



中华人民共和国国家标准

GB/T 20996.3—2020/IEC TR 60919-3:2016
代替 GB/Z 20996.3—2007

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

Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with
line-commutated converters—Part 3: Dynamic conditions

(IEC TR 60919-3:2016, 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

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 高压直流动态性能规范概要	2
3.1 动态性能规范	2
3.2 一般说明	2
4 交流系统潮流和频率控制	3
4.1 概述	3
4.2 功率潮流控制	3
4.3 频率控制	5
5 交流动态电压控制及与无功功率源的相互影响	6
5.1 概述	6
5.2 高压直流换流站及其他无功功率源的电压和无功功率特性	6
5.3 高压直流换流站母线电压偏移	10
5.4 换流站与其他无功功率源的电压和无功功率的相互作用	11
6 交流系统暂态和稳态稳定性	12
6.1 概述	12
6.2 有功功率和无功功率调制的特点	13
6.3 网络状态分类	17
6.4 交流电网与高压直流系统并联	17
6.5 相连交流电网内稳定性的改善	18
6.6 阻尼控制特性的确定	18
6.7 阻尼控制器的实现及通信要求	19
7 较高频率下高压直流系统的动态性能	19
7.1 概述	19
7.2 不稳定性类型	20
7.3 设计所需信息	21
7.4 抑止不稳定的有效措施	21
7.5 通过控制作用阻尼低次谐波	22
7.6 满足较高频性能要求的验证	22
8 次同步谐振	22
8.1 概述	22
8.2 与高压直流系统相关的次同步振动判据	23

8.3	确定发电机组对扭振影响敏感性的筛选判据	23
8.4	采用次同步阻尼控制器(SSDC)的性能要求	24
8.5	性能试验	24
8.6	涡轮发电机的保护	24
9	与发电厂的相互影响	25
9.1	概述	25
9.2	特殊影响	25
9.3	核电站的特殊考虑	27
	参考文献	28

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 3 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 20996.3—2007《高压直流系统的性能 第 3 部分：动态》，与 GB/Z 20996.3—2007 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了范围(见第 1 章,2007 年版的第 1 章)；
- 修改了规范性引用文件(见第 2 章,2007 年版的第 2 章)；
- 增加了“零功率设置的频率控制”的规定(见 4.3)；
- 修改了高压直流换流器的有功功率/无功功率相关因素中“换相阻抗”的表述(见 5.2.2,2007 年版的 5.2.1)；
- 增加了满足稳态条件下的无功功率需求需安装设备的规定(见 5.2.5)；
- 增加了“静止同步补偿装置(STATCOM)的电压特性”及相关内容(见 5.2.7)；
- 增加了静止同步补偿装置抑制暂态电压变化的表述(见 5.4.2)；
- 增加了同步调相机缺点的表述(见 5.4.3)；
- 增加了“高压直流换流器、可投切的无功功率源和静止同步补偿装置”及相关内容(见 5.4.4)；
- 增加了基于电力电缆的两端高压直流系统限制功率反转的相关规定(见 6.2.2)；
- 增加了实时仿真装置对于控制系统验证的表述(见 6.6)；
- 增加了较高频率下高压直流系统动态性能设计的外部条件需考虑“阻抗频率特性,包括并联电容器数量的改变”和“近区发电机组(从交流主网隔离出来)形成孤岛的可能性。”(见 7.3)；
- 增加了实时仿真装置的重要性和测试要求的规定(见 7.6)；
- 修改了扭振的自然频率,(见 8.1,2007 年版的 8.1)；
- 增加了次同步扭振的表述(见 8.1)；
- “SSR”修改为“SSTI”(见 8.2,2007 年版的 8.2)；
- 增加了当 UIF 大于 0.1 时,需要进一步开展研究的内容(见 8.3)；
- 修改了发电机组的相互作用系数的表达式(见 8.3,2007 年版的 8.3)；
- 删除了“因此,对于每个有潜在扭振不稳定的涡轮发电机组,都应设有次同步谐振(SSR)保护继电器。”(见 2007 年版的 8.4)；
- 增加了安装次同步阻尼控制器的高压直流输电系统中对涡轮发电机控制保护的相关规定(见 8.6)；
- 增加了直流重启顺序时的表述(见 9.2.6)；
- 全文中的“直流电抗器”修改为“平波电抗器”。

本部分使用翻译法等同采用 IEC TR 60919-3:2016《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》。

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 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 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 60919-1:2020,IDT);
 - GB/T 20996.2—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(IEC TR 60919-2:2020,IDT)。

本部分还做了下列编辑性修改:

- 根据 IEC TR 60919-1:2010,将文中的“图 16”修改为“图 18”(见 5.2.2);
- 增加了发电机组相互作用系数表达式中第 i 台发电机组的额定功率的文字符号的说明(见 8.3)。

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、西安西电电力系统有限公司、全球能源互联网研究院有限公司、国网经济技术研究院有限公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、南京南瑞继保电气有限公司、许继电气股份有限公司、西安电力电子技术研究所、西安端怡科技有限公司。

本部分主要起草人:李新年、李岩、周会高、任军辉、高冲、傅闯、申笑林、林少伯、严喜林、王永平、王明新、李亚男、杨晓辉、洪波、王高勇、李婧靓、张晋华、董添华、吴战锋。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/Z 20996.3—2007。

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

1 范围

GB/T 20996 的本部分给出了高压直流系统动态性能的综合导则。本部分中的动态性能是指其特征频率或时间区域覆盖暂态条件到稳态条件之间范围的事件和现象。它涉及的动态性能应属于在稳态或暂态条件下,两端高压直流系统与相连的交流系统或其部件,如电厂、交流线路和母线、无功功率源等之间的相互影响。设定两端高压直流系统采用由三相桥式接线(双路)组成的12脉动换流器单元构成,具有双向功率传输能力,而换流器采用由无间隙金属氧化物避雷器进行绝缘配合的晶闸管阀作为桥臂。本部分中未考虑二极管换流阀。对于多端高压直流输电系统虽未特别提及,但本部分中的许多内容也适用于多端系统。

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。IEC 60146-1-1、IEC TR 60146-1-2和 IEC 60146-1-3¹⁾中给出了电网换相半导体变流器的一般要求,不包括电压源换流器。

GB/T 20996 由三个部分组成。第1部分稳态,第2部分暂态,第3部分动态。当使用者编制两端高压直流系统规范时,三个部分都宜考虑。

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存在差异。本部分没有规定设备规范和试验要求,而是着眼于影响系统性能规范的那些技术要求。不同的高压直流系统可能存在许多不同之处,本部分没有对此详细讨论。本部分不宜直接用作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对规定工作的责任。

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 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/TR 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 guidelines)

IEC 60146-1-3 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(Semiconductor converters—General requirements and line commutated converters—Part 1-3: Transformers and reactors)

IEC TR 60919-1:2010²⁾ 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[Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line-commutated converters—Part 1:

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

2) 现行有效版本 IEC TR 60919-1:2020。