

# 20 kV 电网电压暂降及其应对措施研究

雷 振, 叶剑烽, 郁哲亮

(国网浙江省电力公司嘉兴供电公司, 浙江 嘉兴 314000)

**摘要:** 电压暂降是影响电网电能质量的重要问题之一, 对电网的安全稳定运行和用户的可靠供电均会产生不利影响。嘉兴电网 20 kV 试点区电网运行实践表明, 20 kV 电网电压暂降现象比 10 kV 电网更严重, 尤其是在 20 kV 母线或出口短路时, 引起上一级电网电压暂降造成的危害更大、影响范围更广。通过计算分析了影响电压暂降幅度的因素, 研究相应的应对方法, 并提出缓解电压暂降的措施。

**关键词:** 20 kV; 电压暂降; 短路阻抗; 电能质量

中图分类号: TM727

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2015)05-0010-04

## Research on Voltage Sag of 20 kV Power Network and Countermeasures

LEI Zhen, YE Jianfeng, YU Zheliang

(State Grid Jiaying Power Supply Company, Jiaying Zhejiang 314000, China)

**Abstract:** Voltage sag is one of the significant problems affecting power quality of power grid and has adverse effect on operation safety and stability. Operation practice of 20 kV network in Jiaying pilot area indicates that 20 kV power network voltage sag is more serious than 10 kV network; especially when a short circuit happens on 20 kV bus or its exit, the resulting voltage sag of upper-level power grid causes greater harm and wider influence range. by the impact of a wider range. Through calculation the paper analyzes factors affecting the magnitude of the voltage sag, explores appropriate countermeasures and proposes voltage sag mitigation measures.

**Key words:** 20 kV; voltage sag; short-circuit impedance; power quality

## 0 引言

电压暂降<sup>[1]</sup>是由供电系统或用户内部故障引起的短时(一般 0.5~30 个周波)系统电压下降, 下降幅度一般在额定电压的 10%~90%, IEC(国际电工委员会)规定为 1%~90%<sup>[2]</sup>。电压暂降主要是由系统或用户内部故障、开关操作、变压器以及电容器组的投切、大型负荷启动等引起。随着大量电力电子设备投入使用, 线性负荷和冲击性负荷增加, 电压暂降问题也日益严重, 影响敏感性用电设备(变频器、整流装置及自动化生产线等)的正常可靠用电<sup>[3]</sup>, 给用户带来重大经济损失<sup>[4]</sup>, 大幅度的电压暂降甚至会破坏电力系统稳定。

已有的研究中, 主要考虑的是由于故障引起的本级母线电压暂降<sup>[1-3]</sup>, 然而电压暂降更为严重、影响范围更广的是由故障引起的上级母线电压暂降。实际运行中还发现, 110/20 kV 系统电压暂降的幅度比 110/10 kV 系统更严重。深入分析电压

暂降产生的原因, 探讨多方面应对电压暂降的措施, 对提高供电可靠性和用户供电质量, 提升供电企业服务水平有重要意义。

## 1 20 kV 电网电压暂降现象

电压暂降具有难以规避、无频率重复性、短时恢复的特点, 衡量其严重程度有 2 个参数: 持续时间和下降幅度。目前国内并未将电压暂降列入考查电力系统运行电能质量的指标体系内<sup>[5]</sup>, 而对电压敏感性高的用户, 某些行业出台相应标准, 要求生产设备必须能承受电压暂降扰动。

通过对嘉兴电网因电压暂降引起变频器跳闸的用户进行调查发现, 由于用户对电压质量要求较高, 采购的变频设备均设置了 85% 的低电压保护值, 即当变频器电压低于额定电压的 85% 就发生欠压动作, 断开变频器装置电源。某 20 kV 用户监测到的电压暂降如图 1 所示, 值得一提的是, 本次电压暂降并不是因为用户自身内部故障

引起,而是由于其他用户故障导致上级 110 kV 母线电压暂降,从而影响到该用户。

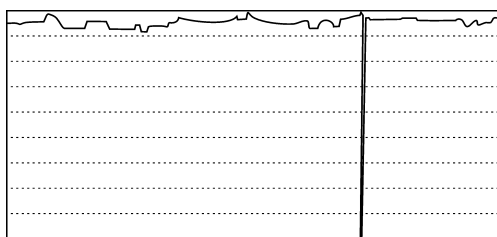


图1 某 20 kV 用户监测到的电压暂降波形

针对不同故障类型,电压暂降特性不同<sup>[6]</sup>。为分析电压暂降现象,考虑常见的三相短路故障,做如图 2 所示的系统等值电路。

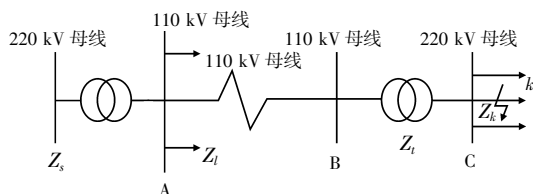


图2 电压暂降计算等值系统

20 kV 出线在 k 点短路,在引起母线 C 电压骤降的同时,也引起 110 kV 母线 B 与 A 电压暂降,母线 A 电压下降至:

$$U_A = U_e (Z_l + Z_t + Z_k) / (Z_s + Z_l + Z_t + Z_k), \quad (1)$$

式中:  $U_e$  为母线 A 额定电压;  $Z_s$  为 220 kV 系统等值阻抗,电压暂降幅度为:

$$\Delta U = |Z_s / (Z_s + Z_l + Z_t + Z_k)| \times 100\%. \quad (2)$$

通过以上分析可知,电压暂降幅度与系统运行方式、110 kV 输电线路参数、110/20 kV 变压器阻抗、20 kV 线路参数及短路点有关。增加 220 kV 变电站 110 kV 母线以后回路的短路阻抗,可缓解电压暂降幅度。实际运行表明,110 kV 变电站 20 kV 母线或 20 kV 出线上故障,引起的上级 220 kV 变电站 110 kV 母线电压沉降较 10 kV 系统严重,而其中尤以三相短路、近区短路为甚。

以嘉兴市 220 kV 青石变电站(简称青石变,以下类推)供区为例,其供区范围内的 110 kV 羔羊变 1 台主变压器(简称主变)分别为 110/10 kV 和 110/20 kV。根据收集到的各次故障情况,选择典型的故障案例进行了简化计算分析,以羔羊变中压出线 2 km 处三相金属性短路为例(如图 3 所

示,图中数据为系统或元件等值阻抗标么值,系统运行方式为最小运行方式),不同母线电压暂降计算结果见表 1。

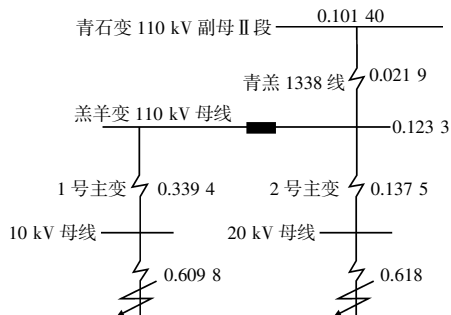


图3 220 kV 青石变供区部分等值电网

表1 110 kV 羔羊变出线 2 km 处短路时电压暂降

	10 kV 母线电压	20 kV 母线电压	羔羊变 110 kV 母线电压	青石变 110 kV 母线电压
10 kV 三相短路	$0.5686U_{e1}$	—	$0.8850U_{e3}$	$0.9055U_{e4}$
20 kV 三相短路	—	$0.3918U_{e2}$	$0.7125U_{e3}$	$0.7635U_{e4}$

注:  $U_{e1}$ ,  $U_{e2}$ ,  $U_{e3}$ ,  $U_{e4}$  分别表示对应母线额定电压。

由计算结果可知,110 kV 变电站中压出线出口短路时不仅引起本级 110 kV 母线电压暂降,同时引起上一级电网 110 kV 母线电压暂降。在同一运行方式下,羔羊变 10 kV 出线 2 km 处三相金属性故障时,引起 220 kV 青石变 110 kV 母线电压暂降在 10%左右,而在 20 kV 系统中,相同故障引起青石变 110 kV 母线电压暂降超过 23%。

## 2 电压暂降影响因素

为研究电压暂降幅度的影响因素,考虑一般情况,首先对系统做以下界定:

- (1)系统运行方式为最大方式,在此只计算三相短路情况;
- (2)220 kV 变电站主变并列运行;
- (3)110/20 kV 主变容量取 80 MVA;
- (4)110 kV 线路型号以 LGJ-300 为例,不考虑电阻,20 kV 裸导线(LJ-240)单位标么阻抗取理论计算值 0.084。

### 2.1 20 kV 短路点影响

20 kV 出线短路是影响电压暂降因素之一,选择嘉兴地区不同 220 kV 供区的 110/20 kV 主

表 2 不同短路点电压暂降计算结果

220 kV 供区	110 kV 变电站	220 kV 系统 阻抗	110 kV 线路 阻抗	主变编号	主变短路阻抗 /%	电压暂降时 110 kV 母线电压		
						0 km	1 km	2 km
大德变	唯胜变	0.056 7	0.013 3	1 号	12	74.23% $U_e$	81.35% $U_e$	85.39% $U_e$
烟雨变	陆桥变	0.042 0	0.016 8	2 号	12	79.89% $U_e$	85.66% $U_e$	88.85% $U_e$
青石变	羔羊变	0.045 9	0.021 9	2 号	12	78.93% $U_e$	84.79% $U_e$	88.10% $U_e$

变, 分别选取 20 kV 母线、出口 1 km 处和出口 2 km 处短路情况进行计算分析, 当 110 kV 变电站 20 kV 出线在 0 km, 1 km, 2 km 处短路时, 上级 220 kV 变电站 110 kV 母线电压计算结果见表 2。

由计算结果可知, 短路点离 20 kV 母线距离越远, 故障引起的上级电压暂降幅度越小, 2 km 以外短路引起的上级母线电压暂降幅度, 基本可以保证在额定电压  $U_e$  的 15% 以下。

## 2.2 110/20 kV 主变短路阻抗的影响

110 kV 主变阻抗是影响电压暂降幅度的一个重要因素, 20 kV 出线 2 km 处短路, 110 kV 母线电压暂降计算结果见表 3。按国家电网公司通用设备选型要求, 110/10 kV 主变短路阻抗可选择在 14%~17% 之间, 而 110/20 kV 主变短路阻抗一般选择在 12% 左右, 适当提高 110/20 kV 主变短路阻抗, 可很好地抑制上级电网电压骤降幅度。

表 3 110/20 kV 主变短路阻抗对电压暂降影响

220 kV 供区	110 kV 变电站	220 kV 系统阻抗	110 kV 线路阻抗	主变编号	主变短路阻抗/%	110 kV 母线电压
大德变	唯胜变	0.056 7	0.013 3	1 号	12	85.39% $U_e$
					14	86.27% $U_e$
					16	87.05% $U_e$
					18	87.75% $U_e$
青石变	羔羊变	0.045 9	0.021 9	42	12	88.10% $U_e$
					14	88.83% $U_e$
					16	89.47% $U_e$
					18	90.04% $U_e$

通过对不同短路阻抗的主变进行计算可知, 随着 110/20 kV 主变短路阻抗的提升, 由 20 kV 电网故障引起的上级电网电压暂降幅度呈下降趋势。

## 2.3 220 kV 系统阻抗的影响

通过对比表 3 计算结果可知, 220 kV 系统等值阻抗对电压暂降也有一定影响, 系统等值阻抗越小, 同样条件下引起的电压暂降幅度越小, 反之, 电压暂降幅度就越大。因此, 完善 220 kV 电网结构, 改善电网运行方式, 可以有效抑制电压

暂降幅度。

## 3 应对电压暂降措施研究

### 3.1 提高变电站出口绝缘水平

故障点离 20 kV 母线距离越远, 故障发生时引起上级母线电压暂降幅度越小, 减少 20 kV 母线出口段故障, 或者说使故障距离尽量远离 20 kV 母线, 能够有效缓解上级母线电压暂降幅度。因此, 为降低电压暂降影响, 应尽量提高变电站 20 kV 母线出口段绝缘水平, 减少母线出口段故障发生的概率。

### 3.2 使用高阻抗变压器

由计算可知, 缓解上级母线电压暂降另一个方法就是增加 110/20 kV 主变短路阻抗, 每提高短路阻抗 1%, 可在 20 kV 母线三相短路时减小电压暂降 0.5%~1.0%。但缺点是高阻变压器成本高, 电能损耗大, 且会加剧本级母线(20 kV 母线)电压暂降, 因此采用提高主变短路阻抗来限制电压暂降有利也有弊, 在实际中仍需要大量的运行经验积累, 以在缓解上级电网母线电压暂降和降低运行成本及本级电压暂降之间寻求平衡。

### 3.3 加装抑制电压暂降装置

加装限流电抗器, 利用其电感特性, 限制系统的短路电流, 可降低短路电流对系统的冲击, 同时提高上级系统的残压。但在实际运行中还应考虑加装限流电抗器带来的不利影响:

(1) 固定串接在系统中时, 正常运行会产生一定的电压跌落, 影响用户端的电压水平。

(2) 损耗增大, 同时应评估其对开关开断性能的影响。

(3) 加装限流电抗器后, 变电站出线侧的过流定值也随之减小, 用户侧设备的定值需重新计算, 主变低压侧后备保护的灵敏度会下降。

### 3.4 提高系统保护性能

缓解电压暂降另一有效措施是在系统侧提高保护性能, 缩短电压暂降持续时间, 比如母差、

纵差的配置就有保障重要母线电压水平的作用,新加坡配电网普遍采用差动保护(母差、纵差),保障重要母线的电压水平。

### 3.5 加强用户侧管理

除以上技术措施外,也可以加强用户侧管理来改善电压暂降:

(1)加强 20 kV 用户失压脱扣装置的管理。用户低压开关原则上不允许加装失压脱扣装置,确需安装的,应安装在分路开关或负荷侧,脱扣装置动作时间应躲过线路重合闸及备自投动作时间。

(2)完善变频器管理。部分用户购买变频设备时未明确需求,装置定值为出厂值,未根据自身生产情况和电网运行情况进行定值整定和调校。目前,大部分用户变频设备一般设置在电压降低于 85%时切除,动作定值为 0.01 s,远小于变电站保护动作时间,导致很多用户设备在保护动作前切除。

(3)部分需要连续供电的生产企业和对供电电压波动敏感的用户未按照相关技术规范要求配置不间断电源,导致系统电压波动时对用户影响较大,建议用户安装不间断电源。

## 4 结语

通过对 20 kV 电网电压暂降及其影响因素的分析,提出了多种抑制电压暂降的技术措施,同时指出部分抑制措施可能会带来其他不利影响,必须综合考虑各种因素合理运用。

随着越来越多的敏感性负荷接入电网,电压暂降对用户电能质量的影响越来越突出,供电企业应进一步完善电能质量监督体系,加强研究抑制电压暂降的技术措施,从设备选型、系统运行方式、电能损耗、系统保护等方面综合考虑,采取合适的缓解电压暂降的应对措施。

(下转第 22 页)

(上接第 13 页)

## 参考文献:

- [1] 林海雪. 电力系统中电压骤降和短时断电[J]. 供用电, 2002, 19(1):9-13.
- [2] 肖遥, 李澎森. 供电系统的电压下凹[J]. 电网技术, 2001, 25(1):73-77.
- [3] MARTINON J, POISSON O, DECHATEAUVIEUX F. 防止电压骤降和短时断电以满足用户需求[J]. 供用电, 2001, 18(2):7-10.
- [4] 张鹏, 郭永基. 电压骤降的可靠性评估新方法[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(8):47-51.
- [5] 周明, 张彪, 李庚银, 等. 基于质量工程理论的电压骤降经济评估[J]. 电工技术学报, 2007, 22(12):152-158.
- [6] 张哲, 卢本初, 陈红坤. 电力系统中电压骤降特性及其传播[J]. 电力科学与工程, 2004(4):82-88.

---

**收稿日期:** 2014-11-21

**作者简介:** 雷 振(1985), 男, 工程师, 从事电力系统设计、电网规划工作。

(本文编辑: 杨 勇)