

智能电网备用容量的实时调用互补技术研究

在电力系统频率控制基本原理以及动态转移技术的基础上,提出了区域智能电网备用容量实时调用技术的方案并运用Matlab的Simulink模块对该技术的实现进行了仿真。

郑雨翔 龙鹏 谢邦鹏 张秋琼/国网上海浦东供电公司



郑雨翔/助理工程师

0 引言

随着经济的不断增长,用电负荷也在迅速增大,电网内单台发电机组容量不断扩大,以及直流输电线路的满负荷运行,电网中单个元件故障所可能造成的损失越来越大,传统的频率控制模式已逐渐显现出明显的不足,如省市之间缺乏互相支援导致频率超调欠调频繁。而在智能电网环境下,自愈是智能电网的一个突出特征,自愈技术是实现电网自愈的重要保证,也是大电网实现安全运行最有力的支撑。要实现智能电网的频率自愈就需要智能电网备用容量的实时调用互补技术。

1 备用容量实时调用互补方案

1.1 动态转移技术

对于有功功率控制资源的实时调用,当省市之间存在备用容量交易,在运行中需调用这部分备用容量时,只需修改省市功率交换计划就可实现;当省市之间存在AGC调节资源交易时,对其他省市内AGC调节资源的调用必须使用动态转移技术来实现。

动态转移技术是为了将与发电或负荷有关的一部分或全部电能服务,从一个控制区域转移到另一个控制区域,动态转移分为“伪联络线法”和“动态计

划法”两种。

(1) 伪联络线

伪联络线是一个实时更新的远方读数,它在AGC的ACE计算公式中被用作联络线潮流,但实际上并不存在物理的联络线和电能计量值。它的积分值可以用于交换的电能统计。

(2) 动态计划法

动态计划是一个实时更新的远方读数,它在AGC的ACE计算公式中被用作交换计划。它的积分值可以用于交换的计划电能统计。

在常规情况下,ACE的计算公式为

$$ACE=(P_{ta}-P_{ts})-\beta(f_a-f_s)$$

式中, P_{ta} 为联络线实际交换功率; P_{ts} 为联络线计划交换功率; β 为频率偏差系数; f_a 为系统实际频率; f_s 为系统计划频率。

在伪联络线法中,常规的ACE计算公式中的 P_{ta} 改为 $(P_{ta}-P_e-P_i)$, 其中 P_i 为控制区外交换进入的功率, P_e 为控制区内交换送出的功率。功率数值的符号定义为输入为负、输出为正;在动态计划法中,常规的ACE公式中的 P_{ts} 改为 $(P_{ts}+P_e+P_i)$ 。

动态转移技术的运用可以在两个省市互相商定的情况下进行,也可以在上上级调度机构的参与下进行。

1.2 对外省市AGC资源的调用方法

(1) 等值机法

获得资源的省市调将其他省市提供的AGC资源作为一台等值发电机组看待,并将AGC中计算出的对等值机组的控制指令发送给提供AGC资源的省市调,这两个省市通过动态转移技术,即在获得资源的省市的ACE计算式中减去该控

关键词/Keywords

备用容量·
智能电网·
自动发电控制·
电力系统仿真·

制指令代表的MW数,在提供资源的省市的ACE计算式中加上该控制指令代表的MW数,使获得资源的省市把对这部分ACE的调节责任转移给提供资源的省市。

(2) 协定补充调节服务法

当一个省市承担另一个省市的部分或全部调节责任,但又没有改变其联络线和交换计划时,两个省市都采用统一的动态计划方法,在两个省市的ACE重增加另一个分量 P_{sc} ,通过符号变化来保证正确的控制。 P_{sc} 按协定的方法计算得到,例如 $P_{sc}=K*ACE$, K 在0~1之间,当省市X从省市Y购买调节资源时,对省市X, $ACE_X=ACE_{Xa}-P_{sc}$;对省市Y, $ACE_Y=ACE_{Ya}+P_{sc}$ 。即由获得资源的省市将ACE中的一部分或全部通过动态转移技术转移给提供资源的省市。

协定补充调节服务法与等值机法在控制结果上存在明显差别。在协定补充调节服务法中不存在联络线交换功率的改变而在等值机法中联络线的交换功率发生了变化,并且最终的AGC出力的曲线也存在明显不同,等值机法中外区域的AGC机组在调节结束后仍然提供出力而补充调节服务法中外区域的AGC机组在调节结束后出力为0。

通过分析,在等值机法中,ACE的计算式中修改的值是一个确定的MW数,因此当调频过程结束后,外省市的AGC机组仍需提供出力支援本省市的功率缺额,并且存在联络线功率偏差;而由于协调补充调节服务法中的 P_{sc} 是由ACE构成的,而区域控制误差ACE反映的是该区域的实时功率缺额,在整个调频过程中,扰动区域的ACE是不断变化的。当调频过程结束时,ACE值即反映了扰动后该区域内机组出力与负荷的不平衡情况。因此,扰动区域的稳态后净功率缺额成为AGC互相调用的最终依据。当扰动区域具有充足的AGC备用容量时,则扰动区域只是在调整过程中获得了区外的AGC调节服务。随着调频过程的进行,扰动区域的AGC控制具有自动排除区外援助调节容量的功能;因此扰动后调整结束时,联络线功率偏差为零,非扰动区域的机组出力总量回复到扰动前的值不变。

1.3 对外省市备用容量资源的调用方案

要实现两区域之间的备用容量的互相调用就同样需要采用在实现AGC互相调用时采用的动态

转移技术。某一区域的负荷波动经过一个延时之后还需要经过一个分配系数再分配到本区域的备用机组的控制功率上,而需要区域外机组承担的负荷波动部分 P_x 则需要传递到区域外的备用机组的控制功率上,如果仅仅这样,当备用启动时,区域外的备用机组虽然启动了,但是由于区域外不存在负荷波动情况,那么区域外的AGC机组将会启动抵消区域外备用机组的出力,因此不能实现备用之间的互相调用;要实现备用的调用,还需要改变两区域之间的ACE,本区域的ACE需要加上这一传递的负荷波动 P_x ,而区域外的ACE需要减去 P_x (即改变联络线的计划传递功率)以实现备用容量之间的互相调用。

1.4 AGC与备用容量联合调用方案

在现实的电力系统中,既需要AGC机组的互相调用,也需要备用容量的互相调用,在实现了备用容量的实时调用后,为了让技术更接近于现实系统,需要将AGC调用与备用容量调用结合在一起,成为一个更具现实意义的互联系统。

而要将AGC与备用结合在一起,需要考虑当备用启动时,互相调用的AGC机组能否完全正确的退出运行。若调用AGC机组的分配比例与调用备用机组的分配比例相同,则这个问题将不复存在;而当调用AGC机组的分配比例与调用备用机组的分配比例不同时,首先按照AGC调用的方式,改变联络线的计划交换功率,然后当备用启动时,需要将传递到别的区域的备用的功率减去传递到别的区域的AGC的功率,然后将结果加到本区域的ACE中以及在别的区域的ACE中减去这个结果,这样的目的是再次改变联络线传递功率让AGC机组能够正确的退出运行而不会误动。

2 算例分析

现以最简单的两区域互联智能电网系统为例仿真。系统参数:区域A和区域B均含有两台带有AGC的汽轮机,并且其中都有一台含有备用容量,系统所有参数均为标么值表示,容量标准采用区域的总容量,频率标准采用50 Hz。机组的 $D=1$, $R=5\%$, $T_g=0.2$ s, $T_G=0.3$ s, $M=10$ s,AGC增益系数设为0.2。系统调用均采用按容量分配方式。区域A与区域B的AGC机组容量之比为3:2,备用容量之比为1:4。

当区域B发生系统负荷增加0.02时, 仿真结果如下。频率波动曲线如图1~图4。

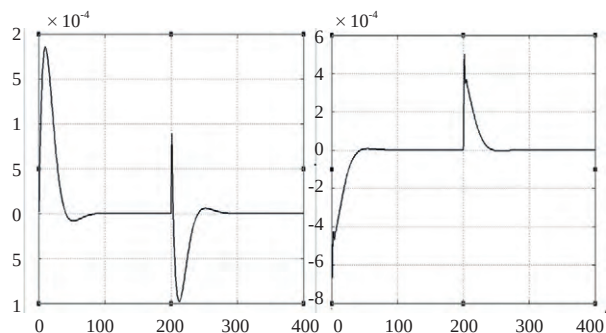


图1 两区域AGC备用容量实时调用系统频率波动曲线

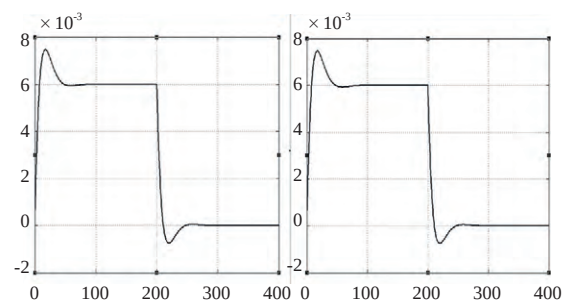


图2 两区域AGC备用容量实时调用系统区域A的AGC机组出力波形

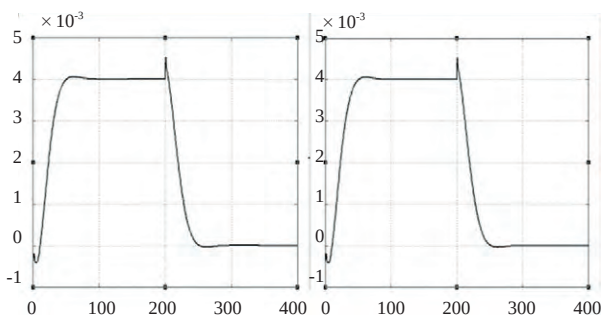


图3 两区域AGC备用容量实时调用系统区域B的AGC机组出力波形

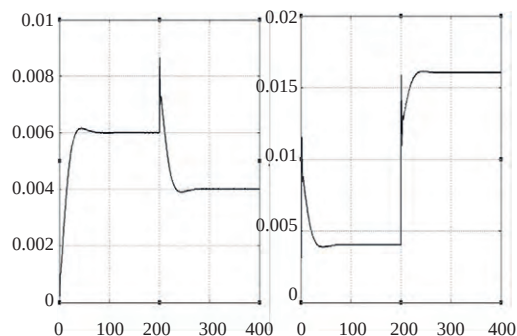


图4 两区域AGC备用容量实时调用系统的备用机组出力波形

其中左图为区域A的备用机组波形, 右图为区域B的备用机组波形由仿真结果可见, 在200 s时AGC机组渐渐退出运行由备用逐渐出力补上功率缺额。到了300 s AGC机组完全退出运行, 所有

功率缺额均由备用弥补。在200 s之前, 各台AGC机组出力均按容量分配。区域A与区域B的AGC出力之比为3:2, 而备用出力之比为1:4, 符合理论数据。仿真结果合理。

3 结束语

本文根据频率自动控制技术与动态转移技术提出应对智能电网大容量故障的自愈方法, 即智能电网的备用容量实时调用技术, 对AGC调节资源的调用提出了等值机法与协调补充调节服务法两种方法, 并分析了在本区域AGC容量足够的时候, 协调补充调节服务法会自动排出外区域对本区域的AGC支援, 最终无法实现AGC调节资源的实时调用; 对于备用容量的实时调用提出了根据负荷波动通过修改联络线的交换功率计划来实现互联电网之间的备用调用; 然后对最适应于实际系统的AGC与备用容量的联合实时调用技术进行了仿真, 总体仿真结果理想, 提出的方案都可行, 且该技术方案可由两区域互联智能电网推广到任意复杂智能电网。

参考文献

- [1] 杨冠城. 电力系统自动装置原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [2] Wood A J, Wollenberg B F. Power generation, operation, and control[M]. Wiley-Interscience, 2012.
- [3] 郭永基. 加强电力系统可靠性的研究和应用[J]. 电力系统自动化, 2003.
- [4] Kundur P. 电力系统稳定与控制[M]. 中国电力出版社, 2002.
- [5] De Mello F P. Dynamic models for fossil fueled steam units in power system studies[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1991, 6(2): 753-761.
- [6] IEEE Working Group. Hydraulic turbine and turbine control models for system dynamic studies[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1992, 7(1): 167-179.
- [7] 郭小红, 刘瑞叶. 电力市场环境下 AGC 的仿真研究[J]. 继电器, 2003, 5.
- [8] 谭伦农, 张保会. 市场环境下的负荷备用容量[J]. 电力自动化设备, 2003, 23(6): 10-12.
- [9] 刘维烈. 电力系统调频与自动发电控制[M]. 北京:

(下转第611页)



图12 地电波强度分析

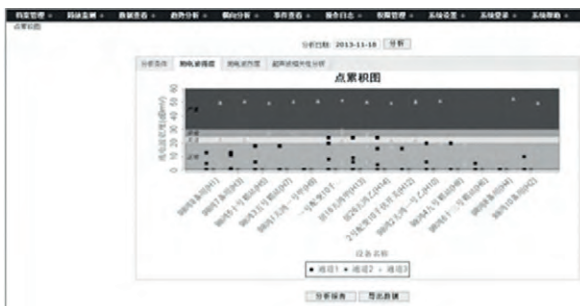


图13 横向分析

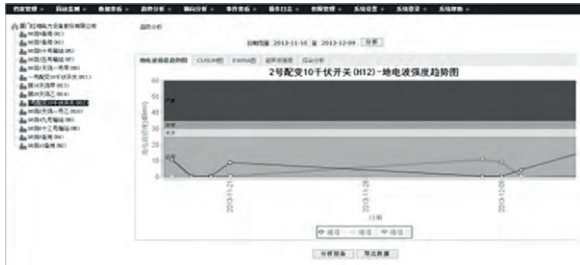


图14 趋势分析

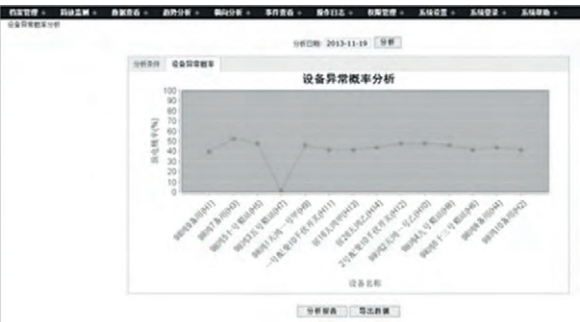


图15 设备异常概率分析

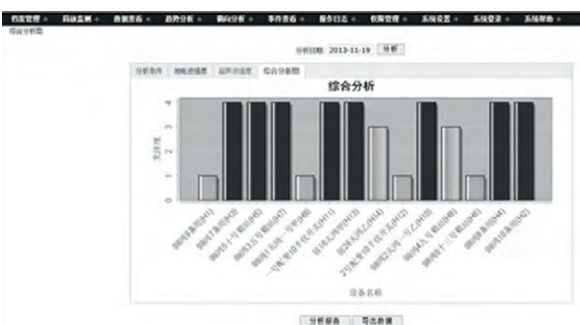


图16 综合分析

5 结束语

本文设计的监测系统将多路传感器安装在开关柜内部的不同部位,采用多通道监测技术,实现了所有通道信号并行实时监测,有效降低了由于传播介质、传播介质界面差异造成的信号衰减,监测结果较常规巡检中采用的在开关柜柜体外部检测获取数据更加准确。同时由于多通道实时监测的设计,系统能够根据信号的强弱初步判断出局部放电发生在开关柜内的方位,在开关柜局部放电定位方面,较通常的定位方法更加准确。另外系统的设计实现了开关柜局部放电全寿命周期实时监测,为分析开关柜绝缘状态,实现开关柜状态检修提供了数据保障。

参考文献

- [1] 田勇,田景林.6 kV~10 kV开关柜事故统计分析与改进意见[J].东北电力技术,1996(8):5-10.
- [2] 宋昊,崔景春,袁大陆.2004年高压开关设备运行统计分析[J].电力设备,2006,7(2):10-14.
- [3] 董兴海.金属封闭柜内带电运行设备局部放电检测研究[J].云南电力技术,2006,34(4):25-26.

(收稿日期:2015-05-15) EA

作者简介

朱胜龙(1980-),男,硕士,国网安徽省电力公司电力科学研究院,高级工程师,从事电气设备的研究及应用工作。

王庆军(1973-),男,硕士,国网安徽省电力公司电力科学研究院,高级工程师,从事过电压技术、电气设备的研究及应用工作。

(上接第606页)

中国电力出版社,2006.

- [10] 张森,张正亮. MATLAB 仿真技术与实例应用教程[M].北京:机械工业出版社,2004.

(收稿日期:2015-05-15) EA

作者简介

郑雨翔(1991-),男,助理工程师,从事电力系统变电运行工作。

龙腾(1986-),男,硕士,研究方向为电力设备状态监测与评估诊断。