

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T XXXXX—XXXX

## 柱上式低压三相不平衡自动调节装置

Pole mounted type low-voltage automatic regulating installation for  
three-phase unbalanced load

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2018-6-30)

XXXX — XX — XX 发布

XXXX — XX — XX 实施

国家能源局发布



目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 型号命名 ..... 4

5 使用条件 ..... 5

    5.1 正常使用环境条件 ..... 5

    5.2 特殊使用环境条件 ..... 6

    5.3 电网连接点电气条件 ..... 错误！未定义书签。

6 基本电路及构成 ..... 6

    6.1 基本电路 ..... 6

    6.2 组成设备技术要求 ..... 6

7 技术要求 ..... 8

    7.1 外观与结构 ..... 8

    7.2 元器件及辅件的选择与安装 ..... 8

    7.3 安全与防护 ..... 9

    7.4 电气间隙与爬电距离 ..... 10

    7.5 装置的绝缘水平 ..... 10

    7.6 保护及告警功能 ..... 11

    7.7 运行模式要求 ..... 11

    7.8 运行性能要求 ..... 12

    7.9 电磁兼容性能 ..... 13

8 试验 ..... 14

    8.1 试验条件 ..... 14

    8.2 试验项目 ..... 14

9 检验规则 ..... 18

    9.1 概述 ..... 18

    9.2 例行试验 ..... 18

    9.3 型式试验 ..... 18

    9.4 现场试验 ..... 18

10 标志、铭牌 ..... 20

    10.1 ..... 20

    10.1 标志和标签 ..... 20

    10.2 铭牌 ..... 20

11 包装、运输与贮存 ..... 20

    11.1 包装 ..... 20

    11.2 运输 ..... 21

11.3 贮存..... 21

11.4 随装置供应的文件..... 21

11.5 随装置提供的配套件..... 21

附 录 A （资料性附录） 装置工作原理..... 22

附 录 B （资料性附录） 装置滤波单元和直流电容器参数选择..... 24

## 前 言

本标准编制依据GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由能源行业无功补偿和谐波治理装置标准化技术委员会（NEA/TC 9）归口。

本标准由能源行业无功补偿和谐波治理装置标准化技术委员会负责解释。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准是首次制定。



# 柱上式低压三相不平衡自动调节装置

## 1 范围

本标准规定了柱上式低压三相不平衡自动调节装置的术语和定义、型号命名、基本电路及配置要求、使用条件、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存要求。

本标准适用于1140V及以下电压等级，采用变流技术以平衡三相负荷电流的配电网用柱上式低压三相不平衡自动调节装置，以下简称装置。

注：壁挂或落地安装方式户外装置可参照本标准。

## 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，仅所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—2008 安全标志及其使用导则

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

GB/T 1094.6—2011 电力变压器 第6部分：电抗器 (IEC 60076—6:2007, MOD)

GB/T 2693—2001 电子设备用固定电容器 第1部分：总规范 (IEC 60841—1:1999 IDT)

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

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

GB/T 2423.3—2016 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 (IEC 60068—78:2012)

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) (IEC 60068—2—30:2005 IDT)

GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1—1部分：基本要求规范 (IEC 60146—1—1: 2009, MOD)

GB/T 4025—2010 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器的编码规则 (IEC 60073: 2002, IDT)

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

GB 4824—2004 工业、科学和医疗 (ISM) 射频设备电磁骚扰特性限值和测量方法 (CISPR 11:2003, IDT)

GB 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则 (IEC 61439—1: 2011, IDT)

GB/T 7261—2008 继电保护和安全自动装置基本试验方法

GB 7947—2010 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 (IEC 60446: 2007, IDT)

GB/T 9969—2008 工业产品使用说明书 总则

GB/T 10233—2005 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法

- GB/T 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器 (IEC 60099—4:2006, MOD)
- GB/T 13539.1—2008 低压熔断器 第1部分: 基本要求 (IEC 60269—1: 2006, IDT)
- GB/T 14048.2—2008 低压开关设备和控制设备 第2部分: 断路器 (IEC 60947—2: 2006, IDT)
- GB/T 14048.3—2017 低压开关设备和控制设备 第3部分: 开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器 (IEC 60947—3: 2015, IDT)
- GB/T 14048.4 低压开关设备和控制设备第4—1部分: 接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器(含电动机保护器)
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 14860.1—2012 电子和通信设备用变压器和电感器 第1部分: 通用规范 (IEC 61248—1: 1996, MOD)
- 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 (IEC 60664—1: 2007, IDT)
- GB/T 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验 (IEC 61000—4—2: 2001, IDT)
- GB/T 17626.3—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频磁场辐射抗扰度试验 (IEC 61000—4—3: 2002, IDT)
- GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 (IEC 61000—4—4: 2004, IDT)
- 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 (IEC 61000—4—5: 2005, IDT)
- GB/T 17626.12—1998 电磁兼容 试验和测量技术 振荡波抗扰度试验 (IEC 61000—4—12: 1995, IDT)
- GB/T 17702—2013 电力电子电容器 (IEC 61071: 2007, IDT)
- GB/T 20641—2006 低压成套开关设备和控制设备空壳体的一般要求 (IEC 62208: 2002, IDT)
- DL/T 375—2010 户外配电箱通用技术条件
- DL/T 1193—2012 柔性输电术语
- JB/T 6319—2010 电阻器基本技术要求
- JB/T 11067—2011 低压有源电力滤波装置
- NB/T 42057—2015 低压静止无功发生器
- SD 292—1988 架空配电线路及设备运行规程

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**供电台区** power supply region  
(一台)变压器的供电范围或区域。

#### 3.2

**三相电流不平衡率** three-phase current unbalance rate



三相交流电流中，取相电流与平均值之差的模值最大值，与平均值之比，以百分数表示。以下公式适用于三相三线和三相四线。三相四线中，不用计算中线电流。

$$CUR = \frac{\max|I_{\max}(I_{\min}) - I_{\text{ave}}|}{I_{\text{ave}}} \times 100\%$$

式中：

$I_{\max}$  ( $I_{\min}$ ) ——三相电流最大值与最小值，单位为安 (A)。

$I_{\text{ave}}$  ——三相电流的平均值，单位为安 (A)。

### 3.3

**[电力][电子]变流 (power) (electronics) conversion**

换流

借助电子阀器件使电力系统的一个或多个特性变化，且基本没有可观的损耗。

注：例如，特性有电压、相数和频率（包括零频率）。

[GB/T 2900.33—2004，定义551—11—02]

### 3.4

**[电力][电子]变流器 (power) (electronics) converter**

换流器

由一个或多个阀器件连同变压器/滤波器(如有必要)和辅助装置(如有)所组成的运行单元。

注：英文“变流器”一词，有“converter”和“convertor”两种拼写，两者都正确，本部分使用“converter”。

[GB/T 2900.33—2004，定义551—12—01]

### 3.5

**额定电压 rated voltage**

$U_n$

装置允许接入的电网目标点的标称电压有效值。

### 3.6

**额定电流 rated current**

$I_n$

在额定条件下，装置长期连续工作时的允许电流。

[DL/T 1216—2013，3.7]

### 3.7

**额定容量 rated capacity**

$Q_n$

在额定条件下，装置运行在额定电流时输出的无功功率，单位为kvar。

### 3.8

空载运行状态 no-load operation state

经预充电及脉宽调制后，直流母线电压维持在给定值，同时装置不输出补偿电流的状态。

3.9

额定损耗 rated loss

装置输出为额定容量时，在其输入端测得的有功功率。

3.10

控制范围 control range

在装置与交流系统的连接点处由装置提供的可控输出电气量的最大变化范围。

[DL/T 1193—2012，定义3.5.2]

3.11

阶跃响应时间 step response time

当输入阶跃控制信号后，装置输出电气量从0目标值达到90%目标值所用的时间，且期间没有产生过冲。见图1。

[DL/T 1193—2012，定义3.5.14]

3.12

稳定时间 settling time

当输入阶跃控制信号后，装置输出电气量达到并稳定在目标值 $\pm 5\%$ 范围内所用的时间。见图1。

[DL/T 1193—2012，定义3.5.15]

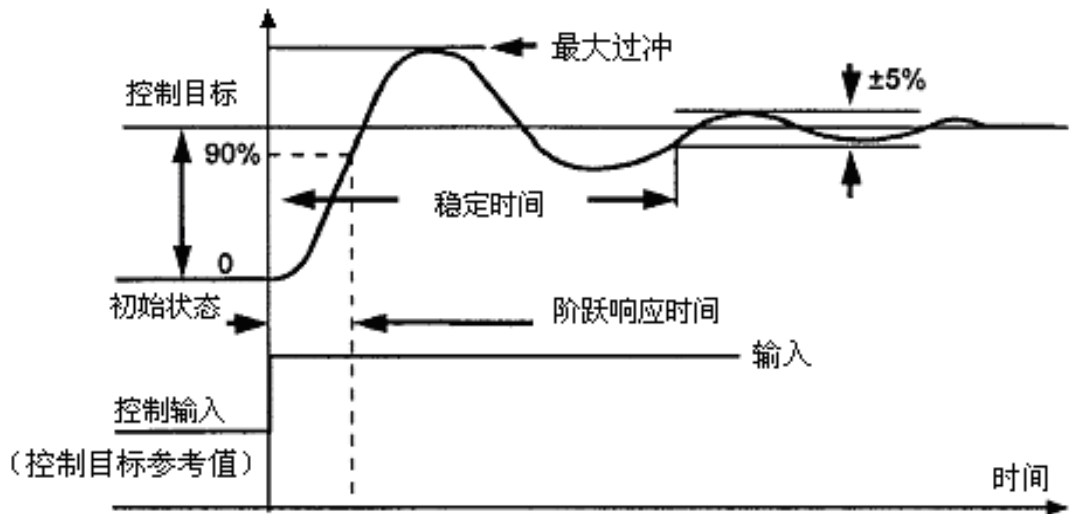


图1 阶跃响应时间和稳定时间定义

4 型号命名

装置的型号由类别代号、设计序号、额定容量、额定电压、特征代码共五部分组成。其具体命名方法如图2所示。

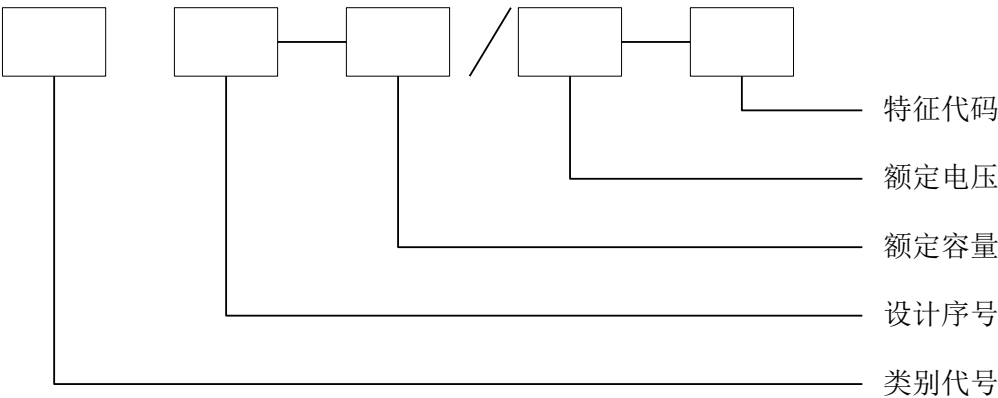


图2 装置型号命名方法

类别代号用三个字母UAR组成，表示为三相不平衡自动调节装置。  
设计序号由2位数字代码组成，由标准归口单位统一发布。  
额定容量以kVA为单位，额定电压以V为单位。  
特征代号：配备无线通讯功能标注W，无不标注。

5 使用条件

5.1 正常使用环境条件

5.1.1 周围空气温度

周围空气温度应不超过+40℃，而且在24 h内其平均温度不超过+35℃；  
周围空气温度的下限为-25℃。

5.1.2 相对湿度

相对湿度不大于93%，装置内部既不应凝露，也不应结冰。

5.1.3 污秽度

污秽度等级不超过c级。

5.1.4 海拔

海拔2000m及以下。

5.1.5 抗震水平

水平加速度：0.2 g；垂直加速度：0.1 g。

5.1.6 风速

最大风速不超过35 m/s。

5.1.7 安装场所条件

安装场所应无剧烈机械振动和冲击，应无引起火灾、爆炸危险的介质，周围介质中应无腐蚀、破坏绝缘和表面涂覆层的气体及导电介质，应无有害气体及蒸汽，不允许有严重的霉菌存在。  
装置不应暴露在强电场和强磁场中。

5.2 特殊使用环境条件

如在与5.1不符合的特殊条件下使用时，制造方与购货方之间应签订专门的协议。

6 基本电路及构成

6.1 基本电路

装置主要由并网开关、熔断器、连接电抗器、充电电阻、旁路开关、电压源换流器、进线避雷器、散热风机、控制与监测系统及其它设备组成。基本电路图见图3。

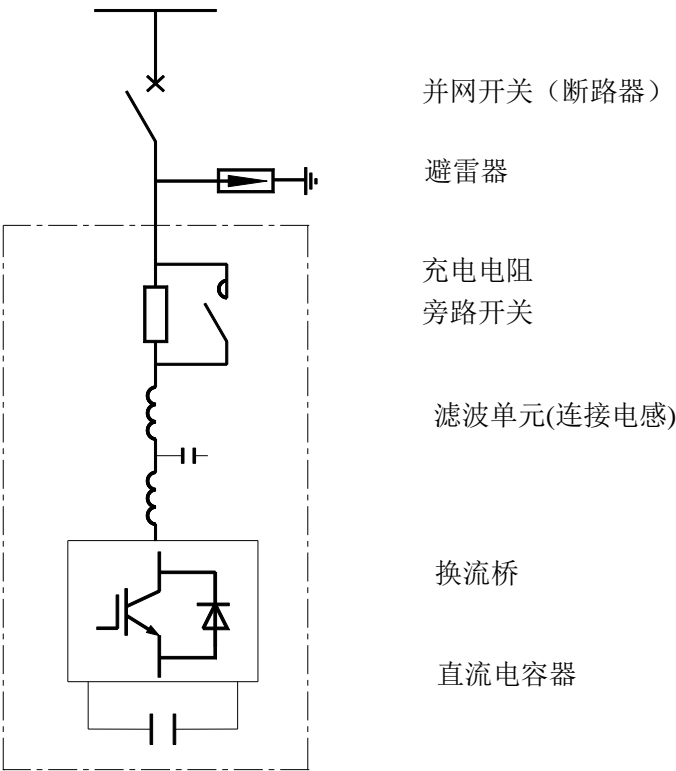


图3 装置的基本电路

注：虚线框内为换流器单元。

6.2 组成设备技术要求

6.2.1 并网开关（断路器）

技术要求包括：

- a) 应满足 GB 14048.2 的要求；
- b) 应具有投切装置大输出电流和开断短路电流的能力；
- c) 宜设置电动操作机构。

### 6.2.2 避雷器

技术要求包括：

- a) 进线避雷器宜选用无间隙金属氧化物避雷器；
- b) 额定电压应为正常运行线电压的上限，并留有一定裕度；
- c) 应校验避雷器的通流容量以确保运行安全；
- d) 应满足 GB 11032 的要求。

### 6.2.3 充电电阻

技术要求包括：

- a) 应能将装置投入时直流电容器充电电流限制在设计值之下；
- b) 应能承受最大冲击功率而不产生任何热和机械的损伤；
- c) 应满足 JB/T 6319 的要求。

### 6.2.4 旁路开关

技术要求包括：

- a) 应能承受装置最大运行电流；
- b) 应考虑谐波电流承受能力；
- c) 应满足 GB 14048.4 和 GB/T 7261 的要求。

### 6.2.5 滤波单元(连接电感)

技术要求包括：

- a) 滤波单元宜采用 LCL 结构；
- b) 滤波单元应能将高频谐波电流限制在允许值之下；
- c) 滤波电容所产生的基波无功功率不应超过允许值；
- d) 电感应满足 GB/T 1094.6 和 GB/T 14860.1 的要求；
- e) 电容应满足 GB/T 17702 的要求。

### 6.2.6 换流桥

换流桥应根据系统运行条件及性能要求设计，包括：

- a) 换流桥应能承受系统故障和开关操作引起的过电压和过电流冲击；
- b) 换流桥设计时应充分考虑减小电力电子器件分布参数可能产生的不利影响，并应考虑合适的裕度；
- c) 换流桥应具备防止误触发或耐受误触发的能力；
- d) 应满足 GB/T 3859.1 的要求。

### 6.2.7 直流电容器

技术要求包括：

- a) 应能满足装置容量的要求；
- b) 应能将直流电压波动范围限制在允许值之内；
- c) 应满足 GB/T 2693 的要求。

### 6.2.8 散热风机

散热风机应具备足够的散热能力，并应考虑装置防护等级、安装地点的影响，以及与换流器单元冷却方式的匹配。

6.2.9 控制及监测系统

技术要求包括：

- a) 控制功能可包括如下选项：
  - 1) 补偿三相不平衡电流；
  - 2) 补偿无功电流；
  - 3) 补偿谐波电流；
  - 4) 综合补偿。
- b) 监控系统应具备故障保护功能；
- c) 装置宜设置无线通讯模块，能与移动终端实现信息交互和远程控制。
- d) 装置应具备必要的逻辑互锁功能，以防止误操作。

6.2.10 其它设备要求

其他设备(如隔离开关、熔断器、电流互感器、电压互感器等) 参照相应国家标准要求，例如：

- a) 隔离开关参照 GB 14048.3；
- b) 熔断器参照 GB 13539.1；
- c) 电流互感器参照 GB 1208；

7 技术要求

7.1 外观与结构

装置结构及外形尺寸设计合理，适用于单杆或双杆固定，便于安装、巡视和检修。

装置外壳宜采用2mm厚不锈钢板制作，应能承受元件安装或短路时可能产生的电动力和热应力，同时满足搬运、安装、运行时机械强度要求。

装置应设置搬运吊耳，并具备锁具防淋雨，门轴防锈蚀和进出线防划割、防进水措施。

装置的焊接件应焊接牢固，焊缝应均匀美观、无焊穿、裂纹、咬边、残渣、气孔等现象。

装置的所有金属件表面不应有锈蚀及其它机械损伤，并应有可靠的防腐蚀层。

装置的门应能在不小于90° 的角度内灵活启闭。

铭牌参数标志清晰，数据正确。

7.2 元器件及辅件的选择与安装

装置内安装的所有独立的电器元件及辅件应符合本标准6.2和元器件相关标准，并按照制造厂的说  
明书进行安装。

电器元件的布置应整齐、端正、便于安装、接线、维修和更换。

需要在装置内部操作、调整和复位的元件应便于操作。

装置中所选用的指示灯和按钮的颜色应符合GB/T 4025的规定。

母线的相序排列从装置正面观察，相序标识及排列一般应符合表1的规定。

表1 相序标识与排列

相序	标识	垂直排列	水平排列	前后排列
----	----	------	------	------

L1相	L1或黄色	上	左	远
L2相	L2或绿色	中	中	中
L3相	L3或红色	下	右	近
中性线	N	最下	最右	最近

母线及绝缘导线的颜色应符合GB 7947的规定。

主电路母线的长期允许电流应不小于1.5倍额定电流；母线的连接应牢固，不应自由晃动，布线应整齐、美观；母线的额定电压不得低于相应电路的额定工作电压；辅助电路导线宜为截面积不小于 $1.5\text{ mm}^2$ 的铜芯多股绝缘导线；电流测量回路的导线截面积应不小于 $2.5\text{ mm}^2$ ，导线应采用冷压接端头连接。

装置内的母线及绝缘导线应具有与额定工作电压相适应的绝缘水平。

母线的材料、连接和布置方式以及绝缘支撑件应具有承受装置内部短路时可能产生的电动力和热应力的能力。

### 7.3 安全与防护

#### 7.3.1 防护等级

装置外壳的防护等级应不低于IP44。

#### 7.3.2 安全标识

装置应根据GB 2894及组成器件的要求明确相关警告标示和符号。

#### 7.3.3 防护与接地

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，制造方应在安装使用说明书中提供相关信息。

对间接接触的防护应采用装置内的保护电路。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。

直接接触的金属壳体、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 $0.1\ \Omega$ 。

装置内保护电路的所有部件应能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。

保护导体的颜色应采用黄绿色，黄绿色除作为保护导体的识别颜色外，不应用于其他用途。

接地端子应有明显的标志。

装置直流侧应设置放电电阻，断电后，直流侧电容器应在规定时间内降至安全电压。电容器未放电前，接触会造成危险，应装有警告标志或安全指示。

保护导体（PE）的截面积应不小于表3中给出的值。中性导体（N）电流不超过相电流的30%时，表3也可用于保护中性导体（PEN），铜PEN导体的最小截面积应为 $10\text{ mm}^2$ 。

注：如果按表3选择的导线不是标准尺寸时，应采用最接近的较大的标准截面积的保护导体。当相导线与保护导线的材料不同时，应进行修正，使之达到同一种材料的导电效果。保护导体的最小截面积应不小于 $2.5\text{ mm}^2$ 。

表2 保护导体的截面积（PE、PEN）

相导线的截面积 $S\text{ (mm}^2\text{)}$	相应保护导体的最小截面积 $S_p\text{ (PE、PEN) (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$

$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

#### 7.4 电气间隙与爬电距离

装置内各元器件的电气间隙和爬电距离应符合各自标准规定。

正常使用条件下,装置内不同极性或不同相的裸露带电体之间以及它们与外壳及地之间的电气间隙和爬电距离不小于表3的规定。

表3 电气间隙与爬电距离

装置额定电压 $U_n$ (V)	最小电气间隙 (mm)	最小爬电距离 (mm)
$U_n \leq 60$	5	5
$60 < U_n \leq 300$	6	10
$300 < U_n \leq 690$	10	14
$690 < U_n \leq 800$	16	20
$800 < U_n \leq 1140$	18	24

对于高海拔地区,根据GB/T 16935.1—2008中表A.2的海拔修正系数表,对所在海拔高度的装置电气间隙进行修正,见表4。

表4 海拔修正系数表(查 GB 311.1)

海拔 (m)	电气间隙的倍增系数
2 000	1.00
3 000	1.14
4 000	1.29
5 000	1.48
6 000	1.70
7 000	1.95
8 000	2.25

#### 7.5 装置的绝缘水平

##### 7.5.1 绝缘电阻验证

应用电压不低于500 V的绝缘测量仪器进行绝缘测量。

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工频耐受电压值 $\times 1000 \Omega$ 。

##### 7.5.2 工频耐受试验电压

主电路和与主电路直接连接的辅助电路应能耐受表6规定的工频耐受试验电压。

表5 工频耐受试验电压值

装置额定电压 $U_n$ (V)	试验电压(交流方均根值) (V)
$U_n \leq 60$	1 000



$60 < U_h \leq 300$	2 000
$300 < U_h \leq 690$	2 500
$690 < U_h \leq 800$	3 000
$800 < U_h \leq 1\ 140$	3 500

不与主电路直接连接的辅助电路应能耐受表5规定的工频耐压试验电压。

表6 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

辅助电路额定电压 $U_i$ (V)	试验电压 (交流方均根植) (V)
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2U_i + 1\ 000$ , 但不小于 1 500

## 7.6 保护及告警功能

### 7.6.1 保护功能

保护包括换流器单元的保护、装置的保护和控制系统保护，一般应具备以下保护功能：

- a) 换流器的保护
  - 1) 直流侧过电压与欠电压保护；
  - 2) 换流器过热保护；
  - 3) 风机故障保护。
- b) 装置的保护
  - 1) 交流过电压、欠电压保护；
  - 2) 输出过电流保护；
  - 3) 输出限流保护。

### 7.6.2 告警功能

装置应具备以下告警功能：

- a) 装置应具有上电自检功能，自检异常时闭锁全部操作，并发出告警信息；
- b) 故障告警，装置过压、欠压、过流、过热等保护动作时同时发出告警信息。

### 7.6.3 自动复位

当装置出现换流器过热、交流过电压、欠电压和输出过电流保护动作后，应具备在故障闭锁后自动复位功能，并应采取相应策略避免在短时间内频繁复位。

## 7.7 运行模式要求

### 7.7.1 补偿三相不平衡电流

此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪线路三相负荷电流变化，以零序电流和负序电流的反向合成电流作为指令电流，使三相电流不平衡度低于5%，同时实际输出电流的总谐波含量应小于5%  $I_n$ 。

### 7.7.2 补偿无功电流

此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪线路三相负荷电流变化，以反向无功电流作为指令电流，使每相功率因数不低于0.98，同时实际输出电流的总谐波含量应小于 $5\% I_n$ 。

7.7.3 补偿谐波电流

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪线路三相负荷电流变化，以反向谐波电流作为指令电流，对2~25次谐波进行全补偿，或对指定次谐波进行补偿，当负载谐波畸变率 $\geq 20\%$ 时，总谐波补偿率应不低于85%；当负载谐波畸变率 $< 20\%$ 时，总谐波补偿率应不低于70%。

7.7.4 综合补偿

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，实时监测跟踪线路三相负荷电流变化，以零序电流、负序电流、无功电流和谐波电流的反向合成电流作为指令电流，使三相不平衡度、功率因数、总谐波补偿率均达到要求。

具体要求由制造方与购货方协商确定。

7.8 运行性能要求

7.8.1 测量精度

电压和电流测量相对误差均不大于 $\pm 1\%$ ，无功功率和功率因数测量相对误差不大于 $\pm 3\%$ 。

三相电流不平衡率测量绝对误差不大于 $\pm 2\%$ 。

谐波测量误差应满足GB/T 14549中B级测量仪的要求。

7.8.2 工作电压范围（p.u.）

装置与系统连接点正常运行电压变化范围允许值为0.8 p.u. ~ 1.2 p.u.，但不限于此，可以根据系统条件进行要求。在该范围内装置应正常运行，低于最低运行电压时装置应闭锁但不退出。

7.8.3 响应时间

装置阶跃响应时间不大于10 ms。

7.8.4 过载能力

装置在1.1倍额定电流下运行时间不低于60 s。

7.8.5 温升

温升限值按照GB/T 15576—2008中6.5的规定，装置各部位的极限温升如表7所示。

表7 装置各部位的极限温升

部位名称		温升限值（K）	
铜母线		35	
铜母线连接处	裸铜	60	
	铜搪锡	65	
	铜镀银	70	
用于连接外部绝缘导线的端子		70	
电阻	距电阻表面 30mm 处的空气		25

元件		
	印刷电路板上电阻表面	30
塑料、橡皮、漆膜绝缘导线	20	
操作手柄： 金属的 绝缘材料的	15	
	25	
可接近的外壳和覆板： 金属表面 绝缘表面	30	
	40	
功率半导体器件	按各自元件标准规定	

7.8.6 额定损耗

装置的损耗应包含下列设备的损耗值：

- c) 换流器单元和滤波单元；
- d) 散热风机；
- e) 控制和监测系统
- f) 无线通讯模块（若有）。

装置额定损耗应不超过额定容量的3%。

7.8.7 噪声

在额定负载和周围环境噪声不大于40 dB的条件下，距离噪声源水平位置1 m处，测得的装置噪声最大值不应大于70dB。

7.9 运行环境

装置应能在5.1规定的环境条件下正常运行。

7.10 电磁兼容性能

7.10.1 抗干扰

7.10.1.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.3—2006中5.2规定的严酷等级为III级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

7.10.1.2 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—2008中第5章规定的严酷等级为III级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，并满足B类要求。

7.10.1.3 承受振荡波干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受GB/T 17626.12—1998中第5章规定的严酷等级为III级的1 MHz和100 kHz振荡波抗扰度试验，并满足B类要求。

7.10.1.4 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—2006中第5章规定的严酷等级为III级的静电放电抗扰度试验，并满足B类要求。

#### 7.10.1.5 承受浪涌（冲击）干扰的能力

装置应能承受GB/T 17626.5—2008中5.2规定的严酷等级为III级的浪涌（冲击）抗扰度试验，并满足B类要求。

#### 7.10.2 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。

### 8 试验

#### 8.1 试验条件

##### 8.1.1 概述

装置的一切试验和测量，除另有规定者外，均应在下列条件下进行。

##### 8.1.2 试验电源条件

试验和测量所使用的交流电压的频率为 $50 \pm 2.5$  Hz，波形应为近似正弦波，且正半波峰值与负半波峰值的差应小于2%，正弦波的峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \pm 0.07$ 以内，且电压波形的总畸变率不超过5%。

##### 8.1.3 试验的标准大气条件

包括：

- a) 海拔：2 000 m 及以下；
- b) 环境温度：5℃～40℃；
- c) 相对湿度：45%～75%；
- d) 大气压力：86 kPa～106 kPa。

#### 8.2 试验项目

##### 8.2.1 外观及结构检查

按7.1和7.2的要求，用目测和仪器测量的方法进行检查。

##### 8.2.2 防护等级检验

按标准 GB 4208规定的方法进行验证，装置的防护等级应不低于7.3.1的规定。

##### 8.2.3 保护电路有效性验证

检查装置的安全标识，应满足7.3.2的要求。

采用电桥测量各接地点与主接地点间的电阻，其电阻值应满足7.3.3的要求。

##### 8.2.4 电气间隙与爬电距离检验

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，其测量值应符合7.4的要求。

## 8.2.5 绝缘性能试验

### 8.2.5.1 绝缘电阻测试

用电压不低于500 V的绝缘测量仪器进行绝缘电阻测量。测量部位：相导体与裸露导电部件之间。绝缘电阻大于工频耐受电压值 $\times 1000\Omega$ ，则此项试验通过。

### 8.2.5.2 工频耐压试验

试验程序为：

- 主电路相对地及与主电路直接连接的辅助电路对外壳和地之间应能承受7.5.2表6规定的工频电压，持续时间1 min，试验中无击穿和闪络现象，视为试验通过；
- 不与主电路直接连接的辅助电路对外壳和地之间应能承受7.5.2表7规定的工频电压，持续时间1 min，试验中无击穿和闪络现象，视为试验通过；
- 带电部件对绝缘材料制成或覆盖的外部操作手柄进行试验时，装置框架不接地也不能与其他电路相连，将手柄用金属箔裹缠，然后在金属箔与带电部件之间施加1.5倍表6规定的工频电压；试验前将不宜承受试验电压的避雷器等器件拆除。

试验时，应使电压从试验电压的30%~50%开始，大约在10 s~30 s时间内平稳地将电压升高到规定的试验电压值，并保持1 min，随后进行试验后的降压操作，直至零电压切除电源。

## 8.2.6 保护及告警功能试验

主要包括：

- 直流侧过电压与欠电压保护；  
输入电压高于直流侧过电压保护值或低于欠电压保护值，装置应停机并告警。
- 换流器过热保护  
将传感器加热至超过保护整定值，装置应停机并告警。
- 风机故障保护  
拆除风机故障信号线，装置应告警。
- 交流过电压、欠电压保护及告警  
调节系统电压小于 $0.8U_n$ ，装置应闭锁并报警；调节系统电压大于 $1.2U_n$ ，装置应停机并告警。
- 输出过电流保护及告警  
设定装置电流测量回路等价故障信号大于 $1.2I_n$ ，装置应闭锁并告警。
- 输出限流保护  
控制器设定为补偿三相不平衡电流模式，调节三相测量电流幅值及电流不平衡度，使装置某一相输出电流达到额定值，然后继续增大输入电流，

进行各种保护功能试验时，应在主电路上模拟被保护设备的异常状态，或在二次回路上设定等价故障信号。保护装置在整定范围内应能正常动作且保护动作定值与保护设定值间误差小于 $\pm 5\%$ ，并发出相应告警信息。试验次数不少于3次。

当装置出现换流器过热、交流过电压、欠电压和输出过电流保护动作后，使各参数恢复正常值，装置应能检测到参数恢复正常，并自动复位故障，重新投入运行。试验次数不少于3次。

## 8.2.7 运行模式试验

#### 8.2.7.1 补偿三相不平衡电流试验

将控制器设定为补偿三相不平衡电流模式，接入功率源，分相输出不平衡电流，装置跟踪功率源或系统侧电流变化进行三相不平衡电流补偿，补偿后三相电流不平衡度应满足7.7.1的要求。

#### 8.2.7.2 补偿无功电流试验

将控制器设定为补偿无功电流模式，接入功率源，分相输出视在功率，装置跟踪功率源或系统侧电流变化进行无功电流补偿，补偿后三相功率因数应满足7.7.2的要求。

#### 8.2.7.3 补偿谐波电流试验

将控制器设定为补偿谐波电流模式，接入谐波功率源，分次输出谐波电流 $I_n/N$ ，装置跟踪谐波功率源或系统侧电流变化进行谐波补偿运行，用电能质量分析仪检测系统侧及装置输出的电流的大小、波形及谐波含量，应满足7.7.3的规定。

#### 8.2.7.4 综合补偿试验

将控制器设定为不平衡补偿控制方式，装置并网点并联接入功率源，分相输出不平衡电流，装置跟踪功率源或系统侧电流变化进行不平衡补偿运行，用电能质量分析仪检测系统侧及装置输出的电流的大小、波形及不平衡度，应满足7.7.4的规定。

### 8.2.8 运行性能试验

#### 8.2.8.1 测量精度试验

从零到装置额定电压、额定电流及额定容量范围内以及功率因数从0~1范围内，按一定间隔进行测量。

给装置测量回路输入标准电流、电压信号，根据装置显示值与输入标准值的误差相对于额定值的百分比判断其相对误差应符合7.8.1的要求。

给装置测量回路输入三相不平衡电流信号，根据装置显示值与计算值进行对比，绝对误差应符合7.8.1的要求。

进行功率因数测量精度试验时，也可给定装置一定的有功功率和无功功率，用标准测量仪器对装置显示值进行比对测量。

#### 8.2.8.2 正常工作电压范围测试

装置采用恒无功控制方式运行，调节并网系统电压至装置下限正常工作电压(0.8 p.u. ~0.85 p.u.)和上限正常工作电压(1.15 p.u.~1.2 p.u.)，维持1 min以上，装置应能稳定运行，期间装置不应出现闭锁或退出运行。

试验过程采用波形记录分析仪记录连接点电压及装置输出电流波形，试验结果应符合7.8.2的规定。

#### 8.2.8.3 响应时间测试

阶跃响应时间测试可结合8.2.7项试验进行。

当输入阶跃控制信号后，装置输出电气量从0目标值达到90%目标值，且没有产生过冲，测试所用的时间，一般用装置输出瞬时无功功率波形变化曲线来判定。装置输出目标采用10%额定容性无功→额定感性无功→10%额定容性无功、10%额定感性无功→额定容性无功→10%额定感性无功、额定感性无功→额定容性无功→额定感性无功方式分别测试。阶跃响应时间均应满足7.8.3的规定。

#### 8.2.8.4 过载能力测试

控制装置输出无功电流，在温升试验温升稳定后，立即在1.1倍额定电流运行条件下，连续运行60 s后恢复至额定电流运行，装置应能正常运行，各部件应不出现故障。

#### 8.2.8.5 温升试验

装置在额定电流运行条件下，检测系统部件、设备内部及连接点的温度（测温点设置按照7.8.7表8要求）以及周围空气温度，当温度变化不超过1K/h时，认为温度达到稳定，温升应满足7.8.7规定。

测量装置的周围空气温度时，至少应该用两个温度计或热电偶均匀布置在装置的周围，在高度约等于装置的二分之一，距装置1m远的位置进行测量，然后取它们读数的平均值即为装置的周围空气温度。测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

#### 8.2.8.6 损耗评估

取额定容性和额定感性运行条件下损耗最大值，结果应满足7.8.6规定。

#### 8.2.8.7 噪声测试

测试方法按照GB/T 10233—2005中4.13的规定，测试结果应符合7.8.9的要求。

### 8.2.9 环境试验

#### 8.2.9.1 低温试验

装置应按照GB/T 2423.1—2008中第5.3条进行低温试验，试验温度为-25℃，温度达到稳定后通电，装置应能正常工作。

#### 8.2.9.2 高温试验

装置应按照GB/T 2423.2—2008中第5.3条进行高温试验，试验温度为+40℃，温度达到稳定后通电，装置应能正常工作。

#### 8.2.9.3 恒定湿热试验

装置应按照GB/T 2423.3—2016进行恒定湿热试验，试验温度为+40℃，相对湿度为93%，试验期间对装置通电并持续12h，试验过程中装置应能正常工作。

#### 8.2.9.4 交变湿热试验

装置应按照GB/T 2423.4—2008进行交变湿热试验，严酷程度为高温55℃，循环1次，恢复期结束后30min内进行绝缘性能试验和通电，装置应能满足8.2.5的要求并正常工作。

### 8.2.10 电磁兼容测试

#### 8.2.10.1 抗干扰试验

##### 8.2.10.1.1 射频电磁场辐射抗扰度试验

根据7.9.1.1的要求，按GB/T 17626.3—2006中5.2规定，对装置进行严酷等级为III级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

##### 8.2.10.1.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

根据7.9.1.2的要求，按GB/T 17626.4—2008中第5章的规定，对装置进行严酷等级为III级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

#### 8.2.10.1.3 振荡波抗扰度试验

根据7.9.1.3的要求，按GB/T17626.12—1998中第5章的规定，对装置进行严酷等级为III级的振荡波抗扰度试验。

#### 8.2.10.1.4 静电放电抗扰度试验

根据7.9.1.4的要求，按GB/T17626.2—2006中第5章的规定，对装置进行严酷等级为III级的静电放电抗扰度试验。

#### 8.2.10.1.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

根据7.9.1.5的要求，按GB/T 17626.5—2008中5.2的规定，对装置进行严酷等级为III级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

#### 8.2.10.2 电磁骚扰特性试验

根据7.9.2的要求，按GB 4824的规定，对装置进行电磁骚扰特性试验。

按GB 7251.1中的规定，分别在空载运行状态、50%额定电流和100%额定电流输出下对装置进行电磁兼容测试，受限于装置体积，可重点对控制、保护部分和换流源部分分别进行测试。

### 9 检验规则

#### 9.1 概述

装置的试验分为：例行试验、型式试验和现场试验。试验项目见表10。

#### 9.2 例行试验

例行试验的目的在于检验制造中的缺陷。这一试验由制造方对出厂的每一套装置进行。

如受试验条件限制，经与购货方协商，部分例行试验可减容量进行或在现场试验时考核。

#### 9.3 型式试验

型式试验的目的在于考核装置的设计、尺寸、材料和制造等方面是否满足本标准的要求。

型式试验在新产品定型时进行；在生产中，当材料、工艺或产品结构等有改变，且其改变有可能影响装置的性能时，也应进行型式试验，此时允许只进行与这些改变有关的试验项目；在正常生产中，型式试验应至少每五年进行一次。

用来作型式试验的装置应为经出厂例行试验合格的装置。全部型式试验项目应在同一装置上进行，或在同一装置的多个部件上分别进行。

型式试验应委托具有资质的第三方机构进行。

型式试验的报告在购货方有要求时应予以提供。

#### 9.4 现场试验

现场试验主要是购货方在装置安装后进行的试验，试验的目的是为了检验装置在运输和安装后是否受到损伤，确保装置是良好的，检验其能否正确动作及是否满足技术要求。



表8 试验项目一览表

序号	试验项目	例行试验	型式试验	现场试验	技术要求条款	试验方法条款
1	外观与结构检查	√	√	√	7.1、7.2	8.2.1
2	防护等级检验	√	√		7.3.1	8.2.2
3	保护电路有效性验证	√	√	√	7.3.2、7.3.3	8.2.3
4	电气间隙与爬电距离检验	√	√	√	7.4	8.2.4
5	绝缘性能试验				7.5	8.2.5
5.1	绝缘电阻测试	√	√	√	7.5.1	8.2.5.1
5.2	工频耐压试验	√	√		7.5.2	8.2.5.2
6	保护及告警功能试验	√ <sup>a</sup>	√ <sup>a</sup>	√ <sup>b</sup>	7.6	8.2.6
7	运行模式试验				7.7	8.2.7
7.1	补偿三相不平衡电流试验	√	√	√	7.7.1	8.2.7.1
7.2	补偿无功电流试验	√	√	√ <sup>b</sup>	7.7.2	8.2.7.2
7.3	补偿谐波电流试验	√	√	√ <sup>b</sup>	7.7.3	8.2.7.3
7.4	综合补偿试验	√	√	√ <sup>b</sup>	7.7.4	8.2.7.4
8	运行性能试验				7.8	8.2.8
8.1	测量精度试验	√	√		7.8.1	8.2.8.1
8.2	正常工作电压范围测试	√	√		7.8.2	8.2.8.2
8.3	响应时间测试		√		7.8.3	8.2.8.3
8.4	过载能力测试	√ <sup>a</sup>	√		7.8.5	8.2.8.4
8.5	温升试验		√		7.8.7	8.2.8.5
8.6	损耗评估		√		7.8.8	8.2.8.6
8.7	噪声测试	√ <sup>c</sup>	√		7.8.9	8.2.8.7
9	环境试验				7.9	8.2.9
	低温试验		√		7.9	8.2.9.1
	高温试验		√		7.9	8.2.9.2
	恒定湿热试验		√		7.9	8.2.9.3
	交变湿热试验		√		7.9	8.2.9.4
10	电磁兼容测试				7.9	8.2.10
10.1	抗干扰试验				7.9.1	8.2.10.1
	射频电磁场辐射抗扰度试验		√		7.9.1.1	8.2.10.1.1
	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验		√		7.9.1.2	8.2.10.1.2
	振荡波抗扰度试验		√		7.9.1.3	8.2.10.1.3
	静电放电抗扰度试验		√		7.9.1.4	8.2.10.1.4
	浪涌（冲击）抗扰度试验		√		7.9.1.5	8.2.10.1.5
10.2	电磁骚扰特性试验		√		7.9.2	8.2.10.2
<sup>a</sup> 装置上电试验之前，应由制造方进行上电前测试和整体带电调试，保证装置上电能正常运行。该试验为可选项目，可根据具体工程及现场条件与购货方协商简化进行。						

序号	试验项目	例行试验	型式试验	现场试验	技术要求条款	试验方法条款
<sup>b</sup> 如装置具备此项功能则进行该项试验。例行试验时为可选项目，如具备条件，可采用两套相同装置对冲的方式简化进行。						
<sup>c</sup> 该试验为可选项目，可根据具体大型或复杂工程进行，工厂例行试验可按不同型号和批次产品进行抽检。						

10 标志、铭牌

10.1 标志和标签

装置的端子旁应标明端子号。

装置内部的继电器、集成电路、电阻器、电容器、电力电子器件等主要元器件，在安装它们的印制电路板或安装板上应标明其在原理接线图中的代号。

静电敏感部件应有防静电标志。

装置柜门上应标有停电后至能打开柜门的等待时间。

装置的相关部位及说明书中应有安全标志，例如电容器等元器件。

装置外包装上应有收发货标志、包装、贮运图示标志等必须的标志和标签。

在装置的使用说明书、质量证明文件或包装物上应标有装置执行的标准代号。

所有标志均应规范、清晰、持久。

10.2 铭牌

每台装置应有铭牌或相当于铭牌的标志，内容包括：

- a) 名称和型号；
- b) 额定电压，V；
- c) 额定电流，A；
- d) 额定频率，Hz；
- e) 额定容量，kVA；
- f) 防护等级；
- g) 执行标准；
- h) 制造年月；
- i) 出厂编号；
- j) 质量；
- k) 制造厂名称或商标；

注：主接线图、接线方式可另行制作铭牌标示或在技术文件中说明。

11 包装、运输与贮存

11.1 包装

装置在包装前，应将其可动部分固定；重量较大的元器件（或部件）单独包装运输。

每台装置或单独包装的元器件（或部件）应用防水材料包好，再装入具有一定防振能力的包装箱内。按设备特点，按需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀、防冻的保护措施。应在包装箱的两个侧面以国际通用的标记和图案标明重心及吊点。按照不同要求，包装箱上应用中文或英文明显地标注“小心轻放”、“向上”、“防潮”、“起吊点”、“小心搬运”和“防火”等字样，并标注适当的国际标志。

装置附件及易损件应按装置标准和说明书的规定一并包装和供应。装置应提供运输、贮存、安装、运行和维护说明书。

## 11.2 运输

包装好的装置在运输过程中的贮存温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于95%。装置应承受在此环境中的短时贮存。

## 11.3 贮存

包装好的装置一般应贮存在 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于80%、周围空气中不会有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。

## 11.4 随装置供应的文件

装置应配套提供以下文件：

- a) 质量证明文件，必要时应附出厂及其现场试验记录；
- b) 装置说明书，说明书的要求应符合 GB/T 9969 的规定。文件包括全套安装使用说明书、装置拆卸件一览表、装箱单、铭牌图、备品备件明细表、装置外形尺寸等资料；
- c) 装置原理图和接线图（可含在说明书中）；
- d) 外购件包装箱内应有外购件出厂质量合格证明书、技术说明书等；
- e) 详细装箱单。

## 11.5 随装置提供的配套件

随装置提供的配套件应在相关文件中注明，一般包括：

- a) 易损零部件及易损元器件；
- b) 装置附件；
- c) 合同中规定的备品、备件。

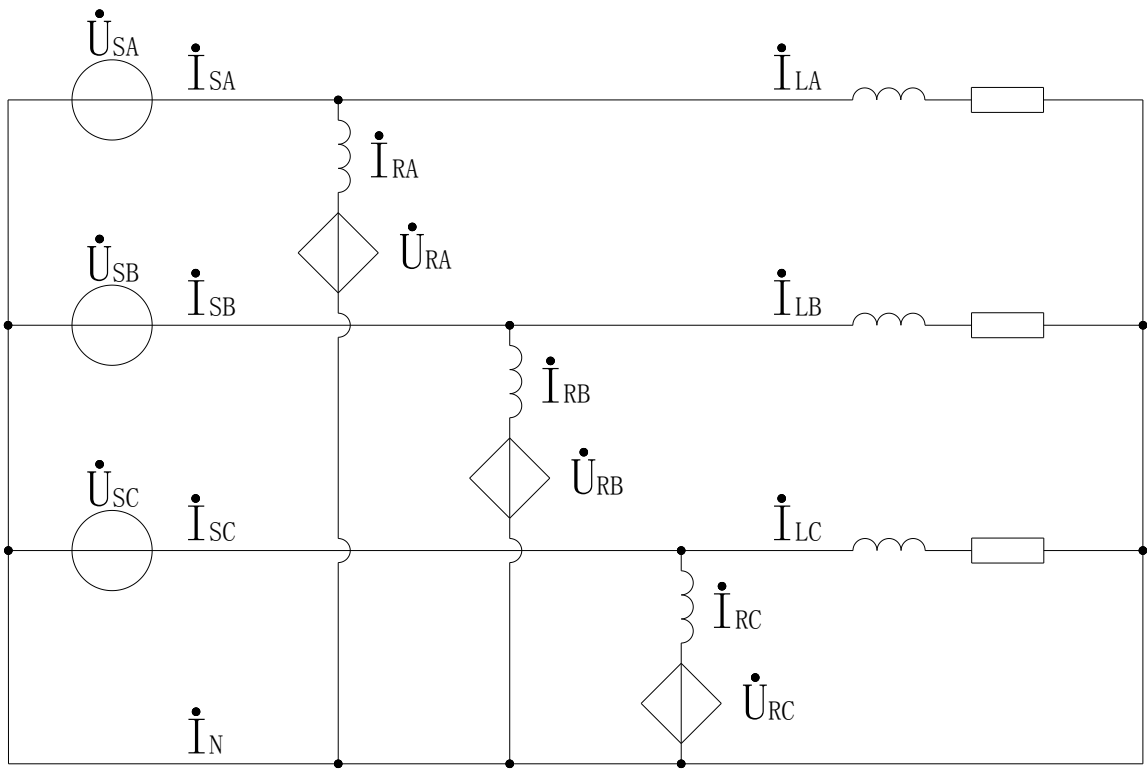
附录 A  
(资料性附录)  
装置工作原理

A.1 概述

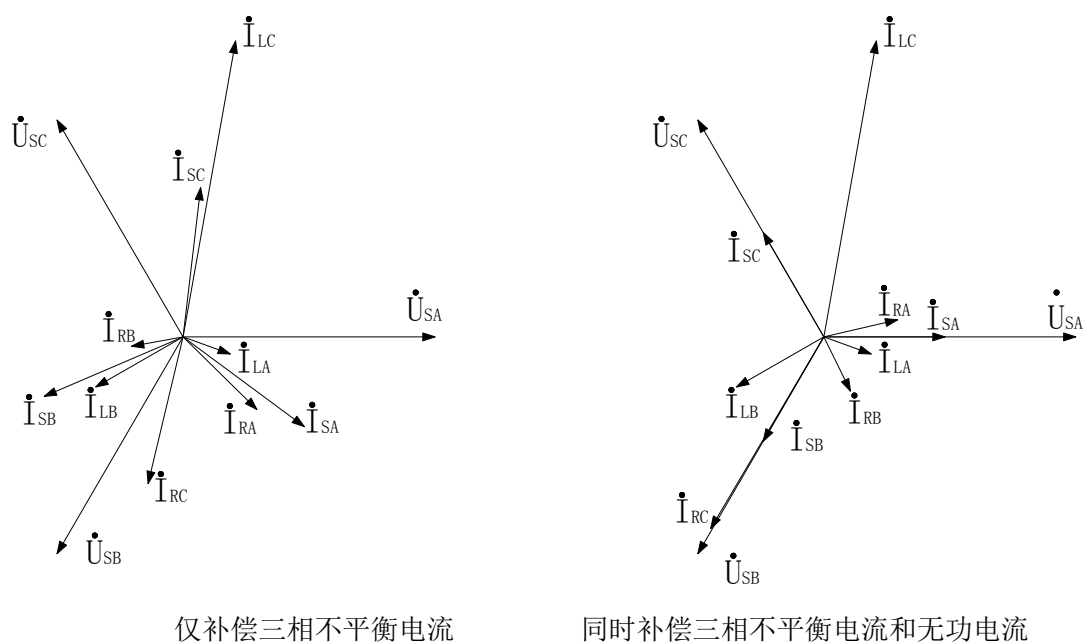
柱上式低压三相不平衡自动调节装置将电压源换流器经过连接电抗器并联在交流配电线路上,通过调节换流器交流侧输出电压的幅值和相位,控制其交流侧电流的幅值和相位,实时平衡三相负荷电流,同时也可补偿所需要的感性或容性无功功率,并对谐波电流进行跟踪补偿。

A.2 装置工作原理和典型电路

柱上式低压三相不平衡自动调节装置的基本工作原理如附图A.1和附图A.2所示。

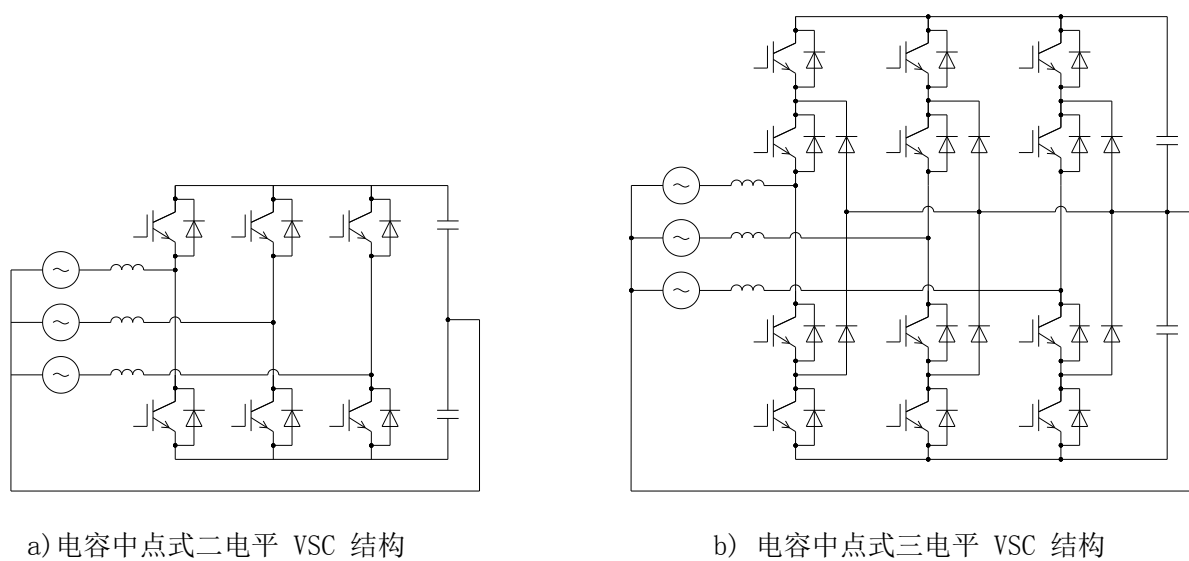


图A.1 柱上式低压三相不平衡自动调节装置等效电路模型



图A.2 柱上式低压三相不平衡自动调节装置向量图

柱上式低压三相不平衡自动调节装置换流桥典型拓扑如附图A.3所示。



图A.3 柱上式低压三相不平衡自动调节装置换流桥的典型拓扑

## 附录 B

## (资料性附录)

## 装置滤波单元和直流电容器参数选择

## B.1 概述

装置滤波单元和直流电容器参数对系统设计和运行性能有着重要影响,应综合考虑装置额定容量、补偿电流最大变化速度、允许谐波电流大小和控制策略等因素,并结合技术经济性确定。

## B.2 滤波单元参数选择

滤波单元电感越小,则装置输出电流的谐波含量越大,且抗电源电压扰动的能力越差,并对控制系统的要求也越高。但装置结构简单,体积小,成本低,动态响应较快。

滤波单元电感越大,装置输出电流的谐波含量越小,但其输出额定容量时的直流电压也越高,对直流电容器和电力电子器件的耐压水平要求也越高。由于受器件耐压水平的限制,增大电感可能会导致逆变器结构的变化或增加装置结构的复杂程度。

滤波单元宜采用LCL滤波器,如换流桥侧的电感为 $L_1$ ,电网侧电感为 $L_2$ ,可按下式进行计算:

$$0.68 \frac{U_{dc}}{I_n f_{sw}} \leq (L_1 + L_2) \leq 1.57 \frac{U_{dc}}{I_n f_{sw}} \quad \text{..... (B.1)}$$

式中:

$U_{dc}$ ——直流参考电压;

$f_{sw}$ ——开关频率。

为使装置输出电流高频分量在换流器侧和电网侧均获得较高的衰减, $L_1$ 与 $(L_1 + L_2)$ 的比值宜取为0.75左右。

LCL滤波器的谐振频率为:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(L_1 + L_2)}{L_1 \times L_2 \times C}} \quad \text{..... (B.2)}$$

为避免影响装置滤波效果,同时为高频分量提供低阻抗通道, $f_{res}$ 一般选取为需要滤除的最高次谐波频率和1/2开关频率的中间值;同时滤波电容所产生的无功功率一般不应超过装置额定容量的5%。

## B.3 直流侧电容器组参数选择

理想情况下(三相电流正弦对称),装置交直流侧没有能量交换,因此仅需要很小容量的直流电容器来提供直流电压支撑即可。但是,考虑到实际情况,直流电容器不能太小,必须达到一定的电容值。仅从稳态性能而言,电容器也越大越好。

装置的空载直流电压 $U_{dc0}$ 见式(B.5):

$$U_{dc0} = \frac{4}{\sqrt{6}} U_n \dots\dots\dots (B.3)$$

装置的最高直流电压  $U_{dc\max}$  见式 (B.6) :

$$U_{dc\max} = (1 + K) \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

$K$ ——滤波单元基波感抗与装置输出额定容性无功功率时等效容抗之比。

直流电容  $C$  的选择可参考经验公式 (B.7) :

$$C = \frac{0.2 I_n}{\eta \omega U_{dc0}} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$\eta$ ——直流电压允许波动系数, 取值宜为5%左右。

附 录 C  
(资料性附录)  
电网连接点电气条件

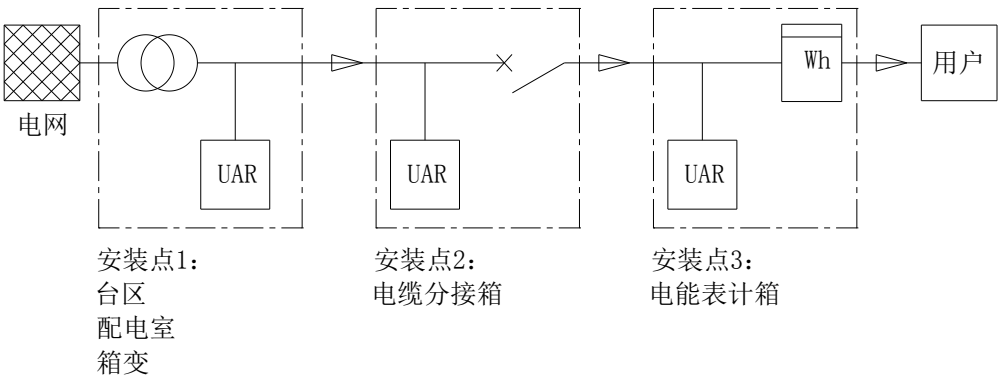
C.1 概述

装置设计、制造前应尽可能了解连接点的下述系统电气条件，使其性能指标达到设计水平：

- 供电台区变压器额定容量及负载率；
- 电网过电压保护水平；
- 三相负荷电流有效值及不平衡度的最大值、最小值；
- 每相负荷功率因数最大值和最小值；
- 配电线路谐波水平。

C.2 装置接入点

可根据负荷分布、安装点位置周边实际情况和经济效益综合分析，从下图所示选择装置接入点。



图C.1 装置接入点示意图

C.3 装置补偿电流计算公式

装置对配电线路进行无功补偿和三相不平衡调节后每相输出电流计算如下：

$$I_c = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 - 2I_1I_2} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $I_c$ ——补偿电流；
- $I_1$ ——补偿前相电流；
- $I_2$ ——补偿后相电流；



参考文献

- [1] 运检三[2017]68号 国网运检部关于开展配电台区三相负荷不平衡问题治理工作的通知

—

---