

ICS 27.100

F21

备案号: J2382—2017

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5529—2017

电力系统串联电容补偿系统 设计规程

Code for design of system analysis
of series compensation in power systems

2017-08-02 发布

2017-12-01 实施

国家能源局发布

中华人民共和国电力行业标准

电力系统串联电容补偿系统
设计规程

Code for design of system analysis of series
compensation in power systems

DL/T 5529—2017

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2017年12月1日

2017 北 京

国家能源局 公告

2017年 第8号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52号)有关规定,经审查,国家能源局批准《风电场调度运行信息交换规范》等120项行业标准,其中能源标准(NB)54项、电力标准(DL)66项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局
2017年8月2日

附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
105	DL/T 5529—2017	电力系统串联电容 补偿系统设计规程			2017-8-2	2017-12-1

前 言

根据《国家能源局关于下达2010年能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2010〕320号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国内先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准主要技术内容是:总则、术语、串补的作用与选择、补偿度选择、串补的额定电流选择、串补的安装位置、电容器过电压保护方案及其相关参数、可控串补系统控制策略、串补设计的系统条件、其他系统问题。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电力系统规划设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路65号,邮政编码:100120)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位: 中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司

参编单位: 中国电力科学研究院

中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

主要起草人: 吴敬坤 李志国 郭佳 樊飞 宋任峰
肖景良 李东野 任普春 项祖涛 班连庚
林集明 郭强 王绍德

主要审查人: 佟明东 邵岚 郑建华 陈志刚 尚铮
王盾 郝士杰 张正陵 张克 张卫东
寇惠珍 李勇 荆平 戴朝波 蔡汉生

金 晓 明 荆 勇 高 斌 林 廷 卫 康 义
杨 攀 峰 李 彬 任 树 东 李 伟 李 磊
杨 朋 朋 徐 林

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	串补的作用与选择	(4)
4	补偿度选择	(5)
5	串补的额定电流选择	(7)
6	串补的安装位置	(8)
7	电容器过电压保护方案及其相关参数	(9)
7.1	电容器过电压保护方案及其设计原则	(9)
7.2	电容器过电压保护计算	(9)
7.3	电容器过电压保护估算	(11)
8	可控串补系统控制策略	(12)
9	串补设计的系统条件	(13)
10	其他系统问题	(14)
10.1	次同步谐振	(14)
10.2	被补偿线路的线路断路器瞬态恢复电压(TRV)	(14)
10.3	被补偿线路的潜供电流	(14)
	本标准用词说明	(15)
	附：条文说明	(17)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Function and application scope of series compensation	(4)
4	Degree of series compensation	(5)
5	Rated current of series compensation	(7)
6	Location of series compensation	(8)
7	Overvoltage protection scheme for series capacitor and related parameters of the protection device	(9)
7.1	Overvoltage protection scheme for series capacitor and its design principle	(9)
7.2	Calculation for overvoltage protection for series capacitor	(9)
7.3	Estimation for overvoltage protection for series capacitor	(11)
8	Control strategy of TCSC	(12)
9	Required system criteria in series compensation design	(13)
10	Other problems in power systems	(14)
10.1	Subsynchronous resonance	(14)
10.2	Transient recovery voltage (TRV)of circuit breaker of the compensated transmission line	(14)
10.3	Secondary arc current of the compensated transmission line	(14)
	Explanation of wording in this standard	(15)
	Addition : Explanation of provisions	(17)

1 总 则

1.0.1 为了规范串联电容补偿装置的应用，提高电力系统安全性、灵活性和经济性，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于电力系统中串联电容补偿装置的系统分析及主要参数选择。

1.0.3 串联电容补偿装置系统分析除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 串联电容补偿装置 series capacitor(SC)

串联于电力系统输电线路中、三相组装并配置相关保护和绝缘支撑结构的电容器装置，起到补偿线路感抗的效果，简称串补。

2.0.2 k degree of series compensation

串联电容补偿装置容抗占被补偿线路正序感抗的百分数，用k表示：

$$k = \frac{X_c}{X_1} \times 100\% \quad (2.0.2)$$

式中： X_c ——串联电容补偿装置容抗；

X_1 ——被补偿线路的正序感抗。

2.0.3 固定串补 fixed series capacitor(FSC)

固定串补即容抗不变的串联电容补偿，是指将电容器组串接于输电线路中，并配有旁路开关、隔离开关、串补平台、支撑绝缘子、控制保护系统等辅助设备组成的装置。

2.0.4 可控串补 thyristor-controlled series capacitor(TCSC)

可控串补即晶闸管控制的串联电容补偿，是指将并联有晶闸管阀组串联电抗器支路电容器组串接于输电线路中，并配有旁路开关、隔离开关、串补平台、支撑绝缘子、控制保护系统等辅助设备组成的装置。

2.0.5 串补分段 series compensator segmentation

串补电容器组可由几个部分串联连接，其中每一部分均有各自的MOV等保护设备和旁路开关，这样的一部分被称作段。

2.0.6 提升系数kB boost factor

可控串补中的晶闸管串联电抗电流作用于主电容器回路可使

串补工频基波等值容抗增加，该等值容抗(X_{app})与电容器额定容抗(X_e) 的比值即为提升系数。

2.0.7 区内故障 internal fault

发生在串补所在线路受保护范围之内内的故障。

2.0.8 区外故障 external fault

发生在串补所在线路受保护范围之外的故障。

2.0.9 摇摆电流 swing current

在系统扰动期间和扰动之后流过串补的系统振荡电流。

2.0.10 响应时间 T_{rcsc} response time

可控串补从接到上一级命令开始至实现本级输出的时间。

2.0.11 次同步谐振 sub-synchronous resonance(SSR)

具有串联补偿装置的电网与汽轮发电机组的电气及轴系机械系统在低于电力系统同步频率下发生的共振(但不包括机组轴系视作单刚体与电网之间的振荡模态)。

2.0.12 强补 forced compensation

在系统短路故障切除后，可控串补控制器迅速将串补电容投入并将提升系数提高到最大，可控串补强行补偿至最大容抗。

2.0.13 金属氧化物限压器 metal-oxide varistor

以电阻值与电压呈非线性关系的金属氧化物电阻为核心元件组成的电容器过电压保护设备，简称MOV。

2.0.14 强制触发间隙 triggered gap

在规定时间内承载被保护部分的电流，以防止电容器过电压或MOV 过负荷的受控触发间隙。

3 串补的作用与选择

3.0.1 串补在电力系统中的作用应包括以下内容：

- 1 提高输电系统的稳定水平，增加输送容量；
- 2 调整和控制潮流分布；
- 3 补偿线路无功损耗及电压损失；
- 4 阻尼低频振荡。

3.0.2 串补应根据电网本期和远期的一种或多种需要，远近结合，系统分析，统筹考虑，合理选择。

3.0.3 串补可分为固定串补(FSC) 和可控串补(TCSC) 两种类型，当有阻尼低频振荡、抑制次同步谐振等连续调节需求时，可选用可控串补或者部分固定串补加部分可控串补，否则宜选择固定串补。

3.0.4 在长距离输电线路路上，可应用串补装置提高和改善系统稳定性，增加输电能力。

3.0.5 当有改变系统潮流分布需要或者补偿度较高、串补规模较大时，也可采用串补分段的方式，实现补偿度的分段调节，或者减少单个串补平台的规模。

3.0.6 潮流变化大的重载长线路可采用串补进行无功补偿，降低电压损失，提高系统静态电压稳定水平。

3.0.7 串补的选择应对下列问题进行分析：

- 1 串补对短路电流的影响；
- 2 串补对潜供电流的影响；
- 3 串补对线路断路器断口瞬态恢复电压的影响；
- 4 串补对附近汽轮发电机组的轴系扭振的影响；
- 5 串补对继电保护的影响。

4 补偿度选择

4.0.1 补偿度应根据电力系统本期和远期需要，综合分析系统暂态稳定水平、潮流分布与调控、无功补偿、被补偿线路沿线电压分布、线路断路器瞬态恢复电压、相关汽轮发电机组次同步谐振风险、投资影响等因素合理确定，当本期和远期不能协调时，可分别提出不同的补偿度要求。

4.0.2 当串补用于提高系统暂态稳定水平时，应主要根据线路的输电容量要求确定补偿度。

4.0.3 当采用可控串补或部分固定加部分可控串补用于提高输电能力时，宜充分利用可控串补在系统故障后的强补作用以降低总体补偿度。

4.0.4 当串补用于优化、改善和控制并行线路或环网潮流分布时，应主要根据不同方式的潮流分布和控制要求确定补偿度及其分段。

4.0.5 当串补用于重载或潮流变化较大线路的无功补偿时，应主要根据系统不同方式下被补偿线路无功损耗和压降的要求确定补偿度。

4.0.6 在确定补偿度时，应分析补偿度对被补偿线路的沿线电压分布的影响，必要时采用分散补偿方案或对线路及相关设备绝缘提出特殊要求。

4.0.7 对于并行多回线路宜采用相同的补偿装置以使设备标准化，必要时也可采用不同的补偿度以优化系统潮流分布，特殊情况下也可通过三相不同的补偿度来补偿线路三相电抗的不平衡。

4.0.8 对近区有汽轮发电机组的系统，补偿度的确定应评估次同步谐振风险。

4.0.9 可控串补的提升系数应满足下列条件：

- 1 最大提升系数宜取2.5左右；
- 2 额定提升系数宜在1.1~1.2之间。

4.0.10 可控串补的补偿度应根据系统对可控串补的调节控制幅度与能力的需要确定。

4.0.11 采用部分固定加部分可控的组合串补应统筹分析系统对总体补偿度要求和连续调节幅度等因素，确定合理的配置比例。

5 串补的额定电流选择

5.0.1 串补的额定电流应根据本期和远期正常及事故后线路输送潮流需要选择，当本期与远期不能协调时可分别提出不同的额定电流要求。

5.0.2 串补的额定电流应满足系统正常运行方式的需要。当个别检修方式成为串补额定电流的决定方式时，也可适当降低串补的额定电流，并据此重新定义此检修方式。

5.0.3 在计及短时过载能力时，串补额定电流应满足系统中任何单一元件故障切除后的紧急状态的需要。

5.0.4 当系统正常及任何单一元件故障后流过串补的电流难以确定或者线路需要运行在其热稳定极限附近时，串补的额定电流可根据线路热稳定电流来确定，此时宜适当利用串补的短时过载能力。

5.0.5 应分析系统故障时流过串补的故障电流、系统故障后流过串补的系统摇摆电流等因素，并综合电容器过电压保护设备投资和保护水平，确定串补额定电流。

6 串补的安装位置

6.0.1 串补可安装在线路的端部或者线路中部，可集中一点安装或者分散多点安装。

6.0.2 串补安装位置应综合分析下列因素的影响：

- 1 被补偿线路沿线电压分布；
- 2 串补装置规模、站址条件；
- 3 系统继电保护；
- 4 串补工程实施及其投资；
- 5 运行维护。

6.0.3 串补安装位置应分析电力系统或者串补规模对串补的分段要求，下列几种情况宜研究串补分段方案：

- 1 当系统潮流调控需要在运行中调节改变线路补偿度时；
- 2 当串补集中安装后引起线路电压分布不满足要求时；
- 3 当远景线路开断需要将串补分散安装在开断后的两段线路上时；
- 4 当串补规模过大难以在单一平台布置时；
- 5 当串补规模过大造成设备选择困难时。

6.0.4 串补需采用分散安装时，宜选择两端安装的方案。

6.0.5 当串补安装在线路端部且有线路高压并联电抗器时，应综合分析各种方式下的线路电压分布、单相重合闸成功率、工程实施及其投资等因素，合理确定串补装置与高抗的相对位置。

7 电容器过电压保护方案及其相关参数

7.1 电容器过电压保护方案及其设计原则

7.1.1 串补应配置适当的电容器过电压保护及控制措施，宜选择MOV加强强制触发间隙保护方案，应配置适量的MOV作为电容器的过电压保护措施，宜配置强制触发间隙作为MOV的保护措施，并应以旁路开关作为强制触发间隙的保护措施。

7.1.2 对于MOV加强强制触发间隙保护方案，在串补区外故障及其清除后，强制触发间隙和旁路开关不允许动作，以保证串补持续运行；在串补区内故障时，强制触发间隙和旁路开关可以动作以旁路保护串联电容器及MOV。

7.1.3 当串补安装在线路中间，区内故障引起的MOV累计能量不高或者此能量引起投资的增加可以与强制触发间隙投资相比较时，可取消强制触发间隙，即采用无间隙的保护方案，直接将旁路开关作为MOV的保护措施，在区内故障时仅由旁路开关来旁路电容器和MOV。

7.1.4 当串补安装在系统短路电流较大的线路上，串补MOV能量需求很高时，可选用晶闸管旁路过电压保护方案。

7.1.5 对于晶闸管旁路过电压保护方案，在区内和区外故障期间均可由晶闸管快速旁路电容器，故障消除后禁止晶闸管导通快速重新投入串补。

7.1.6 电容器过电压保护水平应与电容器耐压能力相适应，无特殊要求时宜取电容器额定电压峰值的2.3倍。

7.2 电容器过电压保护计算

7.2.1 过电压保护计算应通过迭代计算的方法配置合适的电容

器过电压保护方案和MOV 参数。

7.2.2 在保证区外故障强制触发间隙不动作、区内故障强制触发间隙可以动作的条件下，串补的 MOV 应能承受在故障过程中积累的最大能耗。MOV 能耗计算与阀片伏安特性、电容器过电压保护方案、保护系统性能、强制触发间隙性能等设备特性密切相关。

7.2.3 串补的MOV 应能在正常、故障及故障清除后摇摆过程中限制电容器两端的最大电压在设计的保护水平以内。

7.2.4 电容器过电压保护计算应分析本期和远期系统正常运行方式下，任何单一故障系统及串补保护装置正常动作时的情况，MOV 能耗及其相关参数取其吸收能耗最大时的工况及其参数。考虑到连续闪络故障的概率较高，应计算分析沿线不同地点发生两次单相瞬时故障的情况。

7.2.5 电容器过电压保护计算应考虑线路发生单相接地、两相接地、相间短路、三相接地等不同故障方式，故障持续时间应与线路保护及开关性能相适应。

7.2.6 电容器过电压保护计算时，MOV 保护控制策略、强制触发间隙点火动作时间等应符合工程实际情况。

7.2.7 电容器过电压保护计算应计及通过串补的系统摇摆电流的影响，当系统摇摆电流引起的MOV 能耗过大时，可调整串补额定参数或者系统运行方式来规避。

7.2.8 MOV的能量配置应在其能耗计算值的基础上，计及MOV并联阀片柱间电流分配不平衡特性的影响，并预留适量的备用和安全裕度。

7.2.9 MOV的能耗计算应计及串补所在系统不同位置发生故障时串补MOV 工作条件。

7.2.10 电容器过电压保护计算应采用统计方法，通常取不少于100次统计计算中最大值作为MOV 的参数，包括最大能耗、电流和电压。

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/657024066136006143>