

变桨系统的备用电源与伺服驱动器一体化结构

针对电动变桨距系统中的电动机伺服驱动器与备用电源模块进行研究,在分析传统结构的基础上,首次提出了将两者进行整合的硬件结构设计,实现两者连接更简单可靠,结构更紧凑,体积更小的一体化结构。介绍了一体化结构中的控制器、备用电源、充放电回路和电动机驱动主回路等核心部分的设计方案;通过与传统的结构对比,显示出一体化结构的性能更优越,节省了宝贵的轮毂内空间。

李 钊 辛绍杰/上海电机学院电气学院 杨恩星/上海电气输配电技术中心



李 钊/硕士研究生

变桨距风力发电机通过动力系统和控制技术调节风机桨叶的桨距角的大小,从而改善风机的受力状况;变桨距风力发电机根据其执行机构的不同可分为电动变桨距与液压变桨距系统。电动变桨距相对于液压变桨距系统,具有适应能力强、响应速度快、无漏油无污染、控制准确度高及维修方便等优点,已经被广大风电生产厂商所应用,成为风电行业的主流^[1-3]。

对于电动变桨距系统而言,能够在出现电网故障时达到紧急安全顺桨是确保风机安全的重中之重。

本文基于电动变桨距控制系统的结构设计,分析了传统的电动变桨距控制系统的结构;然后提出了将备用电源模块与伺服驱动器整合的一体化模块设计,对结构中的备用电源、充放电回路和电动机驱动主回路等核心部分进行设计。一体化结构提高了控制系统的可靠性和结构紧凑度,降低了成本。

电动变桨距控制系统的结构

常用的电动变桨距系统一般由伺服

电动机驱动器、备用电源系统、伺服电动机、变桨控制器和电动机检测模块等组成。由于电动变桨距控制系统要随着轮毂一起旋转,又处在高空作业,因此设计时需要考虑离心力的影响、温度的影响以及空间体积的限制等问题。

目前大多数风电设备厂商生产的电动变桨距系统结构如图1所示。图1中的传统结构中,三个独立变桨伺服驱动器各自配有一个备用电源系统,置于风机轮毂中,驱动器和备用电源的总电源来自地面机舱的电网电源,中间通过电滑环装置供电,虽具有较高的安全性能,但系统比较复杂,故障点较多,并且两个模块占用了宝贵的轮毂内空间。

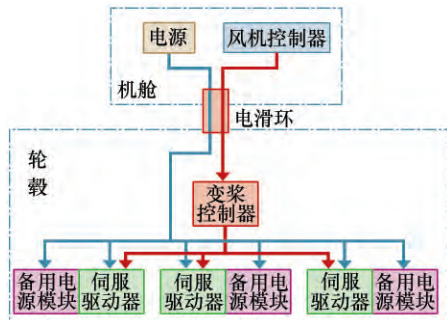


图1 电动变桨系统结构

基于电动变桨距系统传统结构存在的一些缺陷,本文在此基础上提出了一种将备用电源模块与伺服驱动器一体化的结构设计,采用一块 DSP (Digital Signal Processor) 进行控制,降低系统的复杂度,减少电路中可能的故障点,从而提高系统的可靠性,减小系统的体积。系统结构示意图如图2所示。

新型一体化结构设计

该一体化结构主要由备用电源模块与

关键词/Keywords

一体化结构·
备用电源·
伺服驱动器·
变桨系统·

国家自然科学基金 (11202078) 。

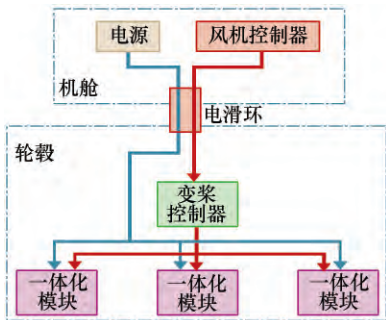


图2 电动变桨系统一体化结构

电动机驱动器等部分组成，其中将备用电源的充放电回路与电动机驱动控制回路整合在一块电路板上，简化两者之间的连接，是本结构的设计重点。

1. 总体结构设计

本设计采用某公司生产的浮点型数字信号处理器 TMS320F28335 作为主控制器，控制充放电的自动切换与电动机的驱动；选用超级电容作为备用电源，备用电源的充放电主电路采用 DC/DC 双向交换电路，通过电压电流检测电路反馈数据给 DSP 控制器；选用双辅助电源，作为 AC/DC 辅助电源与 DC/DC 辅助电源；电动机的驱动主电路采用常规的三相电压型 PWM 逆变电路，通过电动机检测模块反馈给 DSP。总体结构框图如图 3 所示。

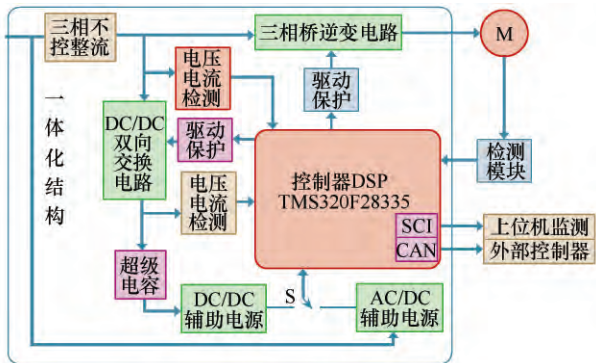


图3 总体结构框图

2. 控制器的选择

控制系统应用高性能的 TMS320F28335 作为核心运动控制芯片，该芯片具有多达 18 路的 PWM 输出、12 位 ADC 和 16 个通道，有两个 CAN 模块与三个 SCI 模块，功能框图如图 4 所示，具有外设集成度高、功耗小和性能好的特点。

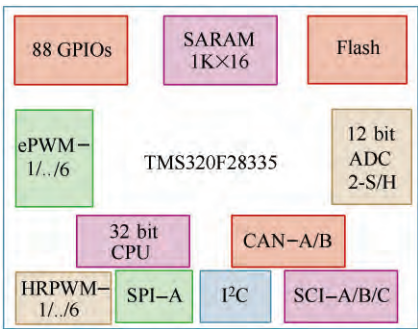


图4 TMS320F28335 功能框图

3. 备用电源的选择

当电动变桨距系统遇到电网电压跌落的情况时，备用电源需要为整个变桨系统提供电能，保障变桨系统至少在 2 s 内能够正常工作，若 2 s 后电网电压依然没有恢复到额定电压的 90%，则备用电源剩余的电能必须保证能够使变桨系统完成紧急顺桨状态，确保风机的安全。

本结构选用超级电容作为变桨系统的备用电源，其相对于其他储能元件而言，具有较高的功率密度、较长的使用寿命、快速充电、可靠性高、体积小、结构紧凑和易于安装等特点，并具有较宽的工作温度等优点。选用超级电容作为备用电源，可以使得一体化结构体积更小，性能更加优越。

4. 备用电源的充放电主电路

双向直流变换器可实现能量的双向传输，根据电路中是否有变压器隔离可分为隔离型和非隔离型，双向直流交换的拓扑结构较多，使用范围较广；根据结构的设计要求，直流母线上的电压为 560 V 左右，超级电容两端的电压为 500 V 左右，两者之间的电压差较小。选用常用的电压源型全桥式隔离型双向直流变换电路，电路拓扑结构如图 5 所示。

根据上文中的电压设计要求，充放电电路应选用 Buck/Boost 电路，Buck 电路实现降压充电控制，Boost 电路实现升压放电控制。电压源型全桥式变换电路结构特点是变压器两侧均为电压源型，电压源型拓扑属于降压拓扑，因此升压是通过变压器实现的，电路回路中选用高压大功率的 IGBT 器件实现电源的逆变变换，IGBT 相对于 MOSFET 具有可承受电压高，载流能力大的优点；在备

用电源的充电过程中,采用恒流恒压的充电方式,进一步降低电源的损耗;电压电流检测电路对电压电流进行采样,通过缩放电路转换为合适的电

压电流,反馈到 DSP 的 ADC 通道。该 DC/DC 双向变换电路结构简单可靠,技术成熟,满足设计要求。

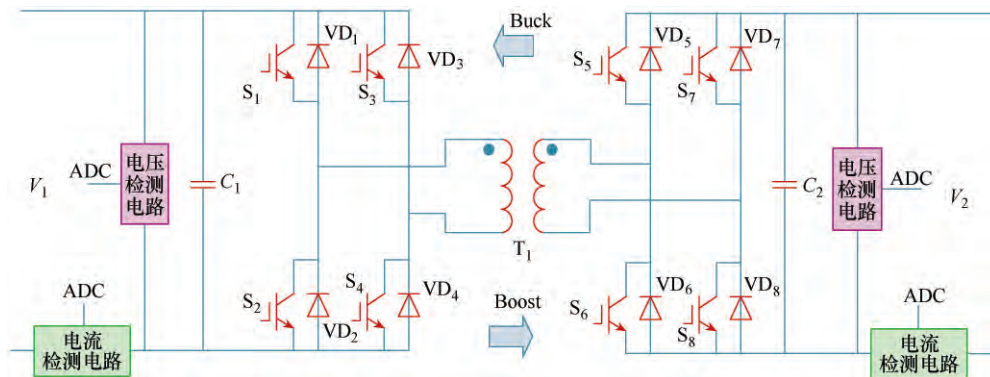


图5 DC/DC 双向变换电路

$S_1 \sim S_8$ —IGBT $VD_1 \sim VD_8$ —二极管 C_1 、 C_2 —滤波电容 T_1 —变压器

5. 电动机驱动电路的选择

本结构选用三相电压型 PWM 逆变电路。三相 PWM 逆变器工作在高频 PWM 开关模式,能够减小滤波器的尺寸,改善输出电压、电流波形质量,减少电动机等负载的谐波损耗,改善闭环的动态性能^[4]。电路拓扑结构如图6所示,电网电压通过二极管整流电路转换为直流电,控制器通过控制 IGBT 的导通与关断达到控制电动机转速与转矩的目的。

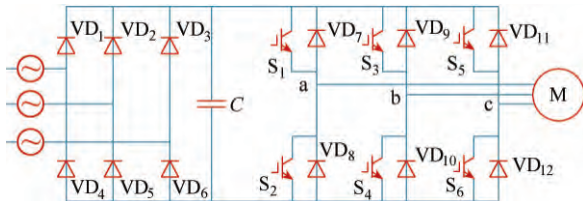


图6 电动机驱动主电路

$S_1 \sim S_6$ —IGBT $VD_1 \sim VD_{12}$ —二极管 C —滤波电容

6. 辅助电源

本结构采用双辅助电源的方式对控制系统中的控制芯片进行供电。在常规工况下,控制器采用 AC/DC 辅助电源模块供电;当出现电网电压跌落故障时,切换到 DC/DC 辅助电源模块进行供电,保证控制器一直能够正常工作。

AC/DC 辅助电源的设计方案为:交流母线上的电流经过二极管整流转换为直流电,直流电再通过 DC/DC 转换芯片 UC3844 及外围扩展电路进行降压转换,以 24 V 的电压对电源充电。DC/DC

辅助电源的供电方案为:直流电压直接经过 DC/DC 转换芯片 UC3844 及外围扩展电路进行降压转换,同样以 24 V 的电压对电源充电。UC3844 芯片是一款高性能固定频率电流模式控制器,专为离线和 DC/DC 变换器应用而设计的,其外围扩展电路简单可靠。

结束语

通过对以上各个核心部件的设计方案的介绍,可以清晰地看出,新型一体化结构相对于传统的电动变桨系统具有以下优势。

- 1) 采用先进的 TMS320F28335 数字信号控制器对备用电源进行充放电控制,使得充电电压电流更加平稳,降低了电网高电压、大电流对备用电源的损耗,延长了电源的寿命。
- 2) 仅仅采用一块 DSP 实现对备用电源充放电自动切换与电动机驱动的双重控制,充分利用了 DSP 输出端口较多的特点,省去了传统结构中备用电源模块中的电源管理芯片,降低了系统的成本。
- 3) 采用超级电容作为控制系统的备用电源,增强了备用电源模块的可循环充放电能力及对恶劣环境的适应能力,缩小了结构的体积。
- 4) 将备用电源的充放电主回路与电动机驱动主回路整合在一块电路板上,简化了两者的连接,节省了材料;减少了可能的故障点,提高了

系统的可靠性。

5) 将两个模块整合到一个结构中,使系统结构紧凑,减少了系统中电缆的数量,缩小了占用的轮毂内空间。

一体化的结构设计无论在性能上还是在硬件结构上相对传统的控制系统结构都有显著的优势,有利于提高风机的安全性能。

参考文献

- [1] 孔屹刚,安高成,魏聪梅,等.三闭环直流电动变桨风力机功率控制研究[J].华东电力,2013,41(9):1856-1860.
- [2] 井艳军,陈雷,姚兴佳,等.风电机组变桨距系统半实物仿真试验平台[J].沈阳工业大学学报,2012,34(1):15-21.
- [3] 汪海波,田炜.兆瓦级风电机组电动变桨距系统测试平台[J].电力系统自动化,2010,34(24):74-77.
- [4] 窦真兰,程孟增.大型风机变桨距控制系统的研究[J].电机与控制应用,2011,38(3):38-44.
- [5] 叶杭冶.风力发电机组的控制技术[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [6] 徐德鸿.电力电子系统建模及控制[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [7] 王兆安,刘进军.电力电子技术[M].第5版.北京:机械工业出版社,2009.
- [8] 闻超.基于超级电容的双向直流变换器的研究[J].北京:北京交通大学,2011.
- [9] 叶成城.兆瓦级风电机组电动变桨距控制系统的研究与实现[J].上海:上海交通大学,2013.
- [10] 张保凯.基于单片机的蓄电池充放电控制器研究[J].大连:大连海事大学,2013.
- [11] F GiuliiCapponi, P Santoro, E Crescenzi. A Bidirectional DC/DC converter for optimal power flow regulation in supercapacitor applications [C]. 42nd Annual Meeting of the IEEE - Industry - Applications - Society, New Orleans, LA, United States: IEEE press, 2007: 2009-2015.
- [12] 李小伟,王知学,王勇.基于IGBT的直流充电机装置设计[J].电子设计工程,2012,20(17):72-73.

(收稿日期:2014-03-48) EA



Weidmüller 

魏德米勒工业以太网交换机 —工业网络高效可靠的通讯保障

魏德米勒工业以太网交换机,不仅延续了魏德米勒产品的一贯德国品质、卓越稳定的性能,而且将通讯解决方案再次扩容,并为您带来了全新的高效可靠、完善便捷的使用体验。

魏德米勒工业以太网交换机支持全千兆、千兆上联、全千兆传输速率,精确适应各类应用场合。其宽温-40℃~+85℃的设计,轻松应对极端环境条件。符合EMC四级、IP40的标准,满足严苛的工业现场需要。便捷易用的监控管理交互界面,帮助客户实时掌握全网状态。

魏德米勒电联接(上海)有限公司
电话:86 21-22195008 网址:www.weidmueller.com.cn


魏德米勒在华辉煌二十年
Celebrating 20 Years of Weidmüller in China