



--文章标题--  
--一级栏目--  
--二级栏目--  
关键字  
搜索



### 《电力安全》编辑部

地址：苏州市西环路1788号

邮编：215004

电话：

0512-68602709(主编室)

0512-68602711(编辑部)

0512-68603420(广告部)

传真：

0512-68602711(编辑部)

0512-68602312(广告部)

E-Mail：

editor@csest.com(编辑部)

sale@csest.com(广告部)



- ※ 应用科学管理手段提升
- ※ 如何写好安全工作总结
- ※ 劳动安全需“互保”（
- ※ 找规律 理思路 抓管
- ※ 企业安全文化的核心在
- ※ 以“安全生产月”活动
- ※ 构建长效安全管理机制

## n-1 安全准则在德国电网中的应用 2000年第4期

作者：谭文林（华中电力集团公司 武汉 430077） 点击：79

在工业发达国家，高水平的供电可靠性和电能质量至关重要。西欧联合电网在保证供电可靠性和电能质量方面为全世界做出了成功的典范。取得这一成绩的重大举措是在电网规划、电网运行方式安排和电网运行中严格执行n-1安全准则，以此为依据优化电网结构，合理安排电网的运行方式，确保电网的安全运行。在德国电网中，正是由于采取n-1安全准则对电网非正常工况下的安全性全面进行考核，确保足够的电网储备，使其电力供应的可靠性具有与其现代化、高效率的工业社会相称的高水平。

1 电网非正常工况对电网功能的影响 电网元件跳闸(随机发生)或因检修退出运行(预先已知)统称为电网非正常工况。电网的非正常工况将影响电网功能的实现，其对电网功能的损害可以概括为：

- (1) 危害电力系统的正常运行；
- (2) 电能质量降低；
- (3) 电网偏离经济目标；
- (4) 不能履行联网协议。

表1列出了电网非正常工况可能引起的电网障碍以及所造成的对电网功能的损害

### 2 引起电网非正常工况的主要事件

在对电网进行安全性分析时，通常将电网分成以下几个元件类型：

- 架空输电线路(不包括相邻电网联络线)
- 电缆(不包括相邻电网联络线)
- 变压器(不包括发电机出口变压器及换流变压器)
- 网间联络线
- 母线或分段母线
- 发电机组或直流输电系统(包括发电机出口变压器及换流变压器)

上述任何电网元件退出运行都有可能造成电网障碍，从而妨碍电网功能的实现。因此，在规划和运行电网时，必须对上述每个电网元件退出运行对电网安全性的影响作出评价。除上述列出的直接用于输送功率的电网元件外，对于那些不直接参与功率传输但会影响电网功能的其它装置(如无功补偿装置、接地补偿装置、远方控制系统、自用电及继电保护装置等)退出运行对电网安全性的影响亦要予以考核。

在电网运行中除单一元件退出运行的事件外，必然会遇到多个电网元件同时退出运行的事件。因此，在对电网进行安全性评价时，对某些多个元件同时退出运行的情况也要进行考核。例如多个元件共同跳闸(一个事

件引起两个及以上元件跳闸，独立的两个元件跳闸以及一个或多个元件处于检修状态下又发生另一元件跳闸的情形，就是具有代表意义的多重故障。德国电网中尤其突出的问题是由于线路走廊紧张的原因，在共杆线路检修时，将出现多回线路不可用现象。此时若涉及到不同电压等级的电网，还必须对不同电压等级的电网都进行安全性考核。

### 3 n-1安全准则的定义

经过扩充后的、准确的n-1安全准则的定义涵盖以下3个方面：

#### (1) 电网规划

电网经营者规划电网时，在预计的最大输送功率和供电负荷下，当电网出现允许发生的障碍时，例如由于某一事件引起电网元件跳闸或因检修切除电网元件，仍然满足其输电和供电能力。如此规划的电网即认为符合n-1安全准则。

#### (2) 电网运行计划

在某一时间段内确定的运行方式下，当电网出现允许发生的障碍时，例如由于某一事件引起电网元件跳闸，仍然满足其输电和供电能力，则称为电网在该时间段的电网运行计划满足n-1安全准则。

#### (3) 电网运行

在电网运行中，发生由于继电保护动作切除电网元件时，仍然满足其输送和供给当时最大负荷的能力，则称该电网按n-1安全准则运行。

根据上述定义，n-1安全准则在实际应用中必须贯穿电网规划、电网运行计划及电网运行的各个环节，但每个环节的安全性考核各有侧重。

电网规划着眼于电网的长期发展战略和建设项目计划。在电源发展、负荷预测等方面存在不确定因素的情况下，针对电网最严酷的运行工况，经过比较不同的发展方案，选择既能满足电网安全运行又能满足电网经济建设的最佳方案，确定电网的发展纲要。目标是为电力系统安全经济的优化运行和电网方式安排提供前提条件，从而保证电网在可能存在的运行工况下能正常运行。在这一早期规划研究中，除考虑一般的非正常运行工况外，对诸如电厂正常的停运又发生突发的或已知的电网元件切除(包括单一元件故障及罕见的、甚至是临界的多个元件退出运行故障)也必须予以考核。对电网负荷及发电情况在各特征时间点还应考虑合理的安全系数。

电网运行计划是针对中、短期事件例如设备检修维护、改扩建工程等安排日常运行方式，从而保证电网安全运行。与电网规划不同的是，电网元件以及电网的发电、用电情况、与其它电网相连接的情况都为已知。由于不确定因素的减少，电网安全性分析必须包含给定运行方式下发生事故时的情况。在运行工况上主要考虑单个元件故障，但亦必须考虑特殊情况下出现的半杆塔上多回线路退出运行的情况以及双回线路跳闸的情形，估计它们对安全运行是否构成威胁。对其它的多重故障(例如一条线路和一个电厂同时退出运行)不再考核，因为这些事件多数不是同时发生的，运行人员有足够的反应时间来处理故障。

在电网运行中，值班调度员应按照运行方式计划运行电网，根据当时的电网运行状况(运行工况、日发电计划、日用电计划)，通过连续的安全计算，将现有运行状况下所允许发生的某些事件(单个电网元件故障退出运行)的影响限制在一定的范围，保证电网的连续安全运行。当电网发生故障不能满足n-1安全准则时，值班调度员在运行条件许可的情况下必须在尽可能短的时间内调整电网的运行方式，使之满足n-1安全准则。此时通常不考虑多个元件切除故障和母线故障。

### 4 n-1安全准则的评价标准

目前在德国主要采用电网潮流计算、短路电流计算和电网稳定计算来检验电网是否满足n-1安全准则。由于电网稳定计算工作量大，通常只在做电网规划时使用。适合电网运行的在线电网稳定检验程序目前尚在开发之中。

当电网在因某一事件引起故障跳闸而发生下列后果时，则认为该电网不满足n-1安全准则：

- (1) 持续的参数越限(电网电压、电网短路容量)和电网元件过负荷(电流越限)将危及系统的安全运行或者引起电网元件损坏或寿命缩短；
- (2) 尽管使用了下一级电网的短时过载能力，仍然中断电力供应；
- (3) 非故障元件的保护动作跳闸导致事故扩大；
- (4) 发电机组失稳；
- (5) 改变或中断与相邻电网长期供电合同中规定的电能交换。

#### 5 n-1安全准则的局限性和可能的补充评价方法

n-1安全准则可以在给定的电网障碍下，甚至是突发的小概率事件(如倒杆)以及输变电工程建设(如架设线路)引起的电网元件停运等情况下对系统运行和向用户供电的安全性作出直接的评价，从而在安排运行方式时在电网运行中避免出现不允许的运行方式。

从电网运行角度来说，目前还没有其他方法可以取代使用第4节所述的标准计算程序，按n-1安全准则对电网安全性作出评价。但是当需要采取下述方式对电网的安全性不仅在质的方面进行考核，而且还要作出量的评价时，n-1安全准则仍有局限性。

- (1) 采用电网障碍(中断供电、参数越限、电网元件过负荷等)发生的频度和持续时间作为安全性评价标准；
- (2) 节省电网投资对供电可靠性的影响；
- (3) 不同电网元件退出运行的频度和持续时间存在显著差异以及不同电网元件的可靠性对电网总的可靠性水平的影响；
- (4) 电网负荷和发电情况剧烈变化时的可靠性水平；
- (5) 比较不同的变电站建设方案和并网方式下的可靠性。

此时，有必要引进补充的安全性评价方法。对上述部分问题可能的补充评价方法是可靠性计算。由于计算工作量大且费用很高，目前可靠性计算作为补充评价方法只在电网规划时使用。

#### 6 结束语

n-1安全准则是电网规划和运行工程师评价电网在异常状况下的安全性的主要手段。它作为电网安全性评价的唯一实用的评价标准在德国电网得到了广泛的应用。事实证明，为保证电力系统的安全稳定运行和足够的供电可靠性，在电网规划、电网运行计划和电网运行时进行n-1安全准则考核是极为有效的，而且是不可忽略的。此外，采用n-1安全准则结合经济性考核可以对电网安全运行和电网经济建设进行优化，从电网的各种发展策略中找出最佳方案，以达到电网的安全性与经济性的协调统一。

(收稿日期：1999-11-25)