

ICS 29.240.01

K 42

备案号: 42634-2014



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1274 — 2013

1000kV 串联电容器补偿装置技术规范

Technical specification of series capacitor installation for 1000kV system

2013-11-28 发布

2014-04-01 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 术语和缩略语 | 3 |
| 4 基本型式 | 4 |
| 5 使用环境条件 | 5 |
| 6 额定参数的选择 | 5 |
| 7 过电压与基本设计 | 7 |
| 8 系统应用中需考虑的其他事项 | 7 |
| 9 通用技术要求 | 8 |
| 10 一次主设备及其基本要求 | 9 |
| 11 测量、控制保护及其基本要求 | 14 |
| 12 试验 | 17 |
| 13 运输、储存与资料交付 | 26 |
| 附录 A (规范性附录) 系统故障时对串补装置的要求 | 27 |
| 附录 B (规范性附录) 串补装置设备设计规范条目 | 29 |
| 附录 C (资料性附录) 串补装置的其他型式 | 31 |
| 附录 D (规范性附录) 串补装置的订货条件 | 32 |

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》的要求编制。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由特高压交流输电标准化工作委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：国家电网公司，国网智能电网研究院、国网中国电力科学研究院、中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司、中国电力工程顾问集团中南电力设计院、西安 ABB 电力电容器有限公司、上海思源电力电容器有限公司。

本标准主要起草人：武守远、孙昕、项祖涛、韩先才、庞亚东、孙岗、刘之方、刘洪涛、戴朝波、李志兵、樊玥、代泽兵、郭庆文、王崇祜。

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）。

1000kV 串联电容器补偿装置技术规范

1 范围

本标准规定了 1000kV 固定串联电容器补偿装置（简称串补装置）的使用环境条件、额定参数选择、基本设计、技术要求及试验等内容。

本标准适用于 1000kV 电压等级的采用金属氧化物限压器和强制触发型火花间隙（简称间隙）保护的串补装置。

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 311.1—2012 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则

GB/T 775.1 绝缘子试验办法 第 1 部分：一般试验方法

GB/T 775.3 绝缘子试验方法 第 3 部分：机械试验方法

GB 1208—2006 电流互感器（IEC 60044-1: 2003, MOD）

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A 低温（GB/T 2423.1—2008 IEC 60068-2-1:2007）

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温（GB/T 2423.2—2008 IEC 60068-2-2:2007, IDT）

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab 恒定湿热试验（GB/T 2423.3—2006 IEC 60068-2-78:2001, IDT）

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12h+12h 循环）（GB/T 2423.4—2008 IEC 60068-2-30:2005, IDT）

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Fc 振动（正弦）（GB/T 2423.10—2008 IEC 60068-2-6:1995, IDT）

GB/T 2423.22 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验 N：温度变化试验方法（GB/T 2423.22—2012 IEC 60068-2-14:2009, IDT）

GB 3096 声环境质量标准

GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）（GB 4208—2008 IEC 60529:2001, IDT）

GB/T 4585 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验（GB/T 4585—2004 IEC 60507:1991, IDT）

GB/T 6115.1—2008 电力系统用串联电容器 第 1 部分：总则（IEC 60143-1:2004, MOD）

GB/T 6115.2—2002 电力系统用串联电容器 第 2 部分：串联电容器组用保护设备（IEC 60143-2:1994, IDT）

GB/T 6115.3—2002 电力系统用串联电容器 第 3 部分：内部熔丝（IEC 60143-3:1998, IDT）

GB/T 7261—2008 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB 7947 人机界面标志标识的基本和安全规则 导体颜色或字母数字标识（GB 7947—2010 IEC 60446:2007, IDT）

GB/T 8287.1—2008 标称电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子 第 1 部分：瓷或玻璃绝缘子的试验（IEC 60168:2001, MOD）

- GB/T 9361—2011 计算机场地安全要求
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求 (IEC 62271-1:2007, MOD)
- GB 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器 (IEC 60099-4:2006, MOD)
- GB/T 11287—2000 电气继电器 第 21 部分: 量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第 1 篇 振动试验 (正弦) (IEC 255-21-1:1988, IDT)
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验 (IEC 255-21-2:1988, IDT)
- GB/T 14598.3 电气继电器 第 5 部分: 量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验 (GB/T 14598.3—2007 IEC 60255-5:2000, IDT)
- GB/T 14598.18 电气继电器 第 22-5 部分: 量度继电器和保护装置的电气骚扰试验—浪涌抗扰度试验 (GB/T 14598.18—2007 IEC 60255-22-5:2002, IDT)
- GB/T 14598.19 电气继电器 第 22-7 部分: 量度继电器和保护装置的电气骚扰试验—工频抗扰度试验 (GB/T 14598.19—2007 IEC 60255-22-7:2003, IDT)
- GB/T 14598.20—2007 电气继电器 第 26 部分: 量度继电器和保护装置的电磁兼容要求 (IEC 60255-26:2004, IDT)
- GB 14598.27—2008 量度继电器和保护装置 第 27 部分: 产品安全要求 (IEC 60255-27:2005, MOD)
- GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分: 一般定义及试验要求 (IEC 60060-1:2010, MOD)
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验 (GB/T 17626.2—2006 IEC 61000-4-2:2001, IDT)
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验 (GB/T 17626.3—2006 IEC 61000-4-3:2002, IDT)
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 (GB/T 17626.4—2008 IEC 61000-4-4:2004, IDT)
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度 (GB/T 17626.6—2008 IEC 61000-4-6:2006, IDT)
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验 (GB/T 17626.8—2006 IEC 61000-4-8:2001, IDT)
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验 (GB/T 17626.9—2011 IEC 61000-4-9:2001, IDT)
- GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验 (GB/T 17626.10—1998 IEC 61000-4-10:1993, IDT)
- GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验 (GB/T 17626.12—1998 IEC 61000-4-12:1995, IDT)
- GB/T 17626.29 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验 (GB/T 17626.29—2006 IEC 61000-4-29:2000, IDT)
- GB/T 19519—2004 标称电压高于 1000V 的交流架空线路用复合绝缘子—定义、试验方法及验收准则 (IEC 61109:1992, MOD)
- GB/T 19520.12 电子设备机械结构 482.6mm (19in) 系列机械结构尺寸 第 3-101 部分: 插箱及其插件 (GB/T 19520.12—2009 IEC 60297-3-101:2004, IDT)
- GB/Z 24837—2009 1100kV 高压交流隔离开关和接地开关技术规范

GB/Z 24842 1000kV 交流输变电工程过电压和绝缘配合

GB/T 26218.1 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第1部分：定义、信息和一般原则 (GB/T 26218.1—2010 IEC/TS 60815-1:2008, MOD)

GB/T 26218.2 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第2部分：交流系统用瓷和玻璃绝缘子 (GB/T 26218.2—2010 IEC/TS 60815-2:2008, MOD)

GB/T 26218.3 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第3部分：交流系统用复合绝缘子 (IEC/TS 60815-3:2008, MOD)

GB/T 28565—2012 高压交流串联电容器用旁路开关 (IEC 62271-109:2008, MOD)

DL/T 365 串联电容器补偿装置 控制保护系统现场检验规程

DL/T 366 串联电容器补偿装置 一次设备预防性试验规程

DL/T 478—2010 继电保护和安全自动装置通用技术条件

DL/T 840—2003 高压并联电容器使用技术条件

DL/T 871—2004 电力系统继电保护产品动模试验

DL/T 5149—2001 220~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程

JB/T 3567 高压绝缘子无线电干扰试验方法 (JB/T 3567—1999 IEC 60437:1997 IDT)

JB/T 4307 绝缘子胶装用水泥胶合剂

JB/T 8177 绝缘子金属附件热镀锌层 通用技术条件

JB/T 9674 超声波探测瓷件内部缺陷

3 术语和缩略语

3.1 术语

DL/T 365、DL/T 366、GB/T 6115.1、GB/T 6115.2、GB/T 6115.3 和 GB/T 28565 界定的以及下列术语适用于本文件。

3.1.1 强迫停运 forced outage

由于串补装置自身问题引起的，必须立即停止运行、进行处理造成的停运。

3.1.2 停运时间 outage duration

从串补装置退出运行时刻起至再投入运行时刻的持续时间。

3.1.3 等效停运时间 equivalent outage duration

对于分段运行的串补装置，如串补装置仍有部分输出，则按该次的停运容量折算到额定容量的停运时间。

3.1.4 等效年可用率 equivalent annual available factor

串补装置的等效年可用率 EAAF 为

$$EAAF = \left(1 - \frac{\text{等效停运时间}}{8760} \right) \times 100\% \quad (1)$$

3.1.5 (金属氧化物限压器的) 均流系数 even factor of (MOV) current

并联的金属氧化物限压器电阻片柱 (或单元) 之间流过的最大电流与平均电流之比。

3.1.6 串补度 degree of series compensation

线路的串联补偿度 k 为

$$k = \left(\frac{X_c}{X_L} \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中：

X_c ——串联电容器的容抗；

X_L ——串联电容器所在输电线路的正序感抗的总和。

3.1.7 分组 **division of banks**

将串补装置分成多组布置在输电线路的不同地点。

3.1.8 区内故障 **internal fault**

发生在串补装置所在线路两端的线路断路器之间的故障。

3.1.9 区外故障 **external fault**

发生在串补装置所在线路两端的线路断路器及之外的所有故障。

3.1.10 金属氧化物限压器 **metal oxide varistor (MOV)**

由电阻值与电压呈非线性关系的电阻组成的电容器过电压保护设备，简称限压器。

3.1.11 额定耐受爆破能量 **rated endurance bursting energy**

电容器内部发生极间或极对壳击穿时，电容器单元能耐受的不引起外壳和套管破裂的最大能量。

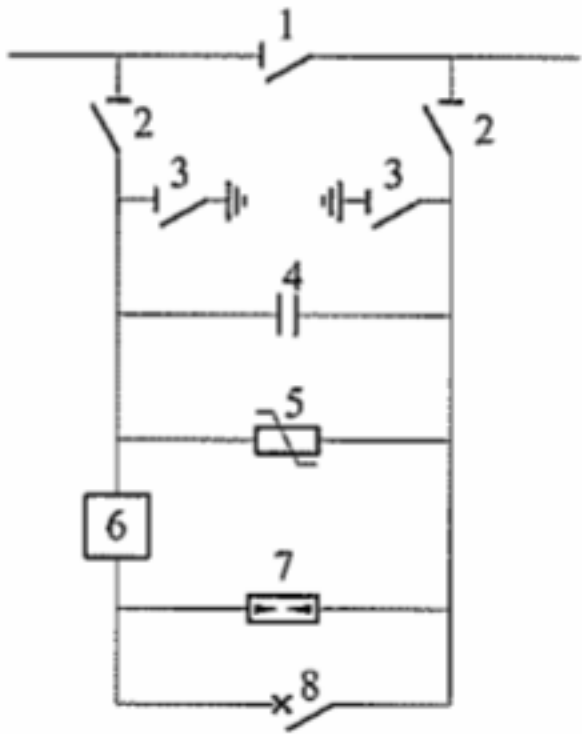
3.2 缩略语

| | | |
|-----|----------------------------|----------|
| CT | Current transformer | 电流互感器 |
| FSC | Fixed series capacitor | 固定串联电容器 |
| IP | International protection | 国际防护 |
| MOV | Metal oxide varistor | 金属氧化物限压器 |
| OC | Open close | 分合操作 |
| PCB | Polychlorinated biphenyl | 多氯联苯 |
| SOE | Sequence of event | 事件顺序记录 |
| SSR | Sub-synchronous resonance | 次同步谐振 |
| TRV | Transient recovery voltage | 瞬态恢复电压 |

4 基本型式

4.1 电气主接线

- a) 固定串补装置的典型电气主接线如图 1 所示；
b) 当所要求的串补装置容量过大时，可分段配置。



1—旁路隔离开关；2—串联隔离开关；3—接地开关；4—串联电容器组；
5—限压器；6—阻尼装置；7—间隙；8—旁路开关

图 1 固定串补装置的典型电气主接线图

4.2 分组

串补装置可集中放置，也可分组放置在输电线路的两端。

4.3 分段

为提高经济性，串补装置不宜分段。如串补装置额定电压过高，可分段。

5 使用环境条件

5.1 正常使用环境条件

串补装置的正常使用环境条件见表 1。

表 1 串补装置的正常使用环境条件

| 序号 | 名 称 | | 单位 | 标准参数值 |
|----|---------|----------|-------------------|-------|
| 1 | 周围空气温度 | 最高气温 | ℃ | +40 |
| | | 最低气温 | | -25 |
| | | 最大日温差 | K | 25 |
| 2 | 海拔 | | m | ≤1000 |
| 3 | 太阳辐射强度 | | W/cm ² | 0.1 |
| 4 | 污秽等级 | | | III |
| 5 | 覆冰厚度 | | mm | 10 |
| 6 | 最大风速 | | m/s | 34 |
| 7 | 湿度 | 日相对湿度平均值 | % | ≤95 |
| | | 月相对湿度平均值 | | ≤90 |
| 8 | 地震水平加速度 | | | 0.2g |

注：风速指离地面 10m 高、100 年一遇的 10min 平均最大风速。

5.2 测量、控制保护系统的正常工作条件

- a) 不应有超过 11.4 条规定的电磁干扰存在；
- b) 场地应符合 GB/T 9361—2011 中 B 类安全要求的规定；
- c) 使用地点不应出现超过 GB/T 11287—2000 规定的严酷等级为 1 级的振动；
- d) 应无爆炸危险的介质，周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面涂覆层的介质及导电介质，不应有明显的水气；
- e) 应有防御雨、雪、风、沙的设施；
- f) 接地应符合 DL/T 5149—2001 中 11 条的规定。

5.3 特殊使用环境条件

超出表 1 中标准参数值的、不满足 5.2 条中约定的或其他定制要求的属于特殊使用条件。

6 额定参数的选择

6.1 串补度

- a) 串补装置宜应用在长距离输电线路路上以改善系统稳定性和电压波动，也可应用于短距离输电线路路上以平衡潮流分布。
- b) 应明确串补装置满足未来运行要求的程度。
- c) 串补度应在以下系统分析的基础上选择：
 - 枢纽变电站的电压；
 - 沿线路的电压分布；
 - 系统稳定性要求；

——并联线路的功率潮流分配。

- d) 如串补装置应用在汽轮发电机组的送出通道上, 应校核次同步谐振 (SSR) 风险。
- e) 对于几条并联线路, 串补度的选择宜避免不均匀的潮流分布。
- f) 串补度宜为 20%~80%。

6.2 额定容抗

- a) 确定串补度后, 根据串补装置所在输电线路正序感抗的总和可计算出串补装置的额定容抗;
- b) 各相换位的输电线路, 串补装置的各相容抗应相等;
- c) 没换位的输电线路, 加装相同容抗的串补装置后会增大不平衡度, 应仔细考虑每相额定容抗的选择;
- d) 当输电线路存在三相不平衡时, 可适当调整各相额定容抗进行平衡。

6.3 额定电流

6.3.1 连续电流、故障电流和摇摆电流

应明确串联电容器组处于接入状态下和被旁路状态下的连续电流、故障电流和摇摆电流的大小。

图 2 举例说明这几个电流及其相应的持续时间。

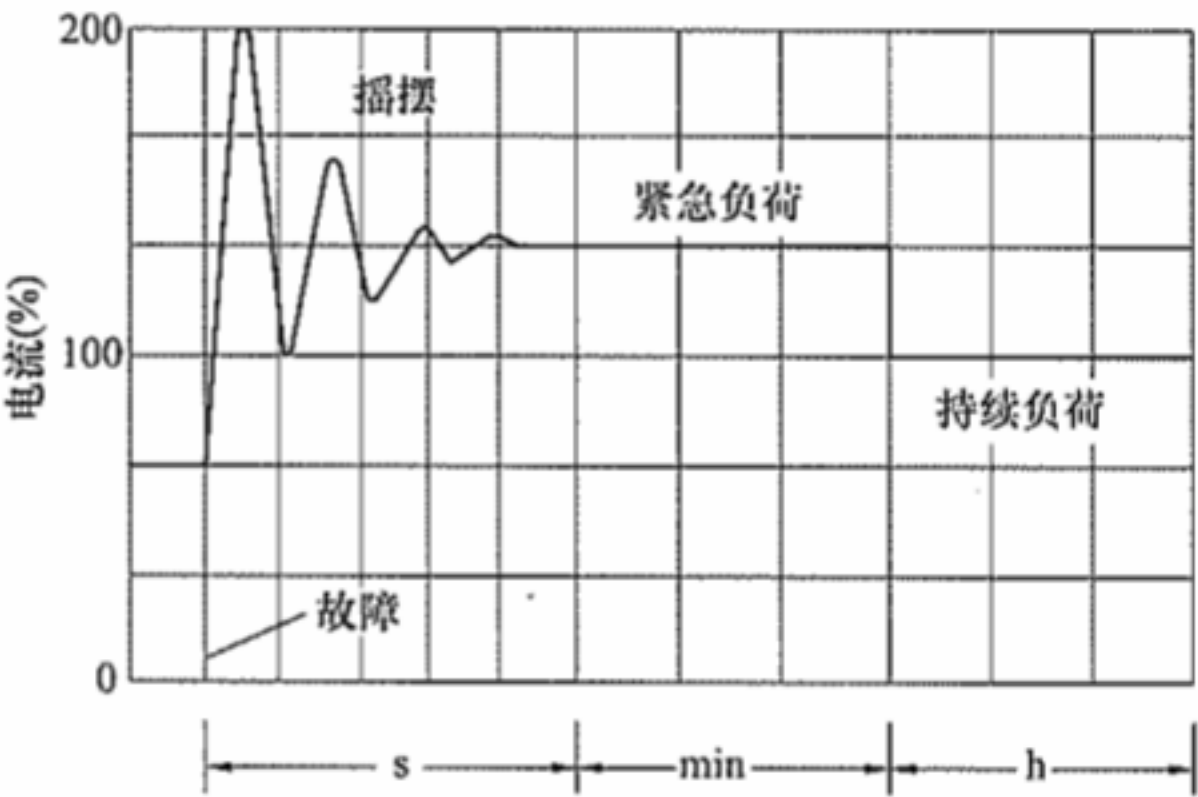


图 2 在故障和失去并联线路后, 串联电容器组接入过程中典型的电流-时间曲线 (未给出故障电流)

6.3.2 耐受过负荷和摇摆电流的能力

- a) 串联电容器组应满足表 2 所示的过电流能力要求;
- b) 应在分析电力系统需求的基础上, 确定串联电容器组的各种电流的典型值;
- c) 可通过闭合旁路开关来避免串联电容器组的过负荷超过规定值。

表 2 1000kV 串补装置串联电容器组的过电流能力要求

| 电 流 | 典型的持续时间 | 典型的过负荷值 |
|-----------|--------------|------------------|
| 额定电流 | 连续 | 1.00p.u. |
| 1.10×额定电流 | 每 12h 中 8h | 1.10p.u. |
| 1.20×额定电流 | 每 8h 中 2h | 1.20p.u. |
| 1.35×额定电流 | 每 6h 中 30min | 1.35p.u. |
| 1.50×额定电流 | 每 2h 中 10min | 1.50p.u. |
| 摇摆 | 1s~10s | 1.70p.u.~2.0p.u. |

注: 所列的每一个类别是以串联电容器组额定值的倍数表示电流的典型过负荷值和典型持续时间。

6.3.3 额定电流、紧急过负荷电流和摇摆电流的确定

- a) 宜根据以下原则确定串补装置的串联电容器组额定电流及过负荷能力：
 - 根据近远景电网规划，按照电力系统安全稳定导则等要求，确定串补的正常输送功率以及电力系统故障、异常时串补装置的紧急输送功率；
 - 串联电容器组的额定电流应大于最大正常功率输送所需的电流值。在此基础上，应合理利用串联电容器组的过负荷能力适应故障、异常时紧急功率输送的需要。
- b) 宜根据以下原则确定串补装置的串联电容器组摇摆电流：
 - 可用暂态稳定计算确定摇摆电流，对可能在串联电容器组中产生最大摇摆电流的故障和电力系统紧急情况进行分析，着重考虑并联回路的退出。
 - 应对摇摆电流的幅值和波形做出详细的规定。如这个电流低于串联电容器组额定电流的1.7p.u.，则其对串联电容器组设计的影响较小，如高于1.7p.u.，则会对设计有较大影响。

7 过电压与基本设计

7.1 过电压

- a) 应明确区内、区外故障持续期间和故障后对设备的要求；
- b) 应明确过电压保护设备的类型；
- c) 过电压保护设备应能限制所有系统故障和规定的其他条件下产生的工频电压峰值；
- d) 串联电容器组应能耐受住由过电压保护装置限定的电压和规定的电压；
- e) 可明确串联电容器组的保护水平。

7.2 动作时序要求

- a) 应明确规定串补装置的动作时序要求，附录A中的表A.2～表A.5给出了1000kV串补装置的典型动作时序要求；
- b) 区外故障时，间隙和旁路开关不应动作，不应旁路串联电容器组；
- c) 区内故障时，间隙和旁路开关可动作，可旁路串联电容器组；
- d) 故障持续时间应考虑线路断路器单相拒动的影响；
- e) 当限压器电流或能耗等达到整定值，可发间隙触发和旁路开关合闸命令。

7.3 基本设计

- a) 应建立串补装置所在电力系统及串补装置的电磁暂态模型，计算各种运行及故障条件下串补装置主设备的工作条件，明确串补装置主接线方案与串联电容器组、限压器、间隙、旁路开关、阻尼装置等主设备的关键参数，确定串补装置的绝缘水平，形成串补基本设计报告或设备规范；
- b) 应分别确定串补装置不同运行方式中的串联电容器组、阻尼装置、限压器、旁路开关、隔离开关耐受电压和电流的技术要求；
- c) 如系统中有连续谐波电流，应计及这一影响。

8 系统应用中需考虑的其他事项

8.1 对潜供电流的影响

串补装置可能增加潜供电流的暂态分量，降低线路断路器单相重合闸成功的概率。可采取线路断路器与串补装置旁路联动措施以加速潜供电流的熄弧，满足系统自动重合闸的要求。

8.2 对串补线路工频电压沿线分布的影响

- a) 系统沿线电压不应高于系统允许最高运行电压；
- b) 串补线路工频电压沿线分布分析时，应考虑：
 - 线路潮流；
 - 线路的正序和零序参数；

- 导线型号、导线分裂型式、塔杆尺寸、地线型号、接地方式、导线换位方式等；
- 线路两侧高压并联电抗器及其中性点配置方式（如有）；
- 应计及双回线或多回线之间的耦合作用（如适用）。

8.3 对线路两侧断路器瞬态恢复电压影响

串补装置对线路两侧的线路断路器瞬态恢复电压影响分析时，应考虑：

- a) 系统的允许方式；
- b) 高压并联电抗器及其中性点配置（如有）；
- c) 故障形式及位置；
- d) 过电压保护措施。

8.4 与高压电抗装置的配置适应性

- a) 串补装置可安装于高压电抗装置的母线侧，应校核沿线和母线电压分布；
- b) 串补装置可安装于高压电抗装置的线路侧，应采用保护联动策略限制潜供电流的暂态分量，即线路继电保护系统发出线路断路器跳闸信号的同时，命令串补旁路开关按相合闸。

8.5 次同步谐振风险与抑制策略

- a) 装设串补装置时，应对电力系统中汽轮发电机组发生次同步谐振的风险进行分析；
- b) 设计、规划阶段应先考虑避免次同步谐振风险的可行措施，必要时可采用晶闸管控制串联电容器（可控串补）或可控串补和固定串补的组合；
- c) 检测到次同步谐振后，可旁路串补装置。

8.6 对线路继电保护的影响

- a) 应对串补装置接入可能干扰系统保护的问题给予注意，尤其是对阻抗保护的影响；
- b) 应采用适应串补装置的线路保护。

9 通用技术要求

9.1 可用率和寿命

- a) 串补装置的每年强迫停运次数不应大于 1 次；
- b) 对于强迫停运，串补装置的等效年可用率不应小于 99%；
- c) 串补装置二次设备的寿命应大于 20 年；
- d) 串补装置一次设备的寿命应大于 40 年。

9.2 电晕和噪声

- a) 在 1.1 倍最高相电压下，屋外晴天夜晚应无可见电晕；
- b) 串补装置中各设备应进行合理设计和布置，使串补装置的可听噪声水平满足 GB 12348 和 GB 3096 中的规定。

9.3 场强

串补装置围栏外的静电感应场强水平（离地 1.5m 空间场强）不宜超过 10kV/m，少部分地区可不超过 15kV/m。

9.4 绝缘水平

- a) 串补装置的隔离开关、旁路开关、光纤柱、支柱绝缘子、斜拉绝缘子等设备对地的绝缘水平，应满足 GB/Z 24842 中的规定；
- b) 串联电容器组、旁路开关断口间、间隙等设备的绝缘水平，应根据串补装置的保护水平确定；
- c) 旁路隔离开关断口间的绝缘水平不应低于 GB/T 11022—2011 的 4.3 条表 2 中额定电压为 550kV 所对应的额定绝缘水平。

9.5 安全净距

- a) 1000kV 平台、支柱绝缘子、隔离开关及旁路开关的最小安全净距不应小于表 3 所列数值；

表 3 1000kV 串补装置最小安全净距 m

| 符号 | 适 用 范 围 | | 安全净距 |
|--|---|-----------|-------|
| A_1' | 1. 分裂导线至接地部分之间。 2. 管形母线至接地部分之间 | | 6.80 |
| A_1'' | 均压环至接地部分之间 | | 7.50 |
| A_2 | 带电导体相间 | 分裂导线至分裂导线 | 9.20 |
| | | 均压环至均压环 | 10.10 |
| | | 管形母线至管形母线 | 11.30 |
| B_1 | 1. 带电导体至栅栏。 2. 运输设备外轮廓线至带电导体。 3. 不同时停电检修的垂直交叉导体之间 | | 8.25 |
| B_2 | 网状遮栏至带电部分之间 | | 7.60 |
| C | 带电导体至地面 | 单根管形母线 | 17.50 |
| | | 分裂架空导线 | 19.50 |
| D | 1. 不同时停电检修的两平行回路之间水平距离。 2. 带电导体至围墙顶部。 3. 带电导体至建筑物边缘 | | 9.50 |
| 注 1: 表中数据为海拔 1000m 时的安全净距。 注 2: 交叉导体之间需要同时满足 A_2 和 B_1 的要求。 注 3: 平行的导体之间需要同时满足 A_2 和 D 的要求。 注 4: 当考虑带电作业时, 人体活动半径取 0.75m。 | | | |

- b) 当海拔小于 1000m 时, 相应设备的最小安全净距不应小于表 3 所列数值;
- c) 当海拔大于 1000m 时, 宜按照 GB 311.1—2012 的 3 条中原则选用海拔校正因数;
- d) 平台上设备间的安全净距应按其绝缘水平确定。

9.6 防锈和热镀锌

- a) 除有色金属之外, 所有外露金属部件均应热镀锌、渗锌或其他更好的防锈措施;
- b) 镀锌层应满足表 4 中的要求。

表 4 镀锌层要求

| 名 称 | 镀件厚度 mm | 镀锌 g/m ² | | 形成时间 min/次 |
|-----------|------------|------------------------|------|---------------|
| | | 平均值 | 最小值 | |
| 成型件和板 | >6 | >700 | >610 | >7 |
| 成型件和板 | <6 | >610 | >550 | >6 |
| 螺栓、螺母和垫片等 | | >470 | >400 | >5 |

10 一次主设备及其基本要求

10.1 电容器

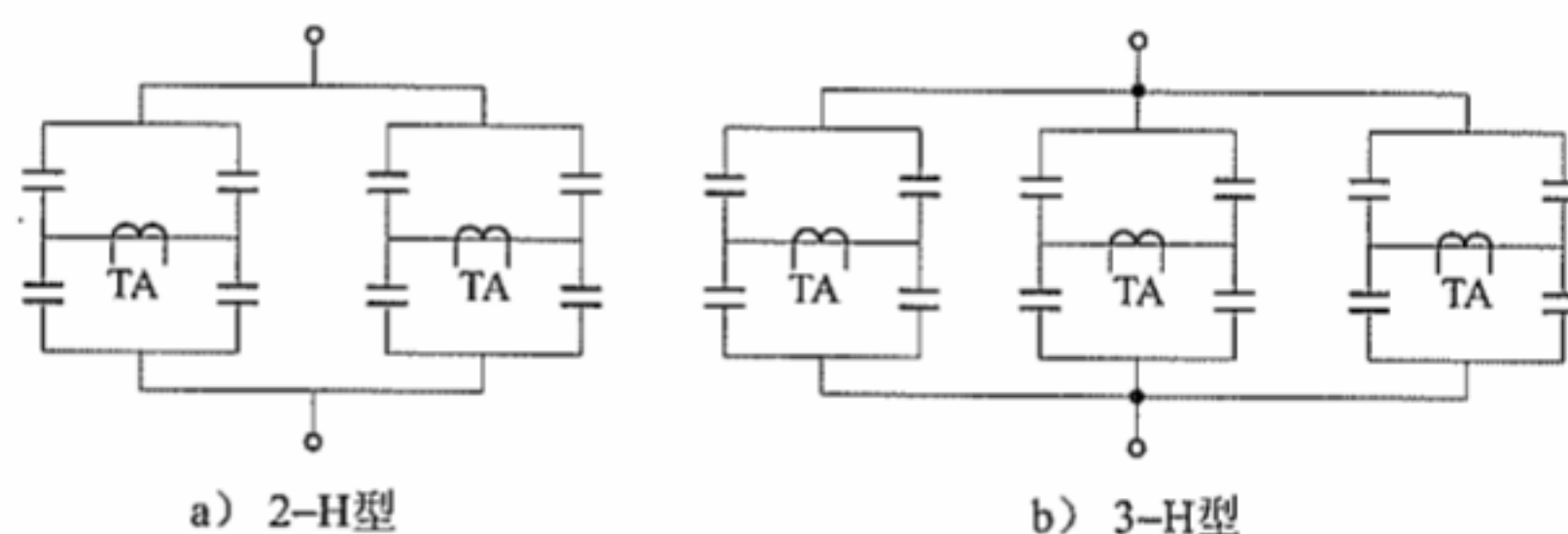
10.1.1 通用要求

- a) 宜采用容量为 500kvar 以上的内熔丝电容器单元;

- b) 电容器单元宜按双套管设计;
- c) 电容器单元和套管的绝缘水平按照串联电容器组绝缘水平计算后, 宜按 GB/T 6115.1—2008 中 6.1.3.4 条提高一个等级;
- d) 电容器单元的极间固体介质宜采用全膜介质, 液体介质不应含 PCB;
- e) 电容器单元应具有可互换性, 在铭牌中应标明电容实测值, 并可标明偏差等级;
- f) 每一个电容器单元内应有放电电阻, 在断开电源后的 10min 内, 使电容器单元剩余电压从 $\sqrt{2} U_N$ 降到 75V 或更低;
- g) 20℃时, 额定电压下测得电容器单元损耗不应超过 0.20W/kvar;
- h) 电容器单元的额定耐受爆破能量不应小于 15kJ, 可通过电容器的接线等保证注入故障电容器单元的最大能量应小于 15kJ;
- i) 串联电容器组的单相电容偏差应为-1%~1%, 电容器单元的电容偏差应为-2%~2%;
- j) 串联电容器组应能承受额定连续电流、系统摇摆电流、应急负荷、电力系统故障和某些应用条件下的谐波电流;
- k) 串联电容器组的过流能力应满足表 2 的要求。

10.1.2 电容器组典型接线

- a) 宜采用 2-H 型接线和 3-H 型接线, 如图 3 中的 a) 和 b) 所示;
- b) 对于 2-H 型接线和 3-H 型接线, 电容器的不平衡保护宜采用双桥差不平衡电流保护和三桥差不平衡电流保护。



TA—电容器组不平衡电流互感器

图 3 电容器组典型接线方式

10.1.3 电容器单元典型接线

- a) 电容器单元宜采用花式结构接线, 电容器花式结构的接线单位是一个两串两并结构、两串三并结构、三串两并结构或三串三并结构 (如图 4 所示);
- b) 可依据串联段数和并联台数是奇数还是偶数, 决定采用相应的接线单位或接线单位的组合;
- c) 接线单元宜采用两串两并结构。

10.1.4 绝缘水平

- a) 串联电容器组对平台的绝缘水平应根据过电压保护装置的保护水平来确定。
- b) 绝缘水平可使用公式 (3) 计算得出, 适用于跨接整个段的绝缘

$$U_{ipf} \geq 1.2U_{pl}/\sqrt{2} \quad (3)$$

式中:

U_{ipf} ——工频湿耐受电压 (有效值);

U_{pl} ——保护水平的峰值电压。

- c) 对于段内部 (见图 5) 的绝缘, 可按比例分配段内的保护水平。

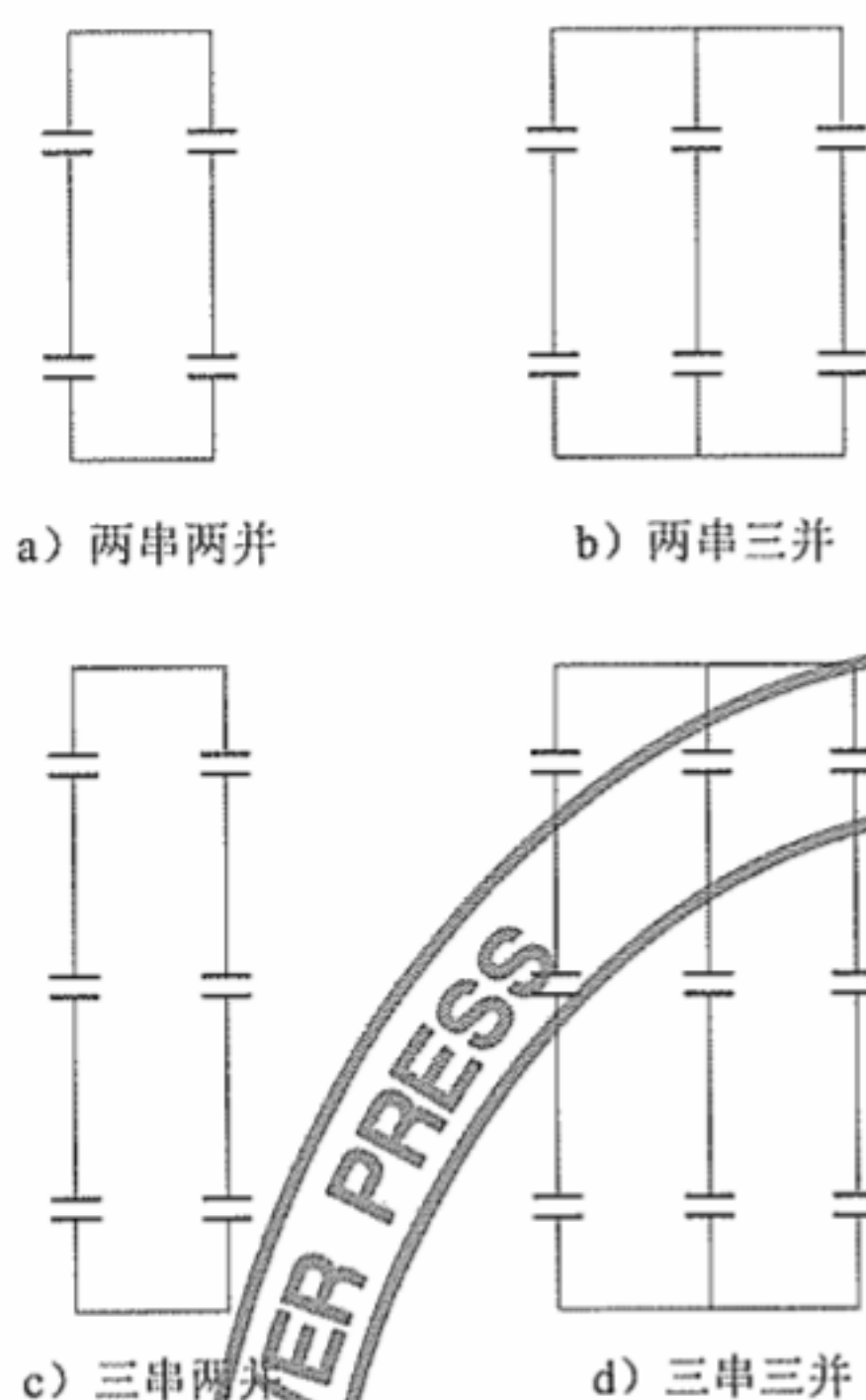


图4 电容器单元花式结构接线单位

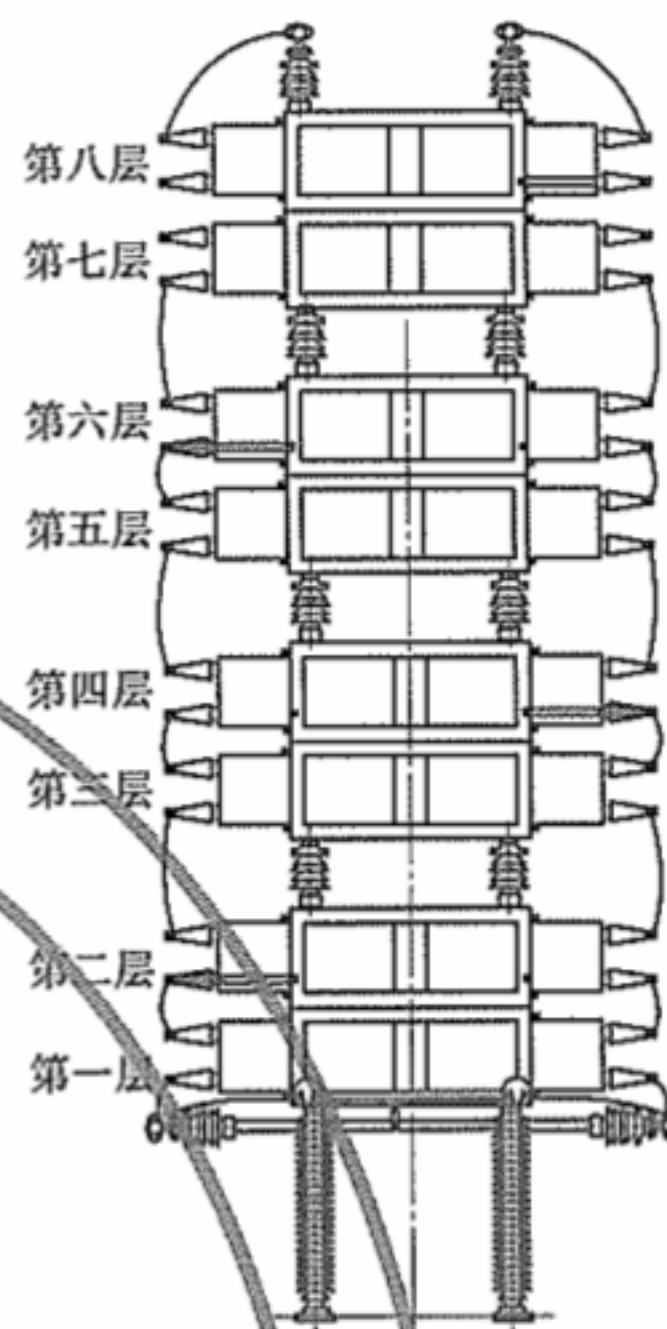


图5 电容器塔

10.1.4.1 电容器单元

电容器单元的端子与箱壳之间应能耐受公式(4)或公式(5)给出的工频电压中的较高值

$$U_{ipf(n)} \geq U_{ipf} \times n/s \quad (4)$$

$$U_{ipf(n)} \geq 2.5 \times n \times U_N \quad (5)$$

式中:

U_N ——电容器单元的额定电压;

s ——所在段中电容器单元的总的串联数;

n ——相对于与箱壳连接的金属台架的电容器单元的串联数(例如,在一个金属台架上放有6台串联连接的电容器单元,其中点接台架,这时, $n=3$)。

注1: $U_{ipf(n)}$ 指电容器单元的端子与箱壳间的绝缘耐受电压。

注2: 电容器单元端子间的试验电压应经受 $1.7U_{lim}$, 即 $1.2 \times \sqrt{2} \times U_{lim}$ 直流电压试验。试验电压值不应低于 $4.3U_N$, 试验的持续时间为10s。试验过程中不应发生击穿和闪络。电容器复试时, 复试电压可为 $0.75U_i$ (U_i 为初次试验电压)。

10.1.4.2 电容器支架

任何相邻电容器支架之间的绝缘子, 例如电容器支架之间用支柱绝缘子都应耐受公式(4)和公式(5)给出的工频耐受电压, 并应采用公式(4)和公式(5)中的较高值。在此场合, n 对应于可跨接在该绝缘间隔间的单元串联数。

10.2 限压器

- 限压器应能承受串补装置正常及过负荷运行条件下的电压, 其过电压水平应考虑电容器组在电力系统各种故障条件下出现的最高峰值电压;
- 限压器外套的工频湿耐受电压峰值不应低于1.2倍的保护水平;
- 限压器的额定吸收能量不应低于设计要求;
- 每个平台应有MOV冗余单元, 冗余单元的总容量不应小于额定能量的10%, 且不少于3个

MOV 单元;

- e) 并联在一起使用的每个限压器电阻柱的伏安特性应一致;
- f) 所在段中的每个限压器电阻柱之间的均流系数应小于 1.1;
- g) 限压器宜布置成两个支路并联运行;
- h) 限压器宜采用免维护设计, 应密封在绝缘外套中;
- i) 限压器应装设压力释放装置, 在外壳不爆裂的前提下能安全释放外套内由于故障引起的高压力;
- j) 限压器的大电流压力释放能力不应低于 63kA/0.2s。

10.3 间隙

- a) 间隙的自触发电压应高于限压器的过电压保护水平, 且安全裕度不宜低于 1.1;
- b) 间隙的触发动作不应受温度、湿度、大气压力、电磁干扰等外界环境因素的影响;
- c) 间隙距离应可调节, 以适应各种运行工况;
- d) 间隙的故障电流通流能力应满足 63kA/0.2s/5 次或 63kA/0.5s/1 次的要求;
- e) 在通过 63kA/50ms 的故障电流后, 间隔 500ms 时, 间隙应至少能耐受 1.8p.u. 的电压;
- f) 从收到间隙触发信号至主间隙击穿的时间不应大于 1.0ms;
- g) 间隙的最小可靠触发电压不应大于 1.8p.u.;
- h) 每套间隙应配备两套完全独立的间隙触发回路;
- i) 间隙触发装置宜对间隙触发回路状态进行监测, 并把状态信息实时发送给地面控制保护系统。

注: 本标准仅涉及强制触发型间隙。

10.4 电流互感器

- a) 电流互感器应能承受故障电流和电容器组放电产生的冲击电流之和的热应力和机械应力;
- b) 装于串补平台的电流互感器, 其绝缘水平应符合 GB/T 6115.1 的相关规定;
- c) 测量用电流互感器的精度不宜低于 0.2 级;
- d) 保护用电流互感器的精度不宜低于 5P;
- e) 对电容器组采用 H 桥接线的不平衡电流互感器, 应满足 c) 和 d), 且测量精度应与保护灵敏度相配合;
- f) 同时用于测量和保护, 应满足 c) 和 d);
- g) 取能用电流互感器的额定输出的标准值应确保在规定条件下能满足能量供给需求。

10.5 光纤柱

- a) 光纤柱宜采用复合型外绝缘, 并悬挂安装;
- b) 送能光纤和数据光纤宜选用 62.5/125 μ m 多模通信光纤;
- c) 光缆与光纤柱宜采用熔接的方式进行连接 (如需要);
- d) 光纤数的冗余度不应低于 100%;
- e) 光纤两端之间的光损耗不应大于 0.5dB。

10.6 阻尼装置

- a) 阻尼装置应能限制电容器组放电电流在电容器组、旁路开关和间隙的耐受能力范围内;
- b) 阻尼装置应能快速泄放电容器组残余电荷, 以减少对线路断路器恢复电压的影响;
- c) 阻尼装置应能承受规定的线路电流与过负荷电流, 还应能耐受线路故障电流和电容器组放电电流的联合作用, 且具有足够的机械强度和电稳定性;
- d) 阻尼装置应使最大的故障电流与高频放电电流共同作用时低于 170kA;
- e) 阻尼装置宜使电容器放电电流第二个频率周期幅值衰减到第一个频率周期同极性幅值的 50% 以内;

- f) 阻尼装置宜使放电电流频率避开直流输电特征谐波频率 ($6n \pm 1$);
- g) 阻尼装置宜由阻尼电抗器和阻尼电阻器并联而成, 阻尼电阻器由线性电阻和开关元件串联而成, 开关元件宜为间隙和金属氧化物限压器;
- h) 开关元件为金属氧化物限压器时, 结构上可与线性电阻做成一个整体;
- i) 阻尼装置电抗器宜采用单相、干式、空心、不带分接、户外安装的电抗器;
- j) 阻尼装置电阻器宜采用单相、户外安装的电抗器。

10.7 旁路开关

- a) 旁路开关应能关合电容器组高频放电电流和线路的故障电流;
- b) 旁路开关应能开断重投入电流;
- c) 旁路开关可不开断线路的故障电流;
- d) 旁路开关的断口绝缘宜与串联电容器组保护水平相对应, 对地绝缘应与系统电压水平相对应;
- e) 旁路开关应能实现快速自动重分闸及防止分闸跳跃;
- f) 旁路开关宜选用瓷柱式;
- g) 旁路开关应具有很高的合闸可靠性, 应具有双合闸线圈;
- h) 旁路开关的合闸时间应小于 35ms;
- i) 旁路开关的额定操作顺序宜为 C—0.3s—OC—3min—OC。

注: C 表示一次合闸操作; OC 表示一次分闸操作后立即 (即无任何故意的时延) 进行合闸操作。

10.8 隔离开关

- a) 隔离开关应满足 GB/Z 24837—2009 和 GB/T 6115.2—2002 的相关规定;
- b) 旁路隔离开关应具有足够的转换电流开合能力, 转换电流不应低于串联电容器组被旁路情况下线路电流, 转换电压不应低于转换电流和阻尼电抗器额定阻抗的乘积;
- c) 旁路隔离开关断口绝缘可按照电容器组保护水平选择, 在这种情况下通常低于对地绝缘水平;
- d) 串联隔离开关和旁路隔离开关宜为敞开式隔离开关;
- e) 串联隔离开关可为常规隔离开关, 串补装置侧应设置接地开关, 接地开关可无短路关合及感应电流开合能力。

10.9 平台、支柱绝缘子和斜拉绝缘子

10.9.1 平台及布置

- a) 串补装置宜采用支持式平台, 且宜避开线路正下方布置;
- b) 串补装置四周应设置围栏;
- c) 串补平台带电运行时, 围栏门应闭锁;
- d) 平台上的主设备如电容器组、间隙、限压器、阻尼装置等宜分类集中布置;
- e) 平台应设置护栏、护栏门、绝缘扶手等;
- f) 平台护栏应采用整体全封闭设计;
- g) 每个平台应配置爬梯, 爬梯与平台应有电气闭锁, 爬梯宜采取可转动方式;
- h) 旁路开关宜布置在平台的端头;
- i) 平台的布置间距应满足安全净距要求, 并便于施工安装、运行及检修;
- j) 平台在 $1100/\sqrt{3} \times 1.1\text{kV}$ 电压下, 户外晴天夜晚应无可见电晕;
- k) 平台对地工频耐受电压不应小于 1100kV;
- l) 平台对地雷电冲击耐受电压不应小于 2400kV (见 GB/T 16927.1—2011 中 7 条);
- m) 可配置检修用的吊装设备。

10.9.2 平台的受力和抗震

- a) 平台结构的固有频率应与设备的固有频率错开 2Hz 以上;
- b) 任一只支柱绝缘子失效时平台应仍能保证强度和稳定;
- c) 平台基础应连成整体, 应将不均匀沉降控制在 10mm 以内;
- d) 平台设计时应考虑各种工况的荷载, 包括自重荷载、风荷载、地震荷载、雪荷载或覆冰荷载等, 并应考虑上述荷载的组合;
- e) 平台质量和刚度宜均匀布置, 避免第一阶振型为扭转振型;
- f) 支柱绝缘子和斜拉绝缘子的安全系数在环境条件下应大于 2.5 (不包括地震影响), 在地震作用下安全系数应大于 1.67;
- g) 宜合理选用减震装置, 降低平台的地震反应;
- h) 串补装置安装处的抗震设防烈度为 8 度及以上时, 抗震设防标准宜按 9 度考虑;
- i) 串补设备在施加地震载荷期间或之后, 设备的功能应正常且可运行。

10.9.3 绝缘子

- a) 支撑平台的支柱绝缘子应按爬电距离、机械载荷等技术条件进行选择;
- b) 支柱绝缘子的最小抗压强度宜不小于 1200kN;
- c) 支柱绝缘子应满足各种可能的工况及 GB/T 8287.1 的要求;
- d) 支柱绝缘子的爬电系数、外形系数、直径系数以及表示伞裙形状的参数应符合 GB/T 26218.1、GB/T 26218.2 和 GB/T 26218.3 标准中的规定;
- e) 支柱绝缘子宜采用大小伞结构;
- f) 支柱绝缘子胶装剂应符合 JB/T 4307 的规定, 胶装剂表面应涂有硅橡胶密封;
- g) 斜拉绝缘子的最小失效荷载应为 600kN 拉力。

11 测量、控制保护及其基本要求

11.1 电源

- a) 应有两回独立的交流电源, 应满足 11.1.1 条中的要求, 且应明确相应的功率要求;
- b) 两路交流电源不应能相互切换, 正常时两路应全部供电;
- c) 两路直流电源应完全独立, 应满足 11.1.2 条中的要求, 且应明确相应的功率要求;
- d) 正常试验大气条件下, 直流电源在 11.1.2 条中规定范围内变化时, 控制保护应可靠工作;
- e) 按 GB/T 7261—2008 中 10.4.4 条的规定进行直流电源中断试验, 中断时间为 200ms。在试验过程中, 控制保护不应误动作;
- f) 直流电源瞬时加上或瞬时断开, 直流电源缓慢上升或缓慢下降时, 控制保护均不应误动作或误发信号。当直流电源恢复正常后, 控制保护应自动恢复正常工作;
- g) 串补平台上控制保护及测量系统所需要电源可通过光纤由控制保护系统地面部分提供, 也可通过线路电流互感器或线路电压等提供;
- h) 线路故障时, 串补平台上测量系统的供电不应受影响。

11.1.1 交流电源

- a) 额定电压: 220V;
- b) 允许偏差: $-20\% \sim 15\%$;
- c) 频率: 50Hz, 允许偏差 $\pm 2.5\text{Hz}$;
- d) 波形: 正弦, 畸变因数不大于 8.0%。

11.1.2 直流电源

- a) 额定电压: 110V、220V;
- b) 允许偏差: $-20\% \sim 15\%$;

c) 纹波系数：不大于 5.0%。

11.2 功能

- a) 控制保护系统，包括保护部分、控制部分和操作执行部分，控制功能和保护功能应相互独立。
- b) 控制部分应实现如下功能：获取站内电气量信息和开关量信息，并实现对旁路开关、隔离开关的控制功能。
- c) 保护部分应实现如下功能：获取装置一次电气量信息，监视相关的开关量信息，完成装置一次设备的保护算法，当系统故障或装置故障时，给出相关的保护动作指令，如触发间隙、合旁路开关等。
- d) 操作执行部分应实现如下功能：接收控制部分和保护部分的动作指令，并动作于旁路开关和隔离开关。
- e) 控制保护系统的单一元件（出口继电器除外）损坏时不应造成控制保护系统的误动作。
- f) 控制保护系统应具有在线自动监测功能。
- g) 控制保护系统的所有外接端子不应和控制保护系统内部弱电回路有电气联系。针对不同回路，可分别采用光电耦合、继电器转换、带屏蔽层的变压器耦合或电磁耦合等隔离措施。
- h) 控制保护系统应具有自复位能力，在因干扰而造成程序走死时，应能自动恢复正常工作。
- i) 控制保护系统应具有通信接口。控制保护系统的所有动作、告警信息均可通过通信接口上传给监控系统或后台，控制保护系统的所有整定值均可在监控系统或后台上进行设置。
- j) 控制保护系统应具有掉电时所有整定值信息不丢失的能力。
- k) 控制保护系统应能正确显示电源工作状态、通信状态、动作类别。
- l) 控制保护系统应具有对时功能（B 码对时）。
- m) 控制保护系统应具有故障录波功能。
- n) 故障录波应有回放功能。
- o) 测控设备和保护设备在装置级应完全独立。
- p) 保护设备应采用双套冗余配置。
- q) 测控系统应具有远方和就地控制功能，各设备控制操作应有电气防误闭锁功能，以防止误操作和多点控制。
- r) 串补装置的投入和退出的操作应具有手动和自动两种方式，当采用自动方式时，串补装置可按照预定的自动流程投入或退出，实现串补装置的接地、隔离、旁路、运行等状态的自动转换。
- s) 保护系统的平台测量部分应采用双冗余电源供电。
- t) 保护系统应具有双套系统都掉电时的紧急合旁路开关功能。
- u) 保护系统应具有保护投退软连接片功能和保护出口硬连接片功能。
- v) 保护系统应实现以下列保护功能。
 - 电容器不平衡保护；
 - 电容器过负荷保护；
 - 限压器过电流保护；
 - 限压器能量保护；
 - 限压器温度保护；
 - 限压器不平衡保护（如需要）；
 - 限压器能量梯度保护（如需要）；
 - 间隙自触发保护；
 - 间隙拒触发保护；
 - 间隙延迟触发保护（如需要）；

- 间隙长时间导通保护（如需要）；
- 平台闪络保护；
- 旁路开关三相不一致保护；
- 旁路开关合闸失灵保护；
- 旁路开关分闸失灵保护；
- 刀闸三相不一致告警；
- 联动分段串补保护（仅对分段串补，如需要）；
- 线路电流监视告警。

注 1：如采用 CapThor 等设备，则应根据设备的特点对保护做相应的调整。

注 2：保护相应的定值如限压器过电流定值等，应是可整定的，定值的容许整定范围应该满足实际工程的需要。

w) 控制保护系统的动作出口应有：

- 产生保护、告警事件及 SOE 报告；
- 启动录波；
- 合旁路开关，暂时闭锁；
- 合旁路开关，永久闭锁；
- 分旁路开关（串补重投）；
- 触发间隙；
- 跳线路两侧断路器；
- 操作隔离开关和接地开关。

注：合旁路开关，暂时闭锁也称为合旁路开关，暂时旁路。

x) 人机界面宜采用高级语言编程，用图形显示模拟接线图、各功能模块以及采集电气量的数值等。

11.3 结构与外观

- a) 机箱、插件的尺寸应符合 GB/T 19520.12 的规定；
- b) 外壳防护应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP20 的要求，其中，室外部分应符合 GB 4208 中规定的外壳防护等级 IP54 的要求；
- c) 控制保护系统内两带电导体之间以及带电导体与裸露不带电导体之间的电气间隙和爬电距离的最小距离，应按 GB/T 14598.3 的规定选取；
- d) 控制保护系统在内部故障条件下，或在外部故障导致的过负荷而产生的过热条件下，会有着火危险，对着火危险的防护应符合 GB 14598.27—2008 的规定；
- e) 控制保护系统的裸导线的颜色标志应符合 GB 7947 的规定；
- f) 控制保护系统应有安全标志，安全标志应符合 GB 14598.27—2008 中 9.1 条的规定。

11.4 电磁兼容

- a) 控制保护系统在电磁骚扰、一次回路操作（包括旁路开关、隔离开关等拉合操作）、变电站故障、二次回路操作干扰及其他强电磁干扰作用下，应能保证正常工作及动作的正确性；
- b) 控制保护系统应采取必要的防静电及防辐射电磁场干扰的防护措施，控制保护系统的不带电金属部分应在电气上连为一体，并具有可靠的接地点；
- c) 宜采取相关措施防止操作和故障等原因对测量、控制保护系统可能产生的电磁干扰；
- d) 串补平台测量回路电缆宜尽可能地短，电缆宜穿装在金属屏蔽管内，金属屏蔽管与平台应可靠连接。电缆两端应为同一电位，以避免存在电位差；
- e) 电流互感器宜安装在串补平台的低压侧。

11.5 机械性能

11.5.1 振动

- a) 控制保护系统相应设备应能承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.1 条规定的严酷等级为 1 级的振动

响应试验，试验期间及试验后的相应设备的性能应符合该标准中 5.1 条规定的振动响应试验的合格判据；

- b) 控制保护系统相应设备应能承受 GB/T 11287—2000 中 3.2.2 条规定的严酷等级为 1 级的振动耐久试验，试验期间及试验后的相应设备的性能应符合该标准中 5.2 条规定的振动耐久试验的合格判据。

11.5.2 冲击

- a) 控制保护系统相应设备应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.1 条规定的严酷等级为 1 级的冲击响应试验，试验期间及试验后的相应设备的性能应符合该标准中 5.1 条规定的冲击响应试验的合格判据；
- b) 控制保护系统相应设备应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.2.2 条规定的严酷等级为 1 级的冲击耐久试验，试验期间及试验后的相应设备的性能应符合该标准中 5.2 条规定的冲击耐久试验的合格判据。

11.5.3 碰撞

控制保护系统相应设备应能承受 GB/T 14537—1993 中 4.3 条规定的严酷等级为 1 级的碰撞试验，试验期间及试验后的相应设备的性能应符合该标准中 5.2 条规定的碰撞试验的合格判据。

12 试验

12.1 主设备试验

12.1.1 电容器

12.1.1.1 例行试验

- a) 外观检查；
- b) 电容测量（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.3 条）；
- c) 电容器损耗测量（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.4 条）；
- d) 端子间电压试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.5 条）；
- e) 端子与箱壳间的交流电压试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.6 条）；
- f) 局部放电试验；
- g) $\tan\delta$ 测量；
- h) 电容量复测（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.3 条）；
- i) 内部放电器件试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.7 条）；
- j) 密封性试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.8 条）；
- k) 内部熔丝的放电试验（见 GB/T 6115.3—2002 中 3.1.2 条）。

注 1：试验可不按上述顺序进行。

注 2：例行试验应由制造方在交货前对每个电容器单元进行。

12.1.1.2 型式试验

- a) 热稳定试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.9 条）；
- b) 端子与箱壳间交流电压试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.10 条）；
- c) 端子与箱壳间雷电冲击电压试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.11 条）；
- d) 冷工作状态试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.12 条）；
- e) 放电电流试验（见 GB/T 6115.1—2008 中 5.13 条）；
- f) $\tan\delta$ 及电容随温度变化曲线（温度下限和温度上限）；
- g) 局部放电性能试验（温度下限时局放熄灭电压）；
- h) 内熔丝的隔离试验（见 GB/T 6115.3—2002 中 3.2.3 条）；
- i) 外壳耐爆能量试验；

- j) 低温局部放电试验;
- k) 套管试验, 套管及导电杆受力试验执行标准 DL/T 840—2003 中 5.2.8 条。在瓷套顶部施加与瓷套平行的静止拉力 1000N, 时间 1min, 重复 5 次。在瓷套顶部施加与瓷套垂直的静止拉力 600N, 时间 1min, 重复 5 次。

注 1: 可不在同一台电容器单元上进行全部型式试验项目。

注 2: 上述型式试验所列项目顺序并不表示试验顺序。

注 3: 除非另有规定, 每一台进行型式试验的电容器试品应已通过了全部例行试验项目。

注 4: 如以前已在结构相似、场强或负荷水平等于或高于规定使用要求的设备上通过了型式试验, 且已提供上述试验的型式试验报告, 制造方可不再重复该项试验。但制造方应提供以前的试验能满足规定使用要求的说明。

注 5: 仅当采用新的设计、新的关键工艺, 或比以前通过试验的设计场强或负荷水平更高, 或购买方有特殊的要求时, 需对试品进行新的型式试验。

12.1.1.3 特殊试验 (耐久性试验)

耐久性试验仅在制造方和购买方之间达成协议之后进行 (见 GB/T 6115.1—2008 中 5.14 条)。

12.1.2 限压器

12.1.2.1 例行试验

- a) 持续电流试验 (见 GB 11032—2010 中 8.14 条);
- b) 工频参考电压试验 (见 GB 11032—2010 中 8.15 条);
- c) 直流参考电压试验 (见 GB 11032—2010 中 8.16 条);
- d) 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验 (见 GB 11032—2010 中 8.17 条);
- e) 密封性能试验 (见 GB 11032—2010 中 8.11 条);
- f) 内部局部放电试验 (见 GB 11032—2010 中 8.8 条);
- g) 多柱电流分布试验 (见 GB 11032—2010 中 8.18 条)。

12.1.2.2 型式试验

- a) 外套的绝缘耐受试验 (见 GB 11032—2010 中 8.2 条);
- b) 残压试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.2.3.1.2 条或 GB 11032—2010 中 8.3 条);
- c) 重复能量耐受试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.2.3.1.4 条);
- d) 能量耐受和电压稳定性试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.2.3.1.5 条);
- e) 热比例单元的验证 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.2.3.1.6 条);
- f) 弯曲负荷试验 (见 GB 11032—2010 中 8.9 条);
- g) 密封性能试验 (见 GB 11032—2010 中 8.11 条);
- h) 持续电流试验 (见 GB 11032—2010 中 8.14 条);
- i) 工频参考电压试验 (见 GB 11032—2010 中 8.15 条);
- j) 直流参考电压试验 (见 GB 11032—2010 中 8.16 条);
- k) 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验 (见 GB 11032—2010 中 8.17 条);
- l) 内部局部放电试验 (见 GB 11032—2010 中 8.8 条);
- m) 无线电干扰电压试验 (见 GB 11032—2010 中 8.12 条);
- n) 多柱电流分布试验 (见 GB 11032—2010 中 8.18 条)。

12.1.3 间隙

12.1.3.1 例行试验

- a) 外观和尺寸检查;
- b) 对间隙的组件, 如均压电容器、套管和支持绝缘子等按相应国家标准进行例行试验;
- c) 对间隙控制箱进行触发功能试验。

12.1.3.2 型式试验

- a) 主间隙的自放电电压试验;
- b) 主间隙的故障电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.1.3.1.1 条);
- c) 主间隙的放电电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.1.3.1.1 条);
- d) 主间隙的恢复电压试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.1.1.3.1.1 条);
- e) 间隙控制箱的绝缘性能试验;
- f) 间隙控制箱的环境条件影响试验;
- g) 间隙控制箱的电磁兼容性能试验;
- h) 间隙控制箱的功能试验;
- i) 间隙系统的工频自放电试验;
- j) 间隙系统的工频电压耐受试验;
- k) 间隙系统的触发放电试验;
- l) 间隙系统的电晕试验。

12.1.4 电流互感器

12.1.4.1 例行试验

- a) 端子标志检验 (见 GB 1208—2006 中 9.1 条);
- b) 一次绕组的工频耐压试验 (见 GB 1208—2006 中 9.2.1 条);
- c) 局部放电测量 (见 GB 1208—2006 中 9.2.2 条);
- d) 一次绕组和二次绕组的段间及二次绕组的工频耐压试验 (见 GB 1208—2006 中 9.3 条);
- e) 匝间过电压试验 (见 GB 1208—2006 中 9.4 条);
- f) 电容量和介质损耗因数测量 (见 GB 1208—2006 中 9.5 条);
- g) 绝缘油性能试验 (见 GB 1208—2006 中 9.6 条);
- h) 密封性能试验 (见 GB 1208—2006 中 9.7 条);
- i) 误差测定。

12.1.4.2 型式试验

- a) 短时电流试验 (见 GB 1208—2006 中 8.1 条);
- b) 温升试验 (见 GB 1208—2006 中 8.2 条);
- c) 一次绕组冲击试验 (见 GB 1208—2006 中 8.3 条);
- d) 户外式互感器湿试验 (见 GB 1208—2006 中 8.4 条);
- e) 无线电干扰电压测量 (见 GB 1208—2006 中 8.5 条);
- f) 绝缘热稳定试验 (见 GB 1208—2006 中 8.6 条);
- g) 误差测定。

12.1.5 光纤柱

12.1.5.1 例行试验

在装配好的光纤柱上进行光衰减测量。

12.1.5.2 型式试验

- a) 雷电冲击耐受电压试验;
- b) 操作冲击耐受电压试验, 干试;
- c) 操作冲击耐受电压试验, 湿试;
- d) 工频耐受电压试验, 干试;
- e) 电晕试验;
- f) 额定机械负荷耐受试验;
- g) 陡波冲击电压试验;

- h) 光损耗测量;
- i) 温度试验。

12.1.6 阻尼装置

12.1.6.1 例行试验

- a) 阻尼电抗器:
 - 电抗测量 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.2 条);
 - 电阻测量 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.2 条);
 - 损耗测量 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.2 条);
 - 冲击电压试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.2 条)。
- b) 阻尼电阻器:
 - 电阻测量 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.2.2 条);
 - 密封试验 (见 GB 11032—2010 中 8.11 条), 仅在阻尼电阻器采用密封结构的情况下进行;
 - 间隙的击穿电压试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.2.2 条), 仅在采用间隙情况下进行;
 - 限压器参考电压测量 (见 GB 11032—2010 中 8.15 条和 8.16 条), 仅在采用限压器情况下进行;
 - 限压器泄漏电流测量 (见 GB 11032—2010 中 8.17 条), 仅在采用限压器情况下进行。

12.1.6.2 型式试验

- a) 阻尼电抗器:
 - 短时电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.1 条), 短时电流峰值按照短时电流有效值的 2.7 倍;
 - 放电电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.1 条), 如短时电流峰值高于放电电流峰值, 可认为本试验要求已满足;
 - 温升试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.1.1 条)。
- b) 阻尼电阻器:
 - 线性电阻能量吸取能力试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.2.1 条);
 - 线性电阻放电电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.2.1 条);
 - 线性电阻短时电流试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.2.1 条), 仅在电容器组放电结束线性电阻仍流过线路电流的情况下进行;
 - 密封试验 (见 GB 11032—2010 中 8.11 条), 仅在阻尼电阻器采用密封结构的情况下进行;
 - 套管的绝缘试验 (见 GB 11032—2010 中 8.2 条), 仅在阻尼电阻器采用瓷套或复合套管密封结构的情况下进行;
 - 间隙放电电压试验, 仅在采用间隙情况下进行;
 - 间隙短时电流试验, 仅在采用间隙情况下进行;
 - 间隙开断能力试验, 仅在采用间隙情况下进行;
 - 限压器参考电压测量 (见 GB 11032—2010 中 8.15 条和 8.16 条), 仅在采用限压器情况下进行;
 - 限压器方波冲击电流试验 (见 GB 11032—2010 中 8.4 条), 仅在采用限压器情况下进行;
 - 限压器大电流冲击耐受试验 (见 GB 11032—2010 中 8.5 条), 仅在采用限压器情况下进行;
 - 限压器多柱电流分布试验 (见 GB 11032—2000 中 8.18 条), 仅在采用限压器情况下进行。
- c) 阻尼装置: 电流及能量耐受试验 (见 GB/T 6115.2—2002 中 2.4.3.3 条)。试验条件不具备时, 可在系统调试时进行。

12.1.7 旁路开关

12.1.7.1 例行试验

- a) 主回路耐压试验 (见 GB/T 28565—2012 中 7.1 条);
- b) 控制和辅助回路耐压试验 (见 GB/T 28565—2012 中 7.2 条);
- c) 主回路电阻测量 (见 GB/T 28565—2012 中 7.3 条);
- d) 密封试验 (见 GB/T 28565—2012 中 7.4 条);
- e) 设计和外观检查 (见 GB/T 28565—2012 中 7.5 条);
- f) 机械操作试验 (见 GB/T 28565—2012 中 7.101 条)。

注: 旁路开关应在工厂内组装完整并进行例行试验。

12.1.7.2 型式试验

- a) 绝缘试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.2 条);
- b) 无线电干扰电压测试 (见 GB/T 28565—2012 中 6.3 条);
- c) 主回路电阻测量 (见 GB/T 28565—2012 中 6.4 条);
- d) 温升试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.5 条);
- e) 短时耐受电流和峰值耐受电流试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.6 条);
- f) 防护等级的验证 (见 GB/T 28565—2012 中 6.7 条);
- g) 密封试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.8 条);
- h) 电磁兼容性试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.9 条);
- i) 辅助和控制回路的附加试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.10 条);
- j) 机械和环境试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.101 条);
- k) 旁路关合电流试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.104 条);
- l) 投入电流试验 (见 GB/T 28565—2012 中 6.105 条)。

注: 相同型式旁路开关可提供等价型式试验报告。

12.1.8 隔离开关

12.1.8.1 例行试验

- a) 主回路绝缘试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 7.1 条);
- b) 控制和辅助回路绝缘试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 7.2 条);
- c) 主回路电阻测量 (见 GB/Z 24837—2009 中 7.3 条);
- d) 设计和外观检查 (见 GB/Z 24837—2009 中 7.5 条);
- e) 机械操作试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 7.6 条)。

注: 隔离开关应在工厂内完成整机组装并进行例行试验。

12.1.8.2 型式试验

- a) 绝缘试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.2 条);
- b) 无线电干扰电压测试 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.3 条);
- c) 主回路电阻测量 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.4 条);
- d) 温升试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.5 条);
- e) 短时耐受电流和峰值耐受电流试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.6 条);
- f) 防护等级的验证 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.7 条);
- g) 电磁兼容性试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.9 条);
- h) 辅助和控制回路的附加试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.10 条);
- i) 操作和机械寿命试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.102 条);
- j) 严重冰冻条件下的操作 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.103 条);
- k) 极限温度下的操作 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.104 条);

- l) 转换电流开合能力试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.106 条和附录 B);
- m) 抗震试验 (见 GB/Z 24837—2009 中 6.111 条)。

注: 相同型式隔离开关可提供等价型式试验报告。

12.1.9 支柱绝缘子

12.1.9.1 例行试验

- a) 外观及高度检查 (见 GB/T 775.1、GB 8287.1);
- b) 瓷件超声波探测试验 (见 JB/T 9674);
- c) 弯曲试验 (见 GB/T 775.3、GB 8287.1)。

12.1.9.2 抽样试验

- a) 尺寸检查 (见 GB/T 8287.1—2008 中 3.1 条);
- b) 温度循环试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.4 条);
- c) 机械破坏负荷试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.2 条);
- d) 孔隙性试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.6 条);
- e) 镀锌层试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.7 条);
- f) 击穿试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 4.9 条)。

注: 若抽样试验作为接收试验, 支柱绝缘子样品应从满足例行试验要求的批中随机抽取。

12.1.9.3 型式试验

- a) 雷电冲击干耐受电压试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 4.5 条);
- b) 操作冲击湿耐受电压试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 4.6 条);
- c) 工频湿耐受电压试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 4.8 条);
- d) 无线电干扰试验 (见 JB/T 3567);
- e) 人工污秽耐受电压试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 4.9 条);
- f) 温度循环试验 (见 GB/T 775.1);
- g) 机械破坏负荷试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.2 条);
- h) 孔隙性试验 (见 GB/T 775.1);
- i) 镀锌层试验 (见 JB/T 8177)。

注 1: 型式试验的机械试验报告证书 10 年内有效;

注 2: 型式试验的电气试验报告长期有效。

12.1.9.4 选项试验

整柱绝缘子在负荷下的偏移试验 (见 GB/T 8287.1—2008 中 5.3 条)。

12.1.10 斜拉绝缘子

12.1.10.1 抽样试验

- a) 尺寸及爬电距离检查 (见 GB/T 19519—2004 中 7.2 条);
- b) 锁紧系统的检查 (见 GB/T 19519—2004 中 7.3 条);
- c) 验证金属附件和伞套间界面的渗透性和验证额定机械负荷 (见 GB/T 19519—2004 中 7.4 条);
- d) 镀锌试验 (见 GB/T 19519—2004 中 7.5 条);
- e) 陡波前冲击耐受电压试验 (见 GB/T 19519—2004 中 7.6 条);
- f) 人工污秽工频耐受电压试验 (见 GB/T 4585)。

注: 抽样试验是为了验证复合绝缘子中包括取决于制造质量和所用材料的特性。

12.1.10.2 设计试验

- a) 界面和金属附件连接区试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.1 条);
- b) 装配好的芯棒的负荷—时间试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.2 条);
- c) 伞套试验: 起痕和蚀损试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.3 条);

- d) 芯棒材料试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.4 条);
- e) 可燃性试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.5 条);
- f) 伞套材料耐漏电起痕和电蚀损性试验 (见 GB/T 19519—2004 中 5.6 条)。

注: 设计试验旨在验证设计、材料和制造方法 (工艺) 是否合适。当一种复合绝缘子进行设计试验时, 其结果应认为对整类复合绝缘子都有效。

12.1.10.3 型式试验

- a) 干雷电冲击耐受电压试验 (见 GB/T 19519—2004 中 6.1 条);
- b) 湿工频电压试验 (见 GB/T 19519—2004 中 6.2 条);
- c) 湿操作冲击耐受电压试验 (见 GB/T 19519—2004 中 6.3 条);
- d) 机械负荷—时间试验和金属附件与绝缘伞套间界面的渗透性试验 (见 GB/T 19519—2004 中 6.4 条);
- e) 可见电晕及无线电干扰试验 (见 GB/T 19519—2004 中 6.5 条)。

注: 型式试验用来验证复合绝缘子的主要特性, 这些主要特性取决于其形状和尺寸。型式试验对通过了设计试验的复合绝缘子类型进行。

12.1.11 测量、控制保护系统

12.1.11.1 例行试验

- a) 结构和外观检查, 见 GB/T 7261—2008 中 5 条的要求逐项进行检查;
- b) 控保设备基本功能和保护功能试验;
- c) 出口继电器检查 (见 DL/T 478—2010 中 4.5 条和 7.9 条);
- d) 功率消耗试验 (见 GB/T 7261—2008 中 7 条);
- e) 绝缘性能试验 (见 GB/T 14598.3);
- f) 连续通电试验 (见 DL/T 478—2010 中 4.11 条和 7.12 条)。

12.1.11.2 型式试验

- a) 结构尺寸和外观检查 (见 GB/T 19520.12)。
- b) 控保设备基本功能和保护功能试验。
- c) 气候环境要求:
 - 高温运行试验 (见 GB/T 2423.2);
 - 低温运行试验 (见 GB/T 2423.1);
 - 高温存储试验 (见 GB/T 2423.2);
 - 低温存储试验 (见 GB/T 2423.1);
 - 交变温度试验 (见 GB/T 2423.22);
 - 恒定湿热试验 (见 GB/T 2423.3);
 - 交变湿热试验 (见 GB/T 2423.4)。
- d) 电磁兼容性能试验:
 - 静电放电抗扰度试验: 四级 (见 GB/T 17626.2);
 - 射频电磁场辐射抗扰度试验: 三级 (见 GB/T 17626.3);
 - 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验: 四级 (见 GB/T 17626.4);
 - 浪涌 (冲击) 抗扰度试验: 按 GB/T 14598.18 规定的方法进行。试验部位及试验规格按 GB/T 14598.20—2007 中 4.2 条的要求进行。严酷等级为最高线对地 $\pm 4\text{kV}$; 线对线 $\pm 2\text{kV}$, 通过 III 级;
 - 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验: 三级 (见 GB/T 17626.6);
 - 工频磁场抗扰度试验: 四级 (见 GB/T 17626.8);
 - 脉冲磁场抗扰度试验: 五级 (见 GB/T 17626.9);

- 阻尼振荡磁场抗扰度试验：五级（见 GB/T 17626.10）；
- 电源影响试验：符合 GB/T 7261—2008 中 4.2 条的规定（见 GB/T 7261—2008 中 10 条）；
- 振荡波抗扰度试验：阻尼振荡波试验三级（见 GB/T 17626.12）；
- 工频抗扰度试验：A 级（见 GB/T 14598.19）。

- e) 绝缘性能试验（见 GB/T 14598.3）。
- f) 机械性能试验（见 GB/T 2423.10）。
- g) 过载能力试验（见 GB/T 7261—2008 中 14 条）。
- h) 功率消耗试验（见 GB/T 7261—2008 中 7 条）。
- i) 直流电源影响试验（见 GB/T 17626.29）。
- j) 出口继电器检查（见 DL/T 478—2010 中 4.5 条和 7.9 条）。
- k) 电力系统模拟试验（见 DL/T 871）。

注 1：电力系统模拟试验按照商定的技术条件进行。

注 2：电磁兼容性性能试验在新产品定型鉴定前通过。

12.1.11.3 选项试验

根据商定及试验条件，可选择进行控制保护系统的实时仿真试验。

12.2 分系统试验

12.2.1.1 旁路开关的传动

- a) 通过对串补平台上的测量系统施加电流故障量启动旁路，旁路开关的动作情况及操作箱位置指示信号、监控后台信号、故障录波动作均应正确；
- b) 在串补监控后台手动操作旁路开关和紧急按钮操作旁路开关时，相应功能均应正确；
- c) 在旁路开关本体进行操作，相应功能均应正确；
- d) 不应通过其他方式进行试验。

12.2.1.2 隔离开关的传动

- a) 隔离开关就地分合试验应通过隔离开关操作箱内的相应分合闸按钮进行，如配备分相操作功能，也应分相操作，并检查其分合动作情况是否正确到位、监控后台信号是否正确；
- b) 隔离开关遥控分合试验应通过串补监控后台进行，并检查其分合动作情况是否正确到位、监控后台信号是否正确。

注：隔离开关包括旁路隔离开关和串联隔离开关。

12.2.1.3 接地开关的传动

- a) 接地开关就地分合试验应通过隔离开关操作箱内的相应分合闸按钮进行，如配备分相操作功能，也应分相操作，并检查其分合动作情况是否正确到位、监控后台信号是否正确；
- b) 接地开关遥控分合试验应通过串补监控后台进行，并检查其分合动作情况是否正确到位、监控后台信号是否正确。

12.2.1.4 站内监控系统的功能试验

- a) 站内监控系统的功能试验包括监控系统中串补遥信功能试验、监控系统中串补遥控功能试验、监控系统中串补遥测功能试验、监控系统中串补信息与调度端通信试验；
- b) 监控系统应能准确读取串补控制保护系统的遥信信号；
- c) 监控系统应正确实现对串补的遥控控制。通过监控系统分合旁路开关，设备应按指定命令正确动作；
- d) 监控系统应能准确读取串补控制保护系统的遥测信号；
- e) 监控系统中串补信息应能正确上传。

注：本功能试验可单独进行，也可与其他试验结合进行。

12.2.1.5 串补保护触发间隙试验

串补保护触发间隙试验应满足以下要求：

- a) 串补控制保护系统发间隙触发信号，间隙应能正确触发；
- b) 间隙应能将回检信号正确发送给串补保护，串补保护应正确读取回检信息。

12.2.1.6 旁路开关投入试验

模拟串补装置重投动作的投入试验应通过在串补平台上 TA 端子箱或光电转换端子箱内施加电流故障量，让相应允许故障后重投的保护动作，并检查旁路开关的动作情况及操作箱指示、监控后台信号、故障录波动作的正确性。

12.2.1.7 线路联动串补试验

- a) 线路联动串补试验应带旁路开关进行，功能应正确；
- b) 线路联动串补试验应在线路检修状态时进行。应在线路保护的电流电压端子上施加故障量，模拟线路故障，检查串补保护的動作情况、旁路开关動作情况及线路保护与串补保护信号传递的正确性，并检查监控后台信号、故障录波动作的正确性；
- c) 不应通过其他方式进行试验。

12.2.1.8 串补联跳线路试验

- a) 串补联跳线路试验应带线路开关进行，功能应正确；
- b) 串补联跳线路试验应在线路检修状态时进行。应在串补平台测量箱的电流电压端子上施加故障量，串补保护联跳线路动作，检查线路开关動作情况、线路保护与串补保护信号传递情况、线路两侧远跳装置動作情况的正确性，并检查监控后台信号、故障录波动作的正确性；
- c) 不应通过其他方式进行试验。

12.2.1.9 故障录波系统中串补信息调用试验

故障录波系统应能正确调用串补信息。

12.2.1.10 五防闭锁功能试验

- a) 检查旁路开关、隔离开关及接地开关之间联锁逻辑的正确性；
- b) 应进行软件五防试验和实际硬接点五防试验。

12.3 系统试验

12.3.1.1 紫外测量电晕放电试验

进行下列系统试验过程中可穿插进行紫外测量电晕放电试验。

12.3.1.2 平台带电试验

- a) 使串补平台带电，检查串补平台及一次设备的绝缘性能。根据系统情况确定试验电源，串补旁路开关闭合，对串补平台及一次设备冲击加压，应保持带电时间不小于 30min；
- b) 试验时应测量线路首末两端电压、相关回路电流，并记录相关避雷器的動作情况；
- c) 应检查过电压水平、绝缘是否正常、设备及控制保护装置動作是否正常等。

12.3.1.3 串补开环空载带电试验

- a) 在串补平台带电基础上，线路空载充电。打开旁路开关，使串补投入，带电时间不应小于 30min；
- b) 试验时应测量线路电流、电容电流、电容器组不平衡电流、线路两端电压；
- c) 应检查平台设备绝缘是否正常、设备及控制保护装置動作是否正常等；
- d) 应检查电容器对平台绝缘和检验电容器组电流及不平衡度是否在允许范围内。

12.3.1.4 线路保护联动串补旁路开关试验

线路及串补平台带电的情况下，开展线路保护联动串补试验，检查联动功能是否符合设计要求、满足运行规定，试验方法见 12.2.1.7 条。

12.3.1.5 带串补空载投切试验（必要时）

- a) 检验线路断路器投切带串补空载线路的能力，测量带串补投切空线的电磁暂态；
- b) 分别以串补远端和近端母线为电源，带串补空载投切线路，可单相分合分 3 次（A、B、C 三相各一次）；
- c) 应测量平台电流、线路电流、电容器组不平衡电流和线路两端电压。

12.3.1.6 串补闭环负载带电试验

- a) 闭合线路双侧开关，打开旁路开关，使串补投入，带电时间不应小于 30min；
- b) 应检查串补装置在正常线路电流下的工作情况，监测串补装置的温升情况；
- c) 应测量线路电流、电容电流、电容器组不平衡电流、线路两端电压、串补各主要设备及接点的温升；
- d) 宜用红外测温。

12.3.1.7 双系统掉电试验

- a) 线路带负荷运行，串补正常投入，断开一套串补本体保护的直流供电电源，然后再合上，检查串补控制保护系统无误动；
- b) 应对另一套保护重复试验。

12.3.1.8 串补线路侧单相瞬时短路接地试验（必要时）

- a) 线路侧宜预先设置好接地装置，正常投入串补，利用短路试验装置进行接地试验；
- b) 应检查间隙动作情况及动作时间、限压器动作行为和吸收的能量、阻尼装置阻尼效果、线路两端保护及串补保护动作行为、线路保护联动功能动作情况及动作时间；
- c) 所需的基本测量参数应包括平台电流、线路电流、电容器组不平衡电流、限压器电流、间隙电流、串补线路侧和母线侧电压、间隙动作时间、旁路开关动作时间、保护联动信号、线路有功和无功、线路保护数据；
- d) 应检查各相数据是否符合设计要求。

13 运输、储存与资料交付

13.1 运输和储存

- a) 如在运输、储存时不能保证装置规定的工作条件（温度和湿度），应就此达成专门的协议；
- b) 在储存和运输装置期间，应能保证装置的性能和质量不受影响；
- c) 各个供电气连接的接触面（包括接地处的金属面）在储存和运输装置期间宜有防锈措施；
- d) 运输过程中应保持平稳，无严重振动、颠簸和冲击现象发生；
- e) 运输和装卸应按照包装箱上的标记进行；
- f) 储存环境不应有腐蚀金属、气体和物质，不应受灰尘雨雪的侵蚀；
- g) 运输后装置的结构及零件应无机械损伤、无弯曲变形及紧固件松动等现象。

13.2 资料交付

产品至少应随带下列文件：

- a) 装箱清单；
- b) 产品合格证书（合格证）；
- c) 安装时必须的图纸资料等；
- d) 安装使用说明书（应满足 GB/T 9969 的规定要求）；
- e) 例行试验报告（记录）；
- f) 拆卸运输零件（如需要）和备件（如有）一览表。

注：文件应妥善包装，防止受潮、损坏。

附录 A
(规范性附录)
系统故障时对串补装置的要求

A.1 故障类型及其持续时间

1000kV 串补线路故障需考虑单相永久性接地故障和多相故障（包括两相接地、两相相间和三相接地故障），故障持续时间如表 A.1 所示。

表 A.1 1000kV 串补线路故障持续时间表

| 故障类型 | 动作时序和持续时间 |
|-----------|---|
| 单相永久性接地故障 | 0s 发生故障—100ms 时故障相断路器分闸—1100ms 时故障相断路器重合于故障—1200ms 时三相断路器分闸—故障相断路器单相拒动—故障相断路器再延迟 350ms（后备保护动作时间）分闸切除故障（限压器承受二次冲击） |
| 多相故障 | 0s 发生故障—100ms 时三相断路器分闸—故障相断路器单相拒动—故障相断路器再延迟 350ms（后备保护动作时间）分闸切除故障 |

A.2 串补动作时序要求

串补动作时序要求如表 A.2～表 A.5 所示。

表 A.2 区外发生单相永久故障时串补动作时序要求

| 故障后时刻 ms | 系统扰动事件 | 串联电容器保护/系统操作 |
|---------------|---------------------|---|
| 000 | 故障发生 | |
| 000～100 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压上升。电容器组不应进入被旁路状态 |
| 100 | 故障相断路器动作切除故障 | |
| 100～1100 | 功率通过串补线路 | 非故障相有电流通过 |
| 1100 | 单相重合闸动作，故障相断路器重合于故障 | |
| 1100～1200 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压上升。本次故障吸收能量与上次故障吸收能量相加，电容器组不应进入被旁路状态 |
| 1200 | 断路器三相跳闸，但故障相断路器单相拒动 | |
| 1200～1200+350 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压上升。限压器能耗继续累加，电容器组不应进入被旁路状态 |
| 1550 | 故障切除 | |

表 A.3 区外发生多相故障时串补动作时序要求

| 故障后时刻 ms | 系统扰动事件 | 串联电容器保护/系统操作 |
|-------------|--------|--------------|
| 000 | 故障发生 | |

表 A.3 (续)

| 故障后时刻 ms | 系统扰动事件 | 串联电容器保护/系统操作 |
|-------------|---------------|---------------------------------------|
| 000~100 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压上升。电容器组不应进入被旁路状态 |
| 100 | 断路器三相跳闸，但单相拒动 | |
| 100~100+350 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压上升。限压器能耗继续累加，电容器组不应进入被旁路状态 |
| 450 | 故障切除 | |

表 A.4 区内发生单相永久性接地故障时串补动作时序要求

| 故障后时刻 ms | 系统扰动事件 | 串联电容器保护/系统操作 |
|---------------|---------------------|--|
| 000 | 故障发生 | |
| 000~100 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压。可通过间隙触发及旁路开关合闸使电容器组进入被旁路状态（根据限压器吸收能量或电流作为判据） |
| 100 | 故障相断路器动作切除故障 | |
| 100~1100 | 功率通过串补线路 | 非故障相有电流通过 |
| 1100 | 单相重合闸动作，故障相断路器重合于故障 | |
| 1100~1200 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压。限压器能耗继续累加，可通过间隙触发及旁路开关合闸使电容器组工作于被旁路状态（根据监测到的限压器吸收能量或电流作为判据） |
| 1200 | 断路器三相跳闸，但故障相断路器单相拒动 | |
| 1200~1200+350 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压。限压器吸收的能量继续累加，可通过间隙触发及旁路开关合闸使电容器组工作于被旁路状态（根据监测到的限压器吸收能量或电流作为判据） |
| 1550 | 故障切除 | 若旁路开关已闭合，则电容器组在被旁路状态，直到旁路开关打开 |

表 A.5 区内发生多相故障时串补动作时序要求

| 故障后时刻 ms | 系统扰动事件 | 串联电容器保护/系统操作 |
|-------------|---------------|---|
| 000 | 故障发生 | |
| 000~100 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压。可通过间隙触发及通过旁路开关使电容器组进入被旁路状态（根据限压器吸收能量或电流作为判据） |
| 100 | 断路器三相跳闸，但单相拒动 | |
| 100~100+350 | 故障持续 | 限压器限制电容器组电压。限压器吸收的能量继续累加，可通过间隙触发及闭合旁路开关使电容器工作于被旁路状态（根据监测到的限压器吸收能量或电流作为判据） |
| 450 | 故障切除 | 若旁路开关已闭合，则电容器组在被旁路状态，直到旁路开关分闸 |

附 录 B
(规范性附录)
串补装置设备设计规范条目

B.1 系统特性

B.1.1 工程概况

B.1.1.1 工程规模

B.1.1.2 主要设备参数

B.1.2 电压和频率

B.1.3 过电压保护方案

B.1.4 系统摇摆电流

B.1.5 系统短路电流

B.1.6 故障类型及持续时间

B.1.7 过电压保护性能要求

B.1.8 限压器设计原则

B.1.8.1 限压器的设计标准

B.1.8.2 限压器计算内容

B.1.8.3 限压器计算条件

B.1.9 绝缘水平和净距要求

B.1.9.1 绝缘水平

B.1.9.2 净距要求

B.2 工程现场条件及要求

B.2.1 环境条件

B.2.2 抗震性能要求

B.2.3 可听噪声水平要求

B.2.4 电晕水平要求

B.2.5 场强水平要求

B.2.6 厂、站继电保护安全自动装置与串补装置配合

B.3 可用率和可靠性

B.3.1 定义

B.3.2 可用率和可靠性要求

B.4 串补装置主要元件关键技术要求

B.4.1 电容器组

B.4.1.1 电容器组

B.4.1.2 电容器单元

B.4.1.3 熔丝

B.4.2 阻尼装置

B.4.3 金属氧化物限压器

DL / T 1274 — 2013

B.4.4 间隙

B.4.5 旁路开关

B.4.6 隔离开关和接地开关

B.4.7 串补平台

B.4.8 光纤柱

B.4.9 绝缘子和母线

B.4.10 保护测量用互感器

B.4.11 测量、监视、控制与保护系统

附录 C
(资料性附录)
串补装置的其他型式

串补装置可采用旁路隔离开关和旁路开关配合的方式进行串联电容器组的投入和退出操作，但对于容量更大的串补装置，由于其具有额定电流大、阻尼装置电感值大等特点，常规旁路隔离开关的转换电流能力可能无法满足要求，可采用阻尼装置串联型或附加断路器型的方案，见图 C.1。

图 C.1 中的 a) 中阻尼装置和电容器组串联，可解决旁路隔离开关转换电流超标问题，但由于阻尼装置长期运行，该方案需增加电容器容量以保证相同的串补度，同时带来了阻尼装置中电抗器长期运行的损耗增大、发热、噪声、运行经济性和可靠性等一系列问题。

图 C.1 中的 b) 中增加了由附加断路器和附加隔离开关组成的电流转换支路，实现串联电容器组投退时的电流转换功能，显著降低了对旁路隔离开关转换电流能力的要求，并具有良好的防误特性，解决了大容量串补装置中可能存在的旁路隔离开关转换电流超标问题。

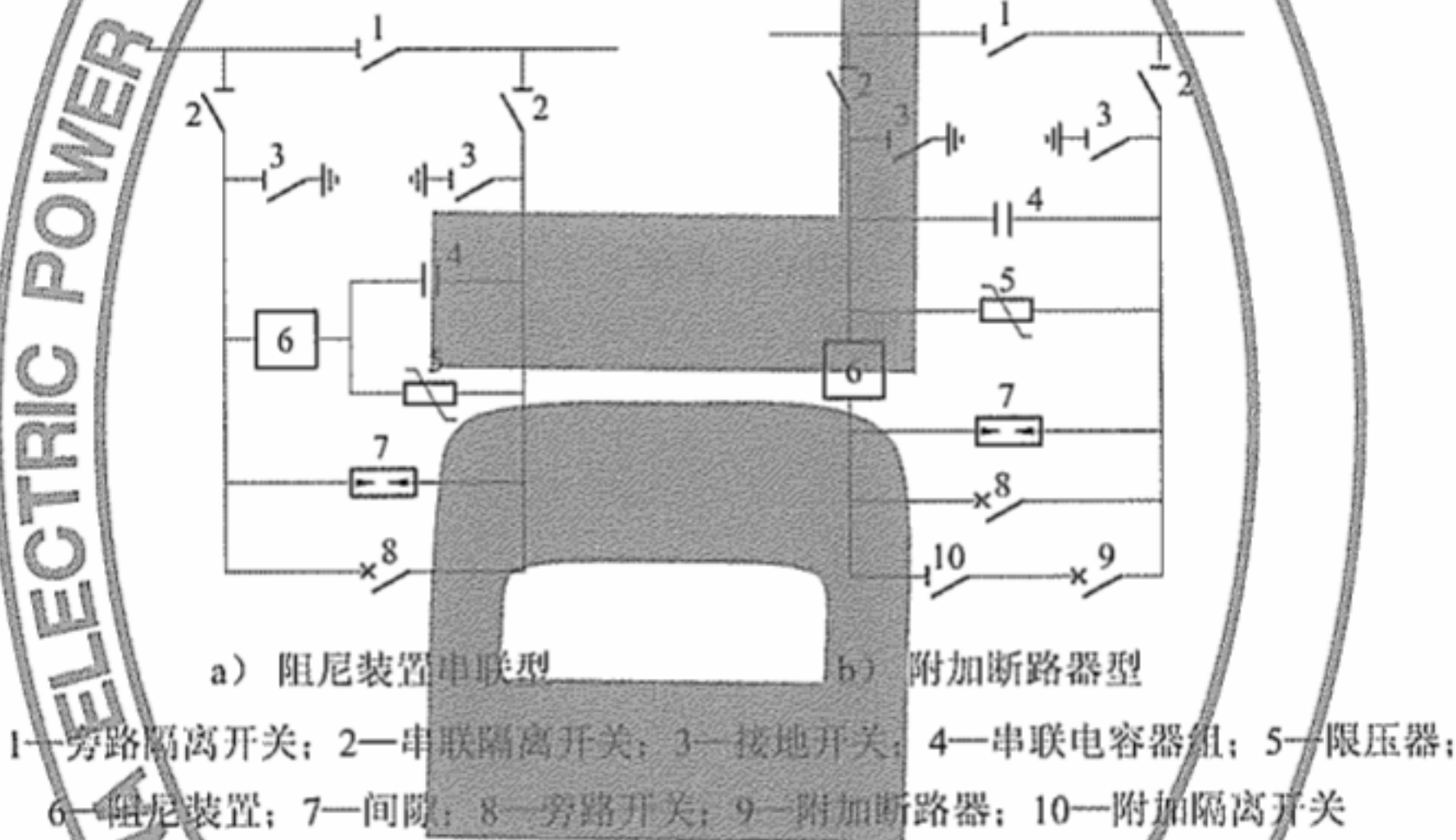


图 C.1 阻尼装置串联型和附加断路器型原理接线图

附录 D
(规范性附录)
串补装置的订货条件

D.1 系统条件

串补装置设计时应考虑及确定的交流系统基本条件包括:

- a) 系统电压 (kV, 包括标称值, 正常变化范围, 最大持续电压和极端变化范围);
- b) 系统频率 (Hz, 包括基频 50Hz, 正常波动范围);
- c) 线路长度 (km) 及导线型号;
- d) 导线排列;
- e) 系统最大工频过电压水平 (p.u.);
- f) 线路的最大潜供电流水平 (A);
- g) 系统的最大短路电流水平 (kA);
- h) 系统等值;
- i) 摇摆电流;
- j) 系统的背景谐波参数;
- k) 线路两端断路器的瞬态恢复电压 (TRV) 水平;
- l) 接入线路及相邻线路的继电保护现状;
- m) 接入系统的串补动作时序要求;
- n) 串补度或补偿容量;
- o) 串补装置的额定电流;
- p) 装置保护方式。

D.2 环境条件

串补装置设计时应考虑及确定的环境工程基本条件包括:

- a) 海拔高度;
- b) 日照强度 (W/cm^2 , 风速为 0.5m/s);
- c) 多年平均降雨量;
- d) 多年平均相对湿度;
- e) 最小相对湿度;
- f) 累年极端最高气温;
- g) 累年极端最低气温;
- h) 多年平均最高气温;
- i) 多年平均最低气温;
- j) 污秽等级;
- k) 多年平均风速;
- l) 100 年一遇最大风速 (m/s) (离地面高 10m 处, 持续 10min 的 100 年平均最大风速);
- m) 多年平均日照时数;
- n) 多年平均雷暴日数;
- o) 全年最多风向;
- p) 覆冰条件;

- q) 最大积雪厚度;
- r) 累年最大冻土深度;
- s) 累年极端最高大气压力;
- t) 累年极端最低大气压力;
- u) 多年平均最高大气压力;
- v) 多年平均最低大气压力;
- w) 基本地震烈度;
- x) 场地类别。

上述环境条件中, 还应考虑覆冰条件与多年平均风速等的平台的荷载组合情况。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
1000kV 串联电容器补偿装置技术规范
DL/T 1274—2013

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2014 年 4 月第一版 2014 年 4 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 2.25 印张 66 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123·1706 定价 19.00 元

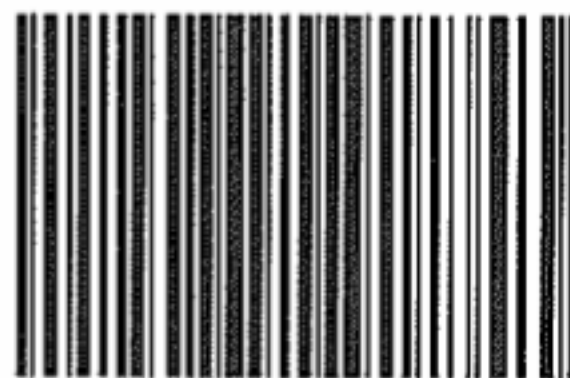
敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



关注我，关注更多好书



155123.1706

上架建议：规程规范，
电力工程/供用电