

电机、电力拖动实验指导书

高 献 甫 编
吴 尧 辉

焦 作 工 学 院

一九九七年十月

前 言

本书第一部分电机学教学实验共十八个,主要为电气自动化专业及电力系统专业编写的,第二部分拖动实验共六个,主要为电气自动化专业编写的,其中一些实验也适合电机及发配电专业作电机实验教学用。

电机、电力拖动实验是学习研究电机、电力拖动理论的重要实践环节,其目的在于通过实验验证和研究电机、电力拖动理论,使学生掌握电机、电力拖动实验的基本方法和基本技能,培养学生严肃认真和实事求是的科学作风。

本实验指导书是结合我院实验室具体情况编写的,其实验的大部分是必做内容,少数实验可根据专业需要选作,每个实验大体按 3 学时,有些实验内容较多,超过 3 学时,可根据专业教学计划选做其中部分内容。

编写本指导书时主要参考我院历届实验讲义及合肥工业大学编电机实验一书。

由于编者学识有限,时间仓促,本书缺点错误一定不少,欢迎读者批评指正。

编 者

一九九七年十月

目 录

前 言

第一章 电机实验的基本要求 (1)

§ 1-1 电机实验的基本要求 (1)

§ 1-2 电机实验安全操作注意事项 (2)

第二章 电机实验中一些基本物理量的测量 (4)

§ 2-1 绝缘电阻的测量 (4)

§ 2-2 绕组直流电阻的测量 (4)

§ 2-3 温度的测量 (6)

§ 2-4 转速和转差率的测量 (7)

§ 2-5 转矩的测量 (11)

§ 2-6 功率的测量 (14)

* * * * *

第一部分 电机教学实验

实验一 单相变压器认识实验 (18)

实验二 单项变压器 (20)

实验三 三相变压器 (23)

实验四 三相变压器联接组 (28)

实验五 单相变压器并联运行 (30)

实验六 三相变压器的并联运行 (32)

实验七 三相变压器的不对称运行 (34)

实验八 感应调压器 (37)

实验九 三相异步电动机的起动 (39)

实验十 同步发电机外特性及并联运行 (42)

实验十一 同步电动机研究 (44)

实验十二 异步电动机同步化 (46)

实验十三 三相同步发电机参数的测定 (48)

实验十四 自整角机 (52)

实验十五 直流发电机空载特性 (53)

实验十六 直流发电机外特性 (55)

实验十七 并励直流电动机 (57)

实验十八 直流串励电动机 (59)

* * * * *

第二部分 电力拖动实验

实验十九 飞轮惯量 GD^2 的测定 (62)

实验二十	直流他励电动机机械特性的研究	(65)
实验二十一	F—D 组调速范围的研究	(68)
实验二十二	他励直流电动机制动的研究	(71)
实验二十三	绕线式异步电动机的拖动研究	(74)
实验二十四	以时间为函数的继电接触器控制线路实验	(78)

第一章 电机实验的基本要求

§ 1—1 电机实验的基本要求

电机实验课的目的旨在培养学生掌握基本的实验方法与操作技能,培养学生根据实验目的拟定试验线路,选择所需仪器,确定试验步骤,测取所需数据,进行分析研究,得出必要结论,从而提出实验报告。在整个实验过程中,人们必须严肃认真,集中精力,及时做好实验。现按实验过程提出下列基本要求:

一、实验前的准备

实验前应复习电机学有关章节,认真研读实验指导书,了解实验目的、内容、方法与步骤,明确实验过程中应注意的问题,有些内容可到实验室对照实物预习(如抄录被试电机铭牌、选择仪器仪表),而后按照实验项目准备记录表格等。

实验前应写好预习报告,经指导教师检查认为确实做好了实验前的准备,方可开始实验。

认真做好实验前的准备工作,对于培养同学独立工作能力,提高实验质量和效率都是很重要的。

二、实验的进行

(一)建立小组,合理分工

每次实验以小组为单位,每组有 3~4 人组成,推选组长一人,组长负责组织实验的进行,诸如分配记录、接线、调节负载、测量转速等工作,务求在实验过程中操作协调,数据准确。

(二)抄录铭牌,选择仪表

实验前应首先熟悉被测机组,记录电机及所用设备的铭牌和仪表量程,然后将仪表设备布置整齐,便于测取数据。

(三)按图接线,力求简明

根据实验线路图及所选仪表设备,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。就是说,由电源开关后开始,连接主要的串联电路(如电枢回路)。如系三相,则三根线一齐往下接,如系单相或直流,则从一极出发,经过主要线路之各段仪表、设备,最后返回到另一级。根据电流大小,主回路用粗导线联接(包括电流表及瓦特表的电流线圈),并联支路用细导线联接(包括电压表及瓦特表的电压线圈)。

(四)起动电机,观察仪表

在正式实验开始之前,校准各仪表零位,熟悉刻度,并记下倍率,然后起动电机,观察所有仪表是否正常(如指针正、反向等等),如出现异常,应及时报告,查清原因,如一切正常,即

可正式开始实验。

(五)按照计划,测取数据

预习时对实验内容与实验结果事先做好理论分析,并预测实验结果的大致趋势,做到心中有数,正式实验时,便根据预定计划测取数据。

(六)认真负责,完成实验

实验完毕,应将数据交指导教师审阅,认可后,才允许拆线并整理好实验台,归还仪表、导线与工具等。

三、实验报告

实验报告应根据实验目的、实测数据及在实验中观察和发现的问题,经过分析研究,得出结论或通过分析讨论写出心得体会。

实验报告要简明扼要,字迹清楚,图表整洁,结论明确,内容包括:

(一)实验名称、专业班级、组别、姓名、同组同学姓名、实验日期、室温℃;

(二)列出被试电机及使用的设备仪表编号、规格、铭牌数据(额定容量、额定电压、额定电流及额定转速等);

(三)扼要写出实验目的;

(四)绘出实验时所用的线路图,并注明仪表量程;

(五)实验项目,一共要做那几个实验;

(六)数据整理和计算,记录数据的表格上需说明试验是在什么条件下进行的;

例如:做发电机空载实验时 $I=0, n=n_0, U_0=f(I_f)$

各项数据如系计算所得,应列出计算公式,并举一例说明;

(七)绘制曲线时应选适当比例,用坐标纸画出,图纸尺寸应不小于 80×80 (毫米×毫米)。曲线要用曲线尺或曲线板连成光滑曲线,不在曲线上的点仍按实际数据标出;

(八)结论 根据实验结果,进行分析,最后得出结论,是由实践在上升到理论的提高过程,是实验报告中很重要的一部分。结论中根据不同实验方法所得结果进行比较,讨论各种实验方法的优缺点,说明实验结果与理论是否符合,根据国家标准来评定一台电机的性能是否合格,或对某些特殊问题进行探讨。实验报告应写在一定规格的报告纸上,保持整洁。

每次实验每人单独作一份报告,按时送交指导教师批阅。

§ 1—2 电机实验安全操作注意事项

为了按时完成电机实验,确保实验时人身安全与设备安全,要严格遵守实验室的安全操作规程,一般电机实验的安全操作注意事项如下:

一、人体不可接触带电线路;

二、电源必须经过开关(或接触器)、保险丝之后接入电机。接线或拆线都必须在切断电源(即拉开电源开关)情况下进行;

三、学生独立完成接线或改接线路后,必须经指导教师检查允许,招呼全组同学引起注意后,方可合上电源。实验中如发生事故,应立即切断电源保护现场,并报告指导教师,待查

清问题和妥善处理故障后,才能继续进行实验;

四、实验时应注意衣服、围巾、发辫及实验接线用的导线等不得卷入电机的旋转部分,实验人员应穿工作服或紧袖口衣服,不得用手或脚去促使电机起动或停转,以免发生危险;

五、操作开关应迅速果断,快合快断,以免产生电弧烧坏闸刀,合闸时应使刀片投入刀座,保持接触良好;

六、电动机直接起动时,电流表应从线路中拆离,或经并联开关短路;

七、电流互感器在使用时副方不得开路,以免产生高电压损坏仪器和危及人身安全。对具有很多匝数线圈,要小心断路时产生高电压引起的危险。电容器用完后必须进行放电;

八、总电源应由实验室工作人员掌管,其他人不得乱动。

第二章 电机实验中一些基本物理量的测量

§ 2—1 绝缘电阻的测量

绝缘电阻的测定是电机电器绝缘检验项目之一。通过绝缘电阻的测定可以检查绝缘是否受潮,有无局部缺陷等。

绝缘电阻用兆欧表测定,所用兆欧表的规格,根据被测电机的额定电压按表 2—1 选用。

电机额定电压	兆欧表规格
500伏以下	500伏
500~3000伏	1000伏
3000伏以上	2500伏

电机变压器按种类不同规格的兆欧表,如 10000 伏电压以下的 I、II 类变压器选用 1000 伏的兆欧表。

电机各相(或各种)绕组分别有出线端引出时,应分别测量各绕组对机壳(或铁芯)及各绕组之间的绝缘电阻。若各绕组已在电机内部联接起来,允许仅测量所有相连绕组对机壳的绝缘电阻。

目前常用的手摇兆欧表,表内有一手摇发电机,发电机发出的电压与转速有关,因此,为了维持施加在被测设备上的电压一定,测量时应以兆欧表规定的转速均匀地摇动兆欧表,待指针稳定后方可读数。

根据国家标准规定,电机绕组的绝缘电阻在热态时,应不低于下式确定的数值

$$R = \frac{U_e}{1000 + \frac{P_e}{100}} \quad (\text{兆欧})$$

式中: U_e —— 电机绕组的额定电压(伏);

P_e —— 电机的额定功率,对直流电机和交流电动机单位为千瓦;对交流发电机和同步补偿机单位为千伏安。

由上式可知,500 伏以下的低压电机电器,热态时其绝缘电阻应不低于 0.5 兆欧,如果低于这个数值,应分析原因,采取相应措施,以提高绝缘电阻。否则,强行投入运行,可能造成人身和设备事故。

§ 2—2 绕组直流电阻的测量

在电机实验中,有时需要测定绕组的直流电阻,用以校核设计值、计算效率以及确定绕

组的温升等。绕组电阻的大小是随温度变化的,在测定绕组实际冷态下的直流电阻时,要同时测量绕组的温度。以使将该电阻值换算至基准工作温度或所需工作温度下的数值。

测量绕组直流电阻可以用以下两种方法:

一、电桥法

采用电桥测量电阻时,究竟选用单臂电桥还是双臂电桥,取决于被测绕组电阻的大小和精度要求。绕组电阻小于1欧,不允许采用单臂电桥,因为单臂电桥量得的数值中,包括了连接线的电阻和接线柱的接触电阻,给低电阻的测量带来了较大的误差。

用电桥测量电阻时,应先将刻度盘旋到电桥能大致平衡的位置,然后按下电池按钮,接通电源,待电桥中的电流达到稳定后,方可按下检流按钮接入检流计。测量完毕,应先断开检流计,再断开电源,以免检流计受到冲击。

电桥法测定绕组直流电阻准确度及灵敏度高,并有直接读数的优点。

二、电压表和电流表法

用电压表和电流表法测量直流电阻时,应采用蓄电池或其他电压稳定的直流电源作为测量电源,按图2-1接线,被测绕组 r 与可变电阻 R 、电流表串联为了保护电压表,可串联一按钮开关 K_2 ,而后并接在被测绕组的出线端上。

测量过程中,应首先闭合电源开关 K_1 ,当电流稳定之后,才按下按钮开关 K_2 ,接通电压表,测量绕组两端电压,测量后随即松开按钮 K_2 ,使电压表先行断开,否则,绕组中电流剧烈变动,例如断开电源时绕组所产生的自感电势可能损坏电压表。

测量时,为保证足够灵敏度,电流要有一定数值,但又不要超过额定电流的20%,电流表与电压表应尽快同时读数,以免因绕组发热影响测量的准确度。

测量小电阻,按图2-1a接线,考虑电压表(内阻为 r_v)的分路电流,被测绕组的直流电阻为

$$r = \frac{U}{I - \frac{U}{r_v}}$$

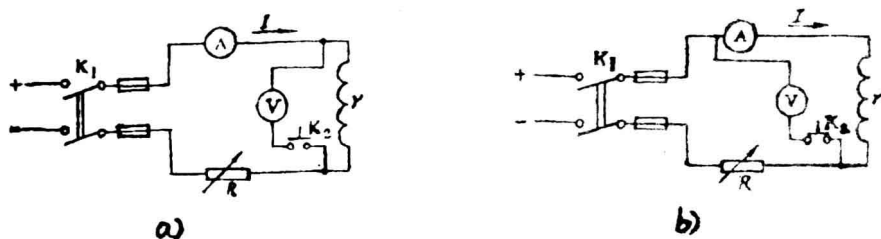


图2-1 电压表和电流表法测定绕组的直流电阻

若不考虑电压表的分路电流, $r=U/I$,计算值比绕组实际电阻偏小,绕组电阻越小,分路电流越小,误差则越小,故这种接线适于测量小电阻。

测量大电阻,按图(2-1b)接线,考虑电流表内阻 r_A 上的电压降,被测绕组的直流电阻为

$$r = \frac{U - I r_A}{I}$$

若不考虑电流表内阻的电压降, $r = U/I$, 计算值中包括有电流表内阻, 故比实际电阻偏大, 绕组电阻越大, 电流表内阻越小, 误差则越小, 故此种接线适于测量大电阻。

相应于不同电流值测量三次, 取三次测量的平均值作为绕组直流电阻。

若能选用合适的仪表, 此法也可获得较准确结果。

用温度计测量绕组端部, 铁心或轴伸部温度, 若这些部位的温度与周围空气温度相差不大于 $\pm 3^\circ\text{C}$, 则所测绕组为实际冷态电阻, 温度计所测温度就作为绕组在实际冷态下的温度。

测得的冷态直流电阻按下式换算到基准工作温度时电阻:

$$r_{\theta} = \frac{K + \theta_0}{K + \theta} r \text{ (欧)}$$

式中: θ_0 —— 基准工作温度, A, B, E 级绝缘为 75°C ; F, H 级绝缘为 115°C ;

θ —— 绕组实际冷态温度 $^\circ\text{C}$;

r —— 绕组实际冷态电阻(欧);

K —— 常数, 铜 $K = 235$, 铝 $K = 228$ 。

§ 2—3 温度的测量

电机中绝缘材料的寿命与运行时的温度密切相关, 为保证电机安全、合理地使用, 需要监视与测量电机绕组、铁芯、轴承及冷却介质等的温度。测量温度的方法有三种: 温度计法、电阻法及埋置检温计法。

一、温度计法

本法所用温度计是指膨胀式温度计(例如水银、酒精温度计), 以及使用方法与普通膨胀式温度计相同的半导体温度计, 非埋置的热电偶或电阻温度计。本法简单可靠, 电机中不能用电阻法测量温度的部分, 如定子铁芯、轴承及冷却介质等, 就用温度计来测量。

测量时, 将温度计贴附在电机被测部位的表面, 以测量接触点表面的温度。为了减少误差, 从被测点到温度计的热传导应尽可能良好, 将温度计球面部分用绝热材料覆盖, 以免受周围冷却介质的影响。应当注意, 在电机有变化磁场存在的部位, 如交流电机定子铁芯, 不能用水银温度计, 而应采用酒精温度计。

二、电阻法

温度改变, 绕组的直流电阻亦会改变。根据这个原理, 我们利用电阻法来测量绕组的温度, 应尽可能在电机运行时测量绕组的热态电阻。例如三相交流电机, 在设备条件许可时可采用高压或低压带电测温装置, 利用该装置测得电机绕组冷态电阻 r 及热态电阻 r_{θ} 后, 可按下列公式计算绕组温度:

$$\theta = \frac{r_{\theta} - r}{r} (K + \theta) + \theta$$

式中: r_{θ} —— 绕组的热态电阻(欧);

r —— 绕组的实际冷态电阻(欧);

θ —绕组的实际冷态温度 $^{\circ}\text{C}$;

K —常数,铜=235,铝=228。

如果不能用电测温装置,电机各部位温度是在断开电源后测得,则所测得的温度应校正到断电瞬间。校正方法如下:在电机切断电源后,立即测量距断电瞬间的时间 t (秒)及相应的电阻,按一定时间间隔测取数点,作冷却曲线 $r=f(t)$ [或温度 $\theta=f(t)$],绘制冷却曲线时,建议用半对数坐标纸,在横轴上取时间坐标,在纵轴(对数坐标)上取电阻(或温度)坐标,如图2-2所示,将冷却曲线延长到与纵轴相交,交点的纵坐标即为断电瞬间绕组的电阻(或温度)。

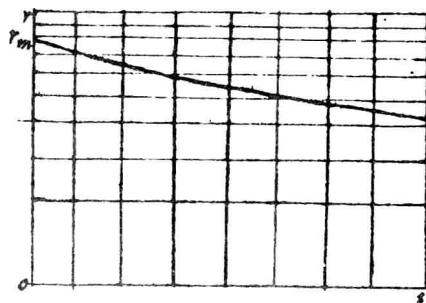


图2-2 冷却曲线

若没有半对数坐标纸,也可在普通均匀等分坐标纸上绘制冷却曲线,在横轴上取时间坐标,在纵轴上取电阻(或温度)的对数坐标,冷却曲线的延长线与纵轴交点的纵坐标就是断电瞬间绕组(或温度)的对数值。

如果断电后,电机个别部位的电阻(或温度)先开始上升,然后再行下降,则应取所量得电阻(或温度)的最高数值作为电机绕组断电瞬间的电阻(或温度)。

如用数字式仪表(如万用表、欧姆表),断电后,可以较迅速地测得绕组电阻。

二、埋置检温计法

在电机制造时,就将电阻温度计或热电偶埋置于电机制造完成后所不能达到的部位(如槽内导体间和铁芯内),此法可测量绕组或铁芯最热点处的温度,还可以监视局部温升状况。

§ 2-4 转速和转速差的测量

转速是各类电机运行中的一个重要物理量。对异步电机的转速也可用转差率表示。如何较准确的测量电机转速或转差率,颇为重要。随着科学技术的发展,特别是电子工业的发展,转速的测量方法与精度不断得到改进与提高,这里介绍几种常见的测量方法:

一、转差率的测定

(一)日光灯法

交流电机的转差率可以用日光灯法测定。日光灯是一种闪光灯,当电源为50周波时,实际闪亮100次,人的视觉暂留时间约为1/16秒左右,故用肉眼观察时日光灯是一直发亮的,我们就是利用日光灯的这个特性来测量电机的转差率,测量的方法是在轴端画上标记图案,如图2-3所示。当极数 $2P=2$ 时,同步转速为 $n_s=3000$ 转/分,画两个黑色扇形,如图2-3A),如果转子是以同步转速旋转,即 $n_s=3000$ 转/分=50转/秒,即 $S=0$,日光灯照在此图案上,由于日光灯每秒闪亮100次,电机每转过半圈日光灯闪亮一次,当日光灯第一次闪亮时黑色扇形部分a在上面,黑色扇形部分b在下面,在第二次日光灯闪亮时电机转过半圈,

则图案 a 在下面,而图案 b 在上面,此时 a、b 位置虽已交换,然而每次灯闪亮时黑色扇形图案仍处于同一位置,肉眼看到的图案好象静止不动。同理,当 $2P=4$ 时,同步转速 $n_c=1500$ 转/分=25 转/秒,转子以同步转速旋转,日光灯每闪亮一次,电机转过 $1/4$ 圈,故图案需换成四个黑色扇形部分,如图 2-3B 所示,电枢极数越多,同步转速就越低。则黑色扇形部分也相应增加,如图 2-3C、D 所示,这种方法用于测同步转速最为合适,只要选择与极数相应的图案贴于轴端,用日光灯照射后,调到图案不动时即为同步转速(即 $S=0$)。

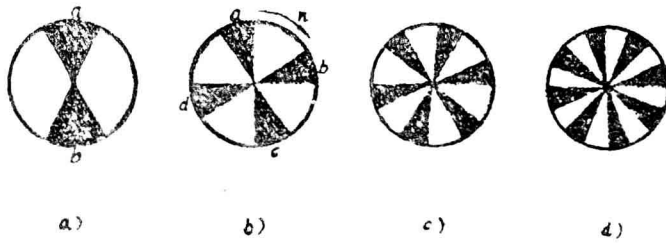


图 2-3 轴端标记图案

日光灯还能测量较小的转差率,其原理是当转速稍低于同步转速时,如第一次灯闪亮时(2-3a)中黑色扇形在垂直位置,而第二次闪亮时转轴转动不到半圈,因而,此瞬间两个黑色扇形逆电机旋转方向落后 α 角度,灯每闪亮一次图案后移 α 角,因而用肉眼观察到的现象是图案逆电机转向缓慢转动,用秒表测定每分钟转过的圈数,此每分钟转过的圈数即为电机的转差 Δn 。若图案顺电机转向转动,则转速大于同步转速,电机的转差率

$$S = \frac{n_c - n}{n_c} \times 100\% = \frac{\pm \Delta n}{n_c} 100\%.$$

图案顺转向转动则 Δn 取负号,逆转向转动 Δn 取正号。为了节省时间,可减少计圈数时间,如计数时间为 t ,则

$$\Delta n = \frac{N}{t} 60 \text{ 转/分}, S = \frac{PN}{t f_l} 100\%. \text{ 式中 } N \text{ 为 } t \text{ 秒内图案转过的圈数。}$$

以上方法适应于大中型容量异步电机,因为这时转差 Δn 较小。而小容量异步电机 Δn 较大,计圈数有一定困难,有时为了便于计数,可设法将图案中黑色扇形部分减少一半,简便方法可采用日光灯线路内串入整流二极管和接入绕线电阻 R ,此电阻值的选择以整流后电流仍不超过日光灯正常工作电流为原则,如图 2-4 所示,当日光灯发亮后,在需要测速时,将

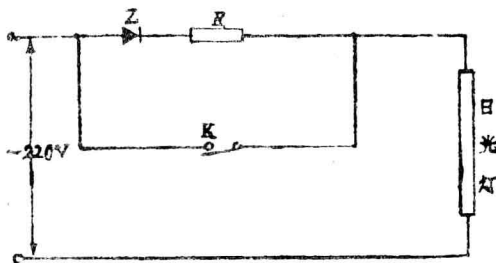


图 2-4 二极管整流后日光灯线路图

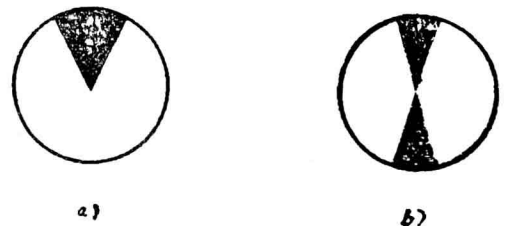


图 2-5 日光灯半波整流后轴端标记

a) $2p=2$ b) $2p=4$

开关 K_2 打开,使串入整流器,这样日光灯负半波电压被切断,日光灯每秒闪亮 50 次,故当 $2P=2$ 时,图案只要有一个黑色扇形图案即可,如图 2-5a 所示;当 $2P=4$ 时只要两个黑色扇形,如图 2-5b 所示,余此类推。

(二)转子频率法

此法是通过直接测出转子电流频率,以此求出电机的转差率,故仅适用于绕式异步电机。方法是在转子回路内任一相串入一个零位在中间的磁电式安培计,其量程应稍大于转子电流额定值,当电机正常运转时,转子电流频率很低,一般约为 1~5 周/秒,故可用秒表测得 t 秒内电流表摆动的次数 N ,则转子频率为

$$f_2 = \frac{N}{t}, \text{而转差率 } S = \frac{n_s - n}{n_s} 100\% = \frac{f_2}{f_1} 100\% = \frac{N}{tf_1} 100\%.$$

二、转速的测定

(一)离心式转速表测转速

它是利用离心原则制成的测速仪表,可以直接读出转数,使用时将转速表的端头插入电机转轴的中心孔内,当指针稳定后即将转速读出,使用转速表时,要注意下列事项:

1、选择合适的量程,量程的最大读数应稍大于电机的最高转速,量程选择太大,则读数刻度太小,影响读数的准确度,量程选择太小则读数将超出量程并容易损坏仪表。在使用过程中不允许改变量程,以免将齿轮打坏,如需改变量程时,必须将转速表取出停转后再改。

2、转速表插入中心孔内,应注意清除中心孔内的油污,转速表测速时应保持它的轴与电机轴同心,不可上下左右偏斜,否则易将表轴扭坏,并影响读数的准确性。

3、转速表应间歇使用,以减少齿轮磨损与发热。

4、用转速表测转速增加了电机的阻力转矩,故对微电机不适用。

(二)闪光灯测速仪测转速

日光灯测转速,虽然设备简单,使用方便,但由于只能测较小的转差,故有一定的局限性。为了能使用在较广的转速范围内,制成了闪光测速仪,它具有可调脉冲频率的专用电源,施加于闪光灯上,将它的灯光照在电机转动部分,如电机轴上的键或轴伸端预先标好的标记上,当调整脉冲频率使此标记静止不动时,从刻度盘和数码表上可直接读出此时电机的转速(一般数码表读数精确度较高)。

使用该仪器应注意以下两点,其一是,当电机的转速比电源脉冲频率 f 正好大整数倍时,则 $n=60Kf$ 即电机转 K 圈后灯才闪亮一次,用肉眼观察到的标记也静止不动,这是一种虚假现象,故在使用时电源频率应从低往高调节,以第一次出现标记不动为准。其二是,当电源脉冲频率比电机转速大整数 K 倍时,即 $f=n/60K$,这时电机转动一圈灯闪亮 K 次,由于每次均照于同一位置,故用肉眼观察到的是沿圆周出现 K 个标记,这时应将电源频率调低,直到出现一个标记为止,如电机转速过低,电源频率调不下去,则可将出现 K 个标记的转数读数,然后除以出现的标记数 K ,即得电机的实际转速。

(三)测速发电机测量转速

此法是在被试电机轴端连接一测速发电机,通常最好采用永磁式测速发电机,由于测速发电机 $E=C_n\Phi$,式中 C_n 为常数,故在磁通量一定时,感应电势与转速成正比,可将测速发

电机输出电压接入直流电压表,电压表刻度换算到以转速为单位后,即可直接读出转数。

(四)数字测速仪测转速

随着电子技术的发展,已经制造出精度较高的晶体管数字测速仪,这种仪器是通过适当的传感器,将转速信号转变为电信号,以测量转速,这种仪器是采用两种方法,即测频法(测出转速信号的频率得知转速)和测周法(测出转速信号的周期得知转速)进行测量。下面以测频法测速为例介绍其原理如图2-6所示。

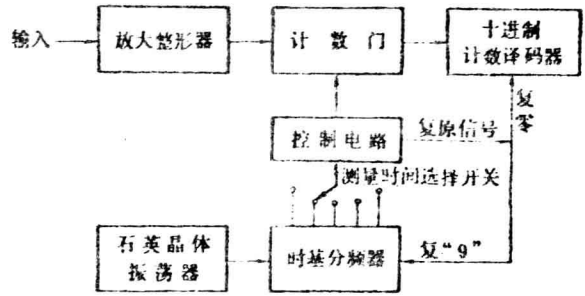


图2-6 测频法工作原理图

频率是单位时间内电信号变化的周波数,在测量频率的过程中,实质上就是在标准时间内如实地记录电信号变化的周波数,由图2-6可知,转速传感器,将转速信号变成电脉冲信号,由输入端送入放大整形器,经过放大整形送至计数门的输入端。同时为了测量频率,除输入转速信号(周波数)外,还必须有一个标准时间,它是由石英晶体振荡器产生,并经过多级分频得到的,例如JSNS-2型,共分为0.1S、1S、2S、3S、6S、10S、20S、30S、60S共9个标准时间基准信号(“S”代表秒),这一部分在图2-6中,以石英晶体振荡器及时基分频器两个方框表示。由石英晶体振荡器及时基分频器产生的“时基”信号脉冲经过测量时间选择开关加入控制器,得到相应的控制指令,用以控制计数门的开闭,使被测转速脉冲在选定的“测量时间”内进入计数器,进行计数和显示,完成一次测量后,控制器发出复原信号,使分频器复“9”使计数器复“0”,接着进行下一次测量。

在计数门开启时间 t (所选定的“测量时间”)内通过计数门的速度脉冲个数 N 由数码管显示,该电信号的频率为 $F=N/t$ (周波数/秒)。

设电机转过一转,传感器产生的电信号的周波数为 B ,则电机的转速为

$$n = \frac{60N}{Bt} \text{ (转/分)}$$

为了使测频法测速时数码管显示数 N 即为电机转速,应以测量时间

$$t = \frac{60}{B}$$

当 $Bt=60$ 时,测速仪显示的读数 N 即为 t 秒内电机的平均转速(转/分), B 越大,测量时间 t 就可选得越短,所测转速越接近瞬时速度。

转速传感器有光电式、磁电式等多种型式。图2-7是一种光电式传感器的结构示意图,由图可见其结构很简单,仅由光源(聚光泡)、光栅圆盘和光电三极管组成。光栅圆盘装在被测电机的转轴上,沿着它的圆周均匀分布一定数量的小孔。电机旋转时,光线时而穿过光栅圆盘上的小孔,照射到光电管上,时而被圆盘遮住,随着被光照射与否,光电管产生相应变化的电信号,光栅圆盘每转过一个孔,

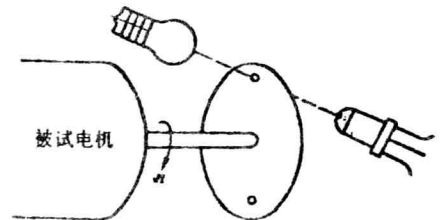


图2-7 光电传感器结构示意图

电信号变化一周,故电机转过一转,电信号变化的周波数 B 和光栅圆盘上的孔数相等。

根据测量方法(如测频法、测周法)不同,选取不同的光栅孔数,例如在测频法中,为了测速仪显示的读数 N 即为 t 秒时间内的平均转速(转/分),光栅圆盘上的孔数应满足以下关系:

$$Bt = 60$$

即孔数与“测量时间” t 之乘积等于 60。

§ 2—5 转矩的测量

转矩是衡量电机性能的重要物理量之一,下面介绍实验室中常用的几种测量转矩的设备和方法。

一、机械测功器

图 2—8 表示一种小型电动机的机械测功器,试验前,先测测功器的臂重,测法如下:旋松螺帽 9,使刹车皮带 2 与空心皮带轮 1 脱离接触,在硬木块 3 与空心皮带轮之间置一刀形物件,同时调节螺帽 10 的位置,使测功器的臂 8 水平,读取磅秤上读数 F_0 (公斤)即为测功器的臂重。

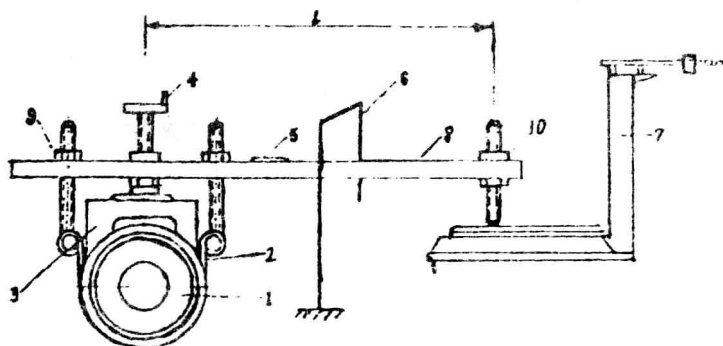


图 2—8 机械测功器

- 1—空心皮带轮,套在电机轴上 2—刹车皮带 3—硬木块 4—手轮
5—水平仪 6—安全架,防止电机反转时测功器反转伤人 7—磅秤或弹簧秤
8—测功器的臂,臂长为 l 9—螺帽 10—调节螺帽

负载试验时,若磅秤读数为 F (公斤),则电动机实际输出的力 $F = F - F_0$ (公斤),因此电动机输出转矩为

$$M = FL = (F - F_0)L \text{ (公斤—米)}$$

或

$$M = 9.81(F - F_0)L \text{ (牛—米)}$$

在负载试验过程中,硬木块 3 与刹车皮带 2 紧贴在皮带轮上,利用摩擦产生制动力,制动力的大小由调节手轮 4 控制,由于摩擦生热,皮带轮温度会迅速升高,因此试验过程中要向空心皮带轮内注水以加强冷却,这种测功器性能不易稳定,需随时注意调节手轮。此法较

适宜于测量电机起动转矩,测时将螺帽 9 旋紧,使电机不能转动。

二、涡流测功器

这种测功器利用涡流产生制动转矩,在实验室中应用较为普遍,其优点是读数比较稳定,调节方便,也具有较高的准确度,其结构如图 2-9 所示,被试电动机带动一实心钢盘 1,

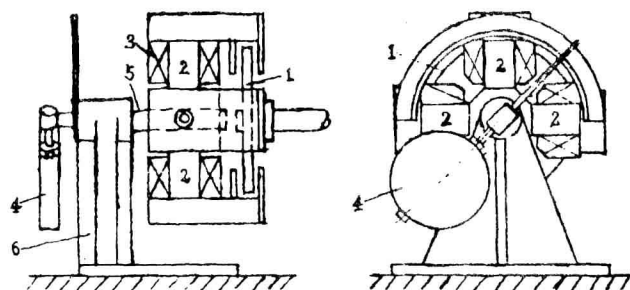


图 2-9 涡流测功器

1—实心钢盘 2—磁极 3—励磁线圈 4—平衡锤 5—轴 6—支架

钢盘周围均匀分布一定数量的磁极 2,磁极与平衡锤 4 固定在轴 5 上,该轴可在静止支架 6 的轴承中转动,磁极极芯上套有励磁线圈 3,当励磁线圈通入直流电流后,产生的磁通从磁极经圆盘回到相邻磁极构成闭合磁回路,电机转动时带动圆盘切割磁力线,在圆盘中感生涡流,载有涡流的圆盘与极靴的磁场相互作用产生电磁力和制动转矩,圆盘对极靴的作用力将使磁极顺电机转向转过一角度,当与平衡锤平衡时,刻度盘上指针直接指示制动力矩的大小,改变励磁电流大小,使制动转矩改变,被试电动机的负载也随之改变。

根据测得的转矩与转速,可按下式计算出电机的输出功率:

$$P_2 = 0.105 M_2 n \text{ (瓦)}$$

式中: M_2 ——转矩(牛·米);

n ——转速(转/分)。

由于涡流圆盘的输入功率全部由涡流损耗转换为热能,故圆盘将产生大量热量,其中绝大部分分散于周围空气中,而一部分热量将传导到电机轴上,有可能导致电机轴承温度过高。故一般在圆盘上装有风叶,或用外扇通风,以加快热量的扩散,对功率较大的测功器则采用水冷等方法更为有效,但这样结构就要复杂多了。

三、校正过的直流电机

将被试电机与一校正过的直流电机用联轴器直接联接,该校正过电机作为他励直流发电机已用测功机或计算法(在保持转速与励磁电流为一定值条件下)求得电枢电流与轴上转矩的校正曲线 $M = f(I_a)$ 对应不同转速,可以求得数条校正曲线,如图 2-10 所示。测转矩时该校正过的电机应保持与校正时同样的励磁电流不变,记录转速和校正过电机的电枢电流,根据这两个数据可以直接从校正曲线上查得相应的轴上转矩。

采用校正过直流电机直接测定电机的转矩时,在相应的转速下被试电机的功率应不小

于校正过的直流电机功率的 $1/3$ 。

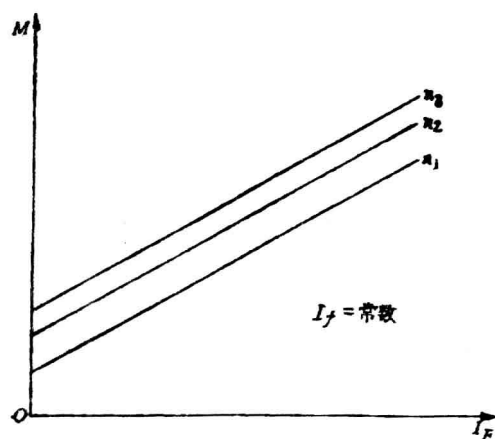


图 2-10 校正过直流电机的校正曲线

四、电动测功器

电动测功器由磅秤和一台直流(或交流)电机组成,该电机与普通电机不同,它不但转子可以转动,定子也可以在特制的支座上转动。

直流测功机结构如图2-11所示,直流电机的定子1可在轴承2中转动一定角度,轴承2安装在定子支架3上,转子(电枢)可在装置于定子中的轴承4中旋转,励磁绕组5接到独立的直流电源,励磁电流可用变阻器调节,6为磅秤,转矩的大小由磅秤所测得的扭力 F 与秤臂的臂长 L (由铭牌给出)确定。

电动测功机可以作为发电机运行,也可以作为电动机运行,当作直流发电机运行时,其转子绕组可接到电阻负载上,也可以与直流电源并联运行,向直流电网输送功率,此时测功机由被试电动机借联轴器7拖动,以测定被试电机的输出转矩。当作直流电动机运行时,测功机由直流电源供电,借联轴器拖动被试发电机,以测定被试发电机的输入转矩。

无论测功机运行于哪种状态,只要它的转子转动,其定子就受力的作用,驱使定子或者顺转子旋转方向转动某一角度(当测功机

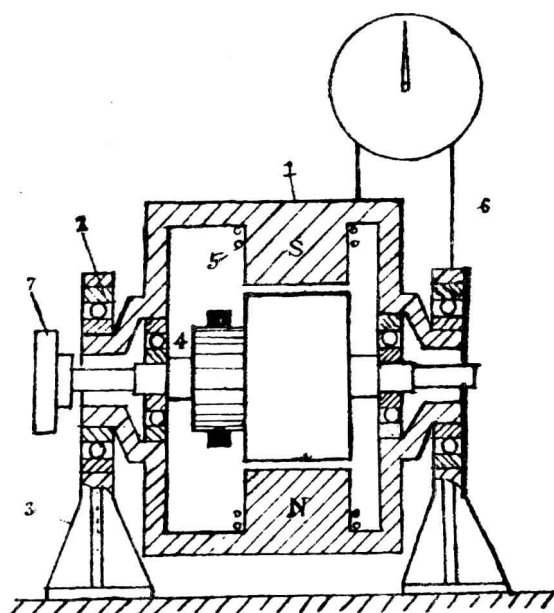


图 2-11 电动测功机

1—定子 2—轴承 3—支架 4—轴承
5—励磁绕组 6—磅秤 7—联轴器