

应用可控高抗调节风电送出线路的无功电压

钱康

(江苏省电力设计院,江苏南京 211102)

摘要:针对风电场出力随机性、间隙性较强的特点,提出在并网风电场汇集站长距离送出线路上应用超高压可控并联电抗器实现智能调节风电汇集站线路的无功电压,以适应智能电网的要求。

关键词:风电场出力;可控高抗;无功补偿

中图分类号: TM614

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)03-0057-03

尽管风能发电是一种可再生的清洁能源,不仅能节约日益枯竭的石化燃料,同时还能带来显著的环境和社会效益,但风电场的出力具有较强的随机性、间隙性,而目前的风电预测水平尚无法满足电网实际运行的需求。根据最新的新能源发展规划,国家能源局已同意在江苏沿海地区建设千万 kW 级风电场。根据《江苏沿海地区风电场接入系统规划》,为更合理地进行风电场的大规模开发,并保证风电场有序、合理地接入电网,建议大规模风电场宜通过集中汇流的方式汇入 500 kV 汇流升压站,再通过 500 kV 送出线路接入江苏 500 kV 电网^[1]。远景大规模风电场的并网运行必然会对电力系统的潮流分布产生影响,进而影响系统稳态电压的分布。基于此,本文针对风电场出力随机性、间隙性较强的特点,提出在并网风电场汇集站长距离送出线路上应用超高压可控并联电抗器(简称可控高抗)实现动态自动连续调节风电汇集站线路的无功电压。其应用对于电网的优化控制和风电的可持续发展具有重要意义。

1 风电接入电网的出力特点分析

江苏省 2008 年底已经建成风电场装机容量 605 MW(集中在南通、盐城两地),两地等效风电场出力与典型日负荷特性的匹配关系见图 1—4。

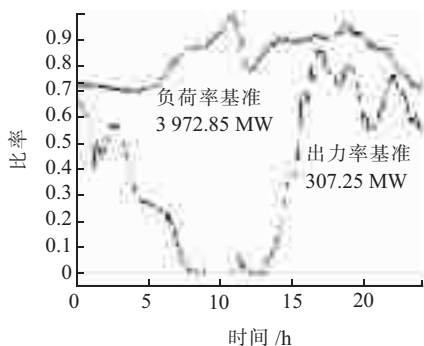


图 1 等效风电场出力与典型日负荷特性的匹配关系 1

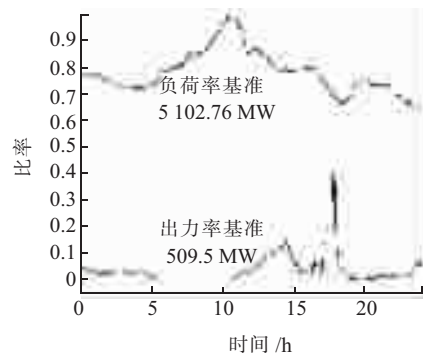


图 2 等效风电场出力与典型日负荷特性的匹配关系 2

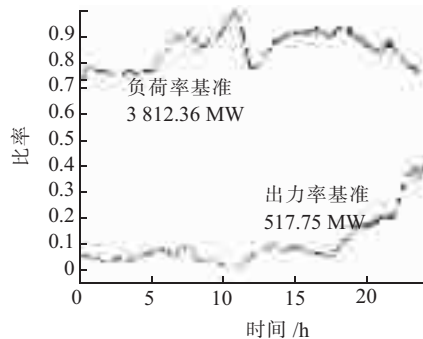


图 3 等效风电场出力与典型日负荷特性的匹配关系 3

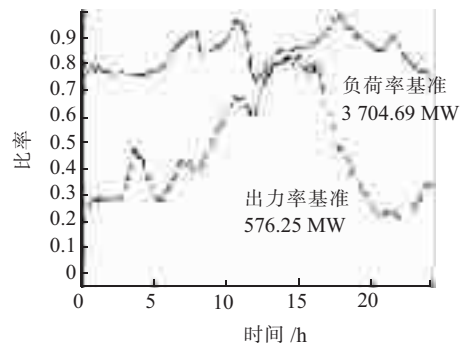


图 4 等效风电场出力与典型日负荷特性的匹配关系 4

两地月最大负荷时刻等效风电场的出力率统计结果见图 5(注:本文中风电场出力率为风电场出力与其装机容量的比值)。通过分析发现,风电出力特点如下^[1]。

(1) 由图 1—4 可见,目前并网风电场出力波动随机性、间隙性较强,风电场有可能在电网负荷高峰时出力很低,见图 1、图 3;也可能在电网负荷低谷时

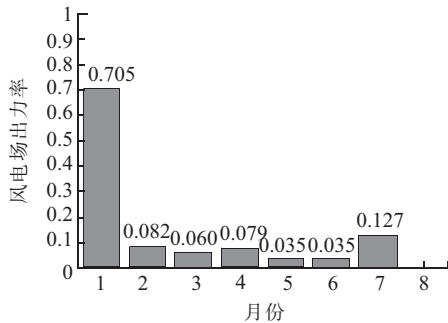


图 5 2009 年 1—8 月最大负荷时等效风电场出力

出力较高,见图 2、图 4,无法与地区负荷相匹配,无法实现削峰、填谷功效,在一定程度上恶化了电网的负荷特性,加剧了负荷的峰谷差率。

(2) 江苏沿海地区截至 2009 年 8 月总装机容量达 874.75 MW。由图 5 可见,在电网实际最大负荷时刻,风电场并不能提供足够的出力完成削峰填谷的作用。相反,等效风电场出力不足 10% 占到了近一半,最大出力也仅出现在 2009 年 1 月(等效风电场出力约 70%)。

2 可控电抗器的结构和工作原理

可控电抗器的简化结构如图 6 所示^[2]。

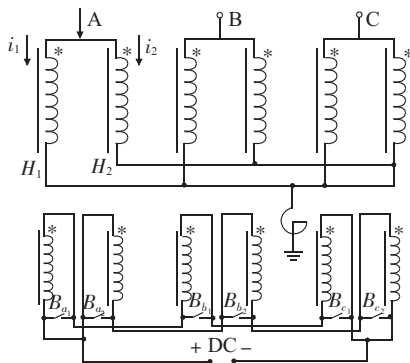


图 6 可控电抗器结构简化接线

饱和度的改变是通过在交变的磁密 B 上增加一个恒定的直流分量 B_0 实现。磁密与磁场强度通过磁化曲线进行耦合的关系如图 7 所示。通过调节直流分量 B_0 的大小,就能调节铁心的饱和度^[3]。

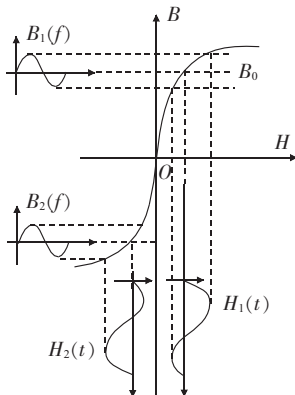
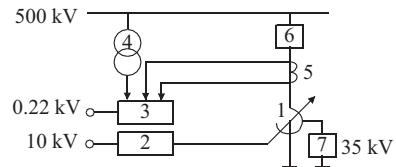


图 7 磁密与磁场强度通过磁化曲线进行耦合的关系

500 kV 线路可控电抗器的原理示意如图 8 所示^[4]。可控电抗器整个系统由以下 3 个部分构成。(1) 可控电抗器的电磁部分。其中包括网侧绕组和控制绕组,与普通的变压器结构相类似。(2) 带有晶闸管整流器的整流及滤波装置。(3) 系统参数测量控制及二次保护系统。



1 为电抗器;2 为晶闸管整流器;3 为触发控制设备;4 为电压互感器;5 为电流互感器;6 为断路器开关;7 为断路器开关

图 8 可控高抗运行原理

可控电抗器中有可控硅控制电路,通过改变可控硅的触发角可改变控制电流,从而改变铁芯的磁饱和度,平滑调节可控电抗器的无功输出。图 8 中电压互感器和电流互感器产生的偏差信号触发控制设备,然后控制设备操作晶闸管整流器,并用整流设备产生的直流电流改变电抗器的磁饱和程度,从而改变绕组的电感和电抗,就可以平滑地改变可控电抗器的容量,实现了对电抗器无功的平滑调节,抑制安装点的电压波动。

3 可控高抗智能调节风电汇集站线路的无功电压

风电汇集站—系统变电站 500 kV 线路接线示意如图 9 所示。

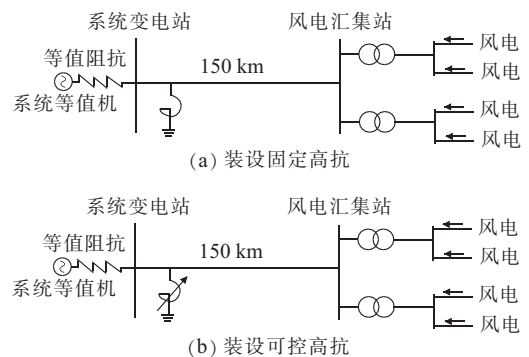


图 9 风电汇集站—系统变电站 500 kV 研究线路接线

风电汇集站—系统变电站 500 kV 线路全长约 150 km,分别在该线路装设一组固定高抗(容量 150 Mvar)或一组可控高抗(容量 150 Mvar)进行验算。本文主要分析可控高抗对系统变电站侧无功电压影响,计算时对送出端(风电及风电汇集站)已考虑一定措施使其无功就地平衡(图 9 中风机功率因数取恒定值 0.98,500 kV 风电汇集站安装足够的无功补偿)。

对某日风电送出功率变化如图 10 所示。计算出分别采用固定高抗、可控高抗后的系统变电站 500 kV 母线电压变化如图 11 所示。(1) 当风电场集中接入汇流变电站并升压为 500 kV 单独送出至 500 kV 系统变电站时,必须配置相应的(含固定及动态)无功补偿装置,补偿风机出力引起系统无功损耗变化和输电线路的充电功率,保证风电集中送出系统的无功就地平衡。(2) 相比固定高抗,采用可控高抗后,系统变电站可根据线路潮流及系统电压水平的变化动态自动连续调节补偿容量,可智能调节风电汇集站线路的无功电压,以适应智能电网的要求。

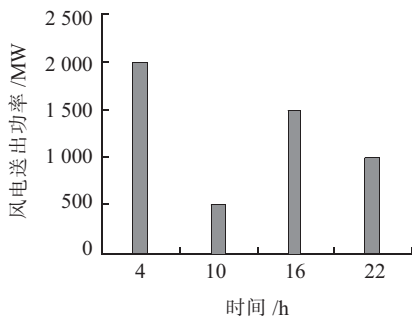


图 10 日风电送出功率

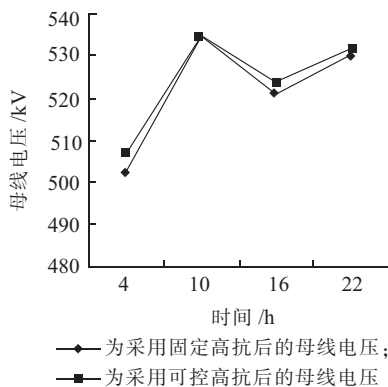


图 11 用可控高抗后的 500 kV 母线电压变化

网损和低压侧无功补偿结果如表 1 所示。(1) 可控高抗可提高系统运行经济性。风电场出力较小时,500 kV 风电汇集站送出长线路轻载运行,调节可控高抗至较大容量提供更多的感性无功功率,以满足系统安全稳定运行的要求;当风电场出力较大、线路重载时,又调节可控高抗至较小容量,以保持良

好的电压水平和降低网损。(2) 可控高抗的调节作用使得电网中原来配合固定高抗使用的一部分已有的低压无功补偿设备(电容器)不再必需,相比固定高抗,可节省电容器的投资;用固定高抗、线路重载时,系统电压大幅度降低,此时为提升电压需补偿电容器;重载长线路 80%~90% 的高补偿度不利于正常运行时的电压控制,可控高抗迅速降低补偿度,有利于降低系统容性无功功率缺额,实现动态无功调节,起到提升动态过程电压的作用。

表 1 风电送出功率 2 000 MW 时的可控高抗对系统变电站电压和网损影响

类型	高抗容量 /Mvar	母线电压 /kV	电容器组 /Mvar	网损 /MW
固定高抗	150	502(511*)	0(240*)	52.1
可控高抗	60	507	0	50.9
差值	90	-5	0	1.2

注:(511*)为在系统变电站低压侧加装 240 Mvar 并联电容器后的母线电压。

4 结束语

针对并网风电场出力随机性、间隙性较强的特点,提出应用可控高抗以适应智能电网的要求。可控高抗可智能调节风电汇集站长距离送出线路的无功电压,保持良好的电压水平和降低网损,提高系统运行经济性,并使得电网中原来配合固定高抗使用的一部分已有的低压无功补偿设备(电容器)不再必需,相比固定高抗,可节省电容器的投资。

参考文献:

- [1] 江苏沿海地区风电场接入系统规划(第二册)[R].
- [2] 姚尧,阮羚,沈煜.超高压可控电抗器抑制潜供电流研究[J].高压电器,2009,45(2):22-25.
- [3] 钟俊涛,安振,章海庭.超高压可控并联电抗器的研发及制造[J].电力设备,2006,7(12):7-10.
- [4] 周勤勇,郭强,冯玉昌,等.可控高压电抗器在西北电网的应用研究[J].电网技术,2006,30(6):48-52.

作者简介:

钱康(1977-),男,江苏泰兴人,工程师,主要从事电网规划设计研究工作。

The Application of EHV Controllable Reactors in Regulating Reactive Power and Voltage of Transmission Lines of Wind Farm

QIAN Kang

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

Abstract: In allusion to the traits of consuming randomness and intermittence of wind farm power contribute, and in order to adapt the requirements of smart grid, this paper proposes the application of EHV controllable reactors in long transmission lines of the station to pool interconnection of wind farm, which can intellectualized regulate reactive power and voltage of transmission line of the station.

Key words: wind farm power contribute; EHV controllable reactors; reactive power compensation