

4071

高压电气设备试验方法

南宁电业公司中心试验所

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

再版说明

在毛主席“抓革命，促生产”的伟大方针指引下，我区电力生产迅速发展。为了进一步做好高压电气设备的绝缘试验工作，确保电力系统安全发供电，我们在上级党委的领导下，对去年所编印的资料《高压电气设备试验方法》作了修改再版，供从事电气试验的工人、技术人员参考使用。在修改过程中，很多工厂和学校的工人、技术人员、教师给予了很大的支持和热情的帮助，并提出了不少宝贵的意见，我们在此表示衷心感谢。

由于我们的思想水平和业务能力有限，本资料在再版中一定还存在缺点和错漏，诚恳希望读者提出宝贵意见。

南宁电业公司中心试验所

一九七二年八月

目 录

第一章 发电机试验

- § 1—1 直流电机概述…………… 1
- § 1—2 励磁机直流电阻的测定…………… 2
- § 1—3 检查励磁机各线卷的极性和结线…………… 4
- § 1—4 调整励磁机电刷的中性位置…………… 18
- § 1—5 测量励磁机各线卷的绝缘电阻和进行工
频交流耐压试验…………… 20
- § 1—6 励磁机的特性试验…………… 21
- § 1—7 直流电机的结线…………… 27
- § 1—8 同期发电机概述…………… 29
- § 1—9 测量定子线卷和转子线卷的直流电阻…………… 30
- § 1—10 测量定子线卷和转子线卷的绝缘电阻…………… 32
- § 1—11 定子线卷和转子线卷的交流耐压试验…………… 35
- § 1—12 定子线卷的直流耐压试验及测定泄漏
电流…………… 44
- § 1—13 检查发电机定子线卷的极性和相序…………… 48
- § 1—14 自动灭磁开关的检查…………… 52
- § 1—15 启动过程中转子回路的绝缘测量…………… 55
- § 1—16 录制发电机三相短路特性曲线…………… 59
- § 1—17 录制发电机空载特性曲线和励磁机的负
荷特性曲线，并对定子线卷进行层间耐
压试验…………… 61

§ 1—18	残余电压的测定	67
§ 1—19	定子铁心试验	68
§ 1—20	发电机参数测定	72
§ 1—21	转子线卷接地点及匝间短路的测试方法	90
§ 1—22	同期发电机的温升试验	103

第二章 电动机试验

§ 2—1	概述	123
§ 2—2	绝缘电阻和吸收比试验	123
§ 2—3	直流电阻的测量	125
§ 2—4	交流耐压试验	128
§ 2—5	定子和转子铁芯间的气隙测量	131
§ 2—6	定子线卷的极性试验	132
§ 2—7	电动机空载试验	133
§ 2—8	短路试验	135
§ 2—9	鼠笼式电动机的圆图	137
§ 2—10	电动机转向的预先确定	141

第三章 变压器(电压互感器、电流互感器、消弧线卷)试验

§ 3—1	概述	142
§ 3—2	绝缘电阻的测量	144
§ 3—3	变压比及连接组试验	152
§ 3—4	线卷直流电阻的测量	166
§ 3—5	泄漏电流测定	175
§ 3—6	介质损失角测量	177
§ 3—7	外施工频高压试验	184

②

§ 3—8	感应电压试验	194
§ 3—9	空载试验	205
§ 3—10	短路试验	216
§ 3—11	温升试验	221
§ 3—12	变压器的定相试验	240
§ 3—13	变压器额定电压下的冲击合闸试验	246
§ 3—14	带负荷切换电压装置试验	247
§ 3—15	互感器的试验	252
§ 3—16	消弧线卷试验	266

第四章 干式电抗器试验

§ 4—1	概述	286
§ 4—2	绝缘电阻测定	287
§ 4—3	交流耐压试验	288
§ 4—4	直流电阻测量	288

第五章 油开关（空气开关、隔离开关）试验

§ 5—1	概述	290
§ 5—2	绝缘电阻测定	291
§ 5—3	接触电阻试验	292
§ 5—4	绝缘油试验	295
§ 5—5	介质损失角试验	296
§ 5—6	交流耐压试验	297
§ 5—7	接触子各相闭合与分开的同时性测定	298
§ 5—8	开关合闸及跳闸时间测定及其速度的 测量	299

§ 5—9	空气开关的特点及试验项目	308
§ 5—10	隔离开关的试验项目及要 求	310

第六章 阀型避雷器试验

§ 6—1	概述	311
§ 6—2	绝缘电阻试验	312
§ 6—3	泄漏(电导)电流试验	314
§ 6—4	工频放电电压试验	320
§ 6—5	密封试验	321

第七章 电容器的试验

§ 7—1	电容器的种类和用途	323
§ 7—2	电容器的试验项目	323
§ 7—3	绝缘电阻测量	323
§ 7—4	电容量测量	325
§ 7—5	介质损失角测量	331
§ 7—6	交流耐压试验	331
§ 7—7	直流耐压试验	336

第八章 电力电缆试验

§ 8—1	概述	338
§ 8—2	绝缘电阻的摇测	338
§ 8—3	直流耐压及泄漏电流试验	342
§ 8—4	电缆故障的探测	346

第九章 高压套管试验

- § 9—1 概述 351
- § 9—2 绝缘电阻试验 351
- § 9—3 介质损失角测量 352
- § 9—4 电领试验法 354
- § 9—5 交流耐压试验 357
- § 9—6 绝缘油的试验 357

第十章 瓷瓶试验

- § 10—1 概述 359
- § 10—2 瓷瓶试验前的外部检查 364
- § 10—3 绝缘电阻的测量 364
- § 10—4 交流耐压试验 365

第十一章 绝缘油试验

- § 11—1 概述 367
- § 11—2 取油样 367
- § 11—3 击穿强度试验 368
- § 11—4 介质损失角的测量 371

第十二章 接地电阻试验

- § 12—1 概述 376
- § 12—2 接地电阻测量方法 377
- § 12—3 土壤电阻率的测量 384
- § 12—4 电位分布, 接触电压和跨步电压的
测量 387
- 附录 390

第十三章 安全用具试验

§ 13—1	概述	394
§ 13—2	安全用具试验的一般要求	394
§ 13—3	绝缘棒的试验	396
§ 13—4	绝缘长短手套的试验	397
§ 13—5	绝缘靴、鞋的试验	398
§ 13—6	橡皮垫及橡皮毯的试验	398
§ 13—7	电压指示器的试验	399
§ 13—8	核相用电压指示器的试验	399
§ 13—9	电流指示器的试验	401
§ 13—10	带电作业安全用具试验方法	401

第十四章 输电线路参数的测量

§ 14—1	概述	409
§ 14—2	试验项目及试验方法	409

附 录

附录一	介质损失角温度换算系数表	417
附录二	一球接地时，球隙的工频放电电压 (千伏，有效值)表	420
附录三	60 千伏/2 千伏安试油器	423
附录四	泄漏试验变压器	426
附录五	变压比电桥	430
附录六	双电压表法测试变压比及连接组实际 线路图	435

附录七	电流、电压、功率三相换相开关线路图 …	436
附录八	功率试验台控制线路图 ……………	437
附录九	要求试验变压器功率与被试品电容 量的关系表 ……………	437
附录十	变压器额定性能数据 ……………	440
附录十一	常用高压整流管技术数据及使用注 意事项 ……………	448
附录十二	兆欧表的改装 ……………	451
附录十三	QS1型交流电桥 ……………	453
附录十四	阀型避雷器主要技术参数 ……………	477
附录十五	QF1型电缆故障探伤仪 ……………	479
附录十六	电机、电器所用绝缘材料耐热分级 ……	496
附录十七	SC1型八线示波器 ……………	498

第一章 发电机试验

§ 1—1 直流电机概述

直流电机包括发电机的励磁机、直流发电机及直流电动机三种。现用的直流电机都是换向器式，电枢线卷中的感应电势实际上是交流的，必须通过换向器和电刷才能转变为直流。直流发电机主要是作发电机的励磁和作蓄电池充电用，亦或供给直流电动机的电源。由于直流电动机与感应电动机相比，它的特点是便于调速，所以虽然价格较贵，换向较困难，而且又要直流电源，但一般还用它来作调速的原动机，如用于矿山、轧钢等等。

励磁机在交接时一般进行下列试验：

(1) 测量各线卷的直流电阻和测量电枢整流子片间的直流电阻；(2) 检查并激线卷、串激线卷和补极线卷等的极性，并检查各线卷连接的正确性；(3) 调整电刷的中性位置；(4) 测量各线卷对外壳和对绑线的绝缘电阻；(5) 磁场线卷对外壳和电枢线卷对轴的交流耐压试验；(6) 空载特性曲线的录制；(7) 负载特性曲线的录制；(8) 磁场可变电阻器的直流电阻测定及交流耐压试验；(9) 测量磁极与电枢的气隙等项。

一般在预防性试验时只作上述的(1)、(4)、(5)、(8)、(9)项试验。

一、测量方法

测量励磁机的并激线卷、附加线卷(供电压校正器用)、串激线卷、补极线卷和电枢线卷的直流电阻;磁场可变电阻器和电枢整流子片间的直流电阻。其目的是检查各线卷焊接部分和线卷本身是否良好,有无层间短路或断线等。测量时,如线卷电阻值大于1欧姆,可使用惠斯登电桥进行;如线卷电阻值小于1欧姆,可使用双臂电桥或电流电压表法进行测量。

采用电流电压表法测量接线见图1—1。测量时应注意如下各点:

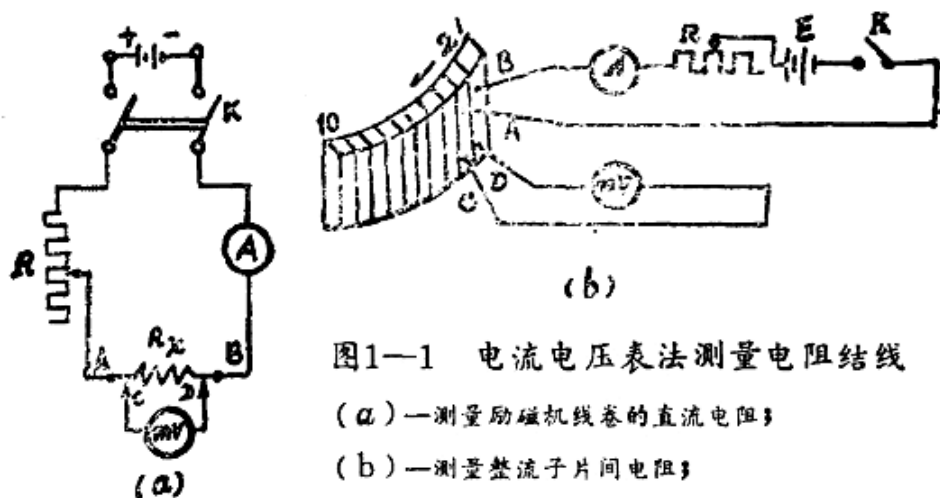


图1—1 电流电压表法测量电阻接线

(a) — 测量励磁机线卷的直流电阻;

(b) — 测量整流子片间电阻;

A — 电流表 0~15 安;

mV — 毫伏表 0~75 毫伏;

R — 可变电阻, 1 欧姆。

E — 蓄电池, 4~6 伏。

1、试验结线的连接头要牢固，所有电流回路的元件的载流量都应能达到测量电流值；

2、所加的试验电流，对励磁机线卷的测量不应大于线卷额定电流的5~10%，对整流子片间电阻测量一般为5~10安电流；

3、应记下测量时被测元件的温度；

4、测量线卷电阻应使用0.5级仪表，测量整流子片间电阻可采用1.5~2.5级仪表；

5、测量时，最好把毫伏表的触头C、D接在电流接头A、B的内侧（见图1—1），使A、B的接触电阻不被毫伏表所测量；

6、为使毫伏表不易损坏，一般是：先接通电流待稳定后再接毫伏表，测完后先取下毫伏表接头C、D再断开电源；

7、在测整流子片间电阻时还应沿一方向测，并要临时打上标号，以免测错；

8、对小容量或转速低、不重要的直流电机可以在碳刷上测量整个电枢线卷的电阻。此时可转动不同位置测三次，若数值与厂家数据无显著差别就不必进行整流子片间电阻测量了。

二、测量结果分析

1、按下列公式换算到75°C时的电阻值：

$$R_{75} = \frac{234.5 + 75}{234.5 + t} R_t$$

式中： R_{75} 为换算到75°C时的电阻值； R_t 为在测量温度为t°C时测得的电阻值。

如果用电压表法测量时，应首先要用 $R = \frac{U}{I}$ 公式算出电阻值 R_t 再换算到 75°C 的数值。

2、允许电阻的误差值：

①测得励磁机各线卷的电阻值与以前所测得的数值相比，一般不应大于 2%；②磁场变阻器和励磁电阻与以前所测值，各分接头均不应超过 10%；③电枢整流子片间电阻的差值应不超过 10%（均压线引起的有规律变化除外）。

3、若超过允许值，应仔细检查各线卷焊接部份、线卷本身是否良好，有无层间短路或断线等现象，然后应及时处理。

§ 1—3 检查励磁机各线卷的极性和结线

励磁机线卷的联接是比较复杂的，这里介绍一下线卷联接的种类和检查各线卷结线是否正确的方法。

一、线卷联接的种类

装在主极上的线卷可以有：并激线卷、串联线卷、他激线卷、起动线卷、均衡线卷和特殊用途的线卷；装在补极上的线卷可以有串联线卷和并联线卷。

所有线卷一般都是均匀地绕在全部磁极上，但有时某些线卷是隔一个磁极缠绕，只装在半数磁极上。

为了每两个相邻的磁极形成相反的极性，分布在全部磁极上的线卷相互间的联接一般有下列几种：

1、在所有磁极上的线卷都做成一样，但在联接时，使两相邻磁极上所产生的磁通方向相反（图 1—2，甲），即终端 K_1 与 K_2 ，始端 H_2 与 H_3 等相联接。

2、同样的线卷可以相隔一个磁极彼此相联，对于奇数的磁极，终端 K_1 与始端 H_3 、终端 K_3 与始端 H_5 联接，以此类推；对于偶数的磁极，始端 H_2 与终端 K_4 、始端 H_4 与终端 K_6 联接，以此类推。这样全部线卷被分为奇数磁极与偶数磁极两组，这两组可以互相串联也可以并联（图1—2，乙）。

3、在奇数与偶数磁极上的线卷缠绕方向相反，终端 K_1 与始端 H_2 、终端 K_2 与始端 H_3 、

联接，以此类推。这样的接线方式与前两种比较起来是很少采用的（图1—2，丙）。如线卷仅绕在半数磁极上，则连接各线卷时应使这些磁极形成相同的极性。



图1—2 主极或补极线卷联接的方法

- (甲) K_1-K_2, H_2-H_3 和 K_3-K_4 的联接
- (乙) K_1-H_3, K_3-K_2 和 H_2-K_4 的联接
- (丙) K_1-H_2, K_2-H_3 和 K_3-H_4 的联接

二、检查各磁极极性的方法

检查主极与补极的极性，可以用观察法、磁针法和试验线卷法。一般在现场用磁针的方法。

1、观察法

观察电流在该线卷内环绕磁极流动的方向，是检查结线最简单的方法。这个方法可能采用的基本条件是线卷的联接与线卷本身是完全可以看到的，如果观察缠绕的方向不可能实现，而已知该线卷所有的线卷是同型式的，并且它们的始端和终端不在相同的位置（按磁系统结构图），那么这个方法仍然可以采用。磁极的极性按照螺旋定则确定，如果螺旋柄旋转的方向与回路中电流的方向一致，则螺旋柄前进的运动方向即为磁场的方向。

2、磁针法

这个方法所用的工具是悬吊在细软线上的磁针（磁化了的指针），最好不用装在框子里的指南针，因为它的指针活动范围有限，在使用时如不特别小心，指针会被反磁化，而引起错误。如用指南针时，必须在确定磁极的极性以后从磁场中将指南针取出，检查指针是否被反磁化，指南针指向地球北方的一端为北极，用N表示，指向南方的一端为南极，用S表示，因地球本身就是很大的磁体，其北方具有磁铁南极的极性，南极具有磁铁北极的极性。

利用磁针（或指南针）检查主极的极性，可以在励磁（即磁极线卷中通以电流）或不励磁的情况下进行。检查时磁针可以靠近极掌的内表面，如果不可能将磁针拿到极掌里面去时，也可以靠近轭铁上固定磁极的螺丝头（图1—3）。

当电机没有励磁时，剩磁的中心不位于磁极而在轭铁

上，因为轭铁上的剩磁多于磁极上的剩磁。在不励磁时，由轭铁泄漏出来的磁力线的方向是与励磁时的方向相反的。因此，在不励磁的情况下磁针靠近轭铁固定磁极的螺丝头时，磁针的南极是被吸向电机的北极的。如图 1—3 甲；如磁针靠近极掌内表面，则磁针的南极是被吸向电机的北极的（图 1—3 乙）。

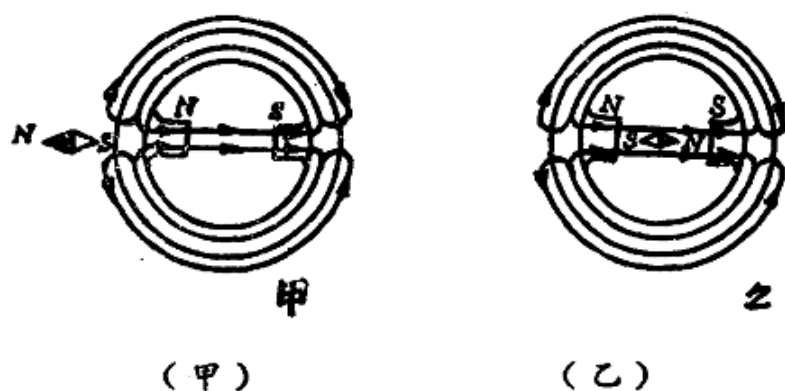


图 1—3

在不励磁的情况下磁力线的分布和磁针的位置图

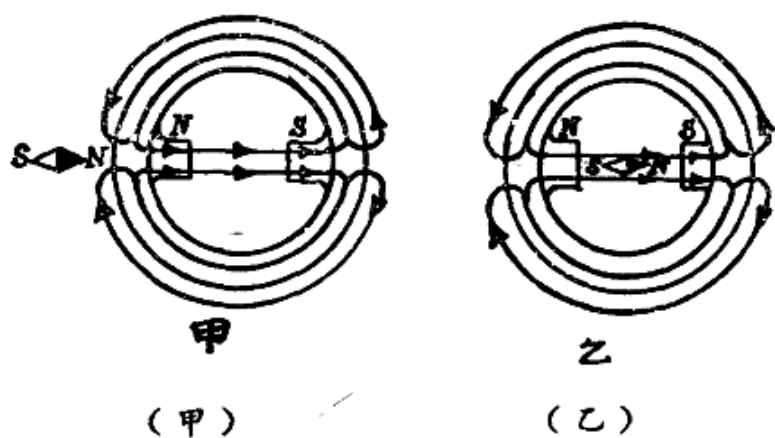


图 1—4

在励磁的情况下磁力线的分布和磁针的位置图