

动态无线电能传输系统的优化设计

李亮

(河南质量工程职业学院 河南 平顶山 467000)

[摘要]随着煤、石油、天然气等消耗型能源日渐短缺以及环境问题日渐加剧,新能源汽车、列车无轨电车等交通工具以其自身低能耗、无污染等优势得以快速发展。这一背景下,有必要设计良好性能的动态无线电能传输系统。本文立足于电磁能量传输鲁棒性、电磁生物安全性、产品标准化能力等关键维度,对动态无线电能传输系统进行优化设计,以期推动我国动态无线电能传输技术快速应用。

[关键词]无线传输; 动态无线电能传输; 磁耦合谐振; 关键维度; 优化设计

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.425

自从人类发明电能以来,便与电能产生了密不可分的联系。当前,人们在日常生活中电气化程度越来越高,电能应用领域越来越广。无线电能传输系统以应用于电子设备、物联网领域、工业机器人等领域。由于传统电能传输中存在的传输耗能、线路老化等问题从而为一些易燃易爆的特殊场景供电线路设计带来困扰。无线电能传输作为一种新型技术有效避免了供电场景限制与安全性等弊端。现如今,无线电能传输技术已朝着更广泛的领域渗透,部分技术研发成果以达成产品商业化。

一、无限电能传输技术简介

无线电能传输技术最早于19世纪中后期由电气工程师尼古拉·特斯拉提出^[1]。这种传输模式相较于传统的利用电缆线输送电能方式更加安全、便捷与可靠。目前研究较多且发展进程较快的无线电能传输模式为磁耦合无线电能方式。本文从能量传输原理视角对磁耦合无线电能传输系统进行详细阐述,并从能量收发耦合空间对位位置变化角度进行分类描述。

(一) 静态无线充电系统

静态无线充电系统将电磁场作为技术应用的核心原理,使用高频电源、电磁耦合装置、能量转换模块与静止负载当做电能流通主线路^[2]。配合集成检测、通信、控制与电路过载保护装置,电能收发端借助高频电磁场达成静止负载充电。这种方式主要应用于电子设备、智能家电与数智化医疗器件等功率要求较小以及新能源汽车与工业机器人等大功率能力传输场景。

(二) 动态无线供电系统

动态无线供电系统亦是利用电磁场作为技术核心原理,其主线路构成与静态无线充电基本相同,只是将静止负载改为移动负载。同时配置有集成检测、传感、通信、控制与电路过载保护装置。收发装置主要凭借高频动态电磁场达成移动负载供电的实效性。与静态无线电能供电系统相比,动态无线供电系统采用感应耦合与电磁谐振配合工作的模式。两者最大差异在于电磁耦合系统结构构建、补偿机制与控制方案等方面。动态无线供电系统主要应用于高铁列车、有轨电车与电动汽车等无线电能传输场景^[3]。

(三) 准动态无线电能传输系统

准动态无线电能传输系统的设计与静态无线充电技术线路设计较为相似,但准动态无线电能传输系统技术成熟度与场景构建难度与经济性处于静态系统与动态系统之间。动态无线电能传输系统主要是应用于移动受电体,以及缓慢移动或短暂停车时为汽车车载储电装置进行充电。准动态无线电能传输系统在降低建造成本的同时提高了无线电能传输经济性,有效提高电能发射端与电能接收端磁场的耦合协调,进而达到无线电能高效传输的目的^[4]。

二、动态无线电能传输系统设计的关键维度

(一) 电磁能量传输鲁棒性

在动态无线电能传输系统中,电磁耦合结构震动与电线路的横向偏移无法完全避免。这些问题会直接影响系统运行的稳定性。并且已有研究指出,系统运行环境条件不同,对系统的影响程度也存在差异。当环境条件整体较为理想时,受电体受到的影响较为轻微,仅在受电品质上有所下降。当运行环境较为恶劣时,受电体功率器件存在损毁风险,进而停止运行。是

以,如何实现高鲁棒性控制方法,抵抗外界扰动,进而保证受电体稳定可靠,是动态无线电能传输系统设计时的基本需求之一。

(二) 电磁生物安全性

在动态无线电能传输系统设计时,生物安全性一直是产业化应用的重要问题。现阶段,国内关于无线电能传输中的电磁安全性研究较少,国外学者则进行了一定程度的探索。如美国喷气推进实验室中对太阳能发电卫星的无线电能传输安全问题研究中,提出生物长期处在过量的电磁环境中,很可能导致身体机能的损坏。日本名古屋工业大学则以MIT无线电能传输系统为研究对象,将电磁安全性化为三个层次。

(三) 多目标参数组合最优化

动态无线电能传输系统涉及到的时变参数较多,诸如耦合系数、品质因素、电源频率、发射阻抗等参数均在其内。这些参数彼此关联,相互影响。要想最大化发挥系统效能,必须对各参数之间定量关系有一个明确分析。因此,在动态无线电能传输系统设计时,如何综合考量,实现参数组合的最优解始终是核心需求之一。

(四) 产品标准化能力

动态无线电能传输系统要想实现不同应用场景下的大范围推广,必须具备一定的产品标准化能力。事实上,对于无线电能传输的相关标准始终是国内外的重点关注对象。国际层面,针对不同功率及相应的运输均出台了相关规定。目前,全球已有PMA、A4WP与Qi三大技术在市场应用领域的使用标准。2015年6月,PMA与A4WP正式结合为AirFuel无线充电联盟。我国对无线电能传输系统的使用标准设定亦在加速推进中。2018年12月,中国通信工业协会《移动终端无线充电装置》正式出台,明确18kg及以下的无线充电设备的安全性、环境匹配度以及性能要求等相关规范与检测办法。

(五) 多发射源多负载技术

动态无线电能传输系统设计过程中,必须思考的一点是不同应用场景环境下负载的供电要求,因为电磁耦合系统结构经常面对单对单、单对多及多对多的无限电能传输的情况。是以,在设计传输系统时,必须考虑不同场景环境下多负载与多发射源之间充电协调配合困境,以能保障动态无线电能传输系统的整体稳定运行。

三、动态无线电能传输系统优化

(一) 设计总体思路

由于文章研究的是无线电能传输级,因此将无线电能传输级输出侧级联可控DC/DC模块作为整体设计思路。其中,初级侧涵盖三组初级线圈,且每组线圈都有一组补偿网络与逆变器相对;而次级线圈则与一组补偿网络与整流器相对。

(二) 实现硬件电路

首先,实现功率电路与驱动电路模块。由于此二者是系统实现稳定输出功率的基础,因此该模块十分注重电路拓扑选择与器件选型。要想实现高效、稳定转换电能与磁场能,那么初级线圈与刺激线圈之间的强磁场必须是高频的。具体而言,初级侧需要设计一个逆变电路,以此将系统中的直流电转换为高频交流电,进而将交流电传输至补偿网络。通过这一过程,最

终实现在初级线圈附近激发出高频强磁场，实现电能的隔空传输。其次，采用脉冲宽度调制控制功率总开关。驱动电路需要放大控制芯片生成的PWM信号功率，并将这一信号传送至对应开关管，以此实现开关的通断。值得注意的是，控制电路与主功率电路之间需要隔离电器，进而确保驱动信号的稳定性与高质量。最后，整流电路。就无线电能传输系统而言，次级侧补偿谐振网络实现高频交流电输出，因此需要对其进行整流。为更好适应大功率场合，本文将采取全桥整流电路。

(三) 时序同步与控制

由于初级侧相邻线圈电流相位变化能够显著影响系统电压增长。因此，为稳定输出，需对初级侧各逆变器进行时序同步处理（见图1）。通过图1可以有效实现初级侧相邻线圈之间电流相位的时序同步。另外，在传输同步信号时，传统杜邦线极易受到电磁干扰，故本文将采用光纤模块进行信号同步传输，增加传输信号中的稳定性。

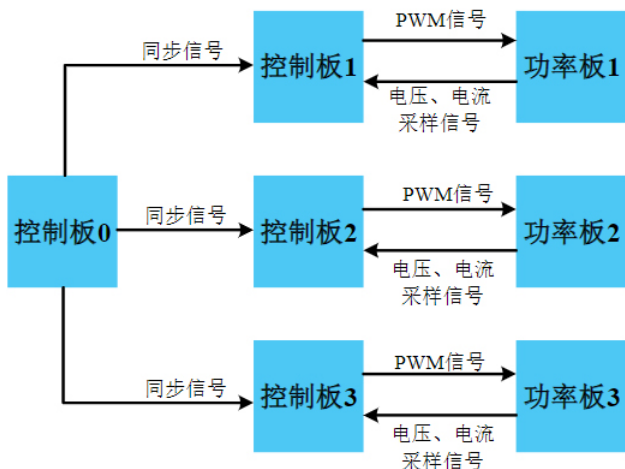


图1 同步控制方案

(四) 设计软件控制算法

当系统处于启机后，将进入程序初始化，开始检测系统输入内容。其中包括输入电压、电流等多方面。若检测到输入过压、欠压以及过流中的任一项，控制芯片则会强制开启关闭进程。系统启机的瞬间，逆变器输出电流会不可避免的出现震荡，为避免震荡产生的影响，则需采用“两段式”软启动策略。其一，借鉴hiccup mode电流保护思想，在启机的初始阶段，先设置一个较低等效占空比，用以打开PWM波。在系统运行一段时期后，再将PWM波进行关闭，并对这一过程循环执行，直至下一阶段的软启动开始。

参考文献：

[1] Nikola T. APPARATUS FOR TRANSMITTING ELECTRICAL ENERGY: US 1119732 [P]. 1914-10.
 [2] 谢辉煌. 磁耦合谐振式无线电能传输系统的研究与优化 [D]. 福建工程学院, 2019.
 [3] 薛明, 杨庆新, 章鹏程等. 无线电能传输技术应用研究现状与关键问题 [J]. 电工技术学报, 36 (8).
 [4] 廉世杰. 无线电能传输发展动态及新趋向 [J]. 数字通信世界, 2018, 165 (9).

作者简介: 李亮, 汉, 男, (1984.03.03), 河南省泌阳县人, 本科, 河南质量工程职业学院讲师, 研究方向: 电子科学与技术

(上接第431页)

要对道路节点进行针对性的设计。为了设计出更加合理的道路建设方案，工作人员就必须对道路建设的环境进行了解，这样才能够进行针对性的方案设计。在设计的过程当中，相关工作人员必须要遵循道路设计的协调性。例如在进行交叉口道路的设计过程当中，工作人员必须要对齐交叉口的的位置，以及其交通通行的流量进行匹配设计，这样才能够有效的进行交通节点的改进，使其空间环境得到有效的改善，从而使其道路得到协调。因为在道路设计过程当中，其主要的目的是为居民服务，所以在设计过程当中，设计人员必须要以人为本，想城市居民所想，这样才能够设计出更加合理的道路建设方案。相关设计人员应当了解道路的整体流量以及行人的感受，这样才能够设计出更加合理的方案。除此之外，设计工作者在进行设计的过程当中，应当实行节约原则。为了遵循节约的原则，设计工作者需要在保障道路质量的前提之下，对施工的整体成本进行有效的节约，避免资源的浪费。

(三) 重视交叉口的设计

在市政道路的设计过程当中，必然会遇到交叉路口的设计。而在进行交叉口设计的过程当中，设计工作者需要对其交叉口的具体车流以及人流量进行了解，然后再根据其数据来进行相关的设计。在道路的设计过程当中，工作人员需要科学的规划道路的坡度以及车辆在行驶过程当中时速进行设计。除此之外，设计工作者要尽可能的利用环保材料来进行道路的方案设计，从而避免市政道路工程对周边环境产生较大的影响^[4]。

(四) 提高道路的空间利用率

为了使市政道路工程设计拥有更高的效率，设计工作者在进行设计的过程当中，最大程度的实现市政道路的空间利用率。例如在进行道路的设计过程当中，可以根据其环境考虑道路地下空间集约化设计，以此来提高道路的空间利用率，提高市政道路设计的有效性。

五、结束语

城市化进程在一定程度上能够体现出一个国家的发展水平，为了使城市化的建设拥有更加高的质量，市政道路项目的建设必不可少。而在进行市政道路工程过程当中，其设计工作十分重要，其能够保障整体的施工质量。而在市政道路工程的实际设计过程当中，会出现许多的影响因素，如人员影响、技术影响等。这些因素都会影响到市政道路工程的设计质量，所以为了使市政道路建设拥有更高的质量，相关工作人员就需要进行思考，不断进行自身专业知识，提高自身设计水平，从而促进道路工程行业的发展。

参考文献：

[1] 王忠东. 加强市政道路施工管控提高工程质量的策略研究 [J]. 四川水泥, 2020, 292 (12): 131-132.
 [2] 胡石. 分析市政道路工程施工质量控制标准及管理 [J]. 四川水泥, 2019, 000 (009): 32.
 [3] 罗远洋. 浅析市政道路工程施工组织与管理问题及对策 [J]. 中国房地产业, 2019, 000 (002): 251.
 [4] 徐诗文. 刍议市政道路工程施工质量控制策略 [J]. 机电信息, 2020, 615 (09): 105-106.