



中华人民共和国国家标准

GB/T 3859.2—2013
代替 GB/T 3859.2—1993

半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1-2 部分：应用导则

Semiconductor converters—
General requirements and line commutated converters—
Part 1-2: Application guide

(IEC/TR 60146-1-2:2011, MOD)

2013-07-19 发布

2013-12-02 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	VII
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 有关变流器故障的术语	1
3.2 有关变流器产生的瞬态现象的术语	3
3.3 有关温度的术语	3
3.4 有关谐波的术语	4
4 变流器及其系统的性能	5
4.1 应用领域	5
4.1.1 概述	5
4.1.2 变流系统和设备	5
4.1.3 供电电源调节(有源功率和无源功率)	6
4.2 主要技术参数	6
4.2.1 应给出的主要项目	6
4.2.2 其他信息	6
4.2.3 非正常运行条件	7
4.3 变流变压器和电抗器	7
4.4 计算因子	7
4.4.1 概述	7
4.4.2 电压比	12
4.4.3 变流器网侧电流因数	12
4.4.4 变流器阀侧电流因数	12
4.4.5 电压调整值	12
4.4.6 磁路	13
4.4.7 功率损耗因数	13
4.5 并联联结和串联联结	13
4.5.1 阀器件的并联联结或串联联结	13
4.5.2 组件和设备单元的并联或串联	13
4.6 功率因数	14
4.6.1 概述	14
4.6.2 确定基波功率因数使用的文字符号	14
4.6.3 整流运行和逆变运行时,用于基波功率因数 $\cos\varphi_{1N}$ 和无功功率 Q_{1LN} 近似的圆图	15
4.6.4 基波功率因数 $\cos\varphi_1$ 的计算	16
4.6.5 变流因数	17
4.7 直流电压调整值	18
4.7.1 概述	18

4.7.2	固有直流电压调整值	18
4.7.3	交流系统阻抗引起的直流电压调整值	20
4.7.4	供需双方应就变流器直流电压调整值交换的信息	22
4.8	逆变状态下的可靠运行	22
4.9	交流电压波形	22
4.10	影响施加在变流器阀器件上的电压的电路运行条件	23
4.11	过电压保护	24
4.12	环境条件对变流器运行的影响	25
5	主要参数计算	25
5.1	运行参数的实际计算	25
5.1.1	概述	25
5.1.2	假设条件	25
5.1.3	初步计算	26
5.1.4	运行条件计算	26
5.2	变流器负载引起的供电系统电压变化	28
5.2.1	基波电压变化	28
5.2.2	电压变化要求的最小 R_{1SC} 值	28
5.2.3	变流变压器的变比	29
5.2.4	变压器额定值	30
5.3	变流器无功功率消耗的补偿	30
5.3.1	平均无功功率消耗	30
5.3.2	需要补偿的平均无功功率	30
5.3.3	固定无功功率补偿的电压波动	31
5.4	供电电压畸变	31
5.4.1	换相缺口	31
5.4.2	同一供电网中的多个变流器运行	33
5.5	变流器运行在网侧产生的谐波	34
5.5.1	网侧电流的方均根值	34
5.5.2	网侧的谐波(适用 6 脉波变流器的近似方法)	34
5.5.3	谐波畸变和最小 R_{1SC} 要求	36
5.5.4	谐波电流相位移的估计	37
5.5.5	谐波电流的叠加	37
5.5.6	峰值和平均值谐波频谱	37
5.5.7	变压器的相位移	38
5.5.8	两个 6 脉波变流器的顺序触发	38
5.6	功率因数补偿和谐波畸变	38
5.6.1	总则	38
5.6.2	谐振频率	38
5.6.3	直接并联的电容器补偿装置	39
5.6.4	谐振频率的估算	39
5.6.5	去谐电抗器	40
5.6.6	纹波控制频率(载波频率)	41
5.7	直流电压的谐波含量	41

5.8	其他考虑	42
5.8.1	随机控制角	42
5.8.2	次谐波的不稳定性	42
5.8.3	谐波滤波器	42
5.8.4	电缆电容量的估计	42
5.9	直流侧短路时的电流计算值	42
5.10	抗扰度等级的选用	43
5.10.1	概述	43
5.10.2	抗扰度等级的选择	43
6	试验要求	46
6.1	由短路试验估算功率损耗	46
6.1.1	单相联结	46
6.1.2	多相双拍联结	46
6.1.3	多相单拍联结	46
6.2	采用短路法估算功率损耗的步骤	46
6.3	试验方法	47
6.3.1	方法 A1	47
6.3.2	方法 B	48
6.3.3	方法 C	48
6.3.4	方法 D	48
6.3.5	方法 E	49
6.3.6	方法 A2	49
7	变流器的负载电流和结温计算	50
7.1	高峰负载额定电流值的说明	50
7.2	与有效结温有关的文字符号	51
7.3	通过有效结温计算确定承受高峰负载的能力	51
7.3.1	概述	51
7.3.2	施加在半导体器件上的功率脉冲波形的近似	52
7.3.3	温度计算的叠加法	53
7.3.4	连续负载有效结温计算	53
7.3.5	周期性负载有效结温计算	54
7.3.6	几种典型应用的有效结温计算	54
8	变流器运行	55
8.1	稳定性	55
8.2	静态特性	55
8.3	控制系统的动态特性	56
8.4	单变流器和双变流器的运行方式	56
8.4.1	单变流器联结	56
8.4.2	双变流器联结和整流和逆变运行时的限制	57
8.5	过渡电流	58
8.6	双变流器联结中直流环流的抑制	59
8.6.1	概述	59

8.6.2	限制触发延迟角	59
8.6.3	控制环流	59
8.6.4	封锁触发脉冲	59
8.7	直流电动机控制用可逆变流器的工作原理	59
8.7.1	概述	59
8.7.2	电动机磁场反向	60
8.7.3	使用倒向开关使电动机电枢反向	60
8.7.4	电动机电枢的双变流器联结	61
9	变流器故障处理	61
9.1	概述	61
9.2	故障检测	61
9.3	故障电流保护	61
附录 A (资料性附录)	几种过电压保护措施	62

图 1	变流器故障时的电压	2
图 2	用于基波功率因数近似的圆图	16
图 3	$p=6$ 时,以 d_{xN} 为变量的基波功率因数	16
图 4	$p=12$ 时,以 d_{xN} 为变量的基波功率因数	17
图 5	$p=6$ 和 $p=12$ 时,以 d_{xN} 为自变量的函数 d_{LN}	21
图 6	交流电压波形	23
图 7	影响施加在变流器阀器件上的电压的电路运行条件	24
图 8	过电压保护措施示意图	25
图 9	交流侧谐波电流频谱($p=6$)	35
图 10	电容器额定值和交流电动机负载对谐振频率和放大倍数的影响	39
图 11	直流电压的谐波含量($p=6$)	41
图 12	配电示例	44
图 13	试验方法 A1 的简图	47
图 14	试验方法 D 的简图	48
图 15	单个高峰负载	50
图 16	重复高峰负载	50
图 17	功率脉冲波形的近似	52
图 18	连续负载下有效结温的计算	53
图 19	周期性负载的有效结温计算	54
图 20	不同延迟角时的直流电压波形	56
图 21	不同负载和延迟角下的直流电压	57
图 22	逆变运行时直流电压的限制	58
图 23	直流电流低于过渡电流值时的直流电压	59
图 24	变流器供电可逆直流电动机的运行顺序	60

图 A.1	高压型和高能型 MOV 的伏安特性	63
图 A.2	高压型和高能型 MOV 的脉冲降额曲线	63
图 A.3	MOV 等效脉冲降额曲线示意图(双对数坐标)	64
图 A.4	MOV 连接位置示例	65
表 1	电气联结和计算因子	8
表 2	确定基波功率因数使用的文字符号	14
表 3	计算电压调整值使用的文字符号	19
表 4	整流或逆变运行条件	27
表 5	运行点	28
表 6	运行条件	29
表 7	逐步逼近的结果	29
表 8	有功功率消耗和无功功率消耗计算结果示例	30
表 9	带专用变压器的变流器缺口深度示例	32
表 10	由公用变压器供电的一个变流器运行时产生的缺口深度示例	33
表 11	10 个变流器同时运行产生的缺口深度示例	33
表 12	不同重叠角和延迟角下的 $I'_{L(\alpha, \mu)}/I_L$ 值	34
表 13	低压系统的最小 R_{ISC} 要求	37
表 14	变压器相位移和谐波次数	38
表 15	电缆电容量的近似值(kvar/km)	42
表 16	直流侧短路时的变流器电流值	43
表 17	图 12 示例的计算值	45
表 18	与有效结温有关的文字符号	51
表 19	几种典型应用的有效结温计算	55

前 言

GB/T 3859《半导体变流器》分为以下几个部分：

- 第 1-1 部分：基本要求规范；
- 第 1-2 部分：应用导则；
- 第 1-3 部分：变压器和电抗器；
- 第 2 部分：包括直接直流变流器的半导体自换相变流器。

本部分为 GB/T 3859 的第 1-2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 3859.2—1993《半导体变流器 应用导则》。

本部分与 GB/T 3859.2—1993 相比，主要技术变化如下：

- 修改了标准名称；
- 调整了文本结构，使之尽量与 IEC/TR 60146-1-2:2011 一致；
- 删除了“主题内容”，修改了“适用范围”(见第 1 章,1993 年版第 1 章)；
- 调整了“引用文件”(见第 2 章,1993 年版第 2 章)；
- 调整并修改了“术语和定义”(见第 3 章,1993 年版第 3 章)；
- 删除了 1993 年版的第 4 章“变流器的标志”，相关内容在 GB/T 3859.1—2013 中规定；
- 修改了“变流器的应用领域”“变流器主要技术参数”“并联和串联联结”和“环境条件与变流器安全运行”(见 4.1、4.2、4.5 和 4.12,1993 年版的 5.1、5.2、5.4 和 5.11)；
- 增加了“变流变压器和电抗器”和“过电压保护”(见 4.3 和 4.11)；
- 修改了“换相缺口”和“直流电压的谐波含量”(见 5.4.1 和 5.7,1993 年版的 6.5.1 和 6.4)；
- 增加了“故障电流保护”(见 9.3)；
- 增加了“几种过电压保护措施”(见附录 A)；
- 删除了“触发装置的抗扰性能”和变流器理想网侧谐波电流的计算公式(1993 年版的 5.12 和 6.6.2.1)；
- 删除了“环境温度和冷却媒质温度高于规定值时变流器的运行”“变流器在高海拔地区使用时电流容量的修正”和“变流器无露运行的温度”(1993 年版附录 A、附录 B 和附录 C)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC/TR 60146-1-2:2011《半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1-2 部分：应用导则》。

本部分与 IEC/TR 60146-1-2:2011 相比，在结构上增加了 4 条(3.4、4.11~4.12)和一个附录(附录 A)，并将 IEC/TR 60146-1-2:2011 中的 4.2.1 和 4.2.3.1 调整为 4.2.1,4.2.3.2 调整为 4.2.2.1,4.2.3.3 调整为 4.2.2.2,4.2.3.4 调整为 4.2.2.3,4.2.3.5 调整为 4.2.2.4,4.2.4 调整为 4.2.3,5.10.1 和 5.10.2 调整为 5.10.1,5.10.3 调整为 5.10.2,7.4 调整为 4.10。

本部分与 IEC/TR 60146-1-2:2011 的技术性差异及其原因如下：

- 根据标准条文中的实际引用情况，增加了部分规范性引用文件(见第 2 章)；
- 增加了“有关谐波的术语”(见 3.4)；
- 修改了“应用领域”和“与输出有关的参数”(见 4.1 和 4.2.2.2)；
- 增加了非均一联结和不对称控制适用的公式(见 4.6.4.2)；
- 增加了“过电压保护”和“环境条件对变流器运行的影响”(见 4.11 和 4.12)；
- 表 10 中，变压器缺口深度计算值更正为“0.033 1”，网侧缺口深度计算值更正为“0.033 2”。

GB/T 3859.2—2013

本部分做了下列编辑性修改:增加了资料性附录 A“几种过电压保护措施”。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电力电子学标准化技术委员会(SAC/TC 60)归口。

本部分起草单位:西安电力电子技术研究所、厦门科华恒盛股份有限公司、广东志成冠军集团有限公司、保定莱特整流器股份有限公司、苏州电通电力电子有限公司、青岛经济技术开发区创统科技发展有限公司、卧龙电气集团北京华泰变压器有限公司、北京金自天正智能控制股份有限公司。

本部分主要起草人:陆剑秋、周观允、蔚红旗、苏先进、李民英、马永斌、孙丹峰、隋学礼、何宝振、杨艳秋、韩宇。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 3859—1983、GB/T 3859.2—1993。

半导体变流器

通用要求和电网换相变流器

第 1-2 部分:应用导则

1 范围

本部分给出 GB/T 3859.1 涵盖的基本要求规范在不同情况下的应用导则,以使 GB/T 3859.1 中的规定以可控的形态适应于特殊应用。为便于使用 GB/T 3859.1,在技术关键点处给出了背景信息。

本部分主要涵盖电网换相变流器。就现行标准不可能提供必要的资料而言,本部分本身不是规范(除非涉及某些辅助部件)。

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 2900.33—2004 电工术语 电力电子技术(IEC 60050-551:1998,IDT)

GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1-1 部分:基本要求规范(IEC 60146-1-1:2009,MOD)

GB/T 3859.3—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第 1-3 部分:变压器和电抗器(IEC 60146-1-3:1991,MOD)

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

GB/T 10236 半导体变流器与供电系统的兼容及干扰防护导则

GB/T 16935.1—2008 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 17950 半导体变流器 第 6 部分:使用熔断器保护半导体变流器防止过电流的应用导则(GB/T 17950—2000,idt IEC 60146-6:1992)

GB/T 18494.1 变流变压器 第 1 部分:工业用变流变压器(GB/T 18494.1—2001,idt IEC 61378-1:1997)

3 术语和定义

GB/T 2900.33 和 GB/T 3859.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 2900.33 和 GB/T 3859.1 中的一些术语和定义。

3.1 有关变流器故障的术语

3.1.1

穿通 breakthrough

可控阀器件或由其构成的臂在正向阻断期丧失阻断电压的能力的故障。