



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101910596 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 200980101965.7

G01M 15/06(2006.01)

(22) 申请日 2009.03.09

G01M 15/12(2006.01)

(30) 优先权数据

2008-069019 2008.03.18 JP

2009-019354 2009.01.30 JP

(56) 对比文件

JP 特开 2005-188297 A, 2005.07.14, 说明书第 25-38 段, 附图 1-5.

JP 特开 2002-296150 A, 2002.10.09, 说明书第 18-30 段, 附图 3.

JP 特开 2006-307709 A, 2006.11.09, 说明书第 48-57 段.

JP 特开 2007-247502 A, 2007.09.27, 全文.

US 5115779 A, 1992.05.26, 权利要求 2.

CN 1683912 A, 2005.10.19, 全文.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2010.07.09

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/JP2009/054379 2009.03.09

(87) PCT 申请的公布数据

W02009/116410 JA 2009.09.24

(73) 专利权人 本田技研工业株式会社

地址 日本东京都

审查员 张文武

(72) 发明人 小松弘崇 高木治郎 仓内淳史

义煎将之 广田和彦 北村夏子

明本禧洙

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

F02D 45/00(2006.01)

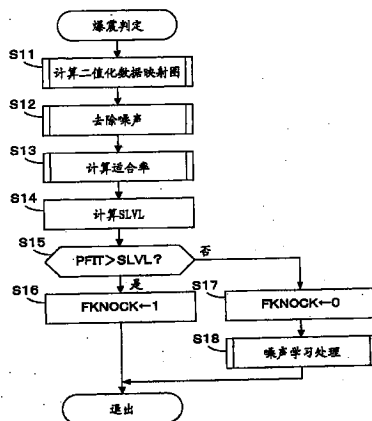
权利要求书2页 说明书15页 附图28页

(54) 发明名称

内燃机的爆震检测装置

(57) 摘要

本发明提供一种内燃机的爆震检测装置, 该爆震检测装置可根据爆震传感器的输出信号的频率分量, 更准确地进行爆震判定。以预定的曲轴角度间隔进行爆震传感器输出信号的频率分量分析, 将通过频率分量分析获得的多个频率分量的强度作为时序数据来存储。对频率分量强度的时序数据进行二值化, 根据二值化后的时序数据判定是否发生爆震。



CN 101910596 B

1. 一种内燃机的爆震检测装置,其具有爆震判定单元,该爆震判定单元根据安装在内燃机上的爆震传感器的输出信号来判定爆震,所述爆震检测装置具有:

频率分量分析单元,其以预定的曲轴角度间隔进行所述爆震传感器的输出信号的频率分量分析;

数据存储单元,其将通过所述频率分量分析获得的多个频率分量的强度的时序数据作为由曲柄角度位置和频率定义的 2 维映射图来存储;以及

二值化单元,其对所述频率分量强度的时序数据进行二值化,

所述爆震判定单元通过对二值化后的时序数据的 2 维映射图与和爆震发生的状态对应的主模式数据的 2 维映射图进行比较来判定是否发生爆震。

2. 根据权利要求 1 所述的爆震检测装置,其中,所述爆震判定单元具有:

噪声分量计算单元,其根据所述二值化后的时序数据计算噪声分量的时序数据;以及

噪声校正单元,其利用所述噪声分量的时序数据来校正所述二值化后的时序数据,

所述爆震判定单元根据校正后的时序数据进行所述爆震判定。

3. 根据权利要求 1 所述的爆震检测装置,其中,所述爆震检测装置具有:

噪声分量计算单元,其根据所述频率分量强度的时序数据计算噪声分量的时序数据;以及

噪声校正单元,其利用所述噪声分量的时序数据来校正所述频率分量强度的时序数据,

所述二值化单元对校正后的时序数据进行二值化。

4. 根据权利要求 3 所述的爆震检测装置,其中,所述噪声分量计算单元通过进行与在未发生爆震时得到的所述频率分量强度的时序数据对应的 2 维映射图的各映射值的退火运算,来计算所述噪声分量的时序数据。

5. 根据权利要求 2 至 4 中的任一项所述的爆震检测装置,其中,所述爆震判定单元具有加权单元,该加权单元针对所述二值化后的时序数据和所述主模式数据,进行与频率对应的加权,

所述爆震判定单元使用加权后的时序数据和主模式数据来进行所述爆震判定。

6. 根据权利要求 2 至 4 中的任一项所述的爆震检测装置,其中,所述爆震判定单元计算所述主模式数据和所述二值化后的时序数据的适合率,当所述适合率超过判定阈值时,判定为发生爆震。

7. 根据权利要求 2 至 4 中的任一项所述的爆震检测装置,其中,所述主模式数据是根据所述内燃机的运转状态而设定的。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的爆震检测装置,其中,所述爆震检测装置具有频率组时序数据生成单元,该频率组时序数据生成单元通过针对每个由多个频率构成的频率组选择 1 个采样定时的最大强度,来生成频率组时序数据,

所述二值化单元对所述频率组时序数据进行二值化。

9. 根据权利要求 8 所述的爆震检测装置,其中,所述爆震检测装置具有:

组噪声分量计算单元,其根据所述频率组时序数据计算与所述频率组对应的组噪声分量的时序数据;以及

组噪声校正单元,其利用所述组噪声分量的时序数据来校正所述频率组时序数据,

所述二值化单元对校正后的频率组时序数据进行二值化。

10. 一种内燃机的爆震检测方法,该爆震检测方法根据安装在内燃机上的爆震传感器的输出信号来判定爆震,所述爆震检测方法由下述步骤构成:

a) 以预定的曲轴角度间隔进行所述爆震传感器的输出信号的频率分量分析;

b) 将通过所述频率分量分析获得的多个频率分量的强度的时序数据作为由曲柄角度位置和频率定义的 2 维映射图来存储;

c) 对所述频率分量强度的时序数据进行二值化;以及

d) 通过对二值化后的时序数据的 2 维映射图与和爆震发生的状态对应的主模式数据的 2 维映射图进行比较来判定是否发生爆震。

11. 根据权利要求 10 所述的爆震检测方法,其中,所述步骤 d) 包含以下步骤:

e) 根据所述二值化后的时序数据计算噪声分量的时序数据;

f) 利用所述噪声分量的时序数据来校正所述二值化后的时序数据;以及

g) 根据校正后的时序数据进行所述爆震判定。

12. 根据权利要求 10 所述的爆震检测方法,其中,所述爆震检测方法还具有以下步骤:

e') 根据所述频率分量强度的时序数据计算噪声分量的时序数据;以及

f') 利用所述噪声分量的时序数据来校正所述频率分量强度的时序数据,在所述步骤 c) 中,对校正后的时序数据进行二值化。

13. 根据权利要求 12 所述的爆震检测方法,其中,通过进行与在未发生爆震时得到的所述频率分量强度的时序数据对应的 2 维映射图的各映射值的退火运算,来计算所述噪声分量的时序数据。

14. 根据权利要求 11 至 13 中的任一项所述的爆震检测方法,其中,所述步骤 d) 包含步骤 h) 针对所述二值化后的时序数据和所述主模式数据,进行与频率对应的加权,

使用加权后的时序数据和主模式数据来进行所述爆震判定。

15. 根据权利要求 11 至 13 中的任一项所述的爆震检测方法,其中,所述步骤 d) 包含步骤 i) 计算所述主模式数据与所述二值化后的时序数据的适合率,

当所述适合率超过判定阈值时,判定为发生爆震。

16. 根据权利要求 11 至 13 中的任一项所述的爆震检测方法,其中,所述主模式数据是根据所述内燃机的运转状态而设定的。

17. 根据权利要求 10 或 11 所述的内燃机的爆震检测方法,其中,所述爆震检测方法还具有步骤 j) 通过针对每个由多个频率构成的频率组选择 1 个采样定时的最大强度,来生成频率组时序数据,

在所述步骤 c) 中,对所述频率组时序数据进行二值化。

18. 根据权利要求 17 所述的爆震检测方法,其中,所述爆震检测方法还具有:

步骤 k) 根据所述频率组时序数据计算与所述频率组对应的组噪声分量的时序数据;以及

步骤 l) 利用所述组噪声分量的时序数据来校正所述频率组时序数据,

在所述步骤 c) 中,对校正后的频率组时序数据进行二值化。

## 内燃机的爆震检测装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机的爆震检测装置,特别是涉及根据爆震传感器的输出信号的频率分量判定有无爆震的内燃机的爆震检测装置。

### 背景技术

[0002] 在专利文献 1 中示出了这样的爆震检测装置:求出在爆震传感器的输出信号内包含的多个共鸣频率分量,根据该多个共鸣频率分量计算爆震指标,将爆震指标与预定值进行比较,从而判定有无爆震。

[0003] 专利文献 1:日本专利第 2684611 号公报

[0004] 在专利文献 1 所示的方法中,通过快速傅立叶变换来计算与例如 16 个频率对应的频率分量的强度,选择强度大的 5 个频率分量,对各分量进行预定加权来进行合计,从而计算爆震指标。然而,该方法具有以下说明的课题。

[0005] 图 30 是示出爆震传感器的输出信号的频率分量分析结果的一例的图,该图的虚线表示当发生爆震时的频谱,实线表示当发生由内燃机的进气门的落位(着座)引起的振动(以下称为“落位噪声”)时的频谱。这样在落位噪声的影响在爆震传感器的输出信号中表现出来的情况下,由于特定的频率分量以与爆震发生时相同程度的强度表现出来,因而存在尽管未发生爆震而误判定为发生爆震的可能性。

### 发明内容

[0006] 本发明是着眼于上述这一点而作成的,本发明的目的是提供一种可根据爆震传感器的输出信号的频率分量更准确地进行爆震判定的内燃机的爆震检测装置。

[0007] 为了达到上述目的,本发明提供一种内燃机的爆震检测装置,其具有爆震判定单元,该爆震判定单元根据安装在内燃机(1)上的爆震传感器(11)的输出信号来判定爆震,所述爆震检测装置的特征量在于,具有:频率分量分析单元,其以预定的曲轴角度间隔进行所述爆震传感器输出信号的频率分量分析;数据存储单元,其将通过所述频率分量分析获得的多个频率分量的强度的时序数据(KMAP(j, i))作为由曲柄角度位置和频率定义的 2 维映射图来存储;以及二值化单元,其对所述频率分量强度的时序数据(KMAP(j, i))进行二值化,所述爆震判定单元通过对二值化后的时序数据(NKMAP(j, i))的 2 维映射图与和爆震发生的状态对应的主模式数据的 2 维映射图进行比较来判定是否发生爆震。

[0008] 根据该结构,以预定的曲轴角度间隔进行爆震传感器输出信号的频率分量分析,将通过该频率分量分析获得的多个频率分量的强度分布作为时序数据来存储。然后,对强度分布的时序数据进行二值化,根据该二值化后的时序数据判定是否发生爆震。由于在二值化后的时序数据中表现出了伴随内燃机旋转的强度分布的变化,因而通过将该时序数据和与爆震发生时特有的变化模式对应的数据进行比较,可准确判定爆震的发生。并且,通过进行二值化,数据量减少,并且时序数据的变化模式简化,因而可减少存储容量,并可提高运算速度。

[0009] 根据该结构,通过将发生爆震的状态对应的主模式数据和二值化后的时序数据进行比较,进行爆震判定。当二值化后的时序数据表现出接近主模式的变化模式时,发生爆震的可能性高,因而通过计算表示获得的时序数据和主模式的类似性(相关性)的参数,可进行准确的判定。

[0010] 并且期望的是,所述爆震判定单元具有:噪声分量计算单元,其根据所述二值化后的时序数据(NKMAP(j,i))计算噪声分量的时序数据(NNMAP(j,i));以及噪声校正单元,其根据所述噪声分量的时序数据(NNMAP(j,i))校正所述二值化后的时序数据(NKMAP(j,i)),所述爆震判定单元根据校正后的时序数据(JKMAP(j,i))进行所述爆震判定。

[0011] 根据该结构,根据二值化后的时序数据计算噪声分量的时序数据,利用噪声分量的时序数据来校正二值化后的时序数据,根据校正后的二值化时序数据进行爆震判定。因此,能去除如上述的落位噪声那样表现稳定的噪声分量来进行更准确的判定。

[0012] 或者可以构成为,所述爆震检测装置具有:噪声分量计算单元,其根据所述频率分量强度的时序数据(KMAP(j,i))计算噪声分量的时序数据(NLMAP(j,i));以及噪声校正单元,其利用所述噪声分量的时序数据(NLMAP(j,i))校正所述频率分量强度的时序数据(KMAP(j,i)),所述二值化单元对校正后的时序数据(JKMAP1(j,i))进行二值化。

[0013] 根据该结构,根据频率分量强度的时序数据计算噪声分量的时序数据,利用噪声分量的时序数据来校正频率分量强度的时序数据。然后,对校正后的时序数据进行二值化,根据该二值化后的时序数据进行爆震判定。与在二值化后进行减少噪声分量的校正的情况相比,可更恰当地进行噪声分量的减少。

[0014] 并且期望的是,所述噪声分量计算单元通过进行与在未发生爆震时得到的所述频率分量强度的时序数据对应的2维映射图的各映射值的退火运算,来计算所述噪声分量的时序数据。

[0015] 并且,期望的是,所述爆震判定单元具有加权单元,该加权单元针对所述二值化后的时序数据(NKMAP(j,i),JKMAP(j,i))和所述主模式数据(MMAP(j,i)),进行与频率对应的加权,所述爆震判定单元使用加权后的时序数据和主模式数据来进行所述爆震判定。

[0016] 根据该结构,针对二值化后的时序数据和主模式数据,进行与频率对应的加权,使用加权后的时序数据和主模式数据来进行爆震判定。由于预先判明了在发生爆震时增大的频率分量,因而通过对与该频率附近的频率对应的数据进行大的加权,可提高判定精度。

[0017] 并且期望的是,所述爆震判定单元计算所述主模式数据(MMAP(j,i))和所述二值化后的时序数据(NKMAP(j,i),JKMAP(j,i))的适合率(PFIT),当所述适合率(PFIT)超过判定阈值(SLVL)时,判定为发生爆震。

[0018] 根据该结构,计算主模式数据和二值化后的时序数据的适合率,当适合率超过判定阈值时,判定为发生爆震。通过使用适合率,可利用比较简单的运算可靠地评价主模式数据和二值化后的时序数据的相关,可进行准确的判定。

[0019] 并且期望的是,所述主模式数据(MMAP(j,i))是根据所述内燃机的运转状态而设定的。由此,与内燃机运转状态的变化无关,可进行准确的判定。

[0020] 并且可以构成为,所述爆震检测装置具有频率组时序数据生成单元,该频率组时序数据生成单元通过针对每个由多个频率构成的频率组(G1~G7)选择1个采样定时的最大强度,来生成频率组时序数据(GKMAP(j,i)),所述二值化单元对所述频率组时序数据

(GKMAP (j, i)) 进行二值化。

[0021] 根据该结构,通过针对各个由多个频率构成的频率组选择 1 个采样定时的最大强度,来生成频率组时序数据,对该生成的频率组时序数据进行二值化,根据该二值化后的时序数据进行爆震判定。通过使用频率组时序数据,可减少应用于判定处理的数据量,可减轻装置的运算负荷。

[0022] 并且期望的是,所述爆震检测装置具有:组噪声分量计算单元,其根据所述频率组时序数据(GKMAP (j, i))计算与所述频率组对应的组噪声分量的时序数据(GNLMAP (j, i));以及组噪声校正单元,其利用所述组噪声分量的时序数据(GNLMAP (j, i))来校正所述频率组时序数据(GKMAP (j, i)),所述二值化单元对校正后的频率组时序数据(GJKMAP (j, i))进行二值化。

[0023] 根据该结构,根据频率组时序数据计算与频率组对应的组噪声分量的时序数据,利用组噪声分量的时序数据来校正频率组时序数据。然后,对校正后的时序数据进行二值化,根据该二值化后的时序数据进行爆震判定。因此,在进行基于频率组时序数据的爆震判定的情况下,可减轻噪声分量的影响,可进行准确的判定。

#### 附图说明

[0024] 图 1 是示出本发明的一实施方式涉及的内燃机及其控制装置的结构图。

[0025] 图 2 是用于说明爆震传感器输出的采样和频率分量分析的图。

[0026] 图 3 是将通过频率分量分析获得的强度数据表示为频谱时序映射图和二值化频谱时序映射图的图。

[0027] 图 4 是示出进气门的落位噪声的二值化频谱时序映射图的图。

[0028] 图 5 是为了说明噪声去除处理而示出二值化频谱时序映射图的图。

[0029] 图 6 是为了说明使用主模式映射图的爆震判定而示出二值化频谱时序映射图的图。

[0030] 图 7 是示出加权映射图的一例的图。

[0031] 图 8 是爆震判定处理的流程图。

[0032] 图 9 是示出在图 8 的处理中参照的映射图的图。

[0033] 图 10 是在图 8 所示的处理中执行的二值化数据映射图计算处理的流程图。

[0034] 图 11 是在图 10 所示的处理中执行的二值化处理的流程图。

[0035] 图 12 是示出在图 11 的处理中参照的映射图的图。

[0036] 图 13 是在图 8 所示的处理中执行的噪声去除处理的流程图。

[0037] 图 14 是在图 8 所示的处理中执行的适合率计算处理的流程图。

[0038] 图 15 是用于说明在图 14 的处理中参照的映射图的图。

[0039] 图 16 是在图 8 所示的处理中执行的噪声学习处理的流程图。

[0040] 图 17 是在图 16 所示的处理中执行的噪声映射图更新处理的流程图。

[0041] 图 18 是本发明的第 2 实施方式涉及的爆震判定处理的流程图。

[0042] 图 19 是将通过频率分量分析获得的强度数据表示为频谱时序映射图并将噪声分量强度显示为频谱时序映射图的图。

[0043] 图 20 是示出噪声去除处理后的频谱时序映射图以及将该频谱时序映射图进行了

二值化后的映射图的图。

[0044] 图 21 是在图 18 的处理中执行的数据映射图计算处理的流程图。

[0045] 图 22 是在图 18 的处理中执行的噪声去除处理的流程图。

[0046] 图 23 是在图 18 的处理中执行的二值化处理的流程图。

[0047] 图 24 是在图 18 的处理中执行的噪声学习处理的流程图。

[0048] 图 25 是用于说明本发明的第 3 实施方式中的分组化的图。

[0049] 图 26 是用于说明基于分组化后的频谱时序映射图的爆震判定处理的图。

[0050] 图 27 是本发明的第 3 实施方式涉及的爆震判定处理的流程图。

[0051] 图 28 是在图 27 的处理中执行的分组化处理的流程图。

[0052] 图 29 是示出图 14 所示的处理的变形例的流程图。

[0053] 图 30 是用于说明现有技术的课题的图。

[0054] 标号说明

[0055] 1:内燃机;5:电子控制单元(爆震判定单元、频率分量分析单元、数据存储单元、二值化单元、噪声分量计算单元、噪声校正单元、加权单元、频率组时序数据生成单元、组噪声分量计算单元、组噪声校正单元);11:爆震传感器。

## 具体实施方式

[0056] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。

[0057] [第 1 实施方式]

[0058] 图 1 是本发明的一实施方式涉及的内燃机(以下称为“发动机”)及其控制装置的整体结构图,例如在 4 气缸的发动机 1 的进气管 2 的中途配设有节气门 3。节气门 3 与检测节气门开度 TH 的节气门开度传感器 4 连接,传感器 4 的检测信号被提供给电子控制单元(以下称为“ECU”)5。

[0059] 针对每个气缸,在位于发动机 1 与节气门 3 之间、且处于进气管 2 中的未图示的进气门的稍稍上游侧位置设置有燃料喷射阀 6,各喷射阀与未图示的燃料泵连接并与 ECU5 电连接,根据来自该 ECU5 的信号来控制燃料喷射阀 6 的开启时间。在发动机 1 的各气缸内设有火花塞 7,火花塞 7 与 ECU5 连接。ECU5 将点火信号提供给火花塞 7。

[0060] 在节气门 3 的下游侧设有检测进气压 PBA 的进气压传感器 8 以及检测进气温度 TA 的进气温度传感器 9。在发动机 1 的主体上安装有检测发动机冷却水温度 TW 的冷却水温度传感器 10 和非共振型的爆震传感器 11。传感器 8~11 的检测信号被提供给 ECU5。作为爆震传感器 11,例如使用可检测从 5kHz 到 25kHz 的频带的振动的传感器。

[0061] 在进气管 2 的节气门 3 的上游侧设有检测吸入空气流量 GA 的吸入空气流量传感器 13,其检测信号被提供给 ECU5。

[0062] ECU5 与检测发动机 1 的曲轴(未图示)的旋转角度的曲轴角度位置传感器 11 连接,与曲轴的旋转角度对应的信号被提供给 ECU5。曲轴角度位置传感器 11 由以下传感器构成:在发动机 1 的特定气缸的预定曲轴角度位置输出脉冲(以下称为“CYL 脉冲”)的气缸判别传感器;针对各气缸的吸入行程开始时的上止点(TDC),在预定曲轴角度之前的曲轴角度位置(在 4 气缸发动机中是每 180 度曲轴角度)输出 TDC 脉冲的 TDC 传感器;以及以比 TDC 脉冲短的一定曲轴角度周期(例如 6 度的周期)产生 1 个脉冲(以下称为“CRK 脉冲”)的 CRK

传感器, CYL 脉冲、TDC 脉冲以及 CRK 脉冲被提供给 ECU5。这些脉冲用于燃料喷射正时、点火正时等的各种正时控制、发动机转速(发动机旋转速度) NE 的检测。

[0063] 发动机 1 具有气门工作特性改变装置 20, 气门工作特性改变装置 20 具有第 1 气门工作特性改变机构和第 2 气门工作特性改变机构, 第 1 气门工作特性改变机构连续变更进气门(未图示)的气门升程量和开启角(气门开启期间), 第 2 气门工作特性改变机构连续变更驱动进气门的凸轮的、以曲轴旋转角度为基准的工作相位。ECU5 将升程量控制信号和工作相位控制信号提供给气门工作特性改变装置 20, 进行进气门的工作控制。第 1 和第 2 气门工作特性改变机构的结构分别在例如日本特开 2008 - 25418 号公报和日本特开 2000 - 227013 号公报中示出。

[0064] ECU5 由以下电路等构成: 具有对来自各种传感器的输入信号波形进行整形、将电压电平修正为预定级别、将模拟信号值转换为数字信号值等的功能的输入电路; 中央运算处理单元(以下称为“CPU”); 存储由该 CPU 执行的各种运算程序和运算结果等的存储电路(存储器); 以及将驱动信号提供给燃料喷射阀 6 和火花塞 7 的输出电路。

[0065] 下面说明本实施方式中的爆震判定方法的概要。图 2 (a) 示出爆震传感器 11 的输出信号波形, 图 2 (b) 是将该图 2 (a) 的期间 TS 的波形进行放大示出的图。在本实施方式中, 将以采样周期 20 微秒检测出的 50 个数据作为对象, 进行基于快速傅立叶变换的频率分量分析。该频率分量分析的结果如图 2 (c) 所示。图 2 (c) 的纵轴是能量强度 PS, 在本实施方式中, 与从 5kHz 到 25kHz 的频带中的每 1kHz 的频率(5, 6, 7, ..., 24, 25kHz) 对应的能量强度 PS 是针对每 6 度曲轴角度计算出的。

[0066] 由此, 频率分量的时序数据如图 3 (a) 所示被计算为二维矩阵(以下称为“频谱时序映射图”)。在频谱时序映射图中, 纵方向是频率  $f$  [kHz], 横方向是曲轴角度(燃烧行程开始的上止点后的曲轴角度) CA [deg]。这里, 作为纵方向和横方向的指标分别使用“j” ( $j = 0 \sim 20$ ) 和“i” ( $i = 0 \sim 14$ ), 将频谱时序映射图的要素表示为强度参数  $KMAP(j, i)$ 。例如强度参数  $KMAP(0, 0)$  相当于左下端的“34”, 强度参数  $KMAP(0, 14)$  相当于右下端的“31”, 强度参数  $KMAP(20, 0)$  相当于左上端的“56”, 强度参数  $KMAP(20, 14)$  相当于右上端的“30”。另外, 强度参数  $KMAP$  是表示相对强度的无因次量。

[0067] 对图 3 (a) 的频谱时序映射图进行二值化获得图 3 (b) 的二值化频谱时序映射图。当强度参数  $KMAP(j, i)$  是“50”以上时, 作为图 3 (b) 的映射图的要素的二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  取“1”, 当强度参数  $KMAP(j, i)$  小于“50”时, 二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  取“0”。

[0068] 图 3 (b) 所示的二值化频谱时序映射图是当发生图 30 的虚线表示的爆震时获得的映射图。另一方面, 图 30 的实线所示的落位噪声的二值化频谱时序映射图如图 4 所示, 由于与图 3 (b) 所示的爆震发生时的映射图明确不同, 因而不会将落位噪声误判定为爆震发生, 可进行准确的爆震判定。

[0069] 在本实施方式中还构成为, 根据当判定为未发生爆震时的二值化频谱时序映射图, 通过学习运算生成与噪声对应的二值化频谱时序映射图(以下简称为“二值化噪声映射图”), 从根据检测数据计算出的二值化频谱时序映射图上的对应的值中减去二值化噪声映射图上的噪声学习值, 从而去除噪声影响。

[0070] 图 5 (a) 是示出通过学习运算获得的二值化噪声映射图的一例的图, 按照曲轴角

度 6 度的定时、在 6 ~ 25kHz 的频带内示出噪声分量。图 5 (b) 示出通过从图 3 (b) 所示的二值化频谱时序映射图中减去图 5 (a) 所示的噪声分量来进行噪声去除处理后的二值化频谱时序映射图。这样通过进行噪声去除处理,能消除噪声影响,能进行更准确的判定。

[0071] 并且在本实施方式中,通过将根据检测数据获得的二值化频谱时序映射图与图 6 (a) 所示的主模式(pattern)映射图进行比较,判定是否发生爆震。主模式映射图相当于当发生爆震时获得的典型的二值化频谱时序映射图。

[0072] 上述比较具体按以下方式进行。通过将二值化频谱时序映射图上的二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  与主模式映射图上的主参数  $MMAP(j, i)$  的积进行累计,计算强度累计值  $SUMK$ , 计算主参数  $MMAP(j, i)$  自身的累计值即基准累计值  $SUMM$ , 计算强度累计值  $SUMK$  对基准累计值  $SUMM$  的比率即适合率  $PFIT (= SUMK/SUMM)$ 。然后,当适合率  $PFIT$  超过判定阈值  $SLVL$  时,判定为发生了爆震。

[0073] 图 6 (b) 示出图 5 (b) 所示的二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  与图 6 (a) 所示的主模式映射图上的主参数  $MMAP(j, i)$  的积( $NKMAP(j, i) \times MMAP(j, i)$ )的映射图。在该例子中,图 6 (b) 的积映射图与图 5 (b) 所示的映射图完全相同,适合率  $PFIT$  为“0.863”。

[0074] 另外,在后述的实际的爆震判定处理中,在计算上述强度累计值  $SUMK$  和基准累计值  $SUMM$  时进行与发动机运转状态对应的加权。图 7 示出设定了用于进行该加权的加权参数  $WMAP(j, i)$  的加权映射图的一例。图 7 所示的加权映射图被设定为:针对以下参数值,即,对于频率 6kHz 的分量针对从曲轴角度 12 度到 72 度的参数值进行加权,对于频率 10kHz 的分量针对从曲轴角度 36 度到 66 度的参数值进行加权,以及对于频率 11kHz、13kHz、15kHz 和 20kHz 的分量针对从曲轴角度 12 度到 30 度的参数值进行加权。

[0075] 基于图 7 所示的加权映射图的加权是为了补偿二值化频谱时序映射图的针对频率的特性依赖于发动机运转状态而变化这种情况而进行的。通过根据发动机运转状态进行加权,与发动机运转状态的变化无关,能进行准确判定。

[0076] 本实施方式中的爆震传感器输出  $VS$  的采样周期采用 20 微秒,使用 50 个采样值来进行频率分量分析。由此,能以 1kHz 间隔计算到 25kHz 为止的频率分量。另外,当发动机转速  $NE$  是 1000rpm 时,曲轴旋转 6 度需要的时间  $TD6$  是 1 毫秒,获得 50 个采样值。并且例如当发动机转速  $NE$  是 2000rpm 时,时间  $TD6$  为 500 微秒,采样数据数为 25,因而使用之前刚检测出的 12 度曲轴角度的采样值,每 6 度曲轴角度进行频率分量分析。

[0077] 频率分量分析(快速傅立叶变换)是在未图示的处理中执行的,每 6 度曲轴角度就将通过运算结果获得的各频率的强度值  $STFT(k)$  ( $k = 0 \sim (KN - 1)$ ) 存储在 ECU5 的存储电路(RAM)内。 $KN$  是在从上止点后 6 度到 90 度的曲轴角度范围内获得的强度值的数量,在本实施方式中是 315 (图 3 ~ 图 6 所示的映射图上的数据数)。

[0078] 图 8 是使用上述方法进行爆震判定的处理的流程图,该处理由 ECU5 的 CPU 与 TDC 脉冲的发生同步执行。

[0079] 在步骤 S11 中,执行图 10 所示的二值化数据映射图计算处理,进行上述的二值化频谱时序映射图的计算。在步骤 S12 中,执行图 13 所示的噪声去除处理,使用图 5 (a) 例示的二值化噪声映射图来进行去除噪声分量的处理。

[0080] 在步骤 S13 中,执行图 14 所示的适合率计算处理,使用去除了噪声分量后的二值化频谱时序映射图和主模式映射图来计算适合率  $PFIT$ 。

[0081] 在步骤 S14 中,根据发动机转速 NE 和进气压力 PBA 检索按例如图 9 所示设定的 SLVL 映射图,计算判定阈值 SLVL。针对在 SLVL 映射图中设定的格子点以外的发动机转速 NE 和进气压力 PBA,通过插值运算来计算判定阈值 SLVL。

[0082] 在步骤 S15 中,判别在步骤 S13 计算出的适合率 PFIT 是否大于判定阈值 SLVL,当该答案是肯定(YES)时,判定为发生爆震,将爆震标志 FKNOCK 设定为“1”(步骤 S16)。

[0083] 当在步骤 S15 中是  $PFIT \leq SLVL$  时,判定为未发生爆震,将爆震标志 FKNOCK 设定为“0”(步骤 S17)。然后执行图 16 所示的噪声学习处理,进行二值化噪声映射图(参照图 5(a))的更新。

[0084] 图 10 是在图 8 的步骤 S11 中执行的二值化数据映射图计算处理的流程图。

[0085] 在步骤 S21 中,将曲轴角度指标  $i$ 、频率指标  $j$  以及存储器地址指标  $k$  均初始化为“0”。在步骤 S22 中,判别频率指标  $j$  是否大于从频率数据数 JN (在本实施方式中是 21) 中减去“1”后的值。由于最开始该判定是否定(NO),因而进到步骤 S23,判别曲轴角度指标  $i$  是否大于从曲轴角度数据数 IN (在本实施方式中是 15) 中减去“1”后的值。

[0086] 由于最开始步骤 S23 的答案也是否定(NO),因而根据下述式(1)计算存储器地址指标  $k$  (步骤 S24)。因此,存储器地址指标  $k$  伴随曲轴角度指标  $i$  和频率指标  $j$  的增加,从 0 变化到  $(JN \times IN - 1)$ 。

[0087]  $k = i + j \times IN$  (1)

[0088] 在步骤 S25 中,将强度参数  $KMAP(j, i)$  设定为存储在存储器内的强度值  $STFT[k]$ ,在步骤 S26 中,执行图 11 所示的二值化处理。然后使曲轴角度指标  $i$  递增“1”(步骤 S27)。

[0089] 在图 11 的步骤 S31 中,根据发动机转速 NE 和进气压力 PBA 检索图 12 所示的 BLVL 映射图,计算二值化阈值 BLVL。BLVL 映射图被设定成,发动机转速 NE 越增加,二值化阈值 BLVL 就越增加,而且进气压力 PBA 越增加,二值化阈值 BLVL 就越增加。由线 L1 表示的设定值适用于从第 1 预定进气压力 PBA1 (例如 53kPa (400mmHg)) 至第 2 预定进气压力 PBA2 (例如 80kPa (600mmHg)) 的范围。线 L2 和 L3 分别对应于第 3 预定进气压力 PBA3 (例如 93kPa (700mmHg)) 和第 4 预定进气压力 PBA4 (例如 107kPa (800mmHg))。

[0090] 在步骤 S32 中,判别强度参数  $KMAP(j, i)$  是否大于二值化阈值 BLVL,当其答案是肯定(YES)时,将二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  设定为“1”(步骤 S33)。另一方面,当在步骤 S32 中是  $KMAP(j, i) \leq BLVL$  时,将二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  设定为“0”(步骤 S34)。

[0091] 回到图 10,在步骤 S23 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S24 ~ S27,当曲轴角度指标  $i$  超过  $(IN - 1)$  时,进到步骤 S28,使曲轴角度指标  $i$  恢复为“0”,并使频率指标  $j$  递增“1”,回到步骤 S22。

[0092] 在步骤 S22 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S23 ~ S28,当频率指标  $j$  超过  $(JN - 1)$  时,结束本处理。

[0093] 通过图 10 的处理,将存储在存储器内的作为频率分量分析结果获得的强度值  $STFT[k]$  转换为图 3(a) 所示的频谱时序映射图的形式,并进行强度参数  $KMAP(j, i)$  的二值化,计算二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$ 。即,生成图 3(b) 所示的二值化频谱时序映射图。

[0094] 图 13 是在图 8 的步骤 S12 中执行的噪声去除处理的流程图。

[0095] 在步骤 S41 中,将曲轴角度指标  $i$  和频率指标  $j$  都初始化为“0”。在步骤 S42 中,

判别频率指标  $j$  是否大于从频率数据数  $JN$  中减去“1”后的值。由于最开始其答案是否定(N0),因而进到步骤 S43,判别曲轴角度指标  $i$  是否大于从曲轴角度数据数  $IN$  中减去“1”后的值。

[0096] 由于最开始步骤 S43 的答案也是否定(N0),因而根据下述式(2)校正二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$ , 计算校正二值化强度参数  $JKMAP(j, i)$ 。式(2)的  $NNMAP(j, i)$  是通过学习处理而更新的二值化噪声映射图上的二值化噪声参数。

$$[0097] \quad JKMAP(j, i) = NKMAP(j, i) - NNMAP(j, i) \quad (2)$$

[0098] 在步骤 S45 中,判别校正二值化强度参数  $JKMAP(j, i)$  是否是负值,当其答案是否定(N0)时,立即进到步骤 S47。当  $JKMAP(j, i) < 0$  时,将  $JKMAP(j, i)$  设定为“0”(步骤 S46),进到步骤 S47。

[0099] 在步骤 S47 中,使曲轴角度指标  $i$  递增“1”,回到步骤 S43。在步骤 S43 的答案是否定(N0)的期间,重复执行步骤 S44 ~ S47,当曲轴角度指标  $i$  超过  $(IN - 1)$  时,进到步骤 S48,使曲轴角度指标  $i$  恢复为“0”,并使频率指标  $j$  递增“1”,回到步骤 S42。在步骤 S42 的答案是否定(N0)的期间,重复执行步骤 S43 ~ S48,当频率指标  $j$  超过  $(JN - 1)$  时,结束本处理。

[0100] 通过图 13 的处理,获得去除了噪声后的校正二值化强度参数  $JKMAP(j, i)$ 。

[0101] 图 14 是在图 8 的步骤 S13 中执行的适合率计算处理的流程图。

[0102] 在步骤 S51 中,根据发动机转速  $NE$  和进气压力  $PBA$  选择主模式映射图,在步骤 S52 中,根据发动机转速  $NE$  和进气压力  $PBA$  选择加权映射图。加权映射图是为了补偿二值化频谱时序映射图的针对频率的特性依赖于发动机运转状态而变化这种情况而设置的。当发动机转速  $NE$  或进气压力  $PBA$  (发动机负荷)变化时,燃烧室内的温度变化,二值化频谱时序映射图变化。因此,通过根据发动机转速  $NE$  和进气压力  $PBA$  选择主模式映射图和加权映射图,不管发动机运转状态的变化如何,都能进行准确的判定。

[0103] 在本实施方式中,如图 15 所示对应于根据发动机转速  $NE$  和进气压力  $PBA$  而定义的 9 个发动机运转区域,预先设定了 9 个主模式映射图和 9 个加权映射图,在步骤 S51 中选择 9 个主模式映射图中的 1 个,在步骤 S52 中,选择 9 个加权映射图中的 1 个。在图 15 中,低转速区域被设定为例如发动机转速是 2000rpm 以下的区域,中转速区域被设定为从 2000rpm 到 4000rpm 的区域,高转速区域被设定为超过 4000rpm 的区域。并且,低负荷区域被设定为例如进气压力  $PBA$  在 67kPa (500mmHg)以下的区域,中负荷区域被设定为从 67kPa 到 93kPa (700mmHg)的区域,高负荷区域被设定为超过 93kPa 的区域。

[0104] 在步骤 S53 中,将曲轴角度指标  $i$  和频率指标  $j$  都初始化为“0”,并将强度累计值  $SUMK$  和基准累计值  $SUMM$  初始化为“0”。强度累计值  $SUMK$  和基准累计值  $SUMM$  在后述的步骤 S57 中被更新,在步骤 S60 中被应用于适合率  $PFIT$  的计算。

[0105] 在步骤 S54 中,判别频率指标  $j$  是否大于从频率数据数  $JN$  中减去“1”后的值。由于最开始其答案是否定(N0),因而进到步骤 S55,判别曲轴角度指标  $i$  是否大于从曲轴角度数据数  $IN$  中减去“1”后的值。

[0106] 由于最开始步骤 S55 的答案也是否定(N0),因而进到步骤 S56,根据下述式(3)和(4)计算加权主参数  $MMW$  和加权积参数  $KMW$ 。下述式的  $WMAP(j, i)$  是在加权映射图中设定的加权参数。加权积参数  $KMW$  是使用加权参数  $WMAP(j, i)$  将主参数  $MMAP(j, i)$  和校正二

值化强度参数 JKMAP (j, i) 的积进行了加权后的参数。

$$[0107] \quad MMW = MMAP(j, i) \times WMAP(j, i) \quad (3)$$

$$[0108] \quad KMW = MMAP(j, i) \times JKMAP(j, i) \times WMAP(j, i) \quad (4)$$

[0109] 在步骤 S57 中,根据下述式(5)和(6),将加权主参数 MMW 和加权积参数 KMW 进行累计,计算基准累计值 SUMM 和强度累计值 SUMK。

$$[0110] \quad SUMM = SUMM + MMW \quad (5)$$

$$[0111] \quad SUMK = SUMK + KMW \quad (6)$$

[0112] 在步骤 S58 中,使曲轴角度指标 i 递增“1”,回到步骤 S55。在步骤 S55 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S56 ~ S58,当曲轴角度指标 i 超过(IN - 1)时,进到步骤 S59,使曲轴角度指标 i 恢复为“0”,并使频率指标 j 递增“1”,回到步骤 S54。在步骤 S54 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S55 ~ S59,当频率指标 j 超过(JN - 1)时,进到步骤 S60,根据下述式(7)计算适合率 PFIT。

$$[0113] \quad PFIT = SUMK / SUMM \quad (7)$$

[0114] 图 16 是在图 8 的步骤 S18 中执行的噪声学习处理的流程图。

[0115] 在步骤 S71 中,将曲轴角度指标 i、频率指标 j、加法学习参数 LK 以及减法学习参数 LM 均初始化为“0”。在步骤 S72 中,判别频率指标 j 是否大于从频率数据数 JN 中减去“1”后的值。由于最开始该答案是否定(NO),因而进到步骤 S73,判别曲轴角度指标 i 是否大于从曲轴角度数据数 IN 中减去“1”后的值。

[0116] 由于最开始步骤 S73 的答案也是否定(NO),因而进到步骤 S74,判别二值化强度参数 NKMAP (j, i) 是否等于二值化噪声参数 NNMAP (j, i)。当该答案是肯定(YES)时,立即进到步骤 S80。

[0117] 当步骤 S74 的答案是否定(NO)、二值化强度参数 NKMAP (j, i) 与二值化噪声参数 NNMAP (j, i) 不同时,判别二值化强度参数 NKMAP (j, i) 是否大于二值化噪声参数 NNMAP (j, i) (步骤 S75)。当该答案是肯定(YES)时,将加法学习参数 LK 设定为“1”,将减法学习参数 LM 设定为“0” (步骤 S76)。另一方面,当 NKMAP (j, i) < NNMAP (j, i) 时,将加法学习参数 LK 设定为“0”,将减法学习参数 LM 设定为“1” (步骤 S77)。

[0118] 在步骤 S78 中,根据下述式(8)和(9),修正加法学习参数 LK 和减法学习参数 LM。式(8)、(9)的 DSNOISE 是被设定为例如 0.1 的噪声学习系数。

$$[0119] \quad LK = DSNOISE \times LK \quad (8)$$

$$[0120] \quad LM = DSNOISE \times LM \quad (9)$$

[0121] 在步骤 S79 中,将加法学习参数 LK 和减法学习参数 LM 应用于下述式(10),来更新噪声参数 NMAP (j, i)。在下面说明的图 17 的处理中,通过将噪声参数 NMAP (j, i) 进行二值化,计算出二值化噪声参数 NNMAP (j, i)。

$$[0122] \quad NMAP(j, i) = NMAP(j, i) + LK - LM \quad (10)$$

[0123] 在步骤 S80 中,使曲轴角度指标 i 递增“1”,回到步骤 S73。在步骤 S73 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S74 ~ S80,当曲轴角度指标 i 超过(IN - 1)时,进到步骤 S81,使曲轴角度指标 i 恢复为“0”,并使频率指标 j 递增“1”,回到步骤 S72。在步骤 S72 的答案是否定(NO)的期间,重复执行步骤 S73 ~ S81,当频率指标 j 超过(JN - 1)时,进到步骤 S82,执行图 17 所示的噪声映射图更新处理。

[0124] 在图 17 的步骤 S91 中,将曲轴角度指标  $i$  和频率指标  $j$  都初始化为“0”。在步骤 S92 中,判别频率指标  $j$  是否大于从频率数据数  $JN$  中减去“1”后的值。由于最开始该答案是否定(N0),因而进到步骤 S93,判别曲轴角度指标  $i$  是否大于从曲轴角度数据数  $IN$  中减去“1”后的值。

[0125] 由于最开始步骤 S93 的答案也是否定(N0),因而进到步骤 S94,判别噪声参数  $NMAP(j, i)$  是否大于噪声二值化阈值  $NLVL$  (例如 0.8)。当该答案是肯定(YES)时,将二值化噪声参数  $NNMAP(j, i)$  设定为“1”(步骤 S95)。另一方面,当  $NMAP(j, i) \leq NLVL$  时,将二值化噪声参数  $NNMAP(j, i)$  设定为“0”(步骤 S96)。

[0126] 在步骤 S97 中,使曲轴角度指标  $i$  递增“1”,回到步骤 S93。在步骤 S93 的答案是否定(N0)的期间,重复执行步骤 S94 ~ S97,当曲轴角度指标  $i$  超过  $(IN - 1)$  时,进到步骤 S98,使曲轴角度指标  $i$  恢复为“0”,并使频率指标  $j$  递增“1”,回到步骤 S92。在步骤 S92 的答案是否定(N0)的期间,重复执行步骤 S93 ~ S98,当频率指标  $j$  超过  $(JN - 1)$  时,结束本处理。

[0127] 当在图 16 的步骤 S75 中  $NKMAP(j, i) > NNMAP(j, i)$  时,在步骤 S78 中为  $LK = 0.1, LM = 0$ ,根据式(10),使噪声参数  $NMAP(j, i)$  增加“0.1”。另一方面,当在步骤 S75 中  $NKMAP(j, i) < NNMAP(j, i)$  时,在步骤 S78 中为  $LK = 0, LM = 0.1$ ,根据式(10),使噪声参数  $NMAP(j, i)$  减小“0.1”。然后,当在图 17 的处理中噪声参数  $NMAP(j, i)$  大于噪声二值化阈值  $NLVL$  时,将二值化噪声参数  $NNMAP(j, i)$  设定为“1”,另一方面,当噪声参数  $NMAP(j, i)$  在噪声二值化阈值  $NLVL$  以下时,将二值化噪声参数  $NNMAP(j, i)$  设定为“0”。

[0128] 通过图 16 和图 17 的处理,根据当判定为未发生爆震时的二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  来更新二值化噪声映射图,例如把如进气门的落位噪声那样稳定发生的噪声反映到二值化噪声映射图上。其结果,能去除噪声的影响来进行高精度的判定。

[0129] 另外,可以不进行噪声去除处理(图 8,步骤 S12),直接使用二值化强度参数  $NKMAP$  来进行适合率  $PFIT$  的计算。这是因为,在不进行噪声去除处理的情况下,受到噪声影响的可能性高,然而可以如参照 30 所说明那样,与噪声区别开来爆震的判定。

[0130] 如以上详述,在本实施方式中,以 6 度曲轴角度的间隔进行爆震传感器 11 的输出信号的快速傅立叶变换运算(频率分量分析),生成作为其结果而获得的 5kHz ~ 25kHz 的频率分量的强度的时序数据即频谱时序映射图。即,频谱时序映射图的要素作为二维排列数据即强度参数  $KMAP(j, i)$  被存储在存储器内。然后,通过对强度参数  $KMAP(j, i)$  进行二值化,计算出二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$ ,根据该二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  判定是否发生爆震。由于在二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  上反映了伴随发动机旋转的频率分量分布的变化,因而通过将二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  和与爆震发生时特有的变化模式对应的主模式映射图上的主参数  $MMAP(j, i)$  进行比较,可准确判定爆震的发生。并且通过对作为频率分量分析的结果而获得的强度参数  $KMAP(j, i)$  进行二值化,数据量减少,并且时序数据的变化模式简化,因而可减少存储器容量,并可提高运算速度。

[0131] 并且当二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  ( $JKMAP(j, i)$ )表现出接近主参数  $MMAP(j, i)$  的变化模式时,发生爆震的可能性高,因而通过计算表示二值化强度参数  $NKMAP(j, i)$  ( $JKMAP(j, i)$ )和主参数  $MMAP(j, i)$  的类似性(相关性)的参数,可进行准确判定。

[0132] 在本实施方式中,作为表示该类似性(相关性)的参数使用适合率  $PFIT$ ,当适合率

PFIT 超过判定阈值 SLVL 时,判定为发生爆震。通过使用适合率 PFIT,可利用比较简单的运算可靠地评价二值化强度参数 NKMAP (j, i) (JKMAP (j, i)) 和主参数 MMAP (j, i) 的类似性(相关性),可进行准确判定。

[0133] 并且,根据二值化强度参数 NKMAP (j, i) 计算噪声分量的时序数据 NNMAP (j, i), 利用噪声分量的时序数据即噪声参数 NNMAP (j, i) 校正二值化强度参数 NKMAP (j, i), 根据校正二值化强度参数 JKMAP (j, i) 进行爆震判定。因此,能去除如上述的落位噪声那样表现稳定的噪声分量来进行更准确的判定。

[0134] 并且,将根据频率而设定的加权参数 WMAP (j, i) 乘以二值化强度参数 NKMAP (j, i) (JNKMAP (j, i)) 和主参数 MMAP (j, i), 计算适合率 PFIT。由于预先判明了当发生爆震时增大的频率分量,因而通过对与该频率附近的频率对应的数据进行大的加权,可提高判定精度。

[0135] 在本实施方式中, ECU5 构成爆震判定单元、频率分量分析单元、数据存储单元、二值化单元、噪声分量计算单元、噪声校正单元以及加权单元。具体地说,图 8 的步骤 S12 ~ S18 相当于爆震判定单元,步骤 S11 (图 10 的处理)相当于数据存储单元和二值化单元。并且步骤 S18 相当于噪声分量计算单元,步骤 S12 相当于噪声校正单元,图 14 的步骤 S52 和 S56 相当于加权单元。

[0136] [第 2 实施方式]

[0137] 本实施方式将第 1 实施方式中的爆震判定处理(图 8)变更为图 18 所示的处理。除了以下说明的方面以外,与第 1 实施方式相同。

[0138] 在图 18 所示的处理中,首先针对进行二值化前的强度参数 KMAP 执行噪声去除处理,计算校正强度参数 JKMAPI (步骤 S 12a),对校正强度参数 JKMAPI 进行二值化,计算校正二值化强度参数 JKMAP (步骤 S11b)。

[0139] 图 19 (a)示出本实施方式中的频谱时序映射图的一例,图 19 (b)是示出本实施方式中的噪声映射图的一例的图,设定了未进行二值化的噪声学习值。噪声去除处理是通过从图 19 (a) 的频谱时序映射图的各映射图值中减去图 19 (b) 的噪声映射图值来进行的,获得图 20 (a) 所示的校正频谱时序映射图。然后,通过对图 20 (a) 的校正频谱时序映射图进行二值化,获得图 20 (b) 所示的校正二值化强度参数映射图。

[0140] 图 21 是在图 18 的步骤 S11a 中执行的数据映射图计算处理的流程图。该处理去除了图 10 所示的二值化数据映射图计算处理的步骤 S26。即,仅进行将强度值 STFT (k) 转换为频谱时序映射图形式的处理。

[0141] 图 22 是在图 18 的步骤 S12a 中执行的噪声去除处理的流程图。该处理将图 13 所示的处理的步骤 S44 ~ S46 分别变更为步骤 S44a ~ S46a。

[0142] 在步骤 S44a 中,根据下述式(2a)计算校正强度参数 JKMAPI。式(2a)的 NLMAP(j, i) 是通过学习处理而更新的噪声映射图(图 19 (b)) 上的噪声参数。

[0143] 
$$JKMAPI(j, i) = KMAP(j, i) - NLMAP(j, i) \quad (2a)$$

[0144] 在步骤 S45a 中,判别校正强度参数 JKMAPI (j, i) 是否是负值,当该答案是否定(N0)时,立即进到步骤 S47。当 JKMAPI (j, i) < 0 时,将 JKMAPI (j, i) 设定为“0”(步骤 S46a),进到步骤 S47。

[0145] 通过图 22 的处理获得图 20 (a) 所示的校正频谱时序映射图。

[0146] 图 23 是在图 18 的步骤 S11b 中执行的二值化处理的流程图。该处理将图 11 所示的二值化处理的步骤 S32 ~ S34 分别变更为步骤 S32a ~ S34a, 然后追加用于针对全部映射图值进行二值化的步骤 S41 ~ S43、S47 和 S48 (进行与图 22 所示的步骤相同处理的步骤)。

[0147] 在步骤 S32a 中, 判别校正强度参数 JKMAPI (j, i) 是否大于二值化阈值 BLVL, 当该答案是肯定 (YES) 时, 将校正二值化强度参数 JKMAP (j, i) 设定为“1” (步骤 S33a)。另一方面, 当在步骤 S32a 中 JKMAPI (j, i)  $\leq$  BLVL 时, 将校正二值化强度参数 JKMAP (j, i) 设定为“0” (步骤 S34a)。

[0148] 通过图 23 的处理, 从图 20 (a) 所示的映射图获得图 20 (b) 所示的校正二值化强度参数映射图。

[0149] 图 24 是在图 18 的步骤 S18a 中执行的噪声学习处理的流程图。该处理去除了图 16 所示的处理的步骤 S74 ~ S78 和 S82, 将步骤 S79 变更为步骤 S79a。

[0150] 在步骤 S79a 中, 进行噪声参数 NLMAP (j, i) 的更新。具体地说, 将在未检测出爆震时获得的强度参数 KMAP (j, i) 应用于下述式 (31), 更新噪声参数 NLMAP (j, i)。右边的噪声参数 NLMAP (j, i) 是更新前的映射图值, DSNOISEa 是例如被设定为“0.5”的退火系数。

[0151]  $NLMAP(j, i) = NLMAP(j, i) \times DSNOISEa$

[0152]  $+KMAP(j, i) \times (1 - DSNOISEa)$  (31)

[0153] 另外, 式 (31) 的退火系数 DSNOISEa 可以如以下说明那样根据发动机运转状态在 0 至 1 的范围内变更。

[0154] 1) 当发动机转速 NE 急剧上升时 (例如当发动机转速的本次值 NE (m) 与上次值 NE (m-1) 之差 (NE (m) - NE (m-1)) 是 200rpm 以上时), 将退火系数 DSNOISEa 变更为更小的值。由此, 使强度参数的本次值 KMAP (j, i) 的权重增加, 提高噪声参数 NLMAP (j, i) 的学习速度。上述“m”是按图 18 的处理的执行周期离散化的离散化时刻。

[0155] 2) 当进气门的开启正时 CAI 急剧变化时 (例如当开启正时的本次值 CAI (m) 与上次值 CAI (m-1) 之差的绝对值在 5 度以上时), 将退火系数 DSNOISEa 变更为更小的值。

[0156] 3) 当进气门的升程量 LFT 急剧变化时 (例如当升程量的本次值 LFT (m) 与上次值 LFT (m-1) 之差的绝对值在 0.5mm 以上时), 将退火系数 DSNOISEa 变更为更小的值。

[0157] 根据本实施方式, 由于使用二值化前的强度参数 KMAP 来更新噪声映射图的映射图值 (NLMAP), 因而与第 1 实施方式相比, 获得精度更高的噪声参数 NLMAP (j, i)。

[0158] 在本实施方式中, 图 18 的步骤 S11a 相当于数据存储单元, 步骤 S12a 相当于噪声校正单元, 步骤 S18a 相当于噪声分量计算单元, 步骤 S11b 相当于二值化单元, 步骤 S13 ~ S17 相当于爆震判定单元。

[0159] [第 3 实施方式]

[0160] 本实施方式构成为, 将从 5kHz 到 25kHz 的 21 个频率分割 (分组) 为由 3 个频率构成的 7 个频率组 G1 ~ G7, 将与 1 个采样定时对应的强度参数 KMAP 的代表值即组强度参数 GKMAP 设定为频率组内的最大值。通过最开始这样来进行分组, 成为噪声去除处理、二值化处理以及适合率计算处理的对象的数据数减少到 1/3, 可大幅减少运算负荷。另外, 除了以下说明的方面以外, 与第 2 实施方式相同。

[0161] 图 25 是用于说明分组的图。如图 25 (a) 所示, 频率 5kHz、6kHz、7kHz 对应于频

率组 G1, 频率 8kHz、9kHz、10kHz 对应于频率组 G2, 频率 11kHz、12kHz、13kHz 对应于频率组 G3, 频率 14kHz、15kHz、16kHz 对应于频率组 G4, 频率 17kHz、18kHz、19kHz 对应于频率组 G5, 频率 20kHz、21kHz、22kHz 对应于频率组 G6, 频率 23kHz、24kHz、25kHz 对应于频率组 G7。对各采样定时(曲轴角度)的组内的最大值附上阴影线来示出。通过提取该最大值, 获得图 25 (b) 所示的分组后的频谱时序映射图。

[0162] 在本实施方式中, 使用图 25 (b) 所示的频谱时序映射图来进行爆震判定。将图 25 (b) 所示的频谱时序映射图的设定值称为“组强度参数  $GKMAP(n, i)$ ”。“n”是表示频率组的组指标, 在本实施方式中对应于频率组 G1 至 G7 而取“0”~“6”的值。

[0163] 图 26 (a) 示出与图 25 (b) 相同的映射图, 图 26 (b) 是通过第 2 实施方式所示的学习处理获得的噪声映射图。将图 26 (b) 所示的噪声映射图的设定值称为“组噪声参数  $GNLMAP(n, i)$ ”。

[0164] 通过从组强度参数  $GKMAP(n, i)$  减去组噪声参数  $GNLMAP(n, i)$ , 计算出组校正强度参数  $GJKMAP_I(n, i)$ 。图 26 (c) 示出设定了组校正强度参数  $GJKMAP_I(n, i)$  的频谱时序映射图。

[0165] 然后通过对组校正强度参数  $GJKMAP_I(n, j)$  进行二值化, 计算出二值化组校正强度参数  $GJKMAP(n, j)$ 。图 26 (d) 示出设定了二值化组校正强度参数  $GJKMAP(n, i)$  的频谱时序映射图。并且主模式映射图例如由图 26 (e) 给出。

[0166] 可与上述实施方式一样来进行与根据二值化组校正强度参数  $GJKMAP$  和图 26 (e) 所示的主模式映射图计算出的适合率 PFIT 对应的爆震判定。

[0167] 图 27 是本实施方式中的爆震判定处理的流程图。向图 18 所示的处理追加进行分组处理的步骤 S100, 将步骤 S12a、S11b、S13 ~ S17、S18a 分别变更为步骤 S101 ~ S108。

[0168] 步骤 S101 ~ S103 和 S108 的处理与对应的图 18 的步骤的处理的不同点仅是, 成为处理对象的映射图的行数不是 21 行而是 7 行, 因而省略详细说明。

[0169] 图 28 是在图 27 的步骤 S100 中执行的分组处理的流程图。

[0170] 在步骤 S111 中, 将曲轴角度指标  $i$ 、频率指标  $j$  以及组指标  $n$  全部初始化为“0”。在步骤 S112 中, 判别频率指标  $j$  是否大于从频率数据数  $JN$  减去“1”后的值。由于最开始该答案是否定(NO), 因而进到步骤 S113, 判别曲轴角度指标  $i$  是否大于从曲轴角度数据数  $IN$  减去“1”后的值。

[0171] 由于最开始步骤 S113 的答案也是否定(NO), 因而进到步骤 S114, 将参数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别设定为在频率方向连续的强度参数  $KMAP(j, i)$ 、 $KMAP(j+1, i)$ 、 $KMAP(j+2, i)$ 。在步骤 S115 中, 将组强度参数  $GKMAP(n, i)$  设定为参数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  的最大值。

[0172] 在步骤 S116 中, 使曲轴角度指标  $i$  增加“1”, 回到步骤 S113。在步骤 S113 的答案是否定(NO) 的期间, 重复执行步骤 S114 ~ S116, 当曲轴角度指标  $i$  超过  $(IN-1)$  时, 进到步骤 S117, 使曲轴角度指标  $i$  恢复为“0”, 并使频率指标  $j$  增加“3”, 回到步骤 S112。在步骤 S112 的答案是否定(NO) 的期间, 重复执行步骤 S113 ~ S117, 当频率指标  $j$  超过  $(JN-1)$  时, 结束本处理。

[0173] 通过图 28 的处理, 获得设定了组强度参数  $GKMAP(n, i)$  的频谱时序映射图(图 25 (b))。

[0174] 根据本实施方式, 由于以组强度参数  $GKMAP$  为对象进行噪声去除处理、二值化处

理以及适合率计算处理,因而成为处理对象的数据数减少,可减少运算负荷。

[0175] 在本实施方式中,图 28 的处理相当于频率组时序数据生成单元,图 27 的步骤 S108 相当于组噪声分量计算单元,步骤 S101 相当于组噪声校正单元。

[0176] 另外,本发明不限于上述的实施方式,能进行各种变形。例如,爆震传感器输出的采样周期和进行频率分量分析的曲轴角度间隔不限于上述的采样周期和曲轴角度间隔(20 微秒,6 度),能在可达到本发明目的的范围内进行变更。并且,二值化频谱时序映射图(在上述实施方式中由 21 行 × 15 列的矩阵构成)也同样能变更。

[0177] 并且在上述的第 1 实施方式中,将校正二值化强度参数 JKMAP(j, i)和主参数 MMAP(j, i)乘以加权参数 WMAP(j, i),计算出适合率 PFIT,然而也可以不乘以加权参数 WMAP(j, i),即不进行加权来计算。

[0178] 并且在上述的实施方式中,根据发动机转速 NE 和进气压力 PBA 计算或选择判定阈值 SLVL、二值化阈值 BLVL、主模式映射图以及加权映射图,然而可以固定为预先设定的值或 1 个映射图。

[0179] 并且,适合率 PFIT 也可以通过图 29 所示的处理来计算。在图 29 所示的处理中,将图 14 的步骤 S53、S56、S57、S60 变更为步骤 S53a、S56a、S57a、S57b 以及 S60a。

[0180] 在步骤 S53a 中,将曲轴角度指标 i 和频率指标 j 初始化,并将强度累计值 SUMKa 和基准累计值 SUMMa 初始化为“0”。

[0181] 在步骤 S56a 中,判别校正二值化强度参数 JKMAP(j, i)是否等于对应的主参数 MMAP(j, i),当其答案是肯定(YES)时,根据下述式(11)更新强度累计值 SUMKa(步骤 S57a)。

$$[0182] \quad \text{SUMKa} = \text{SUMKa} + \text{WMAP}(j, i) \quad (11)$$

[0183] 当在步骤 S56a 中 JKMAP(j, i)不等于对应的主参数 MMAP(j, i)时,立即进到步骤 S57b。

[0184] 在步骤 S57b 中,根据下述式(12)更新基准累计值 SUMMa。

$$[0185] \quad \text{SUMMa} = \text{SUMMa} + \text{WMAP}(j, i) \quad (12)$$

[0186] 在步骤 S60a 中,将强度累计值 SUMKa 和基准累计值 SUMMa 应用于下述式(13),计算适合率 PFIT。

$$[0187] \quad \text{PFIT} = \text{SUMKa} / \text{SUMMa} \quad (13)$$

[0188] 校正二值化强度参数 JKMAP(j, i)和主参数 MMAP(j, i)的类似性(相关性)越高,通过图 29 的处理计算出的适合率 PFIT 也就成为越大的值,适合率 PFIT 可用作表示类似性(相关性)的参数。

[0189] 并且在上述的实施方式中,作为表示校正二值化强度参数 JKMAP(j, i)和主参数 MMAP(j, i)的类似性(相关性)的参数,使用了适合率 PFIT,然而也可以使用例如根据下述式(21)计算出的校正二值化强度参数 JKMAP(j, i)和主参数 MMAP(j, i)之差的绝对值的合计即差值累计值 SUMDIF。

[0190] [算式 1]

$$[0191] \quad \text{SUMDIF} = \sum_{i=0}^{IN-1} \sum_{j=0}^{JN-1} |\text{JKMAP}(j, i) - \text{MMAP}(j, i)| \quad (21)$$

[0192] 差值累计值 SUMDIF 的值越小则表示类似性(相关性)越高,因而当差值累计值 SUMDIF 小于差值判定阈值 SDLVL 时,判定为发生爆震。

[0193] 并且在上述的第3实施方式中,通过利用组噪声参数GNLMAP来校正组强度参数GKMAP,来计算组校正强度参数GJKMAPI,通过对组校正强度参数GJKMAPI进行二值化,计算二值化组校正强度参数GJKMAP,然而也可以与第1实施方式一样,对组强度参数GKMAP进行二值化来计算二值化组强度参数GNKMAP,利用二值化组噪声参数NNMAP来校正二值化组强度参数GNKMAP,从而计算二值化组校正强度参数GJKMAP。

[0194] 并且在上述的实施方式中,时常进行爆震判定,然而也可以判定有无不易发生爆震的气缸,在有这样的气缸(以下称为“气缸CYLXK”)的情况下,不进行气缸CYLXK的爆发冲程中的爆震判定处理。由此,可减少爆震判定处理的运算负荷。

[0195] 气缸CYLXK的选择例如按以下进行。在发动机转速NE较低的运转状态下,针对全部气缸执行爆震判定,此时针对每个气缸计算点火正时的滞后角校正值IGKNOCK。然后,将滞后角校正值IGKNOCK的最小值小于预定阈值的气缸选择为气缸CYLXK。然后,在发动机转速NE高于预定转速的高转速区域中,停止与气缸CYLXK对应的爆震判定处理。点火正时的滞后角校正值IGKNOCK是这样计算的,即当检测出爆震时,使IGKNOCK增加第1预定量,当未检测出爆震时,使IGKNOCK按各点火正时递减(该计算方法在例如日本特开2004-353473号公报中示出)。

[0196] 并且,本发明还能应用于将曲轴设定为垂直方向的舷外发动机等那样的船舶推进机用发动机等的爆震检测。

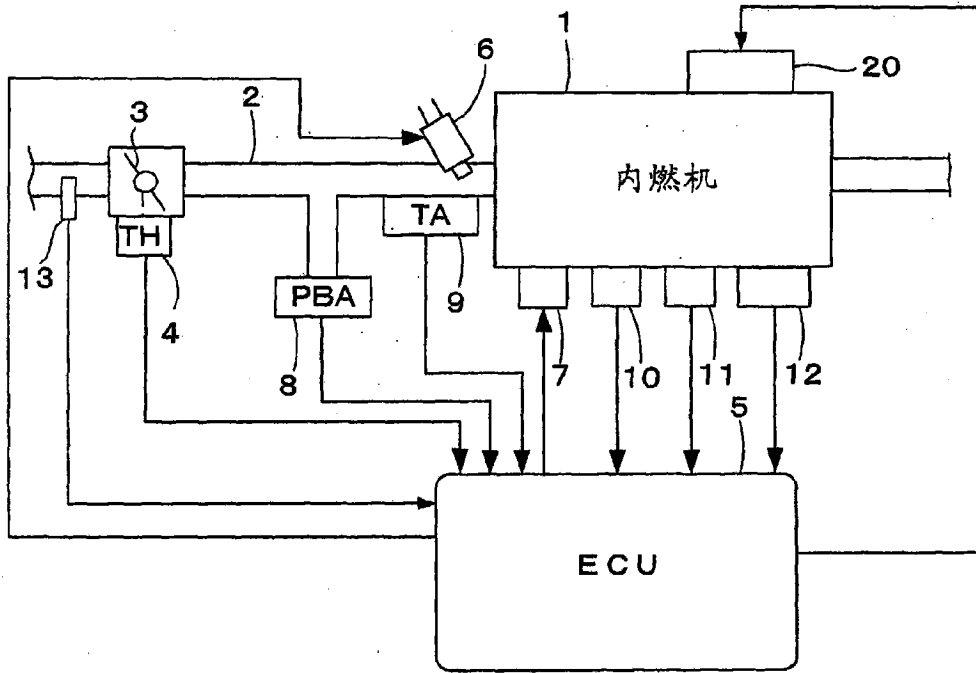


图 1

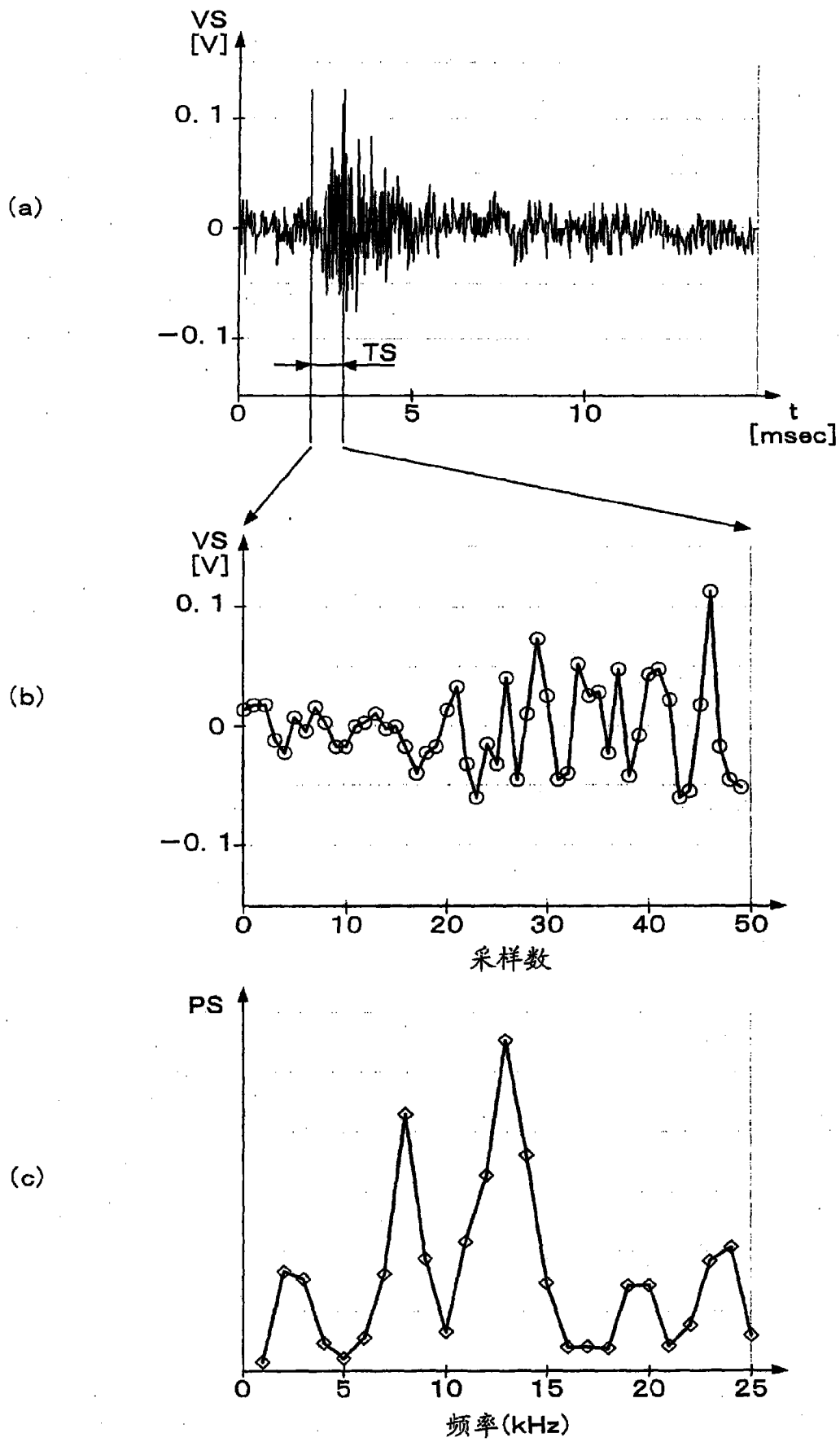


图 2

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	56	56	24	30	24	26	26	26	26	26	30	30	44	44	30
	24	66	66	24	44	24	24	44	24	24	24	44	44	43	43	44
	23	78	78	52	43	34	24	43	24	34	24	43	43	41	44	43
	22	67	67	67	41	43	43	41	34	35	34	24	41	30	43	41
	21	80	80	66	66	41	43	30	35	36	35	24	24	24	41	30
	20	77	77	43	60	56	41	43	36	43	36	34	24	24	30	24
	19	66	66	41	43	67	53	41	43	32	43	35	34	34	24	24
	18	56	56	43	41	43	53	34	43	31	32	36	35	35	24	34
	17	60	60	60	60	41	52	52	41	25	31	43	36	36	34	35
	16	64	64	66	66	60	43	51	51	43	25	32	43	43	35	36
	15	62	62	43	32	64	56	43	51	34	43	31	32	32	36	43
	14	60	60	41	32	43	56	56	51	52	34	25	31	31	43	32
	13	58	58	56	43	41	43	54	51	50	43	43	25	25	32	31
	12	66	66	57	60	32	41	43	43	53	52	34	43	43	31	25
	11	76	76	62	62	67	32	41	41	43	51	52	34	34	25	43
	10	66	66	43	43	56	65	67	32	41	50	51	43	43	43	34
	9	57	57	43	41	43	64	64	56	32	32	50	51	40	34	43
8	53	53	41	41	41	32	67	55	53	32	50	51	51	43	40	
7	66	66	75	68	70	68	69	70	67	66	63	64	62	52	38	
6	76	76	75	68	70	68	69	70	67	66	63	64	62	60	60	
5	34	35	30	44	43	41	30	24	24	34	35	36	43	32	31	

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	14	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	13	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	12	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	11	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	10	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	9	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 3

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	24	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	23	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	22	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	21	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	20	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	17	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	14	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	13	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	12	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	11	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 4

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
13	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
11	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
10	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
9	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
8	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 5

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
13	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
11	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
13	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
11	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
10	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	
9	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
8	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 6

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	20	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	15	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	13	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	11	1	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

图 7

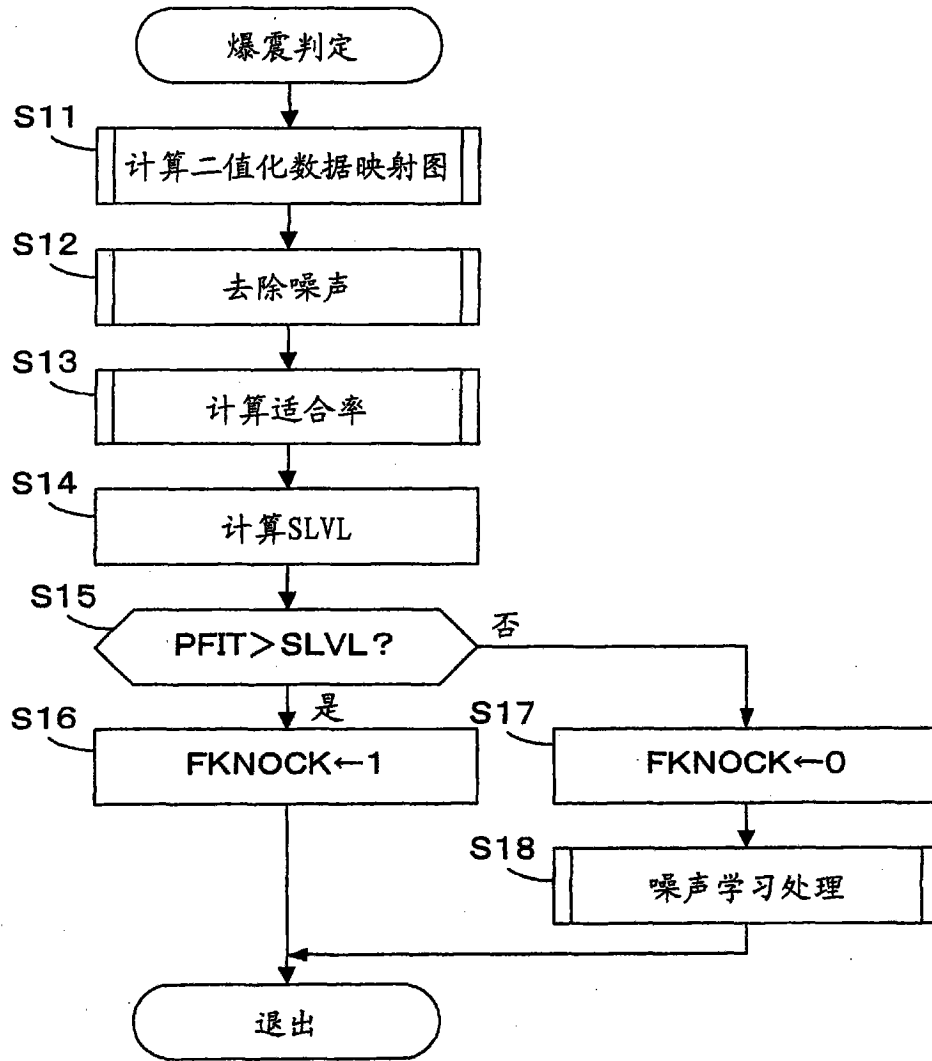


图 8

		NE[rpm]						
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
PBA [kPa]	107	0.8	0.8	0.9	0.9	0.95	0.95	0.95
	93	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	80	0.7	0.8	0.95	0.8	0.7	0.8	0.8
	67	0.8	0.9	0.8	0.95	0.95	0.95	0.95
	53	0.95	0.95	0.8	0.95	0.95	0.95	0.95

图 9

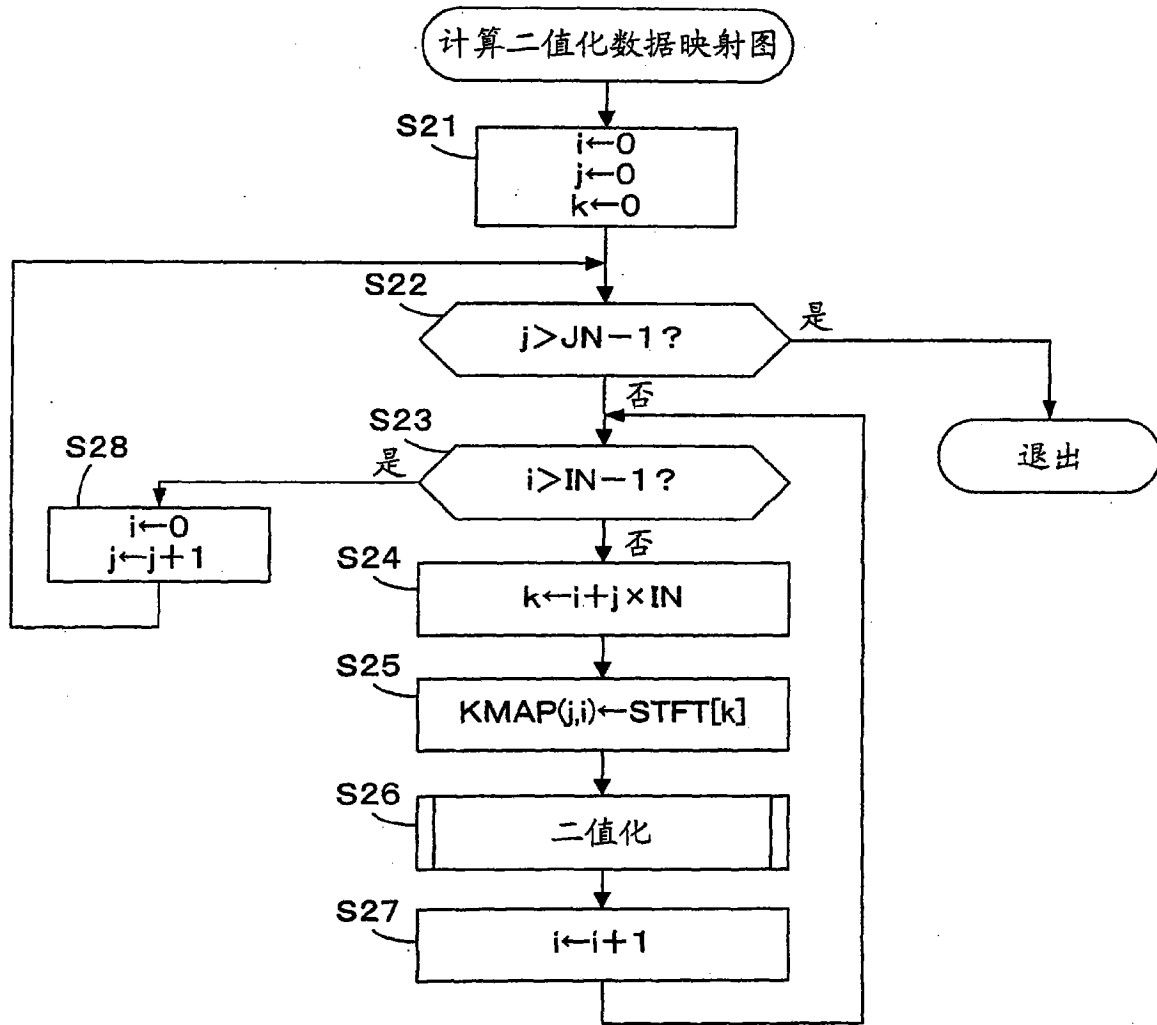


图 10

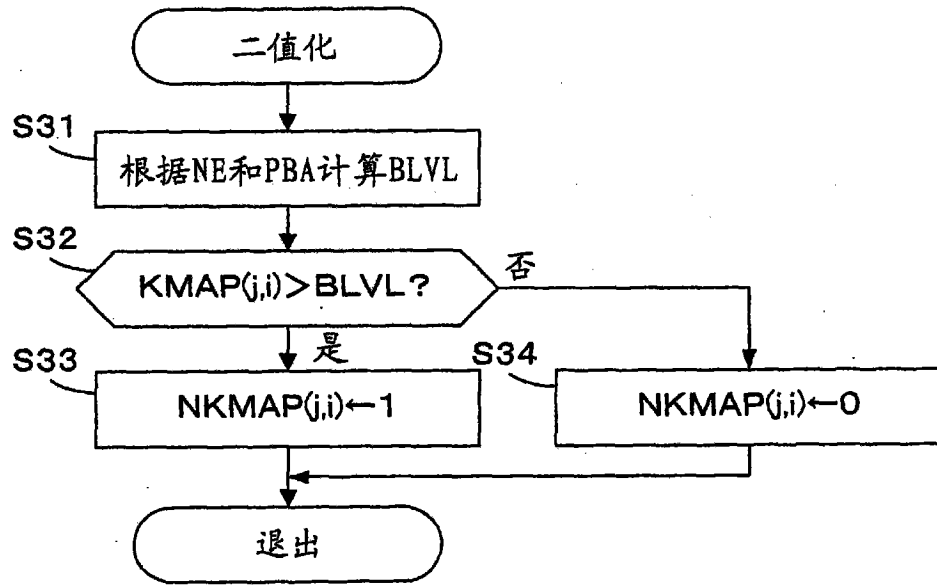


图 11

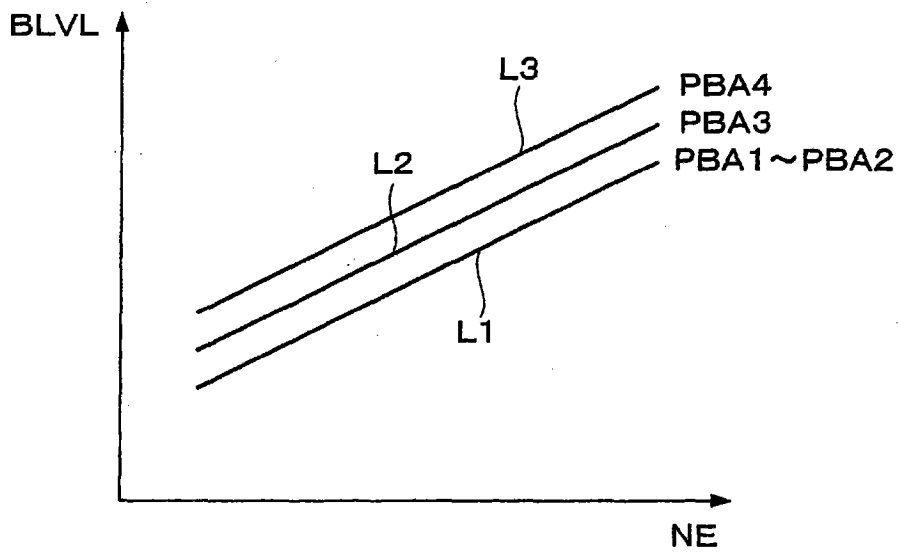


图 12

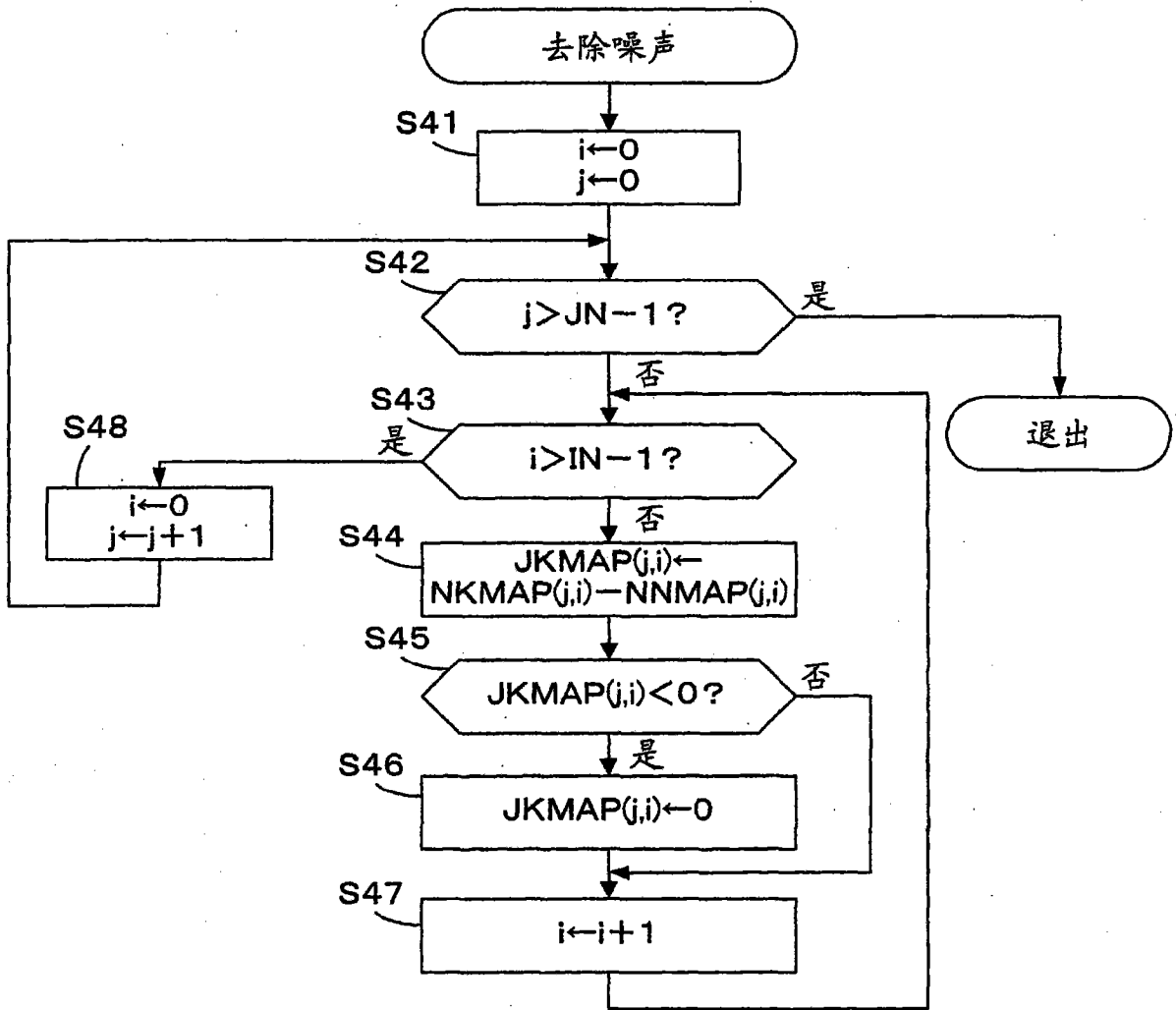


图 13

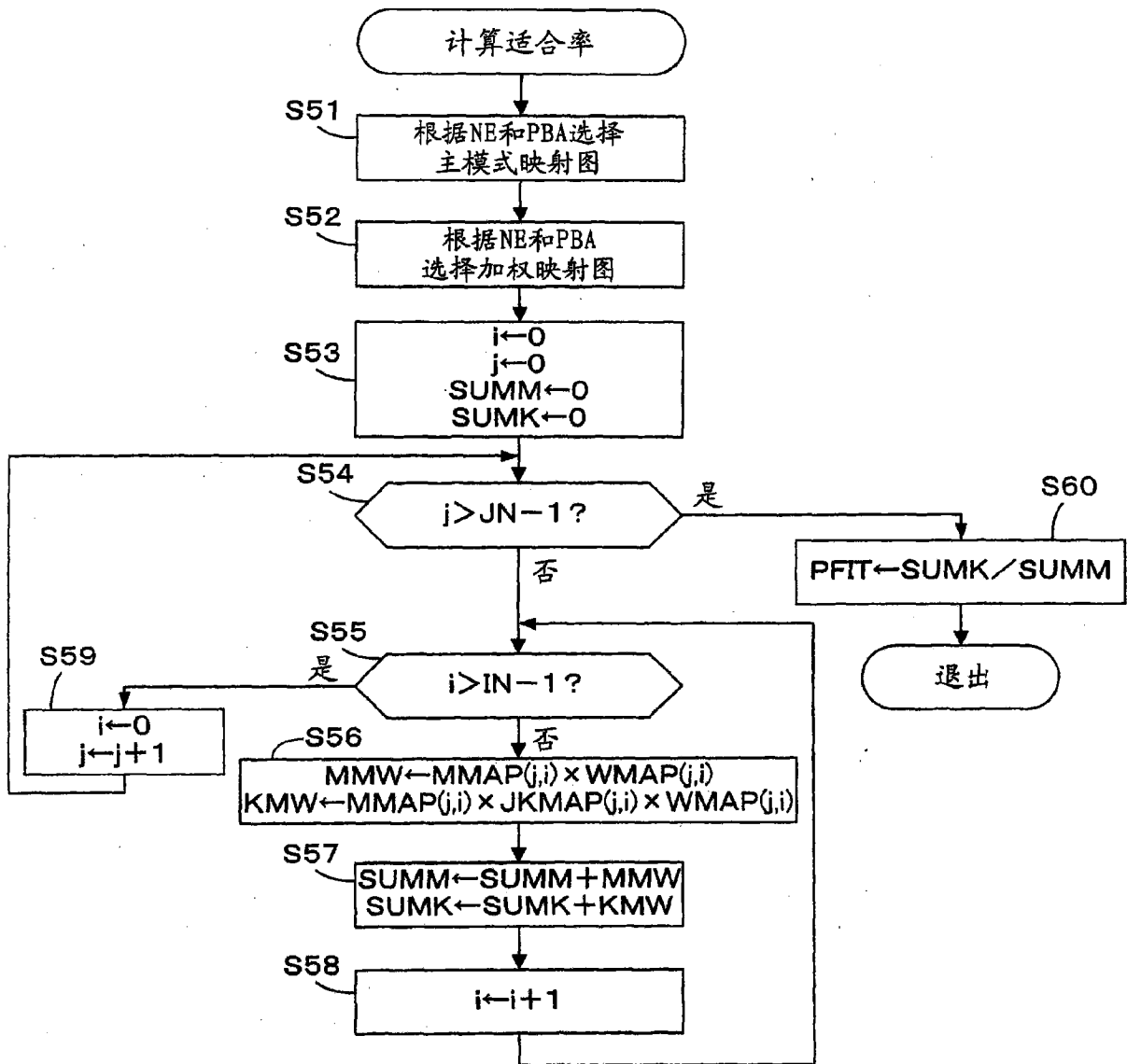


图 14

		NE					
		低转速区域		中转速区域		高转速区域	
PBA	低负荷区域	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图
	中负荷区域	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图
	高负荷区域	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图	主模式映射图	加权映射图

图 15

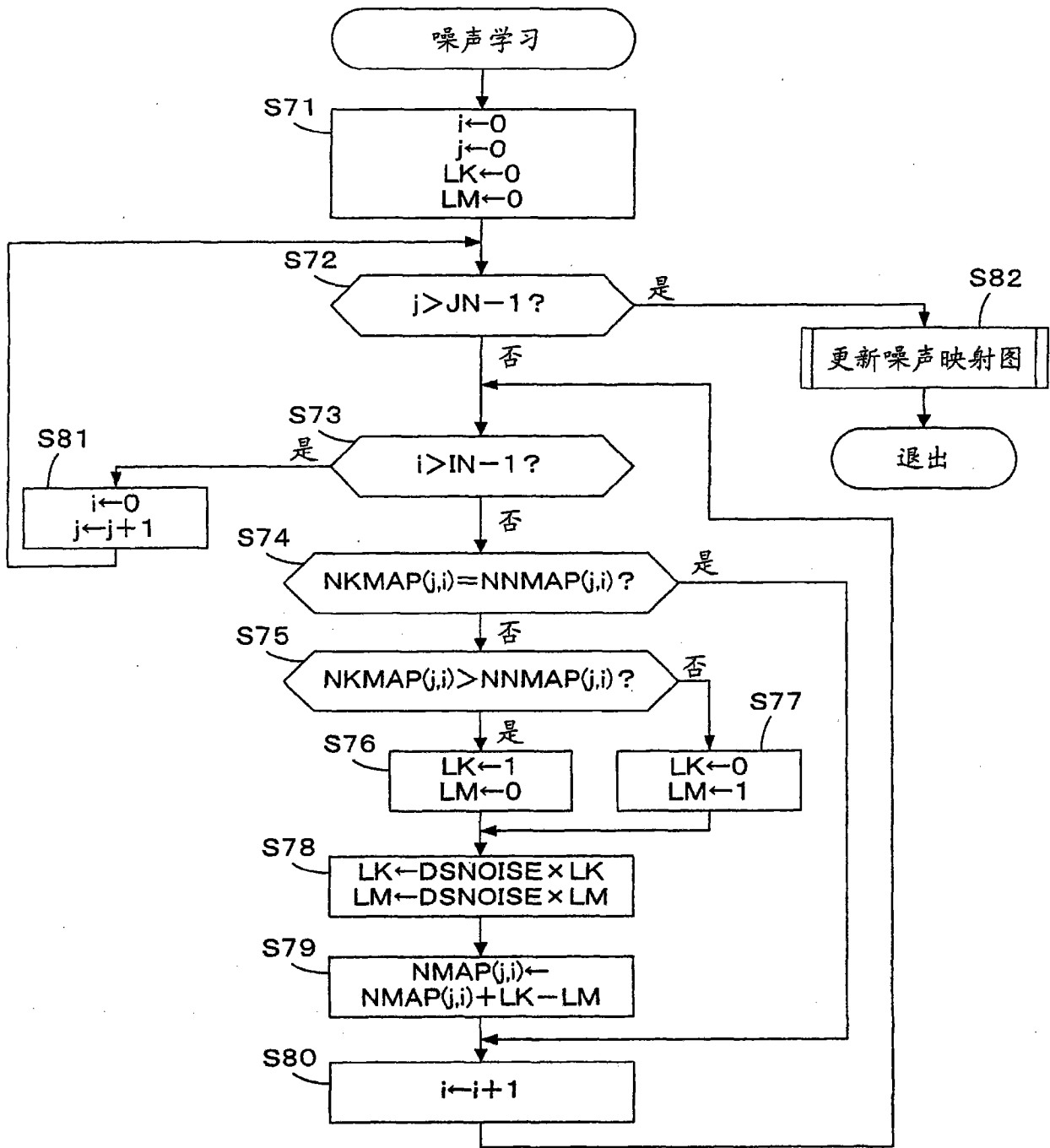


图 16

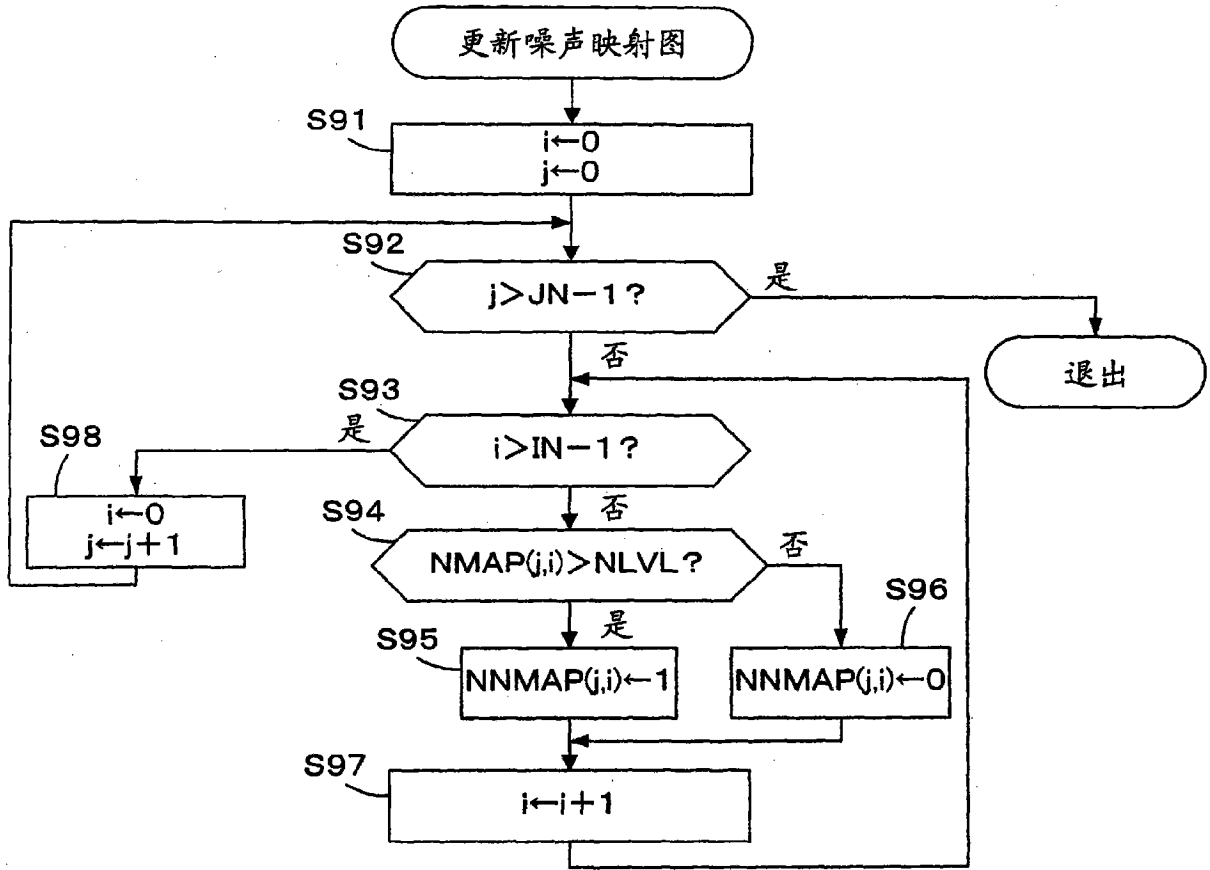


图 17

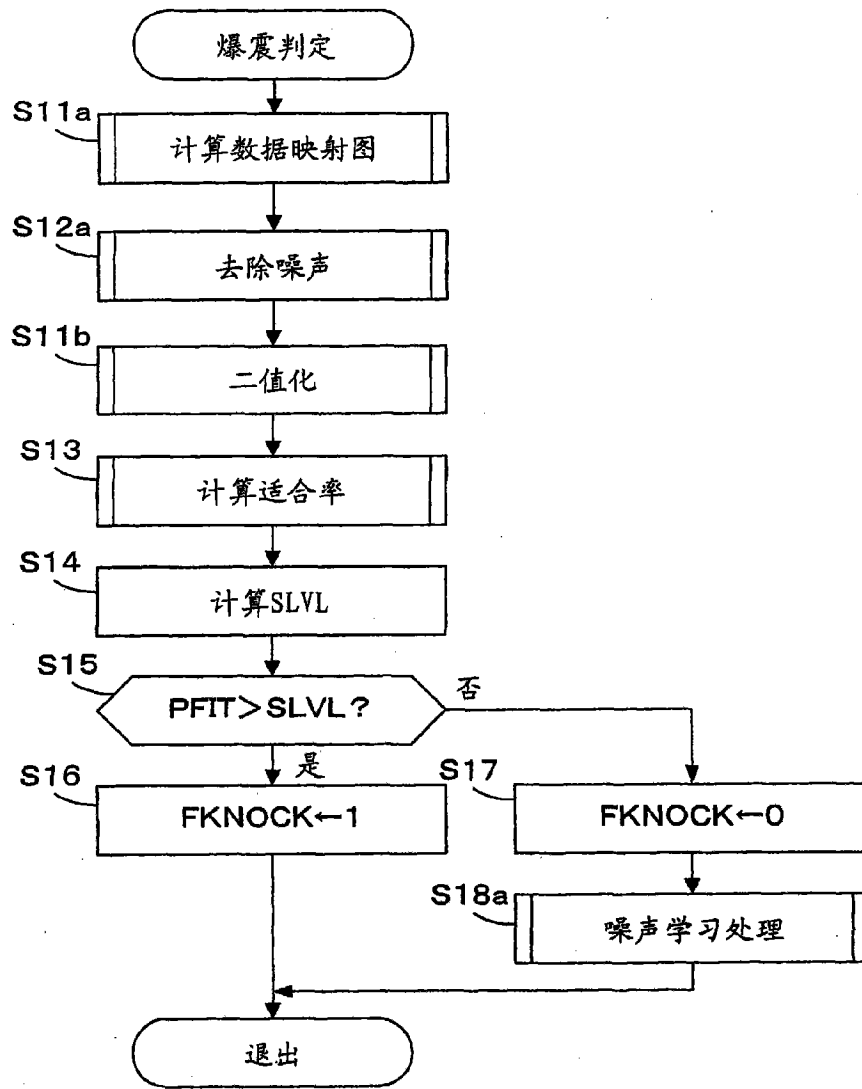


图 18

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	106	56	24	30	24	26	26	76	26	26	30	30	44	44	30
	24	116	66	24	44	24	24	44	74	24	24	44	44	43	43	44
	23	128	78	52	43	34	24	43	74	34	24	43	43	41	44	43
	22	117	67	67	41	43	43	41	84	35	34	24	41	30	43	41
	21	122	80	66	66	41	43	30	85	36	35	24	24	24	41	30
	20	127	77	43	60	56	41	43	86	43	36	34	24	24	30	24
	19	116	66	41	43	67	53	41	93	32	43	35	34	34	24	24
	18	106	56	43	41	43	53	34	93	31	32	36	35	35	24	34
	17	110	60	60	60	41	52	52	91	25	31	43	36	36	34	35
	16	114	64	66	66	60	43	51	101	43	25	32	43	43	35	36
	15	112	62	43	32	64	56	43	101	34	43	31	32	32	36	43
	14	110	60	41	32	43	56	56	101	52	34	25	31	31	43	32
	13	108	58	56	43	41	43	54	101	50	43	43	25	25	32	31
	12	116	66	57	60	32	41	43	93	53	52	34	43	43	31	25
	11	126	76	62	62	67	32	41	91	43	51	52	34	34	25	43
	10	116	66	43	43	56	65	67	82	41	50	51	43	43	43	34
9	107	57	43	41	43	64	64	106	32	32	50	51	40	34	43	
8	103	53	41	41	41	32	67	105	53	32	50	51	51	43	40	
7	116	66	75	68	70	68	69	120	67	66	63	64	62	52	38	
6	126	76	75	68	70	68	69	120	67	66	63	64	62	60	60	
5	34	35	30	44	43	41	30	24	24	34	35	36	43	32	31	

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	24	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	23	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	22	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	21	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	20	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	19	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	18	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	17	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	16	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	15	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	14	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	13	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	12	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	11	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
	10	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
9	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
8	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
7	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
6	80	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 19

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	26	56	24	30	24	26	26	26	26	30	30	44	44	30	
	24	36	66	24	44	24	24	44	24	24	44	44	43	43	43	44
	23	48	78	52	43	34	24	43	24	34	24	43	43	41	44	43
	22	37	67	67	41	43	43	41	34	35	34	24	41	30	43	41
	21	47	80	66	66	41	43	30	35	36	35	24	24	24	41	30
	20	47	77	43	60	56	41	43	36	43	36	34	24	24	30	24
	19	36	66	41	43	67	53	41	43	32	43	35	34	34	24	24
	18	26	56	43	41	43	53	34	43	31	32	36	35	35	24	34
	17	30	60	60	60	41	52	52	41	25	31	43	36	36	34	35
	16	34	64	66	66	60	43	51	51	43	25	32	43	43	35	36
	15	32	62	43	32	64	56	43	51	34	43	31	32	32	36	43
	14	30	60	41	32	43	56	56	51	52	34	25	31	31	43	32
	13	28	58	56	43	41	43	54	51	50	43	43	25	25	32	31
	12	36	66	57	60	32	41	43	43	53	52	34	43	43	31	25
	11	46	76	62	62	67	32	41	41	43	51	52	34	34	25	43
	10	36	66	43	43	56	65	67	32	41	50	51	43	43	43	34
	9	27	57	43	41	43	64	64	56	32	32	50	51	40	34	43
8	23	53	41	41	41	32	67	55	53	32	50	51	51	43	40	
7	36	66	75	68	70	68	69	70	67	66	63	64	62	52	38	
6	46	76	75	68	70	68	69	70	67	66	63	64	62	60	60	
5	34	35	30	44	43	41	30	24	24	34	35	36	43	32	31	

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	12	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	11	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	10	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	9	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

图 20

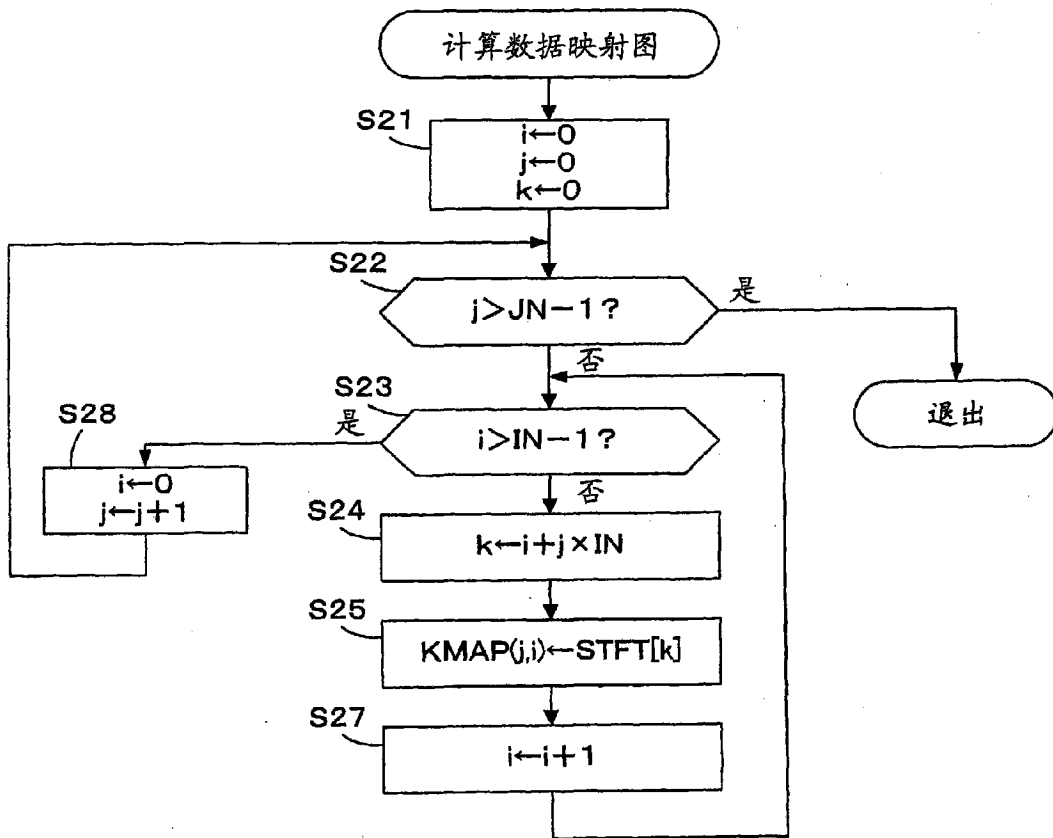


图 21

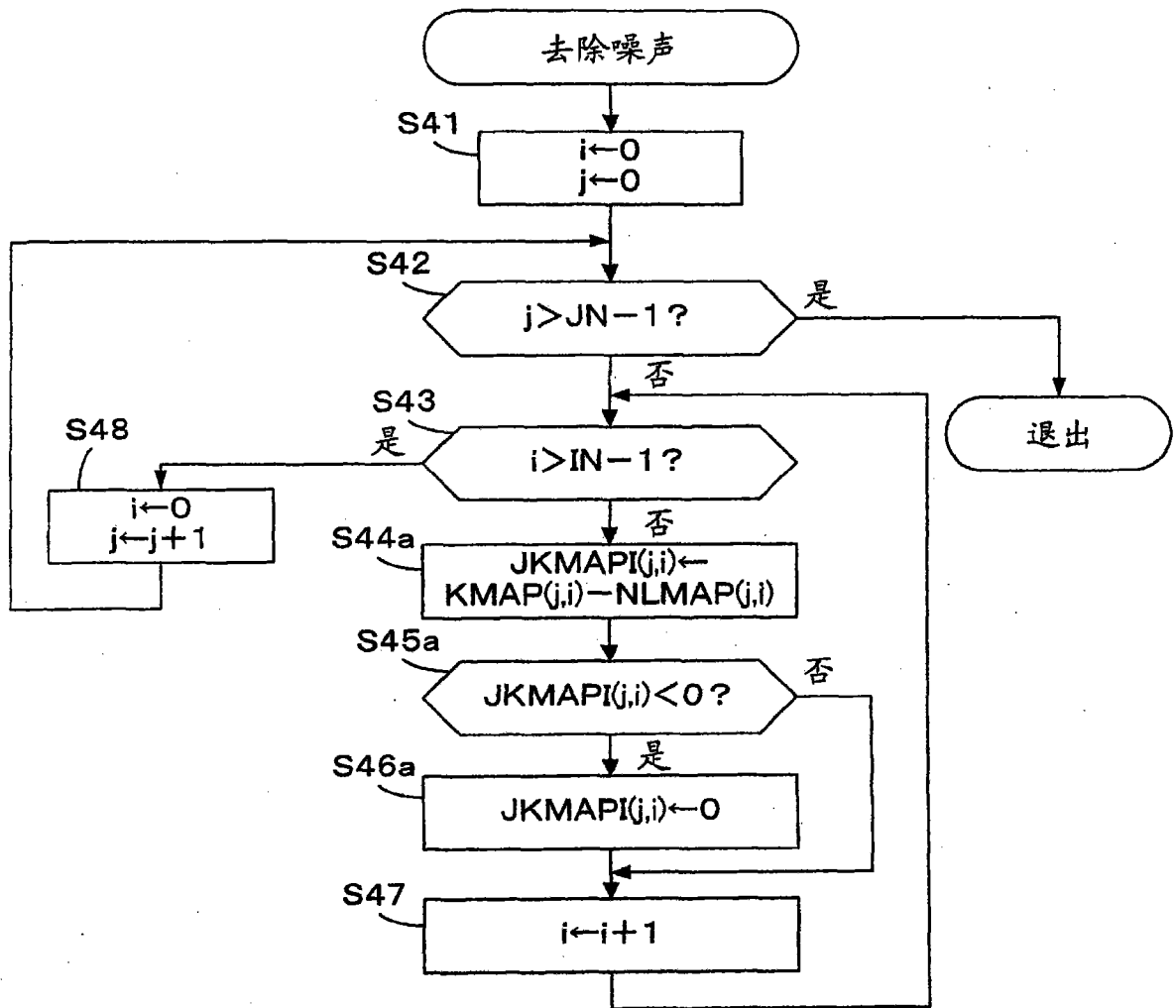


图 22

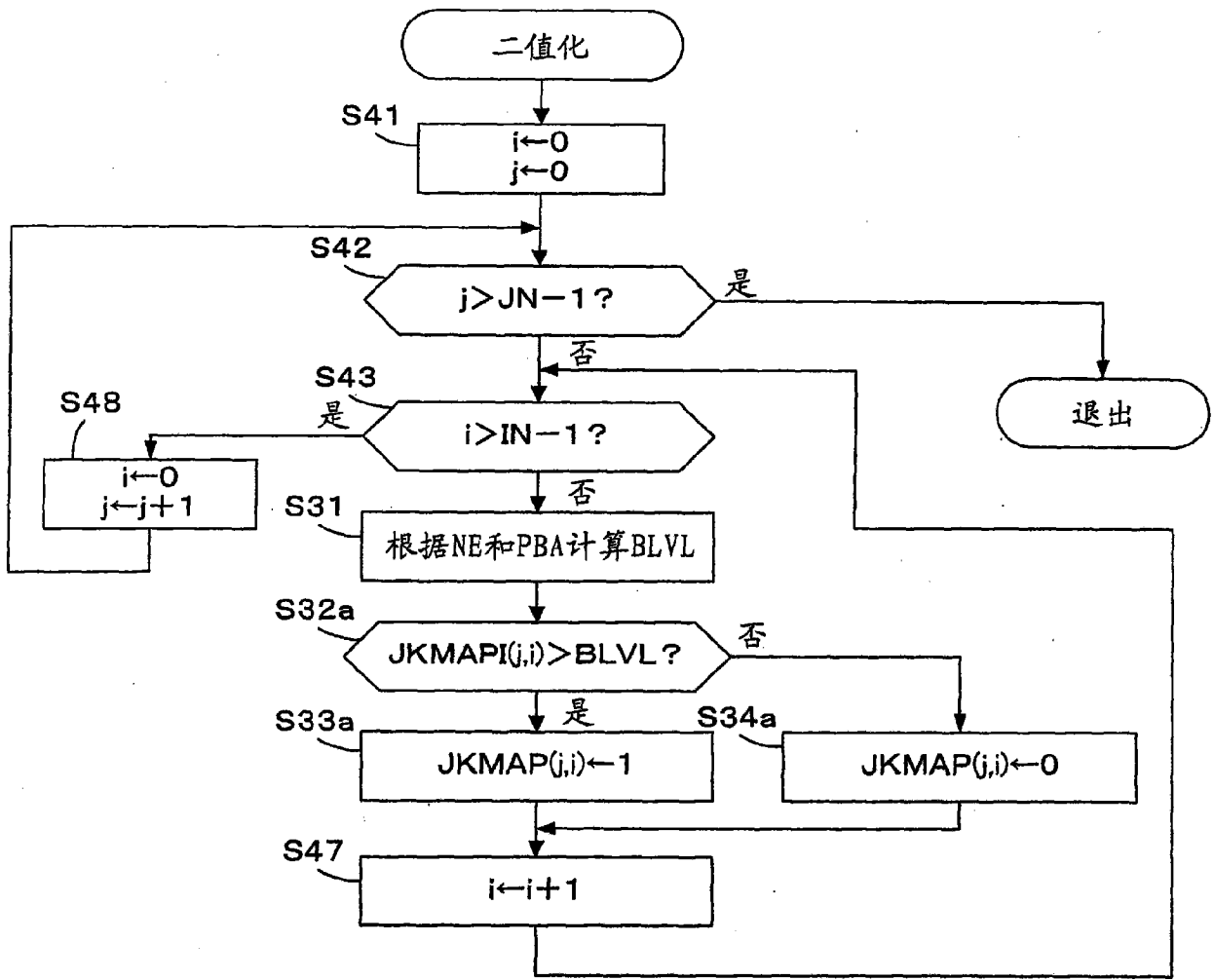


图 23

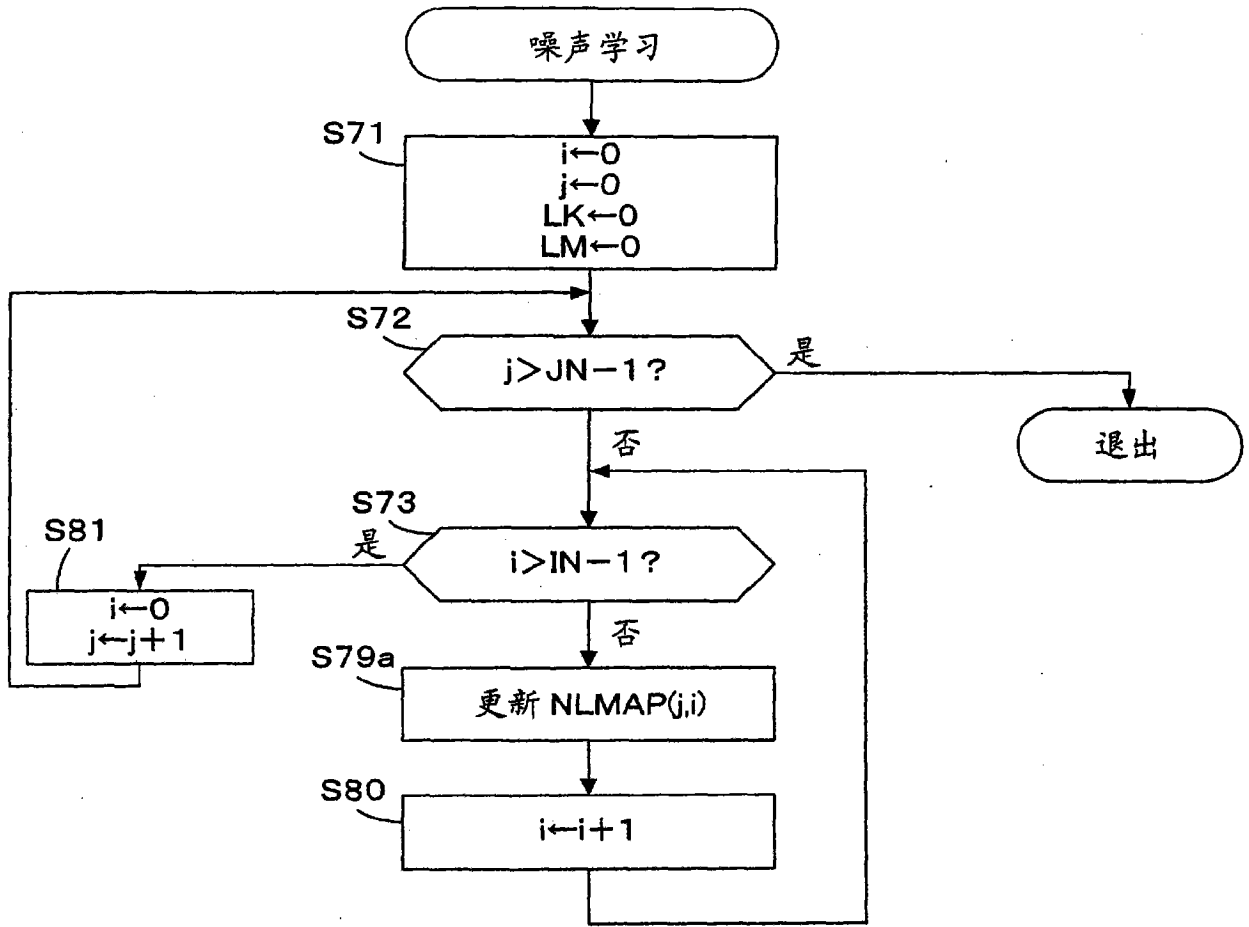


图 24

(a)

		曲轴角度															
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	
频率	G7	25	30	55	34	30	30	30	23	25	46	52	32	32	34	42	30
		24	24	65	55	24	24	30	30	23	50	46	34	42	30	24	
		23	32	100	100	30	30	30	23	25	46	55	32	32	32	32	33
	G6	22	33	85	86	33	45	33	30	30	30	52	25	46	33	33	24
		21	24	62	80	76	24	24	24	30	30	60	23	25	46	24	36
		20	36	36	36	89	45	30	30	30	23	48	46	36	36	36	43
	G5	19	43	66	43	43	86	85	43	43	43	60	33	43	43	43	30
		18	33	85	84	30	30	86	83	30	30	55	30	23	25	46	24
		17	24	80	82	84	24	24	84	24	24	52	36	24	24	24	32
	G4	16	36	32	32	85	82	23	45	32	30	51	30	23	25	46	43
		15	43	84	33	33	85	85	80	43	33	60	30	33	33	24	33
		14	30	82	82	24	24	75	73	65	24	54	24	24	24	36	24
	G3	13	24	36	81	81	38	38	30	30	30	55	25	46	36	43	36
		12	32	43	43	88	80	80	43	43	43	60	33	30	33	30	43
		11	43	80	30	30	77	75	80	80	80	50	30	30	30	24	30
	G2	10	24	86	78	24	24	24	80	80	80	54	24	33	33	30	33
		9	32	85	86	86	32	32	32	32	71	120	72	32	32	43	32
		8	36	66	66	78	80	80	85	33	33	104	71	33	33	33	33
	G1	7	34	77	85	76	64	65	64	67	56	55	24	24	24	24	24
		6	36	86	87	87	87	85	85	85	85	112	65	65	65	56	56
		5	43	43	43	56	56	56	56	56	56	134	84	84	84	84	82

(b)

		曲轴角度															
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	
频率组	G7	32	100	100	30	30	30	30	30	46	55	46	34	42	42	33	
	G6	36	85	88	89	45	33	30	30	30	60	46	46	46	36	43	
	G5	43	85	84	84	86	86	84	43	43	60	36	43	43	46	32	
	G4	43	84	82	82	85	85	80	65	33	60	30	33	33	46	43	
	G3	43	80	81	81	80	80	80	80	80	60	33	46	36	43	43	
	G2	33	88	88	88	80	80	80	80	80	120	72	33	33	43	33	
	G1	43	88	87	87	87	87	85	85	85	134	84	84	84	84	82	

图 25

(a)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率组	G7	32	100	100	30	30	30	30	30	46	55	46	34	42	42	33
	G6	36	85	88	89	45	33	30	30	30	60	46	46	46	36	43
	G5	43	85	84	84	86	86	84	43	43	60	36	43	43	46	32
	G4	43	84	82	82	85	85	80	65	33	60	30	33	33	46	43
	G3	43	80	81	81	80	80	80	80	80	60	33	46	36	43	43
	G2	33	88	88	88	80	80	80	80	80	120	72	33	33	43	33
	G1	43	88	87	87	87	87	85	85	85	134	84	84	84	84	82

(b)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率组	G7	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G6	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G5	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G4	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G3	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G2	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30
	G1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30	30	30	30

(c)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率组	G7	2	70	70	0	0	0	0	0	16	5	16	4	12	12	3
	G6	6	55	58	59	15	3	0	0	0	10	16	16	16	6	13
	G5	13	55	54	54	56	56	54	13	13	10	6	13	13	16	2
	G4	13	54	52	52	55	55	50	35	3	10	0	3	3	16	13
	G3	13	50	51	51	50	50	50	50	50	10	3	16	6	13	13
	G2	3	58	58	58	50	50	50	50	50	70	42	3	3	13	3
	G1	13	58	57	57	57	57	55	55	55	84	54	54	54	54	52

(d)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率组	G7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G6	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G5	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	G4	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	G2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	G1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(e)

		曲轴角度														
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
频率组	G7	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G6	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G5	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G4	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	G2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	G1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

图 26

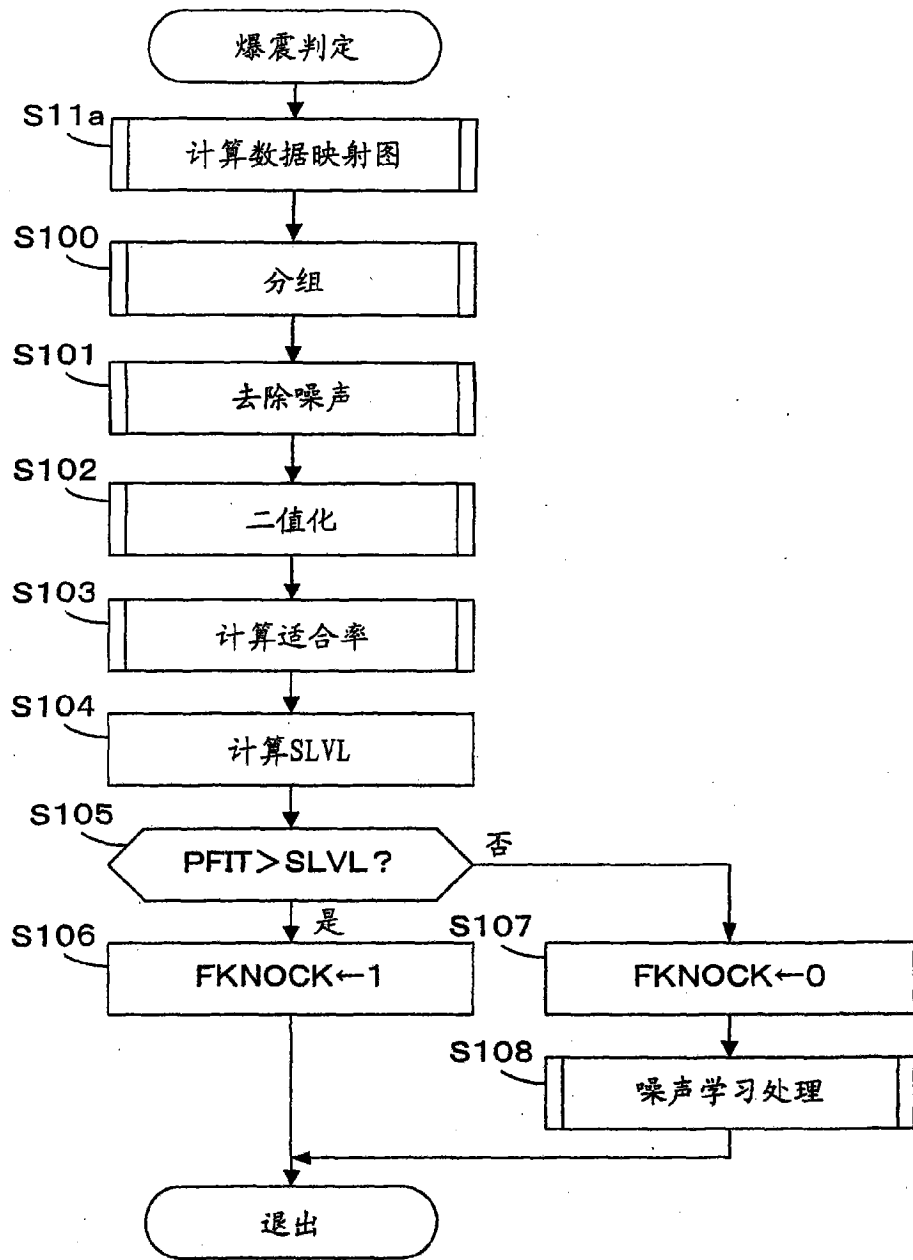


图 27

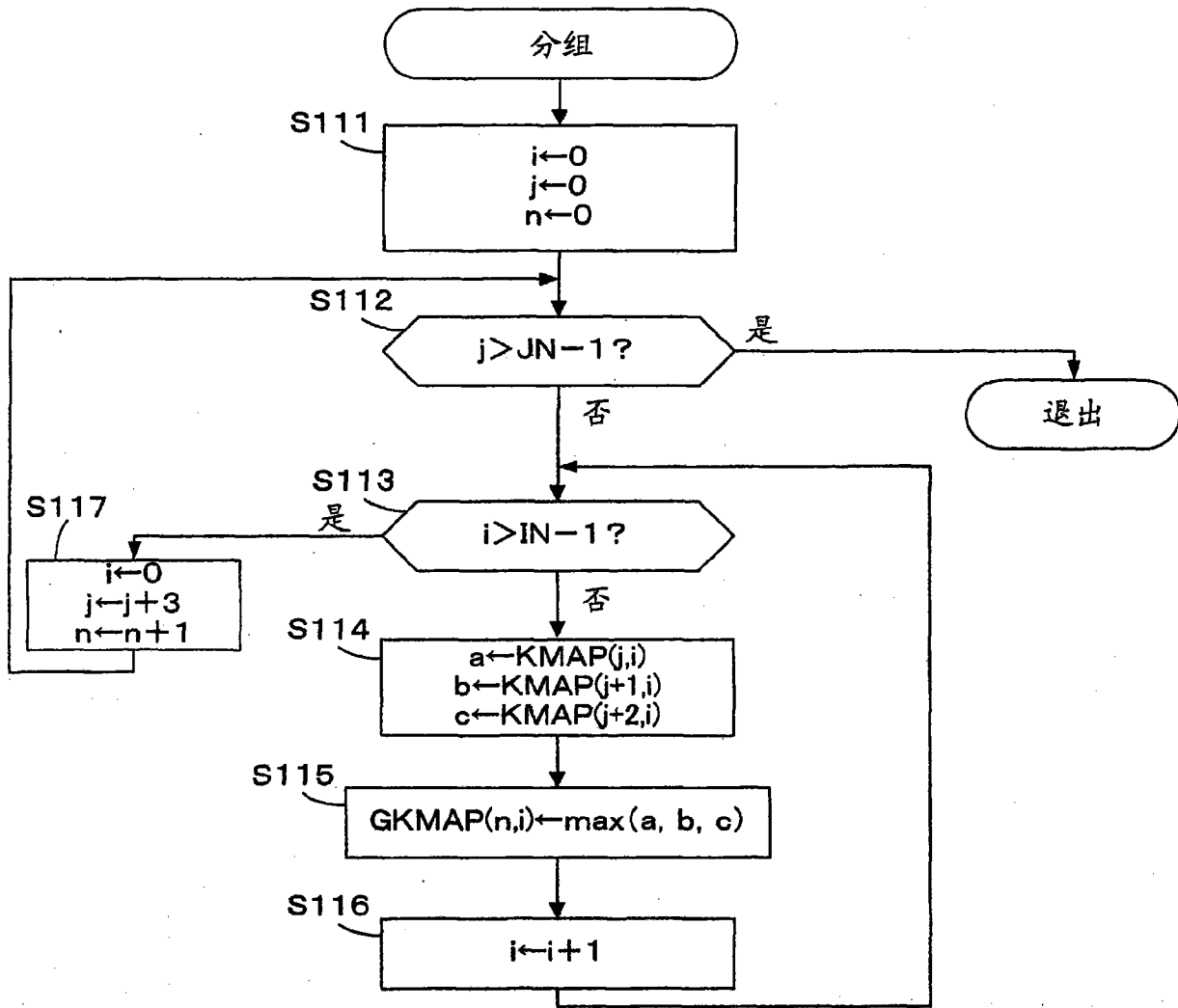


图 28

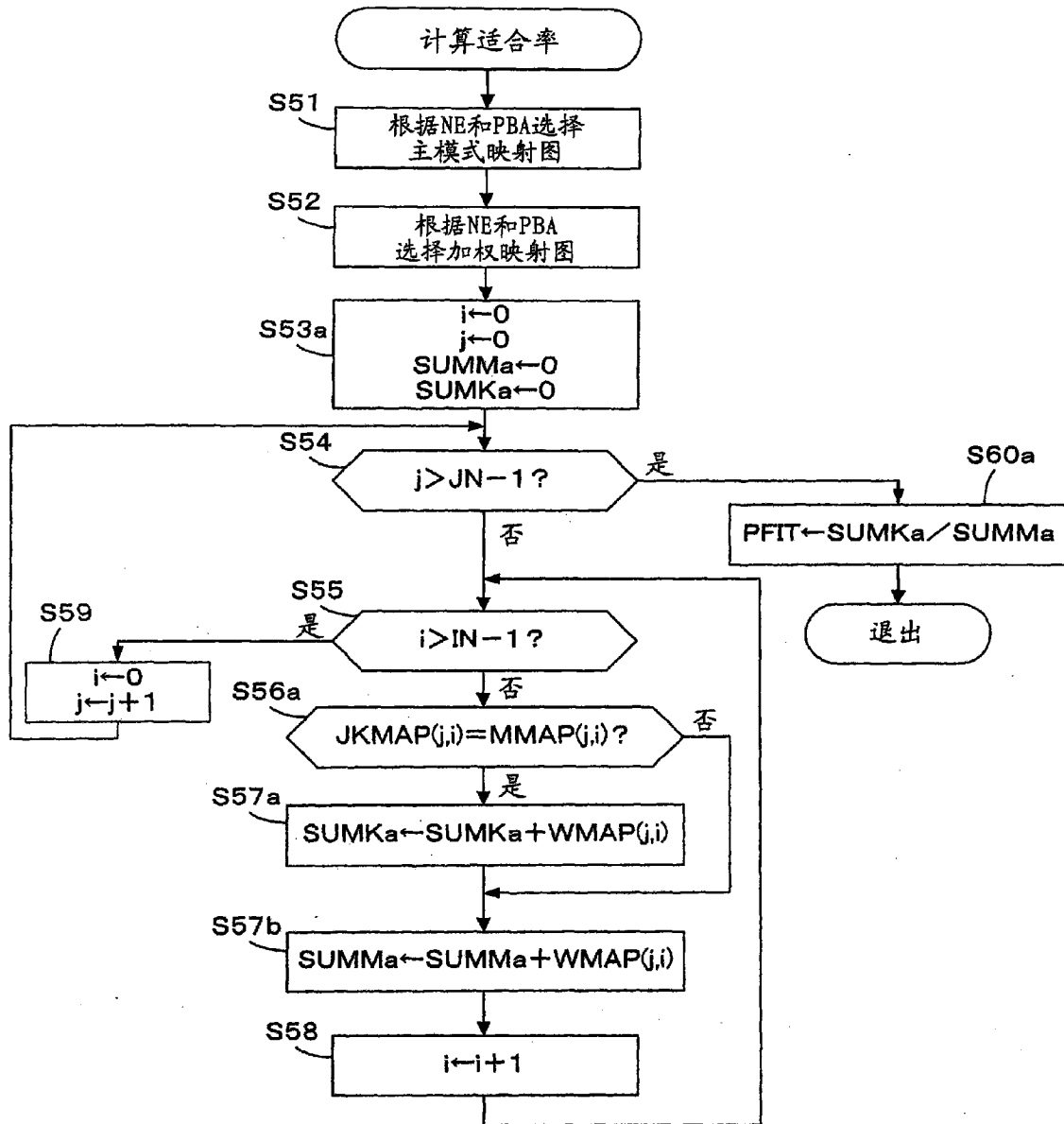


图 29

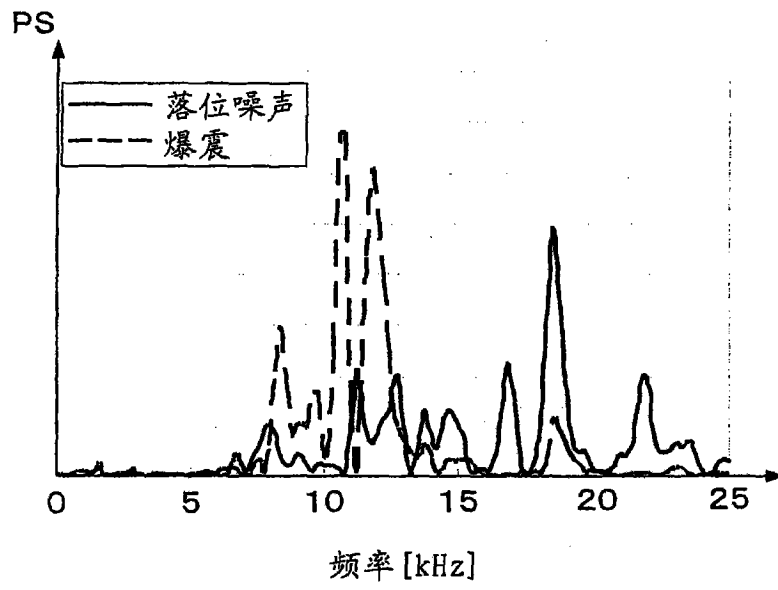


图 30