ICS 29.280
S 35

中华人民共和国国家标准

GB/T 25122.1—2010

轨道交通　机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法

**Railway applications—
Power convertors installed on board rolling stock—
Part 1：Characteristics and test methods**

(IEC 61287-1：2005，MOD)

2010-09-02 发布　　2011-02-01 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

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　设备有关的定义 …… 3
3.2　电气参数定义 …… 5
4　通用条款 …… 6
4.1　概述 …… 6
4.2　使用条件 …… 7
4.3　特性 …… 10
4.4　技术要求 …… 12
4.5　试验 …… 13
5　直接牵引变流器 …… 20
5.1　直流电动机电网换流变流器 …… 20
5.2　直流电动机斩波器 …… 23
5.3　用于交流电动机的多相变流器(逆变器) …… 25
6　间接牵引变流器 …… 25
6.1　网侧变流器 …… 25
6.2　电机侧变流器 …… 26
7　辅助变流器 …… 26
7.1　特性 …… 26
7.2　短路保护 …… 28
7.3　额定绝缘电压的选取 …… 28
7.4　试验 …… 28
8　半导体驱动单元(SDU) …… 29
8.1　印制电路板组装 …… 29
8.2　SDU 功能 …… 29
8.3　SDU 特殊要求 …… 29
8.4　使用条件 …… 30
8.5　SDU 的绝缘要求 …… 30
8.6　EMC 要求 …… 30
8.7　SDU 试验 …… 30
附录 A（规范性附录）　基本电路布置框图 …… 31
附录 B（资料性附录）　制造商与用户协议清单摘要 …… 32
附录 C（规范性附录）　额定冲击电压 U_{Ni} 对应的最小空气间隙 …… 34
附录 D（规范性附录）　(除印制布线材料外的材料的)额定绝缘电压 U_{Nm} 对应的最小爬电距离 …… 35

附录 E（规范性附录） 污染等级的定义 …… 36
附录 F（规范性附录） 设备介电强度试验 基于额定冲击电压 U_{Ni}（kVcr）的短时工频试验电压 U_s（kV r. m. s.） …… 37
附录 G（规范性附录） 接触网供电的电路的额定冲击电压 U_{Ni} …… 38
附录 H（资料性附录） 磁场和感应电压要求的指南 …… 39

前　言

GB/T 25122《轨道交通　机车车辆用电力变流器》由以下两部分组成：

——第1部分：特性和试验方法；

——第2部分：补充技术资料。

本部分是GB/T 25122的第1部分。

本部分采用重新起草法修改采用IEC 61287-1:2005《轨道交通　机车车辆用电力变流器　第1部分：特性和试验方法》(英文版)。

本部分与IEC 61287-1:2005存在技术性差异，这些差异涉及的条款的页边空白处用垂直单线(|)进行标示。本部分与IEC 61287-1:2005的技术性差异及其原因如下：

——对第1章"范围"进行了补充，增加了对适用领域和不适用领域的说明；

——规范性引用文件中引用了采用国际标准的我国标准，并增加了GB/T 2900.36—2003；

——由于国内电压频率采用50 Hz，所以删除了有关60 Hz的内容；

——在IEC标准中，重复进行介电试验时，试验电压值为初始试验电压值的80%，由于在基础标准GB/T 21413.1—2008规定为85%，作为产品标准要求至少应等同于基础的要求，故本部分改为85%；

——删除我国不适用的IEC 61287-1:2005的8.1的所有内容，第8章其他章节的编号相应调整；

——按照GB/T 6553中的分级，对本部分中材料分组的值进行了更正。

为便于使用，本部分还做了下列编辑性修改：

——"本国际标准"一词改为"本部分"；

——用小数点"."代替作为小数点的逗号","；

——删除国际标准的前言。

本部分是在TB/T 2437—2006《机车车辆用电力变流器　特性和试验方法》的基础上制定。

本部分的附录A、附录C、附录D、附录E、附录F、附录G是规范性附录，附录B和附录H是资料性附录。

本部分由中华人民共和国铁道部提出。

本部分由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本部分负责起草单位：株洲南车时代电气股份有限公司。

本部分参加起草单位：株洲变流技术国家工程研究中心有限公司、永济新时速电机电器有限责任公司、南车青岛四方机车车辆股份有限公司、中国铁道科学研究院机车车辆研究所。

本部分主要起草人：冯江华。

本部分参加起草人：严树钢、刘贵、胡家喜、李国锋、刘泰、赵红卫。

轨道交通　机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法

1　范围

GB/T 25122的本部分规定了机车车辆用电力电子变流器的术语和定义、使用条件、一般特性和试验方法。

本部分适用于为机车车辆（电力机车、内燃机车、动车、客车及拖车等）牵引电路与辅助电路供电的电力电子变流器。

本部分也适用于其他牵引机车车辆（例如有轨电车、地铁、城市轨道交通车辆）的电力电子变流器。

本部分适用于完整的变流器机组及其配置，包括：

——半导体器件组件；

——集成冷却系统；

——中间直流环节的部件，包括与直流环节相连的滤波器；

——半导体驱动单元（SDU）及有关传感器；

——保护电路。

本部分不适用于为半导体驱动单元（SDU）提供电气控制电源和变流器工作有关的其他设备（如传感器）供电的变流器。

变流器的电子控制装置、与半导体驱动单元（SDU）无关的传感器和半导体驱动单元（SDU）的印制板组装应符合GB/T 25119的规定。

本部分不适用于电动汽车或GB/T 25119中阐明的低压或小功率变流器。

下列类型的供电电源应予考虑：

——交流接触网；

——直流接触网；

——车载电源（例如发电机、蓄电池以及其他电源）。

注：在本部分中，术语“用户”和“制造商”是指合同中的双方。

2　规范性引用文件

下列文件中的条款通过GB/T 25122的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GB/T 1094.10—2003　电力变压器　第10部分：声级测定（IEC 60076-10：2001，MOD）

GB/T 2900.33—2004　电工术语　电力电子技术（IEC 60050-551：1998，International electrotechnical vocabulary—Part 551：Power electronics，IEC 60050-551-20：2001，International electrotechnical vocabulary—Part 551-20：Power electronics—Harmonic analysis，IDT）

GB/T 2900.36—2003　电工术语　电力牵引（IEC 60050-811：1991，MOD）

GB/T 3859.1　半导体变流器　基本要求的规定（GB/T 3859.1—1993，eqv IEC 60146-1-1：1991）

GB/T 4207　固体绝缘材料在潮湿条件下相比电痕化指数和耐电痕化指数的测定方法

(GB/T 4207—2003,IEC 60112:1979,IDT)

GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB/T 5993 电子设备用固定电容器 第4部分:分规范 固体和非固体电解质铝电容器(GB/T 5993—2003,IEC 60384-4:1998,IDT)

GB/T 6553 评定在严酷环境条件下使用的电气绝缘材料耐电痕化和蚀损的试验方法(GB/T 6553—2003,IEC 60587:1984,IDT)

GB/T 7354 局部放电测量(GB/T 7354—2003,IEC 60270:2000,IDT)

GB/T 16859 阀器件堆、装置和电力变流设备端子标记(GB/T 16859—1997,idt IEC 61148:1992)

GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验(GB/T 16935.1—2008,IEC 60664-1:2007,IDT)

GB/T 19001—2008 质量管理体系 要求(ISO 9001:2008,IDT)

GB/T 21413.1—2008 铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分:一般使用条件和通用规则(IEC 60077-1:1999,IDT)

GB/T 21414—2008 铁路应用 机车车辆 电气隐患防护的规定(IEC 61991:2000,IDT)

GB/T 21562 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例(GB/T 21562—2008,IEC 62278:2002,IDT)

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(GB/T 21563—2008,IEC 61373:1999,IDT)

GB/T 24338.3 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分:机车车辆 列车和整车(GB/T 24338.3—2009,IEC 62236-3-1:2003,IDT)

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分:机车车辆 设备(GB/T 24338.4—2009,IEC 62236-3-2:2003,IDT)

GB/T 25118 轨道交通 机车车辆电气设备 开启式功率电阻器规则(GB/T 25118—2010,IEC 60322:2005,IDT)

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置(GB/T 25119—2010,IEC 60571:2006,Electronic equipments used on rail vehicles,MOD)

GB/T 25120 轨道交通 机车车辆牵引变压器和电抗器(GB/T 25120—2010,IEC 60310:2004,IDT)

GB/T 25121 轨道交通 机车车辆设备 电力电子电容器(GB/T 25121—2010,IEC 61881:2000,IDT)

GB/T 25123.1 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第1部分:除电子变流器供电的交流电动机之外的电机(GB/T 25123.1—2010,IEC 60349-1:2002,MOD)

GB/T 25123.2 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第2部分:电子变流器供电的交流电动机(GB/T 25123.2—2010,IEC 60349-2:2002,MOD)

IEC 60384(所有部分) 电子设备用固定电容器

IEC 60747(所有部分) 半导体器件

IEC 60850 铁路应用 牵引系统的供电电压

3 术语和定义

GB/T 2900.33—2004、GB/T 2900.36—2003 确立的以及下列术语与定义适用于本部分。

3.1 设备有关的定义

3.1.1

[电力][电子]变流器 convertor (electronic) (power)

基于功率半导体来改变通过它的电能的一个或多个参数(包括电压、电流、频率和/或相数)的电子设备。

注1：变流器由输入和输出电特性来详细说明。变流器可以是一台分立的整流器、斩波器或逆变器，也可以由它们组合而成，且可以不在一个柜体内。

注2：变流器是牵引(或辅助)设备的一个组成部分，它可包括主断路器、滤波器、变压器、冷却系统。

3.1.2

牵引变流器 traction convertor

为牵引电动机供电的变流器。

3.1.3

辅助变流器 auxiliary convertor

向辅助设备(如辅助电路、电池充电、空调、冷却、控制电路等)供电的变流器。

3.1.4

直接交流/直流变流器 direct a. c. /d. c. convertor

将输入电能变换为输出电能，不带中间电路的变流器。

3.1.5

间接交流/直流变流器 indirect a. c. /d. c. convertor

将输入电能变换为输出电能，带中间电路的变流器。

3.1.6

变流器系统 convertor system

变流器系统由具有不同的输入、输出特性，实现各自的功能集成于一体运行的若干台变流器组成。组成系统的变流器除具有各自的技术条件外，还应规定系统技术条件。

3.1.7

电流型中间环节 current stiff intermediate link

至少包括两个变流器，中间通过电抗器串联的电路。

3.1.8

电压型中间环节 voltage stiff intermediate link

至少包括两个变流器，中间通过电容器并联的电路。

3.1.9

变压器型中间环节 transformer intermediate link

两个变流器，中间通过变压器连接的电路。

3.1.10

变流器绕组 convertor windings

与变流器端子相连的变压器绕组。

3.1.11

辅助绕组 auxiliary windings

与辅助电源或辅助设备端子相连的变压器绕组。

3.1.12

半导体器件 semiconductor device

基本特性由半导体内载流子的流动所决定的器件。

3.1.13

输入和输出 input and output

输入指牵引工况时吸收有功功率的那一侧，输出指牵引工况时传送有功功率的那一侧。

注：电气隔离。如果单独的电路(例如输入、输出和控制电路)明确说明已隔离，那么就认为已经电气隔离。

3.1.14

端口 port

指定设备与外部电磁兼容环境的特殊接口。

3.1.15

机箱端口 enclosure port

电磁场可能辐射或影响的设备的物理边界。

3.1.16

电缆端口 cable port

导体或电缆连接到设备的点，例如信号端口、控制端口和电源端口。

3.1.17

电枢变流器 armature convertor

连接到直流电动机的电枢以控制其电压或电流的变流器。

3.1.18

励磁变流器 field convertor

连接到直流或同步电机的励磁绕组以控制励磁回路电流的变流器。

3.1.19

单向斩波器 unidirectional chopper

只能在一个方向上传递能量的斩波器。

3.1.20

降压斩波器 step-down chopper

输出电压低于输入电压的斩波器。

3.1.21

升压斩波器 step-up chopper

输出电压高于输入电压的斩波器。

3.1.22

电枢斩波器 armature chopper

连接到直流电动机的电枢以控制其电流或电压的斩波器。

3.1.23

励磁斩波器 field chopper

连接到直流电动机的励磁绕组以控制励磁电流的斩波器。

3.1.24

变阻器斩波器 rheostatic chopper

与变阻器的部分或全部并联、或者串联以控制变阻器电流的斩波器。

3.1.25

有电压型中间直流环节的网侧变流器 line convertor with voltage stiff intermediate d. c. link

把输入的直流或交流电压转换成直流电压的变流器。

3.1.26

有电流型中间直流环节的网侧变流器 line convertor with current stiff intermediate d. c. link

把输入的直流或交流电压转换成直流电流的变流器。

3.1.27

有变压器型中间交流环节的网侧变流器 line convertor with transformer intermediate a. c. link

把输入的直流电压转换成交流电压的变流器。

3.1.28

二次谐波滤波器 second harmonic filter

吸收来自单相交流电源的功率(脉动频率是电网频率的两倍)与输出给负载的功率(实际上在电网电流的几个周期内是常数)的差值的滤波器。

3.2 **电气参数定义**

3.2.1

全波控制(触发脉冲控制) full wave control (burst firing control)

是一种同步多周期控制,触发时刻在电压的过零点处,电流的导通时间为半周期的整数倍。

3.2.2

机车车辆工作周期/负载分布曲线 duty cycle of vehicle/load profile

列车速度、运量在一段时间内的轨迹。

注1:变流器的负载分布曲线根据机车车辆工作周期计算。

注2:负载分布曲线(电流/功率随时间的变化情况)是在规定条件下负载电流/功率的周期重复,例如启动和制动,同时也应考虑电压。

3.2.3

最大瞬态输入电流 maximum instantaneous input current

对于规定的电压,变流器换相时最大规定输入电流。

3.2.4

最大瞬态输出电流 maximum instantaneous output current

对于规定的电压,变流器换相时最大规定输出电流。

3.2.5

瞬态(形容词或名词) transient (adjective or nominative)

两个连续的稳态之间,在很短(与稳态时间相比)的时间内的一种现象或数量的变化。

3.2.6

谐波分量 harmonic components

周期函数阶次大于1的傅里叶级数项。

3.2.7

直流电流的纹波/纹波因数 ripple/ripple factor for d. c. current

直流电流的纹波为周期函数减去直流分量所得之函数。

纹波因数$=[(I_{max}-I_{min})/(I_{max}+I_{min})]\times 100\%$

I_{max}和I_{min}是根据周期函数所计算出来的最大和最小值。

3.2.8

网侧总额定表观功率 total rated apparent power on the line side

额定方均根电网电压与额定方均根总的电网电流之乘积,额定方均根总的电网电流由变流器的额定平均直流电流和通过辅助绕组负载的电流计算而得到。

3.2.9

标称值 nominal value

用于标志或鉴别部件、装置或设备特性的适当的近似值。

3.2.10

额定值 rated value

部件、装置或设备在规定工作环境下的量值,通常由制造商给出。

3.2.11

工作点的值 operating point value

部件、装置或设备在规定环境下指定的数值，通常由用户给出。

注：参见 GB/T 21413.1—2008 附录 B。

3.2.12

特定值 special value

在电源或变流器负载的预期故障条件下指定的数值，通常由用户给出。

4 通用条款

4.1 概述

4.1.1 设计

所有的设计都应按 GB/T 19001—2008 的规定进行。

设计过程应完整清晰。

如果用户在评标时需要设计过程的详细资料，应在招标书中规定。

4.1.2 标记

4.1.2.1 铭牌

变流器应装有铭牌，铭牌在变流器的使用寿命期内清晰可见，且至少包含下列信息：

——制造商的商标；

——型号；

——序列号；

——制造年月；

——重量。

4.1.2.2 主端子

主端子的标记应满足 GB/T 16859 的规定。

4.1.3 技术文件

4.1.3.1 制造商提供的文件

制造商应提供变流器的使用和维护文件，并且应包括如下内容：

——设备描述(包括功能描述和技术数据)；

——型式试验和例行试验大纲(试验一览表、试验方法、限值、允差、试验条件、验收准则)；

——详细的试验结果(试验报告)；

——调试说明；

——操作说明；

——维护说明；

——修理说明；

——维护和修理专用工具的描述(如有)；

——制造商和用户的协议中应详细说明培训项目和支持媒体；

——维修时(单独或与变流器一起)更换的特殊废弃物的处置说明。

4.1.3.2 用户提供的文件

用户应根据实际情况提供一个技术规范，主要用来说明附录 B 所列内容的详细情况，只有当与本部分的内容要求不相同时才需要加入一项。此技术规范至少应包括：

——一般应用中的技术描述；

——特殊使用条件；

——供电系统的特性；

——负载分布曲线和工作周期；

——EMC 要求；

——冷却要求；

——环境条件；

——包括防火性能要求在内的安全措施；

——电气和机械的性能；

——可用于维护和修理的工具的说明。

注：要求应清晰明确，像“设备不应干扰信号和通信设备”没有量化的陈述语句是不允许存在的。

4.1.4 可靠性、可用性、可维修性和安全性

4.1.4.1 可靠性

用户可以要求制造商预计产品的可靠度或满足用户的可靠性目标。计算方法应在制造商和用户之间于招标时商定。

可靠性规范、计算方法和验证应符合 GB/T 21562。

4.1.4.2 可用性

用户可以要求制造商预计产品的可用度或满足用户的可用性目标。计算方法应在制造商和用户之间于招标时商定。

可用性规范、计算方法和验证应符合 GB/T 21562。

4.1.4.3 可维修性

用户在招标时应规定维修要求。此外，设备制造商应规定哪些维修程序是必要的，哪些是禁止的。维修程序应由制造商与用户商定。

可维修性规范和验证应符合 GB/T 21562。

4.1.4.4 安全性

用户在招标时应规定安全性要求并与制造商商定。

安全性规范和验证应符合 GB/T 21562。

4.1.5 使用寿命

招标时，制造商与用户应商定变流器的使用寿命。当采用寿命比变流器使用寿命短的部件时，这些部件的用法和定期更换程序应由制造商与用户进行商定。

制造商应给出备用部件的建议。

4.2 使用条件

4.2.1 概述

除非用户另有规定，否则使用条件应符合 GB/T 21413.1。

4.2.2 海拔

除非另有规定，否则设备能按规定运行的海拔应符合 GB/T 21413.1。

4.2.3 温度

4.2.3.1 环境温度

设备能按规定运行的环境温度等级应符合 GB/T 21413.1。机车车辆与变流器的环境温度应由制造商与用户商定。

4.2.3.2 启动温度

本条适用于不连接到任何电源的停放在库内的机车车辆。设备能启动而没有任何损伤的预期最高环境温度应是 70 ℃，最低温度符合 4.2.3.1。

表 1 给出了设备应按规定运行的启动负载特性的不同等级，这些等级中没有优先级；应根据变流器

的用途选用相匹配的等级。启动温度等级的选择应由制造商与用户商定。

表 1 启动负载特性的常用等级

负载等级	启动功率
SU1	额定电压，直到在规定的温度范围内才有负载[a]
SU2	达到规定温度范围内之前 50%额定功率[b]
SU3	立即达到 100%功率[b]
SU4	其他规定条件

[a] 例如：机车的牵引功率在连接到电源后不必要立即输出，可通过辅助设备将设备调整到工作温度。

[b] 例如：在一些情况下，辅助变流器应在连接到电源后马上运行。

4.2.4 其他环境条件

变流器应根据 GB/T 21413.1 规定的湿度和污染条件来设计。

4.2.5 机械强度

4.2.5.1 冲击和振动

当变流器由其事先设计好的底座(包括安装的抗振动固定件)支承时，它应能承受 GB/T 21563 规定的冲击和振动。

如果变流器质量大于 500 kg，可以只在部件上进行试验。对于质量很大的变流器，冲击和振动试验应由制造商和用户商定(可选型式试验)。如果没有做冲击和振动试验，制造商应提供一份 FEM(有限单元法)稳定性计算结果。

4.2.5.2 加速度

当机车车辆通过曲线区段时或停在曲线区段时，机车车辆横向和纵向允许的加速度分量不应超过 GB/T 21563 所规定的值。变流器(包括冷却系统)应能在 GB/T 21563 规定的横向和纵向加速度下按要求继续运行。这些要求应由用户和制造商协商确定。

4.2.6 负载分布曲线

事实上，负载分布曲线特性可能影响变流器或变流器部件的工作特性，负载分布曲线应作规定。此分布曲线应根据工作周期计算且经过制造商和用户协商。

采用电气制动时，负载变成电源。

注：工作周期可以是典型的理论牵引周期(加速、恒速、制动和停车)，也可以是装有变流器的机车车辆的指定周期。通常，周期根据牵引标称输入电压来定义，有些情况下，也根据在指定电压下的制动来定义。

此曲线用来计算包括部件在内的最恶劣环境条件和规定温升试验的环境条件(4.5.3.11)。

4.2.7 供电系统特性

4.2.7.1 概述

用户应规定供电系统在牵引、制动和可能存在的故障条件下的特性。

4.2.7.2 交流供电系统

4.2.7.2.1 交流网压的主特性

IEC 60850 描述了采用不同交流供电系统的主特性。当设备用在规定的系统中应能按要求运行。

4.2.7.2.2 交流网压跳变

网压跳变应由用户规定，变流器的相应性能应由制造商与用户商定。

4.2.7.2.3 交流网压畸变

通常假定牵引系统的网压波形是正弦曲线。

当稳态交流网压含有不同阶次的谐波和间谐波电压小于或等于制造商与用户的商定值，设备应能运行。

4.2.7.2.4 交流系统过电压

与变压器和输入滤波器(如有)相连的变流器及其保护装置应能承受 IEC 60850 规定的输入过电压和瞬态能量。这些被认为是正常条件,用户应规定任何实际上的偏差。

4.2.7.2.5 交流系统阻抗

因为交流供电系统的阻抗会影响设备的运行特性,并且可能随机车车辆的位置而变化,所以包括阻抗的最大和最小值在内的特性应由用户规定。

如果可行,交流系统的谐振频率应根据系统建模的方式或直接由用户规定。

还应考虑其他机车车辆的存在对供电系统阻抗和谐振频率的影响。

4.2.7.3 直流供电系统

4.2.7.3.1 直流网压的主特性

不同直流供电系统的主特性见 IEC 60850 的规定。设备应能在系统中按要求运行。

假定牵引系统网侧电压为三相正弦电压经过 6 脉波全波整流电路输出的直流电压。

用户应对其他电路做出规定,例如:脉波数不等于 6,采用相控整流,系统存在再生制动的机车车辆或在变电站中有谐波滤波器。

4.2.7.3.2 直流网压跳变

用户应规定网压跳变,变流器的相应性能应由制造商与用户商定。

4.2.7.3.3 直流系统过电压

变流器(包括输入滤波器和保护装置,如有)应能承受在 IEC 60850 规定的输入过电压和瞬态能量。用户应规定任何实际上的偏差。

4.2.7.3.4 直流系统的电感和阻抗

因为直流阻抗影响设备的运行特性,并且可能随机车车辆的位置而变化,所以包括阻抗的最大和最小值在内的特性应由用户规定。

还应考虑其他机车车辆存在的影响。

4.2.7.3.5 直流网压畸变

当稳态直流网压畸变小于或等于制造商与用户的商定值时,设备应能运行。

4.2.7.4 车载供电系统

当变流器由车载电源(例如蓄电池、发电机或其他电源)供电时,用户应规定电源阻抗和电压的额定值及限值,如果是交流供电电源,还应规定频率和波形。

4.2.8 干扰

4.2.8.1 概述

变流器会产生传导与辐射干扰,会影响供电、通信、信号系统、机车车辆中的其他设备或相邻的运输系统。通常变流器输入电流包含谐波和间谐波分量,它们由于牵引供电系统中存在的谐波或由变流器产生。当变流器向列车上的其他设备供电时,应考虑对列车上其他设备(例如客车供暖电源)的干扰。

设备应符合 GB/T 24338.3 和 GB/T 24338.4 规定的要求。

4.2.8.2 供电系统的干扰(辐射)

变流器、机车车辆和供电系统间的兼容性责任由变流器制造商、系统工程师和用户共同承担。验证兼容性的流程应在签订合同时商定。

整个系统允许的交流谐波含量应由用户规定。

4.2.8.3 对无线电、电信系统的干扰

变流器可能会对无线电和电信系统产生干扰。要采取有关的防护措施防止对无线电网络和电信线路的干扰,要求见 GB/T 24338.4,还应考虑 GB/T 24338.3。

4.2.8.4 对信号系统的干扰

变流器、机车车辆和供电系统间的兼容性责任由变流器制造商、系统工程师和用户共同承担。验证

兼容性的流程应在签订合同时商定。

轨道交通运营部门/主管部门应规定对信号系统干扰的详细要求。

例如：

——供电系统中由变流器产生的在规定带宽、持续时间内信号发射频率的最大允许电流。信号发射频率通常小于 150 kHz，开关瞬态的谐波含量可以在此范围内存在。

注 1：制造商应考虑线路上和机车车辆上总的干扰电流不能超过轨道交通运营部门/主管部门规定的等级。

——机车车辆在信号发射频率时的最小输入阻抗。

——最大允许轨旁磁场。

注 2：轨旁传感器在工作频率范围内可能会受磁场的影响。

4.2.9 输入电流限值

用户应规定稳态电流、启动电流或开通电流的限值。

用户还应规定供电系统的短时电流容量和保护系统的特性。

4.2.10 对环境的影响

4.2.10.1 噪声

表 2 规定了噪声等级。变流器产生的噪声的最大等级应符合该表中的某一等级。

在技术规范中可规定较小的值(见 4.1.3.2)。

表 2 噪声等级

等级	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
噪声等级 $L_{\overline{pA}}$/dB(A)	80	75	70	65	60	95	90	85

噪声等级用 $L_{\overline{pA}}$(A 计权的表面声压级)参数来定义。

试验方法在 4.5.3.10 中规定。

带分立冷却系统的变流器，如果该系统仅用于变流器冷却，则把它作为变流器的部件来定义噪声等级。本部分不规定整个牵引系统或辅助设备的最大噪声等级。在变流器装车后，变流器的噪声等级由其安装位置和其他防护措施(如有)来决定。只有在安装和运行方式会使噪声降低时才允许使用 N6、N7 和 N8 的噪声等级。噪声等级的选取应由制造商与用户商定。当变流器装车时，变流器的噪声等级由主承包商(机车车辆承包商)选择。

4.2.10.2 易接近部件的温升

易接近部件的温升应符合 GB/T 21413.1—2008 中表 3 的规定。

4.3 特性

4.3.1 部件的特性

4.3.1.1 规范

部件应符合规定其性能和物理参数的技术规范，这些参数足够精确保证能改进设计或为另一供货商的互换器件提供文件。

4.3.1.2 质量体系

部件供应商应有符合 GB/T 19001—2008 的质量管理体系或等效的质量管理体系。

4.3.2 半导体器件的特性

主电路的半导体器件应符合 IEC 60747 中的规定，在现有标准规定的工作条件下，应能保证它们的功能。

4.3.3 变压器、电抗器和电容器的特性

变流器用牵引变压器和电抗器应符合 GB/T 25120 的要求，电容器应符合 GB/T 25121 和 GB/T 5993 的要求。

注：当 IEC 60384、GB/T 25121 和本部分规定的使用条件有冲突时，以本部分为准，尤其要注意的是冲击、振动、工作条件以及试验。

4.3.4 变流器特性

4.3.4.1 外形安装尺寸——图样的一致性

变流器由图样来规定，该图样详细规定了：

——部件；

——固定点；

——易接近性的要求；

——吊装位；

——电气连接和风道或冷却系统的连接；

——尺寸与公差；

——变流器装置(含冷却介质)的计算重量；

——计算的重心位置。

规范与设计应由制造商与用户商定。

4.3.4.2 冷却系统的特性

冷却系统的基本参数应在商定的规范中规定，可以包括以下内容：

——冷却介质的种类；

——稳态和瞬态时的流量；

——入口和出口温度；

——工作压力(额定值和试验值)；

——压差；

——耗散功率；

——如果表面用作冷却用途时的附加信息(例如：与邻近部件的间距，功耗)；

——闭环冷却系统的气密性(如采用)；

——过滤器类型及其维护要求(如有)；

——冷却介质的维护资料(例如用于水冷的添加剂)。

4.3.4.3 防护等级

如有要求，防护等级应在 GB 4208 规定的等级中选取。

4.3.4.4 电气特性

4.3.4.4.1 输入量

变流器应能连接到 4.2.7 中规定的一个或几个电源。变流器可以直接连接到电源，也可以通过中间设备(例如变压器和输入滤波器)连接到电源。

根据 4.2.8 的要求，用户应规定供电特性。

变流器及其保护装置(如有)应能承受 4.2.7.2.4、4.2.7.3.3 的输入过电压而不受损害。用户应规定使用的保护装置是否需要重置。

4.3.4.4.2 输出量

4.3.4.4.2.1 概述

额定值是指变流器的额定值，工作点的值是指应用时的值。

4.3.4.4.2.2 额定值

下列输出量的额定值应在规范中规定：

——电压(基波方均根值或平均值)；

——电流(基波方均根值或平均值)；

——关断电流；

——基波的功率因数；

——(基波、载波或调制)频率。

4.3.4.4.2.3 工作点的值

在含有符合 4.2.6 的特殊工作点的规范中，制造商应规定输出量。该规范应包括：

——(有功、无功)功率；

——电压(基波方均根值或平均值)；

——电压波形；

——电流(基波方均根值或平均值)；

——电流峰值；

——每个特定工作点的允许运行时间；

——(基波、载波和调制)频率。

这些值应由制造商与用户商定。

4.3.4.4.2.4 特殊值

短路和开路工作特性应按 4.1.3.2 描述。用户的特殊要求也应按 4.1.3.2 的规定。

这些值应由制造商与用户商定。

4.3.4.4.3 效率

对于标称供电系统特性(见 4.2.7)来说，应确定在额定工作条件下至少工作于 4.3.4.4.2.2 中的一个工作点的效率。

如果可行，应确定在变流器的功率流两方向上的效率。

这些值应由制造商与用户商定。

注：效率的定义见 GB/T 3859.1。

4.3.4.4.4 电气隔离

如果变流器保证电源和负载间电气隔离，应在变流器规范中规定。

4.3.4.4.5 变流器与控制单元的接口

在变流器(牵引部件)与控制单元分离的地方，应详细说明它们之间的功能接口。

4.4 技术要求

4.4.1 绝缘配合

4.4.1.1 电气间隙

GB/T 21413.1—2008 中 8.2.6.2 给出了测定空气中最小电气间隙的方法，但是最近的经验表明应采用一些新的等级，有些值也应修改，电气间隙修订表见附录表 C.1。污染等级在表 E.1 中定义。海拔高于 2 000 m 时，修正系数见 GB/T 16935.1。

有输入电路保护的变流器，可以使用 2 类过电压(OV2)。

制造商应规定额定冲击电压。

4.4.1.2 爬电距离

测定爬电距离应以额定绝缘电压、设备的工作环境和绝缘材料为依据。

最小爬电距离应根据附录 D 中表 D.1 来计算，方法在 GB/T 21413.1 中描述。污染等级在表 E.1 中定义。各个特定情况下的最小爬电距离不应小于相应的在空气中的电气间隙。

4.4.2 变流器的 EMC 要求

4.4.2.1 概述

GB/T 24338.4 规定了变流器的 EMC 要求。

用户应声明器件可承受较高的干扰、较小的磁化系数。

4.4.2.2 电磁场

4.4.2.2.1 对轨旁设备的干扰

机车车辆中变流器产生的能影响轨旁设备的磁场，应根据 GB/T 24338.4 或单独的 EMC 方案加以限制。

注：单独的 EMC 方案应经过基础设施运营部门/主管部门同意。

容许磁场是指轨旁通信电路和传感器可以承受的磁场。

4.4.2.2.2 对人的影响

司机室和旅客车厢(通常是旅客可能存在的任何环境)中容许的磁场与感应电压应由用户规定。系统工程师与制造商应就变流器的等级要求达成一致。

推荐值参见附录 H。

4.4.3 故障影响

应考虑变流器故障对电动机、变压器和滤波器等部件的影响,同样,还应考虑电动机、变压器和滤波器等的故障对变流器的影响。故障影响应由制造商和用户协商规定。

除非另有规定,不需要进行故障模式效应分析。

4.5 试验

4.5.1 概述

宜限定应做的昂贵试验的次数。本部分这样规定的目的是使大多数试验一般在制造商的工厂进行。

如果不可能在制造商的工厂用规定的和商定的方法对设备进行试验,则这些试验应在特定实验室或车辆上进行。试验主要涉及到变流器的功率单元及其半导体驱动单元(SDU)。

试验程序和试验参数应由制造商与用户商定。

对于变流器来说,可以使用不同于生产设备的电子控制单元(车辆控制单元)。

4.5.1.1 试验种类

包括以下三类试验:

——型式试验;

——例行试验;

——研究性试验。

注:综合试验不包括在本部分之内。

4.5.1.1.1 型式试验

设备在进行型式试验之前应经过例行试验(见表 3)。

应通过型式试验来检验产品是否满足制造商和用户商定的要求。

型式试验应在一个按规定的设计和制造工艺生产的独立单元上进行。对于该试验,原则上变流器的所有部件应与批量生产的相同,除非有与电子控制单元相关的限制条件(4.5.1)。

如果型式试验后变流器有很大的修改,制造商和用户应商定是否重复试验的部分或全部。

如果试验方法需要使用一些部件或控制单元与批量生产的不同时,应由制造商与用户商定。

如果完整变流器或其某个部件与先前试验过的相同或相似,制造商应提供一份至少符合合同要求的先前试验的有效试验报告。除非另有规定,在此情况下不需要重复进行试验。

根据先前制造商与用户的协议,在变流器大批量生产时,应在交付的或现有产品中抽取样品,重复变流器或其某个部件的某些试验,用以证明产品的质量仍然满足规定的要求。

符合制造商与用户协议的型式试验只有在规范中规定时才进行。

4.5.1.1.2 例行试验

例行试验用于验证变流器的组装是否正确,所有的部件功能是否正常和安全。例行试验应由制造商在指定类型的各个产品上进行。制造商与用户可商定采用其他试验程序(例如符合 GB/T 19001)。这样,可以在所有变流器上执行简化的例行试验,或可以要求在生产的同类变流器中随机抽取一部分进行所有试验。

符合制造商与用户的协议的例行试验只有在协议中规定时才进行。

4.5.1.1.3 研究性试验

研究性试验的目的是为了获得有关变流器使用的附加信息,它受制造商与用户的协议制约。只有

当用户订货合同中明确规定时才要求进行这些试验。

研究性试验的结果不作为设备拒收或罚款的依据。

注：研究性试验不在本部分描述。

4.5.2 变流器试验

验证变流器一般特性的型式试验和例行试验应按表 3 规定和 4.5.3.1～4.5.3.23 的具体内容进行。

例行试验应在工厂进行。试验场所通常按表 3 规定选取。

变流器的所有试验应在工厂或车上的环境温度下进行。应记录每次型式试验的环境温度。

验证特殊类型的变流器性能的型式试验和例行试验应按本部分本章的要求和本部分第 5 章～第 8 章(如果可行)的要求进行，尤其是带有特殊负载的试验在第 5 章或第 7 章规定。

不同输出的独立试验：在变流器有多个输出的情况下，需要对每个输出量进行电气例行试验和型式试验。

注：整个牵引系统或辅助供电系统的综合试验不属于本部分的范畴。变流器供电的多相电动机的综合试验规则在 IEC 61377-1、IEC 61377-2 和 IEC 61377-3[1)] 中规定。

4.5.2.1 变流器部件和组件的试验

变流器组装之前，下述的变流器部件和组件应进行相应标准的试验：

——功率半导体器件：IEC 60747；

——控制电子和低电流部件：GB/T 25119；

——半导体驱动单元(SDU)：本部分和 GB/T 25119；

——牵引变压器和电抗器：GB/T 25120；

——电力电子电容器：GB/T 25121、GB/T 5993；

——半导体器件组件：如有，应按半导体装置制造商提供的试验大纲进行试验；

——功率电阻器：GB/T 25118。

4.5.2.2 变流器试验一览

表 3 给出了在完整变流器上进行的一般试验的项目及其分类，该一览表由至少要执行的试验构成。

表 3 试验一览表

试验类型	试验地点	型式试验	例行试验	条款
目检	工厂		√	4.5.3.1
验证尺寸和公差	工厂	√	[b]	4.5.3.2
称重	工厂	√		4.5.3.3
标志检查	工厂		√	4.5.3.4
冷却系统性能试验	工厂/车上	√		4.5.3.5
空气过滤器的有效性检查	工厂/车上	√[a]		4.5.3.5.4
泄漏试验	工厂/车上		√	4.5.3.5.5
机械、电气保护和测量设备的试验	工厂	√	√	4.5.3.6
轻载试验	工厂		√	4.5.3.7

1) IEC 61377-1 轨道交通 机车车辆 第 1 部分：逆变器供电的交流电动机及其控制系统的综合试验
IEC 61377-2 轨道交通 机车车辆 第 2 部分：斩波器供电的直流牵引电动机及其控制系统的综合试验
IEC 61377-3 轨道交通 机车车辆 第 3 部分：间接变流器供电的交流电动机及其控制系统的综合试验

表 3（续）

试验类型	试验地点	型式试验	例行试验	条款
防护等级试验	工厂	√[a]		4.5.3.8
换流试验	工厂/车上	√		4.5.3.9
噪声测量	工厂	√		4.5.3.10
温升试验	工厂	√		4.5.3.11
功率损耗测定	工厂	√		4.5.3.12
供电过电压和瞬态能量试验	工厂/车上	√		4.5.3.13
负载突变	工厂/车上	√[a]		4.5.3.14
绝缘电阻试验	工厂		√[a]	4.5.3.15
介电强度试验	工厂		√	4.5.3.16
局部放电试验	工厂	√[a]		4.5.3.17
安全性要求检查	工厂	√		4.5.3.18
冲击和振动试验	工厂	√		4.5.3.19
电磁兼容试验	工厂/车上	√		4.5.3.20
网压跳变试验	工厂/车上	√		4.5.3.21
供电短时中断试验	工厂/车上	√		4.5.3.22
均流试验	工厂/车上	√[a]		4.5.3.23
注：表中列出的试验并在车上进行的试验认为是变流器试验，但也可作为综合试验的一部分。				
[a] 试验的执行受制造商和用户之间协议的制约。 [b] 某些尺寸和公差可以根据技术规范的要求由例行试验检查。				

4.5.3 **试验说明**

4.5.3.1 **目检**

目检的目的是为了验证变流器没有物理损伤和表面处理恰当。

它检查所有内部的、相互接触的电气和机械部件及其连接是否存在。

目检还应包括电气和机械连接器是否组装正确、部件间连接是否符合规定线路的检查。

如果目检不能充分证明变流器满足规定的安全性要求，就应该进行相应的附加试验。

验收准则：变流器没有物理损伤，所有的电气和机械部件应是指定的部件且组装正确，其安全性要求符合制造商和用户的协议。

4.5.3.2 **验证尺寸和公差**

应检查尺寸和公差。

验收准则：选取用于检验的所有尺寸应在规定的公差范围之内。

4.5.3.3 **称重**

当合同中规定了变流器的质量时应进行称重试验。

验收准则：在允差范围之内，质量与额定值一致。

4.5.3.4 **标志检查**

验收准则：标志应满足 4.1.2 的要求。

4.5.3.5 **冷却系统性能试验**

4.5.3.5.1 **概述**

试验应在完整的变流器或是能代表完整变流器的部分完工的变流器上进行。

有两种可能的情况：有集成冷却系统的变流器和具有分立冷却系统的变流器。

4.5.3.5.2 带组合式冷却系统的变流器

试验目的是为了测量通过各种有关部件冷却媒质的流量，并验证是否与规定的流量相一致。当风机、泵和散热器(组)是变流器的组成部分时，试验应在下列条件下进行：

——变流器具有规定的输入和输出冷却条件；

——冷却系统的供电电源：

- 风机或泵的电源工作于标称电压、标称频率；
- 在电源电压、频率相应于最小规定值时。

验收准则：试验大纲中列出需检查的所有参数的值在规定限值之内，允许试验设备有一定的允差。

注：在有些情况下，这些流量是变化的，例如使用制动能量为冷却系统供电时。

4.5.3.5.3 带分立式冷却系统的变流器

在变流器不带组合式冷却系统的情况下，试验目的是为了验证冷却媒质通过变流器的压力降在规定的范围之内，并测量通过各种有关部件的冷却媒质的流量，也用来验证变流器在规定负载条件下冷却媒质的温升(ΔT)。试验应在变流器的适当模式下进行。

如果风机、泵或散热器机组不是变流器的组成部分，进行试验时应配有适当的风机、泵或散热器机组。冷却媒质的流量和压力应符合变流器制造商或技术条件规定的值。应测量压差并记录冷却媒质的入口温度。

验收准则：试验大纲中列出需检查的所有参数的值都应在规定限值之内。允许试验设备有一定的允差。

4.5.3.5.4 空气过滤器的有效性检查

如果过滤器是变流器的组成部分，试验用来检查变流器减少尘埃、雪和水侵入的方法的有效性。

验收准则：试验方法和验收准则依据制造商与用户之间的协议。

4.5.3.5.5 泄漏试验

当使用闭合回路液体冷却方法时，泄漏试验用来证明整个冷却系统不发生泄漏。

验收准则：试验方法和验收准则依据制造商与用户之间的协议。

注：热导管装置(如热管散热器)在组装到变流器上之前应进行试验。在此情况下，不需要进行变流器的特殊试验。

4.5.3.6 机械、电气保护和测量设备的试验

4.5.3.6.1 例行试验

试验目的是用“过/不过”试验来验证装配、连接以及工作的一致性。试验中变流器的主电路并不需要供电。

验收准则：试验方法和验收准则由制造商制订，并应与用户协商。

4.5.3.6.2 型式试验

试验目的是验证机械、电气保护和测量设备在整个工况范围内，按设计规范的功能正常工作。试验中通常应给变流器供电。

验收准则：试验方法和验收准则由制造商制订，并应与用户协商。

4.5.3.7 轻载试验

试验是验证变流器的主电路功能是否正常。在试验中，变流器(或网侧、供电侧或负载侧部分)由标称输入电压供电，且按协商同意的输出电流工作(第5章或第7章规定的除外)。负载可以是指定的负载或是作为替代品的负载(如电阻器和电感器)。应检查变流器的所有信号和输出功率。

当部件串联时，其电压分配应符合规定的允差。

本试验是在小于额定输出功率时进行的短时试验，不用于温升。

如果是间接变流器，网侧、供电侧和负载侧变流器应单独试验。

验收准则：在试验大纲中的所有功能应能运行且无故障，试验大纲中需检查的所有参数值都应在规定限值之内。

4.5.3.8 防护等级试验

如果技术条件中规定了防护等级试验，应按 GB 4208 和 4.3.4.3 规定的防护等级来进行。大机组（完整的大功率变流器）的防尘试验（IP5X 和 IP6X）允许按 GB 4208 的其他方法进行防护等级的试验。

4.5.3.9 换流试验

本试验验证变流器能够在规定的最大瞬态输出电流下换相。选取输入电压，使半导体工作在最恶劣的条件下（对可关断功率器件，取最大电压，如 GTO 和 IGBT；对强迫换相晶闸管电路，取最小电压）。

验收准则：如果开关输出电流大于或等于变流器的最大值且对任何部件没有损伤，则表明试验已通过。

4.5.3.10 噪声测量

4.5.3.10.1 试验方法

GB/T 1094.10 规定了试验方法，其中的术语“变压器”应由“变流器”替代，并注意第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章（7.3 除外）、10.1、第 11 章和附录 A 中的规定。

在试验进行前，如果两个测量点之间的差值 $N_{dB}>10$，在 GB/T 1094.10 中 11.2 规定的测量点应是 N。

4.5.3.10.2 工作条件

在试验中，变流器应在工作状态。对辅助变流器来说，工作点应由额定输出功率规定。如果存在某些特殊工作模式，例如启动压缩机电机，工作方式可由预备试验按最大噪声等级来选取工作点。对于牵引变流器，工作点应由制造商和用户商定。

4.5.3.10.3 特殊条件

某些时候可能出现如下特殊情况：

——出现固定音频；

——冷却系统有几种转速。

上述有关的试验条件和相关值应由制造商和用户商定。

4.5.3.11 温升试验

型式试验大纲中应规定需测量温升的部件清单。用户可以修改此清单。

当按负载分布曲线调节或运行在标称输入电压下的等效计算输出电流时，变流器部件的表面温升与内部温升应验证小于规定的值。对于辅助变流器，见 7.4.7。

应规定清单中每个部件的测量方法：直接测量（4.5.3.11.1）、间接测量（4.5.3.11.2）或通过测量基准点计算（4.5.3.11.3）。如果试验在分支电路或完整电路上进行，应经过协商。

4.5.3.11.1 可在下述部件上用温度计直接测量温升：

——汇流排；

——电阻器；

——电容器；

——连接结点；

——散热器。

4.5.3.11.2 间接测量可以在互感器的绕组上进行。

4.5.3.11.3 部件有很大的内部功耗密度时，特别是在浪涌条件下，可能超过极限温升的区域不应采用温升直接测量法进行测量。

例如：

——功率半导体的结；

——电压制动器的有源部分；

——熔断器的熔丝；

——变压器、互感器和电容器的绕组。

在此情况下，温升在接近临界区的点上直接测量。

应计算该点与临界区之间的温升。应根据制造商提供的有关部件的数据计算，且制造商应提供这些试验结果来确认这些数据。

温升由变流器介质的入口温度与被测部件的温度之差来规定。试验使用的通风条件或冷却液体媒质的循环条件应符合 4.5.3.5 的规定。

当使用自然空气对流或借助于机车车辆运动产生对流的冷却方式时，应模拟规定的冷却条件来进行试验。

在变流器容量巨大的情形下，其负载特性不能在工厂再现，可采用减小负载试验或选择部分电路（变流器的一部分）试验的方法，验证计算出来的相应的温度值。试验方法应在型式试验大纲中规定。

验收准则：任何部件的温升小于或等于规定值则试验通过。

4.5.3.12 功率损耗测定

该试验的目的是为了计算效率。可以用基于测量（分离损耗测量方法见 GB/T 3859.1）的计算来确定损耗，也可直接测量损耗。在用户要求时，由制造商规定选用的方法。

如果设备的部分已经执行试验并正在使用，允许通过基于先前试验的计算来代替试验。

验收准则：效率应符合 4.3.4.4.3 的要求。

4.5.3.13 供电过电压和瞬态能量试验

用来证明变流器能承受 4.2.7 规定的供电过电压和瞬态能量冲击。

如果用户同意，试验可以用计算代替。

4.5.3.14 负载突变试验

如果变流器装有自保护装置，该装置应能运行。

试验电压由制造商与用户商定。

试验方法在本部分的 5.1.2.5 和 7.4.8 中描述。

可以做两种试验：

——短路试验；

——负载中断试验。

验收准则应在试验大纲中规定。

4.5.3.15 绝缘电阻试验

试验用来验证绝缘电阻的规定值。试验大纲应给出绝缘电阻值和试验方法。

对于变流器要保证电气隔离的情况（见 4.3.4.4.4），应采用双方同意的试验来检查此功能。

4.5.3.16 介电强度试验

4.5.3.16.1 概述

介电试验用来验证整个变流器组装是否正确，但不能用来验证基本部件的隔离或爬电距离。

变流器的主端子，例如所有半导体器件的阴极、阳极和门极端子，都应相互短接。

主电路的开关设备和连接器应闭合或跨接。

介电试验过程中没有用金属件连接到主电路的部件或组件（如控制电路、电机或风机）应接地。对于连接在不同电压等级之间有绝缘作用的部件或组件（如脉冲变压器、互感器），其最低电压的端子应该接地，其他端子则连接到主电路。

试验中作变流器基本绝缘保护用的部件（例如限压器）或 EMC 滤波器中的 Y 型电容器应断开。断开的部件应在试验大纲和试验报告中列出。

试验应在工厂的环境温度下进行。

验收准则：当施加 4.5.3.16.4 的电压时没有击穿和闪络现象产生则表明通过试验。

4.5.3.16.2 带分立安装部件的变流器设备的介电强度试验

设备的所有部件均应分别测试或相互连接后测试。4.5.3.16.3 给出了试验方法。

4.5.3.16.3 装在一个外壳中的变流器的介电强度试验

——直接变流器：

按 4.5.3.16.4 规定，试验电压应施加在短接的端子和外壳之间。

——间接变流器和变流器系统：

变流器的每个部件均可分别用不同的试验电压来测试。按照 4.5.3.16.4 的规定，试验电压应施加在短接待试的端子和外壳(地)之间，试验中所有其他的端子都应接地。应确认不同电压等级的变流器符合 GB/T 21414 的规定。

4.5.3.16.4 试验电压

通常试验电压等级应在额定绝缘电压的基础上按照 GB/T 21413.1—2008 中表 8 的等级选取。但是，受输入电路良好保护的变流器，符合过电压等级 OV2，根据附录 G 中表 G.1 的额定冲击耐受电压，可以选择附录 F 中表 F.1 的低试验电压。

为了防止所用固体材料预损伤的增加，试验电压施加时间宜为 10 s。

如果采取的试验电压是工频且试验必须重复，试验电压值减至先前值的 85%。

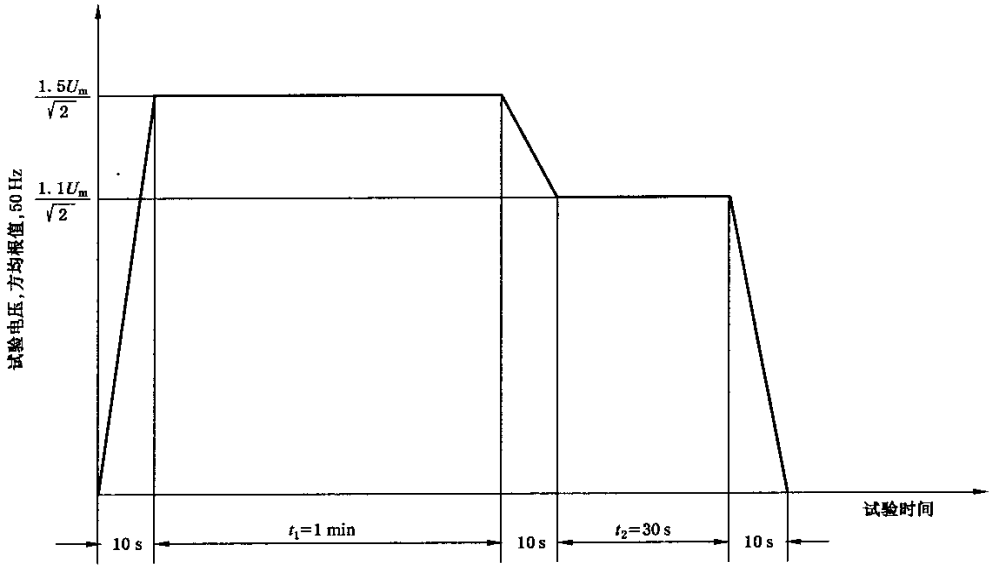
4.5.3.17 局部放电试验

试验目的是验证基本部件和组件的绝缘。

建议对于工作电压在 1 500 V 及以上的设备，特别是对于新部件和采用新型绝缘工艺的半导体组件应做此试验。

用户或制造商应提交要求进行局部放电试验的部件或分组件的明细表。

GB/T 7354 给出试验和校准的方法，并阐述某些类型的试验电路。在这些试验方法中，建议采用以下方法：



U_m——最大重复峰值电压。

图 1 局部放电试验(电压对时间)

施加等于或大于 $1.5U_m/\sqrt{2}$ 的交流方均根电压(50 Hz)，10 s 内电压达到该值并维持 t_1=1 min(见图 1)，在 t_1 时间内，可以观察到某些局部放电。

在 t_1 时间后，电压应在 10 s 之内降到 $1.1U_m/\sqrt{2}$，然后维持该电压约 $t_2=30$ s。在 t_2 时间的最后5 s之内，测量局部放电电平。

验收准则：根据制造商的规定来确定局部放电电平的验收与否。

例如：对于通过试验的部件，其典型值为 10 pC；对于组件为 50 pC。

4.5.3.18 安全性要求检查

检查变流器的设计是否满足合同规定的安全标准的要求。用户和制造商应协商并规定检查方法。

变流器关断后，应注意危害电压可能在电容器里存在一定时间。GB/T 21414 给出了最低要求。技术条件应规定包括验收准则在内的相关协议。

4.5.3.19 冲击和振动试验

见 GB/T 21563 和 4.2.5.1。

4.5.3.20 电磁兼容试验

变流器电磁兼容试验见 GB/T 24338.4。

4.5.3.21 网压跳变试验

试验目的是在 4.2.7.2.2 和 4.2.7.3.2 要求的网压跳变情况下，验证变流器经过协商的性能。如果用户同意，该试验可以用计算来代替。

验收准则：试验大纲列出需检查电压和电流的偏差不应超出规定的允差。

4.5.3.22 供电短时中断试验

试验用来验证在任何一段时间的供电中断都不损伤变流器，在不受负载条件影响的情况下，电流消耗在规定限值之内。试验条件应经过制造商与用户协商同意。

验收准则：试验大纲需检查的电压和电流的偏差不应超出规定的允差。

4.5.3.23 均流试验

试验目的是验证并联组件的电流分配。组件中并联半导体器件电流分配的测量不是此变流器型式试验的一部分。

注：有必要通过特殊的连接结合电流传感器来代替这些部件的正常连接。

验收准则：如果均流好于或等于规定的允差则表明试验通过。

4.5.4 型式试验中部件失效

如果型式试验中部件发生失效，制造商可以替换失效部件，在相关试验重试之前，制造商应验证该部件规格符合应用的要求。如果上述的部件失效明显与已完成的型式试验无关，则不需要重复试验。如果重复试验时没有失效发生，则认为型式试验试验通过。

如果再次发生失效则认为试验没有通过。在新的型式试验进行之前，制造商应找出失效原因，纠正设计。

5 直接牵引变流器

5.1 直流电动机电网换流变流器

变流器可以是连接到电网、电网变压器或发电机的电网换流（晶闸管）整流器。

5.1.1 特性

5.1.1.1 电机和变流器的接口

GB/T 25123.1 描述了牵引电动机的特性。

在技术条件中应详细规定包括下列特性的电动机与变流器的接口。

变流器输出量（额定值、变化量等）的特性值：

——额定直流电流；

——考虑负载分布曲线的最大直流电流；

——直流电压（空载直流电压、额定直流电压）；

——直流电压的谐波分量(特别是在控制条件下低次分量值较大时);

——控制条件下与规定平波电抗器相关的直流电流纹波因数的最大值。

5.2.1 给出了电动机的特性值。

系统的工程设计应互相配合,规格应该由生产商和系统设计方双方同意。

5.1.1.2 主变压器和变流器的接口

GB/T 25120 论述了主变压器的特性。

在技术条件中详细规定变压器和变流器的接口,包括下列特性:

——4.2.7 规定了供电系统特性;

——变流器交流输入量(额定值、变化量、容差等)的特性值:

- 变流器的绕组数;
- 变流器侧的空载电压;
- 变流器侧额定交流电流;
- 变流器侧的最大交流电流,考虑负载分布曲线;
- 换相电感;
- 网压频率;
- 在规定条件下交流电流的谐波分量;
- 换相失败后的短路电流。

系统的工程设计应互相配合,规格应该由生产商和系统设计方双方同意。

5.1.2 试验

5.1.2.1 概述

不允许修改变流器的主电路,但在确保变流器的外界环境与预期应用的至少相同的前提下,可改变试验控制方法。如果变流器的工作方式不改变,则可使用试验台控制设备。

本条规定的试验是 4.5 的补充。

对于这些试验,平波电抗器应看作是变流器的一部分。

表 4 给出的试验是型式试验,试验可在工厂或机车车辆上进行。

表 4 直接牵引变流器的附加型式试验

试验种类	试验地点	条款
电压调整率直接测量	工厂/车上	5.1.2.2
负载纹波电流试验	工厂/车上	5.1.2.3
短路试验(可选)	工厂/车上	5.1.2.4
负载中断试验(可选)	工厂/车上	5.1.2.5
再生模式中的供电短时中断试验	工厂/车上	5.1.2.6

5.1.2.2 电压调整率直接测量

在规定的网压与阻抗条件下,直接测量变流器端子间的电压,不考虑平波电抗器的压降。

验收准则:直流电压调节应在制造商规定的限值之内。

5.1.2.3 负载纹波电流试验

在规定的网压、规定的负载,对应于最大纹波电流的工作点,测量直流分量、纹波电流的方均根值、最小值和最大值。试验应配合规定的平波电抗器进行。电动机可由适当的电压源和阻抗代替。

验收准则:如果纹波电流值小于或等于 5.2.1 规定值则认为试验通过。

5.1.2.4 短路试验

试验目的是验证变流器过电流的保护能力(如电动机的闪络)。

试验大纲由制造商编写。

试验应在下列条件下进行：

——最大额定网压；

——等效输入阻抗；

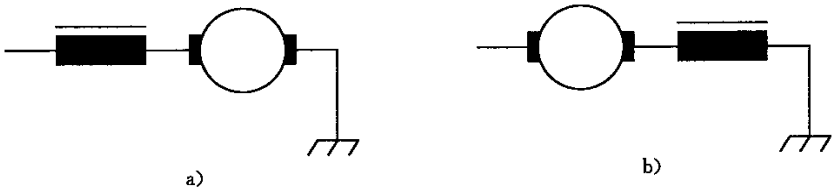
——最大电流；

——所有必要的保护装置(装在车上或具有同样保护特性的部件)；

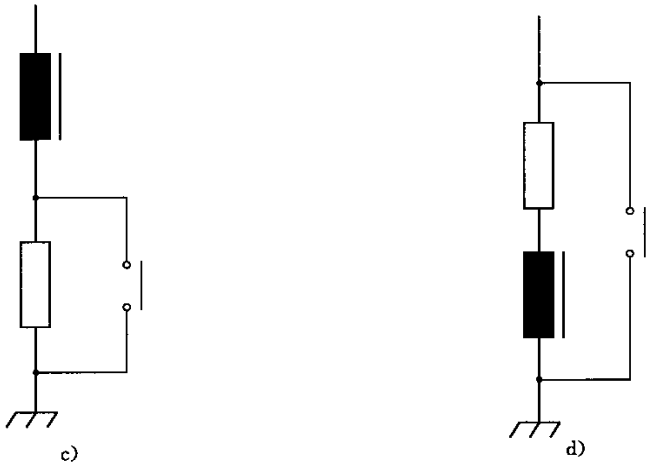
——模拟直流电动机(包括平波电抗器)的负载；

——模拟短路通路的短路装置。

串励电动机可能采用图 2a)和图 2b)的联结方式。按图 2a)联结时，环火只影响电枢绕组，按图 2c)模拟负载的电阻器应短路。按图 2b)联结时，全部模拟负载应按图 2d)短路。



a)和 b)　串励电动机的励磁绕组/电枢连接图



c)和 d)　模拟负载的短接图

图 2　串励电动机的配置

待模拟负载达到稳态电流后，闭合短路装置，检测由此引起的故障电流，并且用保护和切除故障装置在规定的总时间内排除故障电流。

如果装有熔断器，在此试验期间不应烧断，除非另有规定。

试验只做一次，记录过电流波形。

验收准则：试验中无任何元件损坏则认为试验合格。

5.1.2.5　负载中断试验

试验目的是验证变流器在负载中断时无任何损伤。保护装置应能起保护作用。

试验应在标称网压下进行。

应记录输入和输出电压波形。

验收准则：试验中无损坏。

5.1.2.6　再生模式中的供电短时中断试验

4.5.3.22 规定了短时中断试验的目标。特别是验证电动机的电流和电压不超过规定值，且不受中

断时间的影响。

验收准则:在试验中应无损坏,电流或电压均不超过规定值。

5.2 直流电动机斩波器

5.2.1 特性

4.2.7 规定了供电系统特性。

GB/T 25123 规定了牵引电动机的特性。

5.2.1.1 电动机与变流器的接口

由电动机和变流器制造商双方商定电动机和变流器之间的接口,包括下列特性:

——变流器输出量的特性值(额定值、变化范围等):

- 附加阻抗(平波电抗器);
- 额定电流;
- 对应负载分布曲线的最大电流;
- 峰值电流;
- 电压;
- 频率;
- 负载分布曲线;

——电动机的特性值(额定值、变化范围等):

- 额定功率;
- 电压或电动势(牵引和制动时对转速的函数关系);
- 电流;
- 对应负载分布曲线的最大允许脉动;
- 直流电动机类型(串励、复励等);
- 随频率和电流而变的阻抗或等效电路图;
- 磁场特性;
- 电动机端子对地电压。

5.2.2 试验

5.2.2.1 概述

不允许修改变流器的主电路,但在确保变流器的外界环境与预期应用至少相同的前提下,可改变试验控制方法。如果变流器的工作方式不改变,则可使用试验台控制设备。

本条规定的试验是 4.5 的补充。

对于这些试验,平波电抗器应看作是变流器的一部分。

表 5 给出的试验可在工厂或机车车辆上进行。

表 5 直流电动机斩波器的附加试验

试验种类	试验场所	条款
输出电压试验(型式试验)	工厂/车上	5.2.2.2
最大输出电压(型式试验)	工厂	5.2.2.3
最小输出电压(型式试验)	工厂	5.2.2.4
轻载试验(例行试验)	工厂	5.2.2.5
负载纹波电流试验(型式试验)	工厂/车上	5.2.2.6
负载中断试验(可选型式试验)	工厂	5.2.2.7
短路试验(可选型式试验)	工厂/车上	5.2.2.8

5.2.2.2 输出电压试验

直接测量变流器端子间的电压，不考虑平波电抗器的压降。

验收准则：在规定条件下，若输出电压维持在规定限值内则认为试验合格。

5.2.2.3 最大输出电压

在最小的输入电压和最大输出电流下，变流器的平均输出电压应满足在规定条件下的值(例如频率、最小关断时间等)。

验收准则：输出电压应大于或等于规定值。

5.2.2.4 最小输出电压

在最大输入电压和最小输出电流下，变流器的平均输出电压应小于或等于规定条件下的值(例如频率、最小开通时间等)。

验收准则：输出电压应小于或等于规定值。

5.2.2.5 轻载试验

4.5.3.7 阐述了轻载试验的目的。此外，对多相斩波器，每相均应单独试验。

验收准则：见 4.5.3.7。

5.2.2.6 负载纹波电流试验

在规定的供电电压、规定负载下对应于最大纹波电流的工作点，测量直流分量、纹波分量方均根值和纹波分量峰-峰值。

试验应配合规定的平波电抗器一起进行。

验收准则：如果纹波电流值小于或等于在 5.2.1.1 中规定的值，则认为试验合格。

对于多相斩波器，如果制造商与用户协商同意，该试验可用计算来代替。

5.2.2.7 负载中断试验

试验目的是验证变流器在负载断开时不损坏。保护装置应能起保护作用。

试验应在标称网压下进行。

当网侧滤波电感的电流达到最大值(最大负载电流和最大导通比的情况)时，负载中断可以通过变流器的控制设备而突然封锁变流器来实现。

应记录输入和输出电压波形。如果某些器件可能存在危险过电压，应记录下这些电压值。

验收准则：过电压的最大值应小于或等于规定值。

5.2.2.8 短路试验

试验目的是验证变流器过电流(例如电动机的环火)的保护能力。

试验应在以下条件下进行：

——最高网压；

——等效输入阻抗；

——最大电流；

——所有必需的保护装置(装在车上的或有同样保护特性的部件)；

——模拟直流电动机的负载，包括所有有效平波电抗；

——模拟短路通道的短路装置。

例如，如果变流器可以承受短路，短路装置应按图 2 与负载并联。串励电动机可能采用图 2a)和图 2b)的联接方式。采用图 2a)联接时，环火只影响电枢绕组，因此只须短接按图 2c)联接的模拟负载的电阻器。采用图 2b)联接时，模拟负载的所有部件应按图 2d)短接。

模拟负载的电流达到稳态后，闭合短路装置，检测由此引起的故障电流，保护或故障消除设备应能在规定的总时间内排除故障电流。

如果装有熔断器，则在试验中不应烧断，除非另有规定。

试验仅进行一次，且应记录下过电流波形。

验收准则：如果没有任何损伤则表明试验合格。

5.3 用于交流电动机的多相变流器(逆变器)

多相牵引电动机可能是旋转电动机或直线电动机，但用于初级固定的直线电动机的变流器除外。

5.3.1 特性

GB/T 25123.2 阐述了牵引电动机的特性。电动机制造商、变流器制造商与控制器制造商的信息交换见本部分的 3.1。

5.3.1.1 电动机与变流器(逆变器)的接口

电动机与变流器的接口应在技术条件中详细规定，且应通过电动机制造商与变流器制造商协商同意，包括下列内容：

——影响电动机性能的电压或电流谐波(通过附加功率损耗、转矩脉动等)；

——电动机的电气特性(等效电路、用于 di/dt 计算的基波频率和电感、磁化电流、谐波电流等)；

——负载分布曲线；

——逆变器的额定输出功率；

——基频和调制范围；

——逆变器输出电压，包括重复峰值电压、逆变器端子对地电压、电压上升率；

——额定电流；

——电动机端子对地电压；

——电机端子短接时电动机包括齿轮的性能。

这些参数对于每一种工况均应予以规定。

5.3.2 试验

5.3.2.1 概述

不允许修改变流器的主电路，但在确保变流器的外界环境与预期应用的至少相同的前提下，可改变试验控制方法。如果变流器的工作方式不改变，则可使用试验台控制设备。

本条规定的试验是 4.5 的补充。

5.3.2.2 附加换流试验(型式试验)

试验目的是验证在最小开通时间和最小关断时间时的换流能力。

对于开通时间和关断时间，为了模拟最差工作条件，应选取不同的输入和输出条件。

验收准则：如果换流电路中的所有部件(功率半导体、吸收电路、电感等)的工作参数的测得值与规定值相一致，则认为试验合格。

6 间接牵引变流器

本章适用于给直流电动机或多相电动机供电的间接变流器。间接牵引变流器由输入部分的网侧变流器的和输出部分的电机侧变流器(逆变器)组成。

6.1 网侧变流器

网侧变流器与电网、电网变压器或发电机相连，形成一个中间环节，给牵引变流器供电。

中间环节是网侧变流器的工作部分。

注：如果辅助变流器由网侧变流器供电，7.1.2.2 适用于辅助变流器。

6.1.1 特性

6.1.1.1 输入特性

4.2.7 规定了供电系统的特性。

在单相交流供电的情况下，变流器可用于控制功率因数和交流侧的谐波含量，谐波含量和功率因数应在技术条件规定。变压器和变流器的接口应按 5.1.1.2 的规定，变压器的特性包括漏感和互感应与 GB/T 25120 的规定相一致。

6.1.1.2 输出特性

应规定与输出量相关的中间环节的类型。

应规定输出量，如额定值、变化范围、最大和最小值及与中间环节类型相应的纹波因数。

这些值的直流分量是连接到中间环节的牵引变流器的输入量。

辅助变流器可能由网侧变流器输出供电。

6.1.1.3 短路保护

在技术条件中规定变流器是否具备承受短路的能力。

变流器的短路特性应在技术条件中阐述。

6.1.1.4 额定绝缘电压选取

如果装有隔离变压器，认为其输出电压等级与输出侧的设计和安全相关。

如果没有装隔离变压器，认为其输入电压等级与设计和绝缘相关。

按 GB/T 21414—2008 中 4.2、4.3 的要求，制造商可以选择较低电压等级（例如输出等级），并考虑以下几点：

——变流器的设计与防护（消弧电路或其他设备）；

——负载绝缘等级；

——安全规则。

应经过制造商与用户同意。

6.1.2 试验

网侧变流器应与电机侧变流器分开单独试验。5.3.2.1 适用于 6.1.2.1。

6.1.2.1 轻载试验（例行试验）

试验过程与验收准则见 4.5.3.7。

如果网侧变流器脱离变流器系统单独试验，网侧变流器可以由输入侧或输出侧供电。

若网侧变流器从主变流器输出侧获取电源，电网侧可用替代负载模拟。

6.1.2.2 温升试验（型式试验）

试验过程与验收准则见 4.5.3.11。

如果装有普通冷却系统，温升试验应在完整的间接变流器上进行。

如果试验不可能形成完整的间接变流器，它的每一部分的冷却状况应与实际应用中相同。

6.2 电机侧变流器

6.2.1 直流电机侧变流器（斩波器或整流器）

见 5.1 和 5.2。

6.2.2 交流电机侧变流器（逆变器）

见 5.3。

7 辅助变流器

根据输入特性，辅助变流器可以是直接变流器或间接变流器。

7.1 特性

7.1.1 辅助变流器启动条件

通常辅助变流器首先启动，所以应规定启动条件。

启动方式的主要类型有：

——在输入电压下直接启动：

变流器启动所需电能由输入电压供给；

——用机车车辆主蓄电池启动：

变流器启动的电能由机车车辆主蓄电池供给；

——辅助蓄电池启动：

变流器启动所需电能由专门为变流器供电的辅助蓄电池供给。

启动方式应经过制造商和用户商定。

7.1.2 输入条件与特性

7.1.2.1 与电网连接

变流器直接连接到供电电网或主变压器的辅助绕组，输入电压特性见 4.2.7，其输入电压特性与4.3.4.4.1相一致。

如果变流器没有直接连接到电网，应规定电源的全部特性。

7.1.2.2 与牵引变流器连接

辅助变流器接在中间电路或主输入滤波器上，应规定全部输入特性(稳态和瞬态)。

7.1.2.3 与另一台辅助变流器或蓄电池供电的母线连接

应规定输入特性(稳态和瞬态)，见 4.3.4.4.1。

7.1.3 输出特性

一台辅助变流器可以有一个或多个输出。

7.1.3.1 输出特性清单

辅助变流器可以提供几种不同的输出电压。

对于每个输出量而言，至少应规定以下特性：

——直流输出电压：

- 最大持续功率(规定电压)；
- 电压和允差或充电模式(在蓄电池充电情况下)；
- 在额定负载时的直流纹波；
- 容许过载；
- 瞬时峰值电流；
- 最大电压上升率；

——交流输出电压：

- 最大持续功率(表观功率)；
- 电压和允差；
- 频率和允差；
- 额定负载与过载时的电压控制和频率控制；
- 各次谐波电压幅度；
- 容许过载；
- 瞬时峰值电流；
- 最大电压上升率；

——对于三相变压器：负载不对称与星型变压器作为负载的概率。

7.1.3.2 输出功率

辅助变流器是为最大持续输出功率、负载分布曲线而设计。除最大持续功率外，辅助变流器可以有过载能力。过载由规定时间内的最大电流规定。

7.1.3.3 电压控制和频率控制

变流器的交流输出电压可以有两种类型：

——固定频率。此时应规定频率允差。

——变频。应规定以下内容：

- 频率变化范围；
- 频率连续变化还是跳变。

7.1.3.4 交流输出电压谐波

交流输出谐波包含在电压型变流器的输出电压中，它可由畸变因数来表示。

7.2 短路保护

用户应在技术条件中规定变流器是否具备承受短路的能力。

技术条件应规定变流器的短路特性。

7.3 额定绝缘电压的选取

如果装有隔离变压器，认为其输出电压等级与输出侧的设计和安全相关。

如果没有装隔离变压器，认为其输入电压等级与设计和绝缘相关。

根据 GB/T 21414 的要求，制造商应选取较低电压等级(例如输出等级)，并且考虑以下几点：

——变流器的设计与防护(灭弧电路或其他设备)；

——负载绝缘等级；

——安全规则。

应由制造商与用户商定。

7.4 试验

除表 3 列出的试验之外，应进行以下试验。

表 6 给出的附加试验应与批量生产的控制单元一起进行。

特殊情况下(例如，列车供电用大功率辅助变流器)，经过制造商与用户同意，可以减少负载或改变控制方法，保证变流器试验工况至少与应用中的要求相同。

表 6 辅助变流器的附加试验

试验种类	试验地点	条款
输出特性试验(型式试验)	工厂	7.4.1
启动和重启动试验(型式试验)	工厂	7.4.2
短路试验(型式试验)	工厂[a]	7.4.3
验证电压和频率范围(型式试验)	工厂	7.4.4
额定负载试验(例行试验)	工厂	7.4.5
过载能力试验(型式试验)	工厂	7.4.6
温升试验(型式试验)	工厂	7.4.7
负载中断试验(型式试验)	工厂	7.4.8
[a] 如果变流器承受短路，应进行此试验。试验应证明变流器的性能与 7.2 规定的值一致。		

7.4.1 输出特性试验

试验用来验证下述特性是否与规定的一致(如果可行)：

——额定负载和过载时的电压与频率控制；

——直流纹波电流(整流和斩波时)；

——单次谐波电压幅值；

——电流和电压限值(如有)。

负载可以是替代负载。

试验应在最小和最大输入电压下进行。

试验应在额定功率下进行。

验收准则：如果测量值与规定值一致则表明试验合格。

7.4.2 启动和重启动试验

试验目的是验证 7.1.1 规定的特性。

试验应在规定的最小和最大输入特性下进行。

验收准则：变流器启动成功，测量值与规定的一致。

7.4.3 短路试验

对多输出变流器而言，短路保护的所有输出量均应进行试验。

验收准则：试验过程中变流器的任何部件不产生损伤。

7.4.4 验证电压和频率范围

用最少的试验验证在全部工作范围内被试的输入值与输出值的组合能正确运行。

验收准则：当输出负载和输入电压在限值之内时，输出电压、基频和开关频率应保持在规定范围之内(7.1.3.3)。

7.4.5 额定负载试验

可以使用模拟负载，但变流器应传送额定条件下的功率。

验收准则：如果输出值与规定输入条件下(稳态和瞬态)要求的一致，则认为试验合格。

7.4.6 过载能力试验

试验目的是验证 7.1.3.2 规定的过载能力。

验收准则：如果在规定时间内，变流器过载供电不受到任何损坏且不超过温度限值(见 4.5.3.11 和 7.1.3.2)，则表明试验成功。

7.4.7 温升试验

试验应在 7.1.3.2 规定的额定输出条件下进行。

试验前，制造商与用户应规定需测定温升的测试点(例如柜子内部、主散热片等)。

在使用空气自然对流或由机车车辆运行所产生的强迫对流情况下，此试验应在规定的冷却条件下进行。

对于大型功率变流器，其工作周期不能在工厂再现，可以通过减少负载的试验或分支电路(变流器的部分)试验并通过计算来测定规定控制条件下的温升。

验收准则：试验方法与试验验收要求应在试验大纲中规定。

7.4.8 负载中断试验

此试验的目的是验证变流器在负载突然断开时不受任何损坏。

负载与接触器串联。当负载电流达到稳态后，接触器断开电流。应注意由此引起的电压变化。

验收准则：若电压变化与规定值相符，变流器在试验中没有任何部件损坏，则表明试验成功。

注：当有多个输出时，应对每个输出逐一进行试验，应检查输出特性与规定值是否相符。

8 半导体驱动单元(SDU)

8.1 印制电路板组装

除本部分规定的作隔离用的部件外，GB/T 25119 适用于印制电路板。

8.2 SDU 功能

SDU 把由控制电路产生的开关命令转换成门极电流和门极对阴极电压，驱动与它相连的半导体器件。发送的开关命令可以是电气、磁或光信号。半导体器件可由电流(例如晶闸管、双向晶体管、门极可关断晶闸管)或电压(例如场效应晶体管、绝缘栅双极型晶体管、MOS 控制晶闸管)控制。

控制半导体器件所需的电源可直接由变压器供给，或由电荷泵供给。

8.3 SDU 特殊要求

SDU 应能在最大工作电流条件下实现半导体器件的开通/关断，而不造成损伤。

制造商应说明半导体器件的门极与阴极之间短路或开路时 SDU 的性能。

注：如果半导体器件的门极与阴极之间短路或开路时，用户可能要求 SDU 不会损坏。

SDU 的电源中断时，变流器和 SDU 不应会损坏。制造商应确保 SDU 有足够的电能来产生脉冲使

变流器进入安全状态。

8.4 使用条件

采用本部分 4.2 规定的使用条件。

8.5 SDU 的绝缘要求

要特别注意 SDU 的接地部分、电子部分和电源部分通常有隔离要求。应用 4.4.1 的值时应考虑这些。

8.6 EMC 要求

应考虑 SDU 的电磁兼容。SDU 与变流器其他部件之间的电磁兼容的评估由变流器制造商负责。对于变流器的部件和 SDU 之间的端口而言，相关 EMC 要求在 GB/T 24338.4 中规定。

8.7 SDU 试验

变流器安装 SDU 之前，SDU 应经过试验与 GB/T 25119 相符(见 4.5.2.1)。

在 GB/T 25119 中没有规定的 SDU 的性能应依照试验大纲通过型式试验来证明。

SDU 安装到变流器后，其接口(电源、控制电子装置和半导体器件)符合要求时，SDU 应按技术规范在所有的使用条件下正常运行。

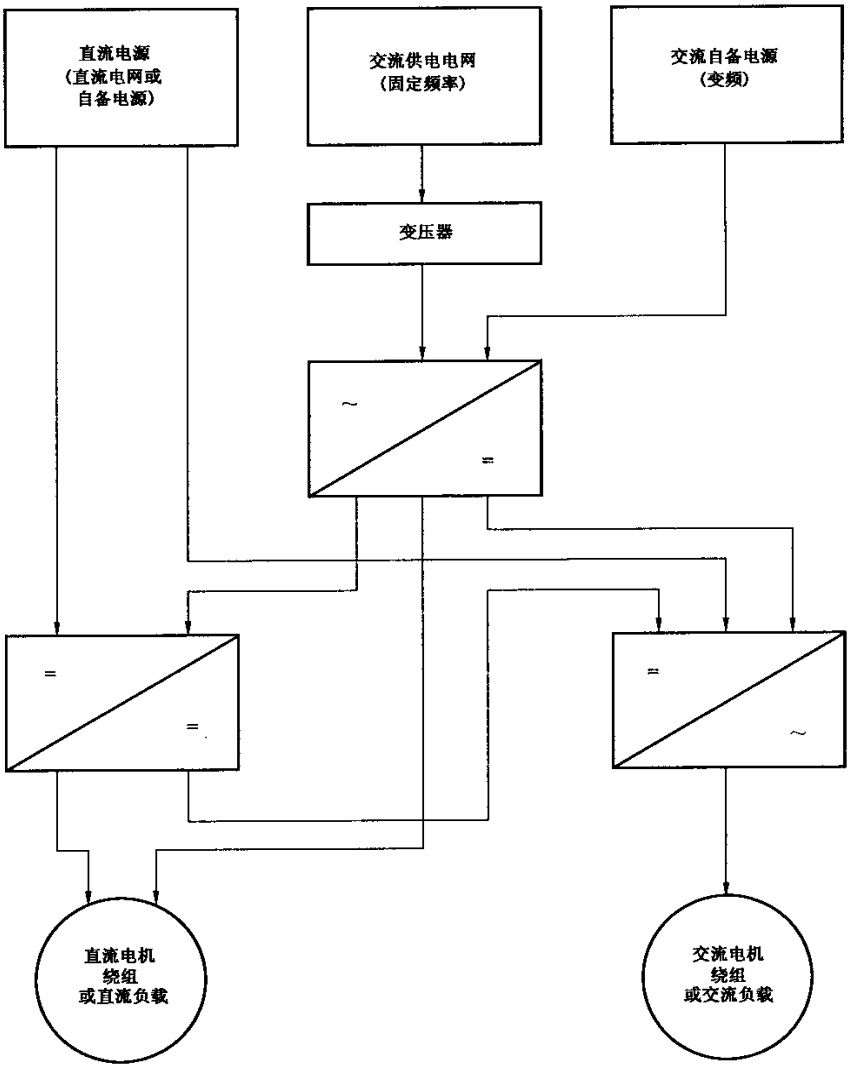
SDU 应依照 4.5 成功完成变流器的所有型式试验和例行试验。

如果 SDU 是防护系统的一部分应给出特殊要求。

附 录 A
（规范性附录）
基本电路布置框图

A.1 可能使用多个不同电路的组合。

图 A.1 给出了电源和电机或其他负载之间通常组合的电路框图。



注：没有画出无源元件，例如滤波器和储能装置。

图 A.1 组合示例

附 录 B
（资料性附录）
制造商与用户协议清单摘要

B.1 制造商与用户协议清单摘要见表 B.1。

表 B.1 制造商与用户协议清单摘要

条 款	标 题	备 注
4.1.1	设计	设计过程
4.1.3.1	制造商提供的文件	
4.1.3.2	用户提供的文件	
4.1.4.1	可靠性	可靠性目标
4.1.4.2	可用性	可用性目标
4.1.4.3	可维修性	维修要求
4.1.4.4	安全性	安全性要求
4.1.5	使用寿命	
4.2.1	概述	特定使用条件分类
4.2.3.2	启动温度	负载分类
4.2.6	负载分布曲线	
4.2.7	供电系统特性	
4.2.7.2.2	交流网压跳变	
4.2.7.2.3	交流网压畸变	
4.2.7.2.4	交流系统过电压	IEC 60850 中的误差
4.2.7.3.1	直流网压的主特性	
4.2.7.3.2	直流网压跳变	
4.2.7.3.3	直流系统过电压	IEC 60850 中的误差
4.2.7.4	车载供电系统	
4.2.8.2	供电系统的干扰(辐射)	测试方法
4.2.8.4	对信号系统的干扰	
4.2.9	输入电流限值	
4.2.10.1	噪声	较小值 选择等级
4.2.10.2	易接近部件的温升	特殊值,考虑不当安装
4.3.4.1	外形安装尺寸——图样的一致性	协商重量与相关试验(4.5.3.2、4.5.3.3)
4.3.4.2	冷却系统的特性	
4.3.4.4.1	输入量(见 4.2.7、4.2.8、4.2.9)	供电特性,谐波限值和输入阻抗,可复位保护装置
4.3.4.4.2.2	额定值	电气量和物理量
4.3.4.4.2.4 4.3.4.4.3	特殊值	短路和开路特性 特殊要求

表 B.1（续）

条　款	标　题	备　注
4.3.4.4.4	电气隔离	
4.4.1.1	电气间隙	额定冲击电压
4.4.2.1	概述	高扰动低感应性装置
4.4.2.2.2	对人的影响	
4.4.3	故障影响	
4.5.1	概述	试验大纲
4.5.2.2	变流器试验一览(表 3)	尺寸和公差
4.5.3.1	目检	规定安全要求
4.5.3.5.4	空气过滤器的有效性检查	
4.5.3.5.5	泄漏试验	
4.5.3.7	轻载试验	输出电流
4.5.3.10.2	工作条件	
4.5.3.10.3	特殊条件	
4.5.3.11	温升试验	
4.5.3.14	负载突变试验	
4.5.3.15	绝缘电阻试验	
4.5.3.17	局部放电试验	
4.5.3.18	安全性要求检查	
5.1.1.1	电机与变流器的接口	
5.1.1.2	主变压器与变流器的接口	
5.2.1	特性	电机与变流器的接口
5.3.1	特性	电机与逆变器的接口
6.1.1.1	输入特性	功率因数和谐波含量
6.1.1.3	短路保护	承受短路、短路性能
6.1.1.4	额定绝缘电压选取	低电压等级
7.1.1	辅助变流器启动条件	起机模式
7.1.2	输入条件和特性	
7.4.3	短路试验	
7.4.5	额定负载试验	减少负载
7.4.7	温升试验	
8.3	SDU 特殊要求	

附 录 C
（规范性附录）
额定冲击电压 U_{Ni} 对应的最小空气间隙

C.1 额定冲击电压 U_{Ni} 对应的最小空气间隙见表 C.1。

表 C.1 额定冲击电压 U_{Ni} 对应的最小空气间隙

U_{Ni}/ kV	PD1/ mm	PD2/ mm	PD3/ mm	PD3A/ mm	PD4/ mm	PD4A/ mm	PD4B/ mm
0.33	0.01	0.20	0.80	1.60	5.50		
0.5	0.04	0.20	0.80	1.60	5.50		
0.8	0.10	0.20	0.80	1.60	5.50		
1.5	0.50	0.50	0.80	1.60	5.50		
2.5	1.50	1.50	1.50	1.60	5.50		
3	2				5.5		
3.5	2.5				6.2		
4	3				7.0		
4.5	3.5				8.0		
5	4				8.5		
6	5.5				10	18	20
8	8				14	21	23
10	11				18	23	26
12	14				22	27	30
15	18				27	33	37
18	22				32	39	43
20	25				36	43	48
25	32				45	53	58
30	40				54	63	68
40	60				72	82	87
50	75				91	101	106
60	90				110	120	125
75	120				135	145	150
95	160				175	180	185
125	210				230	235	235
145	260				265	270	270
170	310				310	310	310
200	370				370	370	370
250	480				480	480	480
325	600				600	600	600

注 1：本表不适用于机车车辆车顶安装的设备。

注 2：允许在本表的两相邻值间进行插值，但第一栏中值为优选值。

附 录 D
（规范性附录）
（除印制布线材料外的材料的）额定绝缘电压 U_{Nm} 对应的最小爬电距离

D.1 额定绝缘电压 U_{Nm} 对应的最小爬电距离见表 D.1。

表 D.1 （除印制布线材料外的材料的）额定绝缘电压 U_{Nm} 对应的最小爬电距离

U_{Nm}/V	PD1/ mm	PD2/ mm			PD3/ mm			PD3A 和 PD4/ mm		
	材料分组Ⅰ，Ⅱ，ⅢaⅢb	材料分组			材料分组			材料分组		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
10	0.080	0.40			1.0			1.6		
12.5	0.090	0.42			1.05			1.6		
16	0.100	0.45			1.1			1.6		
20	0.110	0.48			1.1			1.6		
25	0.125	0.50			1.25			1.7		
32	0.140	0.53			1.3			1.8		
40	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	2.4	3.0
50	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0	2.5	3.2
63	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2.0	2.1	2.6	3.4
80	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1	2.2	2.8	3.6
100	0.25	0.71	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2	2.4	3.0	3.8
125	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4	2.5	3.2	4.0
160	0.32	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5	3.2	4.0	5.0
200	0.42	1.0	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2	4.0	5.0	6.3
250	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0	5.0	6.3	8.0
320	0.75	1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0	6.3	8.0	10
400	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3	8.0	10	12.5
500	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0	10	12.5	16
630	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10	12.5	16	20
800	2.4	4.0	5.6	8.0	10	11	12.5	16	20	25
1 000	3.2	5.0	7.1	10	12.5	14	16	20	25	32
注：允许在相邻数值之间线性插值。										

按照 GB/T 4207 规定的 CTI 值或 GB/T 6553 的分级，材料可以分为四组。

材料分组Ⅰ　CTI≥600　或 1A4.5 级

材料分组Ⅱ　400≤CTI<600　或 1A3.5 级

材料分组ⅢaⅢ　175≤CTI<400　或 1A2.5 级

材料分组ⅢbⅢ　100≤CTI<175　或 1A0 级

上述 CTI 值指按 GB/T 4207 在样品上用溶液 A 进行试验得到的值。

注 1：耐电痕化指数(PTI)也用于确定材料的电痕化特性。以 PTI(用 GB/T 4207 溶液 A 方法所确立的)大于或等于组中规定值的较小值为依据，可以将材料分到四组中的一组。

注 2：未说明 CTI 和各级之间的等效性。

附 录 E
（规范性附录）
污染等级的定义

E.1 污染等级的定义见表 E.1。

表 E.1 污染等级的定义

	积 尘	湿 度
PD1	无污染 不导电 保护良好	干燥 无凝露
PD2	不导电 有保护 由于凝露暂时导通	偶尔出现的、短时凝露
PD3	低导电性(凝露所引起)	经常出现凝露
PD3A	低导电性	潮湿 长时间出现凝露
PD4	周期性清洗引起的经常性导电	雨、雪、冰、雾
PD4A[a]	重型污染引起的经常性导电	雨、雪、冰、雾
PD4B[b]	超重型污染引起的经常性导电	雨、雪、冰、雾

[a] 地面装置和轨旁设备，例如用于信号的设备。

[b] 只对地面装置而言。

附 录 F
（规范性附录）
设备介电强度试验
基于额定冲击电压 U_{Ni}(kVcr)的短时工频试验电压 U_a(kV r. m. s.)

F.1 设备介电强度试验 基于额定冲击电压 U_{Ni}(kVcr)的短时工频试验电压 U_a(kV r. m. s.)见表 F.1。

表 F.1 设备介电强度试验
基于额定冲击电压 U_{Ni}(kVcr)的短时工频试验电压 U_a(kV r. m. s.)

U_{Ni}/kV	U_a/kV
0.33	0.2
0.5	0.3
0.8	0.42
1.5	0.7
2.5	1.2
3	1.4
3.5	1.6
4	1.9
4.5	2
5	2.3
6	2.8
8	3.6
10	4.6
12	5.5
15	6.9
18	8.3
20	9.2
25	11.5
30	14
40	18.5
50	23
60	27.5
75	34.5
95	44
125	50
145	70
170	80
200	95
250	95
325	140

附 录 G
（规范性附录）
接触网供电的电路的额定冲击电压 U_{Ni}

G.1 接触网供电的电路的额定冲击电压 U_{Ni} 见表 G.1。

表 G.1 接触网供电的电路的额定冲击电压 U_{Ni}

额定绝缘电压(交流或直流) U_{Nm}/kV		额定冲击电压 U_{Ni}/kV			
=	=	OV1	OV2	OV3	OV4
0.6	0.9	4	5	6	8
0.9	1.2	5	6	8	12
1.2	1.6	6	8	10	15
1.6	2.3	8	10	12	18
2.3	3	10	12	15	20
3	3.7	12	15	25	30
3.7	4.8	15	18	30	40
4.8	6.5	20	25	40	50
6.5	8.3	25	30		
8.3	10	30	35		
17.25[a]				75	95
24[a]				95	125
27.5[a]				125	170
17[b]				95	125
24[b]				145	170
27.5[b]				170	200
36[b]				200	250
52[c]				250	325
不可用于方法 2。					
[a] 只对机车车辆而言。 [b] 只对地面装置而言。 [c] 用于地面装置开关组件的特殊状况。					

附 录 H
（资料性附录）
磁场和感应电压要求的指南

H.1 在此领域还没有 IEC 标准，但有其他国家的标准和指南，例如，可以参考以下文件：

——DIN VDE 0848-3-1 电场、磁场和电磁场中的认证；

——国际非离子辐射防护委员会(ICNIRP)：暴露在(0～300) GHz 的时变电场、磁场和电磁场中的限值指南。