

# 电动汽车自动变速器能量回收系统的软件控制逻辑

胡保刚 田文瑞\* 章海霞

浙江万里扬股份有限公司杭州分公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 全球盛行节能减排、推崇可持续发展,电动汽车借环保、高效之长处,渐成汽车产业主流走向。能量回收系统是电动汽车提高能源利用率的核心技术,车辆制动或减速时,能把部分动能转为电能存储。此文着眼电动汽车自动变速器能量回收系统软件控制逻辑,探究其运作原理、控制办法以及相关算法优化,目标为提升能量回收效率,给电动汽车性能进阶供应理论依据与技术参考。

**关键词:** 电动汽车; 自动变速器; 能量回收系统; 软件控制逻辑; 控制策略

## 引言

环境污染加剧,传统化石能源渐趋枯竭,电动汽车发展备受瞩目。提升电动汽车能源利用效率成为当下研究要点,能量回收系统由此诞生。车辆制动或减速时,这系统可有效回收部分能量,转成电能存进电池,增加车辆续航里程。自动变速器能量回收系统软件控制逻辑,对能量回收效果影响关键,合理控制逻辑能精准调配各部件运作,让能量回收效率达最高,故而研究它极具现实意义。

## 1 电动汽车自动变速器能量回收系统概述

### 1.1 系统组成

电动汽车自动变速器能量回收系统含电机、变速器、电池管理系统、控制器等部分。电机乃能量转换关键,能量回收时,从驱动模式转为发电模式,借电磁感应原理,高效把车辆行驶动能变为电能。变速器里齿轮组运作,精确调节电机与车轮传动比,让电机总处最佳发电效率范围,降低能量损耗。电池管理系统靠高精度传感器,持续监测电池电量、电压、温度等参数,给能量回收提供可靠电池状态数据,保证电池稳定运行。控制器好似系统“大脑”,整合车速、加速度等传感器信号,按既定软件控制逻辑,精准发令,协同管控电机与变速器,使系统有序运转。

### 1.2 工作原理

驾驶员踩下制动踏板或车辆处于减速状态,传感器即刻把信号传至控制器。控制器综合车辆当下行驶状态,像车速、加速度,以及电池电量、健康程度等多方面信息,判断能否进行能量回收<sup>[1]</sup>。一旦符合条件,控制器马上发令,让电机切换到发电模式。此刻,车轮转动经变速器传导至电机,电机内转子于磁场里高速转动,依电磁感应定律把机械能变为电能。变速器实时采集车速、电机转速等关键数据,运用精密算法自动调节传动

比,保证电机始终处在高效发电区间。产生的电能历经复杂的整流、滤波工序,去除杂波和干扰,最终稳定存入电池,达成能量回收再利用。

### 1.3 能量回收系统的重要性

能量回收系统对电动汽车意义重大。车辆制动或减速,动能以往白白损耗,该系统却能将其转化为电能存储,大大提升能源利用效率,实实在在增加续航里程。有研究显示,合理的能量回收系统可让电动汽车续航里程增加10%-20%,极大减轻用户“里程焦虑”。它还分担部分制动任务,减少传统制动系统使用频率,制动片磨损降低,制动系统整体使用寿命得以有效延长,后期维护成本也随之降低。而且能量回收时产生的制动力,在控制器协调下,与传统制动系统制动力相互配合,车辆制动过程更平稳、线性,制动稳定性和安全性显著提高,为用户带来更可靠驾驶体验。

## 2 软件控制逻辑的关键因素

### 2.1 车辆行驶状态监测

实现有效能量回收,得先精准监测车辆行驶状态。车辆行驶状态参数有车速、加速度、减速度以及挡位等。车速传感器时刻测量车辆行驶速度,加速度传感器检测车辆加速或减速情形。传感器把信号传给控制器,控制器依据这些信号判断车辆当下行驶工况,像正常行驶、加速行驶,又或是制动减速行驶。挡位信息能帮控制器确定变速器最佳传动比,让电机高效发电。借由精准监测车辆行驶状态,控制器可及时且准确开启并调节能量回收系统工作。

### 2.2 电池状态评估

电池状态左右能量回收系统运转。电池管理系统不断收集电池电压、电流、温度以及剩余电量(SOC)等参数。能量回收进程中,控制器依电池SOC值定回收力度。若电池SOC低,可适度加大回收力度,借车辆制动

能量为电池充电；要是电池SOC快满，为防过充，得降低回收力度甚至终止回收。电池温度还影响充电性能，温度异常时，能量回收就得相应调整，保障电池安全与寿命。

### 2.3 驾驶员意图识别

精准洞悉驾驶员意图，对完善能量回收系统软件控制逻辑极为关键。驾驶员操作行为，像踩制动踏板的力度、深浅，还有加速踏板踩踏状况等，都暗藏其驾驶意图<sup>[2]</sup>。传感器收集这些操作信号，借助特定算法分析处理，控制器便能判断驾驶员是要正常制动减速、紧急制动，还是打算加速行驶、保持当前车速。基于识别出的驾驶员意图，控制器可合理调控能量回收系统工作，既满足驾驶员驾驶需求，又最大程度实现能量回收。就好比驾驶员紧急制动时，优先保障车辆制动安全，适度降低能量回收强度；正常制动减速时，则充分发挥能量回收功能。

## 3 软件控制逻辑策略

### 3.1 基于制动强度的控制策略

此策略依据驾驶员踩制动踏板力度操控能量回收系统运作。制动踏板踩下行程短，意味着车辆是轻度制动，这时主要靠能量回收系统产生制动力，电机以较高发电效率运转，回收大部分制动能量。制动踏板行程变长，车辆制动强度加大，能量回收系统与传统摩擦制动系统一同工作，按预先设定比例分配制动力，保障车辆平稳制动。当制动踏板行程到特定程度，也就是车辆处于紧急制动时，传统摩擦制动系统起主要作用，能量回收系统适当减小发电强度，确保车辆制动安全。这样的控制策略可依据不同制动需求，合理调配能量回收与传统制动的制动力，既提升能量回收效率，又保证车辆制动性能。

### 3.2 基于车速的控制策略

车速对能量回收效率影响重大。基于车速的控制策略会依照车辆当下行驶速度，对能量回收系统工作予以调节。车速低的时候，电机发电效率相对不高，而且车辆动能小，能量回收系统或许不开启，即便开启也只是低强度运行。车速渐渐提升，电机发电效率逐步上升，车辆动能也跟着增大，能量回收系统便开始运作，并依据车速改变来调整发电强度。车速一旦超过某个阈值，为防止能量回收系统给车辆行驶稳定性带来不良影响，会适度降低能量回收强度。此控制策略能让能量回收系统在不同车速条件下，都处于较合理工作状态，进而提升能量回收的综合效率。

### 3.3 基于电池状态的控制策略

电池状态关乎能量回收系统工作成效。基于电池状态的控制策略，主要依照电池剩余电量（SOC）和温度管控能量回收。电池SOC低时，在保障车辆行驶安全与驾驶性能的情况下，能量回收系统高强度运行，尽可能多回收能量以尽快补充电量。随着电池SOC上升，能量回收强度逐步下降。当电池SOC快满时，能量回收系统可能停止运作，防止电池过充。电池温度过高或过低，能量回收系统也会调整工作状态<sup>[3]</sup>。比如电池温度过高，降低回收强度，避免过度充电产热影响电池寿命与安全性；温度过低时，适当减小充电电流来保护电池。该控制策略充分考量电池实际状况，在确保电池安全和寿命的基础上，优化能量回收。

## 4 软件控制逻辑算法优化

### 4.1 模糊控制算法的应用

模糊控制算法作为依托模糊逻辑的智能控制手段，可应对复杂且具有不确定性的系统。于电动汽车自动变速器能量回收系统软件控制逻辑中，该算法优势尽显。其关键在于把难以确切量化的信息转化成可处理的模糊量。像车速、加速度、制动踏板行程、电池SOC等参数充当模糊输入变量，这些变量实际值借由隶属度函数实施模糊化操作，进而映射至对应的模糊集合。随后输入至模糊控制器。模糊控制器按预先设定的逻辑规则开展推理运算，这些规则一般由经验丰富的工程师经大量实验与理论剖析拟定。由此得出能量回收电机转矩控制量等输出变量，再经去模糊化处理，将模糊输出转变为精确数值，用以控制能量回收系统工作。模糊控制算法无需构建精准数学模型，鉴于电动汽车行驶工况多变、难以用固定模型描述，它能显著提升能量回收系统控制精度与响应速度，让系统对各类复杂工况适应力更强。

### 4.2 神经网络算法的优化

神经网络算法具备极为强劲的学习及自适应能力。在能量回收系统的软件控制逻辑范畴中，其价值淋漓尽致地得以体现。广泛收集海量的车辆行驶数据，这些数据细致涵盖了不同路况下，诸如城市拥堵路况中频繁启停时，车辆的行驶状态；各种驾驶习惯，像激进驾驶频繁急加速、急刹车，或是平稳驾驶风格下，车辆的行驶状态、电池所处状态，以及驾驶员的意图等多方面详尽信息<sup>[4]</sup>。运用这些丰富数据对神经网络展开反复且深入的学习与训练过程，在此期间，神经网络内部众多神经元之间持续不断地精细调整连接权重，逐步、有序地构建起车辆行驶状态、电池状态、驾驶员意图与能量回收最优控制策略之间精准无误的映射关系。以多层感知器（MLP）神经网络为例进行说明，车辆各类传感器信

号,其中像车速传感器所采集的精确反映车辆行进速度变化的信号、电池电压电流传感器所捕获的体现电池充放电状态的信号等,均作为输入层节点有序进入网络。当这些信号在经过隐藏层时,借助非线性激活函数进行复杂且精妙的非线性变换和处理,深度挖掘数据中潜藏的、错综复杂的关联。最终在输出层精准得到能量回收系统的控制参数。相较于传统控制算法,神经网络算法凭借自身强大的学习能力,能够深度、透彻地理解电动汽车行驶过程中的各种不确定性和非线性因素,进而显著提升能量回收系统的性能,使得能量回收在各类复杂场景下均能实现高效运行。

#### 4.3 多目标优化算法的整合

电动汽车自动变速器能量回收系统的优化,得兼顾多个目标。提升能量回收效率、保障车辆制动性能、延长电池使用寿命,这些都不容忽视。多目标优化算法在这当中至关重要。拿非支配排序遗传算法(NSGA-II)来讲,它把能量回收效率、制动稳定性、电池充放电次数当作优化目标。算法启动,先是随机生成一组初始解,每个解都对应不同能量回收控制方案。借助遗传算法的选择操作,根据各个解在不同目标方面的表现,挑出较优解进入下一代。交叉操作模仿生物遗传里的基因交换,把两个较优解的部分特性组合,生成新解,增加解的多样性。变异操作对部分解的某些特性随机改变,避免算法陷入局部最优<sup>[5]</sup>。在持续迭代进程中,算法在解空间不断搜寻满足多个目标的最优解集。实际运用时,车辆控制系统可依据不同行驶工况,像城市拥堵、高速行驶等,以及用户对车辆性能的个性化要求,比如更关注续航,或者更看重制动舒适度,从最优解集中迅速选出符合当下情形的恰当控制方案。这种多目标优化算法能

在多个目标间巧妙寻得平衡,全面提升能量回收系统综合性能。

#### 结语

电动汽车自动变速器能量回收系统的软件控制逻辑,是增强电动汽车能源利用效率与性能的核心技术。对系统构成、运作原理及关键控制要点展开探究,给出基于制动强度、车速、电池状态等多种控制办法,运用模糊控制算法、神经网络算法、多目标优化算法来优化软件控制逻辑。这些研究成果有利于提升能量回收系统的能量回收成效,增长电动汽车的续航里程,还能保障车辆制动性能和电池使用寿命。不过当下该领域尚有一些问题亟待深入研究解决,像怎样于更复杂行驶工况中达成能量回收系统的精确控制,还有如何进一步削减系统成本等。往后,伴随相关技术持续进步与完善,电动汽车自动变速器能量回收系统的软件控制逻辑会不断改进,为电动汽车产业发展给予更有力支撑。

#### 参考文献

- [1]隋立起.电动汽车自动变速器智能换挡控制系统开发及产业化关键技术研究.四川省,宜宾丰川动力科技有限公司,2023-02-17.
- [2]赵成睿.自动变速器行星轮系功率流分析及效率优化方法研究[D].哈尔滨理工大学,2024.
- [3]林子越.基于多目标优化的纯电动汽车双离合自动变速器换挡研究[D].广东工业大学,2020.
- [4]姜聪慧,顾强,梁伟朋.自动变速器效率提升关键技术概述[J].汽车文摘,2019,(11):16-19.
- [5]何绍民,杨欢,王海兵,等.电动汽车功率控制单元软件数字化设计研究综述及展望[J].电工技术学报,2021,36(24):5101-5114.