

高职高专“1+X”模式智能新能源汽车专业系列教材


新能源汽车动力电池、 电机及混合动力系统检修

New Energy Vehicles

徐旭升 胡敏艺 主编

上海景格科技股份有限公司技术支持



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



三、简答题

简述旋转变压器的作用。

任务二 电机控制器检测维修

一辆行驶 50000km 的比亚迪 e5 纯电动汽车被拖送至 4S 店进行维修, 车主反映该车涉水后无法启动。维修接待人员试车后发现车辆上电指示灯不亮、动力系统故障警告灯点亮且仪表信息区域显示动力系统故障。维修技师分析后认为故障原因可能为电机控制器损坏, 现需要检修。请你在学电机控制器相关知识之后, 安全规范地完成检修任务。

学习目标

- 1) 能准确描述电机控制器的应用。
- 2) 能准确列举电机控制器的组成部件并说出各部件的作用。
- 3) 能准确说出电机控制器的工作原理。
- 4) 能分析电机控制器常见故障的原因及检修方法。
- 5) 能掌握电机控制器的检测要点, 并规范地完成实训操作。

知识储备

电机控制器响应并反馈整车控制器根据驾驶员意图发出的各种指令, 实时调整驱动电机输出以实现控制驱动电机的转速、转向和通断。电机控制器的另一个重要功能是通信和保护, 实时进行状态和故障检测, 保证驱动电机系统和整车安全可靠运行。电机控制器一般与驱动电机相连, 安装在汽车的前机舱内。

一、电机控制器的应用

电机控制器与驱动电机必须配套使用, 目前电机控制器对驱动电机的转矩主要通过电压和电流的调节实现; 调速主要根据频率的改变实现, 这主要取决于所选用的驱动电机的类型。

1) 直流无刷电机驱动电机控制器: 一般采用脉宽调制 PWM 斩波控制方式, 控制技术简单成熟、成本低, 但效率低、体积大。

2) 交流感应电机驱动电机控制器: 采用 PWM 方式实现高压直流到三相交流的电源变换, 采用变频调速方式实现电机调速, 通过矢量控制或直接转矩控制的策略来实现电机转矩控制的快速响应。

3) 交流永磁电机驱动电机控制器: 包括正弦波永磁同步电机驱动系统和梯形波直流

无刷电机驱动系统,其中正弦波永磁同步电机控制器采用 PWM 方式实现高压直流到三相交流电源的变换,采用变频调速方式实现电机调速;梯形波直流无刷电机控制通常采用弱磁调速方式实现电机的控制。由于正弦波永磁同步电机驱动系统低速转矩脉动小,且高速恒功率区调速更稳定,比梯形波直流无刷电机驱动系统具有更好的应用前景。

4) 开关磁阻电机驱动电机控制器:一般采用模糊滑模控制方法。

二、电机控制器的组成

电机控制器主要由功率模块、驱动操作模块、中心操控模块、传感器、电子控制器组成。但不同车型搭载的电机控制器在结构组成上会有区别。

1. 功率模块

功率模块是一种起逆变和整流作用的变压器,它相当于逆变器和整流器的集成装置,其功能是接收动力电池输送过来的直流电能,逆变成三相交流电给驱动电机提供相应的工作电源。功率模块中常选用的功率器材主要有 MOSFET、GTO、IGBT 等,其中,IGBT 是目前使用较多的功率器材。

2. 驱动操作模块

驱动操作模块将中心操控模块的指令转换成对逆变器中可控的通断指令,并作为维护装置,具有过电压、过电流等异常情况的监测维护作用。

3. 中控模块 (ECU)

中控模块包含 PWM 波生成电路、复位电路、传感器信号处理电路、交互电路等。中控模块对外经过接口得到整车上其他部件的指令和状况信息,对内把翻译过的指令传递给逆变器驱动电路,并起检测操控作用。比如中控模块中的泄放模块在整车或者控制器发生碰撞等异常紧急情况时,能够迅速地将储存高压器件的能量快速泄放(国标规定 3s 内),以防止人员触电造成二次伤害等危险。

4. 传感器

电机控制器中应用到的传感器包括电流传感器、电压传感器、温度传感器、电机转轴角方位传感器等,根据规划要求增减。

5. 电子控制装置

电子控制装置主要通过电流传感器、电压传感器、温度传感器来监测和调整电机运行状态,并根据相应参数进行电压、电流的调整控制,以实现驱动电机的转速、转矩和功率的控制。

三、电机控制器的工作原理

电机控制器的电子控制装置根据电流传感器、电压传感器、温度传感器来进行驱动电机运行状态的监测,并根据相应参数对驱动电机进行电压、电流的调整控制,以实现驱动电机转矩、转速和方向的控制。电机控制器输出频率和幅值可变的三相交流电供给驱动

电机定
功能,
故障码

1
当
制器,
如图 3

在
缘栅双
(ECU)
从电池
负极形
路图为

当

电机定子绕组,形成磁场转动速度和磁场强度可变的旋转磁场。电机控制器还具有自诊断功能,当电机出现异常时将会激活一个错误代码并发送给整车控制器(VCU),并储存该故障码和相关数据。

1. 驱动过程中电机控制器的工作原理

当电机驱动车辆前行或倒退时,动力电池通过高压控制盒将高压直流电输送到电机控制器,电机控制器将动力电池的高压直流电逆变为三相交流电,供给驱动电机驱动车辆,如图 3-2-1 所示。

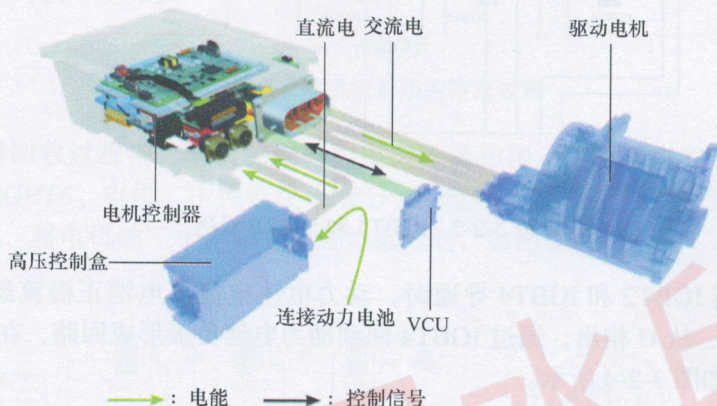


图 3-2-1 电机控制器的工作过程

在车辆驱动过程中,电机控制器主要起逆变作用,其逆变电路主要由动力电池、绝缘栅双极型晶体管 IGBT1~IGBT6、电机、整车控制器(VCU)等组成。其中,中控模块(ECU)控制 IGBT 的导通和截止。当 ECU 控制 IGBT3 和 IGBT5 导通时,动力电池电流从电池正极流经 IGBT3 到驱动电机,从 W 相进、从 V 相出,通过 IGBT5 回到动力电池负极形成回路,在驱动电机 W 相、V 相产生磁场,如图 3-2-2 所示(以比亚迪 e5 车型电路图为例)。

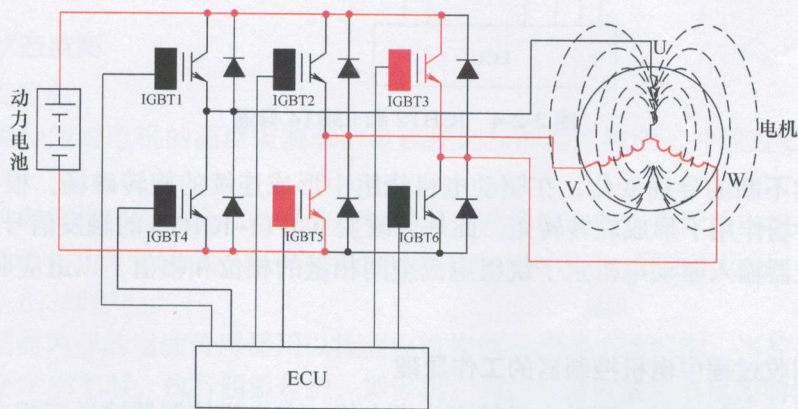


图 3-2-2 IGBT3 和 IGBT5 导通

当中 ECU 控制 IGBT1 和 IGBT6 导通时,动力电池电流从电池正极流经 IGBT1 到驱

动电机,从U相进、从W相出,通过IGBT6回到动力电池负极形成回路,在驱动电机U相、W相产生磁场,如图3-2-3所示。

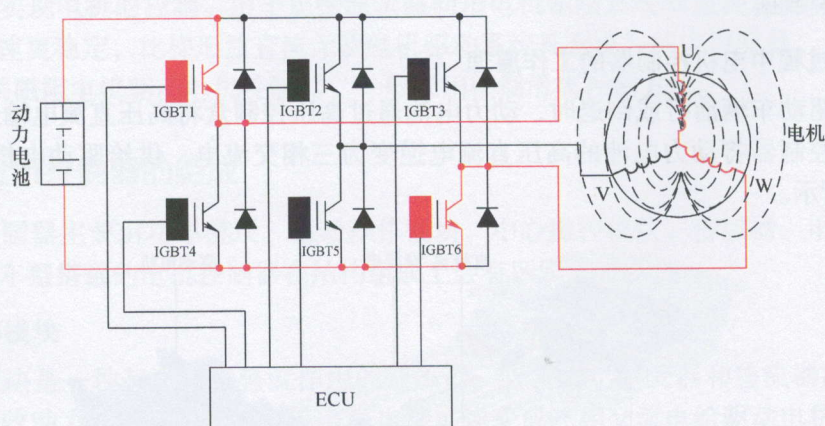


图 3-2-3 IGBT1 和 IGBT6 导通

当 ECU 控制 IGBT2 和 IGBT4 导通时,动力电池电流从电池正极流经 IGBT2 到驱动电机,从 V 相进、从 U 相出,通过 IGBT4 回到动力电池负极形成回路,在驱动电机 V 相、U 相产生磁场,如图 3-2-4 所示。

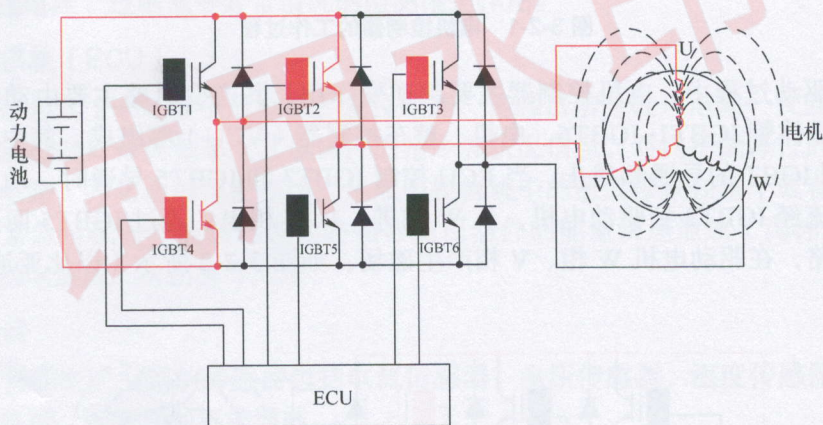


图 3-2-4 IGBT2 和 IGBT4 导通

如此连续不断的导通变化,在驱动电机绕组中形成连续的旋转磁场,根据电机原理,转子在旋转磁场作用下形成旋转转矩。此外,改变 IGBT1~IGBT6 的触发信号频率和时间,就能改变逆变器输入驱动电机定子绕组电流空间相量的相位和幅值,以适应驱动电机的驱动需要。

2. 能量回收过程中电机控制器的工作原理

当车辆减速或制动时,驱动电机转变为发电机,向电机控制器输送三相交流电,电机控制器将驱动电机输送过来的三相交流电整流成稳定的直流电,再通过高压控制盒输送到动力电池,为动力电池充电,如图 3-2-5 所示。

二极
的单

车控
制器
时,

机控
85℃

驱动电机 U

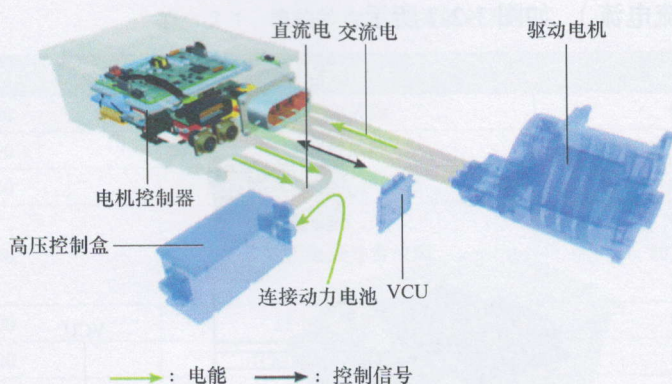


图 3-2-5 电机控制器的整流过程

在车辆能量回收过程中，电机控制器主要起整流作用，其整流电路主要由动力电池、二极管 IGBT1~IGBT6、电机、中控模块（ECU）等组成。电机控制器主要是利用其二极管的单向导电性能，将电机的三相交流电整流为直流电，如图 3-2-6 所示。

2 到驱动
机 V 相、

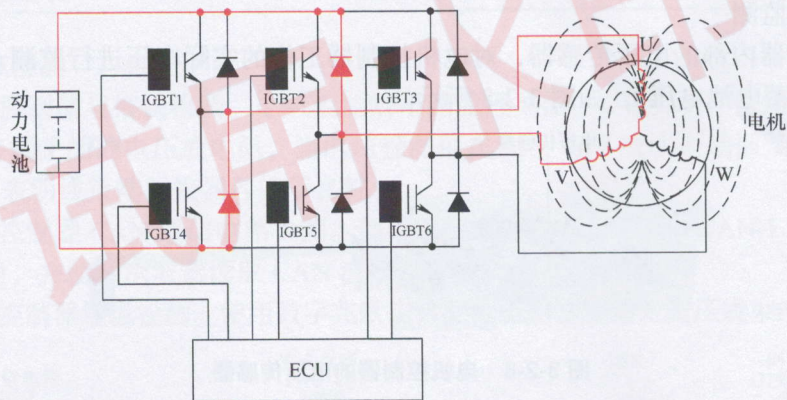


图 3-2-6 电机控制器的整流原理

3. 电机状态监测

(1) 温度监测

温度监测分为对电机的温度监测和对电机控制器的温度监测，并通过 CAN 总线与整车控制器通信。

驱动电机温度传感器检测到电机的绕组温度，并将温度信息传送给电机控制器，当控制器监测到驱动电机温度传感器显示温度范围为 120~140℃时，降功率运行；温度 $\geq 140^\circ\text{C}$ 时，功率降至 0，即停机。

电机控制器内部的温度传感器用以检测电机控制系统的工作温度。当控制器监测到电机控制器温度 $\geq 85^\circ\text{C}$ 时，执行超温保护，即停机。当控制器监测到电机控制器温度在 75 ~ 85℃之间时，降功率运行。

(2) 电流监测

电机控制器通过其内部 4 个电流传感器，对驱动电机工作的实际电流进行监测（包括

机原理，
和时间，
电机的驱

3，电机
输送到

母线电流、三相交流电流), 如图 3-2-7 所示。

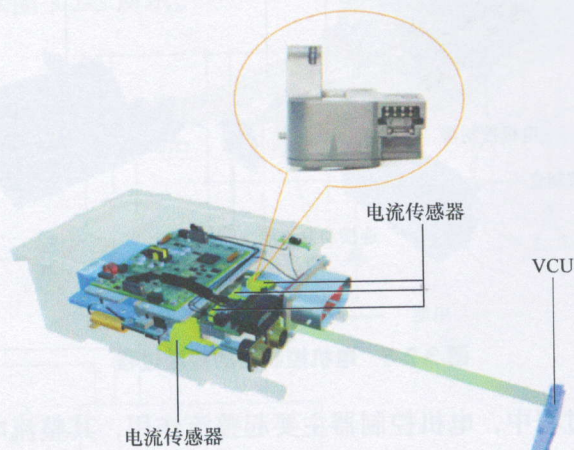


图 3-2-7 电机控制器的电流传感器

(3) 电压监测

电机控制器内部的电压传感器, 对电机控制器工作的实际电压进行监测 (包括动力电池电压、低压蓄电池电压), 如图 3-2-8 所示。

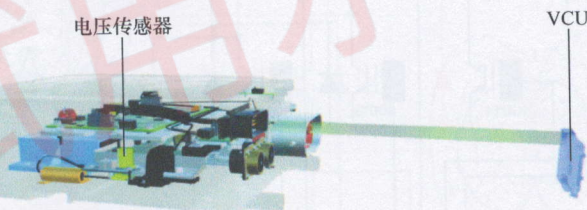


图 3-2-8 电机控制器的电压传感器

四、电机控制器的检修

1. 故障现象

电机控制器存在故障时会导致电机不能正常运转, 使车辆失去动力; 同时位于车辆仪表盘上的动力系统故障指示灯 ⚠️ 将点亮。

2. 故障原因

电机控制器常见的故障原因是控制器本身的故障。

3. 检修方法

(1) 外观检查

检查电机控制器外观是否破损, 连接线束是否连接可靠。

(2) 读取故障码

使用故障诊断仪读取故障码, 电机控制器可能存在的故障码见表 3-2-1。

表 3-2-1 电机控制器相关的故障码

故障码 (DTC)	故障描述	可能发生部位
PIB00-00	IPM 故障	电机控制器
PIB01-00	旋变故障	MG2 电机线束, 插接件
PIB02-00	欠电压保护故障	电机控制器
PIB03-00	主接触器异常故障	电机控制器 动力电池管理器 高压配电箱
PIB04-00	过电压保护故障	电机控制器
PIB05-00	IPM 散热器过温故障	电机控制器
PIB06-00	档位故障	档位管理器 电机控制器 / 线束
PIB07-00	加速踏板异常故障	加速踏板深度传感器回路
PIB08-00	电机过温故障	制动踏板深度传感器回路
PIB09-00	驱动电机过温故障	MG2 电机
PIB0A-00	缺相故障	电机控制器、线束
PIB0B-00	EEPROM	

(3) 故障检测

1) 电机控制器与搭铁检测。电机控制器电路原理如图 3-2-9 所示。使用万用表测量线束端插接器各端子间的电压或电阻, 当电压检测值在 11 ~ 14V 或线束端插接器各端子间的电阻小于 1, 表明线束端插接器各端子良好。

2) 电机控制器 CAN 通信电路检测。使用万用表测量 CAN-H 和 CAN-L 信号电压是否在正常范围内, 并使用示波器读取 CAN 波形查看波形是否正常。

3) 电机控制器绝缘检测。使用数字兆欧表检测电机控制器输入高压线束绝缘是否正常。

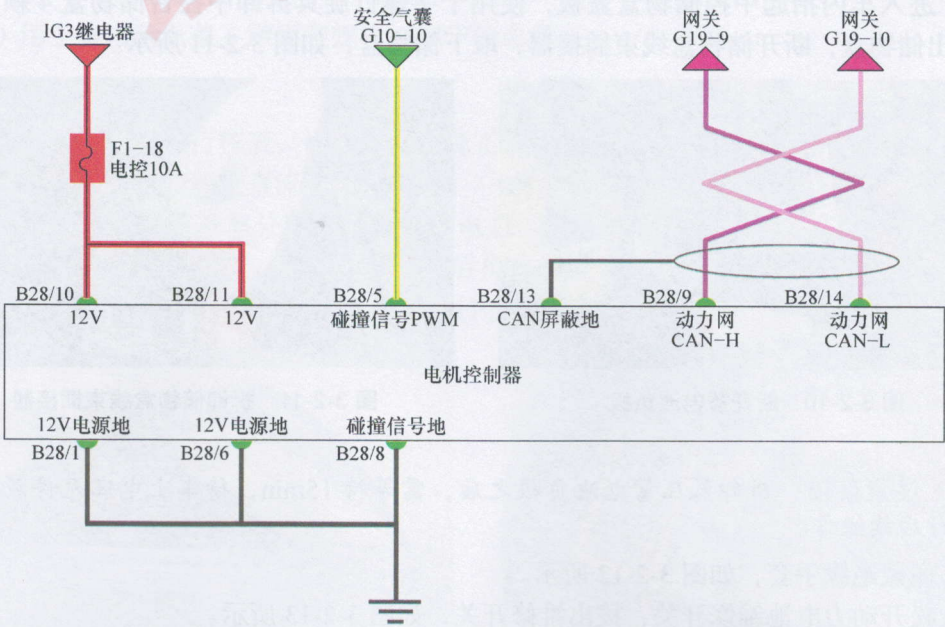


图 3-2-9 电机控制器电路原理

实训演练

电机控制器检测

请扫描二维码, 查看“电机控制器检测”技能视频, 结合视频内容及相关资料, 规范地完成驱动电机控制器检测实训。



实训工具与准备:

- 1) 工具: 世达 68 件绝缘工具套件、世达 150 件工具套装、橡胶手套、万用表、兆欧表等。
- 2) 设备: 比亚迪 e5 整车。
- 3) 资料及耗材: 比亚迪 e5 维修手册、教材及学习工作页、抹布等。

一、实训前准备

- 1) 铺设车内防护三件套。
- 2) 铺设车外防护三件套。

二、电机控制器高压线束绝缘检测

1. 维修开关拆卸

- 1) 断开低压蓄电池负极, 如图 3-2-10 所示。
- 2) 进入车内抬起中控储物盒盖板, 使用十字螺钉旋具拆卸中控台储物盒 4 颗自攻螺钉, 取出储物盒, 断开储物盒线束插接器, 取下储物盒, 如图 3-2-11 所示。



图 3-2-10 断开蓄电池负极



图 3-2-11 拆卸储物盒线束插接器



注意事项: 拆卸低压蓄电池负极之后, 需等待 15min, 待车上电容元件放电完成才能进行后续操作。

- 3) 佩戴绝缘手套, 如图 3-2-12 所示。
- 4) 松开动力电池维修开关, 拔出维修开关, 如图 3-2-13 所示。



图 3-2-12 佩戴绝缘手套



图 3-2-13 断开维修开关

2. 高压验电盖拆卸

1) 使用十字套筒、接杆、棘轮扳手组合工具拆卸充配电总成验电盖的 5 颗固定螺栓，如图 3-2-14 所示。

2) 使用 TS25 内五角套筒、接杆、棘轮扳手组合工具拆卸充配电总成验电盖的 1 颗定位螺栓，如图 3-2-15 所示。



图 3-2-14 验电盖固定螺栓拆除



图 3-2-15 验电盖定位螺栓拆除

3) 用手旋出验电盖 6 颗固定螺栓，取下验电盖。

3. 高压验电

1) 取出万用表进行校表，确保万用表能正常使用。

2) 将数字万用表调至直流电压档。

3) 将万用表红黑表笔分别连接至充配电总成高压输出端子，检测充配电总成内部残余电量。若测量值大于 0V，应静止 15min 后再次测量，确认正负极端子之间电压值为 0V 才能进行下一步操作，如图 3-2-16、图 3-2-17 所示。

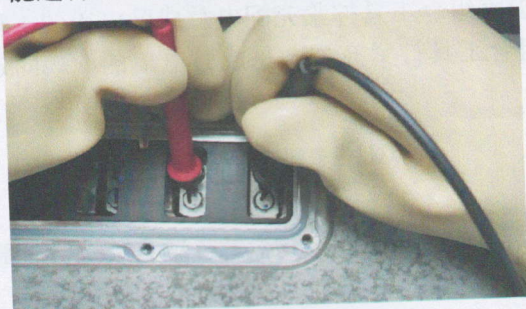


图 3-2-16 高压输出端子测量

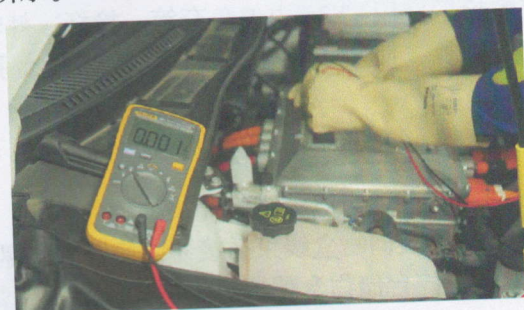


图 3-2-17 高压输出端子电压读取

4. 电机控制器高压线束拆卸

1) 先后使用 10mm 套筒、接杆、棘轮扳手组合工具拆卸电机控制器高压母线端子的 4 颗固定螺栓, 并使用吸棒将其取出。

2) 拔出正、负极电机控制器高压母线。

5. 电机控制器高压线束绝缘检测

1) 取出数字兆欧表, 将黑表笔夹至充配电总成搭铁线束, 红表笔连接电机控制器高压线束正极端子, 如图 3-2-18、图 3-2-19 所示。



图 3-2-18 数字兆欧表黑笔连接搭铁



图 3-2-19 数字兆欧表红笔连接正极

2) 调整测试档位至 1000V 测试档, 打开测试按钮开始测试, 等待数值稳定后记录数值, 若测量值与标准数值 ($> 20M\Omega$) 不符, 则说明电机控制器存在绝缘故障, 需进一步检修。

3) 以同样方法检测电机控制器负极端子绝缘值。

6. 电机控制器高压线束安装

1) 依次安装负、正极电机控制器高压母线至正确位置, 如图 3-2-20 所示。

2) 依次使用 10mm 套筒、接杆、棘轮扳手组合工具安装电机控制器高压母线端子的 4 颗固定螺栓。



图 3-2-20 负、正极电机控制器高压母线安装

7. 高压验电盖安装

1) 安装充配电总成验电盖。

2) 用手旋入充配电总成验电盖的 6 颗固定螺栓后使用 TS25 内五角套筒、接杆、棘轮扳手组合工具拧紧充配电总成验电盖的 1 颗定位螺栓, 使用十字套筒、接杆、棘轮扳手组合工具拧紧充配电总成验电盖的 5 颗固定螺栓。

8. 维修开关安装

1) 安装动力电池维修开关。

2) 安装储物盒线束插接器, 使用十字螺钉旋具安装中控台储物盒的 4 颗自攻螺钉。最后放下中控台储物盒盖板。

三、电机控制器低压电路检测

1. 电机控制器双路电电路检测

1) 断开电机控制器低压线束插接器。
2) 在打开车辆电源开关, 取出万用表校表检查, 确认万用表正常可用后将万用表调整至直流电压测试档。

3) 将红表笔连接电机控制器 B28 的 10 号针脚, 黑表笔连接车身搭铁, 待万用表数值稳定后记录测得的电压值。若测量值与标准数值 (11 ~ 14V) 不符, 则需进行线路导通性测试, 确认是否存在断路故障, 如图 3-2-21 所示。

4) 以同样方法检测电机控制器 B28 的 11 号针脚, 如图 3-2-22 所示。



图 3-2-21 连接 10 号针脚



图 3-2-22 连接 11 号针脚

2. 电机控制器动力 CAN 网检测

1) 将红表笔连接电机控制器 B28 的 9 号针脚, 黑表笔连接车身搭铁, 测量其 CAN-H 电压值。等数值稳定后读取电压值, 若电压值不在标准值范围 (2.5 ~ 3.5V) 内, 需检测相关线路, 如图 3-2-23 所示。

2) 将万用表红表笔连接电机控制器 B28 的 14 号针脚, 黑表笔连接车身搭铁, 测量其 CAN-L 电压值。等数值稳定后读取电压值, 若电压值不在标准值范围 (1.5 ~ 2.5V) 内, 需检测相关线路, 如图 3-2-24 所示。



图 3-2-23 连接 9 号针脚



图 3-2-24 连接 14 号针脚

3. 电机控制器碰撞信号电路检测

将红表笔连接电机控制器 B28 的 5 号针脚, 黑表笔连接车身搭铁, 待万用表数值稳定

后记录测得的电压值。若测量值与标准数值(8V)不符,则需进行线路导通性测试,确认是否存在断路故障,如图3-2-25所示。

4. 电机控制器搭铁电路检测

1) 关闭车辆电源开关后,将万用表调整至电阻测试档。

2) 将红表笔连接电机控制器 B28 的 8 号针脚,黑表笔连接车身搭铁,待万用表数值稳定后记录测得的电阻值。若测量值与标准数值($< 1\Omega$)不符,则说明存在搭铁断路故障,需进行维修,如图3-2-26所示。



图 3-2-25 连接 5 号针脚



图 3-2-26 连接 8 号针脚

3) 以同样方法依次将红表笔连接到电机控制器 B28 的 1 号和 6 号针脚,黑表笔始终与车身搭铁相连,分别记录测得的电阻值。若测量值与标准数值($< 1\Omega$)不符,则说明存在搭铁断路故障,需进行维修。

4) 依次安装电机控制器低压线束插接器和低压蓄电池负极。

四、整理清洁

按照 7S 管理标准,整理工具和场地。

任务练习

一、选择题

1. () 实现了交流电机磁通和转矩的解耦控制,使交流传动系统的动态特性有了显著的改善。

- A. 矢量控制 B. 自适应控制 C. 效率优化控制 D. 变极控制

2. 交流感应电机驱动电机控制器采用 () 方式实现电机调速。

- A. 脉宽调制 PWM 斩波控制 B. 变频调速
C. 弱磁调速 D. 以上都不是

3. () 是一种起逆变和整流作用的变压器,相当于逆变器和整流器的集成装置。

- A. 功率模块 B. 驱动操作模块 C. 中控模块 D. 电子控制装置