



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110971129 A

(43)申请公布日 2020.04.07

(21)申请号 201911365542.8

(22)申请日 2019.12.26

(71)申请人 深圳市禾望电气股份有限公司

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽镇
官龙村第二工业区5号厂房1-3层

(72)发明人 周党生 王武华 王琰 吕一航

(74)专利代理机构 广东广和律师事务所 44298

代理人 王峰

(51)Int.Cl.

H02M 5/458(2006.01)

H02M 5/10(2006.01)

H02M 7/219(2006.01)

H02M 7/483(2007.01)

H02M 7/5387(2007.01)

H02J 3/38(2006.01)

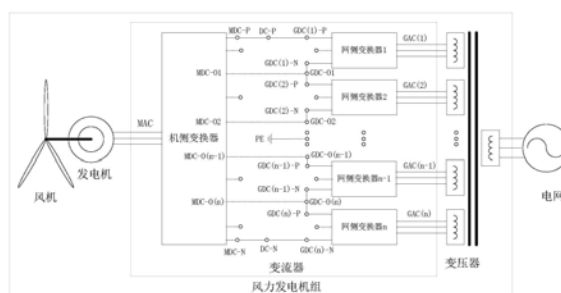
权利要求书1页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种发电变流器及风力发电机组

(57)摘要

本发明公开了一种发电机组用变流器及风力发电机组,变流器包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电机,各网侧变换器的三相交流端分别连接至相互隔离的三相交流电源;各网侧变换器的正、负直流端相互级联后形成网侧变换器组的总的正、负直流端,并分别连接至机侧变换器的正、负直流端,机侧变换器和各网侧变换器均为全控型变换器,机侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配;该变流器及风力发电机组可在变流器网侧电压相对较低的基础上显著提升发电机侧的电压等级,从而降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级,降低风电机组的系统成本,并提升系统效率。



1. 一种发电机组用变流器,其特征在于:包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,所述机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电机,各所述网侧变换器的三相交流端分别连接至相互隔离的三相交流电源;各所述网侧变换器的正、负直流端相互级联后形成网侧变换器组的总正、负直流端,所述网侧变换器组的总正、负直流端分别连接至所述机侧变换器的正、负直流端,所述机侧变换器和各所述网侧变换器均为全控型变换器,所述机侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配,各所述网侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配。

2. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,所述全控型变换器为基于全控型功率半导体器件并支持有功功率的双向流动和无功功率的调节的功率变换器。

3. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,所述机侧变换器还包括一个或多个电位介于正、负直流端电位之间的中间直流端,该中间直流端连接至电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端电位之间的对应电位的各中间直流端。

4. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端的电位之间的一个中间直流端接地。

5. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,所述各网侧变换器采用两电平三相全控桥或三电平三相全控桥。

6. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,所述机侧变换器采用三电平三相全控桥、五电平三相全控桥或模块化多电平全控桥。

7. 如权利要求1所述的发电机组用变流器,其特征在于,所述各网侧变换器采用两电平三相全控桥,所述机侧变换器采用三电平三相全控桥。

8. 一种风力发电机组,包括依次连接的风机、发电机、变流器和变压器,其特征在于:所述变压器为多绕组变压器,包括至少两套相互隔离的副边三相绕组;所述变流器包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,所述网侧变换器的数量与所述多绕组变压器的副边三相绕组的套数相匹配,所述机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电机,各所述网侧变换器的三相交流端分别连接至所述多绕组变压器的对应副边三相绕组;各所述网侧变换器的正、负直流端相互级联后形成网侧变换器组的总正、负直流端,所述网侧变换器组的总正、负直流端分别连接至所述机侧变换器的正、负直流端,所述机侧变换器和各所述网侧变换器均为全控型变换器,所述机侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配,各所述网侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配。

9. 如权利要求8所述的风力发电机组,其特征在于,所述变流器的机侧变换器还包括一个或多个电位介于正、负直流端电位之间的中间直流端,该中间直流端连接至电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端电位之间的对应电位的各中间直流端。

10. 如权利要求8所述的风力发电机组,其特征在于,电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端的电位之间的一个中间直流端接地。

11. 如权利要求8所述的风力发电机组,其特征在于,所述变压器的各套副边绕组的输出电压之间部分存在相位差。

12. 如权利要求8所述的风力发电机组,其特征在于,所述变压器的各套副边绕组的连接方式采用三角形接法,或星形接法,或部分绕组采用三角形接法其他绕组采用星形接法。

一种发电变流器及风力发电机组

技术领域

[0001] 本发明涉及发电领域,尤其涉及一种到风力发电领域的变流器及风力发电机组。

背景技术

[0002] 如图1所示,典型的全功率风力发电机组包括依次连接的风机11、发电机12、变流器13和变压器14。其中,变流器13包括机侧变换器15和网侧变换器16,机侧变换器15的交流端连接发电机12,网侧变换器16的交流端连接变压器14。如图2所示,在风力发电机组中,通常变压器安装于地面平台或塔筒内部的塔基平台,变流器安装于塔筒内部的塔基平台,而发电机则随风机主轴安装于可以偏转的机舱中。这样变流器和发电机之间的距离接近上百米甚至更大。在兆瓦级风力发电机组中,目前普遍采用690V电压等级的发电机和变流器,690V电压等级的变流器一般具备较好的经济性。

[0003] 传统变流器13包含的网侧变换器和机侧变换器,均使用传统两电平的拓扑方案。传统全功率风电变流器的网侧交流端和机侧交流端的额定电压均为690VAC。

[0004] 但是随着风力发电的不断发展,风力发电机组的单机容量呈现不断提高的趋势,目前陆上风力发电机组的单机容量已达到3到5MW,海上风力发电机组的单机容量已达到6到12MW。在大容量的风力发电机组,如果继续采用690V电压等级的发电机和变流器,则发电机12、变流器13上的电流及发电机12与变流器13之间的功率电缆上的电流都会显著上升,这种大电流会造成风力发电机组的扭缆困难与可靠性下降,阻碍机组内部电能转换效率的提升,且大电流功率电缆和大电流配电开关的成本高昂,造成工程设计困难和制造成本急剧上升等问题。因而,提升风力发电机组的内部电压等级成为一种可能的选择,业界现已出现了1140V/3300V的中压变流器、发电机及对应变压器的技术方案。不过,提升电网侧电压会受到相关电气设备标准和电网管理规范的制约,这影响了这类技术方案的推广。专利CN201120077035.7提出采用基于单相H桥级联的三个单相功率单元链的形式提升发电机电压,并将变压器副边电压维持为低电压等级,如图3所示,该方案可降低发电机及其连接功率电缆上的电流,但其功率单元中的直流母线上存在单相功率脉动,影响电压利用率、电能质量和控制性能;另外功率单元的数量以及与变压器之间的连接电缆的数量偏多,系统较为复杂。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是,提供一种采用多绕组变压器和组合式变流器的风力发电机组,克服大容量风力发电机现有技术中存在的机组设计困难、成本高昂和电能转换效率不足的缺陷,以及克服相关专利技术方案中的单相功率脉动、连接电缆数量偏多等缺陷。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0007] 提出一种变流器及采用该变流器的风力发电机组,变流器包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,所述机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电

机,各所述网侧变换器的三相交流端分别连接至相互隔离的三相交流电源;各所述网侧变换器的正、负直流端相互级联后形成网侧变换器组的总正、负直流端,所述网侧变换器组的总正、负直流端分别连接至所述机侧变换器的正、负直流端,所述机侧变换器和各所述网侧变换器均为全控型变换器,所述机侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配,各所述网侧变换器的三相交流端的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配。所述全控型变换器为基于全控型功率半导体器件的功率变换器,支持有功功率的双向流动和无功功率的调节,适用于新能源发电等应用场合。

[0008] 优选地,所述机侧变换器还包括一个或多个电位介于正、负直流端电位之间的中间直流端,该中间直流端连接至电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端电位之间的对应电位的各中间直流端。

[0009] 优选地,电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端的电位之间的一个中间直流端接地。

[0010] 优选地,所述网侧变换器采用两电平三相全控桥或三电平三相全控桥。

[0011] 优选地,所述机侧变换器采用三电平三相全控桥、五电平三相全控桥或模块化多电平全控桥。

[0012] 优选地,所述网侧变换器采用两电平三相全控桥,所述机侧变换器采用三电平三相全控桥。

[0013] 基于所提出的一种变流器,提出一种风力发电机组,包括依次连接的风机、发电机、变流器和变压器,其特征在于:所述变压器为多绕组变压器,包括至少两套相互隔离的副边三相绕组;所述变流器包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,所述网侧变换器的数量与所述多绕组变压器的副边三相绕组的套数相匹配,所述机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电机,各所述网侧变换器的三相交流端分别连接至所述多绕组变压器的对应副边三相绕组;各所述网侧变换器的正、负直流端相互级联后形成网侧变换器组的总正、负直流端,所述网侧变换器组的总正、负直流端分别连接至所述机侧变换器的正、负直流端,所述机侧变换器和各所述网侧变换器均为全控型变换器,所述机侧变换器的三相交流端之间的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配,各所述网侧变换器的三相交流端之间的线电压与其正、负直流端之间的直流电压相匹配。

[0014] 优选地,风力发电机组所使用的变流器的机侧变换器还包括一个或多个电位介于正、负直流端电位之间的中间直流端,该中间直流端连接至电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端电位之间的对应电位的各中间直流端。

[0015] 优选地,风力发电机组所使用的变流器的电位介于所述网侧变换器组的总正、负直流端的电位之间的一个中间直流端接地。

[0016] 优选地,风力发电机组所使用的变压器的各套副边绕组的输出电压之间部分存在相位差。

[0017] 优选地,风力发电机组所使用的变压器的各套副边绕组的连接方式采用三角形接法,或星形接法,或部分绕组采用三角形接法,其他绕组采用星形接法。

[0018] 实施本发明的风力发电机组,与现有技术比较,其有益效果是:

[0019] 1、通过多电平的机侧变换器可显著提升发电机侧的电压等级,比如1000V以上,从而降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级,降低风电机组的设计困难和系统成本,

并提升系统效率。

[0020] 2、通过交流侧隔离和直流侧级联的多个网侧变换器,既可满足多电平机侧变换器对直流端电压的要求,又可将网侧电压维持在相对较低的电压等级,比如仍维持在690V,从而不对原有涉网设计和管理规范形成大的冲击。

[0021] 3、系统结构简单,实施方便。

附图说明

[0022] 图1是现有风力发电机组的基本组成示意图。

[0023] 图2是现有风力发电机组的基本结构布局示意图。

[0024] 图3是现有技术提出的风力发电机组组成示意图。

[0025] 图4是本发明的变流器的总体实施方案示意图。

[0026] 图5是本发明的风力发电机组的总体实施方案示意图。

[0027] 图6是本发明实施例一的变流器的一种实施方式的结构连接图。

[0028] 图7是本发明实施例二的变流器的一种实施方式的结构图连接图。

[0029] 图8是本发明实施例三的变流器和风力发电机组的一种实施方式的结构连接图。

[0030] 图9是本发明实施例四的变流器和风力发电机组的一种实施方式的结构连接图。

[0031] 图10是本发明实施例四的变流器的机侧变换器的3种典型电路的结构图。

具体实施方式

[0032] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合总体实施方案、实施例及附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的总体实施方案和具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0033] 以下结合总体实施方案对本发明的实现进行详细描述。

[0034] 总体实施方案

[0035] 如图4实线图所示,本实施例中,提供了一种发电机组用变流器(简称变流器),包括1个机侧变换器和由 n (n 为自然数,且 $n>1$)个网侧变换器构成的网侧变换器组。机侧变换器包括三相交流端MAC、正直流端MDC-P和负直流端MDC-N。机侧变换器的正直流端MDC-P的电位高于机侧变换器的负直流端MDC-N的电位。 n 个网侧变换器可分别命名为网侧变换器1、网侧变换器2、网侧变换器3、...、网侧变换器 n ,并分别与外部相互隔离的交流电源的三相交流端相连。网侧变换器 j 包含至少一个三相交流端GAC(j)、正直流端GDC(j)-P和负直流端GDC(j)-N。网侧变换器 j 的正直流端GDC(j)-P的电位高于其负直流端GDC(j)-N的电压。

[0036] n 个网侧变换器的正、负直流端相互级联连接,即网侧变换器1的负直流端GDC(1)-N与网侧变换器2的正直流端GDC(2)-P连接,网侧变换器2的负直流端GDC(2)-N与网侧变换器3的正直流端GDC(3)-P连接, ..., 直至网侧变换器($n-2$)的负直流端GDC($n-2$)-N与变换器($n-1$)的正直流端GDC($n-1$)-P连接,网侧变换器($n-1$)的负直流端GDC($n-1$)-N与网侧变换器 n 的正直流端GDC(n)-P连接。这样,经过上述级联连接后,网侧变换器1的正直流端GDC(1)-P形成了网侧变换器组的总的正直流端DC-P,网侧变换器 n 的负直流端GDC(n)-N形成了网侧变换器组的总的负直流端DC-N。

[0037] 机侧变换器的正直流端MDC-P与网侧变换器组的总的正直流端DC-P相连,机侧变

换器的直流端MDC-N与网侧变换器组的总的负直流端DC-N相连。

[0038] 变流器中所有n个网侧变换器和机侧变换器均为全控型变换器,全控型变换器为基于全控型功率半导体器件的功率变换器,支持有功功率的双向流动和无功功率的调节,适用于新能源发电等应用场合。

[0039] 优选地,如图4虚线所示,变流器还包含m个机侧变换器与网侧变换器组相连的、且电位介于DC-P电位和DC-N电位的中间直流端,相互连接的位于机侧变换器的中间直流端(机侧中间直流端)命名为:MDC-01,MDC-02,⋯,MDC-0(m-2),MDC-0(m-1),MDC-0(m),且电位满足:DC-P电位>MDC-01电位>MDC-02电位>⋯>MDC-0(m-2)电位>MDC-0(m-1)电位>MDC-0(m)电位>DC-N电位;相互连接的位于网侧变换器组的中间直流端(网侧中间直流端)命名为:GDC-01,GDC-02,⋯,GDC-0(m-2),GDC-0(m-1),GDC-0(m),且电位满足:DC-P电位>GDC-01电位>GDC-02电位>⋯>GDC-0(m-2)电位>GDC-0(m-1)电位>GDC-0(m)电位>DC-N电位。需要说明的是,机侧变换器和网侧变换器组的所有电位介于DC-P电位和DC-N电位的中间直流端均存在数量大于m的可能性,亦存在机侧变换器的中间直流端数量和网侧变换器组的中间直流端数量不相等的可能性,根据实际需求选择其中m个机侧中间直流端与电位相等的m个网侧中间直流端对应连接,其余的机侧中间直流端与网侧中间直流端不相连。

[0040] 优选地,变流器的网侧变换器组有一个电位介于DC-P电位和DC-N电位之间的网侧中间直流端接地,接地有降低系统对地电压的作用。

[0041] 优选地,变流器中的各网侧变换器可采用两电平三相全控桥或三电平三相全控桥。

[0042] 优选地,变流器中的各机侧变换器可采用三电平三相全控桥、五电平三相全控桥或模块化多电平全控桥等电平数量高于网侧变换器的方案。需要说明的是模块化多电平变换器(简称为MMC)是一种区别于背景专利所提出的H桥级联变换器(简称为HBC)的方案。H桥级联只能应用在交流侧,且其对应功率单元的网侧变换器的直流侧必须相互隔离,无法采用本发明所提的直流侧级联方式。

[0043] 如图5所示,将本发明的发电机组用变流器应用于风力发电机组,风力发电机组包括依次连接的风机、发电机、本发明的变流器和变压器,变压器为多绕组变压器,包括至少两套相互隔离的副边三相绕组;变流器包括机侧变换器和至少两个网侧变换器组成的网侧变换器组,网侧变换器的数量与多绕组变压器的副边三相绕组的套数相匹配,机侧变换器的三相交流端连接至配套的发电机,各网侧变换器的三相交流端分别连接至多绕组变压器的对应副边三相绕组。

[0044] 优选地,风力发电机组所使用的变流器的机侧变换器还包括一个或多个电位介于正、负直流端电位之间的中间直流端,该中间直流端连接至各所述网侧变换器正、负直流端相互级联后的对应电位的中间直流端。

[0045] 优选地,风力发电机组使用的变流器的各网侧变换器正、负直流端相互级联后的处于中间电位的一个中间直流端接地,接地有降低系统接地电压的作用。

[0046] 优选地,变压器的各套副边绕组的输出电压之间存在相位差,例如一半数量的副边绕组使用三角形连接,一半数量的副边绕组使用星形连接,这样有利于降低变压器原边绕组的电流谐波;再例如变压器有n个副边绕组,每套副边绕组之间的相位移相角度为 $120^\circ/n$,则可以进一步降低变压器原边绕组的电流谐波。

[0047] 优选地,变流器的各套副边绕组的连接方式在三角形连接和星形连接中选取,可以全部采用三角形接法,也可以全部采用星形接法,亦可以部分采用三角形接法,其它绕组采用星形接法,采用星形接法和三角形接法的绕组有利于降低变压器的总体成本。

[0048] 以下结合具体实施案例对本发明的实现进行详细描述。

[0049] 实施案例一

[0050] 如图6所示,本实施例中,提供了一种发电机组用变流器,其包括机侧变换器、网侧变换器1和网侧变换器2其中,机侧变换器为三相中点箝位型三电平(NPC)全控桥,网侧变换器1和网侧变换器2均为两电平三相全控桥。

[0051] 网侧变换器j有一组三相交流端GAC(j)、一个正直流端GDC(j)-P、一个负直流端GDC(j)-N(j为网侧变换器序号);机侧变换器有一组三相交流端MAC、一个正直流端MDC-P、一个负直流端MDC-N。

[0052] 网侧变换器1的三相交流端GAC(1)和网侧变换器2的三相交流端GAC(2)分别连接至两组相互隔离的三相电源。

[0053] 将网侧变换器1的负直流端GDC(1)-N与网侧变换器2的正直流端GDC(2)-P相连,经过上述级联连接后,网侧变换器1的正直流端GDC(1)-P形成了网侧变换器组的总的正直流端DC-P,网侧变换器2的负直流端GDC(2)-N形成了网侧变换器组的总的负直流端DC-N。机侧变换器的正直流端MDC-P与网侧变换器组的总的正直流端DC-P相连,机侧变换器的负直流端MDC-N与网侧变换器组的总的负直流端DC-N相连。

[0054] 作为实施例,网侧变换器的基本设计参数如下:

[0055] 网侧变换器半导体开关:耐压值 $U_{Gigbt-block}=1700V$ 的IGBT器件;

[0056] 网侧变换器二极管:耐压值 $U_{Gdiode-block}=1700V$ 的diode器件;

[0057] 网侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{GAC}=690VAC$;

[0058] 网侧变换器的正直流端与负直流端电压差: $U_{GDC}=1100VDC$;

[0059] 作为实施例,机侧变换器的基本设计参数如下:

[0060] 机侧变换器半导体开关:耐压值 $U_{Migbt-block}=1700V$ 的IGBT器件;

[0061] 机侧变换器二极管:耐压值 $U_{Mdiode-block}=1700V$ 的diode器件;

[0062] 机侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{MAC}=1380VAC$;

[0063] 机侧变换器的正直流端与负直流端电压差: $U_{MDC}=2200VDC$;

[0064] 基本设计参数的校验:

[0065] 网侧变换器使用三相两电平全控桥变换器方案,要求其直流电压小于功率半导体器件耐压,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{GDC}=1100V$ 显著小于 $U_{Gigbt-block}=U_{Gdiode-block}=1700V$,故满足设计要求;同时网侧变换器的直流电压还需大于网侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{GDC}=1100V$ 显著高于 $U_{GAC} * \sqrt{2} = 690V * \sqrt{2} = 976V$,故满足设计要求。

[0066] 机侧变换器使用三相中点箝位型三电平全控桥变换器(NPC)方案,要求其直流电压小于功率半导体器件耐压的2倍,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{MDC}=2200V$ 显著小于 $2U_{Migbt-block}=2U_{Mdiode-block}=3400V$,故满足设计要求;同时机侧变换器的直流电压还需大于机侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 U_{MDC}

$=2200\text{V}$ 显著高于 $U_{MAC} * \sqrt{2} = 1380\text{V} * \sqrt{2} = 1951\text{V}$, 故满足设计要求。

[0067] 在该实施例里, 使用1700V耐压半导体IGBT和diode器件, 可以在外部交流电源线电压690VAC条件下将变流器的机侧变换器的交流电压提升到外部交流电源线电压的两倍1380VAC。从而起到显著降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级, 降低机组的设计困难和系统成本, 并提升系统效率, 满足多电平机侧变换器对直流端电压的要求, 同时将网侧电压维持在相对较低的电压等级, 不对原有涉网设计和管理规范形成大的冲击, 使用这种变流器构成的机组具有结构简单, 实施方便等诸多优势。

[0068] 实施案例二

[0069] 如图7所示, 本实施例中, 提供了一种发电机组用变流器, 其包括机侧变换器、网侧变换器1和网侧变换器2, 其中网侧变换器1和网侧变换器2均为三相中点箝位型三电平(NPC)全控桥, 机侧变换器为三相五电平全控桥。

[0070] 网侧变换器j有一组三相交流端GAC(j)、一个正直流端GDC(j)-P、一个负直流端GDC(j)-N(j为网侧变换器序号); 机侧变换器有一组三相交流端MAC、一个正直流端MDC-P、一个负直流端MDC-N。

[0071] 网侧变换器1的三相交流端GAC(1)和网侧变换器2的三相交流端GAC(2)分别连接至两组相互隔离的三相电源。

[0072] 将网侧变换器1的负直流端GDC(1)-N与网侧变换器2的正直流端GDC(2)-P相连, 经过上述级联连接后, 网侧变换器1的正直流端GDC(1)-P形成了网侧变换器组的总的正直流端DC-P, 网侧变换器2的负直流端GDC(2)-N形成了网侧变换器组的总的负直流端DC-N。机侧变换器的正直流端MDC-P与网侧变换器组的总的正直流端DC-P相连, 机侧变换器的负直流端MDC-N与网侧变换器组的总的负直流端DC-N相连。

[0073] 机侧变换器有3个机侧中间直流端:MDC-01、MDC-02、MDC-03, 且电位满足:MDC-P电位>MDC-01电位>MDC-02电位>MDC-03电位>MDC-N电位, 网侧变换器1和网侧变换器2级联后形成的总的正、负直流端之间有3个网侧中间直流端:GDC-01、GDC-02、GDC-03, 且电位满足:GDC(1)-P电位>GDC-01电位>GDC-02电位=GDC(1)-N电位=GDC(2)-P电位>GDC-03电位>GDC(2)-N电位, 机侧中间直流端MDC-01、MDC-02、MDC-03与网侧中间直流端GDC-01、GDC-02、GDC-03依次相连。

[0074] 网侧中间直流端GDC-02做接地处理。

[0075] 作为实施例, 网侧变换器的基本设计参数如下:

[0076] 网侧变换器拓扑方案: 三相中点箝位型三电平(NPC)全控桥;

[0077] 网侧变换器半导体开关: 耐压值 $U_{\text{Gigbt-block}} = 1200\text{V}$ 的IGBT器件;

[0078] 网侧变换器二极管: 耐压值 $U_{\text{Gdiode-block}} = 1200\text{V}$ 的diode器件;

[0079] 网侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{\text{GAC}} = 900\text{VAC}$;

[0080] 网侧变换器的正直流端与负直流端的电压差: $U_{\text{GDC}+} = 1500\text{VDC}$;

[0081] 网侧变换器1的正直流端与网侧中间直流端GDC-01的电压差: $U_{\text{GDC}+} = 750\text{VDC}$

[0082] 网侧中间直流端GDC-01与网侧变换器1的负直流端的电压差: $U_{\text{GDC}-} = 750\text{VDC}$

[0083] 作为实施例, 机侧变换器的基本设计参数如下:

[0084] 机侧变换器拓扑方案: 三相五电平全控桥;

[0085] 机侧变换器半导体开关: 耐压值 $U_{\text{Migbt-block}} = 1200\text{V}$ 的IGBT器件;

- [0086] 机侧变换器二极管:耐压值 $U_{\text{diode-block}}=1200\text{V}$ 的diode器件;
- [0087] 机侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{\text{MAC}}=1800\text{VAC}$;
- [0088] 机侧变换器的正直流端与负直流端的电压差: $U_{\text{MDC}}=3000\text{VDC}$;
- [0089] 机侧变换器的正直流端与机侧中间直流端1的电压差: $U_{\text{MDC1}}=750\text{VDC}$;
- [0090] 机侧变换器的中间直流端1与机侧中间直流端2的电压差: $U_{\text{MDC2}}=750\text{VDC}$;
- [0091] 机侧变换器的中间直流端2与机侧中间直流端3的电压差: $U_{\text{MDC3}}=750\text{VDC}$;
- [0092] 机侧变换器的中间直流端3与负直流端的电压差: $U_{\text{MDC4}}=750\text{VDC}$;
- [0093] 基本设计参数的校验:
- [0094] 网侧变换器使用三相中点箝位型三电平(NPC)变换器方案,要求其直流电压小于功率半导体器件耐压的2倍,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{\text{GDC}}=1500\text{V}$ 显著小于 $2U_{\text{Gigbt-block}}=2U_{\text{Gdiode-block}}=2400\text{V}$,故满足设计要求;同时网侧变换器的直流电压还需大于网侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{\text{GDC}}=1500\text{V}$ 显著高于 $U_{\text{GAC}}*\sqrt{2}=900\text{V}*\sqrt{2}=1273\text{V}$,故满足设计要求。
- [0095] 机侧变换器使用三相五电平全控桥变换器方案,要求其直流电压小于功率半导体器件耐压的4倍,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{\text{MDC}}=3000\text{V}$ 显著小于 $4U_{\text{Migbt-block}}=4U_{\text{Mdiode-block}}=4800\text{V}$,故满足设计要求;同时机侧变换器的直流电压还需大于机侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{\text{MDC}}=3000\text{V}$ 显著高于 $U_{\text{MAC}}*\sqrt{2}=1800\text{V}*\sqrt{2}=2545\text{V}$,故满足设计要求。
- [0096] 在该实施例里,使用1200V耐压半导体IGBT和diode器件,可以在900VAC外部电源电压条件下将变流器的机侧变换器的交流电压提升到外部电源电压的两倍1800VAC。从而起到显著降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级,降低机组的设计困难和系统成本,并提升系统效率,满足多电平机侧变换器对直流端电压的要求,同时将网侧电压维持在相对较低的电压等级,不对原有涉网设计和管理规范形成大的冲击,使用这种变流器构成的机组具有结构简单,实施方便等诸多优势。
- [0097] 实施案例三
- [0098] 如图8所示,本实施例,提供了一种风力发电机组,该发电机组包括风机、发电机、变流器和变压器,所采用的发电机包括一套三相交流端,所采用的变流器包括机侧变换器、网侧变换器1和网侧变换器2,变压器包括一套三相原边绕组和两套相互隔离的三相副边绕组。所采用的变流器中,网侧变换器1和网侧变换器2均为两电平三相全控桥,机侧变换器为三相中点箝位型三电平(NPC)全控桥。
- [0099] 网侧变换器j有一组三相交流端GAC(j)、一个正直流端GDC(j)-P、一个负直流端GDC(j)-N(j为网侧变换器序号);机侧变换器有一组三相交流端MAC、一个正直流端MDC-P、一个负直流端MDC-N。
- [0100] 风机与发电机连接,发电机的三相交流端与变流器的机侧变换器的三相交流端MAC相连,变流器的网侧变换器1的三相交流端GAC(1)与变压器的副边绕组1相连,变流器的变换器2是三相交流端GAC(2)与变压器的副边绕组2相连。
- [0101] 将网侧变换器1的负直流端GDC(1)-N与网侧变换器2的正直流端GDC(2)-P相连,经

过上述级联连接后,网侧变换器1的正直流端GDC (1) -P形成了网侧变换器组的总的正直流端DC-P,网侧变换器2的负直流端GDC (2) -N形成了网侧变换器组的总的负直流端DC-N。机侧变换器的正直流端MDC-P与网侧变换器组的总的正直流端DC-P相连,机侧变换器的直流端MDC-N与网侧变换器组的总的负直流端DC-N相连。

[0102] 机侧变换器有1个机侧中间直流端:MDC-01,且电位满足:MDC-P电位>MDC-01电位>MDC-N电位,网侧变换器1的负直流端和网侧变换器2的正直流端级联后形成的网侧中间直流端GDC-01,机侧中间直流端MDC-01与网侧中间直流端GDC-01相连。

[0103] 网侧中间直流端GDC-01做接地处理。

[0104] 网侧变换器和机侧变换器的基本设计参数与实施例一的相同。

[0105] 发电机的基本设计参数如下:

[0106] 发电机的交流额定线电压: $U_{Motor}=1380VAC$

[0107] 变压器的基本设计参数如下:

[0108] 原边绕组接法:三角形;

[0109] 副边绕组1接法:三角形;

[0110] 副边绕组1交流额定线电压: $U_{Gtran1}=690VAC$

[0111] 副边绕组2接法:星形;

[0112] 副边绕组2交流额定线电压: $U_{Gtran2}=690VAC$

[0113] 变流器的机侧额定线电压与发电机的交流额定线电压相等均为1380VAC,变流器的网侧变换器1的额定线电压与变压器的副边绕组1的额定线电压相等均为690VAC,变流器的网侧变换器2的额定线电压与变压器的副边绕组2的额定线电压相等均为690VAC,发电机、变流器、变压器的额定参数设计匹配。

[0114] 在该实施例里,使用1700V耐压半导体IGBT和diode器件,可以在变压器副边电压为690VAC条件下将发电机的交流电压提升到变压器副边电压的两倍1380VAC,从而起到显著降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级,降低风电机组的设计困难和系统成本,并提升系统效率,满足多电平机侧变换器对直流端电压的要求,同时将网侧电压维持在相对较低的电压等级,不对原有涉网设计和管理规范形成大的冲击,使用这种变流器构成的机组具有结构简单,实施方便等诸多优势。

[0115] 实施案例四

[0116] 如图9所示,本实施例中,提供了一种风力发电机组,该发电机组包括风机、发电机、变流器和变压器,所采用的发电机包括一套三相交流端,所采用的变流器包括机侧变换器、4个网侧变换器,变压器包括一套三相原边绕组和4套相互隔离的三相副边绕组。所采用的变流器中,4个网侧变换器均为两电平三相全控桥,机侧变换器为模块化多电平(MMC)三相全控桥。机侧变换器共使用24个MMC桥模块,常用的MMC模块电路如图10所示。所使用的MMC模块包括两个交流端HAC1和HAC2、两个直流端HDC1和HDC2。

[0117] 网侧变换器j有一组三相交流端GAC (j)、一个正直流端GDC (j) -P、一个负直流端GDC (j) -N (j为网侧变换器序号);机侧变换器有一组三相交流端MAC、一个正直流端MDC-P、一个负直流端MDC-N。

[0118] 风机与发电机连接,发电机的三相交流端与变流器的机侧变换器的三相交流端MAC相连,变流器的4套网侧变换器GAC (a) 分别与变压器对应的副边绕组相连。

[0119] 将网侧变换器1的负直流端GDC (1) -N与网侧变换器2的正直流端GDC (2) -P相连,网侧变换器2的负直流端GDC (2) -N与网侧变换器3的正直流端GDC (3) -P相连,网侧变换器3的负直流端GDC (3) -N与网侧变换器4的正直流端GDC (4) -P相连。经过上述级联连接后,网侧变换器1的正直流端GDC (1) -P形成了网侧变换器组的总的正直流端DC-P,网侧变换器4的负直流端GDC (4) -N形成了网侧变换器组的总的负直流端DC-N。机侧变换器的正直流端MDC-P与网侧变换器组的总的正直流端DC-P相连,机侧变换器的负直流端MDC-N与网侧变换器组的总的负直流端DC-N相连。

[0120] 为了降低系统对地电压,将网侧变换器2的负直流端GDC (2) -N与网侧变换器3的正直流端GDC (3) -P相连后做接地处理。

[0121] 作为实施例,所有网侧变换器的基本设计参数如下:

[0122] 网侧变换器拓扑方案:三相两电平全控桥变换器;

[0123] 网侧变换器半导体开关:耐压值 $U_{\text{Gigbt-block}}=1700\text{V}$ 的IGBT器件;

[0124] 网侧变换器二极管:耐压值 $U_{\text{Gdiode-block}}=1700\text{V}$ 的diode器件;

[0125] 网侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{\text{GAC}}=690\text{VAC}$;

[0126] 网侧变换器的正直流端与负直流端电压差: $U_{\text{GDC}}=1100\text{VDC}$;

[0127] 机侧变换器的基本设计参数如下:

[0128] 机侧变换器拓扑方案:三相模块化多电平变换器(MMC);

[0129] 机侧变换器半导体开关:耐压值 $U_{\text{Migbt-block}}=1700\text{V}$ 的IGBT器件;

[0130] 机侧变换器二极管:耐压值 $U_{\text{Mdiode-block}}=1700\text{V}$ 的diode器件;

[0131] 机侧变换器的MMC模块的直流端电压: $U_{\text{HDC}}=1100\text{VDC}$;

[0132] 机侧变换器的MMC模块的交流端电压: $U_{\text{HAC}}=690\text{VAC}$;

[0133] 机侧变换器的三相交流线电压额定值: $U_{\text{MAC}}=2760\text{VAC}$;

[0134] 机侧变换器的正直流端与负直流端电压差: $U_{\text{MDC}}=4400\text{VDC}$;

[0135] 发电机的基本设计参数如下:

[0136] 发电机的交流额定线电压: $U_{\text{Motor}}=2760\text{VAC}$

[0137] 变压器的基本设计参数如下:

[0138] 原边绕组接法:三角形;

[0139] 副边绕组1与原边绕组相位差: 60° ;

[0140] 副边绕组1交流额定线电压: $U_{\text{Gtran1}}=690\text{VAC}$;

[0141] 副边绕组2接法: 30° ;

[0142] 副边绕组2交流额定线电压: $U_{\text{Gtran2}}=690\text{VAC}$;

[0143] 副边绕组3接法: 0° ;

[0144] 副边绕组3交流额定线电压: $U_{\text{Gtran2}}=690\text{VAC}$;

[0145] 副边绕组4接法: -30° ;

[0146] 副边绕组4交流额定线电压: $U_{\text{Gtran2}}=690\text{VAC}$;

[0147] 基本设计参数的校验:

[0148] 网侧变换器使用三相两电平全控桥变换器方案,要求其直流电压小于功率半导体器件耐压,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{\text{GDC}}=1100\text{V}$ 显著小于 $U_{\text{Gigbt-block}}=U_{\text{Gdiode-block}}=1700\text{V}$,故满足设计要求;同时网侧变换器的直流电压还需大于网

侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{GDC}=1100V$ 显著高于 $U_{GAC} * \sqrt{2} = 690V * \sqrt{2} = 976V$,故满足设计要求。

[0149] 机侧变换器使用三相模块化多电平变换器(MMC)方案,要求机侧MMC模块的直流端电压小于功率半导体器件耐压,且需为换流过程的尖峰电压预留一定的设计裕量:这里的 $U_{HDC}=1100V$ 显著小于 $U_{Migbt-block}=U_{Mdiode-block}=1700V$,故满足设计要求;要求机侧MMC模块的直流电压大于模块交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{HDC}=1100V$ 显著高于 $U_{HAC} * \sqrt{2} = 690V * \sqrt{2} = 976V$,故满足设计要求;同时要求机侧变换器的直流电压还需大于机侧三相交流端线电压的峰值,且预留一定的设计裕量,这里的 $U_{MDC}=4400V$ 显著高于 $U_{MAC} * \sqrt{2} = 2760V * \sqrt{2} = 3903V$,故满足设计要求。

[0150] 变流器的机侧额定线电压与发电机的交流额定线电压相等均为2760VAC,变流器的4套网侧变换器的额定线电压与变压器的4套副边绕组的额定线电压相等均为690VAC,发电机、变流器、变压器的额定参数设计匹配。同时,变压器的4套副边绕组依次相等的移向角进行低次谐波抵消,可进一步降低变压器原边的电流谐波,提升电能质量。

[0151] 在该实施例里,使用1700V耐压半导体IGBT和diode器件,在变压器副边电压为690VAC条件下将发电机的交流电压提升到变压器副边电压的四倍2760VAC。从而起到显著降低变流器与发电机之间连接电缆的电流等级,降低风电机组的设计困难和系统成本,并提升系统效率,满足多电平机侧变换器对直流端电压的要求,同时将网侧电压维持在相对较低的电压等级,使用这种变流器构成的机组具有结构简单,实施方便等诸多优势。

[0152] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

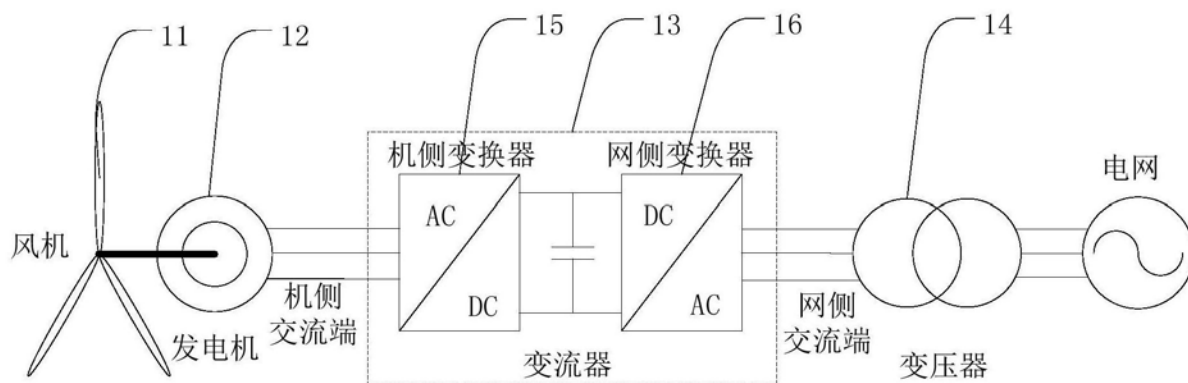


图1

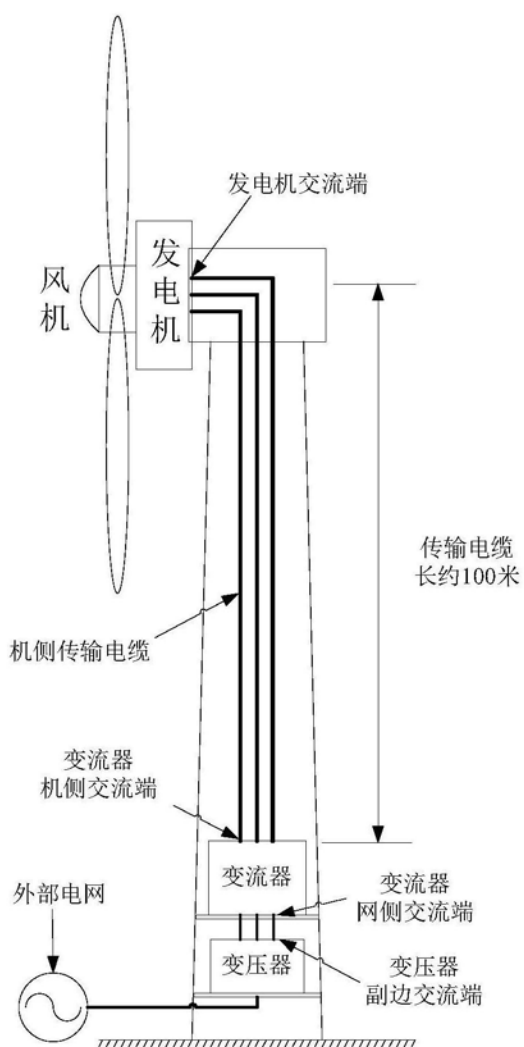


图2

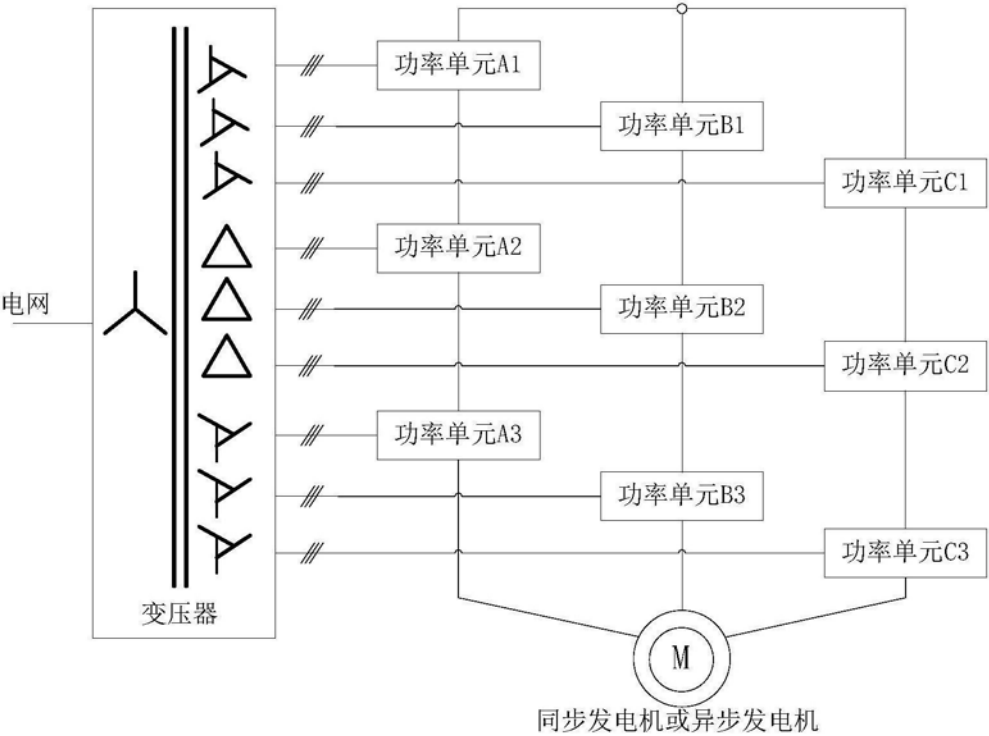


图3

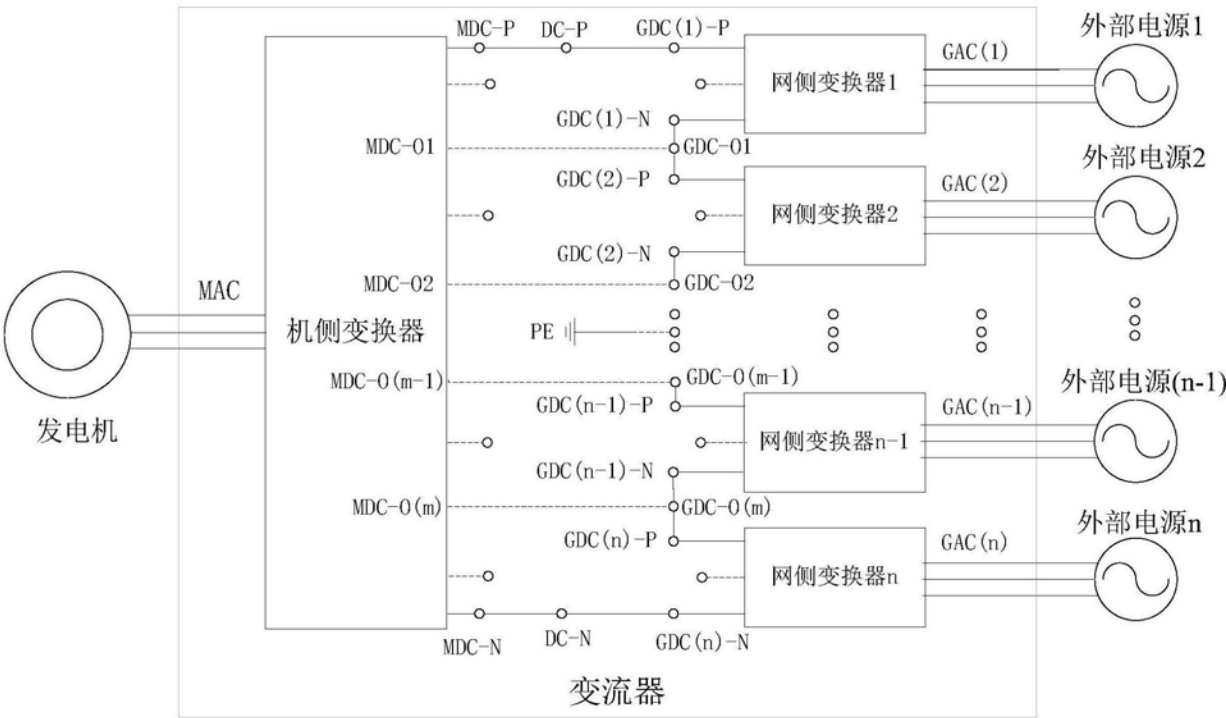


图4

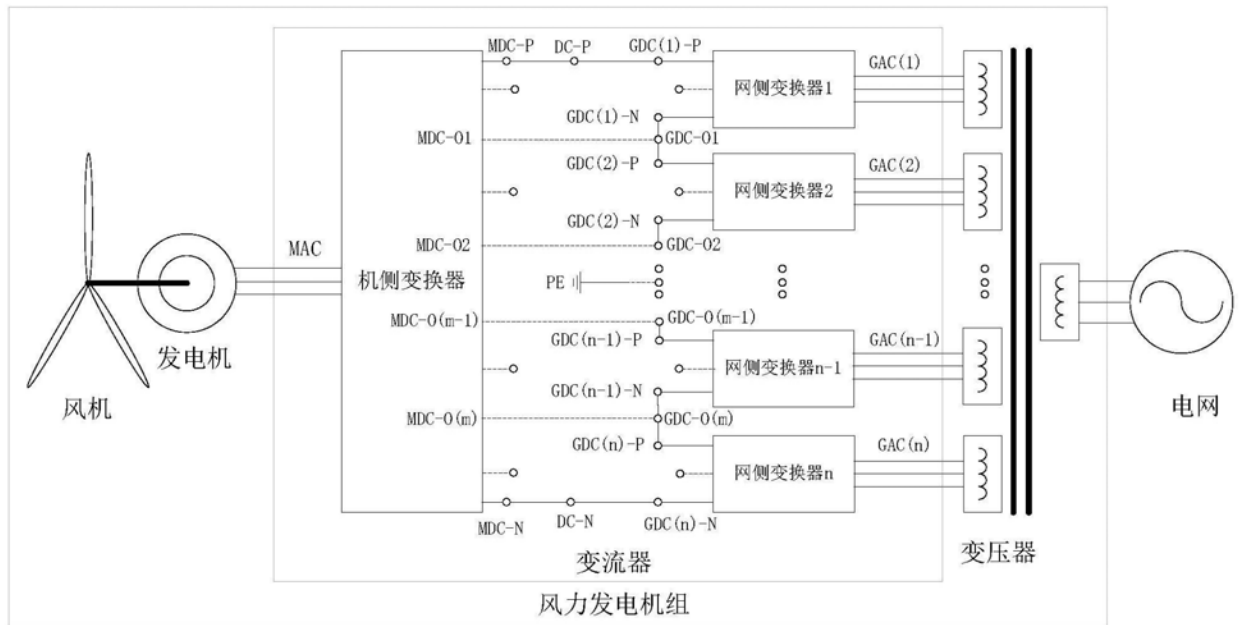


图5

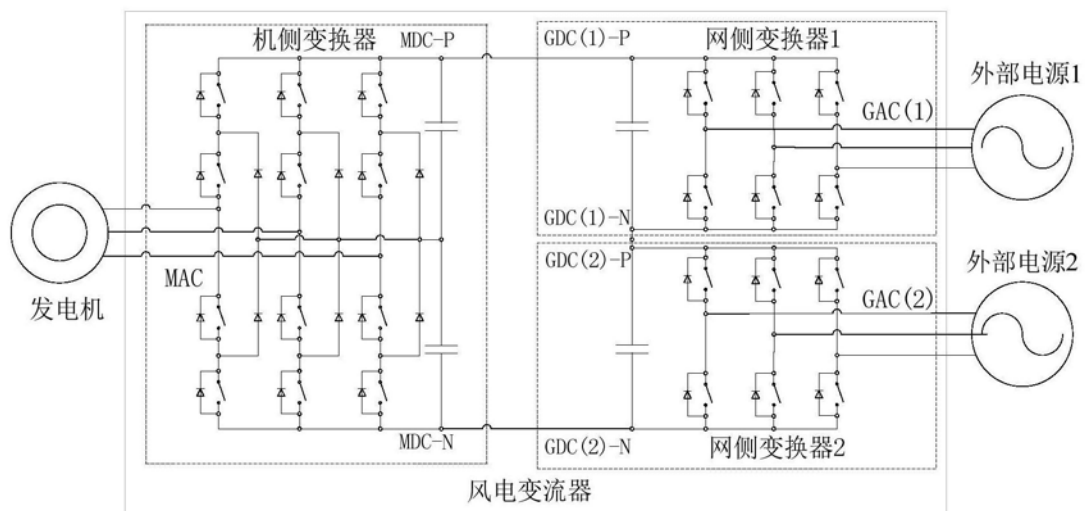


图6

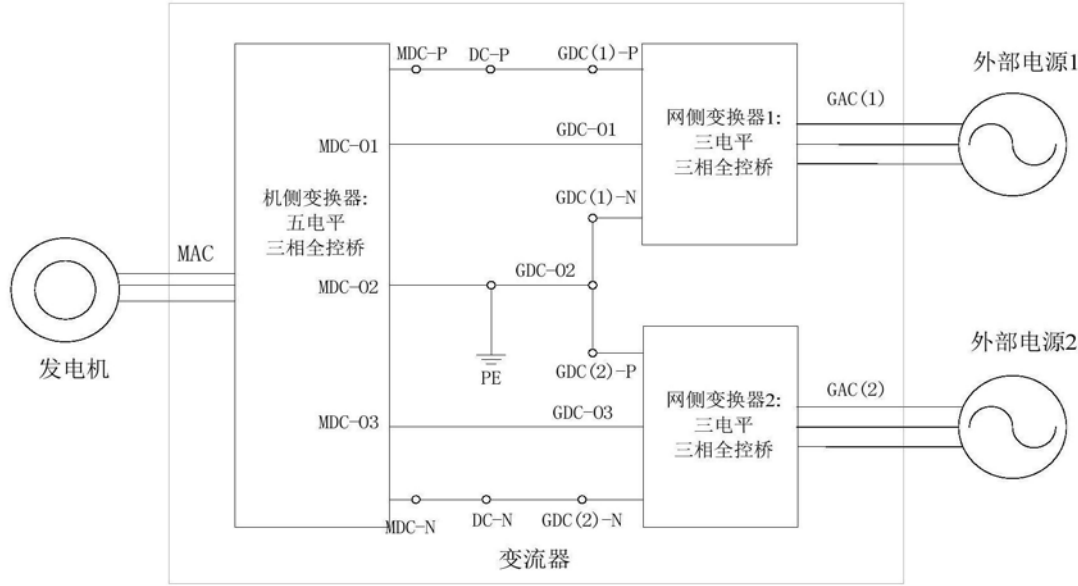


图7

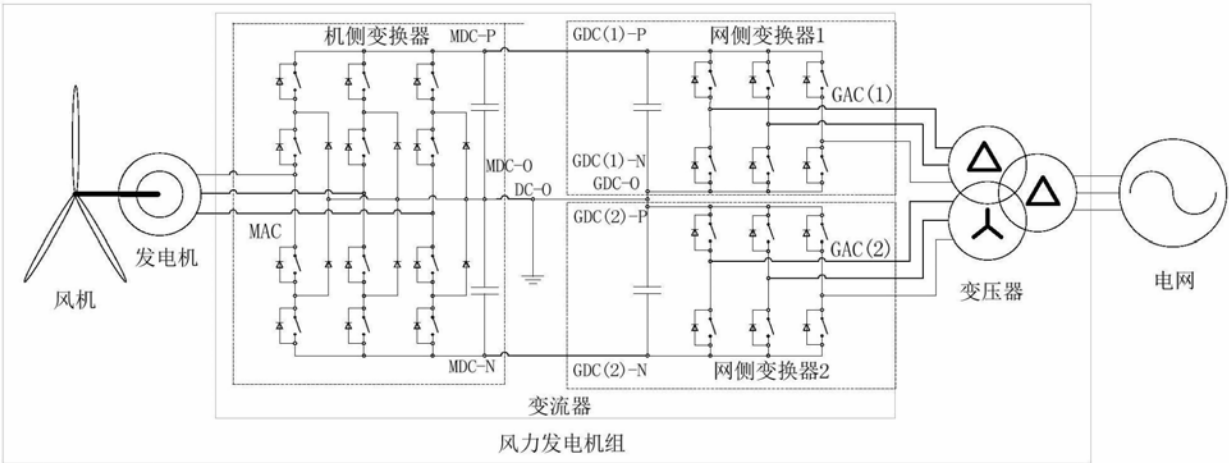


图8

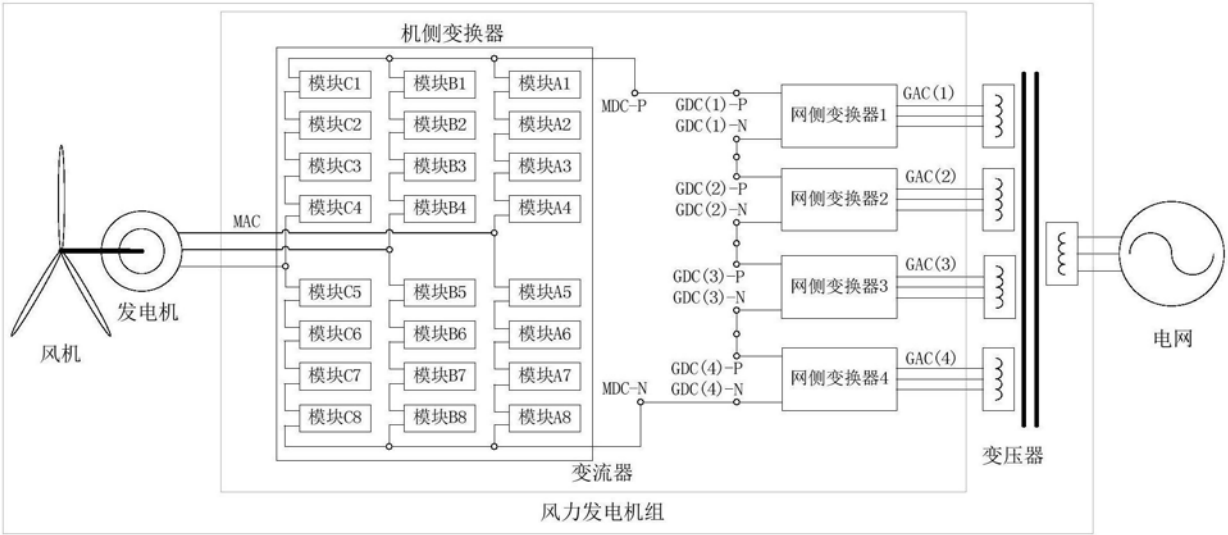


图9

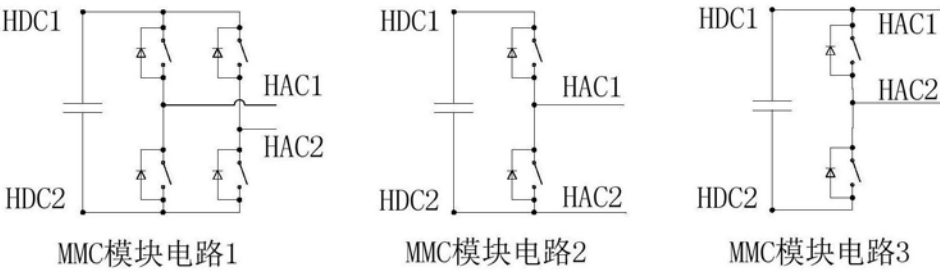


图10