

基于一二次系统融合的高压开关柜智能运行研究

宋旭东^{1,2}, 陈小军^{1,2}, 顾博川^{1,2}, 韩博文^{1,2}, 余膺昊²

(1. 广东电网有限责任公司电力科学研究院, 广东 广州 510080; 2. 广东电科院能源技术有限责任公司, 广东 广州 510170)

摘要: 现阶段高压开关柜在运维和管理方面都存在一定问题, 一二次融合不够深入, 为此提出了一种基于一二次系统融合的高压开关柜智能运行方案。首先分析了高压开关柜运行特点以及运行中存在的问题; 然后说明了一二次融合的意义和关键技术, 提出了一二次融合系统的开关柜方案; 最后针对一二次融合开关柜的智能运维进行了分析, 说明了融合开关柜的优势。

关键词: 一二次系统; 高压开关柜; 智能运行; 融合技术

Research on the intelligent operation of high voltage switchgear based on primary and secondary system fusion

SONG Xudong^{1,2}, CHEN Xiaojun^{1,2}, GU Bochuan^{1,2}, HAN Bowen^{1,2}, YU Yinghao²

(1. Electric Power Institute of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510080, China; 2. Guangdong Diankeyuan Energy Technology Co., Ltd., Guangzhou 510170, China.)

Abstract: At present, there are certain problems in the operation, maintenance and management of high-voltage switchgear. The integration of primary and secondary is not deep enough. Therefore, an intelligent operation scheme of high-voltage switchboard based on primary and secondary system fusion is proposed. Firstly, the operating characteristics and problems of high-voltage switchgear are discussed. Then the significance and key technologies of primary and secondary fusion are explained, and a switchgear solution based on primary and secondary fusion system is proposed. Finally, the intelligent operation and maintenance of the primary and secondary fusion switchgear is analyzed, which shows the advantages of the fusion switchgear.

Key words: primary and secondary system; high voltage switchgear; intelligent operation; fusion technology

0 引言

随着电力系统智能化的不断发展, 馈线自动化设备包括高压开关柜及其控制器等均广泛应用到配电系统中。高压开关柜的智能化运行对于配电网的智能化提升起着重要作用。母线开关柜内一二次设备融合程度不够, 不能满足智能电

网、物联网的发展要求。

目前针对开关柜内一二次设备融合的研究并不多, 文献[1]提出了基于信息融合的预装式变电站健康状态评估。文献[2]提出了智能配电一二次融合电子式电流互感器优化设计。文献[3]对ECT与EVT在智能配电设备一二次融合中相融性进行了分析。文献[4]研究了滞留电荷对智能配电设备一二次融合的影响。文献[5]针

广东电网公司科技项目 (GDKJXM20190062)

对一二次融合柱上开关评价展开了研究。文献[6]对智能柱上开关一二次融合关键技术进行了分析。可见目前针对开关柜内一二次融合的研究较少。

本文基于一二次融合系统对高压开关柜的智能运行进行了分析。首先针对高压开关柜的运行参数进行了分析,说明现阶段高压开关柜运行存在的问题;然后针对一二次融合技术进行了简要的说明,分析了一二次融合系统的目标,说明了一二次融合的关键技术;最后对一二次融合的开关柜进行了功能和智能化运检方案的描述。

1 高压开关柜设备运行特点

1.1 高压开关柜功能特点

开关柜是具有保护和控制作用的非常重要的电力设备。开关柜中的断路器可以开断短路电流,预防事故的进一步扩大;负荷开关、接地开关以及隔离开关均可以在一定程度上切断电容性的电流、负荷电流等。由于开关柜是由多种元器件共同组成的封闭整体,因此特征量应当包括开关柜共用参数、断路器参数、接地开关参数、电流互感器参数、电压互感器参数、零序电流互感器参数、避雷器参数和母线参数等。开关柜参数如图1所示。

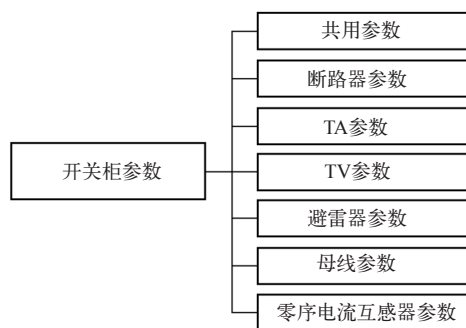


图1 开关柜参数

Fig. 1 Parameters of switchgear

1.2 开关柜设备运行存在的问题

开关柜是配电装置中重要的设备,柜内集合了一次元件和部分二次元件。目前,一次设备和二次设备之间的融合和联系较为薄弱。一二次设

备的接口大多不匹配,设备之间的兼容性、拓展性和互换性较差,严重影响了一二次设备之间的通信,不利于开关柜一体化运行维护^[7]。另外,由于一二次设备之间存在着电气联系,在设备招标时,容易发生厂家之间的责任纠纷。在遥信抖动、设备凝露等现象中,一二次设备由于融合性不够,导致这类现象发生的概率很高。在设备进行检修或者试验时,缺乏一二次设备的联动测试机制,给试验检修带来一定困难^[8]。

现阶段一二次系统融合不明显,主要依靠传统连接方式,即通过一次设备与二次设备之间的电缆进行连接,电缆的连接较为复杂,给施工和运维带来一定的困难。一二次设备之间的融合性差还给全间隔高速录波功能的实现带来一定挑战,不能够使高速录波功能的优势得到充分发挥。另外,融合性较差还给单相接地故障监测、对地绝缘监测等带来一定的困难和挑战。

2 一二次融合技术概述

2.1 一二次融合目标

通过配电装置一二次设备的标准化、集成化和融合化发展,能够提升配电装置的运行水平、运维质量与运维效率,满足配电网运行优化的管理要求,能够不断地提升配电网服务质量。

目前,推进一二次融合的过程主要分为两步:第一阶段为配电设备的一二次成套组合;第二阶段为配电设备的一二次融合。第一阶段主要是将电磁式电压互感器与电气设备的一次设备相组合,采用标准化航空插头与终端设备进行测量、计量、控制和通信等交互,实现一二次成套设备分布一体化^[9]。

第二阶段主要与第一阶段同步推进,满足分段线损管理、馈线自动化、单相接地故障检测、装置级互换、即插即用及自动化检测等要求,解决成套装置的绝缘问题以及电池兼容和寿命匹配的问题。通过第一阶段的分布融合,可以为第二阶段的深度融合奠定相应的基础,从而最终实现一次本体设备、高准确度传感器与二次终端设备

高度融合,实现配电网设备可靠、小型、通用和经济的目标。

通过一次和二次系统的深度融合,能够弱化一二次系统的界限,通过一二次融合系统,采用全方位的防尘沙、防腐蚀和防雨露等防护设计,实现高等级的IP防护,升级EMC防护能力,能够让设备在户外环境条件较为恶劣的情况下继续稳定工作。

一二次系统深度融合之后,可以将现阶段体积较大、占地面积较大的设备进行小型化处理,可以提高可靠性,逐渐形成适用于多场景、多维度和多类型的即插即用模块化设计和标准化接口。

一二次系统的深度融合,在运维方面能够给电网的分析和处理带来一定的优势,集中体现在能够提升电网智能化分析处理水平的性能,由于二次系统进行了深度融合,一次系统发生故障时,二次系统响应迅速。相较于传统的配电装置,融合系统在故障定位、故障检测、故障识别和故障切除等方面具有不可比拟的优势,二次系统配合先进的数据运行处理计算能力,能够实现支撑未来信息化水平高速发展的电力系统对大数据等趋势的需求。由于二次接口与一次接口进行融合,可以方便拓展多种应用,提升人机交互的能力,为运维和检修带来一定的便利。最后,通过一二次系统的融合,能够不断提升运维体验,更方便地集成设备状态监测,从而实现对图形化展示、全方位展示的支撑功能,降低设备对人员技术的依赖性,从而实现电网的智能化诊断和运维。

2.2 一二次融合关键技术

(1) 一二次接口融合技术

一二次设备接口融合匹配与防护技术是第二次融合的关键,标准化接口主要包括多种物理量的接口融合,例如量测接口、通信接口、控制接口和拓展接口等。在接口的标准化设计过程中,需要将功能接口的通信规约、系统保护参数以及拓展接口参数等信息,根据一定的标准和规则进

行统一。在设计过程中,要对接口的尺寸、定义、容量和电平匹配等信息做到一二次融合。在通信规约设计过程中,要考虑国际国内的相关设计准则,并与实际运行习惯相匹配,设计统一的通信标准。保护参数的统一是指二次设备进行保护整定值设置时,要充分考虑一次设备运行的条件,通过参数标准化实现一二次保护系统的可靠运行。在一二次接口的保护和防护过程中,应当实现保护、控制单元具有相同的防护等级,接口使用过程中要实现全封闭和全绝缘,防护等级应当满足一定的IP标准。在接口的统一化进程中,宜采用分布式结构,与开关柜本体一体化设计,减少后期设备调试和检修的工作。

(2) 故障自愈技术

一二次技术深度融合带来的显著特点,就是提升故障隔离水平,使电网自愈能力不断得到发展。现阶段电网的发展形式逐渐复杂,除辐射形网络外,还发展出了多种拓扑结构的网络,例如花瓣形环形网络、链式多环网络等^[12]。经过一二次深度融合,分布式DTU自愈系统可以提升这类复杂网络的故障隔离和自愈能力。由于一二次深度融合过程中,设备本身具有一定的终端和信息交互能力,可以在一定程度上与配电网主站进行信息交换,所有信息通过光纤以太网或者EPON进行传输,故单元型配电终端与配电主站的信息交互得到实现。故障自愈构架如图2所示。

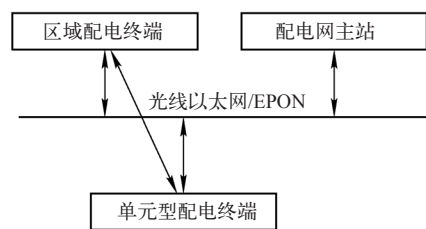


图2 故障自愈构架

Fig. 2 Fault self-recovery architecture

(3) 一二次联动测试技术

一二次融合设备给设备的联动测试带来了便利。目前,一次和二次设备的测试需要分别进行,主要是由于接口以及之间的融合不匹配。一二次融合技术能够有效地改善这一问题。同时

能够不断完善和补充测试内容、测试参数等,实现一二次设备的整体联动测试,方便运维检修人员及时有效地发现一二次设备以及设备联络之间的缺陷,有助于提升电网的安全运行水平。

(4) WebServer技术

就地运维App与终端业务App软件上完全独立,硬件上分别采用独立物理端口,保障维护功能与核心业务的安全隔离。支持运维端口管理,就地运维功能涉及的HTTPS-443 TFTP-69等端口运行时默认关闭,仅在运维特定条件下开放^[11],具体如图3所示。

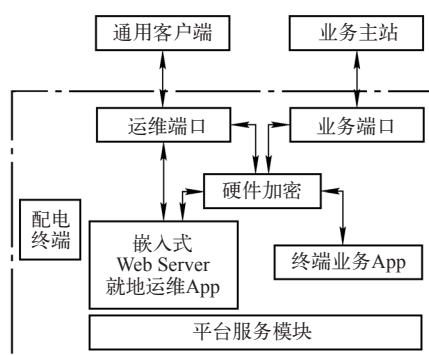


图3 WebServer技术

Fig. 3 WebServer technology

3 一二次融合开关柜功能及特点

3.1 融合开关柜功能特性

针对配电开关柜,一二次融合技术能够解决设备的安装组合、装置性更换以及工厂化维修的问题,以总装厂为主导统一协调技术标准,解决一二次设备接口尺寸不匹配的问题,提升兼容性、扩展性和互换性。

一二次设备的融合,不仅仅是简单的小型化,而且是将信息通信技术也融合到传统的开关柜中,通过数字化、信息化的手段,对信息的获取、处理、利用和储存等进行升级和改造,以开放和互联的模式对用电性能进行改善和提升,充分发挥智能化运行控制作用,丰富和完善数字化水平,从而不断地提升开关柜的可靠运行水平。另外,开关柜的一体化布置能够简化开关柜的面板设计,具有动态数字指示、来电显示及闭锁、

一次回路显示、就地远方控制操作和远程通信等功能的面板极大地方便了运维人员的操作,进一步提升了开关柜的智能化、数字化和网络化运行水平,通过紧凑结构、标准化布线,能够确保开关柜在安装过程中降低成本,方便后期扩容和改建。

一二次融合系统的开关柜具有人机交互的技术特性,能够实现基本的保护和控制功能,在实时监测系统的潮流变化基础上,能够做到快速切除发现的故障,增加了智能开关设备,为感知、判断故障与执行保护增加了一道防线。一二次融合过程中还加入了各类传感器,将一次设备及二次设备的运行状态采集到传感器中,通过相应的信息处理,输送到远方控制中心。通过传感器的数据能够实现远方控制,提高运行的可靠性和自愈能力。

由于开关柜内部元件较为复杂,各类元件的安装位置不同,在构成一二次融合系统时,应当将元件进行分组分类,将功能类似的软件用模块化的形式组合在一起。一二次融合之后的开关柜,其一次和二次系统之间的电缆连接数量将大为减少,同时能够把接线关系密切的控制电器、二次设备与相应的一次设备布置于同一组件中。另一方面,还能够压缩尺寸外形,减少电压等级的划分,有助于电气参数的检查与调试,可以把经常检修、实验、维护和易损的元件组合在一起。

控制器是开关柜的核心部分,电动机控制分合闸的机械传动部分是控制器的重要组成部分,影响着整个开关柜断路器分合的安全稳定运行,经过一二次系统的融合,开关柜上所有回路的电动驱动电路以及分合闸接地信号都可以连接到控制器上,代替了传统开关柜的继电器控制回路,实现了配电开关柜的一体化集中控制。

因此,一二次融合开关柜是电网技术与信息通信技术深度融合的体现,能够实现开关柜运行的升级,有利于接地故障处理功能的提升,并且为今后主动配电网发展奠定了一定的基础。

3.2 融合开关柜智能化运检

目前依据国家电网公司的相关规定,检修分为整体性检修、局部性检修、例行检查及试验和不停电状态下进行的检验四类。检修的内容主要包括柜体、断路器、断路器手车、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、母线及分支线和开关柜附属设备等。开关柜的维护主要包括高压带电显示装置的维护、高压开关柜红外测温装置维护和暂态接地电压局部放电检测等^[12]。

对于一二次融合开关柜,布置在内部的传感器以及二次系统、显示系统等均可以方便地为运维人员指出或提示开关柜运行的故障及异常情况。对于常见的异常情况处理,包括绝缘击穿、起火、开关柜运行声音异常、开关柜过热、开关柜手车位置异常、接地开关无法分合闸、断路器分合闸失灵和柜内气压异常等,均可以做到快速有效地识别、告警。

通过一二次融合系统,可以大大地减少人工运检过程中存在的误差问题,实现智能化运检,不仅减轻了人员工作的压力,而且提升了故障报警的实时性、可靠性等。

4 结束语

本文基于一二次融合系统对高压开关柜的智能运行进行了分析。首先针对高压开关柜的运行参数进行了分析,说明了现阶段高压开关柜运行存在的问题。然后针对一二次融合技术进行了简要的说明,分析了一二次融合系统的目标,说明了一二次融合的关键技术。接着对一二次融合的开关柜进行了功能和智能化运检方案的描述。通过本文的分析,能够为开关柜智能运检提供相应的解决思路。

参考文献

- [1] 苗红霞,萧旋旋,江冰,等.基于信息融合的预装式变电站健康状态评估[J].电力系统保护与控制,2017,45(14):85-91.
- [2] 杨桂平,熊江咏,郭毅,等.智能配电一二次融

合电子式电流互感器优化设计[J].电力电容器与无功补偿,2019,40(5):122-127.

- [3] 熊江咏,杨桂平,郭毅,等.ECT与EVT在智能配电设备一二次融合中相融性分析[J].电力电容器与无功补偿,2019,40(1):108-114.
- [4] 钱远驰,周斌,熊江咏,等.滞留电荷对智能配电设备一二次融合的影响与对策[J].电力电容器与无功补偿,2019,40(1):123-128.
- [5] 王东芳,黄国权,黄廷城,等.一二次融合柱上开关组合加权模糊状态评价[J].浙江电力,2020,39(2):48-54.
- [6] 席禹,陈波,朱昌勇,等.智能柱上开关一二次融合关键技术[J].中国科技信息,2019(18):92-94.
- [7] 张腾飞,金胤豪,徐胡平.10 kV开关柜接地闸刀状态指示装置异常分析与研究[J].华东电力,2013,41(10):2203-2204.
- [8] 王雅.开关柜、环网柜设备运行问题分析及对策[J].现代制造技术与装备,2019(9):141-142.
- [9] 段王琪.多源信息融合的配电开关柜状态预测研究[J].现代科学仪器,2019(5):80-83.
- [10] 吴悦华,高厚磊,徐彬,等.有源配电网分布式故障自愈方案与实现[J].电力系统自动化,2019,43(9):140-146.
- [11] 姚光,方锦,张伟.配电网一二次融合关键技术及应用[J].自动化应用,2019(2):118-119.
- [12] 郭蕴.开关柜局部放电带电检测技术的运用[J].科学技术创新,2018(25):48-49.

作者简介



宋旭东

宋旭东(1984—),男,教授级高级工程师,博士,主要研究方向为智能配电网、配电自动化、配电设备智能运维、边缘计算、人工智能等。

(收稿日期:2020-6-14) **EA**