

文章编号:1672-058X(2014)11-0070-04

## 20 kV 配电网实施的关键问题探讨\*

胡祥飞<sup>1,2</sup>, 徐星星<sup>1</sup>, 张春<sup>1\*\*</sup>

(1. 安徽工程大学 电气工程学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 国电铜陵发电有限公司, 安徽 铜陵 244000)

**摘要:**介绍了目前国内外 20 kV 配电网的应用与发展,分析了应用 20 kV 配电网的优势;从开关设备、配电变压器、20 kV 配电柜的选择以及防雷与接地、继电保护设计等几个方面对 20 kV 配电网实施的关键问题进行了探讨,为 20 kV 配电网的应用与设计提供参考。

**关键词:**配电网;电气;电力系统;设计

**中图分类号:**TM727

**文献标志码:**A

目前我国中压配电网电压等级基本为 10 kV,但随着我国经济的高速发展,电力负荷呈迅猛增长态势,经济发达地区及城市工业区附近的负荷密度迅速增高,越来越明显地暴露出我国现有大中城市供配电网络已不适应经济发展和城市现代化建设的需要.为了满足不断增加的负荷,电力系统的电压也在不断地提高,这已经成为电力工业发展的规律.而 20 kV 电压等级以其独特的优越性,成为目前中压网络一个很重要的选择.

### 1 国内外 20 kV 电网的应用

目前,国外的中压电网已普遍采用 20 kV 电压等级,世界上已经有数十个国家和地区将 20 kV 电压等级作为中压配电网的标准电压,并已列入 IEC(国际电工委员会)标准,具有非常成熟的技术和经验.在欧洲,近 80%的国家采用 20~25 kV 电压等级作为中压配电电压,俄罗斯(前苏联)在 1902 年便出现 20 kV 电压等级,20 世纪 60 年代以后除少数城市,几乎都改成 20 kV 电压等级.法国和德国也在 20 世纪 60 年代开始统一将原有的 10 kV 配电网改造为 20 kV 配电网,其供电优势较 10 kV 电压等级非常明显.近 60%的亚洲国家已采用 20 kV 电压等级为城市供电,韩国于 1996 年开始将配电系统升压为 22.9 kV,整个韩国共 185 个供电局应用 20 kV 电压等级,配电线路共 6 140 条,全长 37 645 km<sup>[1,2]</sup>.

在我国,20 kV 电压等级早在 1993 年就已经被纳入标准电压等级,但迄今为止该电压等级还没有得到大规模的应用.如在苏州工业园区新合作区采用 20 kV 全电缆供电方式,是我国第一个 20 kV 电压等级配电网项目,1996 年投入运行.10 多年的运行实践表明,与 10 kV 相比,20 kV 在经济性、可靠性等方面具有明显的优势.采用 20 kV 配电电压对一些大城市的高新开发区具有重大经济意义.目前除苏州外,南京、福州、无

收稿日期:2014-04-10;修回日期:2014-06-17.

\* 基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(201310363048);安徽省教育厅重大教学改革研究项目(2013zdjy101);安徽省教育厅重点教学研究项目(20100723, 2012jyxm271).

作者简介:胡祥飞(1989-),男,安徽合肥人,从事电厂电气运行研究.

\*\* 通讯作者:张春(1972-),男,安徽望江人,教授,从事电气传动、供配电技术的教学与研究. E-mail: chzhang@ahpu.edu.cn.

锡、合肥等部分城区都已有应用 20 kV 配电网的成功案例。

## 2 采用 20 kV 电网供电的优点

在中压网络中,与 10 kV 配电网相比,20 kV 电压等级作为配电电压具有诸多优点。

(1) 供电能力增强.在同等导线截面积及电流密度的条件下,在输送相同电功率时,20 kV 有效供电半径可增加近一倍.如果供电半径不变,采用相同截面的导线,其输送功率可增加一倍。

(2) 电网损耗得到降低.在传送相同距离和相同功率电能的前提下,20 kV 电压等级的线路电流为 10 kV 的 50%,且线路的电能损耗为原先的 25%.近几年我国电网的线损率呈逐年上升趋势,据有关部门分析,线损升高主要是 10 kV 及以下配电网的线损的增加。

(3) 降低建设费用,减少杆塔和变电站的布点密度,节约土地资源.采用 20 kV 电压等级,可以减少变电站配电出线回路数的一半,可以避免负荷密集地区出线过多带来的通道路径困难等问题.在额定电流与短路电流相同的情况下,20 kV 比 10 kV 可扩大变电站容量一倍,在同一地区可使设置降压变电站的数量减少一半。

## 3 20 kV 配电网实施的关键问题

20 kV 配电网的实施有两种情况,一是直接取代原先的 35 kV 电压等级配电所,直接新建 110/20 kV 变电站,在用户端设置 20/0.4 kV 配电所,如图 1 所示.二是在 20 kV 配电网的设计过程中考虑与现有的 10 kV 供电网络的兼容问题,由 110/20 kV 变电站给城市网络供电,在终端设立 20/10 kV 变配电所,涉及到具体用户时再由配电所进行具体配电,如图 2 所示。



图 1 直接配电方案



图 2 复合配电方案

### 3.1 20 kV 配电网主要电气设备选择

采用 20 kV 配电电压,必须提供 24 kV 开关设备,目前我国已有制造 12 kV 和 40.5 kV 开关设备的经验,因此制造 24 kV 开关设备在技术上并不困难.但 24 kV 设备绝不是 12 kV 设备电压等级的放大或 40.5 kV 设备电压等级的缩小,而是要重新研究、重新设计,重新制造和重新做试验,才能研发出符合规定的 24 kV 开关设备.以江苏电网为例,负荷开关耐压参数如表 1<sup>[3]</sup>所示.目前国内相关厂家已经解决 20 kV 开关设备研制问题(主要用于出口),且对于一般供电用户,20 kV 开关设备的投资增加不会超过 20%。

的 24 kV 开关设备.以江苏电网为例,负荷开关耐压参数如表 1<sup>[3]</sup>所示.目前国内相关厂家已经解决 20 kV 开关设备研制问题(主要用于出口),且对于一般供电用户,20 kV 开关设备的投资增加不会超过 20%。

### 3.2 配电变压器选择

根据图 1 和图 2 给出的两种方案,引入 20 kV 配电网,用户端需要应用 20/0.4 kV 和 20/10.5 kV 两种配电变压器.目前 20/0.4 kV 配电变压器根据实际情况通常选用干式、三相变压器,冷却方式为自冷型,线圈绝缘水平需满足表 2 要求<sup>[4]</sup>.对于 20/10.5 kV 变压器,如果两侧变压器联结组相应的中性点接地方式不同,则

表 1 20 kV 负荷开关耐压参数一览表

工频耐压	对地 50(65)kV
(1 min,有效值)	断口间 64(79)kV
雷电冲击耐压	对地 95(125)kV
(1.2/50 μs,峰值)	断口间 110(145)kV

降压变压器必须具备隔离功能,不宜选用自耦变压器,而应选用普通的双绕组变压器.目前国内 20 kV 电网只在少数城市试运行,对于 20/10.5 kV 变压器的选择尚无统一标准可供借鉴,但其绕组内部绝缘水平可参照表 3 选择<sup>[4]</sup>.

表 2 20 kV 配电变压器绝缘水平

	额定最高电压	额定短时工频 耐受电压(有效值)	额定雷电全波冲击 耐受电压(峰值)
高压侧	24	55	125
低压侧	0.4	3	10

表 3 20/10.5 kV 变压器绕组绝缘水平

	标称电压	设备最高电压	工频耐压 (均方根值)	雷电冲击 (全波峰值)	雷电冲击 (截波峰值)
20 kV 中性点	20	24	55	125	140
10 kV 中性点	10.5	11.5	35	75	85

### 3.3 20 kV 配电柜选择

20 kV 配电柜可以采用充气式开关柜和小车式开关柜两种类型.主要选用 2 500 A 和 1 250 A 两种,其中主变压器进线柜、分段断路器柜选用 2 500 A,出线柜选用 1 250 A.但由于目前设备额定电流受国内制造水平限制,没有大电流柜可供选择,因此主变压器进线应采用双分支形式,即将主变 20 kV 侧通过两台进线柜接至不同母线,以满足大电流的要求.

### 3.4 防雷与接地

20 kV 配电站防雷的主要措施是在配电站的进线、出线及母线装避雷器,有串联间隙的金属氧化物避雷器的额定电压应不小于 1.1 倍的系统最高电压.另外,对于避雷器的耐受电压,其值要高于 20 kV 开关设备的雷击冲击耐压值,目前主要应用 20 kV 复合外套交流无间隙金属氧化物避雷器,避雷器的接地线应与开关设备的金属外壳连接.

20 kV 配电网接地方式可采用消弧线圈并联电阻的改进型灵活接地方式,如图 3 所示.该方式集合了消弧线圈和电阻接地方式的优点,当电网正常运行时,中性点经消弧线圈接地,根据控制器监测的系统电容电流,按照脱谐度调节消弧线圈到相应的档位,此时并联电阻的开关断开,电阻不投入电网.当系统发生接地故障时,在接地初始阶段,系统处于经消弧线圈接地方式,由消弧线圈的电感电流补偿系统的电容电流,熄灭瞬间接地电弧,使得瞬间接地故障消失,系统可连续工作.若为永久性接地故障,则经一定的延时后,由控制器发出命令,合上电阻的开关,利于消除间歇性电弧过电压,同时有较大的零序电流流过接地点,启用零序保护动作,跳开接地线路,隔离故障点<sup>[5]</sup>.

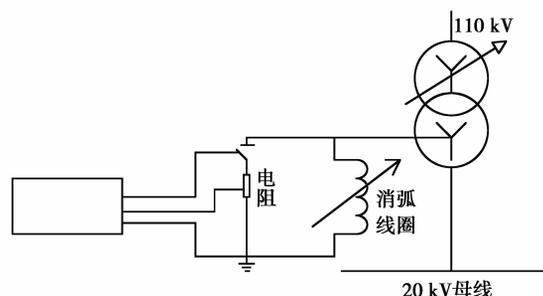


图 3 改进型灵活接地系统

### 3.5 20 kV 配电所的继电保护

对于 20 kV 配电所的出线保护,二次设备的保护装置与 10 kV 配电所相同,不需要做出改变,但电流互感器、电压互感器等与一次设备部分相连的装置需与 20 kV 电压等级配套,宜采用微机保护装置,保护类型包括过流、速断保护等,对于架空裸导线可选用重合闸装置,对于小电阻接地系统应增加零序电流保护<sup>[6]</sup>.零序保护设备反应 20 kV 的馈线和主变压器 20 kV 侧的接地故障,套在出线电缆上面的穿心式电流互感器应该用于 20 kV 馈线的零序电流保护.主变压器 20 kV 中性点或者接地变压器中性点电流互感器提供主变

器的 20 kV 侧零序保护电流.需要注意的是,由于 20 kV 的电缆网包括混合网,比 10 kV 的线路充电电流增加很多,因此对于中性点的零序电流值需要进行调整,同 10 kV 的电缆网有所区别.配电变压器容量为 500 kV/A 及以下时采用熔丝保护,熔丝熔断特性应满足 200 A 电流下,熔断时间小于 60 ms;考虑到零序电流保护整定值很难与熔断器的熔断曲线配合,当配电变压器容量在 639 kV/A 及以上时,配电变压器应配置反映相间故障的电流保护和反映接地故障的零序保护.

## 4 结 论

相比 10 kV 配电网,20 kV 配电网不仅可以提高供电能力,增加输送功率,而且损耗和建设费用能得到明显降低.但在我国中低压配电网以 10 kV 为主的情况下,配电电压等级要从 10 kV 过渡到 20 kV 将是一个长远而艰难的过程,在 20 kV 配电网的改造和建设中,要综合考虑 20 kV 配电网实施技术中的关键问题.

### 参考文献:

- [1] 刘沛清,滕欢.20 kV 电压等级在我国电网发展中的应用及展望[J].电工电气,2011(8):1-4
- [2] 施侠,葛春定,蔡婷.国外 20 kV 配电网研究及其应用实践简述[J].华东电力,2012(12):2245-2248
- [3] 江苏省电力公司.20 kV 变(配)电站通用设计[S].江苏省电力公司,2008
- [4] 周灵江,白熊,韩丽娟.20 kV 电网中性点接地方式及配电设备选型[J].浙江电力,2013(2):26-30
- [5] 刘文婷.20 kV 电网改造中性点接地方式的研究[J].机电信息,2013(6):9-10
- [6] 陈显术.20 kV 配电网改造工程可行性研究[D].呼和浩特:内蒙古工业大学,2012
- [7] 邵阿红,叶永卫,田二明.变电站接地网降阻措施研究[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2012,29(4):96-100

## Discussion on Key Problems in the Implementation of 20 kV Power Distribution Grid

HU Xiang-fei<sup>1,2</sup>, XU Xing-xing<sup>1</sup>, ZHANG Chun<sup>1</sup>

(1.School of Electrical Engineering, Anhui Polytechnic University, Anhui Wuhu 241000, China;  
2. State Power Grid Tongling Power Generation Co., Ltd, Anhui Tongling 244000, China)

**Abstract:** This paper introduces the application and development of current 20 kV power distribution grid at home and abroad, analyzes the advantages of the application of 20 kV power distribution grid, discusses the key problems in the implementation of 20 kV power distribution grid in such aspects as switch devices, power distribution transformer, the selection of 20 kV power distribution cabinet, lightning protection, grounding, power relay protection design and so on, in order to provide reference for the application and design of 20 kV power distribution grid.

**Key words:** power distribution grid; electricity; power system; design

责任编辑:李翠薇