

DSG 软并网型风力发电机组控制系统的研制

胡维昊, 贾要勤, 裴云庆, 王兆安

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘要:介绍了双速电机(Dual Speed Generator,简称 DSG)软并网型风力发电机组控制系统的构成和特点。系统采用双向晶闸管的软切入法,使 DSG 并网。这种软并网可以实现一个平稳的并网过渡过程而不会出现冲击电流。该控制系统采用了可编程逻辑控制器(PLC)、触摸屏和工业控制计算机等设备,实现了风力发电机组的自动起动、自动进行高低速电机之间的切换、自动保护等功能,使该 WT 组能够在长期无人值守情况下安全运行。

关键词:异步发电机;晶闸管;风力发电机;控制系统

中图分类号:TM31/38, TM921.5

文献标识码:A

文章编号:1000-100X(2006)06-0037-03

Development of Soft Cut-In Control System for a Dual Speed Generator with Wind Turbine

HU Wei-hao, JIA Yao-qin, PEI Yun-qing, WANG Zhao-an

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The paper introduces the structure and characteristic of soft cut-in control system for a wind turbine dual speed asynchronous generator. The system use soft cut-in method based on bidirectional thyristor. This method can realize a smooth start process without overshoot current. The control system can automatically start and switch between the two speeds of the generators and automatically be protected by using Programmable Logic Controller (PLC), touch panel and industry control computer.

Key words: asynchronous generator; thyristor; wind turbine; control system

1 引言

能源和环境是当今人类生存和发展急需解决的紧要问题。常规能源以煤、石油、天然气为主,它不仅资源有限,还会造成严重的大气污染。因此,对可再生能源的开发利用,特别是对风能的开发利用,已受到世界各国的高度重视^[1,2]。在中大功率(数十千瓦至数百千瓦级)风力发电系统中,发电机一般采用双速异步电机(Dual Speed asynchronous Generator,简称 DSG),这一方案不仅解决了低功率时发电机的效率问题,而且改善了低风速时的叶尖比,提高了风能利用系数,并降低了运行噪声^[3]。但是,风力发电机组一般要求在长期无人值守的情况下能够稳定的工作。这就对风力发电机组的控制系统提出了很高的要求。本装置采用了可编程逻辑控制器(PLC)、触摸屏和工业控制计算机等设备,实现了风力发电机组的自动起动,自动进行高低速电机之间的切换、自动保护等功能。

2 风力发电机组的结构和特点

图 1 示出 55kW 的风力发电机组结构简图。该

系统由风机、齿轮箱、DSG、并网控制单元、无功功率控制单元、PLC、触摸屏和工控机构成。

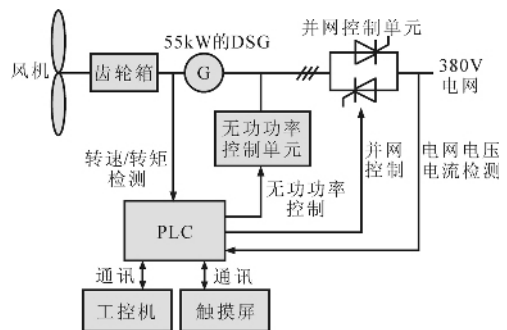


图 1 55kW 的 DSG 组结构简图

风机负责捕获风能,并将风能转换为机械能。由于风机的转速较低,而发电机的转速较高,因此在风机与发电机之间安装了一台增速齿轮箱,以匹配两者的速度。若风力机的转速不能随风速的变化而调整,则会大大降低系统在低风速下的效率。所以发电机采用了 DSG,该发电机可工作在两种额定转速下,可有效提高系统在低风速下的效率。

为了使电机起动过程和高低速电机切换过程不出现明显的冲击电流,本文采用双向晶闸管构成了并网控制单元。在风力发电系统中通常设置无功补偿装置,以减轻发电系统对电网的不利影响。在该系统中为保证系统的功率因数,同时保证在电网电压

定稿日期:2006-10-16

作者简介:胡维昊(1982-),男,重庆人,硕士研究生。研究方向为风力发电控制技术。

发生一定幅度波动时系统的正常工作，无功功率控制单元设置三相补偿电容器，总容量为 16kvar。

目前，风力发电装置的控制系統主要采用基于 PLC 控制和分布式集散控制(DCS)的硬件形式。该系统采用了基于 PLC 控制系统及多路数据采集系统，接收由上位计算机发出的指令，根据不同的控制算法分别控制无功/电压控制单元的补偿容量及并网控制单元的投切和触发角。同时，控制器采集发电机的输出电压 u_G 、输出电流 i_G 及电网电压 u_S 和电网电流 i_S ，一方面用于系统控制，另一方面将数据传递至上位计算机，便于分析和处理。

工控机由计算机及通讯接口卡等构成，负责中央控制器控制算法、程序的编制与下载，实时接收中央控制器的监测数据，对系统进行整体监测，完成报表打印，并存储数据进行后期分析和处理。当系统需要远程监控时，通过网络实时向控制中心传递数据。

3 风力发电机组控制系统的硬件设计

图 2 示出风力发电机组控制系统的硬件结构。

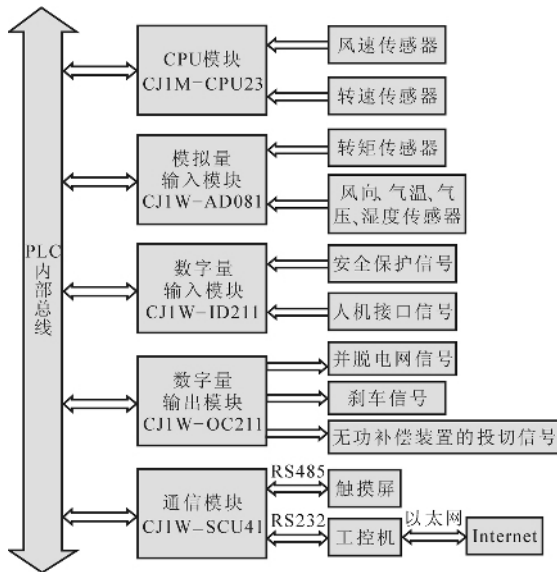


图 2 风力发电机组控制系统的硬件结构

为了保证系统在恶劣环境中可靠运行，该控制系统采用 OMRON CJ1M-CPU23 型 PLC 作为控制系统的中央控制器，其 PLC 有两个高速计数输入端，输入信号频率可达 50kHz。将风力发电机的转速传感器接到 0 号通道，风速传感器接到 1 号通道，这样就可实现对转速和风速的实时检测。为了对风向、气温、气压、湿度及发电机的转矩等模拟量进行实时检测，本文使用了两个 OMRON CJ1W-AD081 型模拟量输入模块进行采样，将采样后的数字量送到工控机进行处理，以获得上述量实时信息。此外，还采用 OMRON CJ1W-ID211 型数字量输入模块作为风机各种安全

保护和人机接口信号的输入，还采用 OMRON CJ1W-OC211 型数字量输出模块作为所有的控制信号，如 DSG 的并脱电网信号、刹车信号、无功补偿装置的投切信号、风机运行状态的指示信号等的输出。

为适应风电场对风机集群控制的要求，该控制系统具有 RS232、RS485、以太网等通讯接口。PLC 和触摸屏之间采用 RS232 进行串行通信，工作人员可方便查看风机的各种工作情况。PLC 与工控机之间的距离较远，所以它们之间采用了抗干扰能力更强的 RS485 进行串行通信。工控机实时接收中央控制器的监测数据，对系统进行整体监测，完成报表打印，并存储数据进行后期分析和处理。工控机还可通过以太网连接到 Internet 上，这样就能实现风机的远程控制。

4 风力发电机组软并网过程分析

DSG 投入运行时，由于靠转差率来调整负荷，因此对机组的调速精度要求不高，无需同步设备和整步操作，只要转速接近同步转速时，即可并网。但是 DSG 并网时也存在一些问题，如直接并网时产生的过大冲击电流造成电压大幅度下降，对系统安全运行构成威胁；发电机本身会发出感性无功功率，需要无功补偿等。目前，国内外采用的异步风力发电机组并网方式主要有直接并网方式、准周期并网方式、降压并网方式和软并网方式。该系统采用的是软并网方式，图 3 示出其软并网装置的原理。发电机与电网之间通过双向晶闸管直接连接。通过采集 u_S 和 i_S 的幅值和相位，对晶闸管的导通角进行控制，以实现软并网的功能。

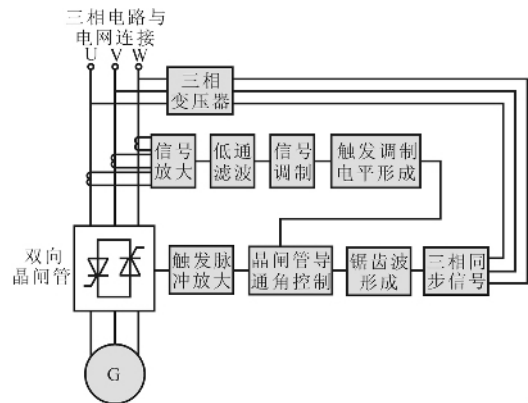


图 3 软并网装置的原理

软并网的工作过程是：当风轮带动 DSG 的转速接近同步转速时，与电网直接相连的每一相的双向晶闸管的控制角在 180 与 0 之间逐渐同步打开；作为每相无触点开关的双向晶闸管的导通角也同时由 0° 与 180 之间逐渐同步增大。在双向晶闸管导通的开始阶段（即 DSG 转速小于同步转速阶段），DSG 作为电机运行，随着转速的升高，其转差率逐渐趋于零。当转

差率为零时,双向晶闸管全部导通,软并网过程结束。由于并网电流受晶闸管导通角的限制,并网较平稳,不会出现冲击电流。

5 高低速发电机切换过程分析

由于在整个运行风速范围内(3~25m/s)气流的速度是不断变化的,所以若风机的速度不能随风速的变化而调整,就必然使风机在低风速时的效率降低。同时发电机本身也存在低负荷时的效率问题^[4]。为了解决上述问题,本文采用了DSG,分别设计为4极和6极,其额定功率分别为55kW和42kW,额定转速为1485r/min和980r/min。这样,当风力发电机组在低风速段运行时,不仅桨叶具有较高的气动效率,发电机的效率也能保持在较高的水平。

图4示出DSG组的 P_0-v 关系曲线。由图可见,在

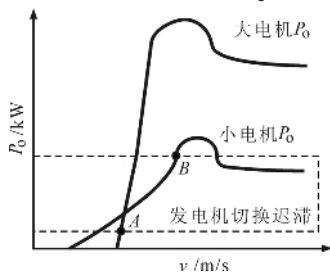


图4 DSG的 P_0-v 关系曲线

风速 v 较低的区域,小电机的输出功率 P_0 较大,而在 v 较高的区域,大电机的 P_0 较大。为了使系统能具有较高的发电效率,必须根据 v 来切换DSG组的工作状态。风机在3~25m/s的工作风速范围内,主要根据当前的 v 和发电机的 P_0 决定两个发电机的并网脱网控制。 v 在3~9m/s范围内,42kW发电机并网发电; v 在9~25m/s范围内,55kW发电机并网发电; v 在9m/s左右反复变化时,为避免两个发电机频繁并网脱网的切换,进行了迟滞控制处理,迟滞范围一般取-1.5~1.5m/s,即55kW发电机并网风速一般在10.5m/s左右,见图4中的B点;脱网风速一般在7.5m/s左右,见图4中的A点。

6 实验结果

由上述方案研制出一台样机,经过实验调试,该DSG组能够在长期无人值守情况下安全运行。图5示

(上接第15页)

4 结束语

基于本文的节能思想研制的道路节能系统,其节能效果相当明显。如果全国各地都能采用这样的照明节能措施,其节约电量相当可观。本文给出的节能电路因是在灯具处安装降功率电感,所以适用于各种路灯布置方式和光源组合方式。对于原有道路照明工程可采用附加降功率电感进行改造。其特点是,无需更换原灯具的配套镇流器,既方便改造施工,又降低系

出风力发电机组的 P_0-v 关系实测曲线。可见,DSG的实际工作曲线与理论分析曲线基本相符。

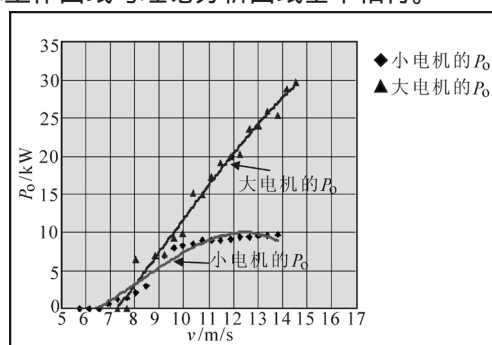


图5 风力发电机组的 P_0-v 关系实验曲线

7 结论

该系统采用了双向晶闸管的软切入法,实现了双速异步发电机软并网。这种软并网可实现一个平稳的并网过渡过程,而不会出现冲击电流。该系统还采用了可编程逻辑控制器(PLC)、触摸屏和工业控制计算机等设备,实现了风力发电机组的自动启动、自动进行高低速电机间的切换、自动保护等功能,使该风力发电机组能在长期无人值守情况下安全运行。样机经在内蒙古现场运行表明,该系统并网平稳,大、小电机切换过程平稳,可实现发电机安全合理的并网脱网运行,并提高了发电效率。该系统满足了55kW风力发电机商品化的技术要求,实现了风力发电机的长期安全运行。

参考文献

- [1] 王兆安.电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2000.
- [2] 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.
- [3] Hossein Madadi Kojabadi, Liuchen Chang. Development of a Novel Wind Turbine Simulator for Wind Energy Conversion Systems Using an Inverter-Controlled Induction Motor [J]. IEEE Trans. on Energy Conversion, 2004, 19(3): 547~552.
- [4] 盛双文.失速型风力发电机组双速电机切换过程的仿真分析[J].太阳能学报,2002,23(5):

统改造造价,而且电路设定完毕,就无需再操心了,因而使用极为方便。相信它会有很好的推广应用前景。

参考文献

- [1] 张文才.照明节能设计[J].电气应用,2006,25(1):28~32.
- [2] 佚名.路灯系统节能探讨[J].慧聪网,2006(1):23~26.
- [3] 蔡可健.节电器智能电路设计[J].电工技术,2005(2):60~61.
- [4] 陆国和.电路与电工技术[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [5] 杨华.HID气体灯电子镇流器的技术分析[J].电气应用,2006,25(5):38~40.