

[电动汽车]

风光互补高速公路电动汽车无线充电系统的研究

文/南华大学土木工程学院 崔 巍 陈姝伊 蒋盼盼

随着全球环境和能源问题的日益凸显，发展新能源电动汽车变得越发重要。为解决电动汽车续航能力差这一难题，研究在电动汽车长途行驶的服务区建立基于风光互补原理的电动汽车无线充电系统，充分利用高速公路地段的环境优势，将光能、风能转化为电能供电动汽车使用，达到为电动汽车续航的目的。

国家的政策引导使得电动汽车保有量快速增加，这将急剧增加电网供电压力；同时，由于电动汽车蓄电能力的限制，使得汽车的续航能力有限，必须在一定的距离内设置充电系统。高速公路地理位置偏僻，由市政电网供电时，较长的供电距离使得投资增加，并且会产生较大的电能损耗。本文研究将风光互补发电系统用于高速公路服务区，向电动汽车进行无线充电尽可能减少由市政电网向充电系统供电，并降低能量损耗。

输出电路组成，结构如图1所示。其中的供电系统是整个系统的关键，供电系统由风能发电模块、光伏发电模块及市政电网供电模块三部分组成。汽车充电取自蓄电池，当汽车充电完成后，充电管理系统检测到蓄电池处于亏电状态时，将对供电系统的三个模块信息进行采集，并根据反馈信息选择其中一种供电模式为蓄电池进行充电，直至蓄电池处于电能饱满状态，等待输出，供电模式设置为风能发电模块与光伏发电模块优先。

风光互补高速公路电动汽车无线充电系统组成

风光互补高速公路电动汽车无线充电系统主要由充电管理系统、供电系统系统、储能部分和

风光互补高速公路电动汽车无线充电系统设计

1. 风光互补发电系统

目前，风光互补发电技术已经趋于成熟，图2

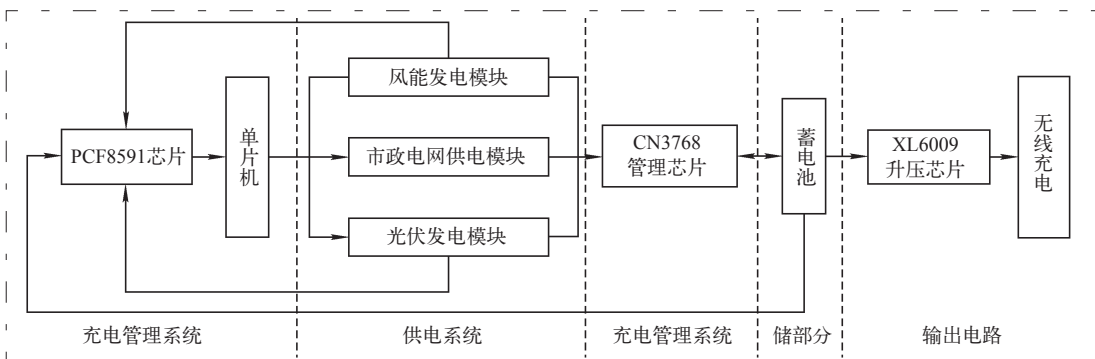


图1 风光互补高速公路电动汽车无线充电系统

为典型的风光互补发电系统原理图,发电系统主要由风力发电机组、太阳能光伏电池组、控制器和蓄电池等部分组成。风力发电系统是利用风力机将风能转化为机械能,通过风力发电机将机械能转化为电能,再通过控制器对蓄电池充电;光伏发电利用太阳能电池板的光伏效应将光能转化为电能,然后对蓄电池充电。风光互补发电利用了风能、太阳能的互补性,可获得较稳定的输出,根据地区气候进行合理地设计与匹配,以保障汽车充电使用。市政电网供电可作为极端天气条件下的一种应急保障供电方式,正常条件下主要使用风光互补发电系统,可以基本上不使用市政电网供电。



图2 风光互补系统发电原理图

2. 储能系统

蓄电池蓄能系统主要是利用电极之间的氧化还原反应实现电能的转化储存。目前市面已得到广泛应用的主要储能电池类型有:铅酸电池、镍镉电池、钠硫电池和锂离子电池。其主要参数如下表所示。

表 动力电池主要类型及参数

电池类型	比能量 /(Wh/kg)	比功率 密度 /(W/hl)	比功率 /(W/kg)	循环 寿命 /次	成本 /元
铅酸 电池	30~45	60~90	200~300	400~600	150
镍镉 电池	40~60	80~110	150~350	600~1 200	300
钠硫 电池	100	150	200	800	250~450
锂离子 电池	90~130	140~200	250~450	800~1 200	200

由于储能系统使用范围较广,且使用环境不稳定,故应优先从成本及安全的角度考虑选择成本低廉且工作过程较为稳定不易出现安全事故的电池类型。铅酸电池所用材料及工作要求较其他类型蓄电池低得多,且有较高的密封性,在大电流放电过程中不易发生意外,即使有所泄露,其正负极以及电解液也不会引发较大的事故,因此在该系统中选择铅酸蓄电池作为储能元件。

3. 充电管理系统

根据麦斯充电定律,蓄电池在充电过程中,

如果充电电流大于可接受曲线时,电池的充电时间不仅不会缩短,而且会因为极化现象而引起析气反应,此时流入电池的能量反而会降低,充电时间也随之延长;当充电电流小于可接受曲线时,这也毫无疑问将会延长充电的时间,降低充电效率。

电池可接受充电电流曲线表达式为

$$I = I_0 e^{-at}$$

式中, t 为充电时间; I 为充电过程中, t 时刻电池可接受的最大充电电流; I_0 为电池开始充电时可接受的最大充电电流; a 为衰减率。

由以上分析可知,在充电过程中,应确保充电过程中电压电流维持在可接受曲线范围内,才能使充电过程更加高效。

并且风光充电系统以蓄电池作为储能元件,由于蓄电池容量有限,不可能无限地储备电能。综上,需对蓄电池的充电进行管理,充电管理系统分为充电监测和充电控制两个部分。

(1) 充电监测

该系统会对充电过程中三方面进行监测:蓄电池中剩余电能、三路充电方式供电质量、充电电流及电压。通过CN3768芯片实现对充电过程中蓄电池已储备电能的监测,以保证蓄电池能够时刻保持充足的电能。

采用PCF8591芯片采集三路供电的电压信息,对充电质量进行监测,以保证系统能够选择较合理的充电方式;对充电过程中的电压/电流进行监测,以保证充电过程更加高效。

(2) 充电控制

本系统采用单片机来控制三路充电源的充电电路通断,工作时首先由CN3768芯片采集蓄电池的电压,判断蓄电池是否需要充电,若不需要,则循环该过程直至电量不足;若需要,则采用PCF8591芯片来采集风机充电模块和太阳能板充电模块的电压信息,并将这些信息反馈给单片机,接通电压较高的充电模块端子的继电器,由此模块完成充电工作。若出现极少数较为恶劣的环境情况,风机充电模块和太阳能板充电模块均无法工作,为保证供电的可靠性则接通市政电网的继电器,由市政电网给蓄电池充电,充电过程持续至蓄电池所储存的电能达到饱满状态时停止。

4. 输出电路

目前电动汽车充电方式主要有两种:有线充电与无线充电。对于有线充电,频繁插拔将造成

插座磨损、老化，产生电火花；线路破损会带来漏电等安全隐患，对风暴霜冻天气的适应性也较差，而无线充电方式将发射线圈埋入地下，不占据地上空间且无外漏接口，具有运行安全、便捷灵活、维护成本低和用户体验好等优点，考虑该系统的使用环境，宜选择无线充电方式。

本系统选用目前在电动汽车无线充电领域应用较广的充电方式为磁耦合谐振式无线传

电，并且在发射端和接收端加入调谐网络，进一步提高传输距离，如图3所示。磁耦合谐振式无线输电技术使得系统在中等距离（传输距离几倍于传输线圈的直径）传输时，仍能得到较高的效率和较大的功率，且电能传输不受空间非磁性障碍物的影响，更适用于电动汽车大气隙（15~45 cm）、高效率（>85%）和大功率（kW级）的技术需求。

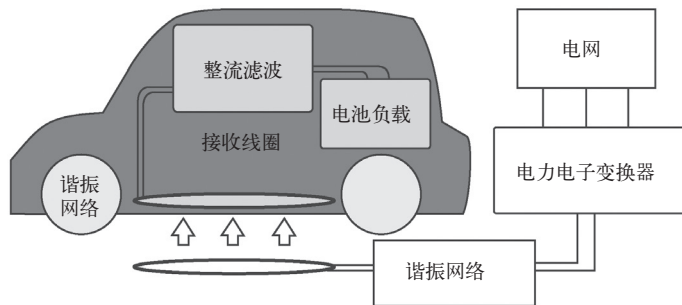


图3 典型电动汽车无线充电系统基本结构

优缺点与应用前景分析

1. 优点

风光互补的发电系统可节省大部分电能，也尽量避免了由市政电网供电时其长途输电线路产生的较大损耗，减轻了市政电网的供电压力，同时三路供电方式确保该系统的供电可靠性。

充电管理系统可通过对蓄电池中剩余电能、三路供电质量、充电电流及电压四方面进行监测，对充电开关、充电方式等进行管理，使该系统的储能效率达到最高，同时也可保证系统一直处于可输出的状态。

选用铅酸蓄电池作为储能设备，铅酸蓄电池为如今市面所使用的众多电池种类中最为安全稳定的一种，并且其经济成本较为低廉，使用寿命较长。

电能输出方式选择磁耦合谐振式无线传输方式，相较于传统有线充电，无线充电方式更能够适应天气较为不确定的工作环境，且其敷设在地下，不占据地面位置，提高了充电区域的空间利用率，无较多线路不存在安全隐患，目前该技术已经较为成熟。

2. 缺点

在发电系统部分，由于不同地区的气候条件不同，将导致系统在该地区的发电效率不同，同时车流量不同导致充电负荷在时空上分布不均匀，故发电系统的规模以及该系统在地理上的分布需根据不同地区气候环境进行仿真模拟后再进行设计计算，个别区域环境不宜设置该系统；

在电能输出方面，由于该系统采用无线输出方式，其抗偏移能力、输出线圈的材料、形状以及与车载线圈的合理装配均会对充电效率产生巨大的影响，故在无线充电部分的效率以及便捷性提升方面还有待研究。

3. 应用前景

随着电动汽车的不断普及，市政电网的供电压力将不断增加，且将会产生巨大的能源损耗，而该系统主要电能来源为风能及太阳能，根据估算，全国各地太阳能年辐射总量可以达到335~837 kJ/(cm²/年)，年日照时间在2 200 h以上的地区至少占国土面积的2/3以上；而全国离地10 m高度估算的陆地风能资源大约为32.26 kW，海上的风能则更加充足，大约7.5亿kW。所以，该系统的普及将会在极大的程度上减少市政电网的供电压力，同时也减少了电能的损耗。

结束语

随着化石能源的逐渐短缺，传统汽车日渐被新能源汽车取代，电动汽车的使用量越来越大，风光互补高速公路电动汽车无线充电系统可弥补电动汽车行驶距离短这一缺点，响应国家加快完善充电体系以及节能减排的号召，加强高质量的便捷充电设施的应用与普及。本文的研究成果可为电动汽车的无线充电装置提供有力的技术参考。EA

(收稿日期：2019.03.01)

(编辑：朱金凤)