



中华人民共和国国家标准

GB/T 29307—2012

电动汽车用驱动电机系统 可靠性试验方法

The reliability test methods of drive motor system for electric
vehicles

2012-12-31 发布

2013-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准起草单位:北京理工大学、中国汽车技术研究中心、上海电驱动有限公司、南车株洲电力机车研究所有限公司、天津清源电动车辆有限责任公司、上海汽车集团股份有限公司、深圳市比亚迪汽车有限公司、重庆长安新能源汽车有限公司、北京中纺锐力机电有限公司、大洋电机新动力科技有限公司、精进电动科技(北京)有限公司。

本标准主要起草人:宋强、孙逢春、贡俊、郭伟、郭淑英、傅振兴、蔡蔚、窦汝振、孟祥峰、贾爱萍、闫志平、毕荣华、周旭光、肖伟。

电动汽车用驱动电机系统 可靠性试验方法

1 范围

本标准规定了电动汽车用驱动电机系统在台架上的一般可靠性试验方法,其中包括可靠性试验负荷规范及可靠性评定方法。

本标准适用于最终动力输出为电动机单独驱动或电动机和发动机联合驱动的电动汽车用驱动电机系统。

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 2900.13 电工术语 可信性与服务质量

GB/T 18488(所有部分) 电动汽车用电机及其控制器

GB/T 19596 电动汽车术语

QC/T 893—2011 电动汽车用驱动电机系统故障分类和判断

3 术语和定义

GB/T 2900.13、GB/T 18488(所有部分)、GB/T 19596 和 QC/T 893—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

持续转矩 continuous torque

车用驱动电机系统在额定电压、额定转速条件下,规定的 S1 工作制下的最大、长期工作的转矩。

3.2

最高工作转速 maximum work speed

相应于电动汽车最高行驶车速的电机转速,车用驱动电机系统在额定电压条件下,在该转速时应能以额定功率运行。

3.3

峰值功率 peak power

车用驱动电机系统在额定电压,额定转速条件下,在一定的持续时间内能输出的最大功率。对于纯电动商用车用驱动电机系统,持续时间规定为 60 s;对于纯电动乘用车和混合动力车用驱动电机系统,持续时间规定为 30 s。

4 试验条件

4.1 一般要求

4.1.1 当没有特殊说明时,试验条件应满足 GB/T 18488.2 的要求。

4.1.2 被测装置应是完整的车用驱动电机系统,符合制造厂技术条件的规定;驱动电机系统外观检查应符合产品标准的有关规定。

4.2 试验电源

4.2.1 试验过程中,试验电源由动力直流电源提供,或者由动力直流电源和其他储能(耗能)设备联合提供;试验电源的工作直流电压不大于 250 V 时,其稳压误差应不大于 $\pm 2.5\%$;试验电源的工作直流电压大于 250 V 时,其稳压误差应不超过被试驱动电机系统直流工作电压的 $\pm 1\%$ 。

4.2.2 试验电源能够满足被测驱动电机系统的功率要求,并能够工作于额定工作电压、最高工作电压、最低工作电压或其他工作电压。

4.3 冷却

试验过程中的冷却设备或冷却条件如下:

- 对于风冷的电机或者控制器,试验过程中应带有实际装车时的风冷电机;
- 对于自然冷却的电机或者控制器,可以外加风机对电机或控制器进行冷却;
- 对于液冷的电机或者控制器,应尽量采用制造厂商规定的冷却液;
- 冷却条件应满足产品规格说明书或制造商的规定,并在试验报告中注明。

5 试验程序

5.1 试验前准备

5.1.1 控制器和电机之间连接线应和实际车辆一致,同时安装好监测系统。为确保系统能正常工作,应对必要的关联信号进行模拟或者通过其他方法进行屏蔽。

5.1.2 供电电源、试验台架及监测系统的工作状态应正常。

5.2 性能初试

性能初试按照 GB/T 18488.1 和 GB/T 18488.2 的要求进行。测得的性能应符合被测驱动电机系统的技术条件要求。

5.3 可靠性试验

按照第 6 章规定的试验规范进行试验。

5.4 性能复试

重复 5.2。

6 可靠性试验规范

6.1 一般要求

可靠性试验规范按照驱动电机系统所应用的车辆类型进行可靠性试验,转矩负荷循环按照图 1 和表 1 进行。总计运行时间为 402 h,按照 6.2 的顺序连续试验。

6.2 试验顺序

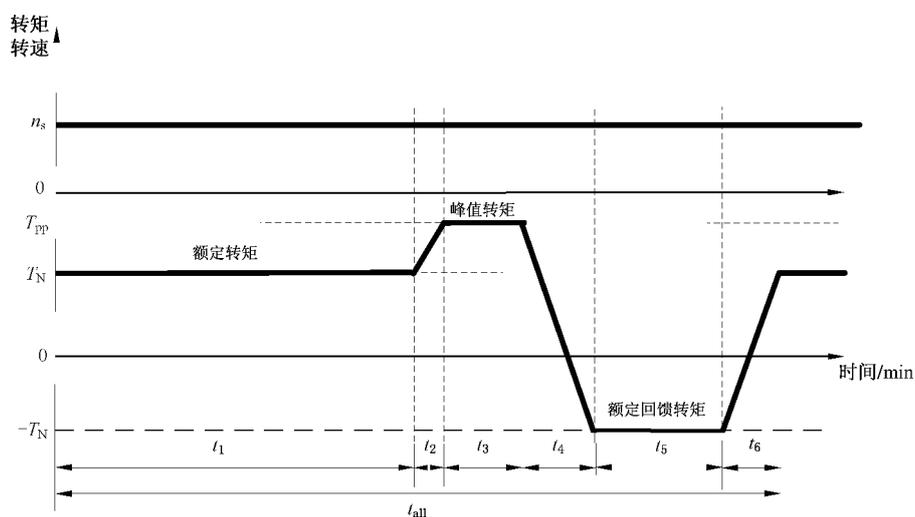
6.2.1 被测驱动电机系统工作于额定工作电压,试验转速 n_s 保持为 1.1 倍的额定转速 n_N ,即

$n_s = 1.1n_N$, 此负荷下循环 320 h。

6.2.2 被测驱动电机系统工作于最高工作电压, 试验转速 $n_s = 1.1n_N$, 此负荷下循环 40 h。

6.2.3 被测驱动电机系统工作于最低工作电压, 试验转速 $n_s = \frac{\text{最低工作电压}}{\text{额定工作电压}} \times n_N$, 此负荷下循环 40 h。

6.2.4 被测驱动电机系统工作于额定工作电压、最高工作转速和额定功率状态, 持续运行 2 h。



说明:

T_N —— 持续转矩, 单位为牛米(Nm);

T_{pp} —— 峰值转矩, 其中, 被测驱动电机系统工作于额定工作电压或者最高工作电压状态时, $T_{pp} = \frac{\text{峰值功率}}{n_s}$; 被测驱动电机系统工作于最低工作电压状态时, $T_{pp} = \frac{\text{峰值功率}}{n_N}$ 。

图 1 电动汽车用驱动电机系统可靠性测试循环示意图

表 1 电动汽车用驱动电机系统可靠性测试循环参数表

序号	负载转矩	运行时间/min		
		纯电动商用车	纯电动乘用车	混合动力汽车
1	持续转矩 T_N (t_1)	23.5	22	6.5
2	T_N 过渡到 T_{pp} (t_2)	0.5	0.5	0.5
3	峰值转矩 T_{pp} (t_3)	1	0.5	0.5
4	T_{pp} 过渡到 $-T_N$ (t_4)	1	1	0.5
5	持续回馈转矩 $-T_N$ (t_5)	3	5	6.5
6	$-T_N$ 过渡到 T_N (t_6)	1	1	0.5
单个循环累计时间		30	30	15

7 检查及维护

7.1 一般要求

检查及维护按照下列要求进行,但是其内容及周期可以做适当的增减,检查的结果及维护情况应详细记录。相应的试验记录表格见附录 A。

7.2 随时的检查

7.2.1 采用故障诊断器、仪表和计算机等随时监测运行数据,超过限值范围时,发出警报或紧急停车,根据故障严重程度,进行处理。若属于被测驱动电机系统故障,则算为故障停车。记录故障停车时间、原因及处理情况。

7.2.2 监听被测驱动电机系统的运行异响,必要时采取措施。

7.3 每 1 h 的检查

在 1 h 内适时的记录被测电机的转矩和转速,电机控制器的直流母线电压和电流,电机表面温度,以及冷却液的温度和流量,必要时,进一步检查电机控制器功率元件的工作温度。如果电机安装有热敏温度传感器,则一并检查电机绕组的工作温度,并画在以运行持续时间(h)为横坐标的监督曲线上。

7.4 每 24 h 的检查

7.4.1 允许停机 1 次,巡视试验设备,并检查紧固件、机械连接件及管路,尤其是软管,检查连接电缆及接口,原则上只检查台架本身。

7.4.2 检查冷却液液面高度,冷却系统是否存在渗漏等状况,必要时,补充冷却液。

7.4.3 停机检查时间最多不超过 0.5 h。

7.5 故障及停机的处理

7.5.1 记录每次停机的原因及操作内容。

7.5.2 当出现故障时,应进行故障分析,排除故障,并记录。

7.5.3 被中断的负荷循环不计入驱动电机系统可靠性工作时间。如果停机时间超过 1 h,则重新开始循环后的 1 h 不计入驱动电机系统的可靠性工作时间。

8 试验结果的整理

8.1 根据 QC/T 893—2011 进行记录,必要时提供照片,进行精密分析。

8.2 依据被测驱动电机系统实际持续运行时间(h)和运行过程中的记录,按照第 9 章进行评定。

9 可靠性评定

9.1 被测驱动电机系统实际运行时间应不低于 402 h。

9.2 可靠性试验故障用平均首次故障时间、故障停车次数及故障平均间隔时间来评定。

平均首次故障时间 $MTTFF$

$$MTTFF = \frac{T'}{n} \dots\dots\dots (1)$$

$$T' = \sum_{j=1}^{n'} T'_j + (n - n') T_e \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $MTTFF$ ——平均首次故障时间点估计值,单位为小时(h);
 n' ——发生故障驱动电机系统的数量;
 T' ——无故障工作总时间,单位为小时(h);
 T'_j ——第 j 个电机系统首次故障时间,单位为小时(h),不计轻微故障;
 n ——试验的系统总数;
 T_e ——定时截尾时间,402 h。

故障平均间隔时间 $MTBF$

$$MTBF = \frac{T}{r} \dots\dots\dots (3)$$

$$T = \sum_{j=1}^k T_j + (n - k) T_e \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $MTBF$ ——故障平均间隔时间的点估计值,单位为小时(h);
 r —— T 时间内发生的故障总数,不含轻微故障;
 k ——中止试验系统数;
 T ——工作总时间,单位为小时(h);
 T_j ——第 j 个电机系统中止试验时间,单位为小时(h),不计轻微故障。

单侧区间估计下限值按下式计算

$$MTBF = \frac{2T}{\chi^2[2(r+1), \alpha]} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $MTBF$ ——故障平均间隔时间置信下限值,单位为小时(h);
 $\chi^2[2(r+1), \alpha]$ ——自由度为 $2(r+1)$,置信水平为 α 的 χ^2 分布值;建议 α 为 0.1。

9.3 比较初试及复试性能曲线及参数,其性能参数应满足 GB/T 18488 的要求。

10 试验报告

试验报告至少应包括:

- a) 前言:说明试验任务的来源;
- b) 试验依据;
- c) 试验目的;
- d) 试验对象:注明被测驱动电机系统的主要参数,并附加图形、照片及必要的说明;
- e) 试验设备及仪表:应写明主要设备及仪表的名称、厂家、型号、精度及其他基本参数,以及标定日期及测量部位;
- f) 试验条件与标准不同之处;
- g) 试验结果:
 - 1) 对原始试验数据加以整理,尽可能用曲线表示,重要的数据可以列表;
 - 2) 可靠性评价指标计算结果;
 - 3) 故障、维修统计;
 - 4) 试验过程中的调整更换记录;

- 5) 性能测试结果；
- h) 结论与建议：
 - 1) 描述故障的模式、类型、数量；
 - 2) 描述平均首次故障时间及故障平均间隔时间；
 - 3) 必要时,根据可靠性试验结果,提出改进和补充试验的建议；
- i) 试验日期。

附 录 A
(资料性附录)
可靠性试验记录表格

表 A.1 检查记录表

序号	时间	母线电压	母线电流	转矩	转速	气压	环境温度	冷却介质温度 ^a	冷却介质流量 ^a	电机温度 ^b	控制器温度 ^b	轴承温度 ^b	绝缘性能
1													
2													
3													

^a 应记录具体冷却介质,在自然冷却条件下,如果外加风机冷却,则记录冷却风量。
^b 应记录相应的测量部位。

记录: _____

表 A.2 故障记录表

顺序号	故障时间	循环序号	故障等级	故障类型	故障模式	故障描述	故障原因	排除措施	维修时间	维修费用
1										
2										

记录: _____

表 A.3 维护记录表

序号	时间	循环序号	维护内容	维护原因	维护耗时
1					
2					

记录: _____
