

ICS 29.020  
K 04

# DB53

## 云南省地方标准

DB53/T 947—2019

---

### 低压用电负荷不平衡综合补偿装置 技术要求

2019 - 09 - 23 发布

2019 - 12 - 23 实施

云南省市场监督管理局 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 型号命名与产品分类 .....	2
5 使用条件 .....	3
6 技术要求 .....	3
附录 A（资料性附录） 电流不平衡度计算方法 .....	8
附录 B（资料性附录） 低压用电负荷不平衡综合补偿装置补偿需量计算 .....	10
附录 C（资料性附录） 低压用电负荷不平衡综合补偿装置的工程应用选型计算 .....	12
参考文献 .....	13



## 前 言

本标准按 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。

本标准由云南电网有限责任公司提出。

本标准由云南省电力装备标准化技术委员会（YNTC09）归口。

本标准起草单位：云南电网有限责任公司楚雄供电局、云南省电子信息产品检验院、云南拓洲科技有限公司、西安爱科赛博电气股份有限公司、云南电网有限责任公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、上海鸿岩机械科技有限公司、云南电网有限责任公司曲靖供电局、云南电网有限责任公司怒江供电局、云南串联电力科技有限公司、陕西金源自动化科技有限公司、合肥华威自动化有限公司。

本标准主要起草人：段军鹏、王萍、杨永祥、金鹏春、任海库、况华、张贵鹏、蔡葆锐、王能、王晓平、覃日升、王甫、连宝晶、冯锋锋、杨艳、鲍明杰、柴迪运。



# 低压用电负荷不平衡综合补偿装置技术要求

## 1 范围

本标准规定了低压用电负荷不平衡综合补偿装置的术语和定义、型号命名与产品分类、使用条件和技术要求。

本标准适用于标称电压为 380 V、电网频率为 50 Hz 的低压配电系统中用于补偿三相电流不平衡的电力电子型用电负荷不平衡有源补偿装置。

## 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 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB 4824 工业、科学和医疗（ISM）射频设备 骚扰特性 限值和测量方法
- 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 15543-2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15576-2008 低压成套无功功率补偿装置
- GB/T 16935.1-2008 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原理、要求和试验
- 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 17626.18-2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- GB/T 25295-2010 电气设备安全设计导则

## 3 术语和定义

GB/T 15543 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 电力电子型用电负荷不平衡综合补偿装置

利用电力电子变流技术补偿负载的基波不平衡电流（负序电流或零序电流），在电网中以改善或消除电网中的三相电流的不平衡度，同时具备基波无功功率和电流谐波补偿功能的综合补偿装置。

### 3.2

#### 不平衡度

指三相电力系统中三相不平衡的程度，用电压、电流负序基波分量或零序基波分量与正序基波分量的方均根值百分比表示。电压、电流的负序不平衡度和零序不平衡度分别用  $\epsilon_{U2}$ 、 $\epsilon_{U0}$  和  $\epsilon_{I2}$ 、 $\epsilon_{I0}$  表示。

[GB/T 15543-2008，定义3.2]

### 3.3

#### 正序分量

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其正序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义3.3]

### 3.4

#### 负序分量

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其负序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义3.4]

### 3.5

#### 零序分量

将不平衡的三相系统的电量按对称分量法分解后其零序对称系统中的分量。

[GB/T 15543-2008，定义3.5]

### 3.6

#### 补偿响应时间

从补偿对象开始突变到装置输出达到目标值的 90% 所需要的时间，如图 1。

注：改写DL/T 1193-2012，定义3.5.14。



图1 补偿响应时间示意图

## 4 型号命名与产品分类

### 4.1 型号命名



产品型号由制造商代号、装置代号、装置容量、装置额定电压、装置接线线制、装置安装场所、高原型产品标识等七部分组成，型号的组成见图 2。

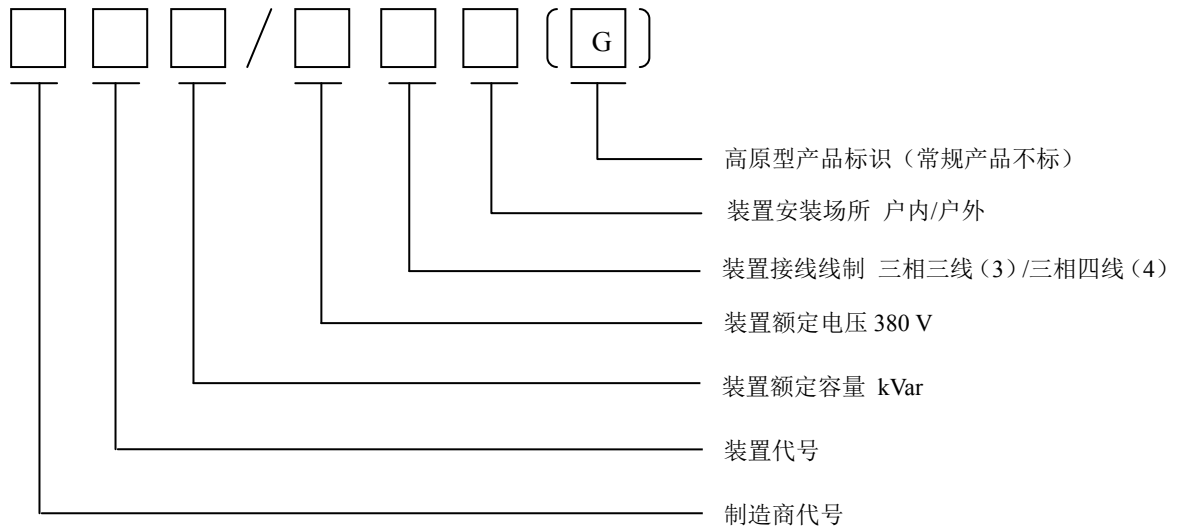


图2 型号的组成

示例：产品型号：AB150 / 380-4-W(G)，表示制造商代号为A、低压用电负荷不平衡综合补偿装置代号为B、装置额定容量为150 kVar、装置额定电压为380 V、三相四线、户外型、高原型。

## 4.2 产品分类

### 4.2.1 按装置的额定补偿容量分类

25 kVar、30 kVar、35 kVar、50 kVar、60 kVar、75 kVar、100 kVar 和 150 kVar，其它容量值由用户与制造商商定。

### 4.2.2 按装置的使用场所分类

户内型和户外型。

## 5 使用条件

5.1 装置正常使用条件应符合 GB/T 15576-2008 中 5.1 条规定。

5.2 装置特殊使用条件应符合 GB/T 15576-2008 中 5.2 条规定。

5.3 装置的运输、存放条件应符合 GB/T 15576-2008 中 5.3 条规定。

## 6 技术要求

### 6.1 结构要求

装置的结构应符合 GB/T 15576-2008 中 6.1 的要求。

### 6.2 元器件及辅件的选择与安装要求

装置元器件及辅件的选择与安装应符合 GB/T 15576-2008 中 6.2 的要求。

### 6.3 通信接口要求

装置应按用户需求选装 GPRS, RS485, RS232, WiFi 等通信接口, 所支持的协议由生产制造商与用户自行协商。

### 6.4 防护等级与安全标示要求

#### 6.4.1 外壳防护

按照 GB/T 4208 的要求, 户内装置外壳的防护等级应不低于 IP20, 户外装置外壳的防护等级应不低于 IP54。当装置采用通风孔散热时, 通风孔的设置不应降低装置的防护等级。

#### 6.4.2 安全标识

装置的安全标识应按照 GB 2894 及组成器件的要求明确相关警告标志和符号。

### 6.5 保护及告警功能要求

#### 6.5.1 上电自检功能

装置应具有上电自检功能, 自检异常时闭锁全部动作, 并发出告警指示。

#### 6.5.2 交流输入过电压、欠电压保护与告警功能

交流输入电压高于过电压设定值或者低于欠电压设定值时, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

#### 6.5.3 输出过流保护与告警功能

装置输出电流超过保护电流设定值时, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

#### 6.5.4 频率保护与告警功能

装置输入频率低于欠频率设定值时, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示;  
装置输入频率高于过频率设定值时, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

#### 6.5.5 缺相保护与告警功能

装置检测到系统电压任何一相缺失时, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

#### 6.5.6 散热系统异常保护与告警功能

装置检测到内部散热系统异常, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

#### 6.5.7 过热保护与告警功能

装置检测到内部功率单元温度过高, 装置应立即停止输出, 并给出告警指示。

### 6.6 运行模式要求

#### 6.6.1 不平衡补偿模式

在此运行模式下, 装置应能在控制范围内, 实时监测跟踪电网目标点不平衡电流而输出相应不平衡补偿电流。

### 6.6.2 无功补偿模式

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点无功功率的变化而输出相应的无功功率。装置也应具备在控制范围内，通过人工设置恒定无功功率输出的功能。

### 6.6.3 谐波补偿模式

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪电网目标点谐波变化而输出相应谐波补偿电流。

### 6.6.4 综合补偿模式

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，可设置不平衡补偿、无功补偿、谐波补偿等几种补偿方式的任意组合，并可设定补偿方式的优先级，实时监测跟踪电网目标点不平衡电流、无功功率、谐波电流变化而输出相应的补偿电流。

## 6.7 性能要求

### 6.7.1 介电性能

6.7.1.1 装置的介电性能应符合 GB/T 15576-2008 中 6.7 的要求。

6.7.1.2 对于高海拔地区，按照 GB/T 25295-2010 中表 5.1.4.3 对所在海拔的装置工频耐受电压值进行修正。

### 6.7.2 安全防护

装置安全防护应符合 GB/T 15576-2008 中 6.9 条的要求。

### 6.7.3 电气间隙和爬电距离

6.7.3.1 装置的电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 15576-2008 中 6.6 的要求。

6.7.3.2 对于高海拔地区，按照 GB/T 16935.1-2008 中表 A.2 的海拔修正系数表，对所在海拔的装置电气间隙进行修正或者根据用户与制造厂的技术约定执行。

### 6.7.4 工作电压

装置与电网连接点正常工作电压变化范围允许值应在额定值的  $-40\% \sim +20\%$ ，在该工作电压范围内装置应正常运行，当超过该工作电压范围时装置应立即停止工作。

### 6.7.5 补偿响应时间

装置的补偿响应时间不大于 10 ms。

### 6.7.6 谐波特性

装置不进行谐波补偿时，额定容量下输出电流总谐波畸变率应小于 3%。

### 6.7.7 额定损耗

装置额定损耗应不大于额定容量的 4%。

### 6.7.8 温升

装置输出输入端子，内装电器元器件及电力电子模块等温升限值应符合 GB/T 7251.1-2013 中 9.2 的要求。

对于高海拔地区，按照 GB/T 25295-2010 中 5.1.4.2 对所在海拔的温升极限值进行修正。

6.7.9 噪声

在额定负载条件下，距离噪声源水平位置 1 m 处，测得的装置噪声最大值不应不大于 65 dB(A)。

6.7.10 补偿性能

6.7.10.1 不平衡补偿性能

在装置的额定补偿容量范围内，当补偿需量不低于额定补偿容量的 50% 时，补偿后的不平衡电流补偿率不低于 90%。

装置接入后，补偿后的不平衡电流（零序电流或者负序电流）与负荷产生的不平衡电流计算，见公式（1），用百分数表示。

$$k_e = (1 - \frac{I_{e,s}}{I_{e,g}}) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$k_e$  ——不平衡补偿率；

$I_{e,s}$  ——补偿后电网侧的不平衡电流，单位为安培（A）；

$I_{e,g}$  ——负荷产生的不平衡电流，单位为安培（A）。

6.7.10.2 无功补偿性能

应在额定容性无功和额定感性无功之间连续调节，补偿需量不低于额定补偿容量 50%，补偿后的无功功率补偿率不低于 90%。

装置接入后，补偿后的无功功率与负荷产生的无功功率计算，见公式（2），用百分数表示。

$$k_q = (1 - \frac{Q_{q,s}}{Q_{q,g}}) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$k_q$  ——无功补偿率；

$Q_{q,s}$  ——补偿后电网侧的无功功率，单位为千乏（kVar）；

$Q_{q,g}$  ——负荷产生的无功功率，单位为千乏（kVar）。

6.7.10.3 谐波补偿性能

在装置的额定补偿容量范围内，装置可对 2~13 次谐波进行全补偿，补偿需量不低于额定补偿容量 50%，补偿后的总谐波补偿率应不低于 85%。

装置接入后，补偿后的 h 次谐波电流与负荷产生的 h 次谐波电流计算，见公式（3），用百分数表示。

$$k_h = \left(1 - \frac{I_{h,s}}{I_{h,g}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$k_h$  ——谐波补偿率；

$I_{h,s}$  ——补偿后电网侧的  $h$  次谐波电流，单位为安培（A）；

$I_{h,g}$  ——负荷产生的  $h$  次谐波电流，单位为安培（A）。

#### 6.7.10.4 输出限流性能

当系统的补偿需量超过装置允许的最大输出能力时，装置自动限定输出电流至额定输出电流。

#### 6.7.10.5 不平衡补偿计算方法

电流不平衡度计算方法参见附录 A，低压用电负荷不平衡综合补偿装置补偿量计算参见附录 B，其工程应用选型计算参见附录 C。

#### 6.7.11 电磁兼容性能

##### 6.7.11.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力

装置应能承受 GB/T 17626.3-2016 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，并满足 GB/T 17626.3-2016 中第 9 章中 b 类要求。

##### 6.7.11.2 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.4-2018 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，并满足 GB/T 17626.4-2018 中第 9 章中 b 类要求。

##### 6.7.11.3 承受阻尼振荡波干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 17626.18-2016 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的 1 MHz 和 100 kHz 阻尼振荡波抗扰度试验，并满足 GB/T 17626.18-2016 中第 9 章 b 类要求。

##### 6.7.11.4 承受静电放电干扰的能力

装置的人机界面、控制按键及控制系统的开门把柄应能承受 GB/T 17626.2-2018 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的静电放电抗扰度试验，并满足 GB/T 17626.2-2018 中第 9 章 b 类要求。

##### 6.7.11.5 承受浪涌（冲击）干扰的能力

装置应能承受 GB/T 17626.5-2008 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，并满足 GB/T 17626.5-2008 中第 5 章中 b 类要求。

#### 6.7.12 电磁骚扰特性

装置的运行产生的高频辐射对任何已获批准的无线电、电视、微波或其他运行设备的干扰应满足 GB 4824 的规定。

附录 A  
 (资料性附录)  
 电流不平衡度计算方法

A.1 幅值和相位均已知的情况

对于三相电流的幅值和相位均已知的情况下,可采用对称分量法计算不平衡电流及不平衡度,见公式(A.1)~公式(A.5):

$$I_0 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C| \dots\dots\dots (A.1)$$

$$I_1 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \alpha \dot{I}_B + \alpha^2 \dot{I}_C| \dots\dots\dots (A.2)$$

$$I_2 = \frac{1}{3} |\dot{I}_A + \alpha^2 \dot{I}_B + \alpha \dot{I}_C| \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$\dot{I}_A$ ——A相电流,单位为安培(A);

$\dot{I}_B$ ——B相电流,单位为安培(A);

$\dot{I}_C$ ——C相电流,单位为安培(A);

$I_0$ ——零序电流,单位为安培(A);

$I_1$ ——正序电流,单位为安培(A);

$I_2$ ——负序电流,单位为安培(A);

$\alpha$ ——旋转因子,  $\alpha = e^{j120^\circ}$ 。

其中,负序不平衡度  $\varepsilon_{I_2}$  计算如下:

$$\varepsilon_{I_2} = \frac{I_2}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (A.4)$$

零序不平衡度  $\varepsilon_{I_0}$  计算如下:

$$\varepsilon_{I_0} = \frac{I_0}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (A.5)$$

A.2 幅值已知但相位不确定的情况

当三相电流幅值已知但相位未知的情况下，工程应用中常采用以下四种不平衡度计算方法，见公式 A.6 ~ 公式 (A.9)：

$$\varepsilon_1 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{I_{\text{mid}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.7)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\max\{|I_A - I_{\text{ave}}|, |I_B - I_{\text{ave}}|, |I_C - I_{\text{ave}}|\}}{I_{\text{ave}}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.8)$$

$$\varepsilon_4 = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\text{ave}}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：

$I_{\max}$ ——三相电流有效值中的最大值，单位为安培 (A)；

$I_{\min}$ ——三相电流有效值中的最小值，单位为安培 (A)；

$I_{\text{mid}}$ ——三相电流有效值中的中间值，单位为安培 (A)；

$I_{\text{ave}}$ ——三相电流有效值的平均值，单位为安培 (A)；

$I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ ——A、B、C 三相电流的有效值，单位为安培 (A)。

附录 B

(资料性附录)

低压用电负荷不平衡综合补偿装置补偿需量计算

B.1 不平衡电流补偿需量计算

设补偿前三相负载电流为  $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ ，补偿后以  $I_{ave}=I'_A=I'_B=I'_C=\frac{1}{3}(I_A+I_B+I_C)$  为目标，则补偿三相不平衡的电流需量为，见公式 (B.1)：

$$I_{UN} = \max\{|I_A - I_{ave}|, |I_B - I_{ave}|, |I_C - I_{ave}|\} \dots\dots\dots (B.1)$$

亦可用负序电流和零序电流作为计算依据，此时的不平衡补偿电流需量为，见公式 (B.2)：

$$I_{UN} = \sqrt{I_2^2 + I_0^2} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$I_2$ ——负序电流，单位为安培 (A)；

$I_0$ ——零序电流，单位为安培 (A)。

B.2 无功电流补偿需量计算

无功电流补偿需量计算见公式 (B.3)：

$$I_C = \frac{P}{\sqrt{3}U_N} (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

$\varphi_1$ ——补偿前功率因数角；

$\varphi_2$ ——补偿后功率因数角；

$U_N$ ——有功功率，单位为千瓦 (kW)；

$U_N$ ——电网标称电压，单位为千伏 (kV)。

B.3 谐波电流补偿需量计算

谐波电流补偿需量计算以实际测量结果为依据，包括了负载电流中总的谐波电流含量。若已知负载基波电流方均根值  $I_L$  和电流总谐波畸变率  $THD_i$ ，那么谐波电流补偿需量见公式 (B.4)：

$$I_H = I_L \times THD_i \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：



$I_L$ ——负载基波电流均方根值，单位为安培（A）；

$THD_i$ ——电流总谐波畸变率。

若已知各次谐波电流的大小  $I_n$ ，那么谐波电流补偿需量见公式（B.5）：

$$I_H = \sqrt{\sum_{n=2,3,\dots} i_n^2} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$I_n$ ——第  $n$  次谐波电流方均根值，单位为安培（A）。

#### B.4 总补偿电流需量计算

上述补偿电流需量均为正交关系，当三相不平衡、无功、谐波都需要补偿时，总的补偿电流需量计算方法，见公式（B.6）：

$$I_C = \sqrt{(I_{UN})^2 + (I_Q)^2 + (I_H)^2} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中：

$I_C$ ——总的补偿电流需量，单位为安培（A）；

$I_{UN}$ ——需补偿的三相不平衡电流，单位为安培（A）；

$I_Q$ ——需补偿的无功电流，单位为安培（A）；

$I_H$ ——需补偿的谐波电流，单位为安培（A）。

附录 C

(资料性附录)

低压用电负荷不平衡综合补偿装置的工程应用选型计算

装置安装于低压台区变压器低压侧出口时，可根据变压器容量、低压侧出口电压、负载率以及负载不平衡度近似计算出低压台区不平衡电流补偿需量，见公式 (C.1)：

$$I_c = \frac{S_n \times \eta \times \varepsilon}{\sqrt{3} \times U_n} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$S_n$ ——低压台区变压器容量，单位为千伏安 (kVA)；

$\eta$ ——低压台区变压器负载率；

$\varepsilon$ ——低压台区不平衡度；

$U_n$ ——低压台区线电压均方根值，单位为伏 (V)。



参 考 文 献

- [1] DL/T 1193-2012 柔性输电术语
-

