

低音部の 出力을 爲한 Voice Coil 의 質量

技術解説
14-4-2

李 啓 浩*

1. 序 論

20世紀는 原子彈 時代 即 核時代라고도 하지만 한 便 mass communication 時代라고도 생각된다. 보다 効率的이며, 보다 能率的인 mass com 을 위하여는 보다 낮은 T.V, radio, 電蓄이 必要하다고 生覺된다. 思想의 啓蒙 宣傳等 우리의 聽覺을 통한 藝術 即 音樂等 우리의 教養과 生活을 豊富히 하여 주는 役割을 하고 있는 것은 許多하지 마는 그 中에서도 좋은 効率的의 speaker 를 만든다는 것은 重要하다고 生覺된다.

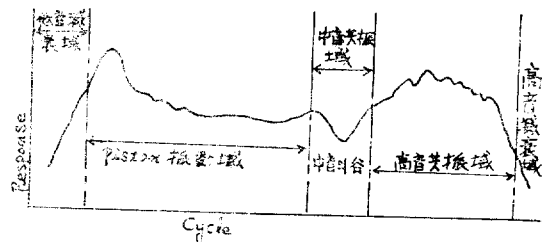
우리나라의 speaker 제작의 歷史는 얼마되지 않을 뿐더러 自給 自足의 領域을 못 벗어 나고 있다. Weston speaker, 自社 內에서 自給 自足하고 있는 金星社製 speaker 等 完全히 量産의 段階에 못 들어 가고 있는 實情이다. 그러나 性能面에서도 뒤떨어짐을 免할 수 없는 實情이다. 附屬品 例컨데 磁鐵 coil 接착제 등 것이 姊妹會社에서 直輸入하고 있는 形便인 것 같다. 勿論 綜合工業이 發達해야만 되겠기에 斷片의 發達은 期하기 어려울 줄 안다. 그러나 speaker 의 組立 工程에서 끝나치고 있는 形便이고 보면 寒心할 地境이다. Corn 紙도 수입하고 있으니 말이다. 勿論 speaker 製作이라고 하는 것은 極히 delicacy 한 面을 가지고 있다. 즉 効率は B²에 比例하는 것은 當然하지만 効률을 높이고저 空氣 負荷의 抵抗을 크게 할려면 corn 의 口徑이 크게 되므로 自然的으로 振動系의 質量이 크게 되며 또 voice coil 의 抵抗을 적게 하자니 coil 가 必然的으로 짧게 되어 길이 가 짧게 될 뿐만 아니라 air gap 가 크게 되어 磁束密度 B가 적게 되는 相反 關係가 있다. Cabinet, baffle, corn, corrugation, speaker system 等を 가장 合理的으로 設計할 必要가 있다. 이 實驗結果를 報告함으로써 speaker 研究에 對한 慾求를 갖이고 意慾의 契機가 되었으면 좋겠다. Voice coil 의 turn 數를 바뀌었을 때 impedance 을 測定하였으 며 turn 數와 音壓 level 및 周波數 關係를 알아 보았다. 그리하여 中型 speaker 의 周波數特性을 알아 設計에 寄與하고자 한 것이다.

2. 理 論

2-1. 周波數 特性

現在 使用되는 speaker 는 多種이지만은 주로 使用되

는 것을 列舉하면 아래와 같다. 그리고 金星社에서 實驗한 dynamic speaker 를 주로 하여 大部分 이것에 關하여 論하기로 하겠다. 一般的으로 單一 corn 으로 全周波數 帶域을 cover 하던 그의 周波數 特性을 模型化하여 그림 1과 같이 생각할 수 있다. 그리고 이것을 5개의 部分으로 分類할 수가 있다.



1. 低音 減衰域
2. piston 振動域
3. 中音 共振域
4. 高音 共振域
5. 高音 減衰域

그림 1.

Piston 振動域은 speaker 의 周波數 特性中 가장 基本的인 部分이고 가장 重要的 部分이라 할 수 있다. 이 帶域의 가장 낮은 周波數 部分에 speaker 의 基本 共振이 存在하고 있으며 이 周波數 보다 낮은 周波數에 있어서는 振動을 制動하는 것은 振動體의 質量이 아니고 彈性이므로 振幅은 周波數에 無關係 하며 一定하게 되고 出力은 baffle 를 使用하여도 周波數의 4 제곱에 比例하여 低下된다. 基本共振으로 부터 piston 振動域이 始作되어 振動系는 1 體로 되어 振動하지만 中音共振域에 있어서는 edge 및 corn 의 一部 彈性 corn 과 voice coil 의 質量에 依하여 中音 共振이 發生하며 edge, corn 의 彈性 및 質量에 支配되어(勿論 voice coil 의 質量도 包含) 中音의 굴이 생긴다. 이 現象은 fixed edge 에서 顯著하며 즉 hard edge 에 많고 free edge 等を 設置하면 有効하며 damp edge 等도 이것을 防止하기 위하여 使用되고 있다. 一般的으로 piston 振動域은 慣性에 依하여 controlling 되는 帶域이다. 이 mass controlling 라고 하는 것은 振動素子의 彈性 및 抵抗에 依한 impedance 보다도 質量이 重要的 役割을 한다. 即 이 質量에 依한 impedance 에서 出力이 나온다고 생각되는 경우를 말한다. 그러나 speaker 와 같은 音響 輻射體는 空氣中에서 輻射 impedance 에 依하여 支配되며 $f = \frac{2c}{\pi a} = 21,600 \frac{1}{a}$

*光州工高·教師

c ; 音速[cm/s] a ; 振動板의 有效 半徑[cm]

에 의하여 주어지는 周波數보다 낮은 周波數에서는 輻射 抵抗이 크며 一般的으로 speaker의 한쪽 面에 있어서 輻射에 要하는 附加 質量은

$$\frac{8}{3} \rho a^3 = 3.2 \times 10^{-3} a^3 \quad \rho ; \text{density of air}$$

로 주어진다.

高音共振域은 corn의 節振動에 의한 걸보기 彈性 및 voice coil의 質量에 의하여 支配된다. 이 附近의 周波數에서 輻射 impedance는 輻射 抵抗이 一定한 값으로 되어 附加 質量이 減少한다. 그래서 高音共振이 일어나지 않은 限 出力은 周波數의 自乘에 逆比例하여 低下할 것이다. 그러나 全帶域型 speaker에서는 高音共振을 한걸 같이 分布시켜서 帶域을 넓히도록 設計 되어 있다. 高音의 限界 周波數는 corn 頂部의 彈性 및 voice coil의 質量에 의한 共振에 의하여 決定되며 이 周波數 以上에서는 周波數의 自乘에 逆比例하여 出力은 減少한다. 2重 voice coil型은 coil의 質量을 가볍게 하여 高音 限界를 높일려는 것이고 또 2重 corn은 低音 corn과 材質 또는 質量이 틀리는 高音用 corn을 使用하여 高域을 넓힐려고 한 것이다.

그리고 低音 特性 即 piston 振動域은 speaker를 使用함에 있어서 大端히 重要하다. 增幅器의 出力 impedance의 抵抗分이 voice coil의 抵抗分에 比較하여 大體的으로 클 때에는 增幅器의 出力 抵抗에 의하여 電壓 降下가 생긴다. 그래서 磁氣回路의 flux와 voice coil를 흐르는 電流에 의하여 생기는 制動力이 減少되는 結果로 해서 過渡의 이나마 入力에 對하여 忠實한 再生을 할 수가 없게 되는 것이다. 그러므로 이와 같은 增幅器로서 speaker가 動作할 때를 考慮하여 생각하기로 한다. Speaker가 低

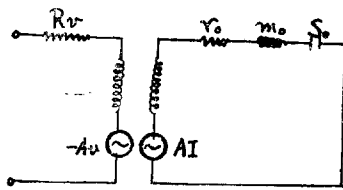


그림 2.

음으로 動作할 때 等價回路로 생각하기로 하겠다. 그림 3은 이것을 나타낸 것이며 piston 振動域에 있어서의

特性은

$$\left| \frac{wm_0 V}{AI} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{Q_0}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{x^2}\right)^2}}$$

로써 주어진다. 단 여기에서 $x = \frac{w}{w_0}$

w_0 : 基本共振 周波數

w : 角 周波數

$A : Bl$

$$\therefore Q_0 = \frac{2\pi f_0 m_0 Rv}{(Bl)^2} \times 10^9$$

Rv : Voice coil의 저항

m_0 : 振動系의 質量

s_0 : 振動系 支持部의 stiffness

r_0 : 振動系 支持部의 기계 抵抗

이 Q_0 의 값을 주므로서 speaker의 低音 特性은 決定되지는 이것을 그림3에서 보자면 Q_0 가 0.8~1 정도일 때에는 周波數 特性은 平坦한 特性을 表示하고 있다. 그러나 Q_0 가 1以上이 되면 f_0 의 山 높이가 높아지게 된다.

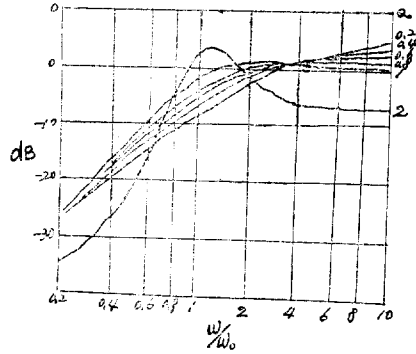


그림 3.

그와 同時에 過渡特性도 나빠지게 된다. 一般的으로 密閉型 cabinet에 speaker를 넣었을 때 $Q_0 \leq \frac{1}{\sqrt{2}}$ 정도를 取해 주는 것이 最良이고 位相 反轉型의 경우에는 $Q_0 = \frac{1}{\sqrt{3}}$ 정도가 最適이다. Q_0 가 1以上の 값을 取한다 하여 設計 不可能은 아니지만 大端한 困難을 갖어 오게 된다. 主로 使用되는 speaker의 種類는 (1) dynamic speaker (2) magnetic speaker (3) electrostatic loud speaker (4) horn speaker 등이 있다. 그러면 이것들의 周波數 特性은 그림 4와 같다.

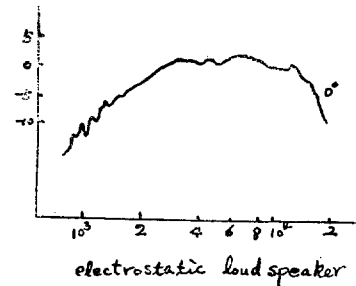
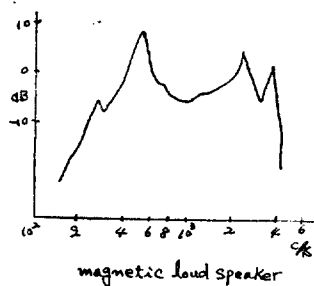
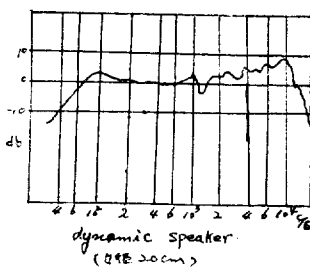


그림 4.

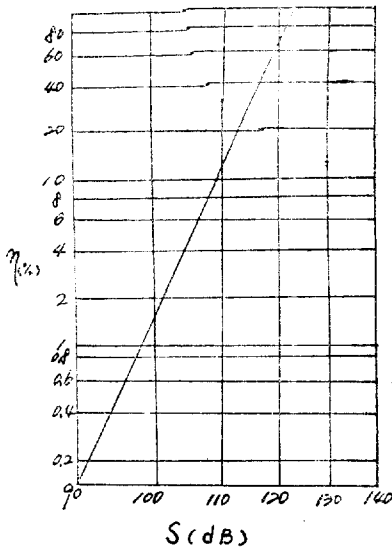
2.2. 能 率

Speaker 를 論하는 以上 能率을 生覺하지 않을 수 없다. Speaker 의 能率은 出力 音壓 level 에 依하여 規定되 고 그 測定은 speaker 의 中心軸上 50cm 의 위치에 micro phone 을 놓고 speaker 에 300[c/s], 400[c/s], 500[c/s] 600[c/s]의 電氣壓力 1W 을 넣어서 測定하고 이때의 音壓 level 의 平均値를 말 하도록 되어 있다. 但 1W 라 고 하는 것은 $\frac{E}{\sqrt{Z}}$ 로써 表示되는 量이고 E는 電氣入力 電壓 Z는 voice coil 의 公稱 impedance 이다. 그리고 音 壓 level 는 0.000 2μ bar 를 0 dB 로 하는 값으로서 表示 된다. 이것을 speaker 의 等價回路에서 算出되는 數式으 로 表示하면

$$S = 75 + 201 \log_{10} \sqrt{\frac{w_o}{m_o} \times 10^9 \left(\frac{1}{Q_o} - \frac{1}{Q_m} \right) \cdot \frac{\rho a^2}{1000}} \text{ dB}$$

但 $Q_m = \frac{w_o m_o}{r_m} r_o$; 기계저항

로써 주어진다. 여기서도 Q_o 가 變化하면 能率이 變化함



S (dB)

그림 5.

을 알 수 있다. 勿論 Q_o 는 Q_m 등과 無關하지 않고 大端히 密接한 關係를 갖이고 있으므로 簡單히 單正하기는 어 려우나 磁氣回路가 커지면 能率이 上昇하며 低音의 特 性이 變化하는 것을 나타내고 있다.

Speaker 의 能率을 表現함에 있어서는 出力音壓 level 를 使用하는 것이 普通이지만은 百分率로 나타낼 수도 있다. 이때 出力音壓 level 과 percentile로 나타낸 능률 이 알려졌다면 大端히 便利하며 이것의 換算은 近似的 으로 다음 式을 使用할 수 있다.

$$\eta = \frac{\pi}{20\rho c} \times 10^{\frac{s-74}{10}}$$

ρc 는 空氣의 特性 impedance 이고 4.3 플 Ω/cm^2 이라 하면 $\eta \approx 3.66 \times 10^{\frac{s-74}{10}} \times 10^{-\frac{30}{c}}$ 로 주어진다.

이것에 依하여 出力音壓 level 와 能率과의 關係를 圖

示하던 그림 5와 같이 된다. 但 以上の 計算은 音壓 이 speaker 의 前面의 半球面에 똑같이 分布되었다고 생 각했을 때의 값이다.

2.3. Impedance 特性

Speaker 의 impedance 는 周波數 特性과 符合되는 點이 많다. 即 impedance 는 周波數의 變化에 따라 變化한다. 特히 低音에 있어서 impedance 特性은 周波數 特性의 低音 特性을 表示하고 있다. 그리고 impedance 特性의 低 域의 山은 f_o 를 나타낸다. 効率이 좋은 speaker 일 수록 f_o 의 山은 높다. 高域에 있어서의 上昇은 coil 의 in- ductance 에 依한 것이다. 普通 speaker 에서는 이것이 가 장 낮은 400 c/s 附近의 impedance 를 定格으로 하고 있 다. 또 f_o 에 있어서 Q_o 는 定電壓 特性에 平均 音壓 level 와 f_o 와의 音壓의 差로서 나타내지며 $Q_o=2$ 이면 6dB 높아지고 $Q_o=1$ 이면 同 level 이다.

2.4. 指向 特性

指向 特性은 一般的으로 speaker 의 口徑에서 定하여지 는 것이고 波長이 振動半徑의 3倍 程度일때 即 $\lambda < 3R$ 의 關係로 되면 指向性을 가지며 더욱 波長이 짧게 되면 指 向性은 强하게 된다. 指向性을 좋게 하기 위하여 corn 頂角의 크기 其他 corn 形狀의 設計를 適當히 하지 않 으면 안된다. 또 speaker 의 前面 軸上에 擴散用 球을 使用할 수도 있다.

2.5. Corn

Corn 은 直接音を 放射하는 部分으로서 여러가지 型이 있다. 그의 材質은 有機纖維을 使用하며 paper 는 corn 材料로서 優秀하다. 軸方向에 對하여 튼튼한 corn 을 만 들기 위하여는 頂角을 작도록 하면 된다. 그러나 이 때 문에 指向特性이 나빠지거나 重量이 커지거나 한다. Paper corn 의 경우 材料를 加壓 乾燥시킨 press corn 과 그대로 乾燥 시킨 non press corn 이 있다. 後者の 경우 는 密度가 적고 stiffness가 큰 corn 을 얻을 수 있으나 제조방법이 簡單하여 press corn 이 市販의 大部分을 占 하고 있다. 또 一般的으로 speaker 의 高音限界의 周波 數는 頂部の 強性和 voice coil 의 質量이 一定하면 corn 頂角의 크기에 依하여 高音 限界가 決定된다. 또한 corn 에 corrugation 을 부치는데 이것은 corn 에 剛性과 直徑 方向 振動의 節을 防止하고 또 周波數特性의 改善 等價振動面積의 調整을 하며 高域特性의 延長을 하 는 것이다.

Corn edge 는 corn 紙의 橫振을 防止을 防止하기 위하 여 使用되며 中音部의 特性에 影響을 주는 것이며 大別 하여 Fixed edge, damp edge, free edge 로 區別된다. Free edge 는 中音部의 特性을 良好하게 하며 最近에는 damp edge 材의 代身에 Vineal 系의 材料를 溶着한 것도 있다. 또한 指向特性의 改善 및 再生 周波數 帶域의 擴張 目的

으로 二重 corn 型도 있다. 이것은 大略 두種類가 있으며 그 하나는 高音用의 corn 의 edge 가 free 인 것이 있고 其他는 低音用 corn 으로서 固定된 것이 있다. 後者에 있어서는 高音部와 低音部의 corn 의 結合을 良好하게 하기 위하여 低音 corn 의 頂部에 corrugation 을 하거나 高音部 corn 의 背部에 때리는 低音 corn 에 窓을 設置하거나 하여 機械的으로 分割 回路를 形成한다.

2-6. Voice coil

音聲 電流를 흘러서 振動을 發生 시키는 部分이므로 단단하고 輕量이며 所要 impedance (8Ω)와 電氣容量을 가져야 된다. Voice coil 의 質量과 corn paper 의 質量이 같을때 speaker 의 能率은 最大로 된다. 그러나 高音限界가 低下되므로 高音用 speaker 라든가 全帶域型에 있어서는 가볍게 하기 위하여 高純度の Al 線을 使用하고 있으며 低音用 speaker 等에서는 能率을 增大하도록 設計되어 있다. 또한 distortion 이라는 點에서는 voice coil 은 磁氣 gap 中에서 上下 均等하게 插入된다.

2-7. 磁氣 回路

磁氣回路에는 勵磁型과 永久磁石型 2種類가 있으나 永久磁石의 材料는 以外에도 發達되어 安價하며 優秀한 것이 製造되고 있으므로 最近에는 이것이 流行되고 있다. 永久磁石型의 構造는 內磁型과 外磁型으로 分類된다. 外磁型의 磁氣回路는 漏洩磁氣가 크기 때문에 必要한 空隙 磁束密度를 얻기 위하여 相當히 큰 體積의 磁石을 必要로 하는 缺點이 있다. 內磁型은 ball 의 一部에 磁石을 使用한 型이고 아주 漏洩을 적게하고 磁石의 使用 能率을 向上 시키도록 設計 되고 있다.

3. 試 驗

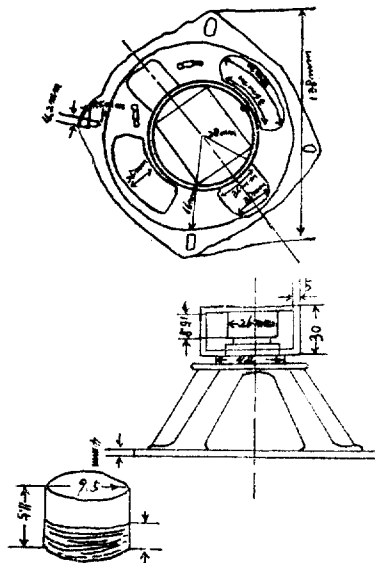


그림 6.

- 1-1. 名稱 種別: dynamic permanent speaker
- 1-2. 크기: 12 inches speaker
- 1-3. 構造: 그림 6과 같다.

2. 試 驗

2-1. 試驗 狀況

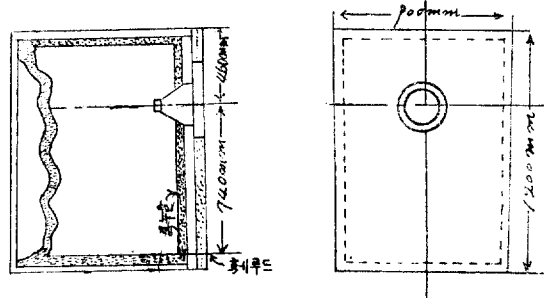


그림 7.

1. 構造 및 크기(金星社製)

標準試驗狀況은 溫度 20°C , 相對濕度 70%로 하나 temp 15°C , 相對濕度 76%에서 그림 7과 같이 하여 놓고 試驗을 하였다. 또 speaker 의 取付狀況과 測定值에 影響을 주지 않도록 標準箱에 取付하여서 周邊에 音을 反對하는 障害物이 없는 場所 즉 凹凹를 壁에 붙인 室 즉 無響室에서 測定하였다. 標準箱의 使用 木材는 두께 20mm 의 나왕의 柾목을 쓰고 內面에 두께 25mm 의 록크우-두를 벽에 吸着 시켜 吸着性을 주었고 이 상자의 開口 直徑은 樫에 루트箱子보다 80cm 적게 hole 를 뚫었다.

2-2. 試驗 項目

- A. Impedance 試驗
- B. 出力音壓 level 및 周波數

2-3. 試驗 裝置

- A. 使用機器
 - (1) Automatic voltage regulator
 - (2) Frequency response tracer
 - (3) Variable rheostat
 - (4) 低周波發振器
- B. 回路圖
 - S; speaker M; microphone ATT; 抵抗減衰器
 - O; 低周波發振器 A; amplifier V; voltmeter

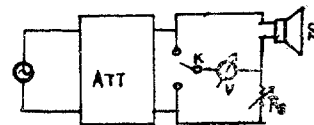


그림 8.

2-4. 試驗結果

A. Impedance 測定

Voice coil 의 質量과 impedance 와의 關係를 알기위하

여 아래와 같이 voice coil 의 turn number 를 變化시켜서 impedance 를 測定한 것이다.

~	18	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	300	400	500	600
8/T	8.6	8.4	9.0	9.5	10.0	11.5	14.3	22.4	38.8	23.6	17.7	14.1	9.8	9.8	9.0	8.9	8.9
~	700	800	900	1,200	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	15,000	20,000	
8/T	8.9	9.1	9.2	9.4	9.6	10.1	12.1	12.0	12.5	13.1	13.8	14.6	15.6	16.4	20.1	23.6	
~	18	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	300	400	500	600
77T	8.5	8.7	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	10.0	13.0	20.6	51.7	40.4	11.0	9.0	8.8	8.8	8.8
~	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	15,000	21,000	
77T	8.8	8.8	9.0	9.1	10.0	9.9	11.5	11.7	12.2	12.9	13.4	14.1	14.9	15.6	19.0	22.2	
~	18	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	300	400	500	600
71T	7.7	8.0	7.8	8.0	8.2	8.7	9.6	11.5	27	44.4	21.4	14.6	8.8	7.9	7.9	7.9	7.9
~	600	700	800	900	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	15,000	20,000	
71T	7.9	7.9	8.1	8.2	8.4	8.4	9.0	10.6	11.1	11.7	12.2	13.0	13.5	14.2	17.4	20.6	
~	18	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	300	400	500	600
75T	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.11	8.12	8.13	8.14	8.14	8.15	8.16	8.17	8.18	8.19
~	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	15,000	20,000	
75T	8.20	8.21	8.22	8.23	8.25	8.28	8.3	8.4	8.6	8.8	8.9	9.3	3.7	10.0	11.7	13.9	
~	18	40	50	60	70	80	90	100	120	130	140	150	200	300	400	500	600
73T	8.2	8.2	8.2	8.2	8.22	8.23	8.24	8.26	8.29	8.28	8.29	8.30	8.35	8.40	8.50	8.53	8.55
~	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	2,000	8,000	9,000	10,000	15,000	20,000	
73T	8.60	8.70	8.80	8.90	9.40	9.90	11.00	12.2	13.2	14.3	15.3	16.2	17.3	18.2	22.6	26.5	

B. 出力音壓 level 및 周波數特性

供試 speaker 를 標準箱에 取付하고 그림8의 回路圖와 같이 voice coil 에 連續 周波數의 一定電壓을 加하여 行한다.

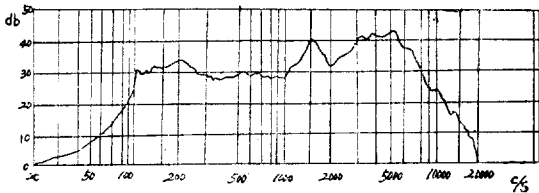


그림 9.

P-520A No.3

V.C rated input w

Enclosure	50cm on axis
MIC	
Input	
S.P.L	
Resonance	

Zero level 70 db Lower lim Fr 20 c/s
Voice coil 71 T Date 1964. 4. 2

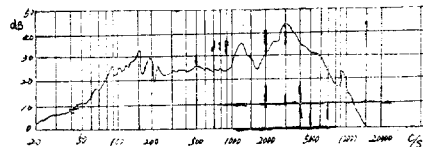


그림 10.

P-514 E No. 1

V.C 8Ω rated input w

Enclosure	50 cm on axis
MIC	
Input	
S.P.L	
Resonance	

Zero level 70 db Lower lim Fr 20 c/s
Voice coil 75 T Date 1964. 4. 6

4. 結 論

큰 低音出力을 낼려면 piston 振動域의 가장 낮은 周波數 即 低域共振周波數 f.에서 音壓出力을 높이고 이

出力을 平坦하게 하여 直四角形 模樣으로 되었을 때가 理想的이다.

따라서 f 인 山の 높이가 높을 수록 效率이 좋은 speaker 이다. 그런데 impedance 特性과 周波數特性은 거의 같으므로 impedance 을 變化 시킴으로써 f 인 山の 높이를 높이고져 試驗을 하였다. 于先 impedance 를 變化 시키는 方法의 하나로서 voice coil 의 turn number 를 바꾸어 보았다. 勿論 voice coil 의 질량과 corn 紙의 質量을 같게 하여서 능율을 높일려고 하였으나 voice coil 의 質量의 增加에 따른 voice coil 는 國內에서 얻을 수 없었다. 왜냐하면 corn 紙를 外國에서 輸入하기 때문이다. Coil 의 turn number 을 69[T] 400% 일때 定格 impedance

가 $8(\Omega)$ 인 것이 標準으로 되어 金星社에서 제작되고 있다. 그러나 低音部 特性이 Weston (日産)에 떨어지고 있다. 71[T]일때 標準 speaker 에 가장 가까우게 試驗結果가 나왔음을 나타내고 있다. 以上の 結果로서 voice coil 의 mass 가 增加하면 corn 紙의 두께도 增加시켜 mass 도 따라서 增加시켜야 되며 即 低音의 振動에 이길 수 있도록 하기 위해 서이다. 또 高音特性을 平坦하게 하기위하여 内部의 損失이 큰 새로운 corn paper 를 써야 되지 않을까 생각한다. 即 voice coil 의 質量보다도 오히려 corn 紙의 材質의 改善 및 두께 등이 特性을 改善하는데 좋은 방법인 줄안다.

(1965年 10月 4日 接受)



忠北시멘트工業株式會社

代表理事 會長 趙 榮 一
代表理事 社長 禹 承 煥

本 社：서울特別市 中區 小公洞 65의 1

電話；直通 ㉔ 6993. 8294. 2568

交換 ㉔ 4171~5

工 場：忠清北道 堤川郡 松鶴面 立石里

電話；堤川 473