

调速系统对孤网频率稳定性影响分析

任 华¹ 姚秀萍^{1,2} 常喜强² 周 专¹

(1. 新疆大学电气工程学院 新疆 乌鲁木齐 830047;

2. 新疆电力调度通信中心 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:随着区间电网的互联,各地区的自然资源得到充分的利用。但是有些区间联络线由于输电走廊限制等原因相对较弱,一旦发​​生解列事故,容易形成送端(受端)孤立电网,将导致局部系统功率严重失衡,系统的频率稳定问题就会凸显出来。以新疆阿勒泰地区电网为研究对象,分析调速系统调速特性以及调速系统对孤网频率稳定性的影响,得出孤网中不同容量机组调速系统对孤网频率影响不同;水电机组调速系统和火电机组调速系统对孤网频率影响不同;不同容量水电、火电机组调速系统之间的配合对孤网频率影响不同。运用 PSASP 仿真验证了相关结论。这对实际电网运行、水电和火电机组调速系统之间的配合具有重要的参考价值。

关键词:电力系统功率频率特性;调速系统;调速特性;负荷调节效应

Abstract: Along with the interconnection of interval power grids, natural resources in different areas have been utilized sufficiently. But because of the weakness of some interval links caused by transmission corridor limit and so on, the send-end isolated power grid and the receiving-end isolated power grid will come into being easily if the splitting accidents happen, which will lead to the serious power imbalance of local system, and some problems about the stability of system frequency will come up. Taking the power grid of Altay as the objective of the research, the characteristic of governing system and the influence of governing system on frequency stability of isolated power grid are analyzed. It is obtained that the governing system of the unit with different capacity has different impacts on the frequency of isolated power grid, the governing system of hydroelectric generating set and the governing system of thermoelectric generating set have different impacts on the frequency of isolated power grid, and the cooperation between governing systems of hydroelectric generating set and thermoelectric generating set with different capacity has different impacts on the frequency of isolated power grid. The simulation with PSASP verifies the related conclusions, which has an important reference for the operation of actual power grid and the cooperation between the governing systems of hydroelectric generating set and thermoelectric generating set.

Key words: power frequency characteristic of power system; governing system; speed governing characteristic; load regulation effect

中图分类号: TM711 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)04-0015-04

0 引 言

随着中国经济的发展,中国的电网规模在不断扩大,区间联网送电规模也在不断增大,这有利于对各地区自然资源合理利用,大力发展清洁能源。但区间联络线由于输电走廊限制等原因相对较弱,一旦发​​生解列事故,容易形成送端(受端)孤立电网,将导致局部系统功率严重失衡,送端电网功率大量剩余,而受端电网功率严重缺额,系统的频率稳定问题就会凸显出来^[1-3]。

基金项目: 国家自然科学基金项目(51267017)

常规机组的调速系统对系统频率稳定性有很大的影响。当系统功率发生变化时常规机组调速系统动作使频率稳定在一定范围^[4]。现以新疆阿勒泰地区电网为研究对象,分析调速系统调速特性以及调速系统对孤网频率稳定性的影响,得出孤网中不同容量机组调速系统对孤网频率影响不同;水电机组调速系统和火电机组调速系统对孤网频率影响不同;不同容量水电、火电机组调速系统之间的配合对孤网频率影响不同。运用 PSASP 仿真验证了相关结论。对实际电网运行、水电和火电机组调速系统之间的配合具有重要的参考价值。

1 电力系统频率调节过程

电力系统功率频率特性是指系统有功功率不平衡时频率的变化特性,它是负荷频率特性、发电机频率特性以及电压影响的综合结果。

电网中有功功率和频率相互影响,当系统中有有功功率不平衡量为 ΔP 时,系统中的频率变化量 Δf 可表示为

$$\Delta f = \frac{\Delta P}{K_s} \quad (1)$$

若系统中的发电机和负荷同时参与系统频率调节,则系统的单位调节功率 (K_s) 可表示为

$$K_s = \sum_{i=1}^n K_{Gi} + \sum_{j=1}^m K_{Lj} \quad (2)$$

式中 K_{Gi} 为某台发电机的单位调节功率; K_{Lj} 为电网中负荷类型的单位调节功率。

在电网负荷发生变化时,依靠发电机的调速器以及负荷的调节效应的共同作用而使电网在新的频率下稳定运行^[5-6]。电网频率调节过程如图1所示。

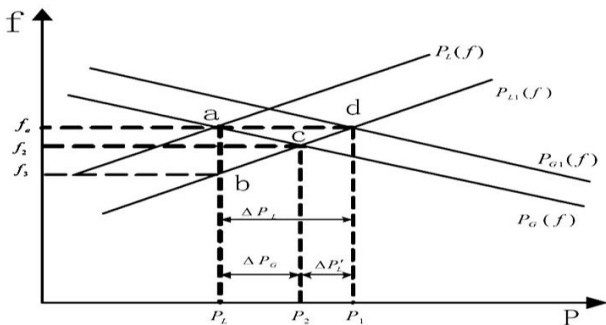


图1 电网频率调节示意图

如图1所示,电网正常稳定运行在a点,此时电网功率平衡。当电网中负荷从 P_L 变为 P_{L1} 时系统将出现功率缺额,导致发电机转速下降,从而使系统中的频率下降。若系统中常规机组调速系统没有投运,系统中发电机组出力保持不变,系统中只能通过负荷调节效应稳定在b点,系统中的频率将大幅下降。在有调速器的情况下,调速器和负荷调节效应同时参与消除出现的功率缺额。调速器动作增大发电机组出力,频率降低使得负荷有功功率 P_L 减小,最终稳定在c点,系统频率稳定在合理的范围内。

2 机组一次调频的调节机理

调速器是通过改变发电机的蒸汽汽流(或进水

量)使之满足发电机的转速调节需求,从而达到功率调节的目的。根据自动调节原理,通过转速反馈来实现闭环控制,方法即为测量转速,将其放大后反馈到输入端并与给定值作比较来控制调节汽阀行程的大小,从而改变蒸汽流量,实现控制转速的目的。转速调节系统的框图如图2所示。

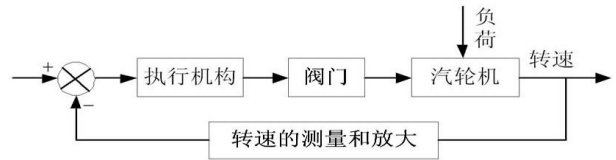


图2 转速调节系统框图

在闭环控制系统中,调速系统根据给定值和实际值的偏差进行调节。由于反馈回路的存在,若实际输出值不等于给定值,调节系统将进行调节,直到给定值与实际输出值基本相等为止。图3为火电机组调速器控制系统框图。

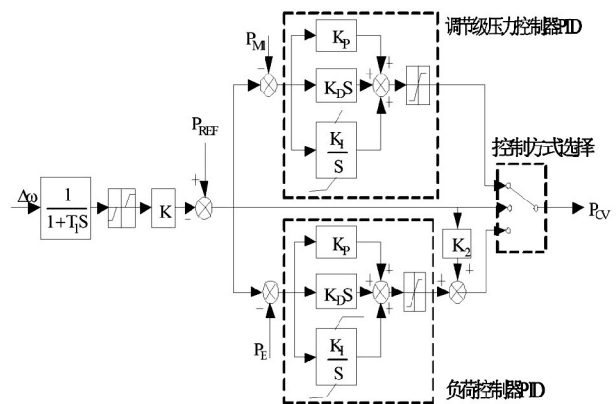


图3 调速器控制系统框图

电网中参与系统频率调节的机组有水电机组调速系统和火电机组调速系统。当系统有功功率平衡遭到破坏,引起频率变化时,原动机的调速系统将自动改变原动机的进汽(水)量,相应增加或减少发电机的出力。

3 仿真分析

阿勒泰电网目前通过双回97 km的220 kV丰泉一、二线和单回128.97 km的110 kV托铁线(正常方式下断开备用)与主网相连。阿勒泰地区电网公司所属发电厂总装机容量为1048 MW,其中火电600 MW、水电250 MW、风电198 MW。阿勒泰地区总负荷为283.4 MW。阿勒泰电网地理接线示意图如图4所示。

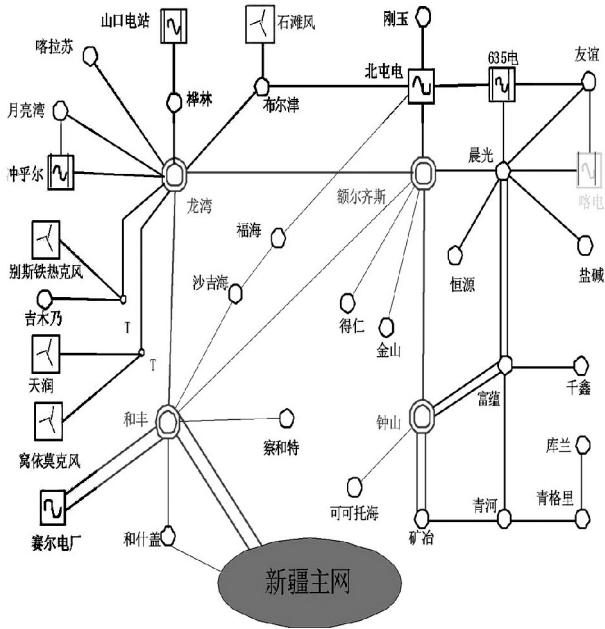


图4 阿勒泰电网地理接线示意图

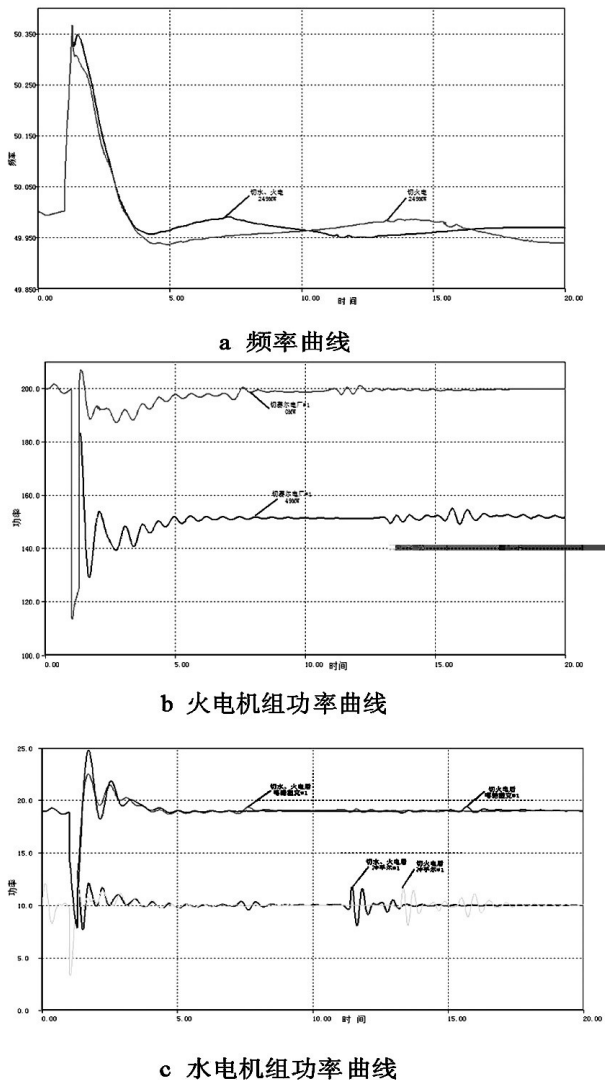


图5 全部调速系统不参与时特征曲线

赛尔电厂(2×300 MW)投运之后,正常情况下阿

勒泰电网将通过丰泉一、二线向主网输送功率。现以阿勒泰电网为研究对象,仿真220 kV丰泉一、二线发生永久性断线,阿勒泰电网将与主网解裂孤网运行,分析孤网内各调速系统对孤网频率稳定性的影响。

3.1 方案1

220 kV丰泉一、二线发生永久性断线后,阿勒泰电网将出现功率富裕,孤网内频率将上升,安全自动装置动作切除部分机组。假定孤网内所有机组的调速系统不参与一次调频。网内频率变化只能通过切除机组和负荷调节效应来调节。而负荷调节效应只能在小范围内调节,此时只能通过安全自动装置动作切除机组,使功率平衡、频率稳定在合理范围内。图5为切除孤网内部分机组出力后孤网内频率和各机组出力曲线。

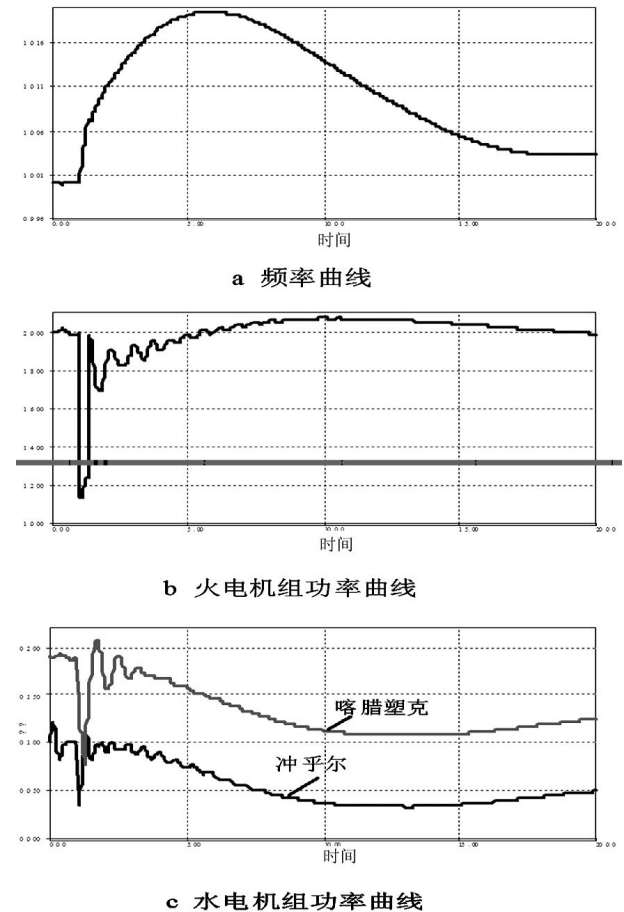


图6 水电机组参与,火电机组不参与时特征曲线

由图4可知,若孤网系统中所有机组调速系统不参与调节时孤网内安全自动装置动作切除过剩的功率。在所有机组调速系统不参与调节时系统中的频率不会发生大的波动,孤网内只能通过安全自动装置以及负荷调节效应使系统中的频率稳定在合理范围内^[8]。同时各机组出力只在解网时一个大的

波动很快恢复到原始出力保持出力不变。但是由图4可以看出,安全自动装置切多余的功率全部为火电或切水、火电时孤网内的频率不相同,在切同样多的功率情况下切火电最后稳定频率要比切水、火电的要低且波动要大。

3.2 方案2

假定网内水电机组调速系统参与系统频率调节,而火电机组调速系统不参与系统频率调节。孤网内频率变化,通过安全自动装置切除部分过剩功率,其他过剩功率通过水电机组调速系统和负荷调节效应同时参与调节使孤网内频率在合理范围内波动。图6为安全自动装置动作切除机组部分出力后孤网内频率及水、火电机组出力的仿真曲线。

从图6可以看出,水电机组调速系统参与调节,火电机组调速系统不参与调节时,孤网内频率会产生波动,最高频率达54.5 Hz,最低频率为48.2 Hz。水电机组出力在额定出力以下波动,而火电机组出力在额定出力以上波动。由此可得水电机组调速系统在调节系统频率的同时引起系统中火电机组出力的波动。

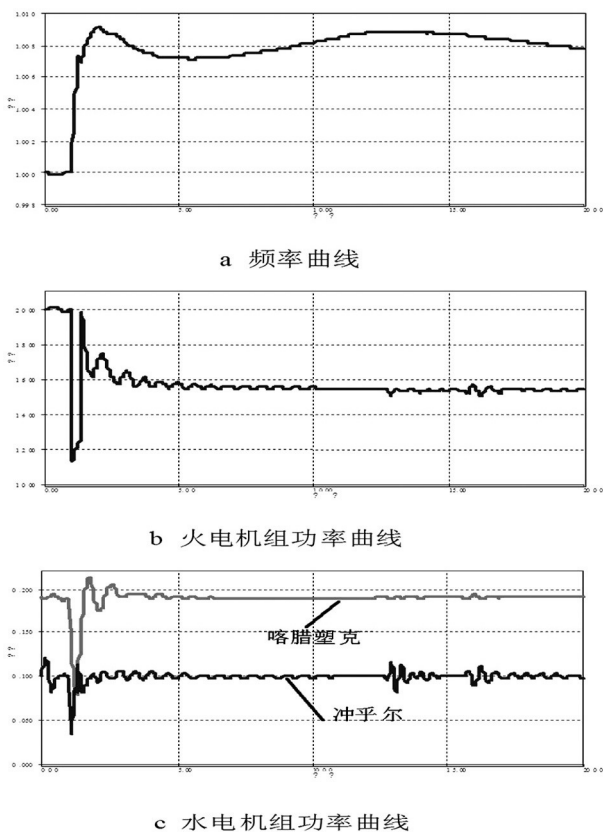


图7 水电机组不参与,火电机组参与时特征曲线

3.3 方案3

假定水电机组调速系统不具有调节效应,而火

电机组调速系统具有调节效应。孤网内频率变化,通过安全自动装置切除部分过剩功率,其他过剩功率通过火电机组调速系统和负荷调节效应同时参与调节使孤网内频率在合理范围内波动^[9-10]。图7为安全自动装置动作切除机组部分出力后孤网内频率及水、火电机组出力的仿真曲线。

从图7可以看出,火电机组调速系统参与调节,水电机组调速系统不参与调节时,孤网内频率会产生波动,最高频率达50.45 Hz,最低频率为49.89 Hz。水电机组出力为额定出力,而火电机组出力在额定出力以下波动。对比图6和图7可得,火电机组调速系统对孤网频率调节能力强,对孤网的冲击影响比较大。

3.4 方案4

假定水电机组调速系统、火电机组调速系统都参与孤网频率调节。孤网内频率变化通过安全自动装置切除部分机组出力、水电机组调速系统、火电机组调速系统和负荷调节效应来共同调节。图8为安全自动装置动作切除机组部分出力后孤网内频率及水、火电机组出力的仿真曲线。

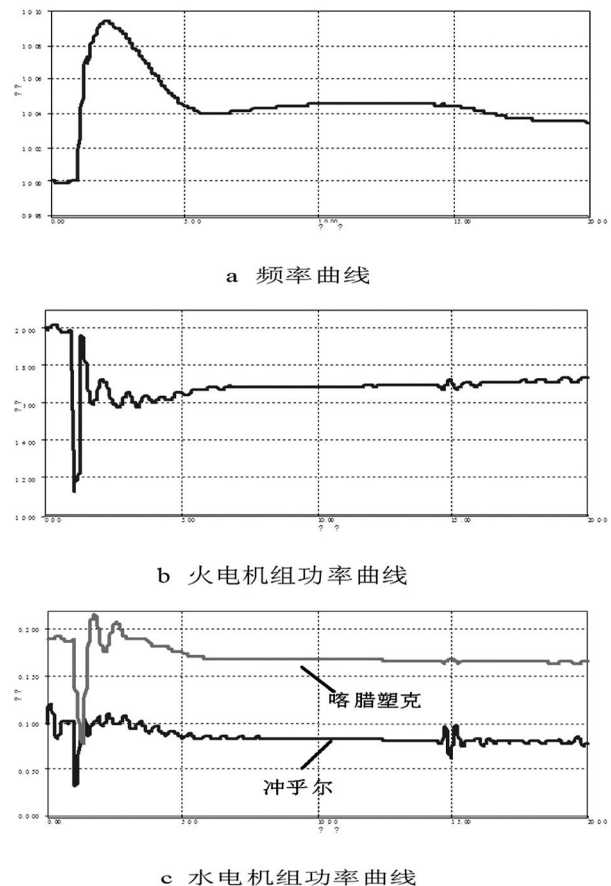


图8 全部调速系统都参与时特征曲线

(下转第39页)

统研究现状及发展趋势[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(9): 7-11.

[2] 李碧君, 温柏坚, 徐泰山, 等. 省地两级电网安全稳定协调防御框架及关键技术[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(21): 26-30.

[3] 王保义, 邱素改, 张少敏. 电力调度自动化系统中基于

可信度的访问控制模型[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(12): 76-81.

[4] 汪际峰. 一体化电网运行智能系统的概念及特征[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(24): 1-6.

(收稿日期: 2013-03-05)

(上接第18页)

由图8可以看出,当孤网中所有机组调速系统都参与频率调节时,孤网内频率波动特别大。孤网内所有机组调速系统都参与频率调节有可能导致机组调速系统调节过度,使孤网内频率下降特别厉害,引发低频减载装置动作。

通过对孤网内调速系统有没有参与孤网频率调节仿真分析,可以得出孤网运行时系统中的频率变化只能靠稳控装置动作以及负荷调节效应来使系统中的频率稳定在一合理范围,但是此时系统对频率调节能力非常差。通过仿真对比分析水电机组调速系统与火电机组调速系统对孤网频率稳定的影响,可以得出孤网中水电机组调速系统能快速地响应系统中的频率变化,但是孤网水电机组调速系统参与系统频率调节时系统中的频率波动比较大,而火电机组调速系统能使系统频率很快稳定在一合理范围。孤网内水电和火电机组调速系统同时参与系统频率调节时可以提高系统对频率的调节能力,两者能够弥补之间的不足。

4 结 论

通过对阿勒泰电网仿真分析可得在孤网运行时调速系统对孤网频率稳定性影响比较大。当地区电网中大部分负荷是由水电机组供应时,由于水电机组调速系统的动态反调特性影响使地区电网与主网解列后的频率稳定性降低。应尽快在地区电网内建设火电机组,利用火电机组一次调频作用中和水电机组动态反调特性,提高地区电网与主网解列后频率稳定性。孤网内各水电机组都参与频率调节时能快速响应系统中频率的变化,但是孤网内频率波动较大。在安排电网运行方式进行时,因考虑孤网时频率受水电和火电机组调速系统的影响不同,合理安排机组的运行方式。

参考文献

[1] 黄宗君, 李兴源, 晁剑, 等. 贵阳南部电网“7.7”事故的仿真反演和分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(9): 95-100.

[2] P. Kundur, 周孝信, 李兴源, 译. 电力系统稳定和控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[3] Home J, Flynn D, Littler T. Frequency Stability Issues for Islanded Power Systems [C]. IEEE PES Power System Conference and Exposition 2004.

[4] 于达仁, 郭钰锋, 徐基豫. 发电机组并网运行一次调频的稳定性[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20(9): 59-63.

[5] 何仰赞, 温增根. 电力系统分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.

[6] 周海锋, 徐志勇, 申洪. 电力系统功率频率动态特性研究[J]. 电网技术, 2009, 33(16): 58-62.

[7] 黄青松, 徐广文. 水轮机调速系统自定义建模与应用[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(16): 115-117.

[8] 竺炜, 唐颖杰, 谭喜意. 发电机调速附加控制对系统频率稳定的作用[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(12): 21-24.

[9] 涂振祥. 多喷嘴冲击式大型水轮机组的调速器控制与特殊工况运行问题研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16): 16-19, 34.

[10] 金娜, 刘文颖, 曹银利, 等. 大容量机组一次调频参数对电网频率特性的影响[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(1): 91-95, 100.

作者简介:

任 华(1984), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统稳定与控制;

姚秀萍(1961), 女, 硕士生导师, 高级工程师, 研究方向为电力系统稳定与控制、调度自动化;

周 专(1987), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统稳定与控制。

(收稿日期: 2013-04-22)