

西藏中部电网安全稳定 控制系统规划建设的一点思考

王郑锋¹, 董卫国¹, 吴冲²

(1. 西藏电力有限公司, 西藏 拉萨 850000;

2. 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021)

摘要: 近年来, 西藏电网快速发展, 特别是青藏直流联网等工程的投产, 一方面缓解了西藏电网缺电的状况, 另一方面则给电网安全稳定运行带来了更大的挑战。实践经验表明, 西藏电网发生严重故障时, 必须依靠安全稳定控制系统正确动作, 才能够保证电网稳定运行。安全稳定控制系统是一套复杂系统, 涉及到从规划设计、设备采购、安装调试、策略制定、运行维护等多个环节。从规划设计、系统可靠性和大容量光伏电站带来的挑战等几个方面展开讨论。

关键词: 藏中电网; 安全稳定控制系统; 切负荷执行站; 光伏电站; 并列运行

Abstract: In recent years, the rapid development of Tibet power grid, especially the DC interconnection project from Qinghai to Tibet being put into operation, on one hand, to ease the power shortage in Tibet, but on the other hand, to bring the greater challenges to the safe and stable operation of the grid. The practical experiences show that during the catastrophic failure in Tibet power grid, it must rely on the correct operation of security and stability control system to ensure the stable operation of the grid. Security and stability control system is a complex system, involving the planning and design, equipment procurement, installation and commissioning, strategic planning, operation and maintenance etc. So the challenges brought by the planning and design, the system reliability and the photovoltaic power stations with high capacity are discussed.

Key words: power grid in central Tibet; security and stability control system; load-shedding station; photovoltaic power station; parallel operation

中图分类号: TM76 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)03-0055-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.03.013

0 引言

西藏中部电网由最初的以羊湖电站为源头、通过链式网架向拉萨地区供电的 110 kV 电网, 历经林芝与拉萨联网工程、西藏中部 220 kV 环网工程、青藏直流联网工程、旁多电站和藏木电站送出工程, 已经发展成为连接藏中 4 地市、以拉萨 220 kV 环网为核心的坚强网架。藏中电网装机容量尽管较小, 但其作为“强直弱交”的典型, 以及近年来光伏发电的快速发展, 其电网特性发生深刻变化。

林芝与拉萨联网后, 由于联网线路较长且林芝地区水电送出较多, 对其可能带来的弱阻尼问题进行了相关研究^[1]。青藏直流投运后, 直流输电与藏中电网的交互影响也得到了较多的研究^[2-4], 藏中电网安全稳定控制系统也发生了较大变化^[5]。

随着西南地区社会经济发展的需要和西部水电开发的深入发展, 国家电网公司提出了西南电网的构想。其中, 西藏电网是重要的一环, 藏中电网与内地电网的互联也是指日可待。藏中电网安全稳定控制系统如何适应电网发展的需要是值得思考的重要问题。受自然条件等因素影响, 藏中电网枯期缺电而丰期电力基本平衡或者略有富余, 在今后一段时间内仍将维持这一特点, 因此, 对现有系统的完善是首要任务。

1 110 kV 切负荷执行站的布局

藏中电网安全稳定控制系统的架构是随着一次网架的发展而不断完善的, 从初期的逐级切负荷链式结构, 发展到现在以切负荷为主要功能、分层分区的控制系统, 如图 1 所示。

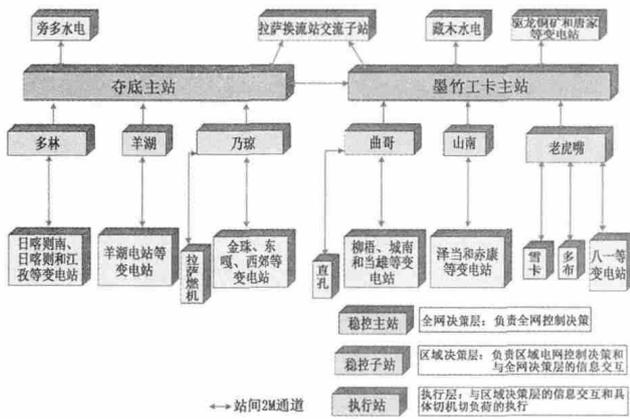


图 1 稳定控制系统架构图

藏中电网切负荷执行站的布点主要在 110 kV 变电站,部分在 220 kV 用户变电站,如驱龙多金属矿专用变电站;切负荷执行站的控制对象是站内的 35 kV 和 10 kV 馈线。随着西藏地区用电负荷的增加,尤其是藏区农网的延伸,未来将新增大量的 110 kV 变电站。如果在所有的新建 110 kV 变电站都配置远方切负荷执行装置,将使得切负荷执行站的规模过于庞大,设备管理愈加复杂,从工程经济性的角度来看也是不太合理的。

对于农网延伸工程而言,110 kV 网架普遍采用单射线链路结构。以藏北地区的当雄—纳木措—青龙—班戈 110 kV 线路为例,当雄变电站已经配置有 1 套安全自动装置,目前的控制策略是接收、执行和转发远方切负荷指令。新建的纳木措、青龙、班戈 110 kV 变电站,每个变电站的初期负荷都只有数百 kW 到数 MW 之间,与整个藏中电网数百 MW 的负荷量相比是非常少的。在这些站点全部都配置远方切负荷执行装置的性能是很低的,并且 3 个站都距离城镇较远,交通不便,运行维护比较困难。当电网故障时,在当雄变电站采取直接切除当雄—纳木措 110 kV 线路的措施,可以直接甩掉该链路全部负荷。在当雄变电站现有安全自动装置增加这一控制策略是比较容易的。同时,该链路结构简单,故障后的恢复供电也比较方便。

诚然,这种粗线条的控制手段也可能带来一些问题。比如,在链路上有某些重要负荷也会一并被甩掉。针对这样的情况,应该要求重要负荷配备柴油发电设备或者在有重要负荷的站点配置远方切负荷执行装置,有选择地切除负荷。另一种情况是,该链路以前是某环网的一部分,后来该环网打开并且在某个 110 kV 变电站配置有备自投装置。一旦该

变电站失压,备自投装置将立即投入另一回备用电源,从而导致预想的切负荷控制失效。这些可能出现的问题,都需要结合具体情况进行具体分析。

总的来说,对于单射线式的负荷支路,建议只在起点变电站和有特殊供电要求的变电站(如有事关安全生产的保安负荷)配置远方切负荷执行装置。执行切负荷控制时,在起点变电站切除 110 kV 射线链路的出线开关。

2 安全稳定控制系统运行可靠性

电网安全稳定控制装置一般都考虑双套配置。一般安控系统的控制措施针对的不是单一元件,例如同时控制同一电厂的多台机组,为防止一些情况下双套装置决策差异导致实际控制效果失当,必须考虑同一厂站双套装置决策优先权问题^[6]。双套装置主辅运行就是基于上述考虑的结果,在一套装置动作后闭锁另一套装置,主辅运模式的主要问题是装置拒动的风险。

西藏电网安全自动装置的配置有以下几种模式:

1) 切负荷控制系统中,220 kV 控制主站是双套配置,主要是负责切负荷控制的决策,包括接收上一级主站发来的切负荷量和下一级执行站发来的可切负荷量,按照优先级顺序对可切负荷进行排序,当电网故障时,按照既定的负荷排序将切负荷指令发给执行站。(部分控制主站有切本地电抗器和本地馈线的功能);

2) 110 kV 切负荷执行站是单套装置、双通道配置,双通道分别与上一级主站的 A 套装置和 B 套装置通信;

3) 个别承载大工业负荷的 220 kV 切负荷执行站是双重化配置;

4) 切机执行站都是双套配置。

目前西藏电网双重化配置的安全自动装置,大部分采用主辅运模式,即一套装置为主运,另一套装置为辅运,当主运装置动作后,发一副接点闭锁辅运装置,实际上,只有一套装置动作出口。

在主站采用主辅运模式,如果实际出口的装置因为通信接口等原因拒动,造成措施量不够,极端情况下甚至造成整套稳控系统拒动,给系统稳定运行带来风险,因此,建议主站采用双主并列运行方式,

即,两套装置各自独立运行、独立决策、独立出口。双主并列运行需要解决的问题是,由于测量误差等因素带来的问题,两套装置的策略表可能不同,故障时的控制决策也不同,可能造成过切。解决方案之一是,两套装置统一出口策略,即,两套装置通过光纤直连,当装置动作出口时,两套装置交互控制策略,并按控制措施更严重的策略表来执行。

当切机执行站采用主、辅运相互闭锁模式,将可能造成双套稳控装置相互闭锁,从而导致双套稳控装置均无法出口。在辅运装置设置40~50ms延时后,两套装置相互闭锁可能性很小。

3 大规模光伏发电并网的应对策略

西藏地区太阳能资源非常丰富,大容量兆瓦级并网太阳能光伏电站呈现快速发展的态势,截至2012年年底,西藏中部电网接入的太阳能光伏发电规模为80MW,占电网总装机的8.7%。目前藏中电网峰值负荷约为500MW,谷值负荷约为250MW。从藏中电网的负荷特性来看,光伏电站出力的峰值时间大致对应电网腰值负荷出现的时间,此时光伏电站出力大概占到全网负荷的15%~20%,光伏的运行状态对藏中电网有较大影响,主要原因有以下两点:

1) 光伏发电作为无旋转惯量的电源方式,在其并网规模达到一定程度后,使得电网的稳定裕度减少。电网从自身安全运行的角度出发,要求并网光伏电站具备一定的电源特性,如规程规定光伏电站近区发生短路故障时,若其母线电压低于其低电压穿越能力的限值(规程规定为0.2 p.u.),光伏电站将会闭锁退出运行。目前,很多逆变产品都声称具备低电压穿越功能,但实际的光伏电站往往为保证逆变器安全而采取低电压切机。

2) 作为典型的可再生能源,由于受到环境温度、太阳光照强度以及天气条件的影响,太阳能光伏发电最大的特点就是随机波动性。西藏羊八井光伏电站在实际运行中有3s内,出力降低50%~70%的记录。

因此,大容量光伏电站的接入带来的频率稳定问题是必须要考虑的。西藏电网光伏电站接入电网一般是光伏电池组件所发电力经汇流箱、直流配电柜接至逆变器,再经箱式变电站升压至35kV后,经

过集电线路接入光伏项目35kV汇集站。35kV汇集站通过35kV线路接入系统内35kV变电站或是110kV变电站的35kV侧。对于太阳光照条件好且场地条件较好的项目,会有多个光伏汇集站接入同一个110kV变电站,如山南地区的赤康110kV变电站。近区电网发生短路故障可能导致几个光伏电站同时闭锁,或者是太阳光照条件发生变化导致该地区的几个光伏电站的出力同时发生快速降低,将可能导致藏中电网频率跌落至49Hz以下,触发第三道防线低频切负荷动作,此时应该由第二道防线的安全自动装置自动检测出故障后采取就近切负荷措施。

检测光伏电站的出力降低有两种方式,一种是在每个35kV光伏汇集站配置装置,装置检测电源出线的功率变化,将功率降低量发送给系统内的安全自动装置。当光伏出力的变化量达到动作值时,系统内的装置动作于切负荷。另一种是直接在汇集多个光伏电站的系统内110kV变电站设置一套安全自动装置,该装置接入光伏进线的二次电流电压,计算得到功率,并通过功率间接判别光伏电站的出力变化,并采取相应的控制措施。

上述两种配置方案均能满足调度控制的需求,从简化安全自动装置管理运行和降低工程造价的角度出发,方案2只在汇集多个光伏电站的系统内变电站设置安全自动装置,更加实用和简化管理。

4 结论和建议

1) 西藏电网规模不断增大使得安全稳定控制系统的规模也在不断扩大。为了确保安控系统的可靠性,一方面需要对现有系统进行完善,在已有的重要厂站考虑双重化配置、双主并列运行;另一方面,要考虑控制安控系统的规模,优化布点。

2) 光伏电站出力对电网扰动引起的电压波动高度敏感,藏中电网进一步接纳光伏电站接入的同时,需要常规机组增加旋转备用容量以加强协作灵活性。

3) 随着电网规模越来越大,西藏电网的运行和管理要求将更高。需要研究和制定适合于西藏电网的安全稳定控制系统管理体系,对规划、设计和管理进行规范。

(下转第77页)

bility Model of Large Wind Farms for Power System Adequacy Studies [J]. Energy Conversion, IEEE Transactions on, 2009, 24(3): 792 - 801.

- [6] Haghi, H. V., S. M. Hakimi, and S. M. M. Tafreshi. Optimal Sizing of a Hybrid Power System Considering Wind Power Uncertainty Using PSO - embedded Stochastic Simulation [C]. in Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), 2010 IEEE 11th International Conference on. 2010.
- [7] 鲍晓慧, 侯慧. 电力系统可靠性评估述评 [J]. 武汉大学学报: 上海工学版, 2008(4): 96 - 101.
- [8] 蒋小亮. 风电并网对电力系统可靠性和备用影响研究 [D]. 上海交通大学, 2011.
- [9] 曲翀, 王晋丽, 谢绍宇, 等. 不同风速模型和可靠性指标对风电可信容量评估的影响 [J]. 电网技术, 2013

(10): 2896 - 2903.

- [10] 石文辉, 别朝红, 王锡凡. 大型电力系统可靠性评估中的马尔可夫链蒙特卡洛方法 [J]. 中国电机工程学报, 2008(4): 9 - 15.
- [11] 王学良. 风电场可靠性评估研究 [D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [12] Karki, R., H. Po, and R. Billinton. A Simplified Wind Power Generation Model for Reliability Evaluation [J]. Energy Conversion, IEEE Transactions on, 2006, 21(2): 533 - 540.
- [13] Sulaeman, S., M. Benidris, and J. Mitra. A Method to Model the Output Power of Wind Farms in Composite System Reliability Assessment [C]. in North American Power Symposium (NAPS) 2014.

(收稿日期: 2015 - 02 - 12)

(上接第 49 页)

参考文献

- [1] 梁国艳, 梁中华. 电流互感器饱和的检测方法及在微机母线保护中的应用 [J]. 东北电力技术, 2006(12): 66 - 70.
- [2] 王燕. 电流互感器的误差及其对继电保护的影响 [J]. 东北电力技术, 2009(1): 66 - 70.
- [3] 王优胤. 大型发电机变压器组差动保护用电流互感器选型 [J]. 东北电力技术, 2010(6): 25 - 28.
- [4] 毕大强, 冯存亮, 葛宝明. 电流互感器局部暂态饱和识别的研究 [J]. 中国电机工程学报, 2012(11): 24 - 27.
- [5] 景敏慧, 孔萧迪. P 类电流互感器饱和原因分析及对策 [J]. 电力系统自动化, 2007(11): 45 - 48.
- [6] 任先文, 徐宏雷, 孙楷琪. 非周期分量对电流互感器饱和特性的影响的仿真 [J]. 电力系统保护与控制, 2009

(3): 30 - 33.

- [7] 邓旭阳, 索南加乐, 李广. 基于参数识别的电流互感器的识别原理研究 [J]. 电力系统自动化, 2010(8): 42 - 45.
- [8] 陈建玉, 孟宪民, 王志华. 电流互感器饱和对继电保护影响的分析及对策 [J]. 电力系统自动化, 2004(10): 32 - 35.
- [9] 柳树. 电流互感器饱和过程分析及对策 [J]. 华北电力技术, 2009(3): 37 - 40.
- [10] 陈玥名, 崔广泉, 刘长江. 电力电流互感器检测试验方法研究 [J]. 东北电力技术, 2009(11): 3 - 6.

作者简介:

何小飞(1986), 硕士, 工程师, 目前从事继电保护装置运维检修工作;

王锐(1975), 本科, 高级工程师, 主要从事变电检修技术工作。
(收稿日期: 2015 - 02 - 02)

(上接第 57 页)

参考文献

- [1] 郭小江, 郑超, 尚慧玉, 等. 西藏中部同步电网安全稳定控制研究 [J]. 电网技术, 2010, 34(6): 87 - 92.
- [2] 吕虎, 谢国平, 朱艺颖, 等. 青藏直流接入西藏电网数模混合仿真 [J]. 电网技术, 2013, 37(2): 455 - 459.
- [3] 唐晓骏, 刘东冉, 陈麒宇, 等. 青藏直流接入后西藏地区电网电压/无功控制 [J]. 电网技术, 2010, 34(9): 94 - 99.
- [4] 赵文强, 王杨正, 李林, 等. 青藏直流联网工程大负荷

试验策略研究 [J]. 电网技术, 2014, 38(11): 3052 - 3058.

- [5] 吴冲, 刘汉伟, 董卫国, 等. 青藏直流联网后藏中电网安全稳定控制系统的重构 [J]. 电网与清洁能源, 2013, 29(1): 54 - 57.
- [6] 李惠军, 汤奕, 李雪明, 等. 电源送出安全稳定控制系统典型方案及装置主辅运设置原则分析 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(4): 141 - 145.

作者简介:

王郑锋(1982), 工程师, 主要研究领域为电网规划设计。

(收稿日期: 2015 - 02 - 28)