

浙江省高中试用课本

工业基础知识

GONGYE JICHU ZHISHI

(电工、无线电及光学部分)

15(3)3-16 G4
X.1
45

目 录

第一章 直流电与交流电	1
第一节 直流电	1
第二节 电流表和电压表	5
第三节 电磁感应定律	13
第四节 交流电	17
第五节 交流电路的功率	23
第六节 三相交流发电机	27
第七节 交流电的输送	37
附 录 万用电表的使用	42
第二章 电子技术和扩音机	45
第一节 电阻器 电容器 电感器	46
第二节 两极管	54
第三节 整流器	60
第四节 三极管	65
第五节 放大器	70
第六节 扩音机	76
第七节 扩音机的喇叭匹配	79
第三章 无线电和收音机	86
第一节 电磁振荡与电磁波	87
第二节 最简单的收音机	92
第三节 单管收音机	95
第四节 倍压检波	99
第四章 常用光学仪器	103

第一节	反光镜	104
第二节	棱镜	110
第三节	透镜	115
第四节	显微镜和望远镜	122
第五节	幻灯机和电影放映机	125

(选用教材部分)

第一部分	农村小型水电站	132
第一节	小型水电站的开发	133
第二节	水轮机	139
第三节	水工建筑	145
第四节	低压输电线的选择	149
第五节	小型电站的配电盘	155
附 录	几种水轮机和发电机的性能	159
第二部分	无线电	162
第一节	可控硅的应用和原理	162
第二节	电磁波的传播特点	169
第三节	超外差式收音机	172
第四节	电视	179
第五节	雷达	184
第三部分	光学	189
第一节	光的干涉	189
第二节	光的色散 光谱分析	191
第三节	红外线和紫外线	195
第四节	光的本性 原子发光机构	197
第五节	激光及其应用	200

第四部分 原子能	210
第一节 原子核	212
第二节 放射性和原子核的转变	214
第三节 原子核的裂变 反应堆	218
第四节 原子弹	223
第五节 原子核的聚变 氢弹	224

有两种不完全的知识，一种是现成书本上的知识，一种是偏于感性和局部的知识，这二者都有片面性。只有使二者互相结合，才会产生好的比较完全的知识。

第一章 直流电和交流电

交流电有远距离输送、使用、控制方便等优点，已被广泛地应用到工农业生产、国防和日常生活等方面。但是在某些场合交流电不能代替直流电，例如：在电化学工业中，交流电不能用作电解、电镀的电源。在汽车、拖拉机、潜水艇、人造卫星上面广泛应用携带方便的直流电源。在无线电通讯设备中也需用直流电。由此可见，我们必须同时掌握直流电和交流电的一些基本性质和规律。由于交流电应用广泛，在本章我们仍以交流电为重点。

第一节 直流电

“马克思主义者看问题，不但要看到部分，而且要看到全体。”初中学过的欧姆定律是对某段电路讲的，称为部分电路欧姆定律。图 1-1 所示的电路，是由电源、导线、开关和负载组成一个闭合回路，这样的电路叫全电路。全电路与部分电路相比较，前者多了一个电源。



图 1-1 全电路

在直流电路中常用的直流电源有：直流发电机、整流电源和电池等。

(一) 电源的电动势

电源在全电路中起什么作用呢？在图 1-1 中，当电路接通时，不仅电源外部的导线、负载上有电流通过，电源内部也有电流通过。电源外部的电路叫外电路，电源内部的电路叫内电路。在外电路中，电流从正极流向负极，在负载上产生电压降 U_1 ；内电路中，电流从负极通过电源内部流向正极，跟外电路一样，内电路也存在电阻，即电源的内阻，如发电机中绕组的电阻，电池中电解液的电阻等，因此在内电路上产生电压降 U_2 。这样，在全电路中，总的电压降为 $U_1 + U_2$ 。

实验表明，对于某一个电源来说， $U_1 + U_2$ 是一个定值，我们用符号 ε 来表示，即

$$\varepsilon = U_1 + U_2$$

ε 称为电源的电动势，它在数量上就等于全电路中内、外电路上的电压降之和。

电动势的单位与电压单位一致，也是伏特。

常用干电池的电动势等于 1.5 伏，铅蓄电池为 2 伏。

(二) 全电路欧姆定律

在图 1-1 所示的电路中，当电流 I 通过时，在内外电阻 (r, R) 上的电压降可以由部分电路欧姆定律得到

$$U_1 = IR \quad U_2 = Ir$$

因为电动势

$$\varepsilon = U_1 + U_2 = IR + Ir = I(R + r)$$

所以

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

可见, 闭合电路中, 电流强度跟电源的电动势成正比, 跟整个电路的电阻成反比。这个结论叫做全电路欧姆定律, 它适用于有电源的闭合电路。

对于某一电源, 它的电动势和内阻是一定的, 但外电路的端电压(输出电压)并不是一定的。由全电路欧姆定律知

$$IR = \varepsilon - Ir \quad \text{或} \quad U_1 = \varepsilon - Ir$$

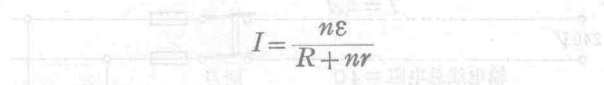
可见电源的输出电压 U_1 随电流强度 I 的变化而变化, 而电流强度 I 与负载电阻 R 有关。

(1) 当 R 比 r 大得多时, 电路的总电阻很大, 电流则很小, 所以 Ir 可以忽略, 则

$$U_1 = \varepsilon - Ir \rightarrow \varepsilon$$

即输出电压近似的等于电源的电动势。因此, 我们常常用内阻很大的电压表近似的测量电源的电动势。

在外电路的电阻 R 比内电阻 r 大得很多时, 虽然电源的输出电压很高, 但是由于电流很小, 所以总的输出功率很小, 不能充分发挥电源的作用。实用上, 当负载电阻较大, 且要求有较大的电功率输出时, 常将几个电源串联起来使用, 这时电路中的电流为


$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr}$$

式中 n 为电池的个数。

(2) 当 R 比 r 小得多时, 与 r 比较, R 可以忽略, 则

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow \frac{\varepsilon}{r}$$

$$U_1 = \varepsilon - Ir = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{r} \cdot r \rightarrow 0$$

这种情形等于外电路短路。由于一般电源的内电阻很小，例如铅蓄电池的内阻仅 $0.005 \sim 0.1$ 欧姆，所以短路时出现很大的电流，输出电压等于零，使电源输出的电功率全部消耗在内电路上，这样，电源就会严重发热而损坏。因此，电源在使用过程中必须保证不使它短路。

[例] 发电机的内阻 $r = 0.2$ 欧姆，电动势为 230 伏，输电线的总电阻为 1.8 欧姆，在用电器全部使用时（满荷），线路上的电流为 10 安，问用电器上实际得到的电压为几伏，发电机的输出电压为几伏？

解：由全电路欧姆定律，输出电压为

$$U_1 = \varepsilon - Ir = 230 - 10 \times 0.2 = 228 \text{ (伏)}$$

线路上的电压降为

$$U' = IR' = 10 \times 1.8 = 18 \text{ (伏)}$$

用电器上的电压为

$$U_1 - U' = 228 - 18 = 210 \text{ (伏)}。$$

练 习

1. 如图 1-2 所示，变压器输出端电压为 240 伏，线路总电

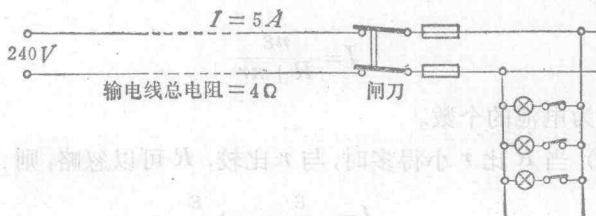


图 1-2

阻 $R=4$ 欧姆, 变压器的内阻为 0.5 欧姆, 当电灯全部使用时, 线路的总电流 $I=5$ 安培, 试求电灯的总电阻, 电灯上获得的实际电压?

2. 无线电路中常用分压电路得到几种不同的电压。如图 1-3 所示, $R_1=10K\Omega$, $R_2=15K\Omega$, $\varepsilon=6V$, 电池内阻 $r=0.3\Omega$, 问 A, B 端的输出电压各为几伏?

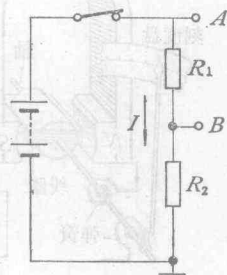


图 1-3 分压电路

3. 某一电源的电动势是 6 伏特, 内阻是 3 欧姆。在外电路的负载电阻分别等于 1 欧姆、 2 欧姆、 3 欧姆、 4 欧姆、 5 欧姆的时候, 电源的输出功率各是多少? 在哪一种情况下输出功率最大?

第二节 电流表和电压表

为了合理地使用、管理用电设备, 就需要用电工仪表来测量电流、电压、电阻、电能等数值。电工仪表的种类很多, 这里只讨论最常见的磁电式和电磁式仪表的基本构造和原理。

(一) 磁电式仪表的构造和原理

磁电式仪表的表头结构如图 1-4 所示。其中主要部分是带有指针的可动线圈和产生磁场的永久磁铁。线圈用绝缘导线绕在铝框上制成。

当被测电流经弹簧通入线圈时, 通电线圈在永磁铁产生的磁场作用下开始偏转, 线圈偏转带动转轴而使弹簧扭紧。当弹力对转轴的作用与线圈的电磁力对转轴的作用平衡时, 固定在

轴上的指针便指到刻度盘上某一位置。

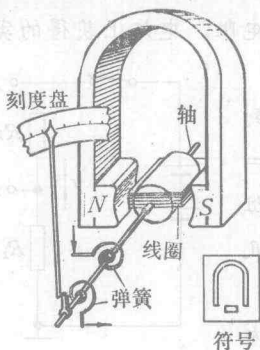


图 1-4 磁电式仪表的构造和符号

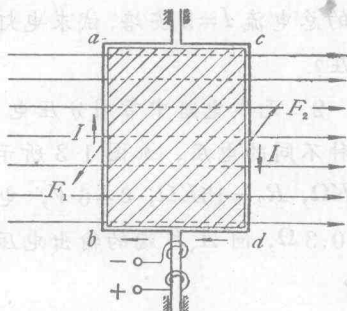


图 1-5 通电线圈在磁场中所受力

通电线圈为什么会转动呢？图 1-5 表示表头中线圈在磁场中的位置，由于磁力线始终与圆柱铁芯垂直，所以线圈在任何偏转位置，磁力线与线圈的相对位置是不变的，即磁力线与线圈的 ab 、 cd 边垂直且在同一平面内。

实验表明，通电导线在磁场中所受的电磁力为

$$F = BIL \sin \theta \quad (\text{牛顿})$$

式中 B 叫磁感应强度，它表示磁场的强弱，磁感应强度的单位是韦伯/米²， I 是通过导线的电流强度，单位用安培， L 是导线 ab 的长度，单位是米， θ 角为磁力线与电流方向之间的夹角。

因为 ab 、 cd 两段导线中的电流方向与磁力线方向垂直， $\theta = \frac{\pi}{2}$ ，所以电磁力为

$$F = BIL$$

而 ac 、 bd 边所受力，由于电流方向与磁力线方向平行， $\sin \theta = 0$ ，所以电磁力 $F = 0$ 。

电磁力的方向可用左手定则判断。如图 1-6 所示, 让磁力线垂直穿入手心, 四指指向电流方向, 那么拇指所指方向就是导线所受的电磁力方向。

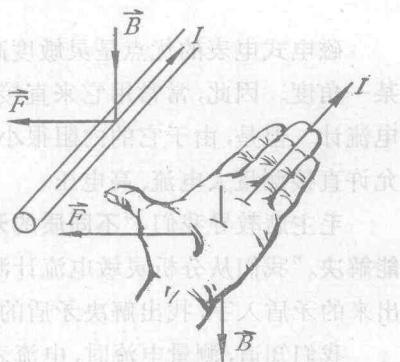


图 1-6 左手定则

用左手定则可以判断出: 通电导线 ab 段所受力垂直纸面向内; cd 段所受力垂直纸面向外。力 F_1 与 F_2 大小相等方向相反, 构成一对力偶, 它们的力矩为

$$M = F_1 \times \overline{ac} = BIL \times \overline{ac} = BIS$$

式中 S 是线圈的面积。

如果线圈不是一匝, 而有 n 匝, 则力矩为

$$M = nBIS$$

对于某一已制成的表头, n 、 B 、 S 是一定的, 由上式可知 M 与 I 成正比。即被测电流 I 越大, 线圈所受电磁力矩愈大, 它的偏转角度也越大。磁电式仪表就是利用上述原理来测量电流大小的。

被测电流如果使指针偏转至最大角度(满度), 线圈所通过的电流达最大值, 称为表头电流, 用符号 I_g 表示。表头电流就是允许通过的最大电流, 一般磁电式电表表头的电流很小, 仅几个微安至几百个微安。表头电流 I_g 愈小, 说明表头的灵敏度愈高。线圈还有一定的电阻, 称为表头的内阻, 常用符号 R_g 表示。表头电流 I_g 和表头内阻 R_g 叫做表头常数。

(二) 磁电式仪表的改装

磁电式电表的优点是灵敏度高，微弱的电流就能使它偏转某一角度。因此，常常用它来直接测量微弱的电流，被称为灵敏电流计。但是，由于它的内阻很小，表头电流 I_g 也很小，所以不允许直接测量大电流、高电压。

毛主席教导我们：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决。”我们从分析灵敏电流计测量大电流、高电压时所暴露出来的矛盾入手，找出解决矛盾的方法来。

我们知道，测量电流时，电流表是串联到电路中运用的。如果把灵敏电流计 G 直接串联到电路里去，让大电流通过 G ，它的线圈就要被烧毁。为此，我们利用并联电路的分流特点，将电流计 G （即表头）并联一个“分流电阻” R' ，如图 1-7 所示，使 R' 的阻

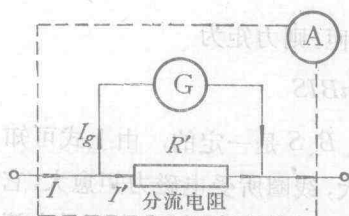


图 1-7

值比表头的内阻 R_g 小得多。这样，使电路中的电流大部分从分流电阻通过，而通过表头线圈的电流就很小，使表头线圈不被烧坏。

如果我们需用电流计 G 来测量电路中的电流 I 比

I_g 大 n 倍时，就必须并联一只分流电阻 R' ，先计算 R' 的大小。从图 1-7 中看出， R' 与 R_g 并联，则 R_g 与 R' 两端的电压降相等，即

$$I'R' = I_g R_g$$

又因为被测电路中的电流 I 等于通过 R_g 的电流 I_g 和通过 R' 的电流 I' 之和，即

$$I = I' + I_g$$

根据 $I_g R_g = I' R'$ 即有 $I' = \frac{I_g R_g}{R'}$

得
$$I = I_g + \frac{I_g R_g}{R'} = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R'} \right) = \left(\frac{R' + R_g}{R'} \right) I_g$$

所以
$$n = \frac{I}{I_g} = \frac{R' + R_g}{R'}$$

最后得 R' 的大小为

$$R' = \frac{1}{n-1} R_g$$

由此可见, 并联上一个分流电阻 R' , 使其阻值为表头内阻的 $\frac{1}{n-1}$ 倍时, 电流表指针的指示数扩大了 n 倍, 即扩大了它的量程。

〔例〕 图 1-7 中, 若表头内阻 $R_g = 25$ 欧姆, 表头电流 $I_g = 3$ 毫安, 现将它改装为量程 $0 \sim 3$ 安培的电流表, 计算分流电阻的大小?

解: 已知表头电流 $I_g = 3$ 毫安, $I = 3$ 安培, 则

$$n = \frac{I}{I_g} = \frac{3}{0.003} = 1000 (\text{倍})$$

所需分流电阻阻值

$$R' = \frac{1}{n-1} R_g = \frac{1}{1000-1} \times 25 = \frac{25}{999} (\text{欧姆})$$

由上例看出, 把阻值为 $\frac{25}{999}$ 欧姆的分流电阻 R' 与表头 G 并联后, 则改装后的电流表 A 的量程比表头 G 扩大了 1000 倍, 如果原来表面上的刻度有 15 格, 每一格代表 0.2 毫安, 那么, 改装后它偏转一格就代表 0.2 安培, 偏转满度时, 被测电流即为 3 安培。

电流计 G 通过适当改装后,也可以用来测量电压。

我们已经知道, 电流计指针偏转的角度跟通过它的线圈中电流强度 I 成正比。那么, 根据欧姆定律知道, 指针偏转的角度必然要随着电流计两端电压的改变而改变, 即指针的偏转与 U 成正比。

可是实际上不能用电流计来测量电压。这是因为电流计的内阻 R_g 很小, 把它并联到电路上测定电压, 不仅会使电流计烧毁, 而且会由于电流计的分流而改变电路中电流, 因而也改变了这段电路上的电压。

如果在电流计上串联一个很大的“分压电阻”, 上述矛盾就解决了。

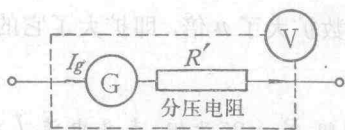


图 1-8

图 1-8 所示, 在串联了分压电阻之后, 通过电流计的电流很小, 当 R' 很大时就能做到不影响被测电

路两端电压的数值, 也不致烧坏表头。

当测量这段电路的电压时, 电流计的内阻 R_g 与电阻 R' 构成串联电路, 在串联电路里, 总电压等于各段电路的电压降之和, 而各段电路上的电压降跟它们的电阻成正比。由于 R' 远远大于 R_g , 所以大部分电压降落在 R' 上, 其余很小部分电压降落在 R_g 上。

设被测电路的电压为 U , 那么

$$U = U_g + U'$$

$$\text{因为 } I = I_g = \frac{U_g}{R_g} = \frac{U'}{R'} \quad \text{即}$$

$$U' = \frac{R'}{R_g} U_g$$

故

$$U = U_g + \frac{R'}{R_g} U_g = \frac{R_g + R'}{R_g} U_g$$

这就是说,当给电流计 G 串联一个分压电阻 R' 后,它的量度范围扩大为原来的 $\frac{R_g + R'}{R_g}$ 倍,如果我们要求扩大 n 倍,即使

$$n = \frac{U}{U_g} = \frac{R_g + R'}{R_g}$$

那么分压电阻的阻值应为

$$R' = (n-1)R_g$$

〔例〕 已知电流计的表头常数 $R_g = 30$ 欧姆, $I_g = 10$ 毫安,现在要把它改装为量程为 75 伏的直流电压表,问分压电阻的阻值?

解:
$$n = \frac{U}{U_g} = \frac{75}{0.3} = 250$$

$$R' = (n-1)R_g = (250-1) \times 30 = 7470 \text{ (欧姆)}$$

(三) 电磁式电表

磁电式电表只能测量直流电,不能测量交流电。这是因为磁电式电表的可动部分惯性很大,如果测量 50 周的交流电,每秒内电流方向改变 100 次,电流方向这样快地改变,可动部分的转动方向来不及跟着变化,因而指针将静止不动。

毛主席教导我们:“任何运动形式,其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾,就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。”从交流电的交变性质来看,磁电式电表已不适应,我们必须寻求新的测量方法。一种方法是将交流电在通过磁电式电表时变为直流电,例如在万用表中利用整流器;另一种方法是用电磁式测量机构。

电磁式测量机构是利用通电线圈吸引铁片的现象制成的,

它的构造如图 1-9 所示。在固定的线圈的旁边装一铁片，铁片固定在转轴上，转轴上连有弹簧和指针。

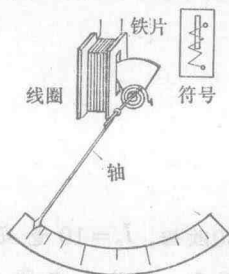


图 1-9 电磁式电表的构造和符号

如果在线圈中通入被测电流，铁片就被吸入线圈的狭缝中，指针就偏转，直至与弹簧所产生的反力矩平衡为止。只要线圈中有电流，不论电流方向是否改变，线圈总是吸引铁片。

电磁式电表的优点是交直流两用，结构牢固，但它的精确度不及磁电式电表。

电磁式电流表和电压表的区别在于线圈的内阻大小，电流表的导线粗，匝数少；电压表的导线细，匝数多。

实验和练习

1. 实验：扩大电压表的量程。

〔目的〕 掌握扩大电压表量程的方法，加深对扩程原理的理解。

〔器材〕 电压表、变阻器、电阻箱(或几个定值电阻)、电池组、电键、导线。

〔实验步骤〕

(1) 按图 1-10 那样组成电路。移动变阻器的滑动片 B ，使电压表的指针偏到满度，记下电压表的示数 U_1 。

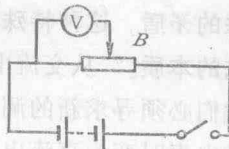


图 1-10

(2) 保持 B 的位置不变，把电阻箱串联在电压表上，调整电阻箱的电阻，使电压表的示数减小到某

一整数 U_2 。求出电压表扩大量程的倍数。

(3) 根据电压表扩大量程的倍数和电阻箱的电阻,用公式

$$R' = (n-1)R_g$$

求出电压表的内阻。

(4) 知道电压表的内阻之后,再通过计算,求出使电压表量程扩大到某一所需倍数时的附加电阻 R' 的大小,然后进行改装,并检验公式 $R' = (n-1)R_g$ 是否正确。

2. 表头常数 $I_g = 5$ 毫安, $R_g = 20$ 欧姆,现在要把它改装成量程为 1 安培、10 安培的电流表,则要分别并联多大的电阻?

3. 电流表的内阻是 0.02 欧姆,最大量程是 1.5 安培,现在要测量的最大电流为 15 安培,则要并联多大电阻?

4. 电压表的内阻是 1400 欧姆,要把它量程扩大 10 倍,则分压电阻要多大?

第三节 电磁感应定律

过去我们已经学习了电磁感应现象,它是发电机、感应电动机、变压器的主要工作原理,现在进一步来讨论电磁感应的数量关系。

如图 1-11 所示,在螺线管 B 中插入一个小螺线管 A ,当打开或闭合电键时,或者改变变阻器的电阻时,则螺线管 A 中的电流发生改变,从而通电螺线管 A

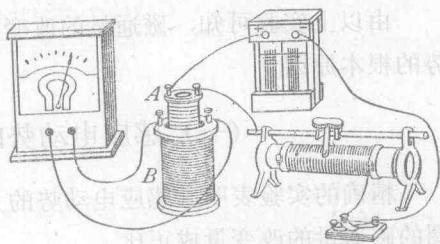


图 1-11 电磁感应