

第十三届全国大学生智能汽车竞赛 节能组无线充电系统说明

一、概述

1、用途

在第十三届全国大学生智能汽车竞赛竞速类节能组比赛中,要求参赛车模通过无线电磁感应方式从赛道发车区内的电能发送线圈中获取电能,存储在车模中的法拉储能电容内,为车模运行电机和控制电路提供电源。为了考察车模节能性能,车模在上场比赛前需要对车模中储能电容进行完全放电(电容端电压小于 0.1V),电能发送线圈开始工作后便开始比赛计时。因此,节能性能好的车模所需电量少,从而反映到充电时间小,提高了比赛成绩。

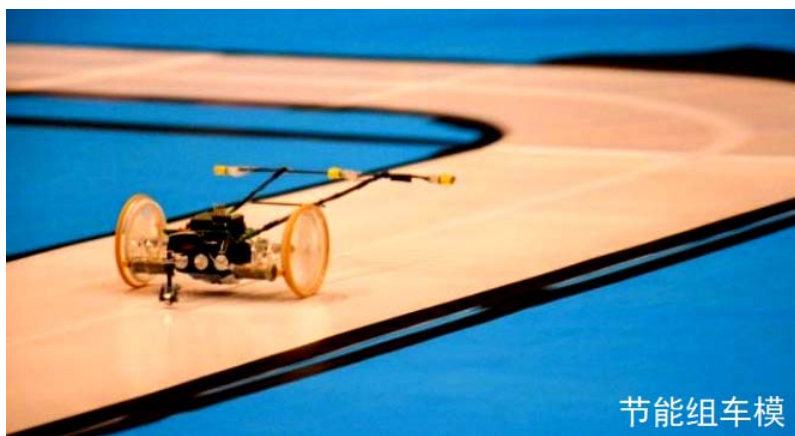


图 1 运行在赛道上的节能车模

根据节能组比赛任务要求,参赛车模需要在封闭赛道上运行两圈。充电过程和行进两圈过程总时间作为比赛成绩用时。车模可以选择一次充电直接运行两周的比赛方式,也可以选择两次在起跑线区域进行充电的比赛方式。两次充电方式允许车模可以根据一圈运行消耗电流决定第二圈充入电量的多少,从而实现最佳充入电量。

车模通过无线电磁感应获取电能需要通过无线电能发送模块和无线电能接收模块共同完成。电能发送模块是由竞赛组委会统一提供并部署在比赛赛道中。无线电能接收模块则需要参赛队伍自行设置制作,独立完成。

2、组成

电能无线发送模块包括有控制与高频功率信号输出电路、发射线圈以及工作电源组成。

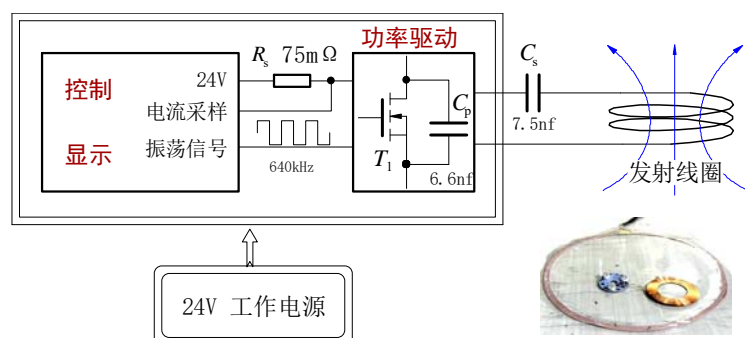


图 2 电能发送模块组成框图

(1) 控制与高频功率信号输出电路

将直流电源转换成高频交流信号对发送线圈进行激励，控制发送功率以及显示工作状态。

(2) 发射线圈

采用多股纱包线绕制成空心线圈，部署在赛道下面。接收高频功率输出的高频电流，形成高频交变磁场。

(3) 工作电源

为了电能无线发送模块提供工作电源。额定工作电压为 24V/3A。

二、规格说明

1、发射线圈

使用直径为 1mm 的多股纱包线绕制成直径 200mm 的空心线圈，绕制 5 匝。电感量大约在 12.6uH。

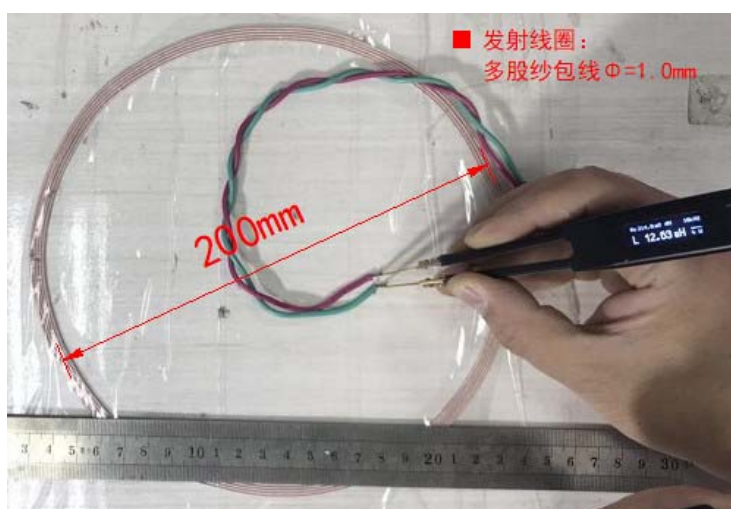


图 3 电能发送线圈规格

2、高频工作电流

高频电流功率输出部分采用了并联电容型 E 类高频功率放大电路，等效电路如下图所示。

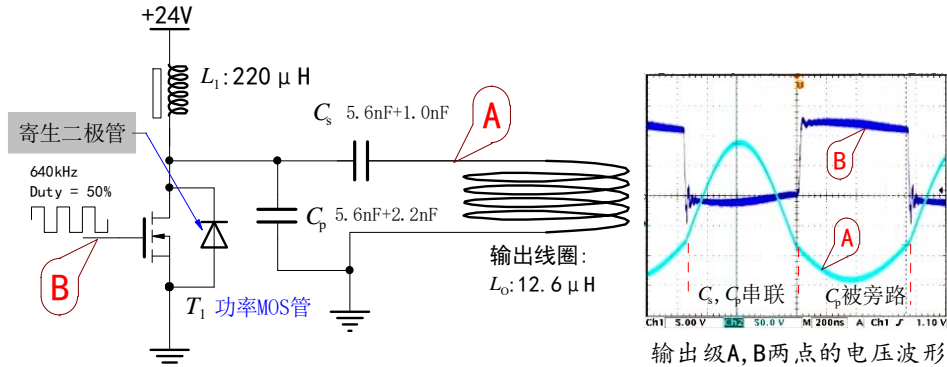


图 4 E 类高频功率输出电路

E 类高频功率输出电路中的功率 MOS 管工作在 640kHz 方波信号驱动下，工作在开关状态。输出线圈在半个周期内与 C_s, C_p 的串联形成谐振，在另外半周与 C_s 串联形成谐振。输出线圈上的电压并不是一个单一正弦信号，而是两个不同频率正弦信号的拼接。

按照上述电路中参数匹配后，在输出线圈上的电压（A 点电压）的峰峰值大约在 200V 左右。

3、赛道线圈部署

发送线圈安放在起跑区赛道中心，发射线圈中心距离起跑线 20 厘米。发射线圈固定在赛道 PCV 材料下面。在赛道表面发射线圈中心位置贴有边长为 10 厘米的黑色方块贴纸或者胶带显示发射线圈的中心位置。这个黑色正方形也为车模自动定位充电指示位置。

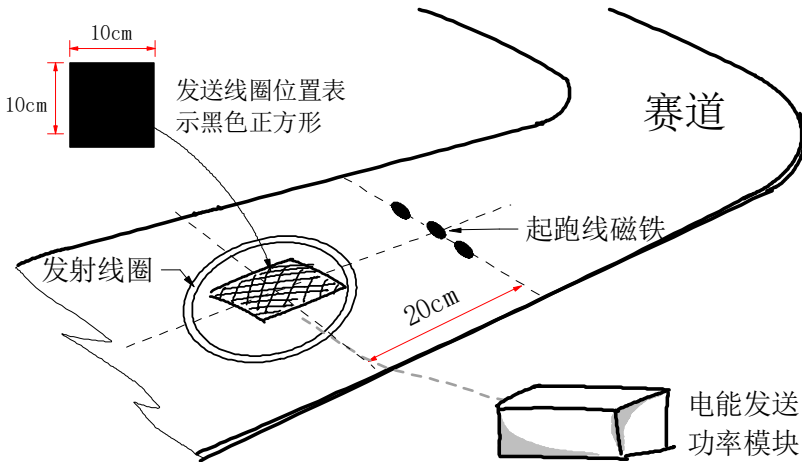


图 5 电能发送线圈铺设位置示意图

4、输出功率限制

电能发送模块通过控制 E 类功放的驱动信号的有无来限制无线输出功率。当驱动信号送到输出级功率 MOS 管时，谐振电路震荡，线圈输出电磁能量；当驱动信号关闭时，线圈停止发送电磁能量。

控制电路通过电流采样电阻获得 E 类功放消耗电流，进而计算出消耗功率 (P_{out})。竞赛组委会将会比赛前统一指定输出级的最大功率 (P_{max})。最大功率值将会在 20W 至 40W 之间。

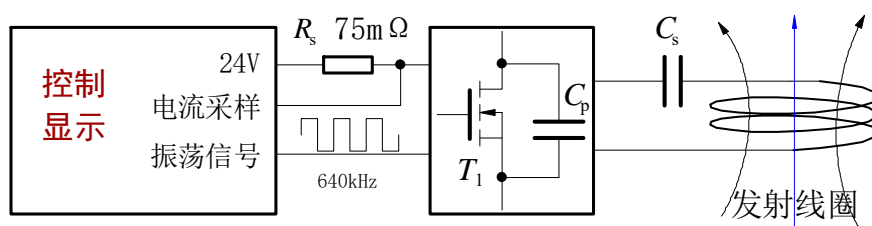


图 6 电能发送模块输出功率控制等效电路

电能发射电路根据检测消耗功率 P_{out} 与设定最大功率 P_{max} 之间的关系，做出如下控制：

1. 当 $P_{out} < P_{max}$ ，电路正常连续工作；
2. 在连续 N (3~10) 次间隔 1ms 检测中， $P_{out} > P_{max}$ ，则停止发射 M 毫秒。

$$M = (\text{int})(P_{out} - P_{max})$$

如果 $P_{out} - P_{max} > 10W$ ，则 $M = 1000$ 。

其中参数 N 组委会将会电源效率和功耗情况在比赛前进行确定。

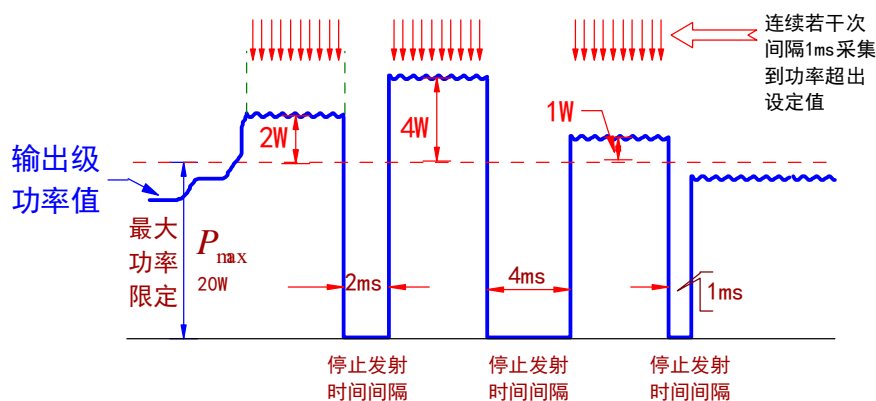


图 7 功率超出设定值，输出停振时序图

三、其它注意事项

无线发送模块和接收模块原理相对比较简单，建议参赛队伍自行设计制作，用于队伍调

试车模。竞赛组委会秘书处将会在如下公众号给出参考设计方案的介绍以及相应的实验结果。

智能车竞赛公众号：tsinghuazhuoqing

在公众号中输入“? scee”五个字符便可以查询到最近八次与节能组相关的推文。

在制作接收电路的时候，需要修改接收线圈串联的电容将接收 LC 谐振频率也调整到 640kHz。如果接收线圈没有谐振在 640kHz，就会使得接收功率大大降低，同时也使得电能发送模块输出级出现失谐，进而降低输出级的效率，严重时可能会引起发送模块热保护或者电路烧毁。

在制作接收线圈谐振回路的时候，需要注意高频功率信号所引起的线圈和谐振电容的损耗。接收线圈要使用多股纱包线进行绕制，谐振电容要选择 NPO 高频电容，电容耐压需要能够达到谐振电压的 2~3 倍。下图所显示的电容都是由于过压引起内部短路或者断裂。

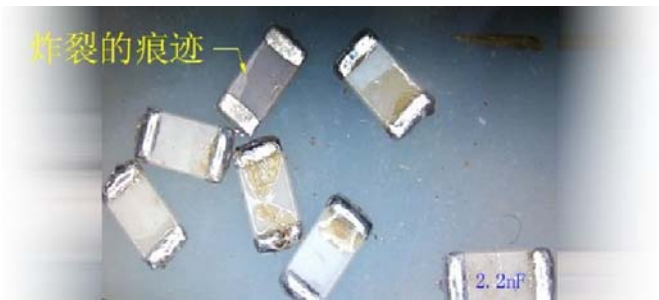


图 8 接收线圈谐振回路中高压击穿电容

电能发送模块允许参赛队伍购买成品模块用于平时的调试。无线接收模块需要参赛队伍自行设计制作，不允许购买使用成品模块，用于储能的法拉电容组允许购买成品模块。

Table 1 节能组中各模块是否允许购买成品模块说明表格

| 模块名称 | 功能 | 是否允许购买成品模块？ |
|-----------|---------------------------------|-------------------------------|
| 电能发送模块 | 输出高频功率电流驱动发送线圈 | 允许 |
| 电能接收模块 | 将接收线圈的高频电能进行整流，控制充入储能电容 | 不允许 |
| 发送线圈，接收线圈 | 多股纱包线绕制的发送线圈；多股纱包线绕制的接收线圈。 | 允许 |
| 储能法拉电容模块 | 将多个法拉电容通过串并联形成具有一定容量和耐压的储能电容模块。 | 允许 |
| 车模平台 | 车模底盘，悬挂，车轮，电机，舵机等。 | 允许使用竞速赛中的 A~F 型车模，也允许自行制作车模底盘 |

车模其它部分要求与其它竞赛组别要求相同。

全国大学生智能汽车竞赛
秘书处
2018-1-10