

110 kV串供电源系统网络备用电源自动投入装置研究

针对110 kV变电站就地备用电源自动投入装置（以下简称备自投）在串供电源网络中应用的局限性，构建了基于能量管理系统（EMS）的网络备自投控制系统模型。通过实时共享EMS的全网模型和数据，设计了备自投动作逻辑。为保证网络备自投的安全性，研究了其投退机制及断路器遥控安全校核机制。现场测试结果表明，实现了工作电源和备用电源不在同一变电站的备自投，减小了串供网络变电站全站失电压后恢复供电的时间，提高了电网供电可靠性与智能化水平。

钟著辉 李 鹏 刘 洋 刘志飞/国网常德供电公司



钟著辉/高级技师

关键词/Keywords

串供电源 ·
网络备自投 ·
能量管理系统 ·
可靠性 ·
智能化 ·

110 kV链式串供电网通常采用开环运行方式，终端变电站常见配置方式为两条电源进线，加进线备用电源自动投入装置（以下简称备自投），当其中一条线路故障后，可由备自投投入另一条线路保证连续供电。但当两路电源之间串供多个变电站，则只有在开环点所在变电站，备自投才起作用，在开环点以外的变电站均成为单电源供电，备自投不起作用，当在串供线路的其他任何位置发生故障，将会导致串供的各变电站失电压，电源不能自动恢复^[1]。且该备自投动作逻辑固定、维护量大，很难与安全自动装置相配合，无法解决备用电源投入后潮流的转移、负荷的过载问题^[2]。

因此本文提出一种基于能量管理系统（EMS）平台的网络备自投。从EMS获取信息，针对链式串供网络自动建模，实现了工作电源和备用电源在不同变电站的备自投，完善解决了110 kV串供网络各节点备自投问题，弥补了站内备自投的缺陷。

系统总体结构

网络备自投系统中的具体遥控断路器与电网结构及系统运行有直接的关系，因此必须与EMS有机地联系起来^[3]。本系统采用与EMS平台一体化设计，完全共享EMS的模型、图形和实时信息，避免数据的重复维护，减轻了维护人员的工作量，图1为控制系统模型结构。

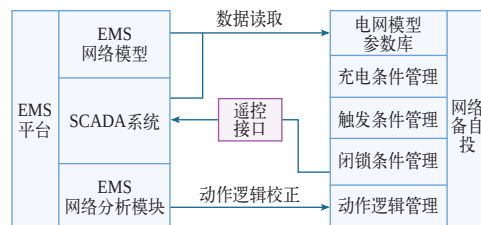


图1 控制系统模型结构图

网络备自投系统从EMS获取整个电网的遥信、遥测及保护信号等信息，识别系统开环点断路器位置，通过定义充电条件、触发条件、闭锁条件及动作逻辑自动生成备自投模型。

备自投模型中充电条件定义与就地备自投相同，在备自投充电情况下如果满足触发条件则快速跳开动作序列中的小水电电源断路器，且在触发等待时间内备自投动作逻辑满足，可使动作序列中相应断路器动作。闭锁条件还需增加安全稳定装置及低频低压减载装置的动作开入信号^[4]。

当该备自投处于可控状态时，遥控接口程序读取该备自投经过EMS电网分析模块校正后的动作逻辑，并将动作命令发给EMS，由EMS以遥控操作的方式

断开工作电源和部分负荷，投入备用电源。

系统动作逻辑

网络备自投系统的动作逻辑判断流程主要由四部分组成：当前备自投的搜索、闭锁条件的判断、起动条件的判断和跳合闸指令出口逻辑。

系统的逻辑判断流程如图2所示。

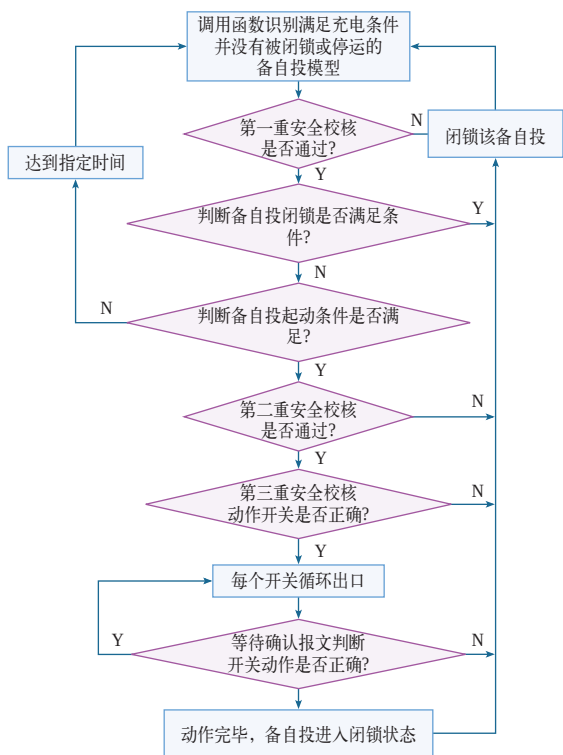


图2 系统逻辑判断流程图

考虑到网络备自投动作速度相比就地备自投较慢,且动作可靠性也存在一定差距,即当远动通道、调度主站前置系统以及保护设备自身发生故障导致遥信量传输错误、保护误动作且备自投生成动作逻辑时,其触发条件中必须增加其他遥测、遥信数据以及保护信号判据,防止备自投误动作。

在系统完成相应闭环测试之前,该备自投系统也可以选择是否与变电站就地备自投配合,即网络备自投作为就地备自投的后备,充分利用EMS平台信息,并利用EMS网络安全分析模块进行过载判断,当就地备自投误动或拒动时补充动作^[5]。

网络备自投投退机制

当生成备自投模型时，新的备自投自动处于停运状态。经检查备自投模型无误后，如果将备自投投入运行，需要用人工方式将备自投投运，此时备自投自动处于“投运且闭锁”的状态。经检查该串供运行方式正常，可人工将此备自投解闭锁，此时备自投处于放电状态。图3为本网络备自投投退机制示意图。

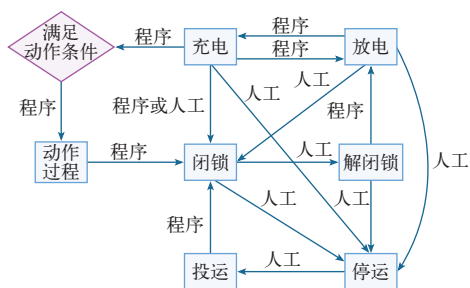


图3 网络备自投投退机制示意图

此后备自投由程序自动判断，程序实时从SCADA获取相关设备的遥测和遥信。当各种设备的遥测和遥信满足该后备自投的充电条件，则自动进入充电状态。当充电状态的后备自投只要有一个条件不满足，则自动放电。充电和放电可以实时切换，取决于SCADA信息。进入充电状态的后备自投，还将进入闭锁条件的判断。如果有一个闭锁条件符合（例如稳控装置动作、断路器挂标志牌等），则充电后备自投进入闭锁状态。此时一旦后备自投进入闭锁状态，除了人工解闭锁，靠程序自身是永远不会变回充电状态的。处于充电状态的后备自投，当动作条件均满足并经过一定的时延，将进入动作序列。动作序列结束或者中断（如断路器拒动），则后备自投仍进入闭锁状态。

当备自投处于充电、放电状态时，也可以人工使其闭锁，这样备自投就永远不会动作，除非人工解闭锁。备自投处于任意状态，也可以人工使其停运，此时回到完全初始的状态。

安全校核机制

由于网络备自投涉及110 kV断路器的闭环控

制，一旦控制出错，则可能造成110 kV变电站全站失电压，风险较高^[6]。因此本文中备自投模型动作逻辑安全校核采取三重校核机制。完善的备自投遥控安全校核同时也是备自投正常使用的前提，设计实现方式如下。

1) 读取SCADA系统里的串供网络区域的设备运行方式，进行故障分析与预测，判断主电源失电是由于安稳动作还是保护动作，并将断路器信息表中备自投可能控制的断路器置上标志位。

2) 与EMS平台中的网络分析模块相关联，进行动作逻辑修正。

3) 在备自投管理界面中将断路器与特定的网络备自投关联起来。这是为了防止一个网络的备自投控制到了另一个网络。校核时需同时校核四个条件：断路器ID号、断路器所在的厂站ID号、断路器控制权限（开环或闭环，是由用户设定的）和断路器所关联的备自投是否正确。

具体校核流程如下。

1) 第一重校核是备自投闭锁条件的一部分，由程序调用函数实时在线进行闭锁判断。如果某一个充电备自投可能动作断路器未通过校核，则程序直接进入闭锁逻辑，同时给出告警信号。未能通过安全校核的网络备自投不能充电。

2) 第二重校核是在备自投满足充电条件后，进入启动阶段时，关联网分析模块，进行潮流计算，判断当前串供网络是否存在线路过载或变压器过负荷的情况，备自投动作信息改变后，再根据系统实时网络拓扑与参数进行计算，如果不满足电网静态安全稳定条件，则应修改其动作逻辑。

3) 第三重校核是在通过前两重校核后，备自投满足动作条件，发出遥控命令之前，需要再次确认断路器的状态，是否满足遥控条件，如果未通过，会停止发命令，并闭锁备自投，以保证遥控安全性。

系统现场测试与应用

本文选定的110 kV变电站串供模型为“四站串供六站”模型，涉及到220 kV铁山变电站、220 kV浮桥变电站、110 kV断港头变电站、110 kV祝丰变电站、110 kV蒿子港变电站、110 kV裕民变电站、110 kV洲口变电站、110 kV汉寿变电站、220 kV德山变电站和220 kV太子庙变电站共10个变电站的17个断路器，开环点为110 kV裕民变电站504断路器。图4为110 kV串供网络结构图。

下表为现场测试时串供网络的一个故障类型的网络备自投的相关动作情况。

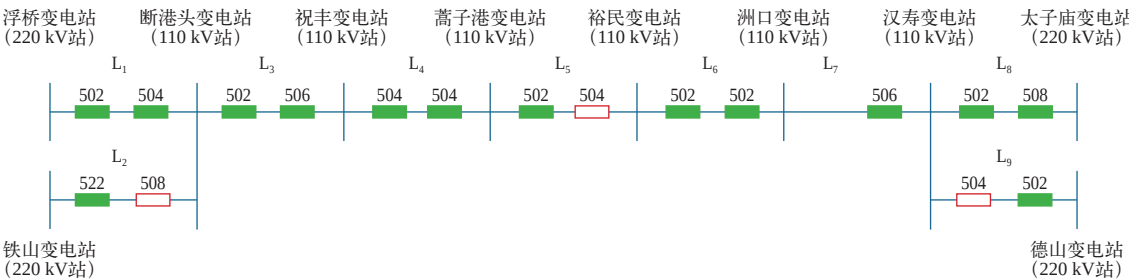


图4 110 kV串供网络结构图

表 网络备自投测试过程

故障方案	触发条件	动作条件	网络备自投动作情况
断港头变电站失电压，断港头变电站就地备自投动作失败	浮桥变电站502断路器分位，浮—断线502断路器保护动作	断港头变电站110 kV I 母线、II 母线无电压，断港头变电站110 kV铁—断线508线路有电压，铁山变电站110 kV II 母线有电压，铁山变电站522断路器合位，断港头变电站508断路器分位，浮—断线502线路无电流	分断港头变电站504断路器，合断港头变电站508断路器
	浮桥变电站110 kV浮—断线502线路无电流		
	浮桥变电站110 kV浮—断线502线路无电压		
	浮桥变电站502断路器偷跳，断港头变电站504断路器偷跳		

故障测试方案：开环点504断路器，浮断线 L_1 永久故障，站内备自投动作失败，网络备自投动作。

现场测试时，为保证各变电站遥测、遥信数据变化的一致，采用GPS时钟信号同步触发测试仪，模拟变电站或线路故障后的断路器变位情况及电压、电流等数据量的变化，由常规测控、远动装置传送至主站。为减小传输延时，故采用实时性更强的104通道，且为防止变电站全站失电压时产生大量遥信信号阻塞传输通道，应对协议流程进行规范，加入数据过滤器，使网络备自投需要的遥信、遥测数据优先传送。

系统测试结果显示上述故障方案下，从发生故障到网络备自投动作恢复供电，仅需56 s，避免了故障发生时长时间全站失电压，有效提高了供电可靠性。

结束语

本文网络备自投以软件功能模块方式嵌入调度EMS，共享EMS的全网模型和数据，并从总体结构、动作逻辑、投退机制和安全校核方面进行设计说明，解决了110 kV链式串供电网接线中变电站就地备自投应用的局限，消除了串供设备发生故障可能造成变电站失电压隐患，弥补了就地备自投的缺陷^[7]。同时也可作为就地备自投的后备，为调度员提供正确的电网异常后自动恢复供电规则，是智能电网建设中智能化调度的重要技术手段。

(上接第27页)

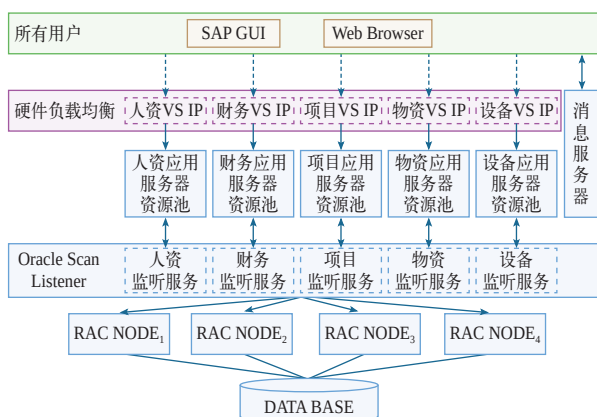


图9 基于功能模块的资源池

段之一，有效提高供电可靠性，将带来巨大的安全经济效益。

参考文献

- [1] 杨合民, 路小俊, 王军, 等. 一种适用于串联电网接线的远方备自投装置 [J]. 电力系统自动化, 2011, 35 (20): 94-97.
- [2] 周伊琳, 孙建伟, 陈炯聪. 区域网络备自投及其测试关键技术 [J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (23): 109-113.
- [3] 余涛, 胡细兵, 黄炜, 等. 地区电网广域备自投控制系统研制 [J]. 电力自动化设备, 2011, 31 (3): 121-125.
- [4] 杨浚文, 吴文传, 孙宏斌, 等. 一种基于EMS的广域备自投控制系统 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (11): 61-65.
- [5] 徐希, 韩韬, 杜红卫, 等. 主站集中式广域备用电源自动投入系统 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (21): 112-115.
- [6] 陈勇, 姚玉斌, 夏翔, 等. 考虑备自投的地区电网静态安全分析设计与应用 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (19): 84-88.
- [7] 黄芸生. 基于能量管理系统的广域备用电源自动投入装置控制策略研究 [J]. 广东电力, 2011, 24 (10): 25-29.

(收稿日期: 2014-04-14) EA

2) 应用层面应用了内存数据保护机制，数据库层面采用了灾备保护机制，实现了从内存到硬盘的数据高可用。

3) 应用服务器和数据库服务器可平行扩展，采用灵活的虚拟化技术和资源池技术，为将来实现云服务奠定基础。

参考文献

- [1] Evan Marcus, Hal Stern. 高可用性系统设计 [M]. 汪青青, 卢祖英, 译. 北京: 清华大学出版社, 2005.

(收稿日期: 2015-02-04) EA