

# 新疆电网频率的时空分布分析

吴茂乾<sup>1</sup> 陈江<sup>2</sup> 王筱<sup>1</sup> 赖国辉<sup>1</sup> 常喜强<sup>3</sup> 晁勤<sup>1</sup>

(1. 新疆大学电气工程学院,新疆 乌鲁木齐 830047; 2. 奎屯市电业局,新疆 奎屯 833200;  
3. 新疆电力调度通信中心,新疆 乌鲁木齐 830008)

**摘要:**电网频率是衡量电能质量好坏的重要指标之一。同时也是研究系统运行方式、设计低频减载方案以及评价各种调频调压措施等工作的基础。主要针对2011年新疆电网通过新投运750 kV线路与西北电网联网与不联网时,新疆电网出现功率变化及西北电网出现大功率缺额时,对新疆电网频率的时空分布特性影响进行了仿真分析,并对这两种情况下新疆电网频率的时空分布特性给电网安全带来的影响,尤其是低频减载方案的影响进行了探讨比较。

**关键词:**750 kV 线路; 孤网; 时空分布; 低频减载

**Abstract:** One of the important indexes to measure the power quality is grid frequency. Also it is the base to study the system operating mode, design the frequency load shedding scheme and evaluate the measures of frequency modulation and voltage regulation. The impact on temporal and spatial distribution characteristics of frequency in Xinjiang Power Grid when there is power change in Xinjiang Power Grid and there is high power shortage in Northwest Power Grid during the interconnection between these two grids or not by the new 750 kV line are analyzed and simulated. The impact of temporal and spatial distribution characteristics of frequency in Xinjiang Power Grid on the grid security, especially the impact on low-frequency load shedding scheme in both cases are discussed and compared.

**Key words:** 750 kV line; isolated network; temporal and spatial distribution; low-frequency load shedding

中图分类号: TM73 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)01-0019-03

## 0 引言

近几年随着电力生产和电力供应这个大系统的不断扩大和增强,电力系统的频率特性也日趋复杂。同时系统对频率的要求也越来越严格,电网频率的好坏将直接影响到系统运行的各个环节。当电力系统受到联络线跳闸、大机组跳闸或者大容量负荷投切等扰动时,由于系统原有的功率平衡遭到破坏,引起系统频率发生变化。当系统的频率变化较大而超出其允许范围时将会给电力系统带来明显的不利影响,甚至导致频率失稳而发生频率崩溃现象,影响电网的安全稳定运行和可靠性。低频减载作为保障电网安全运行中的最后一道防线,是防止电力系统发生频率崩溃的紧急控制措施。因此,正确认识电力系统的频率特性是整定低频减载方案、研究系统运行方式、确定系统的网架结构和评价各种调频调压措施等工作的基础。虽然随着电力行业的不断发展与加强,互联电网系统的容量也在不断的增加,发生全局性频率崩溃的概率几乎很小,但一旦发生将会使整个电网崩溃。

下面从2011年新疆电网通过新投运750 kV线路与西北电网联网,与全国形成了一个大的互联电网这方面来探讨联网与不联网对新疆电网频率的时空分布特性的影响。并对这两种情况下新疆电网频率的时空分布特性给电网安全带来的影响尤其是低频减载方案的影响进行了探讨比较。从而为新疆电力相关部门采取相关的措施提供依据,减小电网频率振荡对电网的影响,保证用户用电的可靠。

## 1 电网的频率特性

### 1.1 电网频率特性的基本概念

电网的频率特性是指系统中的有功功率平衡遭到破坏时而引起的频率变化特性,它分为静态频率特性和动态频率特性。电网的静态频率特性强调的是电网频率的一种状态,而电网动态频率特性则强调的是频率变化的过程。电网的频率特性主要是由发电机的频率特性和负荷的频率特性及电压影响综合作用的结果。静态频率特性取决于负荷的静态频率特性和发电机的静态频率特性,常以频率特性系数 $K$

表示,其中包括负荷静态频率特性系数  $K_L$  和发电机静态频率特性  $K_G$ 。

$$K = K_L + \rho K_G$$

式中  $\rho$  为备用容量系数,它是系统总开机容量与总开机出力(包括厂用电及网损)之比。频率的动态特性是指电力系统受到扰动后,系统由于功率平衡遭到破坏而引起系统频率发生变化,从而使系统频率从正常状态过渡到另一个稳定值所经历的时间过程。它与系统的备用容量、负荷的频率调节效应及系统内旋转机械的惯性时间等因数有关,系统的惯性时间常数越大,频率变化过程所经历的时间越长。

### 1.2 电网频率的时空分布特性

电力系统的时空分布特性<sup>[12]</sup>通常是指互联大电网在发生有功缺额扰动之后,不仅不同地点频率变化的幅值不同,而且各地频率变化量达到最大值的时间也不同,使频率呈现出明显的时空分布特性。频率的时空分布特性是互联大电网区别于简单网络分析结果的重要特征之一。

## 2 电网频率特性的影响因素

当电力系统遭受有功功率缺额扰动后,一方面通过负荷的频率调节效应来减小功率需求;另一方面,通过调用系统发电机组的旋转备用容量增大系统出力来提高电网的频率,使频率恢复到允许的范围内。在这个调节的过程当中系统频率的变化涉及到电网结构、发电机运行方程及其参数、调速器模型及旋转备用、励磁调节模型和负荷调节模型。因此,发生有功缺额故障后,系统原有的有功功率平衡状态被打破,各发电机组将按其同步功率分担发电缺额,并释放转子储存的部分惯性动能。转子动能的消耗将使机组转速下降,系统频率降低。

影响系统功率频率过程的因素主要集中在故障扰动地点、发电机组模型及其参数、调速器调节特性、旋转备用容量及其分布和负荷特性等几个因数上。

## 3 新疆电网频率的时空分布特性仿真算例分析

2011年新疆电网通过新投运了750 kV线路与西北电网联网,使得新疆电网与全国实现联网,形成了一个大的互联网,从某种意义上虽然提高了新疆电

网运行的可靠性,但同时也会给新疆电网频率的时空分布特性造成了一定的影响。为了讨论联网与不联网给新疆电网频率的时空分布特性所带来的影响,对此通过实际的例子进行了仿真分析。

以新疆电网红雁池二电厂有功脱落380 MW,陕西铜川电厂有功脱落1 000 MW、甘肃张掖电厂有功脱落500 MW和甘肃崇信电厂有功脱落1 000 MW为例对新疆电网频率的时空分布特性进行了仿真分析。

如图1~4所示。图中A、B分别代表新疆电网与西北电网联网和未联网的条件下新疆电网内部发生相同功率缺额的情况(新疆电网红雁池二电厂有功脱落380 MW);C代表新疆电网与西北电网联网条件下西北电网出现大功率缺额(陕西铜川电厂有功脱落1 000 MW、甘肃张掖电厂有功脱落500 MW和甘肃崇信电厂有功脱落100 MW)的情况。

由图1~4中对A、B两种情况下进行了比较和分析可知,当新疆电网出现相同有功功率缺额时,A、B两种情况下对新疆电网中同一发电厂的频率动态响应影响程度不同。在A种情况下,新疆电网各区域发电厂的频率变化特性要比在B种情况下的好很多。这是由于在A种情况下由于与西北电网联网增大了整个电网的容量,所以当新疆电网出现有功功率缺额时,A种情况下对新疆电网频率的影响要比在B种情况下的小得多。但是当出现C种情况时,对新疆电网各区域的发电厂频率的影响却很大,由图1~4可知,最低达到49.648 Hz。

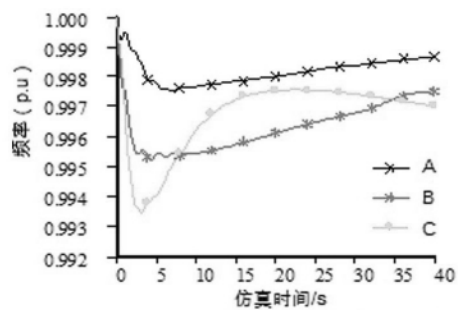


图1 天光电厂频率动态响应曲线

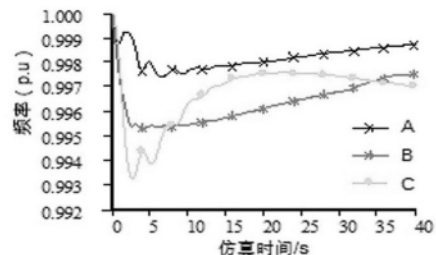


图2 玛纳斯电厂频率动态响应曲线

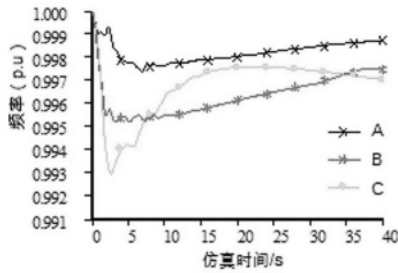


图3 库车电厂频率动态响应曲线

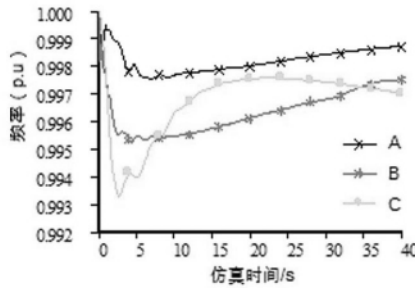


图4 红雁池二电厂频率动态响应曲线

由图5可知,当新疆电网运行在A种情况下时,不同地方电厂频率的动态响应曲线不同。这主要体现在各电厂的频率变化的幅值和其频率变化量达到最大值的时间不同。如表1所示。

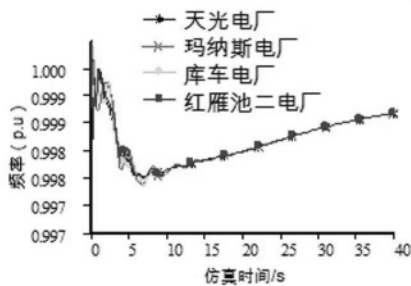


图5 A种情况下频率动态响应曲线

表1 电网运行在A种情况下各电厂的频率响应

电厂	频率最小值/p. u.	时间/s
天光电厂	0.997 52	6.77
玛纳斯电厂	0.997 39	6.58
库车电厂	0.997 35	6.82
红雁池二电厂	0.997 50	6.68

从表1中可以看出,当新疆电网运行在A种情况下时,库车电厂的频率可降低至0.997 35 p. u.,其时间用了6.82 s;而玛纳斯电厂在6.58 s时其频率就降至最低点,这说明在电网中某点出现有功功率缺额时,同一电网中不同区域电厂频率响应程度不同,这充分体现了频率的时空分布特性。由于各地区的频率特性不同,它与传统认为的全网频率特性一致相矛盾,而会影响到全网的低频减载方案,使新疆电

网的安全稳定运行受到挑战。

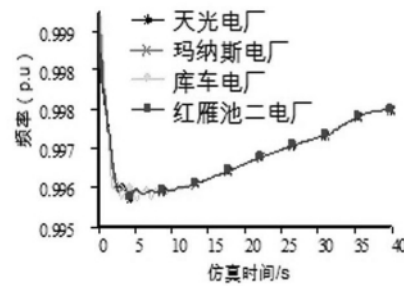


图6 B种情况下频率动态响应曲线

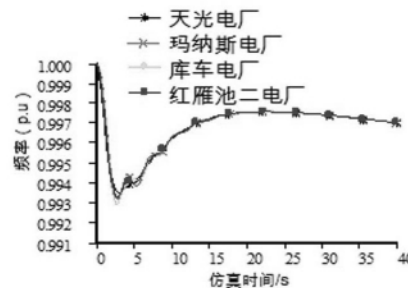


图7 C种情况下频率动态响应曲线

由图6和图7可知,当新疆电网运行在B、C这两种情况下时,其情况和图5中的一样。如表2和3所示。

表2 电网运行在B种情况下各电厂的频率响应

电厂	频率最小值/p. u.	时间/s
天光电厂	0.995 20	4.26
玛纳斯电厂	0.995 29	4.02
库车电厂	0.995 17	5.03
红雁池二电厂	0.995 23	4.24

表3 电网运行在C种情况下各电厂的频率响应

电厂	频率最小值/p. u.	时间/s
天光电厂	0.993 47	3.03
玛纳斯电厂	0.993 23	2.65
库车电厂	0.992 96	2.53
红雁池二电厂	0.993 28	2.63

## 4 结 语

由上面的图和表可知,当新疆电网孤网运行时,在新疆电网出现有功功率缺额的条件下,不同地方电厂频率的动态响应程度不同,且各电厂的频率变化的幅值和其频率变化量达到最大值的时间也不同。同时当新疆电网与西北联网时,新疆电网出现相同功率缺额时,会在一定程度上提高新疆电网频率的稳定性,但是当西北电网出现大功率缺额时,会对新疆电

(下转第72页)

测点盐密值变化与交流监测点也有所不同,交流线路邻近几天的盐密值变化均较为平滑,直流线路却是呈波动变化。

### 3 结论及展望

±500 kV 德宝线 0064 号、0387 号杆塔、500 kV 坡山二线 012 号杆塔、500 kV 资洪一线 043 号杆塔 4 个监测点盐密数据与当地气象数据分析结果表明,盐密值变化与天气变化具有很好的一致性,利用光传感器盐密在线监测装置可以实现交、直流线路盐密值实时在线测取,能准确反映现场污秽环境。交、直流线路盐密分析结果表明,直流线路盐密增长速度高于交流线路,与以往研究结论一致。下一步,会每三个月对交、直流线路监测点盐密值进行对比分析,并记录分析结果,直到盐密值达到饱和。从而确定四川典型地理环境下交、直流线路积污特性,掌握四川地区交、直流线路积污规律。

### 参考文献

[1] 宿志一,刘燕生.我国北方内陆地区线路与变电站用绝缘子的直、交流自然积污试验结果的比较[J].电网技术 2004,28(10):13-17.

[2] 高海峰,樊灵孟,李庆峰,等.±500 kV 高肇直流线路绝缘子积污特性对比分析.高电压技术 2010,36(3):672-677.

[3] 宿志一.北方内陆地区线路悬式绝缘子串的直流自然积污特性[R].北京:中国电力科学研究院,1990.

[4] Su Z, Liang X, Yin Y, et al. Outdoor Insulation Selection Method of HVDC Lines [C]. //14th International Symposium on High Voltage Engineering. Beijing, China [s. n.], 2007.

[5] 吴光亚,宋伟,蔡炜,等.光谱法检测输变电设备盐密的实验室研究[J].高电压技术 2001,27(5):57-58.

[6] 谢强,朱瑞刚,熊鹏.晋中地区输电线路微气象及盐密监测系统应用[J].电网技术 2010,159(2):21-23.

(收稿日期:2011-11-21)

(上接第 21 页)

网频率的动态响应产生严重的影响,甚至会影响到新疆电网的低频减载方案。因此,要采取合适的措施来防止这种事故的发生,近一步提高新疆电网频率的安全稳定性。

### 参考文献

[1] 时珊珊,鲁宗相,闵勇,等.微电网孤网运行时的频率特性分析[J].电力系统自动化 2011,35(9):36-41.

[2] 熊小付,周永忠,周家启.计及负荷频率特性的低频减载方案研究[J].中国电机工程学报 2005,25(19):48-51.

[3] 赵庆波,曾鸣,刘敏,等.电力市场中的负荷频率控制方案研究[J].中国电机工程学报 2002,22(11):45-50.

[4] 曾启明,陈伟乐,谢志堂,等.电力系统频率新的跟踪算法[J].中国电机工程学报 2005,25(19):48-51.

[5] 赵强,张丽,王琦,等.系统负荷频率特性对电网频率稳定性的影响[J].电网技术 2011,35(3):69-73.

[6] 王合帧,李向容,陈栋新.电网频率特性及负荷反馈 df/dt 的实测分析[J].电网技术 1995,19(12):43-47.

[7] 肖遥,孟·让·柯洛德.电力系统频率测量误差成因分析[J].电网技术 2002,26(1):29-42.

[8] 秦明亮,杨秀朝.减少低频减载方案过切的措施的研究[J].电网技术 2002,26(2):83-86.

[9] 赵强,王丽敏,刘肇旭.全国电网互联系统频率特性及低

频减载方案[J].电网技术 2009,33(8):35-40.

[10] 陈桥平,蔡泽洋,李爱民,等.互联电网的地区频率特性差异性及其对低频减载的影响研究[J].中国电力,2009,42(8):1-5.

[11] 古丽扎提·海拉提,加码力汗·库马什,常喜强.新疆地区电网频率特性仿真分析[J].中国电力,2008,43(8):45-48.

[12] 周海峰,倪腊琴,徐泰山.电力系统功率频率动态特性研究[J].电网技术 2009(16):58-62.

[13] 张恒旭,庄佩沁,祝瑞金,等.大受端电网频率稳定性研究[J].华东电力 2009(10):1644-1649.

[14] 云雷,刘涤尘,张琳,等.负荷特性对跨区大电网低频振荡的影响研究[J].电力自动化设备 2009,29(8):41-45.

[15] 张忠林.关于电网频率若干问题的浅析[J].东北电力技术 1996(10):16-20,12.

[16] 赵勇,胡剑琛,顾志东,等.海南电网孤网运行时的频率特性分析[J].南方电网技术 2009,3(5):27-30.

[17] Bin Qiu, Yiyu Liu. Lan-based Control for Load Shedding [J]. IEEE Computer Applications in Power 2002,12:38-43

[18] Under-frequency Load Shedding Relay Application Guide [R]. Salt Lake City, UT, USA: Western Systems Coordinating Council, 1974.

(收稿日期:2011-10-17)