

ICS 27.100  
F 29  
备案号: 42664-2014

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1304 — 2013

---

## 500kV 串联电容器补偿装置系统调试规程

Code of commissioning tests for 500kV series capacitor installation

2013-11-28 发布

2014-04-01 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 ..... 1

4 基本要求 ..... 2

5 系统调试仿真分析要求 ..... 3

6 系统调试方案编制要求 ..... 3

7 系统调试前应具备的条件 ..... 3

8 系统调试项目及要求 ..... 4

9 调试报告要求 ..... 11

10 调试过程中注意事项 ..... 12

附录 A（资料性附录） 典型串补装置电气主接线及工作状态 ..... 13

附录 B（资料性附录） 系统调试仿真分析典型大纲 ..... 15

## 前 言

为规范 500kV 串联电容器补偿装置系统调试工作，验证串补系统功能是否满足设计要求，确保串补装置投入运行后能正常运行，特制定本标准。

本标准是基于 500kV 串联电容器补偿装置建设经验及参考国内外串联电容器补偿装置的现有设计、制造、试验及运行的标准，对 500kV 串联电容器补偿装置系统调试的基本内容做出规定。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电能质量及柔性输电标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、中国电力科学研究院、湖北省电力公司电力科学研究院、国网智能电网研究院、南方电网科学研究院有限责任公司、辽宁省电力有限公司、辽宁电能发展股份有限公司、上海思源电力电容器有限公司、广西电网公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：黄雄辉、郑彬、唐金昆、康健、戴朝波、李岩、蔡汉生、班连庚、全凤岐、王崇祜、黄东山。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

## 500kV 串联电容器补偿装置系统调试规程

### 1 范围

本标准规定了串联电容器补偿装置系统调试的基本内容。

本标准适用于 500kV 电压等级的串联电容器补偿装置，其他电压等级可参照执行。

### 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/T 6115.2—2002 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（IEC 60143-2:1994, IDT）

GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

DL/T 365—2010 串联电容器补偿装置控制保护系统现场检验规程

DL/T 782—2001 110kV 及以上送变电工程启动及竣工验收规程

DL/T 1193—2012 柔性输电术语

DL/T 1219—2013 串联电容器补偿装置 设计导则

DL/T 1220—2013 串联电容器补偿装置 交接试验及验收规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**串联电容器补偿装置 series capacitor installation**

串联在输电线路中，由电容器组及其保护、控制等辅助设备组成的装置，简称串补装置或串补，主要有固定串联电容器补偿装置（简称固定串补）和晶闸管控制串联电容器补偿装置（简称可控串补）。

注：典型串补装置电气主接线参见附录 A。

[DL/T 1220—2013 串联电容器补偿装置 交接试验及验收规范，定义 3.1]

#### 3.2

**分段串补 series capacitor module**

由具有独立电压限制设备和继电保护设备的串联电容器组单相段组成的三相串联电容器模块。

注：分段串补的旁路设备操作通常是三相旁路，但在某些保护中旁路设备操作是单相暂时旁路。

#### 3.3

**保护水平 protective level**

在旁路间隙（间隙系统）动作前的瞬间或动作过程中，或在规定的暂态电流流过可变电阻器（可变电阻器系统）时出现在串联电容器上的最大瞬时电压值。实际上保护水平等于  $U_{lim}$ 。

[GB/T 6115.2—2002，定义 1.3.41]

#### 3.4

**电容不平衡保护 capacitance unbalance protection**

用来监测单相电容器组由于熔丝熔断或电容器损坏引起的电容器不平衡，并给出警报或合上旁路开关，或给出警报同时合上旁路开关的设备。

[GB/T 6115.2—2002, 定义 1.3.9]

3.5

**区内故障 internal fault**

发生在串联电容器组所在线路两端断路器之内的线路故障。

3.6

**区外故障 external fault**

发生在串联电容器组所在线路两端断路器之外的线路故障。

3.7

**控制角 control angle**

$\alpha$

电容器电压  $U_C$  过零开始到晶闸管阀开始导通为止的电角度, 也称为触发角。

[DL/T 1219—2013, 定义 3.18]

3.8

**等效电抗 apparent reactance**

$X(\alpha)$

晶闸管控制串联电容器的工频电抗, 是晶闸管触发角的函数。

[DL/T 1193—2012, 定义 4.4.5]

3.9

**物理电抗 physical reactance**

$X_C$

晶闸管阀处于闭锁状态且电容器电介质温度为 20°C 时, 晶闸管控制串联电容器的单相工频电抗值。

[DL/T 1193—2012, 定义 4.4.7]

3.10

**提升系数 boost factor**

$k_B$

等效电抗  $X(\alpha)$  和物理电抗  $X_C$  的比值, 见式 (1):

$$k_B = X(\alpha) / X_C \quad (1)$$

式中:

$X(\alpha)$ ——等效电抗;

$X_C$ ——物理电抗。

[DL/T 1193—2012, 定义 4.4.8]

3.11

**强补 forced compensation**

可控串补补偿度提升至其最高补偿度并持续一段时间的过程, 通常用于提高系统暂态稳定性。

[DL/T 365—2010, 定义 3.15]

3.12

**(串补装置) 系统调试 commissioning tests**

为验证串补装置性能及系统运行特性是否达到技术规范书要求和串补装置是否具备投运条件, 在串补装置相关设备完成施工安装并通过分系统试验检验合格后, 对串补装置及其所在系统进行的系列试验和测试。

## 4 基本要求

4.1 串补装置在投入运行之前, 应对装置进行系统调试, 全面验证串补设备及控制保护系统功能和性

能，考核设计、制造、安装和分系统调试是否满足要求，以保证装置具备安全可靠地投入运行的条件。

4.2 串补装置的系统调试组织应满足 DL/T 782—2001 的相关规定。确认系统调试具备条件后，进行系统调试。

4.3 现场调试前应进行系统调试仿真计算分析，并编制系统调试方案。

4.4 系统调试用测试仪器应满足系统调试测试要求。

## 5 系统调试仿真分析要求

### 5.1 潮流稳定仿真分析

5.1.1 采用潮流稳定仿真程序，结合串补装置等设备的实际特性参数，针对待调试系统和调试项目，从系统安全稳定角度分析调试系统的薄弱环节及可能出现的技术问题，提出系统调试试验方式、电压无功控制策略以及确保调试期间电网安全稳定控制措施建议，为制定系统调试方案和测试方案提供依据。

5.1.2 潮流稳定仿真分析的典型大纲参见附录 B 中 B.1，分析内容可根据工程实际情况取舍。

### 5.2 电磁暂态仿真分析

5.2.1 采用电磁暂态仿真程序，结合串补装置等设备的实际特性参数，对各调试项目中可能出现的过电压、过电流等情况进行仿真计算，分析串补装置主要元件及相关设备的工况，评估一次设备及系统运行安全性，提出各调试项目的试验方式安排及安全措施建议，为制定系统调试方案和测试方案提供依据。

5.2.2 电磁暂态仿真分析的典型大纲参见附录 B 中 B.2，分析内容可根据工程实际情况取舍。

### 5.3 动态模拟试验（必要时）

动态模拟试验应基于串补装置工程系统及串补设备实际参数，建立动态模拟试验环境，模拟包括串补装置在内的电力系统各种运行工况及故障状态，对串补装置的控制保护功能和性能及其对接入系统的适应性进行验证。

## 6 系统调试方案编制要求

### 6.1 系统调试方案编制要求

系统调试方案编制以批准文件、设计文件、合同以及相关国家及行业颁布的法规、标准、规范和规程为依据，满足全面检验串补装置性能的要求。系统调试方案内容包括各调试项目的试验目的、试验内容、试验方法、试验步骤、测试内容及安全措施。系统调试方案可结合仿真计算结果进行编制。

### 6.2 系统调试调度实施方案编制要求

系统调试调度实施方案包括启动调试应具备的条件、调试启动操作程序、电网的运行方式、启动调试期间的安全技术措施等。系统调试调度实施方案应结合串补装置系统调试方案进行编制。

### 6.3 测试方案编制要求

测试方案应能满足各调试项目的测试实施要求。测试方案应包括测试内容、测试方法、测试设备及接线、记录表格、安全措施。测试方案应结合系统调试方案进行编制。

### 6.4 人工单相瞬时短路接地试验方案编制要求

人工短路试验方案应满足串补装置系统调试方案规定的要求。人工短路试验方案包括人工短路接地故障地点的选择、人工接地试验装置、接地试验前准备、杆塔接地电阻参数、接地试验步骤及系统恢复要求。人工短路试验方案应结合系统调试方案、系统调试仿真分析结果以及现场具体条件进行编制。

## 7 系统调试前应具备的条件

7.1 串补装置系统调试启动带电应具备 DL/T 782—2001 中 5.2 规定的条件。

7.2 串补装置所有设备均已按验收规范的规定进行了安装和设备调试、分系统调试，且试验合格，有关部门已验收。

7.3 继电保护已按调度要求完成调试整定，安全稳定控制装置应按调度规定方式投入运行。

7.4 系统调试方案、调试调度方案及系统调试测试方案已经正式批准，串补装置现场运行规程已报调度备案。

7.5 串补装置已具备接入系统运行的条件，串补装置的事件记录仪、录波装置正常工作。

7.6 串补装置调试相关厂站二次控制、保护、监测系统均正常工作。

7.7 通信系统已通过调试，遥信、遥测、远动信息能正确传送到调度部门，可以满足继电保护、安全自动装置、系统调试时指挥、调度、测试和通信的要求。

7.8 已做好系统调试的各项测试接线和配合工作，确认线路断路器分合试验装置功能正常。

7.9 系统调试前应重点确认分系统调试中线路保护联动串补旁路、串补联跳线路跳闸功能正常。当具有分段串补联动串补旁路、发电机组保护联动串补旁路功能时，应确认其功能正常。确认双系统掉电保护功能及紧急合闸保护功能正常。

7.10 系统调试方案规定的各项安全措施已经布置。

## 8 系统调试项目及要求

### 8.1 系统调试项目

500kV 固定串补装置及可控串补装置的系统调试项目见表 1。

表 1 串补装置系统调试项目

序号	调试项目名称	固定串补装置	可控串补装置	备注
1	串补平台带电试验	√	√	
2	串补空载带电试验	√	√	
3	带串补空载投切试验	√	√	仅适用于具有带串补空载投切功能的串补装置
4	线路保护联动串补旁路试验	√	√	
5	分段串补联动串补旁路试验 <sup>a</sup>	√	√	仅适用于具有分段串补联动串补旁路功能的串补装置
6	串补控制保护系统电源掉电试验	√	√	
7	发电机组保护联动串补旁路试验 <sup>a</sup>	√	√	仅适用于具有发电机组保护联动串补旁路功能的串补装置
8	串补带负载试验	√	√	
9	人工单相瞬时短路接地试验	√	√	
10	大负荷试验 <sup>a</sup>	√	√	
11	可控串补控制系统切换试验		√	
12	可控串补容抗调节试验		√	
13	可控串补晶闸管旁路试验		√	
14	可控串补强补试验		√	
15	可控串补大负荷下强补试验 <sup>a</sup>		√	可结合大负荷试验过程中进行
16	可控串补小负荷下投退试验 <sup>a</sup>		√	
17	可控串补持续高容抗试验		√	
18	可控串补阻尼功率振荡试验 <sup>a</sup>		√	

<sup>a</sup> 该试验项目为选做项目。

## 8.2 串补平台带电试验

### 8.2.1 试验条件

串补装置所在线路空载，电源侧母线电压应控制在系统调试方案规定值范围内。

### 8.2.2 试验方法

- 确认串补装置所在线路两侧断路器操作到冷备用状态，串补装置处于隔离状态（参见附录 A 中 A.3），并确认串补旁路开关、旁路隔离开关均在合闸位置，接地开关在分闸位置。
- 合上串补装置两侧串联隔离开关，确认其在合闸位置。
- 根据系统情况操作线路一侧电源对串补平台及一次设备冲击加压，并保持带电时间应至少 30min。
- 试验时应检查线路两端电压、线路电流、串补平台电流，检查串补控制保护系统的运行情况。

### 8.2.3 测试内容

- 串补站：线路侧电压，平台电流。
- 两侧变电站：串补线路电压（过电压），线路电流。

### 8.2.4 判据

串补平台对地绝缘正常，控制保护系统无异常现象。

## 8.3 串补空载带电试验

### 8.3.1 试验条件

串补装置所在线路空载，充电电源母线电压应控制在系统调试方案规定值范围内，串补装置已通过了平台带电试验。

### 8.3.2 试验方法

- 确认串补装置处于隔离状态，试验线路电源侧断路器在运行状态，线路另一侧断路器在冷备用状态。
- 对于可控串补装置，应解除可控串补旁路开关闭锁信号。
- 合上串补装置两侧串联隔离开关，确认其在合闸位置。
- 断开串补装置旁路隔离开关，确认其在分闸位置。
- 断开串补装置旁路开关，确认其在分闸位置，并保持串补设备带电时间应至少 30min。
- 试验时应检查线路两端电压、线路电流、串补平台电流和电容器不平衡电流，检查串补控制保护系统的运行情况。

### 8.3.3 测试内容

- 串补站：测量线路电压，平台电流，电容器组不平衡电流。
- 两侧变电站：串补线路电压（过电压），母线电压，线路电流。

### 8.3.4 判据

电容器组对串补平台绝缘正常，电容器组不平衡电流值在允许范围内，开关操作正常，控制保护系统无异常现象。

## 8.4 带串补空载投切试验

### 8.4.1 试验条件

串补装置所在线路空载，母线侧电压应控制在系统调试方案规定值范围内。在线路带并联电抗器进行该试验时，应依据系统仿真计算分析确认具备该试验的系统条件。

### 8.4.2 试验方法

- 确认线路两侧断路器在冷备用状态，串补装置在旁路状态。
- 断开串补装置旁路开关，确认其在分闸位置。
- 分别以串补装置远端和近端母线为电源，采用电源侧线路断路器三相带串补空载投切线路，相



邻分合同隔时间应大于电容器组放电时间（通常不少于 10min）。

#### 8.4.3 测试内容

- a) 串补站：线路侧电压，平台电流。
- b) 两侧变电站：串补线路电压（过电压），母线电压，线路电流。

#### 8.4.4 判据

线路断路器投切带串补空载线路正常，串补装置无异常，线路过电压在规定值以下。

### 8.5 线路保护联动串补旁路试验

#### 8.5.1 试验条件

串补装置所在线路空载，试验电源母线电压应控制在系统调试方案规定值范围内。

#### 8.5.2 试验方法

- a) 将串补装置操作到运行状态。
- b) 通过串补装置所在线路变电站每套线路主保护依次发人工模拟保护动作信号，由线路保护联动串补旁路动作，分别合上串补装置旁路开关单相各一次、三相一次。

#### 8.5.3 测试内容

串补站：串补事件记录，串补保护动作情况，串补旁路开关位置。

#### 8.5.4 判据

线路联动串补旁路保护动作正确，将串补装置旁路开关合上，旁路开关动作正常。

### 8.6 分段串补联动串补旁路试验

#### 8.6.1 试验条件

串补装置所在线路空载，试验电源母线电压应控制在系统调试方案规定值范围内。

#### 8.6.2 试验方法

- a) 将串补装置操作到运行状态。
- b) 通过人工模拟使另一段串补联动退本段串补的触点信号有效，联动分段串补旁路。

#### 8.6.3 测试内容

串补站：串补事件记录，串补保护动作情况，串补旁路开关位置。

#### 8.6.4 判据

分段串补联动保护动作正确，旁路开关的位置在保护动作后由分位变合位并保持。

### 8.7 串补控制保护系统电源掉电试验

#### 8.7.1 试验条件

串补装置正常运行，线路电流大于串补装置正常工作的最小电流规定值。

#### 8.7.2 试验方法

- a) 断开串补装置一套控制保护系统的直流供电电源，然后再合上，检查串补保护系统无误动。
- b) 对串补装置另一套保护重复上一步骤。

#### 8.7.3 测试内容

串补站：监测串补控制保护系统的动作情况及其事件记录。

#### 8.7.4 判据

串补装置工作应正常，保护系统无误动，相关事件记录正确。

### 8.8 发电机组保护联动串补旁路试验

#### 8.8.1 试验条件

母线电压控制值在系统调试方案规定值范围内，电厂发电机组控制保护系统运行正常。

#### 8.8.2 试验方法

- a) 将串补装置投入运行并确认其状态。
- b) 通过发电机组每套主保护装置分别发人工模拟保护联动串补信号，联动串补旁路。

### 8.8.3 测试内容

串补站：串补事件记录，串补保护动作情况，串补旁路开关位置。

### 8.8.4 判据

发电机组保护联动串补旁路保护动作正确，旁路开关动作正常。

## 8.9 串补带负载试验

### 8.9.1 试验条件

母线电压和线路潮流控制值在系统调试方案规定值范围内。

### 8.9.2 试验方法

- 合上线路双侧断路器，断开串补装置旁路开关，使串补装置投入运行（对可控串补装置应将提升系数调整至额定工况），负载带电时间不应小于 60min，期间宜采用红外测温成像仪监测串补装置各主设备及接头的温升情况。
- 检查串补装置在正常线路电流下的工作情况，检查线路电流、电容器组电流、电容器组不平衡电流和金属氧化物限压器不平衡电流是否正常，并检查串补控制保护系统运行情况。
- 手动触发故障录波装置，检查平台测量回路极性及测量值的正确性。

### 8.9.3 测试内容

- 串补站：线路电压，平台电流、电容器电流、电容器组不平衡电流、金属氧化物限压器不平衡电流，串补装置各主要设备及接头的温升情况，可控串补电压降及具有电压测试点的固定串补电压降（包括分压器测试和保护系统的软件计算测试），旁路开关操作时的电磁干扰监测。
- 两侧变电站：串补线路电压（过电压），母线电压，线路电流。

### 8.9.4 判据

电容器组不平衡电流、金属氧化物限压器不平衡电流、串补电压降在允许范围内，主设备无异常现象，控制保护系统无异常现象，平台测量回路极性及测量值正确。

## 8.10 人工单相瞬时短路接地试验

### 8.10.1 试验条件

母线电压和线路潮流控制值在系统调度方案规定值范围内，系统按调度要求配备相应安全措施。

### 8.10.2 试验方法

- 根据仿真分析结果及现场实际条件在串补线路侧选择合适人工接地点，设置好单相瞬时短路接地试验装置，利用短路试验装置进行人工短路接地试验。
- 将串补线路及串补装置投入运行。
- 按“人工单相瞬时短路接地试验方案”实施一次单相瞬时短路接地地区内故障试验，期间进行电磁干扰监测。

注：除特殊要求外，不单独进行人工单相瞬时短路接地地区外故障试验。

- 检查保护动作行为及设备耐受能力是否符合要求，包括金属氧化物限压器动作行为及吸收的能量、串补阻尼回路阻尼效果、线路保护联动功能动作情况及动作时间、线路两端保护及串补保护的動作行为、间隙动作情况及动作时间；检查平台测量系统的正确性及抗干扰能力；检查可控串补晶闸管旁路动作情况及动作时间，检查可控串补阻尼功率振荡功能，检查串补主设备的耐受能力。

### 8.10.3 测试内容

- 串补站：线路电压，平台电流，电容器组不平衡电流，金属氧化物限压器不平衡电流，金属氧化物限压器电流，间隙电流，间隙动作时间，旁路开关动作时间，串补重投时间，可控串补晶闸管旁路动作时间，保护联动时间，线路有功和无功功率，线路保护情况，串补电压。
- 两侧变电站：线路侧电压（过电压），母线电压，线路电流。

#### 8.10.4 判据

- a) 区内故障:
  - 1) 线路两端保护及串补保护动作行为正确;
  - 2) 间隙及可控串补晶闸管旁路动作及动作时间正确;
  - 3) 金属氧化物限压器动作行为和吸收的能量正确;
  - 4) 串补过电压水平在设计保护水平内;
  - 5) 线路保护联动串补旁路动作及动作时间正确;
  - 6) 阻尼装置阻尼效果正确;
  - 7) 可控串补阻尼功率振荡功能正常;
  - 8) 平台测量系统工作正常;
  - 9) 平台设备无闪络放电;
  - 10) 各主设备无损坏。
- b) 区外故障:
  - 1) 串补装置在区外故障时的保护动作行为正确;
  - 2) 金属氧化物限压器动作行为和吸收的能量正确;
  - 3) 串补过电压水平在设计保护水平内;
  - 4) 线路两端保护及串补保护动作行为正确;
  - 5) 可控串补阻尼功率振荡功能正常;
  - 6) 各主设备无损坏。

#### 8.11 大负荷试验

##### 8.11.1 试验条件

试验时串补装置电流应大于系统调试方案规定值（宜大于串补装置额定电流的 50%），系统安全控制措施应投入运行。

##### 8.11.2 试验方法

- a) 对于可控串补装置，应将提升系数调整到系统调试方案要求的规定值。
- b) 将线路操作到带串补装置运行，线路电流达到试验规定值以上，主设备温升稳定，期间宜采用红外测温成像仪监测串补装置各主设备及接头的温升情况。

##### 8.11.3 测试内容

线路电流（含谐波电流），电容器电流，串补装置主设备及接头温升，可控串补晶闸管阀电流，可控串补晶闸管阀冷却系统进出水温度及冷却水流量。

##### 8.11.4 判据

串补装置主设备及接头温升、可控串补晶闸管阀冷却系统进出水温度满足要求，串补装置运行正常。

#### 8.12 可控串补控制系统切换试验

##### 8.12.1 试验条件

线路电流应大于可控串补装置正常工作的最小电流规定值，按调度要求配置相应的系统安全控制措施。

##### 8.12.2 试验方法

- a) 将线路操作到带可控串补运行。
- b) 将可控串补装置控制系统由一套系统（简称 A 系统）切换至另一套冗余系统（简称 B 系统），观测可控串补装置在控制系统切换过程中工作是否正常。
- c) 将可控串补装置控制系统由 B 系统切换至 A 系统，观测可控串补装置在控制系统切换过程中工作是否正常。

##### 8.12.3 测试内容

监测可控串补装置在控制系统切换过程中的工作是否正常。

#### 8.12.4 判据

可控串补装置在两套控制系统切换过程中工作正常。

### 8.13 可控串补容抗调节试验

#### 8.13.1 试验条件

线路电流大于可控串补装置正常工作的最小电流规定值。

#### 8.13.2 试验方法

- 操作线路带负载运行，将可控串补装置投入。
- 通过控制系统，使可控串补装置运行于不同的容抗水平，观测可控串补容抗与触发角的关系。调节过程按系统调试方案要求的规定进行提升系数的升降调节，可按每 0.2 倍标么值为一个台阶，在每个台阶持续运行 5min。
- 按系统调试方案要求，分别给可控串补容抗发出提升系数阶跃升、降命令，测量可控串补容抗阶跃响应特性。
- 使可控串补装置处于自动运行，测量可控串补容抗连续调节特性。

#### 8.13.3 测试内容

- 可控串补各触发角下的等效电抗及其对应关系。
- 可控串补容抗连续调节范围。
- 可控串补晶闸管电流。
- 不同容抗下的线路功率。
- 可控串补不同容抗下的线路电流谐波、母线电压谐波和串联电容器电流谐波。

#### 8.13.4 判据

- 可控串补容抗调节特性符合设计要求。
- 可控串补容抗调节时，线路两端母线电压谐波符合谐波限制要求。
- 可控串补晶闸管及其冷却系统工作正常。

### 8.14 可控串补晶闸管旁路试验

#### 8.14.1 试验条件

线路带负载运行，可控串补装置投入，线路潮流控制值在系统调试方案规定值范围内。

#### 8.14.2 试验方法

- 操作可控串补装置运行在容抗调节区。
- 通过可控串补装置控制系统，使可控串补装置的晶闸管阀处于全导通状态，测量可控串补装置进入晶闸管阀全导通状态的响应时间。
- 通过可控串补装置控制系统，使可控串补装置从晶闸管阀全导通状态返回容抗调节区，测量可控串补装置从晶闸管阀全导通状态返回至容抗调节的响应时间。
- 通过可控串补装置控制系统，使可控串补装置的晶闸管阀处于全导通状态，持续运行时间至少 30min，记录晶闸管阀的工作状态、冷却系统的进出水温度和流量。

#### 8.14.3 测试内容

- 可控串补装置进入和退出晶闸管阀全导通状态的响应时间。
- 可控串补晶闸管电流。
- 可控串补晶闸管阀冷却系统的进出水温度和流量。

#### 8.14.4 判据

- 可控串补装置进入晶闸管阀全导通状态和返回容抗调节的响应特性符合要求。
- 可控串补晶闸管阀及其控制设备在全导通状态下工作正常。
- 可控串补晶闸管阀冷却系统工作正常，温升和流量符合要求。

## 8.15 可控串补强补试验

### 8.15.1 试验条件

线路电流大于可控串补装置正常工作的最小电流规定值。

### 8.15.2 试验方法

- a) 将可控串补装置操作到容抗调节区运行。
- b) 通过安稳装置或控制系统（若有安稳装置，则首选安稳装置）使可控串补进入强补工作状态，检查可控串补装置工作情况。
- c) 通过试验记录检查可控串补装置强补控制逻辑是否正确，可控串补强补性能是否满足要求。

### 8.15.3 测试内容

- a) 线路电压、线路电流。
- b) 可控串补等效电抗曲线。

### 8.15.4 判据

可控串补装置强补控制逻辑正确。

## 8.16 可控串补大负荷下强补试验

### 8.16.1 试验条件

线路电流应大于系统调试方案规定值（宜大于串补装置额定电流的 50%），系统安全控制措施应投入运行。该项试验可结合 8.11 试验过程中进行。

### 8.16.2 试验方法

- a) 将可控串补装置操作到大负荷下容抗调节区运行。
- b) 通过安稳装置或控制系统（若有安稳装置，则首选安稳装置），使可控串补装置在大负荷下进入强补工作状态，检查可控串补装置工作情况。
- c) 通过试验记录检查可控串补装置大负荷下强补控制逻辑是否正确、可控串补强补性能是否满足要求。

### 8.16.3 测试内容

- a) 线路电压、线路电流。
- b) 可控串补等效电抗曲线。

### 8.16.4 判据

可控串补装置在持续通过较大电流时，强补控制逻辑正确。

## 8.17 可控串补小负荷下投退试验

### 8.17.1 试验条件

线路电流低于小负荷时要求的小电流规定值。

### 8.17.2 试验方法

- a) 将可控串补装置操作到运行状态。
- b) 通过调度调节线路电流小于规定的小电流下限值。
- c) 通过试验记录检查可控串补装置在小电流下自动退出运行工作是否正确，检查可控串补装置工作情况是否正常。
- d) 通过调度调节线路电流大于规定的小电流值上限值。
- e) 可控串补装置在小电流下手动投入运行，检查可控串补装置工作是否正确。

### 8.17.3 测试内容

- a) 线路电压。
- b) 线路电流。

### 8.17.4 判据

可控串补装置在线路电流低于小电流下限值时能自动退出，大于小电流上限值时可人工投入。

## 8.18 可控串补持续高容抗试验

### 8.18.1 试验条件

线路电流宜大于串补装置额定电流的 50%，系统安全稳定控制措施应投入运行。该项试验可结合 8.11 试验过程中进行。

### 8.18.2 试验方法

- a) 线路带规定的较大负载运行，可控串补装置投入，可控串补容抗调节到额定值。
- b) 将可控串补容抗调节到较高容抗值。
- c) 可控串补在较高容抗条件下运行，可控串补晶闸管阀冷却系统温度稳定后至少持续运行 30min，期间记录可控串补晶闸管阀及其冷却系统工作情况。
- d) 将可控串补容抗调节到系统调试方案规定值。

### 8.18.3 测试内容

- a) 可控串补等效容抗。
- b) 线路电流。
- c) 晶闸管阀电流。
- d) 冷却系统进出水温度和冷却水流量。

### 8.18.4 判据

- a) 可控串补晶闸管阀持续通过较大电流时，晶闸管阀及其冷却系统工作无异常。
- b) 冷却系统出水温度和冷却水流量符合要求。

## 8.19 可控串补阻尼功率振荡试验

### 8.19.1 试验条件

线路带负荷运行，可控串补装置投入，线路电流大于可控串补装置正常工作的最小电流规定值。

### 8.19.2 试验方法

分别在可控串补阻尼功率振荡功能退出和投入的状态下，在系统中通过操作产生扰动，记录系统扰动过程。

### 8.19.3 测试内容

- a) 线路有功功率、无功功率。
- b) 母线电压。
- c) 线路电流。
- d) 可控串补晶闸管阀电流。
- e) 可控串补等效电抗曲线。

### 8.19.4 判据

可控串补阻尼功率振荡功能动作行为正确。

## 9 调试报告要求

9.1 系统调试完成后，系统调试方应提供系统调试试验报告和全部试验项目的原始试验测试记录。

9.2 系统试验报告应至少包括如下内容：

- a) 试验概况，包括被试装置的名称、额定参数，试验场所的名称和地点，试验环境条件，试验日期，试验组织工作情况。
- b) 试验依据和技术规范。
- c) 试验结果及分析，包括数据记录、录波图、事件记录等。
- d) 试验中异常情况的分析及处理，包括异常情况分析、处理依据和处理前后的试验结果等。
- e) 系统调试结论和建议。

## 10 调试过程中注意事项

10.1 系统调试时，应充分重视各项安全工作，所有参加系统调试的人员应遵守 GB 26860 中的安全规定，结合工程实际情况做好安全措施。

10.2 系统调试过程中应做好安全防护工作，防范因串补装置平台、设备炸裂导致的人身伤害风险。

10.3 登串补平台检查设备时，应先将串补装置转检修状态，并确保电容器有足够的放电时间。

10.4 人工单相瞬时短路接地试验应在良好天气下进行，避免在雷雨天气下进行室外试验。

10.5 在进行人工单相瞬时短路接地试验时，应确保操作人员的安全距离、接地装置的安全保险有效，防止接地试验对邻近电力线路和通信线路带来有害影响，并做好现场着火风险、对非试验人员伤害风险等安全隐患的防范措施。

10.6 根据系统设计，如与串补装置相邻发电机组可能产生次同步谐振现象，在系统调试前应通知电厂做好应急预案，加强观测相邻发电机组的模态振荡及扭应力保护动作情况。

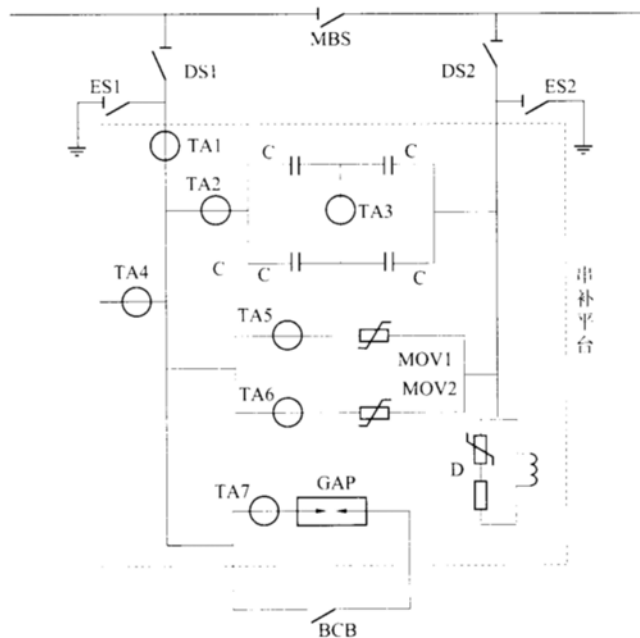
## 附录 A

(资料性附录)

### 典型串补装置电气主接线及工作状态

### A.1 典型固定串补装置电气主接线

典型固定串补装置电气主接线见图 A.1。



C—串联电容器; MOV1、MOV2—金属氧化物限压器; GAP—强制触发间隙; D—阻尼装置;

MBS—旁路隔离开关；DS1、DS2—串联隔离开关；ES1、ES2—接地开关；

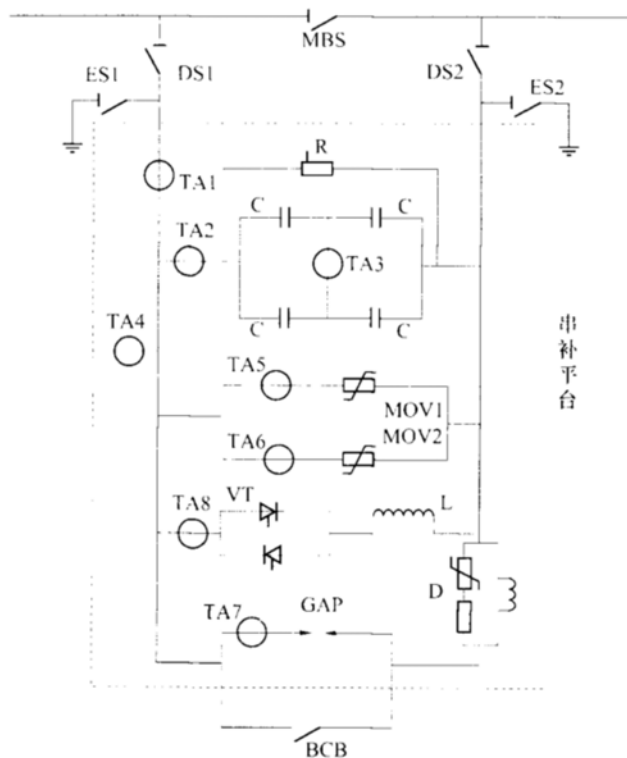
BCB—旁路开关；TA1~TA7—电流互感器。

图 A.1 固定串联电容器补偿装置典型电气主接线图



### A.2 典型可控串补装置电气主接线

典型可控串补装置电气主接线图见图 A.2。



C—串联电容器; MOV1、MOV2—金属氧化物限压器; GAP—强制触发间隙; D—阻尼装置; MBS—旁路隔离开关;

DS1、DS2—串联隔离开关; ES1、ES2—接地开关; BCB—旁路开关; TA1~TA8—电流互感器;

R—电阻分压器; VT—晶闸管阀; L—阀控电抗器。

图 A.2 晶闸管控制串联电容器补偿装置典型电气主接线图

### A.3 串补装置工作状态及相关设备位置

串补装置的工作状态有检修（或接地）、隔离（冷备用）、旁路（热备用）和运行共 4 种状态，相关的设备操作位置见表 A.1。

表 A.1 串补装置工作状态及相关设备位置

串补装置 工作状态	旁路开关 (BCB)		旁路隔离开关 (MBS)		串联隔离开关 (DS1)		串联隔离开关 (DS2)		接地开关 (ES1)		接地开关 (ES2)	
	合位	分位	合位	分位	合位	分位	合位	分位	合位	分位	合位	分位
检修(或接地)	√		√			√		√	√		√	
隔离(冷备用)	√		√			√		√		√		√
旁路(热备用)	√			√	√		√			√		√
运行		√		√	√		√			√		√

**附录 B**  
(资料性附录)  
**系统调试仿真分析典型大纲**

**B.1 系统调试潮流稳定仿真分析****B.1.1 调试系统电网特性分析内容****B.1.1.1 系统调试试验方式分析。****B.1.1.2 严重故障分析和系统安控措施分析。****B.1.2 调试项目仿真分析内容****B.1.2.1 串补平台带电试验仿真分析应包含的内容：**

- a) 投切空负荷线路前后系统电压变化分析；
- b) 电压控制策略分析；
- c) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.1.2.2 串补空负荷带电试验、带串补空负荷投切试验仿真分析应包含的内容：**

- a) 串补装置带电前后系统电压变化分析；
- b) 电压控制策略分析；
- c) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.1.2.3 串补负荷带电试验应包含的内容：**

- a) 试验潮流方式分析；
- b) 串补装置带电前后系统电压变化分析；
- c) 电压控制策略分析；
- d) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.1.2.4 串补线路人工单相瞬时短路接地试验应包含的内容：**

- a) 试验潮流方式分析；
- b) 短路电流分析；
- c) 电压控制策略分析；
- d) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.1.2.5 大负荷试验、可控串补大负荷下强补试验、可控串补容抗调节试验、强补试验、小负荷投退试验、持续高容抗试验应包含的内容：**

- a) 试验潮流方式分析；
- b) 电压控制策略分析；
- c) 试验系统安全稳定性及控制措施分析；
- d) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.1.2.6 可控串补阻尼功率振荡试验应包含的内容：**

- a) 试验潮流方式分析；
- b) 电压控制策略分析；
- c) 试验系统在投和不投功率振荡阻尼功能条件下的安全稳定性及控制措施分析；
- d) 针对可能出现的异常情况，需要采取的措施。

**B.2 系统调试电磁暂态仿真分析****B.2.1 串补装置所在线路为网间联络线时分析内容****B.2.1.1 串补平台带电试验、带串补空负荷投切试验应包含的内容：**

- a) 投切空负荷线路时的线路首、末端及高压电抗器中性点操作过电压、中性点小电抗电流;
- b) 线路合闸后的空充电流及沿线工频电压分布;
- c) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.1.2 串补空负荷带电试验应包含的内容:**

- a) 投切空负荷线路时的线路首、末端及高压电抗器中性点操作过电压、中性点小电抗电流;
- b) 线路合闸后的空充电流、沿线工频电压分布及串补装置电容器电压降;
- c) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.1.3 线路保护联动串补旁路试验应包含的内容:**

- a) 线路保护联动串补旁路时线路高压电抗器中性点电压、中性点小电抗电流;
- b) 线路保护联动串补旁路时流经阻尼回路的电流;
- c) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.1.4 串补带负荷试验应包含的内容:**

- a) 串补带负荷时的沿线工频电压分布;
- b) 串补带负荷过程中旁路隔离开关拉合转移电流;
- c) 串补带负荷过程中旁路开关分闸时的开断瞬态恢复电压;
- d) 串补线路带负荷后的工频过电压及限制措施;
- e) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.1.5 串补线路人工单相瞬时短路接地试验应包含的内容:**

- a) 串补线路单相短路试验时的短路电流、潜供电流、恢复电压、线路高抗中性点小电抗过电压和过电流。
- b) 串补线路单相短路试验时的串补装置各主要元件工作应力分析; 对于可控串补, 还应增加分析可控串补的电容器、金属氧化物限压器、晶闸管等主要元件的工作应力。
- c) 串补线路人工单相短路试验过程中旁路开关分闸时的断口瞬态恢复电压分析。
- d) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.1.6 串补大负荷试验仿真分析应包含的内容:**

- a) 串补大负荷试验方式下出现单相故障时的短路电流、潜供电流、恢复电压、线路高抗中性点小电抗过电压和过电流分析。
- b) 串补大负荷试验方式下出现单相或多相故障时串补装置各主要元件工作应力分析; 对于可控串补, 还应增加分析可控串补装置各主要元件的工作应力。
- c) 串补大负荷试验方式下出现单相或多相故障时的旁路开关分闸断口瞬态恢复电压分析。
- d) 针对可能出现的异常情况, 需要采取的措施。

**B.2.2 串补装置所在线路为电源送出线路时应增加的仿真分析内容**

- a) 电厂发电机自励磁风险分析及抑制对策;
- b) 火电厂发电机组次同步谐振风险分析及抑制对策。

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
**500kV 串联电容器补偿装置系统调试规程**  
**DL/T 1304—2013**

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>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

2014年4月第一版 2014年4月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 33千字  
印数 0001—3000册

统一书号 155123·1812 定价 **11.00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**



关注我，关注更多好书



刮开涂层  
查询真伪



155123.1812

上架建议：规程规范  
电力工程/输配电