

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 12667—1990《同步电动机半导体励磁装置总技术条件》。

本标准与 GB/T 12667—1990 相比主要技术变化如下：

- 修改了交流电网质量的内容(见 4.2.6,1990 年版 3.2.6)；
- 修改了抗干扰的内容(见 4.4.13,1990 年版 3.12)；
- 增加了功能要求(见 4.6)；
- 删除了运输试验(1990 年版 4.15)；
- 删除了保管与产品质量的内容(1990 年版 6.5)。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电力电子学标准化技术委员会(SAC/TC 60)归口。

本标准主要起草单位：天津电气传动设计研究所、北京合康亿盛变频科技股份有限公司、天津市红日电气自动化有限公司、深圳市英威腾电气股份有限公司、上海雷诺尔科技股份有限公司、上海澳通韦尔电力电子有限公司。

本标准主要起草人：安平、杜心林、傅文杰、董瑞勇、陈国祥、刘芝。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 12667—1990。

同步电动机半导体励磁装置总技术条件

1 范围

本标准规定了同步电动机半导体励磁装置的术语和定义、技术要求、试验、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于户内安装的轻载或重载起动、降电压或全电压起动的同步电动机半导体励磁装置(以下简称装置)。

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 156—2007 标准电压

GB/T 762—2002 标准电流等级

GB/T 3797—2005 电气控制设备

GB/T 3859(所有部分) 半导体变流器

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 4588.1 无金属化孔单双面印制板分规范

GB/T 4588.2 有金属化孔单双面印制板分规范

GB 7947 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识

GB/T 18494.1—2001 变流变压器 第1部分:工业用变流变压器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

励磁装置 excitation assembly

为同步电机提供励磁电流的设备,包括励磁机及所有的调节和控制元件及灭磁和保护装置。

3.2

额定励磁电流 rated field current

同步电机在额定电压、额定电流、额定功率因数和额定转速下运行时,励磁绕组中的直流电流。

[GB/T 10585—1989,4.5]

3.3

额定励磁电压 rated field voltage

当冷却介质处于最高温度、电机励磁绕组处在额定负载和额定条件下对应的温度时,为了产生额定励磁电流而需要在电机励磁绕组端施加的直流电压。

[GB/T 10585—1989,4.6]

3.4

励磁系统顶值电压 excitation system ceiling voltage

在规定条件下,励磁系统能提供的最大直流电压。

[GB/T 10585—1989,4.10]

3.5

顶值电压倍数 ceiling voltage times

强励倍数

励磁系统顶值电压与额定励磁电压之比。

[GB/T 10585—1989,4.11]

3.6

触发超前角 trigger advance angle

β

触发脉冲超前于基准点的时间间隔,以电角度表示。

[GB/T 2900.33—2004,551-16-34]

3.7

控制单元 control unit

电气控制设备的通用组合件。以装有电子器件的印制电路板为主体组成,带有面板和插头座(或外壳和端子),具有统一信号电平和规定的电功能。

[GB/T 3797—2005,3.2]

4 技术要求

4.1 基本参数

装置的额定电压应符合 GB/T 156—2007 的规定。装置的额定电流应符合 GB/T 762—2002 的规定。

4.2 正常使用条件

符合本标准的装置适用于下述使用条件。

4.2.1 海拔

装置安装使用地点的海拔不超过 1 000 m。

注:对于在海拔高于 1 000 m 处使用的装置,有必要考虑介电强度的降低和空气冷却效果的减弱。在这些条件下使用的装置,按照制造厂与用户之间的协议进行设计和使用。

4.2.2 环境温度

整流器采用水冷却方式时:5℃~40℃;

整流器采用其他冷却方式时:—10℃~40℃。

4.2.3 相对湿度

空气的最大相对湿度不超过 90%(空气温度 20℃时)。相对湿度的变化每小时不超过 5%,且不得出现凝露。

4.2.4 环境空气

安装地点应无爆炸危险的介质、无腐蚀金属和破坏绝缘的气体,无水淋、日晒并保证周围清洁。

4.2.5 安装

装置安装地点振动频率在 10 Hz~150 Hz 时,振动加速度不大于 5 m/s²。

对于垂直安装的装置,安装倾斜度不得超过 5° 。

4.2.6 供电电源

在下述供电电源电压及频率偏差范围内,装置应能保证电动机在额定工况下长期连续稳定运行:

——交流 380 V/220 V 系统,电压允许偏差为额定值的 $-20\% \sim 15\%$,频率允许偏差为 $\pm 5\%$;

——直流 220 V/110 V 系统,电压允许偏差为额定值的 $-20\% \sim 15\%$ 。

装置交流电源电压在短时间(不超过强行励磁持续时间)内、波动范围为 $55\% \sim 130\%$ 额定值的情况下,装置应能维持正常工作。当电压波动超出上述范围时,应采用备用电源保证上述要求。

注:当使用条件不符合上述情况或用户有特殊要求时,由用户与制造厂协商。

4.3 一般要求

4.3.1 元器件

装置中使用的元器件,应符合各元器件自身的相应标准。制造厂应负责尽可能采用标准元器件。所有元器件的选用应符合设计要求。

4.3.2 印制电路板

应符合 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 的规定。

4.3.3 指示灯和按钮的颜色

应符合 GB/T 4025 的规定。

4.3.4 变流器

装置中使用的变流器的技术要求,应符合 GB/T 3859 的规定。

4.3.5 导线及母线的颜色

应符合 GB 7947 的规定。

4.3.6 控制单元

装置中使用的控制单元,应符合各类电子电控设备有关控制单元相应技术条件的要求。

4.4 性能要求

4.4.1 输出能力

装置应保证在额定输出电压的 $40\% \sim 100\%$ 范围内,输出额定电流并连续运行。

4.4.2 按转差率投全电压

当同步电动机采用降压启动时,装置应具有自动投全电压的控制环节,并在转差率为 $0.11 \sim 0.09$ 时投全电压。

4.4.3 按转差率投励磁

装置应保证在转子转差率为 $0.05 \sim 0.03$ 时,能实现顺极性主励投励,投励时能输出顶值电压。

4.4.4 恒流调节励磁偏差

当电网电压为额定值的 $80\% \sim 110\%$ 、励磁绕组热态电阻增加不大于额定电阻值的 10% 时,应保证

恒流励磁调节偏差不大于±5%。

4.4.5 恒无功功率励磁调节偏差

当同步电动机采用恒无功功率调节、负载从空载到两倍额定负载范围内变动时,应保证同步电动机无功功率的变化不大于±10%。

4.4.6 输出电压可调范围

装置输出电压应保证在额定值的10%~125%范围内平滑可调。

4.4.7 控制电压偏差

当控制电压偏差不超过-15%~10%时,装置应可靠工作。

4.4.8 顶值电压倍数

当电网电压为额定值的80%时,装置应保证顶值电压倍数不小于1.4。

4.4.9 允许强励时间

允许强励时间不应超过50 s。

4.4.10 动力制动控制环节

当采用恒无功功率调节方式时,应设有供动力制动用的控制环节。

4.4.11 噪声

装置在正常工作时产生的噪声应不高于80 dB(A声级)。

4.4.12 电气间隙与爬电距离

装置中各带电电路之间以及带电零部件与导电零部件或接地零部件之间的电气间隙和爬电距离应符合表1的规定。

表 1 电气间隙与爬电距离

额定绝缘电压 U_i/V		额定电流 $\leq 63 A$		额定电流 $> 63 A$	
交流	直流	电气间隙/ mm	爬电距离/ mm	电气间隙/ mm	爬电距离/ mm
$U_i \leq 60$	$U_i \leq 75$	2	3	3	4
$60 < U_i \leq 250$	$75 < U_i \leq 300$	3	4	5	8
$250 < U_i \leq 380$	$300 < U_i \leq 450$	4	6	6	10
$380 < U_i \leq 500$	$450 < U_i \leq 600$	6	10	8	12
$500 < U_i \leq 660$	$600 < U_i \leq 700$	6	12	8	14
$660 < U_i \leq 750$	$700 < U_i \leq 800$	10	14	10	20
$750 < U_i \leq 1\ 140$	$800 < U_i \leq 1\ 200$	14	20	14	28

注 1: 表中所列为交流方均根值或直流值。
注 2: 作为装置组成部件的电器元件及单元,其电气间隙和爬电距离应符合相应标准的规定。

4.4.13 电磁兼容性(EMC)

应符合 GB/T 3797—2005 中 4.13 的要求。

4.5 保护

4.5.1 过电流和欠电流保护

装置应设置：

- 快速熔断器作为短路保护；
- 过电流保护，其整定值在装置额定输出电流的 80%~170% 范围内；
- 欠电流保护，其整定值在装置额定输出电流的 20%~50% 范围内。

4.5.2 过电压保护

装置应能耐受同步电动机异步运行(起动及失步)过程中产生的转子励磁绕组感应过电压(转子回路接入不大于 10 倍转子电阻的起动电阻)。

装置应设置：

- 交流侧操作过电压保护；
- 半导体器件过电压保护。

4.5.3 灭磁保护

在装置正常停车时，变流器应以最高逆变电压快速灭磁(触发超前角 β 为 $25^\circ \sim 30^\circ$)。

4.5.4 牵入同步保护

同步电动机异步起动过程中，当过早投励或起动完毕后不投励时，装置应自动跳闸，同时联锁同步电动机停车。

4.5.5 失步运行保护

当同步电动机产生失步运行时，装置应立即切除直流输出电压、电流，同时联锁同步电动机停车。

注：对于带有失步再整步环节的装置，如再整步失败，也应立即切除直流输出，并使同步电动机联锁停车。

4.5.6 外壳防护

控制柜的柜体防护应符合 GB 4208—2008 中的 IP2X 级的规定。

4.5.7 安全接地保护

应符合 GB/T 3797—2005 的 4.10.6 规定。

4.6 功能要求

4.6.1 调节通道

根据同步电动机机组重要性和用户要求，装置可设置单独的或两套独立的调节通道。

装置采用的两套调节通道应互为热备用、相互自动跟踪，并能手动切换，运行通道故障时能自动切换至备用通道。自动跟踪部件应具有防止跟踪异常情况或故障情况的措施，以保证当运行调节通道故障时，能正确、自动地切换到备用通道。

调节通道设有自动/手动运行方式时，应具有双向跟踪、切换功能。跟踪部件应能正确、自动地进行

跟踪。切换应具有手动和自动切换能力。

4.6.2 控制电路

装置的控制电路应有过电流、欠电流、短路、失步、风机停转、快速熔断器熔断、脉冲故障等故障的检测和报警功能。

4.6.3 输入/输出

励磁调节器应有开关量的直接输入/输出,同时还应具有通信接口,能输出有关数据到上级计算机或监控装置,并接受其增磁、减磁等命令。

4.6.4 冗余装置

装置中的整流器可配置成单套装置或者冗余装置。冗余度可按全部整流器的并联支路中有一个支路退出运行时,剩余支路仍能满足电动机的所有运行工况,整流装置的均流系数应不小于 0.85。

4.6.5 报警

整流器应设置必要的保护及报警装置,包括交流侧阳极过电压吸收和保护器、直流侧过电压吸收和保护器、功率器件换相过电压保护器、功率器件的快速熔断器、风机停转或水冷系统故障报警装置、功率器件故障和脉冲故障报警装置、整流器切除和电源消失故障报警装置。

4.6.6 灭磁

励磁绕组回路应设置灭磁环节。在同步电动机起动过程后的正常励磁状态,灭磁环节的半导体器件应可靠关断。如有误导通,应发出声、光报警信号。

4.6.7 励磁变压器

选用励磁变压器应遵循:

- 选择变压器的容量应按照 GB/T 18494.1—2001,考虑整流器产生的特征及非特征谐波损耗使变压器产生附加发热的影响;
- 励磁变压器的原、副边绕组间应设有屏蔽层,并可靠接地;
- 选用干式变压器时,变压器柜体防护等级不宜高于 IP21。

4.7 装置结构及外形

应符合 GB/T 3797—2005 中 4.12 的规定。

5 试验

5.1 试验分类

5.1.1 一般规定

装置的试验包括出厂试验和型式试验。

5.1.2 型式试验

型式试验用以验证被试装置是否符合本标准的规定。型式试验应在一台装置样品上,或在按相同(或类似)设计制造的多台装置或部件上进行。

凡具有下列情况之一的,应进行型式试验:

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- 已定型的产品,当设计、工艺或关键材料更改可能影响到产品性能时;
- 正常生产时,定期或积累一定产品后的周期性试验;
- 产品长期停产后,恢复生产时;
- 出厂试验结果与上次型式试验有较大差异时;
- 国家质量监督机构提出型式试验的要求。

型式试验时,产品只有一项不合格时,允许返工后再对该项目进行复试。若复试仍不合格,则该产品为不合格品。

5.1.3 出厂试验

出厂试验用以检验器件、材料、工艺上的缺陷。每台装置都应进行出厂试验。在出厂试验过程中,若任意一项不合格,均判为该装置检验不合格。

5.2 试验项目

装置的出厂试验、型式试验项目及有关试验要求如表 2 所示。

表 2 试验项目

试验项目	型式试验	出厂试验	试验方法、要求的章条号
一般检查	√	√	5.3.1、4.3
电气间隙与爬电距离	√	√	4.4.12
外壳防护等级	√	√	4.5.6
绝缘电阻测量	√	√	5.3.2
介电强度试验	√	√	5.3.3
轻载试验	√	√	5.3.4
低压电流试验	√	√	5.3.5
电气性能指标试验	√	√	5.3.6、4.4、4.5.1
投励环节试验	√	√	4.4.3
投全压环节试验	√	√	4.4.2
功能试验	√	√	4.5、4.6
灭磁环节试验	√	√	4.5.3、4.6.6
等效负载试验	√		5.3.7
温升试验	√		5.3.8
噪声测量	√		5.3.9、4.4.11
气候环境试验	√		5.3.10
振动试验	√		5.3.11
EMC 试验	√		5.3.12、4.4.13

5.3 试验方法

5.3.1 一般检查

按 GB/T 3797—2005 的 5.2.1 进行。

5.3.2 绝缘电阻

测量应在电路与柜体的接地部件之间及彼此无电联结的导电部件之间进行。

测量时,应根据装置的额定工作电压确定使用的兆欧表电压等级,但其应至少为 500 V。

试验时,对于不能承受规定的兆欧表电压的元件(如半导体器件、电容器等),应将其短接。采用水冷冷却的装置应在无水的情况下测量。

在环境温度为 20 ℃和相对湿度为 90%时,主电路带电部分与地(外壳)之间的绝缘电阻应不小于 5 MΩ,有触点控制电路应不小于 3 MΩ,半导体控制电路应不小于 0.5 MΩ。

注:绝缘电阻值仅供介电强度试验前后作为辅助性判别。

5.3.3 介电强度试验

当绝缘电阻测量结果符合要求时,应在下列条件下进行介电强度试验:

- a) 试验前,装置主电路中的半导体器件的端子应短接。主电路中的触头应处于闭合状态或短接。对不能承受规定试验电压的元件,应将其短接或采取隔离措施。
- b) 对某些有可能因其绝缘损坏将高压侧电位引入低压侧的元件(如隔离变压器、互感器、脉冲变压器等),其试验电压应按相应较高的电压等级选取。
- c) 试验应在电路与接地部件之间以及彼此无电联结的导电部件之间进行。如外壳由绝缘材料构成,则应以导电箔覆盖,把导电箔当作外壳。当外壳过大时,可对认为有危险的部位做局部覆盖。
- d) 试验应在完整地闭合装置外壳后进行。
- e) 试验用的变压器高压输出端短路时,电流不应小于 0.5 A。
- f) 试验电压应为频率为 45 Hz~65 Hz 的交流正弦波电压,其值为 10 倍额定输出电压但不得低于 2 000 V(方均根值)。根据具体情况,也可施加与规定的交流试验电压峰值相等的直流试验电压。对半导体控制电路施加的试验电压应为 500 V(方均根值)交流正弦波电压。
- g) 试验电压应从零或不超过全值的一半开始,连续或最大以全值的 5% 阶跃上升,升至全值的时间应不短于 10 s,然后维持 1 min。试验后,将电压逐渐降至零。

出厂试验时,试验电压达到规定值后,保持的时间可缩短为 1 s。

试验中未发现击穿、闪络现象,即为合格。

5.3.4 轻载试验

试验目的在于检查装置的接线是否正确,以及轻载工作特性是否达到规定要求。

试验时,电源电压应为额定值。

在装置输出端连接一个可调负载和与之相串联的直流电流表。可调负载的电阻值应使装置的输出电流不小于 10 A。

装置内的电流反馈信号应相应调整。

试验项目包括:

- a) 投励时,系统输出的强迫励磁电压;
- b) 装置输出直流电压的连续可调性;
- c) 半导体变流器的触发超前角。

5.3.5 低压电流试验

试验的目的是检验装置在额定电流下工作的可靠性。

试验时,装置的输出端应短接或连接一个低阻值负载。主电路的输入端应通过变压器或调压器施加一个较低的电压,其值应足以使装置输出100%的额定电流。装置的控制、操作及辅助电路均应连接至电压为额定值的独立电源。

试验时,冷却介质的流速(或流量)和温度应符合正常工作条件。

试验时,应使装置输出额定电流连续运行不少于20 min。

5.3.6 电气性能指标试验

试验的目的是在轻载试验合格的基础上,检验装置的电气性能指标是否达到规定的要求。

试验时,电源电压应为额定值,且其变化应在规定的范围(额定电压的80%~110%)内可调节。

在装置的输出端连接一个可调负载和与之相串联的直流电流表。可调负载的电阻值应使装置的输出电流不小于10 A。

装置内的电流反馈信号应相应调整。

试验项目包括:

- a) 恒流励磁系统的精度;
- b) 强励倍数;
- c) 装置的过电流保护动作值;
- d) 装置的欠电流保护动作值。

5.3.7 等效负载试验

试验的目的是检验装置在等效负载(额定电压和90%的额定电流)条件下工作的可靠性。

试验时,在装置交流侧施以额定电压,直流侧带电阻负载,装置应输出额定电压和90%的额定电流。

试验可与温升试验结合进行。

5.3.8 温升试验

装置内各部位的温升不应超过表3的规定。

连接到发热件(如管形电阻、板形电阻、瓷盘电阻等)上的导线应从侧方或下方引出,并剥去适当长度的绝缘层,换为耐热瓷管,使导线绝缘端部的温度不超过65℃。

表3 装置各部位极限温升

部件与器件	母线材料与被覆层	温升/K
电力半导体器件及元器件	—	不超过相应标准的规定
连接于一般低压电器的母线连接处的母线	紫铜、无被覆层	60
	紫铜、搪锡	65
	紫铜、镀银	70
	铝、超声波搪锡	55
连接于电力半导体器件的母线连接处的母线	紫铜、无被覆层	45
	紫铜、搪锡	55
	紫铜、镀银	70
	铝、超声波搪锡	35
与半导体器件相接的塑料绝缘线或橡胶绝缘线	—	45

5.3.9 噪声测量

噪声可采用声级计测量。应在离测试面中心 1 m 处测量,取 5 个面测试值的最大值作为测量值。环境噪声(A 声级)应比装置运行噪声至少低 4 dB。距装置 3 m 内应无声反射面(地面除外)。测量结果应符合 4.4.11 的规定。

5.3.10 气候环境试验

按 GB/T 3797—2005 的 5.2.11 的规定进行。

5.3.11 振动试验

按 GB/T 3797—2005 的 5.2.13 的规定进行。

5.3.12 EMC 试验

按 GB/T 3797—2005 的 5.2.12 规定进行。

6 标志、包装、运输、贮存

6.1 标志

6.1.1 铭牌

铭牌内容应包括:

- 装置名称;
- 装置型号;
- 额定励磁电压;
- 额定励磁电流;
- 负载等级;
- 质量;
- 出厂序号;
- 制造厂名;
- 制造年月。

6.1.2 包装标志

包装箱外部应注明下列标志:

- 装置型号、名称及出厂序号;
- 装置净重及含包装箱的毛重;
- 收货单位名称及地址;
- 制造厂名称及地址;
- 位置标志“↑”和写在箭头上部的“向上”字样;
- 包装箱外形尺寸;
- 包装日期。

6.2 包装

装置的包装应符合有关包装运输规范要求,保证装置在运输、存放过程中不受机械损伤,并有防雨、

防尘能力。

随同装置提供的技术文件应包括：

- 装箱技术文件资料清单；
- 合格证；
- 电路图、装配图、使用维护说明书；
- 接线图或接线表(如果有的话)；
- 电气元器件清单；
- 备用件一览表。

6.3 运输

装置在运输过程中,不应有剧烈振动、撞击和倒放。运输温度应在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

6.4 贮存

装置不得暴晒及淋雨,应存放在空气流通、周围介质温度在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,空气最大相对湿度不超过90%(空气温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时)及无腐蚀性气体的仓库中。贮存期不超过三个月。
