

ICS 29.240.90

K 44

备案号: 47879-2015

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 42043 — 2014

高压静止同步补偿装置

High voltage static synchronous compensation installations

2014-10-15 发布

2015-03-01 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 | 2 |
| 4 型号命名与产品分类 | 6 |
| 5 基本电路及组成设备 | 7 |
| 6 使用条件 | 10 |
| 7 技术要求 | 11 |
| 8 试验方法 | 17 |
| 9 检验规则 | 20 |
| 10 标志、标签和使用说明书 | 21 |
| 11 包装、运输与贮存 | 22 |
| 附录 A（资料性附录） 装置基本工作原理 | 24 |
| 附录 B（资料性附录） 响应时间推荐测试方法 | 25 |

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》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/TC9）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。

本标准负责起草单位：国网浙江省电力公司绍兴供电公司、西安高压电器研究院有限责任公司。

本标准参加起草单位：清华大学、国网浙江省电力公司、思源清能电气电子有限公司、西安西电电力系统有限公司、西安交通大学、广东电网公司电力科学研究院、荣信电力电子股份有限公司、辽宁电能发展股份有限公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、河北旭辉电气股份有限公司、桂林电力电容器有限责任公司、南京南瑞继保电气有限公司、上海永锦电气集团有限公司、深圳奥特迅电力设备股份有限公司、西安森宝电气工程有限公司、深圳市三和电力科技有限公司、波瑞电气有限公司、北京赤那思电气技术有限公司、深圳市力量科技有限公司、湖北三环发展股份有限公司、鞍山市恒力电气设备制造有限公司、杭州银湖电气设备有限公司、天津市津开电气有限公司、中国科学院电工所、山东迪生电气股份有限公司、山东通用节能技术研究所、青岛菲特电器科技有限公司、深圳市普顺科技有限公司。

本标准主要起草人：陈晓宇、蔡重凯、赵永涛、刘文华、元复兴、李电、王敏、陈远华、王跃、孙伟、杨晓辉、张凡勇、徐柏榆、魏圣钢、江钧祥、陶梅、吕韬、全凤岐、李瑞桂、梁琮、李志刚、田恩文、朱静、严焕玲、雷颖、赵福庆、方太勋、朱文堂、郭秀霞、高屹、林川、许帆、李小芬、刘菁、赵香花、于洋、俞立天、韦统振、孙士民、王学才、张宗友、张剑呼。

本标准是首次制定。

高压静止同步补偿装置

1 范围

本标准规定了高压静止同步补偿装置的型号命名与产品分类、组成设备、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。

本标准适用于标称电压 1kV 以上、频率 50Hz 的交流电力系统中，用于提高电网稳定性、改善电能质量和功率因数的链式静止同步补偿装置（以下简称装置）。其他结构形式的装置可参考此标准执行。

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 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则（GB 311.1—2012，IEC 60071-1：2010，MOD）
- GB 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则（GB 1094.1—2013，IEC 60076-1：2011，MOD）
- GB/T 1094.6 电力变压器 第 6 部分：电抗器（GB/T 1094.6—2011，IEC 60076-6：2007，MOD）
- GB 1094.11 电力变压器 第 11 部分：干式变压器（GB/T 1094.11—2007，IEC 60076-11：2004，MOD）
- GB 1207 电磁式电压互感器（GB 1207—2006，IEC 60044-2：2003，MOD）
- GB 1208 电流互感器（GB 1208—2006，IEC 60044-1：2003，MOD）
- GB 1984 高压交流断路器（GB 1984—2014，IEC 62271-100：2008，MOD）
- GB 1985 高压交流隔离开关和接地开关（GB 1985—2014，IEC 62271-102+A1：2011，MOD）
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 3096 声环境质量标准
- 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 3768—1996，ISO 3746：1995，EQV）
- GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）（GB 4208—2008，IEC 60529：2001，IDT）
- 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 4824—2013，IEC/CISPR 11：2010，IDT）
- GB 5226.1 机械电气安全机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件
- GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器（GB 11032—2010，IEC 60099-4：2006，MOD）
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 14598.9—2010 量度继电器和保护装置 第 22-3 部分：电气骚扰试验 辐射电磁场抗扰度（IEC 60255-22-3：2007，IDT）
- GB/T 14598.10—2012 量度继电器和保护装置 第 22-4 部分：电气骚扰试验 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验（IEC 60255-22-4：2008，IDT）
- GB/T 14598.13—2008 电气继电器 第 22-1 部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验 1MHz

脉冲群抗扰度试验 (IEC 60255-22-1: 2007, MOD)

GB/T 14598.14—2010 量度继电器和保护装置 第 22-2 部分: 电气骚扰试验 静电放电试验 (IEC 60255-22-2: 2008, IDT)

GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡

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 16927.1—2011, IEC 60060-1: 2010, MOD)

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 50060 3~110kV 高压配电装置设计规范

DL/T 1193—2012 柔性输电术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用, 以下重复列出了 DL/T 1193—2012 中的某些术语和定义。

3.1

静止同步补偿器 **static synchronous compensator**

静止无功发生器 **static var generator**

STATCOM

SVG

一种由并联接入系统的电压源换流器构成, 其输出的容性或感性无功电流连续可调且在可运行系统电压范围内与系统电压无关的无功功率补偿装置。当用于配电系统中时, 又称为配电静止同步补偿器 D-STATCOM。

[DL/T 1193—2012, 定义 4.1.2]

3.2

电压源换流器 **voltage source converter**

VSC

由可关断器件实现换流功能, 直流侧储能元件为电容器的换流器。

[DL/T 1193—2012, 定义 3.3.8]

3.3

换流模块 **converter module**

一个能实现完整换流器功能的基本运行单元, 包括相关辅助设备。

3.4

链节 **link**

链式电压源换流器中的一个换流模块。

[DL/T 1193—2012, 定义 4.3.4]

3.5

换流链 **converter chain**

由多个链节组成的实现换流运行的组组装换流设备, 可实现复杂的换流过程。

3.6

闭锁 **blocking**

通过停发可控阀或换流器的控制脉冲阻止其继续开通的操作。

[DL/T 1193—2012, 定义 3.4.15]

3.7

解锁 deblocking

通过解除可控阀或换流器的闭锁, 允许其开通的操作。

[DL/T 1193—2012, 定义 3.4.16]

3.8

连接变压器 interface transformer

与换流器及交流系统相连接, 实现换流器与电网功率交换的变压器。

3.9

连接电抗器 interface reactor

与换流器及交流系统相连接, 实现换流器与电网功率交换的电抗器。

3.10

连接电抗百分比 percentage of interface reactance

K

连接电抗器额定阻抗与串联的换流链额定阻抗比值, 以百分数表示。

3.11

额定电压 rated voltage

U_N

装置换流链通过连接电抗器接入系统的标称电压有效值。

3.12

额定电流 rated current

I_N

装置在额定电压下允许连续运行的最大输出感性或容性电流有效值的统称, 二者一般相等。

3.13

额定容量 rated capacity

Q_N

装置允许连续运行的最大输出感性或容性无功功率有效值的统称, 二者一般相等。

3.14

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。

注: 改写 DL/T 1193—2012, 定义 3.5.2。

3.15

电压/电流 (U/I) 特性 voltage/current characteristic

装置在连接点处的稳态电流与电压之间的关系曲线。

3.16

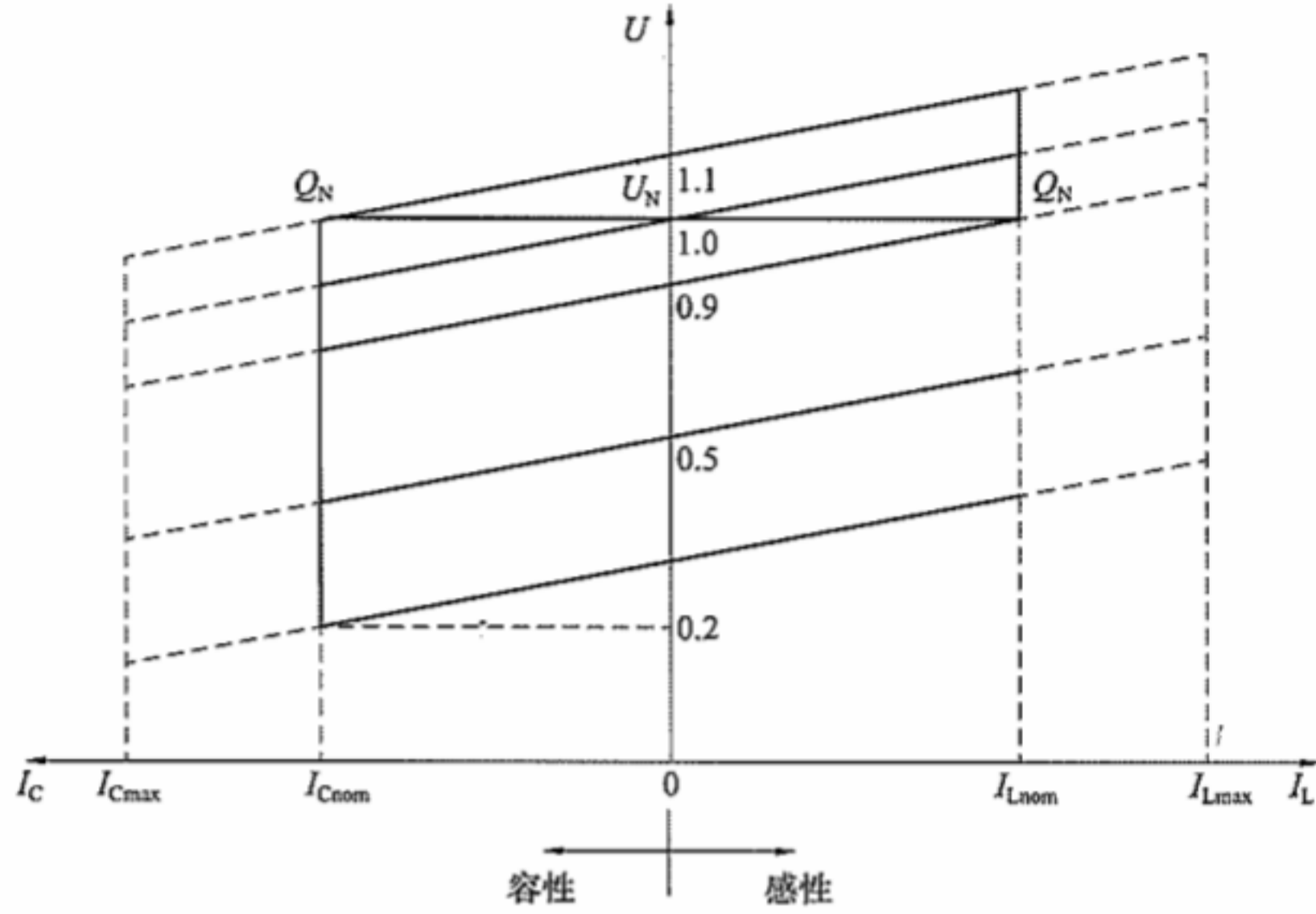
斜率 slope

装置的 U/I 特性曲线上, 容性和感性的线性可控范围内, 电压变化与电流变化标么值的比值, 一般以百分数表示。

3.17

参考电压 reference voltage

装置的 U/I 特性曲线上, 总无功输出为零 (既不吸收无功, 也不发出无功) 点的电压, 见图 1。



说明： U ——电压；
 U_N ——额定电压；
 Q_N ——额定容量；
 I_C ——容性电流；
 I_{Cmax} ——最大容性电流；
 I_{Cnom} ——额定容性电流；
 I_L ——感性电流；
 I_{Lmax} ——最大感性电流；
 I_{Lnom} ——额定感性电流。

图 1 装置的 U/I 特性

3.18

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 2。

注：改写 DL/T 1193—2012，定义 3.5.14。

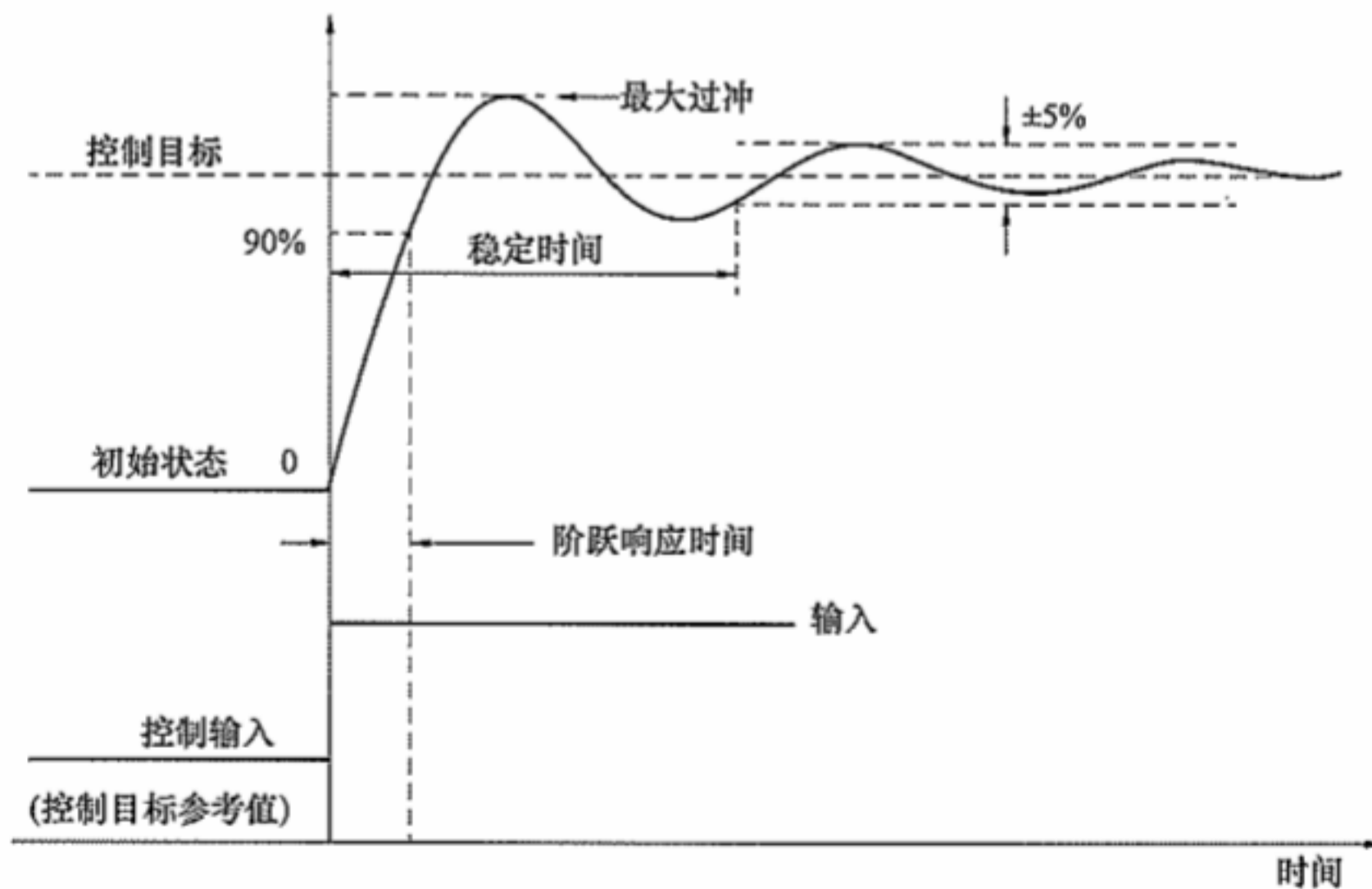


图 2 阶跃响应时间和稳定时间定义

3.19

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目标值的±5%范围内所用的时间，见图2。

注：改写 DL/T 1193—2012，定义 3.5.15。

3.20

恒无功控制 constant reactive power control

使装置运行在给定无功功率状态的控制模式。

3.21

电压控制 voltage control

目标点电压维持在允许偏差范围的控制模式。

3.22

无功功率补偿控制 reactive power compensation control

使目标点无功功率维持不超过设定水平的控制模式。

3.23

功率因数补偿控制 power factor compensation control

使目标点功率因数维持不超过设定水平的控制模式。

3.24

谐波补偿控制 harmonic compensation control

使目标点电压畸变率或电流谐波含量维持不超过设定水平的控制模式。

3.25

不平衡补偿控制 unbalance compensation control

使目标点电压或电流不平衡度维持不超过设定水平的控制模式。

3.26

电流补偿控制 current compensation control

实时跟踪目标点负荷畸变电流波形，输出补偿电流，使目标点电流幅值和波形维持不超过设定水平的控制模式。

3.27

强迫停运 forced outages

由于装置内部设备故障而导致该设备退出运行。此时，将引起装置部分功能或所有基本功能的丧失。

3.28

计划停运 scheduled outages

出于维护、检修等目的，为了保证装置长期可靠运行而必须进行的停运。此时，将引起装置部分功能或所有基本功能的丧失。

3.29

停运持续时间 outages duration

从装置退出运行时刻起，到装置准备投入运行时刻止的持续时间间隔。

注：下述情况均应包括在停运持续时间中：

a) 故障判断时间 (down time)

判断故障原因或决定哪一台设备需要维修、替换所需要的停机时间。

b) 准备及完工清理时间 (preparing time and ending time)

运行操作人员断开设备连线、连接设备接地线等准备工作的必要准备时间，以及维修完成后卸除设备接地线、连接设备连线的完工清理时间。

c) 降容运行等效停运时间 (equivalent outage time of partial outage)

由于某种原因导致装置系统降容运行的时间。
降容运行等效停运时间 t_j 为：

$$t_j = t_c(1 - S_j / S_N)$$

式中：

- t_j ——降容运行等效停运时间；
- t_c ——装置降容运行的持续时间；
- S_j ——降容运行期间的容量；
- S_N ——额定容量。

3.30

年可用率 **annual availability**

k

指装置全年可正常运行的可用时间比率。

注：

$$k = (1 - t_s / 8760) \times 100\%$$

式中：

t_s ——等效停运时间，为全年累计停运时间，h。

4 型号命名与产品分类

4.1 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、特征代码五部分组成，其具体命名方法如图 3 所示。

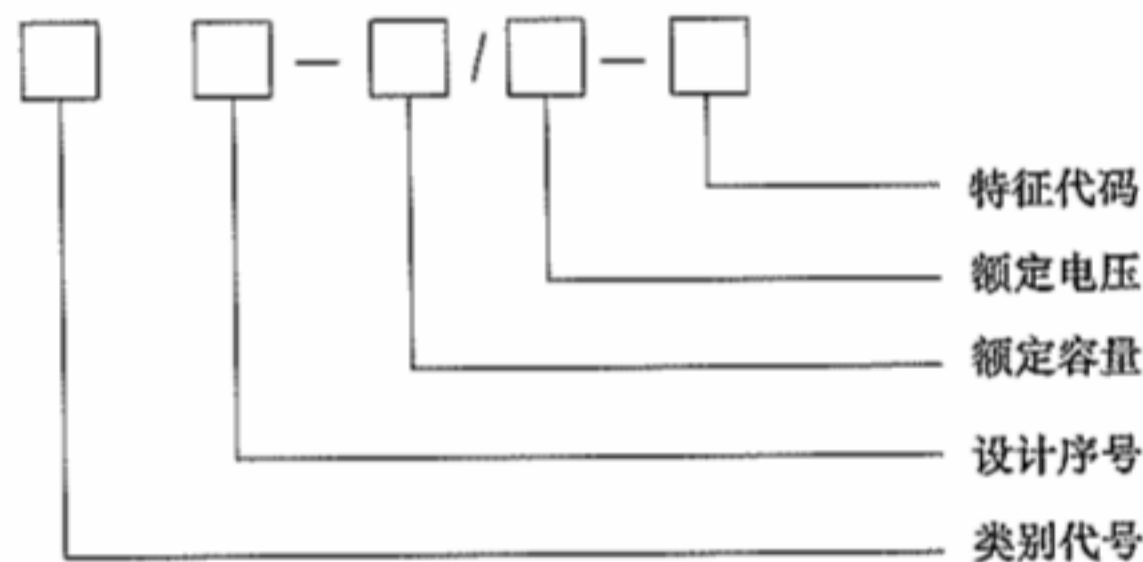


图 3 装置型号组成形式

类别代号用“STATCOM”表示。

设计序号由 2 位数字代码组成，由标准归口单位统一发布。

额定容量以兆乏 (Mvar) 为单位，额定电压以千伏 (kV) 为单位。

特征代号用两个字母组成，表示装置的有关特征，具体内容见表 1。

表 1 装置的特征代码

| 第一个字母 | | | 第二个字母 | | |
|-------|----|-----|-------|----|----|
| S | Y | D | N | A | W |
| 单相 | 星形 | 三角形 | 自冷 | 风冷 | 水冷 |

4.2 产品分类

4.2.1 安装类别

分为户内柜式、户内框架式、户外箱式、户外集装箱式、车载移动式等安装类别。

4.2.2 电气接线

分为单相、三相星形和三相三角形等接线方式。

4.2.3 装置的额定电压

额定电压宜在下列数值中选取：3、6、10、20、27.5、35kV。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

4.2.4 装置的额定容量

额定容量为 Q_N 时，指装置在感性（或容性） Q_N —容性（或感性） Q_N 范围内连续可调。

额定容量宜在下列数值中选取：1、2、3、5、8、10、12、20、30、40、50、60、80、100Mvar。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

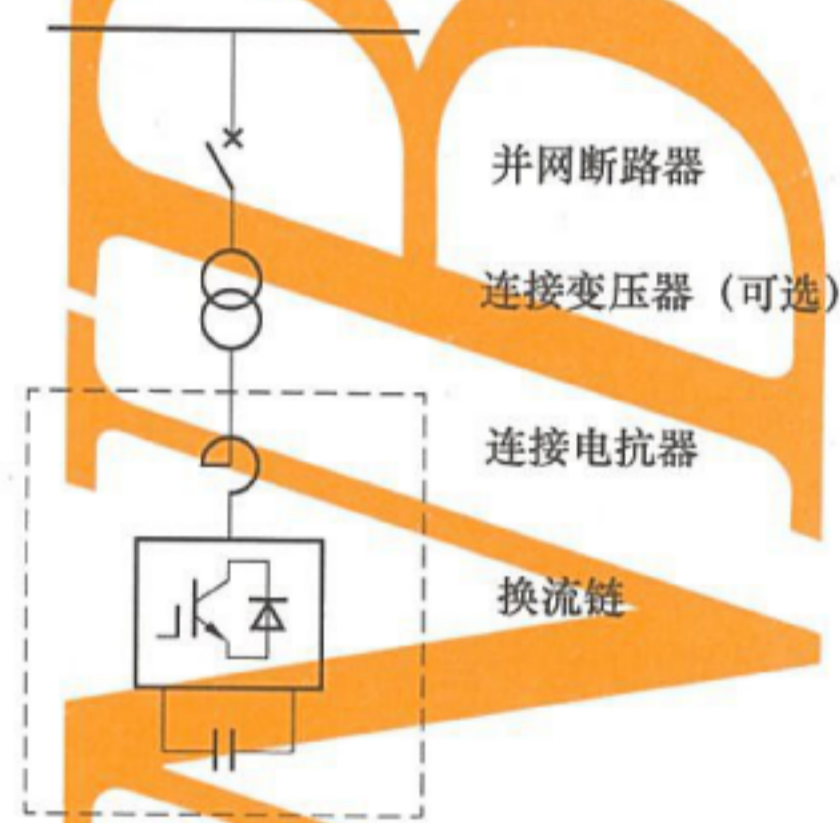
4.2.5 冷却方式

分为自然冷却、风冷、水冷等冷却方式。

5 基本电路及组成设备

5.1 基本电路

装置的基本电路如图 4 和图 5 所示，主要由换流链、连接变压器（可选）、连接电抗器及其他辅助设备（如并网断路器、控制与监测设备、冷却装置）等组成。装置的工作原理参见附录 A。



注：当采用高阻抗连接变压器取代连接电抗器时，图中连接电抗器示意连接变压器等效电抗。

图 4 装置的基本电路

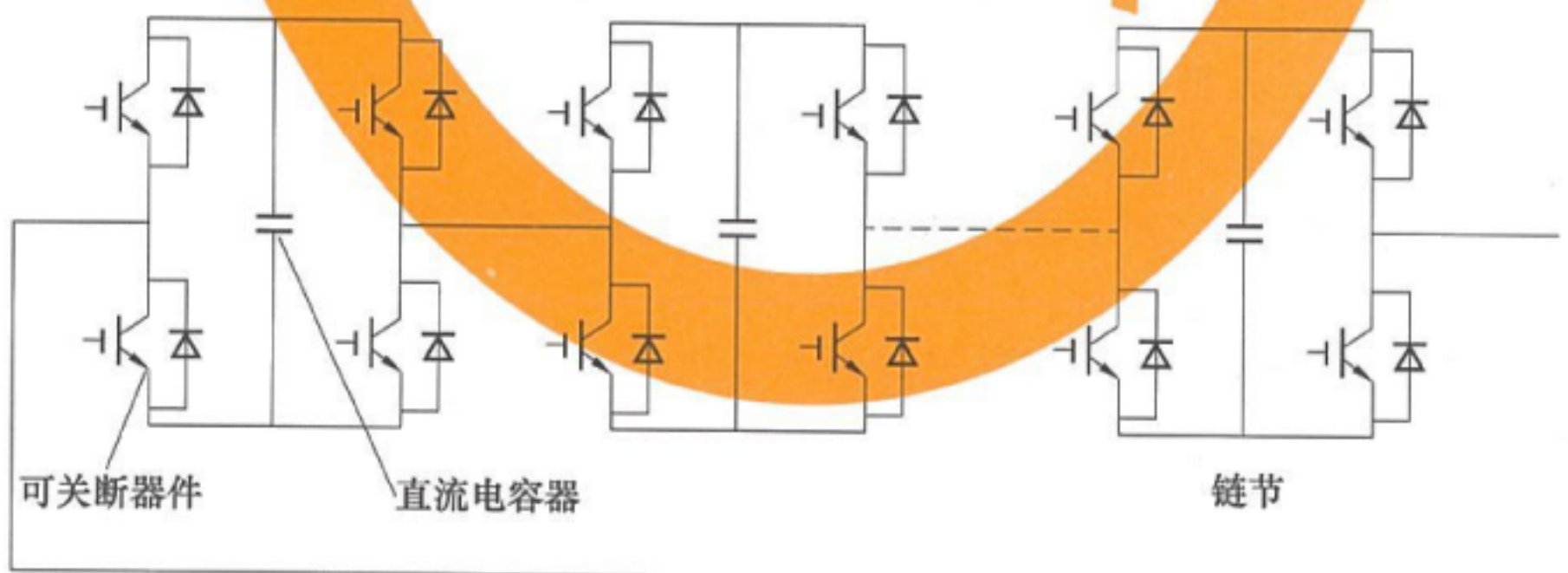


图 5 换流链基本电路

5.2 组成设备要求

5.2.1 并网断路器

要求包括：

- a) 应能满足装置最大输出电流和开断短路电流的要求；
- b) 需满足 GB 1984 的要求。

5.2.2 连接变压器（可选）

要求包括：

- a) 连接变压器绝缘水平应与接入处电网绝缘水平一致；
- b) 连接变压器铁芯磁通密度设计时应充分考虑装置在最小 U/I 斜率、最高参考电压、最大容性无功注入时对变压器工作磁通密度的影响；
- c) 在各种正常运行条件下，连接变压器应能耐受装置产生的谐波电压及谐波电流；
- d) 同时作为连接电抗功能的连接变压器漏抗的连接电抗百分比 K 宜在 8%~15%之间选取；
- e) 需满足 GB 1094.1 的要求，油浸式变压器还需满足 GB/T 6451 的要求，干式变压器还需满足 GB 1094.11 的要求。

5.2.3 连接电抗器

要求包括：

- a) 绝缘水平应符合 GB 311.1 的规定，装设在严寒、高海拔、温热带等地区和污秽、易燃、易爆等环境中的电抗器，应满足相应的特殊要求；
- b) 电抗器的品质因数宜根据容量与形式，经技术经济比较选定；
- c) 连接电抗百分比 K 宜在 8%~15%之间选取；
- d) 在各种正常运行条件下，连接电抗器应能耐受装置产生的谐波电压及谐波电流；
- e) 需满足 GB/T 1094.6 的要求。

5.2.4 换流链

要求包括：

- a) 换流链由串联的链节构成，应包括必要的电力电子器件、直流电容器、散热器，以及触发、控制、保护、电源电路等，换流链应根据系统运行条件及性能要求设计；
- b) 换流链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；
- c) 换流链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；
- d) 换流链应具备防止误触发或耐受误触发的能力；
- e) 每相换流链的冗余链节数量应不少于一个；
- f) 链节的控制电路设计宜确保链节内部故障时不依赖于外部控制自动实现链节旁路运行；
- g) 链节的控制电路设计应能实时监测并上传主功率电力电子元件的工作状态；
- h) 保护电路设计可靠，在链节内部出现直流过电压、欠电压以及电力电子元件过热、过电流等故障状态下，保护电路设计应可靠动作；
- i) 换流链的结构设计应做到便于用户对换流链日常维护、故障处理及部件更换，进行维护工作时不影响其他的设备继续运行；
- j) 应充分考虑链节之间及链节内部绝缘问题。

5.2.5 进线避雷器

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考虑系统单相接地引起的工频电压升高，且还应留有一定裕度；
- c) 应校验避雷器的通流容量以确保运行安全；
- d) 需满足 GB 11032 的要求。

5.2.6 冷却系统

冷却系统分为自然冷却、风冷、水冷等形式。

- a) 风冷系统要求：

——空气冷却系统应提供充分的散热能力，包括应选择足够容量的风机、设计合理的风道、空气滤清器、监测设备，并根据需要提供热交换设备。

——空气冷却系统应监测风机、空气滤清器及其他设备的状态。

——风机、空气滤清器及其他设备设计宜有冗余，其中一台设备故障时，冷却系统应仍能工作（无备用冷却系统除外）。

b) 水冷系统要求：

——水冷系统水量、水质、流量、压力等应满足装置要求。

——水冷却系统应提供充分的散热能力，例如泵、热交换器、风机容量的选择应满足装置各种运行方式下的散热要求。

——循环泵实现冗余设计，一台运行，另一台备用，每台泵应能提供所需的最大水流量。当运行泵故障时，备用泵应自动投运而无须关闭冷却系统。

——为保证冷却液电阻率在一定水平，应有冗余设计的液体净化环节。供应商应说明液体电阻率的设计数值，并阐明对电阻率是如何进行检测以及电阻率不合格时的后果。

——冷却系统能监测自身和冷却介质的状态，并有完善的保护及报警信号；水冷系统故障时，装置退出运行。

——冷却系统应有表计和指示器，显示水冷系统主要部件是否处于正常运行状态。

——冷却系统具备信号上传和远程控制功能。

——水冷系统所在密闭空间需考虑散热问题并留有裕度，设计温度控制装置，保持水冷系统运行的环境温度为 $+5^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 。

——装置容量较大时宜采用密闭式水冷系统，封闭循环系统的维护及循环冷却液损耗的补充每年不得超过一次。

5.2.7 控制及监测系统

要求包括：

a) 控制功能可包括如下选项：

1) 改善功率因数；

2) 改善电能质量，包括抑制电压波动和闪变、补偿谐波电流、补偿三相不平衡电流；

3) 电网电压发生骤升或骤降时，提供动态无功以稳定电压；

4) 其他功能。

b) 根据需要，控制与监测系统可提供就地和远方两种操作方式。

c) 控制与监测系统需具备人工紧急停机功能。

d) 控制系统应具备完善的自检功能，并应根据故障类型进行闭锁脉冲或跳闸。

e) 对于多套装置并联运行的情况，应充分考虑各套之间协调、配合控制。

f) 监控系统应具备就地操作的人机界面，宜具备通信接口和协议以实现远程监测和控制。接口应包括 RS-485 接口和以太网接口；协议应支持上级调度或监控系统通信要求。

g) 监控系统至少应在就地监控界面完成以下操作：开关的分合操作；装置启停；告警复归。

h) 监控系统应显示充分的信息，以便于运行维护人员设置控制参数、监视设备运行状况、定位故障原因。监控系统至少应具备如下功能：

1) 控制模式、参数设置和保护定值设置功能；

2) 系统运行参数和装置工作状态监视功能；

3) 事件记录和显示查询功能。

i) 装置应具备必要的逻辑互锁功能，以防止误操作。

5.2.8 其他设备要求

其他设备（如隔离开关、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 1985 的要求;
- b) 电磁式电压互感器参照 GB 1207 的要求;
- c) 电流互感器参照 GB 1208 的要求。

6 使用条件

6.1 环境条件

6.1.1 海拔

海拔 1000m 及以下。

6.1.2 环境空气温度

安装运行地区的环境空气温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ 。在此温度范围内按装置所能适应的环境空气温度范围分为若干温度类别，每一温度类别均以一斜线隔开的下限温度值和上限温度值来表示。

下限温度为装置可投入运行的最低环境空气温度，其值从 $+5$ 、 -5 、 -25 、 -40°C 中选取。

上限温度为装置可在其中连续运行的最高环境空气温度，其值从 40 、 45°C 中选取。

任何下限温度和上限温度的组合均可选为装置的温度类别，如 $-25^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$ 、 $-5^{\circ}\text{C}/45^{\circ}\text{C}$ 。

特殊运行环境条件下的温度要求由制造方和购货方协商确定。

6.1.3 相对湿度

相对湿度为 $5\%\sim95\%$ 时，装置内部既不应凝露，也不应结冰。

6.1.4 抗震水平

水平加速度： $0.25g$ ；垂直加速度： $0.125g$ 。

6.2 辅助电源条件

6.2.1 交流电源

额定电压： 220 、 380V ；

电压偏差： $\pm 20\%$ ；

频率： 50Hz ；

频率偏差： $\pm 2.5\text{Hz}$ ；

电压总畸变率： $\leq 8\%$ 。

6.2.2 直流电源

额定电压： 110 、 220V ；

电压波动： $-20\%\sim 10\%$ ；

电压纹波系数： $\leq 5\%$ 。

6.2.3 电源容量

电源容量应足以保证装置所有的泵、风机、控制系统和照明设备安全运行。

为提高装置的运行可靠性，辅助电源可采用双回路供电，但装置需具备自动备投功能。

6.3 电网连接点电气条件

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

- a) 电网连接点短路容量宜大于 10 倍连接点上所有装置容量之和，对于低于 10 倍的电网由供需双方协商特殊设计；
- b) 装置连接点的标称电压及变化范围；
- c) 装置连接点的短时最高运行电压及最大持续时间；
- d) 装置连接点的短时最低运行电压及最大持续时间；
- e) 电网频率及变化范围；
- f) 电网过电压保护水平；
- g) 连接点系统背景电能质量水平及系统谐波阻抗，包括电压变化范围（曲线）、谐波电压、谐波电

流、电压波动和闪变、三相电压不平衡度等；

- h) 连接点系统的短路水平，包括最大和最小方式下的三相、单相短路电流（或短路容量）；
- i) 系统中性点接地方式；
- j) 电气主接线和主电气设备参数以及运行方式、相关的无功补偿装置及参数；
- k) 相关继电保护配置、保护定值以及故障清除时间。

6.4 安装场所条件

要求包括：

- a) 装置的现场设计安装应符合 GB 50060 的要求，应保证安全、利于通风散热、便于运行巡视和维护检修，并应设置相应消防设施，设有消防通道；
- b) 安装场所宜根据电气设备的要求设置采暖和空调系统，不应发生凝露；
- c) 安装场所应无剧烈机械振动和冲击，应无火灾、爆炸危险的介质，应无腐蚀、破坏绝缘的气体及导电介质，应无有害气体及蒸汽，装置不应暴露在强电场和强磁场中；
- d) 安装场所进排风口应有防雨雪和小动物进入的设施，应有防御风、沙、粉尘的设施。

6.5 特殊使用条件

特殊条件下使用时，由制造方和购货方协商确定。

7 技术要求

7.1 结构与导体要求

7.1.1 外观与结构

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；

所选用的指示灯、按钮、导线及母线的颜色应符合 GB 5226.1 的要求；

构件应有良好的抗腐蚀性能；

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；

铭牌参数标志清晰，数据正确。

7.1.2 防腐蚀层

装置的金属件外露表面应有可靠的防腐蚀层。

7.1.3 主电路连接线

主电路连接线（包括本体内部的一次电缆、铜排和功率模块的交流排等）的长期允许电流应不小于 1.5 倍额定电流；连接线的连接应牢固，不应自由晃动，布线应整齐、美观；连接线的额定电压不得低于相应电路的额定工作电压。

7.2 防护等级

7.2.1 防护等级选择

装置的防护等级根据现场运行条件设计选择，应符合 GB 4208 的要求。

7.2.2 安全标识

装置应根据 GB 2894 的规定，明确相关警告标识和符号。

7.2.3 防护与接地

防护与接地的技术要求包括：

- a) 对直接接触的防护可依靠装置本身的结构措施，也可依靠装置在安装时所采取的附加措施，制造方应在说明书中提供相关信息。
- b) 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。
- c) 装置直接接触的金属壳体、可能带电的直接接触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) 以及装有电器元件的门、板、支架与主接地点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 0.1Ω 。

- d) 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。
- e) 接地端子应有明显的标志。

7.3 电气间隙与爬电距离

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。

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不小于表2的规定。

用于海拔超过 1000m 的装置, 其电气间隙和爬电距离按照 GB 311.1 的规定修正; 对于重污秽区域, 根据污秽等级按照 GB/T 26218.1 和 GB/T 26218.2 的规定进行修正。

表2 装置电气间隙与爬电距离

| 系统标称电压 kV | 户 内 | |
|--------------|--------------|-----------------|
| | 最小电气间隙 mm | 最小爬电比距 mm/kV |
| 3 | 75 | 20 |
| 6 | 100 | |
| 10 | 125 | |
| 20 | 180 | |
| 27.5 | 300 | |
| 35 | 300 | |

7.4 绝缘水平

7.4.1 装置绝缘电阻

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 $\times 1000(\Omega)$ 。

7.4.2 装置耐压水平

主电路和与主电路直接连接的辅助电路的工频耐受电压水平和雷电冲击耐受电压水平应符合表3的规定。

表3 装置耐受电压水平

| 系统标称电压 kV | 设备最高电压 kV | 雷电冲击耐受电压 kV | | 短时 (1 min) 工频耐受电压 (有效值) kV | |
|--------------|--------------|----------------|----------|-------------------------------|---------|
| | | 相对地 | 相间 | 相对地 | 相间 |
| 3 | 3.6 | 40 | 40 | 20 | 20 |
| 6 | 7.2 | 60 (40) | 60 (40) | 25 (20) | 25 (20) |
| 10 | 12 | 75 (60) | 75 (60) | 38 (28) | 38 (28) |
| 20 | 24 | 125 (95) | 125 (95) | 70 (50) | 70 (50) |
| 27.5 | 31.5 | 200 | 200 | 85 | 85 |
| 35 | 40.5 | 200 | 200 | 85 | 85 |

注1: 括号内和括号外数据分别对应低电阻接地系统和非低电阻接地系统。
 注2: 相间试验不包括换流链端间耐压试验。
 注3: 海拔超过 1000m 的装置, 耐受电压水平按照 GB 311.1 的规定修正。

7.4.3 换流链端间耐压水平

换流链端间耐受工频电压水平如下：

- a) 对于三相星形接线装置，单相换流链端间耐受电压不低于 $(1.15 \times 1.2 \times \sqrt{2} / \sqrt{3}) U_N$ ；
- b) 对于单相或三角形接线装置，单相换流链端间耐受电压不低于 $(1.15 \times 1.2 \times \sqrt{2}) U_N$ ；
- c) 当装置配置的连接电抗器的连接电抗百分比 K 超过 15% 时，以上 1.15 系数相应修正为 $(1+K)$ 。

7.5 测量精度

电压和电流测量相对误差均不大于 0.5%；

无功功率和功率因数测量相对误差均不大于 1%。

7.6 保护及告警功能

7.6.1 装置级的保护

功能包括：

- a) 过电压保护；
- b) 过电流保护；
- c) 人工急停保护；
- d) 冷却系统异常保护。

7.6.2 换流链的保护

功能包括：

- a) 直流侧过电压与欠电压保护；
- b) 直流电压不平衡保护（可选）；
- c) 驱动板故障保护；
- d) 链节过温保护；
- e) 通信故障保护；
- f) 链节自动旁路保护（可选）。

7.6.3 控制系统保护

功能包括：

- a) 控制电源失电保护；
- b) 通信故障保护；
- c) 控制器故障保护。

7.6.4 告警功能

功能包括：

- a) 装置应具备上电自检功能，自检异常时闭锁全部操作，并发出告警信息；
- b) 同步信号异常告警功能。

7.7 运行模式要求

7.7.1 恒无功控制

此运行模式下，装置应具备在控制范围内人工设置任意无功功率输出功能，功率值设置精度至少保留小数点后一位（单位为 Mvar）。装置能保持长期稳定输出。

7.7.2 电压控制

此运行模式下，装置应能在控制范围内，根据可设置的电网目标点电压限值和控制策略，实时监测跟踪电网目标点电压变化输出相应无功电流。

7.7.3 无功功率补偿控制

此运行模式下，装置应能在控制范围内，根据可设置的电网目标点无功功率限值和控制策略，实时监测跟踪电网目标点无功功率变化输出相应无功电流。

7.7.4 功率因数补偿控制

此运行模式下，装置应能在控制范围内，根据可设置的电网目标点功率因数限值和控制策略，实时

监测跟踪电网目标点功率因数变化输出相应无功电流。

7.7.5 谐波补偿控制（可选）

装置如具备谐波补偿功能，谐波补偿电流的最高次数不小于 13 次，其中单次谐波补偿电流输出能力应不小于 I_N/N (I_N 为装置输出工频额定电流， N 为谐波次数)。在谐波源电流不超过其补偿能力范围内，滤波后注入系统的谐波电流应满足 GB/T 14549 的要求。

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，根据可设置的电网目标点谐波限值和控制策略，实时监测跟踪电网目标点谐波变化输出相应谐波补偿电流。

具体要求由制造方与购货方协商确定。

7.7.6 不平衡补偿控制（可选）

此运行模式主要针对三相接线装置。

装置如具备不平衡补偿功能，对于星形接线装置其最大不平衡补偿电流输出能力宜不小于 $0.3I_N$ ，对于三角形接线装置其最大不平衡补偿电流输出能力宜不小于 I_N ；在计算不平衡补偿电流不超过其补偿能力范围内，补偿后电网目标点电压三相不平衡度应满足 GB/T 15543 的要求。

在此运行模式下，装置应能在补偿能力范围内，根据可设置的电网目标点电压或电流不平衡度限值和控制策略，实时监测跟踪电网目标点不平衡度输出相应不平衡补偿电流。

具体要求由制造方与购货方协商确定。

7.7.7 电流补偿控制（可选）

装置如具备瞬时电流跟踪补偿功能，装置输出最大补偿电流有效值不小于 I_N ，补偿电流跟踪电网目标点电流波形拟合度小于 1ms，在计算补偿电流不超过其补偿能力范围内，补偿后电网目标点电能质量应满足 GB/T 12326 和 GB/T 14549 的要求。

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电流幅值和波形输出相应补偿电流。

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 正常工作电压范围

装置与电网连接点（并网点）正常运行电压变化范围允许值为 0.8（标么值）~1.2（标么值）。

当并网点电压骤降不低于 20% 标称电压时，装置无论处于任何工况，应能在响应时间限值内输出相应补偿电流维持 625ms 以上；当并网电压在发生骤降后 2s 内能恢复到标称电压的 80% 时，装置应保证连续输出相应补偿电流；当电网电压恢复正常后，装置恢复原有工况运行。

当电网电压高于上限运行电压或低于下限运行电压时装置宜闭锁不退出运行。

装置在 7.7 规定的各种运行模式下均应符合以上要求，如图 6 所示。

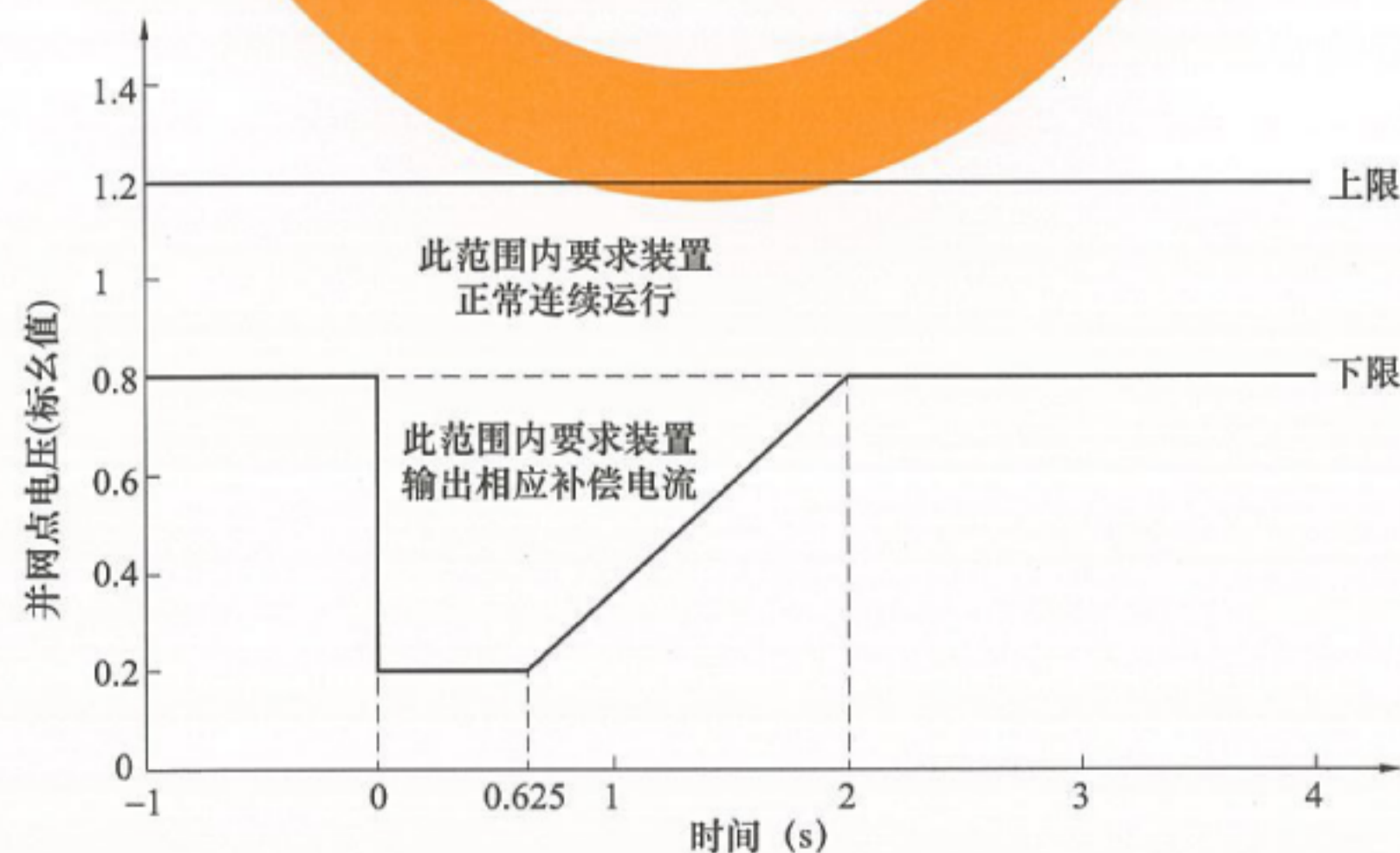


图 6 装置正常工作电压范围

7.8.2 响应时间

装置在 7.7 规定的正常运行模式下，阶跃响应时间不大于 20ms，稳定时间不大于 40ms。

装置在并网点电压骤升、骤降补偿模式下，阶跃响应时间不大于 10ms，稳定时间不大于 30ms。

7.8.3 无功调节

应在额定容性无功和额定感性无功之间连续调节，稳态时，装置实际输出的无功功率与设定值的偏差不得超过设定值的±5%；装置在空载状态最小稳定输出的无功应不超过额定容量的 8%。

7.8.4 过载能力

装置在 1.1 倍额定电流下应能长期运行，在 1.2 倍额定电流下运行时间不低于 30s。

7.8.5 谐波特性

当装置不进行谐波补偿时，实际输出的电流的总谐波含量应符合表 4 要求。

表 4 装置工频电流输出时谐波含量要求

| 装置输出电流 | 输出电流总谐波含量 |
|----------|-----------|
| $0.1I_N$ | 小于 5% |
| $0.5I_N$ | 小于 3% |
| I_N | 小于 2% |

7.8.6 温升

装置各部位的温升限值如表 5 所示。

表 5 静止同步补偿装置各部位的温升限值

| 部 位 名 称 | | 温升限值 K | |
|------------------|------------------|-----------|------------------------------------|
| 干式 变压器（电抗器） | 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 30 mm 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 | | 按各自元件标准规定 | |

7.8.7 额定损耗

下列设备的损耗应列入装置损耗中：

- a) 换流链和连接电抗器；
- b) 冷却系统；
- c) 控制和监测系统。

在不包括连接变压器时，装置额定损耗不超过表 6 规定限值。

表 6 静止同步补偿装置的额定损耗限值

| 装置额定容量 Q_N Mvar | 额定损耗限值 |
|----------------------|--------|
| $Q_N \leq 3$ | 2.5% |
| $3 < Q_N \leq 8$ | 2.0% |
| $8 < Q_N \leq 20$ | 1.8% |
| $Q_N > 20$ | 1.5% |

7.8.8 噪声

在额定负载和周围环境噪声不大于 40dB 的条件下，距离噪声源水平位置 1m 处，测得的装置噪声最大值不应大于表 7 所示。

表 7 静止同步补偿装置的噪声最大值

| 冷却方式 | 自然冷却 | 强迫风冷 | 水冷 |
|-------------|------|------|----|
| 噪声最大值 dB | 70 | 80 | 80 |

噪声对周围的影响需满足 GB 12348 和 GB 3096 的要求。

7.8.9 电磁兼容性能

7.8.9.1 承受辐射电磁干扰的能力

装置应能承受 GB/T 14598.9—2010 的 4.1.1 规定的严酷等级为 III 级的辐射电磁场干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

7.8.9.2 承受快速瞬变干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 14598.10—2012 的 4.1 规定的严酷等级为 III 级的快速瞬变干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

7.8.9.3 承受脉冲群干扰的能力

装置的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 GB/T 14598.13—2008 的 3.1.1 规定的严酷等级为 III 级的 1MHz 和 100kHz 脉冲群干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

7.8.9.4 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 14598.14—2010 的 4.2 规定的严酷等级为 III 级的静电放电干扰试验，抗干扰能力为 A 级。

7.8.9.5 电话及无线电干扰特性

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。

7.8.10 可用率和可靠性

制造商应明确装置下述的可用率指标：

- 因强迫停运造成的年可用率的最低水平（%）；

——因强迫停运造成的年强迫停运次数的最大值（次）。

制造商需对年计划停运持续时间及其累计停运次数进行明确承诺。

制造商需明确承诺上述可用率指标的保证期（年），并给出装置建议的维护周期。

根据运行需要和设备技术水平，由购货方与制造方共同协商确定装置可用率指标。为提高可靠性，装置可采取以下措施：

- a) 冷却系统实施冗余设计，单一风扇或水泵停运不影响装置的正常运行；
- b) 控制系统自带 UPS 供电或其他保证用电可靠性的装置；
- c) 链节实施冗余设计，当任一链节故障时，装置能自动识别并旁路，不影响装置的正常运行，不引起并网点电压波动。

8 试验方法

8.1 试验条件

8.1.1 试验电源条件

试验电压的频率为 45Hz~55Hz，波形应为近似正弦波，且正半波峰与负半波峰的幅值差应小于 2%，正弦波的峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \pm 0.05$ 以内。

8.1.2 试验的标准环境条件

海拔：1000m 及以下；
环境温度：5℃~40℃；
相对湿度：45%~75%；
大气压力：86kPa~106kPa。

8.1.3 高压试验条件

按照 GB/T 16927.1 的规定执行。

8.2 外观与结构检查

用目测的方法检查，结构和外观应满足 7.1 的要求。

8.3 防护等级检验

按 GB 4208 规定的方法进行验证，装置的防护等级应满足 7.2.1 要求。

检查装置的防护与安全标识，应满足 7.2.2 和 7.2.3 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 7.2.3 的要求。

8.4 电气间隙与爬电距离检验

用卡尺或板尺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 7.3 的规定。

8.5 绝缘性能试验

8.5.1 试验内容

试验前将不易承受电压的避雷器等拆除，试验项目包括：

- a) 工频耐压试验；
- b) 雷电冲击试验；
- c) 换流链端间交流电压试验。

8.5.2 工频耐压试验

试验前分别将每相换流链各链节端间及外壳短接。相对地、相间应能承受表 3 规定的工频电压，持续时间 1min。试验中无击穿、闪络和损坏性放电现象，视为试验通过。

8.5.3 雷电冲击试验

试验波形：1.2/50 μ s 波形，试验电压按表 3 的规定执行。试验应在相对地以及相间分别施加 5 次正极性和 5 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。

8.5.4 换流链端间耐压试验

试验时，装置控制回路带电，短接冗余链节，在每相换流链端间分别进行。在换流链两端缓慢施加到 7.4.3 规定的工频电压，持续时间 1min。试验中无击穿、闪络和损坏性放电现象，视为试验通过。

为保证试验安全，换流链的一端可接地，试验加电压过程需注意监控充电电流和各链节直流电压；对于他励启动的装置，端间耐压试验也可通过控制他励供电电压使换流链自行输出电压至规定值。

8.6 测量精度试验

给装置测量回路输入额定电流、电压、相角值，根据装置显示值判断其相对误差结果应符合 7.5 的要求。

8.7 保护试验

进行各种保护和告警功能验证试验时，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值与保护定值间误差小于±5%。试验次数不少于 3 次。保护和告警功能应符合 7.6 的规定。

8.8 运行模式试验

8.8.1 恒无功控制试验

将控制器设定为恒无功控制方式，逐步增加容性无功设置值，直至输出电流达到额定值；在感性输出范围内重复上述试验，装置功能应符合 7.7.1 的规定。此项试验可结合 8.9.2 进行。

8.8.2 电压控制试验

将控制器设定为电压控制方式，在装置监测的二次侧施加电压信号，模拟电网目标点电压变化，调整目标电压设定值，使装置输出从额定感性无功到额定容性无功，装置功能应符合 7.7.2 的规定。

8.8.3 无功功率补偿控制试验

将控制器设定为无功功率补偿控制方式，在装置监测的二次侧施加电压、电流信号，模拟电网目标点无功变化，调整目标无功设定值，使装置输出从额定感性无功到额定容性无功，装置功能应符合 7.7.3 的规定。

8.8.4 功率因数补偿控制试验

将控制器设定为功率因数补偿控制方式，在装置监测的二次侧施加电压、电流信号，模拟电网目标点功率因数变化，调整目标功率因数设定值，使装置输出从额定感性无功到额定容性无功，装置功能应符合 7.7.4 的规定。

8.8.5 谐波补偿控制试验（可选）

将控制器设定为谐波补偿控制方式，在装置并网点并联接入高压谐波功率源，通过高压谐波功率源分次输出谐波电流 I_N/N 。装置根据高压谐波功率源或系统侧的电流变化进行谐波补偿，同时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，装置功能应满足 7.7.5 的规定。

8.8.6 不平衡补偿控制试验（可选）

将控制器设定为不平衡补偿控制方式，在装置并网点并联接入高压功率源，通过高压功率源分相输出不平衡电流。装置根据高压功率源或系统侧的电流变化进行不平衡补偿，同时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，装置功能应满足 7.7.6 的规定。

8.8.7 电流补偿控制（可选）

将控制器设定为电流补偿控制方式，在装置并网点并联接入高压谐波功率源，通过高压功率源输出最大有效值为 I_N 的瞬变谐波电流。装置根据高压谐波功率源或系统侧的电流变化进行瞬时电流跟踪补偿运行，同时用电能质量分析仪和波形记录分析仪检测谐波功率源、系统侧及装置输出的电流的大小、波形及谐波含量，装置功能应满足 7.7.7 的规定。

8.9 运行性能试验

8.9.1 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 （标么值）] 和

上限正常工作电压 [≥ 1.2 (标幺值)], 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。

装置采用恒无功控制方式运行在感性无功输出状态, 调节并网系统电压模拟电压骤降至 0.2 (标幺值) 维持 625ms, 在 2s 内逐步恢复至 0.8 (标幺值); 电压发生骤降后, 装置应能在 30 ms 内稳定输出额定容性无功电流 2s 以上, 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并网点电压及装置输出电流波形, 试验结果应符合 7.8.1 的规定。

8.9.2 响应时间测试

8.9.2.1 概述

响应时间测试可结合 8.8 和 8.9.1 试验进行, 测量方法宜参考附录 B。

8.9.2.2 阶跃响应时间测试

当输入阶跃控制信号后, 装置输出电气量从初始值达到 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 7.8.2 的规定。

8.9.2.3 稳定时间测试

当输入阶跃控制信号后, 装置输出电气量达到目标值的 $\pm 5\%$ 范围内, 测试所用的时间, 一般用阶跃控制信号波形和装置输出瞬时无功功率波形变化曲线来判定。稳定时间应满足 7.8.2 的规定。

8.9.3 无功调节试验

此项试验结合 8.8.1 试验进行, 在额定容性无功和额定感性无功之间以 $0.1Q_N$ 级差设置调节, 测量装置实际输出的无功功率与设定值之间最大偏差, 试验结果均应满足 7.8.3 的要求。

8.9.4 过载能力测试

装置采用恒无功控制方式。装置在 1.1 倍额定电流运行条件下的过载能力试验结合 8.9.6 温升试验进行; 1.2 倍额定电流运行条件下, 连续运行 30s 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。

8.9.5 谐波特性测试

装置采用恒无功控制方式运行, 按装置输出 $0.1I_N$ 、 $0.5I_N$ 、 I_N 容性和感性电流, 分别测量其输出电流谐波含量, 试验结果应满足 7.8.5 的规定。

8.9.6 温升试验

在装置 1.1 倍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 (测温点设置按照表 5 的要求), 以及周围空气温度, 当温度变化连续 3h 不超过 1K/h 时, 认为温度达到稳定, 温升应满足 7.8.6 的规定。

8.9.7 损耗评估

装置损耗应在不同的运行点确定, 包括在装置最大容性和最大感性无功功率输出等工况, 取容性和感性运行条件下损耗最大值, 结果应满足 7.8.7 的规定。

8.9.8 噪声测试

测试方法按照 GB/T 3768 的规定进行, 测试结果应符合 7.8.8 的要求。

8.9.9 电磁兼容测试

8.9.9.1 概述

对装置进行电磁兼容测试, 受限于装置体积, 可重点对装置控制、保护部分和链节部分分别进行测试。

8.9.9.2 辐射电磁场干扰试验

根据 7.8.9.1 的要求, 按 GB/T 14598.9—2010 的规定, 对装置进行辐射电磁场干扰试验。

8.9.9.3 快速瞬变干扰试验

根据 7.8.9.2 的要求, 按 GB/T 14598.10—2012 的规定, 对装置进行快速瞬变干扰试验。

8.9.9.4 脉冲群干扰试验

根据 7.8.9.3 的要求，按 GB/T 14598.13—2008 的规定，对装置进行脉冲群干扰试验。

8.9.9.5 静电放电干扰试验

根据 7.8.9.4 的要求，按 GB/T 14598.14—2010 的规定，对装置进行静电放电干扰试验。

8.9.9.6 电话及无线电干扰测试

根据 7.8.9.5 的要求，按 GB 4824 的规定，对装置进行电话及无线电干扰试验。

8.10 高低温试验（可选）

对于复杂环境工程可按照具体工程实际或按 6.1.2 规定的上下限温度要求进行该项试验，装置的控制保护系统、隔离电源和功率模块的附属板卡在全载运行工况下，分别在低温下限和高温上限条件下，持续运行 24h，性能正常。

8.11 控制保护部分实时数字仿真测试（可选）

大型工程的装置控制保护部分可根据具体工程实际，采用 RTDS 或 RT-LAB 等实时数字仿真系统进行闭环测试，测试结果应符合 7.6 和 7.7 的规定。

9 检验规则

9.1 概述

装置的试验分为型式试验、例行试验和现场试验。试验项目见表 8。

表 8 试验项目一览表

| 序号 | 试验项目 | 型式试验 | 例行试验 | 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 | 8.2 |
| 2 | 防护等级检验 | √ | √ | √ | 7.2 | 8.3 |
| 3 | 电气间隙与爬电距离检验 | √ | √ | √ | 7.3 | 8.4 |
| 4 | 绝缘性能试验 | | | | | |
| 4.1 | 工频耐压试验 | √ | √ | √ | 7.4.2 | 8.5.2 |
| 4.2 | 雷电冲击试验 | √ | √ ^a | | 7.4.2 | 8.5.3 |
| 4.3 | 换流链端间耐压试验 | √ | √ | | 7.4.3 | 8.5.4 |
| 5 | 测量精度试验 | √ | √ | √ | 7.5 | 8.6 |
| 6 | 保护试验 | √ | √ | √ | 7.6 | 8.7 |
| 7 | 运行模式试验 | b | b | b | | |
| 7.1 | 恒无功控制试验 | √ | √ | √ | 7.7.1 | 8.8.1 |
| 7.2 | 电压控制试验 | √ | √ | √ | 7.7.2 | 8.8.2 |
| 7.3 | 无功功率补偿控制试验 | √ | √ | √ | 7.7.3 | 8.8.3 |
| 7.4 | 功率因数补偿控制试验 | √ | √ | √ | 7.7.4 | 8.8.4 |
| 7.5 | 谐波补偿控制试验 | √ ^c | √ ^c | | 7.7.5 | 8.8.5 |
| 7.6 | 不平衡补偿控制试验 | √ ^c | √ ^c | | 7.7.6 | 8.8.6 |
| 7.7 | 电流补偿控制试验 | √ ^c | √ ^c | | 7.7.7 | 8.8.7 |
| 8 | 运行性能试验 | b | b | b | | |
| 8.1 | 正常工作电压范围测试 | √ | | | 7.8.1 | 8.9.1 |
| 8.2 | 响应时间测试 | √ | √ ^a | | 7.8.2 | 8.9.2 |
| 8.3 | 无功调节试验 | √ | √ | √ | 7.8.3 | 8.9.3 |

表 8 (续)

| 序号 | 试验项目 | 型式试验 | 例行试验 | 现场试验 | 技术要求条款 | 试验方法条款 |
|-----|--------------------|----------------|----------------|------|-----------|--------|
| 8.4 | 过载能力测试 | √ | √ | √ | 7.8.4 | 8.9.4 |
| 8.5 | 谐波特性测试 | √ | √ | √ | 7.8.5 | 8.9.5 |
| 8.6 | 温升试验 | √ | √ ^a | | 7.8.6 | 8.9.6 |
| 8.7 | 损耗评估 | √ | √ | √ | 7.8.7 | 8.9.7 |
| 8.8 | 噪声测试 | √ | √ | √ | 7.8.8 | 8.9.8 |
| 8.9 | 电磁兼容测试 | √ | √ ^a | | 7.8.9 | 8.9.9 |
| 9 | 高低温试验 | √ ^d | √ ^d | | 6.1.2 | 8.10 |
| 10 | 控制保护部分实时 数字仿真测试 | √ ^d | √ ^d | | 7.6 和 7.7 | 8.11 |

^a 此试验在例行试验中可按不同型号和批次抽检试验。
^b 装置上电试验之前, 应由制造商按照单体试验、子系统试验、系统调试的次序对单个组件、各子系统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。对于额定容量大于 20Mvar 的装置, 当实验室试验有困难时, 可在实验室进行减容等效模拟试验, 减容后容量不小于 10Mvar; 其他特性试验可采用实时数字仿真的方式进行测试; 如具备条件, 经协商, 额定容量试验可在现场试验时进行。
^c 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。
^d 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。

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。

型式试验首先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。

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检测机构进行。

型式试验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, 检验装置能否正确动作及是否满足技术要求。

10 标志、标签和使用说明书

10.1 标志和标签

10.1.1 每台装置应有铭牌或相当于铭牌的标志, 内容包括:

- 名称和型号;
- 额定电压, kV;
- 额定电流, A;
- 额定频率, Hz;

- 额定容量, Mvar;
- 出厂编号;
- 制造年月;
- 制造厂名称、商标;
- 主接线图。

注: 其中主接线图可另行制作铭牌标示。

10.1.2 装置的端子旁应标明端子号。

10.1.3 装置控制器内部的继电器、集成电路、电阻器、电容器、晶体管等主要元器件, 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。

10.1.4 静电敏感部件应有防静电标志。

10.1.5 装置外包装上应有收发货标志、包装、贮运图示标志等必需的标志和标签。

10.1.6 装置的相关部位及说明书中应有安全标志。

10.1.7 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。

10.1.8 所有标志均应规范、清晰、持久。

10.2 使用说明书

装置使用说明书的要求应符合 GB/T 9969 的规定。

11 包装、运输与贮存

11.1 包装

包装一般要求包括:

- 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, 根据需要分别加上防潮、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志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”“防火”等字样, 并标注适当的国际通用标志。
- 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, 必要时附出厂及其现场试验记录;
- b) 装置说明书, 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(可含在装置说明书中);
- 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 随装置供应的配套件

随装置供应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)
 装置基本工作原理

高压静止同步补偿装置将电压源型换流器经过连接电抗器或者连接变压器并联在交流系统上，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，实时补偿所需要的感性或容性无功功率，实现快速动态调节无功，跟踪补偿冲击负荷的冲击电流，同时也可对谐波电流进行跟踪补偿的一种装置。装置的基本工作原理如图 A.1 所示。



图 A.1 装置的基本工作原理

附录 B
(资料性附录)
响应时间推荐测试方法

B.1 响应时间定义

本标准正文中关于阶跃响应时间和稳定时间的定义参考图形，采用柔性输电装置通用的理想阶跃响应图形。但一般的阶跃响应测试过程波形非完全理想状态，为避免由于标准定义理解的偏差，造成响应时间测试不一致，实际测试时推荐采用图 B.1 所示的响应时间定义参考图形，图 B.1 重点对初始状态部分进行了放大处理。

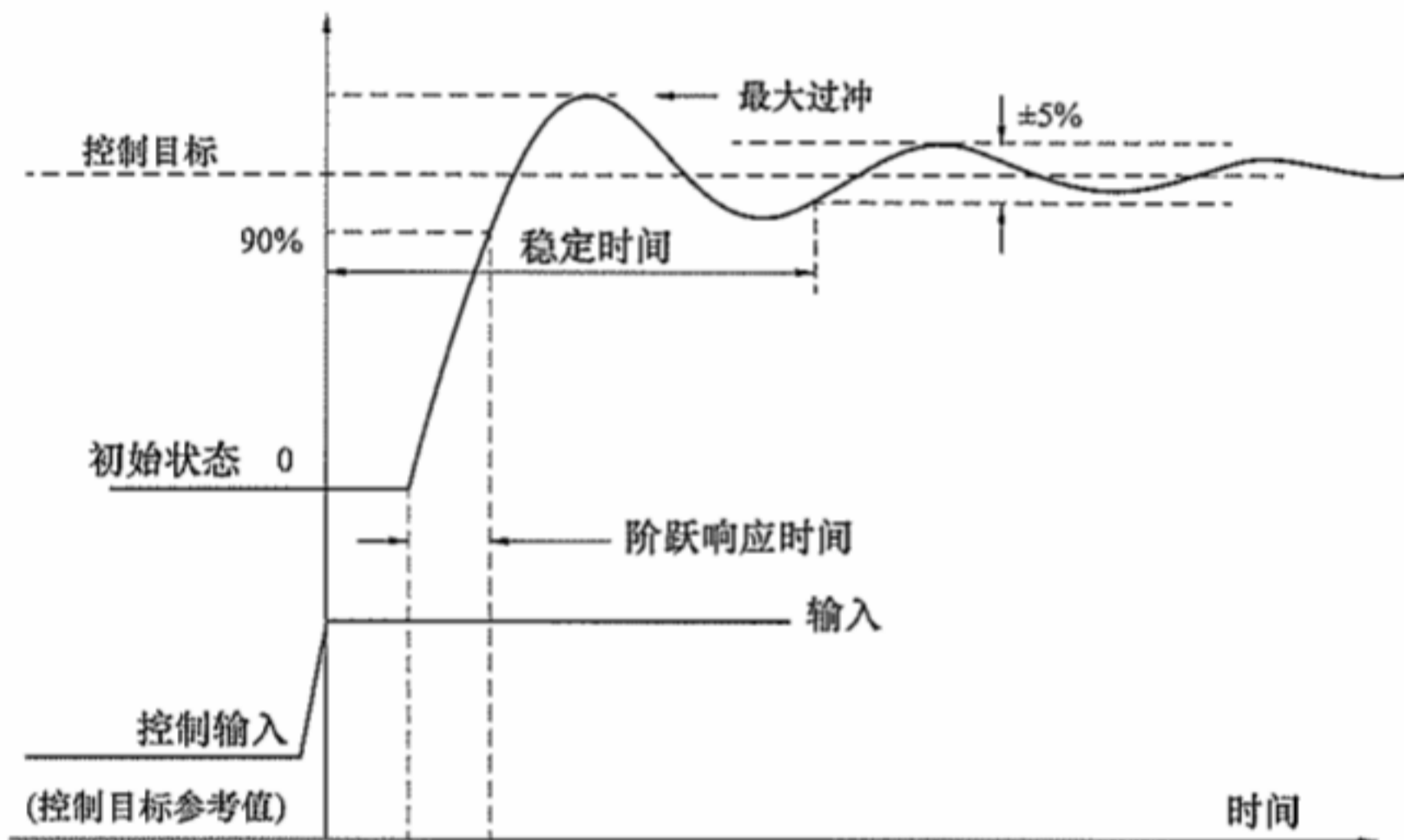


图 B.1 响应时间的推荐定义

B.2 响应时间指标要求

装置在 7.7 规定的正常运行模式下，阶跃响应时间不大于 20ms，稳定时间不大于 40ms。

装置在并网点电压骤升、骤降补偿模式下，阶跃响应时间不大于 10ms，稳定时间不大于 30ms。

B.3 响应时间测试方法

响应时间测试可结合 8.8 和 8.9.1 试验时进行。

测试采用高精度数字波形记录仪记录装置的外部阶跃信号波形和装置输出电压、电流数字波形，瞬时无功功率波形可通过实时电压、电流波形计算取得，三相装置的瞬时无功功率 q 计算公式如下：

$$q = \frac{1}{\sqrt{3}} [(u_b - u_c)i_a + (u_c - u_a)i_b + (u_a - u_b)i_c]$$

式中：

u_a 、 u_b 、 u_c ——A、B、C 相瞬时电压；

i_a 、 i_b 、 i_c ——A、B、C 相瞬时电流。

通过测量波形记录仪记录的装置阶跃输入信号和输出瞬时无功功率波形曲线的时间，按照图 B.1 的定义方法，测量准确的阶跃响应时间和稳定时间。

中华人民共和国
能源行业标准
高压静止同步补偿装置
NB/T 42043—2014

*

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

*

2015年3月第一版 2015年3月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 51千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2316 定价 15.00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



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123
上



范/
用电