



(10) 授权公告号 CN 118369846 B

(45) 授权公告日 2024.12.27

(21) 申请号 202280081361.6

(22) 申请日 2022.12.22

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118369846 A

(43) 申请公布日 2024.07.19

(30) 优先权数据

21217364.5 2021.12.23 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.06.07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/087441 2022.12.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/118417 DE 2023.06.29

(73) 专利权人 伏能士国际有限公司

地址 奥地利佩滕巴赫

(72) 发明人 哈拉尔德·克罗伊策 罗兰·皮勒
克里斯托夫·佩尔内格尔
理查德·格拉斯伯克

(74) 专利代理机构 北京三环同创知识产权代理有限公司 11349

专利代理师 邵毓琴

(51) Int.Cl.

H02M 7/5395 (2006.01)

H02M 1/12 (2006.01)

H02M 1/44 (2007.01)

H02M 1/00 (2007.01)

(56) 对比文件

CN 102197710 A, 2011.09.21

CN 106849167 A, 2017.06.13

审查员 曹阳

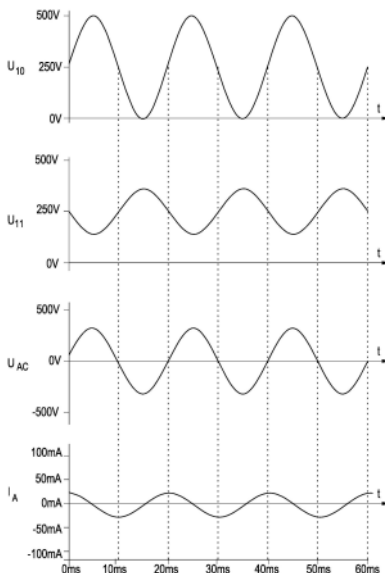
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

用于操作逆变器组件的方法以及用于执行该方法的逆变器组件

(57) 摘要

本发明涉及一种用于操作逆变器组件 (1) 的方法以及用于执行该方法的逆变器组件 (2)。为了降低触接地故障电路断路器的风险,在馈入交流电压 (U_{AC}) 之前,确定每个逆变器 (2) 的直流输入端 (4) 对地 (PE) 的泄漏电容 (C_{iso}),并确定哪个交流输出端 (10,11) 与供电网络 (12) 的哪条线路 (L,N) 相连,并且,考虑到泄漏电容 (C_{iso}) 和规定的最大泄漏电流 ($I_{A,max}$) 以及交流输出端 (10,11) 的连接情况,对功率单元 (7,8) 进行非对称调制,使得功率单元 (7,8) 的交流输出端 (10,11) 的电压 (U_{10}, U_{11}) 的幅值大小不同,其中,与相连接 (L) 相连的功率单元 (7) 的交流输出端 (10) 产生较大幅值的电压 (U_{10}),而与中性导体 (N) 相连的功率单元 (8) 的交流输出端 (11) 产生较小幅值的电压 (U_{11})。



1. 一种用于操作逆变器组件(1)的方法,所述逆变器组件(1)具有至少一个逆变器(2),用于分别将直流电压(U_{DC})转换成具有市电频率(f_{AC})的交流电压(U_{AC}),其中,在每个逆变器(2)中,与直流输入端(4)相连的直流电源(3)的直流电压(U_{DC})通过DC/DC转换器(5)转换成中间电路电压(U_{ZK}),所述中间电路电压(U_{ZK})在具有两个功率单元(7,8)的DC/AC转换器(6)中转换成交流电压(U_{AC}),所述功率单元(7,8)的每一个与交流输出端(10,11)相连并且通过控制装置(9)相互调制,所述交流电压(U_{AC})对应于功率单元(7,8)的交流输出端(10,11)处相对于中间电路电压(U_{ZK})负极的相反电压(U_{10}, U_{11})的总和,所述交流电压(U_{AC})被馈入与交流输出端(10,11)相连的供电网络(12),其特征在于,在将交流电压(U_{AC})馈入供电网络(12)之前,确定每个逆变器(2)的直流输入端(4)对地(PE)的泄漏电容(C_{iso}),并确定哪个交流输出端(10,11)与供电网络(12)的哪条线路(L,N)相连,并且,考虑到所确定的泄漏电容(C_{iso})和规定的最大泄漏电流($I_{A,max}$)以及所确定的交流输出端(10,11)的连接情况,通过控制装置(9)对每个逆变器(2)的功率单元(7,8)进行非对称调制,使得功率单元(7,8)的交流输出端(10,11)处与要馈入供电网络(12)中的交流电压(U_{AC})相对应的电压(U_{10}, U_{11})的幅值大小不同,其方式是:通过调制与供电网络(12)的相连接(L)相连的DC/AC转换器(6)的功率单元(7),使该功率单元(7)的交流输出端(10)产生幅值较大的电压(U_{10}),以及通过调制与供电网络(12)的中性导体(N)相连的DC/AC转换器(6)的功率单元(8),使该功率单元(8)的交流输出端(11)产生幅值较小的电压(U_{11}),从而最小化泄漏电流(I_A),并且可以在没有超过规定的最大泄漏电流($I_{A,max}$)的风险的情况下连接每个逆变器(2)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在达到所述最大泄漏电流($I_{A,max}$)的情况下,等待预定的时间段(Δt),在将所述交流电压(U_{AC})馈入供电网络(12)之前,再次确定每个逆变器(2)的直流输入端(4)对地(PE)的泄漏电容(C_{iso}),以及再次检查是否超过规定的最大泄漏电流($I_{A,max}$)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,作为测量的泄漏电容(C_{iso})的函数,每个逆变器(2)的功率单元(7,8)的调制在预定限度内线性地变化。

4. 根据权利要求1至3中任意一项所述的方法,其特征在于,当每个逆变器(2)的测量的泄漏电容(C_{iso})达到预定的上限值(C_{iso_max})时,相应的逆变器(2)保持停用或被停用。

5. 根据权利要求1至4中任意一项所述的方法,其特征在于,在所述至少一个逆变器(2)的馈入操作之前,测量每个逆变器(2)的直流输入端(4)对地(PE)的欧姆绝缘电阻(R_{iso}),并在调制所述功率单元(7,8)时,除了考虑泄漏电容(C_{iso})外还考虑所述欧姆绝缘电阻(R_{iso})。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,确定所述直流电源(3)与地(PE)的连接的位置,并在调制所述逆变器(2)的功率单元(7,8)时考虑所确定的位置。

7. 根据权利要求1至6中任意一项所述的方法,其特征在于,在所述至少一个逆变器(2)的馈入操作之前和/或期间,确定交流输出端(10,11)的交流电压(U_{AC})的谐波,并在调制所述逆变器(2)的功率单元(7,8)时将其考虑在内。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,通过调制每个逆变器(2)的功率单元(7)来衰减所确定的谐波,所述功率单元(7)与交流输出端(11)相连,而交流输出端(11)与供电网络(12)的中性导体(N)相连,并且通过调制每个逆变器(2)的功率单元(8)来相应地校正该衰减,所述功率单元(8)与交流输出端(10)相连,而交流输出端(10)与供电网络(12)的相连接(L)相连。

9. 根据权利要求1至8中任意一项所述的方法,其特征在于,在所述至少一个逆变器(2)的馈入操作期间,确定所述交流电压(U_{AC})的幅值,并在调制每个逆变器(2)的功率单元(7,8)时将其考虑在内。

10. 根据权利要求1至9中任意一项所述的方法,其特征在于,在多个逆变器(2)的情况下,每个逆变器(2)的功率单元(7,8)作为每个逆变器(1)的测量的系统电容(C_{iso})的函数进行调制。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述规定的最大泄漏电流($I_{A,max}$)除以逆变器组件(1)中所有逆变器(2)的数量(i)。

12. 根据权利要求10或11所述的方法,其特征在于,测量每个逆变器(2)的直流输入端(4)的直流电压(U_{DC}),并在调制每个逆变器(2)的功率单元(7,8)时将其考虑在内。

13. 根据权利要求10至12中任意一项所述的方法,其特征在于,所述逆变器组件(1)的逆变器(2)的数量(i)通过逆变器(2)之间的通信线路(15)来确定。

14. 一种逆变器组件(1),具有至少一个逆变器(2),用于分别将直流电压(U_{DC})转换成具有市电频率(f_{AC})的交流电压(U_{AC}),其中,每个逆变器(2)具有DC/DC转换器(5)和DC/AC转换器(6),所述DC/DC转换器(5)将连接到直流输入端(4)的直流电源(3)的直流电压(U_{DC})转换成中间电路电压(U_{ZK}),所述DC/AC转换器(6)具有两个功率单元(7,8),用于将中间电路电压(U_{ZK})转换成交流电压(U_{AC}),其中,设置控制装置(9),用于调制每个逆变器(2)的功率单元(7,8),其特征在于,所述控制装置(9)被配置成执行根据权利要求1至13中任意一项所述的方法。

用于操作逆变器组件的方法以及用于执行该方法的逆变器组件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于操作逆变器组件的方法,该逆变器组件具有至少一个逆变器,分别将直流电压转换成具有市电频率的交流电压,其中,在每个逆变器中,与直流输入端相连的直流电源的直流电压通过DC/DC转换器转换成中间电路电压,所述中间电路电压在具有两个功率单元的DC/AC转换器中转换成交流电压并在交流输出端输出,所述功率单元的每一个均与交流输出端相连并且通过控制装置相互调制,所述交流电压被馈入与所述交流输出端相连的供电网络中。

[0002] 此外,本发明涉及一种逆变器组件,该逆变器组件具有至少一个逆变器,用于分别将直流电压转换成具有市电频率的交流电压,其中,每个逆变器具有DC/DC转换器和DC/AC转换器,所述DC/DC转换器将连接到直流输入端的直流电源的直流电压转换成中间电路电压,所述DC/AC转换器具有两个功率单元,用于将中间电路电压转换成交流电压,其中,设置控制装置,用于调制每个逆变器的功率单元。

[0003] 术语“逆变器组件”包括由一个或多个逆变器构成的组件,每个逆变器的输入端都连接到相应的直流电源,特别是光伏模块或光伏模块上的串,而输出端连接到供电网络。在逆变器组件具有多个逆变器的情况下,所有逆变器都可以彼此独立地被控制,或者它们可以通过通信线路彼此连接,从而它们的功能能够被协调。

[0004] 特别地,本发明涉及没有变压器的先进的单相逆变器(无变压器逆变器),该逆变器通过DC/DC转换器将直流电压源(例如光伏模块)的直流电压转换成中间电路电压,并在DC/AC转换器中将中间电路电压转换成所需的交流电压,从而将直流电压转换成具有市电频率的交流电压,所述交流电压用于操作负载或馈入供电网络中。所述DC/AC转换器具有两个带半导体开关的功率单元,所述功率单元通过控制装置被相应地调制。与带变压器的逆变器相比,无变压器逆变器的效率要高得多。

背景技术

[0005] 由于直流电源(特别是光伏发电机)的调制(脉宽调制PWM),没有变压器和电绝缘的逆变器会产生与电网相关的电位变化。由于逆变器组件的部件(特别是光伏模块)与地之间不可避免的寄生电容和绝缘电阻,这种电位变化会产生对地泄漏电流。当逆变器连接到供电网络时,不允许的高泄漏电流会导致强制性剩余电流电路断路器(接地故障电路断路器)被触发。触发接地故障电路断路器也可能无意中断开其他设备与供电网络的连接。接地故障电路断路器的接通需要人工操作,因此需要有人在场。因此,通常需要确定泄漏电流或造成泄漏电流的泄漏电容,并且必要时还要确定绝缘电阻,如果超过最大允许泄漏电流,则要阻止逆变器连接到供电网络。只有在消除了造成高泄漏电流的原因并再次关闭接地故障电路断路器后,逆变器中产生的交流电压才能重新用于向负载提供电能或用于馈入供电网络。在此之前,转换后的能量无法使用,这导致能量平衡恶化。因此,逆变器组件的操作者会损失宝贵的馈入时间、馈入功率和馈入能量,从而损失了金钱。馈入时间、馈入功率和馈入

能量的损失会随着逆变器组件的尺寸成比例地增加。在高性能系统中,可能会出现非常高的收益损失。

[0006] EP 3 465 897 B1描述了一种用于操作单个无变压器逆变器的方法,其中,当超过泄漏电流的极限值时,要对该逆变器进行相应的控制,或者采用特殊的时钟方法操作该逆变器,藉此能够减小泄漏电流。尽管这使得可以连接逆变器(否则这是不允许的),但是最终的能量平衡还是会降低,并且操作者不得不接受相应的收益损失。此外,泄漏电流的确定也需要一定的工作量。

[0007] CN 110323959 A描述了一种用于操作逆变器的方法以及这种逆变器,其中,市电频率的谐波通过逆变器输出端的滤波电路来降低,泄漏电流通过附加的电容器和附加的补偿电路来降低。

[0008] EP 1 229 629 A2描述了一种可以检测泄漏电流的逆变器。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供前文提及的用于操作逆变器组件的方法以及用于执行该方法的逆变器组件,其旨在确保所述逆变器组件即使在预期较高泄漏电流的情况下也能连接到供电网络,并且还确保转换后的能量能够被利用以实现更好的能量平衡。所述方法和逆变器组件的实施应当尽可能简单并且具有成本效益,而且不会给操作者带来任何显著的额外成本。应避免或至少减少以往方法或装置的缺点。

[0010] 关于该方法,根据本发明的目的是这样实现的:在将交流电压馈入供电网络之前,确定每个逆变器的直流输入端的对地泄漏电容,确定哪个交流输出端连接到供电网络的哪条线路,并考虑到泄漏电容和规定的最大泄漏电流以及所确定的交流输出端的连接情况,对每个逆变器的功率单元进行非对称调制,使得各功率单元的交流输出端的电压幅值不同,即:通过调制与供电网络的相连接相连的DC/AC转换器的功率单元,使该功率单元的交流输出端产生幅值较大的电压,以及通过调制与供电网络的中性导体相连的DC/AC转换器的功率单元,使该功率单元的交流输出端产生幅值较小的电压。根据本发明的方法提供了在不测量实际泄漏电流的情况下确定每个逆变器的直流输入端的泄漏电容,并且由此在知晓最大泄漏电流和逆变器在供电网络线路上的连接情况时相应地调整每个逆变器的功率单元的调制,并且相应地改变功率单元输出端通常相等的电压幅值,或将其非对称布置。迄今为止,每个逆变器的两个功率单元都是以产生具有相同幅值的相反交流电压的方式进行调制的,而现在则是以非对称的方式进行控制,在功率单元的交流输出端产生不同幅值的电压。因此,泄漏电流得以最小化或最优化,从而也可以在没有超过最大泄漏电流和触发接地故障电路断路器的风险的情况下连接逆变器。因此,各个逆变器也可以对所产生的能量平衡做出积极贡献,而根据现有技术,逆变器必须保持停用状态。由于电容泄漏电流通常明显大于欧姆泄漏电流,因此主要确定和考虑的是泄漏电容,即复合绝缘电阻的电容比,而不是欧姆分量,即绝缘电阻。泄漏电容或系统电容可以例如根据EP 3 879283A1中描述的方法来确定。

[0011] 逆变器在供电网络线路上的相应连接情况(即,逆变器的哪个交流输出端与中性导体相连,以及逆变器的哪个交流连接端与供电网络的相连接相连),可以通过在逆变器上的手动输入进行设置,或者在某些情况下也可以自动确定。例如,可以在逆变器的安装过程

中就已经确定连接情况,并以适当的方式进行归档或存储。然后,本发明的方法访问这些已归档或存储的数据,从而了解连接情况。自动确定连接情况的一种方式,例如,测量任何可用测量单元中的电压以确定绝缘电阻,然后仅将一个功率单元连接到供电网络,并第二次测量测量单元中的电压。如果在第二次测量中的交流电压分量与第一次测量相比已经增加,则可以得出结论:与供电网络相连的功率单元连接到供电网络的相连接(L),另一个功率单元因此连接到中性导体(N)。随后,可以使用另一个功率单元进行控制实验,即,只有另一个功率单元可以连接到供电网络。然后,再次比较两次测量中电压的交流电压比。

[0012] 根据本发明的方法可以特别应用于具有多个逆变器的逆变器组件,即更强大的系统。

[0013] 通常,每个逆变器的功率单元以预定的开关频率交替地进行脉宽调制。也可以设想其他调制方法,其相应地控制两个功率单元,从而产生期望的输出交流电压。

[0014] 如果在达到最大泄漏电流的情况下,等待预定的时间段,并且在将交流电压馈入供电网络之前,再次确定每个逆变器的直流输入端对地的泄漏电容,并再次检查是否超过了规定的最大泄漏电流,则可以在该预定的时间段之后再次检查是否可以连接逆变器组件的各个逆变器,而没有触发接地故障电路断路器的风险。例如,预定的时间段可以在几分钟的范围内,例如5分钟。在此期间,可能会发生泄漏电容的变化,这就需要进行新的检查。作为所测量泄漏电容的函数,每个逆变器的功率单元的调制优选在预定限度内线性变化。例如,通过泄漏电容的极值来确定所述限度,极值可能表明逆变器组件的确定不正确或硬件有缺陷。

[0015] 如果在预定限度考虑了储备,那么除了逆变器组件的泄漏电流之外,还可以考虑其他设备的泄漏电流,例如作为负载连接到供电网络的洗衣机。

[0016] 当达到每个逆变器的所测量泄漏电容的预定上限值时,优选各逆变器保持停用,或者各逆变器被停用。泄漏电容的限值是基于经验进行选择 and 设置的。

[0017] 有利的是,在至少一个逆变器的馈入操作之前,还可以测量每个逆变器的直流输入端的对地欧姆绝缘电阻,并在调制功率单元时除了考虑泄漏电容之外还将其考虑在内。如上所述,与泄漏电容的影响相比,欧姆绝缘电阻的影响通常非常小,甚至可以忽略不计。然而,如果还考虑复合绝缘电阻的欧姆分量,则可以实现逆变器组件的更有效的操作。欧姆绝缘电阻例如可以根据EP 3 879 277 A1中描述的方法来确定。

[0018] 根据本发明的另一特征,可以确定直流电源与地连接的位置,并且在调制逆变器的功率单元时也可以考虑所确定的位置。例如,接地泄漏是发生在逆变器的直流输入端的正连接还是负连接区域中,还是发生在各个直流电源(特别是光伏模块等)之间,这可能与调制有关。确定欧姆绝缘电阻与直流电源连接的位置,例如可以与确定欧姆绝缘电阻一起进行。

[0019] 有利的是,当中间电路电压达到预定的上限值时将停用逆变器。在根据本发明的方法中,可能需要更高的中间电路电压,其结果是逆变器组件的整体效率降低。当超过一定的中间电路电压(例如500V)时,出于安全原因和效率降低的原因,停用逆变器是有用的。

[0020] 在至少一个逆变器的馈入操作之前和/或期间,还可以确定交流输出端的交流电压的谐波,并在对逆变器的功率单元进行调制时将其考虑在内。由于谐波在实践中会发生,并影响电网状况以及导致泄漏电流,因此当将谐波考虑在内时,可以更好地利用逆变器组

件的逆变器,从而改善整体能量平衡。输出交流电压中的谐波可以例如通过选择性滤波器或傅立叶变换来确定。

[0021] 例如,可以通过调制每个逆变器的功率单元(该功率单元连接到交流输出端,而该交流输出端连接到供电网络的中性导体)来衰减所确定的谐波,并且可以通过调制每个逆变器的功率单元(该功率单元连接到交流输出端,而该交流输出端连接到供电网络的相连接)来相应地校正该衰减。这代表了一种考虑谐波的方法。

[0022] 根据本发明的另一个特征,当调制每个逆变器的功率单元时,可以测量并考虑每个逆变器的直流输入端的直流电压。考虑直流电源的直流电压(特别是光伏模块的直流电压)可以带来进一步的优点,特别是在具有多个逆变器的逆变器组件中,因为各个逆变器的控制也可以配置为各个输入电压的函数。然而,即使只有一个逆变器,在调制期间考虑逆变器的直流输入端的直流电压也是有利的,并且有助于进一步提高效率。

[0023] 如果在至少一个逆变器的馈入操作过程中也确定交流电压的幅值,并且在调制每个逆变器的功率单元时将其考虑在内,那么在逆变器组件的操作期间就可以将例如谐波考虑在内,并且调制能以最佳方式适应任何变化的情况。

[0024] 在多个逆变器的情况下,优选地作为所测量的每个逆变器的系统电容的函数来调制每个逆变器的功率单元。在这种情况下,每个逆变器的控制或调制都独立于其它逆变器,这样每个逆变器就不会出现按比例确定的最大泄漏电流,并且因此各逆变器能够有助于能量平衡。

[0025] 在最简单的情况下,在具有多个逆变器的逆变器组件中,所确定的最大泄漏电流可以除以逆变器组件中的所有逆变器的数量。

[0026] 优选地,逆变器组件中的逆变器数量可以通过逆变器之间的通信线路自动确定。如果除了逆变器的数量之外,还测量并考虑每个逆变器的输入端的直流电压,则可以实现本发明的收益特别优化的变型。

[0027] 根据本发明的目的同样通过上述逆变器组件来实现,该逆变器组件被配置成用于执行上述方法。逆变器组件的功能可以通过软件在逆变器的控制装置中比较容易地实现。关于可实现的优点,请参考上述方法描述。

附图说明

[0028] 参照附图进一步解释本发明,其中:

[0029] 图1显示了具有逆变器的逆变器组件的框图;

[0030] 图2显示了根据现有技术,功率单元的交流输出端的电压和逆变器的所产生交流电压以及所产生泄漏电流的时间曲线;

[0031] 图3显示了流程图,说明用于操作逆变器组件的根据本发明方法的第一实施例;

[0032] 图4显示了根据本发明的方法,在理想的供电网络中,功率单元的交流输出端电压和逆变器的所产生交流电压以及所产生泄漏电流的时间曲线;

[0033] 图5显示了根据现有技术,在具有谐波的供电网络中,功率单元的交流输出端电压和逆变器的所产生交流电压以及所产生泄漏电流的时间曲线;

[0034] 图6显示了当应用根据图3的本发明方法时,在具有未处理谐波的故障供电网络中,功率单元的交流输出端电压和逆变器的所产生交流电压以及所产生泄漏电流的时间曲

线;

[0035] 图7显示了流程图,说明用于操作逆变器组件的根据本发明的方法的另一个实施例;

[0036] 图8显示了在根据图6的本发明方法中,在具有衰减谐波的故障供电网络中,功率单元的交流输出端电压和逆变器的所产生交流电压以及所产生泄漏电流的时间曲线;和

[0037] 图9显示了具有多个逆变器和电池的逆变器组件的框图。

具体实施方式

[0038] 图1显示了具有单相无变压器逆变器2的逆变器组件的框图。逆变器2用于将由直流电源3 (特别是光伏模块3'或多个光伏模块3'的串)提供的直流电压 U_{DC} 转换成逆变器2的输出端的具有市电频率 f_{AC} 的交流电压 U_{AC} 。逆变器2包括DC/DC转换器5,用于将直流输入端4的直流电压 U_{DC} 转换成中间电路电容器 C_{ZK} 上的中间电路电压 U_{ZK} 。DC/DC转换器5优选地由升压转换器(boost converter)形成。中间电路电压 U_{ZK} 在DC/AC转换器6中转换成交流电压 U_{AC} 。为此,DC/AC转换器6具有两个功率单元7、8,通常在桥式电路(未示出)中具有相应的半导体开关,这两个功率单元被交替控制,从而在DC/AC转换器6的输出端产生交流电压 U_{AC} 。相应的控制装置9被提供用于对功率单元7、8进行调制。通常以预定的开关频率进行脉宽调制。电压 U_{10} 被施加在功率单元7的交流输出端10,与功率单元7的较低输入端(或中间电路电压 U_{ZK} 的负极)电压相反,并且电压 U_{11} 被施加在功率单元8的交流输出端11,与功率单元8的较低输入端(或中间电路电压 U_{ZK} 的负极)电压相反。DC/AC转换器6的功率单元7、8的两个交流输出端10和11共同形成逆变器2的输出端,向其施加交流电压 U_{AC} ,并与单相供电网络12相连。在所显示的例子中,功率单元7的交流输出端10与相连接L连接,功率单元8的交流输出端11与供电网络12的中性导体N连接。输出扼流圈13可以布置在逆变器2输出端的线路中。此外,交流隔离器17位于逆变器2的输出端,利用交流隔离器17可以将逆变器2与供电网络12隔离。在逆变器2和供电网络12之间布置有接地故障电路断路器14,用于测量总电流,并在超过规定的对地PE最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 时触发。泄漏电流 I_A 是由绝缘故障引起的,由直流电源3和地PE之间的泄漏电容 C_{iso} 和绝缘电阻 R_{iso} 的并联形式的复合绝缘电阻 Z_{iso} 表示。绝缘故障的位置(即欧姆绝缘电阻 R_{iso} 在直流电源3的哪一点与直流电源3相连),也会影响泄漏电流 I_A 的直流分量。理想情况是绝缘故障对称布置在逆变器2的直流输入端4的两个连接之间,因为这导致泄漏电流 I_A 的直流分量最低,原因是当逆变器2处于馈入模式时,对地PE的电压在中心绝对值最低。因此,在某些情况下,确定直流电源3与地PE的连接位置是有利的。例如,这种确定可以是欧姆绝缘电阻 R_{iso} 测量的一部分。如果位置已知,则可以通过将绝缘故障对地PE的测量电压除以欧姆绝缘电阻 R_{iso} ,应用欧姆定律来确定泄漏电流 I_A 的直流分量。泄漏电流 I_A 的直流分量减小了泄漏电流 I_A 的容许电容比,在功率单元7、8的调制中需要考虑这一点。

[0039] 为了防止触发接地故障电路断路器14,在将逆变器2经由交流隔离器17连接到供电网络12之前要测量泄漏电流 I_A ,或者确定泄漏电容 C_{iso} ,必要时还确定欧姆绝缘电阻 R_{iso} ,并且只有在未达到规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 的情况下才连接逆变器2。否则,逆变器2不能连接到供电网络12,并且从直流电压 U_{DC} 转换来的交流电压 U_{AC} 不能被馈入供电网络12中,因此不能有助于能量平衡。当然,这会给逆变器组件1的操作者带来收益损失,这在大型和高

性能系统的情况下尤为显著。

[0040] 根据本发明,考虑到确定的泄漏电容 C_{iso} 和规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 以及所确定的连接情况,对每个逆变器2的功率单元7、8的调制进行调整,使得在功率单元7、8的输出端10、11的电压 U_{10} 、 U_{11} 的幅值不同或不对称。因此,泄漏电流 I_A 被最小化或优化($I_{A,opt}$),从而也可以在没有超过最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 和触发接地故障电路断路器14的风险的情况下连接逆变器2。因此,相应的逆变器2也可以对所产生的能量平衡做出积极贡献,而根据现有技术,逆变器必须保持停用状态。

[0041] 图2显示了根据现有技术,功率单元7、8的交流输出端10、11的电压 U_{10} 、 U_{11} 以及逆变器2的所产生交流电压 U_{AC} 和所产生泄漏电流的时间曲线。根据图1的逆变器组件1的框图,逆变器2的功率单元7的交流输出端10连接到相连接L,逆变器2的功率单元8的交流输出端11连接到供电网络12的中性导线N。逆变器2的DCTAC转换器6的功率单元7、8的调制以这样的方式进行,即两个电压 U_{10} 和 U_{11} 以相同的幅值沿相反方向输出。电压 U_{10} 和 U_{11} 的最大可能幅值为最大中间电路电压 U_{ZK} ,这里是500V。如图所示,选择的幅值是325V。交流电压 U_{AC} 的幅值也是325V,即,供电网络12的电压。由此,产生不受调制影响的泄漏电流 I_A (例如,在这种情况下,幅值为50mA,均方根值为35mA)。

[0042] 图3显示了一个流程图,说明了根据本发明的操作逆变器组件1的方法的第一实施例。根据步骤101,使用已知方法确定泄漏电容 C_{iso} ,可能还确定欧姆绝缘电阻 R_{iso} ,并且根据步骤102,由泄漏电容 C_{iso} 和市电频率 f_{AC} 计算绝缘电阻的电容比 X_{iso} ,计算公式为:

$$[0043] \quad X_{iso} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{AC} \cdot C_{iso}}$$

[0044] 随后,根据该方法的步骤103,确定规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 。在逆变器2和接地故障电路断路器14的情况下,最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 由接地故障电路断路器14确定,因为它是为特定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 设计的,例如30mA。在逆变器组件1内具有多个逆变器2的情况下(见图9),规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 例如除以逆变器2的数量 i ,以确定每个逆变器2的最大泄漏电流。然而,由接地故障电路断路器14规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 也适用于此。

[0045] 根据步骤104,计算电压 U_{10} 或 U_{11} 的较低幅值。这是通过将最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 乘以绝缘电阻的电容比 X_{iso} 来实现的。例如,在泄漏电容 $C_{iso} = 1\mu F$ 的情况下,在电网频率 $f_{AC} = 50Hz$ 时,产生 $X_{iso} = 3.18k\Omega$,并且在中间电路电压 $U_{ZK} = 500V$ 时,得到电压 U_{10} 、 U_{11} 的较低幅值约为75V。从供电网络12的325V交流电压(为2的平方根和230V电压的乘积)中减去较低幅值,得到电压 U_{10} 和 U_{11} 的较大幅值约为250V。然而,由于在供电网络12中一定的容差(例如 $\pm 10\%$)也是现实的,因此也可以连续地测量供电网络12的电压,以获得当前值。因此,交流电压 U_{AC} 的幅值也必须是325V或者对应于当前测量值。交流电压 U_{AC} 对应于逆变器2的两个功率单元7、8的交流输出端10、11的电压 U_{10} 和 U_{11} 的总和。

[0046] 此时,连接情况尚未确定,即,还不知道哪个交流输出端10、11连接到供电网络12的相导体L或中性导体N。不过,这也与目前的基本确定无关。

[0047] 根据查询105,检查所确定的电压 U_{10} 、 U_{11} 的较大幅值是否低于中间电路电压的一半 $U_{ZK}/2$ 。如果是,则可以馈入。如果不是,则无法馈入。在中间电路电压 U_{ZK} 为500V(幅值)的情况下,电压 U_{10} 或 U_{11} 的较大幅值最大可达250V。

[0048] 如果满足这一条件,即电压 U_{10} 或 U_{11} 的较大幅值不超过中间电路电压的一半 $U_{ZK}/2$,

则首先根据步骤106确定连接情况,即确定逆变器2的哪个交流输出端10、11与供电网络12的哪条线路L、N相连。

[0049] 交流隔离器17布置在逆变器2的输出端,每个导体包括至少一个继电器。这些继电器可以相应地被控制,例如通过控制装置9和/或通过功率单元7、8。一旦相导体L中的继电器闭合,就可以例如通过控制装置9在50赫兹的频率下测量相对于地PE的足够大的交流电压分量。当闭合中性导体N中的继电器时,情况并非如此。例如,通过这种方式可以自动确定连接情况。通常,交流隔离器17的继电器的触点要定期检查,以查看它们是否接触不良。连接情况的自动确定也可以在该测试过程中进行。

[0050] 根据步骤107,对每个逆变器2的功率单元7、8进行相应的调制。对中性导体N处的功率单元7以这样的方式进行调制,使得在输出端10产生具有较低幅值的电压 U_{10} 。对相导体L处的功率单元8以这样的方式进行调制,使得在输出端11产生具有较高幅值的电压 U_{11} 。这样泄漏电流 I_A 就不会超过最大泄漏电流 $I_{A,max}$,并且相应地,接地故障电路断路器14不会被触发。假设泄漏电流 I_A 在一定范围内变化,在此范围内,可以通过功率单元7、8的调制将泄漏电流降至最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 以下。

[0051] 因此,根据步骤108,逆变器组件1以这样的方式操作,即功率单元7、8在交流输出端10、11输出不同的电压 U_{10} 、 U_{11} ,从而不超过最大泄漏电流 $I_{A,max}$,并且逆变器2以优化的泄漏电流 $I_{A,opt}$ 操作。

[0052] 如果不满足查询105的上述条件,则根据步骤109,通过不将各个逆变器2连接到供电网络12,不向供电网络12馈入。

[0053] 在这种情况下,根据步骤110,优选地等待一个预定的时间段 Δt ,例如5分钟,然后再再次开始根据步骤101确定泄漏电容 C_{iso} 。在时间段 Δt 期间,还可以尝试增加中间电路电压 U_{ZK} 。例如,使用500至550V的升压器(取决于所使用的中间电路电容器和逆变器的拓扑结构)。

[0054] 图4显示了根据本发明的方法,在无谐波的理想供电网络12的条件下,在功率单元7、8的交流输出端10、11的电压 U_{10} 、 U_{11} 以及逆变器2的所得交流电压 U_{AC} 和所得泄漏电流 I_A 的时间曲线。根据本发明,在将交流电压 U_{AC} 馈入供电网络12中之前,确定每个逆变器2的直流输入端4对地PE的泄漏电容 C_{iso} ,并且根据图3中的流程图确定功率单元7、8的电压 U_{10} 、 U_{11} ,并相应地调制功率单元7、8,从而产生具有相应的不同幅值的电压 U_{10} 、 U_{11} 。

[0055] 在根据图1所示的示例性实施例中,逆变器2的功率单元7的交流输出端10连接到相连接L,逆变器2的功率单元8的交流输出端11连接到供电网络12的中性导体N。因此,具有较低幅值的电压 U_{11} 由功率单元8输出,具有较大幅值的电压 U_{10} 由功率单元7输出。如图所示,电压 U_{10} 的幅值大约为250V,电压 U_{11} 的幅值大约为75V。相应地,对于交流电压 U_{AC} 而言,其幅值为325V(230V乘以2的平方根),对应于电源电压12的幅值。

[0056] 如前所述,中性导体N上的较低电压波动对泄漏电流 I_A 的水平具有积极影响。

[0057] 功率单元7、8的非对称调制产生了优化的泄漏电流 $I_{A,opt}$,与现有技术中的泄漏电流 I_A 相比,该泄漏电流具有更低的幅值(图2)。在所显示的例子中,优化的泄漏电流 $I_{A,opt}$ 的幅值约为23mA,或对应于约16mA的均方根值。传统的接地故障电路断路器14例如在最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 为30mA时触发。因此,在逆变器2运行之前和运行期间,根据本发明的方法可以将优化的泄漏电流 $I_{A,opt}$ 保持在较低的水平,使得只要条件(绝缘电阻低、泄漏电容高、市电

干扰少、几乎没有谐波等)允许,它就保持在最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 以下。因此,逆变器2可以在更长的时间段内(更早连接,更迟断开)向供电网络12馈电,从而对能量平衡做出更大贡献。

[0058] 图5显示了根据现有技术,在具有谐波的供电网络12中,功率单元7、8的交流输出端10、11的电压 U_{10} 、 U_{11} 以及逆变器2的所产生交流电压 U_{AC} 和所产生泄漏电流的时间曲线。谐波来自供电网络12中的故障,这些故障叠加在电压 U_{10} 、 U_{11} 上。相应地,这些高频故障也会叠加在泄漏电流 I_A 上,从而增加了泄漏电流 I_A 的幅值—如图所示,达到约80mA或约43mA的均方根值,因为功率单元8的交流输出端11的电压 U_{11} 的电压波动会相应地被放大。

[0059] 图6显示了当应用根据图3的本发明方法时,在带谐波的故障供电网络12中带谐波的电压 U_{10} 、 U_{11} 以及由此产生的优化的泄漏电流 $I_{A,opt}$ 的时间曲线。所显示的电压的幅值对应于图4中的幅值,即 U_{10} 为250V, U_{11} 为75V, U_{AC} 为325V。时间曲线不同于图4的时间曲线,因为高频谐波叠加在供电网络12上,相应地也传递到电压 U_{10} 和 U_{11} 上。例如,此处谐波频率是 $f_{ow}=350\text{Hz}$ 。该叠加尤其导致中性导体N上出现波动更大的电压 U_{11} ,这造成泄漏电流 I_A 的幅值波动更大。如图所示,幅值为大约60mA或均方根值为大约33mA。在这种情况下,就会超过触发接地故障电路断路器14的规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 。然而,根据本发明的方法仍然显示其效果,这是因为与根据图5的现有技术相比,泄漏电流 I_A 的幅值波动会更大。

[0060] 图7显示了流程图,用于说明根据本发明的操作逆变器组件1的方法的另一个实施例。与图3的流程图相比,这里增加了步骤111,即在至少一个逆变器2的馈入操作之前和/或期间,确定交流输出端10、11的交流电压 U_{AC} 的谐波,并在调制逆变器2的功率单元7、8时将其考虑在内。根据步骤111的网络分析可以通过在步骤112中确定特定频率 f_{ow} 的谐波来执行。通过考虑现实中经常出现的这种谐波,可以进一步改进本发明的方法,如图8所示,这最终导致更好的能量平衡。

[0061] 图8显示了在根据权利要求9的本发明方法中,在具有衰减谐波和优化泄漏电流 I_A 的故障供电网络12中,功率单元7、8的交流输出端10、11的电压 U_{10} 、 U_{11} 和逆变器2的所产生交流电压 U_{AC} 以及所产生泄漏电流 I_A 的时间曲线。在这种情况下,如从电压 U_{11} 的时间曲线可以看出的,通过调制逆变器2的功率单元7(该功率单元7连接到供电网络12的中性导体N),来相应地衰减所确定的谐波。通过调制逆变器2的功率单元8(该功率单元8与交流输出端10相连,而交流输出端10与供电网络12的相连接L相连),来相应地校正所述衰减。以这样的方式进行所述校正或衰减,使得电压 U_{11} 的高频比通过功率单元7、8中的相应滤波器传输到电压 U_{10} 。这一点可以从电压 U_{10} 上的叠加振荡幅值与图7的电压 U_{10} 相比增加了一倍而明显看出。因此,电压 U_{11} 不再具有任何高频比。

[0062] 结果是具有较低谐波叠加的优化的泄漏电流 I_A ,因此只要环境条件(低绝缘电阻、高泄漏电容、网络干扰小、几乎没有谐波等)允许,泄漏电流 I_A 就保持低于最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 。如图所示,幅值约为40mA或均方根值约为23mA。因此,实现了更长时间的能量馈送。

[0063] 图9显示了逆变器组件1的框图,该逆变器组件1具有两个逆变器2以及用于缓存所获得能量的电池16。也可以在逆变器组件1中并联布置两个以上的逆变器2,它们一起连接到供电网络12。控制装置9可以通过通信线路15相互连接。在最简单的情况下,逆变器组件1的公共接地故障电路断路器14触发时的规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 可以除以逆变器2的数量 i (这里是两个),并将规定的最大泄漏电流的一半 $I_{A,max}/2$ 用于每个逆变器,作为该逆变器2的基础或新的最大泄漏电流 $I_{A,max}'$,并且对于具有该最大泄漏电流 $I_{A,max}'=I_{A,max}/2$ 的每个

逆变器2执行根据本发明的方法(根据图3或图7)。

[0064] 此外,另一种可能性是根据各逆变器2的额定功率来分配其最大泄漏电流 $I_{A,max}'$ 。与额定功率较低的逆变器2相比,逆变器组件1中额定功率较大的逆变器2将被分配总最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 中更大的比例。

[0065] 在具有多个逆变器2的逆变器组件1的收益优化变型中,还可以对于每个逆变器2计算每毫安泄漏电流 I_A 可以转换多少额定功率。由于不同的泄漏电容 C_{iso} ,每个逆变器2的情况也是不同的。单位额定功率泄漏电容 C_{iso} 最小的逆变器2被分配总最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 。如果总配额尚未用完,则供应下一个可用逆变器2,依此类推。这样,就可以在规定的总最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 下实现最大收益。

[0066] 最后,当应用根据本发明的方法(根据图3或图7)时,在具有多个逆变器2的逆变器组件1中,单个逆变器2的其他方面(诸如使用寿命、操作小时数等)也会发挥作用并被考虑在内。

[0067] 根据本发明的用于操作具有至少一个(优选多个)逆变器2的逆变器组件1的方法(根据图3或图7),通过在考虑泄漏电容 C_{iso} 和连接状况的情形下对逆变器2的功率单元7、8进行特殊调制,使泄漏电流 I_A 最小化,从而最大限度地减少了在超过规定的最大泄漏电流 $I_{A,max}$ 时停用逆变器2的问题。由于这可以增加馈入时间和馈入功率,因此实现了更好的能量平衡,从而为逆变器组件1的操作者带来更高的收益。

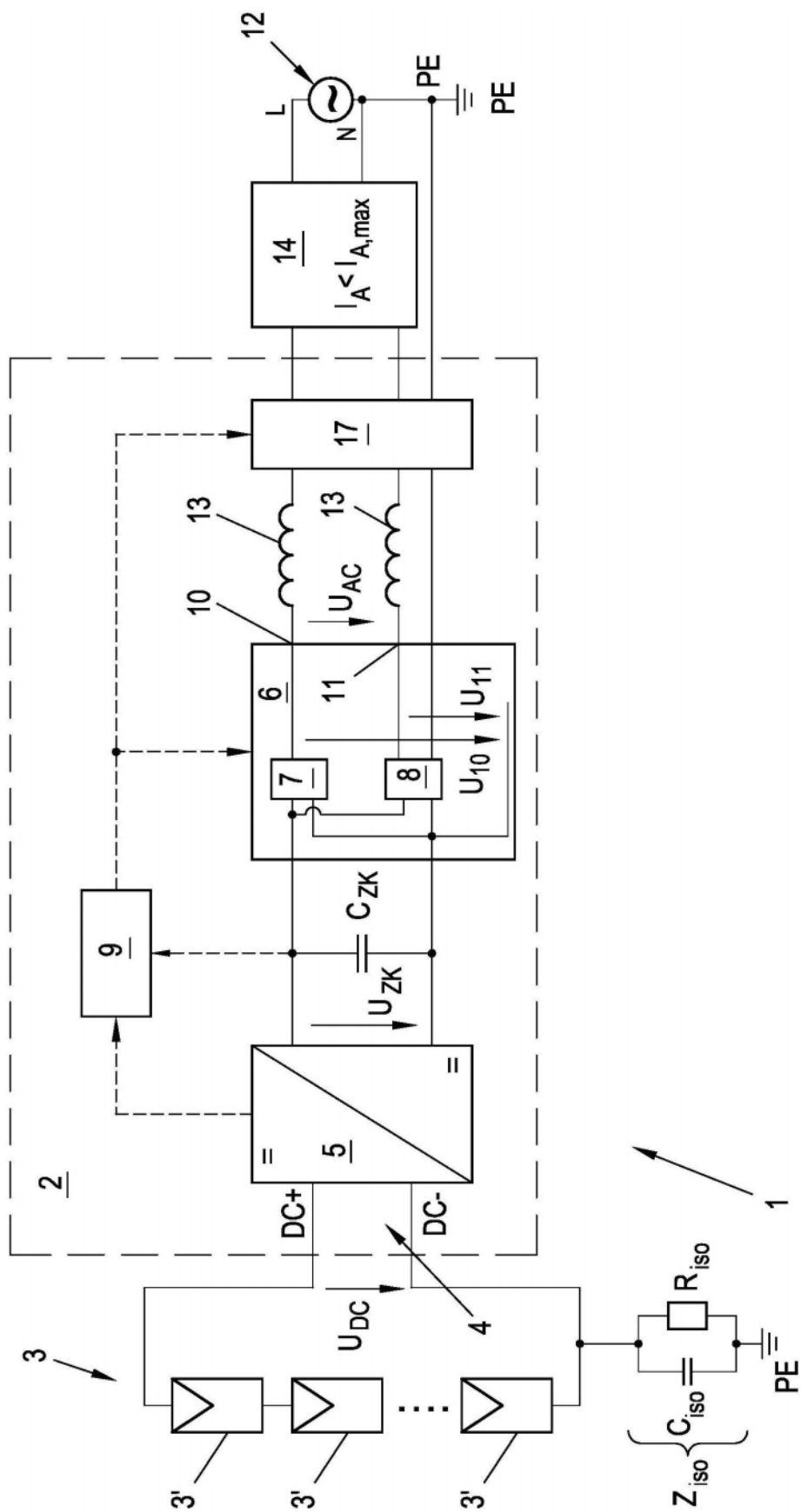


图1

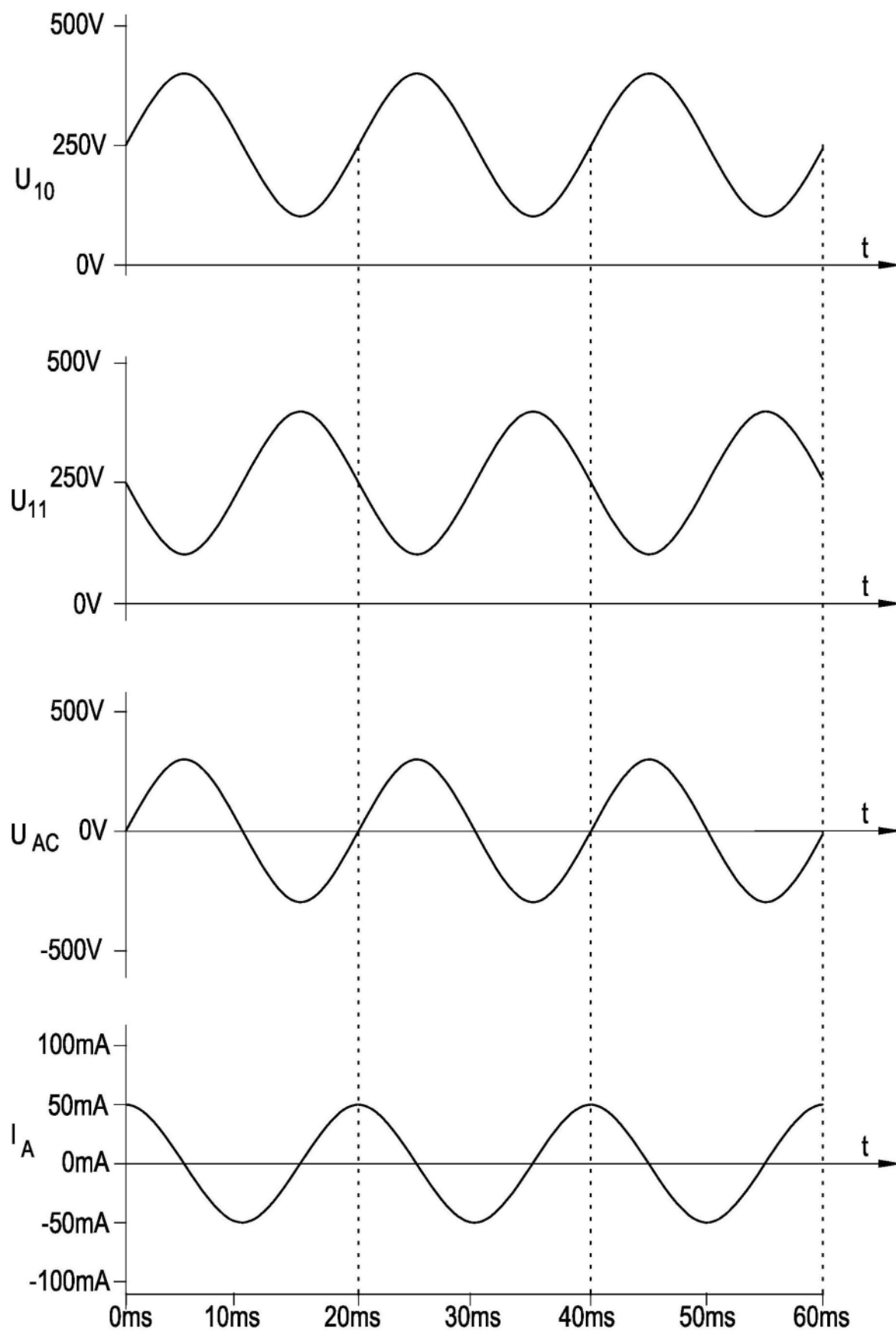


图2

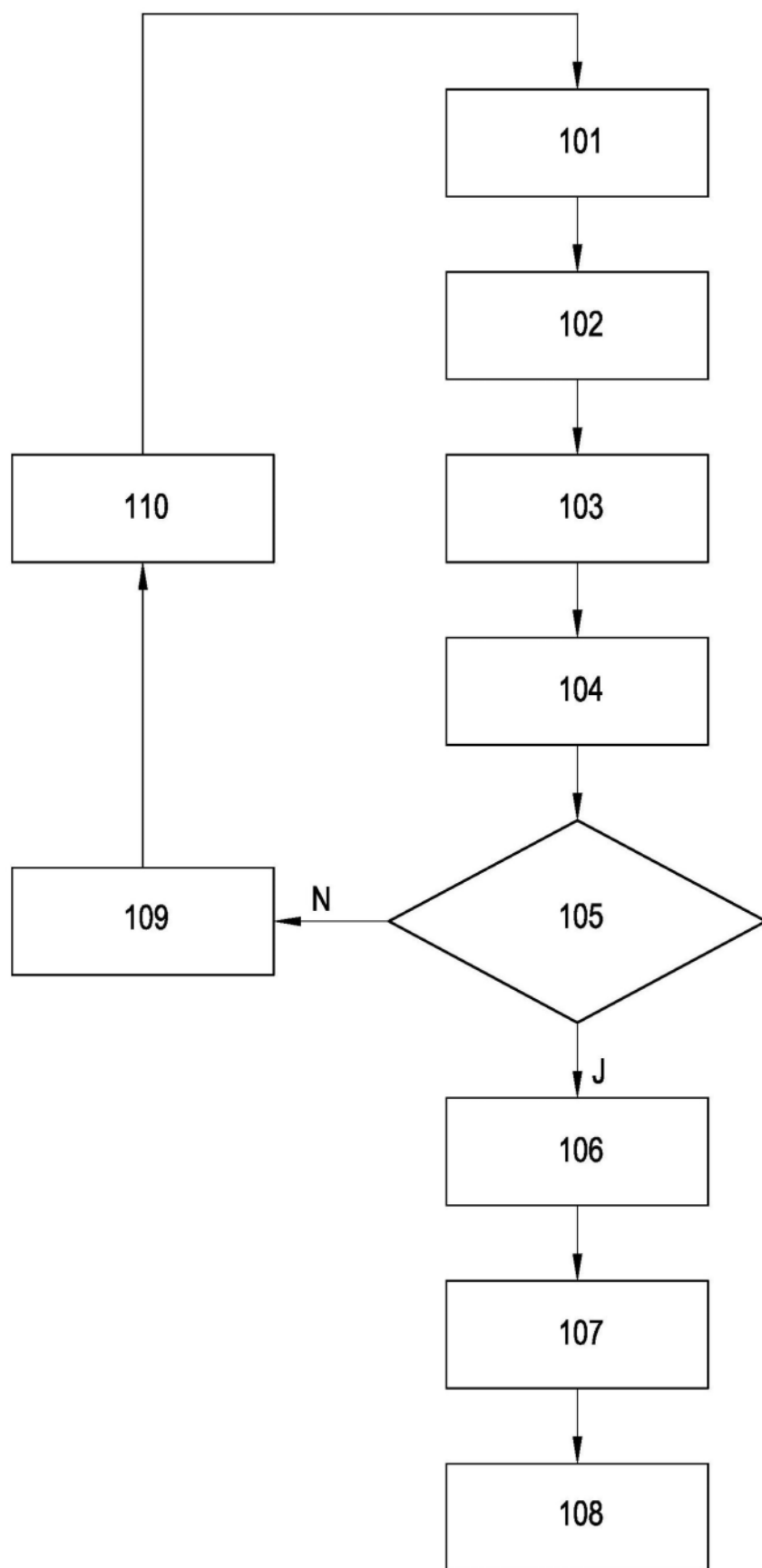


图3

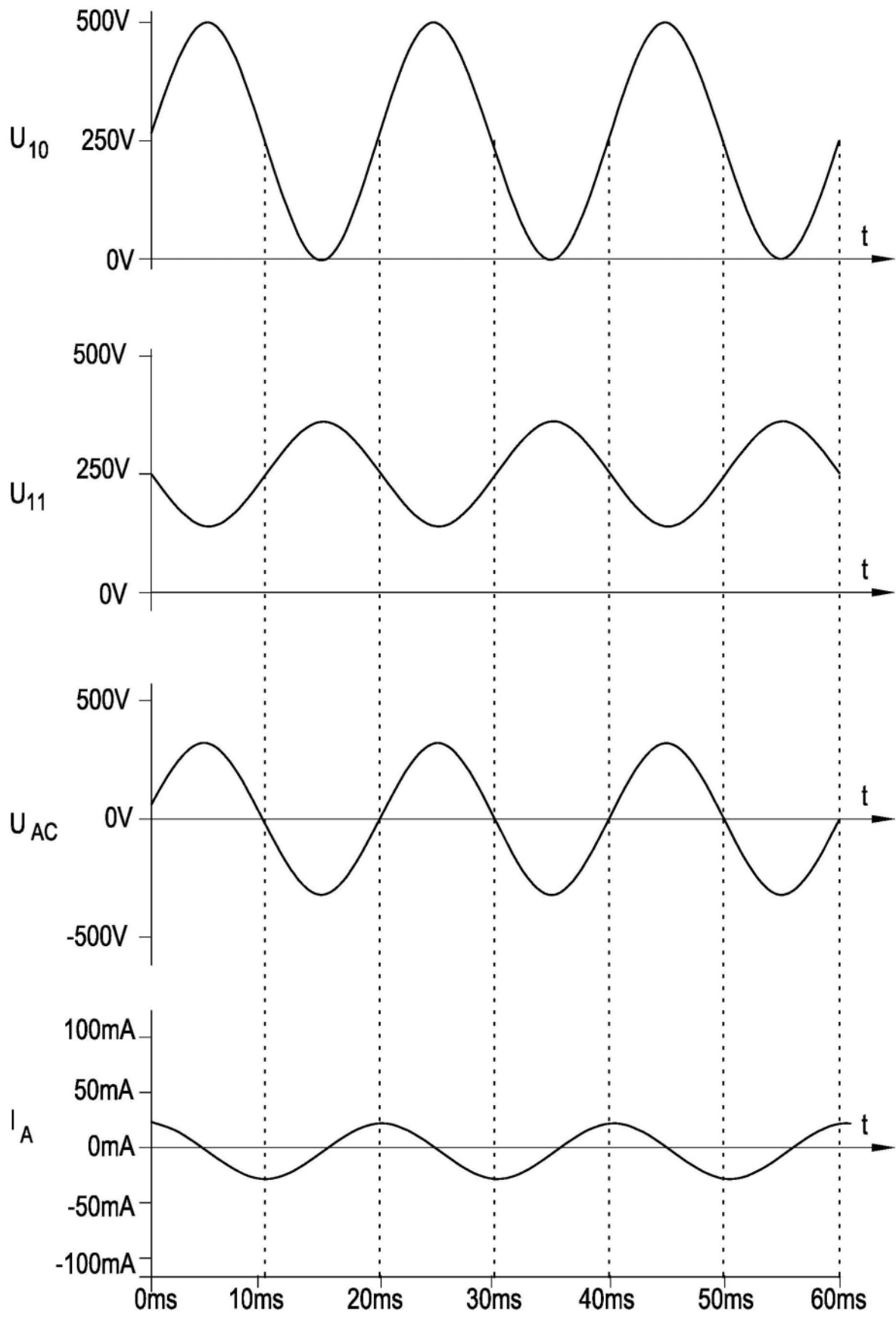


图4

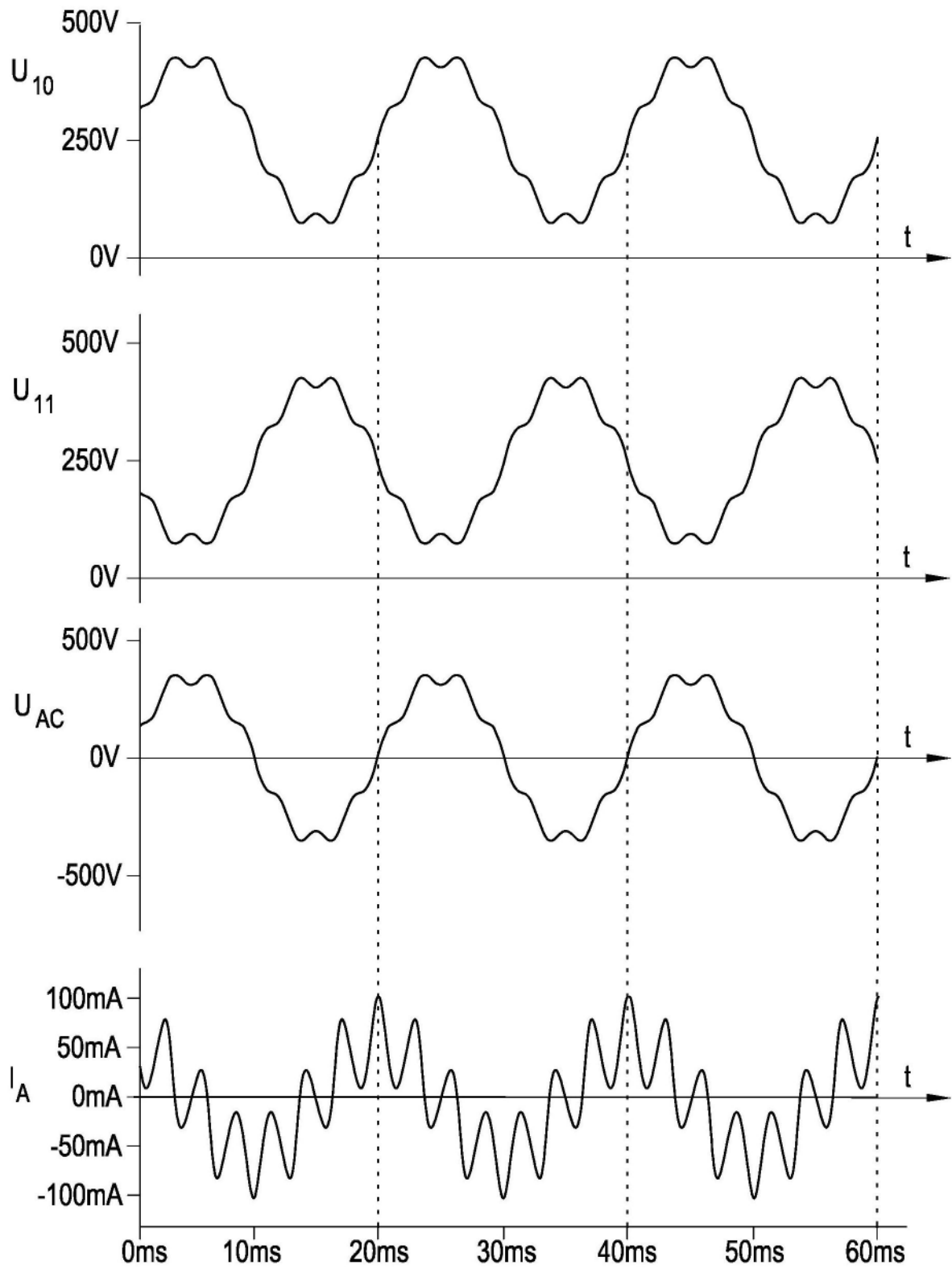


图5

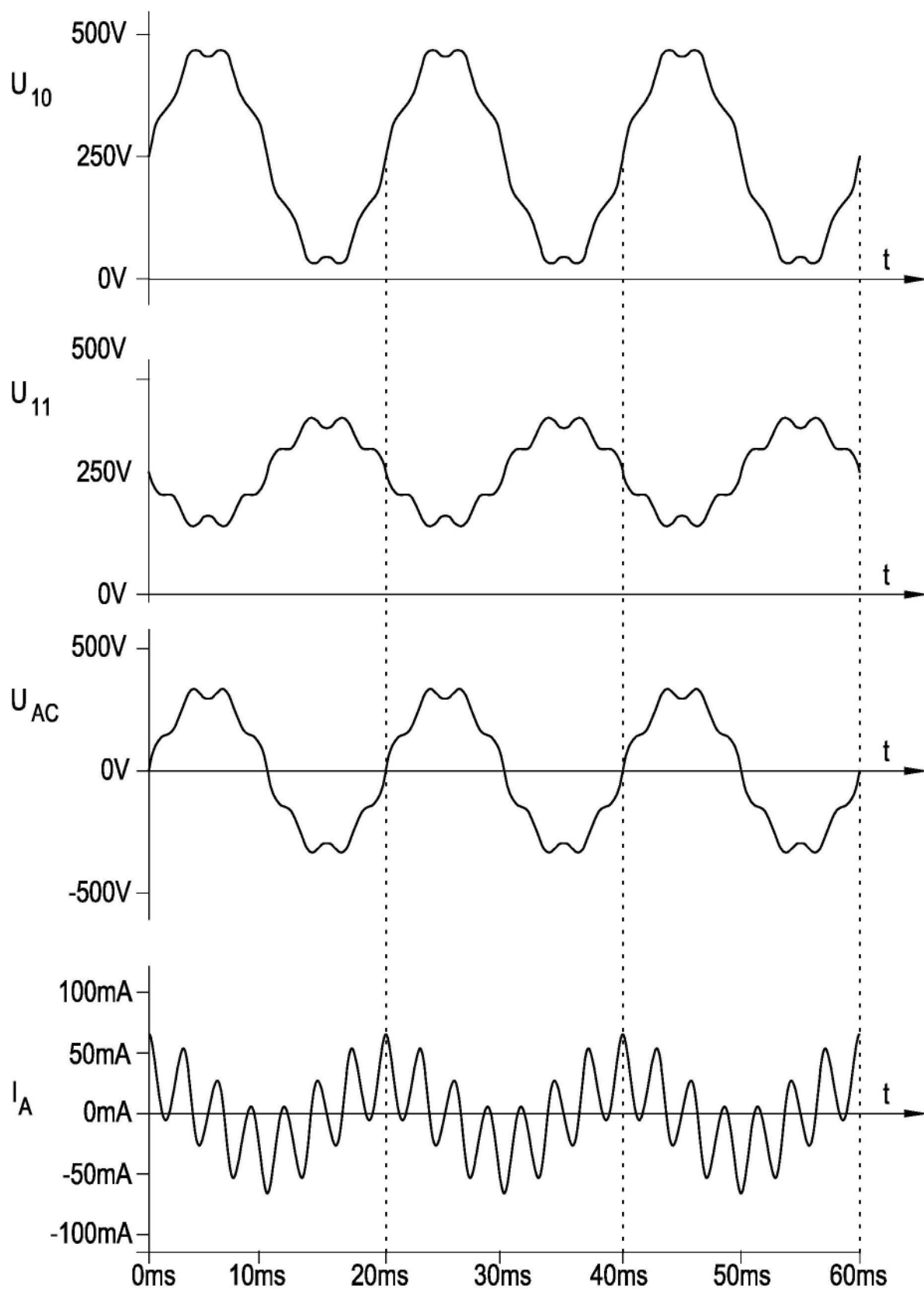


图6

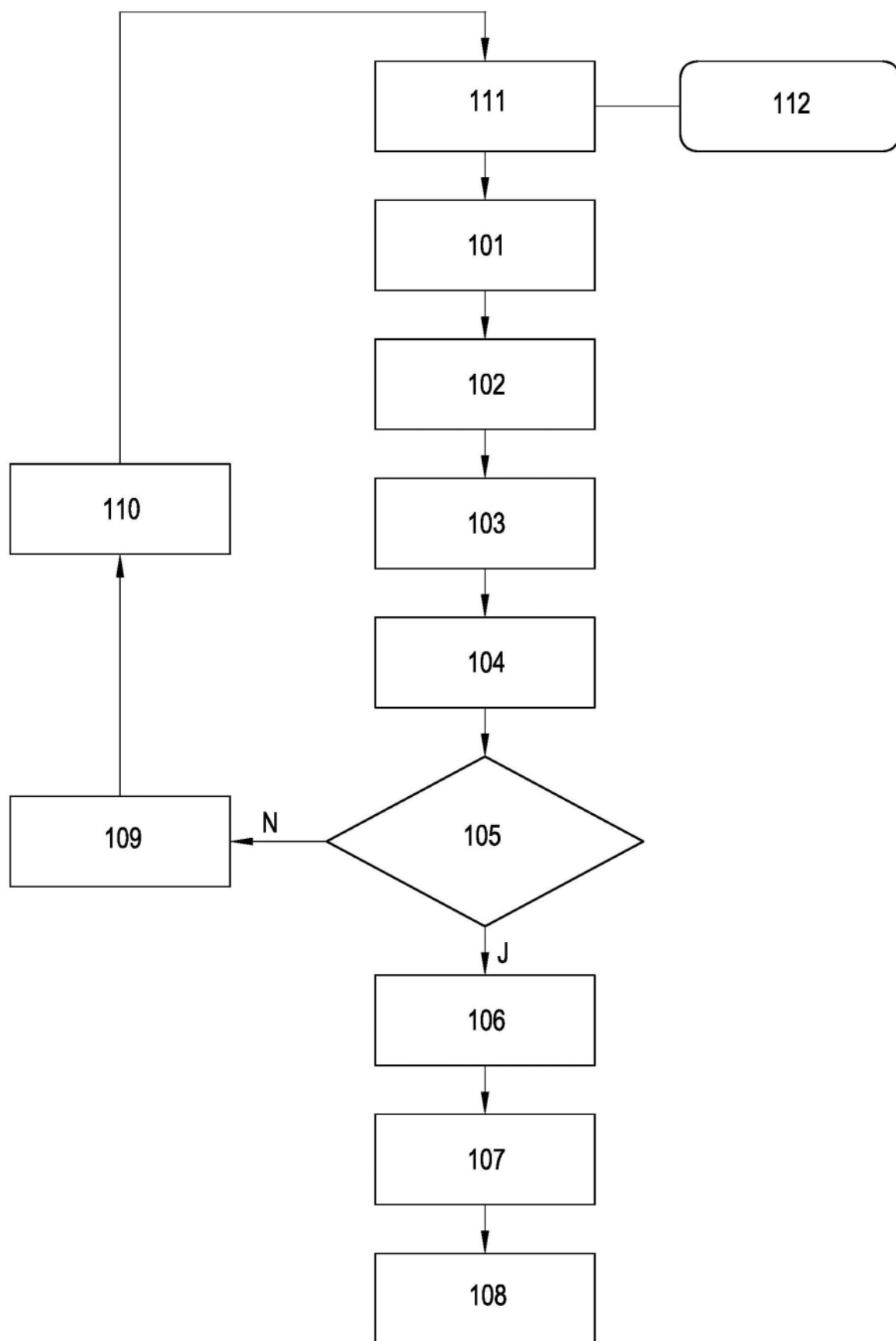


图7

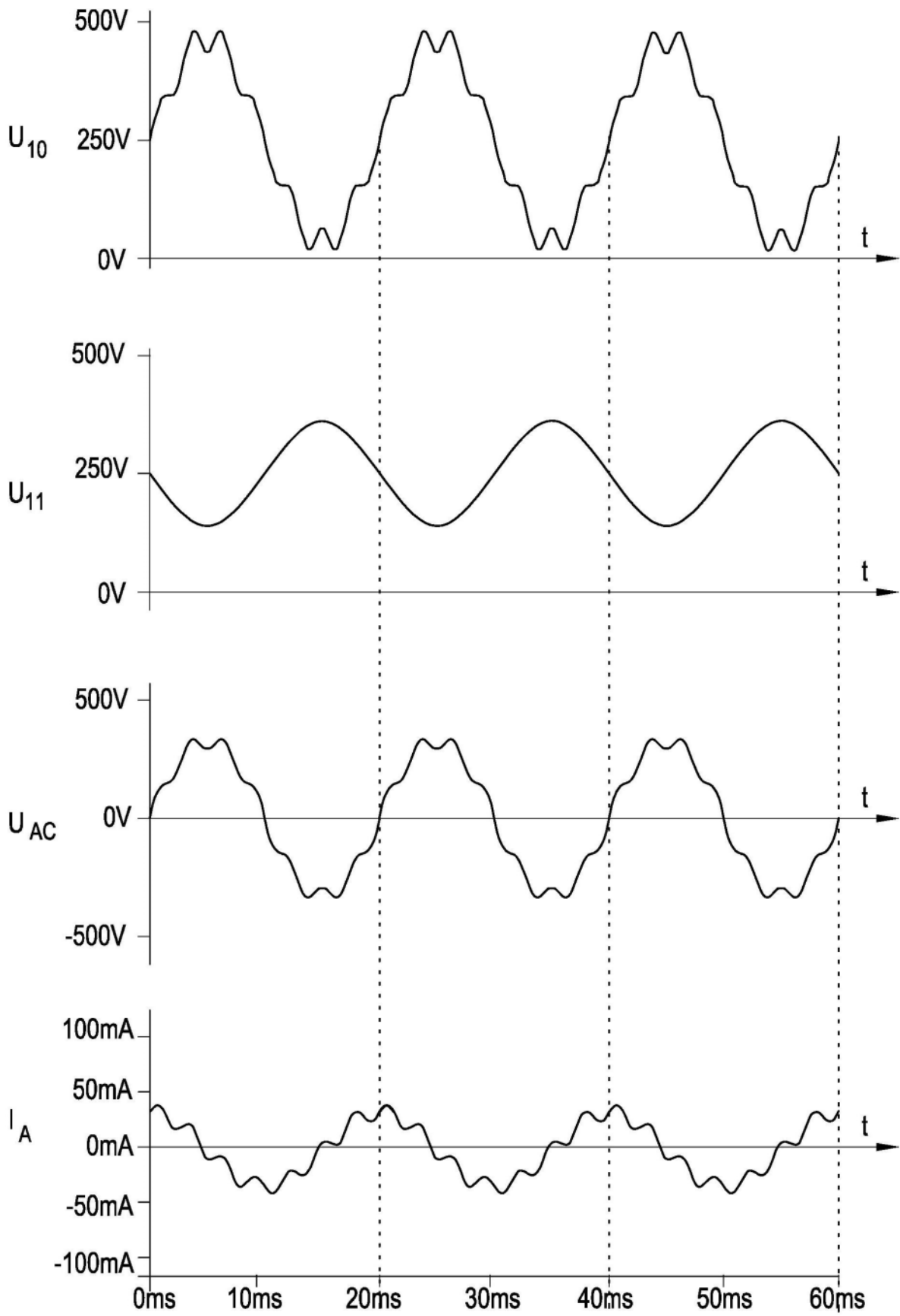


图8

