

苏联邮电部技术处通信技术讲座

# 短波发射天线的 测量和调谐

苏联 P.B.古列維奇著

15-10

81

Р. В. ГУРЕВИЧ  
 ИЗМЕРЕНИЯ И НАСТРОЙКА  
 ПЕРЕДАЮЩИХ  
 КОРОТКОВОЛНОВЫХ АНТЕНН  
 МОСКВА СВЯЗЬИЗДАТ 1955

內 容 提 要

这本小册子是供短波通信及广播技术人员实际工作中参考用。它首先提一下对天线有关的各参数的意义并介绍了几种在测试及调谐天线时最常用的仪器。然后逐章对短波通信中常用的各种天线及馈线的主要测试和调谐作了扼要的叙述和分析。

短波發射天綫的測量 and 調諧

★

(苏联) Р. В. 古列維奇著

楊秀書譯

人民邮电出版社

北京東四區 6 條胡同 13 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號)

人民邮电出版社南京印刷厂印

南京太平路戶部街 15 號

新華書店發行

★

開本 787×1092 1/32

印張 1  $\frac{8}{32}$  頁數 20

印刷字數 28,000 字

印數 1-1,374 冊

1957年11月南京第一版

1957年11月南京第一次印刷

統一書號：15045·總679 - 无161

定價：(10) 0.22 元



W

## 序 言

无綫电通信及无綫电广播的质量和稳定性，在很大的程度上，不仅取决于正确的选择天綫程式，以及根据技术要求来調整波长和功率，并且取决于維護人員是否善于維護天綫設備，首先是正确地測量和調諧天綫。

本講稿的目的是給維護天綫設備的工程技術人員提供一系列关于調整和測量通信业务中最常用的各种程式的短波发射天綫所必需的知識。

苏联郵電部技術管理处

# 目 录

## 序 言

1. 短波发射天綫的主要参数····· ( 1 )
2. 短波发射天綫的經常測量····· ( 2 )
3.  $CT$ 型同相水平天綫的調諧····· ( 16 )
4.  $CTA$ 型同相波段天綫的調諧····· ( 27 )
5. 菱形天綫的檢查和測量····· ( 32 )
6. 其它程式天綫的檢查和測量····· ( 34 )
7. 饋电綫的檢查及測量····· ( 36 )
8. 功率在空中相加的天綫系統的調諧····· ( 36 )

## 1. 短波发射天綫的主要参数

发射天綫的主要任务，是在指定的方向产生最大的电場强度。所以提一下决定任何程式天綫所产生的电場强度的主要因素，是有好处的。为了在設計时正确地选择天綫，或是在维护中熟練地使用天綫，都必須知道这些因素。

無論其程式如何，短波发射天綫都可以用下面几种电气参数来表示它們的特性：

**1. 增益系数( $\epsilon$ )**是一个数，表示該天綫在主要方向的电場强度平方和自由空間半波振子(其輸入功率与前者相同时)在赤道平面内的电場强度平方之比。这样一来，用增益系数就可以比較天綫的方向性与标准振子的方向性。增益系数表示在指定的方向产生相同电場强度的条件下，工作于定向天綫时发射机的功率可以比工作于标准振子时所需的功率减少若干倍。

**2. 方向性系数( $D$ )**是一个数，表示天綫在主要方向上的电場强度平方与平均电場强度平方的比值，因此 $D$ 表示天綫所发射的功率在指定方向上的集中程度。

**3. 效率( $\eta$ )**是天綫发射功率与加到天綫上的功率之比。根据該值可以判定天綫中无益的能量損耗(从产生电場强度的观点来看)。

上面所說的三个参数，相互間有下面的关系，这关系对于任何程式的天綫來說都是正确的：

$$\epsilon = \frac{D \cdot \eta}{1.64}。$$

由上面的关系式可以看出，要在指定的方向上得到大的增益系数，应该使天线所发射的能量异常集中，同时，应使得天线上无益的能量损耗减到最小。

在短波内要得到大的  $\epsilon$  和  $\eta$  值并不困难。各种振子式天线的效率都接近于 1。但菱形天线则有些例外，菱形天线的效率随波段在 0.85—0.5 范围内变化。

由于短波的传播特点，工作波长必须能随条件不同而变更。因此，对短波天线有些附加的要求，首先，是要求它在垂直面和水平面上有适当的方向特性的图形，以及它适当的波段特性，即在某个指定的波段内应维持足够高的增益系数、方向系数及效率的特性。

## 2. 短波发射天线的经常测量

### 测量仪器

**四分之一波长短路回线** 广泛地用来作为馈电线电压指示器和测试器。四分之一波长短路回线是一根长度为四分之一波长而终端接有一热偶电流表的线段。回线的输入电阻，即所测试的馈电线的旁路电阻，由下式确定：

$$R_{bx} = \frac{W_w^2}{R_{np}};$$

式中  $R_{bx}$ ——回线的输入电阻以欧姆表示， $W_w$ ——回线的波阻抗以欧姆表示， $R_{np}$ ——热偶发热器的有效电阻，以欧姆表示。

回线的波阻抗比发热器的有效电阻大数百倍，因此，从公

式中看出，回綫的輸入电阻为几十万欧姆。因而，回綫将不会对所測試饋电綫的工作状态产生什么显著的影响。

經過热偶电流表发热器的电流与饋电綫上的电压有下述关系：

$$I_{nod} = \frac{U_{\phi}}{W_u};$$

式中  $I_{nod}$ —經過热偶电流表发热器的电流，以安为单位； $U_{\phi}$ —饋电綫上的电压，以伏为单位； $W_u$ —回綫的波阻抗以欧为单位。

因此，四分之一波长的回綫，不但可以用来作为电压指示器，并且还可以用来作为电压绝对值的测量器。因为  $W_u$  很容易根据回綫的几何尺寸計算出来。

为了选择热偶电流表所必須的灵敏度，需要知道通过发热器的电流最大值。該电流最大值可由下式求得：

$$I_{nod\ max} = \frac{1}{W_u} \sqrt{\frac{PW_{\phi}}{k_{\phi}}};$$

式中  $W_{\phi}$ —饋电綫的波阻抗，以欧为单位； $P$ —加于所測試饋电綫上的功率，以千瓦为单位； $k_{\phi}$ —所測試饋电綫的行波系数最小值。当  $W_u=500-600$  欧， $W_{\phi}$  等于 300 或 600 欧， $P \approx 5-20$  瓦， $k_{\phi}=0.2-0.3$  时，电流  $I_{nod\ max}$  的最大值为 5—12 安。因而，短路回綫可以利用不很精密的热偶电流表，这是該仪器的优点之一。

如果現有的热偶电流表灵敏度过高，則可以利用分流器将它降低。分流器通常由寬度为 0.5—3 厘米的薄銅片构成，并联在发热器上。銅片愈寬則它的电阻愈低，分路的作用便愈大。必須注意，分路的电阻与頻率有关（分流器的电阻随着頻率的

提高而增大)。

分流器通常由試驗方法来选配, 此时, 为了不致燒毀热偶电表, 开始时必須將最寬的銅片接到仪表上去。

回綫由直徑为 2—4 毫米的銅或青銅絞綫制成。導綫間的距離大約为 25—30 厘米。为了使回綫導綫不致混綫, 并使導綫間保持一定的距离, 每隔 1—2 米插入由胶紙板或浸过腊的木板等任何絕緣料做成的橫撐。回綫借固定在絕緣子上的两个鈎子, 与饋电綫連接。两鈎子間的距離应当使鈎子不太靠近也不太开, 使可以将鈎子挂在饋电綫的導綫上。

通常采用两种型式的饋电綫, 一种是 4 毫米的導綫, 两導

綫間距离为 25 厘米; 另一种为 6 毫米的導綫, 两導綫間的距離为 30 厘米。如果必須在該两种型式饋电綫上進行測量, 則最好采用可以活动的鈎子。帶鈎子的絕緣子固着于长为 2—3 米的木棒上。仪表裝在由絕緣材料做成的握持器上。四分之一波長短路回綫的全貌示于图 1。

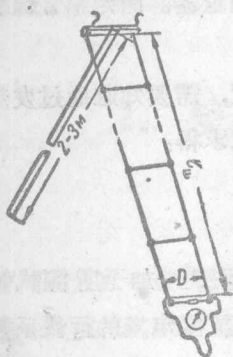


圖 1.

回綫的導綫长度  $l_w$  应取为比四分之一波長 (進行測量的波長) 大 2—3 厘米。此时  $l_w$  还包括將回綫短路的跨接綫  $D$  的一半在內。因此, 回綫的长度应等于:

$$l_w = \frac{\lambda}{4} + (2-3) \text{ 厘米};$$

式中  $\lambda$  — 進行測量的波長。

短路回綫的阻抗按下式确定:

$$X_{bx} = iW_{atg} ml,$$



式中  $X_{BX}$  一綫的輸入阻抗，以歐为單位；

$$m \text{—波数，等于 } \frac{2\pi}{\lambda};$$

$l$  一綫的長度，与波長同一單位。

当回綫的長度稍为小于四分之一波長时，其阻抗具有电感的性質。因此，回綫的鈎子接近所測量的饋电綫时，鈎子与饋电綫导綫之間的电容与回綫的电感，可能产生串联諧振，因而，流过热偶电流表的电流激烈地增长，这样可能损坏热偶电流表。

为了消除諧振的可能性，回綫的長度应略大于四分之一波長；此时回綫的輸入阻抗具有电容的性質。

四分之一波長短路回綫的制作簡單，允許使用灵敏度較低的热偶电流表，同时却能保証高度的測量准确性。它的主要缺点是回綫的导綫較長，笨重，特別是在短波波段的較長波段部分。除此以外，当在一个波段內測量时也不太灵活。

**具有耦合电容的指示器** 也可用作饋电綫上的电压指示器。仪器的构造及其原理图分别表示在图2a和b上。它由經過两个容量很小的电容器連接到饋电綫两导綫間的热綫毫安表或热偶毫安表构成。这两个电容器的电容量应该選擇得使它們的阻抗不小于饋电綫等效电阻最大值的10倍。

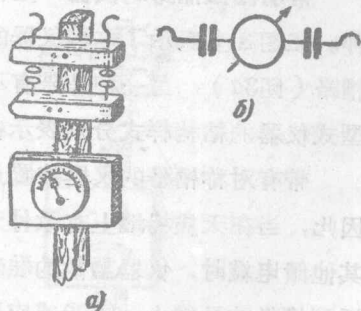


圖 2。

当  $K_{\phi}$  值为已知时饋电綫最大等效电阻  $R_{max}$  可按 下式求

出：

$$R_{max} = \frac{W_{\phi}}{K_{\phi}}。$$

当功率  $P$  一定时，按公式  $U_{max} = \sqrt{\frac{P \cdot W_{\phi}}{K_{\phi}}}$  计算出电压最大值之后，可以决定高频毫安表应有的灵敏度，及耦合电容器的容量。通常这样的仪器都使用电流为 100—300 毫安的毫安表。

仪器装在长 2—3 米的棒上。因为必须在离毫安表 2—3 米处观测读数，因此必需用具有大刻度盘的毫安表，这自然是这种仪器的缺点。

为了避免损坏毫安表，工作时必须谨慎，电容器的极片不得碰触馈电线的导线。在开始测量时，电容器的极片必须置于电容量最小的位置上。

带有耦合电容的仪器比带有四分之一波长短路回路的仪器较为方便，特别是在短波波段的较低频率部份测量时。

**带有谐振槽路的仪器** 是目前所采用的仪器中最完善的一种。在图 3 上表示了这种仪器的两种类型，一种是带有对称的槽路（图 3a），另一种是带有不对称的槽路（图 3b）。这两种型式仪器的结构样式分别表示在图 4a 及 6 上。

带有对称槽路的仪器装置比较简单，但是它容易被干扰。因此，当在天线场地上有数付天线和在被测量的馈电线旁边有其他馈电线时，仪器读数的准确性就不高，因为从耦合电容器通到槽路的导线上，可能感应出不相干的电压。

带有不对称槽路的仪器能够很好的隔离外部的干扰。隔离变压器的初级线圈连接到两个耦合电容器。封闭在静电屏蔽内

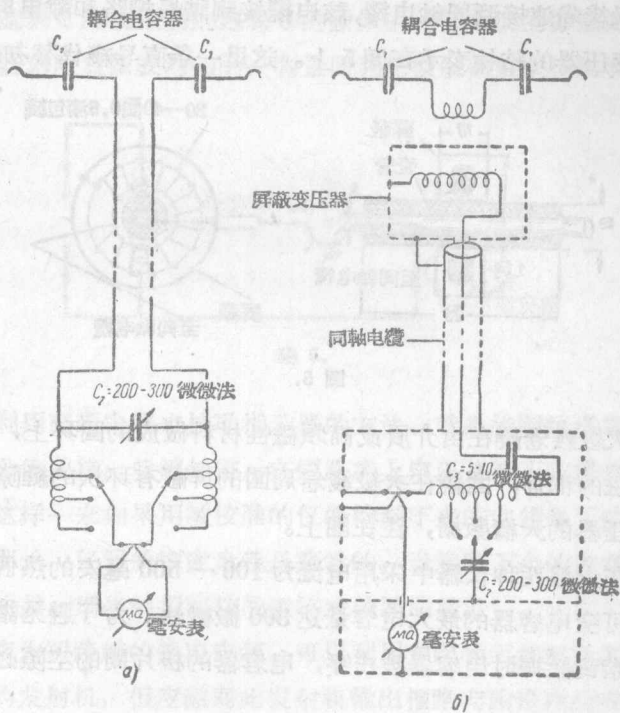


圖 3.

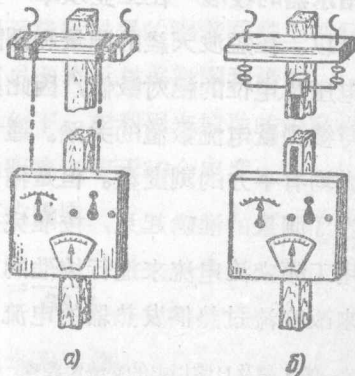


圖 4.

的次級綫卷連接到同軸電纜，該電纜接到諧振槽路和靜電屏蔽。隔離變壓器的結構表示在圖 5 上。這里一條直導綫代替初級綫

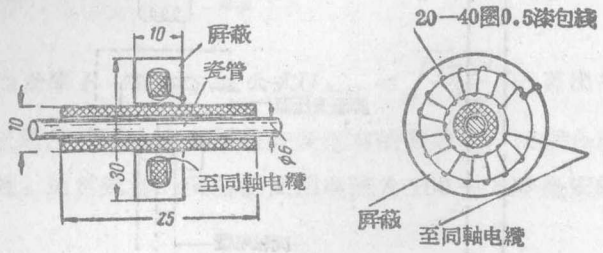


圖 5.

卷；次級綫卷繞在由介質或高頻磁性材料做成的圓環上，為了保證磁的耦合，圍繞在次級綫卷周圍的屏蔽有環狀的縫隙。這個變壓器的大概數據，注在圖上。

在上述兩種儀器中採用電流為 100 — 500 毫安的热偶毫安表。可变电容器的最大電容量達 300 微微法。為了避免諧振槽路調諧到諧振時電容器被击穿，電容器的板片間的空隙必須很大。

**饋電綫電壓指示器的校準** 在工業頻率<sup>①</sup>交流電流，或高頻電流上進行都可以。在短波天綫的測量和調諧過程中，一般，不需要知道電壓及電位的絕對數值，因此，校準的目的是找出儀器的讀數与被測量電流數值的关系。通常所有的热偶電流表及热綫電流表均有平方的刻度盤。但是稍為偏离平方律是可能的，因此，為了測量的準確起見，校準完全是必須的。

圖 6 是供利用工頻交流電流來進行校準的電路。利用可調的自耦變壓器 1 來改交流過热偶發熱器的電流，并記下標準交

註① 工業頻率即指一般工業及日常用電的交流電頻率。一般為 50 或 60 周。以後簡稱工頻——譯者。

流电流表 2 及被校准的电表 3 的讀数。比較方便的办法是把被校仪器刻度盘做成均匀的，測量时利用校准曲綫或校准表。

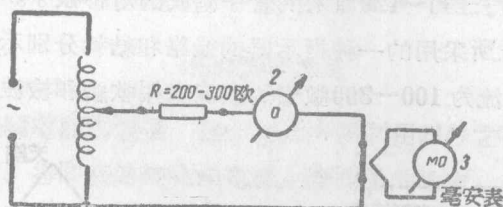


圖 6.

利用高频电流来校准指示器的方法，就是繪制短路綫上的电压分佈曲綫。我們知道，在短路綫上电压是按正弦規律分佈的。这样一来如果用被校准的仪器繪制下来的曲綫是正弦形的話，那么，仪器的刻度盘就是綫性的。当繪制下来的曲綫不是正弦曲綫，則必須拟制校准表格或校准曲綫。

作为短路綫的饋电电源，可以利用专门的天綫振盪器，或普通的发射机，但应減弱此发射机輸出槽路与饋电綫的耦合。当无论用什么方法，都不能将发射机連接到短路綫时，仪器的校准可以在同相天綫反射器的調諧回綫上進行。如果仪器指针偏轉不够时，則必須将反射器微調到諧振。

校准的方法如下。在利用来校准的短路綫上，做上标记，相邻两标记間的距离  $d$  等于 10 个电度。

距离  $d$  按下式确定：

$$d = \frac{\lambda}{36};$$

式中  $\lambda$  一波长以米为单位。

随后画出沿饋电綫的电压分佈曲綫。

**电场强度指示器** 为一个带有检波器的谐振槽路，按装在金属的盒子内，并固定在长度为3—4米的木棍上。指示器的天线是一付长100—120厘米的管子制成的对称振子。

实际上所采用的一种指示器的线路和结构分别示于图7a和b上。将电流为100—300微安的微安表用软线和检波器连接起

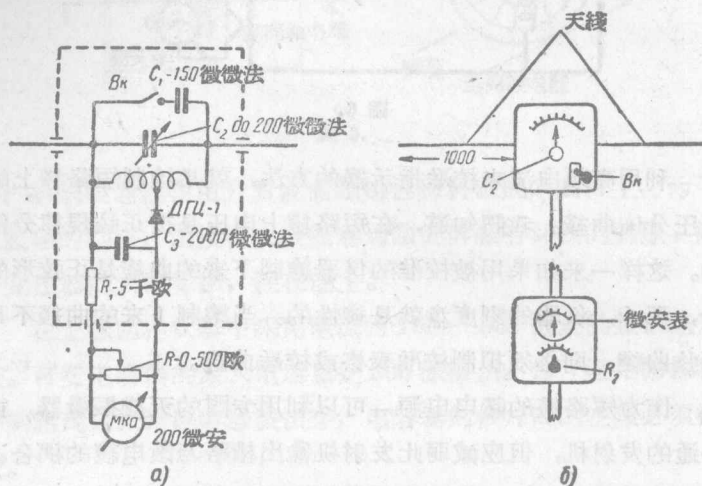


圖 7.

来，同时利用支架将微安表固定在棍子上，高度与进行测量时的视线齐平。为了调节仪器的灵敏度，微安表备有一个调节用的分流器R。在可变电容器及分流器的旋钮上有一个固定器。检波器的直流负荷电阻R<sub>1</sub>选择到足以保证仪器刻度盘的直线性。

检验电场强度指示器的是比较方便的，因它可以在任何正在工作的水平极化短波天线的场地上进行。只要把仪器大致放置在天线的主要发射方向上，与天线距离300—400米，并把指示器的振子在水平面内旋转360°而绘制出指示器的方向性曲

綫。它的方向性特性应当符合余弦規律，同时应完全对称于振子的平面。曲綫不对称表示在仪器的綫路上有不对称，或槽路的隔离不好。通常可选择槽路綫圈的中点来消除不对称。

### 各种測量方法

**饋电綫电压的測量** 这个測量可以利用四分之一波长的回綫来進行。将回綫連接到饋电綫上要測量的地方。

把流过回綫电流表的电流乘以回綫的波阻抗就可得到高频电压的数值。其中回綫波阻抗按下式計算：

$$W_w = 276 l_s \frac{2D}{d},$$

式中  $D$ —饋电綫导綫間距离，其单位与回綫导綫直徑  $d$  相同。

**行波系数、不对称系数及波移等的測量** 測量行波系数时，必須利用上述的指示器之一来查明电压沿饋电綫的分佈，及記錄仪器在电压最大值  $U_{\text{макс}}$  和电压最小值  $U_{\text{мин}}$  两点的讀数。按下式求出行波系数：

$$K = \frac{U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}}} 100\%。$$

如果行波系数太小（小于30%时），那就不易确定行波系数，特别是用平方刻度时更感困难，那么測量就得用下面的方法进行。先找到饋电綫上最小电压值  $U_{\text{мин}}$  点，以及在最小值两边，电压为  $\sqrt{2} U_{\text{мин}}$  的两个点。随后測量这些点間的距离，并按下面公式决定行波系数：

$$k = \frac{l_1}{\lambda} \pi;$$

式中  $l_1$ —电压最小值两边  $\sqrt{2} U_{\text{мин}}$  两点之間的距离(图8)。

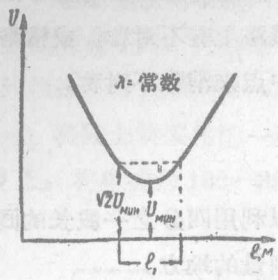


圖 8.

如果仪器的灵敏度可以在 2—3 倍內变更，則为了在行波系数值不大的情况下比較准确地測出行波系数，必須用最灵敏的一擋来找出  $U_{\text{мин}}$ 。然后向电压最大值的方向移动仪器，当指針接近到刻度的边缘时，才減低仪器的灵敏度。让这时仪器的讀数減小为  $m$  分之一。在

仪器新的灵敏度条件下找到  $U_{\text{макс}}$  数值，并根据下式求得行波系数：

$$K = \frac{U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}} \cdot m} 100\%。$$

行波系数也可以利用 Б.Г. 斯特拉烏索夫提出的，利用反射計动作原理的特殊仪器。

饋电綫对称性的檢驗，其实是測量饋电綫两导綫上的电位。此时，利用与測量行波系数时相同的指示器。指示器的一个鈎子（图 9）挂在饋电綫的一根导綫，另一个鈎則空着，并沿着饋电綫綫路移动，找出在这导綫上的最大电位  $\varphi_1$ 。然后用同一个鈎子，在同一綫段內接触第二根导綫，并找出最大电位  $\varphi_2$  的数值。

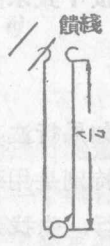


圖 9.

必須注意，測量电位时仪器的讀数（除用四分之一波长回綫外），比測量行波系数时要小得多。因此必須提高仪器的灵敏度。

不对称系数  $a$  按下式計算：



$$a = \left| \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2} \right| 100\%。$$

装設得好的饋电綫，不对称系数不应当超过5%。

由于饋电綫的不对称可能引起波移。发生波移时，饋电綫两导綫上的电位最大值不在同一截面上。用皮卷尺量得偏移数值  $x_m$  后，就可以很容易的按下式求得以度数表示的波移角  $\alpha$ ：

$$\alpha = \frac{360^\circ}{\lambda} x_m；$$

式中  $x_m$  一在饋电綫两导綫上电位最大值之間的距离，单位与波长  $\lambda$  相同。

**饋电綫效率的測量** 饋电綫效率按下式决定：

$$\eta = \frac{U'_{\text{макс}} U'_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}} U_{\text{мин}}} \cdot 100\%，$$

式中  $U'_{\text{мин}}$  和  $U'_{\text{макс}}$  一饋电綫終端的电压最小值及最大值；  
 $U_{\text{мин}}$  和  $U_{\text{макс}}$  一饋电綫始端的电压最小值及最大值。

必須注意，測量饋电綫的效率时，要求很好地組織測量程序，高频振盪器的工作又要很稳定，在从饋电綫的始端到終端整个測量过程中振盪器的輸出功率不应当有所变动。当这一点得不到保証时，除了移动的电压指示器外，还必须要有另外一个監察指示器，固定的連接在饋电綫任何一个地方。这时須把移动指示器讀数对監察指示器讀数之比代入用以确定  $\eta$  的公式中。

由上面的公式可知，为了測量  $\eta$ ，可以使用电压指示器，这电压指示器不用來測量电压的絕对值，而用来測量电压的相