



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104158467 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201410252989. 5

(22) 申请日 2014. 05. 02

(30) 优先权数据

102013208067. 0 2013. 05. 02 DE

(71) 申请人 通用电气能源能量变换技术有限公司

地址 英国沃里克郡

(72) 发明人 K·A·罗滕哈根

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 申屠伟进 刘春元

(51) Int. Cl.

H02P 27/05 (2006. 01)

H02P 29/02 (2006. 01)

H01R 39/54 (2006. 01)

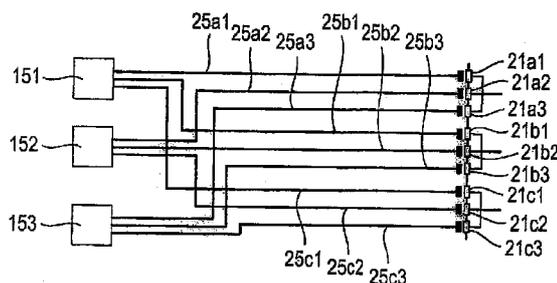
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

多相电路

(57) 摘要

描述了包括电机以及包括逆变器的多相电路。电机包含针对每相通过至少两个电刷(21a1,...)与逆变器连接的转子。每相的每个电刷(21a1,...)通过分离的电刷线路(25a1,...)与逆变器连接。



1. 一种多相电路 (10), 包括电机和逆变器 (15), 其中所述电机包括针对每相通过至少两个电刷 (21) 与所述逆变器 (15) 连接的转子 (13), 其特征在于: 每相的所述电刷 (21) 中的每个通过分离的电刷线路 (25) 与逆变器 (15) 连接。

2. 如权利要求 1 所述的电路 (10), 其中所述电刷 (21) 中的每个具有电刷阻抗, 并且所述电刷线路 (25) 中每个具有线路阻抗。

3. 如权利要求 2 所述的电路, 其中线路阻抗大于所述电刷阻抗。

4. 如权利要求 2 或 3 中任一项所述的电路, 其中一相的电刷 (21) 的电刷阻抗的不对称能够通过相应对应的电刷线路 (25) 的所述线路阻抗来减小。

5. 如权利要求 4 所述的电路, 其中所述电刷阻抗具有负温度系数。

6. 如前述任一项权利要求所述的电路 (10), 其中分离的电刷线路 (25) 被分配到每个电刷 (21)。

7. 如前述任一项权利要求所述的电路 (10), 其中存在的逆变器 (151、152、153) 的数量与每相的电刷 (21) 的数量相对应, 并且其中每相的电刷 (21) 在每种情况中与逆变器 (151、152、153) 中的另一个相连接。

8. 如前述任一项权利要求所述的电路 (10), 其中分离的电流调节器被分配到每个逆变器 (15)。

9. 如前述任一项权利要求所述的电路 (10), 其中每个电刷线路 (25) 通过短路阻抗 ( $Z_{a1}, \dots$ ) 与多相短路器件 (18) 相连接, 并且其中短路器件 (18) 被体现为使连接到他的相短路。

10. 如权利要求 9 所述的电路 (10), 其中短路器件 (18) 由功率半导体器件配置, 功率半导体器件反并联连接并且布置为星形或三角形连接。

## 多相电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及包括电机以及包括逆变器的多相电路，其中电机包含通过每相至少两个电刷与逆变器连接的转子。

### 背景技术

[0002] 这样的电路例如从 DE102008009276A1 或 DE102008064079A1 得知。在其中异步电机的定子与电能供应网络连接，并且转子通过逆变器与能量供应网络连接。逆变器可以例如由两个逆变器和直流链路构造，逆变器借助于功率半导体器件实现，直流链路连接在两个逆变器之间并且包含至少一个电容器。

[0003] 转子例如在风力或水力或类似物的帮助下被设置成旋转。如果转子随后实现旋转，那么电能借助于感应到定子中的电压而被馈送到能量供应网络。

[0004] 由于转子的旋转，转子必须通过电刷与逆变器电连接。因此在具有更高性能的异步电机的情况中，可能需要为每相提供多个电刷。由于例如属于一相的电刷之间的生产相关的差别，这可能具有如下结果：通过电刷创建不期望的不对称电流。

[0005] 短路器件，被称为短路器，经常与转子和逆变器之间的连接线路连接。如果在电路操作期间确定故障，则短路器件被激活。这具有如下结果：供应给短路器件的三相被短路。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是创建防止前面提及的不对称电流（即不具有或具有短路器件）的电路。

[0007] 本发明借助于依照权利要求 1 的多相电路解决了这个目的。

[0008] 根据本发明，每相的每一个电刷通过分离的电刷线路与逆变器连接。这创建了个体电刷与相应的分配的电刷线路的串联连接。因此通过这个串联连接的电流不再单独由电刷决定，还由电刷线路决定。由于每一个电刷与相应电刷线路的串联连接，所以相同相的电刷间的差别不再完全影响通过相应电刷的电流，而是仅以减小的程度影响。通过电刷的不对称电流（当前本身存在的）因此可以被减小或甚至完全被补偿。

[0009] 在本发明的实施例中，每个电刷具有电刷阻抗并且每个电刷线路具有线路阻抗，其中线路阻抗优选大于电刷阻抗。以这种方式创建电刷阻抗与线路阻抗的串联连接，这具有如下结果：相同相的电刷的不同电刷阻抗不再有完全影响，而是由于相应分配的线路阻抗而仅具有减小的影响。

[0010] 优选地，因此在相应的对应电刷线路的线路阻抗的帮助下，相电刷的电刷阻抗的不对称被防止。

[0011] 在本发明的又一实施例的情况中，电刷阻抗具有负温度系数。则可以通过相应的对应线路阻抗的正温度系数来补偿这个负温度系数。

[0012] 把分离的电刷线路分配给每个电刷是尤其有优势的。因此可以以简单的方式防止或者甚至可以完全补偿通过电刷的所解释的不对称电流。

[0013] 在本发明的又一实施例的情况中,每个电刷线路通过短路器件阻抗与多相短路器件连接,其中短路器件被体现为使连接到他的相短路。因此在短路器件阻抗的帮助下实现限定的串联连接的操作模式不丢失。具体来说,借助于短路器件阻抗实现一相的个体电刷线路彼此不被短路。

[0014] 优选地,因此短路器件可以由功率半导体器件配置,功率半导体器件反并联连接并且被布置为星形或三角形连接。因此把分离的反并联功率半导体器件对分配到每个电刷线路是特别有优势的。

[0015] 在本发明的又一优势实施例的情况中,分离的电流调节器被分配给每个逆变器。因此可以分离地影响或分别地平衡穿过每个电刷线路并且因此穿过每个电刷的电流。

[0016] 在本发明的又一优势实施例的情况中,其中提供了双馈异步电机,该电机的定子与电能供应网络连接,并且其中逆变器也与能量供应网络连接。

[0017] 又一特征,本发明的潜在应用和优势从下面对在对应的图中图示的本发明的示例性实施例的描述中得出。因此所有描述或说明的特征单独或组合地形成本发明的主题,分别地不管专利权利要求或其从属中的其组合如何以及不管分别地在描述或图中的其措辞或图示如何。

## 附图说明

[0018] 图 1 示出了包括双馈异步电机的电路的示例性实施例的示意框图,图 2a 示出了图 1 的部分电路的示意电路图,图 2b 示出了图 2a 的一相电路的示意等效电路图,图 3a 示出了根据本发明的不具有短路器件的图的部分电路的示例性实施例的示意电路图,图 3b 示出了图 3a 的一相电路的示意等效电路图,图 4a 示出了根据本发明的包括短路器件的图 1 的部分电路的示例性实施例的示意电路图,图 4b 示出了图 4a 的一相电路的示意等效电路图,并且图 4c、4d 示出了图 4a、4b 的修改。

## 具体实施方式

[0019] 在图 1 中图示包含双馈异步电机 11 的电路 10,双馈异步电机 11 包括定子 12 和转子 13。定子 12 与电能供应网络 14 连接。转子 13 通过逆变器 15 与能量供应网络 14 连接。要指出的是,也可以存在替换逆变器 15 的多个功率转换器的并联连接。

[0020] 逆变器 15 例如被配置有两个逆变器 16 和直流链路 17,逆变器 16 由功率半导体器件实现的,直流链路 17 被互联并且包含至少一个电容器。另外,逆变器 15 典型包含功率扼流器或分离的变压器以及(如果适用)引擎扼流器(未图示)。短路器件 18,被称为短路器,与转子 13 和逆变器 15 之间的连接线路连接。

[0021] 例如,电路 10 是三相电路,但图 1 中仅示出了其一相的图示。异步电机 11、能量供应网络 14、逆变器 15 和短路器件 18 相应地以三相方式体现。

[0022] 在电路 10 的操作期间,能量供应网络 14 的线路电压被施加到异步电机 11 的定子 12 上。转子 13 与能量产生系统耦合,并且可以被旋转,例如在风力或水力或类似物的帮助下。转子 13 处的电压(特别其频率)在逆变器 15 的帮助下能够被适配于在每种情况中即将到来的相应的边界条件,例如作为转子 13 的速度和/或能量供应网络 14 的线电压和/或相似物的函数。如果转子 13 执行旋转运动,那么电能借助于感应到定子 12 中的电压而

被馈送到能量供应网络 14。

[0023] 如果在电路 10 操作期间确定功率产生系统和 / 或异步电机 11 和 / 或逆变器 15 中的故障,则短路器件 18 被激活。结果,在由反并联连接的功率半导体器件实现的星形或三角形连接的帮助下,供应给短路器件 18 的三相被短路。

[0024] 关于以上所解释的转子 13 的旋转移动,为了逆变器 15 和转子 13 的电连接的目的,异步电机 11 被提供有电刷(在图 1 中未图示)。响应于转子 13 的旋转移动,异步电机 11 的相也与逆变器 15 电连接,使得相电流从转子 13 穿过所述电刷流动到逆变器 15,并且反之亦然。

[0025] 图 2a 图示图 1 的电路 10 的部分,其涉及逆变器 15 与异步电机 11 的转子 13 的连接。特别是,在图 2a 中图示了未在图 1 中示出的上述电刷。要指出的是图 2a 仅用于提供一般解释。

[0026] 图 2a 是三相图示。因此该三相总是以字母 a、b、c 来标识。

[0027] 图 2a 进一步假定具有大输出的异步电机 11,这是存在相互并联连接的三个逆变器 151、152 和 153 的原因。

[0028] 相应地,图 2a 假设了其如此大以使得用于每相的个体电刷不足的相电流。因此在每种情况中针对每个相例如存在三个电刷 21a1、21a2、21a3 ;21b1、21b2、21b3 ;21c1、21c2、21c3,针对每相的三个电刷相互并联连接并且关于每相在逆变器侧和转子侧相互短路。

[0029] 每相的电刷 21 与三个部分逆变器 151、152、153 中的每一个相连接。这被实现为:每相的三个电刷 21(如已经被解释过的)在逆变器侧相互短路,以便然后在每种情况中与个体相线路 22a、22b 和 22c 相连接。在三个逆变器 151、152、153 的方向上,这三个相线路 22a、22b 和 22c 然后在每种情况中被分开成三个个体线路 23,使得相线路 22a、22b、22c 中的每一个与三个逆变器 151、152、153 中的每一个相连接。短路器件 18 的一相在每种情况中进一步与三个相线路 22a、22b 和 22c 相连接。

[0030] 在电路 10 的操作期间,相电流从三个逆变器 151、152 和 153 通过个体线路 23 和相线路 22a、22b 和 22c 以及通过相应相的相应三个电刷 21 流动到转子 13,并且反之亦然。响应于故障,三个相线路 22a、22b 和 22c 通过短路器件 18 相互短路。

[0031] 图 2b 说明图 2a 的一相,即例如属于相线路 22a 的相。要指出的是图 2b(以及图 2a)仅用于提供一般解释。

[0032] 在图 2b 中,电刷 21a1、21a2 和 21a3 被图示为等效电路图,即在每种情况中分别地基本上以电刷阻抗和分别的电压降 U1 或 U2 或 U3 的形式,其中电刷阻抗被分别地体现为分别的电阻器 R1 或 R2 或 R3 分别地与分别的电感器 L1 或 L2 或 L3 的串联连接。对于电刷 21a1、21a2 和 21a3 中的每一个,图 2b 中分别示出了每种情况中分别地相应流动的电刷电流 I1 或 I2 或 I3。要指出的是电刷电流和相电流互相不同。在图 2b 中,三个电刷电流 I1、I2、I3 的总和因此在相线路 22a 上形成对应的相电流 I<sub>a</sub>。

[0033] 在电路 10 的操作期间,上面提及的电刷电流流动穿过一相的相应电刷,并且引起在相应电刷阻抗中那个位置处的电损耗,这导致相应的电刷发热。

[0034] 现在假设电刷 21 具有负温度系数。这意味着个体电刷 21 的阻抗随着温度增加而减小。结果,上面提及的电刷 21 的发热导致阻抗的减小,并且因此导致相应电刷 21 中的更

大的电流。

[0035] 另外,假设个体电刷 21 由于例如生产容差和 / 或其他散布而阻抗经常不完全相同。电刷 21 的阻抗的这种不对称具有如下结果:具有最小阻抗的电刷 21 传导最高的电流,并且因此发热最大。由于这种最高的发热和负温度系数,这个电刷 21 的阻抗也减少最多,使得穿过这个电刷 21 的电流变得甚至更大。因此这创建了穿过一相的电刷 21 的不对称电流,这可以具有如下结果:超过具有最大电流的电刷 21 的载流容量。

[0036] 图 3a 图示图 1 的电路 10 的部分,其涉及逆变器 15 与异步电机 11 的转子 13 的连接。图 3a 是三相图示。因此该三相总是以字母 a、b、c 来标识。

[0037] 另外,图 3a 假设具有大输出的异步电机 11,这是存在例如相互并联连接的三个逆变器 151、152、153 的原因。分离的电流调节器因此可以被分配给逆变器 151、152、153 中的每一个。

[0038] 相应地,图 3a 假设其如此大以至于用于每相的个体电刷不足够的相电流。因此在每种情况中针对每相例如存在三个电刷 21a1、21a2、21a3 ;21b1、21b2、21b3 ;21c1、21c2、21c3,针对每相的三个电刷相互并联连接,并且在关于每相的转子侧上相互短路。针对每相的电刷 21 的数量因此例如与逆变器 151、152、153 的数量相对应。要指出的是针对每相的电刷的数量也可以更大或更小,并且不必须与逆变器的数量相对应。

[0039] 与图 2a 对比,图 3a 的电刷 21 在逆变器侧上相互不短路。

[0040] 每相的三个电刷 21 与三个逆变器 151、152、153 中的相应的其他一个相连接。这被实现为分离的电刷线路 25a1、25a2、25a3、25b1、25b2、25b3、25c1、25c2、25c3 从一相中的每个电刷 21 引导到三个逆变器 151、152、153 中的对应的一个。

[0041] 与图 1 和图 2a、2b 对比,图 3a 中不存在短路器件 18。

[0042] 在电路 10 的操作期间,相电流从三个逆变器 151、152、153 穿过电刷线路 25 并且穿过相应相的相应的三个电刷 21 流动到转子 13,并且反之亦然。

[0043] 图 3b 图示图 3a 的一相,即例如属于电刷线路 25a1、25a2、25a3 的相。

[0044] 图 3b 把电刷 21a1、21a2、21a3 图示为等效电路图,即分别以每种情况中基本上电刷阻抗和分别的电压降  $U_1$  或  $U_2$  或  $U_3$  的形式,其中电刷阻抗被分别地体现为分别的电阻器  $R_1$  或  $R_2$  或  $R_3$  分别地与分别的电感器  $L_1$  或  $L_2$  或  $L_3$  的串联连接。对于电刷 21a1、21a2 和 21a3 中的每一个,图 3b 中分别另外示出了分别地相应的流动的电刷电流  $I_1$  或  $I_2$  或  $I_3$ 。要指出的是电刷电流和相电流互相不同。在图 3b 中,三个电刷电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  的总和因此形成对应的相电流  $I_a$ 。

[0045] 图 3b 进一步把电刷线路 25a1、25a2 和 25a3 图示为等效电路图,即每种情况中基本上以线路阻抗形式,线路阻抗以分别的电阻器  $R_{ZL1}$  或  $R_{ZL2}$  或  $R_{ZL3}$  分别与分别的电感器  $L_{ZL1}$  或  $L_{ZL2}$  或  $L_{ZL3}$  的分别地串联连接来体现。

[0046] 在电路 10 的操作期间,上面提及的电刷电流流动穿过一相的相应电刷 21,并且引起在那个位置处相应阻抗的电损耗,这导致相应的电刷 21 发热。

[0047] 现在假设电刷 21 具有负温度系数。这意味着个体电刷 21 的阻抗将随着温度增加而减小。

[0048] 然而,根据图 3b,每一个电刷 21 的与对应的电刷线路 25 串联连接。电刷线路 25 的线路阻抗包含正温度系数。这意味着个体电刷线路 25 的线路阻抗随着温度增加而增加。

因此线路阻抗特别是相应电刷线路 25 的长度的函数。

[0049] 个体电刷 21 的电刷阻抗和相应的对应电刷线路 25 的线路阻抗的串联连接现在具有如下结果：相应电刷 21 的负温度系数至少部分被对应的电刷线路 25 的正温度系数补偿。这与如下事实是同义的：由于电刷线路 25 的对应的长度，电刷 21 的负温度系数可以至少被减小或甚至大部分被补偿。

[0050] 如果个体电刷 21 的阻抗例如由于生产容差和 / 或其他散布而彼此不同，则借助于电刷线路 25 的正温度系数，电刷 21 的这个不对称阻抗被减小到非常小的值。与图 2a 对比，穿过电刷 21 的不对称电流因此在图 3a 的情况中根本不会被创建或仅达到非常小的程度。电刷电流因此基本上相等。因此防止超过一个电刷 21 的载流容量。

[0051] 要指出的是，如果电刷 21 不包含负温度系数，而包含关于这点而言任何性能或甚至正温度系数，则上述解释的对电刷阻抗不对称的减小或甚至补偿还可以在线路阻抗的帮助下实现。这从如下事实得出：一个电刷线路 21 的线路阻抗典型地比对应的电刷 25 的电刷阻抗大，使得与对应的线路阻抗相比，电刷阻抗的不对称非常小并且因此基本上可忽略。

[0052] 如果一相的电刷 21 的电刷阻抗本身因此包含不对称，则因此通过把这些电刷阻抗与相应对应的线路阻抗串联连接来至少在某种程度上获得对称。这与如下事实是同义的：流动穿过个体电刷线路 25 的电刷电流基本上相等。流动穿过一相的电刷 21 的电流的不对称因此不再即将到来。

[0053] 图 4a、4b、4c、4d 以图 3a 和 3b 为基础。就这点而言，参考关于图 3a、3b 的以上解释。

[0054] 与图 3a、3b 对比，短路器件 18 在图 4a、4b、4c、4d 中存在。

[0055] 根据图 4a，出于连接短路器件 18 的目的，图 4a 的每一个电刷线路 25 与短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$ 、 $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$ 、 $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$  的一个连接相连接。然后分别地属于一相的分别的短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  或  $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$  或  $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$  在每种情况中通过其另一个连接相互短路，并与短路器件 18 的相应相连接。就这点而言上面提及的阻抗相互并联连接。

[0056] 图 4b 把短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  图示为等效电路图，即在每种情况中分别为与分别的电阻器  $R_{Z_{a1}}$  或  $R_{Z_{a2}}$  或  $R_{Z_{a3}}$  和分别的电感器  $L_{Z_{a1}}$  或  $L_{Z_{a2}}$  或  $L_{Z_{a3}}$  分别串联连接。如已经提及的，该相的即将到来的三个串联连接然后在短路器件 18 侧相互短路，并且与短路器件 18 的对应相连接。

[0057] 图 4c 图示图 4a 的电路的修改。修改是分别属于一相的短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  或  $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$  或  $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$  在每种情况中不用其相应的另一个连接相互短路（如图 4a 中的情况）而是分别属于一相的分别的短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  或  $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$  或  $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$  在每种情况中单独与短路器件 18 连接。

[0058] 图 4d 图示图 4b 的电路的修改。修改是分别的电阻器  $R_{Z_{a1}}$  或  $R_{Z_{a2}}$  或  $R_{Z_{a3}}$  分别和分别的电感器  $L_{Z_{a1}}$  或  $L_{Z_{a2}}$  或  $L_{Z_{a3}}$  的三个串联连接分别地在每种情况中不在短路器件 18 侧相互短路（如图 4b 中的情况）而是该串联连接在每种情况中与短路器件 18 单独连接。

[0059] 在图 4c 和 4d 中，反并联功率半导体器件的分离对因此在短路器件 18 中被分配给每个电刷线路 25a1、25a2、25a3、25b1、25b2、25b3、25c1、25c2、25c3，而在图 4a 和 4b 中，反并

联连接的两个功率半导体器件在每种情况中总是不时存在于短路器件 18 中。

[0060] 如已经解释的,以一般的方式在电刷线路 25 的帮助下可以实现一相的电刷阻抗的不对称的减小或甚至补偿。就这点而言穿过一相的个体电刷的电流的不对称可被减少大部分。特别是,在电刷线路 25 的帮助下可以补偿电刷 21 的负温度系数。

[0061] 如从图 4a、4b、4c、4d 中得出的,分别通过分别的短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  或  $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$  或  $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$  来实现分别的电刷 21a1、21a2、21a3 或 21b1、21b2、21b3 或 21c1、21c2、21c3 分别在逆变器侧不短路。相反地,短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  中的一个在每种情况中分别存在于图 4b 或 4d 中示出的相的个体电刷线路 25a1、25a2、25a3 之间,短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  中的一个在每种情况中分别由分别的电阻器  $R_{Za1}$  或  $R_{Za2}$  或  $R_{Za3}$  分别与分别的电感器  $L_{Za1}$  或  $L_{Za2}$  或  $L_{Za3}$  的两个串联连接构成。

[0062] 在一方面,阻抗(即分别地针对每相并联连接的分别的短路阻抗  $Z_{a1}$ 、 $Z_{a2}$ 、 $Z_{a3}$  或  $Z_{b1}$ 、 $Z_{b2}$ 、 $Z_{b3}$  或  $Z_{c1}$ 、 $Z_{c2}$ 、 $Z_{c3}$ ) 因此分别存在于图 4a 或 4c 的每一相和短路器件 18 之间。在另一方面,每种情况中阻抗也总是存在于每相的个体电刷线路 25 之间,该阻抗总是上面提及的短路阻抗中的两个的总和。

[0063] 短路阻抗因此典型地大于线路阻抗。利用这点实现短路阻抗不表示一相的个体电刷线路的短路,但是对上面提及的一相的电刷阻抗的不对称的减小或甚至补偿在对应的线路阻抗的帮助下可以继续被实现,甚至在图 4a 和 4b 的情况中。

[0064] 不言而喻,电路 10 也相应地可以包含大于或小于三的不同相数量,并且就这点而言可以可选择地以多相方式体现。在这些情况中,逆变器 15 或分别的逆变器 151、152 和 153 和 / 或短路器件 18 的数量和 / 或实施例也可以改变。另外,不言而喻,针对每相的电刷 21 的数量也可以是两个或大于 3 个。

[0065] 另外,在图 4b 的等效电路图中,短路阻抗在每种情况中可连接在线路阻抗和电刷阻抗之间。一相的电刷阻抗的不对称的减小或甚至补偿也可以在这种情况下在线路阻抗的帮助下被实现。

[0066] 不言而喻,在提及的阻抗的情况中,如果需要的话,相应的电阻或相应的电感也可以是零。同样地,也不绝对必须存在三个逆变器,而是图 2a、2b、3a、3b、4a、4c 的示例性实施例也容易地可以仅用单个逆变器来实现。

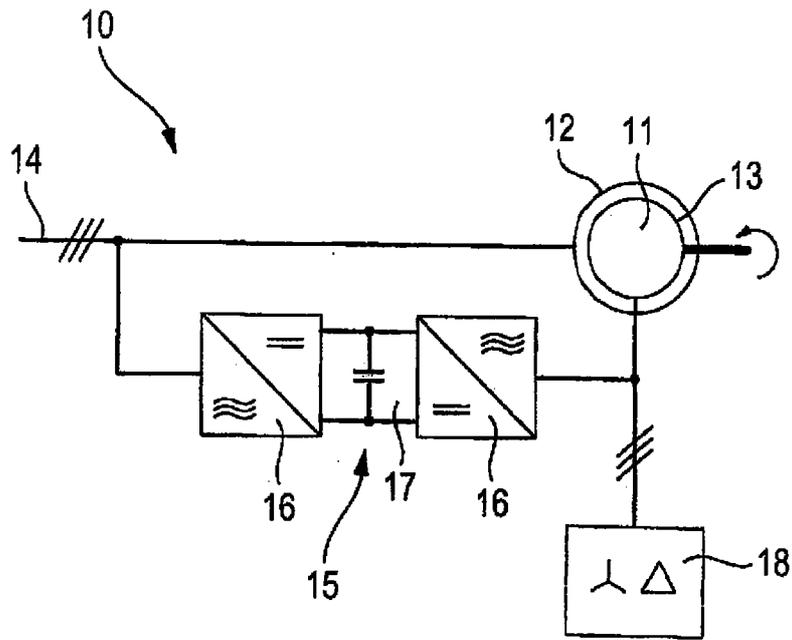


图 1

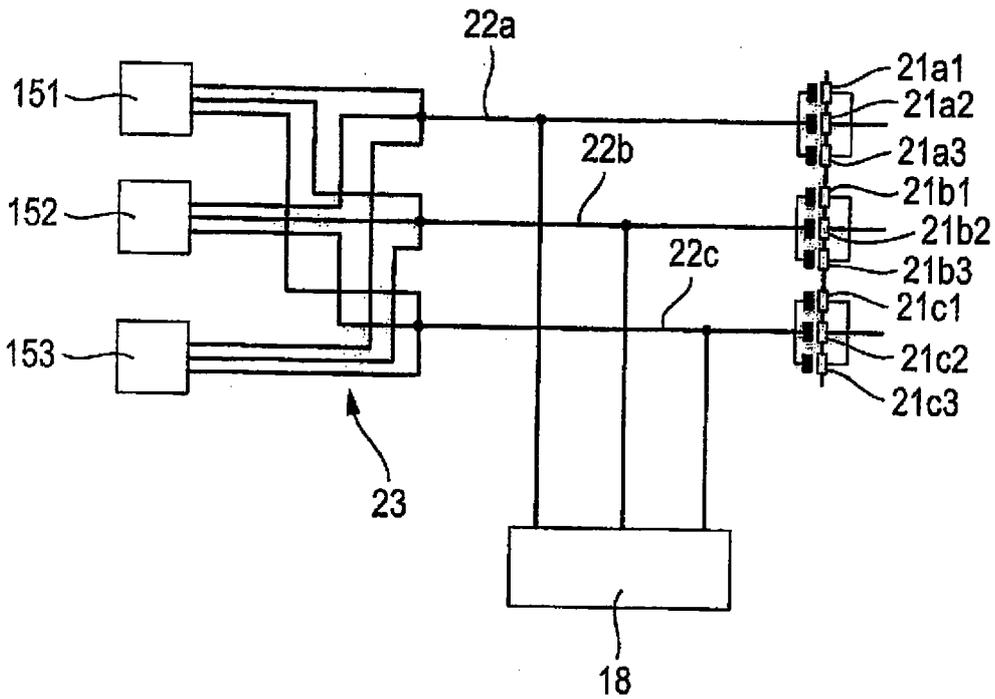


图 2a

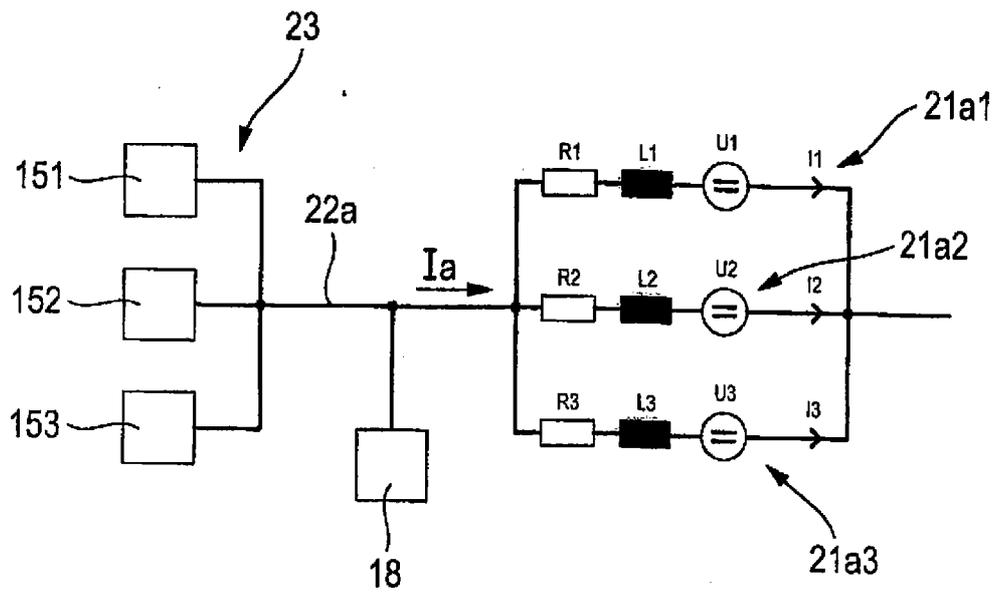


图 2b

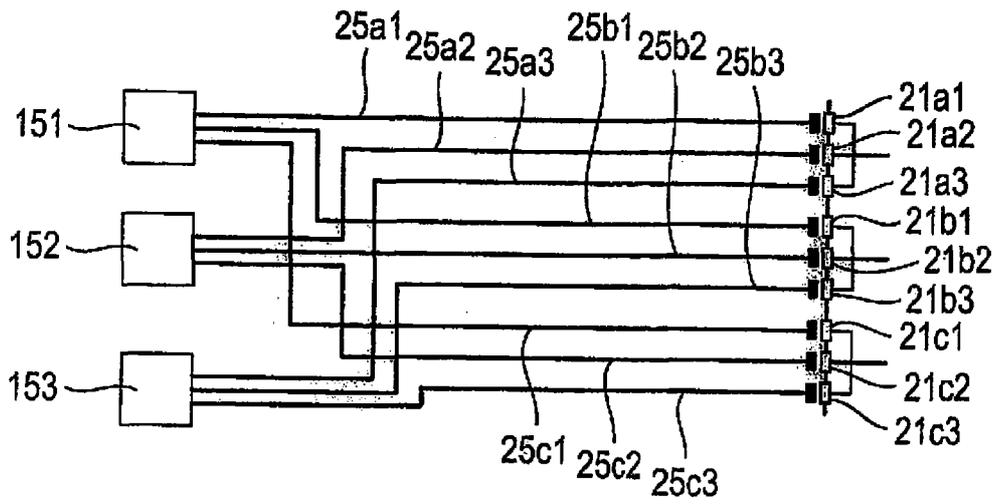


图 3a

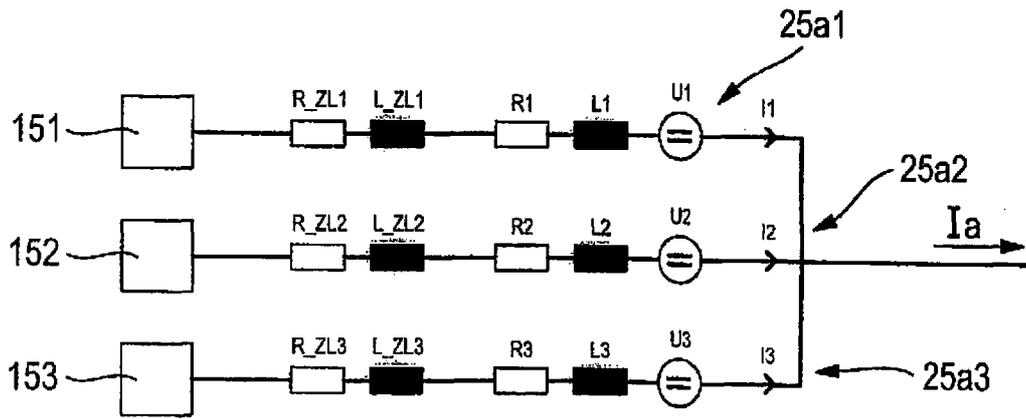


图 3b

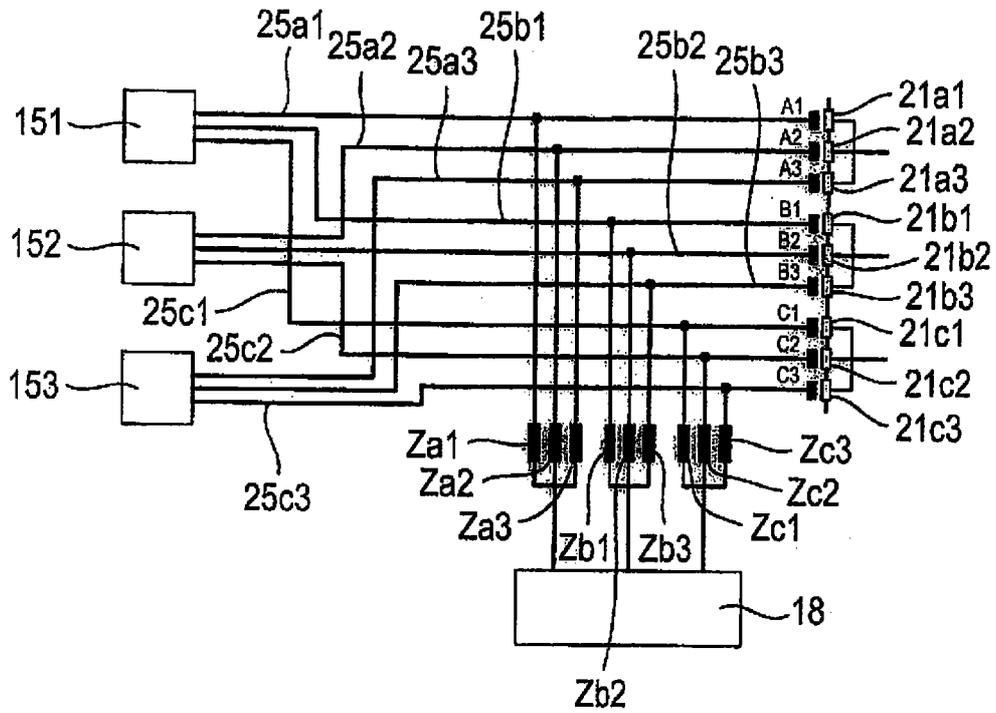


图 4a

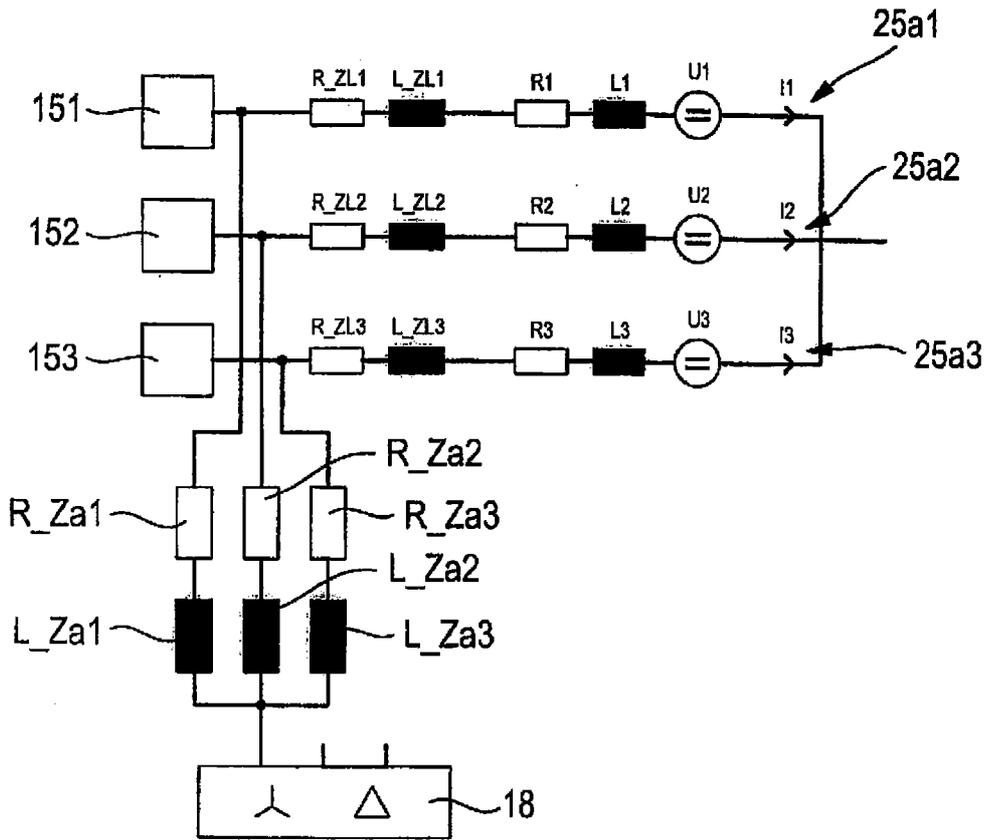


图 4b

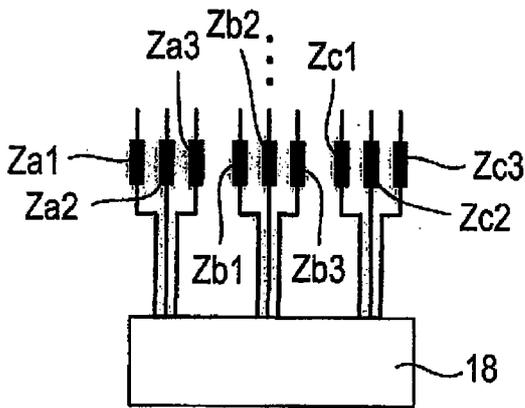


图 4c

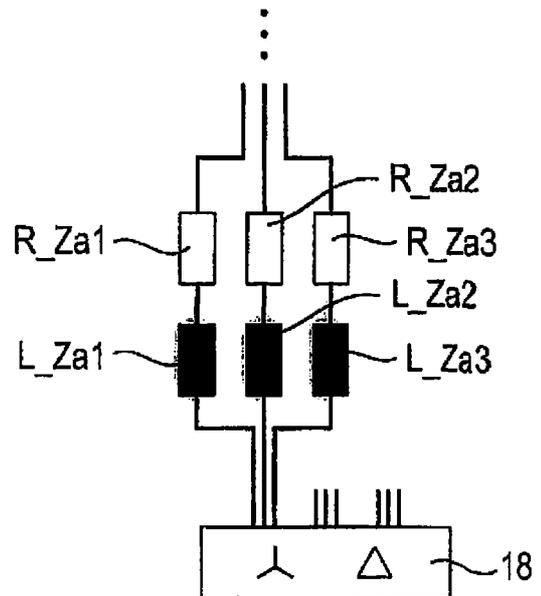


图 4d