คุณสุวิทย์ ศรีสุข

ขอเล่าเท่าที่รู้...
มาเรียนรู้เรื่องราวเกี่ยวกับเสียงรบกวนในศูนย์ข้อมูลคอมพิวเตอร์กันดีกว่า

เนื้อหาทั้งสิ้นได้เรียบเรียงจากเอกสารอ้างอิงจากเอกสารแลหนังสือ 4 แหล่ง ดังนี้

1. [1] chapter 25 [Silex] Sound Attenuation ซึ่งมีหนังสืออ้างอิงอีกสองแหล่งข้อมูล ได้แก่
   - *1.1) Beranek, L.L. and Ver, I. L. Noise and Vibration Control Engineering. John Wiley & Sons Inc. 1992.*
   - *1.2) Brown, S. On-Site Power Generation, A Reference Book, Chapter 23 Sound Attenuation, Third Edition. Electrical Generating System Association. 2000.*
2. [2] Don Davis, Eugene Patronis, Jr.. Sound System Engineering, Third Edition. chapter 6 page 142-146. focal press. xxxx
3. [3] F.Alton Everest. The Master Handbook of Acoustics. Fourth Edition. chapter 18 page 385-398. McGraw-Hill. xxxx
4. [4] Dubravko Miljkovie, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, Croatia. Noise within a Data Center.MIPRO.2016/CTS.

ขอเริ่มเรื่องด้วยการปูพื้นฐานเกี่ยวกับ **เสียง** ฤๅกรอบความคิดเกี่ยวกับเสียง [1] มนุษย์เรารับรู้เสียงได้โดยการสั่นสะเทือนของ eardrum ในช่วงพิกัดความถี่ที่รับฟังได้ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนผันความดันสูงและต่ำกว่าความดันบรรยากาศที่เรียกว่า sound pressure มีหน่วยการวัดเป็น Pascal (Pa) โดยจำนวนการเปลี่ยนผันความดันต่อวินาทีเรียกว่า **ความถี่ของเสียง** (f) ซึ่งวัดเป็นจำนวนครั้งต่อวินาทีที่เรียกว่า Hertz (Hz) ในวัยหนุ่มสาวที่มีการรับฟังปกติ สามารถรับฟังเสียงได้ในพิกัดความถี่ช่วงตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20,000 Hz เป็นความถี่เสียงที่สามารถรับฟังได้ทั่วไป หากพิจารณาที่ความถี่เดียวเราจักเรียกว่า **pure tone** เสียงรบกวนในอุตสาหกรรมส่วนมากจักประกอบด้วยหลากหลายความถี่ผสมกันอย่างกว้างขวางเราเรียกว่า broadband noise วงรอบความถี่ของ pure tone เราเรียกว่า **period period** เป็นช่วงเวลาของหนึ่งวงรอบวัฏจักรของ **sinusoidal tone** มีหน่วยเป็นวินาที

ความเร็วของเสียง (c) หมายถึง อัตราการการส่งผ่านคลื่นเสียงผ่านตัวกลางด้วยการนำซึ่งขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นแลความหนาแน่นของตัวกลาง สำหรับการนำไปใช้งานโดยทั่วไปเป็นความเร็วของเสียงในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature) ในอากาศมีหน่วยเป็น Kelvin โดยที่อุณหภูมิห้อง (20˚C) แลความดันบรรยากาศมาตรฐาน ความเร็วของเสียงในอากาศจักอยู่ที่ 343 m/s ซึ่งมีวิธีคำนวณความเร็วของเสียงในอากาศเป็น

$$c = 20.05\sqrt{T}$$

โดยที่ T มีค่าเท่ากับ 273.15 + 19.507 เท่ากับ 292.657 Kelvin

ความยาวคลื่นหมายถึงระยะทางของคลื่น pure tone ที่เดินทางระหว่างหนึ่ง period เต็ม ใช้สัญลักษณ์เป็น lamda (λ) ความยาวคลื่นของ pure tone มีค่าเท่ากับ ความเร็วของเสียง หารด้วย ความถี่ของ pure tone ฤๅ $\lambda = c / f$

ระดับเสียง แลเดซิเบล (dB) ในงานวิศวกรรมควบคุมเสียงรบกวนเราจักอ้างอิงถึง sound power แล sound pressure level ฤๅที่เรียกว่า ระดับเสียงเราจักอธิบายได้ด้วย logarithmic scale มีหน่วยเป็นเดซิเบล เหตุที่ต้องอธิบายด้วย logarithmic scale ก็เพราะเป็นการใช้งานที่ใช้ช่วงพิกัดที่กว้างขวางมากเพื่อนำไปสู่ปริมาณที่มีช่วงการใช้งาน (แสดงผล) ที่เล็กลง ต้องไม่ลืมว่า เดซิเบล เป็นการแสดงในรูปแบบสัมพัทธ์ ฤๅในรูปอัตราส่วน ทั้ง sound power level แล sound pressure level มีรูปทั่วไปเป็น เดซิเบล (dB) ซึ่งเป็นการวัดที่สัมพัทธ์ กับ ปริมาณอ้างอิง

การลดทอนของเสียง (sound attenuation) เป็นการหลอมรวมความผันผวนของความดันแลความเร็วที่วัดออกมาในรูปของ **sound power level** (Lw ฤๅ SWL) เป็น sound power รวม (W) ที่แผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดเสียงที่สัมพัทธ์กับ power อ้างอิง ฤๅ $W_{ref} = 10^{-12}$ ค่าของ sound power level สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

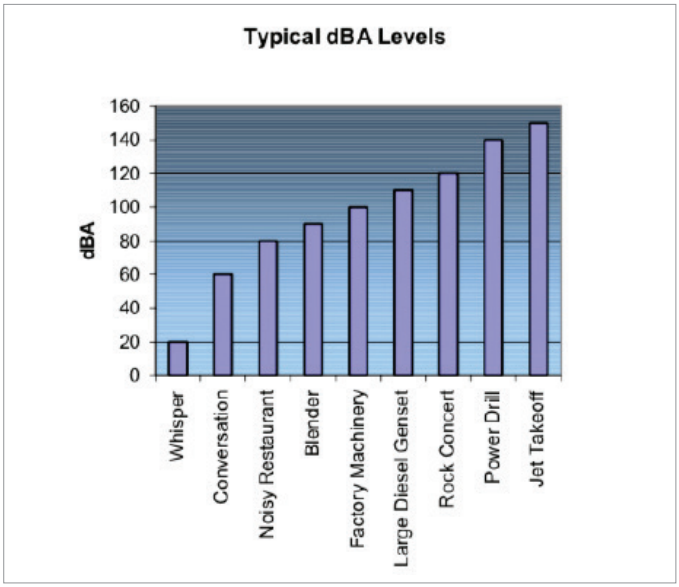
$$L_W = 10\log_{10}\left(W/W_{ref}\right) \qquad (dB)$$

ในการวัดขนาดของ sound power level เป็นการวัดขนาดของแหล่งกำเนิดเสียงเอง แลต้องรวมกับแหล่งกำเนิดเสียงโดยรอบ

อีกแนวทางที่น่าจักได้ทำความเข้าใจเพิ่มเติมคือ ความแข็งของคลื่นเสียง ในที่นี้หมายถึง **sound pressure level** (Lp ฤๅ SPL) เช่นเดียวกันก็ยังต้องเป็นการวัดที่สัมพัทธ์กับความดันอ้างอิงมาตรฐาน ฤๅ $P_{ref} = 2 \times 10^{-5}$ Pa ค่าของ sound pressure level สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$L_p = 20\log_{10}(p/p_{ref}) \qquad (dB)$$

ความดันอ้างอิงเป็นการกำหนดระดับการเริ่มรับรู้ถึงการได้ยินของแต่ละบุคคลที่เป็นส่วนใหญ่ โดยรูปด้านล่างนี้เป็นการแสดงค่ารวมหลายย่านความถี่ ซึ่งต่อไปจักได้อธิบายขยายความ แต่ตอนนี้รับรู้ไปก่อนว่า เป็นไปในรูปรวมๆ หลายย่านความถี่ใช้หน่วยเป็น dBA สำหรับระดับเสียงของสิ่งแวดล้อมทั่วๆ ไป ดังแสดงในรูปที่ 1



● *รูปที่ 1 แสดงระดับเสียงของสิ่งแวดล้อมทั่วๆ ไป*

การลดทอนของเสียง ฤๅ **sound attenuation** เรื่องแรกที่จักได้เรียนรู้กันก็คือ **frequency band** แล **weightings** ตอนนี้เราต้องเริ่มลงในรายละเอียดที่เกิดขึ้นจริง เสียงรบกวนผสมผสานหลายความถี่ แต่ยังอยู่ในพิกัดช่วงความถี่เสียงที่มนุษย์รับฟังได้จาก 20 Hz จนถึง 20 kHz สามารถแบ่งเป็นย่าน (band) ต่างๆ อย่างต่อเนื่อง การเรียกชื่อย่านเริ่มที่ความถี่ขอบล่าง (lower frequency : f_l) แลความถี่ขอบบน (upper frequency : f_u) ทำให้ได้สัดส่วนของสเป็กตรัมที่พิจารณาสัดส่วน โดยที่อัตราส่วนของ (f_u/f_l) หากมีค่าเท่ากันให้หมายความว่า เป็นคุณสมบัติเดียวกันสำหรับแต่ละย่าน มีความถี่กึ่งกลาง (center frequency : f_c) สำหรับย่านนั้นๆ สามารถคำนวณหาได้จากสูตร $(f_u \times f_l)^{1/2}$ อีกคำที่ต้องทำความเข้าใจคือ octave band ให้หมายว่า เป็นย่านความถี่ที่มีพฤติกรรมทางคุณสมบัติแบบเดียวกัน เราจักใช้ตัวแทนเพียงหนึ่งจุดคือที่ค่าความถี่กึ่งกลาง สำหรับ octave band หมายถึง ย่านที่มีค่าอัตราของ f_u/f_l มีค่าเท่ากับ 2 แลสำหรับค่า **1/3 octave band** หมายถึง ย่านที่มีค่าอัตราของ f_u/f_l มีค่าเท่ากับ 21/3 นั่นหมายความว่า สามย่านของ 1/3 octave band มีขนาดเท่ากับย่านของ octave band ตำแหน่งของค่าความถี่ขอบล่าง แลค่าความถี่ขอบบนสามารถคำนวณได้จากค่าความถี่กึ่งกลาง ดังนี้

$f_l = 2^{-1/2n} x f_c$ แล $f_u = 2^{1/2n} x f_c$ โดยที่ $n = 1$ สำหรับ octave bands แล n = 1/3 สำหรับ 1/3 octave bands ลัดส่วนของความถี่ใดๆ สามารถหาได้จากค่าความถี่กึ่งกลางของแต่ละย่านที่สนใจ แลจากค่าของ n ค่ามาตรฐานของความถี่กึ่งกลาง ขอบด้านล่าง แล ขอบด้านบน สำหรับแต่ละย่าน octave แล 1/3 octave โดยทั่วๆ ไป มีการใช้ข้อมูลนี้กับการควบคุมเสียงรบกวน แลการเก็บเสียง (noise control and acoustics) ดังแสดงในตารางที่ 25-1

Table 25-1. Center, lower, and upper frequencies for standard set of octave and 1/3 octave bands covering the audible frequency range.

Octave Band			1/3 Octave Band		
Lower Frequency (Hz)	Center Frequency (Hz)	Upper Frequency (Hz)	Lower Frequency (Hz)	Center Frequency (Hz)	Upper Frequency (Hz)
22	31.5	44	22.4	25	28.2
			28.2	31.5	35.5
			35.5	40	44.7
44	63	88	44.7	50	56.2
			56.2	63	70.8
			70.8	80	89.1
88	125	177	89.1	100	112
			112	125	141
			141	160	178
177	250	355	178	200	224
			224	250	282
			282	315	355
355	500	710	355	400	447
			447	500	562
			562	630	708
710	1,000	1,420	708	800	891
			891	1,000	1,122
			1,122	1,250	1,413
1,420	2,000	2,840	1,413	1,600	1,778
			1,778	2,000	2,239
			2,239	2,500	2,818
2,840	4,000	5,680	2,818	3,150	3,548
			3,548	4,000	4,467
			4,467	5,000	5,623
5,680	8,000	11,360	5,623	6,300	7,079
			7,079	8,000	8,913
			8,913	10,000	11,220
11,360	16,000	22,720	11,220	12,500	14,130
			14,130	16,000	17,780
			17,780	20,000	22,390

เพื่อการลดผลกระทบที่เกิดจากเสียงรบกวนต้องเริ่มต้นที่สารสนเทศที่แม่นยำเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด หูของมนุษย์ไม่ได้ตอบสนองดีเท่าเทียมกันตลอดย่านความถี่ทั้งหมด หากแต่หูของมนุษย์จักตอบสนองช่วงความถี่ตั้งแต่ 500 Hz จนกระทั่งถึง 6000 Hz โดยจักตองสนองได้น้อยมากเมื่ออยู่ในช่วงที่อยู่นอกช่วงความถี่ดังกล่าวทั้งที่สูงกว่า แลต่ำกว่า มีมาตรฐานทางเลือกที่แตกต่างกัน 3 คุณลักษณะที่เรียกว่า ***"A", "B", "C"*** weighting networks โดยได้มีการพัฒนาเป็นมาตรฐานได้ผลลัพธ์ แลสามารถเปรียบเทียบกัน แต่ละ weighting มีความถี่กึ่งกลางของ sound presure level curve ที่แตกต่างกัน สำหรับคุณลักษณะพิเศษ ***"D"*** weighting เป็นมาตรฐานสำหรับการวัดเสียงรบกวนในกิจการการบิน สำหรับ ***"A"*** network มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในการเตรียมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดของการได้ยินของมนุษย์จากการทดสอบจริง ทั้งสามองค์ประกอบ weighting สำหรับ ***"A", "B", "C"*** network ได้นำเสนอไว้ตารางที่ 25-2

Table 25-2. A, B, and C Electrical Weighting Networks for the Sound-Level Meter. These numbers assume a flat, diffuse-field (random incidence) response for the sound-level meter and microphone

Frequency (Hz)	A-weighting relative response (dB)	B-weighting relative response (dB)	C-weighting relative response (dB)
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.0
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1,000	0	0	0
1,250	+0.6	0	0
1,600	+1.0	0	-0.1
2,000	+1.2	-0.1	-0.2
2,500	+1.3	-0.2	-0.3
3,150	+1.2	-0.4	-0.5
4,000	+1.0	-0.7	-0.8
5,000	+0.5	-1.2	-1.3
6,300	-0.1	-1.9	-2.0
8,000	-1.1	-2.9	-3.0
10,000	-2.5	-4.3	-4.4
12,500	-4.3	-6.1	-6.2
16,000	-6.6	-8.4	-8.5
20,000	-9.3	-11.1	-11.2

ในการแปลงค่าของ dB ไปเป็นค่า weighting dBA สามารถทำได้จากการเพิ่มค่าตัวเลขที่แสดงไว้ในตารางที่ 25-2 ที่เป็นค่า relative response (dB) ตามที่ต้องการข้อมูลแหล่งกำเนิดเป็น octave ฤๅ 1/3 octave ยกตัวอย่างที่ค่าช่วงความถี่ 500 Hz อ่านค่าในตาราง 25-2 ได้ค่า -3.2 จากค่าที่วัดมาได้ที่ 85 dB SPL ค่าที่ปรับแล้วจักต้องเป็น 85 - 3.2 = 81.8 dBA SPL ใน ***"A"*** weighting

การคำนวณการเพิ่มระดับของเสียง เมื่อมีแหล่งกำเนิดเสียง 2 แหล่ง ฤๅมากกว่า เราไม่สามารถเพิ่มได้อย่างตรงๆ ต้องเป็นการเพิ่มแบบค่าที่เป็น logarithmic โดยหลายครั้งมีความจำเป็นที่ต้องแปลง sound pressure levels ที่วัดได้ใน series ของย่านความถี่นั้น โดยใช้ที่ 1 ย่านเสมือนที่พิกัดความถี่เดียวกัน ในกรณีที่เป็นขนาดตลอดย่านความถี่ที่เรียกว่า **overall level L(OL)** ก็สามารถคำนวณได้จากสูตรด้านล่างนี้

$$L_p(OA) = 10\log_{10}\sum_{i=1}^{n} 10^{L_{pi}/10} \qquad (dB)$$

การแปลงค่าสามารถคำนวณล่วงหน้าใส่ไว้ในตาราง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 25-3

Table 25-3. Combining two sound levels L_1 and L_2. May be sound power levels or sound pressure levels.

L_1-L_2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{com}-L_1	3.0	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4

ในการคำนวณเพื่อได้ระดับของ dBA ทุกย่านความถี่ สามารถใช้ตามตารางที่ 25-3 ได้ แต่ก่อนอื่นก่อนนำข้อมูลมาใช้คำนวณตามตารางที่ 25-3 อันดับแรกจักต้องปรับค่าตัวเลขที่ได้มาในแต่ละย่านความถี่ของ A-weighting sound pressure level ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 25-2 ในช่องของ A weighting relative respond เพื่อประสานทั้งแปดระดับไปเป็น overall dBA ดำเนินการทีละ 2 ย่านความถี่ เช่น ย่านที่ 1 (65 dBA) แล 8 (65 dBA) จากตารางที่ 25.3 เมื่อใดก็ตามความแตกต่างระหว่างทั้งสองย่านเท่ากับศูนย์ ค่าการปรับจักสูงขึ้น 3 dBA นำผลลัพธ์ที่ได้ (68 dBA) มาเทียบกับย่านที่ 7 (73 dBA) จักเห็นว่า ต่างกัน 5 dBA (ย่านที่ 7 ที่สูงกว่าจักเพิ่มสูงขึ้นด้วยค่าของความต่างที่เท่ากับ 5 dBA คือเพิ่มขึ้น 1.2 dBA) ถึงจุดนี้เนื่องจากใช้รูปที่อ้างอิงโดยไม่ได้แก้ไขใด จึงขอให้ข้อสังเกตว่า ค่าที่อ่านมาครั้งแรกก่อนเป็นค่า corrected SPL ของย่าน *ลำดับที่ 6 น่าจักเป็นค่า 82 (แทนที่จักเป็น 79 ดังในรูป...อย่างไรขอให้ตรวจสอบก่อนนำไปใช้งาน *ไม่ถูกต้องอย่างไร แจ้งได้นะ*) ลำดับกระบวนการต่อๆ ไปจนกระทั่งสิ้นสุด จักได้ค่า overall level เท่ากับ 93.3 dBA ดังแสดงในรูปที่ 25.1 (มีข้อสังเกตว่า ค่า dBA จักไม่มีทศนิยม ค่าที่ควรเป็นคือค่า dBA ที่ใกล้อย่างยิ่ง)

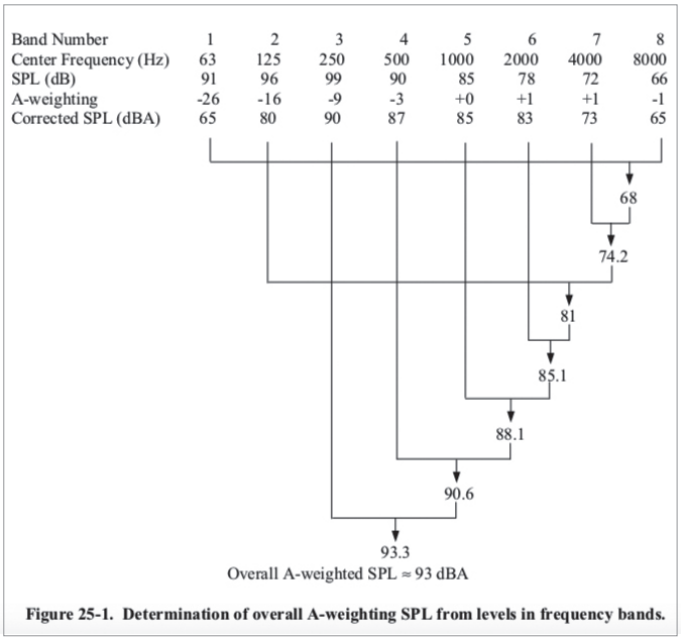


Figure 25-1. Determination of overall A-weighting SPL from levels in frequency bands.

ถัดไปเห็นจักเป็นการประยุกต์ไปใช้งานเกี่ยวกับ noise criteria (NC) curve [2] ที่แสดงทั้ง 8 octave โดยเป็นการทำ overall A-weighting เพื่อเปรียบเทียบค่าระหว่าง NC กับค่า dBA ดังแสดงในรูปที่ 6-13 B.

	A Weighted	NC
Residences		
Private homes (rural and suburban)	25-35	20-30
Private homes (urban)	30-40	25-35
Apartment houses, 2- and 3-family units	35-45	30-40
Hotels		
Individual rooms or suites	35-45	30-40
Ball rooms, banquet rooms	35-45	30-40
Halls and corridors, lobbies	40-50	35-45
Garages	45-55	40-50
Kitchens and laundries	45-55	40-50
Hospitals and Clinics		
Private rooms	30-40	25-35
Operating rooms, wards	35-45	30-40
Laboratories, halls and corridors, lobbies and waiting rooms	40-50	35-45
Washrooms and toilets	45-55	40-50
Offices		
Board room	25-35	20-30
Conference rooms	30-40	25-35
Executive office	35-45	30-40
Supervisor office, reception	35-40	30-45
General open offices, drafting rooms	40-55	35-50
Halls and corridors	40-55	35-55
Tabulation and computation	45-65	40-60
Auditoriums and Music Halls		
Concert and opera halls, studios for sound reproduction	25-35	20-25
Legitimate theaters, multipurpose halls	30-40	25-30
Movie theaters, TV audience studios, semi-outdoor amphitheaters, lecture halls, planetarium	35-45	30-35
Lobbies	40-50	35-45

	A Weighted	NC
Churches and Schools		
Sanctuaries	25-35	20-30
Schools and classrooms	35-45	30-40
Laboratories	40-50	35-45
Recreation halls	40-55	35-50
Corridors and halls	40-55	35-50
Kitchens	45-55	40-50
Public Buildings		
Public libraries, museums, court rooms	35-45	30-40
Post offices, general banking areas, lobbies	40-50	35-45
Washrooms and toilets	45-55	40-50
Restaurants, cafeterias, lounges		
Restaurants	40-50	35-45
Cocktail lounges	40-55	35-40
Night clubs	40-50	35-45
Cafeterias	45-55	40-50
Stores retail		
Clothing stores, department stores (upper floors)	40-50	35-45
Department stores (main floor), small retail stores	45-55	40-50
Supermarkets	45-55	40-50
Sports activities—Indoor		
Coliseums	35-45	30-40
Bowling alleys, gymnasiums	40-50	35-45
Swimming pools	45-60	40-55
Transportation (rail, bus, plane)		
Ticket sales offices	35-45	30-40
Lounges and waiting rooms	40-55	35-50

B. Ranges of indoor design goals for air-conditioning system sound control

Figure 6-13. Noise criteria.

ในการเลือกขนาดของ noise criteria [3] กรณีของ balanced noise criterion (NCB) ในที่นี้เป็นการนำเสนอเพื่อให้เกิดแนวความคิดว่า ในแต่ละขนาดของค่า NCB มีขนาดของ dB อย่างไร (ก่อนทำ corrected SPL) ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 18-1

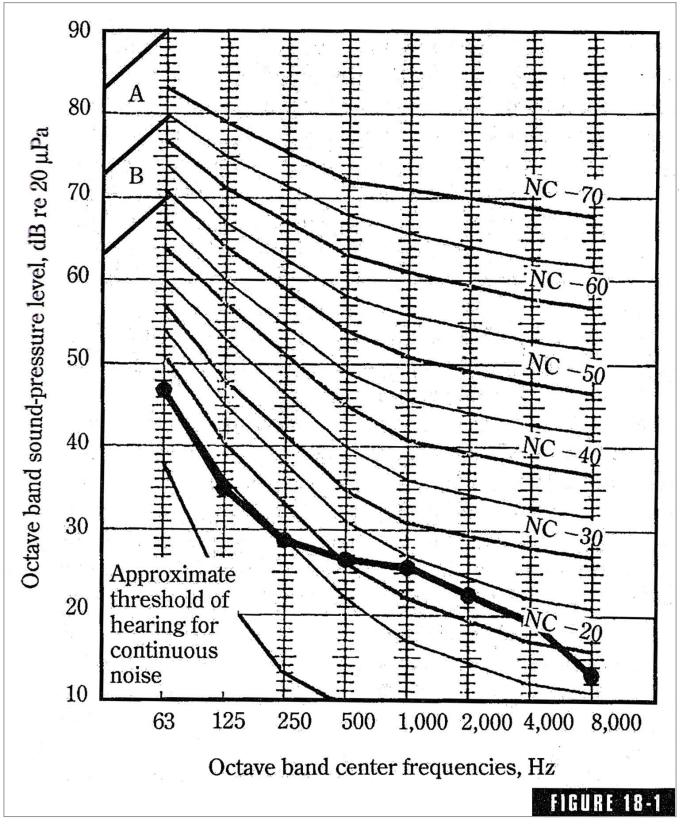


FIGURE 18-1

เมื่อเรานำความรู้ที่ได้เรียนรู้กันมา ไม่ว่าจักเป็นไปตามรูปที่ 25-1 ประกอบกับข้อมูลจากกราฟของรูปที่ 18-1 สามารถแปลงข้อมูลจากกราฟในแต่ละ octave ให้เป็น dBA ซึ่งมีความหมายว่าเป็นค่าของ overall A-weighted SPL ดังแสดงในตารางข้างล่าง

BalancedNoise-criterion (NCB)	overall A-weighted SPL
NC-70	76
NC-65	71
NC-60	67
NC-55	62
NC-50	58
NC-45	53
NC-40	49
NC-35	44
NC-30	39
NC-25	36
NC-20	31
NC-15	26

โดยที่สาระอยู่ที่การนำค่า NC แล overall dBA SPL ไปใช้งาน ผู้เขียนมีความเห็นว่า เป็นการนำไปใช้งานนั้นจักเหมาะสำหรับอุปกรณ์ ฤๅ equipment เป็นตัวๆ ที่ทดสอบที่โรงงานด้วยเครื่องมือ class I อ่านค่าแยกเป็นแต่ละ octave ฤๅบอกค่าออกมาเป็นค่า NC เลย ก็ตาม เป็นเครื่องมือที่มีราคาแพงเหมาะกับโรงงานผู้ผลิต แล ผู้ตรวจสอบกำกับดูแลของเจ้าพนักงาน สำหรับผู้รับเหมา ผู้บำรุงรักษา ผู้ตรวจสอบประจำปี ควรใช้เครื่องมือวัดใน class II ก็เพียงพอแล้วในการทำงาน ที่มีราคาถูกกว่ามากมาย สุดท้ายจักยกตัวอย่างงานเขียนที่เป็น paper ของต่างประเทศชื่อหัวข้อ **noise within a data center** [4] จักขอหยิบยกเพียง 1 ตารางมาเพื่อเป็นแนวทางการเกิดเสียงรบกวนใน data center ดังแสดงในตารางที่ 7 (TABLE VII)

TABLE VII. WEEKLY NOISE VARIATIONS – SUMMARY

Noise (daily average) dBA	Sun	Mon	Thu	Wen	Thu	Fri	Sat
	79,3	79,3	79,4	79,5	79,4	79,4	79,4

จากตารางที่ 7 ในการกำหนดมาตรฐานอ้างอิงไม่ควรที่จักกำหนดขนาดที่ต่ำกว่าค่าสูงสุดในตาราง ในที่นี้สมควรจักได้พิจารณาข้อความที่กำหนดไว้ในกฎหมายของประเทศไทย ซึ่งเป็นขนาดไม่น้อยกว่า 85 dBA ค่าเฉลี่ย ผู้เขียนเข้าใจว่า เป็นค่าเฉลี่ย 12 ชั่วโมงกลางวัน ส่วนจักเริ่มต้นสิ้นสุดเมื่อใดขอท่านผู้อ่านลองสืบค้นดูตามอัธยาศัยนะครับ ดังที่ได้เขียนบทความมาถึงบรรทัดนี้ หวังยิ่งว่าจักเป็นการขยายความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเสียงมากขึ้น

สำหรับผมต้องขอขอบคุณครูบาอาจารย์ที่ท่านได้กรุณาให้หนังสือมาเป็นปฐมการเรียนรู้ กอปรกับโอกาสได้ร่วมฟังอธิบายความของคณะกรรมการดาตาเซนเตอร์ของ วสท. จึงทำให้ผู้เขียนได้มีโอกาสรู้ขึ้นมาอย่างมาก หากมีสิ่งใดเป็นข้อผิดพลาดคลาดเคลื่อนไปก็หาใช่ข้อมูลปฐมภูมิ แลทุติยภูมิใดคลาดเคลื่อน ก็ต้องยอมรับว่า เป็นความผิดพลาดที่ผู้เขียนอหังการ์ตัดสินผิดพลาดไปเอง แต่หากมีสิ่งใดดีงามข้อมอบรำลึกแด่ครูบาอาจารย์ที่ได้สอนสั่ง แลพ่อแม่ที่ให้โอกาสเรียนหนังสือเป็นสมบัติติดตัวใช้ทำมาหากินล่วงเลยวัยทำงานมาแล้ว ขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่กรุณาสนับสนุนให้กำลังใจอย่างท่วมท้นเมื่อมีโอกาส ขอบคุณสมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย ที่ให้โอกาสได้ร่วมการงาน สวัสดีครับ...

ส่วนตัวผู้เขียน

นายสุวิทย์ ศรีสุข *วิศวกรไฟฟ้า-ที่ปรึกษาอิสระ*

การศึกษา

- *ปริญญาตรี-วิศวกรรมศาสตร์ ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี*
- *ปริญญาโท-วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม บางเขน*

ประสบการณ์ • *ทำงานกว่า 31 ปี งานด้านไฟฟ้ากำลัง*