



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103746622 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201410032328. 1

(22) 申请日 2014. 01. 23

(73) 专利权人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

专利权人 沈阳航天新光集团有限公司

(72) 发明人 杨东升 张化光 曲春普 王迎春 汪刚 王宝新 张智龙 陈海军

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 梁焱

(51) Int. Cl.

H02P 9/30(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101127503 A, 2008. 02. 20, 摘要, 权利要求, 说明书第 6 页倒数第 1 段至第 12 页, 图 1- 图

7.

CN 101667736 A, 2010. 03. 10, 摘要, 权利要求, 说明书第 3 页倒数第 1 段至第 7 页, 图 1- 图 13.

US 2013/0221785 A1, 2013. 08. 29, 全文.

CN 203289081 U, 2013. 11. 13, 全文.

邓玮 等. 微型燃气轮机控制及电力变换系统的研制. 《控制工程》. 2006, 全文.

审查员 郭琳

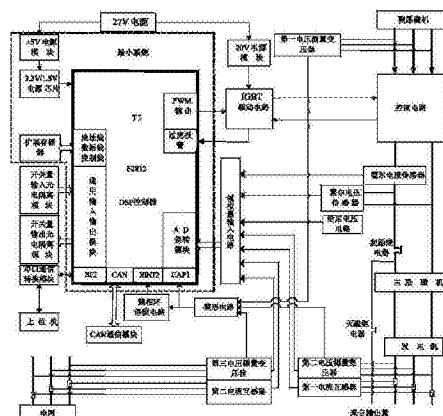
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置及方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置及方法, 包括最小系统、控制电路、电源单元、电源模块、励磁磁机、主励磁机、发电机、第一电压测量变压器、第二电压测量变压器、第三电压测量变压器、第一电流互感器、第二电流互感器、霍尔电压传感器、霍尔电流传感器、给定电压电路、起励继电器、灭磁继电器、IGBT 驱动电路、模拟量输入电路、锁相环倍频电路、开关量输入光电隔离模块和开关量输出光电隔离模块; 采用单管 IGBT 作为功率开关元件可有效的减小开关损耗, 提高反映速度, 可靠性高, 以控制器为主要控制单元对三级式同步发电机精确控制, 通过与上位机通讯对系统进行监控, 快速、方便地进行故障诊断和维修。



1. 一种基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置,包括最小系统、控制电路、电源单元、电源模块、副励磁机、主励磁机、发电机、第一电压测量变压器、第二电压测量变压器、第三电压测量变压器、第一电流互感器、第二电流互感器、霍尔电流传感器、霍尔电压传感器、给定电压电路、起励继电器、灭磁继电器、IGBT 驱动电路、模拟量输入电路、锁相环倍频电路、开关量输入光电隔离模块、开关量输出光电隔离模块;

所述最小系统包括控制器;

所述控制电路包括以单管 IGBT 为功率单元的降压式 DC/DC 斩波电路、压敏电阻器、三相不可控整流桥-滤波电路、缓冲电路、灭磁电路、LC 电路和励磁接通继电器;

所述控制电路中压敏电阻器接在副励磁机的三相输出端上,副励磁机的三相输出端与三相不可控整流桥-滤波电路的三相输入端相连,三相不可控整流桥-滤波电路的输出端分别与降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端、缓冲电路的输入端和降压式 DC/DC 斩波电路中二极管的正向导通端相连;降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端、基极端、发射极端均与 IGBT 驱动电路的输出端相连;缓冲电路的输入端与降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端相连,缓冲电路的输出端与降压式 DC/DC 斩波电路的输出端相连;降压式 DC/DC 斩波电路的输出端与灭磁电路的输入端相连,灭磁电路的输出端与 LC 电路的输入端相连,LC 电路的一个输出端与励磁接通继电器的输入端相连,励磁接通继电器的输出端与主励磁机的一个输入端相连,主励磁机的另一输入端与 LC 电路的另一输出端相连;

整个装置的连接为:电源单元的输出端分别与电源模块的输入端、控制器的电源输入端相连;副励磁机的三相输出端分别与三相不可控整流桥-滤波电路的三相输入端、第一电压测量变压器输入端相连,第一电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连;励磁接通继电器的一个输出端与起励继电器的输入端相连,励磁接通继电器的一个输出端与起励继电器的输入端之间接有霍尔电流传感器和霍尔电压传感器;起励继电器的输出端与主励磁机的一个输入端相连,LC 电路的一个输出端与主励磁机的另一个输入端相连;起励继电器的输出端与灭磁继电器的输入端相连;主励磁机的输出端与发电机的输入端相连;发电机的三相输出端分别与第二电压测量变压器的输入端、第一电流互感器的输入端相连,第二电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连;第三电压测量变压器的输入端、第二电流互感器的输入端均连接电网,第三电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连;锁相环倍频电路的输出端与控制器的捕获口输入端相连;模拟量输入电路的输入端分别与第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端、第一电流互感器输出端、第二电流互感器输出端、给定电压电路输出端、霍尔电压传感器输出端、霍尔电流传感器输出端相连;模拟量输入电路的输出端与控制器的 AD 转换模块相连;IGBT 驱动电路的输入端分别与电源模块的输出端、控制器的 PWM 输出端及降压式 DC/DC 斩波电路的输出端相连;IGBT 驱动电路的输出端分别与降压式 DC/DC 斩波电路的输入端、控制器的过流报警输入端相连;开关量输入光电隔离模块的输出端与控制器的通用输入输出模块的输入端相连,开关量输出光电隔离模块的输入端与控制器的通用输入输出模块的输出端相连;

其特征在于:所述控制器通过串口通信转换模块与上位机相连;所述串口通信转换模块包括电源供电模块、电源转换模块、第一电平转换器、光电隔离器、RS-485 收发器、第二电

平转换器;所述电源供电模块的输出端与电源转换模块的输入端相连,电源转换模块的输出端与控制器的输入端相连;第一电平转换器、RS-485收发器和第二电平转换器均接在电源供电模块的输出端;控制器与第二电平转换器相连,第二电平转换器与RS-485收发器相连,RS-485收发器与光电隔离器相连,光电隔离器与第一电平转换器相连,第一电平转换器与上位机相连。

2. 根据权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置,其特征在于:所述控制器连接有CAN通信模块;所述CAN通信模块包括电压转换单元、光电隔离单元、CAN总线插口、CAN收发器;所述控制器与电压转换单元相连,电压转换单元与光电隔离单元相连,光电隔离单元与CAN收发器相连,CAN收发器与CAN总线插口相连。

3. 根据权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置,其特征在于:所述第一电压测量变压器输出端、第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端均通过整形电路分别连接至锁相环倍频电路的输入端和控制器的输入端。

4. 根据权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置,其特征在于:所述模拟量输入电路包括交流采样电路和直流采样电路;所述交流采样电路为三级放大器构成的放大电路,直流采样电路为两级放大器构成的放大电路;所述交流采样电路的输入端分别与第二电压测量变压器的输出端、第三电压测量变压器的输出端、第一电流互感器的输出端、第二电流互感器的输出端、给定电压电路的输出端相连,交流采样电路的输出端与控制器的AD转换模块相连;直流采样电路的输入端分别与霍尔电压传感器的输出端、霍尔电流传感器的输出端相连,直流采样电路的输出端与控制器的AD转换模块相连。

5. 根据权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置,其特征在于:所述压敏电阻器用于吸收高次谐波引起的过电压。

6. 根据权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置,其特征在于:所述缓冲电路用于控制降压式DC/DC斩波电路的单管IGBT在开关过程中过电压的大小和过电流的大小。

7. 采用权利要求1所述的基于单管IGBT的三级无刷发电机电源控制装置进行三级无刷发电机电源控制的方法,其特征在于:具体按如下步骤进行:

步骤1:电源单元给控制器和电源模块供电,控制器开始工作;

步骤2:副励磁机输出三相交流电压信号经第一电压测量变压器降压后输入给整形电路,整形后的交流电压信号输入到控制器的捕获口检测副励磁机的频率值,同时,经整形后的交流电压信号经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为AD采样提供触发脉冲;

步骤3:控制器实时检测副励磁机的电压信号并进行频率分析,当发电机转速达到额定值,开关量输出光电隔离模块输出起励控制信号,该信号经放大后输入给起励继电器;

步骤4:起励继电器接通,此时,由副励磁机输出的信号经控制电路输出为主励磁机提供励磁电流,主励磁机输出的三相交流电经主励磁机内部的旋转整流器整流后给发电机提供励磁电流,同时,控制电路输出的励磁电流和励磁电压分别经霍尔电流传感器和霍尔电压传感器传至模拟量输入电路进行信号调理,调理后的信号输入到控制器的AD转换模块进行AD转换,从而实现对励磁电流和励磁电压的稳定调节和过励磁限制;

步骤5:发电机输出的电压经第二电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,发电机输出的电流经第一电流互感器隔离,隔离后的电流信

号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成发电机输出电压和输出电流的检测,同时,发电机输出电压经第二电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到控制器,控制器利用该电压信号检测出发电机的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为 AD 采样提供触发脉冲;

步骤 6:电网输出的电压经第三电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,电网输出的电流经第二电流互感器隔离,隔离后的电流信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成电网输出电压和输出电流的检测,同时,电网输出的电压信号经第三电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到控制器,控制器利用该电压信号检测出电网的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为 AD 采样提供触发脉冲;

步骤 7:控制器将采集的发电机输出的电压信号与电网输出的电压信号进行比较和 PID 运算,输出 PWM 脉冲,该脉冲经 IGBT 驱动电路驱动后输出给控制电路,调节控制电路中单管 IGBT 开关的通断,使发电机输出的电压与电网输出的电压一致,发出并网信号,发电机断路器的辅助接点闭合,完成并网;

步骤 8:发电机与电网并网后,控制器根据给定电压电路中的给定电压值和对发电机输出电压值的差额来调整 PWM 占空比, PWM 信号经 IGBT 驱动电路驱动后输入到控制电路,控制单管 IGBT 的导通或关断,从而控制励磁机输出的励磁电流的大小;

步骤 9:当发电机的输出电压增到或降到非安全电压范围、频率低于或超过非安全频率范围、发电机的馈线出现故障、绝缘电阻小或者控制装置本身出现故障时,报警系统发出报警信号,控制装置根据报警信号断开发电机励磁、断开电网接触器或启动汇流条转换装置,以保证汇流条的不间断供电。

基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于电气工程技术领域，具体涉及一种基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置及方法。

背景技术

[0002] 励磁控制是三级无刷发电机电源控制装置的核心部分，良好的励磁控制装置不仅可以保证整个电源控制装置运行的安全性和可靠性，而且能提高电源控制装置的经济性。传统的励磁控制采用可控硅相控励磁方式，而这种励磁方式存在驱动电路复杂、所需电源功率大、功率因数小、换相时形成较大的过电压、需要复杂而准确的同步电路等缺点。

[0003] 随着电力电子器件的飞速发展，绝缘栅双极型晶体管(IGBT)得到了广泛应用，因此，出现了基于 PWM 技术的开关式斩控励磁方式的励磁控制，与传统的可控硅相控励磁方式相比，开关式斩控励磁方式所需电源功率要小、功率因数要高、降低了励磁回路的过电压水平并且不需要同步电路。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足，本发明提供了一种基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置及方法。

[0005] 本发明的技术方案是：一种基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置包括：最小系统、控制电路、电源单元、电源模块、副励磁机、主励磁机、发电机、第一电压测量变压器、第二电压测量变压器、第三电压测量变压器、第一电流互感器、第二电流互感器、霍尔电流传感器、霍尔电压传感器、给定电压电路、起励继电器、灭磁继电器、IGBT 驱动电路、模拟量输入电路、锁相环倍频电路、开关量输入光电隔离模块、开关量输出光电隔离模。

[0006] 所述最小系统包括控制器。

[0007] 所述控制电路包括以单管 IGBT 为功率单元的降压式 DC/DC 斩波电路、压敏电阻器、三相不可控整流桥-滤波电路、缓冲电路、灭磁电路、LC 电路和励磁接通继电器。

[0008] 所述控制电路中压敏电阻器接在副励磁机的三相输出端上，副励磁机的三相输出端与三相不可控整流桥-滤波电路的三相输入端相连，三相不可控整流桥-滤波电路的输出端分别与降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端、缓冲电路的输入端和降压式 DC/DC 斩波电路中二极管的正向导通端相连；降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端、基级端、发射极端均与 IGBT 驱动电路的输出端相连；缓冲电路的输入端与降压式 DC/DC 斩波电路中单管 IGBT 的集电极端相连，缓冲电路的输出端与降压式 DC/DC 斩波电路的输出端相连；降压式 DC/DC 斩波电路的输出端与灭磁电路的输入端相连，灭磁电路的输出端与 LC 电路的输入端相连，LC 电路的一个输出端与励磁接通继电器的输入端相连，励磁接通继电器的输出端与主励磁机的一个输入端相连，主励磁机的另一输入端与 LC 电路的另一输出端相连。

[0009] 整个装置的连接为：

[0010] 电源单元的输出端分别与电源模块的输入端、控制器的电源输入端相连；励磁机的三相输出端分别与三相不可控整流桥-滤波电路的三相输入端、第一电压测量变压器输入端相连，第一电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连；励磁接通继电器的一个输出端与起励继电器的输入端相连，励磁接通继电器的一个输出端与起励继电器的输入端之间接有霍尔电流传感器和霍尔电压传感器；起励继电器的输出端与主励磁机的一个输入端相连，LC 电路的一个输出端与主励磁机的另一个输入端相连；起励继电器的输出端与灭磁继电器的输入端相连；主励磁机的输出端与发电机的输入端相连；发电机的三相输出端分别与第二电压测量变压器的输入端、第一电流互感器的输入端相连，第二电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连；第三电压测量变压器的输入端、第二电流互感器的输入端均连接电网，第三电压测量变压器的输出端分别与锁相环倍频电路的输入端、控制器的输入端相连；锁相环倍频电路的输出端与控制器的捕获口输入端相连；模拟量输入电路的输入端分别与第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端、第一电流互感器输出端、第二电流互感器输出端、给定电压电路输出端、霍尔电压传感器输出端、霍尔电流传感器输出端相连；模拟量输入电路的输出端与控制器的 AD 转换模块相连；IGBT 驱动电路的输入端分别与电源模块的输出端、控制器的 PWM 输出端及降压式 DC/DC 斩波电路的输出端相连；IGBT 驱动电路的输出端分别与降压式 DC/DC 斩波电路的输入端、控制器的过流报警输入端相连；开关量输入光电隔离模块的输出端与控制器的通用输入输出模块的输入端相连，开关量输出光电隔离模块的输入端与控制器的通用输入输出模块的输出端相连。

[0011] 所述控制器通过串口通信转换模块与上位机相连；所述串口通信转换模块包括电源供电模块、电源转换模块、第一电平转换器、光电隔离器、RS-485 收发器、第二电平转换器；所述电源供电模块的输出端与电源转换模块的输入端相连，电源转换模块的输出端与控制器的输入端相连；第一电平转换器、RS-485 收发器和第二电平转换器均接在电源供电模块的输出端；控制器与第二电平转换器相连，第二电平转换器与 RS-485 收发器相连，RS-485 收发器与光电隔离器相连，光电隔离器与第一电平转换器相连，第一电平转换器与上位机相连。

[0012] 所述控制器连接有 CAN 通信模块；所述 CAN 通信模块包括电压转换单元、光电隔离单元、CAN 总线插口、CAN 收发器；所述控制器与电压转换单元相连，电压转换单元与光电隔离单元相连，光电隔离单元与 CAN 收发器相连，CAN 收发器与 CAN 总线插口相连。

[0013] 所述第一电压测量变压器输出端、第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端均通过整形电路分别连接至锁相环倍频电路的输入端和控制器的输入端。

[0014] 所述模拟量输入电路包括交流采样电路和直流采样电路；所述交流采样电路为三级放大器构成的放大电路，直流采样电路为两级放大器构成的放大电路；所述交流采样电路的输入端分别与第二电压测量变压器的输出端、第三电压测量变压器的输出端、第一电流互感器的输出端、第二电流互感器的输出端、给定电压电路的输出端相连，交流采样电路的输出端与控制器的 AD 转换模块相连；直流采样电路的输入端分别与霍尔电压传感器的输出端、霍尔电流传感器的输出端相连，直流采样电路的输出端与控制器的 AD 转换模块相连。

[0015] 所述压敏电阻器用于吸收高次谐波引起的过电压。

[0016] 所述缓冲电路用于控制降压式 DC/DC 斩波电路的单管 IGBT 在开关过程中过电压过的大小和过电流的大小。

[0017] 采用基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置进行三级无刷发电机电源控制的方法,包括如下步骤:

[0018] 步骤 1:电源单元给控制器和电源模块供电,控制器开始工作。

[0019] 步骤 2:副励磁机输出三相交流电压信号经第一电压测量变压器降压后输入给整形电路,整形后的交流电压信号输入到控制器的捕获口检测副励磁机的频率值,同时,经整形后的交流电压信号经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为 AD 采样提供触发脉冲。

[0020] 步骤 3:控制器实时检测副励磁机的电压信号并进行频率分析,当发电机转速达到额定值,开关量输出光电隔离模块输出起励控制信号,该信号经放大后输入给起励继电器。

[0021] 步骤 4:起励继电器接通,此时,由副励磁机输出的信号经控制电路输出为主励磁机提供励磁电流,主励磁机输出的三相交流电经主励磁机内部的旋转整流器整流后给发电机提供励磁电流,同时,控制电路输出的励磁电流和励磁电压分别经霍尔电流传感器和霍尔电压传感器传至模拟量输入电路进行信号调理,调理后的信号输入到控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而实现对励磁电流和励磁电压的稳定调节和过励磁限制。

[0022] 步骤 5:发电机输出的电压经第二电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,发电机输出的电流经第一电流互感器隔离,隔离后的电流信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成发电机输出电压和输出电流的检测,同时,发电机输出电压经第二电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到控制器,控制器利用该电压信号检测出发电机的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为 AD 采样提供触发脉冲。

[0023] 步骤 6:电网输出的电压经第三电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,电网输出的电流经第二电流互感器隔离,隔离后的电流信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成电网输出电压和输出电流的检测,同时,电网输出的电压信号经第三电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到控制器,控制器利用该电压信号检测出电网的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到控制器,为 AD 采样提供触发脉冲。

[0024] 步骤 7:控制器将采集的发电机输出的电压信号与电网输出的电压信号进行比较和 PID 运算,输出 PWM 脉冲,该脉冲经 IGBT 驱动电路驱动后输出给控制电路,调节控制电路中单管 IGBT 开关的通断,使发电机输出的电压与电网输出的电压一致,发出并网信号,发电机断路器的辅助接点闭合,完成并网。

[0025] 步骤 8:发电机与电网并网后,控制器根据给定电压电路中的给定电压值和对发电机输出电压值的差额来调整 PWM 占空比,PWM 信号经 IGBT 驱动电路驱动后输入到控制电路,控制单管 IGBT 的导通或关断,从而控制副励磁机输出的励磁电流的大小。

[0026] 步骤 9:当发电机的输出电压增到或降到非安全电压范围、频率低于或超过非安全频率范围、发电机的馈线出现故障、绝缘电阻小或者控制装置本身出现故障时,报警系统

发出报警信号,控制装置根据报警信号断开发电机励磁、断开电网接触器或启动汇流条转换装置,以保证汇流条的不间断供电。

[0027] 有益效果:

[0028] (1)采用单管 IGBT 作为功率开关元件,可以有效地减小开关损耗,提高反映速度,可靠性高,驱动电路简单。

[0029] (2)以控制器为主要控制单元,实现对三级式同步发电机精确控制。通过与上位机的通讯可以对系统进行监控,能够快速、方便地进行故障诊断和维修。本装置可用于实际工程中,既保障供电可靠性又便于产品更新换代。

附图说明

[0030] 图 1 是本发明具体实施方式的单管 IGBT 三级无刷发电机电源控制装置的硬件结构框图;

[0031] 图 2 是本发明具体实施方式的控制电路的电路图;

[0032] 图 3 是本发明具体实施方式的串口通信转换模块结构框图;

[0033] 图 4 是本发明具体实施方式的串口通信转换模块原理图;

[0034] 图 5 是本发明具体实施方式的 CAN 通讯模块电路图;

[0035] 图 6 是本发明具体实施方式的模拟量输入电路的交流采样电路图;

[0036] 图 7 是本发明具体实施方式的模拟量输入电路的直流采样电路图;

[0037] 图 8 是本发明具体实施方式的电源控制方法流程图。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步说明。

[0039] 本实施方式的基于单管 IGBT 三级无刷发电机电源控制装置的硬件结构如图 1 所示,包括最小系统、控制电路、27V 电源单元、20V 电源模块、IGBT 驱动电路、模拟量输入电路、整形电路、锁相环倍频电路、CAN 通信模块、上位机、串口通信转换模块、开关量输入光电隔离模块、开关量输出光电隔离模块、副励磁机、主励磁机、发电机、霍尔电流传感器、霍尔电压传感器、给定电压电路、起励继电器、灭磁继电器、第一电压测量变压器、第二电压测量变压器、第三电压测量变压器、第一电流互感器和第二电流互感器。

[0040] 最小系统包括 DSP 控制器、 $\pm 5V$ 电源模块和 3.3V/1.8V 电源芯片。

[0041] 整个装置的连接为:27V 电源单元的输出端分别与 20V 电源模块的输入端、 $\pm 5V$ 电源模块的输入端相连, $\pm 5V$ 电源模块的输出端与 3.3V/1.8V 电源芯片的输入端相连,3.3V/1.8V 电源芯片的输出端与 DSP 控制器的电源输入端相连;副励磁机的三相输出端分别与第一电压测量变压器的输入端、控制电路中三相不可控整流桥-滤波电路 3 的三相输入端相连,第一电压测量变压器的输出端经整形电路分别与锁相环倍频电路的输入端、DSP 控制器的 CAP1 输入端相连;控制电路的励磁接通继电器 7 的一个输出端与起励继电器的输入端相连,控制电路的励磁接通继电器 7 的一个输出端与起励继电器的输入端之间接有霍尔电流传感器和霍尔电压传感器;起励继电器的一个输出端与主励磁机的一个输入端相连,主励磁机的一个输入端与 LC 电路 6 的一个输出端相连;起励继电器的输出端与灭磁继电器的输入端相连;主励磁机的输出端与发电机的输入端相连;发电机的输出端分别与第

二电压测量变压器的输入端、第一电流互感器的输入端相连,第二电压测量变压器的输出端经整形电路分别与锁相环倍频电路的输入端、DSP 控制器的 CAP1 输入端相连;电网的输出端分别与第三电压测量变压器的输入端、第二电流互感器的输入端相连,第三电压测量变压器的输出端经整形电路分别与锁相环倍频电路的输入端、DSP 控制器的 CAP1 输入端相连;锁相环倍频电路的输出端与 DSP 控制器的 XINT2 口相连;模拟量输入电路的输入端分别与第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端、第一电流互感器输出端、第二电流互感器输出端、给定电压电路输出端、霍尔电压传感器输出端、霍尔电流传感器输出端相连;模拟量输入电路的输出端与 DSP 控制器的 AD 转换模块相连;IGBT 驱动电路的输入端分别与 20V 电源模块的输出端、DSP 控制器的 PWM 输出端、控制电路的降压式 DC/DC 斩波电路 1 的输出端相连;IGBT 驱动电路的输出端分别与控制电路额降压式 DC/DC 斩波电路 1 的输入端、DSP 控制器的过流报警输入端相连;开关量输入光电隔离模块的输出端与 DSP 控制器的通用输入输出模块的输入端相连,通用输入输出模块的输出端与开关量输出光电隔离模块的输入端相连;上位机通过串口通信转换模块与 DSP 控制器的 SCI 串口相连;CAN 通信模块的输入/输出端与 DSP 控制器的 CAN 输出/输入端相连。

[0042] DSP 型号选择 TMS320F2812,3.3V/1.8V 电源芯片选用的型号为 TPS767D318,霍尔电压传感器选用的型号为 LV28-P,霍尔电流传感选用的型号为 LA28-NP,第一电流互感器和第二电流互感器选用的型号均为 TA1905-04,自制第一电压测量变压器、第二电压测量变压器和第三电压测量变压器的原边与副边的变比均为 22:1,开关量输入光电隔离模块选用的型号为 TLP521,开关量输出光电隔离模块选用的型号为 HCPL3120,起励继电器和灭磁继电器选用的型号均为 3TF51。

[0043] 控制电路如图 2 所示,包括以单管 IGBT(Q1) 为功率单元的降压式 DC/DC 斩波电路 1、压敏电阻器 2、三相不可控整流桥-滤波电路 3、缓冲电路 4、灭磁电路 5、LC 电路 6 和励磁接通继电器 7;其中压敏电阻器 2 接在副励磁机的三相输出端,副励磁机的三相输出端与三相不可控整流桥-滤波电路 3 的三相输入端相连,三相不可控整流桥-滤波电路 3 的输出端分别与降压式 DC/DC 斩波电路 1 的输入端、缓冲电路 4 的输入端、降压式 DC/DC 斩波电路 1 中二极管 D 的正向导通端相连;降压式 DC/DC 斩波电路 1 的单管 IGBT(Q1) 的集电极端、基级端、发射极端均接在 IGBT 驱动电路的输出端;缓冲电路 4 的输出端与降压式 DC/DC 斩波电路 1 的单管 IGBT(Q1) 的发射极端相连;降压式 DC/DC 斩波电路 1 的输出端与灭磁电路 5 的输入端相连,灭磁电路 5 的输出端与 LC 电路 6 的输入端相连,LC 电路 6 的一个输出端与励磁接通继电器 7 的输入端相连,励磁接通继电器 7 的输出端与主励磁机的一个输入端相连,主励磁机的另一个输入端与 LC 电路的另一个输出端相连。其中压敏电阻器 2 是吸收高次谐波引起的过电压;缓冲电路 4 是控制降压式 DC/DC 斩波电路 1 的单管 IGBT(Q1) 在开关过程中过电压的大小和过电流的大小;灭磁电路 5 是当需要灭磁时,励磁绕组中的电流可以通过电阻 R_a 快速释放,然后使励磁接通继电器 7 断开,防止误动作激磁,保障安全。

[0044] 串口通信转换模块结构如图 3 所示,由于上位机的 COM 通信接口是 RS-232 标准串行接口,其最大传输距离不超过 15 米,最高速率为 20kb/s,并且 RS-232 是为只用一对收发设备通信而设计的,所以只适合本地设备间的通信。为了弥补 RS-232 通信距离短、速率低的缺点,本实施方式采用串口通信转换模块与上位机进行通信。该串口通信转换模块包括 5V 电源供电模块、3.3V 电源转换模块、第一电平转换器、光电隔离器、RS-485 收发器、第二

电平转换器 ;其中 5V 电源供电模块的输出端与 3.3V 电源转换模块的输入端相连,第一电平转换器、RS-485 收发器、第二电平转换器均接在 5V 电源供电模块的输出端上,3.3V 电源转换模块的输出端与 DSP 控制器的输入端相连 ;DSP 控制器与第二电平转换器相连,第二电平转换器与 RS-485 收发器相连,RS-485 收发器与光电隔离器相连,光电隔离器与第一电平转换器相连,第一电平转换器与上位机相连。

[0045] 具体工作方式为 :上位机插口输出的信号经过第一电平转换器进行电平转换,再经过光电隔离器送到 RS-485 收发器中,RS-485 收发器输出的信号经过第二电平转换器进行电平转换后输入到 DSP 控制器的 SCI 口 ;DSP 控制器的 SCI 口输出端输出的信号经过第二电平转换器进行电平转换,再经过光电隔离器送到 RS-485 收发器中,RS-485 收发器输出的信号经过第一电平转换器进行电平转换后输入到上位机插口。第一电平转换器和第二电平转换器均选用型号为 MAX232 芯片,RS-485 收发器选用型号为 MAX485 芯片,光电隔离器选用型号为 6N136 芯片。

[0046] 串口通信转换模块原理如图 4 所示,其中 U1 的 8、13、14 脚分别与上位机插口 DB9 的 3、7、2 针相连,U1 的 11 脚与 U2 的 6 脚相连,U1 的 12 脚与 U3 的 2 脚相连,U1 的 9 脚与 U4 的 2 脚相连,U2 的 2 脚与 U5 的 1 脚相连,U3 的 6 脚分别与 U5 的 2、3 脚相连,U4 的 6 脚与 U5 的 4 脚相连,U5 的 6、7 脚分别与 U6 的 8、14 脚相连,U6 的 9、11 脚分别与 DSP 控制器的 91、92 脚相连。其具体工作方式为 :上位机的插口 DB9 的 2 针输出的信号经 U1 进行电平转换,再经过 U2 送到 U5 中,U5 的 7 脚输出的信号再经过 U6 进行电平转换后由 11 脚输入到 DSP 控制器的 92 脚 ;DSP 控制器的 92 脚输出的信号经 U6 进行电平转换后由 8 脚输入到 U5 的 6 脚,然后由 U5 的 4 脚输出给 U4 经过光电隔离送到电平转换芯片 U1 的 9 脚,转换后的电平由 8 脚输出到上位机插口 DB9 的 3 针。U1、U6 为 MAX232 电平转换芯片用于在接收和发送数据时转换电平,U2、U3、U4 为光电隔离芯片 6N136,其目的是消除共模电压的影响,U5 为 RS-485 收发器 MAX485 芯片。

[0047] CAN 通信模块电路如图 5 所示,包括电压转换单元 8、光电隔离单元 9、CAN 总线插口 10、CAN 收发器 11 ;其中电压转换单元 8 包括第一电压转换器、第二电压转换器、第三电压转换器和第四电压转换器,光电隔离单元 9 包括光电隔离器 Q1 和光电隔离器 Q2 ;DSP 控制器的 87 脚经电压转换单元 8 的第一电压转换器和第二电压转换器与光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q2 的 3 脚相连,光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q1 的 6 脚经电压转换单元 8 的第四电压转换器、第三电压转换器和电阻 R1 与 DSP 控制器 89 脚相连,光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q1 的 3 脚与 CAN 收发器 11 中 Q3 的 4 脚相连,光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q2 的输出端 6 脚与 CAN 收发器 11 中 Q3 的 1 脚相连,CAN 收发器 11 中 Q3 的 8 脚经电阻 R4 与 CAN 总线插口 10 的 3 针相连,CAN 收发器 11 中 Q3 的 6、7 脚分别与 CAN 总线插口 10 的 2、7 针相连。

[0048] 具体工作方式为 :DSP 控制器的 87 脚输出的信号先经过电压转换单元 8 的第一电压转换器和第二电压转换器进行电压转换,再经过光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q2 隔离后由 6 脚输出到 CAN 收发器 11 中 Q3 的 1 脚,CAN 收发器 11 中 Q3 的 6 脚和 7 脚输出差动信号到 CAN 总线插口 10 的 2 针和 7 针 ;CAN 总线插口 10 输出差动信号到 CAN 收发器 11 中 Q3 的输入端 6 脚和 7 脚,CAN 收发器 11 中 Q3 的 4 脚输出的信号给光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q1 的 3 脚,然后再经过光电隔离单元 9 的光电隔离器 Q1 的 6 脚输入给电压转换单元 8 的第四

电压转换器、第三电压转换器进行电压转换,然后将转换后的电压信号输入到 DSP 控制器的 89 脚。第一电压转换器、第二电压转换器、第三电压转换器和第四电压转换器均选用型号为 LVX14 芯片,其作用是顺利完成 5V/3.3V 的转换;光电隔离器 Q1 和光电隔离器 Q2 均选用型号为 6N137 芯片,其作用是提高抗干扰能力;CAN 收发器 Q3 选用的型号为 PCA82C250,其作用是增大通信距离,提高系统的瞬间抗干扰能力,保护总线,降低射频干扰(RFI)实现热防护。

[0049] 模拟量输入电路包括 12 路交流采样电路和 3 路直流采样电路。其中交流采样电路和直流采样电路中的放大器 AMP1A、AMP1B、AMP1C、AMP1D、AMP1E 型号的均选用 LM124 芯片。

[0050] 交流采样电路如图 6 所示,具体为三级放大器构成的放大电路,包括第一射极跟随放大电路 12、第一反相比例放大电路 13、反相加法电路 14;第一射极跟随放大电路 12 由第一级放大器 AMP1A 构成,其作用是提高输入阻抗和带负载能力;第一反相比例放大电路 13 由第二级放大器 AMP1B 构成,其作用是通过可调电阻 RA5 调节放大倍数使信号电压在 $-1.5\sim+1.5\text{V}$ 之内,反相加法电路 14 由第三级放大器 AMP1C 构成,在 AMP1C 的输入端增加一个偏移电压输入电路,通过调节可调电阻 RA7 的阻值,使得最终输出电压的变化范围为 $0\sim3\text{V}$ 之间。

[0051] 第一射极跟随放大电路 12 的 AMP1A 的输入端 3 脚分别与第二电压测量变压器输出端、第三电压测量变压器输出端、第一电流互感器输出端、第二电流互感器输出端和给定电压电流输出端相连,第一射极跟随放大电路 12 的 AMP1A 的输入端 2 脚与其输出端 1 脚相连,第一射极跟随放大电路 12 的 AMP1A 的输出端 1 脚通过电阻 RA3 与第一反相比例放大电路 13 的 AMP1B 的输入端 6 脚相连,第一反相比例放大电路 13 的 AMP1B 的输入端 6 脚与其输出端 7 脚之间有电容、可调电阻的并联电路,第一反相比例放大电路 13 的 AMP1B 的输出端 7 脚通过电阻 RA9 与反相加法电路 14 的 AMP1C 的输入端 9 脚相连,反相加法电路 14 的 AMP1C 的输入端 9 脚与反相加法电路 14 的 AMP1C 的输出端 8 脚之间有电容、电阻的并联电路,反相加法电路 14 的 AMP1C 的输出端 8 脚通过电阻 RA12 与 DSP 控制器的 AD 转换模块相连。

[0052] 直流采样电路如图 7 所示,具体为两级放大器构成的放大电路,包括第二射极跟随放大电路 15、第二反相比例放大电路 16;第一射极跟随放大电路 15 由第一级放大器 AMP1D 构成,其作用是提高输入阻抗和带负载能力;第二反相比例放大电路 16 由第二级放大器 AMP1E 构成,其作用是通过调节可调电阻 RA18 的阻值,使得最终输出的直流电压在 $0\sim3\text{V}$ 之间。

[0053] 第二射极跟随放大电路 15 的 AMP1D 的输入端 1 脚通过电阻 RA15 分别与霍尔电流传感器的输出端和霍尔电压传感器的输出端相连,第二射极跟随放大电路 15 的 AMP1D 的输入端 2 脚与其输出端 3 脚相连,第二射极跟随放大电路 15 的 AMP1D 的输出端 3 脚通过电阻 RA16 与第二反相比例放大电路 16 的 AMP1E 的输入端 6 脚相连,AMP1E 的输入端的 6 脚与其输出端的 7 脚之间有电容、可调电阻的并联电路,第二反相比例放大电路 16 的 AMP1E 的输出端 7 脚通过电阻 RA19 与 DSP 的 AD 转换模块连。

[0054] 本实施方式的流程如图 8 所示,采用上述基于单管 IGBT 的三级无刷发电机电源控制装置进行发电机电源控制的方法,具体按如下步骤进行:

[0055] 步骤 1 :27V 电源单元给 DSP 控制器和 20V 电源模块供电, DSP 控制器开始工作。

[0056] 步骤 2 :副励磁机输出三相交流电压信号经第一电压测量变压器降压后输入给整形电路,整形后的交流电压信号输入到 DSP 控制器的 CAP1 口检测副励磁机的频率值,同时,经整形后的交流电压信号经过锁相环倍频电路倍频后输入到 DSP 控制器,为 AD 采样提供触发脉冲。

[0057] 步骤 3 :DSP 控制器实时检测副励磁机的电压信号并进行频率分析,当频率达到 800Hz 时,由频率与转速的关系式可知,此时发电机转速达到额定值 3000r/min,开关量输出光电隔离模块输出起励控制信号,该信号经放大后输入给起励继电器。

[0058] 步骤 4、起励继电器接通,此时,由副励磁机输出的信号经控制电路输出为主励磁机提供励磁电流,主励磁机输出的三相交流电经主励磁机内部的旋转整流器整流后给发电机提供励磁电流,同时,控制电路输出的励磁电流和励磁电压分别经霍尔电流传感器和霍尔电压传感器传至模拟量输入电路进行信号调理,调理后的信号输入到 DSP 控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而实现对励磁电流和励磁电压的稳定调节和过励磁限制。

[0059] 步骤 5 :发电机输出的电压经第二电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,发电机输出的电流经第一电流互感器隔离,隔离后的电流信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至 DSP 控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成发电机输出电压和输出电流的检测,同时,发电机输出电压经第二电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到 DSP 控制器 CAP1 口, DSP 控制器利用该电压信号检测出发电机的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到 DSP 控制器,为 AD 采样提供触发脉冲。

[0060] 步骤 6 :电网输出的电压经第三电压测量变压器衰减,衰减后的电压信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,电网输出的电流经第二电流互感器隔离,隔离后的电流信号输入到模拟量输入电路进行信号调理,调理后的电压信号和电流信号均传至 DSP 控制器的 AD 转换模块进行 AD 转换,从而完成电网输出电压和输出电流的检测,同时,电网输出的电压信号经第三电压测量变压器衰减后输入给整形电路,整形后的电压信号输入到 DSP 控制器 CAP1 口, DSP 控制器利用该电压信号检测出电网的频率值;整形后的电压信号还经过锁相环倍频电路倍频后输入到 DSP 控制器,为 AD 采样提供触发脉冲;

[0061] 步骤 7 :DSP 控制器将采集的发电机输出的电压信号与电网输出的电压信号进行比较和 PID 运算,输出 PWM 脉冲,该脉冲经 IGBT 驱动电路驱动后输出给控制电路,调节控制电路中单管 IGBT(Q1) 开关的通断,使发电机输出的电压与电网输出的电压一致,发出并网信号,发电机断路器的辅助接点闭合,完成并网。

[0062] 步骤 8 :发电机与电网并网后, DSP 制器根据给定电压电路中的给定电压值和对发电机输出电压值的差额来调整 PWM 占空比, PWM 信号经 IGBT 驱动电路驱动后输入到控制电路,控制单管 IGBT(Q1) 的导通和关断,从而控制副励磁机输出的励磁电流的大小。

[0063] 步骤 9 :当发电机的输出电压增到非安全电压范围 220V-230V 或电压降到非安全电压范围 175V-185V、频率低于非安全频率范围 372Hz-380Hz 或超过非安全频率范围 420Hz-428Hz、发电机的馈线出现故障、绝缘电阻小或者控制装置本身出现故障时,报警系统发出报警信号,控制装置根据报警信号断开发电机励磁、断开汇流条接触器或启动汇流条转换装置,以保证汇流条的不间断供电。

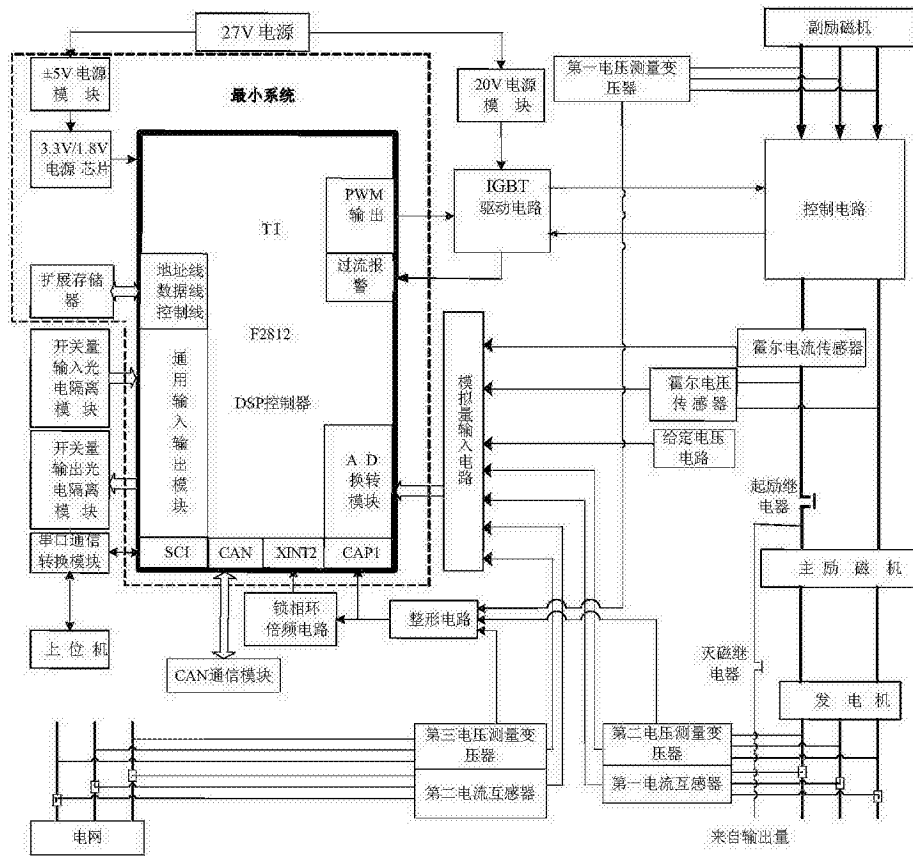


图 1

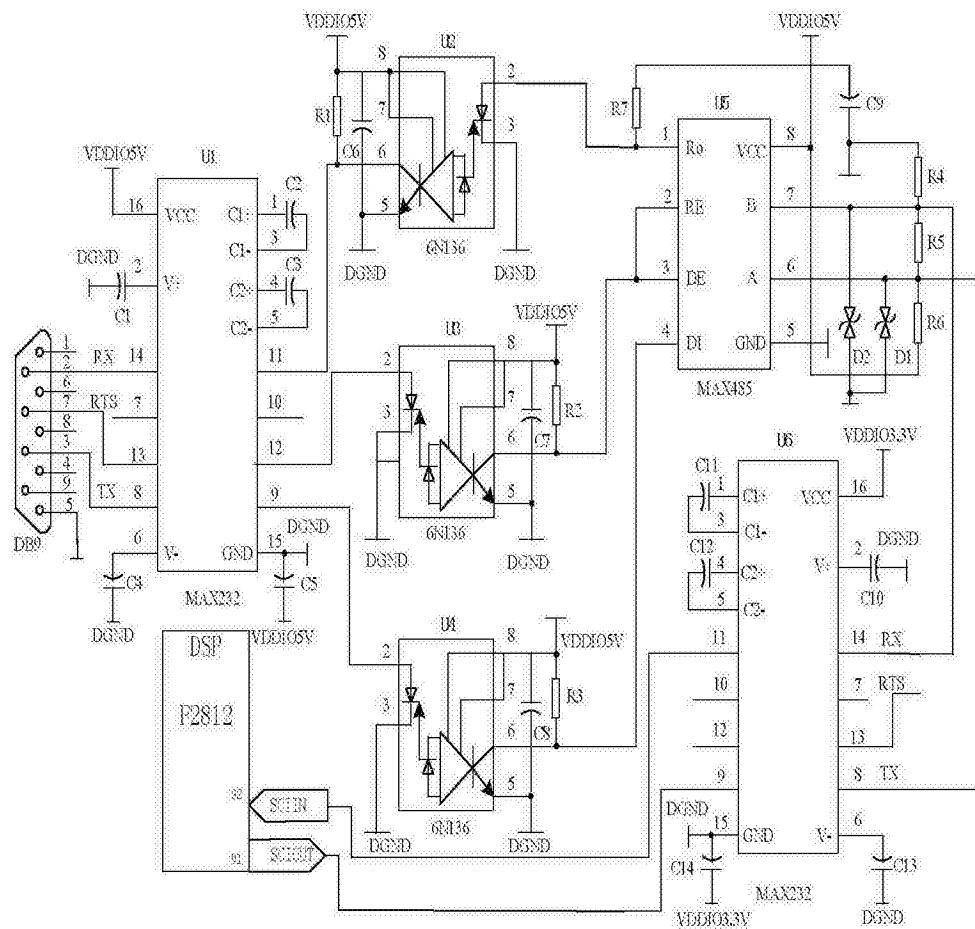


图 4

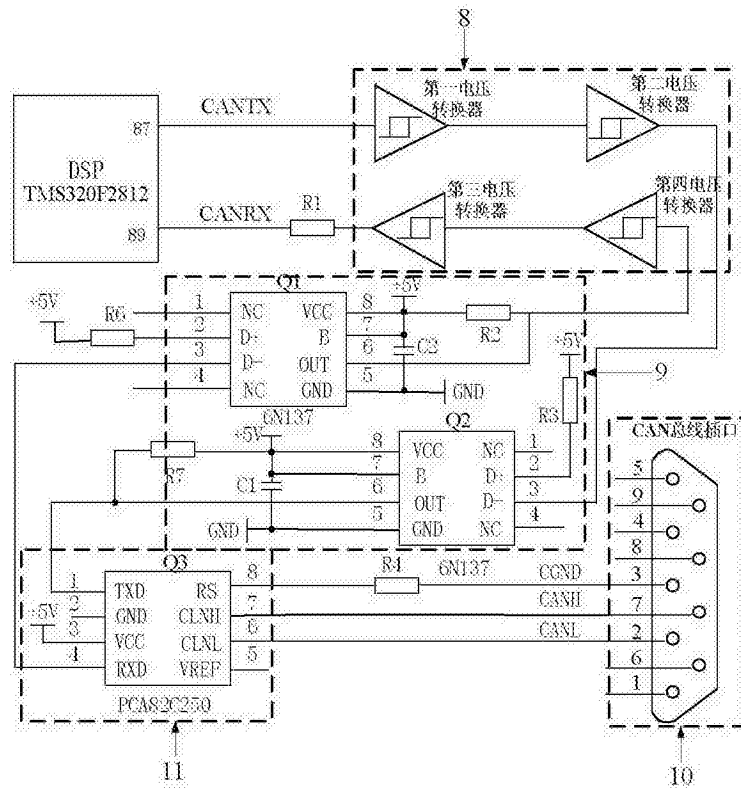


图 5

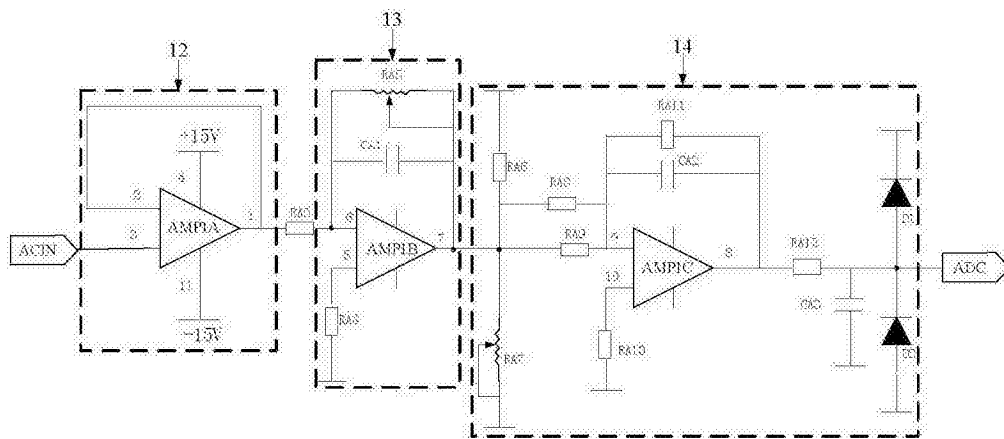


图 6

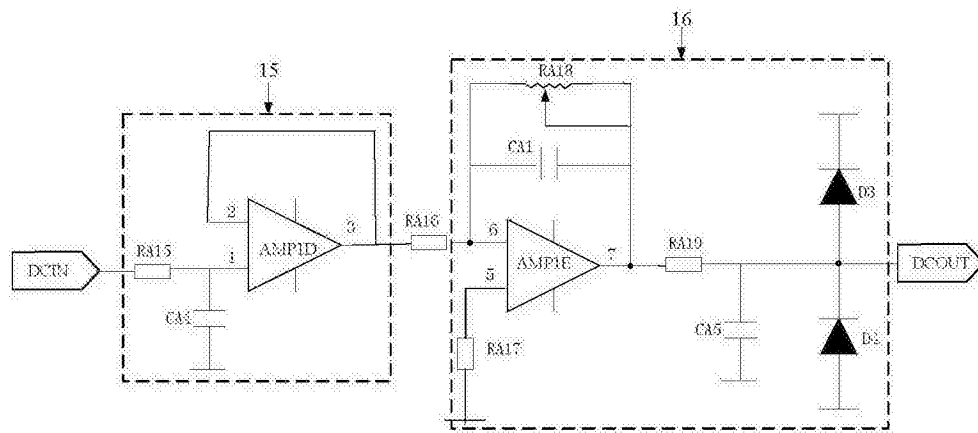


图 7

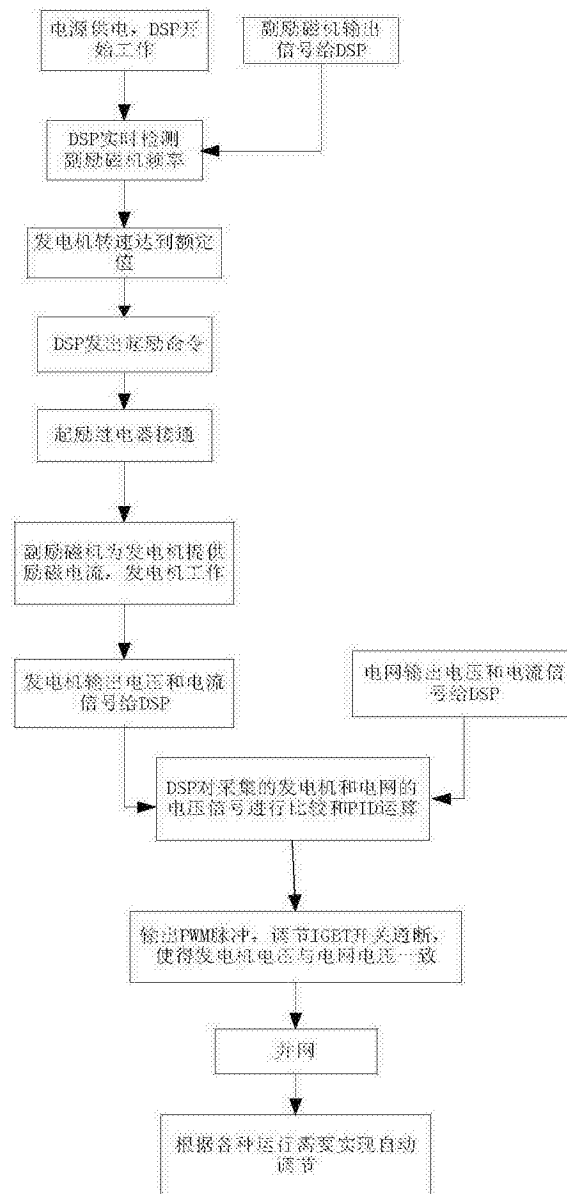


图 8