



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103670760 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201310417140. 4

CN 101532459 A, 2009. 09. 16,

(22) 申请日 2013. 09. 13

CN 1847627 A, 2006. 10. 18,

US 2011118955 A1, 2011. 05. 19,

(30) 优先权数据

13/613588 2012. 09. 13 US

审查员 向启雄

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 M. 利夫施斯 J. M. 凯泽

T. M. 卡恩加特 C. E. 惠特尼

T. J. 哈特里 G. J. 约克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 刘桢 傅永霄

(51) Int. Cl.

F02D 43/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101660457 A, 2010. 03. 03,

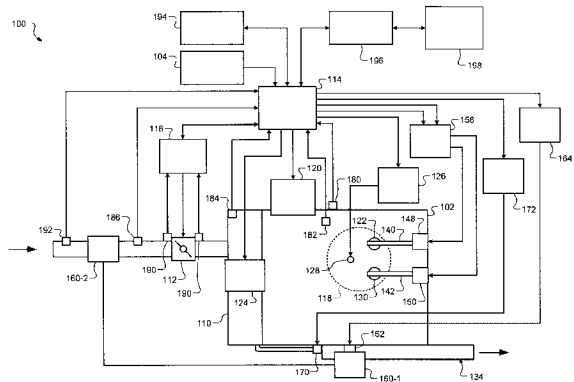
权利要求书3页 说明书16页 附图4页

(54) 发明名称

协调的发动机扭矩控制

(57) 摘要

本发明涉及协调的发动机扭矩控制。一种用于发动机的控制系统包括目标每缸空气量 (APC) 模块、目标面积模块和相位器调度模块。目标 APC 模块基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定目标 APC。目标面积模块基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定发动机的节流阀的目标开度。目标面积模块基于目标开度控制节流阀。相位器调度模块基于目标 APC 确定目标进气和排气凸轮相位器角度。相位器调度模块分别基于目标进气和排气凸轮相位器角度控制发动机的进气和排气凸轮相位器。



1. 一种用于发动机的控制系统,包括:

目标每缸空气量(APC)模块,其基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定目标APC;

目标面积模块,其基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度来确定所述发动机的节流阀的目标开度并且基于所述目标开度控制所述节流阀;以及

相位器调度模块,其基于所述目标APC确定所述目标进气和排气凸轮相位器角度并且分别基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度来控制所述发动机的进气凸轮相位器和排气凸轮相位器。

2. 根据权利要求1所述的控制系统,还包括:

目标歧管绝对压力(MAP)模块,其基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定目标MAP;以及

增压调度模块,其基于所述目标MAP确定涡轮增压器的废气门的目标占空比并且基于所述目标占空比控制所述涡轮增压器的所述废气门。

3. 根据权利要求2所述的控制系统,还包括目标空气质量流量(MAF)模块,其基于所述目标APC确定进入所述发动机的目标MAF,

其中,所述目标面积模块基于所述目标MAF和所述目标MAP确定所述目标开度。

4. 根据权利要求2所述的控制系统,还包括:

第一扭矩估计模块,其基于使用MAP传感器测量的MAP确定所述发动机的第一估计扭矩输出;以及

第二扭矩估计模块,其基于所述发动机的当前APC确定所述发动机的第二估计扭矩输出,

其中,所述目标MAP模块进一步基于所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩确定所述目标MAP。

5. 根据权利要求4所述的控制系统,其中所述目标MAP模块基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度、以及所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩之间的差值确定所述目标MAP。

6. 根据权利要求4所述的控制系统,其中所述目标APC模块进一步基于所述第二估计扭矩确定所述目标APC。

7. 根据权利要求6所述的控制系统,还包括致动模块,其基于驾驶员扭矩请求生成空气扭矩请求,

其中,所述目标APC模块进一步基于所述空气扭矩请求确定所述目标APC。

8. 根据权利要求7所述的控制系统,还包括:

扭矩误差模块,其基于所述第二估计扭矩和所述空气扭矩请求之间的差值确定扭矩误差;

调整模块,其基于所述扭矩误差确定扭矩调整量;以及

目标确定模块,其基于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量确定目标扭矩,

其中,所述目标APC模块基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度和所述目标扭矩来确定所述目标APC。

9. 根据权利要求8所述的控制系统,其中所述目标确定模块将所述目标扭矩设置为等于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量之和。

10. 根据权利要求1所述的控制系统,还包括火花控制模块,其基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述目标火花正时。

11. 一种用于发动机的控制方法,包括:

基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度确定目标每缸空气量(APC);

基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述发动机的节流阀的目标开度;

基于所述目标开度控制所述节流阀;

基于所述目标APC确定所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度;以及

分别基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度控制所述发动机的进气凸轮相位器和排气凸轮相位器。

12. 根据权利要求11所述的控制方法,还包括:

基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定目标歧管绝对压力(MAP);

基于所述目标MAP确定涡轮增压器的废气门的目标占空比;以及

基于所述目标占空比控制所述涡轮增压器的所述废气门。

13. 根据权利要求12所述的控制方法,还包括:

基于所述目标APC确定进入所述发动机的目标空气质量流量(MAF);以及

基于所述目标MAF和所述目标MAP确定所述节流阀的所述目标开度。

14. 根据权利要求12所述的控制方法,还包括:

基于使用MAP传感器测量的MAP确定所述发动机的第一估计扭矩输出;

基于所述发动机的当前APC确定所述发动机的第二估计扭矩输出;以及

进一步基于所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩确定所述目标MAP。

15. 根据权利要求14所述的控制方法,还包括基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度、以及所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩之间的差值来确定所述目标MAP。

16. 根据权利要求14所述的控制方法,还包括进一步基于所述第二估计扭矩确定所述目标APC。

17. 根据权利要求16所述的控制方法,还包括:

基于驾驶员扭矩请求生成空气扭矩请求;以及

进一步基于所述空气扭矩请求确定所述目标APC。

18. 根据权利要求17所述的控制方法,还包括:

基于所述第二估计扭矩和所述空气扭矩请求之间的差值确定扭矩误差;

基于所述扭矩误差确定扭矩调整量;以及

基于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量确定目标扭矩;以及

基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角

度和所述目标扭矩确定所述目标APC。

19. 根据权利要求18所述的控制方法,还包括将所述目标扭矩设置为等于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量之和。

20. 根据权利要求11所述的控制方法,还包括基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述目标火花正时。

协调的发动机扭矩控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请涉及2012年9月13日提交的美国专利申请No. 13/613,683。以上申请的公开内容全文以引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开涉及内燃发动机,并且更特别地涉及用于车辆的控制系统和方法。

背景技术

[0004] 在此提供的背景技术描述用于总体上介绍本公开的背景。目前署名的发明人的工作就其在该背景部分中描述的程度以及在其描述在提交时不会以其它方式被认为现有技术的方面,既不明确地也不隐含地认为是破坏本公开的现有技术。

[0005] 内燃发动机在气缸内燃烧空气燃料混合物以驱动活塞,这产生驱动扭矩。进入发动机的空气流经由节流阀调节。更具体而言,节流阀调整节流面积,这增加或减小进入发动机的空气流。随着节流面积的增加,进入发动机的空气流增加。燃料控制系统调整燃料喷射的速率以向气缸提供所需的空气燃料混合物和/或实现所需的扭矩输出。增加提供至气缸的空气和燃料的量增加了发动机的扭矩输出。

[0006] 在火花点火发动机中,火花引发提供给气缸的空气燃料混合物的燃烧。在压缩点火发动机中,气缸中的压缩燃烧提供给气缸的空气燃料混合物。火花正时和空气流量可以是用于调整火花点火发动机的扭矩输出的主要机制,而燃料流量可以是用于调整压缩点火发动机的扭矩输出的主要机制。

[0007] 已开发出控制发动机输出扭矩以实现所需扭矩的发动机控制系统。然而,传统的发动机控制系统不能像期望的那样准确控制发动机输出扭矩。此外,传统的发动机控制系统不能提供对控制信号的快速响应或在影响发动机输出扭矩的各种装置之间协调发动机扭矩控制。

发明内容

[0008] 一种用于发动机的控制系统包括目标每缸空气量(APC)模块、目标面积模块和相位器调度模块。目标APC模块基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定目标APC。目标面积模块基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定发动机的节流阀的目标开度。目标面积模块基于目标开度控制节流阀。相位器调度模块基于目标APC确定目标进气和排气凸轮相位器角度。相位器调度模块分别基于目标进气和排气凸轮相位器角度控制发动机的进气和排气凸轮相位器。

[0009] 一种用于发动机的控制方法包括:基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定目标每缸空气量(APC);基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定发动机的节流阀的目标开度;以及基于目标开度控制节流阀。该控制方法还包括:基于目标APC确定目标进气和排气凸轮相位器角

度;以及分别基于目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度控制发动机的进气和排气凸轮相位器。

[0010] 本发明提供下列技术方案。

[0011] 1. 一种用于发动机的控制系统,包括:

[0012] 目标每缸空气量(APC)模块,其基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度来确定目标APC;

[0013] 目标面积模块,其基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度来确定所述发动机的节流阀的目标开度并且基于所述目标开度控制所述节流阀;以及

[0014] 相位器调度模块,其基于所述目标APC确定所述目标进气和排气凸轮相位器角度并且分别基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度来控制所述发动机的进气凸轮相位器和排气凸轮相位器。

[0015] 2. 根据技术方案1所述的控制系统,还包括:

[0016] 目标歧管绝对压力(MAP)模块,其基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定目标MAP;以及

[0017] 增压调度模块,其基于所述目标MAP确定涡轮增压器的废气门的目标占空比并且基于所述目标占空比控制所述涡轮增压器的所述废气门。

[0018] 3. 根据技术方案2所述的控制系统,还包括目标空气质量流量(MAF)模块,其基于所述目标APC确定进入所述发动机的目标MAF,

[0019] 其中,所述目标面积模块基于所述目标MAF和所述目标MAP确定所述目标开度。

[0020] 4. 根据技术方案2所述的控制系统,还包括:

[0021] 第一扭矩估计模块,其基于使用MAP传感器测量的MAP确定所述发动机的第一估计扭矩输出;以及

[0022] 第二扭矩估计模块,其基于所述发动机的当前APC确定所述发动机的第二估计扭矩输出,

[0023] 其中,所述目标MAP模块进一步基于所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩确定所述目标MAP。

[0024] 5. 根据技术方案4所述的控制系统,其中所述目标MAP模块基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度、以及所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩之间的差值确定所述目标MAP。

[0025] 6. 根据技术方案4所述的控制系统,其中所述目标APC模块进一步基于所述第二估计扭矩确定所述目标APC。

[0026] 7. 根据技术方案6所述的控制系统,还包括致动模块,其基于驾驶员扭矩请求生成空气扭矩请求,

[0027] 其中,所述目标APC模块进一步基于所述空气扭矩请求确定所述目标APC。

[0028] 8. 根据技术方案7所述的控制系统,还包括:

[0029] 扭矩误差模块,其基于所述第二估计扭矩和所述空气扭矩请求之间的差值确定扭矩误差;

[0030] 调整模块,其基于所述扭矩误差确定扭矩调整量;以及

- [0031] 目标确定模块,其基于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量确定目标扭矩,
- [0032] 其中,所述目标APC模块基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度和所述目标扭矩来确定所述目标APC。
- [0033] 9. 根据技术方案8所述的控制系统,其中所述目标确定模块将所述目标扭矩设置为等于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量之和。
- [0034] 10. 根据技术方案1所述的控制系统,还包括火花控制模块,其基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述目标火花正时。
- [0035] 11. 一种用于发动机的控制方法,包括:
- [0036] 基于目标火花正时、目标进气凸轮相位器角度和目标排气凸轮相位器角度确定目标每缸空气量(APC);
- [0037] 基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述发动机的节流阀的目标开度;
- [0038] 基于所述目标开度控制所述节流阀;
- [0039] 基于所述目标APC确定所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度;以及
- [0040] 分别基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度控制所述发动机的进气凸轮相位器和排气凸轮相位器。
- [0041] 12. 根据技术方案11所述的控制方法,还包括:
- [0042] 基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定目标歧管绝对压力(MAP);
- [0043] 基于所述目标MAP确定涡轮增压器的废气门的目标占空比;以及
- [0044] 基于所述目标占空比控制所述涡轮增压器的所述废气门。
- [0045] 13. 根据技术方案12所述的控制方法,还包括:
- [0046] 基于所述目标APC确定进入所述发动机的目标空气质量流量(MAF);以及
- [0047] 基于所述目标MAF和所述目标MAP确定所述节流阀的所述目标开度。
- [0048] 14. 根据技术方案12所述的控制方法,还包括:
- [0049] 基于使用MAP传感器测量的MAP确定所述发动机的第一估计扭矩输出;
- [0050] 基于所述发动机的当前APC确定所述发动机的第二估计扭矩输出;以及
- [0051] 进一步基于所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩确定所述目标MAP。
- [0052] 15. 根据技术方案14所述的控制方法,还包括基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度、以及所述第一估计扭矩和所述第二估计扭矩之间的差值来确定所述目标MAP。
- [0053] 16. 根据技术方案14所述的控制方法,还包括进一步基于所述第二估计扭矩确定所述目标APC。
- [0054] 17. 根据技术方案16所述的控制方法,还包括:
- [0055] 基于驾驶员扭矩请求生成空气扭矩请求;以及
- [0056] 进一步基于所述空气扭矩请求确定所述目标APC。
- [0057] 18. 根据技术方案17所述的控制方法,还包括:
- [0058] 基于所述第二估计扭矩和所述空气扭矩请求之间的差值确定扭矩误差;

- [0059] 基于所述扭矩误差确定扭矩调整量;以及
- [0060] 基于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量确定目标扭矩;以及
- [0061] 基于所述目标火花正时、所述目标进气凸轮相位器角度、所述目标排气凸轮相位器角度和所述目标扭矩确定所述目标APC。
- [0062] 19. 根据技术方案18所述的控制方法,还包括将所述目标扭矩设置为等于所述空气扭矩请求和所述扭矩调整量之和。
- [0063] 20. 根据技术方案11所述的控制方法,还包括基于所述目标进气凸轮相位器角度和所述目标排气凸轮相位器角度确定所述目标火花正时。
- [0064] 本公开进一步的适用范围将通过下文提供的详细描述而变得显而易见。应当理解,详细描述和具体示例仅意图用于举例说明,而并非意图限制本方面的范围。

附图说明

- [0065] 通过详细描述和附图将会更全面地理解本公开,附图中:
- [0066] 图1是根据本公开的示例性发动机系统的功能框图;
- [0067] 图2是根据本公开的示例性发动机控制系统的功能框图;
- [0068] 图3是根据本发明的示例性空气控制模块的功能框图;以及
- [0069] 图4包括描绘根据本公开的控制节流阀、进气和排气凸轮相位器、废气门和火花正时的示例性方法的流程图。

具体实施方式

- [0070] 发动机控制模块(ECM)控制发动机的扭矩输出。更具体而言,ECM分别基于各目标值控制发动机的致动器以产生目标发动机扭矩输出。例如,ECM基于目标火花正时控制火花正时、基于目标进气和排气凸轮相位器角度控制进气和排气凸轮相位器、基于目标开度控制节流阀、并且基于目标废气门占空比控制涡轮增压器的废气门。
- [0071] ECM基于每缸空气量(APC)的目标质量确定目标进气和排气凸轮相位器角度。ECM基于目标歧管压力确定目标废气门占空比。ECM基于进入发动机的目标空气质量流量(MAF)确定目标开度。ECM可基于实际火花正时和实际进气及排气凸轮相位器角度来确定目标APC、目标歧管压力和目标MAF。
- [0072] 然而,本申请的ECM基于目标火花正时和目标进气及排气凸轮相位器角度来确定目标APC、目标歧管压力和目标MAF。这可以最小化在请求改变目标发动机扭矩输出的时间和该改变发生的时间之间的延迟。当使用目标值时,也可以实现燃料消耗减少,因为进入发动机的空气流在对所述改变作出响应的期间可能减少。
- [0073] 现在参看图1,提供了示例性发动机系统100的功能框图。发动机系统100包括发动机102,发动机102基于来自驾驶员输入模块104的驾驶员输入燃烧空气燃料混合物以产生用于车辆的驱动扭矩。空气通过节流阀112被吸入进气歧管110中。仅仅是举例,节流阀112可包括具有可旋转叶片的蝶阀。发动机控制模块(ECM) 114控制节流阀致动器模块116,节流阀致动器模块116调节节流阀112的开度,以控制吸入进气歧管110的空氣的量。
- [0074] 来自进气歧管110的空气被吸入发动机102的气缸中。虽然发动机102可包括多个气缸,但为了说明目的,示出单个代表性气缸118。仅仅是举例,发动机102可包括2个、3个、4

个、5个、6个、8个、10个和/或12个气缸。ECM 114可指示气缸致动器模块120选择性地停用气缸中的一些,这可以在某些发动机操作条件下改善燃料经济性。

[0075] 发动机102可使用四冲程循环来操作。以下描述的四个冲程可以被称为进气冲程、压缩冲程、燃烧冲程和排气冲程。在曲轴(未示出)的每周旋转期间,在气缸118内进行四个冲程中的两个。因此,气缸118经历所有四个冲程需要曲轴旋转两周。

[0076] 在进气冲程期间,来自进气歧管110的空气通过进气阀122被吸入气缸118中。ECM 114控制燃料致动器模块124,该模块调节燃料喷射以实现目标空燃比。燃料可以在中央位置处或多个位置处(例如,在每个气缸118的进气阀122附近)喷入进气歧管110中。在各种实施(未示出)中,燃料可以直接喷入气缸中或喷入与气缸相关联的混合室中。燃料致动器模块124可以停止向停用的气缸喷射燃料。

[0077] 喷射的燃料在气缸118中与空气混合并产生空气燃料混合物。在压缩冲程期间,气缸118内的活塞(未示出)压缩空气燃料混合物。虽然未示出,但发动机102可以是压缩点火发动机,在这种情况下,在气缸118内的压缩点燃空气燃料混合物。备选地,如图所示,发动机102可以是火花点火发动机,在这种情况下,火花致动器模块126基于来自ECM 114的信号激励气缸118中的火花塞128,这点燃空气燃料混合物。可相对于活塞处于其称为上止点(TDC)的最高位置时的时间来指定火花的正时。

[0078] 火花致动器模块126可由指定距TDC之前或之后多远的正时信号控制以生成火花。由于活塞位置与曲轴旋转直接相关,火花致动器模块126的操作可以与曲轴角度同步。火花致动器模块126可以停止向停用的气缸提供火花。生成火花可被称为点火事件。火花致动器模块126可具有针对每个点火事件改变火花正时的能力。火花致动器模块126在火花正时在上一一次点火事件和下一次点火事件之间变化时可以针对下一次点火事件改变火花正时。

[0079] 在燃烧冲程期间,空气燃料混合物的燃烧驱动活塞远离TDC,从而驱动曲轴。燃烧冲程可被定义为在活塞到达TDC和活塞达到下止点(BDC)的时间之间的时间。在排气冲程期间,活塞开始移动远离BDC并且通过排气阀130排出燃烧的副产物。燃烧副产物经由排气系统134从车辆排出。

[0080] 进气阀122可由进气凸轮轴140控制,而排气阀130可由排气凸轮轴142控制。在各种实施中,多个进气凸轮轴(包括进气凸轮轴140)可以控制气缸118的多个进气阀(包括进气阀122)和/或可以控制多组气缸(包括气缸118)的进气阀(包括进气阀122)。类似地,多个排气凸轮轴(包括排气凸轮轴142)可以控制气缸118的多个排气阀和/或可以控制多组气缸(包括气缸118)的排气阀(包括排气阀130)。气缸致动器模块120可通过禁用进气阀122和/或排气阀130的打开而停用气缸118。在各种其它实施中,可由诸如无凸轮阀门致动器的除凸轮轴之外的装置来控制进气阀122和/或排气阀130。

[0081] 进气阀122打开的时间可由进气凸轮相位器148相对于活塞TDC而改变。排气阀130打开的时间可由排气凸轮相位器150相对于活塞TDC而改变。相位器致动器模块158可基于来自ECM 114的信号而控制进气凸轮相位器148和排气凸轮相位器150。当实施时,可变阀门升程(未示出)也可由相位器致动器模块158控制。

[0082] 发动机系统100可包括向进气歧管110提供加压空气的增压装置。例如,图1示出包括由流过排气系统134的热排气提供动力的热涡轮160-1的涡轮增压器。涡轮增压器还包括由涡轮160-1驱动的冷空气压缩机160-2。压缩机160-2压缩引入节流阀112的空气。在各种

实施中,由曲轴驱动的增压器(未示出)可以压缩来自节流阀112的空气并将压缩空气输送至进气歧管110。

[0083] 废气门162可允许排气绕过涡轮160-1,从而减少由涡轮增压器提供的增压(进气压缩量)。ECM 114可经由增压致动器模块164控制涡轮增压器。增压致动器模块164可通过控制废气门162的开度来调节涡轮增压器的增压。在各种实施中,可由增压致动器模块164控制多个涡轮增压器。涡轮增压器可具有变化的几何形状,这可由增压致动器模块164来控制。

[0084] 中间冷却器(未示出)可消耗包含在压缩的空气充量中的一些热量,该热量在空气被压缩时产生。压缩空气充量也可从排气系统134的部件吸收热量。虽然为了说明而示出为单独的,但涡轮160-1和压缩机160-2可附接到彼此,从而使进气紧邻热排气。

[0085] 发动机系统100可包括排气再循环(EGR)阀170,该阀门将排气选择性地重新导向回进气歧管110。EGR阀170可位于涡轮增压器的涡轮160-1的上游。EGR阀170可由EGR致动器模块172控制。

[0086] 发动机系统100可使用RPM传感器180测量以每分钟转数(RPM)计的曲轴速度。可使用发动机冷却剂温度(ECT)传感器182测量发动机冷却剂的温度。ECT传感器182可位于发动机102内或冷却剂流过的其它位置,例如散热器(未示出)。

[0087] 可使用歧管绝对压力(MAP)传感器184测量进气歧管110内的压力。在各种实施中,可测量发动机真空,其为环境空气压力与进气歧管110内的压力之间的差值。可使用空气质量流量(MAF)传感器186测量流入进气歧管110中的空气的质量流量。在各种实施中,MAF传感器186可位于也包括节流阀112的外壳中。

[0088] 节流阀致动器模块116可使用一个或多个节流阀位置传感器(TPS)190来监测节流阀112的位置。可使用进气温度(IAT)传感器192测量吸入发动机102的环境空气的温度。发动机系统100也可包括一个或多个其它传感器。ECM 114可使用来自传感器的信号来为发动机系统100做出控制决策。

[0089] ECM 114可与变速器控制模块194通信以协调变速器(未示出)中的换档。例如,ECM 114可以在换档期间减小发动机扭矩。ECM 114可与混合控制模块196通信以协调发动机102和电动马达198的操作。

[0090] 电动马达198也可充当发电机,并可用来产生电能以便由车辆的电气系统使用和/或储存在电池中。在各种实施中,ECM 114、变速器控制模块194和混合控制模块196的各种功能可以一体化到一个或多个模块中。

[0091] 改变发动机参数的每个系统可被称为致动器。每个系统接收目标致动器值。例如,节流阀致动器模块116可被称为致动器,并且目标节流阀打开面积可被称为目标致动器值。在图1的示例中,节流阀致动器模块116通过调整节流阀112的叶片的角度来实现目标节流阀打开面积。

[0092] 类似地,火花致动器模块126可被称为致动器,而对应的目标致动器值可以是相对于活塞TDC的目标火花正时。其它致动器可包括气缸致动器模块120、燃料致动器模块124、相位器致动器模块158、增压致动器模块164和EGR致动器模块172。对于这些致动器来说,目标致动器值可分别包括启用气缸的目标数、目标燃料供给参数、目标进气和排气凸轮相位器角度、目标废气门占空比、以及目标EGR阀打开面积。ECM 114可生成目标致动器值,以使

发动机102生成目标发动机输出扭矩。

[0093] 现在参看图2,提供了示范性发动机控制系统的功能框图。ECM 114的示范性实施包括驾驶员扭矩模块202、轮轴扭矩仲裁模块204和推进扭矩仲裁模块206。ECM 114可包括混合优化模块208。ECM 114还包括储备/负载模块220、致动模块224、空气控制模块228、火花控制模块232、气缸控制模块236和燃料控制模块240。ECM 114还包括每缸空气量(APC)扭矩估计模块244、MAP扭矩估计模块246、增压调度模块248和相位器调度模块252。

[0094] 驾驶员扭矩模块202可基于来自驾驶员输入模块104的驾驶员输入255来确定驾驶员扭矩请求254。驾驶员输入255可基于例如加速器踏板的位置和制动器踏板的位置。驾驶员输入255还可基于巡航控制,该控制可以是改变车辆速度以保持预定行车间距的自适应巡航控制系统。驾驶员扭矩模块202可存储加速器踏板位置与目标扭矩的一个或多个映射并可基于映射中选定的一个来确定驾驶员扭矩请求254。

[0095] 轮轴扭矩仲裁模块204在驾驶员扭矩请求254和其它轮轴扭矩请求256之间进行仲裁。轮轴扭矩(车轮处的扭矩)可由包括发动机和/或电动马达的各种源产生。例如,轮轴扭矩请求256可包括检测到正向车轮打滑时由牵引控制系统请求的扭矩减小。正向车轮打滑发生在轮轴扭矩克服车轮与路面之间的摩擦并且车轮开始相对路面打滑的时候。轮轴扭矩请求256还可包括转矩增加请求以抵消负向车轮打滑,这种情况下,因为轮轴扭矩为负,车辆的轮胎朝着相对于路面的另一方向打滑。

[0096] 轮轴扭矩请求256还可包括括制动管理请求和车辆超速扭矩请求。制动管理请求可在车辆停止时减小轮轴扭矩以确保轮轴扭矩不超过制动器保持住车辆的能力。车辆超速扭矩请求可减小轮轴扭矩以防止车辆超过预定速度。轮轴扭矩请求256还可通过车辆稳定性控制系统产生。

[0097] 轮轴扭矩仲裁模块204基于在接收的扭矩请求254和256之间的仲裁结果来输出预测扭矩请求257和即时扭矩请求258。如下所述,来自轮轴扭矩仲裁模块204的预测扭矩请求257和即时扭矩请求258在用于控制发动机系统100的致动器之前可选择性地由ECM 114的其它模块调整。

[0098] 一般而言,即时扭矩请求258是当前目标轮轴扭矩的量,而预测扭矩请求257是在临时通知时可能需要的轮轴扭矩的量。ECM 114控制发动机系统100以产生等于即时扭矩请求258的轮轴扭矩。然而,致动器值的不同组合可导致相同的轮轴扭矩。ECM 114可因此调整目标致动器值以便能够较快地转变到预测扭矩请求257,同时使轮轴扭矩仍保持在即时扭矩请求258。

[0099] 在各种实施中,预测扭矩请求257可基于驾驶员扭矩请求254设置。即时扭矩请求258在某些情况下可设置成小于预测扭矩请求257,例如当驾驶员扭矩请求254正引起车轮在冰面上打滑时。在这种情况下,牵引力控制系统(未示出)可通过即时扭矩请求258来请求减小,并且ECM 114将发动机扭矩输出减小到即时扭矩请求258。然而,ECM 114执行减小,使得一旦车轮停止打滑,发动机系统100能迅速重新开始产生预测扭矩请求257。

[0100] 一般而言,在即时扭矩请求258和(通常更高的)预测扭矩请求257之间的差值可被称为扭矩储备。扭矩储备可表示发动机系统100可以最小延迟开始产生的额外的扭矩(超过即时扭矩请求258)的量。快速发动机致动器用来以最小的延迟增加或减小当前轮轴扭矩。如下文更详细描述,快速发动机致动器相对于慢速发动机致动器而定义。

[0101] 在各种实施中,快速发动机致动器能够在—个范围内改变轮轴转矩,其中,该范围是由慢速发动机致动器建立的。范围的上限是预测转矩请求257,而该范围的下限由快速致动器的转矩(变化)容量限制。仅仅是举例,快速致动器可以仅仅能够将轮轴转矩减小第—量,其中,该第—量是对快速致动器的转矩容量的量度。第—量可基于由慢速发动机致动器设置的发动机操作条件而变化。

[0102] 当即时转矩请求258在该范围内时,快速发动机致动器可被控制以使轮轴转矩等于即时转矩请求258。当ECM 114请求输出预测转矩请求257,快速发动机致动器可被控制以将轮轴转矩改变至范围的上限,即预测转矩请求257。

[0103] 一般而言,快速发动机致动器能比慢速发动机致动器更快速地改变轮轴转矩。慢速致动器可以比快速致动器所做的更慢地响应于其相应的致动器值变化。例如,慢速致动器可包括机械部件,该部件需要时间响应于致动器值的变化从—位置移动至另—位置。慢速致动器还可由—旦慢速致动器开始实施变化的致动器值时轮轴转矩开始变化所花费的时间量来表征。通常,慢速致动器的这个时间量将长于快速致动器的。此外,即使在开始变化之后,轮轴转矩也可能花费更长时间以完全响应慢速致动器的变化。

[0104] 仅仅是举例,如果将快速致动器设置成适当的值,ECM 114可以将慢速致动器的致动器值设置为将使发动机系统100能够产生预测转矩请求257的值。同时,ECM 114可以将快速致动器的目标致动器值设置为在给定慢速致动器值的情况下促使发动机系统100产生即时转矩请求258而不是预测转矩请求257的值。

[0105] 快速致动器因此促使发动机系统100产生即时转矩请求258。当ECM 114决定将轮轴转矩从即时转矩请求258转变为预测转矩请求257时,ECM 114将把—个或多个快速致动器的目标致动器值改变为对应于预测转矩请求257的值。因为已经基于预测转矩请求257设置了慢速致动器的目标致动器值,发动机系统100能够在仅仅由快速致动器施加的(最小)延迟之后产生预测转矩请求257。换言之,避免了否则使用慢速致动器改变轮轴转矩而产生的更长的延迟。

[0106] 仅仅是举例,在火花点火发动机中,火花正时可以是快速致动器值,而节流阀打开面积可以是慢速致动器值。火花点火发动机可以通过施加火花而燃烧包括例如汽油和乙醇的燃料。相比之下,在压缩点火发动机中,燃料流量可以是快速致动器值,而节流阀开度可以用作除转矩之外的发动机特性的致动器值。压缩点火发动机可以通过压缩而燃烧包括例如柴油燃料的燃料。

[0107] 当发动机102为火花点火发动机时,火花致动器模块126可以是快速致动器,并且节流阀致动器模块116可以是慢速致动器。在接收新的目标致动器值之后,火花致动器模块126也许能改变后面的点火事件的火花正时。当点火事件的火花正时(也称为点火提前)被设为最佳值时,可以在紧接在点火事件之后的燃烧冲程中产生最大量的转矩。然而,偏离最佳值的火花正时会减小在燃烧冲程中产生的转矩的量。因此,—发生下一点火事件,火花致动器模块126也许就能通过改变火花正时改变发动机输出转矩。仅仅是举例,在车辆设计的标定阶段期间可以确定对应于不同的发动机操作条件的火花正时的表,并且基于当前发动机操作条件从表中选择最佳值。

[0108] 相比之下,节流阀打开面积的变化花费更长时间以影响发动机输出转矩。节流阀致动器模块116通过调整节流阀112的叶片的角度来改变节流阀打开面积。因此,—旦接收

新的致动器值,那么当节流阀112基于新的目标致动器值从其前一位置移动到新位置时就存在机械延迟。此外,基于节流阀打开面积的空气流变化经受进气歧管110中的空气传输延迟。此外,没有随着发动机输出扭矩的增加而实现进气歧管110中增加的空气流,直到气缸118在下一进气冲程接收额外空气、压缩该额外空气并且开始燃烧冲程。

[0109] 使用这些致动器作为例子,能够通过将节流阀开度设置为将允许发动机102产生预测扭矩请求257的值来形成扭矩储备。同时,可基于小于预测扭矩请求257的即时扭矩请求258设置火花正时。虽然节流阀开度为发动机102产生足够的空气流以产生预测扭矩请求257,但基于即时扭矩请求258来延迟火花正时(这减小扭矩)。发动机输出扭矩将因此等于即时扭矩请求258。

[0110] 当需要额外的扭矩时,火花正时可基于预测扭矩请求257或在预测扭矩请求257和即时扭矩请求258之间的扭矩来设置火花正时。通过后面的点火事件,火花致动器模块126可以使火花正时返回至最佳值,这允许发动机102产生用已经提供的空气流能够获得的全部发动机输出扭矩。发动机输出扭矩可因此被快速增加至预测扭矩请求257,而不经历由改变节流阀打开面积带来的延迟。

[0111] 轮轴扭矩仲裁模块204可将预测扭矩请求257和即时扭矩请求258输出到推进扭矩仲裁模块206。在各种实施中,轮轴扭矩仲裁模块204可将预测扭矩请求257和即时扭矩请求258输出到混合优化模块208。

[0112] 混合优化模块208可确定应该由发动机102产生的扭矩的大小和应该由电动马达198产生的扭矩的大小。混合优化模块208接着分别将修改后的预测扭矩请求259和即时扭矩请求260输出至推进扭矩仲裁模块206。在各种实施中,混合优化模块208可在混合控制模块196中实施。

[0113] 由推进扭矩仲裁模块206接收的预测扭矩请求和即时扭矩请求被从轮轴扭矩域(车轮处的扭矩)转换成推进扭矩域(曲轴处的扭矩)。这种转换可在混合优化模块208之前、之后、作为其一部分发生,或者替代混合优化模块208发生。

[0114] 推进扭矩仲裁模块206在包括转换后的预测扭矩请求和即时扭矩请求的推进扭矩请求290之间进行仲裁。推进扭矩仲裁模块206生成仲裁的预测扭矩请求261和仲裁的即时扭矩请求262。仲裁的扭矩请求261和仲裁的扭矩请求262可通过从接收的扭矩请求中选择获胜的请求而生成。替代地或另外地,仲裁的扭矩请求可通过基于接收的扭矩请求中的另一个或多个来修改接收的请求中的一个而生成。

[0115] 例如,推进扭矩请求290可包括针对发动机超速保护的扭矩减小、针对失速预防的扭矩增加、以及为适应换挡而由变速器控制模块194请求的扭矩减小。在驾驶员踩下手动变速器车辆中的离合器踏板以防止发动机转速的加剧(急剧升高)时,推进扭矩请求290还可由离合器燃料切断产生,其减小发动机输出扭矩。

[0116] 推进扭矩请求290还可包括发动机停止请求,其可以在检测到重大故障时发起。仅仅是举例,重大故障可包括检测到车辆被盗、起动马达卡住、电子节流阀控制问题和意外的扭矩增加。在各种实施中,当发动机停止请求出现时,仲裁选择发动机停止请求作为胜出的请求。当发动机停止请求出现时,推进扭矩仲裁模块206可以输出零作为仲裁的预测扭矩请求261和仲裁的即时扭矩请求262。

[0117] 在各种实施中,发动机停止请求可以独立于仲裁过程而只是关闭发动机102。推进

扭矩仲裁模块206仍然可以接收发动机停止请求以便例如适当的数据能够反馈给其他的转矩请求者。例如,可以通知所有其他转矩请求者,他们已经输掉了仲裁。

[0118] 储备/负载模块220接收仲裁的预测扭矩请求261和仲裁的即时扭矩请求262。储备/负载模块220可调整仲裁的预测扭矩请求261和仲裁的即时扭矩请求262以产生扭矩储备和/或补偿一个或多个负载。储备/负载模块220然后将调整后的预测扭矩请求263和调整后的即时扭矩请求264输出到致动模块224。

[0119] 仅仅是举例,催化剂起燃过程或冷启动排放降低过程可能要求延迟的火花正时。储备负载模块220可因此将调整后的预测扭矩请求263增加至高于调整后的即时扭矩请求264以便为冷启动排放降低过程形成延迟的火花。又如,可以直接改变发动机的空燃比和/或空气质量流量,例如通过诊断式侵入当量比试验和/或新的发动机吹扫。在开始这些过程之前,可以形成或增加扭矩储备以迅速弥补这些过程期间由稀的空气燃料混合物引起的发动机输出扭矩的降低。

[0120] 储备/负载模块220还可在预期诸如动力转向泵操作或空气调节(A/C)压缩机离合器的接合的未来负载时产生或增加扭矩储备。用于A/C压缩机离合器的接合的储备可在驾驶员第一次请求空气调节时产生。储备/负载模块220可增加调整的预测扭矩请求263,同时使调整的即时扭矩请求264保持不变以产生扭矩储备。然后,当A/C压缩机离合器接合时,储备/负载模块220可通过A/C压缩机离合器的估计负载来增加调整的即时扭矩请求264。

[0121] 致动模块224接收调整的预测扭矩请求263和调整的即时扭矩请求264。致动模块224确定将如何实现调整的预测扭矩请求263和调整的即时扭矩请求264。致动模块224可以是因发动机类型而异的。例如,就火花点火发动机对压缩点火发动机而言,致动模块224可以不同地实施或者使用不同的控制方案。

[0122] 在各种实施中,致动模块224可以限定全部发动机类型公用的模块与因发动机类型而异的模块之间的界线。例如,发动机类型可包括火花点火和压缩点火。在致动模块224之前的模块例如推进扭矩仲裁模块206可以是全部发动机类型公用的模块,而致动模块224和随后的模块可以是因发动机类型而异的。

[0123] 例如,在火花点火发动机中,致动模块224可以改变作为慢速致动器的节流阀112的开度,允许大范围的扭矩控制。致动模块224可以使用气缸致动器模块120停用气缸,这也提供大范围的扭矩控制,但是也可以较慢并且可以涉及驾驶性能和排放问题。致动模块224可使用火花正时作为快速致动器。然而,火花正时可以不提供同样大范围的扭矩控制。此外,由于火花正时的变化(称为火花储备容量)而成为可能的扭矩控制量可随空气流改变而变化。

[0124] 在各种实施中,致动模块224可基于调整后的预测扭矩请求263而生成空气扭矩请求265。空气扭矩请求265可等于调整后的预测扭矩请求263,从而将空气流设置成使得调整后的预测扭矩请求263能通过其它(例如,快速)致动器的改变而实现。

[0125] 空气流控制致动器的目标致动器值可基于空气扭矩请求265而确定。仅仅是举例,空气控制模块228(还可参见图3)可基于空气扭矩请求265确定目标歧管绝对压力(MAP) 266、目标节流阀开度(例如打开面积)267、和/或目标每缸空气量(APC) 268。增压调度模块248可基于目标MAP 266确定废气门162的目标占空比269。虽然将讨论目标占空比269,但增压调度模块248可确定用于控制废气门162的另一个适当值。相位器调度模块252可基于目

标APC 268确定目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271。在各种实施中,空气控制模块228还可基于空气扭矩请求265确定EGR阀170的目标开度。

[0126] 致动模块224还可生成火花扭矩请求272、气缸关闭扭矩请求273和燃料扭矩请求274。火花控制模块232可基于火花扭矩请求272确定将火花正时从最佳火花正时起延迟(这减小发动机输出扭矩)多少。仅仅是举例,扭矩关系可被求逆以求出所需火花正时299。对于给定扭矩请求(T_{des}),所需火花正时(S_{des}) 299可基于下式确定:

[0127] (0) $S_{des} = f^{-1}(T_{des}, APC, I, E, AF, OT, \#)$ 。

[0128] 这种关系可具体化为公式和/或查找表。空燃比(AF)可以是由燃料控制模块240报告的实际空燃比。火花控制模块232还可生成目标火花正时275,如下文结合图3进一步讨论的。

[0129] 当火花正时被设定到最佳火花正时时,所得的扭矩可尽可能接近最大最佳扭矩(MBT)。MBT是指在使用具有大于预定辛烷值的辛烷值的燃料并使用化学计量供给燃料的同时在火花正时提前时对于给定空气流生成的最大发动机输出扭矩。该最大扭矩发生时的火花正时被称为MBT火花正时。最佳火花正时可因为例如燃料质量(例如当使用较低辛烷燃料时)和环境因素而与MBT火花正时略微不同。在最佳火花正时时的发动机输出扭矩可因此小于MBT。

[0130] 气缸关闭扭矩请求273可由气缸控制模块236用来确定要停用的气缸的目标数量276。气缸控制模块236还可指示燃料控制模块240停止为停用的气缸提供燃料并可指示火花控制模块232停止为停用的气缸提供火花。一旦气缸中已存在的燃料空气混合物已燃烧,火花控制模块232可以停止向气缸提供火花。

[0131] 燃料控制模块240可基于燃料扭矩请求274改变提供至每个气缸的燃料的量。更具体而言,燃料控制模块240可基于燃料扭矩请求274生成目标燃料供给参数277。目标燃料供给参数277可包括例如目标燃料质量、目标喷射开始正时和目标燃料喷射次数。

[0132] 在火花点火发动机的正常操作期间,燃料控制模块240可以空气主导模式操作,在该模式下,燃料控制模块240试图通过基于空气流控制供给燃料来保持化学计量空燃比。燃料控制模块240可确定目标燃料质量,该燃料质量在与每缸空气量的当前量结合时将获得化学计量燃烧。

[0133] 在压缩点火系统中,燃料控制模块240可以以燃料主导模式操作,其中,燃料控制模块240确定每个气缸的目标燃料质量,其满足燃料扭矩请求274,同时最小化排放、噪音和燃料消耗。在燃料主导模式下,空气流基于燃料流量而被控制并且可被控制以产生贫空燃比。此外,可将空燃比维持在预定水平之上,这可以在动态发动机操作条件下防止黑烟产生。

[0134] 空气控制模块228进一步基于MAP估计扭矩278生成目标MAP 266。MAP估计扭矩278对应于基于使用MAP传感器184测量的MAP 279而确定的当前发动机扭矩输出的估计值。MAP扭矩估计模块246基于MAP 279和其它测量的发动机操作参数生成MAP估计扭矩278。例如,MAP扭矩估计模块246利用以下关系生成MAP估计扭矩278:

[0135] (1) $T_{MAP} = f_1(MAP, RPM, S_{M+M}, E_M, AF, OT, \#)$,

[0136] 其中, T_{MAP} 为MAP估计扭矩278,MAP为MAP 279,RPM为发动机速度(曲轴的旋转速度), S_M 为火花致动器模块126使用的当前火花正时280, I_M 为测量的进气凸轮相位器角度

281, E_M 为测量的排气凸轮相位器角度282, AF为燃料致动器模块124使用的当前空燃比, OT为油温, 并且#为启用的气缸的当前数量。该关系可具体化为公式或查找表。

[0137] 相位器调度模块252可提供测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282。相位器调度模块252可基于测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282的前一值以及目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271来生成测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282。例如, 相位器调度模块252可利用以下关系生成测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282:

$$[0138] \quad (2) \dot{I}_M = f(I_T) + k * (I_T - I_{M_PREV}), \text{ 以及}$$

$$[0139] \quad (3) \dot{E}_T = f(E_T) + k * (E_T - E_{M_PREV}),$$

[0140] 其中, I_M 为测量的进气凸轮相位器角度281, I_T 为目标进气凸轮相位器角度270, k 为预定标量/增益值, I_{M_PREV} 为测量的进气凸轮相位器角度281的前一值, E_M 为测量的排气凸轮相位器角度282, E_T 为目标排气凸轮相位器角度271, k 为预定的标量/增益值, 并且 E_{M_PREV} 为测量的排气凸轮相位器角度282的前一值。

[0141] 空气控制模块228进一步基于APC估计扭矩283生成目标MAP 266、目标节流阀开度267和目标APC 268。APC估计扭矩283对应于基于当前APC 284确定的当前发动机扭矩输出的估计值。当前APC 284基于一个或多个测量的参数确定, 例如MAF、MAP和/或IAT。APC扭矩估计模块244基于当前APC 284和其它测量的发动机操作参数生成APC估计扭矩283。APC扭矩估计模块244利用以下关系生成APC估计扭矩283:

$$[0142] \quad (4) T_{APC} = f(APC_M, RPM, S_M, I_M, E_M, AF, OT, \#),$$

[0143] 其中, T_{APC} 为APC估计扭矩283, APC_M 为当前APC 284, RPM为发动机速度, S_M 为正被火花致动器模块126使用的当前火花正时280, I_M 为测量的进气凸轮相位器角度281, E_M 为测量的排气凸轮相位器角度282, AF为燃料致动器模块124使用的当前空燃比, OT为油温, 并且#为启用的气缸的当前数量。该关系可具体化为公式或查找表。

[0144] 空气控制模块228可将目标节流阀开度267输出至节流阀致动器模块116。节流阀致动器模块116调节节流阀112以产生目标节流阀开度267。空气控制模块228可将目标MAP 266输出至增压调度模块248。增压调度模块248基于目标MAP 266控制废气门162。空气控制模块228将目标APC 268输出至相位器调度模块252。基于目标APC 268和发动机速度(和/或曲轴位置), 相位器调度模块252可通过相位器致动器模块控制进气凸轮相位器148和/或排气凸轮相位器150的位置。

[0145] 现在参看图3, 提供了空气控制模块228的示例性实施的功能框图。扭矩误差模块304基于空气扭矩请求265和APC估计扭矩283之间的差值确定扭矩误差308。例如, 扭矩误差模块304可将扭矩误差308设为等于空气扭矩请求265减去APC估计扭矩283。

[0146] 调整模块312基于扭矩误差308生成扭矩调整量316。调整模块312可例如利用以下关系生成扭矩调整量316:

$$[0147] \quad (5) T_{ADJ} = K_P * (T_{ERROR}) + K_I * \int T_{ERROR} dt,$$

[0148] 其中, T_{ADJ} 为扭矩调整量316, K_P 为比例增益, T_{ERROR} 为扭矩误差308, 并且 K_I 为积分增

益。在各种实施中,可使用另一种合适类型的闭环控制器来基于扭矩误差308生成扭矩调整量316。

[0149] 目标确定模块320基于空气扭矩请求265和扭矩调整量316确定目标扭矩324。例如,目标确定模块320可将目标扭矩324设为等于空气扭矩请求265加扭矩调整量316。

[0150] 目标APC模块328基于目标扭矩324、目标火花正时275以及目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271生成目标APC 268。目标APC模块328进一步基于发动机速度、当前空燃比、油温和当前工作气缸数生成目标APC 268。以上提供的关系(4)可以被求逆并求解以确定目标APC 268。例如,目标APC模块328可利用以下关系生成目标APC 268:

$$[0151] \quad (6) \text{APC}_T = T^{-1}(T_T, \text{RPM}, S_T, I_T, E_T, \text{AF}, \text{OT}, \#),$$

[0152] 其中,APC_T为目标APC 268,T_T为目标扭矩324,RPM为发动机速度,S_T为目标火花正时275,I_T为目标进气凸轮相位器角度270,E_T为目标排气凸轮相位器角度271,AF为正被燃料致动器模块124使用的当前空燃比,OT为油温,#为启用的气缸的当前数量,并且T⁻¹表示上文用来将当前APC 284与APC估计扭矩283关联的关系(4)的逆运算。这种关系可具体化为公式或查找表。

[0153] 如上所述,相位器调度模块252基于目标APC 268生成目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271。相位器调度模块252可首先将诸如低通滤波器(LPF)的滤波器施加到目标APC 268,以生成滤波后的目标APC(未示出)。相位器调度模块252可基于滤波后的目标APC和发动机速度确定目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271。例如,相位器调度模块252可利用以下关系生成目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271:

$$[0154] \quad (7) I_T = f(\text{RPM}, \text{APC}_{T_F}); \text{以及}$$

$$[0155] \quad (8) E_T = f(\text{RPM}, \text{APC}_{T_F}),$$

[0156] 其中,I_T为目标进气凸轮相位器角度270,RPM为发动机速度,APC_{T_F}为滤波后的目标APC,并且E_T为目标排气凸轮相位器角度271。这些关系可具体化为公式或查找表。相位器致动器模块158分别基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271控制进气凸轮相位器148和排气凸轮相位器150。

[0157] 目标MAP模块332基于目标扭矩324、目标火花正时275以及目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271生成目标MAP 266。目标MAP模块332进一步基于发动机速度、当前空燃比、油温、当前工作气缸数和估计扭矩差336生成目标MAP 266。以上提供的关系(1)可以被求逆并求解以确定目标MAP 266。例如,目标MAP模块332可利用以下关系生成目标MAP 266:

$$[0158] \quad (9) \text{MAP}_T = T^{-1}((T_T + f(T_{\text{EST_DIFF}})), \text{RPM}, S_T, I_T, E_T, \text{AF}, \text{OT}, \#),$$

[0159] 其中,MAP_T为目标MAP266,T_T为目标扭矩324,T_{EST_DIFF}为估计扭矩差336,RPM为发动机速度,S_T为目标火花正时275,I_T为目标进气凸轮相位器角度270,E_T为目标排气凸轮相位器角度271,AF为燃料致动器模块124使用的当前空燃比,OT为油温,#为启用的气缸的当前数量,并且T⁻¹表示以上用来关联MAP 279与MAP估计扭矩278的关系(1)的逆运算。这种关系可具体化为公式或查找表。

[0160] 差值模块340确定估计扭矩差336。差值模块340基于MAP估计扭矩278和APC估计扭矩283之间的差值确定估计扭矩差336。差值模块340还可将诸如低通滤波器的滤波器施加到MAP估计扭矩278和APC估计扭矩283之间的差值,并且输出滤波后的差值作为估计扭矩差336。

[0161] 如上所述,增压调度模块248可基于目标APC 268生成目标废气门占空比269。增压致动器模块164基于目标废气门占空比269控制废气门162(和因此涡轮增压器)。

[0162] 目标MAF模块344基于目标APC 268生成进入发动机102的目标MAF 348。目标MAF模块344进一步基于发动机速度和发动机102的气缸总数生成目标MAF 348。例如,目标MAF模块344可利用以下关系生成目标MAF 348:

$$[0163] \quad (10) \quad MAF_T = \frac{APC_T * RPM}{k_{CYL}},$$

[0164] 其中,MAF_T为目标MAF 348,APC_T为目标APC 268,RPM为发动机速度,并且k_{CYL}为基于发动机102的气缸总数设置的预定值。仅仅是举例,k_{CYL}对于8缸发动机可以为大约15,对于4缸发动机可以为大约30。

[0165] 目标面积模块352基于目标MAF 348确定节流阀112的目标节流阀开度267。目标面积模块352进一步基于目标MAP 266、空气温度和大气压确定目标节流阀开度267。例如,目标面积模块352可利用以下关系确定目标节流阀开度267:

$$[0166] \quad (11) \quad AREA_T = \frac{MAF_T * \sqrt{R_{GAS} * T}}{B * \Phi\left(\frac{MAP_T}{B}\right)},$$

[0167] 其中,AREA_T为目标节流阀开度267,MAF_T为目标MAF 348,MAP_T为目标MAP,R_{GAS}为理想气体常数,T为空气温度(例如,环境空气或进气),B为大气压,并且Φ表示空气密度函数。如上所述,节流阀致动器模块116基于目标节流阀开度267控制节流阀112。

[0168] 再次参看目标火花正时275的确定,以上提供的扭矩关系(4)可被求逆以求解火花APC(未示出)。例如,火花控制模块232可利用以下关系确定火花APC:

$$[0169] \quad (12) \quad APC_{SPARK} = T^{-1}(T_{SPARK}, RPM, S_M, I_T, E_T, AF, OT, \#),$$

[0170] 其中,APC_{SPARK}为火花APC,T_{SPARK}为火花扭矩请求272,RPM为发动机速度,S_M为火花致动器模块126使用的当前火花正时280,I_T为目标进气凸轮相位器角度270,E_T为目标排气凸轮相位器角度271,AF为燃料致动器模块124使用的当前空燃比,OT为油温,#为启用的气缸的当前数量,并且T⁻¹表示以上用来关联当前APC 284与APC估计扭矩283的关系(4)的逆运算。在各种实施中,空气扭矩请求265可用来代替火花扭矩请求272。这种关系可具体化为公式或查找表。

[0171] 火花控制模块232基于火花APC和发动机速度确定目标火花正时275。例如,火花控制模块232可利用以下关系确定目标火花正时275:

$$[0172] \quad (13) \quad S_T = f(APC_{SPARK}, RPM),$$

[0173] 其中,S_T为目标火花正时275,APC_{SPARK}为火花APC,并且RPM为发动机速度。

[0174] 相对于使用当前火花正时280 (S_M)、测量的进气凸轮相位器角度281 (I_M)和测量

的排气凸轮相位器角度282 (E_M),基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271以及目标火花正时275确定目标MAP 266、目标节流阀开度267和目标APC 268可改善驾驶性能并减少与改变发动机扭矩输出相关联的延迟。基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271以及目标火花正时275确定目标MAP 266、目标节流阀开度267和目标APC 268还可提供燃料消耗的减少,因为可以防止过量的空气流进入发动机102(例如,通过打开节流阀112)。

[0175] 现在参看图4,提供了描绘控制节流阀112、进气凸轮相位器148和排气凸轮相位器150、废气门162和火花正时的示例方法的流程图。控制可以始于404,在该处,致动模块224生成空气扭矩请求265,APC扭矩估计模块244生成APC估计扭矩283,并且MAP扭矩估计模块246生成MAP估计扭矩278。如上文所讨论的,APC扭矩估计模块244基于测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282、当前火花正时280和当前APC 284而生成APC估计扭矩283。还如上文所讨论的,MAP扭矩估计模块246基于测量的进气凸轮相位器角度281和测量的排气凸轮相位器角度282、当前火花正时280和MAP 279而生成MAP估计扭矩278。

[0176] 在408处,差值模块340确定估计扭矩差336,扭矩误差模块304确定扭矩误差308,调整模块312确定扭矩调整量316,并且目标确定模块320确定目标扭矩324。差值模块340基于APC估计扭矩283和MAP估计扭矩278之间的差值确定估计扭矩差336。扭矩误差模块304基于空气扭矩请求265和APC估计扭矩283之间的差值确定扭矩误差308。调整模块312基于扭矩误差308确定扭矩调整量316。目标确定模块320基于空气扭矩请求265和扭矩调整量316之和确定目标扭矩324。

[0177] 在412处,目标APC模块328生成目标APC 268,并且目标MAP模块332生成目标MAP 266。如以上所讨论的,目标APC模块328基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271以及目标火花正时275而生成目标APC 268。如以上所讨论的,目标MAP模块332基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271以及目标火花正时275生成目标MAP 266。

[0178] 在416处,目标MAF模块344生成目标MAF 348。如以上所讨论的,目标MAF模块344基于目标APC 268生成目标MAF 348。在420处,增压调度模块248基于目标MAP 266生成废气门162的目标占空比269,如以上所讨论的。另外在420处,相位器调度模块252基于目标APC 268生成目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271,如以上所讨论的。另外在420处,目标面积模块352基于目标MAF 348和目标MAP 266确定目标节流阀开度267,如以上所讨论的。

[0179] 在424处,火花控制模块232基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271生成目标火花正时275,如上所述。在428处,增压致动器模块164基于目标占空比269控制废气门162,节流阀致动器模块116基于目标节流阀开度267控制节流阀112,相位器致动器模块158分别基于目标进气凸轮相位器角度270和目标排气凸轮相位器角度271来控制进气凸轮相位器148和排气凸轮相位器150,并且火花致动器模块126基于所需火花正时299控制提供火花。虽然图4示出为在428之后结束,但图4可以是一个控制环路的展示,并且控制可以返回到404。

[0180] 上面的描述本质上仅是示例性的并且决不是要限制本公开、其应用或用途。本公

开的广义教导可以以各种形式实施。因此,虽然本公开包括具体示例,但本公开的真正范围不应局限于此,因为在研究附图、说明书和随附权利要求书的基础上其它修改将变得显而易见。为了清楚起见,在附图中将使用相同的附图标记标识相似的元件。如本文所用,短语A、B和C中的至少一个应当被解释为是指使用非排他逻辑“或”的逻辑(A或B或C)。应当理解,在不改变本公开的的原理的情况下,可以以不同的顺序(或同时地)执行方法内的一个或多个步骤。

[0181] 如本文所用,术语模块可以指属于或包括:专用集成电路(ASIC);离散电路;集成电路;组合逻辑电路;现场可编程门阵列(FPGA);执行代码的处理器(共享、专用或成组);提供所描述功能的其它合适的硬件部件;或以上的一些或全部的组合,例如在片上系统中。术语模块可包括存储由处理器执行的代码的存储器(共享、专用或成组)。

[0182] 如在上面所使用的术语代码可包括软件、固件和/或微代码并可指程序、例程、函数、类和/或对象。如在上面所使用的术语“共享”意味着来自多个模块的一些或全部代码可使用单个(共享)处理器来执行。此外,来自多个模块的一些或全部代码可由单个(共享)存储器来存储。如在上面所使用的术语“成组”意味着来自单个模块的一些或全部代码可使用一组处理器来执行。此外,来自单个模块的一些或全部代码可使用一组存储器来存储。

[0183] 本文所述设备和方法可通过由一个或多个处理器执行的一个或多个计算机程序来部分或完全地实现。计算机程序包括存储在至少一个非暂时的有形计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可包括和/或依赖于所存储的数据。非暂时的有形计算机可读介质的非限制性示例包括非易失性存储器、易失性存储器、磁存储器和光存储器。

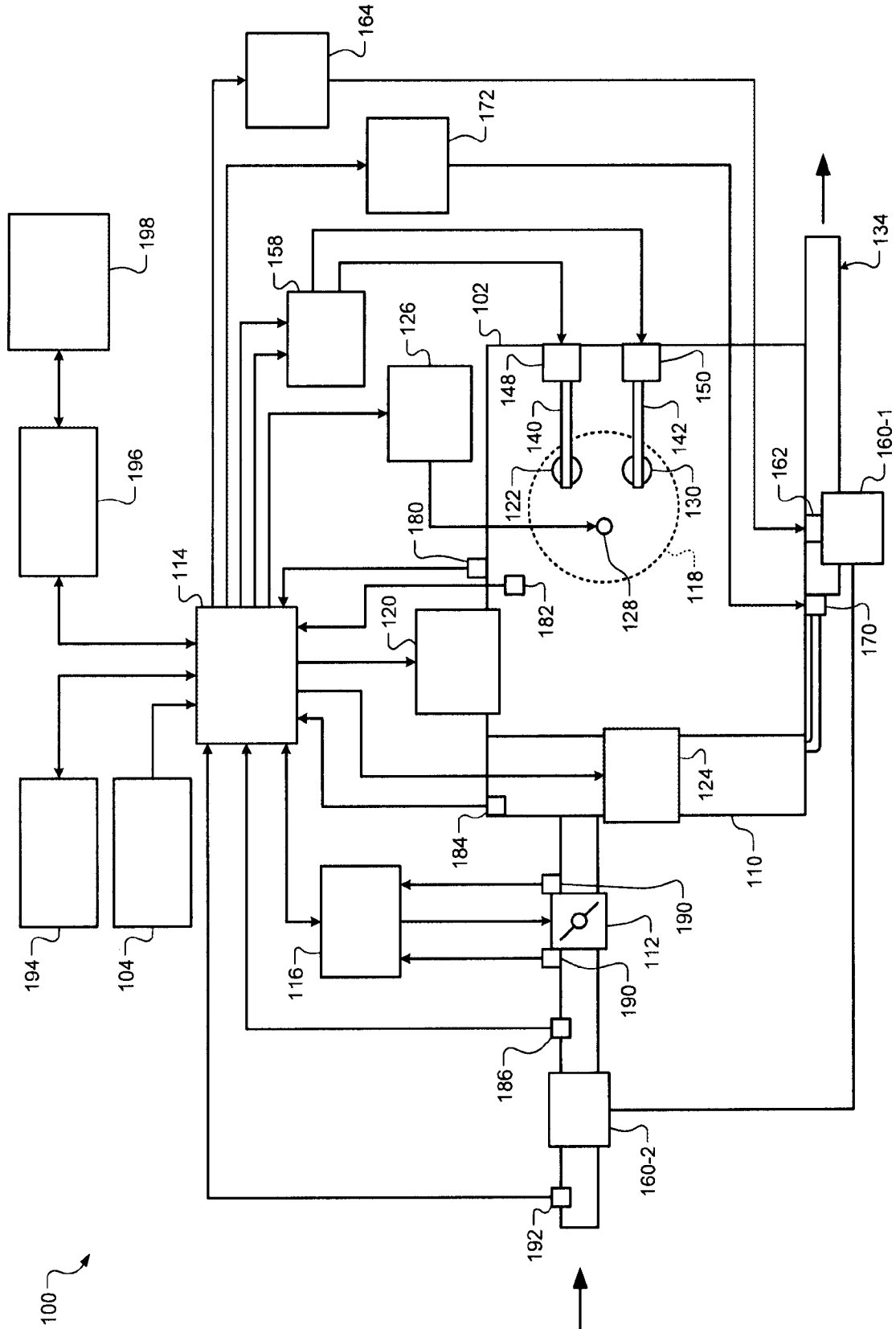


图 1

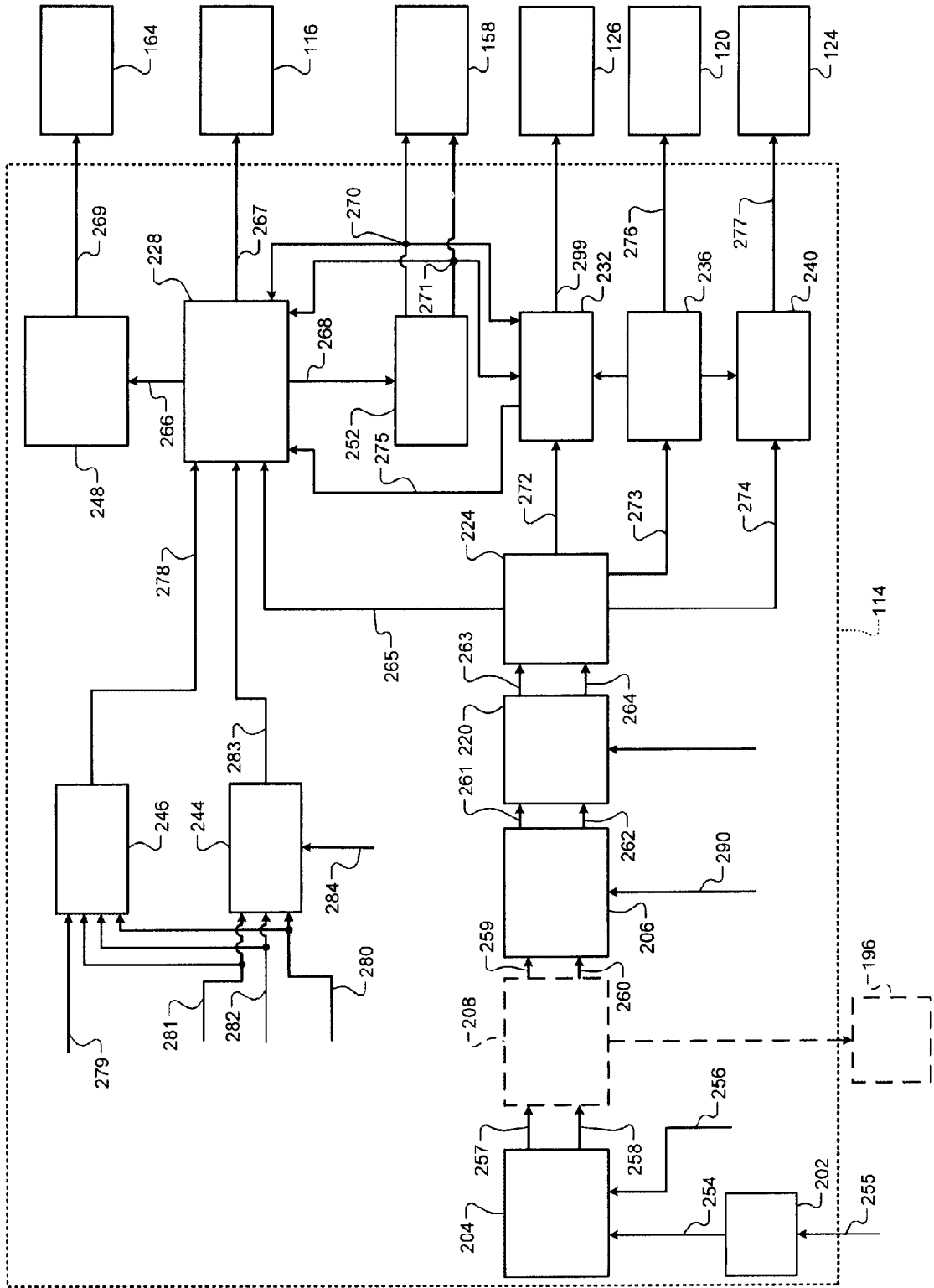


图 2

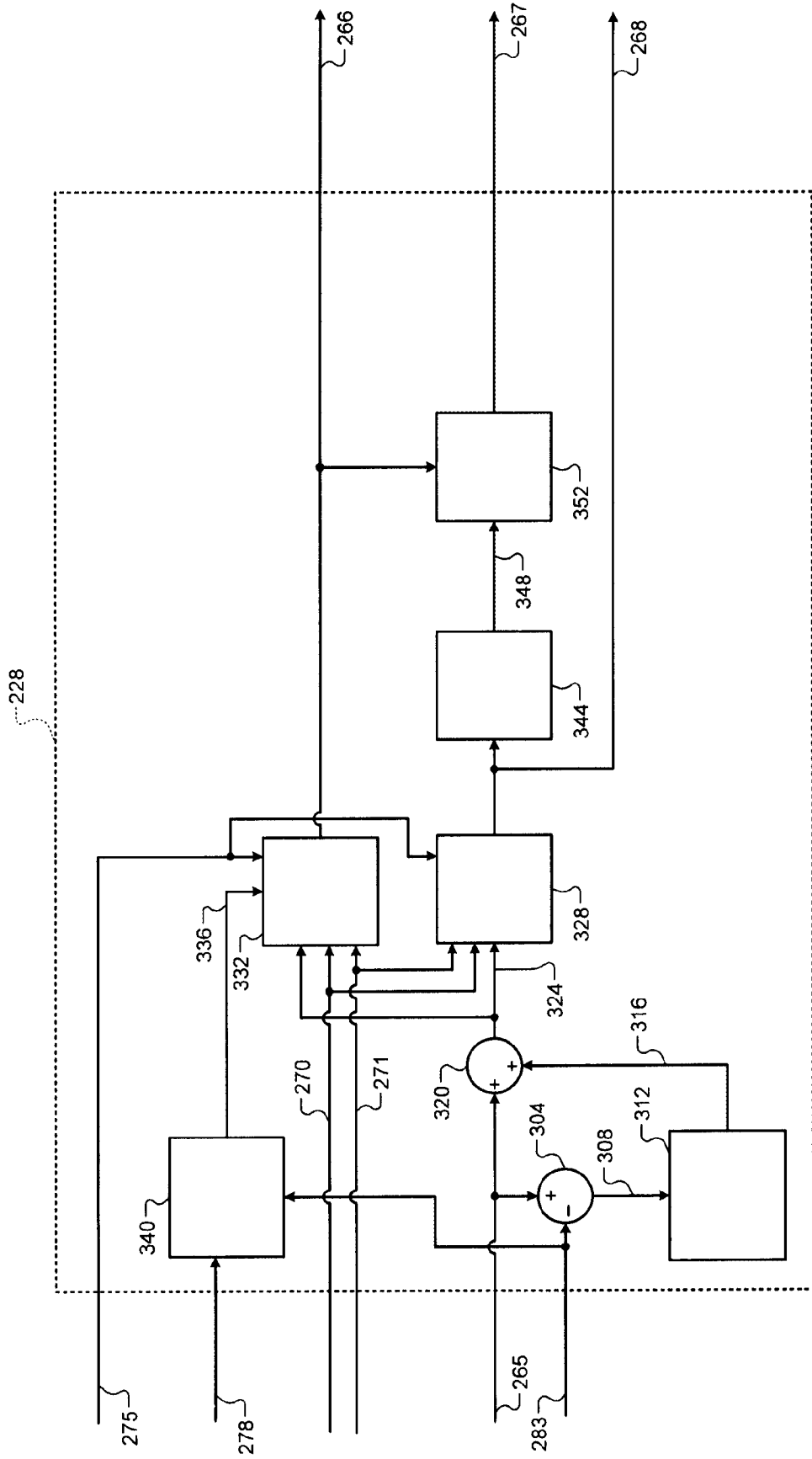


图 3

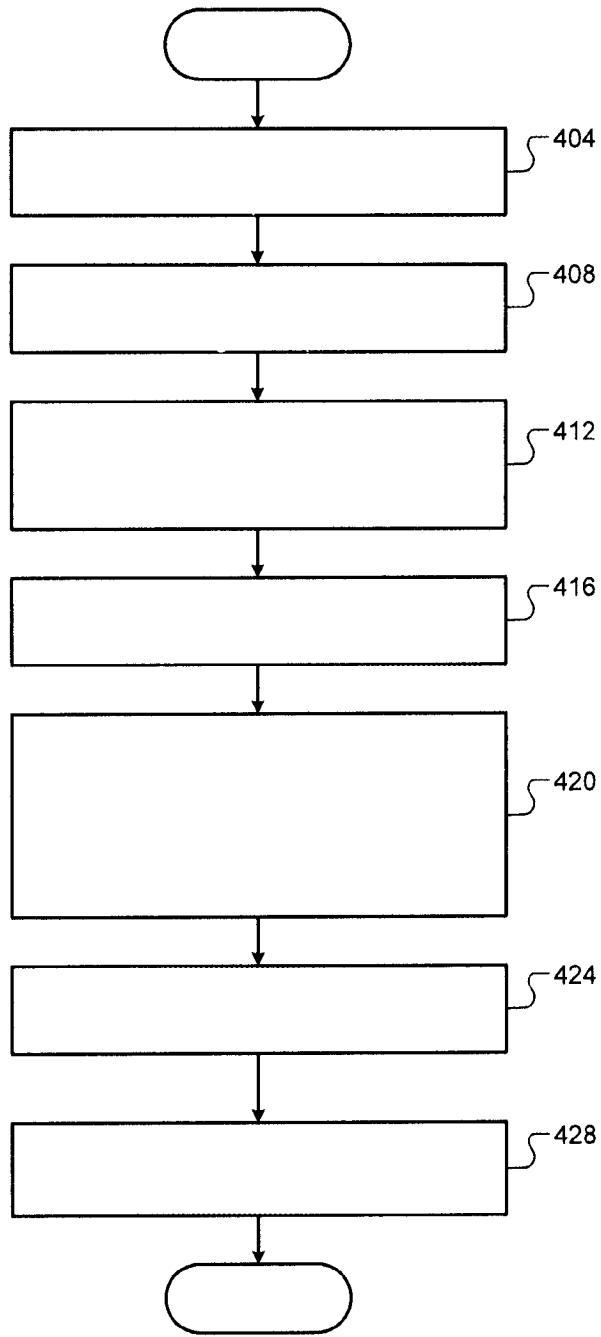


图 4