

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42100 — 2016

高压并联电容器组投切用固态复合开关

Combined solid state switch for high voltage shunt capacitor bank

2016-12-05 发布

2017-05-01 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..... 1

4 型号命名与额定值..... 3

 4.1 型号命名..... 3

 4.2 额定值..... 3

5 基本电路及构成..... 4

 5.1 典型装置工作原理..... 4

 5.2 主要组成设备通用要求..... 4

6 使用条件..... 5

 6.1 使用地点..... 5

 6.2 环境条件..... 5

 6.3 辅助电源条件..... 5

 6.4 电气条件..... 6

 6.5 特殊使用条件..... 6

7 技术要求..... 6

 7.1 设计和结构..... 6

 7.2 电气间隙与爬电距离..... 7

 7.3 绝缘水平..... 8

 7.4 晶闸管阀特性..... 8

 7.5 机械分相开关特性..... 8

 7.6 辅助和控制回路特性..... 9

 7.7 装置保护及告警功能..... 9

 7.8 装置性能..... 10

8 试验方法..... 10

 8.1 设计和结构检查..... 10

 8.2 电气间隙与爬电距离测试..... 10

 8.3 装置绝缘试验..... 11

 8.4 晶闸管阀特性试验..... 11

 8.5 机械分相开关特性试验..... 12

 8.6 辅助和控制回路特性试验..... 12

 8.7 装置保护和告警功能试验..... 12

 8.8 装置性能试验..... 12

9 检验规则..... 13

 9.1 例行试验..... 13

 9.2 型式试验..... 13

 9.3 现场试验..... 13

10 包装、运输、储存、安装、运行和维护规则..... 15

10.1 包装 15

10.2 运输、储存和安装时的条件 16

10.3 安装 16

10.4 运行 16

10.5 维护 16

附录 A（资料性附录） 固态复合开关装置常见原理接线例举..... 17

前 言

本标准依据 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、国网浙江省电力公司、国网浙江省电力公司丽水供电公司、浙江桂容谐平科技有限责任公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国网智能电网研究院、厦门 ABB 开关有限公司、北京赤那思电气技术有限公司、合肥华威自动化有限公司、上海永锦电气集团有限公司、深圳市三和电力科技有限公司、北京龙源开关设备有限责任公司、西安西电电力电容器有限责任公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、思源清能电气电子有限公司、海宁开关厂有限公司、杭州欣美成套电器制造有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、深圳市力量科技有限公司、山东迪生电气股份有限公司、河北旭辉电气股份有限公司、新东北电气集团电力电容器有限公司。

本标准起草人：陈晓宇、彭杨涵、李电、元复兴、田恩文、张晋波、蔡重凯、王敏、岳平、吕春美、饶崇林、金涌涛、戴朝波、刘昱雯、江钧祥、赵福庆、胡治龙、吕韬、战子英、佟宝全、苏开云、陶梅、陈远华、封东良、鲁晓枫、张磊、马荣琳、李俊、郭秀霞、刘浩、李瑞桂、戈兴茹。

本标准是首次制定。

高压并联电容器组投切用固态复合开关

1 范围

本标准规定了高压并联电容器组投切用固态复合开关的相关术语和定义、型号命名与额定值、使用条件、技术要求、试验方法、检验规则以及包装、运输、储存、安装、运行和维护规则等要求。

本标准适用于标称电压为 3kV~35kV、频率为 50Hz 的交流电力系统中，用于投切高压并联电容器组的固态复合开关装置（以下简称装置）。

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/T 191 包装储运图示标志

GB 311.1—2012 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则

GB 1984—2014 高压交流断路器

GB 3804 3.6kV~40.5kV 高压交流负荷开关

GB 3906—2006 3.6kV~40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备

GB 4208—2008 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14808 高压交流接触器、基于接触器的控制器及电动机起动器

GB/T 18925—2016 滑木箱

GB/T 20138—2006 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK 代码）

GB/T 20995—2007 输配电系统的电力电子技术 静止无功补偿装置用晶闸管阀的试验

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 26218.2 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 30841—2014 高压并联电容器装置的通用技术要求

3 术语和定义

GB/T 11022—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固态复合开关 combined solid state switch

将晶闸管阀与机械分相开关（交流接触器、负荷开关或断路器等）并联，利用晶闸管阀实现电容器组过零投切、利用机械分相开关实现电流持续的组合型开关。

3.2

投切 switch on and switch off

投入和切除的简称，本标准中指使并联电容器组接入电网运行和从电网中退出运行。

3.3

过零投切 switching at zero

在电压过零时投入电容器组、在电流过零时切除电容器组。

3.4

(固态复合开关用) 晶闸管级 thyristor level (for combined solid state switch)

晶闸管阀的组成部分, 由一对反并联的晶闸管构成, 包括触发、保护、均压、阻尼元件等构成的辅助电路。

3.5

晶闸管阀 thyristor valve

晶闸管级的电气和机械联合体, 完成主电路电流通断控制的功率单元。

3.6

阀结构 valve structure

将阀与地电位或阀与阀之间的绝缘保持在适当水平上的机械结构。

[GB/T 20995—2007, 定义 3.6]

3.7

冗余晶闸管级 redundant thyristor levels

晶闸管阀中可从外部或内部被短接的最大晶闸管级数, 且应由型式试验证明其短接后不会影响阀的安全运行。如果故障晶闸管级数超过这个值, 则应使阀停止工作, 更换故障晶闸管, 否则就要承受故障增大的风险。

[GB/T 20995—2007, 定义 3.9]

3.8

阀基电子单元 valve base electronics; VBE

处在地电位的电子单元, 它是装置控制系统与晶闸管阀之间的接口。

注: 改写 GB/T 20995—2007, 定义 3.7。

3.9

电压击穿保护 voltage break over (VBO) protection

晶闸管的一种过电压保护方法, 当过电压达到预定电压值时使之开通。

[GB/T 20995—2007, 定义 3.10]

3.10

额定电抗率 rated reactance ratio

装置投切的并联电容器组中串联电抗器额定感抗与电容器额定容抗的百分比值。

注: 改写 GB/T 30841—2014, 定义 3.22。

3.11

重击穿 restrike

开关在开断过程中, 在电流过零且熄弧后, 在 1/4 工频周期及以上时间内触头间非剩余电流的电流重现。

[GB/T 2900.20—2016, 定义 9.43]

3.12

非保持破坏性放电 non-sustained disruptive discharge; NSDD

与电流开断有关的破坏性放电, 不会导致工频电流的恢复, 或者在容性电流开断的情况下不会导致主负载回路中产生电流。

注: NSDD 后的振荡与断路器自身电感和寄生的局部并联电容有关。NSDD 也可能涉及附近设备的对地杂散电容。

[GB 1984—2014, 定义 3.1.126]

3.13

电容器组关合涌流倍数 **capacitor bank making inrush multiple**
装置关合电容器组时产生的最大涌流峰值与电容器组额定运行电流峰值之比。

4 型号命名与额定值

4.1 型号命名

装置的型号由类别代号、设计序号、额定电压、额定电流、特征代码共五部分组成。其具体命名方法如图 1 所示。

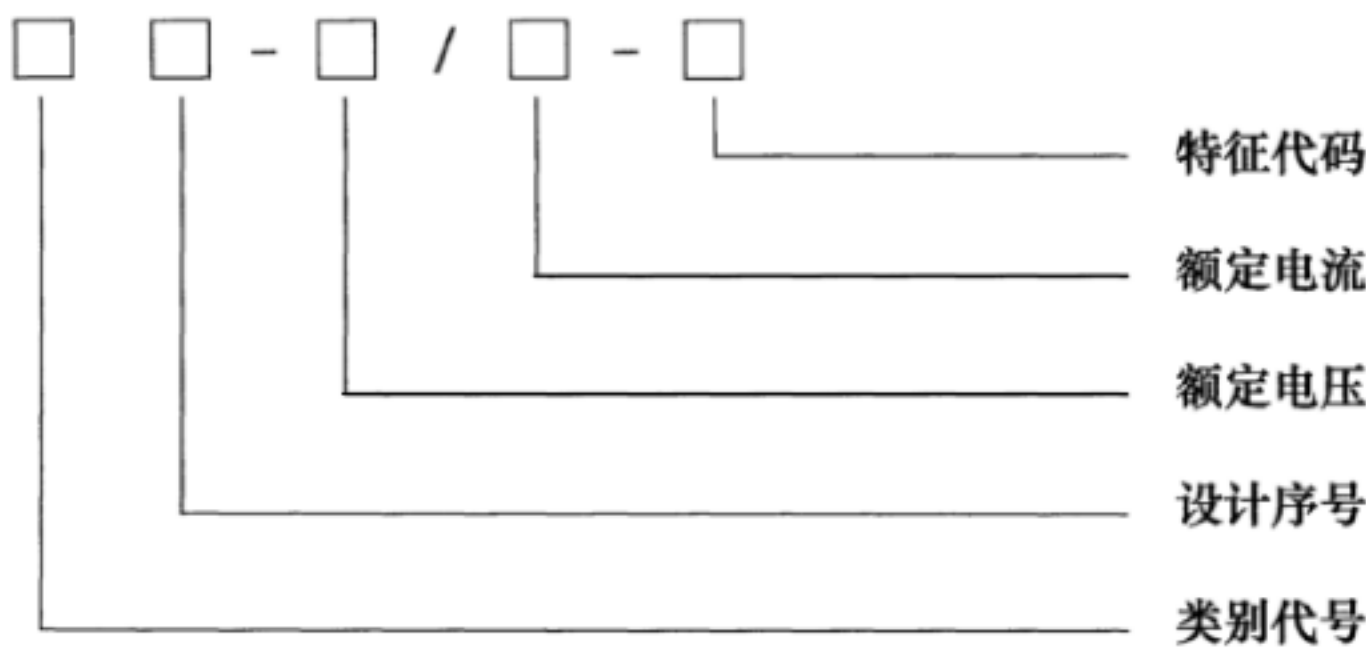


图 1 固态复合开关装置型号命名方法

类别代号由两个字母 GF 组成，表示固态复合开关装置。
设计序号由两位数字代码组成，由标准归口单位统一发布。
额定电压以千伏（kV）为单位，额定电流以安培（A）为单位。
特征代码由一个字母组成，S 代表三相，D 代表单相。

4.2 额定值

4.2.1 概述

GB/T 11022—2011 第 4 章适用，并作下列补充。

4.2.2 额定电压

额定电压指装置拟接入系统的最高运行电压（线电压）。
额定电压宜在下列数值中选取：3.6kV、7.2kV、12kV、24kV、40.5kV。
特殊要求由制造方和购货方协商确定。

4.2.3 额定电流

额定电流指装置长期连续运行允许的最大电流。
额定电流宜在下列数值中选取：100A、200A、400A、630A、800A。
装置的额定电流不应小于被投切的并联电容器组额定电流的 1.37 倍，特殊要求由制造方和购货方协商确定。

4.2.4 额定容性开合电流

额定容性开合电流指装置可正常投切的最大容性电流（相电流）。一般该指标值和额定电流相等。

装置开合电容器组能力包括单个电容器组开断能力、背对背电容器组开断能力和承受关合涌流的能力。

5 基本电路及构成

5.1 典型装置工作原理

典型装置原理接线如图 2 所示，常见装置原理接线参见附录 A：

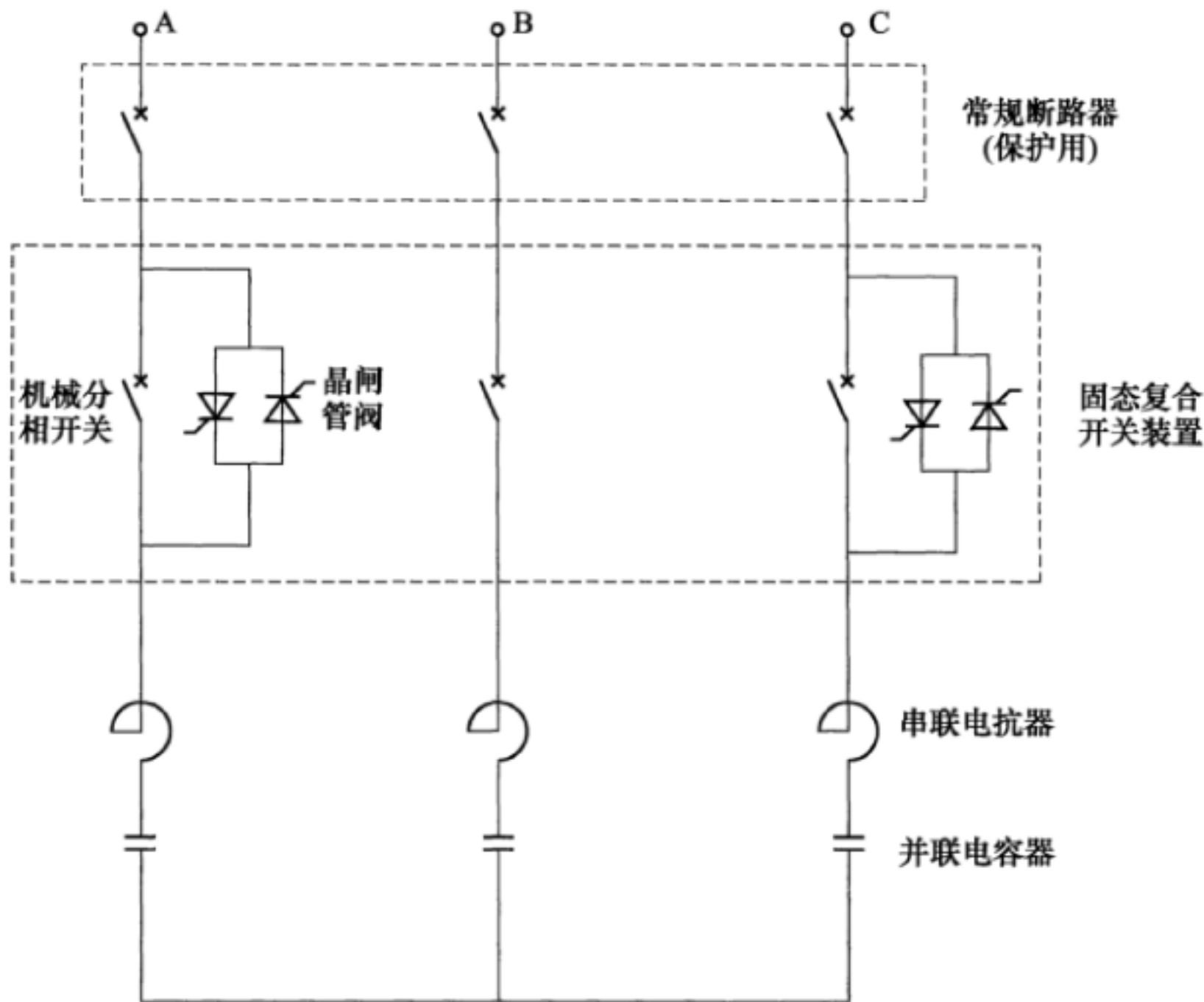


图 2 典型三相固态复合开关装置原理接线图

- a) 投入（合闸）过程。保护用断路器在合闸状态，当装置控制系统接收到合闸命令后，首先合上 B 相机械分相开关（如果有），等 B 相机械分相开关合闸完毕后在电压过零点分别给 A、C 相晶闸管阀发送触发脉冲信号，将晶闸管阀触发导通，然后再合上 A、C 相机械分相开关。一旦 A、C 相机械分相开关处于合闸位置，A、C 相晶闸管阀两端的电压基本为零，A、C 相晶闸管阀电流过零自然关断，电容器组正常投入。
- b) 切除（分闸）过程。保护用断路器在合闸状态，当装置控制系统接收到分闸命令后，首先给 A、C 相晶闸管阀发送触发脉冲信号，然后打开 A、C 相机械分相开关。一旦 A、C 相晶闸管阀两端有电压，A、C 相晶闸管阀就立即导通。当 A、C 相机械分相开关处于完全分闸状态后再停止给 A、C 相晶闸管阀发送触发脉冲信号，A、C 相晶闸管阀电流过零自然关断，等 A、C 相晶闸管阀关断后再分断 B 相机械分相开关（如果有），电容器组正常切除。

5.2 主要组成设备通用要求

5.2.1 机械分相开关

对机械分相开关的要求包括：

- a) 机械分相开关可选用交流接触器、负荷开关或交流断路器等。
- b) 应选用满足 GB/T 14808、GB 3804 或 GB 1984 等标准要求并通过相应型式试验的产品。
- c) 具有分相不同期操作及控制功能。

5.2.2 晶闸管阀

对晶闸管阀的要求包括：

- a) 晶闸管阀的设计应满足装置总体性能要求，确保安全可靠运行。
- b) 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) 晶闸管阀的设计应考虑分布电容和元件参数的分散性，并考虑合适的裕度。
- d) 应具备防止误触发或耐受误触发的能力。
- e) 至少当一个元件发生损坏后，阀体其他各元件应运行在其额定值范围内。制造方应给出能够维持运行的最大可损坏元件的数目。

5.2.3 辅助和控制回路

对辅助和控制回路的要求包括：

- a) 应能可靠实现对晶闸管阀和机械分相开关的自动协调控制。
- b) 应能实现装置的保护及告警功能，并能方便查询保护或告警的具体原因。
- c) 应具备良好的人机界面以方便设置、调试、状态监测和故障处理。
- d) 应具备通用的通信及控制输入、输出接口，以实现其他自动化系统的远程遥控操作和设置，接口通信协议由供需双方协商确定。

6 使用条件

6.1 使用地点

装置适用于户内工作。

6.2 环境条件

GB/T 11022—2011 中 2.2.1 适用。

6.3 辅助电源条件

6.3.1 交流电源

额定电压：110V、220V 或 380V；
电压偏差：±20%；
频率：50Hz；
频率偏差：±2.5Hz；
电压总畸变率：≤8%。

6.3.2 直流电源

额定电压：110V 或 220V；
电压波动：-15%~10%；
电压纹波系数：≤5%。

6.3.3 电源容量

电源容量应保证装置内所有晶闸管阀驱动电源、机械分相开关操作及电气保持、控制系统以及电

气防误、照明、除湿等辅助器件安全运行。

6.4 电气条件

装置设计、制造时，应充分了解拟运行环境的电气条件，使其性能指标满足使用要求，至少应考虑下列因素：

- a) 系统标称电压及其变化范围；
- b) 系统中性点接地方式；
- c) 被投切的并联电容器组的主要技术参数（额定电压、装置容量、接线方式等）；
- d) 并联电容器组的额定电抗率（额定电抗率宜大于 1%，以限制关合涌流频率，否则由供需双方协商特殊设计）。

6.5 特殊使用条件

如在 6.1~6.4 未涉及的特殊条件下使用，包括 GB/T 11022—2011 中 2.3 适用时，制造方与购货方之间应签订专门的协议。

7 技术要求

7.1 设计和结构

7.1.1 外壳

GB 3906—2006 中 5.12、5.13、5.102 适用，并作如下补充：

- a) 装置面板应装有工作模式切换按钮、手动分合闸按钮、急停按钮、保护告警复位按钮等。
- b) 装置面板应装有明显的显示工作状态的指示灯，包括工作模式状态、分合闸状态、保护状态、告警状态、通电状态等。
- c) 装置外壳应满足 GB/T 11022—2011 中表 7 的 IP2X 防护等级，应满足 GB/T 20138—2006 中的 IK07（2J）防机械撞击等级。
- d) 装置接地应符合 GB 4208—2008 中 5.3 的规定。直接接触的金属壳体、可能带电的直接接触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 。
- e) 装置的防腐蚀应符合 GB 3906—2006 中 5.106 的规定。金属件外露表面应有可靠的防腐蚀层；壳体外表面，一般应有无眩目反光的覆盖层，表面不应有起泡、裂纹或流痕等缺陷。

7.1.2 主电路布置和连接线

主电路布置和连接线应满足以下要求：

- a) 机械分相开关与支撑固件之间应有软质防震垫；安装固定后的机械分相开关与地面的倾斜度不大于 5° 。
- b) 晶闸管阀中各层晶闸管元件与散热器及导电体确保接触良好。
- c) 连接线的连接应牢固，不应自由晃动；连接线的额定电压不应低于相应电路的额定工作电压。
- d) 主电路连接线的材料、连线和布置方式以及绝缘支持件应满足装置预期额定短路耐受电流的要求。
- e) 连接到发热电器元件上的绝缘导线应考虑发热电器元件对导线绝缘层的影响，并采取适当措施。
- f) 绝缘导线的额定电压，不应低于相应电路的额定工作电压。

- g) 装置的裸露导电部件应利用接地的挡板或外壳进行防护，挡板或外壳应固定牢靠，并有一定的机械强度，同时应符合装置要求的电气间隙和爬电距离，在需要移动、打开外壳或拆卸时，必须使用钥匙或工具，或者有断电联锁机构。

7.1.3 铭牌

GB 3906—2006 中 5.10 适用，其中装置的正面面板的铭牌应至少包含以下内容：

- a) 型号和名称；
- b) 出厂编号；
- c) 制造年月；
- d) 主要技术数据（额定频率、电压、电流等）；
- e) 晶闸管阀型号；
- f) 机械分相开关型号；
- g) 执行标准；
- h) 质量（重量）；
- i) 制造方名称或商标。

7.1.4 标志

标志应满足以下要求：

- a) 装置二次端子旁应标明端子号；
- b) 装置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；
- c) 静电敏感部件应有防静电标志；
- d) 产品的相关部位及其说明书中应有安全标志；
- e) 在产品的使用说明书、质量证明文件或包装物上应标有执行的标准代号；
- f) 所有标志均应规范、清晰、持久。

7.1.5 辅助和控制设备

GB/T 11022—2011 中 5.4 适用，并作以下补充：

- a) 辅助电路绝缘导线的截面积应根据要承载的额定工作电流来选择，但应不小于 1.5mm^2 （单股铜芯绝缘导线）或 1.0mm^2 （多股铜芯绝缘导线）。
- b) 绝缘电路的布线应整齐美观，不应贴近具有不同电位的裸露带电部件或有尖角的边缘敷设。导线不应自由晃动，应采用适当的支撑或装入行线槽。
- c) 接线应在固定端子上进行，导线中间不允许有接线点，所有接线点应牢固、接触良好，并有足够的持久压力。一个接线端子一般只能连接一根导线，必要时允许连接两根导线，当需要连接两根以上导线时，应采取适当措施，以保证导线的可靠连接。
- d) 辅助电路绝缘导线的端部，应有清晰、持久的连接标记。

7.2 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。在轻度污秽区域，电气间隙应符合 GB 311.1—2012 的规定，有机绝缘件爬电比距不小于 20mm/kV ，瓷质绝缘件爬电比距不小于 18mm/kV 。

按照 GB 311.1 的规定，用于海拔超过 1000m 的装置时，电气间隙和爬电距离应按照相应的倍增系数进行修正，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。

7.3 绝缘水平

7.3.1 相对地绝缘强度

相对地绝缘强度应满足以下要求：

- a) 交流—直流耐受电压水平应符合 GB/T 20995—2007 中 6.1.1.2 的规定；
- b) 雷电冲击耐受电压水平应符合 GB 311.1—2012 中表 2 的规定。

7.3.2 相间绝缘强度（适用于三相装置）

相间绝缘强度应满足以下要求：

- a) 交流—直流耐受电压水平应符合 GB/T 20995—2007 中 6.2.1.2 的规定；
- b) 雷电冲击耐受电压水平应符合 GB 311.1—2012 中表 2 的规定。

7.3.3 极间（端间）绝缘强度

极间（端间）绝缘强度应满足以下要求：

- a) 交流—直流耐受电压水平应符合 GB/T 20995—2007 中 6.3.1.2 的规定；
- b) 操作冲击耐受电压水平应符合 GB/T 20995—2007 中 6.3.2.2 的规定；
- c) 恢复期间瞬时正向耐受电压水平应符合 GB/T 20995—2007 中 10.1.2 的规定。

7.4 晶闸管阀特性

7.4.1 晶闸管级间接触电阻

装置晶闸管阀的任何晶闸管元件的任何接触面的接触电阻应小于 $20\mu\Omega$ 。

7.4.2 晶闸管阀过电流特性

晶闸管阀在两端电压非零时刻触发引起过电流的承受能力应满足 GB/T 20995—2007 中 6.4.1 的规定。

7.4.3 晶闸管阀最小交流电压特性

晶闸管阀的触发系统在规定的最小交流电压和规定运行条件下应能通过 GB/T 20995—2007 中 6.4.2 规定的特性试验验证。

7.5 机械分相开关特性

7.5.1 主回路电阻

机械分相开关的回路电阻应符合其对应标准的要求和制造方的技术条件。

在温升试验前后，分别测试装置的主回路两端之间的电阻值（含机械分相开关），其电阻值的增加不应超过温升试验前测量值的 20%。

7.5.2 机械操作和机械特性

机械分相开关在规定的操作条件下的机械特性参数应符合其对应标准的要求和制造方的技术条件。

装置辅助电源上电，退出相关保护，分别在自动工作模式和手动工作模式进行手工分合闸操作，不少于 5 次。装置应能正常合分，机械运动灵活，无卡住或操作力过大现象，与其相连的机械联锁或其

他附件承受操作次数后应未受损伤，以验证装置机械操作性能良好。

7.6 辅助和控制回路特性

7.6.1 抗电磁干扰特性

装置辅助和控制回路的抗电磁干扰特性应能通过 GB/T 11022—2011 中 6.9.2 和 6.9.3 规定的特性试验验证。

7.6.2 辅助触点动作特性

装置辅助和控制回路的辅助触点动作特性应能通过 GB/T 11022—2011 中 6.10.4 规定的特性试验验证。

7.6.3 环境适应性能

装置辅助和控制回路的环境适应能力应能通过 GB/T 11022—2011 中 6.10.5 规定的特性试验验证。

7.6.4 绝缘性能

装置辅助和控制回路经 7.6.1～7.6.3 特性试验验证后，其绝缘性能应能通过 GB/T 11022—2011 中 6.10.6 规定的特性试验验证。

7.7 装置保护及告警功能

7.7.1 晶闸管阀保护

当晶闸管元件（因过电流、过电压、过温、通信异常等原因）出现损坏时，控制系统应发出告警信号；当元件故障数量超过允许的最大值时，控制系统应启动晶闸管阀保护，跳开上级保护断路器。

7.7.2 投切失败保护

当发出分合闸命令后，装置未按预设程序完成分合闸操作时，控制系统启动投切失败保护，跳开上级保护断路器。

7.7.3 异常投切保护

当装置未接受任何分合闸命令，控制系统检测到电容器组进行了异常投切时，启动异常投切保护，闭锁装置投切操作。

7.7.4 逻辑错误保护

当控制系统检测到装置接收到的分合闸命令与实际状态不对应等逻辑错误时，启动逻辑错误保护，闭锁操作，并发出告警信号。

7.7.5 控制系统失电保护

当控制系统失电时，装置应启动失电保护，跳开上级保护断路器。

7.7.6 急停保护

按下装置面板上的急停按钮，装置启动急停保护，跳开上级保护断路器，并闭锁操作。

7.7.7 手动工作模式

装置应设置手动工作模式，在此工作模式下，允许单独手动控制机械分相开关分合闸。

当装置由于故障等原因，晶闸管阀处于关断状态、上级保护断路器处于分闸状态，但装置绝缘水平未受损伤时，装置应能切换至手动工作模式，允许单独控制机械分相开关合闸，以保证电容器组可通过上级保护断路器实现临时投切运行。

7.8 装置性能

7.8.1 额定开合能力

装置在系统最高工作电压下，应具备正常开合单组和背对背额定容性电流的能力。容性电流开合试验时，合闸过程中晶闸管元件不应出现损坏，机械分相开关不应出现触头粘连或机械故障；分闸过程中不应出现重击穿或 NSDD 现象。

7.8.2 过零投切精度

装置在正常投切模式下，合闸时电压零点偏差小于 0.2ms，分闸时电流零点偏差小于 0.2ms。

7.8.3 关合涌流

在电容器组额定电抗率不超过 1% 的情况下，装置单个电容器组关合涌流倍数不超过 2 倍，背对背电容器组关合涌流倍数不超过 4 倍。

7.8.4 分合闸时间

制造方应提供装置最小分、合闸时间及允许的合、分闸间隔时间。

7.8.5 操作寿命

装置各元器件的正常操作寿命符合其对应标准的要求，其中机械分相开关的操作寿命不小于 10 000 次。

7.8.6 温升

装置在合闸状态，主回路通过装置额定电流情况下，各部位的温升限值应符合 GB/T 11022—2011 中表 3 的规定。温升试验后装置应能正常操作。

7.8.7 电磁干扰 (EMI)

装置对外部事件或晶闸管阀操作所产生的电磁辐射的抗干扰能力应满足：

- a) 不产生晶闸管误触发；
- b) 虚假的晶闸管级故障信息或错误的信号不会通过阀基电子单元传递给装置的控制系统。

8 试验方法

8.1 设计和结构检查

用目测和卷尺等相应仪器来检查，设计和结构应满足 7.1 的要求。

8.2 电气间隙与爬电距离测试

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 7.2 的规定。

8.3 装置绝缘试验

8.3.1 相对地交流—直流电压试验

试验在一台安装完整的装置上进行，试验前机械分相开关处于合闸位置，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.1.1 的规定进行。

注：工厂例行试验和现场试验时，试验电压可按照型式试验电压的 80% 进行，并根据实际条件确定是否进行局部放电的测试。

8.3.2 相对地雷电冲击电压试验

试验在一台安装完整的装置上进行，试验前机械分相开关处于合闸位置，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.1.2 的规定进行。

8.3.3 相间交流—直流电压试验（适用于三相装置）

试验在一台安装完整的装置上进行，试验前机械分相开关处于合闸位置，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.2.1 的规定进行。

注：工厂例行试验和现场试验时，试验电压可按照型式试验电压的 80% 进行，并根据实际条件确定是否进行局部放电的测试。

8.3.4 相间雷电冲击电压试验（适用于三相装置）

试验在一台安装完整的装置上进行，试验前机械分相开关处于合闸位置，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.2.2 的规定进行。

8.3.5 级间（端间）交流—直流电压试验

试验在一台安装完整的装置上进行，试验前机械分相开关处于分闸位置，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.3.1 的规定进行。

8.3.6 级间（端间）操作冲击电压试验

试验在一台安装完整的装置上进行，试验时装置控制系统及晶闸管阀的电子单元应带电，试验按照 GB/T 20995—2007 中 6.3.2 的规定进行。

8.3.7 恢复期间瞬时正向电压试验（选项试验）

试验在一台安装完整的装置上进行，试验时装置控制系统及晶闸管阀的电子单元应带电，极间相应保护设备应参与试验，试验按照 GB/T 20995—2007 中 10.1 的规定进行。

8.4 晶闸管阀特性试验

8.4.1 晶闸管级间接触电阻测试

采用回路电路测试仪，分别测试晶闸管阀中每个晶闸管元件之间接触面的接触电阻，测试结果均应满足 7.4.1 的规定。

8.4.2 晶闸管阀过电流试验

GB/T 20995—2007 中 6.4.1 适用。

8.4.3 晶闸管阀最小交流电压试验

GB/T 20995—2007 中 6.4.2 适用。

8.5 机械分相开关特性试验

8.5.1 主回路电阻测试

试验按照 GB/T 11022—2011 中 6.4.1 的规定进行，结果应符合 7.5.1 的规定。

8.5.2 机械操作和机械特性试验

试验按照 GB/T 11022—2011 中 6.102 的规定进行，试验操作次数按照 7.5.2 的规定。

8.6 辅助和控制回路特性试验

8.6.1 抗电磁干扰特性试验

GB/T 11022—2011 中 6.9.2 和 6.9.3 适用。

8.6.2 辅助触点动作特性验证

GB/T 11022—2011 中 6.10.4 适用。

8.6.3 环境试验

GB/T 11022—2011 中 6.10.5 适用。

8.6.4 绝缘试验

GB/T 11022—2011 中 6.10.6 适用。

8.7 装置保护和告警功能试验

进行装置保护和告警功能试验时，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。装置在整定范围内应能正常动作，且保护动作值与保护整定值间误差小于±5%。试验次数不少于 3 次。各保护和告警功能应符合 7.7 的规定。

8.8 装置性能试验

8.8.1 容性电流开合试验

应在完成 8.1~8.7 试验后进行，且不允许更换相应元器件。试验参考 GB 1984—2014 中 6.111 的 C2 级断路器试验的相关规定，但通过试验的判据应符合本标准 7.8.1 的规定。

8.8.2 过零投切精度测试

结合 8.8.1 试验进行，通过波形记录仪记录每次分合闸时的电流、电压波形，测得的相位偏差应满足 7.8.2 的规定。

注：在工厂例行试验时，受限于试验电源条件，可采用低压电流回路或高压小电流回路模拟的方式进行。

8.8.3 关合涌流倍数测试

结合 8.8.1 试验进行，通过波形记录仪记录每次合闸时的电流波形，测得的关合涌流倍数应满足 7.8.3 的规定。

注：现场试验时可使用工程现场实际的电容器回路进行试验测试。

8.8.4 分合闸时间测试

结合 8.8.1 试验进行，通过波形记录仪记录每次分合闸过程的指令阶跃和电流波形，测得分合闸时间应满足 7.8.4 的规定。

8.8.5 温升试验

GB/T 11022—2011 中 6.5 适用，并作如下补充：

装置主回路施加装置额定电流的模拟负载，装置在过零投切工作模式正常合闸，并保持合闸状态，检测系统部件、设备内部及连接点的温度（测温点设置按照 GB/T 11022—2011 中 4.5.2 表 3 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。

温升试验宜在 8.5.2 或 8.8.1 试验前进行。

8.8.6 电磁干扰（EMI）试验

结合 8.3.6 试验进行，试验方法按照 GB/T 20995—2007 中 7.2.1 的规定。

9 检验规则

9.1 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台产品进行。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。试验项目见表 1。

9.2 型式试验

型式试验的目的在于考核产品的设计、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产品的性能时，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。

用来做型式试验的产品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台产品上进行，或同一台产品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。

试验项目见表 1。

9.3 现场试验

现场试验主要是购货方在产品安装后进行的试验，试验的目的是检验产品在运输和安装后是否受到损伤，确保产品是良好的，检验其能否正确动作及是否满足技术要求。

试验项目见表 1。

表1 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	设计和结构检查	√	√	√	7.1	8.1
2	电气间隙与爬电距离测试	√	√	√	7.2	8.2
3	装置绝缘试验				7.3	8.3
3.1	相对地交流—直流电压试验	√	√ ^a	√ ^a	7.3.1	8.3.1
3.2	相对地雷电冲击电压试验	√			7.3.1	8.3.2
3.3	相间交流—直流电压试验 (适用于三相装置)	√	√ ^a	√ ^a	7.3.2	8.3.3
3.4	相间雷电冲击电压试验 (适用于三相装置)	√			7.3.2	8.3.4
3.5	级间(端间)交流— 直流电压试验	√			7.3.3	8.3.5
3.6	级间(端间)操作冲击电压试验	√			7.3.3	8.3.6
3.7	恢复期间瞬时正向电压试验	√ ^b			7.3.3	8.3.7
4	晶闸管阀特性试验				7.4	8.4
4.1	晶闸管级间接触电阻测试	√	√		7.4.1	8.4.1
4.2	晶闸管阀过电流试验	√			7.4.2	8.4.2
4.3	晶闸管阀最小交流电压试验	√			7.4.3	8.4.3
5	机械分相开关特性试验				7.5	8.5
5.1	主回路电阻测试	√	√	√	7.5.1	8.5.1
5.2	机械操作和机械特性试验	√	√	√	7.5.2	8.5.2
6	辅助和控制回路特性试验				7.6	8.6
6.1	抗电磁干扰特性试验	√			7.6.1	8.6.1
6.2	辅助触点动作特性验证	√	√		7.6.2	8.6.2
6.3	环境试验	√	√ ^b		7.6.3	8.6.3
6.4	绝缘试验	√	√		7.6.4	8.6.4
7	装置保护和告警功能试验	√	√	√	7.7	8.7
8	装置性能试验				7.8	8.8
8.1	容性电流开合试验	√			7.8.1	8.8.1
8.2	过零投切精度测试	√	√		7.8.2	8.8.2
8.3	关合涌流倍数测试	√		√	7.8.3	8.8.3
8.4	分合闸时间测试	√	√	√	7.8.4	8.8.4
8.5	温升试验	√			7.8.6	8.8.5
8.6	电磁干扰(EMI)试验	√			7.8.7	8.8.6
^a 试验可由分开的交流电压试验和直流电压试验替代, 试验电压可按照型式试验电压的 80%进行, 并根据实际条件确定是否进行局部放电的测试。 ^b 该试验为选项试验, 可根据具体工程由供需双方协商确定。						

10 包装、运输、储存、安装、运行和维护规则

10.1 包装

10.1.1 概述

包装应满足以下要求：

- a) 产品的包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定。
- b) 包装采用符合 GB/T 18925—2016 规定的防潮、防震和防尘的封闭式板箱。
- c) 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。
- d) 按设备特点和需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀、防冻的保护措施。
- e) 产品外包装上应有收发货标志、包装、储运图示标志等必需的标志和标签，包装储运图示标志符合 GB/T 191 的要求。
- f) 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。
- g) 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，并标注适当的国际标志。

10.1.2 装箱资料

装箱资料包括：

- a) 装箱详细清单；
- b) 产品合格证；
- c) 安装时必需的图样资料；
- d) 备品备件明细表；
- e) 使用说明书；
- f) 外购件出厂质量合格证明书、技术说明书。

10.1.3 使用说明书

产品使用说明书的要求应符合 GB/T 9969 的规定，应至少包含以下内容：

- a) 产品用途；
- b) 主要参数；
- c) 操作使用流程；
- d) 故障处理流程。

10.1.4 产品合格证

每台装置应装有标明以下内容的产品合格证：

- a) 产品名称及型号；
- b) 检验编号；
- c) 检验印章；
- d) 检验日期。

10.1.5 备品备件

备品备件包括：

- a) 易损零部件及易损元器件；

NB / T 42100 — 2016

- b) 装置附件;
- c) 合同中规定的备品、备件。

10.2 运输、储存和安装时的条件

GB/T 11022—2011 中 10.2 适用。

10.3 安装

GB/T 11022—2011 中 10.3 适用。

10.4 运行

GB/T 11022—2011 中 10.4 适用。

10.5 维护

GB/T 11022—2011 中 10.5 适用。

附录 A
(资料性附录)
固态复合开关装置常见原理接线例举

随着电力电子技术的发展，装置的实现原理多种多样，除 5.1 所述的典型接线原理外，在此例举几种常见的原理接线：

a) 不带中间相机械分相开关的三相固态复合开关装置原理接线如图 A.1 所示。这种接线利用三相星形接线电容器组只接通一相无电流的特点，省略了 B 相机械分相开关。

注：三相星形接线电容器组投切用固态复合开关，可根据现场安装条件装设在电容器组中性点侧或电源侧，原理上无较大差异。

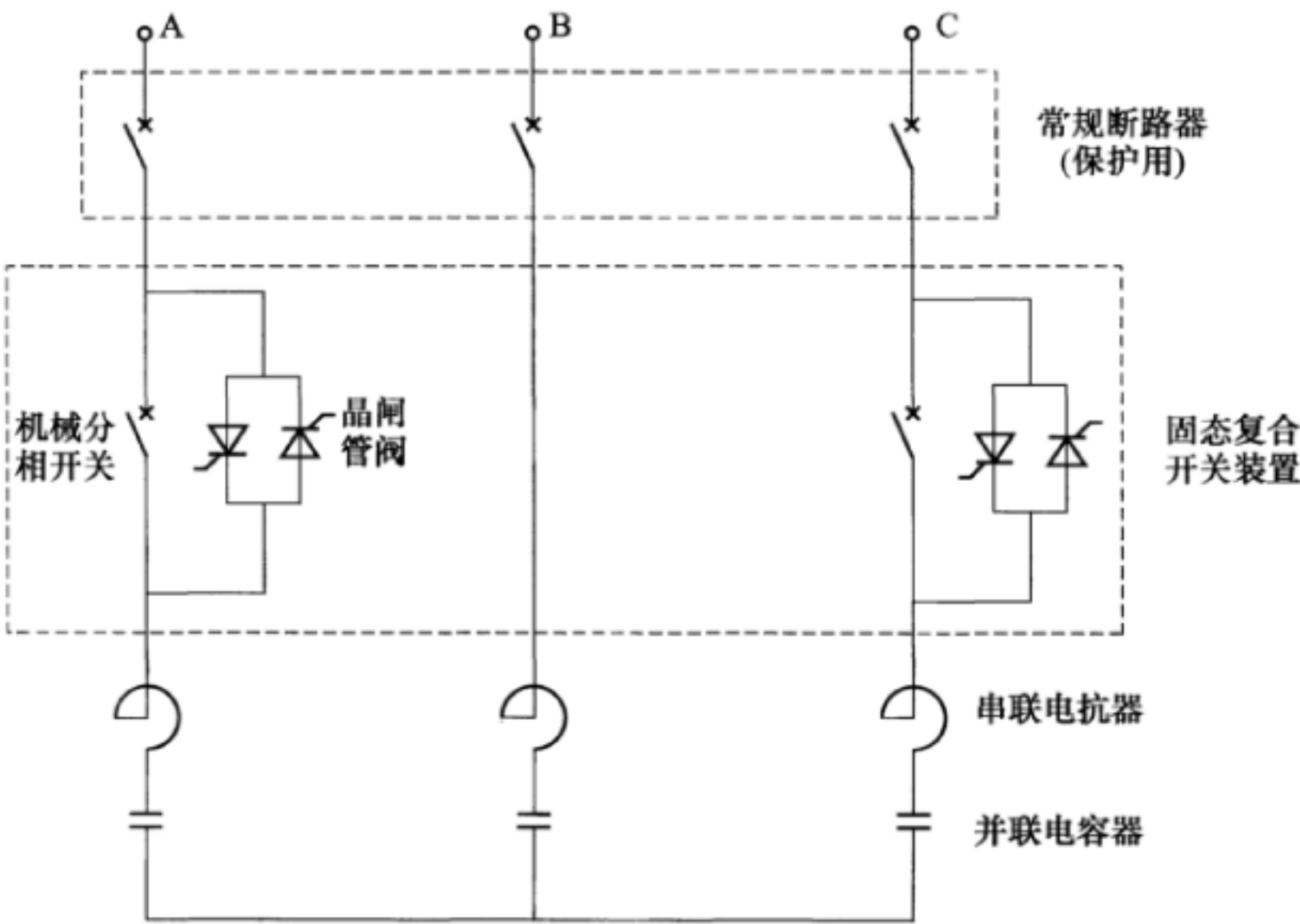


图 A.1 不带中间相机械分相开关的三相固态复合开关装置原理接线图

b) 单相固态复合开关装置的原理接线如图 A.2 所示。

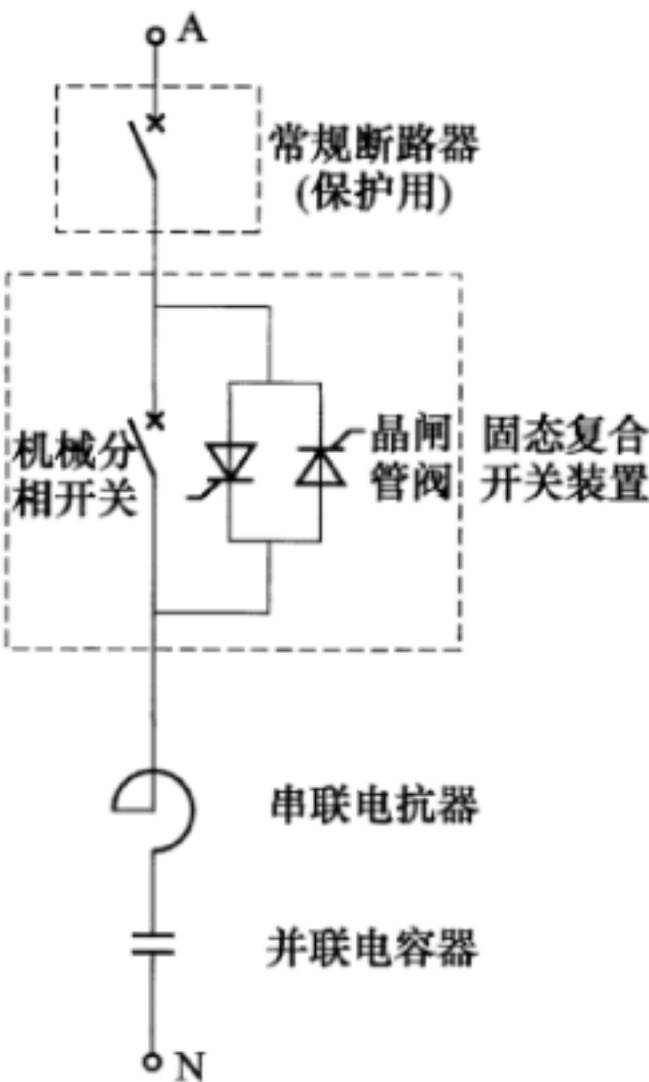
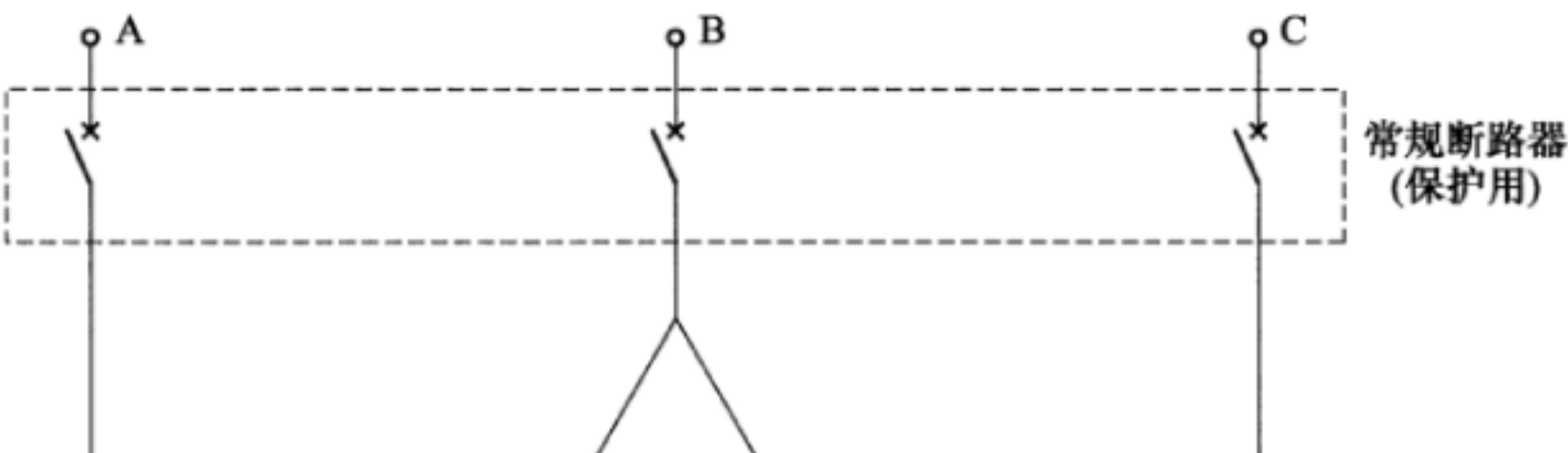


图 A.2 单相固态复合开关装置的原理接线图

c) 三相三角形接线固态复合开关装置的原理接线如图 A.3 所示。



d) 机械分相开
目的是提高

理接线图
图 A.4 所示。此串联电抗器的
设切精度。

图 A.4 机械分相开 装置原理接线图