



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111351982 A

(43)申请公布日 2020.06.30

(21)申请号 201911327411.0

(22)申请日 2019.12.20

(30)优先权数据

1873633 2018.12.20 FR

(71)申请人 施耐德电器工业公司

地址 法国吕埃-马迈松

(72)发明人 P.吉伯特 G.亨利

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邓亚楠

(51)Int.Cl.

G01R 21/06(2006.01)

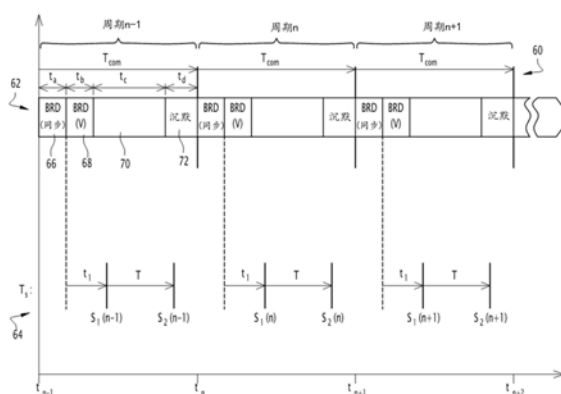
权利要求书2页 说明书13页 附图9页

(54)发明名称

测量电气量的方法和系统

(57)摘要

公开了一种测量电气量的方法和系统。该测量电气量的方法包括：-由连接到数据总线的同步模块在所述数据总线上分派同步消息(66)，所述分派以发射时段(T_{com})来执行，借助于所述同步模块的第一时钟对所述发射时段倒计时(T_{com})；-由连接到所述数据总线的测量模块接收所述同步消息，每个测量模块包括第二时钟和被适配为测量电气量的传感器；-由已经接收到所述同步消息的每个测量模块对第一等待持续时间(t_1)倒计时，对于所述测量模块中的每一个，使用其第二时钟(48)来执行所述倒计时；-对于所述测量模块中的每一个，借助于对应于所述第一等待持续时间(t_1)的倒计时的结束的传感器测量所述电气量。



1. 一种测量电气量的方法,其特征在于所述方法包括:

-由连接到数据总线(10)的同步模块(4)在所述数据总线(10)上分派同步消息(66),所述分派以发射时段(T_{com})来执行,借助于所述同步模块的第一时钟(38)对所述发射时段倒计时;

-由连接到所述数据总线(10)的测量模块(6,8)接收所述同步消息,每个测量模块包括被适配为测量电气量的传感器(56),每个测量模块还包括第二时钟(48);

-由已经接收到所述同步消息的每个测量模块(6,8)对第一等待持续时间(t_1)倒计时,对于所述测量模块中的每一个,使用属于所述测量模块的第二时钟(48)来执行所述倒计时;

-对于所述测量模块(6,8)中的每一个,在所述第一等待持续时间(t_1)的倒计时结束时,借助于对应的传感器(56)测量所述电气量。

2. 根据权利要求1所述的测量方法,其特征在于,所述方法还包括,对于所述测量模块中的每一个:

-在所述电气量的测量结束时,使用对应的第二时钟对第二等待持续时间(T)倒计时;

-在所述第二等待持续时间(T)的倒计时结束时,在附加测量中,借助于对应的传感器再次测量所述电气量。

3. 根据权利要求1或权利要求2所述的测量方法,其特征在于,所述方法还包括,对于所述测量模块中的每一个,测量分离由所述测量模块(6,8)对两个连续同步消息(66)的接收的时间间隔(T_{mes}),所述测量由所述测量模块使用其第二时钟(48)来执行,并且其特征在于,对于所述测量模块,根据由所述测量模块预先测量的所述时间间隔(T_{mes}),确定所述第一等待持续时间(t_1)。

4. 根据权利要求3所述的测量方法,其特征在于,对于所述测量模块(6,8)中的每一个,在所述测量模块每次接收到同步消息(66)之后,使用根据所述测量模块预先测量的所述时间间隔(T_{mes})的值的预定计算公式来确定所述第一等待持续时间(t_1),其中,所述第一等待持续时间(t_1)例如根据第一预定义比例系数而与所述时间间隔的所述值成比例。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的测量方法,其特征在于,所述方法包括:测量分离由所述测量模块(6,8)对两个连续同步消息(66)的接收的时间间隔(T_{mes}),所述测量由所述测量模块使用其第二时钟(48)来执行,并且其特征在于,对于所述测量模块(6,8)中的每一个,根据由所述测量模块预先测量的所述时间间隔(T_{mes})来确定所述第二等待持续时间(T)。

6. 根据权利要求5所述的测量方法,其特征在于,对于所述测量模块(6,8)中的每一个,在所述测量模块每次接收到同步消息之后,使用根据由所述测量模块预先测量的所述时间间隔(T_{mes})的预定计算公式来确定所述第二等待持续时间(T),其中,所述第二等待持续时间(T)例如根据第二预定义比例系数而与所述时间间隔的所述值成比例。

7. 根据权利要求2至6中任一项所述的测量方法,其特征在于,所述测量模块(6,8)重复所述附加测量,直到所述测量模块(6,8)接收到接下来的同步消息。

8. 根据权利要求2至7中任一项所述的测量方法,其特征在于,当所述测量模块在所述时间间隔期间进行的测量的数量不同于预定义的测量的数量时,所述测量模块(6,8)不考虑测量的时间间隔(T_{mes})。

9. 根据权利要求2至8中任一项所述的测量方法,其特征在于,以预定义的发射时段(T_{com})周期性地执行所述同步消息(66)的分派。

10. 根据权利要求2至8中任一项所述的测量方法,其特征在于,以可变持续时间(T_{com})的发射周期执行所述同步消息(66)的分派。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的测量方法,其特征在于,所述测量模块(6,8)与电气设施(20)的电导体相关联,所述测量模块中的至少一个(6)被配置为测量电压,多个其他测量模块中的至少一个(8)被配置为测量电流的大小。

12. 一种用于测量电气量的系统(2),包括:

-同步模块(4),包括第一时钟(38);

-测量模块(6,8),每个测量模块包括被适配为测量电气量的传感器(56),每个测量模块还包括第二时钟(48),

-数据总线(10),所述同步模块和所述测量模块连接到所述数据总线,

其特征在于,所述同步模块(4)被配置为以预定义的发射时段(T_{com})、周期性地地在所述数据总线上分派同步消息(66),借助于所述第一时钟(38)对所述发射时段倒计数;

并且其特征在于,每个测量模块(6,8)被配置为:

-接收同步消息(66),

-在每次接收到同步消息后,对第一等待持续时间(t_1)倒计数,对于所述测量模块(6,8)中的每一个,使用属于所述测量模块的第二时钟(48)来执行所述倒计数;

-在所述第一等待持续时间的倒计数结束时,借助于对应的传感器(56)测量电气量。

13. 根据权利要求12所述的测量系统(2),其特征在于,每个测量模块(6,8)还被配置为:

-在所述电气量的测量结束时,使用对应的第二时钟对第二等待持续时间(T)倒计数;

-在所述第二等待持续时间(T)的倒计数结束时,在附加测量中,借助于对应的传感器再次测量所述电气量。

14. 根据权利要求13所述的测量系统(2),其特征在于,每个测量模块(6,8)还被配置为重复所述附加测量,直到所述测量模块(6,8)接收到接下来的同步消息。

测量电气量的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于测量电气量的方法和用于测量电气量的系统。

背景技术

[0002] 在工业仪器领域,已经存在意图测量电气设施(诸如用于配电的网络)内电气量的传感器。由传感器测量的电气量可用于监控和监督电气设施。在某些应用中,有必要由所有的传感器同时执行某些电气量的测量。

[0003] 例如,传感器与分配AC电流的电气设施的电导体相关联。诸如两个电导体之间的电压、或者流过电导体的电流大小的各种电气量由能够放置在电气设施中的不同位置处的各种传感器测量。测量随着时间连续执行。然后,根据测量的电流和电压值,针对对应时刻计算其他电气量,具体地是电功率值。

[0004] 为了使计算的电气量精确,有必要由所有的传感器同时或几乎同时测量与给定时刻相关联的测量电气量。

[0005] 因此,期望能够简单且可靠地同步传感器的测量。

发明内容

[0006] 为此,根据本发明的一个方面,一种用于测量电气量的方法包括:

[0007] -由连接到数据总线的同步模块在数据总线上分派(dispatch)同步消息,该分派以发射时段来执行,借助于同步模块的第一时钟对该发射时段倒计时;

[0008] -由连接到数据总线的测量模块接收同步消息,每个测量模块包括被适配为测量电气量的传感器,每个测量模块还包括包括第二时钟的电子处理单元;

[0009] -由已经接收到同步消息的每个测量模块对第一等待持续时间倒计时,对于所述测量模块中的每一个,使用属于该测量模块的第二时钟来执行倒计时;

[0010] -对于所述测量模块中的每一个,在第一等待持续时间的倒计时结束时,借助于对应的传感器测量电气量。

[0011] 根据有利但非强制性的方面,这种测量方法可以单独或以任何技术上可接受的组合结合一个或多个以下特征:

[0012] -该方法还包括,对于所述测量模块中的每一个:

[0013] -在电气量的测量结束时,使用对应的第二时钟对第二等待持续时间倒计时;

[0014] -在第二等待持续时间的倒计时结束时,在附加测量中,借助于对应的传感器再次测量电气量。

[0015] -该方法还包括,对于所述测量模块中的每一个,测量分离由该测量模块对两个连续同步消息的接收的时间间隔,该测量由测量模块使用其第二时钟来执行,并且对于该测量模块,根据由该测量模块预先测量的所述时间间隔来确定第一等待持续时间。

[0016] -对于所述测量模块中的每一个,在该测量模块每次接收同步消息之后,使用根据由该测量模块预先测量的所述时间间隔的值的预定计算公式来确定第一等待持续时间,其

中,第一等待持续时间例如根据第一预定义比例系数而与所述时间间隔的所述值成比例。

[0017] -该方法包括,测量分离由该测量模块对两个连续同步消息的接收的时间间隔,该测量由测量模块使用其第二时钟执行,并且对于所述测量模块中的每一个,根据由该测量模块预先测量的所述时间间隔来确定第二等待持续时间。

[0018] -对于所述测量模块中的每一个,在该测量模块每次接收同步消息之后,使用根据由该测量模块预先测量的所述时间间隔的预定计算公式来确定第二等待持续时间,其中,第二等待持续时间例如根据第二预定义比例系数而与所述时间间隔的所述值成比例。

[0019] -测量模块重复附加测量,直到测量模块接收到接下来的同步消息。

[0020] -当测量模块在该时间间隔期间进行的测量的数量不同于预定义的测量的数量时,测量模块不考虑测量的时间间隔。

[0021] -以预定义的发射时段周期性地执行同步消息的分派。

[0022] -以可变持续时间的发射周期来执行同步消息的分派。

[0023] -测量模块与电气设施的电导体相关联,测量模块中的至少一个被配置为测量电压,多个其他测量模块中的至少一个被配置为测量电流的大小。

[0024] 本发明的其他方面涉及一种用于测量电气量的系统,包括:

[0025] -同步模块,包括第一时钟;

[0026] -测量模块,每个测量模块包括被适配为测量电气量的传感器,每个测量模块还包括第二时钟,

[0027] -数据总线,同步模块和测量模块连接到数据总线,

[0028] 其中,该同步模块被配置为以预定义的发射时段周期性地数据总线上分派同步消息,借助于第一时钟对发射时段倒计时;

[0029] 并且其中,每个测量模块被配置为:

[0030] -接收同步消息,

[0031] -在每次接收到同步消息后,对第一等待持续时间倒计时,对于所述测量模块中的每一个,使用属于该测量模块的第二时钟来执行所述倒计时;

[0032] -在第一等待持续时间的倒计时结束时,借助于对应的传感器测量电气量。

[0033] 根据有利但非强制性的方面,这种测量方法可以单独或以任何技术上可接受的组合结合一个或多个以下特征:

[0034] -每个测量模块还被配置为,在电气量的测量结束时,使用对应的第二时钟对第二等待持续时间倒计时,然后在第二等待持续时间的倒计时结束时,在附加测量中,借助于对应的传感器再次测量电气量。

[0035] -每个测量模块还被配置为重复附加测量,直到测量模块接收到接下来的同步消息。

附图说明

[0036] 根据下面对测量方法的一个实施例和测量系统的一个实施例的描述,将更好地理解本发明,并且本发明的其他优点将变得更加明显,该描述仅通过示例并参考附图给出,附图中:

[0037] 图1是根据本发明的一种实施方法的用于测量电气量的系统的示意图;

- [0038] 图2是其中安装了图1的测量系统的电气设施的示意图；
- [0039] 图3是图1的测量系统的同步模块的示意图；
- [0040] 图4是图1的测量系统的测量模块的示意图；
- [0041] 图5是用于操作图3的同步模块的方法的示例的流程图；
- [0042] 图6是示出根据第一实施例的图1的测量系统的操作的示例的时序图；
- [0043] 图7是根据第一实施例的用于操作图4的测量模块的方法的一个示例的流程图；
- [0044] 图8是示出根据第二实施例的图1的测量系统的操作的示例的时序图；
- [0045] 图9是根据第二实施例的用于操作图4的测量模块的方法的示例的流程图；
- [0046] 图10是用于操作图1的系统的的方法的示例的流程图；
- [0047] 图11是示出根据第三实施例的图1的测量系统的操作的示例的时序图。

具体实施方式

- [0048] 图1和图2示意性地示出了用于测量电气量的测量系统2。
- [0049] 系统2意图与诸如用于配电的网络的电气设施相关联,以便测量该电气设施内的电气量。
- [0050] 系统2包括同步模块4、测量模块6和8以及数据总线10,其中该同步模块4以及测量模块6和8连接到该数据总线10。
- [0051] 每个测量模块6、8包括被适配为测量电气量的传感器。在示例中,电气量可以非穷尽地是电压或电流。测量模块6、8可以测量不同的电气量。因此,相应地选择每个测量模块6和8的传感器。
- [0052] 例如,当测量模块意图测量电流时,传感器是电流传感器,诸如罗果夫斯基圆环、电流互感器、霍尔效应传感器或分流器。
- [0053] 当测量模块意图测量电压时,传感器是电压传感器,例如分流器、电压互感器或电容传感器。
- [0054] 在所示出的实施例中,第一测量模块6被配置为测量电压,以及第二测量模块8被配置为测量电流的大小。
- [0055] 例如,系统2包括数量为“m”的第二测量模块8,其中“m”是大于或等于1的整数。为了简化图1和图2,仅示出了第二测量模块8的一部分。
- [0056] 根据图2中示意性示出的一个说明性的但不必是限制性的示例,电气设施20包括主线22和多个辅线24。主线22连接到诸如发电机或配电变压器的电源,或者连接到另一电网。每个辅线24将主线22连接到包括例如电力负载的客户端单元。然而,其他配置也是可能的。
- [0057] 测量模块6、8各自的传感器在这里与电气设施20的电导体相关联,该电导体例如安装在形成线22、24的电导体上或周围,以便测量相对于这些电线22、24的一个或多个电气量。
- [0058] 在所示的示例中,第一测量模块6安装在主线22上,以便测量电压V。第二测量模块8每个安装在一个辅线24上,以便测量电气大小 $I(1)$ 、 $I(2)$ 、 $\dots$ 、 $I(m)$ 。为了简化图2,没有示出同步模块4和连接总线10。
- [0059] 然而,其他示例也是可能的。为了简化问题,设施20在这里被认为仅包括一个电

相,但是所描述的示例可以被扩展为多相电气设施,对于该多相电气设施,每个线22、24包括多个电相。

[0060] 数据总线10允许模块4、6和8相互交换数据。例如,数据总线10包括形成数据总线10的物理层的有线链路。通过说明性和非限制性示例,数据总线10是现场总线,例如,CAN、TCP Modbus或Modbus类型的现场总线。

[0061] 在所示的示例中,模块4、6和8通过数据总线10串联连接。然而,作为变型,数据总线10的拓扑可以不同,并且模块4、6和8可以例如以星形拓扑连接,或者以菊花链(daisy-chain)拓扑成对串联连接。

[0062] 如图3所示,同步模块4包括中央处理单元30、计算存储器32、存储介质34、通信接口36和第一时钟38,它们在这里电连接在一起并且使用电路和电子组件来实施。

[0063] 在示例中,处理单元30是微处理器或可编程微控制器。存储器32和介质34是存储器,例如,诸如闪存的固态存储器,并且每个形成非易失性计算机可读数据存储介质。

[0064] 通信接口36能够连接到总线10,并且为此包括物理连接到总线10的连接器和被编程为实施预定义的通信协议的控制器。

[0065] 时钟38包括电子振荡器,例如,诸如石英振荡器的晶体振荡器。例如,时钟38可以集成到单元30中。时钟38可以被称为“主时钟”。

[0066] 如图4所示,每个测量模块6和8包括中央处理单元40、计算存储器42、存储介质44、通信接口46,它们例如分别类似于处理单元30、计算存储器32、存储介质34和通信接口36。

[0067] 每个测量模块6和8还包括:

[0068] -第二时钟48,以便实施第一计数器50和第二计数器52,

[0069] -接口54,用于采集测量,以及

[0070] -测量传感器56,如上所述并连接到采集接口54。

[0071] 例如,采集接口54包括模-数转换器和/或用于滤波的电路和/或用于处理信号的电路。

[0072] 每个第二时钟48包括电子振荡器,例如,诸如石英振荡器的晶体振荡器。每个第二时钟48可以被称为“本地时钟”。

[0073] 这里,每个测量模块6、8的组成部分被集成到可以与传感器56分离的电子控制单元58中。

[0074] 例如,计数器50和52每个由单元40通过基于由时钟48传送的时钟信号对时间值倒计时来实施。每个计数器50和52的当前值至少暂时存储在存储器42中。

[0075] 在示例中,每个第二时钟48可以具有比第一时钟38更低的精确度和/或比第一时钟38更容易随时间漂移。

[0076] 在所考虑的示例中,每个模块4、6、8被容纳在专用装置中,例如配置有其自身外壳和例如其自身电源的装置。

[0077] 然而,根据变型(未示出),各种模块4、6和8可以集成到相同装置中。例如,同步模块4可以集成在相同装置中的测量模块6或8旁边。根据另一示例,相同装置可以包含测量模块6和测量模块8。在这种情况下,模块6和8可以共享相同的电子电路58,即使它们各自的传感器56不同。根据又一示例,给定装置可以包含在该装置内同时且彼此独立地操作以便确保在电气量的测量中的冗余的多个测量模块6和/或多个测量模块8。

[0078] 在实践中,每个存储器32、42和/或每个介质34、44存储软件代码和/或指令,该软件代码和/或指令可分别由对应的处理单元30或40执行和读取,以便自动实施根据下面描述和/或设想的实施例中的任何一个的一种或多种方法。

[0079] 根据变型(未示出),模块4、6、8可以包括专用电子电路,例如ASIC类型的专用电子电路,或者包括可重编程逻辑电路,例如FPGA类型的可重编程逻辑电路。

[0080] 通常,根据各种实施例,由系统2实施的用于测量电气量的方法包括:

[0081] -由连接到数据总线10的同步模块4在数据总线10上分派同步消息,该分派以预定义的发射时段 T_{com} 执行,借助于同步模块4的第一时钟38对该发射时段倒计数;

[0082] -由连接到数据总线10的测量模块6、8接收同步消息;

[0083] -由已经接收到同步消息的每个测量模块6、8对第一等待持续时间 t_1 倒计数,对于所述测量模块6、8中的每一个,使用属于该测量模块的第二时钟48来执行该倒计数;

[0084] -对于所述测量模块6、8中的每一个,在第一等待持续时间的倒计数结束时,借助于对应的传感器56测量电气量。

[0085] 现在将参考图5、6和7描述根据第一实施例的系统2的操作的示例。

[0086] 根据这些实施方式,同步模块4因此被编程为以发射时段 T_{com} 在数据总线10上周期性地发射同步消息。每个同步方法被分派给连接到数据总线10的所有测量模块6和8。

[0087] 例如,如图5所示,在方法开始(步骤S100)之后,同步模块4在总线10上发射同步消息(步骤S102),然后在再次发射同步消息之前等待发射时段 T_{com} 的结束(步骤S104),发射步骤S102和等待步骤S104被重复,直到方法停止。

[0088] 在图6所示的时序图60中,图62示出了在系统2的操作期间,具体地在三个连续发射时段期间,在数据总线10上交换的数据流量。

[0089] 例如,针对每个发射时段 T_{com} 定义数据总线10上的模块4、6和8之间的通信的周期。为了举例说明,这里将三个通信周期表示为“周期 $n-1$ ”、“周期 n ”和“周期 $n+1$ ”,其中“ n ”是非零整数。 x 轴代表时间线“ t ”,并且指示时间 t_{n-1} 、 t_n 、 t_{n+1} 和 t_{n+2} 。时间 t_{n-1} 、 t_n 、 t_{n+1} 分别对应于周期 $n-1$ 、 n 和 $n+1$ 的开始,时间 t_{n+2} 对应于周期 $n+1$ 的结束。

[0090] 每个周期以同步消息的发射开始,该同步消息在这里已经被给定为附图标记66。例如,同步消息包括通过广播传输到连接到总线10的所有模块6、8的帧(“BRD(同步)”)。这里,同步消息66具有表示为 t_a 的持续时间。

[0091] 通过不必为限制性的示例,在每个周期中,同步消息66之后紧接着是由模块6发射的并且包含由模块6测量的一个或多个电压值的消息68。例如,消息68包括数据帧(“BRD(V)”),该数据帧包含由该模块6在先前周期中测量的电压值。这里,消息68具有表示为 t_b 的持续时间。

[0092] 消息68之后是持续时间表示为 t_c 的范围70,在此范围70期间,模块6、8可以在数据总线10上传输数据。

[0093] 范围70之后是持续时间表示为 t_d 的沉默时段72,并且该沉默时段72标记周期的结束。例如,在沉默时段72期间,防止模块6和8在数据总线10上传输数据。因此,这防止了接下来的同步消息66的传输在其发射的时刻被数据总线10上的其他消息的存在所禁止。

[0094] 因此,持续时间 t_a 、 t_b 、 t_c 和 t_d 的总和等于发射时段 T_{com} 的持续时间。

[0095] 根据变型(未示出),由模块4、6、8用来在数据总线10上通信的通信协议可以不同,

因此在消息66的发射之后在总线10上交换的数据的顺序和/或数据的类型可以被不同地定义。

[0096] 例如,消息68可以在每次测量之后被模块6立即分派,而不必等待接下来的周期。因此,可以在每个通信周期期间分派多个消息68,每个消息68包含针对紧接的先前测量时间所测量的一个或多个电压值。

[0097] 根据变型,沉默时段72可以省略。

[0098] 时序图60的行64示出了由测量模块6、8中的一个执行电气量的测量的时间。例如,附图标记 $S_1(n-1)$ 指示在周期 $n-1$ 期间由该测量模块6、8执行第一测量的时间。附图标记 $S_2(n-1)$ 指示在周期 $n-1$ 期间由相同的模块6、8在适当的情况下执行第二测量的时间。附图标记 $S_1(n)$ 指示在周期 n 期间执行第一测量的时间。依此类推。

[0099] 这里,等待持续时间 t_1 由第一计数器50倒计时,该第一计数器50的当前值由持续时间“ T_s ”表示。

[0100] 在实践中,第一时钟38被选择为在时段 T_{com} 的一次或多次重复期间不显著地漂移。

[0101] 如图7所示,当第二模块6、8中的一个接收到同步消息66时(步骤S110),第一计数器50被触发(步骤S112),并且借助于时钟48,时间被计数直到达到第一等待持续时间 t_1 。第一等待持续时间 t_1 具有预定义的值,该预定义的值例如被记录在存储介质44中。

[0102] 一旦已经达到第一等待持续时间 t_1 (步骤S114),测量模块6、8借助于传感器56测量电气量的值 $S_1(n-1)$ (步骤S116),例如通过借助于采集接口54来采样。例如,测量的值 $S_1(n-1)$ 然后被存储在存储器42中和/或介质44中。

[0103] 根据变型,测量模块6、8被编程为在每个通信周期中测量多个电气量值。然后,该方法还包括,对于所述测量模块6、8中的每一个:

[0104] -在电气量的测量结束时,使用对应的第二时钟48,例如借助于第一传感器50,来对第二等待持续时间 T 倒计时;

[0105] -在第二等待持续时间 T 的倒计时结束时,在附加测量中,借助于对应的传感器56再次测量电气量。

[0106] 因此,一旦已经测量了第一值 $S_1(n-1)$,类似于步骤S112,计数器50对第二等待持续时间 T 倒计时(步骤S118)。例如,计数器50在步骤S118的开始处被重置。在这些实施例中,第二等待持续时间 T 的值是预定义的,并且例如被存储在介质44中。

[0107] 一旦已经达到第二等待持续时间 T (步骤S120),类似于步骤S116,测量模块6、8借助于传感器56测量电气量的第二值 $S_2(n-1)$ (步骤S122)。

[0108] 当测量模块6、8必须在每个周期中测量两次以上的电气量时,步骤S118、S120和S122可以根据需要重复多次。在相反的情况下,该方法在第二测量之后以步骤S124结束。

[0109] 例如,由模块6、8在每个周期期间对电气量进行测量的数量“ p ”大于或等于1。在所示的示例中,针对每个周期,测量的数量“ p ”等于2。

[0110] 在实践中,发射时段 T_{com} 根据测量的数量和第二等待持续时间 T 的值来选择,以便在每个周期结束时完成测量。

[0111] 应当理解,在测量的数量 p 等于1的情况下,省略步骤S118至S122。

[0112] 例如,图7的方法由第二模块6、8中的每一个在接收到同步消息66时实施。然后,在接下来的周期中,在接收到接下来的同步消息时,重复步骤S110至S116,并且在适当的情况

下,重复步骤S118至S122。

[0113] 应当理解,附加测量 $S_2(n-1)$ 、 $S_2(n)$ 、 $S_2(n+1)$ 、...不是由同步消息66的接收直接触发,而是取决于由第二时钟对第二等待持续时间的倒数。在实践中,第二时钟48被选择为在第二等待持续时间 T 的一次或多次重复期间不显著地漂移。

[0114] 作为变型,图7的方法在由第一测量模块6实施时,还可以包括发射上述消息68的步骤(未示出),该消息68包括由该第一测量模块6预先测量的、并且例如在先前周期中测量的电压值。

[0115] 参考单个模块6、8描述图7的方法。然而,应当理解,该方法在接收到同步消息时由每个模块6、8独立实施。

[0116] 根据又一可选变型(未示出),可以实施一个或多个附加步骤以根据测量的量中的一个或多个来计算复合电气量。例如,针对每个周期,根据由测量模块6、8测量的电气量中的一个或多个来计算复合电气量的值。在一个示例中,复合电气量是电功率。计算例如由模块6、8本身、或者由连接到数据总线10并由电子电路实施的专用处理单元(未示出)来执行。

[0117] 例如,这种功率由每个第二测量模块8根据由第一测量模块6测量并在消息68中传输的电压值、以及根据由该测量模块8测量的电流值来计算。

[0118] 因此,这里描述的本发明的实施方式允许电气量的测量在测量系统2的多个测量模块6、8之间同步。因此,电气量可以由系统2的测量模块6、8同时测量,或者几乎同时测量。这里所说的“几乎同时”是指测量在持续时间小于或等于 $50\mu s$ 的时间窗内执行。

[0119] 这种方法比基于时间重新同步的人工同步更有利,该时间重新同步随后基于电压和电流测量之间的所计算的相移来执行,即在测量模块已经执行测量之后执行。

[0120] 具体地,这种重新同步并不总是令人满意的,因为通常相移必须通过将测量的值当中的特定电压和电流值作为参考来确定,例如通过将电流和电压通过零点作为参考来确定。这种相移的确定经常由测量的量中谐波的存在和/或由这些信号的上游滤波导致的电流和/或电压信号的变形所破坏。电磁兼容性标准通常要求这种滤波。

[0121] 此外,旨在定期将测量模块的本地时钟重新同步到外部参考时钟的外部同步机构会消耗太多带宽,堵塞数据总线,并且实施起来会很复杂,具体地是因为它会要求更精密且因此更昂贵的本地时钟。

[0122] 本发明的实施方式允许测量模块简单而可靠地同步,这在测量模块6、8必须以低廉的成本制造和维护并且必须以有限的计算资源操作的应用中尤其有利,例如,在测量模块6、8必须大量部署在大尺寸的电气设施20中的应用中。

[0123] 具体地,由于第二时钟48不需要像第一时钟38那样精确,因此降低了测量模块6、8的制造成本。

[0124] 当针对每个通信周期实施多个测量时,不必在每次测量之前同步每个测量模块6、8,因为测量模块6、8使用第二等待持续时间来确定何时执行测量。因此,同步是间接的。

[0125] 即使第二时钟48相对不精确,但是测量模块6、8例如在每个周期中(即在 p 次测量之后)定期重新同步的事实使得能够维持附加测量的令人满意的同步。

[0126] 现在将参考图8和9描述根据第二实施例的系统2的操作的示例。

[0127] 第二实施例类似于上述第一实施例,不同之处具体在于:

[0128] -该方法还包括,对于已经接收到同步消息的所述测量模块6、8中的每一个,测量

分离由该测量模块6、8对两个连续同步消息66的接收的时间间隔 T_{mes} ,该测量由测量模块6、8使用其第二时钟48来执行;

[0129] 以及在于,对于该测量模块6、8,根据由该测量模块6、8预先测量的所述时间间隔 T_{mes} ,确定第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 。

[0130] 除了这些差异之外,第一实施例的描述可转换为第二实施例的描述。具体地,相同的附图标记已经用于指代相似或相同的元件,这些元件将不再详细描述。具体地,这些第二实施例能够由如上所述的测量系统2实施,测量模块6、8相应地被重新编程。

[0131] 在图8所示的时序图80中,类似于上述图62,图82示出了在系统2的操作期间,具体地在三个连续发射时段期间,在数据总线10上交换的数据流量。然而,再次,可以设想除了这里通过示例描述的通信协议之外的通信协议。

[0132] 时序图80的行84示出了时间间隔 T_{mes} ,该时间间隔 T_{mes} 分离由给定测量模块6、8对两个连续同步消息66的接收。

[0133] 例如,附图标记 T^{n-1}_{mes} 指明在周期 $n-1$ 期间、在标记周期 $n-1$ 开始的同步消息66的接收和标记周期 n 开始的同步消息66的接收之间测量的时间间隔 T_{mes} 的值。

[0134] 这里,时间间隔 T_{mes} 由第二计数器52倒计时,该第二计数器52的当前值由持续时间“ T_{sync} ”表示。在实践中,第一计数器50和第二计数器52可以彼此独立地运行。

[0135] 在示例中,时间间隔 T_{mes} 通常具有与时段 T_{com} 相同的持续时间,总线10上的消息的潜在测量、处理和传播持续时间被认为相对于时段 T_{com} 的持续时间可以忽略不计。

[0136] 类似于时序图60的行64,时序图80的行86示出了由测量模块6、8中的一个执行电气量的测量的时间。

[0137] 此外,附图标记 $t_1(n-2)$ 指明在周期 $n-1$ 期间第一等待持续时间 t_1 所取的特定值,其值在周期 $n-1$ 之前的周期 $n-2$ 结束时计算。附图标记 $t_1(n-1)$ 指明在周期 n 期间第一等待持续时间 t_1 所取的特定值,其值在周期 $n-1$ 结束时计算。类似地,附图标记 $T(n-2)$ 指明在周期 $n-1$ 期间第二等待持续时间 T 所取的特定值,其值在周期 $n-2$ 结束时计算。以此类推。

[0138] 根据实施方式,对于测量模块6、8中的每一个,在由该测量模块每次接收到同步消息之后,使用根据由该测量模块预先测量的时间间隔 T_{mes} 的值的预定计算公式来确定第一等待持续时间 t_1 。

[0139] 例如,第一等待持续时间 t_1 以第一预定义比例系数与所述时间间隔的所述值成比例。

[0140] 根据一个示例,第一比例系数等于“ a/p ”,其中“ a ”是数值,例如严格低于1。因此,对于每个通信周期 n ,第一等待持续时间 $t_1(n-1)$ 等于系数 a/p 乘以在先前周期期间测量的时间间隔 T_{mes} 的特定值 T^{n-1}_{mes} 的乘积。

[0141] 作为变型,不仅取决于预先测量的时间间隔 T_{mes} 的值,而且还取决于第一等待持续时间 t_1 的值的歷史(即针对一个或多个先前周期测量的第一等待持续时间 t_1 的先前值),来针对每个通信周期计算第一等待持续时间 t_1 。例如,第一等待持续时间 t_1 的所计算的值考虑与预定义数量的先前周期相关联的第一等待持续时间 t_1 的所计算的值的平均值。例如,该历史可以记录在测量模块6、8的存储器42、44中,并且可以在每个周期中更新。

[0142] 根据其他变型,该周期的第一等待持续时间 t_1 的计算可以考虑针对先前周期测量的时间间隔 T_{mes} 的值的歷史。例如,该历史可以记录在测量模块6、8的存储器42或44中,并且

可以在每个周期中更新。

[0143] 根据其他实施例,在进行一个或多个附加测量的情况下,对于所述测量模块6、8中的每一个,在该测量模块每次接收到同步消息之后,使用根据由该测量模块预先测量的所述时间间隔 T_{mes} 的预定计算公式来确定第二等待持续时间 T 。

[0144] 例如,根据第二预定义比例系数,第二等待持续时间 T 与所述时间间隔 T_{mes} 的所述值成比例。通过示例,第二比例系数等于“ $1/p$ ”。因此,对于每个通信周期 n ,第二等待持续时间 $T(n-1)$ 等于系数 $1/p$ 乘以在先前周期期间测量的时间间隔 T^{n-1}_{mes} 的乘积。

[0145] 作为变型,不仅取决于预先测量的时间间隔 T_{mes} 的值,而且还取决于第二等待持续时间 T 的值的歷史(诸如与预定义数量的先前周期相关联的第二等待持续时间 T 的所计算的值的平均值),来针对每个通信周期计算第二等待持续时间 T 。例如,该历史可以记录在测量模块6、8的存储器42、44中,并且可以在每个周期中更新。

[0146] 如图9所示,当第二模块6、8中的一个接收到同步消息66时(步骤S130),第一计数器50被触发(步骤S132),并且借助于时钟48,时间被计数直到达到针对该周期定义的第一等待持续时间 t_1 。

[0147] 一旦已经达到第一等待持续时间 t_1 (步骤S134),模块6、8借助于传感器56测量电气量的值 $S_1(n-1)$ (步骤S136)。一旦已经测量了第一值 $S_1(n-1)$,计数器50对第二等待持续时间 T 倒计时(步骤S138)。例如,计数器50在步骤S138的开始处被重置。一旦已经达到第二等待持续时间 T (步骤S140),模块6、8借助于传感器56测量电气量的第二值 $S_2(n-1)$ (步骤S142)。当测量模块6、8必须在每个周期中测量两次以上的电气量时,步骤S138、S140和S142可以根据需要重复多次。在相反的情况下,该方法在第二测量之后以步骤S144结束。

[0148] 例如,步骤S130至S144类似于上述步骤S110至S124。

[0149] 并行地,第二计数器52测量分离两个连续同步消息66的接收的持续时间。

[0150] 例如,最初,第二计数器52在先前周期中开始,并且在先前周期开始时从接收同步消息开始计时。

[0151] 在接收到同步消息66时,模块6、8停止第二计数器52,并将该计数器的当前值记录为等于时间间隔 T_{mes} (步骤S150)。

[0152] 接下来,第二计数器52被置零,然后重新开始(步骤S152),并且开始倒计时经过的时间,例如直到步骤S150的下一次迭代,该迭代是由接下来的同步消息66的接收发起。

[0153] 在步骤S154中,根据情况,根据如此测量的时间间隔 T_{mes} ,计算该周期的第一等待持续时间 t_1 和/或第二等待持续时间 T 的值。相应地更新记录在模块6、8的存储器中的第一等待持续时间 t_1 和/或第二等待持续时间 T 的当前值。

[0154] 取决于实施方式,在该步骤S154中,该周期的第一等待持续时间 t_1 和/或第二等待持续时间 T 的值的计算可以如上所述考虑第一等待持续时间 t_1 和/或第二等待持续时间 T 的值的歷史、和/或时间间隔 T_{mes} 的值的歷史。

[0155] 当根据如此测量的时间间隔 T_{mes} 计算第一等待持续时间时,则优选地在步骤S134之前实施步骤S150、S152和S154,如图9所示。

[0156] 在实践中,取决于实施例,可以根据所述测量的时间间隔 T_{mes} ,针对每个周期重新计算第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值,如在上述示例中那样。然而,作为变型,可以根据所述测量的时间间隔 T_{mes} ,针对每个周期仅重新计算第一等待持续时间 t_1 和第

二等待持续时间 T 中的一个。

[0157] 上述第二实施例有利地使得能够改善多个测量模块6、8之间的测量的同步。

[0158] 具体地,由于第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 是根据时间间隔 T_{mes} 在每个模块中本地计算的,并且由于这些持续时间和间隔由所述模块的相同第二时钟48测量,因此所述第二时钟48中的潜在漂移被自动补偿。

[0159] 例如,如果测量模块6、8的第二时钟48的振荡频率相对于参考时钟异常减慢,则由该第二时钟48测量的持续时间将看起来比它们实际上要短。因此,由该时钟48测量的时间间隔 T_{mes} 将被认为比它实际上要短。由于该时间间隔然后被用于计算第一等待持续时间 t_1 ,并且在适当的情况下被用于计算第二等待持续时间 T ,作为结果,第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 将减小。由于第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 然后被相同的时钟48测量,因此引入第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的计算中的误差将被时钟48中的漂移所补偿,使得第一测量或者甚至附加测量最终将与测量模块6、8的测量同步。

[0160] 因此,可以同步或几乎同步地测量电气量,而不需要定期更新第二时钟48,并且也不需要非常精确的第二时钟48,使用非常精确的第二时钟48将会太昂贵。

[0161] 现在将参考图11描述根据第三实施例的系统2的操作的示例。

[0162] 第三实施例类似于上述第一实施例和第二实施例,并且与第一实施例和第二实施例的不同之处具体在于,重复附加测量,直到接收到接下来的同步消息。因此,应该理解,在这种情况下,用 p 表示的测量的数量大于或等于2。

[0163] 除了这些差异之外,第二实施例的描述可转换为第三实施例的描述。具体地,相同的附图标记已经用于指代相似或相同的元件,这些元件将不再详细描述。具体地,这些第三实施例能够由如上所述的测量系统2实施,测量模块6、8相应地被重新编程。

[0164] 在图11所示的时序图90中,类似于上述图62,图92示出了在系统2的操作期间,具体地在三个连续发射时段期间,在数据总线10上交换的数据流量。然而,再次,可以设想除了这里通过示例描述的通信协议之外的通信协议。

[0165] 类似于时序图80的行84,时序图90的行94示出了时间间隔 T_{mes} ,该时间间隔 T_{mes} 分离相同的测量模块6、8对两个连续同步消息66的接收。

[0166] 类似于时序图80的行86,时序图90的行96示出了由测量模块6、8中的一个执行电气量的测量的时间。

[0167] 第三实施例具体地可应用于同步消息66中的一个没有被测量模块6、8接收或者被延迟接收的情况。在所示的示例中,没有接收到由附图标记98指示的周期 $n+1$ 的同步消息。

[0168] 因此,除了实施电气量的附加测量的步骤S138、S140和S142继续重复直到接收到同步消息66之外,以上参考图9描述的方法的实施方式是相似的。

[0169] 当同步消息66被正常接收时,如图11的示例中周期 $n-1$ 结束时的情况,这种重复被中断,并且步骤S132和S150如上所述被正常实施。具体地,第一计数器50被重置以便对第一等待持续时间 $t_1(n-1)$ 倒计时,并且第二计数器52被重置。

[0170] 然而,如果没有接收到同步消息66,如图11的示例中周期 $n+1$ 开始时的情况,电气量的测量继续基于在先前周期中计算的第二等待持续时间 $T(n-1)$ 来实施,并且不被更新,即使周期 n 实际上已经结束并且接下来的周期 $n+1$ 已经开始。因此,所讨论的测量模块6、8暂时不与其他测量模块6、8重新同步。

[0171] 当测量模块没有被重新同步并继续使用没有被更新的第二等待持续时间 $T(n-1)$ 时,在周期 $n+1$ 期间由该测量模块进行的电气量的测量被表示为 $S_1(n+1)^{err}$ 和 $S_2(n+1)^{err}$ 。

[0172] 并行地,如果没有接收到同步消息66,则第二计数器52继续操作。

[0173] 随后,当再次正确接收到同步消息66时,如上所述实施方法的步骤S132以及在适当的情况下实施方法的步骤S150,这允许所讨论的测量模块与其他测量模块重新同步。然而,优选地,随后不考虑由第二计数器52计算的时间间隔 T_{mes} 的该值,因为它不代表两个连续同步消息66的发射之间的间隔。

[0174] 例如,如果在该时间间隔 T_{mes} 期间由测量模块6、8执行的测量的数量不同于预定义的测量的数量,例如高于测量的最大数量 p ,则时间间隔 T_{mes} 的测量的值被自动拒绝。

[0175] 这里“拒绝”的意思是时间间隔 T_{mes} 的该测量的值没有被该测量模块考虑以计算第一等待持续时间 t_1 或第二等待持续时间 T 的值。

[0176] 此外,在某些可选变型中,如果周期由于同步消息的过早接收而过早结束,则可以检测同步误差,当在该周期中执行的测量的数量被测量为低于测量的数量 p 时,识别出这种误差。

[0177] 因此,除了其他优点之外,上述第三实施例还允许测量模块的连续操作,而不会在同步消息接收不良的孤立情况下破坏测量的同步。因此,在有误差的情况下,操作方法更加稳健。即使本地时钟48中的潜在漂移暂时不再得到补偿,这将在少量测量间隔中的情况,并且因此,对测量可靠性的影响将仍然有限。

[0178] 现在参考图10描述测量模块6或8在其初始化后的操作的示例。

[0179] 在这个示例中,第一变量 N_{sync} 被定义为指示模块的初始化状态。例如,变量 N_{sync} 可以采取多个预定义的状态,第一开始状态、第二开始状态和正常操作状态。

[0180] 定义了第二变量 N_{mes} ,其当前值指示由所述模块6或8执行的测量的数量。例如,变量 N_{sync} 和 N_{mes} 存储在存储器42中。

[0181] 当模块6或8开始时,它执行初始化序列,其中变量 N_{sync} 被初始化为与第一开始状态相对应的第一值。变量 N_{mes} 被初始化为零。第二等待持续时间 T 被设置为等于预定义的本地图,例如预先记录在存储器42或44中的值。第二计数器52被触发。同样,考虑到下一次接收同步消息66,第一等待持续时间 t_1 被设置为等于预定义的本地图,例如预先记录在存储器42或44中的值。

[0182] 然后,模块6、8处于第一开始状态,其中测量不与其他测量模块同步,并且基于本地定义的等待持续时间。然后,在第二持续时间 T 结束时,在第一计数器52的每次期满时,可以在类似于步骤S142的步骤中执行电气量的一个或多个测量,变量 N_{mes} 在每次测量时递增。然而,这种情况将在接收到第一同步消息66时改变。

[0183] 在接收到同步消息66(步骤S160)之后,自动检查变量 N_{sync} 的值。

[0184] 如果变量 N_{sync} 的值被确定为对应于第一开始状态(步骤S162),则变量 N_{sync} 的值被改变为第二开始状态,并且第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值取预定义的值(步骤S164)。

[0185] 接下来,利用如此定义的第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值来实施步骤S132至S142,变量 N_{mes} 在传感器56每次测量电气量时递增(步骤S178)。换句话说,模块6、8处于第二开始状态,其中测量与其他测量模块同步,但是其中时钟不被校正。方法以步

骤S180结束,直到接收到接下来的同步消息66。

[0186] 如果在步骤S160之后,变量Nsync的值被确定为对应于第二开始状态(步骤S166),则变量Nsync的值被改变为正常操作状态,并且根据测量的时间间隔 T_{mes} 的值计算第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值(步骤S168)。接下来,利用如此计算的第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值来实施如上所述的步骤S132和接下来的步骤,变量Nmes在传感器56每次测量电气量时递增(步骤S178)。

[0187] 随后,测量模块6、8处于标称操作模式,其中,测量被同步并且本地时钟48的潜在偏移被补偿。例如,实施如上所述的步骤S132和接下来的步骤。

[0188] 如果在接收到新的同步消息66之后,变量Nsync不处于多个开始状态中的一个,并且测量Nmes的数量被识别为等于测量的数量 p (步骤S170),则测量模块6、8被认为仍然处于标称操作模式(步骤S172)。在相反的情况下(步骤S174),如果变量Nmes具有不同于测量的数量 p 的值,则认为已经发生了同步误差。

[0189] 例如,如果认为已经发生了同步误差,则执行重置(步骤S174),其中每个第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值被重置到上述预定义的本地值。以第一等待持续时间 t_1 的预定义的本地值重置第一计数器50,并且重置第二计数器52以便重新开始时间间隔 T_{mes} 的倒计时。变量Nsync被重置到第二开始状态。因此,测量继续被同步执行,但是对本地时钟48的漂移的补偿被暂时禁止,直到代表通信周期的持续时间 T_{com} 的时间间隔 T_{mes} 再次可用。

[0190] 许多其他实施例也是可能的。

[0191] 在某些可选变型中,可以针对每个测量模块6、8本地调整第一等待持续时间 t_1 的值,以便考虑测量电路或通信总线10固有的潜在延迟,从而促进所有测量模块6、8对每个同步消息66的同时或几乎同时的接收。

[0192] 例如,在模块4、6、8以菊花链拓扑连接到数据总线10的情况下,取决于它们在数据总线10上的位置,测量模块6、8可能不会同时接收同步消息66。在这种情况下,可以针对每个测量模块6、8本地调整等待持续时间 t_1 ,以便考虑同步消息在测量模块之间连续传播所花费的时间。

[0193] 调整可以包括在每个测量模块6、8中添加或移除预定义的延迟,该预定义的延迟特定于每个模块6、8。例如,预定义的延迟基于模块6、8和/或数据总线10的技术规范来计算,或者在校准之后被确定。预定义的延迟例如被记录在模块6、8的存储器中。

[0194] 在示例中,在第一等待持续时间 t_1 被预定义并且不根据时间间隔 T_{mes} 计算的实施例中,可以通过直接选择考虑先前量化的潜在延迟的第一等待持续时间 t_1 的值,在系统2的制造或安装期间执行调整。在根据时间间隔 T_{mes} 针对每个通信周期自动重新计算第一等待持续时间 t_1 的实施例中,可以在步骤S152或步骤S154中通过添加或减去预定义的延迟来执行调整。

[0195] 更一般地,在上述实施的方法中,同步消息66的分派被周期性地执行。发射时段 T_{com} 具有设定值,该设定值例如是提前预定义的。

[0196] 然而,根据变型,同步消息66不被周期性发射,并且同步消息66的分派以可变持续时间 T_{com} 的发射周期来执行。

[0197] 这种变化可以被提前知晓,即发射时段 T_{com} 可以在每个周期中取从多个预定义的

值中选择的值。例如,发射时段 T_{com} 在第一持续时间和比该第一持续时间长的第二持续时间之间交替。

[0198] 优选地,当同步消息66的发射不是周期性时,由模块4分派的同步消息66包括时间相关数据,这些数据例如包括第一等待持续时间 t_1 的值,该值指示在周期的过程中要执行的第一测量之前的等待持续时间。

[0199] 在实施例中,在接收到同步消息66时,用接收到的第一等待持续时间 t_1 的值更新第一计数器50。

[0200] 优选地,由模块4计算在同步消息66中占重要位置的第一等待持续时间 t_1 的值。此外,当实施时钟的同步时,例如类似于参考图9和11描述的方法的同步,则包含在同步消息66中的时间数据可以进一步包括自模块4分派最近的同步消息66以来经过的时间 T_{cyc} 的值。例如,时间 T_{cyc} 指示刚刚结束的通信周期的持续时间。因此,步骤S154可以被修改以不同地计算第一等待持续时间 t_1 和第二等待持续时间 T 的值。

[0201] 根据其他替代实施例,由模块6、8执行的测量的数量在每个周期中不必相同。换句话说,测量的数量从一个周期到下一周期可以有所不同。

[0202] 这些替代实施例具体地可应用于其中发射时段 T_{com} 不恒定的实施例:因为某些周期比其他周期长,所以在这些周期中可以执行更多的测量。

[0203] 在这种情况下,优选地,同步消息66包括如上所述的时间相关数据,具体地是包括第一等待持续时间 t_1 的值和/或自模块4分派最近的同步消息66以来经过的时间 T_{cyc} 的值。

[0204] 优选地,同步消息66还包括自所述测量模块6、8的最近的同步以来执行的测量的数量的指示符。

[0205] 例如,同步模块4被编程为对由测量模块6、8中的所有或一些测量模块在每个周期中执行的测量的数量进行计数,然后将如此计数的测量的数量包括在标记接下来的周期开始的同步消息中。

[0206] 例如,这种计数有利地通过对所分派的数据消息68中包括的所测量的值的数量进行计数来获得,或者对于其中在每次测量之后立即分派这种数据消息68的实施例,这种计数有利地通过对由计数模块6、8在每个周期中发射的数据消息68的数量进行计数来获得。

[0207] 在方法的实施期间,考虑到例如确定未接收到先前的同步消息,关于测量的数量(其数量在同步消息66中接收)的知识允许检测测量模块的操作中的异常。这可以通过将接收到的同步消息66中指示的测量的数量与变量 N_{mes} 中记录的测量的数量进行比较来确定。

[0208] 以上设想的实施例和变型可以结合在一起形成新的实施例。

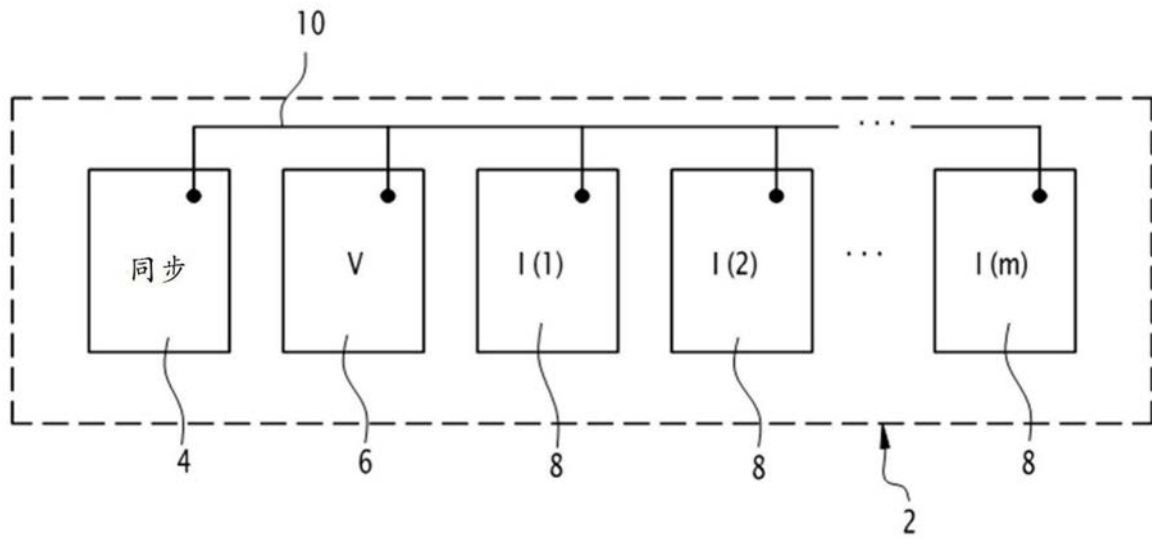


图1

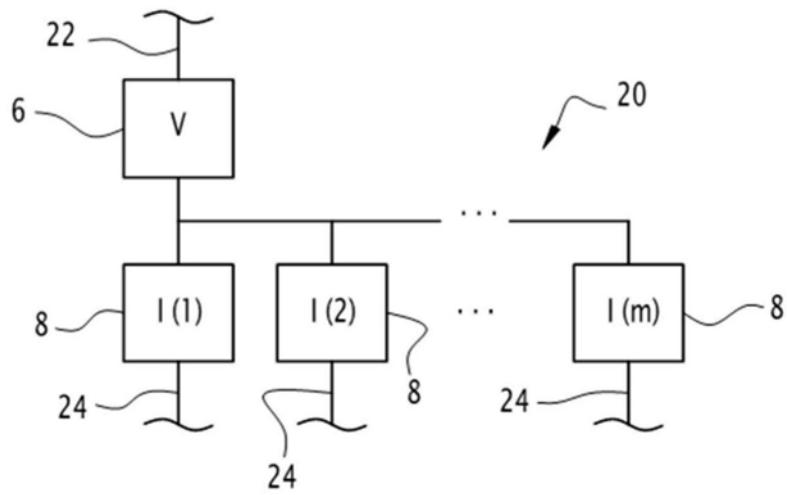


图2

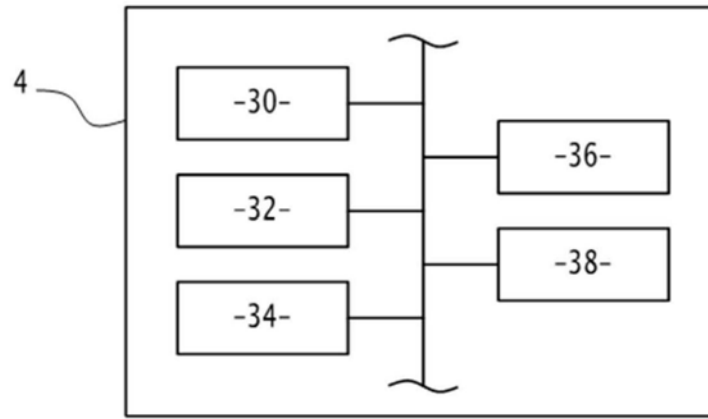


图3

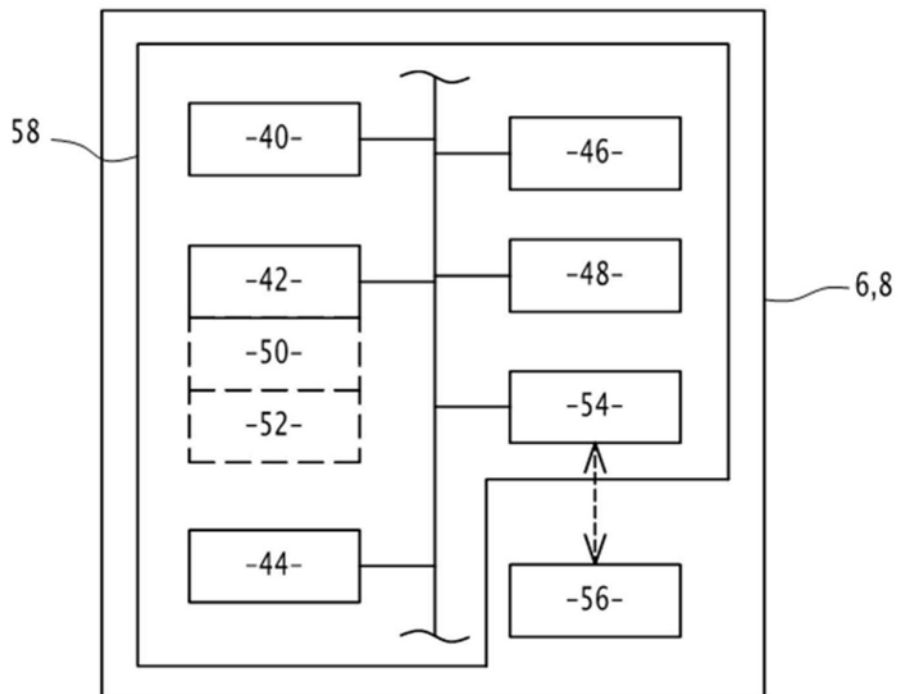


图4

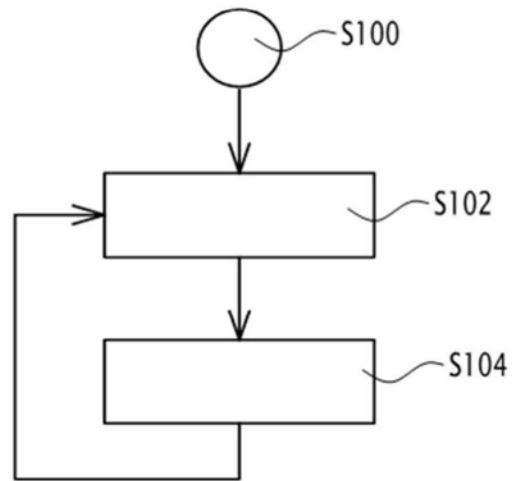


图5

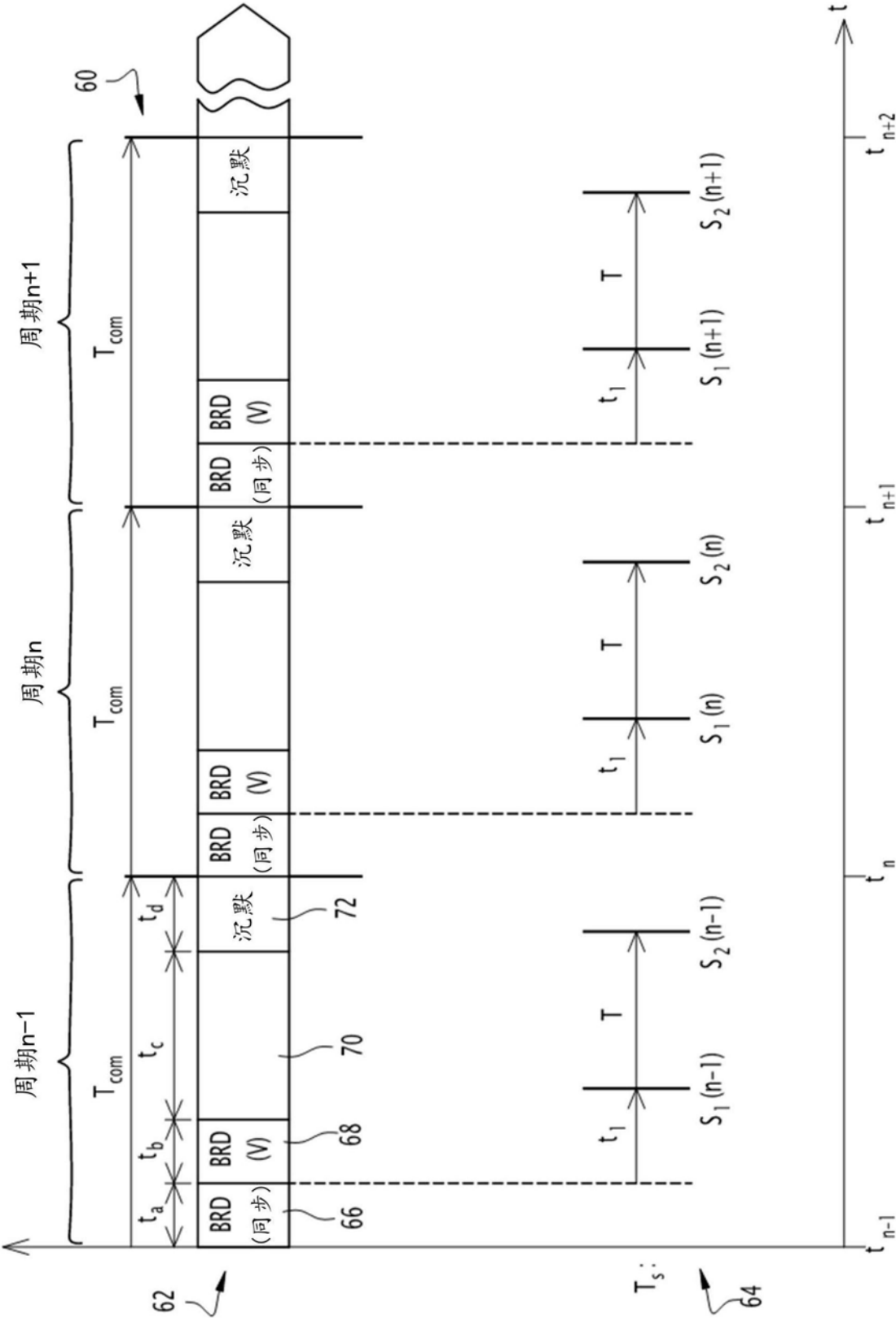


图6

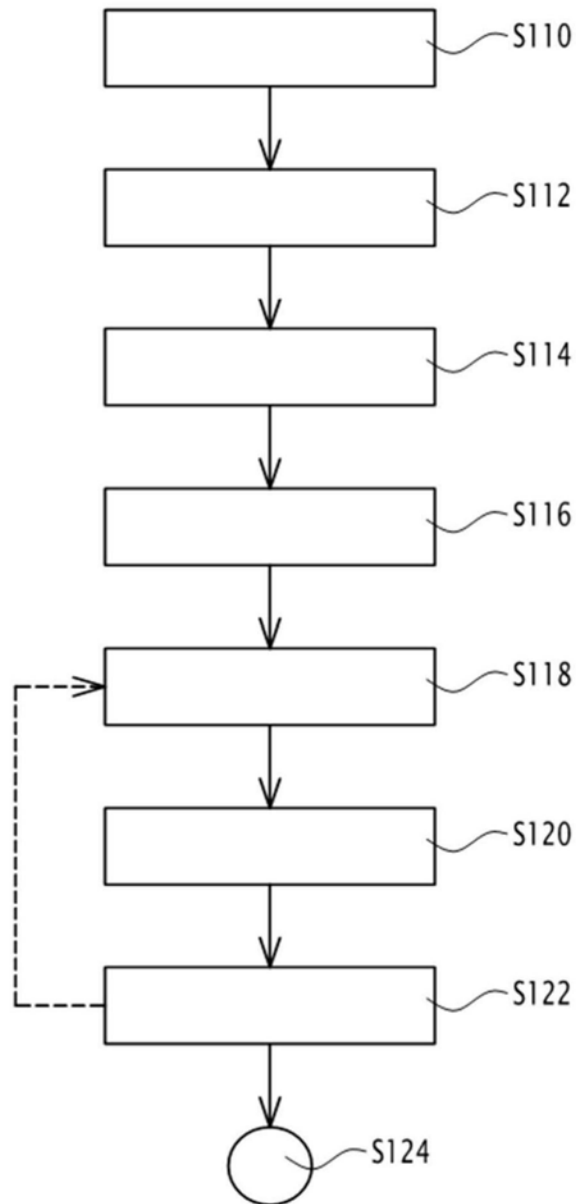


图7

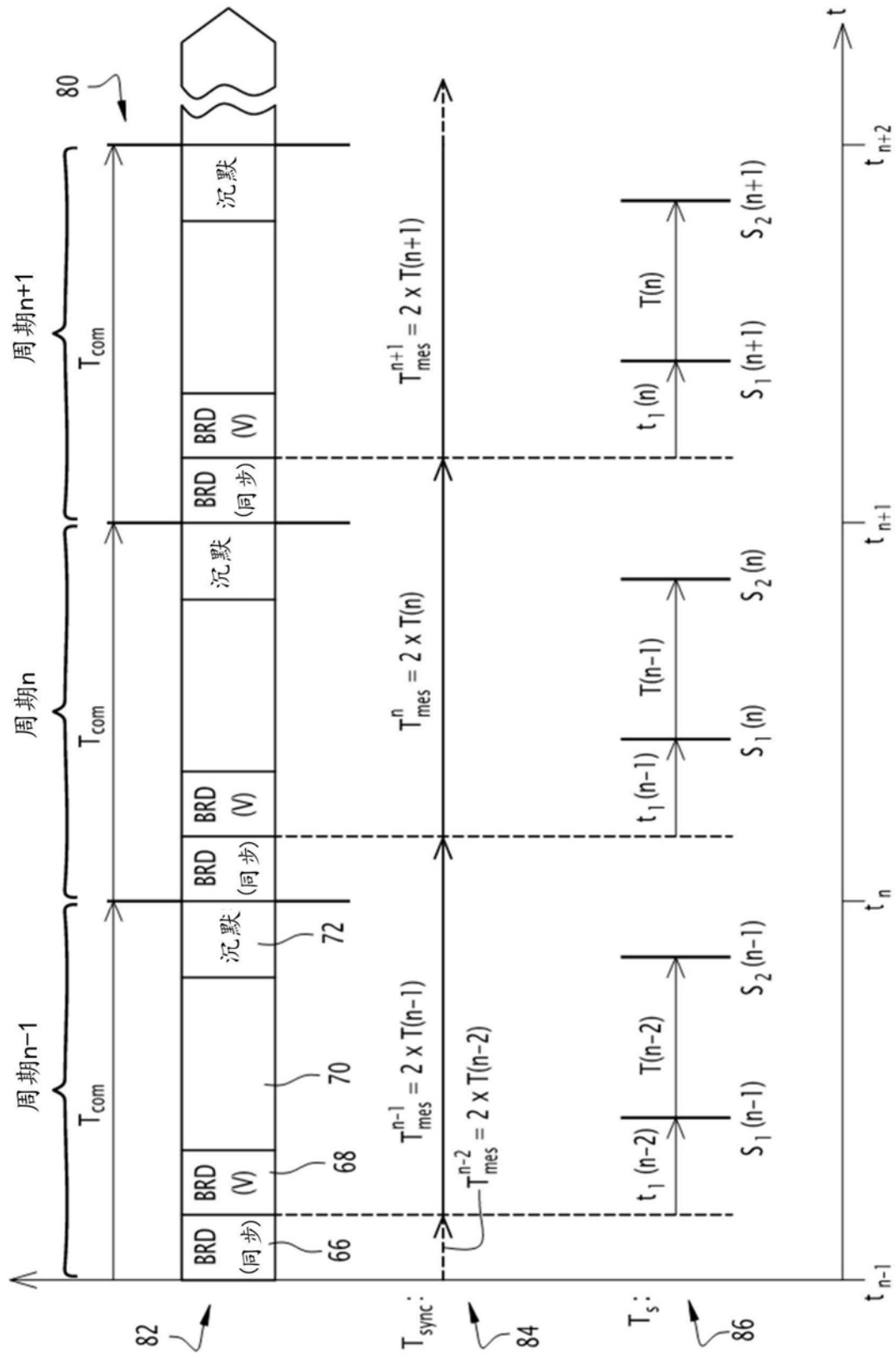


图8

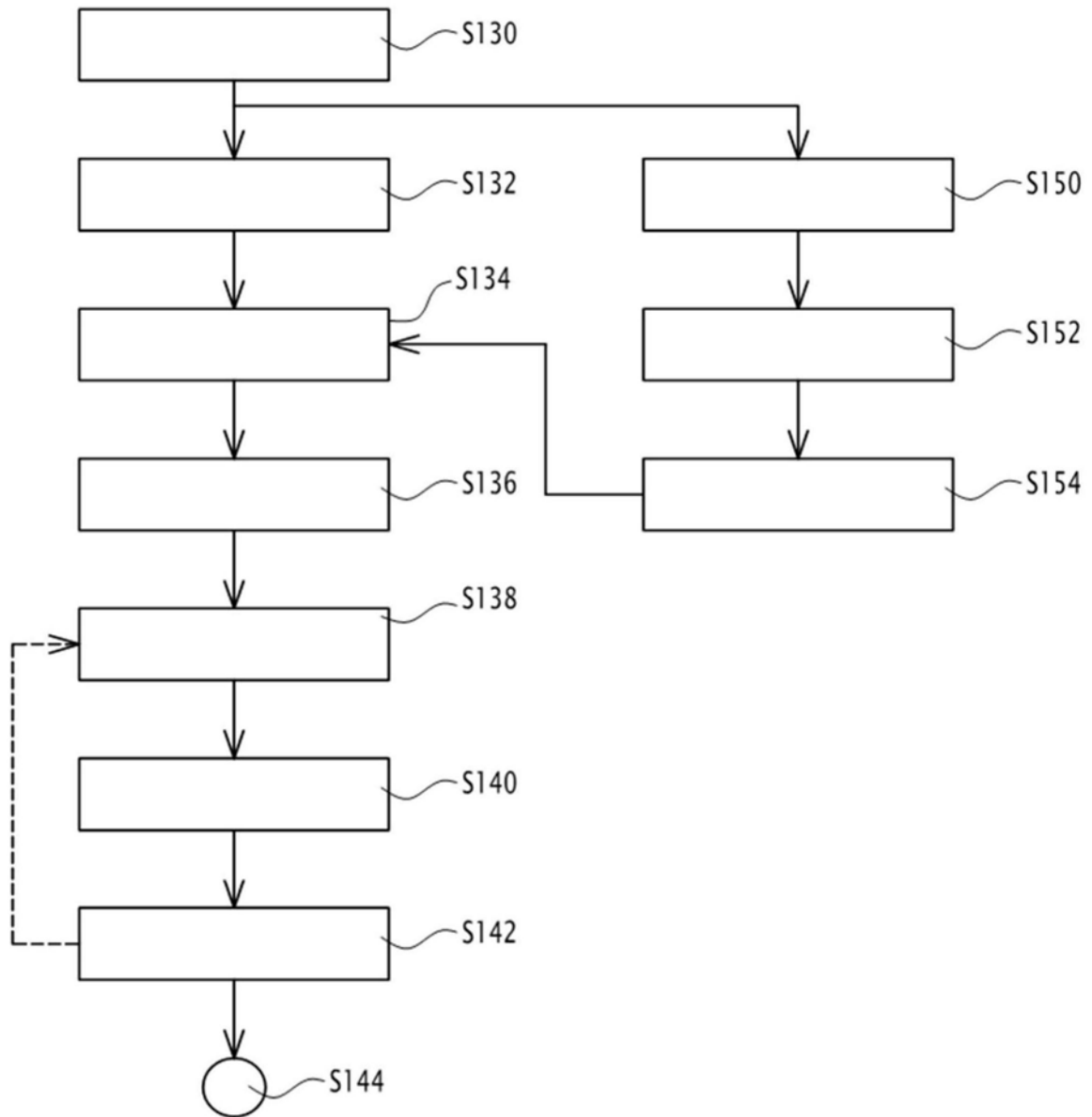


图9

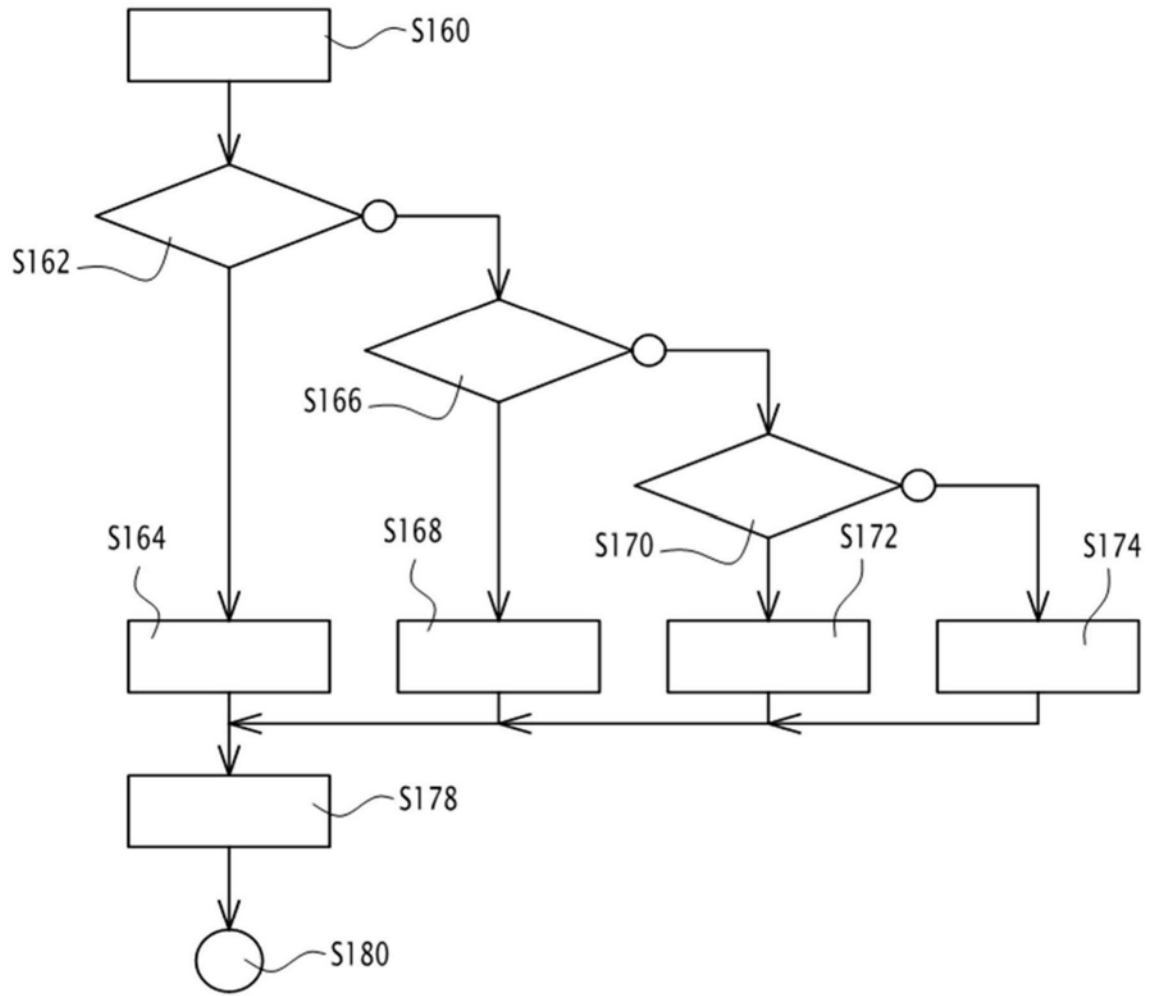


图10

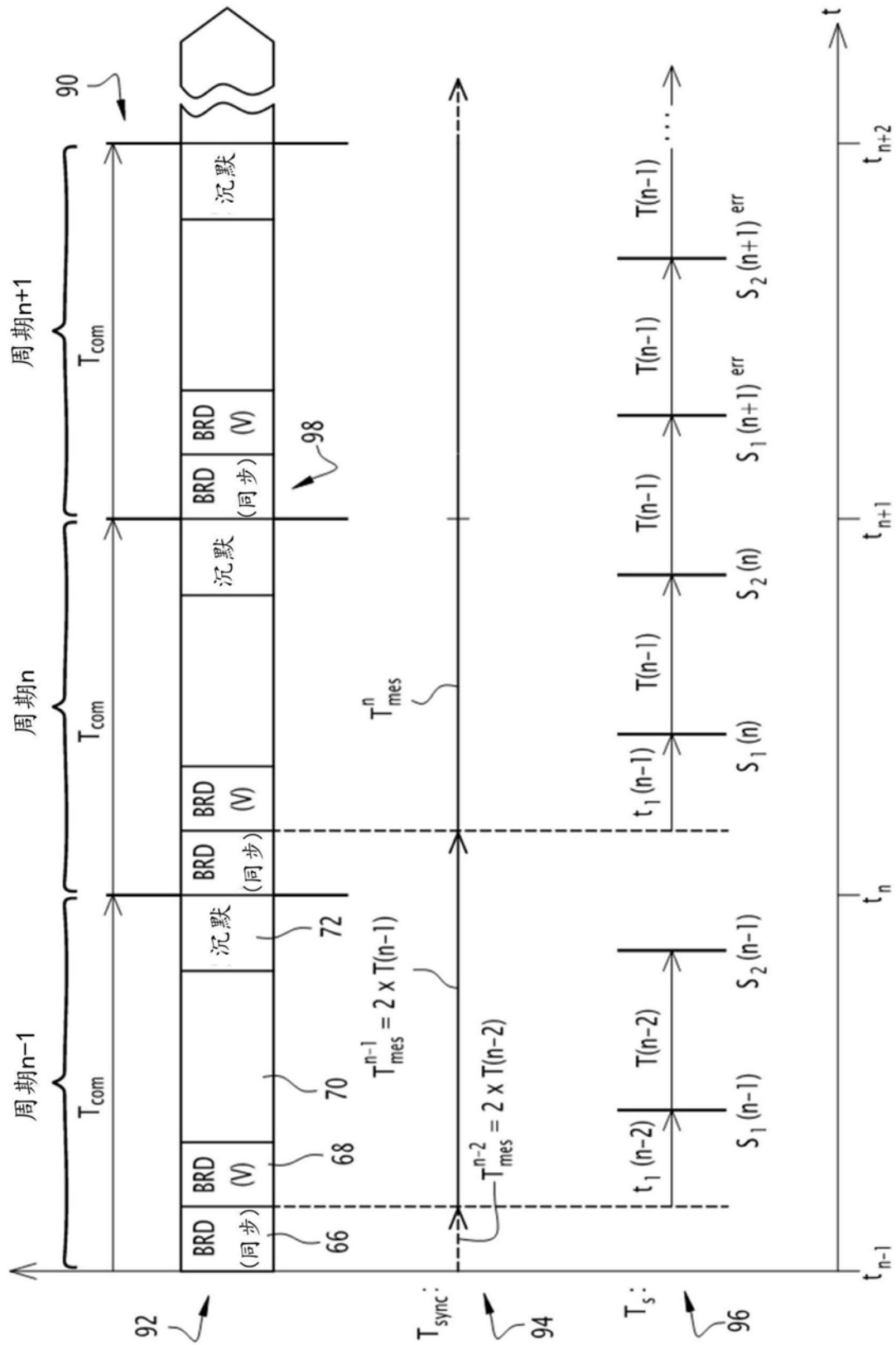


图11