

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.03.009

苏洲坝水电站接入系统稳定性分析

王思倩, 谭 兮

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 针对苏洲坝水电站接入攸县电网的问题, 给出了3种系统接入方案。方案一, 新建苏洲坝水电站接入苏塘 35 kV 变; 方案二, 新建苏洲坝水电站接入格子塘 35 kV 变; 方案三, 新建苏洲坝水电站 T 接格苏线。先对3种方案进行潮流计算, 得到最佳方案, 进而对其进行稳定性分析。数据分析结果显示: 相较其他2种方案, 方案一(即在苏塘变新接一个间隔)的稳定性最好, 同时具有较高的经济效益。

关键词: 接入系统; 潮流计算; 稳定性分析

中图分类号: TM712

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)03-0046-05

Stability Analysis of the Access System of Suzhou Dam Hydropower Station

Wang Siqian, Tan Xi

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Aiming at the problem of Suzhou dam hydropower station access to Youxiang county grid, three access schemes are proposed. The first scheme, newly built Suzhou dam hydropower station is accessed to Sutang 35 kV substation; the second scheme, newly built Suzhou dam hydropower station is accessed to Gezitan 35 kV substation; the third scheme, newly built Suzhou dam hydropower station is T type connection to the two substations; By flow calculation, a more appropriate scheme is chosen and then the stability is analyzed. The data analysis results show that compared with the other two schemes, the first scheme has best stability and higher economic efficiency.

Keywords: access system; flow calculation; stability analysis

1 背景介绍

国网攸县供电公司是国网株洲供电公司的全资子公司, 供电面积 2 664 km²。其境内有大量水电站, 其中3座通过 35 kV 电压等级接入系统, 总计装机容量 27.3 MW; 其余通过 10 kV 电压等级接入系统, 总计装机容量 17.59 MW^[1]。目前, 全县以 220 kV 大塘冲变电站为主要电源点(见图 1)。从供电的具体情况来看: 攸县地区分 4 个供电区域, 东部区由 110 kV 东塘变、岳山变供带; 北部区域由 110 kV 网岭变供带; 城区由 110 kV 格子塘变、皂角变供带; 南部区域目前没有 110 kV 电源点, 由 35 kV 苏塘变、高和变、江

塘变供带, 其电源来自 110 kV 城区的格子塘变。近年来, 攸县经济发展迅速, 当地供电越来越紧张。为了适应不断增大的负荷, 保证供电可靠性, 提高供电质量, 新建一个水电站刻不容缓。

新建苏洲坝水电站位于攸县菜花坪镇苏洲村, 距攸县县城约 14 km。苏洲村位于湘江一级支流洣水干流中游, 是攸县、茶陵 2 县交界处, 其地理位置优越, 且距离格子塘变较近, 因此, 在输送电能时线路损耗较小。该工程以灌溉为主, 兼顾发电、通航, 具有综合效益。苏洲坝水电站在利用洣水流域的水能资源、发展电力、缓解工农业生产及人们生活用电紧缺的矛盾等方面发挥了巨大作用, 对促

收稿日期: 2015-03-06

作者简介: 王思倩(1990-), 女, 云南昆明人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力系统自动化,

E-mail: 957963743@qq.com

进攸县社会经济环境可持续协调发展意义重大^[1-2]。

为了保证水电站建成后,能充分发挥水电效益,使电能可以安全、经济、合理地送往电力系统,新建水电站以《小型水电站接入电力系统设计原则》为依据进行设计。一般来说,基于水电站自身的原因,在位置的选择上会倾向于相对偏远的地区^[3],这些地方的地理条件相对较差,给水电站的出线和网络结构造成了一定困难,且水电站距离市区较远,几乎都是远距离输电,会产生线路损耗增加和绝缘成本上升等问题。因此,本文对苏洲坝水电站的接入方案进行了研究。根据国网攸县供电公司提供的数据,制定了3种方案,即方案一是接入苏塘35 kV变,方案二是接入格子塘35 kV变,方案三是T接格苏线。并对每个方案进行经济性比较,得出方案一为最佳方案,最后分析了方案一的稳定性。

2 系统接入方案论证

2.1 基本原则

本文以《大型水、火电厂接入系统设计内容深度规定》《株洲地区2015~2016年35千伏电网规划项目优选排序报告》《2015年株洲地区电网运行方式》《国网株洲供电公司2013~2020年配电网规划报告》等为依据,并结合国网株洲供电公司最新电网滚动规划为原则来制定接入方案。

2.2 接入系统方案

苏洲坝水电站位于攸县境内,距离格子塘110 kV变电站约12.6 km,距离苏塘35 kV变约4.5 km,距离虎踞5 km,如图1所示。

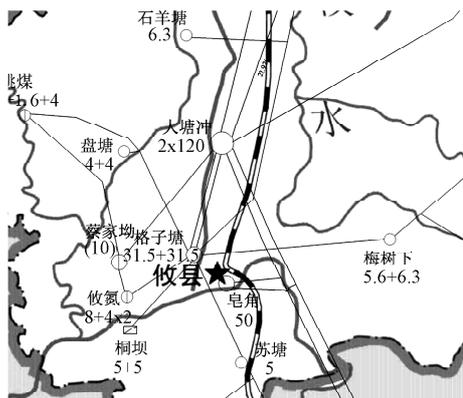


图1 系统地理位置接线图

Fig. 1 The location wiring diagram for system

目前,攸县电网主要以220 kV大塘冲变为电源点,并通过5座110 kV变电站、14座35 kV变电站进行供电,电网接线方式以双回辐射接线或单T结构为主,如图2所示。

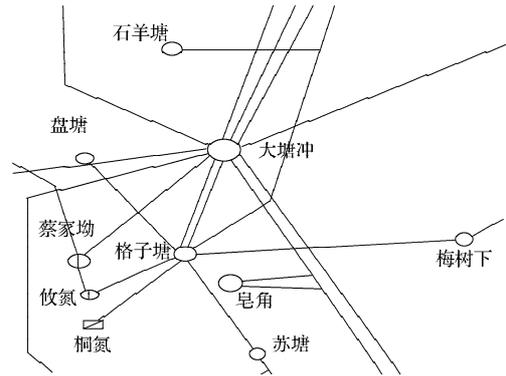


图2 系统接线图

Fig. 2 The wiring diagram for system

为了简化接线方式,便于运行管理,减少电站建设用地面积,论文在考虑了电站运行情况和实际负荷需求的基础上,拟定了3个系统接入方案^[4]。

方案一:新建苏洲坝水电站接入苏塘35 kV变,线路长度约为6.8 km,导线选型为LGJ-120,但苏塘变需新建一个间隔,如图3所示。

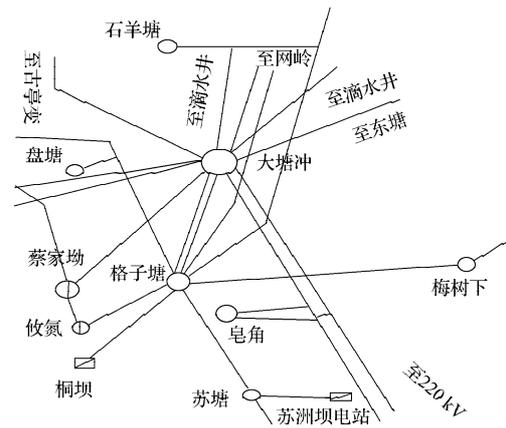


图3 方案一

Fig. 3 The first scheme

方案二:新建苏洲坝水电站接入格子塘35 kV变,线路长度约为10.6 km,导线选型为LGJ-120,但格子塘变需新建一个间隔,如图4所示。

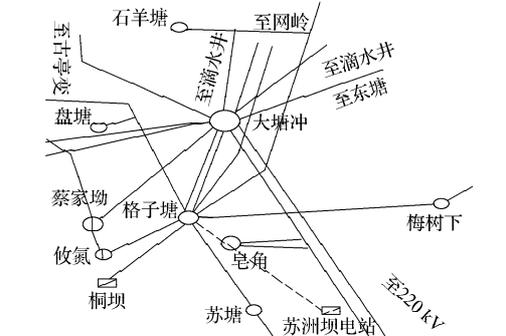


图4 方案二

Fig. 4 The second scheme

方案三:新建苏洲坝水电站T接格苏线(即格子塘变到苏塘变之间的线路),线路长度约为4.5 km,导

线选型为 LGJ-120, 如图 5 所示。

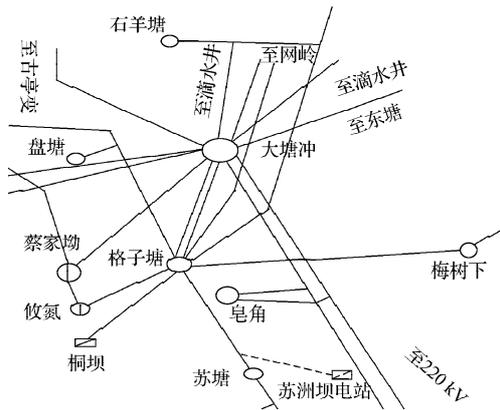


图5 方案三

Fig. 5 The third scheme

3 接入系统电气计算

3.1 潮流计算

电力系统计算包括潮流计算、短路电流计算和暂态稳定计算^[5-6]。潮流计算通过求解系统的功率和电压来反映整个网络的运行情况。因此,潮流计算是电力系统计算的基础。对于一个系统而言,潮流计算是必不可少的。在实际的电力系统中,潮流计算一般采用中国电力科学院开发的《电力系统分析综合程序 6.26 版》(PSASP 6.26)中的潮流计算程序包。其原理是基于功率方程的牛顿法。

本系统的潮流计算选取 2015 年丰大运行方式,即丰水期时系统的最大运行方式。在该方式下,湖南电网稳定问题相对较为严重。若系统能稳定运行,那么在电网负荷较少的时期,系统肯定也能稳定运行。系统的潮流计算结果如图 6 所示(图 6 中电压单位为 kV,功率单位为 MW)。

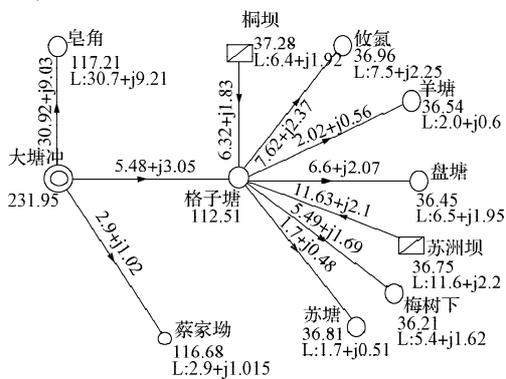


图6 潮流计算

Fig. 6 Flow calculation

3.2 接入系统方案经济效应分析

根据以上 3 种接入方案的具体情况,对每个方案的经济技术等各个方面进行了简单地对比。结果如表 1 所示。

通过对水电站的规模和投资等各个方面的比较,可以得出以下结论:

1) 方案一。方案一的输送距离最短,投资相对较大。由于在苏塘变需新扩建一个间隔,这样会在无形中增大负荷,因此,存在一定程度的损耗和相应成本的增大。但从另一方面来看,潮流计算流向符合要求,且在以后的运行过程中成本维护增加不多,具有长期可行的意义^[1]。

2) 方案二。方案二虽然输送距离较短,但格子塘变需新扩建一个间隔。由于格子塘变的线路较复杂,负荷相对较重,再增加一条线路会在一定程度上使得电网结构更加繁琐,易导致事故发生。从施工角度来说,该地的地理结构不利于施工,会造成成本和风险的增加,不利于以后的运行维护和电网的稳定运行,故不建议采用该方案。

3) 方案三。方案三的投资虽然不高,但根据实际地理条件来看,施工较困难,且技术上弊端明显,从长远发展来看,前景并不良好,故不建议采用该方案。

表1 3种方案的经济效应分析表

Table 1 The economic effect analysis table of three schemes

项目	方案一	方案二	方案三
潮流情况	合理	合理	合理
电压水平	合格	合格	合格
网络结构	清晰	清晰	清晰
送出可靠性	较高	较高	较高
工程实施难易程度	方便	较易	困难
远景发展适应性	较好	较好	一般
有功网损相对值 / MW	0.667	0	0.005
一次投资相对值 / 万元	192	0	74
综合年费用相对值 / 万元	136	0	8.3

4 方案一的稳定性分析

4.1 系统稳定性概述

接入系统的稳定至关重要。因此,对其进行稳定性分析是必不可少的一个环节。对接入系统而言,在潮流计算的基础上再进行暂态稳定计算,能更好地对系统进行稳定性分析。当电力系统遭受大扰动时,原动机的机械转矩和发电机的电磁转矩不平衡,导致发电机组的转子速度和功角出现摇摆现象。这种现象将导致 2 种不同的情况产生:

1) 第一种情况。这种摆动最后会趋于稳定,系统中各发电机仍能正常运行。虽然期间会出现摆动,但总能过渡到一个新的稳定状态,这时称系统在此扰动下是暂态稳定的。

2) 第二种情况。其与第一种情况相反。摇摆的过程中,不会随着时间的推移趋于新的平衡,而是

摇摆更加厉害,最终使得发电机功角不断增大,直至发电机失去平衡,这个称为失步^[7],此时系统为暂态不稳定。

对一个系统进行暂态稳定分析的主要目的是可以提前预测系统是否稳定,并采取相应的措施,防止事故的发生,或者说在一定程度上减缓事故的严重程度,提高供电可靠性。

4.2 稳定性分析

电力系统稳定按系统承受干扰的方式和系统的动态过程分为静态稳定、暂态稳定、中长期稳定。根据系统失去稳定之后的物理特征分为功角稳定、频率稳定和电压稳定。暂态稳定是一个重要环节^[8],因为大多数电网事故都是由暂态稳定事故引起^[9]。如果故障不能及时切除,会酿成更大的事故,造成巨大的经济损失,给人们的生活带来不便。

暂态稳定计算需要求解微分方程和网络方程。微分方程由分步积分法(即梯形隐式积分迭代法)求解;网络方程由直接三角分解和迭代相结合的方法求解。由于求解过程中有一定的近似,因此需要用迭代来缩小误差。为了让结果具有更好的收敛性,微分方程和网络方程两者交替迭代,直至收敛,完成一个时段的求解^[6]。

苏洲坝接入系统的暂态稳定计算采用PSASP 6.26暂态计算程序包,其计算结果如表2所示。

表2 暂态计算结果表
Table 2 The result of transient calculation

故障点	电压等级/kV	故障情况	暂态计算结果
格苏线I侧 母线开关点	35	三相断线	线路发生三相接地故障时,系统仍能保持稳定
格苏线J侧 母线开关点	35	三相断线	线路发生三相断线故障时,系统仍能保持稳定
格苏线间新 增母线	35	三相接地	线路发生三相接地故障时,系统仍能保持稳定

图7~8为暂态计算的发电机功角图。

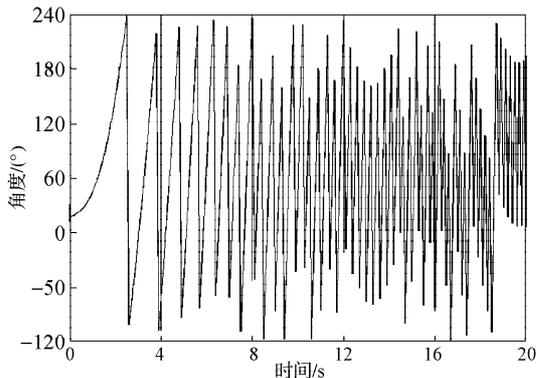


图7 失稳状态图

Fig. 7 Unstable state

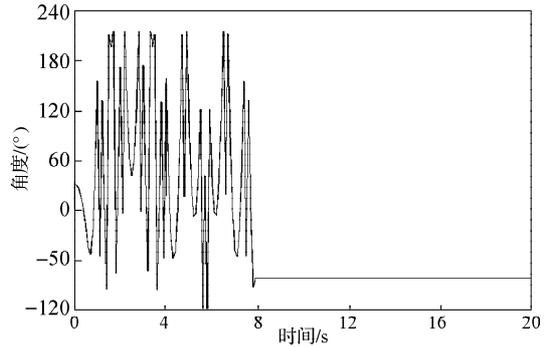


图8 暂态稳定状态图

Fig. 8 Transient stable state

由图7可以看出,此时系统暂态不稳定,发电机功角不断增大,震荡幅度较大。从各条母线的电压来看,格子塘110kV变电站的电压有点偏高,发电机的机端电压也偏高。从母线电压相角来看,均在0°左右,属于正常范围。从潮流计算结果来看,整个系统的潮流不平衡,输出潮流大于输入。由于潮流不平衡,则功率也不平衡,因此系统是不稳定的。此时应增加输入功率,使功率平衡,同时调节变压器抽头,使得电压处于正常水平范围内。

由图8可以看出,扰动发生后,发电机功角不断增大,短时间内就过渡到另一个平衡状态,此时功角处于小幅度震荡,同时母线电压及其相角均在正常范围内。由潮流计算结果可知,系统潮流和功率都保持平衡,因此系统稳定,则发电机功角稳定。

由上述分析结果可知:发电机失稳时,机械转矩和电磁转矩之间的差值不断增大,同时功角也不断增大,直至发电机失步^[10],此时系统暂态不稳定,如不及时切除会造成巨大损失。对于暂态稳定的系统而言,在遭受大扰动时,发电机功角也会出现震荡,但是很快就会过渡到新的平衡状态。

5 结论

论文以攸县电网现状和规划为基础,对苏洲坝水电站的3种系统接入方案进行经济技术的综合比较,选出方案一为最佳方案,并对方案一进行稳定性分析。具体结论如下:

1) 在经济性方面。方案一施工方便,投资较少,能优化电源布局,具有良好的可行性和显著的技术、经济优势。

2) 从潮流计算和暂态稳定的计算结果来看,方案一的各母线电压均在规定范围内,且整个系统功率平衡,发电机功角稳定。由此可见,该方案的稳定性较好。

综上所述,接入系统的方案最终选定为方案一,

即新建苏洲坝水电站接入苏塘 35 kV 变电站, 线路长度约为 6.8 km, 导线选项为 LGJ-120。

参考文献:

- [1] 王二林. 桃源水电站接入系统方案研究[J]. 湖南电力, 2001, 31(2): 16-18.
Wang Erlin. Study of the Access System Scheme of Taoyuan Hydropower Station[J]. Hunan Electric Power, 2001, 31(2): 16-18.
- [2] 白晓娟, 徐泽辉. 梯级小型水电站接入电力系统方案优选[J]. 小水电, 2007, 36(4): 78-82.
Bai Xiaojuan, Xu Zehui. The Optimization of Access Power System Scheme for Cascade Small Hydropower Station[J]. Small Hydro Power, 2007, 36(4): 78-82.
- [3] 袁明德. 水泥厂余热发电并网接入系统的设计[J]. 新世纪水泥导报, 2014(3): 47-48.
Yuan Mingde. Design of the Grid Connected System of Waste Heat Power Generation in Cement Plant Access System for Cement Factory in Grid Connected and Waste Heat Power Generator[J]. Cement Guide for New Epoch, 2014(3): 47-48.
- [4] 王二林, 何红斌. 铜湾水电站接入系统方案研究[J]. 华中电力, 2005, 25(2): 19-21.
Wang Erlin, He Hongbin. Study on Scheme of Connecting Tongwan Hydraulic Power Plant to Hunan Power Grid[J]. Central China Electric Power, 2005, 25(2): 19-21.
- [5] 王锡凡, 方万良, 杜正春. 现代电力系统分析[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 150-153.
Wang Xifang, Fang Wangliang, Du Zhengchun. Modern Power System Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2003: 150-153.
- [6] 倪以信, 陈寿孙, 张宝霖. 动态电力系统的理论和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 136-140.
Ni Yixin, Chen Shousun, Zhang Baolin. The Theory and Analysis of Dynamic Power System[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002: 136-140.
- [7] 郭剑波, 印永华, 姚国灿. 1981~1991年电网稳定事故统计分析[J]. 电网技术, 1994, 18(2): 21-25.
Guo Jianbo, Yin Yonghua, Yao Guocan. Statistic and Analysis for Instability Incidents in the Bulk of Power Systems in 1981 — 1991[J]. Power System Technology, 1994, 18(2): 21-25.
- [8] 杨树涛. 电厂电气建模与仿真系统的研究[D]. 南京: 东南大学, 2004.
Yang Shutao. Research on Electrical Modeling and Simulation System of Power Plant[D]. Nanjing: Southeast University, 2004.
- [9] Li Yanjun, Hill D J, Wu Tiejun. Nonlinear Model Predictive Control with Immune Optimization for Voltage Security Control[C]//Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation. Hangzhou: IEEE, 2004, 6: 5189-5193.
- [10] 余旭阳. 电力系统暂态稳定概率分析及控制的研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.
Yu Xuyang. Research on Power System Transient Stability Probability Analysis and Control[D]. Tianjing: Tianjing University, 2004.
- [11] 黄玉龙. 电力系统暂态稳定最优控制算法研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
Huang Yulong. Research on Optimal Control Algorithm of Transient Stability in Electric Power Systems[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [12] 黄辉, 舒乃秋, 李自品, 等. 基于信息融合技术的电力系统暂态稳定评估[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(16): 19-23.
Huang Hui, Shu Naiqiu, Li Ziping, et al. Power System Transient Stability Assessment Based on Information Fusion Technology[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(16): 19-23.

(责任编辑: 邓彬)