

# C-EP S电动助力转向系统过度使用保护策略研究

陈创和

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570100

**摘要:** 随着汽车的发展,电动助力转向系统已经逐渐取代液压转向系统和电液转向系统,客户对电动助力转向系统的要求越来越高。需要设计出各种控制策略满足不同客户、不同使用工况的需求,因此提高自身可靠性及寿命周期至关重要,本文重点研究电动助力系统的过热过载保护功能的策略与匹配。

**关键词:** C-EP S; 控制策略; 过热保护; 过载保护

## 1 前言

目前大部分轿车已经采用电动助力转向系统,未来电动助力转向系统将取代液压转向系统和电液转向系统。随着人类对汽车驾驶的性能要求越来越高及国家对车辆安全等级越来越高,电动助力转向系统的控制策略也越来越健全。驾驶员尤其是新的驾驶员在驾驶车辆的时候,难免会因倒车困难等情况而经常原地、左右、大角度打方向盘,导致电动助力转向系统的电机、ECU控制器部件温度过高,电机、ECU控制器性能下降,影响管柱使用寿命,甚至烧坏。本文针对电动助力转向系统是如何保护电机及ECU进行研究。

## 2 C-EP S过度使用保护策略

### 2.1 过热保护原理与策略

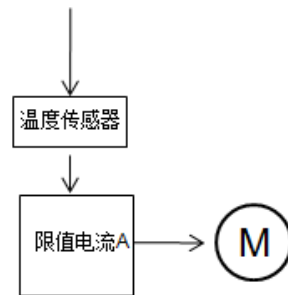
在驾驶过程中,驾驶员由于入库或者其他原因频繁大角度原地打方向盘,而车辆速度较低或者为零时,转向所需要的齿条力最大。在设计车辆的时候,为了保证各种工况下转向手力不变,因此,在低速或者停车打方向盘时就需要电机提供较大的助力,而电机提供较大的助力的前提是加大电机的电流,然而根据电流、时间与热量的关系,如果电机电流长时间处于较大状态,那么就会引起电机线圈过热或者ECU控制器过热,导致电机与ECU控制器寿命降低。所以在设计电动助力转向系统的时候,就必须设计过热保护控制策略,保证它们的使用寿命。

根据研究结果显示,目前国内外电动助力转向系统过热保护策略主要有两种方式,国内厂家EP S过热保护逻辑算法大部分采用第一种形式,即ECU控制器温度传感器控制策略,这种形式比较简单。合资厂家大部分采用第二种形式,即限值电流对比控制策略,相对较复杂,控制更加精准。

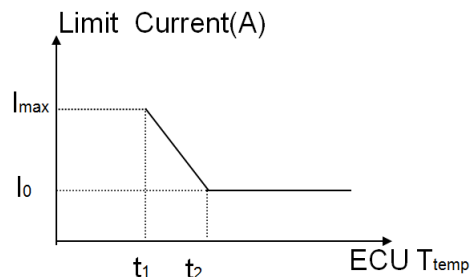
#### 2.1.1 ECU控制器温度传感器控制策略

根据ECU控制器传感器温度值,对电流进行限制。

即在ECU控制器上安装温度传感器,温度传感器测出的温度跟算法已经设定好的温度进行对比,如果高于设定温度则立刻启动过热保护功能,限制电流输出。



逻辑图一



特性图二

逻辑算法:

$$I = \begin{cases} \frac{T_{temp} - t_1}{t_2 - t_1} \cdot (I_0 - I_{max}) + I_{max} & t_1 \leq T_{temp} < t_2 \\ I_0 & t_2 \leq T_{temp} \end{cases}$$

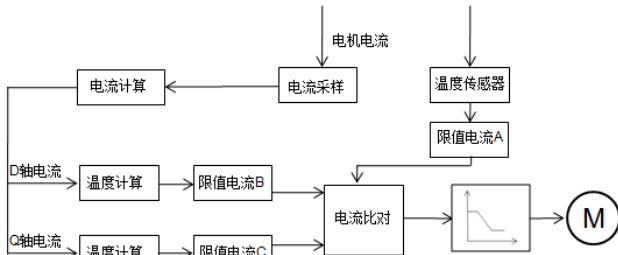
即当ECU控制器温度小于 $t_1$ 时,电机电流主要与车速和转角、扭矩等相关,电机电流不受ECU控制器温度的影响,ECU控制器过热保护控制策略并没有被触发;当ECU控制器温度大于等于 $t_1$ 时,过热保护

控制策略被触发,并且按照 $\frac{T_{temp} - t_1}{t_2 - t_1} \cdot (I_0 - I_{max}) + I_{max}$ 公式进行控制电流,电机输出力矩会变小,此时驾驶员

会明显感觉到转向手力慢慢加重；当控制器温度大于等于 $t_2$ 时，电流直接被控制在 $I_0$ ，形成保护。

2.1.2 限值电流对比控制策略

把ECU控制器温度传感器测试的温度对应的电流限值，和根据电机Q轴和D轴电流估算的温度对应的电流限值进行对比，取其较小者，对电流进行限制。具体如下：



逻辑图三

2.1.2.1 根据ECU控制器温度传感器采集到的温度，查表1，找出对应的限值电流A；

ECU温度 (°C)	限值电流A (%)
-40	100
85	100
103	50
110	0

➤如果ECU控制器温度传感器测到的温度不大于表中的最小温度值（-40°C），则取最小温度对应的限值电流的100%；

➤如果ECU控制器温度传感器测到的温度大于等于最大温度值（110°C），则取最大温度值对应的限值电流的0%，即完全切断电机助力）；

➤如果ECU控制器温度传感器测到的温度介于最小温度值和最大温度值之间，则此温度值所对应的限值电流使用一次线性插值的方法取得。

2.1.2.2 根据电流采集器采集到的U/V/W三项相电流，计算D轴电流，并且根据温度计算模块计算出相应的温度，查表2，找出对应的限值电流B。

表2

估算温度 (°C)	限值电流B (%)
-40	100
90	90
110	50
130	0

➤如果估算的温度小于等于表格中的最小值，则取最小估算的温度对应的助力电流上限值（100%）；

➤如果估算的温度大于等于表格中的最大值，则取最大值对应的电流上限值（0%，即完全切断电机助力）；

➤如果估算的温度在表格中的最小值和最大值之间，则此估算的温度所对应的电流上限值使用一次线性插值的方法计算得到。

2.1.2.3 根据电流采集器采集到的U/V/W三项相电流，分别计算Q轴电流，并且根据温度计算模块计算出相应的温度，查表3，找出对应的限值电流C。

表3

估算温度 (°C)	限值电流C (%)
-40	100
90	90
110	50
130	0

➤如果估算的温度小于等于表格中的最小值，则取最小估算的温度对应的助力电流上限值（100%）；

➤如果估算的温度大于等于表格中的最大值，则取最大值对应的电流上限值（0%，即完全切断电机助力）；

➤如果估算的温度在表格中的最小值和最大值之间，则此估算的温度所对应的电流上限值使用一次线性插值的方法计算得到。

最终对限值电流A、B和C进行对比，取其中较小值作为最终电流的限制值。

2.2 过载保护原理与策略

客户在打转向的过程中，往往很多时候方向盘转不动了，还将继续加大转向手里，使方向盘长时间保持在极限位置，此时电机属于堵转状态，如果长时间保持此种状态，电机的温度会迅速上升，导致电机损坏，因此需要有相应的保护策略。具体控制策略如下：

a) EPS通过车速、方向盘转速和扭矩、发动机转速、持续时间，判断是否属于过载情况，如属于，则进入降流模式。

b) 当条件变化后，跳出保护模块，进入正常助力状态。

进入保护条件：1) 车速小于25km/h；2) 方向盘转速小于 0.05rev/s；3) 发动机转速不小于500rpm或发动机状态信号为Running；4) 手力大于5Nm；5) 以上条件持续0.5S以上。

退出保护条件：1) 车速大于等于 25km/h；2) 方向盘转速大于等于 0.05rev/s；3) 发动机转速小于500rpm或发动机状态信号不是 Running；4) 转向手力小于2Nm。

3 评价过热保护的方法与标准

不同的整车厂有不同的评价方法及评价标准，本文以一辆B级轿车为例子进行说明。

3.1 评价条件

3.1.1 车辆状态

试验开始前应对样车转向机构及车轮状态进行确认，转向机构应能保证正常运转，测试之前，让车辆正常行驶5分钟，再停车测量。

满载前轴载荷：1170Kg

胎压：0.23Mpa

路面：沥青路面

### 3.1.2 所需设备

测压计、测力方向盘、计数计、转向力主机、VBOX主机。

### 3.2 评价方法

#### 3.2.1 设备连接

##### 3.2.1.1 转向力测量设备连接

第一步：测力方向盘的安装及调正

将测力方向盘安装在车辆方向盘处，并进行对中调正，用延长线连接转向力主机。

第二步：连接转向力主机

将测力方向盘延长线与转向力主机相连，并给主机接上电源，然后用BNC线将转角与力矩数值信号输出给VBOX主机。

##### 3.2.1.2 VBOX设备连接

第一步：安装GPS天线

选择车顶干净平整的部位，最好在车顶中部，将天线的输出端与VBOX主机相连接。

第二步：给VBOX连接电源

车载电池及12v的车辆点烟器都可以作为VBox的电源。如果使用车载电池作为电源，请在车辆熄火后及时关闭设备电源，防止电池电量耗尽。将电源连接器插到VBox上标有POWER字样的插座。

第三步：插入CF卡

电源接好后，红色的PWR灯应该变亮。在一个短的延时过后VBOX III开始搜索卫星。

SAT灯将指示锁定的卫星数量，要得到最好的实验结果，VBOX需要锁定5颗以上的卫星，并且要有很好的卫星接收质量。（当第一次使用VBOX或者在很长一段时间之后再使用VBOX时，VBOX将用5—10分钟来重新收集数据以跟踪卫星）。

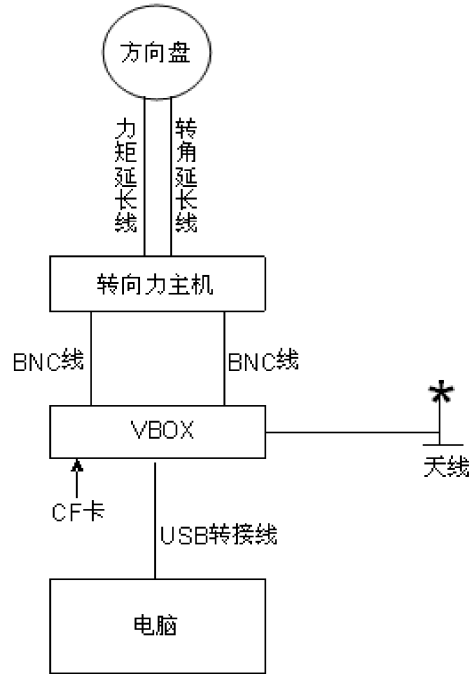
当车辆开始移动时，CF卡开始记录数据的时候，蓝色的CF灯开始闪烁。当车辆停下，蓝色的CF灯熄灭。这时可以移走CF卡，并传输数据给PC机以分析数据。

第四步：连接VBOX主机与转向力测量主机

用BNC转接线与4通道转接盒连接VBOX主机与转向力测量主机。

第五步：连接VBOX主机与电脑

用USB转接线连接VBOX主机与电脑，并根据实验要求对VBOX主机相关参数进行设置。至此，设备安装阶段结束。



设备连接示意图四

#### 3.2.2 操作步骤

以90deg/s的速度向左平稳地转动方向盘至极限位置，然后向右打至方向盘极限位置，再向左打至方向盘极限位置，最后回到直线行驶方向（此操作定义为一个循环）。在整个打方向的过程中应该保证平滑转向，不突然松开方向盘。

一直打方向盘，直到手力明显感觉到沉重为止。

#### 3.2.3 记录数据

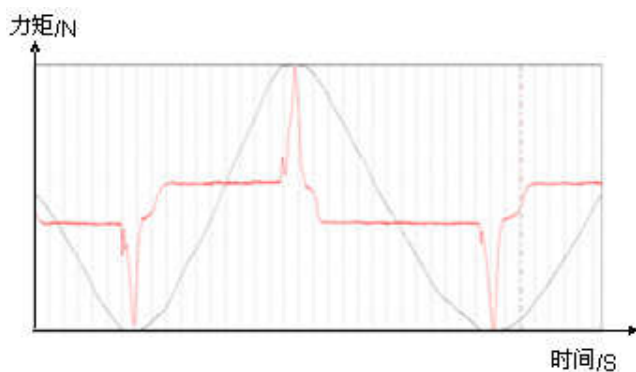
根据下表记录每个循环的最大手力

表4

		试验结果													
		循环数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
最大转矩	左转向														
	右转向														

#### 3.2.4 数据处理

试验数据处理使用VBOXTools软件来完成，下图为试验采集的一个循环的初始数据，图中红色线条代表转矩，黑色线条代表转角，横坐标轴为时间。一个循环有两个波谷和一个波峰。波谷代表左极限力矩，波峰代表右极限力矩。



图五

试验结果应是由若干个循环图形组成，最后的图形力矩明显加大时，说明EPS已经启动过热保护功能。

### 3.3 评价标准

不同的主机厂及不同车型有不同的判定标准，对于B级别轿车而言，一般要求12个循环内方向盘手力不大于整车设定的最大转向手力目标值（一般为3.8-4Nm）。

#### 参考文献

[1]雷琼红.汽车电动助力转向系统（EPS）技术的现状和发展趋势分析[J], 机械工程师, 2009, (9): 53.

[2]邓利军, 张璁, 王书贤.EPS系统助力特性与控制策略研究, 襄樊学院, 2010, 1-3.

[3]殷春芳, 汪少华, 赵锦波.汽车EPS助力特性比较研究, 江苏大学, 2009, 25,6-2.

[4]王豪, 许镇林, 张海华.电动助力转向系统助力特性研究.公路交通科技[J], 2003, 20(5): 34-37.