



中华人民共和国国家标准

GB/T 755—2019/IEC 60034-1:2017
代替 GB/T 755—2008

旋转电机 定额和性能

Rotating electrical machines—Rating and performance

(IEC 60034-1:2017, Rotating electrical machines—
Part 1: Rating and performance, IDT)

2019-12-10 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	3
4 工作制	6
5 定额	16
6 现场条件	19
7 电气运行条件	20
8 热性能与试验	26
9 其他性能和试验	39
10 铭牌	45
11 其他要求	47
12 容差	48
13 电磁兼容性(EMC)	50
14 安全	51
附录 A (资料性附录) S10 工作制的应用以及确定相对预期热寿命 TL 值的导则	52
附录 B (资料性附录) 电磁兼容(EMC)限值	53
参考文献	54

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 755—2008《旋转电机 定额和性能》，与 GB/T 755—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了热稳定条件为：电机发热部件的温升在半小时内变化不超过 1 K(见 3.25, 2008 年版的 3.25)；
- 增加了术语“飞逸转速”(见 3.33)；
- 修改了冷却水温的要求(见 6.5, 2008 年版的 6.5)；
- 增加了变频电机要满足 IVIC 要求的规定，增加了母线切换和快速重合闸要求(见 7.1)；
- 增加了表 3, 变流器接线方式的 CCC 代号定义(见 7.2.4 表 3)；
- 修改了 7.3 的表 4 第 5 项内容：额定输出 ≥ 10 MVA 的汽轮机或燃气轮机驱动的同步发电机(见表 4, 2008 年版的表 3)；
- 增加了对于电机设计在无局部放电运行情况下的脉冲电压绝缘等级的规定(见 7.5)；
- 增加了一个新的绝缘等级 200(N)，同时修改了表 8 中部分温升限值(见表 8, 2008 年版的表 7)；
- 修改表 10 中 1b 项的计算公式(见表 10, 2008 年版的表 9)；
- 增加 IC 代码的标注，增加变频电机 IVIC 的标注，增加能效等级 IE 代码的标注(见 10.2)；
- 修改了容差的第 1, 2 项内容(见 12.2, 2008 年版的 12.2)；
- 增加无刷励磁同步电机 EMC 要求(见 13.1)。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 60034-1:2017《旋转电机 第 1 部分：定额和性能》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 156—2017 标准电压(IEC 60038:2009, MOD)；
- GB/T 1971—2006 旋转电机 线端标志与旋转方向(IEC 60034-8:2002, IDT)；
- GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法(eqv IEC 60034-6:1991)；
- GB/T 4026—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子和导体终端标识(IEC 60445:2006, IDT)；
- GB 4343.1—2018 家用电器、电动工具和类似器具的电磁兼容要求 第 1 部分：发射(CISPR 14-1:2011, IDT)；
- GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分：通用要求(IEC 60335-1:2004, IDT)；
- GB/T 4772.1—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 1 部分：机座号 56~400 和凸缘号 55~1 080(IEC 60072-1:1991, IDT)；
- GB/T 4772.2—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 2 部分：机座号 355~1 000 和凸缘号 1 180~2 360(IEC 60072-2:1990, IDT)；
- GB/T 4772.3—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第 3 部分：小功率装入式电动机 凸缘号 BF10~BF50(IEC 60072-3:1994, IDT)；
- GB 4824—2013 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法(IEC/CISPR 11:2010, IDT)；
- GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码)分级(IEC 60034-5:2000, IDT)；

- GB 5226.1—2008 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2005, IDT);
- GB/T 6113.101—2016 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-1部分:无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备(CISPR 16-1-1:2010, IDT);
- GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法(IEC 60085:2007, IDT);
- GB/T 17948(所有部分) 旋转电机 绝缘结构功能性评定[IEC 60034-18(所有部分)];
- GB/T 22715—2016 旋转交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平(IEC 60034-15:2009, IDT);
- GB/T 25442—2018 旋转电机(牵引电机除外)确定损耗和效率的试验方法(IEC 60034-2-1:2014, IDT);
- GB/T 32877—2016 变频器供电交流感应电动机确定损耗和效率的特定试验方法(IEC/TS 60034-2-3:2013, IDT)。

本标准做了下列编辑性修改:

- 将标准名称改为《旋转电机 定额和性能》;
- 更正原文笔误。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会(SAC/TC 26)归口。

本标准起草单位:上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、哈尔滨电气动力装备有限公司、上海电气集团上海电机厂有限公司、河北电机股份有限公司、山东华力电机集团股份有限公司、雷勃电气(无锡)有限公司、康富科技股份有限公司、卧龙电气集团股份有限公司、重庆赛力盟电机有限责任公司、广东省东莞电机有限公司、江苏锡安达防爆股份有限公司、山东齐鲁电机制造有限公司、上海德驱驰电气有限公司、中电电机股份有限公司、浙江特种电机股份有限公司、荣成市荣佳动力有限公司、卧龙电气南阳防爆集团股份有限公司、江门江菱电机电气有限公司、上海连成集团苏州股份有限公司、六安江淮电机有限公司、中机国际工程设计研究院有限责任公司、西安泰富西玛电机有限公司、浙江江潮电机实业有限公司、杭州米格电机有限公司、中车永济电机有限公司、安徽皖南电机股份有限公司、兰州电机股份有限公司、SEW-电机(苏州)有限公司、佳木斯电机股份有限公司、西门子(中国)有限公司、上海ABB电机有限公司、江苏大中电机股份有限公司、湘潭电机股份有限公司、中认尚动(上海)检测技术有限公司、江天电机有限公司、威海顺意电机股份有限公司、浙江临海浙富电机有限公司、宁波韵升股份有限公司、浙江西子富沃德电机有限公司、长沙电机厂有限责任公司、泰豪沈阳电机有限公司、中国电器科学研究院有限公司、住友重机械减速机(中国)有限公司、湖南天能电机制造有限公司、浙江金龙电机股份有限公司、江西东元电机有限公司、浙江沪龙科技股份有限公司、衡水电机股份有限公司、中车株洲电机有限公司、哈尔滨大电机研究所。

本标准主要起草人:李秀英、仲维滨、孙明伦、杨秀军、王庆东、陈理、万勇、孙军建、汪同斌、刘征良、陆进生、吴德忠、陈仙根、刘国徽、吴妍、张珂、杨盛成、陈飞鸿、马志军、刘立汉、袁凯南、吴建兵、徐鹤江、陈继光、耿涛。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 755—1987、GB 755—2000、GB/T 755—2008。

旋转电机 定额和性能

1 范围

本标准适用于所有的旋转电机,但其他国家标准和 IEC 标准所规定的电机除外,例如,IEC 60349。

本标准范围内的电机也可符合经取代、修改或补充的其他国家标准和 IEC 标准的要求,例如 IEC 60079 和 IEC 60092。

注:如为了适用于特殊用途例如耐辐射电机或宇航电机而要对本标准的某些条文进行修改,则所有其他条文在其能适用时仍然有效。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2900.25—2008 电工术语 旋转电机(IEC 60050-411:1996, IDT)

GB/T 21210—2016 单速三相笼型感应电动机的起动性能(IEC 60034-12:2016, IDT)

IEC 60027-1 电工技术应用的字母符号 第 1 部分:总则(Letter symbols to be used in electrical technology—Part 1:General)

IEC 60027-4 电工技术应用的字母符号 第 4 部分:旋转电机(Letter symbols to be used in electrical technology—Part 4:Rotating electric machines)

IEC 60034-2(所有部分) 旋转电机 第 2 部分:旋转电机(牵引电机除外)确定损耗和效率的标准试验方法 [Rotating electrical machines—Part 2: Standard methods for determining losses and efficiency from tests(excluding machines for traction vehicles)]

IEC 60034-3 旋转电机 第 3 部分:汽轮机或燃气轮机驱动的同步发电机的特殊要求(Rotating electrical machines—Part 3:Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines)

IEC 60034-5 旋转电机 第 5 部分:旋转电机整体结构的防护等级(IP 代码)分级[Rotating electrical machines—Part 5:Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines(IP code)—Classification]

IEC 60034-6 旋转电机 第 6 部分:冷却方法(IC 代码)[Rotating electrical machines—Part 6:Methods of cooling(IC code)]

IEC 60034-8 旋转电机 第 8 部分:线端标志与旋转方向(Rotating electrical machines—Part 8:Terminal markings and direction of Rotation)

IEC 60034-15 旋转电机 第 15 部分:交流电机定子成型线圈耐冲击电压水平(Rotating electrical machines—Part 15:Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines)

IEC 60034-18(所有部分) 旋转电机 第 18 部分:绝缘结构功能性评定(Rotating electrical machines—Part 18:Functional evaluation of insulation systems)

IEC 60034-18-41 旋转电机 第 18-41 部分:电压源变频器供电旋转电机用 I 型电气绝缘结构的

鉴别和型式试验[Rotating electrical machines—Part 18-41; Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters—Qualification and quality control tests]

IEC TS 60034-25 旋转电机 第 25 部分:用于电力传动系统的交流电机 应用导则(Rotating electrical machines—Part 25; AC electrical machines used in power drive systems—Application guide)

IEC 60034-29 旋转电机 第 29 部分:等效负载和叠加试验技术 间接法确定旋转电机温升(Rotating electrical machines—Part 29; Equivalent loading and superposition techniques—Indirect testing to determine temperature rise)

IEC 60034-30(所有部分) 旋转电机 第 30 部分:交流电动机效率分级(IE 代码)[Rotating electrical machines—Part 30; Efficiency classes of A.C. motors (IE-code)]

IEC 60038 IEC 标准电压(IEC standard voltages)

IEC 60060-1 高压试验技术 第 1 部分:一般定义和试验要求(High-voltage test techniques—Part 1; General definitions and test requirements)

IEC 60072(所有部分) 旋转电机尺寸和输出功率等级(Dimensions and output series for rotating electrical machines)

IEC 60085 电气绝缘 耐热性评定和分级(Electrical insulation—Thermal evaluation and designation)

IEC 60204-1 机械的安全 机械的电气设备 第 1 部分:通用要求(Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 1; General requirements)

IEC 60204-11 机械的安全 机械的电气设备 第 11 部分:交流电压 1 000 V 或直流电压 1 500 V 以上和 36 kV 以下高压设备的要求(Safety of machinery—Electrical equipment of machines—Part 11; Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV)

IEC 60335-1:2010 家用和类似用途电器的安全 第 1 部分:通用要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 1; General requirements)

IEC 60445 人机接口、作标记和识别的基本与安全原则 电器端子和用相应符号标志的接线端子的识别方法(Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification — Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors)

IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原则要求和试验(Insulation coordination for equipment within low-voltage systems—Part 1; Principles, requirements and tests)

IEC 61148 阀器件堆和组合装置以及电力变流设备的端子标记(Terminal markings for valve device stacks and assemblies and for power conversion equipment)

IEC 61293 供电电气设备的额定值标记 安全性要求(Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply—Safety Requirements)

CISPR 11 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法(Industrial, scientific and medical equipment—Radiofrequency disturbance characteristics—Limits and methods of measurement)

CISPR 14(所有部分) 家用电器、电动工具和类似装置 电磁兼容要求(Electromagnetic compatibility—Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus)

CISPR 16(所有部分) 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范(Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods)

3 术语和定义

GB/T 2900.25—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注 1：关于冷却及冷却介质，除 3.17~3.22 外，其余见 IEC 60034-6。

注 2：本文件中的“协议”指“制造商与用户间的协议”。

3.1

额定值 rated value

通常由制造商对电机在规定运行条件下所指定的一个量值。

注：额定电压或电压范围指的是线端额定电压或电压范围。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-23]

3.2

定额 rating

一组额定值和运行条件。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-24]

3.3

额定输出 rated output

定额中的输出值。

3.4

负载 load

在给定时刻，通过电路或机械装置施加于电机的全部电量(发电机)和机械量(电动机)的数值。

注：改写 GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-01。

3.5

空载(运行) no-load (operation)

电机处于零功率输出的旋转状态(其他均为正常运行条件)。

注：改写 GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-02。

3.6

满载 full load

电机以其定额运行时的负载。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-10]

3.7

满载值 full load value

电机满载运行时的量值。

注：这一概念适用于功率、转矩、电流、转速等。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-11]

3.8

停机和断能 de-energized and rest

电机处在既无运动，又无电能或机械能输入时的状态。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-03]

3.9

工作制 duty

电机所承受的一系列负载状况的说明，包括起动、电制动、空载、停机和断能及其持续时间和先后顺序等。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-06]

3.10

工作制类型 **duty type**

分为连续、短时、周期性或非周期性几种类型。周期性工作制包括一种或多种规定了持续时间的恒定负载；非周期性工作制中的负载和转速通常在允许的运行范围内变化。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-13]

3.11

负载持续率 **cyclic duration factor**

工作周期中的负载(包括启动与电制动在内)持续时间与整个周期的时间比,以百分数表示。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-09]

3.12

堵转转矩 **locked rotor torque**

电动机在额定电压、额定频率和转子在所有转角位置堵住时在其转轴上所产生的转矩的最小测得值。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-48-06]

3.13

堵转电流 **locked rotor current**

电动机在额定电压、额定频率和转子在所有转角位置堵住时从供电线路输入的最大稳态电流有效值。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-48-16]

3.14

(交流电动机的)最小转矩 **pull-up torque (of an a.c. motor)**

电动机在额定电压、额定频率下,在零转速与对应于最大转矩的转速之间所产生的稳态异步转矩的最小值。

注 1: 本定义不适用于转矩随转速增加而连续下降的异步电动机。

注 2: 在某些特定的转速下,除了稳态异步转矩外,还会产生与转子功角成函数关系的谐波同步转速。

在这些转速下,对应于某些转子功角的加速转矩可能成为负值。

经验和计算表明这是一种不稳定的运行状态,谐波同步转矩不会妨碍电动机的加速,可从本定义中排除。

3.15

(交流电动机的)最大转矩 **breakdown torque (of an a.c. motor)**

电动机在额定电压、额定频率下所产生的无转速突降的稳态异步转矩最大值。

注: 本定义不适用于转矩随转速增加而连续下降的异步电动机。

3.16

(同步电动机的)失步转矩 **pull-out torque (of a synchronous motor)**

同步电动机在额定电压、额定频率和额定励磁电流下,在同步转速时所能产生的最大转矩。

3.17

冷却 **cooling**

一种热量传递过程,电机中因损耗而形成的热量被传递给初级冷却介质,该介质可连续地被更换或在冷却器中被次级冷却介质所冷却。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-01]

3.18

冷却介质 **coolant**

传递热量的气体或液体介质。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-02]

3.19

初级冷却介质 primary coolant

温度低于电机某部件的气体或液体介质,它与电机的该部件相接触,并将其放出的热量带走。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-03]

3.20

次级冷却介质 secondary coolant

温度低于初级冷却介质的气体或液体介质,通过冷却器或电机的外表面将初级冷却介质放出的热量带走。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-04]

3.21

直接冷却(内冷)绕组 direct cooled (inner cooled) winding

一种绕组,其冷却介质流经位于主绝缘内部作为绕组组成部分的空心导体、导管、风道或通道,与被冷却部分直接接触,不管其取向如何。

注:在任何情况下,如未标明“间接”或“直接”字样则意味着是间接冷却绕组。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-08]

3.22

间接冷却绕组 indirect cooled winding

除直接冷却绕组以外的其他任何绕组。

注:在任何情况下,如未标明“间接”或“直接”字样则意味着是间接冷却绕组。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-44-09]

3.23

附加绝缘 supplementary insulation

为了防止因主绝缘损坏而发生触电事故,在主绝缘之外增加的独立绝缘。

3.24

转动惯量 moment of inertia

物体的各个质点的质量与质点到规定轴线的距离(半径)平方乘积的总和(积分)。

3.25

热稳定 thermal equilibrium

电机发热部件的温升在半小时内的变化不超过 1 K 的状态。

注 1: 热平衡可以用时间-温升图来定义,即相邻间隔半小时的起点和终点之间的连线每半小时有 1 K 或小于 1 K 的梯度或每小时有 2 K 或小于 2 K 的梯度。

注 2: 改写 GB/T 2900.25—2008, 定义 411-51-08。

3.26

等效热时间常数 thermal equivalent time constant

可取代几个单独的时间常数,以近似地确定绕组内电流发生阶跃性变化后的温度变化过程。

3.27

囊封式绕组 encapsulated winding

用模塑绝缘完全封闭或密闭的绕组。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-39-06]

3.28

直流电动机电枢由静止电力变流器供电时的额定直流电流波形因数 rated form factor of direct current supplied to a d.c. motor armature from a static power converter

在额定条件下,最大允许电流的有效值 $I_{\text{rms,max N}}$ 与其平均值 I_{avN} (一个周期内的积分平均)之比,见式(1):

$$k_{\text{IN}} = \frac{I_{\text{rms,max N}}}{I_{\text{avN}}} \dots\dots\dots (1)$$

3.29

电流纹波因数 current ripple factor

波动电流的最大值 I_{max} 和最小值 I_{min} 之差与其 2 倍平均值 I_{av} (一个周期内的积分平均) 之比, 见式 (2):

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{2I_{\text{av}}} \dots\dots\dots (2)$$

注 1: 如电流纹波值较小, 纹波因数可近似由式 (3) 表示:

$$q_i = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} \dots\dots\dots (3)$$

注 2: 如 q_i 的计算结果等于或小于 0.4, 式 (3) 可用于近似计算。

3.30

容差 tolerance

一个量的标称值与其测量值之间的允许偏差。

3.31

型式试验 type test

对按照某一设计而制造的一台或几台电机所进行的试验, 以表明这一设计符合一定的标准。

注: 如果电机型式试验和额定值或其他性能有轻微偏差也可以认为是有效的。这个偏差宜经过协议允许。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-53-01]

3.32

检查试验 routine test

对每台电机在制造期间或完工后所进行的试验, 以判明其是否符合标准。

[GB/T 2900.25—2008, 定义 411-53-02]

3.33

飞逸转速 runaway speed

在调速器不起作用时发电机突然卸载后发动机/发电机组达到的最大转速。

注: 对电动机来说, 最大过速出现在失去电源时, 这意味着电动机可能被连接的设备所驱动。

[IEC 60050-411;1996, 定义 811-17-23]

4 工作制

4.1 工作制的表达

用户有责任表明工作制。用户可用下述方法之一来表明工作制:

- a) 用数字表明负载不变或按已知的方式变化;
- b) 用变化量的时间顺序图;
- c) 在 S1~S10 中选出一个繁复程度不低于所期望的工作制。

工作制的类型应符合 4.2 的规定, 用适当的简称来表示, 写在负载值后面。

各类周期持续系数在相应的工作制类型图中有表示。

用户通常不能提出电动机的转动惯量 (J_M) 或相对预热寿命 (TL), 参见附录 A。制造商要提供此类数据。

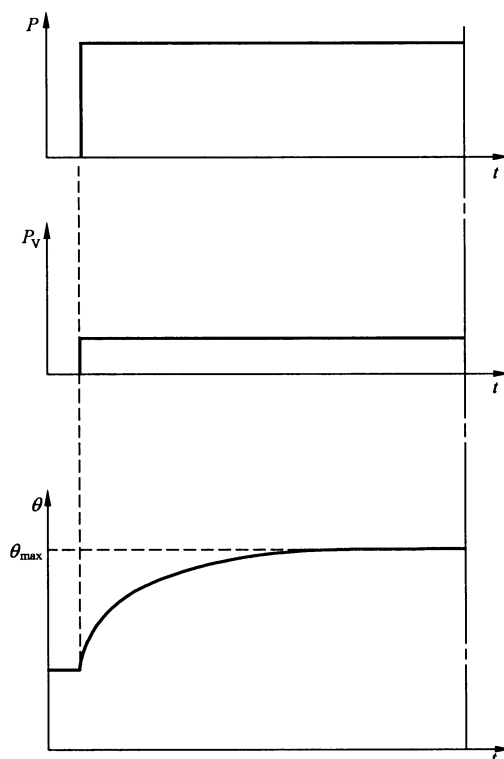
在用户未表明工作制时, 制造商应认为是 S1 工作制 (连续工作制)。

4.2 工作制类型

4.2.1 S1 工作制——连续工作制

保持在恒定负载下运行至热稳定状态,见图 1。

本工作制简称 S1。



说明:

P ——负载;

P_v ——电气损耗;

θ ——温度;

$\theta_{\max}$ ——达到的最高温度;

t ——时间。

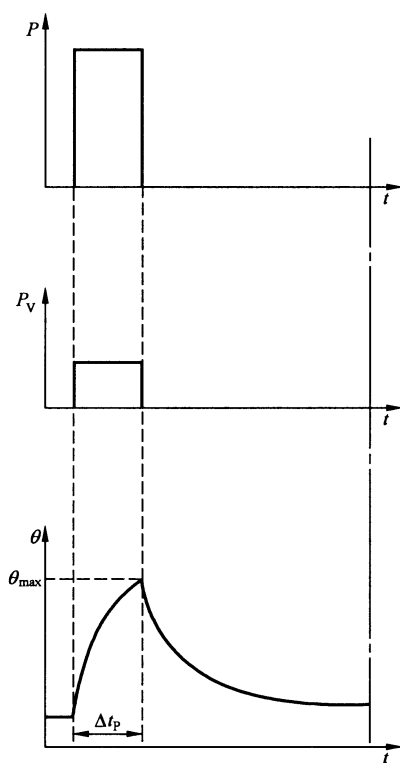
图 1 连续工作制——S1 工作制

4.2.2 S2 工作制——短时工作制

在恒定负载下按给定的时间运行,电机在该时间内不足以达到热稳定,随之停机和断能,其时间足以使电机再度冷却到与冷却介质之差在 2 K 以内,见图 2。

本工作制简称为 S2,随后标以工作制的持续时间。

例:S2 60 min



说明：

P ——负载；

P_v ——电气损耗；

θ ——温度；

$\theta_{\max}$ ——达到的最高温度；

t ——时间；

Δt_p ——恒定负载运行时间。

图 2 短时工作制——S2 工作制

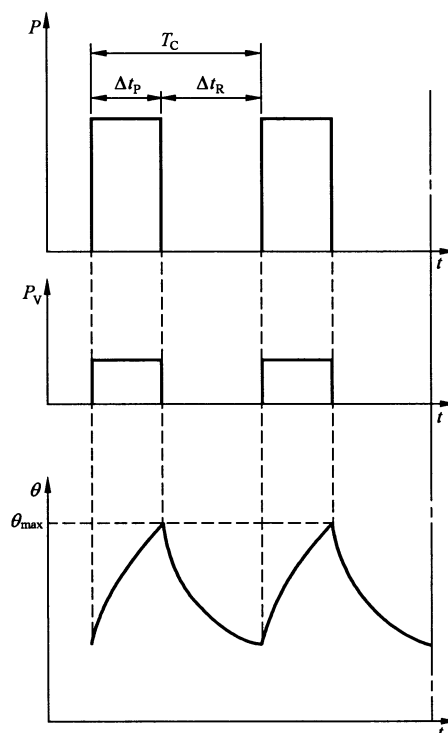
4.2.3 S3 工作制——断续周期工作制¹⁾

按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段停机和断能时间，见图 3。这种工作制，每一周期的起动电流不致对温升有显著影响。

本工作制简称为 S3，随后标以负载持续率。

例：S3 25%

1) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。



说明:

P ——负载;

P_V ——电气损耗;

θ ——温度;

$\theta_{\max}$ ——达到的最高温度;

t ——时间;

T_C ——负载周期;

Δt_P ——恒定负载运行时间;

Δt_R ——停机和断能时间;

负载持续率 $= \Delta t_P / T_C$ 。

图 3 断续周期工作制——S3 工作制

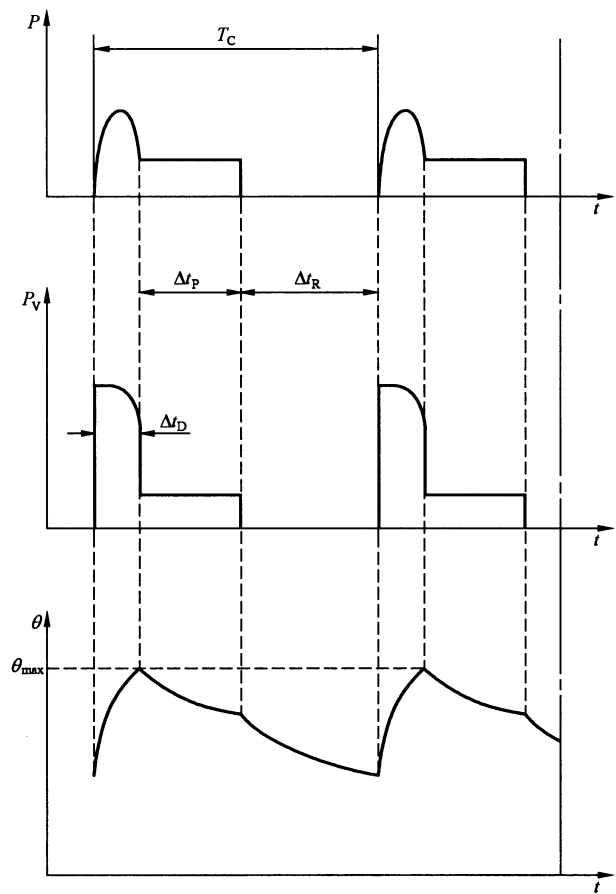
4.2.4 S4 工作制——包括起动的断续周期工作制²⁾

按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段对温升有显著影响的起动时间,一段恒定负载运行时间和一段停机和断能时间,见图 4。

本工作制简称为 S4,随后标以负载持续率以及归算至电动机转轴上的电动机转动惯量(J_M)和负载转动惯量(J_{ext})。

例: S4 25% $J_M = 0.15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ $J_{\text{ext}} = 0.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

2) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。



说明：

P ——负载；

P_v ——电气损耗；

θ ——温度；

$\theta_{\max}$ ——达到的最高温度；

t ——时间；

T_C ——负载周期；

Δt_D ——起动/加速时间；

Δt_P ——恒定负载运行时间；

Δt_R ——停机和断能时间；

负载持续率 $= (\Delta t_D + \Delta t_P) / T_C$ 。

图 4 包括起动的断续周期工作制——S4 工作制

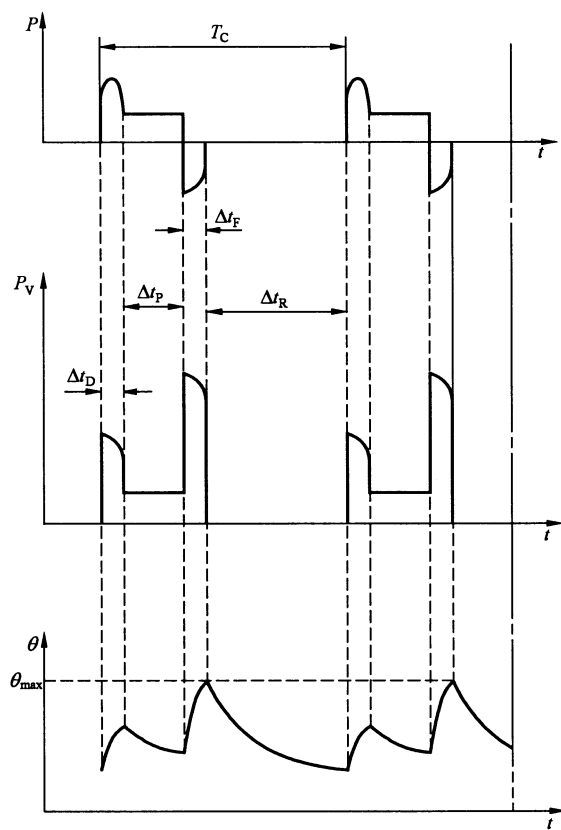
4.2.5 S5 工作制——包括电制动的断续周期工作制³⁾

按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起动时间，一段恒定负载运行时间，一段电制动时间和一段停机和断能时间，见图 5。

本工作制简称为 S5，随后标以负载持续率以及归算至电动机转轴上的电动机转动惯量(J_M)和负载转动惯量(J_{ext})。

例：S5 25% $J_M=0.15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ $J_{ext}=0.7 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

3) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。



说明:

P ——负载;

P_v ——电气损耗;

θ ——温度;

$\theta_{\max}$ ——达到的最高温度;

t ——时间;

T_C ——负载周期;

Δt_D ——起动/加速时间;

Δt_P ——恒定负载运行时间;

Δt_F ——电制动时间;

Δt_R ——停机和断能时间;

负载持续率 $= \Delta t_P / T_C$ 。

图 5 包括电制动的断续周期工作制——S5 工作制

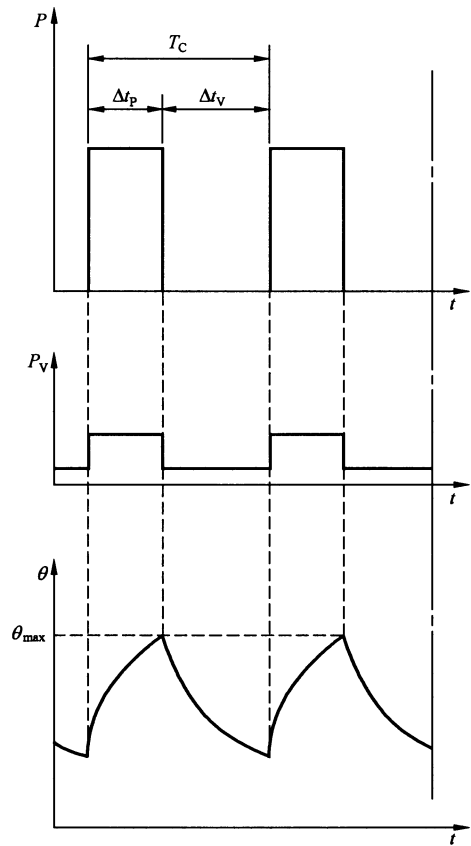
4.2.6 S6 工作制——连续周期工作制⁴⁾

按一系列相同的工作周期运行,每一周期包括一段恒定负载运行时间和一段空载运行时间,无停机和断能时间,见图 6。

本工作制简称为 S6,随后标以负载持续率。

例:S6 40%

4) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。



说明：
 P ——负载；
 P_V ——电气损耗；
 θ ——温度；
 $\theta_{\max}$ ——达到的最高温度；
 t ——时间；
 T_C ——负载周期；
 Δt_P ——恒定负载运行时间；
 Δt_V ——空载运行时间；
负载持续率 $=\Delta t_P/T_C$ 。

图 6 连续周期工作制——S6 工作制

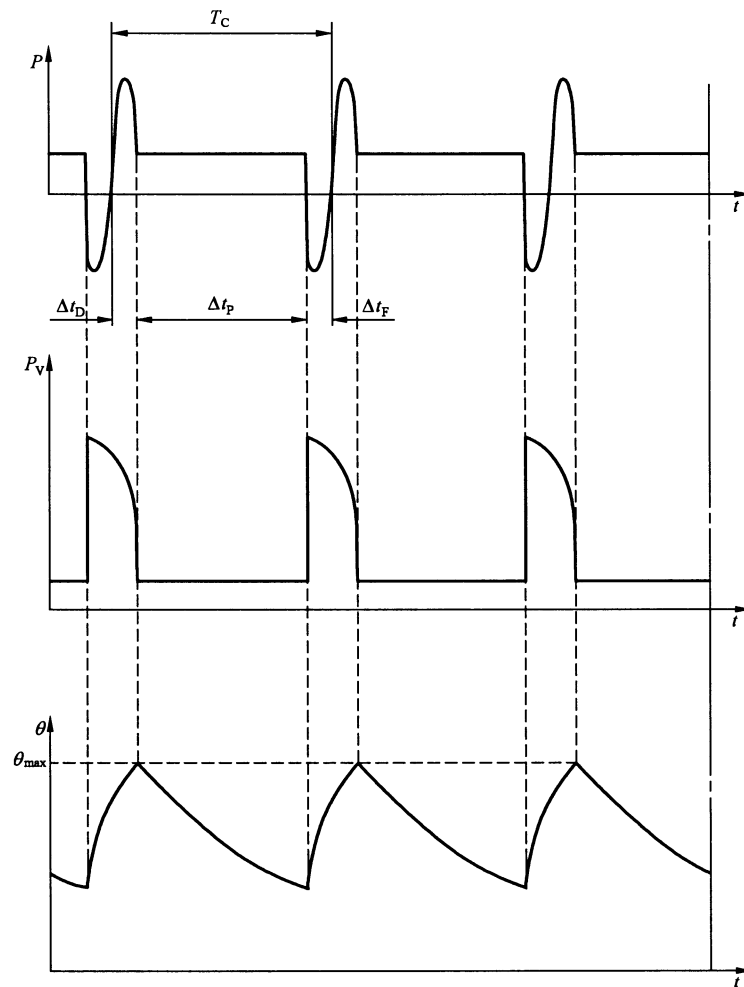
4.2.7 S7 工作制——包括电制动的连续周期工作制⁵⁾

按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段起动时间，一段恒定负载运行时间和一段电制动时间，无停机和断能时间，见图 7。

本工作制简称为 S7，随后标以归算至电动机转轴上的电动机转动惯量(J_M)和负载转动惯量(J_{ext})。

例：S7 $J_M=0.4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ $J_{ext}=7.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

5) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。



说明：

P ——负载；

P_v ——电气损耗；

θ ——温度；

t ——时间；

T_c ——负载周期；

Δt_D ——起动/加速时间；

Δt_P ——恒定负载运行时间；

Δt_F ——电制动时间；

负载持续率=1。

图 7 包括电制动的连续周期工作制——S7 工作制

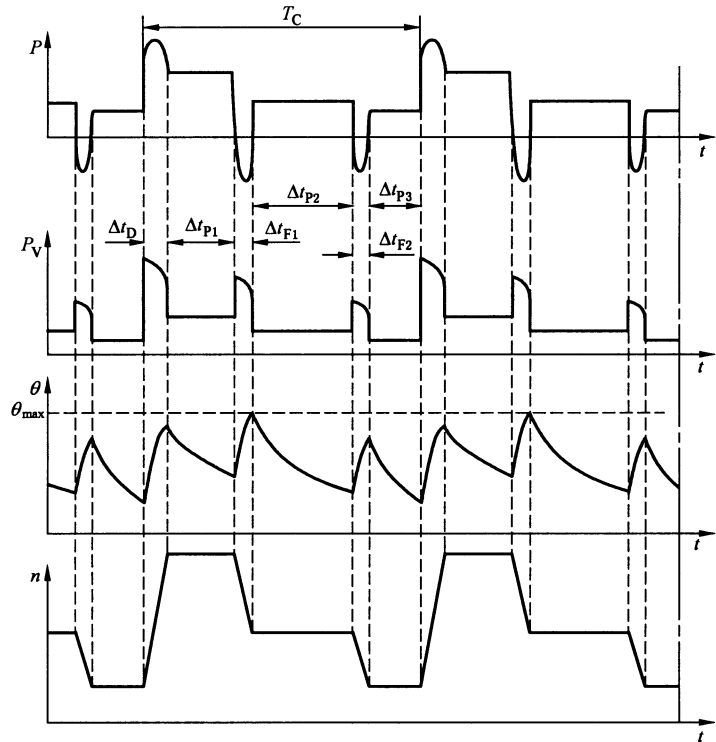
4.2.8 S8 工作制——包括负载-转速相应变化的连续周期工作制⁶⁾

按一系列相同的工作周期运行，每一周期包括一段按预定转速运行的恒定负载时间和一段或几段按不同转速运行的其他恒定负载时间(例如变极多速感应电动机)，无停机和断能时间，见图 8。

本工作制简称为 S8，随后标以归算至电动机转轴上的电动机转动惯量(J_M)和负载转动惯量(J_{ext})以及在每一转速下的负载、转速与负载持续率。

6) 周期工作制是指负载运行期间电机未达到热稳定。

例: S8 $J_M=0.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ $J_{\text{ext}}=6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 16 kW 740 r/min 30%
40 kW 1 460 r/min 30%
25 kW 980 r/min 40%



说明:

P ——负载;

P_V ——电气损耗;

θ ——温度;

θ_{max} ——达到的最高温度;

n ——转速;

t ——时间;

T_C ——负载周期;

Δt_D ——启动/加速时间;

Δt_P ——恒定负载运行时间(P1,P2,P3);

Δt_F ——电制动时间(F1,F2);

负载持续率= $(\Delta t_D + \Delta t_{P1})/T_C$; $(\Delta t_{F1} + \Delta t_{P2})/T_C$; $(\Delta t_{F2} + \Delta t_{P3})/T_C$ 。

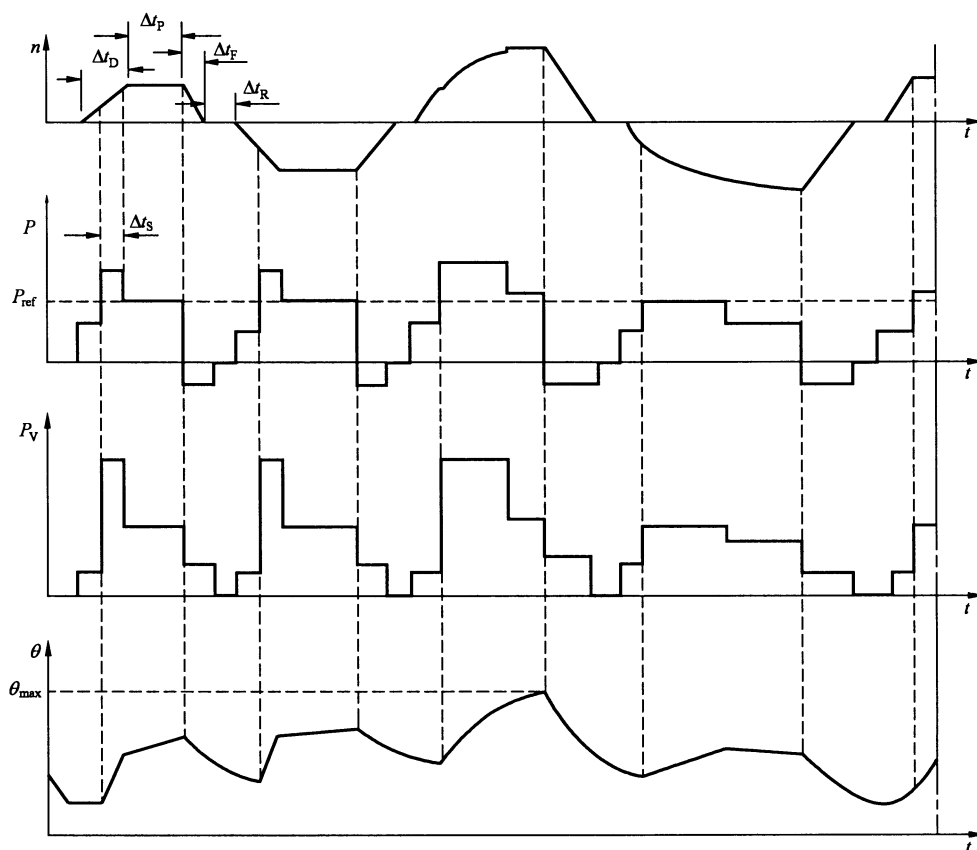
图 8 包括负载-转速相应变化的连续周期工作制——S8 工作制

4.2.9 S9 工作制——负载和转速作非周期变化的工作制

负载和转速在允许的范围内作非周期性变化的工作制。这种工作制包括经常性过载,其值可远远超过基准负载,见图 9。

本工作制简称 S9。

对于本工作制中的过载概念,要选定一个以 S1 工作制为基准的合适的恒定负载为基准值(图 9 中的“ P_{ref} ”)。



说明:

P ——负载;

P_{ref} ——基准负载;

P_v ——电气损耗;

θ ——温度;

θ_{max} ——达到的最高温度;

n ——转速;

t ——时间;

Δt_D ——起动/加速时间;

Δt_P ——恒定负载运行时间;

Δt_F ——电制动时间;

Δt_R ——停机和断能时间;

Δt_S ——过载时间。

图 9 负载和转速作非周期变化的工作制——S9 工作制

4.2.10 S10 工作制——离散恒定负载和转速工作制

包括特定数量的离散负载(或等效负载)/转速(如可能)的工作制,每一种负载/转速组合的运行时间足以使电机达到热稳定,见图 10。在一个工作周期中的最小负载值可为零(空载或停机和断能)。

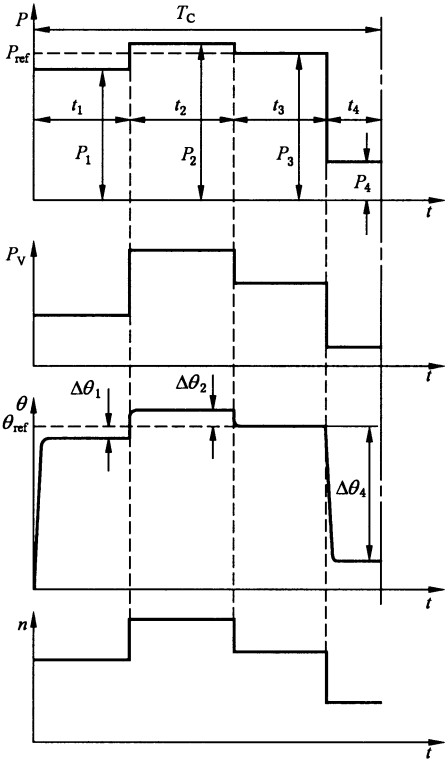
本工作制简称为 S10,随后标以相应负载及其持续时间的标幺值 $p/\Delta t$ 和绝缘结构相对预期热寿命的标幺值 TL 。预期热寿命的基准值是 S1 连续工作制定额及其允许温升限值下的预期热寿命。停机和断能时,应用字母 r 表示负载。

例: S10 $p/\Delta t=1.1/0.4;1/0.3;0.9/0.2;r/0.1$ $TL=0.6$

TL 数值宜圆整到最接近的 0.05 的倍数。关于这个参数的含义和数值的推导参见附录 A。

对于本工作制,应适当选取一种基于 S1 工作制的恒定负载为诸离散负载的基准值(在图 10 中的“ P_{ref} ”)。

离散负载值一般是按时间期限内积分求得的等效负载,每一负载周期并不要求完全相同,只是在一个周期内每一种负载的持续时间足以使电机达到稳定,且能对每一负载周期求积得出相同的相对预期热寿命。



说明:

- P ——负载;
- P_i ——负载周期内的恒定负载;
- P_{ref} ——基于 S1 工作制的基准负载;
- P_v ——电气损耗;
- θ ——温度;
- θ_{ref} ——基准负载时的温度;
- t ——时间;
- t_i ——负载周期内的恒定负载时间;
- T_c ——负载周期;
- $\Delta\theta_i$ ——在负载周期内每种负载时绕组的温升与基准温升的差值;
- n ——转速。

图 10 离散恒定负载工作制——S10 工作制

5 定额

5.1 定额的选定

制造商应按 3.2 的规定选定定额。在选定定额时,制造商应按 5.2.1~5.2.6 中的规定选取一种定

额。定额类别应标志在额定输出后。如无定额类别,则认为是连续工作制定额。

当由制造商接入作为电机整体一部分的附件(如电抗器,电容等)时,额定值应归算至整个组合的电源边端子处。

注:本规定不适用于电机与电源之间所接的电力变压器。

当对用静止变流器馈电或供电的电机规定定额时,另作专门考虑。IEC TS 60034-25 给出了应用导则。

5.2 定额类别

5.2.1 连续工作制定额

该种定额,电机可在满足本标准的要求下长期运行。

该种定额等级相应于 S1 工作制,标志方法亦同 S1 工作制。

5.2.2 短时工作制定额

该种定额,电机可在满足本标准的要求时在环境温度下起动,并在规定的时限内运行。

该种定额等级相应于 S2 工作制,标志方法亦同 S2 工作制。

5.2.3 周期工作制定额

该种定额,电机可在满足本标准的要求时,按指定的工作周期运行。

该种定额等级相应于 S3~S8 工作制中的一种,标志方法亦同相应的工作制。

除非另有规定,周期性负载的持续时间为 10 min,负载占空比应为下述数值之一:

15%, 25%, 40%, 60%

5.2.4 非周期工作制定额

该种定额,电机可在满足本标准的要求时做非周期运行。

该种定额等级相应于非周期工作制 S9,标志方法亦同 S9 工作制。

5.2.5 离散恒定负载和转速工作制定额

该种定额,电机可在满足本标准的要求时,能承受 S10 工作制的联合负载和转速做长期运行。在一个工作周期内的最大允许负载应考虑到电机的所有部件,如绝缘结构对于相对预期热寿命的指数规律的正确性、轴承温度以及其他部件的热膨胀等。除非其他相关国家标准或 IEC 标准另有规定,最大负载应不超过以 S1 工作制为基准的负载值的 1.15 倍。最小负载可为零,此时电机处于空载或停机和断能状态。这类定额的选用参见附录 A。

该种定额等级相应于 S10 工作制,标志方法亦同 S10 工作制。

注:其他相关国家标准或 IEC 标准允许用限制绕组温度(或温升)取代基于 S1 工作制的负载标么值规定最大负载。

5.2.6 等效负载定额

一种为试验目的而规定的定额,按其规定在满足本标准各项要求的同时,电机可在恒定负载下运行直至达到热稳定,使定子绕组温升与在规定工作制的一个负载周期内的平均温升相同。

等效定额的定义宜考虑一个工作周期内负载,转速和冷却的变化。

如采用这类定额,标志为“equ”。

5.3 定额类别的选定

按一般用途制造的电机应具有连续工作制定额,并能以 S1 工作制运行。

如用户未表明工作制,则认为是 S1 工作制,其定额应为连续工作制定额。

对用于短时工作制定额的电机,其定额应以 S2 工作制为基准,见 4.2.2。

对用于可变负载或负载包括空载、停机和断能的电机,其定额应为以 S3~S8 工作制之一为基准的周期工作制定额,见 4.2.3~4.2.8。

对用于转速变化负载亦变化,包括过载的电机,其定额应为以 S9 工作制为基准的非周期工作制定额,见 4.2.9。

对用于离散恒定负载,包括过载或空载(或停机和断能)的电机,其定额应为以 S10 工作制为基准的离散恒定负载定额,见 4.2.10。

5.4 各种定额类别的输出

在确定定额时:

对 S1~S8 工作制,其恒定负载规定值应为额定输出,见 4.2.1~4.2.8;

对 S9 和 S10 工作制,应以基于 S1 工作制的负载基准值作为额定输出,见 4.2.9 和 4.2.10。

5.5 额定输出

5.5.1 直流发电机

额定输出是指接线端子处的输出功率,应用瓦(W)表示。

5.5.2 交流发电机

额定输出是指接线端子处的视在功率,应用伏安(VA)连同功率因数表示。

除非与购买者另有规定,同步发电机的额定功率因数应为 0.8 滞后(过励)。

注:交流发电机的 P-Q 出力图(功率图)表明了运行限值,提供了更多的发电机性能参数的信息。

5.5.3 电动机

额定输出是指转轴上的有效机械功率,应用瓦(W)表示。

5.5.4 同步调相机

额定输出是指接线端子处的无功功率,在超前(欠励)或滞后(过励)的条件下,应用乏(Var)表示。

5.6 额定电压

5.6.1 直流发电机

对在较小电压范围内运行的直流发电机,除非另有规定,其额定输出和电流应相应于该电压范围内最大值,见 7.3。

5.6.2 交流发电机

对在较小电压范围内运行的交流发电机,除非另有规定,其额定输出和功率因数应相应于该电压范围内的任一数值,见 7.3。

5.7 电压与输出的对应关系

按照各种不同的额定电压等级制造所有定额的电机是不现实的。通常,对于交流电机,考虑到设计和制造因素,按照电机额定输出,高于 1 kV 的优先电压定额见表 1。

表 1 优先电压定额

额定电压 kV	最小额定输出 kW 或 kVA
$1.0 < U_N \leq 3.0$	100
$3.0 < U_N \leq 6.0$	150
$6.0 < U_N \leq 11.0$	800
$11.0 < U_N \leq 15.0$	2 500

5.8 多种定额电机

对于多种定额电机,每种定额在各个方面都应符合本标准。

对于多速电动机,应对每一转速规定定额。

当一额定参量(输出、电压、转速等)有若干个数值或在两个限值内连续变化时,则应按这些数值或限值说明定额。本规定不适用于 7.3 规定的运行期间电压和频率变化或起动时的星-三角连接。

6 现场条件

6.1 概述

除非另有规定,电机在运行、停机、贮存和运输过程中应适合于下述现场条件。不同类型冷却器入口处的温度见表 5。对于现场运行条件偏差的修正,见第 8 章。

电机运行在本标准规定范围外的情况应特别考虑。

6.2 海拔

海拔应不超过 1 000 m。

6.3 最高环境空气温度

环境空气温度应不超过 40 ℃。

6.4 最低环境空气温度

除非制造商和用户另行商定,对于任何电机,环境空气温度应不低于-15 ℃,但下述电机的环境空气温度应不低于 0 ℃:

- 额定输出大于 3 300 kW(或 kVA)/1 000 r/min;
- 额定输出小于 600 W(或 VA);
- 带换向器;
- 带滑动轴承;
- 以水作为初级或次级冷却介质。

6.5 冷却水温

参考冷却水温见表 5。其他冷却水温见表 10。冷却水温度应不低于+5 ℃。⁷⁾

7) 根据我国自然环境,如有需要,冷却水温应不高于+33 ℃。

6.6 停机、贮存和运输

如在运输、贮存或安装后停机时的温度可能会低于 6.4 的规定时,用户应通知制造商并规定所要求的最低温度。

注:在长时间停机、贮存和运输后电机通电时可能需要特别的测试。电机经过了一段非运行周期后也需要特别的测试,具体见制造商的使用说明。

6.7 氢气冷却介质的纯度

氢冷电机当冷却介质的含氢量不少于 95%(按体积计)时,应能在额定条件下输出额定功率。

注:考虑到安全问题,当混合气体中另一气体为空气时,氢气含量无论在何种情况下均宜保持在 90%或以上。

当按 IEC 60034-2(所有部分)的规定计算效率时,除非制造商和用户之间另有协议,在规定的压力和再冷却温度下,气体混合物的标准成份应是 98%的氢气和 2%的空气(按体积计)。风摩耗应按相应的密度计算。

7 电气运行条件

7.1 电源

对直接连接到配电系统或用电系统的三相 50 Hz 或 60 Hz 交流电机的额定电压应符合 IEC 60038 所规定的标称电压。

注:大型高压交流发电机的电压可按最佳性能选取。

对用静止变流电源供电的交流电动机,电压、频率和波形的规定均不适用,额定电压应按协议规定。

根据 IEC 60034-18-41 具有 I 型绝缘结构,设计为电压源变频器供电的电机,制造商能根据 IEC 60034-18-41 给绝缘结构标注脉冲电压等级(IVIC)。这种情况时,绝缘结构相-相间宜满足 IVIC C 级,相-地间宜满足 IVIC B 级或制造商和用户之间协定的等级。IVIC 等级应标注在文件中和标注在铭牌上更好(见 10.2)。

注:变频器供电电机特殊考虑的更多信息见 IEC TS 60034-25。

当发生交流电动机母线的任何切换或快速重合闸时,例如,其电压的供给由电网规定的要求控制,会导致非常高的峰值电流危及定子绕组端部和产生非常高的峰值转矩,甚至高达 20 倍额定转矩危及机械结构包括联轴器和被驱动或正在驱动的设备,因此母线切换或快速重合闸仅在电机和被驱动设备制造商接受并在规格书中写明的情况下才被允许。对于额定容量小于或等于 10 MW 或 10 MVA 的电机,超过 1.5 倍开路时间常数的慢速重合闸是被允许的。对于额定容量大于 10 MW 或 10 MVA 的电机,被允许的最小慢速重合闸时间宜由系统集成商通过完整系统的瞬态分析确定,并且如果电机和被驱动设备制造商接受,则这个最小慢速重合闸时间被允许。

7.2 电压和电流的波形和对称性

7.2.1 交流电动机

7.2.1.1 对用于由交流发电机供电(无论是地区供电或经电网供电),频率为固定的电源上的交流电动机,供电电压谐波电压因数(HVF)应不超过以下数值:

- 对单相电动机和三相电动机,包括同步电动机但不包括 N 设计电动机(见 GB/T 21210—2016),制造商如无其他说明,供电电压的谐波电压因数不超过 0.02;
- N 设计电动机供电电压谐波电压因数应不超过 0.03。

HVF 值应按式(4)计算:

$$HVF = \sqrt{\sum_{n=2}^k \frac{u_n^2}{n}} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

u_n ——谐波电压的标幺值(以额定电压 U_N 为基值);

n ——谐波次数(对三相交流电动机不包含 3 及 3 的倍数);

$k=13$ 。

三相交流电动机应能在三相电压系统的电压负序分量不超过正序分量的 1%(长期运行),或不超过 1.5%(不超过几分钟的短时运行)且零序分量不超过正序分量 1%的条件下运行。

即使 HVF 和负序分量和零序分量的限值在电机额定负载运行时同时发生,也不应导致在电动机中产生任何有害的温度。其温升允许超过本标准规定限值,但建议不宜超过 10 K。

注:在大型单相负载(如感应电炉)附近,在农村特别是在工业和民用混合的用电系统,电源畸变可能超出上述限值。对此,有必要达成专门协议。

7.2.1.2 对用静止变流电源供电的交流电动机,应容许较高的电源电压谐波含量。见 IEC TS 60034-25。

注:当电源电压明显为非正弦时,例如用静止变流器供电,其全波和基波的有效值均会影响交流电机的性能。

7.2.2 交流发电机

三相交流发电机应适用于下述供电回路,该回路供以平衡正弦波电压时:

a) 谐波电流因数(HCF)不超过 0.05。

b) 负序和零序电流分量均不超过正序分量的 5%。

HCF 应按式(5)计算:

$$HCF = \sqrt{\sum_{n=2}^k i_n^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

i_n ——为 n 次谐波电流 I_n 与额定电流 I_N 之比;

n ——谐波次数;

$k=13$ 。

即使畸变和不平衡的限值在电机额定负载运行时同时发生,也不应导致在发电机中产生任何有害的温度。其温升允许超过本标准规定限值,但建议不能超过 10 K。

7.2.3 同步电机

除非另有规定,三相同步电机应能在不平衡系统中连续运行,该系统的各相电流均不超过额定电流,且电流的负序分量(I_2)与额定电流(I_N)之比不超过表 2 所规定的数值。在故障状态下,应能在 $(I_2/I_N)^2$ 与时间(t)的乘积不超过表 2 所规定的数值下运行。

表 2 同步电机不平衡运行条件

项号	电机型式	连续运行时的 I_2/I_N 最大值	在故障状态下运行的 $(I_2/I_N)^2 \times t(s)$ 最大值
凸极电机和永磁电机			
1	间接冷却绕组		
	电动机	0.1	20
	发电机	0.08	20
	同步调相机	0.1	20

表 2 (续)

项号	电机型式	连续运行时的 I_2/I_N 最大值	在故障状态下运行的 $(I_2/I_N)^2 \times t(\text{s})$ 最大值
2	直接冷却(内冷)定子和/或励磁绕组		
	电动机	0.08	15
	发电机	0.05	15
	同步调相机	0.08	15
隐极转子同步电机			
3	间接冷却转子绕组		
	空冷	0.1	15
	氢冷	0.1	10
4	直接冷却(内冷)转子绕组		
	$\leq 350 \text{ MVA}$	0.08	8
	$> 350 \text{ MVA} \leq 900 \text{ MVA}$	见注 1	见注 2
	$> 900 \text{ MVA} \leq 1\,250 \text{ MVA}$	见注 1	5
	$> 1\,250 \text{ MVA} \leq 1\,600 \text{ MVA}$	0.05	5
注 1: 对于此类电机, I_2/I_N 按式(6)计算: $I_2/I_N = 0.08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4} \dots\dots\dots (6)$ 注 2: 对于此类电机, t 以秒为单位的 $(I_2/I_N)^2$ 按式(7)计算: $(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0.005\,45(S_N - 350) \dots\dots\dots (7)$ 式中: S_N——额定视在功率,用兆伏安(MVA)表示。			

7.2.4 由静止电力变流器供电的直流电动机

当直流电动机由静止电力变流器供电时,脉动电压和脉动电流将影响电机的性能,与用纯直流电源供电的直流电动机相比,损耗和温升将会增加,换向更困难。

因此,按特定电源供电设计的由静止电力变流器供电额定功率超过 5 kW 的电动机,电机制造商认为需要时可备有一外接电感。

静止电力变流电源应用下述代号作为标志:

$$[\text{CCC} - U_{\text{aN}} - f - L]$$

代号中:

- CCC —— 变流器接线方式的代号,符合 IEC 61148 的规定,见表 3;
- U_{aN} —— 由 3 位或 4 位数字组成,表示变流器输入端的额定交流电压,单位为伏特(V);
- f —— 由 2 位数字组成,表示额定输入频率,单位为赫兹(Hz);
- L —— 由 1 位、2 位或 3 位数字组成,表示与电动机电枢回路串接的外部电感(Mh),如串接电感为零,此标记可省略。

表 3 CCC 代号的定义

CCC 代号	1 对桥臂的配置(配置名称)	桥臂对的数量“m”按 IEC 61148 的规定	引用 IEC 61148 的章条号
A 型	晶闸管+晶闸管(全桥)	$m=3$	5.1.3.2 桥式连接
B 型	晶闸管+二极管(混合桥)	$m=3$	5.1.3.2 桥式连接
C 型	晶闸管+晶闸管(全桥)	$m=2$	5.1.3.2 桥式连接
D 型	晶闸管+二极管(混合桥)	$m=2$	5.1.3.2 桥式连接

额定功率不超过 5 kW 的电动机,只要没有超过设计所规定的额定波形因数,而且电动机电枢回路的绝缘水平与静止电力变流器输入端子处的额定交流电压相匹配,则不论有无外接电感,可以适用于任一静止电力变流器而不局限于某一特定类型的静止电力变流器。

在所有情况下,静止电力变流器输出电流的波动均假定为很小,即在额定条件下电流纹波因数不大于 0.1。

7.3 运行期间电压和频率的变化

对用于由交流发电机供电(无论是地区供电或经电网),且频率为固定的电源上的交流电机,电压和频率的综合变化分为 A 和 B 两个区,图 11 适用于发电机和同步调相机,图 12 适用于电动机。

对直流电机,当直接接到正常恒定的直流母线时,区域 A 和 B 仅适用于电压。

电机应能在区域 A 内连续运行,并实现表 4 规定的基本功能,但其性能不必与额定电压和频率(见图 11 和图 12 中的定额点)时的性能完全相符,可能呈现某些差异,温升可较额定电压和频率时高。

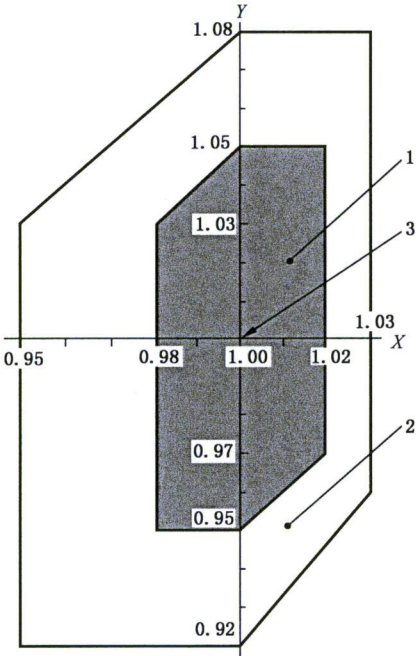
电机应能在区域 B 内运行,但其性能与额定电压和频率时的差异将大于在区域 A 内运行的电机,温升可较额定电压和频率时高,并很可能高于区域 A。不推荐在区域 B 的边界上持续运行。

在实际使用和运行条件下,有时要求电机在区域 A 的边界之外运行。但宜在数值、持续时间及发生的频度等方面加以限制。如有可能宜在合理的时间内采取校正措施,例如降低输出功率,这措施可以避免因温度影响而缩短电机的寿命。

注 1: 本标准规定的温升或温度限值仅适用于定额运行点。当运行点逐步偏离定额点,则电机的温升或温度有可能逐步超过其限值。如电机在区域 A 的边界上运行,温升或温度可能要超过本标准规定的限值约达 10 K。

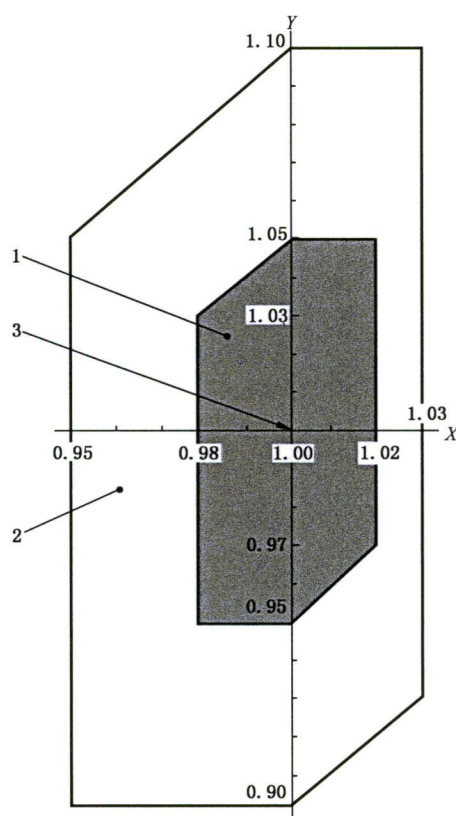
注 2: 交流电动机只要其起动转矩与负载阻力矩互相匹配,可以在较低的电压限值下起动,但此不属本条款的要求。对 N 设计电动机的起动性能,见 GB/T 21210—2016。

注 3: 包含在 IEC 60034-3 范围内的电机,适用于不同电压和频率限值。



说明：
X 轴——频率标么值；
Y 轴——电压标么值；
1 ——区域 A；
2 ——区域 B(区域 A 外)；
3 ——定额点。

图 11 发电机的电压和频率的限值



说明:

X 轴——频率标么值;

Y 轴——电压标么值;

1 ——区域 A;

2 ——区域 B(区域 A 外);

3 ——定额点。

图 12 电动机的电压和频率的限值

表 4 电机的基本功能

项号	电机型式	基本功能
1	除项 5 外的交流发电机	额定功率因数(当可单独控制时)下的额定视在功率, kVA
2	除项 3 和 5 外的交流电动机	额定转矩, N·m
3	除项 5 外的同步电动机	在励磁保持额定励磁电流或额定功率因数(当可单独控制时)下的额定转矩, N·m
4	同步调相机	除非另有协议, 在发电机运行的区域内(见图 11)的额定视在功率, kVA
5	额定输出 ≥ 10 MVA 的汽轮发电机或燃气轮发电机	见 IEC 60034-3
6	直流发电机	额定输出, kW
7	直流电动机	并励电动机的励磁(当可单独控制时)保持额定转速时的额定转矩, N·m

7.4 运行在不接地系统的三相交流电机

三相交流电机应能在中点为接地电位或接近接地电位的情况下连续运行。

三相交流电机也应能在不接地系统中一线处于接地电位的情况下偶然地短时(例如排除故障所需的时间)运行。如果要求电机在这种情况下连续运行或长期运行,则需要加强电机绝缘,使之能适应这种条件。

如果绕组在线端和中性端没有相同的绝缘,则制造商应加以说明。

未经向制造商咨询,不宜将电机的中性点相互联接或接地,因为在某些运行条件下这将会产生各种频率零序电流的危险,以及在线至中性点发生故障时,可能使绕组受到机械损伤。

7.5 耐电压(峰值和梯度)水平

对于交流电动机,如果用户要求,制造商应表明连续运行时的峰值电压和电压梯度的限值。

对于用于电力驱动系统(PDS)的电机,见 IEC TS 60034-25。

电机设计运行在没有局部放电的情况下且指定了脉冲电压等级 IVIC,见 IEC 60034-18-41。

对于高压交流电动机,同时见 IEC 60034-15。

漏电距离和爬电距离的要求见 IEC 60664-1。

8 热性能与试验

8.1 热分级

电机所用的绝缘结构应按 IEC 60085 的规定指定其热分级。

电机制造商有责任说明其产品根据 IEC 60034-18(所有部分)相适应的热寿命试验得出的结果。

注 1: 不宜把新绝缘结构的热分级与所使用的单一材料的热性能相等同。

注 2: 现有的分级如已证实为成熟的,允许继续使用。

8.2 基准冷却介质

表 5 中对指定的电机冷却方法规定了基准冷却介质。

如应用了第三种冷却介质,应测量高于表 5 规定的初级或次级冷却介质的温度以确定温升。

注: 一台电机可采用表 5 中列出的多项冷却方法,在此情况下不同的绕组可采用不同的基准冷却介质。

表 5 基准冷却介质(参见表 11)

项号	初级冷却介质	冷却方法	次级冷却介质	表号	第 5 栏指示的表规定的限值	基准冷却介质
1	空气	间接	无	7	温升	环境空气 参考温度:40 ℃
2	空气	间接	空气	7		电机入口处冷却介质或水 入口处冷却气体参考温度为:40 ℃ 入口处冷却介质水的参考温度:25 ℃ (见注)
3	空气	间接	水	7		
4	氢	间接	水	8		

表 5 (续)

项号	初级冷却介质	冷却方法	次级冷却介质	表号	第 5 栏指示的表规定的限值	基准冷却介质
5	空气	直接	无	12	温度	环境空气 参考温度:40 ℃
6	空气	直接	空气	12		电机入口处气体或绕组入口处液体 参考温度:40 ℃
7	空气	直接	水	12		
8	氢或液体	直接	水	12		
注:对有间接冷却绕组并带有水冷却器的电机,其基准冷却介质可为初级或次级冷却介质(同时参见 10.2 铭牌上标明的信息)。表面冷却的潜水电机或水套冷却的电机其基准冷却介质宜为次级冷却介质。						

8.3 热试验条件

8.3.1 电源

交流电动机进行热试验期间,电源的 HVF 值应不大于 0.015,电压系统的负序分量应小于正序分量的 0.5%,零序分量的影响应予以排除。

根据协议,可用测量电流系统的负序分量来取代测量电压系统的负序分量。电流系统的负序分量应不超过正序分量的 2.5%。

8.3.2 试验前电机的温度

如用电阻法确定绕组温度,初始绕组温度与冷却介质的温度差应不大于 2 K。

按短时定额(S2 工作制)试验的电机,在热试验开始时的温度与冷却介质温度差应在 5 K 以内。

8.3.3 冷却介质温度

电机可在任一合适的冷却介质温度下试验,见表 12(间接冷却绕组)或表 15(直接冷却绕组)。

8.3.4 试验期间冷却介质温度的测量

8.3.4.1 概述

应采用在试验过程中最后四分之一时间内,按相等时间间隔测得的几个温度计读数的平均值作为试验中冷却介质温度。为避免由于大型电机的温度不能迅速地随冷却介质温度相应变化产生时滞而引起的误差,应采取一切适当的措施以减少冷却介质温度的变化。

8.3.4.2 无冷却器的封闭式电机(用环境空气或气体冷却)

环境空气或气体的温度应采用几个温度计来测量,温度计置于电机周围不同的地点,高度为电机的二分之一,距离电机 1 m~2 m 处,并应防止热辐射和气流的影响。

8.3.4.3 开启式电机和用远处的空气或气体通过风道冷却的电机或有独立冷却器的电机

初级冷却介质的温度应在电机的入口处测量。

8.3.4.4 带有外装式或内装式冷却器的封闭式电机

初级冷却介质的温度应在电机的入口处测量,次级冷却介质的温度应在冷却器的入口处测量。

8.4 电机某一部分的温升

电机某一部分的温升 $\Delta\theta$ 就是用 8.5 中规定的适当方法测得的该部分温度与用 8.3.4 中规定的方法测得的冷却介质温度之差。

为了与温升限值(表 8 或表 9)或温度限值(表 13)作比较,如有可能,温度应在热试验结束时立即测量,见 8.7。

如果做不到这点,如用电阻直接测量法,则见 8.6.2.3。

对按实际周期工作工作制(S3~S8 工作制)试验的电机,在最后一个运行周期中,产生最大发热量的持续时间过了一半时的温度应作为试验结束时的温度(见 8.7.3)。

8.5 温度测量方法

8.5.1 概述

测量绕组和其他部分温度的公认方法有三种:

- 电阻法;
- 埋置检温计(ETD)法;
- 温度计法。

不同的方法不应作为相互校核之用。

间接测量法见 IEC 60034-29。

8.5.2 电阻法

根据绕组电阻的增加而确定绕组的温度。

8.5.3 埋置检温计(ETD)法

用埋入电机内部的检温计(如电阻检温计、热电偶或半导体负温度系数检温计)来测量温度。检温计在电机制造过程中埋置于电机制成后触及不到的部位。

8.5.4 温度计法

用温度计贴附于成品电机可触及的表面上来测量温度。术语“温度计”不但包括膨胀式温度计,而且也包括非埋置式热电偶和电阻式温度计。当膨胀式温度计用于测量的强交变或移动磁场的部位的温度时,应采用酒精温度计而不采用水银温度计。

8.6 绕组温度的确定

8.6.1 方法的选择

通常,测量电机绕组温度应采用 8.5.2 所述的电阻法,(同时见 8.6.2.3.3)。

对额定输出为 5 000 kW(或 kVA)及以上交流电机的定子绕组,应采用埋置检温计法。

对额定输出为 5 000 kW(或 kVA)以下但在 200 kW(或 kVA)以上的交流电机,除非另有规定,制造商应选用电阻法或埋置检温计(ETD)法。

对额定输出为 200 kW(或 kVA)及以下交流电机,除非另有规定,制造商应选用电阻法的直接测量法或叠加法(见 8.6.2.1)(同时见下文)。

对额定输出为 600 W(或 VA)及以下的电机,当绕组为非均布或因必要的接线而过份复杂时,可用温度计测量电机温升。温升限值应符合表 8,1d)项电阻法的规定。

下列情况认可用温度计法:

- a) 当不能用电阻法确定温升时,例如带有低电阻的换向线圈和补偿绕组以及一般属于低电阻的绕组,特别是接头和接触电阻占总电阻相当大比例的绕组;
- b) 旋转或静止的单层绕组;
- c) 批量生产的电机在常规试验时;

对每槽只有一个线圈边的交流定子绕组,应采用电阻法而不应采用埋置检温计(ETD)法。

注:为了校核这种绕组在运行时的温度,在槽底埋置检温计的意义不大,因为它主要显示铁心温度。在线圈和槽楔间埋置检温计将能测得更接近于绕组的温度,因此适合于校核之用。该部位的温度可能较低,在该部位所测得的温度与电阻法测得的温度之间的关系,宜通过热试验来确定。

对每槽只有一个线圈边的其他绕组及线圈端部,不应采用埋置检温计(ETD)法来证实是否符合本标准要求。

对带换向器的电枢绕组和所有励磁绕组,公认采用电阻法。对具有一层以上的直流电机静止励磁绕组,容许采用埋置检温计法。

8.6.2 电阻法

8.6.2.1 测量

应采用下述任一种方法测量:

- 使用合适量程的仪表,在试验开始和结束时直接测量;
- 用直流电流/电压测量,对直流绕组:使用合适量程的仪表,测量通过绕组的电流和绕组两端电压;
- 用直流电流/电压测量,对交流绕组:在断能状态下将直流电流引入绕组;
- 在不中断交流负载电流的情况下,在负载电流上叠加一微弱直流测量电流。

8.6.2.2 计算

温升 $(\theta_2 - \theta_a)$ 可按式(8)求得:

$$\frac{\theta_2 + k}{\theta_1 + k} = \frac{R_2}{R_1} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

θ_1 ——测量绕组(冷态)初始电阻时的温度,单位为摄氏度(°C);

θ_2 ——热试验结束时绕组的温度,单位为摄氏度(°C);

θ_a ——热试验结束时冷却介质温度,单位为摄氏度(°C);

R_1 ——温度为 θ_1 (冷态)时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);

R_2 ——热试验结束时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);

k ——导体材料在0 °C时电阻温度系数的倒数。

铜 $k = 235$

铝 $k = 225$ 除非另有规定

为实用方便,还可式(9)求取:

$$\theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \times (k + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a \quad \dots\dots\dots (9)$$

8.6.2.3 停机时间的修正

8.6.2.3.1 概述

用直接测量电阻的方法来测量热试验结束时的温度需要快速停机,并需有仔细的操作程序及足够

的人员。

8.6.2.3.2 短促停机时间

如在表 6 规定的时间间隔内测得电阻初始读数,则该读数应作为温度测量的数据。

表 6 时间间隔

额定输出(P_N) kW 或 kVA	切断电源后的时间间隔 s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 5\,000$	120
$5\,000 < P_N$	按协议

8.6.2.3.3 外推停机时间

如在表 6 规定时间范围内不能够读出电阻的最初读数,应尽快地在表 6 规定时间间隔的 2 倍时间内读出读数,以后应大约每隔 1 min 读取另外的电阻读数,直到这些读数已从最大值明显地下降为止。应把这些读数作为时间的函数绘制成曲线,并将曲线外推到上表中与电机额定输出对应的时间间隔。推荐采用半对数坐标,温度绘制在对数坐标尺上。此时所得的温度值应作为停机后的温度。如在停机后测得的连续数据显示出温度在升高,则应取其最高值。

当电阻读数读取时间超过表 6 规定时间的 2 倍,则修正方法应按协议规定。

8.6.2.3.4 每槽只有一个线圈边的绕组

对每槽只有一个线圈边的电机,如能在表 6 中规定的时间内停转,则可采用直接测量电阻法。如果电机在断电后的 90 s 内不能停转,经事先协议可采用叠加法(见 8.6.2.1)。

8.6.3 埋置检温计(ETD)法

8.6.3.1 概述

检温计应适当地分布于电机绕组之中,其数量应不少于 6 个。

在符合安全的条件下,应尽量把检温计安置在可能是最热点的各个位置上,并采取有效措施防止与初级冷却介质接触。

埋置检温计(ETD)诸元件的最高读数应作为确定绕组温度的依据。

埋置检温计(ETD)元件及接头可能会失效,并会得出不正确的读数。因此,一旦某个或几个读数有误,通过调查证实,宜予删除。

8.6.3.2 每槽具有两个或两个以上线圈边

检温计应置于槽内绝缘线圈边之间预计为最热点的位置上。

8.6.3.3 每槽只有一个线圈边

检温计应置于槽楔与绕组绝缘层外部之间预计为最热点的位置上,同时参见 8.6.1。

8.6.3.4 线圈端部

检温计应置于线圈端部两个相邻线圈边之间预计为最热点的位置上。检温计的敏感点应与线圈边表面紧密接触,并有足够的防护措施,以防止冷却介质的影响,同时见 8.6.1。

当放置检温计在高压电机绕组端部时,应充分考虑其绝缘强度不受影响和绕组悬垂部分潜在的电位差造成问题。另外,接地测量系统直接耦合到了高压系统,这时断开接地测量将立即造成测量系统过压。测量系统应防止这种间接损害直至致命伤害。

注:如果定子绕组是直接液体冷却管型的,那么检温计就安置在每个监测水温的出口喷嘴区域这样能给出导体通道是否堵塞的指示。

8.6.4 温度计法

所做的各种努力都是为了从安全的角度考虑,应将温度计置于温度最有可能是最高的点或一些点上(如紧挨铁心的绕组端部),安置方式应有效地保护以防止温度计与初级冷却介质接触,而与电机绕组或其他部分有很好的热接触。

任一温度计的最高读数即为绕组或其他部分的温度。

8.7 热试验持续时间

8.7.1 连续工作制定额

试验应持续进行至热稳定。

8.7.2 短时工作制定额

试验应按定额中规定的时间。

8.7.3 周期工作制定额

通常采用制造商规定的等效负载定额(见 5.2.6)进行试验,直至达到热稳定。如协议按实际工作制试验,则应按规定的负载周期连续运行,直至达到实际上相同的温度循环。判断的准则是将两个相继工作周期的相应点联成直线,其梯度应小于 $1\text{ K}/0.5\text{ h}$ 。如有必要,应在一段时间内以适当的时间间隔进行测量(见 3.25)。

8.7.4 非周期工作制定额和离散恒定负载定额

应采用制造商规定的等效负载定额(见 5.2.6)进行试验,直至达到热稳定。

8.8 S9 工作制电机等效热时间常数的确定

处于正常运行的通风条件下电机等效热时间常数可近似地确定该电机的发热过程,此常数能按 8.6.2.3 所作的冷却曲线求得。时间常数数值等于在冷却曲线上从电机断电瞬间到满载温升下降一半时所需时间的 1.44 (即 $1/\ln 2$)倍。

8.9 轴承温度的测量

允许用温度计法或埋置检温计(ETD)法测量轴承温度。

轴承温度的测点应尽可能靠近表 7 所列两个位置之一。

应减少温度计与被测温度物体间的热阻,例如气隙应用导热涂料填充。

注:在测点 A 和 B 之间以及这些测点和轴承的最热点之间有温差,大小与轴承尺寸有关。对压入式轴瓦的滑动轴承和内径为 150 mm 及以下的球或滚子轴承,测点 A 和 B 之间的温差可忽略不计。而对较大轴承,测点 A 与 B 之间的温差约为 15 K 。

表 7 测点位置

轴承类型	测点	测点位置
球轴承或滚子轴承	A	位于轴承室内和轴承外圈良好接触,离轴承外圈 ^a 不超过 10 mm 处 ^b
	B	位于轴承室外表面,尽可能接近轴承外圈
滑动轴承	A	位于轴瓦 ^c 的压力区,离油膜间隙 ^a 不超过 10 mm 处 ^b
	B	位于轴瓦的其他位置
^a 对“外转子”电机,A 点位于离内圈不超过 10 mm 的静止部分,B 点位于静止部分的外表面,尽可能接近内圈。 ^b 距离从埋置检温计或温度计的最近点算起。 ^c 轴瓦是支承轴衬材料的部件,固定于轴承室内。压力区是承受转子重量和径向负载等综合力的圆周部分。		

8.10 温度及温升限值

8.10.1 概述

本标准规定了在现场运行条件符合第 6 章要求且定额按连续工作制(基准条件)运行时电机的温升或温度的限值。本标准还规定了不同的现场运行条件及不同工作制定额运行时限值的修正规则,以及热试验时试验地点条件不同于运行地点时的限值修正规则。

要知道每个绕组的最热点都是在一定的基准条件下的,也就是:额定运行条件下,不能超过绝缘系统所允许的热分级。

诸限值是相对于表 5 给出的基准冷却介质而规定的。

本标准规定了氢冷却介质纯度的要求。

8.10.2 间接冷却绕组

在基准条件下,温升应不超过表 8(空冷)或表 9(氢冷)规定的限值。电阻法和检温计(ETD)法都适合。

注:电阻法和检温计(ETD)法测量的温升可能会比表 8 或表 9 规定的温升限值显著的高或低,这取决于电机冷却系统的设计。不希望在两个方法之间来进行比较。

对于其他现场运行条件、非连续工作制定额和额定电压大于 12 000 V 时,限值应按表 10 修正(有关表 10 中假定的冷却介质温度限值(同时见表 11))。

按 8.6.1 用温度计测量时,温升限值应符合表 8 的规定。

如绕组用空气间接冷却,且试验地点与运行地点条件不同时,表 12 规定的限值修正值应适用于试验地点。

如制造商认为试验地点按表 12 修正限值使允许温度过高时,应对试验规程及限值达成协议。

对于用氢气间接冷却的绕组,试验地点不作修正,因为只有运行地点才能做额定负载试验。

8.10.3 直接冷却绕组

在基准条件下,温度应不超过表 13 规定的限值。

对于其他现场运行条件,限值应按表 14 修正。

如试验地点与运行地点的条件不同,则按表 15 修正过的限值适用于试验地点。

如制造商认为在试验地点用表 15 修正过的限值温度过高时,应对试验规程和限值达成协议。

8.10.4 试验时考虑氢气纯度影响对温升或温度限值的修正

对于用氢气直接或间接冷却的绕组,只要氢气在冷却介质中所占的比例在 95%~100%之间,则温升或温度限值不作修正。

8.10.5 无论与绝缘是否接触的结构件(轴承除外)、铁心和永久短路的绕组

温升或温度应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘。

8.10.6 开启式或封闭式换向器和集电环及电刷和电刷机构

换向器、集电环、电刷或电刷机构的温升或温度应不至于损坏其本身或任何与其相邻部件的绝缘。

换向器或集电环的温升或温度应不超过由电刷等级和换向器或集电环材质组件在整个运行范围内能承受的电流的温升或温度值。

表 8 空气间接冷却绕组的温升限值

热分级		130(B)			155(F)			180(H)			200(N)		
测量方法:Th=温度计法, R=电阻法 ETD=埋置检温计法		Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K
项号	电机部件												
1a)	输出 5 000 kW(或 kVA)及以上电机的交流绕组	—	80	85*	—	105	110*	—	125	130*	—	145	150
1b)	输出 200 kW(或 kVA)以上但小于 5 000 kW(或 kVA)电机的交流绕组	—	80	90*	—	105	115*	—	125	140*	—	145	160
1c)	项 1d)或项 1e) ^b 以外的输出为 200 kW(或 kVA)及以下电机的交流绕组	—	80	—	—	105	—	—	125	—	—	145	—
1d)	额定输出小于 600 W(或 VA)电机的交流绕组 ^b	—	85	—	—	110	—	—	130	—	—	150	—
1e)	无扇自冷式电机(IC 410)的交流绕组和/或囊封式绕组 ^b	—	85	—	—	110	—	—	130	—	—	150	—
2	带换向器的电枢绕组	70	80	—	85	105	—	105	125	—	125	145	—
3	除项 4 外的交流和直流电机的励磁绕组	70	80	—	85	105	—	105	125	—	125	145	—
4a)	同步感应电动机以外的用直流励磁绕组嵌入槽中的隐极转子同步电机的励磁绕组	—	90	—	—	115	—	—	135	—	—	155	—

表 8 (续)

热分级		130(B)			155(F)			180(H)			200(N)		
测量方法: Th=温度计法, R=电阻法 ETD=埋置检温计法		Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K
项号	电机部件												
4b)	一层以上的直流电机静止励磁绕组	70	80	90	85	105	115	105	125	140	125	145	160
4c)	交流和直流电机单层低电阻励磁绕组以及一层以上的直流电机补偿绕组	80	80	—	100	105	—	125	125	—	145	145	—
4d)	表面裸露或仅涂油漆的交流和直流电机的单层绕组 ^c	90	90	—	110	115	—	135	135	—	155	155	—
^a 高压交流绕组的修正可适用于这些项目,见表 10,项 4。 ^b 对 200 kW(或 kVA)及以下,热分级为 130(B)和 155(F)的电机绕组,如用叠加法,温升限值可比电阻法高 5 K。 ^c 对于多层绕组,如下面各层均与循环的初级冷却介质接触,也包括在内。													

表 9 氢气间接冷却绕组的温升限值

热分级		130(B)		155(F)	
测量方法: R=电阻法 ETD=埋置检温计法		R K	ETD K	R K	ETD K
项号	电机部件				
1	输出 5 000 kW(或 kVA)及以上或铁心长度 1 m 及以上电机的交流绕组 氢气绝对压力 ^b ≤150 kPa(1.5 bar) >150 kPa≤200 kPa(2.0 bar) >200 kPa≤300 kPa(3.0 bar) >300 kPa≤400 kPa(4.0 bar) >400 kPa	— — — — —	85 ^a 80 ^a 78 ^a 73 ^a 70 ^a	— — — — —	105 ^a 100 ^a 98 ^a 93 ^a 90 ^a
2a)	输出小于 5 000 kW(或 kVA)或铁心长度小于 1 m 电机的交流绕组	80	85 ^a	100	110 ^a
2b)	除项 3 和项 4 外的交流和直流电机的直流励磁绕组	80	—	105	—
3	用直流励磁的隐极转子电机的励磁绕组	85	—	105	—
4a)	补偿绕组和一层以上的低电阻励磁绕组	80	—	100	—

表 9 (续)

热分级		130(B)		155(F)	
测量方法: R=电阻法 ETD=埋置检温计法		R K	ETD K	R K	ETD K
项号	电机部件				
4b)	表面裸露或仅涂清漆的单层绕组 ^c	90	—	110	—
^a 对高压交流绕组的修正可适用于这些项目,见表 10,项 4。 ^b 只有此项温升限值取决于氢气压力。 ^c 对于多层绕组,如下面各层均与循环的初级冷却介质接触,也包括在内。					

表 10 考虑非基准运行条件和定额对间接冷却绕组在运行地点的温升限值的修正

项号	运行条件或定额	对表 8 和表中的温升 限值($\Delta\theta$)的修正	条款
1a)	海拔为 1 000 m 及以下,最高环境空气温度或电机进口处冷却气体最高温度(θ_c) 如热分级的温度值与应遵守的温度限值之差小于或等于 5 K,应遵守的温度限值等于基准冷却介质进口温度 40 °C 与按表 8 和表 9 温升限值之和。 对较高海拔处,应用表 11 给定的值取代 40 °C	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c \leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	增加一个数量,该数量等于冷却介质温度低于 40 °C 的值
1b)	海拔为 1 000 m 及以下,最高环境空气温度或电机进口处冷却气体最高温度(θ_c) 如热分级的温度值与应遵守的温度限值之差大于 5 K,应遵守的温度限值等于基准冷却介质进口温度 40 °C 与按表 7 和表 8 温升限值之和。 对较高海拔处,应用不同海拔时的假定最高环温取代 40 °C	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c \leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	冷却气体温度 θ_c 的温升升限值 $\Delta\theta$ 应按式(10)计算: $\Delta\theta = \Delta\theta_{\text{ref}} \frac{\theta_{\text{ThCl}} - \theta_c}{\theta_{\text{ThCl}} - \theta_{\text{Cref}}} \dots (10)$ 式中: $\Delta\theta_{\text{ref}}$ ——根据表 8 或表 9 在 40 °C 时的温升限值; θ_{ThCl} ——热分级的温度(例如 130 °C 或 155 °C); θ_{Cref} ——在 40 °C 时的参考冷却温度。
1c)		$40\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_c \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	减去冷却介质温度高于 40 °C 的值
1d)		$\theta_c < 0$ 或 $\theta_c > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	根据协议
2	水冷冷却器入口处最高水温,或表面冷却潜水电机或水套冷却电机最高环境水温(θ_w)	$5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_w \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_w > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	增加 15 K。另外还可增加冷却水温低于 25 °C 的部分数值 增加 15 K 并减去最高水温超过 25 °C 的部分数值

表 10 (续)

项号	运行条件或定额	对表 8 和表中的温升限值($\Delta\theta$)的修正	条款
3a)	海拔(H)——一般规则	$1\,000\text{ m} < H \leq 4\,000\text{ m}$ 且最高环境空气温度无规定 $H > 4\,000\text{ m}$	不作修正。由于海拔升高所引起的冷却效果的降低可由最高环境温度低于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 而得到补偿,因此总温度不会超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加上表 8 和表 9 的温升。 ^a 按协议
3b)	海拔(H)——发电厂发电机特殊要求	根据购买者的说明书	发电厂的发电机宜有海拔调节功能(气压)如果发电厂的发电机冷却压力能保持恒定则不需要调节功能
4	定子绕组额定电压(U_N)	$12\text{ kV} < U_N \leq 24\text{ kV}$ $U_N > 24\text{ kV}$	用 ETD 法超过 12 kV 以上直至 24 kV ,每 1 kV (或不足 1 kV)温升 $\Delta\theta$ 降低 1 K 按协议
5 ^b	额定输出小于 $5\,000\text{ kW}$ (或 kVA),且为短时工作制(S2)定额		增加 10 K
6 ^b	非周期工作制(S9)定额		当电机运行时 $\Delta\theta$ 可短时超过
7 ^b	离散负载工作制(S10)定额		当电机运行时 $\Delta\theta$ 可间断地超过
^a 假设高于海拔 $1\,000\text{ m}$ 的环温补偿量为每高出 100 m 降低 1% 温升限值,则运行地点的假定最高环温能用表 11 表示。 ^b 仅适用于空冷绕组。			

表 11 假定的最高环境温度

海拔 m	热分级			
	130(B)	155(F)	180(H)	200(N)
	温度/ $^{\circ}\text{C}$			
1 000	40	40	40	40
2 000	32	30	28	26
3 000	24	19	15	12
4 000	16	9	3	0

表 12 考虑试验地点运行条件对空气间接冷却绕组在试验地点的温升限值的修正($\Delta\theta_T$)

项号	试验条件		试验地点经修正的温升限值 $\Delta\theta_T$
1	试验地点基准冷却介质温度(θ_{CT})与运行地点基准冷却介质温度(θ_C)的差异	$ \theta_C - \theta_{CT} \leq 30 \text{ K}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta$
		$ \theta_C - \theta_{CT} > 30 \text{ K}$	按协议
2	试验地点海拔(H_T)与运行地点海拔(H)的差异	$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $H_T < 1\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 - \frac{(H - 1\,000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right]$
		$H < 1\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 + \frac{(H_T - 1\,000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right]$
		$1\,000 \text{ m} < H \leq 4\,000 \text{ m}$ $1\,000 \text{ m} < H_T \leq 4\,000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left[1 + \frac{(H_T - H)}{10\,000 \text{ m}} \right]$
		$H > 4\,000 \text{ m}$ 或 $H_T > 4\,000 \text{ m}$	按协议
注 1: $\Delta\theta$ 值按表 7 规定,必要时按表 10 修正。 注 2: 如果温升是从冷却器进口水温起算,海拔高度对水与空气温差的影响宜给予认真考虑。对大多数冷却器的设计这种影响很小,差值粗略地以每 1 000 m 为 2 K 的比率随海拔的增高而增长。如需要修正,宜按协议。			

表 13 直接冷却电机及其冷却介质的温度限值

热分级		130(B)			155(F)		
测量方法		Th	R	ETD	Th	R	ETD
项号	电机部件	℃	℃	℃	℃	℃	℃
1	直接冷却交流绕组出口处的冷却介质与项 2 相比优先采用本项的温度作为制定定额的依据						
1a)	气体(空气、氢气、氦气等)	110	—	—	130	—	—
1b)	水	90	—	—	90	—	—
2	交流绕组						
2a)	气体冷却	—	—	120*	—	—	145*
2b)	液体冷却	—	—	120*	—	—	145*
3	隐极电机励磁绕组						
3a)	用气体冷却,通过以下数量的出口通道离开转子 ^b	—	100	—	—	115	—
	1 和 2	—	105	—	—	120	—
	3 和 4	—	110	—	—	125	—
	6	—	115	—	—	130	—
	8~14	—	120	—	—	135	—
	14 以上	—	—	—	—	—	—

表 13 (续)

热分级		130(B)			155(F)		
测量方法		Th	R	ETD	Th	R	ETD
项号	电机部件	℃	℃	℃	℃	℃	℃
3b)	液体冷却	冷却介质最高温度符合项 1b) 的规定将保证组最热点温度不会过高					
4	除项 3 外具有直流励磁的交流和直流电机励磁绕组						
4a)	气体冷却	—	130	—	—	150	—
4b)	液体冷却	冷却介质最高温度符合项 1b) 的规定将保证绕组最热点温度不会过高					
a 对于高压交流绕组不作修正,见表 14 项 2。 b 转子通风按转子全长上径向出口通道数量分级计算,两个反方向的轴向冷却介质流的共同出口作为两个通道计算,线圈端部冷却介质特殊出口通道按每端一个计算。							

表 14 考虑非基准运行条件和定额对空气或氢气直接冷却绕组在运行地点的温度限值修正

项号	运行条件或定额		表 13 中温度限值的修正
1	基准冷却介质温度(θ_c)	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c \leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	减去 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 θ_c 之间的差值。如经协议当 $\theta_c < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,则可减去一个较小差值,该差值至少应等于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 θ_c 之间的差值
		$40\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_c \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	不作修正
		$\theta_c < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $\theta_c > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	按协议
2	定子绕组额定电压(U_N)	$U_N > 11\text{ kV}$	不作修正 热流主要流向导体内的冷却介质,并不通过绕组的主绝缘

表 15 考虑试验地点的运行条件对空气直接冷却绕组在试验地点的温度限值 θ_T 的修正

项号	试验条件		试验地点经修正的温度限值 θ_T
1	试验地点的基准冷却介质温度(θ_{CT})不同于运行地点的基准冷却介质温度(θ_c)	$ \theta_c - \theta_{CT} \leq 30\text{ K}$	$\theta_T = \theta$
		$ \theta_c - \theta_{CT} > 30\text{ K}$	按协议
2	试验地点海拔(H_T)不同于运行地点海拔(H)	$1\ 000\text{ m} < H \leq 4\ 000\text{ m}$ $H_T < 1\ 000\text{ m}$	$\Delta\theta_T = (\theta - \theta_c) \left[1 - \frac{(H - 1\ 000\text{ m})}{10\ 000\text{ m}} \right] + \theta_{CT}$
		$H < 1\ 000\text{ m}$ $1\ 000\text{ m} < H_T \leq 4\ 000\text{ m}$	$\Delta\theta_T = (\theta - \theta_c) \left[1 + \frac{(H_T - 1\ 000\text{ m})}{10\ 000\text{ m}} \right] + \theta_{CT}$

表 15 (续)

项号	试验条件		试验地点经修正的温度限值 θ_T
2	试验地点海拔(H_T)不同于 运行地点海拔(H)	$1\,000\text{ m} < H \leq 4\,000\text{ m}$ $1\,000\text{ m} < H_T \leq 4\,000\text{ m}$	$\Delta\theta_T = (\theta - \theta_c) \left[1 + \frac{(H_T - H)}{10\,000\text{ m}} \right] + \theta_{cr}$
		$H > 4\,000\text{ m}$ 或 $H_T > 4\,000\text{ m}$	按协议
注: θ 按表 13 规定,如有必要按表 14 修正。			

9 其他性能和试验

9.1 检查试验

检查试验总是在制造厂进行的。试验是制造厂在已装配的电机上进行。电机不需要完全装配好,它可能缺少一些不会影响试验结果的部件。检查试验被试电机不必带负载机械(同步电机开路试验除外)。

最少的试验项目列于表 16,它适用于额定输出小于或等于 20 MW(MVA)的电机。对 200 kW(kVA)以上的电机还可以进行其他项目的检查试验。同步电机也包括永磁电机。

直流电机按其大小和设计,负载状态下的换向试验也可以作为检查试验项目。

表 16 最少检查试验项目表

项号	试验	感应电机(包括同步感应电动机) ^a	同步电机		他励或并励直流电机
			电动机	发电机	
1	绕组冷态电阻	√	√		√
2	空载损耗和空载电流 ^a	√	—		—
3a	功率因数为 1 时的空载损耗 ^b	—	√ ^d		—
3b	开路试验额定电压时的空载励磁电流 ^b	—	√ ^d		—
4	额定转速额定电枢电压时的励磁电流	—	—		√
5	静止状态转子绕组开路电压(绕线转子) ^c	√	—		—
6a	旋转方向	√	√	—	√
6b	相序	—	—	√	—
7	耐电压试验,根据 9.2	√	√		√
^a 见 GB/T 2900.25—2008,411-33-04。 ^b 不包括永磁电机。 ^c 考虑到安全可在降低电压下进行此项试验。 ^d 项 3a 和 3b 只要求进行一项试验。 ^e 测量空载损耗时不要求达到温升稳定。					

9.2 耐电压试验

应在被试绕组和电机机壳之间施加试验电压,而铁心和非被试绕组则与机壳联接。此试验仅对装配完成的新电机进行。试验时,电机的所有部件均应安装就位,如同正常工况。试验应在制造厂内或现场安装完毕后进行。耐电压试验应在全部试验完成后进行。

注 1: 对高压电机,IEC 60034-27 描述的附加方法可能被用来验证电机绕组绝缘结构的适应性。

除下面所说之外,在工厂试验的试验电压应为工频电压,电压波形应尽可能具有正弦波形。电压的最终值应根据表 17 的规定。然而,对于额定电压为 6 kV 及以上的电机,如果工频电源设备不能满足要求,经过协商,可以用直流试验来替代,电压为根据表 17 所得值的 1.7 倍。

注 2: 大家公认的,沿绕组端部绝缘的表面电位分布和老化机理上,直流试验与交流试验是有差异的。

对额定电压在 1 kV 以上,且每相的两端单独引出的多相电机,试验电压应施加于被试相与机壳之间。此时,铁心、其他相和非被试绕组应与机壳联接。试验应从不超过试验电压全值的一半开始,然后均匀地或以每步不超过全值 5% 逐步增至全值,电压从半值增至全值的时间应不少于 10 s。全值试验电压值应符合表 17 的规定,并维持 1 min。在试验过程中应无故障发生,见 IEC 60060-1。

当对批量生产的 200 kW(或 kVA)及以下,额定电压 $U_N \leq 1$ kV 的电机进行检查试验时,试验时间 1 min 可用 1 s 来代替,但试验电压值为表 17 规定的 120%。

验收时不对绕组再重复进行全值电压的耐电压试验。然而在用户坚持下而进行第二次试验时(如认为必要应进一步烘干后进行),试验电压应表 17 规定的 80%。

对于静止电力变流器供电的直流电动机,应依据电机的直流电压或静止电力变流器输入端相与相间额定交流电压的有效值两者中的较高者从表 17 中选取耐电压试验电压值。

当测定试验电压时,不宜考虑 7.3 规定的电压变化。

对完全重绕的绕组,应采用全值试验电压,如同对新电机。

当用户与修理商达成协议,要对部分重绕的绕组或经过大修后的电机进行耐电压试验,则推荐采用下述细则:

- a) 对部分重绕绕组的试验电压值为新电机试验电压值的 75%。试验前,对旧的绕组应仔细地清洗并烘干;
- b) 对经过大修的电机,在清洗和烘干后,应承受 1.5 倍额定电压的试验电压,如额定电压为 100 V 及以上时,试验电压至少为 1 000 V,如额定电压为 100 V 以下时,试验电压至少为 500 V。

表 17 耐电压试验

项号	电机或部件	试验电压(有效值)
1	额定输出小于 1 kW(或 kVA)且额定电压小于 100 V 旋转电机的绝缘绕组,项 4~8 除外	500 V+2 倍额定电压
2	额定输出小于 10 000 kW(或 kVA)旋转电机的绝缘绕组,项 1 和项 4~8 除外 ^b	1 000 V+2 倍额定电压,最低为 1 500 V ^a
3	额定输出 10 000 kW(或 kVA)及以上旋转电机的绝缘绕组,项 4~8 除外 ^b 额定电压 ^a :24 000 V 及以下 24 000 V 以上	1 000 V+2 倍额定电压 按协议
4	直流电机的他励励磁绕组	1 000 V+2 倍最高额定励磁电压,最低为 1 500 V
5	同步发电机、同步电动机及同步调相机的励磁绕组	

表 17 (续)

项号	电机或部件	试验电压(有效值)
5a)	额定励磁电压 500 V 及以下 500 V 以上	10 倍额定励磁电压,最低为 1 500 V 4 000 V+2 倍额定励磁电压
5b)	当电机起动时,励磁绕组短路或并联一电阻,其值小于 10 倍绕组电阻值	10 倍额定励磁电压,最低为 1 500 V,最高为 3 500 V
5c)	当电机起动时,励磁绕组并联一电阻,其值等于或大于 10 倍绕组电阻值或采用带(或不带)磁场分段开关而使励磁绕组开路	1 000 V+2 倍最高电压的有效值,在规定起动条件下,该最高电压可能存在于励磁绕组的端子间;对于分段励磁绕组,则存在于任一段的端子间。最低为 1 500 V ^c
6	非永久性短路(例如用变阻器起动)的异步电动机或同步感应电动机的次级绕组(一般为转子)	
6a)	对不可逆转或只能在停转后才可逆转的电动机	1 000 V+2 倍静止开路电压,该开路电压是以额定电压施加于初级绕组,而从集电环间或次级端子之间测得
6b)	电动机在运行中,将初级电源反接而使其逆转或制动的电动机	1 000 V+4 倍次级静止开路电压,其规定见项 6a)
7	励磁机(下列二种情况例外): 例外 1:起动时接地或与励磁绕组断开的同步电动机(包括同步感应电动机)的励磁机; 例外 2:励磁机的他励励磁绕组(见项 4)	与所联接的绕组相同 1 000 V+2 倍励磁机额定电压,最低为 1 500 V
8	电机与装置的成套组合	宜尽可能避免重复项 1~7 的试验。但如对成套装置试验,而其中组件事先均已通过耐电压试验,则施加于该装置的试验电压应为装置任一组件中的最低试验电压的 80% ^d
9	与绕组在物理上接触的器件,如温度传感器,应对电机机壳试验。在对电机进行耐压试验时,所有和绕组有接触的器件均应和电机机壳连接在一起	1 500 V

注:耐压试验过程中泄流电流将随电机大小而变化。

^a 对有一共同端子的二相绕组,公式中的电压均为在运行时任两个端子间所出现的最高电压有效值。

^b 对采用分级绝缘的电机,耐电压试验宜由制造商与用户协商。

^c 在规定的起动条件下,存在于励磁绕组端子之间或分段绕组端子间的电压可用适当降低电源电压的方法来测量,再将所测得的电压按规定起动电压和试验电压之比增大。

^d 当一台或多台电机的绕组作电联接时,电压应为绕组对地发生的最高电压。

9.3 偶然过电流

9.3.1 概述

规定旋转电机过电流能力是为了使电机能与控制和保护装置相匹配。本标准不要求作考核过电流能力的试验。电机绕组的发热效应近似地按时间和电流平方的乘积作变化,超过额定值的电流将会增加绕组的温度。除非另有协议,可以认为电机在整个寿命期间,规定的过电流运行的时间为若干个短周期。当交流电机既作发电机又作电动机运行时,其过电流能力宜按协议。

注:对于同步电机在故障条件下偶然承受负序分量电流的能力,见 7.2.3。

9.3.2 交流发电机

额定输出在 1 200 MVA 及以下的交流发电机应能承受 1.5 倍额定电流,历时不少于 30 s。

额定输出在 1 200 MVA 以上的交流发电机应能承受 1.5 倍额定电流,持续时间按协议,但应不少于 15 s。

9.3.3 电动机(不包括换向器电动机和永磁电动机)

额定输出在 315 kW 及以下和额定电压在 1 kV 及以下的多相电动机应能承受 1.5 倍额定电流,历时不少于 2 min。

注:对额定输出在 315 kW 以上的多相电动机和所有单相电动机,不规定偶然过电流。

9.3.4 换向器电机

在下列合适的组合条件下,换向器电机应能承受 1.5 倍额定电流历时 60 s:

a) 转速:

- 1) 直流电动机:最高满励磁转速;
- 2) 直流发电机:额定转速;
- 3) 交流换向器电动机:最高满励磁转速。

b) 电枢电压:相应于规定转速。

注:宜注意所给的换向能力限值。

9.4 电动机的短时过转矩

9.4.1 多相感应电动机和直流电动机

所有电动机,不论其工作制和结构均应能承受历时 15 s 的过转矩,其值至少应超过额定转矩 60%,但不发生转速突变或停转(在逐渐增加转矩的情况下),此时电压、频率(对感应电动机)维持在额定值。

按 GB/T 21210—2016 制造的一些电动机要求较高的转矩。

对于直流电动机,转矩应用过电流表示。

S9 工作制的电动机应能承受按该工作制规定的短时过转矩。

为了近似地确定因电流损耗而引起的温度变化,可利用按 8.8 求得的等效热时间常数。

对要求高转矩(如起重用)的特定用途电动机,其过转矩能力按协议。

对特殊设计以保证起动电流小于 4.5 倍额定电流的笼型感应电动机,其过转矩值可能低于本条第一段规定的 60%,但不低于 50%,或根据协议。

对具有特殊起动特性的特殊感应电动机,例如用于变频或由静止变流电源供电的感应电动机其过转矩数值应按协议。

9.4.2 多相同步电动机

除非另有协议,任何工作制的多相同步电动机均应能承受下列过转矩,历时 15 s 而不失步,此时,同步电动机的励磁应维持在相当于额定负载时的数值。当采用自动励磁且励磁装置处于正常运行状态时,过转矩的数值应相同:

- 同步(绕线转子)感应电动机:35%过转矩;
- 同步(隐极)电动机:35%过转矩;
- 同步(凸极)电动机:50%过转矩。

9.4.3 其他电动机

单相电动机、换向器电动机以及其他电动机的短时过转矩应按协议。

9.5 最小转矩

除非另有规定(例如符合 GB/T 21210—2016 要求的电机),笼型感应电动机在满压下的最小转矩应不低于 0.3 倍额定转矩。

9.6 笼型感应电动机的安全运行转速

除非铭牌上另行表明,否则电压为 1 000 V 及以下、机座号 315 及以下的单速三相笼型感应电动机应能在表 18 列出的转速之内安全连续运行。

表 18 电压 1 000 V 及以下三相笼型感应电动机最大安全运行转速 单位为转每分

机座号	2P	4P	6P
≤100	5 200	3 600	2 400
112	5 200	3 600	2 400
132	4 500	2 700	2 400
160	4 500	2 700	2 400
180	4 500	2 700	2 400
200	4 500	2 300	1 800
225	3 600	2 300	1 800
250	3 600	2 300	1 800
280	3 600	2 300	1 800
315	3 600	2 300	1 800
注:为满足 IEC 60079 的要求,上述值可减少。			

当电动机高于额定转速以上运行时,例如,当应用调速控制时,其噪声和振动强度将会增大。用户可以要求制造商对电动机做精细地校平衡以满足在额定转速以上加速能力。此外,轴承寿命可能会降低。宜关注加油的间隔时间和润滑脂寿命。

9.7 超速

电机应设计为能承受表 19 所规定的转速。

超速试验通常并非必需,但当有协议作出规定时可能进行该试验。(对于汽轮型交流发电机,同时见 IEC 60034-3)。超速试验后,如无永久性的异常变形和不产生妨碍电机正常运行的其他缺陷,且转子绕组在试验后能满足耐电压试验的要求时,则应认为合格。超速试验的持续时间应为 2 min。

由于叠片转子磁轭和叠片磁极用斜键或螺杆等固定,超速试验后,在直径上产生微小的永久性增长是自然的,不应作为影响电机正常运行的异常变形现象。

当由水轮机驱动同步发电机投入运行试验时,应将电机一直驱动至超速保护装置能动作的转速,以确保直至该转速平衡都是良好的。

表 19 超速

项号	电机型式	超速要求
1	交流电机 除下列规定外的所有电机	1.2 倍最高额定转速
1a)	水轮机驱动的发电机,任何与主机直接联接(电或机械)的辅助电机	除非另有规定,应为机组的飞逸转速,但不低于 1.2 倍最高额定转速
1b)	在某些情况下可被负载反驱动的电机	机组规定的飞逸转速,但不低于 1.2 倍最高额定转速
1c)	串励和交直流两用电动机	1.1 倍在额定电压时的空载转速。对与负载整体联接而不能临时脱开的电动机,“空载转速”应理解为最轻负载下的转速
1d)	三相单速笼型感应电动机见 9.6	1.2 倍的最大安全运行速度
2	直流电机	
2a)	并励和他励电动机	1.2 倍最高额定转速或 1.15 倍相应空载转速,取两者中较大者
2b)	转速调整率为 35% 及以下的复励电动机	1.2 倍最高额定转速或 1.15 倍相应空载转速,取两者中较大者,但不超过 1.5 倍最高额定转速
2c)	串励电动机和转速调整率大于 35% 的复励电动机	制造商应规定最高安全运行转速,并在铭牌上标明。这类电动机的超速应为 1.1 倍最高安全运行转速。对能承受 1.1 倍额定电压下空载转速的电动机,铭牌上不需标明最大安全运行转速
2d)	永磁电动机	超速应按项 2a) 规定,但另有串励绕组的电动机除外,对此应根据情况按项 2b) 或 2c) 规定超速
2e)	发电机	1.2 倍额定转速

9.8 同步电机的短路电流

除非另有规定,同步电机和不包括在 IEC 60034-3 中的隐极式电机,当在额定电压下运行,且各相同时短路电流峰值应不超过额定电流峰值的 15 倍或其有效值的 21 倍。

可用计算或在 50% 或以上额定电压下试验校核。

9.9 同步电机承受短路试验

同步电机的三相短路试验只有在用户要求时才进行。除非另有规定,试验应在电机作空载运行且励磁相应于额定电压下进行。试验不应在空载励磁超过相应于 1.05 倍额定电压时进行。

电机和电网间可能接有变压器,考虑到变压器的阻抗,经协议试验励磁可以降低,经协议也可在具有过励装置的运行地点进行试验。短路应持续 3 s。

如在本试验后不产生有害的变形,且能满足随后的耐电压试验的要求(见表 17),则应认为试验合格,对三相隐极式电机,见 IEC 60034-3。

9.10 换向器电机的换向试验

直流或交流换向器电机应能在从空载直至 9.3 和 9.4 分别规定的过电流或过转矩的运行中不产生有害火花,且不在换向器或电刷表面造成永久性损害。运行时,电刷位置不变。如需进行热试验,则换向试验应在热试验结束后立即进行。

9.11 同步电机总谐波畸变量(THD)

9.11.1 概述

本条的要求仅适用于联接于电网并在标称频率为 $16^{2/3}$ Hz~100 Hz 范围内运行的 300 kW(或 kVA)及以上的同步电机,其目的是为了降低输电线与邻近回路间的干扰。

9.11.2 限值

当在开路和额定转速及额定电压下试验时,按 9.11.3 规定的方法所测得的线端电压总谐波畸变量(THD)应不超过 5%。

注:对单个谐波不作规定,因为满足上述要求的电机将能良好运行。

9.11.3 试验

交流电机应进行型式试验以确定是否符合 9.11.2 的要求。频率测量的范围应包括从额定频率至 100 次谐波在内的所有谐波。

可用仪表连同为此目的专门设计的网络直接测量 THD 值,也可测量每一个谐波,根据所测得的数值用式(10)计算 THD 值:

$$THD = \sqrt{\sum_{n=2}^k u_n^2} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

u_n ——电机端子处 n 次谐波电压 U_n 幅值与基波电压 U_1 幅值之比;

n ——谐波次数;

$k=100$ 。

10 铭牌

10.1 概述

每台电机应具有一块或多块、应采用耐久性材料制造的铭牌,并应牢固地装在电机上。

所有铭牌应根据电机的结构及安装型式装在使用时易于见到的部位。如电机安装于设备之内,或与设备组合为整体,不容易见到铭牌,制造商应按要求提供第二块铭牌装在设备上。

10.2 标记

额定输出为 750 W(或 VA)及以下且结构尺寸不在 IEC 60072 系列标准范围内的电机铭牌上至少应标出第 a)、b)、l)、m)、aa)和 cc)项。额定输出为 3 kW(或 kVA)及以下特殊用途的装入式电机铭牌上至少应标出第 a)、b)、l)和 m)、bb)项也要另外提供。

其他情况下,按适用情况在铭牌上应永久性地标出以下诸项内容。这些项目不必全部标在同一块铭牌上。量值和单位的字母符号应符合 IEC 60027-1 和 IEC 60027-4 的要求。

如制造商提供更多的资料,则无须标志在铭牌上。

为便于参考,诸项目冠以编号,但在铭牌上的顺序不作规定,诸项目可作适当的组合:

a) 制造商名或标记;

b) 制造商的产品编号或识别标记;

注 1: 单纯的识别标记可用于识别具体类型的电机,该类电机是按同一电气和机械设计且每一批均采用同样工艺制造的。

c) 识别制造年份的信息。该信息应标记在铭牌上或列于单独的数据表中随电机供给用户;

注 2: 如援引第 2 项规定的资料能够从制造商得知这一信息,也可在铭牌和单独的数据表中略去此项。

d) 制造商的电机型号;

e) 交流电机的相数;

f) 所采用的定额和性能标准的编号(如 IEC 60034-X 和/或等同的国家标准)。如果标注的是 IEC 60034,则意味着是所有的 IEC 60034 系列标准,如果标注的是 IEC 60034-1,则意味着只是该标准本身;

g) 符合 IEC 60034-5 规定的旋转电机整体结构防护等级(IP 代码)分级;

h) 符合 IEC 60034-6 规定的电机冷却方式(IC 代码),如果不是 IC 411 时需要标注;

i) IEC 60034-30 标准范围内的电机效率分级(IE 代码)及 IEC 60034-30 规定的额定效率值;

j) 热分级和温度限值或温升限值(当低于热分级时),必要时,对带水冷冷却器电机还缀以温升是由初级或次级冷却介质起算的测量方法,用“P”(初级)或“S”(次级)字母表示,见 8.2。当定子和转子热分级不同时,应分别表示(用斜线分开);

k) 除连续定额 S1 工作制以外的电机定额类别,见 5.2;

l) 额定输出或额定输出范围;

m) 额定电压或额定电压范围;

n) 交流电机的额定频率或额定频率范围;

交直流两用电动机,在额定频率后边缀以适当的符号;

例如:~50 Hz/或 a.c.50 Hz/d.c.

o) 永磁体励磁的同步电机额定转速时的开路电压;

p) 额定电流或额定电流范围;

q) 额定转速或额定转速范围;

r) 超速不同于 9.7 的规定,或,最大安全运行速度小于 9.6 的规定,或电机设计为特别的变速运行时允许的超速值;

s) 他励或并励直流电机以及同步电机的额定励磁电压和额定励磁电流;

t) 交流电机的额定功率因数;

u) 绕线转子感应电机集电环之间的额定开路电压及额定转子电流;

- v) 额定波形因数以及静止电力变流器输入端子上的额定交流电压,当此电压超过电动机电枢回路额定直流电压时;
- w) 不同于 40 ℃时的最高环境温度;
不同于 25 ℃时的最高水温;
- x) 如不按第 6.4 规定的最低环境温度;
- y) 电机设计所依据的海拔高度(如海拔超过 1 000 m);
- z) 氢冷电机在额定输出时的氢气压力;
- aa) 如有规定,质量超过 30 kg 的电机总质量;
- bb) 适于单一方向旋转的电机,以箭头指示旋转方向。指示箭不必标在铭牌上,但要容易看到;
- cc) 根据 IEC 60034-8 规定的在接线端附近表示接线图和接线说明;
- dd) 电机适用于 GB/T 21210—2016,则按 GB/T 21210—2016 第 5 章规定的起动要求标注设计字母。

有两个不同的定额时,应表明 X/Y 和额定值的范围如 X-Y,见 IEC 61293。

电机规定了脉冲电压绝缘等级(IVIC)时,根据 IEC 60034-18-41,IVIC 等级应标注在文件中和电机铭牌上。

除非是正常维护,否则当电机返修或翻新后应提供一辅助铭牌,用以表示修理承包商的名称,修理年份以及改变内容。

11 其他要求

11.1 接地保护

电机应具有接地端子或其他设备以联接防护导线或接地导线,并应用符号⊕(见 IEC 60417-5019)或图形标志。当有下列情况时,本要求不适用:

- a) 具有附加绝缘的电机,或;
- b) 安装在具有附加绝缘的成套装置中的电机,或;
- c) 额定电压交流 50 V 及以下或直流 120 V 及以下的电机和打算用于 SELV 电路的电机。

注 1: 术语 SELV 的定义参见 IEC 60884-2-4。

对额定电压大于交流 50 V 或直流 120 V 但不超过交流 1 000 V 或直流 1 500 V 的电机,接地导线端子应置于接线端子附近。如有接线盒时,则应置于接线盒内。对额定输出超过 100 kW 的电机,应在机座上另装一个接地端子。

额定电压超过交流 1 000 V 或直流 1 500 V 的电机,应在机座上装有一个接地端子,例如一块铁条,此外,对铠装电缆接线盒,盒内应有联接电缆铠甲的设施。

接地端子的设计,应保证与接地导线具有良好的联接而不损坏导线或端子。对不属于工作回路的其他可触及的导体部件,彼此间应有良好的电联接,且与接地端子也作良好电联接。当电机的转子绕组以及所有轴承都带有绝缘,除非制造商与用户协议采用另外的保护措施,转轴应与接地端子作电联接。

当接线盒内设有接地端子时,则接地导线应采用与相线相同的金属制成。

当机座上装有接地端子时,经协议接地导线可用另外的金属(例如钢)制成。在这种情况下,端子尺寸的设计应适当考虑导线的导电率。

设计接地端子时,应选用截面积符合表 20 规定的导线。当采用的接地导线尺寸大于下表规定时,建议采用与表中所列尺寸尽可能接近的其他尺寸的接地导线。

表 20 接地导线截面积 单位为平方毫米

相截面积	接地导线或防护导线截面积
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

对其他相线截面积,接地导线或防护导线的截面积应不小于:

- 当相线截面积小于 25 mm² 时,为同相线的截面积;
- 当相线截面积为 25 mm²~50 mm² 时,为 25 mm²;
- 当相线截面积大于 50 mm² 时,为相线截面积的 50%。

对大于或等于 20 MVA 的发电机,外部接地导线的横截面面积宜由系统集成商计算,中性点汇流排横截面面积由制造商提供,保证遇到短路电流时,从短路开始到电机被保护系统分断并且去激磁这段故障持续时间双倍时间内的安全。接地端子应按 IEC 60445 予以认定。

注 2: 对机座号 63 以下的小电机,可由法兰单独提供合适的接地。

11.2 轴端键

电机轴端上有一个或多个键槽时,对每一键槽应提供一正常形状和长度的全键。

12 容差

12.1 概述

容差是表 21 中参数的检测结果与铭牌上或产品样本中给出的参数值之间允许的最大偏差。只要试验程序和试验设备按照 IEC 标准,检测结果应不超过允许偏差,不能依赖检测实验室或检测设备。容差不包括检测方法的不确定度,即检测结果和真值之间的偏差。

注: 批量生产产品的容差适用于随机抽样的样品,也就是说容差包含了原材料性能、制造工艺所产生的偏差。

12.2 容差值

除非另有说明,容差应符合表 21 的规定。

表 21 参量值的容差表

项号	参量	容差
1	效率 η — 150 kW(kVA)及以下电机 — 150 kW(或 kVA)以上电机	$-15\%(1-\eta)$ $-10\%(1-\eta)$
2	同步电机额定励磁电流	规定值的 $+15\%$
3	感应电机和直接起动的永磁同步电机的功率因数 $\cos\varphi$	$-1/6(1-\cos\varphi)$ 最小绝对值 0.02 最大绝对值 0.07
4	直流电动机转速(在满载和工作温度下)*	
4a)	并励和他励电动机	$1\ 000\ P_N/n_N < 0.67$ $\pm 15\%$ $0.67 \leq 1\ 000\ P_N/n_N < 2.5$ $\pm 10\%$ $2.5 \leq 1\ 000\ P_N/n_N < 10$ $\pm 7.5\%$ $10 \leq 1\ 000\ P_N/n_N$ $\pm 5\%$
4b)	串励电动机	$1\ 000\ P_N/n_N < 0.67$ $\pm 20\%$ $0.67 \leq 1\ 000\ P_N/n_N < 2.5$ $\pm 15\%$ $2.5 \leq 1\ 000\ P_N/n_N < 10$ $\pm 10\%$ $10 \leq 1\ 000\ P_N/n_N$ $\pm 7.5\%$
4c)	复励电动机	除非另有协议,容差按 4b)项
5	并励和复励直流电动机的转速调整率(从空载到满载)	转速调整率保证值的 $\pm 20\%$, 最小为额定转速的 $\pm 2\%$
6	并励或他励直流发电机在特性曲线上任一点的固有电压调整率	该点保证值的 $\pm 20\%$
7	复励发电机的固有电压调整率(对交流发电机还应在额定功率因数下)	保证值的 $\pm 20\%$, 最小为额定电压的 $\pm 3\%$ (在空载和满载电压保证值的两点间作一直线, 在任何负载下, 测得的电压与此直线的最大偏差应在此容差范围内)
8a)	感应电动机的转差率(在满载和工作温度下) $P_N < 1\text{ kW}$ $P_N \geq 1\text{ kW}$	转差率保证值的 $\pm 30\%$ 转差率保证值的 $\pm 20\%$
8b)	具有并励特性的交流(换向器)电动机的转速(在满载和工作温度下)	最高转速时, 同步转速的 -3% 最低转速时, 同步转速的 $+3\%$
9	配有起动设备的笼型感应电动机的堵转电流	电流保证值的 $+20\%$
10	笼型感应电动机的堵转转矩	转矩保证值的 $\pm 15\%$ (经协议可超过 $+25\%$)
11	笼型感应电动机的最小转矩	转矩保证值的 -15%
12	感应电动机的最大转矩	转矩保证值的 -10% , 但计及容差后, 转矩值应不小于额定转矩的 1.6 或 1.5 倍(见 9.4.1)

表 21 (续)

项号	参量	容差
13	同步电动机的堵转电流	保证值的+20%
14	同步电动机的堵转转矩	转矩保证值的 $\pm 25\%$ (经协议可超过+25%)
15	同步电动机的失步转矩	转矩保证值的-10%, 但计及容差后, 转矩值应不小于额定转矩的 1.35 或 1.5 倍 (见 9.4.3)
16	在规定条件下交流发电机的短路电流峰值	保证值的 $\pm 30\%$
17	在规定励磁下交流发电机的稳态短路电流	保证值的 $\pm 15\%$
18	转动惯量	保证值的 $\pm 10\%$
注: 仅沿一个方向表明容差时, 沿另一方向该值无限值。		
* 容差取决于以 kW 计的额定输出 P_N 和以 r/min 计的额定转速 n_N 之比。		

13 电磁兼容性(EMC)

13.1 概述

本章 EMC 的特殊要求适用于额定电压交流不超过 1 000 V、直流不超过 1 500 V 及在居民区、商业区或工业环境中运行的旋转电机。

安装在旋转电机内且对其运行是不可缺少的(例如旋转励磁装置)电子元器件属于电机的一个部分。

对整体驱动系统及其组件,如动力及控制电子设备、耦合机械以及监控装置等,不论这些组件安装在电机的内部还是外部,所适用的要求均不属于本标准范围。

本章的要求适用于直接供给终端用户的电机。

注 1: 本章的目的是对供应商和终端用户之间签定协议时提出建议。

注 2: 如果电机是作为设备的一部分,其安装的周围环境可能影响电磁兼容性,这将包含在终端产品的相关 EMC 标准中。

对于同步电机,同步电机的励磁机定子部分具有的功率电子电源,应遵守本章 EMC 的要求。

注 3: 电厂的发电机常常是大型电机,在机壳外面具有很强的磁场,可能的话在发电机的厂房内发电机周围划定一个界限,在界线内磁场可以高于 CISPR 的要求,但严格禁止电子设备进入,限制到仅被特许的员工才能进入。

本章不包括瞬态过程(如起动)。

13.2 干扰

13.2.1 不包含电子线路的电机

电机不包含电子线路,那么在正常的使用条件下没有明显的电磁发射,因此,就没有干扰试验的要求。

13.2.2 包含电子线路的电机

包含在电机中的电子线路一般为使用元件,是被动的(如二极管、电阻器、变阻器、电容器、浪涌抑制器、电感器),干扰试验也不作要求。

13.3 发射

对于居住环境的电机,辐射和传导发射应遵守 CISPR 11 B 类,第 1 组,限值参见附录 B 的表 B.1。

对于工业环境的电机,辐射和传导发射应遵守 CISPR 11 A 类,第 1 组,设备的额定输入功率 ≤ 20 kVA,与实际的额定输入功率无关。限值参见附录 B 的表 B.2。

13.4 干扰试验

干扰试验不要求。

13.5 发射测量

一般用途的电机,型式试验应根据 CISPR 11 和 CISPR 16(所有部分)适用的标准要求进行。型式试验在电机安装完成的终端产品上在 CISPR 14 的范围内进行,也遵守 CISPR 14 建议。

测量要求的详细说明见 13.3。

无刷电机的发射限值应根据 13.3 的要求无负载条件。

额定输入功率小于或等于 20 kVA 的有刷电机至少应遵守 CISPR 11 A 类 第 1 组的要求,当在空载下进行试验时,与他们实际的额定输入功率无关。这种电机需要表示为 A 类部件。

笼型感应电机的不必做测试。

接地或对地端子的发射不必做测试。

14 安全

除非本标准有其他规定,按本标准规定的电机应符合 IEC 60204-1 或 IEC 60204-11 的要求,或旋转电机与家用或类似家用电器组合一体时按 IEC 60335-1:2010 的要求,电机的设计和结构应尽可能地按照国际上公认对应用合适的最佳设计方法。

注:对以电机作为组件的设备,设备的组装厂或制造商应负责确保整体设备的安全。

容许涉及到相关产品标准的规定,如:

IEC 60079(所有部分)爆炸性环境用防爆电气设备;

以及旋转电机的系列标准,包括:

IEC 60034-5、IEC 60034-6、IEC 60034-7、IEC 60034-8、IEC 60034-9、和 IEC 60034-11、GB/T 21210—2016、IEC 60034-14。

此外,还需要考虑表面温度的限值和相类似的特点;作为例证可见 IEC 60335-1:2010 第 11 章:发热。

附录 A
(资料性附录)

S10 工作制的应用以及确定相对预期热寿命 TL 值的导则

A.1 任意时刻电机的负载等效于符合 4.2.1 的 S1 工作制,负载周期可包括以 S1 工作制为基准的非额定负载。一个负载周期可以包括不超过 4 种离散恒定负载,见图 10。

A.2 以绝缘结构热老化为依据的电机相对预期寿命与一周期内各种负载值和运行时间有关,能用式 (A.1)计算:

$$\frac{1}{TL} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \times 2^{\frac{\Delta \theta_i}{k}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

TL ——与额定输出 S1 工作值预期热寿命相关联的相对预期热寿命;

$\Delta \theta_i$ ——在负载周期内每种负载时绕组的温升与基于 S1 工作值的基准负载时温升的差值;

Δt_i ——负载周期内恒定负载时间的标么值;

k ——导致绝缘结构预期热寿命缩短 50% 的温升增量,单位为开尔文(K);

n ——离散负载的数目($n \leq 4$)。

A.3 参量 TL 是明确识别这种定额的重要部分。

A.4 除图 10 关于负载周期的资料外,只有得知绝缘结构的 k 值才能确定参量 TL 值。应用符合 IEC 60034-18 的试验方法按图 10 负载周期形成的整个温度范围确定 k 值。

A.5 很明显,参量 TL 只能作为一相对值加以说明。与额定输出 S1 工作制运行相比较,该参量值可近似地用以评价电机预期热寿命的真实变化,这是因为考虑一周期内实现的变化负载,在整个电机寿命期间存在的影响(例如电应力,环境影响)与额定输出 S1 工作制运行时大体上是相同的。

A.6 电机制造商有责任汇集确定参量 TL 值的各种参数。

附 录 B
(资料性附录)
电磁兼容(EMC)限值

表 B.1 给出了 CISPR 11 B 类 1 组的电磁发射限值。

表 B.1 CISPR 11 B 类 1 组 电磁发射限值

限值	频率范围	限值
辐射限值	30 MHz~230 MHz	30 dB(μ V/m)准峰值,测量点距离 10 m(注)
	230 MHz~1 000 MHz	37 dB(μ V/m)准峰值,测量点距离 10 m(注)
交流电机电源端传导限值	0.15 MHz~0.5 MHz 限值随频率对数线性减少	66 dB(μ V)~56 dB(μ V)准峰值 平均 56 dB(μ V)~46 dB(μ V)
	0.5 MHz~5 MHz	56 dB(μ V)准峰值 平均 46 dB(μ V)
	5 MHz~30 MHz	60 dB(μ V)准峰值 平均 50 dB(μ V)
注: 限值增加 10 dB 也可以在距离 3 m 处测量。		

表 B.2 给出了 CISPR 11 A 类 1 组的电磁发射限值。

表 B.2 CISPR 11 A 类 1 组 电磁发射限值

限值	频率范围	限值
辐射限值	30 MHz~230 MHz	30 dB(μ V/m)准峰值,测量点距离 30 m(注)
	230 MHz~1 000 MHz	37 dB(μ V/m)准峰值,测量点距离 30 m(注)
交流或直流电源端传导限值	0.15 MHz~0.5 MHz	79 dB(μ V)准峰值 平均 66 dB(μ V)
	0.5 MHz~30 MHz	73 dB(μ V)准峰值 平均 60 dB(μ V)
注: 限值增加 10 dB 也可以在距离 10 m 处测量,限值增加 20 dB 也可以在 3 m 处测量。		

参 考 文 献

- [1] IEC 60034-7 Rotating electrical machines—Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM Code)
 - [2] IEC 60034-9 Rotating electrical machines—Part 9: Noise Limits
 - [3] IEC 60034-11 Rotating electrical machines—Part 11: Thermal protection
 - [4] IEC 60034-14 Rotating electrical machines—Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher—Measurement, evaluation and limits of vibration severity
 - [5] IEC 60034-27-× Rotating electrical machines—Part 27: Off-line discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines (to be published)
 - [6] IEC 60050-811:1991 International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 811: Electric traction
 - [7] IEC 60079 (all parts) Explosive atmospheres
 - [8] IEC 60092 (all parts) Electrical installations in ships
 - [9] IEC 60349 (all parts) Electric traction—Rotating machines for rail and road vehicles
 - [10] IEC 60884-2-4 Plugs and socket-outlets for household and similar purposes—Part 2-4: Particular requirements for plugs and socket-outlets for SELV
-