

87158 桌
TQE. 反

1955

点式機車自动信号 及自动停車裝置

A·A·唐 秋 尔

М·П·克拉斯尼科夫 合著

В·Я·索 包 列

人 民 鐵 道 出 版 社

本書主要叙述点式機車信号的動作原理、电路圖及其机械，同时，並說明機車信号設備之維修、管理及机件之調整。

本書供鐵路电務部門信号工程技術人員，設計及施工部門工程技術人員之業務參考。

原書第一章第1~4節和第三章由A·A·唐秋爾著，第二章、第一章第5節和第五章第2~7節由M·П·克拉斯尼科夫著，第五章第1節、第四、六及七章由B·Я·索包列夫著。

本譯第一、二、四、五及六章和第七章第1、2節由武正貴譯，第三章石海容譯、武正貴校，第七章第3節童以新譯、武正貴校。

目 录

序 言	2
第一章 本設備的技術運營特征	3
第二章 綫路感應器和機車感應器	29
第三章 電子管振盪器	38
第四章 譯碼器	57
第五章 機車其他設備	77
第六章 機車上機械的佈置和安裝	98
第七章 檢查測試設備	103

序 言

苏联铁路运输科学研究院研究出来的点式感应谐振自动停車裝置及連續式機車自动信号和自动停車裝置，近年来在苏联鉄路上已广泛推行。

現在研究院已研究出新的三显示点式機車自动信号和自动停車裝置。与点式自动停車裝置比較，这种機車信号具有显著的优点，因为它除了以强制的作用到列車制動系統外，还把信号显示从綫路上自动地傳遞到司机室內。本設備在綫路上不需要电源，它主要被运用在安裝有半自动閉塞和电气路签制的鉄路区段上。除了当列車接近車站时，加强列車运行条件，加速列車在車站上的通过及預防列車冒进信号外，本設備尚不需要安設預告圓牌和有半自动閉塞設備时的通过圓板。

点式機車信号是由 A·A·唐秋尔工程师建議的，並由研究院 A·A·唐秋尔、B·Я·索保列夫和 M·П·克拉斯尼科夫共同研究出来的。它在試驗区段进行过使用試驗，以备广泛运用。

交通部『运输通信』工厂完成了机械結構的試制；运输工程部『国家运输信号通信設計院』編制了機車信号試驗区段及运营区段的設計文件。

交通部电务总局工作人員对本設備之研究工作，及欧姆斯科鉄路工作人員对本設備試驗区段的試驗工作曾都給予莫大的帮助。

研究院院長 И·А·依万諾夫

电 务 科 長 В·В·魏霍德采

第一章 本設備的技术运营特征

第1节 本設備的簡圖和运营特点

点式機車自动信号和自动停車裝置能把信号显示自动地傳輸到機車司机室內，当司机未按压專用的警惕手柄，且未以此証实他確認从綫路上傳来的信号时，要使列車强迫停車。

在裝有本設備的綫路設備的綫路个别地点，向機車司机室傳輸信号显示。在任何列車运行聯絡方法的綫路上，都可以採用点式機車信号，因为它在綫路上不需要軌道电路和电源設備。它主要供裝有半自动閉塞和电气路签制的鉄路上使用，特別在綫路信号机显示不良的区段上（在那些地形交錯又有很多小半徑曲綫地段，路塹地段，隧道地段，以及时常有霧和風雪的区域）。

点式機車信号与綫路向機車上只能傳輸一种有效反应的点式自动停車裝置的不同点，是可以傳輸三种反应，在機車上也能收到三种信号显示：綠色——准許列車由車站通过，黃色——准許列車进入車站停車，紅黃色——当进站信号机关閉时。增加由綫路傳遞来的反应数量，能提高車站行車安全，加强列車的运行条件，加速車站的通过能力，並可以不設預告圓牌和通过圓牌。

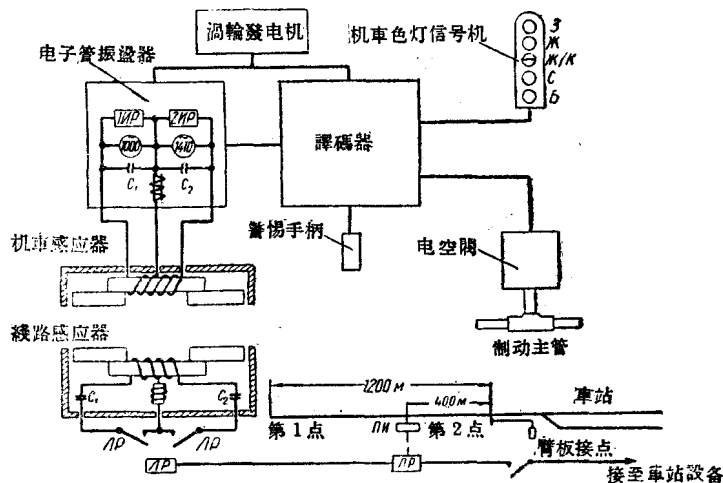
在設有半自动閉塞和电气路签制的区段上，从綫路向機車上傳遞信号显示，是在进站綫路上的两个地点：距进站信号机为1200公尺和400公尺处。

重复信号显示的目的，是把进站信号机的显示情况再一次通知司机，該信号显示在列車由第一信号点向第二信号点通行的这段时间可能有所改变，並且在列車进站前再一次檢查司机的警惕性。在第二信号点处，於信号显示的同时向機車司机室傳遞有关

列車接近車站的特別通知。這個通知是用着字母C的白燈來實現，從而幫助司機了解列車所在地。

安設第二信號點、採用預告機車信號及其與電氣路簽制的結合，是由技術科學候補博士B·C·梁贊切夫和A·A·辽諾夫工程師建議的。

點式機車信號的機車設備及線路設備的簡圖，如第1圖所示。借助本設備的線路感應器和機車感應器實現由線路向機車上傳輸信號顯示。線路感應器裝設在鋼軌外側、列車運行方向右側的枕木上，與鋼軌面成水平。機車感應器懸掛在機車上，當列車運行時，它從線路感應器上面通過，二者之間的空氣間隙為150公厘。線路感應器和機車感應器的結構相同：它們都是由鐵心和繞在鐵心上的兩個線卷組成的，其中一個線卷的諧振頻率為1000赫，另一個諧振頻率為1410赫。



第1圖 機車信號設備簡圖

線路感應器是無源元件，因為它的線卷沒有電源。線路感應器以電的關係與控制进站信號機和出站信號機狀態的信號集中閉塞設備相關聯，由於信號的顯示不同，而組成頻率為1000赫或1410

赫的諧振电路，或同时組成這兩頻率的諧振电路。閉合信号集中閉塞继电器 JP 的接点，能变换綫路感应器的諧振（見第 1 圖）。

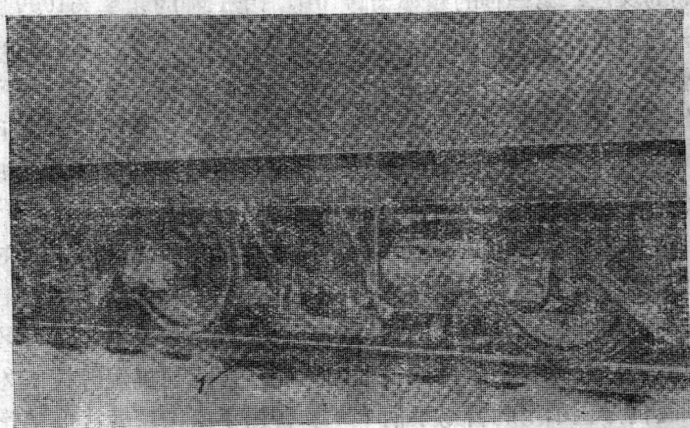
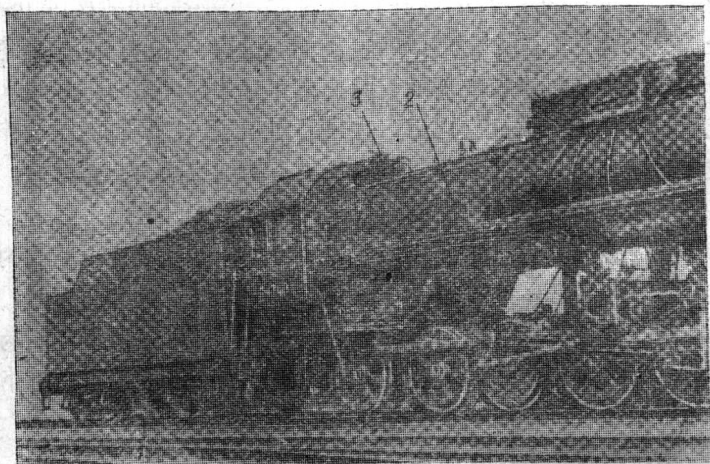
機車感应器是本設備的有源元件；在其綫卷內通以交流，它的頻率与电路的諧振頻率相同，也就是，等於 1000 赫及 1410 赫。交流是由包括有兩個振盪級的电子管振盪器產生的，其中的每一個振盪級要向機車感应器的有关电路和有关脉冲继电器供电。交流通过機車感应器綫卷以后，在鉄心內和感应器周圍的空間产生交变磁通，由該磁通的作用使綫路設備和機車設備联系起来，並保証从綫路向機車上傳輸反应。

綫路感应器向機車感应器反应的特点，是使機車电路內的电流有显著的降低，振盪級自动地反应电流降低，並停止振盪。同时，由該振盪級供电的脉冲继电器的銜鉄落下，並將所收到的反应傳輸的譯碼器。譯碼器的继电器动作，从而操縱機車色灯信号机的灯光和与列車制动主管相連接的电空閥。

由於本設備利用双頻率，因此从綫路向機車上可以傳輸三种不同的反应：第一种的頻率为 1410 赫，第二种的頻率为 1000 赫，第三种同时有這兩個頻率。在第一种情况下， $2JP$ 继电器的銜鉄落下，機車色灯信号机显示紅黄色灯光；在第二种情况下， $1JP$ 继电器的銜鉄落下，並显示黄色灯光；在第三种情况下， $1JP$ 和 $2JP$ 兩继电器的銜鉄同时落下，並显示綠色灯光。機車色灯信号机的着灯是通过譯碼器實現的。

機車色灯信号机正常状态显示白色灯光，系表示機車設備接入並處於良好状态，而电空閥在有电状态。当从綫路上接收信号反应时，機車色灯信号机的白灯將变成有关信号显示，而 ΘPK 成無电状态，結果， ΘPK 的汽笛开始鳴响，要求司机短时按压为証实確認信号显示用的警惕手柄 PB 。警惕手柄按压后，电子管振盪器激励，脉冲继电器励磁， ΘPK 的汽笛停止鳴响，但是，信号灯光的灯泡持續着灯 7 ~ 8 秒鐘，这一段时间足够司机辨認所收

到的信号。这段时间过去以后，信号灯光熄灭，而机车色灯信号机重新着白灯。如果司机未按压警惕手柄，那末鸣笛后經 7 秒鐘左右 $\Theta\Pi K$ 动作；並使制动主管与外面大气相通，因而开始列車的紧急制动，这个制动在列車未停穩前不能停止。司机不能中断已



第 2 圖 機車上機械的佈置：

1 —— 機車感應器； 2 —— 總箱； 3 —— 渦輪發電機

开始的列車紧急制动，因为緩解制动机及列車繼續运行仅在車長把电空閥鑰匙交給司机以后才能办到。这样一来，所有由自动停車裝置引起紧急停車时，指定車長到機車上，並且必須使用电空閥鑰匙。

由直流 50 伏的电源向機車設備供电。照明用的 ТГ-1-50 型或ТГ-1Р 型渦輪發電机作为蒸汽機車上的这个电源。正常时消耗功率不超过 100 瓦，但是，当接收信号显示时，可短时增至 150 瓦。

蒸汽機車上機械的佈置，如第 2 及 59 圖所示。在機車司机室內設兩個機車色灯信号机（一个是在司机附近，另一个在副司机附近），一个电空閥（在司机座席的后面），一个警惕手柄（在司机室右壁上、窗口上面或下面）及由常用渦輪發電机轉換到备用渦輪發電机的电源轉換器。电子管振盪器和譯碼器裝在一个总箱內，該总箱設在機車的右侧走行鈑上，機車感应器悬挂在煤水車右侧，兩車輪間的车底架上。

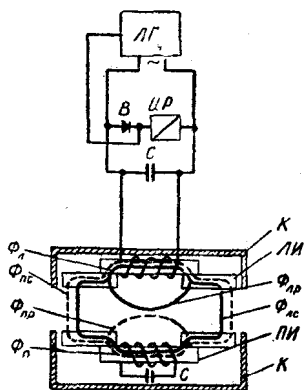
第 2 节 从綫路向機車上傳輸反应的原理

列車在任何实际可能的速度运行下，保証从綫路向機車上可靠地傳輸反应，是機車信号的主要技术問題。利用兩諧振电路之間的互感作用的理論，借助綫路感应器和機車感应器来解决这个問題。

从电气方面說，機車感应器和綫路感应器均为双槽路諧振式。但是，由於在一个感应器內諧振电路之間互不影响，所以感应器之間的互相作用，可看成是一个电路的感应器之間的相互作用。

單槽路諧振的感应器从綫路向機車上傳輸反应的原理圖，如第 3 圖所示。將機車感应器 II 的諧振电路接通交流电源——电子管振盪器 II 和脉冲继电器 HP ；綫路感应器 II 沒有电源設備。正常状态电子管振盪器所产生的交流电流，通过機車感应器

的綫圈，而脈冲繼电器保持自己的銜鉄在吸上状态。通过機車感應器綫圈的交流电流产生磁通 Φ_A ，該磁通主要經過感應器下部磁極之間的空气間隙而閉合。用非磁性的金屬外壳 K ，靠着壳內产生



第3圖 从綫路向機車上傳遞反应的原理圖：

ЛГ——电子管振盪器； ИР——脈冲繼电器； B——整流器； C——电容器； ЛИ——機車感應器； ПИ——綫路感應器； Φ_A ——機車感應器的总磁通； Φ_{Ac} ——機車感應器的耦合磁通； Φ_n ——綫路感應器的总磁通； Φ_{nc} ——綫路感應器的耦合磁通； Φ_{Ap} ——機車感應器的漏磁通； Φ_{np} ——綫路感應器的漏磁通； K——感應器的外壳

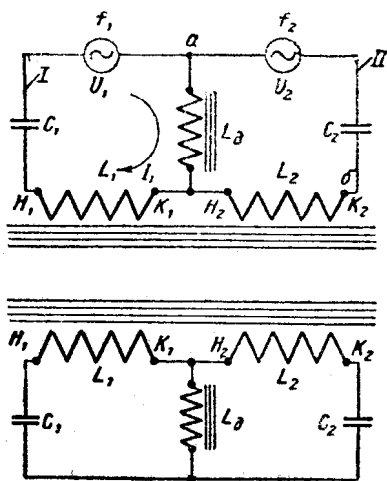
的渦流，而屏蔽感應器上面和側面的磁通。機車感應器的部分磁通 Φ_{Ac} （耦合磁通）环連綫路感應器的鉄心，則在其电路內感應出电流。这个感应电流在綫路感應器內产生磁通 Φ_n ，由於綫路感應器的下面和側面有金屬外壳 K ，則該磁通主要經過空气間隙連通在感應器之間。而其中部分磁通 Φ_{nc} （耦合磁通）通至機車感應器，因而在其諧振电路內产生电流，这个电流方向与电子管振盪器在此电路中所产生的电流方向相反。感應器之間互相作用的結果，是使機車感應器內的电流显著的降低。这就是从綫路向機車上傳遞反应的原理。

由於機車上电子管振盪器中断振盪和脈冲繼电器ИР的銜鉄落下，而記錄下从綫路傳輸来的反应。用电子管振盪器的特殊电路达到这个目的，由於这个，振盪器电路具有电子繼电

器的特性。这个电路的特点，是电子管振盪器在機車电路中所产生的交流电压，由整流器B整流，再反饋到振盪管。特别是为了这个目的，应利用脈冲繼电器ИР綫卷上整流后的电压。用这一方法把整流后的电压供給电子管，当機車感應器中电流降低时，振盪器自激条件变坏，如果电流大致降低到兩倍或以上，那末，电子管振盪器便停止振盪。实际上由电子管振盪器供电的脈冲繼电器，

在本質上仅仅起到振盪器之复示器的作用。

如果兩感應器成諧振，其頻率為供電電流頻率，那麼，感應器之間發生耦合的磁通 Φ_{ac} 和 Φ_{nc} 僅為總磁通 Φ_a 及 Φ_n 的 15% (磁通的其餘部分以漏磁通 Φ_{ap} 及 Φ_{np} 形式在空氣中損失)，但在機車感應器電路內的電流可降低足夠大。當電路諧振時，其電抗將等於零，因此電路的阻抗便顯著的降低，而其中的感應電流將急劇的增大。例如，感應器諧振時，在其線卷內的電流增加到 14 倍。結果，線路感應器給予機車感應器的反應增加多少倍，機車感應器接收這個反應的靈敏度也增加多少倍。由於諧振電路這些優越特性，甚至當感應器之間空氣間隙較大及它們之間的耦合較弱時，也能可靠地從線路上向機車上傳輸反應。



第 4 圖 雙頻感應諧振傳輸法的原理圖

雙頻感應諧振傳輸法的

原理圖，如第 4 圖所示。從

電氣方面來說，線路感應器

和機車感應器是相同的。每一個感應器有兩個諧振頻率不同的諧振電路。扼流圈是兩電路共用的元件。電路 I 及 II 的諧振頻率由下面公式確定之：

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_0)C_1}};$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_2 + L_0)C_2}};$$

式中 L_1 和 L_2 ——感應器線圈的电感 (亨)；

C_1 和 C_2 ——電路 I 及 II 的電容器的容量 (法)；

L_0 ——扼流圈的电感 (亨)。

感应器电路的特点，是在一个感应器内的两个回路互不影响的工作着，尽管他们之间有强烈的磁耦合（感应器的线圈位于共用铁心上，其磁耦合系数接近1）。借助接在两电路共用回路上的扼流圈，用感应器线圈之间磁耦合的补偿，达到这个目的。

现在证明在什么条件下能消除两电路之间互相影响。为此，假设电容器 C_2 拿掉，而在电路 I 中有由电源 U_1 供给的交流电流 I_1 。此时在回路 II 线圈中的感应电动势将等于 $E_m = I_1 \omega M$ ，而扼流圈上的电压降 $U_\theta = I_1 \omega L_\theta$ 。其中 M ——感应器线圈之间的互感，等于

$$M = k \sqrt{L L_2},$$

式中 k ——感应器线圈之间的耦合系数。

电路 II 上 a 与 δ 两点间的电压等于 E_m 和 U_θ 的和或差：

$$U_{a\delta} = U_\theta \pm E_m = I_1 \omega L_\theta \pm I_1 \omega M.$$

正号或负号由电路线圈的连接方法——正接或反接决定之：

当正接时如图所示，电压是相减的。

当两电路线圈端正接及 L_θ 等于 M 时，则总电压 $U_{a\delta}$ 及电路 II 中的电流将等于零，与 $a\delta$ 两点所连接的负载无关。这就是电路互相影响的补偿条件，因为再这样讨论线圈 II，也得到相同的結果。

为了从线路上得到三个不同的反应，必须将线路感应器电路如下配合连接：

(a) 将 I 接入，II 断开，(b) 把 II 接入，I 断开，(B) 将两回路均接入。在原则上，断开电路用两个方法：把回路断开（切断电容器）或者使回路短路（将电容器短路）。根据实用特点，有许多理由选择第一种方式。

为了简化线路感应器和机车感应器电路的调谐，它们的线圈作成相同的，并使绕制线圈之间的耦合系数等于 1，而互感 M 等

於感應器綫圈電感 L (當 $k=1$ 及 $L_1=L_2=L$ 時; $M=k\sqrt{L_1L_2}=L$)。
由此, 扼流圈的電感 L_0 等於感應器綫圈的電感 L 。

第 3 節 說明感應諧振傳輸法的基本關係

從綫路向機車上傳輸反應的可靠性, 由機車感應器電路中電流降低的大小來確定, 該電流降低的大小是由綫路感應器引起的。我們把這個值叫作相互作用係數。並用 K_a 表示。這樣可以寫成

$$K_a = \frac{I_{A0}}{I'_A}, \quad (1)$$

式中 I_{A0} ——當機車感應器電路成諧振狀態和綫路感應器不起作用時機車感應器電路中的電流;

I'_A ——當綫路感應器作用到機車感應器電路時機車感應器電路中的電流。

電流 I_{A0} 及 I'_A 的公式如下:

$$I_{A0} = \frac{E}{r_A}; \quad (2)$$

$$I'_A = \frac{E}{\sqrt{\left[r_A + \frac{(\omega M)^2}{Z_n^2} r_n\right]^2 + \left[X_A - \frac{(\omega M)^2}{Z_n^2} X_n\right]^2}}, \quad (3)$$

式中 E ——作用到機車回路中的電動勢;

$Z_n = \sqrt{r_n^2 + X_n^2}$ ——綫路回路的阻抗 (歐姆);

$X_n = \omega L_n - \frac{1}{\omega C_n}$ ——綫路回路的電抗 (歐姆);

$X_A = \omega L_A - \frac{1}{\omega C_A}$ ——機車回路的電抗 (歐姆);

$\omega L'_n, \omega L'_A$ ——綫路感應器和機車感應器綫圈的電抗 (歐姆);

$\frac{1}{\omega C_n}, \frac{1}{\omega C_A}$ ——綫路感應器和機車感應器電容器的電抗 (歐姆);

r'_n, r_A ——綫路感應器及機車感應器的電阻（歐姆）；

L_n, L_A ——有關感應器綫圈的電感（亨）；

M ——感應器綫圈之間的互感（亨）；

C_n, C_A ——有關感應器電容器的容量（法）；

$\omega = 2\pi f$ ——角頻率；

f ——頻率（赫）。

當綫路感應器和機車感應器以供电電流之頻率諧振時， $X_n = X_A = 0$ ，則 $Z_n = r_n$ 。將 X_n 、 X_A 及 Z_n 值代入式（3）就得到諧振時電流值

$$I'_{Ao} = \frac{E}{r_A + \frac{(\omega M)^2}{r_n}} \quad (4)$$

將所得的結果與公式（2）相比較，可以証明諧振狀態的綫路感應器對機車電路電流的影響，等效於該電路有效電阻增加 $\frac{(\omega M)^2}{r_n}$ 。

因此，在這種情況下，用接入機車電路一個相當值電阻的方法，可以人為地表達調諧的綫路感應器的作用。由於這個方法簡單又方便，在決定電子管振盪器的靈敏度，以及在沒有綫路感應器存在來測試機車設備時，都被廣泛採用。

當感應器諧振時，將 I_{Ao} 與 I'_{Ao} 的值相應的由公式（2）與（4）代入公式（1），就得到相互作用系數的公式：

$$K_{eo} = \frac{I_{Ao}}{I'_{Ao}} = \frac{r_A + \frac{(\omega M)^2}{r_n}}{r_A} = 1 + k^2 Q_A Q_n \quad (5)$$

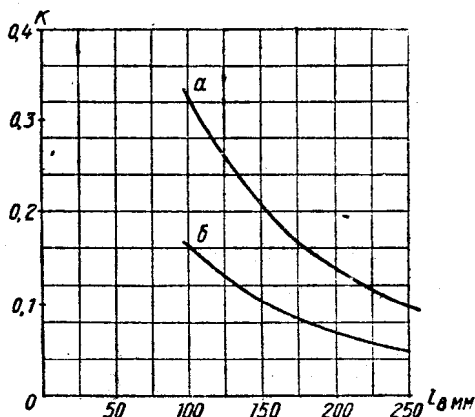
式中 $k = \frac{M}{\sqrt{L_A L_n}}$ ——感應器綫圈之間耦合系數；

$Q_A = \frac{\omega L_A}{r_A}$ ——機車感應器的質量因數；

$$Q_n = \frac{\omega L_n}{r_n} \text{——綫路感应器的質量因數。}$$

由所得到的公式可以看出，感应器諧振时的相互作用系数，仅決定於諧振电路的質量因數与它們之間的耦合系数。

質量因數說明电路的諧振質量：它表明綫圈諧振时其中电流增加的倍数。綫路与机車感应器的質量因數不仅決定於它們的結構与大小，而且还決定於电流的頻率。我們所研究之感应器的結構，具有厚0.35公厘变压器高級合金鋼的鉄心，其最大質量因數在电流頻率為1000~1500赫範圍內等於14。因此它的下限工作頻率取為1000赫，而上限為1410赫。選擇上限頻率為1410赫的意義，在於电路由一个頻率便於改變為另一个頻率，這是借助於两个同一类型相等容量的电容器。



第5圖 机車与綫路感应器之間耦合系数与感应器之間空气間隙的关系曲綫：

a —— 对單頻感应器； b —— 对双頻感应器

耦合系数 k 決定於感应器的結構与尺寸，以及它們之間空气間隙

l_0 的数值。这个关系是由对标准的單槽路（單頻）感应器进行試驗而得到的，如第5圖所示。根据这个关系，当空气間隙 $l_0 = 200$ 公厘时，耦合系数 $k = 0.14$ 。將 k 值与 Q_A 及 Q_n 值代入公式（5），則

$$K_{\text{co}} = 1 + k^2 Q_A Q_n = 1 + 0.14^2 \times 14 \times 14 = 5.$$

这就是說，当感应器諧振且它們之間空气間隙大小於200公厘时，綫路感应器能使机車感应器电路中电流降低五分之四。

当感应器失諧时，它們之間相互作用显著地降低。依电路失

諧程度可將相互作用系数公式写成下面的形式:

$$K_{\theta} = \sqrt{\left[1 + \frac{k^2 Q_A Q_n}{1 + (\delta_n Q_n)^2}\right]^2 + \left[\delta_A Q_A - \frac{k^2 Q_n^2 Q_A \delta_n}{1 + (\delta_n Q_n)^2}\right]^2}, \quad (6)$$

式中 $\delta_A = \frac{\Delta L_A}{L_A} + \frac{\Delta C_A}{C_A}$ ——機車电路电感及电容与額定值总的相对偏差;

$\delta_n = \frac{\Delta L_n}{L_n} + \frac{\Delta C_n}{C_n}$ ——綫路电路电感及电容与額定值总的相对偏差。

式(6)是由式(1)推导来的: 系將式(2)的 I_{A0} 值与式(3)的 I_A 值代入式(1), 同时进行一些簡單变换而得。

当機車感应器諧振、綫路感应器失諧时, 相互作用系数以 $K_{\theta 1}$ 表示。

$K_{\theta 1}$ 与綫路电路失諧程度的关系如式(7)所示, 將式(6)代入 $\delta_A = 0$, 即得:

$$K_{\theta 1} = \sqrt{\left[1 + \frac{k^2 Q_A Q_n}{1 + (\delta_n Q_n)^2}\right]^2 + \left[\frac{k^2 Q_n^2 Q_A \delta_n}{1 + (\delta_n Q_n)^2}\right]^2}。 \quad (7)$$

当 $Q_A = Q_n = 14$ 且 $k = 0.15$ 时, 这个关系如第6圖中所示的圖形。

由第6圖中的圖形得出結論, 当綫路感应器的电感(或电容)与額定值偏差不大, 不超出5%时, 相互作用系数的降低是比較微小的, 但当失諧到10%时, 它从5降到3, 亦即减少50%。这表明綫路感应器精确的調諧, 以及它的穩定度对保証可靠地从綫路向機車傳輸反应的重要性。由於这些, 在綫路感应器中应用具有容量高度稳定之 KCF 型密封的云母电容器。它們的温度系数不超过 $0.0002/1^\circ\text{C}$, 而感应器綫圈电感的温度系数約为 $0.0004/1^\circ\text{C}$ 。这样一来, 綫路感应器可能的最大失諧, 当周圍空气变化 50°C 时为:

$$\delta_n = \frac{J I_n}{I_n} + \frac{\Delta C_n}{C_n} = (0.0002 + 0.0004) 50 = 0.03 \text{ 或 } 3\%.$$

假如再估計到工厂調諧不正確，在這種情況下 δ_n 可能達2%，則綫路感應器总的最大失諧不超過5%。在這樣失諧程度的情況下，第6圖可見相互作用系數降低20%，這是完全容許的。

現在讓我們研究一下，當綫路感應器諧振時，機車感應器電路失諧對相互作用系數數值的影响。

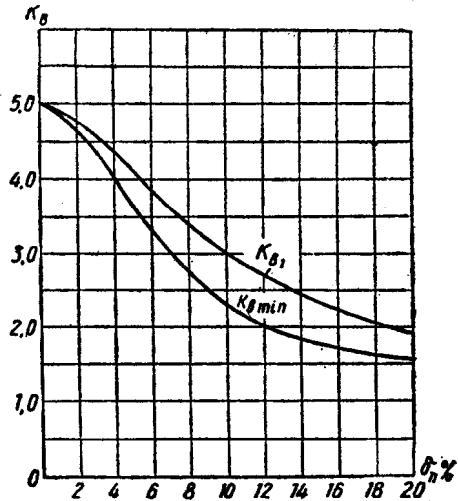
假如綫路感應器成諧振狀態，即 $\delta_n = 0$ ，則式(6)可寫成以下的形式：

$$K_{\delta_2} = \sqrt{\left[1 + k^2 Q_n Q_A \right]^2 + \left[\delta_A Q_A \right]^2}. \quad (8)$$

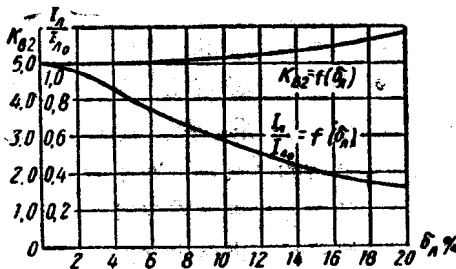
將此式與綫路及機車感應器諧振時 K_{δ} 的式(5)比較，相

互作用系數並未減小，它隨着機車感應器失諧的增加，而增大。這是因為綫路感應器的影响依然如故，而機車感應器電路的失諧，却引起其中電流附帶的降低。

但是從式(8)画出的第7圖看到，相互



第6圖 相互作用系數與綫路感應器失諧程度的關係曲線



第7圖 相互作用系數及機車感應器電路電流降低與其電路失諧值大小的關係曲線

作系数甚至失諧值 δ_A 很大时增加並不显著。

在第7圖中也表示出，機車电路中电流变化与其失諧值 δ_A 的关系，这个关系是用計算方法由下式而得到的

$$\frac{I_A}{I_{A0}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\delta_A Q_A)^2}}, \quad (9)$$

式中 I_A ——当失諧 δ_A 时機車感應器电路中的电流。

式(9)系熟知的电路諧振曲線方程式；它可由式(6)导出，估計到当沒有綫路感應器的影响时， $k=0$ ，則 $K_0 = \frac{I_{A0}}{I_A}$ 。

由第7圖曲綫可以看出，機車电路失諧並不显著增加相互作用系数，但却显著降低機車电路中的电流，甚至連失諧 δ_A 值不大时也是这样。例如，当失諧5%时，交流減少20%。而当失諧到12%时減少一半。这表明，機車感應器电路的准确調諧也有重要的意义，特别是，若考虑機車电路中电流的降低，則不仅引起機車設備对綫路感應器反应的灵敏度提高，而且对各种外来反应的灵敏度也提高，由於这些反应能引起自动停車裝置錯誤动作。这些反应是鋼軌电流、綫路上金屬物質、电源电压冲动及电子管电极振动等等的影晌。由機車电路失諧引起灵敏度的容許提高量不超过25%，这个电路的失諧数值可由第7圖曲綫确定，不應該超过5~6%。

当綫路感應器諧振时，機車电路失諧对機車設備可靠地接受从綫路上傳輸来的反应不会引起危險情况。由此得出結論，機車感應器失諧与綫路感應器失諧的影响有原則上的区别。然而，当兩感應器同时失諧时，機車感應器失諧的影响可能在个别情况下是不良的。因为，当 δ_A 与 δ_n 存在某些比例关系，考虑到它們电抗的符号时，綫路感應器反映到機車电路的电抗，可能补偿機車电路原来的电抗，結果其中电流降低的程度比機車感應器諧振时要小。从式(6)看出，在下式保持恒等时，才發生这种情况

$$\delta_A Q_A = \frac{k^2 Q_n^2 Q_A \delta_n}{1 + (\delta_n Q_n)^2}, \quad (10)$$