

电力系统电压和无功电力技术导则(试行)

中华人民共和国能源部 1989-03-20 发布

1989-08-01 实施

1 总则

1.1 电压是电能质量的重要指标。电压质量对电力系统的安全与经济运行,对保证用户安全生产和产品质量以及电器设备的安全与寿命,有重要的影响。本导则规定了电力系统各级母线和用户受电端电压的允许偏差值以及电压与无功调整的技术措施。

1.2 电力系统的无功补偿与无功平衡,是保证电压质量的基本条件。有效的电压控制和合理的无功补偿,不仅能保证电压质量,而且提高了电力系统运行的稳定性和安全性,充分发挥了经济效益。

1.3 电力系统各部门(包括自备电厂和用电单位)在进行规划、设计、基建、运行及用电管理等方面的工作时,应遵守本导则。

2 名词、术语

2.1 系统额定电压

电力系统各级电压网络的标称电压值。

系统额定电压值是:220V、380V、3kV、6kV、10kV、35kV、63kV、110kV、220kV、330kV、500kV。

其中,220V为单相交流值,其余均为三相交流值。

2.2 电压偏差

由于电力系统运行状态的缓慢变化,使电压发生偏移。其电压变化率小于每秒1%时的实际电压值与系统额定电压值之差。

2.3 无功电源

发电机实际可调无功出力、线路充电功率、以及包括电业部门及电力用户无功补偿设备在内的全部容性无功容量。

2.4 自然无功负荷

电力用户补偿前的无功负荷、发电厂(变电所)厂用无功负荷、以及各级电压网络变压器和电抗器及线路的无功消耗之总和。

2.5 无功补偿设备

包括电业及电力用户网络中的并联电容器、串联电容器、并联电抗器、同期调相机和静止型动态无功补偿装置。

2.6 无功补偿容量

电业部门及电力用户无功补偿设备的全部容性无功和感性无功容量。

2.7 逆调压方式

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 基本要求

3.1 电力系统各级网络，必须符合电压允许偏差值的要求。

3.2 电力系统的无功电源与无功负荷，在高峰或低谷时都应采用分(电压)层和分(电)区基本平衡的原则进行配置和运行，并应具有灵活的无功电力调节能力与检修备用。

3.3 在规划、设计电力系统时，必须包括无功电源及无功补偿设施的规划。

在发电厂和变电所设计中，应根据电力系统规划设计的要求，同时进行无功电源及无功补偿设施的设计。

3.4 电力系统应有事故无功电力备用，以保证负荷集中地区在下列运行方式下，保持电压稳定和正常供电，而不致出现电压崩溃。

3.4.1 正常运行方式下，突然失去一回线路、或一台最大容量无功补偿设备、或本地区一台最大容量发电机(包括发电机失磁)。

3.4.2 在正常检修方式下，发生 3.4.1 条所述事故，允许采取必要的措施，如切负荷、切并联电抗器等。

3.5 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。220kV 及以上电网，应考虑提高电力系统稳定的作用。

3.6 加强受端系统最高一级电压网络的联系及电压支持，创造条件尽可能提高该级系统短路容量，对保持电压正常水平及防止电压失稳具有重要意义。配电网络则应采用合理的供电半径。

3.7 要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。

4 电压允许偏差值

4.1 用户受电端的电压允许偏差值

4.1.1 35kV 及以上用户供电电压正负偏差绝对值之和不超过额定电压的 10%。

4.1.2 10kV 用户的电压允许偏差值，为系统额定电压的 $\pm 7\%$ 。

4.1.3 380V 用户的电压允许偏差值，为系统额定电压的 $\pm 7\%$ 。

4.1.4 220V 用户的电压允许偏差值，为系统额定电压的 $+5\% \sim -10\%$ 。

4.1.5 特殊用户的电压允许偏差值，按供用电合同商定的数值确定。

4.2 发电厂和变电所的母线电压允许偏差值

4.2.1 500(330)kV 母线：正常运行方式时，最高运行电压不得超过系统额定电压的 $+110\%$ ；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节。

向空载线路充电，在暂态过程衰减后线路末端电压不应超过系统额定电压的 1.15 倍，持续时间不应大于 20min。

4.2.2 发电厂和 500kV 变电所的 220kV 母线：正常运行方式时，电压允许偏差为系统额定电压的 $0 \sim +10\%$ ；事故运行方式时为系统额定电压的 $-5\% \sim +10\%$ 。

4.2.3 发电厂和 220(330)kV 变电所的 110 ~ 35kV 母线：正常运行方式时，电压允许偏差为

相应系统额定电压的-3%~+7%；事故后为系统额定电压的±10%。

4.2.4 发电厂和变电所的 10(6)kV 母线：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，均符合 4.1.2、4.1.3、4.1.4、4.1.5 各条款中的规定值。

5 无功电力平衡和补偿

5.1 330~500kV 电网，应按无功电力分层就地平衡的基本要求配置高、低压并联电抗器，以补偿超高压线路的充电功率。一般情况下，高、低压并联电抗器的总容量不宜低于线路充电功率的 90%。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。

5.2 330~500kV 电网的受端系统，应按输入有功容量相应配套安装无功补偿设备。其容量(kvar)宜按输入容量(kW)的 40%~50%计算。分别安装在由其供电的 220kV 及以下变电所中。

5.3 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。

5.4 220kV 及以下电网的最大自然无功负荷，可按式(1)计算

$$Q_D = KP_D \tag{1}$$

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邻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(实例和计算方法见附录 A)，也可以参照表 1 中的数值估算。

5.5 220kV 及以下电网的容性无功补偿设备总容量，可按式(2)计算

$$Q_C = 1.15Q_D - Q_G - Q_R - Q_L \tag{2}$$

式中 Q_C ——容性无功补偿设备总容量；

Q_D ——最大自然无功负荷；

Q_G ——本网发电机的无功功率；

Q_R ——主网和邻网输入的无功功率；

Q_L ——线路和电缆的充电功率。

5.6 电网的无功补偿水平用无功补偿度表示，可按式(3)计算

$$W_B = \frac{Q_C}{P_D} \tag{3}$$

式中 W_B ——无功补偿度，kvar/kW；

Q_C ——容性无功补偿设备容量，kvar；

P_D ——最大有功负荷(或装机容量)，kW。

表 1 220kV 及以下电网的最大自然无功负荷系数

电 网 电 压(kV)					
变压级数	220	110	63	35	10

	最大自然无功负荷系数 K (kvar/kW)				
220/110/35/10	1.25 ~ 1.4	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
220/63/10	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；主网和邻网输入有功功率比重较大时，宜取较低值。

5.7 220kV 及以下电压等级的变电所中，应根据需要配置无功补偿设备，其容量可按主变压器容量的 0.10 ~ 0.30 确定。在主变压器最大负荷时，其二次侧的功率因数不小于表 2 中所列数值，或者由电网供给的无功功率与有功功率比值不大于表 2 中所列数值。

表 2 220kV 及以下变电所二次侧功率因数规定值

电压等级(kV)	220	35 ~ 110
功率因数	0.95 ~ 1	0.9 ~ 1
无功功率/有功功率	0.33 ~ 0	0.48 ~ 0

注：由发电厂直接供电的变电所，其供电线路较短时，功率因数可取表 2 中较低值，其它变电所的功率因数应取较高值。

经技术经济比较合理时，功率因数可高于表中上限值。

5.8 10(6)kV 配电线路上宜配置高压并联电容器，或者在配电变压器低压侧配置低压并联电容器。电容器的安装容量不宜过大，一般约为线路配电变压器总容量的 0.05 ~ 0.10，并且在线路最小负荷时，不应向变电所倒送无功。如配置容量过大，则必须装设自动投切装置。

5.9 电力用户的功率因数应达到下列规定。

5.9.1 高压供电的工业用户和高压供电装有带负荷调整电压装置的电力用户，功率因数为 0.90 以上。

5.9.2 其他 100kVA(kW) 及以上电力用户和大、中型电力排灌站，功率因数为 0.85 以上。

5.9.3 趸售和农业用电，功率因数为 0.80 以上。

5.10 对发电机(包括汽轮发电机、水轮发电机和抽水蓄能发电机)的要求。

5.10.1 发电机额定功率因数(迟相)值，应根据电力系统的要求决定：

a. 直接接入 330 ~ 500kV 电网处于送端的发电机功率因数，一般选择不低于 0.9；处于受端的发电机功率因数，可在 0.85 ~ 0.9 中选择。

b. 直流输电系统的送端发电机功率因数，可选择为 0.85；交直流混送的可在 0.85 ~ 0.9 中选择。

c. 其它发电机的功率因数可按 0.8 ~ 0.85 选择。

5.10.2 发电机吸收无功电力的能力：

a. 新装机组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，应有计划地按系列进行典型的吸收无功电力能力试验，根据试验结果予以应用。

5.10.3 水轮发电机的调相。远离负荷中心的，一般不考虑调相。处在受端系统内的，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。

5.11 变电所的并联电容器组，应具备频繁投切功能，并装设自动控制装置，经常保持变电

所二次母线的功率因数在表 2 规定的范围内。

5.12 在系统轻负荷时，对 110kV 及以下的变电所，当电缆线路较多且在切除并联电容器组后，仍出现向系统侧送无功电力时，应在变电所中、低压母线上装设并联电抗器；对 220kV 变电所，在切除并联电容器后，其一次母线功率因数高于 0.98 时，应装设并联电抗器。

5.13 用户的并联电容器组，应安装按功率因数和电压控制的自动控制装置，并应有防止向系统送无功功率的措施。

5.14 在计算并联电容器和并联电抗器等无功补偿设备的实际出力时，应扣除由于各种原因而影响的容量。

5.15 无功电源中的事故备用容量，应主要储备于运行的发电机、调相机和静止型动态无功补偿装置中，以便在电网发生因无功不足可能导致电压崩溃事故时，能快速增加无功电源容量，保持电力系统的稳定运行。

在电网电压支撑点和 220kV 枢纽变电所中，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，仍然保持电压符合第 4.2 条的规定。

6 无功补偿设备的选用

6.1 并联电容器和并联电抗器是电力系统无功补偿的重要设备，应优先选用此种设备。

6.2 当发电厂经过长距离的线路(今后不再 II 接中间变电所)送给一个较强(短路容量较大)的受端系统时，为缩短线路的电气距离，宜选用串联电容器，其补偿度一般不宜大于 50%，并应防止次同步谐振。

6.3 当 220~500kV 电网的受端系统短路容量不足和长距离送电线路中途缺乏电压支持时，为提高输送容量和稳定水平，经技术经济比较合理时，可采用调相机。

6.3.1 新装调相机组应具有长期吸收 70%~80%额定容量无功电力的能力。

6.3.2 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。

6.4 电力系统为提高系统稳定、防止电压崩溃、提高输送容量，经技术经济比较合理时，可在线路中点附近(振荡中心位置)或在线路沿线分几处安装静止补偿器；带有冲击负荷或负荷波动、不平衡严重的工业企业，本身也应采用静止补偿器。

7 网络结构

7.1 电力系统规划、设计中，应对主要负荷集中地区的最高一级电压电网(包括电源)，加强网络联结及电压支持(增大短路容量)，逐步形成坚固的受端系统。

7.2 受端变电所应深入市区，靠近负荷中心。为了提高可靠性，可采用双 T(三 T)或环路布置断环运行等结构方式，在事故运行方式时，也应满足有关电压的要求。

7.3 各级配电线路的最大允许电压损失值，可参照下列数值选用：

110~10kV 线路首末端(正常方式) 5%

380V 线路(包括接户线) 5%

220V 线路(包括接户线) 7%

7.4 10kV 及以下网络的供电半径，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予以确定。

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、调压范围及每档调压值，应满足发电厂、变电所

母线和用户受电端电压质量的要求，并考虑电力系统 10～15 年发展的需要。

8.2 升压变压器高压侧的额定电压，220kV 及以下电压等级者，宜选 1.1 倍系统额定电压。330kV、500kV 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，经计算论证后确定。

8.3 降压变压器高压侧的额定电压，宜选系统额定电压。中压侧和低压侧的额定电压，宜选 1.05 倍系统额定电压。

8.4 发电机升压变压器，一般可选用无励磁调压型。330kV、500kV 级升压变压器，经调压计算论证可行时，也可采用不设分接头的变压器。

8.5 发电厂的联络变压器，经调压计算论证有必要时，可选用有载调压型。

8.6 330kV、500kV 级降压变压器宜选用无励磁调压型，经调压计算论证确有必要且技术经济比较合理时，可选用有载调压型。

8.7 直接向 10kV 配电网供电的降压变压器，应选用有载调压型。经调压计算，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。

8.8 电力用户对电压质量的要求高于本导则 4.1 条规定的数值时，该用户的受电变压器应选用有载调压型。

8.9 变压器分接开关调压范围应经调压计算确定。无励磁调压变压器一般可选 $\pm 2 \times 2.5\%$ (10kV 配电变压器为 $\pm 5\%$)。对于有载调压变压器，63kV 及以上电压等级的，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应适当下降 2.5%～5.0%；位于系统送端发电厂附近降压变电所的变压器，其高压侧调压范围应适当上移 2.5%～5%。

9 电力系统电压的调整和监测

9.1 各级变压器分接开关的运行位置，应按保证发电厂和变电所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及降低线损的原则下，通过优化计算确定。

9.2 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。

9.3 当发电厂、变电所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，再调整相应载调压变压器的分接开关位置，使电压恢复到合格值。

9.4 发电厂、变电所的无功补偿和调压设备的运行调整，应按 9.1、9.2、9.3 条规定的原则实行综合优化控制。

9.5 为了掌握电力系统的电压状况，采取有效的措施，以保证电压质量，应在具有代表意义的发电厂、变电所和配电网中，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。

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

9.7 电压质量统计的时间单位为“分”，其计算公式为

$$\text{电压质量合格率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{电压超限时间}}{\text{电压监测总时间}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

附录 A

电网自然无功负荷系数 K 值的计算

A.1 K 值的确定原则

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、用电器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 的平均值确定，同时应记录被测电网的供电电压 U、发电机的有功出力 P_G 和无功出力 Q_G 、邻网输入(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

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

式中 ——电压有功负荷系数；

——电压无功负荷系数；

U_N ——系统额定电压。

A.3 K 值的简化计算公式

经测定，目前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

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

附加说明：

本标准由能源部节能司提出并归口。

本标准主要起草人：宋森、汪延宗、卢本平、徐德生、蒙定中、陈明光、汪启槐、谢世璋。

