(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102273038 B
(45)授权公告日 2014.12.10

(21)申请号 200980153058.7
(22)申请日 2009.11.16
(30)优先权数据
08022511.3 2008.12.29 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2011.06.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2009/065222 2009.11.16
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2010/076079 DE 2010.07.08
(73)专利权人 西门子公司
地址 德国慕尼黑
(72)发明人 W. 赫尔格 W. 穆泽尔
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 张涛 卢江
(51)Int.Cl.
H02J 3/18(2006.01)
(56)对比文件
US 2008/0174183 A1,2008.07.24, 全文.
审查员 闫岳婷

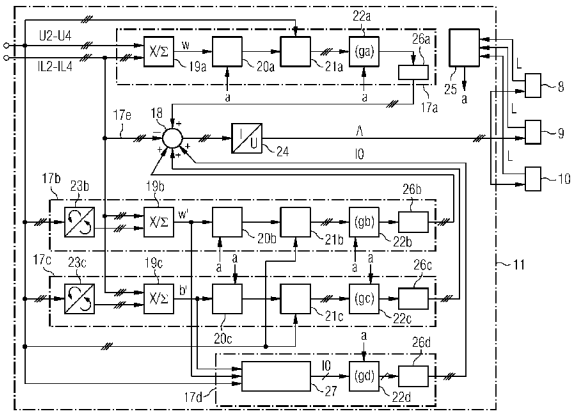
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

多电平转换器、其运行方法及其转换器支路的控制设备

(57)摘要

多电平转换器(7)具有在星形电路或三角形电路中接通到三相电网(1)的相(2至4)上的若干转换器支路(8至10)。根据相电压值(U2至U4)和相电流值(IL2至IL4)求出有功分量(w)和至少两个不对称分量(w'、b')。相电压值(U2至U4)对于位于相(2至4)上的相电压是特征性的,相电流值(IL2至IL4)对于在相(2至4)中流动的相电流是特征性的。有功分量(w)对于在三相电网(1)中总共流动的有功电流是特征性的。至少两个不对称分量(w'、b')对于总共流动的有功电流和无功电流到相(2至4)上的分配是特征性的。用各一种滤波器特性来对有功分量(w)和至少两个不对称分量(w'、b')进行滤波。将相电压值(U2至U4)分别与所滤波的有功分量(w)和至少两个所滤波的不对称分量(w'、b')相乘。将所乘的相电压值(U2至U4)分别与相应的加权因数(ga至gc)相乘,并且然后接入到相电流值(IL2至IL4)上。根据不对称分量(w'、b')和相电压值(U2至U4)求出零电流(I0),并且同样接入到相电流值(I2至I4)上。如此求出零电流(I0),即使得该零电流将多电平转换器(7)的在没有零电流(I0)的情况下会产生的大致不对称的有功功率流对称化。根据如此修改的相电流值(IL2至IL4)求出用于转换器支路(8至10)的操控状态(A)。相应地操控转换器支路(8至10)。



CN 102273038 B

1. 一种用于多电平转换器(7)的运行方法，该多电平转换器具有若干转换器支路(8 至 10)，这些转换器支路(8 至 10)在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网(1)的相(2 至 4)上，

—其中根据相电压值(U2 至 U4)和相电流值(IL2 至 IL4)求出有功分量(w)和至少两个不对称分量(w'、b')，

—其中相电压值(U2 至 U4)对于位于相(2 至 4)上的相电压是特征性的，并且相电流值(IL2 至 IL4)对于在相(2 至 4)中流动的相电流是特征性的，

—其中有功分量(w)对于在三相电网(1)中总共流动的有功电流是特征性的，并且至少两个不对称分量(w'、b')对于总共流动的有功电流和无功电流到相(2 至 4)上的分配是特征性的，

—其中用各一种滤波器特性来对有功分量(w)和至少两个不对称分量(w'、b')进行滤波，

—其中将相电压值(U2 至 U4)分别与所滤波的有功分量(w)和至少两个所滤波的不对称分量(w'、b')相乘，

—其中将所乘的相电压值(U2 至 U4)分别与相应的加权因数(ga 至 gc)相乘，并且然后接入到相电流值(IL2 至 IL4)上，

—其中根据不对称分量(w'、b')和相电压值(U2 至 U4)求出零电流(I0)，并且同样接入到相电流值(I2 至 I4)上，

—其中如此求出零电流(I0)，即使得该零电流将多电平转换器(7)的在没有零电流(I0)的情况下会产生的大致不对称的有功功率流对称化，和

—其中根据如此修改的相电流值(IL2 至 IL4)求出转换器支路(8 至 10)的操控状态(A)，并且按照所求出的操控状态(A)来操控转换器支路(8 至 10)。

2. 按照权利要求 1 的运行方法，

其特征在于，如此确定至少两个不对称分量(w'、b')的滤波器特性，即使得增强即使在没有滤波情况下也存在的闪变下降。

3. 按照权利要求 1 或 2 的运行方法，

其特征在于，用于至少两个不对称分量(w'、b')的滤波器特性不同于用于有功分量的滤波器特性。

4. 按照权利要求 1 或 2 的运行方法，

其特征在于，根据转换器支路(8 至 10)的瞬时的负载状态(L)确定至少一个适配因数(a)，根据该适配因数(a)来适配滤波器特性中的至少一个和 / 或加权因数(ga 至 gc)中的至少一个。

5. 按照权利要求 1 或 2 的运行方法，

其特征在于，将所乘的相电压值(U2 至 U4)中的至少一个和 / 或零电流(I)在接入到相电流值(I2 至 I4)上之前借助相应的适配滤波器(26a 至 26d)进行滤波，该适配滤波器(26a 至 26d)在电网频率附近具有集成的特性。

6. 一种用于多电平转换器(7)的若干转换器支路(8 至 10)的控制设备，这些转换器支路(8 至 10)在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网(1)的相(2 至 4)上，其特征在于，如此构造所述控制设备(11)，即使得该控制设备在运行中实施按照权利要求 1 至 5 之

一的运行方法。

7. 按照权利要求 6 的控制设备，

其特征在于，控制设备（11）被构造为能软件编程的控制设备（11）。

8. 一种多电平转换器，

—其中多电平转换器具有若干转换器支路（8 至 10），这些转换器支路（8 至 10）在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网（1）的相（2 至 4）上，

—其中多电平转换器具有控制设备（11），

—其中控制设备（11）根据权利要求 6 或 7 来构造。

多电平转换器、其运行方法及其转换器支路的控制设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于多电平转换器的运行方法，该多电平转换器具有若干转换器支路，这些转换器支路在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网的相上。

[0002] 本发明还涉及一种包括机器代码的计算机程序，该机器代码可以由用于多电平转换器的转换器支路的控制设备直接执行，并且由控制设备执行该机器代码引起控制设备实施这样的运行方法。

[0003] 本发明还涉及一种用于多电平转换器的若干转换器支路的控制设备，这些转换器支路在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网的相上。

[0004] 本发明最终涉及一种多电平转换器，该多电平转换器具有在星形电路或三角形电路中被接通到三相电网的相上的若干转换器支路，其中多电平转换器还具有控制设备。

背景技术

[0005] 多电平转换器是一般公知的。多电平转换器尤其被采用为用于非线性负载的无功功率补偿器。负载例如可以是三相电弧炉。但是也可以是另外的负载。纯粹示例性地，对于采用为无功功率补偿器的多电平转换器的配置和原理性的运行方式，参阅 US 6,075,350 A。

[0006] 借助从US 6,075,350 A中公知的做法已经可以达到，滤除干扰的谐波以及无功功率分量。但是US 6,075,350 A的做法在技术上是很费事的。该公知的做法还不能确保，所希望的有功功率均匀地分配到三相电网的所有的相上。

[0007] 从F.Z.Peng等人的专业论文“A Universal STATCOM with Delta-Connected Cascade Multilevel Inverter”(35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference，亚琛，德国，2004)中公知，在多电平转换器中既进行无功功率补偿，又进行有功功率对称化。

[0008] 从R.E.Betz等人的专业论文“Symmetry Compensation using a H-Bridge Multilevel STATCOM with Zero Sequence Injection”(Conference Records of the 42th IEEE Industrie Applications Conference, 2006年10月，1721至1731页)中，可以获知相同记载的公开内容。

[0009] 从M.A.Perez等人的专业论文“Analysis of a Multi-Cell converter under Unbalanced AC Source”(36th Power Electronics Specialists Conference，皮斯卡塔维，新泽西，美国，2005)中，公知一种用于电动机的变频器，该变频器在未平衡的交流电源上运行并给电动机均匀供应电流。

[0010] 从US 2008/174183 A1中公知，补偿在三相系统的电流和/或电压中的谐波。

[0011] 从WO 2005/029669 A2中公知，在三相系统中借助有源滤波器对谐波和无功电流进行滤波以及使有功功率对称化。

[0012] 从US 5,648,894 A中公知，在三相系统中补偿谐波和负载不对称性。

发明内容

[0013] 本发明的任务在于提供可能性，借助这些可能性可以以简单的方式求出多电平转换器的操控状态，并将有功功率均匀分配到三相电网的所有相上。

[0014] 通过一种具有权利要求 1 的特征的、用于相应的多电平转换器的运行方法解决该任务。根据本发明的运行方法的有利的扩展方案是从属权利要求 2 至 5 的主题。

[0015] 根据本发明根据相电压值和相电流值求出有功分量和至少两个不对称分量。相电压值对于位于相上的相电压是特征性的。相电流值对于在相中流动的相电流是特征性的。有功电流分量对于在三相电网中总共流动的有功电流是特征性的。至少两个不对称分量对于总共流动的有功电流和无功电流到相上的分配是特征性的。用各一种滤波器特性将有功电流分量和至少两个不对称分量进行滤波。将相电压值分别与所滤波的有功分量和至少两个所滤波的不对称分量相乘。将所乘的相电压值分别与相应的加权因数相乘，并且然后接入到相电流值上。根据不对称分量和相电压值求出零电流，并同样接入到相电流值上。如此求出零电流，即使得该零电流将多电平转换器的在没有零电流的情况下会产生的大致不对称的有功功率流对称化。根据如此修改的相电流值求出用于转换器支路的操控状态。按照所求出的操控状态来操控转换器支路。

[0016] 基于按照其求出操控状态的根据本发明的方式方法可以达到，既将谐波也将或快或慢变化的无功功率分量或引起闪变的强烈变化的功率分量滤除，用有功功率均匀地对三相电网的相加载，并且转换器支路仍然保持负载。

[0017] 根据本发明的运行方法的核心在于，将要补偿的负载电流首先完全预先规定为用于多电平转换器的额定值。但是按照上述根据本发明的方式来修改负载电流分量，使得也将不对称的电流分量均匀地分配到三相电网的所有的相上，并且为了避免多电平转换器的过载，通过考虑避免闪变的变化速度，从电流额定值中减去负载电流分量。借助不对称的无功负载进行有功负载的对称化。为此目的，对零电流进行计算，滤波，并添加给所有的相电流额定值。

[0018] 根据运行方法的一种优选的扩展方案规定，如此确定用于至少两个不对称分量的滤波器特性，即使得增强即使在没有滤波的情况下也存在的闪变下降(Flickerreduzierung)。因此可将不希望的电网反作用最小化。

[0019] 用于至少两个不对称分量的滤波器特性通常互相之间是相同的。但是它们可能不同于有功分量的滤波器特性。因此尤其是可以与闪变下降无关地优化转换器支路的负载状态。

[0020] 在本发明的另一优选的扩展方案中规定，根据多电平转换器的瞬时负载状态确定至少一个适配因数，根据该适配因数来适配滤波器特性中的至少一个和 / 或加权因数中的至少一个。以此方式可以在达到临界的负载状态时加速该负载状态的修正。

[0021] 根据本发明运行方法的另一优选的扩展方案，将所乘的相电压值中的至少一个和 / 或零电流在接通到相电流值上之前借助相应的适配滤波器进行滤波，该适配滤波器在电网频率附近具有集成的特性。因此可以以简单的方式来补偿馈电的三相电网的不同的特性。因此还可以进一步降低闪变作用。

[0022] 还通过上述方式的计算机程序解决该任务，该计算机程序的执行引起控制设备实施根据本发明的运行方法。计算机程序可以存储在机器可读形式的数据载体上。数据载体

尤其是可以构造为移动数据载体。

[0023] 还通过开始时所述方式的控制设备解决该任务，该控制设备被构造为使得其在运行中实施根据本发明的运行方法。

[0024] 在许多情况下将控制设备构造为可软件编程的控制装置。在此情况下，用根据本发明的计算机程序对控制设备进行编程。

[0025] 在根据本发明的多电平转换器中规定，如此构造控制设备，即使得该控制设备在运行中实施根据本发明的运行方法。

附图说明

[0026] 结合附图从实施例的以下说明中得出其它的优点和细节。

[0027] 图 1 在原理图中示意性地示出三相系统，并且

[0028] 图 2 在原理图中示出用于多电平转换器的运行方法。

具体实施方式

[0029] 根据图 1，三相电网 1 具有多个相 2 至 4。图 1 中示出三个这样的相 2 至 4。然而相 2 至 4 的数量也可以是更大的，例如五。从馈送点 5 给三相电网 1 馈电。馈送点 5 例如可以是三相变压器。负载 6 连接到三相电网 1 上。负载 6 例如可以构造为三相电弧炉，或构造为另外的强烈非线性的负载。

[0030] 如果容易地在三相电网 1 上运行负载 6，则会有强烈的电网反作用。因此将无功功率补偿器 7 与负载 6 并联。根据本发明将无功功率补偿器 7 构造为多电平转换器 7。

[0031] 多电平转换器 7 具有若干转换器支路 8 至 10。每一个转换器支路 8 至 10 具有单个可逆电压源的串联电路。按照需求可以选择每一个转换器支路 8 至 10 的电压源的数量。该数量通常位于 10 和 100 之间。在任何情况下该数量显著大于二。在已经提及的 US 6,075,350 A 中详细说明了转换器支路 8 至 10 的原理性构造，以至于可以忽略用于构造各个转换器支路 8 至 10 的详细叙述。

[0032] 根据图 1，每一个转换器支路 8 至 10 与相 2 至 4 中的各两个相连接。因此在三角形电路中，将转换器支路 8 至 10 接通到三相电网 1 的相 2 至 4 上。替代地可以在星形电路中，将转换器支路 8 至 10 接通到三相电网 1 的相 2 至 4 上。

[0033] 多电平转换器 7 还具有控制设备 11。控制设备 11 接收三相电网 1 的状态信号 U2 至 U4、IL2 至 IL4。该控制设备借助所输送的三相电网 1 的状态信号 U2 至 U4、IL2 至 IL4 求出用于转换器支路 8 至 10 的操控状态 A。操控状态 A 对于每一个转换器支路 8 至 10 的每一个单个的电压源分别包括该转换器支路 8 至 10 的二元(+/-)的或三元(+/0/-)的单个操控状态。

[0034] 在电路技术上可以实现控制设备 11。在此情况下，由该控制设备 11 的电路技术的实现来确定该控制设备 11 的作用方式。但是控制设备 11 通常构造为可软件编程的控制设备 11。在此情况下，控制设备 11 的作用方式由计算机程序 12 来确定，利用该计算机程序 12 对控制设备 11 进行编程。

[0035] 计算机程序 12 包括可由控制设备 11 直接执行的机器代码 13。通过控制设备 11 执行机器代码 13 引起了，控制设备 11 实施由机器代码 13 所确定的运行方法。

[0036] 可将计算机程序 12 以任意的方式输送给控制设备 11。例如计算机程序 12 可以在控制设备 11 的制造时已经存放在控制设备 11 中。替代地可将计算机程序 12 经过计算机网络(例如万维网)输送给控制设备 11。又替代地可将计算机程序 12 存储到机器可读形式的移动数据载体 14 上,并以该方式输送给控制设备 11。可以按照需求来构造移动数据载体 14。纯粹示例性地在图 1 中示意性地示出 USB 存储棒。替代地例如可将移动数据载体 14 构造为 SD 存储卡或构造为 CD-ROM。

[0037] 与控制设备 11 是否以电路技术构造或实施计算机程序 12 无关地,控制设备 11 实现了以下结合图 2 详细阐述的运行方法。

[0038] 根据图 2 将相电压值 U2 至 U4 和相电流值 IL2 至 IL4 输送给控制设备 11。相电压值 U2 至 U4 对于位于相 2 至 4 上的相电压是特征性的。这些相电压值例如可以借助相应的电压传感器 15 来截取。原则上可以在三相电网 1 的任意位置处进行该截取。优选在馈送点 5 附近进行截取。相电流值 IL2 至 IL4 对于在相 2 至 4 中流动的相电流是特征性的。这些相电流例如可以借助相应的电流传感器 16 来截取。电流传感器 16 优选布置在三相电网 1 的由其仅仅供应负载 6 的那个部分中。

[0039] 根据图 1 和 2 的示图,将相电压值 U2 至 U4 和相电流值 IL2 至 IL4 直接输送给控制设备 11。但是替代地可将相电压值 U2 至 U4 和相电流值 IL2 至 IL4 换算成正交的两分量系统。该换算对于专业人员一般是熟知的,并因此不必详细阐述。

[0040] 控制设备 11 实现了全部汇总到一个共同节点 18 中的至少五个信号路径 17。以下为了互相区别,用字母 a 至 e 中的各一个来规定信号路径 17。分别相同的字母 a 至 e,只要有意义,也用作为各自信号路径 17 的各个部件的附注。

[0041] 在第一信号路径 17a 中,在逻辑连接方框 19a 中(未讲明的 :在所谓的顺相序系统中)逐分量地进行相电压值 U2 至 U4 与分别相对应的相电流值 IL2 至 IL4 的相乘。还求出乘积的总和。逻辑连接方框 19a 的输出信号是有功分量 w。有功分量 w 是对于在三相电网 1 中总共流动的有功电流为特征性的一种标量。

[0042] 当例如将相电压值 U2 至 U4 和相电流值 IL2 至 IL4 换算成正交的两分量系统并且在两分量系统中用 u1、u2 表示那里的相电压值以及用 i1、i2 表示那里的相电流值时,则得出有功分量 w 为 $w = u1 \cdot i1 + u2 \cdot i2$。

[0043] 在具有滤波器特性的滤波器 20a 中将有功分量 w 进行滤波。通常进行低通滤波。但是另外的滤波器特性也是可以的和可以设想的,例如带通滤波或带阻滤波。

[0044] 将所滤波的有功分量 w 输送给乘法方框 21a,继续将相电压值 U2 至 U4 输送给该乘法方框 21a。在乘法方框 21a 中,相电压值 U2 至 U4 与所滤波的有功分量 w 相乘。将与所滤波的有功分量 w 相乘的相电压值 U2 至 U4 经过加权方框 22a 输送给节点 18。在加权方框 22a 中进行用加权因数 ga 的加权。

[0045] 可选择性地将适配滤波器 26a 布置在加权方框 22a 后面。只要存在适配滤波器 26a,该适配滤波器就执行滤波,该滤波在电网频率(通常 50Hz 或 60Hz)附近具有集成的特性。

[0046] 第二信号路径 17b 与第一信号路径 17a 类似地构造。然而不同于第一信号路径 17a,在第二信号路径 17b 的处理方框 19b 之前布置了旋转方向变换器 23b。旋转方向变换

器 23b 变换相电压值 U2 至 U4 的旋转方向。也就是求出所谓的逆相序系统。逻辑连接方框 19b 的输出信号 w'因此相当于虚拟的有功分量 w'。在这里也涉及一种标量。该标量(与变换的三相电网 1 有关地)相当于虚拟的有功功率。在上述正交的两分量系统中,例如会得出虚拟的有功分量 w' 为 $w' = u1 \cdot i1 - u2 \cdot i2$。

[0047] 第三信号路径 17c 与第二信号路径 17b 类似地构造。必要时可将第二信号路径 17b 的旋转方向变换器 23b 作为旋转方向变换器 23c 来使用。第三信号路径 17c 与第二信号路径 17b 的区别在于,在第三信号路径 17c 的逻辑连接方框 19c 中进行逻辑连接的方式方法。因为第三逻辑连接方框 19c 的输出信号 b' (与变换的三相电网 1 有关地)相当于虚拟的无功功率。在上述正交的两分量系统中,例如会得出输出信号 b' 为 $b' = u1 \cdot i2 + u2 \cdot i1$。

[0048] 第二和第三逻辑连接方框 19b、19c 的两个输出信号 w'、b'是不对称分量。它们对于在三相电网 1 中总共流动的有功电流和无功电流到三相电网 1 的相 2 至 4 上的分配是特征性的。

[0049] 第四信号路径 17d 具有对称化方框 27。将不对称分量 w'、b'和相电压值 U2 至 U4 输送给对称化方框 27。对称化方框 27 求出同样输送给节点 18 的零电流 I0。零电流 I0 对于所有的相 2 至 4 是相同的。如此来求出零电流,即使得该零电流将多电平转换器 7 的没有零电流 I0 时会产生的大致不对称的有功功率流对称化。尤其是在上述正交两分量系统中会得出零电流 I0 为

[0050] $$I0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u1 \cdot b' + u2 \cdot w'}{u1^2 + u2^2}$$。

[0051] 对称化方框 27 的配置对于专业人员本身是公知的。该配置例如以静态的形式作为所谓的斯坦梅茨电路(Steinmetzschaltung)是公知的。纯粹示例性地参阅 W.Meusel 和 H.Waldmann 的专业论文“Koordinatentransformationen für Mehrgröße-Regelsysteme zur Kompensation und Symmetrierung von Drehstromnetzen”,Siemens Forsch.- u. Entwickl.- Ber.,卷 6 (1977),第 1 期,29 至 38 页,Springer 出版社 1977。

[0052] 经过第五信号路径 17e 将相电流值 IL2 至 IL4 输送给节点 18。然而不同于输送给节点 18 的其余的值,将相电流值 IL2 至 IL4 用负号输送给节点 18。

[0053] 在节点 18 中,逐分量地——也就是分开地对于每一个相 2 至 4——累加输送给节点 18 的信号。节点 18 的输出信号相当于多电平转换器 7 的各个转换器支路 8 至 10 的额定电流要求。该输出信号被输送给从中求出转换器支路 8 至 10 的所需电压值的换能器(Wandler)24。电压值在其总体上相当于转换器支路 8 至 10 的额定操控状态。这些电压值被输送给转换器支路 8 至 10,使得相应地操控这些转换器支路 8 至 10。在给定额定电流要求时求出额定操控状态对于专业人员是公知的。这可以与在开始时提及的 US 6,075,350 A 相同的方式方法来进行。

[0054] 基于在节点 18 中的逐分量的总和形成,如此求出多电平转换器 7 的各个转换器支路 8 至 10 的额定电流要求,即使得不仅补偿谐波和无功功率分量,而且除此之外还将有功功率均匀分配到三相电网 1 的相 2 至 4 上。

[0055] 可以互相无关地确定滤波器 20a 至 20c 的滤波器特性。滤波器 20b 至 20c 的滤波器特性通常是互相之间相同的。优选如此确定用于不对称分量 w'、b'的滤波器 20b、20c 的

滤波器特性，即使得其在即使没有滤波已经存在的情况下也增强闪变下降。相应的滤波器设计对于专业人员是公知的。例如滤波器 20a 至 20c 可以替代于或(优选)附加于低通滤波包含与专业人员公知的眼睛感觉曲线相反的特性。

[0056] 可以以与滤波器 20b、20c 的滤波器特性相同的方式方法确定用于有功分量 w 的滤波器 20a 的滤波器特性。替代地，该滤波器特性可以不同于滤波器 20b、20c 的滤波器特性。因此尤其是可以与负载状态 L 到各个转换器支路 8 至 10 上的分配无关地来优化多电平转换器 7 的负载状态 L。

[0057] 在本发明的附加的扩展方案中，还可将关于转换器支路 8 至 10 的负载状态 L 的信息输送给控制设备 11。在此情况下，例如可以在分析方框 25 中进行对负载状态 L 的分析。在该分析的范围内，例如可以——对于滤波器 20a 至 20c 和 / 或加权方框 22a 至 22c 统一地，或者与对于这些部件 20a 至 20c、22a 至 22c 中的每一个无关地——确定适配因数 a。借助适配因数 a，可以进行滤波器 20a 至 20c 的滤波器特性的和 / 或加权因数 ga 至 gc 的适配。

[0058] 可以对于滤波器 20a 至 20c 中的每一个和加权方框 22a 至 22c 中的每一个分别确定自己的适配因数 a。替代地，适配因数 a 可以只对部件 20a 至 20c、22a 至 22c 中的单个部件起作用。适配因数 a 也可以以相同的或不同的方式对部件 20a 至 20c、22a 至 22c 中的多个部件起作用。作用可以是无级地或——具有或没有滞后地——进行分级。在不同的滤波器因数、参数组等等之间的转换也是可能的。

[0059] 当三相电网 1 的相 2 至 4 的数量正好是三的时候，以上所阐述的扩展方案是完全足够的。当三相电网 1 的相 2 至 4 的数量大于三(例如为五)时，则可能需要求出其它的不对称分量。在此情况下，必须——附加于信号路径 17a 至 17e——对于每一个其它的要求出的不对称分量存在相应的另一信号路径 17。相应的另外的信号路径的设计类似于信号路径 17b 和 17c 的设计。

[0060] 本发明具有许多优点。尤其是进行了多电平转换器 7 的简单、鲁棒、可靠和快速的调节，其中将“不平静的”和不对称的负载降低到微小的闪变作用上。通过根据本发明的做法，在同时避免多电平转换器 7 中的过控制的情况下产生很快速的补偿。还进行了三相电网 1 的对称的加载。也可以考虑多电平转换器 7 的负载状态 L。对此需要的计算方法对于专业人员是熟悉的，以至于可以简单地实施这些计算方法。

[0061] 以上的说明仅仅用来阐述本发明。相反地，应仅仅由所附的权利要求来确定本发明的保护范围。

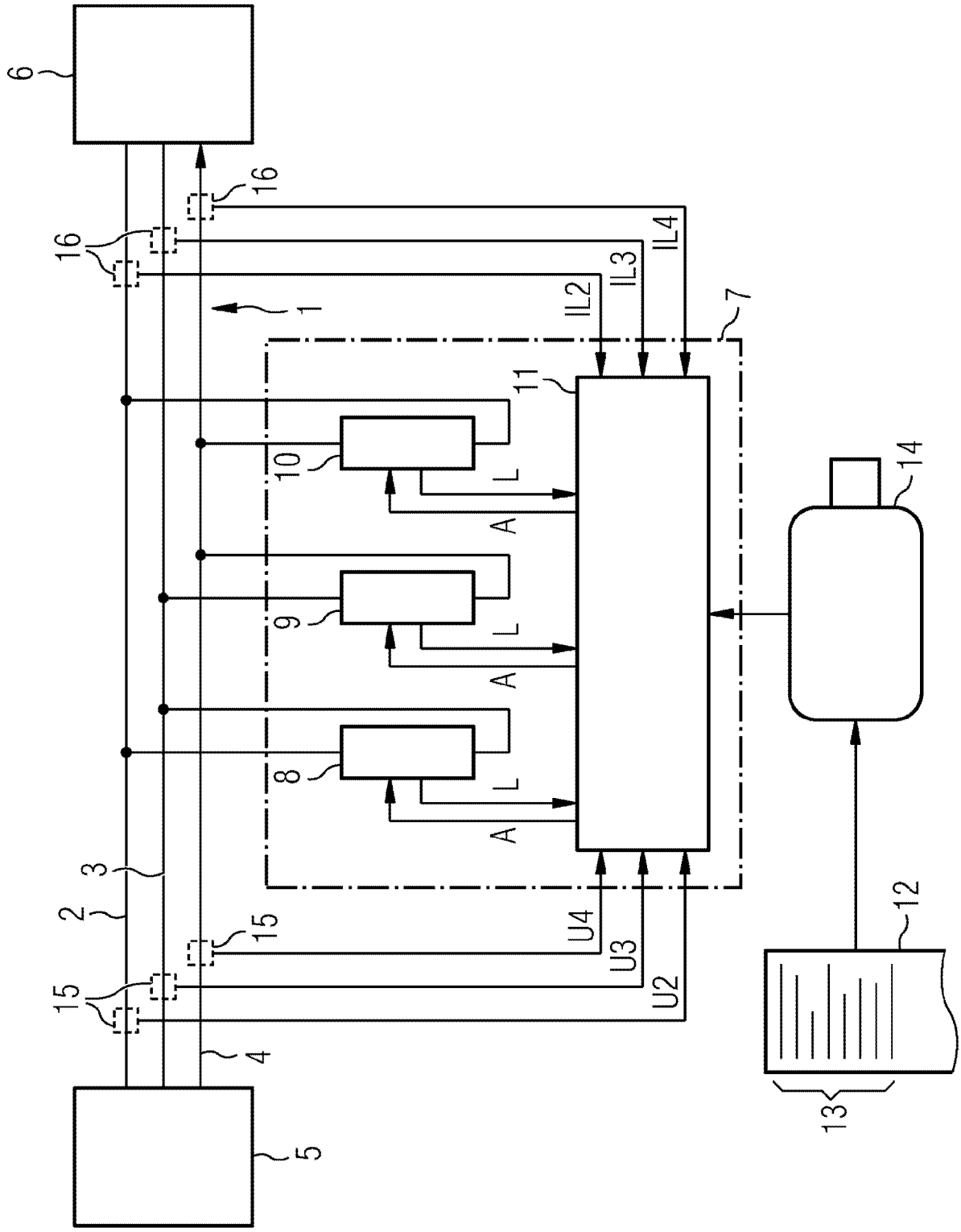


图 1

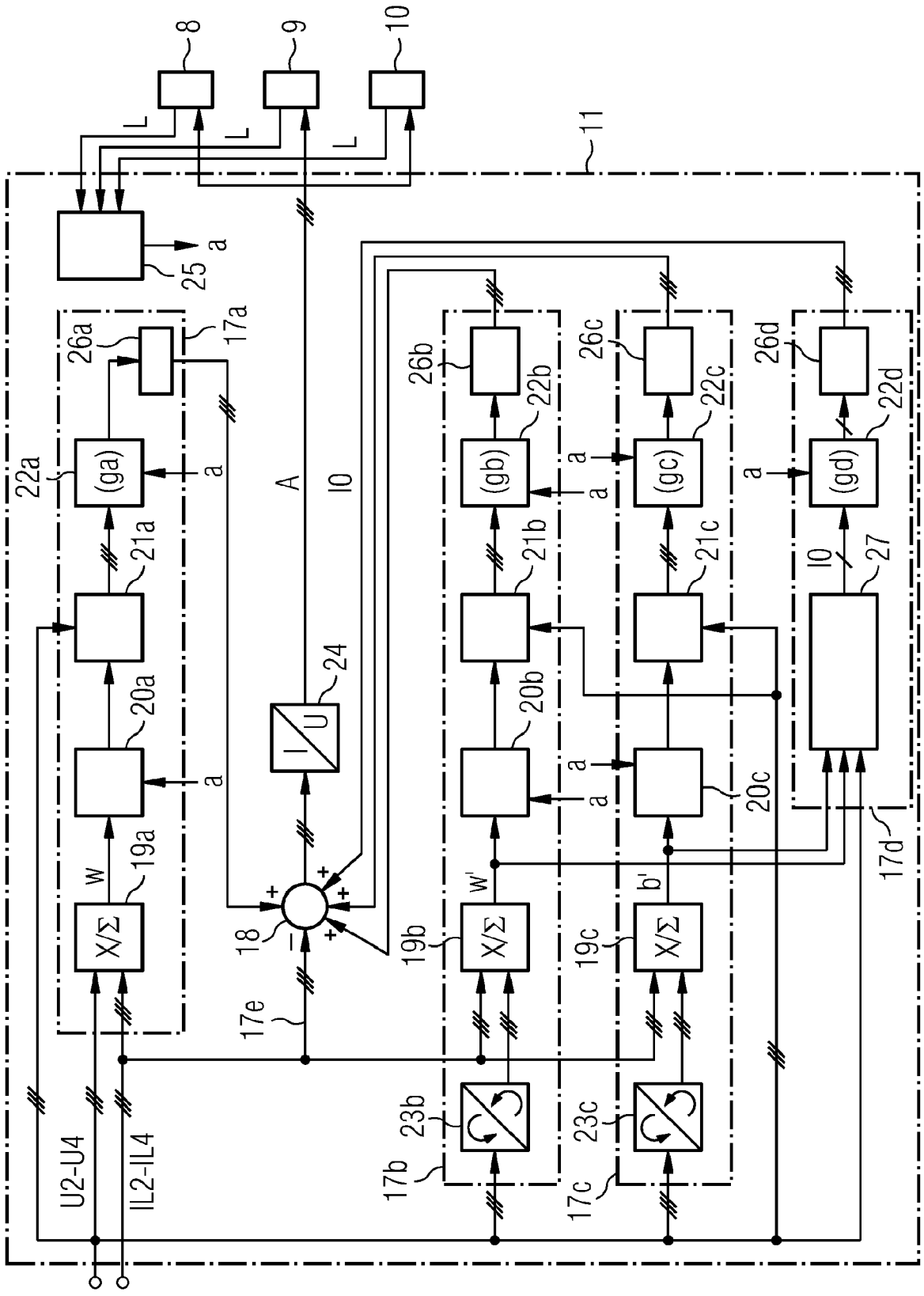

8
9
10
11
L
L
L
25
a
17a
26a
22a
(ga)
a
21a
20a
a
19a
w
X/Σ
U2-U4
IL2-IL4
A
I0
24
I/U
18
17e
26b
22b
(gb)
a
21b
20b
a
19b
w'
X/Σ
23b
17b
26c
22c
(gc)
a
a
21c
20c
a
19c
b'
X/Σ
23c
17c
26d
22d
(gd)
a
I0
27
17d

图 2