



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1463486 B

(45) 授权公告日 2010.05.26

(21) 申请号 02801730.7

(22) 申请日 2002.05.20

(85) PCT申请进入国家阶段日
2003.01.17

(86) PCT申请的申请数据
PCT/JP2002/004836 2002.05.20

(87) PCT申请的公布数据
W002/095923 JA 2002.11.28

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社
地址 日本大阪府

(72) 发明人 植田光男 吉冈包晴

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 杜日新

(51) Int. Cl.
H02P 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5496153 A, 1996.03.05, 说明书第2栏第
66行至第6栏第1行, 权利要求1, 及附图1-5.

US 6176683 B1, 2001.01.23, 说明书第1-3
栏, 权利要求1, 附图1-4.

全文.

审查员 栾爱玲

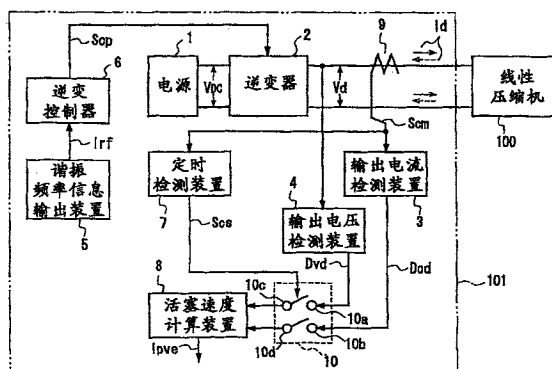
权利要求书 4 页 说明书 29 页 附图 8 页

(54) 发明名称

线性压缩机驱动装置

(57) 摘要

本发明的线性压缩机驱动装置 (101), 具有向线性压缩机 (100) 供给驱动电流的逆变器 (2), 还包括: 逆变控制器 (6), 用于根据谐振频率信息来控制逆变器, 使频率与活塞往复运动的谐振频率相一致的电压和电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出; 定时检测装置, 用于把逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为使往复运动的活塞的速度为最大的特定相位定时进行检测; 以及活塞速度计算装置, 根据特定相位定时中的输出电压和输出电流, 利用在该活塞共振状态中成立的活塞运动方程式来计算活塞往复运动中的活塞速度的最大振幅。该装置不用位置检测器, 通过简单的运算处理即可精确地检测出线性压缩机的活塞的行程和顶部间隙。



1. 一种线性压缩机驱动装置,它具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:

逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电流;

谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;

电压检测装置,用于检测上述逆变器的输出电压,输出电压检测信号;

电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;

逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;

定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为使上述往复运动的活塞的速度为最大的特定相位定时进行检测;以及

活塞速度计算装置,用于接收上述电压检测信号和上述电流检测信号,根据上述特定相位定时中的、上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值,利用在该活塞共振状态条件下成立的该活塞运动方程式来计算上述活塞往复运动中的活塞的最大速度。

2. 权利要求1所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出电流的振幅为最大的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。

3. 权利要求1所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出交流电流的相位为 90° 和 270° 中的至少一个相位的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。

4. 权利要求3所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:所述逆变控制器,向上述逆变器输出逆变器驱动控制信号,对该逆变器进行控制,上述定时检测装置根据上述逆变器驱动控制信号的相位,来检测上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时。

5. 权利要求4所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置具有相位偏移量检测器,以便检测上述逆变器驱动控制信号的相位相对于上述逆变器输出电流的相位的相位偏移量,根据对其相位进行校正使该相位偏移量为零的逆变器驱动控制信号,来检测上述逆变器输出电流的微分值为零的相位定时。

6. 权利要求1所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的推力常数进行温度校正处理,根据进行了温度校正处理的推力常数、上述输出电压和输出电流各自的瞬时值和线性马达的内部电阻,来计算上述活塞速度的最大值。

7. 权利要求1所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的内部电阻值进行温度校正处理,根据进行了该温度校正处理的内部电阻值,上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值、以及上述线性马达的推力常数,来计算上述活塞速度的最大值。

8. 权利要求1所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置反复进行速度计算处理,计算出上述活塞速度的最大值,在该反复进行的速度计算处理中,上述

线性马达的、因该活塞速度变化而使其值变化的推力常数的值,根据由上次速度计算处理时计算出的活塞速度的最大值来进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞速度的最大值。

9. 权利要求 1 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有行程信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞位移的最大值的活塞行程信息。

10. 权利要求 1 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有一种下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

11. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

中心位置信息计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

12. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:

下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

上死点位置信息计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置的信息。

13. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

中心位置信息计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

14. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

下死点位置信息计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

15. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

中心位置信息计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

16. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞下死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

上死点位置信息计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置信息。

17. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

上死点位置信息计算装置,用于根据上述中心位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置信息。

18. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,

中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

下死点位置信息计算装置,用于根据上述中心位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的下死点位置的下死点位置信息。

19. 权利要求 10 至 12 中任一项所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机具有对该活塞施加力量的弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时,使该活塞返回到其中立位置,上述下死点位置信息计算装置,根据上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值、上述线性压缩机中的上述活塞进行往复运动的可动部分的重量以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准而计算出表示上述活塞下死点位置的位置信息作为上述下死点位置信息。

20. 权利要求 9 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述行程信息计算装置,反复进行计算处理,根据上述活塞速度的最大值计算出上述活塞行程信息,在该反复进行的各运算处理中,上述线性马达的因该活塞位置变化而使其值变动的推力常数的值,根据由上次计算处理而计算出的活塞行程信息进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞行程信息。

21. 一种线性压缩机驱动装置,它具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:

逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电流;

谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;

电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;

逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;

定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为特定相位定时进行检测;以及

中心位置信息计算装置,用于根据上述特定相位定时中的上述逆变器的输出电流的顺

时值,以上述线性压缩机排出的冷冻剂气体压力和上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体压力的压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

22. 权利要求 21 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机具有弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时对活塞施加力量,使该活塞返回到其中立位置上,

上述中心位置信息计算装置,根据上述逆变器的输出电流的最大值,上述线性马达的推力常数、以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准,求出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

23. 权利要求 21 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

排出压力检测装置,用于检测上述线性压缩机排出的冷冻剂气体的压力;以及

吸入压力检测装置,用于检测上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体的压力;

上述中心位置信息计算装置根据上述排出冷冻剂气体压力和上述吸入冷冻剂气体压力之差,来计算出从上述冷冻剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

24. 权利要求 23 所述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述中心位置信息计算装置根据上述排出冷冻剂气体压力和上述吸入冷冻剂气体压力之差以及谐振频率信息所表示的谐振频率,来计算出从上述冷冻剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

线性压缩机驱动装置

技术领域

[0001] 本发明涉及线性压缩机驱动装置,涉及对利用线性马达来使活塞进行往复运动,在汽缸内生成压缩气体的线性压缩机进行驱动的装置。

背景技术

[0002] 过去已知的生成压缩气体的装置是利用机械的弹性器材或气体的弹性的线性压缩机。

[0003] 图 7 是说明过去的线性压缩机的断面图,具体地表示利用弹簧作为弹性器材的线性压缩机的结构。

[0004] 线性压缩机 100 具有相邻的汽缸 71a 和马达部 71b 所构成的机体 71。该机体 71 的汽缸部 71a 形成该线性压缩机的圆筒形气缸,在该汽缸部 71a 内,活塞 72 沿着与该汽缸的中心轴相平行的方向(活塞轴线方向)滑动自如。

[0005] 在上述机体 71 内的该活塞 72 的背面侧,活塞杆 72a 被布置在跨越该汽缸部 71a 和马达部 71b 的位置上,该活塞杆 72a 的一端被固定在活塞 72 上。另外,在该活塞杆 72a 的另一端和与其对置的马达部 71b 的内壁面 71b1 之间,布置了用于支承活塞的支承弹簧(共振弹簧)81。该支承弹簧 81 在该活塞 72 从活塞中立位置(活塞基准位置)移动时产生变形,对该活塞 72 施加力量,使该活塞 72 返回到上述活塞基准位置上。并且,上述活塞中立位置是支承弹簧 81 不变形的活塞位置,在活塞 72 位于上述活塞中立位置上的状态下,支承弹簧 82 不对活塞 72 产生作用力。

[0006] 并且,在上述活塞杆 72a 的位于上述马达部 71b 内的部分上安装磁铁 73,在上述马达部 71b 内壁的与磁铁 73 相对置的部分上,安装由外轭铁 74a 以及其中埋入的定子线圈 74b 构成的电磁铁 74。

[0007] 然后,由上述电磁铁 74 和上述磁铁 73 来构成线性马达 82。也就是说,上述线性压缩机 100,利用其线性马达 82 的驱动力,即该电磁铁 74 和磁铁 73 之间产生的电磁力和上述支承弹簧 81 的弹力来使上述活塞 72 沿其轴线方向往复移动。

[0008] 另一方面,在上述机体 71 内的汽缸盖侧形成了汽缸上部内面 75、活塞压缩面 72b 和由汽缸圆周壁面 77 围成的密闭空间即压缩室 76。在汽缸上部内面 75 上形成一开口作为冷冻剂吸入管 1a 的一端,用于向上述压缩室 76 内吸入低压冷冻剂气体;再者,在上述汽缸上部内面 75 上形成一开口,作为冷冻剂排出管 1b 的一端,用于从上述压缩室 76 中排出高压冷冻剂气体。在上述冷冻剂吸入管 1a 和冷冻剂排出管 1b 安装防止冷冻剂气体倒流的吸入阀 79 和排出阀 80。

[0009] 具有这种结构的线性压缩机 100,从马达驱动器(无图示)向线性马达 82 断续地输送驱动电流,使活塞 72 在其轴线方向上往复运动,反复进行以下动作:向压缩室 76 内吸入低压冷冻剂气体;在压缩室 76 内压缩冷冻剂气体;从压缩室 76 中排出被压缩的高压冷冻剂气体。

[0010] 但是,上述这种线性压缩机 100,即使把加在上述线性马达 82 上的电流或电压保

持一定值,也是在线性压缩机 100 承受的负荷状态发生变化时,活塞 72 的行程发生变化。因此,尤其采用上述线性压缩机 100 的冷冻压缩机,根据变化的环境温度来控制冷冻剂流量,能大大改善冷冻周期的热力学效率,所以,需要一种检测装置(活塞行程检测装置),以便检测对冷冻剂流量有决定性作用的活塞 72 的行程。

[0011] 并且,线性压缩机 100,在结构上,活塞前端部有冲撞汽缸上面的危险。

[0012] 也就是说,活塞 72 不仅接受上述线性马达 82 的活塞驱动力和上述支承弹簧 81 的弹力,而且接受压缩室 76 内部的冷冻剂气体的压力和汽缸 72 的背压的压差所产生的力,活塞 72 往复运动的中心位置(以下亦称为活塞振幅中心位置)偏离上述差压为零时的活塞振幅中心位置,即偏离支承弹簧不变形时的活塞位置(活塞中立位置)。因此,若由于负荷状态变化而使作用于活塞 72 上的压缩室 76 的内部压力产生变化,则不仅活塞 72 的行程发生变化,而且活塞 72 的往复运动的中心位置发生变化。

[0013] 因此,为了避免活塞和汽缸冲撞,不仅需要上述活塞行程检测装置,而且需要检测活塞前端部和汽缸盖内面之间的距离用的位置检测装置。例如,没有防碰撞装置的线性压缩机,活塞前端部会碰撞汽缸盖内面,产生刺耳的杂音,或者损伤活塞或汽缸。

[0014] 像上述那样的位置检测装置,采用那种不与线性压缩机 100 中的活塞等可动零件相接触,就能检测出与活塞中立位置等的活塞基准位置相比活塞的位移程度(活塞位移量)的传感器,例如采用涡流方式的位移计、采用差动变压器的位移计等。

[0015] 但是,若采用这种传感器,则不仅线性压缩机 100 的制造成本增加,而且需要有安装传感器的空间,使线性压缩机 100 的机体 71 增大。并且,由于这种传感器用在线性压缩机 100 内部的高温、高压气体状态下,所以传感器本身的可靠性问题有待解决,即要求该传感器在高温、高压气氛中使用应当稳定可靠。

[0016] 因此,作为检测活塞 72 位置的方法,提出了直接测量供给线性压缩机 100 的线性马达的驱动电流和驱动电压,根据该测量值来推导出活塞 72 的位置的方法(日本专利特表平 8-508558 号公报),而不是利用布置在线性压缩机 100 内部的位置检测器来检测活塞的位置的方法。

[0017] 以下说明该公报所述的线性压缩机中所用的活塞位置检测方法。

[0018] 图 8 表示对线性压缩机的活塞进行驱动的线性马达的等效电路。

[0019] 图中 L 是构成线性马达的线圈的等效电感 $[H]$; R 是该线圈的等效电阻 $[\Omega]$ 。并且, V 是加在线性马达上的瞬时电压 $[V]$, I 是加在线性压缩机上的电流 $[A]$ 。 $\alpha \times v$ 是由于线性马达的驱动而产生的感应电压 $[V]$, α 是线性马达的推力常数 $[N/A]$, v 是线性马达的瞬时速度 $[m/s]$ 。

[0020] 在此,线性马达的推力常数 α 表示当线性马达中流入单位电流 $[A]$ 时产生的力 $[N]$ 。并且,推力常数 α 的单位由 $[N/A]$ 表示。该单位等同于 $[Wb/m]$ 、 $[V \cdot s/m]$ 。

[0021] 图 8 所示的等效电路是根据基尔霍夫定律推导的,从该等效电路中可求出线性马达的瞬时速度 $v[m/s]$ 。

[0022] 也就是说,线性马达的驱动状态是:线性马达上所加的电压 (V) 相当于:线性马达的线圈的等效电阻所产生的压降 $(I \times R) [V]$ 、该线圈的等效电感所产生的压降 $(L \cdot dI/dt) [V]$ 、和线性马达驱动所产生的感应电压 $(\alpha \times v) [V]$ 的和,下式 (1) 成立。

$$[0023] \quad v = \frac{1}{\alpha} \left(V - R \times I - L \frac{dI}{dt} \right) \quad \dots (1)$$

[0024] 上述 (1) 式中所用的系数 α [N/A]、 R [Ω]、 L [H] 是马达固有的常数,是已知值。所以,从这些常数、被测的外加电压 V [V] 和外加电流 I [A] 中,根据 (1) 式可以求出瞬时速度 v [m/s]。

[0025] 并且,活塞位移量 (从不定的基准位置到活塞的距离) x [m] 如下述 (2) 式所示,通过瞬时速度 v [m/s] 的时间积分来求出。而且 (2) 式中的常数 Const 是积分开始时的活塞位移量。

$$[0026] \quad x = \int v \, dt + \text{Const.} \quad \dots (2)$$

[0027] 这样,利用上述公报中的活塞位置检测方法,对线性马达上的外加电压测量值 v 和外加电流测量值 I ,根据上述 (1) 式来进行包括微分处理在内的运算处理,求出活塞的瞬时速度 v ,再对该瞬时速度 v ,根据上述 (2) 式进行包括积分处理的运算处理,即可求出活塞的位移量 x 。

[0028] 但是,这样,根据上述 (1) 式和 (2) 式进行运算而求得的活塞位移量 x 是以活塞轴线上的某一位置为基准的位移量,从该位移量 x 中不能直接求出从汽缸盖到活塞上死点位置的距离。

[0029] 也就是说,在线性压缩机 100 上加有负荷的状态下,活塞往复运动中的活塞中心位置 (活塞振幅中心位置) 受冷冻剂气体的压力作用而偏离活塞中立位置 (即压缩室内的压力等于背压时的活塞振幅中心位置),活塞以偏离的活塞振幅中心位置为中心而进行往复运动。换言之,由 (2) 式求得的活塞位移量 x 是包括平均成分的。

[0030] 但是,实际的模拟积分器或数字积分器并不全都是进行理想的积分处理,对常数或 DC 输入输出完全的应答信号,而是限制对 DC 输入的应答,所以,实际的积分器不能对上述活塞位移量 x 进行反映其平均成分的积分运算处理。而且,这样使实际的积分器限制 DC 应答,是为了避免输入信号中不能避免的 DC 成分造成其输出饱和。

[0031] 其结果利用实际的积分器根据上述 (2) 式进行积分处理而求出的活塞位移量 x [m],并非能从该位移量中直接求出活塞和汽缸盖之间的实际距离,只是表示以活塞轴线上的某一地点为基准的活塞位置。

[0032] 因此,从 (2) 式求得的活塞位移量 x [m],变换成活塞位移量 x' ,它表示与活塞振幅中心位置相对的活塞位置;再利用该变换后的活塞位移量 x' ,来进行运算处理,求出以汽缸盖为基准的活塞位移量 x'' ,以便表示活塞振动中心位置。

[0033] 以下详细说明这些运算处理。

[0034] 图 9 是表示上述汽缸内的活塞位置的模式图。

[0035] 首先简单说明图 9 所示的 3 个坐标系,即第 1 坐标系 X 、第 2 坐标系 X' 、第 3 坐标系 X'' 。

[0036] 第 1 坐标系 x 是表示上述活塞位移量 x 的坐标系,它以活塞轴线上的某一地点 Paru 为原点 ($x = 0$)。所以,位移量 x 的绝对值表示从上述地点 Paru 到活塞前端位置 P 的距离。

[0037] 第 2 坐标系 x' 是表示上述活塞位移量 x' 的坐标系,它以活塞振幅中心位置 Pav 为原点 ($x' = 0$)。所以,位移量 x' 的绝对值表示从该振动中心位置 Pav 到活塞前端位置

P 的距离。

[0038] 第 3 坐标系 x'' 是表示上述活塞位移量 x'' 的坐标系,它以活塞轴线上的汽缸盖的位置 P_{sh} 为原点 ($x'' = 0$)。所以,位移量 x' 的绝对值表示从该汽缸盖位置 P_{sh} 到活塞前端位置 P 的距离。

[0039] 以下说明求活塞位移量 x'' 的运算。

[0040] 活塞最靠近汽缸盖 75 时的活塞位置 (活塞死点位置) P_{td} ,在上述第 1 坐标系 X 上用位移量 x_{td} 表示;活塞离开汽缸盖最远时的活塞位置 (活塞下死点位置) P_{bd} ,在上述第 1 坐标系 X 上用位移量 x_{bd} 表示。并且,根据上述第 1 坐标系 X 上的相当于活塞上死点位置 P_{td} 的位移量 x_{td} 、和上述第 1 坐标系 X 上的相当于活塞下死点位置 P_{bd} 的位移量 x_{bd} 的差,可以求出活塞行程 $L_{ps}[m]$ 。

[0041] 并且,在活塞往复运动状态下的活塞振幅中心位置 P_{av} 是离开汽缸盖较远的位置,其长度从活塞最靠近汽缸盖时的活塞位置 (活塞上死点位置) P_{td} 的位移量 x_{td} 算起,等于活塞行程 $L_{ps}[m]$ 的一半长度 ($L_{ps}/2$)。所以,活塞振幅中心位置 P_{av} 在上述第 1 坐标系 X 上用位移量 $x_{av} (= (x_{bd} - x_{td})/2)$ 来表示。

[0042] 再者,通过把 (2) 式的常数 Const、设定为 0,可以推导出以活塞振幅中心位置 P_{av} 为基准 (原点),换言之,在第 2 坐标系 X' 上用活塞位移量 x' [m] 表示活塞位置 P 的新函数。

[0043] 接着,说明利用以汽缸盖位置 P_{sh} 为原点的第 3 坐标系 X'' 来表示活塞振幅中心位置的活塞位移量 x'' 的求得方法。

[0044] 在线性压缩机 100 吸入冷冻剂气体的状态 (吸入状态) 下,即吸入阀打开的状态下,压缩室内部的压力和活塞的背压均为冷冻剂吸入压,二者相等。这是因为线性压缩机 100 从结构上看在吸入阀打开的状态下,差分压为 0。在此状态下,冷冻剂气体的压力对活塞的作用力可忽略不计。也就是说,在此状态下,作用于活塞上的力只有支承弹簧 81 挠曲而产生的弹簧排斥力、以及由于电流流入线性马达内而产生的电磁力。根据牛顿力学运动定律,这些力的和等于进行运动的可动零件的总质量与其加速度的积。

[0045] 所以,在此状态下,作为与可动零件有关的运动方程式,可成立下列 (3) 式。

$$m \times a = \alpha \times I - k(x' + x_{av}'' - x_{ini}'') \quad \cdots (3)$$

[0047] 在 (3) 式中, m 是进行往复运动的可动零件的总质量 [kg], a 是该可动零件的瞬时加速度 [$m/s/s$], k 是组装在线性压缩机内的支承弹簧的弹性常数 [N/m]。并且, x_{av}'' 是上述表示活塞振幅中心位置的第 3 坐标系 X'' 中的位移量,该位移量 x_{av}'' ,其绝对值表示从汽缸盖位置 P_{sh} 到活塞振动中心位置 P_{av} 的距离。再者, x_{ini}'' 是表示活塞中立位置 P_{ini} 的第 3 坐标系 X'' 中的位移量,该位移量 x_{ini}'' ,其绝对值表示上述活塞中立位置 (在该支承弹簧不变形的状态下的活塞的位置) P_{ini} 和汽缸盖位置 P_{sh} 之间的距离 [m]。

[0048] 在此,瞬时加速度 $a[m/s/s]$ 可以通过对 (1) 式所示的瞬时速度 $v[m/s]$ 进行微分而如下述 (4) 式所示进行求出。

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \cdots (4)$$

[0050] 并且,表示从活塞振幅中心位置 P_{av} 到活塞前端位置 P 的距离的、第 2 坐标系 X' 的位移量 x' [m],通过把 (2) 式的常数 Const. 设定为 0 而求出。

[0051] 再者,可动零件的总质量 $m[\text{kg}]$,支承弹簧的弹性常数 $k[\text{N/m}]$ 、从汽缸盖位置 P_{sh} 到活塞中立位置 P_{ini} 的距离的、第 3 坐标系 x'' 的位移量 $x_{\text{ini}}''[\text{m}]$ 是已知值,驱动电流 I 可采用测量值。

[0052] 所以,利用 (3) 式可以计算出表示从汽缸盖位置 P_{sh} 到活塞振幅中心位置 P_{av} 的距离的、第 3 坐标系 X'' 的位移量 x_{av}'' 。

[0053] 并且,表示活塞的上死点位置(活塞最接近汽缸盖的位置) P_{td} 的、第 3 坐标系 X'' 的位移量 $x_{\text{td}}''[\text{m}]$,可以作为这样的位置的位移量来求出,该位置是指从按上述 (3) 式求得的第 3 坐标系 X'' 的位移量 x_{av}'' (从汽缸盖位置 P_{sh} 到活塞振幅中心位置 P_{av} 的距离),向汽缸盖侧按已求得的活塞行程长 $L_{\text{ps}}[\text{m}]$ 的一半 ($L_{\text{ps}}/2$) 的距离移动后的位置。

[0054] 这样,根据线性压缩机上的外加电流 I 和电压 V 可以求出把活塞的行程长度 $L_{\text{ps}}[\text{m}]$ 和活塞上死点位置 P_{td} 表示为离开汽缸盖位置 P_{sh} 的距离的、第 3 坐标系 x'' 的位移量 $x_{\text{td}}''[\text{m}]$ 。

[0055] 但是,上述过去的线性压缩机 100 的活塞位置检测方法中,以活塞振幅中心位置 P_{av} 为基准,相对地表示活塞位置 P 的活塞位移量 x' 是利用积分器和微分器来计算的,所以,不能期望,以高精度来检测活塞位置。也就是说,实际的积分器和微分器若由模拟电路构成,则因为零件误差和温度造成特性变化等,若由数字电路构成,则因为取样保持中信息丢失等,所以不能取得理想的动作。

[0056] 并且,为进行上述线性压缩机的活塞位置检测所用的电路由数字电路构成的情况下,为了提高位置检测精度,也可以缩短线性压缩机上的外加电流 I 和电压 V 的测量周期,但若缩短测量周期,则与此相对应,上述计算周期缩短,数字电路的运算负荷增大。所以,在缩短测量周期的情况下,必须提高构成数字运算电路的微型计算机的性能。

发明内容

[0057] 本发明正是为解决上述过去存在的问题而提出的,其目的在于提供这样的线性压缩机驱动装置,它不增大用这些测量值进行运算处理的负荷,即可根据线性压缩机的驱动电流和驱动电压的测量值,来进行高精度的活塞位置检测。

[0058] 根据本发明的线性压缩机驱动装置,它具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电流;谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;电压检测装置,用于检测上述逆变器的输出电压,输出电压检测信号;电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为使上述往复运动的活塞的速度为最大的特定相位定时进行检测;以及活塞速度计算装置,用于接收上述电压检测信号和上述电流检测信号,根据上述特定相位定时中的、上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值,利用在该活塞共振状态条件下成立的该活塞运动方程式来计算上述活塞往复运动中的活塞的最大速度。

[0059] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出电流的振幅为最大的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。

[0060] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出交流电流的相位为 90° 和 270° 中的至少一个相位的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。

[0061] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:具有逆变控制器,以便向上述逆变器输出逆变器驱动控制信号,对该逆变器进行控制,上述定时检测装置根据上述逆变器驱动控制信号的相位,来检测上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时。

[0062] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置具有相位偏移量检测器,以便检测上述逆变器驱动控制信号的相位相对于上述逆变器输出电流的相位的相位偏移量,根据对其相位进行校正使该相位偏移量为零的逆变器驱动控制信号,来检测上述逆变器输出电流的微分值为零的相同定时。

[0063] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的推力常数进行温度校正处理,根据进行了温度校正处理的推力常数、上述瞬时电流值、瞬时电压值和线性马达的内部电阻,来计算上述活塞速度的最大值。

[0064] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的内部电阻值进行温度校正处理,根据进行了该温度校正处理的内部电阻值,上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值、以及上述线性马达的推力常数,来计算上述活塞速度的最大值。

[0065] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置反复进行速度计算处理,计算出上述活塞速度的最大振幅,在该反复进行的速度计算处理中,上述线性马达的、因该活塞速度变化而使其值变化的推力常数的值,根据由上次速度计算处理计算出的活塞速度的最大振幅来进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞速度的最大值。

[0066] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有行程信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞位移的最大值的行程信息。

[0067] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有一种下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

[0068] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0069] 下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

[0070] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,

计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

[0071] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0072] 下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

[0073] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置信息。

[0074] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0075] 上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

[0076] 计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

[0077] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0078] 上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

[0079] 计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

[0080] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0081] 下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞下死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

[0082] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

[0083] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0084] 下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞下死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

[0085] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

[0086] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0087] 中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

[0088] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置信息。

[0089] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,

[0090] 中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

[0091] 计算装置,用于根据上述中心位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的下死点位置的下死点位置信息。

[0092] 本发明上述的的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机具有对该活塞施加力量的弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时,使该活塞返回到其中

立位置,上述下死点位置信息计算装置,根据上述逆变控制器所决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值、上述线性压缩机中的上述活塞进行往复运动的可动部分的重量以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准准确性计算出表示上述活塞下死点位置的位置信息作为上述下死点位置信息。

[0093] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞行程计算装置,反复进行计算处理,根据上述活塞速度的最大值计算出上述活塞行程信息,在该反复进行的各运算处理中,上述线性马达的因该活塞位置变化而使其值变动的推力常数的值,根据由上次计算处理而计算出的活塞行程信息进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞行程信息。

[0094] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成的压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:

[0095] 逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电源;

[0096] 谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;

[0097] 电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;

[0098] 逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;

[0099] 定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为特定相位定时进行检测;以及

[0100] 活塞中心位置计算装置,用于根据上述特定相位定时中的上述逆变器的输出电流的顺时值,以上述线性压缩机排出的冷冻剂气体压力和上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体压力的压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的位置信息。

[0101] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机具有弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时对活塞施加力量,使该活塞返回到其中立位置上,上述中心位置信息计算装置,根据上述逆变器的输出电流的最大值,上述线性马达的推力常数、以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准,求出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

[0102] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0103] 排出压力检测装置,用于检测上述线性压缩机排出的冷冻剂气体的压力;以及

[0104] 吸入压力检测装置,用于检测上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体的压力;

[0105] 上述中心位置信息计算装置根据上述排出压力和上述吸入压力的压力差,来计算出从上述冷冻剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

[0106] 本发明上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述中心位置信息计算装置根

据上述排出压力和上述吸入压力的压力差以及谐振频率信息所表示的谐振频率,来计算出从上述制冷剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。

[0107] 若采用上述本发明的线性压缩机驱动装置,则线性压缩机驱动装置,具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:

[0108] 逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电流;

[0109] 谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;

[0110] 电压检测装置,用于检测上述逆变器的输出电压,输出电压检测信号;

[0111] 电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;

[0112] 逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;

[0113] 定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为特定相位定时进行检测;以及

[0114] 活塞速度计算装置,用于接收上述电压检测信号和上述电流检测信号,根据上述特定相位定时中的、上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值,来计算上述活塞往复运动中的活塞速度的最大振幅。

[0115] 所以,其效果是,根据线性压缩机的驱动电流和驱动电压,不用进行积分运算和微分运算等复杂运算,即可很容易地求出高精度的活塞位移。

[0116] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出电流的振幅为最大的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。所以,其效果是:根据线性压缩机的驱动电流和驱动电压来计算活塞速度的计算式中的驱动电流的微分值被包括在内的项可以看作是零而将其删除。

[0117] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置根据上述电流检测信号,把上述逆变器的输出交流电流的相位为 90° 和 270° 中的至少一个相位的相位定时作为上述特定相位定时进行检测。所以,其效果是:根据线性压缩机的驱动电流和驱动电压来计算活塞速度的计算式中的驱动电流的微分值被包括在内的项目,可以看作是零而将其删除。

[0118] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:具有逆变控制器,以便向上述逆变器输出逆变器驱动控制信号,对该逆变器进行驱动控制,上述定时检测装置根据上述逆变器驱动控制信号的相位,来检测上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时。所以,其效果是:根据线性压缩机的驱动电流和驱动电压来计算活塞速度的计算式中的驱动电流的微分值被包括在内的项目,可以看作是零而将其删除。

[0119] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述定时检测装置具有相位偏移量检测器,以便检测上述逆变器驱动控制信号的相位相对于上述逆变器输出电流的相位的相位偏移量,根据对其相位进行校正使该相位偏移量为零的逆变器驱动控制信

号,来检测上述逆变器输出电流的微分值为零的相同定时。所以,其效果是:能够根据逆变器驱动控制信号而准确地检测出逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时。

[0120] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的推力常数进行温度校正处理,根据进行了温度校正处理的推力常数、上述瞬时电流值、瞬时电压值和线性马达的内部电阻,来计算上述活塞速度的最大值。所以,其效果是:上述活塞速度的最大值,尽管由于线性压缩机温度变化而使线性马达的推力常数变动,仍能经常地精密地检测出来。

[0121] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置对上述线性马达的、因温度变化而使其值变化的内部电阻值进行温度校正处理,根据进行了该温度校正处理的内部电阻值,上述逆变器的输出电压和输出电流各自的瞬时值、以及上述线性马达的推力常数,来计算上述活塞速度的最大值。所以,其效果是:上述活塞速度的最大值,尽管由于线性压缩机温度变化而使线性马达的内部电阻变动,仍能经常地精密地检测出来。

[0122] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞速度计算装置反复进行速度计算处理,计算出上述活塞最大的速度,在该反复进行的速度计算处理中,上述线性马达的、因该活塞速度变化而使其值变化的推力常数的值,根据由上次速度计算处理而计算出的活塞速度的最大值来进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞速度的最大值。所以,其效果是:上述活塞速度的最大值,尽管由于线性压缩机温度变化而使线性马达的推力常数变动,仍能经常地精密地检测出来。

[0123] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有行程信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞位移的最大值的活塞行程信息。其效果是:能够根据上述活塞行程信息,来控制线性压缩机的驱动能力。

[0124] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有一种下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。所以,根据活塞下死点位置信息,能够掌握谐振弹簧的挠曲量。这样,也可以根据该谐振弹簧的挠曲量来对线性压缩机进行驱动控制,使该谐振弹簧的变形不会达到破坏极限以上。

[0125] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0126] 下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

[0127] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置的信息。所以,其效果是:能够根据该活塞中心位置信息,来对线性压缩机进行控制使活塞振动中心位置,在能达到线性马达最高效率的位置上保持一致,能进一步提高线性压缩机驱动效率。

[0128] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0129] 下死点位置信息计算装置,以便根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以及由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值,来计算表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息,以及

[0130] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置的信息。所以,其效果是:能根据该上死点位置信息,以高精度判断出活塞和汽缸盖碰撞的可能性。

[0131] 若采用本发明则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0132] 上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

[0133] 计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。

[0134] 所以,其效果是:用一个简易的传感器,即可控制线性压缩机,使活塞振动中心位置一致保持在线性马达能达到最高效率的位置上,能进一步提高线性压缩机的驱动效率。

[0135] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0136] 上死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞上死点位置,输出表示该位置的上死点位置信息;以及

[0137] 计算装置,用于根据上述上死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。所以,用一个简易的传感器也能根据该活塞下死点位置信息,来进行线性压缩机的驱动控制,使谐振弹簧的变形不会达到破坏极限以上。

[0138] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0139] 下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞下死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

[0140] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息。所以,用一个简易的传感器,即可控制线性压缩机,使活塞振动中心位置一直保持在线性马达能达到最高效率的位置上,能进一步提高线性压缩机的驱动效率。

[0141] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0142] 下死点位置信息检测传感器,用于检测上述活塞往复运动中的活塞下死点位置,输出表示该位置的下死点位置信息;以及

[0143] 计算装置,用于根据上述下死点位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞上死点位置的上死点位置信息。所以,其效果是:用一个简单的传感器,就能根据该上死点位置信息,以高精度判断出活塞和汽缸盖碰撞的危险性。

[0144] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0145] 中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

[0146] 计算装置,用于根据上述中心位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的上死点位置的上死点位置信息。所以,其效果是:能根据该

上死点位置信息,以高精度判断出活塞和汽缸盖碰撞的可能性。

[0147] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0148] 中心位置信息计算装置,用于根据上述逆变器的输出电流来计算表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的中心位置信息,以及

[0149] 计算装置,用于根据上述中心位置信息和上述活塞行程信息来进行四则运算,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。所以,也能根据该活塞下死点位置信息,来进行线性压缩机的驱动控制,使谐振弹簧不会被压缩到破坏极限以上。

[0150] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机驱动装置具有对该活塞施加力量的弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时,使该活塞返回到其中立位置,上述下死点位置信息计算装置,根据上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大值、上述线性压缩机中的上述活塞进行往复运动的可动部分的重量以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准,计算出表示上述活塞下死点位置的位置信息作为上述下死点位置信息。所以,根据活塞下死点位置信息,能够掌握谐振弹簧的挠曲量。这样,也可以根据该谐振弹簧的挠曲量来对线性压缩机简单的进行驱动控制,使该谐振弹簧的变形不会达到破坏极限以上。

[0151] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述活塞行程、计算装置,反复进行计算处理,根据上述活塞速度的最大值,计算出上述活塞行程信息,在该反复进行的各运算处理中,上述线性马达的因该活塞位置变化而使其值变动的推力常数的值,根据由上次计算处理而计算出的活塞行程信息进行校正,根据校正后的推力常数来计算上述活塞行程信息。所以,其效果是:上述活塞速度的最大值,尽管由于线性马达的推力常数随活塞位置的变动而变动,仍能经常地精密地检测出来。

[0152] 若采用涉及本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,则线性压缩机驱动装置,具有活塞和使活塞往复运动的线性马达,把交流电压加到该线性马达上,对通过该活塞往复运动而生成压缩气体的线性压缩机进行驱动,该线性压缩机驱动装置的特征在于具有:

[0153] 逆变器,用于向上述线性马达输出交流电压和交流电源;

[0154] 谐振频率信息输出装置,用于输出表示上述活塞往复运动的谐振频率的谐振频率信息;

[0155] 电流检测装置,用于检测上述逆变器的输出电流,输出电流检测信号;

[0156] 逆变控制器,用于根据上述谐振频率信息来控制上述逆变器,以便把频率与上述活塞往复运动的谐振频率相一致的正弦波电压和正弦波电流分别作为其输出电压和输出电流进行输出;

[0157] 定时检测装置,用于把上述逆变器的输出电流的微分值为零的相位定时作为特定相位定时进行检测;以及

[0158] 活塞中心位置计算装置,用于根据上述特定相位定时中的上述逆变器的输出电流的顺时值,以上述线性压缩机排出的冷冻剂气体压力和上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体压力的压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞往复运动中的活塞中心位置的位置信息。所以,其效果是:能够根据该活塞中心位置信息,来对线性压缩机进行控制使活

塞振动中心位置与能达到线性马达最高效率的位置保持一致,能进一步提高线性压缩机驱动效率。

[0159] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述线性压缩机具有弹性零件,以便当上述活塞从其中立位置进行位移时对活塞施加力量,使该活塞返回到其中立位置上,上述中心位置信息计算装置,根据上述逆变器的输出电流的最大值,上述线性马达的推力常数、以及上述弹性零件的弹簧常数,以上述活塞的中立位置为基准,求出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。所以,其效果是:能够根据该活塞中心位置信息,来对线性压缩机进行控制使活塞振动中心位置与能达到线性马达最高效率的位置保持一致,能进一步提高线性压缩机驱动效率。

[0160] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于具有:

[0161] 排出压力检测装置,用于检测上述线性压缩机排出的冷冻剂气体的压力;以及

[0162] 吸入压力检测装置,用于检测上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体的压力;

[0163] 上述中心位置信息计算装置根据上述排出压力和上述吸入压力差,来计算出从上述冷冻剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。所以,其效果是:能够根据该活塞中心位置信息,来对线性压缩机进行控制使活塞振动中心位置与能达到线性马达最高效率的位置保持一致,能进一步提高线性压缩机驱动效率。

[0164] 若采用本发明,则上述的线性压缩机驱动装置,其特征在于:上述中心位置信息计算装置根据上述排出压力和上述吸入压力差以及谐振频率信息所表示的谐振频率,来计算出从上述冷冻剂气体作用于上述活塞的、上述活塞往复运动方向上的作用力,根据该计算出的作用力,以上述压力差为零的活塞位置为基准,计算出表示上述活塞中心位置的位置信息作为上述中心位置信息。所以,其效果是:能够根据该活塞中心位置信息,来对线性压缩机进行控制使活塞振动中心位置与能达到线性马达最高效率的位置保持一致,能进一步提高线性压缩机驱动效率。

附图说明

[0165] 图1是说明本发明第1实施例的线性压缩机驱动装置的方框图。

[0166] 图2是表示上述第1实施例的线性压缩机驱动装置中的逆变器的具体电路结构图。

[0167] 图2(a)表示电压型全桥式逆变器;图2(b)表示电流型全桥式逆变器;图2(c)、(d)表示电压型半桥式逆变器。

[0168] 图3表示上述第1实施例的线性压缩机驱动装置进行驱动的线性压缩机的谐振运转状态中的与驱动电流相位相对的活塞位移量、活塞速度、活塞加速的相位。

[0169] 图4是说明本发明第2实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0170] 图5是说明本发明第3实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0171] 图6是说明本发明第4实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0172] 图7是说明一般的线性压缩机用的断面图。

[0173] 图8表示构成上述线性压缩机的线性马达的等效电路。

[0174] 图 9 是表示上述线性压缩机的汽缸内的活塞位置的模式图。

[0175] 图 10 是说明上述实施例 3 和 4 的线性压缩机驱动装置的动作用的图。

具体实施方式

[0176] 首先简单说明本发明的基本原理。

[0177] 在活塞运动的谐振状态下驱动线性压缩机的谐振驱动状态,保持在线性压缩机上的外加交流电源(驱动电流)的相位与往复运动的活塞的速度所对应的相位互相一致的状态下。也就是说,在上述谐振驱动状态下,按照上述线性压缩机驱动电流的微分值为零的定时,使线性压缩机的活塞速度的振幅达到最大。

[0178] 本案发明人着眼于这种线性压缩机的谐振驱动状态中其驱动电流的相位和活塞速度的相位的关系,通过检测线性压缩机驱动电流的微分值为零的相位定时,发现可以高精度来检测出活塞速度的最大振幅,可以进一步根据该活塞速度的最大振幅来计算出活塞上死点位置。

[0179] 以下说明本发明的实施例。

[0180] [第 1 实施例]

[0181] 图 1 是说明本发明第 1 实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0182] 该第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 对线性压缩机 100 进行驱动,使其在活塞往复运动的频率为频率(谐振频率) F_r 时活塞往复运动达到谐振状态的装置。

[0183] 也就是说,该线性压缩机驱动装置 101 包括:

[0184] 电源 1,用于发生直流电压 VDC 作为电源电压;

[0185] 逆变器 2,用于将该电源电压 VDC 变换成规定的频率的交流电压 V_d ,输出到线性压缩机 100 内;

[0186] 电流检测器 9,用于监视从该逆变器 2 向线性压缩机 100 内输出的逆变器输出电流 I_d ;

[0187] 输出电流检测装置 3,用于根据该监视器输出 S_{cm} 来检测逆变器 2 的逆变输出电流 I_d ,以及

[0188] 输出电压检测装置 4,用于检测从上述逆变器向线性压缩机 100 内输出的逆变器输出电压 V_d 。

[0189] 上述线性压缩机驱动装置 101 包括:

[0190] 谐振频率信息输出装置 5,用于输出表示上述活塞往复运动谐振频率 F_r 的谐振频率信息 I_{rf} ;

[0191] 逆变控制器 6,用于由逆变器控制信号 S_{cp} 对上述逆变器 2 进行控制,使其输出电流 I_d 的频率 F_{id} 与上述谐振频率 F_r 相一致;以及

[0192] 定时检测装置 7,用于根据上述电流检测器 9 的监视输出 S_{cm} ,来检测逆变器 2 的输出电流(线性压缩机 100 的驱动电流) I_d 的微分值为 0 的相位定时。

[0193] 上述线性压缩机驱动装置 101 具有:

[0194] 活塞速度计算装置 8,用于根据上述输出电压检测装置 4 的检测输出(驱动电压检测信号) D_{vd} 和输出电流检测装置 3 的检测输出(驱动电流检测信号) D_{cd} ,来计算活塞速度的最大振幅(最大速度);以及

[0195] 通断开关 10,用于根据上述定时检测装置 7 的检测输出 S_{cs} ,来控制上述驱动电压检测信号 D_{vd} 和驱动电流检测信号 D_{cd} 向上述活塞速度计算装置 8 内的供给及其停止供给。

[0196] 以下详细说明上述线性压缩机驱动装置的各部分的构成。

[0197] 首先说明谐振频率信息输出装置 5。

[0198] 该第 1 实施例如上所述,线性压缩机 100 被设计成在其工作的负荷条件下,具有一定的谐振频率 F_r 作为活塞往复运动的谐振频率。上述谐振频率信息输出装置 5 输出表示该固有的谐振频率的谐振频率信息 I_{rf} 。

[0199] 但是,上述谐振频率信息输出装置 5,并非仅限于如上所述输出这样一种信息,该信息表示预先对线性压缩机 100 设定的固有谐振频率 F_r 。

[0200] 例如,图 7 所示的线性压缩机 100,被压缩的冷冻剂气体使作用于活塞的弹簧力增大,并且该弹簧力,随线性压缩机 100 的工作状态,例如被压缩的冷冻剂气体压力和活塞 72 的位移量等的不同而产生巨大变化,实际上线性压缩机 100 的谐振频率并非能由一种意思来决定。

[0201] 因此,也可以由谐振频率发生装置 5 来监视被压缩的冷冻剂气体的状态,推断与该状态相适合的谐振频率,输出一种表示推断的谐振频率的信息。作为谐振频率的推断方法,既可以根据表示冷冻剂气体状态的变量(例如冷冻剂的压力值和温度值)按照规定的函数式来计算谐振频率,也可以利用表示该变量和谐振频率的对应关系的表,根据该变量来推断谐振频率。

[0202] 再者,谐振频率信息输出装置 5,如专利申请 2000-361301 号说明书所示,也可以在把作为驱动电流而输入到线性压缩机 100 内的交流电源的振幅值设为一定的条件下,当使该交流电源的频率变化时线性压缩机中消耗的功率达到最大的频率,推断为谐振频率。

[0203] 以下详细说明逆变控制器 6、逆变器 2、和该逆变器 2 的输入电源 1。

[0204] 逆变控制器 6 把对逆变器 2 进行开关的 PWM(脉宽度调制)信号作为上述逆变器 2 的控制信号 S_{cp} 输出到逆变器 2 内,同时根据上述谐振频率信息 I_{rf} 来调整该 PWM 信号 S_{cp} 的脉冲宽度。该 PWM 信号 S_{cp} 按照相当于该脉冲宽度的期间来驱动逆变器 2。

[0205] 逆变器 2 接受从上述电源 1 来的电压 V_{dc} ,根据从逆变控制器 6 来的逆变器控制信号 S_{cp} 向线性压缩机 1 供给其频率等于上述谐振频率 F_r 的交流电 V_d 和交流电源 I_d 。而且,逆变器 2 的输入电源 1 必须是直流电源,以便向逆变器 2 内供给直流功率。但逆变器 2 的输入电源也可以采用商用的交流电源。这种输入电源的构成部分包括对商用交流电压(电流)进行整流的例如二极管桥式电路或大功率逆变器等整流电路、以及对该整流电路的输出进行平滑滤波的滤波电容器。

[0206] 上述逆变器 2 的具体电路结构如图 2(a)~图 2(d) 所示,有许多种。

[0207] 图 2(a) 和图 2(b) 所示的逆变器分别为:具有 4 管开关元件、以及与各个元件相对应的二极管的电压型全桥式逆变器 21、以及电流型全桥式逆变器 22,这些全桥式逆变器在其输入电源的电压为直流电压 V_{dc} 时,向负荷 L 输出从 $+V_{dc}$ 到 $-V_{dc}$ 范围的电压。

[0208] 也就是说,电压型全桥式逆变器 21 的构成部分有:

[0209] 第 1 串联电路 C1a,其串联连接第 1 和第 2 开关电路 21a 和 21b;以及

[0210] 第 2 串联电路 C1b,其串联连接与该第 1 串联电路 C1a 相并联连接的第 3 和第 4 开

关电路 21c 和 21d。

[0211] 在此,各开关电路 21a ~ 21d 由 NPN 晶体管所组成的开关元件 S1 和与其反向并联连接的二极管 D1 构成。该逆变器 21 把电源 1 的直流电 V_{DC} 加到上述第 1 和第 2 串联电路 C1a 和 C1b 的两端上,在第 1 串联电路 C1a 中的第 1 和第 2 开关电路 21a 和 21b 的连接点 N1a、以及第 2 串联电路 C1b 中的第 3 和第 4 开关元件 21c 和 21d 的连接点 N1b 之间,产生加到负荷 L 上的交流电 V_d 。

[0212] 并且,电流型全桥式逆变器 22 的构成部分有:

[0213] 第 1 串联电路 C2a,其串联连接第 1 和第 2 开关电路 22a 和 22b;

[0214] 第 2 串联电路 C2b,其串联连接与该第 1 串联电路 C2a 并联连接的第 3 和第 4 开关电路 22c 和 22d;以及

[0215] 电感元件 22e,其一端连接在上述第 1 和第 2 串联电路 C2a 和 C2b 的一端上。

[0216] 在此,各开关电路 22a ~ 22d 由 NPN 晶体管所组成的开关元件 S2、和阳极连接在该 NPN 晶体管的发射极上的二极管 D2 构成。该逆变器 22 若在上述电感元件 22e 的另一端和上述第 1 和第 2 串联电路 C2a 和 C2b 的另一端之间,加上电源 1 的直流电压 V_{DC} ,则在第 1 串联电路 C2a 中的第 1 和第 2 开关电路 22a 和 22b 的连接点 N2a、以及第 2 串联电路 C2b 中的第 3 和第 4 开关电路 22c 和 22d 的连接点 N2b 之间,产生加到负荷 L 上的交流电压 V_d 。

[0217] 并且,图 2(c) 和图 2(d) 所示的逆变器分别是电压型半桥式逆变器 23 和 24,其中分别具有 2 管开关元件以及与该元件相对应的二极管。

[0218] 在此,上述半桥式逆变器 23,在其输入电源的电压为直流电压 V_{DC} 时,向负荷 L 输出从 $+V_{DC}/2$ 到 $-V_{DC}/2$ 的范围的电压。并且,上述半桥式逆变器 24 在其输入电源的电压为直流电压 V_{DC} 时,向负荷 L 输出从 $+V_{DC}$ 到 0 的范围的电压。这样,这些半桥式逆变器,电源利用率为全桥式逆变器的一半。

[0219] 也就是说,电压型全桥式逆变器 23 的构成部分有:

[0220] 第 1 串联电路 C3a,其串联连接第 1 和第 2 开关电路 23a 和 23b;以及

[0221] 第 2 串联电路 C3b,其串联连接与该第 1 串联电路 C3a 并联连接的第 1 和第 2 电容电路 23c 和 23d。在此,各开关电路 23a 和 23b,由 NPN 晶体管所组成的开关元件 S3、以及与其反向并联连接的二极管 D3 构成。上述第 1 和第 2 电容电路 23c 和 23d 分别由电容器 23c 和 23d 构成。该逆变器 23 若在上述第 1 和第 2 串联电路 C3a 和 C3b 的两端上加上电源 1 的直流电压 V_{DC} ,则在第 1 串联电路 C3a 中的第 1 和第 2 开关电路 23a 和 23b 连接点 N3a、以及第 2 串联电路 C3b 中的第 1 和第 2 电容电路 23c 和 24d 的连接点 N3b 之间,发生加到负荷 L 上的交流电压 V_d 。

[0222] 并且,电压型半桥式逆变器 24,由串联连接第 1 和第 2 开关电路 24a 和 24b 而形成的串联电路 C4a 构成,在此,各开关电路 24a 和 24b,由 NPN 晶体管所组成的开关元件 S4、以及与其反向并联连接的二极管 D4 构成。逆变器 24 若在上述串联电路 C4a 的两端上加上直流电源 1 的输出电压,则在构成上述第 2 开关电路 24b 的二极管 D4 的阳极和阴极之间,产生加到负荷 L 上的交流电源 V_d 。

[0223] 以下详细说明输出电流检测装置 3,电流检测器 9、输出电压检测装置 4,通断开关 10 和定时检测装置 7。

[0224] 上述输出电流检测装置 3 根据作为上述电流检测器 9 的监视输出的驱动电流检测

信号 S_{cm} , 来检测加到线性压缩机 100 的线性马达 82 (参见图 7) 上的逆变器输出电流 (线性压缩机驱动电流) I_d , 向上述通断开关 10 内输出驱动电流检测信号 D_{cd} 。该电流检测器 9 可以是采用利用了磁性体和霍尔元件的磁式电流检测器、以及发生与线性压缩机驱动电流相对应的电压的电流互感器等。并且, 检测线性压缩机 100 的驱动电流的方法, 也可以是根据布置在上述电流供给路径上的分流电阻中所产生的电压来计算电流。

[0225] 上述输出电压检测装置 4 检测出由逆变器 2 供给到线性压缩机 100 的线性马达 82 (参见图 7) 的逆变器输出电压 (线性压缩机驱动电压) V_d , 把驱动电压检测信号 D_{vd} 输出到上述通断开关 10 内。在此, 在上述逆变器 2 为电压型逆变器的情况下, 因为逆变器输出电压 V_d 的波形是 PWM 波形, 所以, 很难直接测量该逆变器输出电压 V_d 。因此, 电压型逆变器的输出电压的测量方法可以是: 利用由变压器和电容器以及电阻制作的低通滤波器等, 对输出电压进行 PWM 波形的整形处理, 测量出经过该波形整形处理的输出电压。并且, 电压型逆变器的输出电压的测量方法, 也可以不是使用上述低通滤波器, 而是根据输入到逆变器 2 内的直流电压 V_{DC} 、以及从逆变控制器 6 中输出的逆变器控制信号 S_{cp} 即 PWM 信号的脉冲宽度, 计算出逆变器 2 的输出电压 V_d 。

[0226] 上述通断开关 10 具有:

[0227] 第 1 输入侧接点 10a, 其输入从上述输出电流检测装置 3 来的驱动电流检测信号 D_{cd} ;

[0228] 第 2 输入侧接点 10b, 其输入从上述输出电压检测装置 4 来的驱动电压检测信号 D_{vd} 。

[0229] 第 1 输出侧接点 10c, 用于向活塞速度检测装置 8 内输出上述驱动电流检测信号 D_{cd} ; 以及

[0230] 第 2 输出侧接点 10d, 用于向活塞速度检测装置 8 内输出上述驱动电压检测信号 D_{vd} ,

[0231] 根据从上述定时检测装置 7 来的检测输出, 即开关控制信号 S_{cs} , 使上述第 1 输入侧接点 10a 和第 1 输出侧接点 10c 之间、以及上述第 2 输入侧接点 10b 和第 1 输出侧接点 10d 之间变成导通状态或非导通状态。

[0232] 上述定时检测装置 7 根据从上述电流检测器 9 来的驱动电流监视信号 S_{cm} , 检测出这样的相位定时, 即线性压缩机驱动电流 I_d 的相位至少与 90° 和 270° 中的一个相一致, 按照该相位定时来使上述通断开关 10 的第 1、第 2 的输入侧接点 10a、10b 和第 1、第 2 输出侧接点 10c、10d 处于导通状态的开关控制信号 S_{cs} 被输出到该通断开关 10 内。该定时检测器 7, 逆变器输出电流 (线性压缩机驱动电流) I_d 是正弦波, 所以, 利用相位为 90° 或 270° 时取极值, 来检测驱动电流相位至少与 90° 和 270° 中的一个相一致的相位定时, 作为驱动电压 V_d 取波峰值 (最大振幅) 的相位定时。

[0233] 最后, 详细说明活塞速度计算装置 8。

[0234] 该活塞速度计算装置 8 按照由定时检测器 7 检测出的相位定时, 来接收从输出电流检测装置 3 来的驱动电流检测信号 D_{cd} 、以及从输出电压检测装置 4 来的驱动电压检测信号 D_{vd} , 根据该相位定时中的逆变器输出电流 I_d 和逆变器输出电压 V_d 的瞬时值、以及线性马达的推力常数, 来计算出按一定角速度往复运动的活塞速度的最大振幅 (活塞速度的绝对值的最大值), 输出表示该活塞速度的最大振幅的活塞速度信息 I_{pve} 。

[0235] 以下利用附图和数式来具体说明在上述活塞速度计算装置 8 中的运算处理。

[0236] 图 3 说明线性压缩机在活塞运动的谐振状态下被驱动的线性压缩机的谐振驱动状态,它表示在谐振驱动状态下,驱动电流 I_d 、活塞速度(往复运动速度) v 、活塞位移量 x' 和活塞加速度 a 发生变化的情况。在此,上述活塞位移量 x' 是与图 9 所示的活塞振幅中心位置 P_{av} 相对的活塞位置的位移量。

[0237] 供给到线性压缩机 100 内的逆变器输出电流(线性马达驱动电流) I_d 与加在活塞上的力成正比,所以,在线性压缩机 100 的谐振驱动状态下,线性马达驱动电流 I_d 的相位等于活塞速度 v 的相位。并且,活塞位移量 x' 和活塞加速度 a 分别对应于与活塞速度 v 相对的积分值和微分值,所以,在线性压缩机的谐振驱动状态下,活塞位移量 x' ,其相位相对于活塞速度 v 的相位延迟 90° ,活塞加速度 a ,其相位相对于活塞速度 v 的相位超前 90° 。

[0238] 并且,作为活塞的运动方程式,如现有技术中说明的那样,根据线性马达的等效电路(参见图 8)利用基尔霍夫定律推导出的(1)式可以成立,尤其,作为线性压缩机的谐振驱动状态中的活塞的运动方程式,下列(5)式可取代上述(1)式而成立。

$$[0239] \quad v_m = \frac{1}{\alpha} (V_1 - R \times I_1) \quad \dots (5)$$

[0240] 现简单说明如下。如图 3 所示,线性压缩机 100 在活塞往复运动的谐振状态下被驱动的谐振驱动状态下,线性马达驱动电流 I_d 的相位等于活塞速度 v 的相位。例如,驱动电流 I_d 的相位为 90° 或 270° 时,活塞速度 v 的相位也为 90° 或 270° 。

[0241] 也就是说,在该线性压缩机 100 的谐振驱动状态下,按照由定时检测装置 7 检测出的相位定时(驱动电流 I_d 的相位为 90° 或 270° 的定时)。活塞速度 v 为最大值或最小值,即活塞速度的绝对值为最大,并且,驱动电流 I_d 也取极大值或极小值。因此,驱动电流 I_d 的微分值为零,式(1)的右边第 3 项的值为零。

[0242] 所以,当线性压缩机处于谐振驱动状态时,删除(1)式的右边第 3 项而获得的(5)式成立。而且,上述(5)式中的变量 V 和变量 I 分别是逆变器输出电压 V_d 的测量值 V 、以及逆变器输出电流 I_d 的测量值 I 。

[0243] 根据该(5)式,可以从以下数值中求出活塞速度 v 的最大振幅(最大值或最小值) $v_0[m/s]$,这些值是:线性压缩机的驱动电流的相位为 90° 或 270° 的定时的逆变器输出电压 V_d (测量值 V)的瞬时值 $V_1[V]$ 、用该定时的逆变器输出电流 I_d (测量值 I)的瞬时值 $I_1[A]$ 、构成线性马达的线圈的等效电阻 $R[\Omega]$ 、以及马达的推力常数 $\alpha [N/A]$ 。

[0244] 而且,本实施例 1 的线性压缩机驱动装置 101 由构成该线性压缩机驱动装置 101 的各个装置 3 ~ 5、7、8 和逆变控制器 6 也可以是由硬件构成的。但是,这些装置 3 ~ 5、7、8 和逆变控制器 6 也可以是由硬件构成的。

[0245] 并且,在上述实施例 1 的说明中,为便于理解,线性压缩机驱动装置 101 假定具有硬件的通断开关 10,但在用软件来构成上述各装置 3 ~ 8 的情况下,可以不使用通断开关 10 而构成线性压缩机驱动装置 101。

[0246] 例如,为了取代上述通断开关 10,也可以使上述输出电流检测装置 3 和输出电压检测装置 4 仅在由上述定时检测装置 7 检测出了线性压缩机驱动电流 I_d 的相位与 90° 和 270° 中的至少一种相一致的相位定时时才进行动作,把上述驱动电流检测信号 D_{cd} 和驱动电压检测信号 D_{vd} 输出到活塞速度检测装置 8 内。

[0247] 以下说明动作。

[0248] 在逆变控制器 6 中,生成脉冲信号 Scp ,其脉冲宽度根据从谐振频率信息输出装置 5 输出的谐振频率信息 Irf 来进行调整,该脉冲信号 Scp 作为逆变器控制信号被供给到逆变器 2 内。在此,上述脉冲信号 Scp 的脉冲宽度调整到在活塞往复运动的谐振状态下来对线性压缩机 100 进行驱动。

[0249] 若将脉冲信号 Scp 供给到上述逆变器 2 内,则在逆变器 2 中,根据该脉冲信号 Scp ,从来自电源 1 的直流电压 V_{dc} 中生成频率与上述谐振频率 Fr 一致的交流电压 Vd ,该交流电压 Vd 作为驱动电压被加到线性压缩机 100 的线性马达上。

[0250] 例如,在上述逆变器 21 采用了图 2(a) 所示的电压型全桥式逆变器 21 的情况下,从上述逆变控制器 6 来的脉冲信号 Scp 被加到逆变器 21 中的构成各开关电路 21a ~ 21d 的 NPN 晶体管(开关元件) $S1$ 的基极上。于是,在该逆变器 21 中,进行第 1 和第 4 开关电路 21a 和 21d 的开关元件 $S1$ 的通断动作、以及第 2 和第 3 开关电路 21b 和 21c 的开关元件 $S1$ 的通断动作,互相补充。这样,在第 1 串联电路 $C1a$ 的连接交点 $N1a$ 和第 2 串联电路 $C1b$ 的连接交点 $N1b$ 之间产生作为逆变器输出电压 Id 的交流电压,该交流电压 Id 作为驱动电压被加到线性压缩机 100 的线性马达上。

[0251] 在线性压缩机 100 中,若在线性马达上加上驱动电压 Id ,则活塞开始往复运动,然后,在线性压缩机 100 的驱动状态稳定时,该线性压缩机 100 在一定负荷条件下,使活塞往复运动达到谐振状态,即谐振驱动状态。

[0252] 这时,供给到线性压缩机上的驱动电流 Id 由电流检测器 9 来进行监视,从该电流检测器 9 把电流监视输出(驱动电流监视信号) Scm 输出到输出电流检测装置 3 和定时检测装置 7 内。

[0253] 于是,在输出电流检测装置 3 中,根据来自电流检测器 9 的电流监视输出 Scs ,检测出逆变器输出电流,即线性压缩机 100 的驱动电流 Id ,检测输出(驱动电流检测信号) Dcd 被输出到上述通断开关 10 的第 1 输入侧接点 10a 上。并且,在输出电压检测装置 4 中检测出逆变器输出电压 Vd ,该检测输出(驱动电压检测信号) Dvd 被输出到上述通断开关 10 的第 2 输入侧接点 10b 上。

[0254] 在上述定时检测装置 7 中,根据从上述电流检测器 9 中来的电流监视信号 Scm ,检测出驱动电流 Id 的相位为 90° 或 270° 的相位定时,按照该相位定时使上述通断开关 10 的第 1 和第 2 输入侧接点 10a 和 10b,以及对应的第 1 和第 2 输出侧接点 10c 和 10d 变成导通状态的开关控制信号 Scs 被输出到通断开关 10 上。

[0255] 在该通断开关 10 中,利用上述开关控制信号 Scs ,按照相位定时,使对应的输入侧接点和输出侧接点处于导通状态,上述驱动电流 Id 和驱动电压 Vd 的在上述相位定时时的值(瞬时值) $I1$ 和 $V1$ 被输出到活塞速度计算装置 8 内。

[0256] 在活塞速度计算装置 8 中,根据上述(5)式,从上述相位定时的驱动电流和驱动电压的瞬时值 $I1$ 和 $V1$ 中计算出活塞速度的波峰值 vm ,输出表示该波峰值的活塞速度信息 $Ipve$ 。

[0257] 这样,在本实施例 1 的线性压缩机驱动装置中,在活塞往复运动为谐振状态的谐振驱动状态下对线性压缩机 100 进行驱动,测量出在此运转状态下当线性压缩机驱动电流 Id 的相位为 90° 或 270° 时的驱动电压的瞬时值 $V1[V]$ 和驱动电流的瞬时值 $I1[A]$,利用

被测的驱动电压的瞬时值 $V1[V]$ 和驱动电流的瞬时值 $I1[A]$ 、以及线性马达绕组的等效电阻 $R(\Omega)$ 和马达的推力常数 $\alpha [N/A]$ ，根据规定的函数式，求出活塞速度的最大振幅 $vm[m/s]$ ，所以，与根据线性压缩机驱动电流的测量值进行微分运算而求出活塞速度的情况相比，能减少驱动电流的测量次数，即使最低时也能在驱动电流的一个周期内，仅测量该驱动电流和驱动电压一次，即可求出活塞速度的最大振幅 $vm[m/s]$ 。

[0258] 并且，在实施例 1 中，利用驱动电流 I_d 的相位为 90° 或 270° 时的驱动电流的瞬时值 $I1[A]$ 和驱动电压的瞬时值 $V1[V]$ ，通过四则运算，来计算活塞速度的最大振幅 vm ，所以，在活塞速度的最大振幅的计算处理中不需要进行驱动电流的微分运算。因此，能排除微分器引起的计算误差，能提高活塞速度计算精度。

[0259] 而且，在上述实施例 1 中，定时检测装置 7 检测出逆变器输出电流（线性压缩机驱动电流） I_d 的相位为 90° 和 270° 中的至少一种时的相位定时。但定时检测器 7 也可以检测线性压缩机 100 的驱动电流 I_d 的变化量为零的相位定时。

[0260] 在此情况下，也是由定时检测装置 7 输出驱动电流（逆变器输出电流） I_d 的瞬时值为波峰值（最大振幅）的相位定时。这是因为驱动电流为正弦波，所以，驱动电流的相位为 90° 或 270° 时该驱动电流为极值。

[0261] 并且，作为上述驱动电流（逆变器输出电流） I_d 为其波峰值的定时检测方法，也可以这样：平常对逆变器输出电流值进行监视，检测出该值的变化方向改变的相位定时，即输出电流值的变化从增加向减少，或者从减少向增加进行切换的相位定时。

[0262] 再者，在上述实施例 1 中，上述定时检测装置 7 根据电流检测器 9 的监视输出 Scm ，检测出逆变器 2 的输出电流相位为 90° 或 270° 的相位定时。但是，该定时检测装置 7 也可以根据从逆变控制器 6 输出的逆变器 2 的控制信号，即脉冲信号 Scp ，来检测出逆变器 2 的输出电流 I_d 的相位为 90° 或 270° 的相位定时。

[0263] 但在此情况下，根据从逆变控制器 6 中输出的逆变器 2 的控制信号（脉冲信号） Scp 用逻辑方法决定的逆变器输出电流的相位，相对于实际从逆变器 2 中输出的输出电流 I_d 的相位，有可能出现相当于控制误差的偏移量。

[0264] 因此，可以采用这样的方法：检测出基于从逆变控制器 6 来的逆变器控制信号 Scp 的理想的逆变器输出电流的相位、以及实际从逆变器 2 中输出的输出电流 I_d 的相位的误差，根据该被检测的相位误差，来校正从逆变控制器 6 来的逆变器控制信号 Scp 的相位。在此，作为检测相位误差的具体方法，可以是：测量出实际从逆变器 2 中输出的输出电流 I_d 的零交叉点的相位定时，测量出该相位定时、以及从逆变控制器 6 来的逆变器控制信号 Scp 的相位为 0° 或 80° 的相位定时的误差。

[0265] 并且，在上述实施例 1 中，活塞速度计算装置 8 中的运算处理所使用的线性马达的内部电阻值 R 是预先测量的已知值，但也可以对上述内部电阻值 R 进行温度补偿处理。

[0266] 简言之，随着线性马达的温度实际的上升，来增大线性马达的内部电阻值 R 。

[0267] 因此，测量出线性马达的温度，对预先测量的内部电阻值进行温度补偿后的值用于上述活塞速度计算处理，能得到更准确的值作为活塞速度的波峰值。

[0268] 在此，对该内部电阻值进行温度补偿的具体方法可以采用以下两种：一种是用一种表来表示作为线性马达的线圈使用的导体的温度及其阻值的关系；另一种是用一种计算式以便对内部电阻值进行温度补偿。

[0269] 例如,在线性马达线圈是一般使用的铜线的情况下,相对于在 20° 以下测量的电阻值 R_{20} 来说, t °C 时的电阻值 R_t 可以由下列 (6) 求出。

$$[0270] \quad R_t = R_{20} \{1 + 0.00393 \times (t - 20)\} \quad \cdots (6)$$

[0271] 并且,在上述实施例 1 中,在活塞速度计算装置 8 中进行运算处理所使用的线性马达的推力常数,作为预先测量的已定值,上述推力常数也可以是根据线性压缩机的运转状态来进行了补偿(校正)处理的。

[0272] 例如,上述推力常数也可以是根据线性马达的温度进行了补偿处理的。也就是说,随着线性马达的温度实际的上升,推力常数将减小。这是因为线性马达中所使用的磁性体的磁通密度随温度上升而减小。因此,测量出线性马达的温度,在上述活塞速度计算处理中使用对预先测量的推力常数进行了温度补偿的值,能获得更准确的值作为活塞速度的波峰值。

[0273] 在此,作为对上述推力常数进行温度补偿的具体方法,可以用一种表来表示所用磁性体的温度和磁通密度的关系。

[0274] 并且,上述推力常数也可以是根据线性马达的运转速度(角速度)进行了补偿处理的。也就是说,实际上线性马达的推力常数随线性马达的运转速度(角速度)的提高而减小。因此,反复进行活塞速度运算处理的活塞速度计算装置 8,也可以在重复进行的各次运算处理中,根据由上次活塞速度计算处理所求得的活塞速度,对上述线性马达的推力常数进行补偿,利用该补偿后的推力常数来进行活塞速度运算。在此,上述推力常数的具体校正方法,可以是:用一种表来表示从实验值中求出的马达的运转速度和推力常数的关系,对线性马达的推力常数进行校正。

[0275] [第 2 实施例]

[0276] 图 4 是说明本发明第 2 实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0277] 该第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 具有一个活塞行程计算装置 41,该活塞行程计算装置 41 是在第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 中根据由上述活塞速度计算装置 8 计算出的活塞速度的波峰值 v_0 、以及由逆变控制器 6 决定的逆变器驱动频率 F_d ,来计算活塞往复运动的行程,输出表示该活塞行程的活塞行程信息 I_{pst} 。该第 2 实施例的逆变控制器 6 根据上述谐振频率信息 I_{rf} 来调整对逆变器 2 进行开关的 PWM 信号 S_{cp} 的脉冲宽度,把该脉冲宽度被调整后的 PWM 信号 S_{cp} 作为逆变器驱动控制信号进行输出,同时,把由 PWM 信号 S_{cp} 的脉冲宽度所决定的上述逆变器 2 的输出电压以及把输出电压的频率表示为上述逆变器驱动频率 F_d 的信息(逆变器驱动频率信息) I_{df} ,输出到上述活塞行程计算装置 41 内。而且,上述逆变器驱动频率 F_d ,其理想状态是与谐振频率信息 F_r 一致。并且,在此,上述活塞行程计算装置 41 由软件构成。但是,该活塞行程计算装置 41 也可以由硬件构成。

[0278] 以下说明动作。

[0279] 该第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 中的上述逆变控制器 6 和活塞行程计算装置 41 以外的部分的动作,与上述第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 中的相同,所以,主要说明上述逆变控制器 6 和活塞行程计算装置 41 的动作。

[0280] 在线性压缩机 100 内往复运动的活塞 72 的位置,因为活塞接受被压缩的冷冻剂气体的压力,所以利用把时间作为变量的正弦波函数来表示。因此,若设活塞驱动装置的角速

度为 ω [rad/sec], 设活塞位移的最大振幅为 x_m [m], 设以活塞振幅中心位置 P_{av} (参见图 9) 为基准的活塞位移量 (在时间 t 时活塞所在的地点和活塞振幅中心位置的距离) 为 $x(t)$ [m], 则活塞位移量 $x(t)$ 以时间 t (秒) 为变量, 用下列 (7) 式来表示。

$$[0281] \quad x_{(t)} = x_m \times \sin \omega \cdot t \quad \cdots (7)$$

[0282] 并且, 活塞速度也由以时间为变量的正弦波函数来表示。所以, 和上述活塞位移量一样, 若设活塞往复运动的角速度为 ω [度 / 秒], 设活塞速度的最大振幅为 v_m [米 / 秒], 则活塞瞬时速度 (时间 t 时的活塞速度) 为 $v(t)$ [米 / 秒], 则活塞瞬时速度 $v(t)$ 利用以时间 t [秒] 为变量的正弦波函数, 由下列 (8) 式表示。

$$[0283] \quad v_{(t)} = v_m \times \sin \omega \cdot t \quad \cdots (8)$$

[0284] 并且, 活塞位移量 $x(t)$ 是活塞速度 $v(t)$ 的积分值, 所以, 以时间为变量来表示活塞位移量的函数式, 利用上述 (8) 式来推导出下列 (9) 式。

$$[0285] \quad x(t) = \int v(t) dt$$

$$[0286] \quad = \frac{v_m}{\omega} \times (-\sin \omega \cdot t) \quad \cdots (9)$$

[0287] 并且, 若从 (7) 式和 (9) 式中删去活塞位移量 $x(t)$, 则活塞位移量的最大振幅 x_m 利用活塞速度的最大振幅 v_m 表示成 $x_m = v_m / \omega$ 。

[0288] 所以, 活塞位移量的最大振幅 x_m [m] 通过以动作角速度 ω [度 / 秒] 去除活塞速度的最大振幅 v_m [m/s] 而求出。

[0289] 也就是说, 在逆变控制器 6 中, 根据上述谐振频率信息 I_{rf} 来调整对逆变器 2 进行开关的 PWM 信号 S_{cp} 的脉冲宽度, 该脉冲宽度被调整后的 PWM 信号 S_{cp} 作为逆变器驱动控制信号输出到逆变器 2 内, 同时, 由该 PWM 信号 S_{cp} 的脉冲宽度决定的上述逆变器 2 的输出电压、以及把输出电压的频率表示为上述逆变器驱动频率 F_d 的信息 (逆变器驱动频率信息) I_{df} 被输出到上述活塞行程计算装置 41 内。

[0290] 于是, 活塞行程计算装置 41 接收从活塞速度计算装置 8 来的活塞速度信息 I_{pve} 以及从逆变控制器 6 输出的逆变器驱动频率信息 I_{df} , 利用活塞往复运动的角速度 ω [弧度 / 秒] 来除由活塞速度信息 I_{pve} 表示的活塞速度的最大振幅 v_m [米 / 秒], 进行运算处理。这样, 计算出活塞位移量的最大振幅 x_m [m]。而且, 活塞往复运动的角速度 ω [弧度 / 秒], 其计算方法是: 由上述逆变器驱动频率信息 I_{df} 所表示的逆变器 2 的输出电压和输出电压的频率 F_d [Hz] 乘上 2π 。

[0291] 并且, 作为表示由上述运算处理而求得的活塞位移量的最大振幅 x_m [m] 的信息, 从该计算装置 41 中输出表示活塞往复运动中的活塞行程 (该振幅最大值 x_m 的 2 倍) 的活塞行程信息 I_{pst} 。

[0292] 这样, 在该第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 中, 具有活塞行程计算装置 41, 该活塞行程计算装置 41 根据在第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 中由上述活塞速度计算装置 8 所求出的活塞速度的波峰值 v_m 、以及由线性压缩机的谐振频率 F_r 所决定的逆变器驱动频率 F_d , 来计算出活塞行程, 所以, 根据该活塞行程, 可以判断出线性压缩机中的活塞和汽缸盖碰撞的危险性。

[0293] 而且, 在上述第 2 实施例中, 表示线性压缩机驱动装置 102 具有一种装置 41, 能在第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 中计算出活塞行程。但线性压缩机驱动装置也可以

是在第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 中具有：

[0294] 下死点位置信息输出装置,其输出从汽缸盖位置 Psh 到活塞下死点位置 Pbd 的距离(即图 9 所示的第 3 坐标系 X" 的位移量 x_{bd})的信息,作为表示活塞的下死点位置 Pbd(参见图 9)的信息;以及

[0295] 运算装置,其根据上述活塞行程信息和上述下死点位置信息来进行四则运算。

[0296] 在此情况下,利用上述运算装置从上述下死点位置信息所表示的值 x_{bd} (参见图 9)中减去上述活塞行程信息所表示的值的一半的值 ($L_{ps}/2$),即可求出表示活塞振幅中心位置 Pav 的第 3 坐标系 X" 中的活塞位移量 x_{av} (参见图 9)。再者,在此情况下,对线性压缩机进行控制,使活塞振幅中心位置与线性马达能达到最高效率的位置相一致,这样,即可进一步提高线性压缩机的驱动效率。

[0297] 并且,利用运算装置,从上述下死点位置信息所表示的值 x_{bd} (参见图 9)中减去活塞行程信息所表示的活塞行程值 (L_{ps}) 本身,即可计算出表示活塞上死点位置 Ptd 的第 3 坐标系 X" 中的活塞位移量 x_{td} (参见图 9)。该位移量 x_{td} 是从汽缸盖到活塞上死点位置的距离,所以从该位移量中可以判断出活塞和汽缸盖碰撞的可能性,能有助于防止活塞和汽缸盖碰撞。

[0298] 在此,上述下死点位置信息输出装置的具体结构,例如,也可以利用下死点位置检测器,以便把活塞上设定的规定测量点离汽缸盖最远时的位置作为活塞下死点位置进行测量,把该测量值作为表示从汽缸盖位置 Psh 到活塞下死点位置 Pbd 的距离的信息进行输出。并且,该下死点位置检测器也可以是一种仅能检测活塞下死点位置的测量范围小的位置检测器,或者是检测活塞测量点是否超过规定位置,远离汽缸盖的简易位置检测器。

[0299] 再者,上述下死点位置信息输出装置也可以根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、以有由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大振幅,来输出以汽缸盖位置 Psh 为基准,表示上述活塞往复运动中的活塞下死点位置的下死点位置信息。

[0300] 并且,上述下死点位置信息输出装置也可以根据由上述逆变控制器决定的上述逆变器的输出电压和输出电流的频率、由上述活塞速度计算装置计算出的活塞速度的最大振幅、进行上述线性压缩机的上述活塞往复运动的可动部分的重量、以及上述弹性零件的弹簧常数,来计算出以上述活塞的中立位置为基准表示上述活塞下死点位置的位置信息,作为上述下死点位置信息。在此情况下关于下死点位置信息输出装置的具体构成,对以下第 3 实施例中的下死点位置计算装置 51(参见图 5)加以说明。

[0301] 并且,上述线性压缩机驱动装置也可以在第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 中具有：

[0302] 上死点位置信息输出装置,用于输出从汽缸盖位置 Psh 到活塞上死点位置 Pth 的距离(图 9 所示的第 3 坐标系 X" 中的位移量 x_{td})的信息,作为表示活塞的上死点位置 Ptd(参见图 9)的信息;以及

[0303] 运算装置,用于根据上述活塞行程信息和上述上死点位置信息来进行四则运算。

[0304] 在此情况下,利用上述运算装置,把上述活塞行程信息所表示的行程值的一半的值 ($L_{ps}/2$) 加到上死点位置信息所表示的值 x_{td} (参见图 9)上,即可计算出表示活塞振幅中心位置 Pav 的第 3 坐标系 X" 中的位移量 x_{av} (参见图 9)。

[0305] 并且,利用上述运算装置,把上述活塞行程信息所表示的活塞行程值(Lps)加到上述上死点位置信息所表示的值 xtd(参见图 9)上,即可计算出表示活塞下死点位置 Pbd 的第 3 坐标系 X" 中的位移量 xpd"(参见图 9)。该位移量 xbd" 是从汽缸盖位置 Psh 到活塞下死点位置 Pbd 的距离,所以,该位移量 xbd" 能有助于线性压缩机的驱动控制,防止该谐振弹簧变形量达到破坏极限以上。

[0306] 在此,上述上死点位置信息输出装置的具体构成例如也可以采用这样的上死点位置检测器,它用于测量设定在活塞中的规定测量点最接近汽缸盖时的位置作为活塞上死点位置,输出该测量值作为表示从汽缸盖位置 Psh 到活塞上死点位置 Ptd 的距离的信息。并且,该上死点位置检测器也可以是只能检测活塞上死点位置的测量范围窄短的位置检测器或者检测活塞的测量点是否超过规定位置接近汽缸盖的简易位置检测器。

[0307] 再者,上述线性压缩机驱动装置也可以在第 2 实施例的线性压缩机驱动装置 102 中具有:

[0308] 振幅中心位置信息计算装置,用于输出从汽缸盖位置 Psh 到活塞振幅中心位置 Pav 的距离(图 9 所示的第 3 坐标系 X" 中的位移量 xav"),作为表示活塞振幅中心位置 Pav(参见图 9)的信息;以及

[0309] 运算装置,用于根据上述活塞行程信息和上述振幅中心位置信息,进行四则运算。

[0310] 在此情况下,利用上述运算装置,把上述活塞行程信息所表示的行程值的一半的值(Lps/2),加到上述振幅中心位置信息所表示的值 xav(参见图 9)上,即可计算出表示活塞下死点位置 Pbd 的第 3 坐标系 X" 中的位移量 xpd"(参见图 9)。

[0311] 并且,相反,利用上述运算装置,把上述活塞行程信息所表示的行程值的一半的值(Lps/2),从振幅中心位置信息所表示的值 xav"(参见图 9)中减去,即可求出表示活塞上死点位置 Ptd 的第 3 坐标系 X" 中的位移量 xtd"(参见图 9)。

[0312] 而且,作为对表示上述振幅中心位置的信息(从汽缸盖位置 Psh 到活塞振幅中心位置 Pav 的距离)进行计算的方法,也可以是:根据线性压缩机的排出压力和吸入压力的压力差,以及活塞孔断面积,计算出加在活塞上的气体压力所产生的力量,计算出活塞振幅中心位置。

[0313] 并且,采用上述压力差的振幅中心位置信息的计算方法,不仅根据该压力差,而且还根据线性压缩机的运转周期 ω 来计算活塞上承受的气压所产生的力,这样,能更加精确地计算出作为活塞振幅中心位置信息的距离信息。

[0314] 并且,在上述第 2 实施例中,由活塞速度计算装置进行运算处理所使用的线性马达的推力常数是预先测量的已定值,但上述推力常数也可以是根据活塞振幅中心位置而进行了校正处理的。

[0315] 也就是说,实际上线性马达的线圈和磁铁之间的磁通密度随线性马达的线圈和磁铁的位置关系不同而变化。这是因为加在线性马达上的电流所产生的磁场使磁铁的磁场变化。

[0316] 因此,上述振幅中心位置信息计算装置,也可以在反复进行的各次振幅中心位置信息的计算处理中,根据由上次计算处理得出的振幅中心位置信息来校正上述推力常数的值,再根据已校正的推力常数来计算上述振幅中心位置信息。

[0317] 并且,上述活塞行程计算装置 8 也可以根据上述活塞速度的最大振幅来反复进行

计算处理,计算出上述活塞行程信息,在该反复进行的各次运算处理中,根据由上次计算处理而计算出的活塞行程信息,来校正上述线性马达的由于该活塞位置变化而使其值变化的推力常数的值,再根据已校正的推力常数来计算上述活塞行程信息。在此情况下,能计算出更准确的值作为活塞行程。

[0318] [第3实施例]

[0319] 图5是说明本发明第3实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。并且图10表示以活塞中立位置为基准表示活塞位置的坐标系Y”、以及以汽缸盖位置Psh为基准表示活塞位置的坐标系X”(图9的第3坐标系)的对比状态。

[0320] 该第3实施例的线性压缩机驱动装置103是在上述第1实施例的线性压缩机驱动装置101中具有下死点位置计算装置51,该装置51根据由上述活塞速度计算装置8求出的活塞速度的波峰值 v_m 、以及由上述逆变控制器6决定的逆变器驱动频率 F_d ,来计算以活塞中立位置 P_{av} 为基准的活塞下死点位置 P_{bd} 的位移量 y_{bd} ”(参见图10),作为活塞中立位置 P_{av} 和活塞下死点位置 P_{bd} 之间的距离信息,把该距离信息作为活塞下死点位置信息 I_{bdc} 进行输出。在此,上述活塞中立位置 P_{av} 是支承弹簧不变形时的活塞72的活塞轴线上的位置。并且,该第3实施例的逆变控制器6根据上述谐振频率信息 I_{rf} 来调整对逆变器2进行开关的PWM信号 Scp 的脉宽,把该脉宽调整后的PWM信号 Scp 作为逆变器驱动控制信号而输出到逆变器2内,同时由该PWM信号 Scp 的脉宽决定的上述逆变器2的输出电压以及输出电压的频率被表示为上述逆变器驱动频率 F_d 的信息(逆变器驱动频率信息) I_{df} ,被输出到上述下死点位置计算装置51内。

[0321] 而且,上述逆变器驱动频率 F_d 理想状态是与谐振频率 F_r 一致的。并且,在此,上述下死点位置计算装置51是由软件构成的。但是,该下死点位置计算装置51也可以由硬件构成。

[0322] 以下说明动作。

[0323] 该第3实施例的线性压缩机驱动装置103中的、上述逆变控制器6和下死点位置计算装置51以外的部分的动作,与第1实施例的线性压缩机驱动装置101中的动作相同,以下主要说明上述逆变控制器6和下死点位置计算装置51的动作。

[0324] 关于上述线性压缩机驱动装置103的线性马达驱动的活塞往复运动的运动方程式,可成立下列(10)式。

$$[0325] \quad m \times a + k \times y'' = \alpha \times I - \beta (P_{(t)} - P_s) \cdots (10)$$

[0326] 在(10)式中, m 是往复运动的可动零件的总质量[kg], a 是该往复运动的可动零件的瞬时加速度[m/s/s]。并且, k 是组装在线性压缩机内的支承弹簧的弹簧常数[N/M]; Y'' 是可动零件与弹簧不变形的状态下的可动零件的位置(活塞中立位置) P_{ini} 相对的位移量[m], α 是线性马达的推力常数[N/A], I 是加在线性马达上的驱动电流的测量值[A], β 是活塞孔的断面积[m.m], $P(t)$ 是压缩室内部的压力[Pa], P_s 是活塞背面侧的气体压力(吸入压)[Pa]。

[0327] 线性马达103在活塞往复运动的谐振状态下被驱动时,活塞来到下死点位置上时,压缩室内部的压力等于吸入压,所以,在这时表示活塞运动的运动方程((10)式)中的右边第2项为零。

[0328] 并且,如图3所示,在下死点位置,即活塞位移量最大时,加速度也最大,线性马达

的驱动电流 I_d 为零。

[0329] 所以, (10) 式的左边第 1 项的加速度 a 是加速度最大值 ($a = a_m$)、其左边第 2 项的变量 Y'' 是下死点位置的位移量 ($Y'' = Y_{bd}$), 其右边第 1 项和右边第 2 项为零 ($I = 0$), 为取代 (10) 式, 可成立 (11) 式。

$$[0330] \quad m \times a_m + k \times y_{bd}'' = 0 \quad \cdots (11)$$

[0331] 在 (11) 式中, a_m 是活塞加速度的最大值 [$m/s/s$], y_{bd}'' 是以活塞头中立位置 P_{ini} 为基准而表示的下死点位置的位移量 [m]。

[0332] 所以, 若求活塞加速度的最大值 $a_m[m/s/s]$, 则利用 (11) 式, 可以求出表示下死点位置的位移量 y_{bd}'' (参见图 10) [m]。

[0333] 以下说明活塞加速度的最大值 $a_m[m/s/s]$ 的求法。

[0334] 活塞加速度 a 和在上述第 2 实施例中说明的活塞位移量 $x(t)$ 和活塞速度 $v(t)$ 一样, 利用以时间 t 为变量的正弦波函数来表示。

[0335] 具体来说, 若设活塞运动的角速度为 ω [度/秒], 设活塞加速度的振幅最大值为 $a_m[m/s/s]$, 设活塞加速度的瞬时值为 $a(t)$ [$m/s/s$], 则因为加速度是速度的微分值, 所以, 活塞加速度以时间 t [秒] 为变量, 用 (12) 式来表示。

$$[0336] \quad a_{(t)} = a_m \times \cos \omega \cdot t$$

$$[0337] \quad = (v_{(t)})'$$

$$[0338] \quad = \omega \times v_m \times \cos \omega \cdot t \quad \cdots (12)$$

[0339] 从 (12) 式中可以看出, $a_m = v_m \times \omega$ 这一关系可以成立, 所以, 活塞加速度的最大值 $a_m[m/s/s]$ 可以利用活塞速度的振幅最大值 $v_m[m/s]$ 和活塞运动的角速度 ω [度/秒] 的乘积而求得。

[0340] 该第 3 实施例的逆变控制器 6 根据上述谐振频率信息 I_{rf} 来调整对逆变器 2 进行开关的 PWM 信号 S_{cp} 的脉宽, 把该脉宽调整后的 PWM 信号 S_{cp} 作为逆变器驱动控制信号输出到逆变器 2 内, 同时由该 PWM 信号 S_{cp} 的脉宽决定的上述逆变器 2 的输出电压以及输出电压的频率被表示为上述逆变器驱动频率 F_d 的信息 (逆变器驱动频率信息) I_{df} , 被输出到上述下死点位置计算装置 51 内。

[0341] 于时, 该第 3 实施例的线性压缩机驱动装置 103 中的下死点位置计算装置 51, 接收从活塞速度计算装置 8 输出的活塞速度信息 I_{pve} 、以及从逆变控制器 6 输出的逆变器驱动频率信息 I_{df} , 对活塞速度信息 I_{pve} 所表示的活塞速度的最大振幅 $v_m[m/s]$ 、以及动作角速度 ω [度/秒] (逆变器驱动频率信息 I_{df} 所表示的逆变器驱动频率 $F_d[Hz]$ 乘上 2π 而得到的值) 进行乘法运算处理, 通过该乘法运算处理来计算出加速度的最大振幅 $a_m[m/s/s]$ 。进一步在上述下死点位置计算装置 51 中, 进行该加速度的最大振幅 $a_m[m/s/s]$ 和可动零件的总质量 $m[kg]$ 的乘法运算处理, 以及用线性压缩机 100 的支承弹簧的弹簧常数 $k[N/m]$ 去除由该乘法运算处理而求得值的除法运算处理, 通过该除法运算处理而求出表示下死点位置 P_{bd} 的位移量 Y_{bd}'' (参见图 10) [m]。并且, 从下死点位置计算装置 51 中输出表示该位移量 $Y_{bd}''[m]$ 。并且, 从下死点位置计算装置 51 中输出表示该位移量 $Y_{bd}''[m]$ 的信息作为下死点位置信息 I_{bdc} 。

[0342] 这样, 在该第 3 实施例的线性压缩机驱动装置 103 中具有下死点位置计算装置 51, 用于根据由活塞速度计算装置 8 求得的活塞速度的最大振幅 $v_m[m/s]$ 、以及根据线性压缩

机的谐振频率 F_r 决定的逆变器驱动频率 F_d , 来计算表示活塞中立位置 P_{ini} 和活塞下死点位置 P_{bd} 的距离的值 $Y_{bd}[m]$, 作为表示活塞下死点位置 P_{bd} 的活塞位移量, 所以, 能根据活塞下死点位置信息来掌握谐振弹簧的挠曲量。该谐振弹簧的挠曲量能有助于对线性压缩机进行驱动控制, 防止该谐振弹簧变形量超过破坏极限。

[0343] [第4实施例]

[0344] 图6是说明本发明第4实施例的线性压缩机驱动装置用的方框图。

[0345] 该第4实施例的线性压缩机驱动装置104和上述第1实施例的线性压缩机101一样, 具有: 电源1、逆变器2、电流检测器9、输出电流检测装置3、谐振频率信息输出装置5、逆变控制器6和定时检测装置7。

[0346] 同时具有:

[0347] 中心位置计算装置61, 用于根据输出电流检测装置3的检测输出(驱动电流检测信号) D_{cd} , 来计算与上述活塞中立位置 P_{ini} 相对的活塞振幅中心位置 P_{av} (参见图10) 的位移量 Y_{av} , 作为表示活塞往复运动的中心位置(活塞振幅中心位置) P_{av} 的信息; 以及

[0348] 通断开关11, 用于根据从上述定时检测装置7输出的开关控制信号 S_{cs} , 来控制上述驱动电流检测信号 D_{cd} 向上述中心位置计算装置61内供给和停止供给。

[0349] 在此, 上述能断开关11具有:

[0350] 输入侧接点11a, 用于输入从上述输出电流检测装置3来的驱动电流检测信号 D_{cd} ; 以及

[0351] 输出侧接点11b, 用于把上述驱动电流检测信号 D_{cd} 输出到中心位置计算装置61内。

[0352] 根据从上述定时检测装置7来的检测输出, 即开关控制信号 S_{cs} , 来使上述输入侧接点11a和输出侧接点11b之间变成导通状态或非导通状态。

[0353] 而且, 在该第4实施例中, 上述中心位置计算装置61是利用软件来实现的。但是该中心位置计算装置61也可以利用硬件来实现。

[0354] 以下说明动作。

[0355] 在该第4实施例中, 与上述第1实施例一样, 在线性压缩机100中, 通过施加从逆变器2来的交流电压 V_d 来驱动线性马达, 使活塞进行往复运动。并且, 由于施加到上述线性压缩机上的交流电流 V_d 的频率与活塞往复运动的谐振频率 F_r 一致, 所以, 线性压缩机100的运转在活塞往复运动的谐振状态下进行。

[0356] 这时, 在输出电流检测装置3中, 根据从电流检测器9来的电流监视输出 S_{cm} , 检测出逆变器输出电流, 即线性压缩机100的驱动电流 I_d , 把检测输出(驱动电流检测信号) D_{cd} 输出到上述通断开关11的输入侧接点11a内。

[0357] 并且, 在上述定时检测装置7中, 根据从上述电流检测器9来的电流监视输出 S_{cm} , 来检测逆变器驱动电流 I_d 的相位为 90° 和 270° 中的至少一种相位的相位定时, 向该通断开关11内输出开关控制信号 S_{cs} , 以便利用该相位定时来使上述通断开关11的输入侧接点11a和输出侧接点11b形成导通状态。

[0358] 在上述通断开关11中, 利用上述开关控制信号 S_{cs} 按照上述相位定时, 来使对应的输入侧接点和输出侧接点变成导通状态, 使上述驱动电流 I_d 的上述相位定时的值(瞬时值) I_1 输出到上述中心位置计算装置61内。

[0359] 于是,在中心位置计算装置 61 中,根据上述相位定时的驱动电流的瞬时值 I_m ,从下列 (13) 式中计算出以活塞中立位置 P_{ini} 为基准的活塞振幅中心位置 P_{av} 的位移量 Y_{av}'' [m],使表示该位移量 Y_{av}'' 的信息作为振幅中心位置信息 I_{av} 进行输出。

[0360] 也就是说,如上述第 3 实施例中说明的那样,关于线性压缩机 100 的线性马达驱动的活塞往复运动,下列 (10) 式作为运动方程式成立。

[0361] 这种活塞往复运动中的、输入到线性压缩机中的驱动电流的相位为 90° 和 270° 的至少一种相位的相位定时,活塞加速度 a [m/s/s] 为零,以活塞中立位置 P_{ini} 为基准的活塞位置 P 的位移量 Y'' [m],与以活塞中立位置 P_{ini} 为基准的活塞振幅中心位置 P_{av} 的位移量 Y_{av}'' 一致,并且,驱动电流 I [A] 为最大值 I_m 。

[0362] 在该第 4 实施例中,线性压缩机 100 被设计成:用上述相位定时来打开线性压缩机 100 的吸入阀,压缩室内部的压力 $P(t)$ [Pa] 等于吸入压 P_s [Pa],所以,为取代上述 (10) 式,成立下式 (13)。

$$[0363] \quad k \times y_{av}'' = \alpha \times I_m \quad \cdots (13)$$

[0364] 利用该式 (13) 通过下列运算处理来求出活塞振幅中心位置 P_{av} 的位移量 Y_{av}'' [m],即线性压缩机的输入电流的最大振幅 I_m [A] 和线性马达的推力常数 α [N/A] 的乘积除以线性压缩机的支承弹簧的弹簧常数 K [N/m]。

[0365] 这样,在该实施例的线性压缩机驱动装置 104 中,为了取代第 1 实施例的线性压缩机驱动装置 101 中的输出电压检测装置 4 和活塞速度检测装置 8,具有一种中心位置计算装置 61,用于根据线性压缩机的驱动电流 I_d 的相位为 90° 和 270° 中的一种相位的相位定时中的驱动电流的瞬时值 I_m [A],来计算表示活塞振幅中心位置的位移量 Y_{av}'' ,所以,通过只有乘法运算和除法运算的简单运算处理,即可以更高的精度来求出与活塞中立位置 P_{ini} 相对的活塞往复运动的中心位置 P_{av} 的位移量 Y_{av}'' ;能够简单而且精密地进行活塞往复运动的中心位置 P_{av} 检测。

[0366] 而且,在上述第 4 实施例中表示:作为线性压缩机驱动装置 104,利用逆变器驱动电流 I_d 的相位为 90° 和 270° 中的至少一种相位的相位定时,来检测逆变器驱动电流 I_d 的瞬时值 I_m ,根据该瞬时值 I_m 来计算活塞振幅中心位置信息。但是,线性压缩机驱动装置 104 也可以根据上述逆变器驱动电流 I_d 的瞬时值 I_m 、以及线性压缩机排出的冷冻剂气体压力和线性压缩机吸入的冷冻剂气体压力,来计算活塞振幅中心位置信息。

[0367] 在此情况下,线性压缩机驱动装置是在第 4 实施例的线性压缩机驱动装置中具有:

[0368] 排出压力检测装置,用于检测由上述线性压缩机排出的冷冻剂气体压力;以及

[0369] 吸入压力检测装置,用于检测由上述线性压缩机吸入的冷冻剂气体压力,

[0370] 使上述中心位置信息计算装置根据上述排出压力和上述吸入压力的压力差,来计算从上述冷冻剂气体作用于上述活塞上的上述活塞往复运动方向上的作用力,根据已计算出的作用力,来计算以上述压力差为零的活塞位置为基准的表示上述活塞中心位置的位置信息。

[0371] 并且,上述中心位置信息计算装置也可以根据上述排出压力和上述吸入压力的压力差,以及从上述谐振频率信息输出装置 5 中输出的谐振频率信息所表示的谐振频率来计算从上述冷冻剂气体作用于上述活塞上的上述活塞往复运动方向上的作用力,根据已计算

出的作用力,来计算以上述压力差为零的活塞位置为基准的表示上述活塞中心位置的位置信息,作为上述中心位置信息。

[0372] 如上所述,涉及本发明的线性压缩机驱动装置,能够不使用位置检测器,而通过简单的运算处理,来精确地检测出线性压缩机的活塞的行程和顶部间隙,随负荷的变化而使活塞行程和顶部间隙变化的线性压缩机驱动装置极为有用,可用于冷却压缩机等。

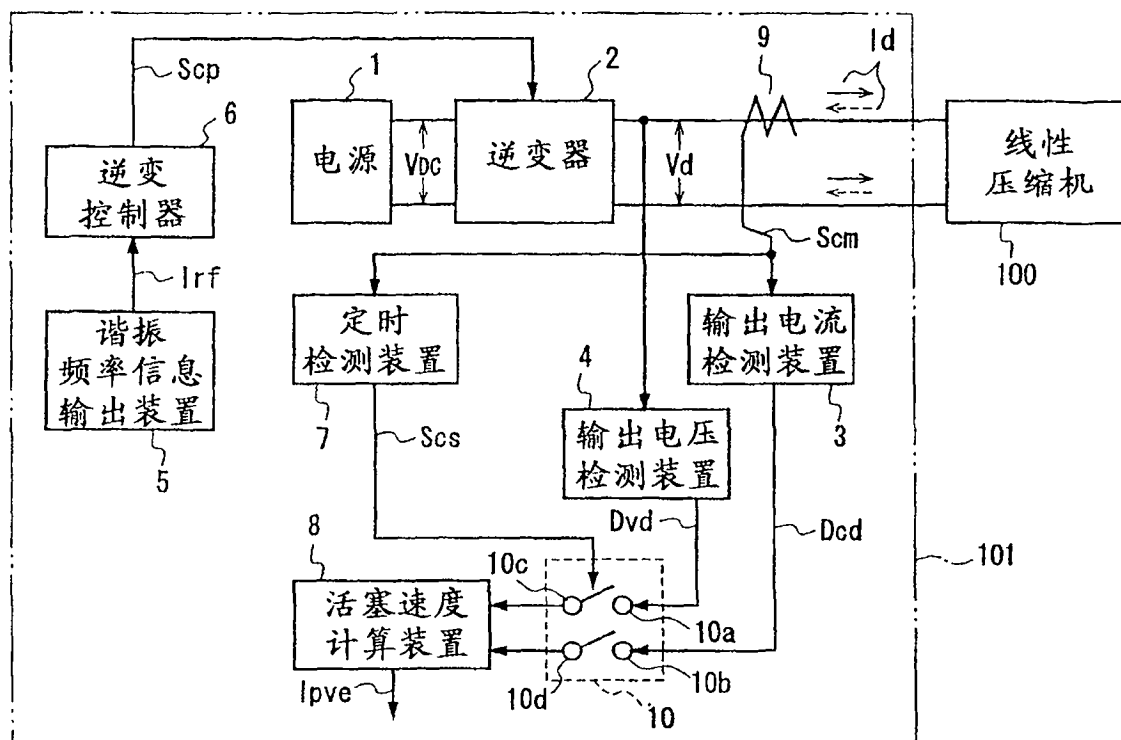


图 1

图 2 (a)

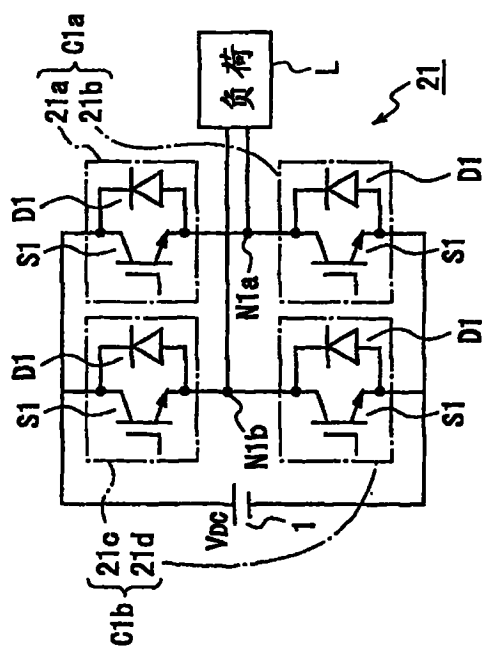


图 2 (c)

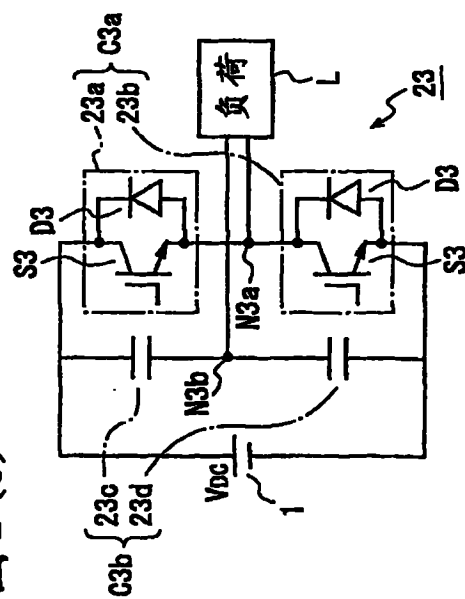


图 2 (b)

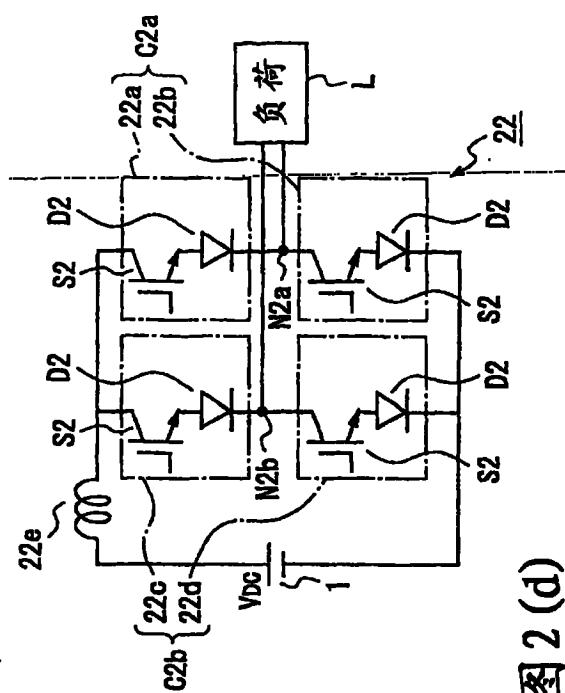
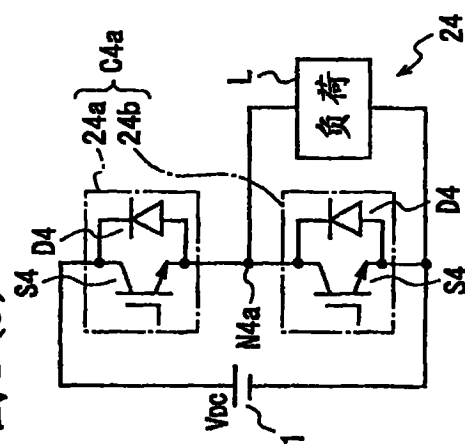


图 2 (d)



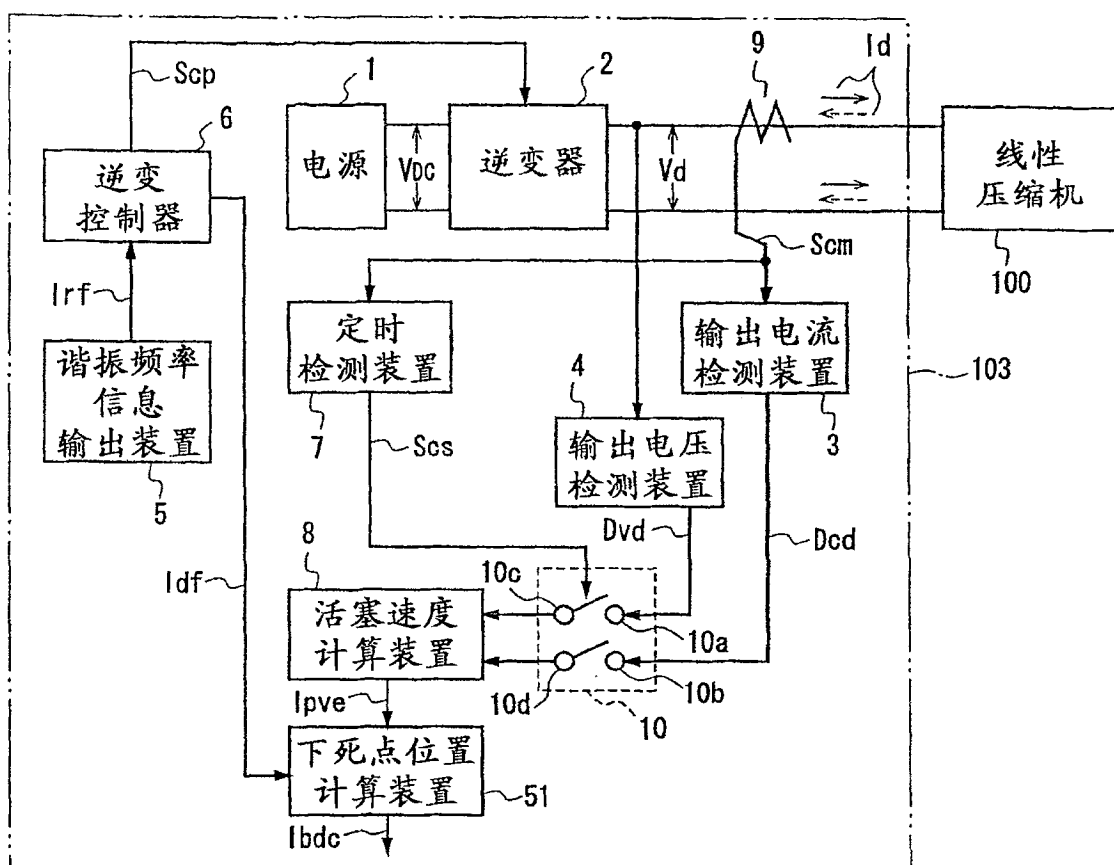


图 5

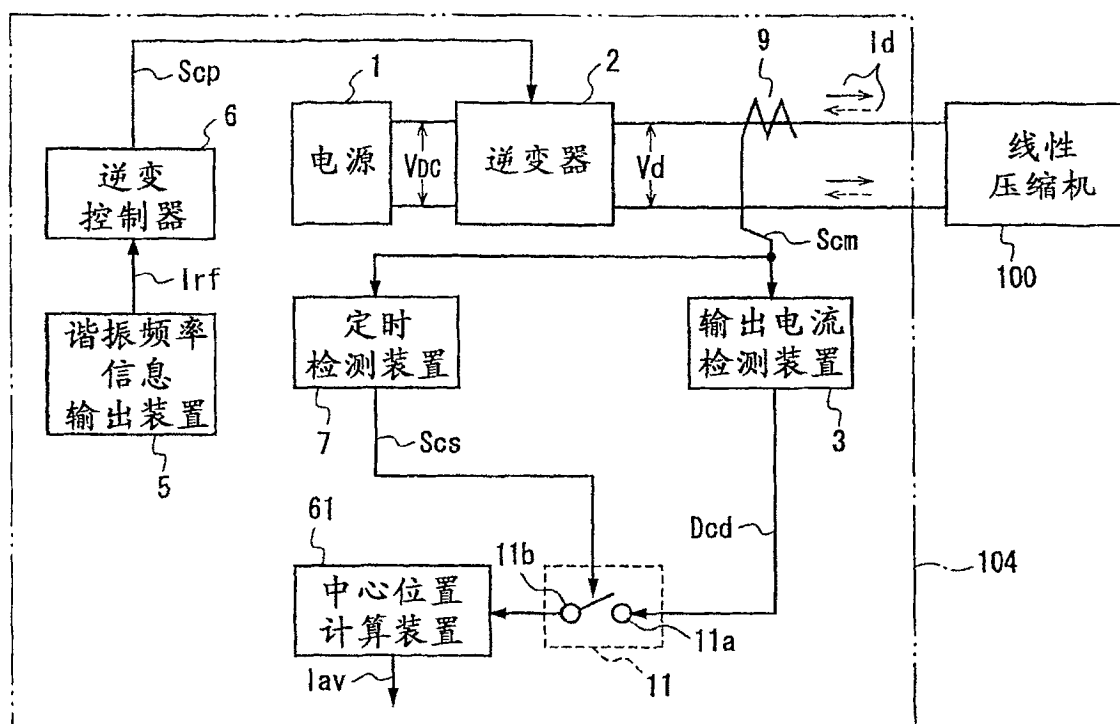


图 6

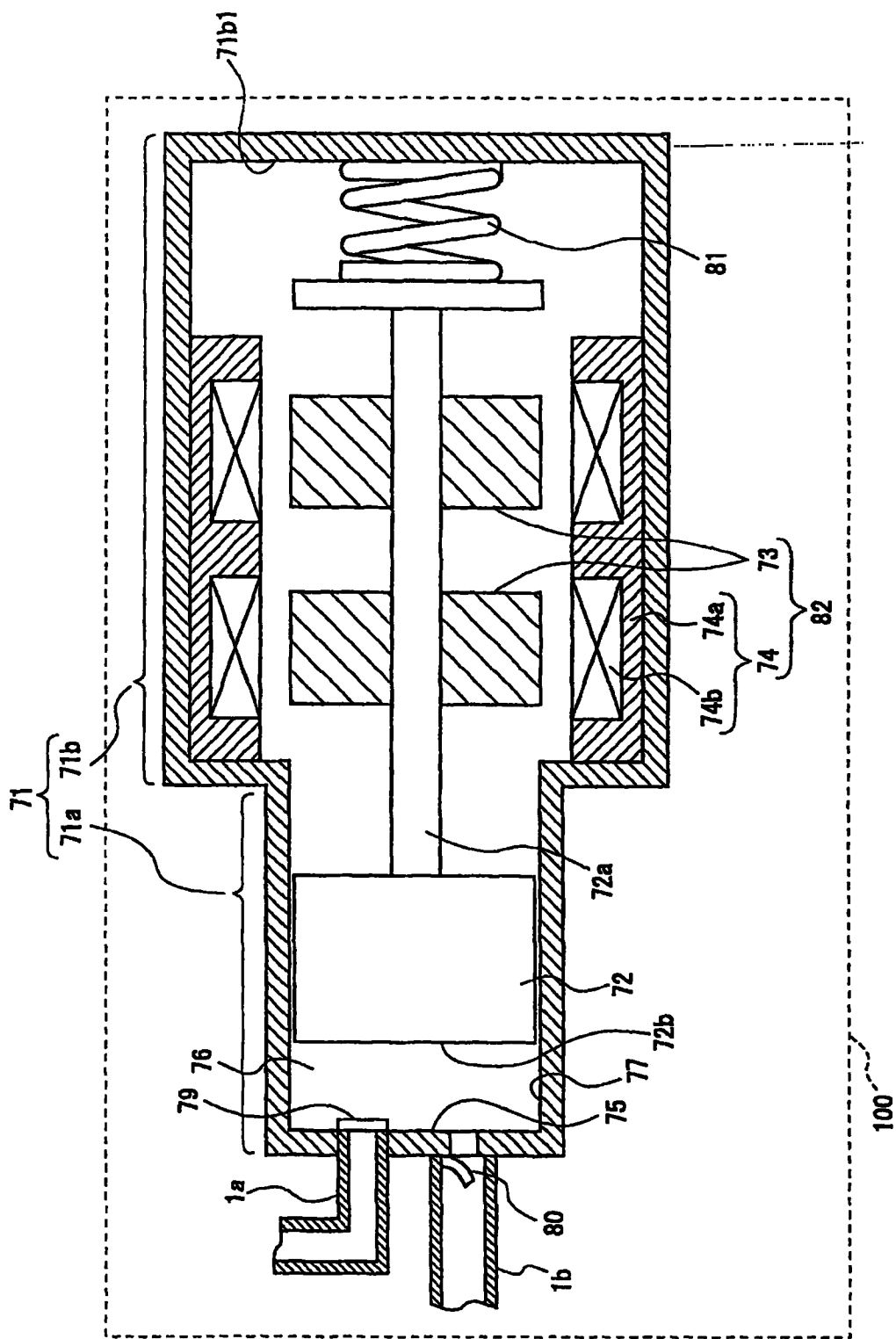


图 7

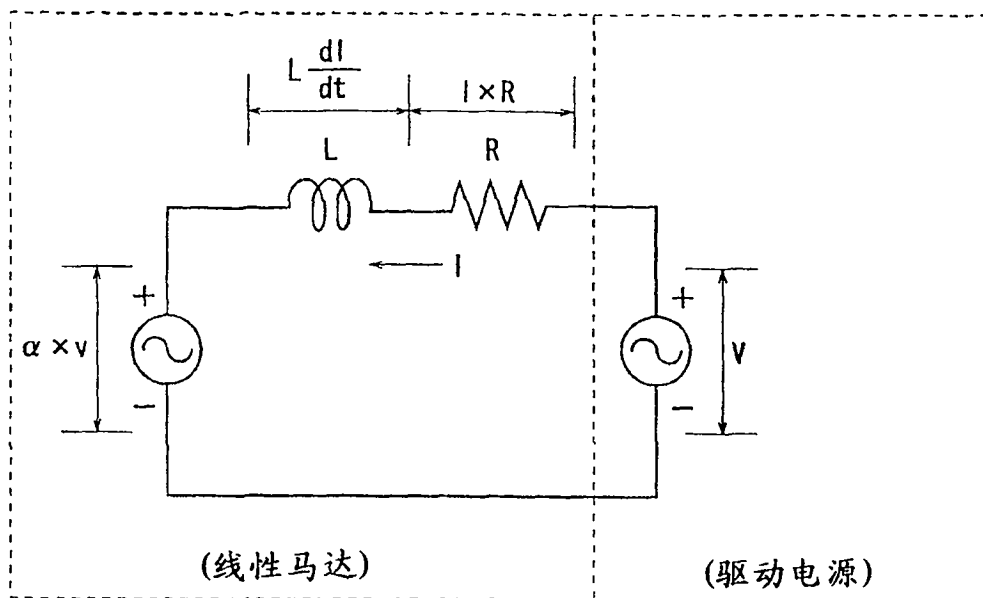


图 8

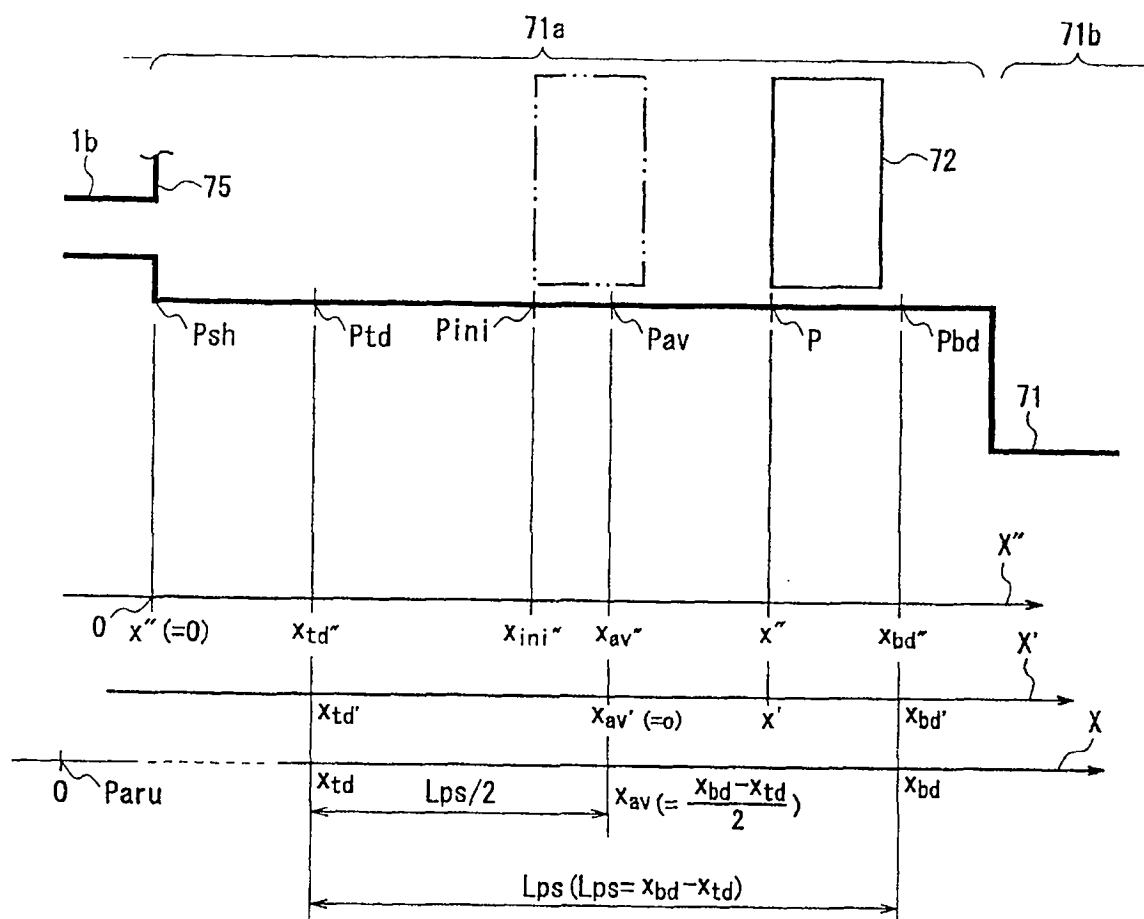


图 9

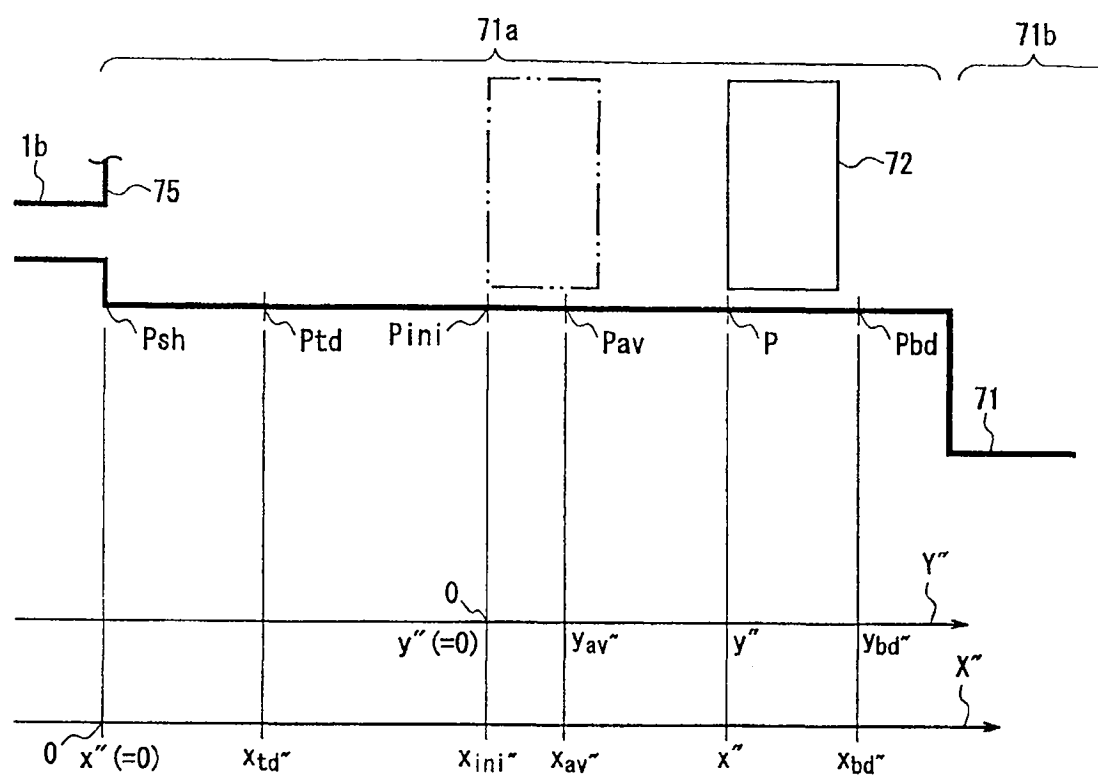


图 10