

ICS 29.020

K 04

备案号: 42610-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1172 — 2013

电力系统电压稳定评价导则

The guide of power system voltage stability evaluation

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 电压稳定评价标准	2
6 静态电压稳定评价方法	2
7 暂态电压稳定评价方法	4
8 中长期电压稳定评价方法	4

前 言

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电网运行与控制标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院，国家电网公司国家电力调度控制中心，广东电网公司电力调度通信中心。

本标准主要起草人：汤涌、周济、孙华东、仲悟之、易俊、常青、林伟芳、杨雄平、蓝海波。

本标准在执行中出现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）。

电力系统电压稳定评价导则

1 范围

本标准规定了电力系统电压稳定性的评价标准、原则及方法。

本标准适用于电力系统电压稳定计算和分析。

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，仅所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 26399—2011 电力系统安全稳定控制技术导则

DL 755 电力系统安全稳定导则

DL/T 1040 电网运行准则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

N-1 原则 N-1 criterion

正常运行方式下的电力系统中任一元件（如线路、发电机、变压器、直流单极等）无故障或因故障断开，电力系统应能保持稳定运行和正常供电，其他元件不过负荷，电压和频率均在允许范围内。

3.2

电压稳定 voltage stability

电压稳定是指电力系统受到小的或大的扰动后，系统电压能够保持或恢复到允许的范围内，不发生电压崩溃的能力，其物理本质是指：当系统向负荷提供的功率随电流的增加而增加时，系统电压稳定；反之，当系统向负荷提供的功率随电流的增加而减少时，系统电压不稳定。

3.3

电压崩溃 voltage collapse

电压崩溃是指当系统处于电压不稳定状态，负荷仍持续地试图通过增加电流以获得更大的功率（有功或无功），导致系统大范围电压持续下降的过程。

3.4

静态电压稳定 steady state voltage stability

静态电压稳定是指系统受到小扰动后，系统电压能够保持或恢复到允许的范围内，不发生电压崩溃，主要用以定义系统正常运行和事故后运行方式下的电压静稳定储备情况。

3.5

暂态电压稳定 transient voltage stability

暂态电压稳定是指系统受到大扰动后，不发生电压崩溃的能力。主要用于分析具有快速响应的动态元件及控制装置作用下的电压稳定性，如感应电动机，直流输电等。

3.6

中长期电压稳定 mid-term and long-term voltage stability

中长期电压稳定是指系统在响应较慢的动态元件和控制装置的作用下的电压稳定性，如有载调压

变压器、发电机定子过流限制、励磁系统的低励限制和过励限制、可控并联电容器、电压和频率的二次控制、恒温负荷等。

4 基本要求

4.1 电压稳定评价是电力系统安全稳定评价的重要组成部分。通常情况下，在进行全面电力系统安全稳定评价时，均应包括电压稳定评价。

4.2 全面评价电力系统的电压稳定，应包括静态电压稳定评价、暂态电压稳定评价及中长期电压稳定评价。

5 电压稳定评价标准

5.1 静态电压稳定评价标准

5.1.1 区域负荷有功功率裕度 K_p 按公式 (1) 定义：

$$K_p = \frac{P_{\max} - P}{P} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

P 、 P_{\max} ——初始、临界运行点的功率值。

5.1.2 母线负荷无功功率裕度 K_q 按公式 (2) 定义：

$$K_q = \frac{Q_{\max} - Q}{Q} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Q 、 Q_{\max} ——初始、临界运行点的无功功率值。

5.1.3 在区域最大负荷或最大断面潮流下，正常运行或检修方式的区域负荷有功功率裕度应大于 8%； $N-1$ 故障后方式的区域负荷有功功率裕度，应大于 5%。受电比例较高的地区应当调高负荷有功功率裕度。

5.1.4 在区域最大负荷或最大断面潮流下，正常运行或检修方式的母线负荷无功功率裕度应大于 8%； $N-1$ 故障后方式的母线负荷无功功率裕度，应大于 5%。受电比例较高的地区应当调高负荷无功功率裕度。

5.2 暂态电压稳定评价标准

在电力系统受到扰动后的暂态过程中，负荷母线电压能够在 10s 以内恢复到 0.80p.u. 以上。

5.3 中长期电压稳定评价标准

在电力系统受到扰动后的中长期过程中，负荷母线电压能够保持或恢复到 0.90p.u. 以上。

通过仿真计算进行判断时，应考虑中长期动态元件或环节（如低励限制、AVC、AGC 等）的响应，并达到新的平衡点后，判断负荷母线电压是否能够保持或恢复到 0.90p.u. 以上。

5.4 监测母线的选择

实际应用暂态及中长期电压稳定判据时，可将负荷母线监测点选择在负荷母线处。

6 静态电压稳定评价方法

6.1 基本要求

6.1.1 计算程序应能够给出单母线、区域的电压稳定裕度，能够给出系统中影响电压稳定性的关键负荷母线、线路、变压器以及发电机组。

6.1.2 采用静态模型进行仿真计算，其中发电机应根据具体情况，选择 PV 、 PQ 或 $V\theta$ 节点模型；负荷应以静特性模型模拟，通常采用恒功率负荷模型，也可基于实际情况，采用 ZIP 负荷模型，并进行比例配置，其中 Z 、 I 、 P 分别表示恒阻抗、恒电流、恒功率。

6.1.3 不同的负荷增长方式对系统的电压稳定性影响较大，应根据实际情况确定，或采取典型增长方式，如计算 $P-U$ 曲线，负荷以恒定功率因数增长；计算 $U-Q$ 曲线，负荷的有功功率恒定，无功功率增长。

6.2 计算方法及流程

6.2.1 计算方法

$P-U$ 、 $U-Q$ 曲线法均可用于评价系统的静态电压稳定裕度，两种方法可相互印证。 $P-U$ 曲线、 $U-Q$ 曲线示意图见图 1、图 2。

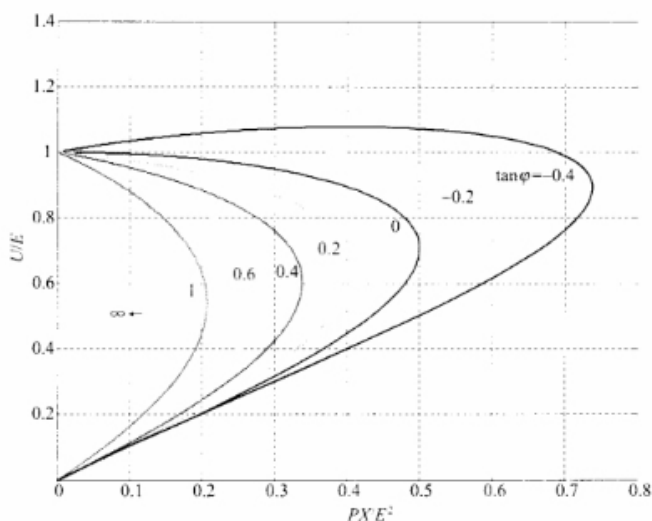


图 1 恒定电源、电抗及功率因数的标准化 $P-U$ 曲线

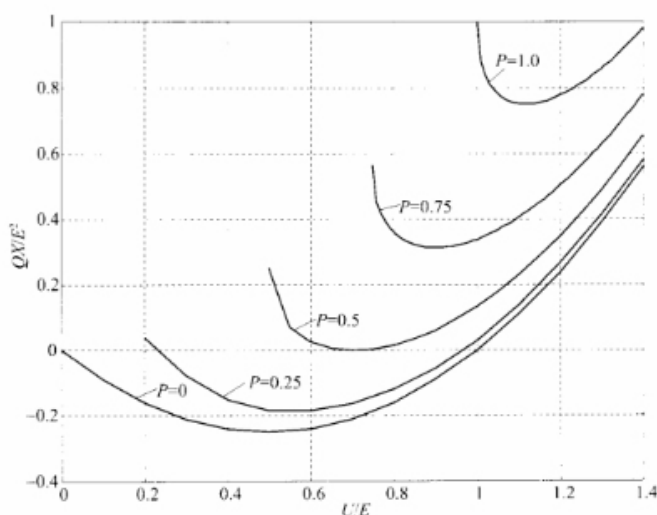


图 2 恒定电源、电抗及有功功率的标准化 $U-Q$ 曲线

6.2.2 $P-U$ 曲线

6.2.2.1 负荷增长法是通过某种负荷增长方式增加区域或母线的负荷，以获取 $P-U$ 曲线。该方法适用于评价负荷区域的电压稳定性。

6.2.2.2 断面潮流增长法是通过增加送端机组出力，减小受端机组出力，使得送、受端断面的潮流增加，以获取 $P-U$ 曲线。该方法适用于对区域最大输、受电能力的评估。

6.2.2.3 $P-U$ 曲线的“鼻点”即为电压崩溃点。通过计算区域功率裕度 K_p 评价系统的静态电压稳定性。

6.2.3 $U-Q$ 曲线

6.2.3.1 “假想同步调相机法”是在监测母线处假想安置一台不受无功出力限制的同步调相机，通过改变母线的电压以获得 $U-Q$ 曲线。

6.2.3.2 负荷增长法、断面潮流增长法也可用于获取 $U-Q$ 曲线。

6.2.3.3 $U-Q$ 曲线的最低点即为电压崩溃点。通过计算无功裕度 K_q 评价系统的静态电压稳定性。

6.2.4 通过电压稳定裕度或其他静态电压稳定分析方法，可获得影响系统电压稳定性的关键负荷母线、线路及发电机组。

7 暂态电压稳定评价方法

7.1 基本要求

7.1.1 应采用可详细模拟电力系统暂态过程的仿真计算程序。程序应能够针对不同故障进行仿真分析，能够给出故障后电力系统的暂态过程。

7.1.2 发电机应采用可详细模拟暂态特性的模型，模型应包括机械动力学方程（带阻尼的转动方程）、电气动力学方程、各种励磁系统（推荐采用实测参数）、各种控制系统、电力系统稳定器等。

7.1.3 负荷应采用可详细模拟暂态特性的模型，如以 ZIP 表示的静态负荷模型与异步电动机模型的组合、综合负荷模型以及其他负荷模型。

7.1.4 直流输电系统可采用包含各种控制环节的准稳态模型或更为详细的电磁暂态模型。

7.1.5 单个风电场的模拟可采用单机等值模型或更为详细的多机模型。

7.1.6 各类灵活交流输电设备应采用可详细模拟其暂态特性的模型。

7.1.7 应区分由发电机功角失稳引起的振荡中心附近电压降低和暂态电压失稳引起的电压降低。

7.2 计算方法及流程

7.2.1 确定需研究的运行工况，计算得到稳态运行情况。

7.2.2 确定运行工况对应的动态模型参数。

7.2.3 选定需要研究的故障集，故障集的选择应遵循 DL 755《电力系统安全稳定导则》标准。

7.2.4 选择需要监测的电气量。

7.2.5 基于潮流结果，对选定的故障进行时域仿真计算。

7.2.6 基于仿真计算结果，通过暂态电压稳定评价标准进行暂态电压稳定判断。

8 中长期电压稳定评价方法

8.1 基本要求

8.1.1 计算程序应能将电力系统的机电暂态过程、中期动态过程和长期动态过程有机地统一起来，能够描述系统受到扰动之后整个连续的动态过程，能够通过故障仿真分析的方法评价电力系统的中长期电压稳定性。

8.1.2 仿真模型除考虑快速动作的元件外，还应计及过励限制、定子过流保护等发电机调节控制系统的影响，有载调压变压器的分接头、自动发电控制装置、自动电压控制装置的动作特性，以及负荷的功率恢复特性及其低电压失稳特性等。

8.1.3 应考虑故障发展过程中的人为干预、继电保护误动、拒动及用户侧的动态行为、不同元件的动作时序等。

8.2 计算方法及流程

8.2.1 应采用时域仿真方法进行中长期电压稳定评价。

8.2.2 中长期电压稳定评价的计算流程与 7.2 暂态电压稳定评价的计算流程相同。
