

GB/T16318-1996 旋转牵引电机基本试验方法

《GB/T16318-1996 旋转牵引电机基本试验方法》规定了旋转牵引电机的各项基本试验方法，适用于铁路和道路车用牵引电机，对有特殊要求的牵引电机，凡本标准未规定的试验方法，由用户和制造厂协商规定。

《GB/T16318-1996 旋转牵引电机基本试验方法》主要内容包括：主题内容与适用范围、引用标准、试验前的准备、试验前的检测、绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定、在实际冷状态下绕组直流电阻的测定、强迫通风电机进风口内静压力与通风空气量的测定、温升试验、换向试验、特性曲线测定与绘制等。

相关文章：

[电机试验台测控整体解决方案](#)

[中国中车株洲电机牵引电机国家认可实验室](#)

[高效电机试验台关键技术](#)



电机试验台测控整体解决方案

为电机设计、质量检验等提供重要的数据支撑



WP4000 变频功率分析仪

WP4000 变频功率分析仪_全局精度功率分析仪



正余弦旋转变压器综合测试仪

适用于正余弦旋转变压器的型式试验、出厂试验和研究性试验



中国变频电量测量与计量的领军企业
国家变频电量测量仪器计量站创建单位
国家变频电量计量标准器的研制单位

咨询电话：400-673-1028 / 0731-88392611

产品网站：www.vfe.cc

E-mail: AnyWay@vfe.cc

中华人民共和国国家标准

GB/T 16318—1996

旋转牵引电机基本试验方法

Basic test method for rotating traction electrical machines

本标准参照采用 IEC 349(1991)、IEC 349-2《电力牵引 铁路和道路车用旋转电机》和 ISO/R 1680 (1970)《旋转电机空气噪声测量的试验规程》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了旋转牵引电机(以下简称牵引电机)的各项基本试验方法。

本标准适用于铁路和道路车用牵引电机,对有特殊要求的牵引电机,凡本标准未规定的试验方法,由用户和制造厂协商规定。

2 引用标准

- GB 755—87 旋转电机基本技术要求
- JB 6480—92 旋转牵引电机基本技术条件
- TB 1608—85 机车、车辆用三相异步电机基本技术条件
- GB 1311—89 直流电机试验方法
- GB 1032—85 三相异步电动机试验方法
- GB 1029—93 三相同步电机试验方法
- GB 2423.4—81 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db: 交变湿热试验方法
- GB 10068.1—88 旋转电机振动测定方法及限值 振动测定方法
- GB 10069.1—88 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声工程测定方法

3 试验前的准备

3.1 测量仪器仪表的准确度

电气测量仪器仪表的准确度应不低于 0.5 级(兆欧表除外);

数字式转速表准确度应不低于 0.1%±1 个字;

转矩测量仪与测功机的准确度应不低于 1.0 级(直接测效率时应不低于 0.5 级);

分流器准确度为 0.2 级;

电压电流互感器准确度为 0.2 级;

用于变流器供电的三相交流电机试验中的仪器仪表应在宽频带上(至少 1 000 Hz)保持其准确度。

3.2 仪器仪表的量程

仪器仪表的量程应选择使测量值在仪器仪表的量程 20%~95% 范围内。

3.3 测量绕组的电压时,电压表应接在被测绕组的出线端上,用分流器测量电流时,接至毫伏表的测量线应按毫伏表的规定选配。

3.4 防护措施

试验前,应对电机内可能散发出的高温有害气流、高电压、高转速及万一飞逸出异物采取必要的防

护措施。

4 试验前的检测

4.1 一般检查

试验前应检查电机的装配质量、轴承运转情况和电刷接触面等,在上述因素不影响电气性能试验质量时,方可进行各项试验。

4.2 电刷中性线的测定

直流电机在进行试验前应校正电刷中性位置,测定方法:

a. 感应法 电枢静止,励磁他励,交替接通和断开励磁电源,逐步移动电刷位置,用直流毫伏表测量相邻两组电刷上的感应电势,当电枢转动在几个位置上的感应电势均接近零时,电刷位置在中性线上。

b. 正反转发电机法 电机作发电机运行,在相同励磁值、转速和负载条件下,逐步移动电刷位置,当正、反两个转向的电压值最接近时,电刷位置在中性线上。

c. 正反转电动机法 电机作电动机运行,在相同的励磁值、端电压和负载条件下,逐步移动电刷位置,当正、反两个转向的转速值最接近时,电刷位置在中性线上。

5 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定

5.1 各状态下绝缘电阻的测定

测量电机绕组绝缘电阻时,应分别在电机的实际冷状态下和热状态下,分别测得冷态绝缘电阻和热态绝缘电阻。

a. 绕组的实际冷状态是指被测电机绕组温度与冷却空气的温度差不大于 4 K 时的状态。

b. 绕组的热状态是指电机在温升试验或负载试验后的发热状态。

5.2 兆欧表的选择

根据电机在额定运行时对地电压,按下述规定进行选择:

- a. 对地电压为 250V 以下选用 250V 兆欧表;
- b. 对地电压为 250~500V 选用 500V 兆欧表;
- c. 对地电压为 500V 以上选用 1 000V 兆欧表。

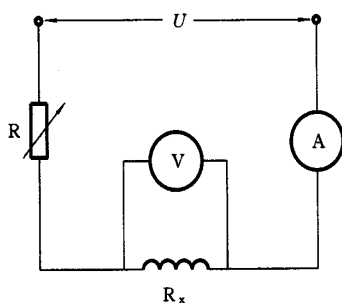
6 在实际冷状态下绕组直流电阻的测定

测量直流电阻时,电机转子应静止不动,用下列方法之一测定:

a. 单臂或双臂电桥法:测量小于 1 Ω 的电阻应采用双臂电桥法。

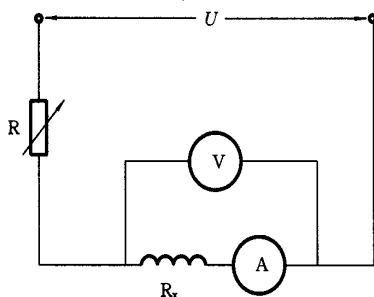
b. 电流表和电压表法:采用电压稳定的直流电源,电压表与被测绕组应接触良好,测量时电流的数值不应大于被测绕组额定电流的 10%,改变电流值,测量数次(一般不少于 3 次),取数次测量得的电阻平均值作为被测绕组的直流电阻,每次测得的电阻值与此平均值之差不超过平均值的 $\pm 1\%$ 。

当测量用电压表内阻与被测绕组电阻之比大于 200 时,采用图 1 接线;当测量用电流表内阻与被测绕组电阻之比小于 1/200 时,采用图 2 接线,其余应选用线路误差小的接线方式。



U—电源电压；R—可调电阻；R_x—被测绕组电阻

图 1



U—电源电压；R—可调电阻；R_x—被测绕组电阻

图 2

6.1 直流电机电枢绕组电阻的测定

6.1.1 为了校核设计值和计算效率,将电刷自换向器上提起测量电枢绕组电阻时,应按电枢绕组的型式采用下列方法进行:

- a. 单波绕组,应在相互间距离等于或最接近于一个极距的两片换向片上进行测定。
- b. 无均压线的单迭绕组,应在换向器直径两端的两片换向片上进行测定。电枢绕组的直流电阻由下式算得:

$$R_a = \frac{R}{P^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中: R_a——电枢绕组的电阻值,Ω;
 R——量得的电阻值,Ω;
 P——极对数。

- c. 有均压线的单迭绕组,应在相互间距离等于或最接近于一个极距,且都装有均压线的两片换向片上进行测定。
- d. 装有均压线的复迭或复波绕组,应在相互间距离最接近于一个极距,且都装有均压线的两片换向片上进行测定。
- e. 其他形式的绕组,测量时应根据绕组的具体结构,采用相应的方法。

6.1.2 为了校核设计值和计算效率,而将电刷放在换向器上测量电枢绕组电阻时,应在位于两组相邻电刷的中心线下面,且相互间的距离等于或最接近于一个极距的两片换向片上进行测定。

6.1.3 为了在温升试验中用电阻法确定绕组温升而测量电枢绕组直流电阻时,应在同样两片换向片上测定电枢绕组的冷态和热态直流电阻,测量时应尽可能减少由于电刷短路而引起的误差,因此,所选择的两片换向片应位于相邻两组电刷之间,其相互间的距离约等于一个极距的一半。

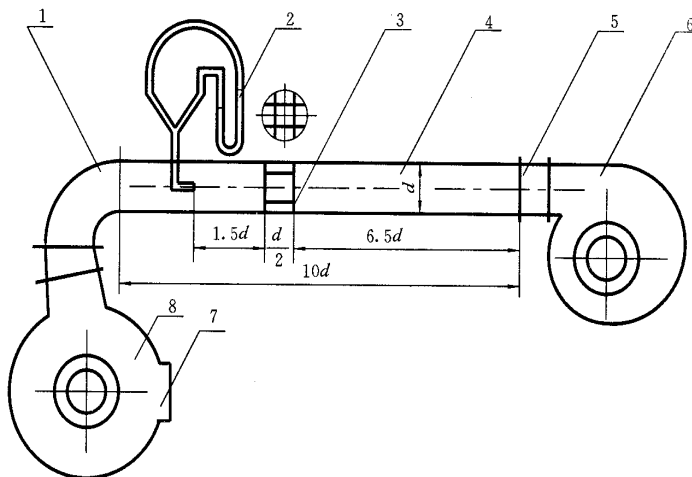
6.2 交流电机电枢绕组电阻的测定

为了校核设计值和计算效率,应分别测定电枢绕组各相的电阻值,并用各相电阻的平均值作为绕组的相电阻。测量和计算方法按 GB 1029 和 GB 1032 进行。

7 强迫通风机进风口内静压力与通风空气量的测定

7.1 空气量的测定

测量空气量和静压力的装置如图 3 所示。



1 联接弯筒；2—复合测压计；3—出气口整流栅；4—试验风筒；5—锥形接头；6—风机；7—电机出风口；8—被测电机

图 3

7.2 空气量的计算

测量截面的平均动压计算公式为：

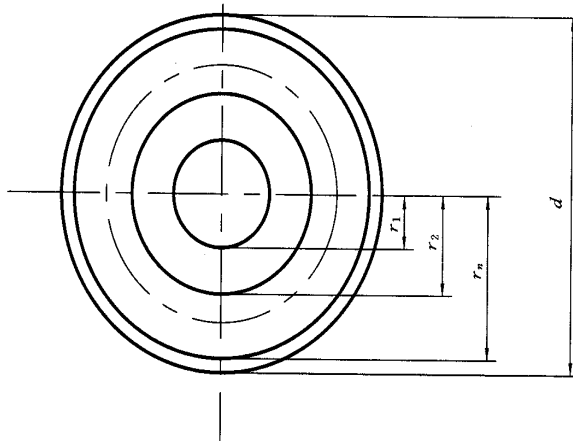
$$P_d = \left(\frac{\sqrt{P_{d1}} + \sqrt{P_{d2}} + \dots + \sqrt{P_{dn}}}{n} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中： P_d ——测量截面的平均动压，Pa；
 $P_{d1}, P_{d2}, \dots, P_{dn}$ ——圆环上各点测得的动压，Pa；
 n ——截面上圆环测量点数；

空气量的计算：

$$Q = A \times 60 \times \sqrt{\frac{2P_d}{\gamma}} \dots\dots\dots (3)$$

式中： Q ——每分钟的空气流量， m^3/min ；
 A ——管道的截面积， m^2 ；
 γ ——空气比重，在标准情况下，清洁空气比重为 $1.2 \text{ kg}/m^3$ 。
 测量动压时，测量点的位置和测量点数可按图 4 和表 1 选取。



$r_1 \cdots r_n$ —从风筒中心到第 1 测量点……第 n 测量点的半径, mm;

d —风筒直径, mm

图 4

表 1

mm

| 风筒直径 | 测 点 半 径 | | | | |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | r_1 | r_2 | r_3 | r_4 | r_5 |
| 300 | 47 | 82 | 106 | 126 | 142 |
| 350 | 55 | 96 | 123 | 147 | 166 |
| 400 | 63 | 110 | 141 | 168 | 190 |

注：用横向测定,总点数 $n=10$ 。

绘制进风口静压对于空气量的关系曲线。

8 温升试验

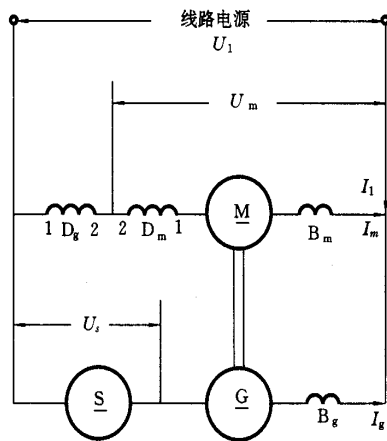
温升试验时,测量绝缘绕组温升应采用电阻法,其余部位采用温度计法。

按牵引电机的保证定额进行温升试验。短时定额(包括小时定额)电机的温升试验,应从电机实际冷状态开始,且在 30 s 内尽快达到额定值并作出第一点温升记录。在计算绕组温升时,应按测量绕组实际冷状态电阻时绕组温度与冷却空气的温度差值进行修正,当绕组温度高于冷却空气温度时,应从结果中减去差值,反之,就加差值。断续定额电机各部分温升应在最后一个周期的负载持续时间前半段终了时,进行测量;连续定额电机的温升试验应进行至电机各部分温升在 1 h 内变化不超过 2 K 时测量热电阻。

8.1 温升试验的线路

8.1.1 直流电动机

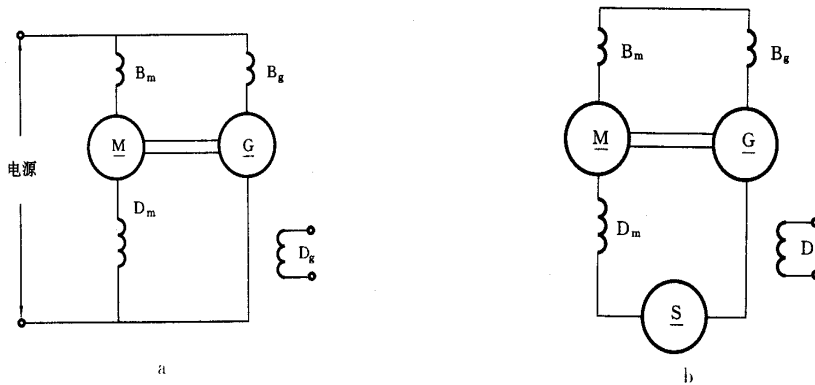
串励直流电动机常用图 5 所示的试验线路。两台同型号电机机械上耦合,一台作电动机运行,一台作发电机运行,互相回馈。调节升压机和线路电源的电压以改变电动机的负载和端电压。



M—被试电动机；G—负载发电机；S—升压机

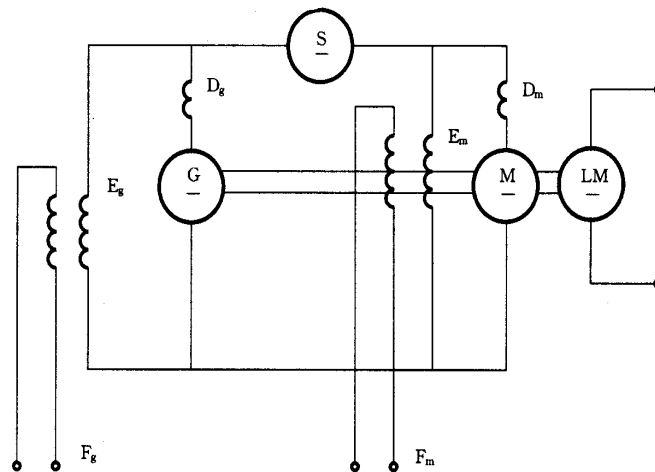
图 5

为减少试验设备，串励直流电动机也可采用图 6a 或 6b 所示的线路，但调节不便；复励直流电动机可采用图 7 所示线路；小功率直流电动机也可采用直接负载法试验。



M—被试电动机；G—负载发电机；S—升压机

图 6



M—被试电动机；G—负载发电机；LM—辅助驱动电机；S—升压机

图 7

8.1.2 脉流电动机

试验应在实际脉动频率和电流脉动系数的脉动电源下进行。对于与平波电抗器一起使用的脉流电

动机可采用图 8 试验线路, 根据实际使用条件, 也可采用图 9 试验线路进行。

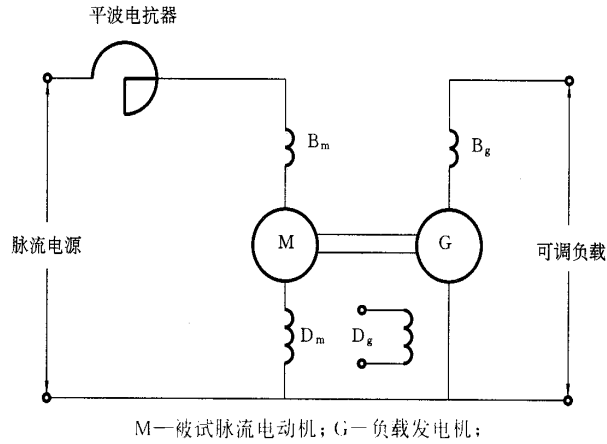


图 8

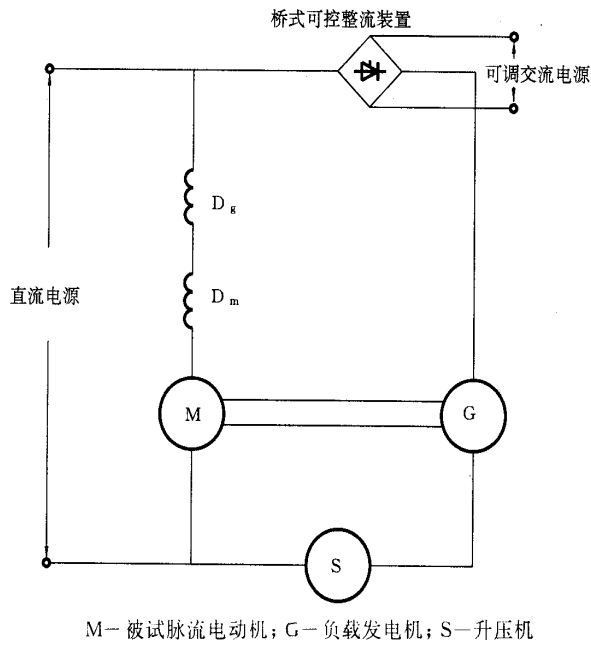
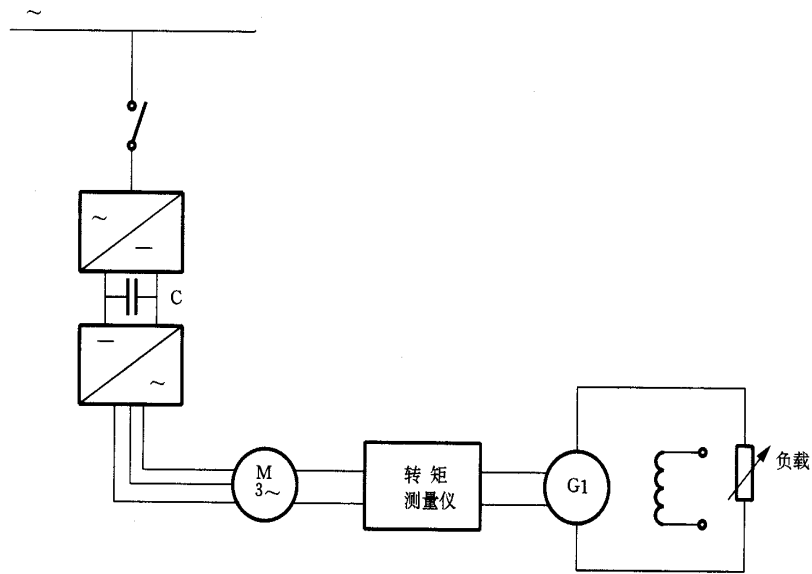


图 9

8.1.3 变流器供电的交流电动机

变流器供电的交流电动机在作温升试验时一定要由与其配套的变流器供电, 在被试电机与负载电机之间机械上连接一台转矩测量仪, 试验线路如图 10 所示。



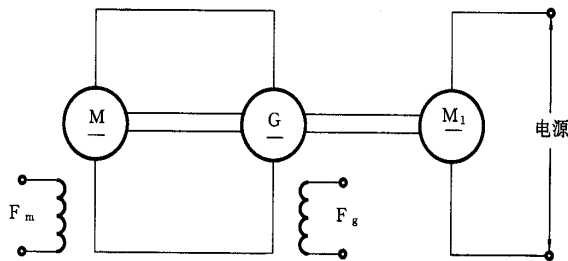
M—被试电动机；G1—负载发电机

图 10

8.1.4 主发电机

8.1.4.1 直流发电机

直流发电机可采用图 11 所示的线路进行试验。两台同型号电机在机械上耦合，由一台驱动电机拖动到规定的转速。两台被试发电机中，一台作电动机运行，另一台作发电机运行，互相回馈，调节被试电机的励磁以改变发电机的负载和端电压，见图 11。

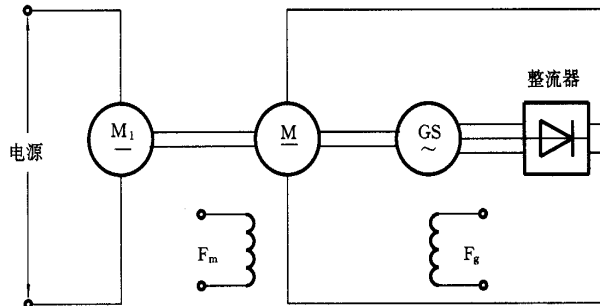


M—陪试电动机；M₁—拖动电动机；G—被试发电机

图 11

8.1.4.2 同步发电机

带整流输出的同步发电机可采用图 12 所示的线路进行试验。



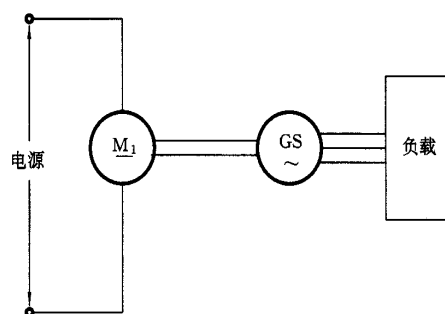
GS—被试同步发电机；M—与被试电机回馈的直流电动机；M₁—拖动电动机

图 12

根据情况，同步发电机也可采用间接法进行试验，见 GB 1029。

8.1.5 辅助发电机

一般采用回馈法或直接消耗法进行试验,直接消耗法的试验线路见图 13。



M₁—拖动电动机; GS—被试同步发电机

图 13

8.2 温升试验时冷却空气温度的测定

8.2.1 采用周围空气冷却的电机,用 3~4 只温度计放置在离电机 1~2 m 处,且球部处于电机高度一半的位置,并应不受外来辐射热及气流的影响。各温度计读数的平均值即为冷却空气的温度。

8.2.2 采用强迫通风冷却的电机,应在电机进风口处用温度计测定。

8.2.3 试验结束时冷却空气的温度,应采用试验过程中最后四分之一时间内,几个相等间隔时间各温度计读数平均值。

8.3 电机各部分温度的测量方法

a. 电阻法:绝缘绕组的温度采用电阻法测量。

铜绕组对冷却空气的温升用下式确定:

$$\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1 - t_2 \dots\dots\dots (4)$$

式中: θ ——绕组的温升, K;

R_1 ——实际冷状态下绕组的电阻, Ω ;

t_1 ——实际冷状态下测量绕组电阻时的绕组温度, $^{\circ}\text{C}$;

R_2 ——试验结束时绕组的热电阻, Ω ;

t_2 ——试验结束时冷却空气的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

对铝绕组应用 225 代替(4)式中的 235。

b. 温度计法:铁芯、机座、轴承的温度用膨胀式温度计测量。换向器、集电环和永久性短路不绝缘绕组的温度,待停机后用温度计在工作面上最热点处测量。

8.4 电机绕组温升的校正

a. 切断电源后测得温升的校正:在电机运行时无法测量其直流电阻的绕组,则在停机后进行电阻测量。所测得的温升应校正到断电瞬间的温升。

切断电机的电源后(强迫通风冷却的电机必须同时停止通风),尽快测取绕组热电阻,断电 45 s 内应测出第 1 点,以后每隔 20 s 左右相继测出一系列电阻值,并记下相应的时间,该过程至少持续 3~5 min,共测 7 点左右。

对大型电机经用户同意,可延长测第 1 点热电阻的时间,但最多不超过 2 min。

作出电阻对数对于时间的关系曲线如图 14,曲线的横坐标为时间,纵坐标为电阻对数。延长曲线与纵坐标相交得断电瞬间绕组电阻的对数值 $\lg R_2$,由此求得断电瞬间的绕组电阻 R_2 。按公式(4)确定绕组的温升。

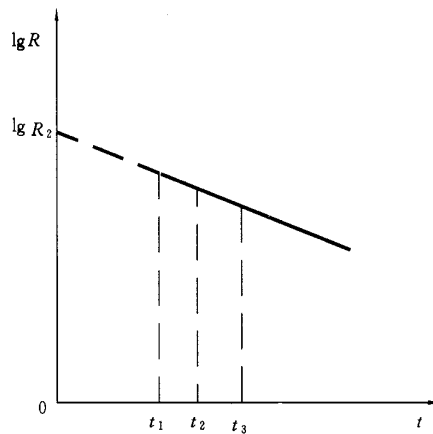


图 14

在切断电源后,若绕组的电阻开始先上升,然后再下降,则应取测量电阻中的最高值作为断电瞬间的绕组电阻。

b. 额定输出功率时绕组温升的校正:如果温升试验的电流与额定输出功率时的电流略有不同,此时额定输出功率时的绕组温升按下式校正:

$$\theta_r = \theta \left(\frac{I_r}{I} \right)^2 \dots\dots\dots (5)$$

但 $\frac{I_r - I}{I} \times 100\%$ 应不超过 $\pm 5\%$ 。

式中: I_r ——额定输出功率时的电流, A;

I ——温升试验时的电流(取试验过程最后四分之一时间内,几个相等间隔时间电流读数的平均值), A;

θ ——对应试验电流 I 的温升, K。

9 换向试验

试验应在电机热状态下进行,每一换向试验工况应持续 30 s。改变方向时,允许在换向试验以前在额定电压下以不超过连续定额的额定电流在第二个方向运转 15 min。

换向的火花等级和火花等级的确定按 GB 755 的规定。

各类型电机的换向试验工况及允许火花等级按 JB 6480 的规定,见表 2~表 5。

表 2 电力机车或车辆用牵引电动机

| 项次 | 电 压 | 电 流 | 转 速 | 磁 场 级 | 允许火花等级 |
|----|------|------|--------|---------|-----------------|
| 1 | 最高电压 | 最大电流 | — | 最大磁场级 | 2 |
| 2 | 最高电压 | 最大电流 | — | 最深削弱磁场级 | 2 |
| 3 | 最高电压 | 额定电流 | — | 最大磁场级 | $1 \frac{1}{2}$ |
| 4 | 最高电压 | 额定电流 | | 最深削弱磁场级 | $1 \frac{1}{2}$ |
| 5 | 最高电压 | — | 最高工作转速 | 最深削弱磁场级 | $1 \frac{1}{2}$ |

表3 热电机车或车辆用牵引电动机

| 项次 | 电 压 | 电 流 | 转 速 | 磁 场 级 | 允许火花等级 |
|----|------------------------------|-----------------|--------|---------|-----------------|
| 1 | 额定低电压 | 额定低电压下的 额定电流 | — | 最大磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 2 | 额定低电压 | 额定低电压下的 额定电流 | — | 最深削弱磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 3 | 与最大电流的乘 积等于额定输入 功率时的电压 | 最大电流 | — | 最大磁场级 | 2 |
| 4 | 额定高电压 | 额定高电压下的 额定电流 | — | 最深削弱磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 5 | 额定高电压 | — | 最高工作转速 | 最深削弱磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |

表4 主发电机

| 项 次 | 电 压 | 电 流 | 转 速 | 允许火花等级 |
|-----|------------------------|-----------------|------|-----------------|
| 1 | 与最大电流的乘积等 于额定功率时的电压 | 最大电流 | 额定转速 | 2 |
| 2 | 额定低电压 | 额定低电压下的额定 电流 | 额定转速 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 3 | 额定高电压 | 额定高电压下的额定 电流 | 额定转速 | 1 $\frac{1}{2}$ |

表5 辅助牵引电机

| 项 次 | 电 压 | 电 流 | 转 速 | 磁 场 级 | 允许火花等级 |
|-----|------|------|--------|---------|-----------------|
| 1 | 最高电压 | — | 最高工作转速 | 最深削弱磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 2 | 最高电压 | 额定电流 | — | 最深削弱磁场级 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 3 | 最高电压 | 最大电流 | — | 最大磁场级 | 2 |

对脉流电机,型式试验应在脉流下进行;例行试验可在直流下进行。

10 特性曲线测定与绘制

试验前被试电机应先运转一段时间,以使风磨损耗稳定。读取数据尽可能在电机绕组的温度接近基准工作温度时或温升试验后进行。与温度有关的量均须测量读数时的绕组温度,读数均要换算至基准工作温度。

10.1 直流和脉流牵引电动机

直流牵引电动机的特性曲线应在额定电压和各磁场级下测取。脉流牵引电动机可在直流电源下测定。

10.1.1 转速特性曲线

试验时保持额定电压不变,改变电枢电流,在高转速与大电流间均匀测取 5~7 点转速、电枢电流和有关绕组的温度值。对电枢绕组应以每一测量点前后测得电阻的平均值求取温度。出厂试验时测电枢绕组的电阻允许简化,在连续测完一条曲线后立即测一次。基准工作温度时的转速按下式换算:

$$n_r = \frac{U_m - I_m \Sigma R_r - e_b}{U_m - I_m \Sigma R - e_b} \times n \quad \dots\dots\dots (6)$$

- 式中: U_m ——电动机的端电压, V;
- I_m ——电动机的电枢电流, A;
- n_r ——基准工作温度时电动机转速, r/min;
- ΣR_r ——换算至基准工作温度的有关绕组电阻之和, Ω ;
- n ——实测的转速, r/min;
- ΣR ——有关绕组实测电阻之和, Ω ;
- e_b ——电刷接触压降, V, 数值见 10.1.2.1a。

电阻换算公式:

$$R_r = \frac{235 + t_r}{235 + t_1} \cdot R_1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

- 式中: R_r ——换算至基准工作温度时绕组电阻, Ω ;
- R_1 ——在绕组温度为 t_1 时测得的绕组电阻, Ω ;
- t_r ——按绕组绝缘等级由技术条件规定的基准工作温度, $^{\circ}\text{C}$;
- t_1 ——绕组电阻为 R_1 时的绕组温度。

作出两个转向在基准工作温度时的转速平均值对于电枢电流的关系曲线,即转速特性曲线;对由主发电机供电的牵引电机,曲线范围的上限应相当于满功率最小电流对应的转速,下限应相当于 90% 最大电流对应的转速。对其他牵引电动机,上限等于 80% 最高工作转速,下限应相当于 90% 最大电流对应的转速(如 90% 最大电流大于 1.7 倍额定电流,则下限为 1.7 倍额定电流对应的转速)。

最初 4 台被试电机转速特性的平均值作为典型转速特性。

10.1.2 效率特性曲线

10.1.2.1 直流牵引电动机效率特性曲线的测定

效率可用损耗分析法、回馈法或者直接法测定。

对可逆转的电机,给定电流点上的效率应取两个旋转方向的效率的算术平均值。

a. 损耗分析法

用损耗分析法测定电机的效率时,应分别求取下列各种损耗:

绕组基本铜耗:换算至基准工作温度的绕组电阻乘上其电流的平方即为绕组的基本铜耗。如有磁场电阻,还应包括磁场电阻的损耗。

铁耗和机械损耗:电动机以他励空载方式运行。试验时,根据已换算至基准工作温度的转速特性曲线,固定励磁电流,然后改变电动机的端电压,使电动机达到与该励磁电流相对应的转速。将每一励磁电流及其相应转速下的电枢输入功率减去电枢电路中绕组的铜耗及电刷接触损耗即得该励磁电流及其相应转速下的铁耗与机械损耗之和,作出铁耗与机械损耗之和对转速的关系曲线。

若要测出机械损耗,对串励电机还需作出机械损耗对转速的关系曲线。可采用低电压串励空转试验测出,试验时不超过最高转速,每一点转速的输入功率减去绕组铜耗和电刷接触损耗得机械损耗;对他励电机需作出铁耗与机械损耗之和对端电压平方的关系曲线,并将其延长与纵坐标相交,交点坐标为机械损耗。

电刷接触损耗:电刷接触损耗等于电枢电流与电刷接触压降的乘积。

不带刷辫的电刷接触压降取 3 V;带刷辫的电刷接触压降取 2V;金属石墨电刷接触压降取 0.6V。

负载时的杂散损耗:对带补偿绕组的直流电机,负载时的杂散损耗等于在短路(相同的转速和电枢电流)下测得的杂散损耗;对不带补偿绕组的直流电机,其负载时的杂散损耗应取在短路(相同的转速和电枢电流)下测得的杂散损耗和校正系数 K_s 的乘积, K_s 是 α 的函数, α 按下式计算:

$$\alpha = \frac{\text{磁场绕组的安匝数}}{\text{电枢绕组的安匝数}} \dots\dots\dots (8)$$

K_s 和 α 的关系曲线见图 15。

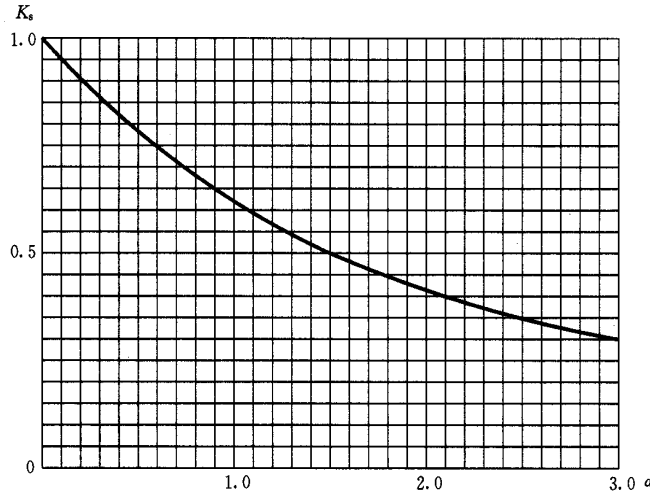
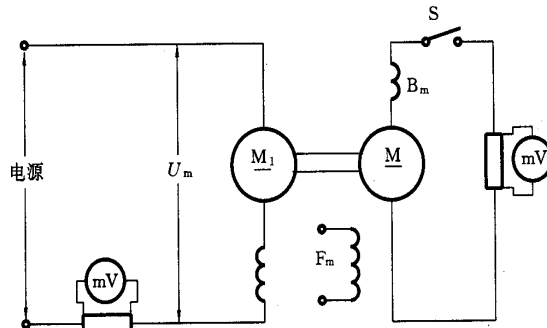


图 15 无补偿直流电机附加损耗校正系数

短路下杂散损耗的测定可采用图 16 所示的线路进行



M—被试电动机; M₁—拖动电动机

图 16

接通直流电源,使 M_1 稳定运行在转速特性上的某负载时的转速 n ,接通开关 S,从 0 缓慢调节 F_m ,使电枢电流达到某负载值,测取稳定读数(M_1 的输入电压、电流, M 的电枢电流和机组转速)后立即断开输入电源,使机组迅速停车,立即测量两台电机的电枢电阻。

拖动电机 M_1 的输入功率减去机组的机械损耗,两台电机电枢铜耗和电刷的接触损耗即为某负载点的短路杂散损耗。

上述各项损耗之和即为电动机的总损耗,电动机的效率按下式确定:

$$\eta_m = \frac{P_2}{P_1} \text{ 或 } \eta_m = 1 - \frac{\Sigma p}{P_1} \dots\dots\dots (9)$$

式中: η_m ——电动机的效率, %;

P_1 ——电动机的输入功率, kW;

P_2 ——电动机的输出功率,kW;

Σp ——电动机总损耗,kW。

b. 回馈法

回馈法测效率所采用的试验线路如图 5 所示。此时,一台作电动机运行,另一台作发电机运行,损耗由升压机和线路电源供给。

假设两台电机除铜耗及电刷接触损耗外,其余损耗相同,则基准工作温度时,串励电动机效率由下式确定:

$$\eta_m = \frac{2U_m I_m - U_s I_g - U_1 I_1 - (R_m + r_m - r_g) I_m^2 + I_g^2 R_g - e_b I_1 + 2(R - R_c) I_m^2}{2U_m I_m} \dots\dots\dots (10)$$

式中: U_m ——电动机端电压(包括主极和换向极),V;

U_s ——升压机端电压,V;

U_1 ——线路电源电压,V;

I_m ——通过电动机的电流,A;

I_g ——通过发电机的电流,A;

I_1 ——线路电源供给的电流,A;

R_m ——电动机电枢、换向极和补偿绕组的电阻, Ω ;

R_g ——发电机电枢、换向极和补偿绕组的电阻, Ω ;

r_m ——电动机串励绕组电阻(包括固定分路电阻), Ω ;

r_g ——发电机串励绕组电阻(包括固定分路电阻), Ω ;

R, R_c ——分别为试验时电动机各绕组电阻之和及换算至基准工作温度时各绕组电阻之和, Ω ;

e_b ——每台电动机的电刷接触压降,V,数值见 10.1.2.1a 的规定。

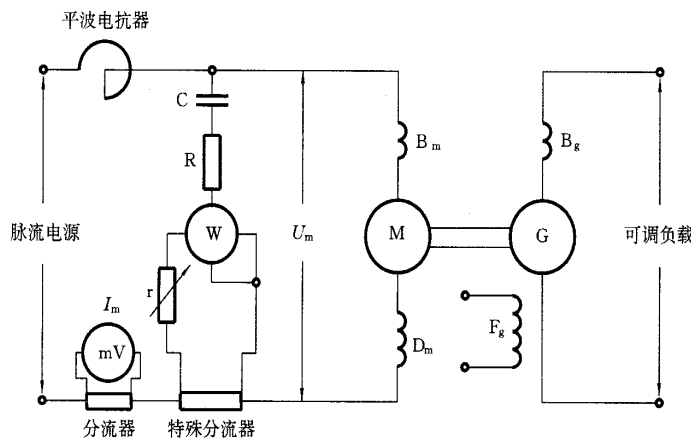
对他励的电动机,只需在公式(10)分母加上相应于电动机和发电机输入他励的功率。

c. 直接测定法

可用测功机或数字式转矩转速测量仪测定电动机的输出功率,绕组铜耗应归算到基准工作温度。

10.1.2.2 脉流牵引电动机效率特性的测定

带有平波电抗器的脉流电动机,可采用图 17 所示线路测出交流损耗。再由直流效率,求取脉流供电时的效率。



M—被测脉流电动机; G—负载发电机

图 17

图中在测量交流分量功率 P_{\sim} 时,瓦特表 W 的电压电路中加大容量电容器 C,使它在 200 Hz 及以下时的阻抗和电路阻抗相比要小得多,以致可忽略不计。瓦特表电流回路加入可调电阻 r,使流过瓦

特表的电流降至一个适当的数值。电动机电流流过特殊分流器所产生的压降,应大于瓦特表流过满量程的压降。平均电压 U_m 和平均电流 I_m 用磁电式仪表进行测量。

试验时,先确定电动机在直流电源供电时,工作点 U_m 、 I_m 的效率,然后用适当的脉流电源供电,使电动机有相同的电压 U_m (算术平均值),调节发电机负载,使电动机又有相同的电流 I_m (算术平均值)。

在脉流工作点 U_m 、 I_m 时,假设:

P_m ——电动机的输入功率,kW;

P_{\sim} ——电动机所吸收的脉流中全部交流分量的功率,kW;

P_g ——电动机输送给发电机的机械功率,kW;

p_m ——电动机在脉流供电时的损耗,kW;

η_m ——电动机在脉流供电时的效率,%;

p_{-} ——电动机在直流供电时的损耗,kW;

η_{-} ——电动机在直流供电时的效率,%。

由于 P_{\sim} 不产生任何有效转矩,而完全变为损耗,则得:

$$p_m = p_{-} + P_{\sim} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$P_m = U_m I_m + P_{\sim} \quad \dots\dots\dots (12)$$

电动机效率由下式确定:

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{P_g}{P_m} = \frac{P_m - p_m}{P_m} = \frac{U_m I_m + P_{\sim} - (p_{-} + P_{\sim})}{U_m I_m + P_{\sim}} \\ &= \frac{\eta_{-}}{1 + \frac{P_{\sim}}{U_m I_m}} \quad \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

10.1.3 转矩特性曲线

在换向器电动机的转速特性曲线和效率特性曲线上,可查出不同负载时的转速和输出功率。转矩特性曲线由下式确定:

$$M = \frac{P_2}{n} \times 9555 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中: M ——电动机输出转矩,N·m;

P_2 ——电动机输出功率,kW;

n ——电动机的转速,r/min。

10.1.4 空载特性曲线

牵引电动机作他励发电机在额定转速下运转,电枢绕组开路。从零开始,单方向调节励磁电流,使电枢空载电压达到额定值的 1.2 倍左右,然后单方向减少励磁电流到零,作出上升和下降两分支曲线,每分支应量取 8~9 点(在额定电压值附近多测几点),每点同时读取电枢空载电压与励磁电流值,绘制出空载特性曲线。

10.2 变流器供电的多相交流牵引电动机

变流器供电的交流电动机(包括同步电动机和异步电动机)的特性曲线应在配套逆变器供电下,并在被测电机的实际温度尽可能接近基准工作温度下进行。

被试电机与负载电机之间机械上连接一台转矩测量仪,输入功率测定采用宽频带(至少 1 000 Hz)的仪用互感器,二次回路用电动式仪表。被试电机轴上机械输出功率由转矩测量仪的二次显示仪直接读出。在电机绕组温升基本稳定后便开始进行测定,对每一负载点读取输入端的电压,电流的有效值和功率,同时读取输出转矩和转速,再绘制出如图 18 或图 19 的特性曲线:

a. 转矩-转速曲线 $M = f(n)$

b. 电压-转速曲线 $U = f(n)$

- c. 电流-转速曲线 $I_A=f(n)$
- d. 效率-转速曲线 $\eta=f(n)$
- e. 功率因数-转速曲线 $\cos\phi=f(n)$
- f. 电源频率-转速曲线 $f=f(n)$
- g. 转差频率-转速曲线(异步电动机) $S_r=f(n)$
- h. 励磁电流-转速曲线(同步电动机) $I_H=f(n)$

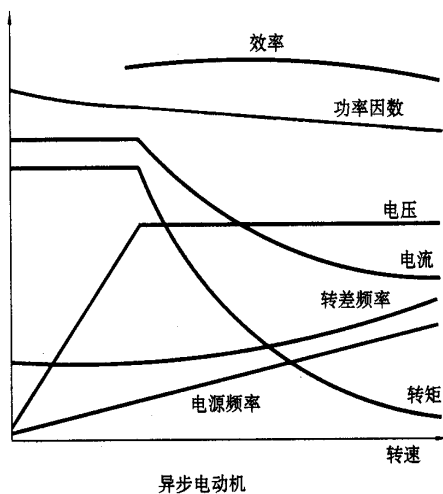


图 18

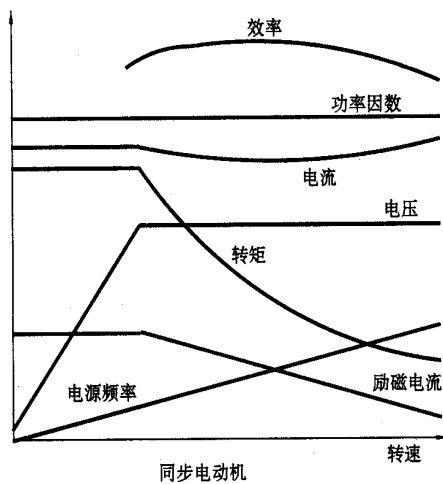


图 19

除了上述特性曲线外,交流电动机还要分别作工频电源供电时的辅助特性。辅助特性对同步电动机为空载特性和短路特性。作此试验时,被试电机作发电机运行,转速为工频下的同步转速,如图 20 所示。对异步电动机作工频电源下的电动机空载特性和堵转特性,如图 21 所示。

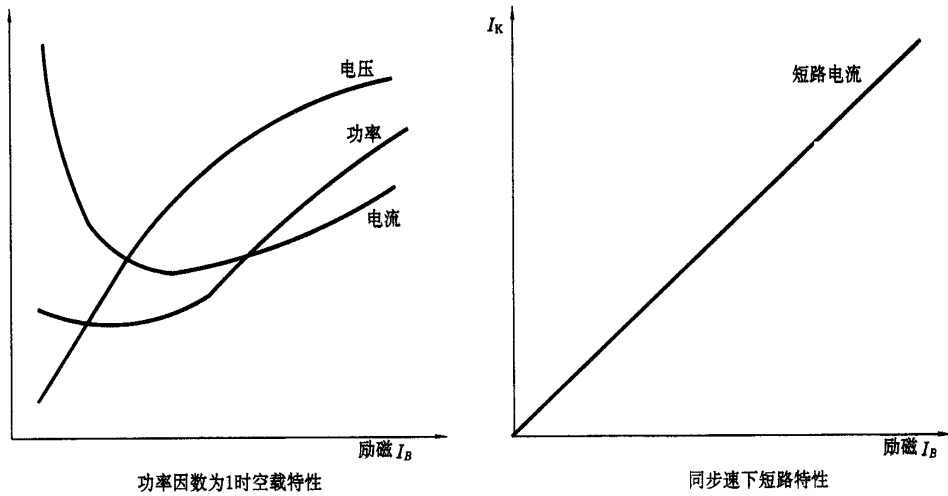


图 20 同步电动机辅助特性曲线

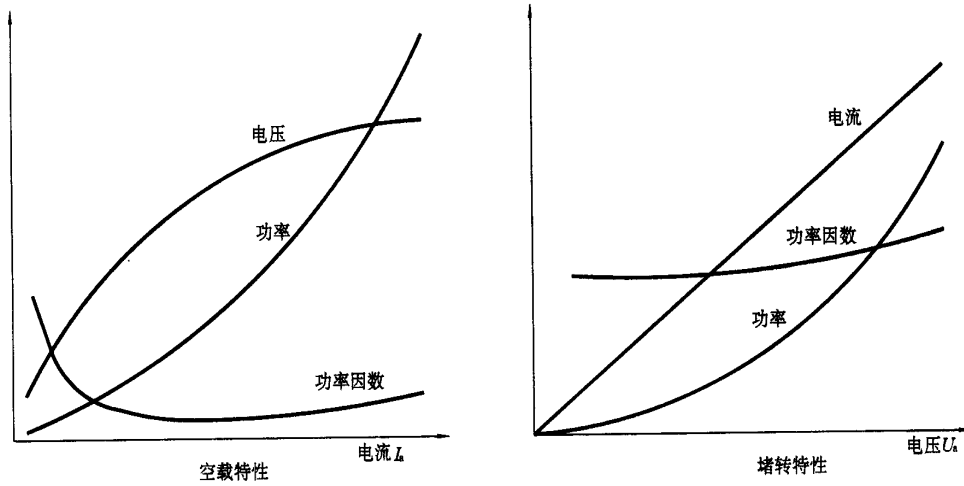


图 21 异步电动机辅助特性曲线

10.3 主发电机

10.3.1 空载特性曲线

被试电机被拖动到额定转速或某规定转速下运行,电枢绕组开路,励磁绕组他励。励磁电流从零开始,单方向调节励磁电流,使电枢空载电压达到额定值的 1.2 倍左右,然后单方向减少励磁电流到零,作出上升和下降两分支曲线,每分支应量取 8~9 点(在额定电压值附近多测几点),每点同时读取电枢空载电压与励磁电流值,并绘制出空载特性曲线。

10.3.2 “电压-电枢电流”特性曲线

a. 对于可调特性发电机,先通过试验获得典型的“电压-电枢电流”曲线。被试发电机根据典型“电压-电枢电流”曲线上的不同电枢电流,量出在同一励磁电流下的电枢电压,便可绘制出“电压-电枢电流”特性曲线。

为了绘制典型“电压-电枢电流”曲线,先将第一台电机运行在额定转速或某规定转速下,在其输出的最高电压和最大电流范围内取若干不同的电枢电流值,适当调节相应的励磁电流,使发电机的输出恒定不变。记下励磁电流,对第 2 台至第 4 台电机,取与第一台相同的电枢电流和励磁电流,便获一组相应的电枢电压。将电枢电压和电枢电流绘制可得三条恒功率输出电压电流曲线,连同第一台共 4 条曲线平均后得到典型电压-电枢电流特性曲线。特性曲线上每个电流值都有一个相应的励磁电流值,作出电枢

电流与励磁电流的关系曲线便是典型恒功率调节特性曲线。

b. 对固有特性发电机,采用与 a 类似的方法,只是第一台特性的励磁电流采用额定励磁电流的实际值,其他完全相同。

10.3.3 恒功率调节特性曲线

试验方法见 10.3.2。

10.3.4 效率特性

用损耗分析法测定主发电机的效率。

a. 电枢电路绕组的基本铜耗:绕组的基本铜耗等于电枢电路所有绕组的电阻(换算至基准工作温度)之和与其电流平方的乘积。

b. 机械损耗:被试发电机由电动机拖动至额定转速空转运行,此时拖动电动机的输入功率减去拖动电动机本身的损耗即得被试发电机的机械损耗。

c. 铁耗:被试发电机由电动机拖动至额定转速空载运行,调节励磁电流,作出发电机电压对拖动电动机输入功率的关系曲线。拖动电动机的输入功率减去其本身的损耗即得被试发电机的输入功率。将发电机的输入功率减去发电机的机械损耗即得发电机在某电压时的铁耗。

d. 励磁损耗:励磁损耗包括励磁绕组的铜耗,对同步主发电机还应包括滑环上的电刷接触损耗。碳石墨及电化石石墨电刷的接触压降为 2V;金属石墨电刷的接触压降为 0.6V。

e. 杂散损耗:用短路法测定同步主发电机的杂散损耗。同步主发电机由电动机拖动至额定转速,调节励磁电流,使电枢三相稳态短路电流为所需电流值。此时拖动电动机的输入功率减去发电机的机械损耗、基本铜耗和拖动电动机本身的损耗即得该电流时的杂散损耗。

试验后应立即测量电枢绕组的直流电阻,计算基本铜耗。

直流主发电机的杂散损耗对带有补偿绕组的电机用短路法测出。对不带补偿绕组的电机短路法测出的损耗还要乘以常数 K_s , K_s 由各负载点的磁场安匝与电枢安匝之比决定,见图 15。

主发电机的输出功率 P_2 加上该功率下的各项损耗之和即得输入功率 P_1 ,效率由下式确定:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots (15)$$

10.3.5 稳态短路特性曲线(同步发电机)

发电机被拖动至额定转速运行,电枢用低阻抗导体在出线端可靠短接。调节励磁电流,使电枢电流在 1.2 倍额定电流左右开始读取电枢电流和励磁电流,逐步减少励磁电流至零为止,共读取 5~7 点,绘制出稳态短路特性曲线。

10.4 辅助电动机

10.4.1 转速特性曲线

被试电机应在额定电压和规定的励磁条件及转向下进行,测出的转速特性要换算至基准工作温度。曲线在 0.8~1.2 倍额定电流间均匀作 5 点左右。最初 4 台换算至基准工作温度曲线的平均值作为典型转速特性。详细见 10.1.1。

10.4.2 效率特性曲线

效率测定方法同 10.1.2。如有条件可用转矩转速测量仪或测功机直接测定。试验应紧接在温升试验后进行,读数换算至基准工作温度。

10.4.3 转矩特性曲线

转矩测定除用 10.1.3 的方法外,如有条件可用转矩转速测量仪或测功机直接测定。试验应紧接在温升试验后进行,读数换算至基准工作温度。

10.4.4 空载特性曲线

见 10.1.4。

10.5 辅助发电机

10.5.1 外特性

被试电机拖动至额定转速,在规定的励磁条件(不带整流器输出的同步发电机还应在规定的功率因数)下,测取发电机端电压与电枢电流的关系曲线,曲线的范围在 0.25~1.25 倍额定电流之间,作 5 点,绘制出外特性曲线。

10.5.2 输出功率-电枢电流特性曲线

将外特性曲线的数据换算便可得输出功率对电枢电流的关系曲线。

10.5.3 空载特性曲线

见 10.3.1。

10.5.4 保证定额时效率测定

见 10.3.4。

10.5.5 稳态短路特性曲线(同步发电机)

见 10.3.5。

10.6 辅助电动发电机组

电动发电机组分别在电动机额定电压、最高电压及最低电压运行时,测取输出电压、输出功率、输入电流和机组转速与发电机输出电流的函数关系,对交流发电机的特性曲线还应在规定的功率因数下进行,发电机的输出电流从 0~1.0 倍额定电流之间至少均匀取 5 点作出其输出特性。

首批 4 台的输出电压特性的平均值作为典型输出电压特性曲线。

测量保证定额时的输出输入功率之比即得机组效率。

10.7 劈相机

劈相机输入单相电功率,输出三相电功率,原理图见图 22。

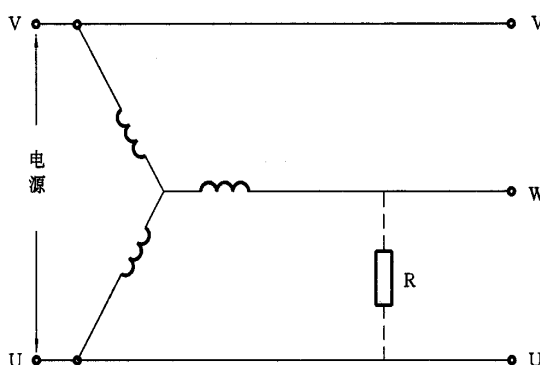


图 22

图中 U 及 V 为电动相绕组, W 为发电相绕组, R 为起动电阻。

10.7.1 空载特性试验

试验时劈相机输入额定频率的可调单相电压,在无电气和机械负载下运行,测量三相间线电压、频率、电动相输入电流和输入电功率,输入功率应采用低功率因数瓦特表。试验后应绘制下列四条曲线:

- a. 空载电流-电网电压曲线 $I_0 = f(U_0)$
- b. 空载损耗-电网电压曲线 $P_0 = f(U_0)$
- c. 电压不对称度-电网电压曲线 $\alpha_U = f(U_0)$
- d. 三相线电压-电网电压曲线 $U_{UV} = f(U_0), U_{VW} = f(U_0), U_{WU} = f(U_0)$

空载线电压不对称度 α_U 按式(16)计算:

$$\alpha_U = \sqrt{\frac{(U_{UV} - U_{VW})^2 + 2U_{UV}U_{VW}[1 - \cos(\theta_U - 60^\circ)]}{(U_{UV} - U_{VW})^2 + 2U_{UV}U_{VW}[1 - \cos(\theta_U + 60^\circ)]}} \dots\dots\dots (16)$$

式中: $\theta_U = \arccos \frac{U_{UV}^2 + U_{VW}^2 - U_{WU}^2}{2U_{UV}U_{VW}} \dots\dots\dots (17)$

U_{UV} ——U 与 V 间的线电压, V;

U_{VW} ——V 与 W 间的线电压, V;

U_{WU} ——W 与 U 间的线电压, V。

空载时功率因数 $\cos\varphi_0$ 可按式(18)确定:

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{U_0 I_0} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中: P_0 ——空载时单相输入功率, W;

U_0 ——空载时单相输入电压, V;

I_0 ——空载时单相输入电流, A。

10.7.2 堵转特性试验

无轴伸劈相机单相电源直接输入。有轴伸劈相机按机车起动线路连接。输入单相电源的频率为额定频率, 堵住转子。

试验从 0.025 倍额定电压做起, 逐步升高电压, 直至短路电流小于或等于 1.2 倍额定电流, 作出短路电流与单相电压关系曲线 $I_k=f(U)$ 。

试验时测量三相电流、输入电压、功率及三相线电压, 试验后立即测量定子绕组电阻。

堵转功率因数按式(19)计算:

$$\cos\phi_k = \frac{P_k}{U_k I_k} \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中: P_k ——堵转时单相电源输入功率, W;

U_k ——堵转时电动相绕组输入电压, V;

I_k ——堵转时单相电源输入电流, A。

10.7.3 效率和功率因数特性曲线

按规定的功率因数负载, 在额定电压、最高电压和最低电压下, 负载电流在 0.25~1.5 倍额定电流间测取三条效率曲线。测量输入单相电流和功率, 输出三相电流、线电压及功率。

试验时, 有功负载可用阻值相同的三相纯电阻替代, 感性负载可用三相电动机空载替代。

劈相机的总损耗为单相输入功率和三相输出功率之差值。

劈相机的效率由式(20)确定:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Sigma p}{P_1} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中: P_1 ——劈相机的单相输入功率, kW;

P_2 ——劈相机的三相输出功率, kW;

Σp ——劈相机的总损耗, kW。

当劈相机轴上有机械负载时, 仍按式(20)计算, 机械负载作为总损耗 Σp 的一部分。

输入功率因数按式(21)确定:

$$\cos\phi_L = \frac{P_L}{U_L I_L} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中: P_L ——劈相机单相输入功率, W;

U_L ——劈相机单相输入电压, V;

I_L ——劈相机单相输入电流, A。

输出功率因数按式(22)确定:

$$\cos\phi = \frac{P_2}{U_U I_U + U_V I_V + U_W I_W} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{式中: } U_U = 1/3 \sqrt{2(U_{UV}^2 + U_{WU}^2) - U_{VW}^2} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$U_v = 1/3 \sqrt{2(U_{uv}^2 + U_{vw}^2) - U_{wu}^2} \dots\dots\dots (24)$$

$$U_w = 1/3 \sqrt{2(U_{wu}^2 + U_{vw}^2) - U_{uv}^2} \dots\dots\dots (25)$$

P_2 ——劈相机输出有功功率, W。

10.7.4 负载时的三相电压不对称度及三相电流不对称度测定在测定效率曲线的同时,按式(16)确定三相电压不对称度 α_U ,按式(26)确定三相电流不对称度 α_i 。

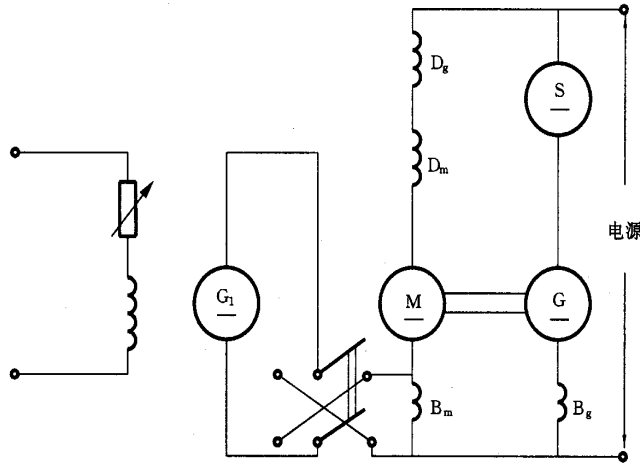
$$\alpha_i = \sqrt{\frac{(I_U - I_V)^2 + 2I_U I_V [1 - \cos(\theta_i - 60^\circ)]}{(I_U - I_V)^2 + 2I_U I_V [1 - \cos(\theta_i + 60^\circ)]}} \dots\dots\dots (26)$$

式中: $\theta_i = \arccos \frac{I_U^2 + I_V^2 - I_W^2}{2I_U I_V} \dots\dots\dots (27)$

I_U, I_V 和 I_W 为对应端子 U、V、W 的线电流。

11 有换向极电机无火花换向区的测定

试验时,电机先以额定工况运行一段时间,使其接近正常工作温度,改变电枢电流,相应改变馈入换向极绕组的附加电流,以获得无火花换向时所馈入正反两个方向附加电流的限值。改变馈入换向极绕组附加电流的线路见图 23。



M—被试电动机; G—负载发电机; G₁—附加电源发电机; S—升压机

图 23

对串励牵引电动机,试验应在最高工作转速与最大电流间均匀测取不少于 5 点。

对并励或复励电机,约每隔 0.25 倍额定电流测取一点数据,直到电枢电流约为 1.25 倍额定电流值为止。

以试验结果绘制出附加电流为纵坐标,电枢电流为横坐标的关系曲线。

12 瞬态试验

12.1 断开和接上电源试验

由接触网直接或间接供电的直流(或脉流)串励电动机和以串励为主的复励电动机以及劈相机应作此试验。

12.1.1 牵引电动机

当电动机在保证定额的电流下工作时,用快速开关断开电源约 1 s 后,再重新接上。每隔 3~5 min 断开和接上 1 次。重复进行 3 次(若电动机磁场是可调节的,应在最大磁场级和最深削弱磁场级下各作 3 次)。

试验中,选择适当容量的电源,电动机的转速尽可能保持不变,在重新接上前的瞬间供电电压至少

等于系统的最高电压;在接上后的瞬间应不低于 0.9 倍额定电压。

试验时,用示波器摄取断开和接上时的电压和电流波形。试验线路图见图 24。

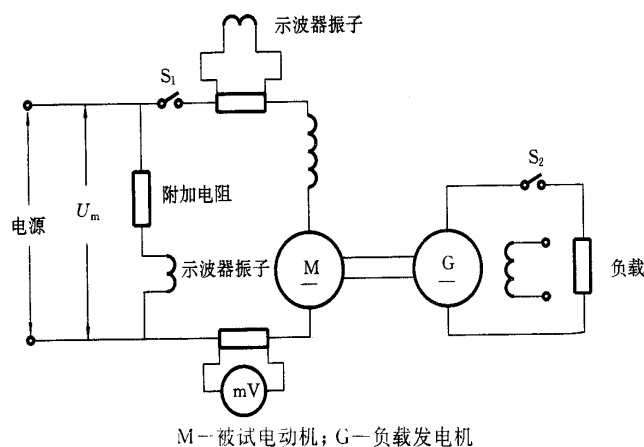


图 24

在断开和接上电源试验中,电机应无任何机械损坏、变形、环火、对地飞弧等影响试验后正常运转的损伤。

12.1.2 辅助电动机、辅助电动发电机组

试验应在电动机装有模拟正常运行条件的控制和保护装置的情况下进行,对辅助电动发电机组在装有电压和频率的调整器情况下进行,可单台电机进行,也可整套辅助机组进行。试验时前者为额定电流,后者为带有正常负载时的电流。

试验应在电动机的最高电压和使用中的最深削弱磁场级下稳定运行后开始。试验时用快速开关切断和重新合上电动机的电源,连续进行 4 次。切断和重新合上电源的时间间隔,两次约为 1 s,另两次应稍小于保护设备的动作时间。

试验中,电机应无任何机械损坏、变形、环火、对地飞弧等影响试验后正常运转的损伤。

12.1.3 劈相机

劈相机应配备性能可靠的保护装置,试验时起动电阻等起动设备不接入。

试验前劈相机应在接近正常工作温度下运转,试验采用手动或自动开关切断电源,切断后 1.5 s~2 s 后重新合上电源。试验共作 6 次,三次为最高电压,三次为最低电压,每两次间隔时间为 5 min。试验中,负载电机应全部投入。

试验后,劈相机温升不应超过表 6 规定。如果在试验过程中,劈相机转矩颠覆、转速下降或转速恢复时间超过 15 s,则认为不合格。

表 6

| | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 绝缘等级 | E | B | F | H | 200 |
| 温升限值 K | 110 | 125 | 150 | 175 | 195 |

12.2 供电电压突变试验

试验要求电动机端电压在最高和最低值之间突变情况下运行,试验用并有短路开关的电阻 R 和电动机 M 串联来进行,如图 25 所示,连续突变试验 5 次。在每次突变期间,电动机端电压应复原至最低电压状态。试验中可用一台瞬态记录仪确认在电阻短路后瞬间电源电压不会降低于系统相对应的额定电压值。

试验期间,电动机和被拖动机械的控制设备不作其他调整,在电路中应有电机的正常控制和保护装置(包括发电机电压调整器)。

试验中,电机应无任何机械损坏、变形、环火、对地飞弧等影响试验后正常运转的损伤。

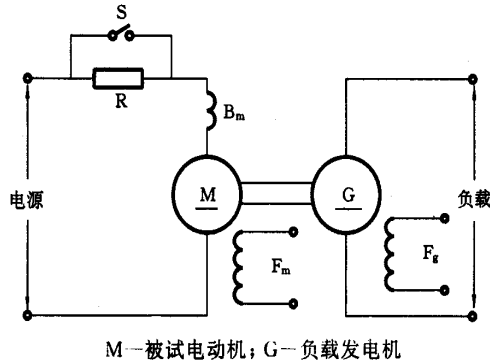


图 25

12.3 复励电动机的附加试验

试验线路如图 26 所示,电动机 M 应在最高电压下供电,而被拖动机器应在空载或尽可能低的负载下运转。当达到稳定状态时,迅速打开开关 S_1 以断开供电电源,然后立即合上开关 S_2 使电动机短路。试验进行 2 次,时间间隔为 5 min。

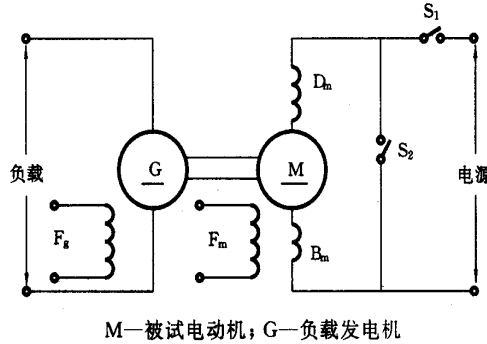


图 26

试验中,电机应无任何机械损坏、变形、环火、对地飞弧等影响试验后正常运转的损伤。

13 同步发电机突然短路试验

主发电机和辅助发电机均要作此试验。

13.1 供整流输出的三相同步发电机作两次突然短路试验。一次是在三相整流桥短路,另一次是在整流桥的一个桥臂短路,如图 27 和图 28。

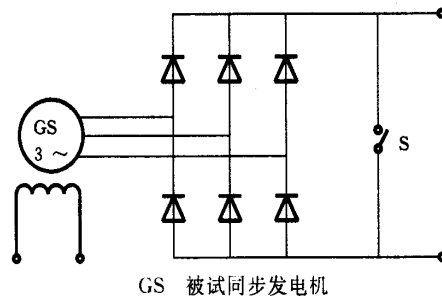
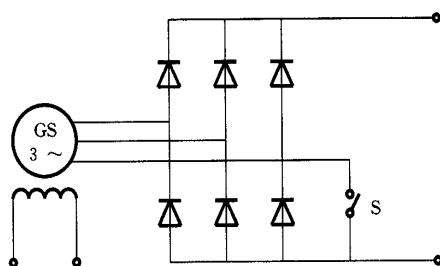


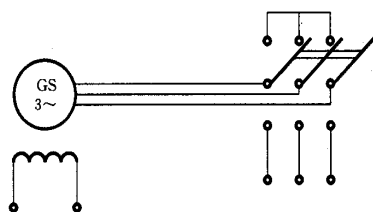
图 27



GS—被试同步发电机

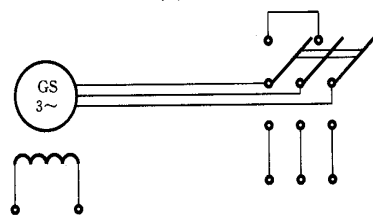
图 28

13.2 直接供交流负载的同步发电机,一次作三相突然短路,另一次作两相突然短路,见图 29 和图 30; 对有固定接地中性线的同步发电机,一次作三相突然短路,另一次作一相对中性线的突然短路,见图 31 和图 32。



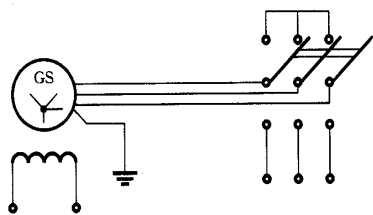
GS—被试同步发电机

图 29



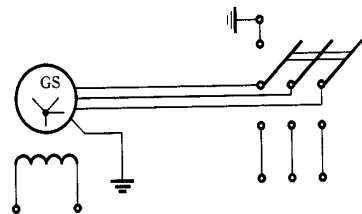
GS—被试同步发电机

图 30



GS—被试同步发电机

图 31



GS—被试同步发电机

图 32

每次试验在额定转速和额定励磁电流下进行,在空载运行时将开关闭合,使发电机突然短路,短路

持续时间为 5 s。

试验后检查电机应无电气和机械损伤。

14 辅助电机的起动试验

试验时,应带有正常的起动和保护装置,对交流电动机,频率应为额定值。用于脉流或由斩波控制的电机,试验应在接近实际运行情况的供电条件下进行。

通电试验前调整供电电压为电机的最低电压值,合上电源起动电机,每两次起动的间隔时间为 2 min,连续作 5 次。然后调整供电电压为电机最高电压值,用同样的方法作 5 次。试验中电动机的负载产生的制动转矩应接近实际运行条件下的起动转矩,为此,被试电机最好与实际负载配套进行。

15 劈相机的特殊试验

15.1 劈相机的连续起动试验

劈相机应带有正常运行时的起动设备和保护装置,按起动线路试验。试验用单相电源应接近实际起动波形并容量足够大,应调整到最高电压和最低电压,每两次试验的时间间隔为 2 min。

- a. 在最低电压下进行 5 次,其中有 2 次起动时间超过 15 s,则认为不合格。
- b. 在最高电压下进行 5 次,试验后定子绕组任一相的温升不应超过表 6 的规定,否则为不合格。

试验前劈相机应接近正常工作温度。

15.2 劈相机的短时过载试验

试验应在劈相机接近工作温度时进行,在额定输入电压时,用增加电负载的方法使劈相机的单相输入电流为 1.5 倍额定电流。试验时允许提高电压至超过额定值的 10%,三相负载的功率因数可任意调节。试验历时 2 min,不应有任何变形和损坏。

15.3 劈相机的单相通电堵转试验

试验时必须配备性能可靠的保护装置和时间可调的延时继电器,根据需要可及时断开电源,试验在温升试验后进行,劈相机处于热态,转子堵转,劈相机施加最高的单相电压时间 10 s,试验后劈相机应能承受耐电压试验和绕组匝间绝缘介电强度试验。

16 超速试验

超速试验应在电机热态下进行,可选用下列方法实现:

a. 对直流电机可逐步提高被试电机供电电压(但不得超过 1.3 倍额定电压)或逐步减少励磁电流。

b. 对交流电机可提高供电电源的频率或用辅助电机拖动被试电机至超速转速。

电机达到超速转速值时运转 2 min。

超速后检查电机,应无永久性损伤,并能承受耐电压试验。

17 耐电压试验

电机在热态下,按规定的试验电压值进行耐电压试验,历时 1 min,绝缘应不被击穿。试验电压的频率为 50 Hz,波形为实际正弦波。

试验时,应从不超过试验电压全值的三分之一开始,逐步均匀增加电压到试验电压全值为止。升压过程的时间不少于 10 s,历时 1 min 后将电压迅速降至零。

当电机有多个绕组时,应分别进行耐电压试验,在轮换过程中不参加试验的绕组应与机壳连接,机壳应良好接地。

18 噪声值测量

18.1 电机的安装

噪声测量时电机所有盖板均安装就位,电机不与任何其他设备连接。牵引电动机试验时不带齿轮。试验时应尽可能模拟牵引电机实际安装方式。

18.2 电机在测定时的工作状态

直流电机应在额定转速空载下进行,交流电机应在额定频率和额定电压下进行。如电机有一定的工作转速范围,则应在最大工作转速下测量;如有两级或多级转速,应在每级转速下都作测量。

可逆转的电机应在两个旋转方向均作测量。

18.3 噪声测试现场鉴别声场类别的适用性试验

声场类别的鉴别以点声源倍增距离声压级衰减值大小来确认,见表7。确认后采用相应测量方法。

表 7

| 声场类别 | 声压级衰减值 |
|------|------------|
| 混响场 | 小于或等于 1 |
| 半混响场 | 大于 1, 小于 5 |
| 自由场 | 大于或等于 5 |

注:自由场包括全自由场和半自由场,半自由场为一个反射面上的自由场。半混响场又称类半自由场或普通声场。

18.4 半自由场和混响场电机噪声测量

半自由场和混响场电机噪声测量见 GB 10069.1。

18.5 半混响场电机噪声测量

18.5.1 测量用测点位置及规定线

各种电机都应按图 33 和图 34 所示的规定线上进行测量。

最大线性尺寸 l (不包括轴) 等于或大于 0.25 m 的电机,这些规定线是在离电机表面 1 m 的最近点上。

当 l 小于 0.25 m 时,这些规定线是在离电机表面距离 d 处的最近点上。距离 d 在 $4l$ 和 1 m 之间,但不小于 0.25 m。

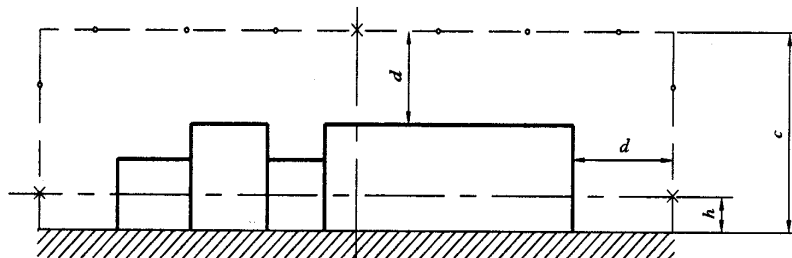
对于所有卧式电机,规定线应平行于反射地平面,但高度为轴中心高或离地面 0.25 m,取两者中较大的一个(见图 33)。

对于所有立式电机,规定线应平行于反射地平面,其高度为电机高的一半,但不低于 0.25 m,见图 34。

在所有情况下,垂直平面上的规定线都应在轴平面内。

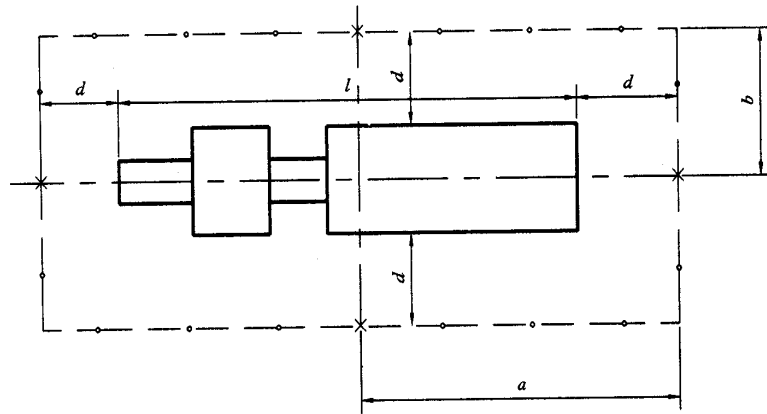
测点的位置(其数量取决于电机的大小及声辐射的对称性,但不应少于 5 点)应按图 33 和图 34 所示。每条规定线应布置得使从 5 个关键测点开始的相邻间隔不大于 1 m。

如果在这些测点测出的声级大于平均声级 5 dB,应在这些已知的测点中间增加附加测点。



(a) 垂直平面上的规定线

图 33 卧式电机测点位置和规定线



(b) 水平平面上的规定线(反射平面上 h 高处)

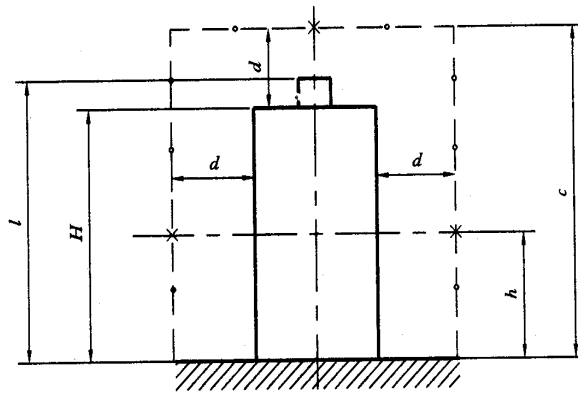
| m | |
|-------------|----------------------------------|
| l | d |
| ≥ 0.25 | 1 |
| < 0.25 | $4l \leq d \leq 1$ $d > 0.25$ |

h : 轴高或 0.25 m, 取两者之中较大值;

×: 关键测点;

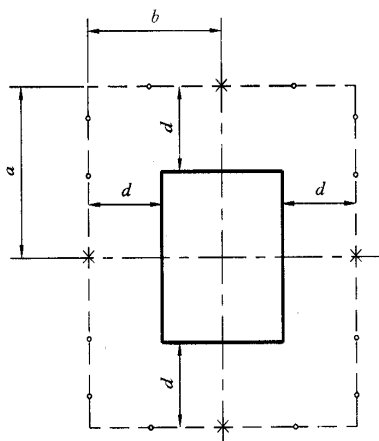
○: 距离关键测点 1 m 间隔划分的其他测点。

续图 33



(a) 垂直平面上的规定线

图 34 立式电机测点位置和规定线



(b) 水平平面上的规定线(反射平面上 h 高处)

| l | d |
|-------------|----------------------------------|
| ≥ 0.25 | 1 |
| < 0.25 | $4l \leq d \leq 1$ $d > 0.25$ |

$h = \frac{H}{2}$ 但不小于 0.25 m;

×: 关键测点;

○: 距离关键测点 1 m 间隔划分的其他测点。

续图 34

18.5.2 测量参数

a. 声级(A), dB;

b. 中心为 63~8 000 Hz(见表 9)的倍频程带声压级(测点位置), dB。

18.5.3 背景噪声

电机未运转时,背景噪声应在试验时同一测点上测定。电机在试验时,每一测点的噪声读数至少应超过该点的背景噪声 10 dB 以上,当两者之差小于 10 dB,应按表 8 进行修正。

表 8

dB

| 由电机产生的噪声级增量 | 从实测值中减去的修正量 |
|-------------|-------------|
| 3 | 3 |
| 4~5 | 2 |
| 6~9 | 1 |

18.5.4 频带平均声压级计算

频带平均声压级一般应由所有测点在各中心频率下的实测值按式(28)计算。

$$L_{p(M)} = 10 \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right] \dots\dots\dots (28)$$

式中: $L_{p(M)}$ ——频带平均声压级, dB;

L_i ——背景噪声按表 8 修正后各测点的频带声压级, dB;

n ——测点数。

18.5.5 倍频程带近似声功率级计算

倍频程带近似声功率级可用已知基准声源的声功率级 $L_{W(r)}$ 作比较法确定。

基准声源的倍频程带声功率级首先在半自由场中测定,然后将基准声源移至半混响场的测试现场代替被试电机,量出各点的倍频程带声压级,再计算出倍频程带平均声压级。按下式确定被试电机倍频程带声功率级 L_W :

$$L_W = L_{W(r)} + L_{p(M)} - L_{p(Mr)} \dots\dots\dots(29)$$

式中: $L_{W(r)}$ ——基准声源倍频程带声功率级, dB;

$L_{p(M)}$ ——被试电机倍频程带平均声压级, dB;

$L_{p(Mr)}$ ——基准声源倍频程带平均声压级, dB。

半自由场电机规定线上倍频程带平均声压级可按式(30)求得:

$$L_{p(M)} = L_W - 10 \lg \frac{S}{S_0} \dots\dots\dots(30)$$

式中: $L_{p(M)}$ ——被试电机规定线上倍频程带平均声压级, dB;

L_W ——被试电机倍频程带声功率级, dB;

S ——测量面面积, m^2 [$S = \pi a(b+c)$, 式中 a, b, c 见图 33、34];

S_0 ——基准面积, $1 m^2$ 。

18.5.6 A 计权倍频程带声功率级计算

按表 9 将各中心频率倍频程带声功率级进行修正即得 A 计权的倍频程带声功率级。

$$L_{fWA} = L_W + C_j \dots\dots\dots(31)$$

式中: L_{fWA} ——A 计权倍频程带声功率级, dB;

L_W ——被试电机倍频程带声功率级, dB;

C_j ——A 计权修正值, dB。

表 9

| 倍频程带中心频率, Hz | 修正值 C_j , dB |
|--------------|----------------|
| 63 | -26 |
| 125 | -16 |
| 250 | -9 |
| 500 | -3 |
| 1 000 | 0 |
| 2 000 | 1 |
| 4 000 | 1 |
| 8 000 | -1 |

18.5.7 A 计权声功率级计算

将 18.5.6 求得的各中心频率 A 计权倍频程带声功率级按式(32)求得各 A 计权倍频程带声功率级的总和:

$$L_{WA} = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^8 10^{0.1 L_{fWA}} \right] \dots\dots\dots(32)$$

式中: L_{WA} ——被试电机 A 计权声功率级, dB;

L_{fWA} ——被试电机倍频程带 A 计权声功率级, dB。

18.5.8 纯音的确定与修正

为确定纯音是否存在,采用 3%频宽的滤波器在最高声压级的测量位置上进行频率扫描,如果在 250~4 000 Hz 之间有一个或几个纯音,当以这个纯音频率为中心频率的 1/3 倍频程带声压级比两个相邻的 1/3 倍频程带声压级平均高出 5 dB 时才认为有纯音存在。此时从 18.5.7 求得的声功率级应加上含有纯音的倍频程带平均声功率级与相邻两个倍频程带平均声功率级的平均值的差值。如果多个倍频程含有明显的纯音,所增加的值应为各个差值中最大者。

19 振动值测量

振动值测量方法见 GB 10068.1,试验时应尽可能模拟牵引电机实际安装方式。

20 湿热试验

湿热试验按 GB 2423.4 进行。

电机经 25~40℃的交变试验 6 周期。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由机械工业部湘潭牵引电气设备研究所归口。

本标准由湘潭牵引电气设备研究所、张店电机厂、常州牵引电机厂负责起草。

本标准主要起草人:林秉钧、卫品贤、王继宽、董月中。