

电机实验指导

上海纺织工学院





无锡市纺织工业职工大学图书馆	
电机实验指导	11612
类别	TM电工技术
分类号	652
书页	页次90

第一部分： 电机实验手册	1—21
一。电机实验目的与要求	1
二。电机实验安全事项	1
三。电机实验方法指导	2
1。实验前的准备	2
2。如何进行实验	2
3。实验报告的写法	3
四。电机实验中常用仪表及设备的使用说明	4
1。电流表	4
2。电压表	4
3。单相功率表	5
4。兆欧表	8
5。转速表	9
6。变阻器	9
7。灯箱	9
8。调压器	10
9。涡流测功器	10
10。启动器	12
五。试验方法	13
1。绕组对机壳及其相互间绝缘电阻的测定	13
2。绕组直流电阻的测定	14
3。直流电机电刷中性线的测定	16
4。电机热态电阻测定方法	17
5。转速及转差率的测定	18
第二部分： 电机原理及应用实验指导书	22—85
实验一 认识实验	22
实验二 直流发电机	25
实验三 直流电机电刷中性位置的校正	31

实验四	直流电动机的工作特性	33
实验五	直流电动机的起动	39
实验六	直流电动机的调速	42
实验七	直流电动机机械特性的研究	45
实验八	直流电力传动系统 GD ² 的测定 ...	51
实验九	单相变压器	56
实验十	三相变压器极性的测定和绕组联接	60
实验十一	用负载法求取感应电动机的工作特性	70
实验十二	用间接法测取异步电动机的工作特性	76
实验十三	用示波器摄取转矩转速特性	82

附 录

86—90

实验四	直流电动机的工作特性实验报告	86
怎样求	M_{dc} η ?	89

“电机原理及应用”实验指示书

第一部分 电机实验手册

一. 电机实验的目的与要求

电机实验是“电机原理及应用”课程理论联系实际, 巩固所学的知识, 熟悉实验方法和训练操作技能的重要环节。

通过实验培养学员对一般常用电工仪器的正确使用和选择, 线路联接, 实验方法, 实验数据的处理和分析报告的制作等实际能力。因此学员必须以认真负责态度来完成实验所规定内容。

在电机实验中由于电机的电压电流量程较大, 电机又处于旋转状态, 所以学员要严格遵守操作规程, 以确保人身和仪器设备的安全。

二. 电机实验安全事项

为了保证人身安全, 爱护国家财产, 学员在电机实验室工作时必须遵守下列安全注意事项。

1. 人身不可直接接触有电线路的裸体部分。
2. 接线, 拆线和改接线路必须在断开电源后进行, 接线前要看清设备的铭牌数据, 然后选择合适的仪表, 足够容量的导线、保险丝等。通常接线时最后连电源线, 拆线时先拆电源线。
3. 线路完全接受后, 由组内学员相互校对检查, 再经实验指导人员检查后, 方可通电试验。
4. 实验时注意衣服, 发辫勿被旋转电机卷入而发生危险, 也不可用手或脚去促使电动机起动或停转。
5. 电机在做超速及负载试验时, 必须经实验室同意后, 方可进行。
6. 电动机起动时应将主电路中电流表设法短接。
7. 调压器的输入和输出端不能接错。
8. 直流並激电动机磁场线路应绝对可靠连接。
9. 转速表不得在旋转时改变量程。

10. 使用涡流测功器时, 增减转矩, 皆必须缓慢进行, 否则将发生意外。

三. 电机实验方法指导

1. 实验前的准备

(1) 学员进实验室 必须要写好实验预习报告, 明确本实验的目的、要求和步骤。

(2) 按照实验指示书要求复习所学的有关理论知识。

(3) 每次实验由各小组轮选一人负责全面规划, 组织分工, 相互配合(如接线时如何分工, 谁接线谁检查, 实验时谁记录谁调负载, 读表.....), 以便提高实验质量, 缩短实验时间。

2. 如何进行实验

(1) 熟悉本次实验被试电机的型式结构, 铭牌数据和所采用仪器仪表的规格、量程及使用方法。

(2) 按照实验线路图进行, 接线时要考虑以下几点:

① 仪器仪表的放置要恰当, 要便于调节和读数, 并注意人身安全。

② 连接导线的粗细, 应按线路电流大小来选择, 一般先接主电路, 后接测量电路。接线必须要牢靠, 不能松动。

③ 接线完毕后, 学员相互校对后, 经指导人员检查后, 方可通电试验。

(3) 实验时, 首先应对所试验之电机作一般性的检查, 如电机的装配质量, 出线端的标记, 电机的旋转方向, 转子转动是否有异常声。然后按步骤进行调节, 观察所欲得到的工作状态及其变化规律, 等一切正常后再逐点读取数据。

(4) 读取数据时应注意:

① 各测量仪表要同时读数, 并记录下各仪表的倍率, 以便换算实际值。

② 读取数据的多少及各组数据的间隔应根据实验的要求, 数据过多则浪费时间, 太少影响实验精确性(如求磁化曲线时, 在饱和值附近应多取几组读数, 而在直线部分可少取一些读数), 并

随时校核数据的合理性，如有偏离要分析原因，重新量测。

③ 在调节负载或改变电阻、电压、转速等量时，必须注意到其他量的变化关系，是否会超过其额定值。

④ 在操作过程中，如发生故障，应立即拉开电源，在指导人员帮助下，分析事故原因和排除方法。然后重新再做试验。

⑤ 实验数据可与预期分析进行对比来判断实验的正确性，最后请指导人员审阅。

3. 实验报告的写法

(1) 报告内容的前一部分为预习报告。后一部分是经过分析整理后的数据曲线，计算结果和实验结论。並列出被试电机及使用设备仪表的型号、数量、规格（包括额定容量、电压、电流、转速等。）。

(2) 报告内容要精简扼要，字迹图表要整齐清楚。数据如果是计算所得，必须列出所用公式，並以一组数据为例进行计算，其他可直接列入表中。

(3) 绘曲线时要求用一方格纸画，尺寸不得小于 8×8 厘米²，把所得数据标出並用曲线板连成一条平滑曲线。（如图 0-1），而不要画成折线（如图 0-2）。对不同电机相同性质的曲线或同一电机的几条曲线可画在同一方格纸上以便比较，但要注意各条曲线名称，座标的单位和标尺。

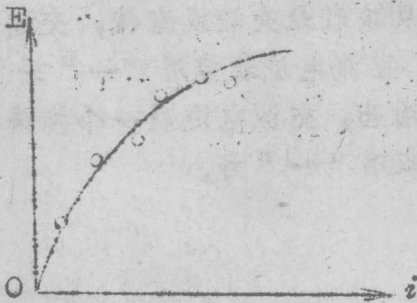


图 0-1

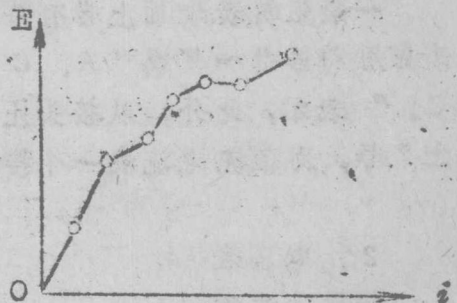


图 0-2

(4) 分析实验结果，指出哪些与理论分析相符，哪些有出入，是什么原因所至，並可比较不同实验方法得出结果，从而比较其优

缺点，还可写上自己心得和收获。

四. 电机实验中常用仪表及设备使用说明

1. 电流表

用以测量电流。分直流、交流及交直流两用表三类。

使用电流表时应注意下列几点：

(1) 仪表的量程（即仪表所能测量的范围如 $0-1-2A$ 或 $0-10A$ ）必须符合於本实验所测量的最大电流值。在线路电流小的地方用小量程的电流表。

(2) 电流表必须与负载串联。

(3) 电机启动时，除测量启动电流的实验外，不得将电流表插头插入电路插口，以免因启动时的大电流冲击电表而使其损坏。

(4) 用电流插头时，插头必须垂直地插入插口，不能斜插，且要插到底。

(5) 使用直流电流表时，应该注意极性。可先将插头轻轻插一下，看电流表指针偏转方向是否正确，如不对，把插头翻转插入即可。

(6) 使用前必须分清被测量的电流是交流还是直流，所用之电流表是否和要测量的电流性质相符。

一般电流表表面上带有符号说明该表是交流或直流，交流电流表常用符号“ $\sim$ ”或“A. C.”，直流电流表常用“—”或“D. C.”表示，此外，从接头上也可看出，交流电流表一个接头有“ $\pm$ ”号，而直流电流表一个接头上仅有“—”号。

2. 电压表

使用时注意：

(1) 本实验所量测的最大电压值是否在所选择仪表的测量范围之内。

(2) 电压表必须与负载并联。

(3) 使用直流电压表时应注意极性，可先插入一个插头，另一

个插头轻轻插一下，看电压表指针偏转方向是否正确，如不对则把两个插头互换。

(4) 如果电压表并接在电感电路（如激磁绕组）两端，为了避免拉闸时因过渡过程产生的高电压，以致仪表损坏，故在拉闸前应将电压表插头拔出，使与电路脱离。

(5) 使用前必须分清测量的电压是交流还是直流。

3. 单相功率表

功率表被用来测量线路或负载的功率，其单位是瓦或仟瓦，故有时也称瓦特计。功率表又分单相和三相两种，在实验室尚有一种专用于测量低功率因数的单相功率表。

一般单相功率表具有一个电压线圈和电流线圈，（详细工作原理请参考电工量计书籍）所以接线时需接四个接头，其中两头是电流接头，另外两个是电压接头，其原理图如下：

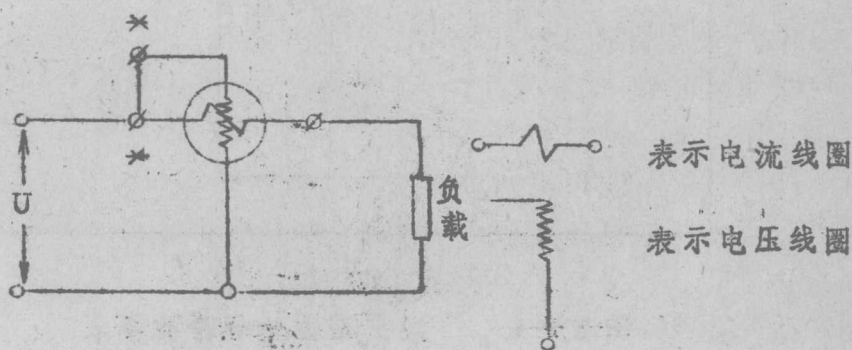


图 0-3 单相功率表原理图

使用注意事项：

(1) 检查仪表接头上标出的电压及电流数值是否在实验测量数值之内，两者有一个不符合时，就应该调换仪表或接入互感器。

(2) 接线应注意仪表的电压接头和电流接头，不能接错，电压接头应与负载并联，电流接头则应与负载串联。接头时电压头的*及电流头的*应在同一边或接在一起。

(3) 功率表的量程倍率是在使用过程中经常遇见的问题。下面以本实验室一种功率表为例说明。

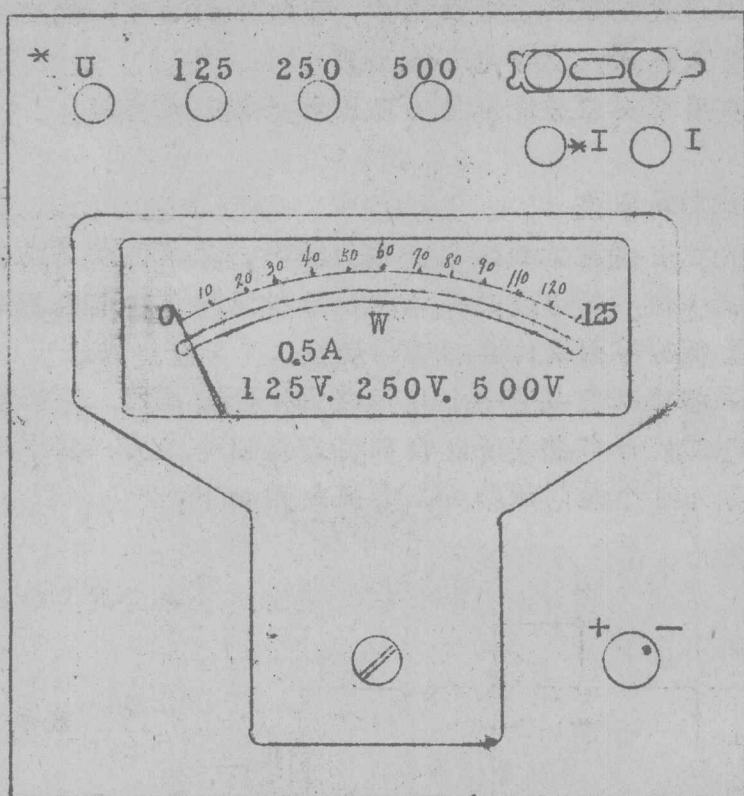


图 0—4 本实验室的一种功率表

D26—W
0·125·250·500V 0·5, 1A
 $\cos \phi = 1$

该功率表为 D26—W 型电压量程分 125V, 250V, 500V 三种, 故适用于负载线路 500V 以下的电路。电流量程为 0.5A, 1A 两种视两片横片的接法而定, 若采用串联接法如图 0—5a 所示。此时电表内部两组电流线圈串联电流为 0.5 安; 若采用图 0—5b 所示的并联接法, 则该表内两组电流线圈并联, 允许通过的电流为 1A。

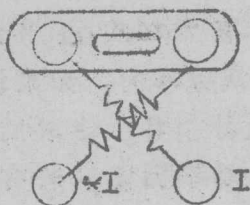


图 0-5a

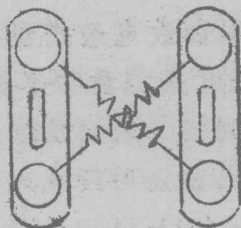


图 0-5b

当电压接头用 250V 电流接头用 1A 时仪表满量程读数应该用下式进行计算, 考虑到该表的功率因数为 1。

$$\begin{aligned}\text{满量程读数} &= \text{电压量程} \times \text{电流量程} \times \text{仪表功率因数} \\ &= 250\text{V} \times 1\text{A} \times 1 \\ &= 250\text{W}\end{aligned}$$

此时满量程读数为 250W。

所谓仪表的倍率即满量程读数与表面满量程刻度间的比值。例如我们举例的那只表表面刻度为 125 W。

$$\text{倍率} = \frac{\text{满量程读数}}{\text{表面满量程刻度}} = \frac{250}{125} = 2$$

因此在实验过程中我们如用上述电压电流量程进行测量时表面读数与实际数值的关系为

$$\begin{aligned}\text{实际数值} &= \text{表面读数} \times \text{倍率} \\ &= \text{表面读数} \times 2\end{aligned}$$

若读出 95W 则实际数值为 190W

同学们可思考一下对该表如取 500V, 1A 时仪表的倍率为多少。

另外，对于低功率因数电表来说刻度盘上标有“ $\cos \phi 0.1$ ”或“ $\cos \phi 0.2$ ”表明它是用来测量功率因数低的负载功率的，如果测量对象功率因数较高则该仪表测量结果不准确且易损坏。使用低功率因数表时计算满量程读数时应代入标定的仪表功率因数。若有一电表 250V ， 1A ， $\cos \phi 0.1$ 则满量程读数为 $250 \times 1 \times 0.1 = 25\text{W}$ 。显然低功率因数功率表在测量低功率因数的负载时会有比一般功率表有大的偏转角度。

(4)有些功率表下角有一可以旋转使指“+”或“-”的旋钮。这是用二瓦特计法测量三相交流电路功率时用的。

4. 兆欧表

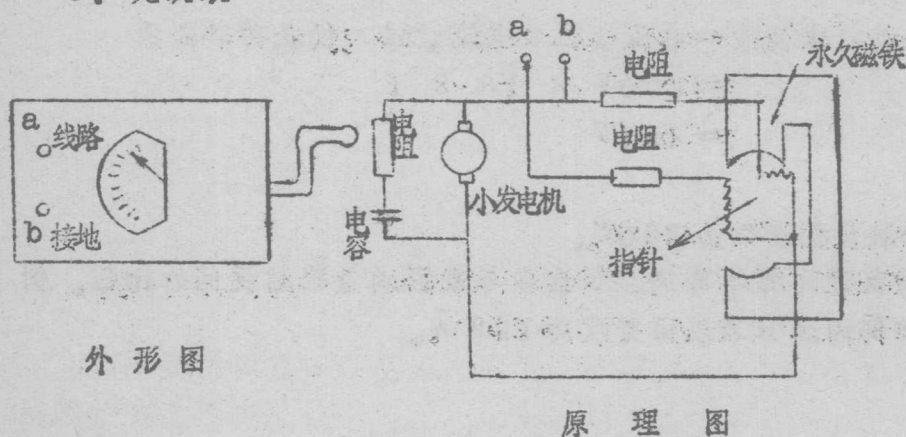


图 0—6

兆欧表用于测量绝缘物质的绝缘电阻，分静止式及旋转式两种，本实验室使用旋转式流比计结构的兆欧表，如图 0—6 所示。详细原理可参阅电工量计的书籍。使用时注意：

- (1)将 a 、 b 两端一端接地，另一端接在绝缘物体上见图。
- (2)以 $2.5 \sim 3$ 转/秒的速度均匀地摇手柄，则可从表上得到读数。一般额定电压为 500 伏以下的中、小型电机的绝缘电阻要求大于 0.5 兆欧。

(3)使用前注意表计之电压与所量测绝缘物之额定电压是否合适。(本实验表计之电压是 500V 和 1000V 两种)。

5. 转速表：使用时必须注意

(1) 检查转速表上指标，指示量测范围是否合适。

(2) 当把转速表的橡皮头插入电机转轴端小孔时，转动轴应保持水平，切勿上下左右歪斜，以免转速表的转动轴扭弯，致使仪表损坏，转速表插入电机转轴时不要用力过猛，也不要顶得太紧，适当即可。

(3) 需要更改仪表的测量范围时，应把转速表由电机轴上取出，等转速表指针停在零时才能拨转测量量程。否则易损坏仪表。

6. 变阻器

(1) 使用前应先看铭牌上规定之电阻值及电流值，所通过之电流不得超过其规定电流，在接成分压法时，应注意其合成电流不超过规定数值。

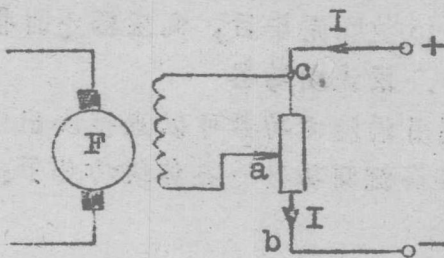


图 0-7

(2) 在图 0-7 所示电路中，当可移动触头 a 移到接近 b 时，流经激磁绕组的电流增加，这时合成电流 I 增加，所以选择变阻器的电流时应考虑到当 a 趋近于 b 时，合成电流不超过变阻器的额定电流。

(3) 使用时应明确滑动触头的位置对电阻器的影响，即应弄清这时滑动触头在什么位置电阻最大，在什么位置电阻最小。

(4) 搬移滑线变阻器时不允许用手提横梁，否则将造成横梁弯曲使滑动触头的接触不好。

7. 灯箱

在有些实验时也采用灯箱作为发电机负载，使用灯箱时要注意：

(1) 电压不要接错以免烧坏灯泡。

(2) 使用过程中加在灯箱上的电压不得超过灯箱电压的额定值以免影响灯泡之使用寿命。若在使用过程中有超过之可能，应事先采取串电阻等措施以起降压作用。

(3)搬移灯箱时务必小心轻放，以延长灯泡使用寿命。

8. 调压器

(1)有单相和三相两种，是用来调节电动机或变压器的外加电压用的。

(2)使用前应先看铭牌上电流、电压容量是否合适。

(3)输出和输入端绝对不能接反，输出端接至负载，输入端接至电网。

(4)开始实验时调压器上的指标应放在零伏的位置，然后逐渐增压，而在拉闸前应把调压器的指标转回零点，才能拉闸。

(5)使用完毕后，调压器上的指标应放在零伏位置。

9. 涡流测功器

使用涡流测功器可以直接读出电动机输出转矩的数值。本实验室所用涡流测功器的具体结构如下：

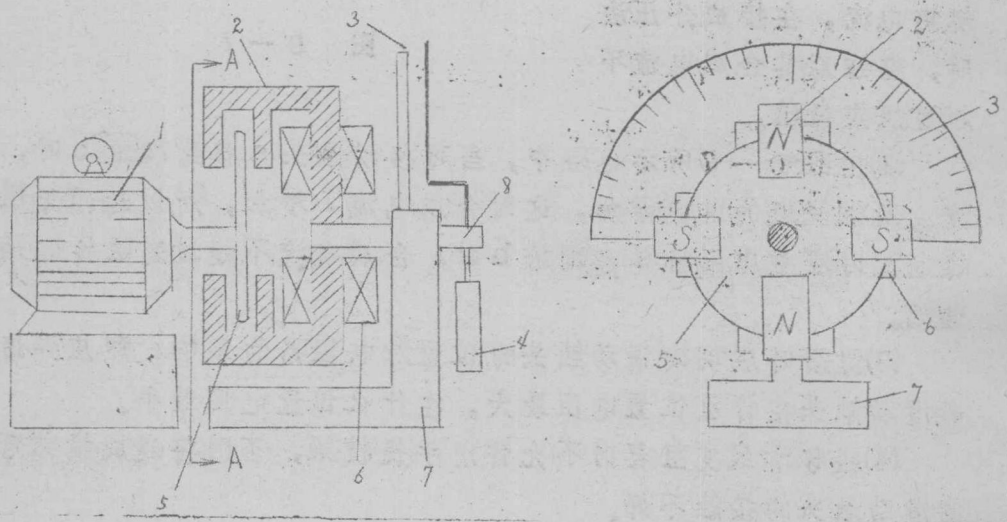


图 0-8 涡流测功器结构图

结构图说明:

- | | |
|-------------------|-----------|
| 1. 感应电动机 | 2. 磁极 |
| 3. 刻度盘 | 4. 平衡重物 |
| 5. 固定於感应电动机轴上的圆钢盘 | 6. 直流激磁绕组 |
| 7. 测功器支座 | 8. 转轴 |

当激磁绕组“6”中通有直流电流时,磁极“2”变成电磁铁,磁通经过圆盘5而闭合,如感应电动机旋转,则在圆盘“5”中将产生涡流,产生掣动力矩,使整个涡流测功器的磁极都要向圆钢盘旋转方向旋转,此旋转力矩为平衡重物“4”所平衡,当力矩 M 为一定值时,指针即偏向一定的角度。 M 的数值可直接由刻度盘“3”读出。

变更激磁电流 I_f ,即可变更所产生的磁通值,而而改变转矩 M 的数值,涡流测功器的特性曲线见图0-9所示。

使用涡流测功器时应该注意:

(1)激磁绕组的 I_f 一般要在1~1.5安以下。

(2)调节激磁 I_f 时要注意不应太快,尤其是在指针将近水平位置时更要慢慢地调节,若此时转矩不够应停止加激磁,以免重锤失去平衡,发生旋转而造成危险。

(3)钢盘使用时由於涡流将发生大量的热,慎勿触及此高速旋转之热钢盘。

(4)减负载时,应逐渐进行以减少激磁电流,然后再切断电源,

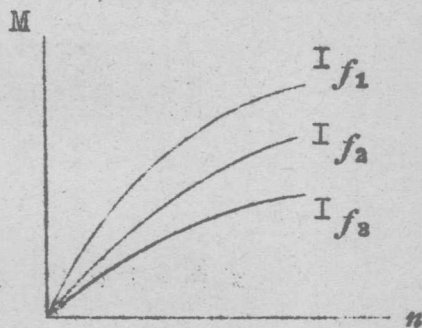


图0-9 涡流测功器的特性

不能一下拉掉电源。

10. 启动器

为了防止直流电动机在全电压直接启动时启动电流过大，本实验室备有启动器，其结构示意图如图0—10所示。

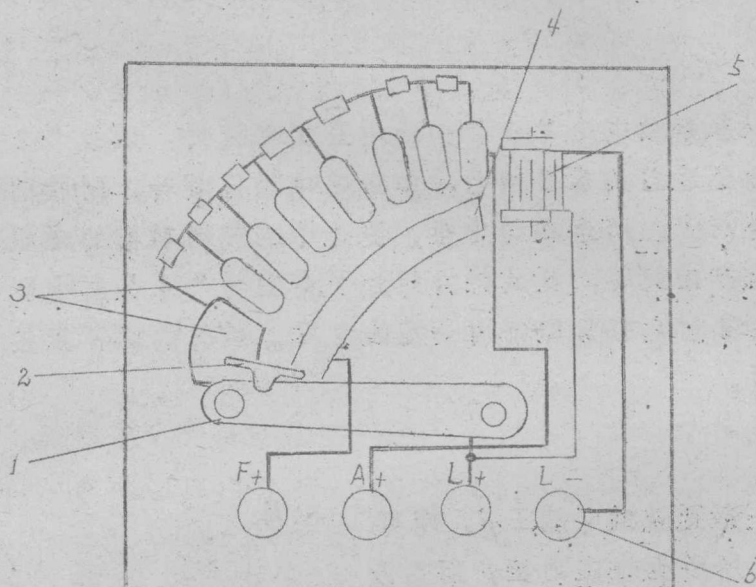


图0—10 四点式启动器结构示意图

- | | |
|-------------|--------|
| 1. 操作手柄及导电杆 | 2. 铁片 |
| 3. 铜接触片 | 4. 接触条 |
| 5. 电磁铁 | |
| 6. 接线柱: | |

L代表接电源 (Line—线);

L+接电源正端;

L-接电源负端;

A代表电枢 (Armature—电枢)。

F代表接激磁绕组

(Field—场);

如图所示启动器所以称谓“四点式”因为它有四个接线头。由其结构图可以看出当 $L+$ 、 $L-$ 通电后，由 $L+$ 到 1 与 4 接触使 $F+$ 始终与 $L+$ 接通，这就保证了开始启动后激磁绕组始终通电。而激磁回路两端的电压始终等于电源电压。而到电枢 $A+$ 的通路要经由一串电阻，随手柄转动电阻逐渐减少，最后电阻完全切除 $L+$ 与 $A+$ 直通启动完毕。由于电磁铁 5 接在电源两端它对附在手柄上的铁片有吸引力。因而启动完毕后手柄自动保持。若电源断电手柄在弹簧的作用下返回原来位置。

本实验室还有一种六点式启动器它多了 $F-$ 及 $A-$ 两只头，实际上 $A-$ ， $L-$ ， $F-$ 三个头是短接的。其工作原理与四点式启动器相同。

使用时必须注意：

(1) 按照标号接线；

(2) 启动时手柄推动的速度要快慢适中，勿过急过缓，过急则变阻器电阻切断过快达不到限流作用。过慢则启动器电阻易发热损坏（因为启动器电阻是按短时工作制设计的）。

(3) 使用启动器时必须检查手柄是否恢复原来位置。

五. 试验方法

以下对电机通用的一些试验项目及方法作一般介绍，以利于对学员今后在实际工作中作为参考。

1. 绕组对机壳及其相互间绝缘电阻的测定。电机的绕组是包有绝缘物的导线组成。绝缘物使绕组对机壳及其相互间绝缘，防止电源发生短路。但是，任何绝缘物只是导电能力极差而已，即使它的电阻很大，在加上电压后，还会有一定的电流流过。这个电流称为泄漏电流。当绝缘电阻太小时，电机运行中的泄漏电流就太大了，人就有触电的危险，甚至绝缘也会发热而烧坏。所以为了发现绝缘有否严重受潮和脏污，以及是否存在贯穿的导电通路等缺陷，了解电机绝缘状况，必须经常进行绕组绝缘电阻的测定。

国家标准规定，电机绕组的绝缘电阻在热态时应不低于下式求得的数值。

$$R = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}} \text{ 兆欧}$$

式中： U —— 电机额定电压 (伏)
P —— 电机额定功率 (千瓦)

对小型异步电机 (约 125KW 以下) 则不低于 0.38 兆欧。

(1) 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻用兆欧表测量。

电动机额定电压	兆欧表规格
500 伏以下	500 伏
500~3000 伏	1000 伏
3000 伏及以上	2500 伏

(2) 测量绕组绝缘电阻时，如果各相绕组的始末端均引出机壳外，则应分别测量每只绕组对机壳的绝缘电阻，并测量其相间绝缘电阻。如果绕组只有始端或末端引出机壳外，则允许测量所有绕组对机壳的绝缘电阻。绕线式电动机的绝缘电阻应对定子绕组及转子绕组分别进行测量。对于多速多绕组的电动机各绕组对机壳的绝缘电阻必须逐个进行测量，并逐个测量绕组间的绝缘电阻。

(3) 测量时应以接近兆欧表规定的速度均匀转动兆欧表，待指针稳定后读取兆欧表的数值。

2. 绕组直流电阻的测定

测量绕组的直流电阻时，应同时测定绕组的温度，绕组温度与冷却介质间的相差应不大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。绕组温度可以用膨胀式温度计，电阻温度计或热电偶进行测量，如绕组温度不可能直接测量时，在测量绕组直流电阻以前应将电机在空气中静置下列时间：额定功率