

ICS 29.240.99
CCS F 21

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1981.10—2020

统一潮流控制器 第 10 部分：系统试验规程

Unified power flow controller —
Part 10: System test specifications

2020-10-23 发布

2021-02-01 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 总则	2
5 试验条件	3
6 试验内容	4
7 试运行	18
附录 A (资料性) UPFC 典型接线	19
附录 B (资料性) UPFC 典型测点	20
附录 C (资料性) UPFC 稳态误差计算方法	21

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

DL/T 1981《统一潮流控制器》分为12个部分：

- 第1部分：功能规范
- 第2部分：系统设计导则
- 第3部分：控制保护系统技术规范
- 第4部分：换流器技术规范
- 第5部分：串联变压器技术规范
- 第6部分：旁路装置技术规范
- 第7部分：测量装置技术规范
- 第8部分：电气装置安装工程施工及验收规范
- 第9部分：交接试验规程
- 第10部分：系统试验规程
- 第11部分：调度运行规程
- 第12部分：设备检修试验规程

本文件是 DL/T 1981 的第10部分。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业电能质量及柔性输电标准化技术委员会（DL/TC 40）归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、南京南瑞继保电气有限公司、全球能源互联网研究院有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、许继电气直流输电分公司、思源清能电气电子有限公司。

本文件主要起草人：李群、李鹏、刘建坤、董云龙、郑彬、宋洁莹、郭浩洲、胡文平、申旭辉、吴丹岳、黄祥伟、吴永康、胡伟、于永军、张群。

本文件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）。

统一潮流控制器

第 10 部分：系统试验规程

1 范围

本文件规定了统一潮流控制器（unified power flow controller, UPFC）系统试验的条件、内容及试运行要求。

本文件适用于 220 kV 及以上电压等级采用模块化多电平换流器的 UPFC，其他电压等级或形式的 UPFC 系统试验可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则
- GB/T 1094.10 电力变压器 第 10 部分：声级测定
- GB/T 1094.101 电力变压器 第 10.1 部分：声级测定 应用导则
- GB/T 7349 高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法
- GB/T 13498 高压直流输电术语
- GB/T 30425 高压直流输电换流阀水冷却设备
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范
- DL/T 722 变压器油中溶解气体分析和判断导则
- DL/T 988 高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法
- DL/T 1129 直流换流站二次电气设备交接试验规程
- DL/T 1193 柔性输电术语
- DL/T 1513 柔性直流输电用电压源型换流阀 电气试验
- DL/T 1526 柔性直流输电工程系统试验规程

3 术语和定义

GB/T 1094.1、GB/T 13498、DL/T 1129、DL/T 1193、DL/T 1526 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分系统试验 subsystem test

在完成分系统中所有单体设备安装调试的基础上，对分系统整组功能和性能进行现场检查的试验。

3.2

系统试验 system test

在完成分系统试验后，将成套设备或系统接入电网，在运行电压下对其规定功能、性能进行现场

考核的试验，验证成套设备或系统是否达到设计及标准规定要求。

3.3

试运行 trial operation

在完成系统试验后，将成套设备或系统投入正常工作状态，持续一段时间，考核其运行稳定性和可靠性是否达到设计及标准规定要求。

3.4

静止同步串联补偿器 static synchronous series compensator; SSSC

将电压源换流器串接于输电线路中，以连续快速控制线路等效阻抗的装置。

3.5

潮流跟随控制 power flow following control

串联换流器控制产生固定的阀侧电压或者注入线路电压，线路功率会随电网运行状态变化而波动，此时 UPFC 的串联侧处于线路潮流跟随状态。

4 总则

4.1 UPFC 在投入运行之前应进行系统试验，系统试验应在 UPFC 的设备试验及分系统试验完成并验收合格后实施。

4.2 系统试验应参考工程技术规范、设计图纸、设备说明书，并执行相关法规和标准。

4.3 在系统试验过程中，应对反映 UPFC 设备性能及电网运行的稳态数据、动态数据和暂态数据等进行跟踪监测。UPFC 设备功能和性能指标均应满足技术规范及设计的要求。

4.4 UPFC 系统试验内容包括但不限于表 1 规定的试验项目，对于某些 UPFC 工程所要求的特殊功能/性能，可根据工程技术规范要求增加相应项目。

表 1 UPFC 系统试验项目

序号	试验项目	说明
1	抗干扰试验	√
2	并联变压器启动试验	√
3	串联变压器启动试验	√
4	换流器充电试验	√
5	STATCOM 运行方式试验	√
6	SSSC 运行方式试验	具备 SSSC 运行方式时进行本试验
7	UPFC 运行方式试验	√
8	动态性能试验	√
9	多回线路 UPFC 试验	多回线路 UPFC 进行本试验
10	控制系统监视与故障切换试验	√
11	保护带电跳闸试验	√
12	辅助系统试验	√
13	水冷系统切换试验	√
14	电网控制功能试验	根据工程实际要求进行本试验
15	控制保护主机负载率测试	√

表 1 (续)

序号	试验项目	说明
16	大负荷试验	√
17	过负荷试验	根据工程实际要求进行本试验
18	人工接地短路试验	选做

注：其中√表示必做试验项目。

4.5 系统试验完成后应开展 UPFC 试运行。

5 试验条件

5.1 基本条件

- 5.1.1 已完成 UPFC 系统试验对电网运行方式要求分析、影响校核及设备过电压、过电流水平计算。
- 5.1.2 调试期间的电网电压调节范围、线路功率调节范围及稳定限额已按电网运行要求制定，相关试验暂停条件已明确。
- 5.1.3 已编制完整的系统试验方案及相关测试方案，明确了系统试验项目、试验内容及安全措施要求。
- 5.1.4 已完成电网背景电能质量指标及 UPFC 站内背景电磁骚扰强度、噪声强度测量。

5.2 UPFC 系统应具备的条件

- 5.2.1 UPFC 系统已完成分系统试验，并全部验收合格，相关主设备（见附录 A）应具备带电条件，换流阀水冷系统已具备投运条件，有关记录齐全完整。
- 5.2.2 待试验区域的接地线已全部拆除，箱柜已关好并上锁；不满足带电要求的施工临时设施已全部拆除，待试验区域与其他区域之间已有明显隔离、安全标识。
- 5.2.3 调度通信自动化系统、安全自动装置等安装齐全，正确整定。
- 5.2.4 UPFC 站内与相关电网调度部门之间的通信畅通。
- 5.2.5 站内控制、保护（包括通道）、测量、监控、计量等装置安装齐全，正确整定，设备已正确标识调度命名和编号。
- 5.2.6 UPFC 及相关设备的控制保护系统已按调度下达定值正确整定并投运。
- 5.2.7 监控系统运行正常，不应出现影响系统试验的告警信号。
- 5.2.8 站内消防设施齐全，并已通过验收。
- 5.2.9 站内辅助电源系统投入运行。
- 5.2.10 照明、暖通、防潮、视频等设施按设计要求安装试验完毕，已投入正常使用。
- 5.2.11 手动模式和自动模式下的不带电顺序控制试验已完成，且结果合格。
- 5.2.12 不带电保护跳闸试验已完成，所有跳闸回路正确。

5.3 电网侧应具备的条件

- 5.3.1 电网运行方式已经按照系统试验方案调整完毕。
- 5.3.2 UPFC 串联接入的线路及其相关的保护已经启动投运。
- 5.3.3 UPFC 并联侧接入系统已带电或具备带电条件。
- 5.3.4 相关继电保护、安全自动装置已按调度下达定值正确整定，并投入。

6 试验内容

6.1 抗干扰试验

6.1.1 在 UPFC 一次设备未带电、二次设备运行状态下，在盘柜前/后门正前方 20 cm 处，在开门和关门两种状态下，手持站内通信对讲机/手机通话，对讲机发射的功率在 3 W~5 W 范围内。任何二次设备不应出现误动和异常。

6.1.2 在 UPFC 一次设备未带电、二次设备运行状态下，可利用隔离开关切/合距离控制室最近的交流空母线，测量有关二次传导回路干扰电压或电流。任何二次设备不应出现误动和异常。

6.2 并联变压器启动试验

6.2.1 充电试验

6.2.1.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 并联变压器交接试验已完成，结果满足 GB 50150 的要求；
- b) 并联变压器分接头处于阀侧额定电压挡位；
- c) 并联变压器冷却系统正常运行；
- d) 并联变压器阀侧断路器及其两侧隔离开关处于分闸位置。

6.2.1.2 试验要求

并联变压器充电投切次数不应少于 5 次，其中第一次充电持续时间不应小于 30 min，前次断电到下次充电的时间间隔不应小于 15 min。试验中进行如下检查：

- a) 测量投、切空载并联变压器试验过程中励磁涌流和操作过电压，励磁涌流峰值和操作过电压应在预期的限制值之内，并联变压器相关保护不应误动作；
- b) 充电试验后并联变压器油中溶解气体色谱分析测试按 GB 50150 和 DL/T 722 的规定进行，测试结果应满足要求；
- c) 并联变压器分接头挡位、冷却风扇启动应符合设计要求；
- d) 油箱表面温度分布及引线接头温度测量按 DL/T 664 进行，测量结果应满足要求；
- e) 噪声测量结果应满足 GB/T 1094.10 及 GB/T 1094.101 要求；
- f) 并联变压器电压相序应正确。

6.2.2 负载试验

利用并联换流器输出的无功功率进行并联变压器负载试验，并完成控制保护系统带负荷校验，检查并联变压器运行情况。试验可结合换流器 STATCOM 运行方式下的稳态控制试验进行。

6.2.3 分接头控制试验

在并联变压器带电状态下，进行如下分接头控制功能试验：

- a) 在分接头控制的手动模式和自动模式之间进行切换，检查控制模式切换结果应正确，运行人员界面返回命令事件、显示状态应正确；
- b) 在分接头手动控制模式下，手动调整分接头挡位，检查分接头位置应符合设计要求，运行人员界面返回命令事件、显示状态应正确。

6.3 串联变压器启动试验

6.3.1 带电试验

6.3.1.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 串联变压器交接试验已完成，结果满足 GB 50150 要求；
- b) 串联变压器与换流器连接断开；
- c) 串联变压器网侧和阀侧旁路开关均处于合闸位置。

6.3.1.2 试验要求

通过操作线路断路器、串联变压器连接隔离开关或断路器给串联变压器带电，带电次数不应少于 5 次，其中第一次带电持续时间不应小于 30 min，前次断电到下次带电的时间间隔不应小于 15 min。试验中进行如下检查：

- a) 测量操作过电压及电磁暂态过程，考核串联变压器绝缘，操作过电压应在限值之内，串联变压器相关保护不应误动作；
- b) 串联变压器网侧电压相序应正确。

6.3.2 在线投切试验

6.3.2.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 串联变压器带电试验已完成，且结果合格；
- b) 串联变压器网侧、阀侧旁路开关均处于合闸位置。

6.3.2.2 试验要求

若具备线路带电情况下投入或切除串联变压器的能力，应进行串联变压器在线投切试验，要求如下：

- a) 进行在线投切试验时，应按照设定顺序操作网侧连接隔离开关或断路器进行串联变压器在线投入和切除；
- b) 检查在线投切串联变压器的电磁暂态过程及连接隔离开关或断路器的分合能力；
- c) 试验时所有二次设备不应出现误动和异常。

6.3.3 阀侧旁路运行试验

6.3.3.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 串联变压器带电试验已完成，且结果合格；
- b) 串联变压器网侧、阀侧旁路开关均处于合闸位置；
- c) 串联变压器网侧绕组与线路连接。

6.3.3.2 试验要求

在线路合环运行状态下，拉开串联变压器网侧旁路开关，将串联变压器接入线路运行，持续时间

不应小于 30 min。试验中进行如下检查：

- a) 测量网侧旁路开关分合过程电磁暂态分量，考核串联变压器绝缘；
- b) 串联变压器油中溶解气体色谱分析测试按 GB 50150 和 DL/T 722 进行，测试结果应满足要求；
- c) 油箱表面的温度分布及引线接头温度测量按 DL/T 664 进行，测量结果应满足要求；
- d) 利用线路负荷电流对相关控制保护在附录 B 所示的串联变压器区测点进行带负荷校验。

6.4 换流器充电试验

6.4.1 并联换流器交流侧充电试验

6.4.1.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 换流器及水冷系统交接试验已完成，结果满足 DL/T 1513、GB/T 30425 及相关标准要求；
- b) 水冷系统运行正常，内冷水电导率在合格范围内；
- c) 换流器启动电阻投入；
- d) 并联换流器交流侧连接、直流侧隔离。

6.4.1.2 试验要求

可连接至并联侧交流系统的换流器，通过并联变压器阀侧断路器进行换流器充电，充电次数不应少于 2 次，其中，换流器第一次带电持续时间不应小于 30 min，前次断电到下次充电的时间间隔不宜小于 15 min，或满足技术规范要求。试验中进行如下检查：

- a) 换流器充电联锁功能应满足设计要求；
- b) 换流器交流侧电压相序及幅值应正确；
- c) 换流器阀控系统应能正常工作，预检功能正确，回报子模块电压和状态信号应正确；
- d) 直流侧电压极性和采样正确，经预定充电时间，子模块电压、直流电压应达到设计或技术规范要求；
- e) 换流器控制系统应正常工作，换流器相关保护不应误动作，如有异常或故障应能正确报警，保护应正确动作；
- f) 换流器充电应无异常电磁暂态过程，换流器充电电流峰值、桥臂电流和操作过电压等应在预期限制值之内；
- g) 启动电阻应无过热，温升应符合设计要求。

6.4.2 串联换流器直流侧充电试验

6.4.2.1 试验条件

试验应具备如下条件：

- a) 换流器及水冷系统交接试验已完成，结果满足 DL/T 1513、GB/T 30425 及相关标准要求；
- b) 水冷系统运行正常，内冷水电导率在合格范围内；
- c) 换流器启动电阻投入；
- d) 并联换流器交流侧、直流侧均连接，且交流侧充电试验已完成，且结果正确；
- e) 串联换流器直流侧连接，交流侧与电网隔离。

6.4.2.2 试验要求

对于 UPFC 串联换流器，应由并联换流器通过直流侧进行充电试验，具体要求如下：

- a) 通过合上并联变压器阀侧断路器对并联换流器充电，串联换流器由并联换流器通过直流侧充电，充电次数不应少于 2 次，其中，换流器第一次带电持续时间不应小于 30 min，前次断电到下次带电的时间间隔不宜小于 15 min，或满足技术规范要求。
- b) 试验中进行如下检查：
 - 1) 换流器充电联锁功能应满足设计要求；
 - 2) 换流器阀控系统应能正常工作，预检功能正确，回报子模块电压和状态信号应正确；
 - 3) 直流侧电压极性和采样应正确，在预定充电时间后，子模块电压和直流电压应满足设计或技术规范要求；
 - 4) 换流器控制系统能正常工作，换流器相关保护不应误动作，如有异常或故障应能正确报警，保护正确动作；
 - 5) 串联换流器直流侧充电功能正常；
 - 6) 充电试验中应无异常的电磁暂态过程，换流器充电电流峰值、桥臂电流和操作过电压等应在预期的限制值之内；
 - 7) 启动电阻应无过热，温升应符合设计要求。
- c) 对于多个串联换流器共用一个并联换流器的多端 UPFC，应分别进行单个串联换流器直流侧充电的试验以及多个串联换流器直流侧同时充电的试验。

6.4.3 充电触发试验

换流器充电完成后，以给定电压参考波形作为调制波解锁换流器，使换流器进行空载输出。试验要求如下：

- a) 对于并联换流器，交流侧充电完成后，将并联换流器与交流系统隔离，解锁换流器，不少于 5 个周期后闭锁换流器。
- b) 对于串联换流器，在换流器交流侧隔离或者串联变压器网侧与交流系统隔离的情况下，直流侧充电完成后，解锁换流器，不少于 5 个周期后闭锁换流器。
- c) 试验中进行如下检查：
 - 1) 解锁过程中，换流器控制系统应能正常工作，所有控制保护设备不应出现误动和异常；如有异常或故障应能正确报警，保护正确动作。
 - 2) 换流器交流侧电压波形、相角差、相序及幅值应正确，无缺电平情况，空载输出电压波形应符合设计要求。
 - 3) 换流器阀组触发相序、控制保护系统锁相环节应正确。
 - 4) 换流器控制系统应能补偿数据处理延时，控制系统延时应符合设计要求，必要时补偿控制系统数据处理延时所引起的相角差。

6.5 STATCOM 运行方式试验

6.5.1 初始运行试验

6.5.1.1 短时解锁试验

在 STATCOM 运行方式下，换流器采用无功功率控制模式，无功功率输出按零功率设定，对换流器进行短时解锁，解锁次数不宜少于 3 次，最长解锁时间不宜大于 10 s，其中第一次解锁时间不宜大于 10 ms。试验中进行如下检查：

- a) 换流器解锁和闭锁时序正确，系统运行稳定；
- b) 换流器解锁进入稳态后直流电压、调制比等参数应满足技术规范要求；

- c) 换流器解锁期间应无异常电压、电流，监控后台应无告警信号及保护动作信号。

6.5.1.2 启停试验

在 STATCOM 运行方式下，无功功率输出按零功率设定，手动解锁和闭锁换流器，试验要求如下：

- a) 手动解锁换流器，并持续运行 15 min，系统直流电压应平稳上升至额定值，子模块电压应符合设计要求。
- b) 手动闭锁该换流器，系统直流电压应平稳下降至不控整流水平，子模块电压符合设计要求。
- c) 试验中进行如下检查：
 - 1) 换流器解锁、闭锁时序应符合设计要求。
 - 2) 系统应无异常电压、电流，直流电压、子模块电压应平稳变化。
 - 3) 控制系统应无异常告警信号，相关控制保护不应误动作；如有异常或故障应能正确报警，保护应正确动作。
 - 4) 阀厅、直流场设备应无放电现象，换流阀避雷器及直流场避雷器不应动作。

6.5.1.3 紧急停运试验

STATCOM 运行状态下，手动启动紧急停运，检查换流器闭锁时序正确，并联侧交流断路器跳闸。

6.5.1.4 控制系统手动切换试验

STATCOM 运行状态下，手动切换控制系统主值状态与备用状态，两套控制系统切换功能应符合设计要求，切换过程中不应对直流电压、功率产生影响，切换后系统应稳定运行。

6.5.2 稳态控制试验

6.5.2.1 无功功率控制试验

换流器控制模式设置为无功功率控制，依次设置感性无功和容性无功参考值为从零到额定值之间的数个典型值，以设定的升降速率进行无功功率升降，每阶段保持 15 min。试验中进行如下检查：

- a) 记录运行参数，包括：交流电压、交流电流、无功功率、并联变压器分接头挡位、桥臂电流、直流电压、调制比等，运行参数应与设计值相符。
- b) 监测 UPFC 接入点的电能质量指标。
- c) 无功功率升/降过程应平稳，并达到参考值稳定运行，直流电压及子模块电压稳定。
- d) 并联侧无功功率与设定参考值间的稳态误差不宜超过 $\pm 1\%$ ，误差计算方法见附录 C.2；平均升降速率与设定参考值间的误差不宜超过 $\pm 5\%$ ，误差计算方法见附录 C.3；或上述误差满足技术规范要求。
- e) 对相关控制保护在附录 B 所示并联变压器区及并联换流器区的测点进行带负荷校验。

6.5.2.2 电压控制试验

换流器控制模式设置为定交流电压控制，依次设置电压参考值低于或高于运行电压的数个典型值，以设定的升降速率进行电压升降，每阶段保持 15 min。试验中进行如下检查：

- a) 记录运行参数，包括：交流电压、交流电流、无功功率、并联变压器分接头挡位、桥臂电流、直流电压、调制比等，运行参数应与设计值相符。
- b) 监测换流器接入点的电能质量指标。
- c) 电压按照设定速率平稳升/降，并达到参考值稳定运行，直流电压及子模块电压稳定。
- d) 并联侧交流电压与设定参考值间的稳态误差不宜超过 $\pm 1\%$ ，误差计算方法见附录 C.2；平均升

降速率与设定参考值间的误差不宜超过 $\pm 5\%$ ，误差计算方法见附录 C.3；或上述误差满足技术规范要求。

6.5.2.3 控制模式切换试验

换流器 STATCOM 运行时，进行无功功率控制模式与电压控制模式手动切换，切换过程中换流器应保持稳定运行，换流器输出无功功率和交流电压无突变。

6.5.2.4 控制系统切换

在无功功率或电压升降过程中，手动切换控制系统主值状态与备用状态，检查切换过程不对系统运行产生影响，备用系统应正确跟踪原主值系统的运行状态。

6.5.2.5 并联变压器分接头控制试验

分接头控制在手动控制、自动控制模式下分别进行，试验要求如下：

- a) 试验中至少应包含一次正负挡转换。
- b) 手动控制模式下，进行分接头挡位升降，当分接头进入最高或最低挡时，控制系统发出告警信号；检查分接头动作、运行人员界面显示应正确；分接头每改变一挡引起的调制比变化应在设计或技术规范要求范围内。
- c) 在手动控制模式下调节分接头挡位，将分接头控制切换为自动控制模式，检查分接头挡位应自动调整，并使得换流器调制比位于规定范围内。

6.6 SSSC 运行方式试验

6.6.1 初始运行试验

6.6.1.1 短时解锁试验

在 SSSC 运行方式下，换流器充电完成后，对换流器进行短时解锁，解锁次数不宜少于 3 次，最长解锁时间不宜大于 10 s，其中第一次解锁时间不宜大于 10 ms。试验中进行如下检查：

- a) 换流器充电过程应正确；
- b) 换流器解锁和闭锁时序正确；
- c) 换流器直流电压、调制比等参数应符合设计要求；
- d) 换流器解锁期间应无异常电压电流，监控后台应无告警信号及保护动作信号。

6.6.1.2 启停试验

换流器充电完成后，手动解锁换流器，并保持运行 15 min，随后手动闭锁换流器。试验中进行如下检查：

- a) 换流器解锁、闭锁时序应符合设计要求；
- b) 解锁后，直流电压应平稳上升至额定值，并稳定运行，子模块电压应符合设计要求；
- c) 系统应无异常电压、电流，控制系统应无异常告警信号，相关保护不应误动作；如有异常或故障应能正确报警，保护应正确动作；
- d) 阀厅、直流场设备应无放电现象，阀避雷器及直流场避雷器不应动作。

6.6.1.3 紧急停运试验

SSSC 运行状态下，手动启动紧急停运，检查紧急停运过程执行应正确，网侧、阀侧旁路开关合

闸，交/直流侧不应产生异常过电压、过电流。

6.6.1.4 控制系统手动切换试验

SSSC 运行状态下，手动切换控制系统主值状态与备用状态，检查两套控制系统切换功能符合设计要求，切换过程中不对直流电压、功率产生影响，切换后系统稳定运行。

6.6.2 稳态控制试验

6.6.2.1 线路有功功率控制试验

SSSC 运行状态下，依次设置线路有功功率参考值为低于或高于线路初始有功功率的数个典型值，以设定升降速率进行线路有功功率升降，每阶段保持 15 min。试验中进行如下检查：

- a) 记录运行参数，包括：线路交流电压、线路交流电流、线路功率、阀侧交流电压、阀侧交流电流、桥臂电流、直流电压、调制比等，运行参数应与设计值相符。
- b) 监测换流器接入点的电能质量指标。
- c) 线路有功功率升/降过程应平稳，并达到参考值稳定运行，直流电压及子模块电压稳定。
- d) 线路有功功率与设定参考值间的稳态误差不宜超过 $\pm 1\%$ ，误差计算方法见附录 C.2。平均升降速率与设定参考值间的误差不宜超过 $\pm 5\%$ ，误差计算方法见附录 C.3；或上述误差满足技术规范要求。

6.6.2.2 控制系统切换

在线路有功功率升降过程中，手动切换控制系统主值状态与备用状态，检查切换过程不对系统运行产生影响，备用系统应正确跟踪原主值系统的运行状态。

6.7 UPFC 运行方式试验

6.7.1 初始运行试验

6.7.1.1 短时解锁试验

在 UPFC 运行方式下，换流器充电完成后，首先解锁并联换流器，检查正常后，对串联换流器进行短时解锁，解锁次数不宜少于 3 次，最长解锁时间不宜大于 10 s，其中第一次解锁时间不宜大于 10 ms。试验中进行如下检查：

- a) 并联换流器解锁后，直流电压应平稳上升至额定值，换流器子模块电压符合设计要求。
- b) 串联换流器解锁和闭锁时序正常，控制保护系统及 UPFC 运行稳定。
- c) 串联换流器解锁期间，应无异常电压、电流，监控后台应无异常告警信号，相关保护不应误动作；如有异常或故障应能正确报警，保护应正确动作。

6.7.1.2 启停试验

在 UPFC 运行方式下，在监控后台操作进行启动和停运试验，要求如下：

- a) 试验主要步骤如下：
 - 1) 核实换流器充电完成，解锁并联换流器，直流电压应平稳上升至额定值。
 - 2) 核实串联换流器处于准备运行状态，解锁串联换流器，旁路开关应自动分闸。
 - 3) 串联侧控制模式设置为线路有功功率控制和线路无功功率控制，并保持运行 15 min。
 - 4) 闭锁串联换流器，检查换流器闭锁，旁路开关自动合闸。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/527166120101006030>