(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104747544 A
(43)申请公布日 2015.07.01

(21)申请号 201510055900.0

(22)申请日 2015.02.04

(71)申请人 同济大学
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 卞永明 易万力 刘广军 李安虎

(74)专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司 31200
代理人 张磊

(51)Int.Cl.
F15B 21/14(2006.01)
E02F 9/22(2006.01)

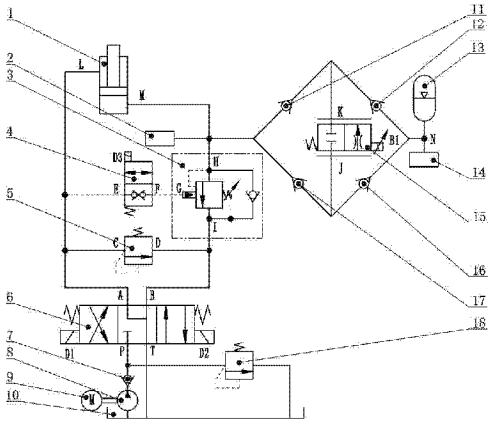
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

工程机械动臂势能变幅能量回收装置

(57)摘要

本发明涉及一种工程机械动臂势能变幅能量回收装置，包括动臂油缸、压力传感器、平衡阀、两位两通电磁阀、溢流阀、三位四通电磁换向阀、单向阀、液压泵、电动机、油箱、蓄能器、比例流量阀和控制器，电动机与液压泵机械传动连接；液压泵分别与油箱、单向阀相连；三位四通电磁换向阀分别与单向阀、油箱、动臂油缸、平衡阀相连；平衡阀分别与动臂油缸的大腔油口、两位两通电磁阀相连；两位两通电磁阀与三位四通电磁换向阀相连；第一溢流阀与三位四通电磁换向阀相连；比例流量阀与单向阀相连，比例流量阀油口与单向阀相连；第三单向阀分别与第四单向阀与蓄能器连接；压力传感器分别与动臂油缸的大腔油口和蓄能器相连；第二溢流阀分别与单向阀、油箱相连；本发明具有节能，实现变幅能量回收，动态响应快的特点。



CN 104747544 A

1. 一种工程机械动臂势能变幅能量回收装置，包括动臂油缸 (1)、第一压力传感器 (2)、第二压力传感器 (14)、平衡阀 (3)、两位两通电磁阀 (4)、第一溢流阀 (5)、第二溢流阀 (18)、三位四通电磁换向阀 (6)、单向阀、液压泵 (8)、电动机 (9)、油箱 (10)、蓄能器 (13)、比例流量阀 (15) 和控制器，其特征在于 ：

所述电动机 (9) 与液压泵 (8) 机械传动连接 ；所述液压泵 (8) 进油口与油箱 (10) 连接，液压泵 (8) 出油口与第一单向阀 (7) 进油口相连 ；所述三位四通电磁换向阀 (6) 的 P 口与第一单向阀 (7) 出油口相连，三位四通电磁换向阀 (6) 的 T 口与油箱 (10) 相连，三位四通电磁换向阀 (6) 的 A 口与动臂油缸 (1) 的小腔油口 L 相连，三位四通电磁换向阀 (6) 的 B 口与平衡阀 (3) 的 I 口相连 ；所述平衡阀 (3) 的 H 口与动臂油缸 (1) 的大腔油口 M 相连，平衡阀 (3) 的 G 口与两位两通电磁阀 (4) 的 F 口相连 ；所述两位两通电磁阀 (4) 的 E 口与三位四通电磁换向阀 (6) 的 A 口相连 ；所述第一溢流阀 (5) 的进油口 C 与三位四通电磁换向阀 (6) 的 A 口相连，第一溢流阀 (5) 的出油口 D 与三位四通电磁换向阀 (6) 的 B 口相连 ；所述比例流量阀 (15) 的 K 油口分别与第二单向阀 (11) 和第三单向阀 (12) 的进油口相连，所述比例流量阀 (15) 的 J 油口分别与第四单向阀 (16) 和第五单向阀 (17) 的出油口相连 ；所述第二单向阀 (11) 的出油口分别和第五单向阀 (17) 的进油口与动臂油缸 (1) 的大腔油口 M 相连 ；所述第三单向阀 (12) 的出油口分别与第四单向阀 (1(6)) 的进油口与蓄能器 (1(3)) 油口 N 连接 ；所述第一压力传感器 (2) 与动臂油缸 (1) 的大腔油口 M 相连 ；所述第二压力传感器 (14) 与蓄能器 (13) 的油口 N 相连 ；所述第二溢流阀 (18) 的进油口与第一单向阀 (7) 的出油口相连，第二溢流阀 (18) 的出油口与油箱 (10) 相连 ；

所述三位四通电磁换向阀 (6) 具有第一开关式电磁铁 (D1) 和第二开关式电磁铁 (D2)，所述两位两通电磁阀 (4) 具有第三开关式电磁铁 (D3)，所述比例流量阀 (15) 具有比例电磁铁 (B1)，所述第一开关式电磁铁 (D1)、第二开关式电磁铁 (D2)、第三开关式电磁铁 (D3) 和比例电磁铁 (B1) 分别连接控制器。

工程机械动臂势能变幅能量回收装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种工程机械动臂势能回收再生装置，特别是一种使用蓄能器的工程机械动臂势能变幅能量回收装置，属于工程机械技术领域。

背景技术

[0002] 工程机械是使用广泛的一类工程建设用机械产品。随着工程机械保有量的不断增加，大量工程机械所消耗的能源、排放的污染物对环境产生了严重的影响。节能、高效的工程机械新产品已经成为国内外工程机械的研发目标。

[0003] 工程机械在作业过程中，带载工作装置的质量和惯性大，下放过程中的重力势能绝大部分转化为热能，不仅浪费能量，而且还使液压油温度上升，需要专门的液压油冷却器冷却液压油。同时，为了防止动臂下降速度过快，通常设置节流调速回路，使用节流阀调节动臂油缸的下降速度。在这个过程中，较多的能量消耗在节流阀口上，不仅造成能量浪费，大量的势能转化成热能，增加了燃料的消耗，而且容易引起液压系统发热，降低元件的寿命。

[0004] 为了提高系统的节能性和减少排放，应考虑对液压系统采用能量回收与再生利用技术。这不仅可以节约能源、减轻排放，还能有效保护机件，延长整机维修和使用寿命。目前，工程机械能量回收方法主要有电气式、液压式以及两者相结合的电气液压式。

[0005] 电气式能量回收借鉴了混合动力汽车的能量回收系统的概念：将工程机械每个动作循环中的剩余势能和回转平台的剩余动能等，通过液压马达和发电机，转化为电能存储起来进行二次应用，使得能量的利用率进一步提高，达到节能的目的。例如专利CN1830750A利用马达回收重力势能和动能，并通过与马达相连电机的再生制动功能将能量回收到电池。又例如专利CN102182730A通过液压马达将压力能转化为机械能，并通过与液压马达相连的发电机将机械能转化为电能，存储到超级电容中，实现势能回收。

[0006] 但电气式能量回收系统存在很多问题。第一是高性能蓄电池和超级电容等电气式能量存储单元成本较高，限制了该方案在实际中的应用。第二是动臂的下降过程时间很短，而在转速大幅度变化的过程中，发电机的发电及电池或电容的充电效率较低。第三是机械能、压力能、电能的反复转化大大降低了能量回收的利用率。

[0007] 液压式能量回收采用蓄能器作为储能元件，蓄能器能够储存并释放压力，其性能稳定，能够满足工程机械快速节能的要求。例如专利CN1958972A利用蓄能器直接吸收并直接释放重力势能；专利CN2076972U利用蓄能器通过双向泵/马达间接吸收间接释放重力势能。但先前的液压式能量回收系统都存在各种缺点，例如，专利CN1958972A所述系统，在蓄能器的释放能量的过程中，压力下降，当其压力不足以推动工作机具运动时，存储在蓄能器里的能量得不到释放，造成能量回收效率低。又如，专利CN2076972U所述系统，虽然能完全释放蓄能器内的压力油，但是能量回收与释放时泵的转动方向不一致，这样的装置应用于举升与下降频繁的工程机械动臂是不合适的。

[0008] 电气液压式能量回收利用电机再生制动与蓄能器的混合节能方法，例如专利

CN101408213A 利用蓄能器进行直接吸收并直接释放能量，同时利用电机对双向泵 / 马达进行再生制动。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种工程机械动臂势能变幅能量回收装置，通过液压比例控制实现变幅回收利用工程机械动臂势能，提高能量回收效率，并对工程机械动臂液压回路进行保护，以解决上述背景技术中的不足之处。

[0010] 本发明所采用的技术方案是：一种工程机械动臂势能变幅能量回收装置，包括动臂油缸 1、第一压力传感器 2、第二压力传感器 14、平衡阀 3、两位两通电磁阀 4、第一溢流阀 5、第二溢流阀 18、三位四通电磁换向阀 6、单向阀、液压泵 8、电动机 9、油箱 10、蓄能器 13、比例流量阀 15 和控制器，其中：

所述电动机 9 与液压泵 8 机械传动连接；所述液压泵 8 进油口与油箱 10 连接，液压泵 8 出油口与第一单向阀 7 进油口相连；所述三位四通电磁换向阀 6 的 P 口与第一单向阀 7 出油口相连，三位四通电磁换向阀 6 的 T 口与油箱 10 相连，三位四通电磁换向阀 6 的 A 口与动臂油缸 1 的小腔油口 L 相连，三位四通电磁换向阀 6 的 B 口与平衡阀 3 的 I 口相连；所述平衡阀 3 的 H 口与动臂油缸 1 的大腔油口 M 相连，平衡阀 3 的 G 口与两位两通电磁阀 4 的 F 口相连；所述两位两通电磁阀 4 的 E 口与三位四通电磁换向阀 6 的 A 口相连；所述第一溢流阀 5 的进油口 C 与三位四通电磁换向阀 6 的 A 口相连，第一溢流阀 5 的出油口 D 与三位四通电磁换向阀 6 的 B 口相连；所述比例流量阀 15 的 K 油口分别与第二单向阀 11 和第三单向阀 12 的进油口相连，所述比例流量阀 15 的 J 油口分别与第四单向阀 16 和第五单向阀 17 的出油口相连；所述第二单向阀 11 的出油口分别和第五单向阀 17 的进油口与动臂油缸 1 的大腔油口 M 相连；所述第三单向阀 12 的出油口分别与第四单向阀 16 的进油口与蓄能器 13 油口 N 连接；所述第一压力传感器 2 与动臂油缸 1 的大腔油口 M 相连；所述第二压力传感器 14 与蓄能器 13 的油口 N 相连；所述第二溢流阀 18 的进油口与第一单向阀 7 的出油口相连，第二溢流阀 18 的出油口与油箱 10 相连；

所述三位四通电磁换向阀 6 具有第一开关式电磁铁 D1 和第二开关式电磁铁 D2，所述两位两通电磁阀 4 具有第三开关式电磁铁 D3，所述比例流量阀 15 具有比例电磁铁 B1，所述第一开关式电磁铁 D1、第二开关式电磁铁 D2、第三开关式电磁铁 D3 和比例电磁铁 B1 分别连接控制器。

[0011] 本发明动臂势能变幅能量回收的基本原理是：

1. 动臂下降的初始阶段，动臂油缸 1 靠自重缩缸；控制器控制第二开关式电磁铁 D2 得电、第一开关式电磁铁 D1 失电，三位四通电磁换向阀 6 工作在右位，主回路油液进入动臂油缸 1 的小腔；控制器控制第三开关式电磁铁 D3 失电，两位两通电磁阀 4 关闭，从而使平衡阀 3 关闭，同时控制器控制比例电磁铁 B1 按照一定开度打开比例流量阀 15，使动臂油缸 1 大腔的油液通过比例流量阀 15 进入蓄能器 13，此为蓄能过程。

[0012] 2. 动臂下降到一定程度时，重力逐渐受阻被平衡，动臂油缸的下降也受阻，此时控制器控制第三开关式电磁铁 D3 得电，两位两通电磁阀 4 打开，从而使平衡阀 3 打开，蓄能器 13 的蓄能过程结束，动臂油缸 1 按照正常的液压回路下降到底。

[0013] 3. 动臂上升的初始阶段，控制器控制第三开关式电磁铁 D3 失电，两位两通电磁阀

4 关闭，从而使平衡阀 3 关闭，控制器根据第一压力传感器 2 和第二压力传感器 14 的压力值控制比例电磁铁 B1 的打开时间及开度，油液从蓄能器 13 释放，经过比例流量阀 15 后进入动臂油缸 1 的大腔，使动臂上升，此为放能过程；控制器控制电磁铁 D1 得电、D2 失电，三位四通电磁换向阀 6 工作在左位，液压泵 10 也可同时为动臂油缸 1 的大腔供油。

[0014] 4. 动臂上升到一定程度后，随着放能时间的增加，蓄能器的释放能力会有所减弱，当第二压力传感器 14 的压力值略大于第一压力传感器 2 的值时，控制器控制比例电磁铁 B1 失电，关闭比例流量阀 15，蓄能器 13 的放能过程结束，动臂油缸按正常的液压回路继续上升到所需位置。

[0015] 本发明的有益效果是：

1. 节能效果。本发明通过液压蓄能器有效地回收工程机械动臂的势能，在动臂上升开始阶段释放所回收的能量，因此动臂上升所需的能量不再是完全依靠液压泵，节省了主液压系统的能量供给，达到了节能的目的。

[0016] 2. 实现了变幅能量回收。本发明主要是在原回路中增加了比例流量阀和两个压力传感器，通过比较两个压力传感器的压力值，控制比例流量阀的开度大小，以实现比例控制的变幅能量回收。变幅能量回收可以减小动臂速度变化幅度较大带来的系统冲击。

[0017] 3. 实现系统保护。首先，控制器通过控制比例流量阀中比例电磁铁的开度控制系统中的流量，在缩缸时可以限制动臂的下降速度，避免动臂下降速度过快；在伸缸时，也可以限制动臂的上升速度，避免由于蓄能器刚开始放能时放能能力强而造成动臂上升速度过快。其次，动臂油缸小腔压力由第一溢流阀 5 限定，液压泵出口压力由第二溢流阀 18 限定。最后，平衡阀具有溢流功能，大腔及蓄能器的保护由平衡阀 3 的溢流功能调定决定。

[0018] 4. 能量回收效率高。在能量回收利用方式上，采用蓄能器直接回收和释放能量。与背景技术中所述的电气式能量回收方式相比，动臂势能转化为压力能存储在蓄能器中，能被直接利用，不需要转化为液压马达的动能和蓄电池的电能，能量转化次数少，最大程度地回收了工程机械动臂的可再利用势能。

[0019] 5. 动态响应快。一方面，与电气式能量回收方式相比，本发明没有发电机发电以及电池或电容的充放电过程，因此能量的回收和释放不受发电机的发电及电池或电容的充电效率的制约，即使动臂频繁举升和下降，也能有效地实现快速能量回收利用；另一方面，本发明中所有的油路通断均通过控制器对开关式电磁阀和比例电磁阀的控制实现，开关式电磁阀的响应速度很快，比例电磁阀也具有非常灵敏的打开和关闭特性。这些都能有效保证动臂的动作响应速度以及蓄能器充放能的响应速度。

[0020] 6. 可控性好，自动化程度高。控制器根据动臂的动作和压力传感器的压力值判断蓄能器何时充能、何时放能；液压回路既可以选择使用蓄能器，也可以不使用蓄能器，按照普通液压回路工作。系统功能完全由控制器内的程序控制电磁阀实现，控制技术简单成熟，易于实现。因此，系统可控性好，自动化程度高。

[0021] 7. 系统成本低。本发明所用的主要元件包括压力传感器、平衡阀、两位两通电磁阀、溢流阀、三位四通电磁换向阀、单向阀、蓄能器、比例流量阀等，都是常见的成熟液压元件，不仅可靠性高，还降低了整个系统的成本。同时由于所用的元件数量较少，集成度较高，减少了由系统复杂程度带来的能量损失。

附图说明

[0022] 图 1 是工程机械动臂势能变幅能量回收装置系统原理图。

[0023] 图 2 是某双动臂油缸挖掘机动臂势能变幅能量回收装置系统原理图，是本发明在挖掘机上的一个应用实例。图 2 以挖掘机为例对本发明进行说明，但本发明不仅限于使用在挖掘机上，同样适用于其他工程机械，例如装载机等。本发明中动臂油缸数量通常为 1 到 2 个，对于装载机，动臂油缸通常为 2 个；对于挖掘机，型号不同则动臂油缸数量可能为 1 个或 2 个，此处以某双动臂油缸挖掘机为例进行说明，故图 2 中包括两个相同的动臂油缸。

[0024] 图中标号：1—动臂油缸；2、14—分别为第一、第二压力传感器；3—平衡阀；4—两位两通电磁阀；5、18—分别为第一、第二溢流阀；6—三位四通电磁换向阀；7、11、12、16、17— 分别为第一、第二、第三、第四和第五单向阀；8—液压泵；9—电动机；10—油箱；13—蓄能器；15—比例流量阀，D1—第一开关式电磁铁，D2—第二开关式电磁铁，D3—第三开关式电磁铁，B1—比例电磁铁。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图通过对实施例的描述给出本发明的细节。

[0026] 实施例 1：

工程机械的一种典型机型是挖掘机，根据本发明提供的技术方案设计了图 2 所示的挖掘机动臂势能变幅能量回收系统，该系统是本发明的一个实例，但实施本发明技术方案的实例不仅仅这一个。

[0027] 图 2 所示挖掘机动臂势能变幅能量回收系统包括两个动臂油缸、两个压力传感器、平衡阀、两位两通电磁阀、两个溢流阀、三位四通电磁换向阀、五个单向阀、液压泵、电动机、油箱、蓄能器、比例流量阀和控制器。

[0028] 如图 2 所示，两个动臂油缸 1，第一压力传感器 2 和第二压力传感器 14，平衡阀 3，两位两通电磁阀 4，第一溢流阀 5 和第二溢流阀 18，三位四通电磁换向阀 6，第一至第五单向阀，液压泵 8，电动机 9，油箱 10，蓄能器 13，比例流量阀 15 和控制器（未在图中画出）。

[0029] 电动机 9 与液压泵 8 机械传动连接；液压泵 8 进油口与油箱 10 连接，液压泵 8 出油口与第一单向阀 7 进油口相连；三位四通电磁换向阀 6 的 P 口与第一单向阀 7 出油口相连，三位四通电磁换向阀 6 的 T 口与油箱 10 相连，三位四通电磁换向阀 6 的 A 口与动臂油缸 1 的小腔油口 L 相连，三位四通电磁换向阀 6 的 B 口与平衡阀 I 口相连；平衡阀 3 的 H 口与动臂油缸 1 的大腔油口 M 相连，平衡阀 3 的 G 口与两位两通电磁阀 4 的 F 口相连；两位两通电磁阀 4 的 E 口连接到三位四通电磁换向阀 6 的 A 口；第一溢流阀 5 的进油口 C 连接到三位四通电磁换向阀 6 的 A 口，第一溢流阀 5 的出油口 D 连接到三位四通电磁换向阀 6 的 B 口；比例流量阀 15 的 K 油口与第二单向阀 11 和第三单向阀 12 的进油口相连，比例流量阀 15 的 J 油口与第四单向阀 16 和第五单向阀 17 的出油口相连；第二单向阀 11 的出油口和第五单向阀 17 的进油口与动臂油缸 1 的大腔油口 M 相连；第三单向阀 12 的出油口与第四单向阀 16 的进油口与蓄能器 13 的油口 N 连接；第一压力传感器 2 连接到动臂油缸 1 的大腔油口 M；第二压力传感器 14 连接到蓄能器 13 的油口 N；第二溢流阀 18 的进油口连接到第一单向阀 7 的出油口，第二溢流阀 18 的出油口连接到油箱 10。

[0030] 三位四通电磁换向阀 6 有两个开关式电磁铁，分别为第一开关式电磁铁 D1 和第二

开关式电磁铁D2，由控制器控制；两位两通电磁阀4有一个第三开关式电磁铁D3，由控制器控制；比例流量阀15有一个比例电磁铁B1，由控制器控制。

[0031] 挖掘机动臂势能变幅能量回收的工作原理如下：

控制器采集第一压力传感器2和第二压力传感器14的压力值数据，并根据动臂的工作状态(上升、下降或静止不动)，发出控制信号，控制第一开关式电磁铁D1、第二开关式电磁铁D2、第三开关式电磁铁D3的通断和比例电磁铁B1的开度，实现动臂的预定动作，同时实现蓄能器的充能和放能，进而达到挖掘机动臂势能变幅能量回收的目的。

[0032] 具体工作过程如下：

1. 挖掘机动臂下降的初始阶段，动臂油缸1靠自重缩缸；控制器控制第二开关式电磁铁D2得电、第一开关式电磁铁D1失电，三位四通电磁换向阀6工作在右位，主回路油液进入动臂油缸1的小腔；控制器控制第三开关式电磁铁D3失电，两位两通电磁阀4关闭，从而使平衡阀3关闭，同时控制器控制比例电磁铁B1按照一定开度打开比例流量阀15，使动臂油缸1大腔的油液通过比例流量阀15进入蓄能器13，此为蓄能过程。此过程中，流入动臂油缸小腔油液的流经路径是：油箱10→液压泵8→第一单向阀7→三位四通电磁换向阀6右位→两动臂油缸1小腔；流入蓄能器油液的流经路线是：两动臂油缸1大腔→第五单向阀17→比例流量阀15→第三单向阀12→蓄能器13；涉及到的能量转化主要是动臂油缸1的重力势能转化为蓄能器13内油液的压力能。此过程中，比例流量阀可以起限速作用，防止动臂下降速度过快。

[0033] 2. 挖掘机动臂下降到一定程度时，重力逐渐受阻被平衡，动臂油缸的下降也受阻；此时控制器控制第三开关式电磁铁D3得电，两位两通电磁阀4打开，从而使平衡阀3打开；控制器控制比例电磁铁B1失电，比例流量阀关闭，蓄能器13的蓄能过程结束；动臂油缸按照正常的液压回路下降到底。此过程中，流入动臂油缸小腔油液的流经路径是：油箱10→液压泵8→第一单向阀7→三位四通电磁换向阀6右位→两动臂油缸1小腔；流回油箱油液的流经路径是：两动臂油缸1大腔→平衡阀3→三位四通电磁换向阀6右位→油箱10；此过程中，涉及到的能量转化主要是电动机9的电能转化为液压泵8的动能，再转化为油液的压力能，最后变为动臂下降的动能。

[0034] 3. 挖掘机动臂上升的初始阶段，控制器控制第三开关式电磁铁D3失电，两位两通电磁阀4关闭，从而使平衡阀3关闭；这一阶段，使动臂油缸1上升的油液来自两个部分，一是控制器控制第二开关式电磁铁D2失电、第一开关式电磁铁D1得电，三位四通电磁换向阀6工作在左位，动臂油缸1小腔油液通过三位四通电磁换向阀6左位流回油箱10，液压泵8通过三位四通电磁换向阀6左位和平衡阀3为动臂油缸1的大腔供油；二是控制器根据第一压力传感器2和第二压力传感器14的压力值控制比例电磁铁B1的打开时间及开度，油液从蓄能器13释放，经过比例流量阀15后进入动臂油缸大腔，使动臂上升，此为放能过程。此过程中，流入动臂油缸1大腔油液的流经路径有两条，一是：蓄能器13→第四单向阀16→比例流量阀15→第二单向阀11→动臂油缸1大腔；二是：油箱10→液压泵8→第一单向阀7→三位四通电磁换向阀6左位→平衡阀3→动臂油缸1大腔；流回油箱10油液的流经路径是：动臂油缸1小腔→三位四通电磁换向阀6左位→油箱10；此过程中，涉及到的能量转化主要是蓄能器13内油液的压力能转化为动臂油缸1上升的动能，还有电动机9的电能转化为液压泵8的动能，再转化为油液的压力能，最后变为动臂上升的动能；此过程

中，蓄能器的放能能力很强，控制器可通过控制比例流量阀 15 的开度来限制油液流速，从而防止动臂上升过快。

[0035] 4. 挖掘机动臂上升到一定程度后，随着放能时间的增加，蓄能器的释放能力会有所减弱，当第二压力传感器 14 的压力值略大于第一压力传感器 2 的值时，控制器控制比例电磁铁 B1 失电，关闭比例流量阀 15，蓄能器 13 的放能过程结束，动臂油缸按正常的液压回路继续上升到所需位置。此过程中，流入动臂油缸 1 大腔油液的流经路径是：油箱 10 →液压泵 8 →第一单向阀 7 →三位四通电磁换向阀 6 左位→平衡阀 3 →动臂油缸 1 大腔；流回油箱 10 油液的流经路径是：动臂油缸 1 小腔→三位四通电磁换向阀 6 左位→油箱 10；此过程中，涉及到的能量转化主要是电动机 9 的电能转化为液压泵 8 的动能，再转化为油液的压力能，最后变为动臂上升的动能。

[0036] 5. 挖掘机动臂静止不动时，控制器控制第一开关式电磁铁 D1 失电、第二开关式电磁铁 D2 失电，三位四通电磁换向阀 6 工作在中位；控制器控制第三开关式电磁铁 D3 失电，两位两通电磁阀 4 关闭，从而使平衡阀 3 关闭；控制器控制比例电磁铁 B1 失电，比例流量阀关闭；从而保持动臂油缸 1 不因自重而下降，挖掘机动臂静止不动。

[0037] 上述各个工作过程中，第一溢流阀 5 起限定动臂油缸 1 小腔油压的作用；第二溢流阀 18 连接在第一单向阀 7 之后，起到限定系统动力源压力的作用，保护整个供油系统；平衡阀 3 具有溢流功能，起到保护动臂油缸 1 大腔和蓄能器 13 的作用。

[0038] 以上所述仅为本发明在挖掘机中应用的一个实例，对于本技术领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

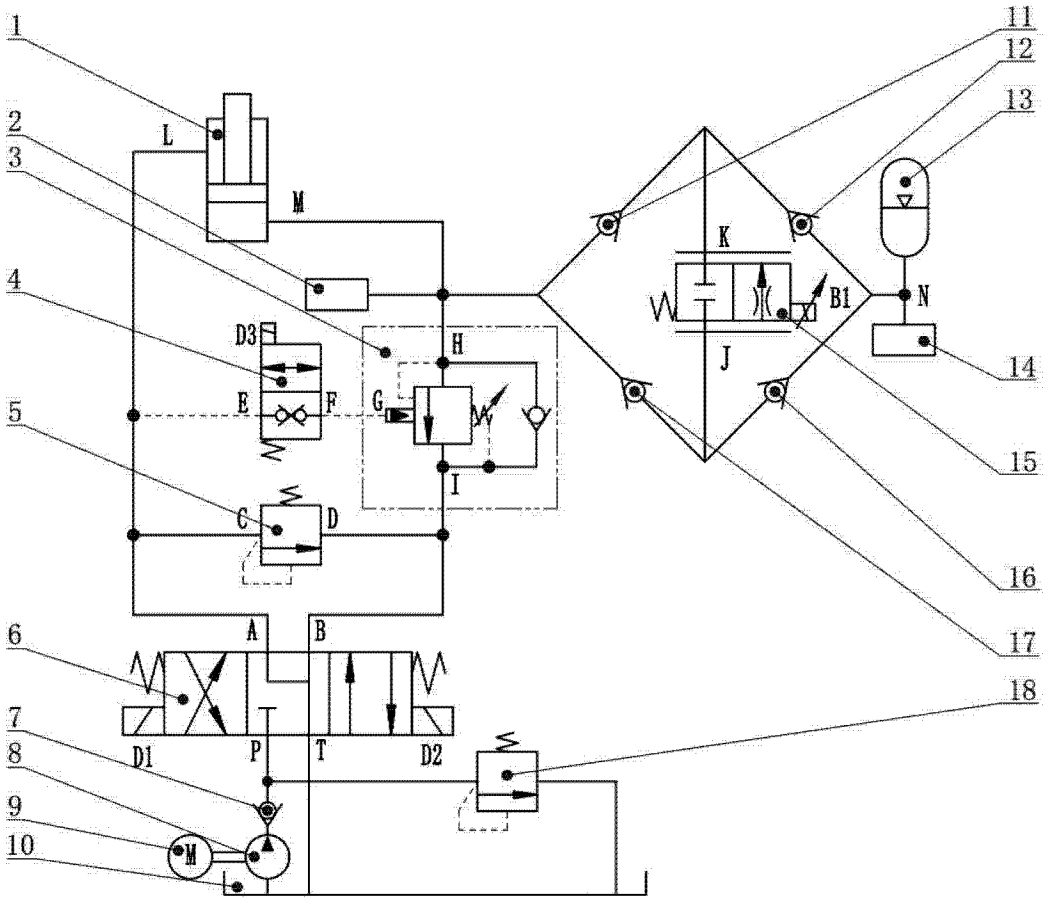

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
L
M
D3
E
F
G
H
I
C
D
A
B
D1
P
T
D2
K
J
B1
N

图 1

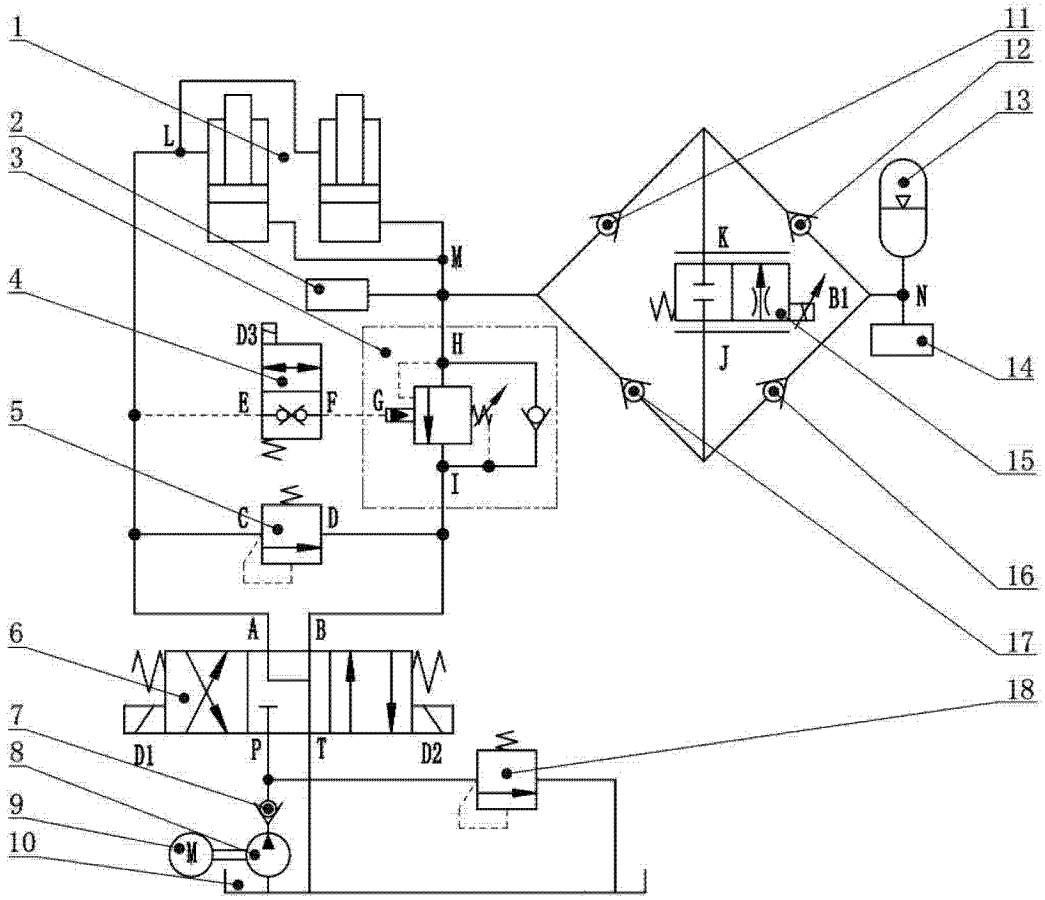

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
L
M
D3
E
F
G
H
I
C
D
A
B
D1
P
T
D2
K
J
B1
N

图 2