



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101252290 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 10

(21) 申请号 200810024657. 6

CN 101083404 A, 2007. 12. 05, 说明书第 2 页第 6、7 段及附图 1.

(22) 申请日 2008. 03. 31

US 5204548 A, 1993. 04. 20, 说明书摘要、第 2 栏第 45 行至第 4 栏第 14 行及附图 1、2.

(73) 专利权人 江苏双登集团有限公司  
地址 225526 江苏省姜堰市双登科工业园  
专利权人 中国科学院电工研究所

审查员 马姗姗

(72) 发明人 韦统振 王司博 唐西胜 齐智平  
苏迎东 凌付东 杨宝峰 陈怀林

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任  
公司 32218

代理人 夏平 瞿网兰

(51) Int. Cl.

H02J 15/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1835329 A, 2006. 04. 10, 说明书第 9 页第 2 段及附图 5.

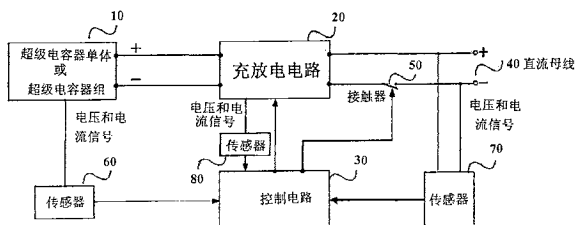
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统及其控制方法, 它包括超级电容器组 (10)、充放电电路 (20)、控制电路 (30) 及接触器 (50)。超级电容器组 (10) 和充放电电路 (20) 连接, 充放电电路 (20) 通过接触器 (50) 与直流母线 (40) 连接, 控制电路 (30) 和充放电电路 (20) 连接; 控制电路 (30) 控制充放电电路 (20) 的工作过程, 整个系统由接触器 (50) 控制着与直流母线 (40) 的通断。本发明通过控制电路 (30) 控制能量在超级电容器组 (10) 和直流母线 (40) 间的双向流动, 实现不间断供电; 本发明设计原理简单, 结构灵活, 同时高效的充放电控制策略能够提高超级电容器的能量利用率, 减少了安装容量, 降低了系统成本, 从而大幅度提高了系统的技术性能和经济性能。



1. 一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统,所述的 UPS 系统包括超级电容器组 (10)、充放电电路 (20)、接触器 (50) 和控制电路 (30),所述的充放电电路 (20) 由双向 Buck-Boost 电路 (120) 组成,它包括第一可控功率开关管 (23)、第二可控功率开关管 (25)、第一功率二极管 (24)、第二功率二极管 (26)、第一电感 (22)、第一滤波电容 (21) 和第二滤波电容 (27),第一电感 (22) 的一端 (22a) 与第一电源端口 (100) 的正端 (100a) 连接;第一电感 (22) 的另一端 (22b) 与第一可控功率开关管 (23) 的一端 (23a) 及第一功率二极管 (24) 的阴极 (24a) 端连接,第一可控功率开关管 (23) 的另一端 (23b) 与第一功率二极管 (24) 的阳极 (24b) 连接,并与第一电源端口 (100) 的负端 (100b) 及第二电源端口 (29) 的负端 (29b) 连接;第一电感 (22) 的另一端 (22b) 与第二可控功率开关管 (25) 的一端 (25a) 及第二功率二极管 (26) 的阳极 (26a) 端连接,第二可控功率开关管 (25) 的另一端 (25b) 与第二功率二极管 (26) 的阴极 (26b) 连接,并与第二电源端口 (29) 的正端 (29a) 连接;第一滤波电容 (21) 与第一电源端口 (100) 并联连接,第二滤波电容 (27) 与第二电源端口 (29) 并联连接;所述的充放电电路 (20) 也可由单向 Buck 和单向 Boost 电路 (121) 并联组成,它包括第三可控功率开关管 (203)、第四可控功率开关管 (207)、第三功率二极管 (204)、第四功率二极管 (206)、第二电感 (202)、第三电感 (205)、第三滤波电容 (201) 和第四滤波电容 (208),第二电感 (202) 的一端 (202a) 与第一电源端口 (100) 的正端 (100a) 连接;第二电感 (202) 的另一端 (202b) 与第三可控功率开关管 (203) 的一端 (203a) 及第三功率二极管 (204) 的阳极 (204a) 端连接;第三功率二极管 (204) 的阴极 (204b) 端与第二电源端口 (29) 的正端 (29a) 连接;第三可控功率开关管 (203) 的另一端 (203b) 与第一电源端口 (100) 的负端 (100b) 及第二电源端口 (29) 的负端 (29b) 连接;第三电感 (205) 的一端 (205a) 与第一电源端口 (100) 的正端 (100a) 连接;第三电感 (205) 的另一端 (205b) 与第四可控功率开关管 (207) 的一端 (207a) 及第四功率二极管 (206) 的阴极 (204a) 端连接;第四可控功率开关管 (207) 的另一端 (207b) 端与第二电源端口 (29) 的正端 (29a) 连接;第四功率二极管 (206) 的阳极 (206b) 端与第一电源端口 (100) 的负端 (100b) 及第二电源端口 (29) 的负端 (29b) 连接;第三滤波电容 (201) 与第一电源端口 (100) 并联连接,第四滤波电容 (208) 与第二电源端口 (29) 并联连接,其特征是所述的超级电容器组 (10) 的输出端接充放电电路 (20) 的输入端,充放电电路 (20) 的输出端接直流母线 (40),接触器 (50) 串接在直流母线 (40) 的一输出线上,充放电电路 (20) 内嵌的传感器 (80) 的输出端接控制电路 (30) 对应的控制输入端,控制电路 (30) 的一个控制输出端接充放电电路 (20) 的控制输入端,控制电路 (30) 的另一个控制输出端接接触器 (50) 的控制端;控制电路 (30) 中的信号采样单元 (31) 采样直流母线 (40) 端电压,超级电容器组 (10) 的电压和充、放电电流,输出电压信号送给 A/D 转换单元 (32),A/D 转换单元 (32) 将转换的数字信号送给计算控制单元 (34);用户指令单元 (33) 将用户指令送给计算控制单元 (34),计算控制单元 (34) 按照设定的控制过程输出控制信号,经过隔离驱动单元 (35),驱动超级电容器充放电电路 (20) 的第一和第二可控功率开关管,或者第三和第四可控功率开关管,实现控制过程;所述控制过程判断直流母线 (40) 端电压是否大于超级电容器组 (10) 电压,如果大于超级电容器组 (10) 电压,则闭合接触器 (50);然后判断直流母线 (40) 端电压是否达到设定值,如果小于设定值,则进入放电程序,控制第二可控功率开关管 (25) 不工作,驱动第一可控功率开关管 (23),或者控制第四可控功率开关管 (207) 不工作,驱动第三可控功率开关管 (203);如果大于或等

于设定值,进入充电程序,控制第一可控功率开关管(23)不工作,驱动第二可控功率开关管(25),或者控制第三可控功率开关管(203)不工作,驱动第四可控功率开关管(207);在充电程序中,软件判断超级电容器组(10)电压是否达到设定的最大值 $V_0$ ,如果达到,则停止充电;接着软件判断超级电容器组(10)电压是否小于设定值 $V_1$ ,如果小于,则对超级电容器组(10)进行充电,并且采用大电流充电;最后,软件判断超级电容器组(10)电压是否在设定值 $V_2$ 和 $V_3$ 之间,如果是,则改变充电状态为小电流充电。

2. 根据权利要求1所述的基于超级电容器的风电变桨UPS系统,其特征是所述的控制电路(30)还连接有第一电压和电流信号传感器(60)和第二电压和电流信号传感器(70),第一电压和电流信号传感器(60)的输入端与超电容器(10)相连,第二电压和电流信号传感器(70)的输入端与直流母线(40)相连。

3. 根据权利要求1所述的基于超级电容器的风电变桨UPS系统,其特征是所述的控制电路(30)包括信号采样单元(31)、A/D转换单元(32)、用户指令单元(33)、计算控制单元(34)以及隔离驱动单元(35),其中负责采集系统参数、输出电压信号的信号采样单元(31)的输出端与A/D转换单元(32)对应的输入端相连,A/D转换单元(32)的输出端与计算控制单元(34)相连,用户指令单元(33)的输出端也与计算控制单元(34)对应的输入端相连,计算控制单元(34)的控制信号输出端与隔离驱动单元(35)对应的输入端相连。

## 基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风电变桨用的不间断电源 (UPS) 及其控制方法,尤其是一种风电变桨中使用的由超级电容器组成的不间断电源及其控制方法,具体地说是一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 众所周知,现代风力发电机技术不仅要求最大限度的利用风能,提高效率,而且要求加强整个风机的安全性能。变桨距系统,因其在额定风速下能提高捕获风能效率,获得最佳能量输出,因而逐渐占据了风力发电机的主导地位,特别是在大型风机中获得了越来越多的应用。变桨距系统还必须在风速过快的情况下通过控制叶片来保护风机不被损坏,因此变桨距系统是保证整个风机安全性的关键,对于它本身的安全稳定运行具有很高的要求,必须要配置一套 UPS 系统以保证在电网电压停电或发生中断或跌落时,变桨距系统还能够正常运行,以防止此时出现风速过快的情况而损坏整个风机。

[0003] 在发电变桨距系统中,UPS 系统的主要功能是一旦电网电压不正常,立即启动给变桨距系统供电,控制叶片转到安全的位置,因此风电变桨 UPS 系统对于储能单元有着很高的要求。首先,风力发电厂本身的工作环境差异很大,要求风电变桨 UPS 系统的储能单元具有很强的环境适应能力,不论在什么工作条件下都能够正常工作。其次,UPS 系统主要是起着紧急供电的作用,供电时间不是很长,但是对功率的需求很大,这就要求储能单元具有短时大功率吞吐能力。第三,由于现代风机越来越大型化和复杂化,对风机的维修和零件的更换也是越来越困难,因此需要 UPS 系统具有很长的使用寿命,而且在长时间使用后能够保持性能基本不变,而这其中最主要的就是 UPS 的储能单元。

[0004] 在目前的 UPS 系统中,可充电蓄电池是一种应用非常普遍的储能器件。如铅酸蓄电池、镉镍蓄电池、镍氢蓄电池等。蓄电池储能具有能量密度高、成本低廉、原材料丰富、制造技术成熟等特点,能够实现大规模生产。但是,采用可充电蓄电池作为 UPS 的储能单元存在一定的不足之处,无法很好地满足风电变桨 UPS 系统对储能单元的要求。首先,蓄电池在工作过程中会发生化学反应,引起电极结构的膨胀和收缩,导致蓄电池性能衰减。由于风电变桨 UPS 系统中的储能单元要不断地吸收和释放能量,特别是在电网供电不可靠的地区为保证风电变桨距系统的供电不间断还要经常进行深度充放电,导致蓄电池使用寿命的缩短,需要经常更换,增加了系统的成本。其次,蓄电池的功率密度较小,在风电变桨距系统的这种大功率应用场合,要配置容量很大的蓄电池组,增加了系统的成本,降低了经济性。另外,蓄电池的能量管理过程非常复杂,其充放电效率较低,需要经常维护或更换,而且使用后的金属材料不易处理,会造成环境污染。在风电变桨距 UPS 系统中应用蓄电池作为储能单元,从技术性能和经济性能上分析都不是很合适。

[0005] 超级电容器是近年来出现的一种新型电力储能器件,其存储容量比普通电容器大几个数量级。它是通过使用一种多孔电解质(其介电常数和电压承受能力仍然比较低)加大两极板的面积,从而使储能能力得到提高。超级电容器包括双电层电容器 (Electric

Double Layer Capacitor) 和电化学电容器 (Electrochemical Capacitor)。双电层电容器又称为对称型电容器,它的两个电极都采用高比表面积活性碳,并基于碳电极与电解液界面上的电荷分离产生双电层电容而工作的。电化学电容器又称不对称型电容器,它的一极也是采用活性碳作为电极,另一极采用  $\text{RuO}_2$  等贵金属氧化物或导电性高分子聚合物作电极,在氧化物或聚合物电极表面及体内发生氧化还原反应而产生吸附电容,又称为法拉第准电容。由于法拉第准电容的产生机理与电池相似,在相同电极面积的情况下,它的电容量是双电层电容的几倍;但双电层电容器瞬间大电流放电的功率特性比法拉第电容器好。

[0006] 超级电容器具有常规电容器功率密度大的优点,可快速、高效的充放电,且使用寿命长,不易老化。另外,在使用过程中它既不需要冷却装置也不需要加热装置。超级电容器能够安全放电,安装简易,结构紧凑,可适应各种不同的环境,还具有高低温性能良好、能量判断简单准确、无需维护和环境友好等诸多优点。超级电容器的这些优点使得它非常适合取代蓄电池成为风电变桨距 UPS 系统的储能单元。

[0007] 加拿大专利 CA2557084 介绍了一种用于风电变桨距的后备电源系统,其中使用了蓄电池作为其储能元件。美国专利 US673762 介绍了将超级电容器用于不间断电源的装置及其控制方法,利用超级电容器的快速响应特性,在发电单元(例如燃料电池)达到负载的需求之前,利用超级电容器来平衡负载需求。目前,已经有将超级电容器应用于风力发电系统中的相关专利,如专利 CN1966975 介绍了一种将超级电容器用作储能系统,用于风力发电系统,给负载提供大的功率支撑。但据申请人所知,目前尚未有将超级电容器作为风电变桨用的 UPS 系统的相关报道。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是针对现有的蓄电池式风电变桨 UPS 系统存在的功率密度小、充放电时间长、寿命短、维护量大、使用成本高等一系列问题,设计一种可快速、高效的充放电、使用寿命长,不易老化的基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统,同时提供一种该系统的控制方法。

[0009] 本发明的技术方案是:

[0010] 一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统,包括超级电容器 10、充放电电路 20、接触器 50 和控制电路 30,其特征是所述的超级电容器 10 的输出端接充放电电路 20 的输入端,充放电电路 20 的输出端接直流母线 40,接触器 50 串接在直流母线 40 的一输出线上,充放电电路 20 内嵌的传感器 80 的输出端接控制电路 30 对应的控制输入端,控制电路 30 的一个控制输出端接充放电电路 20 的控制输入端,控制电路 30 的另一个控制输出端接触器 50 的控制端。

[0011] 所述的控制电路 30 还连接有电压和电流信号传感器 60,70,电压和电流信号传感器 60 的输入端与超电容器 10 相连,电压和电流信号传感器 60 的输入端与直流母线 40 相连。

[0012] 所述的超级电容器 10 或为单体结构,或为由单体超级电容器串并联组成的超级电容器组。

[0013] 所述的控制电路 30 包括信号采样单元 31、A/D 转换单元 32、用户指令单元 33、计算控制单元 34 以及隔离驱动单元 35,其中负责采集系统参数、输出电压信号的信号采样单

元 31 的输出端与 A/D 转换单元 32 对应的输入端相连, A/D 转换单元 32 的输出端与计算控制单元 34 相连, 用户指令单元 33 的输出端也与计算控制单元 34 对应的输入端相连, 计算控制单元 34 的控制信号输出端与隔离驱动单元 35 对应的输入端相连。

[0014] 所述的充放电电路 20 由双向 Buck-Boost 电路 120 组成, 它包括可控功率开关管 23, 25、功率二极管 24, 26、电感 22、滤波电容 21, 27, 电感 22 的 22a 端与端口 100 的正端 100a 连接; 电感 22 的 22b 端与功率开关管 23 的 23a 端及功率二极管 24 的阴极 24a 端连接, 功率开关管 23 的 23b 端与二极管 24 的阳极 24b 连接, 并与端口 100 的负端 100b 及端口 29 的负端 29b 连接; 电感 22 的 22b 端与功率开关管 25 的 25a 端及功率二极管 26 的阳极 26a 端连接, 功率开关管 25 的 25b 端与二极管 26 的阴极 26b 连接, 并与端口 29 的正端 29a 连接; 滤波电容 21 与端口 100 并联连接, 滤波电容 27 与端口 29 并联连接。

[0015] 所述的充放电电路 20 由单向 Buck 和单向 Boost 电路 121 并联组成, 它包括可控功率开关管 203, 207、功率二极管 204, 206、电感 202, 205、滤波电容 201, 208, 电感 202 的 202a 端与端口 100 的正端 100a 连接; 电感 202 的 202b 端与功率开关管 203 的 203a 端及功率二极管 204 的阳极 204a 端连接; 功率二极管 204 的阴极 204b 端与端口 100 的正端 100a 连接; 功率开关管 203 的 203b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 209 的负端 209b 连接; 电感 205 的 205a 端与端口 100 的正端 100a 连接; 电感 205 的 205b 端与功率开关管 207 的 207a 端及功率二极管 206 的阴极 204a 端连接; 功率开关管 207 的 207b 端与端口 209 的正端 209a 连接; 功率二极管 206 的阳极 206b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 209 的负端 209b 连接; 滤波电容 201 与端口 100 并联连接, 滤波电容 208 与端口 209 并联连接。

[0016] 一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统的控制方法, 其特征在于: 控制电路 30 中的信号采样单元 31 采样直流母线 40 端电压, 超级电容器组 10 的电压和充、放电电流, 输出电压信号送给 A/D 转换单元 32, A/D 转换单元 32 将转换的数字信号送给计算控制单元 34; 用户指令单元 33 将用户指令送给计算控制单元 34, 计算控制单元 34 按照设定的控制过程输出控制信号, 经过隔离驱动单元 35, 驱动超级电容器充放电电路 20 中的功率开关管 203, 207, 实现控制过程; 开机后, 控制软件首先判断直流母线 40 端电压是否大于超级电容器组 10 电压, 如果大于超级电容器组 10 电压, 则闭合接触器 50; 然后判断直流母线 40 端电压是否达到设定值, 如果小于设定值, 则进入放电程序, 控制可控功率开关管 25 不工作, 驱动可控功率开关管 23, 或者控制可控功率开关管 207 不工作, 驱动可控功率开关管 203; 否则, 进入充电程序, 控制可控功率开关管 23 不工作, 驱动可控功率开关管 25, 或者控制可控功率开关管 203 不工作, 驱动可控功率开关管 207; 在充电程序中, 软件判断超级电容器组 10 电压是否达到设定的最大值  $V_0$ , 如果达到, 则停止充电; 接着软件判断超级电容器组 10 电压是否小于设定值  $V_1$ , 如果小于, 则对超级电容器组 10 进行充电, 并且采用大电流充电; 最后, 软件判断超级电容器组 10 电压是否在设定值  $V_2$  和  $V_3$  之间, 如果是, 则改变充电状态为小电流充电。

[0017] 本发明的有益效果:

[0018] (1) 采用超级电容器储能, 能够充分发挥其功率密度大、充放电速度快、循环寿命长和储能效率高的优点, 使储能装置具有良好的技术性能。

[0019] (2) 由于充放电电路的交流控制作用, 超级电容器组的端电压与直流母线电压可以有很大的不同, 在满足同样功率需求的前提下, 超级电容器的能量利用率大为提高, 减少

了安装容量,降低了系统成本。

[0020] (3) 超级电容器组只通过一级 DC/DC 功率变换器与直流母线进行能量交换,减少了能量损耗,提高了储能效率。

[0021] (4) 非隔离型的双向 DC/DC 充放电电路,有多种设计方式,既可采用双向 BUCK-BOOST 电路,也可以采用单向的 BUCK 和 BOOST 电路并联的方式,其设计原理简单,结构灵活。

[0022] (5) 本装置使用简单,用户只需要将装置接在直流母线上,并操纵开、关按钮就能控制整个装置的运行和停止,具体的工作过程全部由软件控制实现。

[0023] 本装置采用超级电容器作为储能单元,为风电变桨系统的直流母线提供功率支撑。由于超级电容器具有功率密度大、充放电速度快、循环使用寿命长等优点,加上高效的充放电控制策略,能够大幅度提高系统的技术性能和经济性能。

### 附图说明

[0024] 图 1 是本发明风电变桨 UPS 系统框图。

[0025] 图 2 是本发明充放电电路电原理图之一。

[0026] 图 3 是本发明充放电电路电原理图之二。

[0027] 图 4 是本发明的控制电路的原理框图。

[0028] 图 5 是与图 4 相配的软件流程图。

[0029] 图 6 是本发明的超级电容器充电算法示意图。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0031] 如图 1 ~ 6 所示。

[0032] 一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统,包括超级电容器 10、充放电电路 20、接触器 50 和控制电路 30,如图 1 所示,所述的超级电容器 10 的输出端接充放电电路 20 的输入端,充放电电路 20 的输出端接直流母线 40,接触器 50 串接在直流母线 40 的一输出线上,充放电电路 20 内嵌的传感器 80 的输出端接控制电路 30 对应的控制输入端,控制电路 30 的一个控制输出端接充放电电路 20 的控制输入端,控制电路 30 的另一个控制输出端接接触器 50 的控制端,控制电路 30 还连接有电压和电流信号传感器 60,70,电压和电流信号传感器 60 的输入端与超电容器 10 相连,电压和电流信号传感器 60 的输入端与直流母线 40 相连。

[0033] 具体实施时:

[0034] 超级电容器 10 或为单体结构,或为由单体超级电容器串并联组成的超级电容器组。超级电容器 10 可以采用双电层电容器,也可以采用电化学电容器。将多个单只超级电容器先串联组成串联支路,再将两个或者两个以上的串联支路并联,组合成超级电容器组,具体的串并联组合方案要视系统的实际情况而定。为了提高超级电容器组的容量利用率,并将单体电压限定在最高工作电压以下,超级电容器组可以采用串联均压器,还可以采用串并联转换电路。

[0035] 控制电路 30 由信号采样单元 31、A/D 转换单元 32、用户指令单元 33、计算控制单

元 34 以及隔离驱动单元 35 组成,其中负责采集系统参数、输出电压信号的信号采样单元 31 的输出端与 A/D 转换单元 32 对应的输入端相连, A/D 转换单元 32 的输出端与计算控制单元 34 相连,用户指令单元 33 的输出端也与计算控制单元 34 对应的输入端相连,计算控制单元 34 的控制信号输出端与隔离驱动单元 35 对应的输入端相连。其中的信号采样单元 31 负责检测系统的状态参数,包括超级电容器组两端电压、温度、直流母线电压及其变化过程、充放电电流等。系统通过信号采样单元采样这些参数,产生相应的电压信号,送给 A/D 转换单元 32, A/D 转换单元 32 将转换的数字信号送给计算控制单元 34,作为系统控制的入口参数。用户指令单元 33 接受用户指令,包括系统的启动、停止等,并将这些指令送给计算控制单元 34,作为系统控制的入口参数。如图 4 所示。

[0036] 充放电电路 20 可采用两种形式,其中一种充放电电路 20 可由双向 Buck-Boost 电路 120 组成,如图 2 所示,它包括可控功率开关管 23, 25、功率二极管 24, 26、电感 22、滤波电容 21, 27, 电感 22 的 22a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 22 的 22b 端与功率开关管 23 的 23a 端及功率二极管 24 的阴极 24a 端连接,功率开关管 23 的 23b 端与二极管 24 的阳极 24b 连接,并与端口 100 的负端 100b 及端口 29 的负端 29b 连接;电感 22 的 22b 端与功率开关管 25 的 25a 端及功率二极管 26 的阳极 26a 端连接,功率开关管 25 的 25b 端与二极管 26 的阴极 26b 连接,并与端口 29 的正端 29a 连接;滤波电容 21 与端口 100 并联连接,滤波电容 27 与端口 29 并联连接。

[0037] 另一种结构形式的充放电电路 20 可由单向 Buck 和单向 Boost 电路 121 并联组成,如图 3 所示,它包括可控功率开关管 203, 207、功率二极管 204, 206、电感 202, 205、滤波电容 201, 208, 电感 202 的 202a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 202 的 202b 端与功率开关管 203 的 203a 端及功率二极管 204 的阳极 204a 端连接;功率二极管 204 的阴极 204b 端与端口 100 的正端 100a 连接;功率开关管 203 的 203b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 209 的负端 209b 连接;电感 205 的 205a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 205 的 205b 端与功率开关管 207 的 207a 端及功率二极管 206 的阴极 204a 端连接;功率开关管 207 的 207b 端与端口 209 的正端 209a 连接;功率二极管 206 的阳极 206b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 209 的负端 209b 连接;滤波电容 201 与端口 100 并联连接,滤波电容 208 与端口 209 并联连接。

[0038] 本发明的控制方法为:

[0039] 一种基于超级电容器的风电变桨 UPS 系统的控制方法,首先由控制电路 30 中的信号采样单元 31 采样直流母线 40 端电压,超级电容器组 10 的电压和充、放电电流,输出电压信号送给 A/D 转换单元 32, A/D 转换单元 32 将转换的数字信号送给计算控制单元 34;用户指令单元 33 将用户指令送给计算控制单元 34,计算控制单元 34 按照设定的控制过程输出控制信号,经过隔离驱动单元 35,驱动超级电容器充放电电路 20 中的功率开关管 203, 207, 实现控制过程;开机后,控制软件首先判断直流母线 40 端电压是否大于超级电容器组 10 电压,如果大于超级电容器组 10 电压,则闭合接触器 50;然后判断直流母线 40 端电压是否达到设定值,如果小于设定值,则进入放电程序,控制可控功率开关管 25 不工作,驱动可控功率开关管 23,或者控制可控功率开关管 207 不工作,驱动可控功率开关管 203;否则,进入充电程序,控制可控功率开关管 23 不工作,驱动可控功率开关管 25,或者控制可控功率开关管 203 不工作,驱动可控功率开关管 207;在充电程序中,软件判断超级电容器组 10 电压是

否达到设定的最大值 V0, 如果达到, 则停止充电; 接着软件判断超级电容器组 10 电压是否小于设定值 V1, 如果小于, 则对超级电容器组 10 进行充电, 并且采用大电流充电; 最后, 软件判断超级电容器组 10 电压是否在设定值 V2 和 V3 之间, 如果是, 则改变充电状态为小电流充电。

[0040] 本发明的风电变桨 UPS 的控制方法, 在实现系统功能的前提下, 力争高效、节能, 并能降低储能装置的安装容量, 延长超级电容器的使用寿命, 提高经济性。其控制思想的基本原则包括以下几点。

[0041] 第一, 充分发挥充放电电路的交流控制作用, 合理配置超级电容器组的容量, 实现以较小的容量满足较大的功率需求和能量需求, 降低储能装置的安装成本。

[0042] 第二, 超级电容器释能时, 根据直流母线端的状态、储能装置的荷电状态, 以及功率的需求, 改变超级电容组的串、并联模式, 以满足直流母线端的功率和电压要求, 同时避免超级电容器过放电。

[0043] 第三, 超级电容器储能时, 根据超级电容器组的荷电状态, 改变充电过程, 使超级电容器能够达到满荷的同时又保证不过充。

[0044] 本发明的主要目的是为风电变桨距系统的直流母线提供不间断的直流电源, 保证直流母线的稳定。整个风电变桨 UPS 系统的启动和切断都由用户控制。

[0045] 当装置投入使用后, 其工作过程是, 首先检测各个系统参数, 根据超级电容器组的能量存储情况, 选择合适的充电电流, 由直流母线端通过充放电电路给超级电容器组充电, 当超级电容器组存储的能量较小时, 采用大电流快速充电, 当接近满荷状态时, 采用小电流充电, 以避免超级电容组的过充。当超级电容器组储存满能量后, 停止对其充电, 但当超级电容器组由于自放电消耗掉部分能量后, 控制电路重新控制充放电电路通过直流母线对超级电容器组充电。

[0046] 控制电路检测直流母线端的电压, 当跌落到一定数值时, 停止对超级电容器组充电, 若直流母线端电压继续下降到一定数值, 则由超级电容器组通过充放电电路对其供电, 输出功率的大小要视直流母线功率的变化率而定, 以使母线电压维持在一定的范围内。当控制电路检测到直流母线电压恢复正常时, 停止超级电容器组对直流母线端的供电。

[0047] 当电网停电时, 为了延长整个风电变桨 UPS 系统的工作时间, 超级电容器组通过充放电电路对直流母线端供电时, 只保证直流母线端最低功率要求。随着超级电容器放电过程的继续, 改变超级电容器组内部的串、并联组合结构, 以使超级电容器组维持较高的电压水平实现对直流母线端的持续供电。

[0048] 在对超级电容器组充放电的过程中, 不断检测其温度, 适当调整功率输出或输入大小, 使超级电容器组的发热控制在一定范围内, 以提高超级电容器组的使用寿命。当超级电容器组出现电压突变等异常情况时, 断开整个系统, 并提示用户。

[0049] 下面结合附图作进一步的说明:

[0050] 如图 1 所示, 本发明的风电变桨 UPS 系统包括由一个或多个超级电容器单体串并联组成的超级电容器组 10、充放电电路 20、控制电路 30 及接触器 50。超级电容器组 10 和充放电电路 20 连接, 充放电电路 20 通过接触器 50 与直流母线 40 连接, 控制电路 30 和充放电电路 20 连接。控制电路 30 控制充放电电路 20 的工作过程, 并通过接触器 50 控制着整个系统与直流母线 40 的通断。控制电路 30 控制充放电电路 20 的工作, 决定了超级电容

器组 10 与直流母线 40 之间的能量流动过程。当能量从直流母线 40 流向超级电容器组 10 时,直流母线 40 给超级电容器组 10 充电;当能量从超级电容器组 10 流向直流母线 40 时,超级电容器组 10 给直流母线 40 放电。

[0051] 图 2 为本发明充放电电路 20 的一种双向 DC/DC 变换器。由可控功率开关管 23、25,功率二极管 24、26,电感 22,滤波电容 21、27,输入输出端 100 和 29 组成;电感 22 的 22a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 22 的 22b 端与功率开关管 23 的 23a 端及功率二极管 24 的阴极 24a 端连接,功率开关管 23 的 23b 端与功率二极管 24 的阳极 24b 连接,并与端口 100 的负端 100b 及端口 29 的负端 29b 连接;电感 22 的 22b 端与可控功率开关管 25 的 25a 端及功率二极管 26 的阳极 26a 端连接,可控功率开关管 25 的 25b 端与功率二极管 26 的阴极 26b 连接,并与端口 29 的正端 29a 连接;滤波电容 21 与端口 100 并联连接,滤波电容 27 与端口 29 并联连接。其中,可控功率开关管 23 和 25 包括但不限于 MOSFET、IGBT、IGCT 等,本实施例采用将 IGBT 功率开关器件及其驱动电路集成在一起的 IPM 模块,该模块内部带有过流、过热保护功能。当端口 100 作为输入端,端口 29 作为输出端时,电路为升压型 DC/DC,功率二极管 24 和可控功率开关管 25 不工作,可控功率开关管 23,与功率二极管 26 一起控制电路的工作。当端口 29 作为输入端,端口 100 作为输出端时,电路为降压型 DC/DC,可控功率开关管 23 和功率二极管 26 不工作,可控功率开关管 25 与功率二极管 24 一起控制电路的工作。

[0052] 图 3 为本发明充放电电路 20 的另一种双向 DC/DC 变换器。它是由单向的 BUCK 电路和单向 BOOST 电路反向并联而成的。由可控功率开关管 203 和 207,功率二极管 204 和 206,电感 202 和 205,滤波电容 201 和 208,输入输出端 100 和 29 组成;电感 202 的 202a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 202 的 202b 端与功率开关管 203 的 203a 端及功率二极管 204 的阳极 204a 端连接;功率二极管 204 的阴极 204b 端与端口 100 的正端 100a 连接;功率开关管 203 的 203b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 29 的负端 29b 连接;电感 205 的 205a 端与端口 100 的正端 100a 连接;电感 205 的 205b 端与功率开关管 207 的 207a 端及功率二极管 206 的阴极 204a 端连接;功率开关管 207 的 207b 端与端口 29 的正端 29a 连接;功率二极管 206 的阳极 206b 端与端口 100 的负端 100b 及端口 29 的负端 29b 连接;滤波电容 201 与端口 100 并联连接,滤波电容 208 与端口 29 并联连接。其中,可控功率开关管 23 和 25 包括但不限于 MOSFET、IGBT、IGCT 等,具体实施时可将 MOSFET 功率器件用于 BUCK 电路,IGBT 功率器件用于 BOOST 电路。由于将 BUCK 电路和 BOOST 电路分开,而且 BUCK 电路的电流较小,MOSFET 及其驱动电路可以采用功率等级小的器件,节约了成本。Boost 电路的驱动及保护电路采用 EXB841 驱动电路芯片,该芯片自带有过流保护功能。当端口 100 作为输入端,端口 29 作为输出端时,电路为升压型 DC/DC,电感 205、功率二极管 206 和可控功率开关管 207 不工作,电感 202,可控功率开关管 203,与功率二极管 204 一起控制电路的工作。当端口 29 作为输入端,端口 100 作为输出端时,电路为降压型 DC/DC,电感 202、可控功率开关管 203 和功率二极管 204 不工作,电感 205,功率二极管 206,与可控功率开关管 207 一起控制电路的工作。

[0053] 如图 4 所示,本发明控制电路 30 包括信号采样单元 31, A/D 转换单元 32,用户指令单元 33,计算控制单元 34,以及隔离驱动单元 35。其中,计算控制单元 34 包括但不限于数字信号处理器 DSP,单片机,嵌入式系统等。信号采样单元 31 分别采用电压传感器、电流

传感器、温度传感器对系统的状态参数进行采样,包括直流母线 40 电压,超级电容器组 10 的电压、充放电电流及温度。输出电压信号送给 A/D 转换单元 32,并将转化的数字信号送给计算控制单元 34。用户指令单元 33 将用户指令送给计算控制单元 34,包括整个装置的停止和运行。计算控制单元 34 按照设定的控制过程输出控制信号,经过隔离驱动单元 35,驱动充放电电路 20 中的可控功率开关管,实现控制过程。设定的控制过程包括:在装置启动后,先检测直流母线 40 和超级电容器组 10 的电压,判断系统是否接入;当电网电压出现异常时,判断直流母线的电压,如果跌落到了一定设定值,则启动放电程序由超级电容器组 10 给直流母线 40 供电;当电网电压正常时,根据超级电容器组 10 的电压情况,决定是否对超级电容器组 10 充电,以及采用大电流充电或是小电流充电。

[0054] 图 5 所示为控制软件的流程图。在装置启动后,首先检测直流母线 40 和超级电容器组 10 的电压,如果直流母线 40 的电压低于超级电容器组 10 的电压,为了保护超级电容器和整个风电变桨 UPS 系统,系统不接入。直到直流母线 40 电压高于超级电容器组 10 电压,闭合接触器 50,将风电变桨 UPS 系统接入;判断直流母线的电压,如果跌落到了一定设定值,则启动放电程序,控制可控功率开关管 25 不工作,驱动可控功率开关管 23,或者控制可控功率开关管 207 不工作,驱动可控功率开关管 203,由超级电容器组 10 给直流母线 40 供电;如果直流母线 40 电压正常,则对超级电容器组 10 充电,控制可控功率开关管 23 不工作,驱动可控功率开关管 25,或者控制可控功率开关管 203 不工作,驱动可控功率开关管 207,并根据超级电容器组 10 的电压情况,决定采用大电流充电或是小电流充电。对充电电流的转换采用滞环控制。

[0055] 当电网的波动引起直流母线 40 的电压波动甚至跌落时,控制超级电容器组为直流母线供电。为了保证直流母线 40 的电压稳定,升压后的直流母线电压要尽可能等于电网正常时的直流母线 40 电压。但同时为了能够检测电网恢复正常时的状况,控制直流母线 40 的电压不同于电网正常时的直流母线电压。在超级电容器组 10 给直流母线 40 供电时,要对超级电容器采取低电压保护,当超级电容器组 10 的电压低于一定值时,停止超级电容器组的放电,以避免超级电容器组 10 的深度放电。

[0056] 本发明未涉及部分均与现有技术相同或可采用现有技术加以实现。

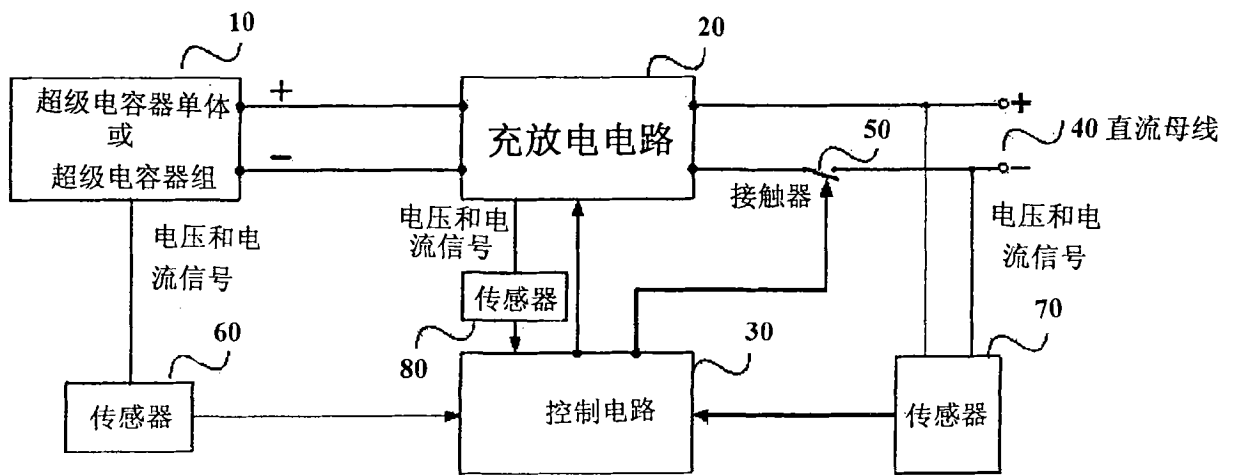


图 1

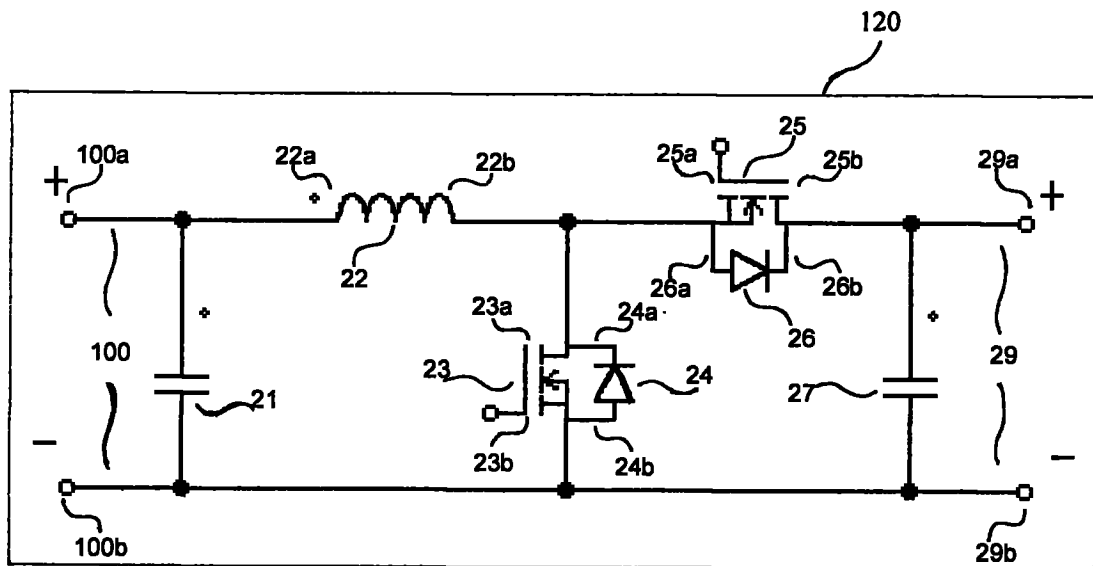


图 2

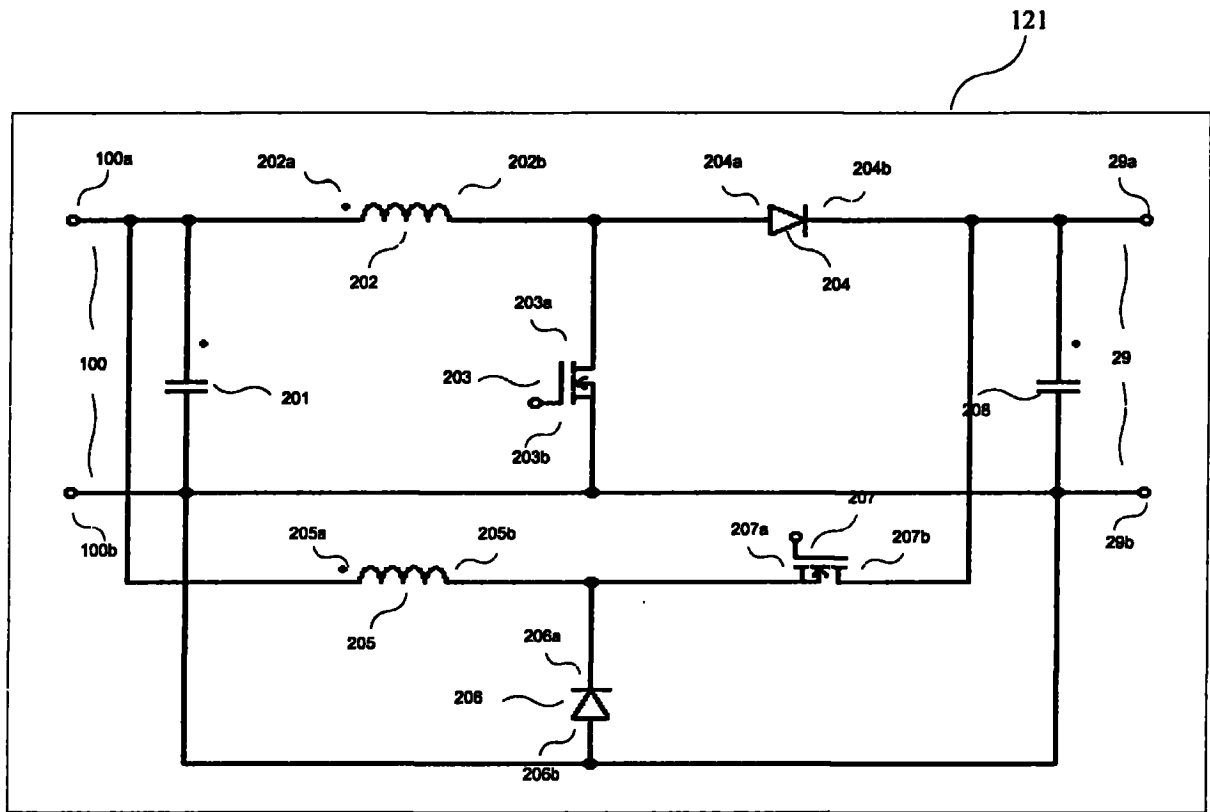


图 3

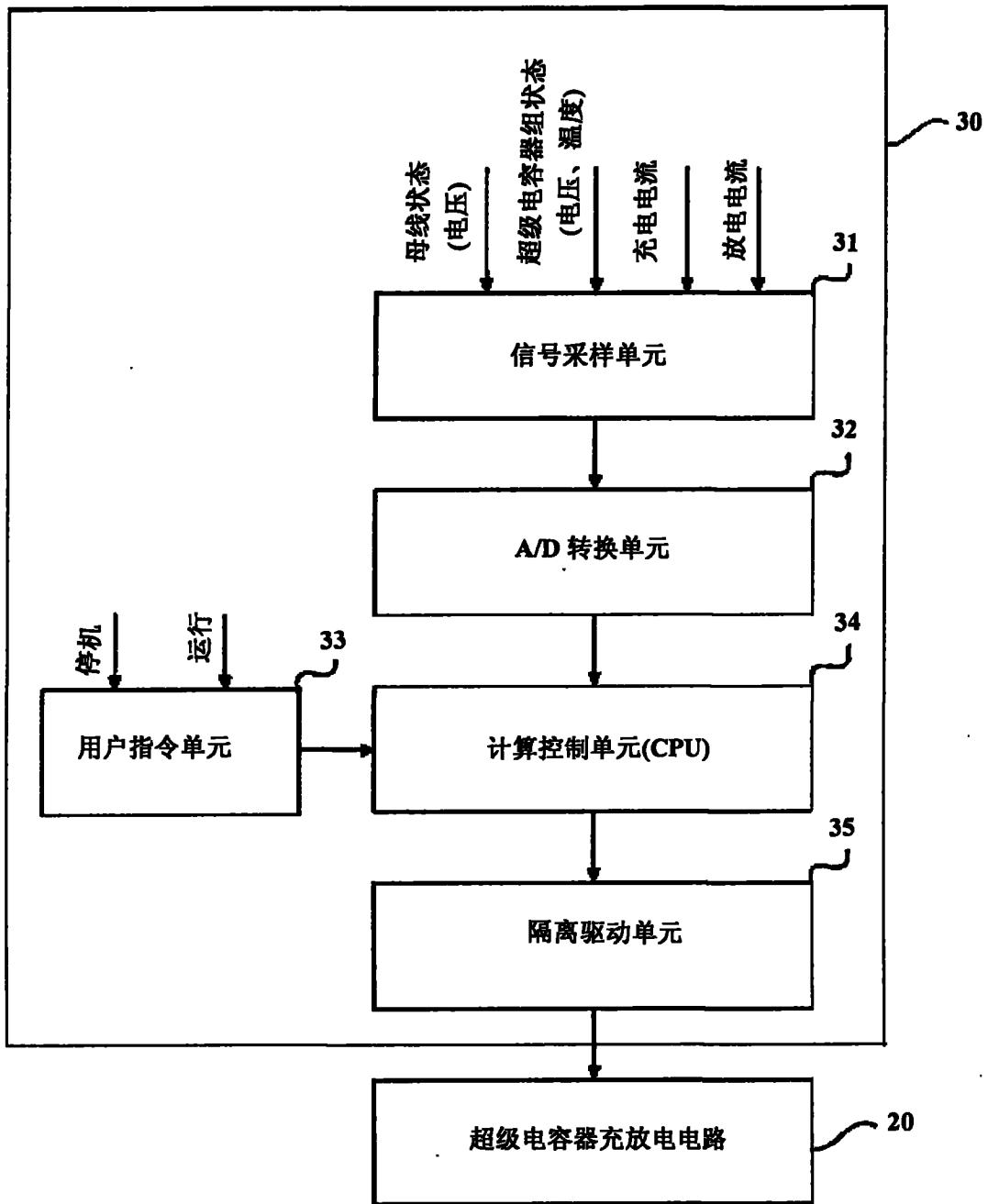


图 4

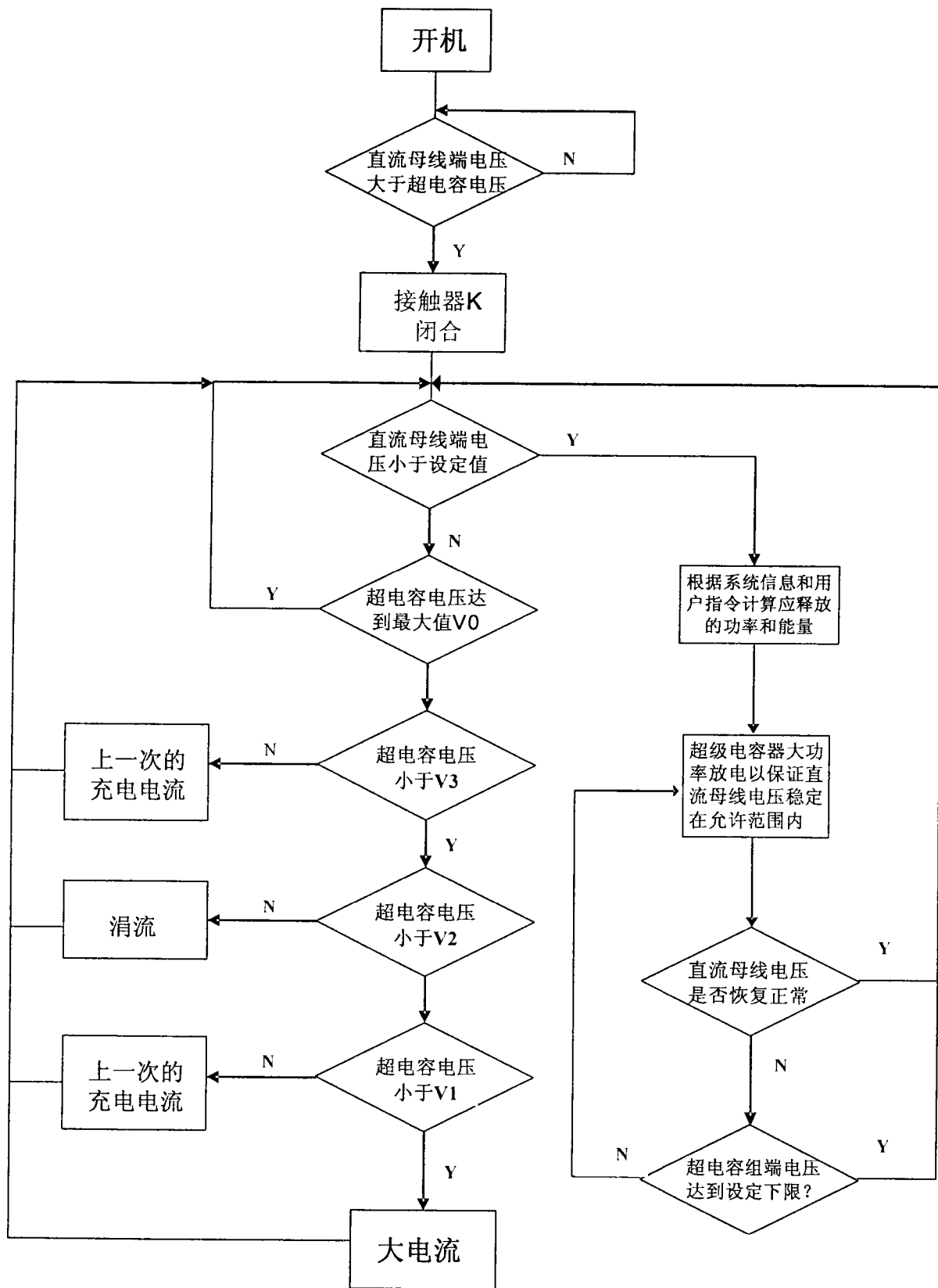


图 5

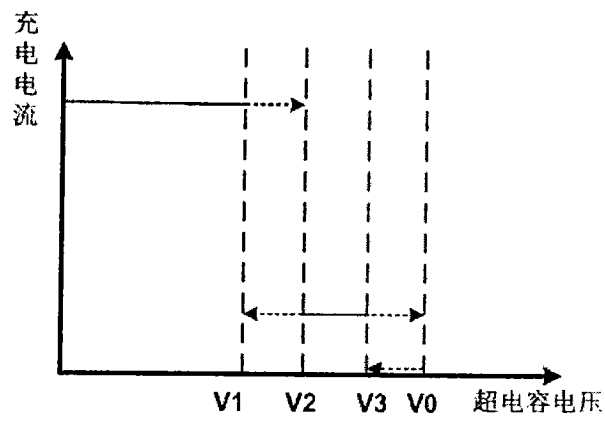


图 6