[配电网]

配电网全流程程序化操作的研究与应用

文/许　达　梁　毅　周荣生　林文硕　苏锐谦
广东电网有限责任公司广州供电局

配电网设备数量多，运行操作量大，调度操作网络发令方式可提高调度侧操作效率，但未能相应提升配电网设备现场操作效率。随着配电网调控一体化的发展，智能配电网的建设，上述问题更为突出。基于配电网网络发令、主电网设备程序化操作，研究了适用于配电网设备操作的程序化操作系统和操作模式，融合OMS、EMS及DMS等功能。

配电网作为电力系统的“毛细血管”，直接为广大用户提供电力供应，为城市高质量发展赋能。随着配电网规模的日愈增大，配电设施设备数量呈指数级增长，另一方面，电力用户对供电安全、供电质量的要求不断提升，如今既要关注配电网安全稳定，也需兼顾运行操作和快速复电的效率。

针对配电网运行操作量大的问题，广州供电局配电网调度充分利用互联网技术，2019年率先完成配电网计划类调度操作“网络发令全覆盖”，将网络发令模式应用于一二次设备操作、检修许可和设备起动等业务场景。调度操作网络发令，避免了传统电话下令的易缺漏、耗时长等弊端，提高了调度侧操作的效率。然而，现场配电设备人工操作的方式未有改变，现场操作效率低的问题亟待解决。

随着智能变电站的建设和发展，国内外科研单位及电力企业对智能变电站一键顺控操作的研究和应用较为广泛。广州供电局从2018年开始，常态化开展了针对110 kV及以上的主电网设备的程序化操作。随着配电网调控一体化发展需要，以及智能配电网、配电网自动化建设和发展，本文研究了适用于配电网设备操作的程序化操作系统和操作模式，融合调度运行管理系统 OMS和配电网调度运行控制系统 EMS、DMS功能。经实际应用，该系统有效运行，满足配电网调度运行操作需求，减少现场人员操作的人力成本，提升了配电网设备运行操作效率。

配电网程序化操作系统总体设计

建立配电网PMS、OMS、EMS和DMS数据交互接口。根据配电网PMS检修计划数据，OMS点图或智能生成配电网调度操作票，并可自动调用OMS合环潮流校核功能，及可控性校验安全防误校验的功能模块。校验通过后，生成程序化操作命令。可遥控的变电站设备（站出线开关、重合闸软压板）操作，由EMS下发指令并进行遥控。可遥控的配电网设备（配电线路三遥开关、配电网自愈功能）操作，由DMS下发指令并进行遥控。不具备遥控条件的设备操作，由OMS网络发令功能模块发送现场终端，以网络发令模式进行现场操作。全过程无须调度员人工干预，由系统控制按可控性逐项顺序执行。并在全程进行操作风险实时评估、异常事件自动提醒及操作进度实时发布等。配电网程序化操作系统总体设计示意图如图1所示。

OMS负责接收PMS检修单信息，并包含操作票生成及处理、调度操作票预令发布、调度操作票发令、调度操作票操作过程监视及操作票归档和查询

功能。提供调度命令票程序化操作前的安全校核，包含图模一致性校核、操作五防校核、合环潮流及负荷校核等。进行程序化操作时的执行控制，根据设备属性及可遥控性，发送至不同系统进行操作项的执行。EMS负责接收OMS发来的变电站设备的遥控命令，执行后将结果返回OMS。DMS，负责接收OMS发来的配电线路设备的遥控命令，执行后将结果返回OMS。

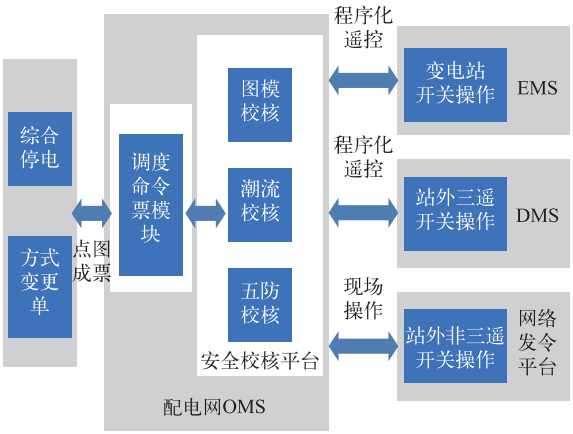

图1　系统总体设计示意图

功能设计

1. 调度成票

对于在PMS已点图的调度检修停送电操作，方式单转供电操作步骤，系统可一键智能成票。对于点图成票的设备GISID与设备描述不一致的，系统自动校核并进行提示。调度成票后，OMS与DMS和EMS进行交互，判断并可视化展示设备是否可遥控。

2. 操作前校验

调度发令前，可对操作命令进行操作五防检验、合环潮流校核、设备可遥控性检验和设备操作前状态校验。通过OMS进行整票预演，将操作票整票信息发送给EMS/DMS进行安全校核预演；系统支持多次校核，满足调度员操作预演，合环潮流不满足条件的可多次合环计算。OMS接收到校核结果后，及时进行可视化展示。若预演通过，则能进入执行环节。若不通过，则终止流程并给出警告提示。

3. 操作中自动控制

安全校核通过后，系统进入执行环节，按照调度命令票操作序列自动控制遥控操作或网络发令。可遥控的设备（包括站内开关、站外开关、重合闸及馈线自愈等）通过EMS/DMS进行系统控制，不具备遥控条件的通过网络发令现场操作。操作过程中，可随时暂停操作，转入人工发令操作模式。

4. 操作过程监视

若系统执行遥控过程中某一项出现异常，如遥控失败，日志会高亮该报错信息，且在调度员监视界面进行弹窗和声音告警，提醒必要的人工干预，如停止操作或转网络发令、电话发令形式进行操作。

5. 操作后系统校验

操作后，对遥控操作的设备进行返回状态校验，校验异常进行告警提示。校验通过后，自动生成调度日志，自动归档，并在配电自动化图形上自动进行挂牌及非自动化开关置位操作。

应用场景

1. 配电网一次设备操作

配电网程序化操作，可涵盖一般的检修计划所需的一次设备操作，如线路转供电操作及设备停送电操作和10 kV母线所属馈线开关的批量停电操作。还可应用到非计划类业务，包括故障处置、紧急停电及大面积转电等。因主电网设备缺陷或故障导致的配电网大面积转电操作。在配电网OMS一键制定大面积转电方案后，可自动触发生成多转电任务的操作命令票。通过一键批量程序化操作，可并行对多个转电任务执行遥控操作，减少了现场人员的就位和操作时间，提升大面积停电情况下复电效率。

2. 配电网一二次设备融合操作

配电网程序化操作，可涵盖所调管的二次设备操作，如配电线路重合闸的退投操作和配电线路自愈功能的退投操作。更多的情况为配电网一二次设备操作融合的配电网程序化操作，如合环转电过程如图2所示。

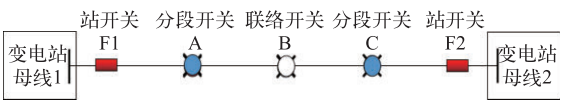

图2　配电线路合环转电示意图

配电线路F1与F2互为联络，正常方式下，联络

开关B为热备用状态。合环转电过程为合上联络开关B，断开F1的分段开关A，完成F1的AB段负荷合环转由F2供电，期间不会对线路用户停电。在传统现场操作的模式下，以上操作需由配电运行人员现场操作开关B和开关A。如需退出F1、F2线路重合闸，还需要变电运行人员进行操作。整个过程耗时较长，需18 min以上。

在配电网程序化操作模式下，合环前，调度员一键进行操作前的安全及合环潮流校验。满足校核条件后，进行程序化操作一键控制，系统自动退出相关线路重合闸功能，退出相关线路自愈功能，合上线路联络开关完成合环，断开线路开环点开关进行解环，投入相关线路重合闸功能，投入相关线路自愈功能。并在配电自动化图形上，进行相关转电操作的标识及置位操作。全流程安全快捷，整个一二次设备操作过程在8 min内完成。

3. 配合配电自动化开关测试的操作

除了常规的配电网一二次设备的操作，还可使用配电网程序化操作功能对配电网三遥开关进行分合闸试验，也称配电网程序化“晨操”。该项工作是将两互为联络的配电线路进行短时合环，并选择合环路径上不同的三遥开关进行解环操作。其作用是定期检查相关线路转电路径上三遥开关的遥控成功性，可精准定位配电网自动化开关缺陷，实现设备的状态检修和缺陷闭环前置，以提升配电网调度运行操作效率和配电自动化开关遥控成功率。

实际应用分析

2021年，广州供电局已成功开展配电网程序化操作1.2万余单，涉及一次设备遥控操作4.7万余次，减少现场人员出动3.2万余次。经分析，配电网程序化操作，可使具备遥控条件的调度操作项执行时间平均缩短5～10 min。大幅减少现场人员操作人力成本。使得现场运维人员能腾出时间强化其他业务工作质量，如日常巡视、现场勘查等，提升配电网设备运维水平。

配电网操作全流程程序化操作系统的研究和应用，解决了同一配电网调度操作任务跨多平台运转、依靠人工衔接、整体流程紧凑度不够及无法充分利用现有技术手段对安全进行校核等问题，攻克开关状态校核、配电网合环潮流校核、配电网五防校核及操作安全防误等关键技术，全方位提升配电网调度操作安全水平和操作效率。

结束语

本文在配电网网络发令，主网设备程序化操作的基础上，研究并设计了适用于配电网设备操作的程序化操作系统，融合调度运行管理系统OMS、配电网调度运行控制系统EMS及DMS功能。可对配电网调度操作命令进行成票、操作前安全防误检验、操作时自动控制、操作后质量校验及操作全过程监视操作。该系统已在广州供电局进行应用，有效减少了现场人员设备操作的人力成本，提升了配电网调控一体化水平，同时提升了配电网设备运行操作安全水平和操作效率。**EA**

（收稿日期：2022-04-29）

参考文献

[1] 吴国沛，刘育权．智能配电网技术支持系统的研究与应用[J]．电力系统保护与控制，2010，38(21)：162-165．

[2] 吴国沛，刘育权，熊文．智能配电网信息支持系统部分关键技术研究实践[J]．供用电，2010，27(6)：12-14．

[3] 王威，王晓，莫建国,等．电力调度网络发令系统设计研究[J]．电力设备管理，2019，2(27)：32-34．

[4] 周荣生．广州配电网智能调度技术应用研究[D]．广州：华南理工大学，2018．

[5] 庞思睿，许鸿飞，杜剑雯，等．面向物联网与三维可视化的智能变电站运行辅助管理系统研究与设计[J]．电信科学，2015，31(5)：179-182．

[6] 李东旭，王莉，危国恩，等．基于智能分析的分布式变电站程序化控制方法[J]．电子设计工程，2020，28(13)：141-146．

[7] 汪静．调控一体化中的远方控制技术实践应用研究[D]．广州：华南理工大学，2017．

[8] 朱泽厅，杨镇达，金超，等．适用于高弹性配电网架的用户无感知型旁路装置[J]．电气应用，2022，41(5)：28-34．