

ICS 29.130.10
K 44
备案号: 64691-2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42156 — 2018

配电网串联电容器补偿装置

Distribution series capacitor installation

2018-06-06 发布

2018-10-01 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 基本电路与配置要求 5

 5.1 基本电路 5

 5.2 配置要求 7

6 使用条件 10

 6.1 正常使用条件 10

 6.2 特殊使用条件 11

7 技术要求 11

 7.1 外观结构要求 11

 7.2 安全防护 12

 7.3 电气间隙与爬电距离 12

 7.4 绝缘水平 13

 7.5 电容偏差 14

 7.6 阻尼参数 14

 7.7 温升 14

 7.8 噪声 14

 7.9 运行性能 15

 7.10 动态特性 15

 7.11 功能要求 16

 7.12 测量精度 16

 7.13 保护精度 17

 7.14 电磁兼容 17

 7.15 动作时序要求 18

8 试验方法 18

 8.1 试验条件 18

 8.2 外观检查 18

 8.3 安全防护检查 18

 8.4 电气间隙与爬电距离测量 18

 8.5 绝缘性能试验 18

 8.6 电容偏差测量 19

 8.7 阻尼参数测量 19

 8.8 温升试验 19

8.9 噪声测试 19

8.10 动态特性测试 19

8.11 功能试验 20

8.12 测量精度试验 21

8.13 电磁兼容性试验 21

8.14 动作时序检查 21

8.15 带负荷投退试验 22

8.16 抗短路能力验证 23

9 检验规则 23

9.1 检验分类 23

9.2 型式试验 23

9.3 例行试验 23

9.4 现场试验 24

9.5 检验项目 24

10 标志、包装、运输、贮存 25

10.1 标志 25

10.2 包装 25

10.3 运输 26

10.4 贮存 26

附录 A（资料性附录） 配网串补装置典型动作时序 27

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》给出的规则起草。

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。

本标准负责起草单位：国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、西安高压电器研究院有限责任公司。

本标准参加起草单位：浙江桂容谐平科技有限责任公司、四方华能电网控制系统有限公司、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司绍兴供电公司、新东北电气集团电力电容器有限公司、西安森宝电气工程有限公司、上海思源电力电容器有限公司、南阳金冠电气有限公司、桂林电力电容器有限责任公司、西安 ABB 电力电容器有限公司、南阳金牛电气有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、深圳市三和电力科技有限公司、国网浙江省电力有限公司丽水供电公司、合肥华威自动化有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、河北旭辉电气股份有限公司、上海永锦电气集团有限公司、合容电气股份有限公司、无锡赛晶电力电容器有限公司、国网陕西省电力公司电力科学研究院、西安西电电力电容器有限责任公司、辽宁电能发展股份有限公司、上海北堃电力科技有限公司。

本标准主要起草人：金涌涛、张建平、彭杨涵、元复兴、田恩文、张晋波、胡治龙、胡列翔、余绍峰、赵启承、刘菁、吕佳铭、赵文广、沈丙申、蔡重凯、陈晓宇、葛锦萍、王恒、陆居志、胡淑慧、梁晨、杨晓良、赵冬一、马志钦、徐柏榆、吕韬、吕春美、饶崇林、江钧祥、陶梅、李瑞桂、赵福庆、李自军、赵彦军、琚泽立、邓军锋、全凤岐、胡信龙。

配电网串联电容器补偿装置

1 范围

本标准规定了配电网串联电容器补偿装置的型号命名与产品分类、基本电路与配置要求、使用条件、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等要求。

本标准适用于 6kV~66kV 电压等级的配电网串联电容器补偿装置（以下简称配网串补装置）。

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 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则

GB/T 311.2 绝缘配合 第 2 部分：使用导则

GB/T 1094.6 电力变压器 第 6 部分：电抗器

GB/T 1985 高压交流隔离开关和接地开关

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和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

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 6115.1 电力系统用串联电容器 第 1 部分：总则

GB/T 6115.2 电力系统用串联电容器 第 2 部分：串联电容器组用保护设备

GB/T 6115.4 电力系统用串联电容器 第 4 部分：晶闸管控制的串联电容器

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

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 17626.2—2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4—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

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验

GB/T 20840.2—2014 互感器 第 2 部分：电流互感器的补充技术要求

GB/T 20840.3—2013 互感器 第 3 部分：电磁式电压互感器的补充技术要求

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 28565 高压交流串联电容器用旁路开关

GB 50060 3~110kV 高压配电装置设计规程

GB 50227 并联电容器装置设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

配电网串联电容器补偿装置 distribution series capacitor installation; DFSC

串联于配电线路中，主要用于补偿线路感抗改善线路电压分布，由串联电容器组、过电压保护器、旁路设备、隔离开关、控制保护等辅助设备组成的成套装置。

注：配网串补装置容抗一般为固定值，因此又称为配电网固定串联电容器补偿装置。

3.2

串联电容器组 series capacitor bank

具有相应的保护和绝缘支持结构的三相电容器组。

注：改写 GB/T 6115.1—2008，定义 3.31。

3.3

过电压保护器 overvoltage protector

在回路故障或者其他不正常的系统状态下，一种能将作用在串联电容器组上的暂态电压限制在允许值内的快速动作装置（通常为金属氧化物限压器或保护间隙或晶闸管阀）。

注：改写 GB/T 6115.1—2008，定义 3.19。

3.4

旁路设备 bypass device

与串联电容器及其过电压保护器并联，用来在规定时间内或持续地分流线路电流的设备，如有断口的机械操作式开关设备或无断口的电子类开关设备。

注 1：除旁路串联电容器组的功能外，该设备也应有使串联电容器组投入回路的能力和承受规定载流的能力。

注 2：旁路设备包含旁路开关及与旁路开关串联的设备，本标准中旁路开关包括旁路断路器和旁路接触器。

注 3：改写 GB/T 6115.2—2017，定义 3.4。

3.5

旁路隔离开关 bypass disconnecter

在串联电容器组被旁路设备旁路后将串联电容器组短路的设备。

注：该设备用于确保线路在旁路设备或串联电容器组检修时能够正常运行。

[GB/T 6115.2—2017，定义 3.5]

3.6

串联隔离开关 series disconnecter

为了维护等工作要求，将被旁路的串联电容器组接入线路或从线路隔离的设备。

注：改写 GB/T 6115.2—2017，定义 3.19。

3.7

电容器单元 capacitor unit

由一个或多个电容器元件组装于同一外壳中并有引出端子的组装体。

[GB/T 6115.1—2008，定义 3.4]

3.8

阻尼设备 damping device

用来限制串联电容器组保护设备旁路操作时产生的电容器放电电流的幅值和频率，并使之快速衰减

的设备。

[DL/T 366—2010, 定义 3.10]

3.9

金属氧化物限压器 metal oxide varistor; MOV

由非线性金属氧化物电阻片组成的过电压保护设备，并联在串联补偿电容器组两端，用于限制电容器组两端的过电压，也称为非线性电阻或可变电阻器。

注：当不必区分金属氧化物限压器元件、金属氧化物限压器单元或金属氧化物限压器组时使用的术语。

3.10

电流分布系数 uneven factor of current

并联在一起的电阻片柱（或单元）之间，流过单柱（或单元）的最大电流与平均电流之比。

注：改写 DL/T 1156—2012, 定义 3.1.6。

3.11

晶闸管阀 thyristor valve

由晶闸管及其辅助电路组成的电气和机械联合体，经阻尼设备并联在串联电容器组两端，通过晶闸管导通将串联电容器组两端暂态电压快速限制到允许值内的装置。

3.12

旁路间隙 bypass gap

保护间隙 protective gap

在规定时间内承载被保护部分的负载电流或故障电流，以防止串联电容器组过电压或金属氧化物限压器（MOV）过负荷的间隙或间隙系统。

注：改写 GB/T 6115.2—2017, 定义 3.7。

3.13

保护水平 protective level

U_{pl}

在电力系统发生故障期间出现在过电压保护器两端的工频电压的最大峰值。

注：改写 GB/T 6115.1—2008, 定义 3.21。

3.14

极限电压 limiting voltage

U_{lim}

过电压保护器动作前瞬间和动作期间出现在电容器单元端子之间的工频电压的最高峰值的 $1/\sqrt{2}$ 。

注：改写 GB/T 6115.1—2008, 定义 3.16。

3.15

（配网串补装置的）额定电压 rated voltage

U_N

配网串补装置所接入配电线路的标称电压。

3.16

（配网串补装置的）额定容抗 rated capacitive reactance

X_N

设计配网串补装置时所确定的每相串联电容器组在额定频率和介质温度为 20℃ 时的电抗。

注：改写 GB/T 6115.1—2008, 定义 3.26。

3.17

（配网串补装置的）额定电流 rated current

I_N

根据配电线路长期持续运行时允许通过的线路电流最大值所确定的配网串补装置电流设计值。

3.18

（串联电容器组的）额定端电压 **rated voltage (of series capacitor bank)**

U_{CN}

由配网串补装置的额定容抗和额定电流导出的串联电容器组端子间电压（方均根值）， $U_{CN}=X_N I_N$ 。

3.19

（配网串补装置的）额定容量 **rated output**

Q_N

由配网串补装置的额定电流与串联电容器组的额定端电压导出的无功功率， $Q_N=3I_N U_{CN}$ 。

4 型号命名与产品分类

4.1 型号命名

配网串补装置的型号由产品代号、额定电压、额定容量、额定容抗、保护特征码五部分组成，如图 1 所示。

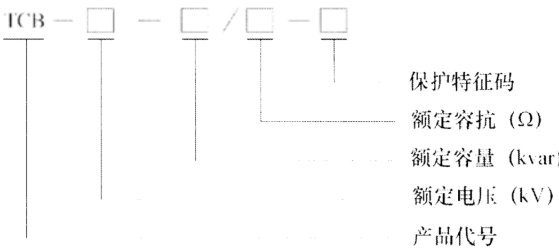


图 1 配网串补装置的型号命名方法

保护特征码由一个字母组成，表示配网串补装置的过保护方式，具体内容见表 1。

表 1 配网串补装置的保护特征码

保护特征码	保 护 方 式	图号
M	MOV+旁路开关	图 3 a)
T	晶闸管阀+旁路开关	图 3 b)
G	MOV+间隙+旁路开关	图 3 c)
Q	其他	暂无

4.2 产品分类

可按下列方式进行分类：

- a) 按安装方式分为柱上式、落地式。
- b) 按结构方式分为封闭箱式、框架式。
- c) 按保护方式分为 MOV+旁路开关（M 型）、晶闸管阀+旁路开关（T 型）、MOV+间隙+旁路开关（G 型）及其他（Q 型）。

5 基本电路与配置要求

5.1 基本电路

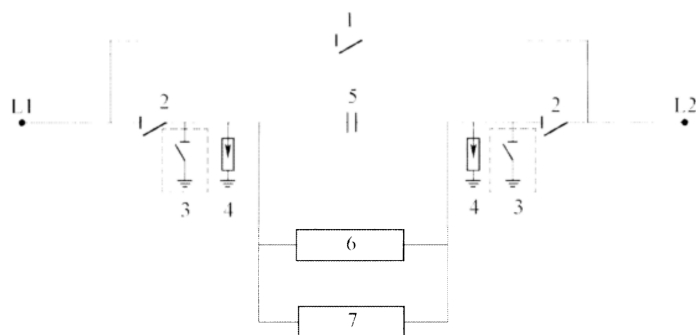
5.1.1 典型主接线

配网串补装置的典型主接线如图 2 所示，主要由串联电容器组、过电压保护器、旁路设备、隔离开关及其他辅助一次设备（如互感器）组成。

注 1：安装配网串补装置后，对于单电源配网线路，电压需要提升的一侧称为出线端，另外一侧称为进线端。

注 2：串联隔离开关 2 之间不宜有联动。

注 3：根据实际应用情况，串联隔离开关 2 可选配接地开关 3（虚框部分）。



说明：

L1——进线端；

L2——出线端；

1——旁路隔离开关；

2——串联隔离开关；

3——接地开关（选配）；

4——对地避雷器；

5——串联电容器组；

6——过电压保护器；

7——旁路设备。

图 2 配网串补装置的典型主接线示意图

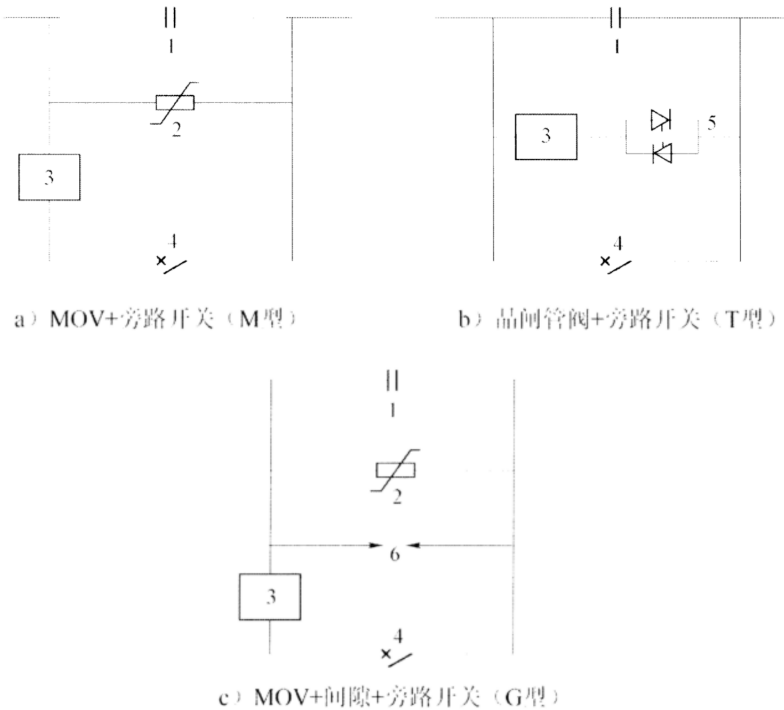
5.1.2 过电压保护方式

当电力系统故障或其他异常状况使串联电容器组上的暂态电压超过其允许值时，过电压保护器快速动作将串联电容器组上暂态电压限制到允许值以内。配网串补装置的过电压保护典型方式如图 3 所示：

- M 型过电压保护**——MOV 永久性地跨接在串联电容器组端子之间。当串联电容器组在正常负荷电流下运行时，仅有非常小的电流流过 MOV。MOV 应能耐受在过负荷或最大线路故障电流时产生的热应力。一旦线路保护失灵，被补偿线路上短路故障电流将长期存在，MOV 将处于过热状态，按照这个电流来确定 MOV 的参数是不经济的。为了保护 MOV，可由阻尼装置和旁路开关组成的旁路设备进行旁路操作。综合考虑经济、安全、占地等因素，适宜场所可选择在 MOV 两端直接再并联一个旁路开关，形成 MOV+双旁路开关方式。
- T 型过电压保护**——由晶闸管阀与阻尼装置组成的过电压保护器跨接在串联电容器组端子之

间。当串联电容器组在正常负荷电流下运行时，晶闸管阀处于关断状态。当被补偿线路上发生故障，故障电流通过串联电容器组使其端电压高于整定值时，晶闸管阀快速导通，直至旁路开关闭合，晶闸管阀与阻尼装置组成的过电压保护器应能耐受此期间通过的过负荷或最大线路故障电流产生的热应力。此过电压保护方式下，从增加安全性出发，可选用旁路开关代替旁路隔离开关，作为晶闸管阀的后备保护。

- c) G 型过电压保护——将 MOV 和保护间隙并联跨接在串联电容器组端子之间。当流过配网串补装置故障电流大于或等于 4.0kA 或串联电容器组的额定电压大于或等于 3.0kV 时，考虑 MOV 选择的安全性和经济性，防止 MOV 过负荷，可选用此类过电压保护方式，MOV 两端并接保护间隙，由旁路开关和阻尼装置构成配网串补装置的旁路设备，保护间隙的触发电压一般大于与其并联 MOV 的最小参考电压 1.2 倍，此时 MOV 的保护水平可低于 M 型中 MOV 的保护水平。



- 说明：
- 1——串联电容器组；
 - 2——金属氧化物限压器 (MOV)；
 - 3——阻尼装置；
 - 4——旁路开关；
 - 5——晶闸管阀；
 - 6——保护间隙。

图 3 过电压保护典型方式示意图

5.1.3 基本要求

配网串补装置设计时还应满足下列要求：

- a) 根据配电线路的变电站出口电压与变化范围、线路长度、正常负荷、短期过负荷、末端电压等情况确定补偿目标，通过潮流分析、稳定分析和经济性比较确定配网串补装置的安装位置、额定容抗、额定电流、额定容量。

- b) 校核分析配网串补装置接入后对线路阻抗参数的影响，避免配网串补装置接入配电线路后引起的工频谐振、铁磁谐振、谐波放大等问题。
- c) 根据配电线路负荷及短路故障电流情况确定配网串补装置设备性能要求、主接线与过电压保护方式，确保配网串补装置接入后能正常安全运行。
- d) 配网串补装置出线侧以同步/异步电动机为主要负荷时，应避免出现自激振荡，且出线侧线路电压偏差应满足 GB/T 12325 相关规定。
- e) 配网串补装置具有暂时旁路和永久旁路功能。当出现线路失电、故障、轻负荷等情况时，暂时旁路串联电容器组；当配网串补装置出现内部元件故障导致不能正常运行时，永久旁路串联电容器组。

5.2 配置要求

5.2.1 串联电容器组

要求包括：

- a) 串联电容器组的质量、试验要求（包括型式、例行、特殊试验）应符合 GB/T 6115.1 的规定。
- b) 串联电容器组绝缘水平应与配网串补装置的绝缘水平相同，绝缘耐受电压应从 GB/T 311.1 和 GB/T 311.2 中规定的标准值中选取。
- c) 串联电容器最大允许并联台数由单台电容器的耐爆能量决定；多台电容器并联时，正常电容器对故障电容器的放电能量不应大于电容器的耐爆能量。
- d) 串联电容器组的设计应保证在极限电压下单台电容器单元损坏（包括电容器元件损坏及内、外主绝缘击穿故障）时，电容器外壳不出现开裂、爆炸等现象。
- e) 串联电容器组的布置宜便于维护和更换。
- f) 串联电容器组宜采用双套管电容器。
- g) 串联电容器组连接线应满足内外部故障时的动、热稳定要求，导线选择、通风、防火等应满足 GB 50227 中的规定。

5.2.2 隔离开关

要求包括：

- a) 隔离开关的用途、类别、试验（包括型式试验和例行试验）应符合 GB/T 6115.2 的规定。
- b) 隔离开关绝缘水平应与配网串补装置的绝缘水平相同。
- c) 隔离开关应根据配网串补装置额定电压、额定电流来选择额定参数，并符合 GB/T 1985、GB/T 11022 的有关规定。
- d) 旁路隔离开关应有足够的分断能力，以完成线路负荷转移至串联电容器组。
- e) 除正常功能外，旁路隔离开关还可以作为紧急合闸设备。

注：隔离开关包含旁路隔离开关、串联隔离开关。

5.2.3 金属氧化物限压器

要求包括：

- a) MOV 的用途、类别、试验（包括型式试验和例行试验）要求应符合 GB/T 6115.2、GB/T 11032 的有关规定。
- b) MOV 应根据配电网线路故障期间的最大能量及配网串补装置的过电压保护方式来设计，吸收能量应与故障类型、故障持续时间和重合闸情况最坏的可能组合相一致，并考虑环境温度影响因素。

- c) MOV 应采用免维护设计, 密封在绝缘外套中。
- d) MOV 外套应进行绝缘耐受电压试验, 耐受电压值应根据具体工程确定, 工频湿耐受电压的峰值不应低于 MOV 在配合电流下保护水平的 1.2 倍, 雷电冲击耐受电压值不应低于 MOV 外套湿工频耐受电压峰值的 1.6 倍。
- e) MOV 所有组成单元进行 0.75 倍直流参考电压下漏电流测量, 每柱电阻片的漏电流一般不超过 50 μ A。
- f) MOV 在规定的电流值和波形下的工频残压或操作冲击残压不应大于 GB/T 11032 中的规定值。
- g) MOV 在 1.05 倍持续运行电压下的局部放电量不应大于 10pC。
- h) MOV 每柱电阻片之间的最大电流分布系数不应大于 1.10。
- i) MOV 应有可靠密封, 寿命期间不应因密封不良而影响 MOV 运行性能。
- j) MOV 在能量耐受和工频电压稳定性试验后, 向其注入规定的最大能量及随后可能出现的暂态过电压序列, 在施加持续运行电压和最高环境温度下, 应满足热稳定要求并不引起 MOV 损坏或热崩溃。
- k) MOV 内部故障时不会导致 MOV 内部单元粉碎性爆破, 如产生明火应在规定时间内自熄灭。

5.2.4 晶闸管阀

要求包括:

- a) 应根据系统故障和操作引起的最大过电压和过电流设计晶闸管阀, 应能在规定时间内可靠导通, 保证串联电容器组电压不超过极限电压。
- b) 晶闸管阀应能承受电容器组放电电流和流经配网串补装置最大故障电流之和的热效应与机械效应, 并留有适当的裕量。
- c) 晶闸管阀绝缘水平应与配网串补装置的绝缘水平相同。
- d) 设计和选择晶闸管阀时, 其暂态不重复峰值电压应大于串联电容器组额定电压峰值的 2.5 倍。
- e) 可为晶闸管阀提供正常触发和强制触发两个独立的触发系统, 通过设计应使晶闸管阀具备防止误通和耐受误导通冲击的能力。
- f) 晶闸管阀触发和监控可采用自取能供电, 线路电流不小于配网串补装置额定电流的 20% 时, 自取能宜足以满足晶闸管阀触发和监控要求。
- g) 选择晶闸管阀的器件数量和电压额定值时, 应考虑以下因素:
 - 1) 关断时电压过冲的最高晶闸管阀电压;
 - 2) 晶闸管阀串联时的均压;
 - 3) 晶闸管阀级串联时所要求的冗余数量。
- h) 晶闸管的基本技术要求参照 GB/T 6115.4 的相关条款。

5.2.5 旁路开关

要求包括:

- a) 旁路开关用途、类别、试验 (包括型式试验和例行试验) 应符合 GB/T 6115.2、GB/T 11022、GB/T 28565 相关规定。
- b) 旁路开关的额定参数选择应与串联电容器组的相关参数保持匹配, 对地绝缘应与配网串补装置额定电压相应的绝缘水平一致。
- c) 旁路开关应能耐受串联电容器组保护水平下的频繁放电, 能耐受串联电容器组被旁路时的放电电流和流经配网串补装置最大故障电流之和的热与机械效应, 并留有适当的裕量。
- d) 旁路开关提供的动合和动断辅助触点不应少于 2 对, 其动作需与主触头联动。
- e) 除旁路串联电容器组的功能外, 旁路开关也应有使串联电容器组投入回路的能力和承受规定载

流的能力。

5.2.6 阻尼设备

要求包括：

- a) 阻尼设备用途、类别、试验（包括型式试验和例行试验）应符合 GB/T 6115.2、GB/T 1094.6 相关规定。
- b) 阻尼设备绝缘水平应与配网串补装置的绝缘水平相同。
- c) 阻尼设备应能承受串联电容器组在最大保护水平时的放电电流与线路最大故障电流之和的热效应与机械效应，不应有过热迹象和机械、电的损坏。
- d) 阻尼设备应确保串联电容器组的放电电流（峰值）小于 100 倍的电容器额定电流。
- e) 阻尼设备应确保串联电容器组放电电流的幅值和放电频率的乘积不超过 $5\text{kA} \cdot \text{kHz}$ 。
- f) 阻尼设备应具有足够的热容量确保自身的安全运行。
- g) 旁路支路中阻尼设备的长期运行电流不应小于串联电容器组的额定电流，采用双旁路开关方式时可适当降低阻尼设备热容量。
- h) 补偿线路重合之前，阻尼设备应能确保串联电容器组端电压从保护水平的 100% 降至 10% 以下。
- i) 阻尼电抗器宜采用干式空心式，长期运行应考虑漏磁通引起局部发热的预防性措施。

5.2.7 电流互感器

要求包括：

- a) 电流互感器例行试验、型式试验应符合 GB/T 20840.2、GB/T 6115.2 的有关规定。
- b) 宜设置电流互感器对线路、金属氧化物限压器支路（如适用）、串联电容器组不平衡（如适用）等电流进行测量。
- c) 电流互感器应能耐受串联电容器组放电时放电电流与线路最大故障电流之和的热效应与机械效应。
- d) 电流互感器绝缘水平应与配网串补装置绝缘水平相同。
- e) 测量用电流互感器准确度等级不应低于 GB/T 20840.2—2014 中 5.6 规定的 0.5 级。
- f) 保护用电流互感器准确度等级宜为 GB/T 20840.2—2014 中 5.6 规定的 5P 级。

5.2.8 电压互感器

要求包括：

- a) 电压互感器例行试验、型式试验应符合 GB/T 20840.3、GB/T 6115.2 有关规定。
- b) 用于测量线路电压的电压互感器，也可对保护和控制设备提供辅助供电电源，额定容量应能保证配网串补装置正常供电。
- c) 用于测量串联电容器端电压的电压互感器可兼作串联电容器组放电设备。
- d) 电压互感器绝缘水平应与配网串补装置绝缘水平一致。
- e) 测量用电压互感器准确度等级不应低于 GB/T 20840.3—2013 中 5.6 规定的 0.5 级。
- f) 保护用电压互感器准确度等级宜为 GB/T 20840.3—2013 中 5.6 规定的 3P 级。

5.2.9 监控系统

要求包括：

- a) 监控系统为配网串补装置提供投入和旁路操作控制功能，应具有手动和自动两种控制方式。
- b) 监控系统应具备完善的自检功能，发现内部故障时进行旁路操作。
- c) 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，协议应

支持上级调度或监控系统通信要求。

- d) 监控系统在就地监控界面至少应完成以下操作：旁路开关、隔离开关的分合操作，装置启停，告警复归。
- e) 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。
- f) 监控系统应具备必要的逻辑互锁功能，以防止误操作。

5.2.10 控制电源

要求包括：

- a) 配网串补装置控制电源可从被补偿线路取，也可外接工作电源。
- b) 从被补偿线路取能时，宜从被补偿线路进线侧取，在线路系统标称电压 70%~120%范围内时，电源功率应能满足操作回路和控制回路的功率要求，保证配网串补装置正常工作。
- c) 应有后备电源，保证足够时间满足配网线路失电后应急操作。

6 使用条件

6.1 正常使用条件

6.1.1 环境条件

应适用于以下环境条件下运行：

- a) 海拔不超过 1000m；
- b) 环境温度范围为 $-25^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 相对湿度不大于 95%；
- d) 水平加速度不超过 $0.25g$ ，垂直加速度不超过 $0.125g$ ；
- e) 最大覆冰厚度不超过 10mm；
- f) 最大风速不超过 34m/s；
- g) 安装现场污秽等级不超过 d 级；
- h) 太阳辐射不应大于 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 。

6.1.2 安装场所

要求包括：

- a) 配网串补装置的现场设计安装应符合 GB 50060 的要求，应保证安全、便于运行巡视和维护检修。
- b) 安装场所应无剧烈机械振动和冲击，配网串补装置应能承受 6.1.1 规定的最大水平加速度和最大垂直加速度同时作用于支持结构基础时所发生的动态应力，且安全系数应大于 1.67。
- c) 安装场所不应有引起火灾、爆炸危险的介质，应无腐蚀、破坏绝缘的气体及导电介质，不应有有害气体及蒸汽，不应有严重的霉菌存在。
- d) 安装场所不应处在电场和强磁场中。

6.1.3 系统条件

正常系统运行条件如表 2 所示。

表2 正常系统运行条件

序号	名 称	参数值
1	系统标称电压	1.0 ^a
2	最高持续电压	1.1 ^a
3	最低持续电压	0.7 ^a
4	工频过电压	1.4 ^b
5	最大持续电流不平衡度	15%
6	系统频率 Hz	50±0.2
7	中性点接地方式	非有效接地
^a 标么值，基准为系统标称电压。		
^b 标么值，基准为 $U_m/\sqrt{3}$ ，其中 U_m 为系统最高电压有效值。		

6.2 特殊使用条件

在特殊使用条件下使用配网串补装置应被视为特例，特殊条件下使用时由制造方和购买方协商确定。

7 技术要求

7.1 外观结构要求

7.1.1 外观与结构

箱体外表面一般应喷涂无炫目反光的覆盖层，表面不得有气泡、锈斑、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。

金属件外露表面应有可靠的防腐蚀层，构件应具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、维护方便，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。

应根据 GB 2894 相关规定，明确相关安全警示标识。

7.1.2 导体及其他

电容器单元至母线的连接线应采用软连接，其长期允许电流不宜小于电容器单元额定电流的 1.5 倍。

装置的总回路和分组回路连接线（包括本体内部的一次电缆、汇流排等）的导体截面积应按载流量不小于 1.37 倍电容器组额定电流选择。

连接线的连接应牢固，不应自由晃动，布线应整齐、美观。

所有连接导体除了应满足长期允许电流的要求外，还应满足动稳定和热稳定要求。

所有导线的绝缘材料应阻燃。

装置内用支撑绝缘子（如需），应按电压等级、爬电距离、机械荷载等技术条件，以及运行中可能承受的最高电压选择和校核。

7.2 安全防护

7.2.1 外壳防护等级

封闭箱式配网串补装置的箱体应至少满足 GB/T 4208 中 IP54 外壳防护等级要求。

7.2.2 防护与接地

要求包括：

- a) 对直接接触的防护可依靠配网串补装置本身的结构措施实现，也可依靠配网串补装置在安装时所采取的附加措施实现。
- b) 对间接接触的防护应在配网串补装置内部采取保护电路，保护电路可通过单独装设保护导体来实现，也可利用配网串补装置的结构布局（如外壳、构架）来实现。
- c) 配网串补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气元件的金属底座（包括因绝缘破坏可能会带电的金属件）以及装有电气元件的门、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不应大于 0.5Ω 。
- d) 配网串补装置内保护电路的所有部件设计应保证其足以耐受可能遇到的最大热应力和电动力。
- e) 接地端子应有明显标识，接地端尺寸不应小于 $\phi 8\text{mm}$ 。

7.3 电气间隙与爬电距离

一次部分电气间隙和爬电距离应符合 GB 50060 相关规定。封闭箱式配网串补装置内部参考户内设备要求，带电体间、带电体与接地体间的最小电气间隙不应小于表 3 所列数值。框架式配网串补装置参考户外设备要求，带电体间、带电体与接地体间最小电气间隙不应小于表 4 所列数值。配网串补装置外绝缘的爬电比距不应小于 25mm/kV （相对于系统最高电压）。

海拔超过 1000m 的按照 GB/T 311.1 规定修正，重污秽区域按照 GB/T 26218.1、GB/T 26218.2 规定修正。

表 3 户内设备的最小电气间隙

单位：mm

相关位置	系统标称电压					辅助回路 500V 以下
	6kV	10kV	20kV	35kV	66kV	
不同相的裸导体间	100	125	180	300	550	4
带电裸导体至接地框架	100	125	180	300	550	15
带电裸导体至板状遮栏	130	155	210	330	580	15
带电裸导体至网门及网状遮栏	200	225	280	400	650	50

表 4 户外设备的最小电气间隙

单位：mm

相 关 位 置	系统标称电压			
	6kV~10kV	20kV	35kV	66kV
带电部分至接地部分之间； 网状遮栏向上延伸线距地 2.5m 处与遮栏上方带电部分之间	200	300	400	650
不同相的带电部分之间； 断路器和隔离开关的端口两侧引线带电部分之间	200	300	400	650

表 4（续）

相 关 位 置	系统标称电压			
	6kV~10kV	20kV	35kV	66kV
设备运行时，其外廊至无遮栏带电部分之间； 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间； 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间	950	1050	1150	1400
网状遮栏至带电部分之间	300	400	500	750
无遮栏裸导体至地面之间； 无遮栏裸导体至建筑物、构筑物顶部之间	2700	2800	2900	3100
平行的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间 带电部分与建筑物、构筑物的边沿部分之间	2200	2300	2400	2600

7.4 绝缘水平

7.4.1 绝缘电阻

一次主回路对地和相间的绝缘电阻均不应小于 500MΩ（20℃时）。

二次回路带电部分与非带电金属部分、无电气连接电路及外壳之间的绝缘电阻不应小于 20MΩ（20℃时）。

7.4.2 绝缘水平

一次主回路和与其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水平应符合的要求见表 5。

表 5 配网串补装置一次主回路绝缘水平

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（1min）工频耐受电压（有效值） kV	
		相对地	相间	相对地	相间
6	7.2	60	60	30	30
10	12	75	75	42	42
20	24	125	125	65	65
35	40.5	185	185	95	95
66	72.5	325	325	140	140

海拔超过 1000m 的装置，耐受电压水平按照 GB/T 311.1 的规定修正。

控制部分应能承受频率为 50Hz、历时 1min 的工频耐压试验且无击穿闪络及元器件损坏现象，泄漏电流不应大于 3.5mA（交流有效值）。试验电压值按表 6 进行选择。

表 6 配网串补装置控制部分试验电压

被 试 回 路	绝缘电压等级 U V	试验电压 V
交流回路一地	$60 < U \leq 250$	2000
交流回路一地	$U < 60$	500

7.5 电容偏差

可将电容器单元在相间作适当分配以减小线路三相容抗的不平衡度。电容偏差是指在 $0.9U_N \sim 1.1U_N$ 下所测得的电容值的偏差。在参考温度下的电容与额定电容的偏差不应超过 $\pm 3\%$ ，并满足保护整定要求。此外，串联电容器组中测得相电容间最大值与最小值之比不超过 1.02。在更苛刻的使用条件下可要求更小的偏差。

7.6 阻尼参数

阻尼电阻器实测直流电阻值与额定电阻值之间偏差不应超过 $\pm 5\%$ 。
阻尼电抗器实测直流电阻值（换算至 75°C ）与额定直流电阻值之间偏差不应超过 $\pm 2\%$ 。
阻尼电抗器实测电抗值与额定值之间偏差不应超过 $\pm 5\%$ 。

7.7 温升

配网串补装置各连接部位的温升限值如表 7 所示。

表 7 配网串补装置各连接部位的温升限值

部 位 名 称		温升限值 $^\circ\text{C}$
干式电抗器绕组	A 级绝缘	60
	B 级绝缘	80
	F 级绝缘	100
	H 级绝缘	125
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 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
功率半导体器件		按各自元件标准规定

7.8 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，测得配网串补装置噪声最大值不应大于 60dB。如装置附近有噪声敏感区域，应根据 GB 3096 确定声环境功能区类型，执行 GB 12348 规定的噪声排放限值。

7.9 运行性能

7.9.1 耐受过负荷和摇摆电流的能力

配网串补装置的串联电容器组应具有表 8 的耐受过负荷和摇摆电流的能力。

电流互感器应能在配网串补装置的 1.2 倍额定电流下持续运行。

配网串补装置的隔离开关、旁路设备、阻尼装置等应能承受所在线路预计情况下的持续电流。

表 8 串联电容器组典型的耐受过负荷和摇摆电流的能力

电流	持续时间	典型的范围（标么值）	最常见的值（标么值）
额定电流	持续	1.00	1.00
1.1 倍额定电流	每 12h 中 8h	1.10	1.10
紧急情况过负荷	30min	1.20~1.60	1.35~1.50
摇摆	1s~10s	1.70~2.50	1.70~2.00

7.9.2 保护水平的确定

要求如下：

- 配网串补装置的保护水平选择应确保串联电容器组安全，并应留有适当的裕度；
- 不同保护方式的过电压保护器上暂态电压峰值不应大于配网串补装置的保护水平；
- 配网串补装置保护水平应满足公式（1）。

$$U_{pl} \leq \sqrt{2} U_{lim} s \quad (1)$$

式中：

U_{lim} —— 配网串补电容器单元的极限电压；

U_{pl} —— 配网串补电容器组的保护水平；

s —— 配网串补电容器单元的串联数。

7.10 动态特性

7.10.1 晶闸管阀

对于采用晶闸管阀作为过电压保护设备的 T 型配网串补装置，晶闸管阀通过软件控制正常触发并导通的时间不应大于 350μs（含过电压、过电流检测时间），通过硬件电路强制触发并导通的时间不应大于 20μs。

7.10.2 旁路开关

配网线路短路故障发生后，旁路开关的闭合时间应与 MOV+旁路开关（M 型）、晶闸管阀+旁路开关（T 型）、MOV+保护间隙+旁路开关（G 型）等过电压保护设备的热容量相配合。快速型旁路开关将串联电容器组和过电压保护器旁路的总时间不宜大于 15ms。普通型旁路开关将串联电容器组和过电压保护器旁路的总时间不宜大于 100ms。

注：此处旁路开关指的是图 3 中三种过电压保护典型回路示意图中标注编号为 4 的设备。

7.11 功能要求

7.11.1 监控功能

应至少包括以下功能：

- a) 具备就地手动操作和自动控制两种模式，并设置选择开关改变投切模式。
- b) 具备就地人机界面并显示充分的信息，以便于运行维护人员观察设备运行状况、定位故障原因。
- c) 就地人机界面至少具备如下功能：系统运行参数和装置工作状态监视功能、事件记录和显示查询功能、保护定值设置功能。
- d) 具备通信接口以便实现远程监测功能。
- e) 能在就地监控界面至少完成配网串补装置投入/退出、保护功能投入/退出等操作。

7.11.2 保护功能

a) 配网串补装置应至少包括以下功能：

- 1) 串联电容器过电流保护；
- 2) 串联电容器过电压保护；
- 3) 控制系统失电保护；
- 4) 串联电容器内部故障保护；
- 5) 系统过压和失压保护。

b) 对于采用晶闸管阀保护方式的，配网串补装置至少还应设置下列保护：

- 1) 晶闸管触发异常保护，有效应对晶闸管的误触发和拒触发；
- 2) 晶闸管状态异常保护，有效应对晶闸管状态异常和状态返回异常；
- 3) 晶闸管电压击穿保护。

7.11.3 告警功能

应至少包括以下功能：

- a) 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) 装置内部设备状态异常告警功能。

7.11.4 事件记录

应至少包括以下功能：

- a) 记录配网串补装置的时间、通信、保护定值及保护投退设置的时间和内容。
- b) 记录故障发生的时间、类型及故障时配网串补装置的运行状态和电气参数。
- c) 记录故障时的系统电压、线路电流、串联电容器电压及旁路设备的操作指令。

7.11.5 控制电源

应至少包括以下功能要求：

- a) 在线路系统标称电压 70%~120%范围内从被补偿线路取能时，电源功率应能保证配网串补装置正常工作。
- b) 后备电源应保证足够时间满足配网线路失电后应急操作。

7.12 测量精度

控制装置测量精度用实测值和实际值的代数差与实际值之比的百分数表示。

电压：±0.5%（标幺值为 0.1~1.2）。

电流：±0.5%（标幺值为 0~1.2）。

有功功率、无功功率：±1%。

功率因数：±0.005。

有功功率、无功功率、功率因数的参比条件应符合表 9 的规定。

表 9 有功功率、无功功率、功率因数的参比条件

被测量	参 比 条 件		
	电 压	电 流	功 率 因 数
有功功率	额定电压±2%	从零到额定值的任一电流	$\cos\varphi=0.5$ （滞后）~1.0~0.5（超前）
无功功率	额定电压±2%	从零到额定值的任一电流	$\cos\varphi=0.5$ （滞后）~1.0~0.5（超前）
功率因数	额定电压±2%	在 40%~100%范围内的任一额定电流	

7.13 保护精度

保护动作值误差不应超过 3%，动作时间误差不应超过 5%。

7.14 电磁兼容

7.14.1 振铃波抗扰度

配网串补装置监控系统电源输入、采集输入以及控制端口应能承受 GB/T 17626.12—2013 中规定的试验等级为 3 级的 100kHz 振铃波抗扰度试验。试验中及试验后配网串补装置监控系统应满足 GB/T 17626.12—2013 第 9 章中 c) 的规定。

7.14.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

配网串补装置监控系统电源输入、保护接地（PE）、信号输入以及控制端口应能承受 GB/T 17626.4—2008 中规定的试验等级为 3 级的电快速瞬变干扰试验，试验中及试验后配网串补装置监控系统应满足 GB/T 17626.4—2008 第 9 章中 c) 的规定。

7.14.3 静电放电抗扰度

配网串补装置的人机界面、控制按键及控制系统的开门把柄等应能承受 GB/T 17626.2—2006 中规定的试验等级为 3 级的静电放电干扰试验，试验中及试验后配网串补装置监控系统应满足 GB/T 17626.2—2006 第 9 章中 c) 的规定。

7.14.4 浪涌（冲击）抗扰度

配网串补装置监控系统电源输入端口应能承受 GB/T 17626.5—2008 中规定的试验等级为 3 级的浪涌（冲击）抗扰度试验，试验中及试验后配网串补装置监控系统应满足 GB/T 17626.5—2008 第 9 章中 c) 的规定。

7.14.5 射频电磁场辐射抗扰度

配网串补装置监控系统应能承受 GB/T 17626.3—2016 中规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，试验中及试验后配网串补装置监控系统应满足 GB/T 17626.3—2016 第 9 章中 c) 的规定。

7.15 动作时序要求

满足下列要求：

- a) 配网串补装置应满足与发生系统低压、系统故障、系统过电压、系统失压、内部故障等情况时行为一致的动作时序要求。
- b) 串联电容器组因内部故障导致不具备重新投入条件时，应闭锁重投功能。

注：配网串补装置的动作时序要求参见附录 A。

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不应小于 2%，正弦波的峰值与有效值之比应在 $\sqrt{2} \pm 5\%$ 以内。

8.1.2 试验标准环境条件

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 外观检查

用目测方法检查，外观结构应满足 7.1 的要求。

8.3 安全防护检查

按 GB/T 4208 规定的方法对装置进行验证，应满足 7.2.1 的要求。

检查配网串补装置的防护与接地，应满足 7.2.2 的要求。

8.4 电气间隙与爬电距离测量

测量装置内不同相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，其测量结果应满足 7.3 的要求。

8.5 绝缘性能试验

8.5.1 绝缘电阻测量

试验前将不宜承受试验电压的对地避雷器等设备拆除或断开其连接线，并短接串联电容组、MOV+旁路开关（M 型和 G 型）、晶闸管阀+旁路开关（T 型）等相关设备。用不低于 2500V 的绝缘电阻测试仪测量一次主回路相对地、相间的绝缘电阻，用 500V 的绝缘电阻测试仪测量装置二次回路的带电部分与非带电金属部分之间、无电气连接电路及外壳之间的绝缘电阻，其测量结果应满足 7.4.1 要求。

8.5.2 工频耐压试验

试验前将不宜承受试验电压的对地避雷器等设备拆除或断开其连接线，并短接串联电容组、MOV+旁路开关（M型和G型）、晶闸管阀+旁路开关（T型）等相关设备。相对地、相间应能承受表5或表6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。

注：现场交接试验工频耐压值按照出厂试验耐压值80%实施。

8.5.3 雷电冲击试验

试验前将不宜承受试验电压的对地避雷器等设备拆除或断开其连接线，并短接串联电容组、MOV+旁路开关（M型和G型）、晶闸管阀+旁路开关（T型）等相关设备，试验波形为1.2/50μs波形，试验电压按表5的规定执行，试验应在相对地、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。

8.6 电容偏差测量

在 $(0.9 \sim 1.1) U_N$ 下进行，用工频电压、电流表法或电桥法分别测量装置中每相串联电容器单元的电容，测量结果应满足7.5要求。

注1：无条件时可在 $0.15 U_N$ 下测量。

注2：现场试验也可采用不拆线电容测试仪。

8.7 阻尼参数测量

用直流电阻仪测试阻尼电阻器和阻尼电抗器的直流电阻值，测量结果应满足7.6要求。

用干式空芯电抗器测量电抗时，可以在降低电流和电压的情况下进行，也可以用电桥法测量。测量结果应满足7.6要求。

注：现场试验也可采用不拆线电感测试仪。

8.8 温升试验

试验时，配网串补装置应按正常布置，在额定工况下进行，记录检测配网串补装置的主要元部件及连接点的温度和周围空气温度。当主要元部件及连接点的温度变化持续3h不超过1K/h时，认为温度达到稳定，其结果应满足7.7要求。

仅对箱式配网串补装置进行温升试验。

8.9 噪声测试

试验时，配网串补装置应按正常布置，在额定工况和周围环境噪声不大于40dB的条件下进行，测量方法按照GB/T 3768的规定进行，测试结果应满足7.8要求。

注：现场试验在配网串补装置整体带电运行时进行。

8.10 动态特性测试

8.10.1 晶闸管阀

对于采用晶闸管阀作为过电压保护设备的T型配网串补装置，通过施加模拟激励信号触发配网串补装置控制设备保护动作，并记录相应波形，测量施加模拟信号至晶闸管阀组触发导通的时间差，结果应满足7.10.1的要求。

8.10.2 旁路开关

通过施加模拟激励信号触发配网串补装置控制设备模拟配网线路故障，并记录相应波形，测量旁路开关动作时间，结果应满足 7.10.2 的要求。

8.11 功能试验

8.11.1 监控功能检查

装置上电后对装置监控系统进行操作和检查。

检查上电时自检功能，异常时装置闭锁全部操作并发出告警信息。

自检正常后就地监控界面检查运行参数和工作状态等显示功能、定值查询和参数修改等设置功能、事件记录功能、闭锁与告警信息查询功能和复归功能是否正常。

检查是否具备就地手动操作和自动控制操作模式，操作及模式切换功能是否正常。

通过就地监控单元或控制柜按钮完成装置投入、退出、热备、冷备、闭锁/解锁、检修等操作，检查装置旁路开关、旁路隔离开关、串联隔离开关等设备操作闭锁逻辑和信号返回是否正确，检查装置自动模式顺序投入、顺序退出功能是否正常，检查装置整体动作和逻辑是否正确。

检查装置通信及远程监测功能（如适用）是否正常。

8.11.2 控制保护功能检查

8.11.2.1 概述

进行各种保护和控制功能试验时，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。控制装置在整定值范围内应能正常动作，试验次数不少于 3 次，检查告警和事件记录功能，应满足 7.11 的要求。

8.11.2.2 电容器过电压保护功能检查

调整配网串补装置监控系统串联电容器过电压保护阈值或电压模拟量输入信号，模拟串联电容器过电压保护，检查配网串补装置电容器过电压保护功能是否正常。

8.11.2.3 电容器过电流保护功能检查

调整配网串补装置监控系统串联电容器过电流保护阈值或串联电容器电流模拟量输入信号，模拟串联电容器过电流故障，检查配网串补装置电容器过电流保护功能是否正常。

8.11.2.4 控制系统失电控制功能检查

配网串补装置运行过程中断开装置监控系统供电电源，模拟装置监控系统失电故障，检查配网串补装置控制系统失电控制功能是否正常。

8.11.2.5 电容器内部故障保护功能检查

调整配网串补装置监控系统串联电容器容抗保护阈值或串联电容器电压、电流模拟量输入信号，模拟串联电容器内部故障容抗发生变化，检查配网串补装置电容器内部故障保护功能是否正常。

8.11.2.6 系统过电压/失压保护功能检查

调整配网串补装置监控系统系统过电压/失压保护阈值或模拟量输入信号，模拟系统过电压以及失压

故障，检查配网串补装置系统过电压/失压保护功能是否正常。

8.11.2.7 晶闸管触发异常保护功能检查

对于 T 型配网串补装置，拔掉某相晶闸管阀触发光纤或状态返回光纤，然后对配网串补装置进行投退操作，检查配网串补装置晶闸管触发异常保护和状态异常保护功能是否正常。

8.11.2.8 线路轻载退出功能检查

调整配网串补装置监控系统线路轻载保护阈值或系统电流模拟量输入信号，模拟系统轻载运行状态，检查配网串补装置线路轻载退出功能是否正常。

8.11.2.9 控制电源检查

配网串补装置整体上电后，检查配网串补装置取能功能是否正常。从被补偿线路取能，在二次信号侧模拟的线路运行电压在系统标称电压 70%~120% 内时，检查二次设备是否正常工作。检查后备电源是否能满足装置应急操作和状态信息上报的要求。

8.12 测量精度试验

试验时，给配网串补装置测量回路输入系统电压、电流相对模拟量和相角值，采用 10%、20%、80%、100%、120% 电压、电流值的模拟输入，根据配网串补装置显示值判断其相对误差，结果应符合 7.12 要求。

8.13 电磁兼容性试验

8.13.1 振铃波抗扰度试验

根据 7.14.1 要求，按 GB/T 17626.12—2013 中试验等级为 3 级的相关规定进行振铃波抗扰度试验。

8.13.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

根据 7.14.2 要求，按 GB/T 17626.4 中试验等级为 3 级的相关规定进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

8.13.3 静电放电抗扰度试验

根据 7.14.3 要求，按 GB/T 17626.2—2006 中试验等级为 3 级的相关规定进行静电放电抗扰度试验。

8.13.4 浪涌（冲击）抗扰度试验

根据 7.14.4 要求，按 GB/T 17626.5—2008 中试验等级为 3 级的相关规定进行浪涌（冲击）抗扰度试验。

8.13.5 射频电磁场抗扰度试验

根据 7.14.5 要求，按 GB/T 17626.3—2016 中试验等级为 3 级的相关规定进行射频电磁场抗扰度试验。

8.14 动作时序检查

本项试验可与保护功能检查、动态特性测试一并进行，具体试验方法和要求如下：

- a) 按 7.15 的规定逐项验证。
- b) 检验时，向配网串补装置监控系统接入相应电压、电流模拟信号，模拟不同类型故障信号，确认保护正确动作，配网串补装置可靠退出，并且故障显示与故障类型应相符。
- c) 有或无保护功能检验测试按图 4 中所示程序进行。试验时对配网串补装置监控系统施加的激励

量采用突然施加的方法，每个程序试验次数不少于 5 次，并根据所施加激励量的大小、保护是否动作或复归来判断保护功能是否合格。图 4 对应的工作状态见表 10。

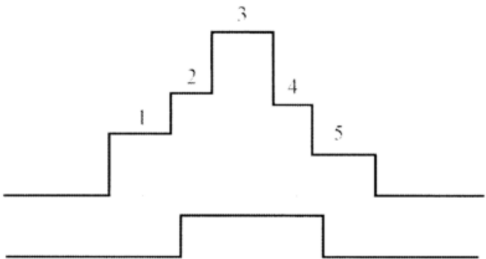


图 4 保护功能有或无测试程序图

表 10 装置工作状态

图 4 中编号	施加值	装置工作状态
1 ^a	不动作值	不动作
2	动作值	动作
3	大于动作值	保持动作
4	不返回值	保持动作
5	返回值	复归
^a 用户对产品有要求时，才做此项试验。		

- d) 闭锁投入功能检验检查。串联电容器组被旁路，同时施加自动投入和闭锁投入的相应激励量，检验闭锁投入功能，其动作时序满足 7.15 的要求。
- e) 电容器组保护动作值和动作时间测量。测量从突然改变激励量大小的时刻到串联电容器组被旁路或投入时刻的持续时间，测量 5 次，按测量算术平均值来计算时间参数，如公式（2）、公式（3）。其中开关动态特性满足 7.10 的要求，保护动作值误差和动作时间误差满足 7.13 的要求。
- 平均误差：

$$\Delta_a = \frac{D_a - D_z}{D_z} \times 100\% \tag{2}$$

一致性：

$$\delta = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_z} \times 100\% \tag{3}$$

式中：

- Δ_a ——平均相对误差，%；
 δ ——动作值一致性，%；
 D_z ——整定值；
 D_a ——测量动作算数平均值；
 D_{\max} ——测量动作最大值；
 D_{\min} ——测量动作最小值。

8.15 带负荷投退试验

在带负荷状态下进行配网串补装置投入和退出试验，试验方法如下：

- a) 利用自动或手动操作功能对配网串补装置进行一次带负荷的投入和退出操作，记录相关波形数

据，配网串补装置应正常工作。

- b) 现场试验时可根据实际线路负荷情况进行。
- c) 非现场试验时，可在配网串补装置出线侧接入模拟负荷（电容或电抗）形成模拟试验线路，对模拟试验线路施加相应电压，确保配网串补装置投入后，模拟线路电流为配网串补装置的额定电流，进行配网串补装置带负荷投退模拟试验。

8.16 抗短路能力验证

8.16.1 短路强度校核

根据配网串补装置的母排尺寸、绝缘子参数、安装位置、过电压保护器热容量、旁路动作时序、设备参数等资料，用系统计算校核的方式校核装置耐受由最大短路故障电流引起的热应力和电动力的能力。如符合装置各设备参数要求，则认为装置符合短路强度要求。由制造方提供产品短路强度设计校核报告。

8.16.2 短路试验验证（有条件时）

有条件时可进行短路试验验证，短路试验分为现场短路故障模拟试验和非现场短路故障模拟试验。现场短路故障模拟试验视现场实际条件而定，非现场短路故障模拟试验方法如下：

- a) 非现场人工短路试验短路前，在配网串补装置出线侧接入模拟负荷形成模拟试验线路，对模拟线路施加相应电压，确保配网串补装置投入后，模拟线路电流为配网串补装置的额定电流。
- b) 非现场人工短路试验短路时，流过配网串补装置的试验电流幅值（有效值）应与配网串补装置所在线路发生短路故障时的最大工频电流（有效值）一致。
- c) 非现场人工短路试验短路时，在配网串补装置和模拟负荷之间并接故障模拟开关，操作故障模拟开关模拟三相短路故障，记录相关波形数据，并应满足下列要求：
 - 1) 配网串补装置及其保护应正确动作且主要元部件无损坏；
 - 2) 串联电容器组上暂态电压峰值不应大于保护水平。

9 检验规则

9.1 检验分类

配网串补装置的试验分为型式试验、例行试验和现场试验。

9.2 型式试验

型式试验的目的在于考核配网串补装置的设计、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配网串补装置的性能时，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。

型式试验的配网串补装置应为经出厂例行试验合格的配网串补装置，全部型式试验项目应在同一配网串补装置上进行，或在同一配网串补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。

型式试验报告在购买方有要求时应予以提供。

9.3 例行试验

例行试验的目的是检验制造中的缺陷。这一试验由制造方对出厂的每一套配网串补装置进行。如受试验条件限制，经与购买方协商，部分例行试验项目可减容量进行或在现场试验时考核。

9.4 现场试验

现场试验主要是购买方在配网串补装置安装后进行的试验。试验的目的是检验配网串补装置在运输和安装后是否受到损伤,确保配网串补装置是良好的,检验配网串补装置能否正确动作及是否满足技术要求。

现场试验由制造方和购买方共同进行,在正常试验条件下进行。

9.5 检验项目

配网串补装置的检验项目见表 11。

表 11 配网串补装置检验项目

序号	检验项目名称		型式检验	例行试验	现场试验
1	外观检查		√	√	√
2	安全防护检查	2.1 外壳防护等级	√		
		2.2 防护与接地	√	√	√
3	电气间隙、爬电距离检验		√	√	√
4	绝缘试验	4.1 绝缘电阻测量	√	√	√
		4.2 工频耐压试验	√	√	√ ^a
		4.3 雷电冲击试验	√		
5	电容偏差测量		√	√	√ ^b
6	阻尼参数测量		√	√	
7	温升试验		√		
8	噪声测试		√		√ ^c
9	动态特性测试		√		
10	功能试验	10.1 监控功能	√	√	√
		10.2 保护功能	√	√	√
11	测量准确度试验		√	√	
12	电磁兼容试验	12.1 振铃波抗扰度试验	√		
		12.2 电快速瞬变脉冲群干扰试验	√		
		12.3 静电放电抗扰度试验	√		
		12.4 浪涌(冲击)抗扰度试验	√		
		12.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	√		
13	动作时序试验		√	√	
14	带负荷投退试验		√		√ ^c
15	抗短路能力验证	15.1 短路强度校核	√		
		15.2 短路试验验证	√ ^d		√ ^c

^a 框架式配网串补装置现场不具备试验电源条件时,可在投运安装前选择适宜场所对主要元器件实施该项试验;封闭箱式配网串补装置现场不具备试验电源条件时,可在投运前选择适宜场所对装置整体实施该项试验。

^b 现场可采用不拆线电容测试仪进行该项目。

^c 此类项目为配网串补装置现场整体带电后实施的项目。

^d 该项为有条件时进行的可选项。

10 标志、包装、运输、贮存

10.1 标志

每台配网串补装置应有铭牌或相当于铭牌的标志，内容至少包括：

- a) 名称和型号；
- b) 配网串补装置额定电压，kV；
- c) 配网串补装置额定容量，kvar；
- d) 配网串补装置额定容抗， Ω ；
- e) 配网串补装置额定电流，A；
- f) 配网串补装置保护特征号；
- g) 串联电容器组额定电压，kV；
- h) 依据标准；
- i) 主接线图；
- j) 出厂编号；
- k) 制造日期；
- l) 制造厂名称、商标。

注：其中主接线图可另行制作铭牌标示。

配网串补装置标志还需满足下列要求：

- a) 端子旁应标明端子号；
- b) 静电敏感部件应有防静电标志；
- c) 外包装上应有收发标志、包装、贮运图示标志等必需的标志和标签；
- d) 相关部位及说明书应有安全标志；
- e) 在使用说明书、质量证明文件或包装物上应有执行的标准代号；
- f) 所有标志和字样均应规范、清晰、持久；
- g) 使用说明书的要求应符合 GB/T 9969 的规定。

10.2 包装

10.2.1 包装要求

在包装前必须把积尘擦净，按装箱单进行包装，应将其可动部分固定。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。按照设备特点，根据需要分别加上防潮、防霉、防锈、防腐蚀、防冻等保护措施。应在包装箱的两个侧面以国际通用的标志和图案表明重心及吊点。按照不同需要，包装箱上明显标志“小心轻放”“向上”“防潮”“起吊点”“小心搬运”“防火”等字样。

附件及易损件应按标准和说明书的规定一并包装和供应，且应提供装置运输、贮存、安装、运行和维护说明书。

包装箱必须牢固，应能保证在正常运输条件下装置及装置内的电器不受损伤。

10.2.2 装箱资料

装箱资料应包括：

- a) 质量证明文件，必要时附出厂及其现场试验记录；
- b) 装置装箱文件，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

件清单、装置外形尺寸等资料；

- c) 装置原理图和接线图；
- d) 外购件出厂质量合格证明书、技术说明书等；
- e) 合格证（包括配套设备的合格证）；
- f) 安装时必需的技术图样。

10.2.3 随装置包装的配套件

随装置供应的配套件应在相关文件中注明，一般包括：

- a) 易损零部件及元器件；
- b) 装置附件；
- c) 规定的备品备件。

10.3 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%。装置在包装状态下运输，在运输过程中必须防止剧烈冲击、雨淋、曝晒。

10.4 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 85%、周围空气中无腐蚀性或引起火灾及爆炸性物质的室内。

附录 A (资料性附录)

配网串补装置典型动作时序

电网故障、线路过载、线路轻载、线路操作、装置内部故障以及持续运行等事件需求构成了配网串补装置所要求的动作时序，包括配网串补装置的投入和旁路（暂时旁路和永久旁路）等操作。以图 3 a) 为例的配网串补装置（M 型）典型动作时序见表 A.1～表 A.5。

注：不同电压等级和不同供应商的不同类型配网串补装置，故障持续时间和相应设备动作定值、动作时间与表 A.1～表 A.5 的示例时间存在差异，其动作时序可参照表 A.1～表 A.5 进行必要调整。

表 A.1 配网串补装置带电投入串联电容器组动作时序

动作时间 s	系统扰动事件	装置操作
0	系统线电压标幺值低于 0.98	旁路开关处于合闸位置
0~200	系统线电压标幺值持续低于 0.98 或线路电流大于投入设定值	
200	系统线电压标幺值低于 0.98	旁路开关分闸

表 A.2 配网串补装置系统过压暂时旁路串联电容器组动作时序

动作时间 ms	系统扰动事件	装置操作
0	系统线电压标幺值高于 1.07	旁路开关处于分闸位置
0~1200	系统线电压标幺值持续高于 1.07	
1200	系统线电压标幺值高于 1.07	旁路开关合闸

表 A.3 配网串补装置进线侧失电暂时旁路串联电容器组动作时序

动作时间 ms	系统扰动事件	装置操作
0	系统线电压标幺值低于 0.2	旁路开关处于分闸位置
0~200	系统线电压标幺值持续低于 0.2	
200	系统线电压标幺值低于 0.2	旁路开关合闸

表 A.4 线路故障时配网串补装置暂时旁路串联电容器组动作时序

故障时间 ms	系统扰动事件	装置操作
0	配网串补装置出线侧发生短路故障	旁路开关处于分闸位置
0~100	短路故障持续	MOV 按要求限压，旁路开关合闸，串联电容器组和 MOV 被旁路
100	配网串补装置进线侧线路断路器跳闸，切除故障	旁路开关处于合闸位置

表 A.5 内部故障配网串补装置永久旁路串联电容器组动作时序

动作时间 s	内部故障事件	装置操作
0	针对 TV 断线、电容值超差等内部元件故障导致 配网串补装置不能正常运行的情况	旁路开关处于分闸位置
0~5		旁路开关合闸闭锁

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
配电网串联电容器补偿装置
NB/T 42156—2018

*

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>)

北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2019年3月第一版 2019年4月北京第二次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 2印张 57千字

印数 101—400册

*

统一书号 155198·1180 定价 **29.00** 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换

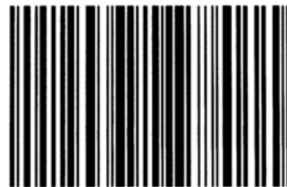


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.1180