

响水风电场风力发电机组电动变桨距系统

刘云坤

(中国水电七局有限公司机电安装分局 四川 彭山 620860)

摘要 介绍响水 FD77-1.5MW 风力发电机组中电动变桨距系统的结构特点、电动变桨距的伺服驱动部分、电动变桨距伺服系统的机械传动部分及工作原理。采用变桨距结构一方面保证获取最大的能量,同时减少风力对风力发电机的冲击。在并网过程中,变桨距控制还可实现快速无冲击并网。

关键词 风力发电机组;变桨距系统;伺服系统;矢量控制;响水风电场

中图分类号:TM614

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2010)S2-0013-02

变桨距系统是风力发电机组特有的组成系统之一,目前风力发电机采用的变桨系统主要有 2 种:一种是液压系统驱动的变桨系统,另一种驱动方式是电机驱动方式。最近,电动变桨距系统越来越多的应用到风力发电机组当中,响水 FD77 风力发电机组采用的就是电动变桨系统。液压变桨与电机驱动变桨的主要差别如下:液压阻尼的存在可以吸收叶片转轴上面的冲击转矩,对叶片及风机本身起到很好的减振缓冲效果,但是由于振动的存在,密封圈及导向环很容易被磨损,温度的限制是液压系统不能大规模使用的原因之一,由于液压油即使可以在 -40°C 正常工作,压力降、反应速度等都与常温有所不同,所以现在液压变桨大多用于海上风力发电机上,因为海上不会有低于 -20°C 的温度。液压变桨系统其实就是液压伺服系统,其价格昂贵,维护使用很讲究,系统比较复杂,液压变桨的速度要远远慢于电动变桨。目前大功率的风机主要是采用电动变桨系统。根据最新的资料显示,全球风力发电机组几个大的供应商所设计的风力发电机均采用了电动变桨距系统。例如 GE WindPower 公司的 3.6MW 风机机组,Enercon 公司的 E-112 型风机机组,Suzlon 公司的 2MW 风机机组,REpower 公司的 5MW 风机机组,Nordex 公司的 N90/2500 kW 风机机组,Siemens 公司的 3.6MW 风机机组等都应用了电动变桨距结构。

1 电动变桨距系统简介

电动变桨距系统的 3 个叶片分别装有独立的电动变桨距系统,主要包括回转支撑、减速机装置、伺

服电动机及其驱动器等。减速机装置固定在轮毂内,叶片安装在回转支撑的内环上,回转支撑的外环则固定在轮毂上。当电驱动变桨距系统通电后,伺服电动机带动减速机装置的输出轴小齿轮旋转,小齿轮又与回转支撑的内环相啮合,从而带动回转支撑的内环与叶片一起旋转,实现了变桨距的目的。通过 RS-485 通信控制驱动器驱动伺服电动机可实现同步变桨和准确的定位。电动变桨距系统还可以实现 3 个叶片独立控制。因为在风轮旋转过程中处于高处的叶片受到空气动力和处于低处的叶片受到的空气动力是不一样的,就是说风速随着高度有所变化,这样就要求 3 个叶片具有不同的桨距角进行独立控制。当停机时,可以先将桨距角调整到 90° 的位置从而提供足够的刹车制动能力,提高了机组的可靠性和安全性,可以有效防止风轮超速造成灾难性的后果。

2 电动变桨距系统结构组成

电动变桨距系统结构简单、控制精度高,响应快。该系统的结构如图 1 所示。

图 1 仅以 1 个叶片的变桨距系统为例,其他 2 个叶片与此完全相同。每个桨叶采用 1 个带位置反馈的伺服电动机进行单独调节,绝对编码器采用光电编码器,安装在伺服电动机输出轴上,采集电动机的转动角度。伺服电动机连接于减速机装置输出的主动齿轮与回转支撑的内环齿圈相啮合,带动叶片进行变桨距,实现对叶片节距角的直接控制。在轮毂内齿圈的边上又安装了 1 个非接触式位移传感

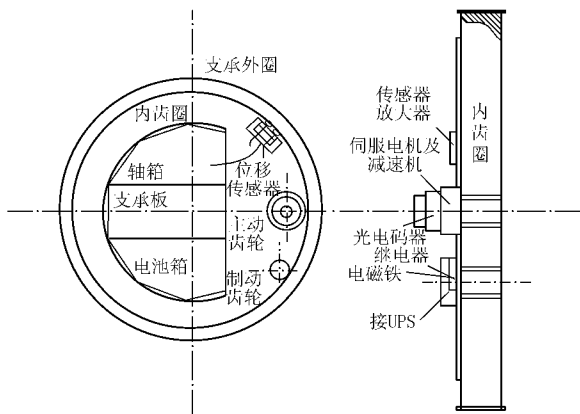


图 1 电动变桨距系统结构

器,直接检测内齿圈转动的角度,即直接反映桨距角的变化。当内齿圈转过 1 个角度时,非接触式位移传感器输出 1 个脉冲信号。

变桨距控制根据安装在发电机后方输出轴上的光电编码器所测的位移值进行控制,非接触传感器作为冗余控制的参考值,直接反映的是桨叶节距角的变化,当发电机输出轴、联轴器或光电编码器出现故障时,即光电编码器与非接触式位移传感器所测数字不一致时,控制器便可知道系统出现故障。如果系统出现故障,控制电源断电时电机由蓄电池供电,60s 内将叶片调整到顺桨位置。制动装置的特点是空气动力学制动刹车单独由变桨距控制,桨叶获得充分的刹车作用。即使 1 个桨叶刹车制动失败,其他 2 个叶片也可以安全结束刹车的过程,提高了整个系统的安全性。制动系统还装备了备用电源,以使故障或者维修时可以快速准确地收回桨叶。

电动变桨距系统的轮毂布置如图 2 所示,每个桨叶配有 1 个轴控制柜、1 个电池柜、1 个叶片编码器、2 个限位开关、1 个电机编码器、1 个永磁同步电动机。主控制柜安装在主轴与轮毂的连接处。

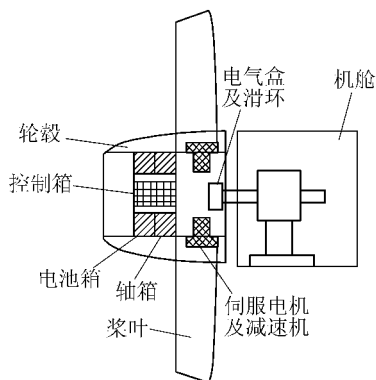


图 2 电动变桨距系统布局

图 3 是电动变桨距伺服系统的构成框图。轮毂里装有 1 个主控制柜、3 个轴控制柜、3 个电池柜、3 个叶片编码器、3 个电机编码器等。轮毂与主轴的

连接处设置了接线端子,变桨距的所有电源和控制通信总线都通过滑环与机舱控制柜相连。主控制柜内装有同步运动控制器,实现 3 个叶片的同步变桨控制,轴控制柜可实现对电机的精确控制,电池可提供备用电源,通讯采用具有较强的抗干扰能力的 RS-485 总线结构。

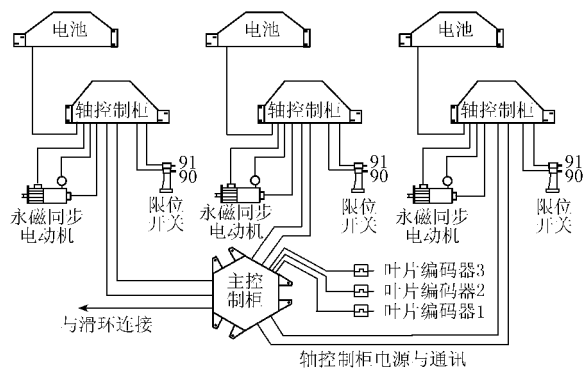


图 3 电动变桨距伺服系统构成

变桨距系统必须能够快速响应主控制器的命令,迅速将桨叶置于指定的位置,同时还要满足 3 个叶片的桨距角一致以及安全可靠的运行要求。见图 4。

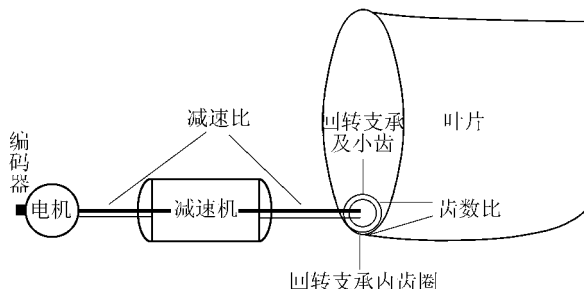


图 4 电动变桨距伺服系统机械传动示意图

伺服驱动器主要包括功率驱动单元和伺服控制单元,驱动单元采用三相全桥不可控整流,三相正弦 PWM 逆变器变频的 AC-DC-AC 结构。为避免通电时出现大的瞬时电流以及电机制动时产生很高的泵升电压,设有能耗泄放电路。逆变部分采集驱动电路、保护电路和功率开关于一体的智能功率模块 IPM,开关频率可达 20 kHz。

伺服控制单元是整个交流伺服系统的核心,实现系统的位置控制、速度控制、转矩控制。为进一步提高系统的动态和静态性能,可采用位置和速度闭环控制。三相交流电流的跟随控制能有效地提高逆变器的电流响应速度,并且能限制暂态电流,从而有利于 IPM 安全可靠地工作。

3 结 语

介绍了响水 1.5MW 风力发电机组电动变桨距系统的结构特点、工作原理,分析了(下转第 21 页)

状况的历史记录情况。

计算机监控系统负责管理各风力发电机组的运行数据、状态、保护装置动作情况、故障类型等。为了实现上述功能,下位机(风机控制器)控制系统应将机组的数据、状态和故障情况等通过专用的通讯装置和接口电路与中央控制器的上位计算机通讯,同时上位机应能向下位机传达控制指令,由下位机的控制系统执行相应的动作,从而实现远程监控功能。

中央监控系统运行在位于中央控制室的1台工控机上,通过与分散在风电场上的每台风力发电机就地控制系统进行通信,实现对全场风力发电机的集群监控。风电场中央监控机与风力发电机就地控制系统之间的通信属于较远距离的一对多通信。

远程监控系统结构如图2所示。其主要功能是实时查看就地风机运行情况、数据记录。

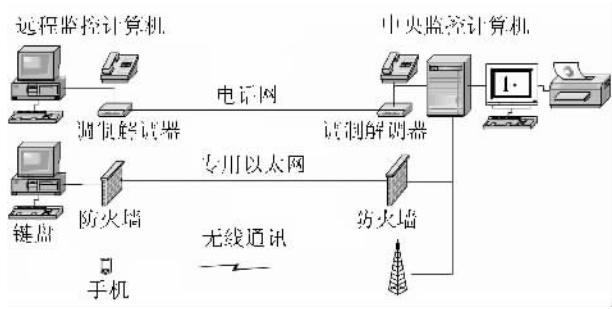


图2 远程监控系统结构

3 结 语

介绍了响水风电场 FD77 风力发电机组监控系统的主要监测参数(包括电力参数、风力参数、机组

状态参数)、中央监控系统、远程监控系统。FD77 风力发电机组能在无操作人员值班条件下运行,通过风力发电机组计算机监控系统的人机接口对风电场内所有风力发电机组进行集中远方监视和监控。

参考文献:

[1] EKANAYAKE J B ,HOLDSWORTH L ,et al. Dynamic modeling of doubly fed induction generator wind turbines[J]. IEEE Transactions on Power Systems 2003 ,18(2) 803-809.

[2] ARANTXA T ,GERARDO T ,et al. Modeling and control of a wind turbine driven doubly fed induction generator[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion 2003 ,18(2) :194-204.

[3] CADIRCI I ,ERMIS M. Double-output induction generator operating at subsynchronous and supersynchronous speeds : steady-state performance optimisation and wind-energy recovery [J]. IEE Proceedings-Electric Power Applications. 1992 ,139 (5) 429-442.

[4] RUBIRA D ,McCULLOCH S M D. Control method comparison of doubly fed wind generators connected to the grid by asymmetric transmission lines[J]. IEEE Trans on Industry Applications. 2000 36(4) 986-991.

[5] NICHITA C ,DIOP A D ,BELHACHE J J ,et al. Control structures analysis for a real time wind system simulator[J]. Wind Eng ,1998 22(6) 275-286.

[6] DIOP A D ,NICHITA C ,BELHACHE J J ,et al. Modeling of a variable pitch HAWT characteristics for a real-time wind turbine simulator[J]. Wind Eng ,1999 23(4) 225-243.

(收稿日期 2010-09-08 编辑 高建群)

(上接第 14 页)

风力发电机组电动变桨距的伺服驱动部分与机械传动部分。变桨距机构在额定风速附近(以上) ,依据风速的变化随时调节桨距角 ,控制吸收的机械能 ,一方面保证获取最大的能量(与额定功率对应) ,同时减少风力对风力发电机的冲击。在并网过程中 ,变桨距控制还可实现快速无冲击并网。变桨距控制系统与变速恒频技术相配合 ,最终提高了整个风力发电系统的发电效率和电能质量。

参考文献:

[1] GIPE P. Wind energy comes of age[M]. New York :Wiley ,

1995.

[2] 施鹏飞. 从世界发展趋势展望我国风力发电前景[J]. 中国电力 2003 36(9) 54-62.

[3] 王承熙,张源. 风力发电[M]. 北京 :中国电力出版社 , 2002.

[4] BURTON T ,SHARPE D ,JENKINS N ,et al. Wind Energy Handbook[M]. New York :Wiley 2001.

[5] 陈伯时. 交流调速系统[M]. 北京 :机械工业出版社 , 1997.

[6] 冯国楠. 现代伺服系统的分析与设计[M]. 北京 :机械工业出版社 ,1990.

(收稿日期 2010-09-08 编辑 高建群)