

9426



电话回路交叉

人民邮电出版社

電 話 回 路 交 叉

蘇 聯 阿 庫 里 生 著

人 民 郵 電 出 版 社

П. К. АКУЛЬНИН
**СКРЕЩИВАНИЕ
ТЕЛЕФОННЫХ ЦЕПЕЙ**

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ
СВЯЗЬИЗДАТ 1953

電 話 回 路 交 叉

著 者: 蘇 聯 П. К. 阿 庫 里 生
譯 者: 中 華 人 民 共 和 國 郵 電 部 設 計 局
出 版 者: 人 民 郵 電 出 版 社
北京東四區6條胡同13號
印 刷 者: 人 民 郵 電 出 版 社 南 京 印 刷 廠
南京太平路戶部街15號
發 行 者: 新 華 書 店

書號: 有47 1955年7月南京第一版第二次印刷4,201—6,700冊
850×1168 1/32 100頁 印張6 $\frac{2}{3}$ 字數163,000字 定價1.00元

★北京市書刊出版業營業許可證出字第〇四八號★

原 書 前 言

架空通信線路在蘇聯通信線路建築的一般程式中，佔據着重要的地位。這些架空線路價值數億盧布。因此，正確的從技術與經濟上來選擇架空明線的線路建築構造就有特殊重要的意義。

電話回路間的互相串音影響是決定選擇線路建築構造的最重要因素之一，這個影響隨着電流週率的增高而變大。例如，選擇架掛線條的電桿截面型式（掛在彎鉤上或線担上），選擇電話回路的導線間距離及回路間距離，選擇電話回路的構造及交叉程式，以及與標準尺寸的偏差容許值——所有這些技術問題基本上都服從於一個目的：將回路間的串音影響減小到規定的標準以內。這一點對於供給150千週以下的多路高週載波報話機件用的有色金屬幹線回路來說就特別重要。

實踐證明，當沿架空明線傳輸高週電流時，電報及電話通信的質量在頗大程度內依賴於線路建築設計與施工的質量及電話回路交叉程式的計算與執行的正確性。

在主要供省內及區內電話電報通信應用的鋼線回路上，大半都是傳輸音週波帶的一路通話。僅有少數的一些鋼線回路用來多傳輸一路週率範圍從3到9千週的補加通話。鋼線回路採用的這樣少，是由於它的高週電流時具有很大的衰耗，因而需要密集地裝置比較昂貴的增音機。

增音機製造上的最新成就及其價值的降低、遠距離供給電源、

以及增音機工作不需要人員管理，使我們能夠來研討擴大沿鋼線回路傳輸的週波帶到 25—30 千週的可能性，這樣沿每個鋼線回路就會有三個補加的電話電路。

在架設傳輸 25—30 千週高週電流用的省內及區內通信的鋼線回路時，從消除回路間串音影響的觀點來看，就需具有與幹線同樣的條件。

這也就需要培養一大批通曉架空通信線路設計與施工的熟練專家。

除此而外，經驗證明，在高級技術水平上來完成線路工程與正確的維護，只有在工程隊長、線務員、維護人員及工人們都明瞭正確地執行架空線路的技術標準對電話電報通信質量是具有怎樣重要意義的時候，才有可能做到。

在本書這次第三版中有很大的改變、刪除及增補。尤其是第二章改變得最多，考慮到由於線路構造的不均勻性、回路終端的反射及經由第三回路而引起的串音影響時，在 150 千週以下的全部週波帶內，有色金屬回路間近端與遠端串音衰耗的詳細計算方法。

鑑於這點，並列入一些補充公式與圖表（參照 1947 年版電話回路交叉指南中的公式與圖表），這就大大地便利了回路間串音衰耗的計算。

第二章第十三節——第二章第十六節及第二章第十九節、第二十節同樣是新加的。

在準備第三版的手稿時主要是考慮到各省郵電管理局、線路技術中心站的願望，以及將他們對本書第二版的評論與意見寄到郵電出版社去的某些同志們的意見。

作者謹向提出意見的所有團體與個人致以誠懇的謝意。

作 者

原書引言

減小電話回路間的互相串音影響以及減小外來的干擾到容許範圍以內的問題，其發展歷史可分為兩個時期。第一個時期的特點是發展應用音週電流的通話；第二個時期（現在）可以稱為高週率通話的時期。

在第一個時期的開始，1877—1880 年代，規定了長途電話通信必須應用雙線回路，而不應用作為電報通信的單線回路；並且為了免受互相串音及外來干擾的影響而施行交叉。如果最初的電話線路較短，可以用鋼線來通話，那末後來為了加大通信距離就開始應用有色金屬導線——銅線及鋁線，並加粗導線的直徑。

鑒於線路建築價值甚大，同時隨着電話的發展，有一些通信方面的專家與發明家開始想使電話回路同時用作直流電報通信的方法。例如，1880 年俄國陸軍上尉 Г. Г. 伊格那啓也夫在長途通信技術史上最初提出了沿一個回路同時通話及通報的方案，在該回路內採用濾波器來分開電話及電報電路。這個日期應當認為是長途電話回路的多路應用技術發展的開始。在外國，類似的提議只是在 1882 年才由王、利斯別爾格提出。

1893 年，E. H. 格沃茲吉夫曾提議並實際上在敖德薩——尼古拉也夫雙線回路上以一個電話及兩個電報傳輸進行了多路應用的更完善之試驗，這裏實際上採用了低通及高通濾波器。在美國，相似的方案只是到 1920 年才提出的。

1896 年，И. Д. 沃伊那羅夫斯基發表了他研究出的電話傳輸理論，並做出當時最長的電話線路中的一個線路——彼德堡——莫斯科的建築工程設計。1898 年，在 А. А. 諾維次基領導下，這條由直徑 4 公厘之銅線架設的二個回路的線路建築完工了。導線架掛在彎鉤上，導線間的距離是 60 公分。第一個回路每隔 16 桿檔均勻地施行交叉，而第二個回路每隔 32 桿檔均勻地施行交叉。由於這條線路在每俄里內建有 16 根電桿，於是第一個回路每隔一俄里施行交叉，而第二個回路是每隔二俄里。後來在這個線路上，又架掛兩個導線直徑 3 公厘的銅線回路，其中每個回路都每隔四俄里施行交叉，而互相間的交叉相距二俄里。

必須指出，在建築彼德堡——莫斯科電話線路以前，曾按同樣大小規模做了很多實驗性的研究。例如，於編製電話線路工程的設計前，彼德堡——莫斯科地段沿着鐵道路基的兩旁有兩條電報線路，為了減小電報線對電話回路的串音影響，決定將電報線移掛到鐵道一邊的線路上去，而將設計的電話回路架掛到鐵道路基的另一邊空出的電桿上。

雖然如此，仍擔心電報線有可能對電話回路產生強烈串音干擾。因此，在開始上述工作以前，將鐵道一邊的一對電報鋼線用來組成一個電話回路，在彼德堡——莫斯科的全長上做成相當的導線交叉。此後，將這個線路上其餘導線都絕緣，而在鐵道另一邊的全部電報線上，進行強烈的通報工作。觀察證明，在這個幹線全長上沿鋼線回路進行通話，並沒有從電報線送來劇烈的干擾。基於這些試驗，後來就將作為長途電話通信用的銅線或鉛線回路與電報線通常是分別架掛在鐵道路基的相對兩邊。

1910 年，在 Е. В. 基塔也夫領導下完成了莫斯科——哈爾科

夫電話線路的建築工程並開始使用。在這同時，莫斯科——下諾伏哥羅得地段上建築了鉛線電路。與建設長話線路的同時，也進行了所謂地方電話線路的建築。

在第一次世界大戰將開始前，建築了最早的高壓線路，因此就發生了怎樣使電話回路不受這些線路影響的問題。1914 年，A. A. 高列夫在《電》雜誌上發表了關於高壓線路對通信線路影響的計算方法的著作，在這個問題上，大大超過了外國的學者們。

這時，沿每個電話回路只能通一個電話。中間的電話增音機當時還沒有出現，所以通信的距離受電話機能力的限制。

第一次世界大戰期間，長途電話通信技術上使用了電子管，並研究出電話增音機的電路圖及構造。在俄國，爲了增大長途電話通信的距離而創造電子管增音機的工作是在 1915 年由 B. H. 科伐林科夫開始的，並在 1919—21 年間擬定了一系列的電話中間增音機的電路圖。

1922 年，依照 1921 年 10 月 5 日勞動與國防會議的決議，並經列寧簽署決議，在莫斯科——彼得格勒電話線路上裝設了第一部蘇維埃的 B. H. 科伐林科夫型的電子管電話間增音機。這就開始了第二個時期——蘇聯長途電話通信網的發展時期。共產黨和蘇維埃政府對通信事業的發展過去是現在仍然是給予很大的注意。由於蘇維埃國家的創始人與領導者列寧和斯大林的幫助與支持，在我們國家內創建了自已的強大的通信工業，並進行了有系統有計劃的長途通信線路的建設事業。

在蘇聯，1939 年建築成功了一條世界上最長的莫斯科——伯力（8300 公里）電話幹線，並開放通話，這在長途通信技術史上來說是破天荒的第一次。這條幹線的設計開始於 1934 年初，是爲

了在每個回路上傳送高達 100 千週的電流而設計的。而同時，在美國 1932 年建築好的脫仰喀那特幹線（6700 公里），僅供傳送 30 千週以下的電流。

從 1957 年起，長途電話通信線路的設計是要沿有色金屬回路來傳送 150 千週以下的電流，並在每個回路上同時互不干擾地傳送 16 個電話。正如在前言中已經指出的，現在提出了有效地利用鋼線回路的任務，要在每個鋼線回路上傳送四個電話。

關於電話回路間串音影響與消除這個影響的方法以及改善架空線路機械特性方面的理論和實驗的研究，在第一個斯大林五年計劃的頭幾年開始迅速的發展。當時，在全國各個地區開始了蓬勃的工業建設需要大量良好質量的電話通信電路。

在研究一系列的複雜的理論問題中，在無論是專門供試驗的線路上或是已開放通話的新架設的線路上大量進行線路的電氣測試時，以及在擬定電話回路交叉指南時各種計算與製表工作中，都有大批的科學工作者、工程師與技術員參加工作。

在研究電話回路間互相串音影響的理論及減小這個影響的方法工作中，必須表揚 B. H. 科伐林科夫、B. A. 諾維科夫、H. A. 巴亦夫、Д. H. 沙沃羅夫及 M. C. 福克斯的辛勤努力。

在架空線路機械部分的研究工作中起領導作用的是 H. A. 約爾金、H. A. 伏羅洛夫、A. H. 古密爾及 H. B. 科布吉夫。在研究隔電子的理論及新型式樣的工作中，Г. М. 雷興的工作有很大的意義。

在製定電話回路交叉指南時，特別重要的工作是由 H. A. 伏羅洛夫、B. 3. 馬雷歇夫、A. H. 古密爾、H. Г. 波士洛夫、M. A. 克利莫夫來完成的。在進行實驗測量的工作中，絕大多數的工作是

由 И. И. 西尼青、И. Г. 波士洛夫、Н. А. 維那格拉多夫來作的。

在高壓線路對通信線路感應影響的理論與實驗研究工作方面，在進行工作的專家中應當表揚 И. А. 阿茲布金及 М. И. 米哈伊洛夫。

目 錄

原書前言

原書引言

第一章 傳送成音週率電流時，電話回路間的串音影響

第一節	引起回路間串音影響的原因	(1)
第二節	在 800 週時，單線回路間的導線間距離和導線長度對串音的影響	(3)
第三節	未施行交叉的雙線回路間的相互串音影響	(7)
第四節	導線交叉程式對雙線回路間串音的影響	(20)
第五節	各種交叉程式的組成、符號及在理想線路構造時的交叉效果	(26)
第六節	以串音電流的附加衰耗來表示理想交叉效果	(33)
第七節	回路的相互位置與交叉程式對回路間串音電流衰耗的影響	(34)
第八節	由於施做交叉的電桿間距離的不一致而產生的補加串音	(56)
第九節	由於導線垂度不相等以及回路導線電阻及絕緣電阻不平衡而產生的補加串音	(57)
第十節	實際交叉效果	(39)
第十一節	計算成音週率時的鋼線回路交叉程式實例	(13)
第十二節	不平衡長度的概念及依照不為 2 倍數的指數施行交叉	(48)
第十三節	在區間連接點上回路交叉的規則	(56)
第十四節	桿路截面型式的改變或回路位置的變更可能造成多餘的交叉	(59)

第十五節	偽做的交叉	(63)
第十六節	點式交叉與桿檔交叉 (譯註: 即滾式交叉) 構造的比較	(64)
第十七節	交叉時導線的旋轉	(65)
第十八節	在同一桿路上架掛廣播回路和電話回路	(68)
第十九節	基本間隔長度不為 100 公尺時的理想交叉效果	(71)
第二十節	有色金屬回路間的串音衰耗及有色金屬回路與鋼線回路間的串音衰耗	(73)
第二十一節	在現有通信線路上新掛鋼線回路的交叉	(74)

第二章 傳送高週率電流時，電話回路間的串音影響

第一節	傳送高週率電流時的通信原理圖及遠端串音的各種途徑	(85)
第二節	未施有交叉回路間的近端串音影響	(89)
第三節	施有交叉回路間的近端串音影響	(95)
第四節	理想的線路構造情況下，決定施有交叉回路間近端串音衰耗附加值的表格編製原理	(96)
第五節	回路交叉所引起的相鄰回路吸收能量現象	(101)
第六節	估計到線路構造不均勻性的有交叉回路間的近端串音衰耗附加值	(104)
第七節	傳送高週率電流時近端串音衰耗的標準	(109)
第八節	由於回路間直接耦合而產生的遠端串音影響	(115)
第九節	經由相鄰第三回路的遠端串音影響	(116)
第十節	在理想的線路構造情況下，確定經由第三回路遠端串音用的計算公式及表格	(127)
第十一節	在經由第三回路發生串擾電流時，由於線路構造的不均勻性而產生的補加串音影響	(135)
第十二節	確定接收電平與遠端串音電流和的電平間總差值的方法	(144)

第十三節	短區回路間的串音影響.....	(151)
第十四節	電纜引入裝置與站內配線是減小遠端串音衰耗的因素.....	(153)
第十五節	沿省內架空通信線路的鋼線回路進行多路高週通話的可能性.....	(155)
第十六節	傳送高週率電流時有色金屬回路與鋼線回路間的互相串音影響.....	(160)
第十七節	增音站內經由第三回路的串音影響.....	(167)
第十八節	決定增音站前兩引入電桿間的容許距離的方法.....	(177)
第十九節	架掛在兩平行線路上施有交叉的有色金屬回路間的近端串音影響.....	(179)
第二十節	決定平行線路間容許距離的方法.....	(184)

第一章

傳送成音週率電流時，電話回路間的串音影響

第一節 引起回路間串音影響的原因

平行電話回路間的相互串音影響表現在：當沿一個回路進行通話時，在相隣的平行回路上可以聽到這個通話。

回路間存在有電的和磁的耦合是造成電話通話從這個回路串擾到另一回路去的原因。

用單線回路的例子來說明這點。

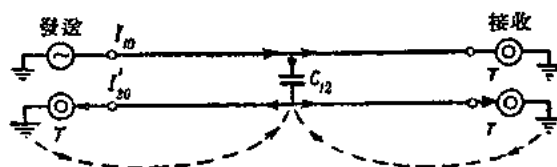


圖 1

圖 1 用電容器 C_{12} 來表示導線間存在的電的耦合。

當沿上邊的一條導線傳送通話電流時（在左端發送，右端接收），有一部分通話電流從上邊的導線經由電容器 C_{12} 串流到下邊的導線上去。在下邊的導線上，這個電流分為兩個部分——一部分電流流向左端，而另一部分電流流向右端。因此，無論在平行回路的左端或右端都可以聽到串話。

表現在接有發送機一端的串音，在通信技術中通常稱為近端串音，而表現在另一端的串音稱為遠端串音。

爲了明顯起見，用變壓器兩個繞組底感應耦合 m_{12} 來表示單線回路間的磁的耦合（圖 2）。這裏，在下邊導線的全長上，被感應電流的方向是從右到左。

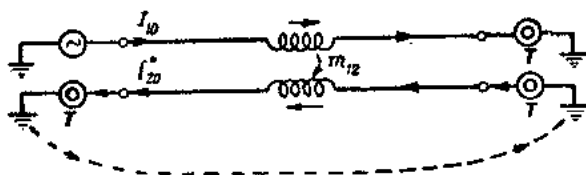


圖 2

這樣，有兩個電流通過近端及遠端的電話機：電耦合的電流及磁耦合的電流。

圖 1 及 2 中所繪近端及遠端被感應電流底方向表明，在近端，電與磁耦合的電流相加，而在遠端，則相減。換句話說，流到近端的是兩電流的和，而流到遠端的是它們的差。

本章中只限於討論流向近端的串音電流。

在以下有關串音電流的討論中，所指的是由於電耦合及磁耦合產生的總的電流：

$$I_{20} = I'_{20} + I''_{20}.$$

關於串音電流的容許標準必須注意到下述情況：在用普通的電話機通話時，可將 1 毫安或 1000 微安作為干擾回路始端發話電流的標準數值。由實踐證明，如果從一個回路串流到相隣回路電話機的話音電流不超過 0.5 微安的話，那末在此電話機內就聽不見這個通話。於是，干擾回路始端發話電流 I_{10} 對容許的串音電流 I_{20} 的比爲

$$\frac{I_{10}}{I_{20}} = 2000$$

比較方便地來表示干擾電流與串音電流間的關係，並不是用 $\frac{I_{10}}{I_{20}}$ 比式的絕對值，而是用這個數值的自然對數來表示。新的數值——電流比值的自然對數，即 $\ln \frac{I_{10}}{I_{20}}$ ，通常稱為串音電流衰耗或簡稱為串音衰耗，與電流沿回路傳輸時它的衰耗相類似。串音衰耗的單位稱為奈波。取數字 2000 的自然對數，得到 7.59 奈波。由此規定近端串音衰耗的標準為 7.5 奈波。

第二節 在 800 週時、單線回路間的導線間距離和導線長度對串音的影響

回路間的串音決定於電容 C_{12} 值的大小（圖 1）。隨着電容的增大，導線間的串音也就加大。導線間的距離愈小，導線愈長及導線直徑愈粗時，電容 C_{12} 的數值也就愈大。但是實際上，回路間的串音在其他相同條件下隨着導線直徑的變化而改變的程度並不很大，所以今後在本章中都採用直徑等於 4 公厘的鋼線，（由於在長途通信技術中，這種直徑的導線是最常用的）。所有以下引得的結論也可以供其他導線直徑情況下應用，這在實際上，仍具有足夠的準確性。

在研討有色金屬線構成的回路間底串音時，將引用修正係數。

通常以 800 週作為電話通話電流的中間週率，就在這個週率上來決定電話回路間的串音。

計算證明，如果回路始端的電流等於 1 毫安或是 1000 微安，

導線間距離等於 60 公分，導線長度為 1 公里， $f = 800$ 週時，從一導線串擾到另一導線去的串音電流大約等於 8 微安。

如果導線長度等於好幾公里，那末從每公里線段流向近端去的串音電流，在幅度及相位上都彼此互不相同。在 $f = 800$ 週及鋼線的情況下，在線路長度的每一公里上流向近端去的串音電流的幅度大約減少 3%，而它的相位大約改變 4° 。

流向近端去的串音電流幅度的減小，是由於感應電流沿第一根導線從左向右傳輸與被感應電流沿第二根導線從右向左傳輸時均具有衰耗的緣故。

流向近端去的串音電流相位的改變，是由於感應電流沿第一根導線從左向右傳輸與被感應電流沿第二根導線從右向左傳輸時均發生滯後的緣故。

由此可見，從回路各個線段流向它始端去的串音電流，不是以算術的方法，而是以幾何的方法來相加，如二個相互間有一定角度的力的相加一樣。圖 3 表示由第一及第二個十公里線段上流向近端去的二個電流 I_1 及 I_2 底加法。

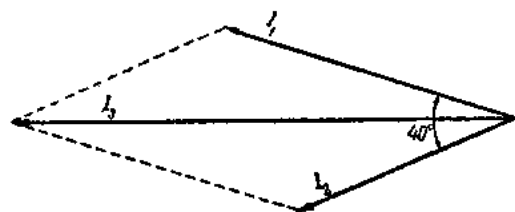


圖 3

這兩個電流間相角的移動大約等於 40° 。這兩電流的幅度彼此相差大約為 30%。電流 I_3 為電流 I_1 及 I_2 的幾何和。

從線路的許多線段流向近端去的串音電流底幾何加法具有很多