

汽车启停系统对电源的要求与方案分析

逯玉林¹, 牛晶¹, 罗腾科²

(1. 甘肃省天水师范学院 机电与汽车工程学院, 甘肃 天水 741001;

2. 重庆交通大学 机电与车辆工程学院, 重庆 400074)

摘要: 在使用自动启停技术的汽车上, 当发动机自动熄火后再重新起动时, 会出现其他用电系统电源电压降低而无法使用的情况, 为保证各系统电压电路正常工作, 必须对汽车启停系统的电源进行重新设计。文中介绍了低压降压电源、SEPIC 电路、前置升压电路 3 种汽车启停系统电源设计方案。

关键词: 汽车; 启停系统; 电源

中图分类号: U464.142

文献标志码: A

文章编号: 1671—2668(2019)03—0005—03

汽车自动启停系统在等红灯或在拥堵道路上行驶时, 原地停 3 s 以上, 发动机将自动熄火, 再起步时重新起动, 以减少燃油消耗和降低排放污染。该系统还能在一定程度上提高行车安全性, 如在没有系好安全带或车门没有关好时, 自动启停功能停止运行。但在发动机重新起动时, 可能导致电池电压降至很低。要保证系统电压电路正常工作, 需对该系统的电源进行重新设计。

1 启停系统对汽车电源电压的影响

目前, 汽车启停系统的电源电压一般不高于 6 V, 当发动机自动熄火后重新起动时, 启停系统的电源电压有可能骤然降至 6 V 甚至更低(见图 1)。在当下的汽车电源结构中, 汽车启停系统的电子模块中包含反向偏置的二极管, 用于汽车短路时保护电子电路, 但保护电路本身也会产生一定的电压降, 这样会使下游电路电压降为 5.5 V 或更低, 导致其他电子控制模块无法正常工作。因此, 汽车电源结构已不适用于现在的汽车自动启停系统, 需重新设计。

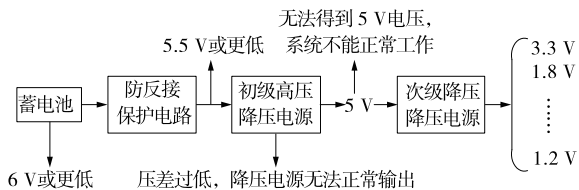


图 1 汽车传统电源架构

2 汽车启停系统电源设计方案

为保证系统电压电路正常工作, 要为汽车自动启停系统选择适当的电源结构, 并克服因电源电压

降低使其他电子控制模块无法正常运转的情况。常见设计方案有 3 种, 分别为低压降压电源、SEPIC 电路和前置升压电路(见图 2)。

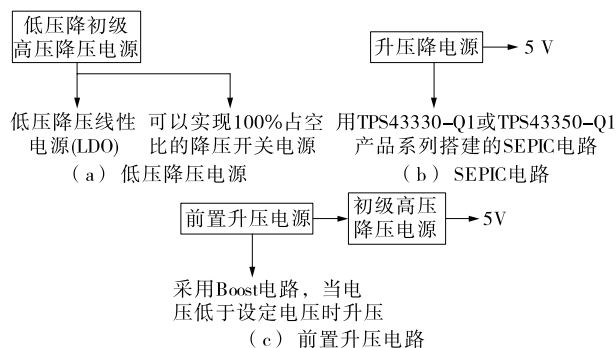


图 2 汽车启停系统常见电源方案

2.1 低压降压电源

电源电压低不仅会影响汽车启停系统上降压转换器的输出, 还会影响电路板上其他用电模块的电源。为维持各电子控制模块电源电压的恒定和稳压性, 使用前置升压电源, 而前置升压电源的配置取决于各电子控制模块所需电源。在起动过程中, 起动器的高负载会导致电池电压大幅降低, 特别对于冷起动, 在打开点火开关时, 其他汽车系统将不加电, 只有在发动机起动后或发电机工作时才能通电。相反, 在启停过程中, 有些系统要求加电运行, 故不会因电源不足而重新复位, 如信息娱乐系统或高级驾驶员辅助系统具有起动支持。

一般情况下, 蓄电池电源电压曲线依图 3 所示脉冲形式, 但电压和持续时间会有变化。根据图 3 所示脉冲, 电池电压在 5 ms 内降至 5~6 V 的最低值(针对额定 12 V 系统), 维持该值达 40 ms 后升至 6~9.5

V 并维持 20 s, 随后恢复到正常电压值。

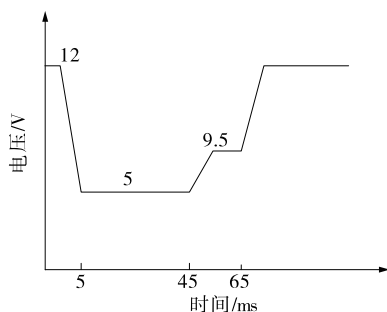


图3 起动脉冲电压波形

在发动机任何工况下都要考虑用电系统从电池中汲取的电流, 而电源需求在 30 W 范围内的信息娱乐系统一般可从电池中汲取 2.5~3 A 电流, 如果电池电压降至 2 V, 则该系统会汲取超过 15 A 的电流。因此, 即便在起动脉冲过程中, 电子器件也需保持稳定, 以实现持续工作。可采取前置升压或升降压的解决方案。

2.2 SEPIC 电路

前置升压不仅可为整个系统提供电源, 还可为处理器和音频提供电源的降压。它只在启动时工作, 在电池电压降低或极低的电池电压时就能自行激活。但由于子系统需要升压的缘故, 电流要求会非常高。因此, 升压产品及其组件需要适应这样的电流额定值。

使用分立式前置升压产品或 TPS43330-Q1、TPS43350-Q1 产品系列, 加入升压电路组件后可实现启动支持, 并可实现模块化解决方案。如果不需要启动支持, 可移除升压电路组件, 无需对电源链进行任何改变。图4为该方案的一般架构, 图5

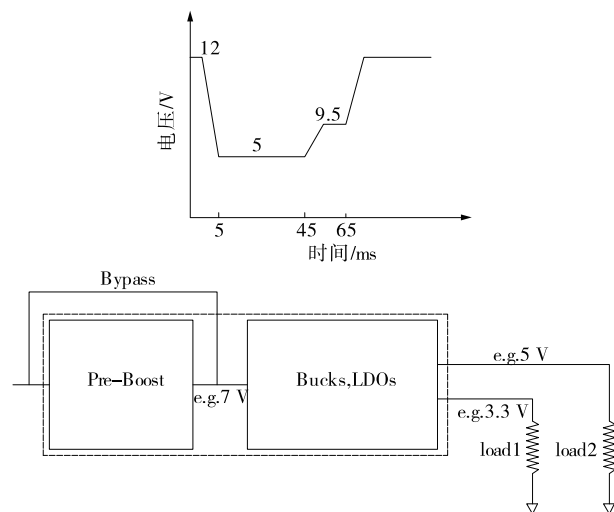


图4 采用前置升压进行启动补偿

为使用 TPS43330-Q1 的简化实施方法。

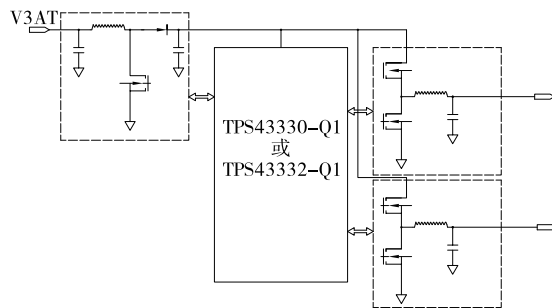


图5 TPS43330-Q1 前置升压及两组降压的简化方案

前置升压电路中最重要的是实现较高的带宽, 具有足够的带宽, 才能对电池电平的突然变化作出及时响应。这可在不连续电流模式下轻松实现。在不连续模式下, 电感器峰值电流非常高, 输入电容 RMS 电流也是如此。但需要极大的输入电容器, 会对电路板空间产生不利影响。要避免这个问题, 升压电路需采用连续电流模式, 但这会在环路中创建右半平面零点(RHPZ), 而 RHPZ 会对电路带宽产生不利影响。因此, 需要在峰值电流与 RHPZ 之间进行权衡。

2.3 前置升压电路

升降压解决方案可将上述两个电路级整合在一个稳压器中(见图6)。

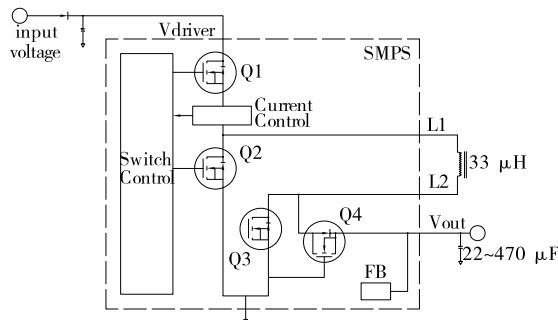


图6 使用升降压产品实现启动补偿

在降压模式下, 可根据晶体管 Q1 的占空比设定电压 V_{out} 。可根据晶体管 Q1 的占空比在 10%~99% 变化, 主要取决于输入电压。如果峰值电感器电流超过设定阈值, Q2 会在这个周期内开启(同步整流器)。否则, 该电流会再次流经作为续流二极管的 Q2(异步整流器)。

同步或异步模式的检查需按每个周期逐步完成。要避免在 Q1 与 Q2 之间出现交叉传导电流, 在关闭 Q1 和打开 Q2(或相反)时需引入固有延迟。在降压模式下, 晶体管 Q3 不需要, 可关闭。可打开

晶体管 Q4,以降低功耗。

这种配置可实现最佳性能,而且在任何模式下 V_{out} 都可在 3% 的容差内保持稳定(见图 7)。

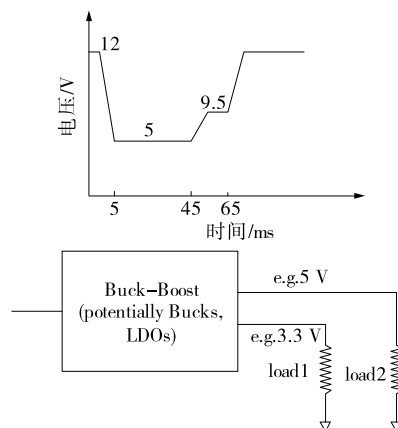


图 7 TPIC74100-Q1 升降压的实施方案

还可使用降压转换器为整个系统实现低电压,如 3.3 V(见图 8),同时为一个小型升压转换器供电,为几个仍需要较高电压的功能提供电源。

多数情况下,大部分系统需要 3.3 V 或更低的电源电压。处理器通常支持 1 V 电源,存储器支持 1.35、1.5 或 1.8 V,IO 电压大多为 3.3 或 1.8 V。在绝大多数应用中,只有少数几种情况需要更高电压,

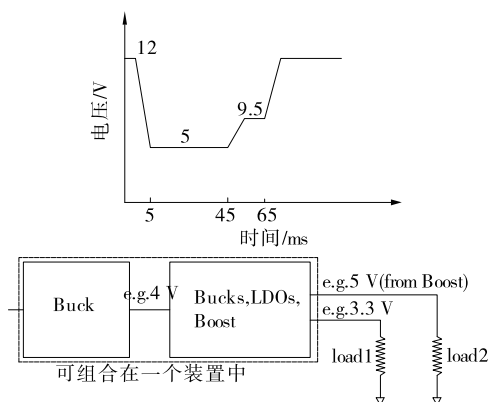


图 8 使用一个降压及一个升压电路的起动补偿

通常为 CAN 接口和一些传感器。只要最小起动电压支持足够裕量,能让降压电路提供 3.3 V(在某些系统中甚至更低)电压,这就是一种简洁的方法,因为只有少量要求电压高于降压输出的组件需要进行升压。现在,相关组件可以更小、更便宜。

图 9 为使用 TPS65310A-Q1 的简化实施电路(降压电路后接升压电路),其允许低至 4 V 的输入电压提供 3.8 V 的临时电压。如 CAN 收发器的 5 V 电压由升压器提供。

2.4 3 种系统的优缺点(见表 1)

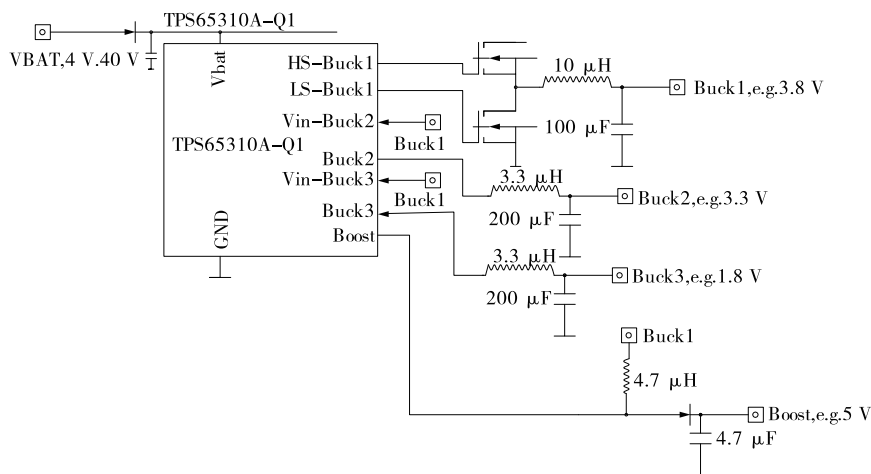


图 9 TPS65310A-Q1 的简化实施方案

表 1 3 种系统的优缺点

预稳压器	降压/升压开关模式稳压器	降压分导控制器
只在需要时才工作	只在需要时才升压	升压时电流很小
支持很低的电压输入	提供更高的输出电压精度	只在高转速电压时才运行(降至 3.6 V)
需要传输高电流;所需组件较大	升压与降压之间的转换操作十分重要	
支持模块化解决方案	需要传输高电流;所需组件较大	



图 7 有限元模型

3.3 模拟结果

通过结构静力分析,在后处理模块得到裂纹尖端的应力强度因子,输出结果见表 2。

表 2 数值模拟计算结果

裂纹长度/ mm	Solid45 单元输出结果		Plane82 单元输出结果		Solid185 单元输出结果	
	$K_I/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$	$J/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$	$K_I/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$	$J/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$	$K_I/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$	$J/(\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5})$
10	34.67	34.14	34.56	34.48	34.59	34.26
15	44.08	43.41	43.95	43.84	43.98	43.56
20	53.49	52.68	53.33	53.19	53.37	52.85
23	57.26	56.39	57.08	56.94	57.12	56.57

4 结论

从模拟计算结果来看,在载荷 P 作用于梁的中间位置, $P=200\ 000\ \text{N}$ 的载荷工况下,预制裂纹长度与应力强度因子正相关。当裂纹长度达到 23 mm 时,应力强度因子接近于材料的断裂韧度,即裂纹接近于失稳状态。

裂纹失稳后是扩展下去还是止裂主要取决于阻力的大小。在工程设计中,可人为提高阻力值,如:提高材料韧性;在裂纹前方增加韧性较高的条板材料,裂纹扩展到该板条前面时将可能止裂;在裂纹前面增加加肋板,提高截面的厚度。这些机械止裂方法在工程上是行之有效的。

在工程上,避免裂纹失稳扩展极为重要,被认为是断裂力学研究中最重要的问题之一。从这个意义上说,文中研究方法和计算结果可为重载挂车的设计和提供重要参考。

参考文献:

[1] 乐国臣.组合挂车发展趋势[J].上海公路,2002(4).
[2] 赵德祥.多轴重载挂车关键部件现代设计方法研究[D].北京:北京科技大学,2007.

[3] 赵耀.裂纹损伤圆柱壳承载能力的实验研究[J].华中理工大学学报,1998,26(5).
[4] 陈帅志,赵勇,雷尹嘉,等.含缺陷材料冲击断裂的动态焦散线试验研究[J].科学技术与工程,2017,17(23).
[5] Rice I R.A path independent integral and the approximate analysis of strain concentrations by notches and cracks[J].Journal of Applied Mechanics,1968,35(2).
[6] Wells A A. Application of fracture mechanics at and beyond general yield[J].British Welding,1963(10).
[7] GB/T 21143—2007,金属材料 准静态断裂韧度的统一试验方法[S].
[8] 陈佳,张英波.合金元素对 A7N01 铝合金焊接接头断裂韧性的影响[J].机械,2018,45(4).
[9] 童谷生,鲁艳超.含 I 型裂纹的普通混凝土梁断裂特性的试验研究[J].科学技术与工程,2018,18(4).
[10] 王登田.7050 铝合金法兰盘表面淬火残余应力和拉伸断裂有限元分析[J].机械,2017,44(5).
[11] 黄伟丰,裴进浩,郭志强.多裂纹相互作用下断裂行为的边界元分析[J].科学技术与工程,2018,18(8).
[12] 田芳,王涛,石琴.全承载式客车车身结构有限元分析[J].客车技术与研究,2012(1).

收稿日期:2019-02-21

(上接第 7 页)

3 结语

汽车启停系统能改善汽车的燃油经济性和排放性能,但会给电子控制系统的电源提出新的要求,需对电控系统的电路进行重新设计。该文介绍了 3 种汽车电控系统电源方案,分析了各方案的特点,为开发简单、低成本的汽车启停系统提供参考和借鉴。

参考文献:

[1] 毛雅风.启停发动机电控系统研究与开发[D].武汉:武汉理工大学,2013.
[2] 邢宇,陈庆樟,许广举,等.汽车智能启停系统的控制算法研究[J].汽车工程学报,2013,3(4).
[3] NCV8876:汽车级高频启停升压控制器参考方案[J].世界电子元器件,2013(12).

收稿日期:2018-12-26