



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111279604 A

(43)申请公布日 2020.06.12

(21)申请号 201780096171.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.09.13

H02P 1/46(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2020.04.22

H02P 27/18(2006.01)

H02P 23/00(2016.01)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2017/073002 2017.09.13

(87)PCT国际申请的公布数据
W02019/052639 DE 2019.03.21

(71)申请人 西门子股份公司
地址 德国慕尼黑

(72)发明人 H. 南宁 H. 扎托西尔

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 侯宇

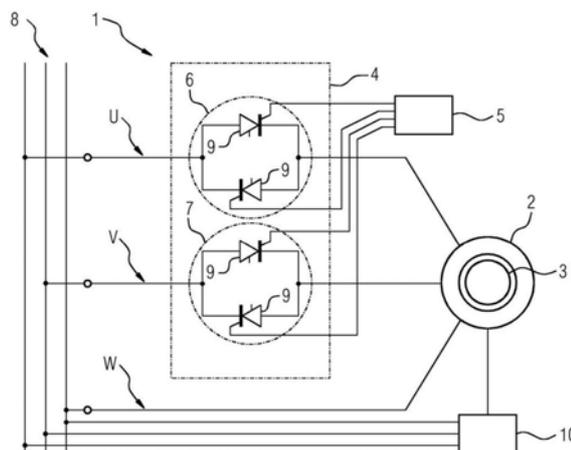
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

永磁激励同步电机的运行

(57)摘要

本发明涉及一种用于运行永磁激励同步电机(1)的方法,该永磁激励同步电机连接到三相电网(8),并且具有带有三相定子绕组的定子(2)、转子(3)和用于调节定子绕组的第一定子相电流和定子绕组的第二定子相电流的晶闸管调节器(4),其中未调节定子绕组的第三定子相电流。在该方法中,在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下,分别在点火时间段中针对第一点火情况、第二点火情况和第三点火情况反复预先计算出作用在转子(3)上的转矩的转矩走向,在所述第一点火情况中点火两个晶闸管对(6,7),在所述第二点火情况中仅点火第一晶闸管对(6),在所述第三点火情况中仅点火第二晶闸管对(7)。在使用预先计算出的转矩走向的情况下,为每个晶闸管对(6,7)决定其是否要点火。



1. 一种用于运行永磁激励同步电机 (1) 的方法, 所述永磁激励同步电机连接到三相电网 (8), 并且具有带有三相定子绕组的定子 (2)、转子 (3) 和晶闸管调节器 (4), 所述晶闸管调节器具有用于调节定子绕组的第一定子相电流的两个反并联连接的晶闸管 (9) 的第一晶闸管对 (6), 并且具有用于调节定子绕组的第二定子相电流的两个反并联连接的晶闸管 (9) 的第二晶闸管对 (7), 其中

-未调节定子绕组的第三定子相电流,

-反复确定当前的极轮角、当前的转子转速、三相电网 (8) 的当前的电网相位以及当前的定子相电流,

-在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下, 分别在点火时间段中针对第一点火情况、第二点火情况和第三点火情况预先计算出作用在转子 (3) 上的转矩的转矩走向, 在所述第一点火情况中点火两个晶闸管对 (6, 7), 在所述第二点火情况中仅点火第一晶闸管对 (6), 在所述第三点火情况中仅点火第二晶闸管对 (7), 并且

-在使用预先计算出的转矩走向的情况下, 为每个晶闸管对 (6, 7) 决定所述晶闸管对是否要点火。

2. 根据权利要求1所述的方法,

其特征在于, 连续地检测同步电机 (1) 的至少两个端电压, 并且在使用所检测到的端电压的情况下确定当前的极轮角。

3. 根据权利要求2所述的方法,

其特征在于, 在使用当前的定子相电流的情况下确定当前的极轮角。

4. 根据上述权利要求中任一项所述的方法,

其特征在于, 预设用于转矩的转矩窗, 并且根据如下点火情况不控制所述晶闸管调节器 (4): 针对所述点火情况, 预先计算出的转矩走向具有位于转矩窗之外的转矩。

5. 根据上述权利要求中任一项所述的方法,

其特征在于, 在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下, 分别在点火时间段中针对第一点火情况、第二点火情况和第三点火情况预先计算出每个定子相电流的定子相电流走向, 并且在使用预先计算出的定子相电流走向的情况下为每个晶闸管对 (6, 7) 决定所述晶闸管对是否要点火。

6. 根据权利要求5所述的方法,

其特征在于, 预设用于定子相电流的相电流窗, 并且根据如下点火情况不控制所述晶闸管调节器 (4): 针对所述点火情况, 预先计算出的定子相电流走向具有位于相电流窗之外的定子相电流。

7. 根据权利要求5或6所述的方法,

其特征在于, 预设相电流阈值, 并且点火时间段的结束被定义为一个时刻, 在所述时刻, 每个利用晶闸管对 (6, 7) 来调节的定子相电流的大小根据定子相电流的预先计算出的定子相电流走向低于所述相电流阈值。

8. 一种永磁激励同步电机 (1), 所述永磁激励同步电机包括:

-带有三相定子绕组的定子 (2),

-转子 (3),

-晶闸管调节器(4),所述晶闸管调节器具有两个反并联连接的晶闸管(9)的第一晶闸管对(6),用于调节定子绕组的第一定子相电流;以及具有两个反并联连接的晶闸管(9)的第二晶闸管对(7),用于调节定子绕组的第二定子相电流,

-测量装置(10),所述测量装置用于确定当前的极轮角、当前的转子转速、三相电网(8)的当前的电网相位和当前的定子相电流,以及

-控制单元(5),所述控制单元被设计为用于预先计算出作用在转子(3)上的转矩的转矩走向并且用于按照根据上述权利要求中任一项所述的方法来控制所述晶闸管调节器(4)。

9.根据权利要求8所述的永磁激励同步电机(1),

其特征在于,所述测量装置(10)具有电压测量设备,所述电压测量设备用于检测同步电机(1)的至少两个端电压。

10.根据权利要求9所述的永磁激励同步电机(1),

其特征在于,利用控制单元(5)根据检测到的端电压确定当前的极轮角。

永磁激励同步电机的运行

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁激励同步电机,该永磁激励同步电机具有带有定子绕组的定子、转子和用于调节定子绕组的相电流的晶闸管调节器,以及涉及一种用于运行同步电机的方法。

背景技术

[0002] 三相电机根据IEC标准60034依据其效率被划分为不同的能效等级。恰好在直至大约20kW的低功率范围内,很难满足高效电机(IE 4)的效率的预设值。因此,越来越致力于在转子中使用永磁体,尤其是使用永磁激励同步电机。尽管该电机类型能够实现高的能效水平,然而在刚性的三相电网上启动以及运行该类型的电机并不容易实现。

[0003] 为了使永磁激励同步电机能够在刚性的三相电网上启动和运行,可以在电机的转子中设置阻尼笼。阻尼笼虽然能够实现三相电网上的安全的启动,然而由于非常高的启动电流,使供电的三相电网遭受很强的负载。

[0004] DE 10 2011 085 859 A1公开了一种用于借助包括三个半导体调节器的三相的三相电流调节器来运行同步电机的方法,该三相电流调节器连接到三相电网。在此,在至少两个半导体调节器接通时,在考虑到同步电机的极轮电压与三相电网的电网电压之间的相差、同步电机的转子的转速、同步电机的定子电流和三相电网的相位的情况下,在可确定的时间段内预先计算出同步电机的转矩走向。根据预先计算,确定接通至少两个半导体调节器的开关时刻。然而,该方法假定三相电流调节器针对每个相具有半导体调节器。然而,由于成本原因,许多三相电流调节器仅针对两个相具有半导体调节器,而第三相则持续与三相电网连接。因此,从DE 10 2011 085 859 A1中已知的方法不能用于该三相电流调节器。

发明内容

[0005] 因此,本发明要解决的技术问题是,提供一种用于运行永磁激励同步电机的改进的方法,在该方法中,一个相持续与三相电网连接。

[0006] 根据本发明,该技术问题通过权利要求1的特征来解决。

[0007] 本发明的有利的设计方案是从属权利要求的主题。

[0008] 根据本发明的方法用于运行永磁激励同步电机,该永磁激励同步电机连接到三相电网,并且具有带有三相定子绕组的定子、转子和晶闸管调节器,该晶闸管调节器具有用于调节定子绕组的第一定子相电流的两个反并联连接的晶闸管的第一晶闸管对,并且具有用于调节定子绕组的第二定子相电流的两个反并联连接的晶闸管的第二晶闸管对,其中未调节定子绕组的第三定子相电流。在该方法中,反复确定当前的极轮角、当前的转子转速、三相电网的当前电网相位以及当前的定子相电流。在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下,分别在点火时间段中,针对第一点火情况、第二点火情况和第三点火情况预先计算出作用在转子上的转矩的转矩走向,在所述第一点火情况中点火两个晶闸管对,在所述第二点火情况中仅点火第一晶闸管对,在所述第三点火

情况中仅点火第二晶闸管对。在使用预先计算出的转矩走向的情况下,为每个晶闸管对决定其是否要点火。在此,用于调节相的相电流的两个反并联连接的晶闸管的晶闸管对理解为一个晶闸管对,利用该晶闸管对,相应的相可通过点火晶闸管对来与三相电网连接。

[0009] 本发明使得具有晶闸管调节器的永磁激励同步电机能够运行,该晶闸管调节器仅对于三个定子相电流中的两个分别具有用于调节定子相电流的晶闸管对。该方法规定,针对点火晶闸管对的不同可能性(点火情况),反复在相应一个点火时间段内预先计算出作用在转子上的转矩的转矩走向,并且根据预先计算出的转矩走向分别决定是否点火晶闸管对中的一个和必要时哪个,或者是否点火两个晶闸管对。由此,如果同步电机的一个相持续与三相电网连接,则分别可以在点火时间段内调节出最佳的转矩。

[0010] 本发明的一个设计方案规定,连续地检测同步电机的至少两个端电压,并且在使用所检测到的端电压的情况下确定当前的极轮角。附加地,在确定极轮角时也可以使用当前的定子相电流。本发明的该设计方案使得能够确定极轮角并且随后预先计算出转矩走向,而无需昂贵的用于检测极轮角的旋转编码器系统。取而代之,由同步电机的端电压确定极轮角,相较于使用旋转编码器系统来检测极轮角,对端电压的检测更简单且成本更低。在确定极轮角时,还对当前的定子相电流的附加的考虑有利地能够实现对极轮角的还更准确的确定,该确定不需要附加的硬件,因为在该方法中本来就确定了当前的定子相电流,以便预先计算出转矩走向。

[0011] 本发明的另外的设计方案规定,预设用于转矩的转矩窗,并且根据如下点火情况不控制晶闸管调节器:针对该点火情况,预先计算出的转矩走向具有位于转矩窗之外的转矩。本发明的该设计方案有利地防止了产生作用在转子上的过大的转矩。

[0012] 本发明的另外的设计方案规定,在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下,分别在点火时间段中针对第一点火情况、第二点火情况和第三点火情况预先计算出每个定子相电流的定子相电流走向,并且在使用预先计算出的定子相电流走向的情况下,为每个晶闸管对决定其是否要点火。换言之,本发明的该设计方案规定,对于每个点火情况,在点火时间段中不仅预先计算出转矩走向,而且也预先计算出定子相电流走向,并且使用预先计算出的转矩走向和定子相电流走向来决定,是否分别点火晶闸管以及点火哪些晶闸管。由此,可以不仅在考虑作用在转子上的转矩的情况下、而且也在考虑定子相电流的情况下优化同步电机的运行。

[0013] 尤其可以规定,预设用于定子相电流的相电流窗,并且根据如下点火情况不控制晶闸管调节器:针对该点火情况,预先计算出的定子相电流走向具有位于相电流窗之外的定子相电流。由此,有利地防止了过高的定子相电流使同步电机或与该同步电机连接的电网以及连接到电网的耗电器被过强地负载。

[0014] 此外可以规定,预设相电流阈值,并且点火时间段的结束被定义为一个时刻,在该时刻,每个利用晶闸管对来调节的定子相电流的大小根据该定子相电流的预先计算出的定子相电流走向低于相电流阈值。本发明的该设计方案利用以下:当一个相的定子相电流变为零或其符号改变时,该相的晶闸管对自身关断。因此,可以使用预先计算出的定子相电流走向来确定何时不再有晶闸管对被接通。这有利地能够针对每个点火情况实现对点火时间段的结束的精确的预先计算,其方法是将点火时间段的结束定义为一个时刻,在该时刻,每个利用晶闸管对来调节的定子相电流的大小低于预设的相电流阈值。

[0015] 根据本发明的永磁激励同步电机包括带有三相定子绕组的定子、转子、晶闸管调节器(该晶闸管调节器具有用于调节定子绕组的第一定子相电流的两个反并联连接的晶闸管的第一晶闸管对,并且具有用于调节定子绕组的第二定子相电流的两个反并联连接的晶闸管的第二晶闸管对)、用于确定当前的极轮角、当前的转子转速、三相电网的当前的电网相位和当前的定子相电流的测量装置,和控制单元,该控制单元被设计为用于预先计算出作用在转子上的转矩的转矩走向并且用于按照根据本发明的方法控制晶闸管调节器。测量装置尤其可以具有电压测量设备,该电压测量设备用于检测同步电机的至少两个端电压。在此尤其可以规定,利用控制单元根据检测到的端电压确定当前的极轮角。由根据本发明的方法的上述的优点产生这种同步电机的优点。

附图说明

[0016] 结合下面对实施例的描述,本发明的上面描述的特性、特征和优点以及实现它们的方式将变得更清楚并且更容易理解,结合附图详细阐述实施例。在此附图中:

[0017] 图1示出了永磁激励同步电机的电路图,

[0018] 图2示出了用于运行永磁激励同步电机的方法的流程图。

具体实施方式

[0019] 图1示出了永磁激励同步电机1的电路图,该永磁激励同步电机1连接到三相电网8。同步电机1包括具有(未详细示出的)三相定子绕组的定子2、转子3、用于调节定子绕组的定子相电流的晶闸管调节器4、用于控制晶闸管调节器4的控制单元5以及用于确定三相电网8的电网相位、当前的定子相电流、同步电机1的当前的极轮角和转子3的当前的转子转速的测量装置10。

[0020] 晶闸管调节器4具有两个反并联连接的晶闸管9的第一晶闸管对6,用于调节第一相U的定子相电流;和两个反并联连接的晶闸管9的第二晶闸管对7,用于调节定子绕组的第二相V的定子相电流。晶闸管9的点火电极连接到控制单元5,由该控制单元提供对于点火晶闸管对6、7所需的点火信号。通过点火相U、V的晶闸管对6、7,生成所述相U、V的定子相电流。如果所述相U、V的定子相电流变为零或符号改变,则相U、V的晶闸管对6、7自身关断。第三相W的定子相电流未通过晶闸管调节器4来调节,并且持续与三相电网8保持连接。根据依据图2详细描述的方法,控制单元5被设计为用于控制晶闸管调节器4。例如,控制单元5具有可编程的微控制器,该微控制器被编程为用于实施该方法。

[0021] 图2示出了用于运行永磁激励同步电机1的具有方法步骤S1至S3的方法的流程图。

[0022] 在第一方法步骤S1中,利用测量装置10确定当前的极轮角、当前的转子转速、三相电网8的当前的电网相位以及当前的定子相电流。为了确定当前的极轮角,测量装置10尤其可以具有电压测量设备,该电压测量设备用于检测同步电机1的至少两个端电压。在该情况下,例如利用控制单元5、根据所检测到的端电压并且可选地附加地在使用当前的定子相电流的情况下确定当前的极轮角。在第一方法步骤S1之后,实施第二方法步骤S2。

[0023] 在第二方法步骤S1中,在使用当前的极轮角、当前的转子转速、当前的电网相位和当前的定子相电流的情况下,由控制单元在点火时间段内分别预先计算出作用在转子3上的转矩的转矩走向和定子相电流的定子相电流走向。在此,分别为三个点火情况预先计算

出转矩走向和每个定子相电流的定子相电流走向,其中,在第一点火情况下点火两个晶闸管对6、7,在第二点火情况下仅点火第一晶闸管对6,并且在第三点火情况下仅点火第二晶闸管对7。相应的点火时间段的结束被定义为一个时刻,在该时刻,每个利用晶闸管对6、7来调节的定子相电流的大小根据该定子相电流的预先计算出的定子相电流走向低于预设的相电流阈值。在第二方法步骤S2之后,实施第三方法步骤S3。

[0024] 在第三方法步骤S3中,在使用预先计算出的转矩走向和定子相电流走向的情况下,由控制单元5为每个晶闸管对6、7决定其是否要点火。为此,特别是对于每个预先计算出的转矩走向,检查该转矩走向是否具有位于预设的转矩窗之外的转矩。此外,对于每个预先计算出的定子相电流走向,检查该定子相电流走向是否具有位于预设的相电流窗之外的定子相电流。如果针对点火情况预先计算出的转矩走向不具有位于转矩窗之外的转矩,并且针对该点火情况预先计算出的定子相电流走向不具有位于相电流窗之外的定子相电流,则将该点火情况定义为允许的。如果没有点火情况是允许的,则不会点火晶闸管对6、7。如果仅一个点火情况是允许的,则根据允许的点火情况来控制晶闸管调节器4。如果两个或三个点火情况是允许的,则在允许的点火情况的情况下选择一个点火情况,例如具有在其点火时间段上平均的最大的转矩的点火情况,并且根据所选择的点火情况来控制晶闸管调节器4。在第三方法步骤S3之后,以第一方法步骤S1继续该方法。

[0025] 尽管已经在细节上通过优选的实施例详细说明和描述了本发明,但是本发明不限于所公开的示例,并且本领域技术人员可以从其中推导出其他的变型方案,而不脱离本发明的保护范围。

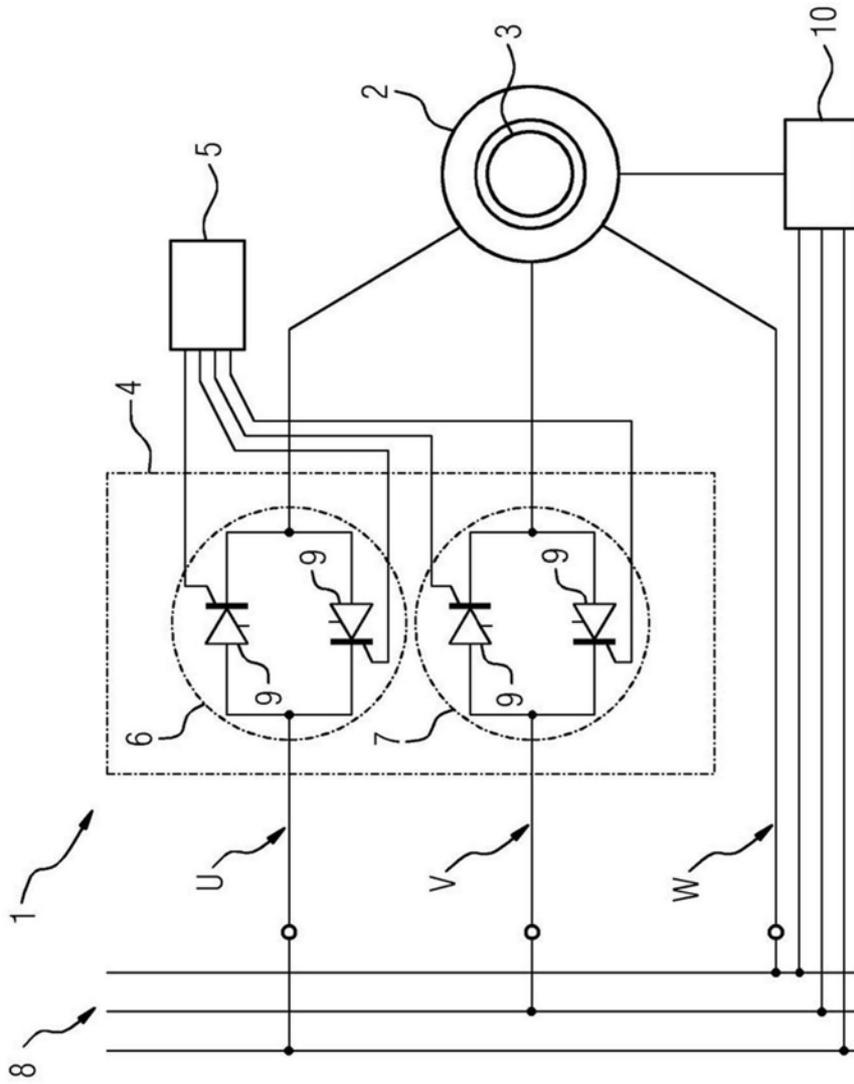


图1

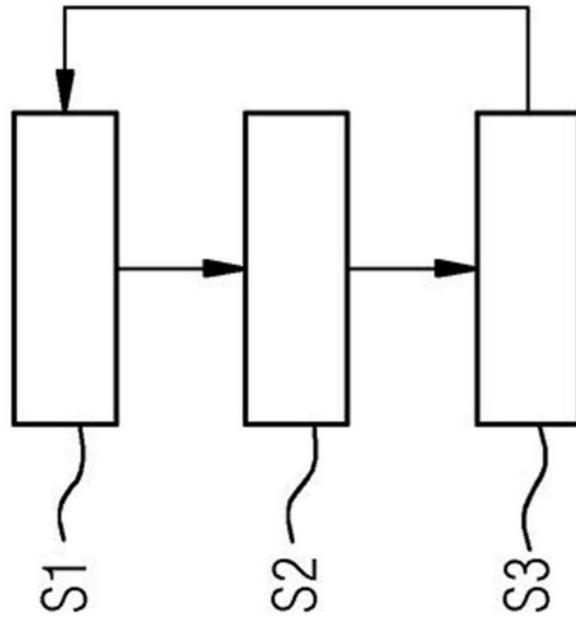


图2