



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20996.2—2020/IEC TR 60919-2:2020  
代替 GB/Z 20996.2—2007

---

## 采用电网换相换流器的高压直流 系统的性能 第2部分:故障和操作

Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with  
line-commutated converters—Part 2: Faults and switching

(IEC TR 60919-2:2020, IDT)

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
采用电网换相换流器的高压直流  
系统的性能 第2部分:故障和操作  
GB/T 20996.2—2020/IEC TR 60919-2:2020

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线:400-168-0010

2020年12月第一版

\*

书号: 155066·1-66694

版权专有 侵权必究

## 目 次

前言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 高压直流暂态性能技术规范概述 .....	2
3.1 暂态性能技术规范 .....	2
3.2 一般规定 .....	2
4 无故障操作的暂态过程 .....	2
4.1 概述 .....	2
4.2 交流侧设备的通电与断电 .....	3
4.3 甩负荷 .....	4
4.4 换流器单元的起动与停运 .....	5
4.5 直流断路器和直流开关的操作 .....	5
5 交流系统故障 .....	7
5.1 概述 .....	7
5.2 故障类型 .....	7
5.3 影响暂态性能规范的有关事项 .....	7
5.4 技术规范对控制策略的影响 .....	10
6 交流滤波器、无功补偿装置及交流母线故障 .....	11
6.1 概述 .....	11
6.2 滤波器组的暂态过电压 .....	11
6.3 滤波器及电容器组的暂态过电流 .....	12
6.4 电容器不平衡保护 .....	12
6.5 滤波器及电容器组保护实例 .....	13
6.6 并联电抗器保护 .....	13
6.7 交流母线保护 .....	13
7 换流器单元故障 .....	15
7.1 概述 .....	15
7.2 短路 .....	16
7.3 换流器单元预期功能故障 .....	17
7.4 换流器单元保护 .....	17
7.5 串联换流器单元的附加保护 .....	18
7.6 并联换流器单元的附加保护 .....	19
8 平波电抗器、直流滤波器及其他直流设备故障 .....	20

8.1	概述	20
8.2	故障类型	20
8.3	保护区	21
8.4	中性母线保护	21
8.5	平波电抗器保护	22
8.6	直流滤波器保护	22
8.7	直流谐波保护	23
8.8	直流过电压保护	23
8.9	直流侧开关保护	23
9	直流线路故障	24
9.1	架空线路故障	24
9.2	电缆故障	25
9.3	直流故障的特点	25
9.4	直流线路故障检测功能要求	25
9.5	保护处理	25
9.6	故障保护方案	26
9.7	直流侧开路	26
9.8	交/直流线路交叉保护	27
10	接地极线路故障	27
10.1	概述	27
10.2	对接地极线路的特殊要求	27
10.3	接地极线路监视	27
11	金属回路线路故障	28
11.1	金属回路	28
11.2	金属回路故障	28
11.3	金属回路故障检测	28
11.4	金属回路故障保护系统	29
12	高压直流系统的绝缘配合	31
12.1	概述	31
12.2	使用避雷器的保护方案	31
12.3	交流侧操作过电压和暂时过电压	32
12.4	直流侧操作过电压和暂时过电压	32
12.5	雷电及陡波冲击	32
12.6	保护裕度	32
12.7	避雷器功能	33
12.8	防止避雷器电流引起继电保护动作	35
12.9	绝缘间距	35

12.10	绝缘爬距 .....	35
13	通信要求 .....	38
13.1	概述 .....	38
13.2	对通信系统的特殊要求 .....	38
13.3	通信系统中断的后果 .....	39
13.4	电力线载波(PLC)系统的特殊考虑 .....	39
14	辅助系统 .....	39
14.1	概述 .....	39
14.2	电气辅助系统 .....	39
14.3	机械辅助系统 .....	40
	参考文献 .....	42

## 前 言

GB/T 20996《采用电网换相换流器的高压直流系统的性能》分为 3 个部分：

- 第 1 部分：稳态；
- 第 2 部分：故障和操作；
- 第 3 部分：动态。

本部分为 GB/T 20996 的第 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/Z 20996.2—2007《高压直流系统的性能 第 2 部分：故障和操作》，与 GB/Z 20996.2—2007 相比主要技术变化如下：

- 将“总则”更改为“范围”“规范性引用文件”(见第 1 章、第 2 章,2007 年版的第 1 章)；
- 修改了范围(见第 1 章,2007 年版的 1.1)；
- 修改了规范性引用文件(见第 2 章,2007 年版的 1.2)；
- 将条标题“交流侧设备的投入与切除”修改为“交流侧设备的通电与断电”(见 4.2,2007 年版的 3.2)；
- 修改了对变压器励磁涌流的表述(见 4.2,2007 年版的 3.2)；
- 增加了换流变压器分闸操作建议、变压器最高分接位置的定义和断路器选相合闸要求以及电容器和滤波器组充电的表述(见 4.2)；
- 增加了有助于远端断路器跳闸的设置建议(见 4.3,2007 年版的 3.3)；
- 修改了直流开关装置的规定(见 4.5,2007 年版的 3.5)；
- 修改了高压直流换流站接地和接地故障的表述(见 5.2,2007 年版的 4.2)；
- 增加了交流故障期间及恢复后直流设备的暂态特性需考虑的条件(见 5.2,2007 年版的 4.2)；
- 删除了“影响暂态性能规范有关事项”中悬置段的内容(见 2007 年版的 4.3)；
- 增加了减少换相失败可采取的措施的表述(见 5.3.2,2007 年版的 4.3.2)；
- 删除了“如果被切除的无功功率设备在高压直流系统的负荷达到故障前的水平之前必须重新投入,则这种无功设备投切方式会导致高压直流系统的再启动时间太长,这是需要考虑的另一个问题。”(见 2007 年版的 4.3.6)；
- 增加了数字式及旧型继电保护装置使用时的注意事项(见 5.3.7)；
- 修改了双极高压直流系统中,交流滤波器和并联电容器布置示例的表述(见 6.1,2007 年版的 5.1)；
- 将“分析应要考虑到导致最严重应力的系统结构,系统中包括滤波器和并联电容器。”修改为“分析时宜考虑包括滤波器和并联电容器在内的系统结构导致的最严酷应力。”(见 6.3,2007 年版的 5.3)；
- 增加了电容器组“H”桥接线的表述(见 6.4)；
- 增加了阀的设计时针对断路器故障的考虑原则和换相电容器两端的避雷器设计的考虑事项(见 7.2)；
- 将条标题“换流器单元功能失效”修改为“换流器单元预期功能故障”(见 7.3,2007 年版的 6.4)；
- 将“门极脉冲”修改为“触发脉冲”,全文中后续文字也进行了相应修改(见 7.3.2,2007 年版的

- 6.4.1);
- 将“如果超过规定的时间或换相失败是由丢失门极脉冲引起的,那么就应闭锁换流器。”修改为“如果超过规定时间或由于丢失触发脉冲引起换相失败,那么就宜闭锁换流器。”(见 7.3.3, 2007 年版的 6.4.2);
  - 增加了为消除保护盲区实际系统保护设置的建议(见 8.3, 2007 年版的 7.3);
  - 增加了铺设备用电缆、电缆接头及其开关装置和采用同轴电缆时的保护配置方面的建议(见 9.2);
  - 增加了金属回路故障定位设备检测故障频率的规定(见 11.3);
  - 增加了电弧熄灭后,断开直流断路器的操作规定(见 11.4);
  - 增加了带有串联电容补偿的高压直流换流站及具有串联连接换流器的特高压直流输电系统避雷器配置方案的表述(见 12.2、12.7.1);
  - 将全文中的“直流电抗器”修改为“平波电抗器”,文中的图做相应的修改;
  - 增加了“不同于交流站,高压直流设备的绝缘水平(SIWV、LIWV)不必取标准值。”(见 12.6);
  - 将“阀厅电容的放电电流;”修改为“阀厅电容的放电;”、“雷电波放电电流”修改为“雷电波放电”(见 12.7.3, 2007 年版的 11.7.3);
  - 增加了“另外,除了上述应对污秽的措施外,复合绝缘子也是选择之一。”(见 12.10.1);
  - 增加了对阀厅清洁的规定(见 12.10.2);
  - 增加了“通信也可用于线路故障定位,并能区别电缆故障和架空线故障。”(见 13.2);
  - 增加了设计热备用或冗余设备的规定(见 14.3)。

本部分使用翻译法等同采用 IEC TR 60919-2:2020《采用电网换相换流器的高压直流系统的性能 第 2 部分:故障和操作》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第 1 部分:定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006, MOD)
- 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 3859.2—2013 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(IEC TR 60146-1-2:2011, 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/T 13498—2017 高压直流输电术语(IEC 60633:2015, MOD)
- GB/T 20990.1—2020 高压直流输电晶闸管阀 第 1 部分:电气试验(IEC 60700-1:2015, MOD)
- GB/T 20996.1—2020 采用电网换相换流器的高压直流系统的性能 第 1 部分:稳态(IEC TR 60919-1:2017, IDT)
- GB/T 20996.3—2020 采用电网换相换流器的高压直流系统的性能 第 3 部分:动态(IEC TR 60919-3:2016, IDT)

本部分做了下列编辑性修改:

- 图 2 中,将“ $I_0$  以线性或指数上升时: $\tau_R=20\text{ ms}$ , $\tau_1=10\text{ ms}$ ”修改为“ $I_0$  以线性或指数上升时: $\tau_R=10\text{ ms}$ , $\tau_1=20\text{ ms}$ ”;
- 图 14 中,将“ $I_f$ ”修改为“ $I_t$ ”,“ $I_n-I_f$ ”修改为“ $I_d-I_t$ ”,“ $I_n-I_n$ ”修改为“ $I_t-I_n$ ”。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电力电子系统和设备标准化技术委员会(SAC/TC 60)归口。

本部分起草单位:中国电力科学研究院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、西安高压电器研究院有限责任公司、西安电力电子技术研究所、全球能源互联网研究院有限责任公司、清华大学、南京南瑞继保电气有限公司、西安西电电力系统有限公司、许继电气股份有限公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、国网经济技术研究院有限公司、西安端怡科技有限公司、平高集团有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院。

本部分主要起草人:吴娅妮、傅闯、周会高、蔚红旗、王明新、张静、杨晓辉、庞广恒、刘涛、林少伯、赵晓斌、王俊生、李亚男、范彩云、裴翔羽、赵彪、任军辉、王永平、邱伟、刘翀、严喜林、高子健、申笑林、洪波、张晋华、吴战锋、王高勇、王向克、陈晓鹏、董添华、陈忠。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/Z 20996.2—2007。

# 采用电网换相换流器的高压直流 系统的性能 第2部分:故障和操作

## 1 范围

GB/T 20996 的本部分是关于高压直流系统暂态性能和故障保护要求的指导文件;论述了三相桥式(双路)联结的12脉波(动)换流单元构成的两端高压直流系统故障和操作的暂态性能,不涉及多端高压直流输电系统,但对包含在两端系统里的并联换流器和并联线路做了讨论;假定换流器使用晶闸管阀作为桥臂,采用无间隙金属氧化物避雷器进行绝缘配合,且功率能双向传输。本部分没有考虑二极管阀。

本部分仅涉及电网换相换流器,包括电容换相电路结构的换流器。在IEC 60146-1-1、IEC 60146-1-2和IEC 60146-1-3<sup>1)</sup>中给出了电网换相半导体变流器的一般要求。本部分不考虑电压源换流器。

GB/T 20996由稳态、故障和操作、动态三部分组成。在制定与编写过程中,已经尽量避免了三个部分内容的重复。因此,当使用者准备编制两端高压直流系统规范时,应参考三部分的全部内容。

对系统中的各个部件,注意系统性能规范与设备设计规范之间的差别。本部分未对设备技术条件和试验要求做规定,而是着重于那些影响系统性能的技术要求。本部分也未包括详细的地震性能要求。另外,不同的高压直流系统可能存在许多不同之处,本部分也没有对此详细讨论,因此,本部分不宜直接用作一个具体工程项目的技术规范。但是,可以此为基础为具体的输电系统编制出满足实际系统要求的技术规范。本部分涉及的内容没有区分用户和制造厂的责任。

由于各直流工程的设备通常是独自设计和采购,考虑对高压直流系统性能的影响,本部分包含直流线路、接地极线路及接地极。

为了便于使用,本部分假设高压直流换流站包含换流器与阀厅、电抗器、滤波器、无功补偿装置、控制系统、监视系统、测量装置、保护装置以及辅助系统。本部分不包括除交流滤波器及无功补偿装置之外的其他交流设备。

## 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。

IEC 60071-1 绝缘配合 第1部分:术语、定义、原则和规则(Insulation co-ordination—Part 1: Terms, Definitions, principles and rules)

IEC 60146-1-1 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(Semiconductor converters—General requirements and line commutated converters—Part 1-1: Specification of basic requirements)

IEC 60146-1-2 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 60146-1-3<sup>1)</sup> 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

1) IEC 60146-1-3已废止,被IEC 61378系列和IEC/IEEE 60076-57-129覆盖。