

电工实习

[日]熊崎憲次 等著

安 勇 译 唐树范 校

水利电力出版社

標準電気実習

熊崎憲次

オーム社

电工实习

〔日〕熊崎憲次等著

安 勇译 唐树范校

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 11印张 238千字

1984年7月第一版 1984年7月北京第一次印刷

印数 00001—49120册 定价 1.40元

书号 15143·5424

内 容 提 要

本书是一本实用的电工实习(包括试验及作业工艺)参考书,共分十一章,主要内容有:直流电机的起动、转速调节及特性测量;感应电机、同步电机、换流机的特性测量;电工布线作业工艺;电焊、照明、电池的理论与应用技术;利用模拟输电线路测量线路压降率、线路常数、绘制功率圆;继电保护与过电压防护中继电器的特性试验、利用火花间隙测量高电压、利用标准球隙测量冲击电压。

全书内容论述详尽、层次分明,对每种实习都叙及必备的理论知识、使用设备、接线、试验程序以及记录的整理与分析。

本书可作为在职青年电工的自学用书,也可作为中技及中等专业学校的教学参考书。

前 言

——学习电工技术的方法与目的

读者想必在学习电工学。这门课主要讲解电作为一种能源而加以利用的技术（电工技术）。概括地说，就是把电能转变为机械能用于机械动力的技术；把电能转换为热能用于热源的技术；把电能转变为光能用于照明的技术；以及把机械能和热能转换为电能的发电技术等等。本书则是学习这些技术的理论基础与应用技术。

掌握电工技术，一方面要学习书本上的专业理论知识，另一方面要进行现场实习。相比而言，在实践中通过直接的观察与操作来掌握电工技术则更为重要。

在进行电工实习的过程中，多数情况下要接触高电压、大电流，所以要特别注意防止触电，要严格遵守教师规定的注意事项，细心谨慎是非常重要的。此外，在这些实习中还要接触到多种多样的仪表，应该按照不同的用途熟练地掌握它们的使用方法。

本书主要介绍直流电机、变压器、感应电机、同步电机、换流机等基本电气设备的实习，以及室内布线、照明、电池、电焊、输电线路和电力安全设施等方面的实习。在这些实习中，有的是记录各种数据，并对其进行考察和分析；有的则是组装实际设备、参与工程施工。但无论哪种实习方式，对于每一个题目都要写出技术报告，并与书本上学到的知识相结合，把电工技术学到手。希望凭借这种努力，读者能走上电业技术人才成长的道路，参与未来的技术革新。

作 者

1978年12月5日

译 者 序

这是一本有关电工实习的参考书，主要介绍各种旋转电机、变压器、室内布线、输电线路、继电保护与过电压保护等的实习内容。实习方法和步骤具有条理性和实用性，便于在职青年电工自学或培训时参考。

本书在翻译过程中，尽量做到技术名词、符号与我国的标准和习惯用法一致。本书译稿经哈尔滨工业大学于松海副教授和哈尔滨电力学校陶然讲师审阅，特在此表示诚挚的感谢。

由于译者水平所限，书中错误之处在所难免，恳望读者批评指正。

译 者

1983年10月20日

目 录

译者序 前 言

第一章 直 流 电 机

实习一 直流并激电动机的起动与转速调节	1
试验 1 直流并激电动机的起动与停止	4
试验 2 直流并激电动机的转速调节	7
实习二 直流并激发电机特性的测量	10
试验 1 直流发电机空载特性的测量	13
试验 2 直流并激发电机的负载特性	17
实习三 直流并激电动机的转矩与转速	21
试验 直流并激电动机负载特性的测量	23
实习四 直流串激电动机的转矩与转速	28
试验 直流串激电动机的负载特性	31
实习五 复激电机特性的测量	36
试验 复激电机负载特性的测量	39
实习六 利用损失测量法计算直流并激电机的效率	45
试验 直流并激电机效率的确定	46

第二章 变 压 器

实习一 单相变压器匝数比与极性的测量	54
试验 匝数比的测量与极性试验	56
实习二 了解单相变压器的性质	59
试验 单相变压器的特性试验	63
实习三 用负载反馈法进行单相变压器的温升试验	70

试验	用负载反馈法进行单相变压器的温升试验	73
实习四	用单相变压器组成三相变压器组	79
试验	由单相变压器构成三相变压器组的各种接线法	80

第三章 感 应 电 机

实习一	三相感应电动机的分解组装及起动特性	88
试验 1	三相感应电动机的解体与组装	91
试验 2	三相感应电动机的起动试验	94
实习二	用圆图法求三相感应电动机的特性	97
试验 1	绕组电阻的测量	99
试验 2	三相感应电动机的空载试验	101
试验 3	三相感应电动机的短路(堵转)试验	103
实习三	利用直流测力计进行三相感应电动机的负 载试验	110
试验	三相感应电动机负载试验	112
实习四	利用涡流制动测力计进行单相感应电动机 的特性试验	115
试验	单相感应电动机的特性试验	117
实习五	三相感应调压器的特性试验	122
试验	三相感应调压器的特性试验	123

第四章 同 步 电 机

实习一	使用三相同步发电机发电	127
试验	三相同步发电机的特性试验	131
实习二	三相同步电动机的运转	137
试验	三相同步电动机的特性试验	142
实习三	三相同步发电机的并列运行	146
试验	三相同步发电机的并列运行	152

第五章 换 流 机

实习一 用旋转换流机整流	157
试验 旋转换流机的起动与特性试验	159
实习二 用三相交直流换流器和逆变器进行电力变换	163
试验 1 交直流换流器试验	171
试验 2 逆变器试验	175

第六章 室 内 布 线

预习 选择工具和材料的基本要求	178
实习一 电线接头的制作工艺	204
实习 1 单股线直线接头的制作	206
实习 2 单股线分支接头的制作	207
实习 3 压接管接头的制作	209
实习 4 爪形接头的制作	211
实习二 绝缘子的安装工艺	212
实习 1 单交叉绑线	216
实习 2 双交叉绑线	218
实习 3 终端瓷瓶绑线	218
实习 4 鼓形绝缘子布线工艺	219
实习三 金属管布线施工工艺	221
实习四 综合实习	231
实习 1 室内布线(一)	231
实习 2 室内布线(二)	235
实习 3 室内布线(三)	237
实习 4 室内布线(四)	240

第七章 照 明

实习 测量白炽灯的光度, 绘制配光曲线	244
---------------------------	-----

试验 白炽灯的光度测量	250
-------------------	-----

第八章 电 池

实习 通过试验考察电池的特性	255
试验 1 一次电池的特性试验	256
试验 2 二次电池的特性试验	258

第九章 电 焊

实习 电焊作业	262
---------------	-----

第十章 输 电 线 路

实习一 利用模拟输电线路测量电压下降率和线路 常数	269
试验 利用模拟输电线路测量线路压降率和线路常数	272
实习二 利用模拟输电线路绘制输电线受电端功率 圆图	276
试验 受电端功率圆图的绘制	281

第十一章 继电保护与过电压防护

实习一 继电器的时限特性试验	286
试验 感应型过电流继电器的时限特性试验	290
实习二 利用火花间隙测量高电压（幅值）	298
试验 高电压（幅值）的测量	303
实习三 绝缘击穿试验	309
试验 绝缘物的绝缘击穿试验	313
实习四 冲击电压的测量	318
试验 利用标准球间隙测量冲击电压（幅值）	326

第一章 直 流 电 机

内 容 提 要

应用电磁感应与电磁力作用的发电机与电动机，分为感应电机、同步电机、直流电机等。由于它们能进行动能与电能的相互转换，因而在发电厂、工厂、家庭等场所得到广泛的应用。随着半导体整流器件的发展，直流发电机的重要性大为降低。但是，直流电动机却因为具有容易实行转速调节、起动力矩大等优点，所以在今天其重要性反而提高，并获得多方面的应用。

这一章主要是通过直流电动机的实习，学习以下知识：

- 了解直流电机的种类、构造、端子标志。
- 学会直流电动机的运转方法与转速调节方法。
- 考察、比较各种直流电动机由于负载的改变，转矩与转速将如何变化，从而考察它们的用途。
- 了解小容量直流电动机的转矩、损失、效率的概数值。
- 深入领会直流电机的各种公式。

实习一 直流并激电动机的起动与 转速调节

☐ 预备知识

[1] 电枢绕组的反电势 E

在磁场中，运动导体产生的电势与磁通密度及导体的运

动速度成正比。由此可知，电枢绕组的反电势 E 与励磁磁通 Φ (韦) 及转速 N (转/分) 成正比。设 K 为比例常数，则

$$E = K\Phi N \text{ (伏)} \quad (1-1-1)$$

[2] 电源电压 V_m 与反电势 E 之间的关系
由图1-1-1可以看出

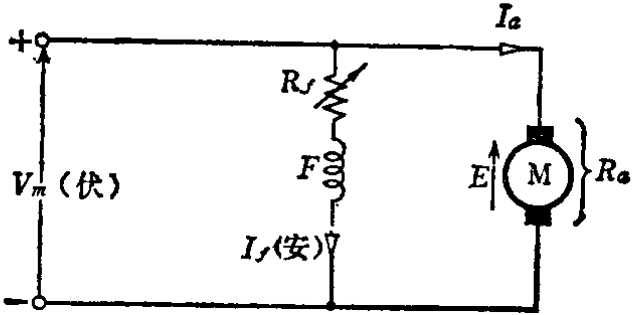


图 1-1-1 直流并激电动机电路图

I_a —电枢电流(安); R_f —励磁变阻器电阻(欧); V_m —电源电压(伏);
 F —励磁绕组; I_f —励磁电流(安); E —反电势(伏); R_a —包括电刷在
内的电枢回路电阻(欧)

$$V_m = E + I_a R_a \text{ (伏)}$$

将式 (1-1-1) 代入上式，得

$$V_m = K\Phi N + I_a R_a \text{ (伏)} \quad (1-1-2)$$

式中 R_a ——包括电刷在内的电枢回路电阻。

[3] 转速 N 的调节方法

设 K' 、 K'' 为比例常数。如果 Φ 与 I_f 成正比，则由式 (1-1-2) 可得

$$N = \frac{V_m - I_a R_a}{K\Phi} \approx K' \frac{V_m}{\Phi} = K'' \frac{V_m}{I_f} \text{ (转/分)} \quad (1-1-3)$$

由此得知，转速 N 与 V_m 成正比，而与 Φ (I_f) 成反比。
所以调节转速可用下述方法：

(1) 调整电源电压 V_m 。

(2) 调整励磁变阻器 R_f ，从而改变励磁电流 I_f 。

[4] 起动器的原理及构造

由式(1-1-2)导出

$$I_a = \frac{V_m - K\Phi N}{R_a} \quad (\text{安})$$

所以起动时($N=0$)的电枢电流

$$I_a = \frac{V_m}{R_a} \quad (\text{安})$$

因为 R_a 之值通常是0.5欧左右。当 V_m 为100伏时， I_a 值很大，可达200安。这样大的电流将有烧坏电枢的危险。所以，起动时有必要在电枢回路中串联接入阻值为2~3欧的起动器，以限制起动电流。由于电机一经起动，电枢反电势 E 就会逐渐升高，因而可依次向前移进起动器手柄，逐渐减少起动器电阻，最终将P、A两端短路。起动器如图1-1-2所示，有四端子式与三端子式两种。P端子接电源 $\oplus$ 极，A端子接电枢A端，N端子接电源 $\ominus$ 极，C端子接励磁变阻器。电磁铁M的作用是把手柄H保持在最终档6的位置。

[5] 直流电动机的旋转方向

直流电动机的旋转方向与励磁磁通的方向及流过导体的

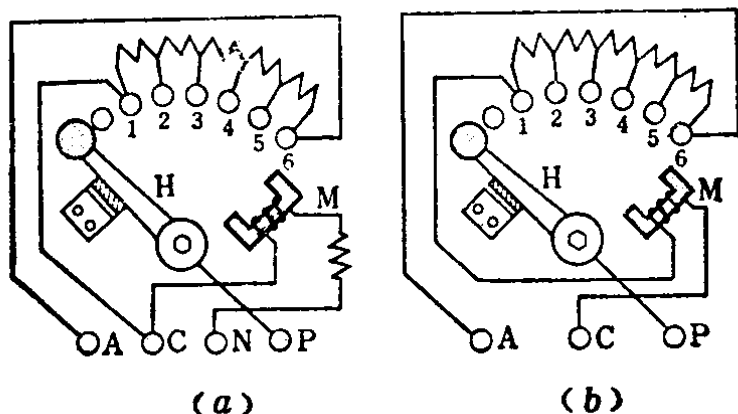


图 1-1-2 起动器的构造
(a)四端子起动器，(b)三端子起动器

电流方向有关,它由左手定则决定。要使电动机反向旋转时,则应:

- (1) 改变励磁磁通方向 (励磁电流方向)。
- (2) 改变电枢电流方向。

无论哪种方法都可达到改变转向的目的。

[6] 励磁回路的接线

并激电动机的励磁回路一旦断线, 则 $I_f = 0$, 由式 (1-1-3) 可以看出, 转速将变得非常高。在离心力的作用下, 转子有被损坏的危险。因此, 励磁回路要使用不易断线的导线可靠地连接。

试验1 直流并激电动机的起动与停止

☐ 目的

- (1) 学会直流并激电动机起动与停止的操作方法。
- (2) 学会改变直流并激电动机旋转方向的方法。
- (3) 了解直流并激电动机的起动电流值。

☐ 使用设备

直流并激电动机(M): 100伏, 2.2千瓦, 27.9安, 1800转/分	起动器(R_{st}): 2.32欧
直流电流表(A_a): 0.5级, 30安	励磁变阻器(R_f): 150欧
直流电流表(A_f): 0.5级, 3安	滑线电阻器(R_1): 180/45欧, 2/4安
直流电压表(V_m 、 V_a): 0.5级, 150伏	刀形开关(S_1 、 S_2)
	转速表(T)

☐ 接线图

图1-1-3中的粗线为允许电流较大的导线。使用三端子起动器时, 略去N端子连线。到各端子的接线必须正确无

误，并可靠。

□ 试验程序

[1] 起动（正转）与停止

（ 1 ）检查电动机轴承、润滑油及电刷位置。证实一下转子能够用手轻轻转动。同时检查起动器 R_{st} 的状态，其手柄确实在起动前的位置。

（ 2 ）在电源开关 S_1 断开、短路开关 S_2 闭合的状态下，按图1-1-3接线。调整电阻 R_1 ，并使电阻值调到最小。

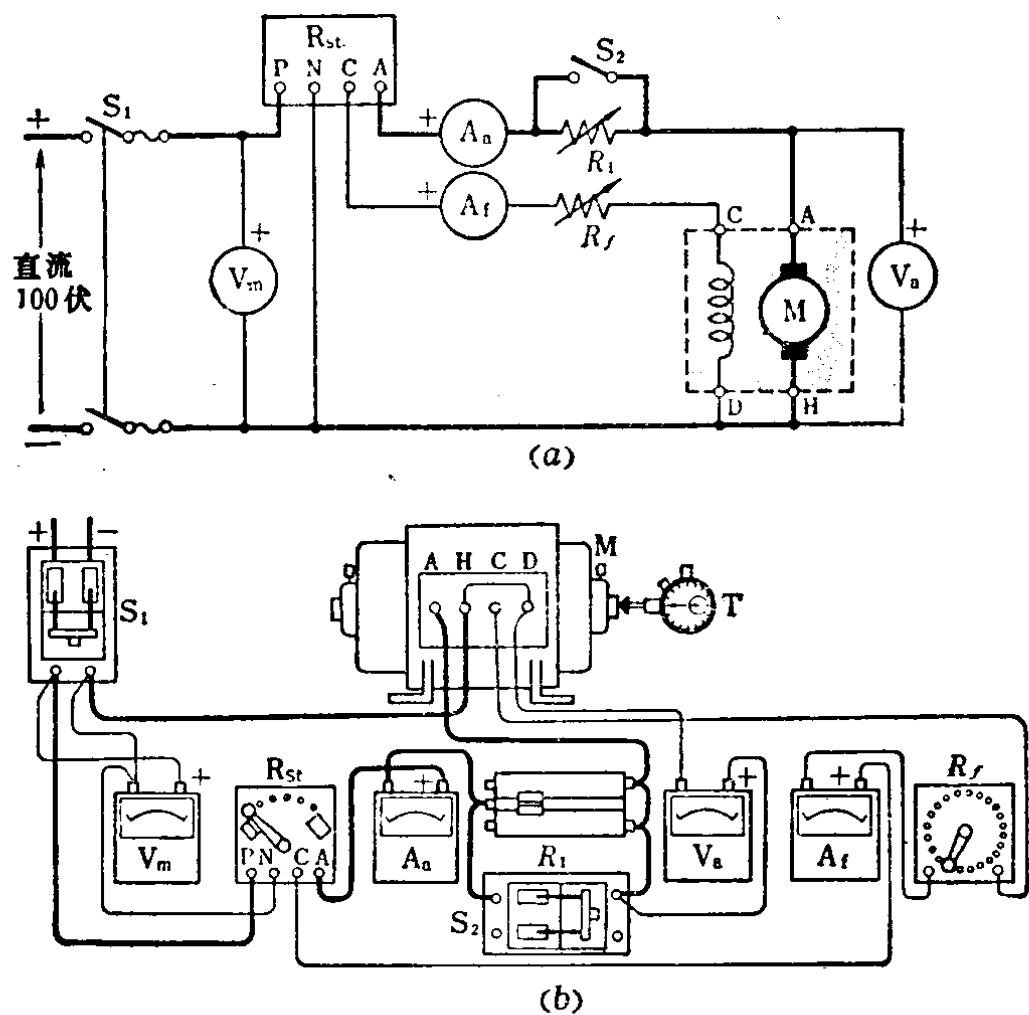


图 1-1-3 直流并激电动机的试验
(a)电路图；(b)实际接线图

(3) 励磁变阻器 R_f 的手柄放在最小位置(减速方向终端)。

(4) 闭合 S_1 , 调整电源, 把 V_m 调到100伏。

(5) 一面注意电流表 A_a 的指针, 一面慢慢地转动起动器的手柄, 完成起动过程。按表 1-1-1 的格式记录起动电流值。

(6) 慢慢转动 R_f 手柄, 调整 R_f , 直到转速表 T 的指示为额定转速。按表 1-1-1 的格式记录励磁电流 I_f 值。

(7) 断开 S_1 , 电动机停止。要检查起动器电磁铁去磁后, 手柄是否靠弹簧力量自动返回到起动前的位置。

(8) 按(3)~(7)项操作程序反复进行多次, 从中体会起动、停止的方法。

[2] 起动(反转)与停止

(1) 按图 1-1-3 对调励磁线圈端子 C 、 D 的接线。

(2) 按[1]中的(3)~(7)项进行操作, 证实电动机是反向旋转。

(3) 再把电枢回路 A 、 H 两端对调。

(4) 按[1]中的(3)~(7)项进行操作, 证实电动机正向旋转。

☐ 数据记录方法

参照表 1-1-1。

☐ 数据的意义与思考

(1) 比较一下起动电流与额定电流。

(2) 根据[2]中的(3)、(4)两项, 弄清当把电枢电流和励磁电流的方向同时改变时, 电动机的旋转方向不变的道理。

(3) 由式(1-1-3), 分析一下起动时励磁变阻器要

表 1-1-1 直流并激电动机的起动试验数据记录参照表
 电动机的编号及额定参数 _____

试 验 次 序	旋转方向 (正转、反转)	电源电压 V_m (伏)	起动电流 I_a (安)	额定转速的 励磁电流 I_f (安)
1		100(恒定)		
2				
⋮				

放在电阻值最小位置的理由。

试验2 直流并激电动机的转速调节

☐ 目的

弄清直流并激电 动机的 转速受电枢 端电压 及励磁磁通（即励磁电流）所制约的道理。

☐ 使用设备和接线图

同试验 1。

☐ 试验程序

[1]利用励磁电流进行转速调节

（ 1 ）在 R_1 值最小、 S_2 闭合的状态下， 按试验 1 中[1]的(3)~(5)项完成电动机的起动。

（ 2 ）调整电源，使电压表 V_m 指示为123伏左右。

（ 3 ）断开 S_2 ，使电压表 V_a 经常保持在120 伏。在调整 R_1 的同时增加 R_f ，使励磁电流表 A_f 每次减少0.1安，每次都把各仪表的读数按表 1-1-2 的格式记录。测量工作一直进行到额定转速的120%为止。

（ 4 ）慢慢减少 R_f 。当转速降到最低 之后， 增加 R_1 ，

把 V_a 调到100伏, 进行与项(3)相同的测量。

(5) 慢慢减少 R_f 。当转速降到最低后, 增加 R_1 , 把 V_a 调到80伏, 进行与项(3)相同的测量。

[2] 利用电枢电压进行转速调节

(6) 慢慢减少 R_f , 使 A_f 指示在试验1表1-1-1中所列的额定励磁电流值。

(7) 增加 R_1 , 把 V_a 调到60伏。

(8) 调整 R_f , 使 A_f 经常保持在恒定数值的前提下, 减少 R_1 , 使 V_a 每次增加10伏, 每次都要把各仪表的读数按表1-1-2的格式记录。测量工作在转速不超过120%额定值的范围内进行。

(9) 慢慢增加 R_1 , 把 V_a 调回到60伏。调整 R_f , 把 A_f 调到额定励磁电流的120%, 按项(8)方式进行测量。

(10) 慢慢增加 R_1 , 把 V_a 调回到60伏。调整 R_f , 把 A_f 调到额定励磁电流的80%, 按项(8)方式进行测量。

(11) 把 R_f 调到最小, 断开 S_1 , 停止电动机。

☐ 数据记录方法

参照表1-1-2。

☐ 数据的意义与思考

(1) 按表1-1-2的数据, 绘出图1-1-4、图1-1-5那样的曲线图。

(2) 由图1-1-4可以看出, 励磁电流 I_f 增加, 转速 N 便减少。但是, 从曲线的数值说明, 转速 N 与 I_f 并不成准确的反比例关系。其道理可从铁芯的磁化曲线(即 $B-H$ 曲线)以及励磁回路磁路的影响来思考。

(3) 由图1-1-5说明 N 和 E_a 之间存在着怎样的关系? 求出在额定励磁电流下, N 和 E_a 的关系式。