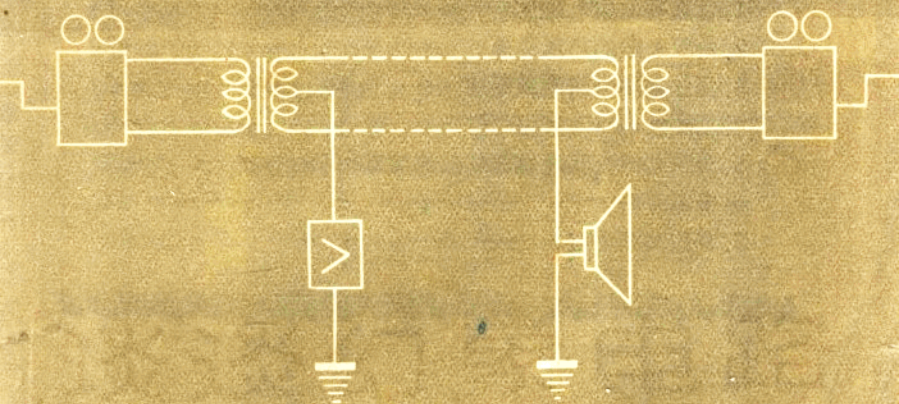
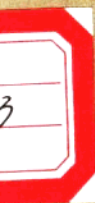


谈谈幻象电路



人民邮电出版社编



內 容 提 要

在目前技术革新运动中，邮电和广播职工同志，破除迷信，大胆设想，試驗成功了利用幻线开放有线广播，解决了广播和电话不能同时进行的矛盾。

这本小册子简单说明了什么是幻象电路，怎样利用幻象电路以及应用时应注意的问题；目的是使广大的机线务员同志了解一些关于幻象电路的技术知识。

談 談 幻 象 电 路

編 者：人 民 邮 电 出 版 社

出版者：人 民 邮 电 出 版 社

北京康四 6 条 13 号

(北京市书刊出版业营业许可出字第 0194 号)

印刷者：邮 电 部 北 京 邮 票 厂

发 行 者：新 华 书 店

开本 787×1092 1/32

1958年9月北京第一版

印张 20/32 页数 10

1960年2月北京第二次印刷

印刷字数16,000字

印数5,001—9,000册

統一书号：15045·总853—有161

定价：(9)0.07元

目 录

1. 什么叫幻象电路	1
2. 幻象电路的簡單道理	2
3. 轉电綫圈的構造及用法	7
4. 用幻象电路通有綫广播	9
5. 利用幻象电路通有綫广播的注意事項	10
6. 参考資料	12
7. 其他幻象电路	16

(一) 什么叫幻象电路

大家都知道，不論是城市与城市間的長途電話或县城到乡社間的县內電話，在建設投資上，綫路費用所佔的比重都很大，因此我們总希望在已有的綫路上能够多通電話、多通电报，提高綫路設備的利用率。

提高綫路設備利用率的方法，目前多采用載波方式和幻象方式，有时既采用載波又采用幻象，在一对綫上开三路載波再开一路幻象电报，就可以有四个通信电路，也就是一对綫当四对綫用。一对綫当四对綫用，綫路利用率就提高了百分之三百。

用載波提高綫路利用率的方法是把各通話頻率搬移到不同的頻段上去，然后再混合起来一起傳送到对方，到了对方再把各通話頻率恢复回来。通話的人不知道在電話局是否把他們的通話頻率改变过。为什么要把通話頻率搬移到別的頻段上去呢？这是因为一般人的通話頻率大多数都在 300 赫到 3000 赫左右，若不搬移开而在一对綫上通話势必互相干扰，搬移开以后使各通話人的通話頻率各佔不同的頻段，就不致互相干扰。現代的載波電話可以在一对同軸綫路上通 1000 多路電話，綫路設備利用率就提高了 1000 多倍。

本書的目的不是介紹載波电路，还是轉回来談談幻象电路。

幻象电路是在实綫电路上多加出来的电路，所謂实綫电路就是通話双方的話音

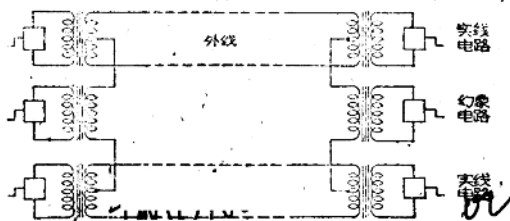


圖 1

电流在自己实际佔有的一对綫上流通的电路，幻象电路是借用人家的实綫構成的电路。在一般的情况下，在两个同杆的实綫电路上可以加出一个幻象电路来，圖1所示就是在两个实綫电路上加多一个幻象电路的例子。可以看出，原来兩对綫上只开两个电路，現在加了一个幻象电路就多出一个电路来，綫路设备并没有增加，这就等于把綫路利用率提高了50%。所以利用幻象电路也可以提高电路利用率。

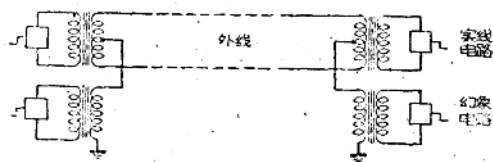


圖 2

实际上在一个实綫电路上也可以加出一个幻象电路来，圖2所示就是这种情况。这时电路利用率

就提高了100%。在通信电路中，圖2所示的电路用得相当多。

(二) 幻象电路的簡單道理

为什么用幻象电路通話，实路幻路之間互不干扰呢？为了說明它的道理，讓我們复習一下电磁学的基本原理。

我們都知道，当一个綫圈上通有电流的时候，它的周圍便产生磁力綫，电流有变动，磁力綫的数目也跟着变动，換句話說，当电流数值增大时，磁力綫的数目也增大。另外，当將另一綫圈移近通有电流的綫圈时，該綫圈会切割磁力綫而产生感应电压，若將另一綫圈短路便会产生感应电流。这就是一般变压器的道理。

在幻象电路里都要使用幻象变压器，也叫轉电綫圈。为了深入說明幻象电路不会干扰实綫电路的道理，我們再进一步研究一下变压器的道理。

在变压器上一般都有个初級圈和次級圈，所謂初級圈就是接电

源的綫圈，次級圈就是通过电磁感应而得到电压和电流的綫圈。变压器上哪个綫圈接电源哪个綫圈就算是初級圈，另外的綫圈就叫次級圈，所以初級圈和次級圈是相对而言的。

圖 3 是个一般具有鉄心的变压器，当初級圈接上电源而有电流按箭头方向流通时，鉄心中便产生磁力綫，其方向如鉄心中的箭头所示。因为磁力綫最容易在鉄心中产生，所以所生的磁力綫絕大部分环绕着鉄心。由于次級圈也繞在同一鉄心上，所以鉄心中的磁力綫便全部穿过次級圈。次級圈中穿过磁力綫时要产生感应电压，按照楞茨定律，所生电压的方向是使有电流流通时，該电流所生磁力綫的方向刚好与鉄心中磁力綫的方向相反。从圖 3 中可以看出，次級圈上的电流方向必須如圈上的箭头所示，即从綫圈的下端出头出来，从上端的出头上回去。

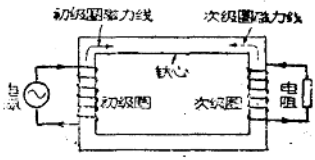


圖 3

讀者也許会問：“次級圈上也产生磁力綫，那末这磁力綫会不会在初級圈上又产生感应电压呢？”，答复是否定的，因为次級圈上所生磁力綫与初級圈上所生磁力綫的方向正相反，所以，会抵消一部分初級圈所生的磁力綫，使初級圈所生的磁力綫数目变小。在一定的鉄心中，維持的磁力綫的数目是一定的，假如磁力綫数目变小时，初級圈上的电流便要增大，以便仍維持原数目的磁力綫。假如电源的电压一定，初級圈上的电流增大就表示电源中要輸出更多的功率。次級圈上有电流通过負荷电阻，要在电阻上消耗功率，这功率是从哪里来的呢？就是通过鉄心中的磁力綫作媒介由初級圈所接的电源中来的。假若变压器的鉄心損耗及銅綫損耗全忽略不計，那末电源中所輸出的功率就恰好是次級圈上負荷所吸收的功率。

現在我們再看一个情况，如圖 4 所示。这时初級上有兩個綫圈

0.12/0.11

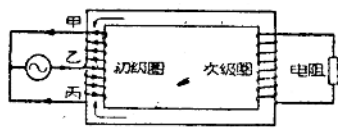


圖 4

串联相接，繞的方向也相同，一个是甲乙，一个是乙丙，乙的地方也可以看作是个中心抽头。当將电源接在乙和甲丙之間时，則电源中出来的电流由乙进入变压器

器而由甲丙回来，繞圈上的电流方向如圖上的箭头所示。由于繞圈甲乙和乙丙的圈数相等，所以由乙到甲的电流及由乙到丙的电流数量也相等。由乙到甲的电流在鉄心中产生反时针方向的磁力綫，由乙到丙的电流在鉄心中产生順时针方向的磁力綫。由于两个电流的数量相同，在鉄心中产生的磁力綫数目也相等，两个数目相等而方向相反的磁力綫一定会完全抵消，因而鉄心中沒有磁力綫。鉄心中既然沒有磁力綫，次級繞圈中自然也就沒有感应电压产生。

这个道理在幻象电路中是極其重要的。

其次，我們再談一个基本道理，如圖 5 所示。在甲乙和乙丙之間串接两个完全相同的电源，在己戊和戊丁之間串接两个完全相同的电阻，那末乙戊之間有沒有电流流通？乍一看看不出有沒有电流流通，而經過一番分析便可肯定是沒有电流流通的。

假設甲乙和乙丙之間的电源都是 6 伏，而且都是上端是正極下端是負極，再假定兩电源中都沒有內阻（有也可以，并不影响分析）；己戊和戊丁之間的电阻都是 3 欧。我們先看上面的一个环路，这个环路是甲己戊乙

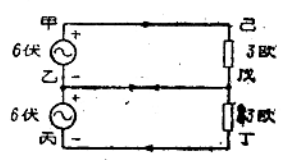


圖 5

甲，电流自甲流出經過己戊間的电阻回到乙，再回到甲完成环路。根据欧姆定律，这个环路里的电流等于电源电压被电阻除，即 $6/3 = 2$ 安。同样，再看下面的一个环路，即乙戊丁丙乙，电流自乙出来經過戊丁間的电阻回到丙，再回到乙完成环路，根据欧姆定律，

这个环路电流也等于 $6/3 = 2$ 安。

从上面的叙述里可以看出，在乙戊之間有两个电流流通，一个是上面环路的电流，它的数值是 2 安，方向是由戊到乙；一个是下面环路的电流，它的数值也是 2 安，方向是由乙到戊，因此在乙戊之間有了两个大小相等而方向相反的电流，这两个电流应完全抵消，等于没有电流。

既然乙戊之間沒有电流流通，那末將乙戊間这根綫拆下来会不会有什么影响呢？答复是沒有影响的。將这根綫拆下以后，圖 5 便变成了圖 6。

圖 6 仍然是个簡單电路，这时計算环路电流时可以把两个电源合并成为一个 12 伏的电源，两个电阻合并成为 6 欧的电阻。根据欧姆定律，这时的环路电流是 $12/6 = 2$ 安，即仍是 2 安。从电源输出的电流看及电阻上流过的电流看都和乙戊間的綫未拆断时一样，因此我們說拆断以后沒有影响。

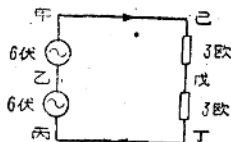


圖 6

在圖 5 的电路中，由于乙戊兩点之間沒有电流流通，假如两个电源都是 1000 赫的交流电源，若在乙戊之間接上一付耳机，那末耳机里必不会听到 1000 赫的声音。

在上面的分析里是假設兩电源的电压一样，兩电阻的阻值也一样，若电源的电压不同，或电阻的阻值不同，乙戊兩点間便会有电流流通。若电源是 1000 赫的交流电源，接在乙戊之間的耳机中便会听到 1000 赫的声音。

这个道理在幻象电路里也是極其重要的。

在实綫电路里加开幻象电路的要求，是实綫电路别干扰幻象电路，幻象电路也不要干扰实綫电路。有了圖 4 和圖 5 所講的道理，便容易明白为什么在一对实綫上可以加一个幻象电路而不会互相干

扰了。

我們再返回来看看圖 2，現把它改画如圖 7，看实綫电路会不

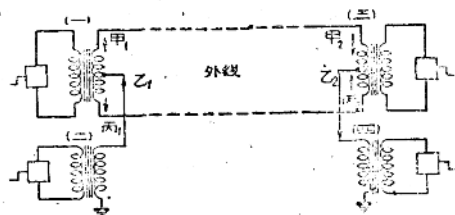


圖 7

会干扰幻象电路，幻象电路会不会干扰实綫电路。首先我們看幻象电路通話时会不会干扰实綫电路。

假設左端的用户

(二)搖鈴，鈴流必由用

戶(二)的变压器次級流向用戶(一)变压器的次級乙₁，然后分兩路，一路是由乙₁→甲₁→外綫→用戶(三)变压器次級甲₂→乙₂→用戶(四)变压器次級→地→用戶(二)变压器次級。另一路由乙₁→丙₁→外綫→用戶(三)变压器次級丙₂→乙₂→用戶(四)变压器次級→地→用戶(二)变压器次級。因为用戶(一)和用戶(三)变压器的次級都是繞向相同的，而且乙₁和乙₂又是各变压器次級的中心抽头，再加上兩根外綫电阻是相同的，因此這兩路电流的数值一定一样。兩路电流的数值既然一样，那末当这鈴流流过用戶(一)的变压器次級时，在該变压器鉄心中一定产生大小相等方向相反的磁力綫，而這兩种磁力綫一定互相抵消，等于在鉄心里不产生磁力綫。既然鉄心里不产生磁力綫，在該变压器的初級圈上一定也不会感应出电压，因此在用戶(一)的耳机里就听不到用戶(二)的鈴流声。同样道理在用戶(三)的耳机里也不会听到用戶(二)的鈴流声。假若用戶(二)和用戶(四)講話，也可以用同样的分析方法証明用戶(一)和用戶(三)的耳机中听不到講話声。这样用戶(二)和用戶(四)通話就不干扰用戶(一)和用戶(三)。

假如用戶(一)搖鈴呼叫用戶(三)，它的鈴流經用戶(一)的变压器次級甲₁出去，經上边的外綫到甲₂，由甲₂到丙₂再經下边的外綫

回到丙₁再到甲₁完成环路。鈴流由用戶(三)的變壓器的次級變換到初級使用戶(三)的鈴响。

用戶(一)的鈴流會不會串到用戶(二)或用戶(四)的回路里去呢？不會的，這情況與圖 6 的情況一樣，因為用戶(一)的變壓器次級是兩個綫圈串聯的，圈數相等，所以兩綫圈中感應出來的電壓數也相等，兩外綫的電阻也相等，用戶(三)變壓器次級也是兩個相等的綫圈繞成的，因此電阻也相等，正像圖 6 中的兩個 3 歐電阻一樣。因此兩變壓器次級的抽頭處很像圖 6 中的乙戊兩點，圖 6 的乙戊兩點間既無電流通過，自然也就不會有鈴流串到用戶(二)和用戶(四)的電路里去，因此用戶(一)和用戶(三)間是否搖鈴，用戶(二)和用戶(四)是不知道的。同樣道理，用戶(三)搖叫用戶(一)，或用戶(一)與用戶(三)講話也不會串擾用戶(二)及用戶(四)。

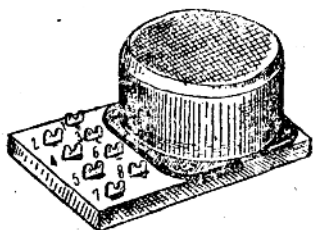
(三) 轉電綫圈的構造及用法

在幻象電路里所用的變壓器並不是普通的變壓器，而是一種特殊形式的變壓器。這種變壓器一般叫做轉電綫圈，或叫轉續綫圈。目前用得最多的是 77A 和 76A 兩種，這兩種的性能是一樣的，只是 76A 是兩只轉電綫圈擺在一塊木板上，77A 是一只擺在一塊木板上。既然兩種的性能一樣，我們只介紹一下 77A 就夠了。

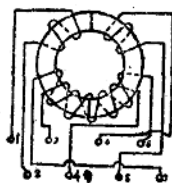
一般變壓器的鐵心是方形的，而 77A 轉電綫圈的鐵心是圓形的。它是用 0.35 公厘厚的上等硅鋼片約 80 片疊成的，疊好后高約 30 公厘。鐵心上繞有四個綫圈，每個約 1000 圈。每圈的直流電阻約 21 歐。

繞好的四個綫圈分別用 1-2, 3-4, 5-6, 7-8 表示，1-2 和 5-6 用 0.345 公厘徑單紗包漆包銅綫分繞在外層各半面；3-4, 7-8 用 0.315 公厘徑單紗包漆包銅綫併繞在里層的各半面。各圈的出頭都接在底

板上如圖 8 甲所示，在鉄心上的纏繞情況如圖 8 乙所示。



甲



乙

圖 8

一只 77A 轉電綫圈，每個圈的自感量用 50 赫電流測量時要大於 1 亨，1-2 和 5-6 的電感量及 3-4 和 7-8 的電感量都不應相差到 1% 以上。

1-2 和 5-6 間的不平衡程度要小於 -60 分貝，3-4 和 7-8 間的不平衡程度要小於 -80 分貝，因此 3-4 和 7-8 之間的平衡程度比 1-2 和 5-6 間的平衡程度高 20 分貝，也就是 3-4 和 7-8 間的平衡程度要比 1-2 和 5-6 之間的平衡程度高得很多。

前面我們談過，做幻象變壓器時，次級圈要有中心抽頭。實際上用 77A 轉電綫圈作為幻象變壓器時，初級圈可以用 1-2 和 5-6 串聯，次級圈用 3-4 和 7-8 串聯。最習慣的接法是 2-1 和 6-5 串聯，4-3 和 8-7 串聯。1、6 作初級圈的中心抽頭，3、8 作次級圈的中心抽頭，聯好以後如圖 9 所示。

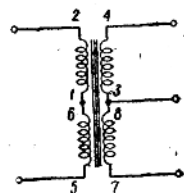


圖 9

前面我們也談過，次級圈上下兩半所生的電壓若完全相等，便不會干擾幻象電路，現在 4-3 和 8-7 間的平衡程度比 2-1 和 6-5 間的高，所以若將 4-3 和 8-7 作為次級圈，產生干擾的可能性便比 2-1 和 6-5 作為次級圈小得多。所以在幻象電路上採用 77A 轉電綫圈作幻象變壓器時最好是將 2-1-6-5 作初級圈，4-3-8-7 作次級圈。

假設轉電綫圈仅仅作为一个 1:1 的变压器用，那末，用 2-1-6-5 作次級圈或 4-3-8-7 作次級圈都可以，因为这时候沒有平衡不平衡的問題存在。

(四) 用幻象电路通有綫广播

目前各农村的有綫广播，大部分是与县內电话同桿同綫，通电话时不能通有綫广播，通有綫广播时又不能通电话，很不方便。

是不是可以用开通幻象电话的方法，在实綫电路上开电话而在幻象电路上开有綫广播呢？假如能这样做的话，不是把“通广播时不能通电话及通电话时不能通广播”的矛盾解决了吗？

1958年三月初，湖北省云夢县邮电局局长严齐家同志，在全国工农业大躍进的形势鼓舞下，冲破迷信，大胆設想，在該局职工的共同努力下，通过三晝夜的辛勞試驗，終于試驗成功了。这就改变了長期存在的县內开放广播就必须停止各乡通話的現象。他們用的电路圖如圖10。严齐家同志的大胆技术革新并不是一帆風順的，由

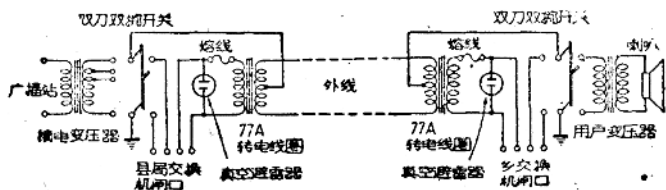


圖 10

于严同志具有敢想、敢做的共产主义精神，才冲破了种种困难*。

河南省舞陽县 1958 年四月学习了云夢局的經驗以后，也在幻

* 关于严同志学习技术、革新技术的状况，可参考 1958 年 7 月 14 日人民日报“他的路走对了”一文。

象电路上开放了有线广播。該县的綫路質量优良，广播輸出电压又低（加負荷时仅有 20—50 伏），所以广播几乎不干扰电话。

(五) 利用幻象电路通有线广播的注意事項

利用幻象电路开通有线广播需要注意下列各項事項：

1. 外綫的兩根綫上，电阻越平衡越好，越不平衡越坏。前面講过，假如兩根綫上电阻有大有小，广播声音一定会干扰实綫通話，而且实綫上通話的話音也会跑到广播喇叭里去。

2. 兩根外綫对地的絕緣也要良好而且也要平衡，否則也会引起干扰。

3. 广播饋綫的电平很高，广播饋綫与其他电话綫的进局时不要平行，否則也会發生干扰。

4. 一条幻象电路等于一条單綫电路，我們知道假如有兩個單綫电路同桿架設，距离稍長便容易互相干扰，因此，用幻象电路通广播时，由于广播电压很高，同桿的綫路不能很多，最好是在只有一对綫的实綫电路上加开一路幻象广播。此外，由于幻象电路等于單綫电路，容易对鄰近的其他市話綫路引起干扰，因此通幻象广播的电路最好距市話綫較远或互成垂直。

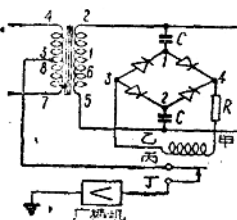


圖 11

5. 在幻象电路上通有线广播，由于广播饋电电压較高，若外綫發生断綫或外綫电阻突然發生严重不平衡时，轉电綫圈的初級圈上会感应出很高的电压来，容易打伤話务員或用戶耳朵，因此应该加裝一些保安裝置。

有人試驗过一种断路器如圖 11 所示。將一个全波晒整流器接在 77A 轉电綫圈的初級圈端，在广播時間

內，外綫正常時，整流器輸入端 1-2 間沒有高電壓，3-4 端沒有直流輸出，繼電器不動作。一旦外綫發生斷綫，轉電綫圈 2-5 端的感應電壓很高，足以使整流器導通，因而繼電器中有直流電流通過使繼電器動作，切斷廣播輸出電壓。圖中電阻 R 是防止較大電流通過保護矽整流片的，它的數值須根據廣播站的輸出電壓、繼電器的動作電流及矽片的容量而定。

電容器 C 是用來阻止振鈴電流的，容量是 0.1 微法。語音電流雖能通過電容器，但因電壓很低，整流器不起作用。

繼電器可利用磁石交換機的吊牌綫圈，在它下面原裝夜鈴簧片，處加裝兩片接觸簧片，簧片平常接觸成通路。綫圈上通電流後，吊牌倒下，利用吊牌本身原來碰擊夜鈴簧片的凸出部分壓開加裝的較長的一片簧片，使兩者分離。為了使簧片接觸牢固，通電良好，必須保證簧片有足夠的強度，但吊牌倒下後又必須能壓開接點，因此可在吊牌上鑽孔，加上一個銅螺絲，如圖 12。若用南京有綫電廠磁石交換機 1500 歐式的吊牌綫圈，用矽片作全波整流，初級上有 60 伏電壓，吊牌就能倒下。

矽片可用北京出品的 432/168 0.075 A 型矽片組改制，整流器每支路可用兩片。

也可以用 6 X 5 旁熱式電子管制成全波整流器如圖 13 所示。

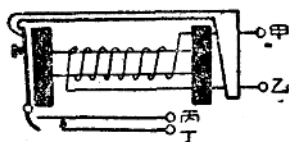


圖 12

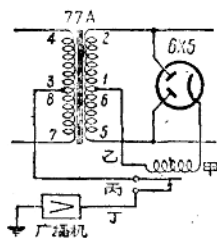


圖 13

採用矽片作整流比用 6X5 節約，並且不需要燈絲電源，平常也不需要專人維護。但應採用起點電壓較低一些的矽片，如 3、4

伏时就能导电才好。

6. 为了防止高压电流冲击到电话机件中，发生人身事故，最好在话务员受话器电路内并联一防止音响冲击的设备。这种设备很简单，只要在话务员受话器的两端接上一组互相颠倒的氧化铜整流片就行，根据经验用电表中所用的小氧化铜整流片各二、三片就既可避免震耳也可不影响通话，加装后的电路如图14。

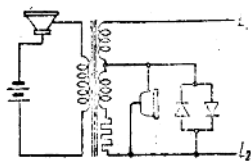


圖 14

(六) 參考資料

县内电话线路同时开放广播和通电话的试验

信阳市邮电局在邮电部邮电科学研究院、长途电信总局、河南省邮电管理局及信阳县广播站工作人员的协助下，作了有关利用同一县话线路同时开放广播和电话的初步试验。这里摘要介绍该局试验结果，供参考。

一、线路特性测试

这次试验选用了信阳邮电局至乡邮电所（乡交换机所在地）的两对铁线，局到站的一段线径2.0公厘，站到所的一段线径2.5公厘，杆距50公尺，杆上设八线木担一道、弯脚4只，做标准交叉计全区、半区各一处、短区三处，全长共14.4公里如图15。

直流测试的结果：第一对线绝缘电阻较低（一条对地0.9兆欧，另一条对地0.6兆欧，两线间0.5兆欧）；环阻略大（924欧）；不平衡电阻尚好（11欧）。第二对线的绝缘电阻，其中一条线很好（30兆欧），另一条太差（0.1兆欧）；环阻较大（1014欧）；不平衡电阻太大（112欧）。

傳輸衰耗測試的結果：較標準值 23 毫奈/公里約高出 50—60%。

近端串音衰耗測試的結果：兩對實綫間的串音衰耗基本上符合要求（一般要求在 7.5 奈培以上）；實綫與本身單幻綫間的串音衰耗都在 7.5 奈培以下，尚可勉強通話；但兩對單幻綫間的串音衰耗僅在 2.0 奈培左右，因此不能同時通話。

二、廣播串擾測試

甲、在廣播站和鄉交換所間，在第一對實綫上，用信號發生器及 50 瓦廣播機，播送 300—10000 赫範圍內的各種信號；在單幻綫上用電子管電壓表，進行近端串音電壓測試，接綫如圖 16。

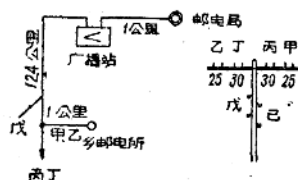


圖 15

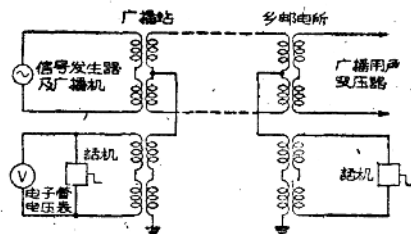


圖 16

當測試頻率 1000 赫，饋送電壓 75 伏時（帶負荷），在廣播站話機側轉電綫圈 2、5 接點上跨接一只 2 微法電容器（圖 17），或用兩只 2 微法電容器串聯後在中間接地（圖 18），就可以使串音電壓降低很多；但通話聲音也很低，且變啞。

當測試頻率 800 赫，饋送電壓 100 伏時（帶負荷），在該轉電綫圈 2、5 接點間跨接一組逆向並聯的氧化銅（圖 19），可使串音電壓由 0.34 伏降至 0.22 伏；雖然通話聲音微有降低，但還清晰。

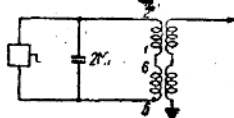


圖 17

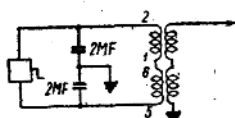


圖 18

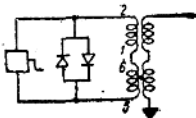


圖 19

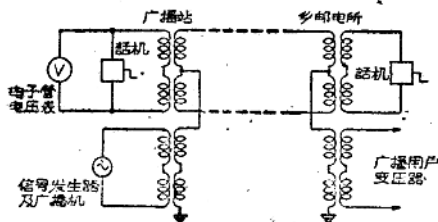


圖 20

乙、在第一对綫的單幻綫上播送各种頻率的信号，在实綫上进行近端串音測試，接綫如圖 20。

当測試頻率 800 赫，傳送电压 110 伏时，

在广播站話机側轉电綫圈 2、5 接点上跨接一組逆向并聯的氧化銅，可使串音电压由 0.3 伏降至 0.20 伏。

三、安全試驗

利用單幻綫开放广播、实綫通話时，倘若一根实綫在近端入地或断綫，在实綫上感应到話局方向的电压，將为广播饋电电压的兩倍，这样高的电压對話局的机械和人身都危害較大。

我們用一部 EE 8-B 長途皮盒机和一部南京有线电厂磁石話机，經過轉电綫圈連接，在次級綫圈上跨接 250 伏真空避雷器，在受話器上跨接氧化銅組，如圖 21。試驗得出以下数据：EE 8-B 話机搖鈴时的开路电压 V_1 为 45 伏；当鈴流进入受話器（南京厂話机）时的电压为 9 伏；最后加上氧化銅組时的电压 V_2 为 2.8 伏。双方振鈴时，真空避雷器都不放电。

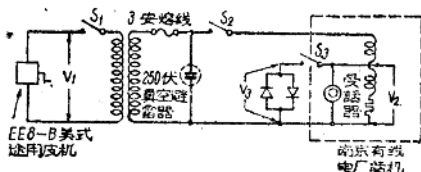


圖 21

另外，將 215 伏交流市电接入轉电綫圈后（圖 22），真空避雷器即开始放电（据測試，电压在

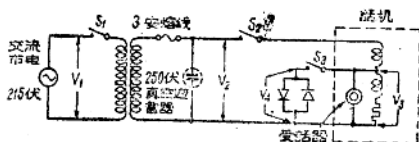


圖 22