

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3117—2005/IEC 61377:1996

铁路应用 机车车辆 逆变器供电的 交流电动机及其控制系统的综合试验

Railway applications—Rolling stock—Combined testing of
inverter-fed alternating current motors and their control

(IEC 61377:1996, IDT)

2005-06-27 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目 次

前 言	III
1 范 围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 组合系统	2
3.2 用 户	2
3.3 制 造 商	2
3.4 供 应 商	2
3.5 制造工厂	2
3.6 负载状态	2
3.7 负载周期	2
3.8 负载特性曲线	2
3.9 组合系统定额	3
3.10 额 定 值	3
3.11 持续定额	3
3.12 短时定额	3
3.13 短时过载定额	3
3.14 断续负载定额	3
3.15 周期性负载定额	3
4 环境条件	3
5 组合系统特性	3
5.1 规定特性	3
5.2 典型特性	4
5.3 组合系统特性	4
5.4 信息交换和责任	4
6 试验分类	6
6.1 总 则	6
6.2 型式试验	7
6.3 研究性试验	7
7 试 验	7
7.1 总 则	7
7.2 试验条件	7
7.3 温升试验	9
7.4 特性试验和容差	10
7.5 其他试验	11
7.6 试验项目	12
附录 A(规范性附录) 用户和制造商之间的协议	13

A.1 由用户规定的且与制造商商定的特殊要求 13

A.2 由制造商规定的且与用户商定的特殊要求 13

前 言

本标准等同采用 IEC 61377:1996《电力牵引 机车车辆 逆变器供电的交流电动机及其控制系统的综合试验》(英文版)。

本标准与 IEC 61377 的不同之处,是将 IEC 61377 引用文件中的 IEC 文本,尽可能地引用已转化的国家标准文本或行业标准文本。

本标准的附录 A 是规范性附录。

本标准由中国南车集团株洲电力机车研究所提出并归口。

本标准由中国南车集团株洲电力机车研究所负责起草。

本标准起草人:刘可安、刘贵。

本标准首次发布。

铁路应用 机车车辆 逆变器供电的交流电动机及其控制系统的综合试验

1 范 围

本标准规定了机车车辆逆变器、交流电动机和相关控制系统所组成的电传动系统的性能、特性和用试验来检验其性能、特性的方法。

本标准适用于机车车辆上电动机、逆变器及其控制的组合系统。

可以认为有下列两种类型的组合系统：

a) 由逆变器供电的电动机(主要是辅助电动机,例如冷却通风机),其机械输出(转矩、转速)和逆变器之间无任何控制,电动机就好象通过汇流排(变频变压或定频定压)供电而工作的。

b) 在机械输出和逆变器之间存在受控的(并联或非并联)电动机。

第一类系统按照 TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 进行试验。

本标准适用于第二类,主要是牵引传动系统,如图 1 所示。

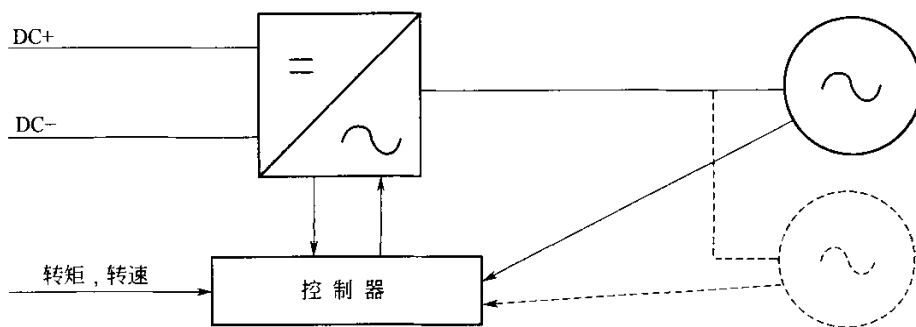


图 1 牵引传动系统

TB/T 3001—2000 适用于变流器供电的交流电动机,IEC 61287-1:1995 适用于电力电子变流器,TB/T 3021—2001 适用于电子设备,本标准适用于电动机、逆变器及其控制的组合系统。因而 TB/T 3001—2000 是针对验证电动机符合其技术条件的试验内容,IEC 61287-1:1995 则是针对逆变器的。本标准提及的某些试验总体上可以取代上述两个标准涉及的相应试验。用户与制造商双方应达成协议,以避免试验重复。

本标准适用于下述组合系统：

- 电压源逆变器供电的异步电动机；
- 电流源逆变器供电的异步电动机；
- 电流源逆变器供电的同步电动机。

直流源可以是供电网、整流器、斩波器、输入变流器、装有整流器的柴油发电机、蓄电池组等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本

标准。

GB/T 2900.25—1994 电工术语 旋转电机[neq IEC 60050(411):1984]

GB/T 2900.33—2004 电工术语 电力电子技术[eqv IEC 60050(551):1998]

GB/T 2900.36—2003 电工术语 电力牵引[mod IEC 60050(811):1991]

TB/T 3001—2000 铁路机车车辆用电子交流器供电的交流电动机(eqv IEC 60349-2:1993)

TB/T 3021—2001 铁道机车车辆电子装置(eqv IEC 60571:1998)

IEC 60349-3:1995 铁路机车车辆和公路车辆 用损耗总和法确定变流器供电的交流电动机总损耗

IEC 60850:2000 铁路应用 牵引系统供电电压

IEC 61287-1:1995 机车车辆用电力变流器 第1部分:特性和试验方法

3 术语和定义

GB/T 2900.25—1994、GB/T 2900.33—2004、GB/T 2900.36—2003 确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 组合系统 combined system

由逆变器、电动机、相关控制装置、等效的连接电缆和等效的冷却装置所构成的系统。

3.2 用户 user

订购组合系统的组织。用户通常是运用机车车辆或设备的组织,除非由主要签约者或咨询人负责代理。

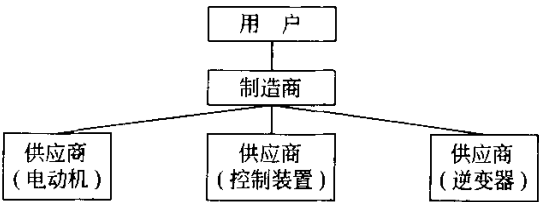
3.3 制造商 manufacturer

对所提供的组合系统承担技术责任的组织。

注:上述定义的制造商也可以是供应电动机、逆变器、控制装置三者之一的供应商,或三者都供应的供应商,或并非供应此三者的供应商。

3.4 供应商 supplier

提供组合系统中的一项或多项部件的组织。



3.5 制造工厂 manufacturer's works

通常是进行试验的场所。

3.6 负载状态 duty

对组合系统负载情况的描述,其中包括(如有应用):电制动、空载、静止和无电期,它涉及到持续时间和实时控制顺序。

3.7 负载周期 duty cycle

随时间重复或非重复的负载变化范围,该周期时间很短,尚不足以达到热平衡。

3.8 负载特性曲线 load profile(亦可参见 IEC 61287-1)

对于组合系统而言,主要指为达到如上定义的工作状态,逆变器输出电流和其他相关参数与时间的关系曲线。

注1:负载特性曲线可以相应于实际负荷,或者是理论负载周期。

注2:知道逆变器的输出电流曲线,就可决定逆变器元部件温升的最恶劣条件。

3.9 组合系统定额 rating of combined system

制造商赋予该组合系统的一组同时测得的电参量和机械参量的数值以及它们的时间延续和时间顺序。

3.10 额定值 rated value

定额中包含的所有参量的数值。

3.11 持续定额 continuous rating

组合系统在试验台上以给定转速长时运行,而其温升未超过 TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 给出的限值时所能提供的机械输出。

注:可以规定若干个持续定额。

3.12 短时定额 short-time rating(例如:1 h)

组合系统在试验台上以给定转速在规定的时间内运行,而其温升未超过 TB/T 3001—2000 的表 2 和 IEC 61287-1 所给出的限值时,所能提供的机械输出。组合系统启动前为冷态,且满足这里所提到标准的所有其他要求。

3.13 短时过载定额 short-time overload rating

组合系统在试验台上以给定转速在规定的时间内运行时,所能提供的机械输出。试验应按 TB/T 3001—2000 的 8.1.6 规定的要求进行,其温升不应超过 TB/T 3001—2000 表 3 和 IEC 61287-1:1995 所给出的限值。

短时过载定额对于确定组合系统的适应性是有价值的,如组合系统的负载在相当长的时间里工作于持续定额之下,而在随后的一段时间内工作于持续定额之上,这些情况很可能在机车应用上发生。城市快速运输和其他类似情况的短时重复负荷周期和短时过载定额不相关,因此,不应对这些情况的短时过载定额加以规定。

3.14 断续负载定额 intermittent duty rating

组合系统在任何运行点上的温升均不超过 TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 所给限值时的工作周期。

3.15 周期性负载定额 periodic duty rating

组合系统在任何运行点上的温升均不超过 TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 所给限值时的周期性负载。

4 环境条件

电动机、逆变器和控制系统的环境条件详见 TB/T 3001—2000、IEC 61287-1:1995 和 TB/T 3021—2001。

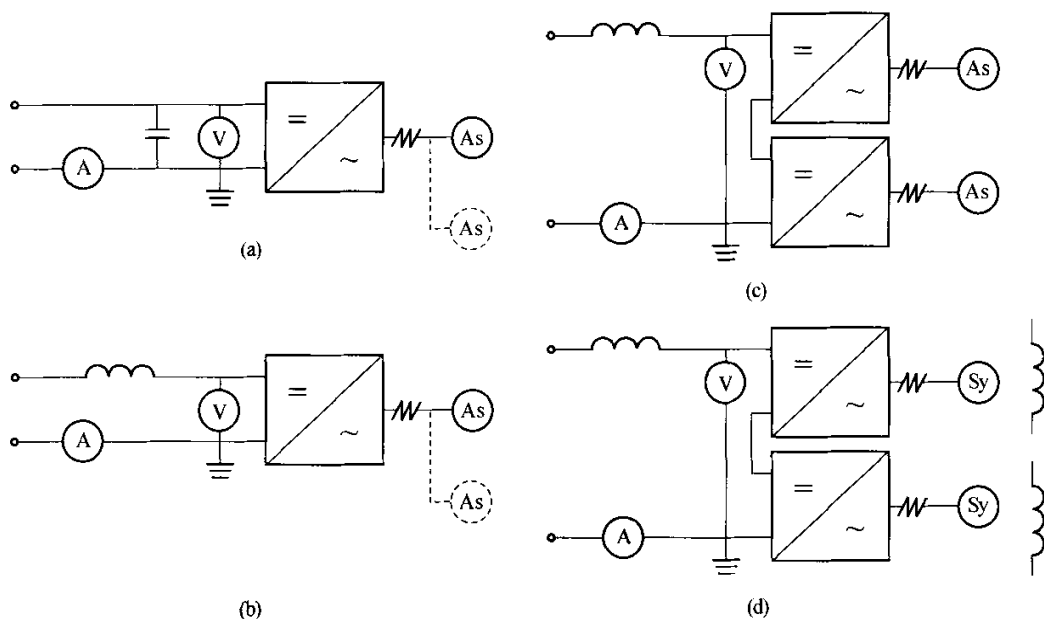
5 组合系统特性

5.1 规定特性

通常,组合系统技术条件应包含特性曲线,这些特性曲线定义为“规定特性”。该特性曲线应相应于每个变量的设计工作限值来绘制。如果有可控的直流中间电路,通常应相应绘制对应控制系统给出的规定直流输入值。此时牵引系统供电电压为规定的标称值。如果直流中间电路不可控,直流输入即为其本身获得的值,此时牵引系统供电电压为其规定的标称值。如果用户和制造商双方同意,规定特性也可以对应牵引系统供电电压较低和较高时的情况来绘制。这些特性应在电动机绕组的基准温度为 150℃ 时以及对应供应商所估计的逆变器部件的温度来绘制。

图 2 给出在安全测量条件下所定义的直流电压和电流测量点的若干示例。

特性曲线可用轮周牵引力和机车车辆速度来表示,以替代电动机转矩和转速。在此情况下,应给出齿轮传动比、轮径和传动损耗。如果在替代方法中采用牵引电动机传动损耗约定值,特性曲线应与 TB/T 3001—2000 中的图 B.1 一致。



A—安培表; V—伏特表; As—异步电动机; Sy—同步电动机。

图2 直流输入测量点示例

在发出组合系统订单之前,应将其规定特性提供给用户,另有规定者除外。

牵引系统供电电压值应由用户规定。该电压值最好是符合 IEC 60850:2000 规定的标准值。

5.2 典型特性

该特性曲线按照 7.4 所做的型式试验结果而得。

5.3 组合系统特性

组合系统的规定特性和典型特性以转速的函数来表示,其在整个应用范围内为:

a) 外部特性,例如:平均机械转矩,组合系统直流输入量(电压、电流和功率)的平均值。

如果效率是一个重要的参数,应该提出来,其特性也应表示出来。效率对于电传动热力机车车辆上的或者蓄电池供电的车辆上的组合系统尤为重要。

组合系统的效率特性应考虑到电动机、逆变器、电缆和其他相关的部件。

b) 内部特性,是指逆变器输出电流的方均根值、逆变器输出电流和电压基波分量的方均根值、异步电动机的转差率以及同步电机的励磁电流。

c) 内部值,诸如转换瞬态值之类,是指逆变器多相输出的线间电压和线对地电压的峰峰值、温度等。

注:内部转换瞬态值用于检验部件的绝缘试验电压。

特性曲线至少应绘出牵引和制动(如有电制动的情况)工况下,在整个速度范围内对应最大基准转矩(主控制器指令)的情况。如果用户和制造商双方同意,也可以绘出在任意速度点上转矩为 1/4、1/2 和 3/4 最大基准转矩时的特性曲线。

仅外部特性和最大内部转换瞬态值是强制要求的。如果需要测量效率,对于同步电机还应包括励磁损耗。虽然其他内部特性和数据也应测量,但其结果不应影响组合系统的验收。

图 3 至图 6 给出最为常见的强制性特性的示例。

5.4 信息交换和责任

TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 规定,电动机供应商和逆变器供应商之间需要交换信息,

以确保组合系统能满足这两个标准的要求,信息交换的记录文件作为电动机技术条件和逆变器技术条件的一个组成部分。

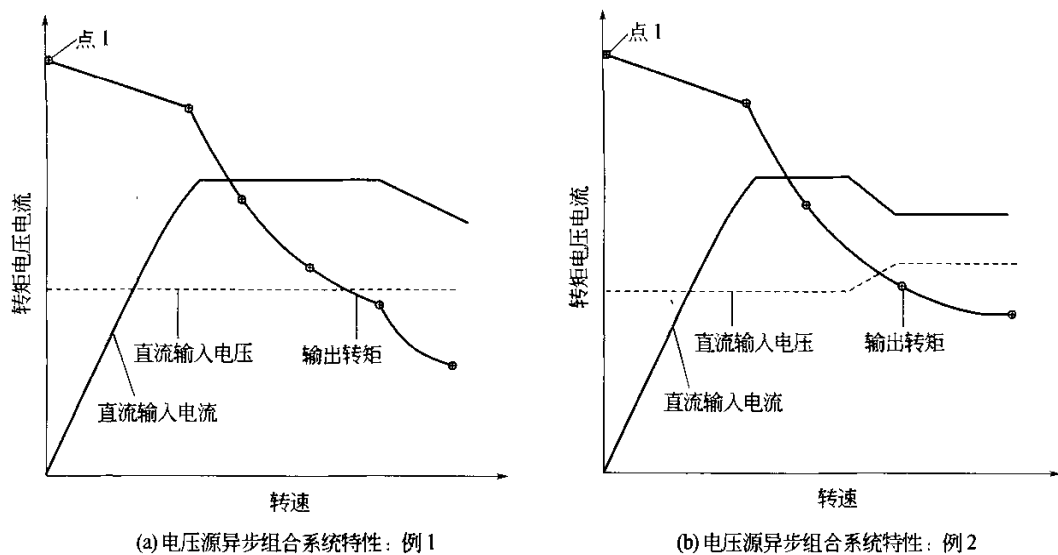


图 3 强制性特性——电压源异步组合系统

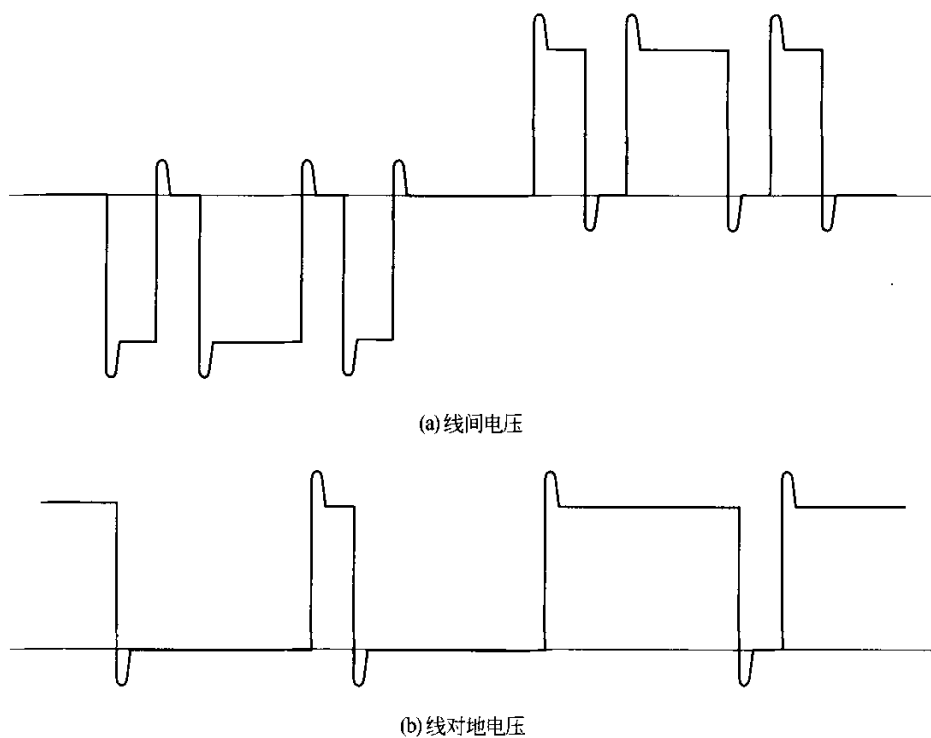


图 4 强制性特性——电压源异步组合系统

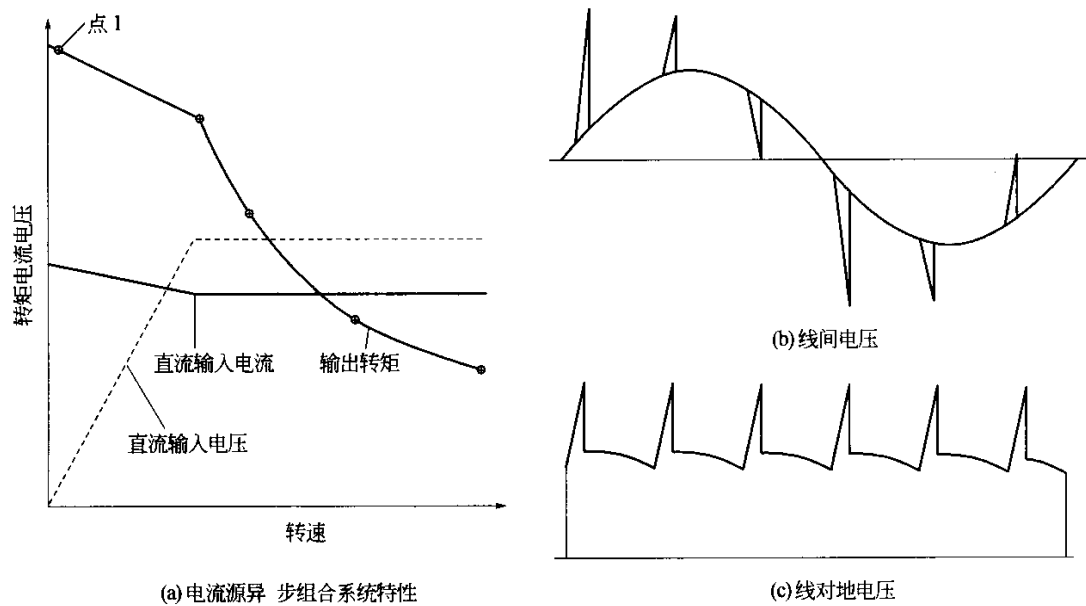


图 5 强制性特性——电流源异步组合系统

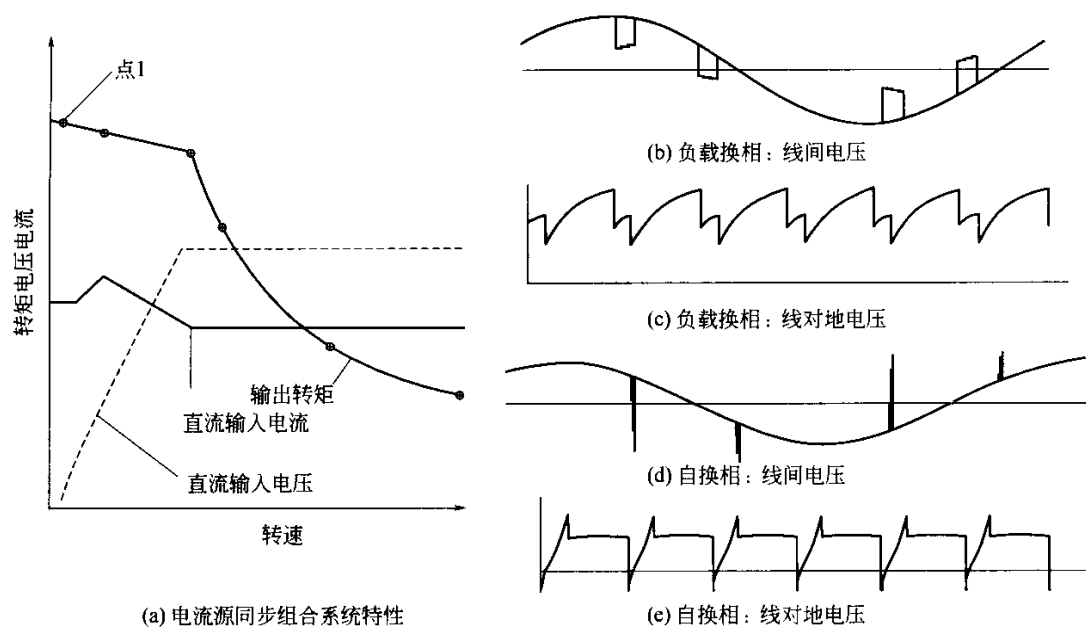


图 6 强制性特性——电流源同步组合系统

3.3 条定义了制造商为承提所提供的组合系统技术责任的组织。制造商有责任使组合系统各组成部分的技术条件满足本标准的要求。

6 试验分类

6.1 总 则

试验有三类：

- 型式试验；
- 研究性试验；
- 例行试验。

本标准不直接涉及例行试验。系统的各元部件的例行试验根据它的相关标准进行。

6.2 型式试验

型式试验用以验证一种新型组合系统的定额、特性和性能。型式试验应在每次新设计的单套组合系统上进行。

如果在组合系统进行型式试验后,决定修改设计或零部件的制造工艺,则应评估这些修改对该组合系统性能造成的影响。在此情况下,用户和制造商双方可达成一项协议,不再进行型式试验或仅进行型式试验中的某些项目。

以用户和制造商双方的协议为前提,如果制造商提供一份完整的型式试验报告,其试验是在同等的或较高的定额、相同冷却条件下,对具有相同设计的一个组合系统进行的,则型式试验可以不做。

6.3 研究性试验

研究性试验的目的是为了获得有关给电动机供电的逆变器,或由逆变器供电的电动机或组合系统的控制部分等方面的补充信息。研究性试验仅在用户和制造商双方事先达成协议的条件才进行。除用户和制造商双方另有商定外,研究性试验结果一般不应影响该系统的验收。

7 试 验

7.1 总 则

综合试验为按照使用中的实际参数来考核组合系统的各个组成部分提供了可能。电动机转矩、直流中间电路电压、逆变器输出电流和电压等均为在实用中的工作值。

在试验开始前,制造商应给用户一份试验技术条件,该技术条件应包含有为满足合同要求而按照本标准进行的试验内容。试验完成之后,制造商应给用户一份完整的试验报告。

7.2 试验条件

7.2.1 试验中的冷却

组合系统的试验应按使用中包括作为机车车辆组成部分的风道和过滤器的冷却条件来做,或者依照已知的等效条件配置来进行。可通过对有关参数(流量、压力、温度等)的测量,以确认其冷却条件与车上的使用情况相等效。

对于设备中主要依靠自然冷却的部件,可以对相应于机车车辆运动所产生的冷却效果进行模拟。

冷却方式所有的模拟应以协议为依据。

有关每个元部件冷却的详细要求在相关的标准中给出。

7.2.2 电力电缆

推荐采用与热和电磁方面规定条件等效的方式来布置电力电缆。电力电缆最好是装车实用的,也可以采用等效的。如果要求有关电力电缆及其配置的所有资料,制造商应予提供。

假如在试验台上模拟了当地的最恶劣条件,则该电缆无需完全按照装车情况来布置。例如,如果能合理地预测到最高温升出现在电缆敷设线路2m的部位,则应在试验台上模拟该部位的发热情况,而对于电缆敷设线路其他部位的情况,可以不予考虑。

7.2.3 电 源

7.2.3.1 总 则

电源可以来自机车车辆直流电源或来自试验台上可获得的另一电源。对电源,系统的电感、电容和电阻均应予以考虑。

7.2.3.2 机车车辆的直流电源

可控直流电源可以来自可控整流器、斩波器、四象限变流器或其他可控变流器。直流电源的脉动电

压(或电流)应加以考虑。

7.2.3.3 其他直流电源

直流电源通常是三相正弦电压经全波六脉波整流的直流电压,也可以是其他直流电源,例如:斩波器、直流发电机等。

7.2.4 机械输出量的测定

机械输出量应在电动机轴端直接测出(转矩测量仪)或间接测量(校准电机)。测量准确度应符合本标准相关条款中规定的值。

如果用户和制造商双方同意,机械输出量可以通过损耗总和法或背靠背试验方法(如有两套组合系统的话)而得出。图7给出了背靠背试验方法在试验台上配置的示例。

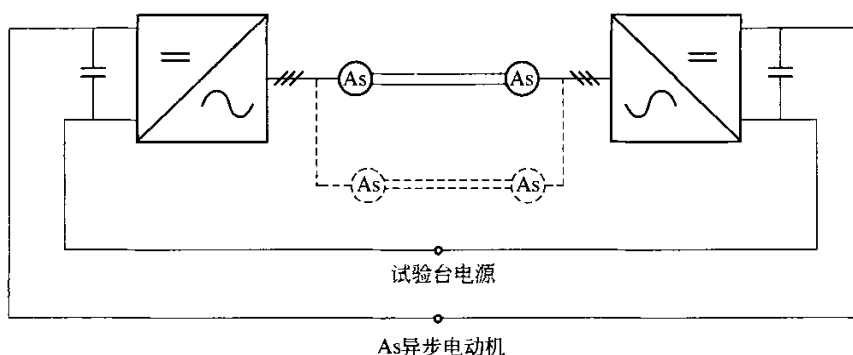


图7 异步组合系统背靠背试验的试验台配置

注:损耗总和法包括对下列损耗的估算:

——电动机,来自对交流输入的测量(IEC 60349-3:1995 是涉及损耗总和法的技术报告,在此情况下,测量准确度是在报告中给出的值);

——逆变器,通常来自对直流输入的测量;

——电缆,电阻(如有)和组合系统工作所必要的电感。

7.2.5 对于并联异步电动机的特殊条件

7.2.5.1 总 则

当几台异步电动机并联由单台逆变器供电时,轮径的偏差会使某些电动机在其最恶劣的负载情况下工作(情形1)。控制系统可以这样设计:可以通过降低牵引力的方式,使所有电机均保持在没有轮径失配时的负荷以内(情形2)。可见,轮径失配的结果将影响转矩特性或电动机的温升,或同时影响这两者。轮径的最大允许偏差应由用户和制造商双方商定。

特性和温升试验应按不存在轮径失配的情况来做。

如果所设计的控制装置会使某些电动机工作在其最恶劣的负载情况下(情形1),则应做电动机的附加温升试验。如果设计的控制装置通过降低牵引力使所有的电动机均保持在某个工作载荷内(情形2),只要用户和制造商双方同意,则可以做附加转矩特性试验。

7.2.5.2 附加试验

附加试验的条件以用户和制造商双方的协议为依据:

——情形(2),只能做全套试验;

——情形(1),只对单台电动机在全套试验和温升试验两者之中选择一种做试验。

7.2.5.2.1 全套试验

并联电动机应由单台逆变器供电。除非另有规定,除一台电动机加载到对应于最大允许轮径失配量的转速外,其余电动机均应加载到具有正常轮径时的转速。

7.2.5.2.2 单台电动机的温升试验

除非另有规定,应认为本试验中仅单台电动机运转着一个具有最大轮径失配量的轮对。由于轮径的失配,控制的基准值应加以修正,以使转差率对应于最恶劣负载条件。图 8 给出轮径失配对转矩特性影响和转差率变化的示例。

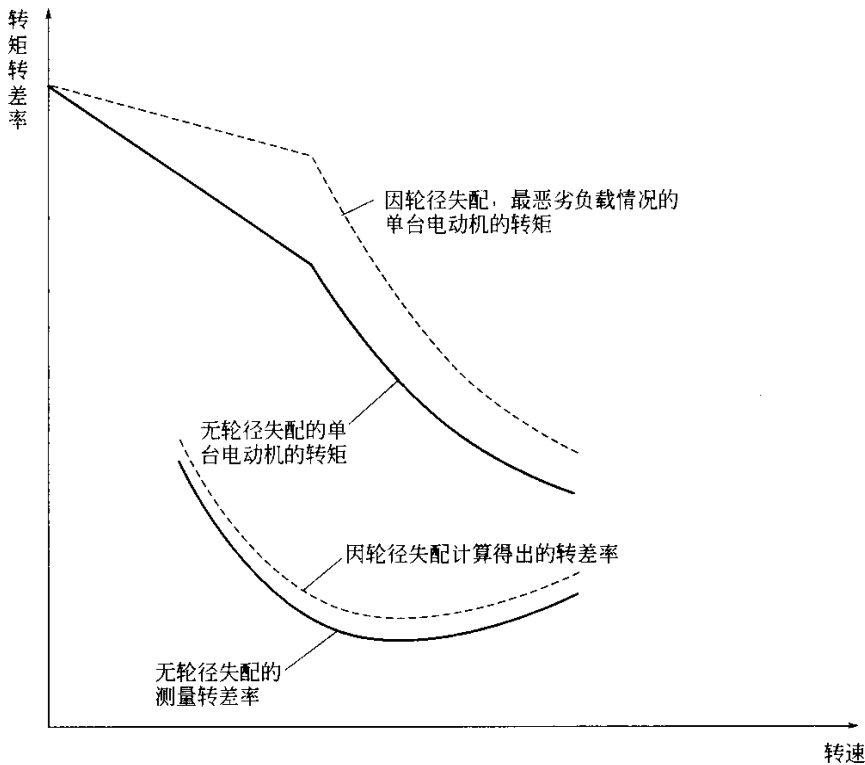


图 8 轮径失配对异步电动机转矩特性的影响

注:对应的转差率等于:

$$s \pm (\Delta D/D) [(n-1)/n]$$

(“+”为牵引,“-”为制动)

式中: s ——(标么值)为特性试验期间所测量到的转差率(电动机热态,参见 7.4.1.2);

n ——为并联电动机台数;

$\Delta D/D$ ——(标么值)为最大轮径失配量。

对于所有与制动工作方式无关的应用,由于在最恶劣负载条件下增大了持续定额,均应进行温升试验。这通常就足以表明电动机对其应用(主要是机车)是相适应的。

假如有制动工作方式,则应按规定的负载周期达到最高温度条件来进行温升试验。这就考虑了牵引时的大负载和制动时的低负载情况(主要对于重载运输应用而言)。

7.3 温升试验

7.3.1 总 则

本试验应在经双方同意的系统定额下进行。

对于并联电动机,可以根据 7.2.5 的要求进行附加试验。

在持续定额试验时,可以通过加大试验开始时的负载,或降低系统中某些局部的通风,来缩短达到稳定温度的时间。随后,至少能连续保持额定条件 2 h,或者能通过适当的方法证明已达到稳定的温度

为止。

对于周期性负载定额试验,可以首先以计算的等效定额开始试验,以缩短达到稳定温度的时间,然后再以重复的工作周期继续做。

条款 5.4 阐明组合系统制造商的技术责任,因此,供应商就不必根据该系统的相关标准对部件做温升试验。如果综合试验时的温升未超过部件标准中规定的数值,则可认为部件已通过温升试验,如果在部件标准中没有规定数值,这些值可以商定。即使电参数没有完全达到供应商和制造商双方的商定值,此条仍然有效。

7.3.2 温度的测量

组合系统各部分温度的测量在相关部件的标准中阐述。

7.4 特性试验和容差

7.4.1 转矩特性

7.4.1.1 总 则

验证转矩特性符合规定的试验应在电动机运转到给定转速下进行。接着应将基准转矩(主控制器指令)送入控制单元,以便测量组合系统的特性。然后测量电动机(平均)输出转矩和在逆变器直流侧的(平均)电压、电流和功率。

5.3 阐明“转矩特性应对应于最大基准转矩来绘制”。

对于并联电动机,可根据 7.2.5 的要求做附加试验。

测量误差的限值应不大于:

- 在所考虑的转速点上,最大机械转矩基准值的 $\pm 2\%$;
- 对于直流电压、电流和功率的平均值, $\pm 1\%$;
- 对于交流量, $\pm 2\%$ 。

对于温升试验,假如在组合系统试验中所测得的转矩特性满足本标准的要求,则认为电动机已通过 TB/T 3001—2000 中的转矩特性试验。即使电参数没有完全达到供应商和制造商双方的商定值,此条仍然有效。

温度是一个重要的参数,尤其对于异步电动机传动系统,温度对转矩的影响取决于控制性能。转矩特性的测量为检查发热对输出转矩的影响提供了条件。

7.4.1.2 电动机热态时的转矩特性

转矩特性的测量应在依据 7.3 所做的温升试验结束时刻进行,这时异步电动机的鼠笼式转子或者同步电动机的定子绕组可能出现最大温升,如此即可得到组合系统在该温度下的转矩特性。测量应进行迅速,且应以在试验台上可获得的最低转速为起始点(图 3、图 5 和图 6 中的点 1)。无需给出过多的点,图 3 至图 6 给出所需点数的示例。

容差:在规定特性上,相应于最大转矩的转速和 90% 最高转速之间任何点上的典型转矩不应小于所规定值的 95%。

7.4.1.3 电动机冷态时的转矩特性

电动机为冷态,依据 TB/T 3001—2000 的 A1 的规定,应在与电机热态时所测点(图 3、图 5 和图 6 的点 1)同一最低转速下测量转矩。测量应进行迅速,且温度测量应在试验结束时刻进行,以确保温度无明显的变化。所测转矩不应小于规定转矩的 95%。

7.4.1.4 满转矩的全转速范围试验

转矩特性应在牵引和制动(如有)两种工况下的、整个转速范围内升速和降速两个方向进行测量,此时其基准转矩为最大值。不应发生跳闸关断系统的现象。转速的变化速率应与各自的应用状况相当。

7.4.2 组合系统的效率特性(损耗特性)

如果需要测量损耗,则应在 7.3 所述的温升试验结束时刻进行。该损耗可以通过对直流输入功率

和机械输出功率的测量而得到。通常只测少数几个考核点。

直流输入功率的测量误差限值不应大于 $\pm 0.6\%$ ，在所考虑的转速点上，转矩测量装置的测量准确度应在最大基准转矩的 $\pm 0.25\%$ 以内，且转速测量装置应精确到 $\pm 0.1\%$ 以内。这些容差可根据用户和制造商双方的协议而改变。所采用的误差限值以及所产生的效率容差应在效率特性中指明。

如果用户和制造商双方同意，可以采用在 7.2.4 所提到的损耗总和法与背靠背测量法。

7.5 其他试验

7.5.1 保护系统试验

7.5.1.1 组合系统控制装置电源

组合系统，当其控制电源在规定范围内发生任何变化的情况，均能正常工作而无任何系统干扰或故障迹象。当一台或几台控制电源失电时，应能使组合系统中的逆变器脱离工作状态，而无任何故障或功能紊乱。当控制电源重新建立时，系统应以某种被控方式重新启动。

7.5.1.2 直流电源

应通过调节直流供电电压，使组合系统的规定工作范围从最大值变到最小值，来检查控制系统是否工作正常，以及对组合系统输出的调节和控制是否与商定的特性曲线相符。图 9 给出了电压源组合系统工作范围的示例。

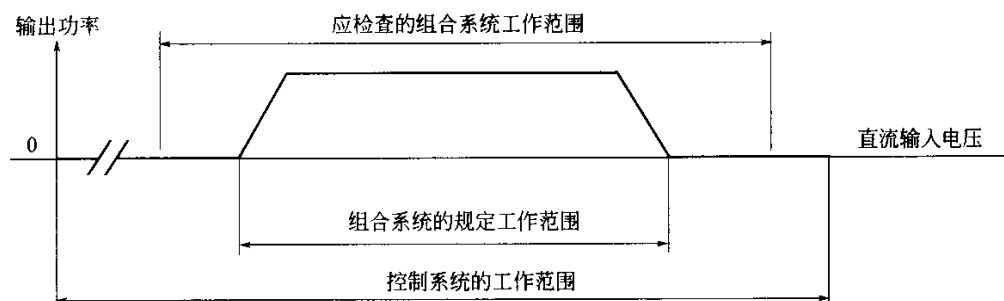


图 9 电压源组合系统工作范围示例

7.5.1.3 其他试验(研究性试验)

组合系统的试验为测试如下情况时的系统性能提供条件：

- 供电电源短时中断；
- 故障情况：例如转速信号、温度信号的丢失等。

这些试验应以用户和制造商双方的协议为依据。

7.5.2 逆变器输入电流的谐波(研究性试验)

逆变器可能会对铁路信号系统、供电系统或其他静止的和车载的设备造成干扰，这是由于逆变器直流侧所产生的谐波电流引起的。由于这个原因，在不同的定子频率下测量逆变器直流输入电源中的交流含量就显得很重要。用户、制造商和供应商之间应交换有关信号载波频率方面的信息。应对具有这些载波频率的交流电流加以特别注意。

测量结果有助于计算考虑了所用逆变器的总台数和电网滤波器的设计等以后车上的总谐波干扰电流。

对于这种测量，应采用高精度电流传感器和频率分析仪。

对于电流源逆变器，通常不涉及到这些测量。

在测量总谐波分量时，应考虑直流电源的谐波。

7.6 试验项目

本标准要求进行的试验项目见表 1。

表 1 试验项目一览表

试验项目	条款或分条款	型式试验	研究性试验	可能与 TB/T 3001—2000 和 IEC 61287-1:1995 重复的试验
温升试验	7.3	✓		✓
——并联电动机的附加试验	7.2.5.2	如果可行		
特性	7.4	✓		
——转矩	7.4.1	✓		
电机热态的转矩特性	7.4.1.2	✓		✓
电机冷态的转矩特性	7.4.1.3	✓		
满转矩的全转速范围试验	7.4.1.4	✓		
——效率特性	7.4.2	可选		✓
其他试验	7.5			
——保护系统试验	7.5.1			
控制装置的电源	7.5.1.1	✓		
直流电源	7.5.1.2	✓		
其他试验	7.5.1.3		✓	
——输入电流中的谐波	7.5.2		✓	

附 录 A
(规范性附录)
用户和制造商之间的协议

A.1 由用户规定的且与制造商商定的特殊要求

条款	内容
5.1	牵引供电电压较低和较高时的特性曲线绘制
	牵引系统供电电压
5.3	应绘的特性曲线数
	效率特性
6.3	研究性试验
7.2.5.1	最大允许轮径差
	并联电动机在某些使用情况下的附加转矩特性
7.5.1.2	对组合系统某些元部件故障后果的检查

A.2 由制造商规定的且与用户商定的特殊要求

条款	内容
范围和目的	试验的重复
6.2	无需或不应再进行型式试验的情形
6.3	研究性试验
7.2.1	冷却条件的模拟
7.2.4	通过损耗总和法或背靠背方法测机械输出量
7.2.5.2	采用并联电动机时的附加试验的条件
