



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104929992 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201510183696. 0

(22) 申请日 2015. 04. 17

(71) 申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号

(72) 发明人 姚静 李彬

(74) 专利代理机构 石家庄一诚知识产权事务所
13116

代理人 李合印

(51) Int. Cl.

F15B 1/02(2006. 01)

F15B 21/14(2006. 01)

F15B 9/04(2006. 01)

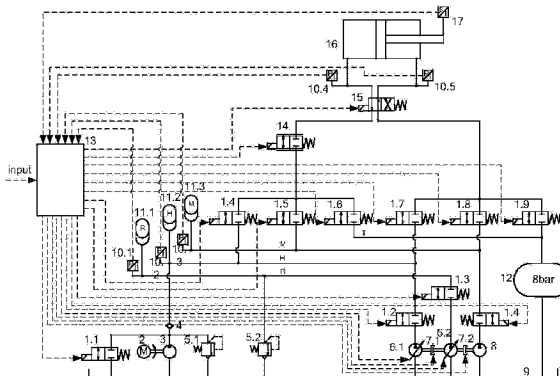
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

变负载伺服控制系统的节能设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种变负载伺服控制系统的节能设计方法,按所述设计方法所设计的液压系统,通过不同压力等级的任意组合,拟合匹配负载力,减小阀口节流损失。并利用能量传递单元、能量存储单元,实现了能量的统筹管理。分工况控制,实现能量的再生和回收利用。在保证控制特性前提下,提高了系统的传动效率。



1. 一种变负载伺服控制系统的节能设计方法, 节能设计方法所涉及的变负载伺服控制节能系统由开关阀、电机、定量泵、单向阀、安全阀、定量泵 / 马达、离合器、变量泵 / 马达、压力传感器、蓄能器、控制器、伺服阀、换向阀、液压缸、低压油箱和油箱组成, 其特征是: 变负载伺服控制节能系统包括 4 条油路, 分别为能量存储油路 R 和三条压力等级不同的高压油路 H、中压油路 M、低压油路 T; 系统中定量泵由电机带动, 油路在泵口分为三条并联油路: 一条连接开关阀, 起泵源卸荷作用; 一条连接安全阀, 起安全作用; 一条经泵口单向阀后连接至系统高压油路 H, 作为工作油路, 高压油路 H 又分别连接四支分油路, 其中一支连接高压蓄能器 H, 起恒压源作用, 并接有压力传感器, 采集压力信号反馈至控制器; 一支经开关阀后连接变量泵 / 马达, 通回油箱, 作为能量传递单元的一部分; 剩余两支油路分别连接在左右两联开关阀中的一个, 作为通向执行器的高压油路; 中压油路 M 分别连接四支分油路, 其中一支连接中压蓄能器 M, 起恒压源作用, 并接有压力传感器, 采集压力信号反馈至控制器; 一支经开关阀后连接定量泵 / 马达, 通回油箱, 作为能量传递单元的一部分; 剩余两支油路分别连接在左右两联开关阀中的一个, 作为通向执行器的中压油路; 低压油路 T 连接三支分油路, 两支分别连接在左右两联开关阀中的一个, 作为通向执行器的低压油路, 剩余一支连接低压油箱后回油箱; 能量存储油路 R 连接三支分油路, 其中一支连接储能蓄能器 R, 起储能作用, 并接有压力传感器, 采集压力信号反馈至控制器; 一支经开关阀后连接变量泵 / 马达与油箱接通, 并通过离合器分别与高、中压油路的定量泵 / 马达连接, 作为能量传递单元的一部分; 剩余一支油路连接安全阀, 起安全保护作用; 油路经左右两联开关阀后, 左联开关阀经伺服阀后连接两位四通换向阀的一油口, 右联开关阀则直接连接两位四通换向阀的另一油口, 两位四通换向阀出油口分别连接液压缸的进、出油口, 液压缸两腔分别接有压力传感器, 采集压力信号反馈至控制器; 液压缸活塞杆接有位移传感器, 采集位移信号反馈至控制器, 控制器的输入信号为各压力传感器采集的压力信号和位移传感器采集的位移信号, 输出信号为控制各开关阀的通断信号、换向阀的换向信号、控制伺服阀阀口开度和变量泵 / 马达的电信号。

2. 根据权利要求 1 所述的变负载伺服控制系统的节能设计方法, 其特征是: 所述控制器为 PC 工控机或可编程控制器。

3. 根据权利要求 1 所述的变负载伺服控制系统的节能设计方法, 其特征是: 系统中设置 H、M、T 三条压力等级的恒压油路和蓄能油路 R, 无溢流损失, 仅存在定量泵的卸荷损失; 通过液压缸进、出油路高、中、低不同压力等级的任意两两组合, 至多得出 9 种大小不同的输出力, 控制器灵活控制不同压力等级组合的切换顺序, 使液压缸输出力最大限度与负载力拟合匹配, 减小伺服阀阀口的节流损失; 除 T 油路外的各压力等级油路经能量传递单元与储能油路 R 连通, 控制器根据反馈信号, 高效、合理控制各开关阀、变量泵 / 马达, 有效管理三条压力等级的恒压油路和储能油路 R, 实现能量的传递与储能。

变负载伺服控制系统的节能设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于液压技术应用领域,涉及一种变负载伺服控制系统的节能设计方法。

背景技术

[0002] 液压伺服控制作为 20 世纪 50、60 年代以后发展的而形成的一门新兴科学技术,凭借其控制精度高、响应快、传动平稳、抗干扰能力强及高功率密度等优点,在国防工业、航空航天、有色冶炼、动力工程、车辆工程、石油化工等领域获得了重要应用。但由于在传统液压传动中,由于存在大量的压力不匹配、流量不匹配,造成了大量的节流损失和溢流损失。带来液压伺服系统传动效率低、发热量大等问题,造成了严重的能源浪费和环境污染,更甚影响到液压伺服技术的竞争力和应用范围。故寻求一种新型的能量匹配伺服控制系统,最大限度匹配负载力,减少系统溢流损失和节流损失,刻不容缓。

[0003] 目前,针对液压系统节能设计的专利有 CN101413522A 公开的一种工程机械负载口独立电液负载敏感能量再生液压系统,分工况选择控制策略,减少了系统的节能损耗,实现了超越载荷的能量再生;泵控和阀控相结合实现速度和节能控制,但使用范围有限,通用性不强。专利 CN201575006U 公开的一种利用变频器控制泵的启停、间歇工作,达到系统的节能。但受限于变频电机的响应慢的特点,在控制精度要求较高的场合不宜使用。专利 CN202215255U 公开的一种正流量液压节能控制系统,通过逻辑组对所有先导控制信号的比较,将最大先导压力输出控制变量泵与之相适应,从而降低泵的旁路节流损失。但逻辑阀组的存在,不但增加了系统的复杂性,而且还影响到系统的响应速度。专利 CN103174688A 公开的一种使用蓄能器回收液压缸活塞杆伸出时有杆腔油液,回程时和泵源共同作为动力源,解决了回油管路和溢流管路的液压油损失,达到节能目的,但无匹配,阀口节流损失依旧严重。针对上述研究中的缺陷,本发明所要解决的技术问题是提供一种变负载伺服控制系统的节能设计方法,该方法,同时考虑到能量回收和减小节流损失问题,全工况覆盖。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对变负载液压伺服系统中存在的能量利用率低的问题,提供一种基于负载力匹配的变负载伺服控制系统的节能设计方法。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0006] 本发明的节能设计方法所涉及的变负载伺服控制节能系统由开关阀、电机、定量泵、单向阀、安全阀、定量泵 / 马达、离合器、变量泵 / 马达、压力传感器、蓄能器、控制器、伺服阀、换向阀、液压缸、低压油箱和油箱组成,其特征是:变负载伺服控制节能系统包括 4 条油路,分别为能量存储油路 R 和三条压力等级不同的高压油路 H、中压油路 M、低压油路 T;系统中定量泵由电机带动,油路在泵口分为三条并联油路:一条连接开关阀,起泵源卸荷作用;一条连接安全阀,起安全作用;一条经泵口单向阀后连接至系统高压油路 H,作为工作油路,高压油路 H 又分别连接四支分油路,其中一支连接高压蓄能器 H,起恒压源作用,并接有压力传感器,采集压力信号反馈至控制器;一支经开关阀后连接变量泵 / 马达,通回油

箱,作为能量传递单元的一部分;剩余两支油路分别连接在左右两联开关阀中的一个,作为通向执行器的高压油路;中压油路 M 分别连接四支分油路,其中一支连接中压蓄能器 M,起恒压源作用,并接有压力传感器,采集压力信号反馈至控制器;一支经开关阀后连接定量泵/马达,通回油箱,作为能量传递单元的一部分;剩余两支油路分别连接在左右两联开关阀中的一个,作为通向执行器的中压油路;低压油路 T 连接三支分油路,两支分别连接在左右两联开关阀中的一个,作为通向执行器的低压油路,剩余一支连接低压油箱后回油箱;能量存储油路 R 连接三支分油路,其中一支连接储能蓄能器 R,起储能作用,并接有压力传感器,采集压力信号反馈至控制器;一支经开关阀后连接变量泵/马达与油箱接通,并通过离合器分别与高、中压油路的定量泵/马达连接,作为能量传递单元的一部分;剩余一支油路连接安全阀,起安全保护作用;油路经左右两联开关阀后,左联开关阀经伺服阀后连接两位四通换向阀的一油口,右联开关阀则直接连接两位四通换向阀的另一油口,两位四通换向阀出油口分别连接液压缸的进、出油口,液压缸两腔分别接有压力传感器,采集压力信号反馈至控制器;液压缸活塞杆接有位移传感器,采集位移信号反馈至控制器,控制器的输入信号为各压力传感器采集的压力信号和位移传感器采集的位移信号,输出信号为控制各开关阀的通断信号、换向阀的换向信号、控制伺服阀阀口开度和变量泵/马达的电信号。

[0007] 所述控制器为 PC 工控机或可编程控制器。

[0008] 所述的变负载伺服控制系统的节能设计方法,其节能原理具体为:

[0009] 系统中设置 H、M、T 三条压力等级的恒压油路和蓄能油路 R,无溢流损失,仅存在定量泵的卸荷损失;通过液压缸进、出油路高、中、低不同压力等级的任意两两组合,至多得出 9 种大小不同的输出力,控制器灵活控制不同压力等级组合的切换顺序,使液压缸输出力最大限度与负载力拟合匹配,减小伺服阀阀口的节流损失;各压力等级油路(T 除外)经能量传递单元与储能油路 R 连通,控制器根据反馈信号,高效、合理控制各开关阀、变量泵/马达,有效管理三条压力等级的恒压油路和储能油路 R,实现能量的传递(标准差动回路和等效差动回路)与储能(能量的回收),提高了系统的节能性。

[0010] 所述的三条压力等级的恒压油路两两组合,在此基础上可以设置更多的压力等级和能量传递单元,每添加一条压力等级,即增加 $2n+1$ 种压力组合,液压缸的输出等级将更加密集,增强拟合变负载力的能力,取得更好的节能效果。

[0011] 本发明的优点:

[0012] 1) 效率高。传统的液压系统中,泵口、节流阀口存在较大的溢流损失和和节流损失,而变负载伺服节能控制系统,分压力等级设计,由负载力匹配出发,任意压力等级两两组合,基本实现了负载力的匹配,减小了阀口节流损失。且系统无溢流,能量可回收,故能源利用率高、节能效果好。

[0013] 2) 能量再生。传统的液压系统中仅可产生标准的差动回路,而变负载伺服节能控制系统,由于能量传递单元的存在,使不同压力等级组成等效差动回路成为了可能,实现了能量的再生,进一步加强了系统的节能效果。

[0014] 3) 能量回收利用。变负载伺服节能控制系统,增加了储能油路 R,在能量回收模式存储能量,以供其他工作模式能量释放,减小了系统的输入。

[0015] 4) 全工况覆盖。本发明覆盖了负载、运动方向变化的各种工况,均可达到节能效果,应用范围广,全工况覆盖。

附图说明

[0016] 图 1 本发明负载力拟合匹配的结构示意图；

[0017] 图 2 本发明变负载伺服控制系统的原理图；

[0018] 图 3 本发明变负载伺服控制系统的控制器功能模块图；

[0019] 图 4 本发明标准差动回路的示意图；

[0020] 图 5 本发明等效差动回路的示意图；

[0021] 图 6 本发明标准能量回收回路的示意图；

[0022] 图 7 本发明等效能量回收回路的示意图。

[0023] 图中：1、开关阀，2、电机，3、定量泵，4、单项阀，5、安全阀，6、变量泵 / 马达，7、离合器，8、定量泵 / 马达，9、油箱，10、压力传感器，11、蓄能器，12、低压油箱，13、控制器，14、伺服阀，15、换向阀，16、液压缸，17、位移传感器。

具体实施方式

[0024] 变负载伺服控制节能系统主要由 4 条油路组成，分别为能量存储油路 R 和三条压力等级不同的高压油路 H、中压油路 M、低压油路 T。系统中定量泵 3 由电机 2 带动，定量泵的出口分三条油路，分别与单向阀 4、安全阀 5.1、开关阀 1 的进油口相连；安全阀 5.1、开关阀 1 的出油口直接与油箱 9 接通；单向阀 4 的出油口接高压油路 H，高压油路 H 分别与高压蓄能器 11.2、压力传感器 10.2、左右两联开关阀 1.4、1.7 进油口、能量传递单元开关阀 1.2 进油口相连；中压油路 M 分别与中压蓄能器 11.3、压力传感器 10.3、左右两联开关阀 1.5、1.8 进油口、能量传递单元开关阀 1.4 进油口相连；低压油路 T 分别与低压油箱 12、左右两联开关阀 1.6、1.9 进油口相连；低压油箱 12 出油口直接接油箱；能量存储油路 R 分别与存储蓄能器 11.1、压力传感器 10.1、安全阀 5.2 进油口、能量传递单元开关阀 1.3 进油口相连；能量传递单元开关阀 1.2、1.3、1.4 出油口分别接变量泵 / 马达 6.1、变量泵 / 马达 6.2 和定量泵 / 马达 8；变量泵 / 马达 6.1、变量泵 / 马达 6.2 和定量泵 / 马达 8 另一油口直接接回油箱；变量泵 / 马达 6.1、变量泵 / 马达 6.2 和定量泵 / 马达 8 之间靠离合器 7.1、7.2 连接；左联开关阀 1.4、1.5、1.6 出油口汇集连接伺服阀 14 进油口；伺服阀 14 出油口连接两位四通换向阀 15 进油口；右联开关阀 1.7、1.8、1.9 出油口汇集连接两位四通换向阀 15 进油口；两位四通换向阀 15 出油口分别连接液压缸的无杆腔和有杆腔，液压缸的无杆腔和有杆腔分别接压力传感器 10.4、10.5，活塞杆连接位移传感器 17；控制器分别与压力传感器 10.1、10.2、10.3、10.4、10.5，位移传感器 17，开关阀 1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9，伺服阀 14，换向阀 15，变量泵 / 马达 6.1、6.2 电连接。

[0025] 本发明的工作原理如下：

[0026] 如图 2 所示，输入位移信号传递至控制器，压力传感器 10.4、10.5 实时检测液压缸两腔的压力，位移传感器 17 实时检测活塞杆的位移，控制器根据活塞杆移动的方向和负载力 $F_L = p_a A_1 - p_b A_2$ 的大小、方向，选择出合适的压力等级组合，使液压缸可输出力 $F = p_1 A_1 - p_2 A_2$ 与 F_L 之差 $\Delta F_{\min} = F - F_L$ 最小，降低在排液伺服阀 14 上的节流损失。针对如图 2 所示系统，根据不同的压力等级组合、负载力和运动的方向，可分为普通模式、差动模式及能量回收模式三种工作模式。工作过程中液压缸出油口经伺服阀接压力等级 T，定义为普通模

式；液压缸运动方向与负载力方向相反，且出油口经伺服阀接非压力等级 T，定义为差动模式；按液压缸两腔接通的压力等级是否相等，又分为标准差动模式和等效差动模式。压力等级相等，则为标准差动模式，否则为等效差动模式，分别如图 3、图 4 所示。液压缸运动方向与负载力方向同，定义为能量回收模式。按液压缸两腔进油口压力等级是否为 T，又分为标准能量回收模式和差动能量回收模式。进油口压力等级为 T，则为能量回收模式，否则为差动能量回收模式，分别如图 5、图 6 所示。控制器 13 根据所处工作模式，分别对能量传递单元、储能油路 R、定量泵、卸荷阀进行调节，合理调配各压力等级，使各压力等级保持恒压，在保证控制特性的前提下，降低系统的功率损耗。

[0027] 具体操作步骤如下：

[0028] 当控制器 13 通过判断，识别系统处于普通工作模式时，液压缸进油路连接高压油路 H 或中压油路 M，高压油路 H 或中压油路 M 为系统动力源。当动力源油路为高压油路 H 时，首先启动储能油路 R 为高压油路 H 补充油液，开关阀 1.3、1.2 打开，离合器 7.1 贴合、7.2 分离，变量泵 / 马达 6.1 调定排量后固定不变。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.2 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量，使转动轴扭矩平衡，维持高压油路 H 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后，开关阀 1.2、1.3 断开，离合器 7.1、7.2 分离，储能油路 R 停止工作，改由定量泵 3 为高压油路 H 补充油液。控制器 13 通过控制开关阀 1.1 的通断完成补液任务。当动力源油路为中压油路 M 时，也率先启动储能油路 R 为中压油路 M 补充油液，开关阀 1.3、1.4 打开，离合器 7.1 分离、7.2 贴合。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.3 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量，使转动轴扭矩平衡，维持中压油路 M 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后，开关阀 1.3 断开，储能油路 R 停止工作，改由定量泵 3 为中压油路 M 补充油液。开关阀 1.2、1.4 打开，变量泵 / 马达 6.1 排量调整后固定不变，变量泵 / 马达 6.2 排量调整为零，控制器 13 监测压力传感器 10.2、10.3 反馈信号，通过控制开关阀 1.1 的通断完成中压油路 M 的补液任务。

[0029] 当控制器 13 通过判断，识别系统处于标准差动工作模式时，高压油路 H 或中压油路 M 投入工作，系统为其补充油液。当控制器 13 识别高压油路 H 为工作油路时，首先启动储能油路 R 为高压油路 H 补充油液，开关阀 1.2、1.3 打开，离合器 7.1 贴合、7.2 分离，变量泵 / 马达 6.1 调定排量后固定不变。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.2 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量，维持高压油路 H 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后，开关阀 1.2、1.3 断开，离合器 7.1、7.2 分离，储能油路 R 停止工作，改由定量泵 3 为高压油路 H 补充油液。控制器 13 通过控制开关阀 1.1 的通断完成补液任务。当控制器 13 识别中压油路 M 为工作油路时，也率先启动储能油路 R 为中压油路 M 补充油液，开关阀 1.3、1.4 打开，离合器 7.2 贴合。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.3 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量，维持中压油路 M 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后，开关阀 1.3 断开，储能油路 R 停止工作，改由定量泵 3 为中压油路 M 补充油液。开关阀 1.2、1.4 打开，变量泵 / 马达 6.1 排量调整固定不变，变量泵 / 马达 6.2 排量调整为零，控制器 13 监测压力传感器 10.2、10.3 反馈信号，通过控制开关阀 1.1 的通断完成中压油路 M 的补液任务。

[0030] 当控制器 13 通过判断，识别系统处于等效差动工作模式时，高压油路 H 和中压油路 M 投入工作，系统为其补充油液。当控制器 13 判断高压油路 H 为动力油路时，首先启动储能油路 R 为高压油路 H 补充油液，开关阀 1.2、1.3、1.4 打开，离合器 7.1、7.2 贴合，变量

泵 / 马达 6.1 调定排量后固定不变。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.2 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量,使转动轴扭矩平衡,维持高压油路 H 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后,开关阀 1.3 断开,变量泵 / 马达 6.2 排量调整为零,储能油路 R 停止工作,改由定量泵 3 为高压油路 H 补充油液。控制器 13 通过控制开关阀 1.1 的通断完成补液任务。当控制器 13 判断中压油路 M 为动力油路时,也率先启动储能油路 R 为中压油路 M 补充油液,开关阀 1.2、1.3、1.4 打开,离合器 7.1、7.2 贴合。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.3 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量,使转动轴扭矩平衡,维持中压油路 M 恒压。当储能油路 R 压力降低至设定底限后,开关阀 1.3 断开,变量泵 / 马达 6.2 排量调整为零,储能油路 R 停止工作,改由定量泵 3 为中压油路 M 补充油液。开关阀 1.2、1.4 打开,离合器 7.1、7.2 贴合,变量泵 / 马达 6.1 排量调整固定不变,控制器 13 监测压力传感器 10.2、10.3 反馈信号,通过控制开关阀 1.1 的通断完成中压油路 M 的补液任务。

[0031] 当控制器 13 通过判断,识别系统处于标准能量回收工作模式时,高压油路 H 或中压油路 M 连接排油腔,系统回收其能量。当控制器 13 判断高压油路 H 为排油时,启动储能油路 R 存储能量,开关阀 1.2、1.3 打开,离合器 7.1 贴合、7.2 分离,变量泵 / 马达 6.1 调定排量后固定不变。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.2 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量,使转动轴扭矩平衡,吸收高压油路 H 能量。当控制器 13 判断中压油路 M 为排油时,启动储能油路 R 存储能量,开关阀 1.3、1.4 打开,离合器 7.1 分离、7.2 贴合。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.3 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量,使转动轴扭矩平衡,吸收中压油路 M 能量。

[0032] 当控制器 13 通过判断,识别系统处于差动能量回收工作模式时,启动储能油路 R 存储能量,开关阀 1.2、1.3、1.4 打开,离合器 7.1、7.2 贴合,变量泵 / 马达 6.1 调定排量后固定不变。控制器 13 根据压力传感器 10.1、10.2、10.3 反馈信号实时调整变量泵 / 马达 6.2 排量,使转动轴扭矩平衡,吸收来自高压油路 H 或中压油路 M 的能量。

[0033] 本发明的技术方案并不局限于所述实施方式,若他人的设计与本发明中所分压力等级范围有些许不同,或压力等级个数不同,不应视为与本发明有所差别。

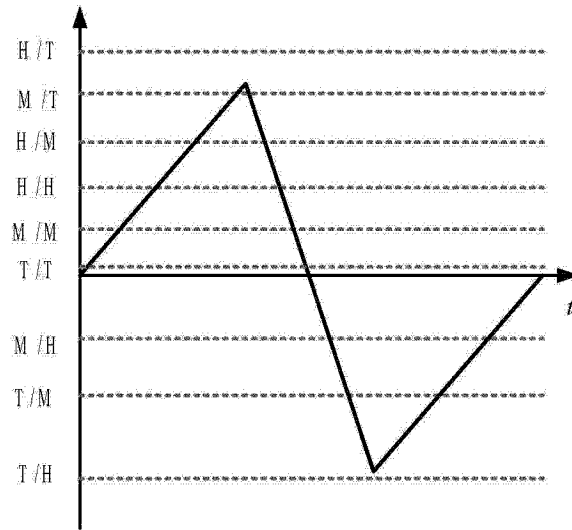


图 1

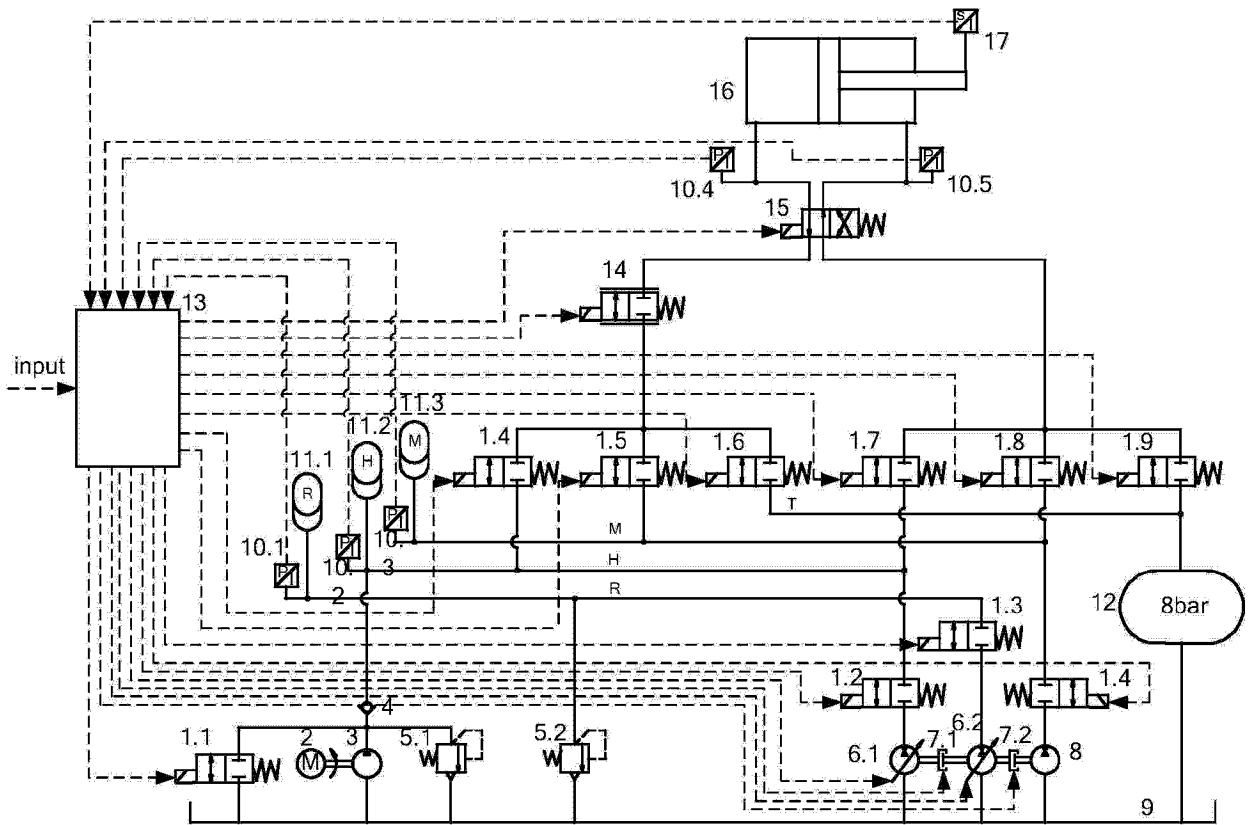


图 2

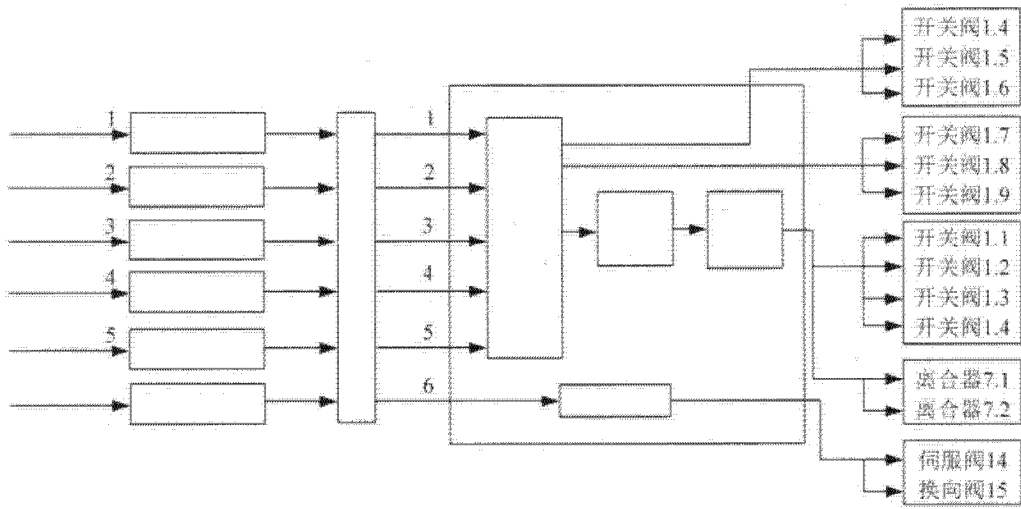


图 3

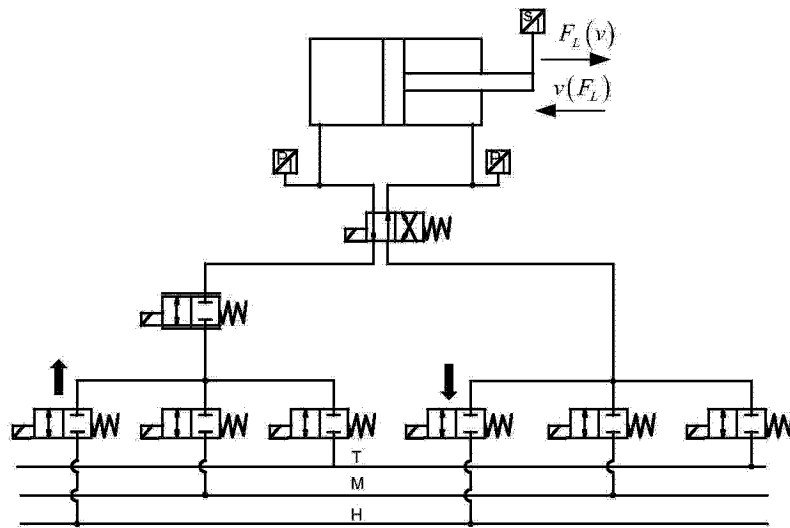


图 4

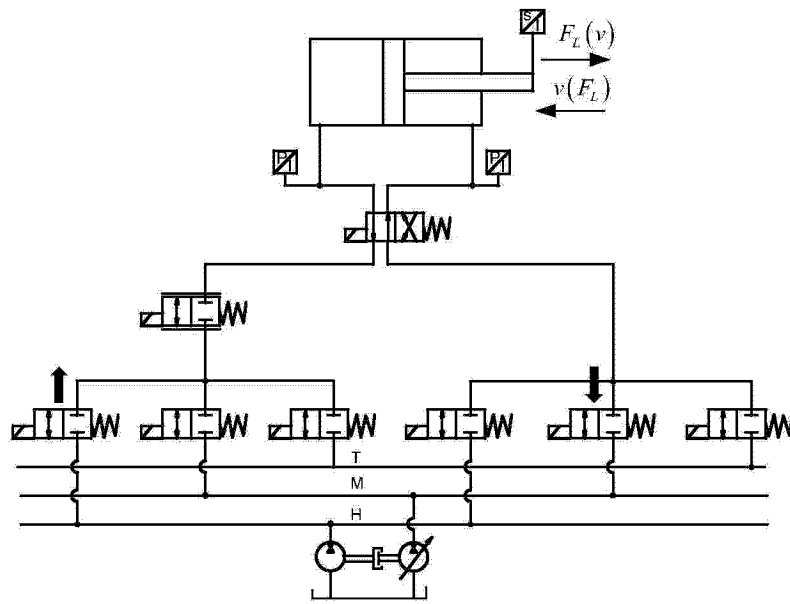


图 5

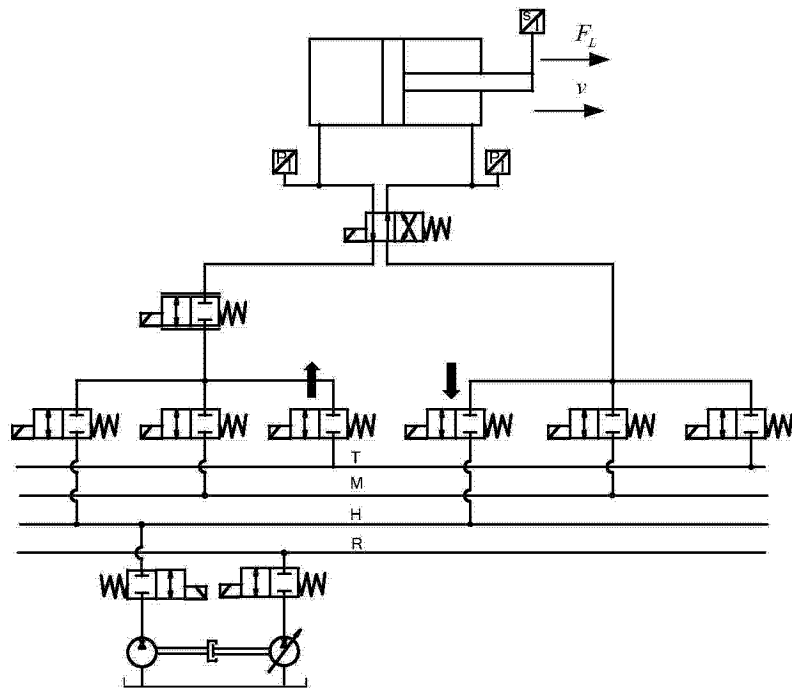


图 6

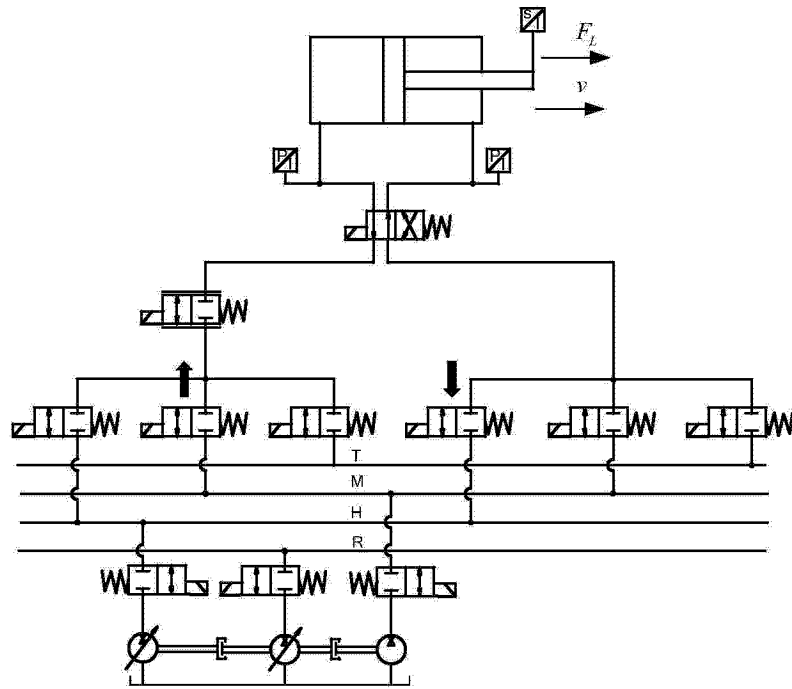


图 7