

ICS 29.180

K 41

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 2062 — 2019

±1100 kV 特高压直流平波电抗器 使用技术条件

Technical specification for ±1100 kV UHVDC smoothing reactors

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	1
5 使用条件	2
6 主要参数	3
7 性能要求	4
8 试验	6
附录 A (资料性附录) ± 1100 kV 特高压直流输电用干式平波电抗器的基本技术参数	15

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。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压直流输电技术标准化技术委员会（DL/TC 12）归口。

本标准起草单位：国网经济技术研究院有限公司。

本标准主要起草人：乐波、赵峥、梅念、贺立、马为民、吴方劼、薛英林、许冬、陈钊、关立、杜晓磊、张月华。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

±1100 kV 特高压直流平波电抗器使用技术条件

1 范围

本标准规定了±1100 kV 特高压直流系统用干式平波电抗器的使用条件、主要参数、性能要求和试验等方面的技术要求。

本标准适用于±1100 kV 特高压直流系统用干式平波电抗器（简称平波电抗器）。本标准不适用于其他工业用直流系统中的平波电抗器。

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 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 1094.2 电力变压器 第2部分：液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘的空气间隙
- GB/T 1094.4 电力变压器 第4部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则
- GB/T 1094.6 电力变压器 第6部分：电抗器
- GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB/T 13498 高压直流输电术语
- GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
- GB/T 25092 高压直流输电用干式空心平波电抗器
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 811 进口 110 kV~500 kV 棒式支柱绝缘子技术规范
- IEC 60721（所有部分）环境条件分类（Classification of environmental conditions）
- IEC 60943 电气设备组件特别是接线端子容许温升导则（Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals）
- IEEE Std C57.16 干式空心串联电抗器的 IEEE 标准要求、术语和试验规程（IEEE standard for requirements, terminology, and test code for dry-type air-core series-connected reactors）

3 术语和定义

GB/T 2900.95 和 GB/T 13498 界定的术语和定义适用于本标准。

4 符号

下列符号适用于本标准。

h : 谐波次数；

I_d : 直流电流；

I_h : h 次谐波的电流；

I_T : 与平波电抗器总损耗（在额定运行工况下）对应的等效直流电流；

I_{dm} : 最大连续直流电流;
 I_{dN} : 额定直流电流;
 I_{dT} : 长期过负荷电流;
 I_{dEQ} : 等效直流电流;
 I_{dNN} : 标称直流电流;
 L_N : 额定电感;
 P_c : 总损耗;
 P_h : 电阻谐波损耗;
 P_m : 绕组附加损耗;
 P_{dc} : 直流电阻损耗;
 P_{hc} : 总谐波损耗;
 R : 包括内部引线在内的绕组直流电阻;
 U_{dm} : 最高连续直流电压;
 U_{dN} : 额定直流电压;
 θ : 温度。

5 使用条件

5.1 海拔

海拔不应超过 1000 m, 超过时应按照 GB/T 25092 的相关要求进行修正。

5.2 环境温度

平波电抗器的环境温度应符合下列规定:

- a) 最高气温: +40℃;
- b) 最低气温: -45℃ (适用于户外安装);
- c) 最低气温: -5℃ (适用于户内安装)。

5.3 覆冰厚度

平波电抗器应能在离地面高 10 m 处、50 年一遇的覆冰厚度条件下使用。

5.4 风速

平波电抗器应能在离地面高 10 m 处、维持 10 min 的平均风速条件下使用。

5.5 日照强度

平波电抗器应能在风速为 0.5 m/s 时的日照强度条件下使用。

5.6 安装环境

平波电抗器的安装环境应满足下列条件:

- a) 污秽等级: d 级及以下。
- b) 地震引发的地面加速度: 水平方向低于 0.3 g; 垂直方向低于 0.15 g (设计中不需特殊考虑此限度内的地震问题)。

5.7 系统条件

系统条件推荐值参见附录 A。

5.8 特殊使用条件

5.8.1 除应满足规定的正常使用条件之外的特殊使用条件，应在询价和订货时说明（见 GB/T 1094.1）。

5.8.2 特殊使用条件下，平波电抗器的额定值和试验规则规定如下：

- a) 在较高环境温度或高海拔环境下的温升按 GB/T 25092 进行修正；
- b) 在高海拔环境下的外绝缘按 GB/T 25092 进行修正。

5.9 负载电流

流过平波电抗器的电流主要是直流电流，同时还含有各次谐波电流。平波电抗器应能在所提供的直流电流和各次谐波电流大小的条件下使用。

6 主要参数

6.1 概述

平波电抗器主要参数包括标称直流电流、最高连续直流电压、额定谐波电流频谱、额定电感量等，平波电抗器的损耗、温升、声级等的保证值应与这些参数值相适应。

6.2 额定直流电压 (U_{dN})

根据平波电抗器的标称直流电压确定，其典型值参见附录 A。

6.3 最高连续直流电压 (U_{dm})

平波电抗器所连接系统的最高直流电压，不应低于运行中施加在平波电抗器和地之间的最高直流电压，其典型值参见附录 A。

6.4 标称直流电流 (I_{dNN})

平波电抗器所连接系统的标称直流电流根据系统分析规定，其典型值参见附录 A。

注：不包括任何交流电流分量。

6.5 额定直流电流 (I_{dN})

根据平波电抗器的标称直流电流确定。

6.6 额定谐波电流

除直流外，在规定频率下最大谐波电流的稳态方均根值。

6.7 谐波电流频谱

不同的运行工况可能产生不同的谐波电流频谱，所有谐波电流频谱均应予以考虑。

6.8 最大连续直流电流 (I_{dm})

平波电抗器所连接系统的最大持续直流电流。

6.9 等效直流电流 (I_{dEQ})

直流电流及各次谐波电流的方均根值之和。

6.10 过负荷电流

6.10.1 长期过负荷电流 (I_{dL})

平波电抗器在长期过负荷时的直流电流。

6.10.2 短时过负荷电流

平波电抗器短时过负荷时的直流电流，一般包括 2 h 过负荷电流与 3 s 过负荷电流。

6.11 额定电感量

平波电抗器的额定电感量根据实际工程设计规定，典型值参见附录 A。电感量误差不应超过 0%~+5%。

6.12 额定暂态故障电流

根据系统分析、工程实际设计规定的系统故障电流峰值和波形，额定暂态故障电流可用最大电流峰值/时间表示（电流峰值不得小于 5 倍额定电流，持续时间至少相当于 10 个基频周波）。

7 性能要求

7.1 型式

型式应为干式、空心。

7.2 冷却方式

冷却方式应为自冷。

7.3 绝缘耐热等级

股间及匝间绝缘的耐热等级应为 F 级及以上。

7.4 接线端子

7.4.1 接线端子允许荷载（连续作业）应按具体工程实际设计确定。平波电抗器端子的安装尺寸、接线位置尺寸及安装要求应满足用户要求，且有可靠的防锈层。

7.4.2 在具体工程的最高环境温度下，平波电抗器绕组端子的温度不应超过 IEC 60943 的有关规定。

7.5 隔音装置

如平波电抗器加装隔音装置使用时，应对该隔音装置的材料、结构进行设计，且提供温升校验结果的分析报告。

7.6 支柱绝缘子

7.6.1 平波电抗器制造单位应提供支柱绝缘子的设计、选型，且支柱绝缘子应与平波电抗器进行统一设计，并与直流场整体设计相配合。

7.6.2 支柱绝缘子的电气绝缘水平应满足本标准要求，同时参考 DL/T 811 的规定。

7.6.3 支柱绝缘子的爬电距离应满足现场污秽条件要求。

7.6.4 支柱绝缘子的机械强度应考虑平波电抗器加装隔音装置使用时，额外增加的风压、质量等因素。

7.7 抗震性能

在具体工程规范规定的地震条件下，应按照 IEC 60721（所有部分）的规定，用计算的方法验证其抗震能力，且应用户要求提供计算报告。

7.8 安装方式

应安装于支柱绝缘子上，平波电抗器各结构件应便于拆卸和更换。

7.9 绝缘

7.9.1 额定绝缘水平

平波电抗器的额定绝缘水平应依据工程实际设计，其典型值参见附录 A。

7.9.2 匝间绝缘

7.9.2.1 封装好的平波电抗器的匝间一般是具有一定耐热等级的固体绝缘介质材料，应满足环保要求且具有一定的机械耐力，须评估其在运行条件下的绝缘、机械和老化特性。

7.9.2.2 在选择绝缘材料时，应注意平波电抗器的型式、所安装处换流站的环境条件、运行条件等影响因素。

7.9.3 端子绝缘

输入与输出端子之间的干弧距离应能耐受端子之间的稳态运行电压、短时和暂态过电压。

7.9.4 端子对地绝缘

平波电抗器对地电位的绝缘应考虑系统电压、暂态过电压的要求和所安装处换流站的环境条件等影响因素。

7.9.5 雷电冲击电压耐受水平

应规定平波电抗器的绕组端子对地及两个端子之间的雷电冲击电压耐受水平。

7.9.6 操作冲击电压耐受水平

应规定平波电抗器的绕组端子对地及两个端子之间的操作冲击电压耐受水平。

7.10 无线电干扰水平

在 1.3 倍额定运行电压时的无线电干扰电压不应大于 500 μV ，并在晴天夜晚无可见电晕。

7.11 损耗

7.11.1 平波电抗器的总损耗包括绕组中的直流电阻损耗、谐波损耗和杂散损耗（包括由漏磁通在平波电抗器的金属件、支架、隔音装置外壳等中引起的损耗和绕组中的涡流损耗），损耗值（kW，80℃）根据具体工程确定。

7.11.2 总损耗的计算公式如式（1）所示：

$$P_c = P_{dc} + P_{hc} \dots\dots\dots (1)$$

7.11.3 总谐波损耗的计算公式如式（2）所示：

$$P_{hc} = P_h + P_m \dots\dots\dots (2)$$

7.11.4 如果测量时试验电流值不等于规定值，损耗值应按规定电流值与试验电流值之比进行校正。

7.12 温升

7.12.1 温升包括等效直流电流下的绕组平均温升和最热点温升。

7.12.2 一般规定，等效直流电流下的绕组平均温升不应高于 80 K；等效直流电流下的绕组最热点温升不应高于 105 K。

7.13 声级

平波电抗器在额定直流电流和谐波电流下的声级水平（声压级）不应大于 75 dB（A）。

7.14 铭牌

7.14.1 每台平波电抗器均应设有铭牌。铭牌的材料不应受气候影响，并应固定在明显可见的位置。铭牌上所标识的项目内容应清晰、牢固（可采用蚀刻、雕刻、打印或光化学处理等方式）。

7.14.2 铭牌上内容应包括：型式编号；额定直流电流；最高连续直流电压；最大连续直流电流；额定电感量；短时耐受电流；额定绝缘水平（雷电冲击电压和操作冲击电压）；总质量（包括绝缘子）；制造单位；制造时间；出厂编号；使用方式（户内/外）等。

8 试验

8.1 概述

平波电抗器在出厂之前应参照本标准和 GB/T 1094.1 的规定，在制造单位进行型式试验、例行试验和特殊试验。试验的一般要求如下：

- a) 试验应在 10℃~40℃环境温度下进行；
- b) 除绝缘试验外，所有性能试验均应以额定条件为基准（除非试验条文另有规定）；
- c) 试验测量系统应按相关标准的要求来保证准确度；
- d) 当试验测量的数据需校正到参考温度的值时，其参考温度取 75℃，但所有损耗和阻抗试验结果应校正到 80℃；
- e) 平波电抗器在现场安装后，应参照本标准和有关交接试验标准进行现场交接试验。

8.2 试验项目

8.2.1 例行试验

下列试验应在所有的平波电抗器上进行，但不必依次遵循下述顺序（绝缘试验前后，均应做绕组电阻测量和电感量测量）：

- a) 绕组电阻测量（按 8.3.1）；
- b) 电感量测量（按 8.3.2）；
- c) 雷电冲击全波试验（端子间）[按 8.3.3.2 a)]；
- d) 操作冲击试验（端子间）[按 8.3.3.4 a)]；
- e) 损耗测量（按 8.3.4）；
- f) 温升试验（按 8.3.5）；
- g) 负载电流试验（按 8.3.6）。

8.2.2 型式试验

型式试验在每种型式平波电抗器中的一台产品上进行。除 8.2.1 的试验项目外，此平波电抗器应进

行如下试验:

- a) 雷电冲击全波试验 (端对地) [按 8.3.3.2 b)];
- b) 雷电冲击截波试验 (按 8.3.3.3);
- c) 操作冲击试验 (端对地) [按 8.3.3.4 b)];
- d) 外施直流电压耐受试验 (按 8.3.3.5);
- e) 无线电干扰水平测量 (按 8.3.10)。

8.2.3 特殊试验

用户在定合同前, 应与制造单位共同协商、选择下列试验项目中需做的试验项目及试验方法, 但不必依次遵循下述顺序:

- a) 暂态故障电流试验 (按 8.3.7);
- b) 声级测定 (按 8.3.8);
- c) 杂散电容和高频阻抗测量 (按 8.3.9)。

8.2.4 现场交接验收试验

现场试验应符合 GB 50150 和 DL/T 596 的要求, 并至少包含下列项目:

- a) 绕组电阻测量 (按 8.3.11.2);
- b) 电感量测量 (按 8.3.11.3);
- c) 噪声测定 (按 8.3.11.4)。

8.3 试验要求和方法

8.3.1 绕组电阻测量

绕组电阻测量应符合下列规定:

- a) 按 GB/T 1094.1 和 GB/T 1094.6 规定执行, 可用电桥法或伏安法, 环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时测量直流电阻。
- b) 绕组的直流电阻测量应在整个绕组上进行, 测量时应用直流电源, 且必须在直流电流稳定后才能测量。
- c) 绕组电阻测量值与设计额定值比较, 变化不应超过 $\pm 2\%$ 。

8.3.2 电感量测量

电感量测量应符合下列规定:

- a) 试验应根据 GB/T 1094.6, 在频率为 50 Hz~2500 Hz 范围内时, 测量电感量;
- b) 测量方法可采用电桥法或伏安法;
- c) 电感量测量值与额定值的误差范围参照 6.11。

8.3.3 绝缘试验

8.3.3.1 一般规定

当平波电抗器安装地点的海拔高于 1000 m 时, 其例行、型式试验中的绝缘试验必须考虑海拔修正。绝缘试验应按下述顺序进行:

- a) 雷电冲击试验;
- b) 操作冲击试验;

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/247000021102006030>