



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 311.3—2007

---

## 绝缘配合

### 第3部分：高压直流换流站绝缘配合程序

Insulation co-ordination—Part 3: Procedures for high-voltage direct current (HVDC)  
converter stations

(IEC/TS 60071-5:2002, MOD)

2007-12-03 发布

2008-05-20 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 .....	V
引言 .....	VI
1 概述 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和缩写 .....	4
5 绝缘配合原理 .....	7
5.1 交流和直流系统绝缘配合的主要差别 .....	7
5.2 绝缘配合程序 .....	8
6 运行中的电压和过电压 .....	9
6.1 避雷器的布置 .....	9
6.2 换流站不同位置的持续运行电压 .....	10
6.3 阀和避雷器上的持续运行电压最大峰值(PCOV)和持续运行电压峰值(CCOV) .....	10
6.4 过电压类型和来源 .....	11
6.5 避雷器的过电压限制特性 .....	13
6.6 阀的保护策略 .....	13
6.7 研究过电压和避雷器特性的方法和工具 .....	14
6.8 必要的系统情况 .....	15
7 绝缘配合的设计目标 .....	17
7.1 避雷器的要求 .....	17
7.2 绝缘特性 .....	19
7.3 代表性过电压 .....	19
7.4 要求耐受电压的确定 .....	21
7.5 额定耐受电压的确定 .....	22
7.6 爬电距离 .....	22
7.7 空气净距 .....	22
8 爬电距离和空气净距 .....	22
8.1 直流电压下户外绝缘的爬电距离 .....	23
8.2 直流电压下户内绝缘的爬电距离 .....	23
8.3 交流绝缘子外绝缘爬电距离 .....	23
8.4 空气净距 .....	23
9 避雷器要求 .....	24
9.1 避雷器规范 .....	24
9.2 交流母线避雷器(A) .....	24
9.3 交流滤波器避雷器(FA) .....	24
9.4 阀避雷器(V) .....	24
9.5 桥避雷器(B) .....	26
9.6 换流器单元避雷器(C) .....	26

9.7	中点直流母线避雷器(M)	26
9.8	换流器单元直流母线避雷器(CB)	26
9.9	直流母线和直流线路/电缆避雷器(DB和DL)	27
9.10	中性母线避雷器(E)	27
9.11	直流平波电抗器避雷器(DR)	27
9.12	直流滤波器避雷器(FD)	28
9.13	接地极引线避雷器(EL)	28
附录A(资料性附录) 普通型高压直流换流站绝缘配合的例子		29
A.1	引言	29
A.2	避雷器保护方案	29
A.3	避雷器的负载、保护水平和绝缘水平的确定	29
A.4	换流变(阀侧)耐受电压的确定	32
A.5	空气绝缘的平波电抗器耐受电压的确定	33
A.6	计算结果表	34
附录B(资料性附录) 可控串联电容换流器(CSCC)和电容换相换流器(CCC)绝缘配合的例子		38
B.1	引言	38
B.2	避雷器保护方案	38
B.3	避雷器承受的负载、保护水平和绝缘水平的确定	38
B.4	换流变阀侧耐受电压的确定	42
B.5	空气绝缘的平波电抗器耐受电压的确定	43
B.6	计算结果表	43
附录C(资料性附录) 一些特殊型换流器绝缘配合的确定		51
C.1	背靠背型高压直流系统的绝缘配合程序	51
C.2	并联阀组的绝缘配合程序	51
C.3	使用串联阀组更新原有换流站的绝缘配合程序	52
C.4	交流滤波器连接在换流变的第三个绕组上的绝缘配合程序	53
C.5	高压直流耦合到交流线路上对交流系统过电压的影响	54
C.6	气体绝缘开关对高压直流换流站绝缘配合的影响	54
图1 典型的两组12脉动串联换流器单线图		6
图2 典型的具有换相电容器的两组12脉动串联换流器(CCC)单线图		6
图3 典型的具有可控串补极的两组12脉动串联换流器(CSCC)单线图		7
图4 高压直流换流站12脉动换流器图		9
图5 换流站不同点的持续运行电压(位置见图4)		10
图6 整流运行时阀避雷器上的运行电压		11
图7 高压直流换流站的一极		16
图A.1 交流和直流避雷器(普通型高压直流换流站)		35
图A.2 来自交流侧(普通型高压直流换流站)缓波前过电压对阀避雷器作用的简化电路—缓波前过电压(施加的电压)的图解说明		35
图A.3 从交流侧来的缓波前过电压在阀避雷器V2上的作用(普通型高压直流换流器)		36
图A.4 换流变压器高压套管(普通型高压直流换流站)接地故障在阀避雷器上作用的电路图		36
图A.5 换流变(普通型高压直流换流站)高压套管接地故障期间在阀避雷器V1上的作用		37

图 B. 1a)	交流、直流避雷器(CCC 换流器)	44
图 B. 1b)	交流,直流避雷器(CSCC 换流器)	45
图 B. 2a)	交流侧来的缓波前过电压对阀避雷器作用的简化电路图(CCC 换流器)	46
图 B. 2b)	交流侧来的缓波前过电压对阀避雷器作用的简化电路图(CSCC 换流器)	46
图 B. 3a)	交流侧传输来的缓波前过电压在阀避雷器(V2)上的作用(CCC 换流器)	47
图 B. 3b)	来自交流侧的缓波前过电压在阀避雷器(V2)上的作用(CSCC 换流器)	47
图 B. 4a)	换流变的高压套管接地故障在阀避雷器上的作用电路图(CCC 换流器)	48
图 B. 4b)	换流变的高压套管接地故障在阀避雷器上作用的电路图(CSCC 换流器)	48
图 B. 5a)	换流变高压套管接地故障期间对阀避雷器 V1 上的曲线图(CCC 换流器)	49
图 B. 5b)	换流变高压套管接地故障期间在阀避雷器 V1 上作用的曲线图(CSCC 换流器)	49
图 B. 6a)	换流变高压套管接地故障期间在 CCC 电容器避雷器 CC 上的作用(CCC 换流器)	50
图 B. 6b)	换流变的高压套管的接地故障期间的 CSCC 电容器避雷器 CSC 上的作用 (CSCC 换流器)	50
图 C. 1	并联阀组扩展高压直流换流站	51
图 C. 2	使用串联阀组改进原有的高压直流换流器	53
表 1	符号说明	7
表 2	三相交流设备与高压直流换流站设备耐受电压选择的比较	8
表 3	作用于各类避雷器上的主要事例	15
表 4	不同事例对避雷器的作用	15
表 5	过电压源和相应的频率范围	16
表 6	避雷器要求	18
表 7	高压直流换流站直流侧避雷器保护	19
表 8	代表性过电压水平和要求耐受电压水平	20
表 9	要求冲击耐受电压与冲击保护水平的比值	22

## 前 言

本部分是根据 IEC/TS 60071-5:2002《绝缘配合 第 5 部分:高压直流(HVDC)换流站的绝缘配合程序》(第 1,英文版)首次制定的。本部分修改采用 IEC/TS 60071-5:2002。

本部分的编排和表述与 IEC/TS 60071-5:2002 基本一致,并符合 GB/T 1.1 和 GB/T 20000.2 的规定。

本部分与 IEC/TS 60071-5:2002 的主要差异在以下几方面:

- a) 本部分在 3.8 中增加了“注:电压水平和功耗可采用计算方法或通过特殊试验确定。”;
- b) 本部分的表 7 删除了 IEC/TS 60071-5:2002 表 7 的最后两行;并在上部换流变-换流器底部的避雷器种类的(2)中增加“和阀避雷器(V)”;
- c) 本部分在 9.10 的第 3 自然段中加入了“中性母线电容器”;并在 9.10 的最后增加了一段“另一种设计方案是在金属回线不接地的一端和接地极线各安装一组高能耗避雷器(EM 和 EL),分别用于吸收金属回线运行方式和其他运行方式下的操作冲击能耗。中性母线其他位置的避雷器的雷电波保护水平高于 EM 和 EL,确保在操作过电压下不动作,仅用于雷电波保护。EM 和 EL 在制造和出厂试验时可保证多柱并联的特性一致性并宁愿多并联一个备用避雷器,有利于更换及制造备用避雷器。”;
- d) 删除了 IEC/TS 60071-5:2002 的附录 A 的 A6 计算结果表中的与我国电网无关的电压 420 kV 的表注及其内容;
- e) 将目录中的 B.4 和 B.5 的标题与正文进行了统一;
- f) 在附录 B 中,统一了 CCC 和 CSCC 电容器避雷器(CC/CSC)。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C 为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会(SAC/TC 163)归口。

本部分由全国高电压试验技术和绝缘配合标准化技术委员会解释。

本部分负责起草单位:西安高压电器研究所、武汉高压研究所。

本部分参加起草单位:北京网联直流工程技术有限公司、南方电网技术研究中心、西安交通大学、中国电力科学研究院、西安电瓷研究所、机械工业北京电工技术经济研究所。

本部分主要起草人:苟锐锋、周沛洪、聂定珍、赵杰、冯建强、吕怀发、李国富、王琨。

## 引 言

高压直流输电在我国电网建设中,对于长距离送电和大区联网有着非常广阔的发展前景,是目前作为解决高电压、大容量、长距离送电和异步联网的重要手段。根据我国直流输电工程实际需要和高压直流输电技术发展趋势开展项目,在引进技术的消化吸收、国内直流输电工程建设经验和设备自主研发的基础上,研究制定高压直流输电设备国家标准体系。内容包括基础标准、主设备标准和控制保护设备标准。项目已完成或正在进行制定共 19 项国家标准:

- (1) 高压直流系统的性能 第一部分:稳态性能
- (2) 高压直流系统的性能 第二部分:故障与操作
- (3) 高压直流系统的性能 第三部分:动态性能
- (4) 绝缘配合 第 3 部分:高压直流换流站绝缘配合程序
- (5) 高压直流换流站损耗的确定
- (6) 变流变压器 第二部分:高压直流输电用换流变压器
- (7) 高压直流输电用油浸式换流变压器技术参数和要求
- (8) 高压直流输电用油浸式平波电抗器
- (9) 高压直流输电用油浸式平波电抗器技术参数和要求
- (10) 高压直流换流站无间隙金属氧化物避雷器导则
- (11) 高压直流输电系统用并联电容器及交流滤波电容器
- (12) 高压直流输电系统用直流滤波电容器
- (13) 高压直流输电用普通晶闸管的一般要求
- (14) 输配电系统的电力电子技术静止无功补偿装置用晶闸管阀的试验
- (15) 高压直流输电系统控制与保护设备
- (16) 高压直流换流站噪音
- (17) 高压直流套管技术性能和试验方法
- (18) 高压直流输电用光控晶闸管的一般要求
- (19) 直流系统研究和设备成套导则

## 绝缘配合

### 第 3 部分：高压直流换流站绝缘配合程序

#### 1 概述

##### 1.1 范围

本部分给出了无标准绝缘水平规定的高压直流换流站的绝缘配合程序的导则。

本部分仅适用于高压交流电力系统中的高压直流部分，而不适用于工业用的换流设备。所给定的原理及规则仅适用绝缘配合目的。本部分不涉及对人身安全的要求。

##### 1.2 背景描述

在高压直流换流站中，由于换流器采用晶闸管阀串联或并联组成，并且换流过程采用特有的控制和保护方式，使高压直流换流站与交流变电站相比，对保护及被保护设备的过电压有其特殊的要求。本部分对于承受交直流电压、谐波电压、冲击电压作用的换流站设备给出了计算过电压的指导大纲。提出了确定串并联避雷器的保护水平及最优保护方案。

本部分描述了换流站与常规交流系统绝缘配合不同部分的基本原理和设计目标。

关于避雷器保护，本部分仅涉及现在用于高压直流换流站的无间隙金属氧化物避雷器。给出了对避雷器基本特性要求及运行中最大过电压作用的计算过程；提出了典型的避雷器保护方案、避雷器参数以及所受作用的确定方法。

本部分包括了换流站交流母线（交流滤波器，换流变压器，断路器）和平波电抗器的直流线路侧之间设备的绝缘配合。同时也涵盖了架空线和电缆对换流站设备绝缘配合的影响。

尽管本部分用于普通高压直流系统（换相电压来自交流滤波器母线），但是绝缘配合主要原则也适用于附录中电容换相（CCC）换流器和可控串补换流器（CSCC）及附录中一些特殊的换流器结构。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。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部分，然而，鼓励根据本部分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部分。

GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合（neq IEC 60071-1:1993）

GB/T 311.2—2002 绝缘配合 第 2 部分：高压输变电设备的绝缘配合使用导则（eqv IEC 60071-2:1996）

GB 11032—2000 交流系统无间隙金属氧化物避雷器（eqv IEC 60099-4:1991）

GB/T 13498 高压直流（HVDC）输电术语（GB/T 13498—2007，IEC 60633:1998，IDT）

GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求（eqv IEC 60060-1:1989）

JB/T 5895—1991 污秽地区绝缘子使用导则（neq IEC 60815:1986）

IEC 60071-1:1993 绝缘配合 第 1 部分：原理、定义和规则

IEC 60700-1:1998 高压直流（HVDC）输电系统晶闸管阀 第 1 部分：电气试验

#### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分，且许多术语和定义参照绝缘配合的实际概念或避雷器的实际参数。需要得到更多相关信息，请查阅相应 GB 311.1—1997、GB 11032—2000 或 GB/T 13498。