



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104176639 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201410398499.6

审查员 张芸芸

(22)申请日 2014.08.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104176639 A

(43)申请公布日 2014.12.03

(73)专利权人 徐州重型机械有限公司

地址 221004 江苏省徐州市铜山路165号

(72)发明人 单增海 王守伟 张晓磊 任印美
于敬利

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 颜楠

(51)Int.Cl.

F15B 11/17(2006.01)

B66C 13/20(2006.01)

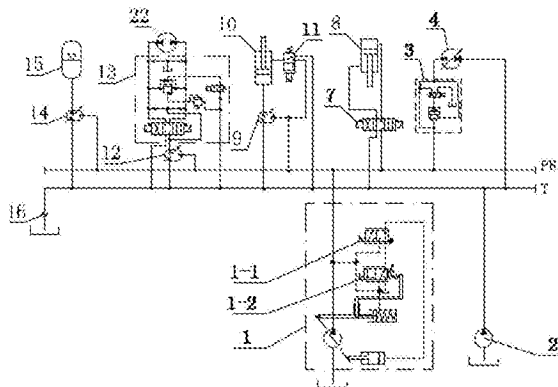
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

变恒压网络液压系统、液压控制方法及起重机

(57)摘要

本发明涉及一种变恒压网络液压系统、液压控制方法及起重机,变恒压网络液压系统包括两个压力等级的油路,分别为第一压力等级油路和第二压力等级油路,在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上连接有至少两个执行元件的液压子系统,其中还包括恒压变量泵和补油泵,所述恒压变量泵与所述第一压力等级油路相接,能够根据当前负载工况将所述第一压力等级油路的压力调节为与所述当前负载工况对应的恒定压力值,所述补油泵与所述第二压力等级油路相接,能够在液压子系统从所述第二压力等级油路吸油时为所述第二压力等级油路补油。本发明能够简化液压系统组成,并且降低能量回收和利用的难度,提高能量利用效率。



1. 一种起重机,包括两个压力等级的油路,分别为第一压力等级油路和第二压力等级油路,在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上连接有执行元件为卷扬马达的卷扬液压子系统、执行元件为伸缩油缸的伸缩液压子系统、执行元件为变幅油缸的变幅液压子系统和执行元件为回转马达的回转液压子系统,其特征在于,

还包括恒压变量泵和补油泵,所述恒压变量泵与所述第一压力等级油路相接,能够根据当前负载工况将所述第一压力等级油路的压力调节为与所述当前负载工况对应的恒定压力值,所述补油泵与所述第二压力等级油路相接,能够在液压子系统从所述第二压力等级油路吸油时为所述第二压力等级油路补油;

所述卷扬马达、变幅油缸和回转马达存在相互间的复合动作需求或能量回收需求,对应的所述卷扬液压子系统、变幅液压子系统和回转液压子系统均与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设有液压变压器,用以分别调节所述卷扬液压子系统、变幅液压子系统和回转马达子系统各自的工作压力;

所述伸缩油缸不具有复合动作需求和能量回收需求,对应的伸缩液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述恒压变量泵对所述第一压力等级油路的压力调节来直接调节所述伸缩液压子系统的工作压力。

2. 根据权利要求1所述的起重机,其特征在于,还包括蓄能器,且所述蓄能器通过液压变压器连接在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上。

3. 根据权利要求2所述的起重机,其特征在于,所述变幅液压子系统和回转液压子系统均与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设有液压变压器,用以分别调节所述变幅液压子系统和回转液压子系统的工作压力;所述卷扬马达为变量泵马达,对应的卷扬液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述变量泵马达调节所述卷扬液压子系统的工作压力。

变恒压网络液压系统、液压控制方法及起重机

技术领域

[0001] 本发明涉及液压领域,尤其涉及一种变恒压网络液压系统、液压控制方法及起重机。

背景技术

[0002] 对于起重机来说,目前较常用的两类液压系统包括负载敏感阀控系统(简称阀控系统)和开、闭式泵控系统(简称泵控系统)。其中,泵控系统需要通过调节油泵排量来实现系统的调速性,因此相比于阀控系统,泵控系统在损失、启动停止平稳性方面有很大的优越性。但泵控系统在实现复合动作方面局限性很大,对于开式泵控系统来说,采用双泵配合切换阀,通过控制油泵和切换阀实现各动作的复合,但在各动作复合时,由于不能实现油泵和切换阀精确配合,也会产生冲击;而对于闭式泵控系统来说,一个油泵对应一个马达,这会造成油泵数量过多,成本过高。另一方面,泵控系统在能量回收和利用方面比较困难。

[0003] 阀控系统的原理是根据负载反馈来使系统建立起稍微大于负载的压力,以获得更好的节能性,但阀控系统在启动、停止时冲击较大,运行不够平稳;而且为了保证操作的舒适性,负载敏感阀需要安装补偿阀芯,通过补偿阀芯端部弹簧保证负载敏感阀进出口两端压差一定,这造成了阀控系统相比于泵控系统损失更大,并且补偿阀芯容易振动而造成各种动作的抖动。阀控系统在实现各动作的复合时,均需采用补偿阀芯进行压力补偿,当两动作负载相差小时,复合动作效果较好,但相差大时,补偿阀芯无法进行有效补偿,造成复合动作效果很差,并且损失很大。另一方面,阀控系统多为开式系统,在能量回收和利用方面同样比较困难。

[0004] 目前已有一些新的液压系统理论出现来试图解决上述这些问题,例如恒压网络二次调节技术的提出。这种液压传动技术的系统组成类似于电力传输系统,又称定压网络液压马达控制系统,有能量源、蓄能器、负载和液压管路组成,能够同时驱动多个负载正常工作,而这种系统可以利用液压变压器来根据负载需要调整液压系统的压力,并能实现双向的能量输出或回收,具有节流损失较小、系统效率较高、适应性广等优点。

[0005] 但是,这种恒压网络技术在工程实际应用中仍存在着诸多缺陷,以图1所示的一种现有的挖掘机恒压网络液压系统为例,该液压系统实现了两个压力等级的油路,分别标识为PH和T,在不同压力等级的油路中会分别保持恒定压力,挖掘机的每种负载都可以通过液压变压器直接接入该恒压网络。之所以可以在挖掘机中应用这种恒压网络技术,是因为挖掘机中各种执行元件基本都对应于较重的负载,子系统相互之间差距较小,处于液压变压器的工作范围之内,因此适合于液压变压器根据具体负载压力情况将恒压网络的液压油供应给不同负载压力情况的子系统。而对于起重机等系统工作范围变化非常大的工程机械设备来说,由于液压变压器的限制,恒压网络技术在这类工程机械设备上的具体工程应用上存在诸多困难。另一方面,由于液压变压器价格较高,而每个子系统均需要设置液压变压器则造成整车的成本高昂。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提出一种变恒压网络液压系统及液压控制方法,能够在简化液压系统组成、降低能量回收和利用的难度、提高能量利用效率的基础上,适用于系统工作压力范围非产大的工程机械设备。

[0007] 本发明的另一目的是提出一种起重机,能够简化液压系统组成,并且降低能量回收和利用的难度,提高能量利用效率。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了一种变恒压网络液压系统,包括两个压力等级的油路,分别为第一压力等级油路和第二压力等级油路,在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上连接有至少两个执行元件的液压子系统,其中,还包括恒压变量泵和补油泵,所述恒压变量泵与所述第一压力等级油路相接,能够根据当前负载工况将所述第一压力等级油路的压力调节为与所述当前负载工况对应的恒定压力值,所述补油泵与所述第二压力等级油路相接,能够在液压子系统从所述第二压力等级油路吸油时为所述第二压力等级油路补油。

[0009] 进一步的,还包括蓄能器,所述蓄能器通过液压变压器连接在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上。

[0010] 进一步的,在有与其他执行元件存在复合动作需求、或者有能量回收需求的执行元件的第一液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设有液压变压器,用以调节所述第一液压子系统的工作压力。

[0011] 进一步的,与其他执行元件不存在复合动作需求和能量回收需求的执行元件的第二液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述恒压变量泵对所述第一压力等级油路的压力调节来直接调节所述第二液压子系统的工作压力。

[0012] 进一步的,采用变量泵马达作为执行元件的第三液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述变量泵马达调节所述第三液压子系统的工作压力。

[0013] 为实现上述另一目的,本发明还提供了一种起重机,包括执行元件为卷扬马达的卷扬液压子系统、执行元件为伸缩油缸的伸缩液压子系统、执行元件为变幅油缸的变幅液压子系统和执行元件为回转马达的回转液压子系统,其中,还包括前述的变恒压网络液压系统。

[0014] 进一步的,所述变恒压网络液压系统包括蓄能器,且所述蓄能器通过液压变压器连接在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上。

[0015] 进一步的,所述卷扬马达、变幅油缸和回转马达存在相互间的复合动作需求或能量回收需求,对应的所述卷扬液压子系统、变幅液压子系统和回转液压子系统均与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设有液压变压器,用以分别调节所述卷扬液压子系统、变幅液压子系统和回转马达子系统各自的工作压力。

[0016] 进一步的,所述伸缩油缸不具有复合动作需求和能量回收需求,对应的伸缩液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述恒压变量泵对所述第一压力等级油路的压力调节来直接调节所述伸缩液压子系统的工作压力。

[0017] 进一步的,所述变幅液压子系统和回转液压子系统均与所述第一压力等级油路和

第二压力等级油路之间设有液压变压器,用以分别调节所述变幅液压子系统和回转液压子系统的工作压力;所述卷扬马达为变量泵马达,对应的卷扬液压子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过所述变量泵马达调节所述卷扬液压子系统的工作压力。

[0018] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于前述的变恒压网络液压系统的液压控制方法,其中包括:

[0019] 在单一执行元件执行单独动作或多个执行元件执行复合动作时,根据所述执行元件的当前负载工况控制恒压变量泵调整出口压力,将第一压力等级油路的压力调节为与所述当前负载工况对应的恒定压力值;

[0020] 当液压子系统从第二压力等级油路吸油时,控制补油泵为所述第二压力等级油路补油。

[0021] 进一步的,所述变恒压网络液压系统包括蓄能器,且所述蓄能器通过液压变压器连接在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上,通过调整所述液压变压器的变压比实现能量回收或利用。

[0022] 基于上述技术方案,本发明将传统的恒压网络改造成了在不同的负载工况下通过恒压变量泵调节为不同的恒定压力值的变恒压网络液压系统,而这种变恒压网络液压系统能够针对于不同工况,尤其针对于系统工作范围变化比较大的工程机械设备来说,有更强的适用性。

附图说明

[0023] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0024] 图1为现有的挖掘机恒压网络液压系统的液压原理示意图。

[0025] 图2为本发明变恒压网络液压系统的一实施例的液压原理示意图。

[0026] 图3为本发明变恒压网络液压系统实施例中回转缓冲阀的液压原理放大示意图。

[0027] 图4为本发明变恒压网络液压系统实施例中安全阀的液压原理放大示意图。

[0028] 附图标记说明:

[0029] 1—恒压变量泵;2—补油泵;3—安全阀;4—卷扬马达;7—伸缩切换阀;8—伸缩油缸;9、12、14—液压变压器;10—变幅油缸;11—变幅切换阀;13—回转缓冲阀;15—蓄能器;16—单向阀;22—回转马达;1-1、1-2—泵变量控制单元;13-1—回转切换阀;13-2、13-5、13-6、13-8、13-10—单向阀;13-3—换向阀;13-4—梭阀;13-7—电磁通断阀;13-9—溢流阀;3-1—插装阀;3-2—梭阀;3-3—电磁换向阀。

具体实施方式

[0030] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0031] 传统的恒压技术采用恒压泵为供油油路提供恒定的压力值,然后利用各个液压子系统的液压变压器来将该恒定的压力值变换到液压子系统自身所需要的工作压力,这种传统的恒压技术比较适合于各个液压子系统的工作压力比较接近的工程机械设备,因此目前也指应用到了各项液压子系统均为重载的挖掘机中,而对于系统工作压力变化范围较大的

工程机械设备(例如起重机)来说,传统的恒压技术难以应用。

[0032] 对于这一问题,本发明采用了按照负载工况提供不同恒压值的新思路,也就是说,在某一种负载工况下,利用恒压变量泵将网络液压系统调节到该负载工况下的适合的恒压值,并维持这个恒压值直到改变为其他的工况。利用这种系统恒压值的调整,结合工程机械设备特定的负载工况,可以满足工程机械设备的工作压力需求,同时能够实现更好的性能或者更低的能耗。这里的负载工况可以包括某个执行元件在单独动作下的负载工况,也可以包括多个执行元件在复合动作下的负载工况。

[0033] 如图2所示,为本发明变恒压网络液压系统的一实施例的液压原理示意图。在本实施例中,变恒压网络液压系统包括两个压力等级的油路,分别为第一压力等级油路PH和第二压力等级油路T,在第一压力等级油路PH和第二压力等级油路T上连接有至少两个执行元件4、8、10、22的液压子系统,变恒压网络液压系统还包括恒压变量泵1和补油泵2。恒压变量泵1与第一压力等级油路PH相接,能够根据当前负载工况将第一压力等级油路PH的压力调节为与当前负载工况对应的恒定压力值。补油泵2与第二压力等级油路T相接,能够在液压子系统从第二压力等级油路T吸油时为第二压力等级油路T补油。

[0034] 为了使变恒压网络液压系统能够进行能量回收,在系统中还可以包括蓄能器15,而蓄能器15可以通过液压变压器14连接在第一压力等级油路PH和第二压力等级油路T上。除了进行能量回收,蓄能器15也可以进行能量释放,而通过调节液压变压器14的变压比可以实现蓄能器15的能量回收或释放过程。除此之外,还可以在第二压力等级油路T上设置网络溢流阀(图中未示出)。

[0035] 考虑到工程机械设备通常需要各个执行元件之间执行复合动作,仅靠恒压变量泵难以满足复合动作时各个液压子系统的工作压力需求,因此在恒压条件下可以进一步采用液压变压器来分别调节各个液压子系统所适用的工作压力。同样的,对于有能量回收需求的执行元件来说,也适合采用液压变压器来调节工作压力。换句话说,对于与其他执行元件存在复合动作需求、或者有能量回收需求的执行元件的液压子系统(将此类液压子系统定义为第一液压子系统)来说,其与第一压力等级油路和第二压力等级油路之间还设有液压变压器,用以调节第一液压子系统的工作压力。

[0036] 而有些工程机械设备的部分执行元件并不需要与其它执行元件之间执行复合动作,而且也无需能量回收,对于这类执行元件的液压子系统来说,只需要采用恒压变量泵来提供其所需要的工作压力即可,无需再设置液压变压器进行压力调整,即与其他执行元件不存在复合动作需求和能量回收需求的执行元件的液压子系统(将此类液压子系统定义为第二液压子系统),其与第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过恒压变量泵对第一压力等级油路的压力调节来直接调节第二液压子系统的工作压力。由于省去了液压变压器,因此可以进一步的节约成本。

[0037] 对于有采用液压变压器需求的液压子系统来说,如果其采用变量泵马达作为执行元件,则也可以省去液压变压器的使用,利用变量泵马达作为液压变压器来调整该液压子系统的工作压力,即采用变量泵马达作为执行元件的液压子系统(将此类液压子系统定义为第三液压子系统),其与第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过大排量变量泵马达调节第三液压子系统的工作压力,从而在节约成本的同时,也进一步提高了系统的效率。

[0038] 上述的变恒压网络液压系统可以适用于各类系统工作压力范围变化较大的工程机械设备,当然对于系统工作压力范围变化较小的工程机械设备也同样适用。

[0039] 基于上述变恒压网络液压系统实施例,相应的液压控制方法可以包括:在单一执行元件执行单独动作或多个执行元件执行复合动作时,根据所述执行元件的当前负载工况控制恒压变量泵调整出口压力,将第一压力等级油路的压力调节为与所述当前负载工况对应的恒定压力值;当液压力子从第二压力等级油路吸油时,控制补油泵为所述第二压力等级油路补油。

[0040] 对于包括蓄能器,且所述蓄能器通过液压变压器连接在所述第一压力等级油路和第二压力等级油路上的变恒压网络液压系统来说,可以通过调整所述液压变压器的变压比实现能量回收或利用。

[0041] 下面仍结合图2来说明一下变恒压网络液压系统在起重机中的应用。起重机包括执行元件为卷扬马达4的卷扬液压力子系统、执行元件为伸缩油缸8的伸缩液压力子系统、执行元件为变幅油缸10的变幅液压力子系统和执行元件为回转马达22的回转液压力子系统。而起重机所采用的变恒压网络液压系统包括了第一压力等级油路PH(在本实施例中也称PH恒压网络)和第二压力等级油路T(在本实施例中也称T低压网络),而第一压力等级油路PH和第二压力等级油路T上分别连接了上述执行元件的液压力子系统,此外还包括恒压变量泵1和补油泵2。

[0042] 在图2左侧第二压力等级油路T通过单向阀16连接到油箱,维持一个较低的油压状态,从而适应一些负载工况的需要;而当有些液压力子系统需要从第二压力等级油路T吸油时,补油泵2向第二压力等级油路补油,提高第二压力等级油路T的压力。在左侧还设有蓄能器15,该蓄能器15通过液压变压器14连接在第一压力等级油路PH和第二压力等级油路T上。

[0043] 通过分析起重机的不同执行元件所能实现的几种不同负载工况,可以确定卷扬马达4、变幅油缸10和回转马达22存在相互间的复合动作需求或能量回收需求,因此可以在对应的卷扬液压力子系统、变幅液压力子系统和回转液压力子系统与所述第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设置液压变压器,用来分别调节卷扬液压力子系统、变幅液压力子系统和回转马达子系统各自的工作压力。

[0044] 由于卷扬马达可采用大排量变量泵马达,因此另一种可能的结构形式是变幅液压力子系统和回转液压力子系统均与第一压力等级油路和第二压力等级油路之间设置液压变压器,用以分别调节变幅液压力子系统和回转液压力子系统的工作压力,而卷扬马达对应的卷扬液压力子系统与第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过大排量变量泵马达调节卷扬液压力子系统的工作压力。这样卷扬马达可以省去液压变压器的使用,进而提高该液压力子系统的效率,降低成本。

[0045] 对于起重机来说,伸缩油缸通常无需与其它执行元件进行复合动作,也不具有能量回收需求,因此其对应的伸缩液压力子系统与第一压力等级油路和第二压力等级油路直接相接,通过恒压变量泵对第一压力等级油路的压力调节来直接调节伸缩液压力子系统的工作压力。

[0046] 下面结合采用了图2-4所示的变恒压网络液压系统的起重机的液压原理来分别对各个执行元件执行单独动作或复合动作下的液压控制过程进行说明。

[0047] 对卷扬液压力子系统,当卷扬马达4执行单独动作时,具体控制过程为:卷扬起时,由

恒压变量泵1进行供油,此时根据卷扬起的负载工况调整泵变量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。使安全阀3中的电磁换向阀3-3得电,接通插装阀3-1两端的油路,通过调整卷扬马达4的排量,可以实现重物在不同速度下的提升。卷扬落时,由于卷扬负载很大,此时根据卷扬落的负载工况调整泵变量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。使安全阀3中的电磁换向阀3-3得电,接通插装阀3-1两端的油路,卷扬马达4的落口从压力较低的第二压力等级油路T吸油,并通过液压变压器14、蓄能器15实现能量的回收,此时补油泵2根据需要向第二压力等级油路T补油。当卷扬负载为零或轻载时,调整卷扬马达4的斜盘角度,使其输出轴反向旋转,通过调整泵变量控制单元1-1、1-2,使恒压变量泵1调节第一压力等级油路PH的恒定压力值来给卷扬马达4供油,使安全阀3中的电磁换向阀3-3得电,接通插装阀3-1两端的油路,实现卷扬的下落动作。

[0048] 对伸缩液压力子系统,伸缩油缸8执行单独动作,由恒压变量泵1直接进行供油,并根据伸缩负载工况调整泵变量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。通过控制伸缩切换阀7来使伸缩油缸8执行伸出或缩回动作。

[0049] 对于变幅液压力子系统,当变幅油缸10执行单独动作时,具体控制过程为:变幅起时,由恒压变量泵1进行供油,此时根据变幅起的负载工况调整泵变量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。通过液压变压器9将工作压力变压至变幅起的负载压力,来推动变幅油缸10,实现重物的提升。变幅油缸10小腔回油,通过变幅切换阀11回到T低压网络。当变幅落时,恒压变量泵1以较小排量输出,并维持PH压力恒定。当变幅负载很大时,变幅切换阀11不得电,变幅油缸10小腔从T低压网络吸油,液压变压器9根据变幅负载调整至合适的变压比,将变幅负载压力调整至PH恒压网络压力,通过液压变压器14、蓄能器15进行能量回收。当变幅负载很小时,变幅切换阀11得电,调整液压变压器9至合适的变压比,通过PH恒压网络的压力推动变幅油缸10,实现变幅落。

[0050] 对于回转液压力子系统,当回转马达22执行单独动作时,具体控制过程为:左回转启动时,由恒压变量泵1进行供油,此时根据回转负载工况调整泵变量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。通过液压变压器12变压至回转马达22的负载压力,此时回转缓冲阀13中的回转换向阀13-1右位得电,单向阀13-2、13-10、13-5、13-6由液压油封死,而由换向阀13-3、梭阀13-4、电磁通断阀13-7、单向阀13-8和溢流阀13-9组成的缓冲及自由滑转装置在电磁通断阀13-7不得电的情况下,换向阀13-3处于截断状态,高压油进入回转马达22推动回转。当左回转停止时,恒压变量泵1以较小排量输出保持PH网络恒定。当回转惯性大时,回转马达22的出口压力较大,通过调整液压变压器12至合适变压比,高压有通过单向阀13-2流经液压变压器12,通过液压变压器14、蓄能器15实现能量的回收。右回转启动、停止控制过程可参考左回转工况,这里不再赘述。

[0051] 由于卷扬马达、变幅油缸和回转马达存在相互间的复合动作需求或能量回收需求,因此以卷扬马达和变幅油缸的复合动作为例来说明一下具体控制过程:当卷扬起和变幅起同时进行,由恒压变量泵1进行供油,此时根据卷扬起和变幅起的负载工况调整泵变

量控制单元1-1、1-2,使第一压力等级油路PH的压力调整至与该负载工况对应的压力值,并保持PH压力恒定。对于此类复合动作的负载工况,可选择将PH恒压网络调整到更靠近较低负载工况的执行元件所需要的系统压力,从而降低整体系统的能量消耗。然后根据卷扬马达4和变幅油缸10的负载工况,分别调整卷扬马达4的排量和液压变压器9的变压比,保证卷扬负载压力和第一变压器9入口压力相同(相当于调节阀压差),从而实现良好的复合效果。

[0052] 当卷扬起和变幅落复合时,由于变幅落可以回收能量,将变幅落回收的能量可以不存入蓄能器15,直接进入卷扬马达4来推动卷扬马达4。同理,当卷扬落和变幅起复合时,将卷扬落回收的能量也可以直接提供给变幅起,从而实现能量的高效回收利用。

[0053] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制;尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者对部分技术特征进行等同替换;而不脱离本发明技术方案的精神,其均应涵盖在本发明请求保护的技术方案范围当中。

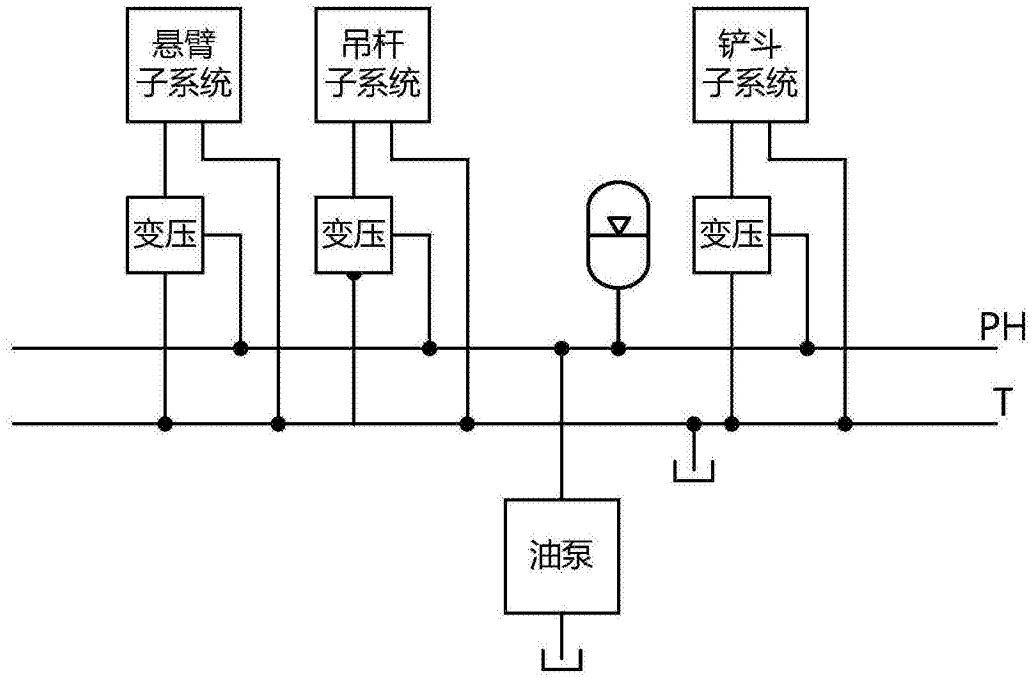


图1

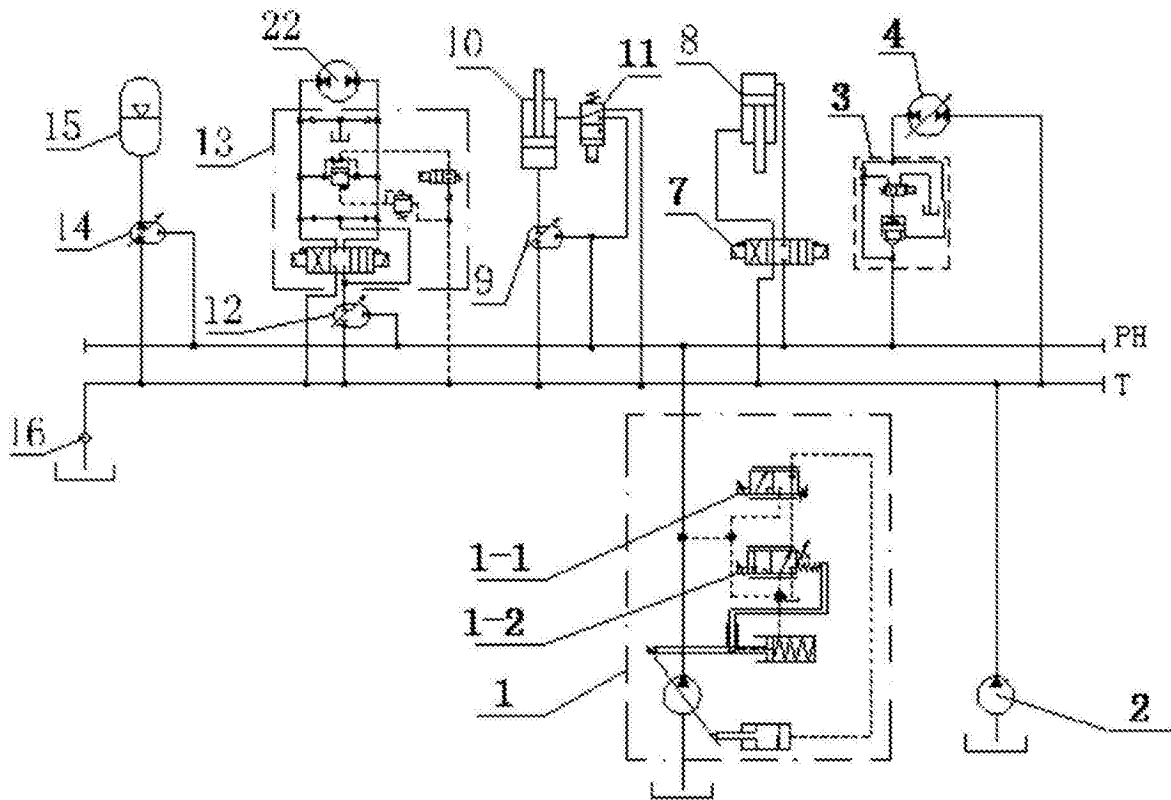


图2

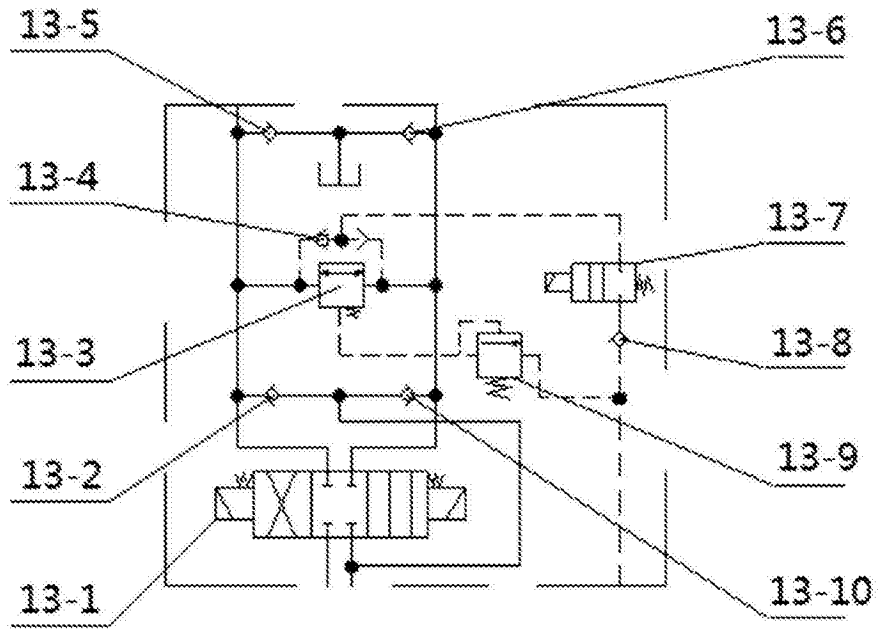


图3

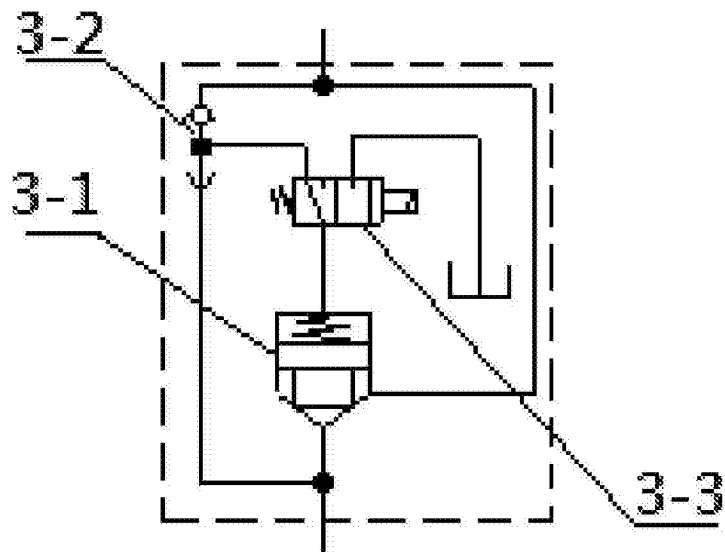


图4