

直驱式风电机组变流控制系统研究

胡轶军

(上海上电电力工程有限公司,上海 200245)

摘要:风能在这个世界上越来越受到重视,风能技术与市场的快速发展引起了广泛关注。“直驱式风电机组变流控制系统研究”是本文主要对风电机组的变流控制部分进行了研究。本文以直驱式风力发电为研究对象,首先介绍了课题研究的背景、风电发展的重要性,介绍了国内外风力发电发展现状与趋势,分析了直驱式风电机组变流控制系统的控制策略及进行了控制系统的电路设计。重点分析了变流系统的主电路,给出了直驱式风力发电变流系统的硬件设计电路图、控制软件流程图、相应的软件输出结果。用实验检验理论数据,证明设计的控制策略和硬件设计都可以进行稳态和动态工作性能,可以用在大功率风力发电场。

关键词:直驱式风电机组;变流系统;TMS320F2812

【DOI】10.12231/j.issn.1000-8772.2021.08.190

1 本文主要的内容

本项目是以直驱式风电机组变流控制系统为研究对象,分析了直驱式风力发电机组的基本工作原理,进行了硬件电路的设计,详细介绍了控制方法,通过实验得出结论,验证了可行性,并提出了改进措施。

2 直驱式风电机组变流系统控制策略

风力机的性能不仅取决于其硬件设施,也与风力发电的控制技术密切相关。功率调节是风力发电机最关键的技术。下面介绍三种调节方法,其功率特性曲线如图1所示。

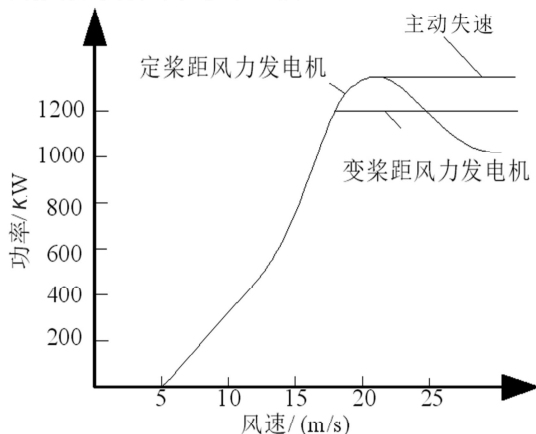


图1 风力发电机功率特性曲线

2.1 定桨距失速控制

利用这种调节方式的风力机是将桨叶和轮毂固定在一块的,其中失速特性被使用在风轮叶片的气动上。在风速大于额定风速时,可以利用叶翼本身的失速特性,主要是为了限制风力发电机组获得空气的动力转矩,从而影响叶片扑捉风能利用风能的效率。这种风力发电机的主要特点是控制简单可靠,为了产生失速效应,叶片就要做得比较厚,结构也比较复杂,机组转换效率也不是很好,而且当风速过高时还要必须停机。

2.2 变桨距调节控制

在风速比较高的时候,需要进行改变叶片攻角主要是通过调节叶片的桨距角 β 。使风力发电机组可以得到较好的空气动力转矩。变桨距调节型风力发电机组在风速较低时也能让桨叶保持很好的攻角,相比失速调节有一定的优势,可以使用在风速较低的地区。变桨距还有一个优点就是当风速过大时可以转换成无负荷的全翼展模式位置,从而避免了停机,可以增大风力发电发电量。变桨距有一个特殊特性就是对阵风有着比较灵敏的反应度。

2.3 主动失速调节

前两种调节方式的组合被叫做主动失速调节。通过对被动失速和变桨距调节的改造在系统中桨叶的设计也有失速特性,为了优化机组的输出功率,我们对系统利用变桨距调节。当系统遭受到过大的风导致达到额定功率时,桨叶具有主动向失速方向调节的动作,使得功率在额定值以下不能使机组输出最大的功率。桨叶的变化只需要随风的变化而进行细微的调整就可以了。此外,气动制动也可以进行调节桨叶。

该控制的优点是既有失速特性,又有变桨距调节功能,机组的效率被大大提高。系统更加好控制,输出功率更加平稳可靠。

3 直驱式风电机组变流控制系统的硬件设计

3.1 控制系统的整体设计目标及工作参数

本项目设计的为直驱式风电机组变流控制系统,它必须具备控制自动启动、叶片桨距的机械调节及在正常情况和非正常情况下停机。除了控制功能,系统也能用于检测以提供运行状态、风速、风向等信息,并以计算机为基础,实现远程监控功能。其控制系统应该具备下面的几点功能:

- (1)可以通过风速信号进行自动进入启动状态或从电网切出。
- (2)可以利用功率和风速大小进行自动的转速与功率控制。
- (3)通过风向传感信号自动对风进行偏航操作。
- (4)已知功率因数可以自动投入对应的补偿电容。
- (5)在发电机脱网时可以确定风机安全停机。
- (6)通过系统软件可以检测各项性能指标。
- (7)通过主控系统可以对风力发电机进行检测、显示及控制,具备远程通讯功能,可以实现异地遥控。

(8)具备完善的保护功能确保机组安全运行,具有电网故障保护,风机超速保护,机舱震动保护,过热过载保护,控制系统可以自我诊断。

发电机的参数:

- (1)额定功率:2150kW
- (2)中心高:600mm
- (3)定子电压:600v
- (4)转子开路电压:1900V
- (5)定子电流:1900/1790/1900A
- (6)绝缘:H级
- (7)防护等级:IP54
- (8)工作制:连续工作制
- (9)极数:4级

表 1 TMS320F2812 芯片特点

高性能静态技术包括三点: (1) 频率为 150MHz, 周期为 6.67ns, (2) 耗能低电源电压 1.8V, I/O 口 3.3V 电压, (3) flash 编程电压 3.3V。
芯片处理器的性能较高;
该芯片具有 128k 的 flash 存储器与 18k 的 SRAM;
有 16 位模拟输出电路;
提供 56 个独立的可编程、多用途通用 I/O 口的引脚;
外围串行外接设备较多、串行通信接口有两个、局域网络速度快安全可靠、串行外围接口模式

(3)在直流母线上的电压升高过快时,制动单元就会工作,通过释放直流母线上的能量,来维持母线电压的平衡。

3.3.2 控制芯片

数字信号处理是用数值计算的方法对信号进行加工的理论和技术,英文名叫 Digital signal processing,简称 DSP。DSP 芯片是一种特别适用数字处理的微处理器。主要应用是快速的实现数字处理功能。本项目采用的是美国德州仪器公司生产的 DSP 芯片中的 TMS320F2812 芯片,该芯片的主要功能如表 1 限所示。

PWM 信号驱动由 DSP 输出的 PWM 信号承担着三相桥功率逆变器的各功率单元,它是提供输入控制信号的驱动器。

两个注意问题:

(1)要做必要的电气隔离,当电压电流过大会造成系统主电路发生故障,为了防止有害信号破坏控制电路。

(2)DSP 的 I/O 口驱动能力有限(4~8mA),正常情况下需要加驱动器,以增强 I/O 口驱动能力。PWM 信号需要经过处理才能输出。

DSP 是 3.3V 电平,PWM 信号要经过电平转换、反向过程才能进入光电隔离处理,从而驱动 IGBT 模块,转化为逆变电路。经考虑采用 74LVC4245 作为电平转换器,它的输入通道可以是 3.3V 电平与 DSP 的 I/O 口可以直接连接。输出通道为 5V 电平。当 DSP 通电后或复位之后,I/O 口恢复的是高电平,为了预防 IGBT 模块在光隔电路之前导通。要通过必要的电平反向。经考虑采用 74HC14 作为反向芯片,采用 TLP559 光耦芯片作为控制电路和功率逆变电路的隔离器件,其绝缘电压为 2500Vrms(min)。

根据 TMS320F2812 技术手册可知采用 TPS73HD 318 芯片作为电源的主元器件,在输入为 +5V 的情况下,可以输出 +3.3V 和 +1.8V,为 DSP 的 I/O 口与内核提供电源。在着 TPS73HD318 具有优良的性能,电源的外围设置很简单可以同时用在模拟与数字电源上,隔离方法采用电容与磁珠、采用单点的接地技术。

参考文献

- [1]王晓蓉,王伟胜,戴慧珠.我国风力发电现状和展望[J].中国电力,2004.
- [2]陈雷,邢作霞,潘建.大型风力发电机组技术发展趋势[J].可再生能源,2003.
- [3]卞松江.变速恒频风力发电关键技术研究[D].浙江大学,2003.
- [4]马昕霞,黄宏亮.风力发电系统控制技术的研究[N].上海电力学院学报,2003.
- [5]赵海军.风力发电技术控制研究[J].科技世界,2013.

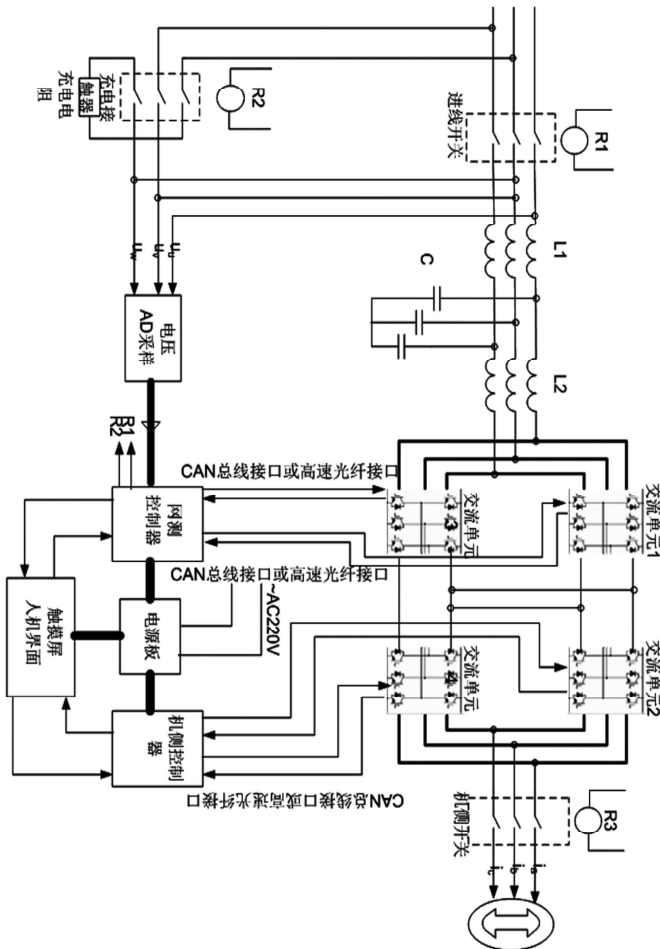


图 2 变流系统整机电气连接图

(10)转子电流:563/648/731A

(11)额定转速:1700r/min

3.2 变流系统主电路设计

图 2 一个完整的控制单元连线示意图,在小功率实验平台设计了这种结构,并进行详细实验在各种不同参数下,本着实验的准确性,CAN 总线通过给机侧与网侧的控制端口发送的脉冲指令来传递。此外,在后面介绍了整流滤波电路的应用。详细介绍了控制电路的设计、进行了电压电流采样电路设计,通过控制单元来组成风力发电变流系统,经过变压器接入电网。整机的控制与操作由机侧与网侧的控制器负责,用驱动脉冲来控制单元驱动板的驱动。通过网侧控制器来检测电网的电压,从而进行并网控制。

3.3 直驱式风电变流系统控制电路设计

3.3.1 变流控制系统的结构设计

在变流系统工作原理及工作过程中,发电机发出的是随叶轮转速变化而变化的,电压与频率都不稳定。因此,要通过整流单元的整流过程,使其成为直流电,在通过斩波升压,将电压升高至 ±600V,然后送给直流母线;再通过一个逆变单元,将直流电逆变成可以和电网相匹配的电压电流,这样才能进行并网连接。

注意事项:

(1)在主断路器闭合之前,直流母线要进行预充电,在直流母线上存在大容量电容器,如果不预充电,系统在电路闭合时就会受到很大的冲击。

(2)直流母线还需要一个放电电路是方便在停机以后进行放电的。