



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104270052 A

(43) 申请公布日 2015.01.07

(21) 申请号 201410524417.8

(22) 申请日 2014.10.08

(71) 申请人 北京新能源汽车股份有限公司

地址 102606 北京市大兴区采育经济开发区
采和路1号

(72) 发明人 宋雪雷

(74) 专利代理机构 北京市商泰律师事务所

11255

代理人 毛燕生

(51) Int. Cl.

H02P 21/00(2006.01)

H02P 25/02(2006.01)

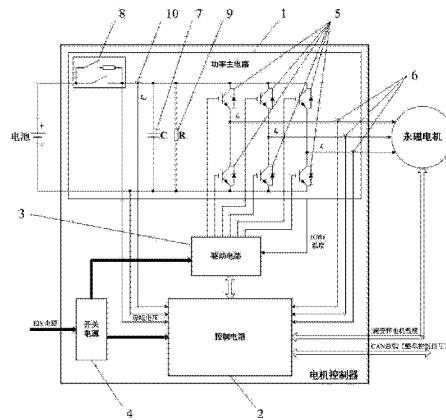
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种车用永磁同步电机控制器

(57) 摘要

本发明涉及一种电动汽车用永磁同步电机控制器，主要由功率主电路、控制电路、驱动电路、开关电源四部分构成。功率主电路基于三相全桥逆变器拓扑结构，控制电路板基于 DSP 和 CPLD 设计。电机控制器通过 CAN 总线接收整车控制器发送的控制模式和目标转矩指令，并通过解析得到电流指令，然后基于矢量控制算法和脉宽调制策略，控制 IGBT 的导通和关断，从而实现对永磁同步电机的电流和转矩控制；同时通过信号检测和处理，实现对电机控制器和电机的自我保护和故障诊断；另外将电机控制器和电机的运行状态通过 CAN 总线反馈给整车控制器。本发明设计简洁，性能可靠，保证了整车的安全性。



1. 一种车用永磁同步电机控制器,其特征在于:电机控制器电路主要由功率主电路、控制电路、驱动电路、开关电源四部分构成;电机控制器通过 CAN 总线接收整车控制器 VCU 发送的控制模式和目标转矩指令,并通过解析得到电流指令,然后基于矢量控制算法和脉宽调制策略,控制 IGBT 的导通和关断,从而实现对永磁同步电机的电流和转矩控制;同时通过信号检测和处理,实现对电机系统的自我保护和故障诊断;另外将电机系统的运行状态通过 CAN 总线反馈给整车控制器 VCU。

2. 如权利要求 1 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:功率主电路基于三相全桥逆变器拓扑结构,并含有预充电电路和被动放电电阻,同时含有 3 个相电流传感器和 1 个直流母线电流传感器。

3. 如权利要求 1 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:驱动电路基于成熟的 IGBT 驱动芯片 ACPL-38JT 设计。

4. 如权利要求 1 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:开关电源基于反激式变换器拓扑结构,为控制电路和驱动电路提供多路隔离的低压工作电源。

5. 如权利要求 1 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:控制电路基于 DSP 和 CPLD 设计,并含有 PWM 驱动电路、旋变解码电路、AD 采样电路、CAN 总线驱动电路、EEPROM 电路、IO 电路、DA 转换电路、复位电路、时钟电路和 JTAG 电路;以及过流、过压、过温硬件保护比较电路;保护比较电路的输出信号经由 CPLD 逻辑处理,然后触发 DSP 响应外部中断以及时进行电机系统保护处理。

6. 如权利要求 5 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:控制电路包括 3 路相电流采样通道、1 路母线电压采样信号、1 路母线电流采样通道、3 路电机温度采样通道、3 路 IGBT 温度采样通道。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:控制电路中 DSP 的 SPI 接口用于与旋变解码电路通讯,获取转子位置信息;控制电路中 DSP 的 McBSP 接口设置成 SPI 模式,并经由 CPLD 分时复用,一方面与 EEPROM 进行通讯,进行故障信息存储与读取、控制参数存储及读取;另一方面实时获取和区分硬件保护比较电路检测出来的每一种故障;控制电路中的复位信号、外部中断信号、两路 SPI 通讯信号、IO 信号均经由 CPLD 进行逻辑处理,控制电路中上电复位信号经由 CPLD 处理分成两路复位信号,一路用于复位 DSP,另一路用于复位 IGBT 驱动芯片。

8. 如权利要求 5、6 或 7 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:控制电路中的旋变解码电路、CAN 总线驱动电路和 IO 电路采用光耦隔离设计。

9. 如权利要求 8 所述的车用永磁同步电机控制器,其特征在于:控制电路中 IO 电路含有 4 路继电器输出信号和 4 路开关量输入信号。

10. 如权利要求 1 所述的车用永磁同步电机控制器,其控制电路的控制程序为:

(1) 系统上电复位后,首先进行硬件配置及初始化、变量初始化;

(2) 然后从 EEPROM 读取电机控制参数;

(3) 然后进行系统自检,若自检成功,则给 VCU 发送自检完成状态,并进入等待模式;若自检未成功,则先给 VCU 发送自检故障标志,再给 VCU 发送自检完成状态,并进入等待模式;

(4) 在等待模式中,循环等待 VCU 发送的上电指令;若接收到上电指令,则开始预充电

操作,闭合预充继电器,并判断预充电是否完成;若预充电未完成,则循环等待;若预充电完成,则闭合主继电器、断开预充继电器,并给 VCU 发送预充电完成状态;

(5) 预充电完成后,等待 VCU 发送使能指令;若未收到使能指令,则循环等待;若收到使能指令,则使能中断,并进入主循环程序;

(6) 在主循环程序中,等待进入主中断。若未进入主中断,则执行 CAN 总线接收 VCU 指令、CAN 总线发送电机系统运行状态、电机系统故障诊断、EEPROM 保存故障信息等子程序;若进入主中断,则执行主中断子程序;

(7) 在主中断子程序中,首先进行 AD 采样及校准、转子位置获取和转速计算;

(8) 然后进行运行模式和转矩指令解析并获取电流指令;

(9) 然后判断是否有故障需要停机;若无故障,则执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序;

(10) 若有故障需要停机,则首先将电流指令清零,并判断转速是否低于安全阈值;若转速低于安全阈值,则直接关 PWM,然后退出主中断子程序;否则继续执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序。

一种车用永磁同步电机控制器

技术领域

[0001] 本发明涉及电机控制领域，具体涉及一种电动汽车用永磁同步电机控制器。

背景技术

[0002] 随着能源问题和环境问题的日益突出，汽车动力电气化已成为一种必然发展趋势。电动汽车具有节油、环保、高效等优点，是国际汽车巨头争夺未来汽车产业的战略制高点，也是各国政府为解决社会经济可持续发展的重要着力点，因此电动汽车在未来具有非常广阔的市场前景。

[0003] 电动汽车按能源配置不同可分为纯电动车、混合电动车和燃料电池车三类。不管是哪种类型，电机及驱动控制系统都是其中的核心动力部件。目前，国内、外电机和电力电子企业均纷纷进入电动汽车领域抢占市场。车用电机控制器是电动汽车的关键零部件之一，它是另一关键零部件驱动电机的电源，其性能、可靠性、安全性直接影响整车的性能、可靠性和安全性。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种适合于产业化的电动汽车用永磁同步电机控制器。

[0005] 本发明的技术方案为：

[0006] 电机控制器电路主要由功率主电路、控制电路、驱动电路、开关电源四部分构成。电机控制器通过 CAN 总线接收整车控制器 VCU 发送的控制模式和目标转矩指令，并通过解析得到电流指令，然后基于矢量控制算法和脉宽调制策略，控制 IGBT 的导通和关断，从而实现对永磁同步电机的电流和转矩控制；同时通过信号检测和处理，实现对电机系统的自我保护和故障诊断；另外将电机系统的运行状态通过 CAN 总线反馈给整车控制器 VCU。

[0007] 电机控制器的硬件电路主要由功率主电路、控制电路、驱动电路、开关电源四部分构成。功率主电路基于三相全桥逆变器拓扑结构，并含有预充电路和被动放电电阻，同时含有 3 个相电流传感器和 1 个直流母线电流传感器；驱动电路基于成熟的 IGBT 驱动芯片设计；控制电路基于 DSP 和 CPLD 设计，并含有 PWM 驱动电路、旋变解码电路、AD 采样电路、CAN 总线驱动电路、EEPROM 电路、比较保护电路、IO 电路、DA 转换电路、复位电路、时钟电路和 JTAG 电路，其中，旋变解码电路、CAN 总线驱动电路和 IO 电路采用光耦隔离设计，以提高硬件电路抗干扰能力；开关电源基于反激式变换器拓扑结构，为控制电路和驱动电路提供多路隔离的低压工作电源。

[0008] 电机控制器的控制程序流程为：

[0009] (1) 系统上电复位后，首先进行硬件配置及初始化、变量初始化。

[0010] (2) 然后从 EEPROM 读取电机控制参数。

[0011] (3) 然后进行系统自检，若自检成功，则给 VCU 发送自检完成状态，并进入等待模式；若自检未成功，则先给 VCU 发送自检故障标志，再给 VCU 发送自检完成状态，并进入等待模式。

[0012] (4) 在等待模式中,循环等待 VCU 发送的上电指令。若接收到上电指令,则开始预充电操作,闭合预充继电器,并判断预充电是否完成。若预充电未完成,则循环等待;若预充电完成,则闭合主继电器、断开预充继电器,并给 VCU 发送预充电完成状态。

[0013] (5) 预充电完成后,等待 VCU 发送使能指令。若未收到使能指令,则循环等待;若收到使能指令,则使能中断,并进入主循环程序。

[0014] (6) 在主循环程序中,等待进入主中断。若未进入主中断,则执行 CAN 总线接收 VCU 指令、CAN 总线发送电机系统运行状态、电机系统故障诊断、EEPROM 保存故障信息等子程序;若进入主中断,则执行主中断子程序。

[0015] (7) 在主中断子程序中,首先进行 AD 采样及校准、转子位置获取和转速计算。

[0016] (8) 然后进行运行模式和转矩指令解析并获取电流指令。

[0017] (9) 然后判断是否有故障需要停机。若无故障,则执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序。

[0018] (10) 若有故障需要停机,则首先将电流指令清零,并判断转速是否低于安全阈值。若转速低于安全阈值,则直接关 PWM,然后退出主中断子程序;否则继续执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序。

[0019] 本发明确定了电机控制器的硬件电路构成、原理框图和控制方法,满足车用永磁同步电机的控制要求。本发明设计简洁,性能可靠,保证了整车的安全性。

附图说明

[0020] 图 1 电机控制器电气原理框图;

[0021] 图 2 控制电路原理框图;

[0022] 图 3 DSP 主程序流程图。

具体实施方式

[0023] 1、硬件电路构成

[0024] 在本实施方式中,电机控制器原理框图如图 1 所示,它描述了整个系统的硬件电路构成和各部分之间的连接关系。

[0025] 参见图 1,电机控制器的硬件电路主要由功率主电路 1、控制电路 2、驱动电路 3、开关电源 4 四部分构成。功率主电路 1 基于三相全桥逆变器拓扑结构,并含有预充电电路 8 和被动放电电阻 9,同时含有 3 个相电流传感器 6 和 1 个直流母线电流传感器 10。其中,IGBT5 采用 Infineon 公司的 HybridPACK II 功率模块,直流侧电容 7 采用集成母排的膜电容,相电流传感器 6 和直流母线电流传感器 10 采用 LEM 公司的汽车级电流传感器。

[0026] 驱动电路 3 基于成熟的 IGBT 驱动芯片 ACPL-38JT 设计,接收控制电路 2 的 PWM 信号,并将其进行功率放大,然后控制 IGBT 的导通和关断,同时将 IGBT 的故障信号反馈给控制电路 2。

[0027] 本实施方案中,控制电路 2 原理框图如图 2 所示,它描述了控制电路 2 的硬件电路构成和各部分之间的关系。参见图 2,控制电路 2 基于 DSP11 和 CPLD12 设计,通过 CAN 总线驱动电路 16 接收整车控制器 VCU 的控制指令,采集电流、电压、温度采样电路 14 信号及永磁电机的转子位置信号,并通过矢量控制算法产生 PWM 信号,从而通过 PWM 驱动电路 13 实

现对永磁同步电机的电流和转矩控制,同时通过过流、过压、过温比较电路 18 检测过流、过压、过温故障,并将故障信息保存至 EEPROM 电路 17 中。

[0028] 下面对图 2 中控制电路 2 作具体说明:

[0029] 控制电路 2 基于 DSP11 和 CPLD12 设计,并含有 PWM 驱动电路 13、AD 采样电路(电流、电压、温度采样电路)14、旋变信号解码电路 15、CAN 总线驱动电路 16、EEPROM 电路 17、硬件保护比较电路(过流、过压、过温比较电路)18、IO 电路 19、DA 转换电路 20、时钟电路 21、复位电路 22 和 JTAG 电路 23。其中,旋变信号解码电路 15、CAN 总线驱动电路 16 和 IO 电路 19 采用光耦隔离设计,以提高硬件电路抗干扰能力。

[0030] DSP11 采用 TI 公司的 C28X 系列数字信号处理器(如 TMS320F28335 或 TMS320F2812),CPLD12 采用 Altera 公司的 MAX7000A 系列可编程逻辑器件(如 EPM7256)。

[0031] AD 采样电路 14 基于运算放大器 LM2904 设计,包含 3 路相电流采样通道、1 路母线电压采样信号、1 路母线电流采样通道、3 路电机温度采样通道、3 路 IGBT 温度采样通道,该电路输入与各电流、电压、温度传感器连接,输出与 DSP11 的 AD 模拟输入引脚连接。

[0032] PWM 驱动电路 13 基于专用电平转换芯片设计,将 DSP11 输出的 3.3V PWM 信号转换为 5V PWM 信号。该电路输入与 DSP11 的 PWM 输出引脚连接,输出与 PWM 驱动电路 13 的 PWM 输入引脚连接。

[0033] 旋变信号解码电路 15 基于 ADI 公司的 RDC 解码芯片和光耦设计,一方面给旋转变压器提供频率为 10kHz 的激磁信号,另一方面将旋转变压器输出的正弦信号和反馈信号解码为转子位置信号,并通过 SPI 接口发送给 DSP11。该电路输入与旋转变压器连接,输出与 CPLD12 连接,经 CPLD12 逻辑处理后,再与 DSP11 的 SPI 接口连接。

[0034] CAN 总线驱动电路 16 基于专用 CAN 收发器芯片 PCA82C250 和光耦进行设计,为提高抗干扰能力,CANH、CANL 两个差分信号之间增加高频滤波电容、CAN 总线 EMI 滤波器和 CAN 总线 TVS 浪涌电压抑制器。

[0035] EEPROM 电路 17 基于 X5163 设计,通过 SPI 方式实现故障信息存储与读取、控制参数存储与读取。该电路与 CPLD12 直接连接,经 CPLD12 中 SPI 模块的分时复用逻辑处理后,再与 DSP11 的 McBSP 接口连接。

[0036] 硬件保护比较电路 18 基于比较器 LM2903 设计,实现过流、过压、过温的硬件保护。该电路输入与 AD 采样电路 14 的输出连接,输出与 CPLD12 连接,经 CPLD12 逻辑处理后,一方面整合成一个中断信号,再与 DSP11 的外部中断输入引脚连接,通过 DSP11 外部中断子程序,对故障进行实时保护;另一方面,为了区分每一种硬件保护故障,经由 CPLD12 中 SPI 模块的分时复用逻辑处理后,再与 DSP11 的 McBSP 接口连接,通过 SPI 方式将故障实时反馈给 DSP11。

[0037] IO 电路 19 基于专用继电器驱动芯片和光耦设计,包含 4 路继电器输出和 4 路开关量输入信号,可实现对预充电电路控制。该电路输入与外部 IO 信号连接,输出与 CPLD12 连接,经 CPLD12 逻辑处理后,再与 DSP11 的 IO 引脚连接。

[0038] DA 转换电路 20 基于 RC 滤波电路实现,输入与 DSP11 的定时器 PWM 输出引脚连接,先将数字量转换成脉冲输出,然后通过 RC 滤波转换成模拟量。

[0039] 时钟电路 21 采用 30MHz 有源晶振,输出与 DSP11 的外部时钟输入引脚连接,上电复位时,经 DSP11 内部的 PLL 单元倍频,将 30MHz 时钟信号转换为 DSP11 工作所需要的

150MHz 时钟信号。

[0040] 复位电路 22 基于专用微处理器复位芯片设计,用于对 DSP11 和 IGBT 驱动芯片进行复位。该电路输出与 CPLD12 连接,经 CPLD12 逻辑处理后分成 2 路复位信号,1 路与 DSP11 复位引脚连接,另一路与 PWM 驱动电路 13 的复位引脚连接。

[0041] 开关电源 4 基于反激式变换器拓扑结构,为控制电路 2 和驱动电路 3 提供多路隔离的低压工作电源。

[0042] 控制电路 2 的旋变和电机温度信号与永磁电机连接,相电流采样信号、直流母线电流采样信号、母线电压采样信号与功率主电路 1 连接,PWM 信号与驱动电路 3 连接;驱动电路 3 的 PWM 输入信号与控制电路 2 连接,IGBT 驱动信号、IGBT 温度信号与功率主电路 1 的 IGBT5 连接;功率主电路 1 的直流侧输入与电池正、负极连接,交流侧输出与永磁电机的三相绕组连接;开关电源的输入与 12V 电源的正、负极连接,输出与控制电路 2、驱动电路 3 的电源输入端连接。

[0043] 2、DSP 主程序流程

[0044] 本实施方案中,为满足车用永磁同步电机的控制要求,DSP 软件的主程序流程图如图 3 所示。具体程序流程如下:

[0045] (1) 系统上电复位后,首先进行硬件配置及初始化、变量初始化。

[0046] (2) 然后从 EEPROM 电路读取电机控制参数。

[0047] (3) 然后进行系统自检,若自检成功,则给 VCU 发送自检完成状态,并进入等待模式;若自检未成功,则先给 VCU 发送自检故障标志,再给 VCU 发送自检完成状态,并进入等待模式。

[0048] (4) 在等待模式中,循环等待 VCU 发送的上电指令。若接收到上电指令,则开始预充电操作,闭合预充继电器,并判断预充电是否完成。若预充电未完成,则循环等待;若预充电完成,则闭合主继电器、断开预充继电器,并给 VCU 发送预充电完成状态。

[0049] (5) 预充电完成后,等待 VCU 发送使能指令。若未收到使能指令,则循环等待;若收到使能指令,则使能中断,并进入主循环程序。

[0050] (6) 在主循环程序中,等待进入主中断。若未进入主中断,则执行 CAN 总线接收 VCU 指令、CAN 总线发送电机系统运行状态、电机系统故障诊断、EEPROM 保存故障信息等子程序;若进入主中断,则执行主中断子程序。

[0051] (7) 在主中断子程序中,首先进行 AD 采样及校准、转子位置获取和转速计算。

[0052] (8) 然后进行运行模式和转矩指令解析并获取电流指令。

[0053] (9) 然后判断是否有故障需要停机。若无故障,则执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序。

[0054] (10) 若有故障需要停机,则首先将电流指令清零,并判断转速是否低于安全阈值。若转速低于安全阈值,则直接关 PWM,然后退出主中断子程序;否则继续执行矢量控制算法和更新 PWM 输出程序,然后退出主中断子程序。

[0055] 以上所述,仅为本发明较佳实施方案,故不能依次限定本发明实施的范围,即依本发明专利范围及说明书内容所做的等效变化与修饰,皆应属于本发明涵盖的范围。

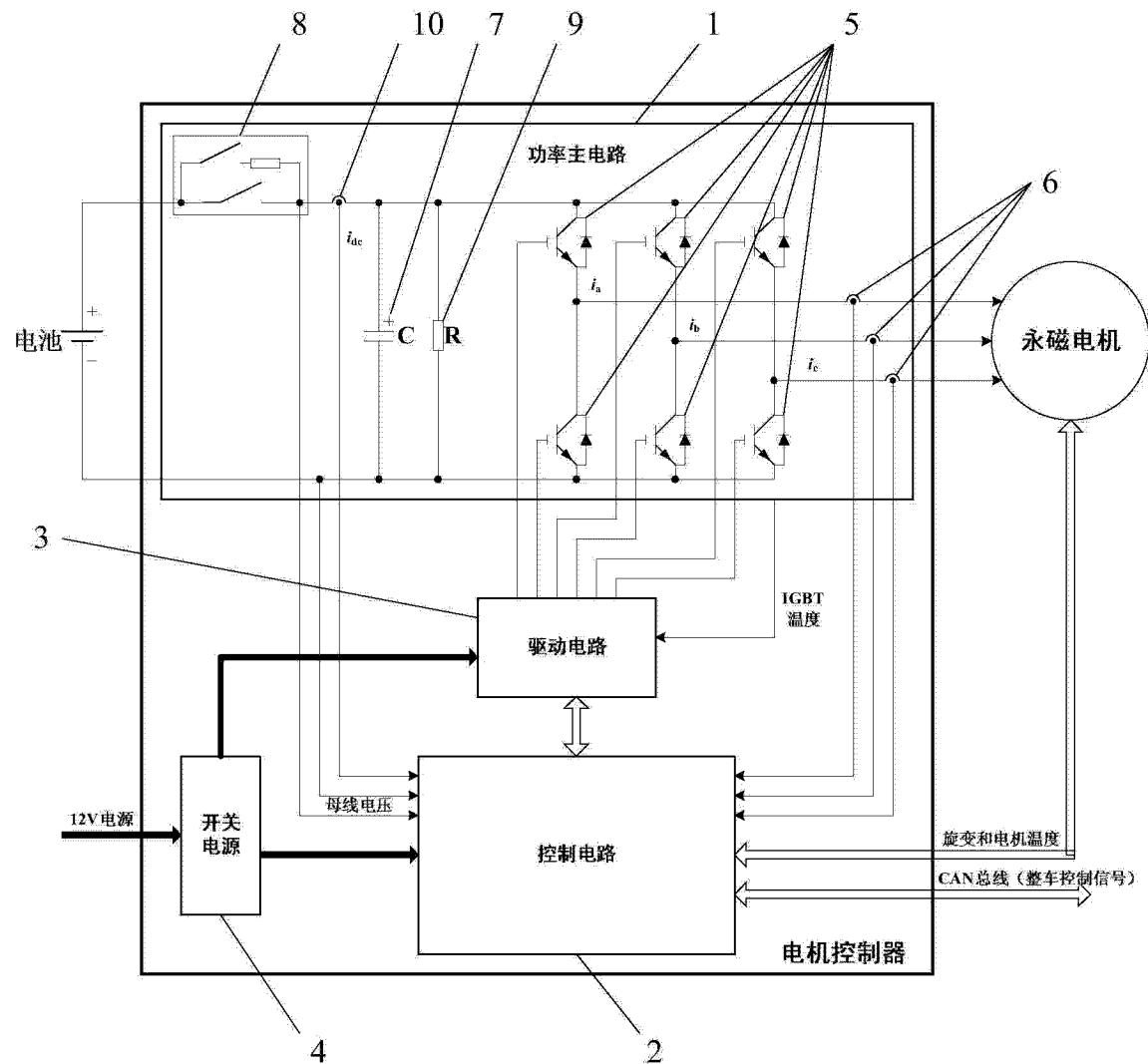


图 1

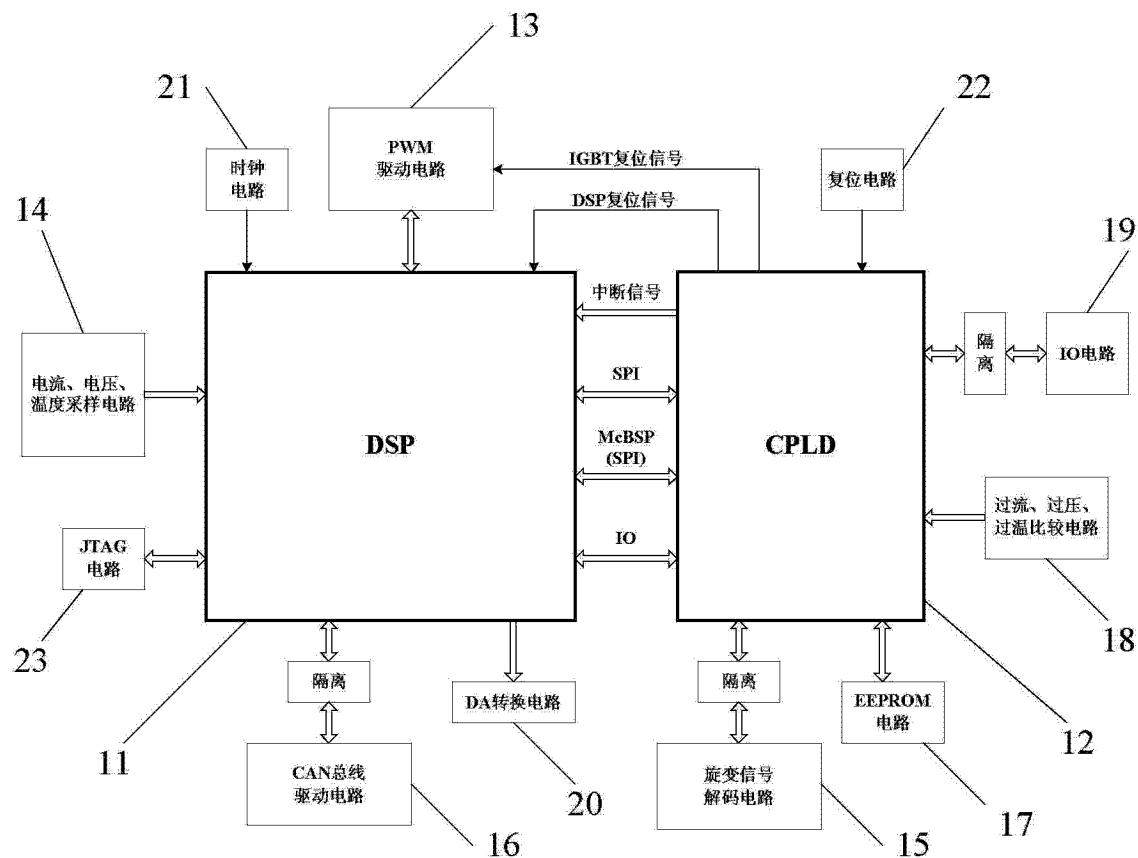


图 2

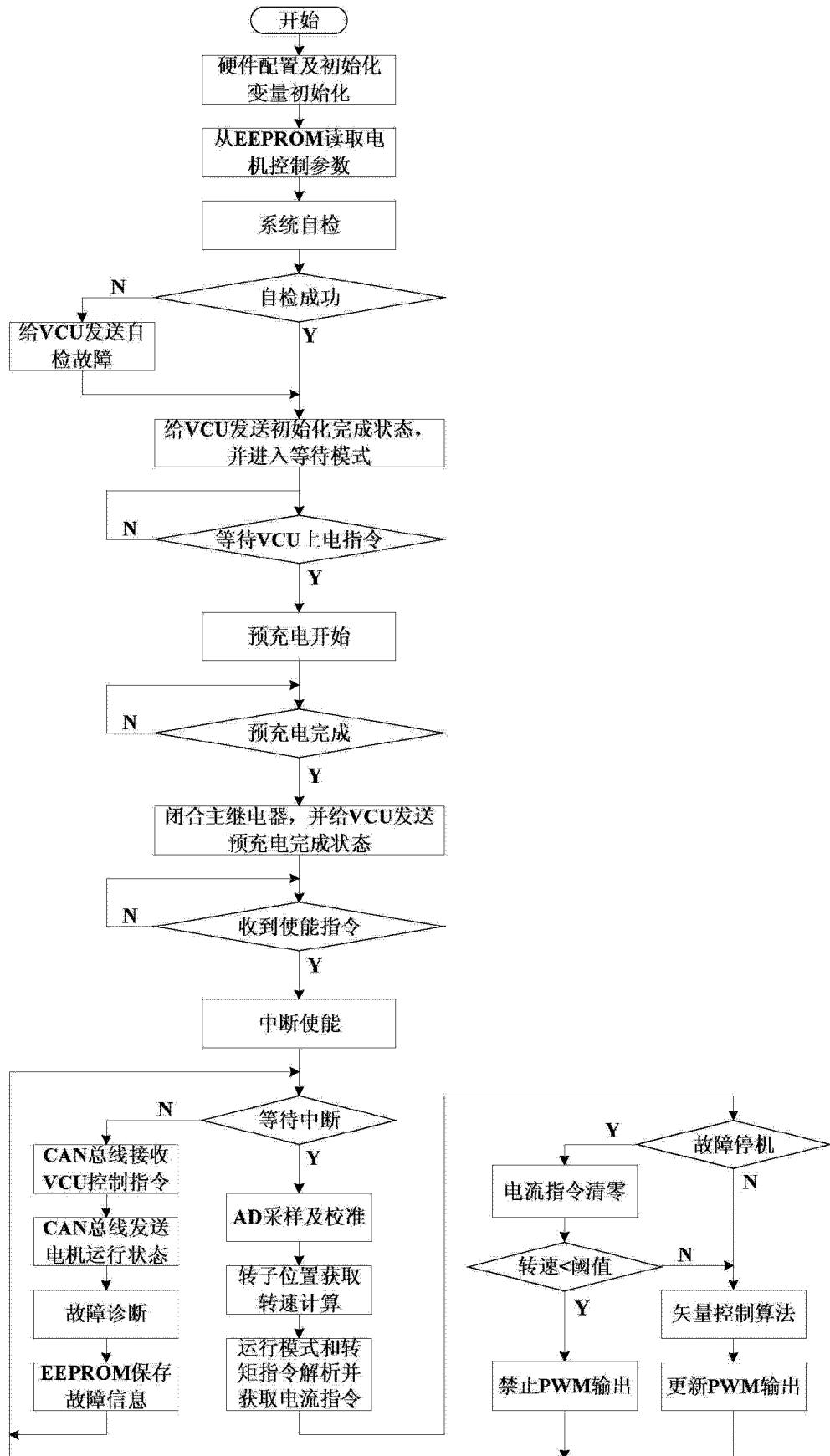


图 3