

一种增程式电动客车增程器控制方案

尚小辉

(厦门金龙旅行车有限公司, 福建省新能源汽车企业重点实验室, 福建 厦门 361022)

摘要:现阶段增程器是解决电动车续航里程焦虑问题的常见方案之一。本文通过实际开发案例给出了一种增程式电动客车的增程器控制方案,并对其设计思路、实现方法、上位机调试等进行说明。该方案实际应用效果良好。

关键词:电动客车; 增程器; 驱动电机; 控制方案

中图分类号: U463.61

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2024)06-0023-05

A Control Scheme for Range Extender of an Electric Bus with Extended Range

SHANG Xiaohui

(Xiamen Golden Dragon Bus Co., Ltd., Fujian Provincial Key Laboratory of New Energy Vehicle Enterprises, Xiamen 361022, China)

Abstract: At present, the range extender is one of the common solutions to the problem of range anxiety in an electric vehicles. This paper presents a control scheme of the range extender for an electric bus with extended range through a practical development case, and shows its design ideas, implementation method, and the upper computer debugging. The practical application effect of this scheme is good.

Key words: electric bus; range extender; drive motor; control scheme

现阶段电动客车在实际使用中仍面临充电时间较长、充电桩少等里程焦虑问题。对此,本文提出一种增程式电动客车解决方案^[1-6]。本方案以实用性和适应性为出发点进行设计。

1 控制方案设计思路

本方案的增程器由小排量发动机+FISG(飞轮集成式发电机)+FISG 控制器组成,优点是增程器体积小、发电效率高、更节油。增程器电气架构如图 1 所示。控制方面,通过将 FISG 控制器和发动机 ECU 接入整车 CAN 网络,实现与相关节点的通信。

增程器的工作模式分为停机、启动怠速、发电、停止发电四种状态,按照图 2 中的箭头走向进行状态转化控制。

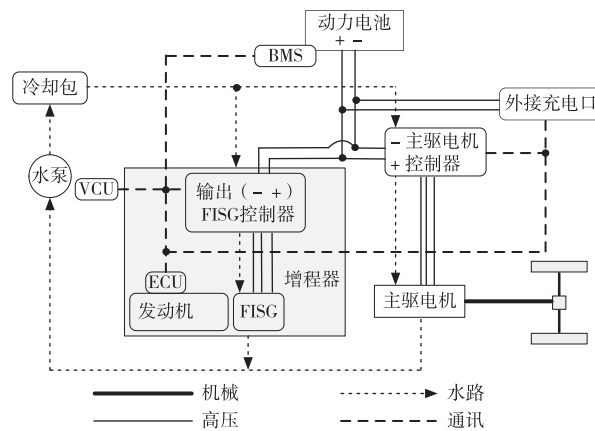


图 1 增程器电气架构示意图

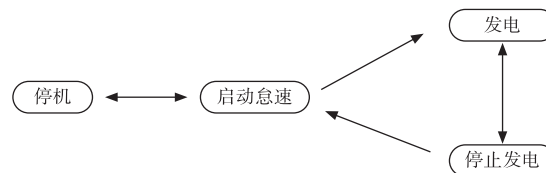


图 2 增程器工作模式转化示意图

收稿日期: 2024-06-25。

第一作者: 尚小辉(1980—), 男, 工程师; 主要从事新能源客车电控系统开发工作。E-mail: xh_shang@139.com。

增程器的发电控制策略分为自动和手动两种模式。自动控制模式下,根据软件预设策略控制增程器工作。手动控制模式下,通过人工控制实现增程器发电的开启/关闭,及设置所需的发电功率,是自动控制模式的补充,用来处理自动控制模式无法满足车辆运营需求的特殊情况,例如:

1) 车辆运行中,增程器在自动模式下的发电功率较低、车辆耗电量大于发电量时,就可以选择进入手动模式下的最大发电模式增加发电量,以解决耗电量较大的问题。

2) 车辆运行中,增程器在自动模式下的发电功率较大,但车辆马上到目的地、不需要较大的发电功率时,就可以进入手动模式选择较低的发电功率或者关闭增程器,减少增程器油耗。

通过手动模式可以很方便地实现增程器控制指令的发送,可以在车辆下线调试时验证增程器对指令的响应情况。

本方案通过布置在仪表台的翘板按键实现增程器工作模式的切换。此开关的工作原理如下:

1) 如图 3 所示,翘板按键有 A、B、C 三种状态,按照 B→A→C 或者 C→A→B 顺序切换。其中 A、B 状态不可自动复位;手指按压按键至 C 状态后释放, C 状态会自动恢复到 A 状态。

2) 车辆出厂或者平时默认为 A 状态,增程器控制软件中设置为自动模式。

3) 翘板按键的 B 状态在增程器控制软件中设置为关闭模式。在任何情况下,如果手动操作翘板按键从 A 状态到 B 状态,增程器都进入关闭模式。如图 4 所示。

4) 在自动模式下,操作翘板按键从状态 A 到 C 并释放,增程器控制软件中设置为进入手动模式下的经济发电模式。进入手动模式后,每手动操作一次按键状态 A 到 C,增程器发电功率就会变换一档,共分三挡,按照经济发电模式、最小发电模式、最大发电模式循环切换。如图 4 所示。

5) 当车辆下电后再重新上钥匙电时,如果按键在 A 状态,增程器进入自动模式;如果按键在 B 状态,增程器进入关闭模式。

6) 从手动模式不能直接进入自动模式,需要先

从手动模式进入关闭模式(按键状态从 C 回弹至 A 后再按压到 B),然后再从关闭模式进入自动模式(按键状态从 B 到 A)。如图 4 所示。

7) 按键处于关闭模式(B 状态)时:①如果使用正常力度按压翘板按键右端,会从关闭模式进入自动模式(按键从 B 状态→A 状态);②如果使用较大力度按压翘板按键右端,会从关闭模式快速进入手动模式(按键 B 状态→C 状态回弹至 A 状态)。如图 4 所示。

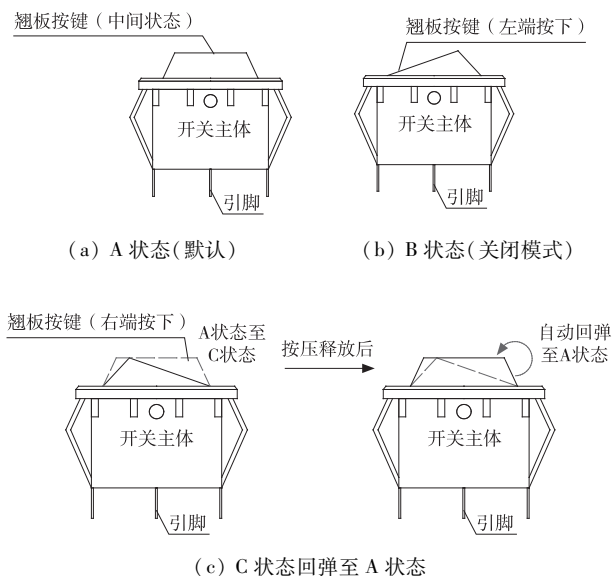


图 3 增程器翘板按键状态示意图

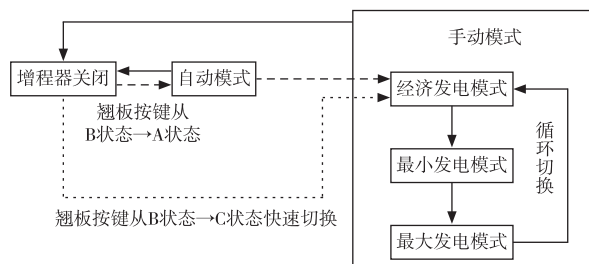


图 4 增程器翘板开关工作模式切换示意图

在通过翘板按键切换增程器工作模式的同时,仪表主界面也会同步进行文字提示。翘板按键表面标识“增程器工作模式选择”字样,增程器工作模式由增程器控制软件进行判断,并通过 CAN 报文发给仪表显示。

2 控制实现方案

本方案增程器的控制,是以已有电动客车整车控制器(VCU)硬件为载体,通过将增程器控制软件嵌入

到整车控制器软件中实现车辆端对增程器的控制^[7]。

2.1 增程器工作控制主流程

本方案的增程器工作控制主流程如图 5 所示。首先通过判断增程器模式翘板按键所处状态、增程器当前所处工作模式和增程器是否满足进入/退出工作条件,来区分增程器是维持上一工作状态还是需要进入新的工作状态。增程器如果是在开/关状态间切换,需确保要经过启动怠速阶段,如果当前还处在启动怠速阶段,必须等此阶段完成后才可进入下一工作模式。

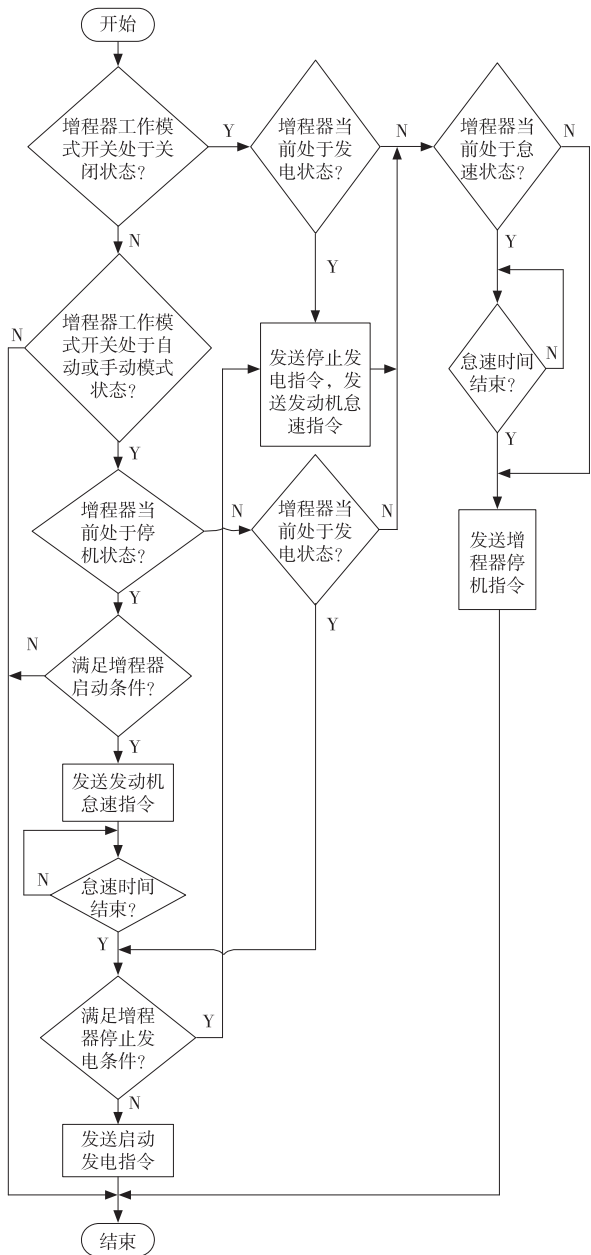


图 5 增程器工作主流程图

2.2 增程器的启动/退出策略

无论是手动模式还是自动模式,增程器启动时除了增程器工作模式开关要处于非关闭状态,还需要判断的条件有:车辆已经 READY(即增程器高压已接通)、充电枪未插入、设备舱/后舱门处于关闭状态、增程器无故障、当前 SOC<停止发电 SOC(即当前 SOC 处于允许发电范围内)。以上条件全部满足后方可进入增程器启动控制流程。

无论是手动模式还是自动模式,增程器退出时需要判断的条件有:增程器工作模式开关处于关闭状态、当前 SOC≥停止发电 SOC(当前 SOC 超出允许发电范围)、车辆非 READY 状态、设备舱/后舱门开启状态、增程器出现严重故障。以上条件发生任何一条都必须立即停止发电,进入退出增程器控制的流程。

2.3 增程器的发电功率控制策略

本方案的增程器发电功率设置如图 6 所示。进入发电功率控制设置时,首先要判断增程器开关所处的翘板按键状态。由于此翘板按键的物理特性,车辆上钥匙电时翘板按键只能处在自动模式或者关闭模式。需要增程器发电时,无论是处在自动模式还是手动模式,都要先判断动力电池 SOC 是否处在允许发电的范围内,以防止动力电池过充。

增程器模式开关状态		增程器发电功率设置		
OFF(关闭)		关闭增程器		
AUTO(自动)		SOC<30%增程器自动启动,SOC 充电至 90%自动停止,增程器功率设定如下:		
		增程器功率	车速≤5 km/h	车速>5 km/h
		70%≤SOC<90%	发电功率 0 kW	发电功率 30 kW
		30%≤SOC<70%	发电功率 30 kW	发电功率 80 kW
		SOC<30%	发电功率 80 kW	发电功率 100 kW
Manual (手动模式)	经济	发电功率 80 kW		SOC<85%允许启动 SOC>90%强制关闭
	最小	发电功率 30 kW		
	最大	发电功率 100 kW		

图 6 增程器发电功率设置表

1) 如果是手动模式发电,根据前述翘板按键的当前输入状态输出对应的发电功率即可。

2) 如果是自动模式发电,需要综合车速和动力电池 SOC 因素,获得所需发电功率。

①本方案通过引入 SOC_h、SOC_l 两个参数进行细化控制。SOC_h 表示 SOC 较大值,例如 SOC_h = 70%;

SOC_l 表示 SOC 较小值,例如 $SOC_l = 30\%$ 。通过这两个参数来表征大功率发电阶段(当前 $SOC < SOC_l$)、正常发电阶段($SOC_l \leq$ 当前 $SOC < SOC_h$)、小功率发电阶段($SOC_h \leq$ 当前 $SOC <$ 停止发电 SOC)等状态。

②在自动模式不同发电阶段,引入当前车速参数进一步优化发电输出功率大小(图6)。现阶段增程器存在发电功率增大,其自身系统的噪声和振动也会随之增大的问题^[8]。引入车速判断参数,可在不同车速下精准控制发电功率,减少噪声对驾乘人员的影响,同时避免增程器振动引起的车辆振动。

自动和手动模式下发电功率控制策略如图7所示,最后输出的发电功率值 P_i 为基于增程器工作模式、SOC、车速等参数得到的初始目标发电功率。

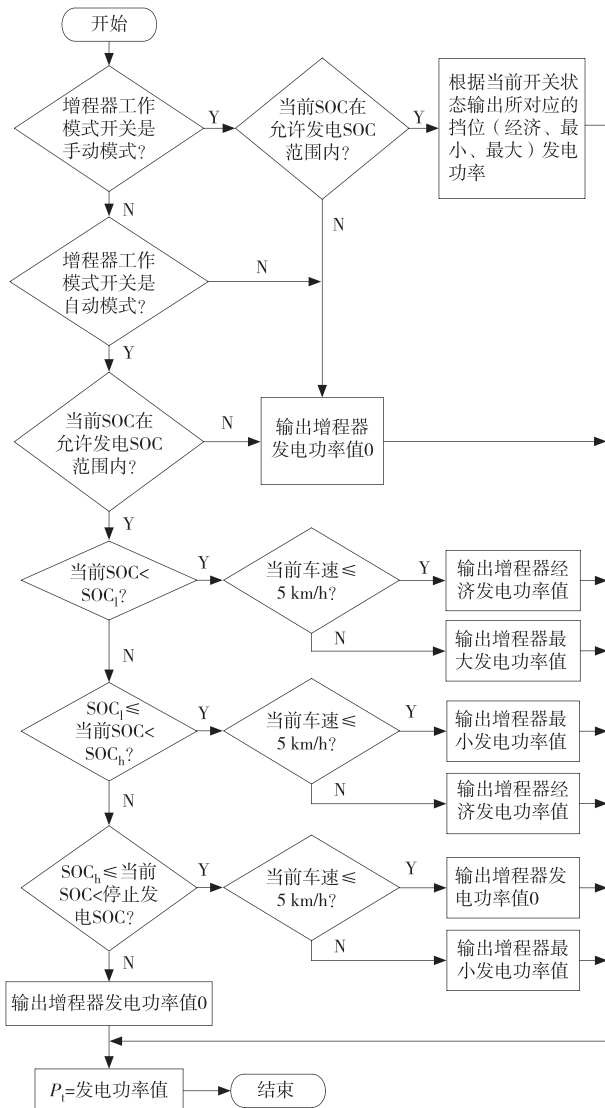


图7 增程器发电功率控制策略

接下来需要按照图8中的流程计算当前最大允许增程器回充补电功率 P_{br} 。图中, I_m 为增程器最大允许回充补电电流, I_{bc} 为动力电池最大允许回充补电电流, I_{mot} 为电机制动状态下的回电电流, V_b 为动力电池组当前电压。计算 P_{br} 时要区分驱动电机是处于D挡/R挡的驱动状态还是制动状态:如果处在驱动状态,可直接通过动力电池组当前电压 V_b 和动力电池组当前最大允许充电电流 I_{bc} 相乘求得;如果驱动电机处在制动状态,就需要从 I_{bc} 中减去驱动电机电制动时产生的回电电流 I_{mot} 后再与 V_b 相乘求得,如图8所示。计算中所需的 V_b 、 I_{bc} 、 I_{mot} 属于常用信号,可通过车辆CAN报文获取。

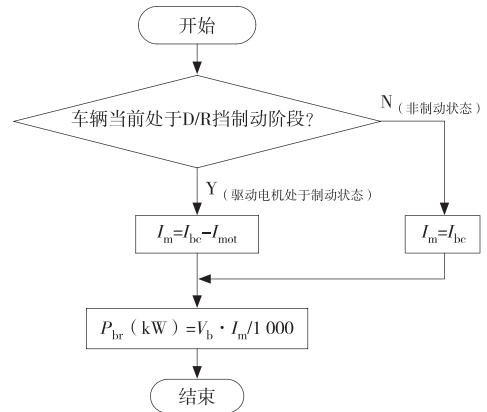


图8 最大允许增程器回充补电功率的计算流程图

最终发送给增程器执行的目标发电功率 P_o 需要取 P_i 、 P_{br} 、 P_{re} (增程器当前允许最大发电功率,可在增程器反馈报文中获取)三者中的最小值。

图9为本方案增程器实际发电功率跟随目标发电功率 P_o 的曲线。若所选增程器未做输出上限幅处理,建议在计算出 P_o 后,再加入发电功率上限幅处理措施,防止发送给增程器的发电功率出现较大范围的突变。

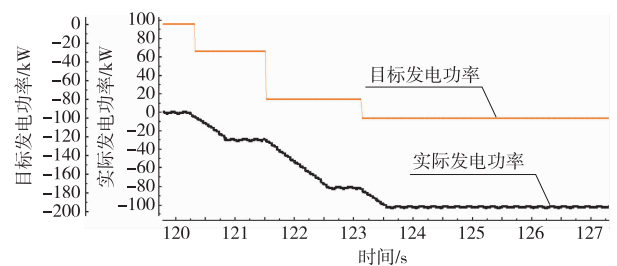


图9 增程器响应目标功率实测曲线图

3 增程器的上位机调试界面

为了配合搭载增程系统的车辆下线调试,开发了与之配套的上位机调试软件^[9-10],如图10所示。通过CAN卡从车辆OBD CAN总线接口读取数据,可以实时观测增程器的控制信息、增程器的状态反馈信息、控制软件关键参数状态,极大地加快了现场调试及故障排除进度。

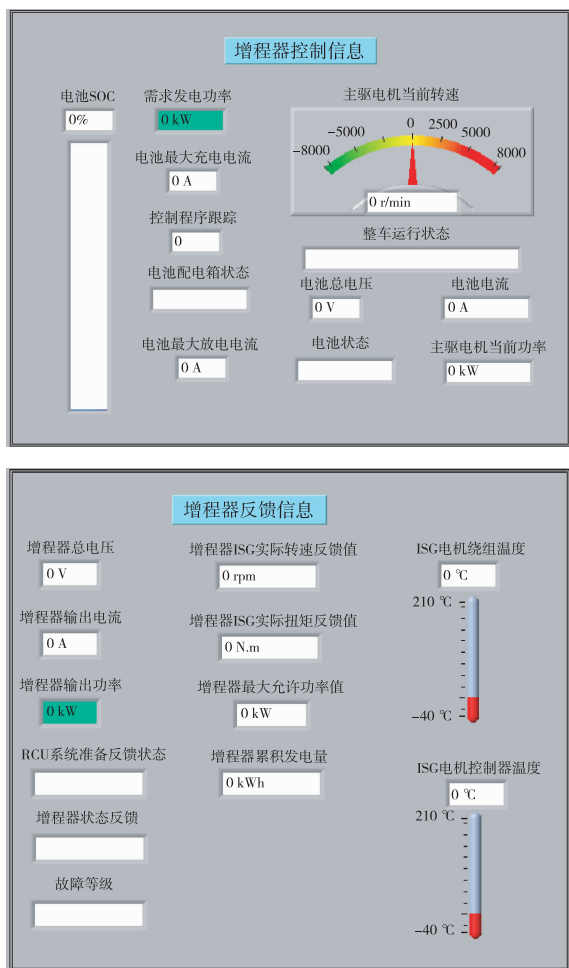


图10 增程器调试上位机截图

4 结束语

本文根据所选用增程器的特点,成功实现了其在电动客车平台的搭载控制,并从满足客户多样化需求出发,引入了增程器的自动和手动双模式控制,其适应性和应急性得到大幅提升。本文方案已经在实际车型中应用,用户反馈车辆适合在各种路线运营,驾乘体验良好,完全满足日常运营需要。

参考文献:

- [1] 徐明,吕永宾,李军,等. 电动汽车增程器系统的集成化方案[J]. 客车技术与研究,2020,42(4):18-19.
- [2] 张雄. 浅谈增程器开发[J]. 机电工程技术,2012(7):113-114.
- [3] 吴韶建,陶元芳. 增程式电动汽车的概念与设计方案[J]. 机械工程与自动化,2010(5):209-210.
- [4] 刘金周,吴征,李永康. 增程式电动汽车技术路线浅析[J]. 汽车文摘,2019(7):52-55.
- [5] 宋光辉,崔俊博,宋杨,等. 增程式电动汽车控制策略的研究[J]. 客车技术与研究,2018,40(1):8-11.
- [6] 严海波,楼狄明,徐宁,等. 电动公交客车用增程器控制策略试验研究[J]. 小型内燃机与摩托车,2016(4):1-7.
- [7] 陈万武,卢俊康,夏淋. 新能源汽车整车控制器的改进设计与应用研究[J]. 交通科技与管理,2021(16):103-104.
- [8] 武彬. 新能源汽车增程器 NVH 性能分析[J]. 汽车实用技术,2023,48(7):26-29.
- [9] 徐希,童晓辉. 纯电动客车 VCU 下线检测仪控制策略设计[J]. 客车技术与研究,2020,42(1):38-40.
- [10] 尚小辉. 基于 LabVIEW 的新能源客车监控软件开发[J]. 机电技术,2021(5):16-18.

◆ 广告目次

中通客车股份有限公司	(封面)	北京福田欧辉新能源汽车有限公司	(前插一)
中车时代电动汽车股份有限公司	(封二)	宇通客车股份有限公司	(前插二)
《客车技术与研究》理事会名录	(封三)	比亚迪汽车工业有限公司	(后插一)
期刊信息	(封底)	公益广告	(后插二)