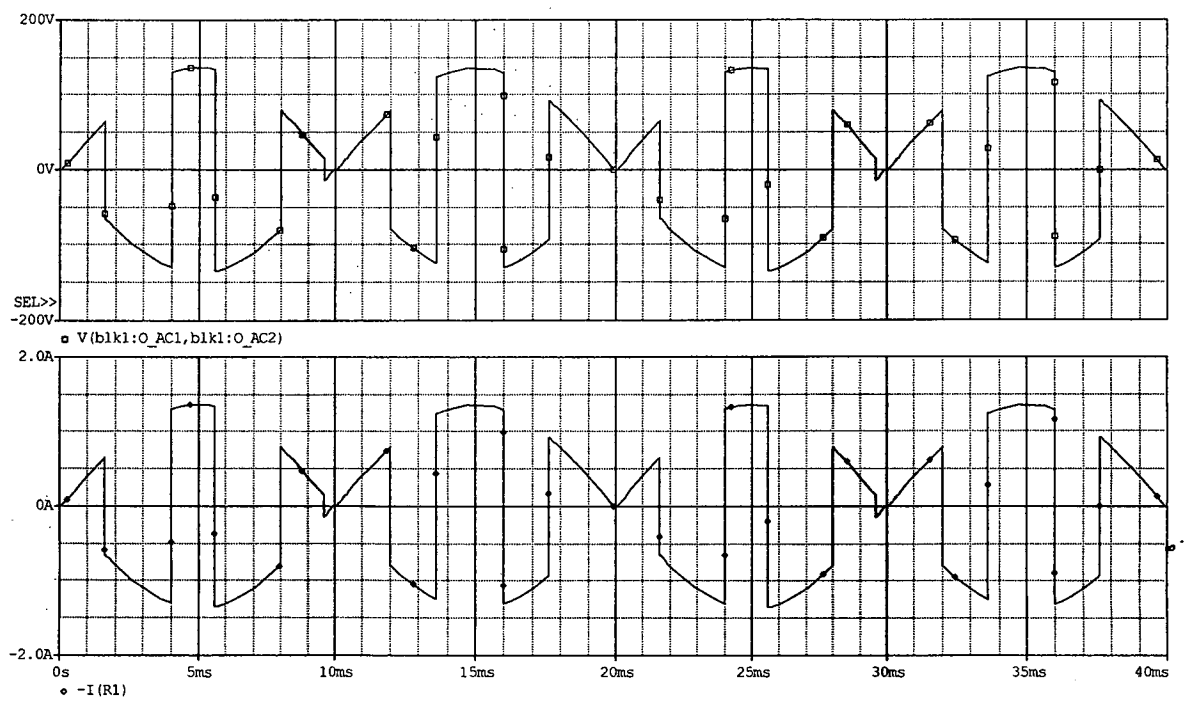


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

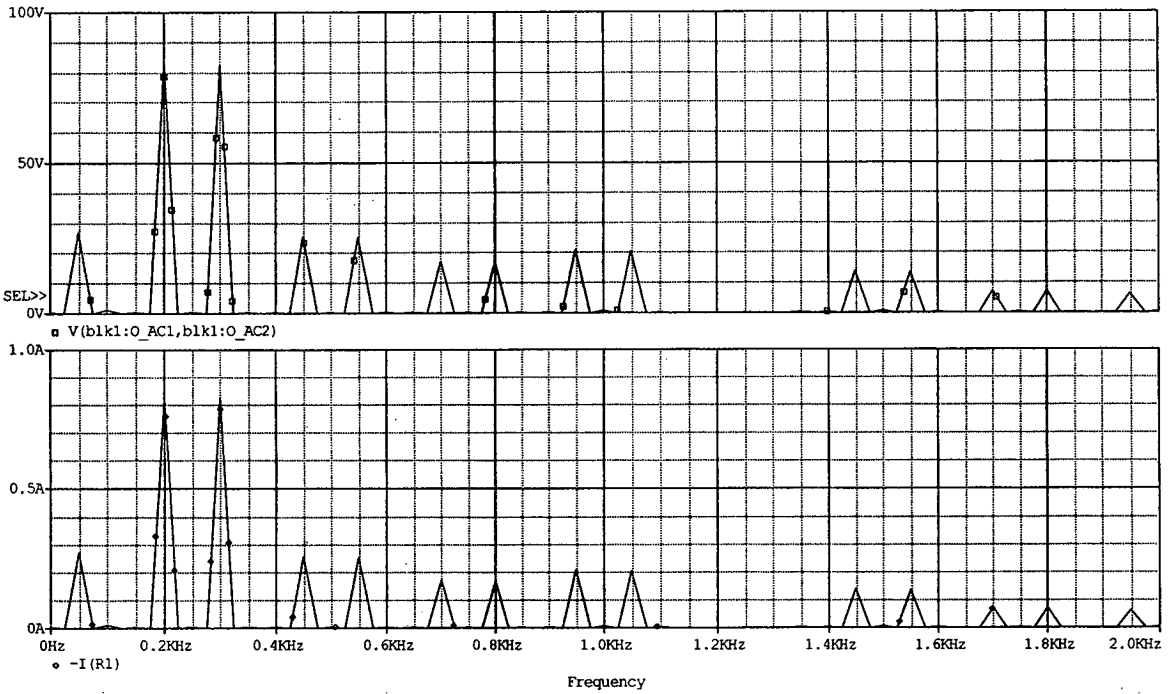


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท(รูปบน : **แรงดัน, รูปล่าง** : กระแส)

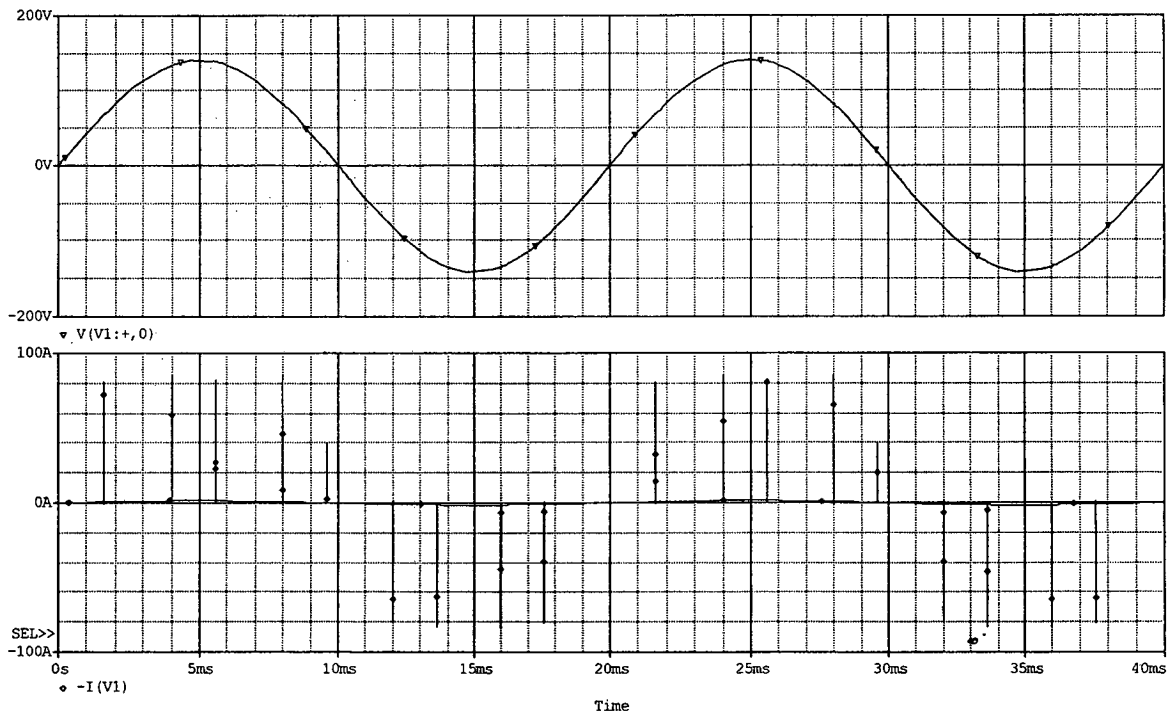
รูปที่ 4.7 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



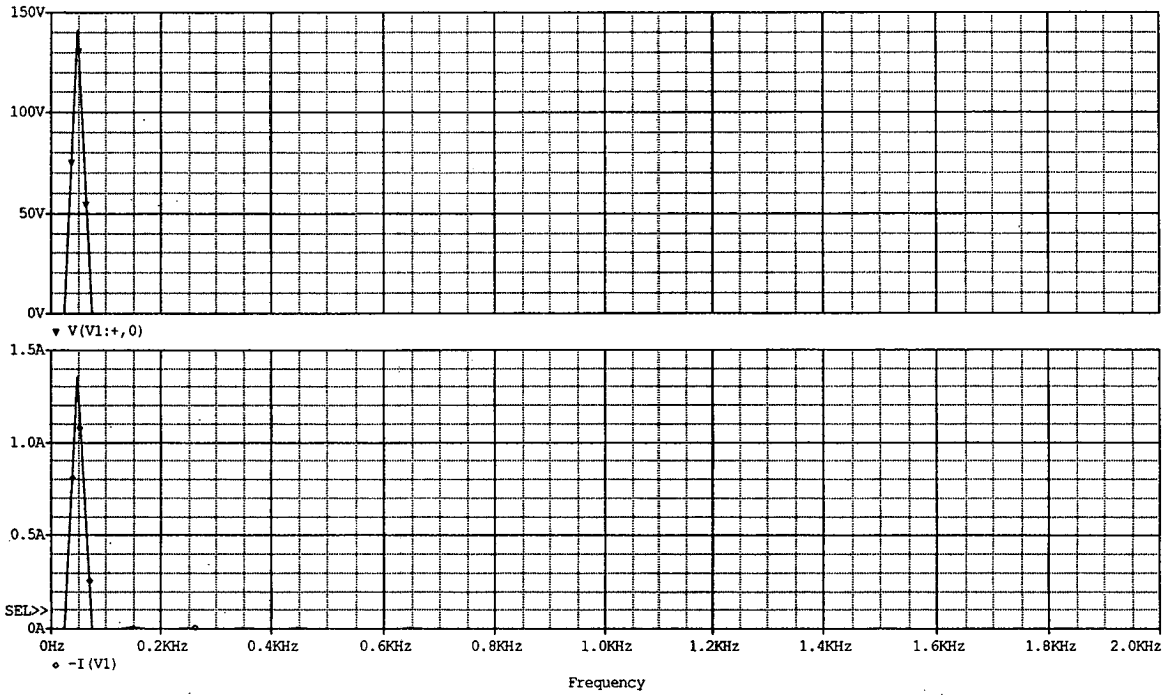
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

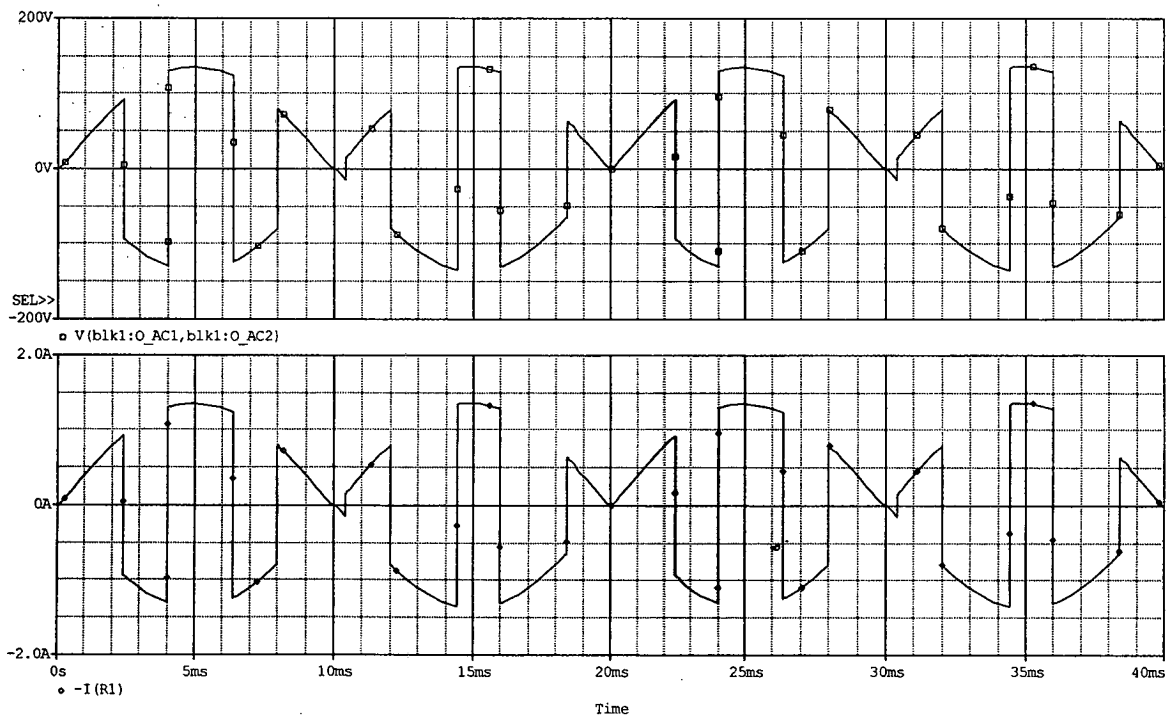


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

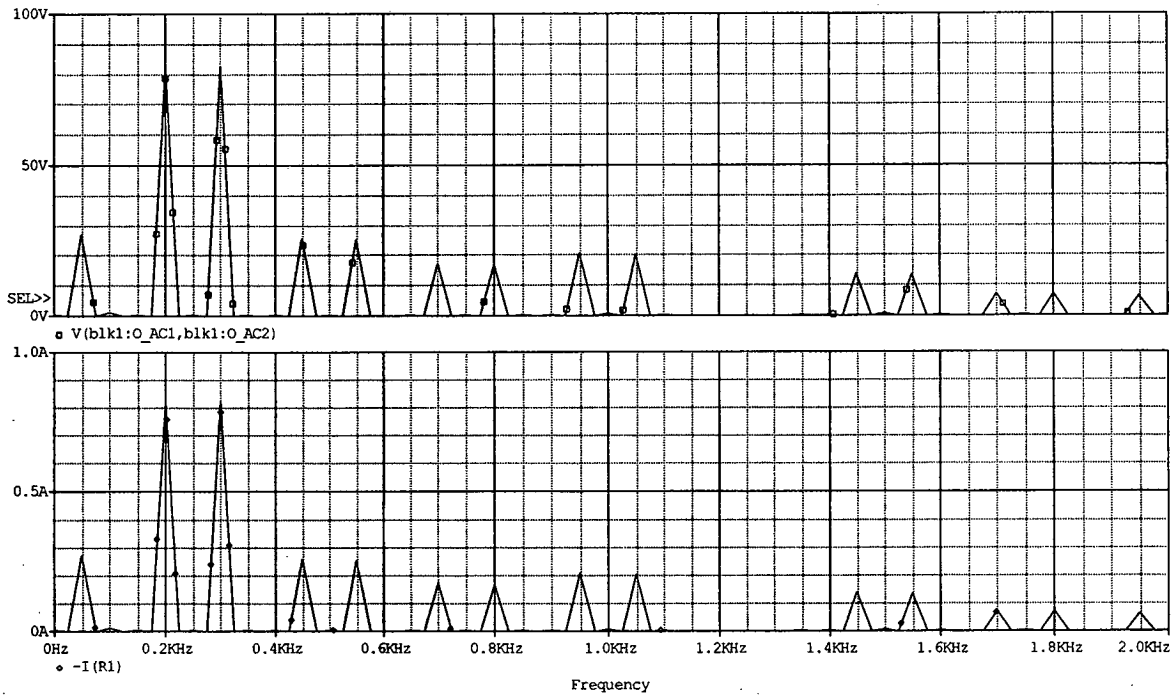


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอิน**พุท** (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

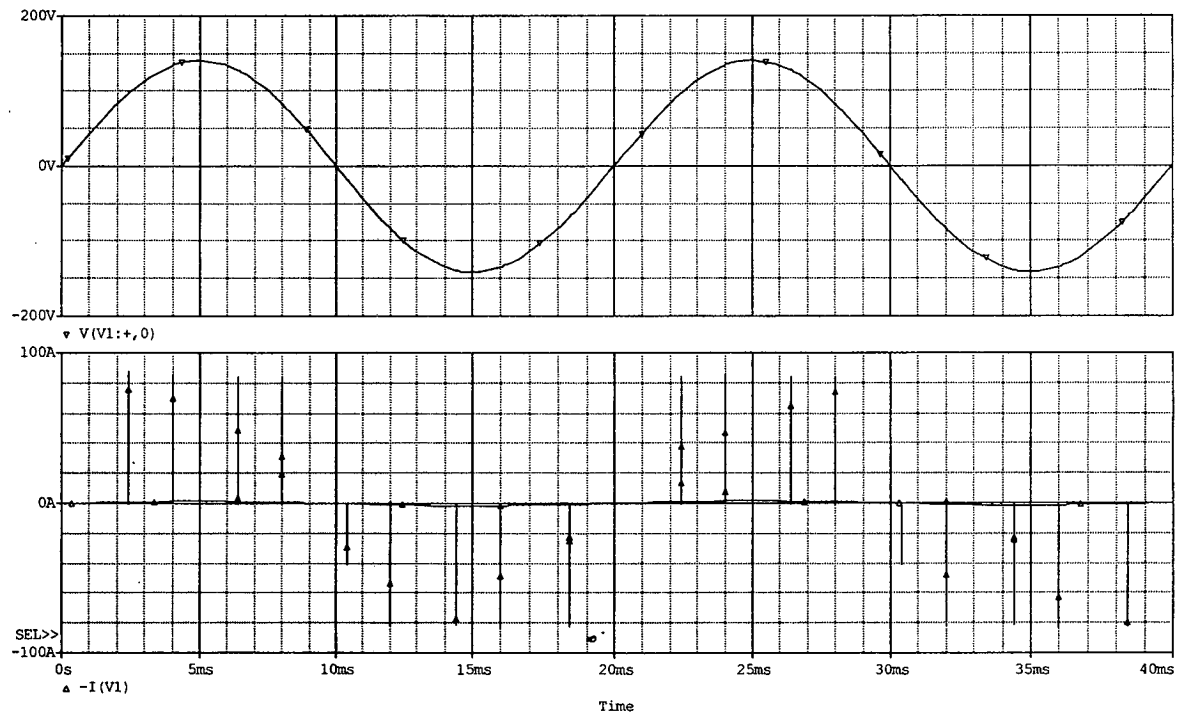
รูปที่ 4.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอา**ท์พุท**พร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



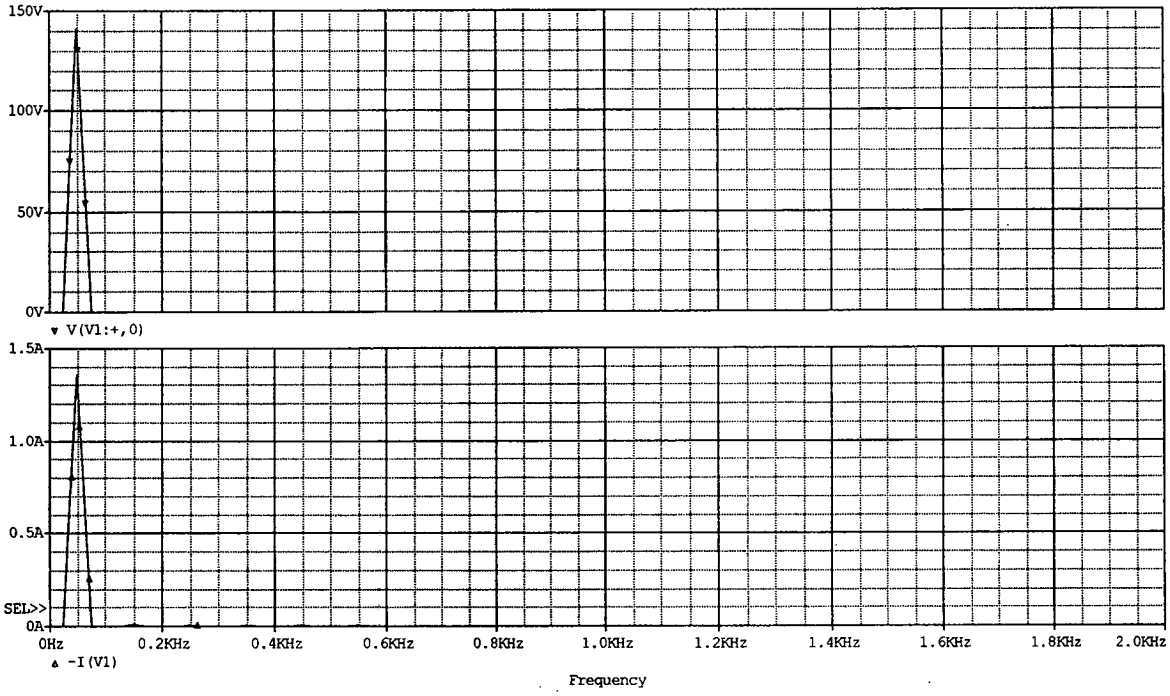
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

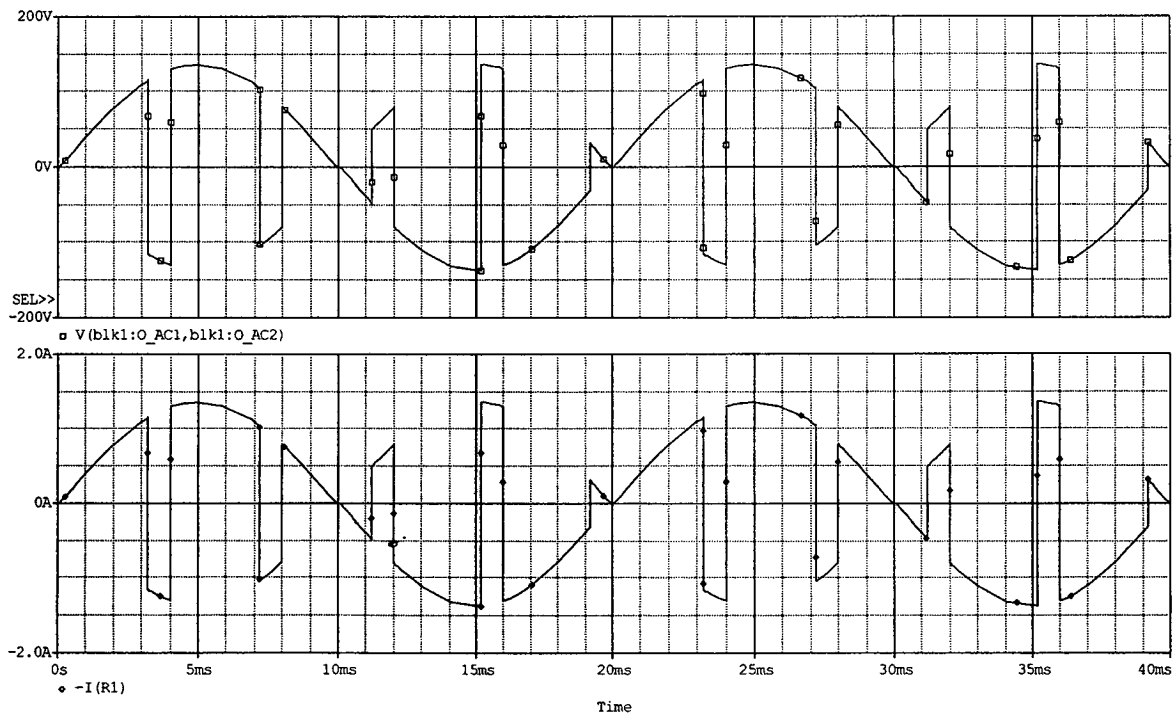


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

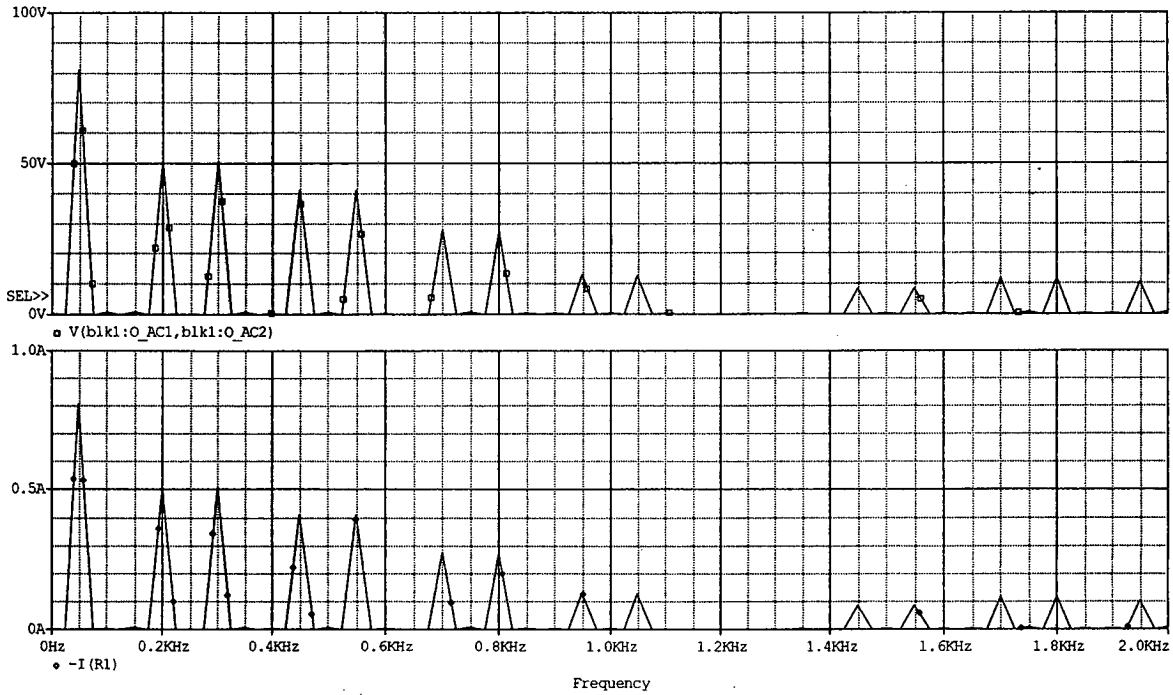


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

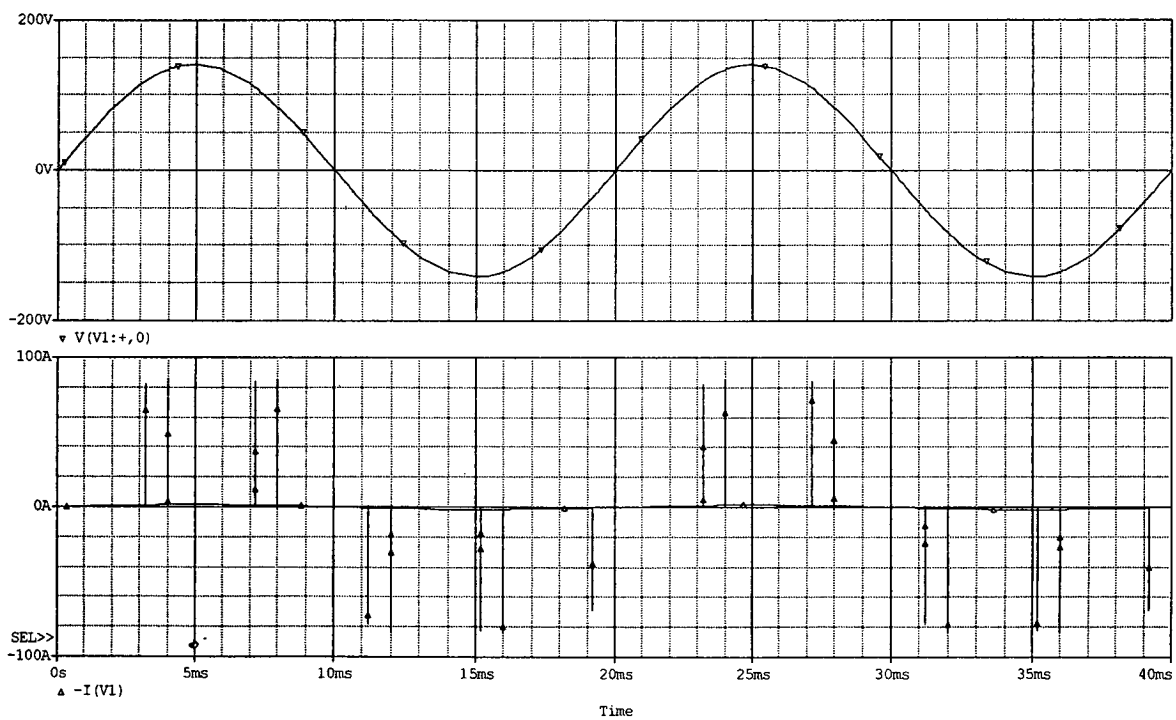
รูปที่ 4.9 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



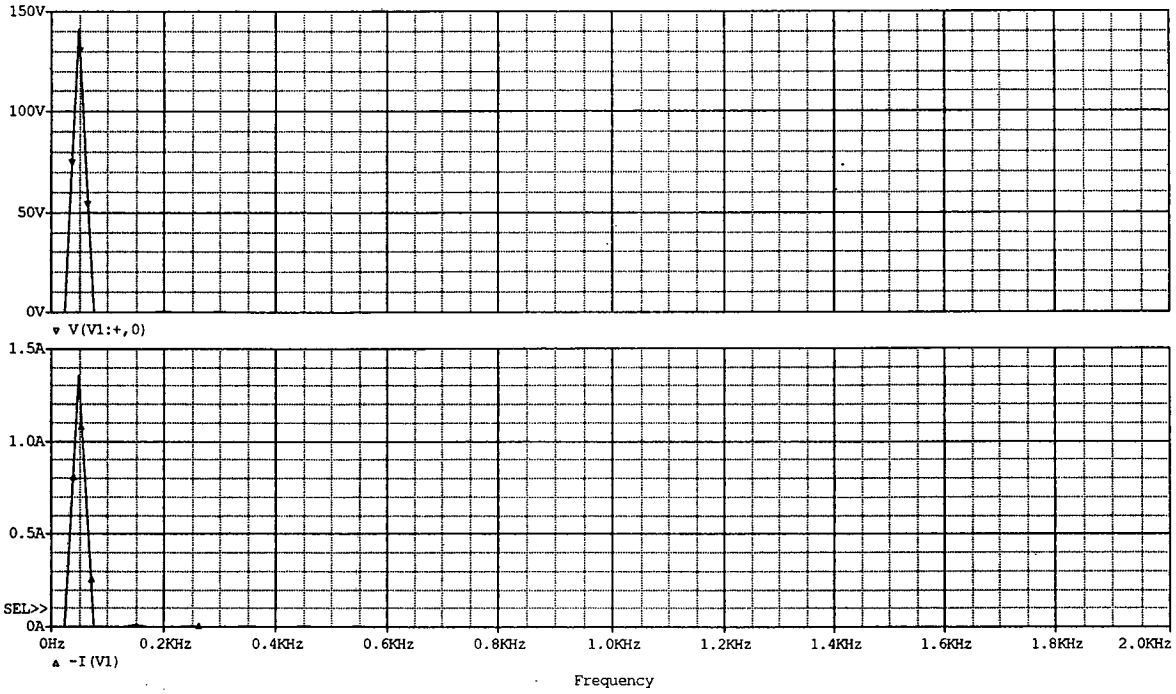
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

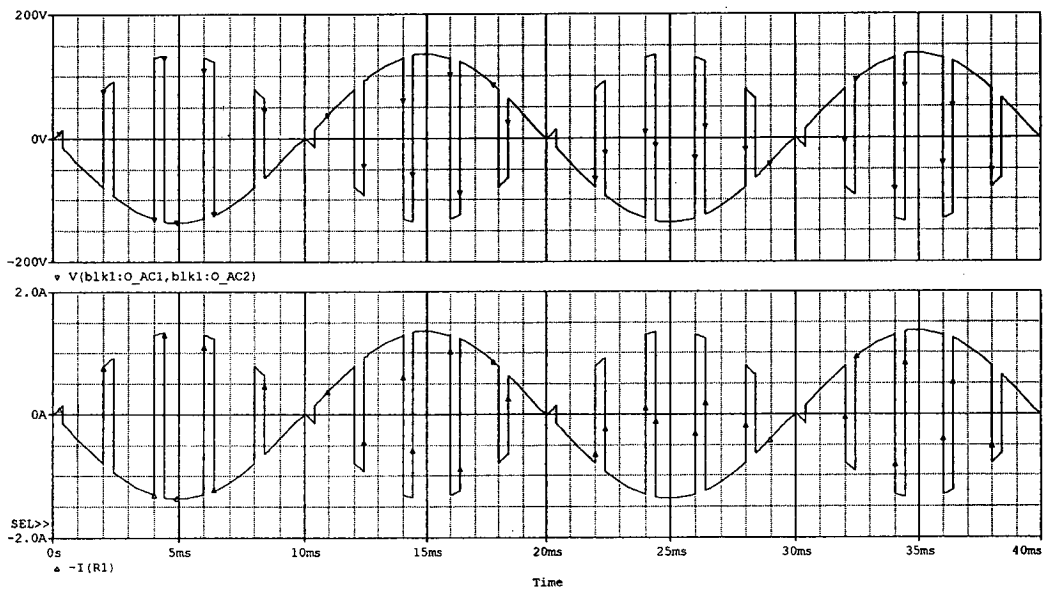


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

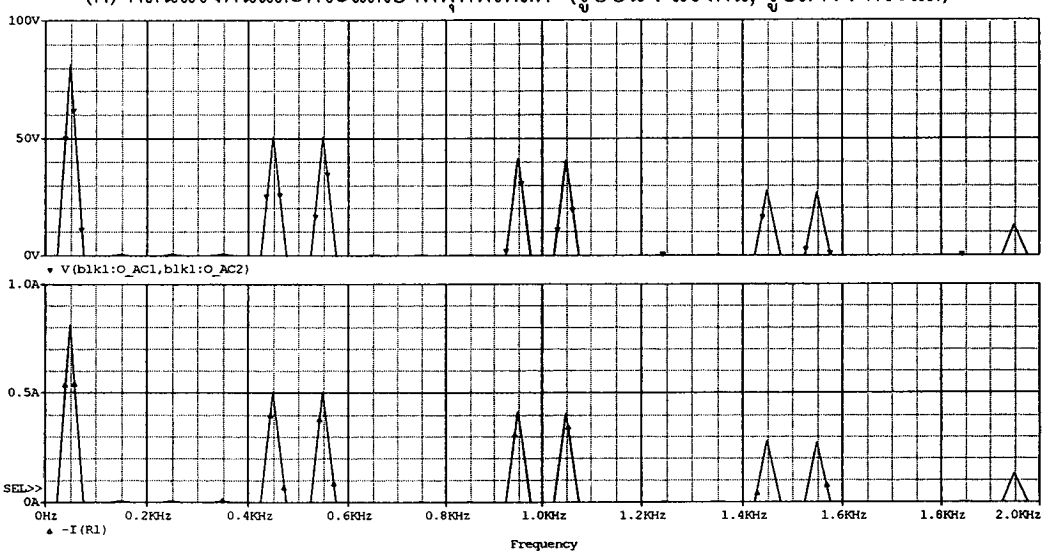
รูปที่ 4.10 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

4.2. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

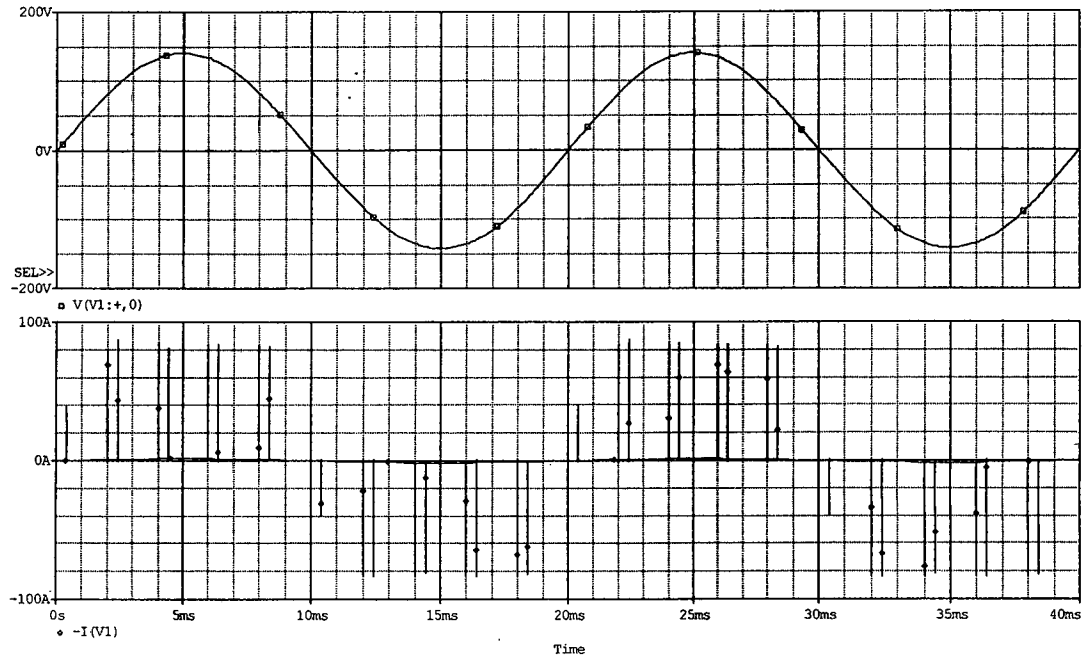
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 10 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร และการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.11, 4.12, 4.13 และ 4.14



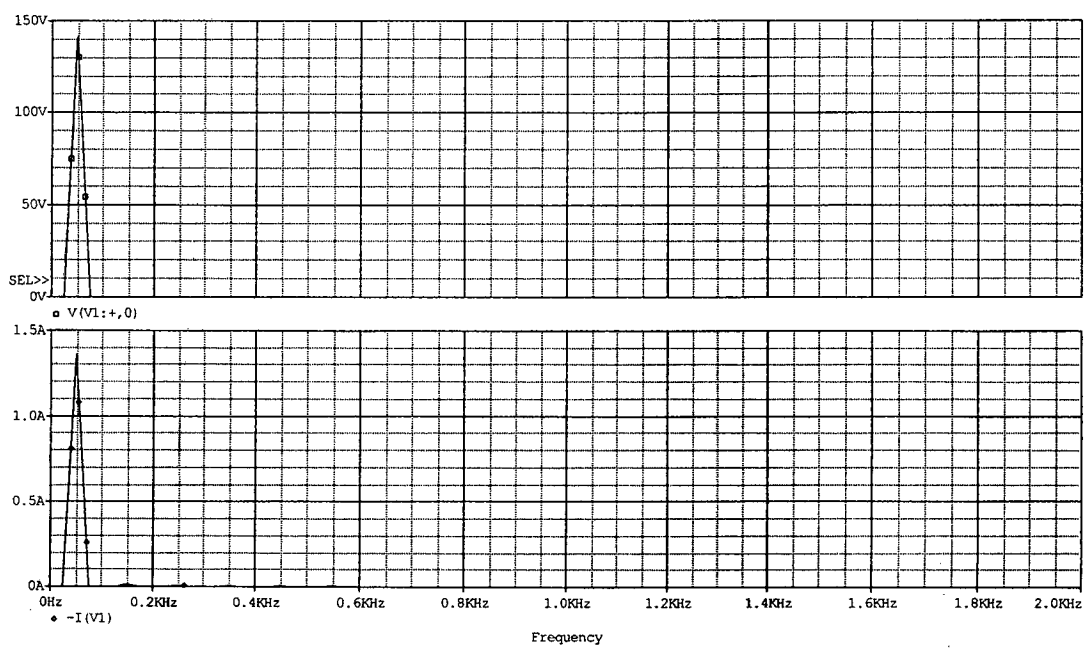
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

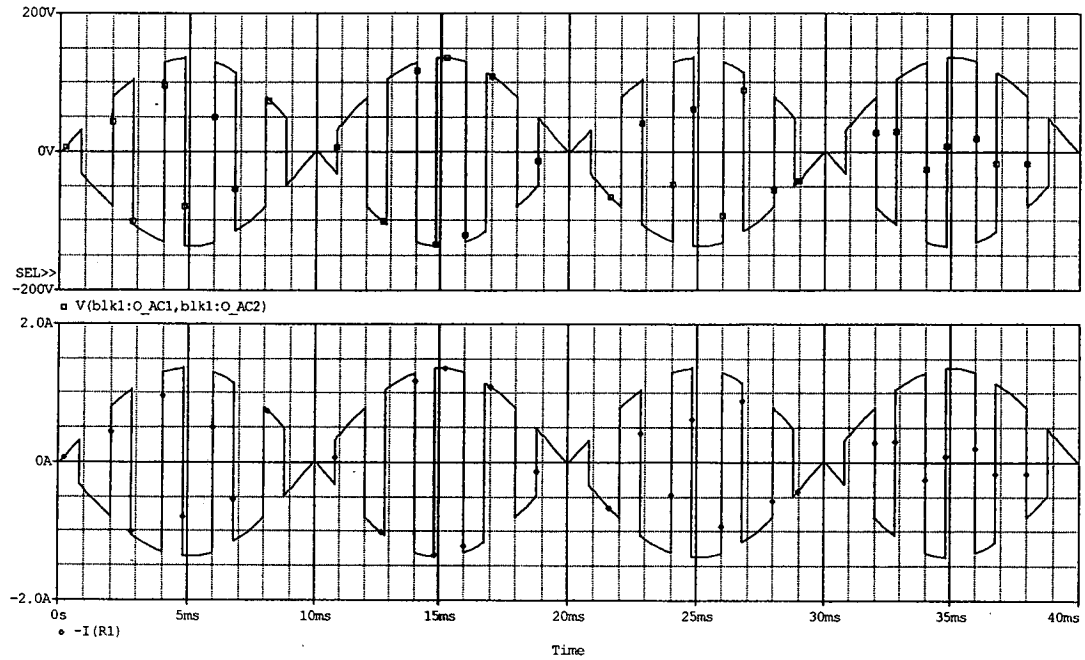


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

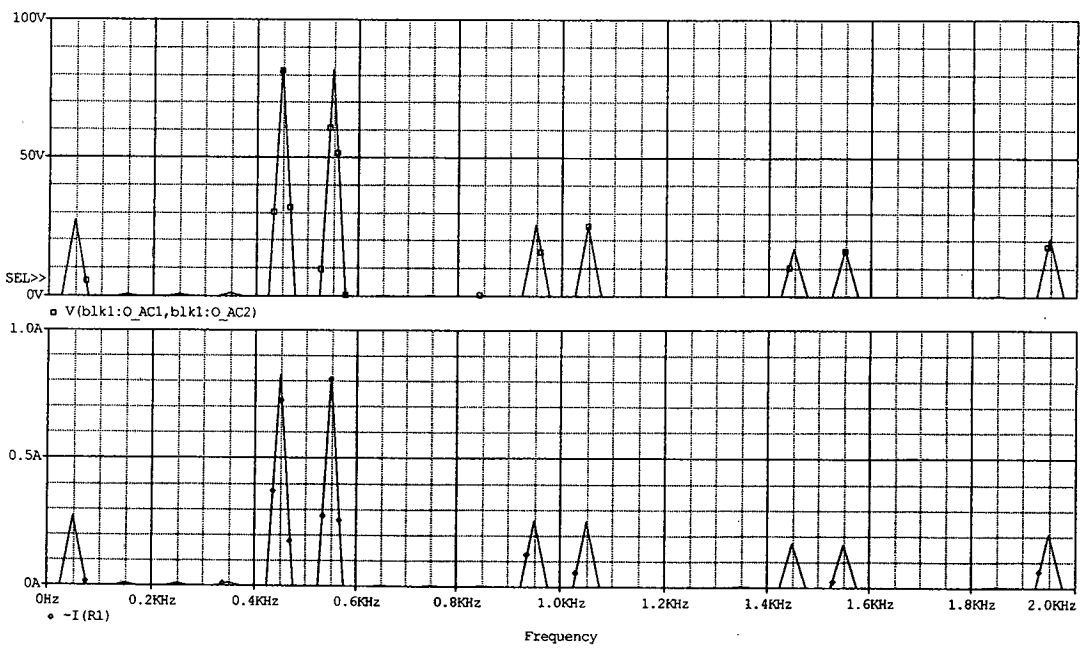


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

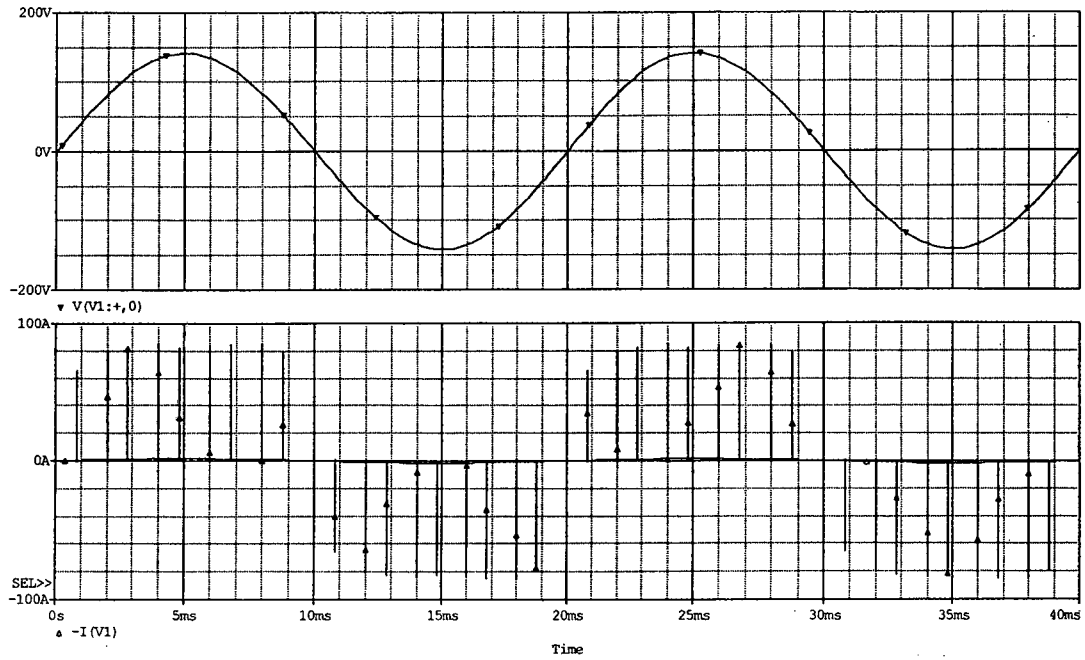
รูปที่ 4.11 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



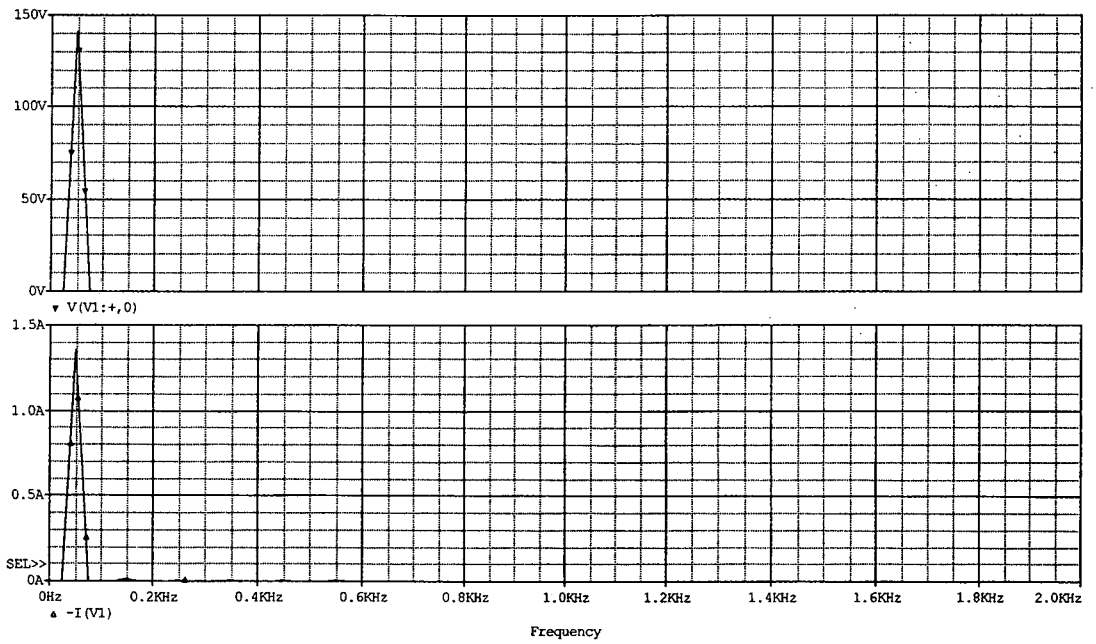
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

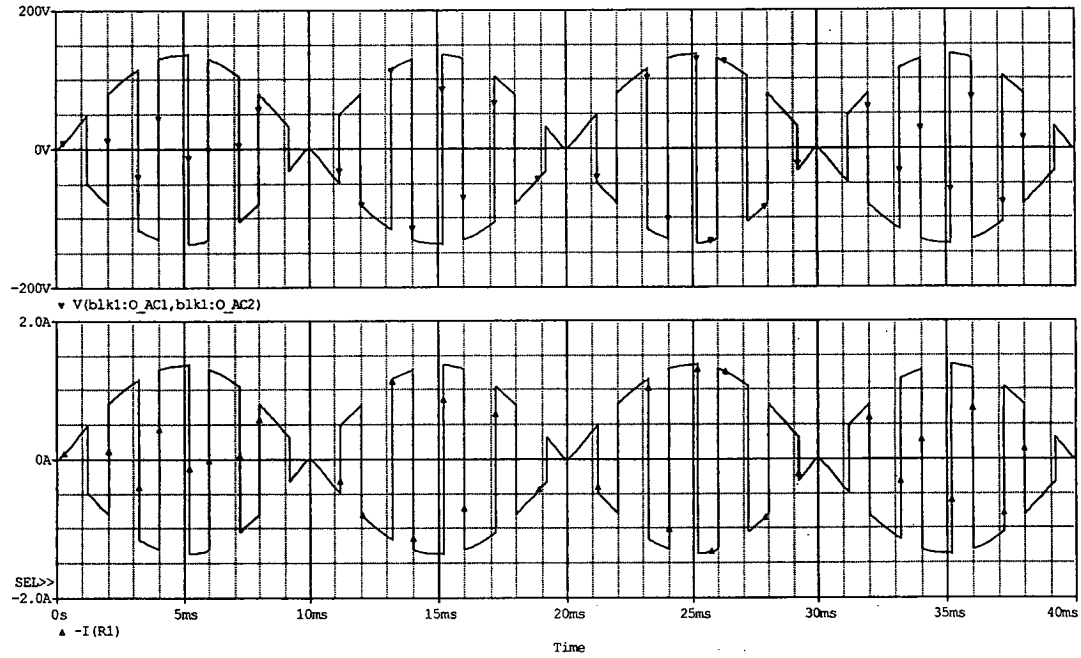


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

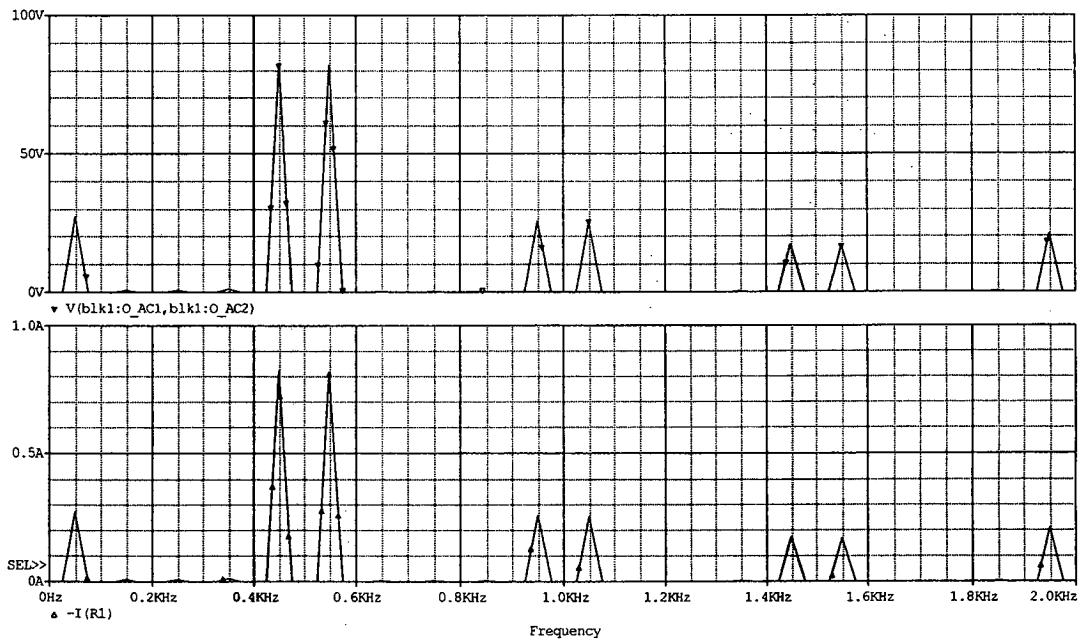


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

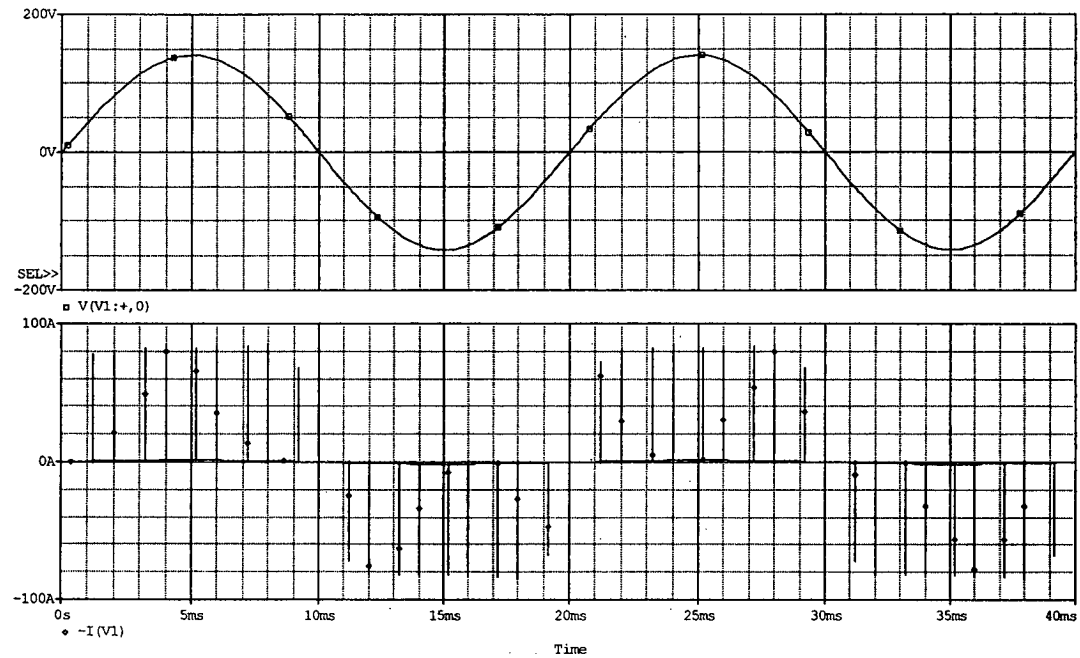
รูปที่ 4.12 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



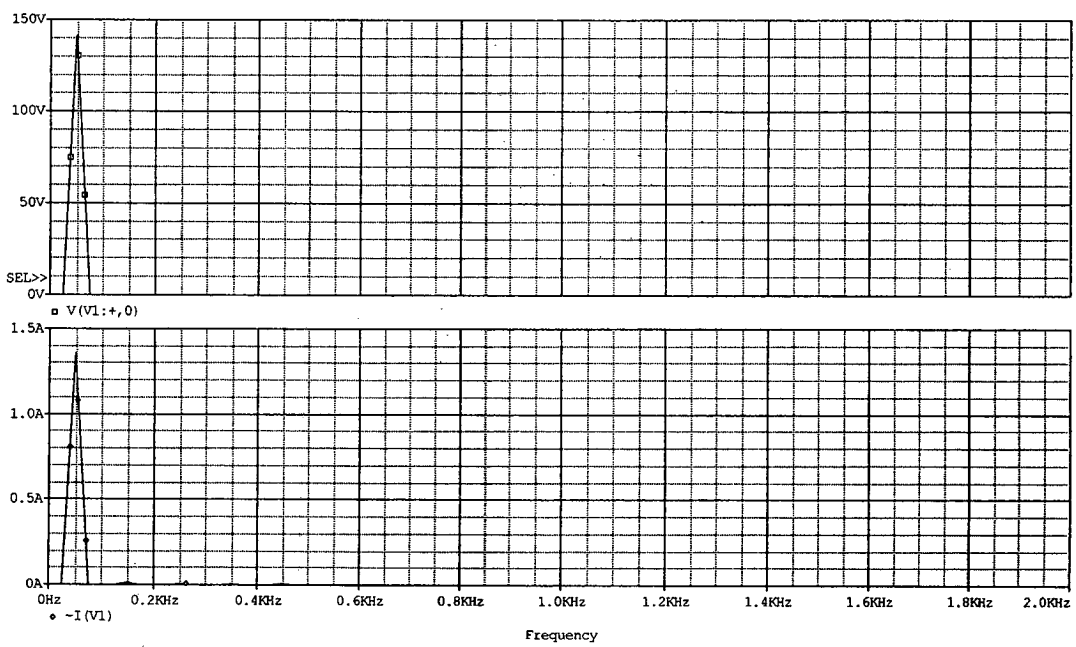
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

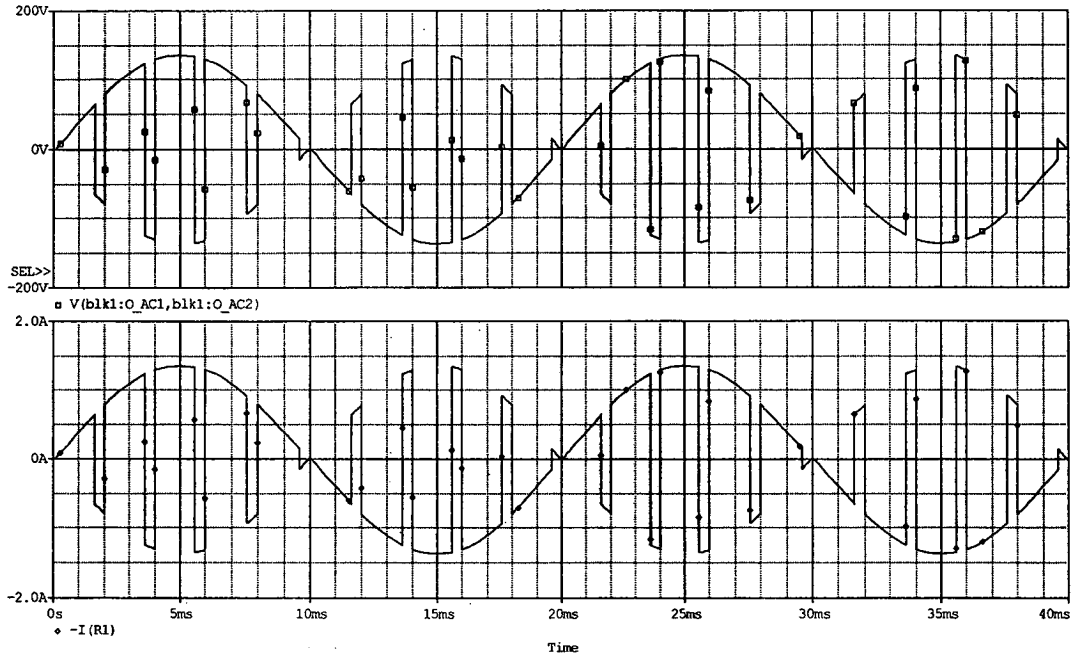


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

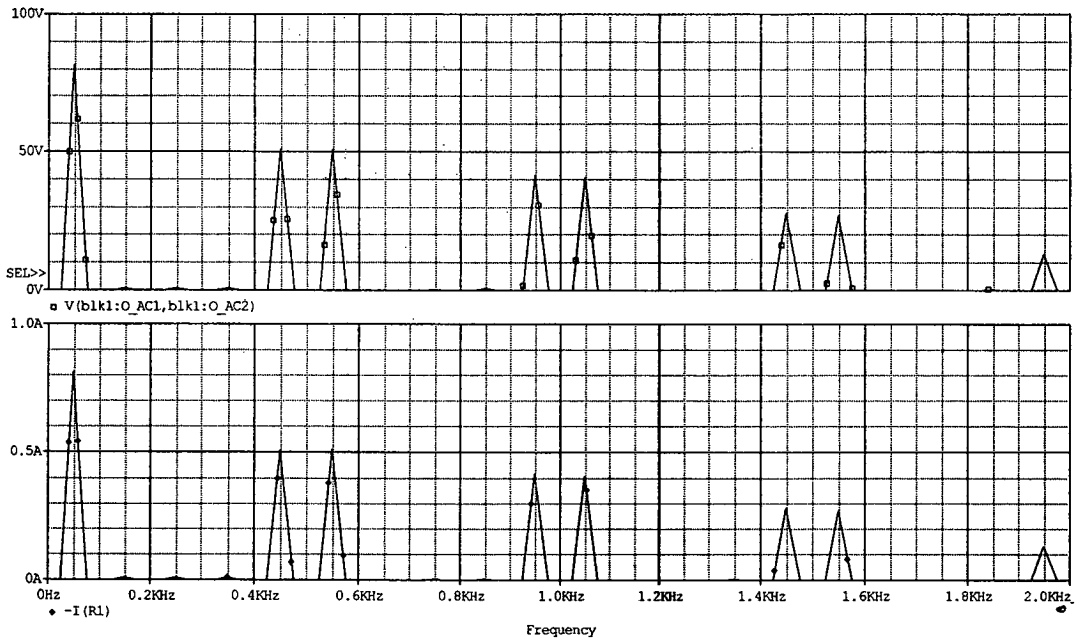


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

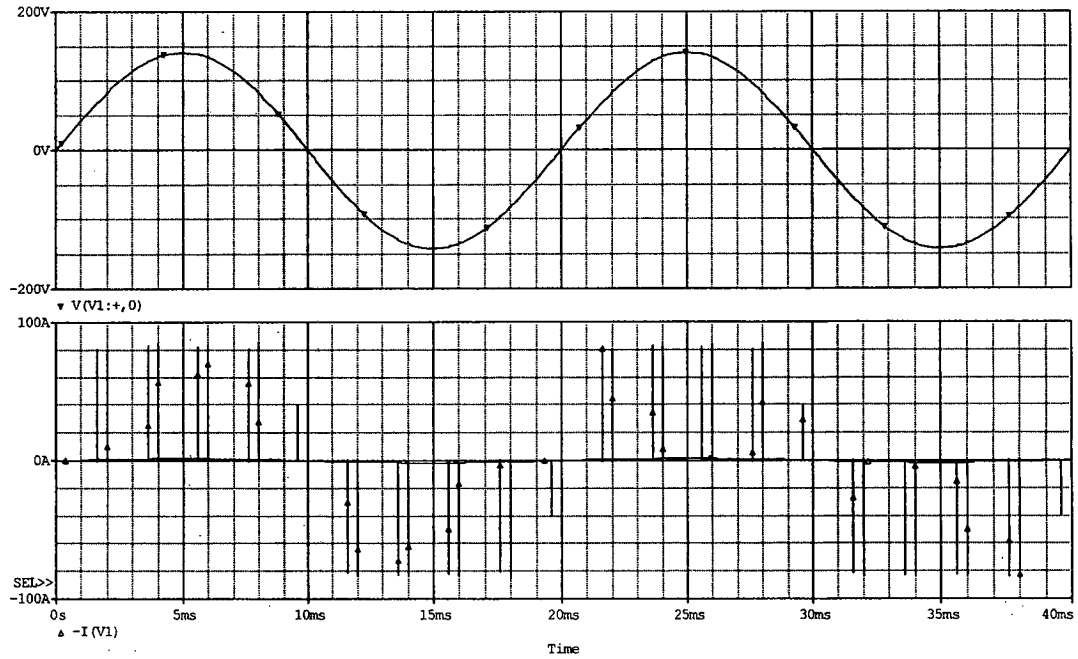
รูปที่ 4.13 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



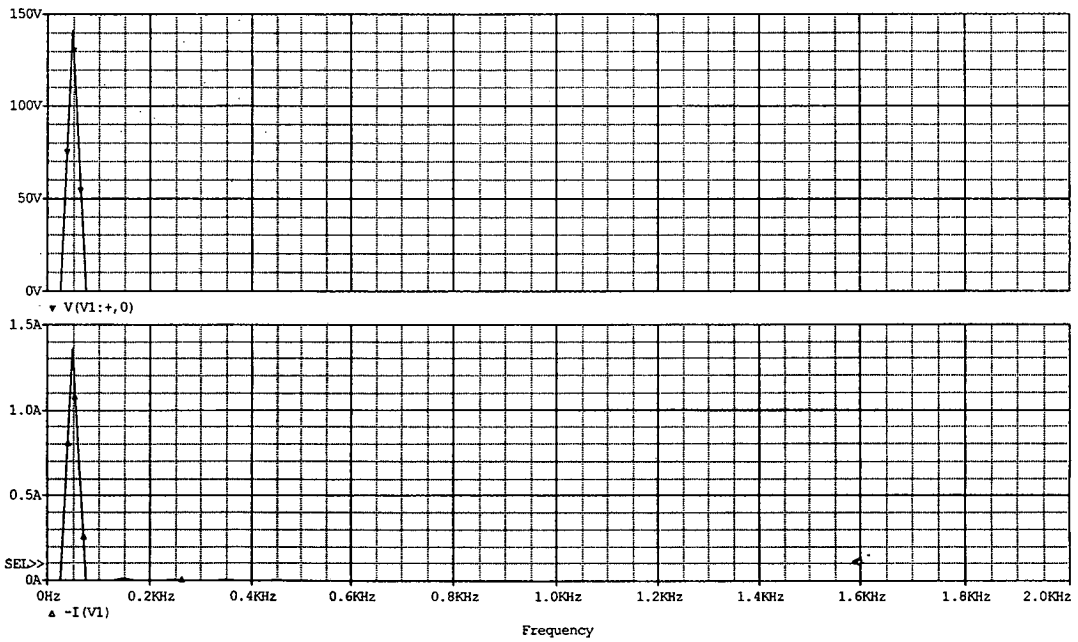
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

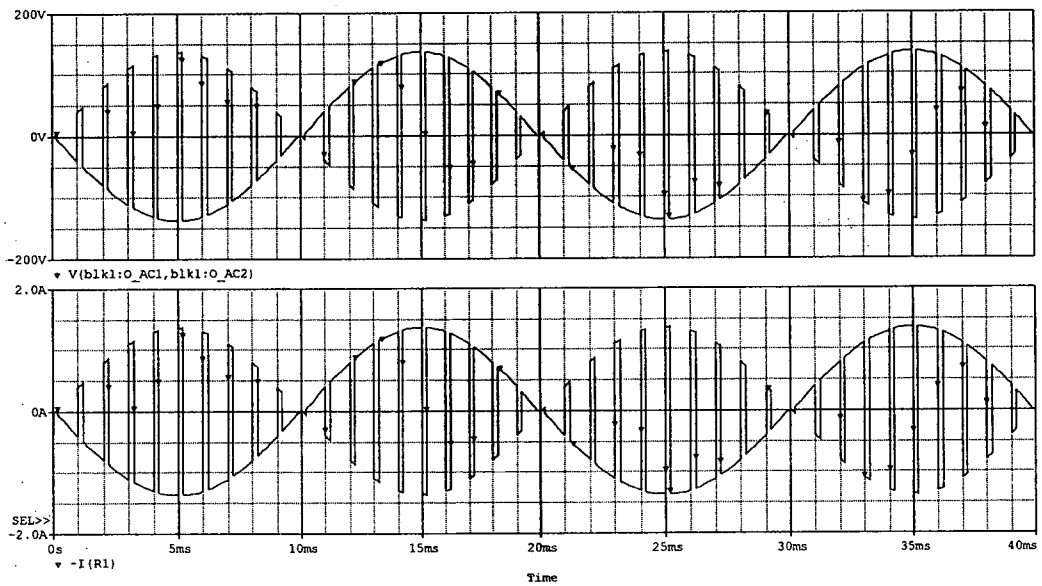


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง กระแส)

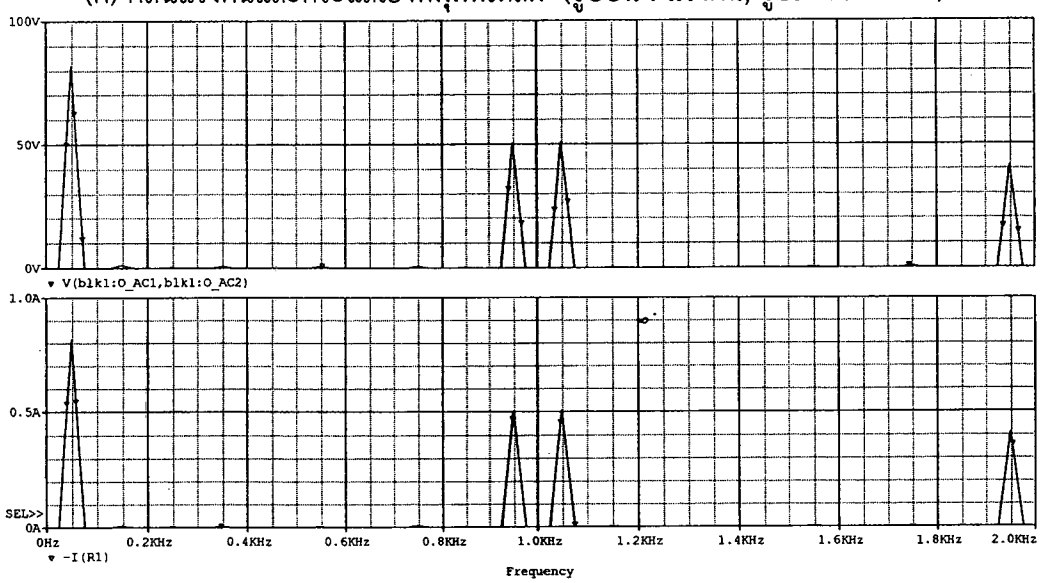
รูปที่ 4.14 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

4.3. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

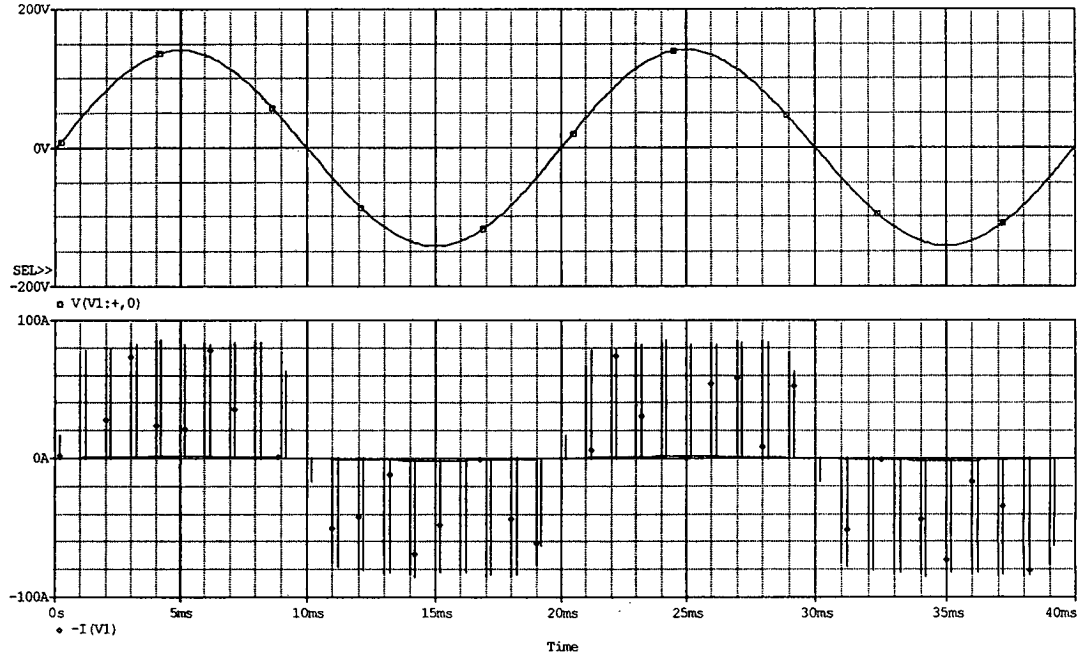
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจรและการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.15, 4.16, 4.17 และ 4.18



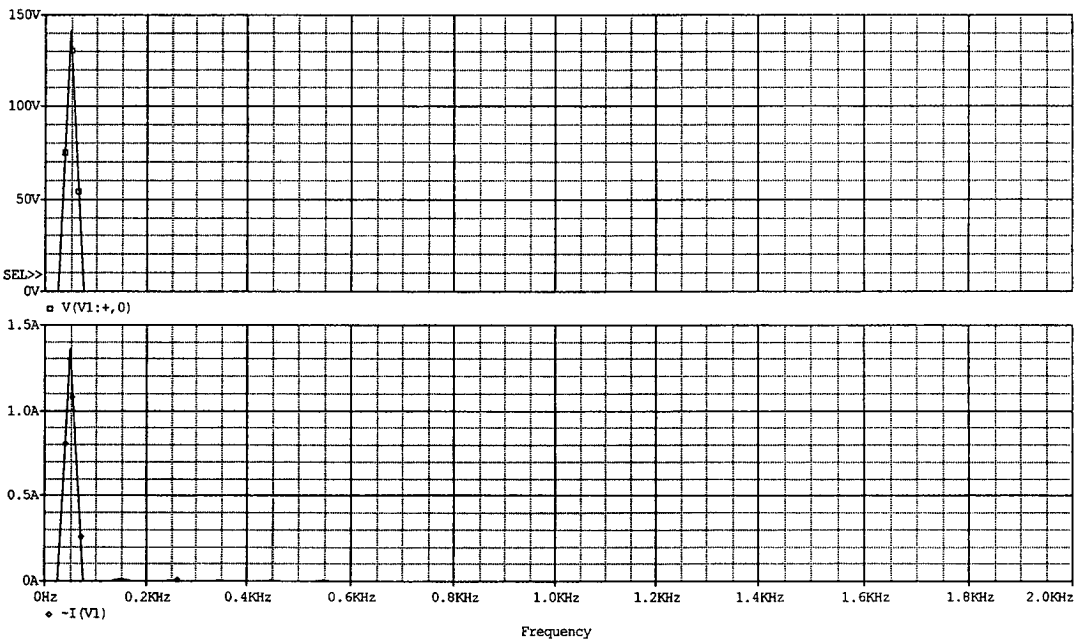
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

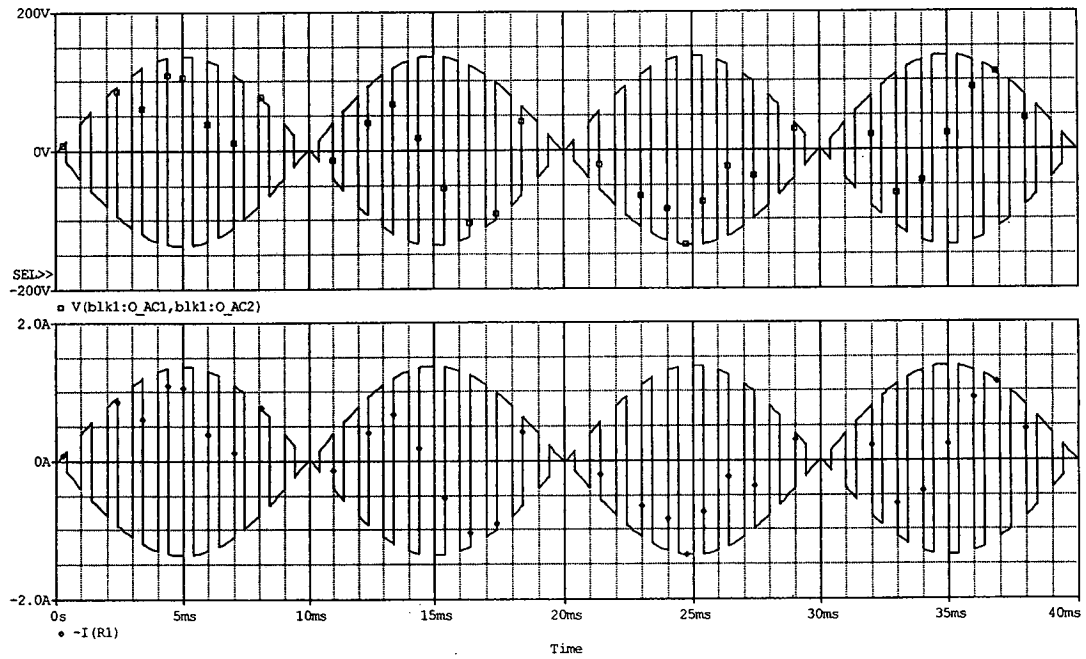


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

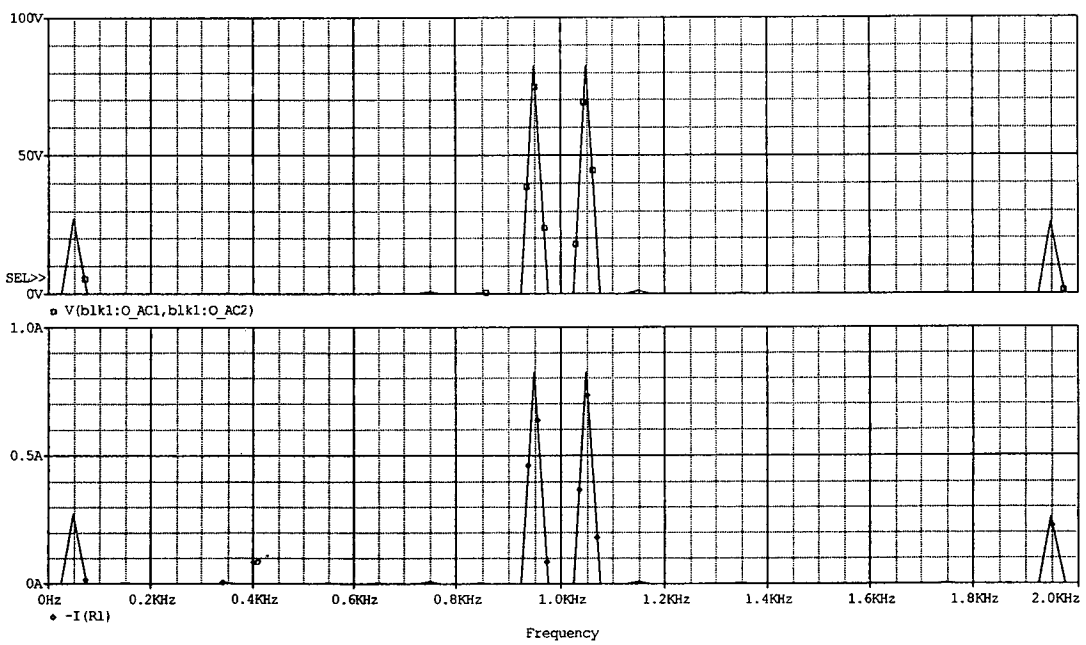


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

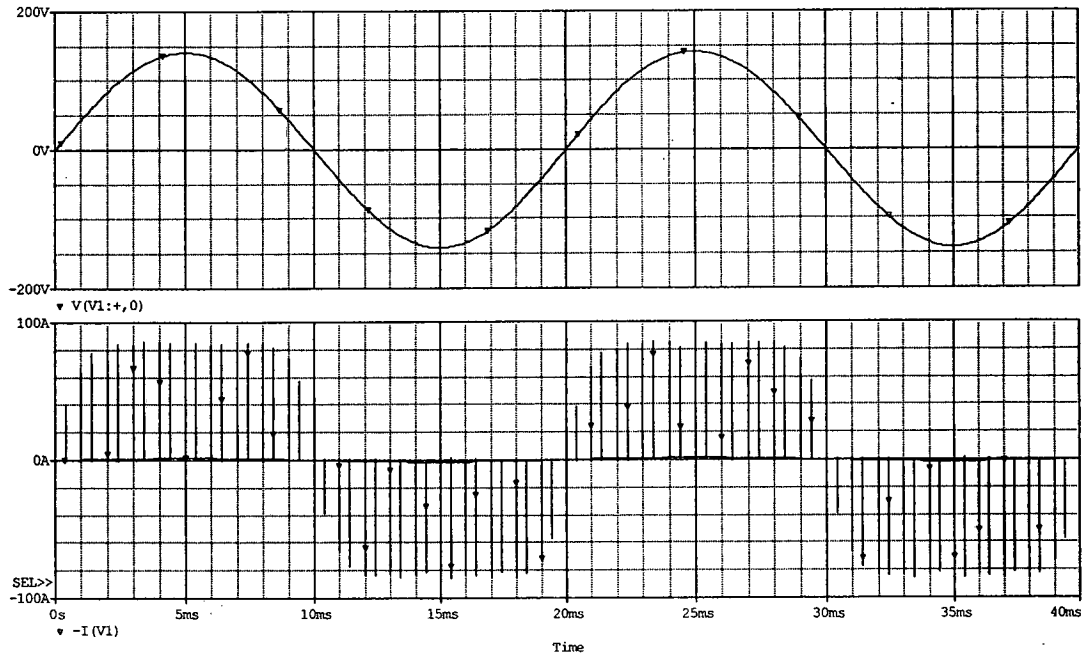
รูปที่ 4.15 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



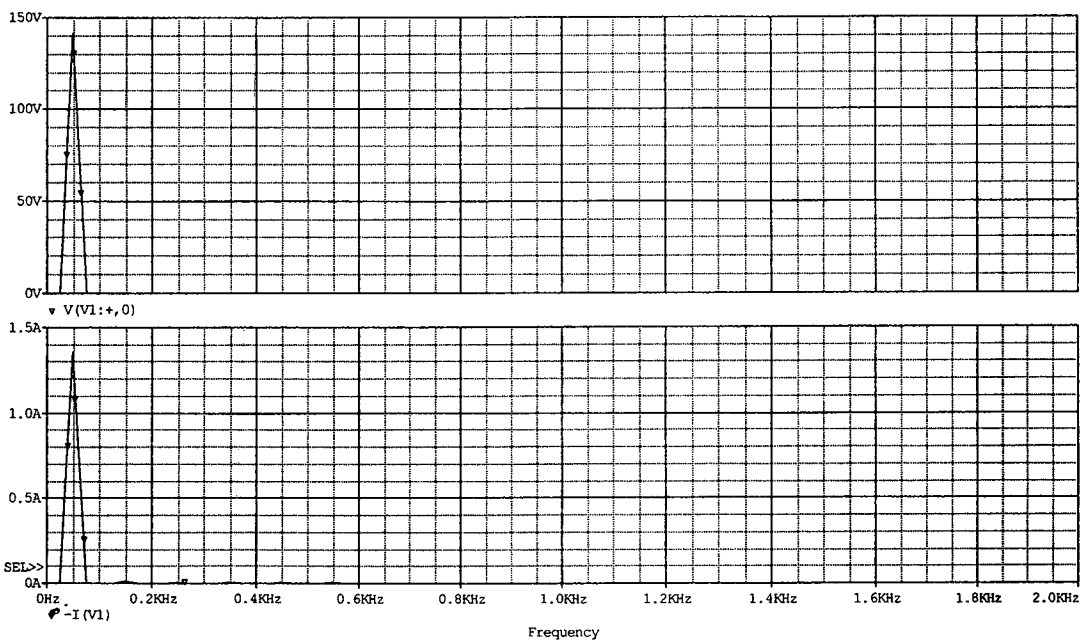
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

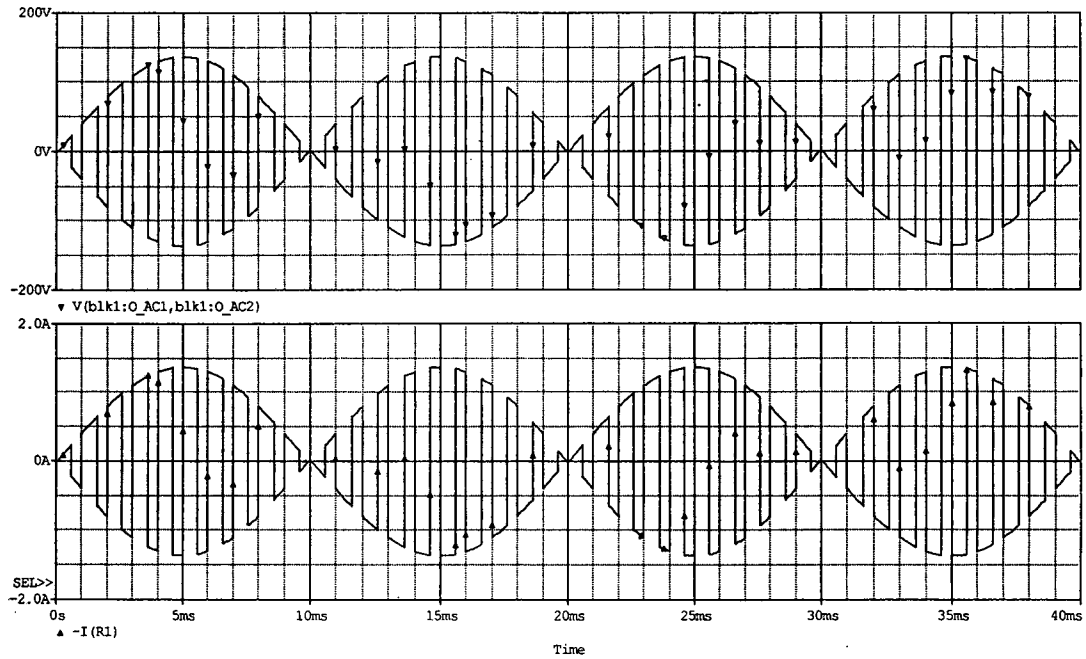


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

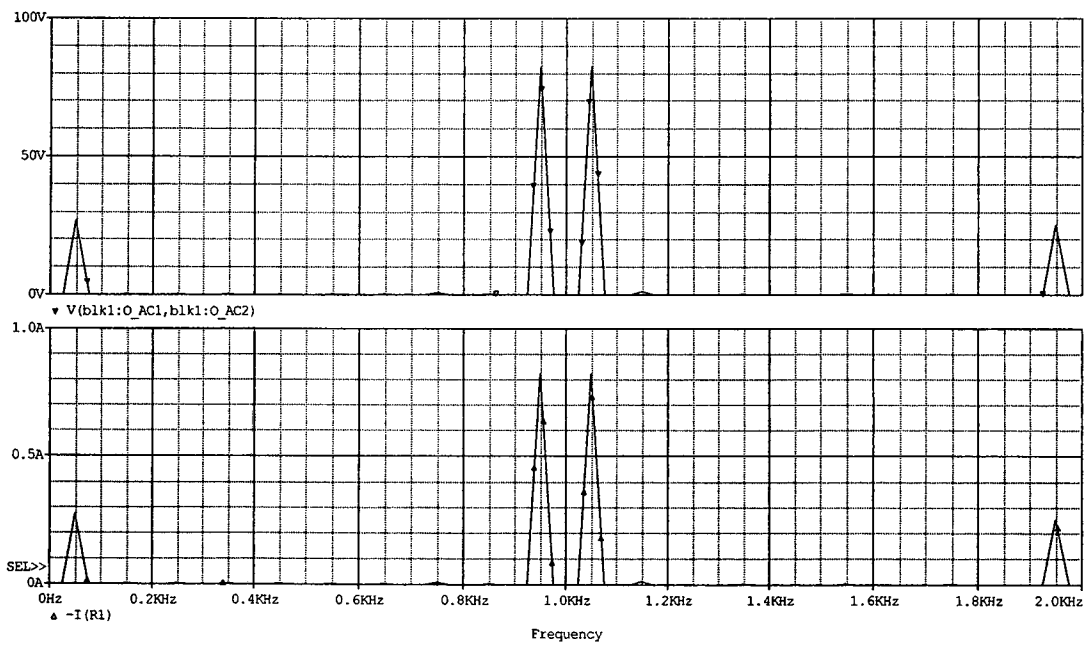


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

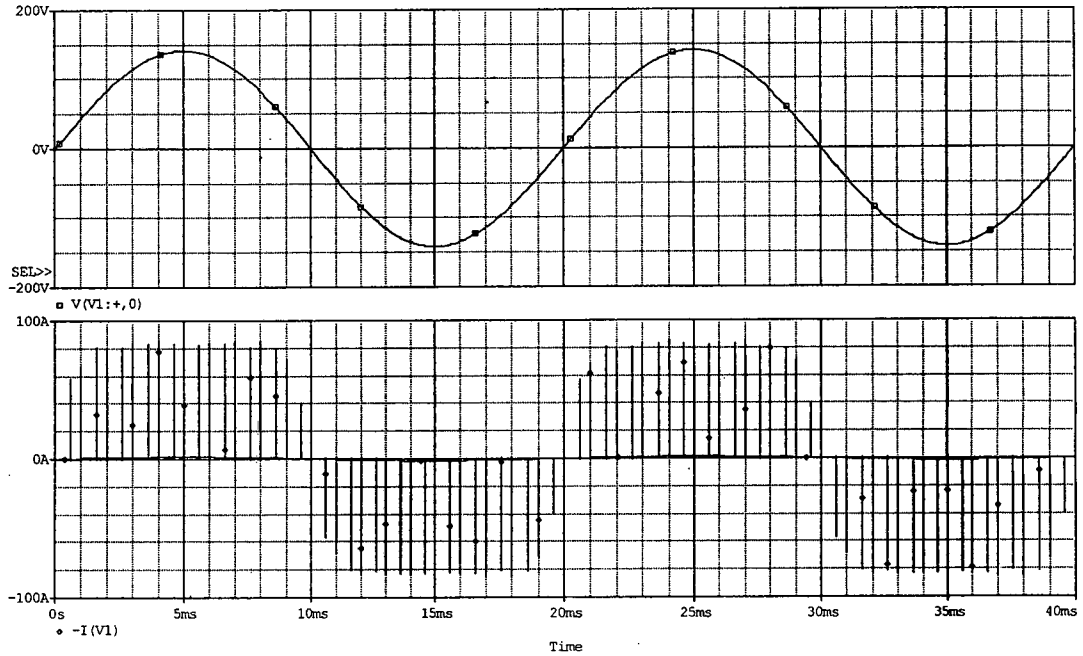
รูปที่ 4.16 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



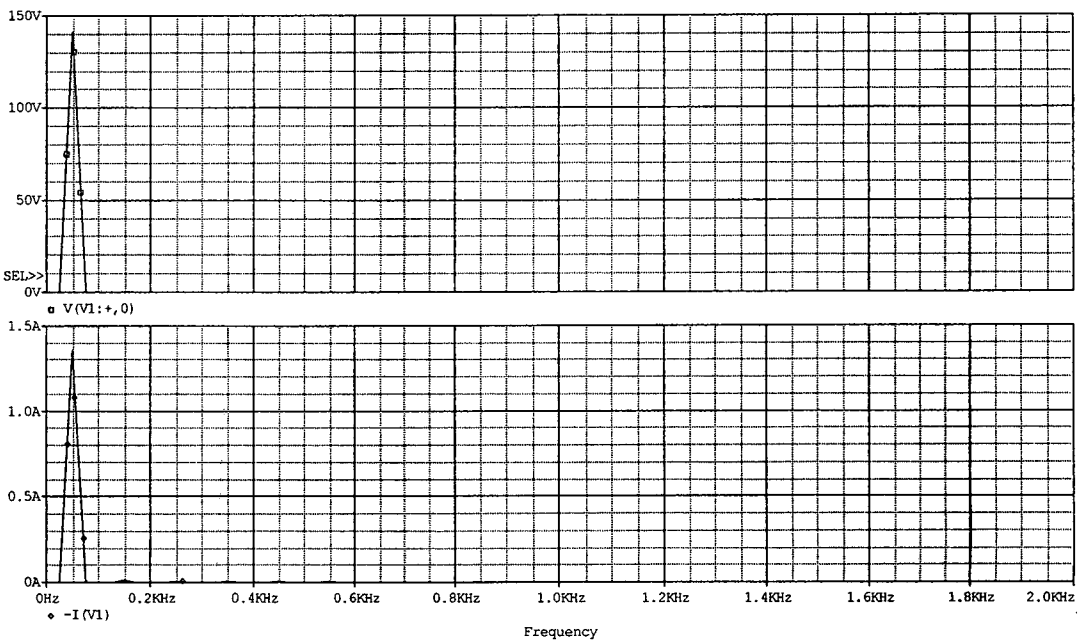
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

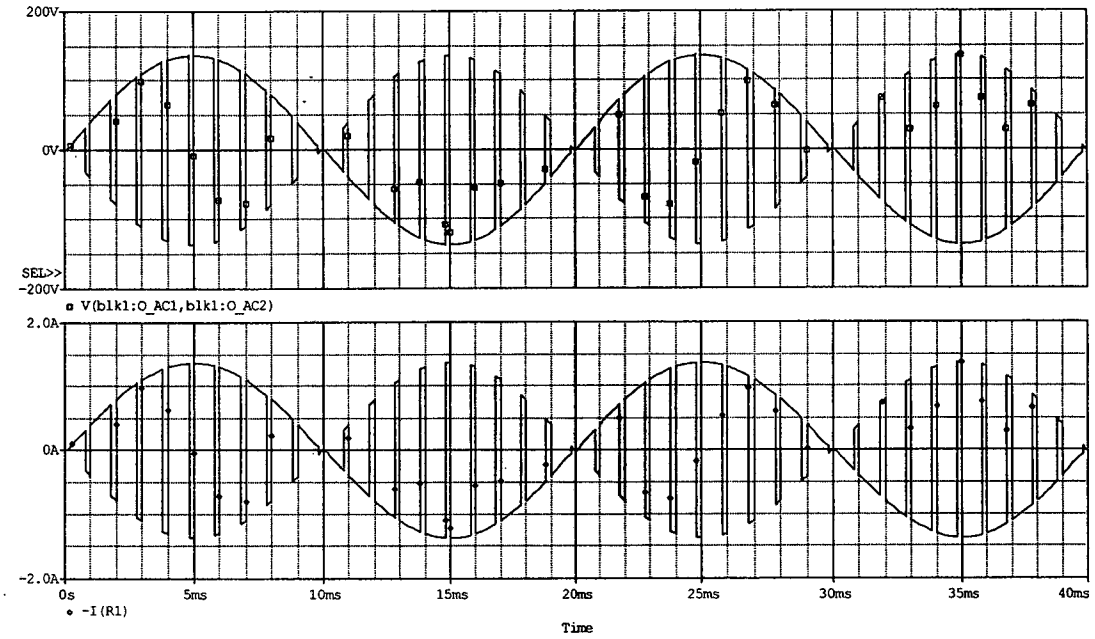


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

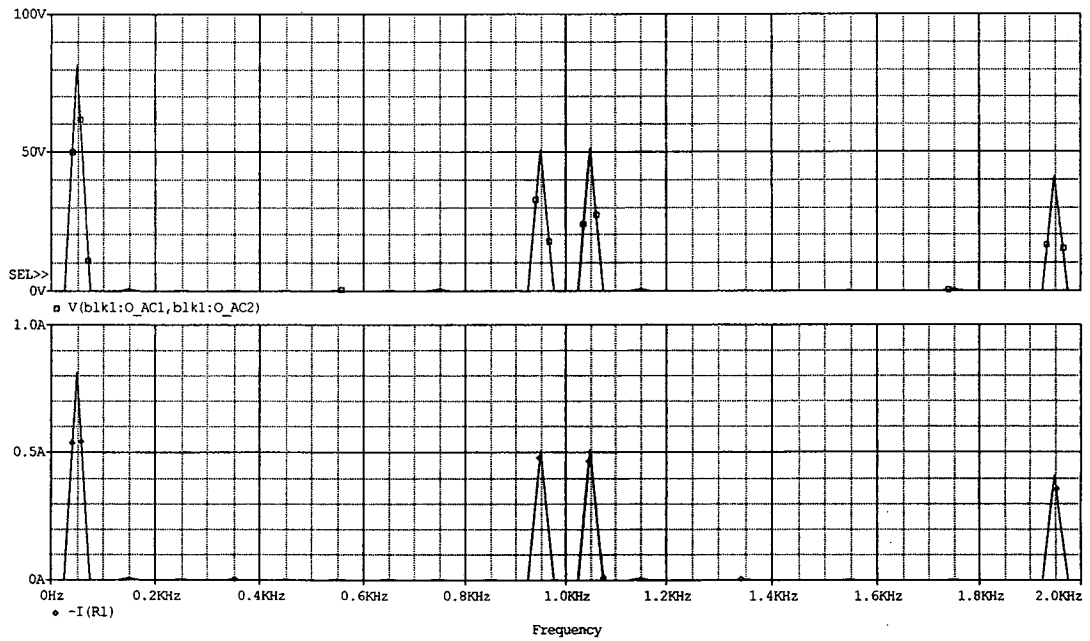


(ง) การวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

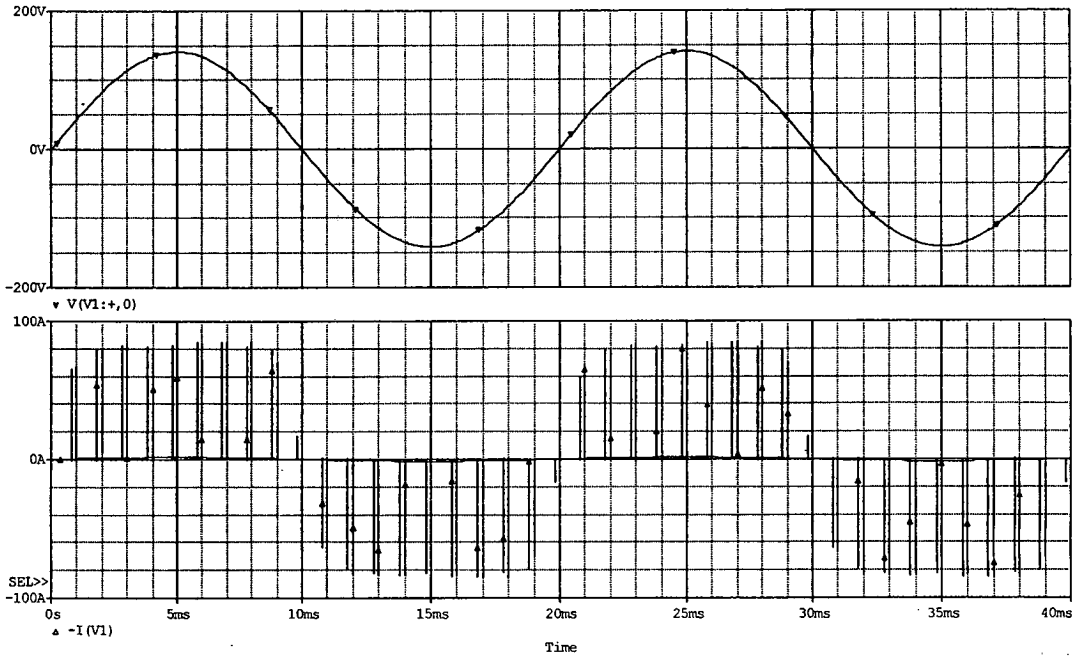
รูปที่ 4.17 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



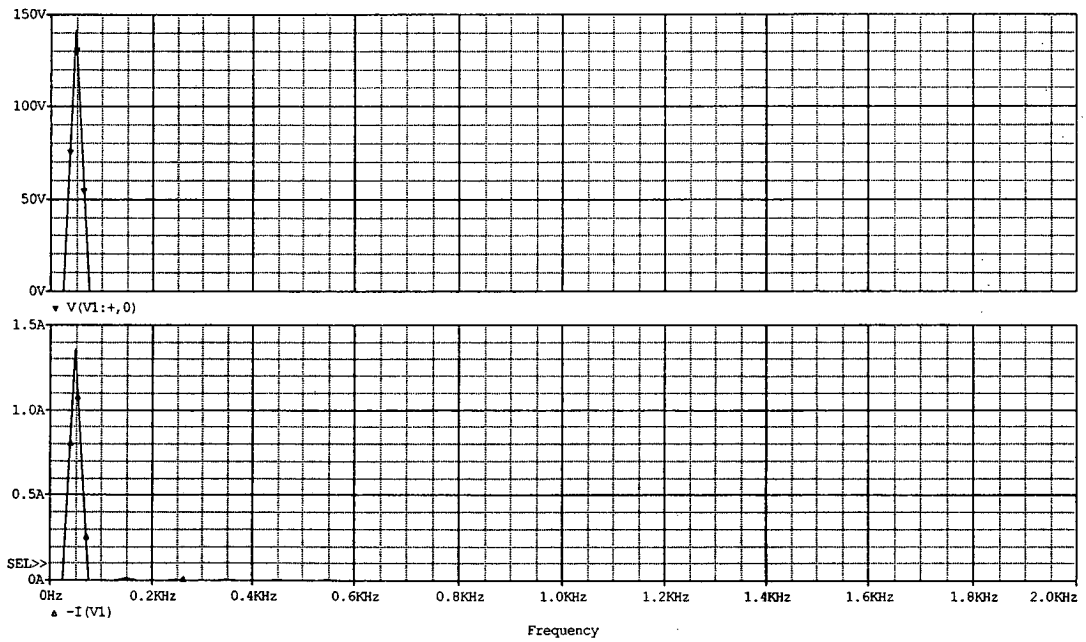
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

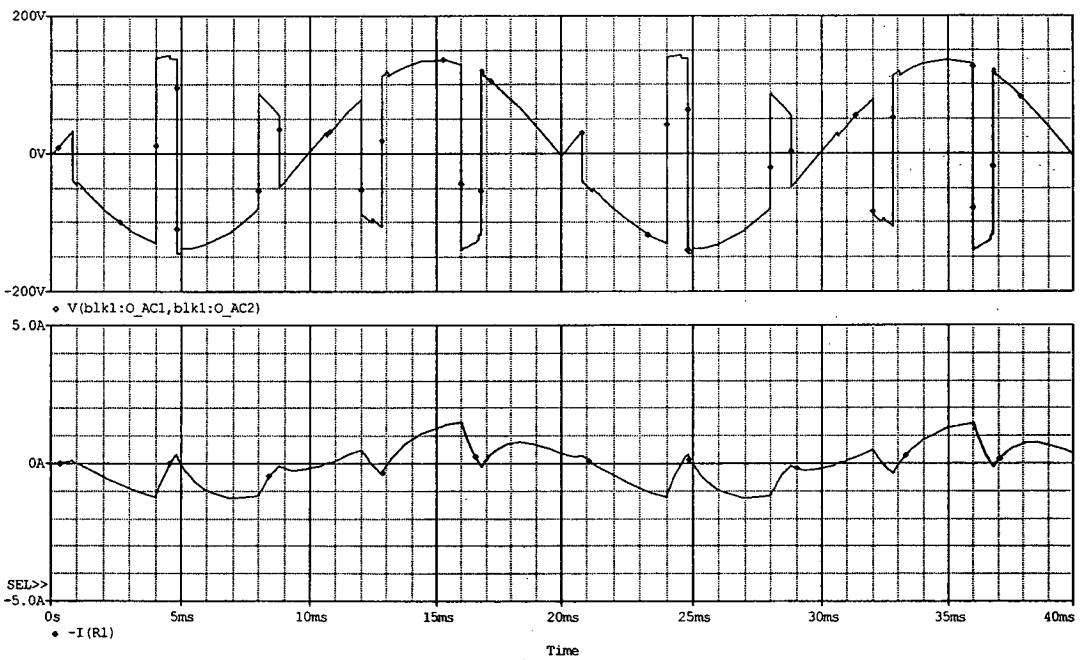
รูปที่ 4.18 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

5. การจำลองวงจรโดยการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน – ตัวเหนี่ยวนำ

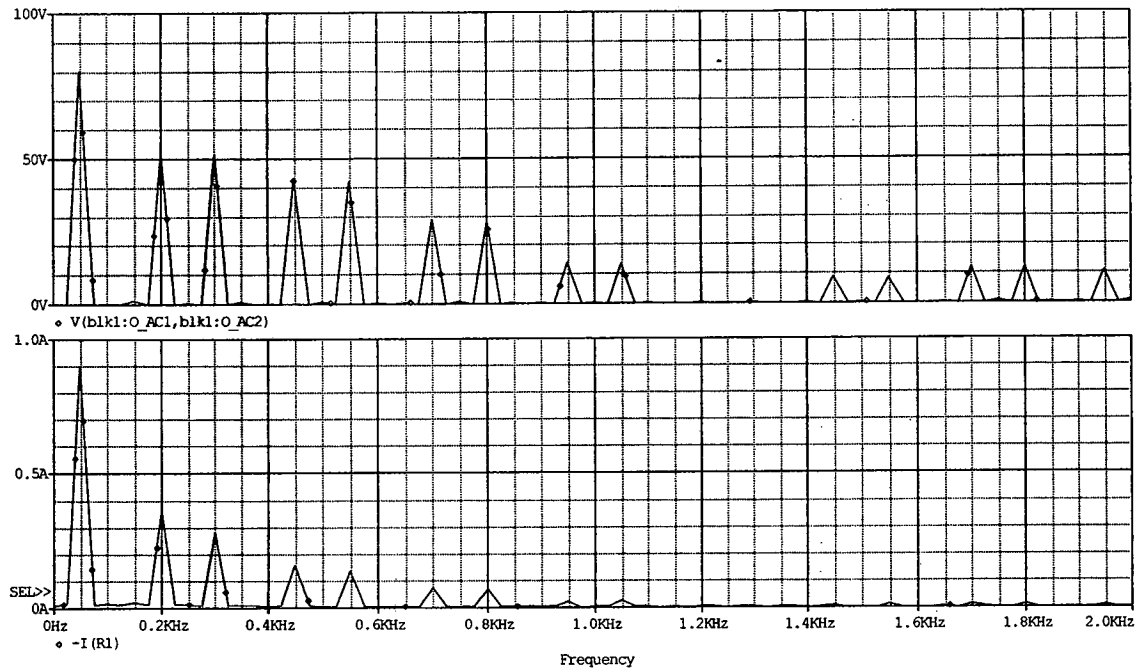
ในการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม OrCAD/PSpice นั้น จะนำมาทำการทดสอบกับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ และ ตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าเท่ากับ 0.088 Henry โดยใช้สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มในการขับนำสวิทช์สองทาง ที่มีเงื่อนไขของลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม คือ ความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ซึ่งในการทดสอบเพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT เพื่อศึกษาค่าฮาร์โมนิคที่อันดับต่างๆ ที่เกิดขึ้นว่ามีผลต่อค่าแรงดันและกระแสมากน้อยอย่างไร ในการทดสอบได้ทำการแยกทดสอบเป็นหัวข้อตามเงื่อนไขของลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ดังนี้

5.1 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อ ไซเคิล

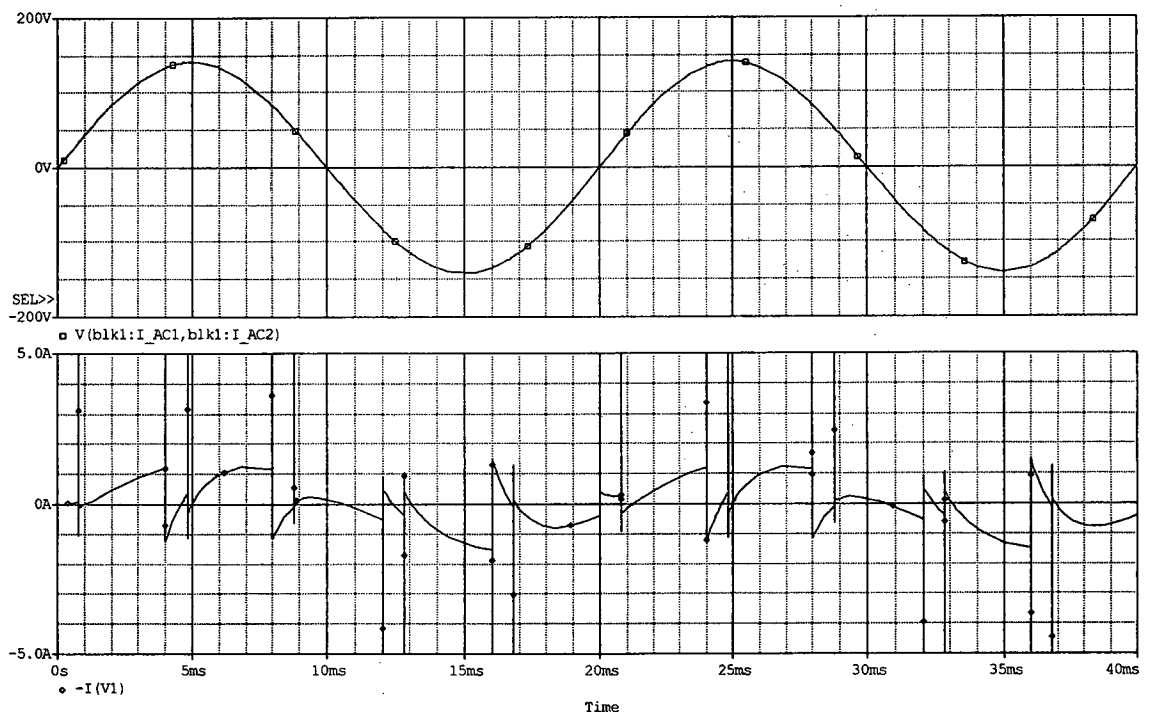
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ และตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าเท่ากับ 0.088 Henry เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจรและการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.19, 4.20, 4.21 และ 4.22



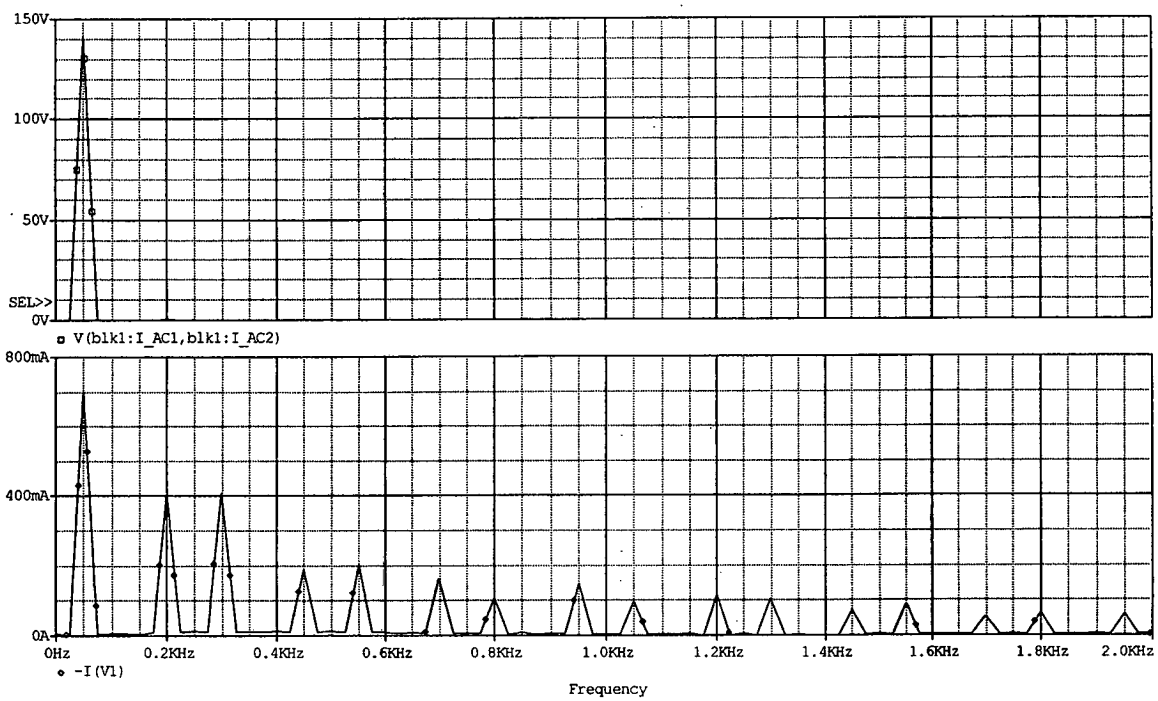
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

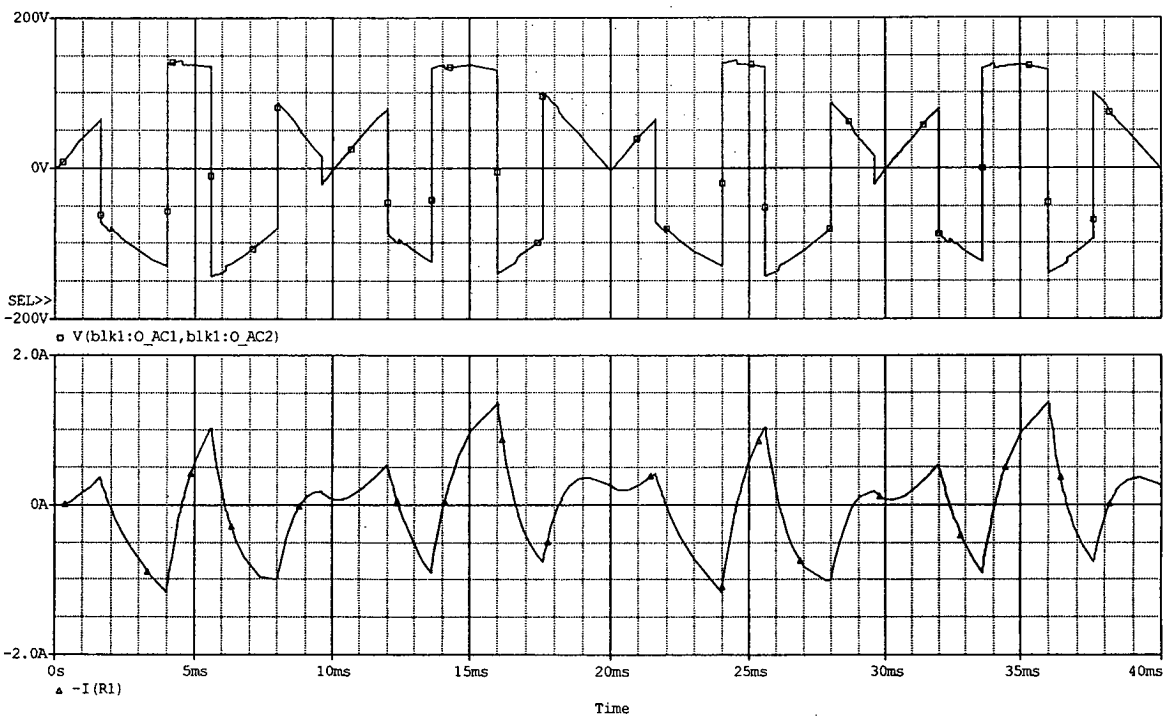


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

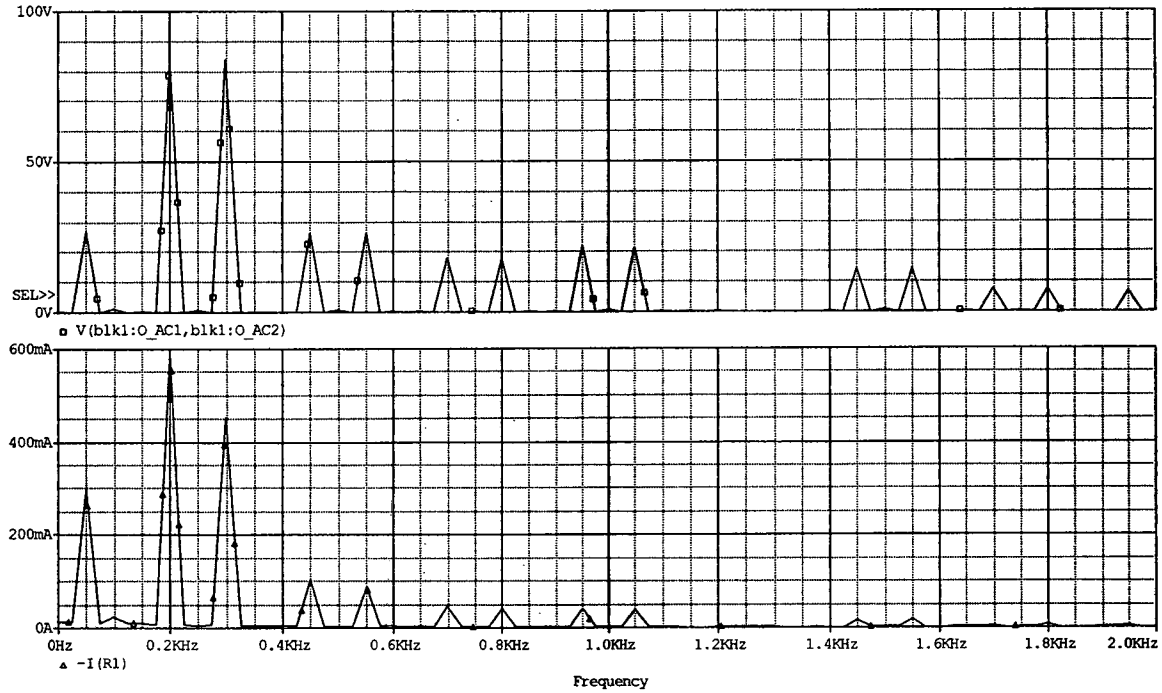


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

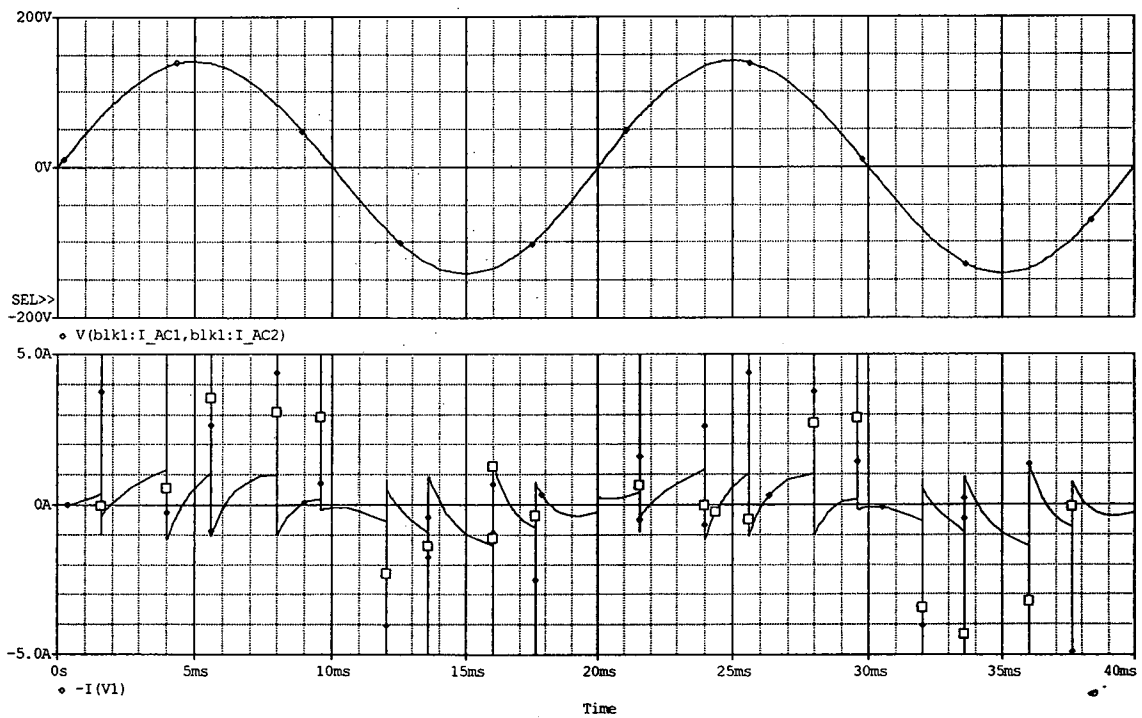
รูปที่ 4.19 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



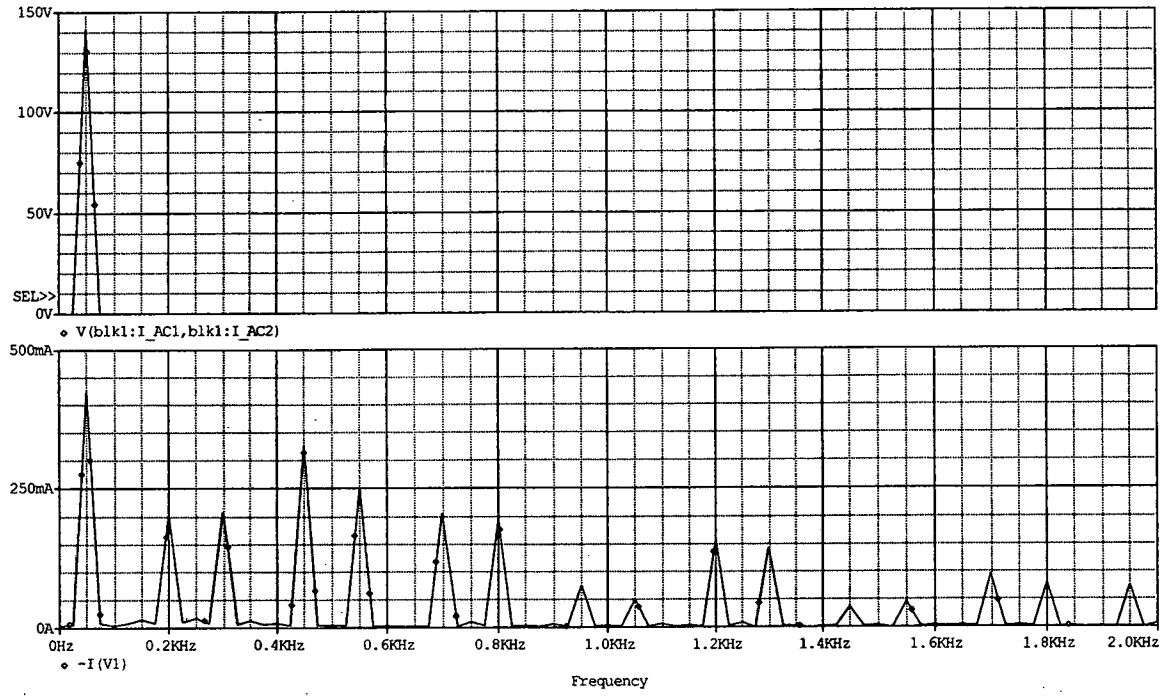
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

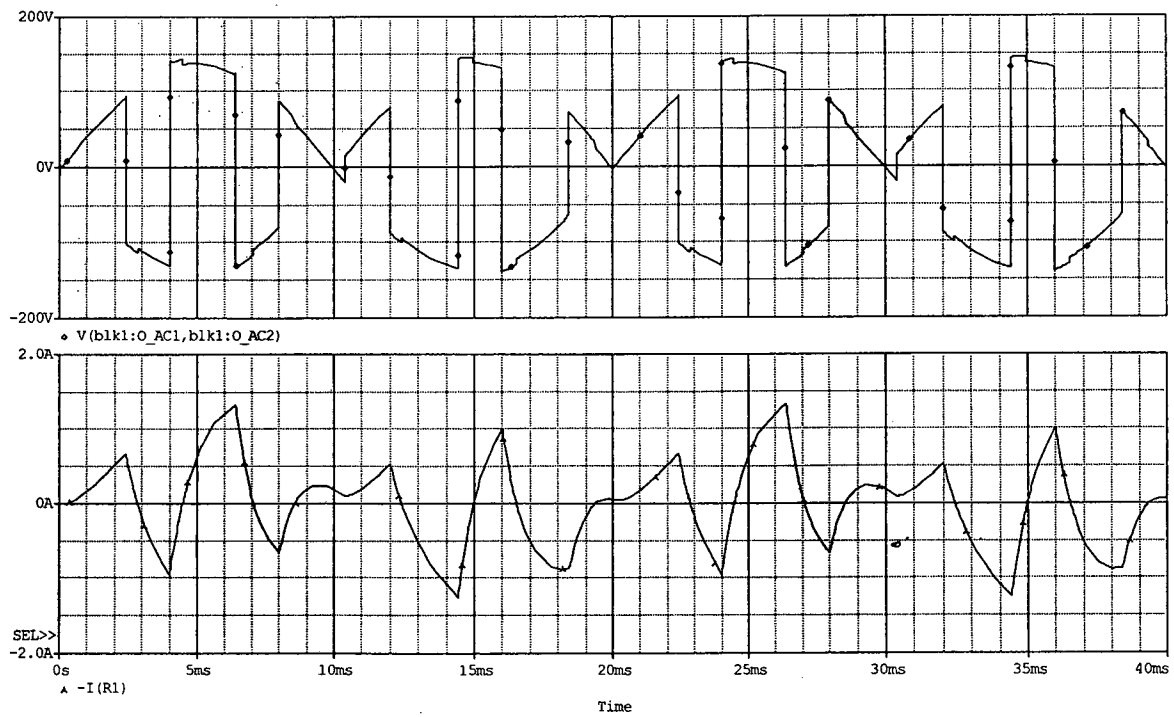


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

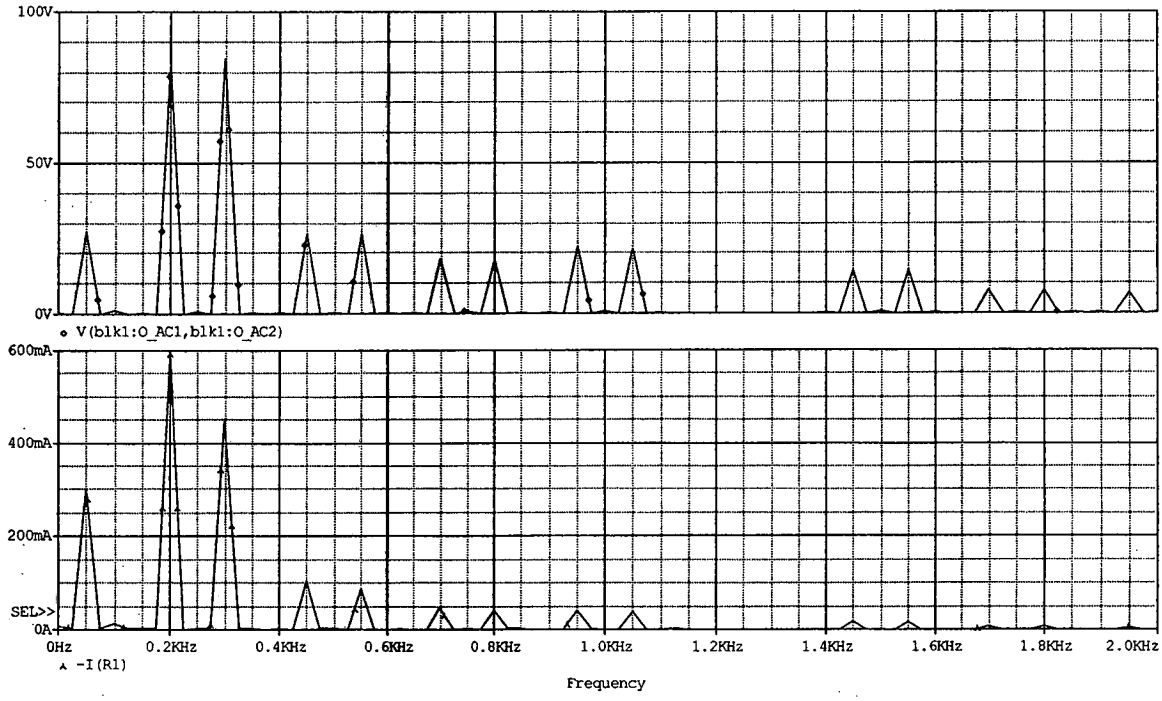


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

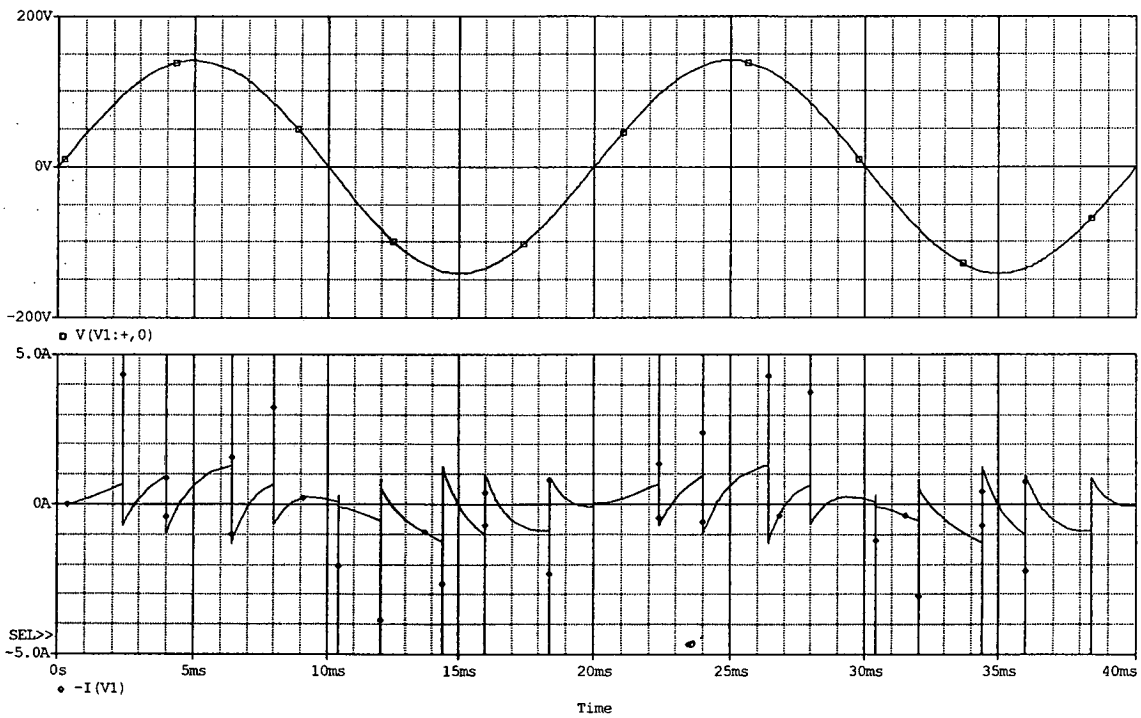
รูปที่ 4.20 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



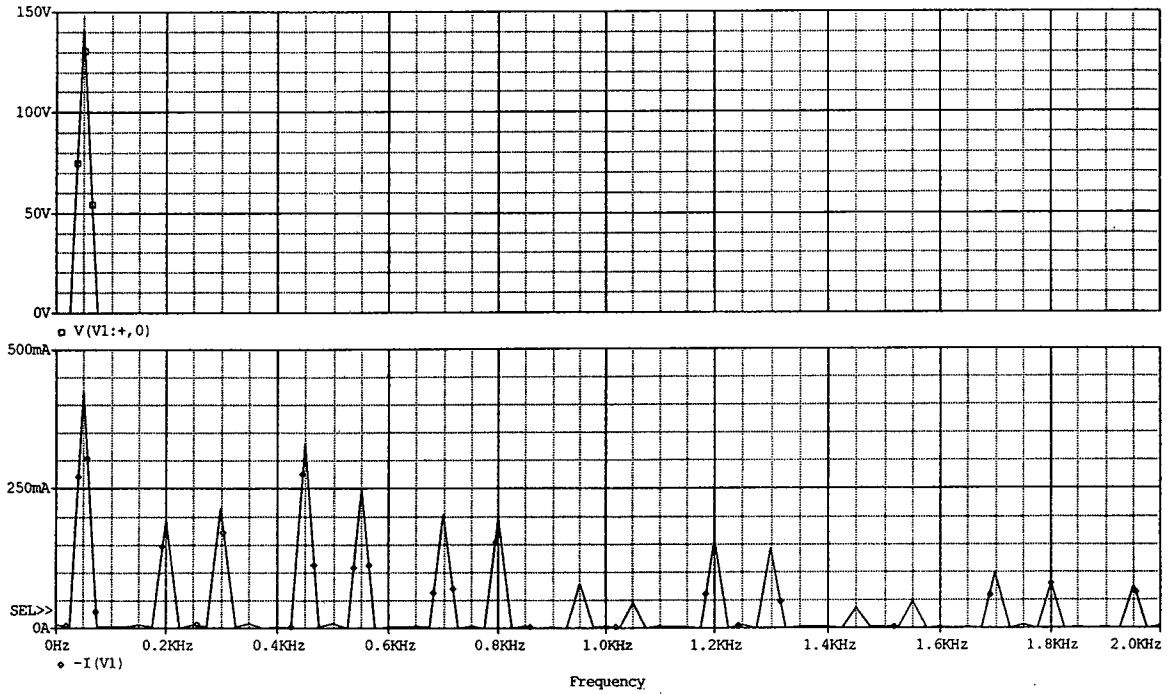
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

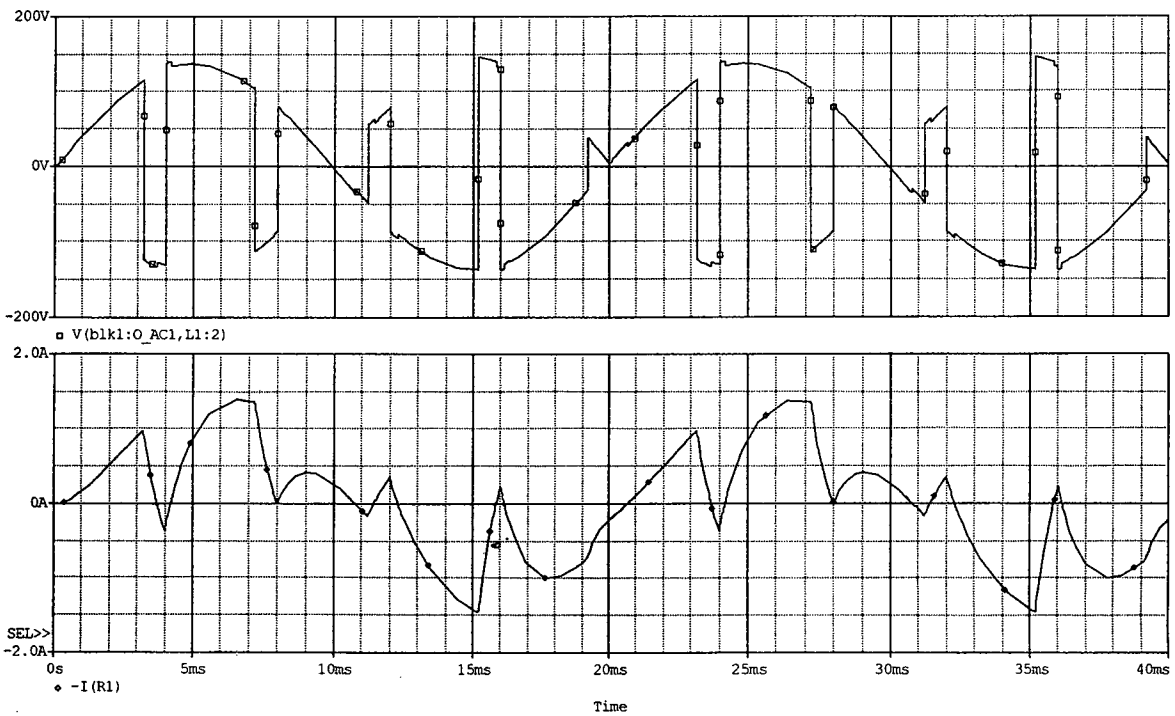


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

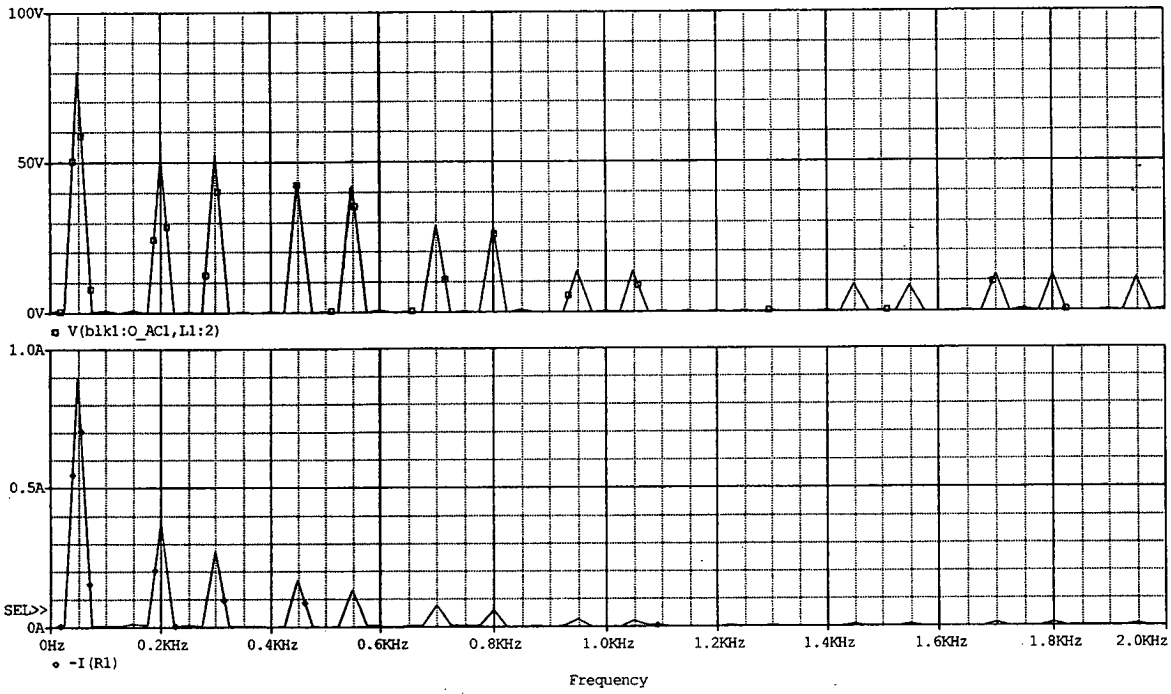


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

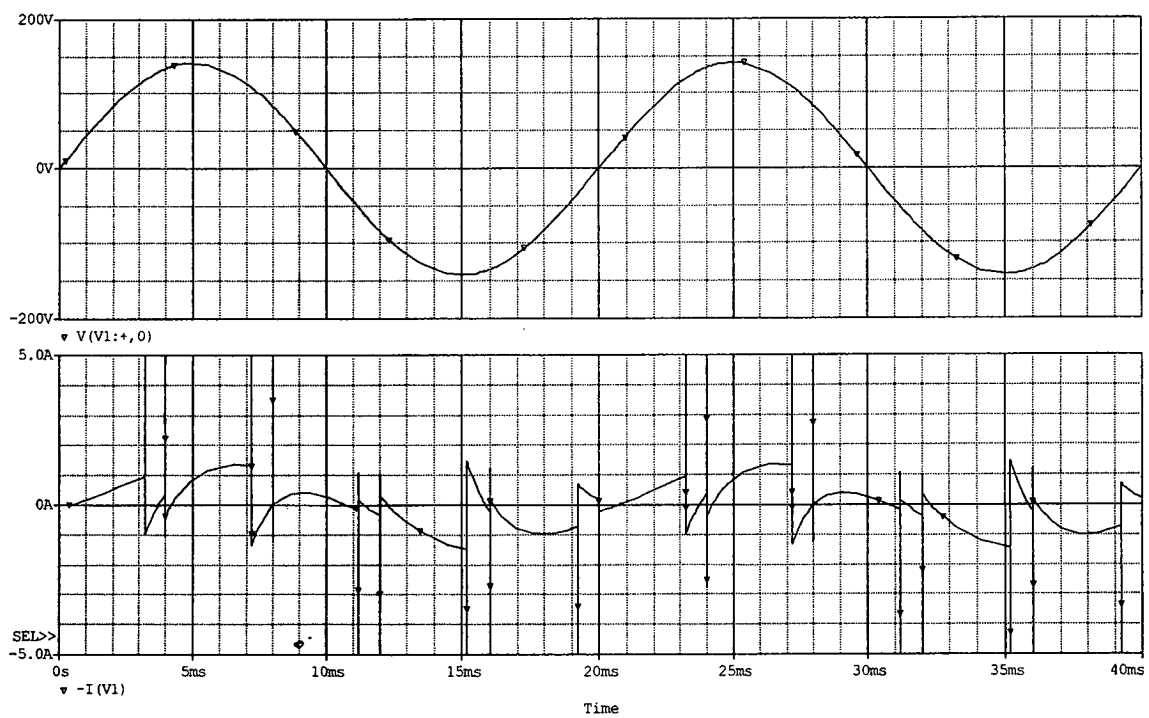
รูปที่ 4.21 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



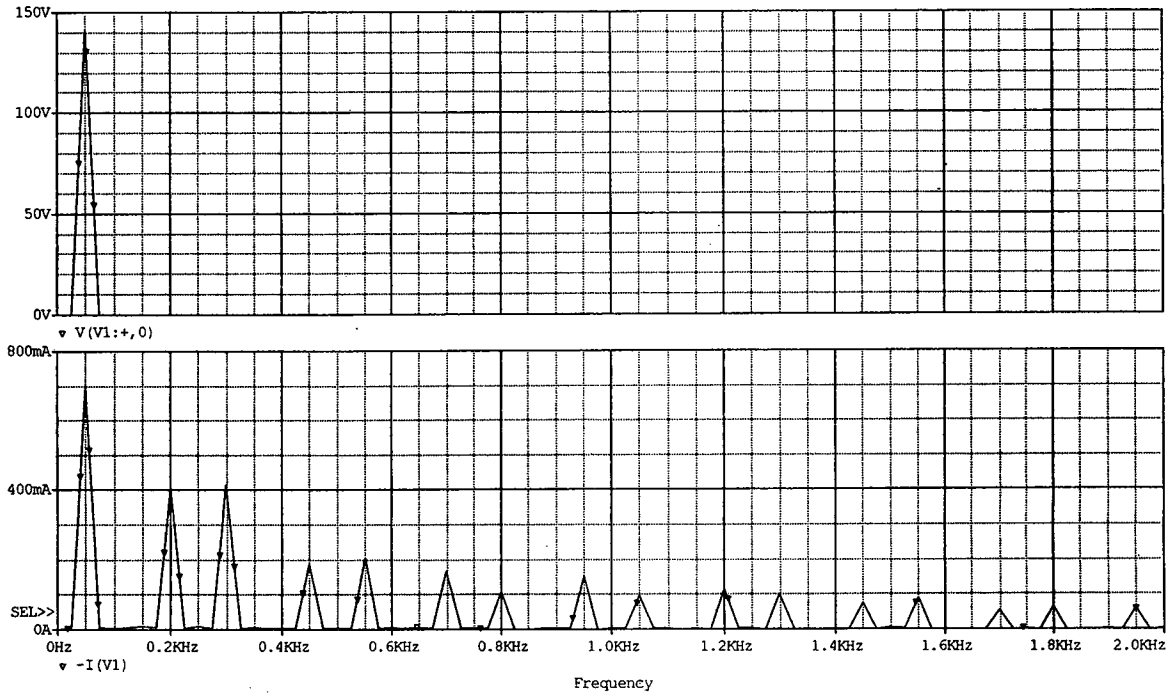
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

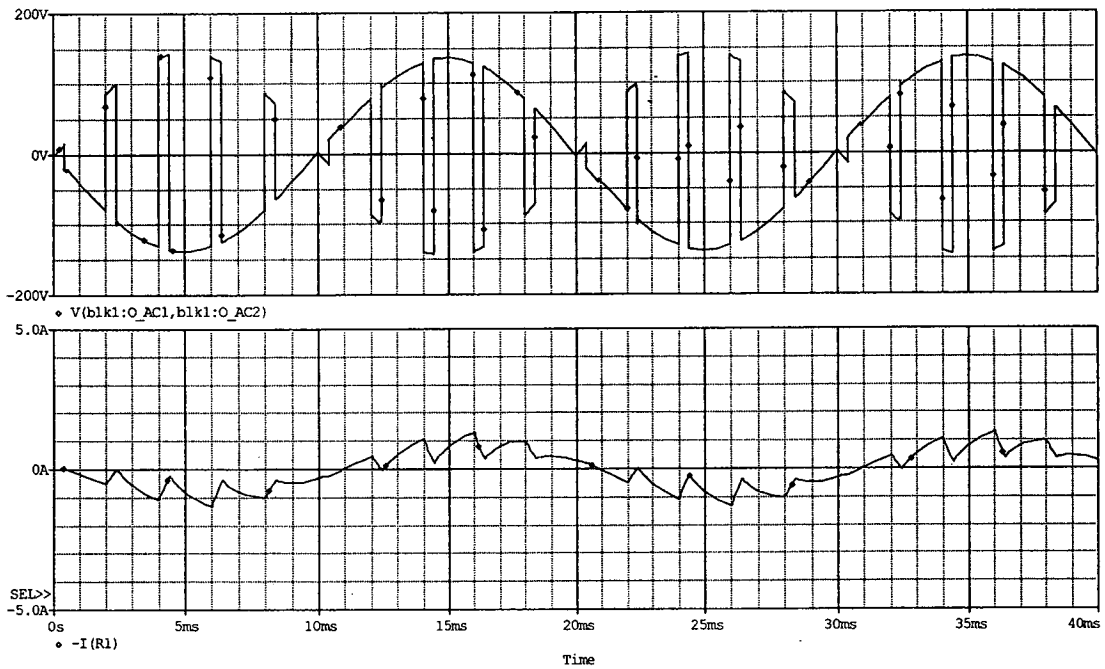


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

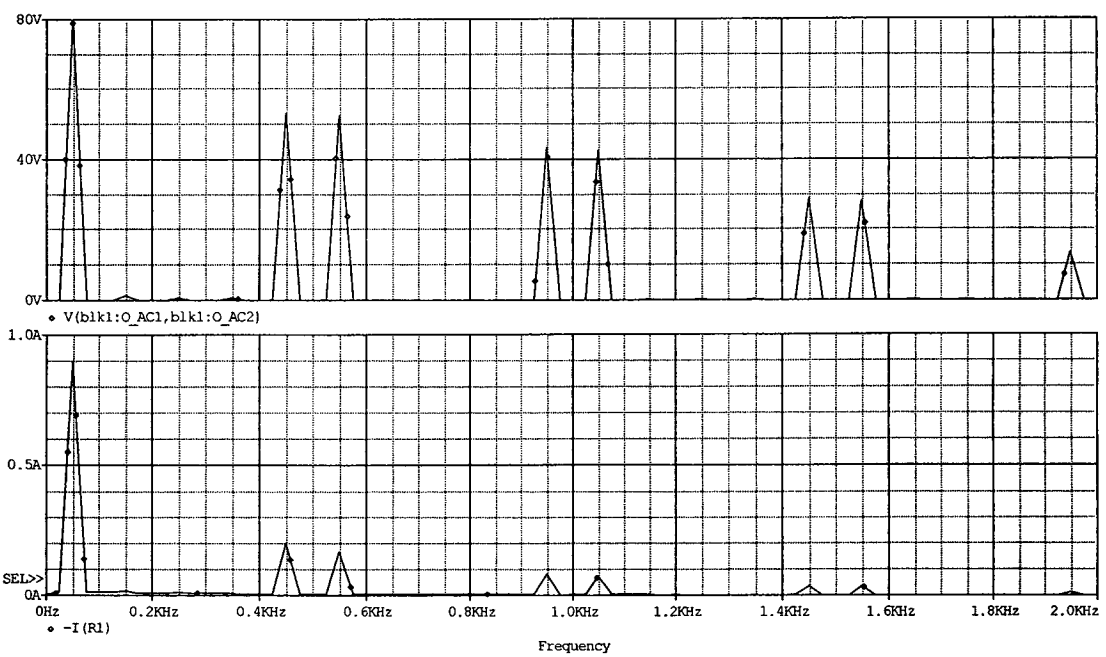
รูปที่ 4.22 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์ กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

5.2. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อ ไซเคิล

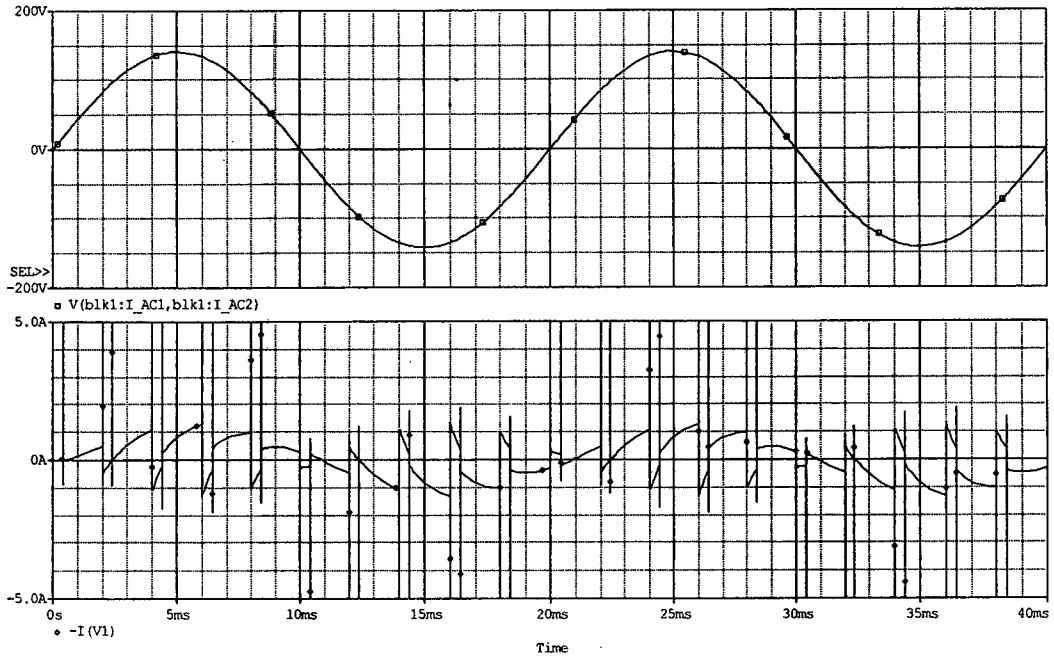
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ และตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าเท่ากับ 0.088 Henry เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 10 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจรและการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.23, 4.24, 4.25 และ 4.26



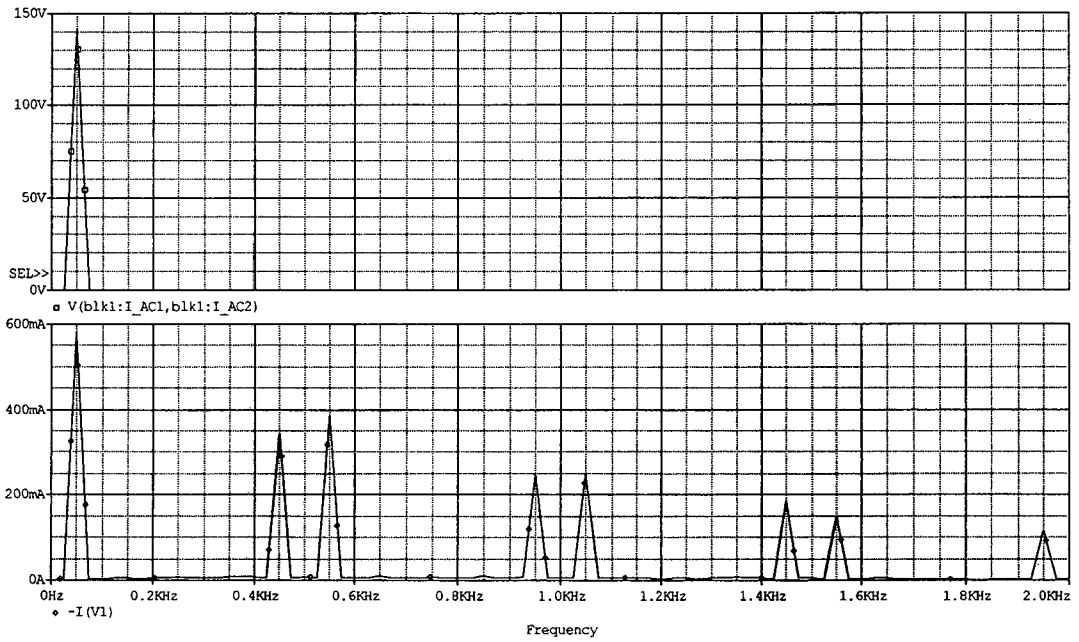
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

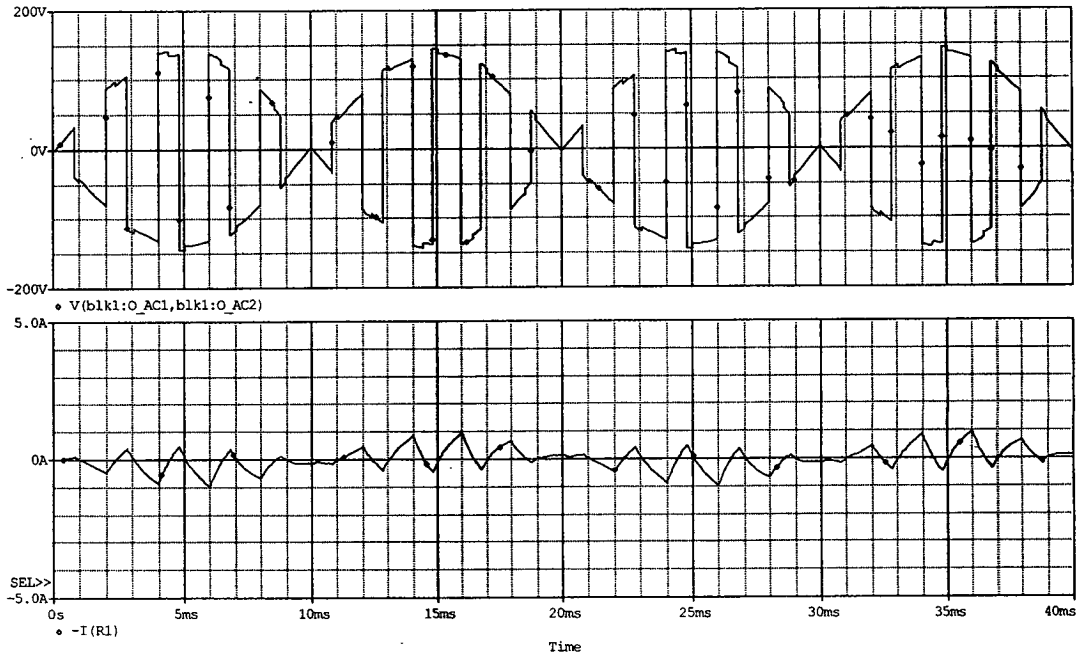


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

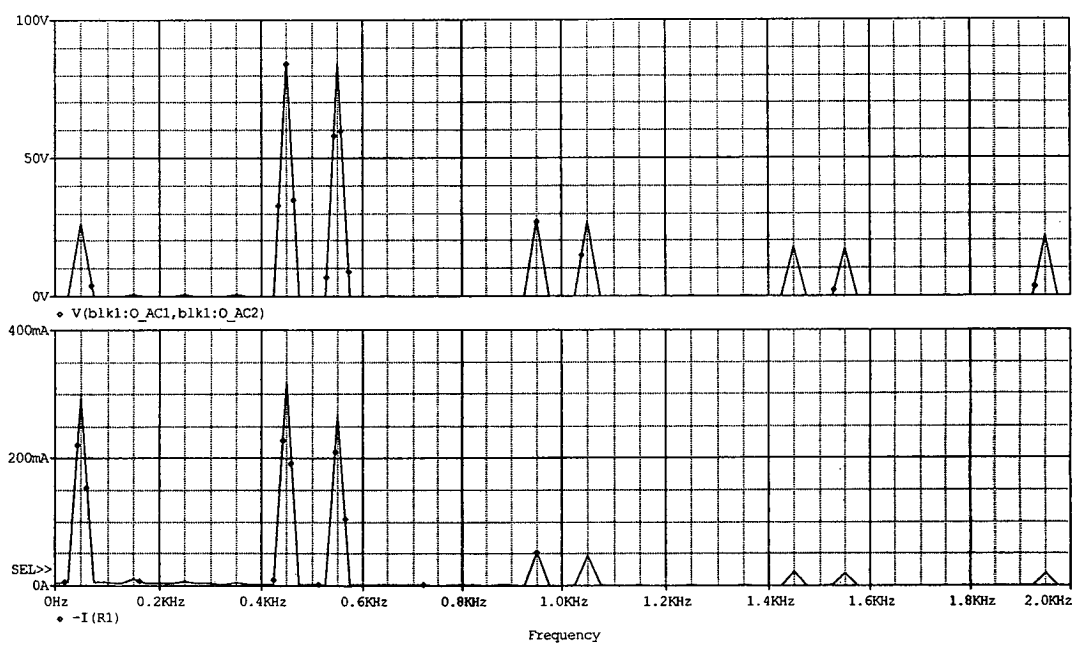


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

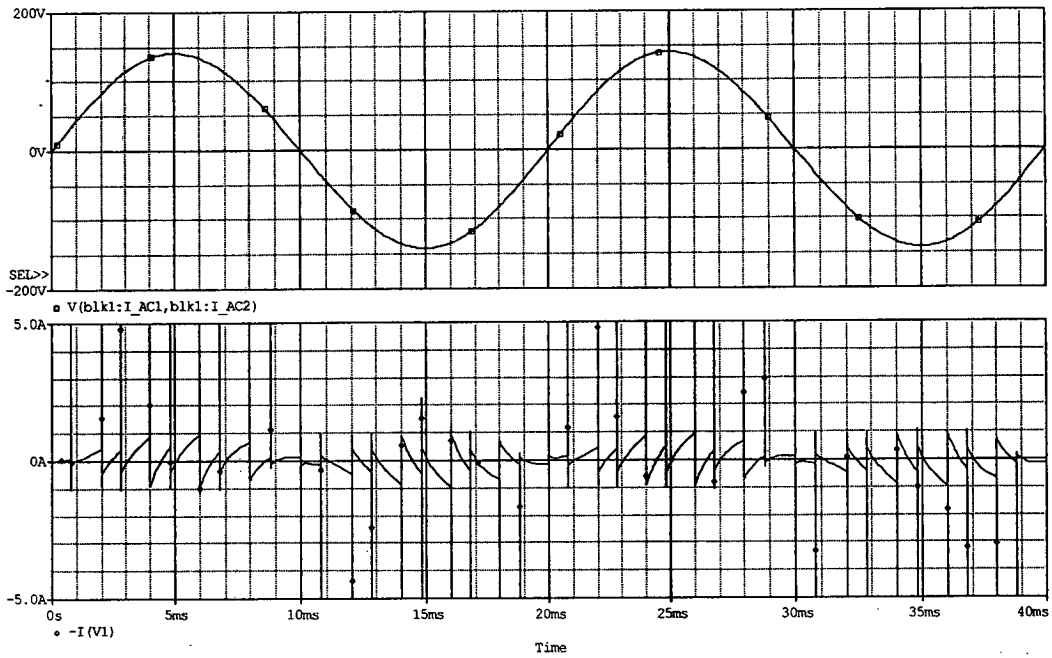
รูปที่ 4.23 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



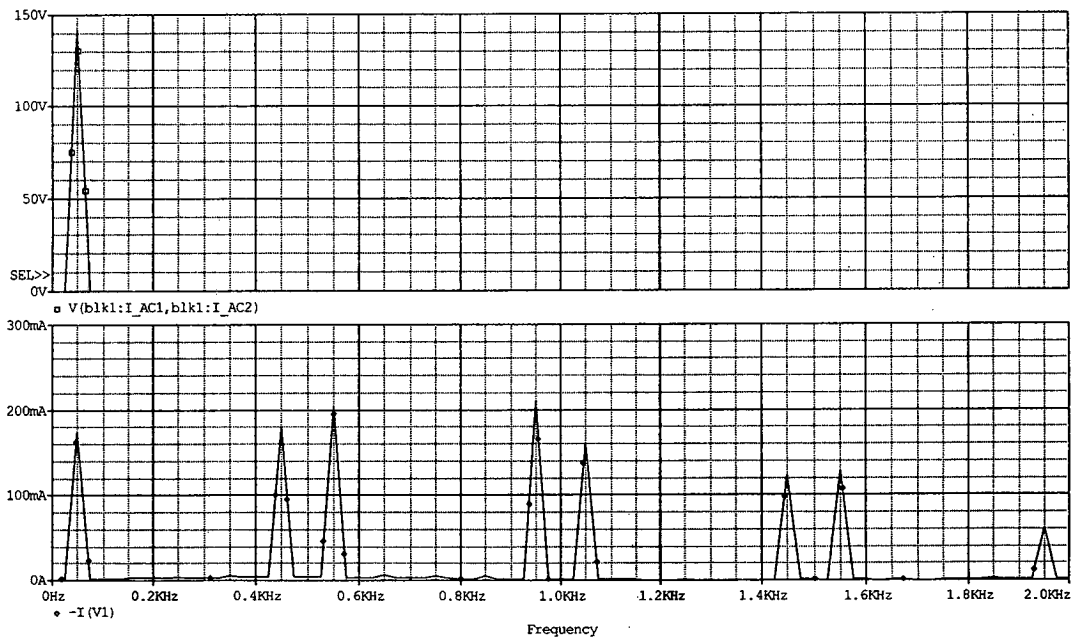
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



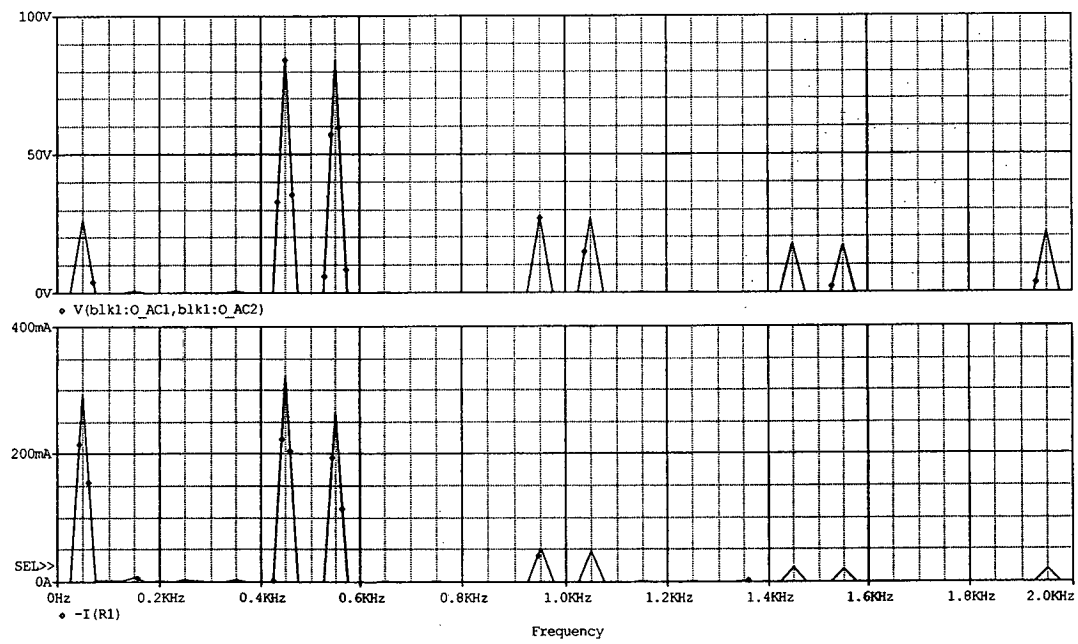
(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



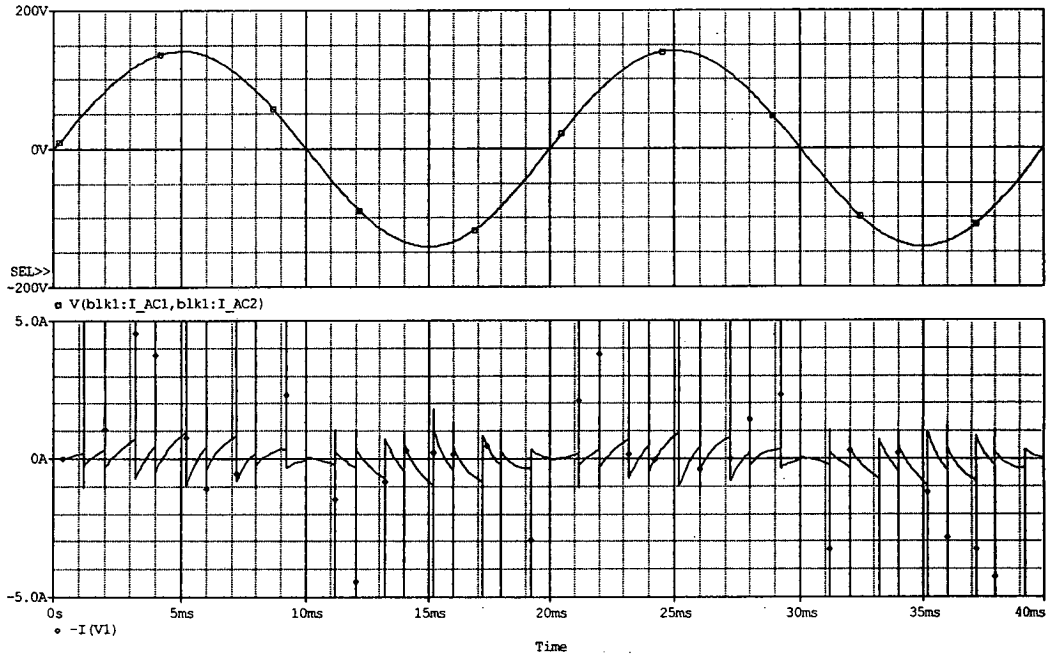
(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

รูปที่ 4.24 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

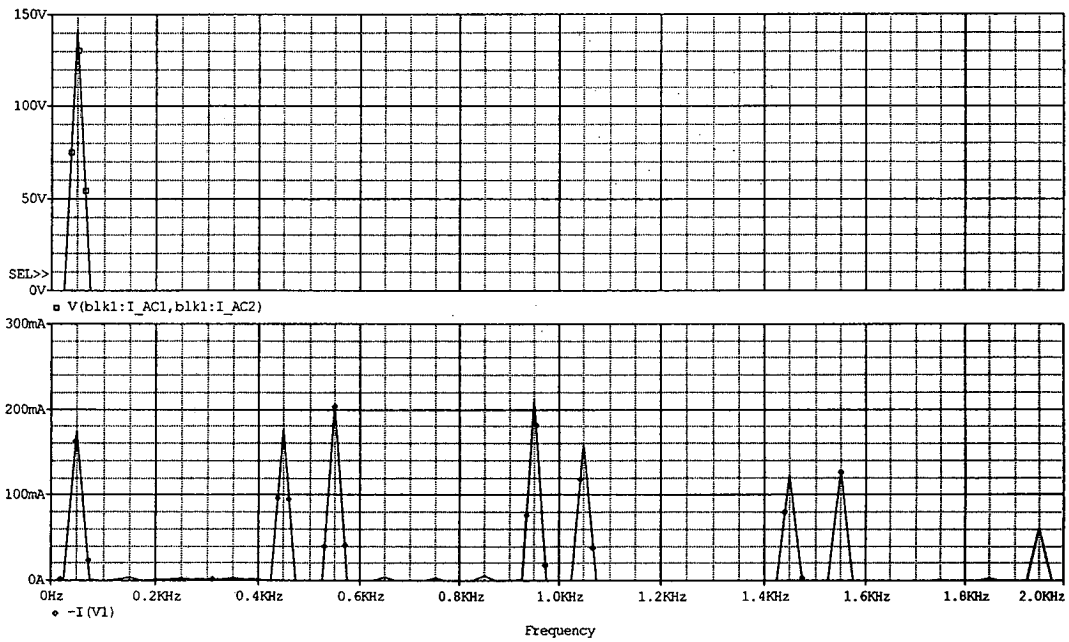
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

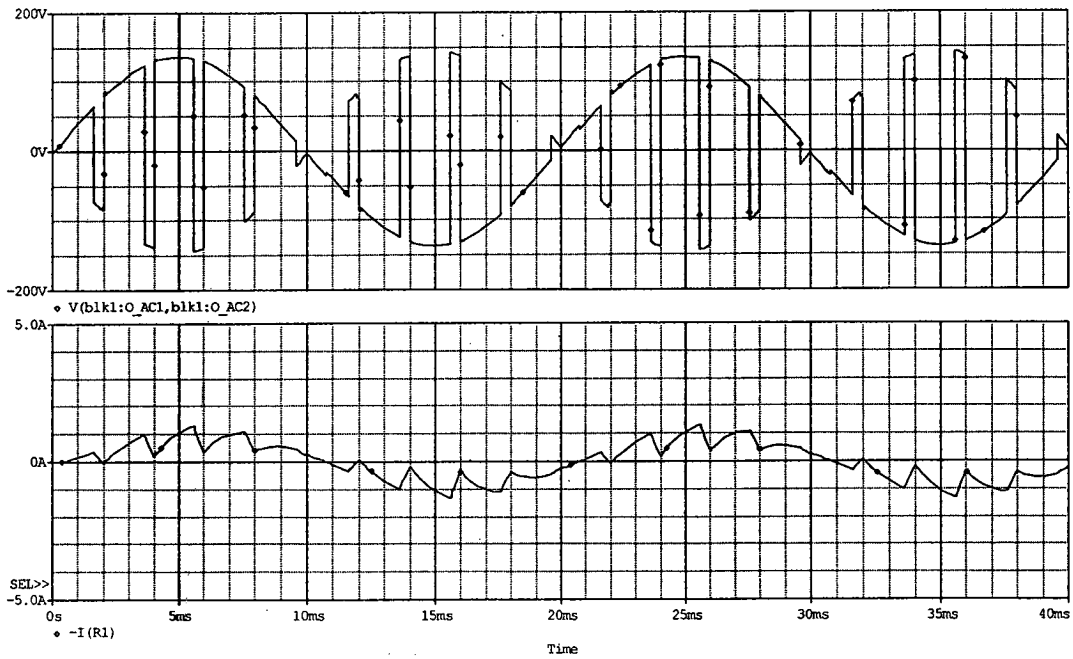


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

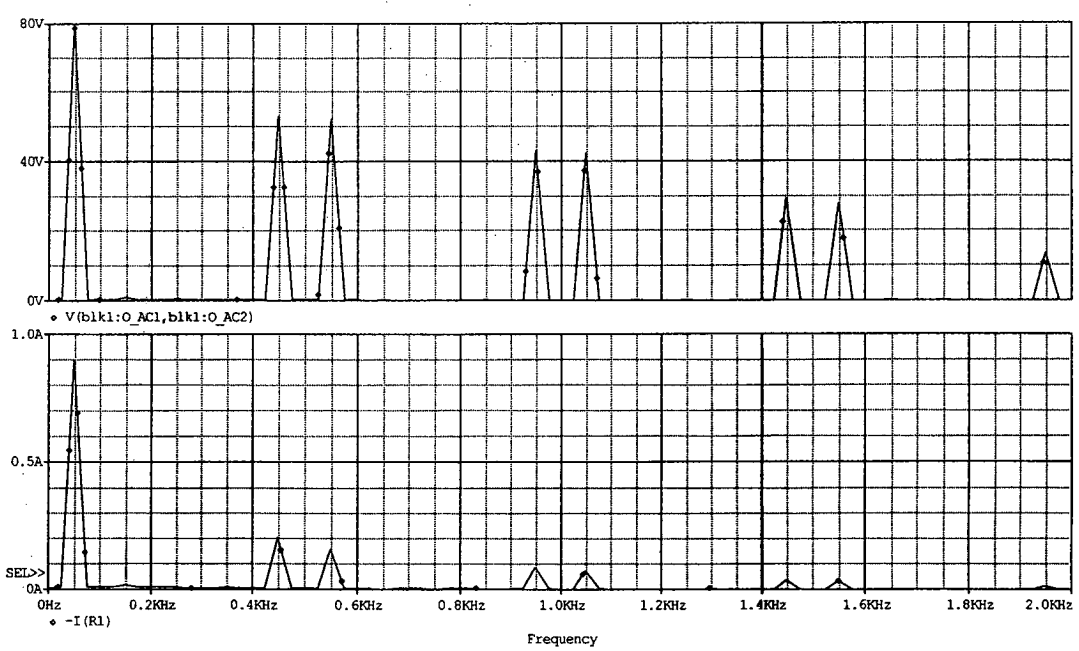


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

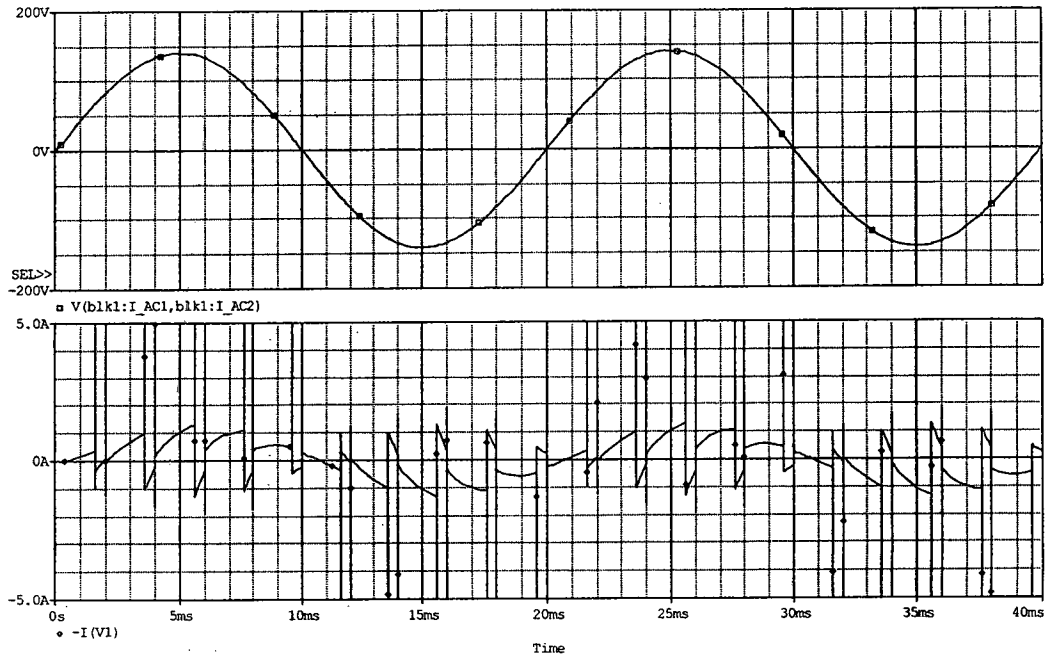
รูปที่ 4.25 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



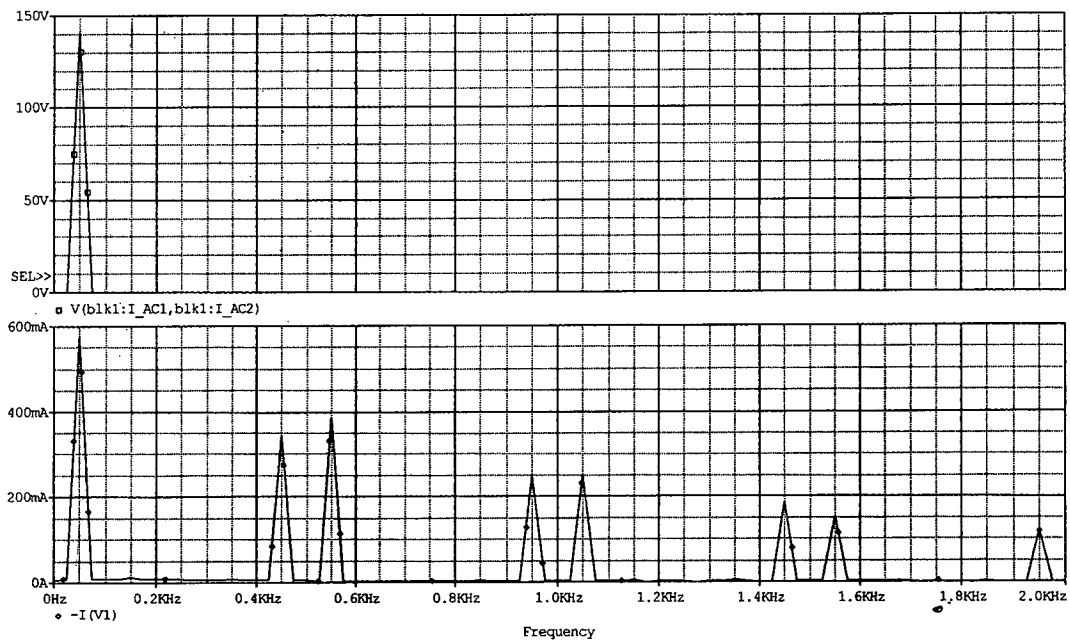
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

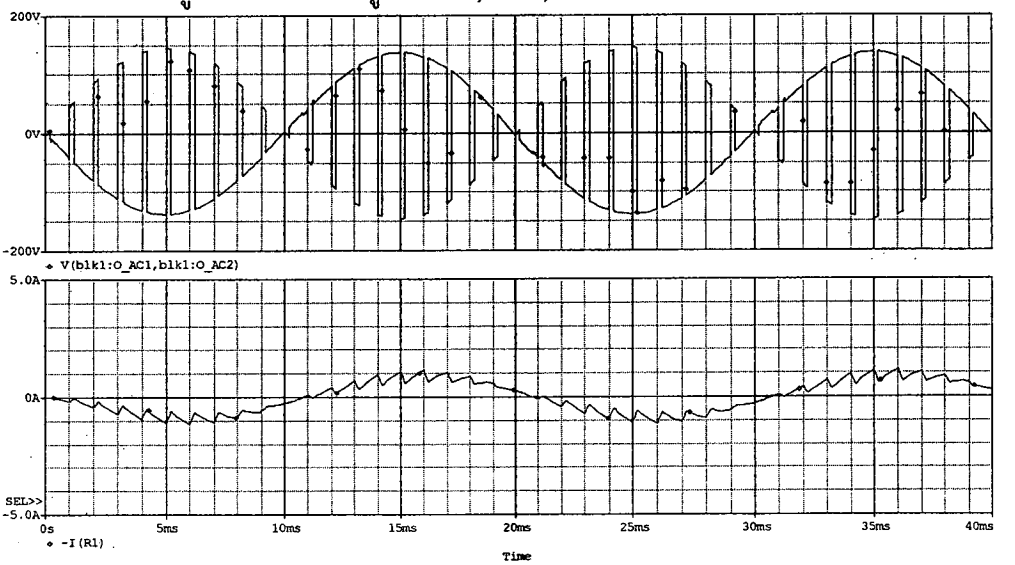


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

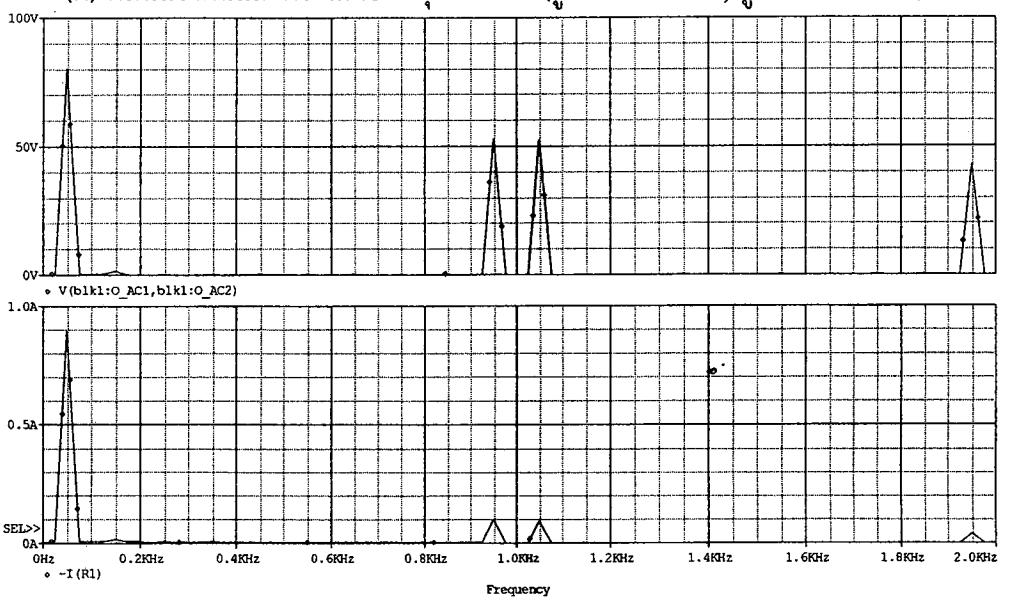
รูปที่ 4.26 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

5.3. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อ ไซเคิล

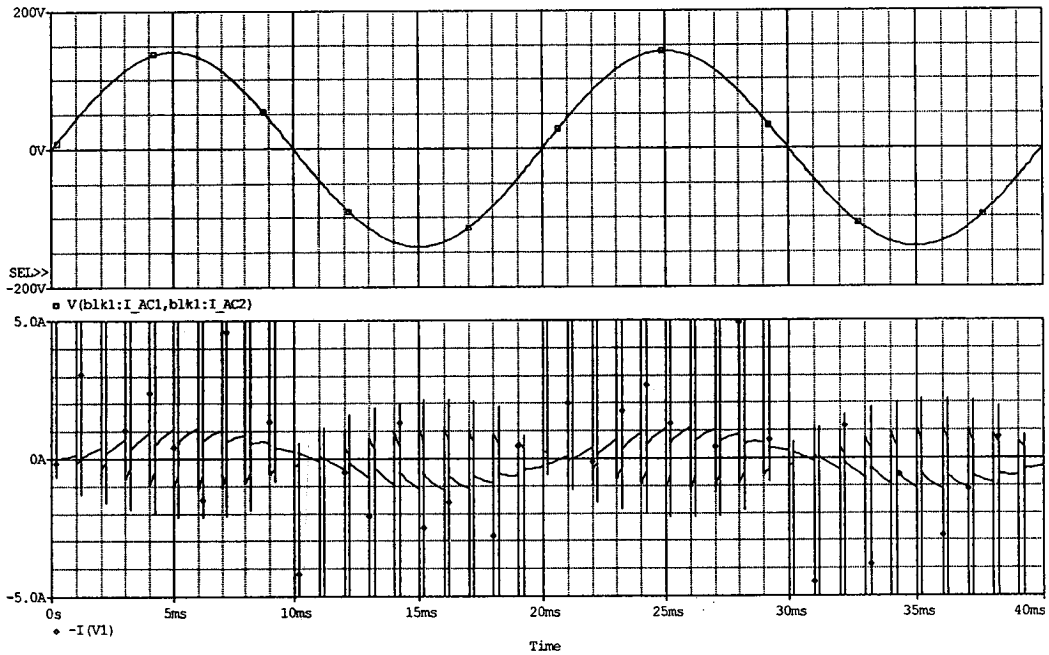
เป็นการนำมาทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดความต้านทานขนาด 100 วัตต์ และ ตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าเท่ากับ 0.088 Henry เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์หรือ FFT ด้วย โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม ที่มีค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทของวงจร และการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสดังกล่าวในเชิงฟูเรียร์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.27, 4.28, 4.29 และ 4.30



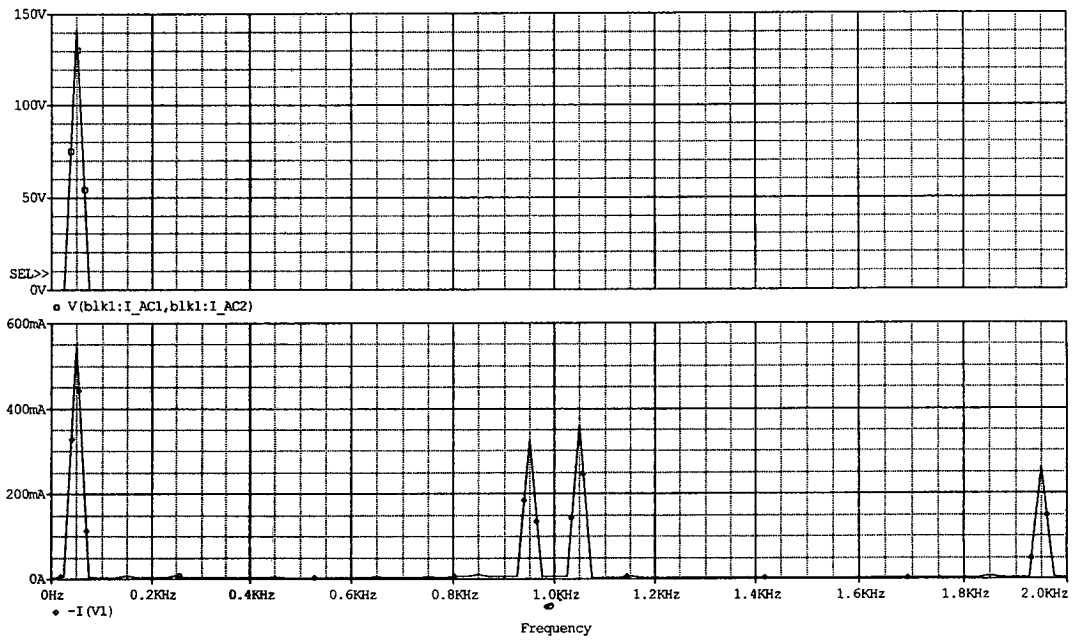
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

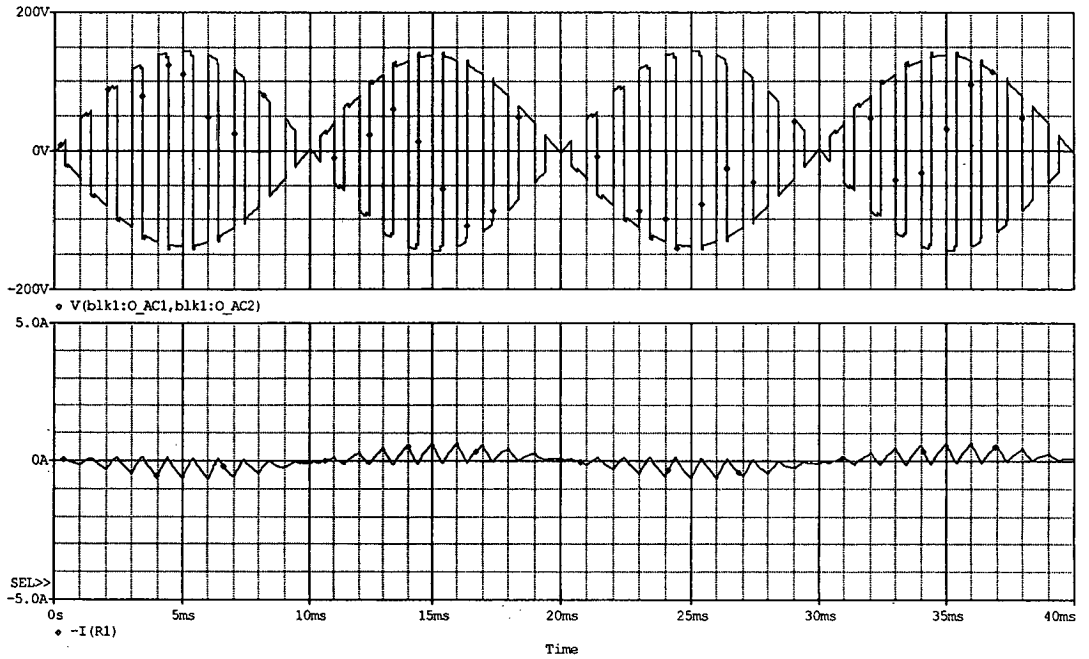


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

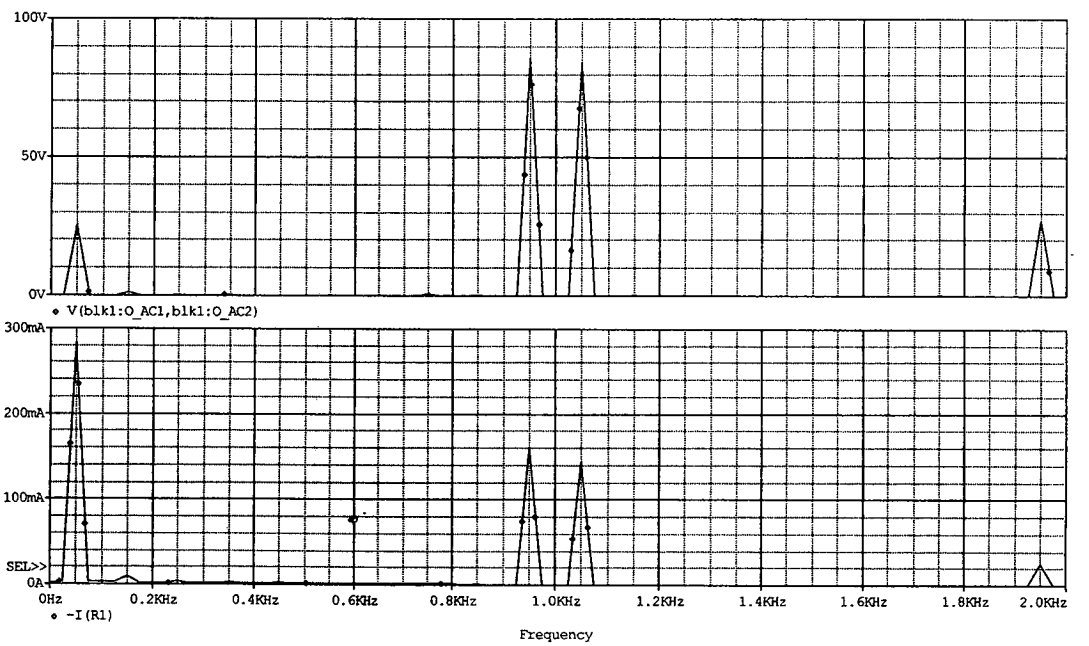


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

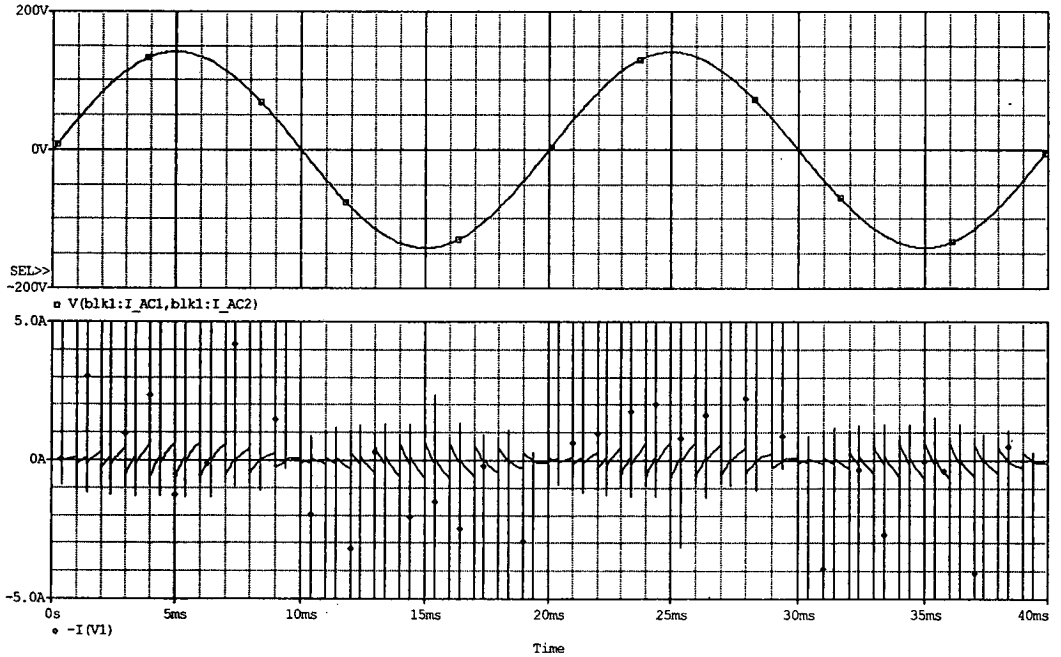
รูปที่ 4.27 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



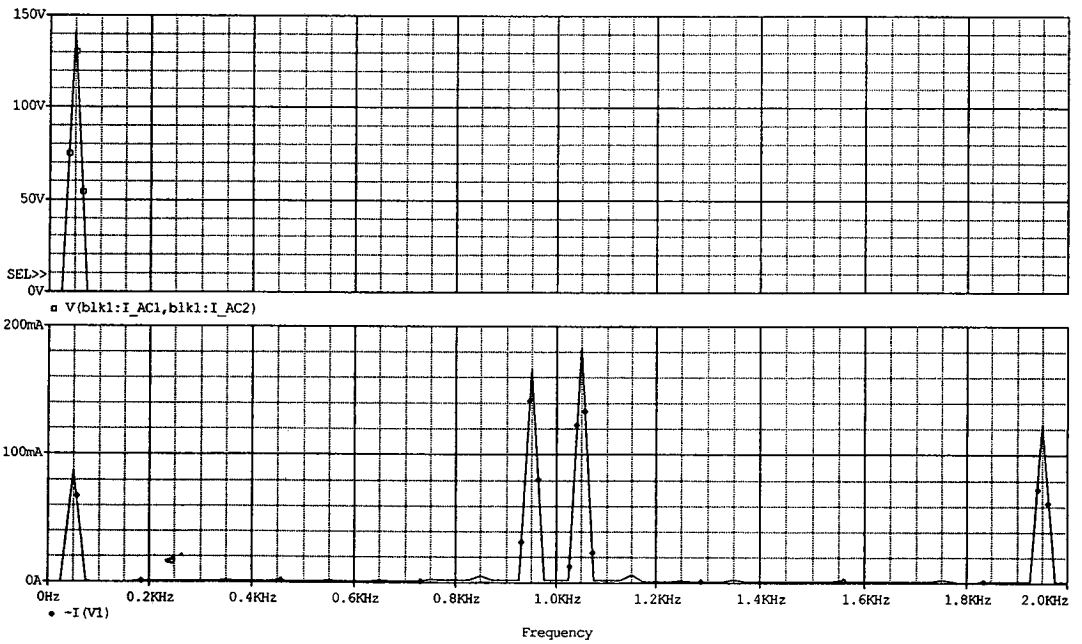
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

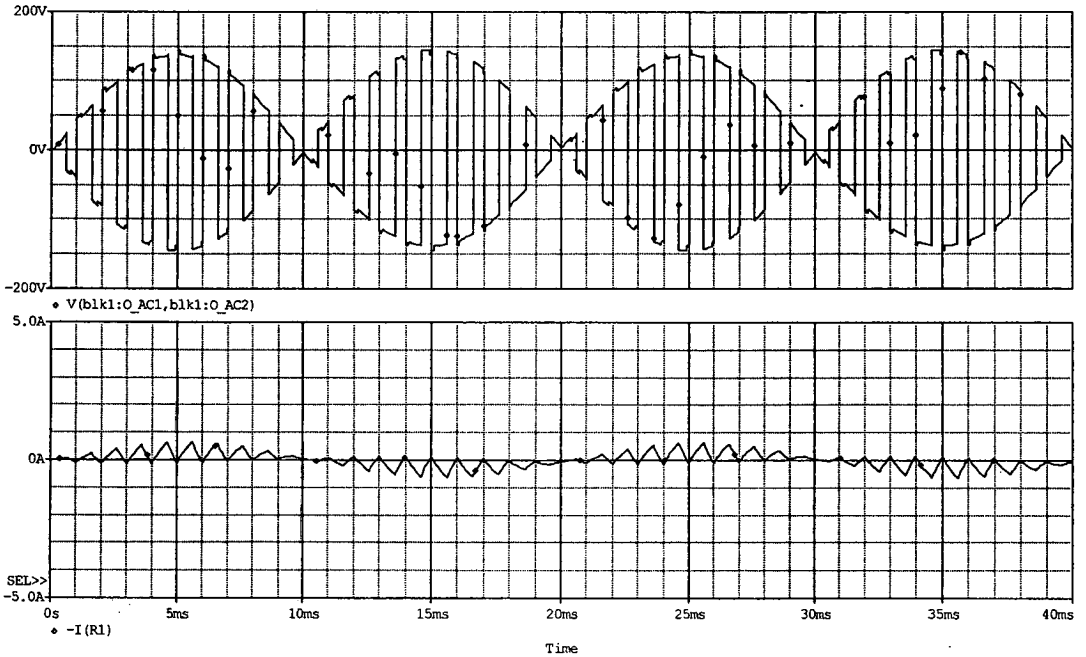


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

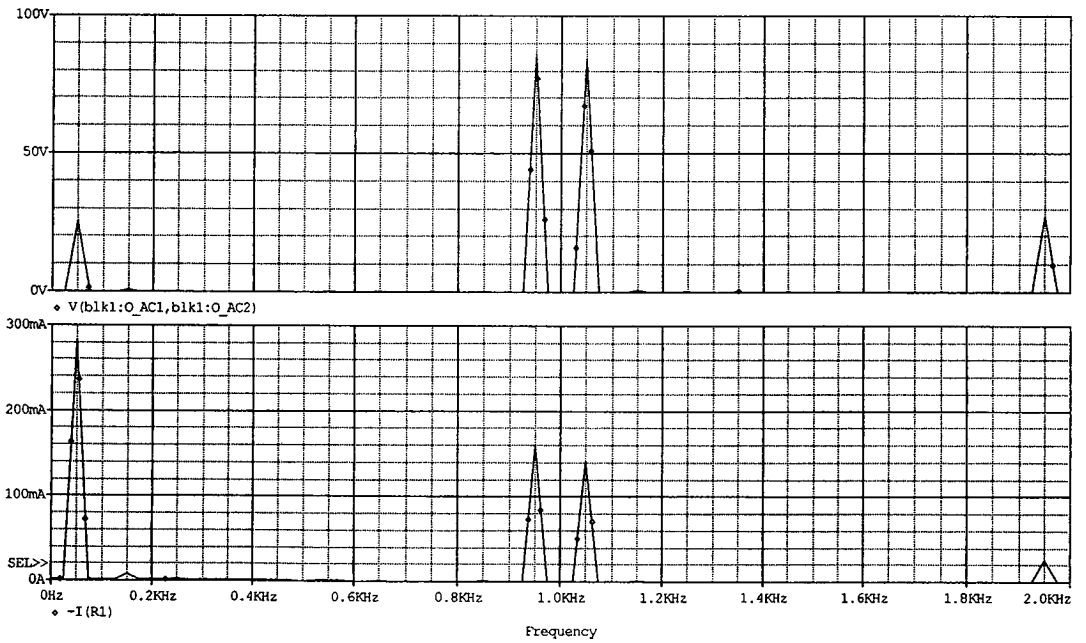


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

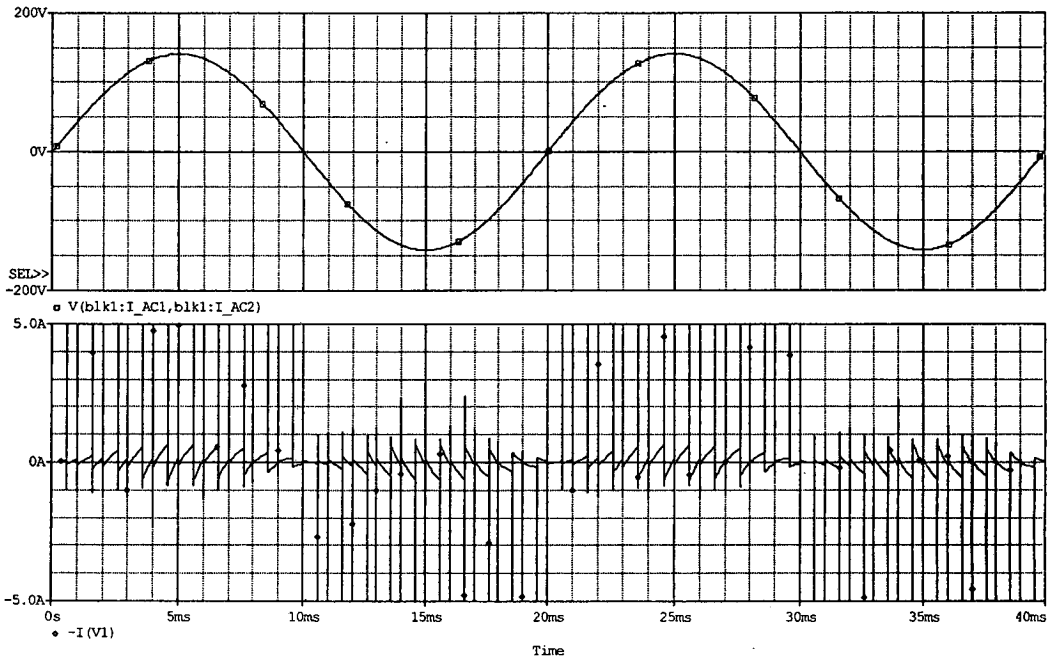
รูปที่ 4.28 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



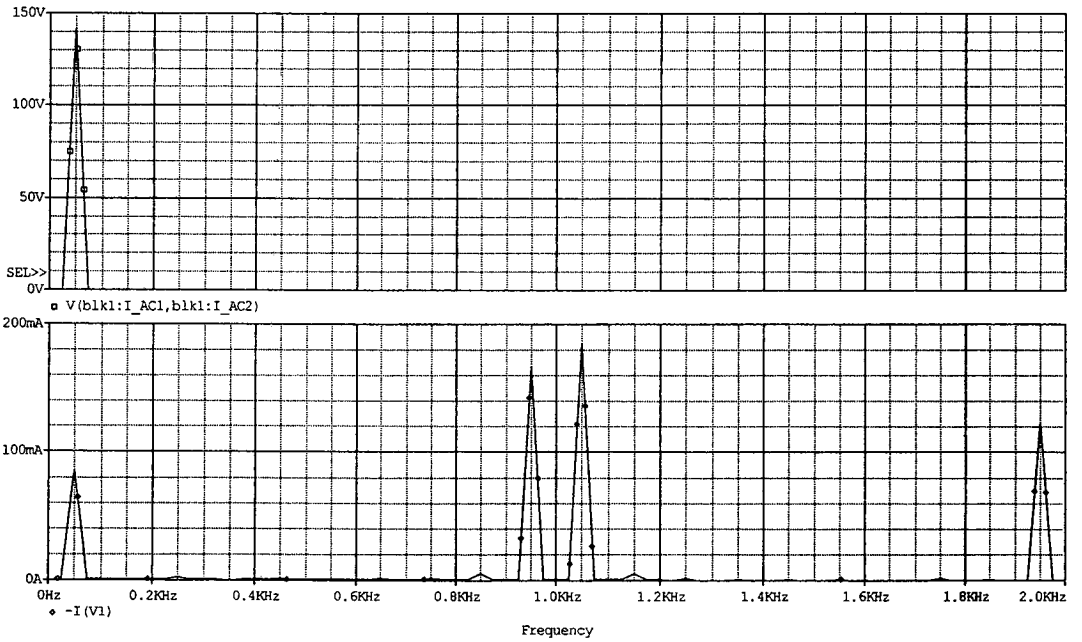
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

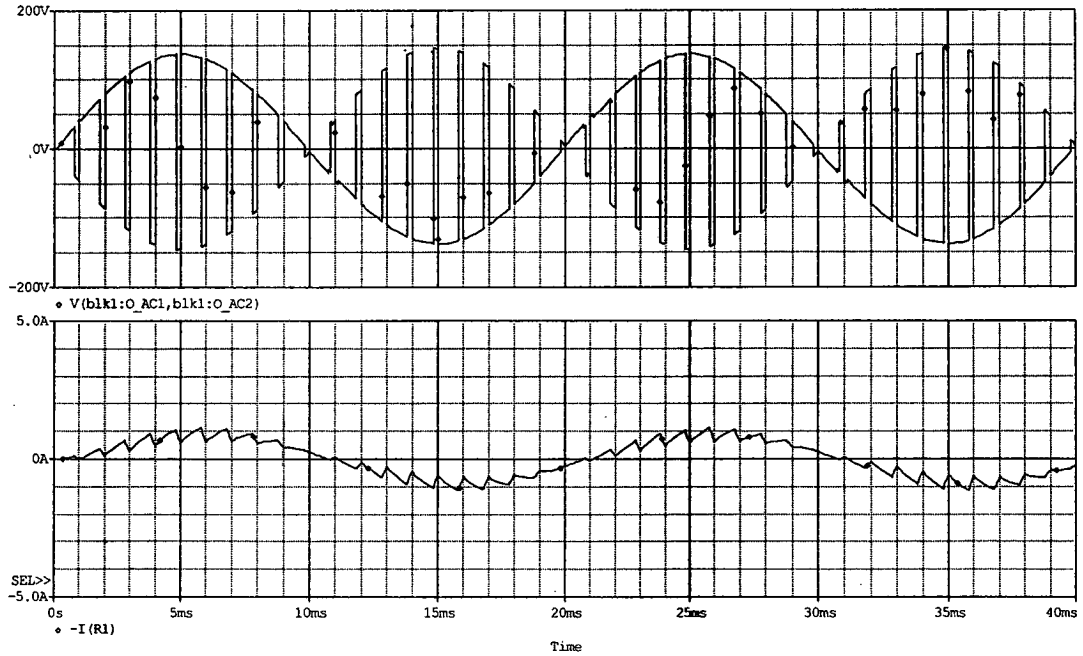


(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

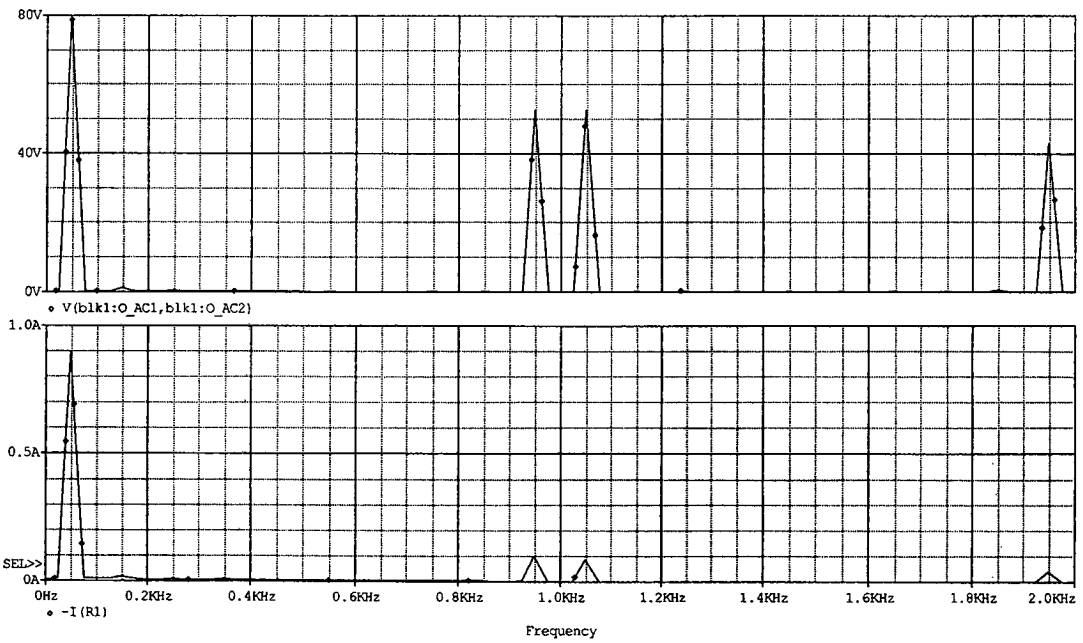


(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

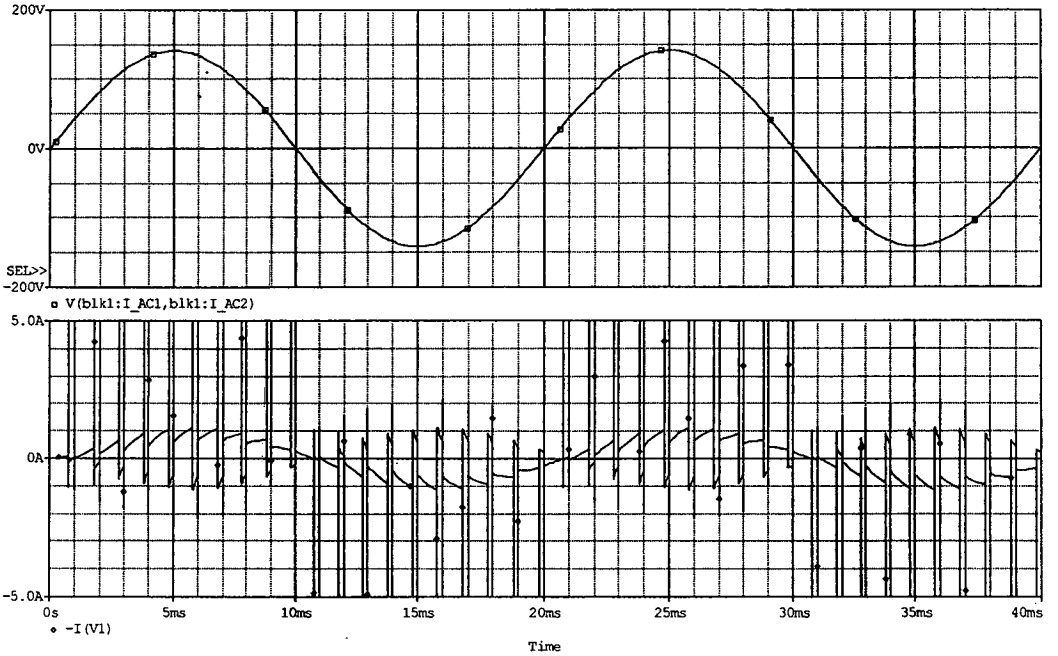
รูปที่ 4.29 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



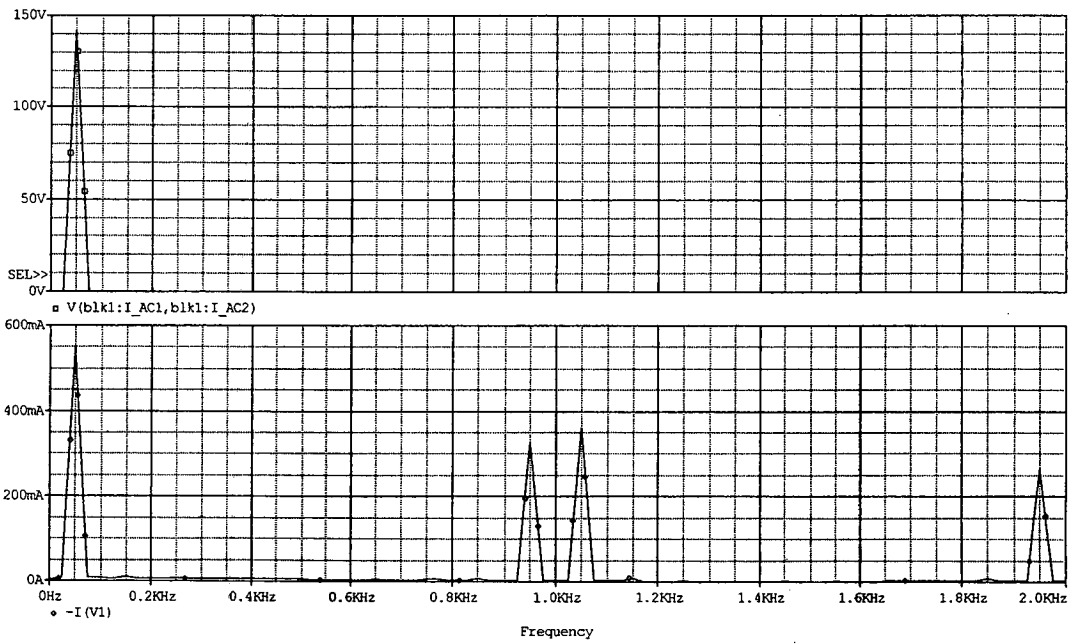
(ก) คลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ข) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสเอาท์พุทที่โหลด
(รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ค) คลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)



(ง) การวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสอินพุท (รูปบน : แรงดัน, รูปล่าง : กระแส)

รูปที่ 4.30 ลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุทพร้อมการวิเคราะห์คลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์กรณีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

6. ผลการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์

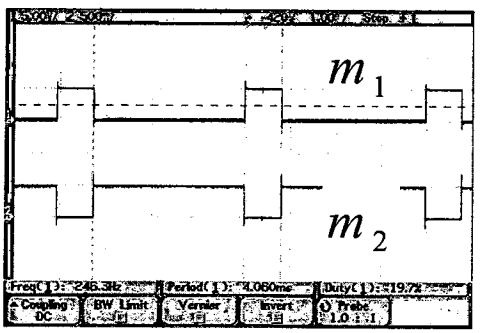
นับจากหัวข้อนี้เป็นต้นไปเป็นการนำวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ทำการสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบตามหลักการและโครงสร้างดังที่กล่าวมาในบทที่ 3 นำไปทำการทดสอบกับโหลดชนิดต่างๆ คือ โหลดชนิดตัวต้านทาน และโหลดชนิดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขของค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เพื่อศึกษาลักษณะคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและด้านเอาท์พุท รวมทั้งนำมาทำการวิเคราะห์เชิงฟูเรียร์เพื่อศึกษาฮาร์โมนิคของคลื่นทั้งสองด้วย พร้อมทั้งทำการศึกษาคุณลักษณะของวงจรโดยการหาความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าดิวตี้ไซเคิล จำนวนพัลส์ และ ค่าความถี่การสวิทช์ ของสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มกับค่าแรงดันและกระแสอินพุทและเอาท์พุทของวงจรที่ได้ทำการต่อกับโหลดชนิดต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไป

6.1 ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในงานวิจัย

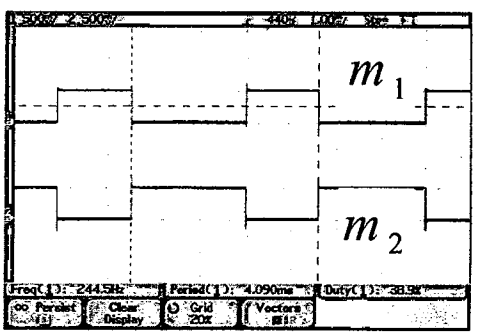
สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ทำการสร้างโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F628 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่ในการสวิทช์ เท่ากับ 250 Hz, 500 Hzและ 1000 Hz โดยมีค่าดิวตี้ไซเคิล เท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ในแต่ละค่าความถี่ในการสวิทช์ ซึ่งลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่สร้างขึ้นมีลักษณะดังต่อไปนี้

6.1.1. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

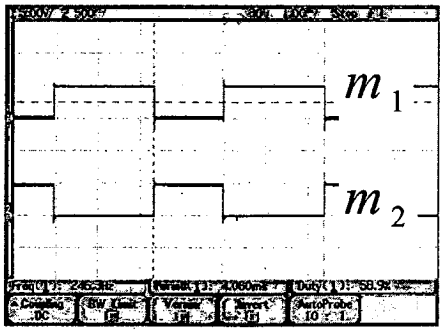
สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล ที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz และ ค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.31



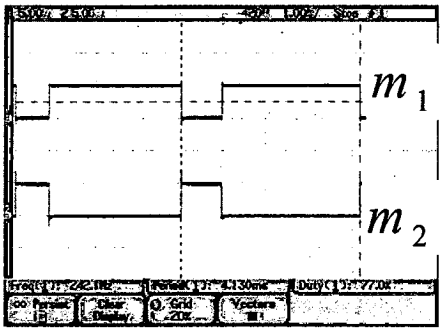
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6

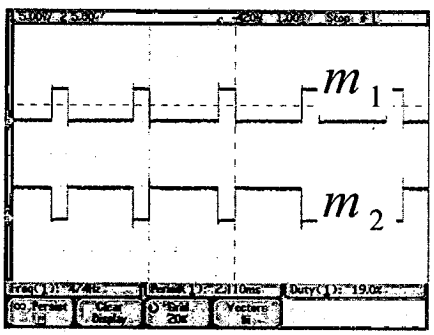


(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

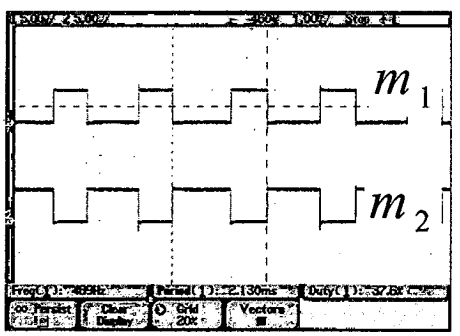
รูปที่ 4.31 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

6.1.2. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

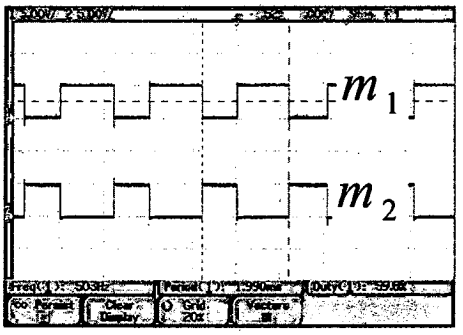
สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.32



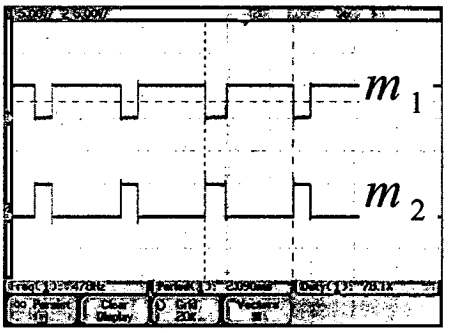
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6

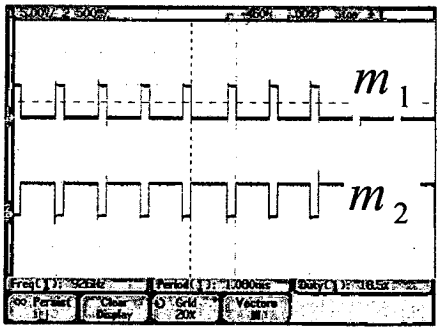


(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

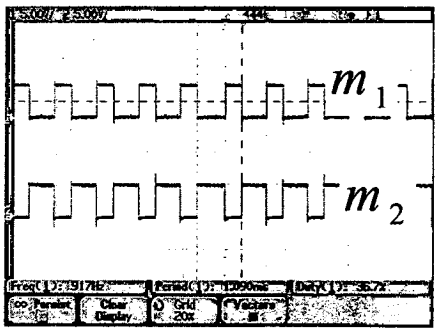
รูปที่ 4.32 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

6.1.3. สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

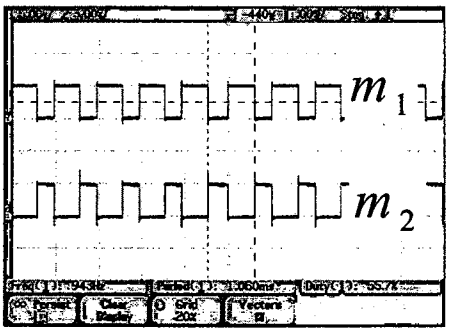
สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่ที่คำนวณได้จากสมการ m_1, m_2 โดยพิจารณาที่จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz แล้วทำการปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลให้มีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยใช้ขนาดแรงดันเท่ากับ $\pm 20V$ ซึ่งเป็นขนาดแรงดันที่จะใช้ในการขับนำสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด เมื่อทำการจำลองจะได้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz และค่าดิวตี้ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ดังรูปที่ 4.33



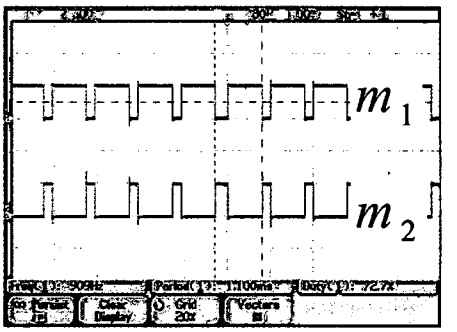
(ก) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2



(ข) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4



(ค) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6



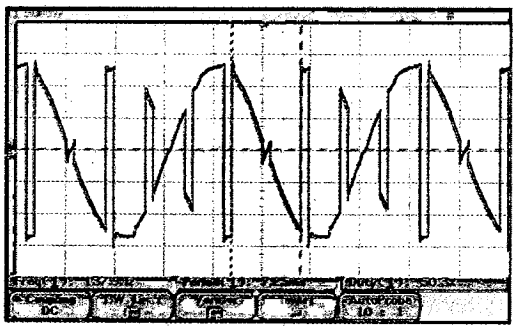
(ง) ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8

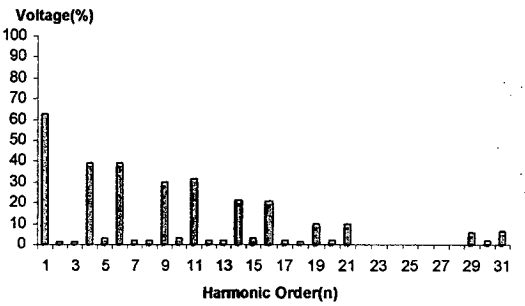
รูปที่ 4.33 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม m_1, m_2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

7. ผลการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน

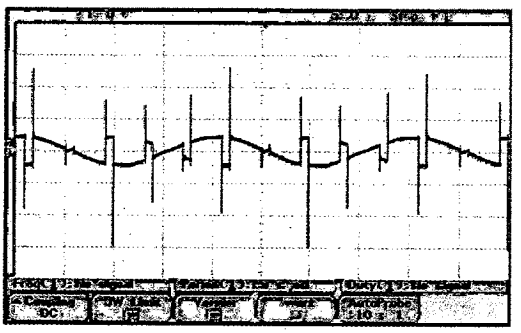
การทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่เป็นเครื่องต้นแบบกับโหลดตัวต้านทาน กระทำโดยจ่ายแรงดันอินพุทจากการไฟฟ้า 1-เฟส 100 โวลท์ 50 เฮิร์ท กับโหลดตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับ 100 วัตต์ แล้วทำการบันทึกผลเป็นรูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุท ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ของสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม พร้อมทั้งได้ทำ การวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์ เพื่อศึกษาผลของฮาร์โมนิคอันดับที่ 1-31 ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปต่อไปนี้

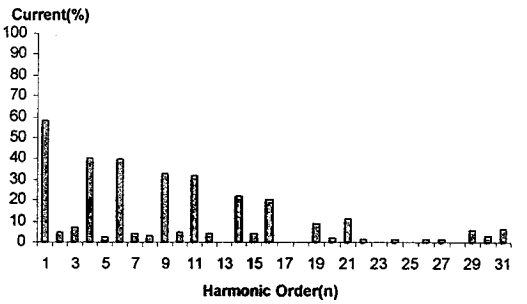
7.1 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



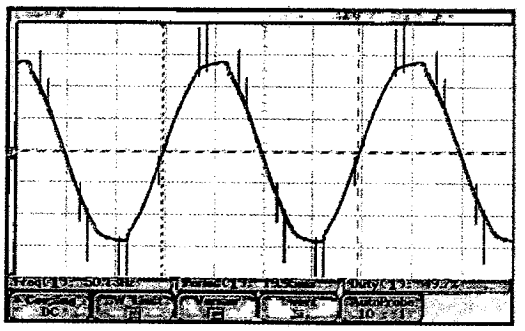


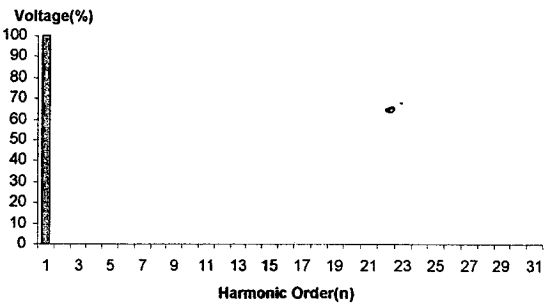
(ก) แรงดันเอาท์พุท



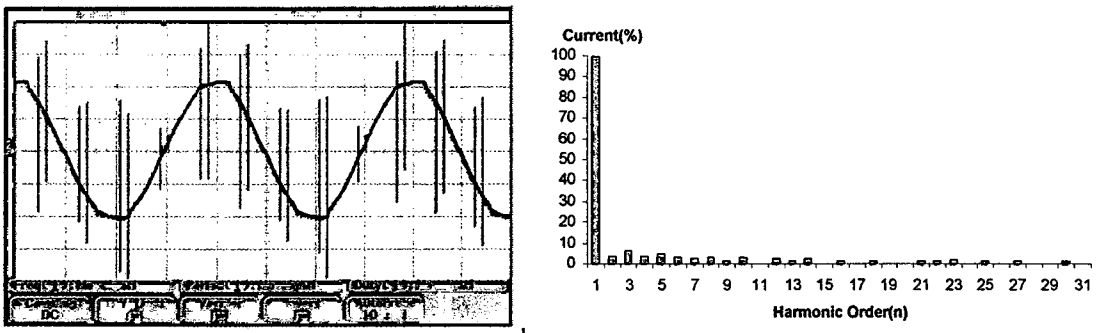


(ข) กระแสเอาท์พุท



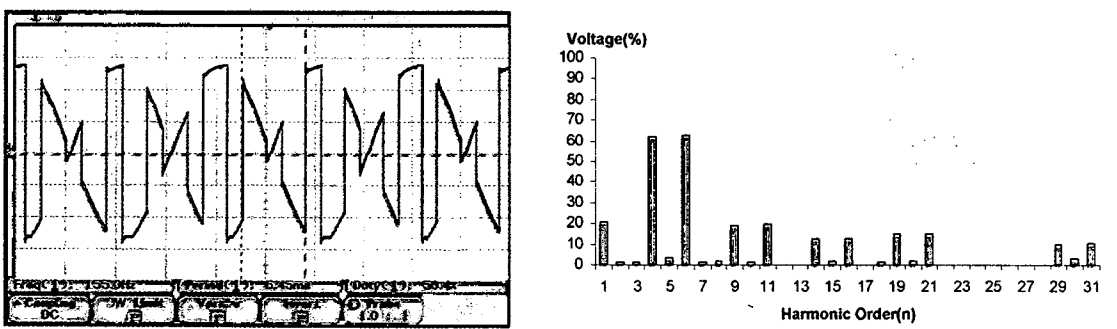


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

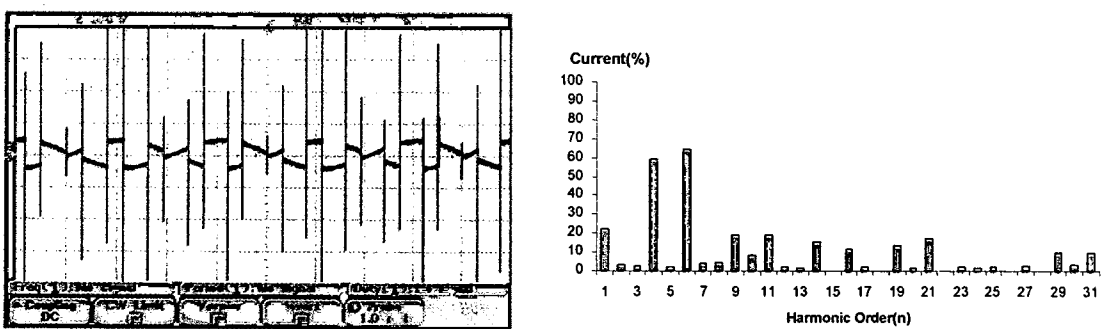


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

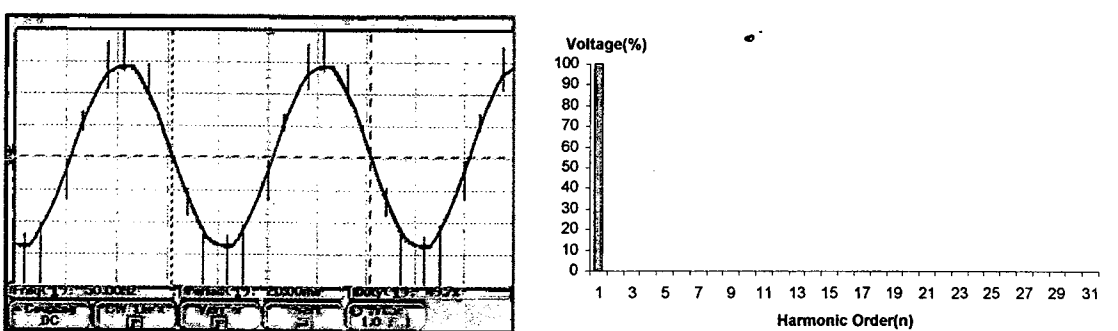
รูปที่ 4.34 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



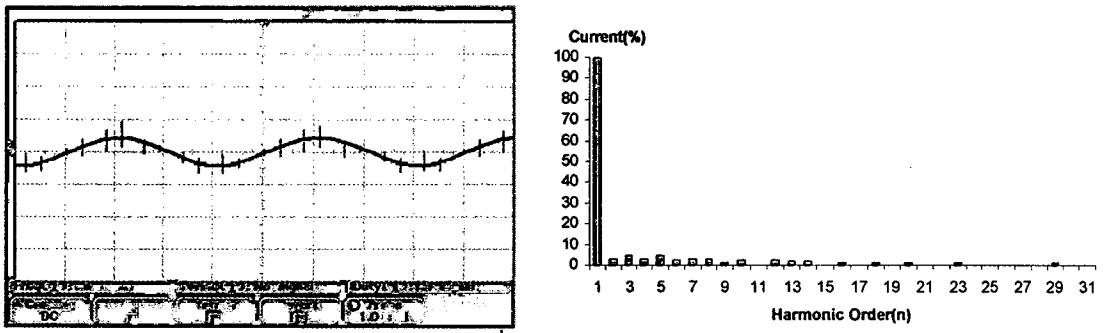
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

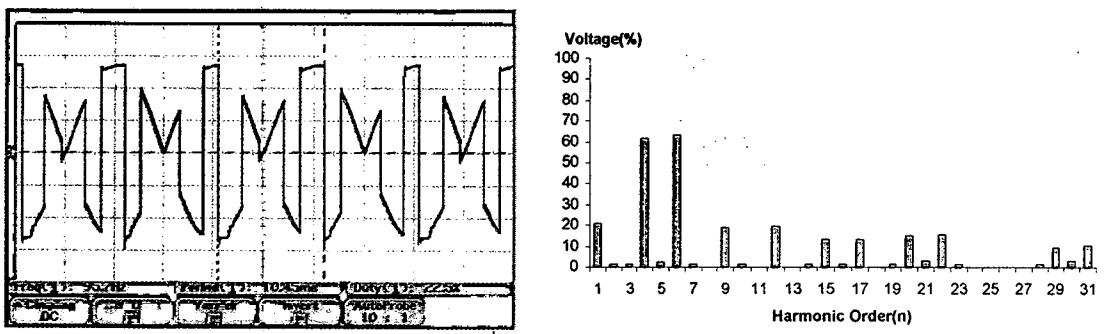


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

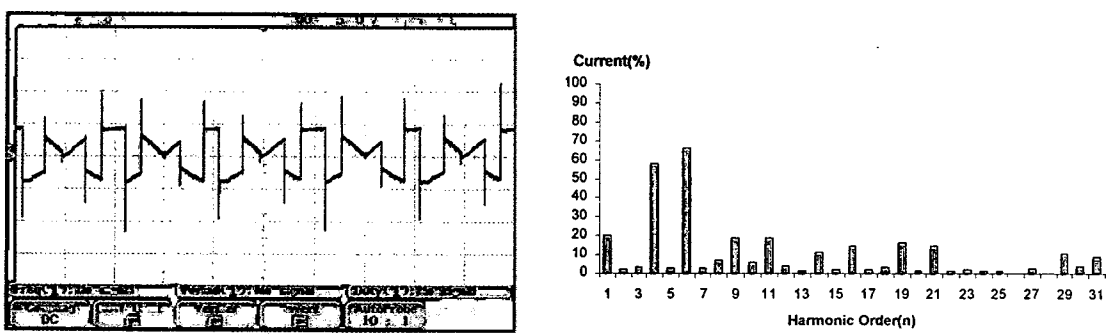


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

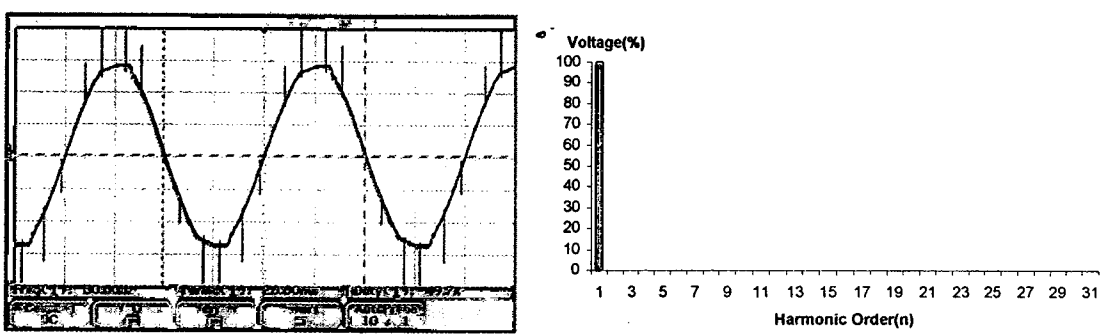
รูปที่ 4.35 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



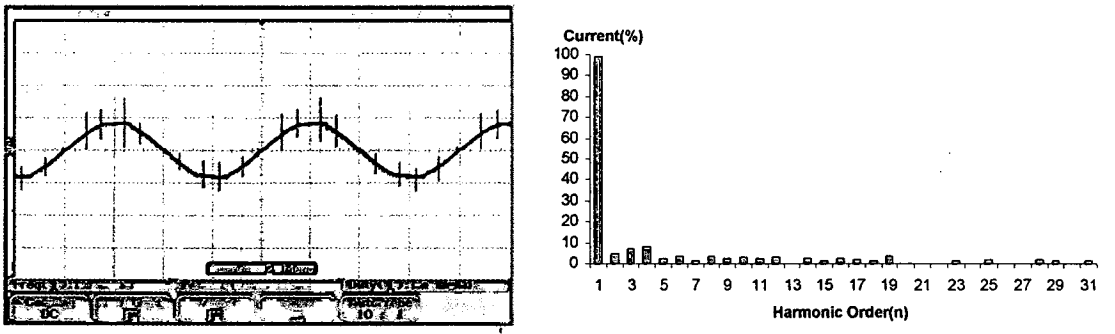
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

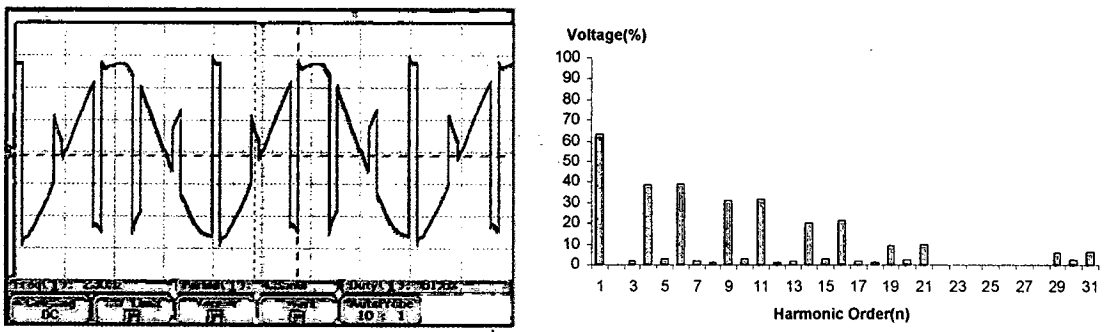


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

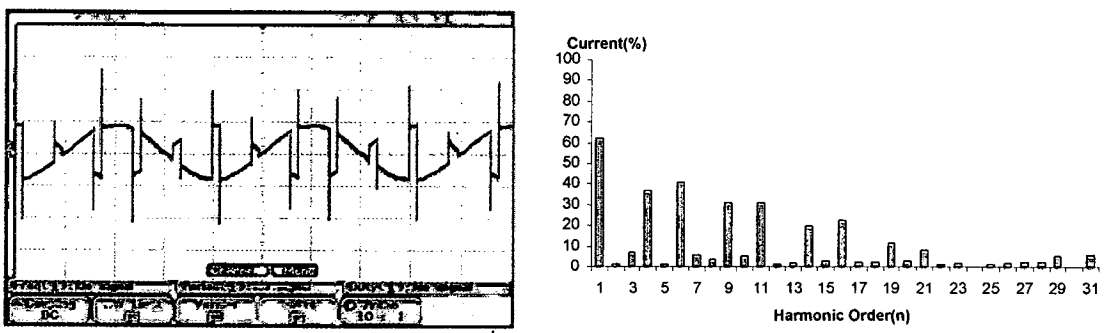


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

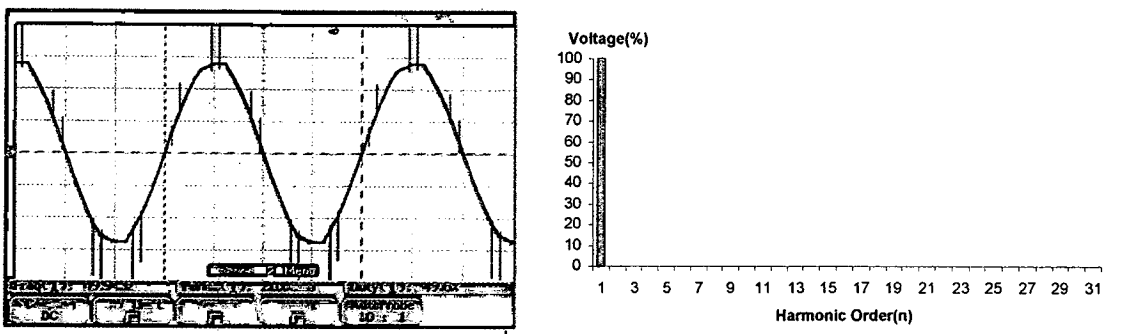
รูปที่ 4.36 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



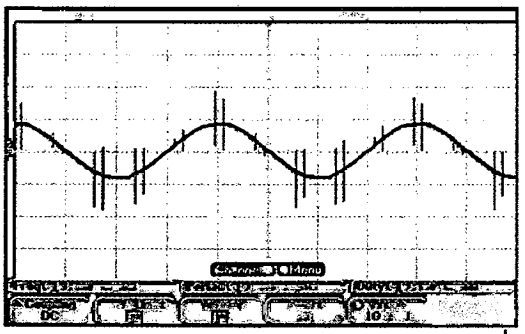
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท

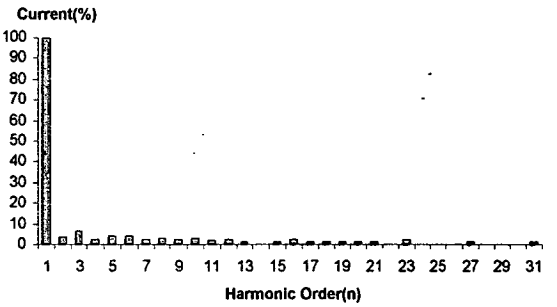


(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท



(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

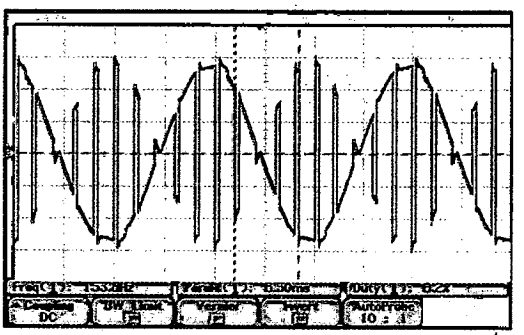


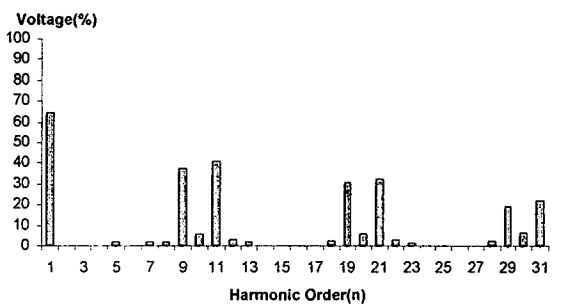


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

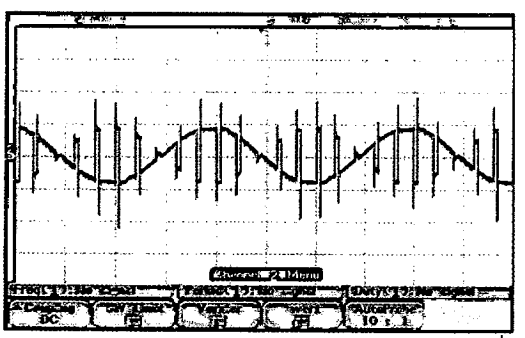
รูปที่ 4.37 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

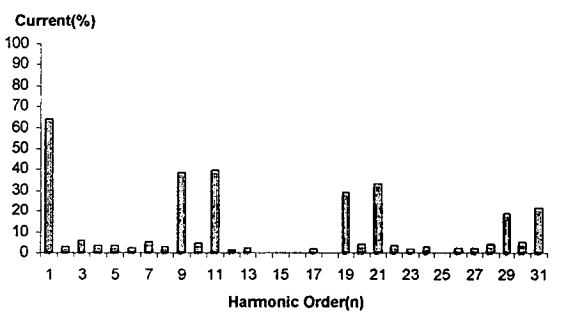
7.2 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



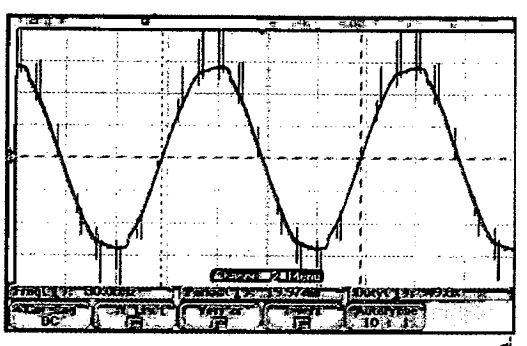


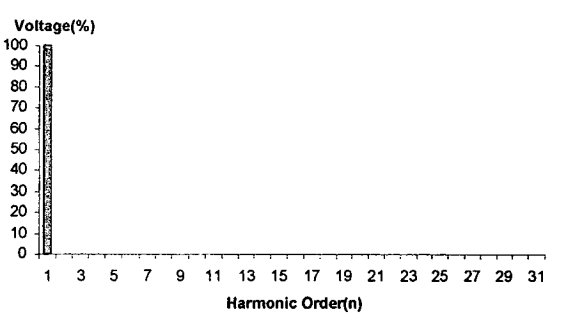
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



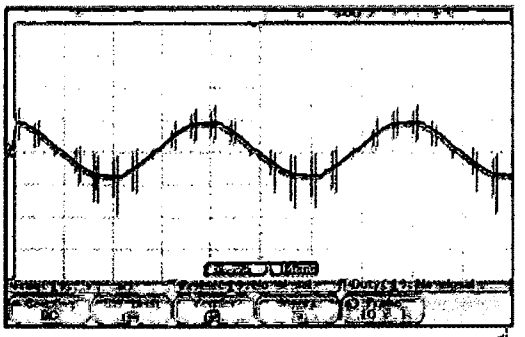


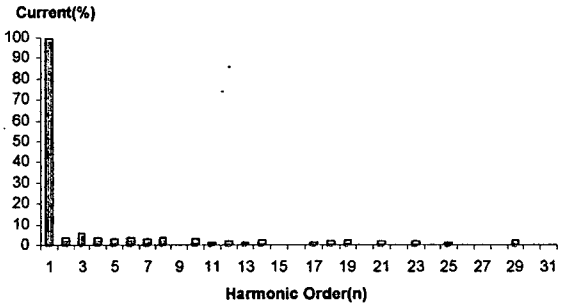
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





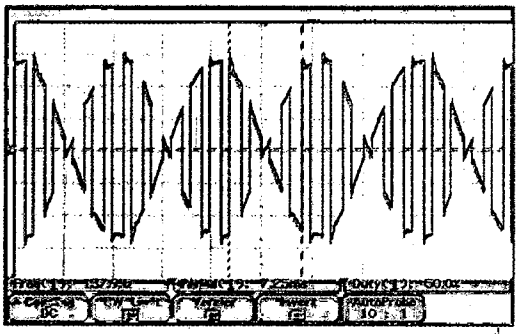
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

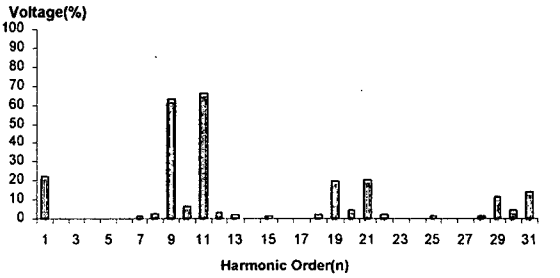




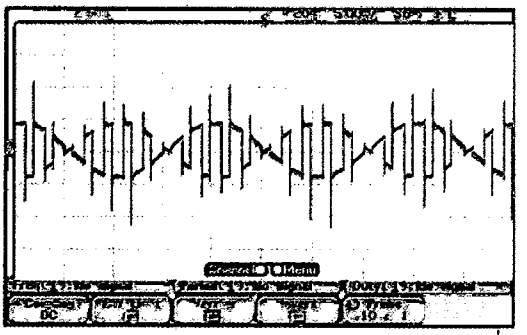
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

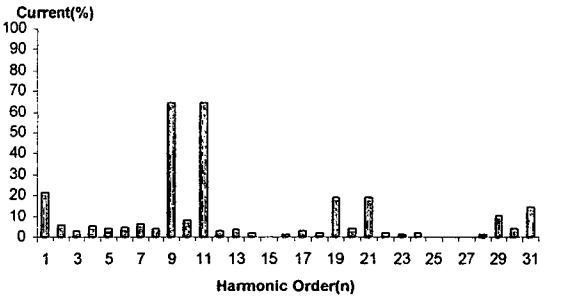
รูปที่ 4.38 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



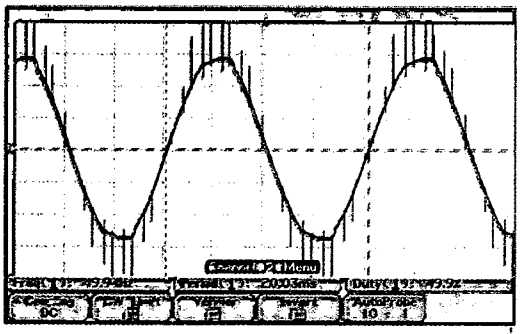


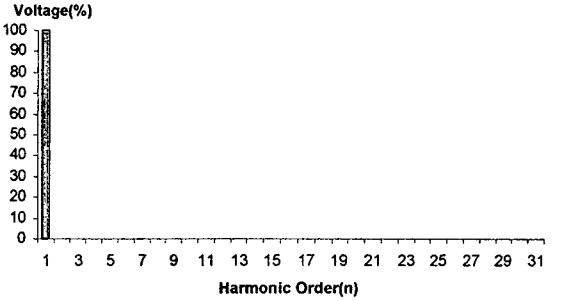
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



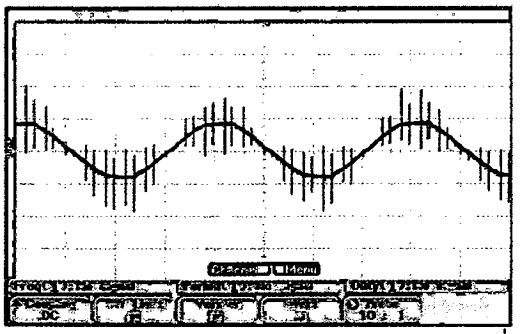


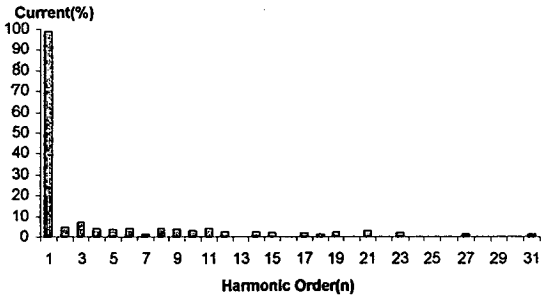
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





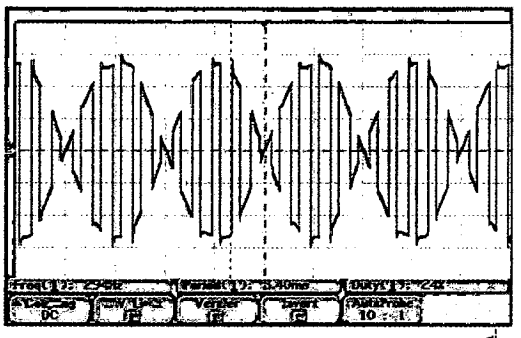
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

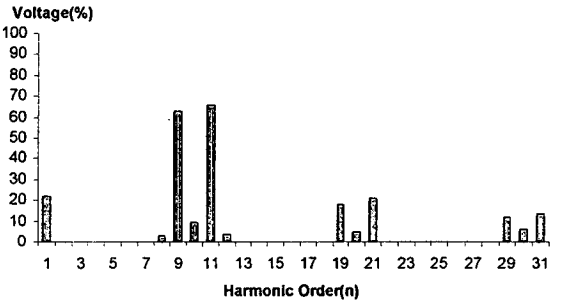




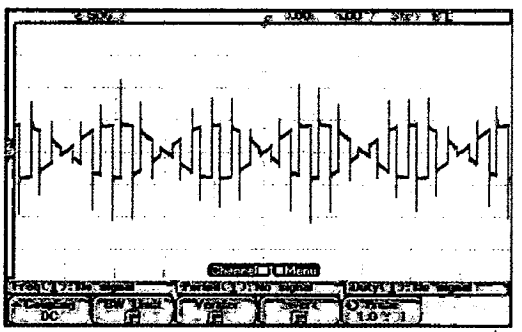
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

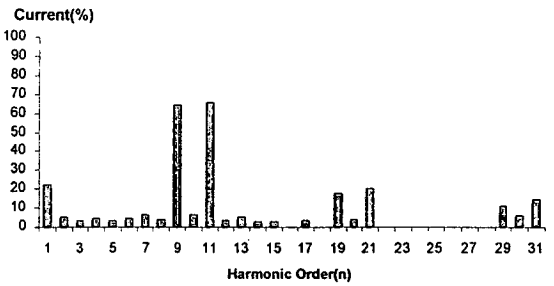
รูปที่ 4.39 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



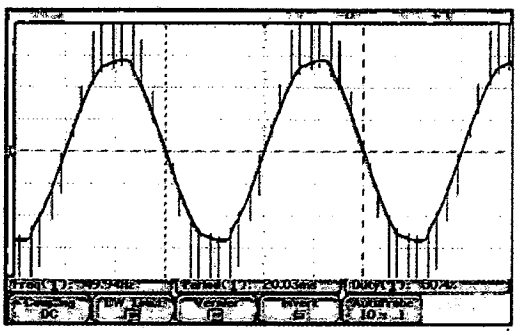


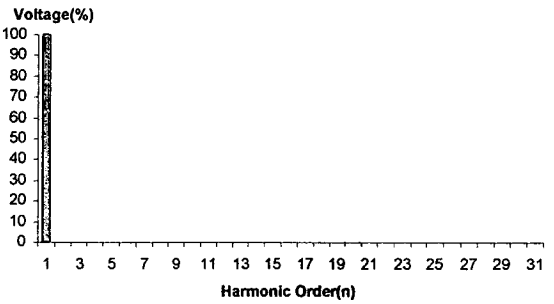
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



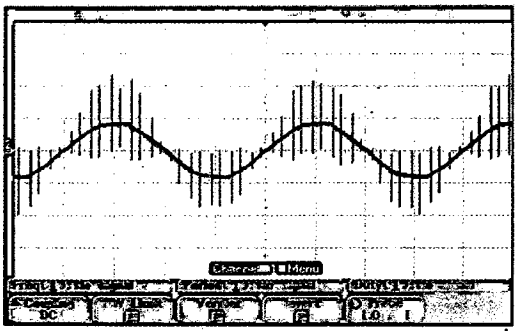


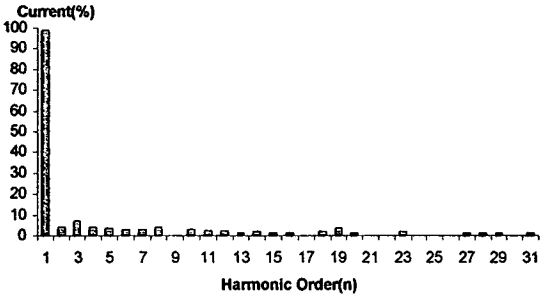
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





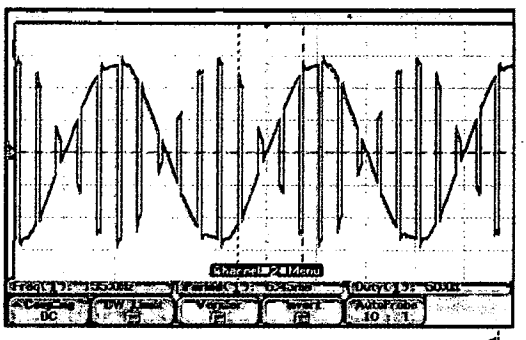
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

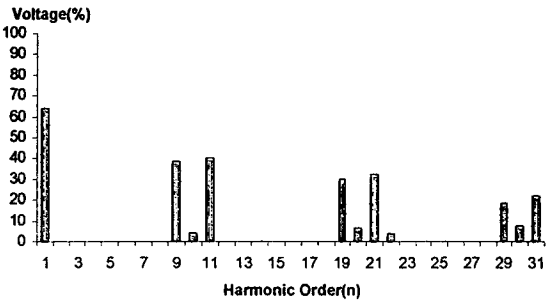




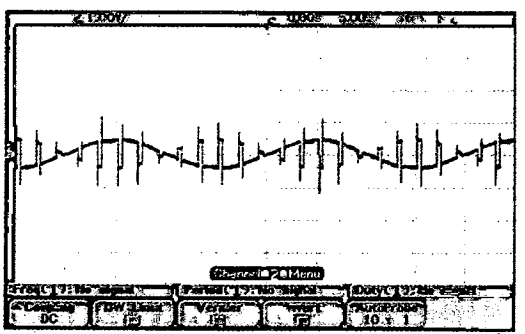
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

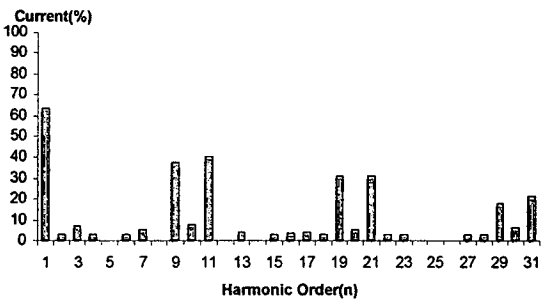
รูปที่ 4.40 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



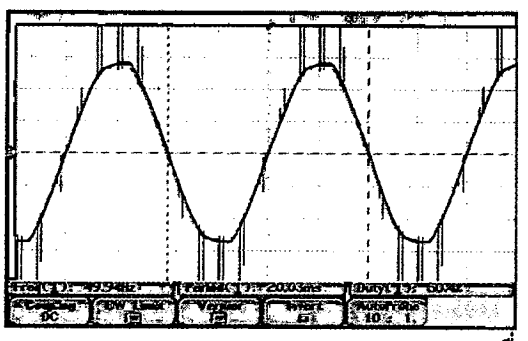


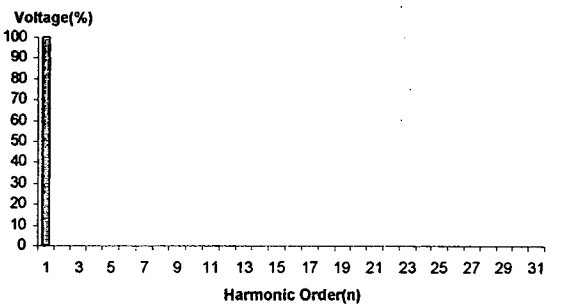
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



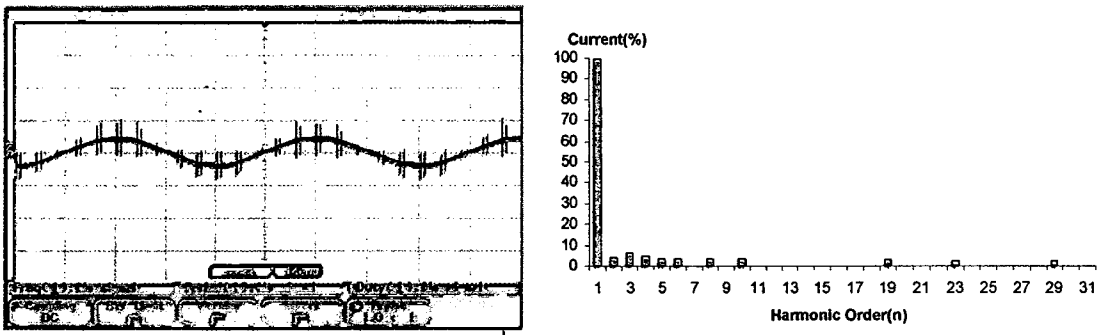


(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





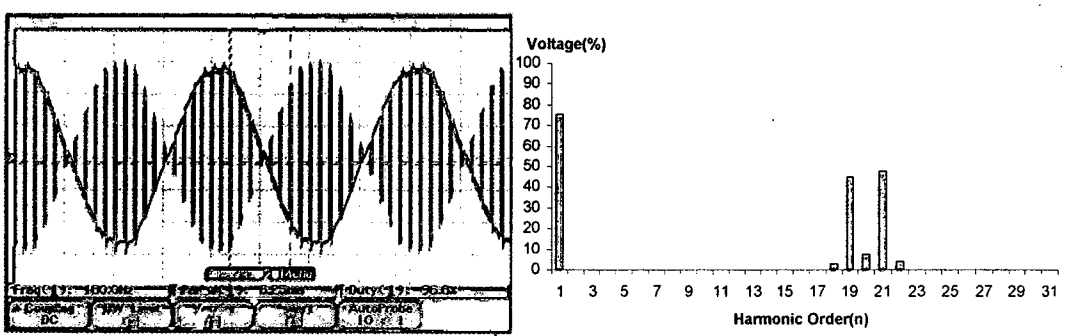
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท



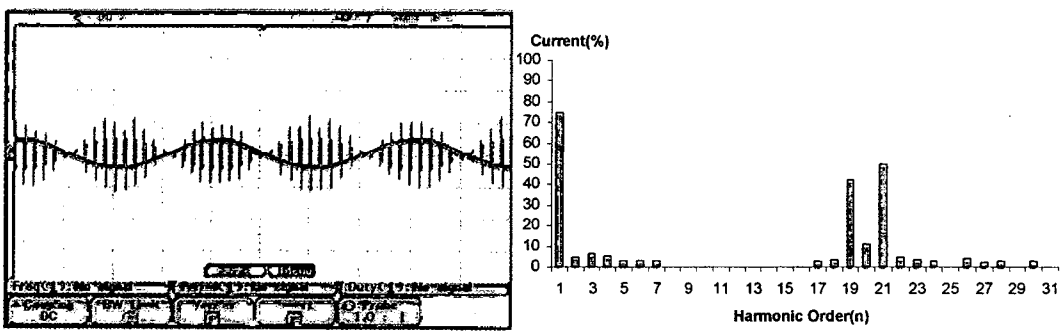
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

รูปที่ 4.41 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

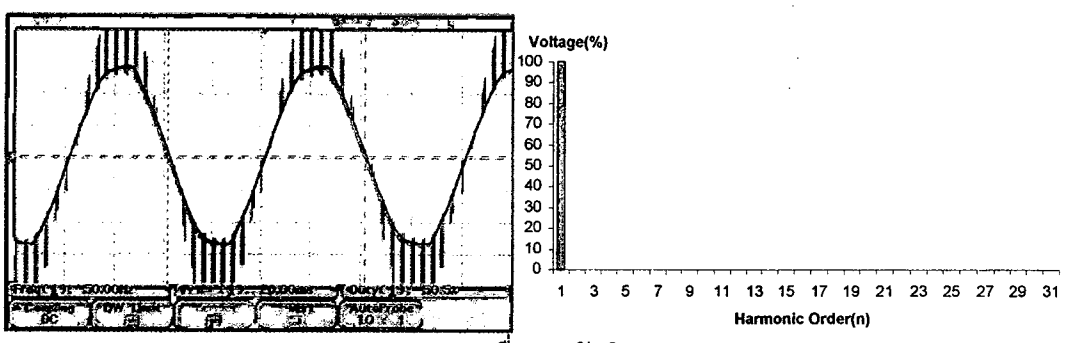
7.3 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



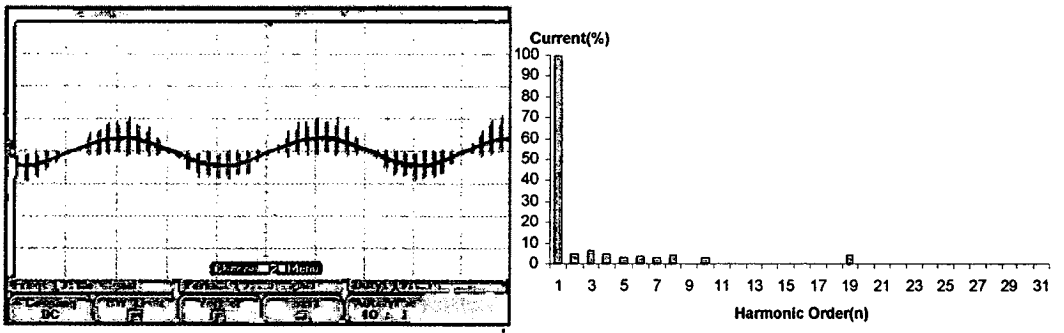
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

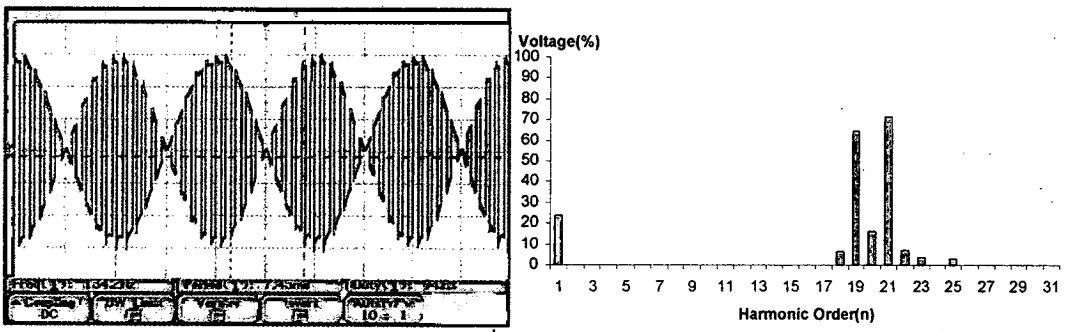


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

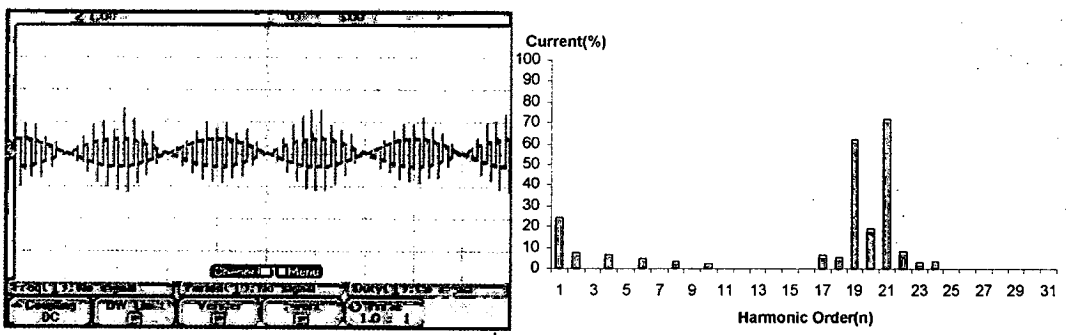


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

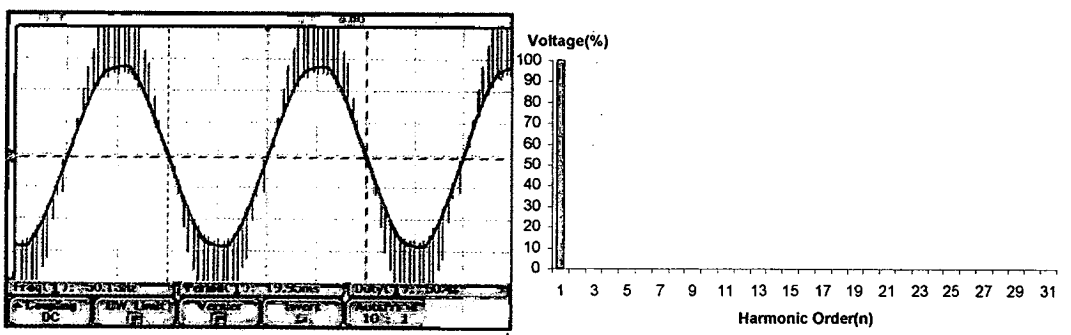
รูปที่ 4.42 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



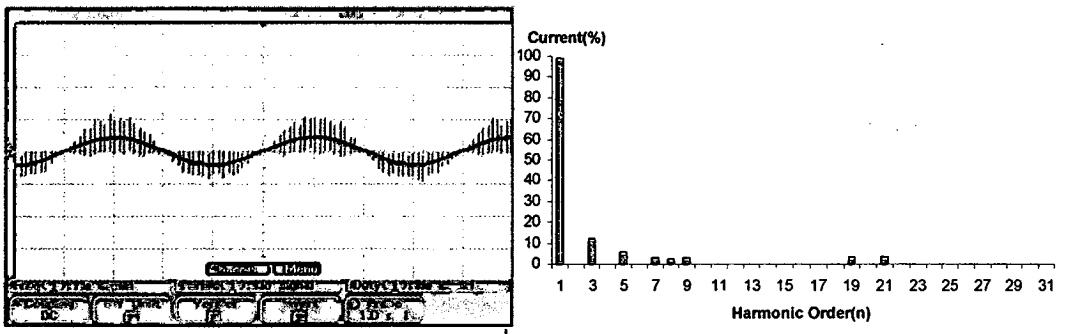
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

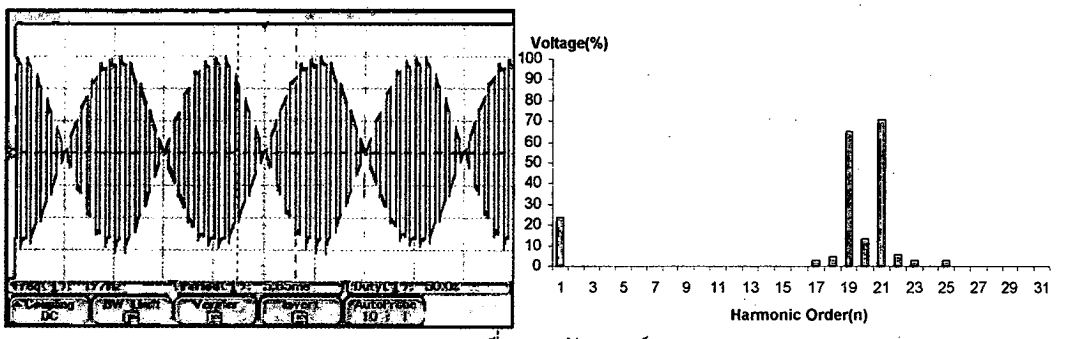


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

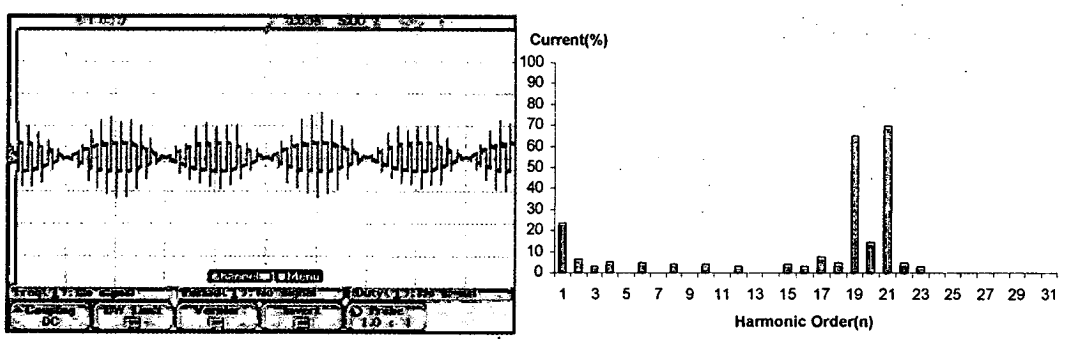


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

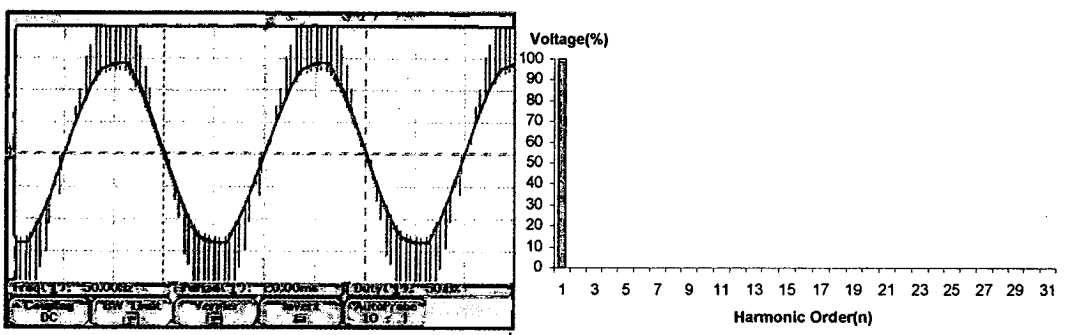
รูปที่ 4.43 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



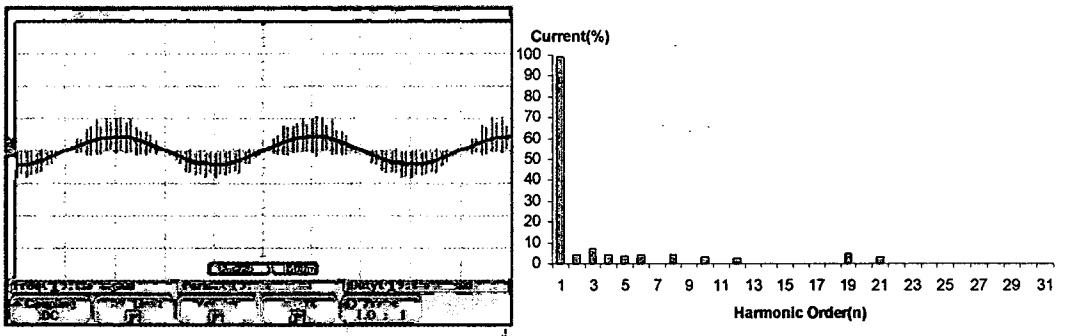
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

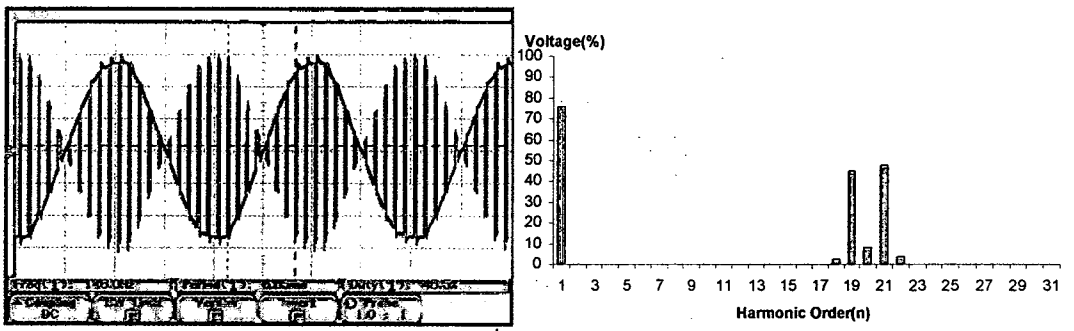


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

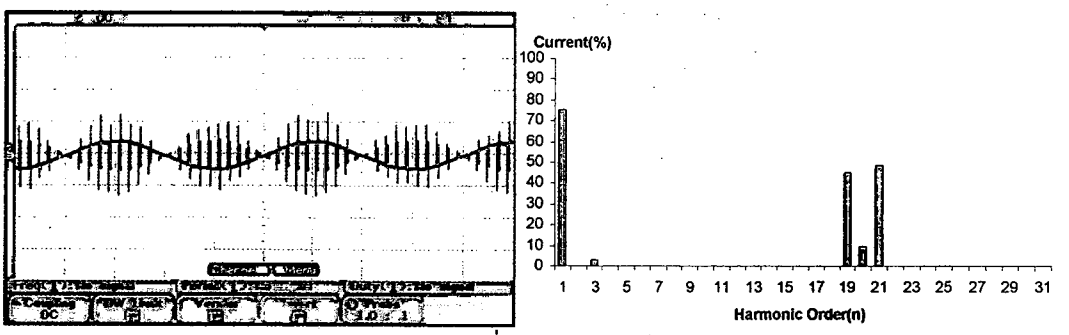


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

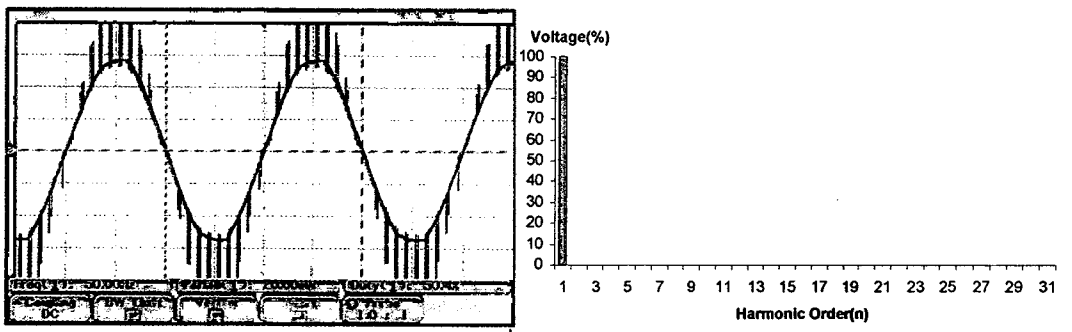
รูปที่ 4.44 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



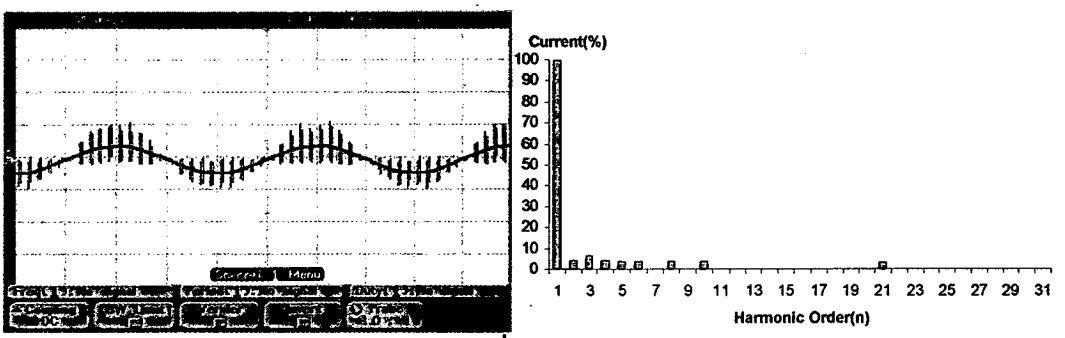
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท



(ค) คลื่นแรงดันอินพุท



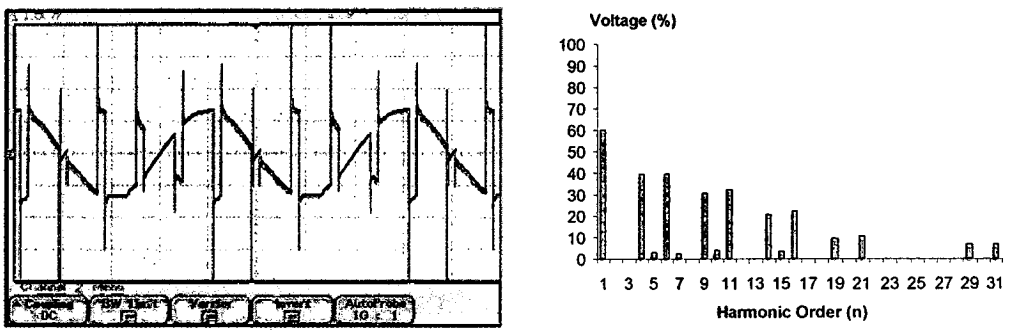
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

รูปที่ 4.45 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

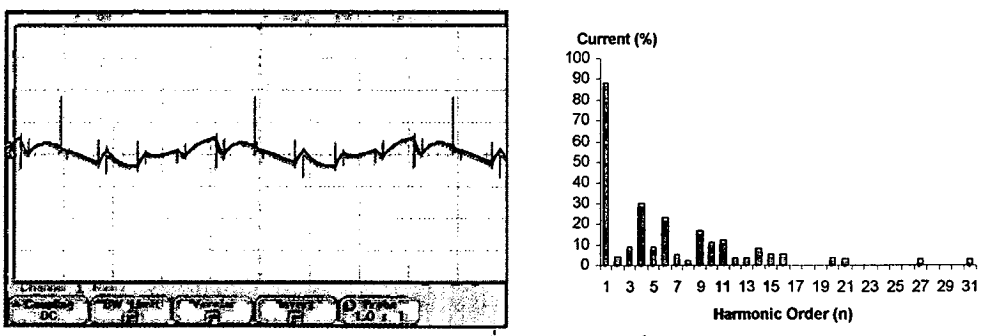
8. ผลการทดสอบกับโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ

การทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่เป็นเครื่องต้นแบบกับโหลดตัวต้านทาน กระทำโดยจ่ายแรงดันอินพุทจากการไฟฟ้า 1-เฟส 100 โวลท์ 50 เฮิร์ท กับโหลดตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับ 100 วัตต์ ต่ออนุกรมกับโหลดตัวเหนี่ยวนำขนาดเท่ากับ 0.088 Henry แล้วทำการบันทึกผลเป็นรูปคลื่นแรงดันและกระแสด้านอินพุทและเอาท์พุท ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ของสัญญาณพัลส์ พีดับบลิวเอ็ม พร้อมทั้งได้ทำ การวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันและกระแสในเชิงฟูเรียร์ เพื่อศึกษาผลของฮาร์โมนิคอันดับที่ 1-31 ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปต่อไปนี้

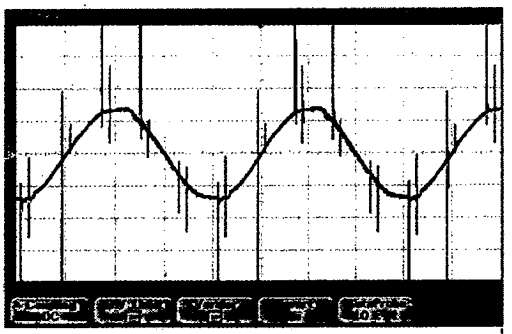
8.1 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

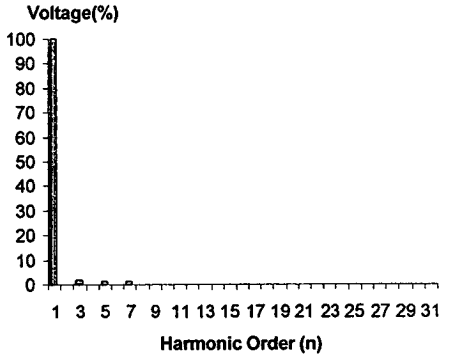


(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท

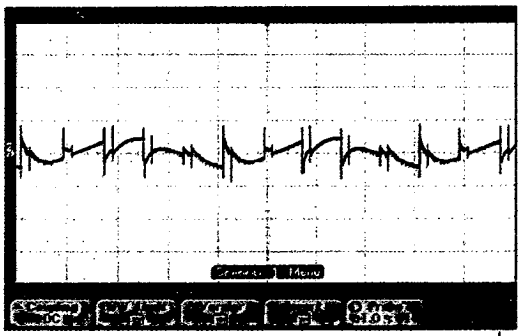


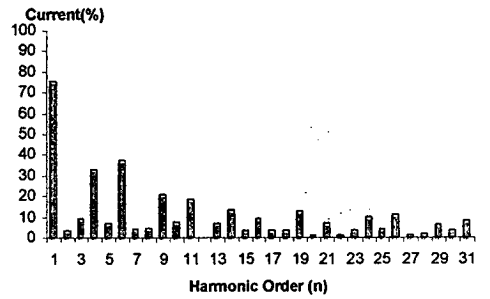
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





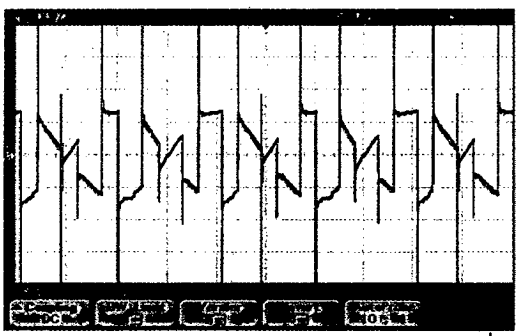
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

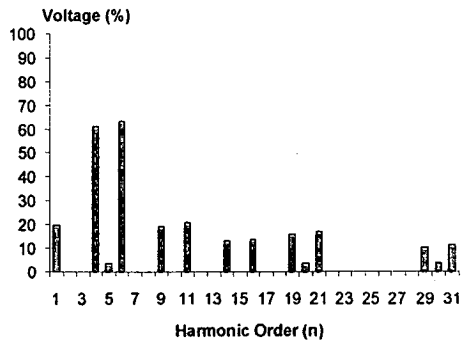




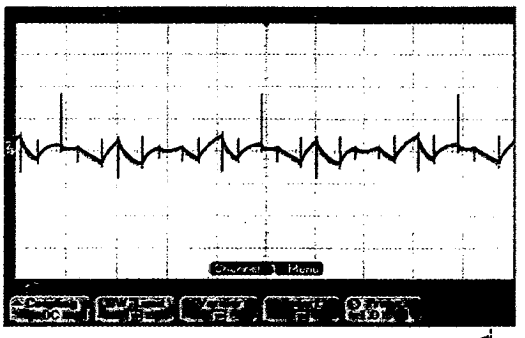
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

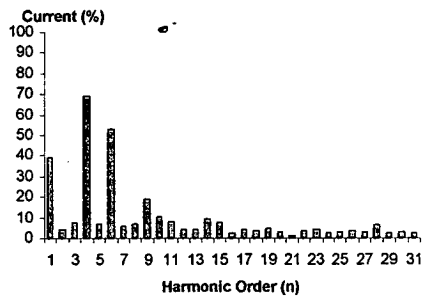
รูปที่ 4.46 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



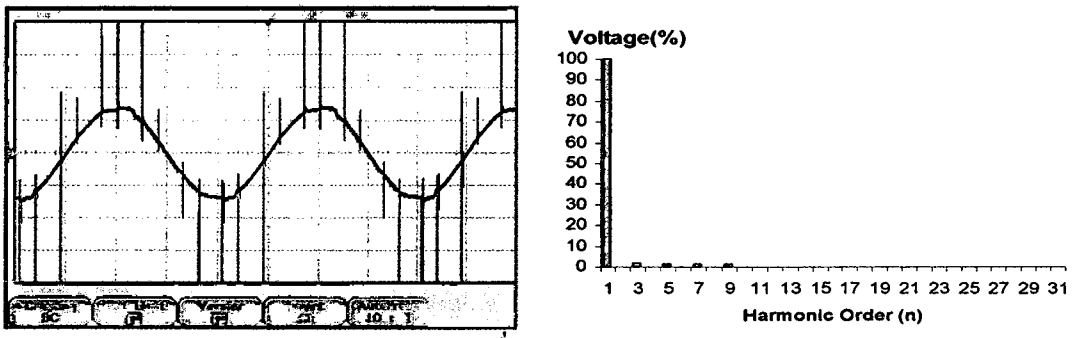


(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท

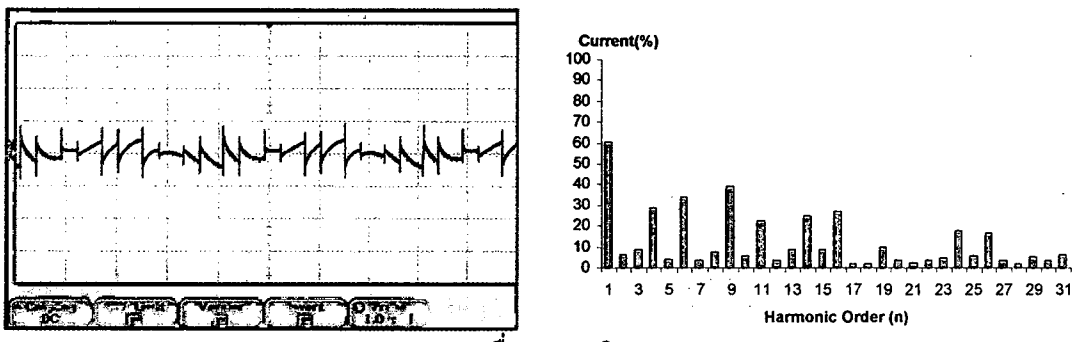




(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

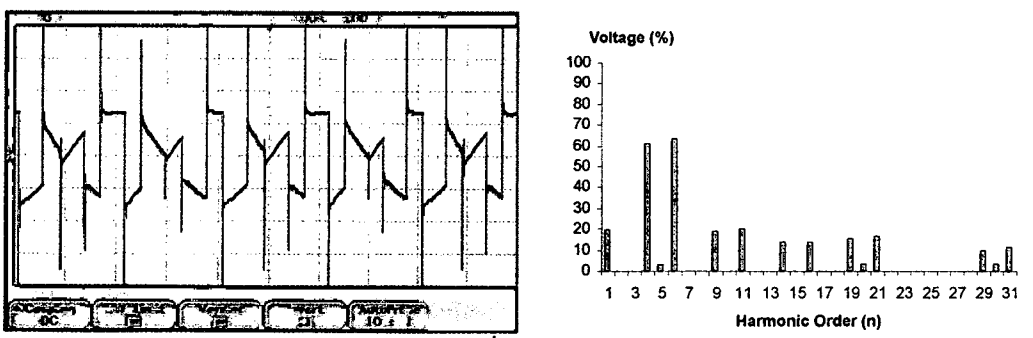


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

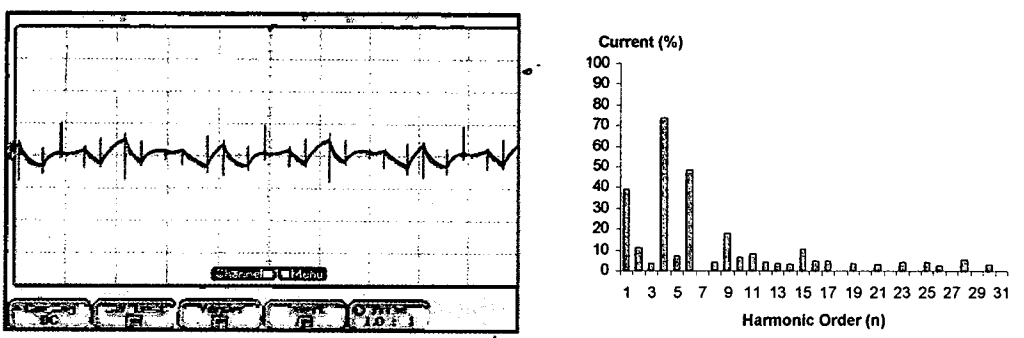


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

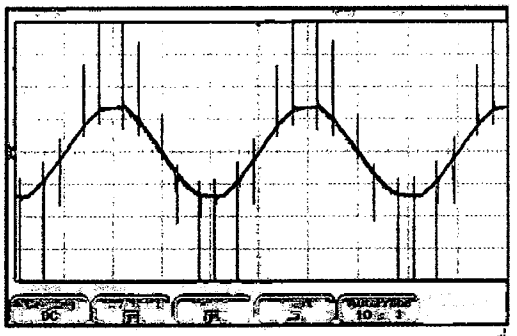
รูปที่ 4.47 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

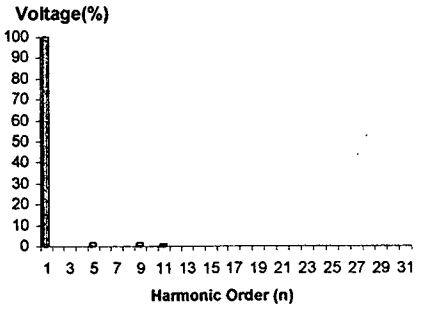


(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท

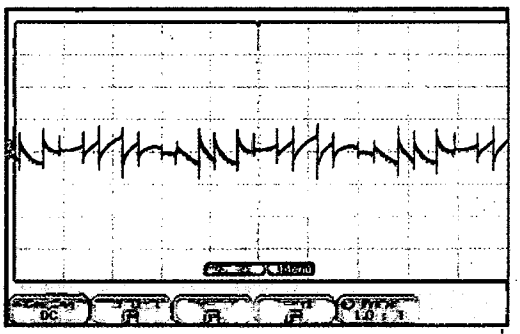


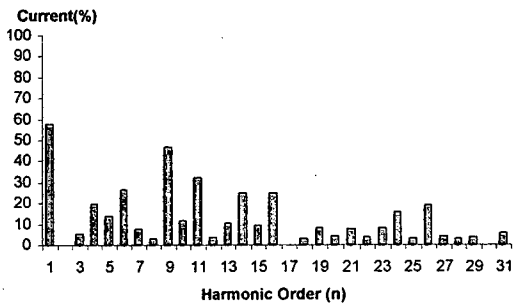
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





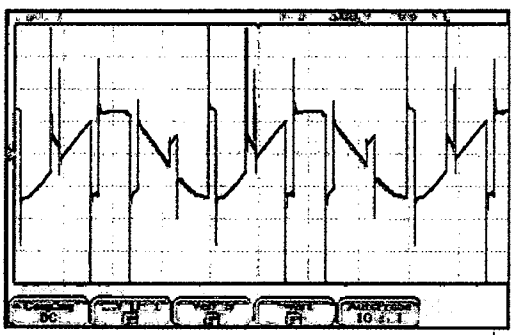
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

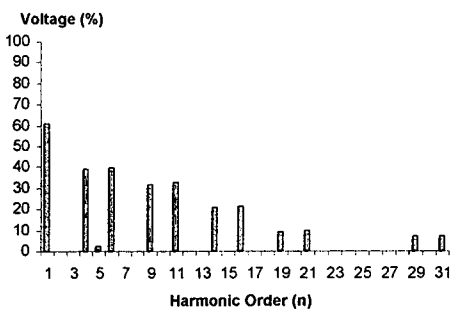




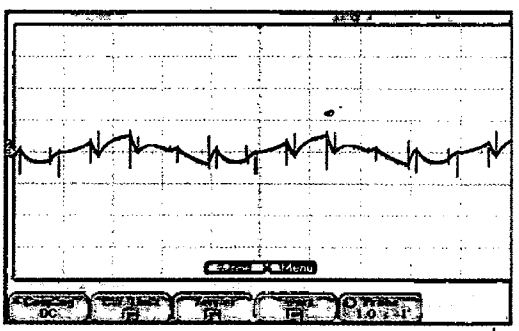
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

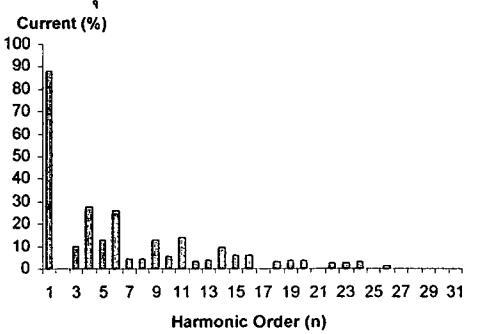
รูปที่ 4.48 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล



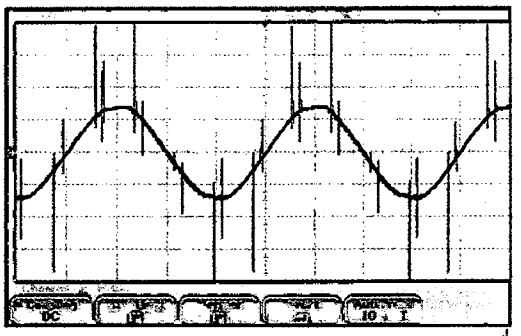


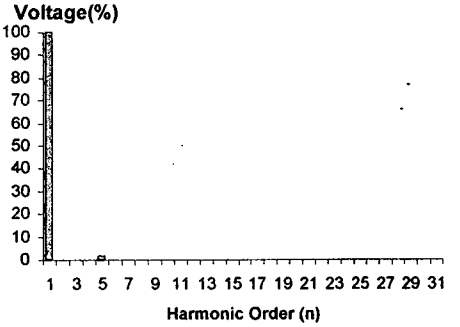
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



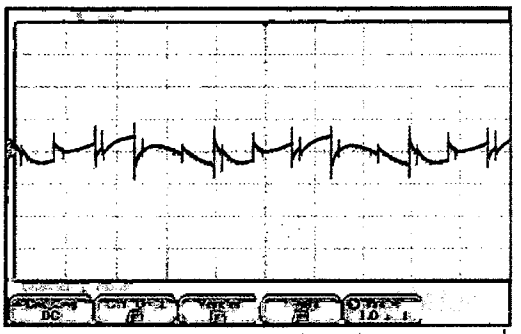


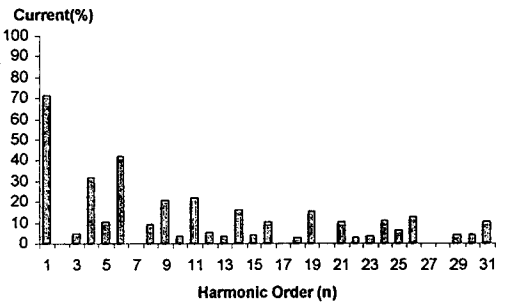
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

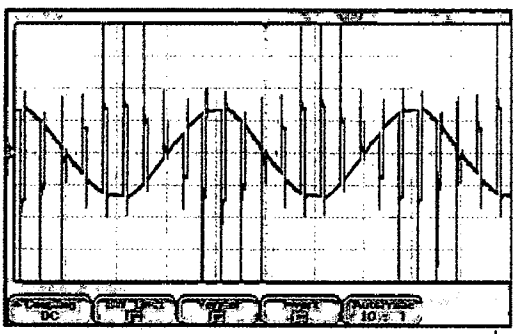


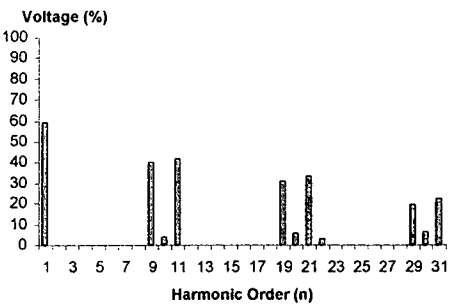


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

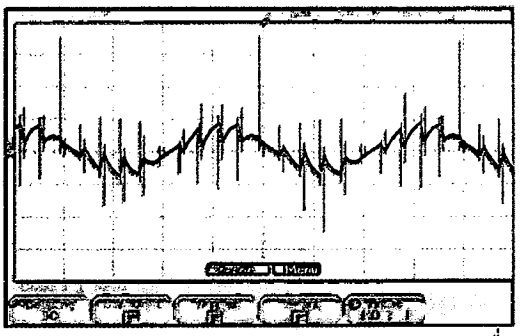
รูปที่ 4.49 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 250 Hz จำนวนพัลส์ 5 พัลส์ต่อไซเคิล

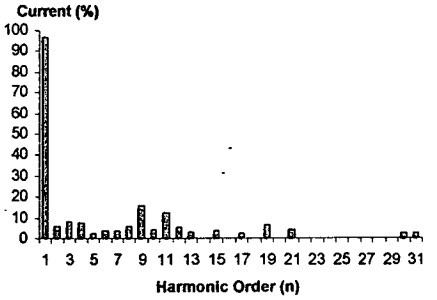
8.2 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



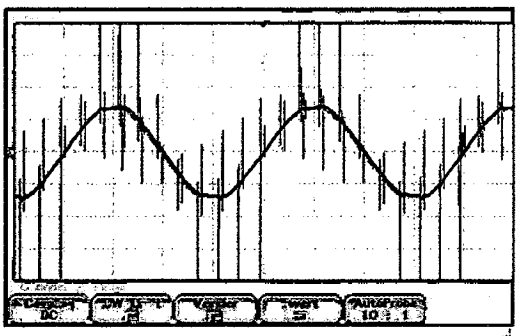


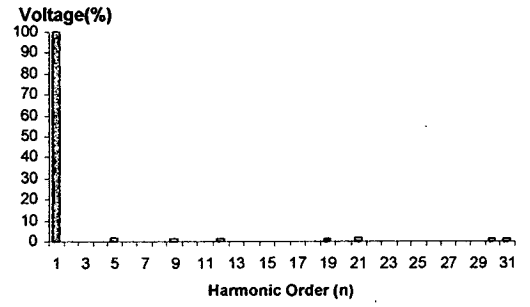
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



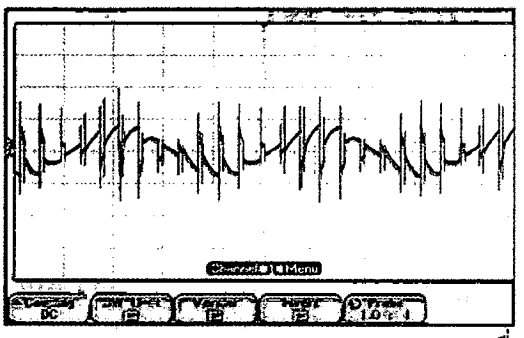


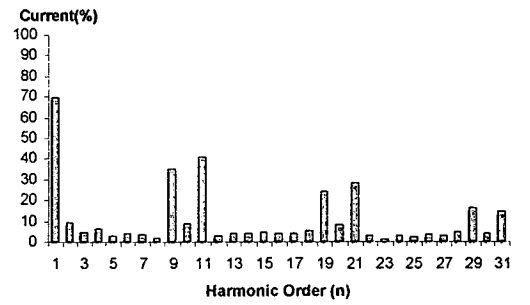
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





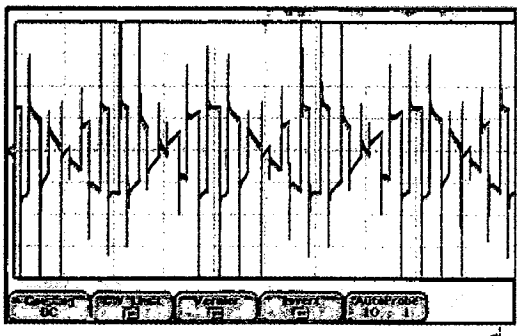
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

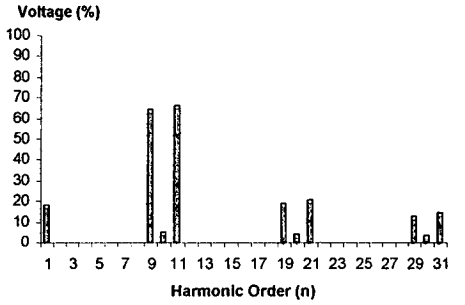




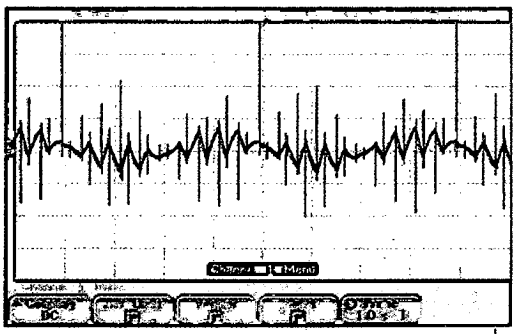
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

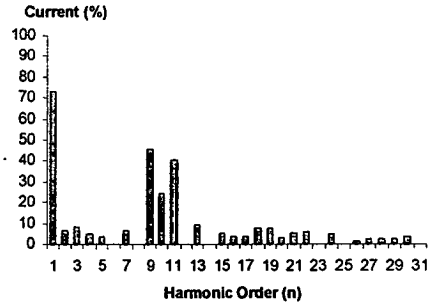
รูปที่ 4.50 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล



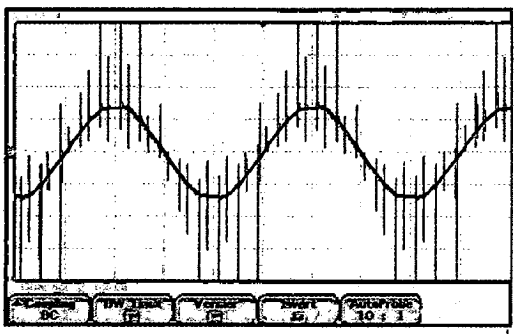


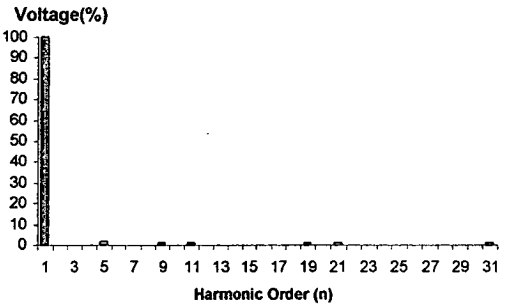
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



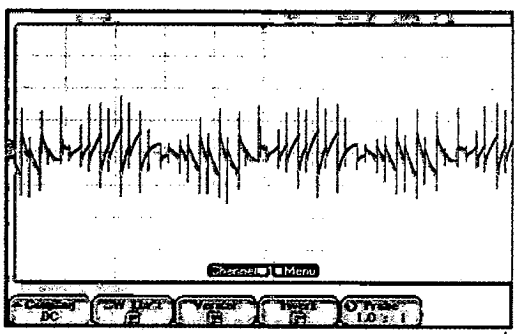


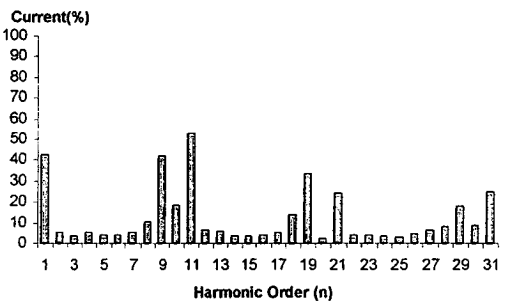
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





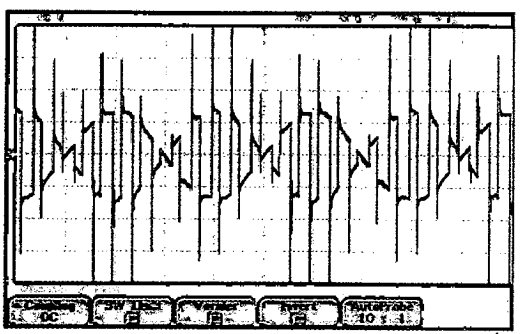
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

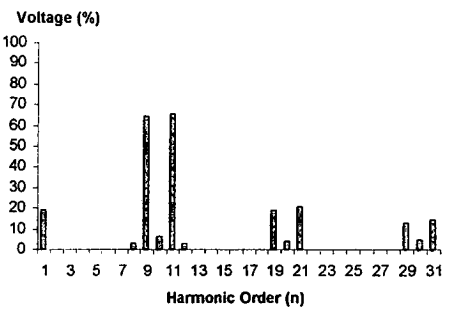




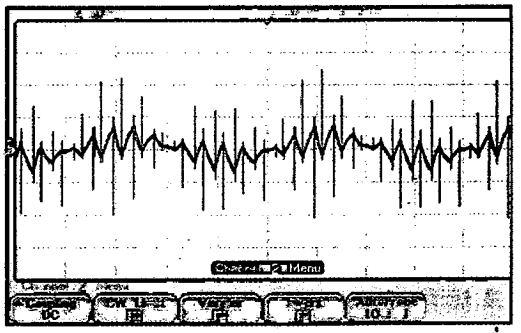
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

รูปที่ 4.51 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

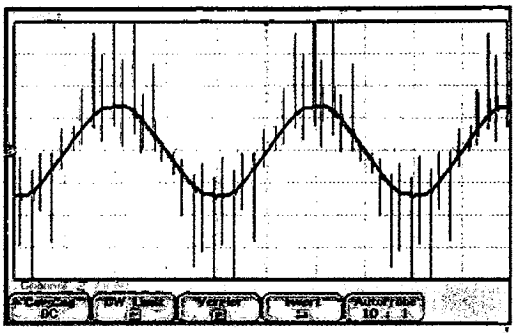




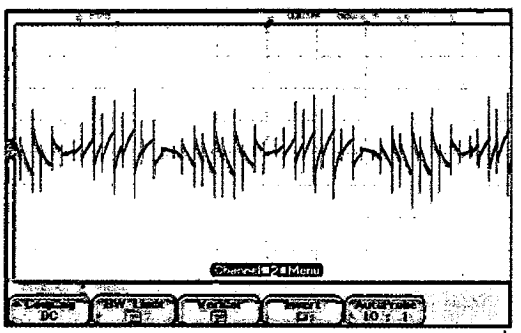
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท

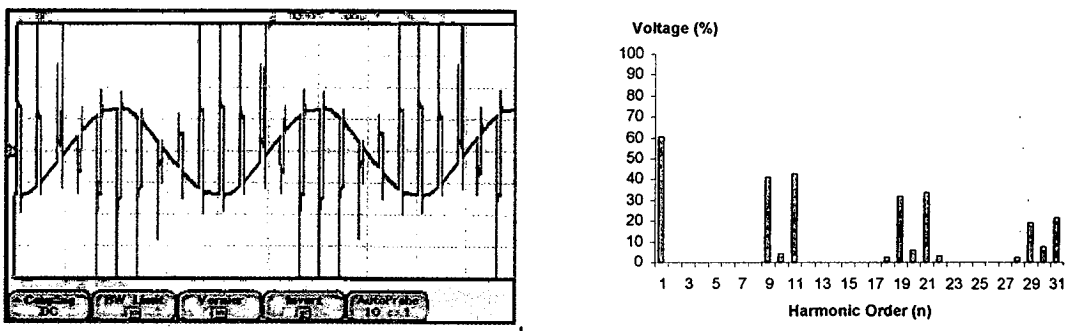


(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

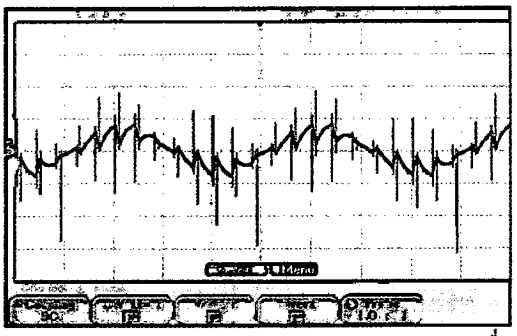


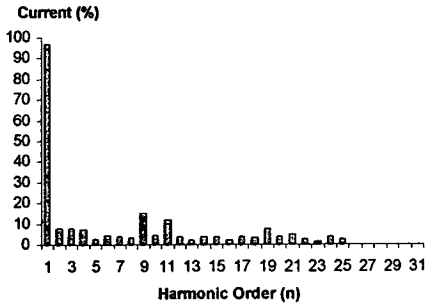
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

รูปที่ 4.52 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

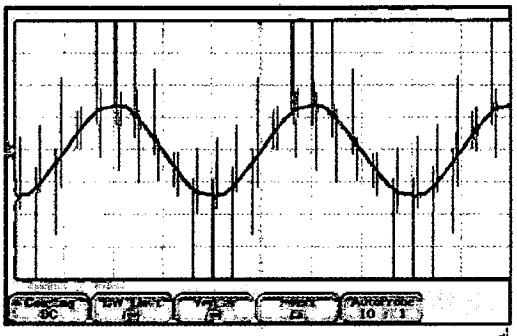


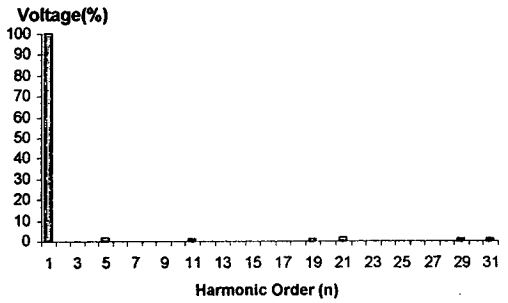
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



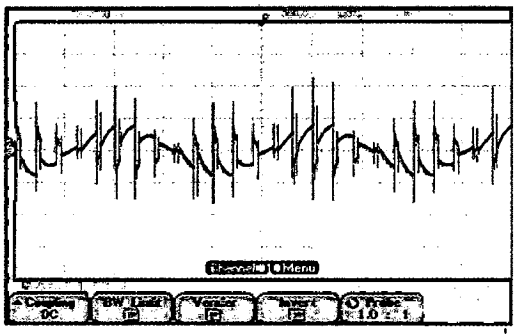


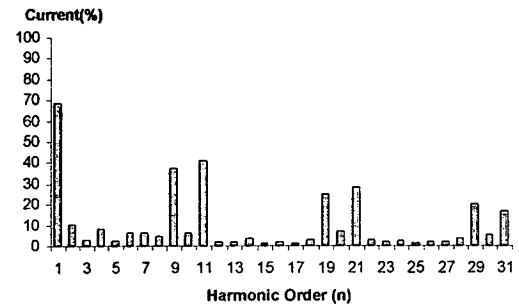
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

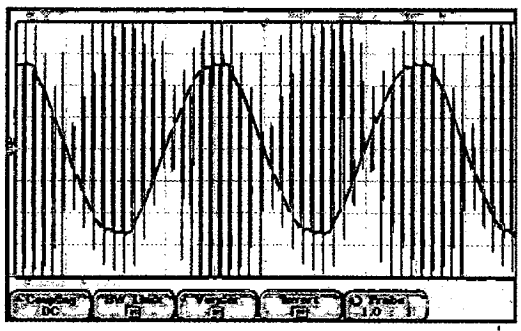


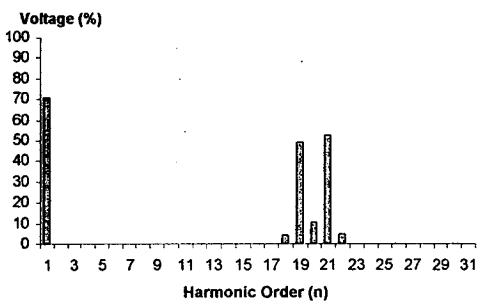


(ง) คลื่นกระแสอินพุท

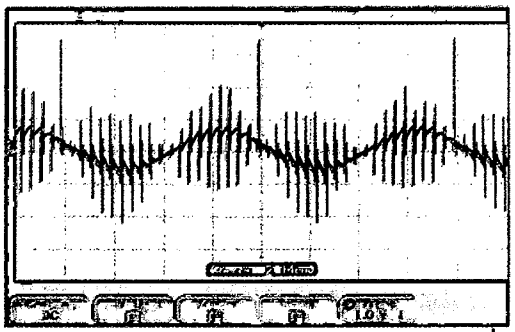
รูปที่ 4.53 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 500 Hz จำนวนพัลส์ 10 พัลส์ต่อไซเคิล

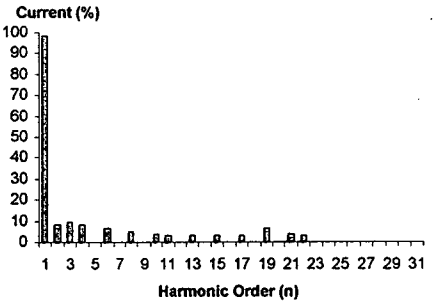
8.3 สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



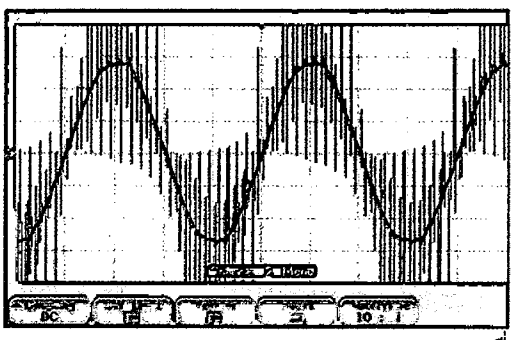


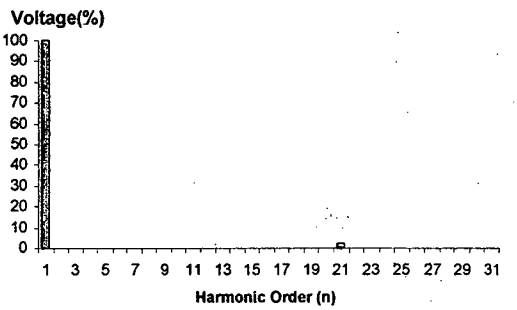
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



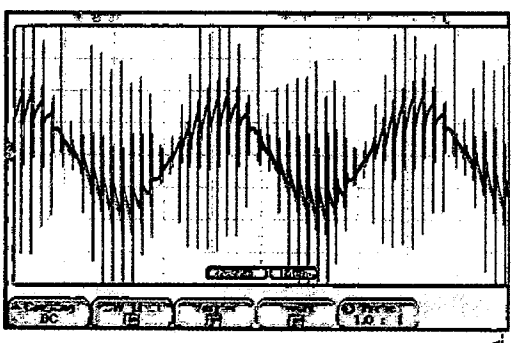


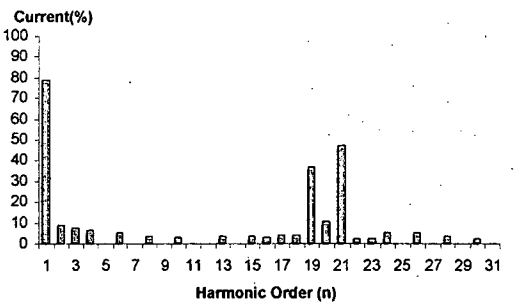
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





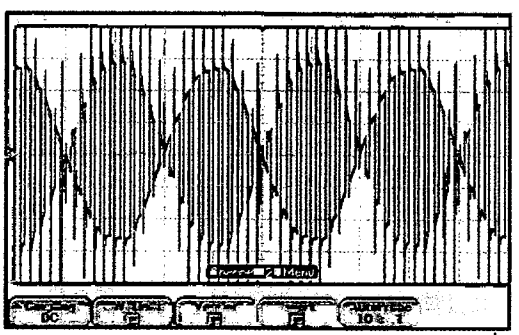
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

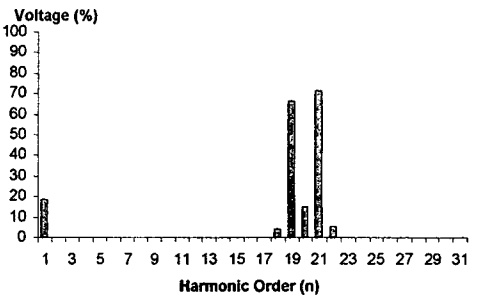




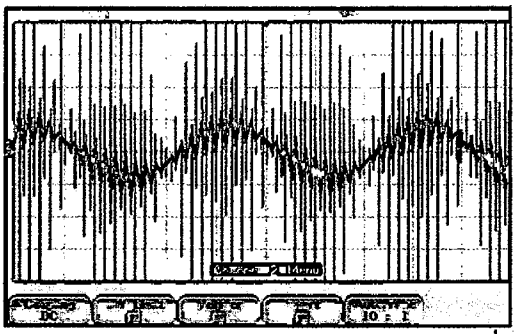
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

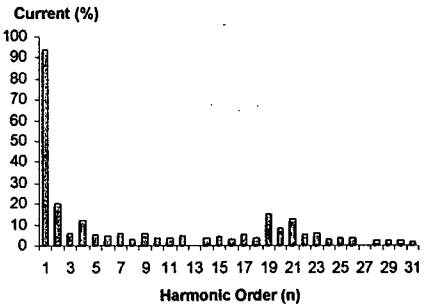
รูปที่ 4.54 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



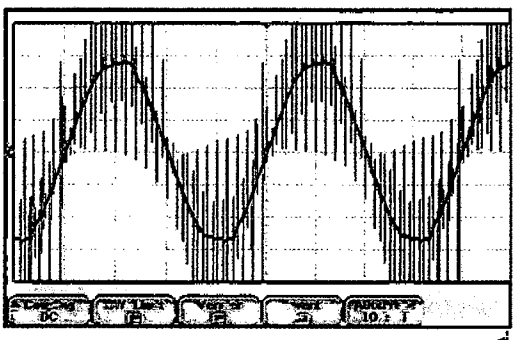


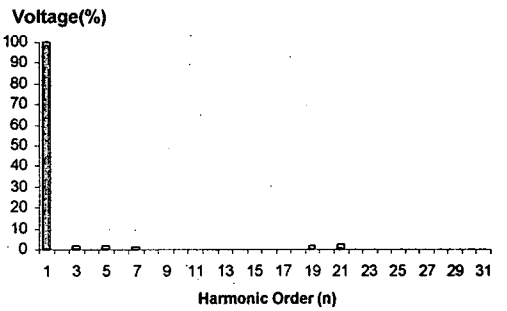
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



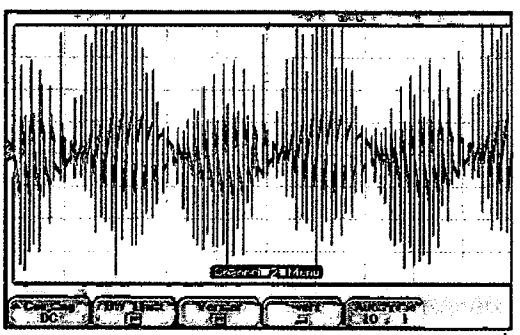


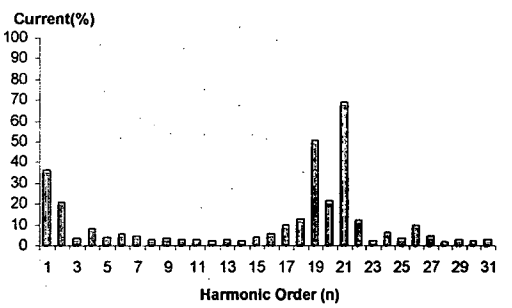
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





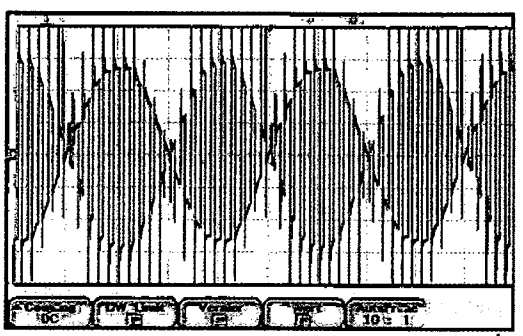
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

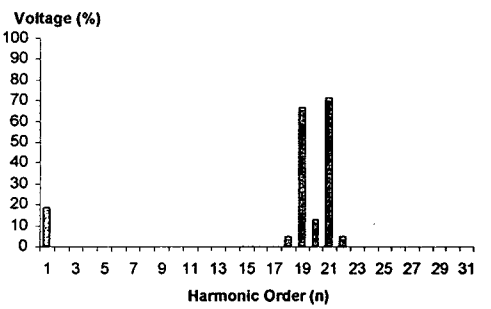




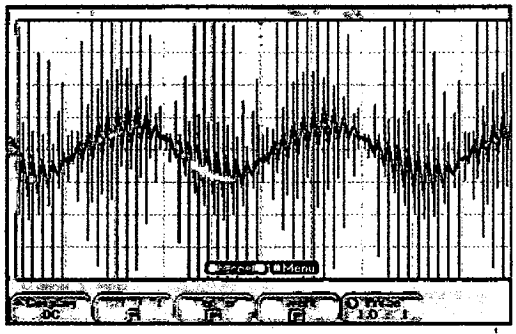
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

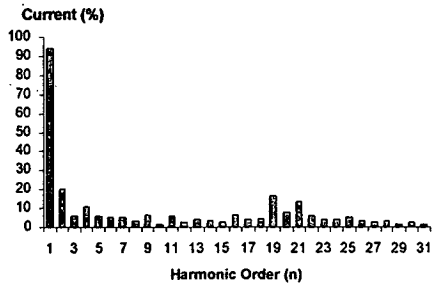
รูปที่ 4.55 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.4 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



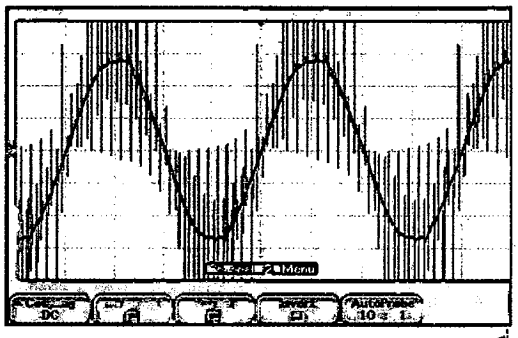


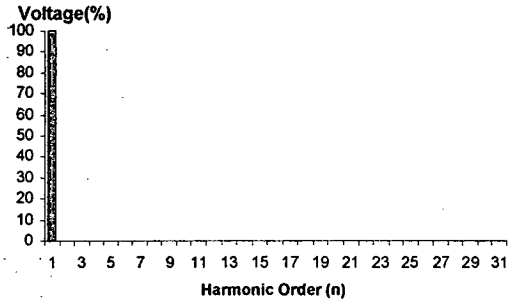
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



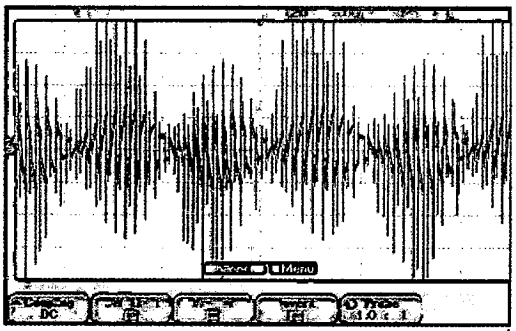


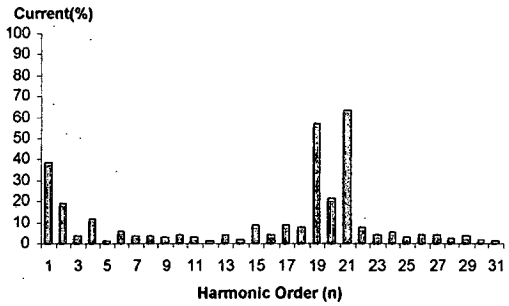
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





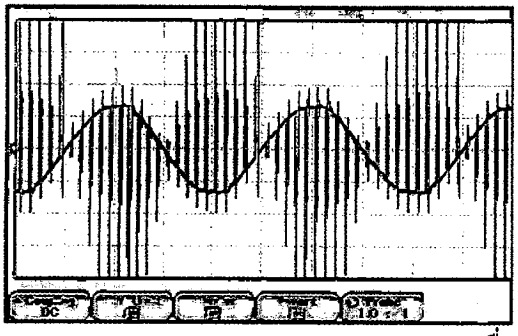
(ค) คลื่นแรงดันอินพุท

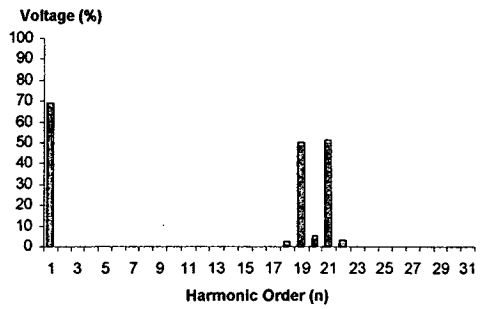




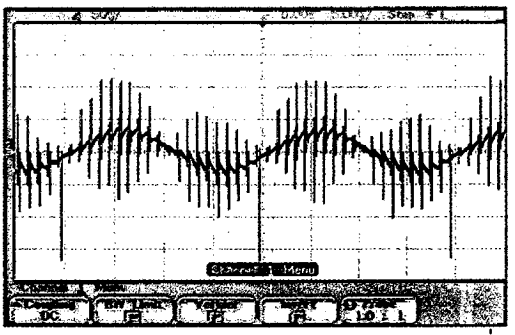
(ง) คลื่นกระแสอินพุท

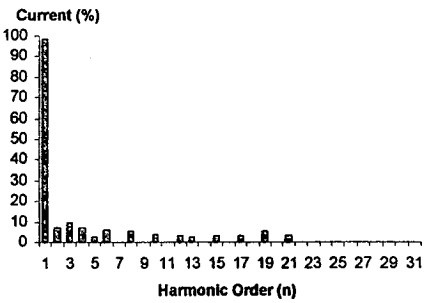
รูปที่ 4.56 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.6 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล



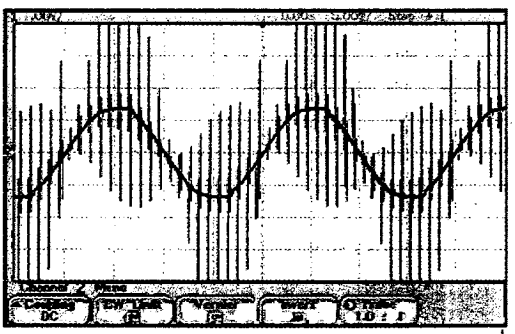


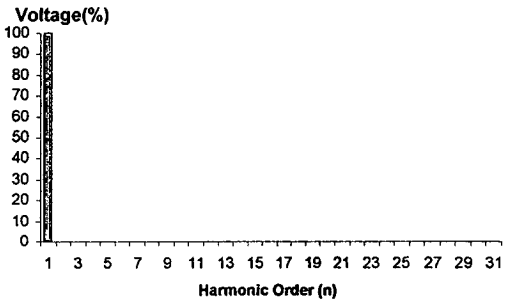
(ก) คลื่นแรงดันเอาท์พุท



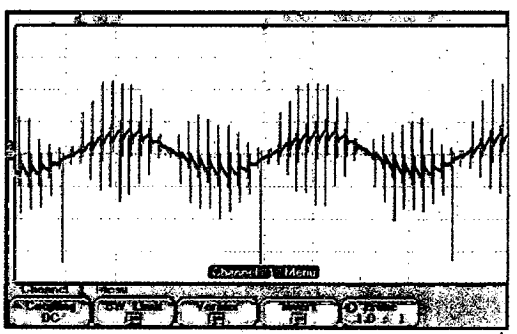


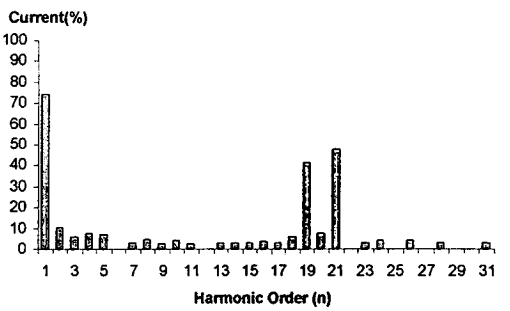
(ข) คลื่นกระแสเอาท์พุท





(ค) คลื่นแรงดันอินพุท





(ง) คลื่นกระแสอินพุท

รูปที่ 4.57 รูปคลื่นและการวิเคราะห์ทางฟูเรียร์ของแรงดันและกระแสที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.8 ความถี่สวิทช์เท่ากับ 1000 Hz จำนวนพัลส์ 20 พัลส์ต่อไซเคิล

หลังจากได้ทำการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบ โดยทำการทดสอบในหัวข้อที่ผ่านมาโดยได้ทำการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์กับโหลดตัวต้านทานและโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ โดยใช้ลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขของค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และมีค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เมื่อทำการบันทึกผลการทดสอบของรูปคลื่นแรงดัน และกระแสด้านอินพุทหรือด้านแหล่งจ่ายไฟการไฟฟ้าและด้านเอาท์พุทที่ต่อกับโหลดทั้งสองชนิด รวมทั้งทำการวิเคราะห์รูปคลื่นแรงดันและกระแสทางฟูเรียร์แล้วนำผลการทดสอบมาทำการศึกษา พิจารณา เปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ได้

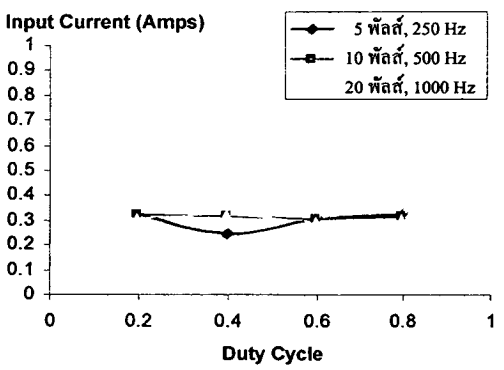
จากการออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์โดยใช้โปรแกรม OrCAD/PSpice พบว่าผลการจำลองวงจรและผลจากการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์เครื่องต้นแบบกับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพบว่าให้ผลการทดสอบที่ได้เป็นที่สอดคล้องในทำนองเดียวกัน

9. คุณลักษณะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์

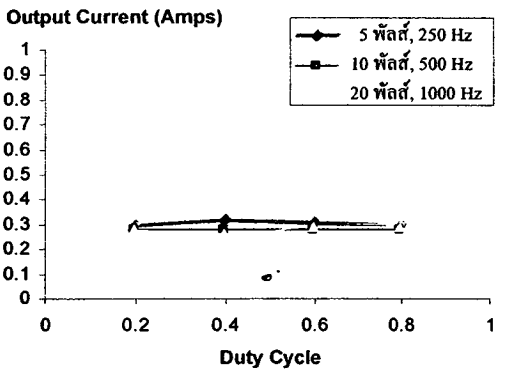
เป็นการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเครื่องต้นแบบ โดยจ่ายแรงดันอินพุทจากการไฟฟ้า 1-เฟส 100 โวลท์ 50 เฮิร์ท กับโหลดตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับ 100, 200, 300, 400 และ 500 วัตต์ และโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำที่มีขนาดเท่ากับ 100 วัตต์ ต่ออนุกรมกับโหลดตัวเหนี่ยวนำขนาดเท่ากับ 0.088 เฮนรี่ เพื่อหาความสัมพันธ์ของ ค่าแรงดันเอาท์พุท, กระแสด้านอินพุทและเอาท์พุท, ค่าตัวประกอบกำลังด้านอินพุทและเอาท์พุท และ ค่ากำลังไฟฟ้าด้านอินพุทและเอาท์พุท กับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และ ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 โดยแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นกับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าดิวตี้ไซเคิล, จำนวนพัลส์และความถี่ในการสวิทช์ต่างๆ โดยแยกเป็นชนิดและขนาดโหลดต่างๆ

9.1 กรณีโหลดตัวต้านทาน

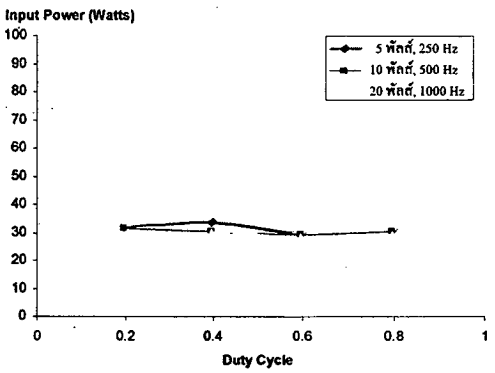
เป็นการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเครื่องต้นแบบ กับโหลดตัวต้านทานที่มีขนาดเท่ากับ 100, 200, 300, 400 และ 500 วัตต์ โดยใช้สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 แล้วบันทึกผลค่าต่างๆ แสดงดังกราฟความสัมพันธ์ต่อไปนี้



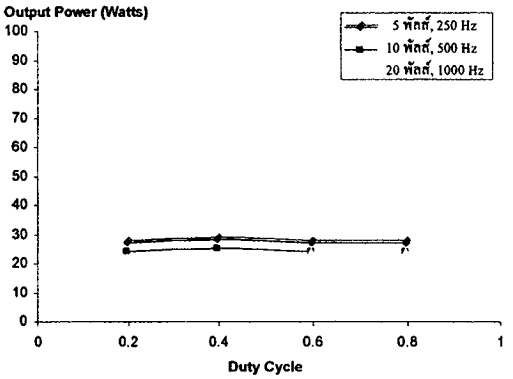
(ก) กระแสอินพุท



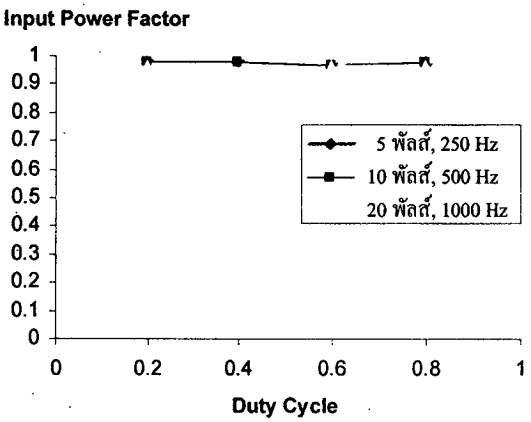
(ข) กระแสเอาท์พุท



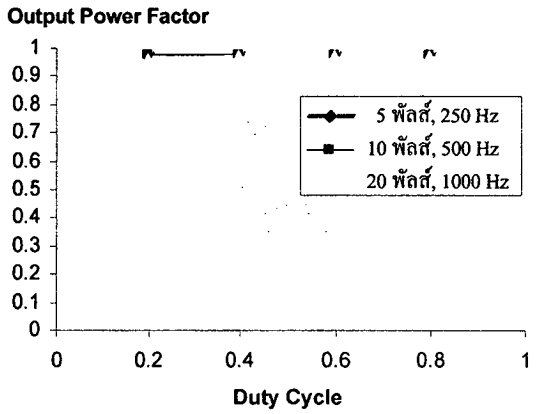
(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท



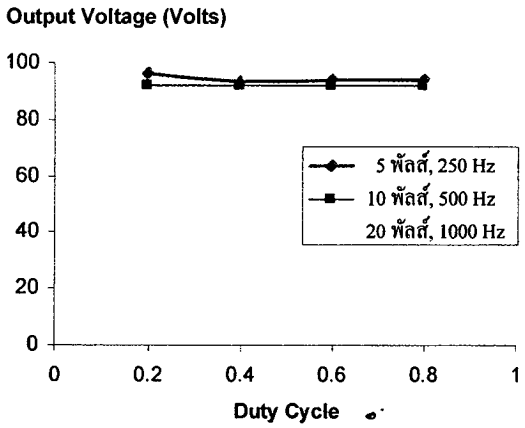
(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท



(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท

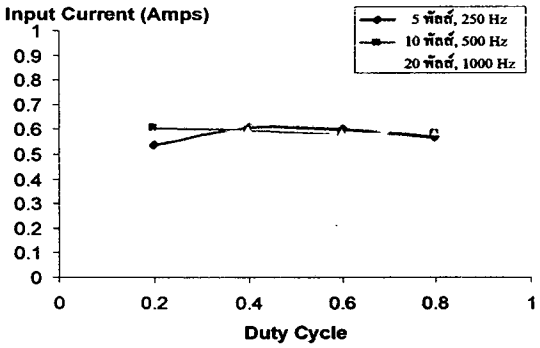


(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท

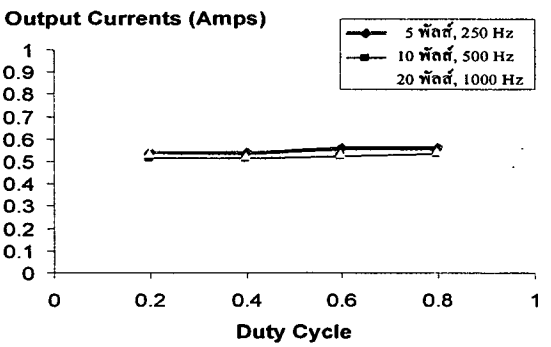


(ช) แรงดันเอาท์พุท

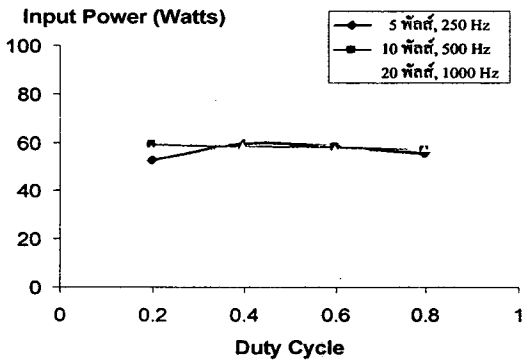
รูปที่ 4.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรในกรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 100 วัตต์



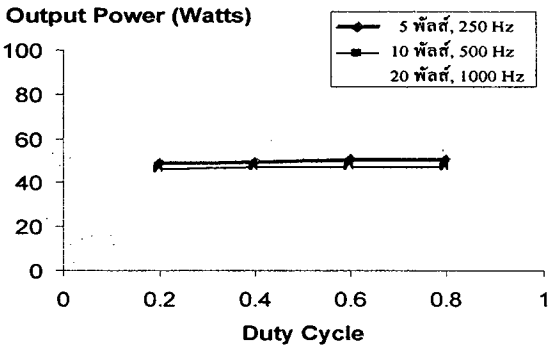
(ก) กระแสอินพุท



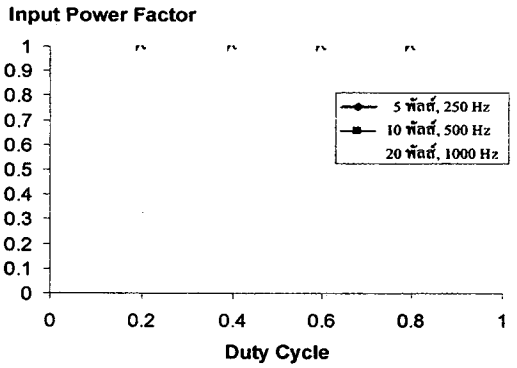
(ข) กระแสเอาท์พุท



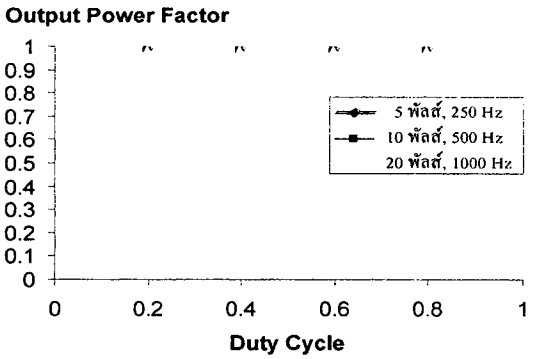
(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท



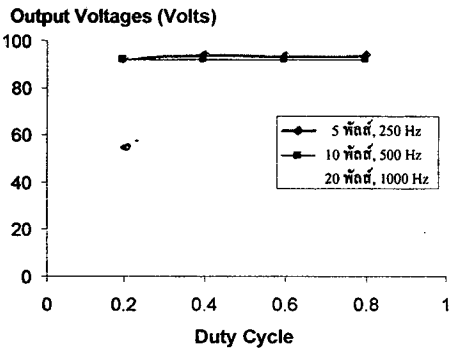
(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท



(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท

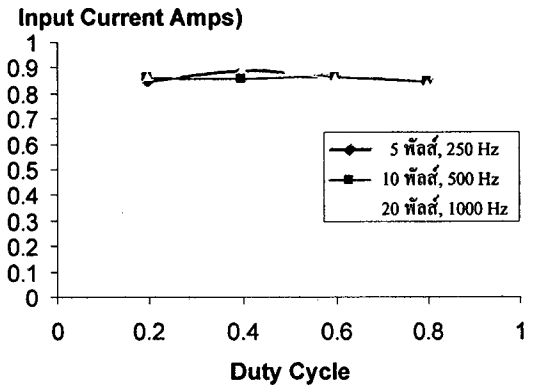


(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท

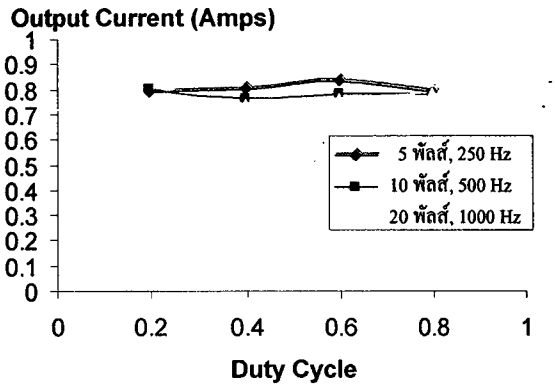


(ช) แรงดันเอาท์พุท

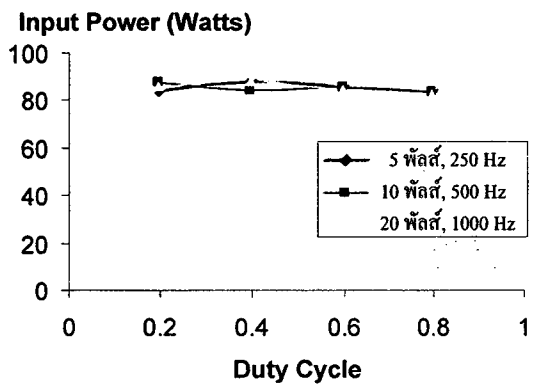
รูปที่ 4.59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจร ในกรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 200 วัตต์



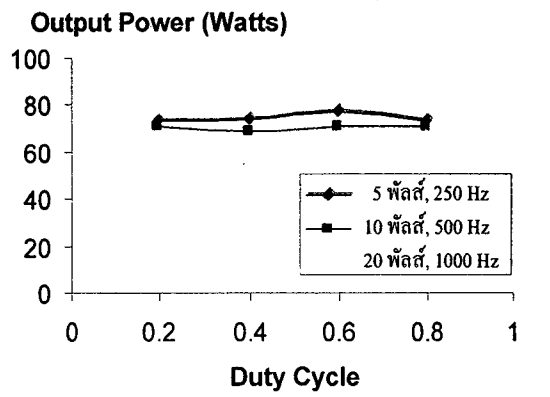
(ก) กระแสอินพุท



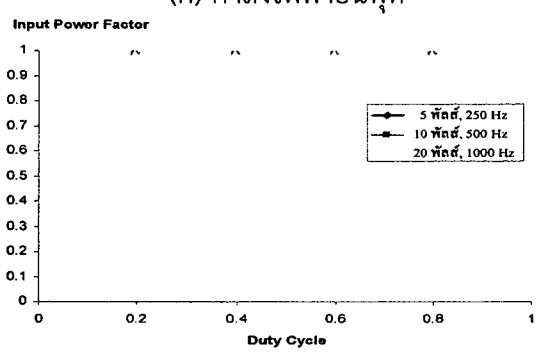
(ข) กระแสเอาท์พุท



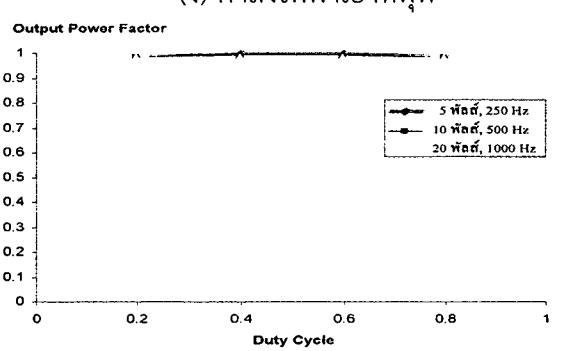
(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท



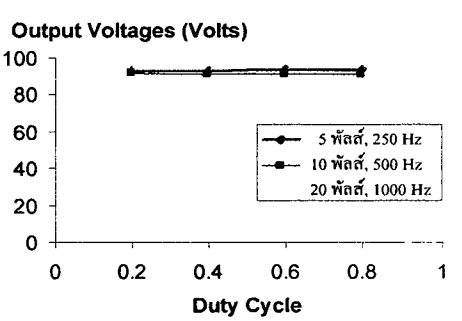
(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท



(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท

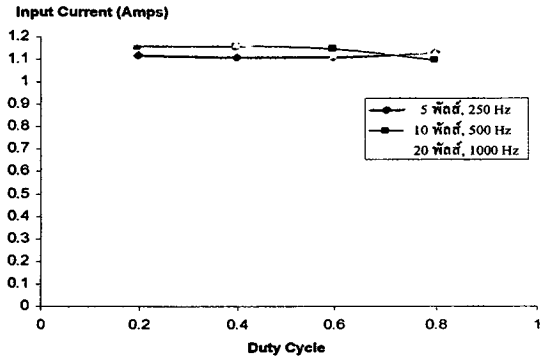


(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท

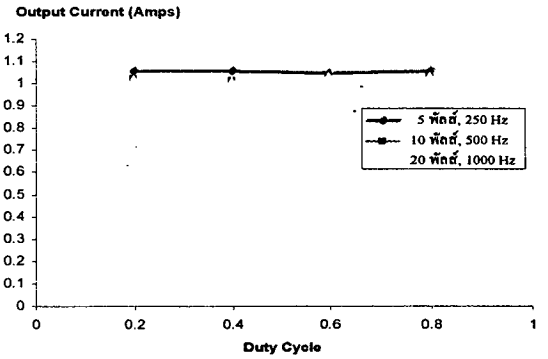


(ช) แรงดันเอาท์พุท

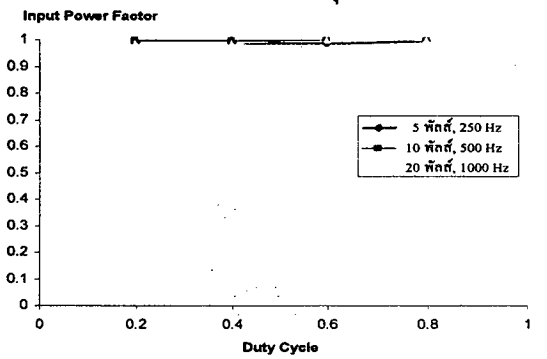
รูปที่ 4.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจรในกรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 300 วัตต์



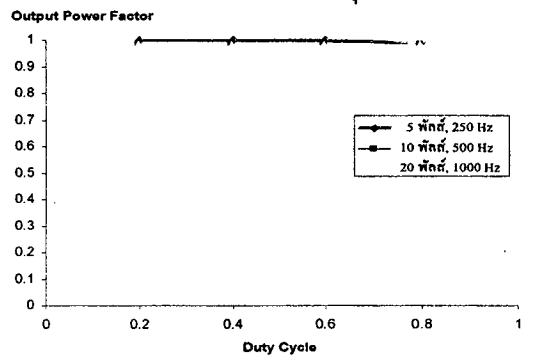
(ก) กระแสอินพุท



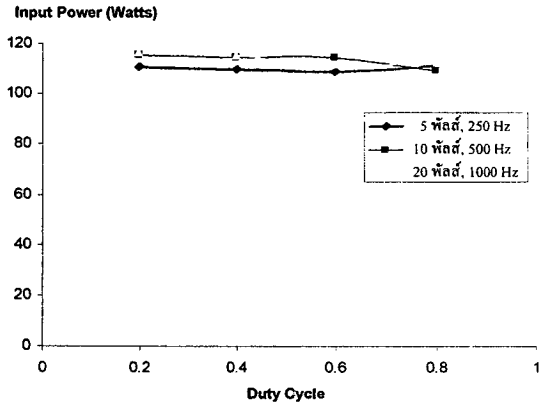
(ข) กระแสเอาท์พุท



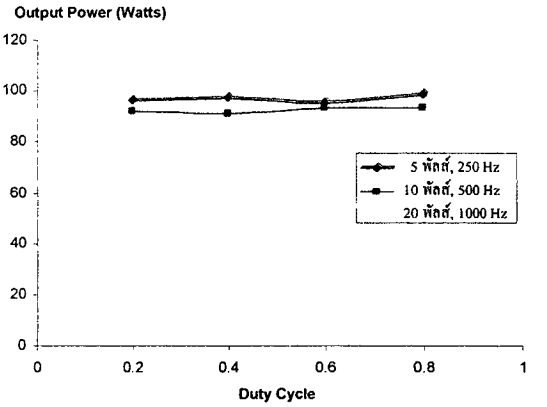
(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท



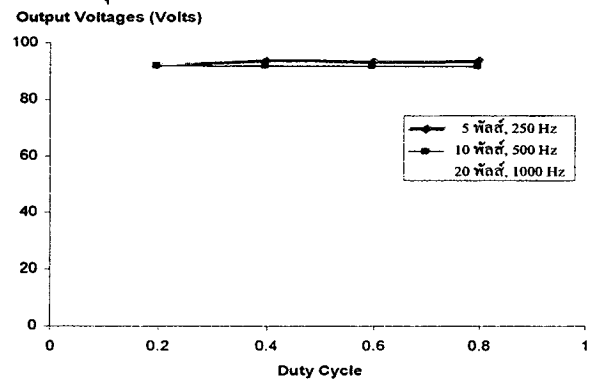
(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท



(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท

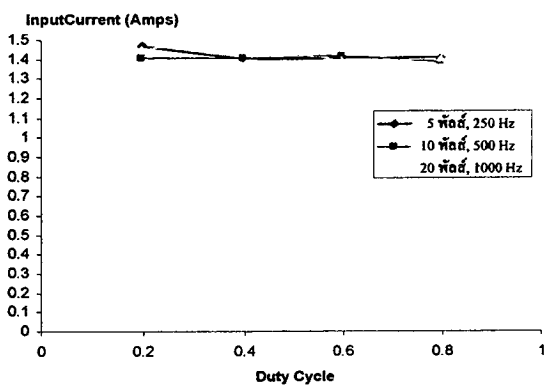


(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท

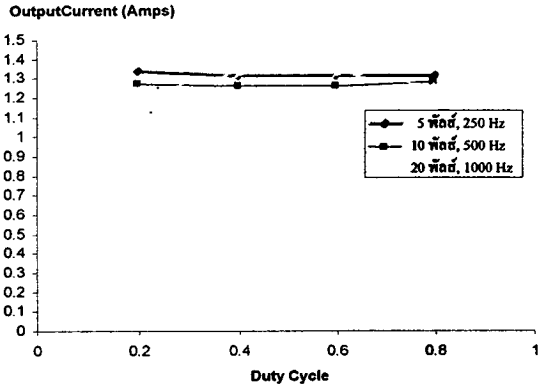


(ช) แรงดันเอาท์พุท

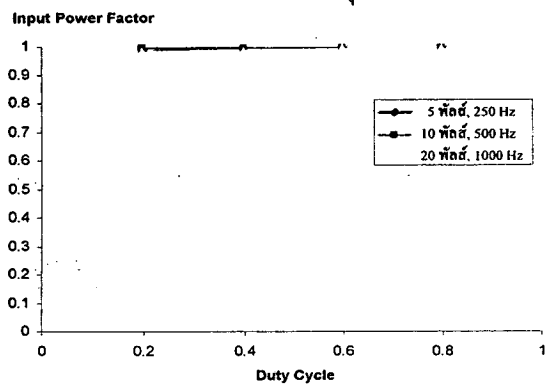
รูปที่ 4.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจร ในกรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 400 วัตต์



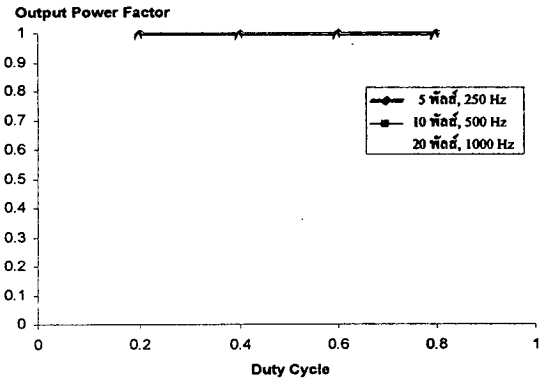
(ก) กระแสอินพุท



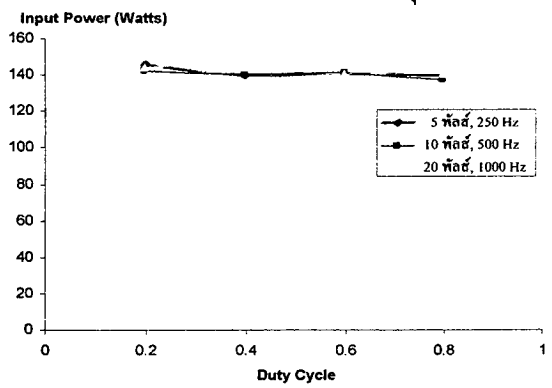
(ข) กระแสเอาท์พุท



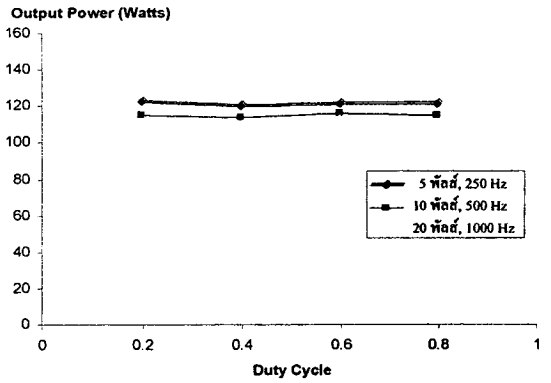
(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท



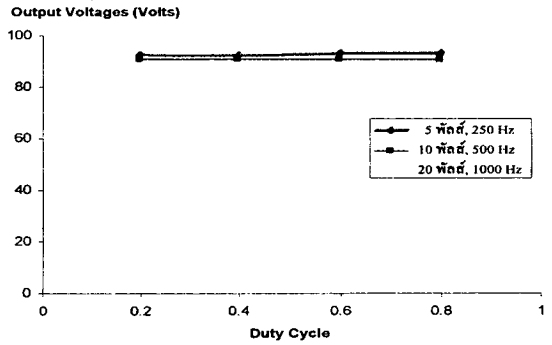
(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท



(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท



(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท

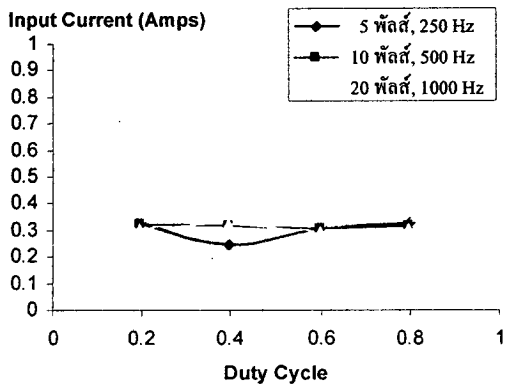


(ช) แรงดันเอาท์พุท

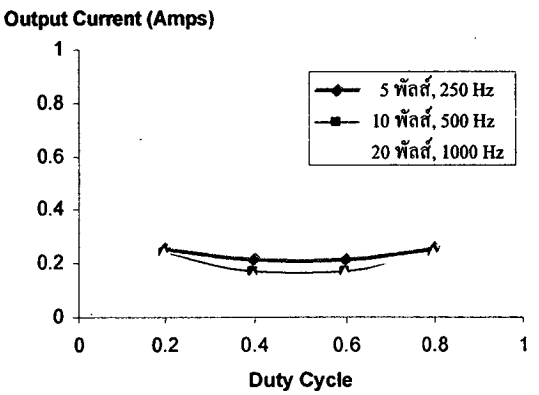
รูปที่ 4.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าคุณลักษณะของวงจร ในกรณีโหลดตัวต้านทานขนาด 500 วัตต์

9.2 กรณีโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ

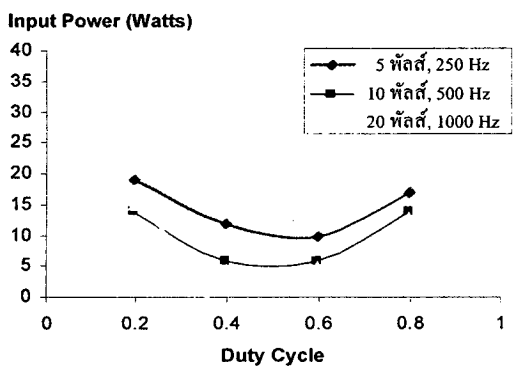
เป็นการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเครื่องต้นแบบ กับ โหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ ที่มีขนาดเท่ากับ 100 วัตต์ ต่ออนุกรมกับโหลดตัวเหนี่ยวนำขนาดเท่ากับ 0.088 เฮนรี่ โดยใช้สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 แล้วบันทึกผลค่าต่างๆ แสดงดังกราฟความสัมพันธ์ต่อไปนี้



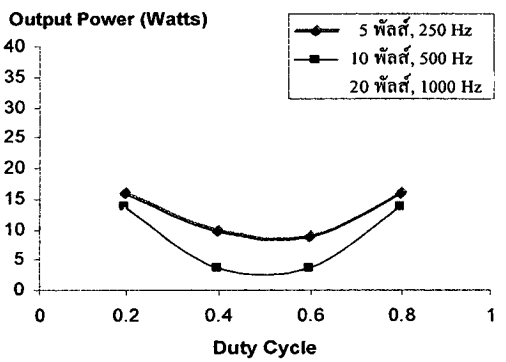
(ก) กระแสอินพุท



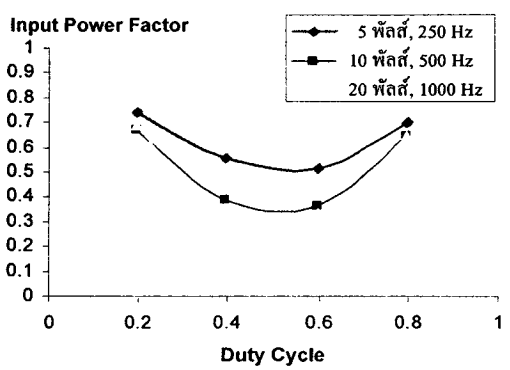
(ข) กระแสเอาท์พุท



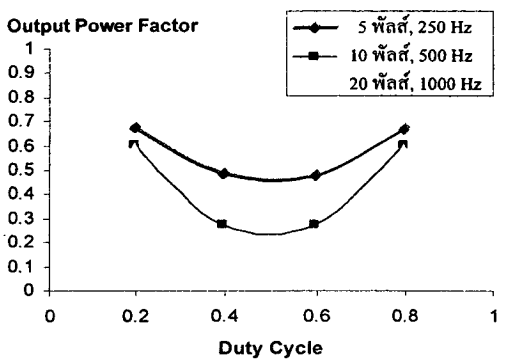
(ค) กำลังไฟฟ้าอินพุท



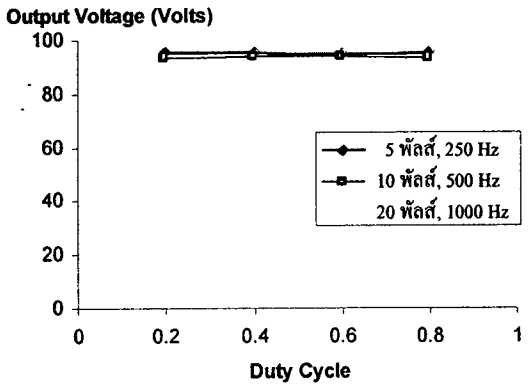
(ง) กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท



(จ) ตัวประกอบกำลังอินพุท



(ฉ) ตัวประกอบกำลังเอาท์พุท



(ช) แรงดันเอาท์พุท

รูปที่ 4.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคุณลักษณะของวงจร ในกรณีโหลดตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 4.58 - 4.63 เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันเอาท์พุท, กระแสอินพุทและเอาท์พุท, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าด้านอินพุทและเอาท์พุท และกำลังไฟฟ้าอินพุทและเอาท์พุท กับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขต่างๆ โดยทดสอบกับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งแสดงได้ดังกราฟความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ดังกล่าว กับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ของจำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ โดยมีความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz

10. สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้ทำการจำลองการทำงานของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ โดยใช้โปรแกรม OrCAD/PSpice 9.1 student version ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองวงจรทางไฟฟ้า ในการจำลองวงจรนั้นได้ใช้สัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มในการขับนำสวิทช์ที่สร้างตามสมการของ m_1, m_2 ในบทที่ 2 โดยมีเงื่อนไขของลักษณะสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็ม คือ ความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ1000 Hz จำนวนพัลส์เท่ากับ 5, 10 และ 20 พัลส์ต่อไซเคิล และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 เพื่อทำการศึกษาลักษณะของรูปคลื่นแรงดันและกระแส รวมทั้งการวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสทั้งทางด้านอินพุทและด้านเอาท์พุท โดยได้ทำการทดสอบกับโหลดที่เป็นตัวต้านทานบริสุทธิ์ และตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งผลในการจำลองได้แสดงผลของสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขต่างๆ และการวิเคราะห์ฟูเรียร์ของลักษณะรูปคลื่นแรงดันและกระแส รวมทั้งการวิเคราะห์ฟูเรียร์ของคลื่นแรงดันและกระแสทั้งทางด้านอินพุทและด้านเอาท์พุท ที่ทดสอบกับโหลดชนิดต่างๆ หลังจากนั้นทำการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสเครื่องต้นแบบโดยนำสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz จำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ และค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มาทำการขับนำเกทของสวิทช์สองทางทั้ง 4 ชุด ในวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส เพื่อทำการตัดต่อไฟฟ้ากระแสสลับด้านแหล่งจ่ายไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับด้านเอาท์พุท แล้วนำเอาท์พุทของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส มาป้อนให้กับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ แล้วทำการทดสอบเพื่อวัดรูปคลื่นของแรงดันและกระแสที่โหลด และด้านแหล่งจ่าย แล้ว

ทำการวิเคราะห์ฟูเรียร์เพื่อหาค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิคอันดับต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสไว้ในบทที่ 4 ซึ่งพบว่าให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนั้น ยังได้ทำการเมื่อทำการทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันเอาท์พุท, กระแสอินพุทและเอาท์พุท, ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าด้านอินพุทและเอาท์พุท และกำลังไฟฟ้าอินพุทและเอาท์พุท กับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่เงื่อนไขต่างๆ โดยทดสอบกับโหลดตัวต้านทานและตัวต้านทาน-ตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบคุณลักษณะของวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส ได้ดังกราฟความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ดังกล่าว กับสัญญาณพัลส์พีดับบลิวเอ็มที่ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ของจำนวนพัลส์ในแต่ละไซเคิลเท่ากับ 5 พัลส์, 10 พัลส์ และ 20 พัลส์ โดยมีความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 250 Hz, 500 Hz และ 1000 Hz ดังกราฟข้างต้น