

ICS 29.240.99
K 46
备案号: 50751-2015

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42057 — 2015

低压静止无功发生器

Low-voltage static var generator

2015-07-01 发布

2015-12-01 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 型号命名与产品分类	4
4.1 型号命名	4
4.2 产品分类	4
5 使用条件	5
5.1 正常使用环境条件	5
5.2 电网连接点电气条件	5
5.3 特殊使用条件	6
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	8
7.4 电气间隙与爬电距离	9
7.5 装置的绝缘水平	10
7.6 保护及告警功能	10
7.7 运行模式要求	11
7.8 运行性能要求	11
7.9 电磁兼容性能	13
8 试验	13
8.1 试验条件	13
8.2 试验项目	14
9 检验规则	17
9.1 检验项目	17
9.2 例行试验	19
9.3 型式试验	19
9.4 现场试验	19
10 标志、铭牌	19
10.1 标志	19
10.2 铭牌	19
11 包装、运输与贮存	20
11.1 包装	20
11.2 运输	20

NB / T 42057 — 2015

11.3 贮存·····	20
11.4 随发生器供应的文件·····	20
11.5 随发生器提供的配套件·····	20
附录 A (资料性附录) 发生器工作原理·····	21
附录 B (资料性附录) 发生器元件参数选择·····	23

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。

本标准起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、西安理工大学、国网绍兴供电公司、西安交通大学、荣信电力电子股份有限公司、天津市津开电气有限公司、深圳市三和电力科技有限公司、思源清能电气电子有限公司、河北旭辉电气股份有限公司、西安西电电力系统有限公司、上海永锦电气集团有限公司、宁波新容电器科技有限公司、深圳市力量科技有限公司、合肥华威自动化有限公司、杭州银湖电气设备有限公司、辽宁电能发展股份有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、浙江桂容谐平科技有限责任公司、北京赤那思电技术有限公司、珠海万力达电气自动化有限公司、北京朗晟开关设备有限公司、江苏华冠电器集团有限公司、深圳奥特迅电力设备股份有限公司、安徽省电力科学研究院。

本标准主要起草人：雷颖、杨晓辉、同向前、陈晓宇、王跃、张凡勇、高屹、田恩文、元复兴、许钒、赵永涛、朱静、牛帅、刘菁、张颜珠、吕韬、季建晖、李瑞桂、孙伟、赵福庆、吕红奋、李俊、江钧祥、俞立天、全凤歧、方太勋、梁晨、贾保军、吴小丹、饶崇林、郭秀霞、唐锋、张秀娟、王翀、戴先兵、王大太、刘俊峰、许崇福、毕兰星、李鹤、彭杨涵、陶梅。

低压静止无功发生器

1 范围

本标准规定了低压静止无功发生器的相关术语和定义、型号命名与产品分类、使用条件、基本电路及构成、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、铭牌、包装、运输与贮存等要求。

本标准适用于标称电压 1000V (1140V) 及以下、频率 50Hz 的交流电力系统中、用于改善电力功率因数及电能质量的低压静止无功发生器 (以下简称发生器, 也称低压静止同步补偿装置)。

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 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 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 2894 安全标志及其使用导则

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/T 4025—2010, IEC 60073: 2002, IDT)

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

GB 7947 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 (GB 7947—2010, IEC 60446: 2007, IDT)

GB/T 9969 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 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器 (GB 11032—2010, IEC 60099-4: 2006, MOD)

GB 13539.1 低压熔断器 第 1 部分: 基本要求 (GB 13539.1—2008, IEC 60269-1: 2006, IDT)

GB 14048.2 低压开关设备和控制设备 第 2 部分: 断路器 (GB 14048.2—2008, IEC 60947-2: 2006, IDT)

GB 14048.3 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 (GB 14048.3—2008, IEC 60947-3: 2005, IDT)

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:

NB / T 42057 — 2015

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 20641—2014 低压成套开关设备和控制设备空壳体的一般要求 (IEC 62208: 2011, IDT)

DL/T 1193—2012 柔性输电术语

JB/T 11067 低压有源电力滤波装置

IEC 61000-4-18: 2006 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验 [Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 4-18: Testing and measurement techniques-Damped oscillatory wave immunity test]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

静止无功发生器 static var generator; SVG

静止同步补偿器 static synchronous compensator; STATCOM

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

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]

3.4

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]

3.5

连接变压器 interface transformer

与换流器及交流系统相连接,实现换流器与电网电压适配及功率交换的变压器。

3.6

连接电抗器 interface reactor

与换流器及交流系统相连接,实现换流器输出电流滤波以及与电网功率交换的电抗器。

3.7

额定电压 rated voltage

U_N

静止无功发生器允许接入的电网目标点的标称电压有效值。

3.8

额定容量 rated capacity Q_N

静止无功发生器能保持长期连续运行的最大输出感性或容性无功功率的统称，一般二者相等。

3.9

额定电流 rated current I_N

静止无功发生器在额定电压和额定频率下输出额定容量时，其输出的电流有效值。

3.10

连接电抗百分比 reactance percentage K

以换流器额定参数为基准的电抗标么值的百分数，见式（1）：

$$K = \omega L \frac{Q_N}{U_N^2} \times 100\% \quad (1)$$

3.11

控制范围 control range

在静止无功发生器与交流系统的连接点处由发生器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。

3.12

阶跃响应时间 step response time

当输入阶跃控制信号后，静止无功发生器输出电气量从 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。

注：改写 DL/T 1193—2012，定义 3.5.14。

3.13

稳定时间 settling time

当输入阶跃控制信号后，静止无功发生器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。

注：改写 DL/T 1193—2012，定义 3.5.15。

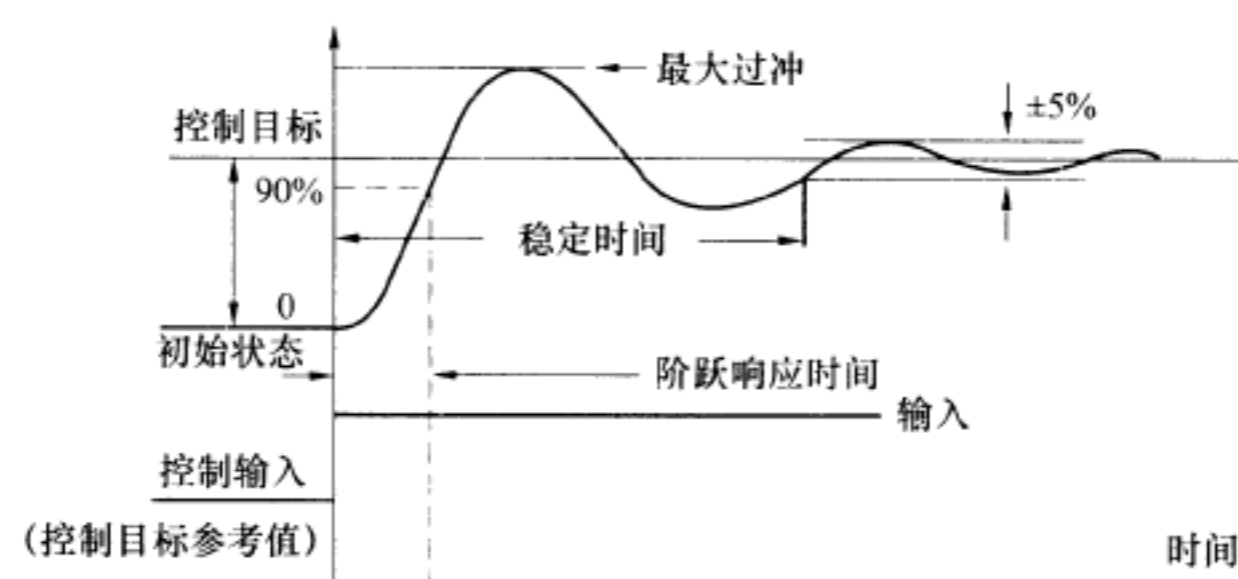


图 1 阶跃响应时间和稳定时间定义

3.14

恒无功控制 constant reactive power control

使静止无功发生器运行在给定无功功率状态的控制模式。

3.15

电压控制 voltage control

使目标点电压维持在允许偏差范围内的控制模式。

NB / T 42057 — 2015

3.16

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。

3.17

功率因数补偿控制 **power factor compensation control**

使目标点功率因数维持不低于设定水平的控制模式。

3.18

谐波补偿控制 **harmonic compensation control**

使目标点谐波电流含量维持不超过设定水平的控制模式。

3.19

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。

4 型号命名与产品分类

4.1 型号命名

发生器的型号由类别代号、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。

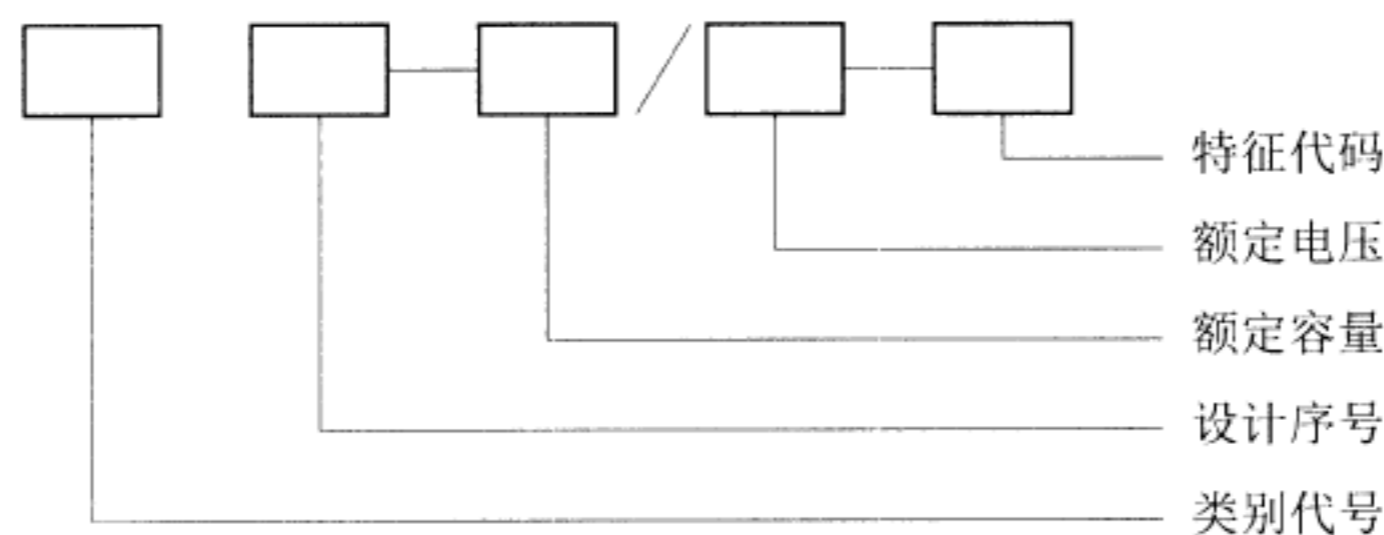


图 2 发生器型号命名方法

类别代号用三个字母 SVG 组成，表示为低压静止无功发生器。

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 kvar 为单位。

额定电压以 V 为单位。

特征代码由三个字母组成，表示发生器的有关特征，见表 1。

表 1 发生器的特征代码

第一个字母			第二个字母			第三个字母	
S	T	F	N	A	W	N	W
单相	三相三线	三相四线	自冷	风冷	水冷	户内	户外

对于户外使用的发生器，可在全型号最后加特征代码“W”；对于户内发生器，特征代码“N”可省略。

4.2 产品分类

4.2.1 按使用场所分类

按使用场所分，可分为户内型和户外型。

4.2.2 按电气接线方式分类

按电气接线方式分，可分为单相、三相三线和三相四线型。

4.2.3 按额定电压分类

按额定电压分，可分为 220、380、660、1000、1140V。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

4.2.4 按额定容量分类

按额定容量分，可分为 30、50、100、150、200、300、400、500、600、750、1000kvar。

特殊要求由制造方和购货方协商确定。

4.2.5 按冷却方式分类

按冷却方式分，可分为自冷、风冷和水冷型。

5 使用条件

5.1 正常使用环境条件

5.1.1 周围空气温度

5.1.1.1 户内的周围空气温度

a) 周围空气温度不应超过+40℃，且在 24h 内其平均温度不超过+35℃。

b) 周围空气温度的下限为-5℃。

5.1.1.2 户外的周围空气温度

a) 周围空气温度不应超过+40℃，而且在 24h 内其平均温度不超过+35℃。

b) 周围空气温度的下限为-25℃。

5.1.2 相对湿度

相对湿度 5%~95%时，发生器内部既不应凝露，也不应结冰。

5.1.3 污秽度

发生器在不超过污秽度为 C 级的环境中使用。

5.1.4 海拔

发生器的正常使用环境海拔应为 2000m 及以下。

5.1.5 抗震水平

a) 水平加速度：0.2g。

b) 垂直加速度：0.1g。

5.1.6 安装场所条件

安装场所条件包括：

a) 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，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，不允许有严重的霉菌存在，安装倾斜度不大于 5°，发生器不应暴露在强电场和强磁场中。

b) 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及消防通道。

c) 安装场所宜根据电气设备的要求设置采暖和空调系统。

d) 安装场所进风口、排风口应有防雨雪和小动物进入的设施，应有防御风、沙和粉尘的设施。

5.2 电网连接点电气条件

发生器设计和制造前应尽可能了解连接点的下述系统电气条件，使其如下性能指标达到设计水平：

a) 发生器连接点的标称电压及变化范围。

b) 电网过电压保护水平。

c) 连接点系统背景电能质量水平，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。

d) 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）。

e) 系统中性点接地方式。

NB/T 42057 — 2015

- f) 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。
- g) 相关继电保护配置、保护定值以及故障清除时间。
- h) 电网连接点短路容量宜大于 10 倍连接点上所有 SVG 等各种补偿装置容量之和。

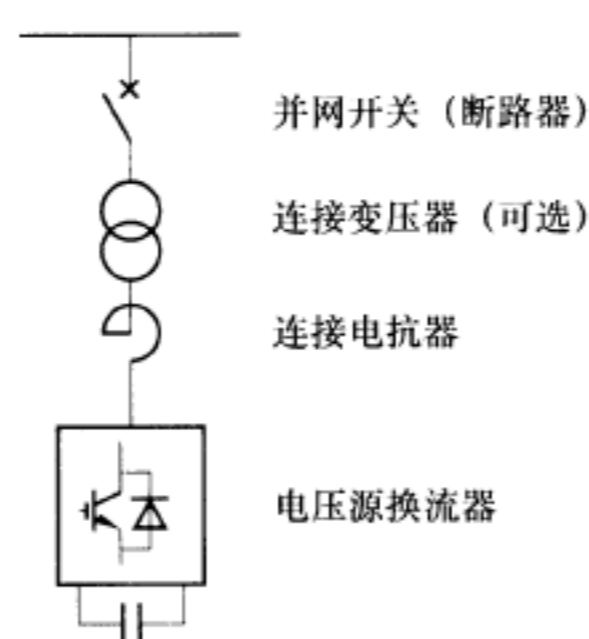
5.3 特殊使用条件

如在不符合本标准 5.1 和 5.2 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

发生器主要由并网开关（断路器）、连接变压器（可选）、连接电抗器、电压源换流器、进线避雷器、冷却系统、控制与监测系统及其他设备组成。基本电路图见图 3。



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图为连接变压器等效电抗。

图 3 发生器的基本电路图

发生器工作原理参见附录 A，发生器元件参数选择参见附录 B。

6.2 组成设备技术要求

6.2.1 并网开关（断路器）

并网开关（断路器）技术要求包括：

- a) 应具有投切发生器最大输出电流和开断短路电流的能力。
- b) 应满足 GB 14048.2 的要求。

6.2.2 连接变压器（可选）

连接变压器技术要求包括：

- 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发生器在最高电压、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发生器产生的谐波电压及谐波电流。
- d) 应满足 GB 1094.1 的要求。

6.2.3 连接电抗器

连接电抗器技术要求包括：

- a) 绝缘水平应符合 GB/T 16935.1—2008 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) 在各种正常运行条件下，连接电抗器应能耐受发生器产生的谐波电压及谐波电流。
- c) 应满足 GB/T 1094.6 的要求。

6.2.4 电压源换流器

换流器应根据系统运行条件及性能要求设计，包括：

- a) 换流器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) 换流器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) 换流器应具备防止误触发或耐受误触发的能力。
- d) 在换流器内部出现直流过电压、欠电压和电力电子元件过热、过流等故障时，保护电路应可靠动作。
- e) 换流器的结构设计应做到便于购货方对换流器日常维护、故障处理及部件更换。
- f) 应充分考虑换流器内部绝缘问题。

6.2.5 进线避雷器

进线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考虑系统单相接地引起的工频电压升高，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。

6.2.6 冷却系统

冷却系统分为自冷、风冷和水冷三种形式，冷却系统应具备足够的散热能力，并根据需要提供热交换设备。

6.2.7 控制及监测系统

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) 改善功率因数。
 - 2) 改善电能质量（如补偿谐波电流、补偿三相不平衡电流等）。
 - 3) 其他功能。
- b) 监控系统应具备故障保护功能。
- c) 监控系统需具备人工紧急停机功能。
- d) 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。
- e) 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、发生器启停、告警复归。
- f) 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。
- g) 应设计闭锁重启功能，如果由于系统原因造成 SVG 闭锁，待系统恢复后能自动解锁重启。
- h) 对于多套发生器并联运行的情况，应充分考虑各套之间协调、配合控制。
- i) 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、判断故障原因，监控系统宜具备如下功能：
 - 1) 控制模式、参数设置和保护定值设置功能。
 - 2) 系统运行参数和发生器工作状态监视功能。
 - 3) 事件记录和显示查询功能。
- j) 发生器应具备必要的逻辑互锁功能，以防止误操作。

6.2.8 其他设备要求

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

- a) 隔离开关依照 GB 14048.3。
- b) 熔断器依照 GB 13539.1。
- c) 电流互感器依照 GB 1208。
- d) 电压互感器依照 GB 1207。

7 技术要求

7.1 外观与结构

外观与结构的技术要求如下：

- a) 发生器的外壳应符合 GB/T 20641—2014 的要求。发生器应由能承受一定的机械、电气和热应力的材料构成，应有足够的承重能力和机械强度，应能承受元件安装或短路时可能产生的电动力和热应力。同时不因发生器的吊装、运输等情况影响发生器的性能，在正常使用条件下应能承受可能遇到的潮湿影响。
- b) 发生器壳体外表面，一般应喷涂无眩目反光的覆盖层，表面不应有起泡、裂纹或流痕等缺陷。
- c) 发生器的门应能在不小于 90° 的角度内灵活启闭。
- d) 发生器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。
- e) 发生器的所有金属件表面不应有锈蚀及其他机械损伤，并应有可靠的防腐蚀层。
- f) 需手动操作的器件应操作灵活，无卡滞或操作力过大现象。
- g) 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

元器件及辅件的选择与安装技术要求如下：

- a) 发生器内安装的所有独立的电器元件及辅件应符合本标准 6.2 和元器件相关标准要求，并按照制造厂的说明书进行安装。
- b) 电器元件的布置应整齐、端正，便于安装、接线、维修和更换。
- c) 与外部连线的接线座应固定在发生器安装基准面上方至少 0.2m 高度处。仪表的安装高度一般不宜高出发生器安装基准面 2m。操作器件（如手柄、按钮等）的安装高度，其中心线不宜高于发生器安装基准面的 2m。紧急操作器件宜安装在距发生器安装基准面的 0.8m~1.6m 范围内。
- d) 发生器中所选用的指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 4025 的规定。
- e) 母线的相序排列从发生器正面观察，相序标识与排列一般应符合表 2 的规定。

表 2 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

- f) 母线及绝缘导线的颜色应符合 GB 7947 的规定。
- g) 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。辅助电路导线应为截面积不小于 1.0mm² 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 2.5mm²。
- h) 发生器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。
- i) 绝缘导线采用冷压接端头连接。
- j) 母线的材料、连接和布置方式以及绝缘支撑件应具有承受发生器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

根据 GB 4208 的要求，户内发生器外壳的防护等级应不低于 IP20，户外发生器外壳的防护等级不

低于 IP44。

7.3.2 安全标识

发生器应根据 GB 2894 及组成器件的要求明确相关警告标识和符号。

7.3.3 防护与接地

防护与接地的技术要求如下：

- a) 对直接接触的防护可依靠发生器本身的结构措施，也可依靠发生器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。
- b) 对间接接触的防护应采用发生器内的保护电路。保护电路可通过单独装设保护导体来实现，也可利用发生器的结构部件（如外壳、框架）来实现。
- c) 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）和装有电器元件的门、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) 发生器内保护电路的所有部件应能耐受发生器在安装场所可能遇到的最大热应力和电动应力。
- e) 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。
- f) 接地端子应有明显的标志。
- g) 发生器断电后，直流侧电容器额定电压峰值放电至 50V 的时间不大于 3min。电容器未放电前，接触会造成危险，应装有警告标识。
- h) 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），铜保护中性导体的最小截面积应为 10mm^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不应小于 2.5mm^2 。

表 3 保护导体的截面积（PE、PEN）

相导线的截面积 S mm^2	相应保护导体的最小截面积 S_p （PE、PEN） mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$S > 800$	$S/4$

7.4 电气间隙与爬电距离

发生器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，发生器内不同极性 or 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 4 的规定。

表 4 电气间隙与爬电距离

发生器额定电压 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，对所在海拔的发电机电气间隙进行修正，见表 5。

表 5 海拔修正系数表

海拔 m	电气间隙的倍增系数
2000	1.00
3000	1.14
4000	1.29
5000	1.48
6000	1.70
7000	1.95
8000	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 500V 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乘以 1000 (Ω)。

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 6 工频耐受试验电压值

发电机额定电压 U_N V	试验电压（交流方均根植） V
$U_N \leq 60$	1000
$60 < U_N \leq 300$	2000
$300 < U_N \leq 690$	2500
$690 < U_N \leq 800$	3000
$800 < U_N \leq 1140$	3500

不与主电路直接连接的辅助电路应能耐受表 7 规定的工频耐压试验电压。

表 7 不由主电路直接连接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
$U_i > 60$	$2U_i + 1000$ ，但不小于 1500

7.6 保护及告警功能

7.6.1 保护功能

保护包括换流器的保护、发电机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) 驱动板故障保护。
 - 2) 直流侧过电压与欠电压保护。
 - 3) 换流器过热保护。
- b) 发生器的保护：
 - 1) 交流过电压、欠电压保护。
 - 2) 交流过电流保护。
 - 3) 缺相保护。
 - 4) 冷却系统异常保护。
 - 5) 人工急停保护。
- c) 控制系统保护：
 - 1) 控制电源失电保护。
 - 2) 控制器故障保护。
 - 3) 通信故障保护。

7.6.2 告警功能

发生器应具备以下告警功能：

- a) 发生器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，发生器发生过电压、欠电压、缺相、过电流和过热等保护时同时发出告警信息。

7.7 运行模式要求

7.7.1 恒无功控制

在此运行模式下，发生器应具备在控制范围内人工设置无功功率输出的功能。发生器能保持长期稳定输出。

7.7.2 电压控制

在此运行模式下，发生器应能在控制范围内，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而输出相应无功电流。

7.7.3 无功功率补偿控制

在此运行模式下，发生器应能在控制范围内，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而输出相应无功电流。

7.7.4 功率因数补偿控制

在此运行模式下，发生器应能在控制范围内，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而输出相应无功电流。

7.7.5 谐波补偿控制（可选）

在此运行模式下，发生器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而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，可依照 JB/T 11067。

7.7.6 不平衡补偿控制（可选）

在此运行模式下，发生器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策略，实时监测跟踪电网目标点不平衡度而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。

7.8 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±1%，无功功率和功率因数测量误差不大于±3%。

进行谐波补偿时，谐波测量精度由制造方与购货方协商确定。

7.8.2 工作电压范围（标么值）

发电机与系统连接点正常运行电压（标么值）变化范围允许值为 0.8~1.2，但不限于此，可以根据系统条件进行要求。在该范围内发电机应正常运行，低于最低运行电压时发电机应闭锁但不退出。

7.8.3 响应时间

发电机阶跃响应时间不大于 10ms。

7.8.4 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，发电机实际输出的无功功率与设定值之间的偏差与额定容量比值不超过±3%。

7.8.5 过载能力

发电机在 1.05 倍额定容性电流下或 1.1 倍额定感性电流下长期运行，在 1.15 倍额定电流下运行时间不低于 30s。

7.8.6 谐波特性

当发电机不进行谐波补偿时，实际输出的电流的总谐波含量应小于 5% I_N 。

7.8.7 温升

温升限值按照 GB/T 15576—2008 中 6.5 的规定，发电机各部位的极限温升见表 8。

表 8 发电机各部位的极限温升

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	裸铜	60	
	铜搪锡	65	
	铜镀银	70	
铝母线		25	
铝母线连接处		30	
用于连接外部绝缘导线的端子		70	
电阻元件	距电阻表面 30mm 处的空气	25	
	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	15	
	绝缘材料的	25	
可接近的外壳 和覆板	金属表面	30	
	绝缘表面	40	
功率半导体器件		按各自元件标准规定	

7.8.8 额定损耗

发生器的损耗应包含下列设备的损耗：

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

在不包括连接变压器时，发生器额定损耗应不超过额定容量的 3%。

7.8.9 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，测得的发生器噪声最大值不应大于表 9 的规定。

表 9 发生器的噪声最大值

冷却方式	自冷	风冷	水冷
噪声最大值 dB	65	70	70

7.9 电磁兼容性能

7.9.1 抗干扰

7.9.1.1 承受射频电磁场辐射干扰的能力

发生器应能承受 GB/T 17626.3—2006 中 5.2 规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

7.9.1.2 承受电快速瞬变脉冲群干扰的能力

发生器的电源输入、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 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

7.9.1.3 承受阻尼振荡波干扰的能力

发生器的电源输入、采集输入以及通信端口应能承受 IEC 61000-4-18: 2006 中第 5 章规定的严酷等级为 3 级的 1MHz 和 100kHz 阻尼振荡波抗扰度试验。

7.9.1.4 承受静电放电干扰的能力

发生器的人机界面、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 3 级的静电放电抗扰度试验。

7.9.1.5 承受浪涌（冲击）干扰的能力

发生器应能承受 GB/T 17626.5—2008 中 5.2 规定的严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

7.9.2 电磁骚扰特性

发生器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 一般要求

发生器的一切试验和测量，除另有规定者外，均应在本标准 8.1.2 和 8.1.3 规定条件下进行。

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 ± 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

试验的标准大气条件包括：

- a) 海拔：2000m 及以下。
- b) 环境温度：5℃~40℃。
- c) 相对湿度：45%~75%。
- d) 大气压力：86kPa~106kPa。

8.2 试验项目

8.2.1 外观及结构检查

按本标准 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 GB 4208 规定的方法进行验证，发生器的防护等级应不低于本标准 7.3.1 的规定。

8.2.3 保护电路有效性验证

检查发生器的安全标识，应满足本标准 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，其电阻值应满足本标准 7.3.3 的要求。

8.2.4 电气间隙与爬电距离检验

测量发生器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，其测量值应符合本标准 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 500V 的绝缘测量仪器进行绝缘电阻测量。测量部位为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乘以 1000Ω，则此项试验通过。

8.2.5.2 工频耐压试验

8.2.5.2.1 工频耐压试验程序如下：

- a) 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表 6 规定的工频电压，持续时间 1min，试验中无击穿和闪络现象，视为试验通过。
- b) 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表 7 规定的工频电压，持续时间 1min，试验中无击穿和闪络现象，视为试验通过。
- c) 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，发生器框架不接地，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。
- d) 用绝缘材料制造的外壳，还应进行一次补充试验。在外壳的外面包覆一层能覆盖所有开孔和接缝的金属箔，试验电压则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。其试验电压应等于 1.5 倍表 6 规定的电压值。

8.2.5.2.2 试验前应将不宜承受试验电压的避雷器等器件拆除。

8.2.5.2.3 试验时，应使电压从试验电压的 30%~50%开始，大约在 10s~30s 时间内平稳地将电压升高到规定的试验电压值，并保持 1min，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

8.2.6.1 保护及告警功能试验主要包括：

- a) 过电压、欠电压保护及告警：根据本标准 7.8.2，调节系统电压小于 $0.8U_N$ ，发生器应闭锁并报警；调节系统电压大于 $1.2U_N$ ，发生器应停机并告警。
- b) 过电流保护及告警：设定发生器电流测量回路等价故障信号大于 $1.3I_N$ ，发生器应闭锁并告警。
- c) 缺相保护及告警：系统电压任何一相缺失，发生器即启动缺相保护，立即闭锁并告警。
- d) 冷却系统异常保护。

e) 控制电源失电保护。

8.2.6.2 按照本标准 7.6 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值与保护设定值间误差小于±5%，并按照本标准 7.6 发出相应告警信息。试验次数不少于 3 次。

8.2.7 运行模式试验

8.2.7.1 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，发生器功能应符合本标准 7.7.1 的规定。此项试验可结合本标准 8.2.8.3 进行。

8.2.7.2 电压控制试验

将控制器设定为电压控制方式，在发生器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，使发生器输出从额定感性无功到额定容性无功，发生器功能应符合本标准 7.7.2 的规定。

8.2.7.3 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，在发生器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，使发生器输出从额定感性无功到额定容性无功，发生器功能应符合本标准 7.7.3 的规定。

8.2.7.4 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，在发生器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，使发生器输出从额定感性无功到额定容性无功，发生器功能应符合本标准 7.7.4 的规定。

8.2.7.5 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，发生器并网点并联接入谐波功率源，发生器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发生器输出的电流的大小、波形及谐波含量，应满足本标准 7.7.5 的规定。

8.2.7.6 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，发生器并网点并联接入功率源，分相输出不平衡电流，发生器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发生器输出的电流的大小、波形及不平衡度，应满足本标准 7.7.6 的规定。

8.2.8 运行性能试验

8.2.8.1 测量精度试验

从零到发生器额定电压、额定电流及额定容量范围内以及功率因数在 0~1 范围内，按一定间隔进行测量。

给发生器测量回路输入标准电流、电压信号，根据发生器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，应符合本标准 7.8.1 的要求。

进行功率因数测量精度试验时，也可给定发生器一定的有功功率和无功功率，用标准测量仪器对发生器显示值进行比对测量。

8.2.8.2 正常工作电压范围测试

发生器采用恒无功控制方式运行，调节并网系统电压（标么值）至发生器下限正常工作电压（标么值为 0.8~0.85）和上限正常工作电压（标么值为 1.15~1.2），维持 1min 以上，发生器应能稳定运行，期间发生器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发生器输出电流波形，试验结果应符合本标准 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本标准 8.2.7 进行。

当输入阶跃控制信号后，发生器输出电气量从 0%目标值达到 90%目标值，且没有产生过冲，测试所用的时间，一般用发生器输出瞬时无功功率波形变化曲线来判定。发生器输出目标采用 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本标准 7.8.3 的规定。

8.2.8.4 无功调节试验

此项试验结合本标准 8.2.7.1 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，测量发生器实际输出的无功功率与设定值之间最大偏差，试验结果均应满足本标准 7.8.4 的要求。

8.2.8.5 过载能力测试

发生器采用恒无功控制方式。在 1.15 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，发生器应能正常运行，各部件应不出现故障。发生器在 1.05 倍额定容性电流或 1.1 倍额定感性电流运行条件下的过载能力试验结合本标准 8.2.8.7 进行。

8.2.8.6 谐波特性测试

发生器采用恒无功控制方式运行，发生器输出额定容性和感性电流，测量其输出电流谐波含量，应满足本标准 7.8.6 的规定。

8.2.8.7 温升试验

发生器在 1.05 倍额定容性电流或 1.1 倍额定感性电流运行条件下，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 8 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，温升应满足本标准 7.8.7 规定。

测量发生器的周围空气温度时，至少应用两个温度计或热电偶均匀布置在发生器的周围，在高度约等于发生器的 1/2、距发生器 1m 远的位置进行测量，然后取它们读数的平均值即为发生器的周围空气温度。测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

8.2.8.8 损耗评估

取额定容性和额定感性运行条件下损耗最大值，结果应满足本标准 7.8.8 规定。

8.2.8.9 噪声测试

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

8.2.8.10 放电试验

放电试验在直流侧电容器上进行，发生器正常运行停机后测试电容器上直流电压降至 50V 的时间，应不大于 3min。

8.2.9 电磁兼容测试

8.2.9.1 抗干扰试验

8.2.9.1.1 射频电磁场辐射抗扰度试验

根据本标准 7.9.1.1 的要求，按 GB/T 17626.3—2006 中 5.2 规定，对发生器进行严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

8.2.9.1.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

根据本标准 7.9.1.2 的要求，按 GB/T 17626.4—2008 中第 5 章的规定，对发生器进行严酷等级为 3 级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

8.2.9.1.3 阻尼振荡波抗扰度试验

根据本标准 7.9.1.3 的要求，按 IEC 61000-4-18: 2006 中第 5 章的规定，对发生器进行严酷等级为 3 级的阻尼振荡波抗扰度试验。

8.2.9.1.4 静电放电抗扰度试验

根据本标准 7.9.1.4 的要求，按 GB/T 17626.2—2006 中第 5 章的规定，对发生器进行严酷等级为 3

级的静电放电抗扰度试验。

8.2.9.1.5 浪涌（冲击）抗扰度试验

根据本标准 7.9.1.5 的要求，按 GB/T 17626.5—2008 中 5.2 的规定，对发生器进行严酷等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

8.2.9.2 电磁骚扰特性试验

根据本标准 7.9.2 的要求，按 GB 4824 的规定，对发生器进行电磁骚扰特性试验。

按 GB 7251.1 中的规定，对发生器进行电磁兼容测试，受限于发生器体积，可重点对控制、保护部分和换流源部分分别进行测试。

8.2.10 基本环境试验（仅适用于户外型发生器）

8.2.10.1 环境温度性能试验

将发生器按本标准 5.1.1 规定的上下限温度要求进行该项试验。发生器的控制保护系统、隔离电源和功率模块的附属板卡在全载运行工况下，分别在最低周围空气温度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 和高温环境空气温度 $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的条件下，持续运行 24h，性能正常。

8.2.10.2 耐紫外线（UV）辐射验证

仅适用于外壳是由绝缘材料（合成材料）及绝缘材料和金属混合组成的发生器，按 GB/T 20641—2014 中 9.12 的规定进行耐紫外线（UV）辐射验证。

注：如果使用符合 GB/T 20641—2014 的空壳体，且没有对其进行过降低外壳性能的更改，则不需要再进行该项试验。

8.2.10.3 耐腐蚀性验证

按 GB/T 20641—2014 中 9.13 的规定进行耐腐蚀性验证。

注：如果使用符合 GB/T 20641—2014 的空壳体，且没有对其进行过降低外壳性能的更改，则不需要再进行该项试验。

8.2.11 控制保护部分实时数字仿真测试

根据具体工程，发生器的控制保护部分可采用 RTDS 或 RT-LAB 等实时数字仿真系统进行闭环测试，测试结果应符合本标准 6.2.7 和 7.6~7.8 的要求。

9 检验规则

9.1 检验项目

发生器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。

表 10 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	本标准技术要求条款	本标准试验方法条款
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	√ ^a	√ ^a	√ ^b	7.6	8.2.6
7	运行模式试验				7.7	8.2.7
7.1	恒无功控制试验	√	√	√	7.7.1	8.2.7.1

表 10 (续)

序号	试验项目	例行试验	型式试验	现场试验	本标准技术要求条款	本标准试验方法条款
7.2	电压控制试验	√	√	√ ^b	7.7.2	8.2.7.2
7.3	无功功率补偿控制试验	√	√	√ ^b	7.7.3	8.2.7.3
7.4	功率因数补偿控制试验	√	√	√ ^b	7.7.4	8.2.7.4
7.5	谐波补偿控制试验	√ ^{a, c}	√ ^c		7.7.5	8.2.7.5
7.6	不平衡补偿控制试验	√ ^{a, c}	√ ^c		7.7.6	8.2.7.6
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	无功调节试验	√	√		7.8.4	8.2.8.4
8.5	过载能力测试	√ ^a	√		7.8.5	8.2.8.5
8.6	谐波特性测试	√	√		7.8.6	8.2.8.6
8.7	温升试验	√ ^d	√		7.8.7	8.2.8.7
8.8	损耗评估	√ ^d	√		7.8.8	8.2.8.8
8.9	噪声测试	√ ^d	√		7.8.9	8.2.8.9
8.10	放电试验	√	√		7.3.3	8.2.8.10
9	电磁兼容测试				7.9	8.2.9
9.1	抗干扰试验				7.9.1	8.2.9.1
9.1.1	射频电磁场辐射抗扰度试验	√ ^d	√		7.9.1.1	8.2.9.1.1
9.1.2	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	√ ^d	√		7.9.1.2	8.2.9.1.2
9.1.3	阻尼振荡波抗扰度试验	√ ^d	√		7.9.1.3	8.2.9.1.3
9.1.4	静电放电抗扰度试验	√ ^d	√		7.9.1.4	8.2.9.1.4
9.1.5	浪涌(冲击)抗扰度试验	√ ^d	√		7.9.1.5	8.2.9.1.5
9.2	电磁骚扰特性试验	√ ^d	√		7.9.2	8.2.9.2
10	基本环境试验					8.2.10
10.1	环境温度性能试验	√ ^c	√ ^c		5.1.1	8.2.10.1
10.2	耐紫外线(UV)辐射验证	√ ^c	√ ^c			8.2.10.2
10.3	耐腐蚀性验证	√ ^c	√ ^c			8.2.10.3
11	控制保护部分实时数字仿真测试	√ ^f	√ ^f		6.2.7、7.6、7.7、7.8	8.2.11

^a 发生器上电试验之前, 应由制造方进行上电前测试和整体带电调试, 保证发生器上电能正常运行。对于额定容量大于 500kvar 的发生器, 当例行试验有困难时, 可进行减容等效模拟试验, 减容后容量不小于 200kvar, 如具备条件, 经协商, 额定容量试验可在现场试验时进行; 当实验室试验有困难时, 该项试验可采用实时数字仿真的方式进行测试。

^b 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。

^c 如发生器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, 可采用两套相同发生器对冲的方式简化进行。

^d 此试验在例行试验中可按不同型号和批次抽检试验。

^e 该试验项目仅适用于户外型发生器。

^f 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发生器进行。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发生器的设计、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发生器的性能时，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。

用来做型式试验的发生器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发生器上进行，或在同一发生器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发生器安装后进行的试验，试验的目的是为了检验发生器在运输和安装后是否受到损伤，确保发生器是良好的，检验其能否正确动作及是否满足技术要求。

10 标志、铭牌

10.1 标志

在发生器内部应能辨别出单元电路及主要器件。电器元件所用的标志应与随同发生器一起提供的电路图上的标志一致。

发生器的端子旁应标明端子号。

发生器控制器内部的继电器、集成电路、电阻器、电容器、电力电子器件等主要元器件，在安装其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。

发生器柜门上应标有停电后至能打开柜门的等待时间。

发生器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。

发生器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。

在发生器的使用说明书、质量证明文件或包装物上应标有发生器执行的标准代号。

所有标志均应规范、清晰、持久。

10.2 铭牌

每台发生器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 (kvar)。
- 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

发生器在包装前，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。

每台发生器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。根据设备特点，按需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀和防冻的保护措施。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。

发生器附件及易损件应按发生器标准和说明书的规定一并包装和供应。发生器应提供运输、贮存、安装、运行和维护说明书。

11.2 运输

包装好的发生器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%。发生器应能在此环境中短时贮存。

11.3 贮存

包装好的发生器一般应贮存在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，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 随发生器供应的文件

发生器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) 发生器说明书，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、发生器拆卸件一览表、装箱单、铭牌图、备品备件明细表、发生器外形尺寸等资料。
- c) 发生器原理图和接线图（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 随发生器提供的配套件

随发生器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) 发生器附件。
- c) 合同中规定的备品、备件。

附录 A
(资料性附录)
发电机工作原理

A.1 基本原理

发电机将电压源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。

A.2 发电机等效电路和典型电路

A.2.1 发电机等效电路的模型及其相量图如图 A.1 和图 A.2 所示。

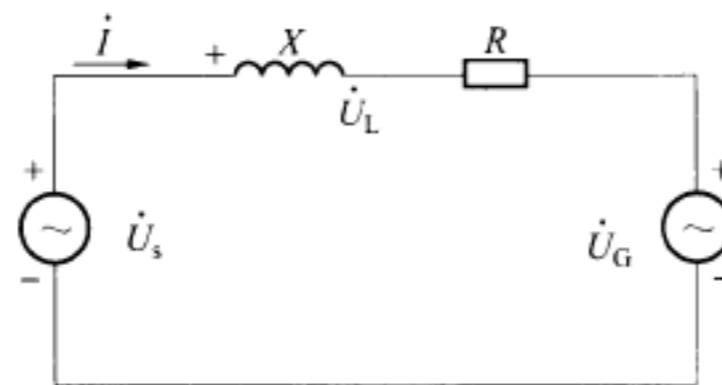


图 A.1 发电机等效电路模型

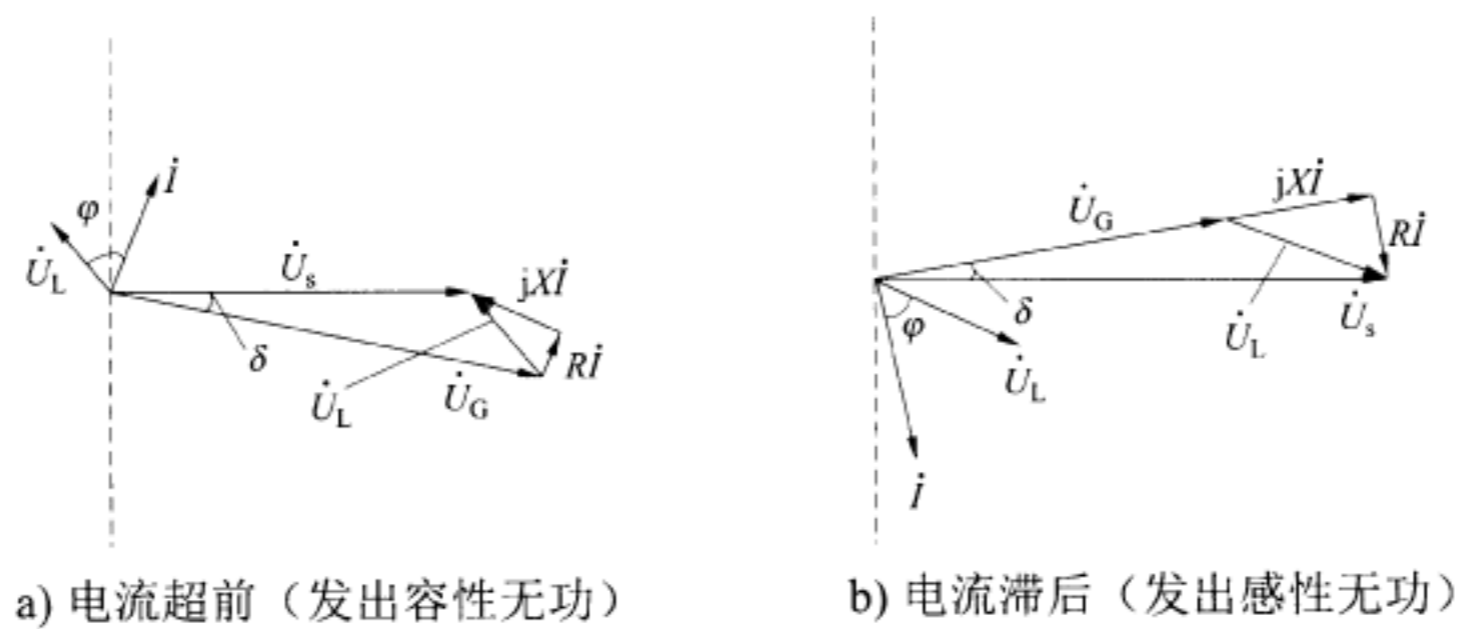


图 A.2 发电机相量图

A.2.2 发电器的典型电路如图 A.3 所示。

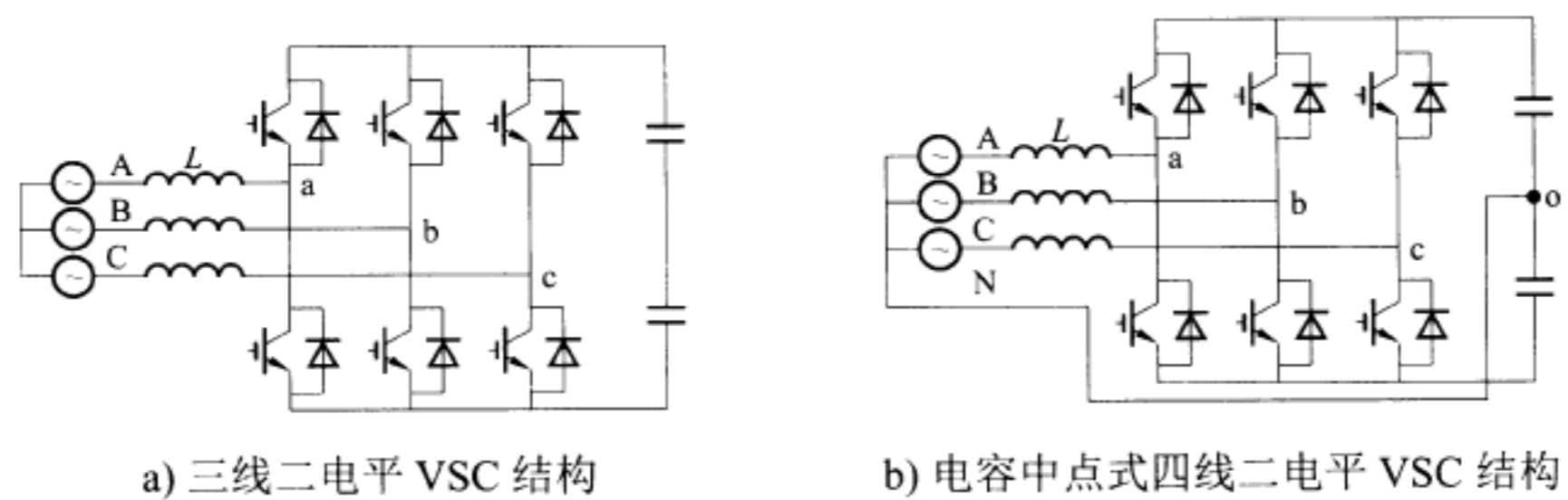
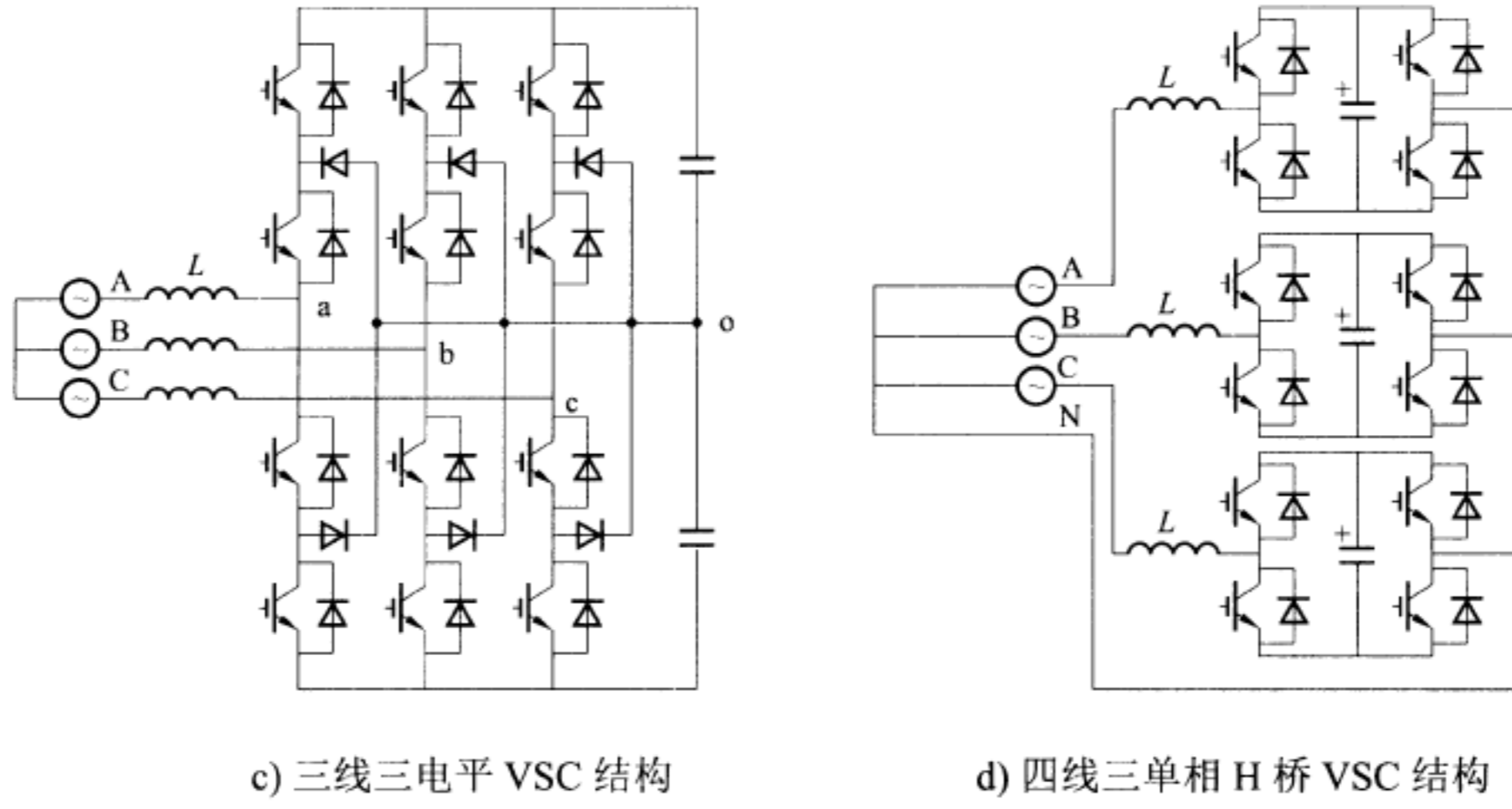


图 A.3 发电器的典型电路（一）



c) 三线三电平 VSC 结构

d) 四线三单相 H 桥 VSC 结构

图 A.3 发生器的典型电路 (二)

附录 B
(资料性附录)
发电机元件参数选择

B.1 主要元件参数

发电机的参数主要有两个：连接电抗器和直流侧电容器。其中，连接电抗器对系统设计和运行性能有着全面而且显著的影响。

连接电感越小，则发电机输出无功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，但发电机结构简单，体积小，成本低，动态响应较快。

连接电感越大，发电机输出无功电流的谐波含量越小，但其输出额定无功时的直流电压也越高，则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发电机结构的复杂程度。

因此，从技术经济等方面综合考虑，连接电抗器的电抗百分比 K 可选择在 10%~25% 之间。

B.2 连接电抗器参数选择

已知发电机的额定容量为 Q_N ，额定电压为 U_N ，则发电机额定电流 I_N 见式 (B.1)。

$$I_N = \frac{Q_N}{\sqrt{3}U_N} \quad (\text{B.1})$$

发电机的等效额定电抗 X_N 见式 (B.2)。

$$X_N = \frac{U_N^2}{Q_N} \quad (\text{B.2})$$

发电机连接电抗百分比为 K (10%~25%)，则连接电抗器的基波电抗 X 见式 (B.3)。

$$X = KX_N = K \times \frac{U_N^2}{Q_N} \quad (\text{B.3})$$

连接电抗器的电感 L 见式 (B.4)。

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{K}{2\pi f} \frac{U_N^2}{Q_N} \quad (\text{B.4})$$

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)，发电机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。但从稳态性能而言，电容器也越大越好。

下面以图 A.3 a) 三线二电平 VSC 结构为例介绍参数选择。

发电机的空载直流电压 U_{dc0} 见式 (B.5)。

$$U_{dc0} = \frac{4}{\sqrt{6}} U_N \quad (\text{B.5})$$

发电机的最高直流电压 U_{dcmax} 见式 (B.6)。

$$U_{dcmax} = (1 + K)U_{dc0} \quad (\text{B.6})$$

直流电容 C 的选择可参考经验公式 (B.7)。

$$C = \frac{0.2I_N}{\eta\omega U_{dc0}} \quad (\text{B.7})$$

式中：

η ——直流电压允许波动系数，取值宜不大于 5%。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
低 压 静 止 无 功 发 生 器
NB / T 42057 — 2015

*

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12月第一版 2015年12月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 49千字

印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2708 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

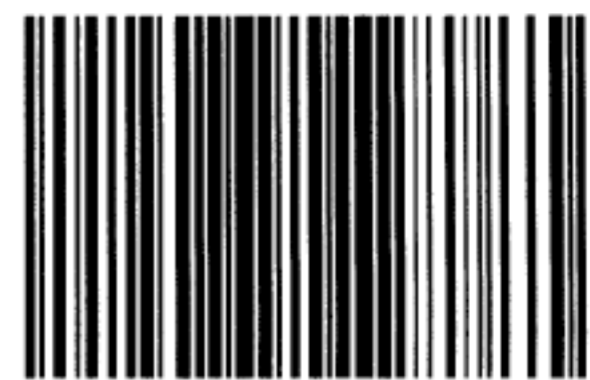
版权专有 翻印必究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2708

上架建议：规程规范/

电力工程/供用电