



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102906538 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 05

(21) 申请号 201180019577. 1

代理人 吴俊

(22) 申请日 2011. 02. 17

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01C 19/02(2006. 01)

2010900643 2010. 02. 17 AU

B63B 39/04(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 齐爽

2012. 10. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/AU2011/000169 2011. 02. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/100797 EN 2011. 08. 25

(73) 专利权人 维姆有限责任公司

地址 澳大利亚西澳大利亚州

(72) 发明人 P. D. 斯坦曼 T. 佩雷斯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

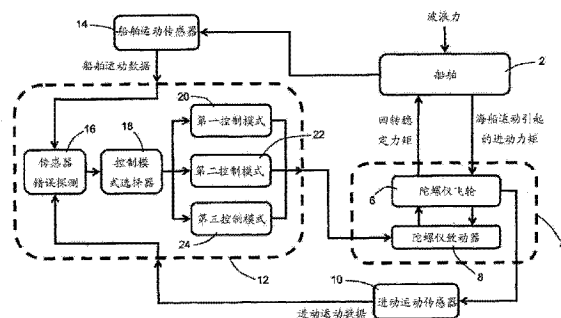
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

容错的船舶减摇装置控制系统

(57) 摘要

一种船舶减摇装置控制系统(12),包括检测来自回转稳定器进动运动传感器(10)和船舶横摇传感器(14)的传感信号的可用性的传感器错误检测装置(16)。所述控制系统(12)控制机械联接到回转稳定器(4)的陀螺仪致动器(8)的动作。采用提供过程控制变量的传感器的错误传感的好处是可用的过程控制变量(或传感器)的感测数量可用于启动控制模式的分层式系统。每个分层式控制模式设计成利用可用的过程控制变量以确保回转稳定器(4)的安全有效运转,所述回转稳定器可容忍传感器错误和电源损失。提供控制模式选择器(18)以基于可用的过程控制变量的数量来选择适当的控制模式。



1. 一种用于使由波浪激振力引起的海船运动稳定的减摇装置控制方法,所述方法包括以下步骤:

检测进动运动传感器信号的可用性或不可用性,以及船舶横摇运动传感器信号的可用性或不可用性;

当两种所述传感器信号都可用时,选择第一控制模式;

当仅所述传感器信号之一可用时,选择第二控制模式;

当两种所述传感器信号都不可用时,选择第三控制模式,由此,在使用中,在环境中合适的控制模式被选择,以提供能够容忍所述进动运动传感器信号和 / 或所述船舶横摇运动传感器信号不可用的减摇装置控制。

2. 如权利要求 1 所述的减摇装置控制方法,其中,所述进动运动传感器信号通过感测在船舶减摇系统中采用的用于稳定船舶的回转稳定器的进动而获得。

3. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第一控制模式涉及使用两种传感器信号和 / 或两种传感器信号的导出数作为过程控制变量,通过驱动进动或主动地对抗飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的进动运动来主动控制回转稳定器的进动。

4. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第二控制模式涉及使用所述回转稳定器进动运动传感器信号或所述船舶横摇运动传感器信号、和 / 或所述回转稳定器进动运动传感器信号或所述船舶横摇运动传感器信号的导出数作为过程控制变量,通过驱动进动或主动地阻尼飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的进动运动而主动控制回转稳定器的进动。

5. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第二控制模式包括以下步骤:

基于所述回转稳定器进动运动传感器信号和 / 或所述回转稳定器进动运动传感器信号的计算导出数,使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令。

6. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第二控制模式包括以下步骤:

根据所述船舶横摇运动传感器信号预估进动运动;以及

基于预估的进动运动和 / 或所述预估的进动运动的计算导出数,使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令。

7. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第二控制模式采用包括以下步骤的自适应控制方法:

产生控制信号以增加所述回转稳定器飞轮的进动,直到基于从所述回转稳定器进动轴运动导出的过程控制变量而可以预估到回转稳定器进动轴运动会超过预先确定的界限;以及

施加绕回转稳定器进动轴的对控制信号做出响应的进动控制扭矩,由此,在使用中,可以获得仅基于从回转稳定器进动轴运动得到的过程控制变量而对船舶运动的自适应控制。

8. 如权利要求 2 或 7 所述的减摇装置控制方法,其中,当所述回转稳定器进动运动传感器信号不可用时,所述船舶横摇运动传感器信号和 / 或其导出数用于产生与所述回转稳定器进动轴运动的预估相对应的预估的进动信号,在所述第二控制模式中,所述预估的进动信号代替所述回转稳定器进动运动传感器信号。

9. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第三控制模式通过将保守的预

置等级的制动或阻尼施加到进动轴来提供对回转稳定器的进动的被动控制,所述进动轴设计成在操作状况的期望范围内,在高达最大设计海况时限制进动角在预先确定的界限内。

10. 如权利要求 9 所述的减摇装置控制方法,其中,施加到所述进动轴的预置等级的制动或阻尼是手动可调的。

11. 如权利要求 2 所述的减摇装置控制方法,其中,所述船舶控制减摇系统包括额外的船舶减摇装置。

12. 如权利要求 11 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第一控制模式包括与回转稳定器的控制和 / 或由力分配系统分配的控制同步地控制额外的减摇装置的步骤。

13. 如权利要求 11 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第二控制模式包括控制所述额外的减摇装置的步骤。

14. 如权利要求 11 所述的减摇装置控制方法,其中,所述第三控制模式包括使所述额外的减摇装置处于默认或无效状态的步骤。

15. 如权利要求 11 所述的减摇装置控制方法,还包括如下步骤:感测回转稳定器和任何额外的减摇装置的可用性,以及变更力分配以配合可用性的损失,或变更一个或多个减摇装置性能的减少。

16. 一种用于使由波浪激振力引起的海船运动稳定的减摇装置控制系统,所述系统包括:

错误检测装置,用于检测进动运动传感器信号的可用性或不可用性,以及船舶横摇运动传感器信号的可用性或不可用性;

控制模式选择装置,用于当两种传感器信号都可用时选择第一控制模式,当仅传感器信号之一可用时选择第二控制模式,当两种传感器信号都不可用时选择第三控制模式;以及

减摇控制命令产生装置,用于根据选择的控制模式产生减摇控制命令,由此,在使用中,在环境中最适当的控制模式被选择,以提供容忍进动运动传感器信号和 / 或船舶横摇运动传感器信号无效的船舶减摇。

17. 如权利要求 16 所述的减摇装置控制系统,其中,通过感测回转稳定器的进动来获得进动运动传感器信号,所述回转稳定器在船舶减摇系统中用于使船舶稳定。

18. 如权利要求 17 所述的减摇装置控制系统,其中,在所述第一控制模式中产生的减摇控制命令提供对回转稳定器的进动的主动控制,该主动控制使用两种传感器信号和 / 或两种传感器信号的导出数作为过程控制变量,驱动进动或主动地抵抗飞轮的横向所致自由进动以产生期望的进动运动。

19. 如权利要求 17 所述的减摇装置控制系统,其中,在所述第二控制模式中产生的减摇控制命令提供对回转稳定器的进动的主动控制,该主动控制使用回转稳定器进动运动传感器信号或船舶横摇运动传感器信号、和 / 或所述回转稳定器进动运动传感器信号或船舶横摇运动传感器信号的导出数作为过程控制变量,驱动进动或主动地阻尼飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的横摇运动。

20. 如权利要求 17 所述的减摇装置控制系统,其中,减摇控制命令产生装置包括:

基于所述回转稳定器进动运动传感器信号和 / 或所述回转稳定器进动运动传感器信号的计算导出数、使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算在所述第

二控制模式中适当的进动轴驱动或阻尼控制命令的装置。

21. 如权利要求 17 所述的减摇装置控制系统,其中,所述减摇控制命令产生装置包括:
用于从第二控制模式中的船舶横摇运动传感器信号中预估进动运动的装置;以及
用于基于预估的进动运动和 / 或其计算的导出数、使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令的装置。

容错的船舶减摇装置控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种控制系统和方法,用于使由能够产生横摇运动的激振波浪力引起的海船运动稳定,尤其涉及,尽管不是专有地,一种包括回转稳定器,并采用几个控制模式以提供容错控制的控制系统和方法。

背景技术

[0002] 当回转稳定器用于海船以减弱横摇运动时,船舶的横摇运动引起飞轮进动,飞轮进动反过来产生对抗横摇运动的扭矩。这意味着所引起的飞轮进动总处于适当的相位以减弱横摇运动(如果所述进动不超过 90°)。根据对由机械布置导致的进动的抵抗,当滚动旋转率(侧倾率)超过一定程度时,所引起的进动扭矩会使飞轮进动多于 90° (过进动)。这导致由飞轮产生的对抗横摇的扭矩不稳定,因为对抗横摇的扭矩会暂时为零。如果对进动的抵抗足够大,以至于可以在峰值输入情况期间避免所引起的过进动,那么稳定效应在更普遍的情况期间会被严格地限制。因此希望提供一种回转稳定器控制系统以改变对进动的抵抗,或者主动地控制陀螺仪的飞轮进动运动。

[0003] 已知许多回转稳定器控制系统,从由操作杆致动的手动的进动轴制动器到通常依靠感测的船舶横摇运动和陀螺仪进动运动而对进动角的自动控制。手动的进动轴制动器由 Schlick 于 1904 年第一次提出,并由 White 于 1907 年进行描述,手动的进动轴制动器需要人工干预以避免在波浪环境中超出小范围的设计条件的过进动。

[0004] 此后,美国公司 Sperry 开发了一种系统,该系统通过使用小陀螺仪和由开关转换器控制的电力马达以控制主陀螺仪的进动而处理了 Schlick 陀螺仪的问题。在该系统中,进动率与船舶的侧倾率成比例。尽管这些现有技术系统的性能在一些波浪环境中是卓越的,(高达 95% 的横摇减少),但是进动控制系统不适用于可变的波浪环境,因此简单化的进动扭矩控制器限制了系统的性能。随着发明了更轻和更便宜的减摇鳍,减摇鳍在当海船处于允许鳍产生水动升力的速度时工作良好,人们对回转稳定器的兴趣才减少。

[0005] 回转稳定器对船舶具有零航速或低航速的应用具有特别的益处,而基于流体力学的系统具有少许效果或没有效果。一些应用包括巡逻艇、豪华机动游艇、海上浮式生产系统和离岸工作船,但并不局限于这些应用,这些应用在低速或零速期间都具有重要的操作功能。这些应用推动人们重新有兴趣考虑用回转稳定器控制由波浪引起的海船横摇运动。

[0006] 因此,提出了用于回转稳定器的更复杂的控制系统,以在宽范围的操作条件内提供改进的船舶运动衰减性能。例如,在 WO 2009/009074 中,Rubenstein 和 Akers 公开了一种控制方案,该控制方案使用姿态变化率和角速率传感器用于船舶和回转稳定器,以产生前馈部件。前馈部件与反馈部件、模式输入(当前情况的指示,比如下水、停泊或以不同速度航行中)以及预定控制(当施加到回转稳定器和 / 或其它船舶稳定设备时)的效果的预期一起使用以为陀螺仪和任何其它控制装置产生资源分配向量。

[0007] 通过主动地控制回转稳定器飞轮的进动,可以获得在宽范围的操作条件内安全有效的性能。对进动的主动控制需要将传感器反馈作为过程控制变量来使用。如果过程控制

变量由于传感器误差、系统电力损耗或其它故障而不适用于控制系统,那么主动控制系统会停止运转。对于主动驱动的回转稳定器,这会导致回转稳定器的稳定作用的直接丧失,这在拿船舶的安全和 / 或舒适运转冒险。

[0008] 随着提供了数量增加的传感器,从而允许使用对变化的海况和船舶运动反应更加迅速的更复杂的回转稳定器控制算法,一个或多个传感器发生故障的风险会增加。

[0009] 本发明以提供一种回转稳定器控制系统和方法为目的而开发,该回转稳定器控制系统和方法是容错性的,减少了一个或多个传感器发生故障的严峻风险。然而,应当明白的是,本发明的控制系统和方法还具有其它类型的船舶减摇装置的应用,比如水动力减摇装置。水动力减摇装置的示例包括鳍、舵、T型水翼艇、截击机、槽型减摇水舱、艏均衡翼板,其它类型的减摇装置的示例包括可移动的压载系统。

[0010] 本说明书提及现有技术是仅出于解释性目的,在本说明中对现有技术的提及不应看作承认这些现有技术澳大利亚或其它地区是公知知识的一部分。

发明内容

[0011] 根据本发明的一个方面,提供了一种减摇装置控制方法,用于使由激振波浪力引起的海船运动稳定,所述方法包括以下步骤:

[0012] 检测进动运动传感器信号的可用性(availability)或不可用性(otherwise),以及船舶横摇运动传感器信号的可用性或不可用性;

[0013] 当两种传感器信号都可用(available)时,选择第一控制模式;

[0014] 当仅传感器信号之一可用时,选择第二控制模式;

[0015] 当两种传感器信号都不可用时,选择第三控制模式,由此,在使用中,环境中最适当的控制模式被选择,以提供能够容忍进动运动传感器信号和 / 或船舶横摇运动传感器信号无效的减摇装置控制。

[0016] 通常,通过感测回转稳定器的进动来获得进动运动传感器信号,回转稳定器用于船舶减摇装置系统中以使船舶稳定。或者或此外,在一些情况下,例如,可通过感测用于感测船舶运动的回转传感器的进动运动来获得进动运动传感器信号。船舶减摇系统可以或者不必采用回转稳定器,然而在优选的实施例中,船舶减摇系统采用至少一个回转稳定器。

[0017] 第一控制模式包括使用两种传感器信号和 / 或两种传感器信号的导出数(derivatives)作为过程控制变量,通过驱动进动或主动地对抗飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的进动运动来主动控制回转稳定器的进动。第一控制模式包括比例积分微分(PID)控制器、模糊逻辑控制器、神经网络控制、鲁棒控制器、模型预测控制方法、适应控制方法,适应控制方法包括申请人的共同未决的国际申请No PCT/AU2011/XXXX的自动增益控制(AGC)控制器,该国际申请的细节在这里以参考或这些控制方法的组合的形式包含在内。第一控制模式对力分配方法做出反应,力分配方法感测其它减摇装置的动作,并因此调节回转稳定器控制器以提供减摇装置的优化系统。第一控制模式要求或允许操作者输入。第一控制模式使用测量的进动轴和船舶横摇轴数据直接作为过程控制变量,或者第一控制模式包括预测元件,该预测元件提供对这些信号的未来状态的预估,对这些信号的未来状态的预估随后用作控制的各种可能第一控制模式的输入。

[0018] 第二控制模式包括使用回转稳定器进动运动传感器信号或船舶横摇运动传感器

信号和 / 或这些信号的导出数作为过程控制变量,通过驱动进动或主动地阻尼飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的进动运动而主动控制回转稳定器的进动。或者,第二控制模式包括以下步骤:基于回转稳定器进动运动传感器信号和 / 或其计算导出数,使用具有或不具有自适应性的预测的或反应的控制方法计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令。优选地,第二控制模式包括以下步骤:根据船舶横摇运动传感器信号预估进动运动;以及基于预估的进动运动和 / 或其计算导出数,使用具有或不具有适应能力的预测或反应的控制方法计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令。有利地,第二控制模式包括以下步骤:从船舶横摇运动传感器信号中预估进动运动;以及基于预估的进动运动和 / 或其计算导出数,使用具有或不具有适应能力的预测或反应的控制方法计算出适当的进动轴驱动或阻尼控制命令。有利地,第二控制模式采用包括以下步骤的适应控制方法:产生控制信号以在增加回转稳定器飞轮的进动,直到基于从回转稳定器进动轴运动导出的过程控制变量而可以预估到回转稳定器进动轴运动会超过预先确定的界限;以及施加绕回转稳定器进动轴的对控制信号做出响应的进动控制扭矩,由此,在使用中,可以获得仅基于从回转稳定器进动轴运动得到的过程控制变量而对船舶运动的自适应控制。

[0019] 此外或或者,当回转稳定器进动运动传感器信号不可用时,船舶横摇运动传感器信号和 / 或其导出数可用于产生与回转稳定器进动轴运动的预估相对应的预估的进动信号,在第二控制模式中,预估的进动信号代替回转稳定器进动运动传感器信号。

[0020] 优选地,第三控制模式通过将保守的预置等级的制动或阻尼施加到进动轴来提供对回转稳定器的进动的被动控制,进动轴设计成在操作状况的期望范围内,在高达最大设计海况时限制进动角在预先确定的界限内。可选地,施加到进动轴的预置等级的制动或阻尼是手动可调的。

[0021] 船舶减摇系统包括额外的船舶减摇装置,比如额外的回转稳定器(以允许控制诸如横摇和纵向)、水动力减摇装置和 / 或另外类型的减摇装置。水动力减摇装置的示例包括鳍、舵、T型水翼艇、截击机、槽型减摇水舱、艏均衡翼板,其它类型的减摇装置的示例包括可移动的压载系统。第一控制模式包括与回转稳定器的控制和 / 或由力分配系统所分配的控制同步地控制额外的减摇装置的步骤。第二控制模式包括控制额外的减摇装置的步骤。第三控制模式包括使额外减摇装置处于默认或无效状态的步骤。

[0022] 控制方法包括以下进一步步骤:感测回转稳定器和任何额外的减摇装置的可用性,以及变更力分配以配合可用性的损失,或变更一个或多个减摇装置性能的减少。

[0023] 根据本发明的另一方面,提供了减摇装置控制系统,用于使由激振波浪力引起的海船运动稳定,所述系统包括:

[0024] 错误检测装置,用于检测进动运动传感器信号的可用性或其它,以及船舶横摇运动传感器信号的可用性或其它;

[0025] 控制模式选择装置,用于当两种传感器信号都可用时选择第一控制模式,当仅传感器信号之一可用时选择第二控制模式,当两种传感器信号都不可用时选择第三控制模式;以及

[0026] 减摇控制命令产生装置,用于根据选择的控制模式产生减摇控制命令,由此,在使用中,在环境中最适当的控制模式被选择,以提供能够容忍进动运动传感器信号和 / 或船舶横摇运动传感器信号无效的船舶减摇。

[0027] 通常,通过感测回转稳定器的进动来获得进动运动传感器信号,回转稳定器在船舶减摇系统中用于使船舶稳定。或者或此外,在一些情况下,例如可以通过感测用于感测船舶运动的回转传感器的进动运动而获得进动运动传感器信号。船舶减摇系统可以或不必要采用回转稳定器,然而在优选的实施例中,船舶减摇系统采用至少一个回转稳定器。

[0028] 在第一控制模式中产生的减摇控制命令提供对回转稳定器的进动的主动控制,该主动控制使用两种传感器信号和 / 或两种传感器信号的导出数作为过程控制变量,驱动进行或主动地抵抗飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的进动运动。

[0029] 类似地,在第二控制模式中产生的减摇控制命令提供对回转稳定器的进动的主动控制,该主动控制使用回转稳定器进动运动传感器信号或船舶横摇运动传感器信号和 / 或信号的导出数作为过程控制变量,驱动进动或主动地阻尼飞轮的横摇所致自由进动以产生期望的横摇运动。

[0030] 通常,减摇控制命令产生装置包括:基于所述回转稳定器进动运动传感器信号和 / 或其计算导出数、使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令的装置。

[0031] 可选择地,减摇控制命令产生装置包括:用于从第二控制模式中的船舶横摇运动传感器信号中预估进动运动的装置;以及,用于基于预估的进动运动和 / 或其计算的导出数、使用具有或不具有适应能力的预测的或反应的控制方法来计算适当的进动轴驱动或阻尼控制命令的装置。

[0032] 在整个说明书中,除非上下文要求,否则词“包括”或其变体应理解为包括所提到的实体或实体组,但并不排除任何其它实体或实体组。类似地,词“优选地”或其变体应理解为所提到的实体或实体组是理想的,但对本发明的运作方式来说并非必需的。

[0033] 在整个说明书中,术语“船舶”指的是海上飘浮装置,通常为小船、游艇、驳船、海船或潜水艇,海上飘浮装置经受由产生横摇运动的环境激振力引起的振荡运动。术语“横摇运动”指的是包括任何或所有船舶衍生物的船舶的横摇运动,更广泛地,指的是船舶的任何需要衰减的振荡运动。

附图说明

[0034] 下面将参考附图详细说明船舶稳定器控制系统和方法的仅作为示例的优选实施例,由此,本发明的特性会更加清楚明白,附图中:

[0035] 图 1 是本发明的船舶减摇装置控制系统的优选实施例的示意图;

[0036] 图 2 是图 1 的控制系统以第一控制模式操作时的示意图;

[0037] 图 3 是图 1 的控制系统以第二控制模式操作时的示意图;

[0038] 图 4 是图 1 的控制系统以第三控制模式操作时的示意图;

[0039] 图 5 是提供进动轴的阻尼控制的回转稳定器液压控制回路的优选实施例的流体回路图;

[0040] 图 6 是提供进动轴的驱动控制的回转稳定器液压控制电路的优选实施例的流体回路图。

具体实施方式

[0041] 图 1 显示了本发明的船舶减摇装置控制系统 12 的优选的实施例的结构,该船舶减摇装置控制系统用于使由激振波浪力引起的海船 2 横摇运动稳定。回转稳定器 4 用在船舶减摇系统中,用于稳定船舶 2,并定向成使船舶 2 的横摇运动引起回转稳定器 4 绕其进动轴的进动运动。回转稳定器 4 机械联接到陀螺仪致动器 8,从而回转稳定器 4 的运动导致陀螺仪致动器 8 的移位。船舶 2 的横摇运动被传送到回转稳定器 4 的飞轮 6,飞轮 6 的进动行为产生抵制由波浪力引起的力矩的回转稳定力矩。尽管是为了横摇运动减弱的应用而描述该实施例,本发明同样可应用于减弱纵向摆动(pitch motion)。

[0042] 回转稳定器飞轮具有两个自由度:旋转和进动。借助于由于船体的旋转和位置引起的角动量守恒,飞轮 6 产生与飞轮的旋转角动量(惯性 \times 角速度)和进动率的乘积成比例的回转横摇力矩。旋转速率通常为常数,但是这也可以控制。因此,飞轮的进动率越大,在船舶上产生的回转稳定力矩越大。然而,必须限制进动率和进动角以确保不会超过最大机械负荷和其它物理约束,以及避免过量的进动角,进动角过量时,有效的稳定扭矩会减少,而在其它平面中无用的扭矩会变得明显。可通过陀螺仪致动器 8 来限制进动。陀螺仪致动器 8 通常是提供绕进动轴的制动和 / 或驱动扭矩的液压、电力或组合系统。

[0043] 陀螺仪致动器 8 的行为由船舶减摇装置控制系统 12 调节和控制。船舶横摇运动传感器 14 为船舶减摇装置控制系统 12 提供横摇角测量值。通常,陀螺仪进动运动传感器 10 为船舶减摇装置控制系统 12 提供回转稳定器 4 的进动角测量值。船舶减摇装置控制系统 12 处理由传感器 10 和 14 提供的过程控制变量,进而对陀螺仪致动器 8 产生适当的控制命令。

[0044] 船舶减摇系统可以或不必要采用回转稳定器,尽管在所示的实施例中减摇系统采用了至少一个回转稳定器 4。在一些情况下,船舶减摇系统可以采用液压减摇装置而不用回转稳定器。在这种情况下,通过感测用于感测船舶运动的后转传感器的进动运动可以获得进动运动传感器信号。

[0045] 船舶减摇装置控制系统 12 包括传感器错误检测装置 16,该传感器错误检测装置感测来自回转稳定器进动运动传感器 10 和船舶横摇运动传感器 14 的传感信号的可用性。采用提供过程控制变量的传感器的错误传感的好处是可用过程控制变量(或传感器)的感测数量可用于启动控制模式的分层式系统。每个分层式控制模式设计成利用可用的过程控制变量以确保回转稳定器 4 的安全有效运转,回转稳定器可容忍传感器错误和电源损失。提供控制模式选择器 18 以基于可用的过程控制变量的数量来选择适当的控制模式。

[0046] 如果传感器错误检测装置 16 确定分别来自传感器 10 和 14 的进动和横摇信号是可用的,那么控制模式选择器 18 会选择第一控制模式 20。控制模式 20 是三种可选择的控制模式中最复杂(或顶层)的,要求输入船舶和回转稳定器运动数据以提供来自回转稳定器 4 的高水平的性能。

[0047] 如果传感器错误检测装置 16 确定仅来自进动和横摇传感器 10 和 14 之一的信号是可用的,那么控制模式选择器 18 会选择第二控制模式 22。控制模式 22 是三种可选择的控制模式中的中间层。第二控制模式仅要求船舶和回转稳定器运动之一的输入数据以提供来自回转稳定器 4 的高水平的性能。

[0048] 如果传感器错误检测装置 16 确定来自传感器 10 和 14 的进动和横摇信号都不可用,那么控制模式选择器 18 会选择第三控制模式 24。第三控制模式 24 是三种可选择的控

制模式中的最低层,提供进动运动的阻尼的被动控制,而不要求传感器信号以提供来自回转稳定器 4 的有限水平的性能。

[0049] 通常,传感器错误检测装置 16、控制模式选择器 18 以及各种稳定控制命令产生装置(包括第一、第二和第三控制模式 20、22 和 24) 每个都编码集成在单一控制器中。

[0050] 图 2 显示了船舶减摇装置控制系统 12 的第一控制模式 20,其中,所述控制系统接收分别来自传感器 14 和 10 的船舶横摇运动和回转稳定器进动运动信号。所述第一控制模式 20 通常提供陀螺仪致动器的主动控制,驱动进动,或者主动地抵抗(阻尼) 飞轮 6 的横摇所致自由进动,以产生期望的进动运动。如果船舶运动传感器 14 提供横摇角信号,回转稳定器进动运动传感器 10 提供进动角信号,那么所述控制系统 12 能够区分这些角信号,以产生速率和加速度(如果需要)。或者,或为了额外的超静定性,速率和 / 或加速度传感器可包含在船舶运动传感器 14 和 / 或进动运动传感器 10 内。由于可对加速度求积分以计算得出速率和角度(虽然具有总体上较低的精度),通过控制系统计算的导出数,船舶和进动运动传感器可提供任何角度、速率或加速度信号。

[0051] 所述第一控制模式包括比例积分微分(PID)控制器、模糊逻辑控制器、神经网络控制、鲁棒控制器、模型预测控制方法、适应控制方法,适应控制方法包括申请人的共同未决的国际申请 No PCT/AU2011/XXXX 的自动增益控制(AGC)控制器,或这些和 / 或其它控制方法的结合。

[0052] 由于除了回转稳定器 4,还可提供其它减摇装置,比如鳍、舵、T 型水翼艇、截击机、槽型减摇水舱、艏均衡翼板和可移动的压载,第一控制模式 20 可对力分配方法做出反应,力分配方法感测其它减摇装置的行为,并因此调节回转稳定器控制以提供减摇装置的优化系统。所述第一控制模式要求或允许操作者输入,例如,进动轴控制应当如何积极或保守、应当使用什么类型的控制算法(特别地,如果不同的算法在不同的海况中是优良的)、主动控制驱动还是仅制动进动轴运动、以什么等级的动力操作、或者甚至在特定时间预测的海况是什么样。第一控制模式 20 是几个可替换的第一控制模式之一,每个第一控制模式都要求船舶横摇和回转稳定器进动运动信号。第一控制模式 20 使用测量的进动轴和船舶横摇轴数据直接作为过程控制变量,或者包括预测元件,该预测元件提供这些信号的未来状态的预估量,而后这些信号的未来状态的预估量用作第一控制模式 20 中的控制的各种可能方法的输入。

[0053] 图 3 显示了船舶减摇装置控制系统 12 的第二控制模式 22,其中,所述控制系统仅接收来自传感器 10 的回转稳定器进动运动信号。尽管船舶横摇运动传感器信号不可用,但该第二控制模式 22 还提供对回转稳定器进动运动的主动控制。

[0054] 或者,所述第二控制模式 22 使用来自进动运动传感器 10 的信号和 / 或其导出数,以使用具有或不具有适应能力的预测或反作用的控制方法来计算用于陀螺仪致动器 8 的进动轴驱动或抵抗控制命令。

[0055] 图 3 的第二控制模式 22 可以是诸如使用来自进动运动传感器 10 的信号及其导出数的适应控制模式。这样的适应控制的一个示例是申请人的共同未决的国际申请 No PCT/AU2011/XXXX 的自动增益控制(AGC)控制器,该国际申请的细节以参考的形式包含在这里,所述适应控制产生对控制信号以控制陀螺仪致动器 8 的阻尼,从而提供针对回转稳定器的进动控制扭矩。自动增益控制控制器逐渐降低进动阻尼以增加进动轴运动,直到可以感测

到进动角或进动率会超过预先确定的界限,在预先确定的界限点,阻尼会增加以防止过进动。

[0056] 在图 3 中,没有呈现船舶运动传感器信号,只有进动运动传感器信号可用。相反地,进动运动传感器信号可以失去作用,只有船舶运动传感器信号可用(未示出)。在这种情况下,可从船舶运动传感器信号和 / 或其导出数预估进动运动以产生预估的进动运动传感器信号,从而代替失去作用的实际进动运动传感器信号。该预估的替代信号可用于使根据第一控制模式 20 的操作运转。或者,然而,预估的进动运动传感器信号可代替图 3 中呈现的实际测量的进动运动传感器信号。这使得当进动运动传感器信号不可用,但船舶运动传感器信号存在时,可有效地使用许多不同类型的第二控制模式 22。

[0057] 多个第二控制模式 22 可包含在船舶减摇装置控制系统 12 中。正如第一控制模式 20,可提供操作者输入或其它输入以允许调节第二控制模式算法或者甚至替换所选择的控制方法或算法,以诸如配合海况或改变减摇装置系统的能源消耗。所述第二控制模式 22 或第二控制模式 22 之一还可以控制另外的减摇装置,比如槽型减摇水舱或可移动的压载。

[0058] 图 4 显示了船舶减摇装置控制系统 12 的第三控制模式 24,其中,船舶运动传感器和进动轴运动传感器信号都不可用。因此,第三控制模式 24 是被动的或手动操作的控制模式。例如,在第三控制模式 24 中,用于陀螺仪致动器 8 的控制信号可以是预设定的固定值增益,以提供预定的进动阻尼。这样的被动控制提供低性能,因为进动轴制动或阻尼的固定等级必须保守地设定以在最大设计海况或操作状况的期望范围内限制进动角和 / 或力在预先确定的范围内。因此,被动控制模式不会提供在低海况中适当的性能,因为被动控制模式不会直接地使进动扭矩适合或使进动扭矩变化。为了克服该限制,有可能在不限限制过进动的风险下,提供阻尼等级的手动调节器以允许回转稳定器 4 提供在低海况中适当的或至少改进的性能。在提供额外的减摇装置的情况下,第三控制模式 24 包括锁定额外的减摇装置,或优选地使减摇装置处于默认或无效状态。

[0059] 图 5 是一个可能液压控制电路的简化电路图,提供用于回转稳定器 4 的进动轴制动或阻尼扭矩。在该情况下,陀螺仪致动器 8 以两个液压缸 30 的形式提供在液压控制电路中。液压控制电路设计成液压缸 30 泵送流体在箭头所指的方向上环绕电路。电子控制比例(或伺服)流量控制阀 32 通常是关闭的(当不通电时),并且串联地布置。在正常操作中,液压油被泵送穿过比例流量控制阀 32,比例流量控制阀 32 限制液压油流以产生对进动可变的抵抗。在回转稳定器 4 的正常运转期间,比例控制阀 32 会通过由控制算法确定的数额而通电打开。通过改变阀门 32 上的流量设定,阻尼了所述流量。比例流量控制阀 32 由专门的放大器控制。

[0060] 作为自动防故障的措施,如果将电能从控制系统上移除(或者如果系统处于误差状态),比例控制阀 32 会关闭,阻止流体通过。同时,电子激活定向流量控制阀(打开 / 关闭) 34 会打开,以允许流体油流过手动可调压力补偿的比例流量控制阀 36。定向流量控制阀 34 与手动可调比例流量控制阀 36 串联连接,并且二者顺列地与电子控制比例流量控制阀 32 并联联接。定向控制阀 34 通常是打开的(当不通电时)。为了维持阀门 34 关闭以用于正常的回转稳定器运转,需要使用比如 0.9 安培、24 直流电压的供应对电磁铁线圈通电。

[0061] 手动设定减压阀 38 也串联设置,并且与电子控制比例流量控制阀 32 并联,以确保穿过控制阀的压降不会超过液压系统的设计压力。该减压阀的设定值有效地给施加到进动

轴的进动控制扭矩定一个上限。压力式过滤器 40 将杂质从电路的液压液中移除。如果需要,可以提供液压液热交换器 42 和液压蓄能器 44。此外,具有内置过滤的任选的手动液压液泵系统 46 可与液压控制流体贮藏设备 48 连接,以根据需要允许初始液压系统填充和系统流体再填充或替换。

[0062] 为了提供液压系统以驱动进动轴运动,控制歧管可用于从图 5 的阻尼液压控制电路转换到图 6 所示的驱动液压控制电路。在图 6 中,在与诸如船舶操纵和减摇鳍驱动中使用的驱动控制液压电路类似的驱动控制液压电路中,液压缸 30 交叉连接(在象限仪中往复)。液压液从液压液箱 56 经由吸滤器 58 流过由电机 62 驱动的固定或可变流率液压泵 60。液压液经由压力过滤器 64 流入液压蓄能器 66 以提供用于控制的一定的高压流体。比例定向控制阀 68 将 P 口的一定的高压流体连接到 A 口以启动交叉连接的液压缸 30,从而在一个方向上驱动进动轴,或者将 P 口的一定的高压流体连接到 B 口以启动交叉连接的液压缸 30,从而在相反的方向上驱动进动轴。当比例定向控制阀 68 的 A 口或 B 口之一连接到位于每个液压缸 30 内的一个室时,每个液压缸的另一个室连接到 T 口以使流体返回到箱 56,并允许液压缸 30 延伸和收缩。

[0063] 用于进动阻尼控制的液压控制电路(例如图 5 的液压控制电路),以及用于进动驱动控制的液压控制电路(例如图 6 的液压控制电路)可以都内嵌在单一液压歧管中。

[0064] 在整个说明书中,当测量进动角或横摇角时,意味着该信号的导出数可作为过程控制变量使用,因为在控制系统中对于处理器来说,区别角信号是简单的任务。

[0065] 现在,已经详细描述了船舶减摇装置控制系统和方法的优选实施例,明白的是,所描述的实施例提供了许多优于现有技术的优点,包括以下:

[0066] (i) 通过提供过程控制变量或传感器的错误感测,以及使用感测的可用的过程控制变量来启动控制模式的分层式系统,有可能确保船舶减摇装置安全有效地运转,该船舶减摇装置能够容忍传感器错误和电力损失;

[0067] (ii) 可以依据可用资源和海况,给减摇装置提供不同等级的控制性能;

[0068] (iii) 通过结合两个或更多个控制模式,可以获得改进的容错。

[0069] 对于相关领域技术人员来说,容易明白的是,除了这些已经描述的实施例,在不脱离本发明的基本发明理念的情况下,可以对前述实施例进行各种修改和改进。因此,本发明的范围不局限于所描述的特定实施例,而由所附的权利要求确定。

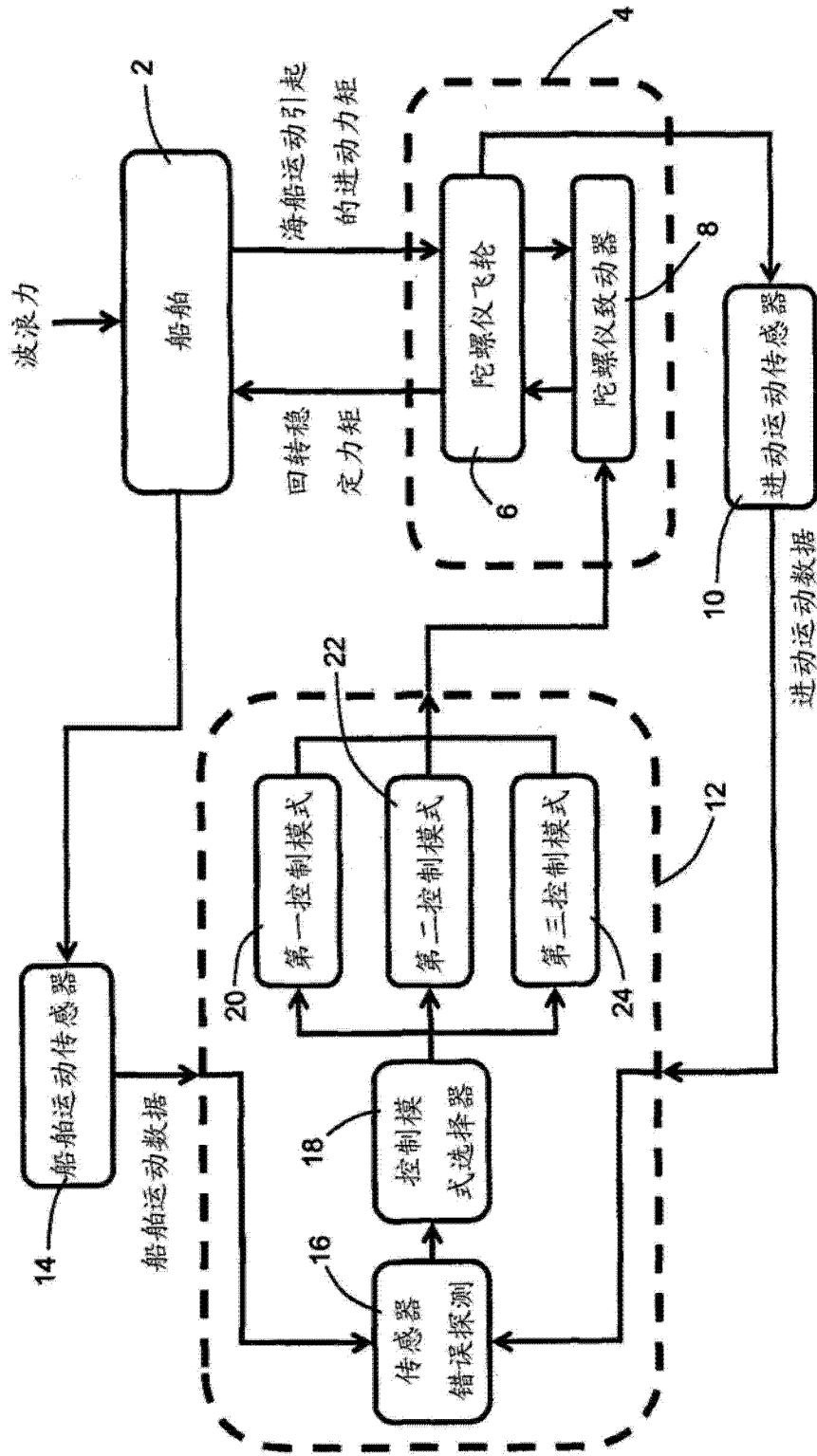


图 1

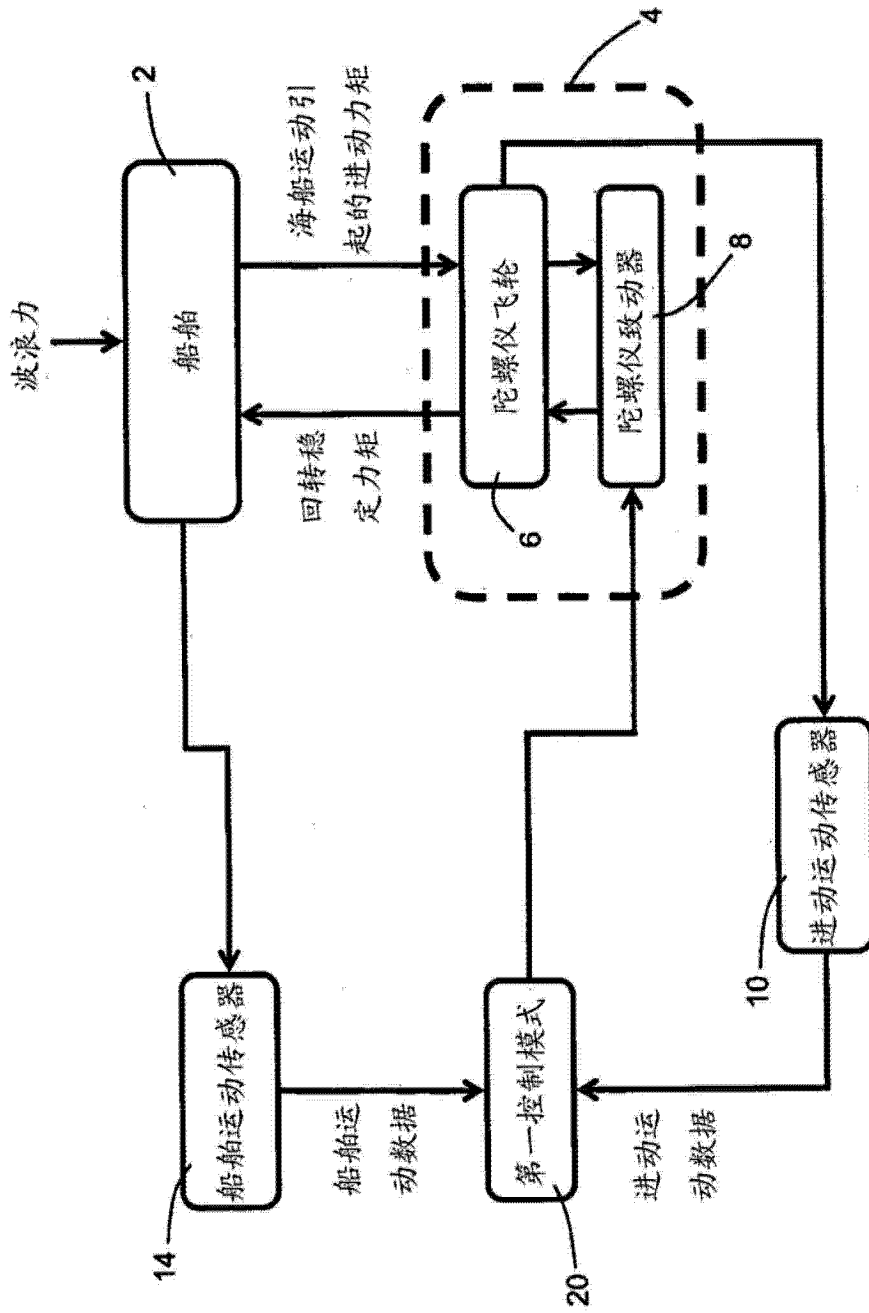


图 2

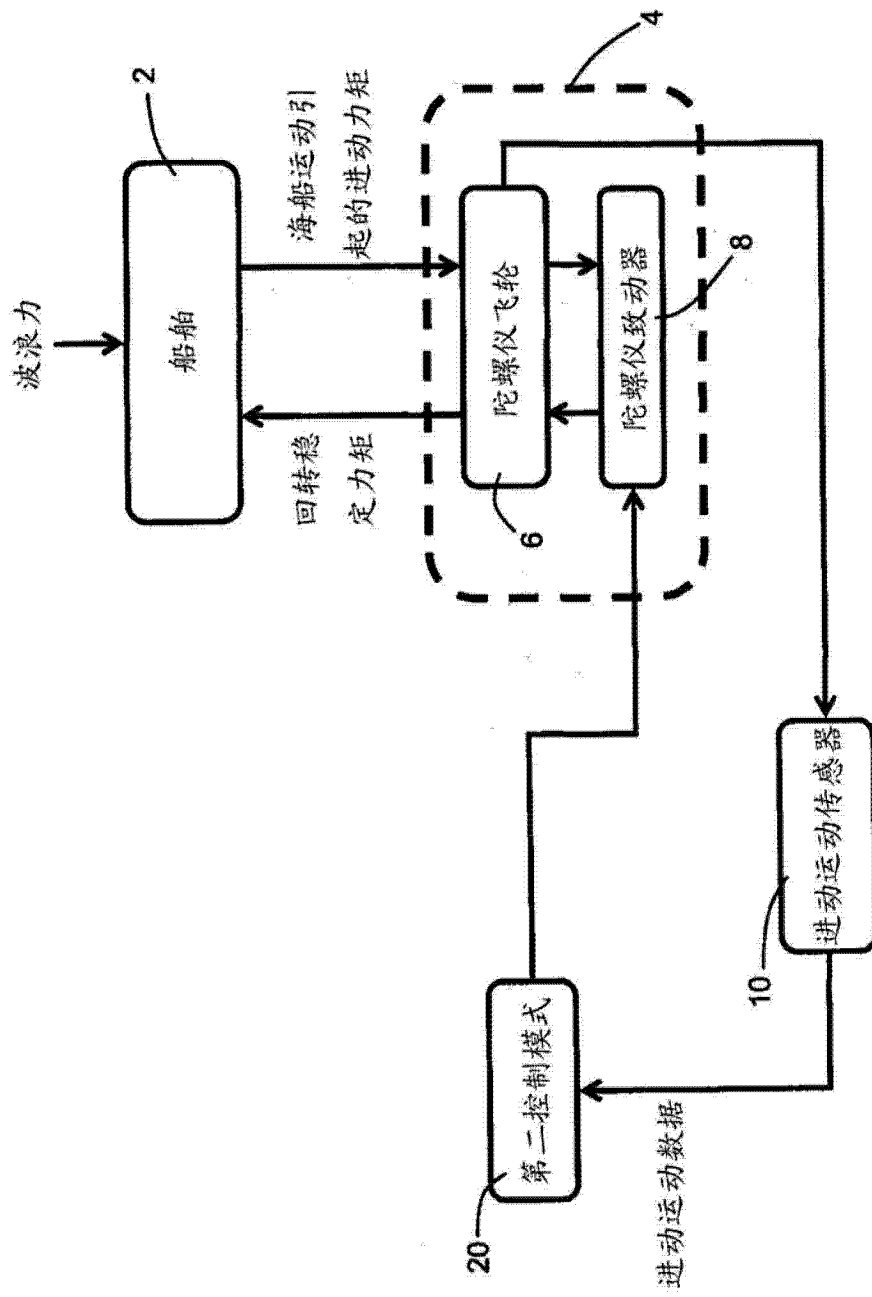


图 3

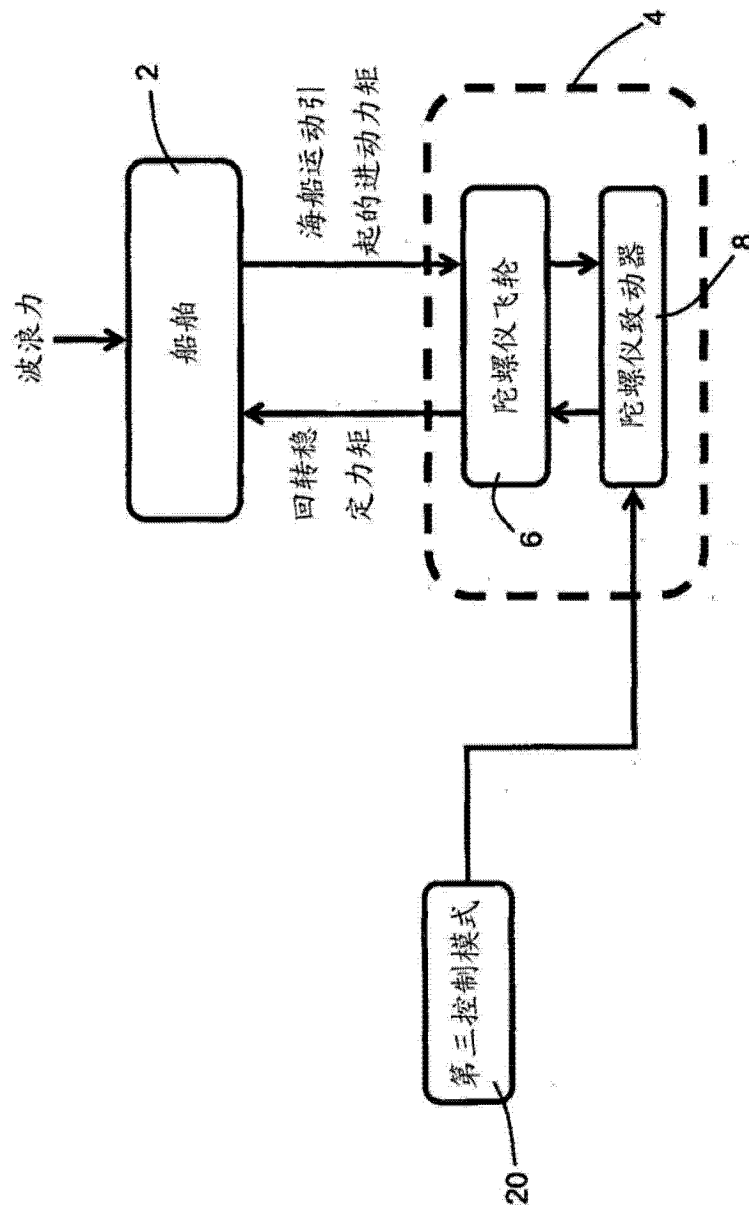


图 4

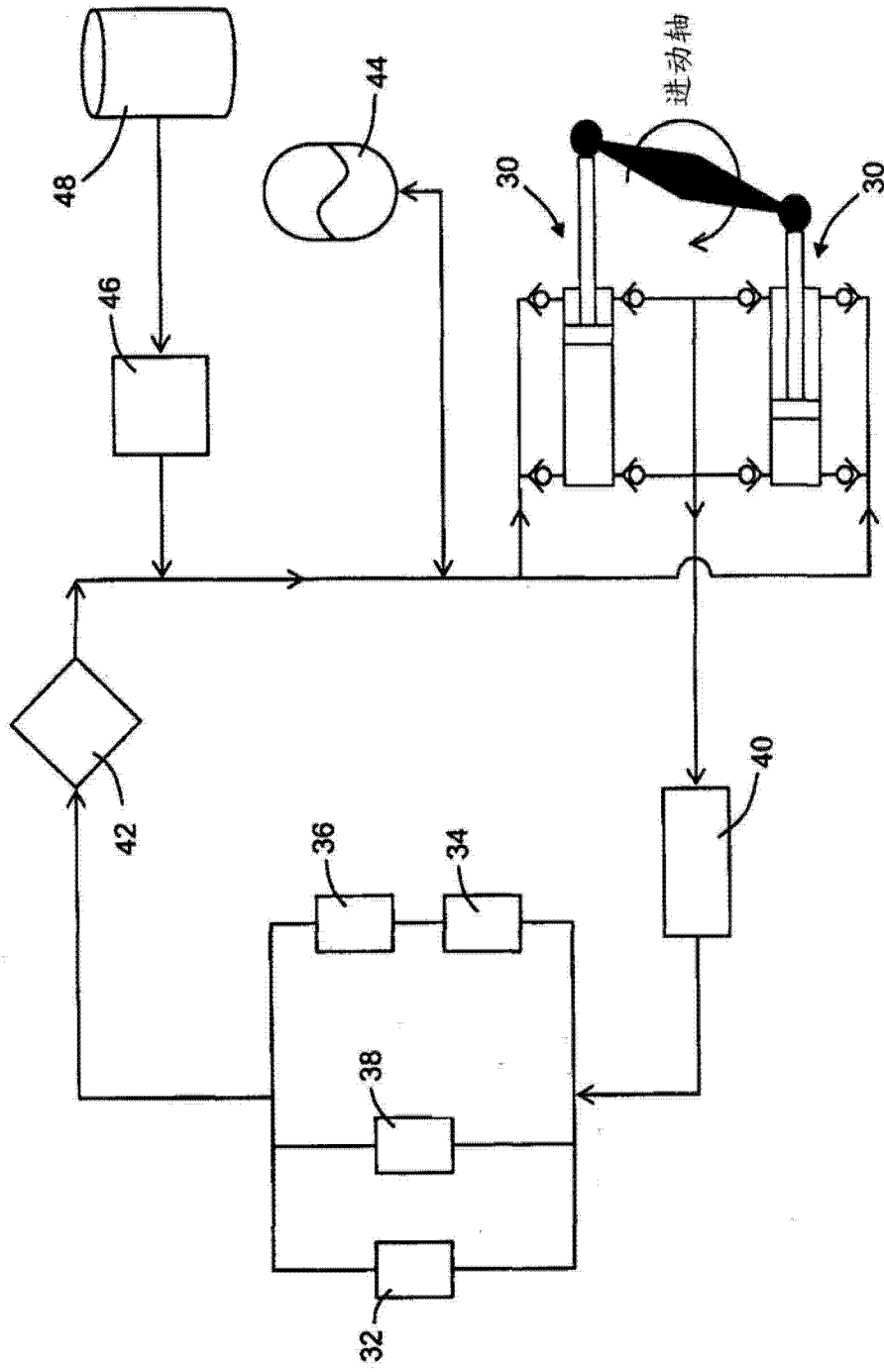


图 5

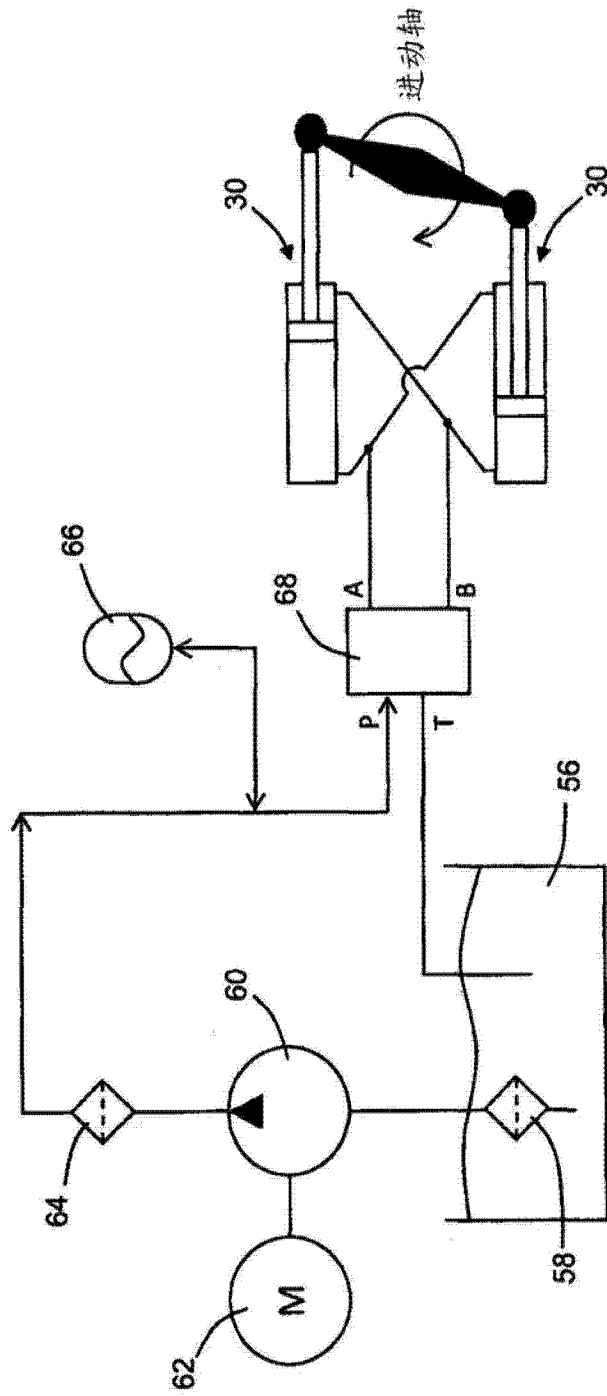


图 6