

一九五六年全國鐵道科學工作會議
論文報告叢刊
(27)

脈沖選號通信的研究

人民鐵道出版社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师们几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整编工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京、唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，並無主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经做过九次学术报告，我们已将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步的改进。

铁道部技术局

1957年2月

目 录

防止调度电话选叫障碍·····	孙涵光 (2)
脉冲记录式各站自动电话研究报告提要·····	姚上达 (70)

防止調度電話選叫障礙

孫 涵 光

I. 前 言	2
II. 選叫障礙發生的原因	2
III. 選叫脈沖	4
IV. 選叫脈沖的穩定	15
V. 選別器反作用力矩	24
VI. 選叫脈沖與反作用力矩的配合	32
VII. 實驗確定的反作用力矩	39
VIII. 脈沖週期的測量	46
IX. 綫路分佈參數的影響	52
X. 齊局調度電話選叫系統的若干問題和改進辦法(代結語)	65

I. 前 言

鐵路列車調度電話是鐵路運輸上重要通信設備之一。但由於它的選叫系統，構造較複雜，使用頻繁，維修不當，以致不斷發生選叫障礙。

以齊齊哈爾管理局（以下簡稱齊局）為例，1954年選叫障礙為93件，1955年超過了100件，竟佔通信障礙的 $\frac{1}{5}$ 左右。

本篇系研究分析西電式調度電話，選叫障礙發生的原因、選叫系統工作的穩定範圍、障礙的臨界範圍和選叫脈沖與選別器力矩的配合。

本篇對於考查選叫系統的工作疲勞週期，未得出結果。因此，就不能確定選叫系統的檢修週期。我們深切地希望能在這方面，以及本文中的錯誤地方，得到啓發和指正。

II. 選叫障礙發生的原因

根據齊局障礙統計資料，以選別器動作不正確的障礙（即收到17個脈沖，而不能推進17步）最多。其次是選別器銜接點，由於發生火花而被氧化，以致接觸不良的障礙較多。如1954年，動作不正確的障礙為59件，佔全部障礙的63%，銜接點被氧化的障礙12件，佔13%。

從上述障礙情況分析，選別器動作不正確可綜合為以下幾項：

（一）選別器機械部分磨耗。動作部分的各元件之間的距離調整不當；

(二) 选别器彈簧、游絲等的拉力过大或过小，以及永久磁鉄的磁性減弱。更具体地又可分为：

- (1) 大拉簧拉力調整不当；
- (2) 補助掣与推进掣彈簧拉力調整不当；
- (3) 游絲的反作用力調整不当；
- (4) 支持鈎彈片的压力調整不当；
- (5) 鈴接点片压力調整不当；
- (6) 永久磁鉄的磁性的減弱，以及接極子与磁極的間隔調整不当；
- (7) 殘磁的影响；

(三) 由於油垢的影响，增大了选别器工作时的阻力（特別是在冬季）也是引起障礙的原因。

另外，还可以推想到：选别器是由总机所發出的选叫脈冲推动的。而选叫脈冲本身也含有不稳定的因素，如电鍵的快慢，供电电压的高低，轉極继电器接点的跳动，綫路的情况等等。因此，在發生障礙的原因中，又須列入以下几个影响选叫脈冲的不稳定的因素：

- (1) 供电电压的变化；
- (2) 电鍵速度，和 K_1 、 K_2 接点的接断是否均匀；
- (3) 选别器的电感和串联电容器电容的数值；
- (4) 綫路情况以及所接分机的数目；
- (5) 轉極继电器接点的跳动和移动時間。

如上所述，造成选叫障礙的原因是由于选叫系統工作的不稳定。

这些不稳定因素，如定出标准，並且定期調整，使之經常保持在所規定的範圍內，就可以保証选叫工作正常地进行。

要將不稳定因素，定出标准和範圍，就必須研究选别器的障礙临界点。將标准和範圍，規定在远离临界点的地方，才能防止选叫障礙。

选叫脈冲必須与选别器的工作範圍相配合。

本文对以上三点，作了討論，並且力求和鉄道部电务局所綜合的『調度電話綜合維修經驗』相結合。

我們研究的步驟大体上是：

- (1) 統計齐局調度電話障礙，並加以分类；
- (2) 以王仁章、刘恩普的經驗分析障礙原因；
- (3) 根据障礙發生的原因，研究选叫系統的穩定，选叫脈冲与选别器力矩的配合，障礙的临界範圍；
- (4) 进行实际試驗，校正理論所得的数据；
- (5) 以實驗的結果，在齐齐哈尔——泰来調度綫試行，以便在实际使用中，考驗是否能确切防止障礙。並考查选叫系統的工作疲劳週期，以便确定檢修週期。試行情况良好，自3月10日～7月30日的試行期間中，消除了选叫障礙，至此，我們的工作結束。

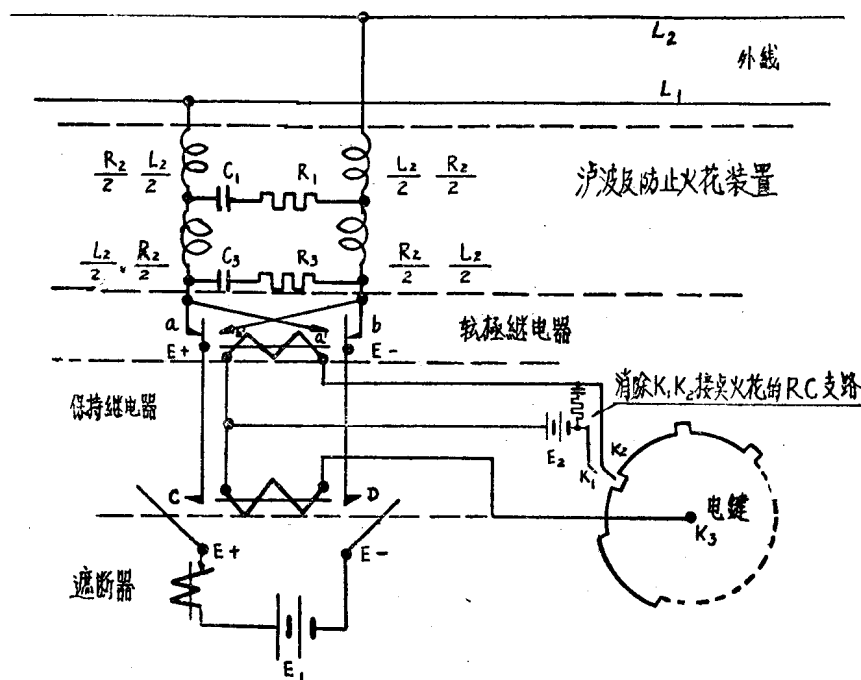
此外，本篇还討論了測量选叫脈冲和选别器反作用力矩的方法。

以下各节，介紹对各項不稳定因素的研究結果，但其中关于选别器各元件間的間距調整，我們都按鉄道部綜合的『調度電話綜合維修經驗』中的規定。

Ⅲ. 选叫脉冲

(一) 脉冲的产生 脉冲的产生，分三个阶段（参看第一圖）：

- (1) 轉动电键， K_1 、 K_2 、 K_3 接点分别閉合或断开；
- (2) 当 K_1 、 K_2 、 K_3 閉合或断开时，保持继电器与轉極继电器分别动作；
- (3) 保持继电器和轉極继电器的接点閉合时，选叫脉冲，經滤波装置送往外綫。

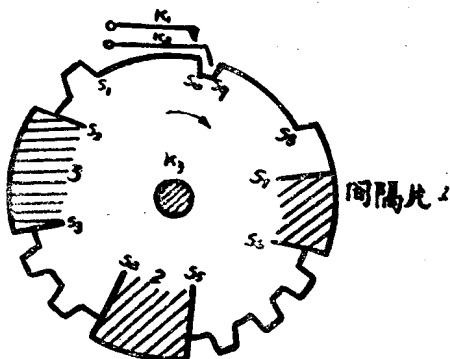


第一圖 脈冲發生裝置

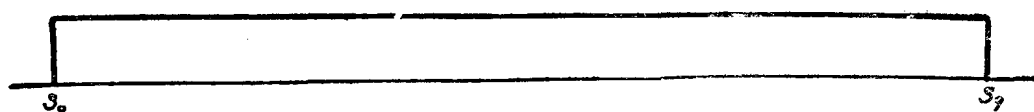
每做一次选叫，电键轉动一週，由于电键符号輪的配号不同，所發出的脈冲組合也不同。

电键符号輪的配号，和 K_1 、 K_2 、 K_3 接点的閉合及断开，参看第一圖、第二圖及第三圖。

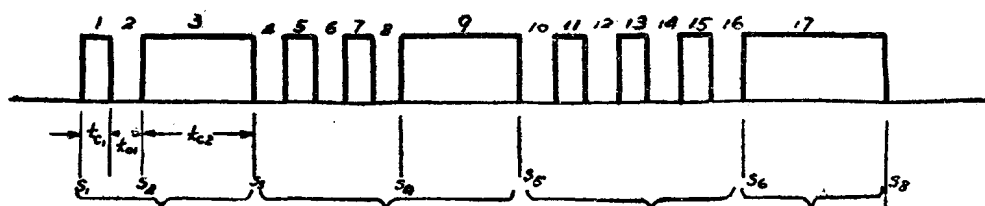
由第二圖，並参看第四圖，当 K_2 、 K_3 在 S_0 点开始接触后，保持继电器动作，於是 C、D 接点閉合，向外綫送出充电脈冲。使选别器串联的电



第二圖 电键符号輪



(A) $S_0 \rightarrow S_9$ 为 K_2 、 K_3 接点闭合时间



第一串脈衝 第二串脈衝 第三串脈衝 鳴鈴

(B) K_1 、 K_2 接点的閉合与断开:

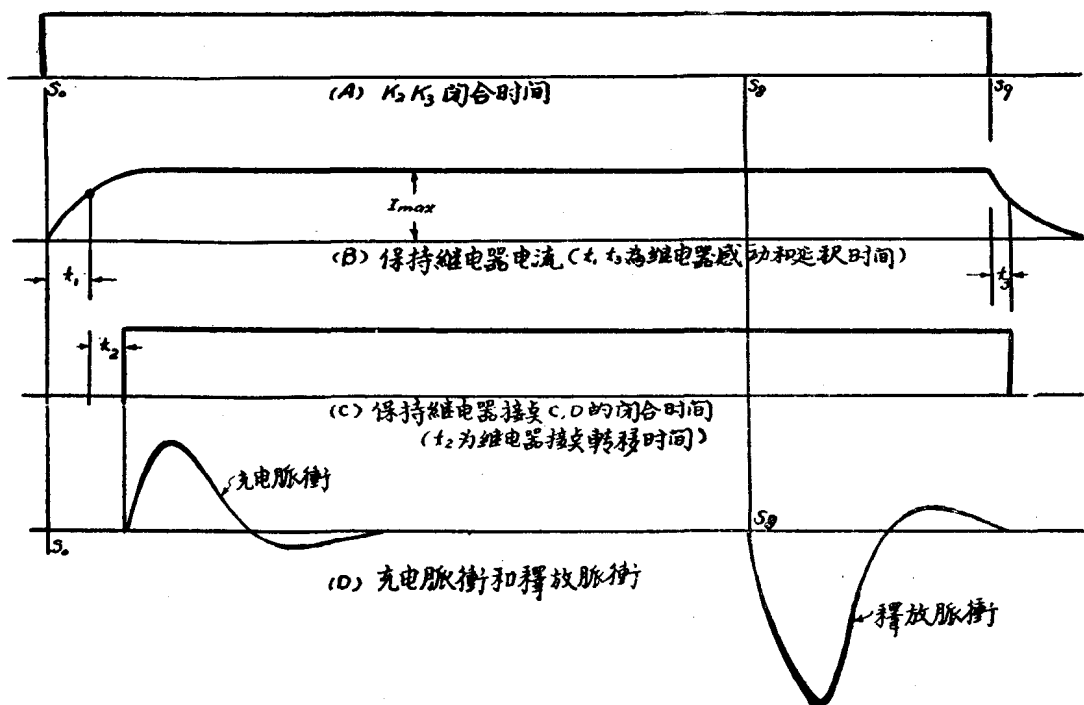
t_{01} 为 K_1 、 K_2 断开時間;

t_{c1} 、 t_{c2} 为 K_1 、 K_2 閉合時間

第三圖

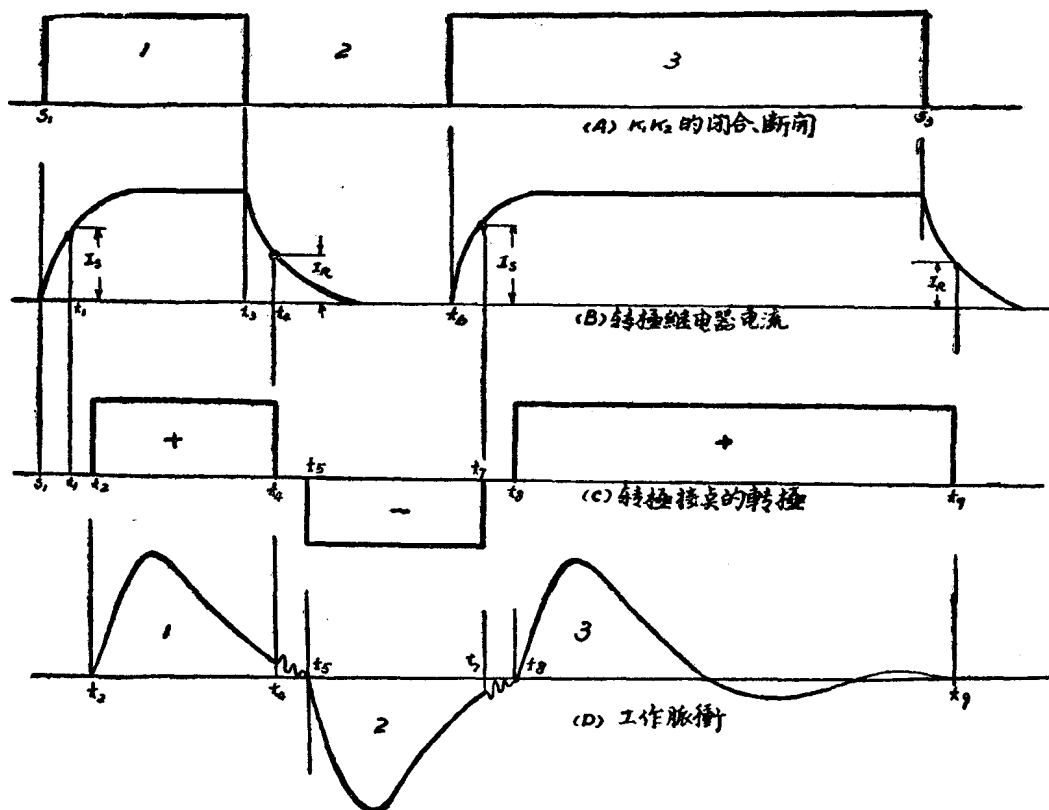
容器充电，以增大工作脈冲的幅度。

自 S_8 开始， K_1 、 K_2 接点断开，而 K_2 、 K_3 仍然閉合。此时由于轉極继电器接点轉極，又向外綫送出釋放脈冲，使选別器复原。



第四圖 充电脈冲与釋放脈冲

又自第三圖 (B)， K_1 、 K_2 接点閉合或断开时，其送出三串分别为3—6—8的工作脈冲（合計17个脈冲）。虽然每串脈冲数目不同，但由于脈冲形狀相似，故只須分析其中第一串脈冲。參看第一圖，当 K_1 、 K_2 接触，轉極继电器動作，接点 E_+ 接 L_2 ， E_- 接 L_1 。当 K_1 、 K_2 断开，轉極继电器釋放， E_+ 接 L_1 ， E_- 接 L_2 。如此轉極三次，送出三个工作脈冲。然后，經過一定的間隔時間，發出下一串工作脈冲。第一串工作脈冲如五圖所示



第五圖 工作脈冲

第五圖中： $s_1 \rightarrow t_1$ ， $t_6 \rightarrow t_7$ 轉極继电器感動作時間；

$t_1 \rightarrow t_2$ ， $t_4 \rightarrow t_5$ ， $t_7 \rightarrow t_8$ ，為轉極继电器接点的轉移時間；

$t_3 \rightarrow t_4$ ， $s_3 \rightarrow t_9$ ，為轉極继电器延遲時間；

I_s 是轉極继电器感動作電流， I_r 是釋放電流。

由以上分析看出，脈冲共有三类：

(1) 充電脈冲；

(2) 工作脈冲；又分为：(A) K_1 、 K_2 閉合时送出的脈冲[圖五的脈冲 (1)]；

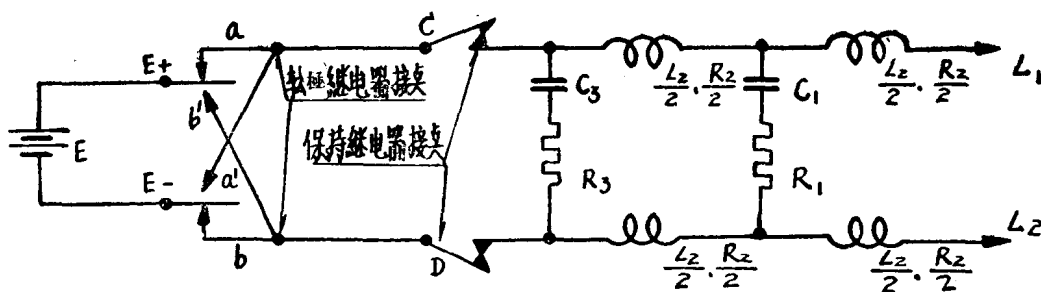
(B) K_1 、 K_2 断开时，送出的脈冲[圖五中的脈冲 (2)]；

(C) 一串脈冲的最后一个工作脈冲，系由電鍵符号輪的間隔片，保持二串脈冲有一定的間隔。由于間隔的時間較長，因此，与其他工作脈冲不同[圖五中的脈冲 (3)]。

(3) 釋放脈冲。

下面將分別討論以上不同类型的脈冲。

(二) 充電脈冲 当發出充電脈冲时，第一圖的电路，可簡化成第六圖。



第六圖

自动遮断器的电感，电阻很小，可略去不計，其他数据如下：
(西电式)

$$\begin{aligned} C_1 &= 6 \text{ (微法)}; & R_1 &= 200 \text{ (欧)}; \\ C_3 &= 1 \text{ (微法)}; & R_3 &= 60 \text{ (欧)}; \\ \frac{R_2}{2} &= 20 \text{ (欧)}; & \frac{L_2}{2} &= 2.7 \text{ (亨)}. \end{aligned}$$

调度分机的选别器(西电式)与1.25微法的电容器串联跨接於外綫 L_1 和 L_2 兩端。选别器的电阻、电感值如下：

$R_s = 21000$ (欧) (因选叫脉冲频率很低，故不考虑集膚效应，直接利用直流电阻的数值)；

$L_s \approx 500$ 亨 $\pm 10\%$ (系在3.5~时实测数值)。

为了分析的简便，略去綫路分佈参数的影响，通过每台调度分机的电流可視作相等， n 台分机的阻抗，可用等效的电阻 R ，电感 L ，电容 C 的串联阻抗来表示，即：

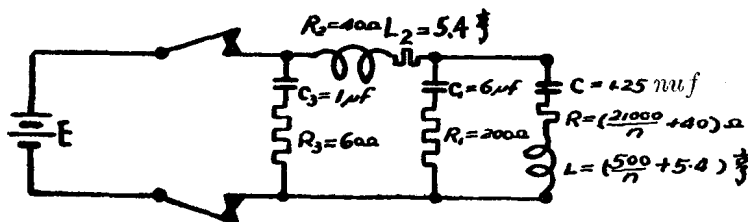
$$R = \frac{R_s}{n};$$

$$L = \frac{L_s}{n};$$

$$C = nC_s;$$

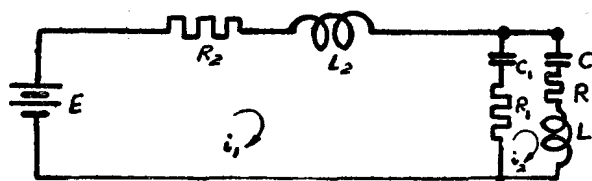
式中 R_s ， L_s 和 C_s 为每台分机的选别器的数值， n 为分机数。

於是，發出充电脉冲的电路可用第七圖表示。



第七圖

如果供电电源的内阻很小，可以略去不计。则第七图中的 $R_3 C_3$ 支路，对送往分机的电流无关。因此，第七图可简化成第八图。



第八图

在第八图中，对所示的两个独立回路，应用克希荷夫第二定律，写出下列方程式：

$$R_2 i_1 + L_2 \frac{di_1}{dt} + R_1 (i_1 - i_2) + \frac{1}{c_1} \int (i_1 - i_2) dt = E \dots \dots \dots (1)$$

$$(R + R_1) i_2 + L \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{c} \int i_2 dt - R_1 i_1 + \frac{1}{c_1} \int (i_2 - i_1) dt = 0 \dots \dots \dots (2)$$

整理 (1) 和 (2)，并写成运算式：

$$\left[L_2 P + (R_1 + R_2) + \frac{1}{c_1 P} \right] I_1(P) - \left(R_1 + \frac{1}{c_1 P} \right) I_2(P) = E;$$

和 $\left(R_1 + \frac{1}{c_1 P} \right) I_1(P) - \left[L P + (R_1 + R) + \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c} \right) \frac{1}{P} \right] I_2(P) = 0;$

式中
$$I_k(P) = P \int_0^{\infty} i_k e^{-Pt} dt, \quad k=1, 2.$$

由以上联立运算式，解得：

$$I_1(P) = E \frac{LP^3 + (R_1 + R)P^2 + \left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} \right) P}{\Delta} \dots \dots \dots (3)$$

$$I_2(P) = E \frac{R_1 P^2 + \frac{P}{c_1}}{\Delta} \dots \dots \dots (4)$$

式中
$$\Delta = L_2 L P^4 + [L(R_1 + R_2) + L_2(R + R_1)] P^3 + \left[\frac{L}{c_1} + (R + R_1)(R_1 + R_2) + \left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} \right) L_2 - R_1^2 \right] P^2 + \left[\frac{R - R_1}{c_1} + \left(\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} \right) (R_1 + R_2) \right] P + \frac{1}{cc_1} \dots \dots (5)$$

可以应用赫维赛德展开式，求电流 i ：

$$i = E \left\{ \frac{\Phi(0)}{Z(0)} + \sum_{k=2}^{k=n} \frac{\Phi(P_k)}{P_k Z'(P_k)} e^{P_k t} \right\}.$$

通常，解代数方程 $\Delta=0$ ，以求出根 P_k ，($k=1, 2, 3, 4$) 是相当繁复的，我们可设 Δ 的二对共轭复数根是：

$$\frac{\Delta}{L_2 L} = [P - (-\tau_1 + j\beta_1)] [P - (-\tau_1 - j\beta_1)] [P - (-\tau_2 + j\beta_2)] [P - (-\tau_2 - j\beta_2)].$$

实际上，一般调度回线的分机数不超过40台。因此，分别设分机数 n 为 10, 20, 30, 40，并将 R_1, c_1, R_2, L_2 及 R, L, c 之值代入 (3)(4)(5) 式，解得：

$$i_1 = (B_1 \sin \beta_1 t + B_2 \cos \beta_1 t) e^{-\tau_1 t} + (B_3 \sin \beta_2 t + B_4 \cos \beta_2 t) e^{-\tau_2 t} \dots \dots \dots (6)$$

$$i_2 = (A_1 \sin \beta_1 t + A_2 \cos \beta_1 t) e^{-\tau_1 t} + (A_3 \sin \beta_2 t + A_4 \cos \beta_2 t) e^{-\tau_2 t} \dots \dots \dots (7)$$

经计算： $A_1 \gg A_2; \quad A_3 \gg A_4;$

$$B_1 \gg B_2;$$

$$B_3 \gg B_4.$$

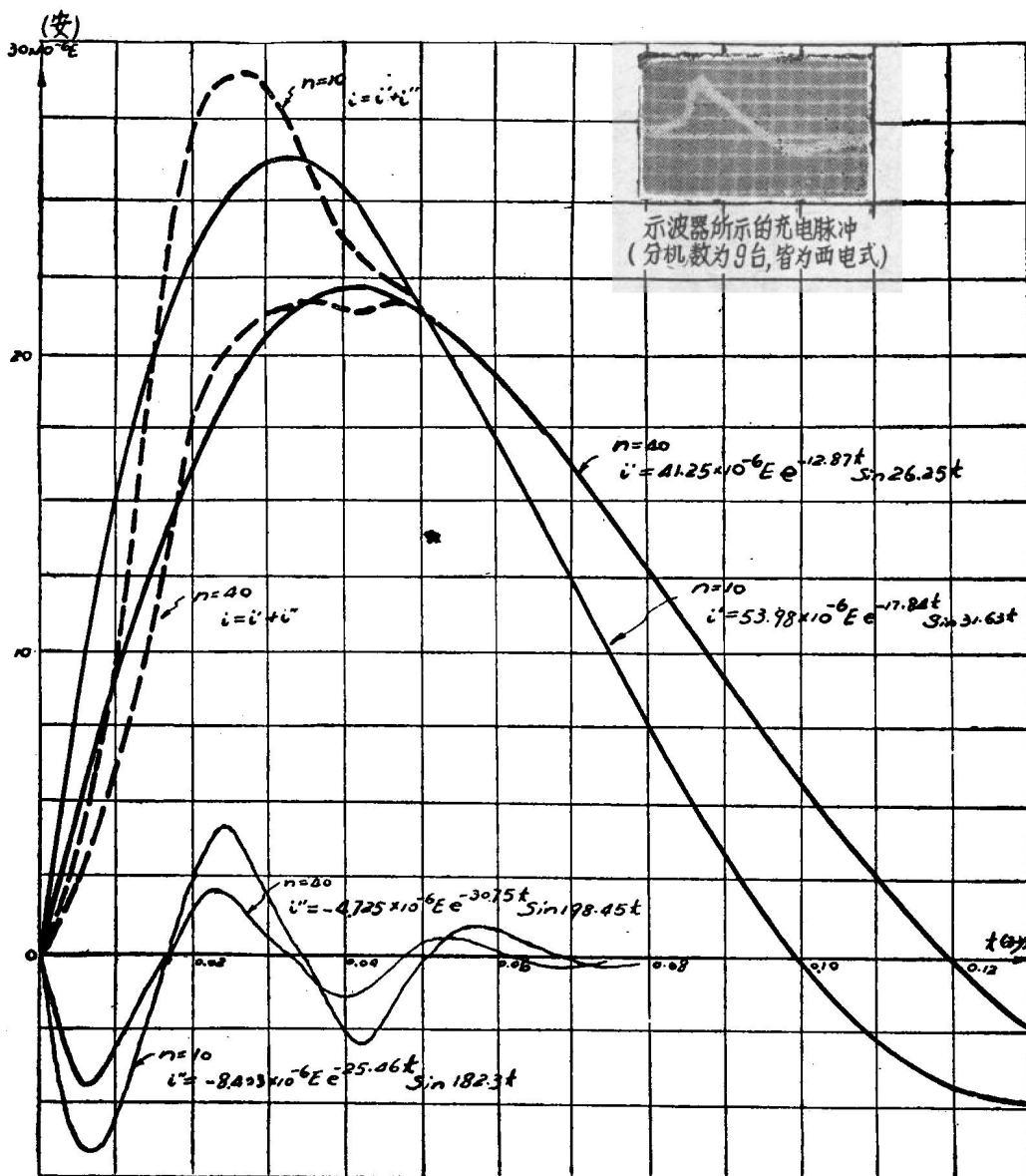
$$\text{因此, } i_1 \approx B_1 e^{-\tau_1 t} \sin \beta_1 t + B_3 e^{-\tau_2 t} \sin \beta_2 t \dots\dots\dots (8)$$

$$i_2 \approx A_1 e^{-\tau_1 t} \sin \beta_1 t + A_3 e^{-\tau_2 t} \sin \beta_2 t \dots\dots\dots (9)$$

i_2 是通过 n 个分机的总电流, 於是通过每一分机的电流是: $i = \frac{i_2}{n}$ 。

第九圖表示充电脉冲。自(6), (7)式, 及第九圖可看出, 脉冲含有二个組成部分:

角频率为 β_1 的波, 和角频率为 β_2 的波。后者比前者大得多, 对选叫不起作用, 相反的, 却造成干扰。角频率为 β_2 的电流大部分通过具有滤波作用的 R_1, C_1 支路, 因此, 对选叫的影响不大。

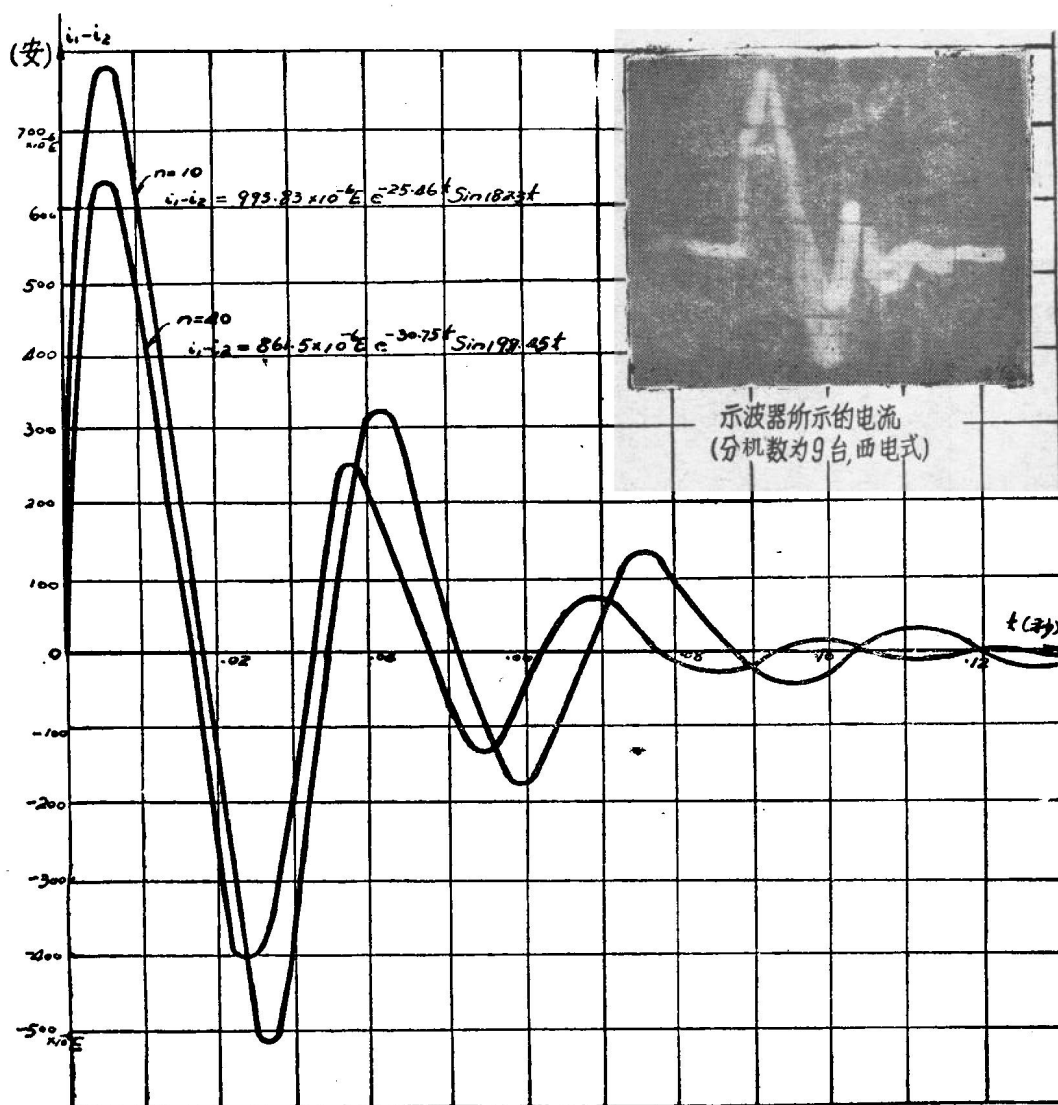


第九圖 充电脉冲 (分机10台至40台)

由 (6) — (7) 得出, 经过滤波装置的 R_1, C_1 支路的电流为:

$$i_1 - i_2 \approx (B_3 - A_3) e^{-\tau_2 t} \sin \beta_2 t \dots \dots \dots (10)$$

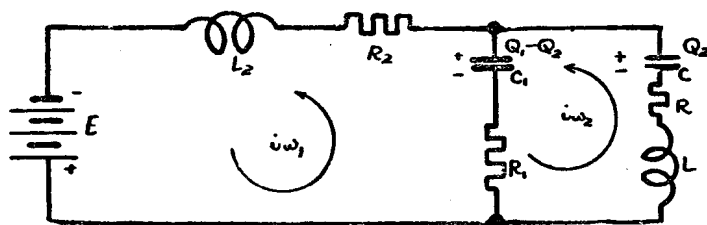
经过 R_1, C_1 支路的电流 $i_1 - i_2$, 如第十圖所示。



第十圖 经过滤波装置 $R_1 C_1$ 支路的电流

(三) 工作脉冲和释放脉冲

充电脉冲以后, 经过一个較长的間隔时间, 就發出第一个工作脉冲 (电鍵 $K_1 K_2$ 接点閉合时, 發出的脉冲)。这时, 选叫系统的等效电路, 如第十一圖所示。第十一圖与第八圖的等效回路相同, 不过須注意: 由于轉極繼电器的动作, 电源已变極 另外, 在电容器 C_1 和 C 中, 已儲有电荷 (充电脉冲对电容器充电)。



第十一圖

由於自充電脈沖至工作脈沖的間隔時間較長（約一秒），因此，在工作脈沖開始時，充電脈沖的

$$i_1 \approx 0; \quad i_2 \approx 0。$$

在電容器 C_1 與 C 中所儲的電荷， $Q_2 \approx CE$ ， $Q_1 - Q_2 \approx C_1 E$ 。

於是，自第十一圖中的兩個獨立回路，應用克希荷夫第二定律，寫出方程式：

$$L_2 \frac{di_{w1}}{dt} + R_2 i_{w1} + R_1 (i_{w1} - i_{w2}) = E + \frac{Q_1 - Q_2 - \int (i_{w1} - i_{w2}) dt}{C_1};$$

$$L \frac{di_{w2}}{dt} + R i_{w2} - \frac{Q_2 - \int i_{w2} dt}{C} = R_1 (i_{w1} - i_{w2}) - \frac{Q_1 - Q_2 - \int (i_{w1} - i_{w2}) dt}{C_1}。$$

整理上式，並注意： $Q_2 \approx CE$ ， $Q_1 - Q_2 \approx C_1 E$ ，

寫成：

$$R_2 i_{w1} + L_2 \frac{di_{w1}}{dt} + R_1 (i_{w1} - i_{w2}) + \frac{1}{C_1} \int (i_{w1} - i_{w2}) dt = 2E \dots \dots \dots (11)$$

$$(R + R_1) i_{w2} + L \frac{di_{w2}}{dt} + \frac{1}{C} \int i_{w2} dt - R_1 i_{w1} + \frac{1}{C_1} \int (i_{w2} - i_{w1}) dt = 0 \dots \dots \dots (12)$$

(11) 和 (12) 式，分別與 (1) 和 (2) 式相同，只是電源電壓增大一倍。因此，第一個工作脈沖與充電脈沖相似，只是幅度增加了一倍。

參看 (8) (9) 式，可寫出：

$$i_{w1} \approx 2i_1 = 2B_1 e^{-r_1 t} \sin \beta_1 t + 2B_3 e^{-r_2 t} \sin \beta_2 t \dots \dots \dots (13)$$

$$i_{w2} \approx 2i_2 = 2A_1 e^{-r_1 t} \sin \beta_1 t + 2A_3 e^{-r_2 t} \sin \beta_2 t \dots \dots \dots (14)$$

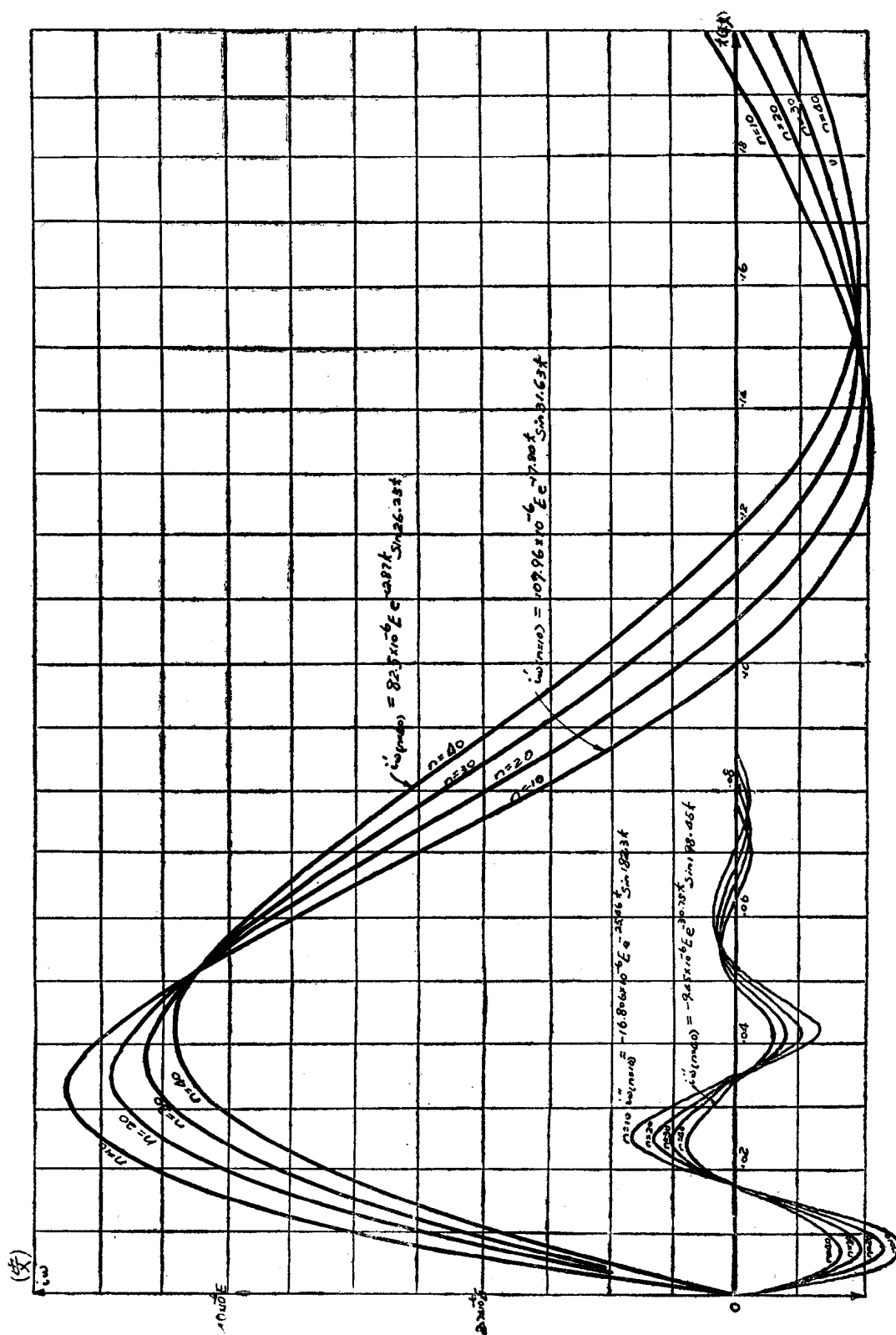
通過每台分機的工作電流 i_w 為

$$i_w = \frac{i_{w2}}{n} \approx 2 \frac{A_1}{n} e^{-r_1 t} \sin \beta_1 t + 2 \frac{A_3}{n} e^{-r_2 t} \sin \beta_2 t。$$

此外，每串工作脈沖的最後一個脈沖，以及釋放脈沖都與以上所討論的第一個工作脈沖相同。因為，在這些脈沖發生時，電容器都已充電而且近於飽和。

必須注意到，每一串工作脈沖中，除最後一個脈沖外，都受電鍵接點 K_1 、 K_2 的接斷時間的影響。以上我們所討論的，只是工作脈沖的第一部分，也是脈沖的主要部分。但是除了這主要部分以外，還必須考慮組成脈沖的第二部分，即：轉極繼電器接點在空間移動時，脈沖的變化。參看第五圖可知，轉極繼電器接點必須要一定的轉移時間（如 $t_1 - t_2$ ， $t_4 - t_5$ ， $t_7 - t_8$ ，等）由於：

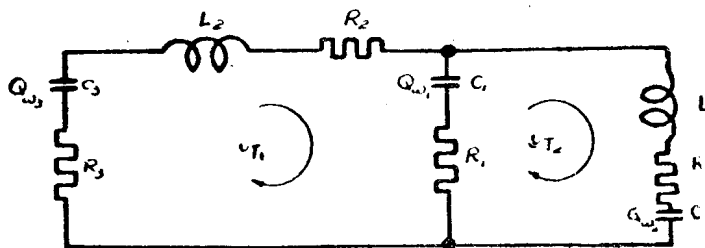
(1) 轉極繼電器接點，自五圖中的 t_4 ，開始離開時，工作脈沖被切斷；



第十二圖 工作脈冲和釋放脈冲

(2) 第一个工作脉冲被切断后，轉極繼电器的銜鉄，須要一定的轉移時間，才能移向另一接点。因此，第二个脉冲，並不能立即發出。在第一个与第二个脉冲之間，形成了脉冲的第二部分。我們現在来討論工作脉冲的第二部分。至於釋放脉冲，与一串工作脉冲的最后脉冲，則沒有所說的第

二部分。轉極接点开始离开，切断了第一个工作脉冲，經過一段移动時間后，又与另一接点接触，發出第二个工作脉冲。在移动过程中，第七圖的电路，变成第十三圖的等效电路。电容器、 C_1 、 C 、 C_3 皆已积有电荷 $Q_{\omega 1}$ 、 $Q_{\omega 2}$ 、 $Q_{\omega 3}$ 。



第十三圖

由第十三圖，写出方程式：

$$L_2 \frac{di_{T1}}{dt} + (R_1 + R_2 + R_3) i_{T1} + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) \int i_{T1} dt - \left[R_1 i_{T2} + \frac{1}{C_1} \int i_{T2} dt \right] = K_1 \dots\dots\dots (15)$$

$$L \frac{di_{T2}}{dt} + (R + R_1) i_{T2} + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) \int i_{T2} dt - \left[R_1 i_{T1} + \frac{1}{C_1} \int i_{T1} dt \right] = K_2 \dots\dots\dots (16)$$

式中 K_1 和 K_2 分别为沿網孔 (1) 和 (2) 的电位升。

再写成运算式

$$\left[L_2 P + (R_1 + R_2 + R_3) + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) \frac{1}{P} \right] I_1(P) - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) I_2(P) = K_1;$$

$$\left[LP + (R_1 + R) + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) \frac{1}{P} \right] I_2(P) - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) I_1(P) = K_2.$$

解得

$$I_2(P) = \frac{\begin{vmatrix} \left[L_2 P + (R_1 + R_2 + R_3) + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) \frac{1}{P} \right] K_1 \\ - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) K_2 \end{vmatrix}}{\Delta};$$

$$I_1(P) = \frac{\begin{vmatrix} K_1 & - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) \\ K_2 & \left[LP + (R_1 + R) + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) \frac{1}{P} \right] \end{vmatrix}}{\Delta};$$

$$\text{式中 } \Delta = \begin{vmatrix} \left[L_2 P + (R_1 + R_2 + R_3) + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) \frac{1}{P} \right] & - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) \\ - \left(R_1 + \frac{1}{C_1 P} \right) & \left[L P + (R_1 + R) + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) \frac{1}{P} \right] \end{vmatrix}.$$

經整理后:

$$\begin{aligned} P^2 \Delta = & L_2 L P^4 + [L(R_1 + R_2 + R_3) + L_2(R + R_1)] P^3 \\ & + \left[L \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) + (R + R_1)(R_1 + R_2 + R_3) + \right. \\ & \left. + L_2 \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) - R_1^2 \right] P^2 + \\ & + \left[(R + R_1) \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) (R_1 + R_2 + R_3) - \frac{2R_1}{C_1} \right] P \\ & + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C_1} \right) - \frac{1}{C_1^2} \dots \dots \dots (17) \end{aligned}$$

我們只取分机数 $n=10$ $n=40$ 来討論。

將 $R_3=60$ 欧, $C_3=1$ 微法及 R_1, C_1, R, L, C , 各值代入 (17) 式解得:

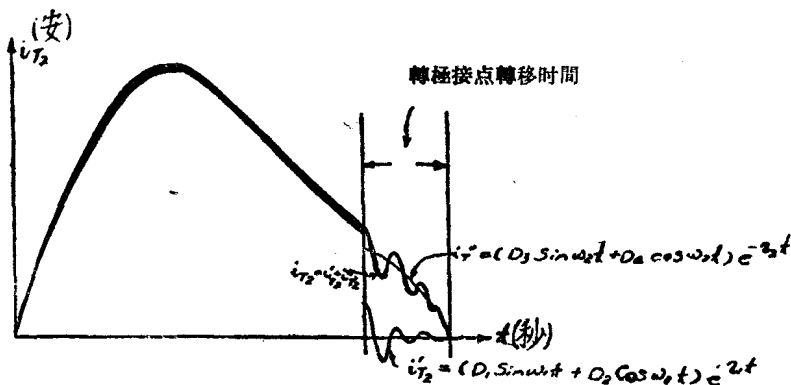
$$\frac{P^2 \Delta}{L_2 L} = [P - (-\tau_1 + j\omega_1)] [P - (-\tau_1 - j\omega_1)] [P - (-\tau_2 + j\omega_2)] [P - (-\tau_2 - j\omega_2)].$$

对照以前的 (6) (7) 式。写出 i_{T1}, i_{T2} 的方程式:

$$\begin{aligned} i_{T1} = & (C_1 \sin \omega_1 t + C_2 \cos \omega_1 t) e^{-\tau_1 t} \\ & + (C_3 \sin \omega_2 t + C_4 \cos \omega_2 t) e^{-\tau_2 t} \dots \dots \dots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{T2} = & (D_1 \sin \omega_1 t + D_2 \cos \omega_1 t) e^{-\tau_1 t} \\ & + (D_3 \sin \omega_2 t + D_4 \cos \omega_2 t) e^{-\tau_2 t} \dots \dots \dots (19) \end{aligned}$$

由第 (18) (19) 式看出, 当轉極接点在空間移动时, 脈冲虽然被切断了, 但是並未消失, 只是轉变为另一频率不同的振盪电流 (參看第十四圖)。

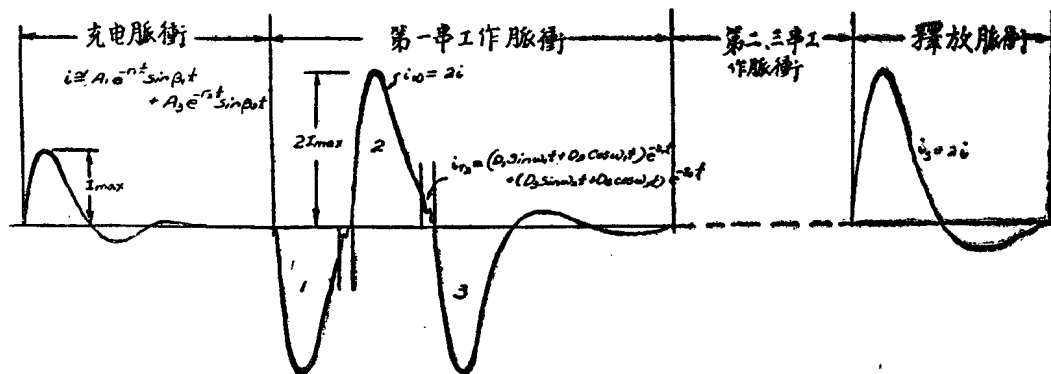


第十四圖

其中, 角频率为 ω_2 的电流频率較高, $(f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} \approx 74 \text{ 至 } 75 \text{ 赫})$ 直接影响接点間的火花大小。如果火花大, 將不仅燒損接点, 而且, 由火花产生的高频电流, 对其他通信設備將造

成干扰，这就需要尽量减少振盪电流的影响（将在下节讨论）。

电键 K_1 、 K_2 接点断开时，所发出的脉冲〔参看五图中的脉冲（2）〕，只要断开的時間与接合時間相等，脉冲的波形就与第一个工作脉冲（ K_1 、 K_2 閉合时所发出的脉冲）相同。



第十五圖 选叫脉冲

IV. 选叫脉冲的稳定

（一）影响选叫脉冲稳定的因素

前一章，已分析了选叫脉冲，现在将根据以前的分析，来讨论影响选叫脉冲稳定的因素，並將这些影响脉冲稳定的因素，限制在一定的范围内，以保持选叫脉冲一定的稳定度。

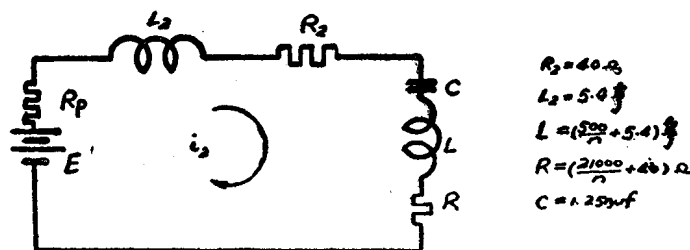
根据（8）（9）两式：

$$i_1 \approx B_1 e^{-r_1 t} \sin \beta_1 t + B_3 e^{-r_2 t} \sin \beta_2 t;$$

$$i_2 \approx A_1 e^{-r_1 t} \sin \beta_1 t + A_3 e^{-r_2 t} \sin \beta_2 t;$$

式中： $A_1 \approx B_1$, $A_1 \gg A_3$, $B_3 \gg A_3$ 。

因此，可以认为，角频率为 β_1 的波，绝大部分皆經扼流圈直接送往外綫，而不經過濾波装置 R_1, C_1 支路。又角频率为 β_2 的波，可以认为，只經過 R_1, C_1 支路，而不送往外綫。於是，根据以上所述，送往外綫的选叫脉冲，可以认为与 R_1, C_1 支路无关。第八圖，可简化成第十六圖。



第十六圖

R_p 为电源內阻（第八圖中曾略去不計）。

L_2 , R_2 扼流圈的电感和电阻。

L , R , C , 选別器的电感，电阻，及串联电容（ n 台分机並联）。

由第十六圖写出下列方程式：

$$\left(L + L_2 \right) \frac{di_2}{dt} + \left(R_p + R + R_2 \right) i_2 + \frac{1}{C} \int i_2 dt = E \dots\dots\dots (20)$$

解得
$$i_2 = \frac{\tau_1'^2 + \beta_1'^2}{\beta_1'} \cdot CE e^{-\tau_1' t} \sin \beta_1' t \dots\dots\dots (21)$$

式中
$$\tau_1' = \frac{R_p + R + R_2}{2(L + L_2)} = \frac{R_p + 80 + \frac{21000}{n}}{2\left(10.8 + \frac{500}{n}\right)}$$

$$\beta_1' = \frac{\sqrt{\frac{4(L + L_2)}{C} - (R_p + R + R_2)^2}}{2(L + L_2)}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{4 \times 10^6}{1.25n} \left(\frac{500}{n} + 10.8\right) - \left(R_p + 80 + \frac{21000}{n}\right)^2}}{2\left(\frac{500}{n} + 10.8\right)}。$$

(21) 式为充电脉冲电流的表示式。而工作脉冲电流的表示式为：

$$i_{\omega} = 2i_2 = 2 \cdot \frac{\tau_1'^2 + \beta_1'^2}{\beta_1'} \cdot CE e^{-\tau_1' t} \sin \beta_1' t \dots\dots\dots (22)$$

与 (9) 式对照，极为接近，(参看十七圖， τ_1 与 τ_1' ， β_1 与 β_1' ，及 $\frac{1}{n} \frac{\tau_1'^2 + \beta_1'^2}{\beta_1'} \cdot CE$ 与 $\frac{A_1}{n}$ 的比較) 因此 (21) 式可以成立。

由 (21) 式，看出影响脉冲幅度 $\frac{\tau_1'^2 + \beta_1'^2}{\beta_1'} CE$ ，減衰系数 τ_1' ，及角频率 β_1' 的因素有：

- (1) 供电电源内阻 R_p ;
- (2) 供电电压 E ;
- (3) 所接分机台数 n ;
- (4) 选别器电感，电阻及所串接的电容器 L, R, C 。

此外，正如前章所述，还有一个极为重要的因素，即电鍵 K_1 、 K_2 的接断的时间，和轉極继电器接点的轉移时间。

关于轉極接点的跳动，有时也不可忽视，特别是在接点片过软时。

(二) 脉冲的稳定 所說脉冲的稳定，就是把影响脉冲的許多因素，限制在一定的范围内，从而脉冲也就稳定在一定的范围内。

(1) 选别器，电感电阻及串联电容器的稳定：目前所用的西电式調度分机，与选别器串接的电容器，经过实测，都在 (1.25 + 10%) 微法的范围内 (50 赫时测量)。因此，电容器的容量可視做稳定的。只須注意，不应錯接其他容量的电容器。齐局的个别分机经过工区，大修以后有錯接为 2 微法的。也有只接 1 微法的。此外国产的及苏联制的分机鈴箱电容器为 1.5 或 2 微法。因此，不应与西电式选别器共用。

选别器綫圈的电阻，极为稳定，都在 21000 欧左右。

但选别器綫圈的电感，就不稳定了。受許多因素的影响，如，永久磁铁磁化力的强弱，接極子的运动等。其中，对电感影响最大的是接極子与磁極間的空气隙。

$$L_s \propto \frac{1}{d} \quad (d \text{ 为空气隙})。$$