

风力光照 LED 路灯控制系统的研究

司志泽 陈志军 安典强

(新疆大学电气工程学院 新疆 乌鲁木齐 830047)

摘要: 为了研究基于风光互补的 LED 路灯控制系统,通过分析风力发电、光伏发电各自的特点选择最大功率控制方法,针对蓄电池的种种弊端,采用了铅酸蓄电池与超级电容混合储能方式,设计了一个风力光照互补的发电控制系统,对 LED 路灯进行供电控制。理论证明这种由风能和太阳能供电的离网照明系统,将解决目前路灯系统存在的诸多弊端,有着广阔的前景。

关键词: 风光互补;混合储能;MPPT;LED 路灯

Abstract: In order to study the control system of LED street light based on wind and solar, and considering the drawbacks of battery, a lead-acid battery and ultra capacitor hybrid energy storage model is used through the analysis on the characteristics of wind power generation and photovoltaic power generation to select the maximum power control method, and a wind and solar generation control system is designed to control the power supply for LED street lights. It is proved by the theory that off-grid lighting system with wind power and solar power could solve many drawbacks of the current street lighting system, which has a broad prospect.

Key words: wind and solar complementary; mixed energy storage; MPPT; LED street light

中图分类号: TM762 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2013)03-0091-04

0 引言

人类社会的飞速发展离不开能源的支持。随着生产力的发展、社会的进步和经济的高速腾飞,能源短缺和环境保护已经成为社会发展和能源开发最重要的研究课题。风能和太阳能是目前应用比较广泛的两种可再生能源,太阳能和风能与其它常规能源相比在利用上具有取之不尽、用之不竭、就地可取、分布广泛、不污染环境、不破坏生态、周而复始、可以再生等优点。将风能和太阳能这两种自然能源结合起来,两者在时间上和地域上都有很强的互补性。白天太阳光最强时,风很小,夜晚光照很弱时,风能加强。夏季,太阳光强度大而风小,冬季,太阳光强度弱而风大。晴天,阳光充足,雨天,风较大^[1]。而对于新疆来说,这种对比更为明显,新疆白天光照时间可长达 16 h,风力资源更是举全国首位。因此在新疆太阳能和风能结合构成风光互补发电系统在资源配置上是最佳的。

1 系统设计

风光互补发电系统的典型结构如图 1 所示。整个系统由发电部分、控制器和负载 3 部分组成。发电部分由风力发电部分和太阳能光伏发电部分组成,能量存储环节由蓄电池来承担,引入蓄电池的主要目的是为了尽量消除由于天气等原因引起能量供应和需求的不平衡,蓄电池在整个系统中能起到能量调节和平衡负载的作用;能量消耗环节就是各种用电负载,可分为直流负载和交流负载两类,交流负载连入电路时需要逆变器。

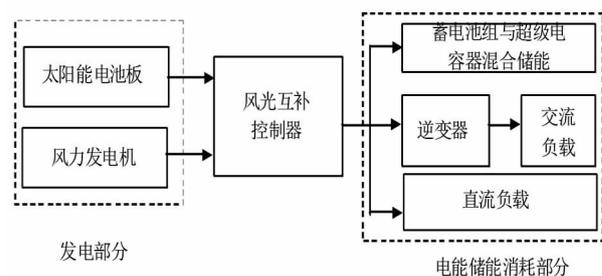


图 1 风力光照互补发电系统结构图

2 风光储发电的特点及应用于 LED 路灯的优缺点

发电部分包括风力发电和光伏发电组成。

2.1 风力发电

风力发电通常采用最大功率点跟踪(MPPT)控制方法,而此方法大致分为3类:叶尖速比控制、最大负载功率曲线控制、最大功率点搜索控制。本设计选择了最大功率点搜索控制法。最大功率点搜索控制法又称作爬山搜索法,在某一风机转速下,风机输出功率达到最大值,也就是最大功率点。最大功率搜索控制法的基本控制思想就是通过搜索控制找到这个最大功率点。

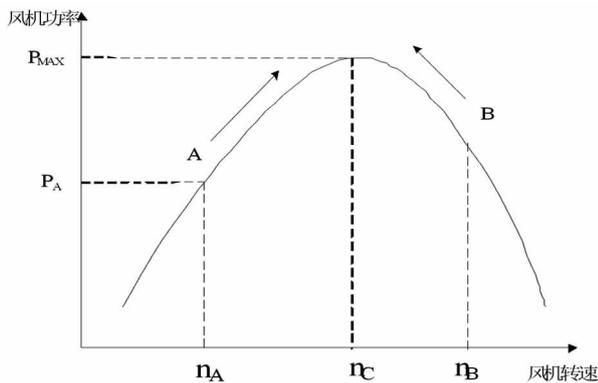


图2 风机的功率输出曲线

所设计的小型风光互补发电系统控制器的风力发电控制部分,在以往最大功率点搜索法控制基础上,加以改进,增加了控制精度,采用了变步长扰动的最大功率点搜索法。设计在某一风速下,风机的功率输出曲线如图2所示,从图中可以看出,风机的转速 n_c 点对应着风机最大输出功率 P_{MAX} 。若风机未工作在最佳点,假设工作在A点,这时用步长 d_1 对风机转速进行扰动,扰动后风机的输出功率为 P_2 ,进行比较。若 $P_2 > P_A$,则说明扰动方向正确,继续向该方向扰动;若 $P_2 < P_A$,这说明扰动方向不正确,用同样的步长 d_1 ,向相反方向扰动,进行比较;若向两个方向扰动均得到 $P_2 \leq P_A$,则改变步长,用步长 d_2 ($d_2 < d_1$)重复上述步骤,用步长 d_2 的大小可以视实际情况而定。风机的由工作点A逐渐逼近最佳工作点C点。当步长 d 的值小于 d_{min} ($|d| < d_{min}$)时,停止扰动,此时风机近似工作在最大功率点附近。其控制框图如图3所示。

最大功率点搜索控制法不需要测风速的设备,也不需要知道风机的准确功率特性曲线,系统有自

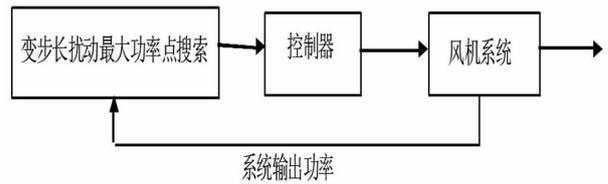


图3 最大功率点搜索控制框图

动跟随与自适应的能力。在这种控制方案控制下,即使风速稳定,发电机的最终的功率输出也会有小幅度的波动,这种波动在系统调节上,是不可消除的,也是这个控制算法的一个缺点。但是,与一般的闭环控制系统不同,风力发电系统由于受风速的随机性与波动性的影响,其输出一般不需要十分高的精度与稳定,所以在允许范围内的小幅度波动是可以接受的。设计采用变步长扰动法,在一定程度上降低了这种波动程度。

2.2 光伏发电

光伏发电所利用的太阳能电池板的输出是非线性的,而且输出受光照强度、温度和负载特性的影响,所以需要实时控制调节光伏电池的输出电压,使其工作在最大功率点电压处,从而保证太阳能光伏电池板的输出功率保持最大值,采用了扰动观察法(perturb and observe methods P&O)。

光伏发电扰动观察法是最常用的MPPT控制方法之一。其原理是每隔一定的时间增加或者减少光伏电池端电压,并观测其后的功率变化方向,来决定下一步的控制信号。其控制框图如图4所示。

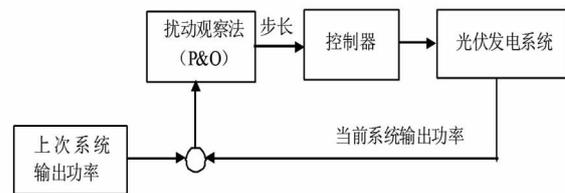


图4 扰动观察法控制框图

3 风光互补控制器

风光互补控制器由三相整流桥、防反二极管、DC/DC变换器等组成。风力发电机组产生的三相交流电通过三相整流桥,经过电容稳波后送入DC/DC BUCK变换器,得到蓄电池充电所需的直流电。为了防止反向电压损坏电池板,其产生的直流电通过一个防反二极管后,再送入DC/DC BUCK变换器。其中DC/DC环节即功率变换器,是电能变换的

核心部分,整个控制器重点就是控制BUCK变换器。

设计采用的是带有RCD型关断缓冲电路的Buck变换器,它的工作原理如下:通过在功率开关管的控制端施加周期一定、占空比可调的PWM驱动信号,使其工作在开关状态如图5所示。当开关管Q2导通时,二极管D9截止,给蓄电池充电,同时使电感L1能量增加;当开关管截止时,电感释放能量使续流二极管D9导通,在此阶段,电感L1把前一段的能量向负载释放,是输出电压极性不变且比较平直。滤波电容C12使输出电压的波纹进一步减小。显然开关管在一个周期内导通时间越长,传递的能量越多,输出的电压越高。其中R42、C31和一个二极管构成了RCD缓冲电路,对MOSFET的冲击起到了缓冲作用。采用的该款变换器,很好的保护了蓄电池,对整个电路的安全性有了很大的提高。

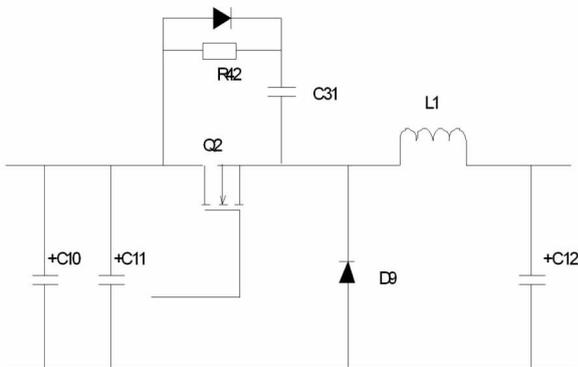


图5 带缓冲电路的BUCK变换器

4 电能储能消耗部分

电能存储消耗环节分为存储和消耗两个部分。

4.1 电能存储

电能主要由蓄电池组与超级电容器混合储能,它是整个风光互补发电系统的储能核心,它的主要作用就是消除由于天气等原因引起的能量供给和需求的不平衡,在整个系统中起到电能调节和平衡负载的作用。

在常用的蓄电池中,主要有铅蓄电池、碱性镍电池和铁镍蓄电池。其中铅酸蓄电池价格低廉、性能可靠、安全性高,且技术上又不断进步和完善,在小型风力发电及光伏发电中得到广泛的应用,但它存在如循环寿命短、功率密度低、维护量大等一些难以克服的缺点,占整个发电系统成本很高。而风光互补发电系统存在输入能量极不稳定、间隙性大等特

性,会导致蓄电池过早失效或容量损失,进一步加大了发电系统的成本,而且超级电容器功率密度大、充电电池能量密度高的优点,可快速充放电且寿命长,表现出卓越的储能优势。故所设计的小型风光互补发电系统选用的是铅酸蓄电池与超级电容混合储能。其电路如图6所示。

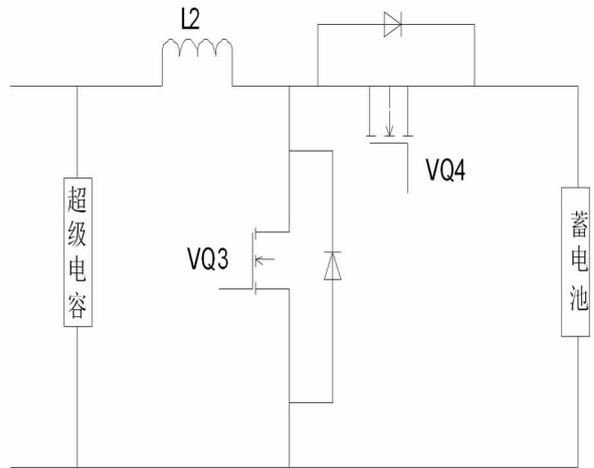


图6 蓄电池与超级电容混合储能电路图

超级电容的选型设计公式为 $C = \frac{I \cdot dt}{dV - I \cdot R_{ES}}$,

式中 dV 为超级电容放电期间端电压的变化量,它往往由一致的工作电压 (V_w) 与系统允许最小电压 (V_{min}) 的差决定; I 为超级电容放电电流,上述公式都是假设恒电流放电进行计算的,当电路电流不稳定时,应考虑以有效值计算。另外,由于超级电容本身有一定的漏电流,所以,它的值应该加上超级电容器的漏电流。 C 为超级电容器总容量,它可以是多个超级电容器串、并联的结果,其计算方法与普通电容器串、并联相同。即: $C = C_{sin} \cdot \frac{n_{par}}{n_{ser}}$, 式中: n_{par} 为超级电容器并联个数; n_{ser} 为超级电容器串联个数。

系统最大允许电压 (V_{max}) 决定超级电容串联个数 (n_{ser})。 $n_{ser} = \frac{V_{max}}{V_{sin}}$, 式中: V_{sin} 为单只超级电容器工作电压。

R_{ES} 为超级电容器总的等效串联电阻,它同样可以是多个超级电容器串、并联的结果,其计算方法与普通电阻串、并联相同,即: $R_{ES} = R_{ESsin} \cdot \frac{n_{ser}}{n_{par}}$ 。

对于储能蓄电池的选择,一般采用阀控式铅酸蓄电池,若选用单体电池 2 V 40 A 时,那根据计算超级电容器应采用容量为 1 000 F, 1.5 V/只的电容

器组8只串联。

4.2 电能应用

电能的消耗部分主要由卸载电路、直流负载、交流负载3个部分组成。根据用户的用电类型不同,负载分为直流和交流两种。直流负载可由蓄电池直接引入,也可通过一个升压或降压电路(DC/DC)来提供用户需要的直流电压。而交流负载需要设计DC/AC逆变器。卸载电路的主要作用是:当风速很高,但仍未达到过速保护状态时,系统仍需要给负载或蓄电池供电,为了减小大风给开关管及其电路造成的损坏,控制器可以开启卸载电路,使一部分功率在卸载电路消耗掉,从而减少大风对控制器的冲击。

5 LED 路灯

LED灯以发光二极管作为光源,是一种固态冷光源。具有寿命长、响应快、易集成、电流小、电压低、亮度高、节能佳、光分布易于控制、环保无污染等优点。随着技术的发展,LED控制技术有了很大的提高,其价格也随之降低,使LED光源在照明领域的应用将越来越广。LED光源直接由超级电容和蓄电池组成的混合储能装置供电,不需要逆变器,使得风光互补路灯系统的成本进一步降低。

6 结 语

对风力光照互补LED路灯控制系统的研究,解决了单一发电供电不稳定及能量不足的问题,对于

其中采用的LED等进行照明使其性价比大大提高,在电源方面采用了铅酸蓄电池与超级电容混合储能的技术,改善了单一蓄电池储能的循环寿命短、功率密度低、维护量大等一些难以克服及成本昂贵等缺点,在控制策略上采用最大功率点跟踪(MPPT)的控制方法,使其更好地利用资源,让该系统的每一部分都发挥最大的功效。

参考文献

- [1] 朱芳,王培红. 风能与太阳能光伏互补发电应用及其优化[J]. 上海电力, 2009(1): 23-26.
- [2] 李少林,姚国兴. 风光互补发电蓄电池超级电容器混合储能研究[J]. 电力电子技术, 2010(2): 13-14.
- [3] Gao L, Dougal R A, Liu S. Power Enhancement of an Actively Controlled Battery/Ultra Capacitor Hybrid [J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 2005, 20(1): 236-243.
- [4] 肖贵贤,汪有源. 风光互补发电系统的研究与应用[J]. 中国科技信息, 2009(22): 20-21.
- [5] 陈亚爱,金雍奥. 风光互补发电系统控制技术综述[J]. 电气传动, 2012, 42(1): 3-9.

作者简介:

司志泽(1987),男,硕士研究生,从事自动化装置与智能仪表的研究;

陈志军(1967),男,硕士生导师,副教授;智能信息处理和智能控制与系统开发;

安典强(1986),男,硕士研究生,从事风力发电机组故障诊断的研究。

(收稿日期:2013-02-19)

(上接第71页)

可靠性,为此建议将复龙一双龙双回500kV线路按两个单回建设,并将导线截面适当放大。上述研究成果已得到中国电力顾问集团公司有关专家的认可,推荐在实际工程中进行应用。

参考文献

- [1] 朱天游. 500kV自耦变压器中性点经小电抗接地方式在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 1999, 23(4): 15-18.
- [2] 王磊,徐丙华. 华东电网500kV自耦变压器中性点小电抗接地应用的研究[J]. 变压器, 2010, 47(5): 53-56.

[3] 朱天游. 三峡电站500kV主变压器中性点接地方式优化选择[J]. 电网技术, 1997, 27(5): 48-51.

[4] 程云志,叶幼君. 500kV自耦变压器中性点装设小电抗的应用研究[J]. 华东电力, 2006, 34(11): 59-61.

作者简介:

吴晓蓉(1981),女,工程师,从事电力系统一次及电网规划设计工作;

高强(1984),男,助理工程师,从事电力系统一次及电网规划设计工作;

郭明阳(1986),男,助理工程师,从事电力系统一次及电网规划设计工作;

刘强国(1946),男,教授级高级工程师,从事电力系统规划设计工作40余年。

(收稿日期:2013-01-10)