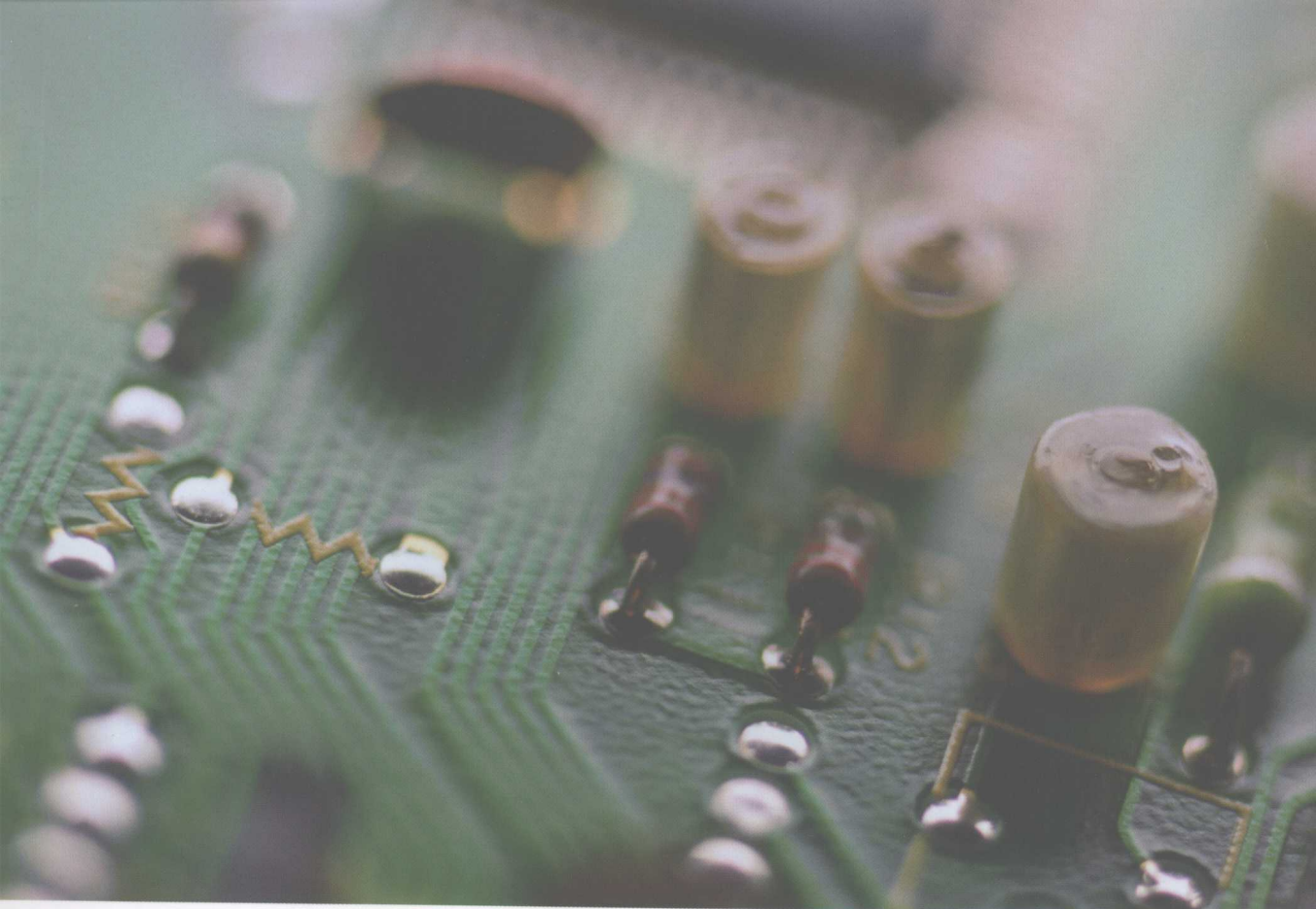




D I A N G O N G D I A N Z I J I S H U S H I Y A N

电工电子技术实验

主 编 周誉昌 蒋力立



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

电工电子技术实验

主编 周誉昌 蒋力立

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验 / 周誉昌, 蒋力立主编. —北京: 高等教育出版社, 2007.3

ISBN 978-7-04-021559-5

I. 电... II. ①周...②蒋... III. ①电工技术 - 实验 - 高等学校 - 教材②电子技术 - 实验 - 高等学校 教材

IV. TM33 TN33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 025135 号

策划编辑 孙振威 责任编辑 李瑞芳 封面设计 吴 昊 责任印制 蔡敏燕

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		021-56964871
邮政编码	100011	免费咨询	800-810-0598
总 机	010-58581000	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	021-56965341		http://www.hep.com.cn
			http://www.hepsh.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
排 版	南京理工出版信息技术有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	上海师范大学印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2007 年 3 月第 1 版
印 张	12.75	印 次	2007 年 3 月第 1 次
字 数	311 000	定 价	21.20 元

凡购买高等教育出版社图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21559-00

前 言

电工电子技术实验是高等工科院校实践性很强的专业基础课,目的是培养学生理论联系实际的能力、实践操作能力、分析解决实际问题的能力以及综合应用能力,在实验过程中培养学生严谨求实的科学态度和踏实细致的工作作风,培养创新意识和工程意识,以适应未来工作的需要。

本书是根据电工电子实验教学大纲的要求,在总结多年实验教学经验和教学改革的基础上编写而成的,综合了电工电子技术、电路与电子学、电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、电子技术实验等专业基础课程的实验内容,既可配合相关的理论课程的实验教学要求,又可满足实验课单独设课的要求。书中实验项目可根据不同学时、不同专业、不同层次的教学要求自由选择组合。

全书分为第一篇、第二篇和附录三部分。第一篇阐述了常用电工电子仪器仪表的结构、原理、使用方法及注意事项。第二篇安排了 38 个实验项目,其中实验 1~34 为基本实验,着重培养学生掌握基本实验知识、基本实验技能、常用电工电子仪器仪表使用的能力;实验 35~38 为综合性实验,着重培养学生独立思考能力及综合运用能力。附录中汇编了实验室常用集成电路名称、型号及引脚排列,以便实验中查阅参考。

本书由电工电子实验中心教师和工程技术人员共同编写,参编人员有王晗、刘汉瑞、刘彦鹏、刘银萍、杜宇上、杨振兰、陈安、黄珊珊、梁远博、蒋力立、韩萍。

电工电子实验中心的建设和本书的编写得到了广东工业大学自动化学院、信息学院和物理与光电工程学院的领导和教师的指导和帮助,在此特别表示感谢。也感谢曾参与电工电子实验教学活动的领导和教师,他们为本书的编写积累了大量资料,做了许多工作,也提出了许多有益的建议。

在本书的编写过程中参阅了一些相关教材和著作,在此向有关作者谨致谢意。

目 录

第一篇 常用电工电子仪表介绍

第一章 常用电工仪表	3
第二章 常用电子仪器	11

第二篇 实 验 项 目

实验 1 伏安特性曲线的测量	37
实验 2 基尔霍夫定律的验证	39
实验 3 有源二端网络等效参数的测定	41
实验 4 一阶动态电路响应的研究	44
实验 5 R 、 L 、 C 元件阻抗特性的测定	49
实验 6 二端网络参数的测定	51
实验 7 三表法测定交流参数	56
实验 8 日光灯电路及提高功率因数的方法	59
实验 9 互感的测量	62
实验 10 三相负载电路的测量	65
实验 11 常用实验仪器的使用	69
实验 12 晶体管单级放大电路	74
实验 13 两级阻容耦合放大电路	81
实验 14 负反馈放大电路	84
实验 15 射极跟随器	88
实验 16 差分放大电路	92
实验 17 运算放大器的应用	97
实验 18 有源滤波器	101
实验 19 RC 桥式正弦波振荡器	104
实验 20 OTL 互补对称功率放大器	107
实验 21 LM386 集成功率放大器	109
实验 22 晶体管串联稳压电路	112
实验 23 集成稳压器电路	116
实验 24 门电路逻辑功能及测试	119
实验 25 组合逻辑电路的测试和设计(1)——加法器	124
实验 26 组合逻辑电路的测试和设计(2)	128
实验 27 译码器及数据选择器	130
实验 28 RS 、 D 、 JK 触发器	133

目 录

实验 29	集成计数器	138
实验 30	移位寄存器及其应用	143
实验 31	多谐振荡器及单稳态触发器	147
实验 32	555 定时电路及其应用	151
实验 33	D/A、A/D 转换器	157
实验 34	RC 网络频率特性测试	163
实验 35	彩灯循环显示控制器	168
实验 36	波形发生电路	173
实验 37	简易万用表的设计搭接、校验	178
实验 38	数字电子钟	180
附录 1	基尔霍夫定律的验证	182
附录 2	有源二端网络等效参数的测定	185
附录 3	数字电子线路实验基本知识	186
附录 4	常用芯片	188
附录 5	TPE-DG1 电工电路实验箱	195
参考文献		197

第一篇 常用电工电子 仪表介绍

第一章 常用电工仪表

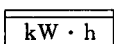
一、简介

电工仪表是实现电工测量过程所需技术工具的总称。

电工仪表的测量对象主要是电学量。电学量又分为电量与电参量。通常要求测量的电量有电流、电压、功率、电能、频率等；电参量有电阻、电容、电感等。

常用电工仪表的分类、符号和意义见表 1-1。

表 1-1 常用电工仪表的符号和意义

分类	符号	名称	被测量的种类
电流种类	—	直流电表	直流电流、电压
	~	交流电表	交流电流、电压、功率
	≈	交直流两用电表	直流电量或交流电量
	≈或 3~	三相交流电表	三相交流电流、电压、功率
测量对象		电流表、毫安表、微安表	电流
		电压表、千伏表	电压
		功率表、千瓦表	功率
		千瓦时表	电能
		相位表	相位差
		频率表	频率
		电阻表、兆欧表	电阻、绝缘电阻
工作原理		磁电系仪表	电流、电压、电阻
		电磁系仪表	电流、电压
		电动系仪表	电流、电压、电功率、功率因数、电能
		整流系仪表	电流、电压
		感应系仪表	电功率、电能

续 表

分类	符号	名称	被测量的种类
精度等级	1.0	1.0 级电表	以标尺量程的百分数表示
	1.5	1.5 级电表	以指示值的百分数表示
绝缘等级	2 kV	绝缘强度试验电压	表示仪表绝缘经过 2 kV 耐压试验
工作位置	□	仪表水平放置	
	⊥	仪表垂直放置	
	∠60°	仪表倾斜 60°放置	
端钮	+	正端钮	
	-	负端钮	
	± 或 *	公共端钮	
	⊥ 或 ≡	接地端钮	

二、电工测量指示仪表的组成和工作原理

电工测量指示仪表在结构上都由测量机构和测量线路两部分组成。测量机构又由固定部分和活动部分组成。测量机构是仪表的核心,其主要作用是:产生转动力矩,使仪表的指示器偏转;产生反作用力矩和阻尼力矩。

测量时,仪表的活动部分在转动力矩的作用下偏转,同时,产生反作用力矩的部件(如游丝)所产生的反作用力矩也作用在活动部分上,而且随偏转角的增大而增大,当转动力矩与反作用力矩平衡时,指示器就停止下来,指示出被测量的数值。

电工测量中常用的指针式仪表有磁电系、电动系、电磁系等。这些仪表的结构虽然不同,但工作原理却是相同的,都是利用电磁现象使仪表的可动部分受到电磁转矩的作用而转动,从而带动指针偏转来指示被测量的大小。

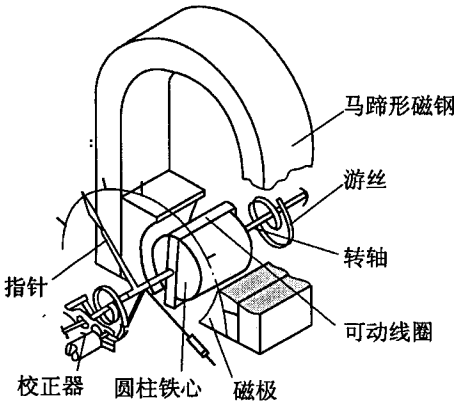


图 1-1 磁电系仪表的测量机构

1. 磁电系仪表

磁电系仪表是测量各直流电气量的直读式仪表。它是依靠电磁相互作用的原理制成的。

(1) 磁电系仪表的结构

磁电系仪表的测量机构由固定部分和活动部分组成,如图 1-1 所示。

① 固定部分 主要是磁路系统。它由永久磁铁、极掌及圆柱铁心组成。

② 活动部分 主要指电路系统。它包括铝框

及绕在铝框上的动圈、转轴、游丝和指针。

(2) 磁电系仪表的工作原理

仪表固定部分的永久磁铁(马蹄形磁钢)和放置于磁极间的圆柱形铁心可在空气隙中形成辐射形均匀磁场。可动线圈绕在矩形铝框架上可在空气隙中自由偏转。当处在永久磁铁磁场中的动圈有电流通过时,动圈受转动力矩的作用而发生偏转。游丝因动圈偏转而发生变形,产生反作用力矩。当反作用力矩与转动力矩平衡时,活动部分最终停留在相应的位置,指针在标尺上指出被测量的数值。由于在线圈转动的范围内磁场均匀分布,因此线圈的转动力矩与电流的大小成正比。又由于游丝的反作用力矩与线圈的偏转角度成正比,所以仪表指针的偏转角度与通过动圈的电流成正比,因此标尺上的刻度是均匀的。

若利用磁电系测量机构测交流电流,必须先将交流电流用整流电路转换为测量机构所要求的直流电流。此种仪表测量的是交流电经整流后的平均值,但在刻度上是按将正弦量的平均值折算成有效值的方法定义的,因此用它测非正弦交流电流时,有较大的误差。

磁电系仪表在指示仪表中占有极其重要的地位,主要用于直流电路的电压和电流的测量。其优点是刻度均匀、灵敏度高、精度高、消耗功率小、受外界磁场影响小等。缺点是结构复杂、造价较高、过载能力小,而且只能测量直流。

(3) 使用磁电系仪表的注意事项

① 仪表使用时应按规定的工作位置(水平、垂直)放置,并尽可能远离强电流导线和强磁场物质,以免增加仪表误差。

② 使用时,仪表的指针如不在零位,可利用表盖上的调零器将指针调至零位。

③ 测量时,电流表要串联在被测电路中,电压表要与被测电路并联。同时需注意电流必须从“+”极性端流入。否则指针将反向偏转。

④ 磁电系仪表的过载能力较低,使用前必须对待测电流、电压大小有所估计,以选择适当的量程,避免过载。

2. 电磁系仪表

电磁系仪表根据磁化后相互作用的形式不同,分为吸入式(吸引作用)和推斥式(推斥作用)两种,目前采用推斥式居多。

如图 1-2 所示为推斥式电磁系仪表的测量机构。铁片 B_1 和 B_2 放在固定线圈内,铁片 B_1 与转轴相连可以自由转动,铁片 B_2 则是固定不动的。被测电流通过固定线圈时产生磁场,铁片 B_1 和 B_2 同时被磁化。由于两铁片同一端的极性相同,因此两者相斥,致使可动铁片受到转动力矩的作用,通过转轴带动指针偏转。当转动力矩与游丝

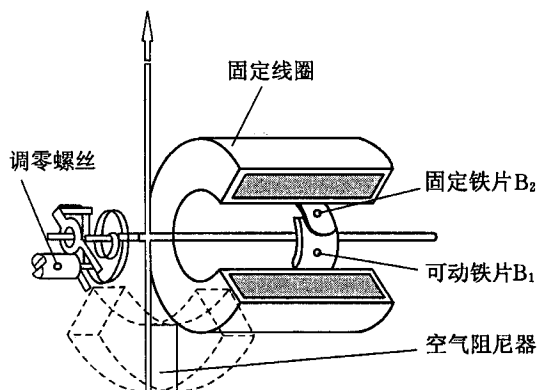


图 1-2 推斥式电磁系仪表的测量机构

的反作用力矩相平衡时,指针便停止偏转。当线圈中电流方向改变时,线圈所产生的磁场极性和被磁化的铁片的极性同时改变,但两者作用力方向不变,即指针偏转方向不变。因此,这种仪表可用在交流或直流电路中进行测量。

由于作用在铁心上的电磁力与空气隙中磁感应强度的平方成正比,磁感应强度又与通过线圈的电流成正比,因此仪表的转动力矩与电流的平方成正比。又由于游丝的反作用力矩与线圈的偏转角度成正比,所以仪表指针的偏转角度与线圈电流的平方成正比。可见电磁系仪表标尺上的刻度前密后疏,是不均匀的。虽然这种仪表的灵敏度和精度较低,但其结构简单,过载能力大,又可交、直流两用,因此得到了广泛应用。

3. 电动系仪表

(1) 电动系仪表的结构和工作原理

磁电系仪表的磁场是由永久磁铁建立的,如果利用通有电流的固定线圈去代替永久磁铁,便可构成电动系仪表。电动系仪表是一种利用载流的可动线圈和载流的固定线圈之间的作用力而工作的仪表。它与电磁系仪表相比,最大的区别在于由可动线圈代替了可动铁片,因此基本上消除了磁滞和涡流的影响,使仪表的精度得到了提高。电动系仪表结构如图 1-3 所示,电动系仪表有两个线圈:固定线圈(简称定圈)和可动线圈(简称动圈),图中动圈与转轴固定在一起,转轴上装有指针。定圈分为两个部分,彼此平行排列,这样就使两个线圈之间磁场比较均匀,反作用力矩由游丝产生,利用空气阻尼器产生阻尼力矩。

当定圈通以电流 I_1 时,在定圈中便建立了磁场,如果动圈中通以电流 I_2 时,则受到定圈磁场中电磁力 F 的作用而产生转动力矩,电磁力 F 的大小与磁感应强度 B_1 和电流 I_2 成正比,使得仪表活动部分发生偏转,直到转动力矩与游丝产生的反作用力矩相平衡时停止,并指示出读数。仪表指针的偏转角度与两线圈电流的乘积成正比,即

$$\alpha = KI_1 I_2 \quad (1-1)$$

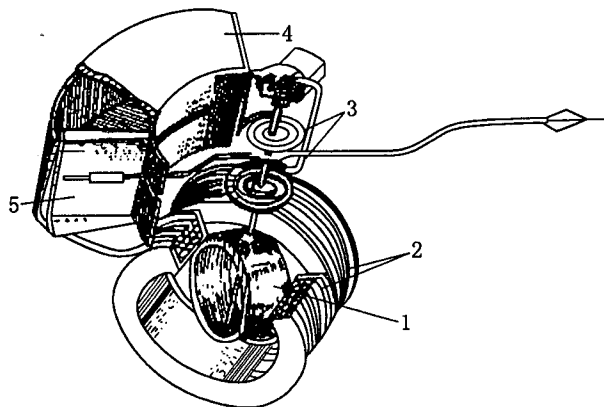


图 1-3 电动系仪表的测量机构

1—可动线圈;2—固定线圈(两个);3—游丝;4—阻尼盒;5—阻尼叶片

对于线圈通入交流电的情况,由于两线圈中电流的方向均改变,因此产生的电磁力方向不变,这样可动线圈所受到转动力矩的方向就不会改变。设两线圈的电流分别为 i_1 和 i_2 , 则转动力矩的瞬时值与两个电流瞬时值的乘积成正比。而仪表可动部分的偏转程度取决于转动力矩的平均值,由于转动力矩的平均值不仅与 i_1 及 i_2 的有效值成正比,而且还与 i_1 和 i_2 相位差的余弦成正比,因此电动系仪表用于交流时,指针的偏转角与两个电流的有效值及两电流相位差的余弦成正比。即

$$\alpha = KI_1 I_2 \cos \varphi \quad (1-2)$$

可见,仪表指针的偏转角不仅与通过动圈和定圈的电流有效值成正比,而且同两个电流之间的相位差的余弦成正比。因此电动系仪表除了可以做交直流两用的精度较高的电压表和电流表以外,还可以做成功率表,用来测量交流电路的功率。这种仪表的缺点是易受外磁场的影响;本身消耗的功率比较大,过载能力小;刻度不均匀。

(2) 电动系功率表的结构与原理

作为瓦特计来测量电路的功率是电动系仪表的一个主要用途。图 1-4 所示为功率表的外形、原理图、符号及接线图。测量时将仪表的固定线圈与负载串联,反映负载中的电流,因而固定线圈又叫电流线圈;将可动线圈和附加电阻 R_v 串联后与负载并联,反映负载两端电压,所以可动线圈又叫电压线圈。

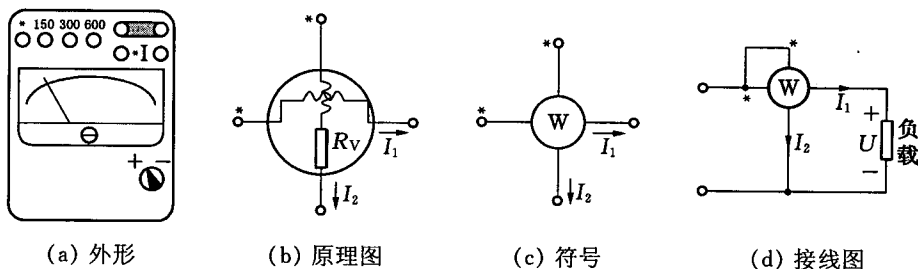


图 1-4 电动系功率表的结构

当工作在直流电路,电动系功率表接入交流电路测量时,则 $I_1 = I$, 且可动线圈电流 I_2 正比于负载电压 U ,根据电动系仪表特性可知,其偏转角 α 正比于两个线圈电流的乘积,即

$$\alpha = K' I_1 I_2 = K' I_1 \frac{U}{R_v} = K'' UI = K'' P \quad (1-3)$$

因此电动系功率表在直流电路中工作时的偏转角就与被测负载的功率成正比。

当测量交流电路中的功率时,通过定圈的电流 I_1 等于负载电流,而通过动圈的电流 I_2 与负载电压成正比,即

$$\alpha = K' I_1 I_2 \cos \varphi = K' I_1 \frac{U}{R_v} \cos \varphi = K'' UI \cos \varphi = K'' P \cos \varphi \quad (1-4)$$

从式(1-4)可以看出,在交流电路中,电动系功率表的偏转角与交流电路的有功功率成

正比。

(3) 电动系功率表的使用方法

1) 功率表的量程选择

功率表量程的正确选择。选择功率表的量程,实际上就是选择功率表中的电流量程和电压量程,务必使电流量程能容许通过负载电流,电压量程能承受负载电压。如果只注意测量功率量程是否足够,而忽视电压、电流量程是否和负载电压、电流相适应,那是错误的。

功率表一般有两个电流量限,两个或三个电压量限。

功率表电压线圈串联不同的附加电阻 R_v 以扩大量程。

功率表的电流量程通常利用线圈串联和并联的改接制成高低两个量限,如图 1-5 所示是双量程电流量限改变量程的示意图。电流线圈被分为两个匝数相等、导线截面大小相同的绕组。图 1-5a 所示为两个绕组串联,电流量程为 I 。图 1-5b 所示为两个绕组并联,电流量程被扩大一倍,即 $2I$ 。

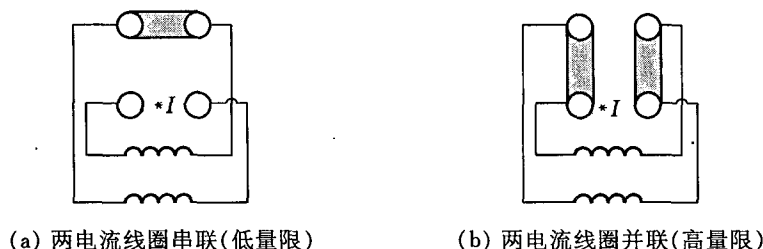


图 1-5 双量程电流量程改变的示意图

2) 功率表的连接方法

由功率表的原理可知,功率表指针的转角与两线圈中流过的电流方向有关。如果其中一个线圈的电流方向接反,功率表指针将反向偏转,因此功率表的电压回路和电流回路各有一个端子标有“*”或“±”的符号,该端子称为发电端。

图 1-6a 所示的功率表电压线圈回路接在电流线圈的前面,称为电压线圈前接线路,电流线圈和负载直接串联,适用于负载电阻比电流线圈电阻大很多的情况。

图 1-6b 所示的线路是将功率表电压线圈接在电流线圈后面,故称为电压线圈后接线路,

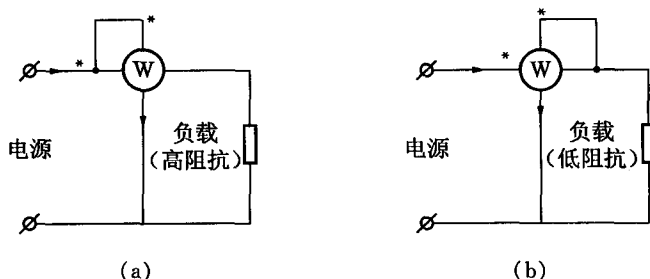


图 1-6 功率表的接线方式

适合于负载电阻远小于功率表电压回路电阻的情况。

功率表正确接线的“发电机端”(又称公共端钮)接线规则:

① 功率表标有“*”号的电流端钮接至电源的一端,而另一端钮则接至负载端,电流线圈串联接入电路中。

② 功率表中标有“*”号的电压端钮,可以接至电流端钮的任意一端,而另一端则跨接到负载端。电压线圈支路并联接入电路。

功率表的正确接线必须遵守“发电机端”接线规则,如果不慎将两个线圈中的任意一个接反,会造成指针反偏,甚至烧毁功率表。

如果功率表接线遵守了“发电机端”规则,表针仍反偏,说明被测电路端口电压与电流之间的相位差大于 $\frac{\pi}{2}$,能量的传递方向与预期相反,电路向外发出功率,此时功率取负值。对于设有极性开关的功率表,只需将开关旋向“-”,指针即可正偏,但功率读数应取负值。

3) 功率表的读数

由于功率表是多量限表,其表盘上并不标明瓦特数,而只标明分格数,当选用不同的电压、电流量限时,每分格所代表的瓦特数(功率表常数,用 C 表示,)不同。

若知道了 C 值和仪表指针偏转后指示格数 α ,即可求出被测功率

$$P = C\alpha$$

功率表常数 C 可按下式计算

$$C = \frac{\text{电压量限} \times \text{电流量限}}{\text{表盘满刻度数}} (\text{W/格})$$

4) 功率表使用时的注意事项

① 仪表指针不在零位时,可利用表盖上零位调整器调整。

② 测量时如遇仪表指针反向偏转,应改变变表面板上“+”、“-”换向开关极性,切忌互换电压接线,以免使仪表产生误差。

③ 功率表测出的功率值包括了其本身电流线圈的功率损耗,所以在做准确测量时,应从测得的功率中减去电流线圈消耗的功率,才是所求负载消耗的功率。功率表两电流量限线圈的电阻值已在表盘上标出,供使用者修正所测功率值时使用。

④ 功率表与其他指示仪表不同,表针偏转大小只表明功率值,并不显示仪表本身是否过载。有时表针虽未达到满度,只要 I 或 U 之一超过该表的量限就会损坏仪表。因此,在使用功率表的同时,电路中需接入电压表和电流表,起监视保护作用。

例:某功率表面板如图 1-7 所示,电压量限为 300 V,电流量限为 0.5 A,表盘标尺刻度总格数为 150 格,则功率表常数 C 为

$$C = \frac{\text{电压量限} \times \text{电流量限}}{\text{表盘盘满刻度}} = \frac{300 \times 0.5}{150} = 1 (\text{W/格})$$

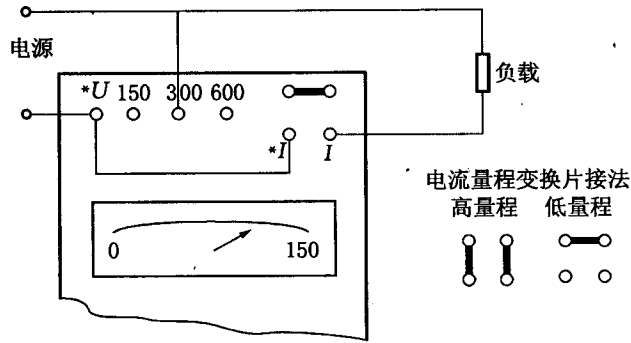


图 1-7 功率表面板

第二章 常用电子仪器

一、直流稳压电源(DC REGULATED POWER SUPPLY)

本章介绍 DF1733 和 DF1731SB2A 两种稳压电源。

1. DF1733 直流稳压电源

(1) DF1733 直流稳压电源的基本原理

DF1733 直流稳压电源是采用三只电源变压器,三路完全独立输出的三路直流稳压电源,三路电源工作原理完全相同,其中一路的原理如图 2-1 所示。

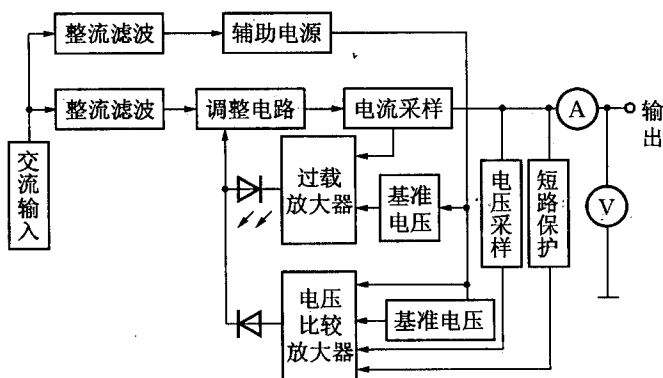


图 2-1 DF1733 一路稳压原理框图

由图 2-1 可见,直流稳压电源由整流滤波电路、辅助电源基准电压、电压(电流)采样电路、比较放大器、调整电路和保护电路组成。

输入 220 V 的交流电压经过降压变压器分别供给主回路整流器和辅助电源整流器。主回路变压器的副边有二组抽头,使输出直流电压为 0~15 V 和 15~30 V 两挡。

主回路整流滤波电路是由四只二极管构成桥式整流电路,每只二极管的最大电流为 3 A 和一只大电容(2 200 μ F)组成。

辅助电源产生三组电压,一组电压(+12 V)供比较放大器和集成电路的直流电源用。另两组电压经过温度补偿的基准稳压二极管稳压后,分别提供电压比较放大器的基准电压和过载放大器的基准电压。

电压采样电路将输出电压采样送到电压比较放大器的反相端,基准电压送到电压比较放大器的同相端,经过电压比较放大器(实际上为差分放大器),比较放大去控制调整电路,使输出电压为 0~15 V 和 15~30 V。

电流采样过载放大器的原理与电压比较放大器相似,区别只在于一旦发生过载,使调整