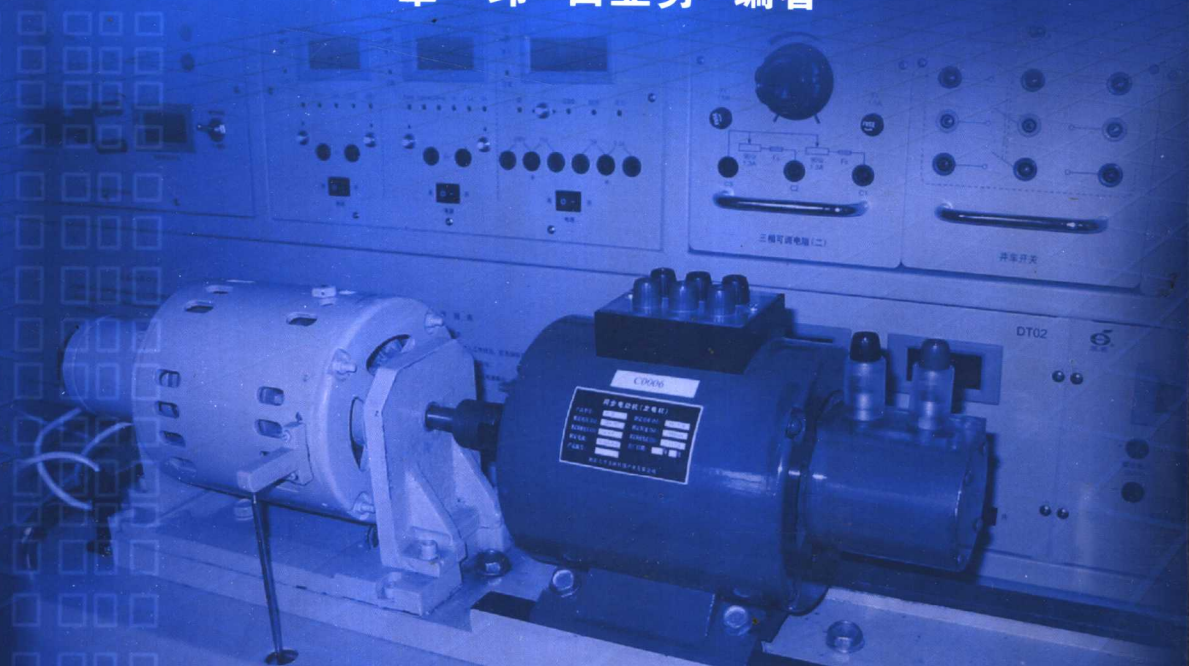


新世纪高等院校精品教材

DIANJIXUE, DIANJI YU TUODONG
SHIYAN JIAOCHENG

电机学、电机与拖动 实验教程

章 玮 白亚男 编著



浙江大學出版社
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

电机学、电机与拖动 实验教程

章 玮 白亚男 编著

浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电机学、电机与拖动实验教程 / 章玮编著. —杭州:
浙江大学出版社, 2006. 1
ISBN 7-308-04565-X

I. 电... II. 章... III. ①电机学—实验—高等学
校—教材②电力传动—实验—高等学校—教材 IV.
①TM3-33②TM921-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 149666 号

电机学、电机与拖动实验教程

章 玮 白亚男 编著

责任编辑 宋纪浔

封面设计 姚燕鸣

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 杭州出版学校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 7.5

字 数 188 千

版 次 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 7-308-04565-X/TM·034

定 价 12.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

内 容 简 介

电机实验作为一门基础技术实验课程,目的在于培养学生掌握基本的实验方法,能根据实验目的拟定线路、选择仪表、确定试验步骤、测取数据,并在此基础上进行分析研究。

本书实验包括直流电机、变压器、异步电机、同步电机以及电机拖动等 11 个实验内容,达到了《电机学》与《电机与拖动基础》实验课程教学大纲的要求。

前 言

本书是在原浙江大学电机及其控制教研室任礼维、张杰官老师编著的《电机与拖动实验》基础上,针对浙江大学方圆科技产业有限公司开发研制的 DTSZ-1 电机实验系统编写的教学实验指导教材。

《电机学》与《电机与拖动基础》实验包括直流电机、变压器、异步电机、同步电机以及电机拖动等十一个实验内容,达到该实验课程教学大纲的要求。教师可根据课时的需要,使学生通过针对性的实验,来巩固和加深对电机理论的理解,培养学生分析和解决实际问题的能力。

电机实验作为一门基础技术实验课程,目的在于培养学生掌握基本的实验方法和操作技能,使学生能根据实验目的拟定试验线路、选择仪表、确定试验步骤、测取数据,并在此基础上进行分析研究。

一个完整的电机实验应包括以下几个方面:

1. 实验前的准备

- (1)复习教材中的有关内容,阅读实验指导书及与本实验有关的参考资料,明确实验要求。
- (2)写出实验预习报告。预习报告通常包括:(a)实验内容和步骤;(b)实验线路图;(c)实验时应保持的条件和要测取的数据;(d)实验过程中的注意事项。

2. 实验过程中的要求

- (1)熟悉被试机组和所选仪表,记录设备的铭牌和仪表量程。
- (2)根据实验线路图,按图接线,线路力求简单明了。接线原则是先串联主回路,再接并联支路。由电源开关后开始,连接主要的串联电路。如是单相或直流电路,则从电源的正极出发,经过主要线路的各段仪表、设备,最后返回到电源的负极;如是三相电路,则应三根线一齐往下接。导线的长短、粗细应根据仪表的分布位置和流过电流的大小确定。
- (3)在实验正式开始前,校准各台仪表的零位。在实验过程中,如果需要调节负载或改变电阻、电压、转速等物理量,必须考虑参数间的互相影响,随时注意其他应保持不变的物理量是否发生了变化或超过了额定值。

- (4)根据预定实验计划测取实验数据,对所记录数据的合理性随时进行检查,以免返工。

3. 实验报告

实验报告应简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论明确。内容应包括:

- (1)专业班级、实验组别、姓名、同组人,实验日期。
- (2)实验名称、实验目的、实验内容、实验步骤及相应线路图,并注明实验所用仪表的量程。
- (3)数据整理和计算。记录数据的表格上应详细注明实验条件,数据计算要列出计算公式。
- (4)曲线绘制。绘制曲线时,应选择合适的坐标系。需要进行比较的曲线应画在同一坐标

系中。各坐标轴应标明所代表物理量的名称和单位。实验所测取的数据点应明确标出,曲线要光滑连接,不要连成“折线”,各条曲线应标上所代表的函数关系。

(5)结果分析。对实验结果和实验中出现的现象进行简单明确的分析,对实验中的物理概念进行探讨,对实验过程中的经验、教训、体会及收获进行小结。

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| DTSZ-1 型电机实验系统简介 | 1 |
| 第一章 直流电机 | 9 |
| 实验一 直流电动机认识实验 | 9 |
| 实验二 直流发电机特性实验 | 13 |
| 实验三 直流并励电动机 | 18 |
| 实验四 直流串励电动机 | 22 |
| 第二章 变压器 | 25 |
| 实验一 单相变压器 | 25 |
| 实验二 三相变压器参数测定 | 31 |
| 实验三 三相变压器的联接组 and 不对称短路 | 37 |
| 实验四 单相变压器的并联运行 | 48 |
| 实验五 三相变压器的并联运行 | 50 |
| 第三章 异步电机 | 52 |
| 实验一 三相鼠笼式异步电动机的参数测定和工作特性 | 52 |
| 实验二 三相异步电动机的起动与调速 | 59 |
| 实验三 三相异步电动机的机械特性 | 63 |
| 实验四 单相电阻起动异步电动机 | 65 |
| 实验五 单相电容起动异步电动机 | 68 |
| 实验六 单相电容运转异步电动机 | 71 |
| 第四章 同步电机 | 74 |
| 实验一 三相同步发电机的运行特性 | 74 |
| 实验二 三相同步发电机的并联运行 | 79 |
| 实验三 三相同步电动机 | 84 |
| 第五章 异步电机(大机组) | 88 |
| 实验一 三相鼠笼式异步电动机的工作特性和参数测定 | 88 |

| | | |
|------------|------------------------|-----------|
| 实验二 | 三相异步电动机的起动与调速 | 94 |
| 第六章 | 同步电机(大机组) | 96 |
| 实验一 | 三相同步发电机的运行特性 | 96 |
| 实验二 | 三相同步发电机的并联运行 | 102 |
| 实验三 | 三相同步电动机 | 107 |
| 实验四 | 三相同步发电机参数的测定 | 109 |

DTSZ-1 型电机实验系统简介

DTSZ-1 型电机实验系统由主控制屏和各种挂箱形式的测量仪表构成。保护系统齐全,操作方便。其系统部件包括:

| 规格型号 | 部件名称及内容 | 规格型号 | 部件名称及内容 |
|------|-----------------------|------|------------|
| DT01 | 主控制屏 | DT26 | 并车开关 |
| DT02 | 220V 直流稳压电源 | DT31 | 继电器接触控制箱一 |
| DT03 | 励磁电源(供直流电机、同步电机) | DT32 | 继电器接触控制箱二 |
| DT04 | 直流电机调节电阻 | DT40 | 三相组式变压器 |
| DT05 | 绕线电机启动电阻 | DT41 | 三相三线圈芯式变压器 |
| DT06 | 电机导轨及涡流测功系统 | D13 | 复励直流发电机 |
| DT07 | 步进电机驱动系统 | D14 | 串励直流电动机 |
| DT08 | 步进电机电源 | D15 | 三相绕线式异步电动机 |
| DT10 | 数显直流电压、电流、毫安表 | D16 | 三相同步电动机 |
| DT11 | 数显交流电压表(共三组) | D17 | 并励直流电动机 |
| DT12 | 数显交流电流表(共三组) | D21 | 三相笼型异步电动机 |
| DT13 | 数显功率表、功率因数表 | D22 | 单相电阻启动电动机 |
| DT20 | 三相可调电阻(0.65A, 0~900Ω) | D23 | 单相电容启动电动机 |
| DT21 | 三相可调电阻(1.3A, 0~90Ω) | D24 | 单相电容运转电动机 |
| DT22 | 三相可调电抗 | D25 | 变极双速异步电动机 |
| DT23 | 三相可变电容 | D26 | 80W 直流电动机 |
| DT24 | 整步表及旋转指示灯 | D31 | 步进电机 |
| DT25 | 波形测试及开关板 | | |

“DTSZ-1 型电机实验系统”的外观如图 0-1 所示,下面简单介绍一下实验系统主要模块的功能及其使用。

一、电源主控制屏 DT01

电源主控制屏 DT01 面板图如图 0-2 所示,它提供三相 0~450V 可调交流电源、交流测量仪表、转速、转矩显示和加载系统,电压、电流漏电保护系统和过载保护系统,报警记录显示、各

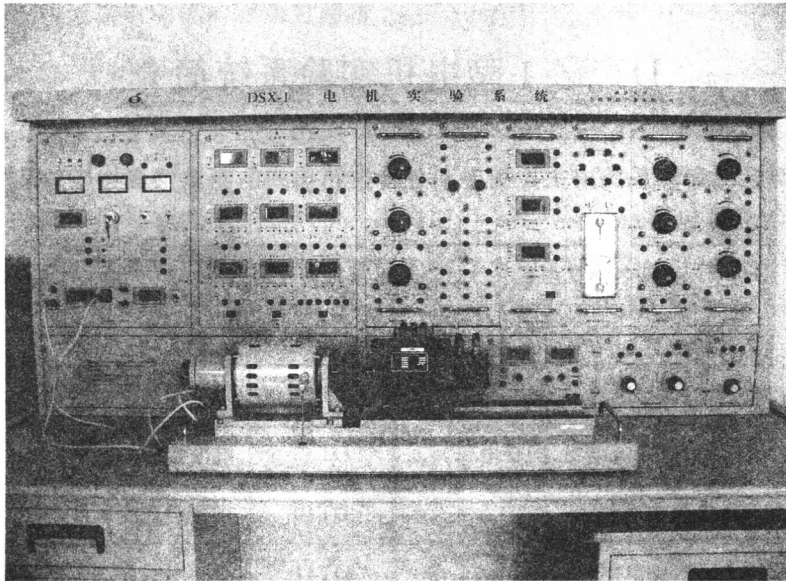


图 0-1 实验系统整体图

部件工作电源以及荧光灯照明。

DT01 的实际使用步骤为：

(1) 合上钥匙开关(钥匙开关置于开状态),主控制屏停止按钮(红色)点亮。按下主控制屏上的绿色按钮,主控制屏输出交流电源,三相相电压监测仪表显示输入线电压(电压监测开关置于进线输出电压指示)。

(2) 调节主控制屏左侧调压旋钮调节输出电压。通过三相电压表监测电压(选择开关置于输出电压)。

(3) 主控制屏上告警记录指示为 0,表明正常初始化,进入计数工作状态。

(4) 主控制屏上电机负载转矩和转速显示,在未接入输入信号和工作电源时,输出为随机数。

二、220V 直流可调稳压电源 DT02

220V 直流可调稳压电源 DT02 面板图如图 0-3 所示,它的主要功能为:

(1) 开关控制电源输出,直流电压从接线柱“+”和“-”输出。

(2) 通过电位器调节,输出 50~240V 左右的直流电压(电位器在逆时针到底位置时输出电压最低,为 50V 左右)。

(3) 数字显示输出电压和电流值。

三、励磁电源 DT03

励磁电源 DT03 面板图如图 0-4 所示,它的主要功能为:

(1) 开关控制电源输出。提供直流电机励磁电源(220V, 0.5A),或 32V 直流可调同步电机励磁电源(2.5A)。

(2) 数字显示输出电流值。

(3) 具有短路保护功能。

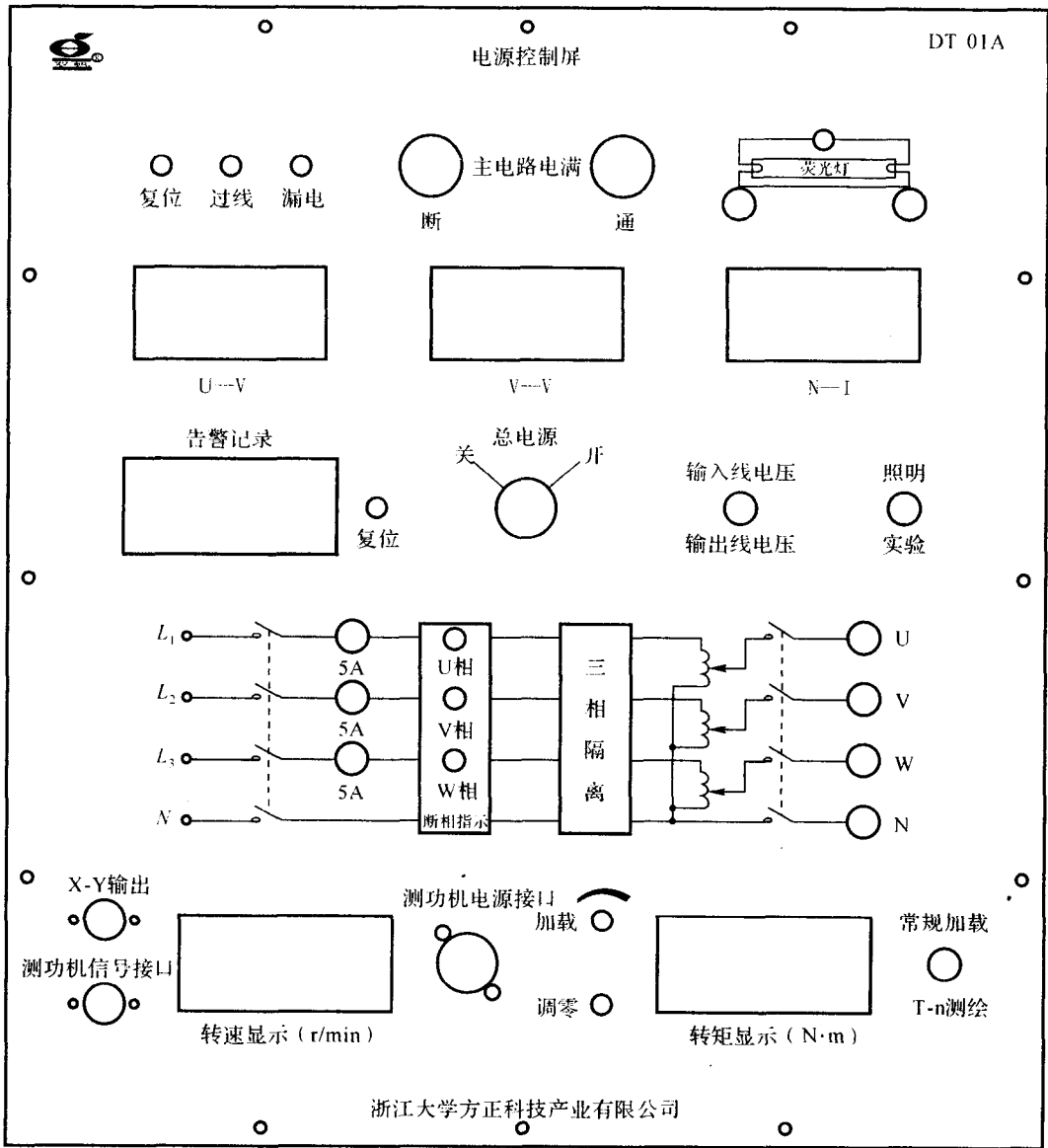


图 0-2 电源主控制屏面板图

四、直流电机调节电阻 DT04

直流电机调节电阻 DT04 面板图如图 0-5 所示,它提供直流电机电枢调节电阻(0~90Ω)和直流电机励磁调节电阻(0~3000Ω),沿顺时针旋到底电阻值最大。

五、绕线电机调节电阻 DT05

绕线电机调节电阻 DT05 面板图如图 0-6 所示。作为绕线电机启动调节电阻(0-2-5-15-∞),沿顺时针旋到底电阻值最大。它具有三相电阻连轴调节的功能。由于受到功率的限制,电阻仅作为绕线电机启动调节用,正常启动后,应切除。

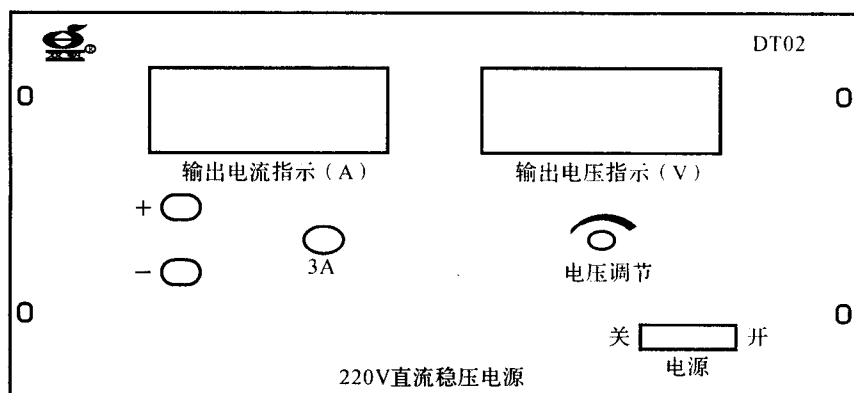


图 0-3 220V 直流可调稳压电源面板图

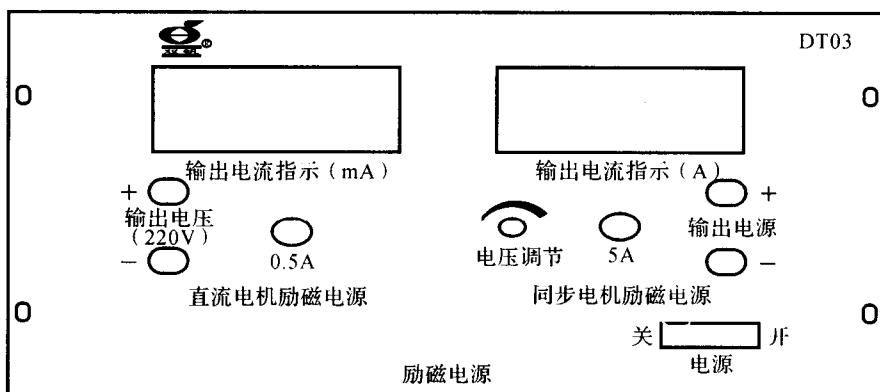


图 0-4 励磁电源 DT03 面板图

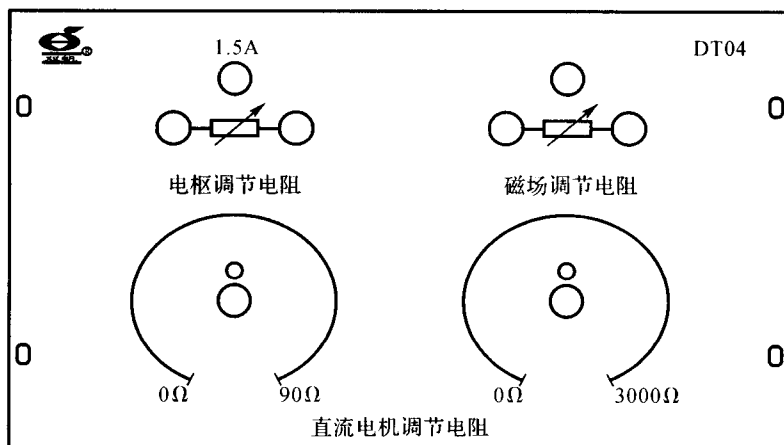


图 0-5 直流电机调节电阻 DT04 面板图

六、测功机

测功机如图 0-7 所示,使用步骤为:

- (1)将被测电机和涡流测功机同轴相连。
- (2)调节 DT01 面板上的转矩显示调零电位器,使 DT01 面板上的输出转矩显示为零,作

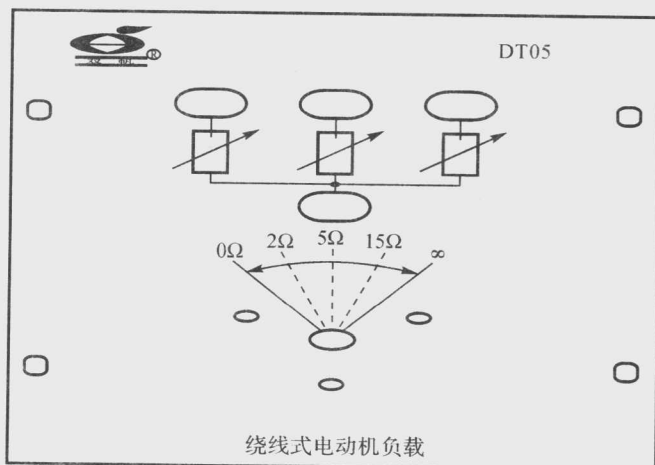


图 0-6 绕线电机调节电阻 DT05

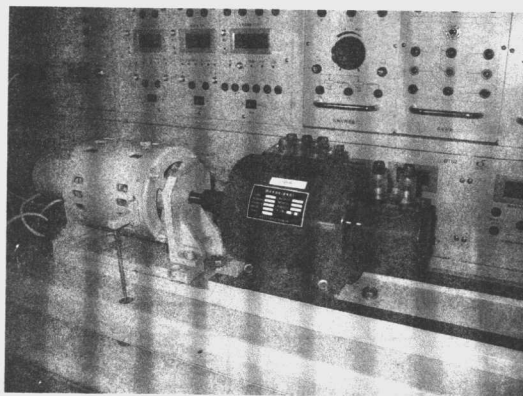


图 0-7 测功机

为起始点。

(3)调节加载旋钮,数字显示所加负载。在初始加载时,转矩的产生滞后于加载电位器的调节速度。在初始加载时,切勿快速旋转加载电位器,以免加载过冲。

(4)在加载时,确定电机转向为正。判断正转向的方法:从 DT01 面板上的转速表观察,转速表显示读数为正;或从测功机的轴伸端观察,电机顺时针旋转,表明电机转向为正。

七、三相可调电阻 DT20、DT21

三相可调电阻 DT20、DT21 如图 0-8 所示,它的主要功能为:

(1)DT20 提供三组可调电阻,每组由两个可变电阻($0\sim 900\Omega$ 、 $0.41A$)构成,同轴调节。有熔断器作为过流保护($0.5A$)。

(2)DT21 提供三组可调电阻,每组由两个可变电阻($0\sim 90\Omega$ 、 $1.3A$)构成,同轴调节。输出加熔断器作为过流保护($1.5A$)。

八、三相可调电抗 DT22

三相可调电抗 DT22 如图 0-8 所示,它提供三组独立的、感抗为 $1H$ 的电感和三相独立的调压器,可作为调压器和负载使用。

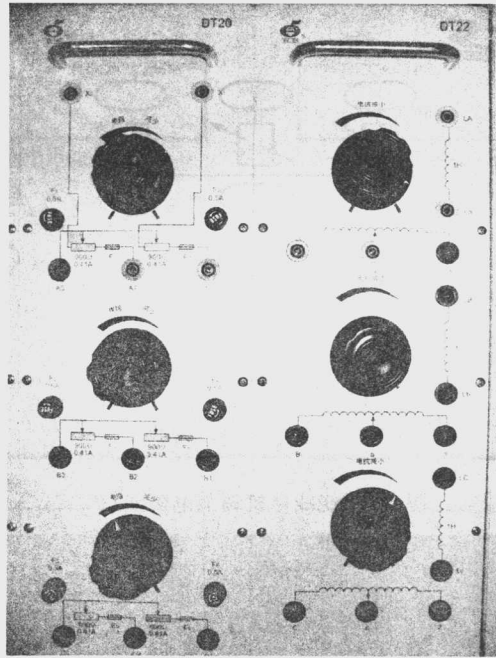


图 0-8 三相可调电阻、电抗

九、三相可变电容 DT23

三相可变电容 DT23 的主要功能为：

- (1) 提供三相可变电容。
- (2) 开关切换输出 1、2、2、4、4 μ F，三相通过接线柱分别输出。
- (3) 琴键开关切换输出电容：0.1~0.9 μ F，由一个琴键开关切换同时输出三组至相应的输出接线柱。

十、数字直流电压、电流、毫安表 DT10

数字直流电压、电流、毫安表 DT10 的面板图如图 0-9 所示，它的主要功能为：

- (1) 电压表量程：5V、20V、50V、100V、250V、500V，输入阻抗为 1M Ω 。
- (2) 电流表 1 量程：25mA、100mA、250mA、1A、2.5A、5A，输入阻抗为 0.1 Ω 。
- (3) 电流表 2 量程：200 μ A、2mA、20mA、200mA，输入阻抗为 5 Ω 。
- (4) 量程切换采用上升、下降按键，红色指示灯显示所选量程。各档均具有超量程保护、自锁、报警功能，报警的同时切断总开关电源。

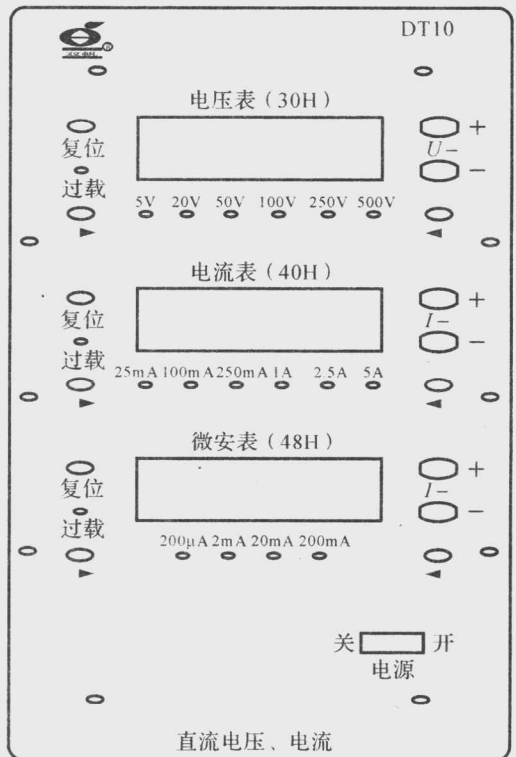


图 0-9 数字直流电压、电流、毫安表 DT10

十一、数字交流电压表 DT11

数字交流电压表 DT11 的主要功能为:

(1) 提供三只数字式电压表。电压表量程: 20V、50V、100V、250V、500V, 输入阻抗为 $1M\Omega$ 。

(2) 量程切换采用上升、下降按键, 红色指示灯显示所选量程。各档均具有超量程保护、自锁、报警功能, 报警的同时切断总开关电源。

十二、数字交流电流表 DT12

数字交流电流表 DT12 的主要功能为:

(1) 提供三只数字式电流表。电流表量程: 25mA、100mA、250mA、1A、2.5A、5A, 输入阻抗为 0.1Ω 。可同时用来测量三路不同回路电流的大小。

(2) 量程切换采用上升、下降按键, 红色指示灯显示所选量程。各档均具有超量程保护、自锁、报警功能, 报警的同时切断总开关电源。

十三、数字单、三相功率表及功率因数表 DT13

数字单、三相功率表及功率因数表 DT13 的面板图如图 0-10 所示, 它提供两只数显功率

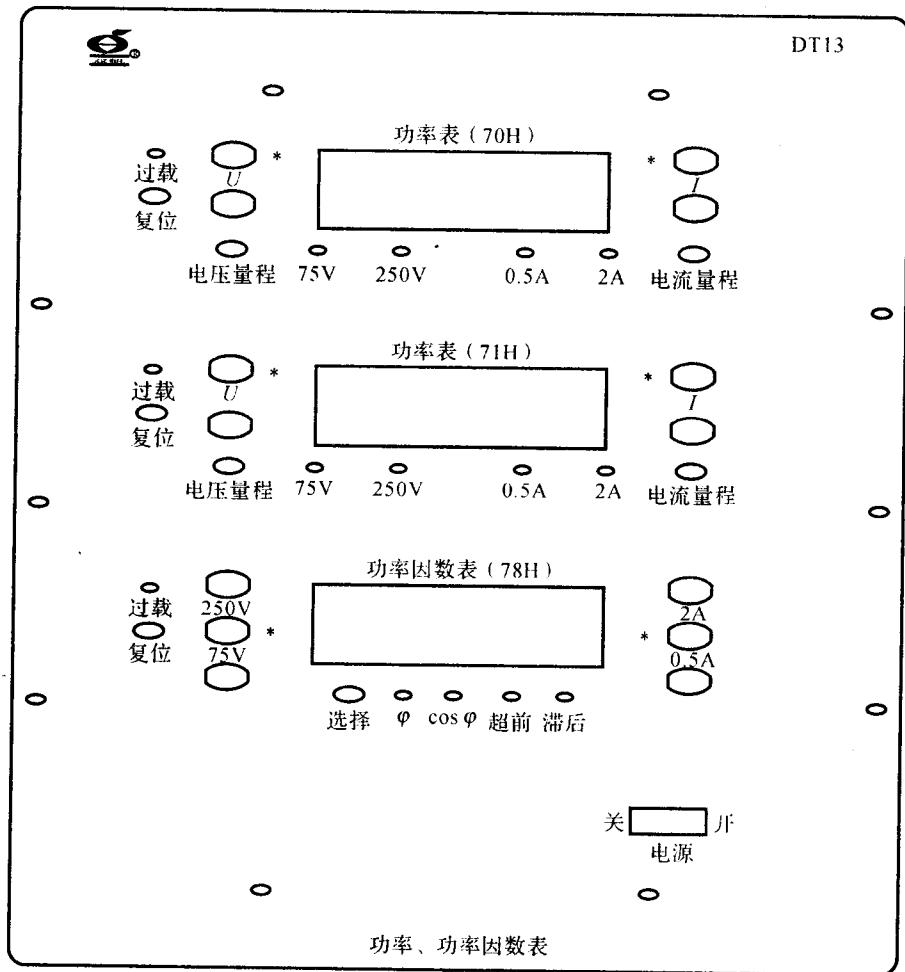


图 0-10 数字单、三相功率表及功率因数表 DT13

表和一只数显功率因数表。可用于测量单相或三相总功率及功率因数的大小。

(1)功率表的电压量程为 75V 和 250V 两挡,电流量程为 0.5A 和 2A 两挡,量程切换采用上升、下降按键。通电之前需检查电压挡、电流挡的量程是否适宜。

(2)功率因数表量程和功率表相同,通过功能键切换来选择显示相位差或功率因数,实时自动显示相位超前或滞后关系(以电压为基准,显示的相位是电流超前电压还是电流滞后电压)。

(3)电压接线柱标有“*”的端口与电流接线柱标有“*”的为同名端。

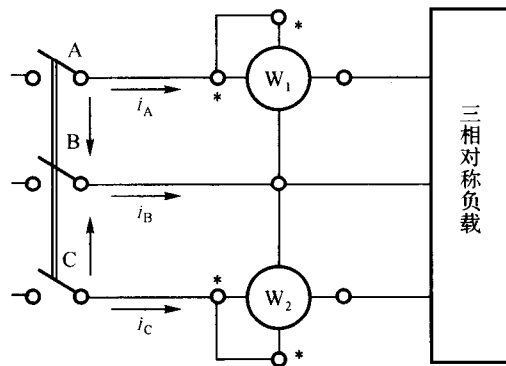


图 0-11 三相功率测试线路

(4)功率表及功率因数表都接线测量时,实际功率值 P 等于功率表的读数乘以功率因数表的读数。

(5)测量三相对称负载功率时,可采用两瓦特表法,三相总功率等于两瓦特表读数之和。两功率表的电压和电流线圈极性的正确连接法如图 0-11 所示。

采用两瓦特表法测两三相负载功率的原理简述如下:

两功率表的电压和电流线圈采用如图 0-11 所示的连接方法,功率表的电流线圈串入“A、C”相,测取负载电流。电压线圈的“*”端与同一功率表中电流线圈的“*”端相连,电压线圈的另一端接到不接功率表 B 相。这样,施加在功率表 W_1 上的电压为 U_{AB} , $I_A = 30^\circ + \varphi$, φ 为负载功率因数角。功率表 W_2 施加的电压为 U_{CB} , 流过的电流为 $I_C = 30^\circ - \varphi$, 故两功率表测出的功率分别为:

$$P_1 = U_{AB} I_A \cos(30^\circ + \varphi)$$

$$P_2 = U_{CB} I_C \cos(30^\circ - \varphi)$$

由于三相负载对称, $U_{AB} = U_{CB}$, $I_A = I_C$, 则三相总功率为:

$$P = P_1 + P_2 = 2U_{AB} I_A \cos 30^\circ \cos \varphi = \sqrt{3} U_{AB} I_A \cos \varphi$$

可见,当 $\varphi < 60^\circ$ 时, P_1 和 P_2 均为正值,功率表 W_1 和 W_2 均为正读数;当 $\varphi > 60^\circ$ 时, P_2 为正值, P_1 为负值,功率表 W_1 读数为负,功率表 W_2 读数为正。因此,负载的总功率应为两功率表读数的代数和。

第一章 直流电机

实验一 直流电动机认识实验

一、实验目的

1. 进行电机实验的安全教育和明确实验的基本要求。
2. 认识在直流电机实验中所用的电机、仪表、变阻器等组件。
3. 学习直流电动机的接线、启动、改变电机转向以及调速的方法。

二、预习内容

1. 直流电机的结构及工作原理。
2. 直流电机启动时,为什么在电枢回路需要串接启动变阻器?
3. 直流电动机启动时,励磁回路串接的磁场变阻器应调到什么位置?
4. 如何改变电动机的旋转方向?
5. 直流电机的转速和哪些因数有关?

三、实验项目

1. 了解 DTSZ-1 实验装置中电机实验台的直流稳压电源(DT02)、测功机(DT06)、变阻器、直流电压电流表(DT01)、并励直流电动机(D17)的使用方法。
2. 检查和调整电机电刷的位置。
3. 进行直流电机的试运转,包括电动机的启动、调速及改变转向实验。

四、实验说明及操作步骤

选用并励直流电动机编号为 D17,其额定数据为:

$$P_N=185\text{W}, U_N=220\text{V}, I_N=1.1\text{A}, n_N=1600\text{r/min}, I_f<0.16\text{A}.$$

1. 由实验指导人员讲解电机实验的基本要求、安全操作和注意事项。DTSZ-1 实验装置上的使用说明见前言的内容。

2. 仪表、负载电阻与调节变阻器的选择

选择电压表和电流表时,按实验中可能达到的最高电压及电流值来选择量程;选择电阻