

# 北京经济技术开发区电缆双环网与电缆直配双射网的运行对比分析

刘保全

(国网北京市电力公司亦庄供电公司,北京 100176)

**摘要:**从调控运行专业角度出发,针对10 kV电缆双环网与开闭站电缆直配双射网在供电可靠性、停电影响范围、电缆负载率、自动化终端运行状况等方面进行了对比研究分析,论述了电缆双环网模式在运行中存在的劣势以及开闭站电缆直配双射网模式的优势所在。为城市地区10 kV电缆网络的建设和发展提供了合理的借鉴与参考。

**关键词:**双环网;双射网;可靠性;负载率;自动化终端

中图分类号:TM726.4 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2019)01-0079-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.01.017

## Comparison and Analysis on Operation of Cable Double Ring Network and Cable Direct – attached Dual – beam Network in Beijing Economic and Technological Development Zone

Liu Baoquan

(Yizhuang Electric Power Supply Company of State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100176, China)

**Abstract:** From the scheduling and control point of view, a comparative research and analysis on the reliability of power supply, power outage impact range, cable load rate and the operation status of automated terminals are carried out for 10kV cable double ring network and switching station cable direct – attached dual – beam network. The disadvantages in the operation of cable double ring network mode are discussed as well as the advantages of the switching station cable direct – attached dual – beam network mode, which provides a reasonable reference for the construction and development of 10kV cable network in urban areas.

**Key words:** double ring network; direct – attached dual – beam network; reliability; load rate; automated terminal

## 0 引言

现代城市配电网主要以电缆网为主。其中,10 kV电缆网肩负着向高压电力用户提供电能的重任。北京经济技术开发区的用电客户绝大多数是知识和技术密集型企业。随着经济技术开发区的飞速发展,现代高新技术企业对电能质量和供电可靠性的要求越来越高<sup>[1]</sup>。因此,对城市地区10 kV电缆网供电方式的研究分析具有十分重要的意义。

北京经济技术开发区10 kV电网是比较典型的电缆配电网结构。其中以电缆双环网接线方式为主,并辅以少数开闭站(变电站)出线的电缆直配双射网方式。近年来,北京经济技术开发区配电网逐

步完成了自动化改造。在经过两年多的运行中,积累了大量珍贵的调控运行数据和经验,同时也发现了一些明显的不足。因此,有必要通过对电缆双环网接线方式和开闭站(变电站)出线的电缆双射网直配方式进行对比分析,为城市配电网的规划、发展和运行提供科学合理的指导建议。

## 1 基本方式介绍

通常情况下,北京经济技术开发区10 kV电缆双环网是由一座变电站不同母线出线的一组电缆双射线路与另外一座变电站出线的一组双射线路之间安装联络开关(一侧常开,另一侧常闭)组成<sup>[2]</sup>。正常方式运行时,线路上的每一个用户都由同一座变

电站的不同母线供电。见图 1 所示。

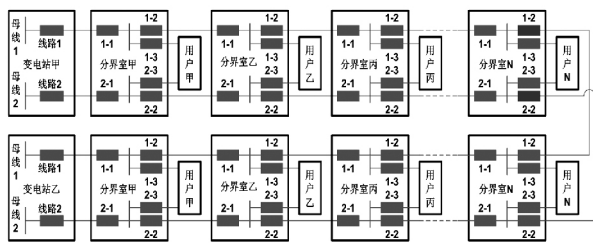


图 1 电缆双环网

开闭站(变电站)出线的电缆直配双射网方式由开闭站或者变电站不同母线馈出两条电缆专路,为用户提供双路电源<sup>[3]</sup>,见图 2 所示。

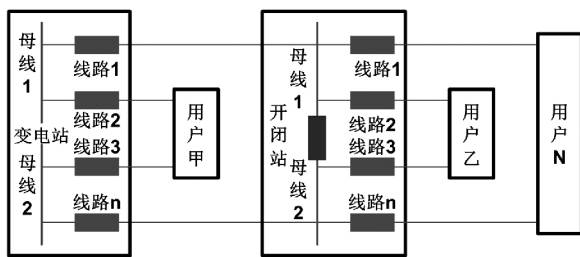


图 2 电缆直配双射网方式

## 2 对比分析

### 2.1 供电可靠性和灵活性

电缆双环网上的每一个用户理论上可以具备 4 个供电电源,极端情况下,可以满足  $N-3$  方式运行,具备非常强的供电可靠性和方式变化的灵活性。但是为满足  $N-3$  情况下运行,双环网 4 条线路平均负载率最大限度仅为 25%。若只满足  $N-2$  运行,则线路平均负载率上限可达到 50%。若进一步放宽至满足  $N-1$ ,那么线路平均负载率上限可达到 75%<sup>[4]</sup>,但是要通过负荷分配预算和复杂的倒闸操作方可实现。

开闭站(变电站)引出的直配双射电缆线路为双电源供电,可以满足  $N-1$  运行。但是线路平均负载率最大可高达 50%<sup>[5]</sup>。

开发区配电网运行数据统计显示,近 10 年未发生过电缆双环网  $N-2$  的情况,因此可以说,对于一般非重要用户,双电源完全可以满足供电可靠性要求。电缆双环网的理论高可靠性实际意义并不大,而且严重牺牲了线路的平均负载率上限。在实际运行中,由于用户的负荷不断增大,多数双环网线路已突破理论平均负载率上限,难以实现理论上的可靠

性和灵活性,造成了空有电源,但因负荷过高而无法灵活倒换线路的局面。

表 1 平均负载率区间分布

平均负载率区间/%	0 ~ 25	> 25 ~ 50	> 50 ~ 75	> 75 ~ 100
占比/%	72.4	25.6	1.5	0.5

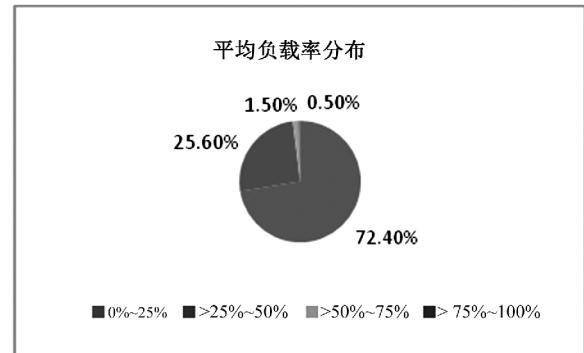


图 3 平均负载率区间分布

### 2.2 停电影响范围

#### 1) 故障停电

电缆线路上发生故障,变电站内馈线开关跳闸,线路全线停电,线路上所有用户均会失去一路电源,影响正常供电。故障点隔离之后,故障区段之前的部分可以恢复正常运行,故障区段之后的部分可以通过联络开关将负荷倒至双环网对侧线路。根据开发区近 5 年的运行统计,平均每起电缆双环网线路故障影响 5 户,其中 1 户在故障区段,另外 4 户为陪停用户(可通过双环网倒出)。

而作为对比的由开闭站或变电站引出的直配电缆双射线路故障,站内出线开关跳闸,线路停电后只有所带的 1 户失去一路电源,影响范围明显更少。

#### 2) 计划停电

因 10 kV 电缆双环线路通常无合环保护,在无有效的安全措施和精确分析计算的情况下,不允许合环操作<sup>[6]</sup>,所以线路安排计划停电工作时,需要停电倒换线路,受影响用户较多。

设定 10 kV 电缆双环网线路由  $N$  个环网单元(分界室或分界箱)串接组合,带  $N$  个 10 kV 高压用户。因为计划停电工作安排在各个区段的概率均等,所以计划停电工作安排在某一区段的概率为

$$p = 1/N \quad (1)$$

则每项 10 kV 电缆双环网线路计划停电工作需要停电倒换线路的平均用户数量为

$$S_{倒} = \sum_{n=1}^N (N+1-n)/N = (N+1)/2 \quad (2)$$

根据选取的30条典型10 kV电缆双环网线路所带用户数据统计,平均每条线路带5户,那么可以计算出每项10 kV电缆双环网线路计划停电工作需要停电倒换线路的平均用户数量为3户。

由变电站或开闭站引出的电缆直配线路安排计划停电工作时,只需站内停出线开关即可,线路停电只影响1个10 kV高压用户。

电缆双环网线路与开闭站(或变电站)引出的电缆直配双射线路停电影响用户数量对比见表2。

表2 停电影响用户数量对比

停电类型	电缆双环网/户	电缆双射直配/户
故障停电	5	1
计划停电	3	1

### 2.3 分段电缆负载率

电缆双环网正常运行时,每段电缆的实际负载从首端向末端逐级递减,但是线路倒换后从双环网对端供电时,电缆首端将变成末端,为了保证线路倒换可行,线路全线各段基本都是同一截面积、同一额定载流的电缆。每条电缆线路在99%以上的时间里是正常方式运行状态,电缆实际负载率从首端到末端依次递减。这就造成了严重的电缆载流容量浪费,越靠近末端轻载现象越严重。尤其是双环网中的两条联络电缆,正常运行时,其负载率长期为0。

假定一条电缆双环网线路由N段电缆串接而成,每个环网柜(分界室)带1个用户,全线共带N个用电客户,线路总负荷为P,每个用户的负荷为P/N,电缆的负载额定上限为P<sub>1</sub>,则正常运行方式情况下,线路上每段电缆的负载率从末端至首端依次是P/(NP<sub>1</sub>)、2P/(NP<sub>1</sub>)、3P/(NP<sub>1</sub>)……P/P<sub>1</sub>。由此可以计算出线路每段电缆的平均负载率为

$$F_{均} = \sum_{i=1}^N (nP) / (N^2 P_{限}) = \frac{(1+N)P}{2NP_{限}} \quad (3)$$

式中P/P<sub>1</sub>为电缆首端负载率,即线路的负载率。

若按上面所述,根据开发区核心区10 kV电缆双环网线路数据统计,平均每条线路由5段电缆组成,每条线路带5户,那么正常运行方式情况下,可以计算出线路每段电缆的平均负载率为0.6P/P<sub>1</sub>。理论上,电缆双环网为满足N-3情况下运行,线路平均负载率最大仅为25%。那么,可以计算出线路每段电缆的平均负载率仅为15%。

即便是牺牲电缆双环网的可靠性和灵活性,允许满足N-2运行条件(线路平均负载率上限50%)

即可,线路每段电缆的平均负载率也仅仅能够达到30%。

在实际的线路运行中,部分线路已经出现首端重载甚至接近满载,而末端仍轻载运行的浪费情况。根据开发区配电网运行数据统计结果,电缆双环网首端电缆负载率平均为29.6%,第2段电缆负载率平均为22.1%,末段电缆负载率平均仅为8.9%。

如果是变电站或开闭站引出的直配电缆线路模式,开闭站或变电站出线直配电缆可以根据用户不同的负荷情况选择电缆截面积,而且在保证线路N-1运行条件的情况下,每条电缆的负载率可以达到50%,远高于电缆双环网方式,基本不会出现上述浪费情况。

### 2.4 电缆终端头数量

电缆双环网线路由大量的环网柜(电缆分界箱、分界室)连接而成,开关数量庞大,电缆终端头众多,而开关处电缆终端头是电缆线路较为薄弱的环节,容易出故障<sup>[7]</sup>。根据开发区近5年的配电网故障数据统计,近14%的电缆线路故障发生在开关电缆接头处。

在典型的电缆双环网中,用户数量等于分界室数量,每个分界室8个开关,6个开关电缆接头。而开闭站或变电站出线直配电缆方式,每个用户仅对应2个出线开关,2个开关电缆接头。在用户数量既定的情况下,若采用开闭站或变电站出线电缆直配方式,将会减少大量的开关节点,电缆终端接头的数量也会大大降低,相应的故障发生次数也将会大量减少。

### 2.5 自动化终端运行环境

配电网运行的精益化管理对配电网自动化的要求越来越高。电缆分界室或分界箱中配电网自动化终端的运行状况,直接决定了配电网自动化系统在调控运行工作中能否充分地发挥作用。然而,电缆分界室或分界箱的运行环境普遍较差,其温度和湿度变化较大,严重影响着配电网自动化终端的运行状况<sup>[8]</sup>,自动化终端的在线率难以保证。自开发区配电网自动化系统投运以来,双环网线路上分界室自动化终端的在线率长期在92%左右浮动,难以再度提高,严重制约了配电网调控运行工作效率。具体表现在以下几个方面:

1) 电缆分界室或分界箱的运行环境使自动化终端运行不稳定,导致系统上送大量的误发信号,给

配电网调控运行工作带来了极大的干扰。

2) 自动化终端的运行电源依赖一次设备的正常供电,当双环网故障后,停电的电缆分界室或分界箱的自动化终端电池供电可靠性较差。在自动化终端失电后,调控人员无法通过遥控操作进行故障点隔离以及非故障段恢复供电。在开发区配电网自动化系统投运以来,有接近29%的双环网故障后停电区段自动化终端因失电离线,配电网自动化的遥控功能丧失,严重影响了故障的处置效率。

3) 电缆分界室或分界箱的自动化终端运行不稳定,导致故障发生时,系统收到的信号不全,从而导致故障区间研判不准确的问题。

4) 自动化终端在实际运行中,电缆分界室或分界箱中的温度和湿度变化较大,容易出现终端设备凝露现象,从而引发开关误动。

在开闭站或变电站出线电缆直配方式中,开闭站(变电站)中的自动化终端运行环境得以显著改善,不会出现温度和湿度的剧烈变化,自动化终端运行稳定,从而有效克服了大量终端误上信号以及故障区段研判错误等问题,故障点将非常容易查找,同时也不会出现装置凝露问题。另外,开闭站内的站内电源非常可靠,基本不用担心自动化终端因失电而离线的问题,配电自动化系统的功能作用将会得到充分发挥。

### 2.6 后期改造

电缆双环网每条线路带多户负荷,线路负荷增长无规律,难以预估,一旦线路负荷增长过快,造成线路重载或过载,线路改造复杂,工程难度大,常常出现就近的变电站预留待用间隔不足的问题,如此,需要以较远的变电站为电源,线路建设投资非常大。

在开闭站或变电站出线电缆直配方式中,当用户负荷增大,线路重载后,更换更大额定载流的电缆即可,线路改造工程较为简单。

## 3 建议

在配电网的调控运行工作中发现,如果线路的负载率较低,则电缆双环网的可靠性和灵活性确实有明显的体现。然而为了实现理论上的可靠性和灵活性,必然会牺牲电缆的负载率,经济性较差。另外,由于电缆双环网的停电影响范围较大以及配套的自动化终端运行环境较差,比开闭站(或变电站)

出线直配电缆方式有明显的不足。因此,对于高压用户较为密集的地区(如经济技术开发区),建议采取电缆直配双射网供电为主要模式。如果变电站的10 kV出线间隔数量有限,可以通过变电站引出开闭站的模式提供充足的出线间隔。

对于个别重要用户,建议提供3路电缆直配电源供电,或者由两组双射电缆直配线路加装联络形成最简单的双环网结构,以保证其供电可靠性和方式灵活性。

## 4 结语

通过对开发区电缆双环网与开关站电缆直配双射网在可靠性、停电影响、负载率、自动化终端运行环境等方面的对比分析,论证了电缆双环网模式在调控运行工作中存在的劣势和开关站电缆直配双射网模式的优势所在。电缆双环网模式与开关站电缆直配双射网模式的对比分析研究对城市地区10 kV电缆配电网的建设与发展具有重要的指导与参考意义。

### 参考文献

- [1] 刘向军,马爽,许刚.基元接线模型构建的配电网典型接线模式[J].电网技术,2012,36(2):58-63.
- [2] 黄伟军,钱远驰,吕志来.闭环运行方式城市配电网接线模式的研究[J].电力系统保护与控制,2013,41(24):123-127.
- [3] 谢莹华,王成山,葛少云,等.城市配电网接线模式经济性和可靠性分析[J].电力自动化设备,2005,25(7):12-16.
- [4] 霍凯龙,王主丁,畅刚,等.目标年中压配电网规划实用方法[J].电网技术,2013,37(6):1769-1774.
- [5] 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.
- [6] 邹俊雄,周冠波,付轲,等.10 kV配网合环转电计算模型与试验分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(8):144-148.
- [7] 靳英.110 kV电缆终端故障分析及处理[J].电力安全技术,2011,13(11):28-30.
- [8] 林功平,徐石明,罗剑波.配电自动化终端技术分析[J].电力系统自动化,2003,27(12):59-62.

作者简介:

刘保全(1986),硕士、工程师,研究方向为电力调度、电力系统。  
(收稿日期:2018-09-20)