

苏联B.M.罗金诺夫著

无线电工程计算图表

TN-202-64
2

无线电工程计算图表

(说明书)

苏联B.M. 罗金诺夫著

顾 国 光 译

18. Г. А. 列麦扎(Ремеза) 譯自英文 厘米波傳輸綫 “苏联无綫电” 1951
19. Д. И. 斯萊捷尔(Слэтер) 超短波傳輸 國家技術出版社 1946
20. Н. И. 別洛魯索夫(Белоруссов) 和 И. И. 格羅德涅夫(Гроднев) 射頻電纜 國家動力出版社 1952
21. Р. 薩爾巴海爾(Сарбахер) 和 В. 愛德松(Эдсон) 特高频技術 通訊出版社 1947
22. Д. К. А. 斯特爾艾統 (Стрэттон) 電磁理論 國家技術出版社 1948
23. Б. А. 維堅斯基(Введенский) 和 А. Г. 阿連別爾格(Аренберг) 無綫電波導管 國家技術出版社 1946
24. Я. Н. 費達(Фельда) 譯自英文 波導管手冊 “苏联无綫电” 1952
25. С. С. 阿尔希諾夫(Аршинов), С. В. 彼爾松(Персон), А. И. 艾連克利格(Эйленкриг) 超短波和短波振盪電路的工程計算 “苏联无綫电” 1951
26. Я. Н. 費達(Фельда) 譯自英文 厘米波天綫 “苏联无綫电” 1950
27. Proceedings of the I.R.E 1950年9月 No.9
28. Д. К. 克拉烏斯(Краус) О 格拉蒂尔(Глазер) Д. К. 勃拉溫(Браун) 和 О 符德沃爾德(Вудворд) 螺旋形天綫“無綫電定位技術問題集” 節譯本第二版 外文書籍出版社 1951
29. Б. А. 維堅斯基(Введенский) 和 А. Г. 阿連別爾格(Аренберг) 超短波傳播問題集 1948
30. А. Р. 沃彼爾特(Вольперт) 供計算長綫的計算圖 НКЭП生產技術公報 1940, 2期
31. А. Н. 舒金(Шукин) 無綫電波傳播 通訊出版社 1940
32. А. Ф. 包果莫洛夫(Богомолов) 無綫電定向原理 “苏联无綫电” 1954

В. М. РОДИОНОВ

СБОРНИК НОМОГРАММ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

СОВЕТСКОЕ РАДИО

МОСКВА 1955

內 容 提 要

本書共收集了一百多張無綫電工程計算圖表，都是無綫電工程中常常用到的，其中包括說明書和圖表各一冊，說明書中共分十章，每章由相關的數節組成，每節用文字說明了相應的計算圖的用法，並有實際例子和必要的理論知識。計算圖上附有繪制該圖的公式，它的用法圖解和計算例題，使用非常方便。

无綫電工程計算圖表

★

(苏联) В. М. 罗金諾夫著

顧 國 光 譯

人民郵電出版社出版

北京東四區 6 條胡同 13 號

(北京市書刊出版業登記證出刊證字號 0048號)

人民郵電出版社有印刷廠印刷

新 華 書 店 發 行

★

圖本 850×1168 1/16

印張 5 6/14

印圖字數 112 千字

印數 1—2,273 冊

1957年11月南京第一次印刷

1957年11月南京第一次印刷

統一書號: 15045·總669—无159

定價: (10)4.50元

無線電工程計算圖表

(說明書)

蘇聯 B. M. 羅金諾夫 著

顧國光 譯

第一版序

最近在工程技术的实际計算中，图表法开始得到愈来愈广泛的应用，按已經确定的公式来計算时，計算图是一种非常簡便的計算工具，它能大大地縮短計算时间和迅速地得出在实用上有足够准确度的答数。計算图的主要优点，和計算机相同，是計算迅速，能很快地解出方程式中任一变数的值和改变原数据使得出的答数有所需的单位。为了使用計算图，在一般情况下要閱讀說明书，熟悉每張計算图的使用規則，但有时也只要了解一下附在計算图紙上的图解就够了。

可惜將計算图应用到工程实践中去的工作進行得还非常緩慢，推其原因是缺乏足够数量的計算图表彙編和研究图解法的参考书。因此，在很多情况下，計算图只是偶然地零星地落到需要者的手中，因此不能發揮预期的效果。在無線電工程方面，到目前为止，还只有一本計算图表彙編，而且是很早以前（1941年）出版的，因此它不可能包括現代無線電工程中一系列的重要問題，本彙編則在某種程度上能弥补这个缺陷。

編本书的目的是：將無線電工程中最常用的公式制成計算图及整理已經出版的計算图。因此就採用了本國和外國的資料，但对所有借用来的計算图都作了必要的修改，俾改善和簡化計算图的用法并統一單位，对原文中的謬誤亦作了更正，书中部分計算图是作者拟制初次問世的。

限于本书的篇幅，书中仅選擇那些最常用的計算图，說明也力求簡化。本书共分八章，每章由相关的数节組成，每节有一張或数張与之相应的計算图。为了使用方便各图都分印在活頁紙上，每节

的內容包括圖的使用規則、計算例題及起碼的必要的理論知識，在每張計算圖上附有制成該圖的公式，它的用法圖解和計算例題。

計算圖可當作萬用計算工具，但不能機械地搬用而要思考地加以運用，並經常注意待問題的物理意義和算式中各值的确切變化範圍。書中許多圖表不能解決已闡述的問題，尚能解決與構成計算圖的公式相同的任何其他問題，因此讀者只要確定問題的因子和單位，便能廣泛地應用這些圖表。

本書專供與無線電工程計算有關的學生和工程技術人員使用，希望讀者對本書的內容多提出批評和意見，作者必將衷心感謝。

第二版序

本書第二版補充了無線電工程各領域中的一些新計算圖，使包括的計算問題更全面和各節的內容更前一貫。

原收集在第一版中的許多計算圖，為了簡化和完善起見，這次經過徹底改編，並引進一些新的技術數據。改編工作涉及所有各章，其中有關特高頻技術的章節中改動得最多。

在第二版中圖表的編排也有某些改變，如第六章《傳輸綫》僅剩下與傳輸綫一般特性有關的計算圖，供計算同軸綫和二端傳輸綫的材料另成第七章，此外計算天綫設備的計算圖也單獨成為一章，由於這些改變，本書第二版共有十章。

為了使讀者能更詳盡地熟悉書中所研究的問題，本版增補了材料出處，根據書末的參考資料名單，能獲知材料出處。這本經過改編的說明計算圖用法的小冊子，雖稱不上完善，但能當作無線電工程有關問題的簡明手冊，為了便於找到需要的材料，在書末附有計算圖和制成計算圖的公式一覽表。

根據使用計算圖的工作經驗，應提醒讀者，計算圖比普通計算

譯者序

法在“多次”計算或計算複雜累贅的公式時，具有很顯著的優點，但用簡單公式計算“一次”時，在一般情況下計算圖不會帶來預期的好處，反而把問題複雜化，因為在用它前還要花一定的時間去熟悉它，在分解複雜公式時，計算圖是非常方便和合適的工具。

И.Ф. 索果洛符在修訂本書第二版時曾提出許多寶貴的意見，作者對此表示感謝。

懇祈讀者提出自己的意見和要求，逕寄：莫斯科 郵政總局 П/Д693 蘇聯無線電出版社。

譯者序

自從黨和政府號召向科學進軍以來，全國各地掀起了學習的熱潮，在時代的鼓舞下，思翻譯此書，俾有益於無線電工作者，遂與出版社連系，蒙同意，並寄來電信科學技術研究所根據初版翻譯的譯稿，在翻譯過程中，曾參閱了該譯稿，它對本書的譯成幫助甚大。本書曾先後校對過數遍，書中所有公式儘可能求其出處，例題均加以演算，並與圖表核對，發現原書寫作粗疏和排版錯誤之處，均一一加以訂正，但由於譯者水平限制，如發現有不恰當的地方，請逕寄「人民郵電出版社轉本人」，俾再版時更正。

顧國光

於北京 1957年6月20日

本書售價 0.50 元

第一版序

第二版序

譯者序

第一章 輔助計算圖

- 1.1 实数的乘方 (計算圖1) (1)
- 1.2 倒数 (計算圖2) (1)
- 1.3 实数的自然对数 (計算圖3) (1)
- 1.4 三角函数 (計算圖4) (2)
- 1.5 双曲线函数 (計算圖5) (2)
- 1.6 将两数比值化为分贝值 (計算圖6) (3)
- 1.7 复数开平方根 (計算圖7) (3)
- 1.8 将直角坐标的复数化成极坐标的复数 (計算圖8) (4)
- 1.9 倒复数 (計算圖9) (4)
- 1.10 频率和波长 (計算圖10) (4)

第二章 无綫电路的元件

- 2.1 导线的电阻 (計算圖11) (5)
- 2.2 电容器的电容 (計算圖12) (5)
- 2.3 单層繞圈的电感 (計算圖13) (5)
- 2.4 单層繞圈的自身电容 (計算圖14) (6)
- 2.5 多層繞圈的計算 (計算圖15) (6)
- 2.6 密繞繞圈的計算 (計算圖16) (6)
- 2.7 鉄心繞圈的电感 (計算圖17) (7)
- 2.8 屏蔽繞圈的电感 (計算圖18) (8)
- 2.9 欧姆定律和功率 (計算圖19) (8)
- 2.10 电阻的并联 (計算圖20) (9)
- 2.11 RC电路和RL电路的时间常数 (計算圖21和22) (9)

- 2.12 并联电路的計算 (計算圖23) (9)
- 2.13 并联电路失調时的阻抗 (計算圖24) (10)
- 2.14 回路的温度补偿 (計算圖25) (10)
- 2.15 用示波器求回路的品質因数 (計算圖26) (11)
- 2.16 用示波器求調制度 (計算圖27) (11)
- 2.17 小功率电源变压器的計算 (計算圖28) (11)
- 2.18 整流滤波器的計算 (計算圖29) (12)
- 2.19 小功率整流器的計算 (計算圖30) (13)
- 2.20 充气管压器的計算 (計算圖31和32) (14)
- 2.21 收音放大电子管的参数 (計算圖33) (15)

第三章 无源四端网络

- 3.1 具有最小衰减的匹配四端网络 (計算圖34) (15)
- 3.2 T型和H型衰减器的計算 (計算圖35) (15)
- 3.3 計算由L、C、R组成的线性电路 (計算圖36和37) (16)
- 3.4 电气滤波器的計算 (18)
- 3.5 移相网络 (計算圖38) (21)
- 3.6 最简单的移相器 (計算圖39) (21)
- 3.7 移相振荡器 (計算圖40) (22)

第四章 收音放大器的电路

- 4.1 計算級間为电容耦合的低频放大器 (計算圖41、42和43) (22)
- 4.2 同相放大器和阴极输出器 (計算圖44和45) (24)
- 4.3 阴极输出器的输出阻抗及其通带 (計算圖46) (25)
- 4.4 视频放大器内校正振荡圈的計算 (計算圖47和48) (26)
- 4.5 视频放大器内耦合电路的計算 (計算圖49) (27)
- 4.6 多級中频放大器的計算 (計算圖50、51、52和53) (27)
- 4.7 选择带宽频带放大器用的五极管 (計算圖54) (30)
- 4.8 超外差接收机中间路的統調 (計算圖55) (30)
- 4.9 混频管内的組合頻率 (31)
- 4.10 RC并联电路的热噪声 (計算圖56) (32)

4.11 四端网络的噪声系数 (计算图57)	(32)
4.12 串联四端网络的噪声系数 (计算图58)	(33)
第五章 脉冲电路	
5.1 仿真长线的计算 (计算图59)	(34)
5.2 计算由谐振电路并联成的脉冲形成电路 (计算图60)	(34)
5.3 计算由反谐振电路串联成的脉冲形成电路 (计算图61)	(35)
5.4 微分脉冲 (计算图62和63)	(35)
5.5 多谐波滤波器的计算 (计算图64)	(37)
5.6 脉冲变压器的计算 (计算图65)	(38)
5.7 脉冲变压器的计算 (计算图66和67)	(38)
5.8 脉冲滤波器的通带及其效率 (计算图68)	(40)
第六章 传输线理论	
6.1 传输线的电气长度 (计算图69)	(40)
6.2 电流相位沿传输线的变化 (计算图70)	(41)
6.3 沃勒波特圆图 (计算图71)	(41)
6.4 传输线的损耗引起行波系数的变化 (计算图72)	(44)
6.5 传输线失配时的效率 (计算图73)	(44)
6.6 四分之一波长匹配变压器 (计算图74和75)	(45)
6.7 匹配短线的计算 (计算图76)	(45)
6.8 金属中的集肤效应 (计算图77)	(46)
6.9 串联衰减器的衰减 (计算图78)	(46)
第七章 同轴传输线和双绞传输线	
7.1 传输线的特性阻抗 (计算图79和80)	(47)
7.2 高频电缆的电气特性 (计算图81)	(48)
7.3 空气同轴线的绝缘强度 (计算图82)	(49)
7.4 同轴线的电阻 (计算图83)	(49)
7.5 将传输线的损耗电阻换算成衰减 (计算图84)	(49)
7.6 电流谐振时线路的输入阻抗 (计算图85)	(50)
7.7 同轴电路的品质因数 (计算图86)	(50)

7.8 负荷为电容的传输线 (计算图87)	(50)
第八章 波导管和空腔谐振器	
8.1 矩形波导管内 E_{mn} 和 H_{mn} 型波的截止波长 (计算图88)	(51)
8.2 圆形波导管的截止波长 (计算图89)	(52)
8.3 波导管内电磁波的波长 (计算图90)	(52)
8.4 铜质矩形波导管内 H_{02} 型波的衰减 (计算图91)	(52)
8.5 截面与变的波导连接器 (计算图92)	(53)
8.6 截止衰减器 (计算图93)	(54)
8.7 矩形空腔谐振器的计算 (计算图94)	(54)
8.8 圆柱形空腔谐振器的计算 (计算图95)	(55)
8.9 环形空腔谐振器的计算 (计算图96)	(55)
第九章 天线设备	
9.1 厘米波天线的计算 (计算图97、98和99)	(56)
9.2 振子天线的计算 (计算图100和101)	(57)
9.3 螺旋形天线的计算 (计算图102)	(59)
第十章 无线电波的传播和雷达技术	
10.1 离发射机某一距离处超短波的场强 (计算图103)	(60)
10.2 受电离层反射时短波的传播 (计算图104)	(63)
10.3 非涅耳第一绕射区的半径 (计算图105)	(61)
10.4 超短波的衰减 (计算图106)	(61)
10.5 超短波的视程距离 (计算图107)	(62)
10.6 地面对雷达天线路径的影响 (计算图108)	(62)
10.7 雷达的作用距离 (计算图109)	(63)
10.8 雷达的脉冲功率 (计算图110)	(63)
10.9 雷达天线旋转一周投射在目标上的脉冲数 (计算图111)	(64)
10.10 雷达中根据多卜勒原理产生的拍频 (计算图112)	(64)

计算图和制成计算表的公式一览表

参考资料

第一章 輔助計算圖

計算圖 1

1.1 實數的乘方

本圖表示关系式

$$z = x^y \quad (1.1)$$

为了便于計算和提高准确度，本圖分成两部分，圖的左边部分适用于所有 $|y| < 1$ 的值，右边部分适用于 $15 > |y| > 1$ 。欲求 z ，可参照 y 值，在弧形曲綫尺的两边上标出已知值 x 和 y ，经过这两点作直綫，这直綫和中間尺的交点便是 z 值。本圖亦可用来作相反的推算。

应用此表时，应注意下列情况：如 y 是正值（+），则 z 尺的左侧刻度（II）对应于 x 尺的左侧刻度（II）， z 尺的右侧刻度（I）对应于 x 尺的右侧刻度（I）；如 y 是負值（-），则相反； z 尺的右侧刻度（I）对应于 x 尺的左侧刻度（II）， z 尺的左侧刻度（II）对应于 x 尺的右侧刻度（I）。

例 1（左边图）

已知： $x = 3.73$, $y = 0.437$ 。

答数： $z = 1.778$ 。

例 2（左边图）

已知： $x = 3.73$, $y = -0.437$ 。

答数： $z = 0.563$ 。

例 3（左边图）

已知： $x = 0.417$, $y = -0.823$ 。

答数： $z = 2.054$ 。

例 4（右边图）

已知： $x = 5$, $y = 10$ 。

答数： $z = 9.8 \times 10^4$ 。

例 5（右边图）

已知： $x = 0.2$, $y = 10$ 。

答数： $z = 1.02 \times 10^{-7}$ 。

例 6（右边图）

已知： $x = 2$, $y = -8$ 。

答数： $z = 4 \times 10^{-2}$ 。

計算圖 2

1.2 倒 数

用本圖可求已知数的倒数

$$a = \frac{1}{b} \quad (1.2)$$

其准确度达到四位有效数。求倒数时，应将已知数写成 $b \times 10^n$ 的形式，使 b 能在图上标出，此时，倒数的形式将为 $a \times 10^{-n}$ 。

例 1

已知： $b = 7.6$ 。

答数： $a = 0.1316$ 。

例 2

已知： $b = 24600 = 2.46 \times 10^4$ 。

答数： $a = \frac{1}{b} = 0.406 \times 10^{-4} = 0.0000406$ 。

計算圖 3

1.3 實數的自然对数

用本圖可求 0—10 范围内各实数的自然对数

$$b = \ln a \quad (1.3)$$

為了使答數的準確度達到 0.1%，上述的數值範圍被截成 8 段，分放在 8 根尺上，已知值處在尺的上邊，在已知值的下面便是自然對數值。

若已知值超出尺的刻度範圍，則應將已知值寫成 $a \times 10^{\pm n}$ 的形式，使 a 能在尺上標出，此時

$$b = \ln(a \times 10^{\pm n}) = \ln a \pm \ln 10^n.$$

為了計算方便，在圖上附有實數的形式為 10^n 的自然對數表。

例 1

$$a = 2.7; \quad b = \ln 2.7 = 0.993.$$

例 2

$$a = 43500 = 4.35 \times 10^4; \quad b = \ln 4.35 + \ln 10^4 = 1.469 + 9.210 = 10.679.$$

例 3

$$a = 0.03 = 3 \times 10^{-2}; \quad b = \ln 3 - \ln 10^2 = 1.099 - 4.605 = -3.506.$$

計算圖 4

1.4 三角函數

本圖包括幅角 φ 自 0 至 90° 範圍內三角函數 $\sin \varphi$ 、 $\cos \varphi$ 、 $\tan \varphi$ 的值。為了使用方便和提高計算結果的準確度，本圖由 8 根尺組成；已知幅角值刻在相當尺的左側，在該尺的右側便是三角函數值。

用第 1、2 兩尺可把角度化成弧度，在這兩尺的左旁，幅角 φ 以度為單位，而右旁則以弧度為單位，第一尺包括自 0 至 45° 範圍內各幅角的值，第二尺包括自 45° 至 90° 範圍內各幅角的值。

例 1

$$\begin{aligned} \varphi = 25^\circ; \quad \sin \varphi &= 0.422 \text{ (第 3 尺);} \\ \cos \varphi &= 0.905 \text{ (第 4 尺);} \\ \tan \varphi &= 0.466 \text{ (第 6 尺).} \end{aligned}$$

例 2

幅角 $\varphi = 60^\circ$ ；從第 7 尺求得 $\tan \varphi = 1.73$ 。

例 3

幅角 $\varphi = 88^\circ 30'$ ；從第 8 尺求得 $\tan \varphi = 38$ 。

例 4

$\varphi = 25^\circ$ ；從第 1 尺求得 $\varphi = 0.436$ 弧度。

計算圖 5

1.5 雙曲綫函數

本圖包括四根求雙曲綫函數值的尺，其使用範圍如下：當幅角在 0 至 5 範圍內時，可求 $\sinh x$ 和 $\cosh x$ 的值，當幅角在 0 至 2.5 範圍內時，可求 $\tanh x$ 的值。

幅角值 x 在 0 至 2.5 範圍內時，用尺 1 可求該幅角的正弦雙曲綫值

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}; \quad (1.4)$$

用尺 3 可求該幅角的余弦雙曲綫值

$$\cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}; \quad (1.5)$$

用尺 4 可求該幅角的正切雙曲綫值

$$\tanh x = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}}. \quad (1.6)$$

如果 x 值超過 2.5，則

$$\sinh x \approx \cosh x,$$

用尺 2 可求這二函數值。

用計算圖 5 亦可求反雙曲綫函數的值。

例 1

$$x = 1.55; \quad \sinh x = 2.25; \quad \cosh x = 2.46.$$

例 2

$$x=4.6; \quad \text{sh } x \approx \text{ch } x=49.7。$$

例 3

$$x=1.25; \quad \text{th } x=0.848。$$

計算圖 6

1.6 將兩數比值化為分貝值

用計算圖 6 可將功率比、电压（电流）比和电压增益系数（或衰減系数）化為分貝值：

$$N_{\text{分貝}}=10 \lg \frac{P_2}{P_1}; \quad N_{\text{分貝}}=20 \lg \frac{U_2}{U_1}; \quad N_{\text{分貝}}=20 \lg K。 \quad (1.7)$$

此外： P_1, P_2 ——功率； U_1, U_2 ——电压； $K=\frac{U_2}{U_1}$ ——电压增益系数或电压衰減系数。

在图上左右两根靠边的尺上，参照尺上的符号，标出已知电压或功率值，作直綫連接之，此直綫和中間尺的交点的右边讀数是分貝值，左边讀数是增益系数或衰減系数 $K=\frac{U_2}{U_1}$ 。如果电压值或功

將此值化為分貝時應附加的值 表 1.1

取出因子	用分貝表示功率比 时应附加的分貝数	用分貝表示增益系数或衰減系 数和电压比时应附加的分貝数
10	10	20
10^2	20	40
10^3	30	60
10^4	40	80
10^5	50	100
10^6	60	120
10^7	70	140
10^8	80	160

率值均超出尺的刻度范围，則約去公因子。如果仅有一个值不能在相应的尺上标出，則自此值中取出因子 10^n ，然后在尺上标出之，此时所得的答数应加以修正；若取分貝数，应加上表 1.1 所列的值，若取增益系数，則应乘上以前取出的因子。

例：

放大器的輸入电压 $U_1=8$ 毫伏，输出电压 $U_2=60$ 伏 $=60 \times 10^3$ 毫伏；試求增益系数并用分貝数表示之。

在二边尺上标出 8 和 60，得增益系数 $K=7.5 \times 10^3=7500$ ；并从图得 N_1 等于 17.3 分貝，从表 1.1 查得相当于因子 10^3 的 N_2 等于 60 分貝，因此增益系数的分貝值等于 $17.3+60=77.3$ 分貝。

計算圖 7

1.7 复数开平方根

用本图能求复数 $s=a+ib$ 的平方根，模式如下：

$$\sqrt{s}=x+iy。 \quad (1.8)$$

計算时，先求出比值 $k=\frac{a}{b}$ ，并在計算圖下边的横坐标軸上标出，再在左边纵坐标軸上标出 b 值，得出这二直角坐标的交点；从通过这交点的傾斜綫即可讀出 x 和 y 值。用本图計算时，必須按照复数的运算規則考虑复数的符号，今用下面的例子來說明本图的使用方法：

$$1) \quad s=a+ib=15+j20。 \quad k=\frac{15}{20}=0.75; \quad b=20。$$

$$\text{在交点处} \quad x=4.46, \quad y=2.25,$$

$$\text{因此} \quad \sqrt{s}=\pm(4.46+j2.25)。$$

$$2) \quad \text{已知:} \quad s=-15+j20。 \quad k=0.75; \quad b=20。$$

$$\text{求得:} \quad \sqrt{s}=\pm(2.25+j4.46)。$$

$$3) \quad \text{已知:} \quad s=-15-j20。 \quad k=0.75; \quad b=20。$$

求得: $\sqrt{z} = \pm(2.25 - j4.46)$ 。

4) 已知: $z = 15 - j20$, $k = 0.75$; $b = 20$ 。

求得: $\sqrt{z} = \pm(4.46 - j2.25)$ 。

如果按开根的已知复数的坐标值超出了曲线图的尺度范围, 则应自这复数中取出因子 10^{2n} , 使剩下的复数能在图上定出, 从图求得的方根值, 应再乘以因子 10^{2n} , 才是答案。

計算圖 8

1.8 將直角坐标的复数化成極坐标的复数

用本图能迅速地将复数自代数形式

$$w = x + jy \quad (1.9)$$

化为三角形

$$w = |w| (\cos \varphi + j \sin \varphi) \quad (1.10)$$

或极坐标形式

$$w = |w| e^{j\varphi}。$$

換算时, 在曲线图上定出与已知复数的实数部分 x 和虚数部分 y 相当的坐标点 x 和 y , 由此得出相当于此值的极坐标值: 从曲线得上得模数 $|w|$; 从斜线上得幅角 φ (以度为单位)。

例:

复数 $w = 3 + j4$ ($x = 3$; $y = 4$) 的极坐标为: $|w| = 5$ 和 $\varphi = 53^\circ$ 。

計算圖 9

1.9 倒复数

用計算圖 9 能求出复数的倒数

$$u = a + jb = \frac{1}{x + jy} \quad (1.11)$$

求时, 在直角坐标面上定出已知复数值 $u = a + jb$ (在頂尺上标出 a , 在右边尺上标出 b), 在同图的曲线坐标系中便得坐标点 x, y (在左边尺上讀 y , 在底尺上讀 x)。由此得出已知复数的倒复数 $u^{-1} = x + jy$; 这时, 虚数 y 的符号应与 b 的符号相反。

例:

复数 $u = 3 + j4$; 它的倒复数 $u^{-1} = 0.12 - j0.16$ 。

如果 $\frac{a}{b} < 0.1$ 或 $\frac{a}{b} > 10$, 则可用下面的近似式求倒复数:

$$u = a + jb; u^{-1} = (a + jb)^{-1} = \left(\frac{a}{b^2} - j \frac{1}{b} \right)。$$

譯註

如果 a 和 b 的值超出了本图的范围, 则可提出公因子 10^n , 使剩下的值能在图上标出, 所得的结果再除以公因子便是答案。

計算圖 10

1.10 頻率及波长

用計算圖 10 可从已知頻率 f 求波长 λ

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (1.12)$$

此处 $c = 3 \times 10^8$ 米/秒——光速。

图上頻率 f 的范围自 1 兆赫至 300 兆赫 (即波长 λ 从 300 米至 1 米), 但借图上的附表, 可求出頻率范围自 30 千赫至 100000 兆赫

譯註 $u^{-1} = \frac{1}{a + jb} = \frac{a - jb}{a^2 + b^2} = \frac{a}{a^2 + b^2} - j \frac{b}{a^2 + b^2};$

若 $\frac{a}{b} < 0.1$, 則近似式为 $u^{-1} = \frac{a}{b^2} - j \frac{1}{b}。$

若 $\frac{a}{b} > 10$, 則近似式为 $u^{-1} = \frac{1}{a} - j \frac{b}{a^2}。$

內相应的波長值 (λ 自10000米至0.3厘米)。

例1

頻率 $f = 41.6$ 兆赫; 与它相当的波長 $\lambda = 7.2$ 米。

例2

已知頻率 $f = 150$ 千赫, 試求波長。从图和附表得 $\lambda = 2000$ 米。

第二章

无綫电路的元件

計算圖11

2.1 導線的电阻[1]

計算圖11是根据下列計算導線电阻的公式制成的:

$$R = \frac{4\rho l}{\pi d^2} \quad (2.1)$$

欲求銅線的电阻, 可在相当尺上标出: d —以毫米为单位的裸導線的直徑和 l —以米为单位的導線的长, 作直綫連結这两点, 在 R 鋼尺上便得出以欧为单位的銅線的电阻值。若導線是由其他材料制成的, 則尚需在 ρ 尺上标出該導線的电阻率 ρ , 然后經過此点和 R 鋼尺上的点引直綫, 延長此綫与 R 尺相交, 交点的讀数才是導線的电阻。

例:

試求直徑 $d = 0.1$ 毫米和长 $l = 20$ 米的鉄線的电阻。

在 d 尺和 l 尺上标出已知值, 并在 ρ 尺上标出鉄的电阻率 $\rho = 0.092 \frac{\text{欧} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}$ 。在 R 尺上便讀得电阻值等于235欧。

計算圖12

2.2 电容器的电容[1]

由兩平行板片組成中間充以介質的電容器, 其電容量可根据下面的公式

$$C = \frac{S\varepsilon}{4\pi d} \quad (2.2)$$

求得。此处: S —電容器板片的面积, d —板片間的距离, ε —板片間介質的介电常数。

在图中任意三根尺上标出已知值, 在第四根尺上便得答数。經過 C 尺和 d 尺上的点引的直綫与經過 ε 尺和 S 尺上的点引的直綫交輔助尺于同一点。

例:

試求空气电容器 ($\varepsilon = 1$) 板片的面积。已知此电容器的电容量 $C = 200$ 微微法, 板片相隔的距离 $d = 0.5$ 毫米。

在相当尺上标出 $C = 200$ 微微法和 $d = 0.5$ 毫米的点, 經過这两点引直綫1, 延長之与輔助尺相交, 再經過交点和左边尺 $\varepsilon = 1$ 的点引直綫2, 在 S 尺上截出电容器一块板片的面积值 $S = 115$ 厘米²。

計算圖13

2.3 单層繞圈的电感[2]

欲求单層密繞繞圈的电感, 必須知道繞圈的直徑 D 、长度 l 以及在这长度中的匝数 N 。如允許的誤差为2—5%, 則可不考慮繞圈匝距对繞圈电感的影响。本图是根据下面的近似公式

$$L = \frac{0.01DN^2}{\frac{l}{D} + 0.44} \quad (2.3)$$

制成的。当繞圈的长度不超过它直徑的5—6倍时, 可保証得到上述的准确度。

使用本图时,应按下法进行:在 D 尺上标出线圈的直径值,在 $\frac{l}{D}$ 尺上标出线圈的长度对直径的比值,经过这两点作直线,此直线在辅助尺上截出一点;再在 N 尺上标出所用匝数的点,经过此点和辅助尺上的点作直线,此直线在 L 尺上便截出线圈的电感值。

例:

线圈的直径为6厘米,长度为4厘米,在这长度上绕着210匝,试求线圈的电感。先算出比值 $\frac{l}{D}=0.667$,然后由图求得 $L=2400$ 微亨。

计算图14

2.4 单层线圈的自身电容[2]

本图根据下面的公式

$$C_0 = \frac{\pi D}{3.6 \operatorname{arc} \operatorname{ch} \frac{t}{d}} \quad (2.4)$$

制成的。此处: D —线圈的直径,厘米; t —线圈的匝距,毫米; d —导线的直径,毫米; C_0 —线圈的自身电容,微微法。

本图的用法如下:在 D 尺和 $\frac{t}{d}$ 尺上分别标出线圈的直径值和线圈的匝距对导线直径的比值,经过这两点作直线,此直线和 C_0 尺的交点就是线圈的自身电容值。

应该注意,当比值 $\frac{t}{d} < 1.2$ 时,导线的绝缘就有影响,它使自身电容值比计算所得的大;对于大直径的线圈,如果线圈架上刻有槽纹,严格的说,线圈架的材料同样有影响。

例:

已知线圈的直径 $D=60$ 毫米,线圈用直径 $d=2$ 毫米的裸导线绕成,它的匝距 $t=3$ 毫米,试求线圈的自身电容。

答数: $\frac{t}{d}=1.5$; $C_0=5.4$ 微微法。

计算图15

2.5 多层线圈的计算[2]

本图给出多层线圈的尺寸、匝数和电感间的关系,它是根据下面的经验公式

$$L = \frac{0.08 D^2 N^2}{3D + 9b + 10c} \quad (2.5)$$

制成的。此处: D —线圈的平均直径,厘米; b —线圈的宽度,厘米; c —线圈的厚度,厘米; L —线圈的电感,微亨。

今用下列来说明本图的用法:多层线圈的匝数为500,平均直径为25毫米,宽度及厚度各为12.5毫米,试求此线圈的电感。

在曲线图的横坐标轴上标出线圈的平均直径值 $D=25$ 毫米,在 b 尺上标出线圈的宽度值 $b=12.5$ 毫米,经过这两点作直线,延长此直线与下面的辅助尺相交。经过交点和“线圈厚度”的尺上 $c=12.5$ 毫米的点作直线,延长之与曲线图的横坐标轴(“平均直径”尺)相交。从交点向上作垂线,与曲线图上的曲线相交,从曲线上得到的点引水平线,与曲线图的右界线相交。在最右边的垂直尺上标出线圈的平均直径值 $D=25$ 毫米,经过此点和曲线图右界线上的点作直线,此直线截垂直辅助尺于某点。在 N 尺上标出线圈的已知匝数 $N=500$,经过此点和垂直辅助尺上的点作直线,延长之与 L 尺相交,交点的读数即答数 $L=4000$ 微亨。

计算图16

2.6 迭绕线圈的计算[2]

绕制变压器、扼流圈、电磁线圈时,往往要先确定导线迭绕时线圈的匝数、导线的长度以及线圈的直流电阻。本图是根据下列几个已知公式:

$$V = I_{\text{平均}} S_{\text{总}} \quad (2.6)$$

$$N = S_M N_S, \quad (2.7)$$

$$l = \frac{V}{100} N_S, \quad \text{譯註} \quad (2.8)$$

$$R = R_V V, \quad (2.9)$$

及根据絕緣不同的各种直径的皮复銅綫在苏联标准規格中規定的数据繪成的。图中这些数据 * 以曲綫图的形式表示，数据間的关系如下：

$$N_S = f(\Sigma, d), \quad (2.10)$$

$$R_V = \varphi(\Sigma, d). \quad (2.11)$$

此处： N —选繞綫圈的匝数； l —导綫繞一匝的平均长度，厘米； N_S —单位截面积上的匝数，匝数/厘米²； S_M —綫圈的截面积，厘米²； l —所用导綫的总长度，米； V —綫圈的体积，厘米³； d —不計絕緣时导綫的直径，毫米； Σ —导綫的种类（漆包綫、单絲包綫、双絲包綫、单紗包綫、双紗包綫）； R_V —单位体积內导綫的电阻，欧/厘米³； R —綫圈的直流电阻，欧。

本图的用法可用下列說明之。

例：

已知綫圈的截面积 $S_M = 3$ 厘米²，每匝的平均长度 $l_{\text{平均}} = 12$ 厘米，所用漆包綫的直径 $d = 0.1$ 毫米；試求此綫圈的匝数、导綫的长度以及綫圈的直流电阻。

在本图左边的曲綫图上找出註有“漆包綫”字样的曲綫，在曲綫

图的左斜尺上标出 $d = 0.1$ 毫米的点，从这点引斜綫与“漆包綫”曲綫相交，从交点引水平綫与曲綫图的右垂直尺相交，交点的讀数便是 1 厘米²截面积上选繞綫圈的匝数 $N_S = 5700$ 匝/厘米²。在 S_M 尺上标出已知值，經过 N_S 尺和 S_M 尺上的点作直綫，此直綫和 N 尺的交点便是綫圈的总匝数 $N = 17000$ 。在 $l_{\text{平均}}$ 尺上标出已知值，經过 $l_{\text{平均}}$ 尺和 N 尺上的点引直綫，在 l 尺上便得导綫的总长度 $l = 2000$ 米。再經过 $l_{\text{平均}}$ 尺和 S_M 尺上的点引直綫，延长此直綫与 V 尺相交，交点的讀数即綫圈的体积 $V = 36$ 厘米³。然后在本图右边的曲綫图上找出註有“漆包綫”字样的曲綫，在这曲綫上定出相当于导綫直径 $d = 0.1$ 毫米的点，从这点引水平綫与 R_V 尺相交，交点的讀数便是单位体积內綫圈的电阻 $R_V = 130$ 欧/厘米³。再經过 V 尺和 R_V 尺上的点引直綫，在 R 尺上便得綫圈的电阻 $R = 4700$ 欧。

計算圖17

2.7 鉄心綫圈的电感 [2]

用本图可求鉄心綫圈的电感，它是根据下面的已知公式

$$L = \frac{0.4\pi N^2 10^{-8}}{\mu S_{\text{鉄}}} \quad (2.12)$$

繪制的。鉄心的磁阻

$$R_M = \frac{l_{\text{鉄}}}{\mu S_{\text{鉄}}}, \quad (2.12a)$$

此处： L —綫圈的电感，亨； N —綫圈的匝数； $l_{\text{鉄}}$ —鉄心中磁路的平均长度，厘米； $S_{\text{鉄}}$ —鉄心的截面积，厘米²； μ —鉄心的导磁系数。

鉄心的导磁系数决定于鉄心的等級以及工作点在磁化曲綫上的位置（即决定于流过綫圈的直流分量和交流分量的值）。若为中等

* 苏联标准規格4123

譯註



公式的由来，可參閱左圖

$$l = \frac{l_{\text{平均}}}{100} \cdot N$$

將(2.6)(2.8)式代入得

$$l = \frac{V}{100} \cdot S_M N_S = \frac{V}{100} \cdot N_S$$

铁心且安匝数很小, 则近似计算可取导磁系数的起始值 $\mu=450$; 若线圈的交流安匝数很大 (在一厘米长度上不超过 0.5 安匝/厘米), 则导磁系数可用下式

$$\mu = (0.45 + 2 \frac{I_m N}{l_{\text{铁}}}) 10^3 \quad (2.13)$$

求得。此处: I_m —电流的交流分量的振幅, 安; N —匝数; $l_{\text{铁}}$ —铁心中磁路的平均长度, 厘米。

本图的运用规则如下:

1. 经过 L 尺和 N 尺上的点作直线, 在 R_M 尺上得交点。此时, 只能都用 L 尺和 N 尺上 A 边 (左边) 的值或 B 边 (右边) 的值。
2. 经过 $l_{\text{铁}}$ 尺和 R_M 尺上的点引直线。
3. 经过上述直线与辅助尺的交点及 μ 尺上的点作直线, 此直线在 $S_{\text{铁}}$ 尺上截出待求值。

例:

欲使匝数 $N=8000$ 的扼流圈的电感 $L=20$ 亨, 试决定 III—20 型硅钢迭片的截面积。设流过扼流圈的直流电流使铁心的导磁系数 $\mu=110$, III—20 型硅钢片的磁路的平均长度 $l_{\text{铁}}=20$ 厘米。

答: $S_{\text{铁}}=4.5$ 厘米²。

本图与公式一样, 仅在直流安匝数不超过 5 安匝/厘米及使用的铁心无空气隙的情况下是正确的。

计算图 18

2.8 屏蔽线圈的电感 [3]

用本图可求单层屏蔽线圈的电感量, 它是根据下面的半经验公式制成的:

$$L_s = L_0 \left[1 - \left(\frac{D_K}{D_s} \right)^2 \right] \left[1 - \left(\frac{l_K}{2l_s} \right)^2 \right] \quad (2.14)$$

计算图 18 的使用规则如下:

在 $\frac{D_K}{D_s}$ 尺和 $\frac{l_K}{l_s}$ 尺上标出相应的值, 经过这两点作直线, 此直线和 β 尺相交, 经过交点和 L_0 尺上相当于无屏蔽时线圈的电感值的点作直线, 延长此直线, 在 L_s 尺上截出屏蔽线圈的电感值。

对长度超过直径达数倍的多层线圈, 本图也能给出相当准确的结果, 但此时应取线圈的平均直径代替 D_K 。

例:

无屏蔽时单层线圈的电感 $L_0=200$ 微亨, 直径 $D_K=50$ 毫米, 长度 $l_K=50$ 毫米; 若将此线圈放在直径 $D_s=90$ 毫米和长度 $l_s=11$ 毫米的屏蔽罩中, 试求在此情形下线圈的电感值。

$\frac{D_K}{D_s}=0.56$; $\frac{l_K}{l_s}=0.45$ 。由图求得电感值等于 160 微亨; 电感变化系数 $\beta=0.78$ 。

计算图 19

2.9 欧姆定律和功率 [1]

流经电阻 R 的电流 I , 在电阻上产生压降 U 和消耗功率 P , 两者的关系如下:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.15)$$

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (2.16)$$

用计算图 19 可由任意两已知值求其他两值。求时在相当尺上标出两已知值, 作直线连接之, 此直线在其他两尺上便截出待求值。此时电阻、电流、功率可用欧、安、瓦为单位; 亦可用千欧、毫安、

毫瓦为单位。

例:

已知: $R=1.2$ 千欧, $U=4.3$ 伏。

答数: $I=3.6$ 毫安, $P=15.4$ 毫瓦。

计算图20

2.10 电阻的并联[1]

计算图20是根据下式:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (2.17)$$

繪成的。用它可求两个电阻并联后的等效电阻。

用本图尚能求两个电感并联后的等效电感

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}, \quad (2.18)$$

和二个电容串联后的等效电容

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}. \quad (2.19)$$

求时,在相当尺上标出两已知值,作直线连接之,此直线在第三尺上便截出待求值。

所有这三个值应用相同的单位。

例:

已知: $R_1=500$ 欧, $R_2=750$ 欧。

答数: $R=300$ 欧。

计算图21和22

2.11 RC电路和RL电路的时间常数

用计算图21可求RC电路的时间常数,它是根据下式:

$$\tau = RC \quad (2.20)$$

繪成的。

欲求 τ ,可在R尺和C尺上标出电路的电阻值和电容值,经过这两点作直线,此直线和 τ 尺的交点便是时间常数。此时三个值应用具有相同符号(A或B)的尺。尺旁注有A的,其单位如下:电容—微法,电阻—兆欧,时间常数—秒。尺旁注有B的,其单位:电容—微微法,电阻—欧,时间常数—微秒。

例:

已知: $R=50000$ 欧, $C=100$ 微微法。

求得: $\tau=5$ 微秒。

计算图22是根据下式:

$$\tau = \frac{L}{R} \quad (2.21)$$

制成的。用它可求RL电路的时间常数。此处L—电感,R—电阻。

在本图的两根尺上标出R和L值,经过R尺和L尺上的点引直线,此直线和第三尺(τ 尺)相交,交点的读数便是答数。

例:

已知: $R=100$ 欧, $L=100$ 毫亨。

求得: $\tau=1000$ 微秒。

计算图23

2.12 并联回路的计算[4]

本图用以计算简单的并联回路。用它可从回路的电感L、电容C和并联电阻R求回路的波阻抗 ρ 和品质因数Q。此外,用本图还可求回路的衰减量 δ 和等效串联电阻 r 。本图是根据下列公式制成的:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad (2.22)$$

$$\rho = 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C} = \sqrt{\frac{L}{C}}; \quad (2.23)$$

$$Q = \frac{1}{\delta} = \frac{R}{\rho} = \frac{\rho}{r}; \quad (2.24)$$

$$R = \frac{\rho^2}{r}. \quad (2.25)$$

在本图的左边部分，经过 L 尺和 C 尺上两已知点引直线，在 f_0 (λ_0) 尺和 ρ 尺上便得回路的谐振频率（波长）值和波阻抗值。在本图的右边部分，从已知值 ρ 和并联电阻 R 可求回路品质因数 Q （衰减量 δ ）和等效串联电阻 r 。用本图亦可作相反的推算。

例：

已知： $L=150$ 微亨， $C=200$ 微微法， $R=35$ 千欧。

求得： $f_0=920$ 千赫； $\lambda_0=325$ 米； $\rho=865$ 欧；

$Q=40$ ， $\delta=0.025$ ； $r=22$ 欧。

计算图24

2.13 并联回路失调时的阻抗 [4]

本图表示回路两端电压的变化与回路品质因数和相对失调度的关系。它是根据下式：

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(2Q \frac{\Delta f_1}{f_0}\right)^2}} \quad (2.26)$$

制成的。此处： Q —回路品质因数， Δf_1 —失调回路偏离谐振频率 f_0 的值（ Δf_1 和 f_0 应用相同的单位）， U_1 —失调时回路两端的电压， U_0 —谐振时回路两端的电压。比值 $\frac{U_1}{U_0}$ 也表示失调时回路阻抗的变化。

例：

回路的品质因数 $Q=100$ ，当相对失调度 $\frac{\Delta f_1}{f_0}=0.005$ 时，回路两端电压变化 3.707 倍，回路的阻抗也变化相同的倍数。

计算图25

2.14 回路的温度补偿 [5]

欲使回路的谐振频率在温度变化时仍有高度的稳定性，在回路中应接入热补偿电容器。热补偿电容器的电容值在温度变动时，其变化方向与回路的主电容器的电容值的变化方向相反，通常用具有负温度系数的铱康电容器^註当作热补偿电容器。用电容器的负温度系数来抵消回路中线圈的正温度系数，因而使整个回路的温度系数很小。本图是根据公式：

$$\alpha_c = \frac{\alpha_1 C_1 + \alpha_2 C_2}{C_1 + C_2} \quad (2.27)$$

制成的。此处： α_1 —主电容器 C_1 的温度系数， α_2 —与 C_1 并联的热补偿电容器 C_2 的温度系数， α_c —由两并联电容器 C_1 和 C_2 组成的合成电容器的温度系数。计算时令合成电容器的温度系数 α_c 与线圈的温度系数 α_L 大小相等符号相反； α_c 与 α_L 的差值愈小，热补偿回路的频率稳定度愈高。在图中尺 1 上标出差值 $(\alpha_c - \alpha_2)$ —合成电容器的温度系数与热补偿电容器的温度系数之差，或差值 $(\alpha_1 - \alpha_c)$ —主电容器的温度系数与合成电容器的温度系数之差；若用差值 $(\alpha_1 - \alpha_c)$ 在尺 2 上得热补偿电容器 C_2 的值，若用差值 $(\alpha_c - \alpha_2)$ ，则得主电容器 C_1 的值；尺 3 相当于回路的合成电容 $C = C_1 + C_2$ ；在尺 4 上标出差值 $(\alpha_1 - \alpha_2)$ 。通常从已知值 $\alpha_c = -\alpha_L$ ， α_1 ， α_2 和 $C = C_1 + C_2$ 求 C_1 和 C_2 。若所有四根尺或仅中间两根尺或两边两根尺乘以因子 $10^{\pm n}$ ，可使本图的使用范围扩大。

註 铱康电容器——铱康（ТИХОЛ）是陶瓷的一种，它的介电常数大而损耗角小且介电常数的温度系数是负的，所以用铱康为介质的电容器，其电容量的温度系数是负的。