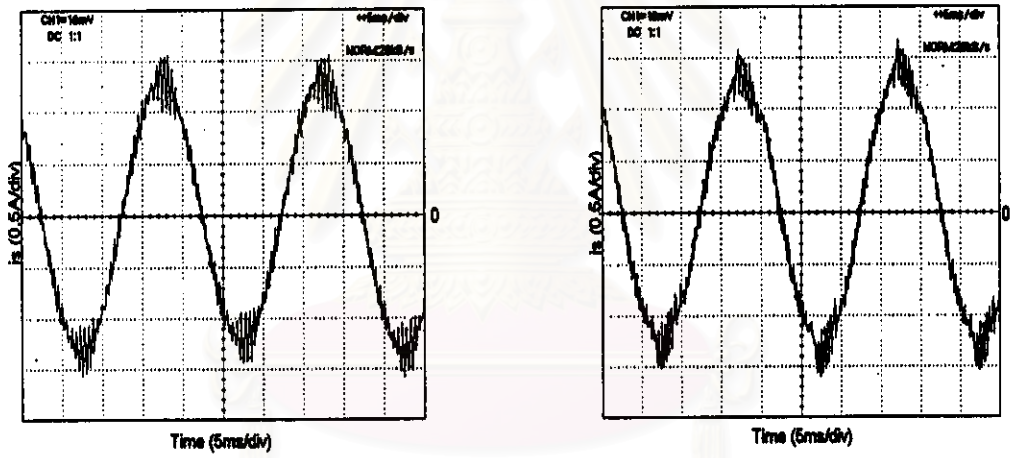
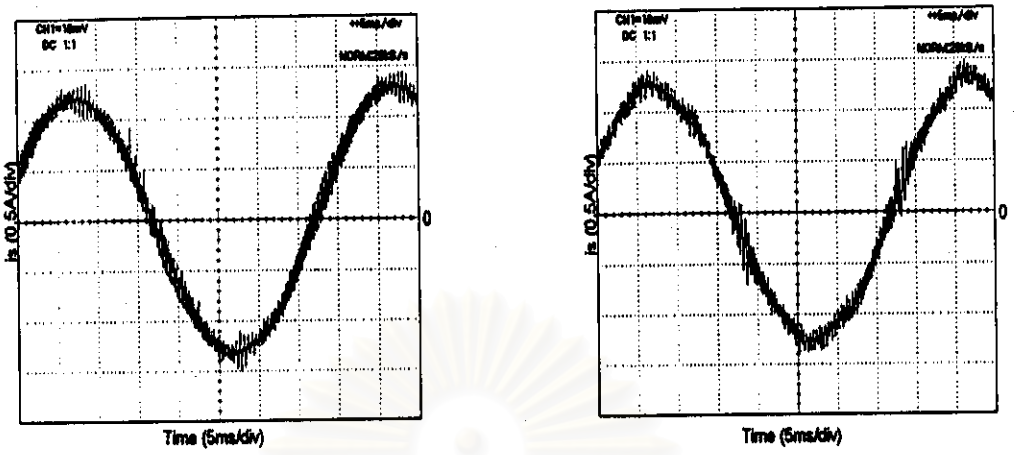
บทที่ 6
ผลการทดสอบระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์

ในการทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 2.2 kW ที่ต่อแบบ Y (ค่าพิกัดของมอเตอร์แสดงในภาคผนวก ค.)ด้วยอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์ตามแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์ที่มีแรงดันไฟตรง 300 V โดยมีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2kHz ในสภาวะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่ 2kHz โดยทั้งสองระบบได้ตั้งค่าเวลาช่วงตาย(dead time) สำหรับการขับนำสวิตช์กำลังไว้เท่ากันคือ 4μs ปรากฏผลในเบื้องต้นว่า กระแสเฟสของมอเตอร์ในกรณีที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ พบว่ามีความผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นไซน์อยู่พอประมาณ ดังแสดงในรูปที่6.1 ถึงรูปที่6.4



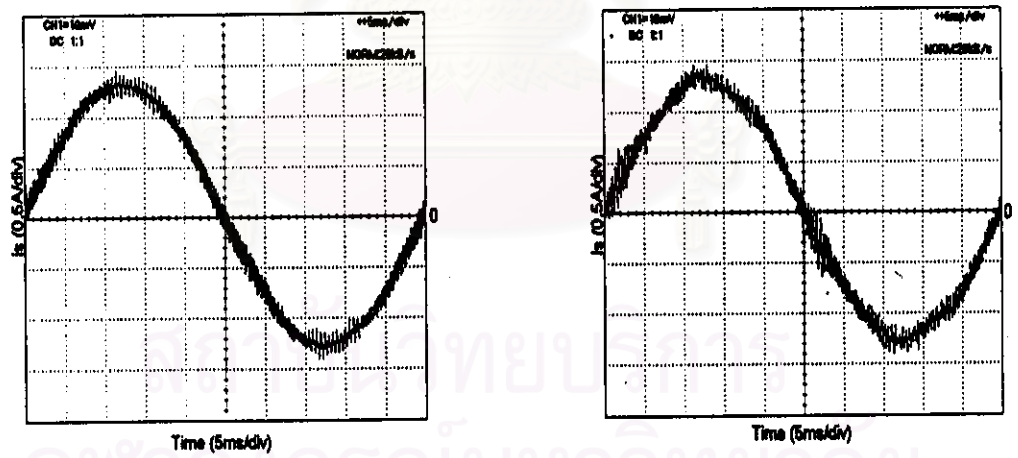
(ก) (ข)

รูปที่6.1 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์
ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4μs ที่ความถี่หลักมูล 50 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz



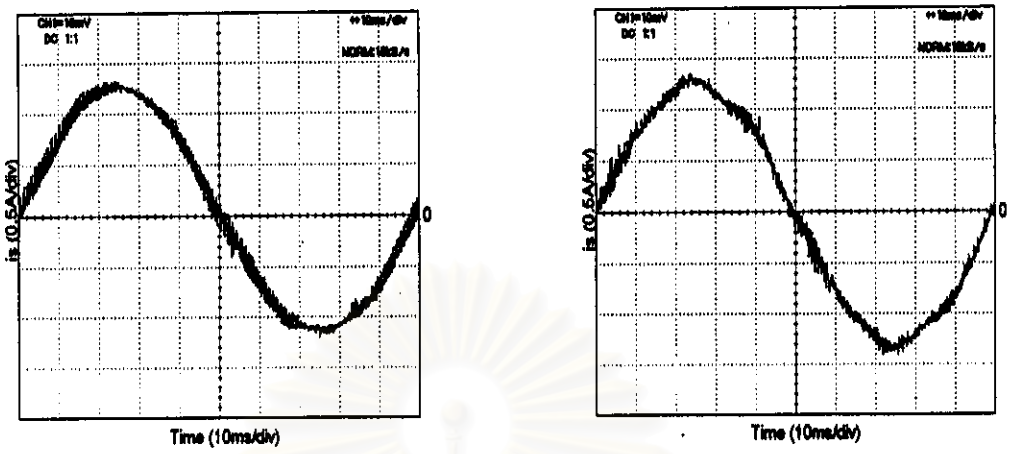
(ก) (ข)

รูปที่6.2 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์
ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4μs ที่ความถี่หลักมูล 25 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz



(ก) (ข)

รูปที่6.3 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์
ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4μs ที่ความถี่หลักมูล 20 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz



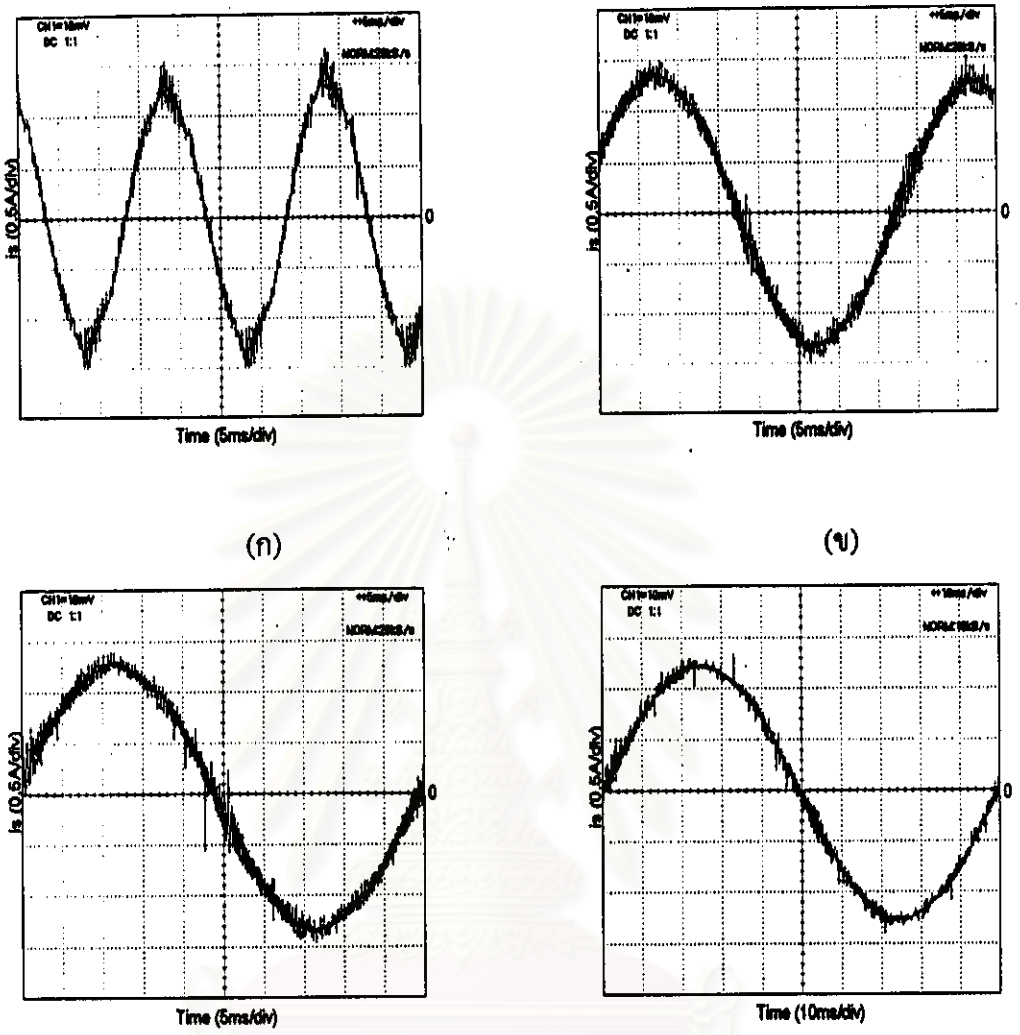
(ก) (ข)

รูปที่6.4 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์
ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4μs ที่ความถี่หลักมูล 10 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

จากผลที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าสอดคล้องกับการจำลองระบบในบทที่4 ซึ่งผลของการทดสอบระบบจะพบว่าเวลาช่วงตายมีส่วนมากในการทำให้รูปคลื่นกระแสมีความผิดเพี้ยน เมื่อเราพิจารณาความผิดเพี้ยนของแรงดันเนื่องจากผลของเวลาช่วงตาย จะพบว่าผลของค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ผิดเพี้ยนเนื่องจากเวลาช่วงตายจะเห็นว่ามีค่าไม่คงที่ในแต่ละ subcycle ดังนั้น เราจึงควรที่ลดผลของเวลาช่วงตายให้น้อยที่สุด โดยลดค่าเวลาช่วงตายลง แต่วิธีนี้ไม่ใช่วิธีที่ดีนักเพราะเวลาช่วงตายไม่สามารถจะลดลงตามใจชอบได้ต้องขึ้นอยู่กับความเร็วของสวิตช์กำลังด้วย ดังนั้น จึงควรจะใช้การชดเชยผลจากเวลาช่วงตาย (dead time compensation)ซึ่งเป็นจุดที่จะต้องปรับปรุงต่อไป

ในการทดสอบได้ทดลองลดค่าเวลาช่วงตายลงจาก 4μs เป็น 1μs ซึ่งทำให้รูปคลื่นของกระแสดีขึ้นดังแสดงในรูป6.5

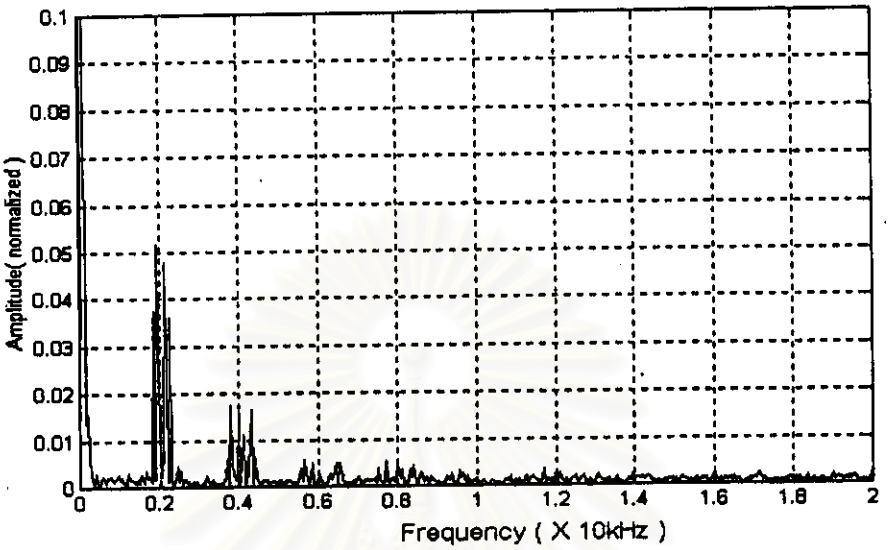
จากรูปคลื่นกระแสเราจะพิจารณาถึงการกระจายของสเปกตรัมของกระแส โดยทำการเก็บข้อมูลของกระแสจาก oscilloscope มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ฟังก์ชัน FFT ของ MATLAB ผลของสเปกตรัมที่ได้จะแสดงในรูปของค่า normalized ซึ่งจะขยายสเกลให้มีค่าเต็มสเกลเท่ากับ 0.1 เพื่อให้เห็นลักษณะการกระจายฮาร์มอนิกที่ชัดเจนดังแสดงในรูปที่6.6 ถึงรูปที่6.9



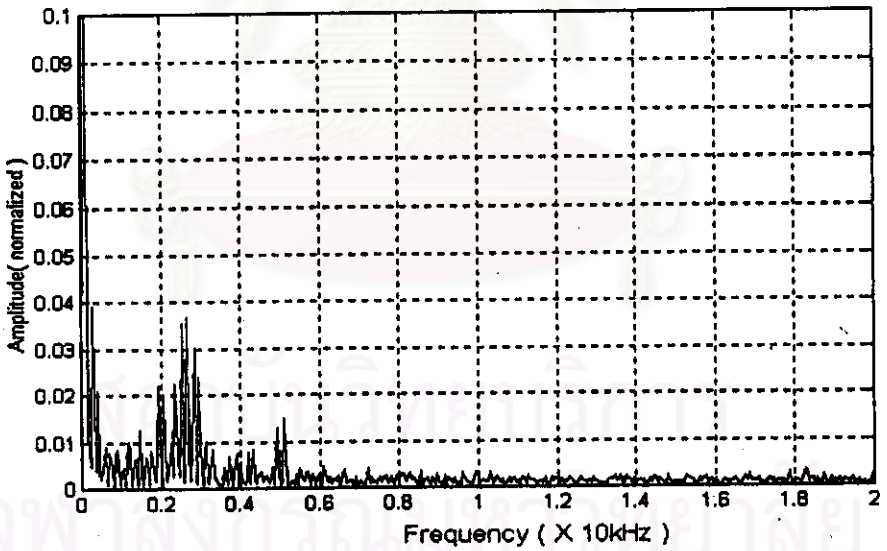
(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่6.5 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 1μS และแปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
(ก) ที่ความถี่หลักมูล 50 Hz
(ข) ที่ความถี่หลักมูล 25 Hz
(ค) ที่ความถี่หลักมูล 20 Hz
(ง) ที่ความถี่หลักมูล 10 Hz

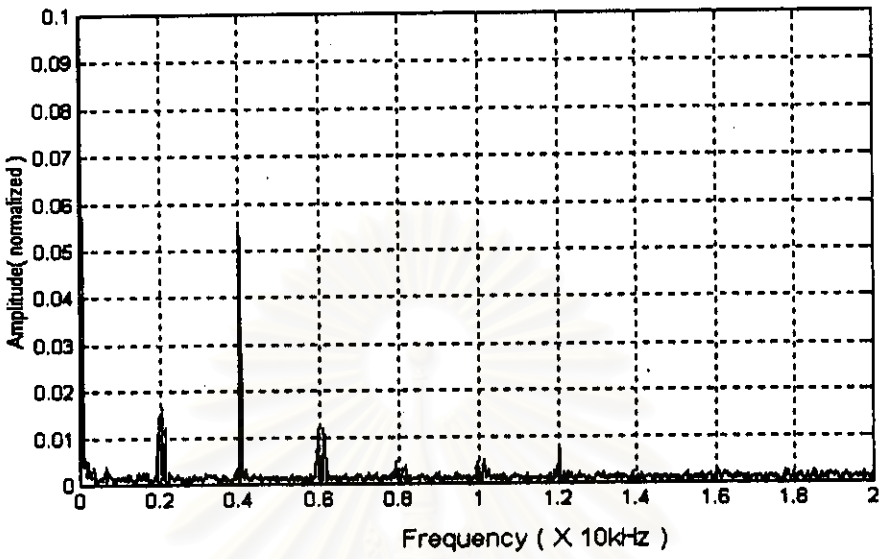


(ก)

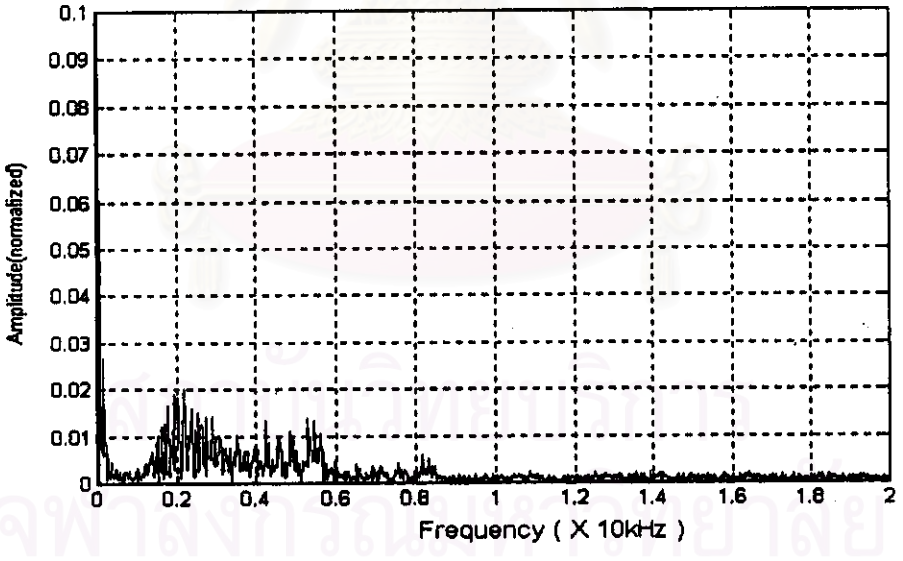


(ข)

รูปที่6.6 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 50 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

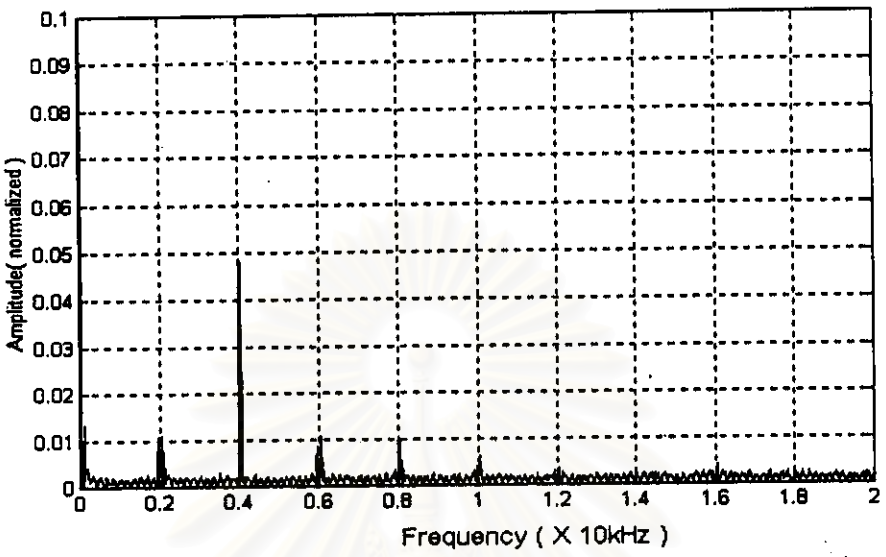


(ก)

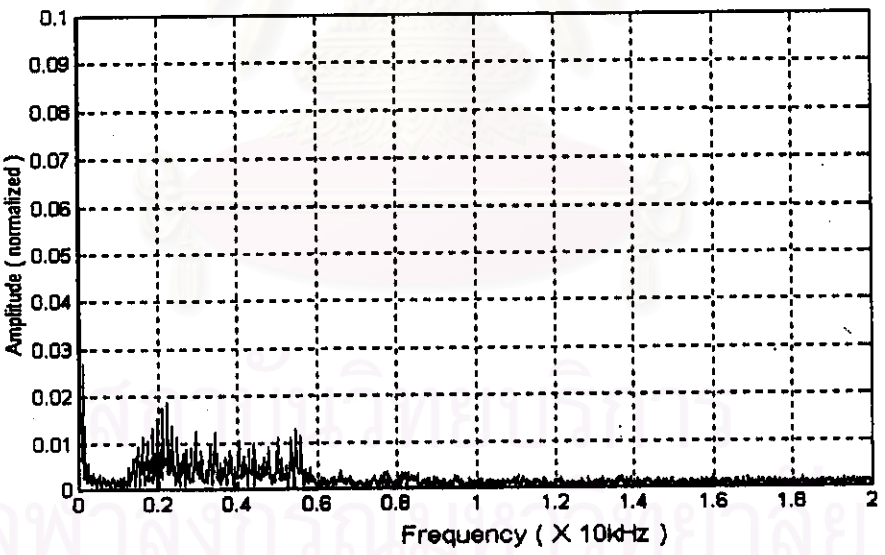


(ข)

รูปที่6.7 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 25 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

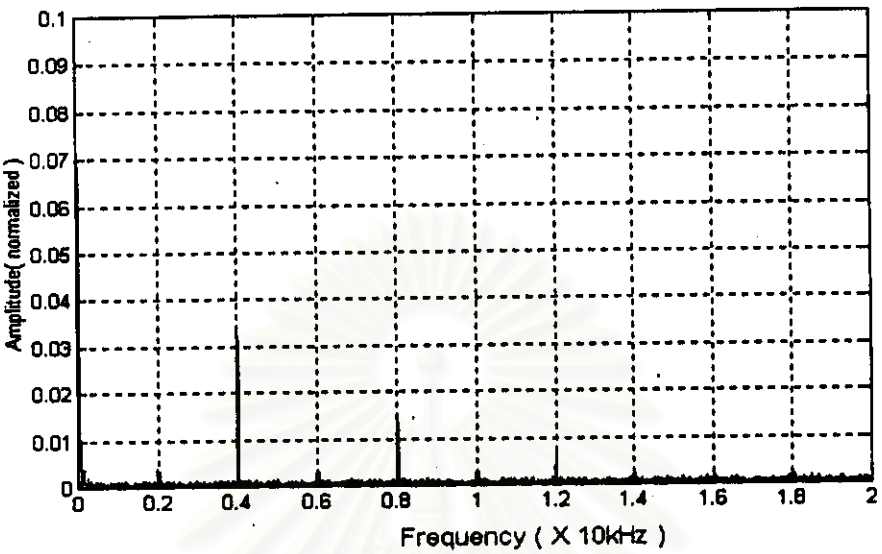


(ก)

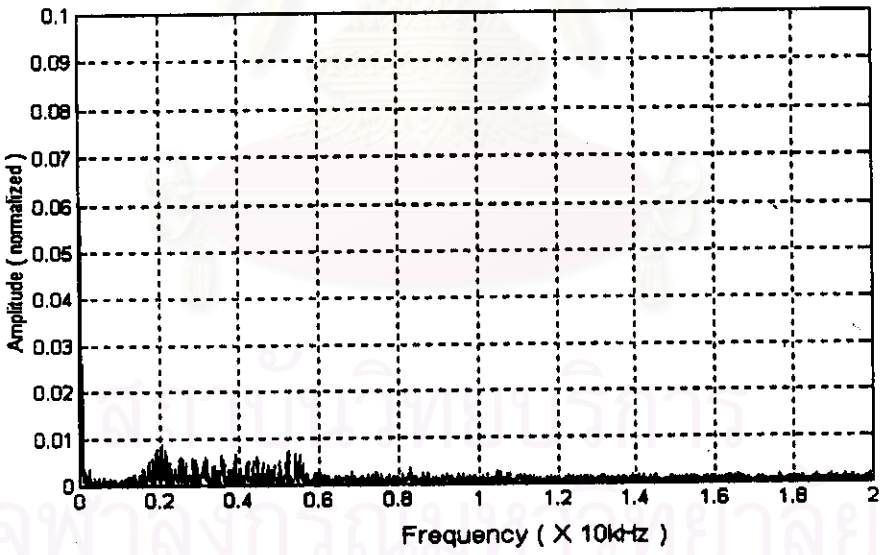


(ข)

รูปที่6.8 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 20 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz



(ก)



(ข)

รูปที่6.9 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 10 Hz
(ก)ความถี่การสวิตช์คงที่ 2 kHz
(ข)แปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์
ที่มีความถี่การสวิตช์เฉลี่ย 2 kHz

ในรูปที่ 6.6 ซึ่งค่าความถี่หลักมูลเท่ากับ 50Hz จะเห็นว่าสเปกตรัมของกระแสกระจายตัวได้ไม่ดีนัก อันเนื่องมาจากการชักตัวอย่างข้อมูลของความถี่การสวิตช์มีค่าน้อยดังที่อธิบายมาแล้วในบทของการจำลองระบบ ส่วนที่ความถี่หลักมูลต่ำลงจะมีการกระจายสเปกตรัมของกระแสที่ดี โดยสเปกตรัมของกระแสที่ได้จากการทดสอบขับเคลื่อนมอเตอร์จริงจะใกล้เคียงกับผลจากการจำลองระบบ ดังนั้น จากผลการทดสอบระบบ เราคาดหวังว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากตัวมอเตอร์จะมีลักษณะกระจายออกในช่วงกว้าง ไม่เกิดเสียงที่เด่นชัด ณ ความถี่ใดความถี่หนึ่งซึ่งเราจะทดสอบด้วยการวัดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากตัวมอเตอร์ด้วย

<u>ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเสียงรบกวนและการวัด</u>

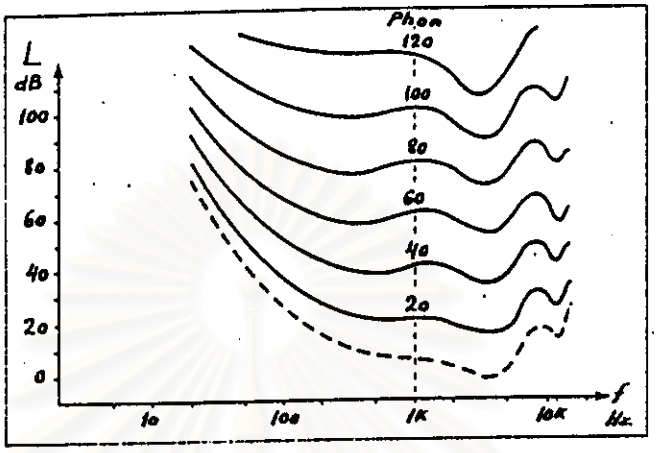
เสียงก็คือ การเปลี่ยนแปลงของความดันอากาศที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ ซึ่งขนาดของเสียงจะเรียกว่า Sound Pressure Level (SPL) ในการวัดขนาดเสียง มักนิยมวัดในหน่วยของเดซิเบล (dB) เนื่องจากมีสเกลเป็นลอกการิทึมทำให้เหมาะกับวัดข้อมูลที่มีย่านกว้างมาก ๆ เพราะว่าขนาดของเสียงที่ต่ำที่สุดที่มนุษย์รับรู้ได้จะมีค่าประมาณ 20μPa(ไมโครปาสคาล) ในขณะที่ขนาดของเสียงที่สูงที่สุดที่แก้วหูของมนุษย์ทนได้จะมีขนาดถึง 200Pa จะเห็นว่า ช่วงขนาดของเสียงที่มนุษย์รับฟังได้มีย่านกว้างมากถ้าวัดในหน่วยของปาสคาล ดังนั้น การใช้สเกลแบบลอกการิทึมจะเหมาะสมกว่า อีกทั้งหูของมนุษย์ก็ยังรับรู้ถึงความดัง-ค่อยของเสียงในสเกลของลอกการิทึมด้วย

หน่วยวัดที่เป็นเดซิเบล (dB) นั้น จะวัดในสเกลลอกการิทึม โดยมีค่าอ้างอิงอยู่ที่ขนาดเสียงต่ำสุดที่มนุษย์สามารถได้ยินได้คือ 20μPa ดังนั้น

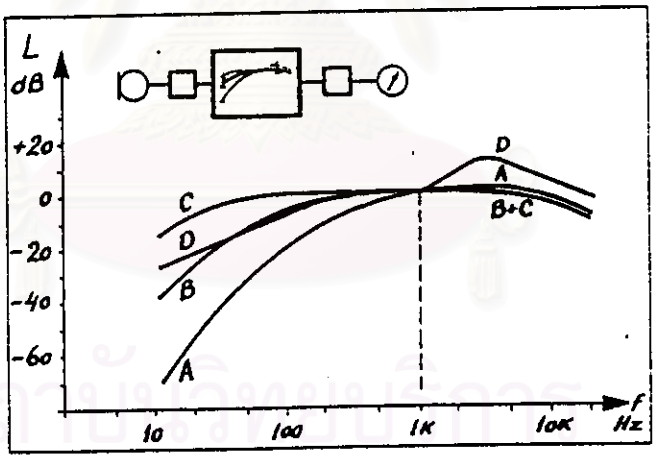
$$SPL\ (dB) = 20 \log (SPL(Pa) / 20\mu Pa) \qquad (6.1)$$

ถ้าเราพิจารณาย่านของขนาดของเสียงที่มนุษย์รับรู้ได้คือ 20μPa - 200Pa ในหน่วยของเดซิเบล ก็จะได้เป็น 0-140 dB ซึ่งทำให้ข้อมูลในการวัดมีความกระทัดรัดขึ้น

การรับรู้ของหูมนุษย์ต่างความถี่เสียงต่าง ๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น ขนาดของเสียงที่ทำให้มนุษย์รู้สึกว่ามีความดังเท่า ๆ กันในแต่ละความถี่จะมีค่าต่างกัน โดยสามารถแสดงได้โดยเส้นแสดงความดังเท่ากัน(equal loudness contours) ซึ่งจะแสดงขนาดของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ที่ได้ความรู้สึกว่ามีความดังเท่ากับจุดอ้างอิงที่ความถี่ 1kHz ดังแสดงในรูปที่6.10(ก)



(ก)



(ข)

รูปที่6.10 (ก) เส้นแสดงความดังเท่ากัน

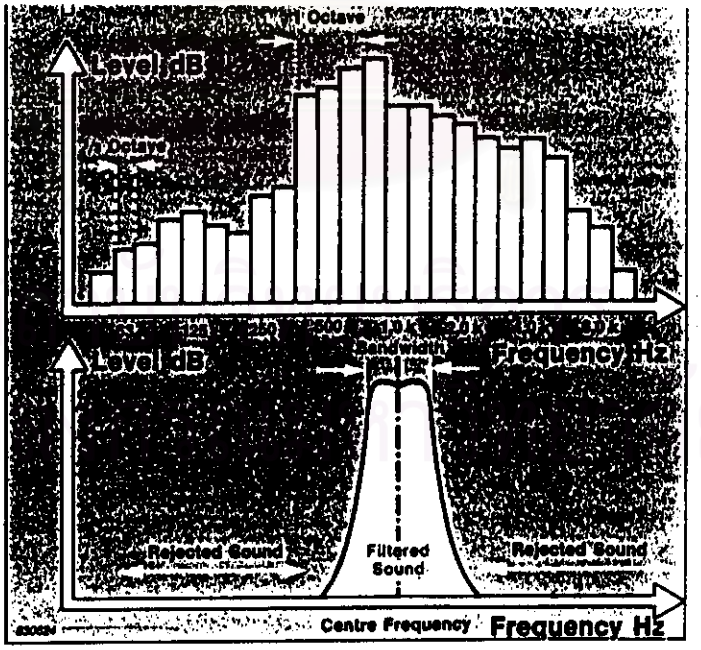
(ข) การถ่วงน้ำหนักสำหรับชดเชยความถี่ในแบบต่าง ๆ

ยกตัวอย่างเช่น ความดังขนาด 80dB ที่ความถี่ 1kHz จะทำให้มนุษย์รู้สึกว่ามีความดังเท่ากับความดังขนาด 85dB ที่ความถี่ 100Hz ดังแสดงในรูปที่6.10(ก) ดังนั้น ในการออกแบบสร้าง

เครื่องมือวัดเสียง จะมีการชดเชยค่าความดังของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ กันโดยใช้เส้นการถ่วงน้ำหนัก (weighing curve) อยู่ภายในโดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่6.10(ข)

ในรูปที่6.10(ข)จะเห็นว่ามีเส้นการถ่วงน้ำหนักอยู่ 4 เส้น คือ A,B,C และ D เส้นการถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมกับการตอบสนองของหูมนุษย์ก็คือเส้น A ดังนั้น ในการวัดเสียงที่ต้องการข้อมูลในลักษณะที่เป็นความรู้สึกในการรับรู้ความดังของมนุษย์ ก็มักจะใช้การถ่วงน้ำหนักแบบ A ซึ่งจะทำให้หน่วยการวัดระบุเป็น dB(A) โดยการเลือกวิธีการถ่วงน้ำหนักนี้ สามารถเลือกได้จากตัวเครื่องวัดเสียงที่มีวงจรการถ่วงน้ำหนักเหล่านี้บรรจุไว้แล้วภายใน

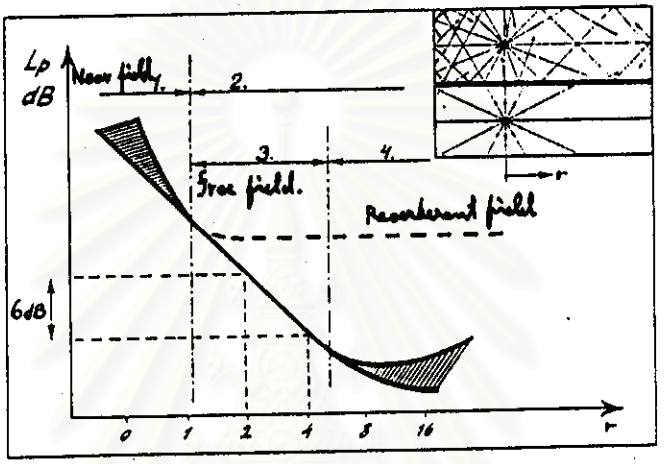
เมื่อเราต้องการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงความถี่ คือ ย่านความถี่เสียง 20-20kHz เราสามารถแบ่งย่านความถี่ออกเป็นส่วน ๆ หรือแบนด์ (band) โดยใช้วงจรกรองสำหรับเลือกความถี่เฉพาะในแบนด์ที่ต้องการ โดยความกว้างของแบนด์ (bandwidth) ตามปกติแล้วจะมีขนาด 1 ออกเทฟ (octave) หรือ 1/3 ออกเทฟ โดยที่ 1 ออกเทฟก็คือ ช่วงความถี่ที่มีความถี่สูงสุดของแบนด์มีค่าเป็น 2 เท่าของความถี่ต่ำสุดของแบนด์ ส่วน 1/3 ออกเทฟก็คือ ช่วงความถี่ที่มีความถี่สูงสุดของแบนด์มีค่าเป็น 1.26 เท่าของความถี่ต่ำสุดของแบนด์ โดยการเลือกแบนด์จะแสดงด้วยค่าความถี่กึ่งกลางของแบนด์ (center frequency) ดังนั้น เมื่อวัดค่าความดังของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ มาได้ ก็สามารถวิเคราะห์ความดังเสียงในเชิงความถี่ได้ดังแสดงในรูปที่6.11



รูปที่6.11 แสดงการวิเคราะห์เสียงในเชิงความถี่

การวัดเสียงเครื่องจักรที่อยู่ในห้องที่มีขนาดจำกัด

ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะวัดเสียงเครื่องจักรใด ๆ โดยปราศจากเสียงสะท้อนหรือเสียงรบกวนจากสภาวะแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวัดเสียงเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ในห้องที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ในกรณีที่เราพิจารณาว่าเสียงมาจากเครื่องจักรเพียงอย่างเดียว เราสามารถที่จะแบ่งขอบเขตของสภาวะเสียงได้ดังรูปที่6.12



รูปที่6.12 ลักษณะการกระจายของเสียงจากเครื่องจักรในห้องที่มีขนาดจำกัด

จากรูปที่6.12 เราสามารถแบ่งขอบเขตในการวัดเสียงออกได้เป็น 3 สนาม(field) คือ

1. สนามใกล้ (near field) คือ ช่วงที่ห่างจากเครื่องจักรน้อยกว่าความยาวคลื่นของความถี่เสียงต่ำสุดที่เครื่องจักรกำเนิดขึ้น หรือน้อยกว่าสองเท่าของขนาดด้านที่ใหญ่ที่สุดของเครื่องจักรโดยประมาณ การวัดเสียงในช่วงสนามใกล้นี้ควรหลีกเลี่ยง เพราะจะให้ผลการวัดที่ผิดพลาดโดยเฉพาะในช่วงความถี่ต่ำ ๆ

2. สนามสะท้อน (reverberant field) คือ ช่วงที่ห่างจากตัวเครื่องจักรมาก จนทำให้เสียงจากการสะท้อนจากผนังห้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ เสียงที่มาจากเครื่องจักรโดยตรง การวัดเสียงในช่วงนี้ควรหลีกเลี่ยงเช่นกัน

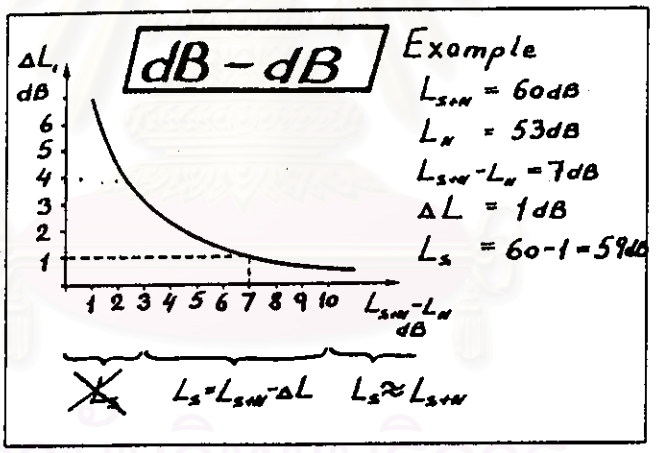
3. สนามอิสระ (free field) คือ ช่วงตรงกลางระหว่างสนามใกล้และสนามสะท้อน ถ้าเราลองวัดเสียงในช่วงนี้ แล้วเราลองวัดอีกจุดหนึ่ง ซึ่งมีระยะห่างจากเครื่องจักรสองเท่าของจุดเดิมที่เคยวัด ถ้าเราพบว่าระดับเสียงลดลง 6dB แสดงว่าช่วงนี้เป็นช่วงสนามอิสระและเราควรทำการวัดในช่วงนี้

ในการวัดเสียงเราต้องรู้ลักษณะของแหล่งกำเนิดเสียงด้วยว่าเป็นอะไร เนื่องจากไมโครโฟนที่ใช้ในการวัดเสียงมีอยู่หลายชนิด ในกรณีที่สามารถระบุตำแหน่งของแหล่งกำเนิด

เสียงได้ว่ามาจากทิศทางใด เราจะใช้ไมโครโฟนแบบสนามอิสระ (free field microphone) ซึ่งจะมีทิศทางรับเสียงเพียงทิศทางเดียว ส่วนในกรณีที่เราไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดเสียงได้ว่ามาจากที่ใด จะใช้ไมโครโฟนแบบสุ่มมุมตกกระทบ (random incidence microphone) ซึ่งเราสามารถรับเสียงจากทุกทิศทาง(omnidirection) ในการวัดเสียงเครื่องจักรเราจะใช้ไมโครโฟนแบบสนามอิสระที่มีการชี้ไปยังตัวเครื่องจักรโดยตรงตามมาตรฐานของ IEC

ผลจากเสียงรบกวนในสภาวะแวดล้อม (background noise)

ในการวัดเสียงรบกวนจากเครื่องจักร จะพบว่าเสียงที่ได้นั้น นอกจากจะมาจากตัวเครื่องจักรเองแล้ว ยังมาจากสภาวะแวดล้อมในการวัดอีกด้วย โดยเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อมนี้จะสามารถวัดได้แม้ว่าเครื่องจักรจะไม่ได้ทำงานก็ตาม ดังนั้น การจะวัดเสียงรบกวนที่มาจากตัวเครื่องจักรให้ถูกต้องจะต้องมีการแก้ไขค่าที่วัดได้ซึ่งเป็นผลรวมระหว่างเสียงรบกวนจากตัวเครื่องจักรเอง และเสียงรบกวนในสภาวะแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่6.13



รูปที่6.13 กราฟแสดงการแก้ไขค่าเสียงรบกวนที่วัดได้จากเครื่องจักร ซึ่งมีผลกระทบจากเสียงรบกวนในสภาวะแวดล้อมรวมอยู่ด้วย

ขั้นตอนการวัดเสียงรบกวนจากเครื่องจักรให้ได้ค่าที่ถูกต้องจะเป็นดังนี้

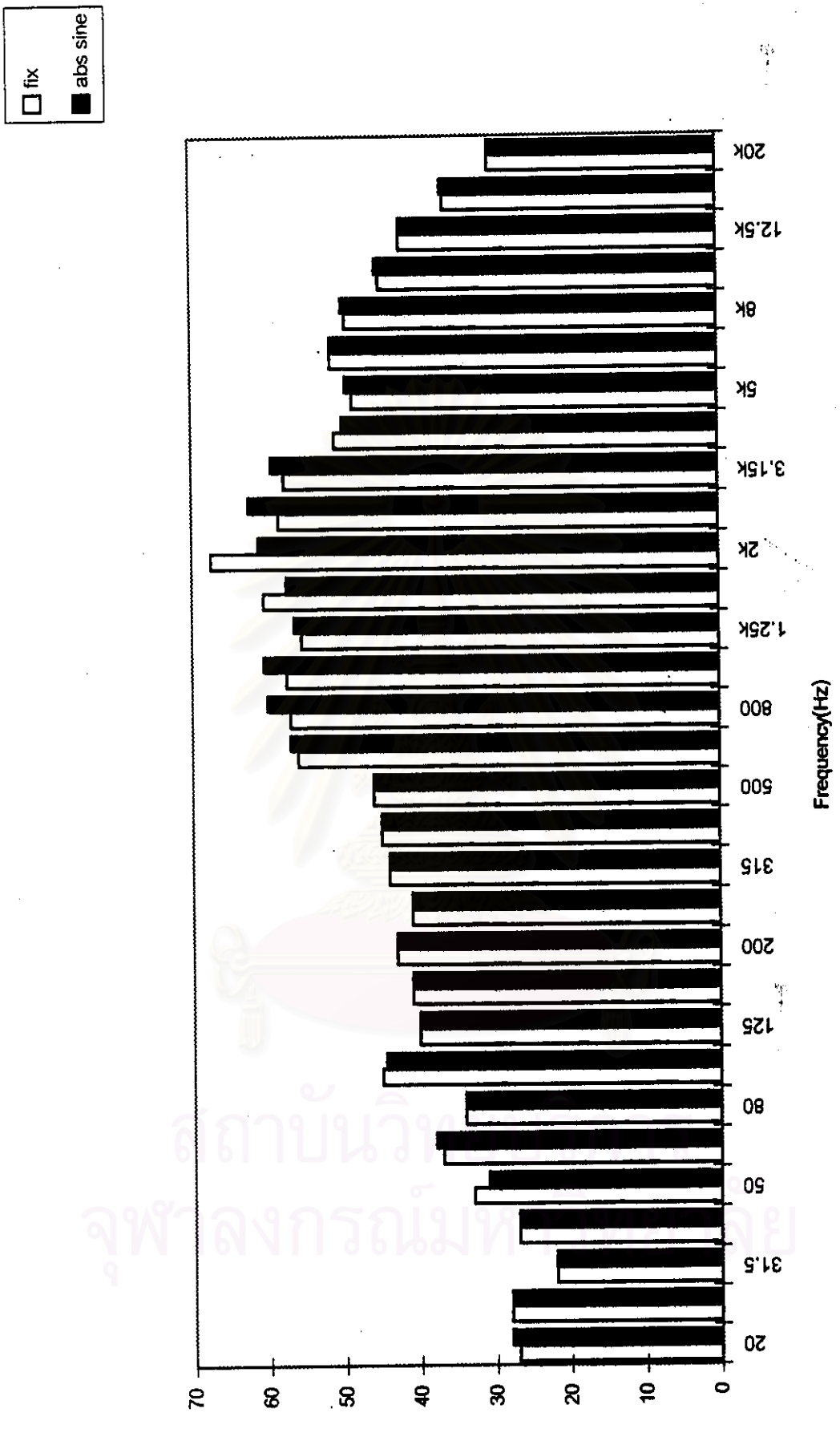
1. วัดเสียงรบกวนขณะที่เครื่องจักรทำงาน จะได้เสียงรบกวนที่เป็นผลกระทบระหว่างเสียงจากตัวเครื่องจักรเอง และเสียงจากสภาวะแวดล้อม (L_{s+n})
2. วัดเสียงรบกวนขณะที่เครื่องจักรหยุดทำงาน จะได้เสียงรบกวนที่มีจากสภาวะแวดล้อมเท่านั้น (L_n)

3. คำนวณค่าผลต่างระหว่าง L_{s+n} กับ L_n ถ้าผลต่างน้อยกว่า 3dB แสดงว่า เสียงจากสภาวะแวดล้อมมีค่าสูงเกินไปทำให้การวัดเสียงเครื่องจักรกลาดเคลื่อนมากจนไม่มีความแม่นยำในการวัด ถ้าผลต่างอยู่ระหว่าง 3-10 dB จะต้องแก้ไขค่าตามรูปที่6.13 และถ้าผลต่างมากกว่า 10dB จะไม่ต้องมีการแก้ไขค่าใด ๆ ถือว่าการวัดถูกต้องใช้ได้

ขณะที่ทำการวัดและอ่านค่าจากเครื่องมือวัดเสียงนั้น ตัวผู้วัดเองอาจจะอยู่ห่างจากเครื่องมือวัดเสียงประมาณ 0.5 เมตร หรือมากกว่า เพื่อป้องกันการสะท้อนของเสียงจากตัวผู้วัดเอง ซึ่งจะทำให้ผลการวัดผิดพลาดด้วย

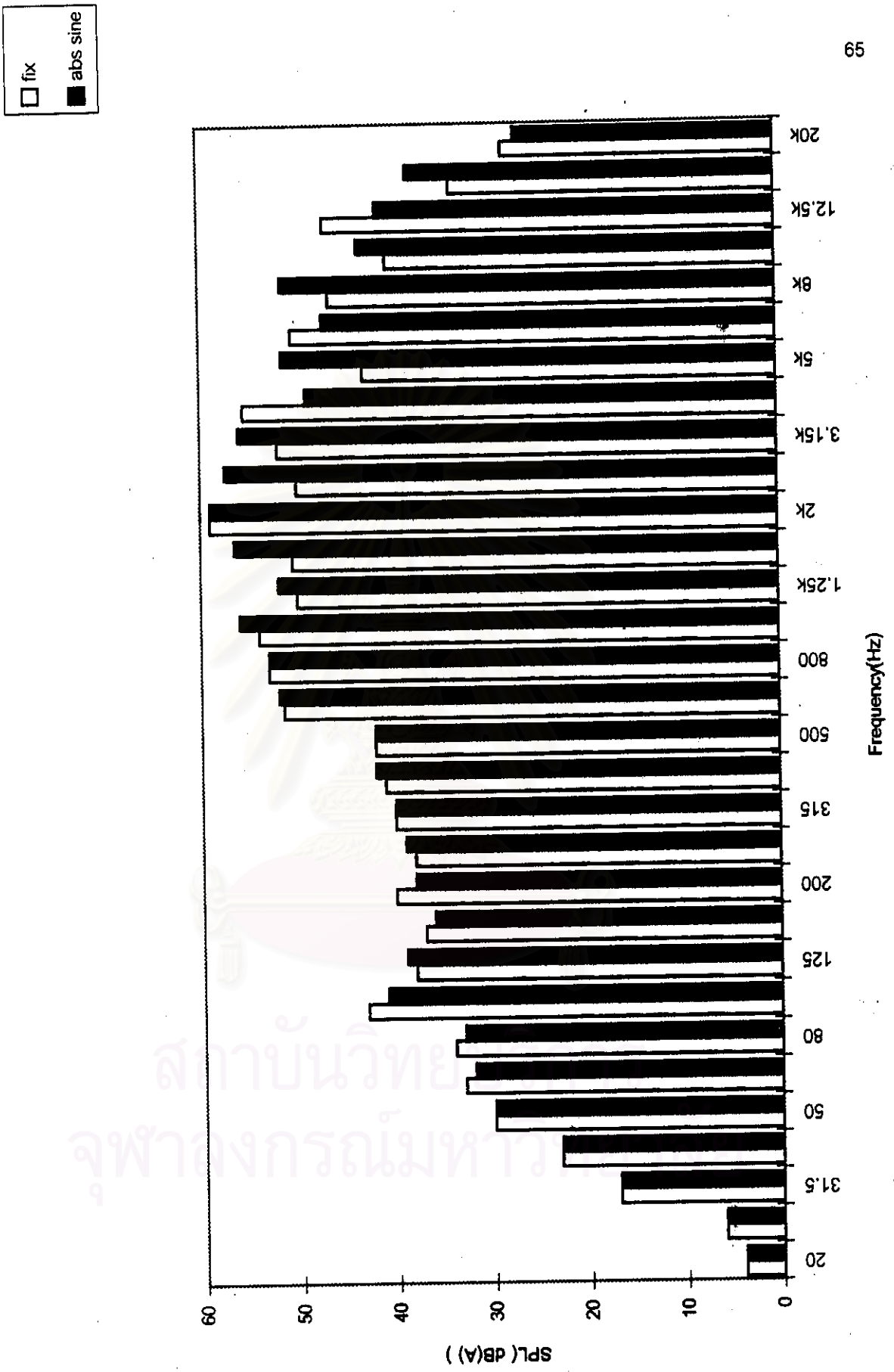
<u>ผลการวัดเสียงรบกวนจากมอเตอร์</u>

การวัดเสียงรบกวนจากมอเตอร์จะใช้การวัดเปรียบเทียบระหว่างมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์แบบความถี่การสวิตช์คงที่กับมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ตามแบบแผนของค่าสัมบูรณ์ของไซน์ โดยมีค่าความถี่การสวิตช์เฉลี่ยเท่ากัน คือ 2kHz ในการวัดเสียงจะใช้เครื่องมือวัดเสียง (sound level meter) ของ Bruel & Kjaer รุ่น 2231 โดยมีชุดกรองความถี่รุ่น 1625 ติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงความถี่ ในการวัดจะใช้การถ่วงน้ำหนักแบบ A (A weighting) เพื่อให้ได้ผลการวัดที่มีความใกล้เคียงกับการรับรู้ของหูมนุษย์ โดยใช้แบนด์วิดธ์ในการวัดเท่ากับ 1/3 ออกเทฟ เพื่อให้ได้ผลการวัดเชิงความถี่ที่ละเอียดที่สุด (ชุดกรองความถี่รุ่น 1625 สามารถเลือกแบนด์วิดธ์ได้ 2 แบบคือ 1 ออกเทฟกับ 1/3 ออกเทฟ) การวัดเสียงทำในห้องที่มีขนาดจำกัดและมีโต๊ะเก้าอี้วางอยู่บ้าง ดังนั้นผลการวัดจึงจะเป็นการวัดในเชิงเปรียบเทียบมากกว่าที่จะเป็นการวัดค่าสัมบูรณ์ โดยในการวัดจะใช้มอเตอร์ขนาด 2.2kW ไม่มีโหลด ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันไฟตรง 300V โดยมอเตอร์ต่อแบบ Y ผลการวัดเสียงรบกวนในเชิงความถี่แสดงดังรูปที่6.14,6.15 และ 6.16



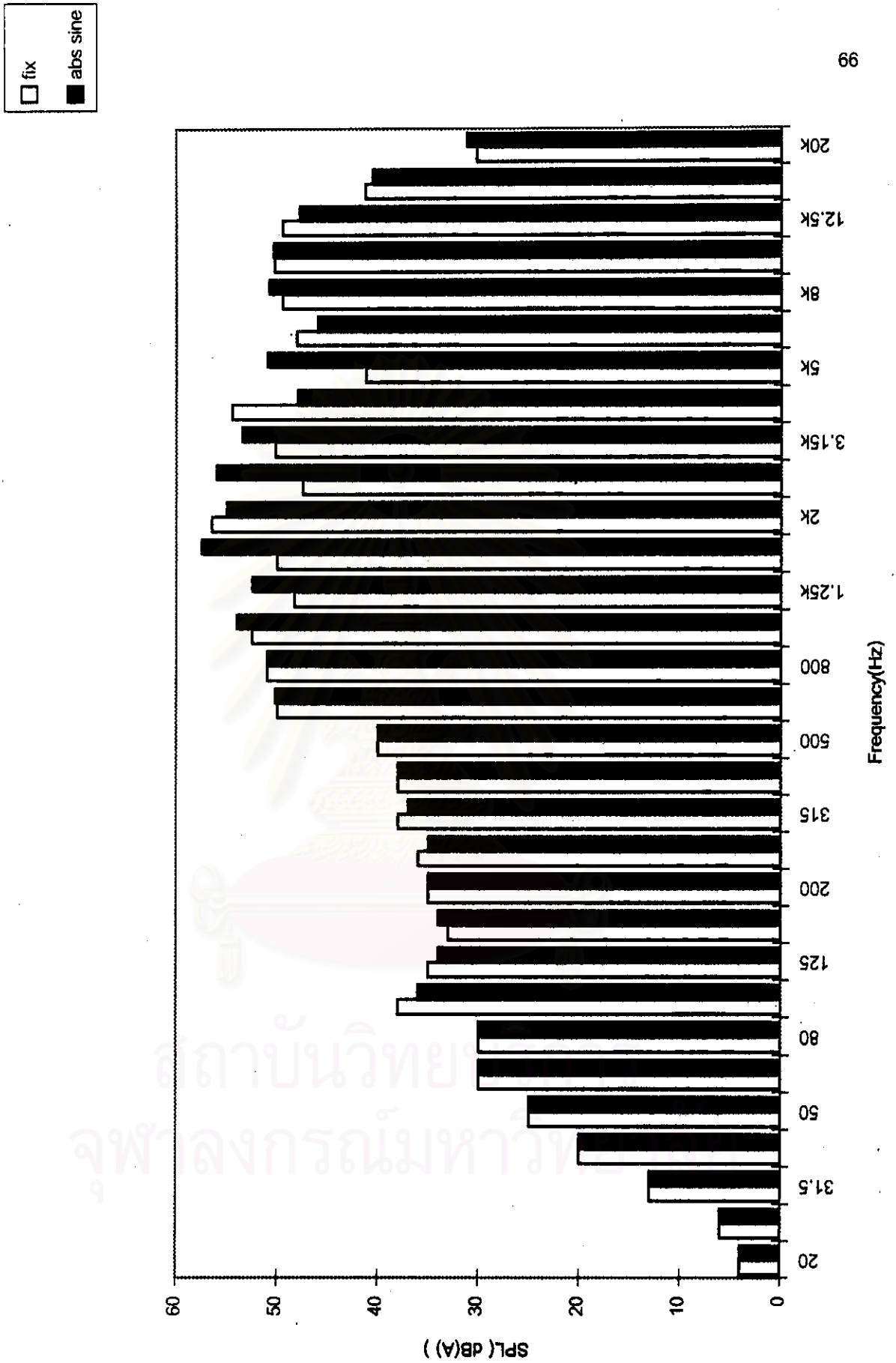
รูปที่6.14 ผลการวัดเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวมอเตอร์เมื่อขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ 50Hz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่6.15 ผลการวัดเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวมอเตอร์เมื่อขับเคลื่อน
ด้วยอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ 25Hz

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่6.16 ผลการวัดเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวมอเตอร์เมื่อขับเคลื่อน
ด้วยอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ 20Hz

จากรูปที่6.14,6.15 และ6.16 จะเห็นว่าระดับความดังของเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ไม่ได้แตกต่างกันเท่าไร แต่ที่ความถี่ตรงกับความถี่การสวิตช์และค่าพหุคูณของความถี่การสวิตช์, ซึ่งในระบบอินเวอร์เตอร์ที่มีความถี่การสวิตช์คงที่จะมีสเปกตรัมของกระแสที่มีขนาดสูงที่ความถี่เหล่านี้, จะมีความดังของเสียงที่สูงกว่าความถี่ข้างเคียง โดยสามารถพิจารณารูปสเปกตรัมของกระแสเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของเสียงได้ โดยจะเห็นว่าที่ความถี่ 50Hz ถ้ามีความถี่การสวิตช์คงที่สเปกตรัมของกระแสจะมีค่าสูงสุดที่ความถี่ 2 kHz ซึ่งสเปกตรัมของเสียงก็จะมีระดับเสียงที่ดังที่สุดที่ 2kHz เช่นกัน ในขณะที่อินเวอร์เตอร์ที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ตามแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์จะทำให้สเปกตรัมของเสียงที่ความถี่ 2kHz มีขนาดลดลง แต่ไปเพิ่มขนาดความดังของเสียงที่ความถี่ข้างเคียงแทน โดยผลการทดสอบที่ 25Hz และ 20Hz ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการแปรความถี่การสวิตช์ไม่ได้ลดขนาดความดังเสียงให้ลดน้อยลง แต่ทำให้เกิดการกระจายของเสียงในช่วงความถี่ที่กว้าง ทำให้มนุษย์รู้สึกว่ามีเสียงรบกวนน้อยลง

<u>การทดสอบเชิงจิตวิสัย (Subjective Test)</u>

เพื่อทดสอบว่าเสียงรบกวนที่เกิดจากระบบที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ทำให้รู้สึกน่ารำคาญน้อยกว่าระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่จริงหรือไม่ จึงได้ทำการทดสอบโดยสุ่มตัวอย่างนิสิต 5 คน มาฟังเสียงรบกวนที่เกิดจากตัวมอเตอร์เมื่อขับเคลื่อนด้วยระบบที่มีการแปรความถี่การสวิตช์กับระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่ โดยกลุ่มตัวอย่างจะไม่รู้ว่าขณะนี้กำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยระบบใดและมีความถี่หลักมูลเท่าใด ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 6.1

นิสิตคนที่ 1		
ความถี่หลักมูล 50 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
		X
ความถี่หลักมูล 25 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า , น่ารำคาญที่สุด		
ความถี่หลักมูล 20 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า	น่ารำคาญน้อยที่สุด	

ตารางที่6.1 ผลการทดสอบเสียงรบกวนจากมอเตอร์เชิงจิตวิสัย

นิสิตคนที่ 2		
ความถี่หลักมูล 50 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า		
ความถี่หลักมูล 25 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า , น่ารำคาญที่สุด		
ความถี่หลักมูล 20 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า	น่ารำคาญน้อยที่สุด	

นิสิตคนที่ 3		
ความถี่หลักมูล 50 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า	น่ารำคาญน้อยที่สุด	
ความถี่หลักมูล 25 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า , น่ารำคาญที่สุด		
ความถี่หลักมูล 20 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
		X

ตารางที่6.1(ต่อ) ผลการทดสอบเสียงรบกวนจากมอเตอร์เชิงจิตวิสัย

นิสิตคนที่ 4		
ความถี่หลักมูล 50 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า , น่ารำคาญที่สุด		
ความถี่หลักมูล 25 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า		
ความถี่หลักมูล 20 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า	น่ารำคาญน้อยที่สุด	

นิสิตคนที่ 5		
ความถี่หลักมูล 50 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
		X
ความถี่หลักมูล 25 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า , น่ารำคาญที่สุด	น่ารำคาญน้อยที่สุด	
ความถี่หลักมูล 20 Hz		
ความถี่การสวิตช์คงที่	แปรความถี่การสวิตช์	น่ารำคาญเท่ากัน
น่ารำคาญกว่า		

ตารางที่6.1(ต่อ) ผลการทดสอบเสียงรบกวนจากมอเตอร์เชิงจิตวิสัย

ผลการทดสอบ จะเห็นว่ามีนิสิต 2 คน ที่เห็นว่าระบบความถี่การสวิตช์คงที่น่ารำคาญมากกว่าในทุก ๆ ความถี่หลักมูล ส่วนนิสิตอีก 3 คนเห็นว่ามีบางความถี่หลักมูลที่ทั้งสองระบบมีความน่ารำคาญเท่ากัน แต่ไม่มีนิสิตคนใดเห็นว่าระบบการแปรความถี่การสวิตช์น่ารำคาญกว่า โดยนิสิตส่วนใหญ่จะออกความเห็นว่า ในการฟังเปรียบเทียบกันจะไม่รู้สึกว่ามีความดังค่อยต่างกัน แต่เสียงที่หวีดแหลมจะรู้สึกน่ารำคาญกว่าและนิสิตทุกคนเห็นว่าเสียงที่น่ารำคาญที่สุดจะเกิดจากระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่ และเสียงที่น่ารำคาญน้อยที่สุดจะเกิดจากระบบที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ ดังนั้น จากภาพรวมจึงสรุปได้ว่าผู้ฟังรู้สึกว่าระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่จะมีเสียงหวีดแหลมทำให้ผู้ฟังเกิดความรำคาญมากกว่าระบบที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ซึ่งมีเสียงซ่าคล้ายฝนตก ดังนั้นจากผลการทดสอบเชิงจิตวิสัยจะเห็นว่า การแปรความถี่การสวิตช์ช่วยลดน่าความรำคาญของเสียงรบกวนลงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย