

# 配网故障定位与恢复策略的研究

乌兰巴特尔, 王娟

内蒙古电力(集团)有限责任公司鄂尔多斯供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘 要 :** 随着我国配网改革的深化, 电力市场化进程的加快, 客户对电能质量、可靠性的需求也在不断提高。为此, 供电企业必须对配电系统进行改造与提升。当配网出现故障时, 为了缩短系统的停电周期, 必须在最短的时间内完成故障定位、隔离和供电恢复。研究和实现智能配网中的故障点, 是提高配网系统可靠性的关键。

**关 键 词 :** 配网故障; 定位; 恢复策略

## Research On Fault Location And Recovery Strategy Of Distribution Network

Wulan Bateer, Wang Juan

Ordos Power Supply Branch, Inner Mongolia Electric Power (Group) Co., LTD., Inner Mongolia, Ordos 017000

**Abstract :** With the deepening of the reform of China's distribution network and the acceleration of the process of marketization of electric power, the demand of customers for power quality and reliability is also increasing. Therefore, power supply enterprises must transform and upgrade the distribution system. When a distribution network fault occurs, the fault must be located, isolated, and restored in the shortest possible time to shorten the power outage period. To study and realize the fault points in intelligent distribution network is the key to improve the reliability of distribution network system.

**Keywords :** distribution network fault; positioning; recovery strategy

### 一、配网故障处理综述

为更好地了解配网的失效处理流程, 可以把配网的失效处理流程划分为三个阶段:

①当出现问题时, 把它拆开。该过程一般是在配网中, 由开关与继电自动装置协同工作, 以毫秒级的速度来实现的。一般情况下, 当保护动作迅速时, 即包含保护响应时间、断路器动作时间及点电弧时间在内的全部故障时间为100 ms左右; 若因过流保护而造成的误动, 则故障历时约为0.5—1秒, 个别情况下可略延长。但是, 目前配网中普遍存在着多级开关串接的情况, 特别是在线路上。采用常规的电流保护方式, 很难在多台开关间进行有效地配合。当前, 继电保护面临着快速和选择性之间的矛盾, 通常情况下, 在发生故障后, 变电站出口保护首先动作, 以确保故障快速切除, 同时没有将多断路器串联在一起的优势发挥出来。针对多层开关串接时, 最靠近故障点的第一个开关, 分别采取主从式或点对点通电网两种方式, 有效地解决保护快速性与选择性之间的冲突。

②对故障部分进行隔离, 对未发生故障的区域进行供电, 一般需要几秒到几分钟的时间。以往的配网, 多数是辐射形的, 没有其他的开关, 所以, 当故障发生时, 就会把故障区域隔离开。随着社会经济的飞速发展, 配电系统日趋复杂, 通常采用环形供电方式, 或者采用不同的供电方式。所以, 在出现故障之后, 必须对故障区段进行隔离, 以保证未发生故障的区段仍能继续提供电力。这样, 在故障点后的无故障区段, 就可以利用转换电源, 实现其他电源的供电。这就成为配网自动化中的一个重要课题。

在故障隔离与供电切换阶段, 其核心思想是尽量减少停电时间, 使停电区域最小化, 供电区域尽可能地保持稳定。

③问题查找与解决。这一过程一般要花费数十分钟至数小时的时间。在高电压传输系统中, 传输线是很长的, 而且一般不会有分支。提出了一种基于故障位置的定位法。但由于配网结构复杂、支路众多, 传统的配网故障定位方法在实际配网中并不适用。其中, 单相接地故障的检测与定位是一个比较复杂的问题。在小电流不直接接地的配网中, 当发生单相接地时, 虽然没有出现较大的短路电流, 但其非故障相的电压却可增大1.73倍。若不加以处理, 可能会造成新的短路事故。所以, 要求该装置在发生单相接地故障后, 其在失效条件下仍能继续工作2小时。所以, 单相接地的故障还可能引起断电。

### 二、基于概率的配网故障定位技术研究

如何对配网进行故障定位与隔离, 是一项十分重要的课题。配网中的断路器常有误动、拒动现象, 所以不能通过断路器的动作而直接判断出故障区域。针对配网中存在的问题, 提出了一种基于相邻切换矢量的配网故障定位方法。

#### (一) 配网结构

配网按其结构可划分为放射形网, 树状网, 环形网, 并对其各自的特征进行了分析。

①辐射状的网状结构。该方法具有简单、实用、投资省、缩短工期等优点。其不足之处在于供电可靠性较差。如果一个线路或者一个开关失效, 那么整个线路就会被断开, 所携带的负荷就

会被切断。双回路供电方式可有效地提高电力系统的可靠性，适合于普通居民。

②树状网。其优势是结构简单、供电半径大，不足之处与辐射状网相似。当主要线路出现故障时，将造成继发线路的全部停电。树形网结构适合城乡普通负载的电力供应。为减小因故障引起的停电范围，可通过在线路中设置分段开关，将线路分段，减小因故障引起的停电对线路的冲击。在独立的分支中，还可以设置一个分支交换机，以便在分支出现故障时，不会对主要分支造成影响。

③环形网。近几年，该方法已被广泛用于配网的建设。实际上，这是一种辐射式接线方式的改良，即将两个电源接在电源线的两端，并将两路电源接在中间。在正常运行期间，接触器开关处于开启状态，降低了短路电流以及可能出现的周期性电流。在某一条线路停电时，触点开关可被关闭，将电力从另一端输送到未发生故障的用户。在为客户提供电力时，可采用环形网，既节省成本，又能保证同样的供电可靠性。

### （二）配网故障分级

配网中任一元件发生故障，都会对整个配网的稳定产生重大的影响。所以，在对配网进行故障分析时，主要是通过对相关开关的动作来完成对故障区段的隔离。各元件的失效，最后都会反映到各自的供电线上，所以，所有的故障都可以看作是在供电线路上。配网的故障类型主要有：

#### ①单相接地

在配网中，单相接地是最为普遍的一种故障，其产生的原因主要有植被覆盖和线路重叠等。在小电流不直接接地的情况下，无故障相位上的电压升高了1.73倍，虽然没有明显的短路电流。若不加以处理，在较长的时间内，有可能造成绝缘破坏，引发新的短路。

#### ②两相短路

当线路出现两相短路时，会形成较大的短路故障电流，如果不能及时进行隔离，就会导致故障线路烧毁，导致大面积停电，通常是由雷击、外力压迫等因素引起的。

#### ③三相短路

以三相短路最为严重，因为ABC三相同时短接，三相均为对称，因此具有最大的短路电流。但是，发生三相故障的概率非常低，主要是由人为因素引起的，比如带地刀合闸等。

#### ④相位缺失

由于电流间隙的存在，使受电方的一个或两个相没有电压，从而导致三相电动机不能正常工作。

## 三、配网故障显示与定位

### （一）三相短路故障的探测与指示

故障指示灯一般都是悬挂在空中的配电线上，或者是埋在地下的电缆，以及开关装置的母线上。测量空间电场中的电势梯度可以探测到电压，利用电磁感应可以探测到线电流。它的故障鉴别功能是通过电流、电压等参数的变化来判断故障的特性，进

而判断是否发生了故障。

当配网出现短路故障时，通过线路上的故障标志可以自动启动，给出反转或者亮灯的指示，并向通讯装置发出故障信号。该信号经通信网传送到主站，将对应的信号点反转。从电源端起，沿着整个配网反转，直至反转失效指示灯与首次非反转失效指示灯的间隔为失效间隔。三相短路故障的位置为F，其位置在变电所出口与故障点F之间，并经受了短路电流 $I_F$ 的影响。线路上的故障指示器S1,S2,S3,S4及S5均探测到故障电流，判定为自动反转，但S7及S8未发生反转，表示故障区域位于S5,S7及S8所围成的区域中。

### （二）小电流接地故障的探测与指示

由于配电系统的额定工作电压比较小，所以与配网的过电压之间的矛盾并不明显，所以通常采取小电流不接地或谐振接地的方法。

在2#线路a相出现单相金属接地后，由于接地电容的作用，使线路上的接地电压降为0。另外两个故障相位的电压与A相线电压相比，增大了1.73倍。在接地端有一种转换电阻后，接地端电压将不再是0，而是随着转换电阻的增大而增大。各进出线零序电流幅值、相位、零序电压的变化规律是一致的，零序电压也是一样的。

变电所接地变压器装设有自控电阻式负荷装置。由于配设于变电所接地变压器中性点处的动态电阻负荷设备，其动作延时、快速开通，在变电所与接地点间形成一特定的小信号电流（最大不大于40A）。通过对故障相位的负荷电流进行调制，设置在故障通路中的变电所出口及线路上的故障指示器可对其进行探测，并将其作为指示信号传递给各监测系统（如配网主站、变电站等），实现故障显示与定位。

## 四、配网中的常规故障定位和策略

### （一）配网中的常规故障定位

#### ①故障定位原理

在线路中，按照气室的位置、长度及负载的分配，对线路进行分段检修。一般而言，由变电站701交换机、线路交换机a、线路交换机b和互联交换机729实施三个部件。

②抢修人员按检修断面分组进入现场，采取分段试送电的方法，对线路出现接地故障的地段进行排查。在试车之前，当班调度员要与各班组保持联系。

③依据故障类型、负载状况及以往线路故障状况，对线路区段的失效概率进行判定，并按照从高到低的排列线路区段，对线路区段进行巡检与试送电次序进行排序。

④在试送电后，确定出了故障的线路区段，并将各班组的紧急抢修人员组织到故障区段进行检查，找出问题所在。

常规的故障定位方法，需手动进行，且定位精度较低；同时，在试验配网及判断故障线路时，需进行多次的分闸动作，给配网带来多重冲击，扩大了停电范围，严重影响了供电的可靠性。

## （二）现有配网故障定位的缺陷

①以人工辅助为主，准确率较低。因为配网自动化系统中的配网终端覆盖范围仍然很小，所以要求调度和现场的紧急维修人员一起，将配网分成多个区段，先确定出故障的大致区间，然后再逐个地对该地区的线路进行巡视。采用试送电的方法，仅能找到故障点的大致位置，该地区可能存在多条线路和变电站，因此，对设备进行巡视工作仍是一项繁重的工作，无法实现快速定位。

②工作缺陷的定位缺乏时效性。配网监控多依赖于调度自动化系统对变电所线路及客户来电报警进行实时监控，但存在准确性低、实时性差等问题。值班调度在发现配电线路故障后，立即通知抢修人员赶赴现场，并对设备进行定位和检查，平均耗时约2个小时，也显示了该方法的时效性。

③针对目前配网自动化系统中，采用配网自动化终端，配网具有遥控、遥测、遥控等功能，中压侧母线配置一台 PT，支线配置一台 CT，沿路布设光缆环路。然而，尽管其可靠性高，但其投资偏高，经济性差，即便是7条配网试验线，也未实现整条线路的“三遥”监控，且配网终端多设在重点变电站等。

④目前，配网自动化与调度自动化系统共享一个 DF8003 主站，在原有的配网中实现了双网互联。虽然两者在 SCADA 系统、前端系统等功能上具有较强的共性，但是在数据处理和先进的 PAS 应用上却有着较大的差别。比如，在 DF8003 中，没有实现对配网中的故障定位、隔离及恢复方案的基于分配终端转发的信息。因此，在配网自动化系统中，有必要建立一套专用的主控机。

⑤目前对小电流的诊断准确度不高。配网自动化系统中，通过对线路零序电流进行检测，可以判断出小电流是否发生小电流接地。在单相接地情况下，零序电流一般不超过20安培，有时仅

为数安。由于其幅度很小，且易受外界环境及变电站等因素的影响，很难精确测量。

## （三）一种智能化的快速故障定位策略

①配网主站系统具有特殊的故障定位与隔离功能，能够对配网进行监控，并提供高效的供电计划。

②对单相接地信号进行有效监控。在配网中，单相接地的识别一直是一个难点问题。由于非金属接地系统中存在着微弱的信号，因此，要实现对小电流的准确快速检测，就必须研究出一种新的方法。

③故障定位实现了高度的自动化，改变了以往单纯依靠人工进行现场巡检的做法，提高了实时性，提高定位的准确性，实现对故障的及时隔离，并实现无故障区域的切换。

④由于配网分布广泛，因此，这一方案需要有较好的经济效益，能够最大限度地利用已有的资源，并且便于边远地区的推广。

⑤该系统能对架空、地下电缆的运行状况进行有效的监控。

## 结束语

综上所述，由于配网的分布范围广、种类繁多，单纯通过在配电装置上自动进行故障定位与隔离，投资大、建设周期长、故障定位准确率低。介绍了一种基于故障指标的电力系统短路、接地故障诊断方法。提出独特的信号注入方式，既能有效地利用已有配网资源，又能有效地提升配网系统的供电可靠性，又能实现故障的快速定位与隔离。针对已有的配网设备状况，对传统的配网故障定位法进行了分析，指出了其存在的缺陷，并对今后配网改造中应具备的故障定位功能进行了探讨。

## 参考文献：

- [1] 温伟弘. 基于图论和启发式算法的配网故障自愈方法 [D]. 华南理工大学, 2020.
- [2] 施志强. 含分布式电源的配电网故障定位与恢复技术研究 [D]. 东南大学, 2018.
- [3] 田红兵. 基于 GIS 的中低压配网故障定位系统的研究 [D]. 兰州理工大学, 2014.
- [4] 禹红良. 基于馈线终端设备的配网故障定位算法研究 [D]. 重庆理工大学, 2020.
- [5] 周智丰. 含分布式电源的配网故障定位研究 [D]. 广东工业大学, 2019.
- [6] 何婕. 基于分布式多电气量信息的配网故障分支识别和定位方法 [D]. 昆明理工大学, 2018.
- [7] 傅瑶. 10kV 配网故障定位及在线监测系统研究 [D]. 华南理工大学, 2017.
- [8] 黄宸希. 配网故障定位在线监测管理系统的设计与实现 [D]. 北京交通大学, 2017.
- [9] 宋扬. 配网故障定位系统建设与监控主站软件设计与实现 [D]. 电子科技大学, 2015.
- [10] 何德平. 基于 GIS 的配网故障快速定位的设计与实现 [D]. 电子科技大学, 2013.