



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104137377 B

(45)授权公告日 2016.11.16

(21)申请号 201380010230.X

(72)发明人 诺贝尔·贝尼希 卢茨·纳米斯洛

(22)申请日 2013.01.31

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104137377 A

代理人 余刚 李慧

(43)申请公布日 2014.11.05

(51)Int.Cl.

H02J 3/40(2006.01)

(30)优先权数据

12156495.9 2012.02.22 EP

(56)对比文件

CN 101719679 A, 2010.06.02, 全文.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

DE 102006059199 B3, 2008.04.17, 说明书第[0043]-[0053]段、附图1-5.

2014.08.20

US 2011/0210606 A1, 2011.09.01, 说明书第[0044]-[0080]段、附图1,5,8,9.

(86)PCT国际申请的申请数据

审查员 邱慧

PCT/EP2013/051918 2013.01.31

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/124133 DE 2013.08.29

(73)专利权人 西门子公司

权利要求书2页 说明书11页 附图9页

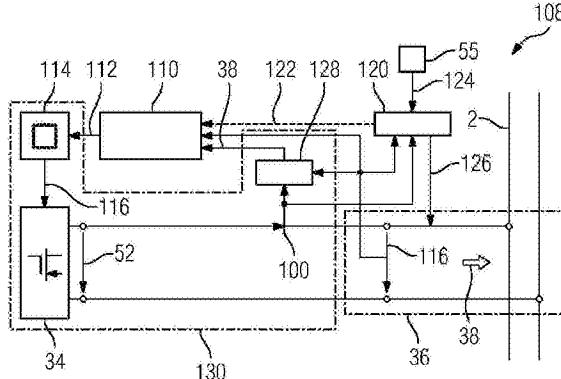
地址 德国慕尼黑

(54)发明名称

用于将馈送电压与电网电压同步的方法

(57)摘要

本发明涉及一种将馈送电压(52)与电能供应网络(2)的电网电压(118)同步的方法，其中可以基于静态特征线(58,64)来确定馈送电压(52)的特征，其中静态特征线(58,64)将馈送电压(52)的特征与馈送功率(38)进行比较，其中在施加馈送电压(52)时，馈送功率(38)被电能供应网络(2)所接收，并且其中当馈送功率(38)达到极限(I_{max})时，馈送电压(52)的特征与某一确定值(118)匹配。



1. 一种将电流限定的网络构成者的馈送电压(52)与电能供应网络(2)的电网电压同步的方法, 所述电能供应网络包括具有静态特征线(58,64)的另一个网络构成者以及耗电器(15),

-其中, 对于所述网络构成者的所述馈送电压(52)来说能基于所述网络构成者的静态特征线(58,64)来确定选自频率(70)、相位和有效值(82)中的特征,

-其中, 所述网络构成者的静态特征线(58,64)将所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所选的所述特征与所述网络构成者的馈送功率(38)进行比较,

-其中, 在施加所述网络构成者的所述馈送电压(52)时, 所述网络构成者的所述馈送功率(38)被所述电能供应网络(2)接收, 并且

-其中, 当所述网络构成者的所述馈送功率(38)达到极限(I_{max})时, 所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所述特征与一个第一值匹配, 所述第一值小于或等于所述电网电压的相应的所述特征的额定值, 所述电网电压由所述另一个网络构成者的静态特征线(58,64)得出。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 当由所述网络构成者能输出给所述电能供应网络(2)的电流达到最大时和/或所述网络构成者的所述馈送功率为负时, 所述网络构成者的所述馈送功率(38)达到极限(I_{max})。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述静态特征线(58,64)具有底点, 为了使所述网络构成者的所述馈送电压(38)的所述特征匹配于确定的所述第一值而移动所述底点。

4. 根据权利要求3所述的方法, 其中, 为了移动所述底点, 降低所输入的转化为所述网络构成者的所述馈送功率(38)的初级能源。

5. 根据权利要求3所述的方法, 其中, 当所述网络构成者的所述馈送电压(52)小于用于所述网络构成者的所述馈送功率(38)的所述极限(I_{max})时, 所述静态特征线(58,64)的所述底点移回到所述底点的起始值。

6. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 当所述网络构成者的所述馈送电压(52)小于用于所述网络构成者的所述馈送功率(38)的所述极限(I_{max})时, 所述静态特征线(58,64)的所述底点移回到所述底点的起始值。

7. 根据权利要求中1或2所述的方法, 其中, 所述静态特征线(58,64)为线性的并且具有斜率, 为了使所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所述特征匹配于确定的所述第一值而改变所述斜率。

8. 根据权利要求中6所述的方法, 其中, 所述静态特征线(58,64)为线性的并且具有斜率, 为了使所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所述特征匹配于确定的所述第一值而改变所述斜率。

9. 根据权利要求7所述的方法, 其中, 当所述网络构成者的所述馈送电压(52)小于用于所述网络构成者的所述馈送功率(38)的所述极限(I_{max})时, 所述静态特征线(58,64)的所述斜率移回到所述斜率的起始值。

10. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 当所述网络构成者的所述馈送电压(52)小于用于所述网络构成者的所述馈送功率(38)的所述极限(I_{max})时, 所述静态特征线(58,64)的所述斜率移回到所述斜率的起始值。

11. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 在收到预定的接通信号后, 将所述网络构成

者的所述馈送电压(52)施加在所述电能供应网络上。

12. 根据权利要求10所述的方法,其中,在收到预定的接通信号后,将所述网络构成者的所述馈送电压(52)施加在所述电能供应网络上。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述接通信号是所述电网电压的一个特征的升高。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述接通信号是所述电网电压的一个特征的升高。

15. 根据权利要求11所述的方法,其中,在收到所述预定的接通信号后,基于额定变化曲线对所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所述特征进行随动调节。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中,在收到所述预定的接通信号后,基于额定变化曲线对所述网络构成者的所述馈送电压(52)的所述特征进行随动调节。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述网络构成者的所述馈送电压(52)的随动调节的所述特征是所述网络构成者的所述馈送电压(52)的有效值。

18. 根据权利要求16所述的方法,其中,所述网络构成者的所述馈送电压(52)的随动调节的所述特征是所述网络构成者的所述馈送电压(52)的有效值。

19. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述额定变化曲线是斜坡形的。

20. 根据权利要求18所述的方法,其中,所述额定变化曲线是斜坡形的。

21. 根据权利要求19所述的方法,其中,所述斜坡形成的时间长度短于所述接通信号的传输时间。

22. 根据权利要求20所述的方法,其中,所述斜坡形成的时间长度短于所述接通信号的传输时间。

23. 一种用于执行根据权利要求1-22中任一项所述的方法的控制装置。

24. 一种用于具有电网电压的电能供应网络(2)的网络构成者,所述网络构成者包括用于将馈送电压(52)输出到所述电能供应网络(2)中的电能发生器和根据权利要求23所述的控制装置。

25. 根据权利要求24所述的网络构成者,所述网络构成者包括容纳来自所述电能供应网络(2)的电能的储能器。

26. 根据权利要求24或25所述的网络构成者,其中,电能发生器是逆变器,所述逆变器设计用于将来自直流电压源(6)的电能转换为所述馈送电压(38)。

27. 一种电能供应网络(2),包括用于输出馈送电压(50,52)以形成电网电压的网络构成者(12,34)和用于接收所述电网电压的耗电器(15),其中至少一个网络构成者根据权利要求25或26设计而成。

28. 一种电能供应网络(2),其中,所有的网络构成者(12,34)根据权利要求25或26设计而成。

用于将馈送电压与电网电压同步的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种维持电能供应网络中的电网电压的方法、一种执行该方法的控制装置、一种用于维持电能供应网络中的电网电压的网络构成者和一种具有该网络构成者的电能供应网络。

背景技术

[0002] 具有用于维持电能供应网络中的电网电压的网络构成者的电能供应网络例如由 DE 102 10 099 A1 已知。每个电压的特征在于一种形式，其例如可以包括有效值、频率和相位。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于，对电能供应网络中的电网电压的维持进行改进。

[0004] 本发明以下述思想为基础，即电能供应网络中被称为Blackstarts或黑启动的重启在被称为独立小网络(Insellnetze)的非中心电能供应网络中是一种特殊的挑战。以下将黑启动被理解为独立小网络的、从关断状态开始建立并维持共用电网电压的能力。同时在黑启动时必须找到所有连接在独立小网络中的网络构成者的、用于建立稳定电网电压的共同工作点。

[0005] 此外本发明以下述思想为基础，即在电能供应网络中在网络构成者和网络辅助器之间进行区分。网络辅助器，在第一近似中不依赖于网络的状态地将可提高的功率供给到电能供应网络中并起到电流源的作用。而与此相对地，网络构成者参与调控电网电压并因此起到电压源的作用。在此，当前所输出的功率与该时刻时由电能供应网络调用的电功率有关。在电能供应网络中至少要有一个网络构成者。可以优选地借助于所谓静态特征线实现多个网络构成者在电能供应网络中的稳定运行，该静态特征线将由电能供应网络调用的电功率与电网电压进行比较。借助于该静态特征线，独立小网络中的每个网络构成者测定了其当前要提供的电压。当所有的网络构成者输出了相同的要提供的电压时，则达到了多个网络构成者在电能供应网络中相互协调的工作点。

[0006] 除此之外本发明以下述思想为基础，最经济的方法是，首先由一个唯一的网络构成者预定电网电压，并且然后其余的网络构成者为此连接至电能供应网络。然而独立小网络的特征在于低等级。在这里，网络构成者只能同时与耗电器负载连接。虽然因此可能是单个网络构成者在此首先预定电网电压，由于连接了耗电器，在黑启动时存在的耗电器负载对于单个网络构成者来说会过大，以便产生电网电压。这只有通过如下方式来解决，即黑启动至少利用两个协作的网络构成者实现。这种协作可以是异步的，其中每个需要协作的网络构成者根据其各自当前提供给电能供应网络的功率通过静态特征线来计算要向网络提供的电压。

[0007] 本发明以下述知识为基础，即在异步过程中，当协作网络构成者中的一个在其静态特征线上无法足够迅速地跟上其它网络构成者时，便无法设定共用电网电压。这应以网

络构成者为实例解释，网络构成者具有不允许超过的电流极限。由于网络构成者如上述提到的那样作为电压源工作，它们必须能够输出无限高的电流，而在实际情况却不是这样的。在静态特征线上电压极低的点处，网络构成者必须通过相应的高电流来平衡电能供应网络中的高功率流。如果它不能提供相应的高电流，则其自身当前供应给电能供应网络的功率并且进而其供应给电能供应网络的电压保持不变，因此它保持在静态特征线上的某点上并且不再继续运动。结果是协作的网络构成者无法建立共用电网电压。

[0008] 这个问题可能在同步过程中解决，其中共同的主机强制预定用于电网电压的额定值。这样可以避免，由于过小的瞬态电网电压而在网络构成者上施加过大的电流。然而每个单个的网络构成者都必须与该主机相连接，而这恰好对于空间分布在数千米上的网络构成者来说会导致极高的成本、高故障发生率并且进而不可行性。

[0009] 与此相反地，本发明的思想是，使在其静态特征线上停滞的网络构成者运动并且类似地给出推动力，使之可以继续在其静态特征线上运动。这可以由下述方法实现，即当网络构成者在其静态特征线上保持停止时，将其推移至其静态特征线上的一个新的点上，在这点上对于需要输出的功率来说必须输低于其电流极限的电流。由此通过现在再次可变的输出电流可以提高其输出给电能供应网络的功率，并且在静态特征线上自由运动。

[0010] 本发明给出了一种用于将馈送电压与电能供应网络的电网电压同步的方法，其中可以基于静态特征线来确定馈送电压的特征，其中静态特征线将馈送电压的特征与馈送功率进行比较，其中馈送功率被电能供应网络在施加馈送电压时接收，并且当馈送功率达到极限时，馈送电压的特性与一个特定值匹配。所述馈送电压或电网电压的特征例如是开头提到的相应电压的频率、相位和/或有效值。

[0011] 通过本发明可以在电能供应网络中异步地建立起共用电网电压，而单个的网络构成者并不保留在其静态特征线上。因此在建立和运行电能供应网络时，由于材料较少并且可靠性较高可以节省成本。在本发明的一个改进方案中，当能输出给供能网络的电流达到最大时和/或当馈送功率为负时，馈送功率达到极限。该改进方案以下述思想为基础，即对于功率电子组件如逆变器和变频器来说，由于其具有半导体组件，因此其具有严格的不可以被超过的电流极限。

[0012] 在本发明的另一个改进方案中，所述特定值小于或等于相应的电网电压特征。亦即，特定值以相应的电网电压特征的额定值有关。甚至可以通过任意一种方法重新选定所述特定电压值，即，使网络构成者重新在其静态特征线上自由运动。因此可以考虑通过对上一段曲线进行插补来算出所述确定的电压值，或者在网络构成者内存储一个辅助值，使网络构成者可以在其静态特征线上朝向该辅助值运动。通过上述改进方案无需其它计算结构、通信手段或在网络构成者上的其它内部存储需求便可以提供一个参考值，网络构成者通过该参考值可以重新指向其在静态特征线上的点，以便能重新自由运动。

[0013] 在本发明的一个优选改进方案中，静态特征线具有一个底点，为了使馈送电压的特征匹配于该确定值而移动该底点。通过底点的移动，在当前的馈送功率特征下，执行所述方法的网络构成者所输出的馈送功率被降低。这种下降使网络构成者从其功率极限处移开，并且可以重新在其静态特征线上运动。

[0014] 在本发明的另一个改进方案中，为了移动底点，降低所输入的转化为馈送功率的初级能源。通过降低初级能源输入也可以自动地降低馈送功率，因此自身无需对静态特征

线进行重新编程的消耗。

[0015] 特别优选地,当馈送电压小于或等于馈送功率的极限时,可以将静态特征线的底点移回到其初始值。这样当网络构成者摆脱极限后可以再次在上级单元给出的电网电压的频率和有效值方面有利于电网电压的电压维持。

[0016] 在本发明的一个作为替代或附加的改进方案中,所述静态特征线为线性的并且具有斜率,为了使馈送电压特征匹配于所述确定值而改变该斜率。以这种方式,网络构成者的馈送功率在其馈送电压的当前特征下同样被降低,因此网络构成者被拉离其功率极限。

[0017] 在一个特别的改进方案中,当馈送电压小于馈送功率的极限时,静态特征线的斜率移回到其初始值。

[0018] 在本发明的另一个改进方案中,在收到预定的接通信号后,将馈送电压施加在电能供应网络上。亦即,接通信号触发了黑启动,由此开始必须使相应的网络构成者利用电网电压的额定特性运动到其静态特征线上的一个点。然而无需向网络构成者明确地告知该额定特征,而是该网络构成者基于电能供应网络的静态特征变化曲线从其馈送点看自动地运动到平衡点,在该平衡点给出了电网电压的额定特征。如果网络构成者基于特定的功率极限停滞在其静态特征线上,则可以通过所述方法使其再次运动,由此可以确保其能可靠地到达平衡状态。通过接通信号使所有参与维持电网电压的网络构成者被同步黑启动。

[0019] 在一个特别的改进方案中,接通信号是电网电压的特征的升高。

[0020] 在本发明的另一个改进方案中,给出的方法包括在馈送电压与输入给供能网络的当前馈送功率相匹配之前获取接通信号的步骤。通过接通信号,使所有参与黑启动的网络构成者同步启动,并且通过电能供应网络彼此同步,而无需引入用于它们相互通信的额外的基础设施。因此当主机连接在其中一个网络构成者上就足够了,该主机将接通信号传输给该网络构成者。由主机启动的网络构成者可以产生一个其它网络构成者可以测得的初始电压上升,从而进入对电能供应网络的黑启动。

[0021] 在本发明的一个优选的改进方案中,在收到预定的信号后,基于额定变化曲线对馈送电压的特征进行随动调节。以这种方式可以使参与维持电网电压的网络构成者以能预先给定的速度引导到之前提到的位于其特征线上的平衡点,这降低了网络构成者完全在其静态特征线上停滞的几率。

[0022] 在本发明的一个特别优选的改进方案中,电网电压的随动调节的特征是电网电压的有效值。相应调节的电压上升则是以及提到的电压斜坡,其例如由于相应的网络构成者的无功功率特征线在黑启动时的缓慢平行移动而产生。由于电压有效值被调节地上升,可以影响电能供应网络中单个馈送电压的变化,该变化基于感应电流会引起电能供应网络中相应的故障。

[0023] 在一个替代改进方案中,所述额定变化曲线是斜坡形的。

[0024] 在一个附加改进方案中,所述斜坡形成的时间长度短于接通信号的传输时间。亦即,各个未连接在主机上的网络构成者应该在所述连接在主机上的网络构成者转入稳态之前检测到电压上升。

[0025] 在本发明的一个附加改进方案中,给出的方法包括基于电网电压的额定形式提高给电能供应网络的馈送电压的步骤。电网电压的额定形式例如可以由主机预定,该主机仅与电能供应网络中的一个单一的网络构成者通信。通过给出的发明,所有其它网络构成者

都将其输出电压与电网电压的额定形式相匹配,而无需作为真正的电能传输网络的其它通信装置用于使各个网络构成者彼此同步。

[0026] 在本发明的一个特别的改进方案中,所述静态特征线包括无功功率静态特征线,它将馈送功率的无功功率与馈送电压的有效值进行对比。因为无功功率是这样一种功率形式,即它可以周期性地在电能发生器与耗电器之间来回脉动,因此它需要例如由异步电机来驱动。通过向电能供应网络输入无功功率,可以影响幅度的维持和电网电压的有效值,因为所输入的无功功率会在网络中产生影响电网电压的感应电流。

[0027] 在本发明的一个优选改进方案中,给出的方法包括移动无功功率静态特征线来提高给电能供应网络的馈送功率的步骤。通过移动无功功率静态特征线和与其相关的馈送电压影响,可以产生电压斜坡。通过使无功功率静态特征线在时间上定义地移动,使电压斜坡的形状在时间上与预定形式相匹配。

[0028] 在本发明的另一个改进方案中,静态特征线包括将馈送功率的有功功率与馈送电压的频率进行比较的有功功率特征线,并其在给电能供应网络的馈送功率升高时保持不变。对于发电机来说,有功功率与角速度和转矩的乘积有关。可以通过适当的调节回路将该发电机特性强加给每个网络构成者,例如与逆变器连接的太阳能电池,因此可以通过调节输入到供能网络的有功功率而维持供能网络的网络频率不变。

[0029] 本发明也给出了一种用于执行所给出的方法的控制装置。

[0030] 在一个改进方案中,所给出的控制装置包括存储器和处理器。在此该方法以计算机程序的形式被存储在存储器内,并且当计算机程序被从存储器加载到处理器中时,处理器设置用于执行该方法。

[0031] 本发明也给出了一种用于电功率网络的网络构成者,该网络构成者包括用于将馈送电压输出到具有电网电压的电能供应网络中的电能发生器和所给出的控制装置。

[0032] 在一个改进方案中,所给出的网络构成者包括用于容纳来自供能网络的电能的储能器。通过该储能器,电功率网络或电能供应网络中的网络构成者也可以用作耗电器,并且在需要的时候接收电能。

[0033] 在一个特别的改进方案中,能量发生器是逆变器,其设计用于将来自直流电压源的电能转化为馈送电压。

[0034] 本发明还给出了一种电能供应网络,其包括用于输出馈送电压以形成电网电压的网络构成者和用于接收电网电压的耗电器。在此至少一个网络构成者如之前所给出的网络构成者那样设计而成。

[0035] 在本发明的一个改进方案中,所有的网络构成者如之前所给出的网络构成者那样设计而成。

附图说明

[0036] 以上描述的本发明的特性、特征和优点以及它们如何实现的方式和方法与以下示例性实施例的描述相关联地被更清楚且更明确地解释,该示例性实施例将结合附图更详细地解释,其中:

[0037] 图1电能供应网络的原理框图,

[0038] 图2图1中的电能供应网络的一部分,

- [0039] 图3图2中的电能发生器的有功功率静态特征线，
- [0040] 图4图2中的电能发生器的无功功率静态特征线，
- [0041] 图5在图1中的电能供应网络黑启动期间图4中的无功功率静态特征线，
- [0042] 图6图2中的有功功率静态特征线的片段，
- [0043] 图7图1中的电能供应网络的片段，
- [0044] 图8图6中的装置的第一种实施例，
- [0045] 图9图6中的装置的第二种实施例，
- [0046] 图10图6中的装置的第三种实施例，
- [0047] 图11图6中的装置的第四种实施例，和
- [0048] 图12根据本发明的方法的一个实施例。
- [0049] 图中相同的元件具有相同的标注并且只进行一次说明。

具体实施方式

- [0050] 图1示出了电能供应网络2的原理框图。
- [0051] 在本实施例中，电能供应网络2设计为独立小网络2，它虽然连接在中央的连接网络4上，但其在正常运行中可以完全与该连接网络无关地运行。
- [0052] 独立小网络2可以由各种电功率源提供电能。在本实施例中，电功率源包括太阳能电池6、风轮8、水轮10和柴油发电机12。来自电功率源的电能可以在一个或多个图2中所示的耗电器15的方向上给出。如果通过电功率源的电功率输入大于耗电器15可以接收的功率，那么过剩的电能可以缓存在一个储能器内。在本实施例中，储能器包括蓄电池16、飞轮18和双层电容器20。此外将一个燃料电池22也布置为电功率源。当耗电器15的电功率需求暂时超过通过电功率源的电能供给时，可以再调用存储在储能器内的过剩电能。
- [0053] 以下假设：在将电能输出给独立小网络2时，所有电功率源6,8,10,12作为网络构成者运行，并且所有电能存储器16,18,20,22作为网络支持器运行。
- [0054] 网络构成者6,8,10,12基于图3和4所示的静态特征线来调节独立小网络2的电网电压。这些静态特征线将电网电压的形式与由独立小网络2调用的电功率进行比较。当柴油发电机12固有地预定了所述静态特征线时，则需相应地在太阳能电池6、风车轮8和水车轮10之后连接一个与网络状态相关的被调节的整流器24，它们将相应的静态特征线强加给这些电功率源，图2对其作进一步研究。如果可以通过例如具有节流阀和旁路的水轮10来调节水流，则如图1虚线所示的那样，有可能弃用额外的自供给的变流器24。
- [0055] 网络支持器16,18,20,22在第一近似中不依赖于独立小网络2的状态将其当前可用功率传输到独立小网络2中。对此在本实施方式中，在网络支持器16,18,20,22之后相应地连接取决于可用的馈送功率调节地整流器26。可以在所述蓄电池16和双层电容器20之后分别连接一个直流电压转换器28，从而根据其充电状态来平衡这两个储能器的电压波动。
- [0056] 网络支持器16,18,20,22在独立小网络2中起到电流源的作用，而网络构成者6,8,10,12则起到电压源的作用。
- [0057] 可以通过一个变压器30将独立小网络2与其它的这里未示意出的独立小网络2相连接。
- [0058] 对本实施例的其它改进方案而言，下面对独立小网络2进一步简化并且根据一个

二相电源对其进行阐述。可以通过对专业人员来说已知的方式将所有后续陈述拓展成任意多的阶段。

[0059] 在简化的独立小网络2中,仅还将太阳能电池6和柴油发电机12考虑进来,它们通过电线网络32与耗电器15相连接。太阳能电池6的自供给的变流器24为一个逆变器34。因为一般来说每个自供给的、提供交流电压的整流器24都包括一个逆变器,因此下述关于逆变器34的陈述可以转用在所有如图1所示的独立小网络2中的自供给的整流器24上。逆变器34和柴油发电机12分别在逆变器连接点36处将逆变器电功率38以及在发电机连接点40处将发电机功率42馈送到电线网络32中,并且因此维持网络电功率44,而耗电器15则在耗电器连接点46处从电线网络32中接收耗电器电功率48。

[0060] 因为太阳能电池6和柴油发电机12是网络构成者,因此需将逆变器功率38与发电机功率42彼此进行同步,从而避免逆变器34和发电机12之间相互交换电功率并且像耗电器一样相互作用。

[0061] 为了使逆变器功率38与发电机功率42同步,可以利用发电机电压50与发电机功率42的依赖关系。例如发电机电压50的频率随着发电机功率42中的有功部分的升高而下降,或者例如发电机电压50的有效值随着随着发电机功率42中的无功部分的升高而下降。这种依赖关系在已所述的静态特征线中被模型化。如果多个具有这种取决于输出功率的输出电压的电能发生器与一个或多个耗电器连接在一起,则设定具有稳定馈送电压的稳定工作点,在该点处每个电能发生器给出电功率并且仅仅一个或多个耗电器接收电功率。

[0062] 由于原则上逆变器电压52不依赖于逆变器功率38,因此,其必须如所述的那样人为取决于逆变器功率14。这可以通过如下方法实现,即为逆变器34定义逆变器-静态特征线,并且如图2所示,通过相应地翻转逆变器-特征线54使逆变器电压52取决于逆变器功率38。以这种方式,逆变器34与发电机12的行为相同,并且可以过静态特征线与其在电能供应网络中同步。因此并不是太阳能电池6而是与之相连接的逆变器34作为真实的网络构成者起作用,因此主要仅仅仍应考虑逆变器34。

[0063] 可以通过一个主机-计算机55来驱控柴油发电机12和/或具有其翻转的静态特征线54的逆变器34,在后面会对其进行深入研究。

[0064] 在对同步进行详细研究之前,首先要简单地对静态特征线进行阐述。

[0065] 图3示出了具有逆变器-有功功率静态特征线58的有功功率图56及从逆变器34角度看的电线网络-有功功率静态特征线60。除此之外图4示出了具有逆变器-无功功率静态特征线64的无功功率图62以及从逆变器34角度看的电线网络-无功功率静态特征线66。

[0066] 对于任意一个二端网络而言,有功功率图将由二端网络输出的或接收的有功功率68与其输出或接收的电压的频率70进行比较。如果有功功率68为正,则二端网络如发生器72那样起作用。如果有功功率68为负,则二端网络如耗电器74那样起作用。

[0067] 逆变器-有功功率静态特征线58如已经说明的那样预定。电线网络-有功功率静态特征线60描述了从逆变器34角度看的电线网络32的特性,并且与未示意出的柴油发电机-有功功率静态特征线、耗电器15的阻抗和电线网络32的阻抗相关。在运行中,当逆变器34与从逆变器34角度看的电线网络32彼此相连接,则在逆变器功率38和由电线网络32接收的电功率之间在逆变器连接点36处设定逆变器-工作点76,在该点处逆变器-有功功率静态特征线58与电线网络-有功功率静态特征线60相交。通过逆变器-工作点76可以给出共同的电网

电压的电网频率78。

[0068] 除此之外,对于任意一个二端网络而言,无功功率图62将由二端网络输出或接收的无功功率80与其输出或接收的电压的有效值82进行比较。如果无功功率80为正,则二端网络如电感84那样起作用。如果无功功率80为负,则二端网络如电容86那样起作用。

[0069] 同样,逆变器-无功功率静态特征线64也如已经说明的那样预定。电线网络-无功功率静态特征线66再次描述了从逆变器34角度看的输电网络32的特性,并且与未示意出的柴油发电机-无功功率静态特征线、耗电器15的阻抗和电线网络32的阻抗相关。

[0070] 如果逆变器34与从逆变器34角度看的电线网络32彼此相连接,则在逆变器-无功功率静态特征线64和电线网络-无功功率静态特征线66之间的交点处可以读取到共同的电网电压的电网有效值88。

[0071] 下面涉及逆变器功率38和发电机功率42的同步化。

[0072] 在通过柴油发电机12开始输出电功率,并且当没有柴油形式的化学能以及没有电能从太阳能电池6输送给柴油发电机12时,通过逆变器34开始输出电功率,其所有相应的静态特征线都经过静态特征线图的坐标系原点,如在图5中示例性地根据逆变器34的无功功率静态特征线64所示。空载电压90,即逆变器电压52或柴油发电机电压50在无负载状态下同样为零,因此没有电功率38,42输出给耗电器15。

[0073] 为了输出电功率,向柴油发电机12输入柴油形式的化学能并且向逆变器34输入来自太阳能电池6的电能。这种外部能量输入92抬高了空载电压90并且进而抬高了逆变器34和柴油发电机12的静态特征线(图5中的无功功率静态特征线64),并且因此实现了向耗电器15输出电功率38,42。如果电功率耗电器15连接在电能供应网络2上,则柴油发电机12、逆变器34和耗电器15之间会出现一个上述工作点76。

[0074] 为了开始功率输出,例如可以通过一个主机计算机55启动柴油发电机12内的燃烧过程并将其接通。柴油发电机12的开启引起电能供应网络2中的电压斜坡,其可以用于开启逆变器34的电功率输出。对此,通过一个开关94将逆变器34与太阳能电池6相连接,该开关可以通过逆变器连接点36处的逆变器电压52控制。只要逆变器电压52超过某一阈值开关就会闭合,并且开启由太阳能电池6向逆变器34的电能输入。

[0075] 作为替代地,如图2虚线所示,开关94也可以通过主机计算机55来控制,其中根据发电机连接点40处的发电机电压50接通柴油发电机12。

[0076] 另外作为替代地,柴油发电机12与开关94都可以由主机计算机控制,由如图2所示一个虚线所示。

[0077] 主机计算机55与柴油发电机12和/或开关94之间的通信可以通过分开的线路实现,如图2所示。作为替代地,主机计算机55也可以通过电能供应网络2传输其信号并将其叠加在电线网络电功率44上。

[0078] 如果柴油发电机12和逆变器34共同将电功率42,38馈送到电能供应网络2中,那么此这两个网络构成者必须如前面所述地彼此同步,以便彼此之间无功率交换。然而这种同步要求,逆变器34和柴油发电机12可以在其静态特征线58,64上自由运动。而逆变器34只能供给一定大的电流,因此在电功率输出开始时的低电压下具有小电功率极限,并且不能在其静态特征线上自由运动。这妨碍了柴油发电机12与逆变器34的同步,并且后面会根据图6对其进行简单阐述,图6示意了图3中有功功率图的片段96。

[0079] 在电功率输出开始时,逆变器34位于空载电压90的点处。

[0080] 在通过主机计算机55触发开启电功率输出后,当逆变器34和柴油发电机12将两个电功率38,42馈送到电能供应网络2中时,电线网络-有功功率静态特征线60从逆变器34的角度来看与发电机8相关,并且两个特征线在逆变器-工作点76相交。为了向逆变器-工作点76移动,逆变器34必须提供附加的有功功率98。由于在电能供给开始时逆变器6的电网电压非常小,因此所附加的有功功率98主要仅通过在图2中所示的逆变器电流100提供,然而通过逆变器34的电流极限同样限制了逆变器电流。结果是逆变器34在其逆变器-有功功率特征线58上停滞在位于逆变器-工作点76之前的极限工作点102处。

[0081] 相反地,柴油发电机12可以在其发电机-有功功率静态特征线自由地向逆变器-工作点76处运动可能直至关断。因为逆变器6无法跟上发电机8,因此发电机在其发电机-有功功率静态特征线上从逆变器-工作点76看开始重新往回运动,以提供由于逆变器34所缺少的有功功率差103。从逆变器6的角度看,电线网络4在电线网络-有功功率静态特征线40上具有一个平衡工作点104。结果是逆变器34输出逆变器电压52,该电压具有的频率70具有相对于电网电压的频率差105。

[0082] 根据无功功率静态特征线64,66类似地得到这种情况。该情况变得更严重,因为在逆变器34运行时,逆变器34的有功功率静态特征线58与无功功率静态特征线64在其电流极限 I_{\max} 处彼此混合,并且逆变器34的有功电流 I_P 和逆变器34的无功电流 I_Q 通过总电流 I_{ges} 按如下方式相互耦合:

$$[0083] I_P = \sqrt{I_{\max}^2 - I_Q^2}.$$

[0084] 为了克服该问题,本发明建议,发生同步化问题时这样改变逆变器电压52,即,使逆变器34可以重新在其静态特征线58,64上继续运动。对此可以降低由太阳能电池6向逆变器34的电能输入。其结果是,逆变器34的静态特征线58,64负方向地移动了一个给定的量106。如果移动逆变器34的静态特征线58,64例如移动直至其通过输电网络的当前平衡工作点104,那么逆变器34可以重新在其静态特征线58,64上自由运动。结果是逆变器34的静态特征线58,64并且进而由太阳能电池6的功率输入可以再次缓慢升高,以便设定实际由主机55预定的电网电压。在最简单的情况下,可以通过如下方式实现对静态特征线58,64的改变,即对于静态特征线58,64的下降时间而言,逆变器34跟随电网电压并且进而跟随当前输电网络32的平衡工作点104。作为替代地或附加地,可以短暂地改变逆变器34的静态特征线58,64的斜率。

[0085] 图7示出了图2中所示电能供应网络2的、具有用来控制逆变器34的装置110的片段108。下述逆变器34为自供给的逆变器。

[0086] 装置110可以依据馈送到输电网络2中的逆变器功率38给逆变器34的驱控处理器114发送一个促动信号112,该控制处理器则根据促动信号112给逆变器34的未示出的开关发送一个节拍信号116,逆变器34利用该节拍信号产生逆变器电压52。

[0087] 所述装置110将逆变器34的运行在正常运行模式与故障运行模式之间进行切换。只要没有同步问题,逆变器34在正常运行模式下会有利于使输电网络2中的电网电压能保持不变。在出现同步问题时,逆变器34应跟随电网电压118。

[0088] 为了在正常运行模式与故障运行模式之间切换,装置110的故障识别装置120针对

同步问题监测逆变器连接点36，并且将相应的状态信号122发送给装置。后面将提到几个识别同步问题的判断标准。在识别同步问题时引入的判断标准越多，则监控越可靠并且逆变器34越少地转入故障运行模式。

[0089] 作为第一个判断标准，故障识别装置120可以检测逆变器电流100是否达到其最大电流 I_{ges} 。

[0090] 作为替代地或附加地，故障识别装置120可以检测当前在电线网络4中是否存在短路。这可以通过下述方式实现，即对电网电压118的大小进行监控并且与阈值相比较。当发生短路的情况下，电网电压118超过该阈值。

[0091] 另外作为替代地或附加地，故障识别装置120可以检测逆变器34此时是否为连接在电线网络2上的一个唯一的电能发生器单元。

[0092] 此外故障识别装置120可以从主机55处获得一个参数化信号，由该信号可以得知有多少个电能发生器单元连接在电线网络2上。

[0093] 作为替代地或附加地，故障识别装置120在正常运行模式下将干扰126馈送到输电网络4中，并且因此可以有目的地将逆变器34从逆变器工作点76转向。如果电源功率20明显地相应于输入的干扰126而改变，那么可以认为这种行为是由具有静态特征线-变化曲线的其他的发生器单元引起的。

[0094] 作为干扰126优选地选用跳跃式的、正弦型电流或电压，其幅值不可以破坏电网电压118的允许误差极限。此外时间变化需与发电机12的主导时间常数相匹配，以由此得到频率-电压-反馈。

[0095] 在图7中功率测量装置128根据电网电压118和逆变器电流100检测逆变器功率38。

[0096] 下面根据四个实施例对所述装置124进行进一步阐述。为了简化其他的描述，将驱动处理器114、逆变器34和功率测量装置128组合为一个调节路径130，该调节路径通过促动信号112来驱动装置110。

[0097] 图8示出了所述装置110的第一个实施例。

[0098] 通过可由状态信号122控制的开关132指出，应该在逆变器34的两个运行模式中哪个模式下对所述调节路径进行驱动。为此开关132可以在正常运行模式134的位置与故障运行模式136的位置之间切换。

[0099] 在正常运行模式134下，如图2所示，翻转的逆变器-静态特征线54利用驱动信号对逆变器34按如下方式进行驱动，即逆变器34与预定的静态特征相匹配，并且因此主动地有利于维持恒定的电网电压118。由于在这种情况下逆变器34需将确定的逆变器功率38输出到输电网络2中，因此正常运行模式134下的驱动信号应被视为功率控制信号138。通过一个具有PT1-特性的低通滤波器140可以抑制来自输电控制信号138的波动，例如由于噪声引起的波动。最后在正常运行模式134下，被低通滤波的功率控制信号142被最后作为促动信号142发送给驱动处理器114，以便设定逆变器电压52。

[0100] 在故障运行模式136下，利用驱动信号如下地驱动调节路径130，即逆变器电压52跟随电网电压118。因此在故障运行模式下，驱动信号被视为随行控制信号144。举例来说，随行控制信号144可以由电网电压118通过称为PLL 146的相调节回路146以专业人员所熟知的方法导出，以便稳定随行控制信号144。通过另一个低通滤波器140同样可以抑制随行控制信号144中的波动，其中被低通滤波的随行控制信号148被作为促动信号126发送给驱

控处理器128。

[0101] 图9示出了所述装置110的第二个实施例。

[0102] 在第二个实施例中可以从被低通滤波的随行控制信号148中去掉被低通滤波的功率控制信号142。可以将得到的调节差150输送给调节器152。在故障运行模式136下,可以通过应用图8所示的开关132将该得到的调节信号154作为促动信号112以未被示意的方式直接发送给驱动处理器114。以这种方式,被低通滤波的随行控制信号148并且进而电网电压118代表了逆变器电压52的参考值。在正常运行模式134下,可以以与图8类似的方式将被低通滤波的功率控制信号142作为促动信号112发送出。

[0103] 如图9所示,也可以将被低通滤波的输电控制信号142施加到控制信号154上。由此,由促动信号112可以直接得到一个需要设定的逆变器电压52。

[0104] 以这种方式,在正常运行区域134与故障工作区域136之间可以无跳跃地连续切换。如果调节器152具有例如一个P-特性,那么可以通过调节器152预定调节差150的权重因子,该权重因子预定了逆变器电压52与电网电压118的匹配速度。

[0105] 如果放大系数正好为0,则调节差150完全被抑制,因此只有被低通滤波的功率控制信号142作为促动信号112发送出。因此正好为0的放大系数代替了开关132在正常运行模式134下的位置。

[0106] 当放大系数正好为1时会发送出被低通滤波的随行控制信号148,因为在该放大系数下,这是因为被低通滤波的输电控制信号142通过在调节器152之前的负连接和在调节器152后的正连接相互抵消。因此正好为1的放大系数代替了开关132在故障运行模式136下的位置。

[0107] 如果可以在0与1之间选择调节器152的放大系数的值,则可以通过调节器152连续并且不会在正常运行模式134与故障运行模式136之间且反向地进行切换。

[0108] 在第三个实施例中最佳地完全弃用开关132。但如果在调节器152之后使用开关,调节器152也可以被固定地参数化,并且逆变器电压52与电网电压118的匹配速度也被固定地预先设定。

[0109] 图10示出了用于计算促动信号126的第三个实施例,该信号被用于根据翻转的逆变器-有功功率静态特征线38设定逆变器电压的频率。

[0110] 在第三个实施例中,功率测量装置144根据电网电压118、逆变器电流100及这两个值的相位偏移检测逆变器功率38的有功功率68。通过翻转的逆变器-有功功率静态特征线54可以确定驱动频率,逆变器34必须设定该驱动频率用于满足其预定的有功功率静态,以便主动地有利于在电网电压118中维持频率。后面类似于图8地将该驱动频率视为功率频率156。在正常运行模式134下通过一个类似图8的开关132将类似图8的被低通滤波的功率频率158作为逆变器电压52的驱动频率160。由PLL 146可以得到当前的电源频率162。在故障运行模式136下可以将类似图8的被低通滤波的电源频率165作为逆变器电压52的驱动频率160给出。

[0111] 通过积分器166可以将驱动频率160转换为逆变器电压52的逆变器电压相位168。由PLL 146还可以得出电网电压相位170并对其进行低通滤波。还可以完全像处理驱动信号112一样对被低通滤波的电网电压相位172及逆变器电压相位168进行处理,如图9中的被低通滤波的功率电压142和被低通滤波的随行电压148。

[0112] 图10示出了调节器152之后的开关132,该开关可以对调节器152进行固定预参数化。

[0113] 图11示出了用于计算促动信号112的第四个实施例,该信号被用于根据翻转的逆变器-无功功率静态特征线174设定逆变器电压52的有效值。

[0114] 所述功率测量装置128可以检测由逆变器34输出的无功功率80。通过翻转的逆变器-无功功率静态特征线174可以输出逆变器电压52所需的逆变器有效值176,由此逆变器34跟随其预定的无功功率静态特征。最后将逆变器有效值176进行低通滤波。

[0115] 通过一个电压测量装置178可以确定电网电压有效值180,同样对其进行低通频滤波。

[0116] 此外可以完全像处理促动信号112一样对被低频滤波的逆变器有效值182及被低通滤波的电网电压有效值184进行处理,如图9中的被低通滤波的电网电压142和被低通滤波的随行电压148。

[0117] 图11也示出了调节器152之后的开关132,该开关可以允许对调节器152进行固定预参数化。

[0118] 图12示例性地示出了一种对正常运行模式134与故障运行模式136进行切换的方法186。

[0119] 该方法以步骤188为起点并且,根据翻转的静态特征线52,174确定逆变器电压52的有效值176、频率156和相位168。在步骤190,192和194中依次验证上述用于生成状态信号122的条件。

[0120] 在步骤190中验证是否存在短路,而在步骤192中则验证逆变器34是否还工作在其逆变器电流极限 I_{ges} 上,并且在步骤194中验证在输电网络2上是否还连接有其他能量发生器。

[0121] 如果验证步骤190-194其中之一为肯定的,则在正常运行模式134下会根据步骤188的有效值176、频率156和相位158生成步骤198中的逆变器电压52。否则步骤196中的方法186转入故障运行模式136,并且根据电网电压118的有效值176、频率156和相位158生成逆变器电压54。

[0122] 在步骤196内可以验证,什么时候再满足步骤190至194的条件中的任一项,以便转向步骤198中的方法186。以这种方式,逆变器电压52可以在故障运行模式136下得到校正,因此逆变器34很快又可以有利于主动地维持电网电压118。或者过程186可以在确定的时间后自动转入步骤198。

[0123] 虽然通过优选实施例对本发明进行了进一步详述与说明,但本发明并不局限于所公开的实例,而且在不超出本发明的保护范围的前提下,可以由专业人员推演出其它方案。

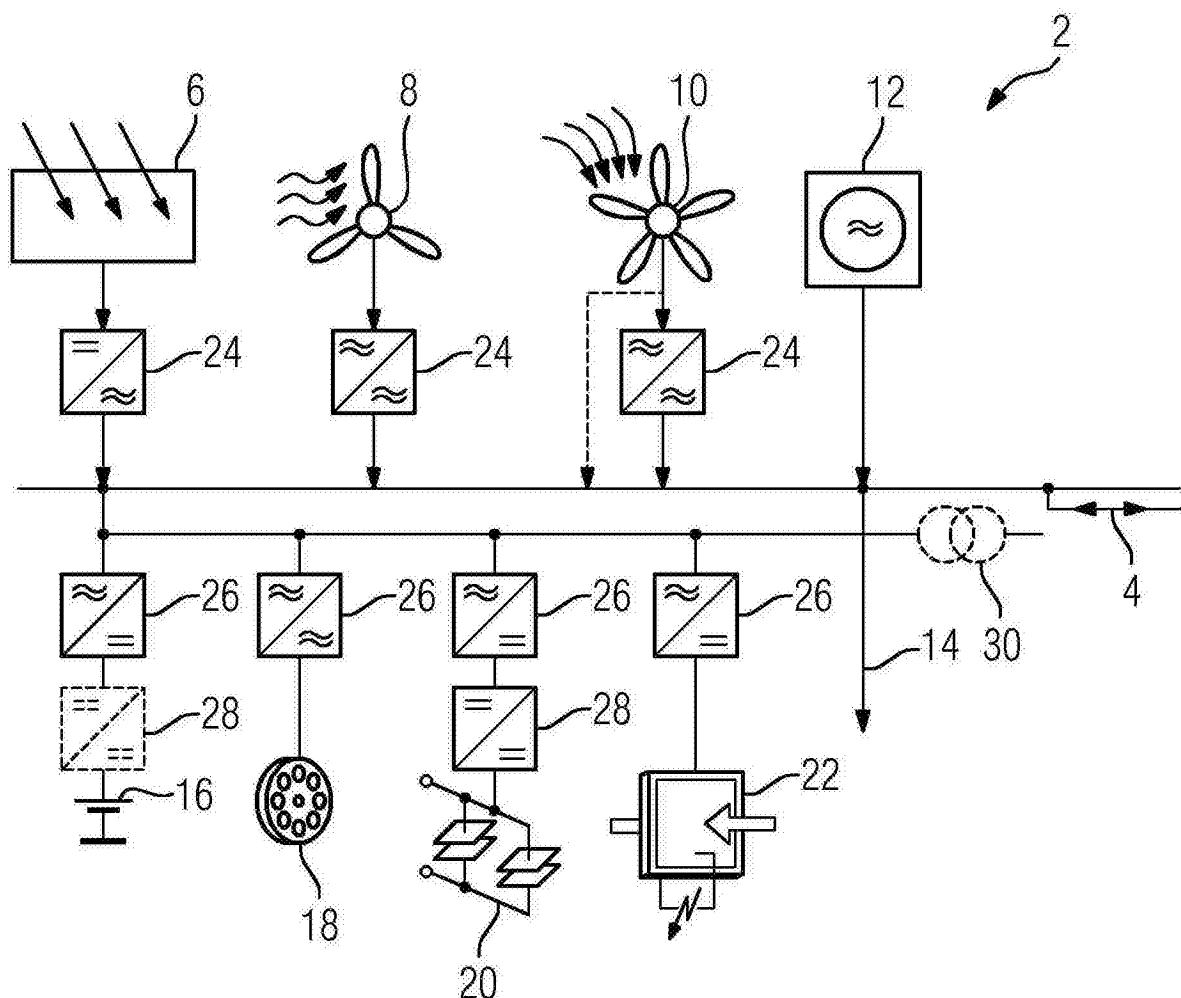


图1

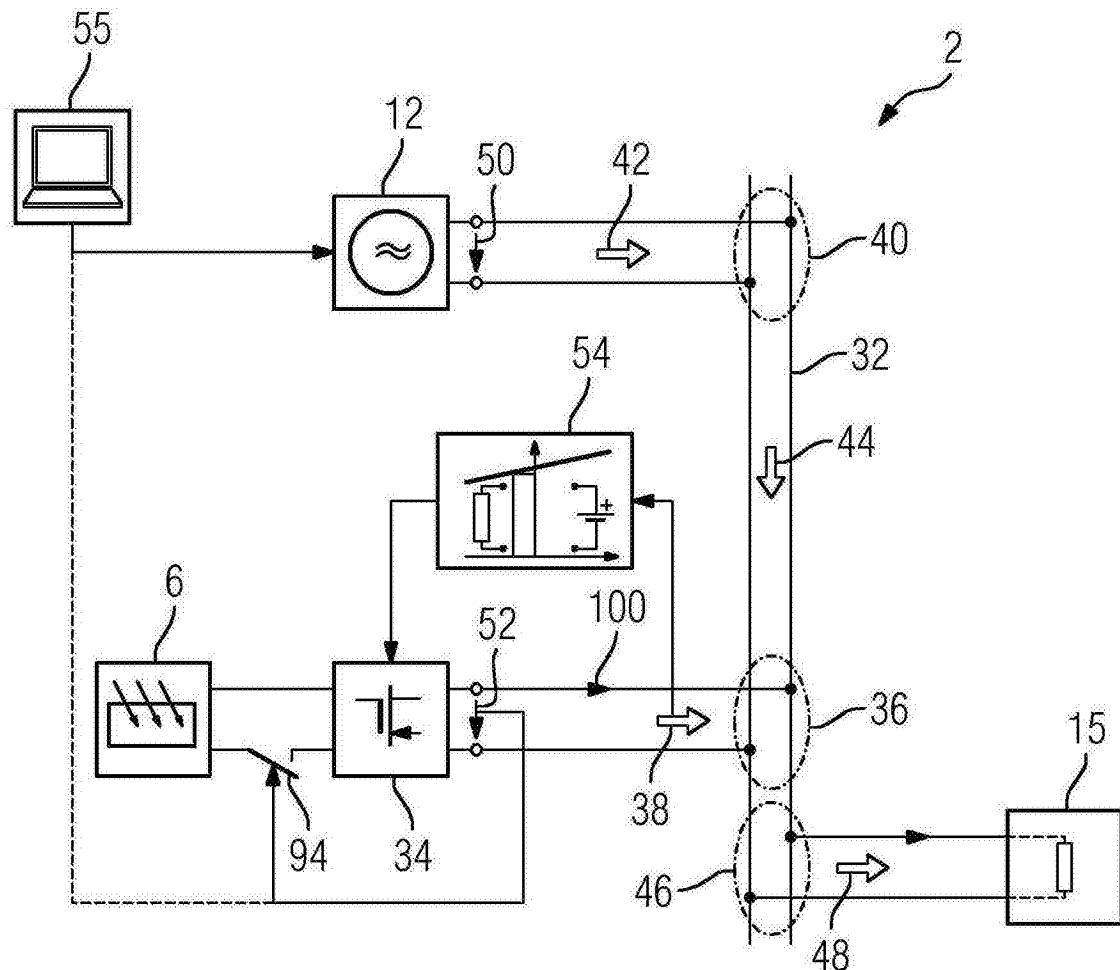


图2

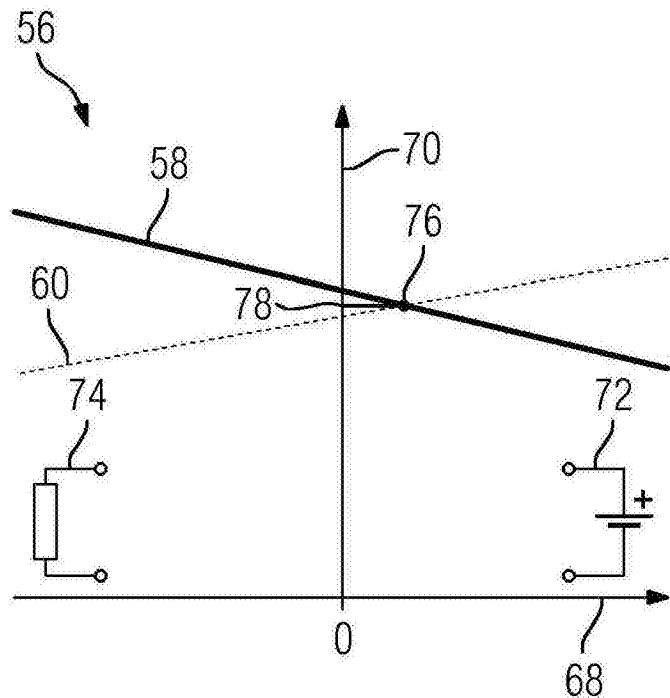


图3

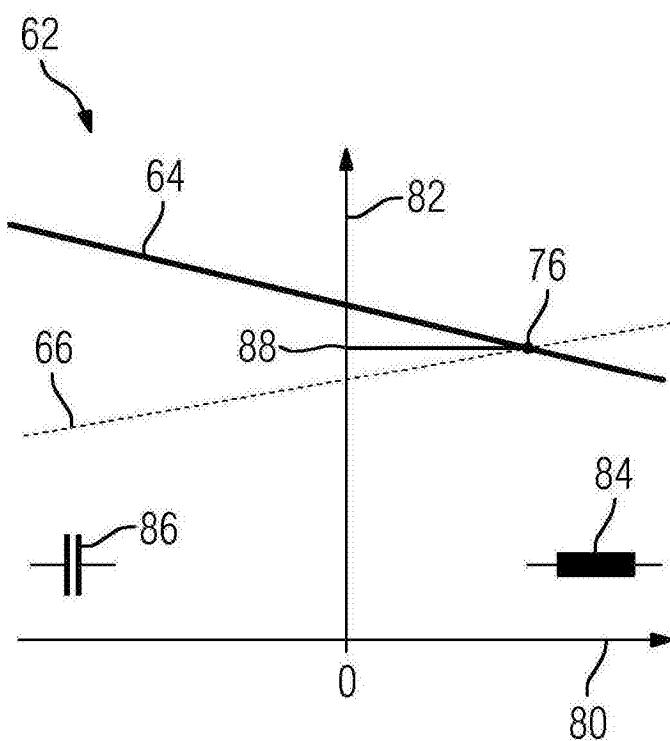


图4

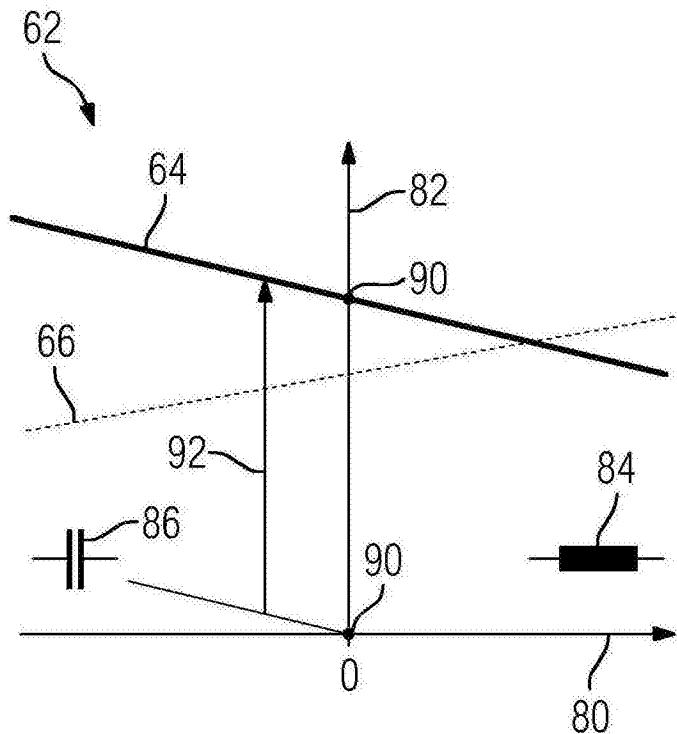


图5

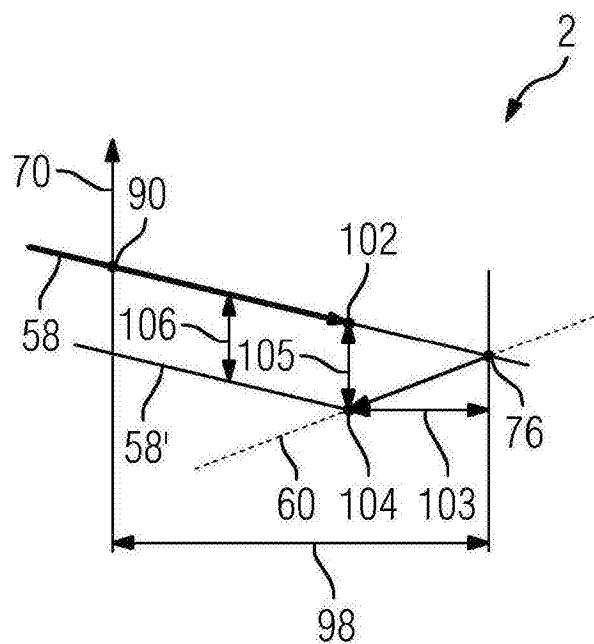


图6

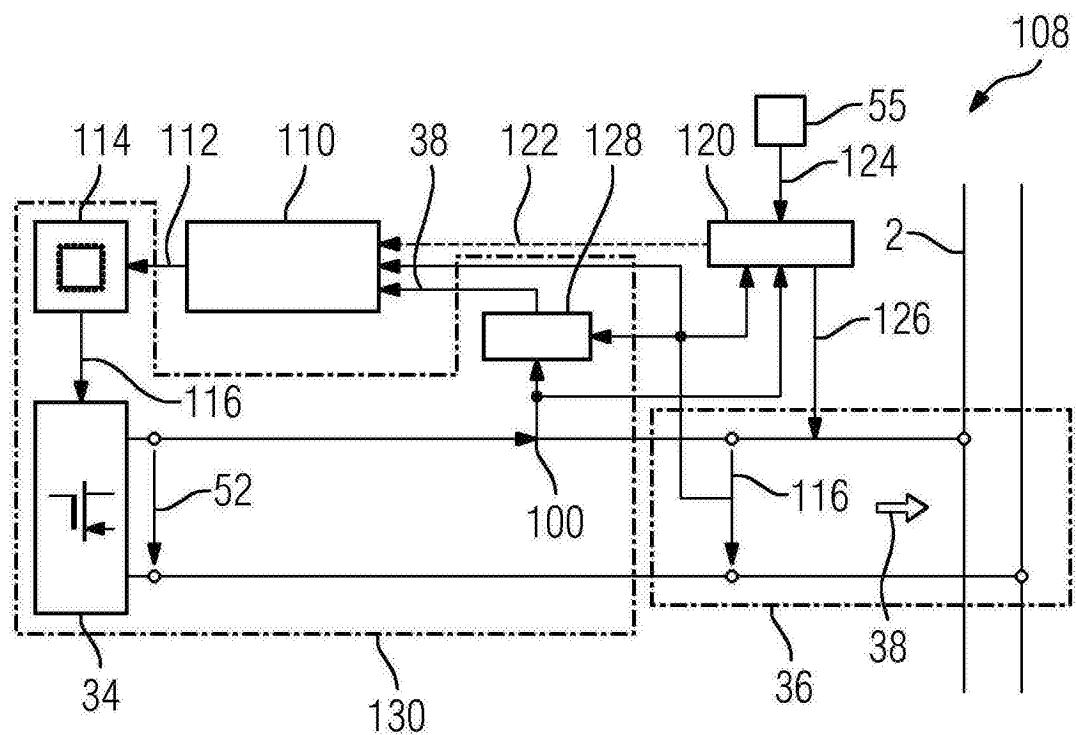


图7

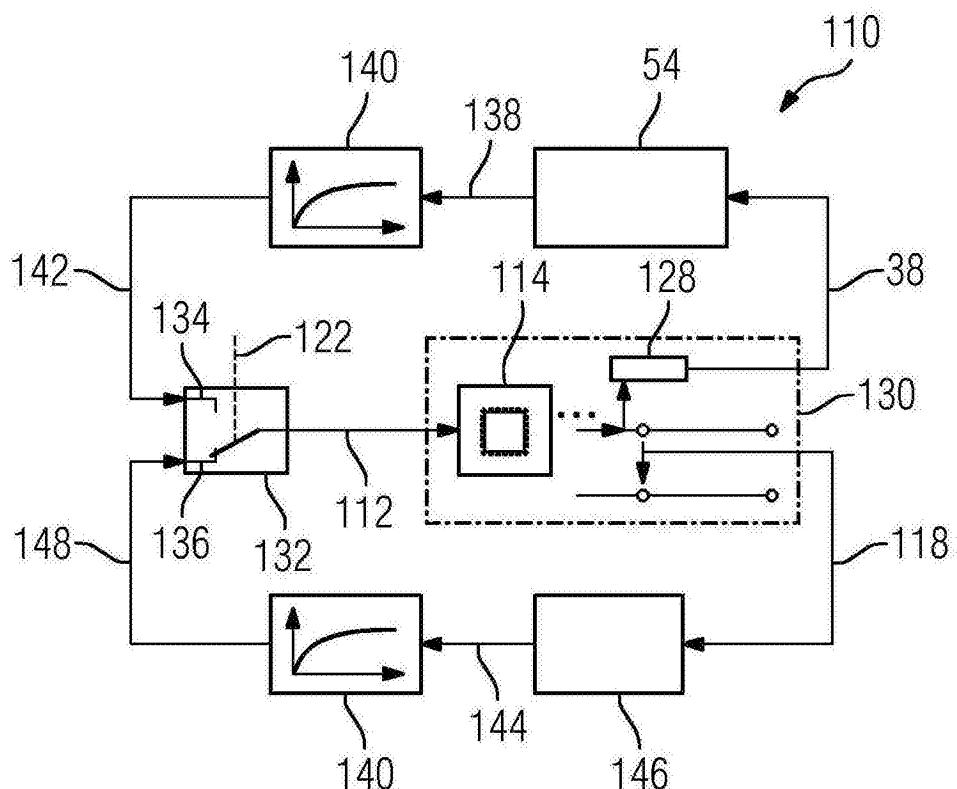


图8

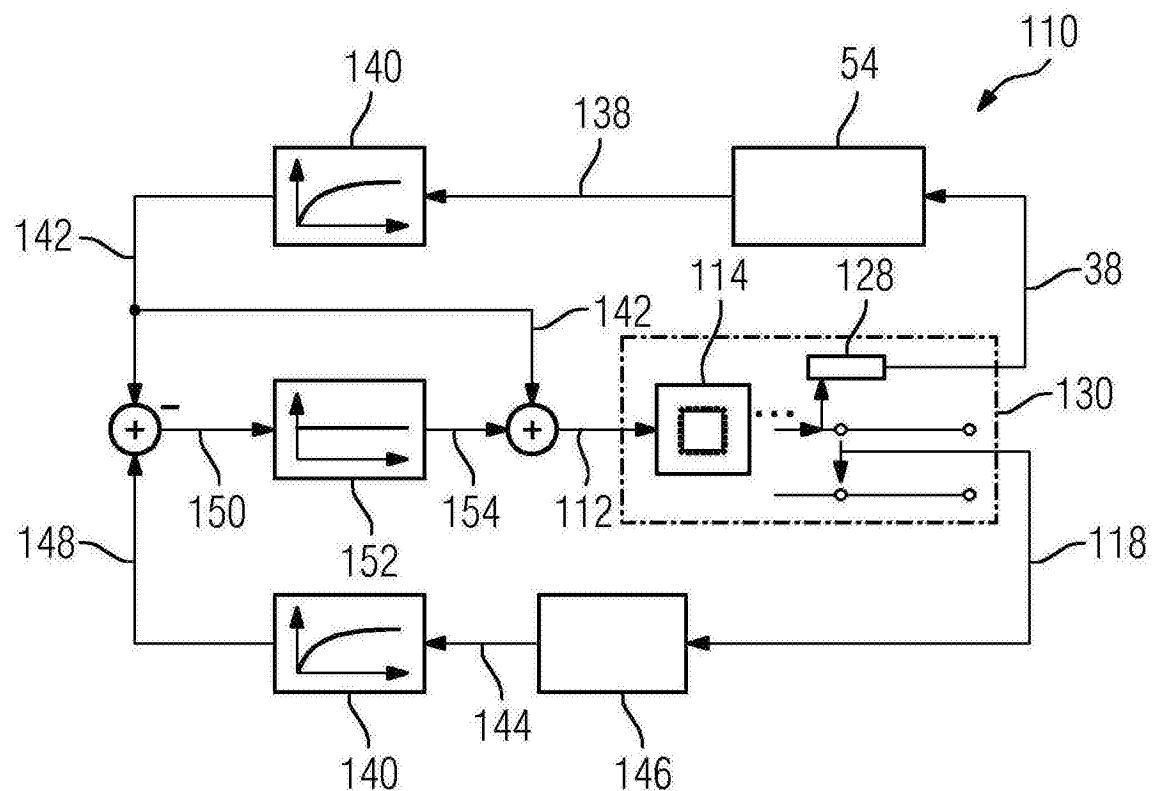


图9

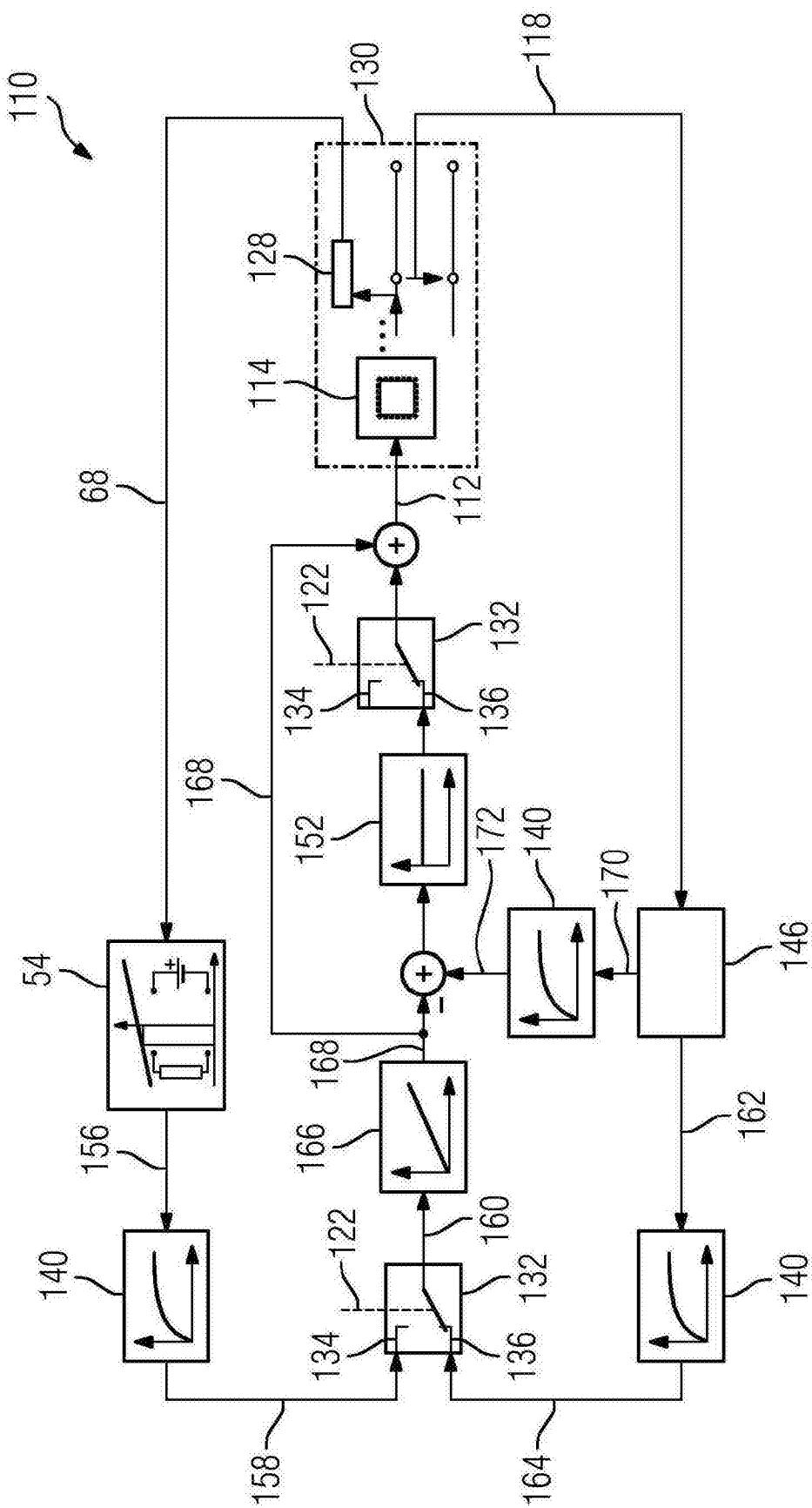


图10

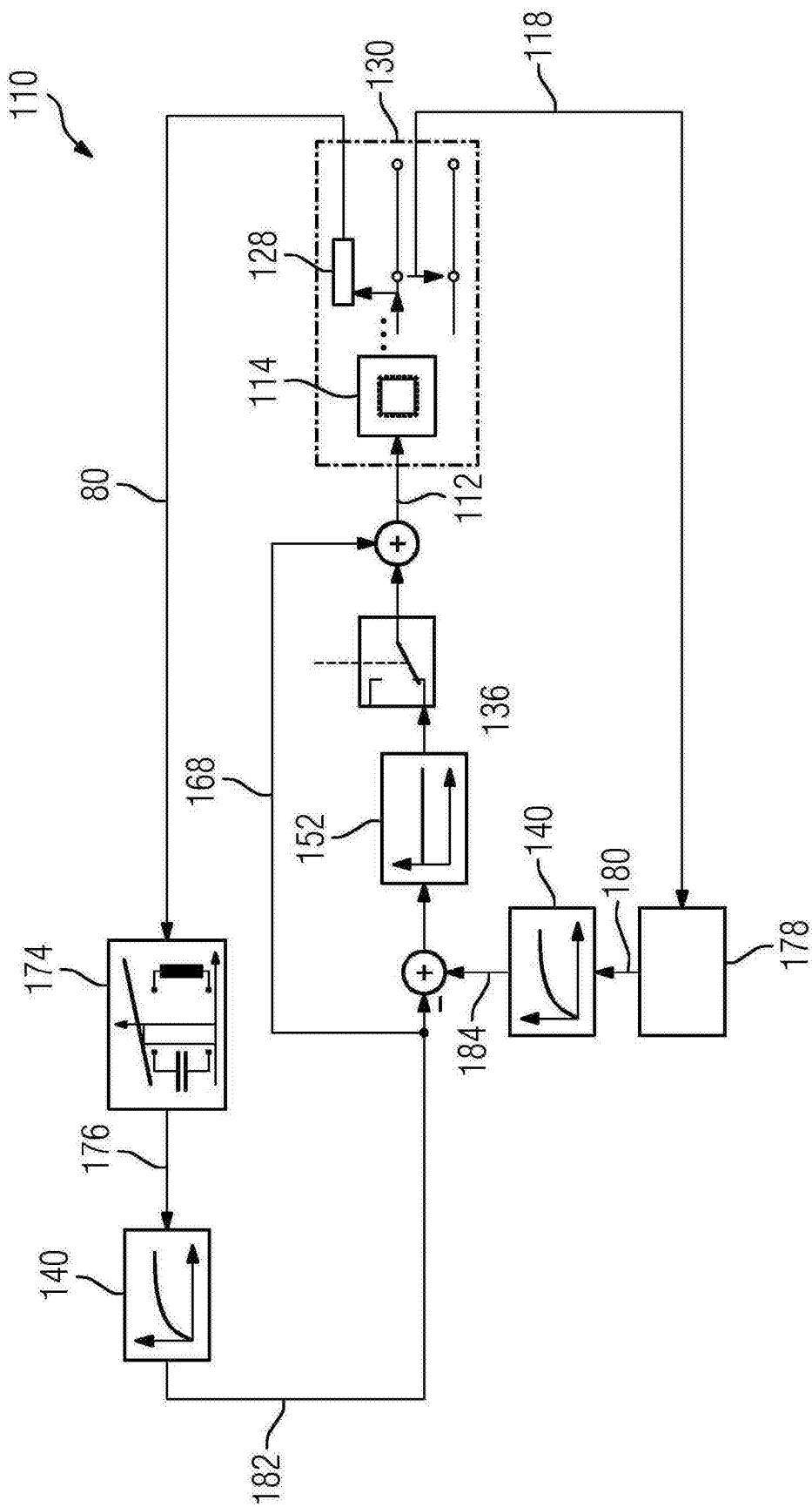


图11

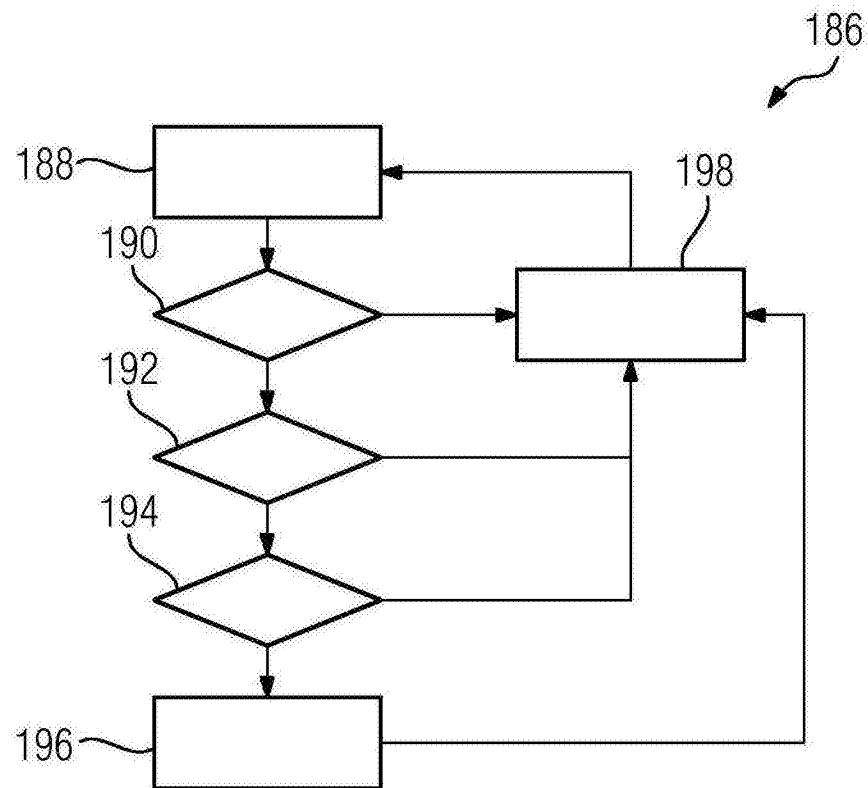


图12