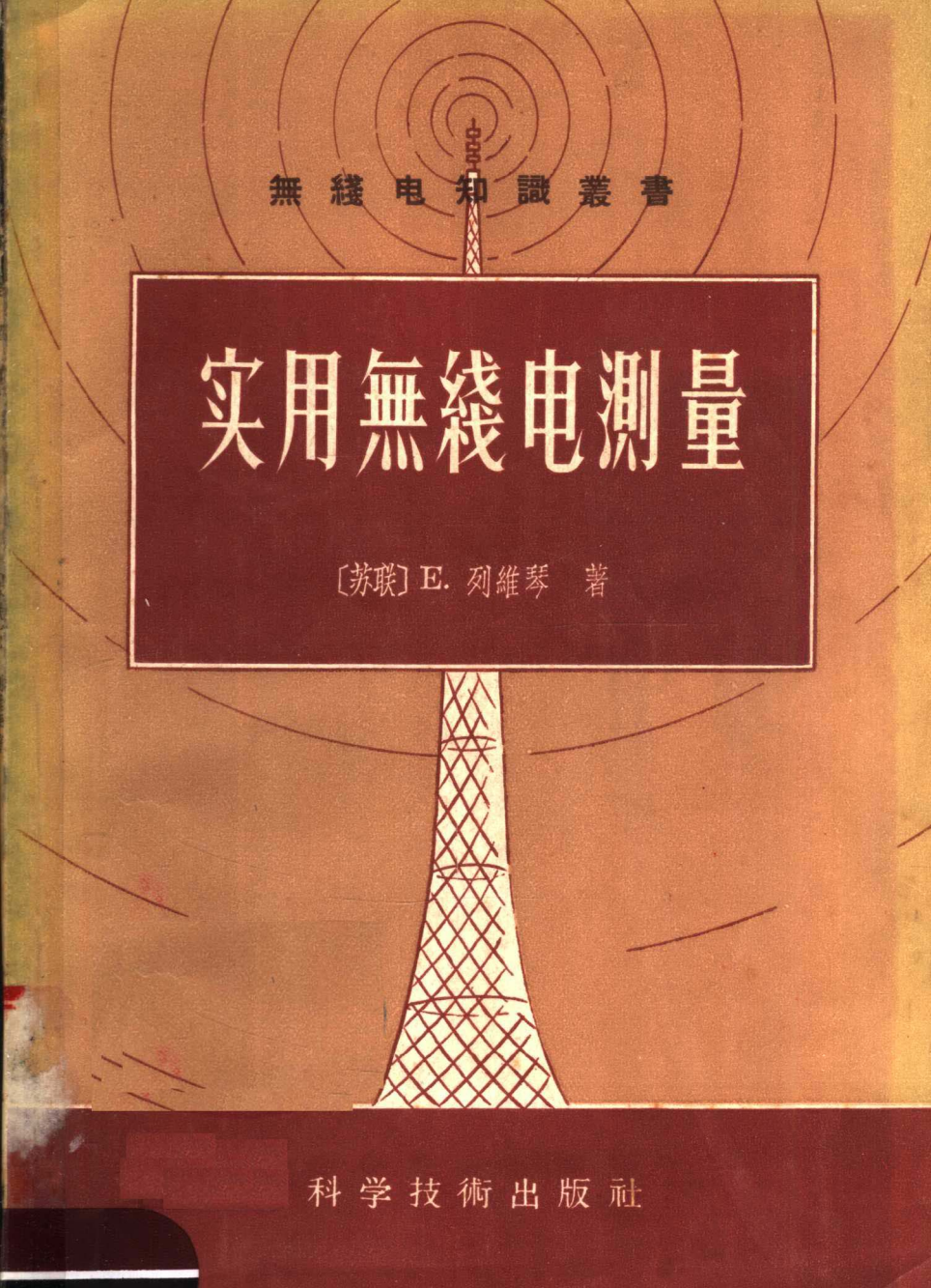




無線電知識叢書

實用無線電測量

[蘇聯] E. 列維琴 著

科學技術出版社

無線電知識叢書

實用無線電測量

[蘇聯] E. 列維琴 著

科學技術出版社

內 容 提 要

本書是从苏联無線电杂志 (РАДИО) 中选譯較有系統的文章集合而成。書中內容是介紹基本的測量知識，先从电表的構造和測量直流电流电压講起，其次講电阻测量和电桥、电感量和电容量的測量方法，以下再講电子管伏特表及其用法、高頻訊号发生器和低頻訊号发生器的原理和用法，最后略講一些示波器的应用知識。書中也列有一些簡單的測量仪器綫路图，以供讀者参考仿制。本書可供一般的無線电业余者了解基本的測量知識参考之用。

实 用 無 綫 电 測 量

原 著 者 (苏联) Е. Левитин

譯 者 集 体 翻 譯

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海遼國西路 336 弄 1 号)

上海市書刊出版業營業許可証出〇·七九号

上海新華印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 15119·390

开本 787×1092 耗 1/32 · 印張 2 · 字數 42,000

一九五六年十月第一版

一九五六年十月第一次印刷 印數 1—9,000

定價: (10) 三 角

目 录

一	电流和电压的测量(何成志譯)	1
二	电阻的测量(叶濤基譯)	13
三	电容和电感的测量(馬克讓譯)	24
四	电子管伏特表(王化周譯)	36
五	測試用高频振盪器(駱洪釗譯)	45
六	音频振盪器(鄒 衍譯)	53
七	示波器(鄒 衍譯)	56

一 电流和电压的测量

业余无线电爱好者，在装置、调整和修理任何无线电收音机、扩音机、或其他无线电设备时，必须作各种电气测量；要能够作这些必要的测量，就应当了解测量仪表的构造、工作原理和测量方法。

电流和电压的测量

直流电路里电流和电压的测量，及交流市电（50周）电流和

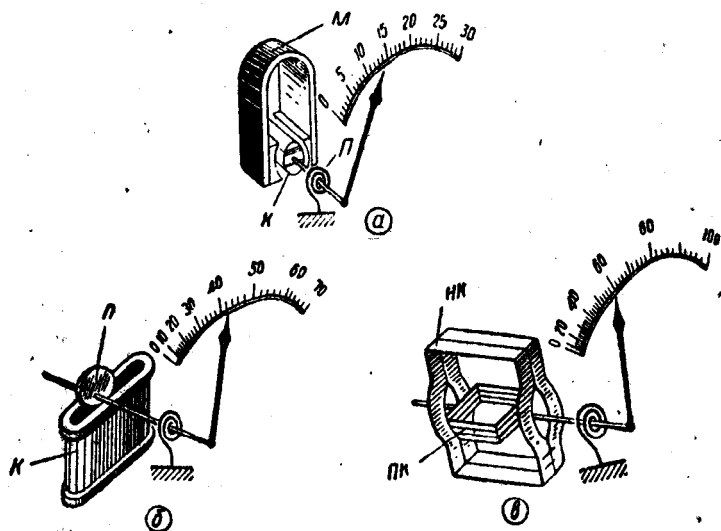


图 1-1 电工测量仪表构造的示意图

a—动圈式 b—动铁式 c—电动式

电压的测量，是业余无线电爱好者们工作中经常碰到的基本测量工作。对于这些测量，常采用指针式电表：测量电流用安培表、毫安表或微安表，测量电压用伏特表（有时用电子管伏特表）。

指针式测量仪表有好几种程式，每种各有它自己的特点。

下面我们来讨论几种最常用的指针式仪表。

动圈式（磁电式）仪表 在这一类型的仪表中，是在永久磁铁 M 的磁场里（图 1-1 a）放着一个能转动的线圈 K ，被测量的电流就通过这个线圈。由于永久磁铁的磁场和线圈磁场交互作用的结果，线圈总是企图绕本身的轴旋转，而游丝 II 却阻止它转动。通过线圈 K 的被测电流所产生的磁场，克服游丝的应力，结果线圈便旋转一个角度。这角度的大小和通过线圈的电流强度成正比。线圈的零位也是靠游丝 II 的弹力维持的。这类仪表的刻度是均匀的，也就是说它每一分度的值是一样的。

动圈式仪表的特点是有较大的准确度，但它只适合于测量直流电流和电压。它的灵敏度很高，使指针产生满度偏转，只要很小的电流——从 1 到 10 毫安，而特别灵敏的只要 25 到 250 微安的电流，就能使指针满度偏转。各种指针式仪表中，只有动圈式仪表能用来测量无线电机电中电子管的工作状态。

动铁式（电磁式）仪表 这类仪表最常见的结构如图 1-16。被测电流通过扁平的固定线圈 K ，偏心装着的软铁片 II 可以在线圈内旋转。被测电流所形成的磁场，把磁铁片吸入线圈中。指针偏转角度和电流强度不成正比关系，因此这类仪表的标度是不均匀的——起端紧密，终端稀疏。实际测量时，多不用标度的起端。这类仪表的灵敏度不高，要 10 到 50 毫安的电流，才能使指针产生满度偏转。

动铁式仪表供测量直流电路和交流市电的电流和电压之

用,也可用来测量無線电設備中的絲极电压和电源电压。

电动式仪表 这类仪表的構造是由两个綫圈組成: 固定綫圈 HK 和可在固定綫圈內轉动的动圈 IK . 电流通过这两个綫圈, 就在它們周圍形成磁場, 因两个磁場的交互作用, 动圈 IK 总是力图旋轉, 但游絲阻止它旋轉, 結果它扭轉到某一角度即停止. 綫圈里通过的电流愈大, 則綫圈扭轉的角度也愈大. 这类仪表的标度也是不均匀的——起端紧密, 而終端稀疏。

电动式仪表和动鉄式仪表一样, 可用来测量直流电路和交流市电. 但它的灵敏度更低, 也就是指針偏轉同样的角度需要更大的电流. 在無線电爱好者的应用中, 几乎不看見这类仪表. 它主要供实验室作测量之用。

热綫式仪表 在这类仪表中有一根拉紧的鉑鉍綫, 当被测电流流过鉑鉍綫时, 它就发热而伸長(图 1-2 a), 帶动指針軸,

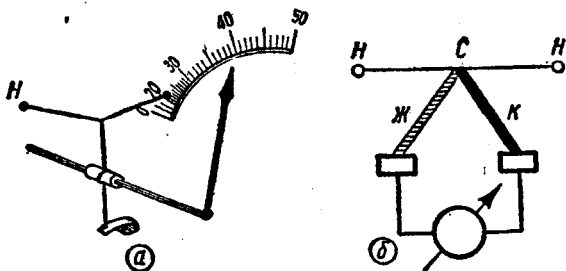


图 1-2 电工测量仪表構造的示意图

a—热綫式 b—热偶式

使指針扭轉某一角度. 这类仪表主要是用来测量無線电发射机中的高频交流电流. 它的刻度是不均匀的。

热偶式仪表 它是由热电偶和动圈式微安表組合而成(图 1-2 b). 被测电流通过細导綫 HH 时, 使热电偶的焊接处 C

发热。这个热电偶由铁线 Z 和康铜线 K 组成。在发热时，这两根线间产生热电动势，这个电动势便造成一个电流通过微安表。热量愈大，表的读数也愈大。仪表的标度可直接按通过 HH 线的电流值来分刻。

这类仪表供测量低频和高频电流之用。它的刻度也是不均匀的——起端紧密，终端稀疏。

整流式仪表 在这类仪表中，先由氧化铜整流器将交流电整流，而后用动圈式仪表来测量整流后的电流。整流电路可接成半波整流式（在工作的半周，电流经氧化铜 1 流过仪表，在不工作的半周，电流不经过仪表而经氧化铜 2 流回，如图 1-3 a），也

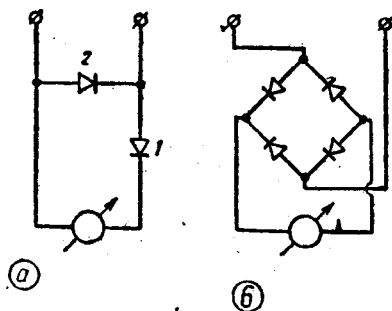


图 1-3 整流式仪表电路图

可接成桥式电路（如图 1-3 b）。这类仪表的标度，仅在开头稍紧密，以后几乎是均匀的。

这类仪表可测量交流市电的电流和电压，也可测量音频电流和电压。它的灵敏度较其他同样用途的仪表为高，因而在业余无线电爱好者们中间被广泛地应用着。

静电式仪表 这类仪表是根据在带有不同电荷的导体间有相互的吸引力这个原理而工作的。它由接到被测电压一极的

定片 a ，和接到电压另一极的动片 b 組成 (图 1-4)。电压加上时，动片被吸入定片內。与动片裝在同一軸上的指針偏轉角度的大小，就依外加电压的高低而定。这类仪表主要用来测量交流和直流的高电压，例如测量阴极射綫管上的电压。

它的标度起端紧密，而其余部分几乎是均匀的。

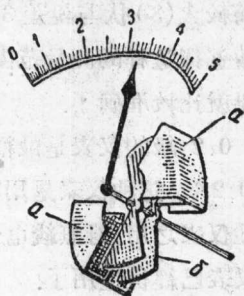


图 1-4 静式仪表構造示意图

所有的仪表，按外形可分为固定在设备上(面板或配电板)的表板式仪表(图 1-5 a)、便携式仪表(图 1-5 b)和供精确测量用的实验室仪表(图 1-5 b)。

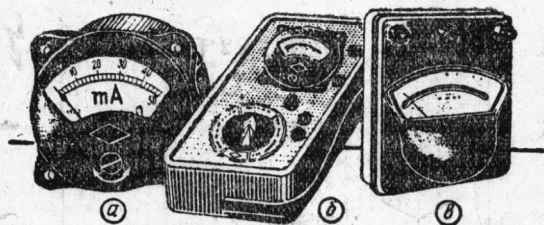


图 1-5 仪表的外形

a—表板式 b—便携式 B—实验室用

电工测量仪表按准确度分为五級：0.2; 0.5; 1; 1.5; 2.5。各級的号碼表示容許的最大测量誤差。这誤差用本表所能测量的最大值的百分数来表示。例如对于 1 級的伏特表，倘电表的滿标度值是 300 伏，那末在测量时标度任何一点的誤差都不超过 300 伏的 1%，即 3 伏。換句話說，这电表量得的电压数，可能有 3 伏上下；無論是测量 30 伏电压或 300 伏电压，都可能有这样

的誤差。显而易見，在前一种測量情況下，指針偏轉角度較小，誤差將較大(30 伏与誤差 3 伏的比，已达 10%)。因此，在測量時总希望選擇這樣的測量范围：使指針的偏轉接近滿度，那末測得的結果就比較准确了。

0.2 級的仪表是最精密的。它的測量誤差不超过最大标度的 0.2%。这种仪表是用在实验室内作最精确的測量，或供校驗其他仪表之用。对无线电爱好者的測量來說，1.5 級甚至 2.5 級的仪表已經很适用了。

測量仪表表面上所画的符号，表示它的程式及其他特性。最常碰到的符号如下表：

仪表程式	符 号	仪 表 特 性	符 号
动圈式		精确度等級(例如 2.5 級)	②.5
动铁式		絕緣耐压 2 千伏	 2kV
电动式		直流表	—
热綫式		交流表	~
热偶式		交直流表	≈
整流式		电表工作时的位置(直立)	↑
靜电式		电表工作时的位置(平放)	→

图 1-6 是动铁式仪表表面的样子。

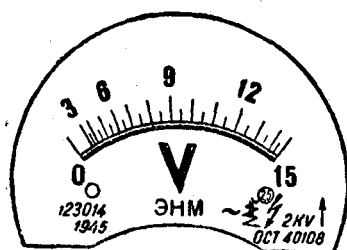


图 1-6 3HM 型伏特表的表面

电流和电压的测量技术

测量电流大小时，应将电表(安培表或毫安表)串联在电路里(图 1-7 a)，让全部被测电流流过电表。

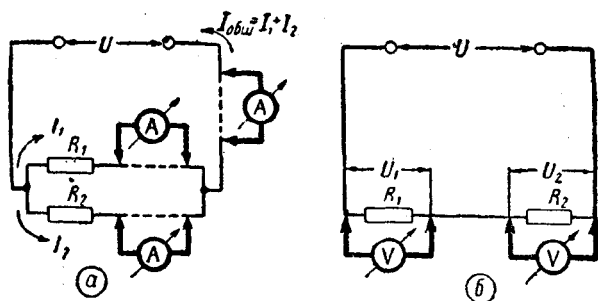


图 1-7 表的接法

a—测量电流时 b—测量电压时

如果电路里有几个并联的分路，要测量某一个分路的电流时，就把电表串联在这个分路里。

安培表的内阻，就是电表的两接线端间的电阻，应该比被测

电路里的电阻小得多;否則,在測量时就要造成錯誤。因为电表接入后,增加了电路的总电阻,測得的电流將比不接电表时为小。

当測量电压时,將伏特表并联到要測量的这一段电路上(图 1-76),就可量得电压。实际上,伏特表也和安培表一样,所測量的是电流,因为指針是在电流通过电表的作用下才产生偏轉的;但电流的大小是与电表两端間的电压成正比的,所以这个表的标度可以直接分刻成电压值,即伏特值。只有靜电式仪表是例外,表內沒有电流通过,指針是靠电荷的作用而产生偏轉的。

伏特表的內阻应大大地(十倍以上)超过和它并联的这段电路上的电阻。如果伏特表的內阻不够大,那末当它并联到这一段电路上进行測量时,將使电路里的总电阻显著地降低,相应地也就减低了它上面的电压降。結果伏特表測得的电压,便小于未接伏特表时电路上的实际电压。如果在所測的电路里另外还串接有高值电阻,那么測量的錯誤更大。例如在無線电机中电子管各极电路內,总接有高电阻,在測量电子管的工作状态时,就有这种情形发生。

电表測量范围的扩大

同一电表,可用来測量超过它指針滿度偏轉的电流或电压。例如:用滿度电流为 1 毫安的毫安表,可以測量 10 毫安、100 毫安或更大的电流。用 5 伏的伏特表,可以測量 250 伏或更高的电压。

为了扩大測量电流的范围,可以在电表上并联一个分流器——电阻器 R_m (图 1-8a),这样,流过电表的电流仅是全部电流的一部分。

分流电阻是根据电表本身的內阻* 和新的测量范围来选择的。設这个分流器接入后,知道电流有多大一部分流过电表,只要用相应的倍数去乘电表的度数就可,或者就做成所测电流的标度。

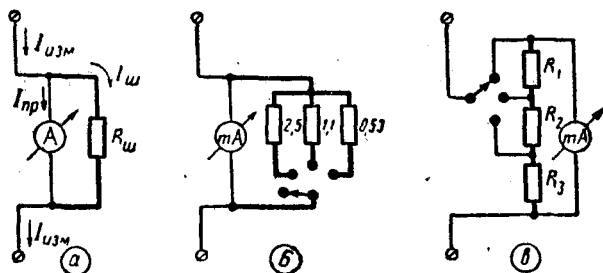


图 1-8 擴大电流量限的方法

a—用于一档 6 和 B—用于三档

分流器的阻值,可按下式計算:

$$R_w = R_{np} \frac{I_{np}}{I_{us.m} - I_{np}} \quad (1-1)$$

式中 $I_{us.m}$ ——裝有分流器的电表,应当能测量的最大电流值,也就是电表新标度的最大值; I_{np} ——电表不裝分流器时指针满度偏轉的电流值 ($I_{us.m}$ 和 I_{np} 应采用同一單位; 如安或毫安); R_{np} ——电表內阻,單位欧。

例: $R_{np} = 10$ 欧, $I_{np} = 10$ 毫安, $I_{us.m} = 50$ 毫安。則 $R_w = 10 \times \frac{10}{50 - 10} = 2.5$ 欧。

电表上裝置几个可以調換的分流器, 就成一个有几种测量

* 这里所指的电表內阻是它的綫圈电阻或热綫电阻

范围的多档毫安表, 如 10、50、100 或 200 毫安等。对于上例的毫安表, 这样一套分流电阻器应该等于 2.5、1.1 和 0.53 欧(图 1-86)。

还有一种采用所谓万用分流器的多档安培表或毫安表, 其中分流电阻器的接法与上述不同(图 1-8B)。

为了扩大电压测量的范围, 可以在电表上串联扩程电阻器 R_o (图 1-9 a)。靠这个电阻器上的电压降来减低电表本身两端间的电压, 扩程电阻器的阻值按下列公式计算:

$$R_o = R_{np} \left(\frac{U_{us.m}}{U_o} - 1 \right) \quad (1-2)$$

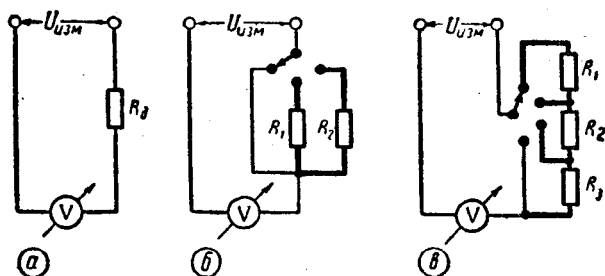


图 1-9 扩大电压量限的方法

a—一档 b 和 B—三档

式中 $U_{us.m}$ ——伏特表加装扩程电阻器后能够测量的最高电压;
 U_o ——不加扩程电阻器时能测量的最高电压。

例如: $R_{np} = 500$ 欧, $U_o = 2$ 伏, $U_{us.m} = 100$ 伏, 则 $R_o = 500 \left(\frac{100}{2} - 1 \right) = 24500$ 欧。

多档伏特表可按图 1-96 或 B 的电路制作。

伏特表的内阻对测量结果的准确性有很大的影响, 这个内

阻是表头本身的电阻(也就是线圈电阻)与扩程电阻的总和。同一只多档伏特表,在不同的量限档有不同的内阻;量限愈大,伏特表的扩程电阻也愈大。因此,通常是按每伏电压的内阻(用 R' 表示)来评定伏特表的好坏。例如:设 $R' = 100$ 欧/伏,那末在有 50 伏和 250 伏两档测量范围的伏特表中,50 伏一档的内阻是 $100 \times 50 = 5,000$ 欧,而在 250 伏一档的内阻是 $100 \times 250 = 25,000$ 欧(当然,在同一档刻度内,不管指针指在哪里,内阻总是不变的)。

一般电工上用的伏特表内阻是 $100 \sim 200$ 欧/伏。但用于无线电测量的伏特表,必须有较高的内阻——至少是 $1,000$ 欧/伏。用于无线电测量的优良伏特表的内阻达 $5,000, 10,000$ 甚至 $20,000$ 欧/伏。

伏特表的内阻取决于所用表头的灵敏度。指针满度偏转时所需的电流愈小,它的灵敏度愈高。知道了 I_{np} 值(单位毫安),就可按下式求得每伏电压的电阻值:

$$R' = \frac{1,000}{I_{np}} \quad (1-3)$$

要作成有 $20,000$ 欧/伏内阻的伏特表,须用很灵敏的表头——满标度电流为 50 微安即 0.05 毫安的表头。

无线电机电中电子管工作状态的测量

测量电子管各极电压即各极与阴极间的电压时,如果电子管的阴极是接地的,伏特表照图 1-10 a 的方法搭接,如果电子管用自给栅偏压的,则伏特表照图 1-10 b 的方法搭接。用于这些测量的伏特表一定要有很高的内阻。

如果要测量某段电路上的交流电压,而在这段电路上同时也有直流成分,那末须将交流伏特表串联一个 0.1 到几个微法

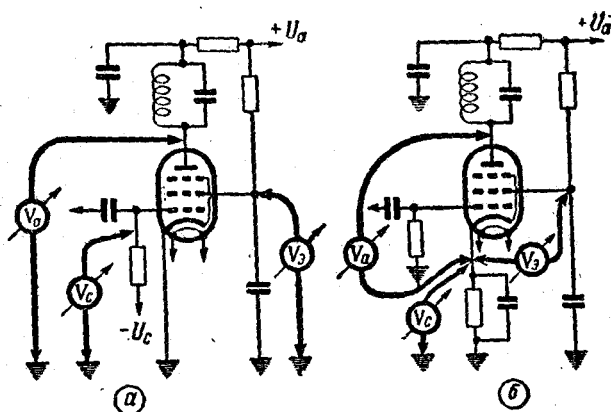


图 1-10 测量电子管各极电压的方法

a—阴极接地时 b—用自给栅偏压时

的电容器,再并联到要测量的电路上去(图 1-11)。被测电压的频率愈低,这个隔直流电容器的电容量应该愈大。

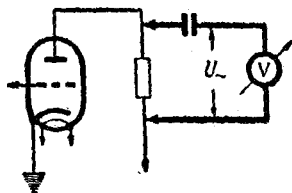


图 1-11 测量含有直流成分的电路上的交流电压的方法

测量电子管各极电路里的电流,有两种方法.第一种方法是把该极电路拆断,再把毫安表串联进去(图 1-12 a)。这时,毫安表必须串联在电路里全部负载的后面。(从电子管算起),倘若电路里有交流成分通过,那末还要用电容器把毫安表旁路。

第二种测量电流的方法不用拆断电路。这时是用伏特表测

量串联在电路里的已知电阻器上的电压降(图 1-12 6), 再按欧姆定律 $I = \frac{V}{R}$ 求出电流值。如电压的单位用伏, 电阻的单位用千欧, 则电流的单位就是毫安。

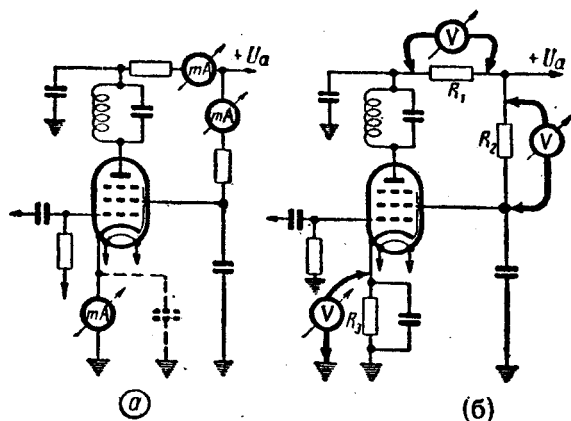


图 1-12 测量电子管各极电路中的电流

a—用毫安表 6—用伏特表

二 电阻的测量

在上一节中, 已讲过测量电压与电流的仪表和这些仪表的使用方法。在本节中, 我们将讲测量导体的直流电阻(通常简称电阻)的方法和用来测量电阻的仪表。

伏特表和安培表测量法

这是测量电阻的一种简单方法, 是用这里讲到的两种测量仪表。用此法时, 将被测电阻器 R_x 与伏特表 V 并联, 再串联一个毫安表 mA (或安培表) 接到电源(电池) B 上如图 2-1a 所示。根据这两表上的读数求得通过电阻器 R_x 的电流 I 及其上产生