

怎样抑制电气设备对 无线电的干扰

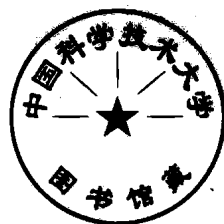
苏联 C. A. 留托夫 著
邱 华 译

人民邮电出版社

怎样抑制电气設備对无线电的干擾

苏联 C.A. 留托夫 著

邱 華 譯



人民邮电出版社

С. А. ЛЮТОВ
РАДИОПОМЕХИ ОТ ЭЛЕКТРОУСТРОЙСТВ
и ИХ ПОДАВЛЕНИЕ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ. 1952

內 容 提 要

本書介紹各种电气設備所產生无綫电干擾的性質及其傳播路徑，抑制无綫电干擾的原理和各种具体办法。

怎样抑制电气設備对无綫电的干扰

苏联 С. А. 留托夫著

邱 華 譯

張 謹 校

人民邮电出版社出版
(北京东四区6条胡同13号)
人民邮电出版社南京印刷厂印刷
(南京太平路戶部街15号)
新 華 書 店 發 行

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇四八号
1957年4月南京第一版第一次印刷1—4,066册
787×1092 1/32 44頁 印張2 $\frac{2}{3}$ $\frac{4}{5}$ 插頁1 印刷字數57千字
書号: 15045·总591—无137 定价(10)0.46元

DT34/50

目 錄

序 言.....	(1)
无綫电干擾的性質.....	(2)
无綫电干擾來源的等效电路和干擾的傳播路徑.....	(3)
无綫电干擾侵入接收机和防止其侵入的最簡單方法.....	(5)
不使用特殊裝置抑制无綫电干擾的原理.....	(10)
用濾波器抑制无綫电干擾的原理.....	(13)
抑制无綫电干擾的濾波器及其元件.....	(18)
屏蔽.....	(41)
无綫电干擾的測量.....	(48)
ИП—12М型干擾測量儀.....	(52)
电机所產生的无綫电干擾的抑制.....	(56)
各种漸續器、开关和接觸器所產生的无綫电干擾的抑制.....	(59)
電話及电报設備元件所產生的无綫电干擾的抑制.....	(62)
振動子換流器所產生的无綫电干擾的抑制.....	(69)
汽車和摩托車上的电气設備所產生的无綫电干擾的抑制.....	(70)
有軌电車所產生的无綫电干擾的抑制.....	(77)
无軌电車所產生的无綫电干擾的抑制.....	(82)
其他干擾來源所產生的无綫电干擾的抑制.....	(84)

序 言

在各个發展國民經濟的五年計劃的年代里，偉大的俄羅斯學者 A·C·波波夫的天才發明——無線電，在蘇聯得到了高度的發展，成為通信和廣播的重要工具，在我國的政治、文化和經濟生活中起着巨大的作用。

大家知道，無線電通信和廣播受着干擾的影響，如何防止這些干擾，有時會成為重大的問題。

當然，每一個無線電愛好者都應該了解（即使是大致了解也好）這些干擾的性質，並善于抑制這些干擾，以保證無線電廣播和電視的良好接收。

最强的無線電干擾是由各種電氣設備產生的。例如，能產生這種干擾的電氣設備有：各種型式的整流子電動機和發電機，電報設備，電話設備（振鈴、撥號盤、換流器），繼電器，振動子換流器，內燃機點火系統，電鉗設備，電療設備，電氣運輸設備（有軌電車、無軌電車、電氣列車），電梯及其他電氣設備。

汽車上工作着的點火系統所產生的干擾，在半徑為數百公尺的範圍內，不但使無線電廣播的接收惡化，而且會特別嚴重地影響電視的接收。這一事實已經足以說明電氣設備干擾的嚴重性，更不必說其它更強烈的干擾來源了。

最近二十年來，在對干擾作鬥爭方面，蘇聯進行了卓有成

效的研究工作。这些研究說明，要抑制干擾，首先应在發生无綫电干擾的地方，即干擾來源处加以抑制。因此，屏蔽干擾來源及濾除干擾是最有效的抑制方法。

我國工業目前生產着質量优良的測量无綫电干擾强度的仪器和保护电容器。对大多数无綫电干擾主要來源所產生的干擾進行抑制，其电路已經設計出來并已獲得应用。新出產的各种电气設備中也都附有抑制干擾的裝置。

无綫电干擾的性質

电气設備工作时，由于电路中电流或电压的急剧变化，就会產生无綫电干擾。这些急剧变化常常与火花一起產生，例如，在接点断开时或电机电刷沿着整流子滑动時產生。

其結果產生了連續的干擾頻譜，这一頻譜侵佔了无綫电通信、无綫电广播及电视的全部有用頻帶。

因此，工作着的电气設備相当于一个產生无数不同頻率振盪的發生器。所形成的电流不但沿着設備内部的綫路傳播，同时也沿着引出綫向外傳播。这些干擾电流通过电容及电感耦合，以及借助于直接輻射，可以作用于接收設備的天地綫上，因而妨碍了有用无綫电信号的接收。

通常，无綫电干擾場强大致随頻率成反比例地衰落（圖1, a），但在頻帶中的某些部分，有时也會出現往往是很顯著的升高（圖1, б）。这种現象的出現是由于干擾來源电路內產生了局部諧振，因为任何电路內都具有电感、电容和电阻。

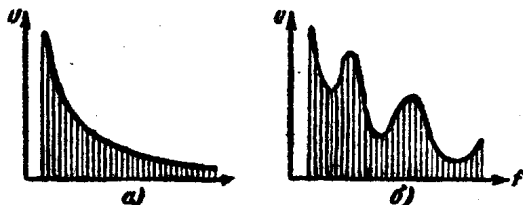


圖 1.

- 無線電干擾電平與頻率成反比地降落；
- 當電路中有局部諧振時，干擾電平隨頻率而變化的情況。

無線電干擾按其性質可分為平滑的和脈沖的兩種。例如，在整流子电机工作时產生平滑干擾，這種干擾使電話機中或揚聲器中產生不間斷的雜音；而電報電鍵或汽車點火系統工作时產生脈沖干擾，聽起來是一連串的路噠聲。因為人耳聽不出短於0.5—1 毫秒的脈沖，而且聲音的印象能在人耳內持續160—200毫秒，因此，在其他條件都相同時，平滑無線電干擾聽起來當然要強烈得多。

無線電干擾來源的等效電路和 干擾的傳播路徑

現在我們來研究無線電干擾來源的等效電路和干擾的傳播路徑（圖2）。這裡 E 是無線電干擾來源的電動勢； Z_i 是其等效內阻；而 Z_n 為接在電路端的等效負荷阻抗。

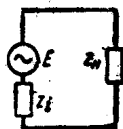


圖 2. 無線電干擾來源的等效電路

實踐證明，這樣表示無線電干擾來源的等效電路是最合理的。因為 E 、 Z_i 及 Z_n 值在很寬的頻帶內都能用特種儀器測

量出來。

因此，我們可以把任何無線電干擾來源看作是普通的交流電源。

由于需要使負荷 Z_n 上（圖2）產生的無線電干擾電壓最小，因此對干擾電源的要求與對普通電源的要求相反，即干擾來源的內阻應盡可能大，而負荷電阻 Z_n （一般為綫路阻抗）應盡可能小。這一要求往往是干擾來源本身就滿足了的，因為干擾來源內阻，例如各種電氣設備綫圈的感抗在頻率為每秒50周或直流時並不大，而在高頻時卻變得很大了。

干擾來源所產生的干擾直接傳到它的輸出導線上，並通過分佈電容進入附近導綫，再沿着導綫傳到距離很遠的地方去。例如它們往往能沿着架空綫傳送到遠至數十公里的地方，對該地區內的無線電收信設備進行干擾。

因此：抑制無線電干擾的基本任務之一是阻止它沿着導綫

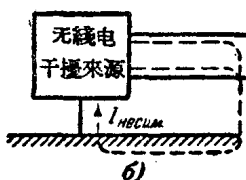
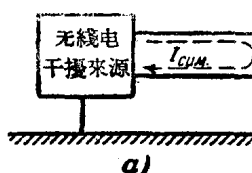


圖 3.

a—對稱無線電干擾的傳播路徑，b—不對稱無線電干擾的傳播路徑。

傳播。在單綫綫路的情況下，干擾電流順着綫路傳導，通過負荷以及導綫與地之間的分佈電容，然後經地而返回至干擾來源。如干擾來源接于雙綫綫路，則干擾有兩條傳播路徑。第一條是對稱的路徑，干擾電流經一根導綫從電源流出，再經另一根返回（圖3，a）。

第二條是不對稱的路徑，干擾電流同時沿着兩根導綫傳送，再經地

返回 (圖3, 6)。作用在導綫之間的干擾電壓稱為對稱的干擾電壓，作用在每一導綫與地之間的稱為不對稱的干擾電壓。如果自干擾來源接出三根或更多的導綫，則每對導綫之間總是存在着對稱電壓，而在每根導綫與地之間總是存在着不對稱電壓。這兩種電壓都可用無線電干擾測量儀在綫路上的任何點或直接在干擾來源端子上測量出來。

傳送干擾電流的導綫對於相距不遠的各種天綫的影響程度主要取決於導綫與天綫間是否有耦合電容。此時，由於不對稱干擾電流的傳播而在干擾導綫和大地之間形成的電場作用在天綫上。

因此，為了消除干擾作用，必須首先抑制不對稱的無線電干擾。實際應用中，是採用在干擾來源的引出綫上加接濾波器以及將干擾來源屏蔽的方法來實現這種抑制。

無線電干擾侵入接收機和

防止其侵入的最簡單方法

在電池式接收機中，無線電干擾通過天地綫與一根或幾根干擾導綫間的電容耦合而侵入。

因此，天綫的水平部分及垂直部分和接地導綫是接收設備中易受干擾的地方。

圖4, a的電路圖表示干擾電流從干擾導綫經天綫水平部分侵入接收機的路徑。由圖可見，為了減小干擾就必須減小干擾導綫與天綫水平部分間的電容 C_{cs} 。將天綫水平部分懸掛得厚

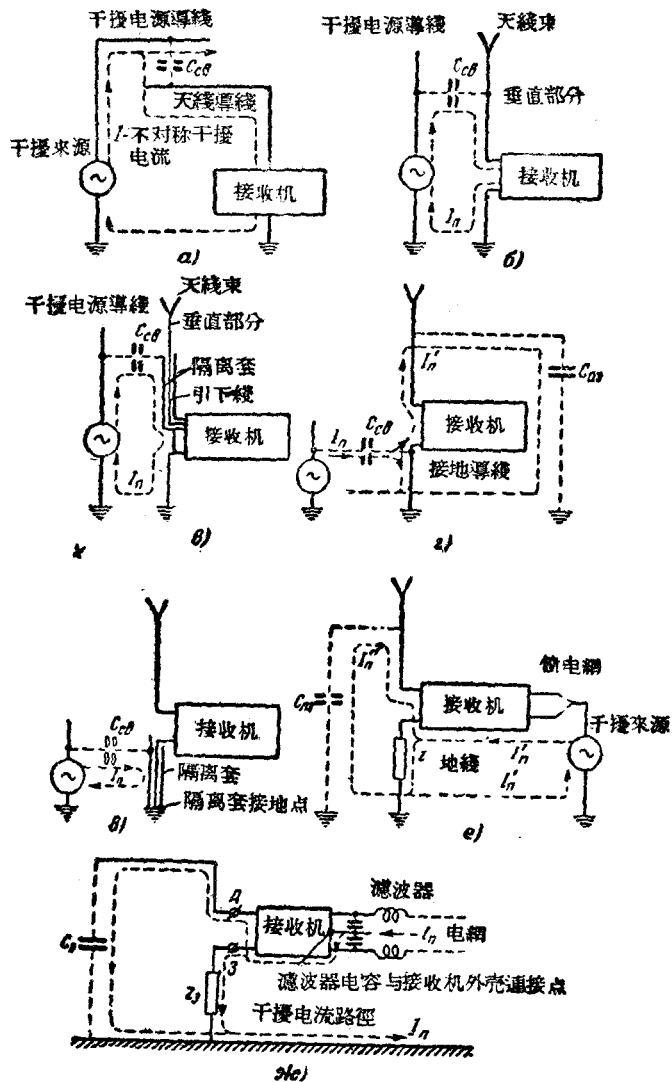


圖 4.

- а—无线电干扰由干扰导线经天线水平部分侵入接收机的路径，
- б—无线电干扰由干扰导线经天线垂直部分与干扰导线间电容侵入接收机的路径，
- в—无线电干扰由干扰导线经干扰导线与引下线间电容侵入的路径，
- г—无线电干扰由干扰导线经干扰导线与地线间电容侵入的路径，
- о—当地线外加置隔离套时，无线电干扰电流的路径，
- с—不对称无线电干扰由电源线路侵入接收机的路径，
- д—用高频滤波器抑制由电源线路来的干扰。

量高，且使它与干扰线垂直，就可以做到这一点。

在城市中，往往很难找到远离导线的地方来架设天线的水平部分。在无线电爱好者中间，没有水平部分的天线，例如《扫帚》型天线获得了应用。在这种天线中，水平部分用导线束来代替，它与干扰导线间的耦合电容很小，而导线束对地的电容可以做得与任何天线水平部分对地的电容相等。

然而，用《扫帚》型天线只能部分地减小在天线导线中引起的干扰，因为干扰还会经过天线的垂直部分与干扰线间的电容而侵入接收机（图4,6）。但这干扰一般是不大的，特别当天线垂直部分架在屋顶上时，由于屋顶的屏蔽作用，电容 C_{ca} 大大地减小了。

天线的垂直部分是主要的工作部分。为了减小其所引入的无线电干扰，我们现在只有一个办法：将它悬挂在屋顶之上，尽可能使其远离干扰导线。

天线的引下线是无线电干扰可能侵入的最危险的地方，因为引下线靠近屋内电线及街上的各种电线，因此处在最强的无线电干扰场中。引下线与干扰线间的耦合电路仍和上述情况相同，但干扰线 with 引下线间的耦合电容却要大多了。

为了减小这样的无线电干扰，通常采用屏蔽引下线的方

法：將引下綫穿入隔離套中，或者使用專用的隔離綫（圖4, 6）。這時，無線電干擾電流將沿着隔離外皮傳至接收機的機殼再順着接地導綫而流通至地。但是採用這種有隔離的引下綫只有在接收機輸入端經過特殊設計的情況下才是可能的。

無線電干擾經接地導綫侵入接收機的危險性也是很大的。

由於接地綫與干擾綫間有電容存在，由於干擾來源出來的不對稱干擾電流沿着導綫傳送，經過電容 C_{cs} （圖4, 2）而傳至接地綫；之後，由於接地綫具有電阻，部分電流流經收音機，沿着天綫經過天綫與地間的電容返回干擾來源。為了降低這樣的干擾，應儘可能縮短接地綫的長度，以減小它對干擾電流的電阻。

屏蔽接地導綫是降低這些無線電干擾的有效輔助方法。將接地導綫穿在隔離套中時，干擾電流的路徑如圖4, 3所示。

利用自來水管及暖氣管作為接地綫是不適當的。因為這些管子沿着房屋分佈，與干擾綫接近，因而受着干擾綫的影響。

交流供電的無線電接收機所處的条件還要惡劣，因為除了有上述在電池接收機中的干擾外，另外還有由電源網路經接收機電源綫進入的干擾。

圖4, 4電路圖表示出不對稱干擾由電網侵入接收機的路徑。由此可見，整個接地系統的電阻愈小，則干擾將愈弱，因此，在這種情況下就必須使接地導綫做得儘可能短。

無線電干擾經過接收機電路流入接地電路的路徑是十分複雜的。例如，通過變壓器初級綫卷的電容流入變壓器的鐵心，而後傳至接收機的機殼，最後流入接地電路，就形成了一個這

样的路徑。干擾也能通过电源变压器綫卷間的电容直接侵入接收机电路，而后再分別通过不同的路徑流入接地电路。

由电網經电源綫來的无綫电干擾可用在电源綫上加接高频电源濾波器的方法加以抑制。通常采用 T 型电感电容濾波器。濾波器直接裝在收信机底板上，并將綫圈接到靠电源那一边（圖4, 20）。如果由濾波器引導入地的干擾电流可以充份減小，因而电流在接地电路电阻上所產生的电压降亦將很小的話，用这种濾波器可以起到有效的作用。

为降低这一电流的数值，必須使濾波器所采用的电感綫圈在所保护頻帶內的阻抗比接地电路的阻抗要大得多。

在此情况下，無論从濾除无綫电干擾或从安全接地的观点來看，接收机的接地都是必要的。这也限制了濾波器电容值，此数值应不大于0.05微法。

此种濾波器能很好地抑制由电網經饋电电路侵入接收机电路的干擾。但这些干擾通常已被接收机电子管供电电路中的去耦濾波器十分有效地抑制了。因此，在收信机电源綫上特別接一濾波器看來是多余的。

主要的干擾作用决定于侵入到接收机接地电路及天綫电路的电源干擾，因为这些干擾將經接收机的全部电子管加以放大。

必須指出，通常只有在接地導綫很短时，采用电源濾波器才能有顯著的效果，因为接地導綫短，它的电阻就小，因此就使通过电容和电感耦合的由电源而來的干擾侵入地綫的可能性減小。

应当指出，除了上述降低无綫电干擾的天綫設備外，还可以使用所謂反雜音天綫和定向天綫。反雜音天綫的作用基于下述原理：其工作部分置于无綫电干擾場外，并高懸于屋頂之上；天綫与接收机的連接是用反雜音饋電綫，此饋電綫由普通的双心電綫作成，其二端接至特殊的高周变压器。

环形天綫由于其構造簡單，而減低无綫电干擾的效果顯著，得到无綫电爱好者的最大推崇。

最近，沿着室內牆壁懸在天花板下的正方形的室內环狀天綫得到了推广。在干擾最强的頻帶內（0.15—1.5兆赫），这种天綫有削弱干擾之效，而不須对接收机的輸入电路作任何修改。这种天綫導綫的总長为16—30公尺。

在接收地点采用上述各种防止干擾的方法，虽然在很多情况下是有帮助的，但实际上还不能完全解决与电气設備干擾作斗争的問題。

最根本的方法是在干擾發生的地方，也就是在干擾來源处与干擾作斗争。这一方法在下面將加以研究。

不使用特殊裝置抑制无綫电干擾的原理

在談到使用特殊裝置抑制无綫电干擾以前，必須詳細地說明不用任何附加的措施來消除干擾的可能性。

实际上，產生干擾的电气設備常常可在絲毫不損害其主要效能的情况下用具有同样功用但并不產生干擾的另一种設備來代替。例如，可用交流电机代替整流子电机，用工作时电路不

断开的交流电铃代替直流电铃（参看圖5, a）。

在有可能按工作电压选择电气设备的情况下，应选用工作电压較低的设备。

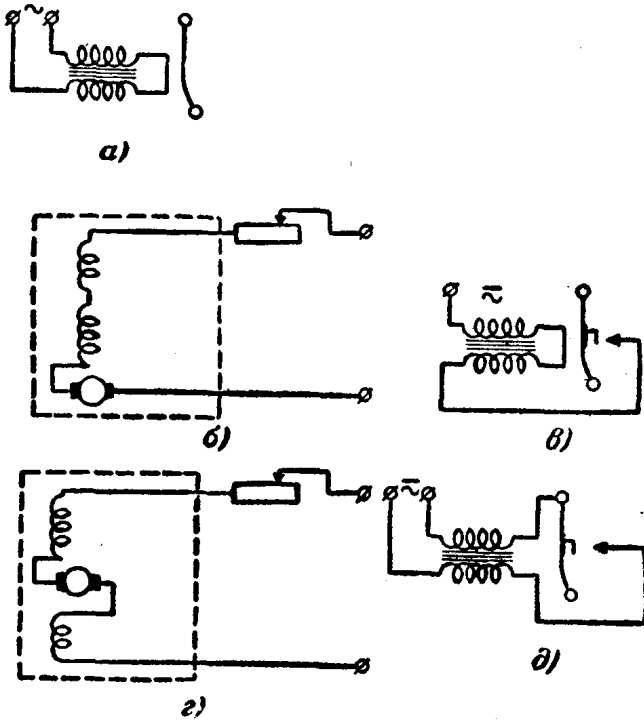


圖 5.

a—交流电鈴电路，б和в—串激电机和直流电鈴电路，
 г和г—將繞組对称联接的串激电机和直流电鈴电路。

同样，必須尽量选用帶有能將內部綫路完全屏蔽住的金属外壳的电气设备。

此外，为了减小无线电干扰，应该仔細檢查產生干擾的电气设备的装配情况，消除装配中不穩固的接触，并使活动的金

屬零件平穩地動作。

在直流电机和交流电机中，整流子或集流环的表面應該是平滑的，电刷應該緊压在表面上。在高压設備的裝配电路中，必須取消处在高电压下的導綫和零件的尖头。最好在導綫尖头上裝上金屬小球，因为这样能够减小无綫电干擾。电压愈高，小球的直徑就應該愈大。

由于处在无綫电干擾場中的導綫金屬外皮之間以及金屬机壳之間的变化不停的接触所引起的干擾是特別普遍的。消除这种干擾的方法是將金屬机壳和導綫外皮与干擾來源机壳之間以及机壳和導綫外皮之間進行可靠的电气連接。

抑制无綫电干擾的有效办法之一是將电气設備的全部繞組与產生火花的接点对称地，因而与无綫电干擾电势对称地，接在工作电流电路中。圖5, 6和圖5, 6表示串激电机和电鈴电路，而圖5, 2和圖5, 0則为經過上述的对称連接后的串激电机和电鈴电路圖。在电路5, 2中，对称联接的是电机的激勵繞組，在5, 0中則是电鈴的电磁鉄繞組。

对称的方法是將繞組分为二个相等的部分，分別联接在干擾來源的兩根導綫上，这样一方面使不对称的内部阻抗平衡，另一方面使每根導綫及地之間的无綫电干擾电压均等。

这些对地符号相異而数值相等的电压在導綫与地之間產生了相互补偿的电場，从而消除了它們对天綫的影响。

由于導綫中干擾电流流过的方向不同，所以磁場也是相互补偿的，因而磁場也就不会影响到天綫。

如果采用了以上列举的方法以后，无綫电干擾电平仍旧相

当高，那末就应该將干擾來源加以濾除和屏蔽。

用濾波器抑制无綫电干擾的原理

將电气設備电路進行改变，从而使无綫电干擾电压減低到允許数值的方法称为“濾除”。

从无綫电干擾來源的等值电路(圖 2)可見，为了減低在阻抗 Z_n 上的电压，就必須增加高频內阻 Z_i 或減小綫路阻抗 Z_n 。在大多数情况下，这两种方法同时采用比較适宜。

增加內阻 Z_i 可采用在无綫电干擾來源的每根引出綫上加接电感綫圈的方法(圖 6, a)。

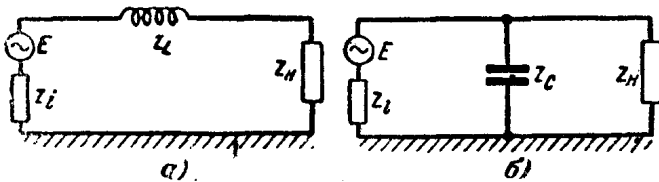


圖 6.

a—接入电感綫圈以增加无綫电干擾來源高频內阻的电路，

b—并联一个电容器以对綫路高频阻抗進行分路的电路。

要減小綫路的高频阻抗 Z_n ，可由每根導綫上并联一个电容器至无綫电干擾來源的机壳或至地(圖 6, b)以对綫路高频阻抗進行分路。

当然，只有在綫圈的高频阻抗 Z_L 較无綫电干擾來源的高频內阻 Z_i 及綫路的高频輸入阻抗 Z_n 大得相当多时，在導綫上接以电感綫圈方才有效。因此，如果 Z_i 和 Z_n 較之 Z_L 小得多，接綫圈才是合宜的。这样就可以來設計制造一个电阻和体積都相当小，