



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105656073 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201410637172. X

(22) 申请日 2014. 11. 13

(71) 申请人 南车株洲电力机车研究所有限公司

地址 412001 湖南省株洲市石峰区时代路  
169 号

(72) 发明人 胡佑群 盛建科 王新泽 余岳  
王强 徐凤星 黄敏 张少云  
王继丽

(74) 专利代理机构 湖南兆弘专利事务所 43008

代理人 赵洪

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006. 01)

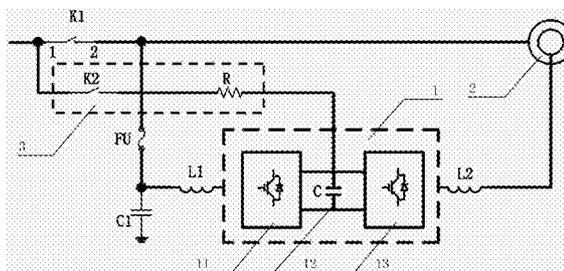
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种风力发电机变流器及其控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种风力发电机变流器及其控制方法,变流器包括:并网接触器、预充电电路、变流器、网侧电抗器和机侧电抗器。预充电电路包括预充电接触器和限流电阻,变流器包括网侧变流器、直流母线和机侧变流器。并网接触器的进线端与电网相连,并网接触器的另一端分成两个接线端,一个接线端与发电机的定子侧相连,另一个接线端通过网侧电抗器与网侧变流器连接。网侧变流器与机侧变流器共用直流母线,机侧变流器通过机侧电抗器与发电机的转子侧相连。预充电电路从电网处取电,通过预充电接触器,再经过限流电阻连接至直流母线。本发明能够通过优化风机整机系统主电路拓扑结构,在不影响风机性能的前提下,减少开关器件,节约设备成本及人力成本。



1. 一种风力发电机变流器,其特征在于,包括:并网接触器(K1)和变流器(1),所述变流器(1)包括网侧变流器(11)和机侧变流器(13);所述网侧变流器(11)与所述并网接触器(K1)相连,所述机侧变流器(13)与发电机(2)相连,所述发电机(2)的定子侧与所述网侧变流器(11)共用所述并网接触器(K1)连接至电网。

2. 根据权利要求1所述的风力发电机变流器,其特征在于,所述风力发电机变流器还包括:预充电电路(3)、网侧电抗器(L1)和机侧电抗器(L2);所述预充电电路(3)包括预充电接触器(K2)和限流电阻(R),所述变流器(1)还包括直流母线(12);所述并网接触器(K1)的进线端与电网相连,所述并网接触器(K1)的另一端分成两个接线端,一个接线端与发电机(2)的定子侧相连,另一个接线端通过所述网侧电抗器(L1)与所述网侧变流器(11)连接;所述网侧变流器(11)与所述机侧变流器(13)共用直流母线(12),所述机侧变流器(13)通过所述机侧电抗器(L2)与所述发电机(2)的转子侧相连;所述预充电电路(3)从电网处取电,通过所述预充电接触器(K2),再经过所述限流电阻(R)连接至所述变流器(1)的直流母线(12)。

3. 根据权利要求2所述的风力发电机变流器,其特征在于:所述风力发电机变流器应用于双馈式风力发电机组。

4. 根据权利要求2或3所述的风力发电机变流器,其特征在于:所述风力发电机变流器还包括网侧熔断器(FU)、直流电容(C)和电容(C1);所述并网接触器(K1)的另一个接线端连接至所述网侧熔断器(FU),所述网侧熔断器(FU)的另一端通过所述网侧电抗器(L1)与所述网侧变流器(11)连接;所述直流电容(C)连接在所述变流器(1)的直流母线(12)上;所述电容(C1)连接在所述网侧熔断器(FU)与网侧电抗器(L1)的连接点与地之间。

5. 一种风力发电机变流器控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

S100:在风力发电机启动前,箱变电网电压输送至并网接触器(K1)的第一接线端,当检测到电网电压正常后,预充电接触器(K2)开启,为变流器(1)的直流母线(12)充电,完成中间电压的建立;

S101:控制发电机(2)旋转在同步转速附近,并启动所述变流器(1)的网侧变流器(11),使所述网侧变流器(11)工作在电压开环方式并对电网电压进行锁相,当所述网侧变流器(11)的输出电压满足并网条件时,闭合所述并网接触器(K1),同时断开所述预充电接触器(K2),所述变流器(1)完成并网过程;

S102:改变所述网侧变流器(11)的控制方式,使所述变流器(1)的直流母线(12)电压随电网电压的变化而变化;

S103:启动所述变流器(1)的机侧变流器(13),使所述机侧变流器(13)按电流闭环方式控制跟踪有功电流指令和无功电流指令,控制所述发电机(2)发出的有功输出和功率因素;

S104:所述变流器(1)接收到正常停机指令后,所述机侧变流器(13)的电流指令降为零并封锁机侧脉冲,随后封锁所述网侧变流器(11)的网侧脉冲,并断开并网接触器(K1),所述变流器(1)停机。

6. 根据权利要求5所述的风力发电机变流器控制方法,其特征在于:所述控制方法应用于双馈式风力发电机组。

7. 根据权利要求5或6所述的风力发电机变流器控制方法,其特征在于,所述控制方

法进一步包括：将所述发电机(2)的定子绕组和所述网侧变流器(11)共用所述并网接触器(K1)并连接至电网，再向所述变流器(1)发出控制指令，控制所述网侧变流器(11)和所述机侧变流器(13)，实现并网发电。

8. 根据权利要求7所述的风力发电机变流器控制方法，其特征在于：在获得所述发电机(2)的转速达到同步转速附近时，启动所述机侧变流器(13)。

9. 根据权利要求5、6、8中任一权利要求所述的风力发电机变流器控制方法，其特征在于：在完成并网过程后，所述变流器(1)的工作模式根据并网状态和发电状态在电压模式和电流模式之间切换或直接采用电流模式。

10. 根据权利要求9所述的风力发电机变流器控制方法，其特征在于：所述控制方法进一步包括：在发电机(2)的定子绕组与电网之间的任意位置接入接触器或断路器。

11. 根据权利要求5、6、8、10中任一权利要求所述的风力发电机变流器控制方法，其特征在于：所述发电机(2)旋转在同步转速附近包括所述发电机(2)旋转在包括同步转速 $n$ 及 $n \pm 10\%n$ 之间的任何旋转速度。

12. 根据权利要求11所述的风力发电机变流器控制方法，其特征在于：所述发电机(2)的转速在同步转速附近是通过采集转速或者所述风力发电机传递转速的方式获得的。

## 一种风力发电机变流器及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电领域,尤其是涉及一种风力发电机变流器的拓扑结构及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 能源是人类社会存在与发展的重要物质基础,随着经济全球化与人口的不断增长,能源需求日益增加,能源短缺问题和能源开发利用所带来的环境问题也越来越受到世界各国的关注。风能是一种无污染的可再生能源,它取之不尽,用之不竭,分布广泛。随着人类对生态环境的要求和能源的需要,对于风能的开发日益受到重视。目前,全世界风力发电机组的总装机容量逐年递增,技术方向也朝着大容量及高转换效率方向发展。随着技术发展的不断前行,各个风机厂家及变流器厂家都在努力提高设备的性能以满足风机的要求。

[0003] 目前,我国风力发电机组主要采用全功率变流器和双馈变流器,机组的容量多在 1.5MW 至 2.5MW 之间,且采用变桨距控制方式为主流。从双馈风力发电机的主电路拓扑来看,大都采用直流预充电,再通过接触器将网侧变流器并网,并网后稳定母线电压,再启动发电机侧变流器,直至达到并网条件后,再通过定子接触器并网,完成风机并网发电。

[0004] 在现有技术中,与本发明的较为相近的方案为浙江海得新能源有限公司于 2012 年 12 月 04 日申请,并于 2014 年 06 月 11 日公开,公开号为 CN103855725A 的中国发明专利申请《一种变流器拓扑及控制方法》。该发明申请公开了一种变流器拓扑及控制方法,如附图 1 所示,变流器拓扑包括机侧模块、转子侧模块,电网侧通过断路器、并网接触器与电机相连。同时,电网侧通过软启接触器、电阻、电感、网侧模块、转子侧模块与电机相连。拓扑还包括熔断器,熔断器与断路器软启动接触器、电阻相并联。该发明申请的变流器拓扑将软启电路位置移动到断路器之前,省去主接触器,不仅仅带来了减少器件成本的好处,而且主接触器作为较大器件,省去主接触器对柜体内部的布局和走线带了很大的便利,使变流器整体散热更优、现场电缆的安装和维护更方便。但是,该发明申请技术方案的电路拓扑结构采用电网侧通过开关并网,发电机定子侧通过开关并网。在进行柜体设计时,需同时考虑各个开关器件的布局及选型,增加了设计人员的工作。同时,由于使用大容量接触器和断路器,使得整个变流器的设计成本也有所增加。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种风力发电机变流器及其控制方法,能够实现通过优化风机整机系统主电路拓扑结构,在不影响风机性能的前提下,最大限度地减少开关器件,节约设备成本及人力成本。

[0006] 为了实现上述发明目的,本发明具体提供了一种风力发电机变流器的技术实现方案,风力发电机变流器,包括:并网接触器和变流器,所述变流器包括网侧变流器和机侧变流器。所述网侧变流器与所述并网接触器相连,所述机侧变流器与发电机相连,所述发电机的定子侧与所述网侧变流器共用所述并网接触器连接至电网。

[0007] 优选的,所述风力发电机变流器还包括:预充电电路、网侧电抗器和机侧电抗器。所述预充电电路包括预充电接触器和限流电阻,所述变流器还包括直流母线。所述并网接触器的进线端与电网相连,所述并网接触器的另一端分成两个接线端,一个接线端与发电机的定子侧相连,另一个接线端通过所述网侧电抗器与所述网侧变流器连接。所述网侧变流器与所述机侧变流器共用直流母线,所述机侧变流器通过所述机侧电抗器与所述发电机的转子侧相连;所述预充电电路从电网处取电,通过所述预充电接触器,再经过所述限流电阻连接至所述变流器的直流母线。

[0008] 优选的,所述风力发电机变流器应用于双馈式风力发电机组。

[0009] 优选的,所述风力发电机变流器还包括网侧熔断器、直流电容和电容。所述并网接触器的另一个接线端连接至所述网侧熔断器,所述网侧熔断器的另一端通过所述网侧电抗器与所述网侧变流器连接。所述直流电容连接在所述变流器的直流母线上。所述电容连接在所述网侧熔断器与网侧电抗器的连接点与地之间。

[0010] 本发明还另外具体提供了一种对上述风力发电机变流器进行控制的方法的技术实现方案,一种风力发电机变流器控制方法,包括以下步骤:

S100:在风力发电机启动前,箱变电网电压输送至并网接触器的第一接线端,当检测到电网电压正常后,预充电接触器开启,为变流器的直流母线充电,完成中间电压的建立;

S101:控制发电机旋转在同步转速附近,并启动所述变流器的网侧变流器,使所述网侧变流器工作在电压开环方式并对电网电压进行锁相,当所述网侧变流器的输出电压满足并网条件时,闭合所述并网接触器,同时断开所述预充电接触器,所述变流器完成并网过程;

S102:改变所述网侧变流器的控制方式,使所述变流器的直流母线电压随电网电压的变化而变化;

S103:启动所述变流器的机侧变流器,使所述机侧变流器按电流闭环方式控制跟踪有功电流指令和无功电流指令,所述变流器进入发电状态,控制所述发电机发出的有功输出和功率因素;

S104:所述变流器接收到正常停机指令后,所述机侧变流器的电流指令降为零并封锁机侧脉冲,随后封锁所述网侧变流器的网侧脉冲,并断开并网接触器,所述变流器停机。

[0011] 优选的,所述控制方法应用于双馈式风力发电机组。

[0012] 优选的,所述控制方法进一步包括:将所述发电机的定子绕组和所述网侧变流器共用所述并网接触器并连接至电网,再向所述变流器发出控制指令,控制所述网侧变流器和所述机侧变流器,实现并网发电。

[0013] 优选的,在获得所述发电机的转速达到同步转速附近时,启动所述机侧变流器。

[0014] 优选的,在完成并网后,所述变流器的工作模式根据并网状态和发电状态在电压模式和电流模式之间切换或直接采用电流模式。

[0015] 优选的,所述控制方法进一步包括:在发电机的定子绕组与电网之间的任意位置接入接触器或断路器。

[0016] 优选的,所述发电机旋转在同步转速附近包括所述发电机旋转在包括同步转速  $n$  及  $n \pm 10\%n$  之间的任何旋转速度。

[0017] 优选的,所述发电机的转速在同步转速附近是通过采集转速或者所述风力发电机传递转速的方式获得的。

[0018] 通过实施上述本发明提供的风力发电机变流器及其控制方法,具有如下有益效果:

(1) 本发明风力发电机变流器及其控制方法利用风力发电机自身的设备,通过将网侧变流器与发电机定子相连,由发电机定子通过并网接触器与电网相连,转子侧与机侧变流模块三相输出相连,通过优化风力发电机变流器主电路拓扑结构,实现不影响风机性能的前提下,减少了开关器件的数量,节约了设备及人力成本;

(2) 本发明风力发电机变流器及其控制方法在现有变流器主电路中省去了一个主接触器,有效地降低了成本,如果对风电场业主的箱变断路器进行控制,将在变流器柜内再省去一个断路器,从而进一步降低器件和设计的成本。

## 附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的实施例。

[0020] 图 1 是现有技术风力发电机变流器的拓扑结构示意图;

图 2 是本发明风力发电机变流器一种具体实施方式的拓扑结构示意图;

图 3 是本发明风力发电机变流器另一种具体实施方式的拓扑结构示意图;

图中:1-变流器,2-发电机,11-网侧变流器,12-直流母线,13-机侧变流器,3-预充电电路,4-主控系统。

## 具体实施方式

[0021] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述。显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0022] 如附图 2 和 3 所示,给出了本发明风力发电机变流器及其控制方法的具体实施例,下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明。

[0023] 实施例 1:

如附图 2 所示,一种风力发电机变流器的具体实施例,包括:并网接触器 K1 和变流器 1,变流器 1 包括网侧变流器 11 和机侧变流器 13。网侧变流器 11 与并网接触器 K1 相连,机侧变流器 13 与发电机 2 相连,发电机 2 的定子侧(定子绕组)与网侧变流器 11 共用并网接触器 K1 连接至电网。风力发电机变流器还包括:预充电电路 3、网侧电抗器 L1 和机侧电抗器 L2。预充电电路 3 包括预充电接触器 K2 和限流电阻 R,变流器 1 还包括直流母线 12。并网接触器 K1 的进线端与电网相连,并网接触器 K1 的另一端分成两个接线端,一个接线端与发电机 2 的定子侧(定子绕组)相连,另一个接线端通过网侧电抗器 L1 与网侧变流器 11 连接。网侧变流器 11 与机侧变流器 13 共用直流母线 12,机侧变流器 13 通过机侧电抗器 L2 与发电机 2 的转子侧相连。预充电电路 3 从电网处取电,通过预充电接触器 K2,再经过限流

电阻 R 连接至变流器 1 的直流母线 12。本发明具体实施例中的并网接触器 K1 也可以采用断路器来完成。本发明具体实施例提出了一种与目前风电变流器系统主电路不同的拓扑结构,包括网侧变流器 11、机侧变流器 13,网侧和机侧共用一个开关器件(即并网接触器 K1),实现了变流器 1 在共用并网接触器 K1 的情况下实现并网发电。作为本发明一种典型的实施例,风力发电机变流器进一步应用于双馈式风力发电机组。

[0024] 风力发电机变流器还进一步包括网侧熔断器 FU、直流电容 C 和电容 C1,网侧和机侧共用一个网侧熔断器 FU。并网接触器 K1 的另一个接线端连接至网侧熔断器 FU,网侧熔断器 FU 的另一端通过网侧电抗器 L1 与网侧变流器 11 连接。直流电容 C 连接在变流器 1 的直流母线 12 上。电容 C1 连接在网侧熔断器 FU 与网侧电抗器 L1 的连接点与地之间。

[0025] 在上述具体实施例中,发电机 2 的定子侧绕组和网侧变流器 11 共用并网接触器 K1 连接至电网。在发电机 2 的定子侧与电网之间的任何位置采用接触器或断路器的方式也在本发明请求保护范围内。

[0026] 实施例 2:

作为本发明的另一种具体实施例,如附图 3 所示,风力发电机变流器进一步包括主控系统 4,主控系统 4 与变流器 1、发电机 2、并网接触器 K1、预充电接触器 K2 分别相连。在风力发电机启动前,箱变电网电压输送至并网接触器 K1 的第一接线端,当检测到电网电压正常后,预充电接触器 K2 开启,为变流器 1 的直流母线 12 充电,完成中间电压的建立。风力发电机的主控系统 4 控制发电机 2 旋转在同步转速附近,并启动变流器 1 的网侧变流器 11,使网侧变流器 11 工作在电压开环方式并对电网电压进行锁相,当网侧变流器 11 的输出电压满足并网条件时,闭合所述网接触器 K1,同时断开预充电接触器 K2,变流器 1 进入并网状态。主控系统 4 改变网侧变流器 11 的控制方式,使变流器 1 的直流母线 12 电压随电网电压的变化而变化。主控系统 4 启动变流器 1 的机侧变流器 13,使机侧变流器 13 按电流环方式控制跟踪有功电流指令和无功电流指令,变流器 1 进入发电状态,控制发电机 2 发出的有功输出和功率因素。变流器 1 接到主控系统 4 发出的正常停机指令后,机侧变流器 13 的电流指令降为零并封锁机侧脉冲,随后封锁网侧变流器 11 的网侧脉冲,并断开并网接触器 K1,变流器 1 停机。变流器 1 发生故障停机时,封锁网侧和机侧的变流器脉冲,断开并网接触器 K1,变流器 1 停机并报故障。

[0027] 实施例 3:

一种风力发电机变流器控制方法的具体实施例,包括以下步骤:

S100:在风力发电机启动前,箱变电网电压输送至并网接触器 K1 的第一接线端,当检测到电网电压正常后,预充电接触器 K2 开启,为变流器 1 的直流母线 12 充电,完成中间电压的建立;

S101:风力发电机的主控系统 4 控制发电机 2 旋转在同步转速附近,并启动变流器 1 的网侧变流器 11,使网侧变流器 11 工作在电压开环方式并对电网电压进行锁相;电压开环方式是通过直接给定值控制网侧变流器 11 逆变输出电压的幅值、频率满足电网并网的要求;当网侧变流器 11 的输出电压满足并网条件时,闭合所述网接触器 K1,同时断开预充电接触器 K2,变流器 1 完成并网过程;作为本发明一种典型的实施例,在完成并网后,变流器 1 的工作模式根据并网状态和发电状态在电压模式和电流模式之间切换或直接采用电流模式;电压模式是网侧变流器 11 为完成并网采用的模式,变流器 1 并网时,需使变流器 1 输出

的电压幅值、频率、相位与电网一致；电流模式是变流器 1 并网后通过控制变流器 1 的指令电流，使变流器 1 向电网输出电流；

S102：主控系统 4 改变网侧变流器 11 的控制方式，使变流器 1 的直流母线 12 电压随电网电压的变化而变化；

S103：主控系统 4 启动变流器 1 的机侧变流器 13，使机侧变流器 13 按电流闭环方式控制跟踪有功电流指令和无功电流指令，变流器 1 进入发电状态，控制发电机 2 发出的有功输出和功率因素；电流闭环方式是指通过机侧变流器 13 输出的电流值作为反馈给主控系统 4，使得变流器 1 的输出电流满足给定值要求；

S104：变流器 1 接收到主控系统 4 发出的正常停机指令后，机侧变流器 13 的电流指令降为零并封锁机侧脉冲，随后封锁网侧变流器 11 的网侧脉冲，并断开并网接触器 K1，变流器 1 停机。

[0028] 当变流器 1 发生故障停机时，由主控系统 4 控制，封锁网侧和机侧的变流器脉冲，断开并网接触器 K1，变流器 1 停机并报故障。

[0029] 作为本发明一种典型的具体实施例，上述控制方法进一步应用于双馈式风力发电机组。上述控制方法进一步包括：将发电机 2 的定子绕组和网侧变流器 11 共用并网接触器 K1 并连接至电网，再通过风力发电机组的主控系统 4 向变流器 1 发出控制指令，控制网侧变流器 11 和机侧变流器 13，实现并网发电。主控系统 4 在获得发电机 2 的转速达到同步转速附近时，启动机侧变流器 13。发电机 2 旋转在同步转速附近包括发电机 2 旋转在包括同步转速  $n$  及  $n \pm 10\%n$  之间的任何旋转速度。发电机 2 的转速在同步转速附近是通过风力发电机的主控系统 4 采集转速或者风力发电机传递转速的方式获得的。

[0030] 通过实施本发明具体实施例描述的风力发电机变流器及其控制方法，能够达到以下技术效果：

(1) 本发明具体实施例描述的风力发电机变流器及其控制方法利用风力发电机自身的设备，通过将网侧变流器与发电机定子相连，由发电机定子通过并网接触器与电网相连，转子侧与机侧变流模块三相输出相连，通过优化风力发电机变流器主电路拓扑结构，实现不影响风机性能的前提下，减少了开关器件的数量，节约了设备及人力成本；

(2) 本发明具体实施例描述的风力发电机变流器及其控制方法在现有变流器主电路中省去了一个主接触器，有效地降低了成本，如果对风电场业主的箱变断路器进行控制，将在变流器柜内再省去一个断路器，从而进一步降低器件和设计的成本。

[0031] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0032] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭示如上，然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明的精神实质和技术方案的情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同替换、等效变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

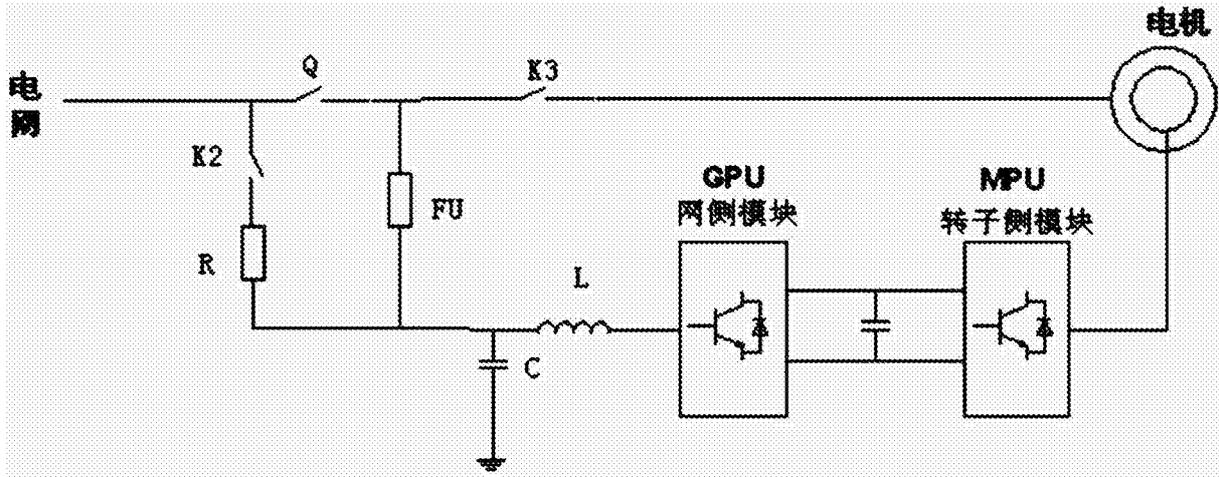


图 1

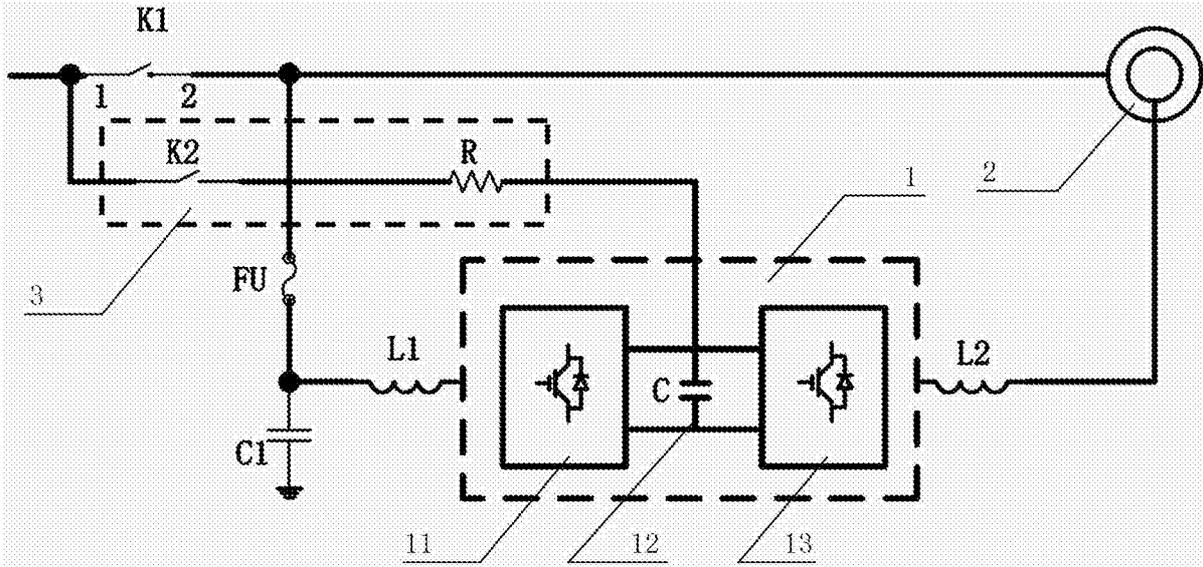


图 2

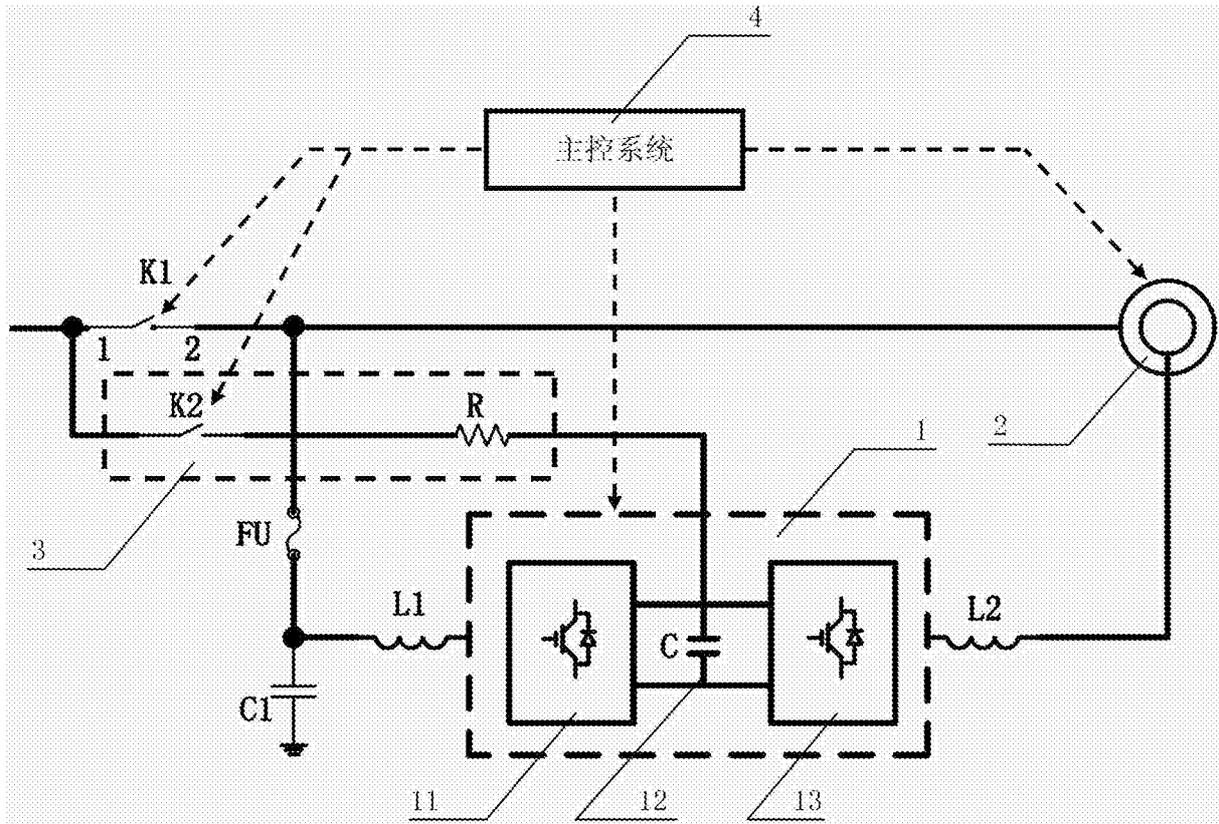


图 3