

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.04.005

基于全负荷开关组网多种运行模式的电力网络系统

李京平, 蔡志平, 姜绍艳

(广东电网有限责任公司中山供电局, 中山 528400)

摘要: [目的]针对现有技术中全负荷开关馈线故障处理的缺陷,提出一种基于全负荷开关组网多种运行模式的电力网络系统。分析了现有配电网故障处理技术的特点,详细阐述了系统的组成,包括:进线、智能终端单元、负荷、联络线和主干线路。[方法]通过两个相邻智能终端单元之间的就近通信,取消了系统的保信子站,逻辑判据只需要知道自己和相邻开关之间的状态;定值统一设置,整定简单,全线故障处理无级差配合;只要线路物理结构不发生变化,自适应于各种网络的连接结构和系统的运行方式,无需重设。[结果]试验检测结果表明:每个配电智能终端可以控制一个负荷开关,也可以控制多个负荷开关,增加“负荷预判功能”,可根据现场情况选配。[结论]该系统在多种运行模式下处理故障的快速性与可靠性,可在实际配电网中推广应用。

关键词: 全负荷开关;智能终端;故障定位;故障切除;电力网络系统

中图分类号: TM7; TM76

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2019)04-0035-05

A Power Network System Based on Multiple Operating Modes of Full Load Switch Networking

LI Jingping, CAI Zhiping, JIANG Shaoyan

(Zhongshan Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Co., Ltd., Zhongshan 528400, China)

Abstract: [Introduction] The paper aims at the defects of full-load switch feeder fault handling and proposes a power network system based on multiple operating modes of full-load switch networking. The characteristics of the existing distribution network fault handling technology are analyzed, and the different components of the system are elaborated, including incoming line, intelligent terminal unit, load, tie line and trunk line. [Method] By using near communication between two adjacent intelligent terminal units, the system's guarantee substation can be cancelled, and the logic criterion only needs to know its state and that of the adjacent switch. The constant parameter was set in a uniform and simply way, and the whole line fault processing is in a stepless coordination. The constant parameter setting is adaptive to the connection structure of various networks and the operation mode of the system, and it doesn't need to be reset unless the physical structure of the line is changed. [Result] The test results show that each power distribution intelligent terminal with load prediction function can control one load switch or multiple load switches, which can be selected according to the site conditions. [Conclusion] The proposed system can handle faults rapidly and reliably in a variety of operating modes, and hence can be applied in practical distribution networks.

Key words: Full load switch; intelligent terminal; fault location; fault removal; power network system

现有的电力网络系统,继电保护系统发展迅速,但是在目前的基于全负荷开关组网的电力系统中,系统的保护和通信依赖于保信子站,保信子站

与各智能终端的距离远线路长,一旦出现故障,系统故障定位切除慢,容易对线路造成较大的冲击;且有保信子站的系统结构复杂,信息交互繁杂,二次信号接线长,占用空间大,不便于维护,通信速度慢^[1-2]。随着社会的发展,开发简单可靠的电力网络系统势在必行。

文献[3]针对继电保护的复杂性提出基于光纤

收稿日期: 2019-07-06 修回日期: 2019-08-12

基金项目: 中山供电局智能电网项目“东区供电分局紫马奔腾业扩配套工程”(032053WP20160060)

传输的电力系统网络保护,使保护算法和配置更简单。文献[4]对电力系统网络型继电保护的模式进行了探讨,按照网络的拓扑结构构成的网络保护可取代微机保护。文献[5]论述了全负荷开关馈线和全断路器馈线的配电网故障处理过程中各有利弊,提出负荷开关与断路器组合馈线,并采用模式化故障处理使多供一备和多分段多联络网架结构的优势得以发挥。文献[6]基于复杂网络理论建立了连锁故障动态演化模型,对电力网络中的连锁故障抑制策略进行了研究,提出一种针对小世界电网故障的局部控制策略。

文献[7]提出一种基于开环模式运行的混合组网的网络式保护方法,采用对等式的通信网络,实现故障的快速定位和隔离。文献[8]基于分布式智能终端与主站后备的故障自愈技术,提出了适用于不同类型开关的通用保护、故障定位、隔离与自动恢复供电的控制算法。文献[9]将配变监测计量终端与配网自动化系统故障信息相结合,开发配网故障定位分析快速复电系统。文献[10]设计了一种电力网络中基于区域保护的智能终端,可适用于不同系统运行方式及各种网架结构。文献[11]探讨了南方电网公司利用ASON光网络智能保护/恢复机制的技术实现电力业务的智能抗多点故障自愈的应用,提升了电力通信网络的可靠性。进而,文献[12]提出一种实现全负荷开关环网柜的配电故障自动判断及控制的方法,但在配电线路发生故障时,负荷开关需要等待变电站出线断路器跳闸隔离故障后才能就近隔离故障。

基于此,为解决现有全负荷开关组网的电力系统中的缺陷,本文提出一种基于全负荷开关组网的智能终端电力网络系统。通过对现有配电网故障处理技术的特点进行分析,详细介绍了系统组成及其技术方案所具有的优势,最后结合试验检测的验证,说明该系统在多种运行模式下处理故障的优良性。

1 现有配电网故障处理技术

由于线路上的开关类型较多,现有配电网故障处理技术中既有全部采用断路器的情形,也有全部采用负荷开关的情形,还有采用断路器与负荷开关混合的情形,在故障发生后会发生多级跳闸和越级跳闸等现象。

1)全断路器馈线故障处理:馈线上的分段开关和联络开关全部采用具有过流脱扣功能的断路器,变电站10 kV出线开关也采用断路器的线路。这种情况下一部分故障不会引起全线的短暂时停电,用户停电频率较低,故障上游的各个断路器都有故障跳闸能力形成了多重保护。但故障的处理过程复杂,操作的开关数多,瞬时性故障时恢复供电时间长,馈线开关设备造价较高。

2)全负荷开关馈线故障处理:馈线上的联络开关和分段开关全部采用负荷开关,10 kV出线开关采用断路器的线路。故障处理过程简单,操作的开关数少,瞬时性故障时恢复供电时间短,馈线开关设备造价较低。但任何位置故障都会引起全线短暂时停电,造成用户停电频率高,且对变电站出线断路器及其保护装置的可靠性要求高。

3)断路器与负荷开关组合馈线故障处理:变电站出线开关采用断路器,分支开关和用户开关采用断路器,主干馈线开关全部采用负荷开关。分支或用户开关采用断路器降低了变电站出线断路器及其保护装置可靠性的要求,主干线采用负荷开关降低了造价,在故障处理过程中综合了两者的优点。

2 系统组成

基于全负荷开关组网多种运行模式的电力网络系统如图1所示,包括:进线、智能终端单元、负荷、联络线、主干线路;进线和负荷分别与主干线路电连接,联络线连接两段不同的主干线,联络线与主干线连接侧均设有智能终端单元,进线与外部电源连接,相邻智能终端之间互相连接。

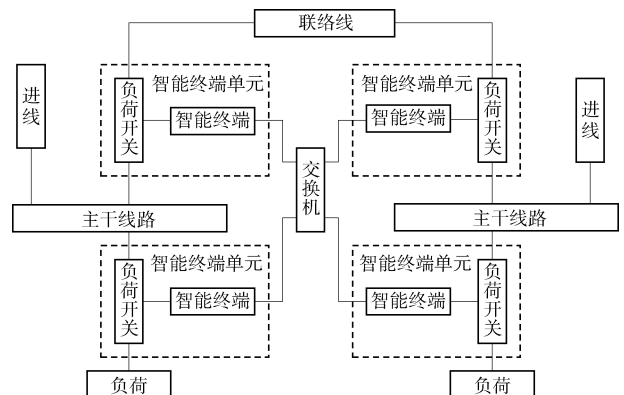


图1 系统组成示意图

Fig. 1 System composition diagram

智能终端单元包括智能终端和负荷开关, 智能终端包括信息采集系统、通信模块、智能控制器; 通信模块与智能控制器连接, 智能控制器与负荷开关控制端连接, 信息采集系统与智能控制器连接。联络线侧的负荷开关一端与联络线电连接, 一端与主干线电连接, 在变电站出口断路器跳闸后, 负荷开关可根据智能控制器的逻辑判断来投入或者分段线路, 信息采集模块采集负荷开关的电压电流信号, 方向信号以及状态信息等, 智能控制器用来控制负荷开关的开断与闭合。

该系统还设有交换机, 相邻的两个智能终端单元间光纤连接通过交换机进行就近通信, 便于信息的交互, 以及信号接口扩充。信息采集系统包括电压互感器和电流互感器、方向感应器、方向传感器, 状态感应器, 用来收集智能终端单元自身负荷开关以及相邻的负荷开关的电压、电流、开关状态、(多电源闭环时还收集功率方向、关联方向)故障信息和故障发生后信息等。

负荷与主干线路连接之处的智能终端单元, 根据实时采集的电压电流及开关状态信息, 进行逻辑判断, 确定负荷开关的分段和闭合。电压互感器和电流互感器为电子式互感器, 具有较强的稳定性和较高的抗干扰性。智能终端单元之间通过光纤连接进行通信, 光纤通信效率更高, 速度更快。

与现有技术相比, 本系统的技术方案所具有的优势有:

1) 通过相邻的两个智能终端单元之间互相通

信, 而取消了系统的保信子站, 化解了子站瘫痪可能带来的风险。

2) 逻辑判据只知道自己和相邻开关之间的状态, 简捷可靠, 同时两个相邻智能终端单元之间就近通信, 可实现故障的快速定位与切除, 对线路冲击小。

3) 定值统一设置, 整定简单, 全线故障处理无级差配合; 只要线路物理结构不发生变化, 自适应于各种网络的连接结构和系统的运行方式, 无需重设。

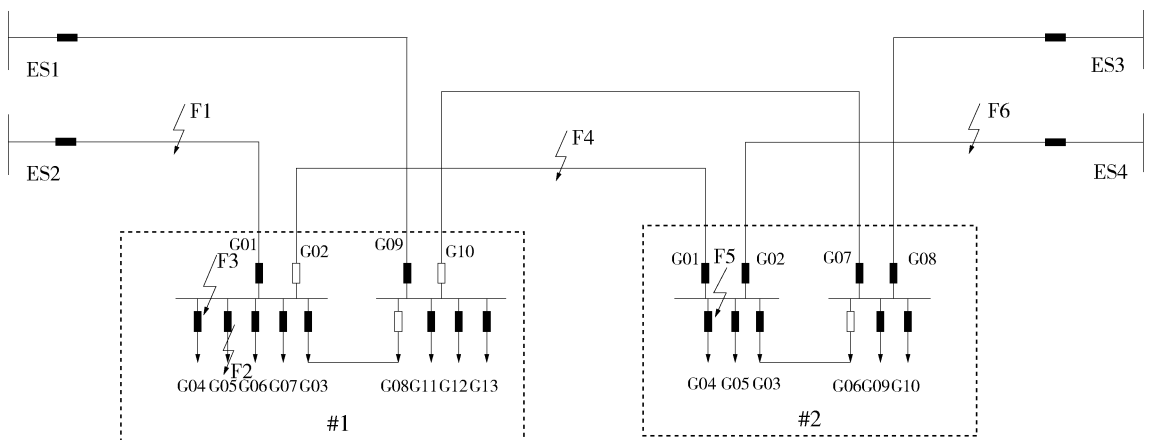
4) 该系统二次设备构成单一, 配置简单, 分层清晰, 保护与自动化之间的通信相不干扰, 某开关检修或退出运行不影响其他开关的运行, 运行维护便捷。

5) 该系统设备安装便捷, 二次信号接线短, 占用空间小, 设备稳定性风险小。

3 试验验证

以接入系统的全负荷开关组网电力网络为例, 对多种运行模式进行试验验证, 如图2所示, 通过对试验中的线路故障处理验证本系统的优良性。由于负荷开关的特性是只允许接通和断开负载电流, 不允许断开短路电流。

1) 在线路发生故障瞬间, 无论通信正常还是异常, 首先变电站出口断路器保护动作(变电站出口断路器跳闸动作时间最短可设为0 s跳闸), 此时, 处于故障线路上的负荷开关感受到自身流过故障电



注: ES1、ES2、ES3、ES4 表示变电站; G01、G02、G03、G04、G05、G06、G07、G08、G09、G10、G11、G12、G13 表示负荷开关; F1、F2、F3、F4、F5、F6 表示故障点。

图2 接入系统的全负荷开关组网电力网络示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the full load switch networking power network of the access system

流,且又在很短时间内故障电流消失。

若是单一电源的开环模式:此时与相邻的配电智能终端通信,有且只要有一侧负荷开关是这种状态,则启动分闸;如果左右两侧负荷开关都是这种状态,则不动作。此过程中的很短时间一般为变电站出口断路器切除故障的时间。

若是多电源的闭环模式(含分布式电源):此时经功率方向、关联方向、故障电流组合判断,组合电流指向的那侧的相邻的配电智能终端通信,若得知负荷开关是这种状态,则启动分闸。

2)变电站 ES1、ES2、ES3、ES4 会设置一次重合闸功能

如果故障点成功切除,如 F2、F3、F4、F5,则变电站启动合闸,重合成功,恢复上游线路供电。此时,紧邻故障点的下游开关,在失电后收到相邻负荷开关的故障跳闸信息后,联锁分闸闭锁,发送故障隔离信号。

如果故障点紧邻变电站,如 F1、F6,变电站启动重合闸,合于故障再次跳闸;此时,紧邻故障点的下游负荷开关,检测到失电并且未检测到故障电流,发出分闸命令,分闸;稍后在检测到残压脉冲后,进入闭锁状态,发送故障隔离信号。

3)联络开关,如图2中1#G02

如果故障点成功隔离,如图2中F1、F5、F6,则检测到单侧失压,并且收到故障已经成功隔离的信号后,快速合闸。

如果紧邻故障点,如图2中F3、F4,则检测到单侧失压,但是收到相邻负荷开关的故障跳闸信息后,闭锁联络开关合闸。

增加“负荷预判功能”,可根据现场情况选配:线路发生故障时,记录故障区域故障发生前负荷电流,在故障隔离后,将该部分负荷发送给联络开关,联络开关在转供电之前询问对侧线路首开关最大负荷电流,如果两个负荷电流之和大于联络开关预设的最大负荷电流,则不执行恢复供电操作,由上级主站综合判断后给出最优运行策略,执行远方遥控恢复供电。

每个配电智能终端可以控制一个负荷开关,也可以控制多个负荷开关,比如每个配电智能终端可以控制一个环网柜中的所有负荷开关,控制原理与一个负荷开关相类似,依照相同的控制原理进行设置即可。

4 结论

本文所提的基于全负荷开关组网多种运行模式的电力网络系统,详细介绍了系统组成及其技术方案所具有的优势,并结合试验案例验证了该系统在多种运行模式下处理故障的优良性。通过两个相邻智能终端单元之间的就近通信,取消了系统的保信子站,逻辑判断只需要知道自己和相邻开关之间的状态;定值统一设置,整定简单,全线故障处理无级差配合;只要线路物理结构不发生变化,自适应于各种网络的连接结构和系统的运行方式,无需重设。保证了对系统故障的快速定位与切除,缩短停电时间,减小对线路的冲击。但在实际配电网的应用中,还存在一些不足与缺陷,需要进一步的探讨和研究。

参考文献:

- [1] 慕宗君,方伟,袁方方.新一代智能变电站保信子站设计模式探讨[J].现代电力,2015,32(4):85-89.
MU Z J, FANG W, YUAN F F. Discussion on design mode of relay protection and fault information management substation for a new generation of smart substation [J]. Modern Electric Power, 2015, 32(4): 85-89.
- [2] 赵燕茹,杨臻,张延,等.智能变电站远动与保信子站信息远传功能集成方案[J].电力建设,2013,34(12):48-52.
ZHAO Y R, YANG Z, ZHANG Y, et al. Function integration implementation of data tele-transmission of remote, protection and fault information management sub-station for smart substation [J]. Electric Power Construction, 2013, 34(12): 48-52.
- [3] 许先锋.基于光纤传输的电力系统网络保护的实现[J].电力系统及其自动化学报,2002(5):31-33.
GUO X F. The realization of electric power systems net protection based on fiber transmission [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2002(5): 31-33.
- [4] 陈向东.电力系统网络型继电保护模式探讨[J].电力信息化,2009,7(1):38-40.
CHEN X D. Discussion on power system network relay protection mode [J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2009, 7(1): 38-40.
- [5] 刘健,赵树仁,张小庆,等.配电网故障处理关键技术[J].电力系统自动化,2010,34(24):87-93.
LIU J, ZHAO S R, ZHANG X Q, et al. Crucial techniques of fault isolation and restoration for distribution systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(24): 87-93.
- [6] 舒征宇.基于复杂网络理论的电力网络连锁故障预防及控制策略[D].武汉:武汉大学,2013.
- [7] 黄小耘,袁钦成,李春光,等.基于开环模式运行的混合组网的网络式保护方法:CN103887780A[P].2014-06-25.
- [8] 郭芳铮.基于分布式智能终端与主站后备的故障自愈技术应用

用[J]. 电工技术, 2014(9): 20-22.

GUO F Z. Application of fault self-healing technology based on distributed intelligent terminal and master station backup [J]. Electric Engineering, 2014(9): 20-22.

- [9] 麦卓成. 配变终端在配网故障定位分析快速复电中的设计与应用[J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊1): 165-168.

MAI Z C. Design and implementation, fault location technology analysis and rapid restoration in variable terminal [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp. 1): 165-168.

- [10] 姚森敬, 黄志伟, 黄超, 等. 一种电力网络中基于区域保护的智能终端及其控制方法: CN105391038A [P]. 2016-03-09.

- [11] 邓晓智. ASON 智能光通信网络在电力系统业务保护/恢复的研究与应用[J]. 南方能源建设, 2017, 4(增刊1): 89-96.

DENG X Z. Research and application of ASON intelligent optical network in the power system service protection and restoration [J]. Southern Energy Construction, 2017, 4(Supp. 1): 89-96.

- [12] 霍锦强, 李嘉添. 全负荷开关环网柜供电的配电网故障自动判断及控制方法: CN103915825A [P]. 2014-07-09.

项目简介:

项目名称 中山供电局全系列双策略配电自动化系统

承担单位 南网广东电网有限责任公司中山供电局

项目概述 项目通过“东区供电分局紫马奔腾业扩配套工程”(032053WP20160060)变更为智能电网项目, 试点建设双链环(开环)配合型智能分布式、电压电流型双策略互备的电力网络系统。

主要创新点 双策略中智能分布式主保护基于终端间相互通信判断故障区间, 通过与变电站出口断路器保护配合, 故障段两侧线路负荷开关无压无流状态分闸并闭锁, 变电站开关一次重合闸及联络开

关自动合闸实现故障自动隔离及非故障段自动复电, 实现故障自动隔离, 配合型秒级快速自愈复电; 电压电流型后备保护不依赖网架结构, 可自动隔离故障, 分钟级快速复电。双策略互备极大提高了电缆网配电自动化的实用性, 进一步提高了供电可靠性, 提升了供电服务水平。

作者简介:



LI J P

李京平(通信作者)

1963-, 男, 河北蠡县人, 广东电网有限责任公司中山供电局主任, 高级工程师, 江西工业大学电力系统学士, 主要从事电网规划、配电网研究(e-mail) 147719288@qq.com。

蔡志平

1979-, 男, 广东中山人, 广东电网有限责任公司中山供电局专责, 工程师, 华中理工大学电力系统学士, 主要从事配电网规划及智能电网研究(e-mail)3957463@qq.com。

姜绍艳

1980-, 女, 云南大理人, 广东电网有限责任公司中山供电局专责, 高级工程师, 重庆邮电大学计算机通信学士, 主要从事电力通信、配电网自动化及智能电网研究(e-mail) 147719288@qq.com。

(责任编辑 李辉)

订 阅

《南方能源建设》的办刊宗旨立足于为能源行业尤其是电力行业工程建设提供技术支持和信息服务, 推广新理论、新技术的工程应用, 提高我国能源建设质量和技术水平。主要面向全国能源行业尤其是电力行业设计、建设、制造等企业、以及相关的研究机构 and 高等院校的广大工程技术人员、管理人员、专家学者等。本刊设有能源资讯、专家论坛、规划咨询、勘测设计、施工建设、装备制造、工程管理、投资运营、运行维护、案例分析、简讯等栏目, 将优先报道低碳环保、节能减排等技术研究和工程应用以及风能、太阳能、生物质能、海洋能等可再生能源的技术研究及工程建设。

出版周期: 季刊(季末25号)

订阅年价: 75元

国内刊号: CN 44-1715/TK

国际刊号: ISSN 2095-8676

联系电话: 020-32116683

传 真: 020-32118078

期刊网站: <http://nynf.cbpt.cnki.net>

微信号: ceec-gedi