



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104995486 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 21

(21) 申请号 201380072657. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 02. 26

G01D 5/245(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 08. 10

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/053828 2013. 02. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/131434 EN 2014. 09. 04

(71) 申请人 斯凯孚公司

地址 瑞典哥德堡

(72) 发明人 G. 安杰利斯 E. 尤尔特塞文

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 葛飞

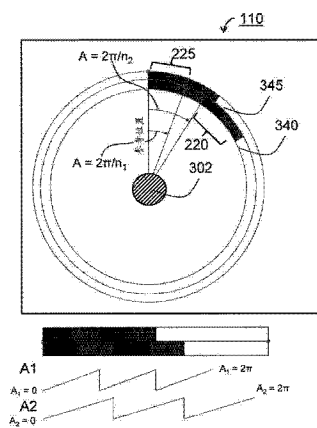
权利要求书5页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

角度传感器、轴承单元、电机、控制系统及误差检验系统

(57) 摘要

一种角度传感器 (110) 被提供用于确定相对第二部分旋转的第一部分的绝对角度信号。该角度传感器包括第一光栅环 (345), 用于产生沿第一光栅环的对应环片段的代表第一传感器 (355) 的相对位置的第一信号 (A1)。该角度传感器 (110) 还包括第二光栅环 (340), 用于产生沿第二光栅环的对应环片段的代表第二传感器的相对位置的第二信号 (A2)。第一多个和第二多个是互质数并且第一多个与第二多个之间的差值大于 1。该角度传感器还包括配置成使用第一信号 (A1) 和第二信号 (A2) 的第一线性组合来计算绝对角度信号 (AA) 的计算器 (102)。



1. 一种角度传感器 (110) 用于确定相对第二部分 (100) 旋转的第一部分 (102、302、402) 的绝对角度信号 (AA), 所述角度传感器 (100) 包括:

第一光栅环 (345、445), 其包括相邻于彼此布置构成环片段的第一多个 (n_1) 第一光栅元件 (225), 每个第一光栅元件 (225) 与第一传感器 (355、455) 相互作用用于产生沿所述第一光栅环 (345、445) 的对应环片段的代表所述第一传感器 (355、455) 的相对位置的第一信号 (A1),

第二光栅环 (340、440), 其包括相邻于彼此布置构成环片段的第二 (多个 n_2) 第二光栅元件 (220), 每个第二光栅元件 (220) 与第二传感器 (350、450) 相互作用用于产生沿所述第二光栅环的对应环片段的代表所述第二传感器 (350、450) 的相对位置的第二信号 (A2), 当所述第一部分 (102、302、402) 相对于第二部分 (100) 旋转时, 所述第一光栅环 (345、445) 和所述第二光栅环 (340、440) 配置成旋转相同的旋转角度, 所述第一多个 (n_1) 和所述第二多个 (n_2) 是互质数并且所述第一多个 (n_1) 与所述第二多个 (n_2) 之间的差值大于 1, 以及

计算器 (120), 其配置成使用所述第一信号 (A1) 和所述第二信号 (A2) 的第一线性组合来计算所述绝对角度信号 (AA)。

2. 根据权利要求 1 所述的角度传感器 (110), 进一步配置成使用所述第一光栅环 (345、445) 和所述第二光栅环 (340、440) 来确定电机 (100) 的电角度信号 (EA) 和所述绝对角度信号 (AA), 其中所述第一多个 (n_1) 与所述第二多个 (n_2) 之间的差值等于所述电机 (100) 的磁极对的数量, 并且所述计算器 (120) 配置成通过计算所述第一信号 (A1) 与所述第二信号 (A2) 之间的差值来计算所述电角度信号 (EA)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的角度传感器 (110), 其中, 所述第一光栅环 (345、445) 是具有第一多个 (n_1) 光栅元件的磁编码器 (345、445), 第一多个 (n_1) 光栅元件为第一多个 (n_1) 磁极, 并且所述第二光栅环 (340、440) 是具有第二多个 (n_2) 光栅元件的磁编码器 (340、440), 第二多个 (n_2) 光栅元件为第二多个 (n_2) 磁极。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的角度传感器 (110), 其中, 所述第一传感器 (355、455) 和 / 或所述第二传感器 (350、450) 从列表中选择, 所述列表包括: 霍尔传感器、涂覆有磁致伸缩材料的光纤布拉格光栅传感器。

5. 根据权利要求 1、2 或 3 所述的角度传感器 (110), 其中, 所述第一传感器 (355、455) 和 / 或所述第二传感器 (350、450) 从列表中选择, 所述列表包括: 电阻传感器、电感传感器、磁阻式传感器、涡流传感器、磁致电阻传感器、电容传感器, 以及光学传感器。

6. 根据权利要求 2 至 5 中任一项所述的角度传感器 (110), 所述计算器 (120) 还包括配置成减少所确定的电角度信号 (EA) 中噪声的校正器, 其中, 所述校正器配置成产生作为重复信号的虚拟校正信号 (A1*), 所述重复信号具有合适其它整数倍的所述电角度信号 (EA) 的重复频率, 所述虚拟校正信号 (A1*) 包括信号一和信号二的总和,

其中, 信号一从列表中选择, 该列表包括: 所述第一信号 (A1)、所述第二信号 (A2)、改进的第一信号 ($A1_{\text{refined}}$) 以及改进的第二信号 ($A2_{\text{refined}}$), 以及

其中, 信号二从列表中选择, 所述列表包括: 所述绝对角度信号 (AA) 以及改进的绝对旋转角度信号 (AA_{refined})。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的角度传感器 (110), 其中, 所述第一光栅环 (345、445) 与所述第二光栅环 (340、440) 被连接到作为旋转部分的所述第一部分 (102、302、

402), 而所述第一传感器 (355、455) 和所述第二传感器 (350、450) 被连接到作为静止部分的所述第二部分 (100)。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的角度传感器 (110), 所述第一多个 (n1) 和所述第二多个 (n2) 是表示为 (n1, n2) 对的互质数对, 其中, 所述互质数对从互质对的列表中选择, 所述列表包括: (15, 29), (15, 31), (16, 31), (16, 33), (17, 33), (17, 35), (18, 35), (18, 37), (19, 37), (19, 39), (20, 39), (20, 41), (21, 41), (21, 43), (22, 43), (22, 45), (23, 45), (23, 47), (24, 47), (24, 49), (25, 49), (25, 51), (26, 51), (26, 53), (27, 53), (27, 55), (28, 55), (28, 57), (29, 57), (29, 59), (30, 59), (30, 61), (31, 61), (31, 63), (32, 63), (32, 65), (33, 65), (33, 67), (34, 67), (34, 69), (35, 69), (35, 71), (36, 71), (36, 73), (37, 73), (37, 75), (38, 75), (38, 77), (39, 77), (39, 79), (40, 79), (40, 81), (41, 81), (41, 83), (42, 83), (42, 85), (43, 85), (43, 87), (44, 87), (44, 89), (45, 89), (45, 91), (46, 91), (46, 93), (47, 93), (47, 95), (48, 95), (48, 97), (49, 97), (49, 99), (50, 99), (50, 101), (51, 101), (51, 103), (52, 103), (52, 105), (53, 105), (53, 107), (54, 107), (54, 109), (55, 109), (55, 111), (56, 111), (56, 113), (57, 113), (57, 115), (58, 115), (58, 117), (59, 117), (59, 119), (60, 119), (60, 121), (61, 121), (61, 123), (62, 123), (62, 125), (63, 125), (63, 127), (64, 127), (64, 129), (65, 129), (65, 131), (66, 131), (66, 133), (67, 133), (67, 135), (68, 135), (68, 137), (69, 137), (69, 139), (70, 139), (70, 141), (71, 141), (71, 143), (72, 143), (72, 145), (73, 145), (73, 147), (74, 147), (74, 149), (75, 149), (75, 151), (76, 151), (76, 153), (77, 153), (77, 155), (78, 155), (78, 157), (79, 157), (79, 159), (80, 159), (80, 161), (81, 161), (81, 163), (82, 163), (82, 165), (83, 165), (83, 167), (84, 167), (84, 169), (85, 169), (85, 171), (86, 171), (86, 173), (87, 173), (87, 175), (88, 175), (88, 177), (89, 177), (89, 179), (90, 179), (90, 181), (91, 181), (91, 183), (92, 183), (92, 185), (93, 185), (93, 187), (94, 187), (94, 189), (95, 189), (95, 191), (96, 191), (96, 193), (97, 193), (97, 195), (98, 195), (98, 197), (99, 197), (99, 199), (100, 199), (100, 201), (101, 201), (101, 203), (102, 203), (102, 205), (103, 205), (103, 207), (104, 207), (104, 209), (105, 209), (105, 211), (106, 211), (106, 213), (107, 213), (107, 215), (108, 215), (108, 217), (109, 217), (109, 219), 以及 (110, 219)。

9. 根据权利要求 2 至 8 中任一项所述的角度传感器 (110), 所述角度传感器 (110) 配置成使用所述第一光栅环 (345、445) 和所述第二光栅环 (340、440) 来确定所述绝对角度信号 (AA) 和电机 (100) 的电角度信号 (EA), 所述第一多个 (n1) 和所述第二多个 (n2) 是表示为 (n1, n2) 对的互质数对, 并且所述第一多个 (n1) 与所述第二多个 (n2) 之间的差值等于所述电机 (100) 的磁极对的数量, 其中:

对于包括 2 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (15, 17), (17, 19), (19, 21), (21, 23), (23, 25), (25, 27), (27, 29), (29, 31), (31, 33), (33, 35), (35, 37), (37, 39), (39, 41), (41, 43), (43, 45),

对于包括 3 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (16, 19), (17, 20), (19, 22), (20, 23), (22, 25), (23, 26), (25, 28), (26, 29), (28, 31), (29, 32), (31, 34), (32, 35), (34, 37), (35, 38), (37, 40),

对于包括 4 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (15, 19), (17, 21), (19, 23), (21, 25), (23, 27), (25, 29), (27, 31), (29, 33), (31, 35)

), (33, 37), (35, 39), (37, 41), (39, 43), (41, 45), (43, 47),

对于包括 5 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (16, 21), (19, 24), (21, 26), (24, 29), (26, 31), (29, 34), (31, 36), (34, 39), (36, 41), (17, 22), (18, 23), (39, 44), (41, 46), (44, 49), (46, 51),

对于包括 6 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (17, 23), (19, 25), (23, 29), (25, 31), (29, 35), (31, 37), (35, 41), (37, 43), (41, 47), (43, 49), (47, 53), (49, 55), (53, 59), (55, 61), (59, 65),

对于包括 7 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (15, 22), (20, 27), (22, 29), (27, 34), (29, 36), (34, 41), (36, 43), (17, 24), (18, 25), (41, 48), (43, 50), (48, 55), (50, 57), (24, 31), (25, 32),

对于包括 8 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (15, 23), (17, 25), (23, 31), (25, 33), (31, 39), (33, 41), (39, 47), (41, 49), (47, 55), (49, 57), (55, 63), (57, 65), (63, 71), (65, 73), (19, 27),

对于包括 9 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (17, 26), (19, 28), (26, 35), (28, 37), (35, 44), (37, 46), (44, 53), (46, 55), (22, 31), (23, 32), (53, 62), (55, 64), (62, 71), (64, 73), (31, 40),

对于包括 10 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (19, 29), (21, 31), (29, 39), (31, 41), (39, 49), (41, 51), (49, 59), (51, 61), (59, 69), (61, 71), (17, 27), (69, 79), (71, 81), (79, 89), (81, 91),

对于包括 11 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (21, 32), (23, 34), (32, 43), (34, 45), (16, 27), (17, 28), (43, 54), (45, 56), (54, 65), (56, 67), (15, 26), (27, 38), (28, 39), (65, 76), (67, 78),

对于包括 12 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (23, 35), (25, 37), (35, 47), (37, 49), (47, 59), (49, 61), (59, 71), (61, 73), (71, 83), (73, 85), (83, 95), (85, 97), (95, 107), (97, 109), (107, 119),

对于包括 13 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (25, 38), (27, 40), (38, 51), (40, 53), (19, 32), (20, 33), (51, 64), (53, 66), (64, 77), (66, 79), (17, 30), (32, 45), (33, 46), (77, 90), (79, 92),

对于包括 14 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (15, 29), (27, 41), (29, 43), (41, 55), (43, 57), (55, 69), (57, 71), (69, 83), (71, 85), (19, 33), (83, 97), (85, 99), (23, 37), (97, 111), (99, 113),

对于包括 15 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (16, 31), (29, 44), (31, 46), (44, 59), (46, 61), (22, 37), (23, 38), (59, 74), (61, 76), (74, 89), (76, 91), (37, 52), (38, 53), (89, 104), (91, 106),

对于包括 16 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (17, 33), (31, 47), (33, 49), (47, 63), (49, 65), (63, 79), (65, 81), (79, 95), (81, 97), (21, 37), (95, 111), (97, 113), (27, 43), (111, 127), (113, 129),

对于包括 17 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (18, 35), (33, 50), (35, 52), (50, 67), (52, 69), (25, 42), (26, 43), (67, 84), (69,

86), (84, 101), (86, 103), (23, 40), (42, 59), (43, 60), (101, 118),

对于包括 18 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (19, 37), (35, 53), (37, 55), (53, 71), (55, 73), (71, 89), (73, 91), (89, 107), (91, 109), (107, 125), (109, 127), (125, 143), (127, 145), (143, 161), (145, 163),

对于包括 19 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (20, 39), (37, 56), (39, 58), (56, 75), (58, 77), (28, 47), (29, 48), (75, 94), (77, 96), (94, 113), (96, 115), (25, 44), (47, 66), (48, 67), (113, 132),

对于包括 20 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (21, 41), (39, 59), (41, 61), (59, 79), (61, 81), (79, 99), (81, 101), (99, 119), (101, 121), (27, 47), (119, 139), (121, 141), (33, 53), (139, 159), (141, 161),

对于包括 21 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (22, 43), (41, 62), (43, 64), (62, 83), (64, 85), (31, 52), (32, 53), (83, 104), (85, 106), (104, 125), (106, 127), (52, 73), (53, 74), (125, 146), (127, 148),

对于包括 22 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (23, 45), (43, 65), (45, 67), (65, 87), (67, 89), (87, 109), (89, 111), (109, 131), (111, 133), (29, 51), (131, 153), (133, 155), (37, 59), (153, 175), (155, 177),

对于包括 23 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (24, 47), (45, 68), (47, 70), (68, 91), (70, 93), (34, 57), (35, 58), (91, 114), (93, 116), (114, 137), (116, 139), (31, 54), (57, 80), (58, 81), (137, 160),

对于包括 24 个电机极对的所述电机 (100), 所述互质数对从互质对列表中选择, 所述列表包括: (25, 49), (47, 71), (49, 73), (71, 95), (73, 97), (95, 119), (97, 121), (119, 143), (121, 145), (143, 167), (145, 169), (167, 191), (169, 193), (191, 215), (193, 217)。

10. 一种轴承单元, 包括根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的角度传感器 (110)。

11. 一种电机 (100), 包括根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的角度传感器 (110)。

12. 一种用于控制电机 (100) 的控制系统 (120), 所述控制系统 (120) 包括根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的角度传感器 (110)。

13. 一种使用所确定的绝对角度信号 (AA) 来检验电机 (100) 的确定的电角度信号 (EA) 的误差检验系统 (120), 所述误差检验系统 (120) 包括根据权利要求 2 至 8 所述的角度传感器 (110), 用于确定所述电角度信号 (EA) 和所述绝对角度信号 (AA), 所述误差检验系统 (120) 配置成确定所述电角度信号 (EA) 是否与所述绝对角度信号 (AA) 一致。

14. 根据权利要求 13 所述的误差检验系统 (120), 其中, 所述计算器 (120) 还包括用于消除所述绝对角度信号 (AA) 中的高频噪声的低通滤波器。

15. 一种使用角度传感器 (110) 确定相对于第二部分 (100) 旋转的第一部分 (102、302、402) 的绝对角度信号 (AA) 的方法, 所述角度传感器 (110) 包括:

第一光栅环 (345、445), 其包括相邻于彼此布置构成环片段的第一多个 (n1) 第一光栅元件 (225), 每个第一光栅元件 (225) 与第一传感器 (355、455) 相互作用用于产生沿所述第一光栅环 (345、445) 的对应环片段的代表所述第一传感器的相对位置的第一信号 (A1),

第二光栅环 (340、440), 其包括相邻于彼此布置构成环片段的第二多个 (n2) 第二光栅元件 (220), 每个第二光栅元件 (220) 与第二传感器 (350、450) 相互作用用于产生沿所述第

二光栅环的对应环片段的代表所述第二传感器 (350、450) 的相对位置的第二信号,当所述第一部分 (102、302、402) 相对于所述第二部分 (100) 旋转时,所述第一光栅环 (345、445) 和所述第二光栅环 (340、440) 配置成旋转相同的旋转角度,所述第一多个 (n_1) 和所述第二多个 (n_2) 是互质数并且所述第一多个 (n_1) 与所述第二多个 (n_2) 之间的差值大于 1,以及计算器 (120),其配置成计算所述绝对角度信号 (AA),

其中,所述方法包括的步骤有:

捕获所述第一传感器 (355、455) 的所述第一信号 (A1),

捕获所述第二传感器 (350、450) 的所述第二信号 (A2),

确定整数组 C 和 D,使得 $C*n_1+D*n_2 = 1$,其中, n_1 是所述第一多个 (n_1), n_2 是所述第二多个 (n_2),并且 n_1 和 n_2 是互质的,以及

使用所述整数组 C 和 D,利用所述第一信号 (A1) 和所述第二信号 (A2) 的线性组合来确定所述绝对角度信号 (AA),使得 $C*A_1+D*A_2 = AA$,其中, A_1 是所述第一信号 (A1), A_2 是所述第二信号 (A2),并且 AA 是所述绝对旋转角度信号 (AA)。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中,所述方法还配置成使用所述角度传感器 (110) 的所述第一光栅环 (345、445) 和所述第二光栅环 (340、440) 来确定所述绝对角度信号 (AA) 和电角度信号 (EA),所述第一多个 (n_1) 与所述第二多个 (n_2) 之间的差值等于所述电机 (100) 的磁极对 () 的数量,所述方法还包括步骤:

通过计算所述第一信号 (A1) 与所述第二信号 (A2) 之间的差值来确定所述电角度信号 (EA),使得 $(A_1-A_2) = EA$,其中, A_1 是所述第一信号 (A1), A_2 是所述第二信号 (A2),并且 EA 是所述电旋转角度 (EA)。

17. 一种计算机程序产品,其配置成执行根据权利要求 15 和 16 所述的方法。

角度传感器、轴承单元、电机、控制系统及误差检验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种角度传感器,用于确定相对第二部分旋转的第一部分的绝对角度信号。本发明还涉及一种轴承单元,电机,用于电机的控制单元,以及包括角度传感器的误差检验系统。本发明还限定了一种计算机程序产品和确定绝对角度信号的方法。

背景技术

[0002] 角度传感器也称为旋转编码器或者轴编码器,其将轴状物或轴的角度位置或运动转换为模拟或数字代码。已知机械式的角度传感器可以使用具有开口的同心环。在每个角位置,滑动触头可以检测开口,并且电子电路可以将所检测的开口图案转换成角位置。光学编码器可以使用相似的原理。具有开口的同心环可以由具有透明和非透明区域的圆盘替代。光源和光电检测器阵列使其能够在给定的角度检测非透明和透明区域的图案。但是,在具有润滑脂遮蔽圆盘的轴承环境中,这些类型的角度传感器难以使用。

[0003] 在轴承应用中,角度传感器通常包括具有多个磁体以及一个或多个霍尔传感器的环。通常,磁环连接至轴承单元的旋转部件。典型地,能够检测磁场的霍尔传感器连接至轴承单元的静止部件。磁环包括多个磁极,每个磁极提供一磁场。霍尔传感器检测磁场并且耦接至霍尔传感器的电子电路将所检测的磁场转换成多个磁极的每个中的角位置。该装置还工作在涂有油脂的轴承环境中。

[0004] 例如,这样的角度传感器在美国专利申请 US2009315544 中是已知的。根据该专利申请的角度编码器包括:旋转检测设备,该装置包括同轴布置并且具有不同数量磁极的多个环形磁编码器;多个磁传感器,每个可操作的检测对应磁编码器的磁场并且具有在对应磁编码器的单个磁极中检测位置信息的功能;相位差检测器,其用于确定由各磁传感器分别检测的磁场信号的相位差;以及角度计算器,其基于所检测的相位差计算磁编码器的绝对旋转角度。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种可替代的角度传感器,其用于确定绝对角度信号。

[0006] 本发明的第一方面提供一种角度传感器。本发明的第二方面提供一种轴承。本发明的第三方面提供一种电机。本发明的第四方面提供一种用于控制电机的控制系统。本发明的第五方面提供一种误差检验系统。本发明的第六方面提供一种确定绝对角度信号的方法。本发明的第七方面提供一种计算机程序产品。优选的实施例被限定在从属权利要求中。

[0007] 根据本发明的第一方面,该目的通过提供一种用于确定相对于第二部分旋转的第一部分的绝对角度的角度传感器来实现。该角度传感器包括第一光栅环,其包括第一多个第一光栅元件,各元件相邻于彼此布置构成环片段,每个第一光栅元件与第一传感器相互作用,用于产生沿第一光栅环的对应环片段的代表第一传感器的相对位置的第一信号。该角度传感器还包括第二光栅环,其包括第二多个第二光栅元件,各元件相邻于彼此布置构成环片段,每个第二光栅元件与第二传感器相互作用,用于产生沿第二光栅环的对应环片

段的代表第二传感器的相对位置的第二信号。第一光栅环和第二光栅环配置成旋转相同的旋转角度,当第一部分相对于第二部分旋转时。第一多个和第二多个是互质数,并且第一多个与第二多个之间的差值大于 1。角度传感器还包括配置成使用第一信号和第二信号的第一线性组合来计算绝对角度信号的计算器。

[0008] 第一多个第一光栅元件和第二多个第二光栅元件的使用能够使用简单的线性关系计算绝对角度信号,同时第一多个和第二多个之间的差值大于 1,其中,第一多个和第二多个是互质数。在已知的角度传感器中,两个磁编码器之间的磁极数量差等于 1。这是方便的,因为其能够从差值信号中简单地确定绝对角度信号,差值信号由第二磁编码器的第二信号减去第一磁编码器中的第一信号产生。由于在已知的配置中两个磁编码器之间的磁极数量之间的差,所确定的差值信号在每旋转 360 度的角度时自身重复 1 次,因此能够确定绝对角度信号。在根据本发明的角度传感器中,第一多个和第二多个是互质数。本发明的发明人发现,由于第一多个和第二多个之间的该互质关系,第一多个第一光栅元件和第二多个第二光栅元件遵守贝祖恒等式 (Bezout identity),其能够用简单的线性关系计算绝对角度信号 (其它详情见详细说明)。因此,第一多个第一光栅元件与第二多个第二光栅元件之间的差值可以远远大于 1,仍然能够从角度传感器中确定绝对角度信号。当允许第一多个与第二多个之间的差值大于 1 时,其它的优点是同一角度传感器除了可以用于计算绝对角度信号之外还可以用于以相对高的精度计算电机的电角度信号。

[0009] 因此在根据本发明的角度传感器的一实施例中,角度传感器还配置成使用第一光栅环和第二光栅环来确定绝对角度信号和电机的电角度信号。在根据该实施例的角度传感器中,第一多个 (n_1) 与第二多个 (n_2) 之间的差值等于电机的磁极对的数量,其中计算器配置成通过计算第一信号与第二信号之间的差值来计算电角度信号。在已知的角度传感器中,两个磁编码器之间的磁极数量的差值等于 1,使用一对磁编码器来确定绝对角度信号和电角度信号是不够精确的。为了计算该已知配置中的电旋转角度,绝对角度信号必须乘以电机中存在的磁极对的数量。绝对角度信号的该乘法显著地增加了所确定的电角度信号中的误差,尤其是电机中的磁极对的数量相对高时。因此,已知的角度传感器还需要另外的磁编码器来精确地确定电旋转角度。在根据本发明的角度传感器中,第一多个和第二多个是互质数,其中第一多个与第二多个之间的差值大于 1。第一多个与第二多个之间的该差值还可以等于电机中存在的磁极对的数量。因此,可以通过计算第一信号与第二信号之间的差值来计算电角度信号。尤其是在电机的磁极对的数量相对高的实施例中,根据当前发明的确定导致精度上的显著提高并且避免对另外的磁编码器的需求。

[0010] 例如,第一光栅环和第二光栅环可以是磁编码器,例如其中每个第一光栅元件和第二光栅元件可以是不同的磁极。可替代地,例如,第一光栅元件或第二光栅元件包括电子电阻元件,或者例如三角形开口,或者任何其它的配置,该配置能够与相应的传感器一起产生沿光栅环的相应环片段的代表传感器的相对位置的信号。第一传感器和第二传感器分别与第一光栅环和第二光栅环相互作用。在第一光栅元件或第二光栅元件是磁极的实施例中,例如,第一传感器或第二传感器可以是霍尔传感器或者布拉格传感器,例如,其包括光纤光栅。在第一光栅元件或第二光栅元件是三角形开口的实施例中,例如,第一传感器或第二传感器可以是光传感器或光传感器阵列。在第一光栅元件或第二光栅元件是电子电阻元件的实施例中,例如,第一传感器或第二传感器可以是感应电子电阻元件中的电子电阻变

化的滑动触头。

[0011] 在角度传感器的一实施例中,第一光栅环是具有第一多个光栅元件的磁编码器,该第一多个光栅元件是多个第一磁极,和/或第二光栅环是具有第二多个光栅元件的磁编码器,该第二多个光栅元件是多个第二磁极。使用磁编码器的好处在于在诸如轴承的润滑脂环境中可以使用一个相对坚固耐用的角度传感器。

[0012] 在角度传感器的一实施例中,第一传感器和/或第二传感器从一列表中选择,该列表包括:霍尔传感器、涂覆有磁致伸缩材料的光纤布拉格格栅传感器。

[0013] 在角度传感器的一实施例中,第一传感器和/或第二传感器从一列表中选择,该列表包括:电阻传感器、电感传感器、磁阻式传感器、涡流传感器、磁致电阻传感器、电容传感器,以及光学传感器。

[0014] 在角度传感器的一实施例中,计算器还包括配置成在所确定的电角度信号中减少噪声的校正器,其中该校正器配置成产生是重复信号的虚拟校正信号,该重复信号具有合适其它整数倍电角度信号的重复频率,虚拟校正信号包括信号一和信号二的总和,其中信号一从一列表中选择,该列表包括:第一信号、第二信号、改进的第一信号以及改进的第二信号,并且其中信号二从一列表中选择,该列表包括:绝对角度信号以及改进的绝对旋转角度信号。

[0015] 例如,虚拟校正信号包括第一信号与绝对角度信号的总和,或者第二信号与绝对角度信号的总和,或者第一信号与改进的绝对角度信号的总和,或者第二信号与改进的绝对角度信号的总和,或者改进的第一信号与绝对角度信号的总和,或者改进的第二信号与绝对角度信号的总和,或者改进的第一信号与改进的绝对角度信号的总和,或者改进的第二信号与改进的绝对角度信号的总和。

[0016] 在角度传感器的一实施例中,第一光栅环和第二光栅环被连接到作为旋转部分的第一部分,而第一传感器和第二传感器被连接到作为静止部分的第二部分。

[0017] 在角度传感器的一实施例中,第一多个和第二多个是表示为 (n_1, n_2) 对的互质数对,其中互质数对从互质对列表中选择,该列表包括: $(15, 29)$, $(15, 31)$, $(16, 31)$, $(16, 33)$, $(17, 33)$, $(17, 35)$, $(18, 35)$, $(18, 37)$, $(19, 37)$, $(19, 39)$, $(20, 39)$, $(20, 41)$, $(21, 41)$, $(21, 43)$, $(22, 43)$, $(22, 45)$, $(23, 45)$, $(23, 47)$, $(24, 47)$, $(24, 49)$, $(25, 49)$, $(25, 51)$, $(26, 51)$, $(26, 53)$, $(27, 53)$, $(27, 55)$, $(28, 55)$, $(28, 57)$, $(29, 57)$, $(29, 59)$, $(30, 59)$, $(30, 61)$, $(31, 61)$, $(31, 63)$, $(32, 63)$, $(32, 65)$, $(33, 65)$, $(33, 67)$, $(34, 67)$, $(34, 69)$, $(35, 69)$, $(35, 71)$, $(36, 71)$, $(36, 73)$, $(37, 73)$, $(37, 75)$, $(38, 75)$, $(38, 77)$, $(39, 77)$, $(39, 79)$, $(40, 79)$, $(40, 81)$, $(41, 81)$, $(41, 83)$, $(42, 83)$, $(42, 85)$, $(43, 85)$, $(43, 87)$, $(44, 87)$, $(44, 89)$, $(45, 89)$, $(45, 91)$, $(46, 91)$, $(46, 93)$, $(47, 93)$, $(47, 95)$, $(48, 95)$, $(48, 97)$, $(49, 97)$, $(49, 99)$, $(50, 99)$, $(50, 101)$, $(51, 101)$, $(51, 103)$, $(52, 103)$, $(52, 105)$, $(53, 105)$, $(53, 107)$, $(54, 107)$, $(54, 109)$, $(55, 109)$, $(55, 111)$, $(56, 111)$, $(56, 113)$, $(57, 113)$, $(57, 115)$, $(58, 115)$, $(58, 117)$, $(59, 117)$, $(59, 119)$, $(60, 119)$, $(60, 121)$, $(61, 121)$, $(61, 123)$, $(62, 123)$, $(62, 125)$, $(63, 125)$, $(63, 127)$, $(64, 127)$, $(64, 129)$, $(65, 129)$, $(65, 131)$, $(66, 131)$, $(66, 133)$, $(67, 133)$, $(67, 135)$, $(68, 135)$, $(68, 137)$, $(69, 137)$, $(69, 139)$, $(70, 139)$, $(70, 141)$, $(71, 141)$, $(71, 143)$, $(72, 143)$, $(72, 145)$, $(73, 145)$, $(73, 147)$, $(74, 147)$, $(74, 149)$, $(75, 149)$, $(75, 151)$, $(76, 151)$, $(76, 153)$, $(77, 153)$, $(77, 155)$, $(78, 155)$, $(78, 157)$, $(79, 157)$, $(79, 159)$, $(80, 159)$, $($

80, 161), (81, 161), (81, 163), (82, 163), (82, 165), (83, 165), (83, 167), (84, 167), (84, 169), (85, 169), (85, 171), (86, 171), (86, 173), (87, 173), (87, 175), (88, 175), (88, 177), (89, 177), (89, 179), (90, 179), (90, 181), (91, 181), (91, 183), (92, 183), (92, 185), (93, 185), (93, 187), (94, 187), (94, 189), (95, 189), (95, 191), (96, 191), (96, 193), (97, 193), (97, 195), (98, 195), (98, 197), (99, 197), (99, 199), (100, 199), (100, 201), (101, 201), (101, 203), (102, 203), (102, 205), (103, 205), (103, 207), (104, 207), (104, 209), (105, 209), (105, 211), (106, 211), (106, 213), (107, 213), (107, 215), (108, 215), (108, 217), (109, 217), (109, 219), 以及 (110, 219)。

[0018] 在角度传感器的一实施例中, 角度传感器 (100) 配置成使用第一光栅环 (345、445) 和第二光栅环 (340、440) 来确定电机 (100) 的绝对角度信号 (AA) 和电角度信号 (EA), 第一多个 (n1) 和第二多个 (n2) 是表示为 (n1, n2) 对的互质数对, 并且第一多个 (n1) 和第二多个 (n2) 之间的差值等于电机 (100) 的磁极对的数量, 其中:

[0019] 对于包括 2 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (15, 17), (17, 19), (19, 21), (21, 23), (23, 25), (25, 27), (27, 29), (29, 31), (31, 33), (33, 35), (35, 37), (37, 39), (39, 41), (41, 43), (43, 45),

[0020] 对于包括 3 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (16, 19), (17, 20), (19, 22), (20, 23), (22, 25), (23, 26), (25, 28), (26, 29), (28, 31), (29, 32), (31, 34), (32, 35), (34, 37), (35, 38), (37, 40),

[0021] 对于包括 4 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (15, 19), (17, 21), (19, 23), (21, 25), (23, 27), (25, 29), (27, 31), (29, 33), (31, 35), (33, 37), (35, 39), (37, 41), (39, 43), (41, 45), (43, 47),

[0022] 对于包括 5 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (16, 21), (19, 24), (21, 26), (24, 29), (26, 31), (29, 34), (31, 36), (34, 39), (36, 41), (39, 44), (41, 46), (44, 49), (46, 51),

[0023] 对于包括 6 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (17, 23), (19, 25), (23, 29), (25, 31), (29, 35), (31, 37), (35, 41), (37, 43), (41, 47), (43, 49), (47, 53), (49, 55), (53, 59), (55, 61), (59, 65),

[0024] 对于包括 7 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (15, 22), (20, 27), (22, 29), (27, 34), (29, 36), (34, 41), (36, 43), (37, 44), (41, 48), (43, 50), (48, 55), (50, 57), (54, 61), (57, 64), (61, 68), (64, 71), (68, 75), (71, 78), (75, 82), (82, 89), (89, 96), (96, 103), (103, 110), (110, 117), (117, 124), (124, 131), (131, 138), (138, 145), (145, 152), (152, 159), (159, 166), (166, 173), (173, 180), (180, 187), (187, 194), (194, 201), (201, 208), (208, 215), (215, 222), (222, 229), (229, 236), (236, 243), (243, 250), (250, 257), (257, 264), (264, 271), (271, 278), (278, 285), (285, 292), (292, 299), (299, 306), (306, 313), (313, 320), (320, 327), (327, 334), (334, 341), (341, 348), (348, 355), (355, 362), (362, 369), (369, 376), (376, 383), (383, 390), (390, 397), (397, 404), (404, 411), (411, 418), (418, 425), (425, 432), (432, 439), (439, 446), (446, 453), (453, 460), (460, 467), (467, 474), (474, 481), (481, 488), (488, 495), (495, 502), (502, 509), (509, 516), (516, 523), (523, 530), (530, 537), (537, 544), (544, 551), (551, 558), (558, 565), (565, 572), (572, 579), (579, 586), (586, 593), (593, 600), (600, 607), (607, 614), (614, 621), (621, 628), (628, 635), (635, 642), (642, 649), (649, 656), (656, 663), (663, 670), (670, 677), (677, 684), (684, 691), (691, 698), (698, 705), (705, 712), (712, 719), (719, 726), (726, 733), (733, 740), (740, 747), (747, 754), (754, 761), (761, 768), (768, 775), (775, 782), (782, 789), (789, 796), (796, 803), (803, 810), (810, 817), (817, 824), (824, 831), (831, 838), (838, 845), (845, 852), (852, 859), (859, 866), (866, 873), (873, 880), (880, 887), (887, 894), (894, 901), (901, 908), (908, 915), (915, 922), (922, 929), (929, 936), (936, 943), (943, 950), (950, 957), (957, 964), (964, 971), (971, 978), (978, 985), (985, 992), (992, 999), (999, 1006), (1006, 1013), (1013, 1020), (1020, 1027), (1027, 1034), (1034, 1041), (1041, 1048), (1048, 1055), (1055, 1062), (1062, 1069), (1069, 1076), (1076, 1083), (1083, 1090), (1090, 1097), (1097, 1104), (1104, 1111), (1111, 1118), (1118, 1125), (1125, 1132), (1132, 1139), (1139, 1146), (1146, 1153), (1153, 1160), (1160, 1167), (1167, 1174), (1174, 1181), (1181, 1188), (1188, 1195), (1195, 1202), (1202, 1209), (1209, 1216), (1216, 1223), (1223, 1230), (1230, 1237), (1237, 1244), (1244, 1251), (1251, 1258), (1258, 1265), (1265, 1272), (1272, 1279), (1279, 1286), (1286, 1293), (1293, 1300), (1300, 1307), (1307, 1314), (1314, 1321), (1321, 1328), (1328, 1335), (1335, 1342), (1342, 1349), (1349, 1356), (1356, 1363), (1363, 1370), (1370, 1377), (1377, 1384), (1384, 1391), (1391, 1398), (1398, 1405), (1405, 1412), (1412, 1419), (1419, 1426), (1426, 1433), (1433, 1440), (1440, 1447), (1447, 1454), (1454, 1461), (1461, 1468), (1468, 1475), (1475, 1482), (1482, 1489), (1489, 1496), (1496, 1503), (1503, 1510), (1510, 1517), (1517, 1524), (1524, 1531), (1531, 1538), (1538, 1545), (1545, 1552), (1552, 1559), (1559, 1566), (1566, 1573), (1573, 1580), (1580, 1587), (1587, 1594), (1594, 1601), (1601, 1608), (1608, 1615), (1615, 1622), (1622, 1629), (1629, 1636), (1636, 1643), (1643, 1650), (1650, 1657), (1657, 1664), (1664, 1671), (1671, 1678), (1678, 1685), (1685, 1692), (1692, 1699), (1699, 1706), (1706, 1713), (1713, 1720), (1720, 1727), (1727, 1734), (1734, 1741), (1741, 1748), (1748, 1755), (1755, 1762), (1762, 1769), (1769, 1776), (1776, 1783), (1783, 1790), (1790, 1797), (1797, 1804), (1804, 1811), (1811, 1818), (1818, 1825), (1825, 1832), (1832, 1839), (1839, 1846), (1846, 1853), (1853, 1860), (1860, 1867), (1867, 1874), (1874, 1881), (1881, 1888), (1888, 1895), (1895, 1902), (1902, 1909), (1909, 1916), (1916, 1923), (1923, 1930), (1930, 1937), (1937, 1944), (1944, 1951), (1951, 1958), (1958, 1965), (1965, 1972), (1972, 1979), (1979, 1986), (1986, 1993), (1993, 2000), (2000, 2007), (2007, 2014), (2014, 2021), (2021, 2028), (2028, 2035), (2035, 2042), (2042, 2049), (2049, 2056), (2056, 2063), (2063, 2070), (2070, 2077), (2077, 2084), (2084, 2091), (2091, 2098), (2098, 2105), (2105, 2112), (2112, 2119), (2119, 2126), (2126, 2133), (2133, 2140), (2140, 2147), (2147, 2154), (2154, 2161), (2161, 2168), (2168, 2175), (2175, 2182), (2182, 2189), (2189, 2196), (2196, 2203), (2203, 2210), (2210, 2217), (2217, 2224), (2224, 2231), (2231, 2238), (2238, 2245), (2245, 2252), (2252, 2259), (2259, 2266), (2266, 2273), (2273, 2280), (2280, 2287), (2287, 2294), (2294, 2301), (2301, 2308), (2308, 2315), (2315, 2322), (2322, 2329), (2329, 2336), (2336, 2343), (2343, 2350), (2350, 2357), (2357, 2364), (2364, 2371), (2371, 2378), (2378, 2385), (2385, 2392), (2392, 2399), (2399, 2406), (2406, 2413), (2413, 2420), (2420, 2427), (2427, 2434), (2434, 2441), (2441, 2448), (2448, 2455), (2455, 2462), (2462, 2469), (2469, 2476), (2476, 2483), (2483, 2490), (2490, 2497), (2497, 2504), (2504, 2511), (2511, 2518), (2518, 2525), (2525, 2532), (2532, 2539), (2539, 2546), (2546, 2553), (2553, 2560), (2560, 2567), (2567, 2574), (2574, 2581), (2581, 2588), (2588, 2595), (2595, 2602), (2602, 2609), (2609, 2616), (2616, 2623), (2623, 2630), (2630, 2637), (2637, 2644), (2644, 2651), (2651, 2658), (2658, 2665), (2665, 2672), (2672, 2679), (2679, 2686), (2686, 2693), (2693, 2700), (2700, 2707), (2707, 2714), (2714, 2721), (2721, 2728), (2728, 2735), (2735, 2742), (2742, 2749), (2749, 2756), (2756, 2763), (2763, 2770), (2770, 2777), (2777, 2784), (2784, 2791), (2791, 2798), (2798, 2805), (2805, 2812), (2812, 2819), (2819, 2826), (2826, 2833), (2833, 2840), (2840, 2847), (2847, 2854), (2854, 2861), (2861, 2868), (2868, 2875), (2875, 2882), (2882, 2889), (2889, 2896), (2896, 2903), (2903, 2910), (2910, 2917), (2917, 2924), (2924, 2931), (2931, 2938), (2938, 2945), (2945, 2952), (2952, 2959), (2959, 2966), (2966, 2973), (2973, 2980), (2980, 2987), (2987, 2994), (2994, 3001), (3001, 3008), (3008, 3015), (3015, 3022), (3022, 3029), (3029, 3036), (3036, 3043), (3043, 3050), (3050, 3057), (3057, 3064), (3064, 3071), (3071, 3078), (3078, 3085), (3085, 3092), (3092, 3099), (3099, 3106), (3106, 3113), (3113, 3120), (3120, 3127), (3127, 3134), (3134, 3141), (3141, 3148), (3148, 3155), (3155, 3162), (3162, 3169), (3169, 3176), (3176, 3183), (3183, 3190), (3190, 3197), (3197, 3204), (3204, 3211), (3211, 3218), (3218, 3225), (3225, 3232), (3232, 3239), (3239, 3246), (3246, 3253), (3253, 3260), (3260, 3267), (3267, 3274), (3274, 3281), (3281, 3288), (3288, 3295), (3295, 3302), (3302, 3309), (3309, 3316), (3316, 3323), (3323, 3330), (3330, 3337), (3337, 3344), (3344, 3351), (3351, 3358), (3358, 3365), (3365, 3372), (3372, 3379), (3379, 3386), (3386, 3393), (3393, 3400), (3400, 3407), (3407, 3414), (3414, 3421), (3421, 3428), (3428, 3435), (3435, 3442), (3442, 3449), (3449, 3456), (3456, 3463), (3463, 3470), (3470, 3477), (3477, 3484), (3484, 3491), (3491, 3498), (3498, 3505), (3505, 3512), (3512, 3519), (3519, 3526), (3526, 3533), (3533, 3540), (3540, 3547), (3547, 3554), (3554, 3561), (3561, 3568), (3568, 3575), (3575, 3582), (3582, 3589), (3589, 3596), (3596, 3603), (3603, 3610), (3610, 3617), (3617, 3624), (3624, 3631), (3631, 3638), (3638, 3645), (3645, 3652), (3652, 3659), (3659, 3666), (3666, 3673), (3673, 3680), (3680, 3687), (3687, 3694), (3694, 3701), (3701, 3708), (3708, 3715), (3715, 3722), (3722, 3729), (3729, 3736), (3736, 3743), (3743, 3750), (3750, 3757), (3757, 3764), (3764, 3771), (3771, 3778), (3778, 3785), (3785, 3792), (3792, 3799), (3799, 3806), (3806, 3813), (3813, 3820), (3820, 3827), (3827, 3834), (3834, 3841), (3841, 3848), (3848, 3855), (3855, 3862), (3862, 3869), (3869, 3876), (3876, 3883), (3883, 3890), (3890, 3897), (3897, 3904), (3904, 3911), (3911, 3918), (3918, 3925), (3925, 3932), (3932, 3939), (3939, 3946), (3946, 3953), (3953, 3960), (3960, 3967), (3967, 3974), (3974, 3981), (3981, 3988), (3988, 3995), (3995, 4002), (4002, 4009), (4009, 4016), (4016, 4023), (4023, 4030), (4030, 4037), (4037, 4044), (4044, 4051), (4051, 4058), (4058, 4065), (4065, 4072), (4072, 4079), (4079, 4086), (4086, 4093), (4093, 4100), (4100, 4107), (4107, 4114), (4114, 4121), (4121, 4128), (4128, 4135), (4135, 4142), (4142, 4149), (4149, 4156), (4156, 4163), (4163, 4170), (4170, 4177), (4177, 4184), (4184, 4191), (4191, 4198), (4198, 4205), (4205, 4212), (4212, 4219), (4219, 4226), (4226, 4233), (4233, 4240), (4240, 4247), (4247, 4254), (4254, 4261), (4261, 4268), (4268, 4275), (4275, 4282), (4282, 4289), (4289, 4296), (4296, 4303), (4303, 4310), (4310, 4317), (4317, 4324), (4324, 4331), (4331, 4338), (4338, 4345), (4345, 4352), (4352, 4359), (4359, 4366), (4366, 4373), (4373, 4380), (4380, 4387), (4387, 4394), (4394, 4401), (4401, 4408), (4408, 4415), (4415, 4422), (4422, 4429), (4429, 4436), (4436, 4443), (4443, 4450), (4450, 4457), (4457, 4464), (4464, 4471), (4471, 4478), (4478, 4485), (4485, 4492), (4492, 4499), (4499, 4506), (4506, 4513), (4513, 4520), (4520, 4527), (4527, 4534), (4534, 4541), (4541, 4548), (4548, 4555), (4555, 4562), (4562, 4569), (4569, 4576), (4576, 4583), (4583, 4590), (4590, 4597), (4597, 4604), (4604, 4611), (4611, 4618), (4618, 4625), (4625, 4632), (4632, 4639), (4639, 4646), (4646, 4653), (4653, 4660), (4660, 4667), (4667, 4674), (4674, 4681), (4681, 4688), (4688, 4695), (4695, 4702), (4702, 4709), (4709, 4716), (4716, 4723), (4723, 4730), (4730, 4737), (4737, 4744), (4744, 4751), (4751, 4758), (4758, 4765), (4765, 4772), (4772, 4779), (4779, 4786), (4786, 4793), (4793, 4800), (4800, 4807), (4807, 4814), (4814, 4821), (4821, 4828), (4828, 4835), (4835, 4842), (4842, 4849), (4849, 4856), (4856, 4863), (4863, 4870), (4870, 4877), (4877, 4884), (4884, 4891), (4891, 4898), (4898, 4905), (4905, 4912), (4912, 4919), (4919, 4926), (4926, 4933), (4933, 4940), (4940, 4947), (4947, 4954), (4954, 4961), (4961, 4968), (4968, 4975), (4975, 4982), (4982, 4989), (4989, 4996), (4996, 5003), (5003, 5010), (5010, 5017), (5017, 5024), (5024, 5031), (5031, 5038), (5038, 5045), (5045, 5052), (5052, 5059), (5059, 5066), (5066, 5073), (5073, 5080), (5080, 5087), (5087, 5094), (5094, 5101), (5101, 5108), (5108, 5115), (5115, 5122), (5122, 5129), (5129, 5136), (5136, 5143), (5143, 5150), (5150, 5157), (5157, 5164), (5164, 5171), (5171, 5178), (5178, 5185), (5185, 5192), (5192, 5199), (5199, 5206), (5206, 5213), (5213, 5220), (5220, 5227), (5227, 5234), (5234, 5241), (5241, 5248), (5248, 5255), (5255, 5262), (5262, 5269), (5269, 5276), (5276, 5283), (5283, 5290), (5290, 5297), (5297, 5304), (5304, 5311), (5311, 5318), (5318, 5325), (5325, 5332), (5332, 5339), (5339, 5346), (5346, 5353), (5353, 5360), (5360, 5367), (5367, 5374), (5374, 5381), (5381, 5388), (5388, 5395), (5395, 5402), (5402, 5409), (5409, 5416), (5416, 5423), (5423, 5430), (5430, 5437), (5437, 5444), (5444, 5451), (5451, 5458), (5458, 5465), (5465, 5472), (5472, 5479), (5479, 5486), (5486, 5493), (5493, 5500), (5500, 5507), (5507, 5514), (5514, 5521), (5521, 5528), (5528, 5535), (5535, 5542), (5542, 5549), (5549, 5556), (5556, 5563), (5563, 5570), (5570, 5577), (5577, 5584), (5584, 5591), (5591, 5598), (5598, 5605), (5605, 5612), (5612, 5619), (5619, 5626), (5626, 5633), (5633, 5640), (5640, 5647), (5647, 5654), (5654, 5661), (5661, 5668), (5668, 5675), (5675, 5682), (5682, 5689), (5689, 5696), (5696, 5703), (5703, 5710), (5710, 5717), (5717, 5724), (5724, 5731), (5731, 5738), (5738, 5745), (5745, 5752), (5752, 5759), (5759, 5766), (5766, 5773), (5773, 5780), (5780, 5787), (5787, 5794), (5794, 5801), (5801, 5808), (5808, 5815), (5815, 5822), (5822, 5829), (5829, 5836), (5836, 5843), (5843, 5850), (5850, 5857), (5857, 5864), (5864, 5871), (5871, 5878), (5878, 5885), (5885, 5892), (5892, 5899), (5899, 5906), (5906, 5913), (5913, 5920), (5920, 5927), (5927, 5934), (5934, 5941), (5941, 5948), (5948, 5955), (5955, 5962), (5962, 5969), (5969, 5976), (5976, 5983), (5983, 5990), (5990, 5997), (5997, 6004), (6004, 6011), (6011, 6018), (6018, 6025), (6025, 6032), (6032, 6039), (6039, 6046), (6046, 6053), (6053, 6060), (6060, 6067), (6067, 6074), (6074, 6081), (6081, 6088), (6088, 6095), (6095, 6102), (6102, 6109), (6109, 6116), (6116, 6123), (6123, 6130), (6130, 6137), (6137, 6144), (6144, 6151), (6151, 6158), (6158, 6165), (6165, 6172), (6172, 6179), (6179, 6186), (6186, 6193), (6193, 6200), (6200, 6207), (6207, 6214), (6214, 6221), (6221, 6228), (6228, 6235), (6235, 6242), (6242, 6249), (6249, 6256), (6256, 6263), (6263, 6270), (6270, 6

[0028] 对于包括 11 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (21, 32), (23, 34), (32, 43), (34, 45), (16, 27), (17, 28), (43, 54), (45, 56), (54, 65), (56, 67), (15, 26), (27, 38), (28, 39), (65, 76), (67, 78),

[0029] 对于包括 12 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (23, 35), (25, 37), (35, 47), (37, 49), (47, 59), (49, 61), (59, 71), (61, 73), (71, 83), (73, 85), (83, 95), (85, 97), (95, 107), (97, 109), (107, 119),

[0030] 对于包括 13 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (25, 38), (27, 40), (38, 51), (40, 53), (19, 32), (20, 33), (51, 64), (53, 66), (64, 77), (66, 79), (17, 30), (32, 45), (33, 46), (77, 90), (79, 92),

[0031] 对于包括 14 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (15, 29), (27, 41), (29, 43), (41, 55), (43, 57), (55, 69), (57, 71), (69, 83), (71, 85), (19, 33), (83, 97), (85, 99), (23, 37), (97, 111), (99, 113),

[0032] 对于包括 15 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (16, 31), (29, 44), (31, 46), (44, 59), (46, 61), (22, 37), (23, 38), (59, 74), (61, 76), (74, 89), (76, 91), (37, 52), (38, 53), (89, 104), (91, 106),

[0033] 对于包括 16 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (17, 33), (31, 47), (33, 49), (47, 63), (49, 65), (63, 79), (65, 81), (79, 95), (81, 97), (21, 37), (95, 111), (97, 113), (27, 43), (111, 127), (113, 129),

[0034] 对于包括 17 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (18, 35), (33, 50), (35, 52), (50, 67), (52, 69), (25, 42), (26, 43), (67, 84), (69, 86), (84, 101), (86, 103), (23, 40), (42, 59), (43, 60), (101, 118),

[0035] 对于包括 18 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (19, 37), (35, 53), (37, 55), (53, 71), (55, 73), (71, 89), (73, 91), (89, 107), (91, 109), (107, 125), (109, 127), (125, 143), (127, 145), (143, 161), (145, 163),

[0036] 对于包括 19 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (20, 39), (37, 56), (39, 58), (56, 75), (58, 77), (28, 47), (29, 48), (75, 94), (77, 96), (94, 113), (96, 115), (25, 44), (47, 66), (48, 67), (113, 132),

[0037] 对于包括 20 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (21, 41), (39, 59), (41, 61), (59, 79), (61, 81), (79, 99), (81, 101), (99, 119), (101, 121), (27, 47), (119, 139), (121, 141), (33, 53), (139, 159), (141, 161),

[0038] 对于包括 21 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (22, 43), (41, 62), (43, 64), (62, 83), (64, 85), (31, 52), (32, 53), (83, 104), (85, 106), (104, 125), (106, 127), (52, 73), (53, 74), (125, 146), (127, 148),

[0039] 对于包括 22 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (23, 45), (43, 65), (45, 67), (65, 87), (67, 89), (87, 109), (89, 111), (109, 131), (111, 133), (29, 51), (131, 153), (133, 155), (37, 59), (153, 175), (155, 177),

[0040] 对于包括 23 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (24, 47), (45, 68), (47, 70), (68, 91), (70, 93), (34, 57), (35, 58), (91, 114), (93, 116), (114, 137), (116, 139), (31, 54), (57, 80), (58, 81), (137, 160),

[0041] 对于包括 24 个电机极对的电机 (100), 互质数对从互质对列表中选择, 该列表包括: (25, 49), (47, 71), (49, 73), (71, 95), (73, 97), (95, 119), (97, 121), (119, 143), (121, 145), (143, 167), (145, 169), (167, 191), (169, 193), (191, 215), (193, 217)。

[0042] 根据第二方面的轴承单元包括根据本发明的角度传感器。

[0043] 根据第三方面的电机包括根据本发明的角度传感器。

[0044] 根据第四方面的用于电机的控制系统包括根据本发明的角度传感器。

[0045] 根据第五方面的误差检验系统包括根据本发明的角度传感器, 用于确定电角度信号和绝对角度信号, 其中误差检验系统配置成确定电角度信号是否基本上与绝对角度信号一致。当没有观察到该一致时, 所确定的电角度信号可能是错误的。

[0046] 在误差检验系统的一实施例中, 误差检验系统还包括用于从绝对角度信号中消除高频噪声的低通滤波器。

[0047] 根据第六方面的方法使用根据本发明的角度传感器, 用于确定绝对角度信号。该方法包括的步骤有:

[0048] 捕获第一传感器的第一信号,

[0049] 捕获第二传感器的第二信号,

[0050] 确定整数组 C 和 D, 使得 $C*n1+D*n2 = 1$, 其中 $n1$ 是第一多个, $n2$ 是第二多个, 并且 $n1$ 和 $n2$ 是互质的, 以及

[0051] 使用整数组 C 和 D, 利用第一信号和第二信号的第一线性组合确定绝对角度信号, 使得 $C*A1+D*A2 = AA$, 其中 $A1$ 是第一信号, $A2$ 是第二信号, 并且 AA 是绝对旋转角度信号。

[0052] 在该方法的一实施例中, 该方法还配置成使用角度传感器的第一光栅环和第二光栅环来确定绝对角度信号和电角度信号, 第一多个与第二多个之间的差值等于电机的磁极对的数量, 该方法还包括步骤:

[0053] 通过计算第一信号与第二信号之间的差值来确定电角度信号, 使得 $(A1-A2) = EA$, 其中 $A1$ 是第一信号, $A2$ 是第二信号, 并且 EA 是电旋转角度信号。

[0054] 根据第七方面的计算机程序产品配置成执行根据本发明的方法。

[0055] 从下文描述的实施例, 本发明的这些和其它的方面是显而易见的, 并且将参照下文描述的实施例来阐明。

附图说明

[0056] 在附图中:

[0057] 图 1 示出了本发明的一典型的控制系统的应用,

[0058] 图 2 示出了根据本发明的角度传感器的图解说明,

[0059] 图 3 示出了角度传感器的侧视图, 其中各磁环布置在不同的径向位置,

[0060] 图 4 示出了根据本发明的一可替代角度传感器装备的侧视图, 其中各编码器磁环沿轴在轴向不同位置布置, 优选地在距轴相同的径向距离处,

[0061] 图 5 示出了绝对角度信号与来自具有 $n1 = 7$ 的第一光栅环 345 的第一信号以及来自具有 $n2 = 3$ 的第二光栅环 340 的第二信号,

[0062] 图 6a 至图 6c 示出了已知角度细化技术中的不同步骤, 以及

[0063] 图 7a 以及图 7b 分别示出了包括大量噪声的绝对角度信号和电角度信号。

具体实施方式

[0064] 图 1 示出了本发明的一典型应用,其中电机 100,例如无刷直流电机 100,在角度编码器 110 的协助下由电机控制器 120 驱动/控制。角度编码器 110 耦接至电机 100 的电机轴 102。当电机轴 102 旋转时,角度编码器 110 向电机控制器 120 提供表示电机轴 102 的旋转位置的第一信号 A1 和第二信号 A2,并且因此提供电机 100 的定子与转子之间的位置关系。电机控制器 120 可以将第一信号 A1 和第二信号 A2 转换为绝对角度信号 AA 和/或电角度信号 AE,并依据绝对角度信号 AA 和/或电角度信号 AE,将所提供的功率 125 转换为正确的功率信号 105 以传送至电机 100。对于无刷直流电机 100 的电子控制器 120 来说知道转子与定子之间的旋转关系是非常重要的,以使电机尽可能高效地被驱动。

[0065] 图 2 示出了根据本发明的具有第一光栅环 345 和第二光栅环 340 的角度传感器 110 的图解说明。每个第一光栅环 345 和第二光栅环 340 均包括多个光栅元件 225、220,其中,每个光栅元件包括一磁极对(在图 2 中,每个磁极对用北极的 N 和南极的 S 来表示)。第一光栅环 345 包括第一多个 n_1 光栅元件 225,并且第二光栅环 340 包括第二多个 n_2 光栅元件 220。第一光栅环 345 与第二光栅环 340 之间的光栅元件 225、220 的数量是不同的。当角度传感器 110 围绕轴 302 旋转时,第一传感器 355(在图 2 中未示出,因为其位于光栅元件 225 的后面或前面—见图 3)将产生第一信号 A1,并且第二传感器 350(同样在图 2 中未示出,因为其位于光栅元件 220 的后面或前面—见图 3)将产生第二信号 A2。因为第一光栅环 345 与第二光栅环 340 之间的光栅元件 225、220 的数量是不同的,所以旋转角度信息可以由这些第一信号 A1 和第二信号 A2 来计算。

[0066] 图 3 示出了根据本发明的角度传感器 110 装备的侧视图,其中编码器磁环 340、345 布置在不同的径向距离并且优选地在同一平面。典型地,编码器磁环 340、345 关于可旋转的 303 轴 302 安装于同一平面。每个编码器磁环 340、345 将包括多个磁极对。由于足够数量的磁极对围绕编码器磁环 340、345,对应的传感器单元 350、355 将产生正弦波输出。在已知的角度传感器中,内环 340 上相对于外环 345 的磁极对数量差是 1,例如, $n_1 = 6$ 并且 $n_2 = 5$,对于一完整转,相位差是明确的,因此创建一完整转绝对位置编码器。在根据本发明的角度传感器中,在内环 340 与外环 345 上的磁极对数量差大于 1。为了仍然确保对于一完整转相位差是明确的,第一多个 n_1 和第二多个 n_2 是互质数。其在下文中将进一步说明。

[0067] 图 4 示出了根据本发明的一可替代位置编码器设置的侧视图,其中编码器磁环 440、445 沿轴布置在不同的轴向位置,优选地在距旋转 403 轴 402 相同的径向距离。该实施例还包括安装在承载器 459 上的对应传感器单元 450、455。

[0068] 本发明的第一实施例是关于获得的旋转轴的绝对角度信号 AA。第一光栅元件的数量 n_1 和第二光栅元件的数量 n_2 分别表示在第一光栅环 345(外环)和连接至轴状物 302 或轴 302 的第二光栅环 340(内环)上的磁极对的数量。在计算中,假设在每个环上的磁极对是相同的。注意,在图 5 的示例中,对于从第一光栅元件 225 的第一信号 A1 和第二光栅元件 220 的第二信号 A2 得到的绝对角度信号 AA, $n_1 = 7$,并且 $n_2 = 3$ 。

[0069] 整个的其余部分,使用下列约定: $AA, A_1, A_2 \in [0, 2\pi)$ 。用下列等价开始。

$$[0070] \quad A_1 \equiv n_1 AA \pmod{2\pi}$$

$$[0071] \quad A_2 \equiv n_2 AA \pmod{2\pi}$$

[0072] 对于某些整数 k 和 l , 这些等价可以写为:

$$[0073] \quad n_1 AA = 2\pi k + A_1$$

$$[0074] \quad n_2 AA = 2\pi l + A_2$$

[0075] 第一等式乘以 $n_2/2\pi$ 并且第二等式乘以 $n_1/2\pi$ 以获得

$$[0076] \quad \frac{n_1 n_2}{2\pi} AA = n_2 k + \frac{n_2}{2\pi} A_1$$

$$[0077] \quad \frac{n_1 n_2}{2\pi} AA = n_1 l + \frac{n_1}{2\pi} A_2$$

[0078] 用 x 表示 $\frac{n_1 n_2}{2\pi} AA$, a_1 表示 $\frac{n_2}{2\pi} A_1$, a_2 表示 $\frac{n_1}{2\pi} A_2$ 。此时, 可以将这些等式写为下列

等价形式。

$$[0079] \quad x \equiv a_1 \pmod{n_2} \quad (1)$$

$$[0080] \quad x \equiv a_2 \pmod{n_1} \quad (2)$$

[0081] 如果 n_1 和 n_2 选为互质的, 可以在 0 与 $n_1 n_2$ 之间找到唯一的 x , 其通过著名的中国剩余定理解决了同余式组。可以立即取消 x 的定义并且推导出 0 与 $n_1 n_2$ 之间唯一的 x 对应于 0 与 2π 之间唯一的 A 。

[0082] 因此, 可以得出结论, 如果 n_1 和 n_2 是互质的, 可以通过使用外环 345 和内环 340 的角度来重新获得轴 302 的绝对角度信号 AA 。

[0083] 现在示出如何从 A_1 和 A_2 中得到绝对角度 AA 。首先, 给出对于同余式 (1) 和 (2) 的解决方案。要求 x 给定为

$$[0084] \quad x = n_1 C a_1 + n_2 D a_2 \quad (3)$$

[0085] 式中, C 和 D 是针对贝祖恒等式的解决方案,

$$[0086] \quad n_1 C + n_2 D = 1 \quad (4)$$

[0087] 满足同余式 (1) 和 (2)。看到这点, 首先注意 $a_2 - a_1$ 是整数。(4) 乘以 a_1 , 得到:

$$[0088] \quad n_1 a_1 C = a_1 - n_2 a_1 D$$

[0089] 代入 (3), 可以得到

$$[0090] \quad x = a_1 + n_2 D (a_2 - a_1)$$

[0091] 这表明 $x \equiv a_1 \pmod{n_2}$ 。使用类似的推理可以表明 (3) 中给定的 x 满足 $x \equiv a_2 \pmod{n_1}$ 。现在, 我们需要表明在 (3) 中给定的 x 是在 0 与 $n_1 n_2$ 之间的 (1) 和 (2) 的唯一的解决方案。对于这个目的, 假设有另一解决方案 x' 满足 (1) 和 (2)。这意味着 $x' - x$ 可被 n_1 和 n_2 除尽, 因此可被 $n_1 \times n_2$ 除尽。对于某些整数 q , 这意味着 $x' = x + n_1 n_2 q$ 。因此, 在 (3) 中给定的 x 是在 0 与 $n_1 n_2$ 之间的 (1) 和 (2) 的唯一的解决方案。

[0092] 现在将 x , a_1 和 a_2 的定义代入 (3) 得到

$$[0093] \quad AA = C A_1 + D A_2$$

[0094] 这个公式表明了如何直接从第一光栅环 345 (图 2 中的外环) 的第一信号 A_1 和第二光栅环 340 (内环) 的第二信号 A_2 的角度获得绝对旋转角度信号 AA 。

[0095] 作为一个方面说明 AA 仅是已知的模 2π 。如果总合 $C A_1 + D A_2$ 等于 10π , 这并不意味着轴已经旋转了 5 次。这仅意味着轴在其参考位置, 即, $10\pi \equiv 0 \pmod{2\pi}$ 。

[0096] 例如: 假定 $n_1 = 143$ 并且 $n_2 = 119$ 。因此贝祖数是 5 和 -6。($143 \times 5 + 119 \times (-6)$)

= 1), 在测量第一信号 A_1 (外环的角度), 和第二信号 A_2 (内环的角度) 之后, 轴的绝对角度信号 AA 简单地被给定为 $5A_1 - 6A_2$ 。

[0097] 本发明的第二实施例是关于使绝对角度信号 AA 更加精确并且保持电角度信号 EA 的精度。在设计示例中, $n_1 = 144$ 并且 $n_2 = 120$ 。需要具有机械频率的 24 倍频率的电角度信号 EA 立即通过 A_1 减去 A_2 获得。 $EA = A_1 - A_2$ 。关于该设计值得注意的是, A_1 的恰好 6 个旋转适合电角度信号 EA 的每个旋转 ($144/24 = 6$)。这允许细化过程, 其通过因子 $6\sqrt{2}$ 增加了 EA 的精度。参照图 6a 至图 6c 可以发现该细化过程的细节。为了解释该细化过程, 两个角度信号是需要的: 粗角度信号和细角度信号。将使用细角度信号细化粗角度信号。在图 6a 中, 粗角度信号由实线表示, 并且细角度信号由虚线表示。假设精确整数转细角度信号适合一转粗角度信号。在图 6a 中该整数是 k 。被假定为在粗角度信号中具有标准偏差 σ_c 的零均值噪声并且在细角度信号中具有标准偏差 σ_r 的零均值噪声。典型地, $\sigma_c > \sigma_r$ 。为了便于说明, 在图 6a 至图 6c 中未示出噪声。

[0098] 一旦得到粗角度信号和细角度信号, 下述计算可以进行有关的细化过程。首先, 粗角度信号的范围从 $[0, 2\pi)$ 变化至 $[0, k)$, $[0, k)$ 由 $[0, 2\pi)$ 乘以 $k/2\pi$ 得到, 随后细角度信号的范围从 $[0, 2\pi)$ 变化至 $[0, 1)$, $[0, 1)$ 由 $[0, 2\pi)$ 除以 2π 得到。最终的角度在图 6b 中示出。接下来, 每个缩放的粗角度信号的小数部分被截断, 即, 向零舍入, 以得到图 6c。

[0099] 最终, 缩放和截断的粗角度信号和缩放的细角度信号被加入以获得缩放和细化的粗角度, 其具有范围 $[0, k)$ 。将其乘以 $2\pi/k$ 得到在范围 $[0, 2\pi)$ 中的细化的粗角度信号。因此, 将标准偏差 σ_c 的噪声与标准偏差 σ_r/k 的噪声互换。

[0100] 现在我们返回一不同设计, 其中 $n_1 = 143$ 并且 $n_2 = 119$ 。电角度信号 EA 仍然由 $A_1 - A_2$ 给定。然而, 不再有适配在电角度信号 EA 的一个电转动中的第一信号 A_1 或者第二信号 A_2 的整数转动。因此, 电角度不能使用在图 6a 至图 6c 中示出的已知的细化方法来细化。为了克服这个问题, 提出下列算法。首先, 绝对角度信号 AA 使用 $AA = 5A_1 - 6A_2$ 来计算并且电角度信号通过 $EA = A_1 - A_2$ 计算。由于整数 (24) 电转动适配在每一机械转动中, 所以可使用电角度信号 EA 细化绝对角度信号。之后, 汇总细化的绝对角度信号 $AA_{refined}$ 和第一信号 A_1 以得到具有 144 倍机械频率的角度的角度:

$$[0101] \quad A_1^* = A_1 + AA_{refined}$$

[0102] 如果 n_1 是 144 而非 143, A_1^* 是得到的角度而非 A_1 。因为 A_1^* 的 6 转适配在每一个电角度中, 可以使用 A_1^* 来细化电角度。因此, 相比当前的设计, 新设计提供的绝对角度信号 AA 在电角度信号 EA 的精度中具有非常小的损失。

[0103] 此外, 绝对角度信号 AA 可以通过使用细化的电角度信号 $EA_{refined}$ 进行二次细化。因为细化的电角度信号 $EA_{refined}$ 比电角度信号 EA 包含更小的噪声, 该二次细化将得到更精确的绝对角度信号。由 $AA_{refined}^*$ 表示该细化的绝对角度信号, 可以计算

$$[0104] \quad A_1^{**} = A_1 + AA_{refined}^*$$

[0105] A_1^{**} 与 A_1^* 相同, 除了 A_1^{**} 更精确以外。使用 A_1^{**} 可以二次细化电角度信号 EA , 并且

使用该双细化电角度可以三次细化绝对角度,等等。随着这些细化迭代数量的增加,该人工化的角度(144 倍机械频率的频率)的精度接近 A_1 的精度。在该过程中,电角度和绝对角度的精度接近它们的极限值。

[0106] 根据本发明的误差检验系统也使用了绝对角度信号 AA 或细化的绝对角度信号 AA_{refined} 和电角度信号 EA 或细化的电角度信号 EA_{refined} 以执行误差检验程序。例如,考虑在图 7a 中示出的绝对角度信号 AA 和在图 7b 中示出的电角度信号 EA。可见的是它们包含大量的噪声。因此,细化过程可以给予这些角度的错误评估。为了该目的,可以在算法中使用下列检验。细化的绝对角度信号用 FAA 表示并且细化的电角度由 FEA 表示,可以得到

$$[0107] \quad \begin{bmatrix} FAA \\ FEA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & -6 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}$$

[0108] 因此,FAA 和 FEA 需要检验它们是否满足上述等式。在另一方式中

$$[0109] \quad \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 6 \\ -1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} FAA \\ FEA \end{bmatrix}$$

[0110] 应该注意的是,上述实施例示出而非限制本发明,并且本领域技术人员可以设计许多可替代的实施例在不偏离所附权利要求书范围的情况下。在权利要求书中,置于括号之间的任何附图标记不应解释为限制权利要求。使用动词“包括”以及其变形不排除没在权利要求中陈述的元件或步骤的存在。冠词“一”或“一个”先前的元件不排除多个该元件的存在。本发明可以通过包括多个不同元件的硬件和适合编程的计算机来实现。在设备权利要求列举的多个装置中,这些装置的某些可以由一个或相同项目的硬件来体现。在相互不同的从属权利中叙述的各措施不能表明这些措施的组合不能有利地使用。

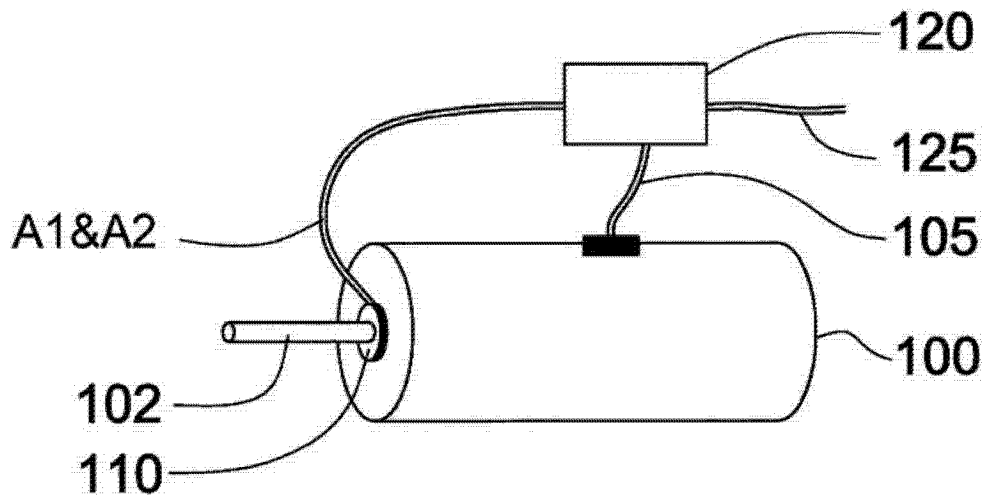


图 1

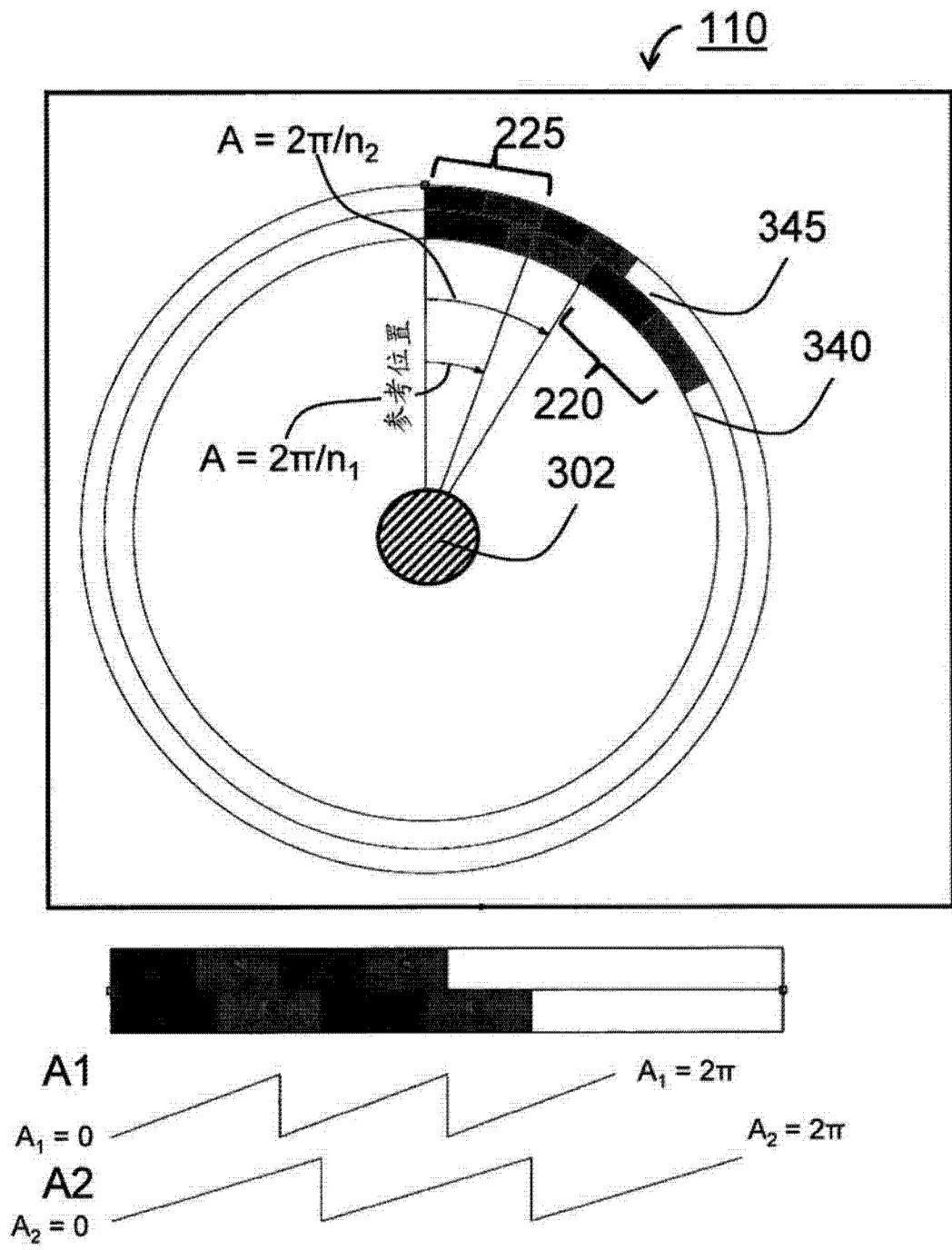


图 2

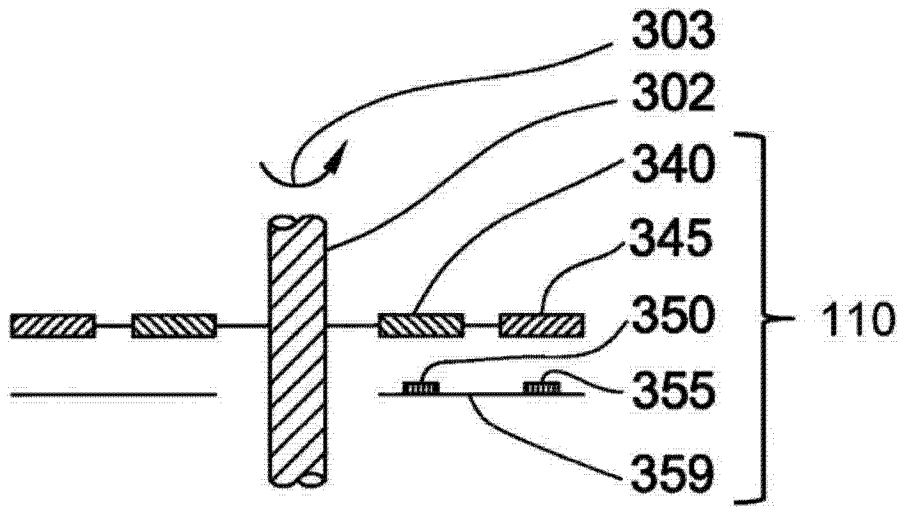


图 3

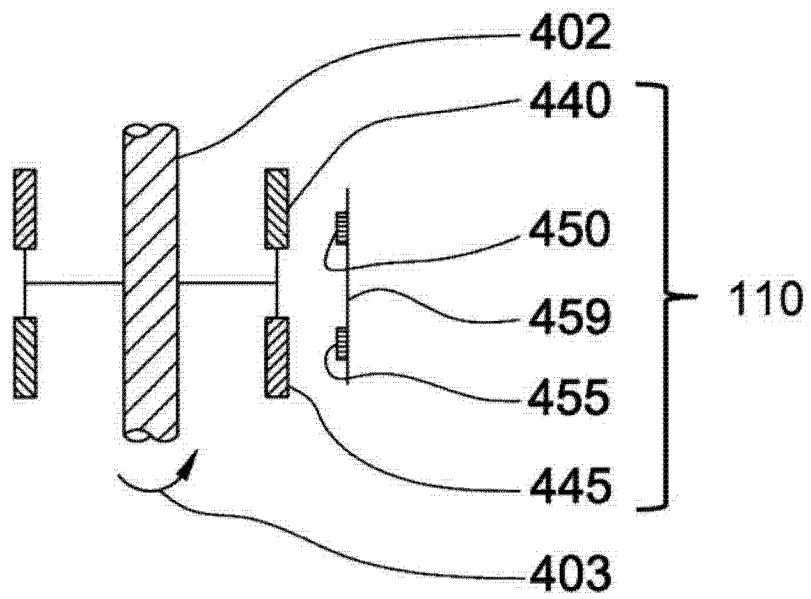


图 4

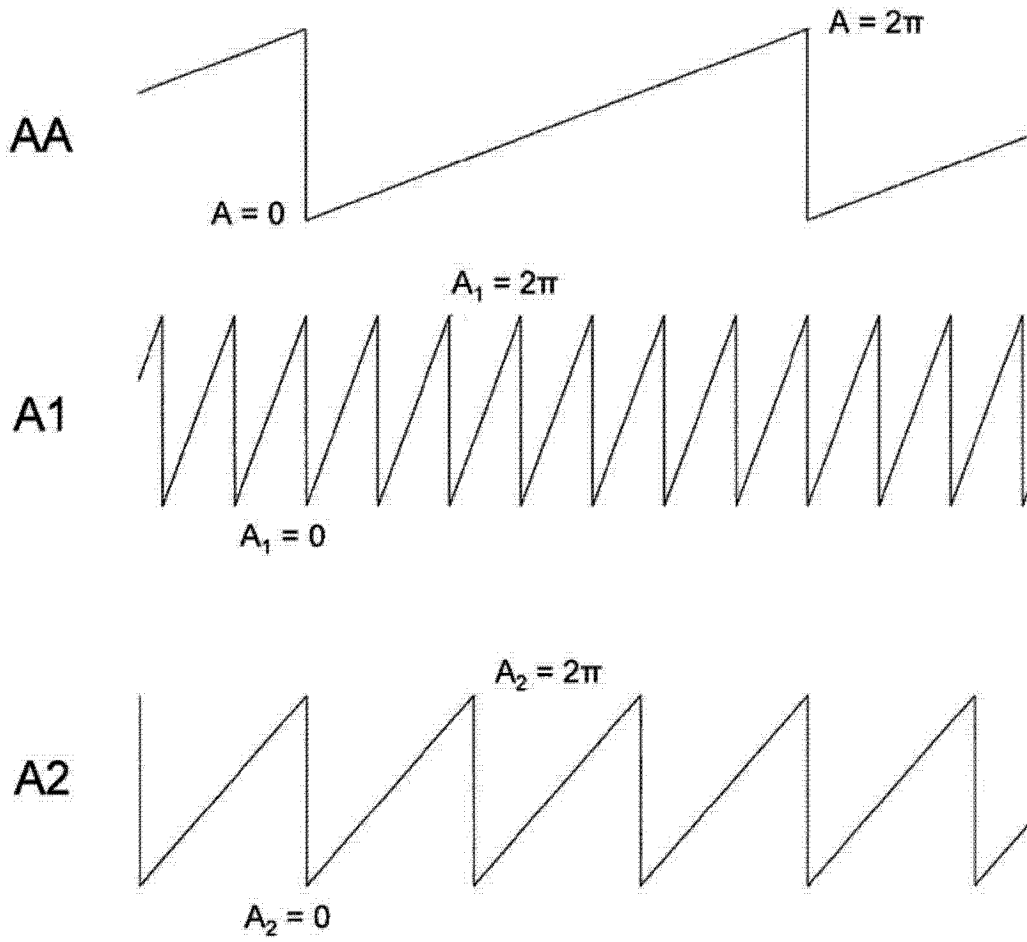


图 5

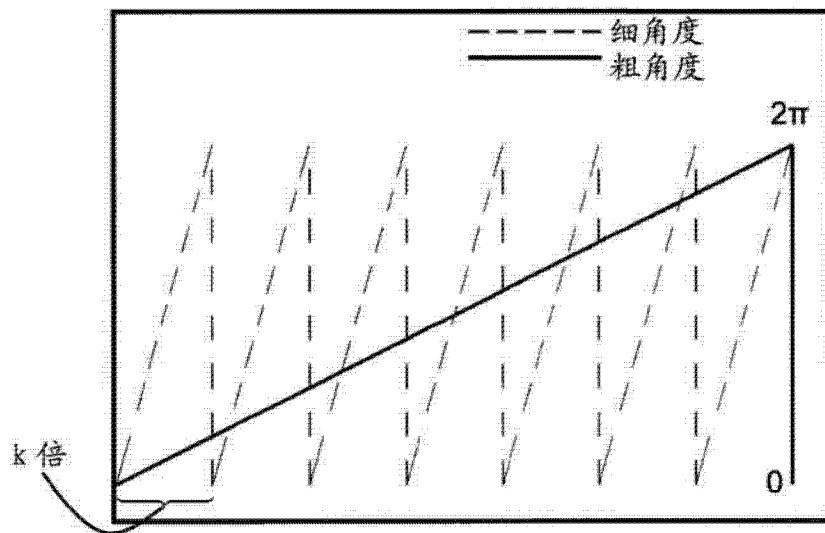


图 6a

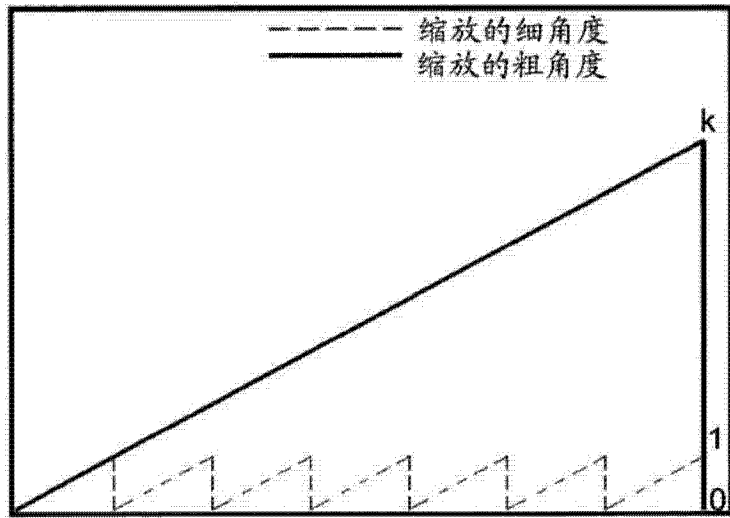


图 6b

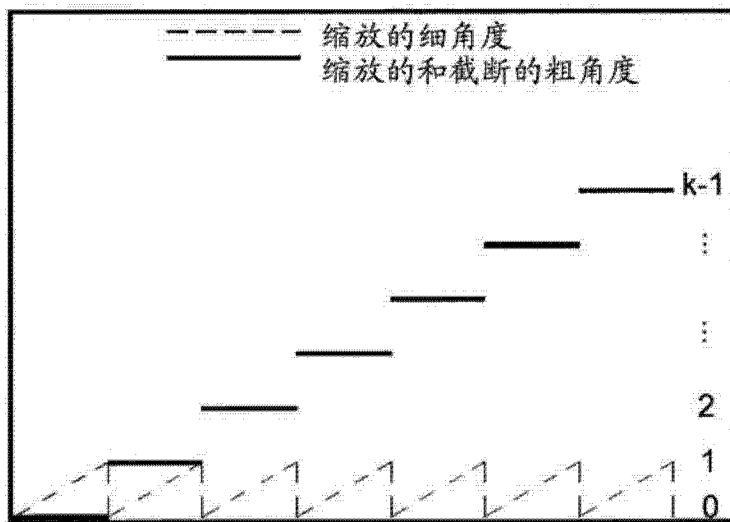


图 6c

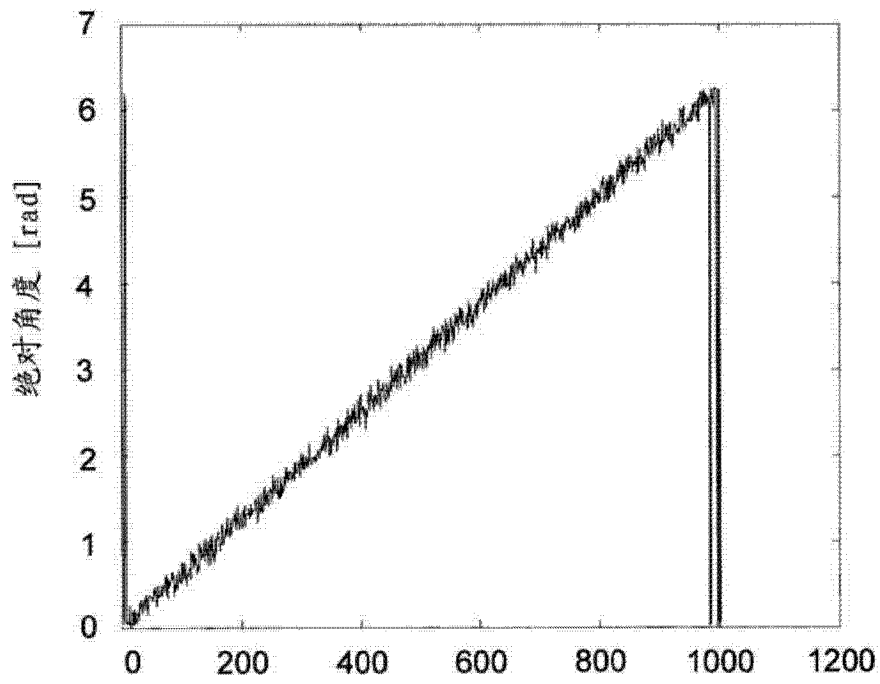


图 7a

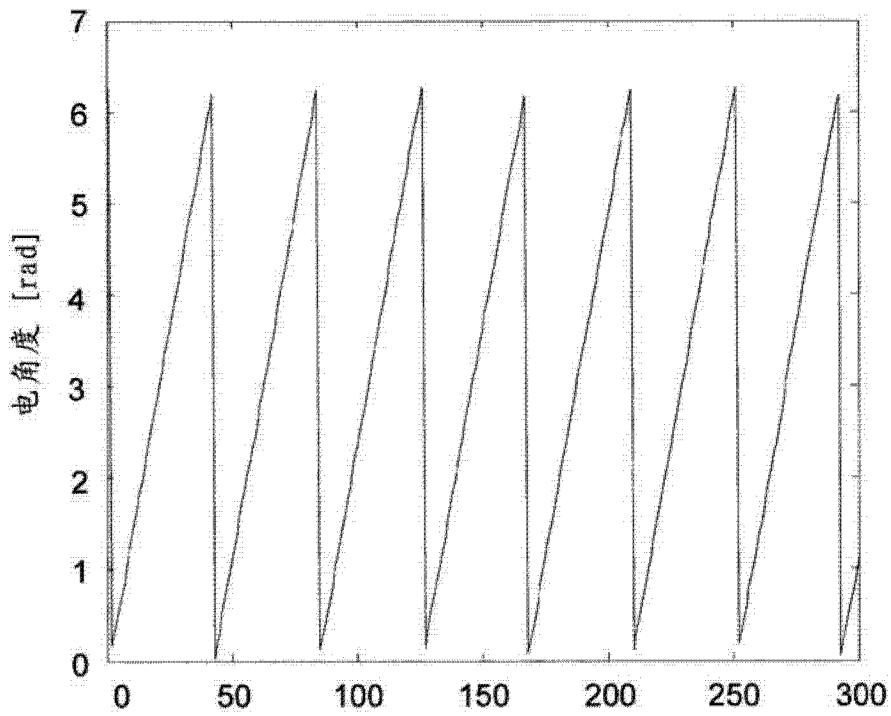


图 7b