

「变电站」

变电站五防规则智能验证的研究及实现

文/国网山东省电力公司德州供电公司 赵金勇 于月平 段立春 李宁宁 刘春秀
国网山东电力调控中心 卢 恒

为了杜绝电网工作人员操作失误造成的严重后果，针对五防规则智能验证与评价技术进行了研究，对五防控制规则的表达形式及开发思路进行了说明，并对其在应用过程中所取得的效果进行了总结。

电网技术的不断发展及规模的扩大，给变电站运行人员带来了越来越大的工作压力，如何有效减轻工作人员操作负担、提升操作效率成为当前变电站研究工作中的新课题。在变电站运行过程中，经常会由于工作人员的误操作而造成严重的不良后果，可直接导致设备的损坏以及大面积停电，甚至造成重大的人身伤亡事故。为更好地杜绝此类事件的发生，目前应用比较普遍的一种措施就是操作防误系统的建立，伴随着当代科学技术的发展，该系统技术在涉及范围以及技术水平方面得到了不断的完善和提高。

五防控制规则的表达形式

在实际工程应用时，给出的均是正向的控制规则，之所以使用正向的控制规则，主要考虑到以下3点。

1) 对变电站刀开关等一次设备进行操作时，主要是分合操作，有明确的条件要求，比如合接地刀开关或挂接临时地线时的典型规则是必须从接地点开始线路延伸的各个方向都有断开的刀开关（断路器和主变压器被视为短路）。

2) 正向控制规则便于设计院、供电局和综自厂家相关技术人员进行核查。如果是闭锁规则，

则在相关闭锁设备比较多时，闭锁规则相当复杂，不便于各方相关技术人员进行核查。

3) 在综自系统实施时，如果是闭锁规则，不管是利用脚本，还是利用标准规则库，实现起来的语句长度和复杂度都大于正向控制规则。目前，各主流综自厂家和五防厂家均使用正向规则。以图1所示的典型接线图说明五防控制规则，其使用的即为正向控制规则。

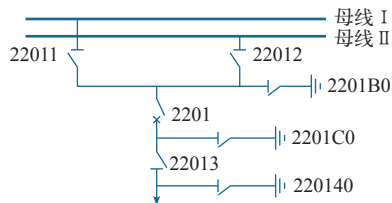


图1 典型的 220 kV (110 kV) 线路接线

图1中各开关控制规则为如下。

1) 线路开关2201控制规则。分闸、合闸条件：无。

2) 母线侧刀开关22011（22012）控制规则。分闸条件：2201分，22012（或22011）分；22012（或22011）合，母联（分段）开关及其两侧刀开关合。合闸条件：母线I（或母线II）所有地刀开关分，线路开关及其两侧地刀开关分，母线II

(或母线Ⅰ)刀开关分;母线Ⅱ(母线Ⅰ)刀开关合,母联开关及其两侧刀开关合。

3) 线路刀开关22013控制规则。合闸条件:2201及其两侧地刀开关分,220140分;分闸条件:2201分。

4) 开关两侧接地刀开关2201B0(或2201C0)控制规则。分闸条件:无;合闸条件:出线开关两侧刀开关22011、22012、22013分。

5) 线路地刀开关220140控制规则。分闸条件:无;合闸条件:22013分、出线线路无压。

五防控制规则自动生成专家系统的开发思路

五防控制规则自动生成专家系统的开发思路,是根据一次设备主接线图,结合图论知识,再根据确定的原则自动生成五防控制规则。

地刀开关的控制规则可以根据一次接线图,结合图论的相关知识加以解决;隔离刀开关的控制规则是不确定的,对于比较简单的单母线,其进线或馈线的开关两侧刀开关可通过图论的相关知识加以解决,但双母线等情况下的隔离刀开关控制规则不能单纯通过图论的相关知识解决,必须要建立关于母线、母线刀开关、母联开关及其两侧刀开关的模型,通过图论结合特殊规则得到;断路器的控制规则需要根据供电可靠性的要求得到,该规则在不同地区可能不同,需要建立母线、母联和出线等一次设备的模型,根据具体要求得到。可以按照典型主接线图来进行分类,每一类有典型规则。按照如下思路来自动生成五防规则:根据主接线图,确定刀开关和断路器的控制规则;调整五防专家系统相关策略;专家系统根据主接线图,自动生成五防规则。

变电站五防规则智能验证与评价技术总体架构

1. 变电站五防规则智能验证与评价技术的硬件架构

硬件架构如图2所示。

各组成部分功能介绍如下。

1) 智能分析服务器。对于变电站内管理过程中所出现的各类防误规则文件以及一次性接线图和模型的汇总、保存工作都由智能分析服务器来完成,同时它还能促使相应的职能分析模块以及

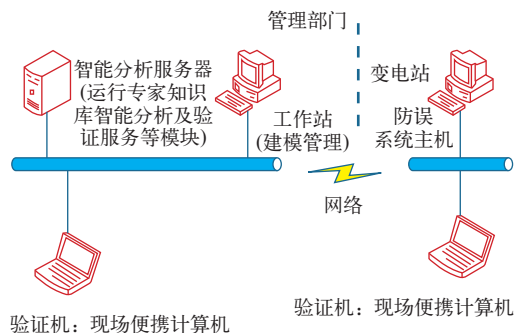


图2 变电站五防规则智能验证与评价技术硬件架构

验证服务模块得以顺利运行。

2) 验证机(便携式计算机)。可通过服务器对相应的变电站图模进行下载,并将其输送至变电站,完成对房屋系统规则的验证。同时还可以进行接图线的绘制,并将绘制完成的图模上传至上层服务器,实现对防误系统规则的现场验证和评价。

3) 建模管理工作站。用于各类通用性推演式拓扑结构防误规则和知识库的构建,并将其保存在服务器上。

2. 变电站五防规则智能验证与评价技术的软件架构

在软件结构部分,设计层面上主要由语法适配器、服务层、输出层、数据层和维护工具几部分组成,具体结构如图3所示。

各组成部分的具体功能如下。

1) 语法适配器。通常用于对不同厂家防误五防规则格式的解析,从中成功地获取针对不同设备的五防逻辑,并将其作为防误规则验证与评价的主要对象。

2) 服务层。在服务层中,主要涵盖了防误规则的智能生成以及防误规则的验证与评价等服务。

3) 数据层。数据层主要包括专家知识库和电网模型两部分内容。其中电网模型作为变电站的标准电网模型,而专家知识库指的就是能够进行进一步拓展的五防规则专家知识库。

4) 维护工具。主要包括了图库工具、专家建模工具以及报表定制工具等。其中报表定制工具能够结合用户需求完成各类报告格式的定制;而图库工具则负责变电站一次接线图的图模工具的绘制和转换;专家库建模工具则主要是对专家知识库进行编辑。

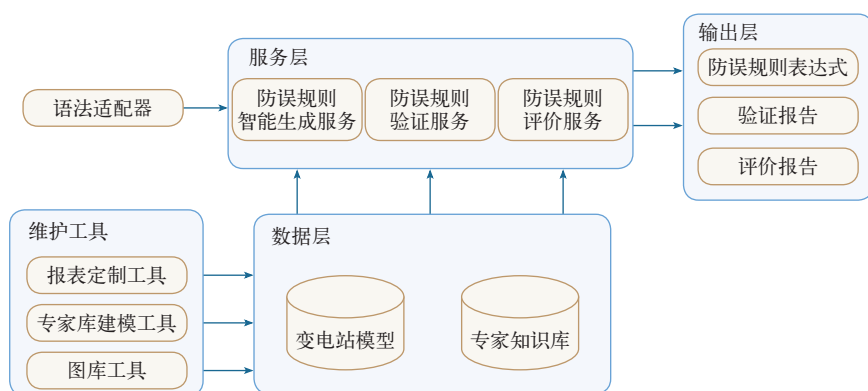


图3 变电站五防规则智能验证与评价技术软件架构示意图

变电站五防规则智能验证与评价技术应用效果

现阶段，通过在一些变电站、应用服务器以及数据库服务器的检修班机房中的实践应用研究发现，变电站五防规则智能验证与评价系统得到良好应用，而且取得了一种高效的运行状态。该技术的应用，有效集合了专家知识库技术、计算机技术以及软件技术。通过多种技术的有效融

合，成功研制出一套智能型的变电站五防验证系统。该系统的成功实施，在变电站正式投入运行之前，能对电站的防误规则进行快速的验证，充分保证变电站的运行效率，同时该系统作为第三方验证系统，在促使变电站相关操作安全性不断提高方面发挥重要的作用。EA

（收稿日期：2017.11.11）

（编辑：刘群焱）

（上接第100页）

查询是否有与此开关相关联的保护信号动作，若有，则判为事故跳闸，并在事项窗显示事故跳闸信号，鸣事故音，提醒监控人员注意，转入事故处理工作；若无，则在事项窗显示为该开关正常拉闸。

3. 综合信息监控平台下的预警机制创新

电力电子测量、监控技术以及信息处理传输技术的低成本化和高可靠化，为电力设备的在线状态监测、故障识别定位和远程操作提供了更加多样化的实现手段。借助故障指示器，调度中心可以更全面地掌握整个网络的实时负荷参数和电压、电流信息。凭借环网柜和柱上断路器，其重合闸功能可以对某些突发故障进行自恢复供电，如果为永久性故障，可以实现自动跳闸，同时将故障信息通过光纤、无线途径传输至调控中心主站，便于进行下一步的故障识别和处理工作。

现代调度自动化系统中的大量保护信号和异常信息可以经由逻辑运算生成综合保护信号，即常说的合并信号，它可被认为是一个虚拟的事故

总信号，可以对应着整个变电站，也可以对应某一间隔内的设备。综合保护信息概念的引入，可以极大地提升运维人员的工作水平，缩短事故信号定位时间，提升预警处理效率。

结论与展望

电力调度系统是整个电网安全运行的神经中枢，技术性强，运行管理制度严密，科学调度是电力供应的重要保障。针对电网运行中的安全隐患，应采取针对性、适用性强的预警措施。面对电网的升级改造、新设备新技术的大量应用，预警措施也要做出相应调整。一方面要做好现有调度管理制度的完善工作；另一方面要加强调度员队伍建设，提升对新型故障和应急故障的处置能力；同时，还要充分借助现代电力电子技术、信息技术的设备状态监测和故障识别能力，形成行之有效的电网运行安全隐患预警机制。EA

（收稿日期：2017.11.14）

（编辑：刘群焱）