

智能化区域预控保护系统设计与工程实现

阐述了利用局部信息的传统就地保护存在的问题，基于广域保护理念提出了区域预控保护的设计原则，根据设计原则构建了一套智能化区域预控保护系统，详细阐述了该系统在数字化变电站的工程实现及其在 110 kV 区域电网的工程实践。实际工程应用证明该系统不仅适用于传统变电站，还可适用于数字化变电站，能够满足实际电网的需求，达到了工程应用的要求。

白加林 高昌培 王宇恩 赵武智 牛静/贵州电网有限责任公司电力调度控制中心



白加林/工程师

关键词/Keywords

智能电网 ·
继电保护 ·
广域保护 ·
数字化变电站 ·

0 引言

随着经济和社会的发展，科技和信息化水平的提高，适应未来可持续发展的要求，智能电网已成为国际电力工业积极应对未来挑战的共同选择。随着我国特高压电网的建设和电力体制改革的不断深化，智能电网也将成为我国电网发展的一个新方向^[1]。

智能电网拥有双向流动的电力潮流和数字信息流，是高度自动化和分布广泛的电能供应网络^[2]。智能电网的特征对利用局部信息的传统就地继电保护带来了新的挑战，同时智能电网建设中新技术（如新型传感器技术、计算机技术、光纤通信技术等的研究与应用也给继电保护的发展提供了广阔的发展空间。从系统的角度综合考虑继电保护设计和配置的广域保护得到了越来越多的关注^[3-13]。

从信息论的角度来看，基于多点电气信息的广域保护将比传统的“点”、“线”保护具有天然的原理优势。广域保护解决了传统就地保护的保

对象面向单个电力元件，保护设备之间缺乏有效的信息共享的问题。本文基于广域保护理念设计构造了智能化区域预控保护系统，并对该系统的设计原则、系统实现及工程实施进行了详细的阐述。

1 传统继电保护存在的问题

随着智能电网的建设与发展，传统继电保护采用分布式布置，仅利用局部信息构成继电保护判据，主要存在以下不足。

1) 常规的后备保护虽然有比较大的保护范围，但为了保证选择性，其时限整定遵循阶梯原则，可能高达几秒，且在复杂电网中后备保护之间的相互配合越发困难。

2) 传统继电保护仅采集本地测量数据，保护装置间缺乏有效协调，不能获得区域电网的全局信息，只能保护本地设备。

3) 传统的继电保护装置与安全自动装置相互独立，两者之间缺乏信息交互，无法进行有效的协同配合。

4) 随着智能电网的发展，分布式电源和微电网的广泛出现，负荷端将存在小电源并网的情况，以及数字化变电站的应用，均对传统的继电保护提出了新的需求。

2 区域预控保护系统

2.1 系统设计原则

基于“智能、高效、安全”的理念，按照符合电网实际的、切实可行的、安全可靠的、一体化的思路对区域预控保护系统进行方案设计，并遵

- 照以下原则进行，以确保的系统的实用性。
- 1) 区域预控保护系统是传统继电保护的扩展，其保护功能遵守“选择性、可靠性、灵敏性、快速性”的继电保护基本原则。
 - 2) 基于区域内各站间共享的同步信息，实现不同保护、控制策略的优化、协调，进行区域电网多端多元件的故障智能判断与系统决策。
 - 3) 区域预控保护系统是对现有 110 kV 保护的补充，不对变电站的现有 110 kV 保护进行改动，仍维持运行，两者形成对电气设备的保护“双重化”配置关系，互为备用。
 - 4) 在不影响区域保护主要功能的情况下，尽可能充分利用现有的通信通道。
 - 5) 应具有足够的适应性，既能适用于常规

变电站也能适用于数字化变电站，并便于进行系统扩展。

2.2 区域预控保护系统方案

根据上述设计原则，区域预控保护系统方案如图 1 所示。区域预控保护系统由主站、子站、合并单元和智能终端等构成。区域预控保护系统主站和子站根据电网实际情况既可以采用双重配置，也可采用单套配置。主站与各子站之间都采用光纤进行数据通信，基于协调世界时 (Universal Time Coordinated, UTC) 的时间同步方法实现区域内各站间的精准时间同步，采用 PMU 通信技术专用规约实现电气量、开关量、逻辑状态、跳合闸命令等信息的实时交互与共享。

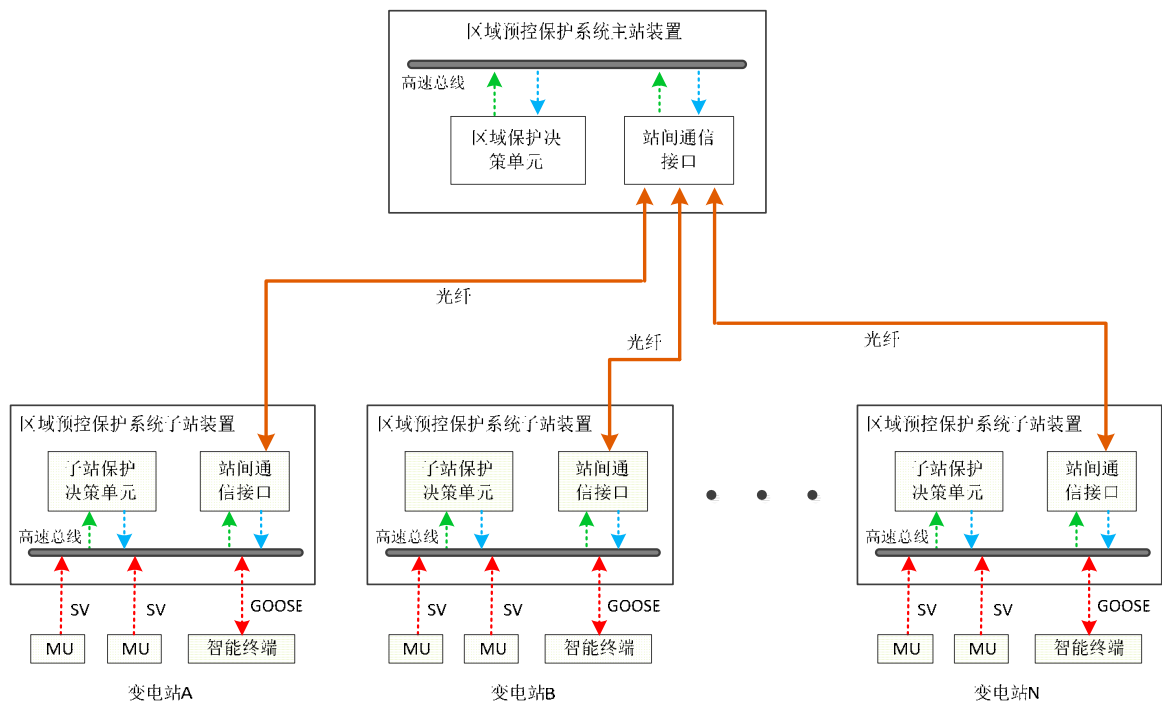


图 1 区域预控保护系统设计方案

系统主站主要依据通过同步数据网络共享的区域内各变电站的电流、电压、断路器状态等信息，实现电流差动保护、综合方向保护、开关失灵远跳等保护功能，以及自愈控制、故障解列小电源、过载切负荷等预防控制功能。系统子站负责与主站间的信息交互，接受并执行主站的决策，实现变电站范围内的母线保护、变压器保护、线路距离保护和零序保护、低频低压减载等保护和控制功能。合并单元和智能终端等设备主要实

现各个变电站内电流、电压、刀闸和断路器状态等数据采集及跳合闸命令的执行。

3 工程实现及应用

3.1 区域电网工程应用

区域预控保护系统在贵州六盘水 110 kV 区域电网进行了工程应用（如图 2 所示），并投入实际运行。六盘水区域电网共涉及 4 个变电站，分别为 220 kV 水城变电站和 110 kV 杉树林、凤

凰、城中变电站，其中 110 kV 杉树林变电站为数字化变电站，其余 3 个变电站为常规变电站。
六盘水区域电网各站间形成四角环网运行，运行方式灵活多变，并有小电源上网，存在供电线路较短、保护整定配合困难、传统备自投不能完全实现远方恢复供电的功能等特点。另外，该

区域电网各变电站的电气主接线方式均不同，110 kV 变电站常用的双母线、双母线带旁路、外桥接线、单母线分段等主接线方式在此区域电网均有应用，且既有数字化变电站又有传统变电站，非常具有代表性。

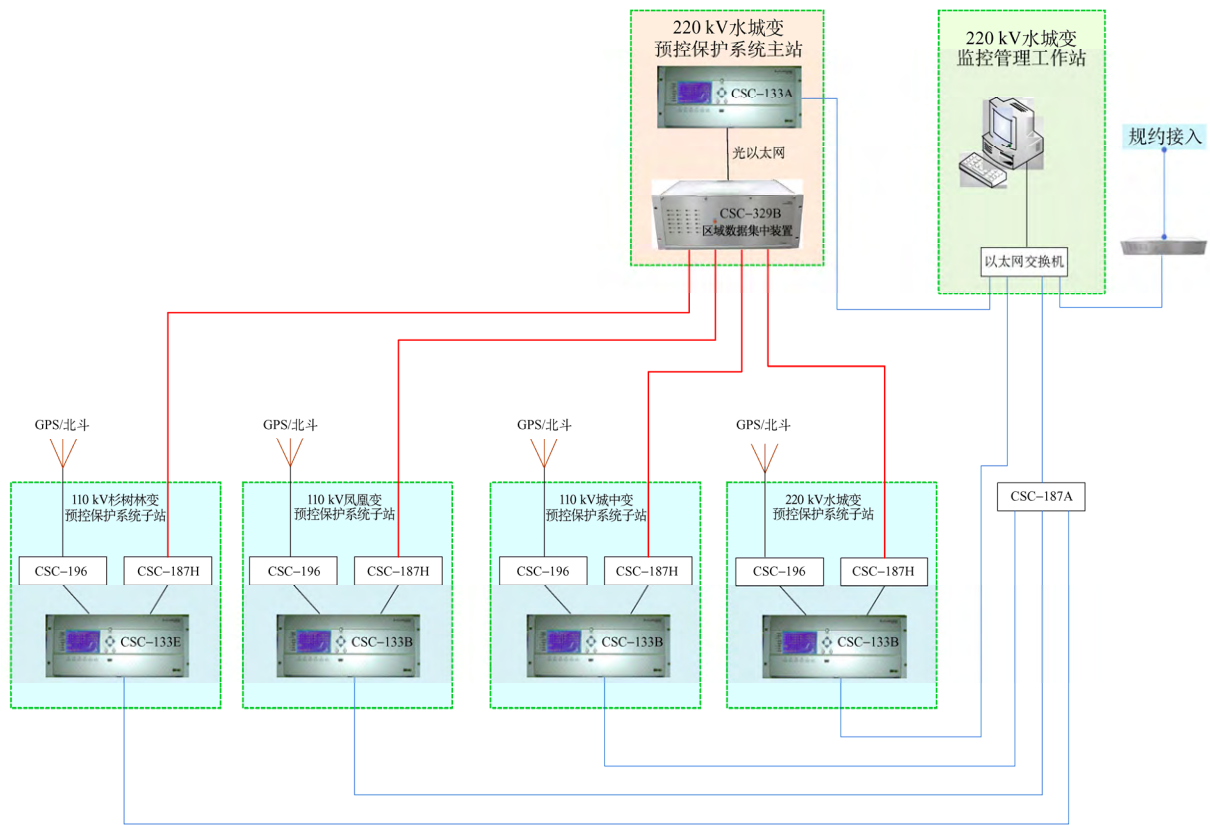


图 2 六盘水区域预控保护系统

由图 2 所示，六盘水区域电网的区域预控保护系统采用单套配置模式。系统主站安装在 220 kV 水城变电站，便于对整个预控保护系统进行运行监视及管理。110 kV 凤凰、城中变电站及 220 kV 水城变电站分别安装 1 套适用于传统变电站的系统子站，且系统子站兼具站内数据采集及控制命令执行等功能。110 kV 杉树林变电站安装 1 套适用于数字化变电站的系统子站，其站内的合并单元和智能控制单元等实现数据采集及控制命令的执行。
六盘水区域电网的区域预控保护系统主站与各系统子站之间均采用 2M 专线的方式链接。此外，为避免长距离铺设 2M 电缆或网线，提高可靠性，通信机房和主控室之间大都通过光纤链

接，两端均安装以太网光电转换设备。
3.2 区域预控保护系统在数字化变电站的实现
在六盘水区域电网应用工程中，110 kV 杉树林变为数字化变电站。数字化变电站与常规变电站的主要区别在过程层采样方式和跳闸方式。如图 3 所示，杉树林变的区域预控保护系统子站装置采用直接采样、网络方式跳闸。110 kV 线路、母联、主变间隔以光纤点对点方式直接接入系统子站装置，系统子站装置通过过程层交换机实现 GOOSE 跳闸和相互之间的联闭锁。110 kV 杉树林变系统子站通过专用光纤通道与 220 kV 水城系统主站进行信息交互，并采用 IRIG-B 码对时方式。
数字化变电站和常规变电站的数据采样频

率不同，两者间的采样数据无法直接进行共享和交换。在六盘水区域电网的区域预控保护系统采用拉格朗日插值同步方法，实现了数字化站域与常规站域之间的数据同步，使得不同子站间数据角度差满足广域保护要求。

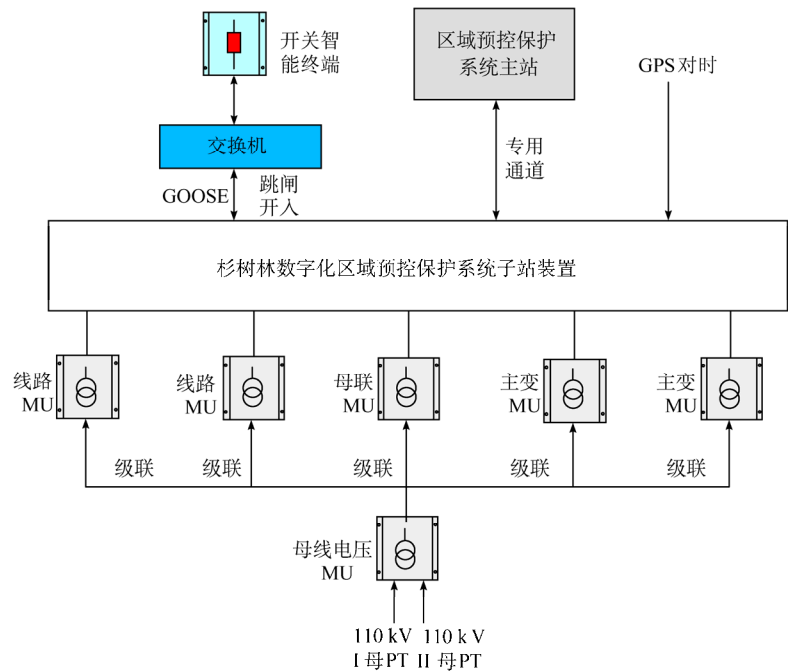


图 3 杉树林变区域预控保护系统子站方案

4 结束语

区域预控保护系统利用区域内多点电压、电流及开关量等信息，克服了传统保护信息局限，实现了区域电网各站间的信息互通共享。系统主站将区域电网作为一个有机整体，实现了区域电网的保护及预防控制功能，进而实现了区域电网的协同控制。系统子站一套装置实现了变电站内母线保护、变压器保护、线路后备保护等保护与控制功能，简化了保护配置，提高了保护效能。

区域预控保护系统在六盘水区域电网的应用，不仅兼顾了各种不同主接线形式，还是实现了传统变电站和数字化变电站的混合应用，验证了该系统具有良好的适用性，满足实际电网的需求。该系统投入运行以来，经受了电网故障的实际考验，未发生过误动，有力保障了电网的安全稳定运行。

参考文献

[1] 陈树勇，宋书芳，李兰欣，等．智能电网技术综述[J]．电网技术，2009，08：1-7．
[2] 余贻鑫，栾文鹏．智能电网述评[J]．中国电机工

程学报，2009，34：1-8．
[3] BERTIL I, Per-Olof L, Daniel K, et al. Wide area protection against voltage collapse[J]. IEEE Computer Application in Power, 1997, 10 (4)：30-35.
[4] Technical Brochure No. 187, CIGRE. System protection schemes in power networks[R]. June, 2001.
[5] ALEX A, Ernest B, Bob B, et al. Wide area protection and emergency contro1[J]. IEEE Power Engineering Society Report, 2004, http://www.pes-psrc.Org/.
[6] 蔡运清，汪磊，Kip Morison，等．广域保护（稳控）技术的现状及展望[J]．电网技术，2004，08：20-25.
[7] ADAMIAK M G, Apostolov A P, Begovic M M, et al. Wide area protection-technology and infrastructures[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21 (2)：601-609.
[8] 易俊，周孝信．电力系统广域保护与控制综述[J]．电网技术，2006，08：7-12, 30.

[9] 肖健,文福拴.广域保护及其应用[J].电力系统及其自动化学报,2008,02:22-35.

[10] 徐天奇,尹项根,游大海,等.广域保护系统功能与可行结构分析[J].电力系统保护与控制,2009,03:93-97.

[11] 李振兴,尹项根,张哲,等.分区域广域继电保护的系统结构与故障识别[J].中国电机工程学报,2011,28:95-103.

[12] 马静,李金晖,李金龙,等.快速适应电网结构变化的广域后备保护新方法[J].电网技术,2011,07:214-221.

[13] 王增平,姜宪国,张执超,等.智能电网环境下的继电保护[J].电力系统保护与控制,2013,02:13-18.

作者简介

白加林 (1984-),男,硕士,工程师,主要研究方向为电力系统继电保护。

高昌培 (1956-),男,教授级高工,主要研究方向为电力系统继电保护及安全自动装置。

王宇恩 (1976-),男,高级工程师,主要研究方向为电力系统继电保护。

赵武智 (1974-),男,高级工程师,主要研究方向为电力系统继电保护。

牛静 (1984-),女,工程师,主要研究方向为电力系统断电保护。

(收稿日期:2015-12-10) EA
(编辑:朱金凤)

(上接第 344 页)

参考文献

[1] 杨文宇,余健明,同向前.基于最小割集的配电系统可靠性评估算法[J].西安理工大学学报,2001,17(4):387-391.

[2] 相晓鹏,邵玉槐.基于最小割集法的配电网可靠性评估算法[J].电力学报,2006,21(2):149-153.

[3] 金星,洪延姬,余浩章,等.大型网络系统最小路集的优化计算方法[J].系统工程学报,2002,17(1):78-81.

[4] 金星,张明亮,王军,等.大型复杂系统可靠性评定的近似计算方法[J].装备指挥技术学院学报,2004,15(5):53-56.

[5] Huijia Liu, Jingguang Huang. Reliability Evaluation for Complex Distribution System Based on the Simplified Zone Model and the Minimal Path[C]. Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2011 Asia-Pacific, Wuhan, March 1-4. 2011.

[6] Shi Yufang. Calculation of Network System Reliability Based on Improved Disjointed Minimal Path Set[C]. E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), 2010 International Conference on, Hnan, Nov 1-4. 2010.

[7] Congqi Ye, Lin Cheng, Xiaohui Ye, et al. A

Modified Minimal Cut Set Algorithm of Distribution System Reliability with Distributed Generator[C]. 12th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Istanbul, TURKEY, June 10-14, 2012.

[8] 洪梅,丁明,戴仁昶,等.保护系统的概率模型及其对组合系统可靠性的影响[J].电网技术,1997,21(8):44-48.

[9] 沈宏,付广春.改进最小路法在配电系统可靠性评估中的应用[J].中国电力,2010,43(10):20-22.

[10] 束洪春,刘宗兵,胡泽江.基于辐射状配电系统简约模型的可靠性评估算法[J].电网技术,2006,30(10):66-70.

[11] 刘传铨.计及分布式电源的配电网供电可靠性评估[D].上海交通大学,2008.

作者简介

黄俊辉 (1965-),男,高级工程师,主要从事电网规划及相关管理工作。

谈健 (1973-),男,高级工程师,主要从事负荷预测、能源经济方面的研究工作。

(收稿日期:2015-12-10) EA
(编辑:朱金凤)