



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102597489 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201080049773. 9

(22) 申请日 2010. 10. 21

(30) 优先权数据

0957661 2009. 10. 30 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 05. 02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2010/052252 2010. 10. 21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/051598 FR 2011. 05. 05

(73) 专利权人 伊斯帕诺 - 絮扎公司

地址 法国哥伦比亚省

(72) 发明人 艾瑞克·德沃吉夫斯

(74) 专利代理机构 中国商标专利事务所有限公

司 11234

代理人 宋义兴 周伟明

(51) Int. Cl.

F02N 11/04(2006. 01)

F02C 7/268(2006. 01)

H02K 3/20(2006. 01)

H02K 7/18(2006. 01)

H02K 19/14(2006. 01)

H02P 1/26(2006. 01)

H02P 1/50(2006. 01)

H02P 9/08(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5055700 A, 1991. 10. 08,

US 4830412 A, 1989. 05. 16,

CN 1407709 A, 2003. 04. 02,

US 6169390 B1, 2001. 01. 02,

GB 175084 A, 1922. 02. 16,

US 6992403 B1, 2006. 01. 31,

US 3823357 A, 1974. 07. 09,

审查员 李钰

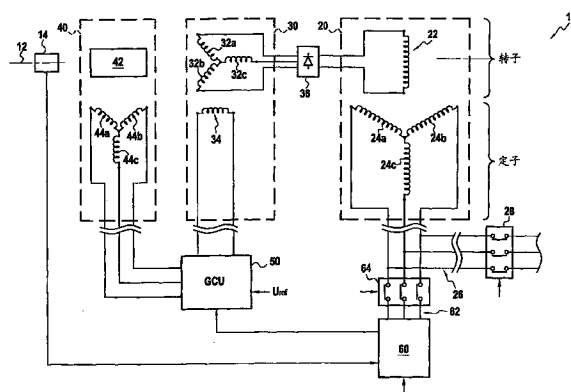
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

涡轮增压启动发电机和对其控制的方法

(57) 摘要

一种涡轮增压启动发电机, 包括: 主电机 (20), 其具有定子和带有缠绕的转子电感器和形成一笼的减震棒的转子; 和励磁机 (30), 其具有定子电感器和具有转子绕组的转子, 所述转子绕组通过一旋转整流器 (36) 与所述主电机的转子电感器相连。在起动阶段的第一步过程中, 通过将交流电引入主电机的定子绕组, 主电机 (20) 以异步电动机模式操作, 仅利用所述减震棒产生一起动扭矩, 主电机的转子电感器对产生起动扭矩不起较大作用。在起动阶段的随后第二步过程中, 通过将交流电引入主电机的定子绕组, 同时通过将直流电经所述励磁机 (30) 引入主电机的转子电感器, 主电机 (20) 以同步电动机模式操作, 当轴的转速到达一预定值时, 执行从起动阶段的第一步到第二步的改变。



1. 一种涡轮引擎起动发电机,包括:

主电机 (20),该主电机设计为在该涡轮引擎起动后以同步发电机模式操作,在该涡轮引擎的起动阶段过程中以电动机模式操作,该主电机具有承载定子绕组 (24a, 24b, 24c) 的定子和具有自身不成环状的转子电感器绕组 (22) 和减震棒 (222) 的转子,所述减震棒 (222) 通过在它们的端部相互电连接而形成一笼;

励磁机 (30),该励磁机具有一定子电感器 (34) 和一具有转子绕组 (32a, 32b, 32c) 的转子,所述转子绕组 (32a, 32b, 32c) 通过一旋转整流器 (36) 与所述主电机的转子电感器相连,该主电机和该励磁机的转子安装在机械连接到该涡轮引擎的轴上的一公共轴 (12) 上;

发电机调节单元 (50),该发电机调节单元连接到所述励磁机的定子电感器,以向该励磁机的定子电感器供应直流电,同时该主电机以同步发电机模式操作;以及

起动机调节单元 (60),该起动机调节单元通过一起动接触器 (64) 连接到该主电机的定子绕组,以向该主电机的定子绕组传递交流电,同时其以电动机模式操作;

其特征在于,

所述起动机调节单元 (60) 包括:

第一调节器电路 (608),用于以异步电动机模式起动;第二调节器电路 (610),用于以同步电动机模式起动;换流器 (602),用于通过所述起动接触器 (64) 将交流电传送给所述主电机的定子绕组;电动机模式开关 (606),用于使所述换流器 (602) 由所述第一或第二起动调节器电路控制;以及控制电路 (600),用于控制所述电动机模式开关 (606) 和所述起动接触器 (64),该控制电路 (600) 接收表示所述轴 (12) 转速的信息,并设置为用于:

响应于一起动命令关闭该起动接触器 (64);

随着主电机 (20) 利用用于以异步电动机模式起动的调节器电路 (608) 而以异步电动机模式操作,而开始该涡轮引擎的起动;

随着主电机 (20) 利用用于以同步模式起动的调节器电路 (610) 而以同步电动机模式操作,而继续起动,当该轴的转速超过一预定阈值时进行由异步电动机模式到同步电动机模式的改变;以及

在该涡轮引擎起动和点火后,打开所述起动接触器 (64),以使该主电机 (20) 可以同步发电机模式操作;

所述减震棒 (222) 沿角度分布,两相邻减震棒之间的倾斜角 P 符合 $0.8P_m < P < 1.2P_m$,其中 P_m 为所有减震棒倾斜角的平均值,使得该由所述减震棒 (222) 形成的笼短路,从而以异步电动机模式起动,而主电机的转子电感器对产生起动扭矩不产生影响。

2. 如权利要求 1 所述的起动发电机,其特征在于,它包括一角度位置传感器 (14),该角度位置传感器连接到所述第二起动调节器电路 (610) 以向其提供表示所述主电机的转子的角度位置的信息。

3. 如权利要求 1 所述的起动发电机,其特征在于,每个起动调节器电路 (608, 610) 与提供关于表示主电机的定子绕组中电流大小信息的传感器 (620a, 620b, 620c) 相连,每个起动调节器电路包括一用于评估传递自表示该定子绕组中电流大小的信息的真实起动扭矩的计算单元,以产生控制换流器 (602) 的信号,以伺服控制真实起动扭矩传递到一预记录扭矩设定值。

4. 如权利要求 3 所述的起动发电机,其特征在于,所述起动机调节器单元 (60) 与一提

供表示该轴转速信息的传感器 (14) 相连, 并包括一电路, 用于将一取自作为该轴转速函数的起动扭矩中的变化的预记录轮廓的扭矩设定值传递给所述第一和第二起动调节器电路 (608, 610)。

5. 一种涡轮引擎, 该涡轮引擎安装有如权利要求 1-4 中任何一项所述的起动发电机。

6. 一种在涡轮引擎的起动阶段过程中控制该涡轮引擎起动发电机的方法, 该起动发电机包括: 主电机, 该主电机具有承载定子绕组的定子和具有自身不成环状的转子电感器绕组和减震棒 (222) 的转子, 所述减震棒 (222) 通过在它们的端部相互电连接而形成一笼; 励磁机 (30), 该励磁机具有定子电感器和具有转子绕组的转子, 所述转子绕组通过一旋转整流器 (36) 与所述主电机的转子电感器相连, 该主电机和该励磁机的转子安装在一与所述涡轮引擎的轴机械性连接的公共轴 (12) 上;

其特征在于,

所述涡轮引擎初始静止, 通过将交流电引入主电机的定子绕组, 主电机 (20) 以异步电动机模式操作, 利用所述减震棒 (222) 产生一起动扭矩, 主电机的转子电感器通过被短路而对产生起动扭矩不起作用, 减震棒 (222) 按角度分布, 两相邻减震棒之间的倾斜角 P 满足 $0.8P_m < P < 1.2P_m$, 其中 P_m 是所有减震棒的平均倾斜角;

通过将交流电引入主电机的定子绕组, 同时通过将直流电引入所述励磁机 (30) 的定子电感器, 而将直流电传送到主电机的转子电感器, 主电机 (20) 于是以同步电动机模式操作, 当所述轴的转速到达一预定值时, 执行从异步电动机模式到同步电动机模式的改变, 随后

一旦所述涡轮引擎起动并点火, 所述主电机 (20) 以同步发电机模式操作, 交流电被中断引入其定子绕组。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 在起动阶段过程中, 该起动发电机被控制为伺服控制由主电机传递的扭矩到一设定值, 所述设定值作为该轴旋转速度的函数而被预定。

涡轮引擎起动发电机和对其控制的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种涡轮引擎起动发电机。

背景技术

[0002] 本发明的应用领域更具体为用于安装在飞机上的燃气涡轮推进飞机引擎或燃气涡轮辅助动力单元 (APU) 的起动发电机的领域。然而, 本发明还可应用于其他类型的涡轮引擎, 例如工业涡轮机。

[0003] 这样的起动发电机 (S/G) 通常包括一主电机, 其形成在相关涡轮引擎起动和点火后以同步模式工作的主电机。该主电机具有转子电感器和定子绕组, 其以同步发电机模式, 将交流电 (AC) 形式的电能通过具有安装于其上的线路接触器的电源线传递到飞机上的网络上。该由主电机传递的交流电利用发电机调节单元或发电机控制单元 (GCU) 进行调节, 其中发电机控制单元将直流电 (DC) 传递到一励磁机的定子电感器, 其中该励磁机的转子绕组通过一旋转整流器与所述主电机的转子电感器相连。用于为励磁机的电感器供电所需的电能可通过例如永磁同步发电机的辅助发电机传递, 或其可通过飞机的机上电网来传递。

[0004] 所述主电机、励磁机和辅助发电机的转子, 如果有的话, 安装在一公共轴上, 该公共轴与涡轮引擎的轴机械性连接, 它们构成一具有两级或三级的无刷起动发电机。

[0005] 众所周知, 为了起动涡轮引擎, 通过给主电机的定子绕组供经线路接触器而传递到电源线上的交流电, 并通过经励磁机而给转子电感器供电而以同步电动机的方式操作该主电机。由于起动发电机的轴最初是静止的, 有必要通过 GCU 将交流电引入激励器的定子电感器, 以将交流电引入其转子绕组, 在整流后用于为主电机的转子电感器供电。

[0006] 为了能够引入产生起动所需要的扭矩所需要的交流电, GCU 需要被设计为其尺寸远大于以发电机模式向励磁机供直流电所需要的那样。

[0007] 为了弥补该缺点, 在文献 GB 2 443 032 中给出建议, 修改励磁机以在旋转变压器模式下操作, 以传递用于在起动时主电机的转子电感器的激励电流, 同时其以同步模式操作。该修改和在以低速起动时经励磁机的定子穿过一高水平电力的需要意味着这样的方案具有在重量和尺寸方面具有过高成本的缺点。

[0008] 也曾提出建议, 通过使主电机以异步发动机模式, 而不是以同步发动机模式操作而执行起动。可参照文献 US 5 055 700, US 6 844 707 和 EP 2 025 926。在文献 US 5 055 700 中, 在起动时, 主电机的定子绕组利用由固定压频比控制的反转电路经一起动接触器而以交流电供电。主电机的转子配备有减震棒, 所述减震棒形成“鼠笼”, 所述“鼠笼”使转子可旋转, 而主电机的转子电感器通过一特别开关而周期性地短路, 以避免破坏性的高电压。在文献 US 6 844 707 中, 在起动时, 主电机的定子绕组也利用一电压频率被控制的反转电路经由起动接触器而以交流电供电。主电机的转子电感器由一初始关闭的特别开关而短路。转子电感器的短路使得转子可与减震棒结合而旋转, 其中所述减震棒与转子电感器相联系, 并形成部分“鼠笼”。当起动发电机变到电力发电机模式时, 该短路开关在来自励磁机

的转子绕组的电流控制下打开。文献 EP 2 025 926 还描述了一种在起动时以异步电动机模式操作的主电机,该起动扭矩通过将转子电感器放入一利用一开关而与一电阻串联的闭合回路而提供,可能在减震棒的帮助下。

[0009] 由于以异步模式的操作相对于同步模式变差,这些现有技术方案并不适合与起动时需要高能量的涡轮引擎相关,特别是与推进式飞机发动机相关的 S/G。

[0010] 而且,这些现有技术方案要求插入一可控的开关,与主电机的转子电感器并联或串联,这样的元件非常可能导致不可靠性。

[0011] 而且,使用异步模式起动配备有缠绕电感器或配备有形成鼠笼的棒的同步电动机是早已获知的。该直到同步速度的起动阶段仅在异步模式下发生。可参考文献 US 3 354 368 和 GB 175084。

发明内容

[0012] 本发明的一个目的在于提供一种不具有上述缺点的涡轮引擎起动发电机,为此,在其一个方面,本发明提供一种起动发电机,包括:

[0013] 一主电机,该主电机设计为在涡轮引擎起动后,以同步电发电机模式操作,并在起动涡轮引擎阶段过程中以电动机模式操作,该主电机具有一承载定子绕组的定子,和一具有缠绕转子电感器和通过其端部相互电连接而形成一笼子的减震棒的转子;

[0014] 一励磁机,该励磁机具有一定子电感器和一具有转子绕组的转子,所述转子绕组经一旋转整流器而与所述主电机的转子电感器相连,该主电机和该励磁机的转子安装在一与涡轮引擎的轴机械连接的公共轴上;

[0015] 一发电机调节单元,该发电机调节单元与励磁机的定子电感器相连,以在主电机在电发电机模式操作时向励磁机的定子电感器提供直流电;和

[0016] 一起动机调节单元,该起动机调节单元经一起动接触器与该主电机的定子绕组相连,以在主电机在电动机模式操作时将交流电传送至主电机的定子绕组;

[0017] 在该起动发电机中;

[0018] 该起动机调节单元包括一第一调节器电路,用于以异步电动机模式起动;一第二调节器电路,用于以异步电动机模式起动;一换流器,用于经一起动接触器将交流电传递至该主电机的定子绕组;一电动机模式开关,用于通过第一和第二起动调节器电路而使该换流器受到控制;以及一用于控制该电动机模式开关的电路,用于以异步电动机模式开始该起动阶段,并在起动阶段过程中当轴的旋转速度超过一预定阈值时,从一异步电动机模式变到一同步电动机模式;和

[0019] 构建该由减震棒形成的笼,以使其自身可以异步电动机模式起动,而不使该主电机的转子电感器对起动扭矩的产生造成太大影响。

[0020] 这样的结构对于与推进式航空发动机的涡轮引擎相联系的起动发电机来说是非常有利的,至同步电动机模式的转变在一速度阈值得到控制,超过该阈值,在异步电动机模式下的操作不再确保对于这样一个涡轮引擎有足够的起动扭矩。本发明的创新之处还在于,减震棒的结构设计为增强异步电动机模式操作,而不需要转子电感器设置在一起动的短路中。

[0021] 有利地,所述减震棒以大致均匀的方式按角度分布,在两个相邻减震棒之间的倾

斜角 P 为 $0.8P_m < P < 1.2P_m$, 优选为 $0.9P_m < P < 1.1P_m$, 其中 P_m 为所有减震棒的倾斜角的平均值。此减震棒的大致角分布不仅用于增强以异步电动机模式的操作, 而且用于避免大的扭矩波动。

[0022] 根据起动发电机的一个特征, 其包括有角度位置传感器, 该角度位置传感器与所述第二起动调节器电路相连, 以向该第二起动调节器电路提供表示主电机的转子的角度位置的信息。

[0023] 同样优选地, 每个起动调节器电路均与该提供关于主电机的定子绕组中的电流的各量值信息的传感器相连, 各起动调节器电路包括一计算单元, 用于从表示定子绕组中电流量值的信息评估所传递的真实起动扭矩, 以产生用于控制所述换流器的信号, 以伺服控制传递到一预记录扭矩设定值的真实起动扭矩。

[0024] 该起动发电机单元可连接到一提供表示轴旋转速度信息的传感器, 并可包括一电路, 用于向第一和第二起动发电机电路传递一扭矩设定值, 该扭矩设定值取自作为轴旋转速度函数的起动扭矩变化的预记录轮廓。

[0025] 在其另一方面, 本发明还提供一种配备有以上限定的起动发电机的涡轮引擎。

[0026] 在其又一方面, 本发明提供一种在涡轮引擎起动阶段过程中控制涡轮引擎起动发电机的方法, 该起动发电机包括: 一主电机, 该主电机具有一承载定子绕组的定子, 和一具有缠绕转子电感器和通过其端部相互电连接而形成一笼子的减震棒的转子; 一励磁机, 该励磁机具有一定子电感器和一具有转子绕组的转子, 所述转子绕组经一旋转整流器而与所述主电机的转子电感器相连, 该主电机和该励磁机的转子安装在一公共轴上;

[0027] 在该方法中:

[0028] 在起动阶段的第一步骤过程中, 涡轮引擎初始静止, 通过将交流电引入主电机的定子绕组, 主电机以异步电动机模式操作, 利用减震棒产生一起动扭矩, 电机的转子电感器对产生起动扭矩不起作用;

[0029] 在起动阶段的随后第二步骤过程中, 通过将交流电引入主电机的定子绕组, 同时通过将直流电引入励磁机的定子电感器, 而将直流电传递到主电机的转子电感器, 主电机以同步电动机模式操作; 以及

[0030] 当转子的转速到达一预定值时, 执行从起动阶段的第一步骤到第二步骤的改变。

[0031] 有利地, 使用一主电机, 其中减震棒以大致均匀的方式按角度分布, 两相邻减震棒之间的倾斜角 P 满足 $0.8P_m < P < 1.2P_m$, 优选 $0.9P_m < P < 1.1P_m$, 其中 P_m 是所有减震棒的平均倾斜角。

[0032] 在起动阶段过程中, 该起动发电机优选被控制为伺服控制由主电机传递到一设定值的扭矩, 所述设定值作为轴旋转速度的函数而被预定。

附图说明

[0033] 通过阅读以下参照附图作为非限制性示例的描述, 本发明可被更好地理解, 其中:

[0034] 图 1 是一燃气涡轮飞机引擎的高度简化的示图;

[0035] 图 2 高度概略并显示本发明一实施例中起动发电机结构;

[0036] 图 3 是图 2 的起动发电机中主电机转子的一实施例的示意性径向截面图;

[0037] 图 4 是图 3 中转子的示意性端视图；

[0038] 图 5 是图 2 的起动发电机中主电机的另一实施例的示意性径向截面图；以及

[0039] 图 6 是图 2 起动发电机的起动调节单元实施例的示意图。

具体实施方式

[0040] 本发明在下文中描述，其应用到一用于推进式飞机引擎的的涡轮引擎起动发电机，例如图 1 中作为例子以高度简化方式所显示的那样。

[0041] 然而，本发明也可应用于其他涡轮引擎，具体为直升机涡轮、工业涡轮或辅助供电单元 (APU) 的涡轮的起动发电机。

[0042] 图 1 中的涡轮引擎包括燃烧室 1，燃烧气体从室 1 进入一高压 (HP) 涡轮 2 和一低压 (BP) 涡轮 3。涡轮 2 通过一轴连接到一高压压缩机 4，该高压压缩机 4 在压力下将空气输送到燃烧室 1，同时涡轮 3 通过另一轴连接到该引擎的入口风扇 5。

[0043] 一传动或辅助变速箱 6 通过一机械动力输出装置 7 而连接到一涡轮轴，并包括一套齿轮，用于驱动各设备，特别是泵，和至少一个电起动发电机（下文中写作“S/G”）10。

[0044] 图 2 是一 S/G10 的示意图，该 S/G10 具有三个级，即主电机 20、励磁机 30 和辅助发电机 40，它们的转子安装在一公共轴 12 上，该轴 12 与一例如图 1 中所示的飞机引擎的涡轮轴机械性连接。

[0045] 所述主电机 20 在其转子上包含一缠绕的转子电感器 22，在其定子上包含可星形连接的定子绕组 24a、24b、24c。励磁机 30 在其定子处包含电感器绕组 34，在其转子处包含可星形连接的转子绕组 32a、32b、32c。在励磁机 30 的转子处产生的交流电由一例如旋转二极管桥的旋转整流器 36 进行整流，以向主电机的转子电感器进行供电。在例中，辅助发电机 40 为永磁同步发电机，具有承载永磁铁的转子 42 和可星形连接的定子绕组 44a、44b、44c。

[0046] 在发电机模式，随着涡轮引擎起动并运转，主电机 20 构成一同步发电机，该发电机（在此例中）在电源线 26 上向定子传送三相电压，其中在该电源线 26 中插入一线开关 28。电源线 26 传送电压至飞机上的机上网（未示出）。所产生的电压由发电机调节单元或发电机控制单元 (GCU) 50 来调节，其中发电机控制单元 (GCU) 控制供应给直流电励磁机的电感器 34 的电，以伺服控制线 26 上基准点的电压 U_{ref} ，以使其具有一设定值。为此，表示电压 U_{ref} 瞬间值的信息被传递到 GCU50。供应励磁机 30 所需的电能由辅助发电机 40 传递，GCU50 接收并整流传送到辅助发电机 40 的定子上的交流电。在一变例中，供应到 GCU50 的电能可来自飞机的机上网。S/G 以发电机模式的此种操作是众所周知的。

[0047] 在起动机模式下，主电机 20 构成一电动机，该电动机传递使该涡轮引擎旋转所需的扭矩。在起动阶段过程中，主电机 20 的定子绕组 24a、24b、24c 通过一包含一换流器的起动调节单元 60 而供以交流电，该换流器通过其中插入有起动接触器 64 的线 62 与绕组 24a、24b、24c 相连。

[0048] 在起动阶段的第一步骤过程中，涡轮引擎初始静止，电机 20 使用与主电机 20 的旋转电感器 22 相联系的减震棒而以异步电动机模式操作。以众所周知的方式，在以同步发电机模式操作时，减震棒有助于转子的机械特性，以通过使空气隙中的磁场更均匀而改善正弦形式因数，减小不平衡三相负载的后果，并抑制在载荷瞬变过程中的振动。

[0049] 根据本发明的一个特征,减震棒设置为优先鼓励产生高起动扭矩。

[0050] 如图 3 和 4 中所示,减震棒 222 有利地以大致均匀的方式按角度分布,它们在它们的端部相互电连接,以形成“鼠笼”。在所示的例中,该主电机的转子具有凸出柱 224,所述凸出柱 224 承载电感器 22 的转子绕组 226。棒 222 平行于柱 224 的端部附近的转子的轴延伸,棒 222 的轴位于一公共圆柱形表面上。在棒 222 的一个轴向端上,棒 222 通过环 228 相结合成一体(图 4)。在它们的另一轴向端,棒通过另一相似环而结合成一体。用于棒 222 的术语“大致均匀角分布”在此用来表示一种布置,使得两棒之间的倾斜角 P 满足 $0.8P_m < P < 1.2P_m$,优选 $0.9P_m < P < 1.1P_m$ 的关系,其中 P_m 是所有棒的平均倾斜角。

[0051] 除了优化异步电动机模式的操作,减震棒的大致角分布具有避免扭矩由于极不规则的分布而产生较大波动的优点。

[0052] 然而,棒的基本规则布置要求柱 224 在它们的端部之间相对较短的距离,其中这样的距离必须小于斜角 P 。这可造成柱之间的漏通量,但漏通量的量相对有限,对于以同步模式操作的主电机 20 并不是非常不利。在图 3 所示的例中,柱 224 的数量为六,棒的数量等于 21,在每柱三棒与每柱四棒之间交替。应观察到,棒的角布置并非必须关于穿过柱中央的轴对称。

[0053] 可采用一种不同的布置,例如转子具有四个凸出柱和数量等于 18 的棒,在每柱四棒与每柱五棒之间交替,如图 5 中所示。

[0054] 自然地,可采用不同于所示例子中数量的棒,具体取决于特定应用。

[0055] 为了在异步电动机模式下具有高扭矩,同时使用笼 220,该笼的电阻应优选最小化。如果由棒 222 和环 228 形成的笼的电阻过高,则也许在来自起动调节单元的换流器提供的可用电压水平下不可能在棒上产生足够的电流以达到所需要的扭矩水平。而且,过高的电阻引起高水平的焦耳效应损失,从效率的观点和产生热的观点看是不利的。减震棒 222 和环 228 将它们的端部连接到一起,因此优选由具有良好导电性的材料制成,例如铜,并且它们制成具有一比仅使所述棒能够执行其减震功能而实际需要的截面更大的截面。

[0056] 对于给定的截面区域,棒 228 的截面为矩形而非圆形也是有利的,以最小程度地影响磁通截面。

[0057] 应观察到,在异步电动机模式下全部的起动扭矩都由笼 220 产生,而无其自身不成环状的转子绕组的贡献。

[0058] 当轴 12 的旋转速度达到一阈值时,使得供应所需扭矩可不再由以异步电动机模式操作的主电机保证,该电机被导致从异步电动机模式切换到同步电动机模式,以执行起动阶段的第二和最后步骤。由于励磁机在旋转,因此直流电由 GCU50 引入励磁机的电感器 34,以通过旋转整流器 36 给缠绕的电感器 22 供应直流电。同时,主电机的定子绕组 24a, 24b, 24c 通过起动调节单元 60 而被供以交流电,同时还确保定子通量相对于转子的位置而最佳取向。

[0059] 在传统方式中,当由涡轮引擎产生的扭矩足够,其不再需要 S/G 时,起动接触器 64 打开,一旦 S/G 的速度,进而其频率足够,则线接触 28 可由 GCU50 关闭。

[0060] 起动调节单元 60 的一具体实施例将在下文中参照图 6 描述。

[0061] 供应给主电机定子绕组的电压由起动换流器 602 产生,其电压和频率通过换流器控制电路 604 进行控制。产生换流器 602 所需电压和操作起动调节单元 60 的各部件所需

要的电能由来自飞机的机上网络的电源供应线（未示出）提供，其中飞机的机上网络由地面上的 APU 或发电机单元供电。

[0062] 取决于电动机模式开关 606 的位置，换流器控制电路 604 将其输入连接到用于以异步模式起动的调节器电路 608，或连接到用于以同步模式起动的调节器电路 610。

[0063] 电路 614 的输出连接到电流传感器 620a、620b、620c，所述电流传感器插到线路 62 的导线中以向电路 608 和 610 提供表示主电机的定子绕组中相电流大小的信息。

[0064] 电路 616 的输出连接到传感器 14（图 2），该传感器 14 安装在 S/G 的轴 12 上，以向电路 608 和 610 提供表示轴 12 转速的信息。电路 618 还有输出连接到传感器 14，以向电路 610 提供表示轴 12 角度位置，即表示主电机 20 的转子的角度位置的信息。在例中，传感器 14 是一角度位置传感器，能够从该传感器传送的信号传递位置和速度信息，该传感器自身是已知的。

[0065] 该角度位置传感器在角度位置可通过测量其上电量而计算时可以省略。

[0066] 起动调节单元 60 如下操作。

[0067] 响应于一起动命令 St，一数字控制单元 600 使接触器 64 关闭，并使电动机模式开关 606 操作以异步模式将起动调节器电路 608 与换流器控制电路 604 相连。

[0068] 如图 6 中所图示的那样，表 612 包含表示一作为 S/T 的轴的转速 N 的函数的起动扭矩 C 的设定值的信息。在此例中，所需要的扭矩值在起动阶段的开始大致保持恒定，其朝向其末端减小。数字控制单元 600 接收来自电路 616 的表示转速 N 的信息，它读自表 612 以向电路 608 提供扭矩设定值 Cs。而且，电路 608 具有计算单元，具体用于计算表示由主电机施加的真实扭矩的大小，并用于为控制换流器 604 的电压和频率而提供给该电路电压和频率设定值信息，以伺服控制真实扭矩值，特别是作为速度函数的设定值 Cs。

[0069] 为此，基于定子绕组中的相电流的值，可以自身已知的方式计算该电机的扭矩电流 I_q 和通量电流 I_d 。作为真实扭矩反映的电流 I_q 被伺服控制到一对应于设定扭矩 Cs 的设定值。通量电流 I_d 是转子通量的反映，它可在饱和前被伺服控制到其最大值。

[0070] 当速度增加时，可由一以异步电动机模式操作的电机传递的最大扭矩从一确定速度减小。存在一转速 N_1 ，从该转速，电机可不再传递所需要的设定扭矩。此值 N_1 取决于该电机的特性。

[0071] 当到达值 N_1 时，数字控制单元 600 使电动机模式开关 606 转向，以将以同步模式的起动调节器电路 610 与换流器控制电路 604 相连，并且它使 GCU50 向励磁机 30 的定子绕组供应直流电。如上所述，该数字控制单元 600 使用表 612 获得用于电路 610 的作为速度函数的扭矩设定值 Cs。

[0072] 如同电路 608 那样，以同步模式的起动调节器电路具有用于计算真实扭矩的工具。该电路 610 向换流器控制电路 604 提供电压和频率设定值信息以伺服控制作为速度函数的真实扭矩到设定值 Cs，同时还确保定子流量相对于转子的角位置的最佳位置。为此，如上所述，电流 I_q 和 I_d 被计算。电流 I_q 被伺服控制到对应于设定扭矩 Cs 的设定值。该通量电流可被伺服控制到零值。在该励磁机中，定子被供以电流，使得电感器通量的水平在主电机中处于最大值，以对于所传递的给定扭矩水平将主电机的定子电流降到尽可能低。当速度增加时，励磁机的电感器电流减小，以降低主电机中的通量，来避免对比换流器 602 的供电电压而电力变得过大。

[0073] 控制单元 600 使起动接触器 64 在转速达到一预定值时打开。

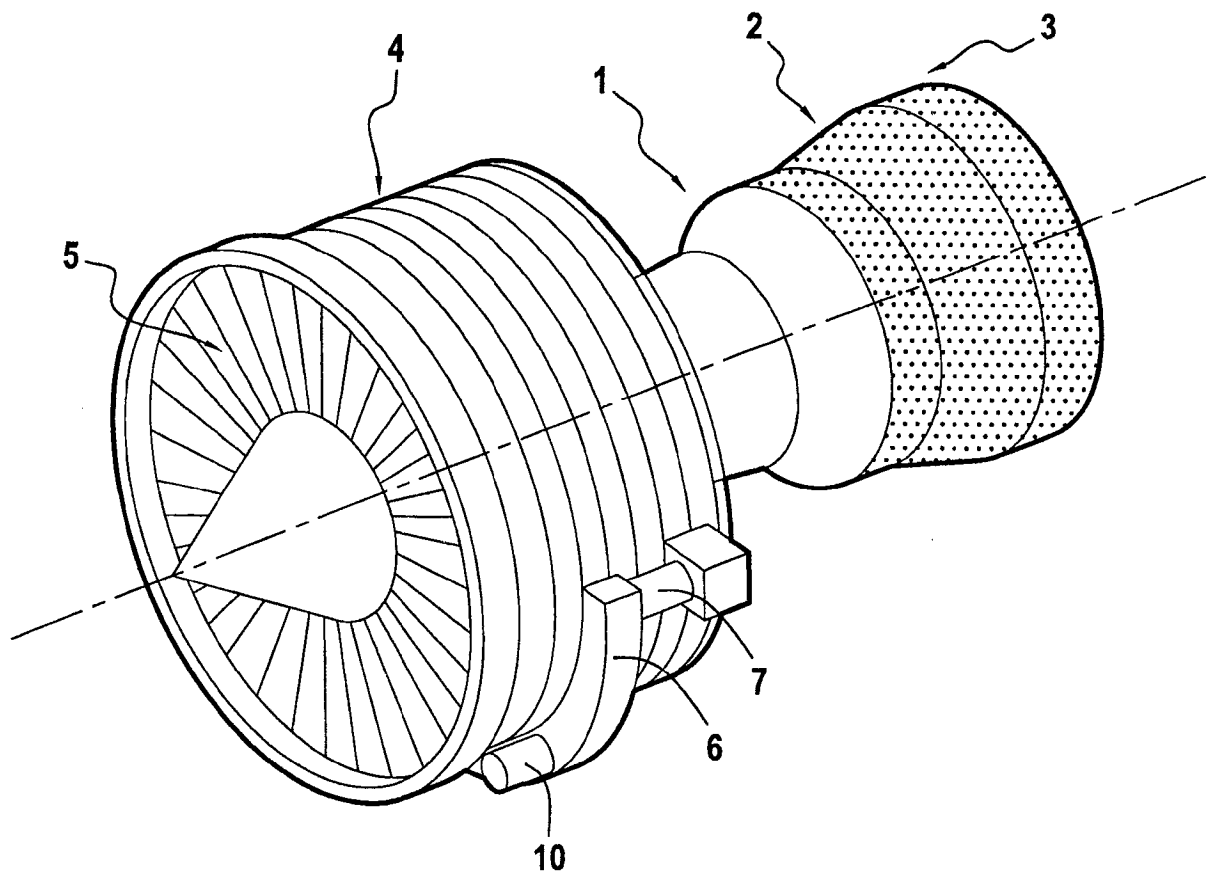


图 1

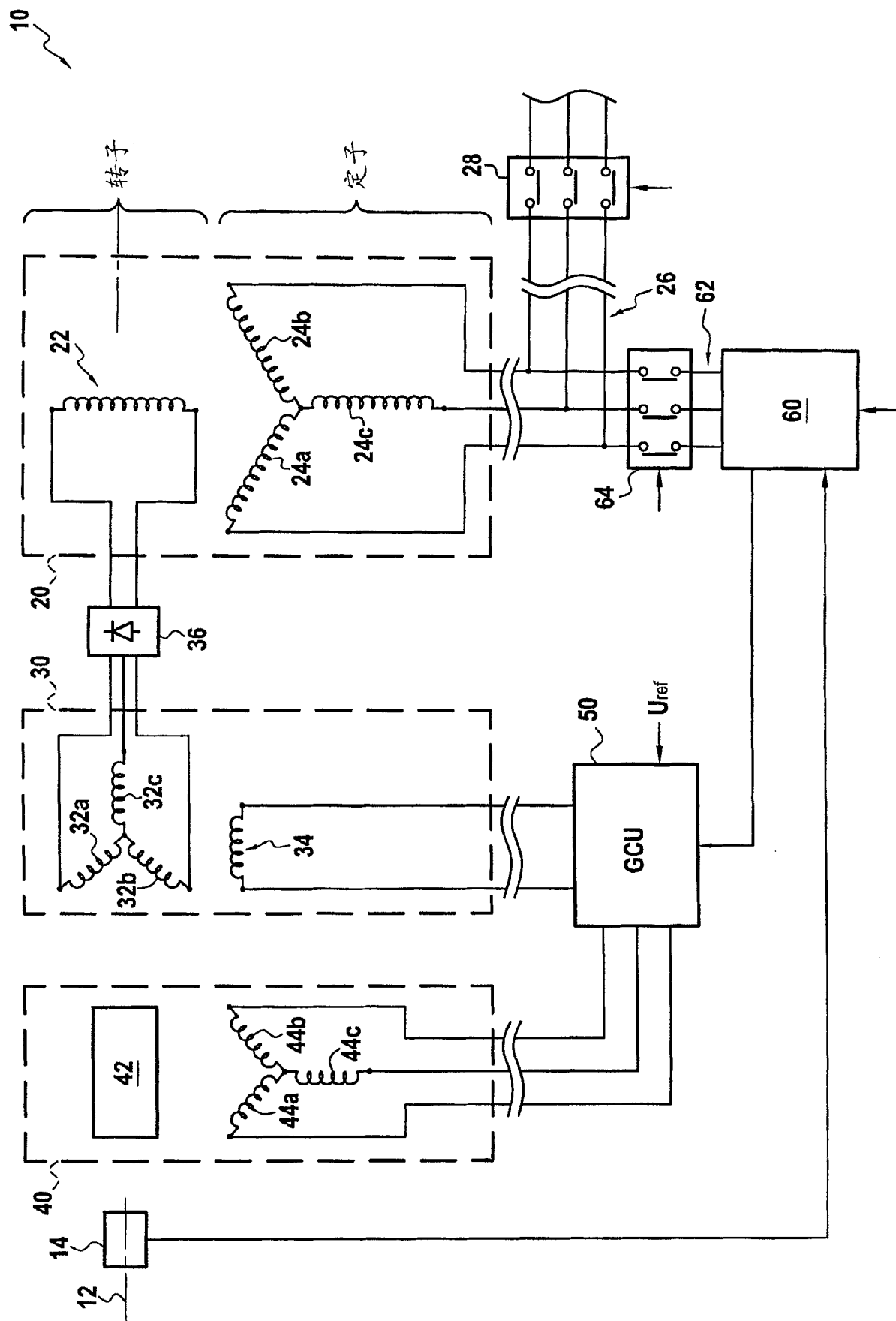


图 2

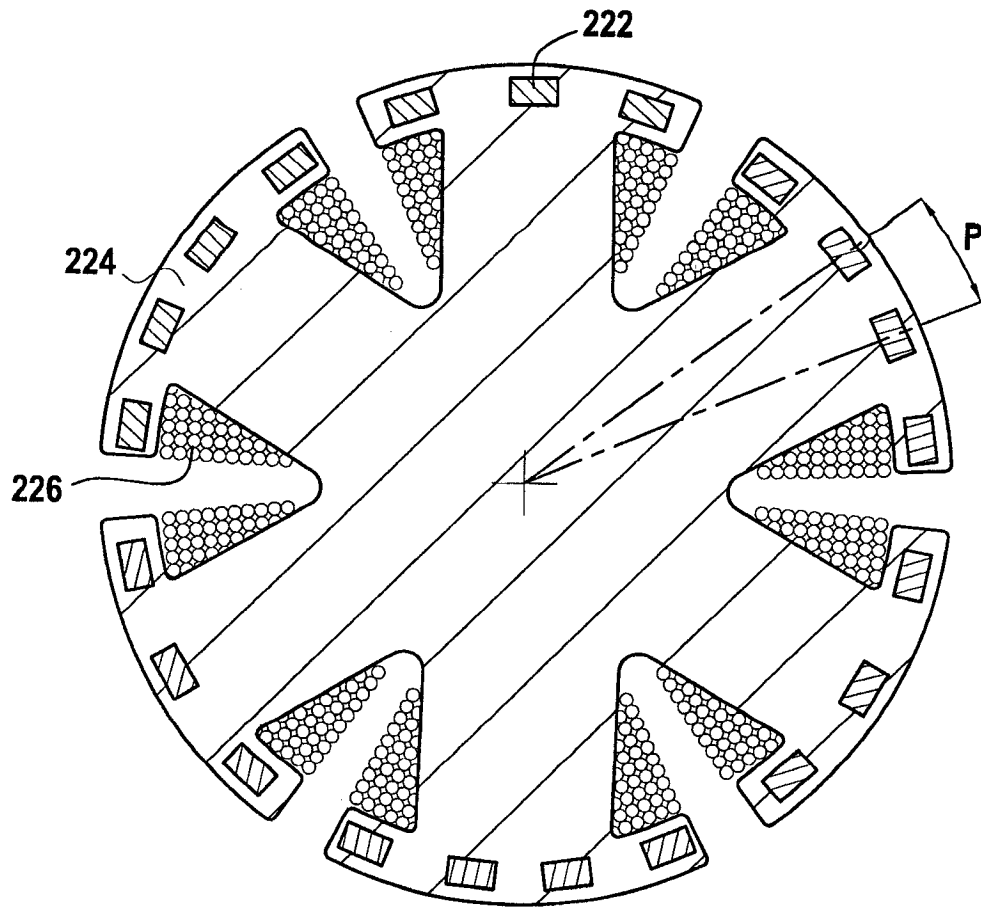


图 3

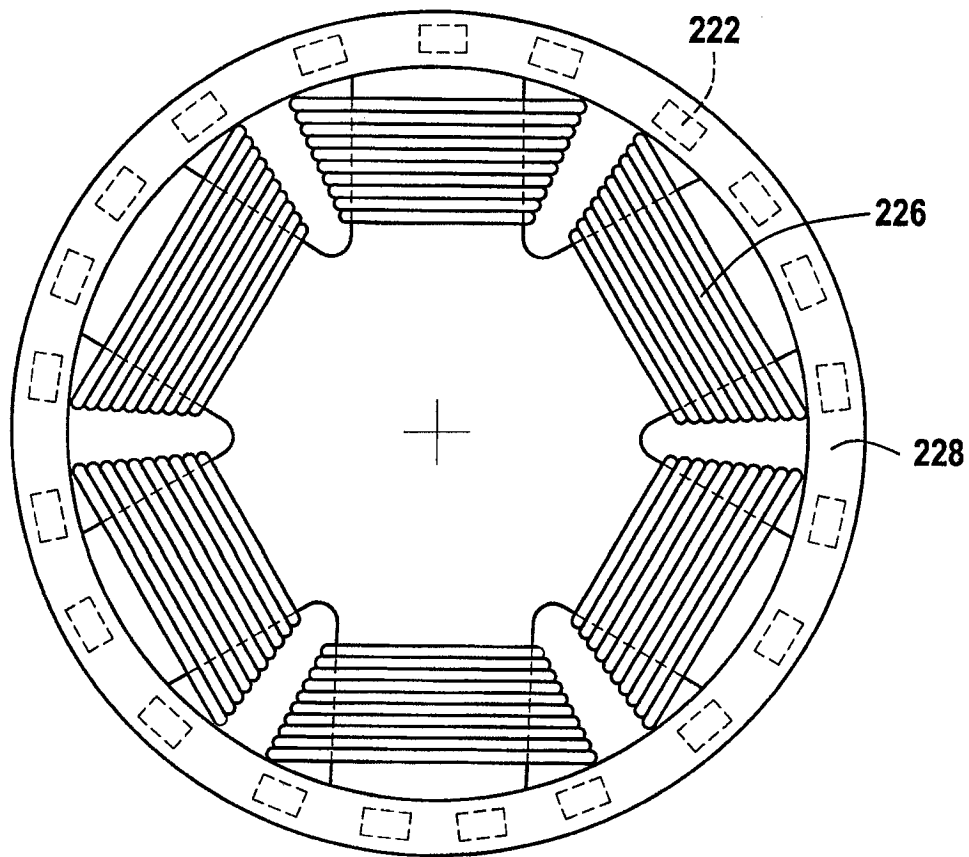


图 4

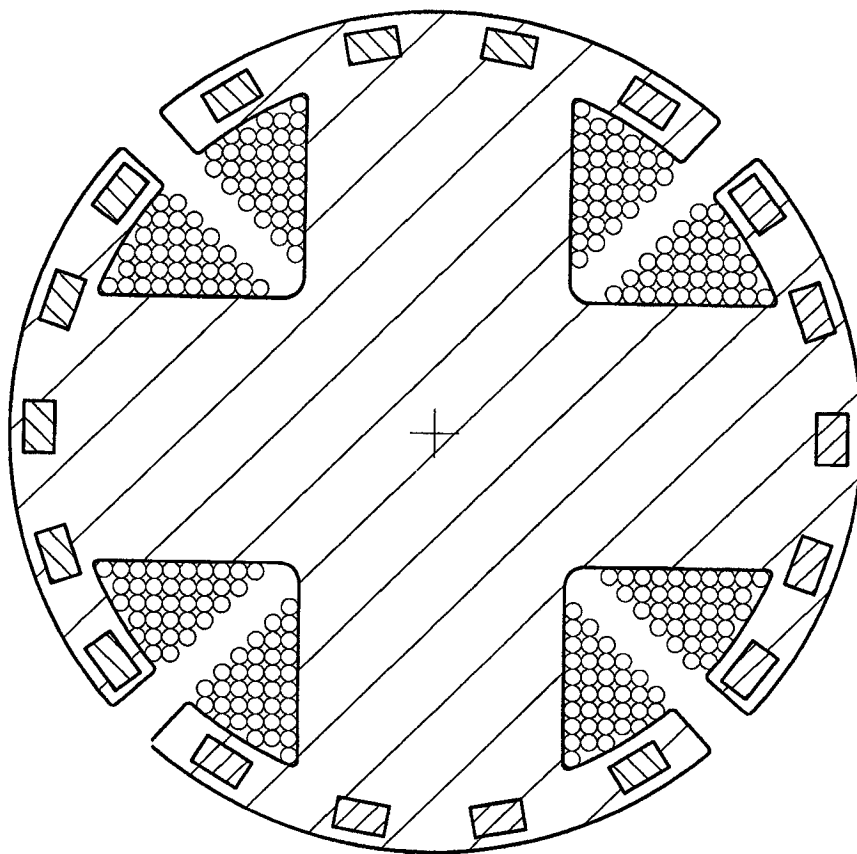


图 5

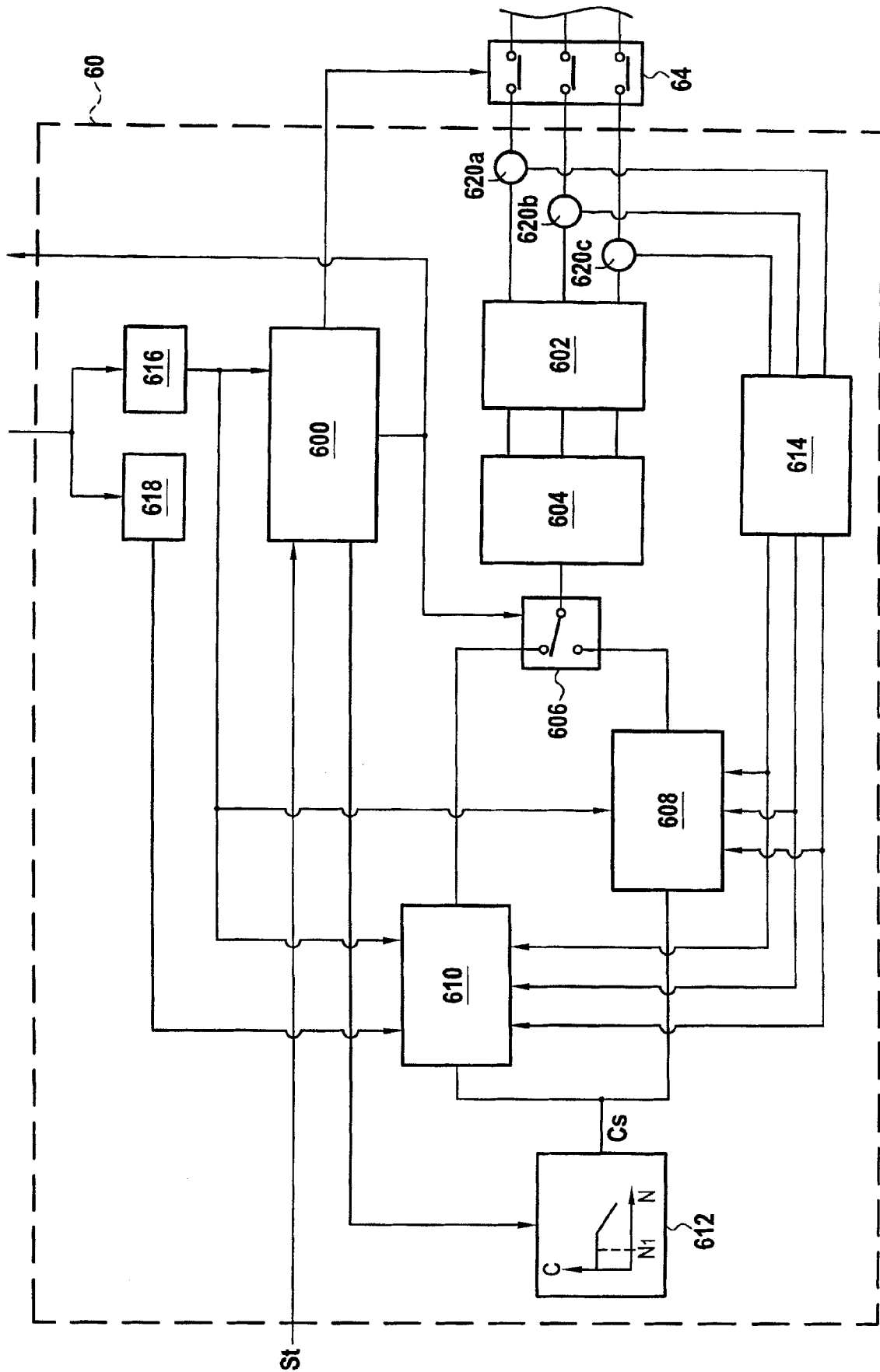


图 6