

磁头文集

· 2 ·

广播科学研究所 编印

1964年12月

目 录

1. 多路磁头組的串音衰減.....	(1)
--------------------	-------

作者: М. Г. 阿魯丘諾夫

2. 磁头参数.....	(21)
--------------	------

作者: В. И. 巴尔哈敏柯

3. 磁头的測試.....	(40)
---------------	------

作者: В. В. 拉柯夫斯基

4. 兆赫范围的磁头.....	(82)
-----------------	------

作者: Otto Kornei

多路磁头組的串音衰減

作者：M·Г·阿魯丘諾夫

文章确定了磁头組中的串音衰減。对于磁头組的磁路等效电路作了分析。确定了磁头組各参数对串音衰減的影响。得到的結果已由实验数据証明。关于各磁头之間无隔离罩的磁头組結構引起最大的串音衰減。

在磁记录技术中用多路磁头組进行多路录音和放音已得到了广泛的应用。当增加組件內磁头的分布密度(在1毫米上有1~10个磁头)时,多路录音特別有意义,因为多路录音能保証记录信号的高表面密度。阻碍采用多路录音的一个原因是在相邻磁路間存在着耦合。相邻磁路在地磁場与放出相邻磁路信号的放音头之間引起直接耦合,此外,直接在录与放过程中的相邻磁头之間則引起磁耦合。

关于地磁場与放音磁头(信号从相邻磁路算起)之間的耦合問題,有人作了相当好的研究,並記載在文献[1,2]中。关于分布在一組內的相邻磁头之間的磁耦合問題还不清楚。缺少关于这方面問題的研究,这促使人們广泛采用对各組磁头間串音衰減沒有足夠根据的測量方法,結果在一系列情况下导致对那些磁头組在結構上的不正确观点。

研究具有橫向密度大的磁头組(在1毫米上有1~10个磁头),可以作一系列的簡化假設。同时,所得到的結果对于密度小的磁头組來說仍是正确的。

一、确定磁头組之間串音衰減的概念:

在一般情况下两个耦合系統之間的相对的串音衰減是按照这两个系統輸出端上的信号电平之比来决定的,它是由于輸入信号輸送到系

統之一的輸入端而形成的，信号电平比用奈培或分貝表示。

目前流行着对磁头組的这种規定。

在一个录音磁头組中，其中一个磁头 $M^{(1)}$ 的繞組是輸入电路，則录音磁头的工作隙，縫便是它們的輸出电路。相对的串音衰減决定于磁头 $M^{(1)}$ 工作隙縫上（把信号送到磁头繞組）的磁場强度 $H^{(1)}$ 与磁头 $M^{(n)}$ 工作隙縫上的磁場强度 $H^{(n)}$ 之比值，对磁头 $M^{(n)}$ 的串音衰減为，

$$b_{\text{录}} = 20 \log \left| \frac{H^{(1)}}{H^{(n)}} \right| \text{ 分貝} \quad (1)$$

录音时磁場的纵向成分具有最大的值，因此公式(1)中的值 $H^{(1)}$ 与 $H^{(n)}$ 在以后只代表磁头工作隙縫上的磁場强度的纵向成分。同样的，在直接靠近磁头工作表面的纵向成分仅与构成磁头工作隙縫的各半鉄芯之間的磁势差有关系。因此，可以把公式(1)写成几种形式，为了便于下面研究起见，較适当的形式是：

$$b_{\text{录}} = 20 \log \left| \frac{U_M^{(1)}}{U_M^{(n)}} \right| = 20 \log \left| \frac{\phi^{(1)}}{\phi^{(n)}} \right| \text{ 分貝} \quad (1a)$$

式中 $U_M^{(1)}$ 和 $U_M^{(n)}$ ——每半鉄芯之間的磁势差，这些半个鉄芯构成相应磁头的工作隙縫； $\phi^{(1)}$ 和 $\phi^{(n)}$ ——穿过那些磁头工作隙縫的磁通。

公式(1)可以轉換成公式(1a)，因为在一組准确度高的各磁头中隙縫的几何尺寸全相等，因而：

$$\begin{aligned} H^{(1)} &= R_1 U_M^{(1)} = R_2 \phi^{(1)}, \\ H^{(n)} &= R_1 U_M^{(n)} = R_2 \phi^{(n)}, \end{aligned}$$

由此，

$$\frac{R^{(1)}}{R^{(n)}} = \frac{U_M^{(1)}}{U_M^{(n)}} = \frac{\phi^{(1)}}{\phi^{(n)}}。$$

就放音磁头組來說，它的輸入端是其中一个磁头 $M^{(1)}$ 的工作繞組，而輸出端是磁头 $M^{(1)}$ 与 $M^{(n)}$ 的繞組。考虑到这方面，在放音时磁头組中的串音衰减就决定于磁头 $M^{(1)}$ 繞組上的电压 $U^{(1)}$ 与磁头 $M^{(n)}$ 繞組上的电压 $U^{(n)}$ 之比，也就是

$$b_{\text{放}} = 20 \log \left| \frac{U^{(1)}}{U^{(n)}} \right| \text{ 分貝} \quad (2)$$

放音磁头組中的串音衰减值可以用穿过相应磁头繞組的磁通表示出来：

$$b_{\text{放}} = 20 \log \frac{\frac{\phi_{A_1}^{(1)} + \phi_{A_2}^{(1)}}{\phi_{A_1}^{(n)} + \phi_{A_2}^{(n)}}}{\text{分貝}} \quad (2a)$$

这个式子直接从公式(2)得出，因为在一組內的各磁头繞組中的圈数总是一样的。磁通 $\phi_{A_1}^{(1)} + \phi_{A_2}^{(1)}$ 和 $\phi_{A_1}^{(n)} + \phi_{A_2}^{(n)}$ 变化的頻率也一样。

因此，电压比为

$$\begin{aligned} U^{(1)} &= R_s \frac{d(\phi_{A_1}^{(1)} + \phi_{A_2}^{(1)})}{dt} \\ \text{与} \\ U^{(n)} &= R_s \frac{d(\phi_{A_1}^{(n)} + \phi_{A_2}^{(n)})}{dt} \end{aligned}$$

結果

$$\frac{U^{(1)}}{U^{(n)}} = \frac{\phi_{A_1}^{(1)} + \phi_{A_2}^{(1)}}{\phi_{A_1}^{(n)} + \phi_{A_2}^{(n)}} \sim 3 \sim$$

从各組磁头之間的相对串音衰減的定义中得出，当录音时在与励磁磁头 $M^{(1)}$ 相邻放置的磁头 $M^{(n)}$ 各半鉄芯之間的磁势差等于零时，串音衰減才能达到很大值（在理論上力求达到无限大）。在放音时，如果从磁头 $M^{(1)}$ 分流出来的磁通不穿过磁头 $M^{(n)}$ 繞組，那么也可以得到这样的串音衰減值。在一組內各磁头加隔离罩是保証串音衰減有足夠大值的最简单方法，但是，这个隔离罩使磁头組的結構大大复杂化，並減小組內各磁头的灵敏度，而当組內各磁头的密度大时这就难于实现，同时也不能保証所必需的串音衰減值。下面通过串音衰減的分析表明，在一定的条件下，以至在各磁头之間沒有磁屏蔽时可以完全避免各磁头之間的相互影响，或者大大减小其相互影响。

二、磁头組的等效电路

为了簡化磁头組磁路的研究，我們认为磁滯損耗和渦流損耗可以小到不需計算的程度。此外，因为磁头芯的导磁率比包围这些鉄芯的介质的导磁率高出几个量級，所以下面我們忽略后几个与非磁性隙縫的磁阻抗相比拟的磁阻抗。因而可以认为磁头組的磁路（無論是放音，也無論是录音）是徑直的。

考虑到所作的假設，对磁头組磁路的研究可以采用解决靜磁問題所用的任一种方法。下面就来使用电的模拟法，即把磁头的磁路等效为电路来研究。对于磁路來說便是組成等效它的电路，和計算这个电路。（图見下頁）

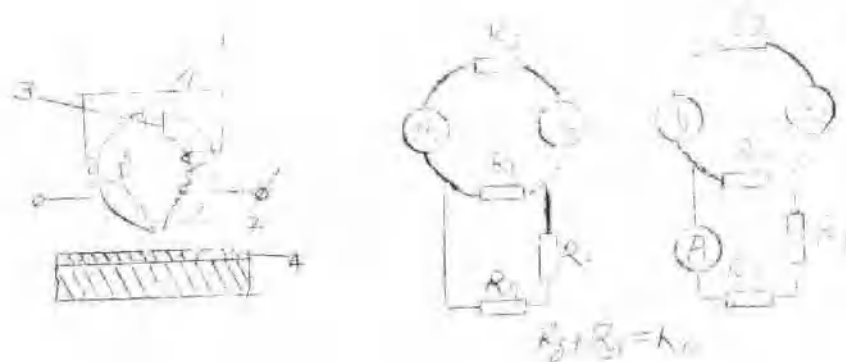


图 1. 磁头和它的等效电路:

a —— 负载着磁性载音体的磁头磁路:

B —— 录音磁头的等效电路:

B —— 放音磁头的等效电路:

1 —— 磁头的两半芯; 2 —— 工作隙缝;

3 —— 后缝;

4 —— 磁性载音体;

R_1, R_2, R_3, R_4 —— 分别等效磁阻抗的电阻: 工作隙缝、后隙缝、磁头与磁性载音体之间的隙缝、磁性载音体; A_1 与 A_2 —— 表示与磁头芯上绕组的等效符号 (录音时它们与接入的电压电源相一致, 放音时与电流指示器相一致); A —— 与放音时磁性载音体磁动势等效的电动势源。

图1图解示出有载着磁介质体(磁带)的磁头的磁路和它在录与放时的等效电路(图2)。由图可见,不把任何误差计入磁头的等效电路时,可以把通常分布在铁芯上的线圈当作是每个线圈在磁导体截面上只有一圈,和与铁芯上的感应矢量垂直。磁头芯都由四个区域(I、II、III、IV)组成,其中每个部分的磁头芯表面磁势都一样(图2)。

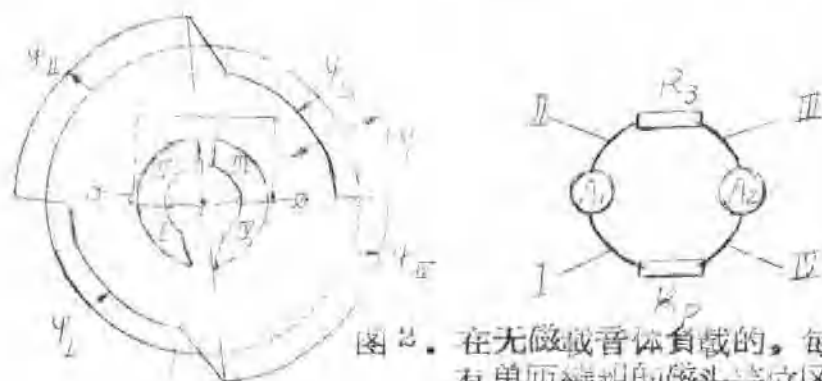


图2. 在无磁介质体负载的,每半芯上具有单匝绕组的磁头等位区域中的分布和这些区域在磁头等效电路上的位置。

对于其它结构的磁头也可得到类似的等效电路。例如,对于只在磁头芯的一半上绕有线圈的非对称磁头,在它的等效电路上将缺少一个线圈的等效值 A_1 或 A_2 , 于是就只有三个等电位区域。

让我们来讨论一下,在磁头之间没有屏蔽的每半个磁头芯上绕有一圈线圈的两路磁头组。一组磁头由八个等电位区域组成,每个区域由具有导磁率为 $\mu = 1$ 的空间分开。磁通通过漏磁阻从一个磁头芯漏到另一个磁头芯,这种现象就是各磁头之间相互影响的原因。磁头组的等效电路由两个基本磁头的等效电路组成,而它们的各个等电位区域通过相互间的漏磁阻连通。此时所得到的电路虽然相当准确,但是不显明,这种研究方法非常笨拙。

如果除了同等区域 $I^{(1)}$ 与 $I^{(2)}$, $II^{(1)}$ 与 $II^{(2)}$, $III^{(1)}$ 与 $III^{(2)}$, $IV^{(1)}$ 与 $IV^{(2)}$ (图3)之间的阻抗外,忽略所有区域间的漏阻,那就根本上简化

了等效电路。这是完全允许的，因为对于横向密度大的磁头组来说，这些阻抗与不同区域间的阻抗有显著区别（前者高出几个量级）。

对于三路和多路磁头组也可以采用类似的等效电路。



图 3. 负载着磁或音体的两路录音磁头组和它们的简化等效电路。

R_I 、 R_{II} 、 R_{III} 、 R_{IV} ——相邻磁头 $M^{(1)}$ 与 $M^{(2)}$ 在同样区域间等效磁漏阻的阻抗。

三、录音磁头组中的串音衰减

根据两路磁头组的等效电路（见图 3）可以确定录音时与图（1a）相符合的串音衰减。在图 3 电路中通过电阻 $R_H^{(1)}$ 的电流与（1a）中的磁头 $\Phi^{(1)}$ 等效，而通过电阻 $R_H^{(2)}$ 的电流与磁通 $\Phi^{(n)}$ 等效。为了确定这些电流，必须解算描述等效电路的代数方程式组。算出这个方程式组可以找到在一组各磁头间不存在相互影响的条件（在 $B_{\text{录}} \rightarrow \infty$ 的条件下）。这个条件是：

$$1. R_3^{(1)} = R_3^{(2)} = 0 \quad (3)$$

和

$$ii. \frac{R_3^{(1)}}{R_{nF}^{(1)}} = \frac{(R_{II} + R_{IV})R_{II}U_1 + (R_I + R_{III})R_{IV}U_2}{(R_{II} + R_{IV})R_IU_1 + (R_I + R_{III})R_{IV}U_2} \quad (4)$$

$$\text{式中 } R_{\Pi P}^{(1)} = \frac{R_P^{(1)} \cdot R_H^{(1)}}{R_P^{(1)} + R_H^{(1)}}$$

第一个条件的简单物理意义是：由于与激励磁头 $M^{(1)}$ 相邻放置的磁头 $M^{(2)}$ 的半个铁芯上有相同的磁势，因而一组磁头没有后隙缝。在磁头 $M^{(2)}$ 导磁体上穿过的所有杂散磁通不通过它的工作隙缝，而沿着磁头导磁体闭合。

显然，实现 $b \rightarrow \infty$ 的第二个条件同样导致形成磁头 $M^{(2)}$ 工作隙缝的半铁芯间的磁势差等于零，

$$\text{即 } \varphi_I^{(2)} = \varphi_{II}^{(2)} = \varphi_{III}^{(2)} = \varphi_{IV}^{(2)}。$$

为了阐明第二个条件(4)的物理意义，我们要探讨一下具有实际价值的某些个别情况。

1. 一组磁头由在每个磁头的一个半芯上绕有线圈的一些磁头组成，也就是在磁头等效电路中的每个电路上不存在一个等值的线圈，此时可能有下列一些情况：

(1) 缺少把半芯分为Ⅲ与Ⅳ区域的线圈。在等效电路中这个等于没有线圈 $A_2^{(1)}$ 与 $A_2^{(2)}$ 的等效值，因此 $U_2 = 0$ 。这样把公式(4)变为

$$\frac{R_2^{(1)}}{R_{\Pi P}} = \frac{R_{III}}{R_{IV}} \quad (6)$$

(2) 缺少把半芯分为Ⅰ与Ⅱ区域的线圈，即 $U_1 = 0$ ，那么由公式(4)得到

$$\frac{R_2^{(1)}}{R_{\Pi P}} = \frac{R_{III}}{R_{IV}} \quad (7)$$

在(1)与(2)这两种情况下没有相互影响是由于下列一些原因，即磁动势源(单匝线圈)和为确定磁头串看衰减的工作隙缝全被接入平衡磁路的电桥对角线上。公式(6)与(7)的关系表示磁路电桥平衡的条件。由这个关系中得出，当 $B_{\text{录}} \rightarrow \infty$ 大时，在选定的磁头芯形状和磁头工作隙缝与后隙缝的结构参数情况下可能只有一种单独的绕组线圈的一个位置。所有单匝线圈的其它位置都使公式(6)与(7)的平衡破坏。

显然，磁路电桥平衡不仅与线圈沿着磁头芯移动有关，而且(在固定的线圈上)也与用任何一种方法使磁漏阻改变有关。当磁路电桥失去平衡时，侵入磁头 $M^{(2)}$ 工作隙缝的磁通值和方向朝任何一个方面变化。

公式(6)与(7)的关系对于磁头芯不对称的磁头是正确的，同样对于交替配置绕组的磁头组(例如，在磁头 $M^{(1)}$ 上分布的绕组 A_1 和磁头 $M^{(2)}$ 上分布的绕组 A_2)也是正确的。

2. 通过工作隙缝和后隙缝表面的磁头芯是对称的，每个半芯上配置的绕组也是对称的。等效电路的对称(平衡)条件是：

$$U_1 = U_2, R_I = R_{IV}; R_{II} = R_{III} \quad (8)$$

这时把公式(4)变为：

$$\frac{R_H^{(1)}}{R_{\Pi P}} = \frac{R_{II}}{R_I} = \frac{R_{III}}{R_{IV}} \quad (9)$$

从公式(9)的关系中看出，它的关系与公式(6)与(7)的关系相类似，也就是，这里也有磁路电桥平衡的问题。

3. 磁头芯是不对称的，但对此能有 $g_I + g_{II} = g_{III} + g_{IV}$ 的条件也就够了，其中 $g_I = 1/R_I$ ； $g_{II} = 1/R_{II}$ 等等，和 $U_1 = U_2$ ；这时公式(4)变成

$$\frac{R_H^{(1)}}{R_{\Pi P}^{(1)}} = \frac{g_I + g_{IV}}{g_{II} + g_{III}} \quad (10)$$

由公式(10)可看出，这与以前所探讨的情况不同，这里，对于半芯上的任何一个线圈位置来说，在这个磁头的另一半芯上的第二个线圈的位置是一定的，在这个位置上通过磁头 $M^{(2)}$ 工作隙缝的磁通等于零。其结果是，在磁头 $M^{(2)}$ 的工作隙缝上单独由磁头 $M^{(1)}$ 抽出的线圈形成的磁通同样以值得到补偿，但这个磁头 $M^{(1)}$ 另一半芯上的线圈所形成的磁通方向相反。

类似的方法可以表明由公式(4)得出的其它各别情况的物理意义，以及由公式(4)的关系所表明的最一般的情况。

上述所讨论的在各磁头之间相互没有影响的条件是假设绕组只有一圈时所得到的。而在实际的磁头上是用多圈绕组，绕组的线圈通常是沿着铁芯排列的。分析磁头组的等效电路表明，在一定的条件下，即在这种情况下原则上可能避免磁头之间的相互影响。

上面得到的公式(3)第一个条件对于多圈绕组来说仍旧有效，因为它与磁头芯上的各线圈位置无关。

公式(4)第二个条件（磁路平衡的条件）对于多圈绕组是必需的。但是它不能消除磁头之间的相互影响，因为它只合适于铁芯上的一种线圈位置。对于所有其它的线圈来说，发生磁路电桥失去平衡。在这种情况下，为了消除磁头之间的相互影响，必需使通过位于平衡线圈 B 左面的线圈所形成的磁头 $M^{(2)}$ 工作隙缝的全部负值磁通，等于位于平衡线圈右面的线圈所产生的正值磁通（图4）。公式(4)的条件在这种情况下补充为

$$\sum_{n=1}^n \Phi_i = \sum_{n=0}^n \Phi_i \quad (11)$$

显然，公式(4)与(11)的关系是具有多匝线圈绕组的多路磁头组之间相互无影响的必要而充分的条件。

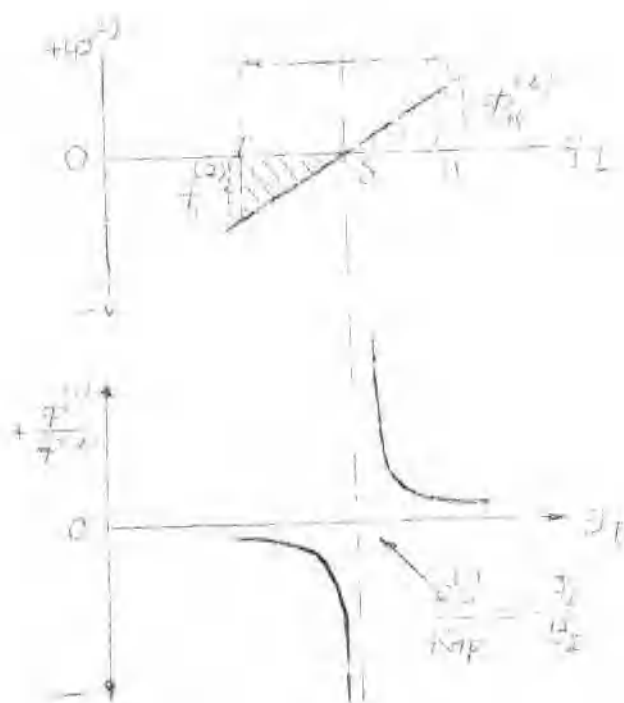


图4. 磁头M(1)磁芯上的单匝绕组的位置对此磁头与磁头M(2)耦合值的影响。

四、放音磁头组的串音衰减

根据磁头组在录音与放音时磁路是直感性的假设来进行分析。因为互易定理对于感性电路是适用的，所以用最简单的关系式可以表明，上面得到的所有录音时的串音衰减值的公式用于放音仍是正确的。公式(3)、(4)与(1)中磁头之间相互无影响的条件仍然有效。

以前认为，磁头组的有效电阻就是它的等效电阻。这个只在比较低的频率范围内适用，当磁头芯材料上有磁滞和涡流损耗的影响，以及在附件与磁头组屏蔽上产生的涡流影响（屏蔽通常是铁制的）在磁头组的磁通分布上没有表现出来的情况下。在高频范围内涡流与磁滞损耗对磁通分布的影响被计入到磁头和复阻抗组件的等效电路中。在这种情况下对于等效电路来说（见图5），以复阻抗代替所得到的关系式中的纯电阻。

五、接到磁头绕组上的负载对串音衰减值的影响

上述关系式是在放音时磁头绕组开路，而在录音时接入高阻电流源

的假設下得到的。虽然这些情况具有普遍意义，但是，經常是当磁头繞組用一个有限值电阻負荷（在一般情况下是用复阻負荷）。这时，这些負載阻抗值对串音衰減值是有影响的。

用两路磁头組录音时（见图3），流入磁头 $M^{(2)}$ 工作隙縫的全部磁通中 $\Phi_n^{(2)}$ 等于 $\Phi_I^{(2)}$ 与 $\Phi_R^{(2)}$ 的代数和，磁通 $\Phi_I^{(2)}$ 是由图3开路繞組的等效电路决定的，磁通 $\Phi_R^{(2)}$ 是由于磁头 $M^{(2)}$ 繞組上的感应电动势而流过它的电流所产生的。

当磁头参数按照公式(3)、(4)和(11)选定时，只有磁通 $\Phi_n^{(2)}$ 通过磁头 $M^{(2)}$ 的工作隙縫，該磁通的变化与流过这个磁繞組的电流 I_1 的变化成正比。在流过磁头 $M^{(1)}$ 繞組的电流 I_1 和流入这个磁头工作隙縫的磁通 $\Phi^{(1)}$ 之間也存在着这样的关系。在这种情况下下的串音衰減由下述关系式算出：

$$b_{\text{录}} = b_{\text{放}} = 20 \log \frac{I_1}{I_2} \text{ 分貝。} \quad (12)$$

六、实验檢查所得到的結果

为了闡明上述公式(1)与(2)确定串音衰減数据正确性和确定公式(3)、(4)、(11)所得結果的可靠性（根据这些确定得出的）等等，测试了两路磁头組样品的和实际的两路磁头組的串音衰減。

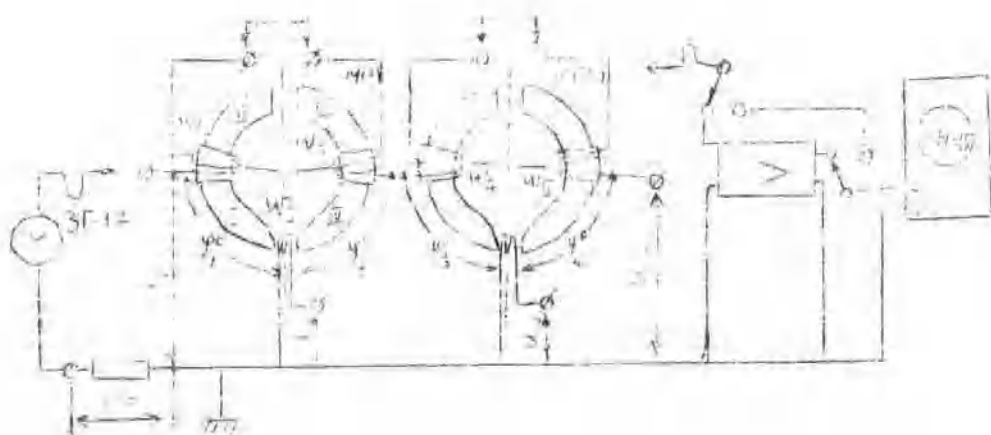


图 5. 在两路磁头组的实验样品上测量串音衰减的电路: $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \omega_4 = \omega_5 = R = 50$ 圈, $\omega_6 = \omega_7 = 10$ 圈, 磁头工作缝长 $L_1 = 90$ 微米, 铁芯外径为 2.5 毫米, 内径 1.8 毫米, 铁厚 2.5 毫米, 磁头芯间的距离 3.5 毫米。

两路磁头组的样品(图 5)由两个环形磁头芯组成, 其中在每一个半芯上都装有安上绕组的窄骨架—— ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 。相应于每个磁头的绕组都可以成对地匹配连接。带有绕组的骨架可以沿着磁头芯在 70° 的范围内移动, 为的是能够改变电阻 R_I 、 R_{II} 、 R_{III} 与 R_{IV} 的关系(见图 3)。在磁头工作缝平面上的鼻靴装有绕组 ω_5 与 ω_6 , 录音时这两个绕组是流入磁头工作缝的磁通的指示器, 而在放音时则作为磁动势源。被测的电压 U_1 和 U_4 与流入相应磁头 $M^{(1)}$ 和 $M^{(2)}$ 工作隙缝的磁通成比例。电压 U_1 和 U_4 也恰恰与流入那两个磁头绕组的磁通成比例。录音时信号电流通过这些绕组。

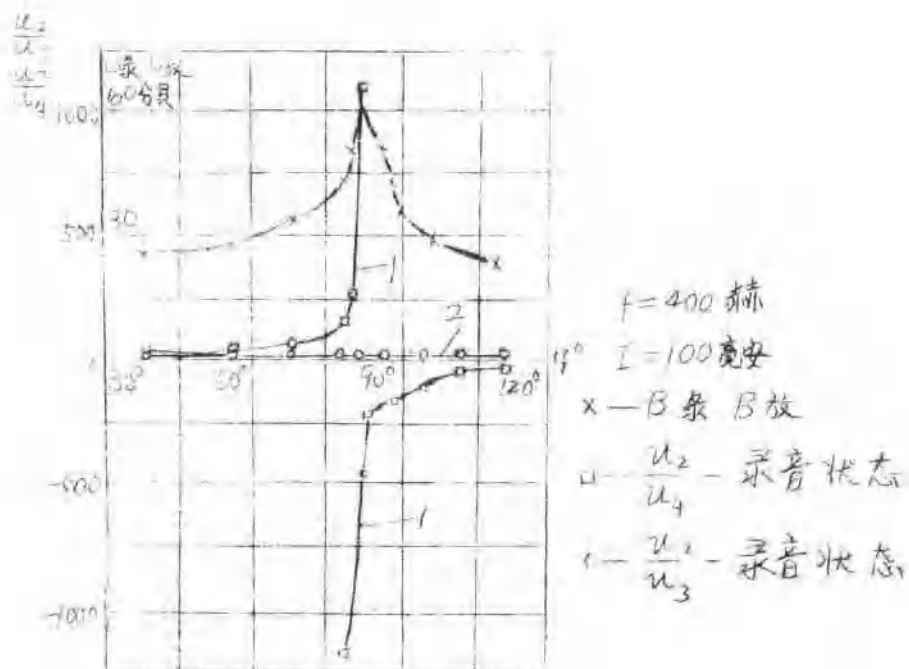


图 6。磁头芯上的绕组位置与串音衰减的关系。接入绕组的电路

相应于 I_a (第 3 节) 的情况, 测量时用的绕组 ω_1 、 ω_4 、

ω_2 、 ω_6 。 $\varphi_1^\circ = \varphi_3^\circ$ 。后缝长 $L_s = 270$ 微米。

图 6 示出表征串音衰减参数与磁头芯绕组位置的关系的实验曲线 (录音时 U_1/U_4 , 放音时 U_1/U_3 , —— 曲线 1)。在这个比较图中示出录音时得到的关系 U_1/U_3 (曲线 2) 的变化, 这与磁头芯上的绕

組位置有關係。這后一個關係經常被用來估價一組磁頭之間的串音衰減^[3]。從這個圖可以看到，曲線1重復在分析等效電路（圖3）時確定的曲線特性（圖4）。在由磁頭組元件組成的磁路電橋相當平衡時串音衰減超過60分貝。對於在每個磁頭半芯上對稱分布繞組的磁頭組（第3些2的情況），以及對於繞組相互交替分布的磁頭組實驗得到的串音衰減與繞組位置的關係也正是這樣。

串音衰減與繞組位置的關係特性在較高頻的範圍內保持不變，而最大的串音衰減值則隨着頻率的增加而減小（圖7），大大超過按文獻^[3]描述的方法所測得的值。

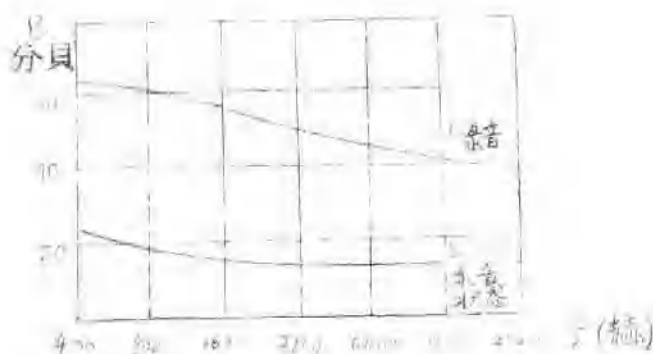


圖7. 串音衰減與信號頻率的关系。

對於分別與繞組 ω_1 與 ω_3 串聯的繞組 ω_2 與 ω_4 的三種不同位置來檢查（第3節）情況3的磁頭組磁路的平衡條件。這個圖的曲線同以前從關係式(10)得出的結論一樣，因而磁頭之一個半芯上的第一個繞組的任何位置都與該磁頭另一半芯上第二個繞組的最佳位置相符合。這些曲線証實了公式(11)的結論。