

电报信号的畸变 和畸变测试

文瑜 編著

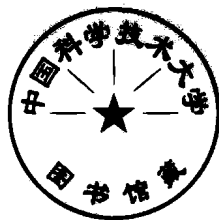
人民邮电出版社

37

58

电报信号的畸变 和 畸变测试

文瑜 編 著



人民邮电出版社

內 容 提 要

本書着重闡述电报信号的畸变和其測試方法，以及畸变測試儀器的構造原理和电路，此外对电傳机的基本工作原理和电傳机内部畸变的測試也作了說明和分析。

电报信号的畸变和畸变測試

編著者：文 瑜

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

發行者：新 华 書 店

开本350×1168 1/32

印张6 1/2 页数101 插页1

印数163,000字

印数1—2,800册

1958年10月北京第一版

1958年10月北京第一次印刷

統一書号：15045·总827—第155

定价：(10)1.00元

序

随着我国社会主义建設的發展，我国电报通信的服务面不断地扩大，这就对通信的質量提出了日益严格的要求，在这种情况下，电报信号畸变的測試和分析已成为从事电报通信技术的工作者最感兴趣的問題之一。因为，在維護工作上它是保証通信質量的重要手段，而在研究工作中它又是判断改进效果的主要依据。現有电报学教科書对这个問題的論述失之过簡，以致在教学工作中感到有根据技术發展的实际情况加以补充的必要，編写本書的意圖是要对这个問題进行較为全面的綜合。全書共分五章，內容是电傳机的基本工作原理、电报信号的畸变、畸变的測試方法、电子式測試仪器和电傳机內部畸变的測試。本書可作为一般电报技术人員和学校学生的参考書。

在編写的过程中承赵辰同志譯出德、日文資料，又承長总电报处主任工程师沈保南同志校閱原稿，特致以衷心的感謝。

作 者

目 录

序

第一章 概述	1
第二章 电报信号的畸变	8
2.1 电报信号	8
2.2 电报信号畸变的分类	13
1. 偏畸变	14
2. 特性畸变	22
3. 不规则畸变	27
2.3 音频电路上电报信号的畸变	33
1. 调幅制音频电路	33
2. 调频制音频电路	39
2.4 起止式电码信号的位移	48
2.5 畸变的组合与分佈	60
第三章 电报信号畸变的测试	71
3.1 平均值测试法	72
3.2 短脉冲测试法	76
3.3 同步测试法	85
3.4 起止式测试法	97
3.5 畸变的记录	101
1. 偏畸变的记录	101
2. 畸变分佈的记录	102
3. 起止式信号位移的记录	106
3.6 畸变的监视	109
第四章 电子式起止信号测试仪器	112
4.1 基本脉冲电路	113
1. 微分和积分电路	113
2. 触发电路	118

3. 多諧振盪器	122
4. 鋸齒波發生器	127
5. 計數电路	129
4•2 用陰極射綫管显示畸变值的方法	132
4•3 ЗИС-1 型畸变測試器	143
4•4 英式畸变測試器	151
4•5 便携式畸变測試器	156
4•6 西門子畸变測試器	160
4•7 电报畸变分析器	162
第五章 电傳机内部畸变的测试	168
5•1 信号位移和电傳机的工作范围	168
5•2 电傳机的改正力	171
5•3 电傳机的内部畸变	178
5•4 电傳机内部畸变的测试	181
5•5 内部畸变与定位器位置的关系	187
5•6 畸变信号	191

参考文献

第一章

概述

印字电报机采用均匀的电碼。在使用拼音文字的国家中最通行的是五單位电碼，即是說一个符号（字母、数字、标点等）由五个單位的信号組合代表；每个單位信号具有相同的延續時間，或者說具有相同的長度，傳發任何电碼組合所需的時間是一样的。其所以需要五个單位信号，是因为每个單位信号具有兩種状态——有电流和無电流，或正电流和負电流，五个这样的單位信号能構成 32 种不同的組合，这才最低限度地滿足了拼音文字中字母数目的要求。

同一組合中的五个單位信号是按時間的先后依次發送的，为了直接印字，收报器就有五个接收元件分別响应每个單位信号。因此，在印字电报机中就發生了同步和同相的問題，所謂同相是指这样一种状态，即特定的接收元件毫無差錯地响应特定的單位信号。換句話說，当收报器中第一个接收元件起作用的时候正是第一个單位信号到达接收端的时候，如此类推。在不同相的时候，某个接收元件可能响应和它不相对应的單位信号，結果会印出錯字。

在發报器和收报器不停地轉动的情况下，收發兩端的轉速必須完全相同，即对同步的要求十分严格。由于不同步而引起的相位差錯是逐漸积累的，結果不能保持同相的关系。这就意味着报机需要熟練的技术照料，在建立联系的时候为了同步和同相需要繁复的調整。

起止式电报机（又称起止式电傳打字电报机，以下簡称电傳机）的發报器和收报器是經過离合器由馬达策动的，在平时，尽管馬达不停地運轉，而發报器和收报器却停止不动。只有在發报鍵盤上的字鍵被按动一次的时候，發报器和收报器才轉动一次，轉完一圈之后又停止下来。在这一圈的轉动中，組合內的五个單位信号依

次送出，对方也依次收到，最后印出字来。这种和其他电报机（例如同步电报机）不同的动作特征称为起止式工作。起止式工作的优点是十分明显的：1) 發报器和收报器不必保持完全一致的轉速，这是因为，由于輕微的轉速偏差而引起的相位差錯可以在一圈轉动之后得到消除而不致积累起来。因此，2) 报机中的馬达可以使用当地的市电。3) 建立联系时的繁复調整沒有了，开机的手續非常簡單；即使在多段的电路上和會議連接上也不需要特別的調整手續。4) 可以像使用打字机那样自由地按鍵發报，使用方便。

起止式工作原理的运用使得电傳机滿足了时代的要求。它不仅日益广泛地用于現代化的公共电报網，而且只有它才能够为用户电报通信服务。

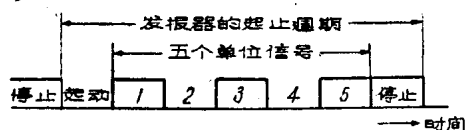


圖 1·1 起止式电碼信号的組成

为了起止式地工作，电傳机的發报器应在發送正式的电碼信号之前，先送出一个起动物号。起动物号是“無电流”信号，長度等于一个單位。在發完一个电碼組合后，發报器又应当送出一个停止信号。停止信号是“有电流”信号，它的長度决定于兩次按鍵之間的間歇，不过有一个标称長度，或者等于或者長于一个單位。五單位起止式电碼信号的組成如圖 1·1 所示。拉丁文的电碼組合（第二种国际电碼）表示在圖 1·2 中。

知道了發报器的轉速就容易算出發报速率（以波特計）。所謂波特值就是每秒鐘內發送的單位信号数，計算式如下：

$$n_b = \frac{N \times n}{60}$$

式中 n_b ——發报速率（波特），

N ——發报器的轉速（轉/分），

n ——發报器每轉一週所發出的單位信号数。波特值的倒數就是一个單位信号的延續時間或長度，

編 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
阿 拉 伯 数 词 及 符 号	-	?	:	W H O A 3				8	B E L L	(	)			,	9	0	1	4	,	5	7	=	2	/	6	"	C , R	L , F	L T , R S	F I G S	S P A C E	
拉 丁 母 字	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z						
五	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	
單	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	
位	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	
組	-	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	
合	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	

圖 1.2 拉丁文的电碼組合

$$t_s = \frac{1}{n_b} \text{秒}.$$

例如 15 型电傳机的停止信号是 $1.42t_s$ ，当發报器的轉速为 368 轉/分（即所謂每分鐘 60 字的速率）时，發报速率 $n_b \approx 45$ 波特，而 $t_s \approx 22$ 毫秒。

就一般的情况而言，直接印字的电报机的工作可分为按鍵、發报、排字、譯碼和印字这几个过程。按鍵的任务是把一組控制元件按照需要的电碼組合排列起来；發报就是根据这些控制元件的排列使各單位信号按照一定的時間順序發出。既然各單位信号是依先后次序到达接收端的，所以收报器必須有蓄积信号的机能，排字过程之所以必要的原因就在于此。可以說，所謂排字就是把信号在時間上的排列轉变为接收元件在空間上的排列。根据接收元件的这种排列选出需要的活字就是譯碼，打印文字是最后的一个过程。

电傳机的工作过程也是这样。在这些过程中，最关紧要的是排字。由于每个單位信号有兩種状态，故每个接收元件应有兩個位置来与信号的兩種状态相对应。在排字的过程中，每个接收元件根据相应信号的状态选择其位置，如果选择錯誤，印出的字也就是錯誤的。选择上的錯誤当然与收报器的工作是否正常有关，但在另一方面又与收到的信号的质量有关。电报信号畸变的研究和测试就是为了判断和保证信号的质量。

电傳机的工作过程可从圖 1.3 中得到进一步的了解。装在同一軸上的五个触点歪輪 (C_1-C_5) 構成所謂發报分配器，它的任务是控制五个單位信号的依次送出。在每个歪輪的邊緣上有一个缺口，这些缺口在圓周上的分佈是首尾相接的。触点歪輪各与一根触点桿相对，当触点桿上升到歪輪上的缺口內而使触点閉合时，就送出“有电流”信号。

在每个字鍵的鍵条下面，根据不同符号的电碼組合，各有数目不同和位置不同的伸脚。按下字鍵时，鍵条下的伸脚就进入控制位置，在这位置上控制着相应的触点桿。

这就是前面所謂的控制元件的空間排列。五个触点歪輪的缺口按照一定順序轉过来对准自己的触点桿，这时，只有在不受鍵条下面伸脚阻擋的条件下，触点桿才上升而使發报触点閉合。这就完成了按照电碼依次發送五个單位信号的任务（起動和停止信号的發送，沒有在圖中表示出来）。在收报器方面，裝在同一轉軸上的五个选择歪輪構成一个接收分配器，它的任务是使接收元件响应相应的單位信号。五个选择歪輪各与一根选择桿相对，所以选择桿有五根，这便是所謂接收元件，选择桿又各作用在一根电碼梗上。在正收到一个單位信号的时间內，相应的选择歪輪上的缺口对准它的选择桿，选择桿动作和不动作決定于接收电磁鉄銜鉄的位置，即決定于該單位信号的状态。在同一組合中的五个單位信号都收到之后，五根电碼梗在某一位置上形成一个貫穿的槽口，这个位置上的字梗便动作起来，打出文字，这便是譯碼和印字的过程。

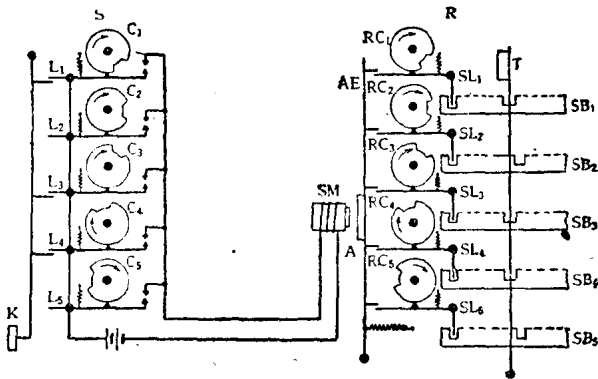


圖 1.3 電傳機工作原理圖

K —字鍵; C_1 — C_5 —触点歪輪; L_1 — L_5 —触点桿; EM —接收電磁鐵; A —接收電磁鐵的銜鐵; RC_1 — RC_5 —選擇歪輪; SL_1 — SL_5 —選擇桿; SB_1 — SB_5 —電碼鍵; T —字便

从这里可以看到一个很重要的问题，就是当某个选择歪轮的缺口离开选择桿的时候，应当正是相应单位信号终止的时候。这个单位信号不应终止(或下一单位不应开始)得较早，否则，这个选择桿

將有可能来得及按照后面的一个單位信号而錯誤地动作。由于不可避免的畸变，各單位信号的終止时刻是有所变化的，为了避免选择桿因此發生錯誤的动作，应当尽量減少选择歪輪上缺口的角度，即尽量縮短选择动作所需的時間。

因为选择歪輪的軸在收到起动物信号后即以均匀的速率旋轉，所以各單位信号有一个以起动物信号的开始为参考的正确界限。在縮短了选择時間，并使这段時間对准相应單位信号的中部（即兩正确界限的中央）的情况下，見圖 1.4，收报器就能容許一个單位信号兩边的实际界限在一定程度上有相等的、对于正确界限的偏移，即容許信号有一定程度的畸变，而不致發生錯誤的选择动作。

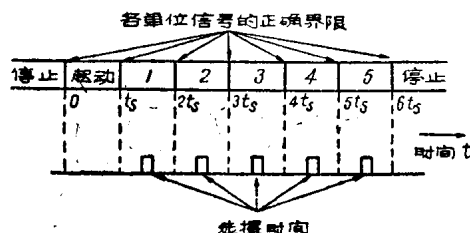


圖 1.4 信号的正确界限和选择時間的关系

的各种因素，这些因素是發报器工作的准确程度，繼电器和电磁铁的調整情况，接收器件的工作状态与輸入信号相适应的程度，电报信号电流的升降速率和波形的对称程度，干扰电平等等，因此根据电报信号的畸变能够全面地评价电报通信的质量。

电报信号畸变的研究和分析在維護工作上是在保証通信稳定度的重要手段；在改进电报通信的工作中，它又是判断改进效果的主要根据。由于电报通信網的服务面不断扩大以及通信設備日益复杂，畸变問題的研究是变得愈来愈重要了。

确定信号畸变的方法基本上有两种，即計算的方法和测试的方法。在运用前一种方法的时候，需要根据电报器件的工作特性找出电报信号的表达式，在假定的情况下进行計算；这种方法是繁复的，有时甚至是相当困难的。在寻求电报器件的工作特性和信号畸

报机实际所能容許的信号畸变与电报信号实有畸变的差异标志着通信的稳定度。

电报信号的畸变包罗了从發送到接收的全部过程中影响电报通信质量

變之間的數量關係方面，測試的方法具有準確和迅速的優點，在現場維護工作上有關通信情況的迅速判斷必須憑借準確的測試，所以信號畸變測試技術在近年來不僅得到日益廣泛的應用，而且有了很大的進展。

昕測法和波紋紙條記錄法是測試電報信號的原始方法，這些方法是如此的古老，以致現在連簡單介紹的價值都沒有了。自本世紀的三十年代開始陸續地出現了若干種機電式的畸變測試儀器，在最近十餘年間，由於電子技術的發展，又有了電子式的測試儀器。

測試儀器可以從不同的角度加以分類。從工作性質區分，就有直讀儀器、記錄儀器和監視儀器三種。直讀儀器因其迅速指出畸變值而最為流行，根據指示畸變的方法，這種儀器可分為電表式的、氖燈閃光器式的和陰極射綫管式的等幾種。近年發展電子式直讀儀器沒有不用陰極射綫管來顯示畸變的。

為了從統計學的观点研究電報信號的畸變，採用了記錄儀器。這種儀器提供出信號畸變的系統數據，在研究工作上是非常有價值的。在畸變測試儀器中它是結構比較複雜的一種。

監視儀器經常地接於一條或輪流地接於幾條報路，對報路質量加以監視。當電報通路的畸變超出預定的範圍時，監視儀器便發出告警信號並記下次數。在多段彙接的報路上或自動化轉報網中對於報路質量的要求較高，信號畸變應當嚴格控制在額定範圍內，監視儀器的運用對於維護工作有莫大的補益。顯然，監視儀器的應用即將隨着電報通信網的發展而日漸增加。

不論直讀儀器或者記錄和監視儀器，它們的工作原理都是根據使用目的、使用條件和技術條件而確定的，工作原理的選擇在第三章中有比較詳細的介紹，這裡就不贅述了。

第二章 电报信号的畸变

2.1 电报信号

经过编码后的电报信号是若干单位信号的不相同组合，一个单位信号普通只有两种状态^①，即传号和空号。在不同的通信制度中，传号和空号的情况如下表所示：

	直 流 电 报		载波电报（音频电报）	
	單 流 制	双 流 制	調 幅 制	調 頻 制
傳 号	有 电 流	正 电 流	有 載 波	一 种 頻 率
空 号	無 电 流	負 电 流	無 載 波	另 一 种 頻 率

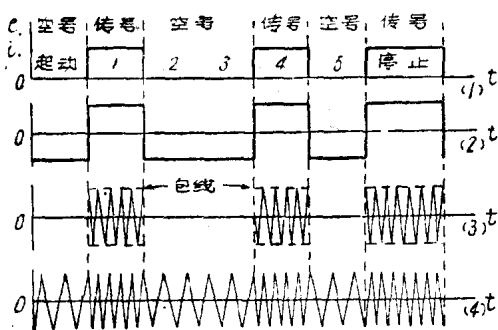


圖 2.1.1 电报信号

- (1) 單流制电报信号
- (2) 双流制电报信号
- (3) 調幅制載波电报信号
- (4) 調頻制載波电报信号

發送端送出的电报信号的波形是矩形的，如果是交流的載波信号，則其包綫为矩形。在矩形的电报信号中，由空号到傳号或由傳号到空号的变换是在瞬刻之間完成的，这一瞬刻叫做信号的特征时刻。圖 2.1.1 表示在几种不同的通信制度中 D 字組合的信号波形。

^① 在電纜上作直流电报通信时，信号有三种状态，即正电流，負电流和無电流。

矩形的电报信号可以分解成一个直流成份（双流信号没有直流成份）和许许多多频率不同的正弦交流成份——谐波成份，这些谐波成份之间有一定的幅度上的比例关系和一定的相位关系。因此，在传输电报信号的时候，如果要求保持矩形的波形不变，就要求传输信号的电路具有无穷大的通带宽度以便无穷多的谐波成份能够通过。同

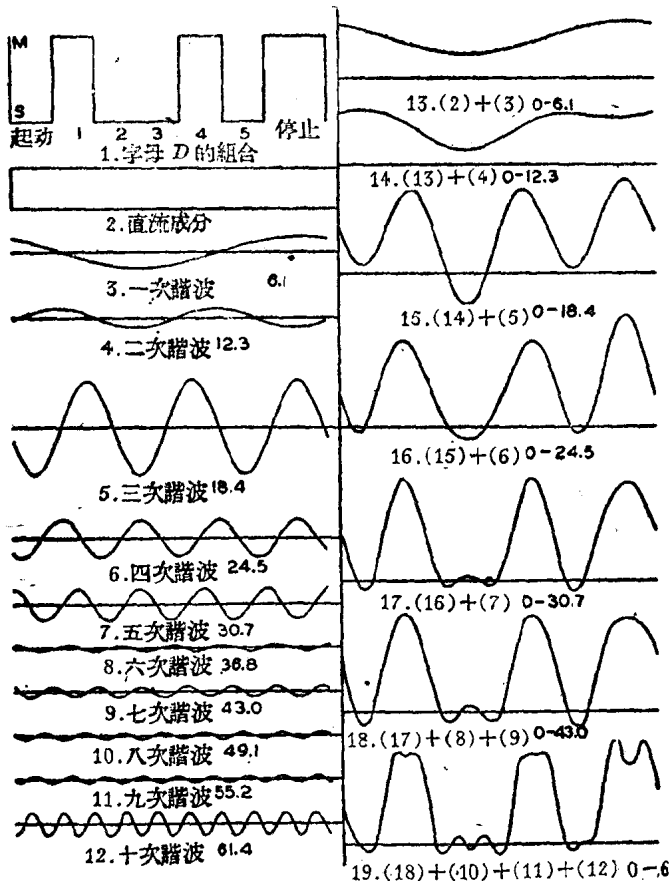


圖 2.1.2 起止式 D 字信号組合的解析，曲線下的數字是頻率，單位是赫芝（週/秒）

时，各谐波成份的幅度比例关系和相位关系也应保持不变，不然的话，信号就会失去矩形的波形。实际上要满足这些要求是既不可能也不需要的。在连续地重复发送的情况下， D 字组合的谐波解析如图 2·1·2 所示。当电机发报器的转速为 368 转/分时，这种 D 字组合的重复频率是每秒 $6.1 \left(= \frac{368}{60} \right)$ 次。分解出的直流成份和一系列的谐波成份表示在图中的 (2)——(12) 中，各谐波成份的频率是组合的重复频率的整倍数，例如一次谐波为 6.1 赫，二次谐波为 12.3 赫，等等。把这些成份逐一地依次相加起来所得到的波形分别如图中的 (13)——(19) 所示。由图中 (18) 可见，只要电报电路的频带宽度能够容许重复频率的第七次谐波通过，将得到相当满意的波形。实际上，在只容许第四次谐波通过的情形下，电报信号的接收是不成问题的。问题在于，由于到达接收端的电报信号波形总是非矩形的，因而引起了电报信号的畸变。

电报信号要经过继电器或电磁铁的复制，电报信号的畸变决定于复制的传号和空号的延续时间是否与标称时间相符。因此，信号波形的改变并不就等于电报信号的畸变，随着继电器，电磁铁等接收器件工作状态的不同，信号的畸变值也就各有差异。

既然到达接收端的电报信号失去了矩形的波形，由空号到传号或由传号到空号的过渡历程将需要一定的时间，这段时间叫做过渡时间，继电器或电磁铁的动作就发生在这段过渡时间内。

从电报信号的过渡历程的观点来分析电报信号的畸变是比较方便的，以后将以它来代替前面所用的谐波分析法。

单流信号作用于收报继电器的情況表示在图 2·1·3 中。

由空号到传号过渡时继电器线圈电流可由下式代表：

$$i = I_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (\text{以传号开始时为时间的零点})$$

而在由传号过渡到空号时，

$$i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (\text{以空号开始时为时间的零点})$$

式中, I_0 是电流的稳定值, τ 称为时间常数。在只有串联电阻(R)和电感(L)的直流环路中, $\tau = \frac{L}{R}$ 。在短接的电缆电路上, $\tau = \frac{CRl^2}{\pi a}$, 其中 l 是线路长度, C 和 R 分别为单位长度的分佈电容和电阻, 300 公里以上的架空线路的 τ 值大体上可按同式计算。

当继电器的线圈电流上升到一定程度时, 继电器的衔铁便开始由空号向传号位置移动, 这样的电流值叫做继电器的吸动电流(i_1)。当衔铁开始回到空号位置时的线圈电流值称为释放电流(i_2)。信号电流在传号开始后增涨到 i_1 或在空号开始后降到 i_2 都需要一定的时间。从传号的开始到继电器衔铁到达传号位置的这段时间可叫做空号到传号的延迟, 若不考虑衔铁的移动时间, 则因

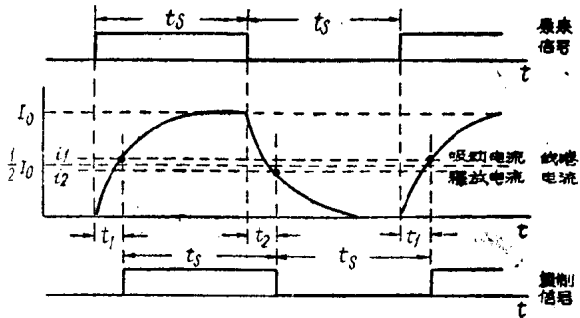


圖 2-1-3 單流信号的無畸变接收

始回到空号位置时的线圈电流值称为释放电流(i_2)。信号电流在传号开始后增涨到 i_1 或在空号开始后降到 i_2 都需要一定的时间。从传号的开始到继电器衔铁到达传号位置的这段时间可叫做空号到传号的延迟, 若不考虑衔铁的移动时间, 则因

$$i_1 = I_0 \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}} \right),$$

故延迟为

$$t_1 = \tau \ln \frac{I_0}{I_0 - i_1} \quad \text{①}$$

从空号的开始到衔铁离开传号位置(单流制中, 衔铁离开传号位置就是空号)这段时间叫传号到空号的延迟, 因为

$$i_2 = I_0 e^{-\frac{t_2}{\tau}},$$

所以这段延迟时间为

$$t_2 = \tau \ln \frac{I_0}{i_2} \quad \text{②}$$