

ICS 29.280  
S 35

# TB

## 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2437—2006

代替 TB/T 2437—1993

---

### 机车车辆用电力变流器 特性和试验方法

Power convertors installed on board rolling stock-  
Characteristics and test methods  
(IEC 61287-1:1995,MOD)

2006-06-21 发布

2006-11-01 实施

---

中华人民共和国铁道部 发布

## 目 次

|                   |   |
|-------------------|---|
| 前 言               | 1 |
| 1 范 围             | 1 |
| 2 规范性引用文件         | 1 |
| 3 术语和定义           | 2 |
| 3.1 正弦波           | 2 |
| 3.2 纹 波           | 2 |
| 3.3 纹波分量          | 2 |
| 3.4 相对纹波含量        | 2 |
| 3.5 相对峰—峰纹波因数     | 2 |
| 3.6 直流纹波因数        | 2 |
| 3.7 功率效率或效率       | 2 |
| 3.8 变流因数          | 3 |
| 3.9 功率因数          | 3 |
| 3.10 位移因数         | 3 |
| 3.11 总谐波畸变率       | 3 |
| 3.12 近似的谐波损耗因数    | 3 |
| 3.13 电力、电子变流器     | 3 |
| 3.14 牵引变流器        | 3 |
| 3.15 辅助变流器        | 3 |
| 3.16 直接变流器        | 4 |
| 3.17 间接变流器        | 4 |
| 3.18 变流器系统        | 4 |
| 3.19 输入和输出(牵引变流器) | 4 |
| 3.20 最大瞬时输出电流     | 5 |
| 3.21 最大瞬时输入电流     | 5 |
| 3.22 降压斩波器        | 5 |
| 3.23 升压斩波器        | 5 |
| 3.24 恒频斩波器        | 5 |
| 3.25 变频斩波器        | 5 |
| 3.26 多频率斩波器       | 5 |
| 3.27 混合控制斩波器      | 5 |
| 3.28 电枢斩波器        | 5 |
| 3.29 励磁斩波器        | 5 |
| 3.30 变阻器斩波器       | 5 |
| 3.31 专用规范         | 5 |
| 4 通用条款            | 5 |
| 4.1 使用条件          | 5 |

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 4.2 | 电路图            | 8  |
| 4.3 | 特性             | 10 |
| 4.4 | 试验             | 13 |
| 5   | 牵引变流器          | 20 |
| 5.1 | 特性             | 20 |
| 5.2 | 直流电动机用整流器      | 20 |
| 5.3 | 直流电动机用斩波器      | 22 |
| 5.4 | 多相电动机用逆变器      | 23 |
| 5.5 | 直流或多相电动机用间接变流器 | 24 |
| 6   | 辅助变流器          | 25 |
| 6.1 | 特性             | 25 |
| 6.2 | 试验             | 26 |

## 前 言

本标准修改采用 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》。

本标准代替 TB/T 2437—1993《机车半导体变流装置技术条件》。

本标准与 TB/T 2437—1993 相比,其主要变化有:

- 1993 版标准中对变流器的噪声未作规定,本标准将其列为型式试验中的项目。
- 本标准中对变流器提出了电磁兼容性方面的要求。
- 本标准增加了局部放电试验。
- 本标准中的冲击与振动试验符合 TB/T 3058—2002 的规定,用更能模拟机车车辆实际运行情况的随机振动替代传统的正弦振动。

本标准与 IEC 61287-1:1995 相比,其主要变化是:

- 在文本结构上按照 GB/T 1.1—2000 进行了编辑,正文中的条文号也作了相应更改以保持上下文的一致性。
- 在规范性引用文件中,对于已由国内标准采用的国际标准,如 IEC 60551、IEC 60571-1、IEC 60571-2、IEC 60571-3 等,改写成国内现行有效的标准。
- 根据标准 TB/T 1333.1—2002 的规定,正常使用条件下的海拔应为 1 400 m。
- 振动试验方法(4.1.1.4),按 TB/T 3058—2002 由传统的正弦振动改为更能模拟机车车辆实际运行状态的随机振动试验方法。
- 介电试验(4.4.6.17)中的试验电压值按 TB/T 1333.1—2002 表 8 选取。

本标准由中国南车集团株洲电力机车研究所提出。

本标准由中国南车集团株洲电力机车研究所归口并负责起草。

本标准主要起草人:严树钢、刘 贵。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- TB/T 2437—1993。

# 机车车辆用电力变流器 特性和试验方法

## 1 范 围

本标准规定了机车车辆用电力变流器的术语和定义、使用条件、一般特性和试验方法。

本标准适用于为机车车辆(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变流器。

本标准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。

本标准适用于完整的变流器机组及其配置,包括:

- 半导体器件组装;
- 组合冷却系统;
- 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。

本标准不适用于为半导体驱动单元(SDU)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,与半导体驱动单元无关的传感器和半导体驱动单元(SDU)的印制板组装应符合 TB/T 3021—2001 的规定。

本标准不适用于公路电动汽车或 TB/T 3021—2001 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;
- 自备电源(例如车载发电机、蓄电池以及其他电源)。

注:在本标准中,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 1094.10—2003 电力变压器 声级测定(IEC 60076-10:2001,MOD)
- GB/T 2900.33—2004 电工术语 电力电子(IEC 60050-551:1998, IDT)
- GB/T 2900.36—2003 电工术语 电力牵引(IEC 60050-811:1993,MOD)
- GB/T 3859.2—1993 半导体变流器 应用导则(IEC 60146-1-2:1991, EQV)
- GB 4208—1993 外壳防护等级(IP代码)(IEC 60529:1989, EQV)
- GB/T 5993—2003 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(IEC 60384-4:1998, IDT)
- GB/T 7354—2003 局部放电测量(IEC 60270:2000, IDT)
- GB/T 17702.1—1999 电力电子电容器 第1部分:总则(IEC 61071-1:1991, IDT)
- GB/T 19001—2000 质量管理体系 要求(ISO 9001:2000, IDT)

**TB/T 2437—2006**

TB/T 1333.1—2002 铁路应用 机车车辆电气设备 第1部分:一般使用条件与通用规则(IEC 60077-1:1999, IDT)

TB/T 1680 铁路应用 机车车辆用牵引变压器和电抗器(TB/T 1680—200×, IEC 60310:2004, IDT)

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

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

TB/T 3034—2002 机车车辆电气设备电磁兼容性试验及其试验(EN 50121-3-2:2000, EQV)

TB/T 3058—2002 铁路应用 机车车辆设备 冲击和振动试验(IEC 61373:1999, IDT)

IEC 60747 半导体器件分立器件和集成电路

IEC 60850 铁路应用 牵引系统供电电压

IEC 61133:1992 电力牵引 机车车辆 电力和热电机车车辆制成后投入使用前的试验方法

**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标准。

**3.1**

**正弦波 sinusoidal waveform**

相对谐波含量小于0.1的波形。

**3.2**

**纹波 ripple**

周期函数中减去直流分量得到的函数。

**3.3**

**纹波分量 ripple components**

以纹波傅里叶级数项的阶次及方均根值表示的量。

**3.4**

**相对纹波含量 relative ripple content**

纹波方均根值与直流分量之比。

**3.5**

**相对峰—峰纹波因数 relative peak-to-peak ripple factor**

峰—峰纹波值与直流分量之比。

**3.6**

**直流纹波因数 DC ripple factor**

脉动直流电量的峰值和谷值之差的一半与该直流电量平均值之比。

注:对于低值直流纹波因数,其量近似等于最大值与最小值的差和最大值与最小值的和之比。

**3.7**

**功率效率或效率 power efficiency or efficiency**

输出有功功率与输入有功功率之比。

注:两种功率均看作为总功率,按下式计算:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \cdot dt$$

式中:

$T$ —— $u$ 、 $i$ 乘积的最低次纹波周期;

$u$ ——输入或输出电压瞬时值;

$i$ ——输入或输出电流瞬时值。

## 3.8

**变流因数 conversion factor**

输出功率与输入功率之比。

对于直流侧,所用的功率为电压与电流两者平均值之乘积。

对于交流侧,所用的功率为基波功率。

## 3.9

**功率因数 power factor**

$$\lambda = \frac{\text{有功功率}}{\text{表观功率}}$$

## 3.10

**位移因数 displacement factor**

$$\cos \varphi = \frac{\text{基波有功功率}}{\text{基波表观功率}}$$

## 3.11

**总谐波畸变率 (total)harmonic distortion**

谐波含量的方均根值与交流量基波电压的方均根值之比:

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n U_i^2}}{U_1}$$

式中:

$U_1$ ——基波电压方均根值;

$U_i$ —— $i=2$ 至 $n$ 次系列的谐波电压。

此定义亦适用于电流波形。

## 3.12

**近似的谐波损耗因数 approximate harmonic losses factor**

近似的谐波损耗因数由下式给出:

$$\sigma = \sum_{n>1} \left( \frac{U_i}{nU_1} \right)^2$$

式中:

$U_1$ ——电压方均根值;

$U_i$ —— $i=2$ 至 $n$ 次系列的谐波电压。

## 3.13

**电力、电子变流器 electronic/power convertor**

基于功率半导体来改变电能形式的电子设备,即改变电能的电压、电流、频率中的一个或多个参数的数量或值。

注: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。变流器是牵引(或辅助)设备的一个组成部分,它可包括线路断路器、滤波器、变压器。

## 3.14

**牵引变流器 traction convertor**

为牵引电动机供电的变流器。

## 3.15

**辅助变流器 auxiliary convertor**

向辅助设备(如辅助电路、电池充电、空调等)供电的变流器。

TB/T 2437—2006

## 3.16

**直接变流器 direct convertor**

将输入电能变换为输出电能,不带中间电路的变流器。

## 3.17

**间接变流器 indirect convertor**

将输入电能变换为输出电能,带中间电路的变流器。

间接变流器示例见图 1。

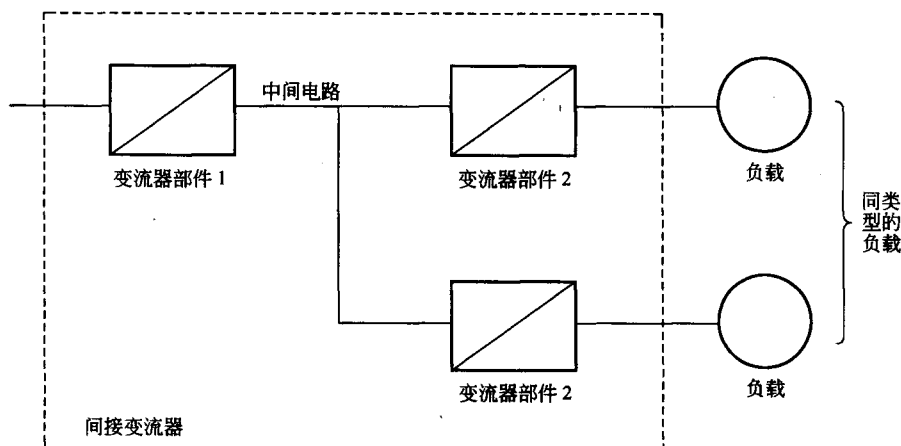


图 1 间接变流器示例

## 3.18

**变流器系统 convertor system**

变流器系统由具有不同的输入、输出特性,在功能方面相互连接在一起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。

变流器系统示例见图 2。

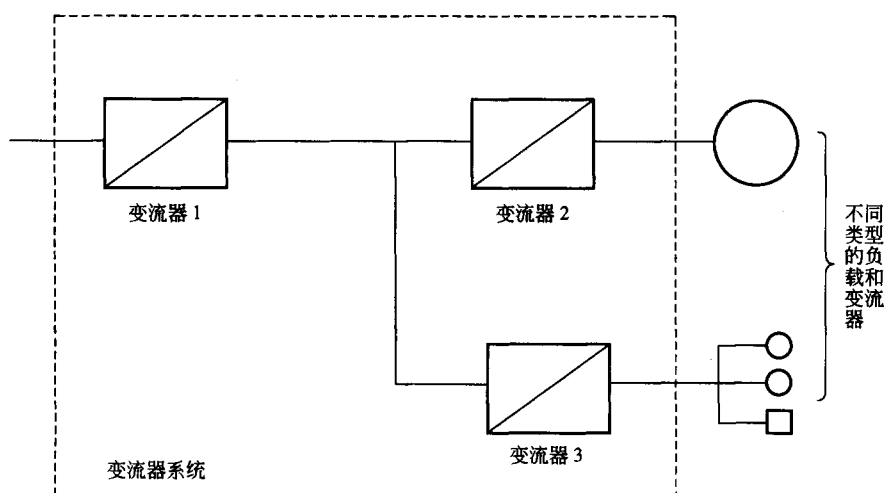


图 2 变流器系统示例

## 3.19

**输入和输出(牵引变流器) input and output(traction convertor)**

输入端指在牵引工况吸收有功功率的一侧,输出端指在牵引工况输出有功功率的一侧。



## 3.20

**最大瞬时输出电流** maximum instantaneous output current

在规定的输入电压下变流器能够换流的最大输出电流。

## 3.21

**最大瞬时输入电流** maximum instantaneous input current

在规定电压下变流器能够换流的最大输入电流。

## 3.22

**降压斩波器** step-down chopper

输出电压低于输入电压的斩波器。

## 3.23

**升压斩波器** step-up chopper

输出电压高于输入电压的斩波器。

## 3.24

**恒频斩波器** fixed frequency chopper

在恒定频率下运行,通过导通比的连续变化,使输出电压在其限定值内的一种斩波器。

## 3.25

**变频斩波器** variable frequency chopper

通过基本频率的连续变化,使输出电压在其限定值内的斩波器。

## 3.26

**多频率斩波器** multiple frequency chopper

在低于额定频率的若干个固定频率(按额定频率的规则分频)下运行的斩波器,以获得很低的负载电压或较高的效率。

## 3.27

**混合控制斩波器** mixed control chopper

通过连续改变导通比与基本频率来控制输出电压的斩波器。

## 3.28

**电枢斩波器** armature chopper

控制直流电动机电枢电流或电压的斩波器。

## 3.29

**励磁斩波器** field chopper

控制直流电动机励磁电流的斩波器。

## 3.30

**变阻器斩波器** rheostatic chopper

控制变阻器电流的斩波器,它与变阻器连接可以是全部(或部分)并联(或串联)。

## 3.31

**专用规范** particular specification

一种规定特殊条件的文件,由用户与制造商双方协商。

## 4 通用条款

## 4.1 使用条件

## 4.1.1 一般使用条件

## 4.1.1.1 海拔

未注明变流器正常工作所处的海拔时,认为海拔不超过 1 400 m。

## TB/T 2437—2006

## 4.1.1.2 环境温度

未注明变流器正常工作的环境温度时,认为机车车辆外界温度在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,而且年平均温度不超过 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

起机温度:未接任何电源停放在库内的机车车辆,其变流器能启动而不损坏的最高温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最低温度不低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## 4.1.1.3 相对湿度

未注明变流器正常工作所处环境空气的相对湿度,且外部环境温度低于 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,认为相对湿度上限值在 $90\%\sim 95\%$ 之间。

## 4.1.1.4 冲击和振动

变流器应能承受 TB/T 3058—2002 中规定的冲击和振动。

变流器重量大于 $500\text{ kg}$ 时,可只对部件做试验。对于重量很大的变流器,冲击和振动试验由制造商与用户商定。如果不做冲击和振动试验,可以装车考核或者制造商提供一份 FEM(有限单元法)稳定性计算报告。

## 4.1.1.5 倾斜和离心力

采用液体冷却时应考虑用户所规定的机车车辆倾斜、离心力和加速力。

## 4.1.1.6 负载分布曲线

负载分布曲线可能影响变流器或变流器部件的工作特性,所以曲线应根据工作周期计算且经过制造商和用户商定。

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,周期根据额定牵引输入电压定义,有些情况下,也根据制动或指定电压来定义。

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。

## 4.1.1.7 供电系统的特性

用户应规定设备的工作条件,如牵引变流器在牵引工况和电气制动工况的限值。

## 4.1.1.8 交流供电系统

## 4.1.1.8.1 交流网压波形

除非用户和制造商另有协议,在变流器不工作时,牵引系统网侧电压为正弦波(见 3.1)。

## 4.1.1.8.2 交流网压变化范围

未注明规定值时,交流网压应在 IEC 60850 给定的限值之内。

## 4.1.1.8.3 交流系统阻抗

交流系统的阻抗会影响设备的运行特性,可能随机车车辆所处位置变化,用户应规定包括最大和最小值在内的阻抗特性。

用户对于交流系统的谐振频率可以根据系统模型或直接做出规定,并考虑其他机车车辆供电阻抗和谐振频率的影响。

## 4.1.1.8.4 交流系统过电压

变流器及其保护装置和输入滤波器(如有),应能承受用户规定的输入过电压而不损坏。如用户未作规定,则参考图 3 曲线②规定的过电压,且在图 3 曲线①所规定的过电压下能正常工作。

## 4.1.1.8.5 交流电网频率变化范围

交流电网频率变化,当用户与制造商之间未商定好其他值时,则为 $49\text{ Hz}\sim 51\text{ Hz}$ 。

对于其他频率系统,允许的频率变化范围由用户与制造商双方商定。

## 4.1.1.9 直流供电系统

## 4.1.1.9.1 直流网压波形

假定牵引系统网侧电压为三相正弦电压通过全波整流电路变换成的六脉波直流电压。

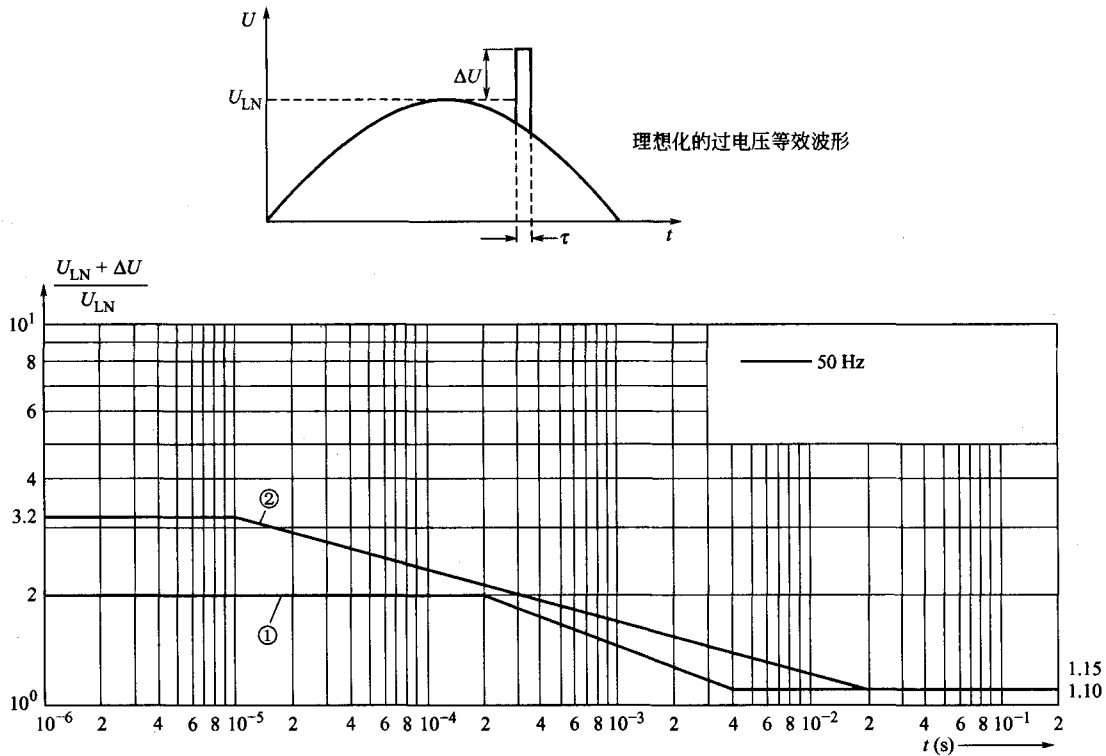


图3 交流供电系统的过电压范围

如果采用其他电路,比如脉波数不是六,采用相控整流,系统上有再生制动的机车车辆,则用户应加以说明。

#### 4.1.1.9.2 直流网压变化范围

未注明规定值时,认为直流网压保持在 IEC 60850 给定的限值之内。

#### 4.1.1.9.3 系统的电感与电阻

随机车车辆位置而变化的直流阻抗,会影响变流器的工作特性,用户应规定电源内阻抗,包括最大值和最小值在内的电感和电阻。同时考虑其他变流器机车车辆的影响。

注:若这些值是用来研究干扰的(见 4.3.3.5),则要注意谐振频率。

如有必要,直流系统的谐振频率应由用户或借助系统模型做出规定。

#### 4.1.1.9.4 供电网的过电压

变流器及其保护装置和输入滤波器,应能承受用户规定的输入过电压而不损坏。如果用户未作规定,则参考图 4 曲线②所规定的过电压。

变流器应能在图 4 曲线①所规定的过电压下正常工作。

#### 4.1.1.10 输入电流限值

用户应提出稳态输入电流的限制范围,说明供电系统短路容量及保护系统特性。

#### 4.1.1.11 自备电源

当变流器由蓄电池、静止变流器、旋转变流机组等自备电源供电时,用户应说明电源电压和阻抗的额定值和极限值,对于交流电源还要说明其频率和波形。

#### 4.1.1.12 干扰

干扰形式见 4.3.3.5。

#### 4.1.2 特殊条件

不同于上述各条款的特殊规定,由用户和制造商商定专用规范,例如:

TB/T 2437—2006

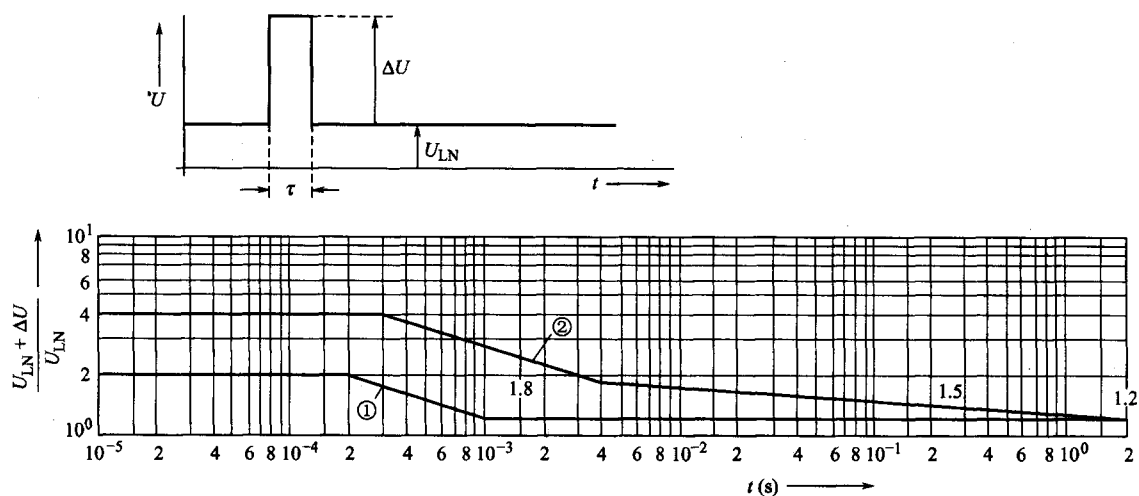


图4 直流供电系统的过电压范围

- 海拔超过 1 400 m;
- 车外的环境温度超过 40 ℃;
- 车外的环境温度低于 -25 ℃;
- 车外的年平均温度高于 25 ℃;
- 相对湿度在温度达 40 ℃ 以上时,超过 95 %;
- 骤雨、沙暴或暴风雪,空气中含有异常的导电尘埃,空气中含有异常的盐分,经鉴别的异常工业污染(参见 TB/T 1333.1—2002 中 7.9 条);
- 供电电压变化范围超过上述限值,如系统使用再生制动时;
- 在 1 min 至数分钟,环境温度突变大于等于 15 K,如通过铁路隧道时;
- 遇有接触网和变流器之间频繁断电,如接触网结冰,除冰运行的情况。

## 4.2 电路图

### 4.2.1 整流器

#### 4.2.1.1 功能

将交流电压变换为直流电压。机车车辆上通常使用单相或三相整流器。

按照应用情况,整流器能量可在一个方向流动,或两个方向均可流动。整流器直流侧电流或电压的逆变可以得到能量的反向流动。

#### 4.2.1.2 图形符号(见图 5)

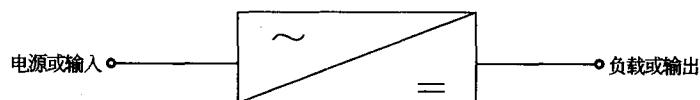


图5 整流器符号

#### 4.2.1.3 控制

半导体元器件的控制(不可控,触发控制或触发和关断控制)方式有相控、全波控制和脉宽调制(PWM)。

相控是在电源电压半个周期内触发桥臂随后又关断的控制方法。全波控制是在电源电压半个周期内触发或不触发桥臂。脉宽调制是在电源电压半个周期内桥臂有一次或几次触发和关断。

还可用其他特殊控制方法减少谐波、提高功率因数(如对整流器晶闸管、二极管的混合控制)。

### 4.2.2 斩波器

#### 4.2.2.1 功能

将一种幅值的直流电变换为另一种幅值的直流电。

## 4.2.2.2 图形符号(见图 6)

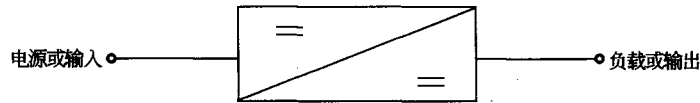


图 6 斩波器符号

## 4.2.2.3 斩波器类型

有两种主要形式的斩波器:

## a) 单向斩波器

斩波器只能在一个方向传送电能。输出电压低于输入电压为降压斩波器,输出电压高于输入电压为升压斩波器。

## b) 双向斩波器

斩波器能够在两个方向传送电能。如果斩波器向某一方向上传送能量时为降压,则相反方向则为升压。

## 4.2.2.4 控制

斩波器根据工作模式,主要有以下 3 种控制方法来获得可变的输出直流电压:

——固定频率、可变脉宽;

——固定脉宽、可变频率;

——上述两种方法的组合。

## 4.2.3 逆变器

## 4.2.3.1 功 能

将直流电压变换为交流电压。铁路应用中常用的是单相和三相逆变器。

## 4.2.3.2 图形符号(见图 7)

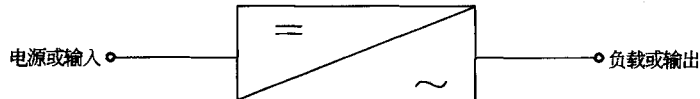


图 7 逆变器符号

## 4.2.3.3 逆变器类型

## 4.2.3.3.1 负载换流逆变器

由输出端的电机提供换流电压的逆变器。

注:在低速范围,电机不能提供所需的换流电压时,逆变器需要一个辅助换流装置或用另一个变流器来周期性地关断电流。

## 4.2.3.3.2 自换流逆变器

由逆变器内部元件提供换流能力的逆变器。

## a) 电压源逆变器

由直流电压源供电的逆变器,以低的内部阻抗向负载输出交流电压。

## b) 电流源逆变器

由直流电流源供电的逆变器,以高的内部阻抗向负载输出交流电流。

## 4.2.3.4 控 制

逆变器的控制方法主要有 3 种:

——负载换流逆变器:借助负载施加的相控频率及外部电流控制。

——电流源逆变器:变频控制和外部电流控制。

电流源逆变器具有高的内阻抗,仅控制输出频率和输入电压,而输出电压大小由负载本身决定。脉宽调制(PWM)电流源逆变器也可用于低频运行的牵引变流器。

## TB/T 2437—2006

——电压源逆变器;变频控制和电压调制。

主要有两种控制模式:

## a) 频率控制

变换逆变器输出相以提供给负载的最大三相输出电压。

逆变器的输出电压取决于输入电压。输入电压可以是不控的,也可以是可控的。

此工作模式主要用于辅助逆变器。

## b) 频率和电压控制

控制逆变器的频率和输出电压。

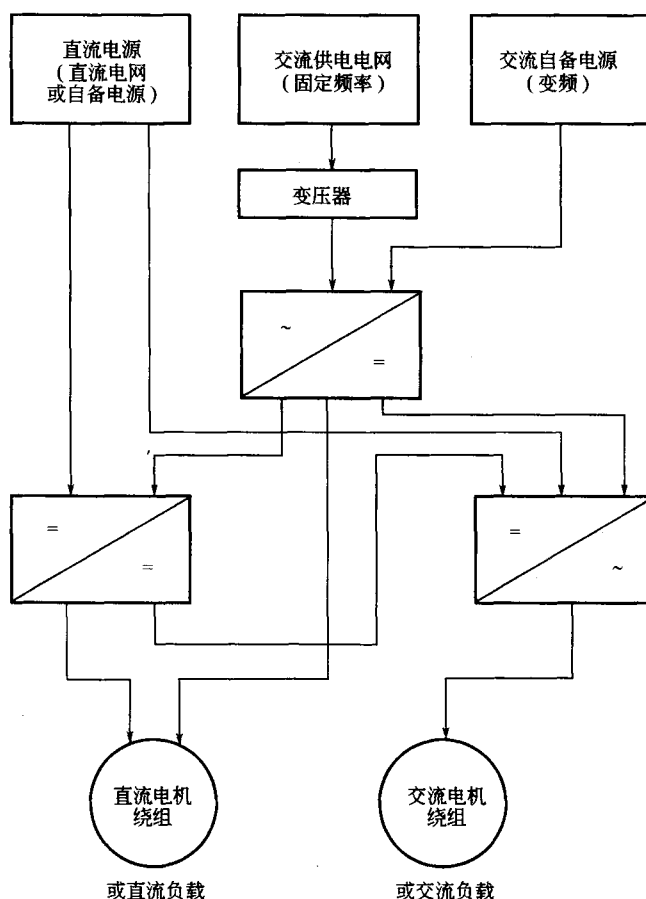
通过改变脉冲宽度来控制基波频率和电压。这种称为脉宽调制(PWM)的控制方法,适用于辅助和牵引逆变器。

## 4.2.4 基本电路框图

直接变流器由一个基本电路(整流器、斩波器等)组成。

间接变流器由电源、负载及其相关基本电路图组成,它有输入部分、输出部分,必要时还有中间部分。也可以将一些简单的基本电路并联和串联连接起来。

图8为电源、牵引电动机或其他负载之间的常用电路框图组合。



注:无源元件(例如滤波器、储能电容器)没有画出。

图8 电源和负载间的基本电路框图

## 4.3 特性

## 4.3.1 半导体器件的特性

电力电路用半导体器件应符合 IEC 60747 的规定,在本标准 4.1 规定的条件下确保其功能。

控制电路的半导体器件应符合 TB/T 3021—2001 的要求。

#### 4.3.2 变压器、电抗器和电容器的特性

变流器用电力变压器和电抗器的特性应符合 TB/T 1680 的要求。电容器的特性应符合 GB/T 5993—2003 和 GB/T 17702.1—1999 的要求。

#### 4.3.3 变流器的特性

##### 4.3.3.1 几何特性——图样的一致性

变流器由特殊规定的图样来定义：

- 元器件；
- 定位点；
- 可接近的区域；
- 加工夹紧位；
- 电气连接、风道或冷却系统的连接；
- 尺寸与公差；
- 总的理论重量。

注：合同重量、重心位置可在总图或专用规范中规定。

##### 4.3.3.2 标志

用户和制造商之间无其他协议时，变流器铭牌至少有下列内容：

- 制造厂标识；
- 产品符合的标准代号；
- 总图号或型号；
- 主要技术参数；
- 变流器序号；
- 制造年份；
- 重量。

##### 4.3.3.3 噪声

变流器发出的噪声按声级划分，声级由表 1 规定。

表 1 噪声等级

|                                     |    |    |    |    |    |       |
|-------------------------------------|----|----|----|----|----|-------|
| 等级                                  | X  | Y  | Z  |    |    |       |
| 噪声等级 $L_{PA}$                       | 95 | 90 | 85 |    |    | dB(A) |
| 等级                                  | A  | B  | C  | D  | E  |       |
| 噪声等级 $L_{PA}$                       | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | dB(A) |
| 注：噪声等级用参数 $L_{PA}$ (A 计权的表面声压级)来表示。 |    |    |    |    |    |       |

试验方法在 4.4.6.11 中规定。

对于带分离冷却系统的变流器，如果此系统只用于冷却，则应作为变流器的一个部件来规定声级。牵引(或辅助)设备的声级特性未包括在本标准内。变流器装车后，变流器的噪声等级与其安装位置及其防护措施有关。只有当用户与制造商双方商定或者安装、运用条件会降低噪声时，才准许变流器出现 X、Y 和 Z 级的噪声。

##### 4.3.3.4 表面温度

在规定的冷却条件下，不用解体就能正常测得的变流器表面温度不应超过 60℃，除非用户或制造商另有规定。

如果安装条件使冷却空气温度引起某种不舒适感，则用户与制造商之间应商定允许的最高温度。

## TB/T 2437—2006

## 4.3.3.5 电磁兼容性(EMC)

变流器输入电流含有交流分量,它是由供电电压的交流分量或机车车辆上的设备操作而引起。

变流器可能因辐射而产生电磁干扰。干扰的传导和辐射可能影响到电源、无线通信、信号系统及其他设备。

变流器的电磁兼容性应符合 TB/T 3034—2002 中的有关规定。

## a) 内部干扰

变流器的任何部分可能对另一部分造成干扰。变流器应在限定的干扰环境条件下正常工作。该条件应在专用规范中规定。

## b) 供电系统的干扰

应由用户和制造商商定监测方式以及输入交流电流分量的特性(各频率下交流电流的允许值)。

注:如供电网络发生谐振,由用户和制造商确定相应的措施。

## c) 对无线电和通信系统的干扰

变流器可能对无线电和通信系统产生干扰。可采用 CISPR 和 CCITT 有关无线网络和通信线路防干扰的推荐标准。如果不适用,用户和制造商应商定<sup>1)</sup>定义和限值。

注:若检测到干扰,由用户和制造商确定相应的措施。

## d) 对信号系统的干扰

必要时用户可对信号系统的干扰提出附加要求<sup>1)</sup>:

——除 4.3.3.5 b) 的规定外,由于信号频率叠加了来自电网的交流谐波,用户可以规定变流器输入端出现的最大电流值。制造商需考虑使总的干扰电流(电网与机车车辆叠加干扰所引起的)不超过 4.3.3.5 b) 规定的水平。

——除 4.3.3.5 b) 规定的特性外,用户可以根据信号频率对机车车辆或变流器规定一个最小输入阻抗的附加要求。

## 4.3.3.6 机械特性和冷却特性

## 4.3.3.6.1 强度

变流器应能在 4.1.1.4 规定的冲击和振动条件下工作,无任何损坏。

## 4.3.3.6.2 防护等级

防护等级由用户规定,应从 GB 4208—1993 中选取。

## 4.3.3.6.3 冷却系统

除非变流器的冷却系统独立运行,在专用规范中应规定变流器和机车车辆之间的冷却接口。

## 4.3.3.7 电气特性

## 4.3.3.7.1 输入量

变流器可以接入 4.1.1.7 至 4.1.1.12 中规定的一个或多个电源。

在规定供电电压范围内变流器的全部性能均可达到。

用户应规定电源特性,同时考虑变流器输入阻抗、起动冲击电流以及 4.1.1.7~4.1.1.12 的要求。

专用规范应规定线路产生的谐波电流及其频率的限值。

变流器及其保护装置和输入滤波器(如有),应能承受 4.1.1.8.4 和 4.1.1.9.4 规定的输入过电压而不损坏,用户应规定保护装置是否需要复位。

## 4.3.3.7.2 输出量

由专用规范来定义输出量,规定其额定值,如功率、电压、频率、电流和其他变量。

持续值与某特定时间内的最大值也应做出规定。

如果变流器的工况与上述规定不同,则专用规范应规定该工况下的额定值:功率、电压、电流、频率

1)当机车车辆运行于几个铁路网时,协议应考虑到适用于每个铁路网的要求。



以及相应的持续时间。

短路和开路特性(短路电流、空载电压)应由制造商和用户双方商定。

#### 4.3.3.7.3 效率

对于特性曲线规定的额定输出工作点、额定供电条件(见 4.1.1.7~4.1.1.12)和特定环境温度时的效率(见 3.7)由专用规范规定。

#### 4.3.3.7.4 电气隔离

专用规范应规定变流器电源与负载之间的电气隔离。

#### 4.3.3.7.5 电气间隙与爬电距离

由于变流器内部工作电压不同,所以电气间隙与爬电距离应符合 TB/T 1333.1—2002 的规定。

#### 4.3.3.8 变流器和控制装置之间的接口

应规定变流器(电力部分)和控制装置之间的接口。

接口的型式至少应包括:

——硬件接口:

- 电力电路的输入信号(半导体元件的控制信号);
- 电力电路至控制装置的输出信号(传感器和报警);
- 门极单元和传感器的电源;
- 机械的;
- 热的。

——功能接口:

- 接口应阐明影响电力变流器设计的所有特性。

#### 4.3.4 技术文件编制

技术文件和维修计划由用户和制造商专门协商后提供。

协议内容应提出项目一览表。

### 4.4 试 验

#### 4.4.1 总 则

本标准规定,大多数试验在制造厂车间进行。如果不可行,可按照用户与制造商商定的方法在专门的实验室或机车车辆上进行。

试验主要涉及到功率模块部分(包括门控单元)。对于门控单元和其他装在功率模块内的电子设备,应按 TB/T 3021—2001 的规定事先做完试验。

变流器试验使用与批量生产设备等效的电子控制装置。

除辅助变流器的某些试验外,本标准不包括整个牵引系统或辅助供电系统的综合试验。该综合试验将由其他标准规定。本标准也不包括那些在 3.13 中定义之外的牵引(或辅助)设备试验。

型式试验和例行试验之前,制造商应按照本标准和合同包含的特殊要求提出试验大纲。型式试验结束后编制试验报告。

#### 4.4.2 试验分类

##### 4.4.2.1 型式试验

型式试验是验证产品满足用户和制造商之间商定的要求。

型式试验在规定设计和制造工艺的一台变流器产品上进行。原则上该产品的所有部件与批量生产的相同。

如果试验方法需要使用不同于批量生产的元器件,应有用户和制造商达成的协议书。

如果变流器或其部件之一与以前试验过的产品相同或类似,制造商可提供按合同要求早先试验过的 5 年以内的合格证书。除非另有协议,一般不需要对整台变流器或有关部件重复进行型式试验。

在用户与制造商事先订有协议的条件下,可以定期从当前产品或交付产品中抽取变流器或某个部

## TB/T 2437—2006

件,重复进行某项或全部试验,以再次确认产品质量符合要求。

选择性型式试验仅在专用规范规定时才进行。

## 4.4.2.2 例行试验

例行试验是验证产品性能与型式试验测得的结果相符。例行试验由制造商做,原则上所有同型产品都要进行。

用户和制造商可以商定替代的试验程序(例如对符合 GB/T 19001—2000 质量保证程序大批量生产的变流器),以减少变流器做例行试验的项目,或者全部试验可以从订货批量中随机选取一定比例来做。

选择性例行试验仅在专用规范有规定时进行。

## 4.4.2.3 研究性试验

研究性试验是获得关于变流器应用方面的补充资料,用户和制造商事先达成协议,在订货有明确规定时才进行。

研究性试验结果不能作为拒收设备或罚款的依据。

## 4.4.3 变流器元件和部件试验

在装入变流器之前或之后,变流器元件和部件应进行有关标准规定的型式试验和/或例行试验:

- 电力半导体堆:IEC 60747;
- 控制电子装置和小电流的器件、电抗器、变压器:TB/T 3021—2001;
- 牵引变压器和电抗器:TB/T 1680;
- 电力电容器:GB/T 5993—2003 和 GB/T 17702.1—1999。

现行的 IEC 60747 系列对于可关断功率器件、功率晶体管、门极可关断晶闸管(GTO)和静电感应晶闸管尚未制订标准。采用这些可关断功率器件的变流器,其元件和部件的试验按用户与制造商的协议进行。

## 4.4.4 变流器试验

验证变流器通用特性的型式试验和例行试验,按表 2 给出的条款和 4.4.6.1~4.4.6.23 的内容进行。

例行试验在车间进行,型式试验的地点在表 2 中给出。

变流器的全部试验均在车间或机车车辆的环境温度下进行。每次型式试验的环境温度、湿度应记录在试验报告中。

## 4.4.5 试验检查项目一览表

变流器至少应进行表 2 中给出的试验项目。用户和制造商可协商来补充其他内容。

第 5 章规定的补充试验是有关牵引变流器的试验,第 6 章是有关辅助变流器的试验,这些试验作为表 2 所列项目的补充。

表 2 试验检查项目一览表

| 试验或检查项目 | 地点     | 型式试验           | 例行试验 | 条款                     |
|---------|--------|----------------|------|------------------------|
| 外观检查    | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.1                |
| 尺寸和公差   | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.2                |
| 称重      | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.3                |
| 标志检查    | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.4                |
| 冷却试验    | 制造厂/车上 | ✓              |      | 4.4.6.5.1<br>4.4.6.5.2 |
| 过滤器的有效性 | 制造厂/车上 | ✓ <sup>a</sup> |      | 4.4.6.5.3              |

表 2(续)

| 试验或检查项目             | 地点     | 型式试验           | 例行试验 | 条款       |
|---------------------|--------|----------------|------|----------|
| 保护和测量装置的试验          | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.6  |
| 触发设备试验              | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.7  |
| 轻载试验                | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.9  |
| 换流试验                | 制造厂/车上 | ✓              |      | 4.4.6.10 |
| 噪声测量                | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.11 |
| 温升试验                | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.12 |
| 功率损耗测定              | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.13 |
| 供电过电压和瞬态能量试验        | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.14 |
| 负载突变试验              | 制造厂/车上 | ✓ <sup>a</sup> |      | 4.4.6.15 |
| 绝缘电阻试验              | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.16 |
| 介电试验                | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.17 |
| 局部放电试验              | 制造厂    | ✓ <sup>a</sup> |      | 4.4.6.18 |
| 冲击电压试验              | 制造厂    | ✓ <sup>a</sup> |      | 4.4.6.19 |
| 安全要求检查              | 制造厂    | ✓              | ✓    | 4.4.6.20 |
| 振动和冲击试验             | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.21 |
| 防护等级检查              | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.22 |
| 干扰试验                | 制造厂/车上 | ✓              |      | 4.4.6.23 |
| 湿热试验                | 制造厂    | ✓              |      | 4.4.6.24 |
| <sup>a</sup> 选择性试验。 |        |                |      |          |

#### 4.4.6 试验说明

##### 4.4.6.1 外观检查

采用目检以保证变流器无外观缺陷,表面处理工艺完善。

应检查所有电气、机械和冷却器械的内部和接口部件。

##### 4.4.6.2 尺寸和公差

尺寸及其公差用标准量具检验,应与图样相符。

##### 4.4.6.3 称 重

变流器规定了重量时,应该称重。

称重值应与合同规定相符(见 4.3.3.1)。

##### 4.4.6.4 标志检查

标志应与 4.3.3.2 的要求相符。

##### 4.4.6.5 冷却试验

###### 4.4.6.5.1 带组合式冷却系统的变流器

当风机、泵或散热器(组)是变流器的组成部分时,试验在下列条件下进行:

——变流器具有规定的输入和输出冷却条件。

——机组的供电电源:

- 1) 在标称电压  $U_{LN}$ 、频率下,
- 2) 在电压、频率相应于最小规定值时。

## TB/T 2437—2006

测量流过各有关部件冷却介质的流量,所测值应符合规定。

注:某些场合流量是可变的,例如当把制动能量供给冷却系统时,这些特殊条件由用户和制造商双方商定。

## 4.4.6.5.2 带分立式冷却系统的变流器

如果风机、泵或散热器组不是变流器的组成部分,试验时应配有适当的风机、泵或散热器。冷却介质的流量和压力应符合变流器制造商或专用规范的规定值。应测量压力降。

## 4.4.6.5.3 过滤器有效性的试验

试验应检查变流器减少尘埃、雪和水浸入方式的有效性。试验方法由用户和制造商双方协商。

## 4.4.6.6 保护和测量装置的试验

验证保护和测量装置在工作范围内功能正常。

例行试验是验证机械装配和电气连接的一致性,并且用“过/不过”来验证工作状态。

## 4.4.6.7 触发设备试验

验证触发脉冲符合规定要求。

## 4.4.6.8 在制造厂电气试验的电路配置

4.4.6.9~4.4.6.14 所述的试验可按图 9 试验电路进行。

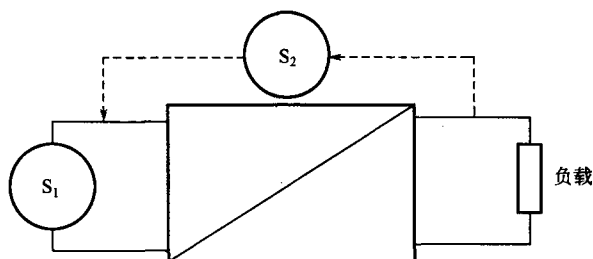


图 9 变流器试验电路

图 9 是试验电路示例。该电路连同试验说明,作为用户和制造商在设备试验时协商的依据。

试验电路通常包括两套电压可变的可逆电源  $S_1$  和  $S_2$ 。 $S_1$  是外部供电电源。可以用规定的负载或模拟负载,例如电动机、电抗器、电阻器、蓄电池等。

$S_2$  表示负载功率或其部分功率,必要时,可通过与负载连接的变流器或发电机反馈至变流器的输入端。

## 4.4.6.9 轻载试验

试验验证变流器连接是否正确,检查变流器在额定电流或额定电压下的运行,检查各电子阀之间的电流、电压分配。

对于电压源逆变器,输入电压取其额定值,可降低输出电流以减少输出功率。

对于电流源逆变器,输入电流取其额定值,可降低输出电压以减少输出功率。

对于整流器,输出电流取其额定值,可在较低输入电压下进行试验。此外还应进行标称输入电压下的轻载试验。

对于斩波器,输入电压取其额定值,可降低输出电流以减少输出功率。

如果不能同时获得标称供电电压和额定输出电流,经用户和制造商协商,可以降低输出电流。

其他细节在第 5 章和第 6 章中对每种类型的变流器均有规定。

## 4.4.6.10 换流试验

验证变流器在规定的最大瞬态输出电流下能够换流。

选取输入电压,使半导体工作在最恶劣条件下(对可关断的功率器件,取最大电压;对晶闸管电路,取最小电压)。

如果变流器输出电流大于或等于其最大规定值,无任何元器件损坏,认为试验通过。

#### 4.4.6.11 噪声测量

##### 4.4.6.11.1 试验方法

试验方法按 GB/T 1094.10—2003 的规定,只须将术语“变压器”用“变流器”替代。

在初始试验时,如果两个测量点之间  $N_{dB}$  的差值  $>10$ ,则在 GB/T 1094.10—2003 中规定的测量点数为  $N$ 。

##### 4.4.6.11.2 工作条件

变流器试验时在运行。

对于辅助变流器,工作点由额定输出功率确定。某些特殊工作模式,例如启动压缩机电机,其最高噪声等级将由初始试验来规定。

对于牵引变流器,工作条件由用户和制造商规定。

##### 4.4.6.11.3 特殊条件

可能出现的特殊条件,比如:

——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由用户和制造商协商。

##### 4.4.6.12 温升试验

在 4.4.6.8 的试验条件下,变流器按照第 4 章规定的负载分布曲线运行,或运行在与稳态等效的额定电流下:

热电偶(或其他测温仪器)应安装在能反映最高温升的参考点,如半导体外壳和其他部件上。试验开始应确定最大读数的热电偶,整个试验过程中,应监测这个热电偶和变流器入口处(必要时包括出口处)冷却介质的温度。对于关键部件难于接近处的最高温度,如在埋入型冷却系统的设备中,测试可用适当方法来代替,该方法由用户和制造商商定。

对于测出温度的读数,应考虑冷却介质温度的某些非线性情况,用规定的最高温度与实际环境温度差值的函数关系来修正。

最关键部件的温度,按上述规定进行修正后,不应超过规定的温度限值。

此项试验所用的通风条件按 4.4.6.5 的规定。

自然冷却变流器,试验时应使设备的安装与实际运行条件类似。如果设计利用机车车辆运行产生的气流来冷却,则试验所用的强迫空气流量由用户和制造商商定。

对于制造厂不能提供工作周期的特大功率变流器,由计算得到的温度值,可以通过减载试验或变流器的局部试验进行考核。试验方法应在专用规范中规定。

根据用户和制造商的协定,应将上述试验结果在机车车辆运行时加以验证。验证试验机车车辆承受规定的负载周期,运行时间应使温度达到平衡。

还应检查 4.3.3.4 中表面温度的要求。

##### 4.4.6.13 功率损耗测定

试验目的是计算效率。

变流器损耗可以在测试基础上(单独损耗的测试方法见 GB/T 3859.2—1993)推算得到,也可以直接测量,由用户和制造商协商确定。对已做过试验和现在使用的(“标准”)设备部件,可在先前测量的基础上通过计算来代替试验。

试验结果用各种工况的有关损耗图形来说明。

效率应符合 4.3.3.7.3 的要求。

##### 4.4.6.14 供电过电压和瞬时能量试验

用用户和制造商双方商定的适当试验方法进行。

如果用户同意,本试验也可由制造商提出的计算来代替,证实变流器性能满足 4.3.3.7.1 规定的要

## TB/T 2437—2006

求。

#### 4.4.6.15 负载突变试验

如果变流器装有自保护装置,应予连接。

试验在制造车间或者安装到设计的整车上进行。试验应使用顺序控制装置。

试验电压由用户和制造商双方商定。

试验方法在第5章和第6章中阐述。

可做两种试验:

——短路试验;

——负载中断试验。

#### 4.4.6.16 绝缘电阻试验

检查规定的绝缘电阻数值。该电阻值和测试条件在专用规范中给出。

对于要保证电气隔离的变流器(见4.3.3.7.4),用用户和制造商商定的一种方法来检查。

#### 4.4.6.17 介电试验

试验验证组装完成后变流器的绝缘状态是否正常,但不检查各个基本部件的绝缘及爬电距离。

试验要求:

变流器主端子、所有半导体器件阳极、阴极和门极的端子均应彼此连接。

主电路中开关设备和接触器(如有)应闭合或短接。

不是用金属件连接被试主电路的部件或分组件(例如控制电路、变压器、电动机或风机),试验时应接地。如果部件或分组件要保证不同电压等级之间的绝缘(如脉冲变压器、饱和电抗器等),则低压端应接地,其余端子与主电路连接试验。

试验在环境温度下进行。

试验电压应接近正弦形,频率为50 Hz,施加电压值持续1 min。

##### a) 带分立部件变流设备的介电试验

设备所有部件要按照下列推荐值在交货前分别测试或彼此连接测试。

##### b) 装在一个外壳中的变流器介电试验

###### 1) 直接变流器

按照4.4.6.17c)规定,试验电压施加在短接的端子和外壳之间。

###### 2) 间接变流器和变流器系统

变流器各部件可分别用不同的试验电压来测试。按照4.4.6.17c)的规定,试验电压施加在短接待试的端子和外壳之间。所有其他端子在此项试验时接地。

##### c) 试验电压

试验电压应按照TB/T 1333.1—2002中表8的等级选取。要重复介电试验时,第二次试验应考虑到介电试验对绝缘质量的影响,将试验电压值降至85%。

#### 4.4.6.18 局部放电试验

检查基本部件或分组件的绝缘。

工作电压在1500 V及以上的设备、新部件和采用新绝缘工艺的半导体分组件应进行此项试验。

用户或制造商应提交试验规定的部件或分组件明细表。

GB/T 7354—2003给出了试验和校准方法,并阐述了某些类型的试验电路。

试验方法宜采用固态绝缘试验方法(见图10):

施加有效值为等于或大于 $1.5U_m$ 的交流电压(50 Hz),在10 s之后达到此值,然后维持该电压1 min( $t_1$ )时间内,观察局部放电。

在1 min( $t_1$ )后,电压在10 s之内降至 $1.1U_m$ ,然后维持该电压30 s( $t_2$ ),在 $t_2$ 最后5 s之内,测出局部放电电平。

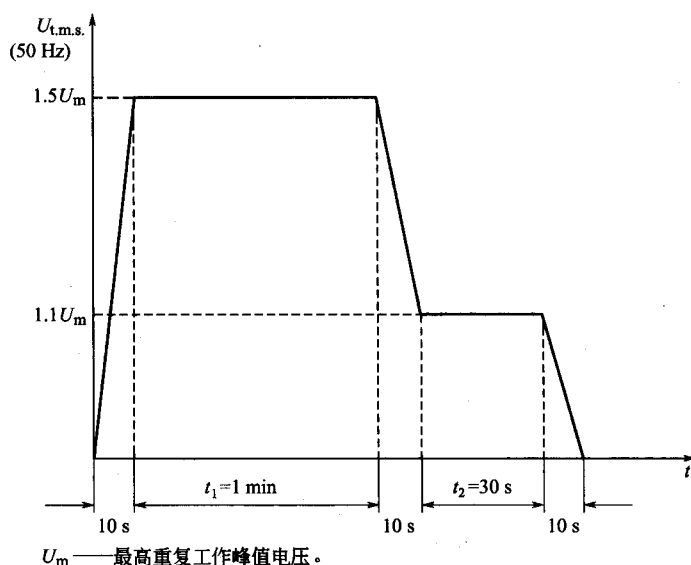


图 10 局部放电试验电压

对于部件,局部放电电平相应值约为 10 pC,对于分组件约为 50 pC。

#### 4.4.6.19 冲击电压试验

为了满足短时过电压工作条件,例如大气的影晌,变流器专用规范中规定要做冲击电压试验者,应由用户和制造商商定试验方法,如有(变压器、滤波器、保护装置等)输入电路则要同时考虑到。

#### 4.4.6.20 安全要求检查

专用规范应规定变流器的安全要求。其性能及试验方法由用户和制造商商定。

要注意变流器关断后电容器中存在的危险电压。专用规范应说明与此有关的处置方法。

#### 4.4.6.21 振动和冲击试验

见 TB/T 3058—2002 及 4.1.1.4 试验要求。

如果试验没有引起损坏或不正常情况,则认为合格。

被试过的设备应能承受电气试验,特别是绝缘试验。

#### 4.4.6.22 防护等级检查

如果规定做密闭性试验,应按 GB 4208—1993 进行,有关防护等级在 4.3.3.6.2 中规定。

#### 4.4.6.23 干扰试验

试验应针对装车变流器运行的各种规定工况(例如,牵引变流器的牵引工况、制动工况)。

##### a) 内部干扰试验

试验保证在噪声源产生干扰的情况下,设备工作正常,该试验可以按照下列情况进行,例如:在车上,所有接触器、继电器和其他可能是牵引控制电路的噪声源均应依次工作,以保证对变流器控制电路不致由于电磁感应或静电感应,受到有害的电磁干扰。

注:该项试验考核变流器及整车设计的正确性。在适用的整车推荐标准制订出等效试验之前,可考虑将本试验作为变流器推荐标准中的一部分。

##### b) 外部干扰试验

试验确认变流器产生的噪声电流和辐射干扰低于专用规范或有关标准中给出的等级。试验的详细内容由用户和制造商确定。只要有可能,CCITT 和 CISPR 的有关规则均应加以考虑。所产生谐波电流的限值应遵守 4.3.3.5 b) 至 4.3.3.5 d) 的规定。如果在专用规范中规定出一个特定的输入阻抗,则该值应通过计算来证实。

此外,应按照 IEC 61133:1992 进行车上的试验。

## TB/T 2437—2006

## 4.4.6.24 湿热试验

应符合 GB/T 2423.4—1993 的有关规定。

## 5 牵引变流器

本章规定的试验项目是对第 4 章表 2 的补充。

## 5.1 特 性

## 5.1.1 负载分布曲线

负载分布曲线(电流对时间、频率对时间、电压对时间)是在规定的输入电压下,负载电流或其他规定条件(如起动或制动)的重复周期。

理论牵引周期是:机车车辆的加速、恒速、制动、停车,或其他规定周期。通常,它是针对牵引输入标称电压而定义的。其他工况(如制动)时应在专用规范中给出规定值。

该曲线用于计算元器件的最恶劣条件及确定温升试验条件(见 4.4.6.12)。

## 5.1.2 电气隔离

一般,牵引变流器不提供电源和负载之间的隔离要求。

## 5.2 直流电动机用整流器

本条适用于直接变流器,其主电路图见图 8。

## 5.2.1 特 性

## 5.2.1.1 输出电压

额定电流时的最高或最低理论输出电压,应采用变压器漏抗和交流线路额定电压进行计算。为了更精确地计算实际最高和最低输出电压,应考虑线路阻抗和空载电压。

## 5.2.1.2 电动机和变流器之间的接口

牵引电动机的特性在 TB/T 3001—2000 和 TB/T 2436 中阐述。

用户与制造商商定的电动机和变流器之间的接口,包括下列特性:

——变流器输出参量的特性值(额定值,变化范围等):

- 附加阻抗(平波电抗);
- 持续电流;
- 对应负载分布曲线的最大电流;
- 峰值电流;
- 电压;
- 直流电压的谐波分量。

——电动机的特性值(额定值,变化范围等)

- 持续功率;
- 电压或电动势(对牵引和制动时转速的函数关系);
- 电流;
- 对应负载分布曲线的最大允许电流脉动;
- 直流电动机类型(串励、复励等);
- 直流电压的谐波分量;
- 磁场特性;
- 电动机端子对地电压;
- 负载分布曲线。

## 5.2.1.3 短路和故障状态

电动机故障(如环火)可能影响变流器的工作,而变流器故障(半导体器件的故障、不换向等)同样也可能对电动机产生某些影响。



制造商应提出故障所需保护装置的类型和操作方法。

## 5.2.2 试验

带有多个输出端(电枢、磁场等)的变流器,应对每个输出端做电气例行试验和型式试验。试验时,应将平波电抗器作为变流器的一个部件。

### 5.2.2.1 负载突变试验

#### 5.2.2.1.1 负载中断试验

验证变流器在负载中断时不会遭损坏。

试验时负载电路中串联一个接触器。施加额定负载电流,当电流达到稳态时,切断接触器。另一种方法是通过控制装置突然关断变流器来引起负载中断。负载中断所产生的过电压由保护设备加以检测和限制。输出电压波形应予记录。

试验完成后应无任何部件损坏。

#### 5.2.2.1.2 短路试验

试验是模拟电动机上的环火。

试验对应于最高网压(IEC 60850)、等效负载和变压器的最小输入阻抗。

整流器输出端接阻性负载。试验在最大电流和标称电压下进行。如果整流器为直流串励电动机供电,应与各个磁场绕组等效的阻抗(如有并联电阻则包括在内)与电阻串接。

短路装置与图 12 中的负载并联。对于串励电动机,可能有如图 11(a)和图 11(b)所示的两种接线方式。在图 11(a)中,环火只影响电枢绕组,因而只短接图 12(a)中的负载模拟电阻器。在图 11(b)中,应按图 12(b)短接全部模拟负载。当负载电阻中的电流达到稳态之后,闭合短路装置。由此产生的故障电流应加以检测,并且用保护装置在规定时间内排除故障电流。

如果装有熔断器,试验期间不应熔断,另有规定者除外。

试验只做一次,过电流波形应予记录。试验时应接入平波电抗器。

如果没有发生任何部件损坏,认为试验合格。



图 11 串励电动机的磁场/电枢电路

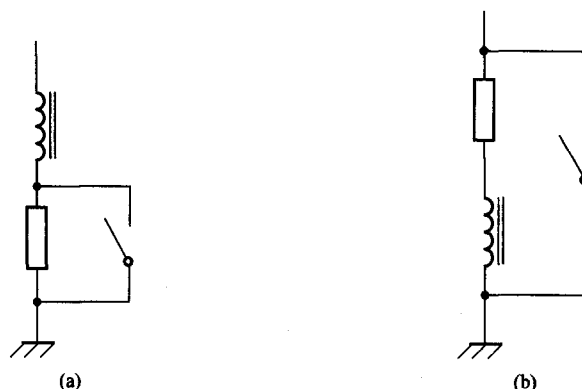


图 12 短接模拟负载的电路

#### 5.2.2.2 负载脉动电流

除第 4 章表 2 试验项目外,还应进行本项试验。

在规定的供电电压、负载相应的最大脉动工作点上,测量负载脉动电流的直流分量、方均根值和峰

## TB/T 2437—2006

峰值。

试验时接入规定的平波电抗器。

如果所测脉动电流值小于 5.2.1.2 中给出的值,认为试验合格。

若用户和制造商双方同意,可以用算法代替本试验。

### 5.2.2.3 附加的换流试验

除第 4 章表 2 试验项目外,还应进行本项试验。

试验验证在最小开通时间和最小关断时间内整流器的换流能力。

如果测得换流电路中所有部件(功率半导体器件、吸收电路、电感等)的工作参数值与规定值相符,认为试验合格。

开通和关断试验应选取不同的输入和输出条件。

## 5.3 直流电动机用斩波器

本条款适用于直接变流器,图形符号见图 6。

### 5.3.1 特 性

#### 5.3.1.1 电动机和变流器之间的接口

牵引电动机的特性在 TB/T 3001—2000 和 TB/T 2436 中阐述。

由电动机和变流器制造商双方商定两者之间的接口,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);
- 持续电流;
- 对应负载分布曲线中的最大电流;
- 峰值电流;
- 电压;
- 直流电压的谐波分量。

——电动机的特性值(额定值、变化范围等):

- 持续功率;
- 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);
- 直流电压的谐波分量;
- 磁场特性;
- 电动机端子对地电压;
- 负载分布曲线。

#### 5.3.1.2 短路和故障状态

电动机故障(如环火)可以影响到变流器,而变流器故障(半导体器件的故障、不换相等)同样也可以对电动机产生影响。

制造商应对这些故障提出保护装置的类型或操作方法。

### 5.3.2 试 验

带有多个输出端(电枢、磁场等)的变流器,应对每个输出端做电气例行试验和型式试验。试验时,平波电抗器作为变流器的一个部件。

#### 5.3.2.1 输出电压试验

除第 4 章表 2 的试验项目之外,还应进行本项试验。

电压直接在变流器端子上测量,平波电抗器压降除外。

## a) 最高输出电压

斩波器在最低输入电压和最大输出电流时,其平均输出电压应大于规定的最高值。

## b) 最低输出电压

斩波器在最高输入电压和最小输出电流时,其平均输出电压不应大于规定的最低值。

**5.3.2.2 轻载试验**

轻载试验在 4.4.6.9 中阐述。多相斩波器可对每相分别进行试验。

**5.3.2.3 负载脉动电流**

除第 4 章表 2 列出的试验项目之外,还应进行本项试验。

在规定的供电电压和负载相应的最大脉动工作点上,测量负载脉动电流的直流分量、方均根值和峰值。

试验应接入规定的平波电抗器后进行。

如果脉动电流值小于 5.3.1.1 中的给出值,认为试验合格。

若用户和制造商同意,可以用算法来替代本试验。

**5.3.2.4 负载突变试验****5.3.2.4.1 负载中断试验**

试验验证变流器在负载中断时不会损坏。

试验时负载电路中串联一个接触器。施加额定负载电流,当电流达到稳态时,切断接触器。另一种方法是通过控制装置突然关断变流器来中断负载。负载中断所引起的过电压由保护设备加以检测和限制。输出电压波形应予记录。

试验完成后应无部件损坏。

**5.3.2.4.2 短路试验**

试验是模拟电动机的环火电流通过斩波器的情况。

试验对应于最高网压(IEC 60850)、负载阻抗的最小值及等效输入阻抗。

斩波器输出端连接阻性负载。试验在最大电流和标称电压下进行。如果斩波器为直流串励电动机供电,应将磁场绕组的等效阻抗(如有并联电阻则包括在内)与电阻串接。

短接装置与图 12 中的负载并联。对于串励电动机,有图 11(a)和图 11(b)所示的两种接线方式。在图 11(a)中,环火只影响电枢绕组,应短接图 12(a)中的模拟负载的电阻器。在图 11(b)中,则应按图 12(b)短接全部模拟负载。当负载电阻中的电流达到稳态之后,闭合短路装置。由此引起的故障电流应检测,并且用保护装置在规定的时间内排除故障电流。

如果装有熔断器,试验不应熔断,另有规定者除外。

试验做一次,记录过电流波形。试验时,平波电抗器不应短接。

如果没有任何部件损坏,认为试验合格。

**5.3.2.5 附加的换流试验**

除第 4 章表 2 列出的试验项目之外,还应进行本项试验。

试验验证斩波器在最小导通时间和最小关断时间内的换流能力。

如果测得换流电路中所有部件(功率半导体器件、吸收电路、电感等)的工作参数符合规定值,认为试验合格。

对于导通和关断时间的试验应选取不同的输入和输出条件。

**5.4 多相电动机用逆变器**

本条款适用于直接供电给多相电动机,图形符号见图 7。

多相牵引电动机可以是旋转电动机,也可以是直线电动机,但不包括固定定子式直线电动机供电的变流器。

**5.4.1 特 性**

## TB/T 2437—2006

### 5.4.1.1 电动机和逆变器之间的接口

牵引电动机特性在 TB/T 3001—2000 中阐述。电动机和变流器制造商双方的信息交换在 TB/T 3001—2000 的 6.1 中规定。

由电动机和变流器制造商双方商定的规范阐明接口定义,包括下列特性:

- 影响电动机性能的谐波电压或电流(附加功率损耗,脉动转矩);
- 电动机的电特性:等效电路、用于  $di/dt$  计算的基波和低次谐波杂散电感、磁化电流等;
- 负载分布曲线;
- 变流器的输出功率;
- 基波频率和调制范围;
- 变流器输出电压,包括重复峰值电压、端子对地电压、电压上升率;
- 方均根电流;
- 电动机端子对地电压;
- 逆变器输入特性。

这些参量对于每一种工况均应予以规定。

### 5.4.1.2 故障保护

应考虑电动机故障(绝缘故障等)可以影响到变流器,而变流器故障(半导体器件的故障,换流故障等)同样也可以对电动机产生某些影响。

故障分析要在变流器和电动机两个方面进行。因此,变流器制造商应声明变流器的保护方法和故障工况的各种影响。

## 5.4.2 试验

### 5.4.2.1 轻载试验

轻载试验在 4.4.6.9 中阐述。对于逆变器,可采用不同方法进行此项试验,但应注意:

- 输入电压应为标称电压;
- 输出为低电压额定电流和输出为额定电压低电流;
- 不改变流器的主电路,但控制方法可以改动。

### 5.4.2.2 附加的换流试验

除第 4 章表 2 的试验之外,还应进行本项试验。

本试验验证逆变器在最小开通时间和最小关断时间的换流能力。

如果测得换流电路各部件(功率半导体器件、吸收电路、电感、功率模块等)的工作参数均符合规定值,则认为试验合格。

对于开通和关断试验,应选择不同的输入和输出条件。

## 5.5 直流或多相电动机用间接变流器

本条款适用于给直流或多相电动机供电的间接变流器。该变流器主电路由基本电路组合而成,如 4.2.4 所述。

### 5.5.1 特性

#### 5.5.1.1 直流电动机和变流器之间的接口

见 5.3.1.1。

#### 5.5.1.2 交流电动机和变流器之间的接口

见 5.4.1.1。

#### 5.5.1.3 短路和故障状态

见 5.3.1.2。

#### 5.5.1.4 故障保护

见 5.4.1.2。

## 5.5.2 试 验

例行试验和型式试验时,间接变流器的每个部件均可单独试验或在一起试验。

如果提供一个公共的冷却系统,则温升试验(见 4.4.6.12)应在整台间接变流器上进行。

### 5.5.2.1 介电试验

如果间接变流器的不同部件根据不同绝缘等级设计,则  $U_m$  值(见 4.4.6.17)应符合相应的电压等级。

### 5.5.2.2 直流电动机用间接变流器

见 5.3.2.1 至 5.3.2.6。

### 5.5.2.3 多相电动机用间接变流器

见 5.4.2。

## 6 辅助变流器

本章规定的试验是对第 4 章表 2 的补充。

### 6.1 特 性

#### 6.1.1 辅助变流器启动条件

通常总是辅助变流器首先启动,所以应规定启动条件。

启动工况的主要类型有:

- 在输入电压下直接启动;
- 用辅助蓄电池启动;
- 用车上的主蓄电池启动。

#### 6.1.2 输入特性

##### 6.1.2.1 与电网连接

变流器可以直接连至供电网,输入电压特性在 4.1.1.7~4.1.1.12 中规定。

如果变流器不直接连至供电网,则应规定电源特性。

##### 6.1.2.2 与牵引变流器连接

辅助变流器接到中间电路、主输入滤波器或主变压器二次辅助绕组上。全部输入特性(稳态和瞬态)均应规定。

##### 6.1.2.3 与另一台辅助变流器供电的母线连接

输入特性(稳态和瞬态)应予规定。

#### 6.1.3 输出特性

辅助变流器可有一个或多个输出。

##### 6.1.3.1 输出特性说明

辅助变流器可以提供若干个具有不同形式的输出电压。

对于每个输出端,至少应规定下列特性:

- 直流输出电压:
  - 最大持续功率;
  - 电压和容差或充电模式(在有充电蓄电池的情况下);
  - 直流脉动因数;
  - 容许过载(见 6.1.3.2);
  - 瞬时峰值电流。
- 交流输出电压:
  - 最大持续功率;
  - 电压和容差;

## TB/T 2437—2006

- 频率和容差；
- 电压和频率控制(见 6.1.3.3)；
- 谐波畸变总值、近似的谐波损耗因数<sup>2)</sup>；
- 容许过载(见 6.1.3.2)；
- 瞬时峰值电流。

## 6.1.3.2 输出功率

辅助变流器根据持续最大输出功率和/或负载分布曲线设计。除了持续最大功率之外,辅助变流器可以有超载能力。此超载能力由在规定时间内输出的最大电流来确定。

## 6.1.3.3 输出电压频率

变流器的交流输出电压有两种类型:

——定频:

规定频率的容差。

——变频:

规定频率是连续可调或者逐级调节。

电压和频率之比以及频率上升率也应给出。

## 6.1.3.4 输出电压谐波

变流器的输出电压含有谐波,以畸变因数表示。根据辅助变流器的典型运行工况,由用户与制造商商定电压畸变因数的要求。

## 6.1.3.5 短路保护

应规定变流器是否允许短路。

变流器的短路特性在专用规范中阐明。

## 6.1.4 电气隔离

如果变流器由隔离变压器供电,则变压器输出电压等级与输出侧的设计和安全有关。

如果不由隔离变压器供电,则输出侧的设计和安全应考虑输入电压等级。如果用户和制造商订出协议涉及下列方面的规定,那么较低的级别(比如输出电压等级)也是允许的:

——变流器的设计和保护(保护或其他装置);

——负载绝缘等级;

——安全规则。

## 6.2 试 验

除了第 4 章表 2 列出的试验项目外,还应进行下列试验。

## 6.2.1 输出特性试验

本试验验证下列电气特性(适合时)与其规定值相符。

——电压;

——频率;

——电压和频率控制;

——直流脉动因数;

——谐波畸变总值、近似的谐波损耗因数;

——充电方式。

当负载性质影响变流器工作时,试验可以在与实际负载等效的负载上进行。

试验在最低和最高输入电压、额定输出功率下进行。

如果测得值与规定值相符,认为试验合格。

2)该因数可用来近似计算由辅助逆变器供电的异步电动机附加谐波损耗。

### 6.2.2 启动和重新启动试验

试验验证 6.1.1 中所述的特性。

试验在规定的最小和最大输入特性下进行。

### 6.2.3 轻载试验

本试验可以用额定负载试验来代替。

负载可以是模拟的,但变流器应输出额定条件下的功率。

### 6.2.4 换流试验

换流试验在最大瞬时输出电流下进行,该值由 6.1.3.2 规定的过载能力来确定

### 6.2.5 温升试验

试验按照 6.1.3.2 在额定输出条件下进行。

### 6.2.6 负载突变试验

#### 6.2.6.1 负载中断试验

试验验证变流器在负载中断时不会损坏。

试验时负载电路中串联一个接触器。施加额定负载电流,当电流达到稳态时,切断接触器。所引起的电压变化用保护设备来检测。如果电压变化范围符合规定值,认为试验合格。

有多个输出时,应对每个输出进行试验,检查其输出特性是否与规定值相符。

试验之后,变流器部件应无损坏。

#### 6.2.6.2 短路试验

如果规定变流器要承受短路,则应进行此项试验。

本试验应说明变流器特性符合 6.1.3.5 的规定。

对于具有多个输出端的变流器,本试验对具有短路保护的所有输出端都要做。

中 华 人 民 共 和 国  
铁 道 行 业 标 准  
机 车 车 辆 用 电 力 变 流 器  
特 性 和 试 验 方 法

Power convertors installed on board rolling stock-  
Characteristics and test methods  
TB/T 2437 — 2006

\*

中国铁道出版社出版、发行  
(100054,北京市宣武区右安门西街8号)  
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174  
北京市兴顺印刷厂印刷  
版权专有 侵权必究

\*

开本:880 mm × 1 230 mm 1/16 印张:2.25 字数:51 千字  
2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

\*

统一书号:15113 · 2308 定价:20.00 元