

# 中压配电网的有效故障定位和网络重构

李继森<sup>1</sup> 李忠有<sup>2</sup>

1. 北京市电力公司密云供电公司, 北京 101500; 2. 施耐德电气(中国)有限公司, 北京 100102

**摘要** 本文详细阐述了在成本优化的同时, 如何考虑配电自动化设备的设计, 以确保获得灵活的功能及最简化的操作方式。

**关键词:** 中压配电网; 故障定位; 故障指示器

随着人口的增长以及工业、商业和第三产业经济的发展, 能源的需求不断增加。电力能源消耗的不断上升验证了这种倾向。为了应对这方面的发展, 不仅需要增加能源生产(如电厂), 输电网和配电网也需要适应这种变化。在经济快速发展的国家, 配电网发展非常迅猛, 电网公司需要非常高效的统一方案来进行故障定位和网络重构来满足电网的发展需要<sup>[1-9]</sup>。

## 1 中压网络的改进措施

中压网络作为电网中最大的部分应第一位考虑。故障可能来自于架空线路, 也可能来自于埋地网络。如果以埋地网络为出发点考虑, 则可以按以下特征进行分类。

1) 由多个人工手动操作的变电站组成。由于地理环境、距离或者交通的限制而难以接近以及恶劣天气条件(如洪水等)的影响, 供电服务指标低下且转换为无数的电力中断事故(SAIDI<sub>p</sub> 指标从 2~10h 不等), 过高的运行成本, 以及人员的安全问题等。

2) 通常由长线路组成的架空线路(辐射线路从 10~100km), 对恶劣环境(污染等)非常敏感, 这导致极低的供电效率和供电服务质量指标。瞬时故障会导致的短时中断, 长时间中断(SAIDI<sub>p</sub> 从 3~15h), 较大的电压下降、网络过载及网络损失(10%~15%, 甚至为 20%)。

每个在这里列举的重要的问题(安全、电压损失和长时间电力中断以及无数的短时间中断)均可以通过在中压网络中采取适当的措施得到解决, 比如分别进行保护和控制监测、无功补偿、多个配电网分区和使用合适的故障检测工具。

在这些问题中, 长时间电力中断和无数的短时间中断, 可以使用两种方案来解决: 自动化和远程控制系统和故障指示单元。

以上两种解决方案都可以单独使用, 也可以结合使用。在这种情况下, 部分变电站使用远程控制和/或自动化功能, 部分变电站使用故障指示单元。这两种解决方案之间的选择是一个经济技术方案比较的过程: 故障指示单元是一个非常经济实惠的解决方案, 能够显著提高供电服务质量; 而远程控制系统, 具有更大的投资, 并能够快速恢复供电。

## 2 整体方案

中压配电网管理包含远程监视与控制如图 1 所示。

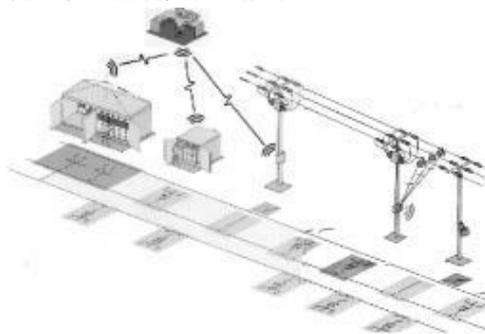


图 1 中压配电网管理示意图

---

中压配电网主要是大量涵盖架空线路的树状结构，对于在这种网络中的控制系统和控制监视设备的选择和安装均需要进行精心规划，以获取最好的性能。在安装控制节点及故障指示器时有多个原则来保证合理性：

1) 在现有柱上开关或变电站开关柜安装远程控制，其主要难点是对现有开关的电动机构改造。

2) 为现有的架空线路及配电站开关加装故障指示器。

3) 根据中压网络负荷的增长来增加新的远程控制节点。

4) 在无新增负荷增长情况下，为提供网络可靠性而新增远程控制节点（如在线路中实现 1~3 个分断点）。

5) 通过系统规划来扩展预计安装的远程控制开关。

全局性的整体方案概念目的是增加电网管理的效率，同时意味着电网投资的优化、停电时间和相应客户损失的减少以及快速实现电网的重构。此概念将配电网（架空线路或电缆线路）分成 3 个层次。3 类型的变电站又将中压电网分成 3 个部分。

3 个类型的变电站：

故障定位和网络重构方案主要适用以下 3 类变电站：

1) 带故障判断及远方控制的配电站和柱上开关。

2) 带故障判断能够和 SCADA 通信的配电站和柱上开关。

3) 只带有就地故障指示功能的配电站和柱上开关。

此 3 类变电站将中压电网分成以下 3 个部分：

1) 配电远程控制区域，通过远程控制开关分界点将中压电网分成不同的控制区域。

2) 配电远程监视区域，在控制区域内通过带通信的节点将远程控制区域分成不同的监视区域。

3) 配电就地指示区域，在配电远程监视区域中，根据故障巡查的方式分成不同的就地故障指示区域，通常较小。

以上每个部分可以归纳为：

1) 配电远程控制区域在发生故障后能够快速的被控制中心隔离，在区域内的所有客户在网络重构前将停电，区域越大，受到影响的客户数量就越大。

2) 配电远程监视区域，在此区域内能够让控制中心准确识别故障区域和非故障区域，并通过就地操作来保证非故障区域的连续供电。

3) 配电就地指示区域主要帮助维修人员对故障线路进行巡查，这类区域越小越好，通常把线路分支处作为节点为宜。

当然最有效的方案是将所有的变电站安装为全部能远程控制的设备，但对目前电网而言并不是为经济最优化的实现方式。

经济最优化方案应该根据下述标准并结合以上 3 种类型配电站的方案：

1) 每条馈线上的配电站数量。

2) 每个区域内的用户数量。

3) 每个区域内的用户重要性（如医院、机场等）。

4) 配电站是否方便运检。

5) 远程通信设施是否完备。

6) 现有配电站的电动机构是否需要改造。

通过上述考虑，一个典型的配电网应该大致配置如图 2 所示，具体为

1) 在每一条主馈线上应安装 1~3 个完全远程控制的配电站。

2) 所有配电站应安装故障指示器。

3) 在某些配电站应安装带远程监视的故障指示器。

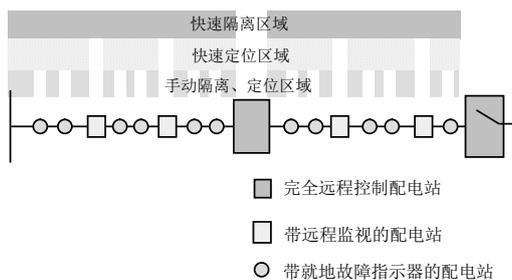


图 2 配电网典型故障定位与隔离配置

### 3 渐进实施方案

渐进的实际改造方案主要通过 3 个步骤来简化对现实电网的投资分析。根据电网投资能力，逐步对电网进行分阶段和分步骤的改造实施。

1) 对所有的埋地式配电站安装故障指示器。这种方式其好处显而易见，主要体现在能够快速的缩短故障定位的时间并减少初步投资。故障指示器在现有电网中安装非常方便，而本地化的故障区段地位便于快速的巡线，另外对一次变电站中的线开关无需重合方案。

2) 安装完全的远程控制配电站。这个操作的好处是能够快速的从控制中心进行故障区段的隔离。对于一个新建配电站而言，在前期设计过程中就将其规划进来，远程控制设备的安装就更为方便。对于现有配电网的改造而言，涉及到旧设备的改造和升级，难度较大，比较好的一个做法就是在配电网中增加新的控制策略点。

3) 将故障指示器改造为带远程监视，并连接到控制中心，其目的为了在停电时减少对停电用户的影响。

### 4 故障指示和控制单元

另外一个优化电网投资和增加电网管理效率的方面是仔细考虑监视与控制设备的功能。

#### 4.1 故障指示单元 FPI

故障检测功能必须看做电网保护计划的一部分。根据本地特定的线路和配电电缆，需要设置适应更高精确性的功能。因此，FPI 功能必须是完全可编程的。显然，由于它使得系统管理得到优化，它也是一个重要的经济性优化因数。

故障指示器在埋地电缆和架空线上都可以使用（柱上安装或者夹在线上），如图 3、图 4 所示。

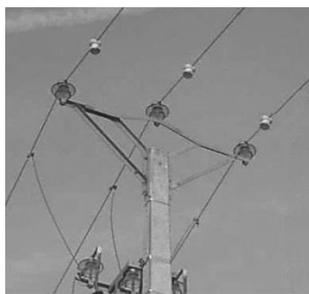


图 3 线上安装的 FPI



图 4 柱上安装的 FPI

#### 4.2 补偿网络

在补偿或者中性点不接地系统中，必须安装定向 FPI 以检测单相接地故障。总所周知，只有 20% 的故障是相间故障。这些定向 FPI 更加昂贵，但是它们使得检测效率由 20% 提高到 100%。在全局性方案中，为了获得更好的故障检测效率，这一点是必备的。

#### 4.3 带远程监视的故障指示器

为了简化通信功能，推荐使用兼容远程监视的解决方案（相同的协议和传输系统）。

#### 4.4 ISCU（变电站综合控制单元）

在变电站中，具有远程控制功能的电子元件必须提供以下的功能。

- 1) RTU。与控制中心通信，一系列协议和各种传输系统。
- 2) 不间断供电。包括变电站自动化、传输系统、所有电子设备。
- 3) 包括故障指示功能。包括从电流互感器直接获取数据、相间过流、接地过流。
- 4) 带开关的接口。包括随时连接、接口容量从一条到多条馈线。
- 5) 本地控制和设施维护

这些功能可以从不同供应商的装置中获取，但显然这不是一个经济优化的解决方案，每台设备在出厂前都进行完善测试后，才能更好保证系统的可靠稳定运行。

目前，ISCU 已经在市场上销售，并得到公众的认可，如图 5 所示。



图 5 4 馈线的 ISCU

注：这种单元的布线减少大大提高了控制系统的质量和实用性。

## 5 结论

目前对于所有发达国家，提供高质量的可利用电能是一个迫在眉睫的挑战。

电力公司多年来尝试了各种解决方案，积累了不少经验可供参考。远程控制和故障检测是其中两个关键解决方案。用户主要受中压配电网故障影响，这一点我们要特别注意。故障检测和网络监视、控制的引入，需要配合务实和优化的方案。

### 参考文献

- [1] VAN P M, OIRSOVW F P. Fault location MV distribution networks. Distribution & Utilization. 2004,21(3).
- [2] SHU H CH, SUN X F, SI D J, SI DJ.A study offault diagnosis in distribution line based on rough settheory[J]. Proceedings of the CSEE,2001,21(10): 73-77.
- [3] JUN ZH, DAVID L, LUBKEMANL, ADLY A. Automated fault location and diagnosis onelectric power distribution feeders[J]. IEEE trans.on PWRD, 1997, 12(2): 801-809.
- [4] MESUT E B, FELIX E W. Network reconfiguration in distribution systems for lossreduction and load balancing[J].IEEE Trans.on Power Delivery,1989,4(2): 1401-1407.
- [5] 江道灼,张峰,张怡.基于配电监控终端的配电网故障区域判断和隔离[J].继电器,2002,30(15):21-24.

- 
- [6] 毕鹏翔,刘健,张文元.以提高供电电压质量为目的的配网重构[J].电网技术,2002,26(2):4148.
- [7] 费军,单渊达.配网中自动故障定位系统的研究[J].中国电机工程学报,2000(9).
- [8] 刘健,王兆安.配电网故障区域判断和隔离[J].西安交通大学学报,2000(2).
- [9] 杜红卫,孙雅明,刘弘靖,董伟.基于遗传算法的配电网故障定位和隔离[J].电网技术,2000(5).