

# 线路重合闸投退方式的研究

吴桂芳<sup>1</sup> 胡仁祥<sup>1</sup> 冯小萍<sup>2</sup> 常喜强<sup>2</sup>

(1. 国网吐鲁番供电公司 新疆 吐鲁番 838000; 2. 国网新疆电力公司 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 从架空线、电缆线在单电源和双电源情况下进行重合闸装置的投退分析,重点考虑架空线与电缆线的混合线路重合闸,得出的结论可为电力相关部门在决策和实施上提供一点借鉴。

**关键词:** 混合线路;重合闸;分布式电源;投退

**Abstract:** The switching on and off of reclosing device are analyzed under single and double power source for overhead transmission lines and cable conductors, which focuses on the reclosing of hybrid lines of overhead line and cable conductor. The obtained conclusion can provide a reference to the decision and implementation for the related departments.

**Key words:** hybrid line; reclosing; distributed generation; switching on and off

中图分类号: TM732 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)06-0023-03

随着社会的发展,城市化快速建设的同时,要求城市中原有的架空线改为电缆线路下地已经成为一种趋势,但对于早期大量已经建设完成的架空线路,要一次全部改造成电缆线路也不可能马上实现,势必会出现另一种局面,电力电缆和架空线混合线路出现在供电网络中。这种电力电缆和架空线混合线路因其灵活性在城市电网中得到越来越广泛的应用,但对继电保护和重合闸配置提出了更高的要求。由于架空线故障一般(90%)是瞬时故障,需要启动重合闸,恢复供电;而电力电缆故障,一般是永久故障,再次重合会对电缆产生较大的损伤,因此给线路重合闸的投退带来了新的挑战。

近几年电力公司对输电线路的可靠性管理指标和各公司之间的同业对标要求越来越高,也越来越严格。为了提高供电可靠性,输电线路都投入了重合闸装置,这对于混合线路中的架空线上的故障(多为瞬时故障),能起到快速的恢复供电。若是故障发生在电力电缆线路上(多为永久性故障),重合闸动作又将重合于故障线路上,对系统造成再一次的冲击。此时若未投入重合闸装置,势必造成整个混合线路停电,给输电线路运行可靠性指标带来不利影响。故具体是否投入该线路重合闸,就需要权衡供电可靠性和设备安全等多方面因素最后决定。

其次,分布式电源的接入使原来单一辐射性网络变成双电源或多电源供电系统,此时需要对其线

路的重合闸方式进行进一步的深入研究。

正是针对上述情况,通过对常规架空线和电力电缆线路投入和不投入重合闸带来的利弊进行分析,以最大限度地提高线路的供电可靠性。

## 1 全架空线路对重合闸投退的影响

### 1.1 单电源辐射型架空线路

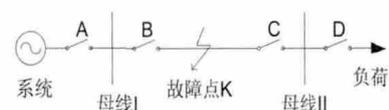


图1 单电源辐射型架空线路示意图

如图1所示, K点发生瞬时故障,保护B动作跳开,重合闸动作,线路恢复供电。电力系统运行经验表明,架空线路绝大多数的故障都是“瞬时性”的,永久性的故障一般不到10%。因此,在由继电保护动作切除短路故障后,电弧将自动熄灭,绝大多数情况下短路处的绝缘可以自动恢复。因此,自动将断路器重合,不仅提高了供电的安全性和可靠性,减少了停电损失,而且还提高了电力系统的暂态水平,同时可增大了高压线路的送电容量,也可纠正由于断路器或继电保护装置造成的误跳闸。所以,单电源辐射型全架空线路要投入重合闸。

### 1.2 含分布式的双电源架空线路

含分布式电源的输电线路为双电源架空供电线路,此时架空线路故障,重合闸的动作需要考虑两侧保护的时间配合问题和两侧电源的同步问题。重合闸动作时间需要考虑两侧电源的动作时间、故障点电弧熄弧时间和断路器绝缘恢复时间。由于输电线路两侧的保护跳闸时间可能不同,此时线路的重合闸需要保证两侧保护都跳闸以后才能重合。否则,重合故障上会对输电线路形成二次电流冲击,对系统运行带来不利。会出现两种情况,一是重合闸动作过快,另一侧电源未与故障点断开,导致重合于故障线路。二是重合闸动作时间过慢,使对用户供电中断时间增长,同时也会使两侧电源失去同步而不利于重合闸。

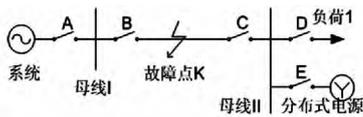


图2 含分布式电源的重合闸示意图

如图2所示,对于含分布式电源的双侧电源供电线路,如果线路负荷1相对于分布式电源出力来说较大,先合分布式电源侧E,导致功率不平衡,使频率下降,低频低压动作,同时分布式电源也不具备调频的功能;若线路负荷1相对分布式电源出力来说较小,先合分布式电源侧E,会出现高频现象,频率过高超过设定值,分布式电源将自动切出,负荷再次失压而不能正常运行,因此一般可以先合系统侧B电源,给负荷供电。再合分布式电源侧E,此时对系统侧重合闸可采用检无压方式重合,分布式电源侧的线路重合闸则可以分为检同期和非同期合闸。

由于实际中分布式电源与电网一般通过单回架空线路相连,在K点发生故障且保护B、E动作后,此时分布式电源不再与系统电源有电气联系,两个电源之间有可能会失去同步。如上所述先合系统侧B,再合分布式电源侧E。如果分布式电源侧重合闸采用非同期重合,若重合时产生的冲击电流没有超过允许值,不对系统和设备产生影响,则可以对电源进行非同期重合。当不满足要求时,就需要进行检同期,才能进行重合闸,此时根据分布式电源侧是否带负荷可以分为直接重合闸和解列重合闸两种情况。如果发生故障后,分布式电源直接被切除而没有向负荷供电,即分布式电源不再向负荷输出功率,此时重合闸需要采用检同期重合,将分布式电源并入电网。

1.2.1 分布式电源不带负荷检同期直接重合

如图2所示,在发生线路故障后,先切除分布式

电源再进行重合闸。图2中保护B、E为有重合闸装置的线路保护,分布式电源通过保护E与母线II并网。如图2所示在线路K点发生短路故障后,系统侧保护B先动作切除故障线路,保护E再动作切除分布式电源上网,此时分布式电源不带负荷。在确定保护B、E跳闸和故障K点电弧熄灭及绝缘强度恢复之后,保护B重合闸检无压重合,如果重合成功,则保护E检同期重合,分布式电源并网运行。如果重合不成功,则保护B后加速跳闸,保护E不再进行重合闸动作。

1.2.2 分布式电源带负荷解列

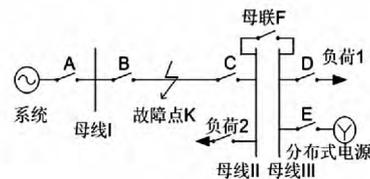


图3 含分布式电源的解列重合闸示意图

图3中分布式电源通过母线III并网,母线II和III通过母联F相连。同时母联F处为解列点。如图3所示在线路K点发生短路故障后,保护B动作切除故障线路,同时母联F动作与系统解列。若分布式电源出力与负荷1平衡,则分布式电源将通过母线III接带负荷1。在确保两侧保护都动作切除故障,同时故障点电弧熄灭,绝缘强度恢复后,保护B处重合闸首先检无压动作,如果重合闸成功,则保护F在解列点检同期完成并列操作。若重合不成功,则系统侧保护再次动作跳闸。所以,含分布式电源的双电源架空线路投入重合闸时,系统侧需检无压重合,分布式电源侧需检同期重合。

2 混合线路对重合闸投退的影响

2.1 单电源辐射型混合线路

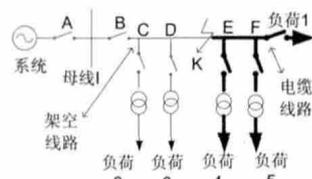


图4 单电源辐射型混合线路示意图

如图4所示,线路B到E点为架空线路,E点以后为电缆线路。保护B带重合闸装置。这里将从以下几个方面论述这种单电源架空-电缆混合线路对重合闸投退的影响。

### 2.1.1 电缆线路占总线路的比例

为保证供电可靠性,吐鲁番电业局运行单位对于混合线路重合闸装置都是投入运行。但这带来了新的问题,就是没有考虑故障发生类型和在什么线路上。架空线多为瞬时故障,电缆线路多为永久故障,且电缆和架空线连接的接头(EBA)也有爆炸的危险,这就得综合考虑电缆线路所占整个线路的比例以及电缆线路所带负荷性质。近几年运行数据电缆线路比重增加按重合闸成功率降低,如表1所示。

表1 混合线路投重合闸成功率

电缆占整条线路比例/%	投重合闸成功率/%
10	76
20	65
30	56
40	47
50	38

从表1可以看出,随着电缆线路所占整条线路的比例增加,重合闸的成功率也在不断地下降,当电缆线路比例占到40%时,重合闸的成功率不足50%。所以为避免重合到永久性故障上对电网再次冲击,建议电缆线路比例占40%及以上,就应该退出重合闸。同时电缆线路所带负荷性质也应该是考虑是否投入重合闸的另一个因素。

### 2.1.2 电缆类型

随着电缆行业的发展,现在常用电力电缆多为橡胶电缆(如聚氯乙烯),该电缆在制造、运行过程以及废弃后基本不污染环境,而且具有电能输送容量大、安装方便、运行安全可靠、使用寿命长等优点。根据用途和适应环境的不同可分为阻水电缆、阻燃电缆、耐火电缆、低卤低烟电缆、无卤低烟电缆等。

根据电缆类型的不同和使用环境的不同,对于是否投入重合闸装置要分别对待。如不具有阻水功能的电缆,用于潮湿环境中,建议不投重合闸装置。具有阻燃、耐火特性的电缆安全性比较高,正常情况下建议投入重合闸装置。

### 2.1.3 电缆敷设方式

常用电缆敷设方式可分为直埋敷设、浅槽敷设、穿管敷设、沟道敷设和隧道敷设等以及由上述几种方式相互结合的敷设方式。不同的敷设方式对于电缆受到外力的破坏概率是不一样的。据全国主要城市的统计数据表明,直埋敷设、沟道敷设和隧道敷设受到外力破坏的概率分别为61%、34%、5%。这也直接影响重合闸装置的投退<sup>[2]</sup>。

故建议直埋敷设和水上敷设可直接投入重合闸装置。其他敷设应根据电缆敷设路线是否有多回线路且无电缆接头,可考虑投入重合闸装置。

### 2.1.4 电缆运行年限

运行中的电缆将受到电、机械、化学以及热光等因素的作用而发生老化,影响其寿命。所以运行的年限也是一个考虑的重要因素。

据统计,电缆运行的1~5年是故障易发时期,5~25年进入稳定运行期,25年后故障风险概率大幅增加。

表2 根据运行年限考虑重合闸投退

运行年限	是否投入重合闸
1年内	否
1~5年	根据统计运行情况考虑
5~25年	是
25年以上	否

### 2.2 双电源混合线路

双电源混合线路重合闸的投退应参考双电源架空线、电缆线路比例、类型、敷设方式、运行年限等多方面因素,还应考虑线路所带负荷的重要性以及供电可靠性和设备安全等因素,最后权衡利弊决定是否投入该线路重合闸。

## 3 结 论

前面从不同的线路类型和电源出发进行重合闸装置的投退分析,单电源架空线应投入重合闸,双电源架空线投入重合闸时应考虑检同期情况。混合线路是否投运重合闸可从电缆线路比例、类型、敷设方式、运行年限等方面考虑。所得出的结论可为电力相关部门在决策和实施上提供一点借鉴。

### 参考文献

- [1] 李骏,范春菊.基于小波分析的电缆-架空线混合输电线路行波故障测距方法[J].电网技术,2006,30(9):92-97.
- [2] 丛柏生,吴兴林,王志坚.浅谈几种电缆敷设形式的经济技术比较[J].高电压技术,2001,27(S1):17-18.
- [3] 李斌,李永丽,黄强,等.单相自适应重合闸相位判据的研究[J].电力系统自动化,2003,27(22):41-44.
- [4] 杨国生,李欣,周泽昕.风电场接入对配电网继电保护的影响与对策[J].电网技术,2009,33(11):87-91.
- [5] 陈沛云.高压、超高压交联电缆的发展及应用[J].高电压技术,2001,27(S1):324.
- [6] 马永翔,王世荣.电力系统继电保护[M].北京:北京大学出版社,2006.

作者简介:

胡仁祥(1987),男,硕士,从事电网方式运行。

(收稿日期:2013-08-05)