

智能配变终端配电线路单相接地故障智能运检技术

程竹叶

国网河北省电力有限公司鸡泽县供电分公司椒城供电所

摘要: 针对现有运行检测技术中策略滞后、实时性差等问题,开展智能配电变压器终端配电网单相接地故障智能运检技术研究。建立一种基于线路分布参数模型的单条配线测量系统中的第一端空气量,将三相稳态电流和电压进行分离,获得相应的三序组分,推导出线路任一点上的有关参量指标和故障点的横向短路电流,并以此为基础,建立判别函数,并收集有关的故障数据信息,提出一种新的智能运行检测技术。通过模拟试验,验证了该算法的有效性,并对其进行了全面的故障诊断,其准确性远高于已有的算法,因此,该算法在工程中的应用前景十分广阔。

关键词: 智能配变终端; 配电线路; 单相接地故障; 智能运检技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.12.083

引言

配网自动化通过各种通讯方式,对配网进行检测和控制,通过对系统信息的整合,对配网进行科学的管理,达到了最优的服务水平和供电品质,提高了供电的可靠性,改善了电网的运行,达到了双赢的效果。

配电网是保障电网“动脉”的重要组成部分,一旦出现故障,若不能及时进行维修,不但会影响当地电网的稳定和用电需求,还会引发连锁效应,导致大范围停电。其中,单相接地故障是最常见的一种,它虽然在发生故障后仍能正常工作,但由于其非常微弱,很难被发现,因此存在较大的安全隐患,因此,对其进行有效的监控和维修十分必要。

针对目前运检技术在控制和管理方面存在的不足,拟研究一种智能化配电网终端配电网单相接地故障运检技术。利用智能配变端子原理和线路分布参数模型,在获得的三相稳态电压和电流的基础上,获得相应的零序、正序和负序成分,并利用三序法求出故障点的横向短路电流,利用固定步长逐次求解三序电流分量的模值和相位,实现对单相接地故障的准确定位。结合物联网关和边缘计算等相关技术,研究并建立基于物联网网关的智能运检方法,为检测工作提供一定的帮助,减少配电网的故障问题,提高运行的稳定性。

一、智能配变终端

随着国内科学技术的进步,将电力分配技术与信息技术相结合。在完善的过程中,它是从原来的联网系统中创建出来的。所以,它是一种智能化的能量整合网络系统,在实际应用过程中,需要利用相应的技术,保证它能满足供电和将来的发展需要。当前,通过物联网技术,智能配变终端可以对配电网的各个部分进行控

制,运用先进的管理思想和解决方案,保证了整体的电力运行满足发展的需求。在新的Internet技术基础上,构建具备边缘运算能力的智能配变终端。在配电网应用中,有关部门对配电网的可靠性和重要性给予了高度的重视。所以,国家在这方面投入了很多的技术人员,从整体的发展机制来看,利用机电保护算法和相应的设备,保证了数字信号处理技术可以被引入到配电网中,从而进行供电故障的检测。针对当前发展的需求对配电网工程测试技术在现行开发模型的基础上进行充分的整合。

1. 运行原理

配变终端由电源模块、数据采集模块、处理模块、人机接口与通信接口、无功补偿等构成。对智能配电变压器的各个模块进行了详细的说明:(1)功率模块,向所述终端提供功率;(2)数据采集模块:实现对配电网的功率参数的实时测量;(3)通讯接口模块:这一部分包括两种通信方式,一种是远程通信,一种是本地通信,一种是用于终端和主站之间的通讯,另一种是用于终端和电表等智能装置之间的通讯。(4)无功补偿:根据配电网的运行参数,通过调整负载切换,加入或移除补偿电容器,使无功达到局部均衡;(5)处理模块:此模块是智能配电变压器的核心单元,主要完成数据的分析和处理,并对各个终端模块之间的工作状况进行协调和管理。

2. 整体框架

该智能配电变压器终端采用独立的模块结构,便于维修,扩充,延长其使用寿命。它包括LPC1788CPU,用户出线交流采集,变压器状态监测,智能无功补偿控制,电源,通信接口,远程控制,通信等几个方面。

二、智能配电台的结构分析

1. 末端感知终端

它包括一个终端传感终端，基于整个电表箱来完成数据的收集，并且报告停电事件，它利用开放式的电流互感器，基于整体的进线数据，来取样电流，并判断表的向电量的计算和重复的事件。对单户表箱而言，在终端，可以实现对客户断电状况的检测和监控。而多用户表箱则要采用相匹配的功率传感模块，在电表上接入220V的电压，然后接通后端，根据检测到的磁场变化，来判定用户是否处于断电状态。另外，在设备投入等方面，还能够对用户的停电事件进行分类汇报，对于末端传感终端和智能配电终端来说，可以使用宽带功率载波和微功率电磁波进行通信。在不需附加导线的情况下，通过与终端设备相连的电源线进行通信和数据的传送。同时，对全低压集抄窄带无线通信系统进行了优化设计。微波无线通信是利用无线电波来传送的，所以它不会受到电力网噪音和有关的外部条的干扰。但是，在输送过程中，它极易受到墙体、气候等因素的影响。因此，通过将H-P-L-C和R-F相结合的双向通讯方式，能够最大限度地利用终端的优点和特点，提出一种合理、高效的解决方案，保证数据的可靠传输，为其正常运行提供一定的帮助。

2. 分支线路监测终端

通过对支线监控终端的剖析，支线监控终端能够对主回路和分支回路的全部信息的收集和上传，并将其存储和上传到网络中。在分路箱入口、出口侧设置变压器，对电压和电流等用电信息进行处理，并利用宽带功率载波、微波等进行终端通信。配电终端，内置的双通信模块和超级电容器等，能够根据电网的微电力进、出线故障情况，向主动报告。

3. 智能配电终端

对整体的智能配电终端进行了分析，发现它的智能配电终端与分支箱一侧的支路相连接，并按照支路设置于电表箱的端部。从而，能够对台区内的线路进行有效的实时监控，对某一台区内的低压线路、断表箱事件等情况进行记录和分析，并将故障信息上载到传感终端上。利用它的运算能力，能够准确的定位出故障区域，并且能够及时的将相关的停电事件报告给用户。基于新的处理方法，对智能配电终端进行谐波分析，阻抗计算，无功调整分析等功能进行分析，提高整体电能传输的准确性和可靠性。

三、配电线路单相接地故障检测方法

现有的输电线路故障诊断方法主要有集中式和分布式参数两种，其中，线路分布参数模型更符合实际，因此，拟以单线配电网为研究对象，以线路分布参数模型为基础，以单个配电网为研究对象，研究其故障诊断方法。

当一条配电网中三相参数达到平衡时，有一条线路发生了故障，如图1所示。

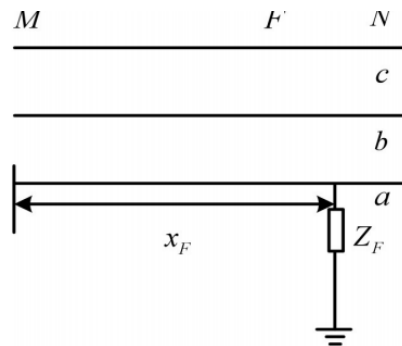


图1 故障线路示意图

图3中，M为导线的首端和终端，用F表示故障点，将三相导线分别用a，b，c表示。将发生接地故障的线路设为a相，并以 Z_F 的形式表达了故障接地系统的阻抗，将M末端与故障F之间的直线距离设为 x_F 。

四、运检技术架构

将配电网单相接地故障的检测策略与智能运行检查技术相结合，能够进一步提高智能配变终端的智能水平，对故障进行预警、判断和定位。

1. 信息分析

为了实现智能配变端配线的智能化管理，有必要收集故障的拓扑、故障、运行和线路状态等信息。

拓扑信息是实现运行检测的数据依据，它体现了线路之间的连通性、拓扑结构和隶属关系；故障信息是快速报警，定位故障，并发出维修指令；同时，线路运行信息和线路状态信息也会影响到整个电力供应的可靠性，通过大数据分析技术，可以预测线路的运行信息，将维护工作由计划维护转变为状态维护，变被动为主动。

2. 信息采集

采用强有力的技术支持策略，对智能运输检测技术所需的信息进行收集、筛选、分析和上传，有关策略如下：

(1) 物联网关：通过各种智能设备的信息节点融合，将标准的信息模型和通信规则与主系统进行互动，并对信息进行统一的收集，并根据业务需要进行汇总和处理。

(2) 边缘计算：由于配电网的运行状况不断变化，对信息处理的实时性有很高的要求，如果使用主站进行处理，很难满足业务需要，而且，大量的上传信息也会降低主站的通信效率，因此，终端的局部计算处理和服务能力要更好，通过对数据信息进行集成处理，可以提高故障处理的实时性。

(3) 软硬件解耦：通过对驱动和软件进行解耦，根据实际情况的变化，实现对线路性能的不断迭代。

3. 技术设计

图4显示了智能化配电变压器终端下配电网单相接地故障智能运行检测技术的构成。利用本土化的智能信息处理设备，对数据信息进行实时的加工处理，把大数据平台和一个统一的主站系统结合起来，根据不同的服务需要，对数据信息进行分布和存储。因为对信息进行了局部化的预处理，主站一方只需关注信息的时效性，所以对于实时性要求很高的信息，可以通过终端来实现直接处理；对实时性要求不高的报文，以主站为高速传输信道，经综合运算，主干网给予一定程度的性处理。通过终端和主站的协同工作，使得下层监控类线路信息的详细情况不能被高层信息化系统看到，信息化系统可以直接使用这些信息数据。

4. 技术实现

由于单相接地故障一直缺少有效的示警策略，如果在较大范围内设置大范围的故障指标，则会造成较高的经济效益比。在电网中，以单相瞬时接地为最常见的情况是单相接地故障；如果发生单相永久性接地故障，虽然不会立即停电，但是很难确定具体的故障位置，这主要是由于线路上的电流太小，所获得的电流信号太弱，给线路定位带来了一定的困难。此外，单相接地故障还会导致其他相的电压升高，对系统绝缘造成严重威胁，容易引发各相、各点之间的短路，导致故障进一步发展，因此，急需运维部门在第一时间对故障进行准确定位。

将智能运检技术应用于单相接地故障中，通过对配变状态、拓扑、线路等信息的综合计算，判断和定位单相接地故障，根据故障指标和线路DTU等终端信息，并与GIS信息相结合，确定发生单相接地故障的范围，并将其上载到移动终端或调度席。给出了故障推演与预警智能化运行检测系统的实现架构。

五、仿真实验

模拟试验使用MATLAB2012，32位视窗10，奔腾双核3.4 GHz，内存6 GB。

选择一条仿真线路，在一个人工接地点上，进行了5个不同的仿真试验，试验时间为5秒。将提出的检测方法和传统的检测方法相比较，并将其与实际测量的结果进行比对，得到的数据统计见表1。

表1 接地点故障监测统计

序号	故障时间	过渡电阻实际情况	所提方法模拟结果	现有方法模拟结果
1	10: 16	金属性接地	金属性接地	金属性接地
2	10: 34	用电器开路	用电器开路	不确定
3	11: 08	金属性接地	不确定	金属性接地
4	12: 27	金属性接地	金属性接地	金属性接地
5	14: 52	用电器开路	用电器开路	不确定

由表1所示的数据可知，目前所采用的接地故障检测方法与实际情况存在着两种不同的偏离，且都是用电设备的断路，这表明已有的方法对于金属性接地故障的探测效果很好，而对于开路的电气设备则不太理想。提出的方法只发生了一次偏移，属于金属性接地故障，是由于某一组件的起动滞后所致。

六、结束语

伴随着科学技术的进步，电网技术也在不断地推出新的变化，针对用户对电力的要求越来越高、用电环境更加平稳的特点，拟开展智能配变端配线单相接地故障智能运检技术研究。拟通过对智能配变终端工作机理的研究，实现配变终端结构的构建；以三相参数趋于平衡的方式，将所获得的三相稳态电压、电流进行三序元分解，实现对任意位置的各参量指标和故障点的横向短路电流的求解，并利用其模值与相位相等的特性，实现单相接地故障点的提取。通过对故障的有关数据和技术层次的支撑，完成对运检智能化的最终形成。对其进行深入的研究将为推进智能电网的发展提供强有力的支持，对于提高电力系统的供电品质有着十分重要的现实意义，具有很好的社会效益和经济效益。

参考文献

- [1] 岳才峰. 配电网单相接地故障检测技术研究[J]. 科学中国人, 2017(3X): 23-24.
- [2] 华思明, 沈冬. 配网单相接地故障自愈研究[J]. 华东电力, 2013, 41(12): 2645-2648.
- [3] 梁曦匀. 配网主供线路的故障自愈技术[J]. 电工技术, 2017(9): 17-18.
- [4] 郭瑞. 系统单相接地故障下接地变压器的运行特性分析[J]. 大市场, 2020(7): 108-108.
- [5] 宦扶天. 5G通信技术在配电网保护中的应用探讨[J]. 安防科技, 2021(19): 69-69.