



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103248291 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 14

(21) 申请号 201310209951. 5

(22) 申请日 2013. 05. 30

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 房建成 何延昭 孙津济 郑世强
韩邦成

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 成金玉

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2006. 01)

H02P 6/18 (2006. 01)

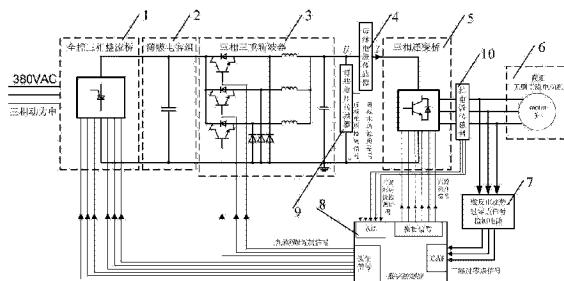
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制
系统

(57) 摘要

一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统，主要由数字控制器、全控三相整流桥、三相三重斩波器、三相逆变桥、高速无刷直流电动机和相电流传感器等部件组成。本发明针对高速无刷直流电动机大电流高频调制涡流损耗大的问题，采用全控三相整流桥、三相三重斩波器进行两级电能调制，对三相逆变桥输出相电流进行跟踪控制。依据相电流跟踪误差，数字控制器调节九路 PWM 调制信号占空比，并实时补偿六路换相逻辑信号，实现高速无刷直流电动机低涡流损耗高速旋转。本发明有效地解决了高速无刷直流电动机高速旋转涡流损耗大的问题，对高速无刷直流电动机无位置传感器控制研究有重要的应用价值。



1. 一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,其特征在于包括:全控三相整流桥(1)、薄膜电容组(2)、三相三重斩波器(3)、母线电流传感器(4)、三相逆变桥(5)、高速无刷直流电动机(6)、线反电动势过零点信号检测电路(7)、数字控制器(8)、母线电压传感器(9)、相电压流传感器(10);三相动力电经全控三相整流桥(1)整流输出直流电压并由薄膜电容组(2)滤波,然后送入三相三重斩波器(3),经高频电能调制输出直流电压U,U由母线电压传感器(9)检测,U串联母线电流传感器(4)后输入到三相逆变桥(5);三相逆变桥(5)输出的三相电流经相电流传感器(10)检测后驱动高速无刷直流电动机(6)旋转;母线电压传感器(9)输出电压模拟信号、母线电流传感器(4)和相电流传感器(10)输出电流模拟信号共五路模拟信号送入数字控制器(8)的AD转换接口进行模数转换;数字控制器(8)依据母线电流传感器(4)、相电流传感器(10)和线反电动势过零点信号检测电路(7)的反馈信号,采用电压和电流闭环控制实时调节全控三相整流桥(1)和三相三重斩波器(3)的九路PWM调制信号占空比进行三相逆变桥(5)母线电压和电流双闭环控制,进而实现高速无刷直流电动机(6)旋转的电能调制;数字控制器(8)依据给定的三路电动机相电流波形和反馈的三路相电流波形误差生成三相逆变桥(5)换相逻辑进行高速无刷直流电动机(6)旋转相波形跟踪控制;同时数字控制器(8)的CAP接口捕获线反电动势过零点信号检测电路(7)输出的三路线反电动势过零点信号,作为三相逆变桥(5)换相逻辑补偿判断信号,向三相逆变桥(5)输出实时补偿的六路逻辑换相逻辑信号。

2. 根据权利要求1所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,其特征在于:所述数字控制器(8)实时调节三相三重斩波器(3)占空比控制三相逆变桥(5)直流母线电压,形成高速无刷直流电动机(6)电能调制的电流闭环控制,并实时调节可控三相整流桥(1)和三相三重斩波器(3)占空比控制三相逆变桥(5)直流母线电压,形成高速无刷直流电动机(6)电能调制的电压闭环控制;数字控制器(8)实时检测高速无刷直流电动机(6)相电流并与给定相电流波形比较生成三相逆变桥换相逻辑信号,实现高速无刷直流电动机(6)旋转相波形跟踪控制;数字控制器(8)通过CAP接口实时捕获线反电动势过零点信号用以实时计算电动机当前转速并计算相对于给定转速的转速误差,实时调节可控三相整流桥(1)和三相三重斩波器(3)占空比实现无位置传感器速度闭环控制,同时实时调节三相逆变桥(5)换相延迟时间,补偿三相逆变桥(5)换相逻辑,实现高速无刷直流电动机(6)低涡流损耗高速旋转。

3. 根据权利要求1所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,其特征在于:所述的三相逆变桥(5)对高速无刷直流电动机(6)只进行逻辑换相,不进行电能调制。

一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及高速无刷直流电动机控制系统,特别是采用无位置传感器控制方式下低涡流损耗控制系统,可作为制冷压缩机、天然气管道压缩机、曝气机等大功率高速设备用大功率电动机的一种控制系统。

背景技术

[0002] 制冷压缩机、天然气管道压缩机、曝气机等高速设备用高速无刷直流电动机通常具有小电枢电感的特点。小电枢电感无刷直流电动机容易出现电枢电流高次谐波丰富,高速旋转涡流损耗大的问题。

[0003] 目前,应用于压缩机、曝气机的高速无刷直流电动机功率达 100kW(32000r/min),甚至 315kW(20000r/min)。以专利 201010130643.X 和专利 200610011577.8 为代表的高速无刷直流电动机的控制系统通常为中小功率等级电机控制系统,不能满足高速无刷直流电动机电能调制需求。并且,专利 201010130643.X 所提出的高速无刷直流电机控制系统基于霍尔传感器,但霍尔传感器不适用于高温等恶劣工况的环境,因此,需采用无位置传感器控制系统。专利 200610011577.8 提出了一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,由于无大功率电能调制,所以有电能供给不足的问题,因此该系统不适用于大功率高速无刷直流电动机的无位置传感器控制。专利 201210124755.3 提出了一种用于高速大功率电动机控制电路用的无损缓冲电路,由于该电路仅作为一个电力变换装置,未提出无刷直流电动机在无位置传感器控制方式下的正确换相和低涡流损耗运行方式,因此,不能确保有效降低高速电机的涡流损耗。通用变频器为提高电机驱动性能,需要辨识电动机的参数。由于高速无刷直流电动机具有小电枢电感的特点,因此通用变频器无法识别无刷直流电动机的参数,导致不能正确计算电机转子位置,不能正确完成无刷直流电动机的换相,因此通用变频器不能完成具有小电枢电感特点的高速无刷直流电动机的无位置传感器控制。

[0004] 因此,现有的电动机控制系统仍不能解决高速无刷直流电动机电能调制需求和无位置传感器高速旋转正确换相的问题,不能满足高速无刷直流电动机高速旋转时低涡流损耗的需求。

发明内容

[0005] 本发明解决的技术问题是:解决现有的高速无刷直流电动机高速旋转时相电流谐波含量高的问题;提出一种针对高速无刷直流电动机的无位置传感器控制系统,该系统具有电动机高速旋转时换相逻辑正确、相电流谐波含量低、涡流损耗低的优点。

[0006] 本发明的技术解决方案是:一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,包括全控三相整流桥、薄膜电容组、三相三重斩波器、母线电流传感器、三相逆变桥、高速无刷直流电动机、线反电动势过零点信号检测电路、数字控制器、母线电压传感器、相电流传感器。三相动力电经全控三相整流桥整流输出直流电压并由薄膜电容组滤波,然后送入三相三重斩波器,经高频调制输出直流电压 U,U 由母线电压传感器检测,U 串联母线电流传感器

后输入到三相逆变桥。三相逆变桥输出的三相电流经相电流传感器检测后驱动高速无刷直流电动机旋转。母线电压传感器输出电压模拟信号和母线电流传感器输出电流模拟信号共两路模拟信号送入数字控制器的 AD 转换接口进行模数转换。数字控制器依据母线电流传感器、相电流传感器和线反电动势过零点信号检测电路的反馈信号,采用电压和电流闭环控制实时调节全控三相整流桥和三相三重斩波器的九路 PWM 调制信号占空比进行三相逆变桥母线电压和电流双闭环控制,进而实现高速无刷直流电动机旋转的电能调制。数字控制器依据给定的三路电动机相电流波形和反馈的三路相电流波形误差生成三相逆变桥换相逻辑进行高速无刷直流电动机旋转相波形跟踪控制。同时,数字控制器的 CAP 接口捕获线反电动势过零点信号检测电路输出的三路线反电动势过零点信号,作为三相逆变桥换相逻辑补偿判断信号,向三相逆变桥输出实时补偿的六路逻辑换相逻辑信号。

[0007] 本发明的原理是:本发明介绍了一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统。本发明首先利用全控三相整流桥、三相三重斩波器实现电能调制;然后利用数字控制器实时调节三相逆变桥换相逻辑进行电动机旋转相电流跟踪控制;同时,利用数字控制器 CAP 接口实时捕获线反电动势过零点信号检测电路输出的三路线反电动势过零点信号并作为三相逆变桥换相逻辑补偿判断信号以完成电动机无位置传感器换相补偿,从而实现了高速无刷直流电动机无位置传感器控制。

[0008] 首先,数字控制器输出六路低频 PWM 调制信号控制全控三相整流桥输出直流电压,对薄膜电容组进行预充电至给定电压。数字控制器输出三路高频 PWM 调制信号控制三相三重斩波器对薄膜电容组两端直流电压进行高频电能调制输出三相逆变桥直流母线电压 U 和直流母线电流 I。数字控制器实时调节全控三相整流桥和三相三重斩波器驱动信号占空比进行三相逆变桥母线电压和电流双闭环控制。三相逆变桥直流母线电压 U 和直流母线电流 I 分别经母线电压传感器母线电流传感器实时检测并送入数字控制器的 AD 接口进行模数转换,转换后的数字信号作为电压和电流闭环控制的反馈信号。

[0009] 然后,数字控制器实时调节三相逆变桥换相逻辑进行电动机旋转相电流跟踪控制。数字控制器依据给定的三路电动机相电流波形和反馈的三路相电流波形误差生成三相逆变桥换相逻辑进行电动机旋转相波形跟踪控制。无刷直流电动机的三路相电流经相电流传感器检测后送入数字控制器的控制器的 AD 接口进行模数转换。同时,数字控制器 CAP 接口实时捕获线反电动势过零点信号检测电路输出的三路线反电动势过零点信号并作为三相逆变桥换相逻辑补偿判断信号,并调节三相逆变桥换相逻辑,完成无刷直流电动机的换相补偿。

[0010] 在高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统中,为提高系统的电能调制能力,采用三相三重斩波器。数字控制器输出三路高频移相调制信号,并实时调节调制占空比,完成三相逆变桥直流母线电压和直流母线电流调制。数字控制器输出的六路逻辑信号控制三相逆变桥只进行逻辑换相,而不进行电动机电能调制,降低了无刷直流电动机工作电流的谐波含量,减小了电动机涡流损耗。

[0011] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0012] (1) 本发明采用三相三重斩波器进行电能调制,区别于中小功率无刷直流电动机控制器调制能力不足,保证了大功率无刷直流电动机的电能调制需求。

[0013] (2) 本发明采用相电流跟踪控制实现电动机逻辑换相,并由速度闭环控制,补偿电

动机换相逻辑,区别于常规高速无刷直流电机控制系统依赖于位置传感器,使得大功率高速无刷直流电机可应用高温等严酷工作环境。、

[0014] (3) 本发明中,三相逆变桥依据补偿的六路换相逻辑信号进行无刷直流电动机换相,区别于传统变频器三相逆变桥即进行电能调制又进行电动机逻辑换相的系统。降低了高速无刷直流电动机定子相电流的谐波含量,减小了转子涡流损耗,提高了高速无刷直流电动机的运行效率和寿命。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统图;

[0016] 图 2 为本发明所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统的数字控制器图;

[0017] 图 3 为本发明所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统的数字控制器软件流程图;

[0018] 图 4 为本发明所述的高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统的电流跟踪控制波形图。

具体实施方式

[0019] 如图 1 所示为一种高速无刷直流电动机无位置传感器控制系统,包括全控三相整流桥 1、薄膜电容组 2、三相三重斩波器 3、母线电流传感器 4、三相逆变桥 5、高速无刷直流电动机 6、线反电动势过零点信号检测电路 7、数字控制器 8、母线电压传感器 9、相电流传感器 10。三相动力电经全控三相整流桥 1 整流输出直流电压并由薄膜电容组 2 滤波,然后送入三相三重斩波器 3,经大功率高频电能调制输出直流电压 U。U 两端并联母线电压传感器 9 进行电压检测,并串联母线电流传感器 4 到三相逆变桥 5,检测三相逆变桥 5 直流母线电流。三相逆变桥 5 通过逻辑换相驱动高速无刷直流电动机 6 旋转。母线电压传感器 9 输出电压模拟信号、母线电流传感器 4 和相电流传感器 10 输出电流模拟信号共五路模拟信号送入数字控制器 8 的 AD 转换接口进行模数转换。数字控制器 8 捕获三路过零点信号,向三相逆变桥 5 输出实时补偿的六路换相逻辑信号。高速无刷直流电动机 6 的线反电动势经过线反电动势过零点信号检测电路 7 后输出三路过零点信号。母线电压传感器 8 输出一路电压模拟信号,母线电流传感器 4 输出一路电流模拟信号,相电流传感器 10 输出三路电流模拟信号。数字控制器 8 的 AD 接口接收上述五路模拟信号并进行模数转换;捕获接口 CAP 接收三路过零点信号。数字控制器 8 根据 AD 采样得到的一路电压信号和四路电流信号,输出六路低频 PWM 调制信号控制全控三相整流桥 1,同时,输出三路高频 PWM 调制信号控制三相三重斩波器 3,调节直流电压 U,限制三相逆变桥 5 的直流母线电压和电流。数字控制器 8 根据相电流模拟信号和线反电动势过零点信号进过内部软件控制代码运算,输出六路补偿后的换相逻辑信号,控制三相逆变桥 5 的换相逻辑,对高速无刷直流电动机 6 进行换相和调速。

[0020] 如图 2 所示,数字控制器 8 采用 DSP 芯片 TMS320F28335 和 FPGA 芯片实现,功能上主要由 CPU、A/D 模块、CAP 模块、PWM 模块和数字输入输入接口 (IO) 等组成。CPU 为数字控制器的中央处理单元。A/D 模块对母线电压传感器输出的一路母线电压反馈信号、母线电流传感器输出的一路电流反馈信号和相电流传感器输出的三路相电流反馈信号进行模数变

换,模数变换后的数据经 CPU 读取寄存器获取后作为代码计算的数据。CAP 模块捕获线反电动势过零点信号检测电路 7 输出的三路过零点信号,作为三相逆变桥 5 换相逻辑信号的补偿信号。DSP 的 PWM 模块经 CPU 寄存器设置和代码运算生成的 PWM 调制信号经 FPGA 的 IO 输出九路 PWM 调制信号和六路换相逻辑信号,其中六路低频 PWM 调制信号用于全控三相整流桥 1 的控制、其中三路 5kHz 高频移相 PWM 调制信号用于三相三重斩波器 3 的控制、其中六路换相逻辑信号用于高速无刷直流电动机 6 的换相和调速。

[0021] 如图 3 所示,软件流程包括电能调制模块、相电流跟踪控制模块和无位置传感器换相补偿模块三个模块。电能调制模块首先进行主控制器初始化,即完成程序和数据存储器空间的分配。同时,数字控制器 8 控制全控三相整流桥 1 对薄膜电容组 2 预充电至给定电压。然后,数字控制器 8 实时控制三相逆变桥 5 直流母线电压。三相逆变桥 5 直流母线电流经实时检测和判断其是否等于电动机旋转母线电流设定值。如果不等于电动机旋转母线电流设定值,则实时调节三相三重斩波器 3 占空比控制三相逆变桥 5 直流母线电压,形成高速无刷直流电动机 6 电能调制的电流闭环控制。如果等于电动机旋转母线电流设定值,则数字控制器 8 实时检测三相逆变桥 5 直流母线电压和判断其是否大于母线电压设定值。如果大于母线电压设定值,则实时调节可控三相整流桥 1 和三相三重斩波器 3 占空比控制三相逆变桥 5 直流母线电压,形成高速无刷直流电动机 6 电能调制的电压闭环控制。如果不小于母线电压设定值,则进入相电流跟踪控制模块和无位置传感器换相补偿模块。在相电流跟踪控制模块中,高速无刷直流电动机 6 相电流经实时检测并与给定相电流波形比较生成三相逆变桥换相逻辑信号。同时,无位置传感器换相补偿模块采用速度闭环实现无位置传感器换相补偿。在无位置传感器换相补偿模块,数字控制器 8 通过 CAP 接口实时捕获高速无刷直流电动机 6 反电动势过零点信号并实时计算电动机当前转速并判断相对于给定转速误差是否不大于 0.1%。如果误差大于 0.1%,则实时调节可控三相整流桥 1 和三相三重斩波器 3 占空比控制三相逆变桥 5 直流母线电压进入电能调制环节,形成无位置传感器速度闭环控制;同时,调节三相逆变桥 5 换相延迟时间,补偿三相逆变桥 5 换相逻辑。如果误差不大于 0.1%,则不进行三相逆变桥 5 换相补偿而进行三相逆变桥 5 高速换相,高速无刷直流电动机 6 低涡流损耗高速旋转。

[0022] 如图 4 所示,高速无刷直流电动机控制系统的相电流跟踪控制波形图包括相电流给定波形、相电流实际波形和相电流误差波形。波形图可以看出相电流实际波形相对于相电流给定波形最大误差不超过 0.2%,表明高速无刷直流电动机相电流跟踪控制效果良好。

[0023] 本发明未详细阐述部分属于本领域公知技术。

[0024] 以上所述,仅为本发明部分具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本领域的人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

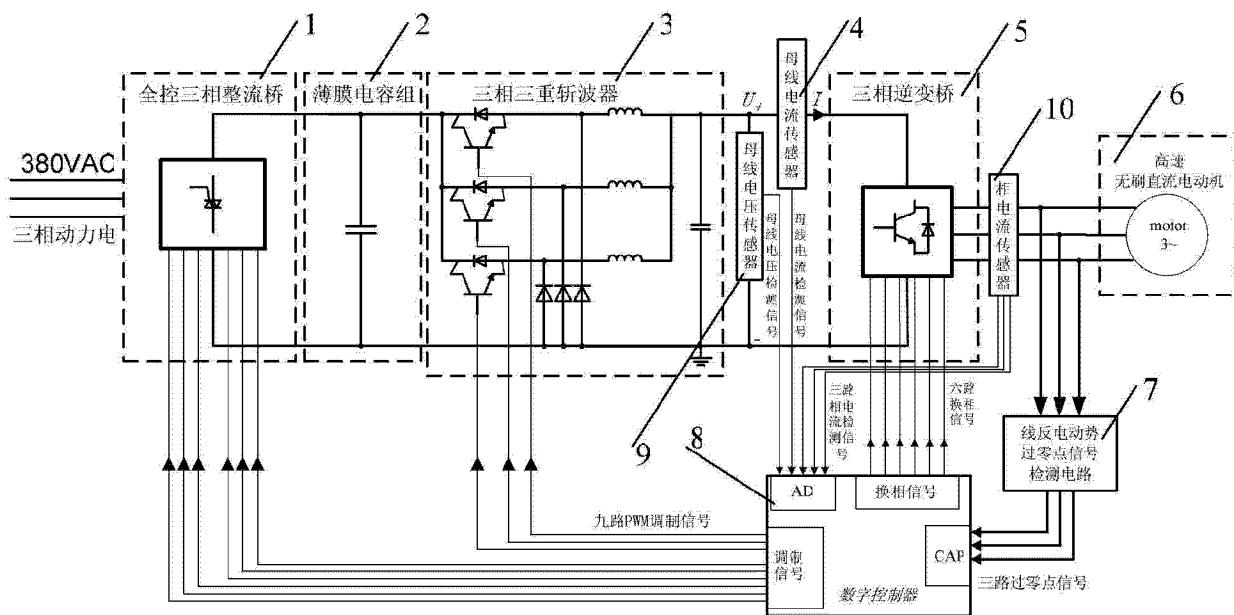


图 1

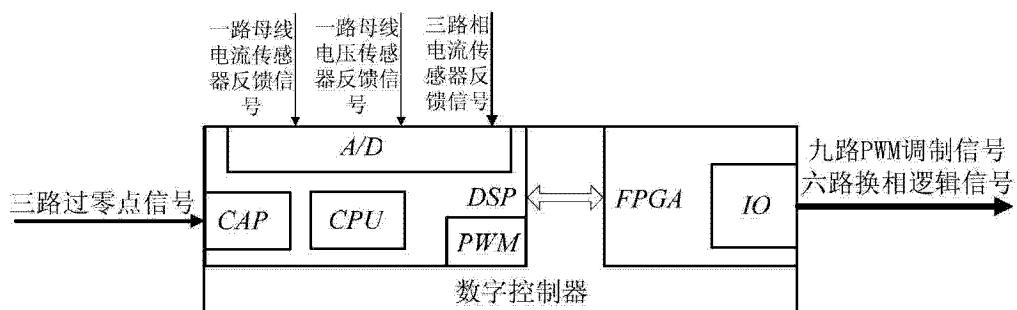


图 2

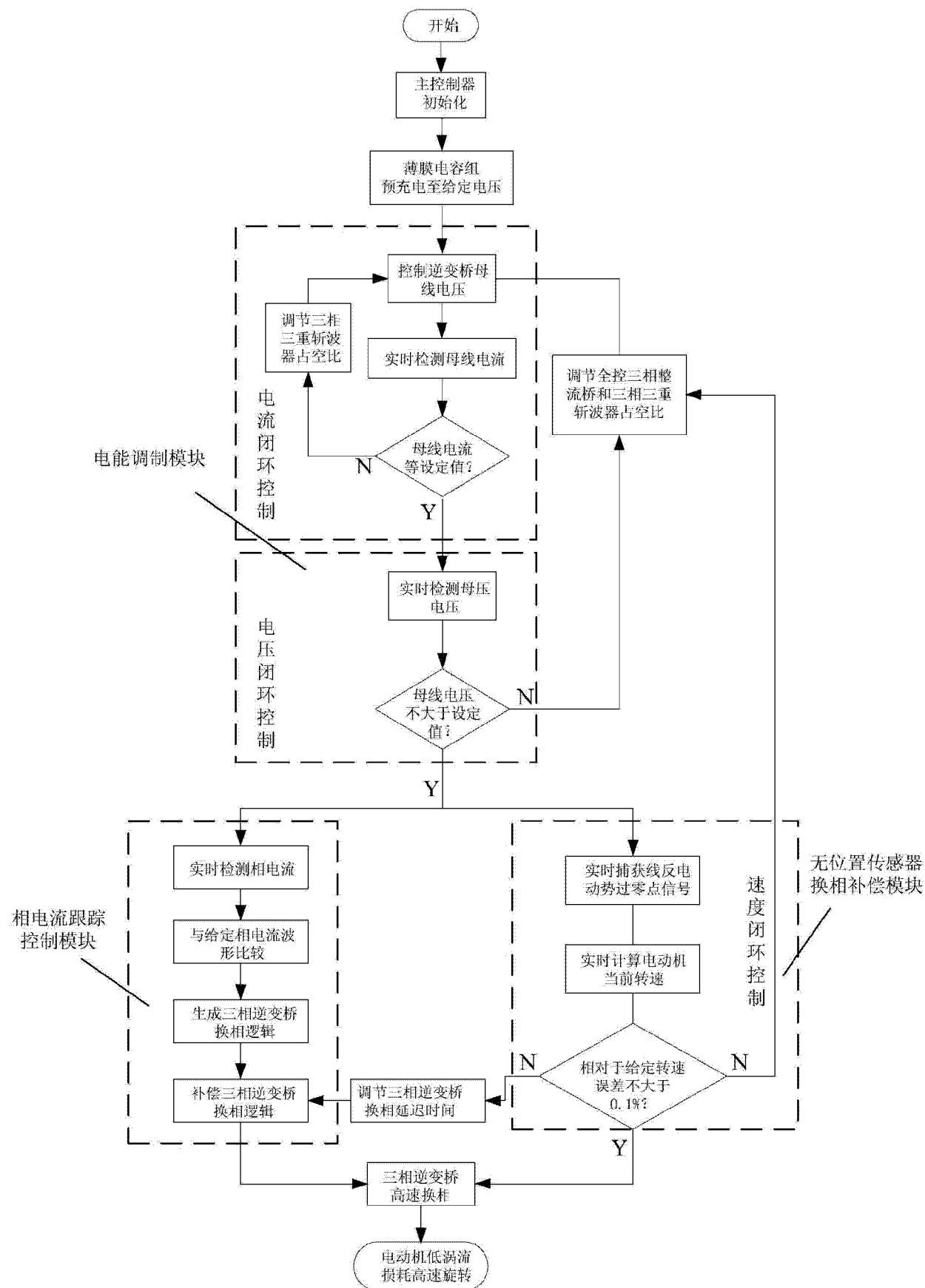


图 3

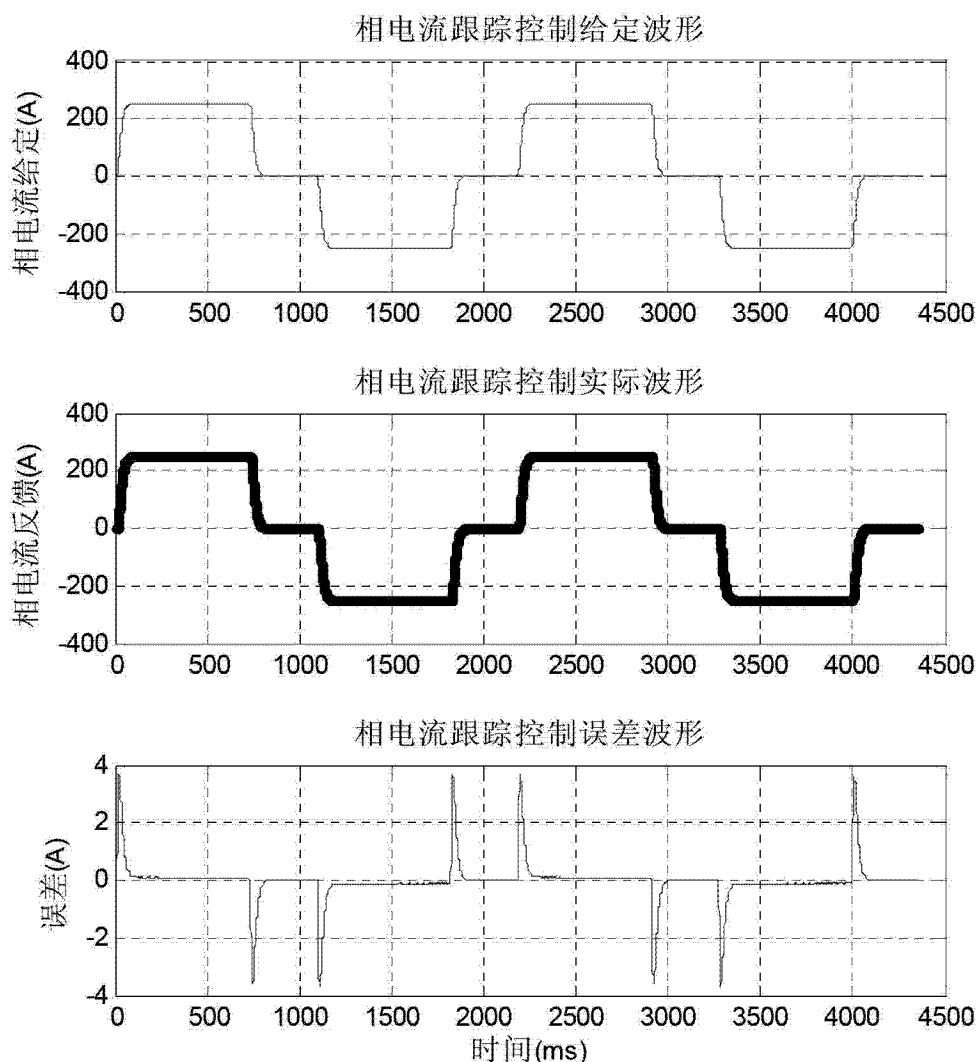


图 4