(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102782303 A
(43)申请公布日 2012.11.14

(21)申请号 201180011258.6
(22)申请日 2011.02.23
(30)优先权数据
102010009648.2 2010.02.27 DE
(85)PCT申请进入国家阶段日
2012.08.24
(86)PCT申请的申请数据
PCT/EP2011/052631 2011.02.23
(87)PCT申请的公布数据
WO2011/104248 DE 2011.09.01
(71)申请人 罗伯特·博世有限公司
地址 德国斯图加特
(72)发明人 M·科维克 M·勒赛尔 E·毛里茨 S·图姆巴克
(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所 11256
代理人 苏娟
(51)Int.Cl.
F02N 11/08(2006.01)

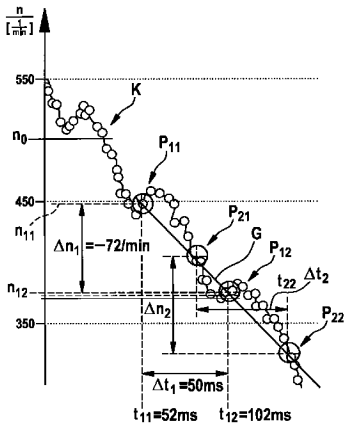
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 10 页

(54)发明名称

用于确定内燃机驱动轴转速的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于确定内燃机(10)的驱动轴(13)在至少一个以后的时间点(tX)时的转速(nX)的方法,其中,旋转的驱动轴(13)在不同的时间点(t11,t12;t21,t22)时占据不同的旋转位置(PHI11,PHI12;PHI21,PHI22),其中,可从至少两个旋转位置(phi11,phi12;phi21,phi22)获得过去的平均旋转特性(m1;m2;mi),并且由此推测出在至少一个以后的时间点(tX)时的平均转速(nX)。



CN 102782303 A

1. 一种用于确定内燃机 (10) 的驱动轴 (13) 在至少一个以后时间点 (tX) 时的转速 (nX) 的方法，其中，旋转的所述驱动轴 (13) 在不同的时间点 (t11，t12 ；t21，t22) 时占据不同的旋转位置 (phi11，phi12 ；phi21，phi22)，其中，能从至少两个旋转位置 (phi11，phi12 ；phi21，phi22) 获得过去的平均旋转特性 (m1 ；m2 ；mi)，并且由此推测出在至少一个以后时间点 (tX) 时的平均转速 (nX)。

2. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在获得过去的平均旋转特性 (m1) 之后获得一个另外的、过去的平均旋转特性 (m2)。

3. 按照权利要求 2 所述的方法，其特征在于，使用所述另外的、过去的平均旋转特性 (m2) 来推测出在至少一个以后时间点 (tX) 时的平均转速 (n_mX)。

4. 按照权利要求 3 所述的方法，其特征在于，使用所述一个另外的、过去的平均旋转特性或多个另外的、过去的平均旋转特性 (m1，m2) 来获得所述平均旋转特性的算术平均值 (mq)。

5. 按照权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述平均旋转特性的算术平均值 (mq) 为滑动平均值，其中，为了获得所述平均旋转特性的当前的算术平均值 (mq)，用较新的、过去的平均旋转特性替换较旧的、过去的平均旋转特性。

6. 按照权利要求 1 或权利要求 3 至 5 中任一项所述的方法，其特征在于，为了获得被预测的转速 (nX)，将变化分量加到在一个时间点时的平均转速 (n_lin_i) 上。

7. 按照权利要求 6 所述的方法，其特征在于，作为标准化的值 (Faktor_ETF) 和与转速相关的振幅特征值 (A(n)) 的积，获得所述变化分量。

8. 按照权利要求 7 所述的方法，其特征在于，标准化的值 (Faktor_ETF) 被储存在特性曲线族中，其中，一个标准化的值与一个旋转位置 (PHI) 相对应，并且与转速相关的振幅特征值 (A(n)) 被储存在另一特性曲线族中。

9. 按照权利要求 8 所述的方法，其特征在于，根据所述驱动轴 (13) 的转速 (n)，将多个不同的特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6) 储存在一个或多个特性曲线族中，其中，通过所述多个不同的特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6) 能获得不同的振幅特征值。

10. 按照权利要求 9 所述的方法，其特征在于，从多个特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6) 中选择一条特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6)，在该特性曲线中由确定的测得的状态 (n_Px) 借助于所述过去的平均旋转特性 (m1 ；m2 ；mq) 计算在极限值 (最小值，最大值) 和平均值 (n_lin_i) 之间的差，并且通过与不同的特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6) 的比较，选择合适的特性曲线 (AST，AK1，Ak2，AK3，AK4，AK5，AK6) 用于计算在以后时间点 (ti) 时的驱动轴的状态。

11. 按照权利要求 6 至 10 中任一项所述的方法，其特征在于，计算这样的时间点 (tStart)，即，最晚在该时间点接通起动机 (65)，以便所述起动机通过其小齿轮啮合到所述内燃机 (10) 的齿圈中。

12. 按照以上权利要求中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法在获得在所设定的转速阈值 (n0) 之下的旋转位置 (PHI11，PHI12 ；PHI21，PHI22) 和与其相对应的时间点 (t11，t12 ；t21，t22) 时开始。

13. 一种计算机程序产品，该计算机程序产品能利用程序命令 (56) 被加载到至少一个

程序储存器 (53) 中，以便当在至少一个控制器 (59) 中实施程序时，实施按照前述权利要求中的至少一项所述的方法的所有步骤。

14. 一种用于机动车 (62) 中内燃机 (10) 的起动停止运行的控制器，所述控制器用于短暂地停止和起动所述内燃机 (10)，其中，所述内燃机 (10) 能借助于电的起动装置 (65) 起动，其中，所述控制器 (59) 具有带有程序储存器 (53) 的处理器 (68)，其特征在于，所述处理器 (68) 为获取、评估和控制装置，以用于以限定的方式操控所述起动装置 (65)，其中，在所述程序储存器 (53) 中加载按照权利要求 13 所述的计算机程序产品，以用于实施按照权利要求 1 至 12 中任一项所述的方法。

用于确定内燃机驱动轴转速的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定内燃机的旋转的驱动轴的转速的方法。应从旋转的、其角速度宏观地减小的驱动轴出发，获得驱动轴、例如曲轴在以后时间点的转速（转速或转速曲线的预测）。在此，宏观地减小的角速度例如理解为这样的特征，即，转速以对于人来说可识别的方式变化。那么，例如当切断内燃机并且例如其从怠速运转过渡到静止时，出现这种情况。

背景技术

[0002] 从文件 DE 10 2006 011 644A1 中已知一种用于使内燃机的带有起动小齿轮和齿圈的装置运行的装置和方法。在此，获得齿圈和起动小齿轮的转速，以使得起动小齿轮在内燃机切断之后以基本上与在内燃机惯性运转时相同的转速啮合。为了获得同步的啮合转速，从控制器的特性曲线族中分配值。

[0003] 文件 DE 10 2006 039 112A1 描述了一种用于确定内燃机起动机转速的方法。所描述的是，起动机包括特有的起动机控制器，以计算起动机的转速，并且在起动停止运行中当内燃机的自起动由于下降的转速而不再可能时，首先在没有啮合的情况下使起动机的小齿轮加速。小齿轮以同步的转速被推入惯性运转的内燃机的齿圈中。

[0004] 在德国申请文件 DE 102008041037 中描述了，如何预测内燃机的曲轴的转速特性。在此，为了预先计算曲轴或驱动轴的转速特性以及随后的上止点时间点和下止点时间点，使用过去的上止点或下止点的转速对或时间对（相对的极值）。

发明内容

[0005] 根据本发明的具有独立权利要求特征的方法具有的优点为，在确定在至少一个以后时间点的内燃机驱动轴转速时，使用旋转的驱动轴的旋转位置，其中，如此选择该旋转位置，即，可获得或可计算出过去的平均旋转特性。由此可推测出在至少一个以后时间点的平均转速。

[0006] 这使得，不使用通常在上止点 (OT) 或下止点 (UT) 时有规律地出现的驱动轴的极限的旋转位置或旋转特性用于计算，并且由此最终实现更好的预测结果。这是重要的，因为例如通过在内燃机的空气供给部件中的部分地或完全地关闭的进气阀可相对强地影响在转速曲线中的例如下止点的位置。那么，该设置以相同的方式也影响在上止点处的转速特性。通过使用在上止点和下止点之间的旋转位置或处于在内燃机的一个或其它气缸位于一个上止点或下止点时的位置之间的驱动轴旋转位置，使得转速特性的预测明显更稳定且更可靠。

[0007] 为了进一步稳定对转速特性的另一平均曲线的预先计算或预测，根据本发明的另一设计方案，在获得过去的平均旋转特性之后获得另一过去的平均旋转特性。那么，有利地，这可用于，推测出至少一个以后时间点的平均转速。利用该另一过去的平均旋转特性，可进一步改进基于另一过去的平均旋转特性的原始预测。这可例如通过以下方式进行，即，

为此仅仅使用该另一过去的平均旋转特性，而不使用到目前为止的过去的平均旋转特性来进行预测（完全更新）。

[0008] 但是，该另一过去的平均旋转特性也可用于，例如通过在不同的时间段之内获得两个平均的过去的旋转特性的算术平均值，在其有效性方面巩固已知的过去的平均旋转特性。根据本发明的另一设计方案规定，该平均旋转特性的算术平均值为滑动平均值。在此，例如可使用最后的三个、四个、五个或更多的平均的过去的旋转特性。

[0009] 由于内燃机的平均旋转特性不相应于实际的旋转特性，而是仅仅表现为近似，所以根据本发明的另一设计方案规定，为了获得精度提高的预测的转速，将变化分量(Wechselanteil)加到在确定的时间点时的平均转速上。该变化分量用于，在平均的旋转特性上叠加熄灭的内燃机的实际曲线或特性的振动部分。通过该变化分量最终以尽可能实际的方式预报（预测）被预测的转速曲线。在此规定，变化分量确定为标准化的值和与转速相关的振幅特征值的积。

[0010] 根据本发明的另一设计方案规定，标准化的值被储存在特性曲线族中，其中，给一个标准化的值分配一个旋转位置，并且与转速相关的振幅特征值被储存在另一特性曲线族中。根据从属权利要求规定，与驱动轴的转速相关地将多个不同的特性曲线储存在一个或多个特性曲线族中，其中，通过多个不同的特性曲线可获得不同的振幅特征值。这具有的优点为，例如可获得不同的振幅特征值，并且由此可使被预测的转速特性的预先计算与在系统中的变化相匹配。

附图说明

[0011] 参考附图根据至少一个实施例详细解释本发明。

[0012] 在附图中示出了根据本发明的方法的实施例、以及控制装置和带有控制装置和起动装置的系统。附图中：

[0013] 图 1 示出了带有驱动轴的内燃机的示意图，

[0014] 图 2 示出了第一示例性的转速 / 时间图，其示出了驱动轴的与时间相关的转速曲线，

[0015] 图 3 示出了在图 2 中示出的转速图的局部，

[0016] 图 4 一方面以曲线 K 示出了图 2 中的转速 / 时间图，以及以叠加的方式示出了曲线 K 的各个变化分量，这些变化分量与平均转速曲线相叠加，

[0017] 图 5 示出了标准化的据发动机类型特定的 (motortypspezifisch) 能量转换特性曲线，

[0018] 图 6 示出了多个据发动机类型特定的振幅特性曲线，

[0019] 图 7 示出了用于获得振幅的方法，

[0020] 图 8 示出了图 6 的局部放大图，

[0021] 图 9 示出了针对计算方法的示例，

[0022] 图 10a、图 10b 和图 11 示出了不同的转速预测，

[0023] 图 12 示意性地示出了机动车。

具体实施方式

[0024] 在图 1 中示意性地示出了内燃机 10。除了多个其它构件及类似构件，该内燃机 10 此外还具有驱动轴 13，其例如实施成曲轴。作为这种曲轴，该驱动轴 13 借助于未示出的连杆和铰接在该连杆上的活塞被驱动。另一方面，该活塞通常在气缸中通过所谓的内部燃烧被驱动。以多种方式已知与此相关的关联性。备选地，驱动轴 13 也可为旋转活塞转子发动机的偏心轴。

[0025] 在图 2 中示例性地示出了转速 / 时间图 (n(t)- 图)。在该图中示出，当内燃机 10 处于所谓的惯性运转时，驱动轴 13 具有哪一瞬时的转速 n(t)。处于惯性运转意思是，不再为内燃机 10 供油，也就是说，不应通过驱动轴 13 再将驱动功率输出到机动车的驱动轮处。

[0026] 在图 2 中首先示例性地记录了驱动轴 13 的转速 (n)-/ 时间 (t)- 曲线，并且在该图中示出了所述曲线。为了获得曲线 K，评估信号。通过借助于传感器 15(图 12) 探测与驱动轴 13 抗扭转地相连接的信号轮 14，获得这些信号。该信号轮具有孔栅分度盘 (Lochraster)，由此，基本上每六度可获得一个信号。小点 P_K 的每一个通过评估该信号轮产生。曲线 K 为所谓的折线，该折线将多个点 P_K 的中心点相互连接。

[0027] 在观察曲线 K 时可看出，曲线走向在较长的时间段上基本上为强烈地下降的 (宏观的，例如在 t = 0 和以后的 t13 = 160ms 之间)，在内燃机切断的情况下这不是令人意外的。此外，从该基本上强烈下降的曲线走向中可得出，转速值与时间相关地围绕一个平均值波动，或者说围绕一个通过表面上看连续的线 G 所代表的恒定的平均坡度波动。线 G 实际上为多个短线段的简化显示，这些短线段至少在两个邻近的支点 (Stützpunkt) 之间 (例如 P11 和 P12、或 P12 和 P13、或例如在 P21 和 P22、或 P22 和 P23 之间) 为直的。实际上可得出的是，例如，在 P11 和 P12、或 P12 和 P13 之间的线段总地具有相同的斜率 m 并且因此直地且无弯折地在 P12 处过渡到彼此中。因此，从该图表的原点起，可看出在时间点 10ms、50ms、95ms、151ms 和 250ms 时的相对最小值。可看出在时间点 22ms、61ms、106ms、174ms 和 290ms 时的相对最大值。相对最小值用符号 Min1、Min2、Min3、Min4 和 Min5 表示，相对最大值用 Max1、Max2、Max3、Max4 和 Max5 表示。这些相对最小值和相对最大值通过内燃机 13 的典型的压缩和降压循环实现。此外，对于曲线 K 不考虑的是，其是否为描绘 2、3、4、6 或 8 缸内燃机的转速特性的曲线 K。示例性地，借助于 6 缸内燃机获得在图 2 中示出的点 P_K。

[0028] 下面描述，如何从驱动轴 13 在不同时间点的不同旋转位置出发进而从在过去不同时间点的旋转位置出发推测出驱动轴 13 在以后的时间点的旋转特性。

[0029] 在图 2 中描述了初始转速 n_0，其在此应确定为 500/min。该初始转速 n_0 表示这样的事件，可以说，其应为用于根据本发明的方法的起动条件。如果低于该初始转速 n_0，则例如开始方法流程。传统的内燃机具有用于探测其曲轴或驱动轴的转速的器件。备选地，也可评估与其相关的轴的转速，例如内燃机的凸轮轴的转速或发电机 (交流发电机) 的转速。该方法随着获得在所设定的转速阈值 (n_0) 之下的旋转位置 PHI11、PHI12 ;PHI21、PHI22 和与其对应的时间点 t11、t12 ;t21、t22 开始。

[0030] 驱动轴 13 在低于初始转速 n_0 之后也继续旋转。在几乎每个图 2 所示的一般的点 P_K 之间的角间距相对于驱动轴 13 的转动为六度。驱动轴 13 的一次完全旋转需要 360°。在此，驱动轴 13 经过在图 2 中示出的全部实际上测得的点 P_K。为了从过去的观测、也就是说根据驱动轴 13 经过的点 P_K 或状态 (n(t)) 推测出在未来发生的事件，也就是说获得驱动轴 13 在未来的旋转特性，在此提出以下方式 :

[0031] 在方法的范围内，选择有代表性的旋转位置 (Phi11)。从驱动轴 13 的该旋转位置 Phi11（点 P11 代表该位置并且点 P11 为曲线 K 的一个点 P_K）出发，使用驱动轴 13 的另一旋转位置 Phi12（通过点 P12 表示）以获得在这两个点 P11 和 P12 之间的平均斜率。出于可见性的原因，在图 3 中以放大的方式示出刚刚提及的曲线 K 的区段。在点 P11 处的转速 n11 和在点 P12 处的转速 n12 之间的转速差为 -72r/min。在时间点 t12 时的点 P12 和时间点 t11 时的点 P11 之间的时间差为 $\Delta t_1 = 50ms$。由此，相对于在 t12 之后的时间点，可得到过去的平均旋转特性。该平均旋转特性（在此也用字母 m_1 表示）相应于在两个点 P11 和 P12 之间的平均斜率。那么，例如，从在点 P12 处存在的（也就是说在经过下一个相对最小值之后的）特性出发，例如可以在时间点 t13 = 160ms 时推测出，在点 P13 处存在怎样的平均转速 n13。作为过去的平均旋转特性 m1，得出商 $m1 = \Delta n1/\Delta t1 = -72/(50ms*min) = -1.44/(ms*min)$。对于时间点 t13 = 160ms（同样见图 2），从 $\Delta t = 58ms$ 的时间差和过去的平均旋转特性 $m1 = -1.44/(ms*min)$ 的结果中得出在 P_{12} 和 P_{13} 之间的转速差 $\Delta n2 = -83.5/min$ 和相应地转速 $n_{13} = n_{12}+\Delta n2 = 370/min-83.5/min = 276.5/min$。在此，作为曲线 K 与平均斜率的交点的时间点 t_{13} 在该示例中并非是任意选择的，时间点 t_{13} 特别地代表以后的一般的时间点 tX。转速 n13 代表以后的、预先确定的在时间点 tX 时的平均转速 nX。

[0032] 由此，公开了一种用于确定内燃机 10 的驱动轴 13 在至少一个以后的时间点 tX 时的转速 nX(tX) 的方法。在不同的时间点 t11、t12、t21、t22 等，旋转的驱动轴 13 占据不同的旋转位置 PHI11、PHI12、PHI21、PHI22 等，其中，可从至少两个旋转位置 PHI11、PHI12 或 PHI21、PHI22 中得到过去的平均旋转特性 m1、m2 等。从该平均旋转特性 m1、m2，推测出在至少一个以后时间点 tX 时的平均转速 nX。

[0033] 为了考虑可对曲线 K 的走向具有或多或少的重要影响的影响因素，根据另一提案规定，考虑另一过去的平均旋转特性 m2。为此作为示例，点 P21 和点 P22 可用于针对平均旋转特性 m1 和两个点 P11 和 P12 已经描述的方式。在这种情况中，点 P21（基于该点 P21 获得下一个平均旋转特性 m2）位于旋转位置 PHI21 处，并且点 P22 位于旋转位置 PHI22 处。另一方面，又如此选择旋转位置 PHI21 以及旋转点 PHI22，即，通过这两个点 P21 和 P22 基本上可描述曲线 K 的平均斜率。

[0034] 在点 P22 处，驱动轴 13 具有特性（即，瞬时转速）n22，并且在点 P21 处驱动轴 13 具有特性（即，瞬时转速）n21。在此，$\Delta n2 = n22-n21$ 结果为 -74/min 每分钟，在点 P22 和 P21 之间的时间差 $\Delta t2$ 结果为 53ms。在点 P22 处的时间点 t22 之后可获得过去的平均旋转特性 m2。其相应于在两个点 P21 和 P22 之间的平均斜率。作为过去的平均旋转特性 m2 得出商 $\Delta n2/\Delta t2 = m2 = -74/(53ms*min) = -1.40/(ms*min)$。

[0035] 如在此描述的那样，在获得过去的平均旋转特性 m1 之后，获得另一过去的平均旋转特性 m2。

[0036] 从该第二或另一过去的旋转特性 m2 出发，可以至少两种不同的方式继续进行该方法。在第一方法进展中提出，使用最新的过去观测（在此为平均旋转特性 m2）作为另外的唯一基础，用来获得将来的、以后的在以后的一般时间点 tX 时的特性（即瞬时转速 nX）。

[0037] 例如，该时间点可为时间点 t13 或其它时间点。那么相似地使用刚刚描述的用于确定该以后的在时间点 tX（在此为 t13）时的特性 nX（在此为 n13）的方法，以通过 m2 获得在时间点 t13 时的 n13。

[0038] 通过假定的、以后的在时间点 tX 时的平均旋转特性 mX 来获得将来的、以后的特性(即,例如推测出在以后的一般时间点 tX 时的瞬时转速 nX)的第二可能性在于,使用两个平均旋转特性 m1 和 m2,以获得平均旋转特性的算术平均值 mq。

[0039] 据此,作为算术平均值以及由此作为平均的(假设的)旋转特性,得出 mq = -1.42/(ms*min) = 1/2*(m1+m2)。

[0040] 那么例如,从点 P22 出发,利用由两个所提及的平均旋转特性 m1 和 m2 形成的平均值 mq = -1.42/(ms*min),可推测出在以后的时间点 tX 时的平均的假设的(即理论的)旋转特性 mX。由此,对于在点 P23 处的时间点 t23 = 213ms,基于 t22 = 135ms 以及 78ms 以后处于点 P23,得到 Δn3 = -110/min 的转速减小量,从而在时间点 t23 得到转速 n23 = n22+Δn3 = 328/min-110/min = 218/min。

[0041] 至此,已经说明了所述方法以及不同的方法变型方案的原理。毫无疑问可行的是,考虑其它的平均旋转特性 m3…mi(i 相应于整数,如 4、5、6、7 等)。如果不应再考虑过去的旋转特性 m,并且例如分别使用从平均旋转特性 mi 得到的最新预测来获得未来的或以后的平均旋转特性 mX,则不考虑更以前的旋转特性并且代替地考虑相应最新的平均旋转特性。因此,例如可分别考虑第二、第三或第四(或更多)最新的旋转特性(“滑动的”平均旋转特性)。

[0042] 因此,由所提及的平均旋转特性 m1 至 mi,也可形成算术平均值。这可意味着,考虑到了所有之前获得的平均旋转特性 m1 至 mi 或其中至少一大部分 (mq = 1/i*(m1+m2+…+mi))。在此,mi 不必为最新获得的旋转特性。在此,mi 也可为倒数第二个获得的平均旋转特性。在该方法的范围内,作为备选方案规定,平均旋转特性 mq 为滑动平均值。这意味着,例如对于应当用于确定在时间点 tX 时的旋转特性或转速的平均旋转特性 mq,例如仅仅由三个(例如最后三个)平均旋转特性 mi、mi-1 和 mi-2 组成 (mq = 1/3*(mi+mi-1+mi-2))。此外,作为滑动平均值,自然也可仅仅从过去的两个平均旋转特性 mi 和 mi-1 获得所述平均旋转特性 mq(mq = 1/2*(mi+mi-1))。

[0043] 例如,参考图 2 这意味着,使用过去的两个平均旋转特性 mi 和 mi-1,来获得滑动平均值 mq。对于时间点 t22 和以后的时间这意味着,使用平均旋转特性 m1 和 m2,来确定平均旋转特性 mq 的平均值。在时间点 t13 之后并且由此在获得平均旋转特性 m3(从点 P12 和 P13 的状态中得到)之后,例如可不考虑第一平均旋转特性 m1 作为计算基础,并且为此除了平均旋转特性 m2 之外也使用最后获得的平均旋转特性 m3,以便使用平均旋转特性 mq 并由此获得预测 (mq = 1/2*(m2+m3))。

[0044] 据此,公开了这样的方法,即,根据该方法,平均旋转特性的算术平均值 mq 为滑动平均值,其中,为了获得当前的平均旋转特性的算术平均值 mq,用较新的过去的平均旋转特性 m3 替换较旧的过去的平均旋转特性 m1。

[0045] 至此所描述的方法流程是在此提出的方法的核心。在此,在很少几个周期性重复的曲轴位置或驱动轴位置的情况下,获得当前的惯性运转的平均斜率。

[0046] 在此,这些选出的支点或点 PK(P11、P12、P13、P21、P22、P23、…)至少位于平均的惯性运转斜率附近,也就是说,在平均的惯性运转斜率之上和之下的振荡分量几乎同样大,并且在确定斜率时不需要考虑该振荡分量。为了预测进一步的惯性运转,在未来将推导出如此获得的斜率 m,其应为平均的过去的旋转特性 mq(滑动的或非滑动的)或例如为最后

的过去的旋转特性。“在平均的惯性运转斜率附近”例如可意味着，支点 PK 刚好或几乎位于 UT（下止点）和 OT（上止点）之间或各个驱动轴角度 PHI 之间。

[0047] 为了使在此描述的方法更加精确，规定，借助于合适的能量转化特性曲线 (ETF 特性曲线）将振荡分量叠加到该逐段地线性的曲线上，并且相应地不再仅仅获得平均的转速，而是进行这样的计算，即，在该计算中，可在考虑在时间点 tX 时对于转速 nX 的振荡分量（加上或减去）的情况下获得曲线（曲线组合），这些曲线非常接近实际的曲线 K。此外，在此，该方法将考虑到振荡分量的最大振幅与转速相关的物理效应。

[0048] 对于处于惯性运转中的发动机或内燃机，可列出标准化的依发动机类型特定的能量转化特性曲线。因此，例如以合适的方式、例如作为“查询”表将该能量转化特性曲线提供给中央计算器（中央处理单元）。“查询表”为这样的数据结构，即，其包含了复杂计算的预先计算出的数据。借助于这种表，可行的是，将复杂的计算减少并简化成通常在数据区之内明显更快的数值查询。这意味着 :或者对于对某一确定的值需要相近的另一值的情况，在这种类型的表中读出准确地相对应的值 ;或者对于在该表中没有提供准确的值的情况，立即从该表中现有的两个值，求得一个新的例如平均值。在该表中以保角的方式 (winkeltreu)（相对于曲轴或驱动轴 13 以及其旋转位置 PHI）给出，哪一部分的最大势能刚好被转换成在曲轴或驱动轴处的动能，也就是说，ETF 特性曲线表明周期性地进行的从位能（例如在位于上止点附近的活塞位置处）到动能（活塞在上止点和下止点之间的运动能）的能量转化以及相反的能量转化的特征。典型地，ETF 特性曲线的最小值位于发动机的点火 OT 位置 (OT 为上止点的缩写）。在此，在压缩中储存的能量最大，因而不提供对发动机动能的贡献。相应地，参考图 2，最小值 Min2 是针对如下情况的符号 :在这里在内燃机中几乎出现了一个确定的点火 OT 位置。与此相似地，最大值 Max2 是针对如下情况的符号 :在内燃机 10 或驱动轴 13 处几乎出现了下止点。

[0049] 在图 4 中示出了图 2 中的曲线 K。除了该曲线 K，在图 4 中示出了另一曲线 W。该曲线 W 表明了在一般时间点 tX 时在实际的转速 nX 处的变化分量。那么相应地，当变化分量为 0 时，始终通过曲线 K 和具有平均旋转特性 m 的逐段的直线（线 G）形成一个共同的交点。

[0050] 在图 4 中强调了两个点 PK1 和 PK2。时间 tX1 和相对于平均转速特性（在此，即，平均的转速 nX1）有偏差的实际转速 nD1 适用于点 PK1。在 nX1 和 nD1 之间的差为 $\Delta n_{X1,D1}$。在时间点 tX2 时，在点 PK2 处的平均转速 nX2、实际转速 nD2 和在两个所提及的转速之间的差 $\Delta n_{X2,D2}$ 与此相似。相应地，作为计算示例，对于点 PK2 得到转速 nX2 = 40/min，并且对于实际转速 nD2 = 100/min。在实际转速 nD2 和平均转速 nX2 之间的差为 $\Delta n_{X2,D2}$ = 60/min。这意味着，在实际转速 nD2 处的变化分量 $\Delta n_{X2,D2}$ 为 60％，同样见图 4。在该示例中，对于点 PK1，作为百分比的变化分量 $\Delta n_{X1,D1}$，其结果是 -48％的份额。根据图 4 表明，转速 n 或 nX 越低，则在趋势上，百分比的变化分量越高。

[0051] 在图 5 中示出了标准化的据发动机类型特定的能量转化特性曲线。根据在总共 720° 的角度曲线（其总地相应于驱动轴 13 的两次完全转动）上的六个最小值以及六个最大值，可得到，该图 5 为标准化的 6 缸发动机的能量转化特性曲线。由于这六个最小值和六个最大值非均匀地布置，所以并不是直列 6 缸发动机，在这种情况中为 V 型 6 缸发动机。在此用大写字母 E 表示的标准化的能量转化特性曲线在这里示出为折线。也就是说，特定的

角度 PHI 与不同的值相对应。以合适的方式、例如通过已经提及的或其它合适的“查询”表，将该标准化的能量转化特性曲线提供给中央计算单元 (CPU)。该表以保角方式（也就是说，针对不同的曲轴角度或驱动轴角度 PHI）给出，哪一个部分的最大势能刚好被转换成在曲轴或驱动轴 13 处的动能。能量转化特性曲线 E 表明循环进行的从势能到动能的能量转换或相反的能量转换的特征。能量转化特性曲线的最小值典型地位于发动机的点火 OT 位置处。如已经提及的那样，在此在压缩中储存的能量最大，因而不提供对发动机动能的贡献。

[0052] 与作为进一步精确化的预测算法的一部分的标准化能量转化特性曲线一起，使用所谓的振幅特性曲线。对于处于惯性运转中的发动机或内燃机，可列出据发动机类型特定的“标准”振幅特性曲线。同样以合适的方式（也就是说在这里必要时同样作为“查询”表）将该振幅特性曲线提供给中央计算单元。因此，将标准化的能量转化特性曲线以标准化的值的方式储存在一个特性曲线族中，其中，一个标准化的值与驱动轴 13 的一个旋转位置 PHI 相对应。因此，将与转速相关的振幅特征值 A(n) 储存在另一特性曲线族中。

[0053] 标准振幅特性曲线给出，在标准条件下在相应的最大点处取决于在这两个点（同样例如参见图 4 的点，PK1 和 PK2）处的转速出现怎样的最大振幅。这并不意味着，两个点 PK1 和 PK2 代表在该处示出的发动机惯性运行时的标准条件。这仅仅意味着，标准振幅特性曲线为转速 nD1 和 nD2 提供标准条件下的最大振幅。

[0054] 在此，以下公式可用作用于获得与转速相关的振幅的理论基础。因此，在使用在下止点和点火 OT（上止点）之间的转速差的情况下，对于在局部的最大值或最小值 $A(n_A)$ 中的振幅，推导出以下公式：

[0055] (1)A(nA) = 1/2*(((2*ΔE)/J)+(nA)^2)^(1/2)-n(A)

[0056] 在此，ΔE 为在下止点和点火 OT 之间的能量差，J 为内燃机的转动惯量，其例如考虑了驱动轴 13 的旋转转动惯量以及必要时考虑了连杆以及活塞的惯性的旋转转动惯量，n(A) 为在局部的最大值或最小值（点火 OT/UT）时的转速。

[0057] 不同的发动机惯性运转取决于刚好出现的环境和运行条件而在其振荡分量的振幅方面彼此不同。该变化被总结在参数 K 中。参数 K 是针对多少能量转化成压缩能的度量。

[0058] (2)K = 2*ΔE/J

[0059] 为了避免在中央计算单元中求根，优选地在标准振幅特性曲线之下和之上提供 (vorhalten) 具有例如逐级更小或更大的 K 的特性曲线作为“查询”表。在此对于 K 来说被覆盖的区域取决于发动机类型的环境和环境条件的可能变化。在图 6 中，标准振幅特性曲线 AST 的因数 K 为 28000。其它振幅特性曲线 AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5 和 AK6 为带有其它因数 K 的曲线的图示。这些级中的每一个与合适的振幅修正系数相对应，该振幅修正系数随后应用在预测进一步的惯性运行中。为了确定中间值，可应用所有已知的插值方法（例如线性的插值或借助于更高阶的多项式的插值）。

[0060] 优选地，这些级中的每一个也可与一个计算规则相对应。之后，在预测时将这些计算规则应用于标准振幅特性曲线。由此，根据所选择的级，提供修正的振幅。在此，同样可附加地在级之间使用通用的插值方法。

[0061] 对于处于惯性运转中的发动机，可列出据发动机类型特定的标准振幅特性曲线 AST，该标准振幅特性曲线在这种情况下示例性地在图 6 中示出。标准振幅特性曲线 AST 给出，在相应的转速时在标准条件下产生怎样的最大振幅。为了确定修正级，与转速相关地将

实际测得的最大振幅与不同修正级（K 级）的振幅相比较。将比较给出最小偏差的级用于确定修正因数或用于确定修正计算规则。在比较时，优选地如此设定数量以及求和 / 求差，即，使得支点的位置与具有特性 m 的实际的平均惯性运转直线的偏差仅仅很小或甚至不起作用。

[0062] 对于每个发动机，从据发动机型号特定的能量转化特性曲线（同样见图 5）中分别在最大值和最小值处确定一个或多个角度值作为参考点，并且以合适的方式作为据发动机型号特定的参数提供到 CPU。示例性地，在此示出在使用仅仅一个在最大值处的角度参考值和仅仅一个在最小值处的角度参考值的情况下的方法，图 7。在图 7 中示出的点基本上相应于同样在图 3 中示出的点。

[0063] 在可预选择的转速阈值（例如在图 3 中已经用 n0 表示的转速阈值）之下，分别获取在达到最大振幅 Rmax 和最小振幅 Rmin 时的转速值和时间点，并且作为输入数据供进一步的计算使用。如果开头提及的信号轮达到确定的角位置（参考角度值，该角位置在此例如用 Phi max1 表示，在该角位置之后低于转速阈值 n0），则获得转速 nRmax，其在此为 452/min。从已经描述的用于获得平均旋转特性 m 的计算方法出发，对于该参考角度值 Phi max1 得到转速的线性分量 n_lin_Rmax。也就是说，从点 P11（参见以上例如结合平均旋转特性 m 对图 2 和图 3 的解释）、时间点 t11、时间点 tRmax 中出发，可获得转速的线性分量。在此，该线性分量 n_lin_Rmax 为 428/min。由此，从所获得的 n_Rmax 和 n_lin_Rmax 的值，得到在 tRmax 时的振幅 Rmax 为 nRmax-n_lin_Rmax = 24/min。

[0064] 对于在时间点 tRmin = 95ms（ms = 毫秒）时的角度 Phi min 1，得到当前的且实际的转速值 n_Rmin = 374/min。从点 P11 的特性、平均旋转特性 M1 和在 tRmin 和 t11 之间 31ms 的时间 Δ 出发，得到在时间点 tRmin = 95ms 时的转速的线性分量 n_lin_Rmin 为 392/min。因此，在该位置 Phi min 1 处得到最小振幅为 Rmin = 18/min。

[0065] 如已经对图 6 解释的那样，为了在考虑在转速特性曲线的下降的线性分量之上和之下的振幅特性的情况下获得待预测的转速 n(t)，例如限定标准振幅特性曲线 AST 和修正级 AK1 至 AK6。由于这些修正级 AK1 至 AK6 自身仅仅可表示对实际状态的近似，所以规定，借助于振幅修正因数实现更好的近似。为了确定应在各个情况中使用的修正级，与转速相关地将实际测得的最大振幅 Rmax 和 Rmin 与不同修正级的振幅相比较。使用比较给出最小偏差的级来确定修正因数或确定修正计算规则。在比较时，优选地如此设定数量和求和 / 求差，即，使得支点的位置与实际的平均惯性运转直线的偏差仅仅很小或甚至不起作用。在与标准振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0066] (3)Adev_std = |(Amax_std(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_std(n)|

[0067] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_std(n) = 15.3/min，Amin_std(n) = 18/min，

[0068] 从而得到 Adev_std = 8.7/min。从示出图 6 的局部放大图的图 8 中，可读出该值。实际上，通过求平均值获得相应的在固定的表值之间的值。修正级 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5 和 AK6 例如作为与驱动轴的转速 n 相关的值被储存。这些多个不同的特性曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5 和 AK6 被储存在一个或多个特性曲线族中，其中，通过这些多个不同的特性曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5 和 AK6 可获得不同的振幅特征值。

[0069] 在与第一修正级（曲线 AK1）的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差

Adev：

[0070] (4)Adev_s1 = |(Amax_s1(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_s1(n)|

[0071] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s1(n) = 19/min，Amin_s1(n) = 24.0/min，

[0072] 从而得到 Adev_s1 = 11.0/min。

[0073] 在与第二修正级的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0074] (5)Adev_s2 = |(Amax_s2(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_s2(n)|

[0075] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s2(n) = 22.0/min，Amin_s2(n) = 26.3/min，

[0076] 从而得到 Adev_s2 = 10.3/min。

[0077] 在与第三修正级的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0078] (6)Adev_s3 = |(Amax_s3(n)-ARmax)+(ARmin-Amin_s3(n)|

[0079] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s3(n) = 33.0/min，Amin_s3(n) = 18/min，

[0080] 从而得到 Adev_s3 = 9.0/min。

[0081] 在与第四修正级的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0082] (7)Adev_s4 = |(Amax_s4(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_s4(n)|

[0083] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s4(n) = 14.6/min，Amin_s4(n) = 11.5/min，

[0084] 从而得到 Adev_s4 = 2.9/min。

[0085] 在与第五修正级的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0086] (8)Adev_s5 = |(Amax_s5(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_s5(n)|

[0087] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s5(n) = 11/min，Amin_s5(n) = 9.2/min，

[0088] 从而得到 Adev_s5 = 4.2/min。

[0089] 在与第六修正级的振幅特性曲线比较时，根据以下公式得到振幅偏差 Adev：

[0090] (9)Adev_s6 = |(Amax_s6(n)-Rmax)+(Rmin-Amin_s6(n)|

[0091] 其中，Rmax = 24/min，Rmin = 18/min，Amax_s6(n) = 7.3/min，Amin_s6(n) = 6/min，

[0092] 从而得到 Adev_s6 = 4.7/min。

[0093] 由此，如从以上计算中得到的那样，第四修正级为最适合用于预先计算的修正级。

[0094] 在获得第一惯性运转斜率或平均旋转特性 m1 之后并且在其它每个计算出的平均惯性运转斜率或其它每个平均旋转特性 mi 的情况下，对预测进行计算。作为所谓的用于预测计算的转速支点，使用在点 P11 或 P21（根据刚好经过了哪个点）处的转速 n11 或 n21。在此，预测步骤可基于不同的单元。例如，这可根据固定的角步长 (Winkelschritte) 进行，该角步长例如可以根据信号发生器轮或信号轮确定。这例如可为 6° 的角步长。此外，这些预测步骤也可针对固定的时间步长，其例如为五毫秒。

[0095] 下面，示例性地介绍具有固定的时间步长的方法。对于第 X 次预测，为之后的时间步长 i*h 计算惯性运转的线性分量 n_lin。i 相应于自然数，h 相应于时间步长。在此，应

刚好经过点 Px（假设：点 P22，图 9）并且获得了平均的惯性运转斜率 mx（例如作为在两个点 P11 和 P12 之间的斜率的结果或多个斜率以及必要时其滑动平均值的结果）。在此，示例性地假设，斜率是在点 P11 和点 P12 或点 P21 和点 P22 之间的斜率的平均结果。那么得到方程式：

[0096] (10)n_lini = n_Px+mx*i*h

[0097] 该方程式给出在与点 Px 相对应的时间点之后、在时间点 i*h 时的转速的线性分量。那么，出现 n_lini 的时间点为 ti，其中，ti 计算为：

[0098] (11)ti = ti_Px+i*h

[0099] ti_Px 为这样的时间点，即，在该时间点时得到在点 Px 或 P22 处的状态。

[0100] 在根据图 9 的示例中，点 Plin1 为这样的点，即，在该点处随着 i = 1 得到线性分量 n_lin_i 为 n_lin_1。与此相似地适用于点 Plin2，在该点处随着 i = 2 得到线性分量 n_lin_i 为 n_lin_2。时间步长 h 相应于在图 9 中用 Δt 表示的时间差或时间步长。

[0101] 通过将能量转化特性曲线和振幅特性曲线应用到预先计算的线性转速上，得到在时间点 i*h 时的预测转速 n prog i。出于简单性原因，在此示例性地利用具有合适的 K 值的振幅特性曲线，从上述振幅分析中计算出修正函数。

[0102] (12)n_progn_i = n_lin_i+A(n)*Faktor_ETF

[0103] 通过利用在考虑转速（应针对该转速预测值）的情况下获得的修正级中的合适的 K 值计算方程式 (1)，得到用于 A(n) 的值。从图 5 中或从可呈现图 5 或其曲线的表中得到 Faktor_ETF。由此，在点 Pprogn1 处存在计算出的转速 n_progn_i = n_progn_1，由此，在点 Pprogn2 处存在计算出的转速 n_progn_i = n_progn_2。可如此继续进行该方法（也就是说，在没有与实际经过的状态继续进行比较的情况下以及在没有随后对修正级进行匹配的情况下）直至转速 n_progn_i = 0。

[0104] 由此，作为标准化的值 Faktor_ETF 和与转速相关的振幅特征值 A(n) 的乘积获得变化分量。

[0105] 由此，从多个特性曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5、AK6 中选择出一条特征曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5、AK6，在该特性曲线中由确定的测得的状态 n_Px 借助于过去的平均旋转特性 m1；m2；mq、mx 计算在一个极限值（最小值、最大值）和一个平均值 n_lin_i 之间的差，并且通过与不同的特性曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5、AK6 的比较，选择出合适的特性曲线 AST、AK1、Ak2、AK3、AK4、AK5 或 AK6 用于计算在以后的时间点 ti 时的驱动轴的状态。

[0106] 但是，也可通过一再更新值继续进行该方法。不仅驱动轴 13 在一确定的反复的角度处的特性属于这些值。在点 P22 之后，其例如可相应于点 P23 和在这两个点之间实际呈现的斜率 m 或在点 P12 和 P13 之间的斜率，该斜率被考虑用于更新。那么，此外也可获得新的修正级，并且从实际的点 P13 或 P23 及其特性 (t13、t23、m) 中如刚刚描述的那样获得曲线的进一步走向。

[0107] 图 10a 和 10b 示出了利用不同的振幅修正方法预测驱动轴 13 的转速曲线。因此，除了实际的转速曲线 Vr，图 10a 总共示出了五个不同的曲线 V1、V2、V3、V4 和 V5，利用不同的预测方法以在不同时间点开始的方式获得这些曲线，总地全部利用所谓的压缩参数 K = 22000 且无振幅修正地获得这些曲线。

[0108] 图 10b 再次示出了实际的转速曲线（测得的）和另外五个利用不同的修正级和压缩参数 K = 60000 获得的转速曲线的预测或走向 V1、V2、V3、V4 和 V5。在比较这两个图 10a 和 10b 时表明，转速曲线的预测可取决于振幅修正而以不同的精度进行。在根据图 10a 和 10b 的示例中，偏差是不同的。因此，在图 10a 中最后示出的相对最大值处，值在 240/min 和 290/min 之间变化。在图 10b 中，值在 270/min 和 300/min 之间变化。

[0109] 在根据图 11 的示例中，在 t = 6.4 时，值仅仅变化了 15/min。根据在图 11 中的图示，在测得的曲线 Vr 之内，分析了在各个之前发生的点火周期中（也就是说，在两个相对最小值之间）的斜率以及振幅偏移 (Amplitudenhub)。在这种情况中，应获得这样的时间点，即，在该时间点时可达到 80/min 的转速。如可看出的那样，偏差为一秒的几百分之一。那么，在该时间点 tStart 接通起动机，该起动机的小齿轮啮合到内燃机的齿圈之前和该齿圈内，以使得之后在 t = 6.52 时再次起动内燃机，并且因此提高内燃机或驱动轴 13 的转速，同样参见在图 11 中的第一压缩行程 Kh。

[0110] 优选地，根据确定模式 (Schema) 的学习算法对在过去的时间段中使用的修正措施进行分析，并且由此导出例如一个新的 K 值作为标准值，或者计算出新的匹配的标准振幅特性曲线以用于继续使用。在该学习算法的范围内，例如在确定的模式方面，可以实行确定的时间段、限定的公里数、起动停止循环的数量、与环境和运行条件的相关性和所提及的标准的任意组合。此外，可考虑每个内燃机的气缸和气缸之间存在的偏差。在带有多个气缸的发动机中，每个气缸对与一个针对在 Rmax 处的振幅和针对在 Rmin 处的振幅的修正系数相对应。在此，在分析惯性运转时，得到适用于该惯性运转的平均最大振幅。那么，例如当在这种情况中邻近的气缸或气缸对具有不同的压缩压力且因此最大振幅的程度可不同时，这种类型的修正可以是合理的。例如，气缸对可由一个从所谓的点火 OT 向 UT 行进的气缸和下一个按照点火顺序从 UT 向点火 OT 行进的气缸组成。

[0111] 根据图 12，提供一种计算机程序产品 50，可利用程序命令 56 将其加载到至少一个程序储存器 53 中，以便当在至少一个控制器 59 中实施所述程序时，实施根据以上变型方案中的至少一个所述的方法的所有步骤。

[0112] 提供了一种用于机动车 62 中的内燃机 10 的起动停止运行的控制器 59，以用于短暂地停止和起动内燃机 10，其中，内燃机 10 可借助于电的起动装置或起动机 65 起动，其中，控制器 59 具有带有程序储存器 53 的处理器 68。处理器 68 被构造成获取、评估和控制装置，以用于以限定的方式操控起动装置 65，其中，在程序储存器 53 中加载用于实施该方法的计算机程序产品 50。传感器 15 借助于数据传递装置 70 与控制器 59 相连接，以用于传递信号。控制器 59 借助于数据传递装置 73 与起动机 65 相连接，以用于在正确的时间点 tStart 时接通起动机 65，该起动机的小齿轮预先啮合到齿圈中并且再次起动内燃机 10。必要时为了容纳特性曲线族所需的储存器 76 优选地被集成在控制器 59 中。

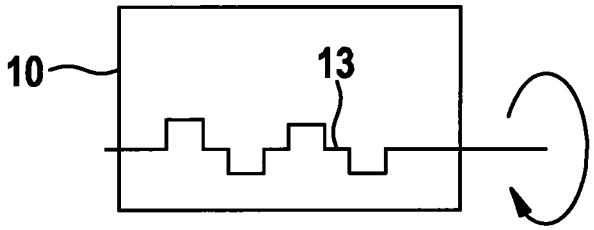

10
13

图 1

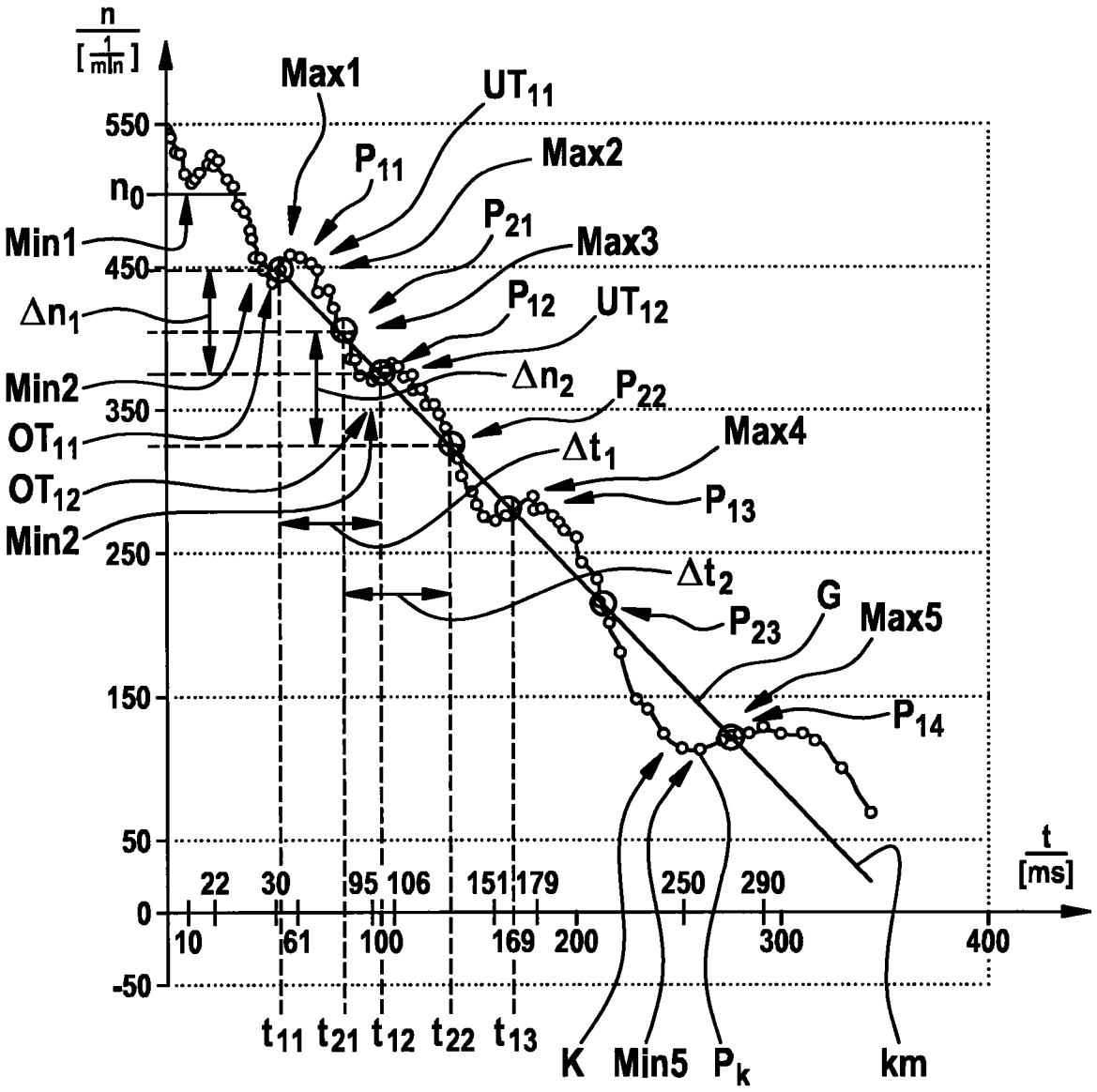

n
[1/min]
Max1
UT11
550
P11
Max2
n0
P21
Min1
Max3
450
P12
UT12
Δn1
Δn2
P22
Min2
350
OT11
Δt1
Max4
OT12
P13
Min2
250
Δt2
G
P23
Max5
150
P14
50
t
[ms]
22
30
95
106
151
179
250
290
0
10
61
100
169
200
300
400
-50
t11
t21
t12
t22
t13
K
Min5
Pk
km

图 2

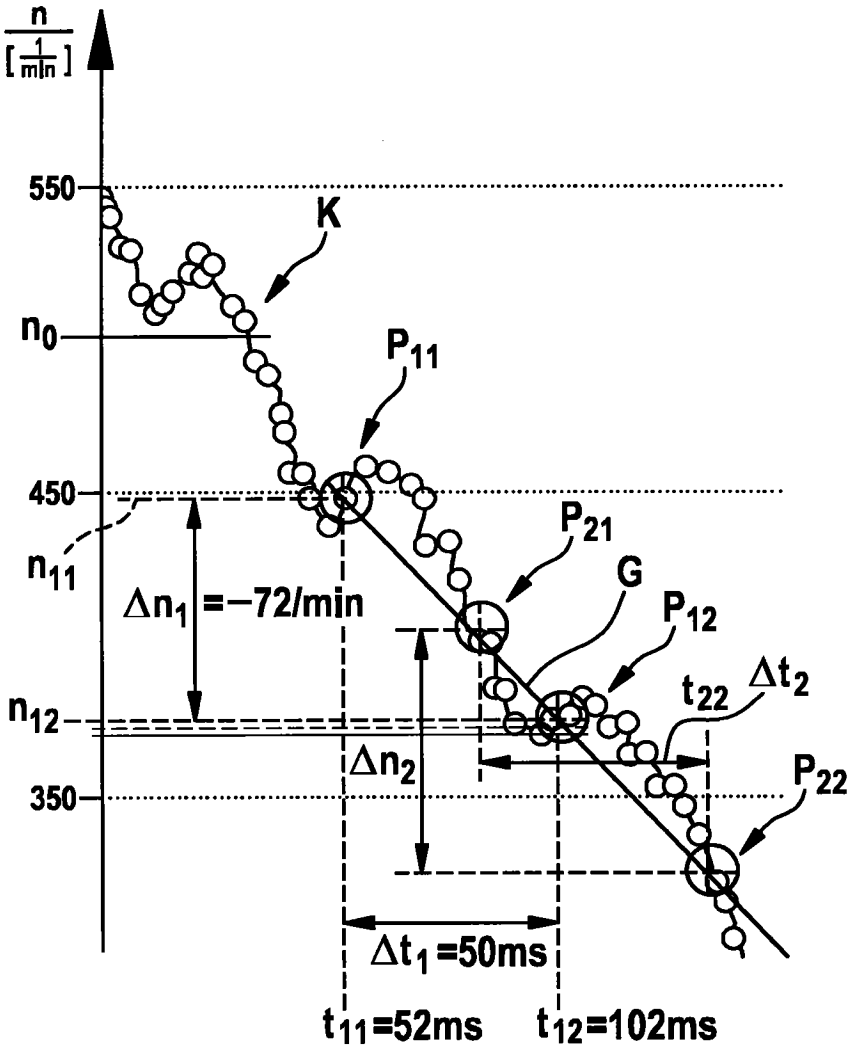

n
[1/min]
550
K
n0
P11
450
n11
P21
G
P12
Δn1 =−72/min
t22
Δt2
n12
Δn2
P22
350
Δt1 =50ms
t11=52ms
t12=102ms

图 3

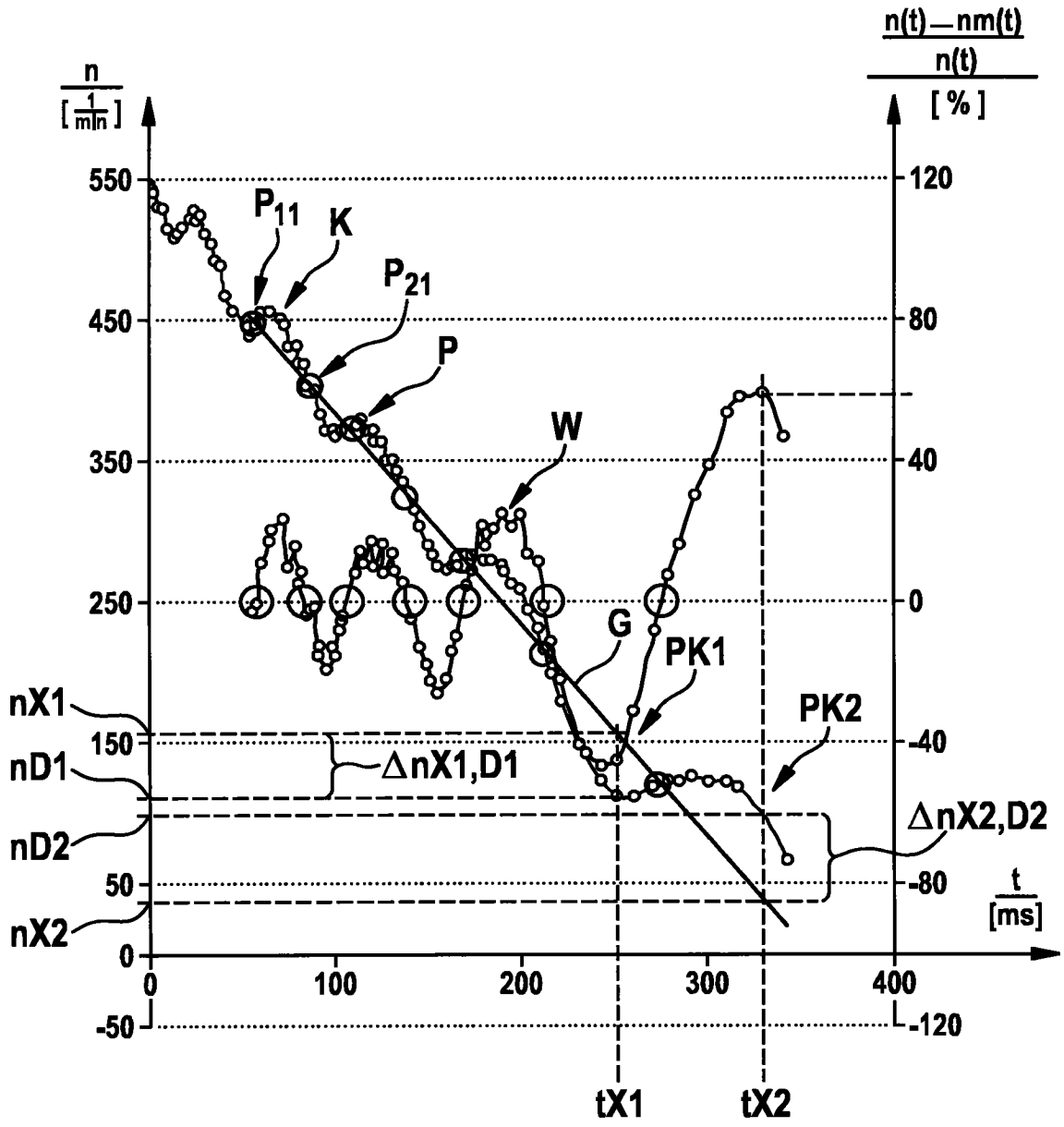

n
[1/min]
n(t)—nm(t)
n(t)
[%]
550
450
350
250
150
50
0
-50
120
80
40
0
-40
-80
-120
0
100
200
300
400
t
[ms]
P11
K
P21
P
W
G
PK1
PK2
nX1
nD1
nD2
nX2
ΔnX1,D1
ΔnX2,D2
tX1
tX2

图 4

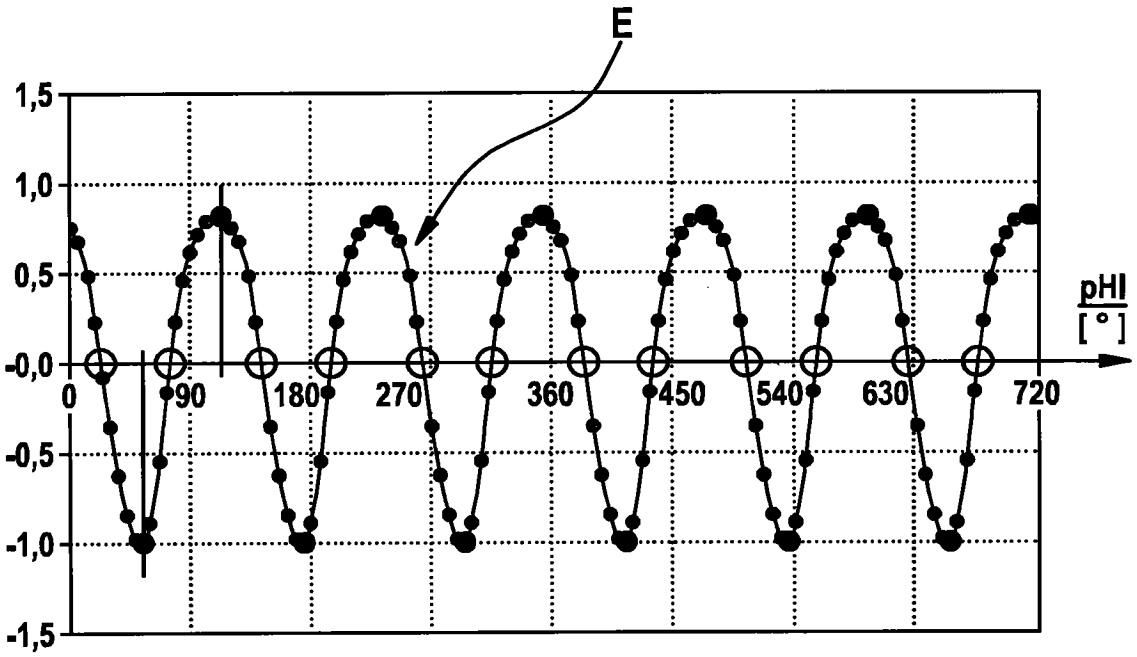

E
1,5
1,0
0,5
-0,0
-0,5
-1,0
-1,5
0
90
180
270
360
450
540
630
720
pHI
[°]

图 5

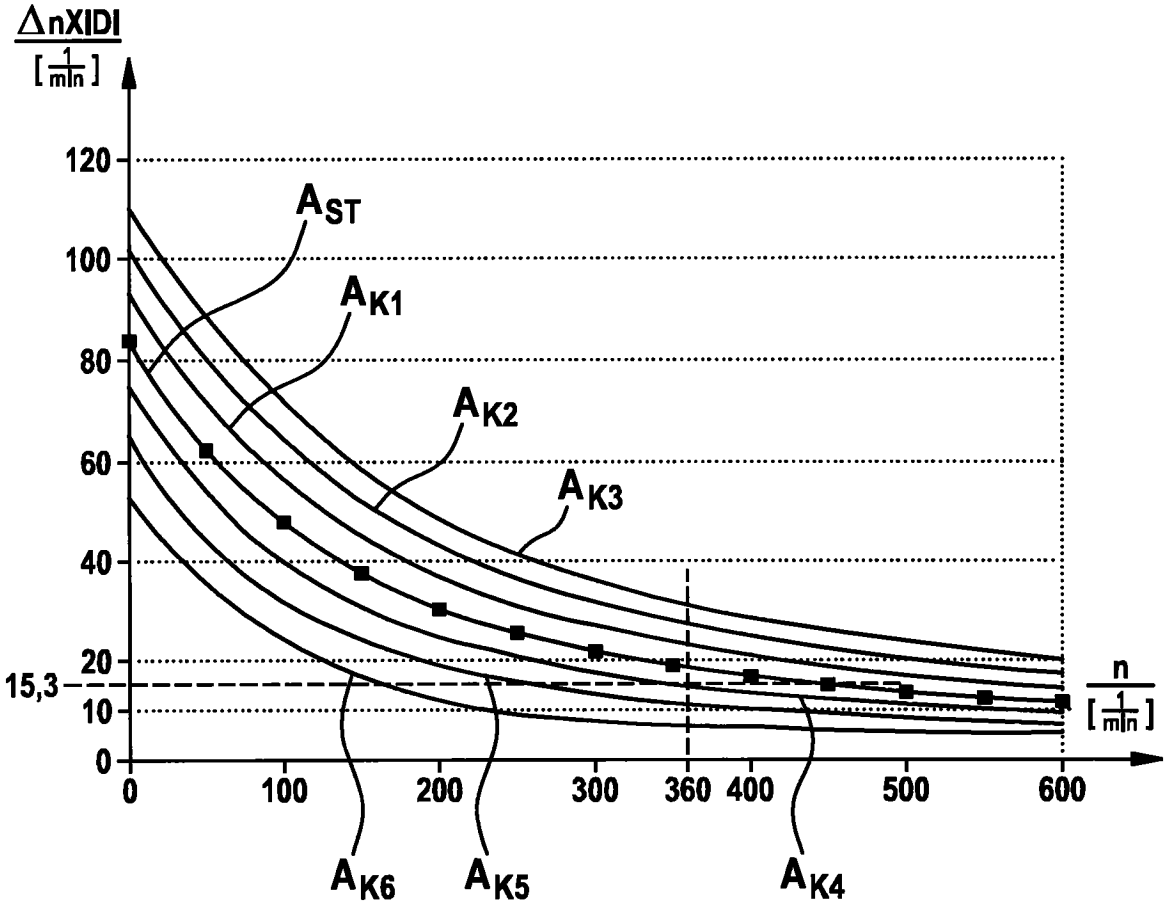

ΔnXIDI
[1/min]
120
100
80
60
40
20
15,3
10
0
0
100
200
300
360
400
500
600
n
[1/min]
AST
AK1
AK2
AK3
AK6
AK5
AK4

图 6

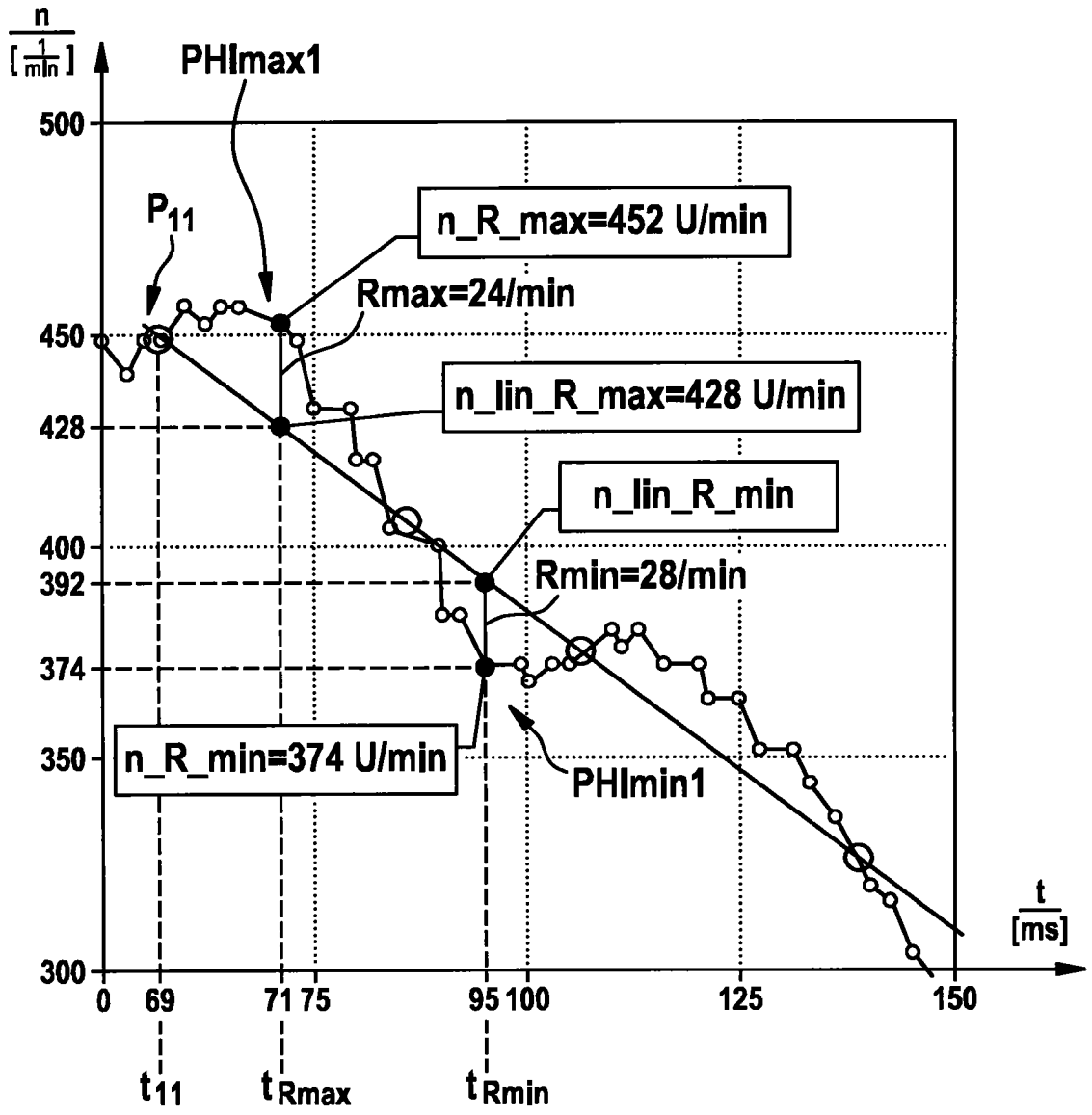

n
[1/min]
PHImax1
500
450
428
400
392
374
350
300
P11
n_R_max=452 U/min
Rmax=24/min
n_lin_R_max=428 U/min
n_lin_R_min
Rmin=28/min
n_R_min=374 U/min
PHImin1
t
[ms]
0
69
71
75
95
100
125
150
t11
tRmax
tRmin

图 7

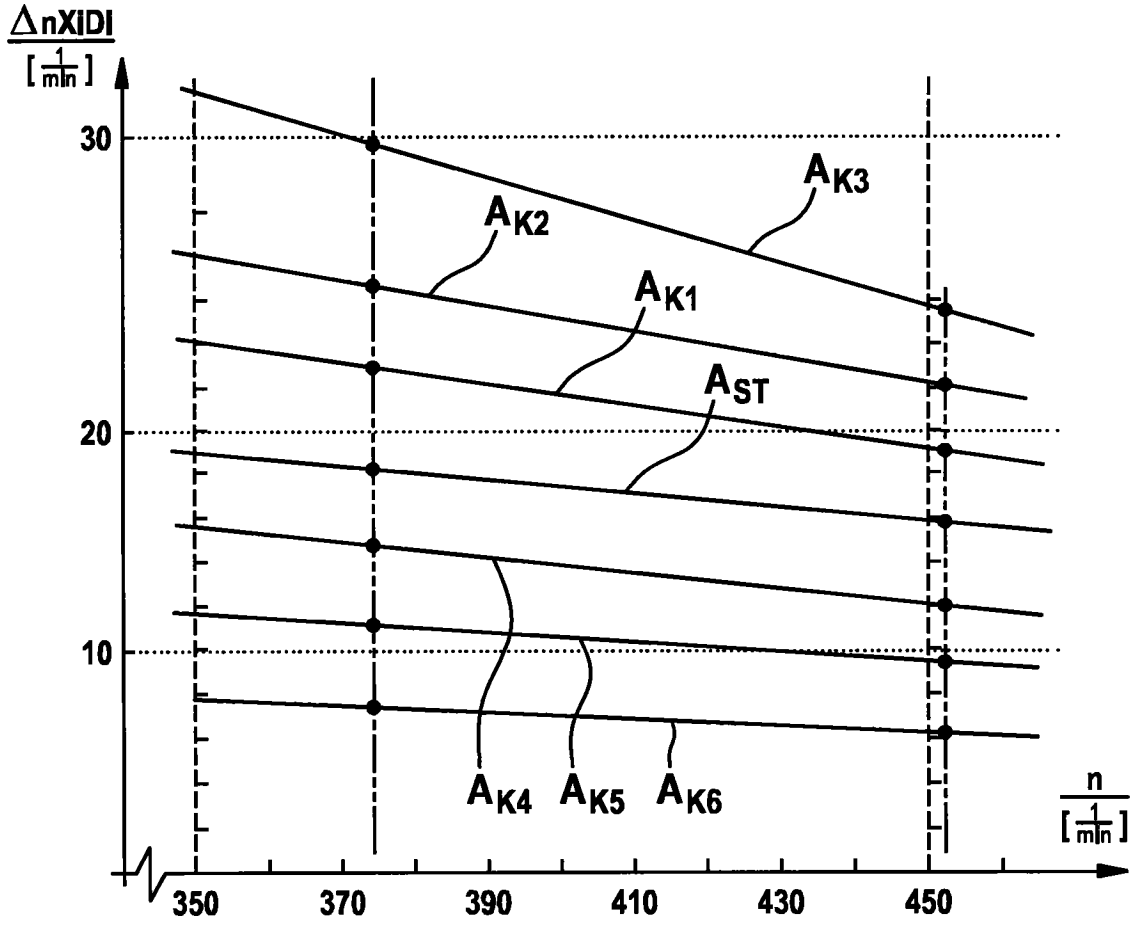

ΔnXIDI
[1/min]
30
20
10
AK3
AK2
AK1
AST
AK4
AK5
AK6
n
[1/min]
350
370
390
410
430
450

图 8

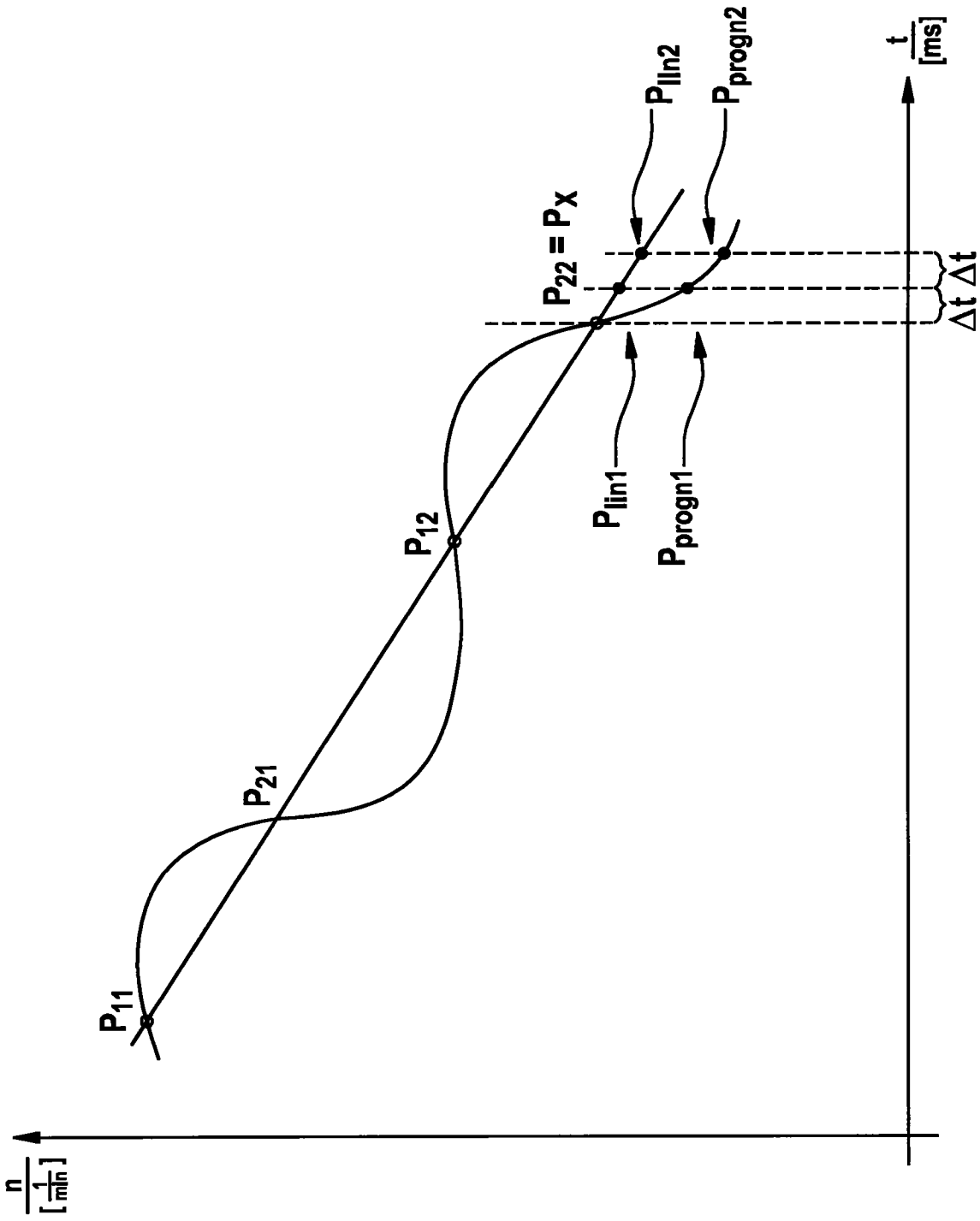

P11
P21
P12
P22 = PX
Plin2
Pprogn2
Plin1
Pprogn1
Δt Δt
t [ms]
n [1/min]

图 9

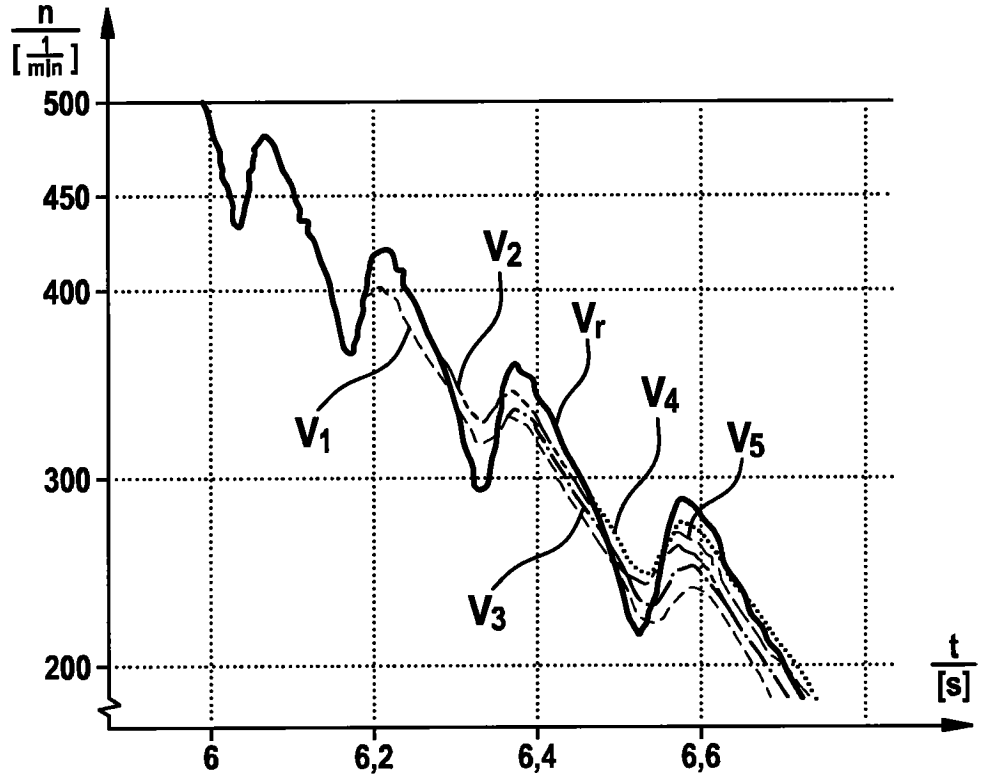

n
[1/min]
500
450
400
300
200
6
6,2
6,4
6,6
t
[s]
V1
V2
V3
Vr
V4
V5

图 10a

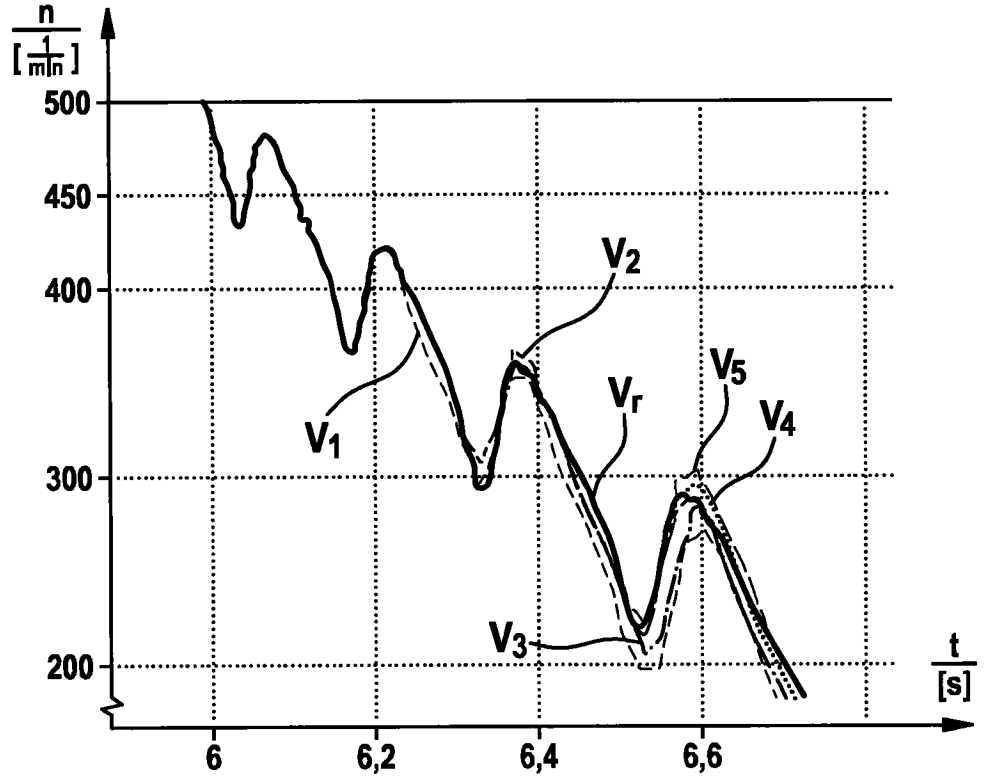

n
[1/min]
500
450
400
300
200
6
6,2
6,4
6,6
t
[s]
V1
V2
V3
Vr
V5
V4

图 10b

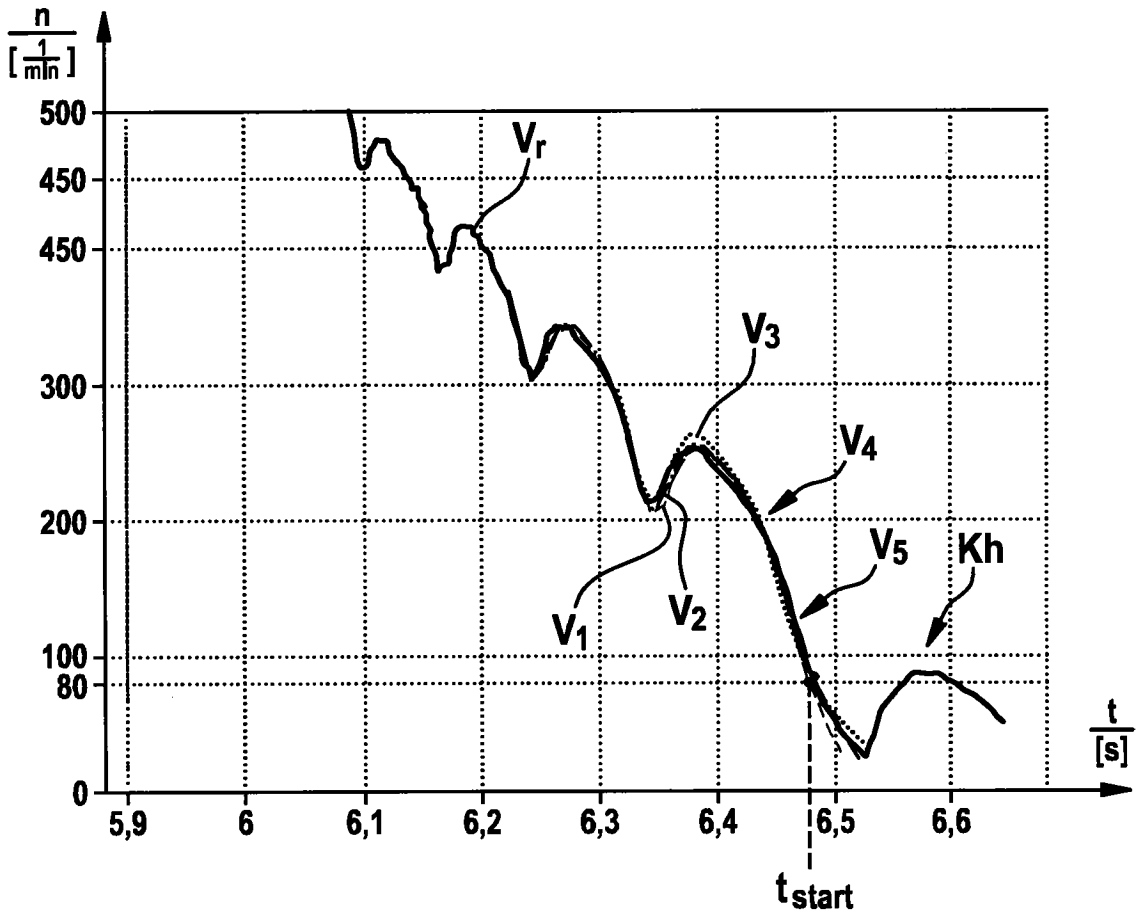

n
[1/min]
500
450
450
300
200
100
80
0
5,9
6
6,1
6,2
6,3
6,4
6,5
6,6
t
[s]
t start
Vr
V1
V2
V3
V4
V5
Kh

图 11

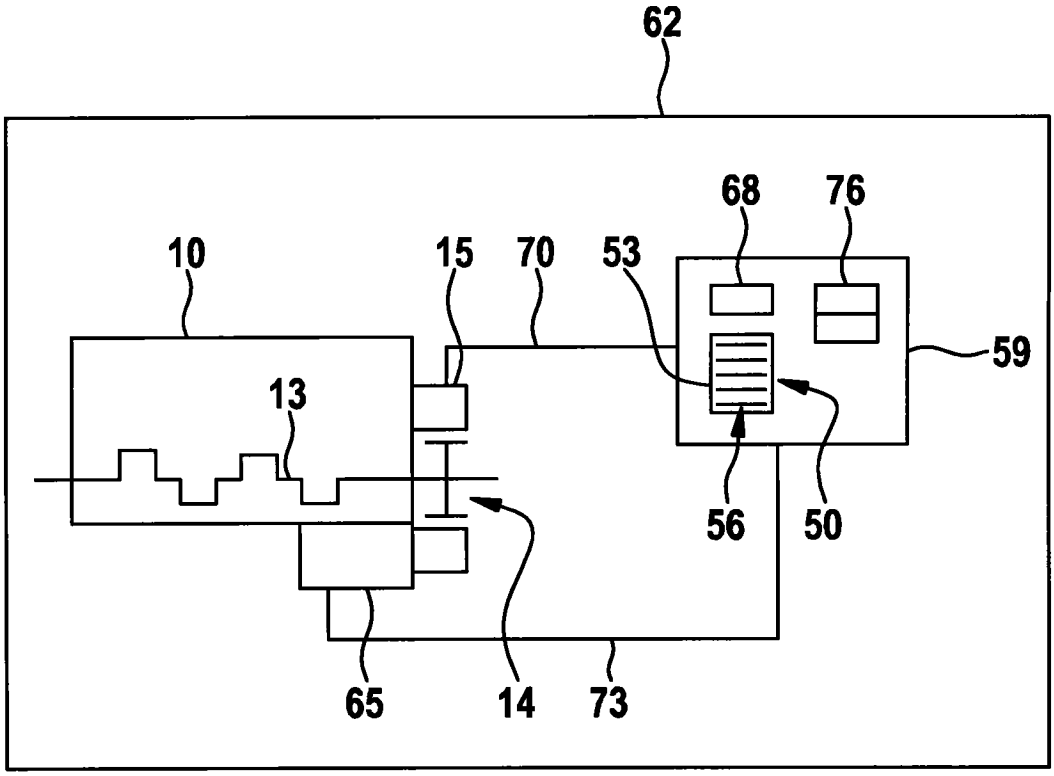


图 12