

ICS 29.120.40
K 43
备案号: 59884-2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42107 — 2017

高压直流断路器

High-voltage direct current circuit-breaker

2017-08-02 发布

2017-12-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 正常和特殊使用条件 4

5 额定值 4

5.1 额定直流电压 4

5.2 额定电流 4

5.3 额定短路电流 4

5.4 额定截断电流 4

5.5 最大持续运行电流 4

5.6 绝缘水平 4

5.7 机械操作次数 5

5.8 额定截断电流开断次数 5

5.9 额定功耗 5

5.10 额定吸能 5

5.11 额定辅助和控制回路的电源电压 5

6 结构与性能要求 5

6.1 概述 5

6.2 一般要求 5

6.3 端子机械负荷 5

6.4 爬电比距 6

6.5 辅助和控制设备 6

6.6 动力操作 6

6.7 外壳的防护等级 6

6.8 铭牌 6

6.9 电磁兼容性（EMC） 6

7 型式试验 6

7.1 总则 6

7.2 绝缘试验 6

7.3 主回路电阻的测量 7

7.4 温升试验 7

7.5 防护等级验证 7

7.6 密封试验 7

7.7 电磁兼容性试验（EMC） 7

7.8 周围空气温度下的机械操作试验 7

7.9 端子静负载试验 7

7.10	直流断路器的开断试验	7
7.11	抗震试验	8
8	出厂试验	8
8.1	概述	8
8.2	整机出厂试验（适用时）	8
8.3	主回路电阻测量	9
8.4	设计和外观检查	9
9	特殊试验	9
10	现场试验	9
11	运输、储存、安装、运行和维修规则	9
11.1	概述	9
11.2	运输、储存和安装的条件	9
11.3	安装	9
11.4	运行	9
11.5	维修	9
12	安全性	10
13	产品对环境的影响	10
附录 A（资料性附录）	直流断路器的选用导则	11
附录 B（资料性附录）	直流输电系统过负荷电流	13
附录 C（资料性附录）	直流断路器试验回路和试验电流波形	14
参考文献		18

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会（SAC/TC 65）归口。

本标准起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、南方电网科学研究院有限责任公司、西安交通大学、国网智能电网研究院、深圳供电局、清华大学、中国船舶重工集团公司 712 研究所、平高集团有限公司、许继集团有限公司、荣信电力电子股份有限公司、中电普瑞电力工程有限公司、大全集团有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、西电宝鸡电气有限公司、厦门华电开关有限公司、西安西电电力系统有限公司、西安西电开关电气有限公司、西安西电高压开关有限责任公司、机械工业高压电器设备质量检测中心、西安神电电器有限公司。

本标准主要起草人：赵羲英、刘广义、陈名、贾申利、吴鸿雁、田恩文、黎小林、姚斯立、赵宇明、张升、魏晓光、刘平、邢娜、蔡汉生、黄瑜珑、任志刚、程铁汉、王帮田、刘伟、查鲲鹏、朱忠建、方太勋、韩海洋、寇政理、游一民、封磊、南振乐、张晋波、杨英杰、黄志峰、古王荣、贾东旭。

引 言

高压直流断路器的特殊性：由于高压直流系统没有自然电流过零点，使得高压直流断路器必须实现以下基本功能：

- a) 在开断电流上制造一个过零点；
- b) 耗散储存在系统中的能量；
- c) 耐受电流开断后系统产生恢复电压。

尤其是，a)、b) 会导致断路器和直流系统之间产生强烈的相互作用，这也是高压直流断路器与交流断路器截然不同的原因之一。此外，基于断路器的应用，还有以下要求：

- 在基于 VSC 的直流系统中，高压直流断路器的截断时间必须非常短（取决于系统要求，一般小于 5ms）；
- 断路器开断产生的恢复电压必须足够低，以符合直流系统绝缘配合的要求。

高压直流断路器的基本原理：在直流电路中，通过产生幅值与系统电压相当或者更高的反向电压来使电流趋于零。在低压和中压直流断路器中，普遍利用电弧来限制电流和耗散能量。在高压系统中，直流断路器常采用几个并联支路，将上述的开断任务分散到不同的单元来完成。

一般情况下高压直流断路器由三个部分组成：

- 低阻通态导流支路；
- 开断过程中的高阻限流和转移支路；
- 能量吸收支路。

本标准提出的高压直流断路器的技术条件和试验要求是基于直流输电系统用直流断路器的科研成果，并参考国内外高压直流输电工程的设计、运行及试验经验制定的。

高压直流断路器

1 范围

本标准适用于直流 6kV 及以上电力系统用高压直流断路器（以下简称直流断路器）。本标准主要针对机械式直流断路器。电力电子式及混合式直流断路器也可参照本标准。

本标准规定了直流断路器的使用环境条件、术语和定义、额定值、技术要求、型式试验、出厂试验、特殊试验、现场试验等。

本标准也适用于直流断路器的操动机构及其辅助设备。

注：本标准涵盖了用于直流断路器的避雷器、电容器、电抗器等装置。

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 1094.6—2011 电力变压器 第 6 部分：电抗器

GB 1984—2014 高压交流断路器

GB/T 2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 13498—2017 高压直流输电术语

GB/T 13540 高压开关设备和控制设备的抗震要求

3 术语和定义

GB/T 2900.20—2016、GB 1984—2014 和 GB/T 13498—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直流断路器 **DC circuit-breaker**

能够关合、承载和开断高压直流输电系统中的直流运行电流，并能在规定的时间内关合、承载和开断异常回路条件（如短路条件）下电流的开关装置。

3.1.1

机械式直流断路器 **mechanical DC circuit-breaker**

主通流支路为机械开关装置，转移支路为电感和电容（有源或无源），能量吸收支路为避雷器。

如图 A.1 所示。

3.1.2

电力电子式直流断路器 **power electronic DC circuit-breaker**

主通流支路和转移支路是由电力电子元件组成的同一支路，能量吸收支路为避雷器。

如图 A.2 所示。

3.1.3

混合式直流断路器 **hybrid DC circuit-breaker**

主通流支路含有机械开关装置，转移支路为电力电子元件，能量吸收支路为避雷器。

如图 A.3 所示。

3.2

直流断路器的组件 **components of DC circuit-breaker**

通常高压直流断路器的组件包括开断装置、电流转移装置、能量吸收装置等。

3.2.1

开断装置 **breaking device**

直流断路器中用于开断主通流支路中电流的装置。

3.2.2

电流转移装置 **current commutation device**

直流断路器中用于将主通流支路电流转移到能量吸收支路中的装置。

3.2.3

能量吸收装置 **energy absorbing device**

直流断路器中用于吸收系统中储存的能量的装置。

3.2.4

辅助隔离装置 **auxiliary isolation device**

用于开断剩余电流的隔离装置。

注 1：该装置通常具有关合功能。

注 2：剩余电流包含避雷器残余电流，电流转移装置中的振荡电流等。

3.2.5

快速机械隔离开关 **high-speed mechanical disconnectors**

混合式直流断路器主通流支路中的机械开关。

3.3

特性参量

3.3.1

截断时间 **cut-off time**

从直流断路器收到分闸指令开始时刻，到达到瞬态开断电压峰值时刻的时间间隔。

注：通常指直流断路器中主开关的开断时间。

3.3.2

全开断时间 **total break time**

从直流断路器收到分闸指令开始时刻，到能量吸收装置电流降到剩余电流时刻的时间间隔。

3.3.3

瞬态开断电压 **transient interruption voltage**

在直流断路器开断电流过程中，断路器端子间产生的瞬态电压。

3.3.4

瞬态开断电压峰值 **peak transient interruption voltage**

直流断路器开断电流过程中，断路器端子间产生的瞬态电压峰值。

3.3.5

过负荷运行电流 **overload current in operation**

直流系统以超过系统额定输送功率方式运行时，流过直流断路器的电流。过负荷运行电流由直流系统的过负荷能力确定。

注：附录 B 中列举了国内两个高压直流输电工程系统过负荷电流。

3.3.6

最大持续运行电流 **maximum continuous current in operation**

直流系统持续过负荷运行时，流过直流断路器的电流。最大持续运行电流由直流系统的持续过负荷

能力确定。

3.3.7

短路电流 short-circuit current

由于电路的故障或错误连接造成的短路而引起的过电流。

[GB/T 2900.20—2016, 定义 3.7]

3.3.8

额定短路电流 rated short-circuit current

直流断路器能够成功开断的短路电流的最大值。

3.3.9

截断电流 cut-off current

直流断路器进行开断动作中达到的最大瞬时电流值。

3.3.10

剩余电流 residual current

在直流断路器开断后, 辅助隔离装置闭合条件下通过直流断路器的电流值。

3.3.11

额定剩余电流 rated residual current

在额定直流电压条件下, 通过直流断路器的最大剩余电流值。

3.3.12

预期电流 prospective current

当直流断路器被一个阻抗可以忽略不计的导体代替时, 电路中可能流过的电流。

注 1: 预期电流可用同样的方法定性为真实电流: 预期分断电流、预期电流的峰值等。

注 2: 改写 IEC 60050-411-17-01。

3.3.13

单向直流断路器 unidirectional DC circuit-breaker

用于断开预定方向 (并标明) 的直流电流的断路器。

3.3.14

双向直流断路器 bidirectional DC circuit-breaker

用于断开任一方向的直流电流的断路器。

3.3.15

额定短路电流上升率 (di/dt) rising rate of rated short-circuit current

截断电流与短路电流起始时刻到截断电流时刻的时间间隔的比值。

3.3.16

额定压降 rated voltage drop

处于闭合状态下的直流断路器, 当额定电流通过时断路器端子间的压降。

3.3.17

额定功耗 rated power dissipation

处于闭合状态下的直流断路器, 当额定电流通过时断路器的功率损耗 (额定功率为额定电流和额定压降的乘积)。

3.3.18

合闸时间 closing time

直流断路器, 从收到合闸指令开始到主通流支路导通的时间间隔。

3.3.19

额定吸能 rated absorbed energy

直流断路器一次开断电流时吸能装置的最大吸能。

4 正常和特殊使用条件

符合 GB/T 11022—2011 第 2 章的规定。

5 额定值

5.1 额定直流电压

额定直流电压从下列值中选取 (kV): 6、10、20、25、35、50、100、160、200、320、400、500。

注: 对于直流电压有特殊要求时, 由供需双方协商确定。

5.2 额定电流

符合 GB/T 11022—2011 中 4.5.1 的规定。

5.3 额定短路电流

直流断路器预期开断的直流电流由下列值中选取 (kA): 2、5、8、10、12.5、16、20、25、31.5、40、50、63、80、100、125。

注: 对于电流有特殊要求时, 由供需双方协商确定。

5.4 额定截断电流

直流断路器开断的直流电流由下列值中选取 (kA): 4、5、6.3、8、10、12.5、16、20、25、31.5。

注: 对于电流有特殊要求时, 由供需双方协商确定。

5.5 最大持续运行电流

最大持续运行电流一般为额定电流的 1.05 倍~1.25 倍。

5.6 绝缘水平

直流断路器的额定绝缘水平应从表 1 给定的数值中选取。

表 1 额定绝缘水平

额定直流电压 kV	60min 直流耐受电压 kV	额定雷电冲击耐受电压 kV	
		对地	端子间 (断口间)
6	9	—	—
10	15	145	145
25	38	250	250
35	53	—	—
50	75	450	450
100	150	450	450
		574	574
160	240	—	—
200	300	—	—
320	480	—	—

表 1（续）

额定直流电压 kV	60min 直流耐受电压 kV	额定雷电冲击耐受电压 kV	
		对地	端子间（断口间）
400	600	903	903
		1175	1175
500	750	1425	1425

5.7 机械操作次数

500 次、1000 次、3000 次。
注：仅对直流断路器中的机械开关装置适用。

5.8 额定截断电流开断次数

参见表 2。

5.9 额定功耗

直流断路器的额定功耗以千瓦（kW）标明。

5.10 额定吸能

直流断路器的额定吸能以千焦（kJ）标明。

5.11 额定辅助和控制回路的电源电压

符合 GB/T 11022—2011 中 4.9 的规定。

6 结构与性能要求

6.1 概述

在直流系统中，直流断路器常采用几个并联支路完成开断任务。一般情况下直流断路器由三个部分组成：

- a) 低阻通态导流支路；
- b) 开断过程中的高阻限流和转移支路；
- c) 能量吸收支路。

对于本标准中所描述的机械式、电力电子式和混合式直流断路器各自有不同的拓扑结构和不同的技术特点，在附录 A 中对这三种直流断路器的一般拓扑结构给予了描述。

6.2 一般要求

直流断路器应装设分、合闸状态指示器，其安装部位应清晰可见，并可靠。
直流断路器各组成设备均应具有抗腐蚀性或经过抗腐蚀处理。

6.3 端子机械负荷

直流断路器中的接线端子机械负荷应不小于：
——水平纵向：2000N；

——水平横向：1500N；

——垂直：1500N。

注 1：参见 GB/T 25309—2010 的 6.2.3。

注 2：不同电压等级下的接线负荷应满足实际工况的要求。

6.4 爬电比距

应按实际工程要求。

6.5 辅助和控制设备

符合 GB/T 11022—2011 中 5.4 的规定，并作如下补充：对采用强制风冷或水冷的直流断路器，应考虑控制设备的相关要求。

6.6 动力操作

符合 GB/T 11022—2011 中 5.5 的规定。

6.7 外壳的防护等级

符合 GB/T 11022—2011 中 5.13 的规定，并作如下补充：外壳防护等级应不低于 IP23。

6.8 铭牌

铭牌上的技术参数至少应包括如下参数：

——额定直流电压；

——额定电流；

——额定功耗；

——额定短路电流（可选）；

——最大持续运行电流；

——额定雷电冲击耐受电压；

——额定直流耐受电压；

——额定截断电流；

—— di/dt ；

——机械操作次数（适用时）。

6.9 电磁兼容性（EMC）

符合 GB/T 11022—2011 中 5.18 的规定。

7 型式试验

7.1 总则

直流断路器的各组件应符合各自标准的要求，并按这些要求进行试验。

7.2 绝缘试验

7.2.1 雷电冲击耐压试验

符合 GB/T 11022—2011 中 6.2.7.3 和 6.2.8.4 的规定，并作如下补充：直流断路器应处于合闸状态，

试验时应断开避雷器。

7.2.2 直流电压耐受试验

试验时直流断路器应处于合闸状态，试验电压加在端子与地之间。试验持续 60min。

注 1：对户外产品，进行湿耐压试验。

注 2：直流断路器断口间电压试验方法待工程成熟后再定。

7.3 主回路电阻的测量

符合 GB/T 11022—2011 中 6.4 的规定。

7.4 温升试验

符合 GB 1984—2014 中 6.5 的规定，并作如下补充：试验电流应采用直流断路器的最大持续运行电流。

7.5 防护等级验证

符合 GB/T 11022—2011 中 6.7 的规定。

7.6 密封试验

符合 GB/T 11022—2011 中 6.8 的规定（适用时）。

7.7 电磁兼容性试验（EMC）

符合 GB/T 11022—2011 中 6.9 的规定。

7.8 周围空气温度下的机械操作试验

符合 GB 1984—2014 中 6.101.2 的规定。并作如下补充：仅对机械开断装置进行机械操作试验。

7.9 端子静负载试验

端子受力应满足 6.3 的要求，参照 GB 1984—2014 的 6.101.6 的要求进行试验。

7.10 直流断路器的开断试验

7.10.1 概述

本试验的目的是检验直流断路器是否具备开断规定的直流短路电流的能力。

通过本试验检验直流断路器能够成功开断额定短路电流范围内的直流电流，并且开断装置能够耐受断口间出现的恢复电压。按实际工程规定试验回路应能等效该类型直流断路器的实际运行条件。

开断试验至少应包括以下要求：

a) 10kV 以上产品推荐试验，见表 2；

表 2 10kV 以上产品推荐试验

试验方式	试验电流值	开断次数
1	额定电流	10
2	50%的额定截断电流	10
3	100%的额定截断电流	10

- b) 试验时间间隔：不少于 30 min；
- c) 试验方式：单分。

7.10.2 试验参数

试验分为额定电流开断和截断电流开断。试验应在被试装置上重复进行。表 3 和表 4 分别为推荐的额定电流开断值和额定截断电流开断值。

注：表 3、表 4 中参数仅适用于 6kV 及以上产品。

表 3 额 定 电 流 开 断 值

额定电流 kA	1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
------------	---	------	-----	---	-----	------	---	---	-----	---

表 4 额 定 截 断 电 流 开 断 值

截断电流 kA	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5
------------	---	---	-----	---	----	------	----	----	----	------

7.10.3 试验回路和试验要求

试验回路原理图及试验电流波形图见附录 C。

试品在开断试验电流后不应出现重击穿。

7.10.4 试验后装置的状态

试验完成后，试品应保证正常的机械性能和电气性能，如必要时应进行相应试验。

7.10.5 试验记录的数据

试验中应记录以下数据：

- 截断电流；
- 暂态恢复电压峰值；
- 恢复电压稳态值；
- 恢复电压到达峰值时间；
- 截断时间；
- di/dt 等。

7.11 抗震试验

试验按 GB/T 13540 的规定进行。

8 出厂试验

8.1 概述

直流断路器的各组件应符合各自标准的要求，并按这些要求进行试验。

8.2 整机出厂试验（适用时）

8.2.1 雷电冲击电压试验

符合 GB/T 11022—2011 中 6.2.7.3 和 6.2.8.4 的规定，并作如下补充：开断装置处于合闸位置时，应

在端子和地之间施加对地雷电冲击耐受电压。

8.2.2 直流电压耐受试验

按本标准 7.2.2 的规定。

8.3 主回路电阻测量

按本标准 7.3 的规定。

8.4 设计和外观检查

符合 GB 1984—2014 中 7.5 的规定。

9 特殊试验

按照制造厂和用户的协议进行。

10 现场试验

现场试验的目的在于检查直流断路器及其辅助设备没有因运输和储存而损坏，并验证组装好的直流断路器的整体性能。

现场试验包括对直流断路器组件以及直流断路器整体的检查和试验。

各组件按照各自的标准实施。

试验方法与要求由供需双方协商。

11 运输、储存、安装、运行和维修规则

11.1 概述

符合 GB/T 11022—2011 第 10 章的规定。

11.2 运输、储存和安装的条件

符合 GB/T 11022—2011 中 10.1 的规定。

11.3 安装

符合 GB/T 11022—2011 中 10.2.1~10.2.4 的规定。

11.4 运行

制造厂给出的说明书应当包括以下资料：

- 设备的一般说明，要特别注意它的特性和运行的技术说明，使用户充分了解所涉及的主要原理；
- 设备安全性能的说明；
- 和运行有关的，为了对设备进行操作、隔离、接地、维修和试验所采取的行动的说明。

11.5 维修

11.5.1 概述

维修的有效性主要取决于制造厂编写的说明书的内容和用户贯彻执行说明书的程度。

11.5.2 对制造厂的建议

制造厂应提供包括以下资料的维修手册：

- 维修的范围和频度；
- 维修工作的详细说明；
- 对维修至关重要的开关设备和控制设备细节的全套图样，图样上要有总装、分装和重要零件的清晰标志；
- 极限值和允许偏差，如果偏出，要进行必要的校正；
- 辅助维修材料的规格，包括对已知的不相容材料的警告；
- 专用工具、起吊和维修用设备的清单；
- 维修后的试验项目；
- 推荐的备件（说明、代号、数量）和存储建议；
- 有效计划维修时间的估计；
- 在设备操作寿命终了时，涉及环境的要求，怎样对设备进行处理。

11.5.3 对用户的建议

如果用户希望自行维修，其工作人员应对相应的开关设备和控制设备有详尽的了解。

用户应做好设备在使用中的运行和维修记录。

12 安全性

符合 GB/T 11022—2011 第 11 章的规定。

13 产品对环境的影响

符合 GB/T 11022—2011 第 12 章的规定。

附 录 A (资料性附录) 直流断路器的选用导则

A.1 概述

本附录适用于 6kV 及以上电压等级直流输电用直流断路器。直流断路器的额定参数推荐值见本标准第 5 章。

为使直流断路器适合于指定的运行任务，应按负载条件和故障条件所要求的各个额定值进行选择。

A.2 直流断路器额定值的选择

A.2.1 额定直流电压的选择

直流断路器的额定直流电压可以从 5.1 中选取。

A.2.2 额定电流的选择

直流断路器的额定运行电流由直流工程的额定电流确定。

直流断路器的额定电流可以从 5.2 中选取。

A.3 直流断路器型式选择

直流断路器几种典型的方案为：机械式、电力电子式和混合式。

- a) 机械式直流断路器一般由开断装置 (CB)、换流电容器 (C)、换流电抗 (L)、换流开关 (G) 和避雷器 (MOV) 组成，如图 A.1 虚线框中的部分所示；
- b) 电力电子式直流断路器一般由电力电子元件 (S) 和避雷器 (MOV) 组成，如图 A.2 虚线框中的部分所示；
- c) 混合式直流断路器一般由快速机械隔离开关 (FD)、辅助直流开关 (FS)、主直流开关 (MS) 和避雷器 (MOV) 组成，其中主直流开关和辅助直流开关都为电力电子元件。如图 A.3 虚线框中的部分所示。

图 A.1、图 A.2 和图 A.3 中的 DB1 和 DB2 均为辅助隔离装置，用于开断剩余电流。

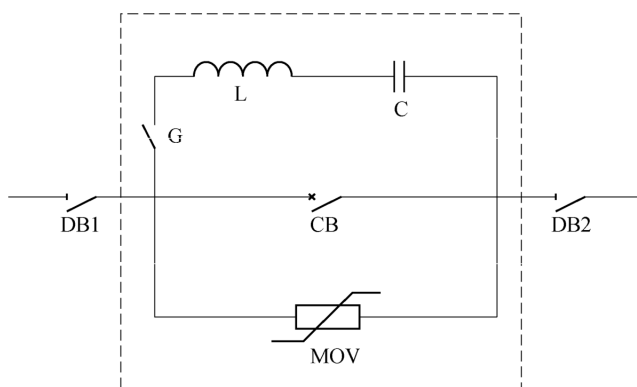


图 A.1 机械式直流断路器

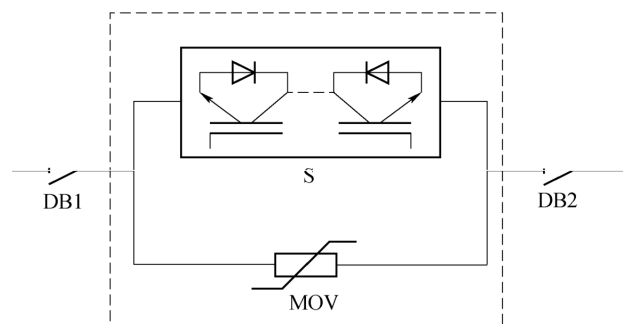


图 A.2 电力电子式直流断路器

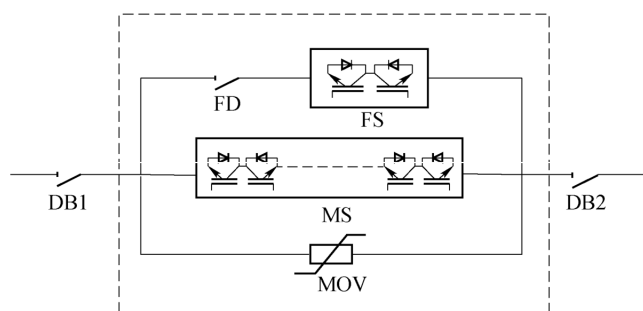


图 A.3 混合式直流断路器

附 录 B
(资料性附录)
直流输电系统过负荷电流

B.1 概述

直流系统过负荷水平与环境温度以及换流变压器、换流阀、油浸式平波电抗器的冗余冷却设备是否投入有关。

B.2 国内某个±500kV 直流系统过负荷电流

国内某个±500kV 直流系统过负荷电流见表 B.1。

表 B.1 国内某个±500kV 直流系统过负荷电流

过负荷持续时间	环境温度 20℃		最高环境温度 约 40℃	
	冗余冷却设备 投入运行	冗余冷却设备 不投入运行	冗余冷却设备 投入运行	冗余冷却设备 不投入运行
连续	3586A	3552A	3213A	3045A
2h	4115A	3972A	3484A	3381A
10s	4480A	4480A	4480A	3867A
5s	4817A	4817A	4817A	4187A
3s	4817A	4817A	4817A	4443A
注 1：直流系统额定直流电流为 3000A。 注 2：冗余冷却设备是指换流阀、换流变压器等主设备的冗余冷却设备。				

B.3 国内某个±800kV 直流系统过负荷电流

国内某个±800kV 直流系统过负荷电流见表 B.2。

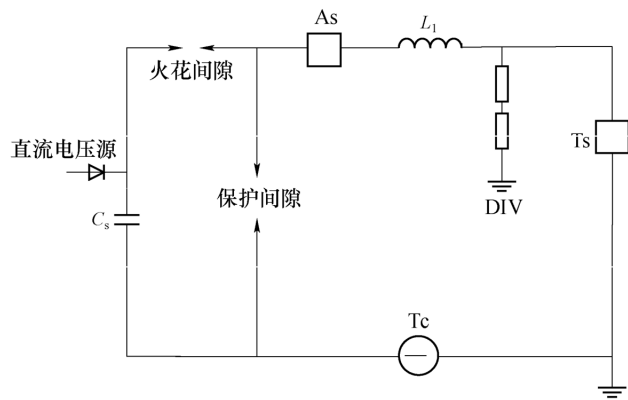
表 B.2 国内某个±800kV 直流系统过负荷电流

过负荷持续时间	环境温度 25℃		最高环境温度 约 40℃	
	冗余冷却设备 投入运行	冗余冷却设备 不投入运行	冗余冷却设备 投入运行	冗余冷却设备 不投入运行
连续	3795A	3461A	3461A	3125A
2h	3965A	3795A	3795A	3461A
3s	4892A	4892A	4539A	4539A
注：直流系统额定直流电流为 3125A。				

附 录 C
(资料性附录)
直流断路器试验回路和试验电流波形

C.1 机械式直流断路器

图 C.1 和图 C.2 给出了机械式直流断路器的 LC 试验回路和试验电流波形。



说明：
 C_s ——电流源电容； L_1 ——电流源电抗；As——辅助开关；
Tc——电流互感器；DIV——分压器；Ts——试品。

图 C.1 机械式直流断路器 LC 试验回路图

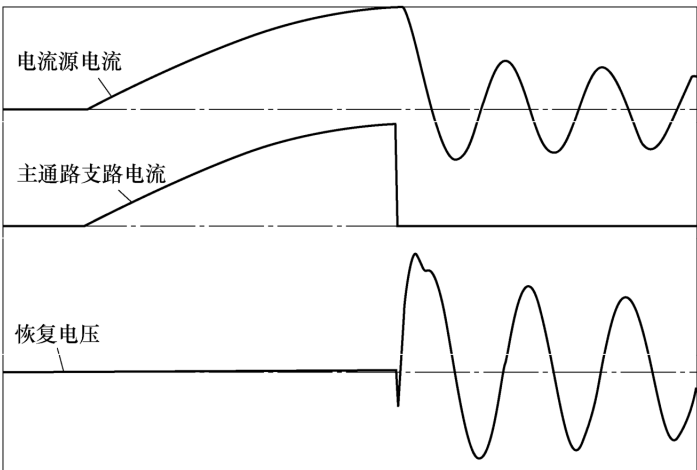
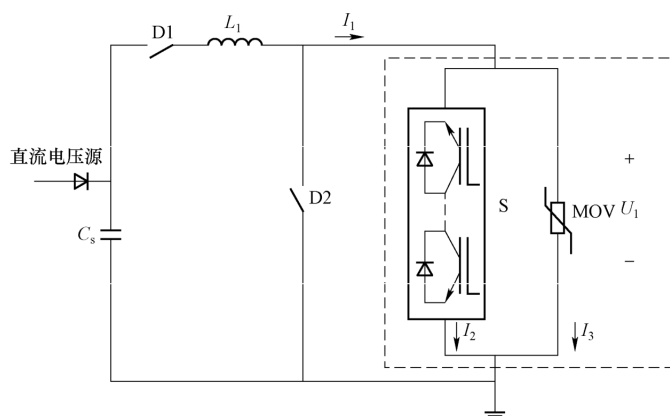


图 C.2 机械式直流断路器 LC 试验回路波形图

C.2 电力电子式直流断路器

图 C.3 和图 C.4 给出了电力电子式直流断路器的试验回路和试验电流波形。



说明：

C_s ——电流源电容； L_1 ——电源电抗器；S——电子开关；

D1——辅助开关；D2——保护开关；MOV——避雷器。

图 C.3 电力电子式直流断路器试验回路图

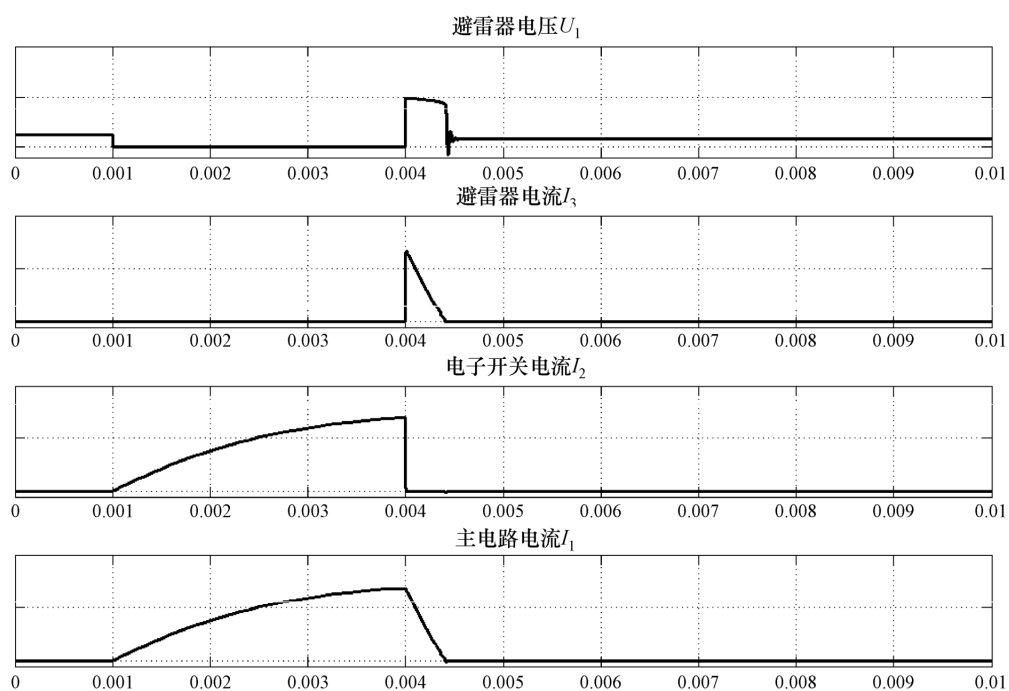
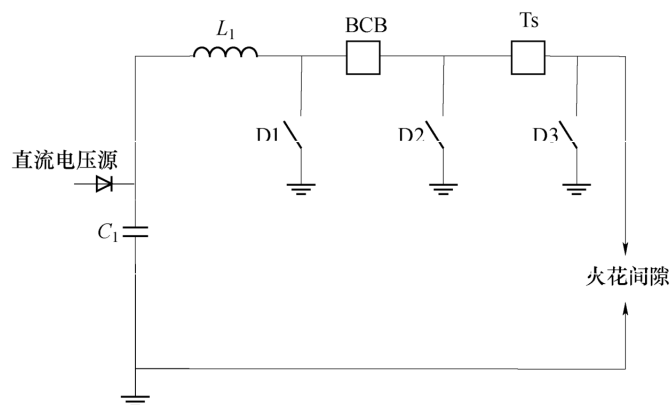


图 C.4 电力电子式直流断路器试验回路波形图

C.3 混合式直流断路器

图 C.5～图 C.8 给出了混合式直流断路器的试验回路和试验电流波形。



说明：
 C_1 ——电容器组； L_1 ——电感；BCB——保护开关；
Ts——试品； $D1$ 、 $D2$ 、 $D3$ ——辅助开关。

图 C.5 混合式直流断路器试验回路图 1

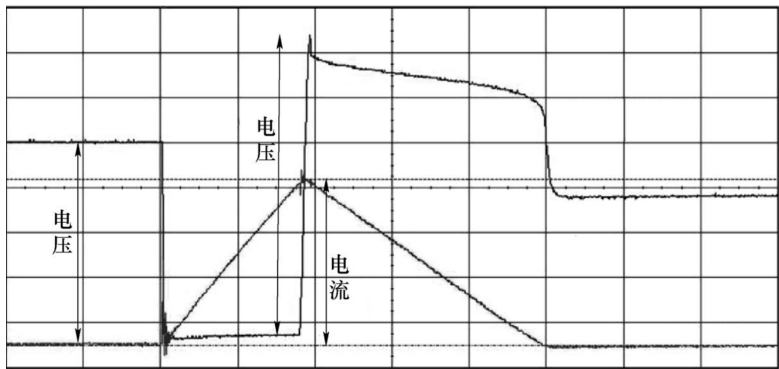
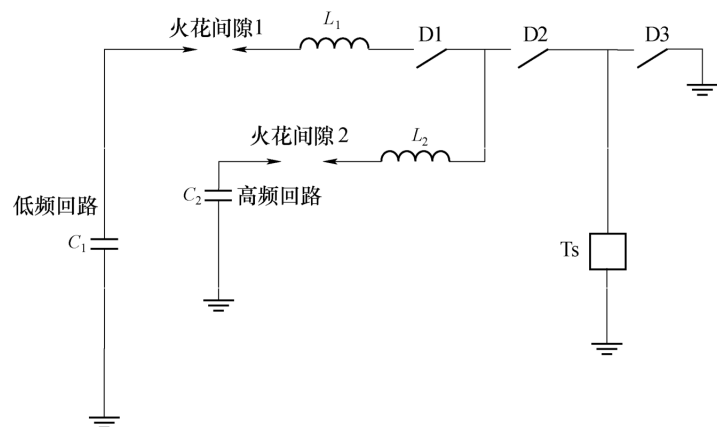


图 C.6 混合式直流断路器试验回路波形图 1



说明：
 C_1 、 C_2 ——电容器组； L_1 ——大电感； L_2 ——小电感；
Ts——试品； $D1$ 、 $D2$ 、 $D3$ ——辅助开关。

图 C.7 混合式直流断路器试验回路图 2

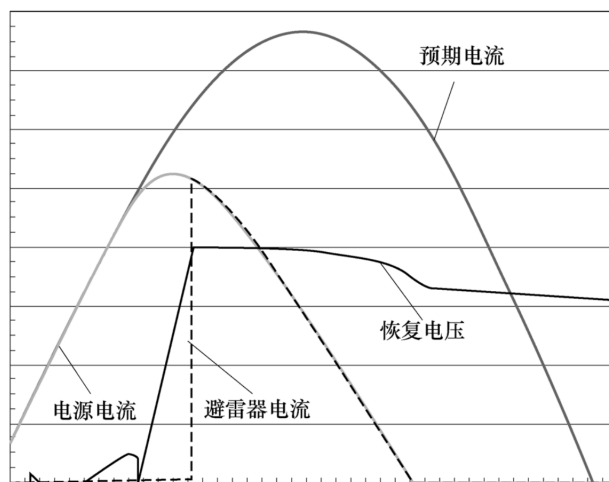


图 C.8 混合式直流断路器试验回路波形图 2

参 考 文 献

- [1] GB/T 5273—2016 高压电器端子尺寸标准化
 - [2] GB/T 7354—2003 局部放电测量
 - [3] GB 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器
 - [4] GB/T 12022—2014 工业六氟化硫
 - [5] GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义和试验要求
 - [6] GB/T 25091—2010 高压直流隔离开关和接地开关
 - [7] GB/T 25309—2010 高压直流转换开关
 - [8] GB/T 25890.2—2010 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第2部分：直流断路器
 - [9] DL/T 5222—2005 导体和电器选择设计技术规定
 - [10] DL/T 1513—2016 柔性直流输电用电压源型换流阀 电气试验
 - [11] JB/T 1193—2012 脉冲电容器及直流电容器
 - [12] IEC 60050-411 International Electrotechnical Vocabulary-Chapter 411: Rotating machinery
 - [13] IEC 62501: 2009 Voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission-Electrical testing
 - [14] IEC 62543: 2008 High-voltage direct current (HVDC) power transmission using voltage sourced converters (VSC)
 - [15] IEC 62751-1: 2014 Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems-Part 1: General requirements
 - [16] IEC 62751-2: 2014 Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems-Part 2: Modular multilevel converters
-