

风能-太阳能双峰值检测 IGBT 逆变器的 研究与设计

刘 畅¹, 张庆范¹, 胡顺全²

(1. 山东大学 控制科学与工程学院, 山东 济南 250061)

(2. 山东新风光电子科技发展有限公司, 山东 济宁 272500)

摘 要:利用风能、太阳能发电是对两种最为理想、无污染的绿色再生资源的利用, 目前已成为开发研究的一项重大课题。而如何解决好风能、太阳能互补系统中的效率问题是解决此课题的关键。介绍了在微处理器的控制下, 实现风机充电控制和太阳能充电控制与逆变电路的结合, 并提出了一种新的控制方法——双峰值检测法, 实现了系统的优化控制。

关键词: 风能; 太阳能; 风光互补系统; 双峰值检测; 逆变器

Research and Design for Wind-Solar Power IGBT Converter Based on a New Method of Double Peak Value Detecting

LIU Chang¹, ZHANG Qing-fan¹, HU Shun-quan²

(1. School of Control Science and Engineering, Shandong University,
Jinan Shandong 250061, China)

(2. Shandong Xinfengguang Electric Technology Develops Co.Ltd.,
Jining Shandong 272500, China)

Abstract: The wind-force and solar-energy, a green reborn resource free from the pollution, is the most ideal to generate electricity. Now, this is already an important project for us to develop and study. But how to improve the efficiency in using wind-force and solar-energy complementary system is the key to the project. The converter system in the combine of wind generator charge and solar charge with the control of microprocessor is dissertated, and a new method of double peak value detecting realizing the optimization of system control is introduced.

Keywords: wind power; solar power; wind-solar combined power system; double peak value detecting; converter

中图分类号: TM46

文献标识码: A

文章编号: 0219-2713(2007)06-0050-05

0 引言

当今世界,随着人们生活水平的不断提高,电力已经成为人们生活中必不可少的动力来源,人们对电的依赖也越来越多。与此同时,资源缺乏的压力却不断增大。如何解决人们需求增加与资源不断减少之间的矛盾,成为当今国内外学者一直

在研究与探讨的问题。利用绿色可再生资源是一条很好的出路,风能、太阳能就是取之不尽的天然绿色可再生资源。

风光互补发电系统是一种将太阳能和风能转化为电能的装置。太阳能与风能在时间上和地域上有着很强的互补性,可以弥补单一能源发电造成的不均衡的缺陷,使风光互补发电系统在资源上具有最佳的匹配性,其优点是稳定,无污染,无

收稿日期: 2007-04-02

噪音,不产生废弃物。而逆变器又是风光互补发电系统的关键设备,直接关系到供电质量和系统运行的可靠性。这样,采用什么样的方法能使逆变器发出稳定的交流电给负载供电,是要解决的首要问题。

本文从系统的实际出发,提出一种新的逆变器控制方法——双峰值检测法,能较好地控制逆变器直流母线端电压的稳定,提高系统供电质量,对边远地区和供电紧张城市用户用有很大帮助。

1 系统组成和工作原理

整套发电系统主要是由风电系统、光电系统、柴油机后备发电系统、逆变器系统、控制系统五大部分组成^[2],图 1 为系统结构框图。

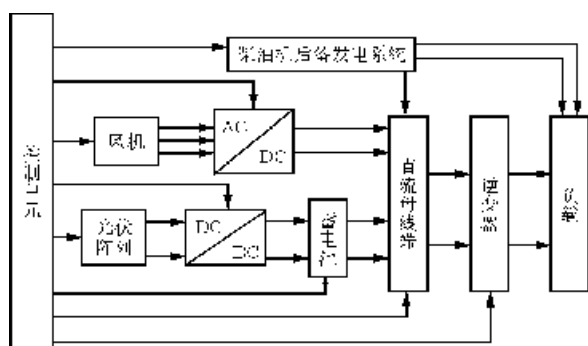


图 1 系统结构框图

风电系统是利用风力发电机组,将风能转换成电能,然后通过控制器对逆变器直流端充电的一套系统。风机可采用专门设计的变桨距风力发电机或调叶面风力发电机^[4]。风电系统的优点是系统日发电量大,系统造价低,运行维护成本低;缺点是可靠性较差。光电系统是利用光电池板,将太阳能转换成电能,储存在太阳能蓄电池中,再通过控制器对逆变器直流端充电的一套系统。该系统的特点是可靠性高,运行维护成本低;缺点是系统造价高。柴油机发电系统是在风-光发电系统出现故障或是供电不足时的后备系统,目前已经趋于完善,本文不再多讲。因此,利用风-光互补发电且以风电为主,柴油机作为后备系统,是最佳匹配方案。控制单元是整套系统的大脑,可选用目前功能强大的 DSP 系列。逆变器设计为 PWM 触发,单向 IGBT 逆变器,采用目前成熟的大功率电力电子功率转换器件 IGBT,确保逆变器系统正常工作。

2 逆变器控制方式-双峰值检测法

逆变器的控制结构图如图 2 所示。对于整套系统来说,稳定逆变器直流端母线电压,提高系统供电质量是系统控制的首要任务。双峰值检测法即根据负载电压 U_L 的需要,确定逆变器直流母线端电压 U_2 的范围 $U_{2min}-U_{2max}$,从而确定风力发电机三相线电压 U_1 的最大峰值取值 U_{1max} 与最小峰值取值 U_{1min} 和太阳能蓄电池电压 U_3 的最大峰值取值 U_{3max} 与最小峰值取值 U_{3min} ,这样根据 U_1 和 U_3 的双峰值来对风电系统和光电系统进行控制,进而达到对逆变器母线端电压进行最优化控制的目的。

2.1 风机充电控制

被控对象是三相桥式整流电路,结构框图如图 2 所示。风机选用变桨距风力发电机或调叶面风力发电机,这种风力发电机通过风电机组的机械式结构限制风机的转速^[4],可在 3~10 级风时达到稳定输出。系统再加入 CVT (Constant Voltage Tracking) 式的 MPPT 功率跟踪器^[5],即把 MPPT 控制简化为稳压控制,即可达到风力发电机的电压输出稳定,减少风力发电机输出的冲击,对提高风力发电机系统工作的可靠性起到很好的作用。

当风速达到启动风速时,风电系统进入发电状态,电压传感器 1 时刻检测三相风力发电机的线电压 U_1 ,把电压数据值传入 DSP 处理器。当出现大的波动,线电压 U_1 小于 U_{1min} 时,停止风电系统,启动光电系统对直流母线端充电,直到 U_1 大于 U_{1min} 时再启动风电系统,关闭光电系统。当线电压 U_1 大于 U_{1max} 时,启动卸载电阻,直到 U_2 小于 U_{2min} 时再关闭卸载电阻,此时,如果 U_1 在 $U_{1min} \sim U_{1max}$ 之间,启动风电系统对逆变器直流母线端充电;如果 U_1 不在 $U_{1min} \sim U_{1max}$ 之间,则启动光电系统对逆变器直流母线端充电。

2.2 光伏充电控制

被控对象是太阳能光伏电池充电系统,结构框图如图 2 所示。有日照时,太阳能电池板吸收光能,然后转化为电能输出直流电,储存在太阳能蓄电池之中,再通过电路中 IGBT 的通断,实现对逆变器直流母线端的充电。在光电转换过程中,通过改变开关管的脉冲宽度,可以控制 DC/DC 变换器

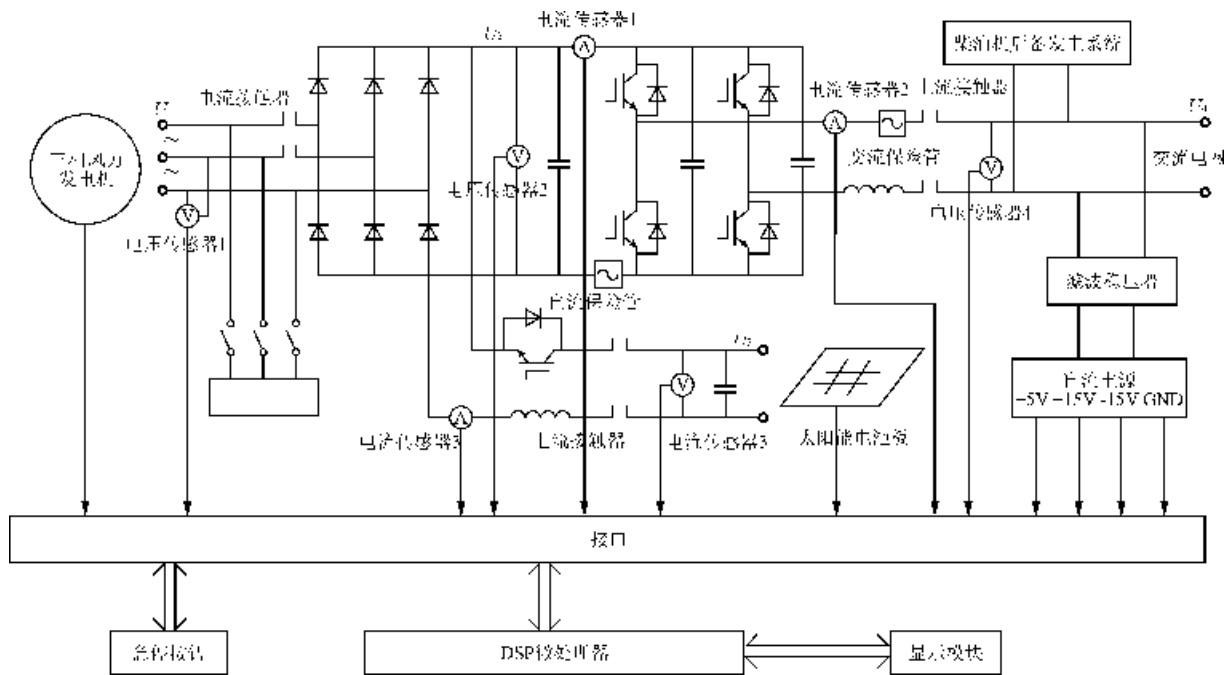


图 2 逆变器控制方法图

给太阳能蓄电池充电的电流, 保证蓄电池电压的稳定, 以确保对逆变器直流端的恒压供电^[3]。光伏电池的 $V-I$ 输出特性与日照及电池板温度有关, 为了提高太阳电池的发电效率, 在系统中加入一个太阳能电池峰值功率跟踪器, 即基于 CVT 式的 MPPT 跟踪器, 这也简化成了 CVT 式的 MPPT 控制。

电压传感器 3 时刻检测太阳能蓄电池电压 U_3 , 把电压数据值传入 DSP 处理器。当风电系统线电压 U_1 不能满足逆变器要求时, 启动光伏电池对逆变器充电, 通过光电系统电路中 IGBT 的通断控制, 保证逆变器直流端电压 U_2 的大小, 一般设置蓄电池电压 U_3 的值比 U_2 的值稍大, 减少 IGBT 开关次数。

2.3 逆变器控制

逆变器是发电的核心装置, 直接决定发电质量, 也是最容易损坏和出现故障的部分, 所以采用的传感器和保护器件比较多。逆变器直流端的电压传感器 2 时刻检测母线端电压 U_2 , 如前面所述配合 U_1 和 U_3 的值来决定逆变器充电方式。采用单向桥式 IGBT 触发方式进行逆变, 为防止 IGBT 误导通而产生桥臂的电流直通, 电路加入直流保险管进行保护。引入电流传感器 1 时刻检测逆变电流, 防止冲击电流。逆变端电压传感器 4 时刻检

测输出端电压值 U_4 , 当输出端电压因负载加大而产生电压降低时, 可适当增加输出端电压值 U_4 , 即增加 U_1 、 U_2 、 U_3 的峰值即可。电流传感器 2 时刻检测输出端电流, 当检测出过电流或冲击电流时, 可控制电流接触器进行断路保护。为防止负载端短路, 电路加入交流保险管进行短路保护。

2.4 其他装置控制

(1) 柴油机后备发电系统 当风电系统和光电系统同时不能满足充电要求时, 启动此装置。例如, 风机发电电压达不到指定电压, 存储的太阳能用尽时, 可启动柴油机发电, 一边向负载端发电一边向逆变器直流母线端充电, 但此情况很少。

(2) 有源滤波稳压器 当进行风-光-柴发电切换时, 会有一定的冲击电压。电压输出端引入有源滤波稳压器可很好地抑制电压谐波, 提高电网电压输出质量。

3 控制系统运行策略

3.1 对微处理器的要求

从控制方法(见图 2)可以看出整套电路多处用了电压、电流传感器, 所以整个控制系统是基于实时数据采集的全自动智能控制系统, 需要每天时时刻刻不间断进行数据采集。而且必要时的中断处

理和多地 IGBT 的 PWM 触发也对微处理器有着特殊要求。因此,本系统采用运算功能强大,运算速度快,片内可产生 PWM 控制信号的 DSP 作为微处理器。采用 TI 公司的 TMS320C2000 系列即可满足整个系统要求。

3.2 系统控制流程

基于双峰值检测法的原理,可得出整套系统的控制流程图,如图 3 所示。(注:启动单发电装置时,同时关闭其他发电装置。例如:启动光电系统时,先检测风电系统和柴油机后备系统是否关闭,再启动光电系统。)这种控制方法的最大优点就是对风电系统、光电系统、逆变器直流母线端,实时进行双峰值电压检测,最大限度地保证了逆变器供电电压的稳定,是一种新的控制方法。

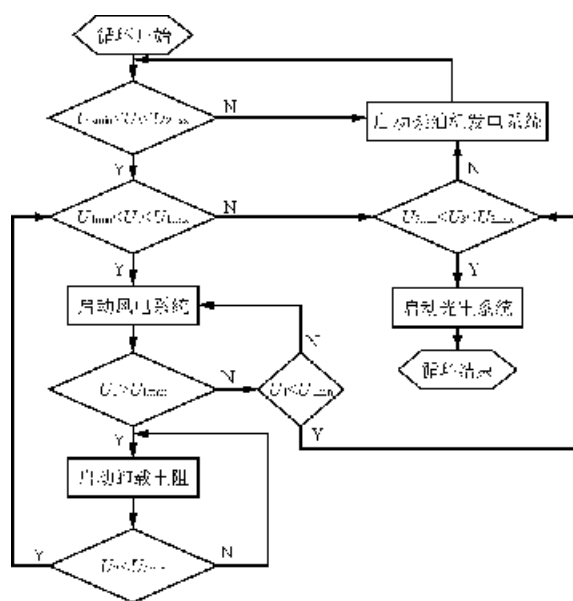


图3 系统控制策略流程图

4 参数取值与系统仿真

此发电装置的设计主要是针对偏远山区家庭用户和供电紧张城市用户。一般输出端电压 U_4 的取值为 220 V/50 Hz,考虑到电路中电阻、电感消耗和其他能量消耗,所以整套系统的参数取值可设定为:最大输出功率 2 kW;逆变器直流母线端电压峰值 $U_{2min}=205$ V, $U_{2max}=210$ V;三相风力发电机线电压峰值 $U_{1min}=155$ V, $U_{1max}=161$ V, CVT 的 MPPT 式恒压控制值 $U_{1c}=158$ V;太阳能蓄电池直流电压峰值 $U_{3min}=215$ V, $U_{3max}=221$ V, CVT 的 MPPT

式恒压控制值 $U_{3c}=218$ V;交流保险丝熔断值 9.1 A;直流保险丝熔断值 10.1 A;电流传感器 1 报警值 $I_1=8.0$ A,电流传感器 2 报警值 $I_2=7.2$ A,电感值 $L=1$ mH。

利用 Matlab 仿真软件,对风电系统和光电系统在电流闭环控制基础上进行 CVT 的 MPPT 仿真,波形如图 4 和图 5 所示。

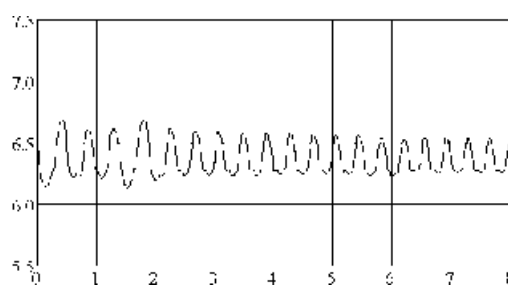


图4 MPPT 风电装置充电波形

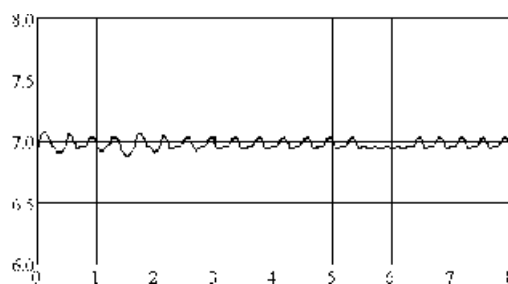


图5 MPPT 光伏电池充电波形

由充电波形图可以看出:采用此控制方式后,风电装置的充电电流波动较小,而光电装置的充电电流波动很小,这样风电系统和光电系统输出电压即可稳定在一定范围内,也不会造成大的电流冲击,而波动造成的谐波可利用输出端的滤波稳压器消除,这也说明了这种新方法——双峰值检测法的可行性。

5 结语

整套发电系统运用计算机控制技术,以新型控制方法——双峰值检测法为控制策略,把风电系统、光电系统、柴油机发电系统有机地结合在了一起,实现了以风能发电为主,光能发电为辅,柴油机发电作为后备的完善发电方法,具有过电流和过电压的完善保护功能,能向家用负载提供不间断供电,可解决边远地区和供电紧张城市用户

用电困难的问题。但在实际应用中,本文中一些系统参数只供参考,可根据不同用户设计最佳使用参数。

参考文献

- [1] Jia Yaoqin, Yang Zhongqing, Cao Binggang. A New Maximum Power Point Tracking Control Scheme for Wind Generation [A]. Proceedings of International Conference on Power System Technology [C]. Science and Technology Press, 2002, 144-148.
- [2] Tomas Markvart. Sizing of Hybrid Photovoltaic-Wind Energy System[J]. Solar Energy, 1996, 57(4): 277-281.
- [3] 李安定. 太阳能光伏发电系统工程[M]. 北京:北京工业大学出版社, 2001.
- [4] 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.

作者简介

刘 畅(1981-),男,硕士,专业:电力电子与电力传动,主要研究方向为电力电子技术及应用。

张庆范(1949-),男,博士生导师,教授,山东大学控制科学与工程学院电力电子专业学术带头人,电力电子与电力传动研究所所长,主要研究方向为电力电子技术及应用、安全科学技术。

胡顺全(1976-),男,副总工,主要研究方向为 DSP,变频器。

[课题背景]

山东新风光电子科技发展有限公司以生产大功率变频器和逆变器为主,是一家有竞争力、资本雄厚的现代化企业。笔者在此公司做课题研究,参与风能-太阳能 IGBT 逆变器的研发工作,并提出了一种新的控制方法——双峰值检测法,得到了该公司副总工胡顺全和导师张庆范教授的大力帮助与支持。

德州仪器针对通信与计算应用推出新一代数字电源系统控制器

日前,德州仪器(TI)公司宣布推出了第三代 Fusion Digital Power™ 控制器 UCD9240 以及全新插入式模块,进一步升级当今电源系统管理的智能化程度。这种全配置且功能丰富的电源管理产品,实现了对多达 4 个独立数字控制环路和 8 种相位的数字化管理,同时还将轻负载条件下用电效率提高了 30%。

如今,以 Sun Microsystems 为代表的领先电信与服务设备供应商正不断寻求管理多种电源相位的新方法,以针对系统变化迅速做出反应。TI 的 UCD9240 系列集成电源系统控制器具有最高密度与出色的性能特性,可快速适应系统所需。

适用于负载点系统的数字电源驱动器

TI 的四通道输出多相位 UCD9240 电源系统控制器采用 250 ps 分辨率的数字脉宽调制 (PWM) 技术,并可通过图形用户接口 (GUI) 进行全面配置,实现对 DC/DC 负载点电源转换进行监测、控制与管理。GUI 配置功能使设计人员能够对电源电压、电流阈值与响应、软启动、容限、排序、跟踪、相位管理、环路响应、风扇控制以及其它众多参数和功能进行全面的智能管理。

UCD9240 采用 Fusion Digital Power 外设,可实现全数字环路控制,并支持高达 2 MHz 的开关频率。该控制器正常工作时的最小电源电流仅为 40 mA,支持高达 100 条 PMBus™ 接口指令,可实现电源的控制、配置和管理功能。

相位管理功能

UCD9240 控制器支持独特的相位管理功能,使电源能在负载范围内实现高效工作。相位管理功能使用户仅打开为负载供电对应的电源相位且同时关闭其他电源相位,从而确保电源相位与负载供电相位匹配。此外,UCD9240

还能让用户根据工作条件优化环路响应,在负载范围内满足可接受的瞬态响应要求。

插入式电源模块

除了新型控制器系列外, TI 还推出了两款新型插入式电源模块,为 UCD9K 系列控制器带来高度的可配置性,从而进一步简化 DC/DC 转换器设计。PTD08A010W 与 PTD08A020W 10A 与 20A 模块集成了感应器、FET 与 TI 的 UCD7230 驱动器,还支持电流检测功能与集成短路保护功能,从而能够在确保电源稳定工作的同时保护系统。

可配置的设计工具简化了数字电源设计工作

TI 的可配置设计工具使设计人员无需任何编程工作,就能配置、设定具体标准,以监控电源系统,免费的设计工具能够配合各种 UCD9K Fusion Digital Power 控制器工作,更提供实时监控、建模与仿真功能,以便对电源系统进行数字化管理。

不断壮大的数字电源产品系列

TI 提供种类繁多的数字电源 IC 产品,以便在简单易用的可视开发环境中以高系统智能与性能实现电源系统的数字控制。从 Fusion Digital Power 系列的 UCD9K 与 UCD7K 控制器和电源驱动器到基于 DSP 的全面可编程高性能 TMS320F28x 控制器, TI 数字电源解决方案针对多种应用领域进行了优化,从负载点到高功率 AC/DC 转换器等无所不包。

供货情况

TI 的 UCD9240 电源系统控制器现已开始提供样片,该器件采用 64 引脚 QFN 封装。PTD08A010W 与 PTD08A020W 10A 与 20A 模块现已提供样片。上述所有产品都将于 2007 年第四季度投入量产。