



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112165130 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(21) 申请号 202010880789.X

(22) 申请日 2020.08.27

(71) 申请人 北京精密机电控制设备研究所
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

(72) 发明人 王开春 郑再平 杨斌 李旭阳
徐秀华

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心
11009

代理人 张辉

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/44 (2006.01)

H01M 10/615 (2014.01)

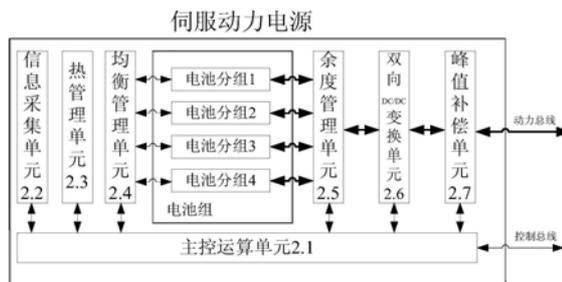
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种充放自主可控的伺服动力电源及其实现方法

(57) 摘要

本发明涉及一种充放自主可控的伺服动力电源,包括锂离子电池组和管理模块,锂离子电池组包括n个并联的电池分组,每个电池分组由m个锂离子电池单体串联组成;管理模块包括主控运算单元、信息采集单元、热管理单元、均衡管理单元、双向DC/DC变换单元及峰值补偿单元。本发明同时涉及充放自主可控的伺服动力电源实现方法。当某一电池分组故障时,通过余度管理单元切断故障分组,其它正常电池分组仍能保证伺服动力电源正常工作,极大地提高了伺服动力电源的可靠性。本发明通过设计双向DC/DC变换单元实现了工作过程中母线电压的稳定,充电输入时保护电池单体的安全,保证伺服控制系统的快速动态调整特性满足要求。



1. 一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:包括锂离子电池组和管理模块,所述管理模块包括主控运算单元(2.1)、信息采集单元(2.2)、热管理单元(2.3)、均衡管理单元(2.4)、双向DC/DC变换单元(2.6)及峰值补偿单元(2.7);

锂离子电池组包括n个并联的电池分组,每个电池分组由m个锂离子电池单体串联组成;

信息采集单元(2.2):实时采集母线电压、母线电流、锂离子电池组工作温度以及各个锂离子电池单体的电压,并进行信号调理,将调理后的信号发送至主控运算单元(2.1);

主控运算单元(2.1):根据信息采集单元(2.2)传输来的电压、电流及温度信号,计算锂离子电池组电量;当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时,向双向DC/DC变换单元(2.6)发送充电指令;当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时,向双向DC/DC变换单元(2.6)发送放电指令;在锂离子电池组充电过程中,如果某个锂离子电池单体的电压<均衡开启阈值时,向均衡管理单元(2.4)发送启动指令;当均衡中的锂离子电池单体的电压>均衡关闭阈值时,向均衡管理单元(2.4)发送关闭指令;当锂离子电池组温度低于 -10° 时,向热管理单元(2.3)发送加热指令;当锂离子电池组温度高于 0° 时,向热管理单元(2.3)发送关闭指令;通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态;

双向DC/DC变换单元(2.6):接收到充电指令后,开启充电电路,控制母线上的能量流向锂离子电池组,实现对锂离子电池组的充电;接收到放电指令后,开启放电电路,控制锂离子电池组的能量流向母线,实现锂离子电池组的放电;

均衡管理单元(2.4):接收到启动指令时,将锂离子电池组母线电压进行降压变换,并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体;接收到关闭指令时,停止工作;

热管理单元(2.3):接收到加热指令时,通过加热回路为锂离子电池组加热,使锂离子电池组在合适的温度区间工作;接收到关闭指令时,切断加热回路;

峰值补偿单元(2.7):当锂离子电池组放电时,吸收并储存伺服动力电源外部负载反馈的电,当外部负载需要峰值脉冲电流时,峰值补偿单元(2.7)将储存的电释放给外部负载,用于峰值补偿。

2. 根据权利要求1所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:还包括余度管理单元(2.5);

主控运算单元(2.1)根据信息采集单元(2.2)传输来的电压、电流及温度信号,判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态;根据各个电池分组的健康状态,确定能够参与工作的电池分组,并向余度管理单元(2.5)发送接入或切除指令;

余度管理单元(2.5)根据接入指令,将对应的电池分组接入伺服动力电源中;根据切除指令,切断对应的电池分组连接。

3. 根据权利要求2所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:主控运算单元(2.1)利用如下方法判断锂离子电池组第i个电池分组的健康状态, $i \in [1, n]$:

如果第i个电池分组与其它任意一个电池分组的压差大于5V,则认为该电池分组电压故障,不能参与工作;

第i个电池分组被余度管理单元切断后,在伺服动力电源工作过程中,如果第i个电

分组与其它任意一个电池分组的压差均不大于1V,则认为该电池分组能够参与工作;

如果第i个电池分组的电流过大或电流方向与其它各电池分组的电流方向不一致,则认为电池分组故障,不能参与工作;

如果第i个电池分组的温度高于其它每个电池分组温度 10° 以上,则认为电池分组故障,不能参与工作。

4. 根据权利要求1所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:锂离子电池单体采用磷酸铁锂体系或三元锂体系锂离子电池,每个电池分组的锂离子电池单体个数m与伺服系统电压需求相匹配,所有电池分组并联后容量与伺服系统放电电流及时长相匹配,锂离子电池组的电压与电流参数设计裕度不低于10%。

5. 根据权利要求1所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:所述均衡开启阈值=所有锂离子电池单体电压的平均值-0.2V;均衡关闭阈值=所有锂离子电池单体电压的平均值+0.1V。

6. 根据权利要求1所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:双向DC/DC变换单元(2.6)包括开关管Q1、开关管Q2、开关管Q3、熔断器F1、电感L1和驱动控制电路;

开关管Q1漏极与峰值补偿单元(2.7)的正输出端连接,开关管Q1源极同时与开关管Q3的漏极以及开关管Q2的源极连接,开关管Q2的漏极与电感L1的一端连接,电感L1的另一端与余度管理单元的正输出端连接,开关管Q3的源极与熔断器F1的一端连接,熔断器F1的另一端同时与余度管理单元的负输出端以及峰值补偿单元(2.7)的负输出端连接;

开关管Q1栅极、开关管Q2栅极、开关管Q3栅极均与驱动控制电路连接。

7. 根据权利要求6所述的一种充放自主可控的伺服动力电源,其特征在于:主控运算单元(2.1)向双向DC/DC变换单元(2.6)发送充电指令时,驱动控制电路接收该充电指令,并向开关管Q2栅极发送打开信号,向开关管Q1栅极发送PWM驱动脉冲,向开关管Q3栅极发送关闭信号;

主控运算单元(2.1)向双向DC/DC变换单元(2.6)发送放电指令时,驱动控制电路接收该放电指令,并向开关管Q2栅极和开关管Q1栅极发送打开信号,向开关管Q3栅极发送PWM驱动脉冲。

8. 一种充放自主可控的伺服动力电源的实现方法,其特征在于包括如下步骤:

(1) 信息采集单元(2.2)实时采集母线电压、母线电流、锂离子电池组温度以及各个锂离子电池单体的电压,并进行信号调理,将调理后的信号发送至主控运算单元(2.1);当锂离子电池组温度低于 -10° 时,主控运算单元(2.1)向热管理单元(2.3)发送加热指令,进入步骤(2),当锂离子电池组温度不低于 -10° 时,进入步骤(3);

(2) 热管理单元(2.3)接收到加热指令时,通过加热回路为锂离子电池组加热;当锂离子电池组温度高于 0° 时,主控运算单元(2.1)向热管理单元(2.3)发送关闭指令,热管理单元(2.3)切断加热回路,进入步骤(3);

(3) 主控运算单元(2.1)根据信息采集单元(2.2)传输来的电压、电流及温度信号,实时判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态;根据各个电池分组的健康状态,确定能够参与工作的电池分组以及出现故障需要切除的电池分组,据此实时向余度管理单元(2.5)发送接入或切除指令;

(4) 余度管理单元(2.5)根据接入指令,将对应的电池分组接入伺服动力电源中;根据

切除指令,切断对应的电池分组连接;

(5) 主控运算单元(2.1)根据信息采集单元(2.2)传输来的电压、电流及温度信号,实时计算锂离子电池组电量;当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时,向双向DC/DC变换单元(2.6)发送充电指令;

(6) 双向DC/DC变换单元(2.6)接收到充电指令后,开启充电电路,控制母线上的能量流向锂离子电池组,实现对锂离子电池组的充电;

(7) 在锂离子电池组充电过程中,如果某个锂离子电池单体的电压<均衡开启阈值时,主控运算单元(2.1)向均衡管理单元(2.4)发送启动指令;

(8) 均衡管理单元(2.4)接收到启动指令后,对锂离子电池组母线电压进行降压变换,并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体;

(9) 当均衡中的锂离子电池单体的电压>均衡关闭阈值时,向均衡管理单元(2.4)发送关闭指令,均衡管理单元(2.4)停止工作;

(10) 当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时,主控运算单元(2.1)向双向DC/DC变换单元(2.6)发送放电指令;

(11) 双向DC/DC变换单元(2.6)接收到放电指令后,开启放电电路,控制锂离子电池组的能量流向母线,实现锂离子电池组的放电;

(12) 主控运算单元(2.1)通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态,伺服控制系统据此对负载进行动态调节。

一种充放自主可控的伺服动力电源及其实现方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种充放自主可控的伺服动力电源及其实现方法,属于箭载能源领域。

背景技术

[0002] 目前,在航天领域常采用热电池、锌/氧化银等贮备式电池作为伺服动力初级能源,具有使用简单,便于长期存储等优点,但均为一次电池,不可再充电,无法满足长航时、在轨充电、可重复使用等需求。

[0003] 随着运载器的低成本、可重复使用概念的提出和电池技术的发展,动力型锂离子电池在航天伺服能源的应用日趋成熟。锂离子电池具有高比能量、无记忆效应、寿命长、循环次数高、体积小、重量轻等优点,是目前综合性能最好的电池体系,并广泛应用于许多便携式电子设备,成为现代和未来军事装备不可或缺的重要能源。但锂电池单体电压低,一般由多个单体串并联使用,需设计相应的安全管理系统,对电池充放过程、健康状态进行监控。

[0004] 当前采用锂离子电池的伺服动力电源还处于探索阶段,设计和研制过程中存在以下难点:

[0005] 1、多个单体串并联使用,一个单体故障会导致整个锂离子电池组无法工作,可靠性低。

[0006] 2、伺服电源作为机电伺服系统的重要组成部分,为了满足日益提高的功率密度和低成本要求,伺服电源需满足高电压、高比功率、轻小型化、可重复使用等要求;因锂离子电池高倍率放电能力弱,为满足短时大功率需求,通常需要增大设计容量,导致比功率下降。

[0007] 3、工作过程中,母线电压波动范围大,严重影响伺服控制系统的动态调整特性。

发明内容

[0008] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供一种充放自主可控的伺服动力电源及其实现方法,满足弹箭领域高可靠要求,同时满足伺服系统长时小功率、短时功率大、在轨充电、可重复使用的需求。

[0009] 本发明的技术解决方案是:

[0010] 一种充放自主可控的伺服动力电源,包括锂离子电池组和管理模块,所述管理模块包括主控运算单元、信息采集单元、热管理单元、均衡管理单元、双向DC/DC变换单元及峰值补偿单元;

[0011] 锂离子电池组包括n个并联的电池分组,每个电池分组由m个锂离子电池单体串联组成;

[0012] 信息采集单元:实时采集母线电压、母线电流、锂离子电池组工作温度以及各个锂离子电池单体的电压,并进行信号调理,将调理后的信号发送至主控运算单元;

[0013] 主控运算单元:根据信息采集单元传输来的电压、电流及温度信号,计算锂离子电

池组电量；当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时，向双向DC/DC变换单元发送充电指令；当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时，向双向DC/DC变换单元发送放电指令；在锂离子电池组充电过程中，如果某个锂离子电池单体的电压<均衡开启阈值时，向均衡管理单元发送启动指令；当均衡中的锂离子电池单体的电压>均衡关闭阈值时，向均衡管理单元发送关闭指令；当锂离子电池组温度低于-10°时，向热管理单元发送加热指令；当锂离子电池组温度高于0°时，向热管理单元发送关闭指令；通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态；

[0014] 双向DC/DC变换单元：接收到充电指令后，开启充电电路，控制母线上的能量流向锂离子电池组，实现对锂离子电池组的充电；接收到放电指令后，开启放电电路，控制锂离子电池组的能量流向母线，实现锂离子电池组的放电；

[0015] 均衡管理单元：接收到启动指令时，将锂离子电池组母线电压进行降压变换，并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体；接收到关闭指令时，停止工作；

[0016] 热管理单元：接收到加热指令时，通过加热回路为锂离子电池组加热，使锂离子电池组在合适的温度区间工作；接收到关闭指令时，切断加热回路；

[0017] 峰值补偿单元：当锂离子电池组放电时，吸收并储存伺服动力电源外部负载反馈的电能，当外部负载需要峰值脉冲电流时，峰值补偿单元将储存的电能释放给外部负载，用于峰值补偿。

[0018] 还包括余度管理单元；

[0019] 主控运算单元根据信息采集单元传输来的电压、电流及温度信号，判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态；根据各个电池分组的健康状态，确定能够参与工作的电池分组，并向余度管理单元发送接入或切除指令；

[0020] 余度管理单元根据接入指令，将对应的电池分组接入伺服动力电源中；根据切除指令，切断对应的电池分组连接。

[0021] 主控运算单元利用如下方法判断锂离子电池组第*i*个电池分组的健康状态， $i \in [1, n]$ ：

[0022] 如果第*i*个电池分组与其它任意一个电池分组的压差大于5V，则认为该电池分组电压故障，不能参与工作；

[0023] 第*i*个电池分组被余度管理单元切断后，在伺服动力电源工作过程中，如果第*i*个电池分组与其它任意一个电池分组的压差均不大于1V，则认为该电池分组能够参与工作；

[0024] 如果第*i*个电池分组的电流过大或电流方向与其它各电池分组的电流方向不一致，则认为电池分组故障，不能参与工作；

[0025] 如果第*i*个电池分组的温度高于其它每个电池分组温度10°以上，则认为电池分组故障，不能参与工作。

[0026] 锂离子电池单体采用磷酸铁锂体系或三元锂体系锂离子电池，每个电池分组的锂离子电池单体个数*m*与伺服系统电压需求相匹配，所有电池分组并联后容量与伺服系统放电电流及时长相匹配，锂离子电池组的电压与电流参数设计裕度不低于10%。

[0027] 所述均衡开启阈值=所有锂离子电池单体电压的平均值-0.2V；均衡关闭阈值=所有锂离子电池单体电压的平均值+0.1V。

[0028] 双向DC/DC变换单元包括开关管Q1、开关管Q2、开关管Q3、熔断器F1、电感L1和驱动控制电路；

[0029] 开关管Q1漏极与峰值补偿单元的正输出端连接，开关管Q1源极同时与开关管Q3的漏极以及开关管Q2的源极连接，开关管Q2的漏极与电感L1的一端连接，电感L1的另一端与余度管理单元的正输出端连接，开关管Q3的源极与熔断器F1的一端连接，熔断器F1的另一端同时与余度管理单元的负输出端以及峰值补偿单元的负输出端连接；

[0030] 开关管Q1栅极、开关管Q2栅极、开关管Q3栅极均与驱动控制电路连接。

[0031] 主控运算单元向双向DC/DC变换单元发送充电指令时，驱动控制电路接收该充电指令，并向开关管Q2栅极发送打开信号，向开关管Q1栅极发送PWM驱动脉冲，向开关管Q3栅极发送关闭信号；

[0032] 主控运算单元向双向DC/DC变换单元发送放电指令时，驱动控制电路接收该放电指令，并向开关管Q2栅极和开关管Q1栅极发送打开信号，向开关管Q3栅极发送PWM驱动脉冲。

[0033] 一种充放自主可控的伺服动力电源的实现方法，包括如下步骤：

[0034] (1) 信息采集单元实时采集母线电压、母线电流、锂离子电池组温度以及各个锂离子电池单体的电压，并进行信号调理，将调理后的信号发送至主控运算单元；当锂离子电池组温度低于 -10° 时，主控运算单元向热管理单元发送加热指令，进入步骤(2)，当锂离子电池组温度不低于 -10° 时，进入步骤(3)；

[0035] (2) 热管理单元接收到加热指令时，通过加热回路为锂离子电池组加热；当锂离子电池组温度高于 0° 时，主控运算单元向热管理单元发送关闭指令，热管理单元切断加热回路，进入步骤(3)；

[0036] (3) 主控运算单元根据信息采集单元传输来的电压、电流及温度信号，实时判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态；根据各个电池分组的健康状态，确定能够参与工作的电池分组以及出现故障需要切除的电池分组，据此实时向余度管理单元发送接入或切除指令；

[0037] (4) 余度管理单元根据接入指令，将对应的电池分组接入伺服动力电源中；根据切除指令，切断对应的电池分组连接；

[0038] (5) 主控运算单元根据信息采集单元传输来的电压、电流及温度信号，实时计算锂离子电池组电量；当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时，向双向DC/DC变换单元发送充电指令；

[0039] (6) 双向DC/DC变换单元接收到充电指令后，开启充电电路，控制母线上的能量流向锂离子电池组，实现对锂离子电池组的充电；

[0040] (7) 在锂离子电池组充电过程中，如果某个锂离子电池单体的电压 $<$ 均衡开启阈值时，主控运算单元向均衡管理单元发送启动指令；

[0041] (8) 均衡管理单元接收到启动指令后，对锂离子电池组母线电压进行降压变换，并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体；

[0042] (9) 当均衡中的锂离子电池单体的电压 $>$ 均衡关闭阈值时，向均衡管理单元发送关闭指令，均衡管理单元停止工作；

[0043] (10) 当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时，主控运算单元向

双向DC/DC变换单元发送放电指令；

[0044] (11) 双向DC/DC变换单元接收到放电指令后,开启放电电路,控制锂离子电池组的能量流向母线,实现锂离子电池组的放电；

[0045] (12) 主控运算单元通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态,伺服控制系统据此对负载进行动态调节。

[0046] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0047] (1) 本发明摒弃了传统的多个单体串并联使用的方式,将锂离子电池组分成 n 个并联的电池分组,每个电池分组由 m 个锂离子电池单体串联组成,从而实现了电池组的冗余设计,通过对每个电池分组健康状态的实时监测,实现当某一电池分组故障时,通过余度管理单元切断故障分组,其它正常电池分组仍能保证伺服动力电源正常工作,极大地提高了伺服动力电源的可靠性。

[0048] (2) 本发明为伺服动力电源设计了双向DC/DC变换单元,当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时,通过双向DC/DC变换单元实现对锂离子电池组的充电;当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时,通过双向DC/DC变换单元实现对锂离子电池组的放电。上述过程以电荷状态为约束条件,避免电池组出现过充或过放,同时实现了工作过程中母线电压的稳定,充电输入时保护电池单体的安全,保证伺服控制系统的动态调整特性满足要求。同时双向DC/DC变换单元基于母线电平信号控制,响应快,高于设定电压进入充电状态,低于设定电压进入放电状态,压差越大,功率越大。同时,可根据总线指令改变设定电压,实现输出可调。

[0049] (3) 本发明峰值补偿单元采用电容串并联实现,用于补偿负载峰值电流。同时,可快速吸收反馈能量,减小脉冲能量对电池的冲击。满足短时大功率需求,不需要增大电池组的设计容量,不影响电池组的比功率。

附图说明

[0050] 图1为充放自主可控的伺服动力电源示意图；

[0051] 图2为均衡管理单元组成框图；

[0052] 图3为双向DC/DC变换单元示意图。

具体实施方式

[0053] 如图1所示,本发明提出了一种充放自主可控的伺服动力电源,包括锂离子电池组和管理模块,管理模块包括主控运算单元2.1、信息采集单元2.2、热管理单元2.3、均衡管理单元2.4、余度管理单元2.5、双向DC/DC变换单元2.6及峰值补偿单元2.7。

[0054] 为满足设计容量,动力电源电池组在设计时,通常由多个单体并联以满足容量需求,再进行多级串联满足电压需求。为了提高系统可靠性和容错能力,本发明电池组设计为采用分组串联后再并联,通过余度管理单元实现电源冗余。锂离子电池组包括 n 个并联的电池分组,每个电池分组由 m 个锂离子电池单体串联组成,各个电池分组串联的电池单体个数相同。为简化冗余控制复杂度, n 的值为4~6。所有电池分组输出连接到管理模块进行余度控制。 M 为大于1的自然数。

[0055] 信息采集单元2.2:由传感器(温度、电压、电流等)和信号处理电路构成,实时采集

母线电压、母线电流、锂离子电池组工作温度以及各个锂离子电池单体的电压,并进行信号调理,将调理后的信号发送至主控运算单元2.1。

[0056] 主控运算单元2.1:根据信息采集单元2.2传输来的电压、电流及温度信号,计算锂离子电池组电量,并判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态;以发电机和锂离子电池组共同为伺服系统供电为例,当发电机的输出功率小于伺服系统的用电功率(当母线电压低于设定电压)且锂离子电池组电量大于10%时,向双向DC/DC变换单元2.6发送放电指令;当发电机的输出功率大于伺服系统的用电功率(当母线电压高于设定电压)且锂离子电池组电量小于100%时,向双向DC/DC变换单元2.6发送充电指令;在锂离子电池组充电过程中,如果某个锂离子电池单体的电压<均衡开启阈值(所有锂离子电池单体电压的平均值-0.2V)时,向均衡管理单元2.4发送启动指令;当均衡中的锂离子电池单体的电压>均衡关闭阈值(所有锂离子电池单体电压的平均值+0.1V)时,向均衡管理单元2.4发送关闭指令;根据各个电池分组的健康状态,确定参与工作的电池分组,并向余度管理单元2.5发送接入或切除指令;当锂离子电池组温度低于 -10° 时,向热管理单元2.3发送加热指令;当锂离子电池组温度高于 0° 时,向热管理单元2.3发送关闭指令;并通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态。

[0057] 双向DC/DC变换单元2.6:接收到充电指令后,开启充电电路,控制母线上的能量流向锂离子电池组,实现对锂离子电池组的充电;接收到放电指令后,开启放电电路,控制锂离子电池组的能量流向母线,实现锂离子电池组的放电。

[0058] 如图3所示,双向DC/DC变换单元2.6包括开关管Q1、开关管Q2、开关管Q3、熔断器F1、电感L1和驱动控制电路。

[0059] 开关管Q1漏极与峰值补偿单元2.7的正输出端连接,开关管Q1源极同时与开关管Q3的漏极以及开关管Q2的源极连接,开关管Q2的漏极与电感L1的一端连接,电感L1的另一端与余度管理单元的正输出端连接,开关管Q3的源极与熔断器F1的一端连接,熔断器F1的另一端同时与余度管理单元的负输出端以及峰值补偿单元2.7的负输出端连接。

[0060] 开关管Q1栅极、开关管Q2栅极、开关管Q3栅极均与驱动控制电路连接。

[0061] 主控运算单元2.1向双向DC/DC变换单元2.6发送充电指令时,驱动控制电路接收该充电指令,并向开关管Q2栅极发送打开信号,向开关管Q1栅极发送PWM驱动脉冲,向开关管Q3栅极发送关闭信号。主控运算单元2.1向双向DC/DC变换单元2.6发送放电指令时,驱动控制电路接收该放电指令,并向开关管Q2栅极和开关管Q1栅极发送打开信号,向开关管Q3栅极发送PWM驱动脉冲。

[0062] 当Q3发生短路故障时,F1熔断,防止锂离子电池组发生内部短路。上电时,通过控制Q2的打开时间,使输出电压缓慢上升,抑制浪涌电流,当锂离子电池组发生外部短路时,关闭Q2,可以保护锂离子电池组。因此,双向DC/DC变换单元可实现上电浪涌抑制、短路保护、过流保护等功能,保证伺服动力电源安全,提高供电可靠性。

[0063] 均衡管理单元2.4:接收到启动指令时,将锂离子电池组母线电压进行降压变换,并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体;接收到关闭指令时,停止工作。均衡管理单元2.4的具体组成如图2所示。

[0064] 热管理单元2.3:由加热丝和控制电路构成加热回路,接收到加热指令时,通过加热回路为锂离子电池组加热,使锂离子电池组在合适的温度区间工作;接收到关闭指令时,

切断加热回路。确保锂离子电池组在合适的温度区间工作,减少低温对电池放电能力的影响。

[0065] 伺服系统用电具有大脉冲短时放电、制动再生电能等特点。伺服系统工作过程中,伺服电机存在电动机、发电机两种工作状态交互进行。当伺服系统处于制动状态时,电机处于发电状态,负载(喷管/空气舵)动能转换为电能,使得母线电压急剧升高,形成再生电能反灌冲击现象。峰值补偿单元2.7由电容构成,通过电容储能来吸收再生能量,当需要给外部负载(喷管/空气舵)提供峰值脉冲电流时,再将储存的电能释放,减少脉冲大电流输出对电池的影响,弥补锂离子电池高倍率输出能力的不足。具体地,当伺服电机处于发电状态时,吸收并储存伺服动力电源外部负载反馈的电能,当外部负载需要峰值脉冲电流时,峰值补偿单元2.7将储存的电能释放给外部负载,用于峰值补偿。

[0066] 主控运算单元2.1利用如下方法判断锂离子电池组第*i*个电池分组的健康状态, $i \in [1, n]$:

[0067] 如果第*i*个电池分组与其它任意一个电池分组的压差大于5V,则认为该电池分组电压故障,不能参与工作。

[0068] 第*i*个电池分组被余度管理单元切断后,在伺服动力电源工作过程中,如果第*i*个电池分组与其它任意一个电池分组的压差均不大于1V,则认为该电池分组能够参与工作。

[0069] 如果第*i*个电池分组的电流过大或电流方向与其它各电池分组的电流方向不一致,则认为电池分组故障,不能参与工作。

[0070] 如果第*i*个电池分组的温度高于其它每个电池分组温度 10° 以上,则认为电池分组故障,不能参与工作。

[0071] 余度管理单元2.5:根据接入指令,将对应的电池分组接入伺服动力电源中,根据切除指令,切断对应的电池分组连接。余度管理单元2.5由功率输出电路及其驱动电路组成,管理各个电池分组的输出控制,如电池分组发生异常,则根据切除指令切断该分组输出,对各个电池分组的控制独立,以实现电池组的冗余管理,提高系统可靠性。

[0072] 锂离子电池单体采用磷酸铁锂体系或三元锂体系锂离子电池,每个电池分组的锂离子电池单体个数*m*与伺服系统电压需求相匹配,所有电池分组并联后容量与伺服系统放电电流及时长相匹配,锂离子电池组的电压与电流参数设计裕度不低于10%,保证后期伺服用电需求,电池组安装在金属箱体内,以提高力学环境适应性。

[0073] 本发明提出了一种充放自主可控的伺服动力电源的实现方法,包括如下步骤:

[0074] (1) 信息采集单元2.2实时采集母线电压、母线电流、锂离子电池组温度以及各个锂离子电池单体的电压,并进行信号调理,将调理后的信号发送至主控运算单元2.1;当锂离子电池组温度低于 -10° 时,主控运算单元2.1向热管理单元2.3发送加热指令,进入步骤(2),当锂离子电池组温度不低于 -10° 时,进入步骤(3);

[0075] (2) 热管理单元2.3接收到加热指令时,通过加热回路为锂离子电池组加热;当锂离子电池组温度高于 0° 时,主控运算单元2.1向热管理单元2.3发送关闭指令,热管理单元2.3切断加热回路,进入步骤(3);

[0076] (3) 主控运算单元2.1根据信息采集单元2.2传输来的电压、电流及温度信号,实时判断锂离子电池组各个电池分组的健康状态;根据各个电池分组的健康状态,确定能够参与工作的电池分组以及出现故障需要切除的电池分组,据此实时向余度管理单元2.5发送

接入或切除指令；

[0077] (4) 余度管理单元2.5根据接入指令,将对应的电池分组接入伺服动力电源中;根据切除指令,切断对应的电池分组连接;

[0078] (5) 主控运算单元2.1根据信息采集单元2.2传输来的电压、电流及温度信号,实时计算锂离子电池组电量;当母线电压高于设定电压且锂离子电池组电量小于100%时,向双向DC/DC变换单元2.6发送充电指令;

[0079] (6) 双向DC/DC变换单元2.6接收到充电指令后,开启充电电路,控制母线上的能量流向锂离子电池组,实现对锂离子电池组的充电;

[0080] (7) 在锂离子电池组充电过程中,如果某个锂离子电池单体的电压<均衡开启阈值时,主控运算单元2.1向均衡管理单元2.4发送启动指令;

[0081] (8) 均衡管理单元2.4接收到启动指令后,对锂离子电池组母线电压进行降压变换,并经隔离、稳压后输出给电压小于均衡开启阈值的锂离子电池单体;

[0082] (9) 当均衡中的锂离子电池单体的电压>均衡关闭阈值时,向均衡管理单元2.4发送关闭指令,均衡管理单元2.4停止工作;

[0083] (10) 当母线电压低于设定电压且锂离子电池组电量大于10%时,主控运算单元2.1向双向DC/DC变换单元2.6发送放电指令;

[0084] (11) 双向DC/DC变换单元2.6接收到放电指令后,开启放电电路,控制锂离子电池组的能量流向母线,实现锂离子电池组的放电;

[0085] (12) 主控运算单元2.1通过控制总线向伺服控制系统实时传送锂离子电池组电量和各个电池分组的健康状态,伺服控制系统据此对负载进行动态调节。

[0086] 本发明提出了一种“电池+电源管理”的伺服动力电源组合方案,具有高安全性、高可靠性和高适应性的特点。本发明能够给提高伺服电源功率密度,稳定输出电压,实现峰值电流补偿,并针对机电伺服特有的再生能量进行吸收和管理;同时管理模块还可以对锂离子电池单体的一致性问题进行判别,实现主动均衡,减少锂电池单体不一致性所带来的影响;通过电池组工作温度采集及加热电阻丝的铺设,提高锂离子电池的低温性能。同时电池组采用分组串联后再并联的方式,通过余度管理单元实现电源冗余。

[0087] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

伺服动力电源

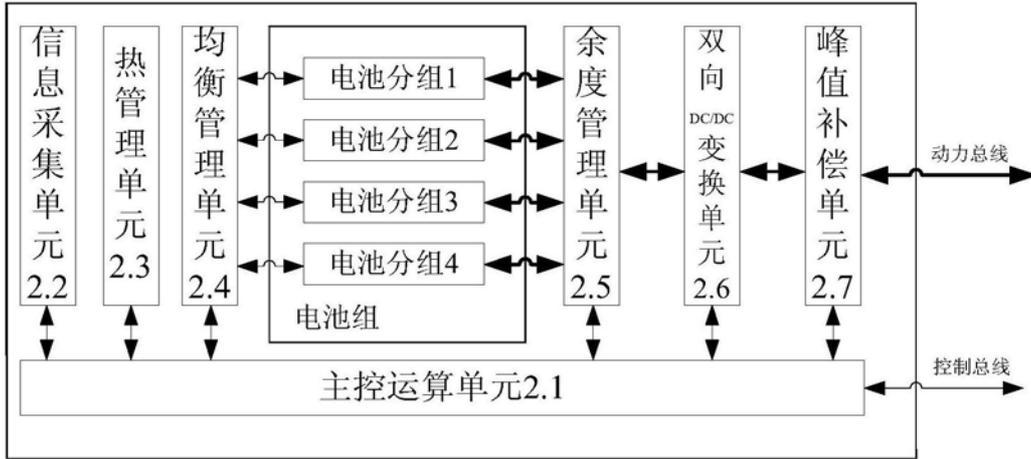


图1

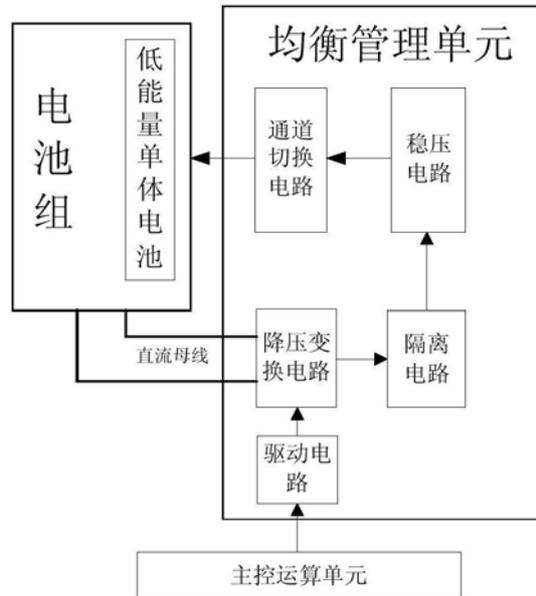


图2

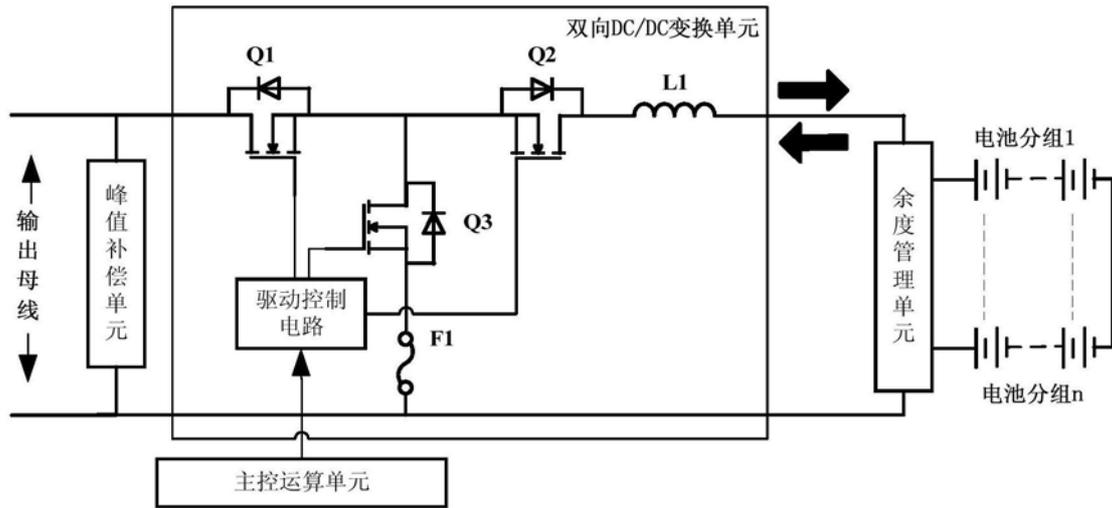


图3