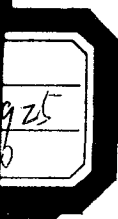
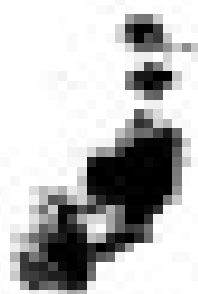


多路無線電 通信的方法和制度

人 民 郵 電 出 版 社



多路無線電 通信的方法和制度



人民郵電出版社

多路無線電通信的方法和制度

蘇聯 П. И. 葉夫多基莫夫 著

人 民 郵 電 出 版 社

П. И. ЕВДОКИМОВ
МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ
МНОГОКАНАЛЬНОЙ
РАДИОСВЯЗИ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
МОСКВА 1952

內 容 提 要

這本小冊子敘述了利用頻率選擇和時間選擇的多路無線電通信的基本原理，它對利用短波和超短波來通無線電話和電報的多路無線電通信制度作了簡明的敘述。

本書供廣大的業餘無線電愛好者使用，同時也供對無線電通信工程發生興趣的讀者使用。

多路無線電通信的方法和制度

著 者：蘇 聯 П. И. 葉 夫 多 基 莫 夫
譯 者：湯 國 權
出版者：人 民 郵 電 出 版 社
北 京 西 長 安 街 三 號
印刷者：郵 電 部 供 應 局 南 京 印 刷 廠
南 京 太 平 路 戶 部 街 15 號
發行者：新 華 書 店

書號：1044 1955年5月 南京第一版第一次印刷 1-4,000 冊
787×1092 1/32 34頁 印張 $1\frac{3}{8}$ 字數45,000字 定價(8)0.31元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

序

無線電——人類最偉大的成就之一——是在我國發明的。
1895年5月7日，偉大的俄國科學家 A.C. 波波夫首次利用無線電來傳輸信號，這樣便創設了技術上的新科目——無線電技術。

由於布爾什維克黨和政府的不斷關懷，無線電技術在蘇聯得到了在其他國家所從未有過的發展和推廣。

無線電技術的發展，由過去直到如今，不僅沿着設計構造無線電通信專用設備的道路前進，並且同時也沿着研究各種波段的無線電波傳播情形的道路前進。在這方面，蘇聯科學家 B.A. 符維堅斯基院士、M.A. 邦奇——布魯也維奇教授、M.B. 舒列金教授、A.H. 舒金教授等做了非常多的工作。

這些科學家工作的結果，確立了短波和超短波無線電波傳播的基本定律，這使我們可以有效地利用無線電波以供遠距離和近距離通信的需要。

蘇聯的科學和技術工作者本着先進的俄國科學家的光榮傳統，繼續改進無線電技術，開闢着利用無線電的新的道路。

在我們國家裏，還在偉大的衛國戰爭以前，就開始應用多路無線電通信的新原理，當時用一部發信機同時傳送好幾路電話和電報通信。

近年來，超短波波段（УКВ）上的多路無線電通信技術得到了很大的發展。並且靠着所謂“無線電接力線路”的一連串收發信無線電台，同時實現幾十路電話通信和幾百路電報通信。

採用定向天線來進行超短波通信，尤其是在無線電接力通信

制度裏，不僅減低了發信機的必需功率數值，並且大大地削弱了接收機輸入端各種雜音的強度。把高頻電能集中在所需要的方向的可能性，使我們在進行幾十公里距離的通信時，祇要使用幾分之一瓦特的微小電力。在發展定向天線技術和理論這一方面，蘇聯科學家 A. A. 皮斯托里柯爾斯教授、B. B. 塔塔林諾夫教授等有過很多貢獻。

蘇聯科學家用自己的勞動把多路傳輸技術提高到高度發展的階段。

這本小冊子敘述了多路無線電通信的基本原理和制度以及在這些制度裏所應用的設備的各個部分。

II. 葉夫多基莫夫

目 錄

序

第一章 無線電通信的概念	(1)
無線電話通信的任務.....	(1)
最簡單的無線電話通信方法.....	(1)
無線電接力通信線路.....	(2)
第二章 無線電通信中的調制方法	(4)
基本概念和定義.....	(4)
調幅.....	(5)
調頻.....	(8)
脈衝振幅調制和它的特點.....	(11)
脈衝寬度調制和它的特點.....	(14)
脈衝相位調制.....	(20)
脈衝編碼調制.....	(27)
第三章 多路傳輸的原理	(32)
通信電路的概念.....	(32)
利用信號頻率選擇的多路傳輸方法.....	(32)
利用信號時間選擇的多路傳輸方法.....	(36)
第四章 多路無線電路的制式	(40)
短波多路無線電通信制度 (<i>OPM</i>).....	(41)
利用調頻和頻率選擇的超短波多路無線電通信制度.....	(45)
在公分波段上使用脈衝相位調制的多路無線電通信制度.....	(48)
各種方法和制度的評比.....	(59)
結語	(60)

第一章 無線電通信的概念

無線電話通信的任務

無線電話通信的主要任務和既發送音樂又發送語言的無線電廣播不同，它祇把語言從一個地方傳送到另一個地方。大家都知道，人類的語言是由不同的聲音組成的，每一個聲音的特性都用不同振幅和不同頻率的許多聲波來表示。

經多次的研究以後，證明了在傳送從 300 到 2700 週的頻帶時，正常的語言清晰度仍可以得到保證。

無線電話通信的任務就是傳送這一段比較狹窄的頻帶。

對無線電話通信的頻帶進行限制，通常是在發信端利用帶通濾波器來實現的。

最簡單的無線電話通信方法

圖 1 表示無線電話通信線路的最簡單的示意圖。

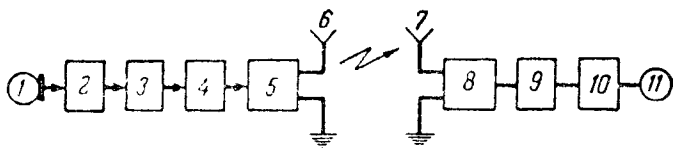


圖 1. 無線電話通信線路的簡圖

- | | | | |
|----------|----------|---------|--------|
| 1—話筒； | 2—帶通濾波器； | 3—放大器； | 4—調制器； |
| 5—高頻振盪器； | 6—發射天線； | 7—接收天線； | 8—接收機； |
| 9—檢波器； | 10—放大器； | 11—聽筒。 | |

在話筒沒有接入時，發信台把頻率和振幅都不變的電流送到天線上。

在通話時，話筒 1 產生與語言聲波相對應的交流電壓。帶通

濾波器 2 容許 300 至 2700 週的頻帶通到放大器去。經過放大器 3 之後，音頻被送到調制器 4 上。在調制器 4 中，音頻對高频振盪起作用，改變高频振盪的振幅或頻率。

那些需要由無線電傳送的振盪對高频振盪起作用的過程叫做調制。

當發射天線上面有高频電流時，它就向空間發射電磁能，這電磁能被接收天線 7 接收後，就在接收天線中產生一電壓，此電壓的變化同發射天線上一式一樣。

經接收機 8 放大後的電壓，被檢波器 9 檢波成低頻波。這些低頻波與組成語言的波相符合。它們經過必需的放大器 10 後被加到耳機 11 上。這樣一來，高频電波就好像是表示語言的低頻的傳送者。

上列簡圖僅表示單向語言傳送。爲了進行雙向無線電通信，就必須有第二套無線電設備，也就是再需要一個發信機和一個接收機來傳送反方向的語言。

無線電接力通信線路

超短波，特別是公寸波和公分波（頻率高於 300 兆週），幾乎是直線地傳播的，如同光線一樣。因此，由於地球表面彎曲的緣故，超短波電台的有效通信半徑是不大的。當天線高度升高幾十公尺的時候，有效通信半徑是幾十公里。但是利用超短波仍可以進行幾百公里以至幾千公里的無線電通信。爲此，採用了如同幾百年前光線電報中那樣傳送信號的方法。

爲了利用光線電報來進行通信，建立了許多高塔，在高塔的頂上固定着特殊的光信號裝置。光信號從一個高塔傳給另一個高塔，這樣便越過了巨大的空間。這種通信是很慢的，在長距離上

傳送一張電報差不多需要幾小時。

如今採用着類似的高塔，這些高塔裝設在相隔大約60—80以至100公里的距離上。在塔頂上裝設了超短波無線收發信台的天線（如圖2）。

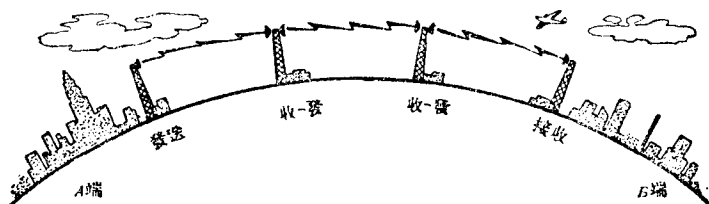


圖 2. 無線電接力通信線路的電路圖

由此可見，城市間的通信是沿着一連串的無線電台來進行的。一個電台所發出的信號，被第二個電台接收後再轉送到下一個電台，這樣就使信號從一個地方傳到另一個地方直到電路終端。由於無線電波的定向發射，這樣的無線電路是使用小功率的發射機來工作的，因為電能不擴散到四面八方。

採用一連串無線電台的無線電路叫做無線電接力通信線路。

無線電接力通信的原理，首先被無線電技術先進工作者H.T. 弗烈伊馬教授和M.A. 邦奇——布魯也維奇教授所提出。如今，長距離的超短波無線電通信的任務主要用無線電接力線路來解決。

在建立無線電通信線路時，要經濟合理地使得在一連串無線電台上實現許多個通信。因此，目前的無線電接力線路是多路的，也就是容許同時傳送很多路數的電話而不相互干擾。

利用無線電接力線路來通信十分可靠，這使得中繼電台中可

以不用維護人員。這些中繼電台的操作自動化，它們由無線電接
力線路的一端或另一端發送的信號來自動控制。

第二章 無線電通信中的調制方法

基本 概念 和 定 義

無線電話通信通常是用低頻率的聲波來調制發信機的高頻電
流來實現的。在無線電通信工程裏，廣泛採用兩種發信方式。第
一種是發信機連續發射電能，第二種是發信機脈衝發射電能。

在電能連續發射時，天線中電流的特性用振幅和頻率來表
示，因此，當載頻的數值穩定時，調制電波的振幅是可能的，或者當
天線中電流振幅的數值穩定時，調制電波的頻率是可能的。因而，
在電能連續發射時，調制方法分爲調幅(AM)和調頻(FM)兩種。

近年來無線電工程在掌握公分波和公分波方面所達到的成
就，以及雷達技術的發展，使我們可以採用新的方法來控制發信
機的電波以進行無線電通信。

大家知道，雷達發射機是用短時間的脈衝來工作的，同時脈
衝的延續時間比脈衝之間的間隔小許多倍。使用這種工作方法，
可以使脈衝中的功率爲平均功率的幾百倍以至幾千倍。

採用雷達發射機的工作方式來進行通信是不行的，因爲在通
無線電話時，需要對脈衝進行調制，使它們能夠成爲語音的傳送
者。因此，研究出了脈衝調制法。

當發信機的電能脈衝發射時，脈衝的特性可以用振幅、延續
時間和對於固定時間的位置來表示。如果高頻電波的脈衝被接收
機所接收並被檢波，則在檢波器輸出端將得到直流電壓的脈衝，

這些脈衝的特性也可以用振幅、延續時間和對於固定時間的位置來表示。由此，把脈衝調制法分成下列幾種：

1. 脈衝振幅調制 (AM) —— 在脈衝振幅調制時，發信機發送的高頻脈衝的振幅隨着調制電壓的改變而改變。

2. 脈衝寬度調制 (WM) —— 在脈衝寬度調制時，發信機發送的全部高頻脈衝的振幅都保持不變，而只是改變脈衝本身的延續時間（脈衝的寬度）。

3. 脈衝相位調制 (PM) —— 在脈衝相位調制時，高頻脈衝的振幅和延續時間都保持不變，而只是改變脈衝對於某一固定時間的位置，換句話說，只改變脈衝的相位。

爲了使發信機用上述方式來工作，在發信台中就必須具有特殊的調制器，這些調制器應該產生適當形狀的脈衝。

不論那一種脈衝調制法，都始終使用雙重調制：初次調制是用被傳送的信號來調制直流電壓脈衝羣或直流電流脈衝羣；二次調制是用初次調制所得到的脈衝來調制高頻振盪的振幅。

調 幅

最通用的調制方法是使發信機送到天線上的電波的振幅改變，而使此電波的頻率保持不變。這種調制方法叫做調幅 (AM)。

調幅的電路圖大家知道有好幾種；在無線電通信實用上得到廣泛應用的許多電路圖是在蘇聯發明的。蘇聯科學家 $A. H. 別爾格$ 、 $A. J. 明茨$ 等在無線電工程發展初期在這方面有過很多新的和有價值的貢獻。最簡單的調幅電路圖示於圖3。從頻率爲 f_0 的振盪器出來的電波被加到電子管 λ 的控制柵極上。調制電壓也加在這電子管的控制柵極上。如果適當地選配電子管的工作狀況，在電子管屏極電路中振盪槽路 LC （它調諧在頻率 f_0 上）的端子上

便會得到振幅變化的電壓 u_N (圖 4) ; 電壓 u_N 的包絡線 相當於 調制電壓 u_M 。從端子 a 和 b 上取下的電壓被送到 功率 放大器上, 經過放大後, 就被送到發信機的天線上。

俄國科學家**M. B. 舒列金**教授, 在無線電技術歷史上第一次確定了: 在調幅時, 發信機送到天線上的電流, 除了有載頻 f_c 外, 還有附加頻率, 並且附加頻率與載頻之差就是調制頻率。

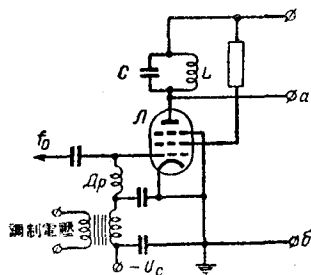


圖 3. 調制器電路圖

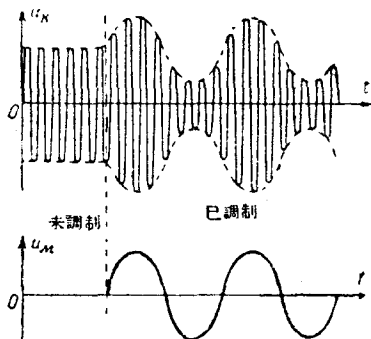


圖 4. 調幅波

例如, 如果發信機的載波只用一個1000週的音頻來調制, 那

末被發信機送到天線上的附加頻率是

$$f_0 - 1000 \text{ 週和 } f_0 + 1000 \text{ 週。}$$

這些附加頻率叫做邊頻。

如果發信機的載波是用頻譜來調制的，如同在傳送語言時那樣，那末天線中的電流由載頻 f_0 和邊頻頻譜所組成。

例如，在傳送語言時，調制頻率的頻譜限制在300至2700週之間，那末邊頻將限制在所謂上邊頻和下邊頻的範圍內

和 從 $f_0 + 300$ 週到 $f_0 + 2700$ 週

從 $f_0 - 300$ 週到 $f_0 - 2700$ 週之間。

載頻和邊頻的頻譜示於圖5。

一個調幅無線電話發信機所需要的頻譜由 $f_0 - 2700$ 週到 $f_0 + 2700$ 週，而整個頻帶的寬度在傳送語言時等於最高調制頻率的兩倍，即

$$\Delta F_{AM} = 2 \times 2700 = 5400 \text{ 週。}$$

式中 ΔF_{AM} 是調幅無線電通信所必需的頻帶。

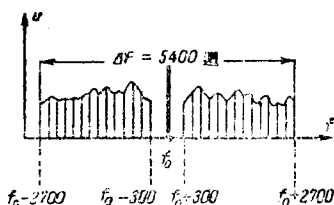


圖5. 載頻和邊頻的頻譜。

f_0 —載頻；

ΔF ——一個調幅電路的頻帶。

如果另外一個無線電通信線路採用載頻 f'_0 ，那末這一頻率應該適當地離開頻率 f_0 ，使這二個無線電線路的邊頻不互相重疊。因為每一個無線電台都需要一定的頻帶，所以在頻率最高只有1500千週的長波和中波波段內，能够容納的不相互干擾的無線電台的數目極為有限。因此，這二波段主要供廣播無線電台使用。通備時則應用短波及超短波波段，它們佔據的頻率從6兆週到3000兆週。在這二波段上，無線電通信電路的路數實際上可以說是沒

有限制的。

但是在很高的頻率上利用調幅來通信是不適當的，因為由於接收機和發信機調諧的不穩定，分配給每一無線通信電路的頻帶必須加寬。例如，載頻 f_0 等於100兆週，這相當於波長為3公尺，那末在發信機頻率穩定和接收機振盪器調諧也穩定的情況下，在傳送語言時每一個通信電路需要的頻帶等於

$$\Delta F_{AM} = 5400 \text{ 週。}$$

如果發信機的頻率不穩定性為0.05%，則由於這種不穩定性，頻率 f_0 可能在±50000週範圍內變動。因此，接收機槽路的通過頻帶必須不小於100,000週（載頻左右各50000週）。在超短波調幅無線電通信線路上必須採用較寬的頻帶（與合適的相比較）是調幅的缺點，因為加寬頻帶會使作用於接收機的雜音顯著增大。爲了這原故，調幅在超短波波段裏不及其他調制法。

調 頻

使發信機天線中電流的振幅在所有時間內都保持不變而使它的頻率按照調制電波而變化的那種調制法，叫做調頻（FM）。

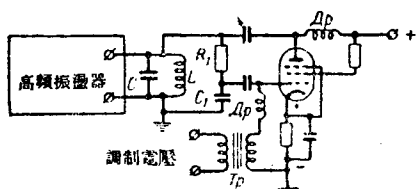


圖 6. 電抗管電路。

在現時，大家知道有好幾種能夠得到調頻的電路圖。在無線電通信實用上最常用的是電抗管電路，在這個電路中，用一電子管與電子

管振盪器的振盪槽路相並聯（圖6）。在一定的工作狀況下，接於槽路兩端的電子管可以與一電容或電感相等效，此等效電容或等效電感的大小隨着電子管控制柵極上所加的電壓而變化。利用

這種電路來改變頻率的情況示於圖 7。利用電子管調頻的概念和這種調制器的工作原理是在 1931 年由蘇聯科學家 Г.В. 布拉烏傑所研究出的。在現時，主要採用這種方法來調頻。

調頻和調幅不同，在使用調頻時，一個無線電話傳輸電路所需要的頻帶不是等於最高調制頻率的兩倍，而是等於調制時最大頻率偏移的兩倍（當這個頻率偏移大於最高調制頻率時）。

例如，在調制時，如果最大頻率偏移為 25000 週，那麼無線電通信電路所需要的頻帶將等於

$$\Delta F_{FM} = 2 \times 25000 = 50000 \text{ 週。}$$

在調頻時，頻譜的寬度與調制頻率無關，亦即與實施調制的是低頻率、高頻率抑或是頻帶無關。在沒有調制時，發信機發射的電波，其頻率等於所謂中心頻率 f_0 ，但在調制時便出現了邊頻，這些邊頻佈滿了在 50000 週範圍內 ΔF_{FM} 的整個頻帶。

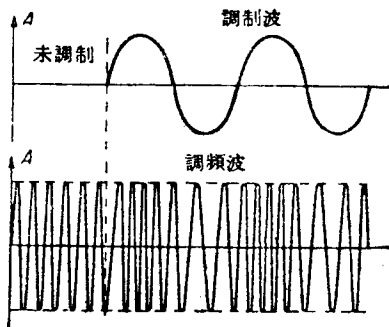


圖 7. 調頻波

如果頻率偏移的數值超過最高調制頻率好幾倍，那末這種調制方法就叫做寬頻帶調頻。

不難看出，調頻時每一個無線電通信電路所需要的頻帶比調幅時大上許多倍，因此，如果不考慮發信機頻率的不穩定性，在一定的波段內，能够容納的調頻電台的數目比調幅電台的數目要少。但是，調頻和調幅相比之下，調頻有可能提高無線電通信的

抗擾度。

蘇聯科學家 B. H. 西福羅夫的研究，確定了在公尺波波段，調頻在抗擾度方面的增益可以是調幅的10至30倍。

對於調頻信號接收方法的研究，表明了，在頻率檢波器之前裝一個特種設備——限幅器，就可以把干擾的有害作用減弱很多倍。

限幅器的作用示於圖 8。限幅器切去了所有的振幅變化，但是它不影響頻率的調制。

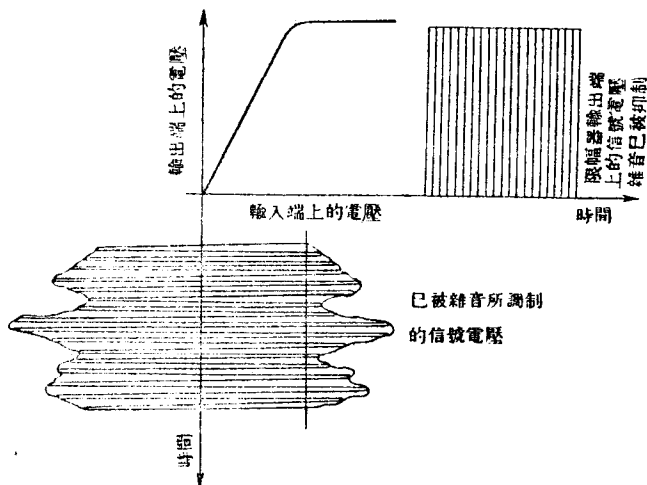


圖 8. 限幅器的作用

這種狀況是調頻制的一個很大的優點。因此，雖則調頻時每一個無線電台所需要的頻帶比調幅時為寬，但在公尺波波段，調頻不僅在單路無線電路上優先地廣泛使用，而且在多路無線電路上也優先地廣泛使用。