

普通电工与矿山电工 实验指南

В.Д. 契卡諾夫 著

冶金工業出版社 譯

冶金工業出版社

普通电工与矿山电工 实验指南

冶金工业出版社

本書根据黑色与有色冶金科技書籍出版社出版的，B. A. 契卡諾夫所著的“普通电工与矿山电工实验指南” 1955 年增訂二版譯出。

“苏联有色冶金部教育司审定为採治中等
書。

中等專業學校用普通电
所規定的各項实

对。

В. А. ЧЕКАНОВ: РУКОВОДСТВО К ЛАБОРА-
ПО ОБЩЕЙ И ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Свердловск—1955)

АВТОР

普通电工与矿山电工实验指南

冶金工業出版社 譯

編輯：刘親田，設計：周广，責任校对：任珏

1957 年 4 月第一版 1957 年 4 月北京第一次印刷 3,028 册
 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 137,000 字 · 印張 $7 \frac{12}{32}$ · 定价(10) 1.30 元
冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 書号 0604

冶金工業出版社出版 (地址：北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 063 号

目 录

前 言	6
概 論	7
普通电工实验与矿山电工实验	13
实验 1 用电设备的接于直流电路	13
实验 2 电阻的测定	17
实验 3 电热器的效率 (η) 的确定	20
实验 4 铜的电解	23
实验 5 复杂电路的研究	25
实验 6 蓄电池充电	27
实验 7 带铁心的线圈的研究	31
实验 8 带铁心的线圈的伏安特性和白炽灯的伏安特性	33
实验 9 交流分支电路的研究	36
实验 10 并联有电容和电感的交流电路的研究	38
实验 11 电阻 r 、感抗 x_L 和容抗 x_C 的串接于交流电路	41
实验 12 负载的接于三相电路	44
实验 13 三相电路中功率及电能的测定	48
实验 14 输电线的电压损失和电压降	52
实验 15 电度表的检查	55
实验 16 分激发电机的试验	58
实验 17 复激发电机的试验	61
实验 18 他激发电机的试验	64
实验 19 分激电动机的试验	67
实验 20 串激电动机的试验	72
实验 21 复激电动机的试验	74
实验 22 单相变压器的试验	77
实验 23 三相变压器主要参数的近似求法	80
实验 24 电流互感器的试验	82
实验 25 三相感应电动机绕组各相始端和末端的确定	85

实验26	利用机械闸试验三相鼠笼式电动机	87
实验27	用直接负载法试验线绕式三相感应电动机	90
实验28	利用圆图来确定绕组星—丫联接的线绕式三相感应电动机的工作特性	93
实验29	三相感应电动机自然特性曲线和人造特性曲线的绘制法	99
实验30	鼠笼式三相感应电动机起动的研究	101
实验31	三相同步电动机的试验	105
实验32	三相同步发电机的试验	108
实验33	整流器的试验	111
实验34	电力扩大机(ЭМУ)的试验	116
实验35	发电机—电动机(Г—Д)系统电力驱动装置的工作的研究	119
实验36	电动机热力状态的研究	123
实验37	矿用手动低压起动装置的结构的研究	126
实验38	磁力起动器的结构的研究	133
实验39	高压断路器械的工作的研究	140
实验40	YPB-6型高压配电箱的结构的研究	144
实验41	电流保护装置的继电器的试验	148
实验42	自动控制用继电器的试验	155
实验43	高压供电线的过电流继电器保护装置的试验和校准	160
实验44	用接触器控制线绕式三相感应电动机的研究	165
实验45	按与电流有关的时间的作用、用继电器—接触器控制三相感应电动机的研究	168
实验46	运输机系统中各电动机的远距离联锁控制的研究	172
实验47	工作面机械电气设备及其控制电路的研究	178
实验48	矿用电缆的结构及电缆和电线的连接方法的研究	183
实验49	电缆发生故障的性质和地点的确定	187
实验50	矿用照明灯具的结构的研究	190

实验51	矿井电话通信的研究.....	193
实验52	变压器油和保安用具的絕緣强度試驗.....	199
实验53	接地电阻的測定.....	202
实验54	电机故障的确定.....	205
实验55	直流电机的装配.....	212
实验56	三相感应电动机的毛病的确定 (圖 165)	216
实验57	电力变压器的檢查 (圖 166)	220
实验58	提高線路 $\cos\varphi$ 的方法的研究	222
附录 I	实验报告的范例.....	227
附录 II	电机繞組引線的标记.....	233
参考書		236

前 言

在探矿中等專業学校的教学大綱中，除了理論知識的學習以外，實驗也佔了相當大的位置。

理論知識和實驗實踐兩者正確結合，才能保證技術人員具有最高度的素養。

本實驗指南系根據有色冶金部採治中等專業學校現行的普通電工學和礦山電工學的教学大綱編寫而成。

在本書中列有理論電工學、測電技術、電機和變壓器、礦山電力驅動裝置、控制器械及繼電器保護裝置等的實驗。

在編寫本書時特別注意了使實驗工作與生產條件相接近，因此利用了斯維爾多洛夫斯克採治中等專業學校、普羅科皮耶夫斯基採治中等專業學校和斯維爾多洛夫斯克礦業學院在組織和進行實驗方面的工作經驗。

本書中所包括的實驗項目，符合於礦山機電（ГЭМ）、金屬礦床開採（РММ）、工業企業電氣設備（ЭПП）、冶金及化學等專業學生的普通電工學教学大綱，也符合於礦山機電專業及金屬礦床開採專業學生的礦山電工學教学大綱的規定。

由於在各個專業的教学大綱中，實驗的時間和內容各不相同，所以在進行實驗以前，擔任這一門課程的教師应当向本專業的學生提出，按照教学大綱和“實驗室工作指南”他們应当作哪些實驗。

本實驗指南主要是為礦山機電專業的學生所寫的。在礦山機電專業的教学大綱中，普通電工學佔 196 小時，礦山電工學佔 224 小時，所以它們的實驗時間相應為 52 小時和 60 小時。

斯維爾多洛夫斯克礦業學院 А. Е. 特羅普講師，Б. П. 貝勒赫講師，以及 Н. Н. 曼蘇羅夫工程師在評閱稿子時給了許多寶貴的指示，П. Д. 費拉托夫工程師在審查稿子時提了許多有益的意見，Г. Б. 戈盧博夫工程師在本書出版前的編輯過程中給了許多幫助。在此，著者一併致以謝意。

著 者

概 論

1. 用电設備，測定，調節器

實驗室中的用电設備有电动机，电热器和白熾灯等。

每一种用电設備均标有額定电压 U_{HOM} ，額定电流 I_{HOM} 和額定功率 $P_{HOM} = I_{HOM} U_{HOM}$ （在交流电路中， $P_{HOM} = I_{HOM} U_{HOM} \cos(\varphi_{HOM})$ ）。

为使用电設備工作正常， I 、 U 和 P 不得超过用电設備上所标示的額定值。如果違背这一基本原則，則用电設備將由於絕緣击穿或过热而遭受破坏。

在實驗室內作實驗免不了測量下列各电气量：电流、电压、功率及电阻，等等。

在實驗室內，电气量是用各种有刻度的测电仪表来測定的。测电仪器包括有伏特計，安培計，瓦特計，相位計，电度表，頻率計及电桥等。

測直流电通常用磁电式和电动式的仪表。測交流电通常用电磁式或感应式的仪表。

在按照所需要的精确度来选择测电仪表时，須考虑到仪表的精准級，使測定誤差不超过規定值。

在选择安培計和伏特計时，除上述的要求外，还必須注意到安培計的电阻应比所要研究的电路中的电阻小得多，而电压計的电阻则应大得多，否則，仪表的接入將改变电路的状态並使測得的电气量失真。

为了限制和調節所研究的电路中的电流，可採用各种类型的变阻器。

實驗室中最常用的变阻器为电阻能平滑調整的三接点变阻器。

电阻能平滑調整的变阻器系根据所要研究的电路的参数来选择，即根据电路的最大电流 I_{max} ，电压 U 和必要的电阻 r_p 来选择，此时

$$r_p = \frac{U}{I}, \quad (1)$$

式中 U ——加在电路上的电压，伏；

I ——电路的最小负载电流，安。

选定的变阻器的电阻 r_p 应大于所要研究的电路的总电阻 r ，即 $r_p > r$ 。否则，不可能广泛地调节电路中的电流。

直流电动机的起动变阻器根据起动电流和电阻来选择。电阻

$$r_p = \frac{U}{I_{нзк}} - r_A. \quad (2)$$

式中 U ——线路电压，伏；

$I_{нзк}$ ——许可起动电流，安；

r_A ——电动机电枢电路的电阻，欧。

2. 作电机试验前的准备

作电机试验前，首先要对电机作外部检查，用手把机轴推一下，看看机轴是否容易转动，检查端盖螺丝是否上紧，轴承内有无润滑油，电枢或转子有无卡住的现象，在机器内有无偶而掉进去的东西。

对于感应电动机，除上述外，还要检查一下举刷机构和刷握的状况，电刷贴合的状况，滑环的状况，等等。

对于直流电机，还要检查中性线的位置。首先根据工厂在端盖和电刷摇环上所作的标记来检查中性线的位置。

如果没有标记，则可按发电机最大电压法和电动机转速相等法来确定中性线的位置。

在第一个方法中，电机在他激磁或分激磁情况下作为发电机来运行；激磁保持不变，转动摇环直到电枢端子电压达到最大值为止。此位值即为中性线所在的位置。

在第二个方法中，电机作为电动机来接入并反转；如果电刷是安置在中性线上，则当电压恒定时，电机在不同侧的空转速度应当相同。

在實驗室工作条件下，电动机可用展閘或帶閘来加負載（制动）（圖 1）。

設加於槓桿端的力为 F （千克），而槓桿臂为 l （米），則电动机軸上的阻力矩 M （千克-米）等於

$$M = Fl. \quad (3)$$

設电动机的轉速为 n （轉/分），則电动机的軸功率 P_2 （千瓦）为

$$P_2 = 1.027 n l F \times 10^{-8}$$

$$= \frac{Mn}{975}. \quad (4)$$

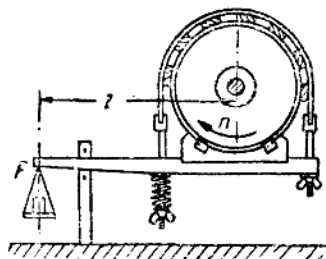


圖 1 機械閘

在研究电动机的运行时，也可利用一台經過校驗的發電机（这發電机在整个負載範圍內的效率 η 为已知数）作电动机的負載。

所要研究的电动机用联軸器与發電机連接，發電机用变阻器作負載。

校驗过的發電机，通常採用他激直流發電机。

作試驗求出發電机的容量 P_1 和电动机的軸功率 P_2 ：

1) 發電机的容量 P_1 （千瓦）按下式来求：

$$P_1 = I_l U_l \times 10^{-8}, \quad (5)$$

式中 I_l ——發電机的負載电流，安；

U_l ——發電机的电压，伏；

2) 电动机的軸功率（在电动机与發電机直接連接时） P_2 （千瓦）按下式来求：

$$P_2 = \frac{P_1}{\eta_l}, \quad (6)$$

式中 η_l 發電机的效率。

电动机的軸轉矩（千克-米）为

$$M = \frac{975 P_2}{n}, \quad (7)$$

式中 n — 电动机的轉速，轉/分。

3. 进行实验工作的技术和方法

在作实验前，学生应当：

- 1) 熟悉课题的内容；
- 2) 弄清实验的目的和任务；
- 3) 回想作实验所需要的理论材料（根据教科书或提纲）；
- 4) 拟定实验进行的步骤；
- 5) 熟悉作实验所需要的仪表和电气设备；
- 6) 根据接线图和被试验电机或电器的各额定量选择所需要的

的仪表和变阻器。

7) 拟定仪器在试验地点的配置图。测电仪表和调节装置必须配置得使接线简单、明显、并便于观察仪表的示数；

8) 连接电路。首先须连接串联（电流）电路，然后连接并联电路；接线应从电源的一个端子开始，按照接线图，经过串联电路，而接到另一个端子上；按照接线图逐步把所有的并联电路接在串联电路上；把变阻器放在适当的位置；

9) 在实验指导人检查过接好的电路以后，把电气设备接于电源线路并试一下运转情况，看看能否完成所规定的实验。

在作实验时，须把学生编成小组，每小组的人数为 2—3 人，不同实验的接线工作应由小组的各个成员轮流来作，以便使得每一个人都掌握一定的接线技能。小组的所有成员都应当积极地参与工作。

在作实验前，每个学生应当作好记录试验数据和计算数据用的表格和准备好作曲线用的印有毫米方格的方格纸等。

在每一项实验工作中必须保证所得到的数据是为达到实验目的所需要的最准确的数据。

在作实验时，学生应当：

1) 借助于研究和试验各种电机和电器来巩固普通电工学和矿山电工学的理论知识；

2) 获得独立工作的实际技能：接線，起动和控制电机和电器，選擇和联接测电仪表，确定和消除电机和电器中發生的各种故障。

学生还应当在实验中得到研究工作所需要的一定技能。

在研究电路时，学生应当学会分析各种电路图，独立地拟制各种电路图，根据电路的参数选择所需要的仪器，进行观测和計算和学会解决所规定的任务。

在研究电机时，学生首先应当詳細地研究电机的結構，明了工作原理，檢驗电机的特性，檢查所研究的电机是否有毛病，学会确定和消除电机的故障。

在研究电器时，学生也应当詳細地研究电器的結構，研究接線圖和学会在工作中校驗电器。

在研究各种电气设备的控制电路图时，学生应当学会連接較复杂的电路，根据规定的要求来調准保护繼电器和控制繼电器，实现控制，找出电路中的故障並將之消除。

在作完实验以后，每个学生应当独立地作出实验报告（根据本書后面所指示的范例进行）。

4. 实验室工作的安全技术

由於在作实验时仪表和电气设备的安裝是临时性的，所以容易对操作者造成某种危險（有露出的触点及未加以絕緣的电線接头等）。

应当指出，在不利的条件下，即使是电压为30—40伏，也可以使人受到具有严重后果的电击。40伏以上的电压可以認為是对人生命有危險电压。

根据这一理由，在电路帶电时，無論如何也不能用手接触电線未加絕緣的部分，触点和端子。

如果按照实验的进程需要改接線路，則务須使电路与电源隔离，將电压撤除。

当电路中接有多匝数的線圈或电容器、以及电流互感器时，

更应当特別小心。例如，在工作時不許可將直流電機的激磁電路切斷。容電器在斷接時，端子上仍保持有工作電壓。當電流互感器的一次繞組中通過電流時，在被斷開的二次繞組中將出現1000伏以上的電壓，等等。

作電機實驗時，應當注意不使轉軸把圍巾的飄動端和頭巾等卷住。

所以，在作實驗時，學生應當採用一定的預防辦法，利用一切現有的保護用具和嚴格遵守一切的安全規則。

普通电工实验与矿山电工实验

实验 1 用电设备的接于直流电路

各种用电设备可以根据用电设备和供电线路的参数而按串联、并联和混联等方式接于电路中。

所谓串联，就是第一个用电设备的末端接于第二个用电设备的始端，第二个用电设备的末端接于第三个用电设备的始端，以此类推，而第一个用电设备的始端和最后一个用电设备的末端则接在电源上（图 2）。

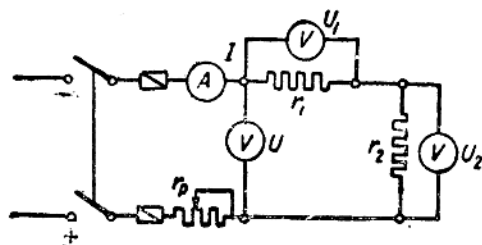


图 2 电阻串联图

当各用电设备串联时：

- 1) 电流无分支并按下式来求：

$$I = \frac{U}{r} = \frac{U_1}{r_1} = \frac{U_2}{r_2}; \quad (8)$$

- 2) 电路的总电阻 r 等于各串联的用电设备的电阻之和，即

$$r = r_1 + r_2 + \dots + r_n; \quad (9)$$

- 3) 电路的总电压 U 等于电路各段电压降之和，即

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n; \quad (10)$$

- 4) 从线路输入的电功率 P 等于各用电设备的耗用功率之和，即

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (11)$$

所谓并联，就是每个用电设备的一个端子接在电源的一个极上，而另一个端子则接在电源的另一个极上（圖3）。

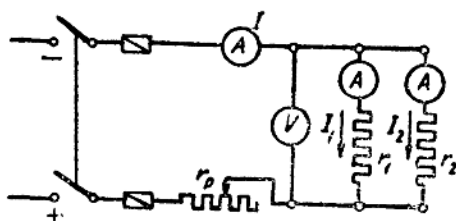


圖3 电阻并联圖

当各用电设备并联时：

1) 电路中的电流有分支，从线路流入的总电流 I 等於各用电设备所耗用的电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n; \quad (12)$$

2) 电流在各用电设备間的分配与用电设备的电阻成反比：

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1}; \quad (13)$$

3) 电路的总电阻按下式来求：

$$r = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}}, \quad (14)$$

当 $r_1 = r_2 = \dots = r_n$ 时，

$$r = \frac{r_n}{n}, \quad (15)$$

式中 r_n —— 并联用电设备中的一个设备的电阻，欧；

n —— 并联用电设备的数目。

所谓混联，就是一部分用电设备串联於电路中，另一些用电设备彼此并联於电路中（圖4）。

当用电设备混联时：

2) 电路的总电阻

$$r = r_1 + \frac{1}{\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}}, \quad (17)$$

式中 r_1 —— 电路未分支段的电阻，欧；

$r_2, \dots, r_n$ —— 各分支段的电阻，欧；

3) 电路的总电压 U 等於电路分支段和未分支段的电压降之和

$$U = U_1 + U_2.$$

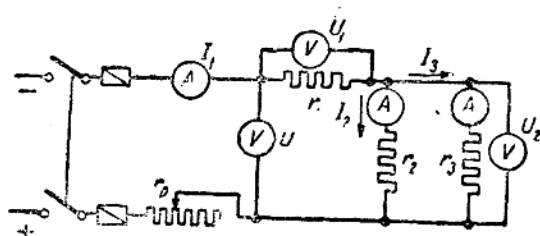


圖 4 电阻混联圖

实验目的

1. 学会分析各种接線圖並按給定的接線圖接成电路。
2. 学会正确地选择测电仪表和变阻器（根据用电设备的电压和电流），以便按照給定的接線圖接於电路。
3. 研究具有並联、串联和混联用电设备的直流电路的基本定律。

实验步骤

1. 熟悉实验地点。
2. 熟悉电路的电源並記下它的电压。
3. 根据線路电压 U 和用电设备的电阻 r ，选择所需要的仪器：安培計，伏特計和限制电路电流用的变阻器 r_1 。

4. 把电阻接成串联电路（圖 2），經实验指导人檢查后接於供电线路中。

5. 用調节变阻器 r_p 改变負載电流 I ，記下仪表的示数。

計算各段电阻 $r_1 = \frac{U_1}{I}$ ， $r_2 = \frac{U_2}{I}$ ，电路总电阻 r ，各段的輸入功率 $P_1 = IU_1$ ， $P_2 = IU_2$ 及电路总功率 P 等。把观测結果和計算結果填於表 1 中。

表 1

序 号	观 测 結 果					計 算 結 果				
	I	U	U_1	U_2	r	r_1	r_2	P_1	P_2	P
	安	伏	伏	伏	欧	欧	欧	瓦	瓦	瓦

6. 証实公式 (9)，(10) 及 (11) 是否正确。

7. 把电阻接成並联电路（圖 3），經实验指导人檢查后接於供电线路中。

8. 用調节变阻器 r_p 改变負載电流，記下仪表的示数。进行 r ， r_1 ， r_2 ， P_1 ， P_2 和 P 的計算。把观测結果和計算結果填於表 2 中。

表 2

序 号	观 测 結 果				計 算 結 果					
	I	U	I_1	I_2	r	r_1	r_2	P_1	P_2	P
	安	伏	安	安	欧	欧	欧	瓦	瓦	瓦

9. 証实公式 (11)，(12)，(13) 和 (14) 是否正确。

10. 把电阻接成混联电路（圖 4），經实验指导人檢查后接