

电报通信中的信号失真

苏联E.A.雷包列夫等著 人止危哲译稿未署 谷天福译 徐曼波校

43
12

电报通信中的信号失真

人 民 邮 电 出 版 社

无綫电报通信中的信号失真

	E. A. 索包列夫斯基	著
苏联	A. Д. 烏斯琴諾夫	
俞	天	麟 譯
徐	澄	波 校



Е. А. СОБОЛЕВСКИЙ
А. Д. УСТИНОВ
ИСКАЖЕНИЯ СИГНАЛОВ
НА РАДИОТЕЛЕГРАФНЫХ СВЯЗЯХ
СВЯЗЬИЗДАТ, 1962

内 容 提 要

本书系统地分析了无线电报通信中的一些失真(畸变)情况,以及如何根据失真现象来判断其原因与障碍部位,并列举有各种失真情况下的波形图。本书对无线电通信方面的技术维护人员有实用价值。

无线电报通信中的信号失真

著 者: 苏联 Е. А. 索包列夫斯基
А. Д. 乌斯琴诺夫
译 者: 俞 天 麟
校 者: 徐 澄 波
出版者: 人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第〇四八号)

印刷者: 北 京 市 印 刷 一 厂
发行者: 新 华 书 店 北 京 发 行 所
经 售 者: 各 地 新 华 书 店

开本 787×1092 1/27

印张 4 16,27 页数 62

印刷字数 101,000 字

1965 年 6 月北京第一版

1965 年 6 月北京第一次印刷

印数 1—3,650 册

统一书号: 15045·总1471—无426

定价: (科6) 0.70 元

序 論

在無線電通信中采用了抗干扰系統，特別是采用了移頻鍵控系統以后，可以普遍地应用印字电报机收报。目前，干綫無線電通信基本上采用单路或双路移頻通报(ДЧТ)方式来工作，而終端电报机械既可使用单路的，也可以使用复杂的多路印字电报系統。

使用新的复杂的多路印字电报系統，就要求有更完善的监测無線电路工作质量的方法。因为用简单的仪器（例如波紋机）已无法得出滿意的結果。评价使用印字电报系統作为終端机械的無線电路的工作质量时，可以測定信号的参数，或是分析信号长度和波形的特有失真(畸变)。这样可以发现無線电路上的障碍部位。

为要根据信号特有的失真来监测無線电路的工作情况，普遍采用电子示波器，将它接入無線电路各点中。接在监测收信机輸出端上的示波器，可以监测本地的或外地的無線电发信机的信号，摄下波形图。这就記录了监测的結果。

在無線電通信电路中，信号的时间失真也可使用示波器，或者專門的电报信号失真測試器(ИТС、ЭИС)来測量。

中央室、無線电收、发信台和無線电技术监测分站的值班人員应该配备有监测用的检测仪器(見附录 2 及 3)。

信号失真的允許范围是不一样的，它决定于通信方式和無線电路上电报机械的“防护能力”。干綫無線电路上的設備的現行技术标准列于附录 3。

收发信电路各段中或無線电技术监测台上用作客观定性监测的器械、仪器和設備不应产生时间失真、非綫性失真和頻率失真。监测器械的技术使用状态不正常时可以使信号在监测器械中产生很大的失真。

無線电发信机发射出去的信号波形一般都用监测收信机和示波器来监测。在使用监测收信机和示波器时必需注意下列情况。

监测收信机输入回路的过负荷，会使信号产生限幅作用，因此波形严重失真的信号，在收信机输出端反而可能得到理想的波形。放大器和收信机的输出回路过负荷时，会使示波器上的图形不对称于零位线。收信机个别回路中因过负荷而产生的不稳定过程，会使信号的形状和长度发生失真（“偏”）。因之不允許监测收信机的输入和输出回路过负荷。

收信机的通频带狭窄，会使键控边频的振幅减小，从而使信号波形失真。因此不得使用带有为了提高选择性用的窄带低频晶体滤波器的收信机。

收信机中的自动增益控制电路，也能使信号波形失真。因此在监测衰落或信号波形时，必需使用人工增益控制。

用电子示波器或迴线磁电示波器监视信号波形时，信号电压通常是由监测收信机的低频放大器输出端取出的。这时送到示波器去的信号的载频将是本地振荡器频率和信号频率（中频或高频）差拍后取得的低频频率。改变本地振荡器的频率可以改变信号的载频。载频通常选定为 4—6 千赫。在提高示波器的扫描频率时，也要提高信号的载频，因为载频低时观察信号波形就困难了。

监测用的电子示波器，应该有适当的扫描频率调整范围，使能观察最高和最低通报速度时电报信号的波形（扫描频率为 20—300 赫）。示波器的输入支路（放大器）不应该使受测信号产生波形失真，也就是应该有适当的频率特性和振幅特性。苏联工业部门生产的 30-4 及 30-7 型电子示波器能满足这些要求。



目 录

序 論

第一章 发信机工作不良引起的电报信号波形的失真	1
§ 1.1. 交流寄生调制引起的电报信号波形的失真	1
§ 1.2. 不稳定(过渡)过程引起的电报信号波形的失真	6
§ 1.3. 由于发信机的寄生振荡而引起的电报信号波形的失真	9
§ 1.4. 信号波形失真的实验	16
第二章 终端机械工作不良所引起的电报信号波形的失真	16
第三章 无线电波传播条件、大气现象及干扰所引起的电报信号波形的失真	17
§ 3.1. 衰落时电报信号波形的失真	17
§ 3.2. 有回波信号时电报信号波形的失真	18
§ 3.3. 有大气干扰时电报信号波形的失真	20
§ 3.4. 相邻无线电台干扰时电报信号波形的失真	22
第四章 电报信号的长度失真(时间失真)	22
§ 4.1. 概述	22
§ 4.2. 根据波形图测定信号时偏	25
§ 4.3. 用电子示波器来观察和测量电报信号的时偏	26
§ 4.4. 利用失真(畸变)测试器测量时间失真	33
第五章 工作于频率键控的发信机的电报信号的监测	36
§ 5.1. 移频电报	36
§ 5.2. 单路及双路移频通报时信号的监测	37
第六章 无线电通信监测中的测试工作	45
§ 6.1. 无线电通信电路中信号的监测工作	45
§ 6.2. 无线电台频率稳定度的监测	47
§ 6.3. 无线电台发射频谱宽度的监测	50
§ 6.4. 无线电台场强的测量	54
第七章 信号波形图	57
附录 1. 无线电报发信端工作过程示意图	107

附录 2. 无线电报收信端工作过程示意图	108
附录 3. 苏联邮电部颁发的无线电通信设备技术标准	109
附录 4. 各种类型和用途的无线电发信机的频率稳定度的全苏 标准	111
附录 5. 有关各种类型和用途的 (民用) 无线电发信机附带发 射的暂行全苏标准	115
参考文献	117

第一章 发信机工作不良引起的 电报信号波形的失真

§ 1.1. 交流寄生调制引起的电报信号波形的失真

电源频率或其倍频对信号的寄生调制是最常遇到的电报信号波形失真。

现代固定式发信机中的各屏极和栅极电路主要是用整流器将频率 $F_c=50$ 赫的工业用电变为直流电来供给的。当整流电流滤波较差时，整流器输出端的脉动使发信机发射的信号产生寄生调制，出现了使发送失真的交流声。

寄生调制的频率可能是 50、100、150、200 或 300 赫，有时也可能是 400、600、900 赫等等（谐波成份），视发信机中所用的整流电路（整流相数）而定。

增多整流器的整流相数，脉动的频率随着增高，而脉动的幅度却减小（见表 1.1）。

表 1.1

整流相数	脉动的基频，赫	不同脉动频率中的电压（或电流）的脉动系数		
		基频（一次谐波）	二倍频（二次谐波）	三倍频（三次谐波）
1	50	1.57	0.663	0
2	100	0.667	0.133	0.057
3	150	0.25	0.057	0.025
6	300	0.057	0.014	0.006

当发信机用直流发电机供电时，由于电枢的偏心影响产生的脉动以及整流子或齿槽的跳动，也能产生信号的寄生调制。

电枢的偏心影响产生几十赫的低频脉动。这些脉动在调制时可以和被发送的信号产生组合频率，从而引起信号失真，可听到

嘶哑声和碎裂声。

要消除这些失真，必需更好地消除发电机电枢的偏心现象；否则，要想压低低频脉动就需要用很大的平滑滤波器。

整流子和齿槽脉动的频率较高，约为数百赫，因此不难用简单的专用滤波器来滤除。

灯丝用 50 赫交流电源供电时可能产生 50 赫的屏极寄生调制。这是因为灯丝的一端接地，这相当于在电子管的栅极上加上一个 50 赫的交流电压。要消除这类脉动，可在阴极回路中设一人为的中心点，并将它高频接地。

用三相市电供给多相整流器时，相电压的不平衡也能产生 50 赫的寄生调制。

发信机的工作不稳定，某些级的自激振荡，以及电子管灯丝供电电压降低等所引起的 50 赫的信号调制也并不少见。

若在单相整流器中选用适当的滤波器，各相负荷平衡，正确地选择灯丝变压器的中心点和发信机的工作状态，50 赫的寄生调制实际上是沒有的，或者很小，以致不需要采取专门的辅助办法加以消除。

频率为 100 赫的屏极寄生调制不仅可由发信机屏极和栅极供电电源用了不良的滤波器或不用滤波器的二相供电的整流器所引起，也可能因下列原因而产生：电子管灯丝较细，热惰性不足以及阴极产生频率等于灯丝电源频率二倍的机械振动。或者在大功率电子管的粗灯丝中通过大电流时的磁控管效应。

磁控管效应的产生原因如下：用交流供电的大型发射管阴极周围所产生的强大磁场使电子飞越的轨道发生偏离。由于磁场强度是正比于灯丝电流的瞬时值，因此用交流电供给电子管灯丝时，在供电电流每周中磁场强度将有两个最大值和二一个零值。这便引起二倍于灯丝电压频率的屏流脉动。也就是说灯丝用 50 赫交流电供给时，屏路中的脉动频率就等于 100 赫。

应该指出，磁控管效应可以在屏极回路中引起 200 赫的脉动

(频率为 100 赫的交流声的二次谐波)。

要消除或削弱磁控管效应可以采取下列办法:

a) 将灯丝电源改用直流电。

b) 使用专用抗杂音设备, 以抵消交流声寄生成份。

в) 采用相移 90° 的二相电源或相移 120° 的三相电源供给发信机电子管灯丝的电路。

最后一种方法使用最为普遍。

以相移 90° 的电源供给并联或推挽联接的二电子管的灯丝时, 寄生调制的基频将为 200 赫, 而调制深度比灯丝电源不用相移法供给时的 100 赫的寄生调制深度大约要减小一半。

当三个电子管的供电电源彼此相移 120° 时 (三相供电), 寄生调制的基频将为 300 赫, 调制深度将减小到六分之一左右。

供电电源用三相或六相整流器时产生的 150 赫及 300 赫的寄生调制, 可依靠正确选择平滑滤波器中的电感和电容的做法来削弱或消除。

在多相整流器中必需很好注意相电压的平衡, 使它们相等, 而滤波器的设计则应考虑消除脉动的基本频率 (三相整流器中为 150 赫, 六相整流器中为 300 赫)。当相电压不相等或整流器件的工作情况不一致时, 会产生较低频率 (例如 50 赫) 的脉动分量。

在发信机中也可能产生高次谐波成份的寄生调制。例如频率为: 100、200、300 及 600 赫的 (它们是发信机中产生的基频为 50、100、150 及 300 赫的寄生脉动的二次谐波)。

二次谐波寄生调制的深度大约比基波脉动的调制深度小一半。使用上面讲过的削弱或消除基频脉动 (50、100、150 及 300 赫) 的方法, 可以消除二次或更高次谐波成份的寄生调制。

发信机中的寄生调制也可能因整流器强力的屏蔽或灯丝变压器等回路中交流供电电源所产生的磁场感应所引起。因此低频放大器的前置各级、低频输入变压器和栅偏压回路应该仔细地隔离起来。

为几个交流成份所调制的电报信号的复杂寄生调制, 通常是在

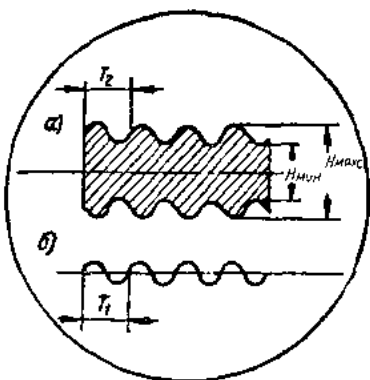


图 1.1 (a) 由于深度为 33% 的 50 赫交流电寄生调制而引起失真的电报信号 ($T_2 = T_1$)；(б) 频率为 50 赫的正弦电压的标尺波形图

引起各种频率寄生调制的几个因素同时作用下出现的。这种失真是可以听到的，表现为电源频率或其倍频的交流声。

在发送信号有很深的寄生调制时，会听见嘶哑声和出现信号碎裂现象。

在示波器的荧光屏上，这种信号将呈现图 1.1 a 的波形。

信号的调制深度系数可按下式求出

$$m = \frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{max}} + U_{\text{min}}} \cdot 100\%,$$

式中 m ——调制深度系数，%；

U_{max} ——已调电压的最大值；

U_{min} ——已调电压的最小值。

实际上测量的是失真信号的 H_{max} 及 H_{min} 值(图 1.1. a), 再按下式计算寄生调制系数

$$m = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}} + H_{\text{min}}} \cdot 100\%.$$

例如: $H_{\text{max}} = 20 \text{ mm}$, $H_{\text{min}} = 10 \text{ mm}$,

$$m = \frac{20 - 10}{20 + 10} \cdot 100\% = 33\%.$$

要了解出现寄生调制的原因，知道它的频率是很重要的。而要确定寄生调制的频率和所记录的过程的持续时间可以在示波器上随同波形图将 50 赫工业用电标准频率的正弦曲线一起摄下，作为时间标尺(图 1.1. б)。这一曲线取为 50 赫参考频率，供与有寄生调

制失真的信号的包絡綫作比較之用。

在电子示波器的螢光屏上，可以利用双重扫描或利用双綫示波器中的第二路来获得标尺波形。

如果信号的寄生調制的振蕩周期 T_2 (图 1.1, a) 等于标尺波形的振蕩周期 T_1 (50 赫)，那么寄生調制的頻率等于 50 赫。如果周期 T_2 为周期 T_1 的一半，那么寄生調制頻率等于 100 赫，依此类推。

这样一来，比較調制信号的寄生頻率的振蕩周期 T_2 和标尺波形的振蕩周期 T_1 ，就可以确定信号受 50 赫标准頻率的电源电压的任何次諧波的寄生調制。

用电子示波器来測量寄生調制的頻率可以利用更加精确的办法，例如使用李沙育图形。根据这类图形，可以求得受測頻率和标准頻率間的比例关系。例如，若利用音频振蕩器产生的 100 赫頻率作为标准頻率，而結果在示波器螢光屏上得到一靜止的橢圓，那么这表示受測的頻率正好等于 100 赫标准頻率；如果示波器螢光屏上出現一个相似于 8 字的图形，那么这表示受測頻率为标准頻率的一半，也就是等于 50 赫。

同样地，在測量寄生調制的頻率时，选择音频振蕩器的頻率，使螢光屏上出現靜止的橢圓，就可以精确地測出信号的寄生調制的頻率。这时它便等于音频振蕩器刻度上所标的頻率。

各种通信设备和设备的电源电压的容許脉动系数列于表 1.2。

根据現行的苏联邮电部无綫电广播及无綫电通信设备技术维护规程 (ИТЭ)，发送设备的交流声电平在 100% 調制时应该不大于：

在移頻鍵控制：——40 分貝 (1%)，

在振幅鍵控制：——25 分貝 (5.5%)，

在电话工作时：——40 分貝 (1%)。

在图 7.1—7.11^① 的波形图中，摄下了在各种終端电报机械和

注① 波形图見第七章

表 1.2

直 流 电 能 消 耗 者	容許的脉动系数 $K_m\%$ 不得大于	
	屏 极 电 路	栅 极 电 路
无线电报发信机	1.0	0.1
无线电话发信机	0.1	0.01
无线电广播发信机	0.05	0.01
无线电台主控振荡器(激励器)	0.05—0.001	0.01—0.001
音频放大器	0.01—0.0001	0.005—0.0001
无线电接收信机	0.05—0.2	0.01
无线电话接收信机	0.01—0.02	0.001
无线电广播接收信机	0.02—0.01	0.001
供给送话器电源的电话电路	0.0001	
电报局和电报中心局	3.0	
电子管灯丝电路 a) 直热式	0.1	
b) 旁热式	0.5	

键控方式下，信号受到不同频率和不同调制深度时寄生调制的情况。

§ 1.2. 不稳定(过渡)过程引起的电报 信号波形的失真

在振幅键控时，高频信号的包络线并不经常准确地重现被发送的信号。在发信机中由于电源整流器内滤波器的 L 、 C 和 R 各元件选择得不合适而引起的不稳定过程会使信号产生特有的失真。

在振幅键控的无线电报发信机中，负荷中的电流应该在 I_0 到 I'_0 的范围内变化(图 1.2.6)。“按键”时，整流器的负荷阻抗最小，这相当于发信机取用最大电流 I_0 。“开键”时，取自整流器的电流最小，这相当于加大负荷阻抗。

但是，由于整流器滤波电路中的不稳定过程，整流器输出端上的电压和负荷中电流的变化具有振荡性质(图 1.2.6)。当在 t_0 瞬间(开键时)，整流器电流 i_a 减小，它输出端上的电压 u_a 则增高，到 t_1 瞬间达到最大值。在 t_1 — t_2 的一段时间里，整流器输出端上的

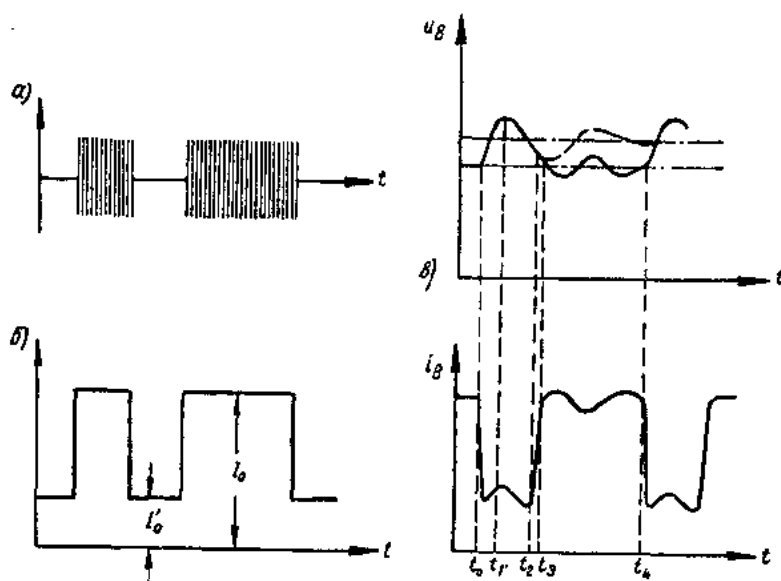


图 1.2 (a) 发信机输出端的电报信号, (б, в) 在发送电报信号时整流器输出端上的电压及负荷中的电流的变化情况

电压逐步下降。如果在 t_2 瞬间按下电报电键, 那么负荷中的电流增长到正常值 (在 t_2-t_3 的时间内) 后, 由于整流器滤波电路中的振荡过程而继续增长, 然后再重新减小。如果在 t_4 瞬间抬起电键, 那么负荷中的电流开始减小, 而电容器上的电压 u_g 增高。

在高速工作时, 当信号间的间隙长度差不多等于滤波器的固有振荡的周期时, 信号的建起过程来不及在间隙时间内完成, 这就使信号波形产生很大的失真 (图 7.12—7.16)。建起周期很短的不稳定过程是特别危险的。在波形图 7.12—7.14 中表示的不稳定过程, 它使信号始端出现尖头然后又下降, 当下降很大时将引起信号碎裂, 其结果象是由于终端机械的错误动作而产生的失真。图 7.14 的波形图就表明这方面的特征, 图中表明信号始端的尖头约占平均振幅的 30%, 而建起周期大约等于 0.02 秒, 这是将信号包络线和标尺波形比较后看出的。

波形图 7.15 及 7.16 表示振荡性不稳定过程所引起的信号波形的失真。这些寄生振荡的频率由滤波器元件 L 及 C 的固有频率来决定。

由于供电电源功率不够而使电压变化所引起的信号包络线的失真也颇不少见（图 7.17）。

在用长波工作时，可能由于槽路通带宽度不够而产生信号包络线的失真（图 7.18）。在用中波及短波时，由于在这些波段上槽路的通带宽度要比电报信号占有的频带宽得多，因而不会产生这类失真。

由波形图 7.18 a （摄自波长为 5690 米的电报发信机的信号）看出，信号增长到最大值或者降落到接近于零，总共需要 6 毫秒的时间（和标尺波形图比较后看出）。键控速度大约等于每分钟 50 字，因为“点”的长度约占 25 毫秒（也是和标尺波形图比较后看出的）。

这就可以知道槽路衰减率所引起的信号的增长时间（6 毫秒）为“点”长度 τ_0 （等于 25 毫秒）的 24%。如果在这个发信机中将键控速度增加到每分钟 200 字（ $\tau_0=6$ 毫秒），那么信号要在整个“点”长度的时间内才能增长到最大值，这就会使信号波形产生很大的失真。

图 7.19—7.21 的波形图表示在不同频率、不同调制深度下交流寄生调制和不稳定过程（信号缓慢增长）所引起的信号波形的复杂失真。

从波形图中看到，电报信号波形特有的各种失真是和各种不稳定过程相对应的，这类失真不难用电子示波器来监测。

适当计算和选择滤波器的 R 、 L 、 C 各个元件或者使滤波扼流圈分流，可以消除这些失真。

根据现行的无线电通信及无线电广播技术维护规程，应使发信机的技术维护状态能保证电报信号波形正确，并得到陡峭而平滑（没有碎裂情况）的前沿和后沿。由于不稳定过程而产生的信号始

端的尖峰不应超过信号正常振幅值的15%。

§ 1.3. 由于发信机的寄生振荡而引起的电报信号波形的失真

发信机中的寄生振荡既可以在等于或接近于发信机的基本工作频率上产生，也可以从音频直到相当于分米波段内的任何一段中产生。

产生寄生振荡的原因有：

1) 在发信机的辅助电路内存在电抗元件，因而可能在线路中形成寄生振荡槽路；

2) 由于电子管的极间电容和引线电感以及发信机零件和布线上的杂散电容和电感，使在高频放大级的屏极和栅极回路间存在不希望有的寄生耦合；

3) 由于辅助回路和振荡槽路的各支路内电抗元件的符号和数值的变换而形成了很多谐振槽路；

4) 高频放大级中和不良，由于它随着不同频率而改变使桥路的平衡遭到破坏；

5) 某种可能的电位分布使相应的元件 R 、 L 、 C 不能构成桥式电路；

6) 电子管失去基频激励，这在振幅键控时常会引起信号间隙中的寄生振荡——所谓间隙寄生发射。

7) 电子管的帘栅压降低或消失，这在振幅键控时会引起信号间隙中的寄生发射。通常这些发射还受到 50 及 100 赫脉动电流的调制；

8) 当电子管有负阻效应时，栅极特性曲线中有“下降”的一段，那时栅-丝二极管具有负电阻，可能产生任何频率的寄生振荡；

在存在上述因素时，发信机的功率级以及整个发信机的工作就不稳定，机器中可能产生寄生振荡，使电报信号波形失真，结果是通信阻断。

波 形 图

