

[配电]

配电自动化系统防误功能探究

文/国网江苏省电力公司常州供电分公司 钱学成 董美玲 张华成 张伟 徐军

对配电自动化系统常规防误闭锁和拓扑防误闭锁两种防误闭锁功能的各自要求分别展开探究，最后举例说明防误功能在配网远方倒闸操作中的典型实例，并指出了配电自动化系统防误功能在未来配网调控运行中全面运用的重要性。

近年来，随着城市配电网规模的大幅度增加，优良的供电服务及其可靠性指标也稳步提升。传统的配网倒闸操作依赖配电人员到现场手动分合开关，此过程属近控操作，具有一定危险性，且操作流程烦琐。

如今变电站的倒闸操作技术已经全面实现了调控员的远方操作，但由于配电自动化终端（DTU、FTU）数量少，配电网的远方操作运用很少。配电站所及柱上开关分布范围广，数量多，配网从传统人工近处操作到自动化智能远方操作的形式需要得到转变。配电自动化系统是为配网调控员远方拉合开关、实时接收现场遥信和显示设备状态的配电管理系统。远方倒闸操作无须配电人员来回现场，大大节约了配电人员的工作时间，方便调度员实时掌握现场设备的情况，还能有效保障现场配电人员的人身安全。此时，配电自动化系统里的防误闭锁功能就起到了核心作用，类比变电现场“五防”的含义，配电自动化防误闭锁为软件防误，能为配网调控人员进行远方控制操作时，提供自动防止误操作的功能，保障配电网安全稳定运行。

配电自动化系统防误功能原理

配电网是指电网中35 kV电压等级及以下电网，配网调控人员进行的倒闸操作时直接关系到与居民用户的停送电情况。配网开关分布在环网

柜、中间变电所等配电站所的柜体中，还包括配电线路上的柱上开关，配电自动化系统通过采集配网电气设备间的拓扑关系，根据防误要求的设备操作闭锁的基本规则，通过拓扑搜索自动找出相互操作闭锁的设备，可根据预定义规则，也可不依赖于人工定义，自动适应电气设备和电网拓扑结构的变化。

1. 数据来源及数据流

防误闭锁功能采集的数据来自于调度自动化系统、配电主站的模型数据。方框图如图1所示。配电自动化终端数据和主站EMS系统中的遥测遥信数据通过调度数据网上传至配电自动化系统，可以人工预定义设备闭锁规则，也可以根据电网设备电气接线拓扑图进行防误倒闸操作安全性逻辑分析，将分析结果在人机界面操作提示，从而进行配网设备远方分合。

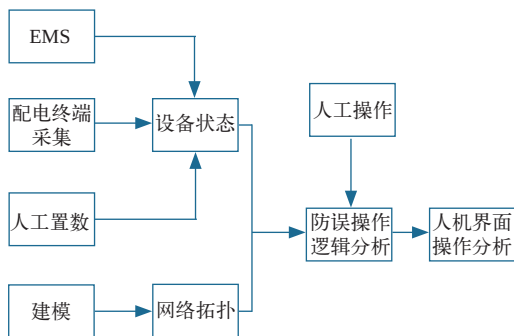


图1 防误闭锁方框图

2. 防误闭锁的规则与判断结论

防误闭锁的规则应符合运行管理规定和安全规程的规定，预先设定在配电自动化系统内，不应提供人为擅自修改的权限，但可以根据电网运行的新特点和新设备的投入，能够在遵循相应管理规定、履行相应管理流程后，对防误闭锁规则进行新增与修订等。启用防误闭锁功能应满足电网一次接线拓扑与现场接线一致，主网、配网数据真实可靠的条件。

对于防误闭锁功能所禁止的操作，在履行相应解锁手续后方可继续操作。

配网设备置数、遥控等操作均需要调用防误闭锁功能，该功能的防误校验时间不宜超过5 s。

防误闭锁功能能够根据分析结果给出不同的防误校验结论，保障远方操作逻辑严谨，消除人为误操作，确保电网安全运行。防误闭锁最终执行的结论应分为：提示类与禁止类。提示类结论是对经过此远方操作后电网运行状态改变的提示，如停送电提示、合解环提示等，此类结论不会直接造成电网的安全隐患。禁止类结论是对一经完成当前操作会对电网安全运行产生严重不良后果行为的禁止，如向接地范围内送电、带负荷分合刀开关等。

防误闭锁功能要求及分类

配电自动化系统防误闭锁能提供多种类型的远方控制（包括遥控、置数等操作）自动防止误操作的功能，包括基于预定义规则的常规防误闭锁和基于拓扑分析的防误闭锁功能，并支持在模拟环境下结合网络拓扑防误进行仿真模拟操作。实时状态下的防误闭锁功能数据来源于实时的开关、刀开关、接地刀开关位置信号及保护的状态信号，模拟环境下的防误闭锁功能数据来源于实时态的数据断面。在模拟环境下，数据是独立的，且不刷新，仅是实时态的某个断面，用户可在该环境下进行模拟操作，包括开关、刀闸及接地刀闸的分、合操作，用于实际控制前的预演。

1. 常规防误闭锁

在数据库中针对每个控制对象预定义遥控操作时的闭锁条件，如相关状态量的状态、相关模拟量的量测值越限等，并支持多个闭锁条件的组合。常规防误闭锁功能依赖于人工定义，下面举例介绍预定义遥控操作时的闭锁条件：

1) 相关状态量的状态闭锁条件：设置SF₆低

气压保护动作，禁止分合开关；设置弹簧未储能保护动作，禁止开关分合闸。

2) 相关模拟量的量测值闭锁条件：设置母线PT电压量测 $>0.65 U_n$ ，禁止合母线接地刀闸。

3) 多种闭锁条件的组合：设置开关电流为非零，并且开关处于分位，禁止合开关。按照下表定义闭锁条件，在配网数字控制表中“相关遥信1~6”字段中定义相关状态量的状态闭锁条件，通过公式定义中条件设置，完成对组合闭锁条件的定义。

表 配网组合闭锁条件配置

属性	属性值
遥信id	迎春926线2236开关SF ₆ 低气压保护动作
相关遥信1	迎春926线 2236开关遥信为分
相关遥信2	根据具体情况定义
相关遥信3	根据具体情况定义
相关遥测1	迎春926 2236开关遥测为零
相关遥测2	根据具体情况定义
相关遥测3	根据具体情况定义

实际操作时，应按预定义的闭锁条件进行防误校验，校验不通过应禁止主站操作并提示出错原因。举例如下：开关SF₆低气压保护动作，控合或控分开关时提示禁止遥控，并显示原因为开关SF₆低气压保护动作。

常规防误闭锁针对电气量越限和保护动作等情况对被控设备闭锁，可以有效提醒配网调控员设备状态和操作的可行性，防止对配网设备造成损害，保证电网安全运行。

2. 拓扑防误闭锁

拓扑防误闭锁根据电气岛状态、电气设备间的拓扑关系以及防误要求的设备之间操作闭锁的基本规则，通过拓扑搜索自动找出相互操作闭锁的设备，自动适应电气设备和电网拓扑结构的变化。此类防误闭锁不依赖于人工定义。本文列出几个典型的拓扑防误闭锁案例，具体介绍如下。

(1) 开关的拓扑防误闭锁

由于开关是具有灭弧能力的开断设备，因此拓扑防误闭锁中针对开关的拓扑防误闭锁主要是防止误分合开关，以及防止带接地合开关。下面介绍开关的拓扑防误闭锁功能。

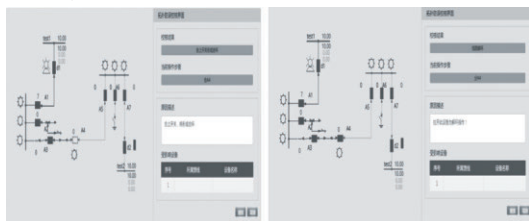
1) 合/解环提示

由于配电网倒负荷时经常进行合解环操作，合解环操作将导致电网功率分点偏移，潮流重新分配，可能使得合解环电流过大而导致过电流保护动作，调控员进行合解环操作时，防误闭锁界面应提示形成合解环线路，提醒调控员进行潮流

分析计算和判断倒负荷调电操作是否成功。

如图2a所示,如果执行开关A4闭合操作,此时将提示用户形成合环线路。拓扑防误校核界面中,校核结果给出校验结论,当前操作步骤表示对当前设备做何种操作(遥控分或合),原因描述给出校核结果的原因具体描述,受影响的设备列表列出对设备做遥控分或合操作所影响的设备(如配电变压器、负荷等)。

如果执行开关A4断开操作,此时将提示用户线路解环,如图2b所示。

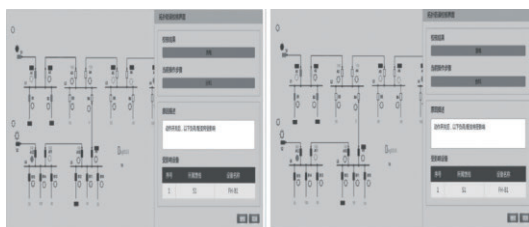


(a) 线路合环提示 (b) 线路解环提示

图2 执行开关A4分合操作

2) 失/复电提示

断开开关,将导致下游负荷或配电变压器失电,此类操作应具备失电提示,方便调控员掌握线路及用户停电情况;合上开关,对下游负荷或配电变压器充电,应具备复电提示,方便调控员掌握线路及用户送电情况。如图3a所示,如果执行开关B1断开操作,则提示下游负荷FH-B1会失电。图3b中,如果执行开关B1闭合操作,则提示下游负荷FH-B1会复电。



(a) 失电提示 (b) 复电提示

图3 失/复电显示

3) 带接地合开关

如果开关一侧带电,一侧接地(通过拓扑搜索到末端有接地隔离开关处于合位或者有接地牌),应提醒调控员禁止闭合开关操作,防止电网出现短路事故,并禁止带接地闭合开关。如果执行开关A6闭合操作,由于下游存在接地设备,则禁止带接地闭合开关。

(2) 刀开关的拓扑防误闭锁

相对于开关的拓扑防误闭锁,刀开关的拓扑防误闭锁比较复杂,有防止带地刀合刀开关、防止带负荷分合刀开关两项。文中总结出刀开关的

拓扑防误闭锁逻辑。

1) 带接地合刀开关

由于刀开关无法开断短路电流,如果刀闸任一侧接地,则闭合刀开关时,应提醒调控员禁止带接地合刀开关。如果执行刀开关b9-1闭合操作,由于下游存在接地设备,则禁止带接地合刀开关。

2) 刀开关操作顺序

线路停电时,如果负荷侧刀闸在合位,不允许先拉母线侧刀开关,应提醒调控员负荷侧刀开关在合闸位置,防止开关未拉开就先拉母线侧刀开关而扩大停电范围;同理,线路送电时,如果母线侧刀开关在分位,则不允许合负荷侧刀开关,应提示调控员母线侧刀开关在分闸位置。

(3) 挂牌闭锁

对于挂有具备禁止控制标识牌的设备,标识牌可以人工定义,比如保电标识牌、禁止合环标识牌等,应提醒调控员禁止遥控操作。如果执行开关1HG01断开操作,并且该开关挂有具备禁止控制的保电标识牌,则提示调控员该开关挂有保电标识牌,不可进行遥控操作。

(4) 其他防误要求

随着分布式电源在城市配电网中的规模逐渐变大,当拉合开关造成分布式电源解列或并网的操作应给以提示,方便调控员掌握分布式电源并网的情况。

拓扑防误闭锁根据配电网电气接线图,由配电自动化系统实时采集拓扑图后根据“五防”逻辑规则自动闭锁误操作,还能提醒调控员进行操作时电网结构的变化,方便调控员掌握电网实际情况。

结束语

配电自动化系统防误闭锁逻辑清晰、功能强大。常规防误闭锁可以根据人工预定义设置闭锁规则,拓扑防误闭锁由系统自动根据电气拓扑进行闭锁逻辑判断。

针对配电网中开关、刀开关和接地刀开关设备的远方操作,配电自动化系统防误闭锁操作简单、方便调控员进行辅助判断且界面醒目,大大提高了配网运检人员和调控人员的工作效率,是电网安全运行的重要系统,期待能在未来配网调控倒闸操作全面运用。EA

(收稿日期:2018.09.19)

(编辑:朱金凤)