



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102714413 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201080049028. 4

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105

(22) 申请日 2010. 08. 17

代理人 谢强

(30) 优先权数据

102009040745. 6 2009. 09. 08 DE

(51) Int. Cl.

H02J 3/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 04. 28

H02J 3/26(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/061955 2010. 08. 17

(56) 对比文件

CN 101197506 A, 2008. 06. 11,

CN 101295878 A, 2008. 10. 29,

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/029700 DE 2011. 03. 17

CN 1411118 A, 2003. 04. 16,

CN 1992496 A, 2007. 07. 04,

US 6052297 A, 2000. 04. 18,

(73) 专利权人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

审查员 宋静婧

(72) 发明人 M. 多玛施克 J. 多恩 I. 欧拉

F. 卡勒希克 - 迈尔 J. 朗

K. 伍尔夫林格

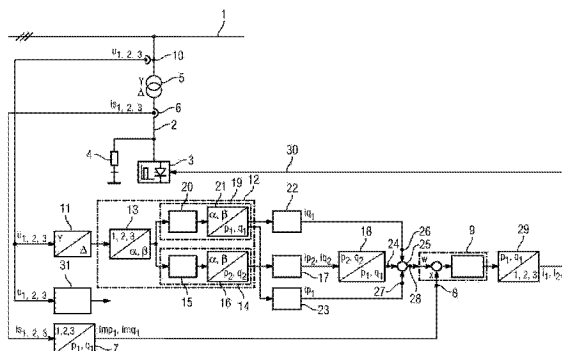
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用于调节变频器的方法和用于执行该方法的装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于调节在具有多相连接线(2)的多相电能传输网(1)中调节反向电压的变频器的方法。为了在这种方法中能够相对简单地在不同运行状态中进行参数化,采集连接线(2)上的相电流并且借助变换转换为正序系统电流分量,采集连接线的相上的电压并且由此借助变换形成逆相序系统电压分量,所述逆相序系统电压分量被传输到电压调节器(17)。在所述电压调节器(17)中形成用于减小逆相序系统的逆相序系统电流分量,所述逆相序系统电流分量被传输到电流调节器(9)的额定值输入端(28)。正序系统电流分量位于电流调节器的实际值输入端(8),其输出参数在反变换之后作为开关电流用于变频器的开关单元。本发明还涉及一种用于执行所述方法的装置。



1. 一种用于调节在多相电能传输网 (1) 中调节反向电压的变流器的方法, 其中经由与电能传输网 (1) 相连的多相连接线 (2)

- 采集所述连接线 (2) 上的相电流并且借助变换转换为正序系统电流分量,
- 采集所述连接线 (2) 的相上的电压并且由此借助变换形成逆相序系统电压分量,
- 所述逆相序系统电压分量被传输到电压调节器 (17), 在所述电压调节器中形成用于减小逆相序系统的逆相序系统电流分量, 并且

• 所述逆相序系统电流分量被传输到电流调节器 (9) 的额定值输入端 (28) 并且所述正序系统电流分量被传输到该电流调节器 (9) 的实际值输入端 (8), 该电流调节器 (9) 的输出参数在反变换之后作为开关电流用于变流器的开关单元。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于,

- 由所述连接线 (2) 的相上的电压借助变换形成正序系统电压分量,
- 所述正序系统电压分量被传输到无功功率电压调节器 (22), 其输出电流被传输到加法器 (25) 的输入端 (26), 并且

• 所述电压调节器 (17) 的输出端上的逆相序系统电流分量被传输到加法器 (25) 的另一个输入端 (24), 所述加法器的输出端与所述电流调节器 (9) 的额定值输入端 (28) 相连接。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于,

• 所述正序系统电压分量被传输到有功功率电压调节器 (23), 其输出电流被传输到加法器 (25) 的附加的输入端 (27)。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于,

- 由所述连接线 (2) 的相上的电压借助变换形成正序系统电压分量,
- 所述正序系统电压分量被传输到有功功率电压调节器 (23), 其输出电流被传输到加法器 (25) 的附加的输入端 (27), 并且

• 所述电压调节器 (17) 的输出端上的逆相序系统电流分量被传输到加法器 (25) 的另一个输入端 (24), 所述加法器的输出端与所述电流调节器 (9) 的额定值输入端 (28) 相连接。

5. 根据上述权利要求中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述逆相序系统电压分量和正序系统电压分量借助克拉克变换与随后的滤波和派克变换来形成。

6. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于,

• 使用具有用于逆相序系统电压分量的两个 PI 调节器 (40, 41) 的电压调节器作为电压调节器 (17) 并且

• 将两个 PI 调节器 (40, 41) 的输出电流进行矢量旋转以用于获得对于逆相序系统电压分量的  $-90^\circ$  相位并且可自由选择地限制。

7. 一种用于执行根据上述权利要求中任一项所述的方法的装置, 具有

• 电流采集装置 (6), 其用于采集所述连接线 (2) 上的相电流, 和在后设置的变换装置 (7), 其用于将相电流变换为正序系统电流分量,

• 电压采集装置 (10), 其用于采集所述连接线 (2) 的相上的电压, 和在后设置的另一个变换装置 (12), 其具有用于将电压变换为逆相序系统电压分量的变换组件 (14),

• 电压调节器 (17), 其设置在所述变换组件 (14) 后面, 在该电压调节器中形成用于减

小逆相序系统的逆相序系统电流分量,和

- 电流调节器 (9),其设置在所述电压调节器 (17) 后面,具有接收逆相序系统电流分量的额定值输入端 (28) 和采集正序系统电流分量的实际值输入端 (8),其中所述电流调节器 (9) 在输出侧经由反变换装置 (29) 与变频器的开关单元的开关输入端相连接。

8. 根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,

- 所述另一个变换装置 (12) 具有另一个变换组件 (19),所述另一个变换组件由所述连接线 (2) 的相上的电压借助变换在其输出端形成正序系统电压分量,

- 在所述另一个变换组件 (19) 后面设置无功功率电压调节器 (22),所述无功功率电压调节器 (22) 的输出端与在后设置的加法器 (25) 的输入端 (26) 相连接,并且

- 所述电压调节器 (17) 的输出端被连接到加法器 (25) 的另一个输入端 (24),所述加法器的输出端与电流调节器 (9) 的额定值输入端 (28) 相连接。

9. 根据权利要求 8 所述的装置,其特征在于,

- 有功功率电压调节器 (23) 被连接到所述另一个变换组件 (19),所述有功功率电压调节器的输出端与加法器 (25) 的附加的输入端 (27) 相连接。

10. 根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,

- 所述另一个变换装置 (12) 具有另一个变换组件 (19),所述另一个变换组件由所述连接线 (2) 的相上的电压借助变换在其输出端形成正序系统电压分量,

- 在所述另一个变换组件 (19) 后面设置有功功率电压调节器 (23),所述有功功率电压调节器的输出端与加法器 (25) 的附加的输入端 (27) 相连接,并且

- 所述电压调节器 (17) 的输出端被连接到加法器 (25) 的另一个输入端 (24),所述加法器的输出端与所述电流调节器 (9) 的额定值输入端 (28) 相连接。

11. 根据权利要求 8 或 10 所述的装置,其特征在于,

- 所述变换组件 (14) 包括用于形成逆相序系统电压分量的滤波器 (15) 和在所述滤波器后面设置的派克变压器 (16),并且

- 所述另一个变换组件 (19) 包括用于形成正序系统电压分量的另一个滤波器 (20) 和在所述另一个滤波器后面设置的另一个派克变压器 (21)。

12. 根据权利要求 7 至 10 中任一项所述的装置,其特征在于,

- 所述另一个变换装置 (12) 在输入侧具有克拉克变压器 (13)。

13. 根据权利要求 7 至 10 中任一项所述的装置,其特征在于,

- 所述电压调节器 (17) 具有用于逆相序系统电压分量的两个 PI 调节器 (40,41) 并且

- 在所述两个 PI 调节器 (40,41) 后面设置用于矢量地旋转以获得对于逆相序系统电压分量的  $-90^\circ$  相位的装置和限制器装置。

## 用于调节变流器的方法和用于执行该方法的装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于调节在多相电能传输网中调节反向电压的变流器的方法。在此例如可以是静态的无功功率补偿器(也称为 Static Var Compensator, SVC),或者是 VSC (Voltage Source Converter, 电压源换流器)。

### 发明内容

[0002] 本发明要解决的技术问题是,这样构造这种方法,使得在每个工作点能够被简单地参数化。

[0003] 为了解决上述技术问题使用用于调节在多相电能传输网中调节反向电压的变流器的方法,其中经由与电能传输网相连的多相连接采集连接线上的相电流并且借助变换转换为正序系统电流分量;此外采集连接线的相上的电压并且由此借助变换形成逆相序系统电压分量,该逆相序系统电压分量被传输到电压调节器,在所述电压调节器中形成用于减小逆相序系统的逆相序系统电流分量,并且逆相序系统电流分量被传输到电流调节器的额定值输入端以及正序系统电流分量被传输到实际值输入端,其输出参数在反变换之后作为开关电流用于变流器的开关单元。

[0004] 按照本发明的方法的主要优点在于,其中逆相序系统电压通过调节逆相序系统电流来均衡。在此确保了逆相序系统电流和逆相序系统电压输出纯的逆相序系统无功功率以用于支持电网中的电压,其中逆相序系统电流或者逆相序系统电压都不包含零分量。由电压调节器产生的逆相序系统电流分量在此借助电流调节器在内部的调节回路中被调节。由此构成电压调节器和电流调节器的级联调节,该级联调节在每个工作点能够简单地参数化并且无需动态限制和补偿就已足够。在此,逆相序系统电压的调节从电流额定值、电压额定值、无功功率额定值和有功功率额定值中退耦。

[0005] 在按照本发明的方法中,按照本发明的扩展可以以优选的方式包含无功功率电压调节,其中由连接线的相上的电压借助变换形成正序系统电压分量,该正序系统电压分量被传输到无功功率电压调节器,其输出电流被传输到加法器的输入端,并且电压调节器的输出端上的逆相序系统电流分量被传输到加法器的另一个输入端,其输出端与电流调节器的额定值输入端相连接。由此可以限制逆相序系统无功功率。

[0006] 此外,视为优选地是,如下地补充按照本发明的方法,即正序系统电压分量被传输到有功功率电压调节器,其输出电流被传输到加法器的附加的输入端。

[0007] 与上面描述的按照本发明方法的补充的实施方式不同,优选地还可以是,由连接线的相上的电压借助变换形成正序系统电压分量,该正序系统电压分量被传输到有功功率电压调节器,其输出电流被传输到加法器的附加的输入端,并且电压调节器的输出端上的逆相序系统电流分量被传输到加法器的另一个输入端,其输出端与电流调节器的额定值输入端相连接。通过这种方式可以在弃用无功功率电压调节以简化整个方法的情况下在按照本发明的方法中仅包含有功功率调节。

[0008] 在按照本发明的方法中,逆相序系统电压分量和正序系统电压分量可以以不同的

方式形成；但视为优选地是，这些分量借助克拉克变换(Clark-Transformation)与随后的滤波和派克变换(Park-Transformation)来形成。在按照本发明的方法中可以使用不同构造的调节器作为电压调节器；但视为优选地是，使用分别具有用于逆相序系统电压分量的PI调节器的电压调节器，两个PI调节器的输出电流经受矢量旋转以用于获得对于逆相序系统电压分量的 $-90^\circ$ 相位并且可自由选择地受到限制。

[0009] 本发明要解决的技术问题还在于，提供一种用于执行上面描述的按照本发明的方法的装置，该装置相对来说可以简单地参数化。

[0010] 为了执行该方法，按照本发明该装置具有用于连接线上的相电流的电流采集装置，该电流采集装置具有在后设置的用于将相电流变换为正序系统电流分量的变换装置，以及用于连接线的相上的电压的电压采集装置，该电压采集装置具有在后设置的具有用于将电压变换为逆相序系统电压分量的变换组件的另一个变换装置；在变换组件后面设置电压调节器，在该电压调节器中形成用于减小逆相序系统的逆相序系统电流分量，并且在电压调节器后面设置具有接收逆相序系统电流分量的额定值输入端和采集正序系统电流分量的实际值输入端的电流调节器，其中电流调节器在输出侧经由反变换装置与交流器的开关单元的开关输入端相连接。

[0011] 该装置的优点通过上面已经结合按照本发明的方法单独给出的优点给出。

[0012] 在按照本发明的装置中按照优选的方式，另一个变换装置具有另一个变换组件，该另一个变换组件由连接线的相上的电压借助变换在其输出端形成正序系统电压分量；在该另一个变换组件后面设置无功功率电压调节器，该无功功率电压调节器的输出端与在后设置的加法器的输入端相连接，并且该电压调节器的输出端被连接到加法器的另一个输入端，该加法器的输出端与电流调节器的额定值输入端相连接。利用这种装置可以附加地包含无功功率电压调节。

[0013] 如果也要进行有功功率调节，则优选地将有功功率电压调节器连接到另一个变换组件，该有功功率调节器的输出端与加法器的附加的输入端相连接。

[0014] 如果在弃用无功功率电压调节的情况下选择如下的实施，则按照本发明的装置也可靠地工作；其中另一个变换装置具有另一个变换组件，该另一个变换组件由连接线的相上的电压借助变换在其输出端形成正序系统电压分量，在该另一个变换组件后面设置有功功率电压调节器，该有功功率电压调节器的输出端与加法器的附加的输入端相连接，并且该电压调节器的输出端被连接到加法器的另一个输入端，该加法器的输出端与电流调节器的额定值输入端相连接。

[0015] 另一个变换装置的变换组件可以以不同的方式构造；优选地，一个变换组件包括用于形成逆相序系统电压分量的滤波器和在该滤波器后面设置的派克变压器(Park-Transformator)，而另一个变换组件包括用于形成正序系统电压分量的另一个滤波器和在该另一个滤波器后面设置的另一个派克变压器。

[0016] 优选地，另一个变换装置在输入侧具有克拉克变压器。

[0017] 就按照本发明的装置的电压调节器来说，如下的实施被视为优选，其中电压调节器分别具有用于逆相序系统电压分量的PI调节器并且在两个PI调节器后面设置用于矢量地旋转以获得对于逆相序系统电压分量的 $-90^\circ$ 相位的装置和限制器装置。电压调节器的该实施方式的优点在于，其可以相对简单并且由此低成本地构造。

## 附图说明

[0018] 下面对照附图对本发明作进一步的说明。

[0019] 图 1 在静态的无功功率补偿器的结构中以电路框图的形式示出了用于执行按照本发明的方法的装置的实施例，

[0020] 图 2 示出了在根据图 1 的装置中所示的电压调节器的实施例。

## 具体实施方式

[0021] 如图 1 所示的那样，在作为电能传输网具有多个相上的高压交流电压导线 1 上经由多相连接线 2 连接到无功功率补偿器 3，滤波器 4 以通常的方式与该无功功率补偿器 3 并联连接。在所示的实施例中，星形-三角形-变压器 5 位于连接线 2 中。

[0022] 此外，电流采集装置 6 位于连接线 2 中，该电流采集装置以通常的方式由电流互感器组成并且因此在这里为了更清楚起见没有单独示出。从电流采集装置 6 中将次级侧电流  $i_{s1}$ 、 $i_{s2}$  和  $i_{s3}$  输出到连接线 2 的每一相以及传输到变换装置 7，该变换装置将所采集的电流  $i_{s1}$ 、 $i_{s2}$  和  $i_{s3}$  以本身公知的方式变换为正序系统电流分量  $i_{mp1}$  和  $i_{mq1}$ 。正序系统电流分量  $i_{mp1}$  和  $i_{mq1}$  作为实际值被传输到下面还要详细描述电流调节器 9 的实际值输入端 8。

[0023] 借助为了更清楚起见同样没有单独示出的电压采集装置 10 采集高压交流电压导线 1 上的电压  $u_1$ 、 $u_2$  和  $u_3$  并且传输到星形-三角形-转换器 11，该星形-三角形-转换器 11 以公知的方式构造并且因此在这里不需要被单独描述。

[0024] 在星形-三角形-转换器 11 的后面设置另一个变换装置 12，该另一个变换装置 12 在输入侧包含克拉克变压器 13，借助该克拉克变压器 13 执行本身公知的克拉克变换，从而在克拉克变压器的输出端上形成电压分量  $\alpha$  和  $\beta$ 。在输出侧，变换组件 14 被连接到克拉克变压器 13，该变换组件 14 包含逆相序系统滤波器 15 和在该逆相序系统滤波器 15 后面设置的派克变压器 16。借助该派克变压器 16 进行本身公知的派克变换，从而在变换组件 14 的输出端上出现逆相序系统电压分量  $p_2$  和  $q_2$ 。

[0025] 电压调节器 17 被连接到变换组件 14，利用该电压调节器 17 进行逆相序系统电压调节。在此利用额定值“零”进行调节，从而在电压调节器的输出端产生逆相序系统电流分量  $i_{p2}$  和  $i_{q2}$ ，该逆相序系统电流分量  $i_{p2}$  和  $i_{q2}$  在后面设置的变换器 18 中变换为逆相序系统电流分量  $i_{p1}$  和  $i_{q1}$ 。

[0026] 此外，另一个变换装置 12 还包括另一个变换组件 19，该另一个变换组件 19 同样被连接到克拉克变压器 13 并且在输入侧具有正序系统滤波器 20。在该正序系统滤波器 20 后面设置另一个派克变压器 21，该另一个派克变压器 21 执行派克变换，从而在其输出端产生正序电压分量  $p_1$  和  $q_1$ 。分量  $q_1$  被传输到后面设置的无功功率电压调节器 22，该无功功率电压调节器 22 利用预先给定的电压额定值工作并且在其输出端产生正序系统电流分量  $i_{q1}$ 。

[0027] 此外，另一个克拉克变压器 21 与有功功率调节器 23 相连接并且被施加了实际的正序系统电压分量  $p_1$ 。同样该调节器具有设置的功率额定值并且在其输出端产生正序系统电流分量  $i_{p1}$ 。

[0028] 电压调节器 17 或后面设置的变换器 18 的输出端引导至加法器 25 的输入端 24, 该加法器 25 的另一个输入端 26 位于无功功率调节器 22 的输出端上。加法器 25 的附加的输入端 27 与有功功率调节器 23 的输出端相连接。

[0029] 加法器 25 的输出端位于电流调节器 9 的额定值输入端 28, 该电流调节器 9 在其输出端产生相应的正序系统电流分量。该正序系统电流分量被传输到用于反变换的组件 29, 在该用于反变换的组件 29 中形成用于无功功率补偿器 3 的变流器的没有示出的开关单元的开关电流  $i_1$ 、 $i_2$  和  $i_3$ , 该开关电流  $i_1$ 、 $i_2$  和  $i_3$  经由导线 30 被传输到无功功率补偿器 3。

[0030] 补充地还要指出的是, 在电压采集装置 10 上也可以连接 PLL (Phase-Locked-Loop, 锁相环) 电路 31, 其以没有详细示出的方式用于所示装置的各个分量的同步。

[0031] 图 2 示出了按照图 1 的电压调节器 17 的实施例。电压调节器在输入侧分别包含 PI 调节器 40 和 41, 该 PI 调节器 40 和 41 在其输入端被施加了逆相序系统电压分量  $p_2$  和  $q_2$ , 也就是以按照图 1 的派克变压器 16 的输出参数。两个 PI 调节器 40 和 41 的输出参数被传输到装置 42, 在该装置 42 中这样进行旋转, 使得矢量  $90^\circ$  的相位形成逆相序系统电压分量。在用于矢量旋转的装置 42 后面设置限制器装置 43, 在该限制器装置 43 中相应于具有高压交流电压导线 1 的电网的性能矢量地设置限制。结果是逆相序系统电流  $i_{p2}$  和  $i_{q2}$ , 该逆相序系统电流  $i_{p2}$  和  $i_{q2}$  经由变换器 18 与逆相序系统电流分量  $i_{p1}$  和  $i_{q1}$  以及与正序系统电流分量  $i_{mp1}$  和  $i_{mq1}$  一起传输到电流调节器 9。在用于反变换的组件 29 中将电流调节器 9 的输出参数转换为已经提到的开关电流  $i_1$ 、 $i_2$  和  $i_3$ , 从而总体上用电压调节器 17 (以及必要时无功功率电压调节器 22 和有功功率调节器 23) 与电流调节器 9 一起获得级联调节, 该级联调节能够特别良好地参数化。

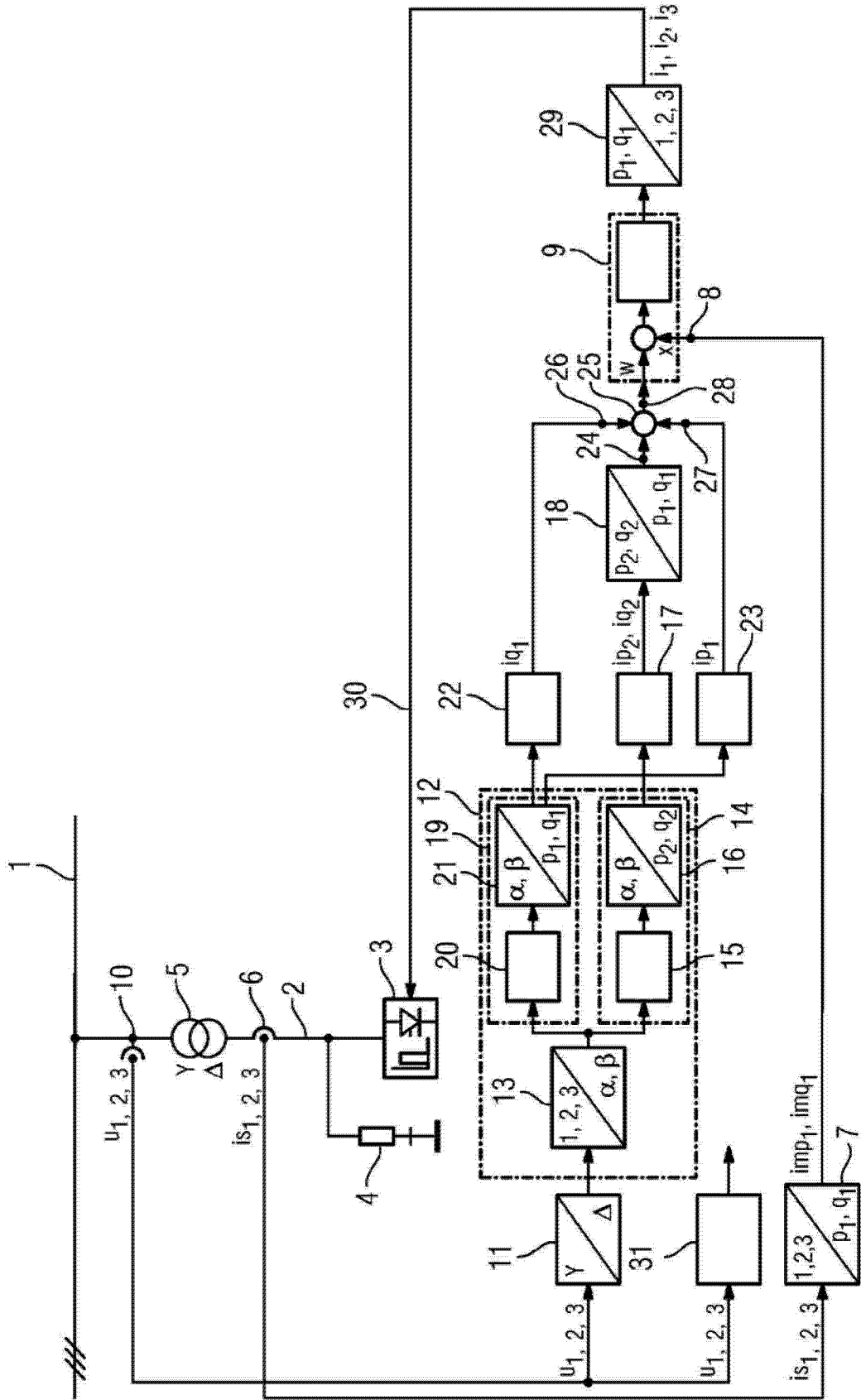


图 1

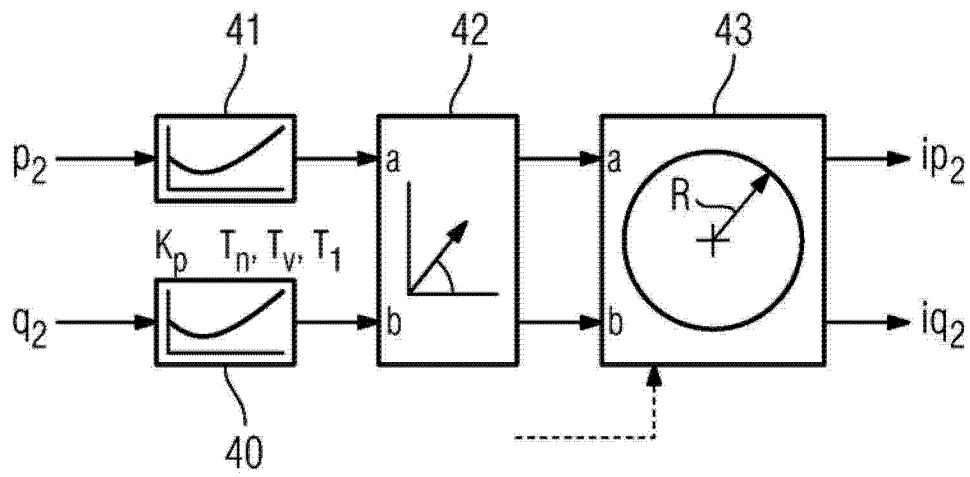


图 2