

ICS 29.240.01

F 24

备案号: 40059-2013

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1229 — 2013

---

## 动态电压恢复器技术规范

Technical specification for dynamic voltage restorer

2013-03-07 发布

2013-08-01 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 型号命名 .....                        | 3  |
| 5 系统组成 .....                        | 4  |
| 6 使用条件 .....                        | 5  |
| 7 技术要求 .....                        | 5  |
| 8 试验方法 .....                        | 9  |
| 9 试验项目 .....                        | 13 |
| 10 标志、包装、运输与贮存 .....                | 14 |
| 附录 A (资料性附录) 动态电压恢复器原理及典型拓扑结构 ..... | 15 |
| 附录 B (资料性附录) 动态电压恢复器的应用 .....       | 18 |

## 前 言

制定本标准的目的在于规范动态电压恢复器的技术要求，确保动态电压恢复器在系统中的安全、稳定、可靠运行，以满足敏感负荷对电能质量的特殊要求。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电能质量及柔性输电标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、北京市电力公司、浙江省电力试验研究院、江西省电力科学研究院、思源清能电气电子有限公司、山东迪生电气股份有限公司。

本标准主要起草人：邓占锋、蒋晓春、王 轩、汪兴盛、黄仁乐、张建平、范瑞祥、张秀娟、孙士民。

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）。

# 动态电压恢复器技术规范

## 1 范围

本标准规定了动态电压恢复器（简称装置）的术语和定义、型号命名、系统组成及原理、使用条件、技术要求、试验方法、试验项目、标志、包装、运输与贮存等。

本标准适用于户内使用的 35kV 及以下电压等级的动态电压恢复器。

## 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 1094.5 电力变压器 第 5 部分：承受短路的能力
- 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 3768 声学 声压法测定噪声源 声功率级 反射面上方采用包络测量表面的简易法
- GB/T 4025 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 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 6995.2 电线电缆识别标志方法 第 2 部分：标准颜色
- GB/T 7354 局部放电测量
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- 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 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 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 17626.4 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 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- 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 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 474.1 现场绝缘试验实施导则 第 1 部分：绝缘电阻、吸收比和极化指数试验
- DL/T 621 交流电气装置的接地
- DL/T 1092 电力系统安全稳定控制系统通用技术条件
- DL/T 1194—2012 电能质量术语

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**电压暂降 voltage sag**

**凹陷 voltage dip**

指电力系统中某点工频电压方均根值暂时降低至系统标称电压的 0.01p.u.~0.9p.u.，并在短暂持续 10ms~1min 后恢复到正常范围的现象。

[DL/T 1194—2012，定义 3.8.1]

3.2

动态电压恢复器 **dynamic voltage restorer**

**DVR**

串接于电源和负荷之间的电压源型电力电子补偿装置，用于快速补偿系统电压暂降。

[DL/T 1194—2012，定义 6.10]

3.3

残余电压 **residual voltage**

电压暂降过程中记录的电压最小值。

3.4

电压暂降深度 **depth of voltage dip**

电压暂降事件中，残余工频电压方均根值与系统标称电压之差的绝对值与系统标称电压之比，一般以百分数表示。

3.5

(DVR 的) 额定电压 **rated voltage of DVR**

动态电压恢复器所接入系统的标称电压。

3.6

额定电流 **rated current**

动态电压恢复器补偿期间所允许流过的电流（有效值）设计值。

3.7

额定补偿电压 **rated compensation voltage**

动态电压恢复器在额定电流下输出的工频电压（有效值）设计值。

3.8

额定补偿容量 **rated compensation capacity**

额定补偿电压与额定电流乘积。

3.9

额定补偿度 **rated compensation ratio**

动态电压恢复器的额定补偿电压与额定电压之比，以百分数表示。

3.10

补偿时间 **compensation time**

从输出电压上升至设定值的 90% 到输出电压下降至设定值的 90% 所持续的时间，如图 1 所示。

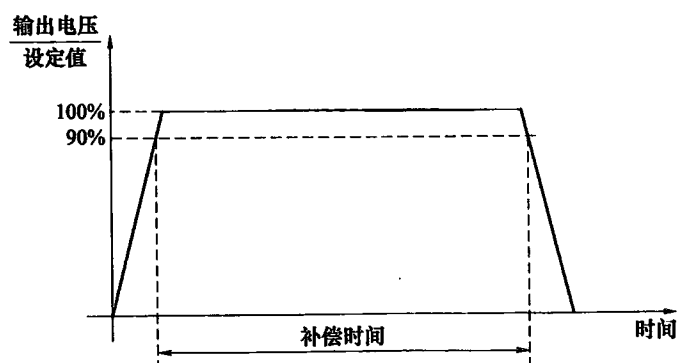


图 1 补偿时间定义

## 3.11

**额定补偿时间 rated compensation time**

动态电压恢复器输出有功功率为额定补偿容量时的补偿时间。

## 3.12

**装置响应时间 response time of equipment**

电压暂降深度为 50%，系统电压下降到标称电压的 90% 至将负荷电压补偿到系统标称电压的 90% 所需要的时间，如图 2 所示。

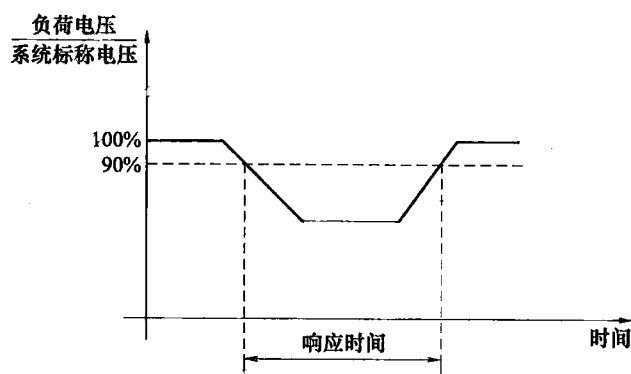


图 2 响应时间定义

## 3.13

**最小补偿间隔时间 minimum interval between two compensation**

输出有功功率达到额定补偿容量并在持续额定补偿时间的条件下，动态电压恢复器所允许的两次补偿之间的间隔时间最小值。

## 3.14

**补偿状态 compensation state**

动态电压恢复器通过换流器提供能量补偿电压的运行状态。

## 3.15

**电子旁路状态 electronic bypass state**

动态电压恢复器不提供能量，仅通过电力电子开关器件为负荷电流提供通路的运行状态。

## 3.16

**机械旁路状态 mechanical bypass state**

通过机械旁路开关为负荷电流提供通路的一种运行状态。

## 3.17

**电压损失 voltage loss**

动态电压恢复器处于电子旁路状态、电流为额定电流时，系统侧电压有效值和负荷侧电压有效值之差。一般以系统标称电压的百分数表示。

## 4 型号命名

装置的全型号由产品名称、额定补偿容量、额定电压、额定电流、特征代号共五部分组成。其具体组成形式如图 3 所示。

其中：

产品名称：DVR。

特征代号：通常用一位字母表示，表示装置接入系统的方式。具体内容见表 1。

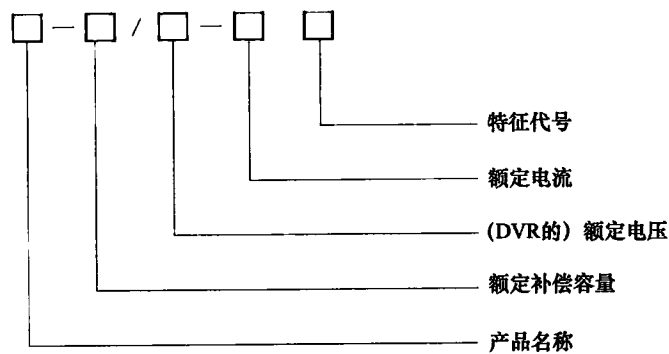


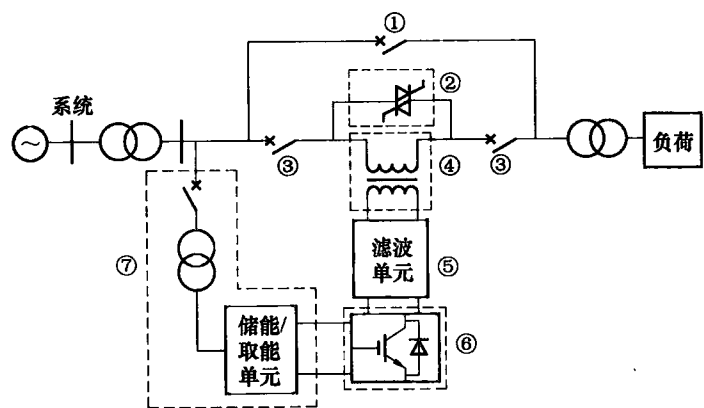
图 3 装置型号含义

表 1 装置特征代号

|        |       |
|--------|-------|
| 无      | T     |
| 直接接入系统 | 变压器耦合 |

5 系统组成

动态电压恢复器的原理图如图 4 所示。



说明：

- ① 机械旁路开关，可由断路器、接触器等机械开关构成，用于装置保护和旁路；
- ② 固态旁路开关，由可控电力电子器件构成，可快速旁路换流单元，用于装置保护及旁路；
- ③ 接入开关，可由断路器、接触器等机械开关构成，与旁路开关配合，在不影响负荷供电的情况下，实现动态电压恢复器的投切，以进行装置检修、维护；
- ④ 变压器，可选，一般在中高压系统中采用，用于实现装置和系统之间隔离及电压变换；
- ⑤ 滤波单元，用于滤除换流器输出电压中的谐波分量；
- ⑥ 换流单元，动态电压恢复器的核心单元，通常是一个基于全控器件的电压源型换流器，将直流电压换流成交流电压，用于补偿系统电压暂降；
- ⑦ 储能/取能单元，动态电压恢复器在补偿状态时提供能量的单元。

图 4 动态电压恢复器原理示意图

动态电压恢复器的原理及典型拓扑结构参见附录 A，应用条件和方式参见附录 B。



## 6 使用条件

### 6.1 环境条件

- a) 环境温度:  $-5^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度: 5%~95%;
- c) 大气压力: 86kPa~106kPa。

### 6.2 电气条件

- a) 控制电源。
  - 1) 交流电源。  
额定电压: 220V、380V; 电压偏差:  $\pm 20\%$ ; 频率: 50Hz; 频率偏差:  $\pm 2.5\text{Hz}$ ; 电压谐波总畸变率:  $\leq 8\%$ 。
  - 2) 直流电源。  
额定电压: 110V、220V; 电压偏差:  $-20\% \sim 10\%$ ; 电压纹波系数:  $\leq 5\%$ 。
- b) 负荷电流波形。  
最大电流峰值应小于 3 倍装置额定补偿电流。

### 6.3 其他使用条件

- a) 安装场所应无剧烈的机械振动;
- b) 安装场所应无损坏绝缘及腐蚀金属的有害气体及蒸汽;
- c) 安装场所应无导电性或爆炸性尘埃, 应无强电场或强磁场;
- d) 安装场所不受阳光直接照射, 无雨雪及严重霉菌侵袭;
- e) 安装倾斜不大于  $5^{\circ}$ 。

### 6.4 特殊使用条件

如在与上述任一条件不符的特殊条件下使用时, 用户应向制造商提出, 并与制造商达成专门的协议。

## 7 技术要求

### 7.1 外观与结构

- a) 壳体外表面, 一般应喷涂无眩目反光的覆盖层, 表面不得有起泡、裂纹或流痕等缺陷。
- b) 所选用的指示灯、按钮、导线及母线的颜色应符合 GB/T 4025 和 GB/T 6995.2 的相关要求。
- c) 构件应有良好的抗腐蚀性能。
- d) 元器件安装布局应经济合理、安全可靠、维修方便; 需手动操作的器件应操作灵活、无卡住或操作力过大现象。
- e) 铭牌参数标志清晰, 数据正确。
- f) 外壳防护等级应不低于 GB 4208 中 IP20 的要求。

### 7.2 防护与接地

- a) 装置接地应符合 DL/T 621 的要求。
- b) 对直接接触的防护可以依靠装置本身的结构措施, 也可以依靠装置在安装时所采取的附加措施, 制造商应在说明书中提供相关信息。
- c) 对间接接触的防护应在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, 也可利用装置的结构部件 (如外壳、框架) 来实现。
- d) 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 (包括因绝缘破坏可能会带电的金属件)、装有电器元件的门、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应不大于  $0.05\Omega$ 。
- e) 装置内保护电路的所有部件的设计应保证它们足以耐受装置在安装场所可能遇到的最大热应力和电动应力。

f) 接地端子应有明显的标识。

7.3 电气间隙与爬电距离

7.3.1 装置内的元器件应符合各自标准规定，正常使用条件下，应保持其电气间隙和爬电距离。

7.3.2 装置内不同极性或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 2 和表 3 的规定。

表 2 额定绝缘电压 1kV 及以下的电气间隙与爬电距离

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

表 3 额定绝缘电压 1kV 以上的电气间隙与爬电比距

| 系统标称电压<br>kV | 户内           |                 |
|--------------|--------------|-----------------|
|              | 最小电气间隙<br>mm | 最小爬电比距<br>mm/kV |
| 3            | 75           | 20              |
| 6            | 100          |                 |
| 10           | 125          |                 |
| 15           | 150          |                 |
| 20           | 180          |                 |
| 35           | 300          |                 |

7.3.3 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  $1000\Omega/V$ 。

7.3.4 主电路和与主电路直接连接的辅助电路的工频电压耐受水平应符合表 4 和表 5 的规定，额定绝缘电压（ $U_i$ ）1kV 以上的雷电冲击耐受水平应符合表 5 的规定。

表 4 额定绝缘电压 1kV 及以下的工频耐受电压

V

| 额定绝缘电压                | 工频耐受电压（有效值） |
|-----------------------|-------------|
| $60 < U_i \leq 300$   | 2000        |
| $300 < U_i \leq 690$  | 2500        |
| $690 < U_i \leq 800$  | 3000        |
| $800 < U_i \leq 1000$ | 3500        |

表 5 额定绝缘电压 1kV 以上的设备耐受电压

kV

| 系统<br>标称电压 | 设备<br>最高电压 | 雷电冲击耐受电压             |                      | 短时（1min）工频耐受电压（有效值）     |                         |
|------------|------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
|            |            | 相对地                  | 相间                   | 相对地                     | 相间                      |
| 3          | 3.5        | 40（20）               | 40（20）               | 18                      | 18                      |
| 6          | 6.9        | 60（40）               | 60（40）               | 25                      | 25                      |
| 10         | 11.5       | 75（60）               | 75（60）               | 30/42 <sup>b</sup> ； 35 | 30/42 <sup>b</sup> ； 35 |
| 15         | 17.5       | 105（75）              | 105（75）              | 40； 45                  | 40； 45                  |
| 20         | 23         | 125（95）              | 125（95）              | 50； 55                  | 50； 55                  |
| 35         | 40.5       | 185/200 <sup>a</sup> | 185/200 <sup>a</sup> | 80/95 <sup>b</sup> ； 85 | 80/95 <sup>b</sup> ； 85 |

注：括号内、外数据分别对应低电阻接地系统和非低电阻接地系统。

a 斜线下的数据仅用于变压器类设备的内绝缘。

b 为设备外绝缘在干燥状态下的耐受电压。

#### 7.4 控制及监测功能要求

7.4.1 监控系统应自动完成电压暂降的检测、启动补偿、停止补偿等操作,以保证负荷侧电压在允许范围内。

7.4.2 监控系统应具备就地操作的人机界面,宜具备通信接口以实现远程监测和控制。

7.4.3 监控系统至少应在就地监控界面完成以下操作:开关的分合、装置起停、信号复归。

7.4.4 监控系统应自动完成除隔离刀闸外的停运操作。

7.4.5 监控系统应显示充分的信息,以便于运行维护人员观察设备运行状况、定位故障原因。

监控系统至少应具备以下功能:

- a) 运行状态显示;
- b) 主接线图显示(包括各开关的位置信息);
- c) 模拟量显示(系统电压、负载电压、装置电流、直流电压);
- d) 事件记录和显示查询功能;
- e) 录波功能和显示,当系统电压异常或装置故障时,能自动记录事件前后的重要数据(电压、电流、开关位置等信息),记录时间大于 2s,采样频率不小于 5kHz;
- f) 功率半导体器件或换流模块的状态信息显示;
- g) 冷却系统运行状态显示。

7.4.6 装置应具备必要的逻辑互锁功能,以防止误操作。

#### 7.5 测量精度

按照 DL/T 1092 的要求,测量精度应满足:

- a) 在 0.2p.u.~1.5p.u.范围内,交流电流有效值测量的相对误差不大于 1%;
- b) 在 0.2p.u.~1.2p.u.范围内,交流电压有效值测量的相对误差不大于 1%。

#### 7.6 保护

装置应配备必要的保护,保护动作时应不影响负荷的正常供电。保护应包括:

- a) 电压互感器、电流互感器断线保护;
- b) 过补偿保护;
- c) 过电流保护(过电流消失后 DVR 应能自动投入);
- d) 直流过压、欠压保护;
- e) 功率半导体器件故障(过热、损坏等)保护;
- f) 控制系统故障保护;
- g) 冷却系统异常保护。

#### 7.7 电磁兼容

7.7.1 装置的浪涌(冲击)抗扰度应符合 GB/T 17626.5 中 3 级要求。

7.7.2 装置的电快速瞬变脉冲群抗扰度应符合 GB/T 17626.4 中 3 级要求。

7.7.3 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。

7.7.4 装置的静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2 中 3 级要求。

7.7.5 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。

#### 7.8 装置性能要求

##### 7.8.1 装置响应时间

装置响应时间不宜大于 5ms。

##### 7.8.2 额定补偿度

额定补偿度宜大于等于 50%。

##### 7.8.3 额定补偿时间

额定补偿时间应大于 1s。

7.8.4 电压不平衡度

装置处于补偿状态下，负荷侧电压不平衡度应小于 4%。

7.8.5 频率跟踪误差

频率跟踪误差应小于±0.2Hz。

7.8.6 电压总谐波畸变率

空载、额定补偿电压下的电压总谐波畸变率应不大于 4%。

7.8.7 损耗

装置在电子旁路状态下的损耗应不大于额定补偿容量的 4%。

7.8.8 电压补偿精度

电压补偿误差应小于设定值的 2%。

7.8.9 电压损失

电压损失应小于 2.5%。

7.8.10 最小补偿间隔时间

最小补偿间隔时间宜小于 5s。

7.8.11 短路电流耐受能力

装置应能够承受负荷侧发生的单相接地、两相短路、两相短路接地、三相短路等故障，而不产生任何热的和机械的损伤，无部件和功率器件发生损坏，允许的短路电流持续时间应不小于 2s。短路电流耐受能力由制造商指定。

7.8.12 温升及过载能力

a) 装置各部位的极限温升如表 6 所示。

表 6 装置各部位的极限温升

| 部位名称             |                 |         | 温升限值<br>K                          |
|------------------|-----------------|---------|------------------------------------|
| 干式<br>变压器        | 绕组              | A 级绝缘   | 60                                 |
|                  |                 | B 级绝缘   | 80                                 |
|                  |                 | F 级绝缘   | 100                                |
|                  |                 | H 级绝缘   | 125                                |
|                  | 铁芯              |         | 在任何情况下不出现使铁芯本身、其他部件或与其相邻的材料受到损害的程度 |
| 油浸变压器（字母代号为 O）绕组 |                 |         | 65                                 |
| 铜母线              |                 |         | 35                                 |
| 铜母线连接处           |                 | 无保护层    | 45                                 |
|                  |                 | 有锡和铜保护层 | 55                                 |
|                  |                 | 有银保护层   | 70                                 |
| 铝母线              |                 |         | 25                                 |
| 铝母线连接处           |                 |         | 30                                 |
| 电阻元件             | 距电阻表面 30mm 处的空气 |         | 25                                 |
|                  | 印制电路板上电阻表面      |         | 30                                 |
| 塑料、橡皮、漆膜绝缘导线     |                 |         | 20                                 |
| 功率半导体器件          |                 |         | 按照各自元件标准规定                         |
| 熔断器              |                 |         |                                    |

b) 装置至少应能够承受持续时间为 1min、大小为额定补偿电流 1.25 倍的过电流。

## 7.9 噪声

在正常工作条件下, 装置及其所属部件运行噪声应不大于 70dB。

## 7.10 可靠性设计要求

7.10.1 根据运行需要和设备生产制造水平, 由制造商和需方共同协商确定装置年可用率和年强迫停运次数。

7.10.2 冷却系统应有冗余设计, 单一风扇或水泵停运应不影响装置的正常运行。

7.10.3 控制系统应自带 UPS 供电或其他保证用电可靠性的装置。

7.10.4 装置宜采取快速旁路措施。

## 8 试验方法

### 8.1 试验类别

#### 8.1.1 型式试验

型式试验的目的在于全面检验装置的设计、材料和制造等方面是否满足本标准规定的性能。型式试验的产品应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装置上进行。

型式试验在新产品制出时进行。在生产中当装置的结构、材料或工艺有改变, 且其改变有可能影响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。

在正常生产中, 型式试验亦应每五年进行一次。

型式试验应由具有资质的第三方承担。

#### 8.1.2 出厂试验

出厂试验的目的在于检验制造中的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装置进行。

#### 8.1.3 现场验收试验

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

### 8.2 试验条件

#### 8.2.1 试验的标准大气条件

环境温度: 15℃~35℃;

相对湿度: 45%~75%;

大气压力: 86kPa~106kPa。

#### 8.2.2 仲裁试验的标准大气条件

环境温度: 20℃±2℃;

相对湿度: 45%~75%;

大气压力: 86kPa~106kPa。

#### 8.2.3 高压试验条件

高压试验条件应符合 GB/T 16927.1 要求。

### 8.3 外观与结构检查

8.3.1 用目测和仪器测量的方法检查, 结构和外观应符合 7.1 要求。

8.3.2 按照 GB 4208 规定的方法进行验证, 装置的防护等级应符合 7.1 要求。

### 8.4 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装置的电阻, 其电阻值应符合 7.2d) 的要求。

### 8.5 电气间隙与爬电距离检验

用量具测量装置内不同极性或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 7.3 的要求。测量时采取抽查法，取 5~10 个测量点。

## 8.6 介电强度试验

### 8.6.1 试验内容

- a) 绝缘电阻验证；
- b) 工频耐压试验；
- c) 雷电冲击试验。

### 8.6.2 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：

- a) 相导体之间；
- b) 相导体与裸露导电部件之间。

### 8.6.3 工频耐压试验

#### 8.6.3.1 工频耐压试验施加部位

按照表 4 和表 5 规定施加试验电压  $U_{ts1}$ ，试验电压应施加于：

- a) 相导体之间。
- b) 相导体和裸露导电部件之间。
- c) 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 4 和表 5 规定的 1.5 倍，在此试验时，框架不应接地也不能与其他电路相连。
- d) 用绝缘材料制造的外壳，还应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 4 和表 5 规定的 1.5 倍。

#### 8.6.3.2 工频耐压试验步骤

按照下列步骤进行工频耐压试验，试验电压曲线如图 5 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到局部放电试验电压  $U_{ts2}$ ，维持电压  $U_{ts2}$  10min，记录下局部放电水平，局部放电测量仅适用于标称电压大于 1kV 的回路；降低试验电压到零。
- d) 假如在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应不大于 200pC。否则，周期局部放电峰值应不大于 50pC；起始和熄灭电压的测量应按照 GB/T 7354 进行。

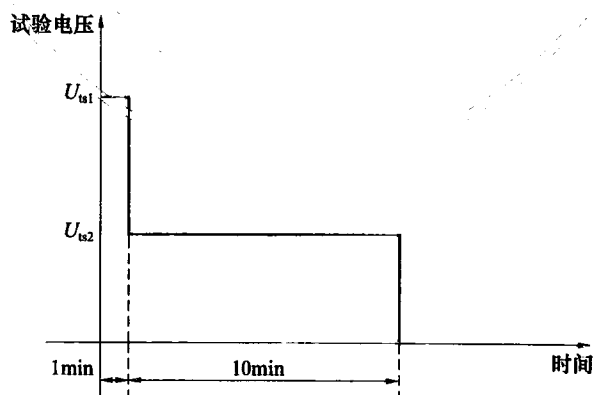


图 5 试验电压曲线

对于系统标称电压不大于 1kV 的回路，试验时无损坏性放电现象视为试验通过；对系统标称电压大于 1kV 的回路，其局部放电还应当满足 d) 的要求，方可认为试验通过。

局部放电试验电压  $U_{ts2}$  计算公式如下:

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

式中:

$U_{ms2}$  ——对地(或相间)最大稳定运行电压的峰值,包括关断过冲;

$K_{s2}$  ——试验安全系数;  $K_{s2}=1.2$ 。

#### 8.6.4 雷电冲击试验

试验波形: 1.2/50 $\mu$ s 波形, 试验电压应符合表 5 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。

#### 8.6.5 测量精度试验

给装置测量回路输入标准电流、电压值, 根据装置显示值计算测量精度, 结果应符合 7.5 要求。

#### 8.6.6 保护功能测试

模拟各种故障, 按 7.6 规定的功能进行试验, 装置在各种故障下应能正确动作且保护动作定值与保护定值间误差小于 $\pm 5\%$ 。

#### 8.6.7 电磁兼容试验

按照 GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6 的规定对装置进行试验, 结果应符合 7.7 的要求。

#### 8.6.8 功能试验

##### 8.6.8.1 空载电压发生试验

试验电路如图 6 所示。被测试装置主回路与系统和负载连接断开, 设定装置输出额定补偿电压, 使其输出单相、两相、三相电压, 记录系统电压、装置输出电压, 补偿精度应符合 7.8.8 要求, 输出电压谐波应符合 7.8.6 要求, 本试验通过后方可进行 8.6.8 中的下述试验。

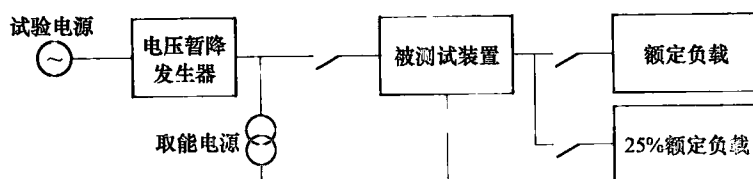


图 6 试验电路

##### 8.6.8.2 响应时间测试

试验电路如图 6 所示。用电压暂降发生器分别产生单相、两相、三相电压暂降, 电压暂降深度为 50%, 电压暂降发生的相位分别取  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $150^\circ$ , 上述电压暂降下测得的响应时间最大值应符合 7.8.1 的要求。该试验在空载条件下进行。响应时间的计算方法为: 采用瞬时无功功率理论计算响应时间。

##### 8.6.8.3 自动补偿试验

试验电路如图 6 所示。用电压暂降发生器分别产生单相、两相、三相电压暂降, 电压暂降深度应使装置输出达到额定补偿度, 在记录的波形上测量下列指标:

- 测量装置输出电压, 计算电压补偿度和补偿精度, 其结果应符合 7.8.2、7.8.8 要求;
- 测量补偿期间负载侧电压的不平衡度, 其结果应符合 7.8.4 的要求;
- 测量装置输出电压的频率与系统电压频率之差的最大值, 其结果应符合 7.8.5 的要求。

在供需双方认可的情况下, 可以采用二次回路模拟法进行自动补偿近似试验, 试验接线图如图 7 所示。试验方法如下:

- 将继电保护测试仪输出作为系统电压, 输入到控制保护系统;

- b) 将继电保护测试仪的输出与采集的负载侧对应相电压相加, 作为控制系统用的负载电压;
- c) 在储能/取能单元充电后将装置的电源侧和负载侧开关断开, 通过继电保护测试仪模拟电压暂降, 对装置的自动补偿功能进行测试。

在上述近似试验中, 考虑到若断开储能/取能回路, 在补偿期间直流电压会下降, 则只测量补偿开始前 10 个周波的补偿精度即可。如装置的接线方式不允许断开电源侧开关, 则可只断开负载侧开关, 并通过改变定值使装置进入自动补偿。

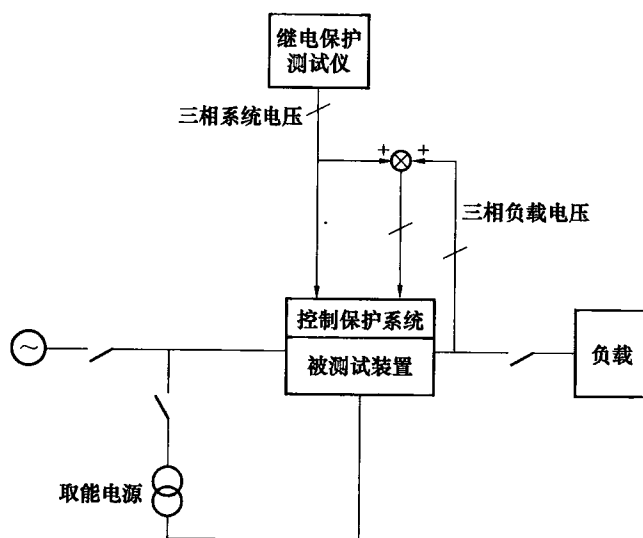


图7 自动补偿试验二次模拟法试验电路

#### 8.6.8.4 额定补偿时间测试

试验电路如图6所示。在额定输入电压、额定阻性负载的条件下, 用电压暂降发生器模拟三相平衡的电压暂降事件, 电压暂降深度以使装置输出达到额定补偿度, 设置故障持续时间大于额定补偿时间, 同时记录系统电压、装置输出电压、负载电压, 计算得到的补偿时间应符合7.8.3的要求。

对采用链式结构的中压装置, 在不具备上述试验条件的情况下, 可用单个功率模块进行等效试验, 试验电路如图8所示。试验负载为纯阻性, 负载的大小应使单个功率模块输出达到额定补偿电压、电流达到额定补偿电流。

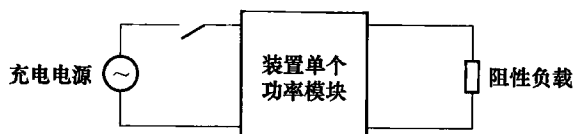


图8 单个功率模块等效试验电路

#### 8.6.8.5 损耗测试

在额定电流的条件下, 装置工作于电子旁路状态, 测量装置的损耗, 如有变压器, 需将其损耗计入, 其结果应符合7.8.7的要求。

#### 8.6.8.6 电压损失试验

在额定电流的条件下, 装置工作于电子旁路状态, 测量装置输出电压, 应满足7.8.9的规定。

#### 8.6.8.7 最小补偿间隔时间测试

试验电路如图6所示。在额定输入电压、额定阻性负载的条件下, 用电压暂降发生器模拟三相平衡的电压暂降事件, 电压暂降深度以使装置输出达到额定补偿度, 设置故障持续时间为额定补偿时间, 并在本次故障结束后间隔7.8.10规定的时间再产生一次完全相同的电压暂降故障, 同时记录系统电压、装



置输出电压、负载电压，对电压波形进行测量，其结果应符合 7.8.10 的要求。

对采用链式结构的中压装置，在不具备上述试验条件的情况下，可用单个功率模块进行等效试验，试验电路如图 8 所示。试验负载为纯阻性，负载的大小应使单个功率模块输出额定补偿电压和额定补偿电流。

8.6.8.8 短时电流耐受试验

选取能够完成电子旁路、机械旁路的最小单元进行试验，装置工作在补偿状态。如无其他规定，短时电流的第一个波的波峰值应为短路电流方均根值的  $1.8 \times \sqrt{2}$  倍，试验方法参见 GB 1094.5。试验中装置功能正常，无任何热的和机械的损伤，无部件和功率器件发生损坏，视为通过。

8.6.8.9 温升及过载能力试验

试验电路如图 6 所示。在额定电压、额定电流的条件下，装置工作在电子旁路状态，按照表 6 规定的测试部件和部位，当温度变化不超过 1K/h 时，认为温度达到稳定，温升应符合 7.8.12 的要求。温升试验中，应同时测量装置周围空气温度，测温装置应装设于装置 1/2 高度、1m 远的位置。

温升试验时温度达到稳定后，再投入 25%负载进行 1min 的过载能力试验；试验中装置功能正常，不产生任何热的和机械的损伤，无部件和功率器件发生损坏，视为通过。

8.6.8.10 噪声测量

装置处于电子旁路状态、通过额定补偿电流进行试验。测试方法按照 GB/T 3768 的规定进行，结果应符合 7.9 的要求。

8.6.8.11 连续通电试验

在 6 规定的条件下，使其尽可能按实际工作状态不间断地连续运行，每隔半个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。

8.6.8.12 耐湿热性能环境试验

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 7.5 的要求、功能正常，视为试验通过。

9 试验项目

型式试验、出厂试验和现场验收试验的试验项目见表 7。

表 7 试 验 项 目

| 序号 | 试验项目        | 型式试验 | 出厂试验           | 现场验收试验         |
|----|-------------|------|----------------|----------------|
| 1  | 外观与结构检查     | √    | √              | √              |
| 2  | 安全与接地检验     | √    | √              | √              |
| 3  | 电气间隙与爬电距离检验 | √    |                |                |
| 4  | 介电强度试验      | √    | √ <sup>a</sup> | √ <sup>a</sup> |
| 5  | 测量精度试验      | √    | √              | √              |
| 6  | 保护功能测试      | √    | √              | √              |
| 7  | EMC 试验      | √    |                |                |
| 8  | 空载电压发生试验    | √    | √              |                |
| 9  | 响应时间测试      | √    | √              |                |

表 7 (续)

| 序号  | 试验项目      | 型式试验 | 出厂试验 | 现场验收试验 |
|---|-----------|------|------|--------|
| 10  | 自动补偿试验    | √    | √    | √      |
| 11  | 额定补偿时间测试  | √    |      |        |
| 12  | 损耗测试      | √    |      |        |
| 13  | 电压损失试验    | √    |      |        |
| 14  | 最小补偿间隔时间  | √    |      |        |
| 15  | 短时电流耐受试验  | √    |      |        |
| 16  | 温升及过载能力试验 | √    |      |        |
| 17  | 噪声测量      | √    |      | √      |
| 18  | 连续通电试验    | √    | √    | √      |
| 19  | 耐湿热性能环境试验 | √    |      |        |
| a 出厂试验、现场验收试验只做工频耐压试验, 试验电压符合 GB 50150 的要求。 |           |      |      |        |

## 10 标志、包装、运输与贮存

### 10.1 铭牌标志

装置的铭牌应有下列内容:

- 名称和型号;
- 额定电压;
- 额定电流;
- 额定补偿容量;
- 出厂编号;
- 制造年月;
- 制造商名称或商标。

### 10.2 包装

#### 10.2.1 包装要求

装置应有内包装和外包装箱, 插件箱应锁紧扎牢, 包装箱应有防尘、防雨、防振措施。

#### 10.2.2 产品随带文件

- 装箱清单;
- 产品合格证书 (合格证);
- 安装时必需的图纸资料等;
- 使用说明书。使用说明书应满足 GB/T 9969 的规定。

#### 10.2.3 运输

运输和装卸应按照包装箱上的标记进行。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。

#### 10.2.4 贮存

装置应贮存在环境温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ , 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)

动态电压恢复器原理及典型拓扑结构

A.1 动态电压恢复器的工作原理

动态电压恢复器工作过程如图 A.1 所示，动态电压恢复器实时检测系统（或者负荷）电压，一旦检测到系统电压发生暂降，启动补偿，产生一个幅值和相角可调的电压，与系统电压叠加后，可保证负荷端电压不受影响。



图 A.1 动态电压恢复器工作原理示意图

A.2 常见的动态电压恢复器示意图

A.2.1 单相动态电压恢复器

单相动态电压恢复器可以分为有变压器和无变压器两大类。无变压器型动态电压恢复器拓扑结构如图 A.2 所示，带变压器的动态电压恢复器拓扑结构如图 A.3 所示。其中，无变压器型动态电压恢复器主要应用在低电压小容量场合下，带变压器的拓扑结构应用较为广泛。

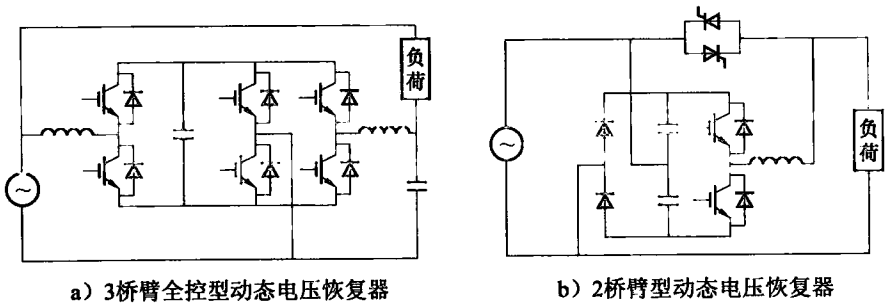


图 A.2 无变压器型动态电压恢复器示意图

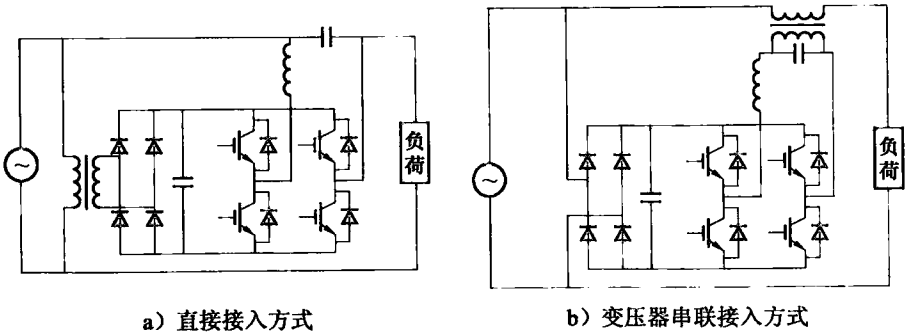


图 A.3 带变压器的动态电压恢复器示意图

A.2.2 三相动态电压恢复器

根据各个单元拓扑结构的不同有不同组合，具体说明如下。

## A.2.2.1 换流单元

三相动态电压恢复器的换流器拓扑结构主要有两种：

三相桥结构，三相输出电压互相关联，无法向系统提供零序电压，主要应用于三相三线制系统，仅能采用串联变压器接入方式；

三单相桥结构，三相输出电压互相独立，可以分相控制，以补偿系统的正序、负序和零序电压变化，适用于三相三线制系统和三相四线制系统，可以采用直接接入和串联变压器接入两种方式。

## A.2.2.2 串联接入部分

动态电压恢复器可以采用串联变压器或者直接将换流器输出的补偿电压滤波后串联注入系统。

## A.2.2.2.1 串联变压器接入方式

串联变压器接入方式的单线图如图 A.4 所示。

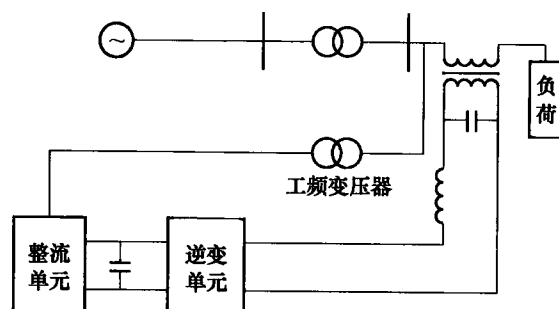


图 A.4 串联变压器接入示意图

## A.2.2.2.2 直接接入方式

直接接入方式示意图如图 A.5 所示。

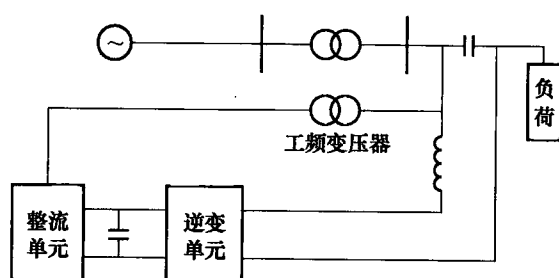


图 A.5 直接接入方式示意图

高压配电网的无串联变压器的动态电压恢复器换流器结构如图 A.6 所示，它可采用基于器件串联的两电平结构和 H 桥级联的多电平结构。

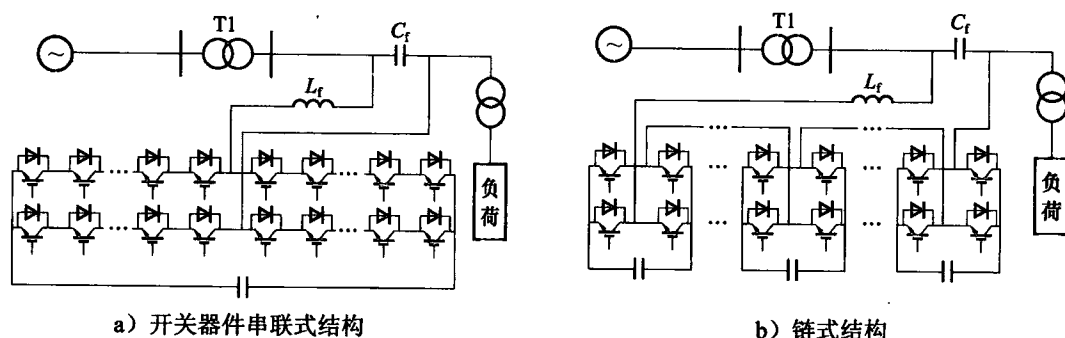


图 A.6 用于高压系统的无变压器动态电压恢复器结构

### A.2.2.3 滤波器单元

为了滤除换流器所产生的开关频率附近的高次谐波，动态电压恢复器一般配备滤波电感和滤波电容构成的二阶低通滤波器，滤波器的连接位置如图 A.7 所示，在采用直接接入方式时，滤波器可以安装在 A、B 两个位置；在采用串联变压器接入方式时，滤波器的接入位置可以在 A、B、C 三个位置。

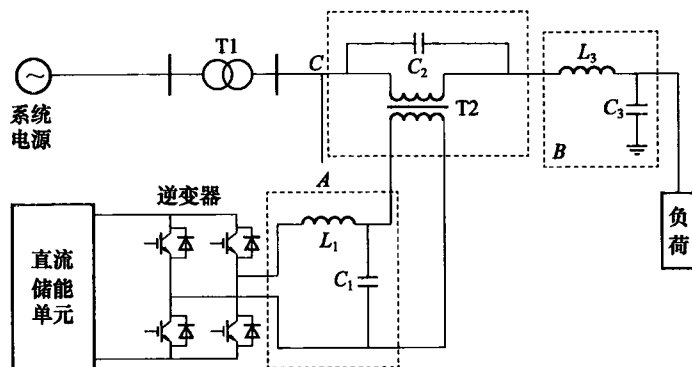


图 A.7 滤波器连接位置示意图

### A.2.2.4 储能/取能单元

在系统发生故障时，动态电压恢复器必须向系统提供有功功率，因此，需要配备储能/取能单元。动态电压恢复器的储能/取能单元通常有以下两种结构：

- a) 第一种是储能元件提供能量，典型的储能元件包括电容器、蓄电池、飞轮、超导线圈等；
- b) 第二种是电网取能方式，电网电压经整流滤波后向动态电压恢复器提供连续的能源供应。采用电网取能方式时，由于可以连续获得能量供应，从而使动态电压恢复器具备进行稳态调压的能力。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**动态电压恢复器的应用**

**B.1 电压暂降的原因及典型敏感负荷****B.1.1 电压暂降的原因**

造成电压暂降的主要原因有两种：

## a) 电力系统发生故障。

- 1) 天气原因，如冰雪、雷电、暴雨、大风等导致的电力系统故障；
- 2) 偶然事件，如动物或风筝挂线、建筑施工挖伤电缆、设备故障、人员误操作等导致的电力系统故障。

## b) 电力系统内部大型冲击性负荷（如大电机）的启动，线路切换等。

前者造成的电压暂降持续时间较短一般不超过 2s，后者造成的电压暂降持续时间较长，从几秒到数分钟。

**B.1.2 典型敏感负荷**

不同的设备对电压敏感程度不一样。典型影响见表 B.1。

**表 B.1 设备对电压敏感程度**

| 设备名称      | 造成的影响  |
|-----------|--|
| 制冷设备电子控制器 | 当电压低于 80% 时，控制器切除制冷电动机   |
| 芯片制造业     | 当电压低于 85% 时，测试和加工设备的电子电路会出现故障，导致设备停运                                       |
| PLC       | 当电压低于 90% 持续几个周波，I/O 设备会误动作，低于 81% 时 PLC 停止工作                              |
| 精密机械工具    | 当电压低于 90% 持续 2~3 周波，机器人控制操作中断  |
| 直流电机      | 当电压低于 80% 时，电动机保护跳闸  |
| 调速电机（VSD） | 当电压低于 70%，持续时间超过 6 个周波，VSD 将切除；一些精细加工业的电动机，当电压低于 90% 持续时间超过 3 个周波时，电动机就会跳闸 |
| 交流接触器     | 电压低于 50% 甚至 70% 持续时间超过一个周波，接触器将自动脱扣  |
| 计算机       | 电压低于 60% 持续 12 个周波，计算机工作将停机  |

**B.2 动态电压恢复器应用方式**

根据用户敏感负荷的分布情况以及供电系统的状况，动态电压恢复器应用方式可以分为以下几种：

- a) 敏感负荷分布补偿方案。一般用于低压侧敏感负荷比较少、比较分散的场合；或者是大负荷中局部敏感负荷。
- b) 敏感负荷集中补偿方案。用户的敏感负荷比较集中，如敏感负荷通过同一条馈线或同一母线供电，或者用户绝大多数负荷对电压暂降比较敏感，可以在馈线或母线进线侧进行统一补偿，一般应用于 10kV 或 35kV 系统。

总体上来说，由于动态电压恢复器成本高，用户应尽量将敏感负荷和非敏感负荷分离后，仅对敏感负荷进行补偿，以降低投资；另一方面，用户在采购动态电压恢复器前应开展所在系统电压暂降情况的调研和负荷实测，以准确确定所购装置的技术参数，特别是明确负荷的瞬时电流峰值。



中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
动态电压恢复器技术规范  
DL/T 1229—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>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

\*

2013年8月第一版 2013年8月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 37千字  
印数 0001—3000册

\*

统一书号 155123·1573 定价 11.00元

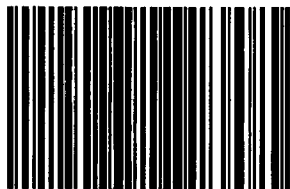
敬告读者

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



刮开涂层  
查询真伪



155123.1573

上架建议：规程规范/  
电力工程/供用电