



ปีการศึกษา 2533

การลดระดับเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในประเทศ

โดย

- | | | |
|-----------------|------------|--------|
| 1. นายบรรณวิทย์ | มุลสิน | 301116 |
| 2. นายประสัด | ศษประเสริฐ | 301146 |
| 3. นายมานะทัส | อิมเอิบปฐม | 301215 |
| 4. นายรังสฤษดิ์ | สัตสวาธ | 201222 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พงษ์เจต พรหมวงศ์

028805

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีใดๆ
13.11.2533

การลดระดับเสียงรบกวน
ในเครื่องปรับอากาศที่ผลิตภายในประเทศ

NOISE REDUCTION IN LOCAL AIR CONDITIONER

โดย

นายบรรณวิทย์	มุลสิน	รหัสประจำตัว	301116
นายประสุด	สุขประเสริฐ	รหัสประจำตัว	301146
นายมานะชัย	อิมเอิบปฐม	รหัสประจำตัว	301215
นายรังสฤษดิ์	สัตยาวิธ	รหัสประจำตัว	301222

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พงษ์เจตต์ พรหมวงศ์)

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028803

บทคัดย่อ

ปัญหาเรื่องเสียงรบกวนใน fancoil เป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่ง ซึ่งพบมากใน เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type ที่ผลิตในประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลักคือ การใช้ blower ที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ซึ่งทราบได้โดยการวัดระดับความดังของเสียงในห้องเก็บ เสียงด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียง "ONO SOKKI" CF-350 ส่วนสาเหตุอื่นๆ ก็มี เช่น เสียงของการไหลของสารความเย็นใน capillary tube ใน fancoil unit , เสียงที่เกิดจากการสั่นกระพือของ casing เป็นต้น เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มี การกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับเสียงของเครื่องปรับอากาศที่ผลิตจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นที่ยอมรับในคุณภาพและมาตรฐานการผลิตเป็นเครื่องอ้างอิง

การศึกษาในที่นี้ จะทำการวัดระดับเสียงของอุปกรณ์ประกอบที่ละส่วนเปรียบเทียบกับ โดยควบคุมตัวแปรและสภาพแวดล้อมต่างๆของเครื่องทั้งสองให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด แนวทางการลดระดับเสียงมุ่งไปที่การปรับปรุง blower ซึ่งต้องคำนึงถึงราคาที่สูงขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับ เครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศเป็นหลักด้วย

ABTRACT

Noises in fancoil unit were the essential problem of split-type local made air-conditioners. Because the unsatisfactory blower has been chosen , so all of them were the main of noise. Flowing of refrigerant in their capillary tubes , and the vibration of their cases , were also the causes of noise. Known by using the ' ONO SOKKI ' CF-350 frequency analyzer for measurements. But these are not noise standard for air-conditioners in Thailand , so a well-known imported air-conditioner had been used for reference. Here , the measurements had been taken for each part by controlling almost of the environmental factors. The noise reduction guidance emphasized on blower improving and base on cost increasement.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักของการปรับอากาศ	2
บทที่ 3 ทฤษฎีเสียงและการได้ยิน	5
บทที่ 4 การวัดระดับเสียง	11
บทที่ 5 แนวทางในการลดระดับเสียงรบกวน	17
บทที่ 6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	26
ภาคผนวก	
- ลักษณะทางกายภาพของเครื่อง Frequency Analyzer	ก-จ
- วิธีการเช็ทเครื่อง	ฉ
- การจัดเก็บข้อมูลลงบนจานแม่เหล็ก	ช-น
กิตติกรรมประกาศ	บ
เอกสารอ้างอิง	ป

บทที่ 1 บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน (split type) ที่ผลิตในประเทศไทยภายใต้เครื่องหมายการค้าของผู้ผลิตเองนั้น ผู้ใช้มักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับเสียงรบกวน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุปกรณ์ต่างๆที่มีคุณภาพไม่ดีพอ เมื่อเทียบกับเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ หรือผลิตในประเทศไทยภายใต้เครื่องหมายการค้าของต่างประเทศ อันมีสาเหตุมาจากความต้องการควบคุมราคาต่อหน่วยให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่จะตีตลาดระดับล่าง ซึ่งผู้ซื้อมักกำลังซื้อค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง อันเป็นตลาดคนละส่วนกับตลาดของเครื่องปรับอากาศจากต่างประเทศนั่นเอง

ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้ทำการศึกษาถึงแนวทางในการลดระดับเสียงรบกวนในเครื่องปรับอากาศที่ผลิตภายในประเทศลงให้มากที่สุด โดยคำนึงถึงเหตุผลทางด้านราคาประกอบกันด้วย ซึ่งจะต้องทำการศึกษาถึงหลักของการปรับอากาศและหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปเสียก่อน รวมทั้งจะต้องศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีเสียงและการได้ยิน ซึ่งจะทำให้ทราบว่าเสียงเดินทางจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ เข้าสู่ผู้ฟังได้อย่างไร มากน้อยแค่ไหน และหูของมนุษย์จะรับทราบระดับความดังของเสียงได้ดีที่ความถี่ช่วงใดบ้าง หลังจากนั้นจึงจะทำการศึกษาทดลองวัดระดับเสียงรบกวนในห้องเก็บเสียง โดยจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงความสามารถในการเก็บเสียงของห้องด้วย

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ความถี่ (ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพและวิธีใช้งานแสดงไว้ในภาคผนวก) จะพบว่า การเกิดเสียงรบกวนใน fancoil unit มีสาเหตุมาจากการใช้ blower ที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ทำให้เกิดการสั่น เนื่องจากความไม่สมดุลขณะหมุน การสั่นสะเทือนนี้จะถูกส่งต่อไปยังชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งถ้าหากความถี่ของการสั่นนี้ไปเสริมกับความถี่ธรรมชาติของชิ้นส่วนเหล่านั้นแล้ว ก็จะทำให้เกิด resonance อันเป็นผลให้ amplitude ของคลื่นการสั่นสูงขึ้นไปอีก เมื่อทราบดังนี้แล้ว วิธีการแก้ไขจึงมุ่งไปที่การลดการสั่นสะเทือนของ blower โดยยังคง blower ตัวเดิมไว้ เพื่อไม่ให้ราคาต่อหน่วยของเครื่องที่ปรับปรุงแล้วสูงมากจนใกล้เคียงกับเครื่องจากต่างประเทศ แต่ใช้วัสดุประเภทดูดซับเสียงและการสั่นสะเทือนบุไว้ตามจุดที่คาดว่าจะมีการสั่นหรืออยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียง แล้วเสริมความแข็งแรงของชิ้นส่วนด้วยวัสดุที่แข็งแรงและมีน้ำหนักมากพอสมควร ผลของการปรับปรุงที่ได้รับคือ ระดับความดังของเสียงจะลดลงประมาณ 5% เมื่อเทียบกับเครื่องเดิมก่อนการปรับปรุง โดยเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นประมาณ 1000 บาทต่อเครื่อง แต่มีข้อเสียคือ ทำให้เครื่องมีขนาดให้เทอะทะและมีน้ำหนักมากขึ้น ซึ่งหากได้รับการแก้ไขข้อเสียเหล่านี้แล้ว วิธีการปรับปรุงเหล่านี้ก็น่าจะเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไทยต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 หลักของการปรับอากาศ

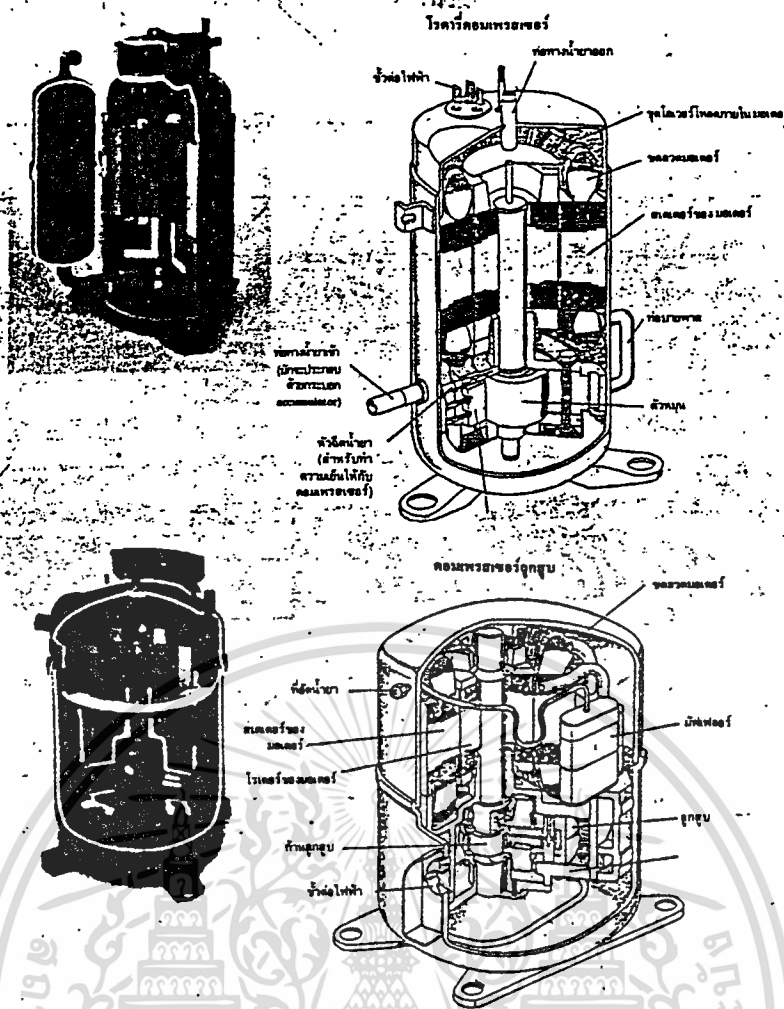
เราเคยทราบกันมาแล้วว่าเมื่อความดันสูง ของเหลวจะเดือดที่อุณหภูมิสูงกว่าที่ความดันต่ำ หลักการของเครื่องปรับอากาศก็อาศัยหลักการเพิ่มหรือลดความดันเพื่อให้ของเหลวกลายเป็นไอหรือกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่อุณหภูมิตามต้องการนั่นเอง โดยเราอาจเรียกของเหลวที่ใช้ในระบบทำความเย็นได้ว่า สารความเย็น (Refrigerants) ซึ่งสารความเย็นที่นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศทั่ว ๆ ไป ได้แก่ ฟร็อน-22 เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการด้วยกัน

หากเราต้องการทำให้อุณหภูมิของห้องๆหนึ่ง เย็นลง สมมุติว่าให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 75 F โดยใช้ ฟร็อน-22 เป็นสารความเย็นซึ่งมีคุณสมบัติคือ มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 46 F ที่ความดัน 93 psi ดังนั้น หากเรานำถังบรรจุฟร็อน-22 มาไว้ในห้อง และควบคุมความดันของถังให้เท่ากับ 93 psi ฟร็อน-22 ก็จะเดือดเนื่องจากอุณหภูมิของห้องสูงกว่าจุดเดือดของฟร็อน-22 ห้องก็จะเย็นลงเพราะไอของฟร็อน-22 ที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวนำความร้อนออกไปจากห้อง แต่เราจะต้องควบคุมไอจำนวนนี้ให้เป็นของเหลวเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเราทราบว่า ฟร็อน-22 สามารถกลั่นตัวได้ที่อุณหภูมิ 104 F ที่ความดัน 224.6 psi ดังนั้น ถ้าเราสามารถนำถังใบหนึ่งมาบรรจุไอของฟร็อน-22 ที่เกิดขึ้นนี้ โดยตั้งไว้นอกห้องและควบคุมความดันภายในถังให้เท่ากับ 224.6 psi ไอของฟร็อน-22 ก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ (เนื่องจากอุณหภูมิห้องโดยทั่วไปมักจะไม่เกิน 95 F ซึ่งต่ำกว่าจุดกลั่นตัวของฟร็อน-22) อุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวควบคุมความดันให้เป็นไปตามนี้ ได้แก่ Compressor และลิ้นกีดความดัน (Expansion Valve) ดังรูปที่ 1 และ 2

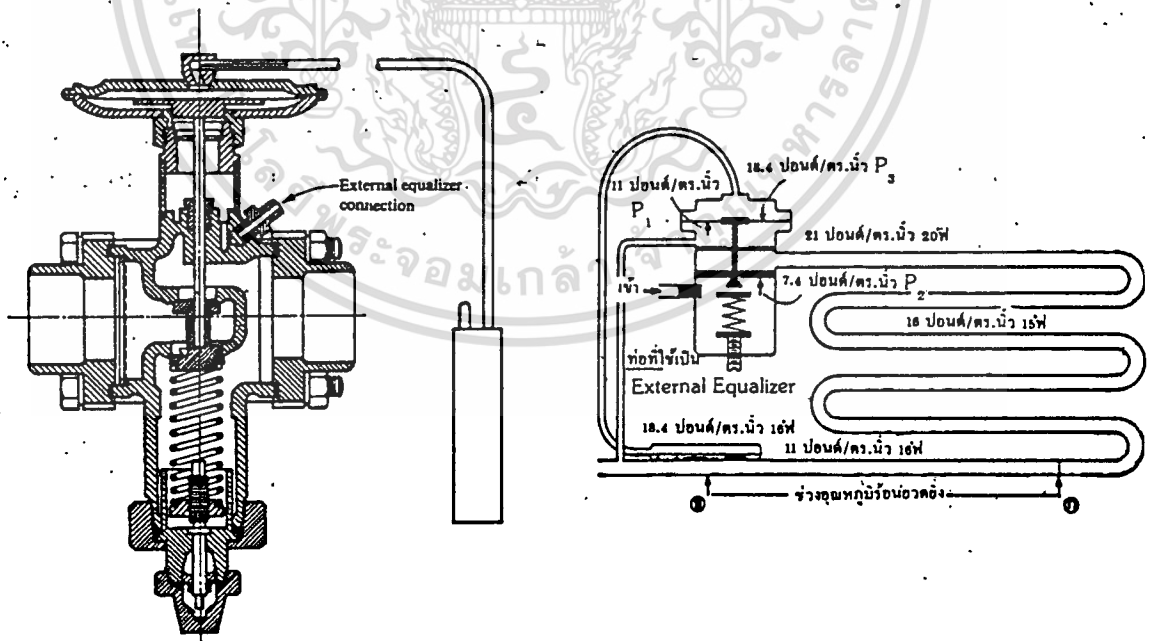
นอกจากนี้ ถังบรรจุฟร็อนทั้งสองยังถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของท่อชุดไปซดมา เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้น โดยชุดท่อที่อยู่ในห้องจะทำหน้าที่เป็นตัวรับความร้อนจากภายในห้อง เพื่อไปทำให้สารความเย็นเดือดกลายเป็นไอ เรียกว่า คอยล์เย็น (Evaporator) และ ชุดท่อที่อยู่นอกห้องจะทำหน้าที่เป็นตัวระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก เรียกว่า คอยล์ร้อน (Condensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



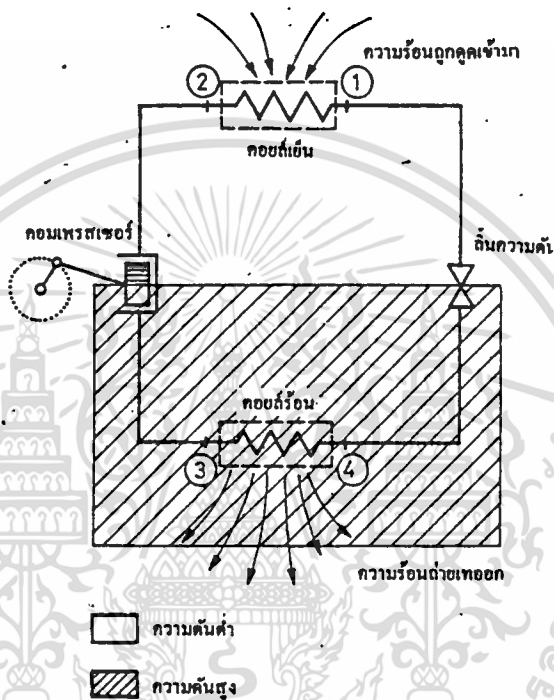
รูปที่ 1 โครงสร้างของ Compressor แบบโรตารี และ แบบลูกสูบ



รูปที่ 2 Thermostatic Expansion Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา **3** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบปรับอากาศนี้มีส่วนหนึ่งที่มีความดันต่ำกว่า และ อีกส่วนหนึ่งมีความดันสูงกว่า เราจึงอาจแบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มีความดันต่ำ (Low Pressure Side) กับส่วนที่มีความดันสูง (High Pressure Side) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจรของการทำความเย็น

ระบบปรับอากาศที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปในปัจจุบัน แบ่งเป็น 3 ระบบ คือ

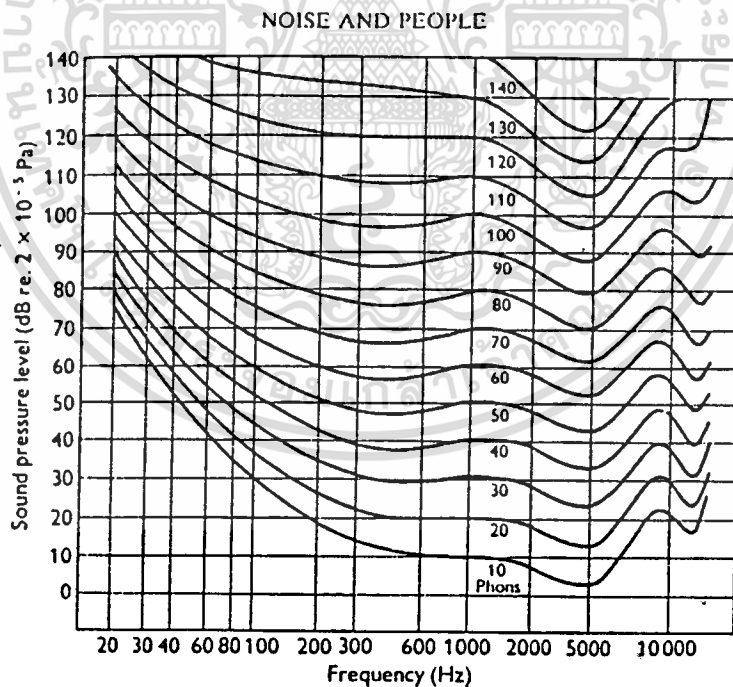
1. Direct Expansion System
2. Packaged Water Cooled Unit
3. Chilled Water System

แต่ใน Project นี้ จะทำการศึกษาถึงเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นในเครื่องปรับอากาศระบบ Direct Expansion เท่านั้น

บทที่ 3 ทฤษฎีเสียงและการได้ยิน

หูของมนุษย์แบ่งตามหลักกายวิภาค สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน หูส่วนนอก , หูส่วนกลาง และหูส่วนใน หน้าที่ของหูส่วนนอกและหูส่วนกลาง คือ รวบรวมคลื่นเสียง และเปลี่ยนความดันของเสียงให้กลายเป็นการเคลื่อนที่ทางกล หูส่วนในจะทำการเปลี่ยน การเคลื่อนที่ทางกลให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าทางประสาท ซึ่งจะเดินทางเข้าไปในสมอง เพื่อรับรู้และสัมผัสคลื่นเสียง

หูของมนุษย์จะไม่สามารถรับคลื่นเสียงได้เท่ากันทุกความถี่เช่น เสียง 50 dB ที่ 100 Hz จะไม่ดังเท่ากับ 50 dB ที่ 500 Hz. Overall Sound Pressure Level ในหน่วย dB จึงไม่สามารถบอกระดับความดังของเสียงที่ดี รูปที่ 4 แสดงถึงเส้นรูปร่าง ของระดับความดังที่เท่ากัน หน่วยของความดัง คือ phon ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 4 Equal Loudness Contours

เส้นรูปร่างของ 60 phon จะที่ sound pressure level ในหน่วยของ dB ทุก ๆ ความถี่ ซึ่งจะเท่ากับ 60 dB ที่ 1 kHz ที่ประมาณ 500 Hz ลงมาเส้นกราฟเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความถี่ลดลง นั้นแสดงว่า หูของเราสามารถรับคลื่นเสียงได้ดีขึ้น ในขณะที่ความถี่ลดลง และแอมพลิจูดจะลดลงเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นจาก 1 kHz ไปเป็น 4 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่หูของมนุษย์มีความไวต่อการรับสัมผัสมากที่สุด เพื่อจะเขียนแบบการตอบสนองของหู จึงได้สร้างเครื่องมือ Weighting Networks 3 ชนิด คือ

A-Weighting ใช้วัด Sound Pressure Level ไม่เกิน 55 dB

B-Weighting ใช้วัด Sound Pressure Level ในช่วง 55-85 dB

C-Weighting ใช้วัด Sound Pressure Level สูง ๆ

การกระจายของคลื่นเสียงในของแข็ง (Wave Propagation In Solids)

ประเภทของคลื่นที่กำเนิดในของแข็งมี 3 ประเภท คือ Longitudinal , Transverse , และ Bending แต่โดยทั่วไปแล้ว คลื่นทั้งหมดจะเปลี่ยนรูปมาจาก Longitudinal Wave แต่ที่ความถี่สูง ๆ จะเกี่ยวข้องกับความเร็วของของแข็ง แม้ว่า คลื่นชนิดนี้จะไม่แผ่กระจายเสียงสู่อากาศได้มากนัก แต่มันก็มีความสำคัญมาก เพราะมันสามารถที่จะกระตุ้นให้ส่วนอื่นๆ ของโครงสร้างให้เกิดการสั่นแบบ Bending ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นเสียงซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุด เพราะมันสามารถที่จะแผ่กระจายเสียงสู่อากาศได้

1. Longitudinal Wave

(a) ความเร็วของเสียงที่เกิดในแท่งกลม (Velocity of sound in a bar)

พิจารณาแท่งกลมสม่ำเสมอที่พื้นที่หน้าตัด เกิดการสั่นแบบ Longitudinal ที่เวลาขณะใดขณะหนึ่ง จุด X อยู่ในตำแหน่งที่มีระยะขจัด n จากจุดเริ่มต้นในทิศทาง x จากส่วนปลายของแท่งกลม ในลักษณะเช่นเดียวกัน ระยะขจัดของจุด Y คือ $n + \Delta n$ ระยะห่างเริ่มต้นระหว่าง X และ Y คือ Δx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 6 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียด (strain) ที่ X ที่ขณะใดขณะหนึ่ง = $\frac{dn}{dx}$ และ

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเครียด (strain) = $\frac{d^2n}{dx^2}$

ความเครียด (strain) ที่ Y = $\frac{dn}{dx} + \frac{d^2n}{dx^2} * \Delta x$

ความเค้น (stress) ที่ X = $E \frac{dn}{dx}$

ความเค้น (stress) ที่ Y = $E \frac{dn}{dx} + E \frac{d^2n}{dx^2} * \Delta x$

การเปลี่ยนแปลงของความเค้น = $E \frac{d^2n}{dx^2} * \Delta x$

แรงที่กระทำระหว่าง 2 จุด = $AE \frac{d^2n}{dx^2} * \Delta x$ ----- 1

กำหนดให้ ρ = ความหนาแน่น

t = เวลา

A = พื้นที่หน้าตัด

E = Young's modulus

จาก Newton's Law แรง = มวล * ความเร่ง

= $\rho A \Delta x \frac{d^2n}{dx^2}$ ----- 2

1 = 2 ; จะได้ $E = \rho \left(\frac{dx}{dt} \right)^2$

เนื่องจาก $\frac{dx}{dt} = V_1$ ความเร็วของเสียงในแท่งกลม

$V_1^2 = \frac{E}{\rho}$

หรือ $V_1 = \sqrt{\left(\frac{E}{\rho} \right)}$

materials

<i>Material</i>	<i>Velocity in bar (m/s)</i>
Glass	5300
Steel	5200
Aluminum	5100
Cast iron	3400
Reinforced concrete	3700
Bricks with mortar	2350
Wood – with grain	3600–4900
across grain	1000–2500
Rubber, hard	1400
soft	50
Sand	97–210

ตารางที่ 1 Velocity of sound in some common

(b) ความเร็วของเสียงในแผ่น (Velocity of sound in plates)
 การ derive สมการเหมือนกับที่ผ่านมา แต่ต้องคิดถึงความจริงที่ว่า
 วัสดุถูกบังคับในทิศทางอื่น และจะขึ้นอยู่กับ bi-axial stress เพราะค่า
 E ถูกแทนที่ด้วย E'

$$E' = \frac{E}{(1-\mu)^2}$$

เมื่อ μ = อัตราส่วน พัวซอง (Poison's ratio)

$$V = \sqrt{\left(\frac{E}{\rho(1-\mu)^2} \right)}$$

(c) Infinite Media

ในกรณีนี้ วัสดุจะมีความเค้นในแบบ tri-axial และสมการข้างบน
 จะกลายเป็น

$$V = \sqrt{\left(\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)} \right)}$$



ซึ่งในกรณีหลังมักจะพบในกรณีทั่วไป อย่างเช่น กำแพงอิฐหนา 250 mm. เสียงจะมีความเร็ว 2,500 m/s ซึ่งเงื่อนไขนี้จะเป็นจริงเมื่อ คลื่นเสียงมีความถี่ 10 kHz ขึ้นไป

2. Transfer Waves

ของแข็งจะมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร และการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง ซึ่งผลจากการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง จะสามารถส่งผ่าน Tangential (shear) stresses จะสามารถแสดงความเร็วของการแผ่ของคลื่นได้ในรูป

$$V_s = \sqrt{\left(\frac{E}{2(1+\mu)} \right)}$$

ซึ่งจะให้ความเร็วของกระแฉับคลื่นน้อยกว่า Longitudinal Wave

3. Bending Wave

แม้จะเกิดใน รูป Transverse แต่มันมีความแตกต่างไปจากคลื่นที่เราได้พิจารณามา ซึ่งมีความสำคัญมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงของรูปร่างมีมาก ดังนั้น มันจะสามารถแผ่คลื่นเสียงออกมาได้เป็นอย่างดี

ความเร็วของ Bending Wave นี้ จะขึ้นอยู่กับความถี่ซึ่งหาได้จาก

$$V_b = \left(\frac{EI}{\rho A} \right)^{1/4} * \omega^{1/2}$$

กำหนดให้ E = Young's modulus

I = Second moment of area

A = Cross section

ρ = Density

ω = ความถี่ในหน่วย rad/s

ดังนี้

และนอกจากนี้แล้วมันยังมีความสัมพันธ์กับ Longitudinal Wave , V_1

$$V_b = (V_1 * w)^{1/2} (1/\lambda)^{1/4}$$

ในกรณีของแผ่นบาง

$$V_b = (1.8 hfV_1)^{1/2}$$

เมื่อ h = ความหนาแน่นของแผ่น



บทที่ 4 การวัดระดับเสียง

ในการวัดระดับเสียงโดยทั่วไปจะมี technical term ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต้องกล่าวถึง ได้แก่

1. Root Mean Square Pressure (P_{rms})

$$P_{rms} = \sqrt{(1/T) \int_0^T P^2(t) dt}$$

เมื่อ T = time interval

$P(t)$ = instantaneous value of acoustic pressure

2. Intensity (I) คือ ค่าพลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่เสียงเดินทางผ่าน 1 หน่วยพื้นที่ของตัวกลาง หรือ

$$I = (P_{rms})^2 / \rho c$$

เมื่อ ρc = characteristic impedance ของตัวกลาง

3. Energy Density (E) คือ ค่าพลังงานเสียงเฉลี่ยต่อปริมาตรของตัวกลาง โดยคำว่า พลังงานเสียงเฉลี่ยนั้นหมายถึง พลังงานจลน์ (ในการทำให้ตัวกลางเคลื่อนที่) และ พลังงานศักย์ (จากการอัดและขยายตัวของตัวกลาง).

$$E = (P_{rms})^2 / \rho c^2$$

4. Frequency Response คือ ช่วงความถี่ของเสียงที่เครื่องมือวัดสามารถตรวจจับได้ หลังจากช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Response Time)

5. Dynamic Range คือ อัตราส่วนของ amplitude of maximum input level per amplitude of noise ของเครื่องมือวัดนั้น

6. Crest Factor คือ อัตราส่วนของ peak value of input signal ต่อ rms value of input signal นั้น

7. Frequency Analysis คือ การแยกความถี่ของเสียงออกเป็น สเปกตรัมของความถี่ เพื่อ

- ตรวจสอบแหล่งกำเนิดของเสียงรบกวน
- พิจารณาเลือกใช้วิธีการ , วัสดุ และโครงสร้างต่าง ๆ ในการลดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

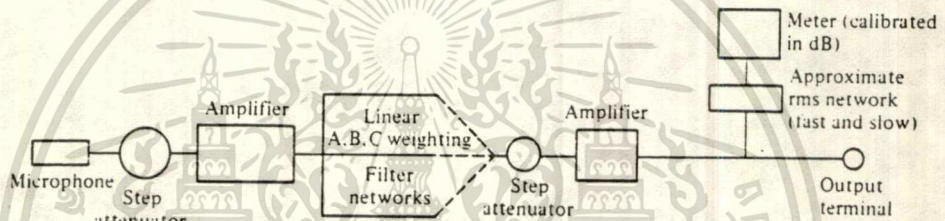
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 11 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รบกวน

- เปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการลดเสียงรบกวนโดยวิธีการต่าง ๆ
- กำหนดขอบเขตของระดับเสียงรบกวนที่ยินยอมให้มีได้

หลังจากได้กล่าวถึง technical term ที่สำคัญ ๆ ไปบ้างแล้ว ในขั้นต่อไปก็จะขอกล่าวถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวัดระดับเสียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่

1. Sound Level Meter ใช้วัดระดับสัญญาณของเสียง

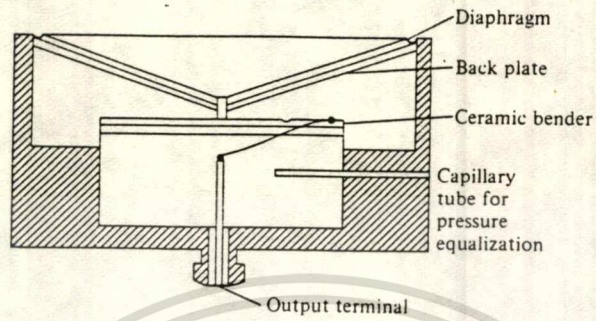


INTERNAL COMPONENTS OF SOUND LEVEL METER/OCTAVE BAND ANALYZER

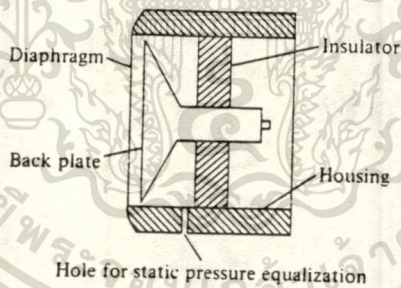


รูปที่ 5 Sound Level Meter

2. Microphone ใช้เป็นตัวรับเสียงเข้าสู่เครื่อง frequency analyzer



รูปที่ 6 Ceramic Microphone



รูปที่ 7 Condenser Microphone

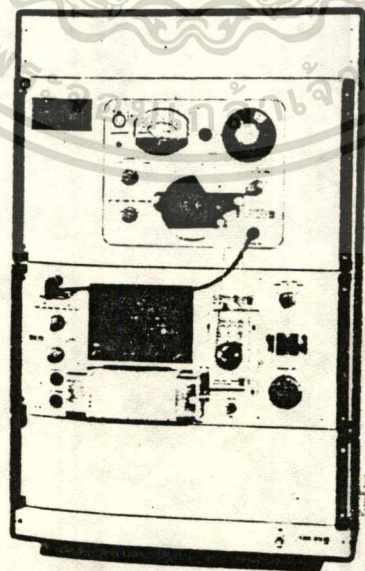
Measurement condition	Class of microphone	Typical applications
Perpendicular incidence	Free-field	Product noise
Grazing incidence	Pressure,* random-incidence, or corrected free-field	Moving sound source
Random incidence	Pressure, random-incidence, or corrected free-field	Factory noise; reverberation room measurements

* Pressure microphones are designed to provide good frequency response when mounted in the wall of a cavity; an earphone calibrator is one example.

ตารางที่ 2 Types of Microphones for Various Applications

3. Windscreen ใช้เพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากการเคลื่อนไหวของอากาศรอบ ๆ Microphones

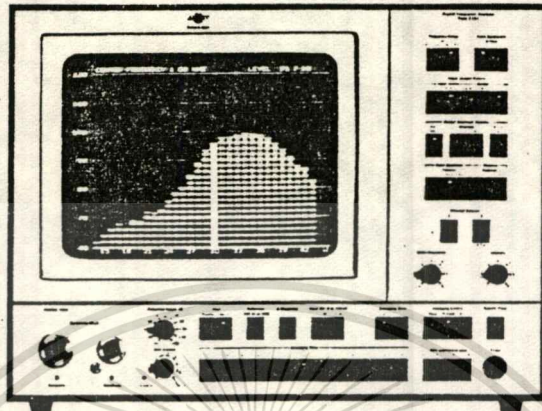
4. Recording Analyzer ใช้ในการ plot graph แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดังเสียง (sound pressure level) กับ ความถี่ เราจึงเรียกอีกอย่างได้ว่า Frequency Spectrogram



รูปที่ 8 Recording Spectrum Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Real Time Analyzer ใช้วิเคราะห์ instantaneous frequency spectrum ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ (ดูภาคผนวก)

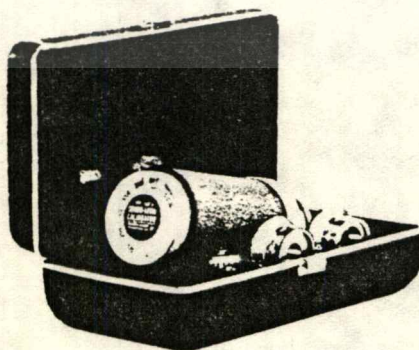


รูปที่ 9 Digital Real Time Frequency Analyzer

6. Tape Recorder ใช้บันทึกเสียงที่เกิดขึ้นไว้ใช้ในการวิเคราะห์ครั้ง

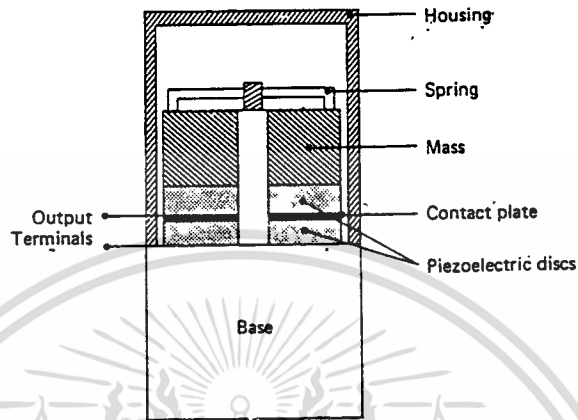
ต่อไป

7. Calibrator ใช้ในการปรับค่า reference of real time analyzer and tape recorder and frequency spectrogram



รูปที่ 10 Acoustic Calibrator

8. Vibration Transducer ใช้แปลงสัญญาณการสั่นสะเทือนให้เป็นสัญญาณความถี่



รูปที่ 11 Vibration Transducer (Accelerometer)

บทที่ 5 แนวทางในการลดระดับเสียงรบกวน

การวิเคราะห์และแก้ปัญหาของเสียงรบกวน มีหลักการพื้นฐาน คือ

1. หา frequency spectrum ของเสียง bandwidth ควรจะแคบพอที่จะสามารถพิสูจน์คุณสมบัติของเสียงได้
2. ถ้าเป็นไปได้ควรปิดแหล่งกำเนิดเสียงที่ละส่วน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงใน dominant portion ของ frequency spectrum
3. ใช้ muffler ไปลดการกระจายเสียงที่ทางเข้าและทางออกของช่องเปิด เพื่อแยกแยะว่าเสียงรบกวนมีต้นกำเนิดจาก fancoil unit หรือ condensing unit
4. ใช้ probe microphone ต่อเข้ากับ frequency analyzer พิสูจน์หาแหล่งกำเนิดของ dominant noise
5. วัด spectrum ของการสั่น โดยการวาง accelerometer ลงบนจุดต่างๆ บนพื้นผิวที่มีการสั่น เปรียบเทียบ spectrum ที่ได้นี้กับ spectrum ของเสียงรบกวน เพื่อพิสูจน์หาแหล่งกำเนิดของเสียง (acoustic radiation) ที่เป็นไปได้
6. เปรียบเทียบ peak of noise spectrum กับการกำเนิดเสียงที่เป็นไปได้ในชิ้นส่วนต่างๆ
7. คำนวณหาความถี่วิกฤต (critical frequency) และ transmission loss ของผนังหรือพื้นผิว เพื่อประมาณค่าการลดลงของระดับเสียงโดยวิธีนี้ สามารถประมาณระดับเสียงที่ปรากฏบนผนังหรือกล่องที่อยู่ด้านเดียวกับผู้ฟัง
8. เปรียบเทียบ physical dimension ของแหล่งกำเนิดเสียง แหล่งกำเนิดเสียงที่มีมิติหลัก (เส้นผ่าศูนย์กลาง, เส้นทะแยงมุม, ความยาว) น้อยกว่าความยาวคลื่นของ particular frequency มักจะไม่มีประสิทธิภาพในการกระจายเสียงที่ความถี่นั้น ในบางกรณี แหล่งกำเนิดเสียงขนาดเล็ก จะสามารถส่งผ่านพลังงานของการสั่น (vibratory energy) ไปยังชิ้นส่วนที่สามารถกระจายเสียงได้ดีกว่า ระดับเสียงที่แผ่กระจาย (radiated noise level) อาจจะเพิ่มขึ้นประมาณ 10-20 dB พลังงานมักจะถูกส่งผ่านไปยังจุดสัมผัสอื่นเกือบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

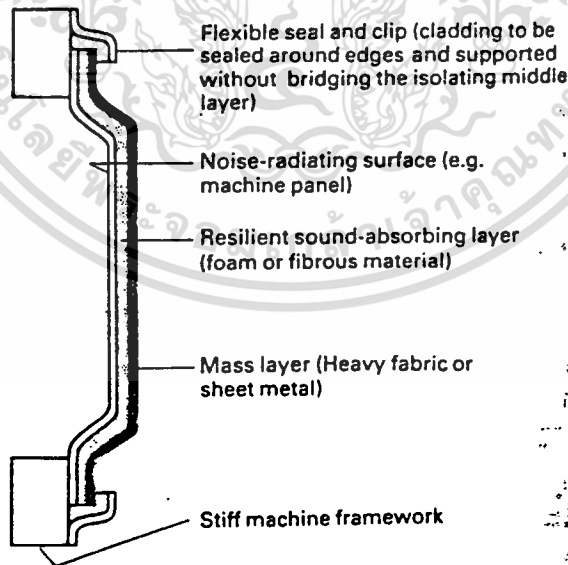
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดเสียงรบกวน

ในที่นี้ จะทำการศึกษาเฉพาะวิธีการลดเสียงที่น่าจะนำไปประยุกต์ ใช้ได้กับ fancoilunit (F.C.U.) ดังนี้ คือ

1. Close Fitting Enclosure หลักการก็คือ ลดปริมาตรของ air gap ภายใน F.C.U. ให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้ casing ของ F.C.U. ประพฤติตนเสมือนเป็นห้องที่เต็มไปด้วยเสียงสะท้อนก้องอยู่ภายใน สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง ก็คือ ความแข็งแรงของ casing of F.C.U. ควรจะสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยยังมีอัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เหมาะสมด้วย

2. Close Shielding of Noise Radiating Surfaces เราสามารถลดเสียงรบกวนในบางบริเวณที่ต้องการได้ โดยการ shield บริเวณนั้น ๆ ด้วย layer ซึ่งมีลักษณะยืดหยุ่น แล้วปิดทับอีกชั้นด้วย layer ประเภทที่มีความแข็งแรงสูง แต่ยืดหยุ่นได้บ้างและมีน้ำหนักพอสมควร ซึ่งอาจเป็นวัสดุประเภท โลหะแผ่น , PVC , foam rubber ฯลฯ



รูปที่ 14 Illustrating the Close Shield

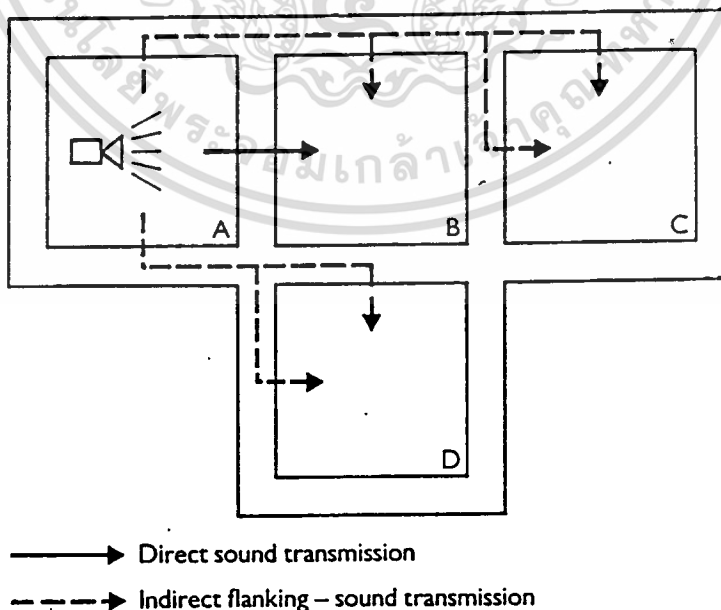
จากรูป Mass layer จะทำหน้าที่ลดการแผ่กระจายของเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือน จึงควรจะทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักมาก ถัดเข้าไปเป็น Resilient sound-absorbing layer ซึ่งจะทำหน้าที่ดักเสียงระหว่างผิวหน้าของชั้นส่วนที่มีการสั่นสะเทือนกับ mass layer โดยมันจะประพฤติตัวคล้ายกับสปริงที่มีความถี่ธรรมชาติที่แน่นอนค่าหนึ่งนั่นเอง

SOUND INSULATION

เมื่อเสียงในอากาศถูกสร้างขึ้นภายในห้องหนึ่ง มันสามารถที่จะส่งผ่านไปยังห้องข้างๆ ได้หลายเส้นทาง อย่างเช่น ผ่าน พื้น โครงสร้าง และทางท่อที่ต่อถึงดิน การลดพลังงานของเสียงที่จะส่งผ่านจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่ง จึงสามารถที่จะลดไปได้โดยใช้ sound insulation

การลดการแผ่กระจายของเสียง

เสียงสามารถส่งผ่านจากสถานที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งได้หลาย ๆ ทาง ดังเช่นที่ยกตัวอย่างในรูป 15



รูปที่ 15 การแผ่กระจายของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อ **19** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงสามารถที่จะผ่านผนัง ทั้งการที่ส่งผ่านโดยตรงจากแหล่งกำเนิดเสียง หรือ หลังจากการสะท้อนที่จะทำให้เกิด bending wave ขึ้นในผนัง ซึ่งจะสามารถ ทำให้เกิดการแผ่กระจายเสียงครั้งใหม่ได้อีกครั้งให้กับห้องข้าง ๆ

เสียงจะตกกระทบกับพื้นผิวอื่นๆ ในห้องกำเนิดเสียงก่อนที่จะเกิดการแผ่เสียง ให้กับห้องข้างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นในทางกลขั้นในที่สุด จะเหมือนทำให้เกิด bending wave

ความเข้มของการส่งผ่านเสียงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น

- ความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง
- ความเข้มของแหล่งกำเนิดเสียง
- มุมที่เสียงตกกระทบกับพื้นผิว
- ขนาดของพื้นผิว
- มวลของพื้นผิว
- ลักษณะของอนุภาคของโครงสร้าง
- จำนวนของ damping

การวัดความสามารถของฉนวนกับเสียงของวัตถุ เราวัดในลักษณะของ sound reduction index ซึ่งสามารถอธิบายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$\text{Sound Reduction Index, SRI} = 10 \log_{10} \frac{W_i}{W_t} \text{ dB}$$

โดย W_i = กำลังของเสียงที่อยู่ในด้านหนึ่งของแผ่นกั้นเสียง

W_t = กำลังของเสียงที่อยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นกั้นเสียง

การลดการสั่นสะเทือน

เนื่องจากมีการส่งผ่านการสั่นสะเทือน (ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเสียงรบกวน) ผ่านชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆได้ บางครั้งเราจึงพบว่าเป็นการยากที่เราจะตรวจหาแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนที่แท้จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนอยู่ห่างออกไปจากชิ้นส่วนที่กำลังสั่นสะเทือนที่ตรวจพบก็เป็นได้ ดังนั้นวิธีการลดการสั่นสะเทือนที่สามารถทำได้ ซึ่งได้แก่

1. Resonances control
2. Stiffness control
3. Vibration isolation
4. Increase of damping

Resonance Control

เราทราบว่า แอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนจะเพิ่มขึ้น ถ้าหากว่าความถี่ธรรมชาติของชิ้นส่วนเสริมกับความถี่ของแรงสั่นสะเทือนที่ไปกระตุ้นชิ้นส่วนนั้น ซึ่งเรียกว่า การเกิด resonance ดังนั้นเมื่อต้องการหลีกเลี่ยงการเกิด resonance เราสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงมวลและ/หรือ stiffness ของชิ้นส่วนนั้น เราเรียกขบวนการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า "de-tuning process" ซึ่งเป็นขบวนการที่มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นสะเทือน ส่วนวิธีการอื่นๆ ที่ให้ผลใกล้เคียงกันในบางครั้ง ก็ได้แก่ การเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์อื่นจะเป็นผลให้ความถี่ของแรงกระตุ้นเปลี่ยนแปลงไป นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม โดยปรกติแล้ว transmission path มักจะมีความถี่ธรรมชาติหลายค่าแตกต่างกันออกไป อีกทั้งแรงกระตุ้นก็มักจะประกอบไปด้วย ความถี่หลายค่าแตกต่างกันออกไป ทำให้ในทางปฏิบัติแล้วจะเป็นการยากมากที่จะหลีกเลี่ยง การเกิด resonance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stiffness Control

โดยทั่วไปแล้ว การเพิ่ม stiffness ให้แก่ชิ้นส่วนโครงสร้างใดๆ จะสามารถลดระดับการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนนั้นได้ นอกเสียจากว่าชิ้นส่วนนั้นจะถูกทำให้สั่นด้วยความถี่ซึ่งเสริมกันกับความถี่ธรรมชาติของตัวมันเอง ดังนั้น การเพิ่ม stiffness ก็จะสามารถลดการแผ่กระจาย (radiation efficiency) คลื่นการสั่นสะเทือนลงได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าหากว่าจุดที่ได้รับการสั่นสะเทือนเป็นจุดที่แข็งแรงมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เราจึงสมควรที่จะตรวจสอบให้มั่นใจว่า แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนต่างๆ เช่น มอเตอร์ , พัดลม ฯลฯ ติดตั้งอยู่บนชิ้นส่วนที่แข็งแรงและมั่นคง ไม่ใช่อยู่บนชิ้นส่วนที่อาจเกิดการยืดหยุ่นได้ เช่น ตรงศูนย์กลางของแผ่นโลหะบาง เป็นต้น

Vibration Isolation

ตัวเครื่องปรับอากาศควรจะต้องติดตั้งบน vibration isolator เพื่อลดการสั่นสะเทือนที่จะถ่ายลงพื้นและเพดาน คำว่า vibration isolator นี้ ทำให้เราต้องพิจารณาถึง

1. Material มีวัสดุหลายชนิดที่สามารถใช้เป็น Vibration Isolator สำหรับความถี่ต่างๆ เช่น

- ที่ความถี่ 25 Hz ขึ้นไป ควรใช้วัสดุจำพวก cork , foamed plastic , foamed rubber หรือวัสดุจำพวก ลิกนอลด์ เนื่องจากวัสดุจำพวกนี้มีฟองอากาศอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก สามารถรับแรงอัดได้ดี เมื่อใช้ในลักษณะเป็นแผ่น

- ที่ความถี่ 5-35 Hz ควรใช้วัสดุจำพวกยาง ซึ่งรับแรงอัดและแรงเฉือนได้ดี ยางธรรมชาติสามารถใช้ได้ดีที่อุณหภูมิสูงและภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการหล่อลื่น ส่วนภายใต้สภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากนี้ เราสามารถใช้ยางสังเคราะห์แทนได้ คุณสมบัติที่สำคัญของยางก็คือสามารถรับแรงอัดได้สูงมาก โดยการบิดงอของตัวมันเอง ดังนั้น เราจึงสามารถใช้ยางเป็น shear isolator ได้ด้วย

- ที่ความถี่ 2-15 Hz ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ต่ำที่สุดนั้น ควรใช้สปริงโลหะเป็น

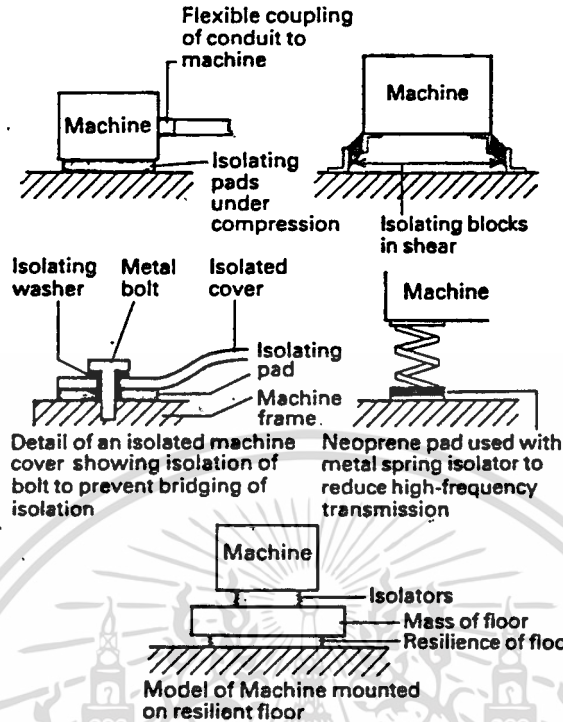
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

vibration isolator ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายประการคือ สามารถออกแบบให้มีรูปร่าง และ ความยืดหยุ่นได้ตามต้องการ อีกทั้งยังรับ load ได้มากและใช้งานได้ดีในทุกสภาวะ แวดล้อม แต่ก็มีข้อเสีย คือ ขีมีขีดการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูงๆได้ไม่ดี หรือ เกือบจะไม่ได้เลย ด้วยเหตุนี้เราจึงมักจะพบว่า มีการใช้ชุดสปริงโลหะวางอยู่บนฐานซึ่งทำด้วยวัสดุประเภท neoprene หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน เพื่อช่วยในการรองรับการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูงๆ นอกจากนี้สปริงโลหะ ยังมีข้อเสียอีกประการหนึ่งที่สำคัญ คือ มีคุณสมบัติในการ damping ต่ำ ซึ่งจะเป็นปัญหาใหญ่ใน ขณะที่ตัวเครื่องทำงานในช่วง resonant speed นั่นก็คือในขณะที่เริ่มเดินเครื่องและขณะหยุดเครื่องนั่นเอง การแก้ปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้โดยเร่งความเร็วขณะเริ่มเดินเครื่องให้ผ่าน resonance speed ไปให้เร็วที่สุด และเพิ่มกลไกในการหยุดเครื่องขณะปิดสวิตซ์ให้เร็วขึ้นจน resonant vibration เกิดขึ้นไม่ทัน ซึ่งทำได้โดยใช้กลไกที่อาศัยหลักการของความเสียดทาน

2. Resilient bases ถ้าหากว่าตัวเครื่องติดตั้งอยู่บนแท่นหรือฐานที่ไม่มั่นคงแข็งแรงพอ การใช้ isolator อาจไม่เกิดผลดีเท่าที่ควรหรืออาจทำให้เกิดการสั่นสะเทือนมากขึ้นไปอีกก็ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากแท่นเครื่องจะประพฤติตนเหมือน mass-spring system เมื่อติดตั้งตัวเครื่องลงไประบบก็จะกลายเป็น two masses-two springs system ซึ่งจะมีความถี่ resonants 2 ค่า และยุ่งยากมากในการลดการสั่นสะเทือน

3. Bridging of isolation การติดตั้ง Isolator ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดตามทฤษฎีนั้น จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อ transmission path ของชิ้นส่วนทุกชิ้นได้รับการติดตั้ง Isolator อย่างต่อเนื่องกันเท่านั้น



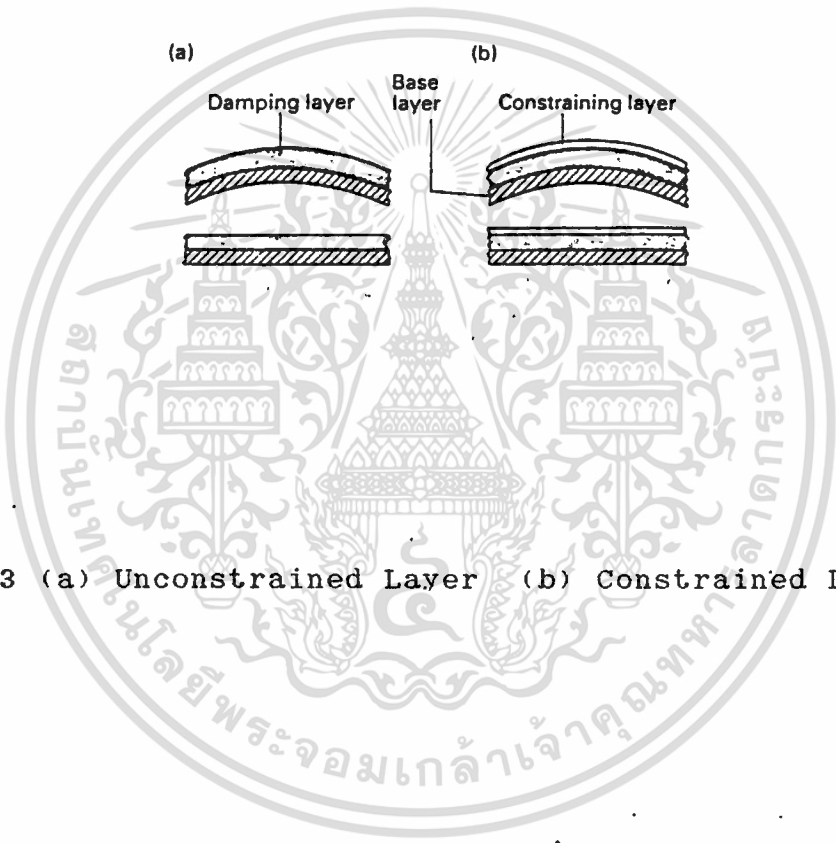
รูปที่ 12 ประเภทต่างๆของ Vibration Isolation Systems

Increase of damping

การเพิ่ม damper เป็นวิธีที่ให้ผลดีที่สุดในการลดระดับการสั่นสะเทือนของระบบแบบ resonant system และยังลด transient vibration ในชิ้นส่วนต่างๆลงได้มากอีกด้วย โดยที่ Damping Mechanisms จะแปลงพลังงานในการสั่นจาก transmission path ให้อยู่ในรูปของความร้อน วิธีการนี้ใช้ได้ผลดีกับชิ้นส่วนประเภทโลหะแผ่นบางที่เชื่อมต่อกันด้วยหมุดย้ำ แต่ใช้ไม่ได้ผลกับชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงมากๆ ซึ่งควรจะใช้วิธีการเพิ่มความแข็งแรงแก่ชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นไปอีกแทน

หลักของ Damping treatment ก็คือการสร้าง highly damped layer (ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในสารประเภท visco-elastic) ให้เกิดขึ้นถัดจากชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ

แผ่นนั้นๆ วัตถุประสงค์ในการสร้าง layer นี้ขึ้นมา ก็คือ เพื่อให้เกิดการสั่นตามชั้นส่วนที่มันสัมผัสอยู่ (base layer) พลังงานในการสั่นของ layer จะทำให้โมเลกุลของมันเกิดการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างกัน จนเกิด internal friction ขึ้นมาพอจนหยุดการสั่นลงได้



รูปที่ 13 (a) Unconstrained Layer (b) Constrained Layer

บทที่ 6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความดังของเสียงจากกราฟ โดยแยกเป็นความถี่ต่างๆสามารถพิจารณาได้ดังนี้

- ความสามารถในการรับเสียงของห้อง จากกราฟและตารางเราจะเห็นว่าห้องที่เราใช้ทดลองไม่สามารถที่จะทำให้มีความเงียบที่ 0 dB ได้ที่ทุกความถี่ ความถี่ตั้งแต่ 0-500 Hz จะยังมีเสียงอยู่บ้างเล็กน้อย

ตารางที่ 1 ระดับความดังของเสียงในห้องที่ใช้ทดลอง

ความถี่ (Hz)	25	63	125	250	500	1000
ระดับความดัง (dB)	52.79	28.28	20.47	9.39	2.35	2.46

- เครื่องปรับอากาศภายในประเทศก่อนปรับปรุง เมื่อวัดจากระยะห่าง 0.5 เมตร โดยเครื่องทำงานเป็นปรกติ จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 ระดับความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศภายในประเทศก่อนการปรับปรุง

FILE NO.	ระดับความเร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
001	LOW(2.56)	54.94	47.89	40.93	39.37	30.54	30.03
002	MED(3.12)	57.53	51.40	47.03	43.17	39.59	35.27
003	HI(3.48)	60.39	53.68	47.11	43.70	39.63	38.58

จกตารางเราสามารถพิจารณาได้ว่า เมื่อเราเพิ่มระดับความเร็วของลม จาก low ไป high ระดับเสียงทุกความถี่ จะเพิ่มความดังขึ้น ซึ่งจกตาราง เป็นการวัดโดยรวม เพื่อจะหา สาเหตุว่า แหล่งของการกำเนิดเสียง อยู่ที่ตำแหน่งใด เราจะทำการวัด โดยแยกทีละส่วน โดยอันดับแรกจะให้ compressor หยุดทำงาน ซึ่งหมายความว่า เสียงที่เกิดจาก refrigerant จะหายไปและเสียงที่เกิดจาก compressor ที่ส่งผ่านมาตามท่อก็จะหายไปด้วยเช่นกัน เราสามารถวัดได้ตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3 ระดับความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศภายในประเทศ เมื่อเดินเครื่อง เฉพาะ fan coil unit

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่(Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
004	LOW(2.56)	54.79	48.69	43.24	39.48	34.33	28.32
005	MED(3.12)	59.54	51.74	47.18	43.71	38.55	35.72
006	HI(3.48)	61.38	51.35	47.81	43.12	39.06	40.05

จากการวัดข้างบน จะพบว่ากราฟทั้งคู่ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก จึงพอจะอนุมานได้ว่าความดังของน้ำยาเมื่อผ่านออกจาก casing แล้ว จะมีส่วนในการเพิ่มความดังน้อยมาก ในลำดับต่อไป เราจะวัดความดังจาก Blower เพื่อจะพิจารณาว่า เสียงที่เกิดจาก Blower มีส่วนสัมพันธ์ กับระดับความดังของเสียง เมื่อวัดโดยรวม อย่างไร

ตารางที่ 4 ระดับความดังของเสียงใน blower ของเครื่องปรับอากาศภายในประเทศ

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
007	LOW (5.20)	85.92	74.05	61.77	54.14	44.44	38.46
008	MED (6.40)	89.60	78.57	65.72	59.22	46.03	44.64
009	HI (8.27)	92.79	87.33	78.19	67.41	55.90	48.54

ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟและตารางจะพบว่า พัดลมจะมีความดังเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่ม speed มากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่วัดโดยรวม จะพบว่าพัดลมมีส่วนสัมพันธ์ กับความถี่ที่เพิ่มขึ้นในช่วงต่างๆ โดยจะเห็นว่าที่ความถี่ในช่วงต่ำพัดลมจะมีระดับเสียงดังมาก และระดับเสียงจะค่อยๆลดลง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ เราจึงพอที่จะสรุปได้ว่า เสียงส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องปรับอากาศน่าจะมาจากพัดลม และ พัดลมจะเป็นตัวแผ่กระจายเสียงไปตามโครงสร้างต่างๆของเครื่องปรับอากาศ ซึ่ง โครงสร้างนั้นจะแผ่กระจายเสียงสู่อากาศอีกที เพราะฉะนั้น ในการปรับปรุงเครื่องปรับอากาศ เราจึงมุ่งไปที่การที่จะหาทางที่จะลดเสียงและปิดกั้นทางส่งผ่านของเสียงที่จะเกิดขึ้นในพัดลมเป็นส่วนใหญ่ แต่ก่อนที่เราจะปรับปรุงเราจะต้องหามาตรฐานว่าเราควรจะลดระดับเสียงลงมาเท่าใด เนื่องจากประเทศไทย ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานในเรื่องความดังของเครื่องปรับอากาศไว้ เราจึงจะวัดเครื่องปรับอากาศที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความเจ็บอยู่ในระดับแนวหน้าเป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ตามข้อมูลข้างล่างนี้

ตารางที่ 5 ระดับความดังของเสียงในเครื่องปรับอากาศที่เป็นที่ยอมรับ

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
010	LOW (1.25)	53.46	39.80	30.90	27.80	23.80	15.60
011	MED (2.33)	58.30	43.58	39.89	37.47	32.21	30.99
012	HI (3.16)	59.50	50.51	47.65	40.20	39.71	38.41

และเมื่อให้ condensing unit หยุดทำงาน โดยให้เดินเฉพาะพัดลมเรา
จะได้ข้อมูล ตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 6 ระดับความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศที่เป็นที่ยอมรับ เมื่อเดินเครื่อง เฉพาะส่วน fan coil unit

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
013	LOW (1.25)	53.86	34.61	31.32	23.96	18.91	16.65
014	MED (2.33)	56.07	42.87	41.25	35.82	33.26	31.87
015	HI (3.16)	59.66	49.29	46.12	41.38	40.76	38.24

และเมื่อวัดเฉพาะ Blower จะได้ข้อมูลตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 7 ระดับความดังของเสียงของ Blower ในเครื่องปรับอากาศที่เป็นที่ขอมรับ

FILE NO.	ระดับความเร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
016	LOW(3.68)	74.10	64.23	60.54	49.90	37.76	21.42
017	MED(6.53)	80.68	75.44	67.53	59.47	51.52	40.25
018	HI(9.48)	88.32	84.54	78.27	72.19	64.93	54.69

ซึ่งจากการเปรียบเทียบเราจะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศที่ผลิตภายในประเทศ
จะมีระดับความดังของเสียงที่ทุกตำแหน่งการวัด และทุกความถี่สูงกว่าเครื่องปรับอากาศ
ที่เป็นที่ขอมรับมาก เราจึงได้ทำการปรับปรุงดังนี้

การปรับปรุง

เนื่องจากการวิเคราะห์ความถี่ของกราฟที่เราวัด เราทราบว่า เสียงส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากพัลลม เราจึงมุ่งการปรับปรุงไปที่พัลลม โดย

1. เพิ่ม damper ซึ่งทำมาจาก close cell fiber glass ทุกๆตำแหน่งของ blower ที่มีส่วนสัมผัสกับโครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเป็นการลดการสั่นสะเทือนที่จะส่งผ่านจากตัว blower ไปยังโครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ

2. ลดพื้นที่ที่คลื่นเสียงจะสามารถส่งผ่านไปได้ เนื่องจากกราฟ เราทราบว่าเครื่องเสียงส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีความยาวคลื่นมาก เพราะฉะนั้น ถ้าเราสามารถทำให้ path ของคลื่นไม่สามารถส่งผ่าน คลื่นที่มีความยาวคลื่นมาก หรือสามารถส่งผ่านคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำได้ลดลงก็จะเป็นการลดเสียงลงได้มาก

3. การติดตั้งชุดซับเสียง ซึ่งในกรณีนี้เราติดตั้งนอกเครื่องปรับอากาศซึ่งจะสามารถซับเสียงที่แผ่ออกมาได้มากที่สุด ซึ่งผลจากการปรับปรุงหลังจากเรานำเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการปรับปรุงไปวัดความดังเสียงอีกที เราจะพบว่าความดังของเสียงลดลงมากตามกราฟและข้อมูลข้างล่างนี้

ตารางที่ 8 ระดับความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศภายหลังจากได้รับการปรับปรุงแล้ว

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
019	LOW (2.56)	52.63	45.67	25.98	30.52	22.27	19.24
020	MED (3.12)	53.16	47.35	30.88	34.96	28.52	26.36
021	HI (3.48)	57.20	45.83	31.29	37.21	28.31	27.65

และเมื่อให้ compressor หยุดการทำงาน และเดินเครื่องเฉพาะ fan coil unit

ตารางที่ 9 ระดับความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว
เมื่อเดินเครื่องเฉพาะ fan coil unit

FILE NO.	ระดับความ เร็วลม (m/sec)	ความถี่ (Hz)					
		25	63	125	250	500	1000
022	LOW (2.56)	52.68	30.55	26.40	31.61	22.12	20.04
023	MED (3.12)	51.12	32.96	30.94	35.06	28.28	26.17
024	HI (3.48)	55.09	34.31	28.79	38.10	29.29	28.80

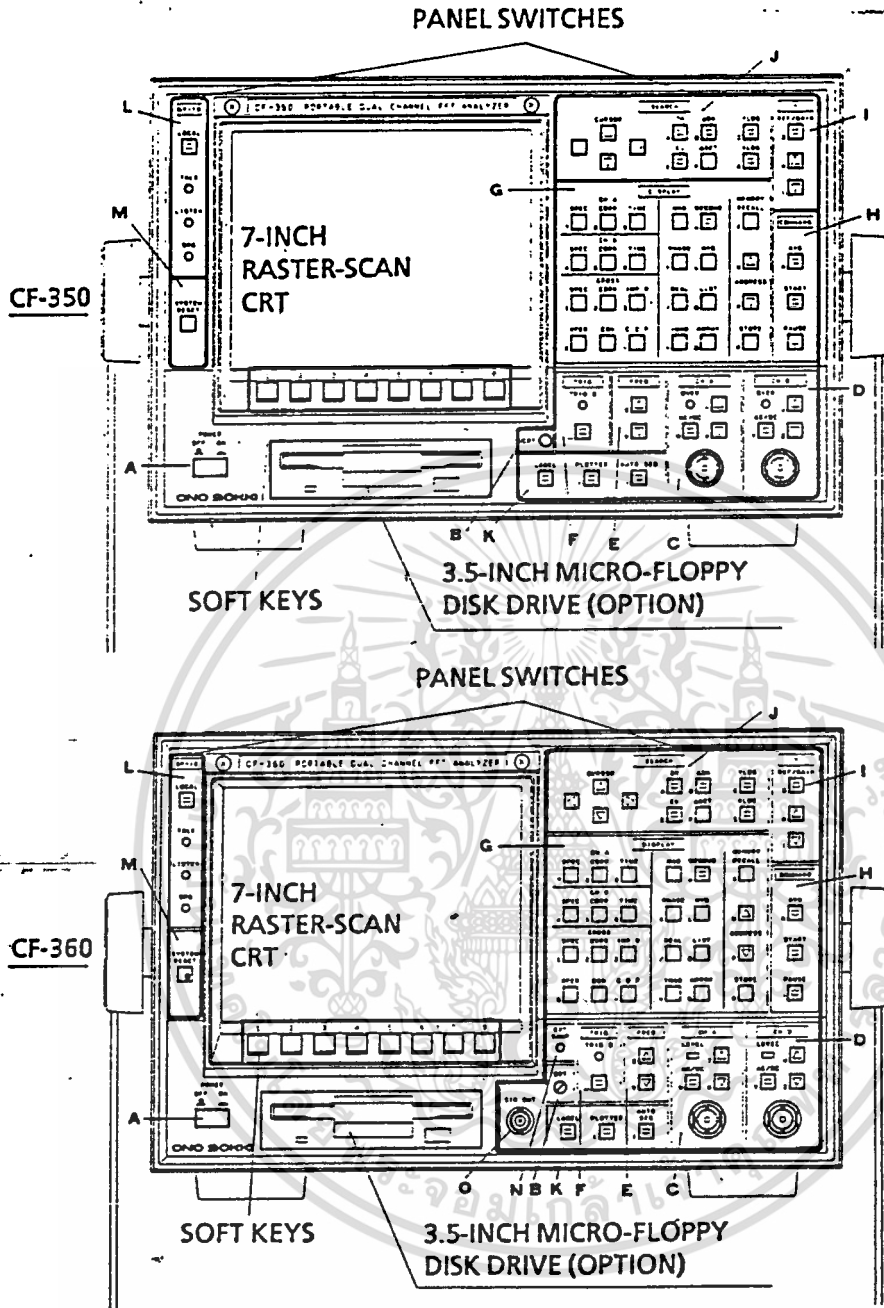
ซึ่งผลจากการปรับปรุงครั้งนี้ เราได้ผลเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก แต่ก็ยังไม่เหมาะสมในด้านการค้า เพราะเนื่องจากวัสดุที่ใช้มีราคาแพงและจากการเพิ่มน้ำหนักของเครื่องเข้าไปจะทำให้เครื่องมีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น และทำให้รูปร่างไม่กระชับเท่าที่ควร จึงควรมีการพัฒนาต่อเนื่องต่อไป เพื่อสามารถที่จะใช้งานได้อย่างสมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL DESCRIPTION

Panel Descriptions

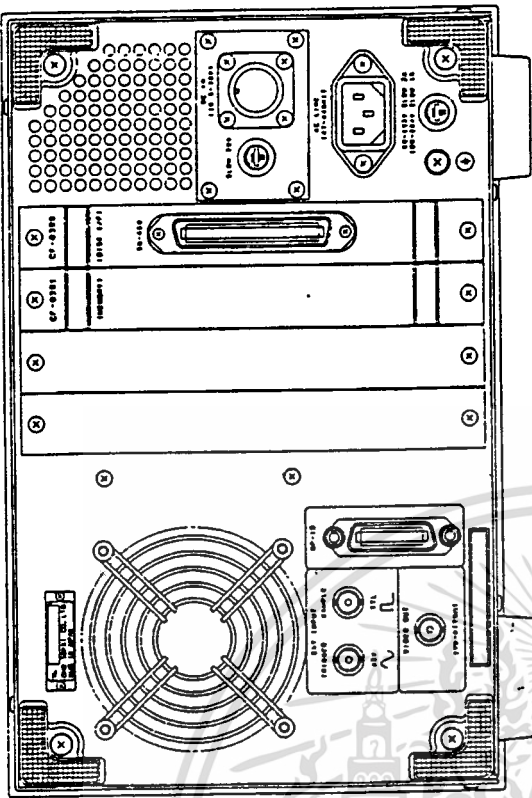


Front-panel switches can be divided into panel switches and soft keys.

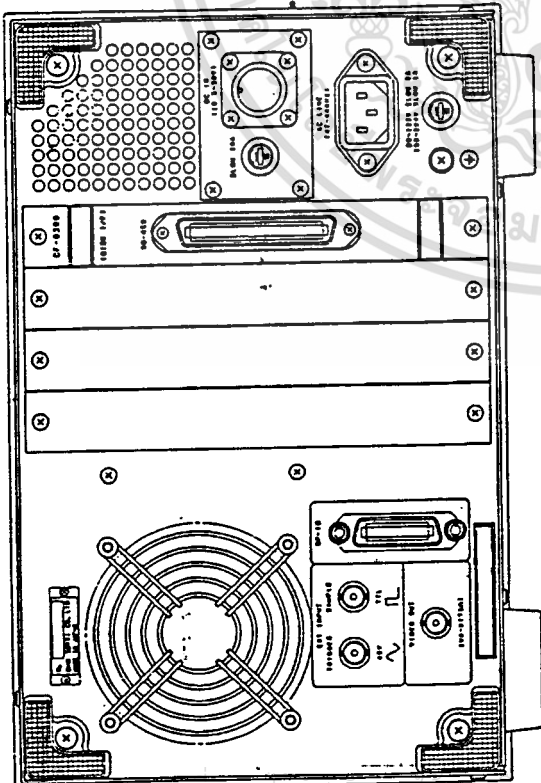
- Panel Switches
 - Each switch corresponds to one function.
 - When displaying a label, the panel switches are used to write the alphanumeric characters and symbols that are marked to the lower left of each switch. The group of switches with the numerals 0 thru 9 will be referred to as the *numeric keys*.
- Soft Keys

These keys are used for more complex settings of data capture conditions and analysis and can have more than one function, depending upon the display just above the keys at the bottom of the

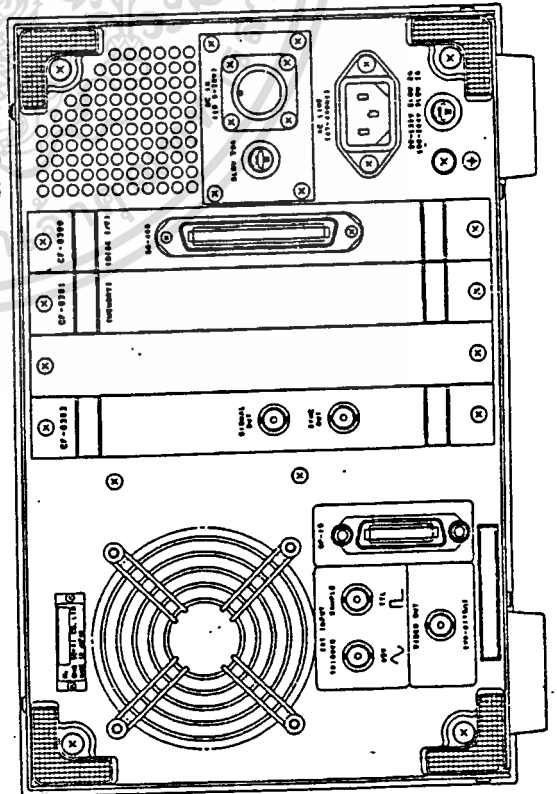
CF-360



CF-360

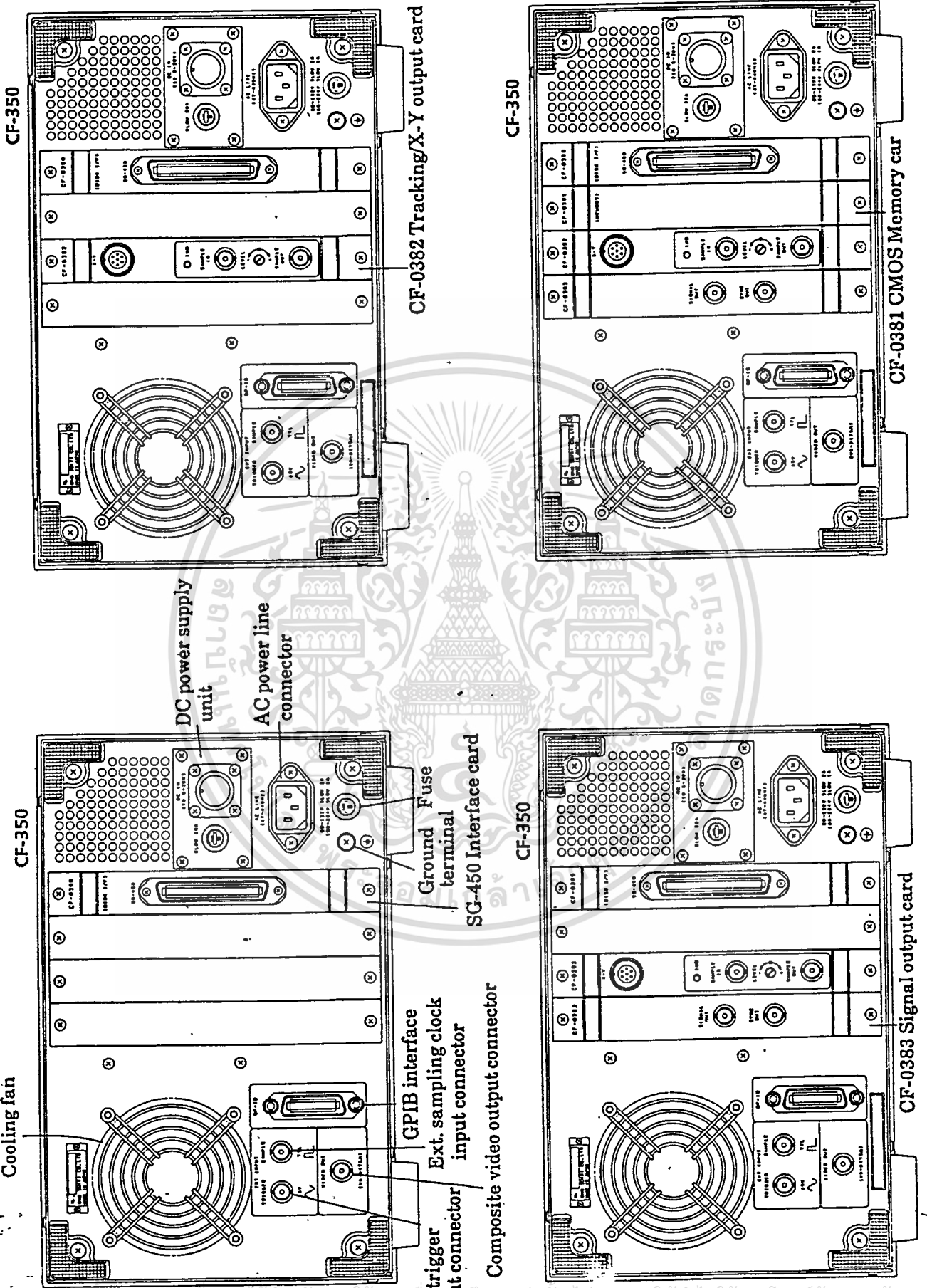


CF-360



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้มาใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

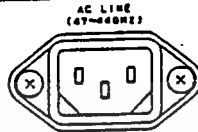
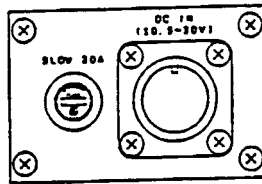
Rear Panel Layouts



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Powering ON the CF-350/360

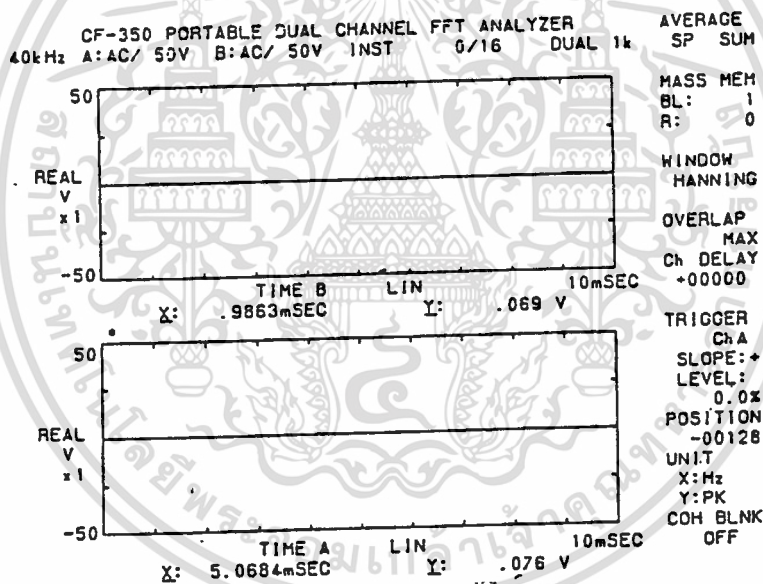
Be sure that the line voltage supplied to the CF-350/360 matches the voltage marked on the rear panel (refer to Section 1.4).



80-120V SLOW 2A
100-200V SLOW 1A

Press the POWER switch to apply power to the analyzer.

After power is applied, initialization will be performed and, after 2 to 3 seconds have elapsed, the CRT will appear as shown below.



- Whenever the SYSTEM RESET reset switch is pressed, the same initialization is performed and the display appears as shown above. When a system reset is performed, however, the immediately previous analysis results and the contents of mass memory are all lost.
- When autorecall is in effect, the analysis conditions that were previously set at location 1 of the panel condition memory are loaded and automatically set.

If the Display is Blank


If nothing appears on the CRT display, adjust the INTENSITY knob at the lower right of the CRT to the right to increase the intensity of the CRT screen.

PANEL SWITCH DESCRIPTIONS


A POWER

POWER
OFF ON
 POWER switch


B INTENSITY ADJUSTMENT

CRT
 CRT Intensity adjustment

C Channel A Input Group

 Signal input connector

AC/DC
 AC/DC coupling switch


OVER
 A/D overload display LED (CF-350)


LEVEL
 -12 dB & A/D overflow LED (CF-360)

 Input voltage range setting switches


D Channel B Input Group

 Signal input connector

AC/DC
 AC/DC coupling switch

OVER
 A/D overload display LED (CF-350)

LEVEL
 -12 dB & A/D overflow LED (CF-360)


 Input voltage range setting switches


E Frequency Range Setting Group

 Frequency range setting switches



F Trigger Group


TRIG'D
 Trigger execution switch


 Trigger execution display LED

G Display Function Group


CH A
Channel A group


SPEC
 Spectrum display switch


CORR
 Autocorrelation function display switch

TIME
 Time-axis waveform display switch

CH B
Channel B group

SPEC
 Spectrum display switch

CORR
 Autocorrelation function display switch

TIME
 Time-axis waveform display switch

CROSS
Cross mode section

SPEC
 Cross spectrum display switch


CORR
 Cross correlation function display switch

IMP R
 Impulse response display switch

XFER
 Transfer function display switch


COH
 Coherence function display switch


C O P
 Coherent output power display switch

MAG
 Amplitude display switch

PHASE
 Phase display switch


REAL
 Real-part display switch


IMAG
 Imaginary-part display switch


SECOND
 Dual-frame mode display switch

NYQ
 Polar coordinate display switch

LIST
 List display switch


ARRAY
 3-Dimensional display switch


MEMORY
RECALL
 Memory recall switch


 CRT block memory address-specification switches

STORE
 Store switch


H COMMAND Group


AVG
 Averaging execution switch

START
 Start switch

PAUSE
 Pause switch

I Y-Axis Adjustment Group

REF/GAIN
 Y-axis reference/gain selection switch

M
 Y-axis reference/gain magnification setting switches

J SEARCH Group

YLOG
 Y-axis Log-Lin display selection switch


XLOG
 X-axis Log-Lin display selection switch

ΔON
 Delta function execution switch

ASET
 Delta cursor setting switch

ON
 Search function execution switch

EU
 EU (engineering units) setting switch

CURSOR
 Search cursor movement keys.


K Group

LABEL
 Label display function switch


PLOTTER
 Plot execution switch


**AUTO
SEQ**
 Autosequence execution switch

L GPIB Group

LOCAL
 Local switch

TALK
 Talk status LED


LISTEN
 Listen status LED

SRO
 Service request display LED


M Group

**SYSTEM
RESET**
 System reset switch

N Group

**EXT
SAMP**
 External sampling input LED
(CF-360 only)

O Group

SIG OUT
 Signal output connector (CF-360 only)

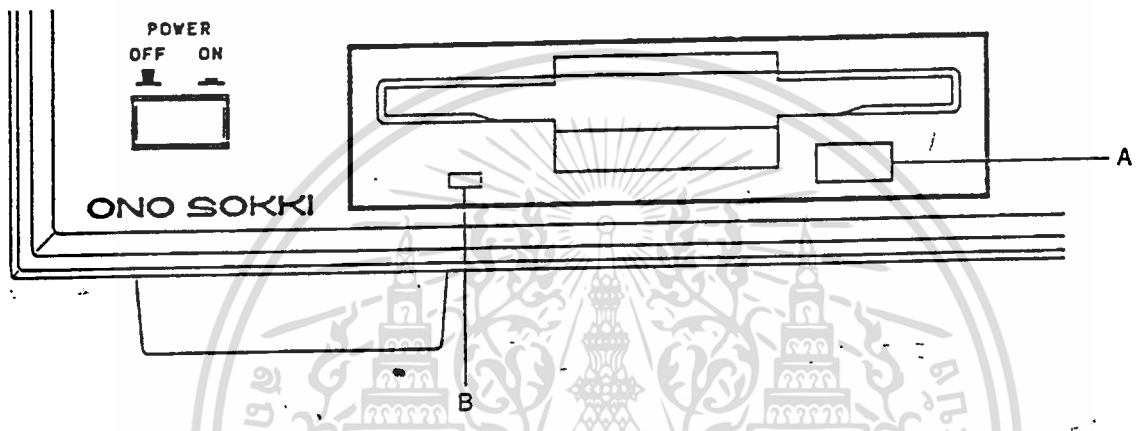
LEDs of switches having LEDs light when the corresponding switches are on.

The AC/DC and REF/GRIN switch LEDs light when the first functions (AC or REF) are selected and are extinguished when the second functions (DC or GAIN) are selected.

วิธีการเช็ทเครื่อง

1. Display: CH A ----->spec
2. Search : ▾ (DOWN); ▲ (CCP) X-axis ~ 5, 10 kHz
3. Search : Cursor on EU
4. <<Menu B>>
 - 7 cond. ----> 1 condit ----> 2 auto on ---->
 - 5 clk int ----> 8 return<<Menu B>>
 - 7 cond. ----> 4 search ----> 7 s-cursor ----> 8 return<<Menu B>>
 - 2 Unit ----> 3 cha EU ----> 6 set Ch A ---->
 - 1 EU/V ;0.801 ~ 0.803E + 6 ----> 7 set ----> 8 return<<Menu B>>
 - 1 Display ----> 1 format ----> 3 grid on<<Menu A>>
 - 3 Mode ----> 6 SP only ----> 5 OA disp<<Menu A>>
 - 2 Average ----> 7 Control ----> 2 Sum num (Averaging time
set 8 , 16 , 32 , 64 etc) ----> 1 Continue ----> 8 return

Inserting the Microfloppy Disk



The microfloppy disk drive uses automatic shuttering. The disk must be inserted with the label facing upwards all the way in until the clicking sound is heard, and then the shutter must be closed.

Press A to remove the disk from the drive.

- * Use double-sided, double-density 3.5-inch disks (Ono Sokki format CF-0902).

Notes

1. Do not remove the disk or turn the instrument on or off while the lamp B is lighted.
2. Make sure to format disks before using them. (See Section 7.3.2 below on formatting disks.)

Formatting Disks

Note

Disks containing data must not be formatted.

<Procedure>

- Press the PAUSE switch of the COMMAND group to enter the PAUSE condition.
 - ① Insert an unused disk into the drive carefully, as described above.
 - ② Make the following soft key settings.

<<< MENU A >>>

TRIG	AVERAGE	MODE	FUNC 1	FUNC 2	MAS MEM	DISK	NEXT
------	---------	------	--------	--------	---------	------	------

DISK

ST MASS	ST TIME	ST COND	LD MASS	LD TIME	LD COND	UTILITY	RETURN
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------

DISK UTILITY

DRIVE 0	RAM DSK	PROTECT	PURGE	COPY	FORMAT	START	RETURN
---------	---------	---------	-------	------	--------	-------	--------

Press the **FORMAT** key and then the **START** key in that order.

Note

Once formatting has been started, it cannot be suspended before completion.

Formatting will now begin, and the LED will light. A number will be displayed above the soft keys sequentially from 1 to 76 during formatting.

When formatting is finished, a "complete" message will be displayed at the bottom right of the CRT screen, and the LED will be extinguished. Under no circumstances remove the disk from the drive until the complete message is displayed and the LED has gone out.

If formatting cannot be completed, a "FORMAT ERROR" message will be displayed. Start the process again from the beginning.

This formatting routine creates files numbered 1 to 300 on the disk.

Direct Storage to and Playback from Disk of Screen Data/Storage to and Playback from Disk of CRT Block Memory Data

The following functions can be executed.

- (1) Display screens can be written directly to disk.
- (2) Display screens can be written directly to disk automatically and continuously.
- (3) Data stored in the CRT block memory can be written to disk.
- (4) Data stored on disk can be played back to the screen or to the CRT block memory.

<Procedure>

Make the following soft key settings.

<<< MENU A >>>

TRIG	AVERAGE	MODE	FUNC 1	FUNC 2	MAS MEM	DISK	NEXT
------	---------	------	--------	--------	---------	------	------

DISK

ST MASS	ST TIME	ST COND	LD MASS	LD TIME	LD COND	UTILITY	RETURN
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------

CRT DATA STORE FILE No.001

CRT	AUTO	MASS	MAS ALL	FILE NO	SET	START	RETURN
-----	------	------	---------	---------	-----	-------	--------

(a) Writing Display Screens Directly to Disk

CRT DATA STORE

CRT	AUTO	MASS	MAS ALL	FILE NO	SET	START	RETURN
-----	------	------	---------	---------	-----	-------	--------

a

b

c

d

- ① Press the CRT key. (CRT is set on at initialization.)
Press the FILE NO key to set the files to be written to disk.
- ② Input the file number using the numeric keys on the front panel.
Press the SET key to set the value.
- ③ Press the START key. The contents of the screen will now be transferred to disk. The LED lights while data transfer is underway, and goes out when it is completed.

In the case of dual-frame display, both frames cannot be stored in the same file. The lower frame and then the upper frame will be automatically written to separate files.

Notes

1. If screen data is written to files already containing data, the previous contents will be erased. Use the write-protect function to ensure that screen data is not written to files containing data mistakenly. (See Section 7.3.8 (a) on the write-protect function.)
2. When storage is completed, the file number will be incremented by 1. For example, when storage to No. 1 is completed, No. 2 will be displayed. Do not misinterpret this as indicating that storage was made into No. 2.

However, for autoplotting, this is different (see Section 9.1). Also, while the plotter is operating, if data is loaded from the floppy disk, the file number may not be incremented in this manner.

(b) Automatic Continuous Storage of Display Screens to Disk

Data can be automatically, and continuously, written to disk as screens change with signal capture or FFT analysis, or as averaging finished.

CRT DATA STORE

CRT	AUTO	MASS	MAS ALL	FILE NO	SET	START	RETURN
-----	------	------	---------	---------	-----	-------	--------

Press the AUTO key.

Set the number of the file at which storage is to begin.

Press the START key, and storage will commence immediately.

When averaging is being performed, averaging is resumed immediately storage is completed.

(c) Writing CRT Block Memory Data to Disk

CRT DATA STORE FILE NO 001

CRT	AUTO	MASS	MAS ALL	FILE NO	SET	START	RETURN
-----	------	------	---------	---------	-----	-------	--------

a MASS The contents of the currently specified block (the number of which is displayed in the annotation section on the right of the screen at BL:) is written to disk.

b MAS ALL The data from the currently specified block to the last block containing CRT block-memory data is continuously written to disk.

Select either the MASS key or the MAS ALL key.

If necessary, set the number of the file to which data is to be written.

Now press the START key to start writing the CRT block-memory data to the specified file on the disk.

Note

Once data transfer has been started using the MAS ALL key, it cannot be suspended until it is completed.

- When using CMOS memory as CRT block memory, 300 of the 540 block of screen data can be stored on disk.

(d) Playing Back Data from Disk

- ① Press the PAUSE switch of the COMMAND group to enter the PAUSE condition.
- ② Make the following soft key settings.

<<< MENU A >>>

TRIG	AVERAGE	MODE	FUNC 1	FUNC 2	MAS MEM	DISK	NEXT
------	---------	------	--------	--------	---------	-------------	------

DISK

ST MASS	ST TIME	ST COND	LD MASS	LD TIME	LD COND	UTILITY	RETURN
---------	---------	---------	----------------	---------	---------	---------	--------

CRT DATA LOAD FILE NO 001

MASS	MAS ALL	LIST UP	L Kind	FILE NO.	SET	START	RETURN
-------------	----------------	---------	--------	----------	-----	--------------	--------

a

b

- MASS** The contents of the specified file is played back to the specified block of CRT block memory, and simultaneously displayed on the screen.
- MAS ALL** Data is played back from the specified file to the last file containing CRT block-memory, or until the CRT block memory reaches block 60 (or 540 if the CMOS memory card is being used.)

If the MASS key is selected, one file at a time is read out to the CRT block memory.

If the MAS ALL key is selected, 60 files are read out.

Now press the START key to start playback, or set the number of the file at which playback is to commence and then press the START key to start playback.

Note

Once data transfer has been initiated using the MAS ALL key, it cannot be suspended until it is completed.

To play back dual-frame data from floppy disk, perform the following operations.

- ① Play back the data for the bottom part of the display.
- ② Press the SECOND switch of the DISPLAY group. The waveform selected in ① will move to the bottom of the screen.
- ③ Use the up and down ADDRESS switches to advance the required number CRT block memory block numbers for the desired waveform (e.g., two blocks for the transfer function and six blocks for a 4-decade transfer function).
- ④ Play back the data for the top part of the display.

If the MASS key is selected, the display condition enabling changing the X- or Y-axis scaling, logarithmic/linear scaling, EU value, or the parameters from the back can be brought up on the CRT screen in the same state used for storage. Perform playback after turning the LOAD key on by making the following soft key settings.

<<< MENU A >>>

TRIG	AVERAGE	MODE	FUNC 1	FUNC 2	MASS MEM	DISK	NEXT
------	---------	------	--------	--------	----------	------	------



MASS MEMORY

RECORD	PLYBACK	PB.LENG	PB.ZOOM	PB.DISP	CRT LD	CRT MEM	RETURN
--------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	--------



CRT DISPLAY COND

LOAD	L.COPY	LABEL	BLK No.	LIST UP	INSERT	DELETE	RETURN
------	--------	-------	---------	---------	--------	--------	--------



Playback from CF-910/920 Disks

Make the following soft key settings.

<<< MENU C >>>

SERVO	Y axis	DATASET	OTHERS			OPTION	NEXT
-------	--------	---------	--------	--	--	--------	------



OTHERS CONTROL

P.COND	GP-1B	DISK	AD&TIME	CURSOR			RETURN
--------	-------	------	---------	--------	--	--	--------



DISK CONTROL

SINGLE							RETURN
--------	--	--	--	--	--	--	--------



Press the SINGLE key to initiate execution.

Only one side of the disk is read and written into the CF-350/360 when the SINGLE key is turned on.

Notes

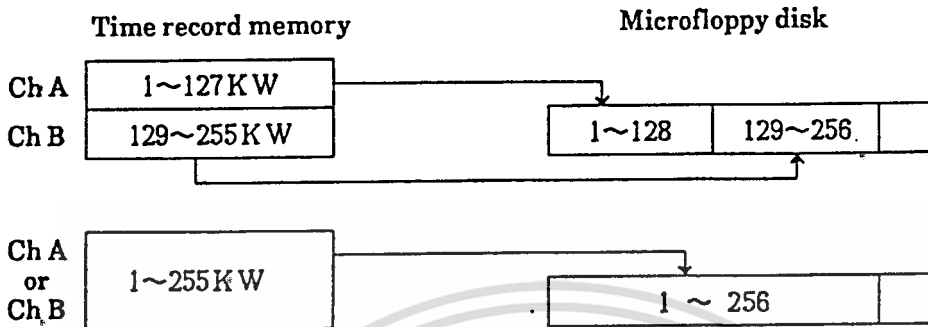
1. This procedure can be used to read CRT block-memory data, but time record memory data cannot be correctly read, because the memory capacities of the CF-910/920 and the CF-350/360 are different.

Storage to and Playback from Disk of Time Record-Memory Data

Use the following procedure for data transfer between the time record memory and disk.

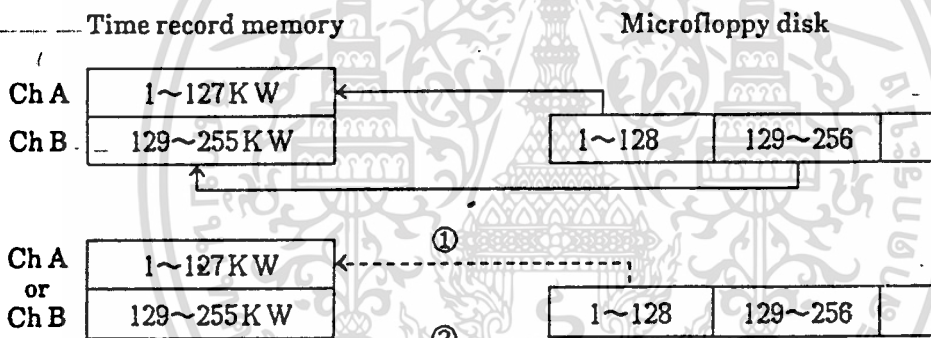
[KW: kiloword]
[1 KW: 1024 points]

Time record memory → disk



When writing two channels simultaneously, the A-Channel data is stored in the first half of the disk and B-Channel data on the second half.

Time record memory ← disk



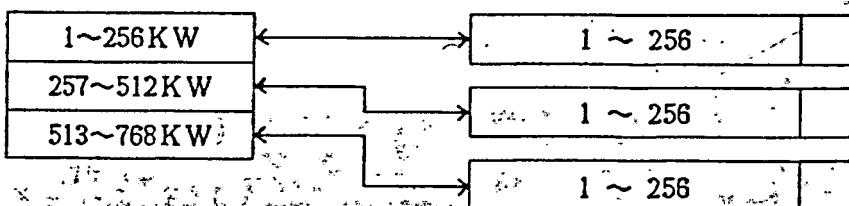
Select ① or ②, or enter separately.

Data from either one of Channel A or B can be played back to the time record memory.



* The conditions are stored in the 128th or 256th Kword.

(When the CMOS memory card is used as time record memory.)

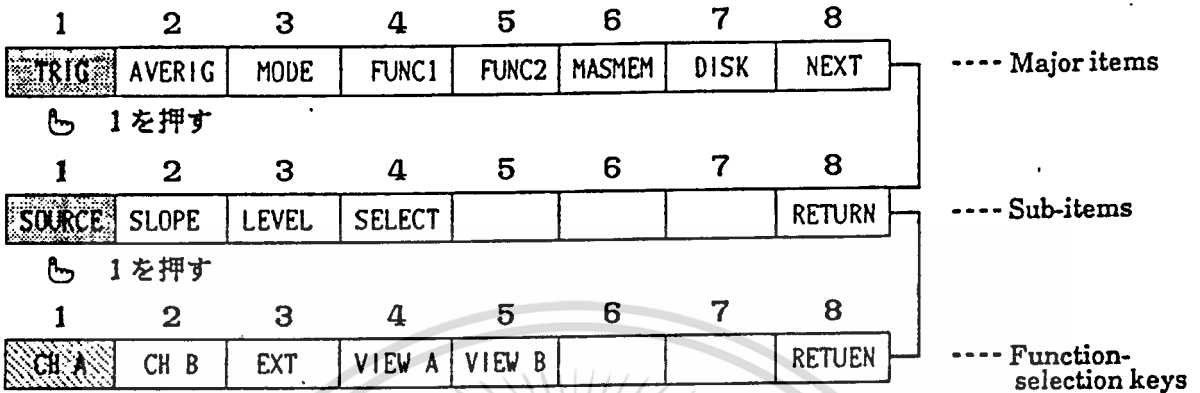


Use three disks

Using the Soft Keys

As an introduction to soft key operation, perform the following soft key sequence.

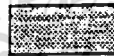
<<< MENU A >>>



The highlighted box CH A (indicated by shading), shows that the trigger source is set to Channel A.

- Now press soft key 2. Note that the CH B key is highlighted, indicating that the trigger source has been selected as Channel B.

The thing to remember in reading through this manual is that the software keys that are shaded are the ones that are set (activated). Additionally, the keys to press are indicated by a small hand symbol under the key.



Selected (activated)

Key to be pressed

2. If a double-sided, double-density disk is used in this procedure, in this state only files 1 and 2, 5 and 6, 9 and 10, skipping two files in between, will be read out and written to the CF-350/360.

CF-350/360 Display	Actual File No.
No. 1	No. 1
No. 2	No. 2
No. 3	No. 5
No. 4	No. 6
No. 5	No. 9
No. 6	No. 10
:	:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ก็โดยความช่วยเหลือ คำแนะนำ และ
ความคิดเห็นจากหลาย ๆ ท่านด้วยกัน อาทิเช่น อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พงษ์เจตต์
พรหมวงศ์ รวมทั้งอาจารย์อีกหลาย ๆ ท่านในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หรือแม้กระทั่ง
บุคคลภายนอก ท่านต่าง ๆ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการศึกษา
วิจัยนี้มาด้วยดีโดยตลอด จนกระทั่งโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ทางคณะผู้จัดทำจึงขอแสดงความขอบคุณทุกท่าน ไว้ ณ ที่นี้



คณะผู้จัดทำ

นายบรรณวิทย์ มุลลิน 301116

นายประสุต สุขประเสริฐ 301146

นายมานะชัย อิ่มเอิบปฐม 301215

นายรังสฤษดิ์ สัตยาวุธ 301222

เอกสารอ้างอิง

- " NOISE CONTROL IN INDUSTRY " JD WEBB - Sound Research Laboratories Limited , 1976.
- " NOISE CONTROL FOR ENGINEERS " HAROLD W.LORD , WILLIAM S.GATLEY , HAROLD A. EVENSEN - McGraw-Hill , 1980.
- " NOISE CONTROL IN BUILDING SERVICES " - Sound Research Laboratories Limited , 1976.
- " ACOUSTICS AND NOISE CONTROL " B.S. SMITH , R.J. PETERS , STEPHANIE OWEN - LONGMAN SCIENTIFIC AND TECHNICAL
- " 30 เรื่องน่ารู้ เทคนิคการปรับอากาศ " จากวารสาร " เทคนิค " และวารสาร " แมคคาไนค " - เอ็มแอนด์อี , บริษัท , สิงหาคม 2531.