

ICS 29.240.01

F 20

备案号: 62403-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1773 — 2017

代替 SD 325 — 1989

电力系统电压和无功电力技术导则

Technical guide for electric power system voltage and reactive compensation

2017-12-27 发布

2018-06-01 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 电压允许偏差值..... 2

6 无功平衡和无功补偿..... 3

7 发电机及调相机..... 5

8 变压器调压方式及调压范围的选择..... 5

9 电力用户的无功补偿..... 6

10 电力系统的电压调整与监测..... 6

附录 A（资料性附录） 电网自然无功负荷系数 K 值的计算..... 8

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》的规则起草。

本标准是对 SD 325—1989 的修订。

SD 325—1989 自发布实施以来，对电力系统的运行电压控制、无功电力平衡及无功补偿工作起到了良好的指导作用，成为电力系统规划、设计、运行等方面技术人员最基本的技术文件。随着电力系统科学技术的进步、电网规模的不断扩大以及新设备和新技术的大量使用，原有导则的部分条文已不适应电力系统发展的需要，需要补充和完善。

本标准在 SD 325—1989 的基础上，参考近年来发布的国家标准和电力行业标准，总结了 SD 325—1989 实施以来我国电力系统规划、运行的经验，汲取了电网管理及运行维护单位的意见，结合科学技术进步、电网规模扩大、新设备投入使用等特点，对 SD 325—1989 相应条文进行了深化和完善，包括：

- 增加了对 1000kV 交流系统无功补偿的相关要求；
- 增加了对风电场、光伏电站等新能源发电的相关要求；
- 增加了对电力用户无功补偿的要求；
- 增加了对各电压等级变电站无功补偿设备配置的相关要求。

本标准实施后代替 SD 325—1989。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力电容器标准化技术委员会（DL/T 03）归口。

本标准起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、中国电力科学研究院、国家电网公司华北分部、国网北京市电力公司、南方电网科学研究院有限责任公司。

本标准主要起草人：李群炬、倪学锋、何东平、孙白、林浩、张章奎、罗兵。

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）。

电力系统电压和无功电力技术导则

1 范围

本标准规定了电力系统电压和无功电力平衡的基本原则、各级母线电压和用户受电端电压的允许偏差值、电压与无功调整的技术措施。

本标准适用于电网企业、并网运行发电企业及电力用户。有关规划设计、研究制造、安装调试单位及部门均应遵守本标准。

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 156 标准电压

GB/T 7409.3 同步电机励磁系统大、中型同步发电机励磁系统技术要求

GB/T 19963 风电场接入电力系统技术规定

GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定

GB/Z 24847 1000kV 交流系统电压和无功电力技术导则

NB/T 32015 分布式电源接入配电网技术规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统标称电压 **system rated voltage**

电力系统设计选定的电压。其值符合 GB/T 156 的规定值。

3.2

电压偏差 **deviation of voltage**

电力系统电压变化率小于每秒 1% 时的实际电压与系统标称电压值之差。

3.3

无功电源 **reactive supply source**

包括发电机实际可调无功出力、线路充电功率、电力企业及电力用户无功补偿设备在内的全部容性无功容量。

3.4

自然无功负荷 **natural reactive load**

电力用户补偿前的无功负荷、发电厂（变电站）厂（站）用无功负荷、各级电压网络变压器和线路的无功消耗的总和。

3.5

无功补偿设备 **reactive compensated device**

电网、发电厂及电力用户中安装的并联电容器、串联电容器、并联电抗器、同步调相机和静止型无功补偿设备等，按性质可分为容性无功补偿设备和感性无功补偿设备。

3.6

无功补偿容量 capacity of reactive compensated device

电网、发电厂及电力用户所安装无功补偿设备的全部容性无功和感性无功容量。

3.7

逆调压方式 reverse voltage regulating manner

在电压允许偏差值范围内，供电电压的调整使电网高峰负荷时的电压值高于电网低谷负荷时的电压值。

3.8

电压合格率 rate of voltage

实际运行电压在允许电压偏差范围内累计运行时间与对应的总运行统计时间之比的百分值。

3.9

无功平衡 balance of reactive

指在一定的系统电压水平下，电力系统内无功电源与无功负荷相等的状态。

4 基本要求

4.1 电力系统各电压等级网络的运行电压应符合电压允许偏差值的要求。

4.2 电力系统中无功电源的安排应有规划，并留有适当裕度，以保证系统各中枢点的电压在正常和事故后均能满足规定的要求。

4.3 电力系统中的无功补偿容量应能保证系统在负荷高峰和负荷低谷运行方式下，分（电压）层和分（供电）区的无功平衡，并应避免经长距离线路或多级变压器传送无功功率。

4.4 电力系统应有事故无功电源备用，无功电源中的事故备用容量，应主要储备于运行的发电机、调相机和动态无功补偿设备中，以便在电网发生因无功电源不足导致电压崩溃事故时，能够快速增加无功容量，保证电力系统的稳定运行。

4.5 发电机或调相机应带自动调节励磁（包括强行励磁）运行，并保持其运行的稳定性。

4.6 无功补偿设备的配置与设备类型选择，应进行技术经济比较，并应具有灵活的无功电力调节能力，以及系统事故和检修停用的备用容量。220kV 及以上电网无功电源容量还应考虑提高电力系统稳定的作用。

4.7 电力系统的配电网络应根据电压损失允许值、负荷密度、供电可靠性并留有一定裕度的原则，确定合理的供电半径。

5 电压允许偏差值

5.1 用户受电端供电电压允许偏差值

5.1.1 35kV 及以上用户供电电压允许偏差为正、负偏差绝对值之和不超过标称电压的 10%。

5.1.2 10kV 用户的电压允许偏差值为系统标称电压的 $\pm 7\%$ 。

5.1.3 380V 电力用户的电压允许偏差值为系统标称电压的 $\pm 7\%$ 。

5.1.4 220V 用户的电压允许偏差值为系统标称电压 $+7\% \sim -10\%$ 。

5.2 发电厂和变电站的母线电压允许偏差值

5.2.1 330kV 及以上母线电压允许偏差值

330kV 及以上母线正常运行方式时，最高运行电压不得超过系统标称电压的 $+10\%$ ；最低运行电压不应影响电力系统同步稳定、电压稳定、厂用电的正常使用及下一级电压的调整。

5.2.2 发电厂和 330kV 及以上变电站的中压侧母线电压允许偏差值

发电厂 220kV 母线和 330kV 及以上变电站中压侧母线正常运行方式时,电压允许偏差为系统标称电压的 $0\sim+10\%$;非正常运行方式时为系统标称电压的 $-5\%\sim+10\%$ 。

5.2.3 发电厂和 220kV 变电站的 35kV~110kV 母线电压允许偏差值

发电厂和 220kV 变电站的 35kV~110kV 母线正常运行方式时,电压允许偏差为系统标称电压的 $-3\%\sim+7\%$;非正常运行方式时为系统标称电压的 $\pm 10\%$ 。

5.2.4 发电厂带地区供电负荷的变电站和 220kV 及以下电压变电站的 10(6)kV 母线电压允许偏差值

在正常运行方式时,应使所带线路的全部高压用户和经配电变压器供电的低压用户的电压,均能符合 5.1 中的规定值,一般可按 $0\sim+7\%$ 考虑。

5.2.5 风电场和光伏电站并网点的电压允许偏差值

当公共电网电压处于正常范围内时,通过 110(66)kV 及以上电压等级接入公共电网的风电场和光伏电站应能控制并网点电压在标称电压的 $97\%\sim 107\%$ 范围内。接入 66kV 以下配电网的分布式电源,其并网点的电压偏差应满足 5.1 的规定。

6 无功平衡和无功补偿

6.1 330kV 及以上电压等级变电站的无功补偿

6.1.1 330kV 及以上电压等级变电站容性无功补偿设备的主要作用是补偿主变压器无功损耗以及输电线路输送容量较大时电网的无功缺额。容性无功补偿容量可按照主变压器容量的 $10\%\sim 20\%$ 配置。

6.1.2 330kV 及以上电压等级线路的充电功率应基本上予以补偿。高、低压并联电抗器的容量分配应按系统的条件和各自的特点全面研究决定。

6.1.3 当局部地区 330kV 及以上电压等级短线路较多时,应根据电网结构,在适当地点装设高压并联电抗器,进行无功补偿。以无功补偿为主要目的的高压并联电抗器应装设断路器。

6.1.4 1000kV 交流电压等级的变电站无功补偿除满足本标准的要求外,还应符合 GB/Z 24847 的规定。

6.2 220kV 变电站的无功补偿

6.2.1 220kV 变电站的容性无功补偿设备以补偿主变压器无功损耗为主,并适当补偿部分线路的无功损耗。补偿容量可按照主变压器容量的 $10\%\sim 25\%$ 配置,并满足 220kV 主变压器最大负荷时,其高压侧功率因数不低于 0.95。

6.2.2 当 220kV 变电站无功补偿设备所接入母线有直配负荷时,容性无功补偿容量可按上限配置;当无功补偿设备所接入母线无直配负荷或变压器各侧出线以电缆为主时,容性无功补偿容量可按下限配置。

6.2.3 220kV 变电站无功补偿设备的分组容量选择,应根据计算确定,无功补偿设备最大单组投切而引起所在母线电压的变化不宜超过电压标称值的 2.5% 。一般情况下无功补偿设备的单组容量可参照下列数值选用:

- a) 接于 66kV 电压等级时不宜大于 20Mvar;
- b) 接于 35kV 电压等级时不宜大于 12Mvar;
- c) 接于 10kV 电压等级时不宜大于 8Mvar。

6.2.4 对进、出线以电缆为主的 220kV 变电站,可根据电缆长度配置相应的感性无功补偿设备。每一台变压器的感性无功补偿容量不宜大于主变压器容量的 20% ,或经过技术经济比较后确定。

6.3 35kV~110kV 变电站的无功补偿

6.3.1 35kV~110kV 变电站的容性无功补偿设备以补偿变压器无功损耗为主,并适当兼顾负荷侧的无

功补偿。容性无功补偿容量可按主变压器容量的 10%~30%配置,并满足 35kV~110kV 主变压器最大负荷时,其高压侧功率因数不低于 0.95。

6.3.2 110kV 变电站的单台主变压器容量为 40MVA 及以上时,每台主变压器应配置不少于两组的容性无功补偿设备。

6.3.3 35kV~110kV 变电站无功补偿设备的分组容量选择,一般情况下无功补偿设备的单组容量可参照下列数值选用,单组容量的选择还应考虑变电站负荷较小时无功补偿的需要:

- a) 110kV 变电站无功补偿设备的单组容量不宜大于 6Mvar;
- b) 35kV 变电站无功补偿设备的单组容量不宜大于 3Mvar。

6.3.4 新建 110kV 变电站时,应根据电缆进、出线情况配置适当容量的感性无功补偿设备。

6.4 风电场及光伏电站的无功补偿

6.4.1 风电场和光伏电站的无功补偿应符合 GB/T 19963 和 GB/T 19964 的规定。

6.4.2 接入配电网的分布式电源,应按照 NB/T 32015 的规定,配置合理的无功补偿并参与电网电压的调节。

6.5 10kV 及以下电压等级配电网的无功补偿

6.5.1 配电网的无功补偿以配电变压器低压侧集中补偿为主,以高压补偿为辅。配电变压器的无功补偿设备容量可按变压器最大负载率为 75%,负荷自然功率因数为 0.85 考虑,补偿到变压器最大负荷时其高压侧功率因数不低于 0.95;或按照变压器容量的 20%~40%进行配置。

6.5.2 配电变压器的电容器组应装设以电压为约束条件并根据变压器无功功率(或无功电流)进行自动投切的控制装置。

6.5.3 10kV 及以下配电线路上可配置高压并联电容器。电容器的安装容量不宜过大,当在线路最小负荷时,不应向变电站倒送无功。

6.6 220kV 及以下电网的无功电源安装总容量,应大于电网最大自然无功负荷,一般可按最大自然无功负荷的 1.15 倍计算。

6.7 220kV 及以下电网的最大自然无功负荷可按式(1)计算:

$$Q_D = K P_D \quad (1)$$

式中:

Q_D ——电网最大自然无功负荷, kvar;

P_D ——电网最大有功负荷, kW;

K ——电网最大自然无功负荷系数。

电网最大有功负荷,为本网发电机有功功率与主网和相邻电网输入的有功功率代数和的最大值。

K 值与电网结构、变压级数、负荷组成、负荷水平及负荷电压特性等因素有关,应经过实测和计算确定(实例和计算方法参见附录 A),也可以参照表 1 中的数值估算。

表 1 220kV 及以下电网的最大自然无功负荷系数

变压级数	电网电压 kV				
	220	110	66	35	10
	最大自然无功负荷系数 K kvar/kW				
220/110/35/10	1.25~1.40	1.1~1.25		1.0~1.15	0.9~1.05
220/110/10	1.15~1.30	1.0~1.15			0.9~1.05
220/66/10	1.15~1.30		1.0~1.15		0.9~1.05

注:本网中发电机有功功率比重较大时,宜取较高值;主网和相邻电网输入有功功率比重较大时,宜取较低值。

6.8 220kV 及以下电网的容性无功补偿设备总容量,可按式(2)计算:

$$Q_c = 1.15Q_D - Q_G - Q_R - Q_L \quad (2)$$

式中:

- Q_c ——容性无功补偿设备总容量;
- Q_D ——电网最大自然无功负荷;
- Q_G ——本网发电机的无功功率;
- Q_R ——主网和相邻电网输入的无功功率;
- Q_L ——线路和电缆的充电功率。

6.9 电网的无功补偿水平用无功补偿度表示,可按式(3)计算:

$$W_B = \frac{Q_c}{P_D} \quad (3)$$

式中:

- W_B ——无功补偿度, kvar/kW;
- Q_c ——容性无功补偿设备总容量, kvar;
- P_D ——电网最大有功负荷(或装机容量), kW。

6.10 受端系统的无功补偿

6.10.1 受端系统是指以负荷集中地区为中心,包括区内和邻近电厂在内,用较密集的电力网络将负荷和这些电源连接在一起的电力系统。受端系统通过接受外部及远方电源输入的有功电力和电能,以实现供需平衡。在受端系统中应接有足够容量的发电厂,并要有足够的无功补偿容量。

6.10.2 应加强受端系统最高一级电压的网络联系及电压支持。

6.10.3 在电网电压支撑点和 220kV 及以上枢纽变电站中,应有适当的无功补偿设备备用容量,以便在运行方式变化时,仍然保持电压符合 5.2 的规定。当受端系统存在电压稳定问题时,应通过技术经济比较,考虑在受端系统配置动态无功补偿设备。

7 发电机及调相机

7.1 发电机的励磁系统应具有自动调差环节和合理的调差系数。强励倍数、低励限制等参数应满足 GB/T 7409.3 的规定和电网安全运行的需要。

7.2 发电机额定功率因数(迟相)值应符合下列要求:

- a) 直接接入 330kV 及以上电网处于送端的发电机功率因数,一般选择 0.9,处于受端的发电机功率因数,可选择 0.85。
- b) 直流输电系统的受端发电机功率因数,可选择为 0.85,交直流混送的可在 0.85~0.9 中选择。
- c) 其他发电机功率因数,可在 0.80~0.85 中选择。

7.3 发电机吸收无功电力(进相)的能力应满足下列要求:

- a) 新安装发电机均应具备在有功功率为额定值时,功率因数进相 0.95 运行的能力。
- b) 对已投入运行的发电机,应有计划地进行发电机吸收无功电力(进相)能力试验,根据试验结果予以应用。

7.4 远离负荷中心的水轮发电机,一般不考虑调相运行。处于受端系统内的,经技术经济比较认为有必要时,应配备有关调相运行的设施进行调相运行。

7.5 新装调相机应具有长期吸收 70%~80%额定容量无功电力的能力。对已投入运行的调相机应进行试验,确定吸收无功电力的能力。

8 变压器调压方式及调压范围的选择

8.1 各级变压器的额定变压比、调压方式、调压范围及每挡调压值,应满足发电厂、变电站母线和用

户受电端电压质量的要求，并考虑电力系统 10 年~15 年发展的需要。

8.2 应按照电网结构及负荷性质，合理选择各级电压网络中升压和降压变压器分接开关的调压范围和调压方式。电网中的各级主变压器，至少应具有一级有载调压能力，需要时可选用两级有载调压变压器。

8.3 升压变压器调压方式的选择应符合下列要求：

- a) 升压变压器高压侧的额定电压，220kV 及以下电压等级宜选 1.1 倍系统标称电压。330kV 及以上电压等级变压器高压侧的额定电压，宜根据系统无功功率分层平衡要求，经技术经济比较后计算论证，确定其额定电压值。
- b) 发电机升压变压器，一般可选用无励磁调压型变压器。
- c) 风电场和光伏电站的升压变压器宜选用有载调压型变压器。

8.4 降压变压器调压方式的选择应符合下列要求：

- a) 降压变压器高压侧的额定电压，宜选 1.0 倍~1.05 倍系统标称电压；中压侧的额定电压，宜选 1.05 倍~1.1 倍系统标称电压；低压侧的额定电压宜选 1.0 倍~1.05 倍系统标称电压，其中当低压侧不向本地负荷供电时宜选用系统标称电压。
- b) 330kV 及以上电压等级降压变压器经技术经济比较，必要时，可选用有载调压型。

8.5 直接向 10kV 配电网供电的降压变压器，应选用有载调压型，经技术经济比较或调压计算，仅此一级调压尚不能满足电压控制的要求时，可在其电源侧各级降压变压器中，再采用一级有载调压型变压器。

8.6 电力用户对电压质量的要求高于 5.1 的规定时，该用户的受电变压器应选用有载调压型。

8.7 变压器分接开关调压范围应经技术经济比较或调压计算确定。无励磁调压变压器一般可选 $\pm 2 \times 2.5\%$ 。对于 66kV 及以上电压等级的有载调压变压器，宜选 $\pm 8 \times (1.25 \sim 1.5)\%$ ；35kV 电压等级的，宜选 $\pm 3 \times 2.5\%$ 。位于负荷中心地区发电厂的升压变压器，其高压侧分接开关的调压范围可适当下降 2.5%~5%；位于系统送端发电厂附近降压变电站的变压器，其高压侧调压范围可适当上移 2.5%~5%。

9 电力用户的无功补偿

电力用户应根据其负荷的无功需求，设计和安装无功补偿设备，其功率因数应达到以下要求：

- a) 35kV 及以上高压供电的电力用户在负荷高峰时，其变压器一次侧功率因数应不低于 0.95，在负荷低谷时，功率因数应不高于 0.95。
- b) 100kVA 及以上 10kV 供电的电力用户，其功率因数应达到 0.95 以上。
- c) 其他电力用户，其无功补偿设备宜装设自动控制装置，并应有防止向系统送无功功率的措施。

10 电力系统的电压调整与监测

10.1 各级变压器分接开关的运行位置应保证发电厂和变电站母线以及用户受电端的电压偏差不超过允许值（满足发电机稳定运行的要求），并在充分发挥无功补偿设备的经济技术效益和降低线损的原则下，通过优化计算确定。

10.2 为保证用户受电端电压质量和降低线损，220kV 及以下电网电压的调整，宜实行逆调压方式。

10.3 当发电厂、变电站的母线电压超出允许偏差范围时，首先应按无功电力分层、分区就地平衡的原则，调节发电机和无功补偿设备的无功出力。若电压质量仍不符合要求时，再调整相应有载调压变压器的分接开关位置，使电压恢复到合适值。

10.4 发电厂、变电站的无功补偿和调压设备的运行调整，应按本导则规定的原则实行综合优化控制。

10.5 当运行电压低于 90% 系统标称电压时，应闭锁有载调压变压器的分接开关调整。

10.6 35kV 及以上电压等级的变电站，主变压器高压侧应具备双向有功功率和无功功率（或功率因数）等运行参数的采集、测量功能。

10.7 为掌握电力系统的电压状况，应在具有代表意义的发电厂、变电站和配电网中，设置足够数量的电压监测点；在各级电压等级的用户受电端，设置一定数量的电压考核点。

10.8 电压监测应使用具有连续监测和统计功能的仪器仪表或设备，其测量精度应不低于 1 级。

10.9 电压合格率（ $V_i\%$ ）统计的时间单位为“min”。其计算公式：

$$(V_i\%) = \left(1 - \frac{\text{电压超上限时间} + \text{电压超下限时间}}{\text{电压监测总时间}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

附录 A (资料性附录)

电网自然无功负荷系数 K 值的计算

A.1 K 值确定原则

电网自然无功负荷系数 K ，为电网自然无功负荷 Q 与有功负荷 P 的比值。此值与电网结构、电压层次、用电设备的有功负荷特性和无功负荷特性等因素有关。计算电网最大无功负荷时的 K 值，应按全年不同季节及运行方式下最大无功负荷所对应的自然无功负荷系数 K 平均值确定，同时应记录被测电网的供电电压 U 、发电机的有功功率 P_G 和无功出力 Q_G 、相邻电网输入（输出）的有功功率 P_R 和无功功率 Q_R 、电网中实际投运的无功补偿设备总出力 Q_C 和线路充电功率 Q_L 。

A.2 K 值的计算公式

$$K = \frac{Q_G + Q_R + Q_C + Q_L}{P_G + P_R} \times \left(\frac{1.05 U_N}{U} \right)^{\beta - \alpha} \quad (\text{A.1})$$

式中：

α ——电压有功负荷系数；

β ——电压无功负荷系数；

U_N ——系统标称电压。

A.3 K 值的简化计算

经测定，我国几大电网的电压有功负荷系数与电压无功负荷系数为： $\alpha = 0.3 \sim 0.9$ ； $\beta = 2.0 \sim 3.0$ 。一般可取 $\alpha = 0.5$ ； $\beta = 2.5$ 。

此时电网自然无功负荷系数 K 值的计算公式可简化为：

$$K = \frac{1.1(Q_G + Q_R + Q_C + Q_L)}{P_G + P_R} \times \left(\frac{U_N}{U} \right)^2 \quad (\text{A.2})$$

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力系统电压和无功电力技术导则
DL/T 1773—2017
代替 SD 325—1989

*

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>)
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2019年12月第一版 2019年12月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 27千字
印数001—500册

*

统一书号 155198·1628 定价 15.00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



155198.1628