

基本館藏

40844

中等專業學校教學用書

有線通信測量

A. B. 斯蒂布利克著



高等教育出版社

中等專業學校教學用書



有線通信測量

A. B. 斯蒂布利克著
黃庚年等譯
班冀超 劉德培校訂

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立電訊書籍出版社(Связьиздат)出版的斯蒂布利克(А. В. Стыблик)著“有線通信測量”(Измерения в проводной связи) 1952年再版本譯出的。原書經蘇聯郵電部批准為通信中等技術學校的教科書。

本書分三篇,共二十一章:第一篇介紹測量技術中用的標準器件,各式指示設備等;第二篇介紹各種測量方法(交直流和脈衝測量法),線路故障距離的確定等;第三篇介紹各式測量儀器的構造、工作原理和技術規格。書末附有各種重要技術數據的附錄十四個。

本書由黃庚年、李翠珍、趙辰、賈明、葉彥瀨、劉澤民、區惟煦、汪名遠、盛秉惠集體翻譯;班冀超、劉德培校訂。

有 線 通 信 測 量

A. B. 斯蒂布利克著

黃 庚 年 等 譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 473(課 421) 開本 850×1168 1/32 印張 10.14 插頁 2=5 字數 261,000

一九五五年十二月上海第一版

一九五五年十二月上海第一次印刷

印數: 1—2,300

定價: (8) 元 1.58

目 錄

序	ix
---------	----

第一篇 測量用的標準儀器、電源、電流和電壓指示器

第 一 章 電阻、電容、電感、互感和衰減的標準儀器	13
1.1. 概論	13
1.2. 標準電阻器	13
1.3. 標準電容器	16
1.4. 標準電感器及標準互感器	18
1.5. 衰減箱	19
第 二 章 有線通信測量中所用的交流電源	20
2.1. 交流電源在測量中的功用	20
2.2. 蜂音器	21
2.3. 電子管振盪器	21
2.4. 交流測量電源用的輔助儀器	24
第 三 章 電流和電位差的測量器及指示器	29
3.1. 測量電流和電位差的儀器	29
3.2. 熱電式儀器	29
3.3. 整流式儀器	31
3.4. 真空管伏特計	34
3.5. 陰極示波器	38
3.6. 電流和電壓指示器	42

第二篇 測量方法

第 四 章 直流測量的基本方法	45
4.1. 用伏特計、安培計法測量電阻	45
4.2. 用一個測量儀器測量電阻的方法	47
4.3. 用直流電橋測量電阻	50
4.4. 用比較法測量高電阻	52
4.5. 用兆歐計測量高電阻	54
4.6. 電容的測量	56

第 五 章 電話線路和電報線條電阻的測量及不平衡電阻的測量	61
5.1. 測量的功用	61
5.2. 單根接地線條電阻的測量	61
5.3. 兩根線條的電阻及其不平衡電阻的測量	63
5.4. 三根和多根線條電阻的測量	66
5.5. 測量線條電阻的一般指示	67
第 六 章 電報線條和電話線路絕緣電阻的測量	68
6.1. 測量的用途	68
6.2. 用電橋、伏特計和兆歐計測量線條的絕緣電阻	68
6.3. 測量線條絕緣電阻的一般指示	70
6.4. 線條電阻及線條絕緣電阻實際值和測量值間的關係	71
第 七 章 測量結果的修正	75
7.1. 修正線條電阻及線條絕緣電阻測量結果的意義	75
7.2. 線路全部被測長度線條的實際電阻和線條絕緣電阻的求法	75
7.3. 求一公里長線條折合長度的實際電阻和一公里線條實際長度的實際絕緣電阻	77
7.4. 定期測量電話線路和電報線條的登記	78
7.5. 線條電阻、不平衡電阻和絕緣電阻的標準	79
7.6. 線條電氣狀態的結論	79
7.7. 修正測量結果的例子	80
第 八 章 在架空明線通信線路上用直流確定故障點的距離	83
8.1. 故障的種類及確定到故障點的距離所需要的準確度	83
8.2. 電話線路和電報線條故障性質的試驗	84
8.3. 高頻通信不中斷的合用線路的測試	86
8.4. 橋臂可變比率電橋法及兩臂固定比率電橋法	87
8.5. 確定故障點距離的近似法	94
第 九 章 在電纜通信線路上用直流測量的方法	99
9.1. 電纜通信線路的測量特點	99
9.2. 電纜通信線路的心線電阻、絕緣電阻和電容的測量	99
9.3. 電纜心線電阻、絕緣電阻及電容測量結果的修正	103
9.4. 電纜通信線路中故障的分類及故障性質的確定	104
9.5. 心線正常時，電纜絕緣故障點距離的確定	107
9.6. 故障點接觸電阻不大時，電纜全部心線絕緣故障點距離的確定	109
9.7. 故障點接觸電阻很大時，電纜全部心線絕緣故障點距離的確定	113
9.8. 用輔助線確定故障點	121

9.9. 斷線點距離的確定	122
第 十 章 用交流確定電纜的路線和到故障點的距離	123
10.1. 用直流確定到故障點距離的方法的缺點	123
10.2. 電纜尋找器	123
10.3. 用線路輸入阻抗隨頻率變化的曲線求故障點的距離	125
第 十 一 章 確定通信線路故障點的脈衝法	130
11.1. 脈衝法測量線路概論	130
11.2. 脈衝儀器的參數	134
11.3. 用脈衝法測量架空通信線路上故障點的距離	136
11.4. 用脈衝法確定電纜通信線路上故障點的距離	136
第 十 二 章 地線電阻的測量	140
12.1. 測量地線電阻的特點	140
12.2. 用三次測量法(三和法)測量地線電阻	141
12.3. 一次測量法	143
第 十 三 章 頻率的測量	145
13.1. 低頻的測量	145
13.2. 音頻的測量	146
13.3. 高頻的測量	148
第 十 四 章 用交流測量電感、電容、電容不平衡及阻抗	151
14.1. 交流電橋的一般原理	151
14.2. 測量容抗的電橋	153
14.3. 測量感抗的電橋	154
14.4. 諧振電橋	155
14.5. 差動電橋	155
14.6. 交流電橋屏蔽的概念	156
14.7. 測量電容耦合與電容不平衡的電橋	158
14.8. 測量對地平衡和對地不平衡物體的輸入阻抗的電橋	160
第 十 五 章 衰減和增益的測量	163
15.1. 概論	163
15.2. 工作衰減的測量方法	166
15.3. 自身衰減的測量	169
15.4. 用 Z 法測量工作增益	171
第 十 六 章 傳輸電平和剩餘衰減的測量	174
16.1. 概論	174
16.2. 電平和剩餘衰減的測量	175
16.3. 振幅特性曲線的確定	180

16.4. 測量傳輸電平和剩餘衰減所用的儀器	181
第十七章 串音衰減和干擾的測量	184
17.1. 串音衰減的基本定義	184
17.2. 串音衰減的測量	186
17.3. 干擾測量概論	190
第三篇 測量儀器	
第十八章 架空通信線路所用的直流測量儀器	191
18.1. 歐姆計	191
18.2. 蘇聯 УМВ МЭП 型直流普用電橋	192
18.3. CMII-1 型直流電橋	195
18.4. ИИ 型故障尋找器	203
第十九章 電纜測量儀器	205
19.1. 絕緣測試器	205
19.2. 兆歐計	206
19.3. 輕便式 KII-50 型電纜儀器	207
19.4. CMK 型 ГТC 電纜電橋	213
19.5. ГТC 型電纜儀器	226
19.6. KII-50 型電纜尋找器	230
第二十章 交流測量所用的儀器	236
20.1. ЛНГ-19-45 型振盪器	236
20.2. 交流電橋	239
20.3. УУ-11 型電平指示器	246
20.4. УНН-2 型干擾電壓指示器	250
20.5. 測量串音衰減的全套 КАНИЗ-1 型儀器	252
20.6. 確定通信線路故障的脈衝儀器	257
20.7. ЭО-5 型電子示波器	266
第二十一章 攜帶式和固定式普用測量儀器和設備	270
21.1. K3C 型測量箱	270
21.2. НН-150-II 型輕便式測量台	275
21.3. НСА-2 型機線室測量台	285
附錄 1. 一公里線條的標準電阻	300
附錄 2. 電纜絕緣電阻值折算到 +20°C 時的折算係數	303
附錄 3. 通信電纜的電氣數值	304
附錄 4. 阻抗為 600、135 和 75 歐姆時絕對電平與功率、電壓、電流的數值之間的關係	305

附錄 5. 保險絲的熔解電流.....	310
附錄 6. 用直流測量電話線路和電報線條的記錄.....	310
附錄 7. 定期直流測量結果記錄的卡片.....	311
附錄 8. 輸入阻抗電氣測量記錄.....	311
附錄 9. 輸入阻抗電氣測量記錄.....	312
附錄 10. 衰減、不平衡和干擾電平的電氣測量記錄	312
附錄 11. 電纜迴路的衰減和不平衡的電氣測量記錄.....	313
附錄 12. 串音衰減的電氣測量記錄.....	313
附錄 13. 內部四扭迴路間近端和遠端串音衰減的電氣測量記錄...	314
附錄 14. 各種四扭迴路間近端和遠端串音衰減的電氣測量記錄...	314
中俄名詞對照表	315
本書所用單位中俄文對照表	323



序

近代有線電通信工具是各種通信線路和局內器械的複雜組合。有線通信工程中所用的交流電流頻譜甚寬，從零起到數十萬甚至數百萬赫茲。有線通信機械由電子管和電磁機械的複雜裝置組成。

只有經常而有系統地檢查有線通信工具的工作，才能得到良好的工作質量。而檢查通信工具的電氣狀態是用各種電氣測試來實現的，因此有線通信的電氣測量具有很重要的意義。

有線通信中所遇到的測量可分為三種：

- (1) 設計、裝設通信工具及交付使用前驗收時的測量；
- (2) 通信工具維護過程中的定期測量；
- (3) 確定線路及機器故障點的測量。

上述三種測量適用於下面各種有線通信：

- (1) 音頻電話(市內和長途電話)；
- (2) 載波電話(多路電話)；
- (3) 聲下電報；
- (4) 音頻電報和聲下電報(多路電報)；
- (5) 有線廣播；
- (6) 傳真電報；
- (7) 沿電力傳輸線進行的通信聯絡；
- (8) 特種通信(調度通信，遙控等)；
- (9) 電視。

每一種通信都有一些專門的測量，但大部分測量對各種通信都是

同樣可用的，只是在不同的波段進行罷了。

有線通信測量教程的任務是研究各種電氣測量的方法及測量時所用的測量儀器。

教程可分為直流測量和交流測量兩部份。

直流測量通常在通信線路上進行。對電話線路和電報線條進行直流測量的目的是：

(1) 檢查是否符合電氣規格的標準及查明不合標準的線段，以便採取必要措施，預防發生故障；

(2) 檢查線路的裝置和修理作業的質量；

(3) 確定到線路故障點的距離；

(4) 研究有關線路壽命的問題。

用直流能夠測量：電報線條和電話線路的電阻、絕緣電阻和電容。通常只在電纜通信線路中才進行電容測量。

交流測量的任務是：

(1) 確定線路、濾波器、變壓器、增音機和通信線路其他元件的參數。這些參數是表徵某一頻率或頻帶的交流電在這些元件上傳輸的情況；

(2) 檢查多路載波機的電氣狀態；

(3) 檢查各通信電路的電氣特性；

(4) 查明其他線路對本線路工作的影響程度；

(5) 確定故障等。

用交流能夠測量：電壓、頻率、輸入阻抗、各種衰減、傳輸電平、干擾電平和增益等。

俄國是第一個電氣測量儀器的祖國。遠在 1751 年，Г. В. 里赫曼 (Рихман) 就已創造了所謂“電指示器”或叫“電時計”，它是世界上第一個電氣測量儀器。許多測量儀器、測量工具及測量方法等都是由俄國科學家創造的，像 М. В. 羅蒙諾索夫 (Ломоносов) 和 В. С. 雅可比 (Якоби)

是第一只標準電阻器和許多測量電阻的儀器的發明者；Э. X. 楞茨 (Ленц), А. Г. 斯托列托夫 (Столетов), И. Ф. 烏薩金 (Усагин), М. О. 多利沃——多布羅沃利斯基 (Доливо-Добровольским) 等, 創造了許多測量儀器, 其中還有相位計; 無線電的發明者 А. С. 波波夫 (Попов) 特別是發現了無線電波的反射特性, 這種特性在現代測量技術中廣泛應用; 此外還有其他很多人。

革命前的俄國, 電氣測量儀器主要靠外國公司輸入。當時俄國最大的儀器製造企業是彼得堡的西門子工廠, 而該工廠僅有 300 個工人。在我們蘇維埃社會主義國家裏, 通信事業是以最新式的先進技術裝備起來的, 因而對通信機械和線路的要求也就有所不同了。故儀器製造工業有了大力的發展, 出現了許多新型的測量儀器, 用這些測量儀器可以迅速地進行各種複雜的測量。

在曾經創造過和現在正在創造有線電通信測量儀器的蘇聯專家當中, 我們可以提出: Н. Н. 索洛維堯夫 (Соловьёв), В. М. 什金 (Штейн), Я. Л. 阿勒傑爾曼 (Альтерман), С. Н. 巴西列維奇 (Базилевич), Г. В. 傑米揚琴科 (Демьянченко), М. Р. 巴勒松 (Бальсон), В. Н. 費道羅維奇 (Федорович) 和 Б. П. 波格達諾夫 (Богданов) 等人。由於蘇聯專家卓越的工作, 故有線通信事業就不斷地以最新式的測量儀器裝備起來。

這本“有線通信測量”適用於中等通信專業學校的學生。本書共分為三篇。第一篇講解標準儀器、電源和指示器等; 第二篇敘述主要的測量方法; 第三篇敘述各種最新式、最常用的測量儀器。

書中所介紹的除測量理論以外, 還有很大一部份篇幅是敘述各種測量儀器及測量的實際指示。電信企業所用的測量儀器種類甚多, 本書僅敘述其中最通行的一些儀器, 並舉出利用這些儀器進行測量的一般方法。

本書作者安頓·弗拉基米羅維奇·斯蒂布利克 (Антон Владимирович Стыблик) 已於 1947 年去世。原著中 3.6、12.4、13.3、14.9、15.4、

16.2、16.3、18.1 各節及 15.2 節的一部分是由第一版責任編輯 И. В. 巴西克(Басик)編纂的。

正當本書準備再版的時候，蘇聯工業又出產了許多新型的電器測量儀器，又使用了許多新的電氣測量方法，所以再版時又重寫了 3.5、4.5、11.1—11.4、14.8、18.2、19.3、19.5、19.6、20.1—20.7、21.2 各節的全部，2.3、4.6、9.5、9.7、17.2、21.3 各節的一部分和附錄 4、5。新加材料是 Г. В. 傑米揚琴科寫的，本書也由他擔任校閱工作。工作中曾蒙 Н. Д. 鮑斯(Босый) 和 В. П. 波格達諾夫予以協助。Н. В. 鮑斯曾評閱本書手稿並提出許多寶貴意見。В. П. 波格達諾夫曾幫助整理了某些材料。

對本書的任何批評和建議請寄“國立電訊書籍出版社”(地址：Москва центр, Чистопрудный бульвар, 2)。

第一篇 測量用的標準儀器、電源、電流和電壓指示器

第一章 電阻、電容、電感、互感和衰減的標準儀器

1.1. 概 論

儀器有校正儀器和標準儀器的分別。校正儀器是複製與保存測量單位用的，使該單位在當前測量技術的情況下能夠達到最大的準確度，而標準儀器則是一種準確度比校正儀器稍低的儀器。實際工作中使用的就是標準儀器。

電阻、電感及電容的標準儀器廣泛應用於各種測量電路中，例如測量電阻時在橋電路中應用之。

用各種不同頻率的電流進行測量的標準儀器，在工作的頻帶內，讀數應儘可能是一樣的。

標準儀器的規格應具有高度的穩定性。無論頻率、溫度及儀器的壽命如何，這種穩定性都不應當有所變更。這是對各種儀器的共同要求。

有線通信技術中所用的衰減器在許多測量電路中都起標準儀器的作用。

1.2. 標準電阻器

標準電阻器是做成插塞式(圖 1.1)和轉扭式(圖 1.2)的電阻箱。電

阻箱或每個電阻均由單個線圈的線繞電阻組成。線圈可能是圓柱形的，也可能是其他形狀的。線繞各個線圈時要使線圈的電感和電容最小。線圈的合成電容或合成電感愈大，則電阻隨頻率的變化亦愈大。電阻線圈的等效電路如圖 1.3 所示。線圈的阻抗可用下式表示：

$$Z = \frac{(R + j\omega L) \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \approx R + j\omega(L - CR^2). \quad (1.1)$$

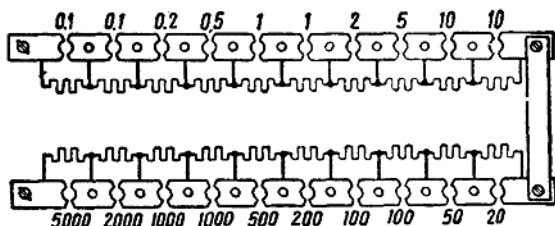


圖 1.1. 插塞式電阻箱中線圈的連接圖

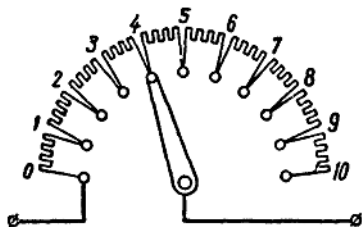


圖 1.2. 轉扭式電阻箱中線圈的連接圖

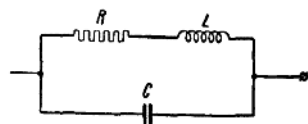


圖 1.3. 電阻線圈的等效電路

數值 $L - CR^2$ 為線圈的等效電感。數值

$$\tau = \frac{L - CR^2}{R} = \frac{L}{R} - CR. \quad (1.2)$$

稱為線圈的時間常數。當 $\frac{L}{R} > CR$ ，此常數大於零；當 $\frac{L}{R} < CR$ ，則小於零。

時間常數是線圈質量的主要指標。在製造良好的線圈中， τ 在 10^{-7} 到 10^{-8} 秒的範圍內。

時間常數有時以毫微秒計之，1 毫微秒 = 10^{-9} 秒。

雙線纏繞法、雙層分段纏繞法和編織纏繞法都是最普遍的電阻線圈纏繞法，用這些方法可以得到較小的時間常數 τ 。

用雙線纏繞線圈的方法，是將所需長度的一段導線疊成兩段，一匝接着一匝纏在線圈架上（圖 1.4）。因兩並列導線上通過的電流大小相等而方向相反，故合成磁場很小。但是這種線圈的電容是比較大的，並且纏繞的導線愈長，電容就愈大。只有當線圈的電阻約為 100—200 歐姆時，才具有不大的時間常數。為了減少電容，可將線圈分為數段，每段均用雙線纏繞，各段相互串聯。

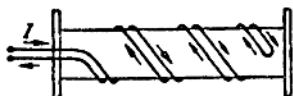


圖 1.4. 雙線纏繞法

用雙層分段纏繞，須將線圈架分為若干段。每一段纏繞的層數都是偶數。纏繞的次序如下：第一層從段的末端向始端纏繞，第二層方向相反，即從始端向末端繞在第一層的上邊，其餘各層的繞法依此類推（圖 1.5）。每兩層的線匝所產生的磁場方向相反，故互相抵消。因為各段線匝間的電容是串聯的，故電容較小。這種纏繞法適用於製造數百及數千歐姆的電阻。

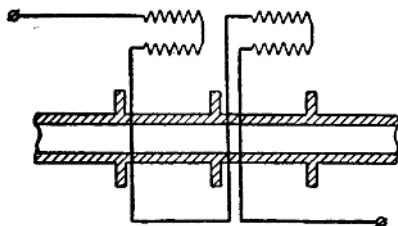


圖 1.5. 雙層分段纏繞法

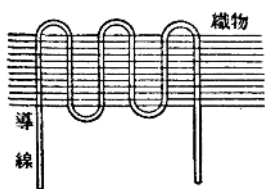


圖 1.6. 編織纏繞法

雙線及雙層分段纏繞的線圈用在 20,000 赫茲以下的波段中。

編織纏繞的構造很簡單，形狀像一條帶子，其經線是織物（纖維板），而緯線是高歐姆的絕緣導線（圖 1.6）。

這種帶子中的電阻可達數千歐姆。編織纏繞線圈的電感和電容都是小的，而對大地和對相鄰線圈的電容則較大。在從零到數百千赫茲的頻帶範圍內使用這種線圈。

通常標準電阻器是用錳鎳銅合金線纏繞的。為了使錳鎳銅合金線製成的電阻達到最大的穩定性，可使其經受人工陳煉，即將其進行熱的處理。

所以採用錳銅合金製造標準電阻是由於這種合金的溫度係數很小，不隨時間變化，且與銅之間的熱電動勢很小。這個性質是重要的，因為線圈的末端焊接在電阻箱銅鉛釘的上面。

雙線纏繞和雙層分段纏繞通常都繞在非磁性材料的金屬架上，這種金屬架易於導熱，故可減少線圈的熱量。

在電信企業中，廣泛應用轉扭式低頻電流和高頻電流的電阻箱。

1.3. 標準電容器

標準電容儀器是一種插塞式(圖 1.7)和轉扭式(圖 1.8)的電容箱，

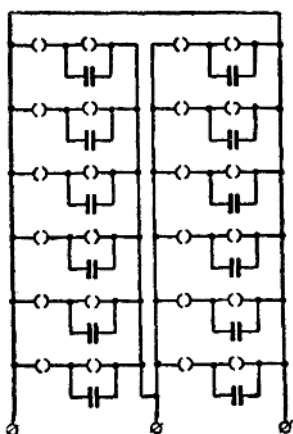


圖 1.7. 插塞式電容箱的原理圖

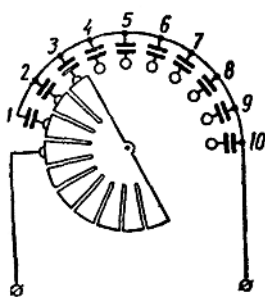


圖 1.8. 轉扭式電容箱的原理圖