



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101749220 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 30

(21) 申请号 200910253593. 1

审查员 李萌

(22) 申请日 2009. 12. 04

(30) 优先权数据

12/328356 2008. 12. 04 US

(73) 专利权人 诺沃皮尼奥内有限公司

地址 意大利佛罗伦萨

(72) 发明人 P·罗顿多 E·V·拉森

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 肖日松 杨松龄

(51) Int. Cl.

F04B 49/00(2006. 01)

F16F 15/10(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0072164 A1, 2005. 04. 07,

US 2007/0279012 A1, 2007. 12. 06,

CN 1571269 A, 2005. 01. 26,

US 2006/0066111 A1, 2006. 03. 30,

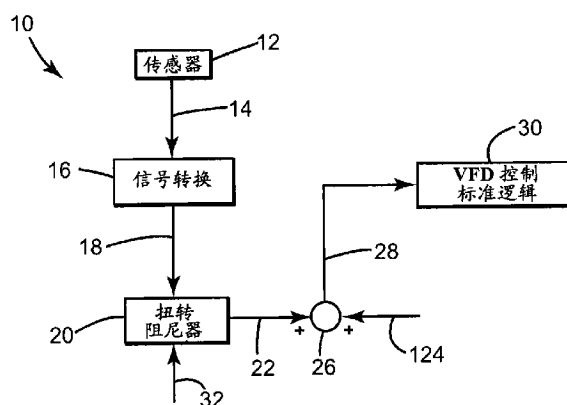
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

扭转模式阻尼装置

(57) 摘要

本发明涉及一种扭转模式阻尼装置,其包括扭矩传感器、连接到扭矩传感器的扭转阻尼器、连接到扭转阻尼器的 VFD 控制器以及连接到 VFD 控制器的 VFD 转换器,该 VFD 转换器构造成基于由 VFD 控制器产生的 VFD 信号来控制供应到电机的电功率,该 VFD 信号由扭矩校正信号修改,以便阻尼在压缩机系的自然频率处的扭转振动。



1. 一种扭转模式阻尼系统,其用于减小压缩机系的输出扭矩中处于临界频率的扭矩分量,所述压缩机系包括压缩机、由轴连接到所述压缩机的燃气涡轮以及由齿轮轴连接到所述压缩机的电机,所述扭转模式阻尼系统包括:

扭矩传感器,其构造成基于所述齿轮轴的扭矩测量来产生扭矩信号;

连接到所述扭矩传感器的扭转阻尼器,所述扭转阻尼器构造成基于来自所述扭矩传感器的扭矩信号来产生扭矩校正信号;

连接到所述扭转阻尼器的信号累加元件,所述信号累加元件构造成将所述扭矩校正信号加到 VFD 参考信号以产生修改的 VFD 参考信号;

连接到所述信号累加元件的 VFD 控制器,所述 VFD 控制器构造成产生 VFD 信号,所述 VFD 信号由来自所述扭转阻尼器的扭矩校正信号进行了修改;以及

连接到所述 VFD 控制器的 VFD 转换器,所述 VFD 转换器构造成基于由所述 VFD 控制器产生的 VFD 信号来控制供应到所述电机的电功率,其中,由所述扭矩校正信号修改的 VFD 信号构造成阻尼在所述压缩机系的自然频率处的扭转振动。

2. 根据权利要求 1 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器还包括可在零阶与二阶之间自适应的第一带通滤波器。

3. 根据权利要求 2 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器还包括第二带通滤波器,所述第二带通滤波器具有中心在所述压缩机系的自然频率的 $\pm 15\%$ 处的频率。

4. 根据权利要求 3 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器还包括 90 度的相移滤波器。

5. 根据权利要求 4 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器还包括饱和模块,所述饱和模块构造成将所述扭转校正信号限制在所述齿轮轴扭矩的 1% 至 5% 的范围。

6. 根据权利要求 1 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器设置于所述压缩机系的 VFD 控制硬件中。

7. 根据权利要求 6 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述压缩机系的传动系速度调节器设置于所述 VFD 控制硬件中,所述传动系速度调节器构造成提供扭矩参考信号至所述 VFD 控制器。

8. 根据权利要求 7 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭矩校正信号被实时计算并添加到所述扭矩参考信号。

9. 根据权利要求 1 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭转阻尼器设置于所述压缩机系的压缩机 / 涡轮控制器中。

10. 根据权利要求 9 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述压缩机系的传动系速度调节器设置于所述压缩机 / 涡轮控制器中,所述传动系速度调节器构造成提供扭矩参考信号至所述 VFD 控制器。

11. 根据权利要求 10 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,所述扭矩校正信号被实时计算并添加到所述扭矩参考信号。

12. 根据权利要求 1 所述的扭转模式阻尼系统,其特征在于,在不带有所述扭转模式阻尼系统的所述压缩机系的自然频率处的扭转转动与在带有所述扭转模式阻尼系统的压缩

机系的自然频率处的所述扭转振动的比例高于 5 比 1。

13. 一种压缩机系,其包括:

压缩机,其联接到齿轮箱;

涡轮,其由轴连接到所述压缩机;

电机,其由联接到所述齿轮箱的轴连接到所述压缩机;

扭矩传感器,其构造成基于联接到所述齿轮箱的所述轴的扭矩测量来产生扭矩信号;

VFD 转换器,其构造成控制供应到所述电机的电功率;以及

连接到所述 VFD 转换器的 VFD 控制器,所述 VFD 控制器构造成产生 VFD 信号以驱动所述 VFD 转换器,所述 VFD 控制器还包括:

连接到所述扭矩传感器的扭转阻尼器,所述扭转阻尼器构造成基于来自所述扭矩传感器的扭矩信号来产生扭矩校正信号;以及

连接到所述扭矩传感器的信号累加元件,所述信号累加元件构造成将所述扭矩校正信号加到 VFD 参考信号上以产生修改的 VFD 参考信号;

其中,所述 VFD 信号由来自所述扭转阻尼器的扭矩校正信号来修改,以便阻尼在所述压缩机系的自然频率处的扭转振动。

14. 根据权利要求 13 所述的压缩机系,其特征在于,所述扭转阻尼器设置于所述压缩机系的 VFD 控制硬件中,其中,所述压缩机系的传动系速度调节器设置于所述 VFD 控制硬件中,所述传动系速度调节器构造成提供扭矩参考信号至所述 VFD 控制器,并且所述扭矩校正信号被实时计算并添加到所述扭矩参考信号。

15. 根据权利要求 13 所述的压缩机系,其特征在于,所述扭转阻尼器设置于所述压缩机系的压缩机/涡轮控制器中,所述压缩机系的传动系速度调节器设置于所述压缩机/涡轮控制器中,所述传动系速度调节器构造成提供扭矩参考信号至所述 VFD 控制器,并且所述扭矩校正信号被实时计算并添加到所述扭矩参考信号。

扭转模式阻尼装置

技术领域

[0001] 本文所公开的实施例大体涉及机器驱动系统,更具体地涉及这种系统中扭转振动的阻尼。

背景技术

[0002] 原动机(例如燃气涡轮或电机)通常由机械轴连接到它们的相应负荷(例如发电机或压缩机),机械轴可在由功率驱动和/或负荷所激励的一个或多个临界频率处产生共振。如果产生处于临界频率的扭矩分量,则轴将经历扭矩振荡,这可能会导致疲劳增加和轴寿命缩短。在极端情况下,如果这些模式被激励到超过传动系中任何构件(尤其是可认为是系统中最弱构件的联接器)的设计能力的点,则可能由于扭转疲劳而造成系统的严重损坏,从而导致停机时间和昂贵的维修。此外,对于带有齿轮的涡轮转子系,由于在存在传动系的大振荡角度运动时齿轮的扭转和侧向运动可能会彼此联合,故可观察到齿轮箱中的大的径向振动和侧向振动。

[0003] 扭转振动是叠加于稳态轴速度上使得轴的各个区段以及机器联接器扭转的振荡角度轴运动。如已知道的那样,高扭转振动可能是破坏性的且导致齿轮箱处的大侧向振动。在系统操作期间可存在剧烈的扭转振动,其中问题的唯一指示是齿轮噪声或联接器磨损。未受控制的扭转振动的某些典型影响可为失效的联接器、破裂的轴、磨损的齿轮、断裂的齿轮齿等。

[0004] 扭转自然频率的激励可起因于多种根源。由于电驱动,扭矩分量的来源可为由于电压转换器中输出调制器的性质或者由于与机器相关的电网内存在的其它电流或电压干扰所造成的电压谐波。电机驱动轴组件中扭转问题的另一主要原因是由电驱动系统所产生的空气-间隙扭矩谐波。

[0005] 如可适用技术领域中的普通技术人员所理解,这些系统的扭转特征根据传动系的刚度和惯性而变化。虽然系统的某些扭转性质可能会改变,但是系统惯性通常不能根据需要而容易地修改,特别是在完成项目开发时出现扭转问题的情况下(即,在串行测试(string test)或在调试阶段期间)。由包括变频驱动器(VFD)的电机所驱动或辅助的常规涡轮机器传动系需要在设计阶段对常规恒速装备的具体考虑。而且,由于在电机轴上产生的扭矩波动,变频驱动是扭转振动问题的众所周知的根源。减小这些扭转振动的一种方法是从扭转方面来谨慎地设计整个压缩机系(compressor train),其中适当地选择联接器、齿轮箱和转子以防止扭转和/或扭转-挠曲问题。然而,传动系扭转特性的控制回路参数优化尚未被认为是解决所知扭转问题的成功选择。

[0006] 因此,需要改进由电机驱动或辅助的涡轮机械传动系,其包括替代方式来减小或缓解直接作用于激励源上的交替扭转应力的有害作用,且对系统硬件不具有影响或具有最小的影响。

发明内容

[0007] 上文所总结的需要或本领域中已知的其它需要中的一个或多个由扭转模式(torsional mode) 阻尼系统解决,扭转模式阻尼系统用于减小压缩机系的输出扭矩中处于临界频率的扭矩分量,该压缩机系包括压缩机、由轴连接到压缩机的燃气涡轮和由齿轮轴连接到压缩机的电机。这些扭转模式阻尼系统包括:扭矩传感器;连接到扭矩传感器的扭转阻尼器;连接到扭转阻尼器的 VFD 控制器;以及连接到 VFD 控制器的 VFD 转换器,该 VFD 转换器构造成基于由 VFD 控制器产生的 VFD 信号来控制供应到电机的电功率,VFD 信号由扭矩校正信号修改,该扭矩校正信号构造成阻尼在压缩机系的自然频率处的扭转振动。

[0008] 根据所公开的本发明实施例的压缩机系还包括联接到齿轮箱的压缩机;由轴连接到压缩机的涡轮;由联接到齿轮箱的轴连接到压缩机的电机;扭矩传感器,其构造成基于联接到齿轮箱的轴的扭矩测量来产生扭矩信号;VFD 转换器,其构造成控制供应到电机的电功率;以及连接到 VFD 转换器的 VFD 控制器,该 VFD 控制器构造成产生 VFD 信号以驱动 VFD 转换器,该 VFD 控制器还包括连接到扭矩传感器的扭转阻尼器,该扭转阻尼器还构造成基于来自扭矩传感器的扭矩信号来产生扭矩校正信号,该 VFD 信号由来自扭转阻尼器的扭矩校正信号修改,以便阻尼在压缩机系的自然频率处的扭转振动。

[0009] 上文的简要描述陈述了本发明的各种实施例的特征,以便能够更好地理解下文的详细描述,并且以便更好地了解本发明对于本领域的贡献。当然,存在本发明的其它特征,这些特征将在下文中描述并且将用于权利要求的主题。

[0010] 在这个方面,在详细地解释本发明的多个实施例之前,应了解的是,本发明的各种实施例在其应用方面并不限于在以下描述中陈述的或者在附图中示出的构造细节和构件布置。本发明能够具有其它实施例并且能够以各种方式来实践和执行。此外,应了解的是,本文所采用的措辞和术语只是出于描述目的且不应被认为具有限制意义。

[0011] 因此,本领域技术人员应了解的是,本公开内容所依据的概念可易于用作设计执行本发明多个目的其它结构、方法和/或系统的基础。因此,重要的是,只要等同构造不偏离本发明的精神和范围,权利要求书被认为包括这些等同构造。

[0012] 另外,前文摘要的目的是使专利审查员和/或通常公众,特别是对专利或法律术语或措辞不熟悉的科学家、工程师和本领域从业者能够通过粗略检查而迅速地确定本申请的技术公开内容的性质和本质。因此,该摘要并不意图限定仅由权利要求书确定的本发明或者申请,并且摘要决不意图限制本发明的范围。

附图说明

[0013] 对本发明的公开实施例及其许多附带优点的更全面了解将易于获得,这是因为结合附图并参考以下的详细说明,将会更好地理解本发明的公开实施例及其许多附带优点,在附图中:

[0014] 图 1 示出根据本文所公开主题的实施例的扭转模式阻尼系统的示图;

[0015] 图 2 示出根据本文所公开主题的实施例的图 1 的扭转阻尼器的示范性实施例的示图;

[0016] 图 3 示出根据所公开主题的实施例、在具有电机的涡轮机械传动系的变频驱动器上的扭转模式阻尼系统;以及

[0017] 图 4 示出根据所公开主题的实施例、在具有电机的涡轮机械传动系的压缩机/燃

气涡轮控制器上的扭转模式阻尼系统。

具体实施方式

[0018] 本文所公开的实施例大体涉及机器驱动系统,更具体地涉及这种系统中扭转振动的阻尼。通过进一步处理齿轮式压缩机/涡轮/电机系的轴反馈信号,扭转校正信号在扭转模式阻尼控制器中产生,并且在将该扭转校正信号转换成传动系的 VFD 控制器中的电流参考 (currentreference) 之前添加到 VFD 扭矩参考信号,以便阻尼在规定自然频率处的扭转振动。由于所公开的系统作为外部阻尼控制回路进行操作,即作用于 VFD 信号,故该系统可应用为对现有系统的改造,从而改进现有系统的保护性和性能而无需大量的资本投资。现参看附图,其中,在多个视图中,相似的附图标记指代相同或相对应的部件,将描述改进的扭转模式阻尼系统的多个实施例。

[0019] 图 1 示出根据所公开主题的实施例的扭转模式阻尼系统 10 的示图。如可适用技术领域中的普通技术人员所理解,扭转模式阻尼系统 10 可用于各种工业应用中,包括但不限于石油和天然气工业,其中通常使用包括电力整流器、直流链路和反相器的 VFD 系统。

[0020] 如图所示,扭转模式阻尼系统 10 包括扭矩传感器 12,其构造成检测齿轮系轴的扭矩并产生表示所检测扭矩的信号 14。然后,信号 14 被供应到信号转换器 16 以将信号 14 重新调节为到扭转阻尼器 20 的扭转阻尼器输入信号 18。尽管图 1 的扭转模式阻尼系统 10 示出为具有信号转换器 16,但是其它实施例可不包括信号转换器 16 或者信号转换器 16 可为扭转阻尼器 20 的整体部分。在不包括信号转换器 16 的实施例中,扭转阻尼器 20 构造成处置由传感器 12 产生的信号 14 而无需进一步处理。然后,扭转阻尼器输入信号 18 由扭转阻尼器 20 处理以产生扭矩校正信号 22,从而部分地通过在信号累加元件 26 处向 VFD 扭矩-参考信号 124 加上扭矩校正信号 22 以阻尼在齿轮式涡轮/压缩机/电机系的规定自然频率处的扭转振动,信号累加元件 26 的输出变成馈送到 VFD 标准控制器 30 的修改的 VFD 扭矩参考信号 28。如图 1 所示,当对包含扭转模式阻尼系统 10 的压缩机系装置执行调试测试时,测试信号 32 可供应到扭转阻尼器 20,该测试信号 32 由已知装置产生,包括但不限于振荡器或信号分析器。

[0021] 图 2 示出根据本文所公开主题的实施例的图 1 的扭转阻尼器 20 的示范性实施例的示图。本领域普通技术人员应了解的是,图 2 只是示范性实施例且不应被认为限制所公开的本发明。

[0022] 在图 2 的示范性实施例中,扭转阻尼器 201 包括第一带通滤波器 34,其中心在待阻尼的扭转频率处并具有在零阶与二阶之间自适应的阶 (adaptable order)。在操作中,第一带通滤波器 34 过滤扭转阻尼器输入信号 18,并将过滤的信号 36 馈送到第一增益放大器 38,以在将第一增益放大器 38 的输出 15 供应到信号累加元件 42 之前控制过滤的信号 36 的量值。当执行调试测试时,所产生的测试信号 32 供应到信号累加元件 42,如图 2 所示。然后,信号累加元件 42 的输出信号 44 供应到第二带通滤波器 46,第二带通滤波器 46 的频率的中心在待阻尼的扭转频率的 $\pm 15\%$ 处。具有一倍增益的接近 90 度的额外的相移滤波器 50 可用于进一步调谐第二带通滤波器 46 的输出 48。如图 2 中进一步示出,相移滤波器 50 的输出信号 52 馈送到增益模块 54,增益模块 54 可根据齿轮式压缩机系实施的细节而具有相反的符号。最后,为了产生扭矩校正信号 22,来自增益模块 54 的输出 56 经过饱和模块

60, 该饱和模块 60 构造成将扭矩校正信号 22 限制到所希望的水平。饱和模块 60 的范围可设置为在电气机器基础上轴扭矩的 1% 至 5% 的范围, 并且饱和速度限值可基于实施细节来选择。如已解释的那样, 然后, 来自扭转阻尼器 20 的扭矩校正信号 22 在 VFD 控制器 30 内部转换成电流参考之前被添加到 VFD 扭矩参考信号, 以产生 VFD 转换器命令来阻尼在规定自然频率处所探测的扭矩振动。

[0023] 根据具体应用, 所示滤波器的传递函数可从零阶至二阶变化, 可选择个别增益来实现所希望的阻尼水平, 并且可选择设置限度来防止或最小化过度响应。因此, 本文所公开的扭转模式阻尼系统 10 使用变成扭转阻尼器 20 的输入的轴反馈信号 14, 该扭转阻尼器 20 处理该信号以形成扭矩校正信号 22。

[0024] 图 3 示出应用到涡轮机械传动系 80 的扭转模式阻尼系统 70, 该涡轮机械传动系 80 包括电机 82、压缩机 84 和燃气涡轮 86。如图所示, 压缩机 84 由齿轮箱 88 和联接器或轴 90 联接到电机 82, 电机 82 受 VFD 转换器 92 控制。如可适用技术领域的普通技术人员所了解, 在图 3 中示意性地示出的工业应用通常用于石油和天然气工业中, 其中 VFD 系统将包括电力整流器、直流链路和反相器 (在图 3 中未示出)。特别地, 图 3 描述了扭转模式阻尼系统 70 实施于 VFD 控制器 100 中的应用, 如在下文中进一步解释。

[0025] 在图 3 所示的应用中, 扭转模式阻尼系统 70 包括扭矩传感器 12, 其构造成检测齿轮系轴 90 的扭矩并产生表示所检测扭矩的信号 14。尽管设想到其它类型的传感器, 但是图示实施例中的扭矩传感器 12 是位于电机 82 的非驱动端上的编码器。在使用中, 扭矩传感器 12 产生表示传动系轴 90 上的扭矩的编码器脉冲, 扭转模式阻尼系统 70 实施于所示系统的 VFD 控制器 100 中。

[0026] 然后, 扭矩信号 14 供应至信号转换器 16, 以将信号 14 重新调节为到扭转阻尼器 20 的扭转阻尼器输入信号 18。尽管图 3 的扭转模式阻尼系统 70 示出为具有信号转换器 16, 但是其它实施例可不包括信号转换器 16 或者信号转换器 16 可为扭转阻尼器 20 的整体部分。在不包括信号转换器 16 的实施例中, 扭转阻尼器 20 构造成处置由传感器 12 所产生的信号 14 而无需进一步处理。然后, 扭转阻尼器输入信号 18 由扭转阻尼器 20 处理以产生扭矩校正信号 22, 从而部分地通过在信号累加元件 26 处向 VFD 扭矩 - 参考信号 24 加上扭矩校正信号 22 以阻尼在齿轮式涡轮 / 压缩机 / 电机系的规定自然频率处的扭转振动, 信号累加元件 26 的输出变成馈送到 VFD 标准控制器 30 的修改的 VFD 扭矩参考信号 28。如图 3 所示, 当对包含扭转模式阻尼系统 10 的压缩机系装置执行调试测试时, 测试信号 32 可供应到扭转阻尼器 20, 该测试信号 32 由已知装置产生, 包括但不限于振荡器或信号分析器。

[0027] 图 4 示出根据所公开主题的另一实施例的应用到压缩机 / 涡轮控制器 200 的扭转模式阻尼系统 110。图 4 的涡轮机械传动系 80 还包括电机 82、压缩机 84 和燃气涡轮 86。如图所示, 压缩机 84 由齿轮箱 88 和联接器或轴 90 联接到电机 82, 电机 82 受 VFD 转换器 92 控制。如可适用技术领域中的普通技术人员所了解, 图 4 中示意性地示出的工业应用通常用于石油和天然气工业中, 其中 VFD 系统将包括电力整流器、直流链路和反相器 (在图 4 中未示出)。特别地, 图 4 描述了扭转模式阻尼系统 110 实施于压缩机 / 涡轮控制器 200 中的应用, 如在下文中进一步解释。

[0028] 类似于图 3, 图 4 的系统也包括扭矩传感器 12 以检测齿轮系轴 90 的扭矩并产生表示所检测扭矩的信号 14。尽管设想到其它类型的传感器, 但是图示实施例中的转矩传感

器 12 是位于电机 82 的驱动端上的编码器。在使用中,扭矩传感器 12 产生表示传动系轴 90 上的扭矩的编码器脉冲,扭矩模式阻尼系统 10 实施于所示系统的压缩机 / 燃气涡轮控制器 200 中。

[0029] 如图 4 所示,扭矩信号 14 供应到信号转换器 16,以将信号 14 重新调节为到压缩机 / 燃气涡轮控制器 200 中的扭转阻尼器 20 的扭转阻尼器输入信号 18。尽管图 4 的扭转模式阻尼系统 10 示出为具有信号转换器 16,但是其它实施例可不包括信号转换器 16 或者信号转换器 16 可为扭转阻尼器 20 的整体部分。在不包括信号转换器 16 的实施例中,扭转阻尼器 20 构造成处置由传感器 12 所产生的信号 14 而无需进一步处理。然后,扭转阻尼器输入信号 18 由扭转阻尼器 20 处理以产生扭矩校正信号 22,从而部分地通过在信号累加元件 26 处向 VFD 扭矩 - 参考信号 24 加上扭矩校正信号 22 以阻尼在齿轮式涡轮 / 压缩机 / 电机系的规定自然频率处的扭转振动,信号累加元件 26 的输出变成馈送到 VFD 标准控制器 30 的修改的 VFD 扭矩参考信号 28, VFD 标准控制器 30 产生信号 94 以驱动 VFD 转换器 92。另外如图 4 所示,当对包含扭转模式阻尼系统 10 的压缩机系装置执行调试测试时,测试信号 32 可供应到扭转阻尼器 20,如已解释的那样。

[0030] 总之,因此,如刚才解释的那样,图 3 和图 4 示出本文所公开主题的两个不同示范性实施策略。也就是说,扭转阻尼器算法可实施于 VFD 控制硬件内 (如图 3 所示) 或实施于压缩机 /GT 控制器内 (如图 4 所示)。图 3 示出扭转阻尼器算法实施于 VFD 控制硬件中。特别地,传动系速度调节器在 VFD 控制硬件中并提供扭矩参考信号至 VFD 控制器。在 VFD 控制器中,扭转阻尼器加和算法实时计算待加到扭矩参考信号的扭矩校正信号 (在 VFD 逻辑内)。图 4 示出扭转阻尼器算法实施于 GT/ 压缩机控制器中。特别地,传动系速度调节器在压缩机 /GT 控制器中 (表示为“标准逻辑”) 并产生扭矩参考信号。在 GT/ 压缩机控制器中,扭转阻尼器加和算法实时计算待添加到扭矩参考信号的扭矩校正信号,以产生到 VFD 的最终扭矩命令 (VFD 逻辑和硬件没有变化)。

[0031] 上文所总结的扭矩模式阻尼系统及其等同物的一个有利特征在于,能够将扭矩模式阻尼系统及其等同物实施于现有控制器硬件中,从而允许更新包括但不限于石油和天然气应用的各种工业应用中的现有控制器,而无需额外硬件和 / 或对传动系轴进行机械变化 (在供应范围中没有变化)。因此,这些有利特征不仅允许发展改进的气体压缩机系,而且允许阻尼在规定自然频率处所探测的扭转振动,以便通过执行所述更新而将扭转振动水平减小到现有系统中的材料疲劳极限之下。

[0032] 所公开主题的上文所总结的示范性实施例已经在试验上实施并且在数学上建模用于验证目的。在试验中,对由燃气涡轮、离心压缩机、齿轮箱、柔性联接器和变速同步电机组成的具体石油和燃气压缩机系执行一连串测试。在这些测试中,测量扭矩轴、电机末端处的电流和电压,联接器上的临界轴响应 (在 55% 标称电机扭矩处的扭矩波动)、传动系轴第一自然频率的激励和高于联接器材料疲劳极限的扭转振动。在数学建模中,使用电机变量来计算空气 - 空隙扭矩以驱动模拟,扭转模式模型发展成模拟处于第一扭转模式的联接器上的响应。所计算的和测量的轴扭矩的比较提供扭转模式模型的有利验证,这也合并了扭转阻尼器功能实施。

[0033] 模拟结果示出扭转阻尼器提供在第一扭转模式频率处的交替轴扭矩的超过 5 比 1 的减小。通过实验,扭转阻尼器系统实施于变频驱动器中将在第一扭转模式频率处的不期

望的扭矩振动减小到交替轴扭矩的高于 5 比 1 减小的水平,使得扭转振动水平减小到低于材料疲劳极限,从而通过允许将扭转能量限制到扭转频率存在的激励频谱的部分而得到所述问题的有效解决。此外,如已提到的那样,能够在已存在的控制器(硬件)中实施而不增加额外硬件和/或对传动系轴进行机械变化(在供应范围中没有变化)。虽然结合多个示范性实施例特定地且详细地在附图中示出并在上文中全面地描述了本文所述主题的公开实施例,但是对于本领域普通技术人员显而易见的是,在不实质上偏离新颖教导内容、本文所述原理和概念以及权利要求所陈述的主题的优点的情况下,能够做出许多修改、变化和省略。因此,所公开的发明的正确范围应仅由权利要求的最广泛解释来确定,以便涵盖所有这些修改、变化和省略。此外,根据替代实施例,任何工艺或方法步骤的次序或顺序可改变或重新排序。最后,在权利要求书中,任何装置加功能从句预期涵盖执行所述功能的本文所述的结构,以及不仅涵盖结构等同物而且涵盖等同结构。

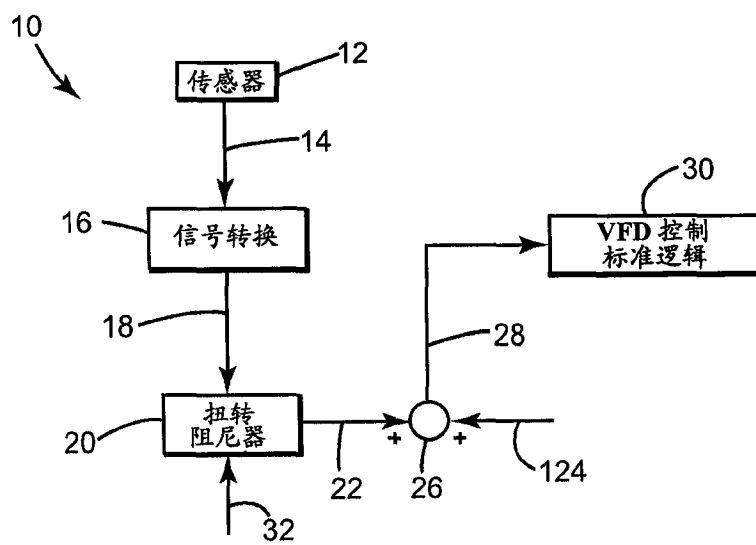


图 1

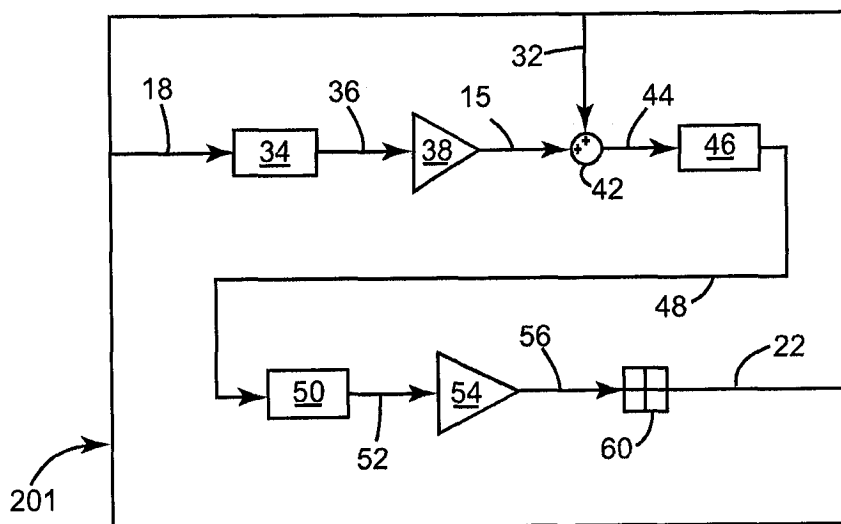


图 2

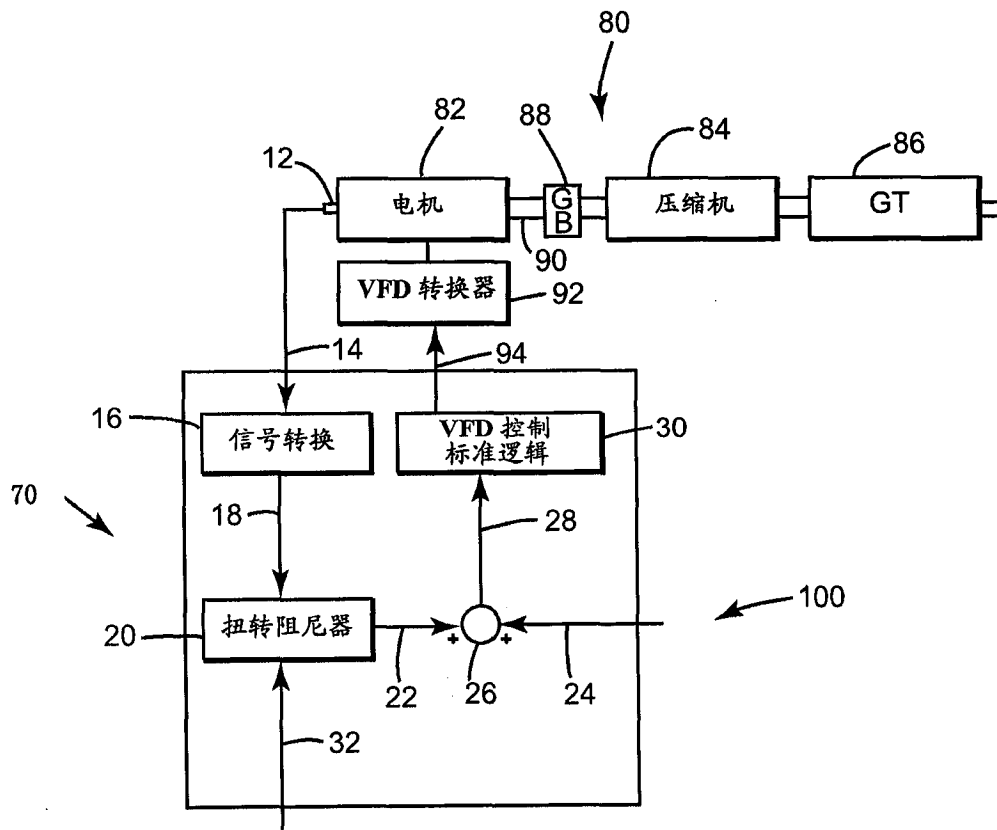


图 3

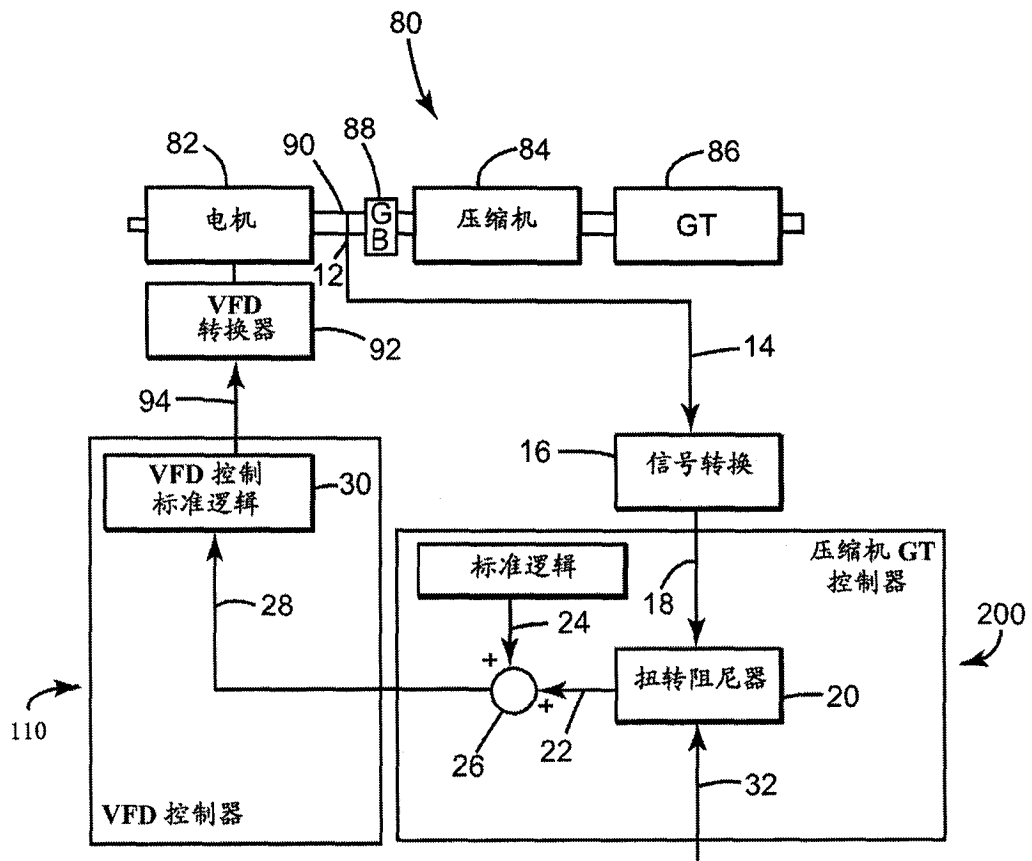


图 4