

城市中压配电网典型接线方式分析

姚莉娜¹,张军利²,刘 华³,王 征³

(1. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院,河南 郑州 450002;

2. 宝鸡文理学院 电子电气工程系,陕西 宝鸡 721007;

3. 西安理工大学 电气工程系,陕西 西安 710048)

摘要: 配电网改造和配电网自动化系统建设的目的在于提高系统的可靠性,配电网接线方式的选择是提高配电系统可靠性的前提和重要基础。首先,介绍了配电网接线方式的选择原则,接着从经济性、可靠性、灵活性等方面对城市中压配电网的常用接线方式进行了分析比较,如架空线路接线方式、电缆线路接线方式、架空线路和电缆线路混合接线方式,根据不同情况推荐了适用的电网接线方式。

关键词: 中压配电网; 接线方式; 经济性; 可靠性

中图分类号: TM 726

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)07-0026-04

配电网位于电力系统的末端,直接与用户相连,整个电力系统对用户的供电能力和供电质量最终都必须通过它来实现和保障^[1]。中压配电网的规划、改造和建设已成为电力发展的一项十分重要的基础工程,其中电网接线方式的选择是一个十分重要的问题,它不仅牵涉到电网建设的经济性和可靠性,而且对整个电力工业和用户的发展具有重要意义^[2-3]。因此,有必要对各种接线模式进行分析,以便为电网的优化、经济运行及规划、运行人员提供有益的参考。

1 配电网接线方式选择原则

目前,我国正在进行的城市配电网建设改造工程,要求对配电网接线方式进行规划设计,根据《城市中低压配电网改造技术导则》要求,配电网接线形式,应保证在正常情况下,能满足供电安全、经济和质量的要求;在故障和设备检修情况下,有比较大的灵活性,尽量保持用户不间断供电,适应对供电可靠性的要求。在选择设计时应遵循以下原则:便于运行及维护检修;优化网架结构、降低线损;保证经济、安全运行;节约设备和材料,投资合理;适应配电自动化的需要;有利于提高供电可靠性和电压质量;灵活地适应系统各种可能的运行方式。

2 中压配电网接线方式比较、分析

由于配电网的发展过程受到电源位置、负荷分布的限制和约束,还受到经济和地理条件等因素的影响,配电网的接线方式各式各样,配电网的结构也五花八门^[4],本文为了便于分析,从架空线路的接线方式、电缆的接线方式、架空线路和电缆线路混合的接线方式 3 个方面进行探讨。

2.1 架空线路的接线方式

2.1.1 放射式接线

a. 单回路放射式接线。其结构见图 1(图中●表示常分杆上负荷开关),

线路末端没有其他能够联络的电源。这种结构接线简单、投资较小、维护方便,但这种接线方式

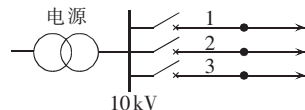


图 1 单回路放射式接线

很不可靠,任一元件故障便引起供电中断,只适合于农村、乡镇和小城市采用^[5]。

b. 双回路放射式接线。其结构如图 2 所示,这种接线虽是一端供电,但每基电杆上都架有两回线路,每个用户都两路供电,即常说的双“T”接线。任何一回线路事故或检修停电时,都可由另一回路供电。即使两回路不是来自 2 个中压变电站,而是来自同一中压变电站 10 kV 侧分段母线的不同母线段,也只有在这个中压变电站全停电时,用户才会停电。但运行经验说明,同杆架设的两回架空线路和两回电缆线路不同,线路故障时,往往会影晌两回线路同时跳闸;而线路检修时,为了人身安全,又往往要求两回线路同时停电,因此供电可靠性并不很高。因此,最好两回线路不同杆架设,但路径又会遇到困难。这种结构造价较高,只适合一般城市中的双电源用户。当然,对供电可靠性要求较高的著名景区、城市中心区也可采用这种结构^[6],但这些地区往往要求电缆线路,不用架空线路。

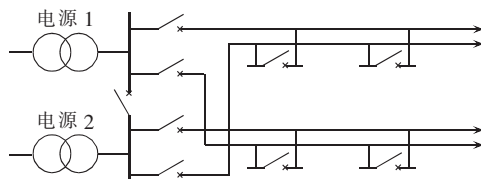


图 2 双回路放射式接线

Fig.2 Double loop radial mode

c. 树枝式接线。树枝式接线也称树干式接线(见图 3)。它是由主干线、次干线和分支线构成的放射式接线。当负荷点沿线分布时,可采用这种接线,

但分支线不宜太多,常在 6~10 kV 电网中应用。这种接线方式供电可靠性较差,如果靠末端发生故障,影响面少,靠原端发生故障,则影响面大。改进的方法是:利用扩容改造机会增加另一电源,联络开关可常开运行,形成互供,支线之间再设法增加互供,如图 4 所示(QS₁ 和 QS₂ 为互供联络开关),是城网专委会推荐的接线。

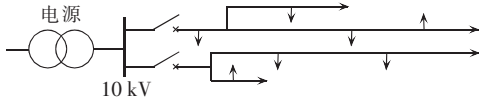


图 3 树枝式接线
Fig.3 Tree mode

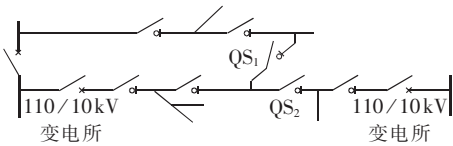


图 4 改造的树枝式接线
Fig.4 Improved tree mode

2.1.2 环网接线

a. 普通环式接线。即在同一中压变电站的供电范围内,把不同的两回中压配电线路的末端或中部连接构成环式网络,见图 5(图中○表示常合杆上负荷开关,●表示常分杆上负荷开关;下同)。当中压变电站 10 kV 侧采用单母线分段时,两回线路最好分别来自不同母线段,这样只有中压变电站配电全中断时,才会影响用户用电;而当中压变电站只有一母线停电检修时,则不影响用户供电。这种配电网结构、投资比放射式大,但配电线路停电检修可分段进行,停电范围要小。这种接线方式用户每年平均停电小时数比放射式小,适合于大城市边缘,小城市、乡镇也可采用^[7]。

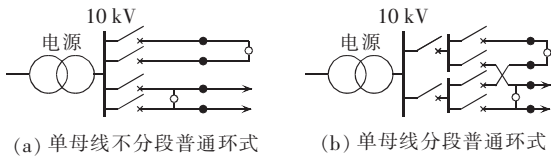


图 5 普通环式接线
Fig.5 General loop mode

b. “手拉手”环式接线。其结构见图 6,它与放射式的不同点在于每个中压变电站的一回干线都和另一中压变电站的一回主线接通,形成一个两端都有电源、环式设计、开式运行的主干线,任何一端都可以供给全线负荷。这种接线方式配电线路本身的投资并不一定比普通环式更高。但中压配电站的备用容量要适当增加,以负担其他中压变电站的负荷。实际经验表明:不管配电网的接线形式如何,一般情况下,中压变电站主变都需要留有 30% 的裕度,而这 30% 的裕度对“手拉手”环式接线已够用。当然,推荐的裕度更要高些,是 40%^[8]。“手拉手”环式有 2 种运行方式:一种是各回主干线都在中间断开,由两端分

别供电,见图 6(a),这样线损较小,配电线路故障停电范围小,但是在配电网线路开关操作实现远动和自动化前,中压变电站故障或检修时需要留有线路开关的倒闸操作时间;另一种是主干线的断开点设在主干线一端,即由中压变电站出口断路器断开,见图 6(b),这样中压变电站故障检修时可迅速转移线路负荷,供电可靠性高,但线损增加,是很不经济的。在实际应用中,应根据系统的具体情况因地制宜^[9]。

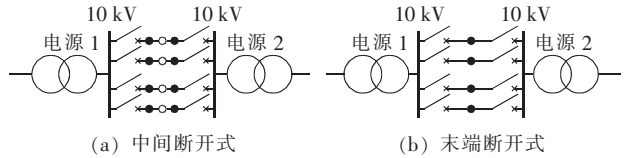


图 6 “手拉手”环式接线
Fig.6 Hand-in-hand mode

2.1.3 分段联络接线

市区中压架空配电网为沿道路架设的格子形布局,在道路交叉口连接。电网在适当地点用杆架开关分段,形成多分段、多连接、多电源环形开式运行网络^[4](见图 7)。正常情况下,各条线路与邻近线路联络点的开关设备断开,网络开环运行。当线路故障或停电检修时通过操作网络联络点和分段开关设备,调整供电范围,使停电范围小,提高供电可靠性。

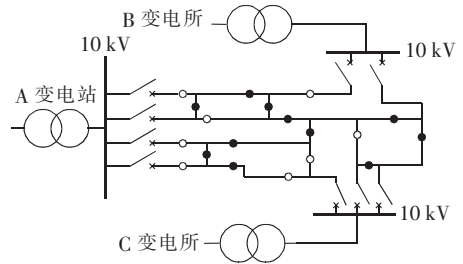


图 7 分段联络接线
Fig.7 Sectional tie mode

2.2 电缆线路的接线方式

2.2.1 普通环式接线

普通环式接线结构如图 8 所示。单一电源供电,由电缆本身构成环式,以保证某段电缆故障时各个用户的供电。这种接线方式不能排除中压变电站停电对用户的影响,因此可靠性较差,用户平均停电小时数一般不易低于 20 h,应用范围有限。

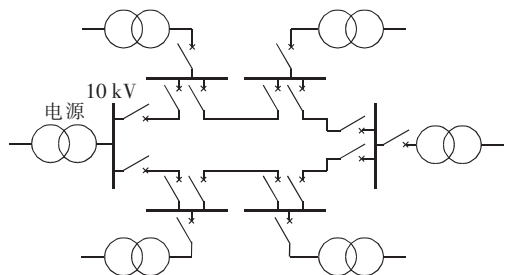


图 8 普通环式接线
Fig.8 General loop mode

2.2.2 “手拉手”环式接线

电源取自不同变电所的母线,见图 9(a),供电可靠性较高;也可取自同一变电所的不同母线段,见图 9(b),但可靠性较前面的接线稍差一些。

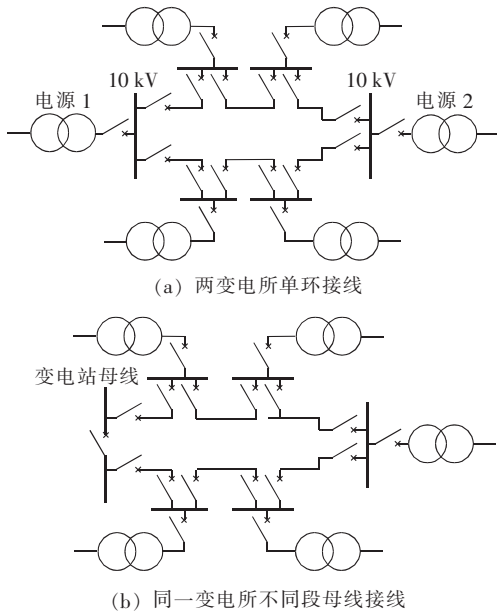


图 9 “手拉手”环式接线
Fig.9 Hand-in-hand mode

2.2.3 双环式接线

如图 10 所示,每台变压器可以从 2 个独立环取得电源,使供电可靠性更高,且运行灵活。这种接线方式正常运行时开环运行,发生故障后,需要进行倒闸操作恢复供电,一般需要时间较长。若配置配电自动化系统装置,可立即自动恢复供电。

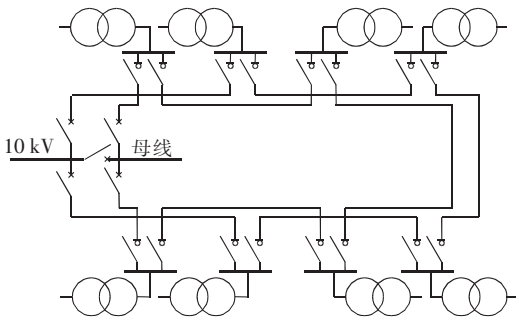


图 10 双环式接线
Fig.10 Dual loop mode

2.2.4 对环网的改进

从以上分析中可以看出,电缆单环网在正常运行时,每条线路应留有 50% 的备用容量,负载率极低,为提高电缆的运行率,同时解决电缆出线多的困难,在实际中常采用以下 2 种接线。

a. 三角形接线。三角形接线是在环网基础上增加第 3 个电源形成的接线,如图 11 所示,实际上它是由 3 条“手拉手”线路拼接、简化而成,若一处出现故障,可由另外 2 处电源分担,而不是一处分担,从而把线路利用率提高到 0.67。

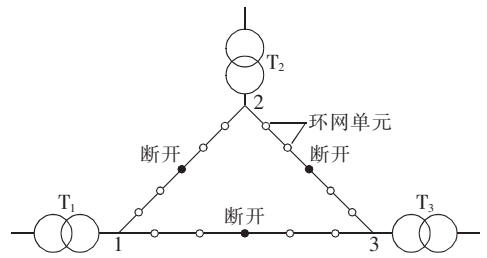


图 11 三角形接线
Fig.11 Triangle mode

b. 交叉四边形接线。如图 12 所示,电源从 4 个点的变压器注入,4 边手拉手供电,中间联络开关开环运行。任一变压器故障,可合上相关的联络开关,从其他 3 台变压器供电,各分担 1/3,电网利用率提高到 0.75,但须注意交叉四边形接线三角形接线实现较难,如果要建设一个大型新区,从规划开始,可考虑这 2 种接线形式。

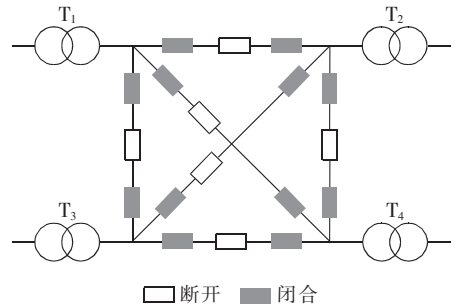


图 12 交叉四边形接线
Fig.12 Cross quadrangle mode

另外,还有 2 种常用电缆布置方法:直通式备用电缆布置(见图 13)和分布式电缆布置(见图 14),它们的运行率提高到近 100%。

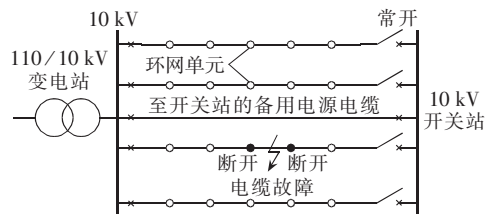


图 13 直通式备用电缆布置
Fig.13 Direct layout of backup cable

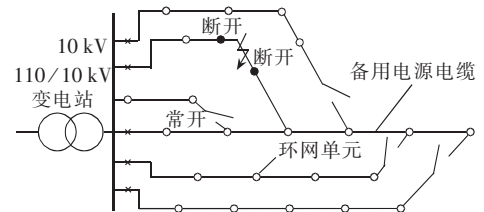


图 14 分布式电缆布置
Fig.14 Distributed layout of backup cable

2.3 架空线路和电缆接线方式

对于混合式接线,架空线和电缆线路的供电范围宜进行分隔,两者之间可设联络点,但正常时应打开,只在故障时利用^[10],如图 15 所示。

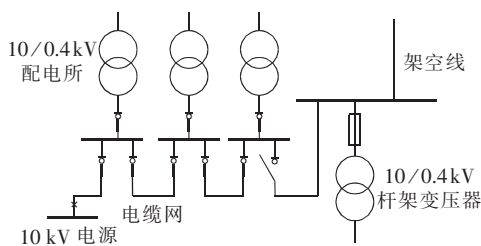


图 15 架空线路和电缆混合网

Fig.15 Network with overhead line and cable

3 各种接线方式比较

前述多种配电网接线方式,特点各异,性能也不一样,在此参考文献[11]对它们进行了详细比较分析,可得表 1。

表 1 各种接线方式的比较

Tab.1 Comparison among connection modes

接线方式	可靠性	利用率	投资	其他
放射式	单回路 不满足 $N-1$	1	小	不可靠
	双回路 $N-1$	0.5	大	可靠
	改进树枝 $N-1$	$>0.5, <1$	小	较可靠
环网	单环网 $N-1$	0.5	比双回路小	较可靠
	双环网 $N-2$	0.5	大	可靠
	三角形 $N-1$	0.67	小	可靠
	四边形 $N-2$	0.75	大	有条件用

4 结论

针对不同的配电网接线方式,本文进行了详细分析,经综合考虑,从中可得出一般性结论:

- a. 不同配电网结构有不同的优点和缺点,应根据具体的要求和条件(投资)选择合适的结构方式;
- b. 环网性能价格比高,且容易实施,环网“手拉手”接线方式和双回路接线方式有相同的可靠性 $N-1$,但双回路是过去老方式,而环网是新结构,环网性价比高,应广泛推广;
- c. 环网的缺点是线路利用率低,只有 0.5,但可以改进,变形环网(三角形接线和四边形接线)可大大提高利用率、克服环网的缺点;
- d. 单环网很容易变成双环网,如果用户的可靠性提高了,单环网的可靠性不能满足其生产或生活

的要求,则需再另建一个环网,这很容易实现,所以环网的可扩展性好,便于分期建设、分期投资;

e. 老配电网是树枝式接线的,在改造时可以改造为环网,也可以在末端增加电源,联络开关常开。

参考文献:

- [1] 陈庭记,程浩忠,何明,等. 城市中压配电网接线模式研究[J]. 电网技术,2000,24(9):35-38.
CHEN Ting-ji, CHENG Hao-zhong, HE Ming, et al. Research on connection modes of urban middle voltage distribution networks [J]. Power System Technology, 2000, 24(9): 35-38.
- [2] 中华人民共和国能源部,建设部. 城市电力网规划设计导则[S]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [3] 中华人民共和国电力部. DL/T 599-1996 城市中低压配电网改造技术导则[S]. 北京:中国电力出版社,1996.
- [4] 刘健,董榕,杜文学,等. 城乡电网建设与改造指南[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [5] 王晓文. 供用电系统[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [6] 王成山,王赛一,葛少云,等. 中压配电网不同接线模式经济性和可靠性分析[J]. 电力系统自动化,2002,26(24):34-39.
WANG Cheng-shan, WANG Sai-yi, GE Shao-yun, et al. Economy and reliability analysis of different connection modes in MV distribution networks [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 34-39.
- [7] 陈章潮,唐德光. 城市电网规划与改造[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [8] 凌永标. 面向配电网自动化建设的配网接线方式探讨[J]. 现代电力,2005,22(1):45-47.
LING Yong-biao. Study on electric connection mode of distribution network to match up to distribution automation development [J]. Modern Electric Power, 2005, 22(1): 45-47.
- [9] 方向晖. 中低压配电网规划设计基础[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [10] 蓝毓俊. 现代城市电网规划设计与建设改造[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [11] 郭永基. 考虑容量约束的配电系统可靠性评估[J]. 电力系统自动化,2000,24(17):48-52.
GUO Yong-ji. Reliability evaluation of distribution system with consideration of capacity constraint [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(17): 48-52.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

姚莉娜(1979-),女,河南信阳人,助教,研究方向为电工理论与新技术。

Analysis of typical connection modes of urban middle voltage distribution network

YAO Li-na¹, ZHANG Jun-li², LIU Hua³, WANG Zheng³

- (1. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;
2. Baoji University of Science and Arts, Baoji 721007, China;
3. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The aim of reforming the distribution network and constructing the distribution automation system is to improve the reliability of the distribution system. The selection of the electric network connection mode is the precondition and groundwork for improving the reliability of the distribution system. Rules of connection mode selection for the distribution network are introduced. With the view of economy, reliability and flexibility, commonly used connection modes of the urban middle voltage distribution network are comparatively analyzed, such as the overhead line, the cable and their mixture. Practical modes for different applications are recommended.

Key words: middle voltage distribution network; connection mode; economy; reliability