

风机变桨备用电源研究

李丹东

(西安诺博尔稀贵金属股份有限公司, 陕西 西安 710065)

[摘要] 风机变桨备用电源可以在风机出现失电故障时,使桨叶能够在变桨控制系统作用下顺利收桨,避免事故。本文针对目前风机变桨备用电源系统存在的问题,设计了一种采用超级电容储能模组和双向 DC/DC 变换器充放电控制的应急备用电源方案,具有工作温度范围广、绿色环保、易于实现状态远程监控等优点,提高了风机运行的可靠性和稳定性,节约建设成本。本文讨论了超级电容容量选取和简单有效的均压方案和电路、双闭环控制策略,仿真和实测结果验证了本方案的有效性。

[关键词] 风机变桨; 超级电容; 均压; 双向 DC/DC 变换器

[中图分类号] TM315 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)05-0052-08

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.05.012

1 课题研究背景及意义

地球变暖的现实使世界各国实现“碳达峰”、“碳中和”的越来越迫切,以风力发电为代表的新能源,具有绿色无污染、可无限再生的特点,已成为世界各国的研究热点,从而使风电产业飞速发展,相应地也促使风力发电技术不断推陈出新。如风电机组的功率控制由定桨距控制向变桨距控制发展,因为变桨距能够对风速和载荷做出相应的叶片桨距角变化,其整机重量相对定桨距风机要轻,方便了机组安装带来。

由于风电场的环境恶劣,其低温可达 $-40 \sim -20\text{ }^{\circ}\text{C}$,高温则可至 $50 \sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$;特别是在电网故障时要求尽快收桨,而变桨电机的启动需要较大起机电流。兆瓦级变桨备用电源系统对于风力发电机组的整机安全和可靠性至关重要。本文根据目前风机变桨系统备用电源的现状,有针对性进行研究和改进,以满足当前风电机组变桨系统对备用电源系统的高可靠性要求,同时实现绿色环保和节能降耗的目的,具有重要的现实意义。

2 风机变桨备用电源系统的组成原理与改进方案

目前电伺服变桨系统的备用电源就是为铅酸蓄电池组,但铅酸蓄电池在低温环境下,其容量会急剧变小甚至出现无法使用的情况,需为其配备加热制冷系统;当变桨电机启动时,备用电源需要为其提供瞬时大功率,为满足该条件,所需铅酸蓄电池串、并联个数较多;铅酸蓄电池寿命较短,且监控系统复杂。这使得铅酸蓄电池无法为变桨系统提供安全可靠的备用电源,且总体成本较高。在高温环境下产生铅蒸汽是有毒的。

虽然近年锂电池的发展迅猛,但其低温下充电性能、大电流放电特性、安全性都未解决好,且充放电控制电路相对复杂,导致锂电池的备用电源在风电行业中应用很少。

本文针对目前风机变桨系统的备用电源系统存在的不足,提出采用超级电容的风机变桨备用电源系统,取代铅酸蓄电池。

基于超级电容的储能电源具有很好的温度特性,绿色环保,对环境无污染,循环使用寿命长达 1 000 000 次,能够提供瞬间大功率充电放电,特别适合用于风机变桨备用电源系统。由于超级电容的价格也逐渐降低,基于超级电容的风机变桨的备用电源系统具有很好的推广前景。

超级电容储能属于一种物理储能,其内部在充

[收稿日期] 2021-06-22

[作者简介] 李丹东(1964-),男,陕西商洲人,大学本科,工程师,主要从事贵金属材料的生产和研究工作。

[引用格式] 李丹东. 风机变桨备用电源研究[J]. 有色设备, 2021,35(5):52-59.

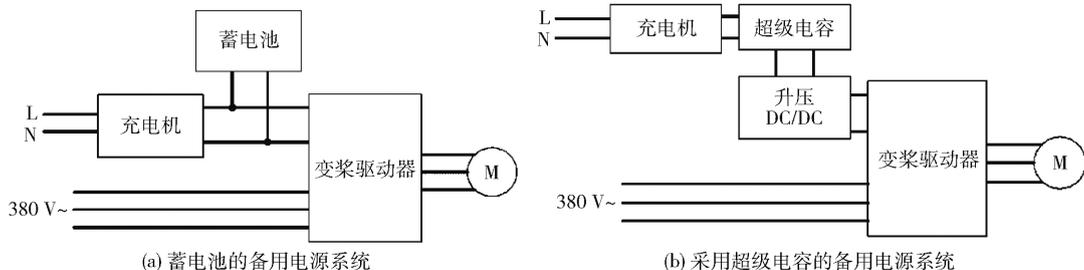


图1 备用电源系统原理框图

放电的过程中不会发生化学反应,早期的超级电容利用活性炭作为其电极材料,因为活性炭的物理结构,其具有很大表面积,能够使电容器的比电容得到提高。随着技术的发展,石墨烯、碳气凝胶、碳纳米管等也被开发为超级电容的电极材料。超级电容的储能原理决定了其具有寿命长的特点,能够实现大电流的充放电,还有使用温度范围广,绿色环保等优点。基于超级电容的出色性能以及风机变桨备用电源的复杂使用环境,超级电容在风机变桨备用电源系统中具有很好的应用前景。

目前,超级电容产业的领导企业为美国的 Maxwell 和日本的 Nec、松下、Tokin 公司等,我国直到近年才出现如中车株机公司的优秀超级电容厂商,其研发生产超级电容的技术已经达到世界领先水平。2015年10月,中国中车株机公司自主研发出了新一代的大功率石墨烯超级电容,电容值高达30 000 F。

3 基于超级电容的风机变桨备用电源系统的设计

针对现有的风机变桨备用电源系统的问题,本章设计一种应用超级电容和双向 DC/DC 变换器的备用电源系统,该系统采用了双向 Buck/Boost 变换器拓扑结构,合理计算、选取超级电容单体与模组容量以及均压电路,完善其充放电控制策略,并增加了基于物联网技术的远程状态监控功能。

3.1 总体方案设计

基于超级电容的备用电源系统的设计原则主要为:(1)高性能硬件;(2)高可靠性;(3)实时在线监控。经过深入的调研,确定了基于超级电容的备用电源系统的主要指标,具体指标如表1所示。

风机变桨备用电源系统是风机安全可靠工作的一大重要保障,目前市面上的风机变桨备用电源分

表1 基于超级电容的备用电源系统的技术指标

项目	要求
电源容量	完成2次顺桨
直流母线额定电压	168 V
开关频率	20 kHz
恒流充电电流	0~50 A
输出功率	0~5 kW
电流纹波系数	<2%
升压电压纹波系数	<2%
电压电流采样误差	<0.5%
工作温度	-40~65 °C
使用寿命	10年

为三种,分别以传统铅酸蓄电池、锂电池和超级电容作为储能元件。然而,超级电容在风机变桨备用电源的应用中面临以下主要问题:

(1)超级电容的参数存在差异。为此必须通过外部电路来均衡超级电容模组的单体电压,提高其利用率。(2)超级电容的比能量无法与传统电池相比较,相比而言,超级电容的储能能力比传统电池逊色,基于成本和体积的原因,超级电容模组的单体个数不会很多,也就无法像传统蓄电池储存3~5次的顺桨能量。(3)超级电容模组能量利用率的问题。因此,为了使超级电容在风机变桨系统中得到更好的利用,需设计一个合理的备用电源系统来解决上述问题。

本文设计的风机变桨备用电源的总体方案设计如图2所示。

该方案设计难点是提高超级电容模组的利用率,主要从降低超级电容单体参数不一致带来的影响和使超级电容模组在较低电压仍能为风机变桨系统提供电源两个方面着手,这就需要为超级电容模

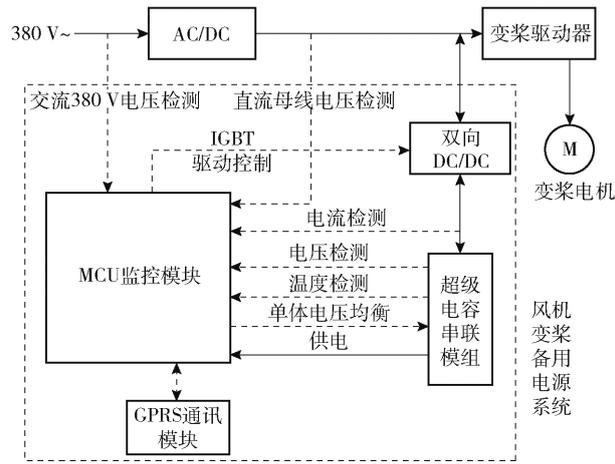


图2 风机变桨备用电源的总体方案

组设计一种有效的单体均压电路及在超级电容模组电压变化仍输出稳定电压的双向DC/DC控制器。

3.2 储能装置容量的选取

风机变桨备用电源在电网故障时能为风机的顺桨提供安全保障,其电源容量必须能够满足1.5~2次风机的顺桨,超级电容作为新型的储能元件,其存储的能量计算相对传统电池来讲较为简单,其能量计算公式为:

$$Q = 1/2CU^2 \quad (1)$$

式中 Q —超级电容储存能量;

C —超级电容的容值;

U —超级电容的两端电压。

为保证备用电源有足够的能量,设计取满足两次顺桨的储能容量,因此只要求出风机两次顺桨所需的能量,就可以根据该公式进行推算,得到相应的超级电容个数和容值。

变桨电机的参数如表2所示。以该变桨电机参数为根据,设计基于超级电容的风机变桨的备用电源。

表2 变桨电机参数

名称	参数值
额定功率/kW	3.9
额定电压/V	160
额定电流/A	30
额定转速/(r/min)	3 000

当发生风机失电事故时,风机变桨系统的备用电源为其提供变桨动力,变桨的角度为 $0 \sim 90^\circ$,也就是说备用电源需能够满足变桨电机驱动桨叶旋转

180° 的所需能量。变桨时桨叶旋转速度 $\geq 7^\circ/s$,则单次变桨中电机的运行时间长为12.857s。假设在变桨过程中变桨电机一直以额定功率运行,据表2可计算出变桨电机所需电能为: $W = Ut = 160 \text{ V} \times 30 \text{ A} \times 12.857 \text{ s} = 61\,713.6 \text{ J}$ 。

超级电容模组备用电源完成两次顺桨所需的储存能量至少为以上计算的两倍能量,即 $Q = 2W = 2 \times 61\,713.6 = 123\,427.2 \text{ J}$,又因目前超级电容的额定电压为2.7V,为安全考虑将其充满的电压设为2.65V。

从上面超级电容的储能公式可以知道,当超级电容两端的电压为其额定电压的一半时,超级电容本身剩余的储存能量就只有其额定储存能量的四分之一,能量已经所剩无几,故将超级电容的放电终止电压设定为1.4V。

由于直流母线的额定电压为168V,而单体超级电容的电压仅为2.7V,要满足变桨电机的工作电压的要求,需要将超级电容串联起来使用。假设需要的超级电容个数为 n ,单体超级电容的容值为 C ,单体超级电容的初始电压为 U_1 ,放电后电压为 U_2 ,则可以得到:

$$W = \frac{1}{2}Cn[U_1^2 - U_2^2] \quad (2)$$

考虑成本等因素,当 $C = 1\,200 \text{ F}$ 超级电容,将初始电压2.65V和放电终止电压1.4V代入 U_1 和 U_2 ,可以计算得到所需的超级电容的个数 $n \approx 40.634$,如果考虑留有裕量,乘以系数1.3,取整数,则可以采用54个1 200 F的超级电容。

由式(2)反推来验证2次顺桨后超级电容单体的电压下降为1.79V,大于设计的低电压1.4V,满足设计要求。

顺桨过程中超级电容串联模组的备用电源的大输出电流出现在超级电容串联模组电压低的时候,即 $I = 160 \times 30 / (1.4 \times 54) \approx 63.49 \text{ A}$,也远远小于超级电容最大放电电流,故所设计超级电容串联模组符合设计要求。

3.3 均压电路

超级电容模组中的单体的均压方案有能耗型和能量转移型两个基本方案,能耗型均压方案的优点就是电路结构简单,元器件较少,成本低,均衡速度能够满足实际工程需要,但无法有效利用超级电容的能量,“木桶效应”明显。能量转移型均压方案电

路复杂,但能有效利用超级电容的能量,如采用合适的控制策略能够取得较好的均压效果。

在能量转移型的控制电路中,飞渡电容法的单飞渡电容法开关器件较多,不易实现,而多飞渡电容法的均压效果较差;多输出变压器均压法也存在着电路体积、均压效果不理想等问题;电感储能转移法结构相对简单,容易实现,但其开关数量也较多。

本系统采用一种简化的电感储能单向转移法,如图4工作原理为:当超级电容 C1 的电压高于 C2 超过设定的阈值时,控制器控制 T1 导通,电感 L1 充电,关断 T1 时,L1 向 C2 充电,实现能量的转移。同理超级电容 C2 电压高于 C3 超过设定阈值时,能量向 C3 转移,后的超级电容电压高于 C1 时,能量通过变压器转移到 C1 上,能量只能以单一的方向转移,无法实现反方向的能量转移。通过这样的能量转移,终实现超级电容模组的单体电压均衡。

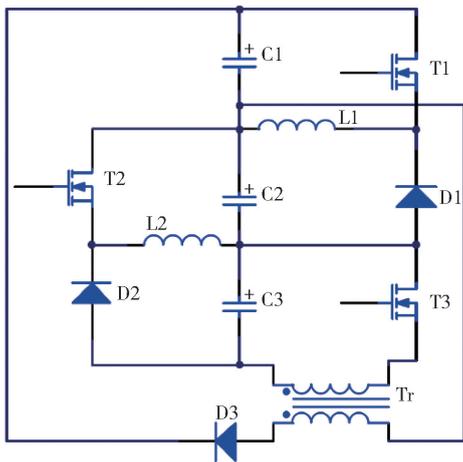


图3 电感储能单向转移法

电感储能单向转移法的均压效果不如电感储能转移法,速度相对慢了,但开关器件数量由 $2(n-1)$ 个减少为 n 个,相应的控制电路也得到简化,成本也相应降低了,并且只要选取恰当的控制策略,电感储能单向转移法也能够获得较好的均压效果,完全能够满足风机变桨系统的备用电源的要求。

3.4 备用电源系统的双向 DC/DC 变换器设计

从设计的超级电容串联模组计算可知,超级电容串联模组的端电压最高为 143.1 V,而直流母线的额定电压为 168 V,并且超级电容串联模组在使用过程中,它的端电压并不像传统电池的端电压变化很小,它会随着放电的进行,端电压出现较大的变化,所以为了满足变桨电机的使用需要,在备用电源

与变桨电机之间加上一个 DC/DC 升压电路。当电网正常运行时,变桨电机由电网的交流电整流后提供直流电源,并且超级电容串联模组的充电也由电网的交流电整流后的直流电完成,因此直流母线与超级电容串联模组之间也需要一个 DC/DC 降压电路(图 1b 所示)。

为节约成本,采用结构简单、技术成熟的 Cuk 电路的变形——Sepic/Zeta 双向变换器,实现双向的升降压功能,两侧的电压极性相同。Sepic/Zeta 双向变换器电路结构如图 3 所示。

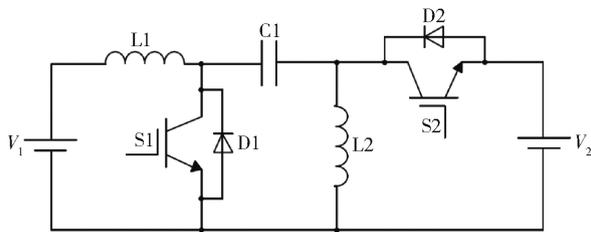


图4 Sepic/Zeta 双向变换器

功率器件选型参考文献[5],如表 3 所示。

表3 功率器件参数

器件	参数
IGBT	1 200 V、100 A、三菱、CM100DY-24 A
电感 L	2.2 mH、70 A、20 kHz

由直流母线纹波需求,可求得直流母线并联电容 $C_d \geq 237 \mu\text{F}$,考虑足够安全裕量, C_d 可取 $2\ 200 \mu\text{F}/450 \text{ V}$ 。

3.5 充放电控制策略研究

超级电容是一种介于传统电容和蓄电池的新型储能元件,它的充放电电流可以高达上千安培,高低温特性也要优于蓄电池,并且超级电容的循环寿命远高于蓄电池,湖南耐普恩公司生产的超级电容寿命就高达 100 万次,然而超级电容的充放电控制不当会造成超级电容的寿命急剧的缩短,使其优势大为削弱。因此对超级电容的充放电策略的研究对风机变桨备用电源系统具有重要的意义。

3.5.1 充电策略

常用的电池充电策略有恒功率、恒流、恒压、脉冲、浮充充电方式,超级电容模组的充电方式可以采用以上的某几种充电方式的组合,这样能够有效的降低成本,提高超级电容模组的储能性能。

本文采用的充电方式为:在超级电容模组电压

比较低的时候采用恒流充电的模式,提高超级电容模组的充电速度,当超级电容模组电压上升到某一设定值(可由超级电容内阻与恒流充电电流计算出来)的时候再采用恒压充电方式,降低充电电流,后采用浮充充电方式保持超级电容模组的满电状态。

3.5.2 放电策略

超级电容具有可以大电流放电的优秀特性,只要保证直流母线电压为恒定值,就可以为变桨电机提供足够的功率,无论变桨电机是工作于什么样的工况。因此备用电源的放电策略采用恒压的放电模式,通过控制 IGBT 的占空比,就可以在超级电容模组电压下降的情况下也维持母线的电压处于恒定值。

为了更好的利用风机变桨备用电源系统中超级电容模组的能量并简化电路,在超级电容与直流母线间加了一个双向 DC/DC 变换器,本章首先对所选的双向 DC/DC 变换器进行建模并对充放电过程中的控制方式进行分析选择,其次对双向 Buck/Boost 变换器的工作模式的切换策略进行分析与选择,后对所建模型进行仿真,验证所选双向 DC/DC 变换器的有效性。该部分设计为风机变桨备用电源系统设计的另一个难点。

3.6 双向 DC/DC 变换器控制方式

3.6.1 双闭环 PI 控制

为了实现双向 Buck/Boost 变换器在超级电容模组充放电的时候都能够快速的响应,电压和电流环采用的控制器都是 PI 控制器,PI 控制器能够让高低频的增益得到提高,提高稳态精度,消除静差。

因为超级电容模组的充电策略采用的是先恒流后恒压充电的方式,因此需双向 Buck/Boost 变换器在恒流充电时,电流环工作,保持充电电流恒定;当备用电源电压达到设定值时进入恒压充电,电压环工作。当双向 Buck/Boost 变换器工作于升压模式,需要保证直流母线的电压为其恒定电压,为了更好的跟踪负载变化,此时电压环和电流环同时起作用。双闭环中的电压环是属于外环控制,它能够确保直流侧电压值的恒定,电流环为内环控制,可以实时的控制着电感电流的变化。双闭环 PI 控制的结构框图如图 4~8 所示。

图 5 中, u_{ref} 为电压环的设定值, VR 为电压环控制器的传递函数, CR 为电流环控制器的传递函数, $G_{id}(s)$ 为电感电流对开关占空比的传递函数, $G_{uid}(s)$

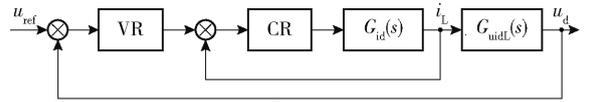


图 5 双闭环 PI 控制的结构框图

()s 为输出电压对电感电流的传递函数。

3.6.2 双向 DC/DC 工作方式切换策略

双向 Buck/Boost 变换器在备用电源系统中有两种工作模式,当电网正常运行时,双向 Buck/Boost 变换器工作于 Buck 模式,为超级电容模组充电;当电网出现故障时,备用电源需向变桨电机提供动力,此时双向 Buck/Boost 变换器工作在 Boost 模式,这就需要备用电源系统能够根据具体情况给出正确的指令,使双向 Buck/Boost 变换器工作于正确的工作状态。

变桨系统中的直流母线电压运行的允许低值为 138 V,故当交流侧电压为 20% 的额定电压且直流母线电压低于 140 V 时即可判断电网出现故障,备用电源投入使用,双向 Buck/Boost 变换器工作于 Boost 模式;当交流侧电压值处于正常范围且直流母线电压大于 150 V 时,判断电网正常,双向 Buck/Boost 变换器工作于 Buck 模式。

图 6 所示为双向 Buck/Boost 变换器的工作模式的切换流程图。电压的检测是实时的检测,这样能够给备用电源系统一个及时的信号并快速做出正确的指令。

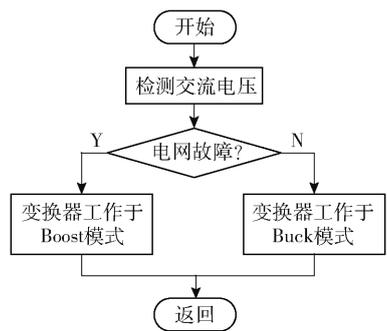


图 6 双向 DC/DC 变换器工作模式切换的流程图

当双向 Buck/Boost 变换器工作于 Buck 模式给超级电容模组充电的时候,也要监测超级电容模组的电压,防止超级电容模组过充,使其长寿命的优势得以发挥。

3.6.3 双向 DC/DC 变换器 Buck 工作模式仿真分析

在 Simulink 中建立双向 Buck/Boost 变换器 Boost 工作模式下的仿真模型,如图 7 所示。将表

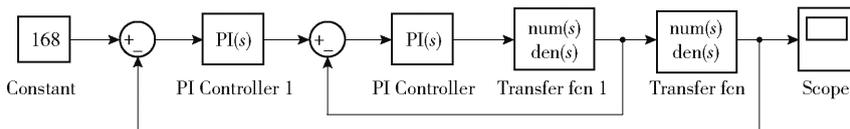


图7 双闭环控制仿真模型

1、2 中的参数代入模型中,计算出电感电流对占空比的传递函数和输出电压对电感电流的传递函数,将传递函数输入仿真模型中。电流内环的 PI 控制器比例和积分系数: $K_{cp} = 0.9$ 、 $K_{ci} = 320$,电压外环的 PI 控制器的比例和积分系数为 $K_{vp} = 2$ 、 $K_{vi} = 325$ 。设定参考电压为风机变桨系统直流母线的额定电压 168 V。

经仿真可得如图 8 所示波形,向 Buck/Boost 变换器工作于放电时,系统输出电压超调量小,响应速度快,在 5 ms 内即可稳定输出设定的电压值,快速跟踪设定指令,当检测电网故障时,能够为变桨电机提供可靠的电源。因此本文设计的双向 Buck/Boost 变换器处于升压放电工作方式时具有响应速度快,超调量小的优点,符合设计的要求。

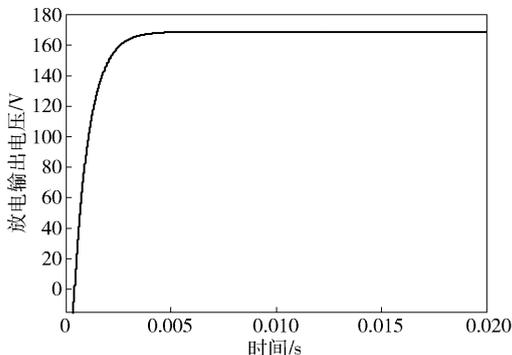


图8 双闭环控制仿真波形

以上的仿真结果证明利用状态空间平均法对双向 Buck/Boost 变换器进行数学建模,确定充放电过程中双向 Buck/Boost 变换器的闭环控制方式,并对双向 Buck/Boost 变换器的工作方式的切换策略进行了分析选择,后对双向 Buck/Boost 变换器所建立的模型进行仿真并对仿真结果进行分析,证明了所设计的双向 Buck/Boost 变换器的可行性。

3.7 基于物联网的备用电源状态远程监控系统

兆瓦级风机的电伺服变桨系统位于轮毂中,与机舱的主控制柜通信一般采用 CAN 总线的形式,再将数据通过光纤传递到塔基,然后再以专门的光纤通道传送数据到中控室。

本文提出了一种基于 GPRS 网络的备用电源状态的监控系统,该监控系统能够实时监控备用电源的状态,维护检修人员可在完成维护检修工作后通过手机随时查看备用电源状态信息,提高工作效率。基于 GPRS 网络的备用电源在线监控系统的结构如图 9 所示。

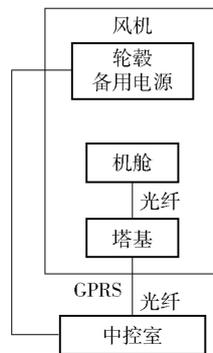


图9 基于 GPRS 网络监控的风电机组通讯结构

4 实验验证

4.1 系统实验平台

根据前面的硬件设计电路,本文搭建了基于超级电容的风机变桨备用电源系统的实验平台,实验平台如图 10 所示,实验平台由控制电路板、GPRS 通讯模块、双向 Buck/Boost 变换器电路板、电源板以及超级电容模组组成。其中直流母线的负载由电阻代替,电网给直流母线供电装置由图 10(b) 所示的直流电源代替。

4.2 实验结果分析

根据前文的分析与设计,本文在基于超级电容的风机变桨备用电源系统实验样机上进行了实验测试。实验测试包括以下几个部分:充电实验、放电实验、基于 GPRS 网络的备用电源状态远程监控系统的通讯及超级电容模组单体均压实验以及风机变桨备用电源系统的保护电路功能实现的测试。

(1) 充电实验

充电实验中,双向 Buck/Boost 变换器工作于降压充电模式,其充电电流设定为 24 A,充电电流波

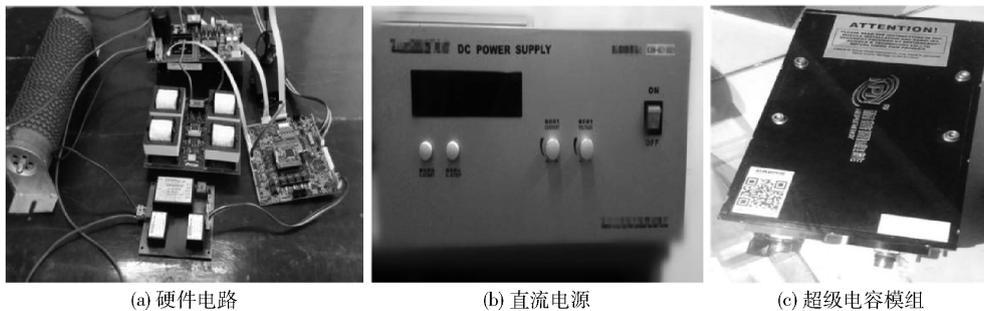


图 10 实验平台

形如图 11 所示。从图中可以看出系统能很好的跟随给定电流指令,快速稳定于设定电流值,电流纹波小于 2%,满足系统设计要求。

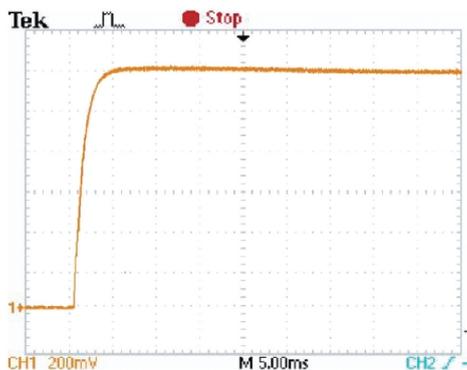


图 11 充电电流波形

超级电容模组在充电过程中的电压波形如图 12 所示。超级电容模组在恒流充电过程中以恒定速率上升。

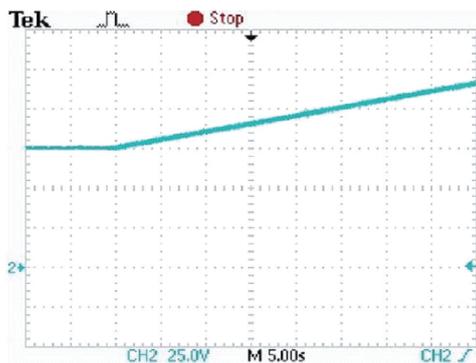


图 12 恒流充电电压波形

能够快速判断电网故障,及时为负载提供电源,直流母线电压不会因为电网故障出现失电现象。当电网出现故障,备用电源为负载提供电源时,电感电流的波形如图 14 所示。

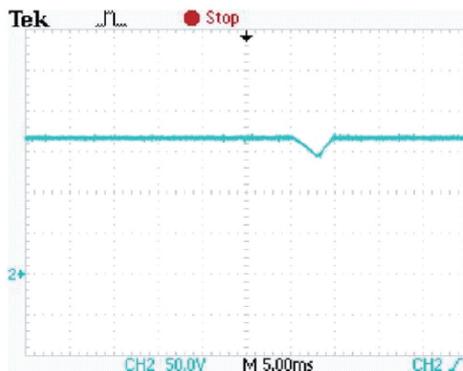


图 13 电网故障时直流母线电压波形



图 14 电网故障时电感电流波形

测试结果可知,本文设计的基于超级电容的风机变桨备用电源系统运行稳定性高,能够可靠地为风机变桨电机提供备用电源。

5 总结与展望

本文针对目前风机变桨备用电源存在的问题,研究和设计了一种采用超级电容储能技术的风机变

(2) 放电实验

将直流电源断开,模拟电网出现故障,双向 Buck/Boost 变换器能够自动切换到升压放电模式,直流母线上的电压波形如图 13 所示。系统直流母线电压允许的低值为 138 V,由实验结果可知,系统

桨备用电源系统,主要在以下的三个方面:

(1)完成了备用电源系统的总体设计方案。总结了备用电源系统的设计主要指标,以及相应的系统容量、储能元件参数,确定了储能系统的充电放电策略,并配置远程状态监功能。

(2)设计双向 Buck/Boost 型的 DC/DC 变换器,建模仿真分析了该系统在充放电过程中的切换策略和稳定性,检验其电压电流的闭环控制方式的有效性和系统的可行性。

(3)设计相应的均压电路、驱动电路和保护电路,编写了备用电源系统软件的主程序、储能单体均压子程序和超级电容模组的充放电程序,并完成了系统联调。

本文在设计风机变桨备用电源系统时采用超级电容,相对于常用的电池技术,具有先进性和实用性。但由于研究深度和现场运行不充分,在以下两个方面有待进一步深化:

(1)对串联运行的超级电容的单体电压(能量)均衡算法进行优化,以提升均压效率,从而提高风机变桨备用电源的安全性和可靠性。

(2)论文研究了小功率模拟负荷,与实际的桨叶驱动电机有差距,需提高系统的功率等级,并完成实际工况(包括异常和灾害)条件下的验证。

[参考文献]

[1] 罗承先. 世界风力发电现状与前景预测[J]. 中外能源, 2012,17(3):24-31.

- [2] Sorensen K L, Galeazzi R, Odgaard P F, et al. Adaptive passivity based individual pitch control for wind turbines in the full load region [C]. American Control Conference, 2014:554-559.
- [3] 叶成城. 兆瓦级风机电动变桨距系统的设计与实现[J]. 电力电子技术, 2013,47(2):61-63.
- [4] 吴鹏,许明,卢晓光. 大型风电机组变桨系统超级电容的选择及其自检策略的研究[J]. 机械与电子, 2015(4):36-39.
- [5] 林利镇. 基于超级电容的风机变桨备用电源系统研究[D]. 长沙:中南大学, 2016.
- [6] 吉天平,许力伟,王宝归. 基于超级电容的兆瓦级风机变桨系统[J]. 变频器世界, 2014(2):44-47.
- [7] 姜由之,张延迟,孙玺,等. 变桨系统后备电池在线监测及电压均衡系统以及方法[J]. 电子制作, 2015(10):34.
- [8] Wang L Y, Polis M P, Yin G G, et al. Battery cell identification and SOC estimation using string terminal voltage measurements[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2012,61(7):2925-2935.
- [9] 李练兵,田晓彬. 风机备用电池组管理与健康状态监测的研究[J]. 科学技术与工程, 2014,14(1):201-204.
- [10] 李闯,申烛,张波,等. 风电机组变桨后备 VRLA 电源在线监测系统[J]. 电源技术, 2015,39(6):1293-1295.
- [11] 黄雅君. 风力发电变桨后备电源智能管理系统[J]. 现代电子技术, 2010,33(6):203-206.
- [12] 赵雪,邱平达,姜海静,等. 超级电容器电极材料研究最新进展[J]. 电子元件与材料, 2015,34(1):1-8.

Research on Fan Pitch Control Backup Power Supply

LI Dan-dong

Abstract: Fan pitch control backup power supply can make the blades retract smoothly under the action of the variable pitch control system to avoid accidents when the fan has a power failure. In this paper, aiming at the existed problems of the fan pitch control backup power supply system, an emergency backup power supply scheme is designed adopting super-capacitor energy storage module and bidirectional DC/DC converter charge-discharge control. It has the advantages of wide operating temperature range, being eco-friendly and easy to realize remote monitoring of the state, which improve the reliability and stability of the fan operation and save the construction cost. The capacity selection of super capacitor, simple and effective voltage-sharing scheme and circuit, as well as double closed loop control strategy are discussed in this paper. The effectiveness of the scheme is verified by simulation test and actual measurement results.

Key words: Fan pitch; super capacitor; voltage-sharing; bidirectional DC/DC converter

▲