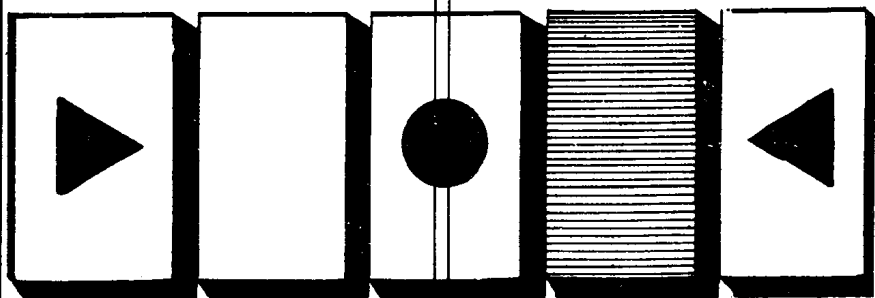
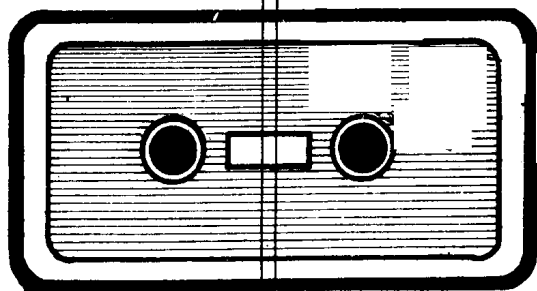


7/17/12/12
02

錄音機原理

黃政協 編著



目 錄

第一章 磁帶錄音機的原理	1
1-1 磁帶錄音機的动作原理	1
1-1-1 磁帶錄音機的機能與構成	1
1-1-2 錄音	2
1-1-3 再生	3
1-2 錄音方式的比較	3
1-2-1 磁化的現象	4
1-2-2 無偏壓錄音	6
1-2-3 直流偏壓錄音	6
1-2-4 交流偏壓錄音	6
1-3 由交流偏壓的錄音	7
1-3-1 偏壓電流與錄音特性	8
1-3-2 偏壓電流與信號頻率的關係	9
1-3-3 信號頻率的音量與失真	10
1-4 錄音時的損失	10
1-4-1 錄音頭的渦流損失	10
1-4-2 錄音減磁損失	11
1-4-3 自己減磁損失	12
1-4-4 厚度損失	13
1-5 再生時的損失	13
1-5-1 再生頭空隙損失	13
1-5-2 間隙損失	14

2 錄音機原理

1-5-3	角度傾斜損失	14
1-5-4	再生頭的渦流損失	15
1-6	消去	15
1-6-1	直流消去法	16
1-6-2	交流消去法	17

第二章 磁帶錄音機的規格與性能 19

2-1	磁帶錄音機的音軌方式	19
2-2	磁帶錄音機的規格	19
2-3	磁帶錄音機的電氣性能與規格	19
2-3-1	磁帶錄音機的特性	21
2-3-2	電磁變換特性的標準	23
2-4	錄音音量	23
2-5	頻率補償特性	26
2-6	頻率特性的規格	27
2-7	失真	29
2-7-1	諧波失真	29
2-7-2	調變失真	31
2-8	SN 比	32
2-9	串音	36
2-10	動態範圍	37

第三章 錄音機電路分析 41

3-1	電氣電路的構成	41
3-1-1	基本電路	41
3-2	錄音輸入電路	42
3-2-1	錄音輸入的種類	42
3-2-2	錄音輸入電路例	46

3-2-3	自動錄音音量調整	48
3-3	錄音輸出電路	54
3-3-1	定電流電路	54
3-3-2	頻率補償	55
3-3-3	錄音等化電路	61
3-3-4	偏壓供給電路	63
3-4	偏壓振盪器	64
3-4-1	偏壓振盪頻率	64
3-4-2	偏壓波形的失真	66
3-4-3	振盪輸出的安定度	67
3-4-4	振盪電路的例子	67
3-5	錄音音量指示電路	69
3-5-1	音量表	69
3-5-2	音量表電路	71
3-6	再生輸入電路	72
3-6-1	再生輸入電路的雜音	72
3-6-2	再生補償特性	74
3-6-3	再生輸入電路的阻抗	77
3-7	再生輸出電路	78
3-7-1	輸出的種類	79
3-7-2	磁帶錄音機座的再生輸出電路	80
3-8	音質調整電路	82
3-9	切換電路	86
3-10	電源電路	89
3-11	附屬電路	90
3-11-1	音上加音	90
3-11-2	音附音	91
3-11-3	回音	92

3-12 總合電路與特性	92
--------------	----

第四章 錄音磁帶.....101

4-1 磁氣錄音帶	101
4-1-1 磁帶的構造	101
4-1-2 磁帶的種類	102
4-2 帶基	104
4-2-1 磁性層	104
4-2-2 結合劑	106
4-2-3 磁性層的塗布	107
4-3 磁帶的必要特性	107
4-3-1 機械的性能	107
4-3-2 電磁變換的特性	108
4-4 捲盤	113
4-5 卡式	114
4-6 匣式	116
4-7 循環卡式	117

第五章 磁氣音頭.....119

5-1 磁氣音頭的構造	119
5-1-1 依動作目的分類	119
5-1-2 依磁帶寬與音軌形式而分類	120
5-1-3 依鐵心形狀而分類	120
5-2 鐵心的材料	120
5-3 再生音頭	121
5-4 錄音頭	126
5-5 錄音、再生音頭	127
5-6 消去頭	127

5-7	音頭的測定方法	128
5-7-1	阻抗	128
5-7-2	再生特性	129
5-7-3	錄音再生特性	129
5-7-4	串音測定	130
5-7-5	誘導感應測定	130
5-7-6	相位測定	131
5-7-7	消去率	131
5-7-8	串音消去率	132
第六章	磁帶錄音機的驅動機構	133
6-1	基本動作	134
6-2	磁帶的定速驅動機構	136
6-2-1	磁帶的定速驅動機構的構成	136
6-2-2	磁帶驅動力	137
6-2-3	磁帶運行狀態	138
6-2-4	磁帶速度	139
6-2-5	振頻率	140
6-2-6	驅動軸的驅動方式	144
6-3	制動機構	148
6-3-1	制動的方向性	148
6-3-2	制動器的種類與構造	150
6-3-3	停止時間	152
6-4	磁帶行走路徑之附屬機構	152
6-4-1	導帶輪與阻抗輪	153
6-4-2	導帶柱	155
6-4-3	磁帶清潔柱	155
6-4-4	自動切斷開關	156

6 錄音機原理

6-4-5	音頭的調整機構	156
6-4-6	壓墊	157
6-4-7	磁帶移離器	158
6-4-8	張力臂	158
6-5	力學系統的電氣等值電路	158
6-5-1	磁帶運行系的等值電路	158
6-5-2	飛輪驅動的等值電路	159
6-6	磁帶音軌的自動切換與停止	161
6-6-1	由磁帶張力	161
6-6-2	由導電膜	162
6-7	卡式磁帶錄音機的機構	163
6-8	匣式磁帶錄音機的驅動機構	165
6-8-1	驅動原理	165
6-8-2	音軌的切換機構	166
6-8-3	快速轉動	167
6-8-4	錄音	167
6-8-5	匣式的自動彈出	167

第七章 磁帶錄音機用馬達 169

7-1	馬達的條件	169
7-2	交流馬達	170
7-3	直流馬達	172

第八章 測定與調整 175

8-1	測定條件	175
8-2	測定器	175
8-3	測試用磁帶	176
8-4	機械結構的測定	176

8-4-1	磁帶速度偏差	176
8-4-2	振顫率	177
8-4-3	起動, 停止時間	177
8-4-4	快捲時間	179
8-4-5	壓帶橡膠輪的壓着力	179
8-4-6	帶盤軸轉矩的測定	179
8-4-7	制動轉矩	180
8-5	電氣的測定	180
8-5-1	錄音音量	180
8-5-2	音量變動	181
8-5-3	再生輸出音量	181
8-5-4	錄音頻率特性響應	181
8-5-5	再生頻率特性響應的測定	181
8-5-6	總合系(錄音與再生)	181
8-5-7	再生 SN 比	181
8-5-8	錄音再生總合之 SN 比	182
8-5-9	再生諧波失真率	182
8-5-10	錄音, 再生總合諧波失真率	182
8-5-11	串音	182
8-5-12	立體音音道的分離度	183
8-5-13	消去率	183
附錄		184

1

磁帶錄音機的原理

1-1 磁帶錄音機的動作原理

1-1-1 磁帶錄音機的機能與構成

磁帶錄音機的基本機能是將音波的變化轉換為電氣信號的變化，再將此變化記錄在磁帶上轉換為磁氣的變化，其次再將此磁氣的變化回復為原來音波的變化，其構成如圖 1-1 所示。

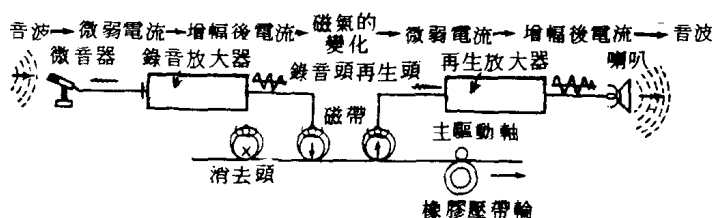


圖 1-1 磁帶錄音機的基本構成

1-1-2 錄音 (Recording)

錄音頭 (Rec Head) 如圖 1-2 所示, 在環狀 (Ring) 的鐵心 (Core) 上繞有線圈, 鐵心隔一空隙 (Gap), 磁帶表面上塗一層均勻的磁性微粒子, 在錄音過程磁帶的磁性面以一定的速度經過錄音頭的空隙。

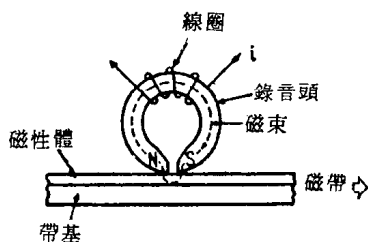


圖 1-2 錄音磁化

線圈有電流流過時, 空隙的地方產生與電流成比例的磁場, 磁化磁帶上的磁性體。假若電流像錄音信號依時間變化的話, 磁帶上的磁性體經過空隙時則將依隨電流 (磁場) 的變化而被磁化。磁帶離開空隙之後則留有殘留磁氣完成錄音信號的記錄, 如圖 1-3 所示。

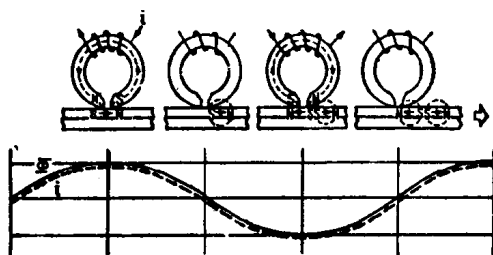


圖 1-3 錄音電流：磁性體的任意斷面之磁束

因此被磁帶記錄的信號的波長是錄音電流完成一週的長度與磁帶的速度成比例, 與錄音電流的頻率成反比例, 即

$$\lambda = v / f$$

於此, λ : 磁帶上的記錄波長 (Cm) , v : 磁帶的速度 (Cm/s) , f : 錄音電流的頻率 (H_z) 。

錄音磁化的狀態, 普通是看不到,

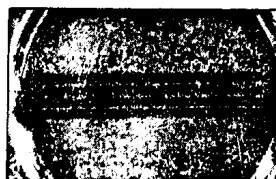


圖 1-4 磁帶的磁化狀態

將很細的鐵粉撒上時則如圖 1-4 所示，即可明瞭錄音的工作。

1-1-3 再生(Reproducing, Play back)

再生頭 (Play Head) 與錄音頭一樣，在環狀的鐵心上繞有線圈，鐵心中間留一空隙。

被錄音的磁帶，以錄音相同的速度經過再生頭的空隙時，再生頭由於磁帶表面磁場的作用，在鐵心上產生磁束，磁帶表面的磁場強度是沿磁帶的長度方向變化，磁帶陸續經過再生頭空隙時，鐵心上產生的磁束亦相應地變化，因此像電磁誘導作用一樣，在鐵心上所繞的線圈，產生與磁帶的表面磁束密度成比例的電力，如圖 1-5 所示。

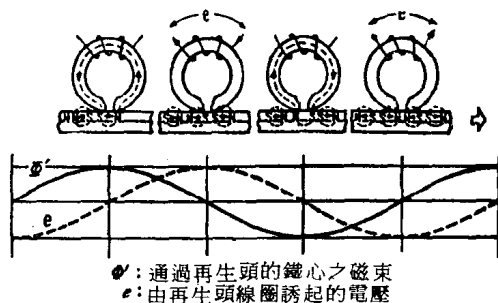


圖 1-5 再生過程

圖 1-6 是錄音電流的頻率改變時，錄音及再生過程的相關波形變化情形。

1-2 錄音方式的比較

磁帶錄音機其錄音方式有(1)無偏壓 (Bias) 錄音，如圖 1-7 (a)，(2)直流偏壓錄音，如圖 1-7 (b)，(3)交流偏壓錄音，如圖 1-7 (c)，今以各方式比較之。

4 錄音機原理

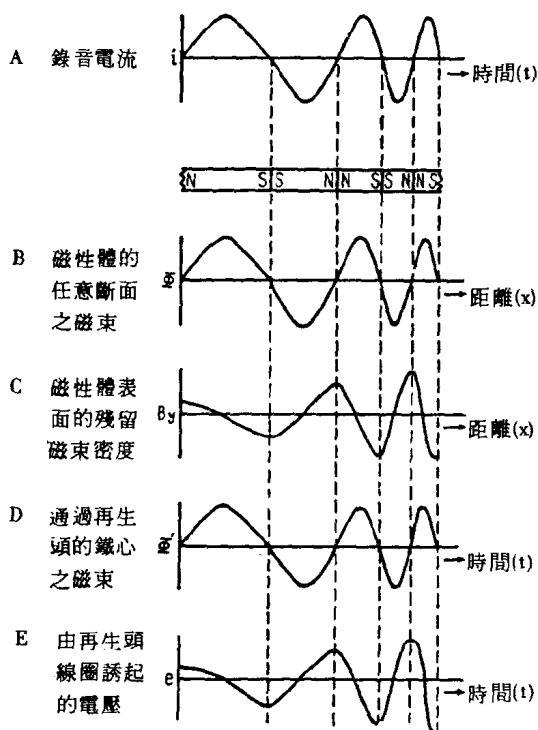


圖 1-6 錄音與再生過程中波形的變化

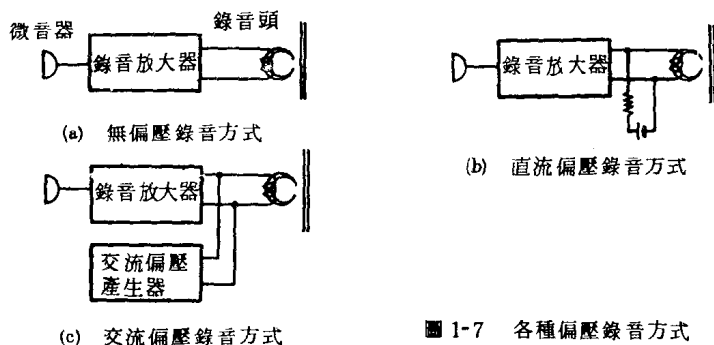


圖 1-7 各種偏壓錄音方式

1-2-1 磁化的現象

錄音頭的線圈有電流流過時，錄音頭的空隙附近產生與電流成比例的

磁場變化，在圖 1-8 以橫軸表示磁場強度 H ，縱軸表示磁帶上的磁性體受磁化的強度 B ，當電流增加時磁場的強度也增加，磁化的強度則沿 0-1-2-3-4-5 的曲線上升，一直到達飽和區域如 4-5 曲線所示，此時若

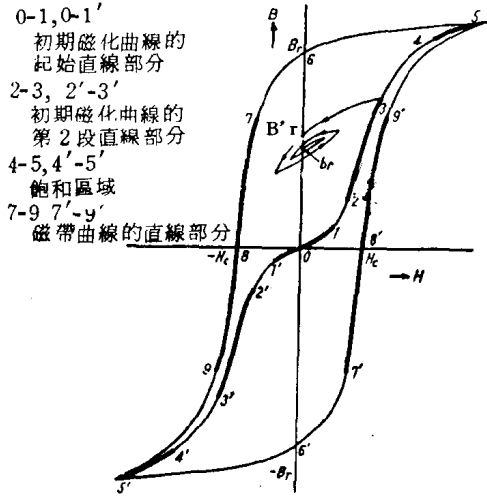


圖 1-8 磁帶曲線

電流減少，磁束密度並不沿 5-4-3-2 而變化，是依 5-6-7-8 的曲線減少，此磁場強度 H 恢復為 0 時， B 並不是 0 而留有 B_r 值存在，要 B 為 0 則需供給一反向的磁場強度 $-H_c$ ，此 B_r 稱為最大殘留磁化， $-H_c$ 稱為保持力或稱抗磁力，0~5 稱為初期磁化曲線。

之後 H 減少時 B 則沿 8-9-5' 逆方向達到飽和，此時 H 行反方向時 B 則沿 5'-6'-7'-8'-9'-5 畫成一圈，此稱磁滯曲線。而 0-1'-2'-3'-4'-5' 稱為反方向的初期磁化曲線。

在 0-1 之間只有很小的 H 時， H 減小時並不會產生圈 (Loop)，而是依 1-0 的曲線減少，不會產生殘留磁化，從點 3 開始減少時，則如箭頭所示而減少，產生殘留磁氣 B_r' 。

線圈上有正弦波電流流過，此時磁帶經過時，磁帶上的一點逐漸遠離磁場， H 的振幅則慢慢減小，依箭頭的方向形成小的圈，直到最後 $H=0$ 時，則存有殘留磁化 b_r 。

1-2-2 無偏壓錄音

參考圖 1-7 (a) 與圖 1-9, 信號電流直接流過錄音頭, 磁帶被磁化時, 用到初期磁化曲線的彎曲部分之故, 感度不好, 失真也很大。

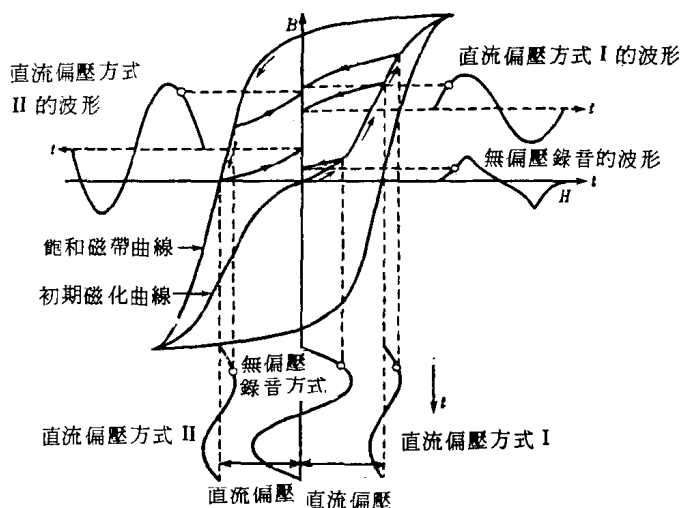


圖 1-9 無偏壓錄音與直流偏壓錄音方式的原理圖

1-2-3 直流偏壓錄音

直流偏壓方式, 參考圖 1-7 (b) 與圖 1-9, 可以避免用到曲線的彎曲部分, 將信號電流與直流電流重疊, 而使用到曲線的直線部分。

有交流消去後, 從磁化零的狀態開始出發, 使用初期磁化曲線上的直線部分 (圖中直流偏壓方式 I) 與直流消去後從磁氣飽和的狀態開始出發, 使用磁滯飽和曲線上的直線部分 (圖中直流偏壓方式 II) 等兩種, 普通使用後者, 其感度亦較前者優。

1-2-4 交流偏壓錄音

交流偏壓方式參考圖 1-7 (c) 與 1-10, 信號電流與 40 KHz ~ 200 KHz 的交流電流重疊再流經錄音頭, 使其用到磁帶的兩直線部分, 其合成的波

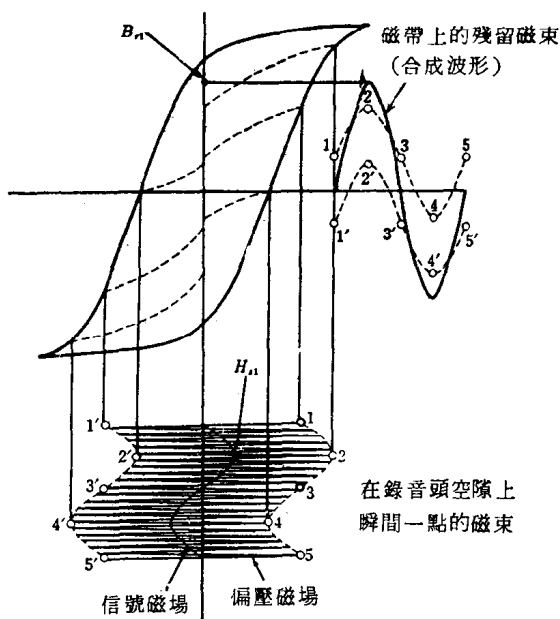


圖 1-10 交流偏壓方式的原理圖

形有如 $A B$ 類放大器的效果，失真不但少，感度亦大。

實際上錄音的過程非常複雜，依 圖 1-10 中的信號磁場 H_s 與其相對應產生的殘留磁化 B_r 所完成的錄音過程另繪於 1-11 表示。

交流偏壓方式錄音比直流偏壓方式錄音有下述的優點，感度高、雜音少、動態範圍寬（Dynamic Range），失真率小等等。

1-3 由交流偏壓的錄音

現在的磁帶錄音機，大都使用交流偏壓錄音，偏壓的頻率通常是信號的最高頻率 5 倍以上，實際在 $40\text{ KHz} \sim 200\text{ KHz}$ 範圍內，在此範圍的偏壓頻率對於錄音特性的影響很小。

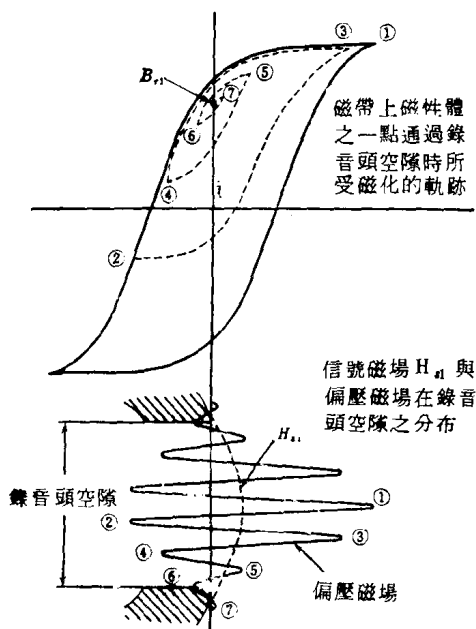


圖 1-11 由交流偏壓進行的錄音過程

1-3-1 偏壓電流與錄音特性

磁帶速度與信號頻率保持一定時，偏壓電流與再生輸出及失真的關係

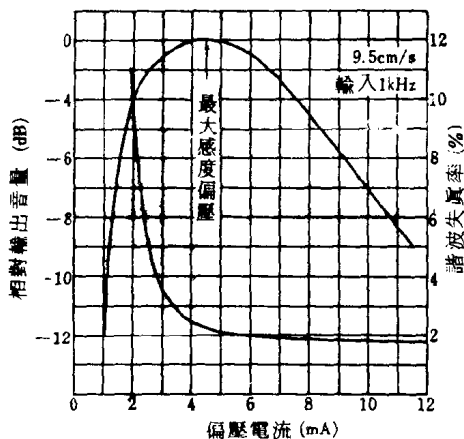


圖 1-12 偏壓電流與再生輸出及失真率

如圖 1-12 所示。偏壓電流逐漸增加，失真則逐漸減少，再生輸出則逐漸增大，到達最大值後再行下降，此最大值稱為最大感度偏壓。

1-3-2 偏壓電流與信號頻率的關係

設磁帶速度一定，改變信號頻率其對於偏壓電流的改變的再生輸出特性如圖 1-13 所示。信號頻率逐漸提高時，最大感度偏壓電流則有逐漸降低的現象發生，此乃信號頻率提高時，磁帶只使用到磁性層的表面部分而已。因此此項特性因磁帶的種類而異固不待言，偏壓電流值也因錄音頭的特性而不同。通常使用標準磁帶錄頻率為 400 Hz 的信號而能得到最大感度偏壓時的電流稱為動作偏壓電流。

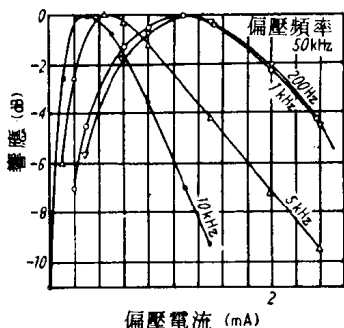


圖 1-13 偏壓特性之一例 (19 cm/s)

在圖 1-14 繪出偏壓電流值變化時對於頻率特性的影響。該圖將 1,000 Hz 設在 0 dB，把各頻率對於 1,000 Hz 的偏差繪出所得的曲線，現在研究 1,000 Hz 最大感度偏壓值與 1 dB 上偏壓 (Over Bias) 時對於 10 KHz 而言，其差大約有多少，由圖可清楚地知道有 6 dB 的惡化。

像這樣偏壓值微小的變化對於 1,000 Hz 不成問題，但對於 10 KHz 的高頻率則有 6 dB 之差的變化，偏壓電流的選定與偏壓電流的調整需十分地注意。

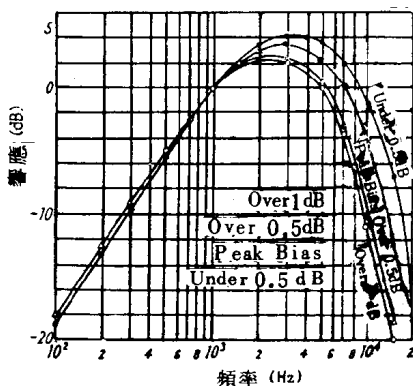


圖 1-14 由偏壓電流的變化所引起錄音頻率特性的變化 (Flat Amp. 19 cm/s) 時之錄音再生例

*上偏壓 (Over Bias)：越過最大感度偏壓的偏壓稱之。如圖 1-12 所示，偏壓電流 6 mA 稱上偏壓 1 dB。