

# 电动变桨系统超级电容后备电源测试装置设计

沈鑫, 田炜, 鲁斌, 刘剑

(国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210003)

**摘要:**针对目前广泛应用的电动变桨系统超级电容后备电源性能难以测试的问题,设计了一种简单可行的厂内后备电源测试装置,并利用某种具体型号的电容进行了测试,根据测试结果进行后备电源的设计,能满足变桨系统的顺桨要求,进而确保风力发电机组的安全运行。

**关键词:** 变桨系统; 超级电容; 后备电源测试装置

中图分类号:TM316

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)03-0018-03

随着风力机大型化的发展,风力发电技术取得了很大的进步,其中变桨距控制是国际主流风力机组的关键技术。电动变桨距系统作为大型风电机组的核心部分对机组安全、稳定、高效的运行有十分重要的作用<sup>[1,2]</sup>,该系统以伺服控制器控制电机驱动齿轮实现变桨距调节,每个桨叶由单独的伺服控制器来控制,这样可以使3个叶片独立实现变桨距<sup>[3]</sup>。基于变桨系统对风机安全运行的重要性,变桨系统通常都配有后备电源,当出现电网供电中断时,变桨系统可自动切换到后备电源供电,并顺桨停机,确保风机的安全运行<sup>[4]</sup>。由此可见后备电源是否满足顺桨要求,是否有足够的能量保证安全顺桨,是风力发电机组安全方面的核心问题之一。论文目的在于提供一种电动变桨系统的后备电源测试装置设计方案,无需上塔架测试就能方便可靠测试所使用的后备电源是否满足要求,进而保证风力发电机组的安全运行。

### 1 后备电源工作原理

正常运行时,变桨系统以电网供电作为动力电源,变桨控制器通过某种通信方式接受来自主控的角度、速度等控制指令,并发出控制指令给伺服驱动器;伺服驱动器收到控制指令后驱动变桨电机,从而带动叶片变换角度,并将桨叶角度、变桨速度等信号实时反馈给控制器,实现高精度实时变桨<sup>[5]</sup>。

轴柜中的充电器轮流对 3 个电池柜充电,当变桨系统有故障或电网供电因故中断时,变桨系统自动切换至后备电源供电,同时启动紧急顺桨,将桨叶关至限位开关处,并将变桨系统电网供电中断故障反馈给主控系统,主控系统根据故障反馈采取相应安全措施,确保风电机组的安全可靠运行<sup>[5]</sup>。

## 2 后备电源测试装置设计

整个后备电源变桨系统的测试装置如图 1 所示。

收稿日期:2013-11-29;修回日期:2014-01-07

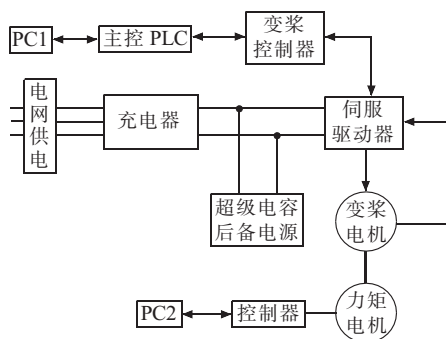


图 1 超级电容后备电源测试装置

PC1 与主控 PLC 连接, 通过上位机软件及时向变桨控制器发出桨叶角度和变桨速度等指令, 变桨控制器接收到这些指令后向伺服驱动器发出同样的指令, 而伺服驱动器则直接驱动变桨电机按照该指令进行变桨, 同时变桨电机上面的编码器则将角度、速度状况反馈给伺服驱动器, 实现了实时高精度的变桨。

当整个变桨系统合上开关开始启动时, 电网 AC400 V 供电给充电器, 充电器有两个作用, 一是给超级电容后备电源充电, 保证后备电源的电压达到稳定值; 二是正常运行时, 给伺服驱动器供电, 保证变桨的顺利进行。

该测试装置设计中,变桨电机为异步电机,工作于位置闭环状态,用来控制整个测试平台的转速,实现位置跟踪。力矩电机为永磁同步电机,PC2 与控制器连接,通过上位机界面施加特定力矩,力矩电机工作于转矩闭环状态,通过控制电机的电流给定来改变负载电机的转矩大小,进而模拟变桨电机的负载变化。

### 3 利用装置测试分析超级电容

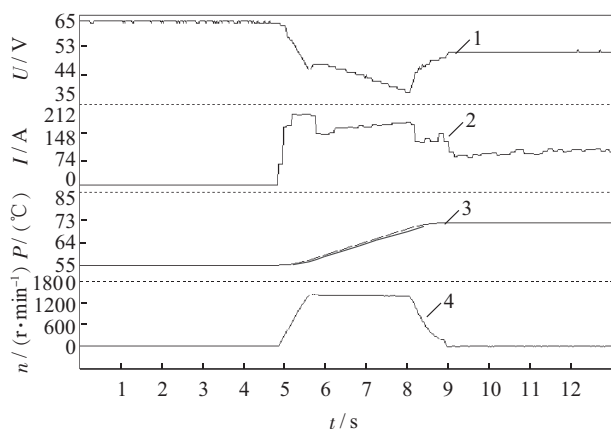
基于上述设计方案,以某型号的 2 MW 超级电容后备电源电动变桨系统为例,测试其放电特性,评估该装置能否满足测试需要。测试所用超级电容部分参数:超级电容模组参数 75 V, 30 F; 超级电容数量 3 个;采用并联连接方式;连接后电压 75 V;连接后电容 90 F。

变桨电机部分参数:电机型号 G1602500;额定转速 1500 r/min;额定力矩 82 N·m;抱闸力矩 112 N·m;额定功率 6 kW;额定电流 135 A;额定电压 75 V。

### 3.1 放电测试

使用充电器对超级电容充电,充电完成后断掉外接电源,使用上位机界面发送电机运动指令,可指定电机运动范围。采用电机放电消耗能量的方式测试超级电容的放电能力,根据电容特性,超级电容释放一半储能时其电压约为额定电压的 0.707 倍,电压下降到额定电压的一半时,储能释放 3/4。超级电容放电测试条件及结果如下。

(1) 首先将电机运动范围设置为  $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ,通过 PC2 的上位机软件界面将施加力矩设置为 30 N·m,电机额定转速为 1500 r/min。在小角度范围里测试电机的运行以及释放能量收桨情况如图 2 所示。



1 为超级电容电压;2 为电机电流;3 为电机位置;4 为电机转速

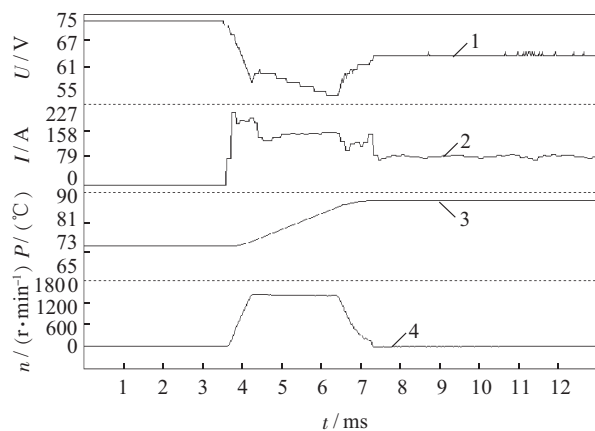
图 2 超级电容供电条件下第 1 次测试

超级电容给电机供电情况下,电压从 64 V 跌落至 53 V,最低 39 V,只跌落了 11 V,电机电流基本稳定,电机转速开始启动到截止,运行曲线平稳,属于正常。

(2) 将电容充满电,在上位机软件上将电机运动范围设置为  $75^{\circ} \sim 88^{\circ}$ ,力矩 30 N·m,电机额定转速为 1500 r/min。由图 3 所知,超级电容给电机供电情况下,电压从 74 V 跌落至 66 V,最低 57 V,电容电压降低 8 V,电机电流基本稳定,有较小的跳变现象,电机转速曲线平稳正常。

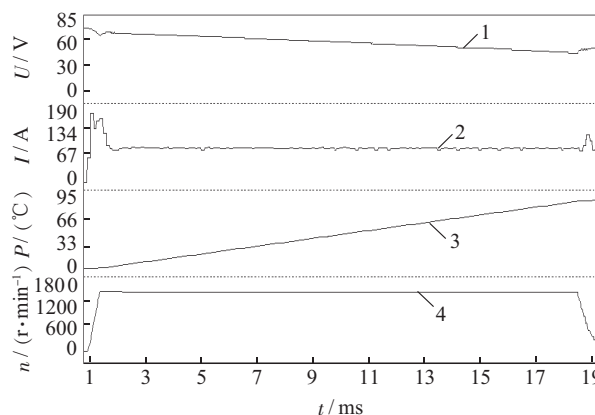
(3) 将电容充满电,在上位机软件上将电机运动范围设置为  $0^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ,力矩 20 N·m,电机额定转速为 1500 r/min。由图 4 所知,超级电容给电机供电情况下,电压从 75 V 跌落至 51 V,最低 46 V,电容电压在电机运行的整个  $85^{\circ}$  范围内只降落 24 V,满足变桨收桨时的电容电压要求,电机电流平稳正常,电机转速曲线也是平稳正常的。

(4) 将电容充满电,电机运动范围  $0^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ,增大力矩到 30 N·m,电机额定转速为 1500 r/min。由图 5 所知,超级电容给电机供电情况下,电容电压从 75 V



1 为超级电容电压;2 为电机电流;3 为电机位置;4 为电机转速

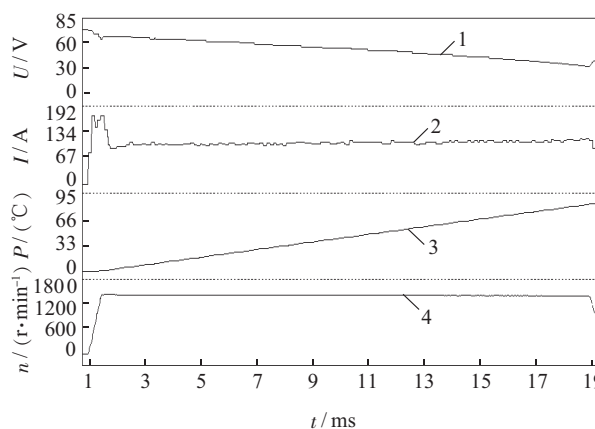
图 3 超级电容供电条件下第 2 次测试



1 为超级电容电压;2 为电机电流;3 为电机位置;4 为电机转速

图 4 电容供电条件下第 3 次测试

跌落至 36 V,最低 34 V,当增大力矩时,电容电压掉落更快,跌落了 39 V,这个更符合实际现场的风机情况,满足变桨收桨时的电容电压要求,电机电流和电机转速曲线均平稳正常。



1 为超级电容电压;2 为电机电流;3 为电机位置;4 为电机转速

图 5 电容供电条件下第 4 次测试

### 3.2 测试分析

变桨系统超级电容容量选择的依据是风机顺桨过程中的力矩,电容储存的能量应能满足在主电源断电或电压跌落的情况下驱动桨叶回到安全位置。

根据 NBT 31018-2011, 电容组的容量应满足桨叶在规定载荷情况下完成一次以上顺桨动作要求<sup>[6]</sup>。依据 2 MW 风力发电机组变桨驱动系统规范要求得出整个顺桨过程需要的力矩和为 256.2176 N·m, 对照实验得出的曲线, 可以将测试的超级电容与 2 MW 机组顺桨需求能量做个对比, 如表 1 所示。

表 1 测试用电容与 2 MW 机组顺桨需求能量对比

	电压 /V	电容 /F	能量计算	能量 /kJ
2 MW 机组 顺桨需求能量	—	—	$W = P \times t = \frac{T \times n \times t}{9.55}$	56
测试电容模组	75	90	$E = \frac{1}{2} \times C (U_{\max}^2 - U_{\min}^2)$	198

所测试的电容测试过程中放电至 35 V, 根据电容能量公式可计算出电容释放出的能量为 198 kJ, 远大于 2 MW 机组顺桨需求能量 56 kJ, 由此可见, 该电容满足 2 MW 风电机组变桨系统顺桨需求。

#### 4 结束语

针对电动变桨系统的超级电容后备电源现场上塔架测试难度较大的情况下, 设计了一种电动变桨系统后备电源测试装置, 在变桨系统发生故障或电网跌落要求顺桨, 该测试装置能够测试出后备电源是否有足

够能力保证变桨系统安全顺桨, 降低变桨系统故障率, 减少风机维护成本, 改善风电机组经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 汪海波, 田 炜, 鲁 斌, 等. 兆瓦级风机直流和交流电动变桨距技术[J]. 江苏电机工程, 2011, 30(4): 42-44, 47.
- [2] 叶杭治. 风力发电机组的控制技术[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2006, 83-85.
- [3] 姚兴佳, 宋 俊. 风力发电机组原理与应用[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2011: 128-129.
- [4] 叶杭治. 风力发电系统的设计、运行与维护[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 113-115.
- [5] 鲁 斌, 田 炜, 刘 剑, 等. 基于超级电容的变桨系统后备电源设计[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 46-48.
- [6] 国家能源局. NB/T 31018—2011 风力发电机组电动变桨控制系统技术规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.

#### 作者简介:

- 沈 鑫(1987), 男, 江苏盐城人, 助理工程师, 从事风力发电控制技术研究工作;
- 田 炜(1978), 男, 湖北应城人, 高级工程师, 从事风力发电控制技术、电力电子在电力系统中的应用研究工作;
- 鲁 斌(1984), 男, 浙江衢州人, 工程师, 从事风力发电控制技术研究工作;
- 刘 剑(1983), 男, 江苏徐州人, 工程师, 从事风力发电控制技术研究工作。

### Test Equipment Design of Backup Power of Supercapacitor for Electric Pitch System

SHENXin, TIAN Wei, LU Bin, LIU Jian

(NARI Technolngy Development Co. Ltd., Nanjing 210003, China)

**Abstract:** In order to tackle the difficulty in the test of backup power of supercapacitor of electric pitch system, we designed a simple and feasible test equipment for factory-inside backup power. With the test equipment, a test on a specific type of supercapacitor is implements. Based on the test, a design of backup power is provided. The design can meet the demand of feathering of pitch system, and guarantee the safe operation of wind turbine generator system.

**Key words:** pitch system; supercapacitor; backup power; test equipment

(上接第 17 页)

方 泉(1968), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 从事配电网自动化研究工作;

王成现(1967), 男, 江苏南京人, 高级工程师, 从事电力信息技术研究工作;

郝思鹏(1971), 男, 江苏宝应人, 副教授, 从事配电网自动化研究工作;

张仰飞(1970), 男, 江苏射阳人, 教授, 从事电力系统参数辨识等方面研究。

### Information Interaction of Distribution Automation System Based on CIM

FEI Jianfa<sup>1</sup>, FANG Quan<sup>1</sup>, WANG Chengxian<sup>1</sup>, HAO Sipeng<sup>2</sup>, ZHANG Yangfei<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Information Technology Co. Ltd., Nanjing 210024, China;

2. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**Abstract:** A distribution network usually contains many various functional components. The implementation of distribution system automation needs to integrate information from all components. In IEC61970/61968 standard, the CIM and CIS are recommended. Based on the CIM and CIS, the splicing data from different components and the real-time interaction between data are studied in practical engineering. The result shows that the CIM and CIS benefit heterogeneity data exchange, lay out a foundation for heterogeneity data exchange, standard establishment and open architecture of distribution power grid, and can provide supports to establish "plug and play" smart distribution power grid.

**Key words:** CIM; distribution automation; IEC61968; IEC61970