

ICS 号 01.040.29

中国标准文献分类号 K46

团 体 标 准

T/CPSS 1003—2019

交流输入电压暂降与短时中断的低压直流 型补偿装置技术规范

Technical specification for low-voltage DC compensator
on voltage dips and short interruptions of AC input

2019-07-31 发布

2019-08-01 实施

中国电源学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 补偿装置组成	3
5 通用要求	4
5.1 使用环境条件要求	4
5.2 电气输入条件	4
5.3 外观与结构	4
5.4 防护与接地	5
5.5 电气间隙与爬电距离	5
5.6 补偿装置可靠性设计要求	5
5.7 补偿装置性能要求	6
5.8 电磁兼容性	7
6 其它功能要求	7
6.1 保护要求	7
6.2 补偿装置监测及控制功能	8
7 试验方法	8
7.1 试验条件	8
7.2 外观与结构检查	8
7.3 安全与接地检验	8
7.4 电气间隙与爬电距离检验	8
7.5 介电强度试验	8
7.6 功能试验	10
8 检验规则	11
8.1 试验分类	11
8.2 试验项目	12
9 标志、包装、运输、贮存	13
9.1 铭牌标志	13
9.2 包装	13
9.3 运输	13
9.4 贮存	13
附录 A（资料性附录） 补偿装置原理及典型拓扑	14
附录 B（资料性附录） 补偿装置的应用	15
附录 C（资料性附录） 导线颜色的相关规定	18

图 1	响应时间定义	3
图 2	补偿装置组成示意图	4
图 3	试验电压曲线	9
图 4	试验电路	10
图 A.1	补偿装置工作原理示意图	14
图 A.2	有 boost 电路型补偿装置示意图	14
图 A.3	无 boost 电路型补偿装置示意图	14
图 B.1	不同类型设备对电压耐受力程度	15
图 B.2	有 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 a	16
图 B.3	无 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 a	17
图 B.4	有 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 b	17
图 B.5	无 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 b	17
表 1	额定绝缘电压 1.5kV 及以下的电气间隙和爬电距离	5
表 2	额定绝缘电压 1.5kV 及以下的耐受电压	5
表 3	额定绝缘电压 1.5kV 及以下的雷电冲击耐受电压	6
表 4	补偿装置各部位的极限温升	7
表 5	试验项目	12
表 C.1	小母线汇流排主电路导线相序极性及颜色	18

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国电源学会提出并解释。

本标准起草单位：深圳供电局有限公司电力科学研究院、南京国臣直流配电科技有限公司、华南理工大学、四川大学、安徽大学、上海电器设备检测所有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、云南电网有限责任公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、深圳市中电电力技术股份有限公司、中国汽车工业工程有限公司、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网重庆市电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司武汉分院、上海电气电力电子有限公司、国网山西省电力公司电力科学研究院、亚洲电能质量产业联盟、广州供电局有限公司电力试验研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：张华赢、梅中华、钟庆、汪颖、郑常宝、徐献清、王朝亮、郭捷、郭成、陶以彬、赵艳、孙文华、陈堃、付昂、贺伟、王伟岸、王金浩、黄炜、马智远、常乾坤、张高峰。

本标准首次发布。

交流输入电压暂降与短时中断的低压直流型补偿装置技术规范

1 范围

本标准规定了交流输入电压暂降与短时中断的低压直流型补偿装置（以下简称补偿装置）的术语和定义、补偿装置的组成、技术指标要求、功能要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本标准适用于发生交流输入电压暂降与短时中断导致被补偿装置中直流侧电压下降的补偿装置，被补偿装置直流侧工作电压范围是110V~1500V。

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 19826—2014 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求
- GB/T 2423.4—2008 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 30137—2013 电能质量 电压暂降与短时中断
- GB/T 3768—2017 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法
- GB/T 4025—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则
- GB/T 4208—2017 外壳保护等级（IP代码）
- GB/T 6995.2—2008 电线电缆识别标志方法 第2部分：标准颜色
- GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 7354—2003 局部放电测量
- 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）
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 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 17626.4—2018 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 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- JB/T 5777.2—2002 电力系统二次电路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件
- DL/T 1229—2013 动态电压恢复器技术规范
- DL/T 474.1—2018 现场绝缘试验实施导则 绝缘电阻、吸收比和极化指数试验

3 术语和定义

GB/T 19826—2014、GB/T 30137—2013和DL/T 1229—2013界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，重复列出GB/T 19826—2014、GB/T 30137—2013和DL/T 1229—2013中的一些术语和定义。

3.1

电压暂降 voltage dip (sag)

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至0.1p.u.~0.9p.u.,并在短暂持续10ms~1min后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013, 定义3.1]

3.2

短时中断 short interruption

电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至0.1p.u.以下,并在短暂持续10ms~1min后恢复正常的现象。

[GB/T 30137—2013, 定义3.2]

3.3

交流输入电压暂降与短时中断的低压直流型补偿装置 low-voltage DC compensator on voltage dips and short interruptions of AC input

一种并联于负荷直流侧的电压源型补偿装置,用于快速补偿交流输入电压暂降与短时中断导致的被补偿装置中直流侧电压下降。

3.4

电压暂降深度 depth of voltage dip (sag)

标称电压与残余电压的差值。

[GB/T 30137—2013, 定义3.10]

3.5

额定补偿直流电流 rated compensation DC current

补偿装置补偿期间所允许流过的直流电流设计值。

3.6

额定补偿直流电压 rated compensation DC voltage

补偿装置在额定直流电流下输出的直流电压设计值。

注:改写DL/T 1229—2013, 定义3.7。

3.7

响应时间 response time

电压暂降与短时中断状态下,补偿装置从检测负荷直流电压下降到设定的补偿直流电压阈值后投入补偿,再由设定的补偿直流电压阈值达到额定补偿直流电压值所需要的时间,如图1所示。

3.8

额定补偿时间 rated compensation time

补偿装置以额定补偿直流电压值输出设计容量所持续的时间。

3.9

纹波因数 ripple factor

脉动量直流电量的峰值与谷值之差的一半对直流分量的绝对值之比。

[GB/T 19826—2014, 定义3.8]

3.10

热备用状态 hot standby state

补偿装置不向被补偿负荷提供电力，所有硬接点开关全部在合闸状态，电压暂降和短时中断发生时仅通过电力电子开关器件动作就能执行电压补偿功能的运行状态。

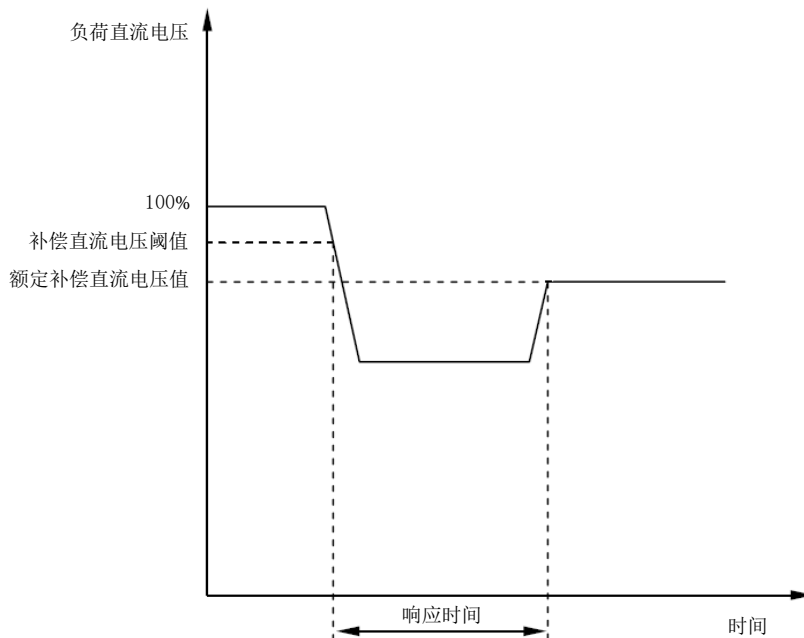


图1 响应时间定义

3.11

数字式保护装置 digital protection device

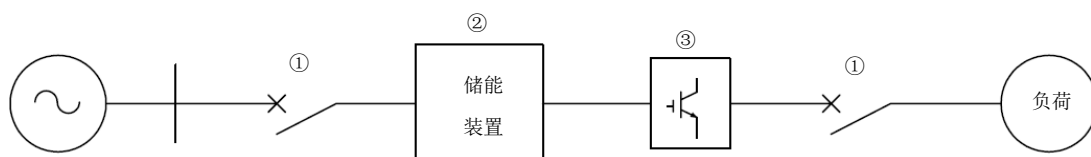
采用高集成微电子技术、一体化配电结构，采集运算处理电压、电流信号，以实现补偿装置常见的故障快速识别并快速切断的装置。

4 补偿装置组成

补偿装置由接入开关、储能装置、电子开关等组成，具体说明见图2。

补偿装置的原理及典型拓扑参见附录A，应用场景和接入方式参见附录B。

补偿装置的控制策略为：当负荷的交流输入电压在额定范围内，补偿装置由电网或外接直流源供电，补偿装置处于热备用状态。交流输入电压暂降与短时中断导致被补偿装置中直流侧电压下降到补偿装置设定的补偿直流电压阈值后投入补偿，额定补偿时间内被补偿装置的交流输入电压恢复，补偿装置自动退出补偿，恢复为热备用状态。



说明：

①—接入开关，一般为断路器，在不影响负荷供电的情况下，实现补偿装置的投切，以进行补偿装置的检修、维护。

- ②—储能装置，一般为整流器和储能电池或者超级电容等组成的储能装置，在补偿状态时为用电负载提供电能。
- ③—电子开关，由 IGBT、晶闸管等电力电子器件构成，作为补偿装置投入、退出电压补偿的执行关键单元。

图2 补偿装置组成示意图

5 通用要求

5.1 使用环境条件要求

- 5.1.1 环境温度： $-5^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度：5%~90%无凝露。
- 5.1.2 安装场所不应有超过 GB/T 11287—2000 规定的严酷等级为 1 级的振动和冲击。
- 5.1.3 安装场所应具有防御阳光直射、雨、雪、沙的设施。
- 5.1.4 安装场所不得有爆炸危险介质，周围介质不含有腐蚀金属和破坏绝缘的气体及导电介质，不允许充满水蒸气及严重的霉菌存在。
- 5.1.5 安装场所任一方向不超过 1.5 mT 外磁场感应强度。
- 5.1.6 安装倾斜角度不应大于 5° 。

5.2 电气输入条件

5.2.1 交流电源

补偿装置的储能装置充电时，输入电源为交流的情况，应满足以下条件：

- 三相 1000 V：允许变动范围 U_e 为 $-15\% \sim +10\%$ 。
- 三相 660 V：允许变动范围 U_e 为 $-15\% \sim +10\%$ 。
- 三相 380 V：允许变动范围 U_e 为 $-15\% \sim +10\%$ 。
- 单相 220 V：允许变动范围 U_e 为 $-10\% \sim +10\%$ 。
- 频率偏差： $50\text{Hz}\pm 2.5\text{Hz}$ 。
- 电源电压谐波总畸变率： $\leq 8\%$ 。

5.2.2 直流电源

补偿装置的输入电源为直流的情况，应满足以下条件：

- DC110 V：允许变动范围 U_e 为 $-10\% \sim +10\%$ 。
- DC220 V：允许变动范围 U_e 为 $-10\% \sim +10\%$ 。
- 电压纹波因数： $\leq 0.5\%$ 。

5.3 外观与结构

- 5.3.1 壳体外表面，一般应喷无炫目反光的覆盖层，表面不得有起泡、裂纹和流痕等缺陷。
- 5.3.2 所选用的指示灯、按钮、导线和母线的颜色应符合 GB/T 4025 和 GB/T 6995.2 的相关要求。
- 5.3.3 构件应有良好的抗腐蚀性能。
- 5.3.4 元器件安装布局应经济合理、安全可靠和维修方便。
- 5.3.5 铭牌参数标志清晰，数据正确。
- 5.3.6 外壳防护等级不应低于 GB/T 4208 中 IP20 的要求。
- 5.3.7 屏、柜体和功率单元宜采用抽屉式结构，支持不带负荷热插拔。
- 5.3.8 开关器件和元件的安装要求满足 GB/T 7251.1—2013 中 8.5 要求。
- 5.3.9 母线、连接导线应符合 JB/T 5777.2—2002 中 5.5 的规定。

5.4 防护与接地

5.4.1 对直接接触的防护可以依靠补偿装置本身的结构措施，也可以依靠补偿装置在安装时所采取的附加措施，补偿装置说明书应包括相关信息。

5.4.2 对间接接触的防护应在补偿装置内部采用保护电路。保护电路可通过单独装设保护导体来实现，也可利用补偿装置的结构部件（如外壳、框架）来实现。

5.4.3 补偿装置的金属壳体、可能带电的金属件及要求接地的电器元件的金属底座（包括因绝缘损坏可能会带电的金属件）、装设电器元件的门、板、支架与主接地间应保证具有可靠的电气连接，其与主接地点间的电阻值不应大于 0.05Ω 。

5.4.4 补偿装置内保护电路的所有部件的设计应保证它们足以耐受补偿装置在安装场所可能遇到的最大热应力和电动应力。

5.4.5 接地部位应有明显的接地的标识。

5.5 电气间隙与爬电距离

5.5.1 补偿装置内的元器件应符合各自的标准规定，正常使用条件下应保持其电气间隙和爬电距离。补偿装置内不同极性不同相的裸露带电体之间以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离（爬电比距）不小于表1的规定。

表1 额定绝缘电压 1.5 kV 及以下的电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压 V	最小电气间隙 mm	最小爬电距离 mm
$60 < U_i < 660$	10	12
$660 \leq U_i \leq 1000$	12	20
$1000 < U_i \leq 1500$	20	35

5.5.2 带电体之间、带电体与裸露导电部件之间、带电体对地的绝缘电阻不小于 $1000\Omega/V$ 。

5.5.3 主电路与主电路直接连接的辅助电路的电压耐受水平应符合表2的规定，雷电冲击耐受水平应符合表3的规定。

5.6 补偿装置可靠性设计要求

5.6.1 补偿装置的某个支路发生内部故障，不应影响上级母线及其他支路造成影响。

5.6.2 补偿装置与负荷之间应采取可靠措施，避免负荷端对补偿装置反向供电。

5.6.3 补偿装置应具备输出电压防失控措施，避免对负荷造成影响。

5.6.4 补偿装置在任何时间内不参与、不影响负荷侧任何的逻辑控制，非补偿时间内不应改变负荷原有的供电模式。

表2 额定绝缘电压 1.5 kV 及以下的耐受电压

单位为伏[特]

额定绝缘电压 (线-线 交流或直流)	工频耐受电压 (交流有效值)	耐受电压 (直流)
$U_i \leq 60$	1000	1415
$60 < U_i \leq 300$	1500	2120
$300 < U_i \leq 690$	1890	2670
$690 < U_i \leq 800$	2000	2830
$800 < U_i \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_i \leq 1500^a$	-	3820

^a 仅指直流。

表3 额定绝缘电压 1.5 kV 及以下的雷电冲击耐受电压

单位为千伏[特]

补偿装置标称电压 (交流有效值或直流)	雷电冲击耐受电压 (1.2/50 μ s) 优选值
$U_i \leq 120$	4
$120 < U_i \leq 220$	6
$220 < U_i \leq 480$	8
$480 < U_i \leq 1000$	12
$1000 < U_i \leq 1500$ ^a	16
^a 仅指直流。	

5.7 补偿装置性能要求

5.7.1 响应时间

补偿装置响应时间不应大于1ms。

5.7.2 额定补偿时间

电压暂降或短时中断状态下，额定补偿时间不应小于1s，具体补偿时间与用户协商。

5.7.3 额定补偿直流电压

额定补偿直流电压不应小于0.85p.u.。

5.7.4 纹波因数

补偿装置输出直流电压纹波因数不应大于0.5%。

5.7.5 效率

补偿装置效率不应小于95%。

5.7.6 直流电压补偿精度

直流电压补偿误差应小于设定值的 $\pm 2\%$ 。

5.7.7 温升及过载能力

5.7.7.1 补偿装置各部位温升的极限温升如表4所示。

5.7.7.2 补偿装置至少应具有承受持续时间为1min、大小为额定补偿直流电流1.2倍的过电流能力。

5.7.8 噪声

在正常工作条件下，补偿装置及其所属部件运行噪声应小于70dB。

5.7.9 连续启停补偿可靠性

在额定补偿时间内，发生连续(≥ 2 次)电压暂降与短时中断，发生间隔大于5.7.1要求的时间，补偿装置应以额定补偿直流电压输出设计容量，补偿装置输出参数满足5.7.1、5.7.4、5.7.5、5.7.6和5.7.7要求。

表4 补偿装置各部位的极限温升

元器件（部件）名称		温升 ℃
整流器外壳（含散热器）		70
晶闸管外壳		55
IGBT外壳		70
电阻元件表面		25
变压器、电抗器、电感线圈	B级绝缘	80
	F级绝缘	100
	H级绝缘	125
母线连接处	无保护层	45
	有锡和铜保护层	55
	有银保护层	70
操作手柄	金属材料	15 ^a
	绝缘材料	25 ^a
可接触的外壳和覆板	金属表面	30 ^b
	绝缘表面	40 ^b
^a 装在产品内部的操作手柄（如：事故操作手柄、把手等），因只有门打开后才能被触及且不经常操作，允许其温升比表中的数据高 10℃。		
^b 除非另有规定，对可以接触，但正常工作时不需要触及的外壳和覆板，允许其温升比表中的数据高 10℃。		

5.8 电磁兼容性

- 5.8.1 补偿装置的静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2 中 4 级要求。
- 5.8.2 补偿装置的射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3 中 3 级要求。
- 5.8.3 补偿装置的电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合 GB/T 17626.4 中 4 级要求。
- 5.8.4 补偿装置的浪涌（冲击）抗扰度应符合 GB/T 17626.5 中 4 级要求。
- 5.8.5 补偿装置的射频电磁场传导抗扰度应符合 GB/T 17626.6 中 3 级要求。

6 其它功能要求

6.1 保护要求

6.1.1 运行保护功能

- 6.1.1.1 储能装置或外接直流电源应加装数字式保护装置。
- 6.1.1.2 功率半导体器件应具备过温保护功能。
- 6.1.1.3 补偿装置应具有输入过压、欠压、过流保护功能。
- 6.1.1.4 补偿装置应具有输出过压、欠压、过流保护功能。
- 6.1.1.5 补偿装置应具有短路保护功能，具有发生接地故障后自行退出运行并发出报警功能。

6.1.2 故障切除和隔离时间

补偿装置配置的储能装置或外接直流电源加装的数字式保护装置，保护动作时间应在 20ms 内。

6.2 补偿装置监测及控制功能

6.2.1 补偿装置应配置监控系统，监控系统应自动完成电压暂降的检测、启动补偿、停止补偿等动作，以保证负荷侧电压稳定在允许范围内。

6.2.2 补偿装置的屏、柜体应配置人机界面，至少应显示以下信息：

- 补偿装置主接线图，包括开关状态显示；
- 补偿装置的补偿发生时间、停止补偿时间、保护动作记录和其它故障报警等事件记录；
- 模拟量显示，包括补偿装置的交流电压、交流电流、直流电压和直流电流。

6.2.3 补偿装置至少应提供一路标准 Modbus 协议、RS485 通信接口，两路故障报警硬接点。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验的标准大气条件

补偿装置试验的标准大气条件应满足以下条件：

- 环境温度：15℃~35℃；
- 相对湿度：45%~75%；
- 大气压力：86kPa~106kPa。

7.1.2 仲裁试验的标准大气条件

补偿装置仲裁试验的标准大气条件应满足以下条件：

- 环境温度：20℃±2℃；
- 相对湿度：45%~75%；
- 大气压力：86kPa~106kPa。

7.2 外观与结构检查

7.2.1 用目测和仪器测量的方法检查，结构与外观应符合 5.3 要求。

7.2.2 按照 GB/T 4208 规定的方法进行验证，补偿装置的防护等级应符合 5.3 要求。

7.3 安全与接地检验

采用接地引下线测试仪或电桥测量各接地点与接地补偿装置的电阻，测试电流不应小于10A，其电阻值应符合5.4.3的要求。

7.4 电气间隙与爬电距离检验

用量具测量补偿装置内不同极性、不同相的裸露带电体之间以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离（爬电比距），其测量值应符合表1的要求。测量时采取抽查法，取5~10个测量点。

7.5 介电强度试验

7.5.1 试验内容

试验内容包括：绝缘电阻试验、耐压试验和雷电冲击试验。

7.5.2 绝缘电阻试验

按照DL/T 474.1的相关要求进行绝缘电阻测量。测量部位：

- 相导体之间；
- 相导体与裸露导电部件之间。

7.5.3 耐压试验

7.5.3.1 耐压试验施加部位

按照表2规定施加试验电压，试验电压应施加于：

- 正负极之间或相导体之间。
- 正负极或相导体与裸露导电部件之间。
- 带电部件与绝缘材料制造或覆盖的手柄之间。介电试验在带电部件和手柄之间施加试验电压为表2规定的1.5倍，在此试验时，框架不应该接地也不能与其他电路相连。
- 用绝缘材料制造的外壳，还应该进行一次补充的介电试验，在外壳的外面包覆一层能覆盖所有开孔和接缝的金属箔，试验电压施加于金属箔和外壳内靠近开孔和接缝的相互连接的带电部件以及裸露导电部件之间。对于这种补充试验，其试验电压为表2规定的1.5倍。

7.5.3.2 耐压试验步骤

按照下列步骤进行耐压试验（试验电压曲线如图3所示）：

- a) 调节试验回路输出电压，逐渐向试品施加不超过 $50\%U_{ts1}$ 的试验电压。
- b) 无异常现象，则在几秒钟内将试验电压升到 $100\%U_{ts1}$ ，并维持 1min 。
- c) 迅速将试验电压降低至局部放电试验电压 U_{ts2} ，维持电压 U_{ts2} 10min ，记录下局部放电水平，局部放电测量适用于标称电压大于 1.5kV 的回路；降低试验电压到零。
- d) 假如在补偿装置中对局部放电灵敏的元件已经单独得到试验验证，则在 c) 的最后 1min 记录下来的周期局部放电峰值不应大于 200pC 。否则，周期局部放电峰值不应大于 50pC ；起始和熄灭电压的测量应按照 GB/T 7354 进行。

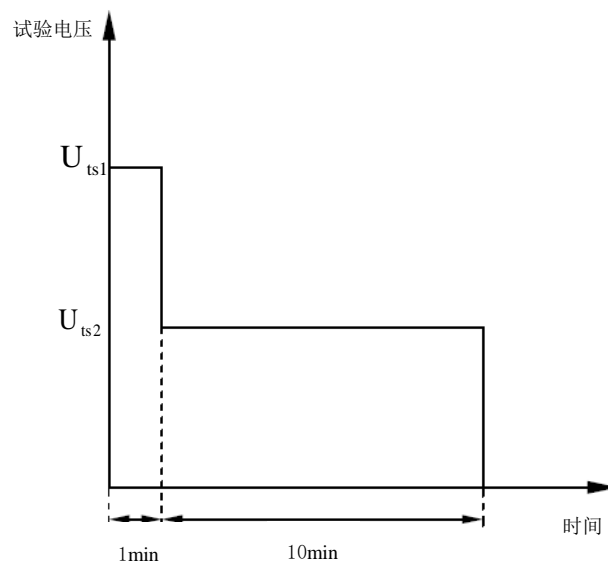


图3 试验电压曲线

补偿装置试验时无损坏性放电现象视为试验通过。

局部放电试验电压 U_{ts2} 计算公式如下：

$$U_{ts2} = \frac{K_{s2} \times U_{ms2}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

K_{s2} ——试验安全系数： $K_{s2} = 1.2$ ；

U_{ms2} ——对地（或不同极性、相间）最大稳定运行电压的峰值，包括关断过冲。

7.5.4 雷电冲击试验

试验波形，1.2/50 μ s波形，试验电压应符合表3要求。试验应分别在带电体和地之间施加三次正极性和三次负极性雷电冲击。试验中无击穿和闪络现象，视为试验通过。

7.5.5 保护功能测试

按照第6章规定的功能进行试验，模拟各种故障，补偿装置在各种故障下应正确动作，且保护动作值与保护定值间误差应小于 $\pm 5\%$ 。

7.5.6 电磁兼容性试验

按照GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6的规定对补偿装置进行试验，结果应符合5.8的要求。

7.6 功能试验

7.6.1 空载电压发生试验

试验电路如图4所示。被测试补偿装置主回路与负载连接断开，设定被测试补偿装置输出额定补偿直流电压，用电压暂降发生器产生电压暂降与短时中断事件，记录被测试补偿装置输入电压、被测试补偿装置输出电压，补偿电压应符合5.7.3要求；补偿精度应符合5.7.6要求，本试验通过后方可进行7.6中的下述试验。

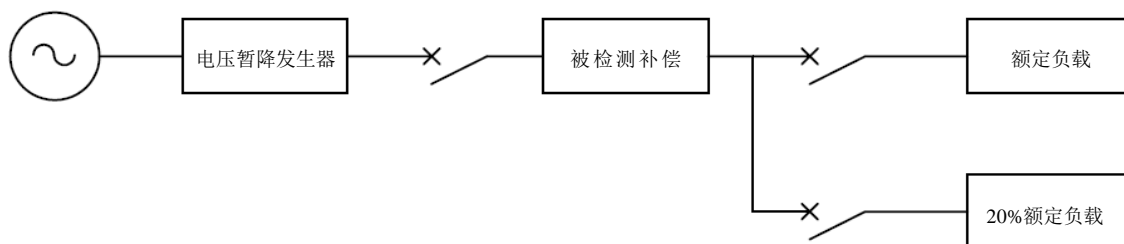


图4 试验电路

7.6.2 响应时间测试

试验电路如图4所示。在额定容量负载条件下，用电压暂降发生器产生电压暂降与短时中断事件，电压暂降深度为10%，同时记录下被检测补偿装置的输入电压波形、输出电压波形和负载端与补偿装置连接点的电压波形，测量波形得出上述电压暂降与短时中断下测得的响应时间最大值应符合5.7.1的要求。

7.6.3 额定补偿时间测试

试验电路如图4所示。在额定容量负载条件下，用电压暂降发生器产生电压暂降与短时中断事件，设置持续时间大于额定补偿时间，同时记录下被检测补偿装置的输入电压波形、输出电压波形和负载端与补偿装置连接点的电压波形，计算所得到的补偿时间应符合5.7.2的要求。

7.6.4 纹波因数测试

示波器要求：带宽不低于20MHz，扫描速度低于0.5s/div，测量探头尽可能靠近被测试设备输出端。输入电源在5.2条件下，测量出直流输出电压的平均值 U_{DC} 、输出电压的脉动量的峰值与谷值的差值。

按照以下公式计算纹波因数，计算结果应符合5.7.4的要求。

$$\delta = \frac{U_{pp}}{2U_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

δ ——纹波因数；

U_{pp} ——输出电压脉动量的峰值与谷值的差值；

U_{DC} ——直流输出电压绝对值。

7.6.5 效率测试

补偿装置工作在暂降深度为10%与短时中断状态下，使其在额定输出电流的条件下，测量补偿装置直流源输出电功率（如储能电池电能）与测试负荷接入点输入的电功率比值的百分比，其结果应符合5.7.5的要求。

7.6.6 温升及过载能力试验

试验电路如图4所示。在额定补偿直流电压、额定补偿直流电流的条件下，补偿装置工作在热备用状态和补偿状态下，按照表4规定的测试部件和部位，当温度变化不超过1℃/h时，认为温度达到稳定，温升应符合5.7.7的要求。温升试验中，应同时测量补偿装置周围的空气温度，测温补偿装置应装设于补偿装置1/2高度、1m远的位置。

温升试验时温度达到稳定后，再投入20%额定容量的负载进行1min的过载能力试验，试验中不应产生任何热的和机械的损伤、部件和功率器件发生损坏等现象，方可视为通过。

7.6.7 噪声测量

补偿装置处于热备用状态、通过额定补偿直流电流分别进行试验。测试方案按照GB/T 3768的规定进行，结果应符合5.7.8的要求。

7.6.8 连续启停补偿可靠性试验

试验电路如图4所示。在额定容量负载条件下，在额定补偿时间内用电压暂降发生器产生连续（≥2次）电压暂降与短时中断事件，同时记录下被检测补偿装置的输入电压波形、输出电压波形和负载端与补偿装置连接点的电压波形，输出参数符合5.7.9要求。

7.6.9 连续通电试验

在5规定的条件下，使其尽可能按照实际工作状态下不间断地连续运行，每隔半小时进行一次手动补偿试验，在整个运行过程中，其各种动作、功能及程序均应正确无误，达到连续运行时间72h，视为试验通过。

7.6.10 耐湿热性能环境试验

补偿装置控制系统在交变湿热条件下进行精度测试及功能检查，试验方法按照GB/T 2423.4的规定，精度符合5.7.6的要求、功能正常，视为试验通过。

8 检验规则

8.1 试验分类

试验分为：出厂试验、型式试验和现场验收试验三类。

8.2 试验项目

试验项目见表5。

8.2.1 出厂试验

出厂试验的目的在于检验制造中是否存在缺陷和对某些电器元件进行参数整定。这一试验由制造商对出厂的每台补偿装置进行。

8.2.2 型式试验

型式试验的目的在于全面检验补偿装置是否全面满足本标准要求。型式试验的产品是通过出厂试验的合格产品，型式试验的全部项目应在同一补偿装置上进行。型式试验应由具有资质的第三方承担。在下列任一情况下均应进行型式试验：

——连续生产每五年进行一次型式试验；

——在新产品制出时应进行型式试验；

——当补偿装置的结构、材料或工艺有改变，且其改变有可能影响补偿装置的性能时也应进行型式试验，此时可只进行与这些改变有关的试验项目。

8.2.3 现场试验

现场试验是补偿装置在安装现场投运前所需进行的试验。试验的目的是检验补偿装置在运输和安装中是否受到损伤，补偿装置的功能、性能是否满足规范要求。

表5 试验项目

序号	试验项目	型式试验	出厂试验	现场验收试验	技术要求章条号	检验方法章条号
1	外观与机构检查	√	√	√	5.3	7.2
2	防护与接地检查	√	√	√	5.4	7.3
3	电气间隙与爬电距离检验	√			5.5.1、5.5.2	7.4
4	介电强度试验	√	√		5.5.3	7.5.3、7.5.4
5	电压补偿精度试验	√	√	√	5.7.6	7.6.1
6	保护功能测试	√	√	√	6.1	7.5.5
7	响应时间测试	√	√		5.7.1	7.6.2
8	额定补偿时间测试	√		√	5.7.2	7.6.3
9	空载电压发生试验	√	√		5.7.3	7.6.1
10	纹波因数测试	√			5.7.4	7.6.4
11	效率测试	√			5.7.5	7.6.5
12	温升及过载能力测试	√			5.7.7	7.6.6
13	噪声测量	√		√	5.7.8	7.6.7
14	连续启停补偿可靠性试验	√	√		5.7.9	7.6.8
15	电磁兼容	√			5.8	7.5.6
16	连续通电试验	√	√	√	-	7.6.9
17	耐湿热性能环境试验	√			-	7.6.10

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 铭牌标志

补偿装置的铭牌应有下列内容：

- 名称与型号；
- 额定参数（额定电压、额定电流、额定补偿时间）；
- 出厂编号；
- 制造年月；
- 制造商名称或商标；
- 执行标准。

9.2 包装

9.2.1 包装要求

补偿装置应有内包装和外包装箱，包装箱应有防尘、防雨、防震措施。

9.2.2 随机文件

随机文件包括：

- 装箱清单；
- 产品合格证书；
- 安装时必须的图纸资料等；
- 使用说明书。

9.3 运输

运输和装卸应按照包装箱上的标识进行。运输后补偿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。

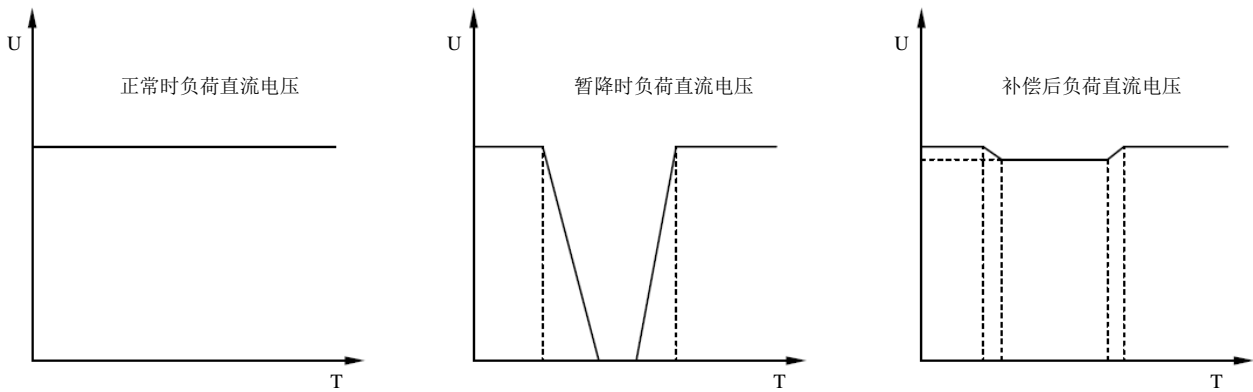
9.4 贮存

补偿装置应贮存在环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%的库房内，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘、雨雪的侵蚀。

附录 A
(资料性附录)
补偿装置原理及典型拓扑

A.1 补偿装置基本原理

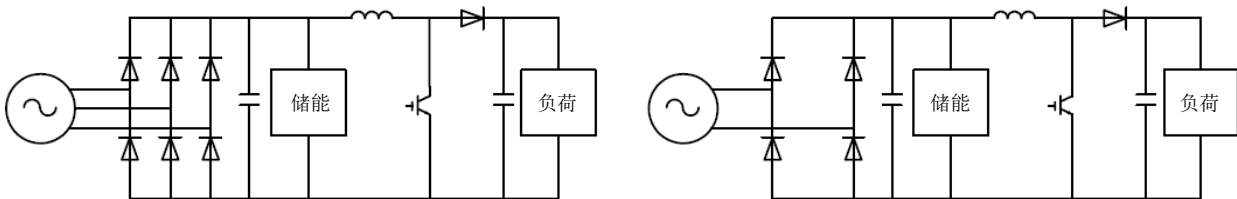
补偿装置工作过程如图A.1所示，补偿装置实时监测负荷直流侧电压，一旦检测到负荷直流电压发生暂降和短时中断，启动补偿，产生一个稳定的电压并联在负荷直流母线上，可保证负荷不受影响。



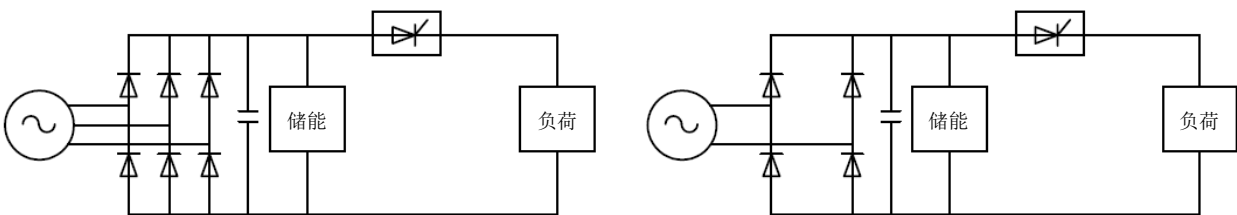
图A.1 补偿装置工作原理示意图

A.2 常见补偿装置

补偿装置可以分为有boost电路和无boost电路两大类。有boost电路补偿装置拓扑如图A.2所示，无boost电路补偿装置拓扑如图A.3所示。



图A.2 有 boost 电路型补偿装置示意图



图A.3 无 boost 电路型补偿装置示意图

附录 B (资料性附录) 补偿装置的应用

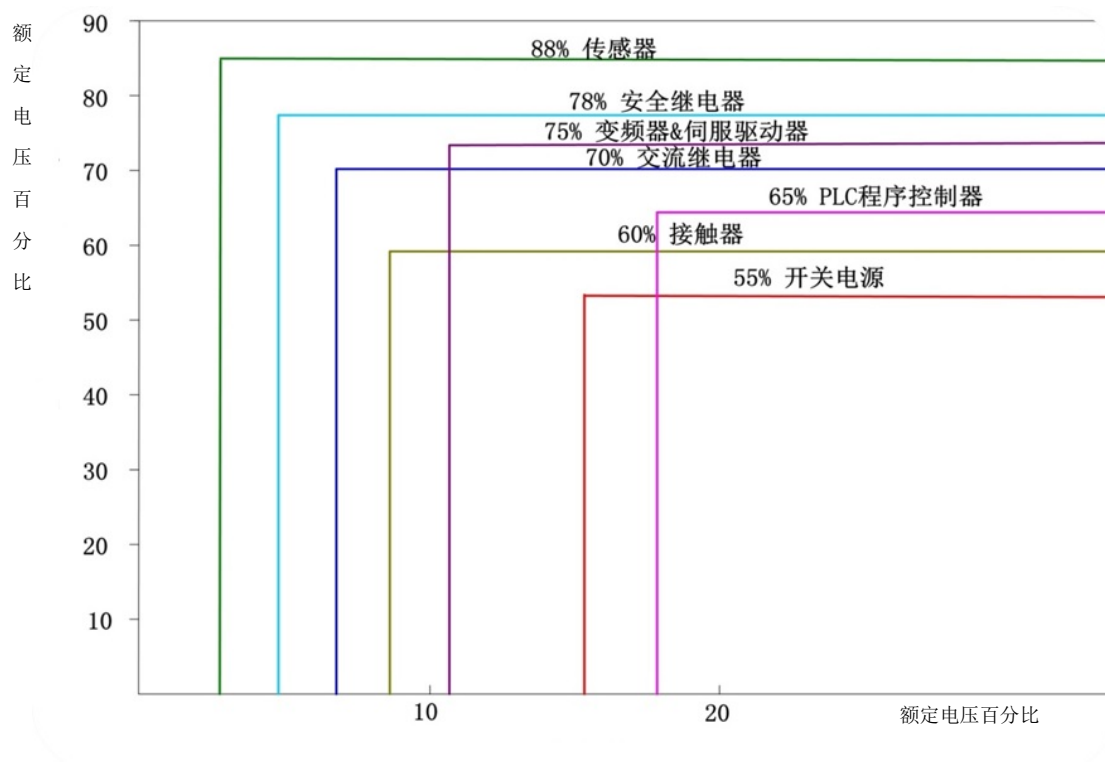
B.1 典型敏感负荷

现代工厂对电压比较敏感的设备主要分为三类，电力电子类负荷、开关电源类负荷和电磁线圈类负荷。电力电子类负荷有并网逆变器、变频器、伺服驱动器、软启动器、直流调速器、LED、激光电源等，开关电源类负荷有FMCS、PLC、DCS、服务器、计算机等，电磁线圈类负荷有接触器、继电器等。

补偿装置主要应用于直流型负荷和具备整流环节的交流型负荷。常见负荷有通用型交直交变频驱动设备、直流电机调速器和开关电源等。

B.2 典型敏感负荷的电压暂降耐受力度

不同类型设备的电压耐受力度见图B.1



图B.1 不同类型设备对电压耐受力度

B.3 补偿装置的常见应用方式

根据用户敏感负荷的分布情况以及供电系统的情况，补偿装置应用方式可以分为以下几种：

- 分布式补偿方案，一般用于低压侧敏感负荷比较少、比较分散的场合或者是局部的大负荷。
- 集中式补偿方案，用于敏感负荷比较集中，如敏感负荷共用同一段交流母线供电，可以使用一

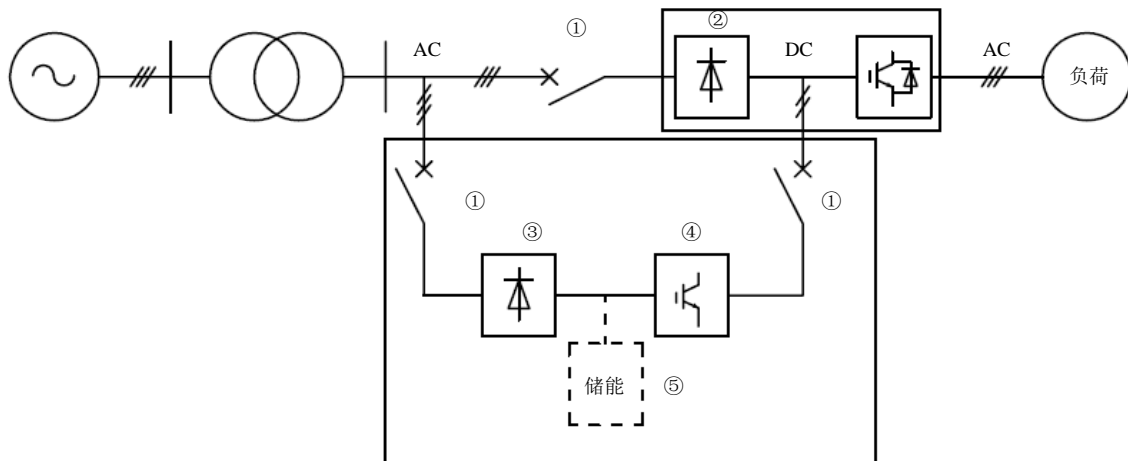
套大容量补偿装置进行集中补偿。集中式补偿方案共用直流源（储能单元），后端接多路负荷时，宜采用隔离型补偿装置。

用户在选用补偿装置时应开展所在系统电压暂降和短时中断情况的调研和负荷实测，区分敏感负荷和非敏感负荷，以确定所购补偿装置的容量，达到降低投资成本的目的。

B.4 补偿装置的常见接入方式

补偿装置的常见接入方式有两种：

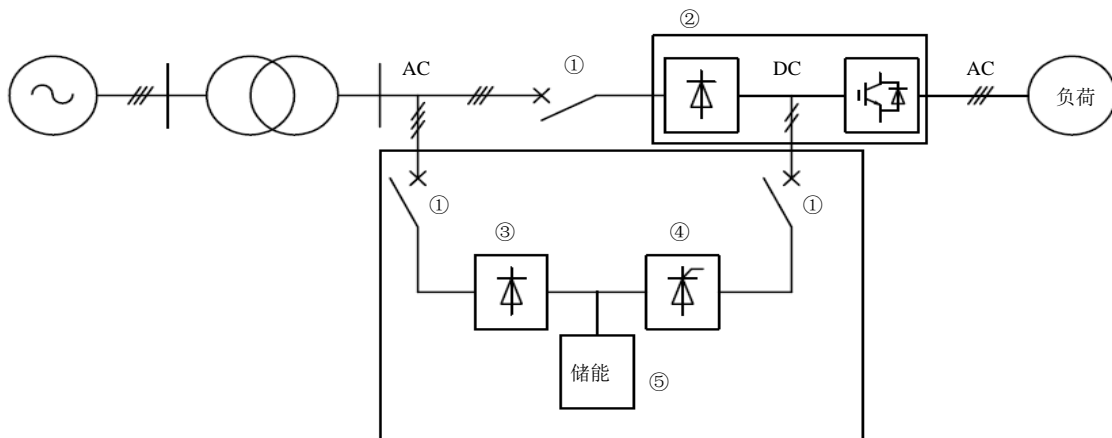
- 电力电子类的变频器负荷（见图 B.2、图 B.3）。
- 开关电源类负荷（见图 B.4、图 B.5）



说明：

- ①——断路器。
- ②——变频驱动模块，由整流、逆变器和控制单元组成。
- ③——整流器，由二极管或者晶闸管、滤波电容和控制单元组成。
- ④——升压稳压单元，直流型电压暂降补偿装置核心单元，一个基于全控型器件boost电路。
- ⑤——储能单元，治理短时中断需要配置，一般是普通储能电池或超级电容构成。

图B.2 有 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 a

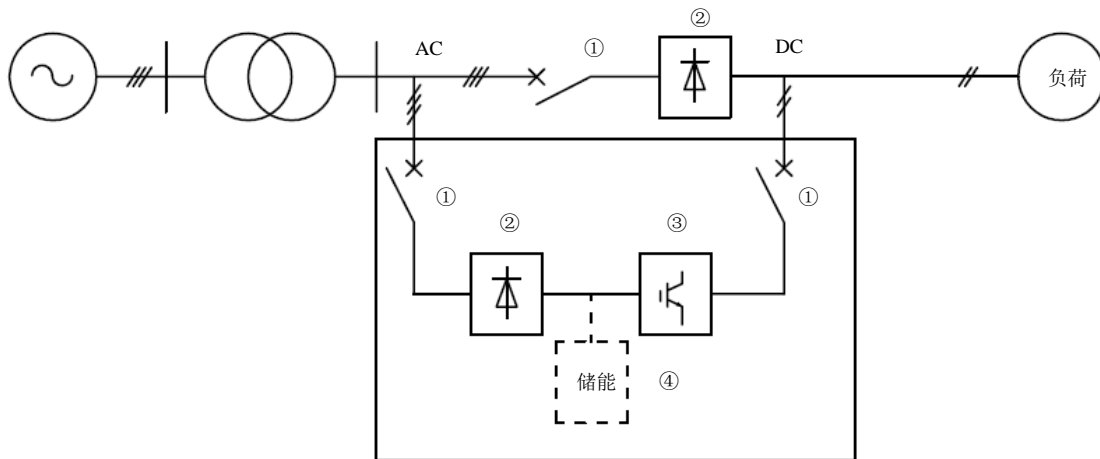


说明：

- ①——断路器。

- ②——变频驱动模块，由整流、逆变器和控制单元组成。
 ③——整流器，由二极管或者晶闸管、滤波电容和控制单元组成。
 ④——电子开关，通常为晶闸管或者IGBT。
 ⑤——储能单元，治理短时中断需要配置，一般是普通储能电池或超级电容构成。

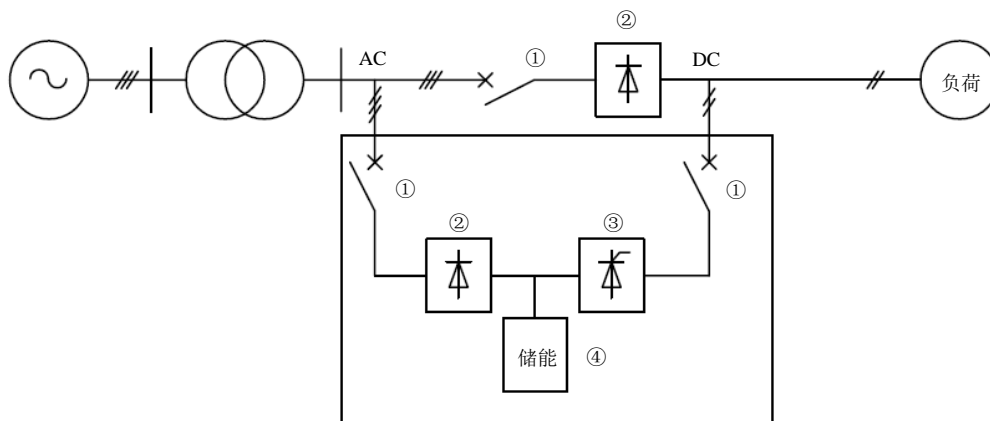
图B.3 无 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 a



说明：

- ①——断路器。
 ②——整流器，由二极管或者晶闸管、滤波电容和控制单元组成。
 ③——升压稳压单元，直流型电压暂降补偿装置核心单元，通常是一个基于全控型器件boost电路。
 ④——储能单元，一般是普通储能电池或超级电容构成。

图B.4 有 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 b



说明：

- ①——断路器。
 ②——整流器，由二极管（可控硅）、滤波电容和控制单元组成。
 ③——电子开关，通常为晶闸管或者IGBT。
 ④——储能单元，治理短时中断需要配置，一般是普通储能电池或超级电容构成。

图B.5 无 boost 电路补偿装置与负荷连接示意图 b

附 录 C
(资料性附录)
导线颜色的相关规定

C.1 小母线、汇流排、主电路导线相序、极性及颜色应符合表C.1 规定。

表C.1 小母线汇流排主电路导线相序极性及颜色

	符号	涂漆颜色或色标 (或绝缘导线颜色)	母线安装相互位置		
			垂直布置	前后布置	水平布置
A相	U	黄	上	后	左
B相	V	绿	中	中	中
C相	W	红	下	前	右
正极	L+	棕	上	后	左
负极	L-	蓝	下	前	右
中性极	N	淡蓝	最下	最前	最右
安全用 接地线	保护接地PE	黄绿双色	-	-	-
	E				

注：安装位置按补偿装置的正视方向。正、负母线安装时，其间距不宜小于60mm。