



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103312184 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201210061985. X

(22) 申请日 2012. 03. 09

(73) 专利权人 台达电子工业股份有限公司
地址 中国台湾桃园县龟山乡山莺路 252 号

(72) 发明人 谭惊涛 周志健 李直 黄硕
刘卫星

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
有限公司 11006

代理人 曾红

(51) Int. Cl.

H02M 5/44(2006. 01)

H02J 3/36(2006. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201528280 U, 2010. 07. 14,

CN 201937495 U, 2011. 08. 17,

CN 101640423 A, 2010. 02. 03,

CN 1885706 A, 2006. 12. 27,

WO 2010/018424 A1, 2010. 02. 18,

CN 101316074 A, 2008. 12. 03,

CN 102496957 A, 2012. 06. 13,

曾翔君等. 基于 MPPMSG 及混合式 3L 变流器的新型风电变换系统的设计和比较. 《电源学报》. 2011, 第 2011 年卷 (第 1 期),

审查员 刘侠

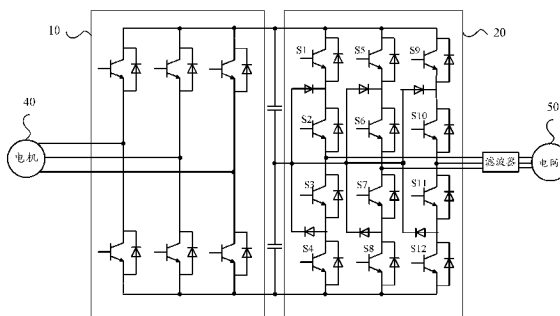
权利要求书3页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

一种功率电路、变流器结构及其风力发电系统

(57) 摘要

本发明提供了一种功率电路、变流器结构及其风力发电系统。该功率电路包括第一变换器，具有交流输入侧和直流输出侧；第二变换器，具有直流输入侧和交流输出侧；以及直流母线存储单元，电连接至第一变换器的直流输出侧和第二变换器的直流输入侧，第一变换器的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式不同于第二变换器。采用本发明，藉由第一和第二变换器的非对称结构设计，可灵活地设计该功率电路的第一变换器和第二变换器各自的开关频率。此外，该功率电路应用于风力发电系统中的变流器结构时，可使机侧电流和网侧电流均为正弦波电流，并且谐波含量较小，还可较好地抑制谐波电流和 EMI 干扰，降低成本。



1. 一种可双向传递能量的变流器结构,其特征在于,所述变流器结构包括:
一机侧变流器,具有一直流侧和一交流侧,所述交流侧接至一电机;
一网侧变流器,具有一直流侧和一交流侧,所述交流侧连接至一交流电网;以及
一直流母线存储单元,电连接至所述机侧变流器的直流侧和所述网侧变流器的直流侧,用以存储一直流电压;

其中,所述机侧变流器包括至少一开关管,所述网侧变流器包括至少一开关管,所述机侧变流器的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式不同于所述网侧变流器的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式。

2. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧变流器和所述网侧变流器中之一者为一两电平结构,另一者为一三电平结构。

3. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧变流器和所述网侧变流器中各自的开关管型号不同。

4. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧变流器和所述网侧变流器的电路连接方式不同。

5. 根据权利要求 4 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧变流器和所述网侧变流器均为三电平结构。

6. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,还包括一机侧控制电路,所述机侧控制电路包括:

一功率调节器,用于根据反映所述电机当前功率的参数和一给定参数,输出一电流指令信号;以及

一电流调节器,用于根据来自所述电机的三相电流信号和所述电流指令信号,输出一 PWM 控制信号,

其中,所述机侧控制电路藉由所述 PWM 控制信号来控制所述机侧变流器中的开关管的闭合与关断。

7. 根据权利要求 6 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧控制电路还包括:

一功率比较器,设置于所述电机和所述功率调节器之间,用于接收所述反映电机当前功率的参数和所述给定参数,并输出一差值至所述功率调节器。

8. 根据权利要求 6 所述的变流器结构,其特征在于,所述机侧控制电路还包括:

一电流比较器,设置于所述功率调节器和所述电流调节器之间,用于接收所述电流指令信号和所述三相电流信号,并输出一电流差值至所述电流调节器。

9. 根据权利要求 6 所述的变流器结构,其特征在于,反映所述电机当前功率的参数包括电机功率、电机转速和电机转矩。

10. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,还包括一网侧控制电路,所述网侧控制电路包括:

一电压调节器,用于根据所述直流电压和一参考电压,并输出一电流指令信号;以及

一电流调节器,用于根据来自所述交流电网的三相电流信号和所述电流指令信号,并输出一 PWM 控制信号,

其中,所述网侧控制电路藉由所述 PWM 控制信号来控制所述网侧变流器中的开关管的闭合与关断。

11. 根据权利要求 10 所述的变流器结构,其特征在于,所述网侧控制电路还包括:
一电压比较器,用于接收所述直流电压和所述参考电压,并输出一电压差值至所述电压调节器。

12. 根据权利要求 10 所述的变流器结构,其特征在于,所述网侧控制电路还包括:
一电流比较器,设置于所述电压调节器和所述电流调节器之间,用于接收所述电流指令信号和所述三相电流信号,并输出一电流差值至所述电流调节器。

13. 根据权利要求 1 所述的变流器结构,其特征在于,还包括一滤波器,设置于所述网侧变流器的交流侧与所述交流电网之间。

14. 一种可双向传递能量的功率电路,适用于一风力发电系统,其特征在于,所述功率电路包括:

一第一变换器,具有一交流输入侧和一直流输出侧,用于将一交流电变换为一直流电;

一第二变换器,具有一直流输入侧和一交流输出侧,用于将所述直流电变换为另一交流电;以及

一直流母线存储单元,电连接至所述第一变换器的直流输出侧和所述第二变换器的直流输入侧,

其中,所述第一变换器包括至少一开关管,所述第二变换器包括至少一开关管,所述第一变换器的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式不同于所述第二变换器的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式。

15. 根据权利要求 14 所述的功率电路,其特征在于,所述第一变换器和所述第二变换器中之一者为一两电平结构,另一者为一三电平结构。

16. 根据权利要求 14 所述的功率电路,其特征在于,当所述第一变换器和所述第二变换器的电路连接形式不同时,所述第一变换器和所述第二变换器均为三电平结构。

17. 根据权利要求 14 所述的功率电路,其特征在于,所述风力发电系统的功率等级介于 10kW 至 100kW 之间。

18. 根据权利要求 14 所述的功率电路,其特征在于,当所述风力发电系统中的能量从风机传递至交流电网时,所述第一变换器电连接至所述风机,所述第二变换器电连接至所述交流电网。

19. 根据权利要求 14 所述的功率电路,其特征在于,当所述风力发电系统中的能量从交流电网传递至风机时,所述第一变换器电连接至所述交流电网,所述第二变换器电连接至所述风机。

20. 一种风力发电系统,包括一风机和一变流器模块,其特征在于,所述变流器模块包括如权利要求 1 所述的至少一变流器结构。

21. 根据权利要求 20 所述的风力发电系统,其特征在于,所述风力发电系统的功率等级介于 10kW 至 100kW 之间。

22. 根据权利要求 20 所述的风力发电系统,其特征在于,所述变流器模块包括一第一变流器结构和一第二变流器结构,所述第一变流器结构的机侧变流器的交流侧与所述第二变流器结构的机侧变流器的交流侧并联,所述第一变流器结构的网侧变流器的交流侧与所述第二变流器结构的网侧变流器的交流侧并联。

23. 根据权利要求 22 所述的风力发电系统,其特征在于,所述第一变流器结构的网侧变流器经由一第一滤波器连接至一交流电网,所述第二变流器结构的网侧变流器经由一第二滤波器连接至所述交流电网。

一种功率电路、变流器结构及其风力发电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术,尤其涉及一种可双向传递能量的功率电路和变流器结构。

背景技术

[0002] 当前,能源危机日益严重,导致新能源(如风能、太阳能等)技术发展日益受到研发人员的关注和重视。与此同时,在发电系统中,电机输出的交流电往往与交流电网的频率和幅值不一致,此时,通常需要借助于变流器,将电机输出的交流电转化为一直流电,然后将该直流电逆变为与交流电网的频率和相位相一致的交流电,从而实现并网发电。例如,在将交流电转化为直流电以及将直流电再逆变为交流电的过程中,对电力电子器件(如功率开关管)进行 PWM 控制,藉由这些功率开关管的开通或关断来完成交流-直流变换和直流-交流变换。

[0003] 以风力发电系统为例,传统的风电变流器大多包括两种形式,其一是机侧变流器和网侧变流器均采用两电平的对称结构,其二是机侧变流器和网侧变流器均采用三电平的对称结构,亦即,机侧变流器的电平数量、开关管型号、开关管的电路连接方式完全相同。不过,两电平对称结构的控制方案虽然简单,但机侧变流器和网侧变流器均工作在较低的开关频率时,网侧变流器的输出电流中将会带有很多低次谐波电流,致使进入电网的谐波含量较大。即使采用 LCL 形式的滤波器结构来进行滤波,也将使得系统设计变得复杂,甚至会出现谐振的情形。此外,三电平对称结构的控制方案虽然能够较好地解决谐波电流和抑制 EMI 干扰的问题,但是主电路中的功率器件(如 IGBT)的使用数量相比于两电平结构至少多出了一倍,因而系统的构建成本较高。

[0004] 有鉴于此,如何设计一种新的变流器结构,既可较好地抑制谐波电流和 EMI 干扰,又可兼顾产品的电气器件成本,并降低风力发电系统的整体损耗,提升系统的能量转化效率,是业内相关技术人员亟待解决的一项课题。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的变流器结构在使用时所存在的上述缺陷,本发明提供了一种基于非对称结构的功率电路、变流器结构以及包含该变流器结构的风力发电系统。

[0006] 依据本发明的一个方面,提供了一种变流器结构,包括:

[0007] 一机侧变流器,具有一直流侧和一交流侧,所述交流侧连接至一电机;

[0008] 一网侧变流器,具有一直流侧和一交流侧,所述交流侧连接至一交流电网;以及

[0009] 一直流母线存储单元,电连接至所述机侧变流器的直流侧和所述网侧变流器的直流侧,用以存储一直流电压;

[0010] 其中,所述机侧变流器包括至少一开关管,所述网侧变流器包括至少一开关管,所述机侧变流器与所述网侧变流器采用非对称结构。

[0011] 在一实施例中,该机侧变流器和该网侧变流器中之一者为一两电平结构,另一者

为一三电平结构。

[0012] 在一实施例中,该机侧变流器和该网侧变流器中各自的开关管型号不同。

[0013] 在一实施例中,该机侧变流器和该网侧变流器的电路连接方式不同。进一步,机侧变流器和网侧变流器均为三电平结构。

[0014] 此外,该变流器结构还包括一机侧控制电路,该机侧控制电路包括:一功率调节器,用于根据反映所述电机当前功率的参数和一给定参数,输出一电流指令信号;以及一电流调节器,用于根据来自所述电机的三相电流信号和所述电流指令信号,输出一 PWM 控制信号,其中,所述机侧控制电路藉由所述 PWM 控制信号来控制所述机侧变流器中的开关管的闭合与关断。

[0015] 在一实施例中,该机侧控制电路还包括:一功率比较器,设置于所述电机和所述功率调节器之间,用于接收所述反映电机当前功率的参数和所述给定参数,并输出一差值至所述功率调节器。在另一实施例中,该机侧控制电路还包括:一电流比较器,设置于所述功率调节器和所述电流调节器之间,用于接收所述电流指令信号和所述三相电流信号,并输出一电流差值至电流调节器。

[0016] 此外,反映电机当前功率的参数包括电机功率、电机转速和电机转矩。

[0017] 在一实施例中,该变流器结构还包括一网侧控制电路,该网侧控制电路包括:一电压调节器,用于根据所述直流电压和一参考电压,并输出一电流指令信号;以及一电流调节器,用于根据来自所述交流电网的三相电流信号和所述电流指令信号,并输出一 PWM 控制信号,其中,所述网侧控制电路藉由所述 PWM 控制信号来控制所述网侧变流器中的开关管的闭合与关断。

[0018] 在一实施例中,该网侧控制电路还包括:一电压比较器,用于接收所述直流电压和所述参考电压,并输出一电压差值至所述电压调节器。在另一实施例中,该网侧控制电路还包括:一电流比较器,设置于所述电压调节器和所述电流调节器之间,用于接收所述电流指令信号和所述三相电流信号,并输出一电流差值至所述电流调节器。

[0019] 在一实施例中,该变流器结构还包括一滤波器,设置于网侧变流器的交流侧与交流电网之间。

[0020] 依据本发明的另一个方面,提供了一种可双向传递能量的功率电路,适用于一风力发电系统,该功率电路包括:

[0021] 一第一变换器,具有一交流输入侧和一直流输出侧,用于将一交流电变换为一直流电;

[0022] 一第二变换器,具有一直流输入侧和一交流输出侧,用于将所述直流电变换为另一交流电;以及

[0023] 一直流母线存储单元,电连接至所述第一变换器的直流输出侧和所述第二变换器的直流输入侧,

[0024] 其中,其中,所述第一变换器包括至少一开关管,所述第二变换器包括至少一开关管,第一变换器的电平数、开关管型号和/或电路连接形式不同于第二变换器的电平数、开关管型号和/或电路连接形式。

[0025] 在一实施例中,第一变换器和第二变换器中之一者为一两电平结构,另一者为一三电平结构。

[0026] 在一实施例中,当第一变换器和第二变换器的电路连接形式不同时,所述第一变换器和所述第二变换器均为三电平结构。

[0027] 在一实施例中,该风力发电系统的功率等级介于 10kW 至 100kW 之间。

[0028] 此外,当风力发电系统中的能量从风机传递至交流电网时,第一变换器电连接至风机,第二变换器电连接至所述交流电网。

[0029] 此外,当风力发电系统中的能量从交流电网传递至风机时,所述第一变换器电连接至所述交流电网,所述第二变换器电连接至所述风机。

[0030] 依据本发明的又一个方面,提供了一种风力发电系统,包括一风机和一变流器模块,该变流器模块包括如上述本发明的一个方面所述的至少一变流器结构。

[0031] 在一实施例中,风力发电系统的功率等级介于 10kW 至 100kW 之间。

[0032] 在一实施例中,变流器模块包括一第一变流器结构和一第二变流器结构,所述第一变流器结构的机侧变流器的交流侧与所述第二变流器结构的机侧变流器的交流侧并联,所述第一变流器结构的网侧变流器的交流侧与所述第二变流器结构的网侧变流器的交流侧并联。进一步,第一变流器结构的网侧变流器经由一第一滤波器连接至一交流电网,所述第二变流器结构的网侧变流器经由一第二滤波器连接至所述交流电网。

[0033] 采用本发明的基于非对称形式的功率电路、变流器结构以及包含该变流器结构的风力发电系统,藉由功率电路中的第一变换器和第二变换器各自的电平数、开关管型号和/或电路连接形式的不同从而灵活地设计和优化该功率电路结构。此外,当该功率电路应用于风力发电系统中的变流器结构时,可使机侧电流和网侧电流均为正弦波电流,并且谐波含量较小。相对于现有技术中的两电平对称结构或三电平对称结构,本发明的变流器结构可降低系统损耗,提高系统的运转效率,并且还可较好地抑制谐波电流和 EMI 干扰,减小变流器结构所使用的功率器件数量,降低成本。

附图说明

[0034] 读者在参照附图阅读了本发明的具体实施方式以后,将会更清楚地了解本发明的各个方面。其中,

[0035] 图 1 示出依据本发明的一具体实施方式的变流器结构框图;

[0036] 图 2 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电平结构的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的一具体实施例;

[0037] 图 3 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电平结构的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的另一具体实施例;

[0038] 图 4 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电路连接方式的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的又一具体实施例;

[0039] 图 5 示出图 2 中的变流器结构中,对于机侧变流器和网侧变流器进行控制的电路原理示意图;

[0040] 图 6 示出依据本发明的另一具体实施方式,可双向传递能量的功率电路的结构框图;以及

[0041] 图 7 示出依据本发明的又一具体实施方式,变流器结构并联拓扑应用于风力发电系统的电路结构示意图。

具体实施方式

[0042] 为了使本申请所揭示的技术内容更加详尽与完备,可参照附图以及本发明的下述各种具体实施例,附图中相同的标记代表相同或相似的组件。然而,本领域的普通技术人员应当理解,下文中所提供的实施例并非用来限制本发明所涵盖的范围。此外,附图仅仅用于示意性地加以说明,并未依照其原尺寸进行绘制。

[0043] 于本申请的具体实施方式部分与权利要求书部分,涉及“耦接(coupled with)”之描述,其可泛指一组件透过其他组件而间接连接至另一组件,或是一组件无须透过其他组件而直接连接至另一组件。

[0044] 于本申请的具体实施方式部分与权利要求书部分,除非文中对于冠词有所特别限定,否则“一”与“该”可泛指单个或多个。

[0045] 本文中所使用的“约”、“大约”或“大致”用以修饰任何可些微变化的数量,但这种些微变化并不会改变其本质。于实施方式中若无特别说明,则代表以“约”、“大约”或“大致”所修饰之数值的误差范围一般是容许在百分之二十以内,较佳地是在百分之十以内,而更佳地则是在百分之五以内。

[0046] 图 1 示出依据本发明的一具体实施方式的变流器结构框图。参照图 1,该变流器结构包括一机侧变流器 10、一网侧变流器 20 以及一直流母线存储单元 30。其中,机侧变流器 10 具有一直流侧和一交流侧,该机侧变流器 10 的交流侧连接至一电机 40。该网侧变流器 20 也具有一直流侧和一交流侧,该网侧变流器 20 的交流侧连接至一交流电网 50。直流母线存储单元 30 电连接至机侧变流器 10 的直流侧和网侧变流器 20 的直流侧,用以存储一直流电压。

[0047] 需要指出的是,本发明的变流器结构与现有技术的变流器结构不同,其机侧变流器 10 与网侧变流器 20 采用非对称结构。在此,术语“非对称结构”包括但不限于,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 各自的电平数量不同,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 各自的开关管型号和 / 或开关管耐压值不同,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 各自的电路连接方式不同。本领域技术人员应能理解,上述机侧变流器与网侧变流器采用非对称结构的情形仅为举例,其他现有的或今后可能出现的机侧变流器与网侧变流器采用非对称结构的情形如可适用于本发明,也应包含在本发明保护范围以内,并以引用方式包含于此。

[0048] 在一具体实施例中,机侧变流器 10 为一两电平结构,且网侧变流器 20 为一三电平结构。在另一具体实施例中,机侧变流器 10 为一三电平结构,且网侧变流器 20 为一两电平结构。应当理解,当用于风力发电系统的背靠背变流器包括机侧变流器 10 和网侧变流器 20 时,可根据电机或交流电网的实际情形,灵活选择相应的电平结构。例如,若变流器结构包括一两电平整流 / 逆变电路和一三电平整流 / 逆变电路,可将两电平整流电路作为该机侧变流器 10,而将三电平逆变电路作为该网侧变流器 20。又如,若变流器结构包括一两电平整流 / 逆变电路和一三电平整流 / 逆变电路,可将三电平整流电路作为该机侧变流器 10,而将两电平逆变电路作为该网侧变流器 20。

[0049] 在另一实施例中,该机侧变流器 10 的开关管型号与该网侧变流器 20 的开关管型号不同。例如,该机侧变流器 10 选用的开关管的开关频率较高,而该网侧变流器 20 选用的开关管的开关频率较低。又如,该机侧变流器 10 选用的开关管的耐压值较高,而该网侧变

流器 20 选用的开关管的耐压值较低。

[0050] 图 2 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电平结构的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的一具体实施例。

[0051] 参照图 2,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 在电平数目上呈现非对称方式。具体地,机侧变流器 10 中的每一桥臂包括两个开关管,如 IGBT,并且彼此串联的开关管的共同节点分别电连接至电机 40。当电机 40 向电网 50 传递能量时,该机侧变流器 10 用作为三相整流桥,从而将电机输出的交流电整流为一直流电。相应地,网侧变流器 20 中的每一桥臂包括四个开关管,如 IGBT S1 ~ S4 为第一桥臂,IGBT S5 ~ S8 为第二桥臂,IGBT S9 ~ S12 为第三桥臂。当电机 40 向电网 50 传递能量时,该网侧变流器 20 用作三相逆变桥,从而将该直流电逆变为幅值和频率与交流电网 50 相一致的交流电。不妨定义直流母线存储单元,诸如电容器两端的直流电压为 U_{dc} ,则图 2 中的网侧变流器 20 的直流输入侧包括三种电平方式,即, $+1/2U_{dc}$, 0 和 $-1/2U_{dc}$,因而该网侧变流器 20 也可称之为三电平结构。

[0052] 在一具体实施例中,该变流器结构还包括一滤波器,该滤波器设置于网侧变流器 20 的交流侧与交流电网 50 之间,以滤除交流电中的谐波成分。

[0053] 再次参照图 2,在一些实施例中,机侧变流器 10 采用三相全桥的两电平拓扑,通过 PWM 控制信号使机侧电流为正弦波电流,通常情况下,由于发电机的等效感抗非常大,例如,20kW 的电机其等效感抗一般为 18mH ~ 40mH,使机侧变流器 10 工作于较低的开关频率下(如 2kHz ~ 4kHz),就可获得较小的纹波电流。此外,开关损耗与开关频率成正比,因而机侧变流器 10 的开关损耗也较低,进而可提升机侧变流器 10 的效率。针对网侧变流器 20,其采用三相全桥的三电平结构,配合较高的开关频率,可使输出电流中的谐波含量少,纹波电流小。与采用两电平结构的传统网侧变流器相比,相同开关频率下,三电平全桥架构的网侧变流器的电流纹波相对较小,输出滤波电感也相对较小,进而使网侧变流器 20 和后级的滤波线路损耗也较小。因此,该非对称的电路结构优化了网侧变流器和机侧变流器各自的开关频率,还可简化网侧变流器输出滤波器的设计过程,使风力发电系统整体的损耗相对于对称式两电平变流器结构或对称式三电平变流器结构大大降低。

[0054] 图 3 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电平结构的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的另一具体实施例。

[0055] 参照图 3,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 在电平数目上呈现非对称方式。具体地,机侧变流器 10 中的每一桥臂包括两个开关管,如 IGBT,并且彼此串联的开关管的共同节点分别电连接至电机 40。网侧变流器 20 中的每一桥臂包括四个开关管,如 IGBT S1 ~ S4 为第一桥臂,IGBT S5 ~ S8 为第二桥臂,IGBT S9 ~ S12 为第三桥臂。若直流母线存储单元,诸如电容器,的两端的直流电压为 U_{dc} ,则图 3 中的网侧变流器 20 的直流输入侧包括三种电平方式,即, $+1/2U_{dc}$, 0 和 $-1/2U_{dc}$,因而该网侧变流器 20 也可称之为三电平结构。由于机侧变流器 10 为一两电平结构,则该变流器结构整体上为非对称结构。

[0056] 将图 3 与图 2 进行对比,图 3 中的网侧变流器 20 与图 2 中的网侧变流器 20 均为三电平结构,且开关管的数量也相同(均为 12 个),控制方式也一致。但是,由于电路连接方式的差异,在网侧变流器各自的工作过程中,图 3 中的网侧变流器 20 的主开关管 S1、S4、S5、S8、S9 和 S12 的耐压值为图 2 中的网侧变流器 20 的主开关管 S1、S4、S5、S8、S9 和 S12 的耐压值的两倍。一般来说,耐压值越高,功率开关管的价格成本越高,因此,图 3 的网侧变

流器 20 的电路架构的实用性比图 2 的网侧变流器 20 稍弱。

[0057] 在一具体实施例中,该变流器结构还包括一滤波器,该滤波器设置于网侧变流器 20 的交流侧与交流电网 50 之间。

[0058] 图 4 示出图 1 的变流器结构中,具有不同电路连接方式的机侧变流器和网侧变流器的电路连接的又一具体实施例。

[0059] 不同于图 2 和图 3,在图 4 中,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 均采用三电平结构。然而,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 各自的电路连接方式不同。如上述图 3 所示,机侧变流器 10 中的一部分功率开关管的耐压值不同于网侧变流器 20 中的一部分功率开关管的耐压值,因而该变流器结构中的机侧变流器 10 和网侧变流器 20 也属于不对称结构的示意性实施例。

[0060] 应当理解,在其他的一些具体实施例中,当机侧变流器 10 和网侧变流器 20 各自的电路连接方式不同时,机侧变流器 10 和网侧变流器 20 既可以采用相同的电平数目(如均为两电平或三电平),也可以采用不同的电平数目(如,一个为两电平且另一个为三电平)。

[0061] 图 5 示出图 2 中的变流器结构中,对于机侧变流器和网侧变流器进行控制的电路原理示意图。

[0062] 参照图 5,该变流器结构还包括一机侧控制电路。该机侧控制电路包括一功率调节器 TR 和一电流调节器 CR。该功率调节器 TR 用于根据反映电机当前功率的参数和一给定参数,从而输出一电流指令信号 i_m^* 。在此,反映电机当前功率的参数包括电机功率 P、电机转速 S 和电机转矩 T。例如,功率调节器 TR 根据电机转矩 $T_e(Vn)$ 和给定转矩 T_e^* ,然后根据该电机转矩和给定转矩来输出电流指令信号 i_m^* 。电流调节器 CR 根据来自电机 40 的三相电流信号 i_r 、 i_s 、 i_t 和电流指令信号 i_m^* ,输出一 PWM 控制信号。该机侧控制电路藉由 PWM 控制信号来控制机侧变流器 10 中的功率开关管的闭合与关断。

[0063] 在一具体实施例中,该机侧控制电路还包括一功率比较器,设置于电机 40 和功率调节器 TR 之间,用于接收反映电机当前功率的参数和给定参数,并输出一差值至功率调节器 TR。

[0064] 在一具体实施例中,该机侧控制电路还包括一电流比较器,设置于功率调节器 TR 和电流调节器 CR 之间,用于接收电流指令信号 i_m^* 和三相电流信号 i_r 、 i_s 、 i_t ,并输出一电流差值至电流调节器 CR。

[0065] 再次参照图 5,该变流器结构还包括一网侧控制电路。该网侧控制电路包括一电压调节器 VR 和一电流调节器 CR。其中,电压调节器 VR 根据来自直流母线存储单元 30 的直流电压 Udc 和一参考电压 U_{dc}^* ,并输出一电流指令信号 i_g^* 。电流调节器 CR 根据来自交流电网的三相电流信号 i_a 、 i_b 、 i_c 和电流指令信号 i_g^* ,并输出一 PWM 控制信号。该网侧控制电路藉由该 PWM 控制信号来控制网侧变流器 20 中的功率开关管的闭合与关断。

[0066] 在一具体实施例中,该网侧控制电路还包括一电压比较器,用于接收直流电压 Udc 和参考电压 U_{dc}^* ,并输出一电压差值至电压调节器 VR。

[0067] 在一具体实施例中,该网侧控制电路还包括一电流比较器,设置于电压调节器 VR 和电流调节器 CR 之间,用于接收电流指令信号 i_g^* 和三相电流信号 i_a 、 i_b 、 i_c ,并输出一电流差值至电流调节器 CR。

[0068] 此外,该变流器结构还包括一滤波器,该滤波器设置于网侧变流器 20 的交流侧与交流电网 50 之间,以滤除交流电中的谐波成分。

[0069] 图 6 示出依据本发明的另一具体实施方式,可双向传递能量的功率电路的结构框图。

[0070] 参照图 6,可双向传递能量的功率电路包括一第一变换器 610、一第二变换器 620 和一直流母线存储单元 630。其中,第一变换器 610 具有一交流输入侧和一直流输出侧,用于将一交流电变换为一直流电。第二变换器 620 具有一直流输入侧和一交流输出侧,用于将该直流电变换为另一交流电。直流母线存储单元 630 电连接至第一变换器 610 的直流输出侧和第二变换器 620 的直流输入侧。并且,第一变换器 610 的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式不同于第二变换器 620 的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式。

[0071] 需要指出的是,当风力发电系统中的能量从风机 640 传递至交流电网 650 时,第一变换器 610 电连接至风机 640,第二变换器 620 电连接至交流电网 650。然而,在其他的一些实施例中,当风力发电系统中的能量从交流电网 650 传递至风机 640 时,第一变换器和第二变换器的位置可互换,此时,第一变换器 620 电连接至交流电网 650,第二变换器 610 电连接至风机 640。

[0072] 在一具体实施例中,第一变换器 610 和第二变换器 620 中之一者为一两电平结构,另一者为一三电平结构。

[0073] 在一具体实施例中,当第一变换器 610 和第二变换器 620 的电路连接形式不同时,第一变换器 610 和第二变换器 620 可均为三电平结构。

[0074] 此外,可双向传递能量的该功率电路应用于风力发电系统时,该风力发电系统的功率等级可介于 10kW 至 100kW 之间。

[0075] 图 7 示出依据本发明的又一具体实施方式,变流器结构并联拓扑应用于风力发电系统的电路结构示意图。

[0076] 参照图 7,该风力发电系统包括一风机 70 和一变流器模块。该变流器模块包括一第一变流器结构和一第二变流器结构。其中,该第一变流器结构包括机侧变流器 710 和网侧变流器 712,该第二变流器结构包括机侧变流器 720 和 722,并且机侧变流器 710 的交流侧与机侧变流器 720 的交流侧并联连接,网侧变流器 712 的交流侧与网侧变流器 722 的交流侧并联连接。在一些实施例中,该风力发电系统的功率等级介于 10kW 至 100kW 之间。

[0077] 应当理解,在其他的实施例中,该变流器模块还可包括两组以上的变流器结构,并且每一变流器结构各自的机侧变流器的交流侧并联连接,以及每一变流器结构各自的网侧变流器的交流侧并联连接。该变流器结构在上述图 2 至图 5 已示意性进行了详细说明,为描述方便起见,此处不再赘述。

[0078] 在一具体实施例中,第一变流器结构的网侧变流器 712 经由一第一滤波器连接至交流电网 80,第二变流器结构的网侧变流器 722 经由一第二滤波器连接至交流电网 80。

[0079] 采用本发明的基于非对称形式的功率电路、变流器结构以及包含该变流器结构的风力发电系统,藉由功率电路中的第一变换器和第二变换器各自的电平数、开关管型号和 / 或电路连接形式的不同从而灵活地设计和优化该功率电路结构。此外,当该功率电路应用于风力发电系统中的变流器结构时,可使机侧电流和网侧电流均为正弦波电流,并且谐波含量较小。相对于现有技术中的两电平对称结构或三电平对称结构,本发明的变流器结构

可降低系统损耗,提高系统的运转效率,并且还可较好地抑制谐波电流和 EMI 干扰,减小变流器结构所使用的功率器件数量,降低成本。

[0080] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。此外,显然“包括”一词不排除其他组件或步骤,单数不排除复数。系统权利要求中陈述的多个组件或装置也可以由一个组件或装置通过软件或者硬件来实现。术语“第一”、“第二”等词语仅仅用来表示名称,而并不表示任何特定的顺序。

[0081] 上文中,参照附图描述了本发明的具体实施方式。但是,本领域中的普通技术人员能够理解,在不偏离本发明的精神和范围的情况下,还可以对本发明的具体实施方式作各种变更和替换。这些变更和替换都落在本发明权利要求书所限定的范围内。

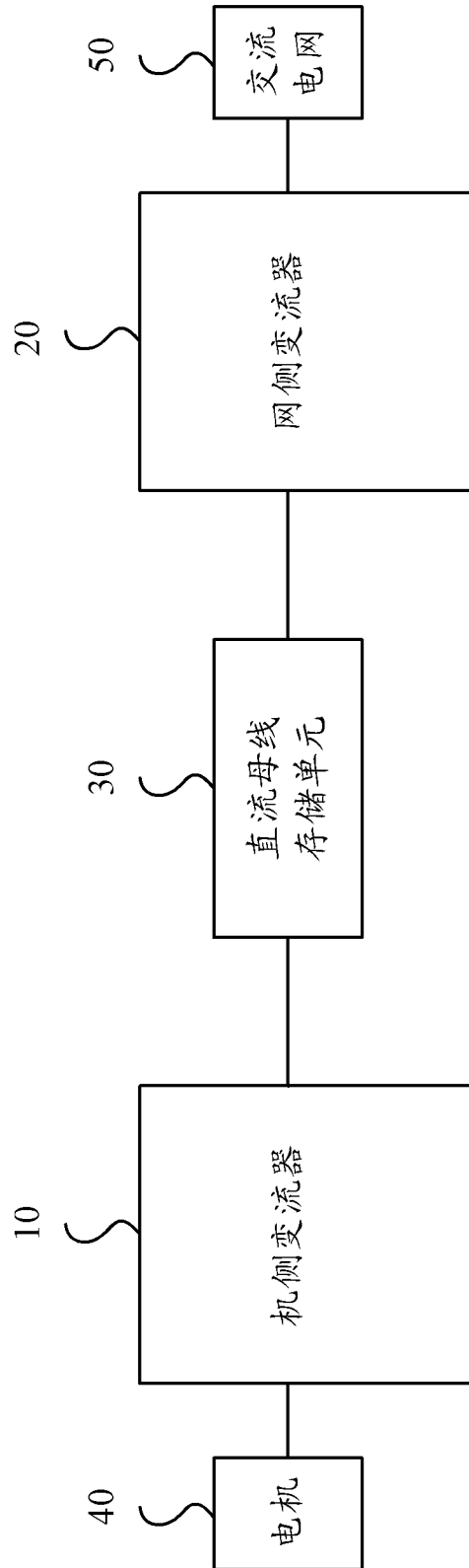


图 1

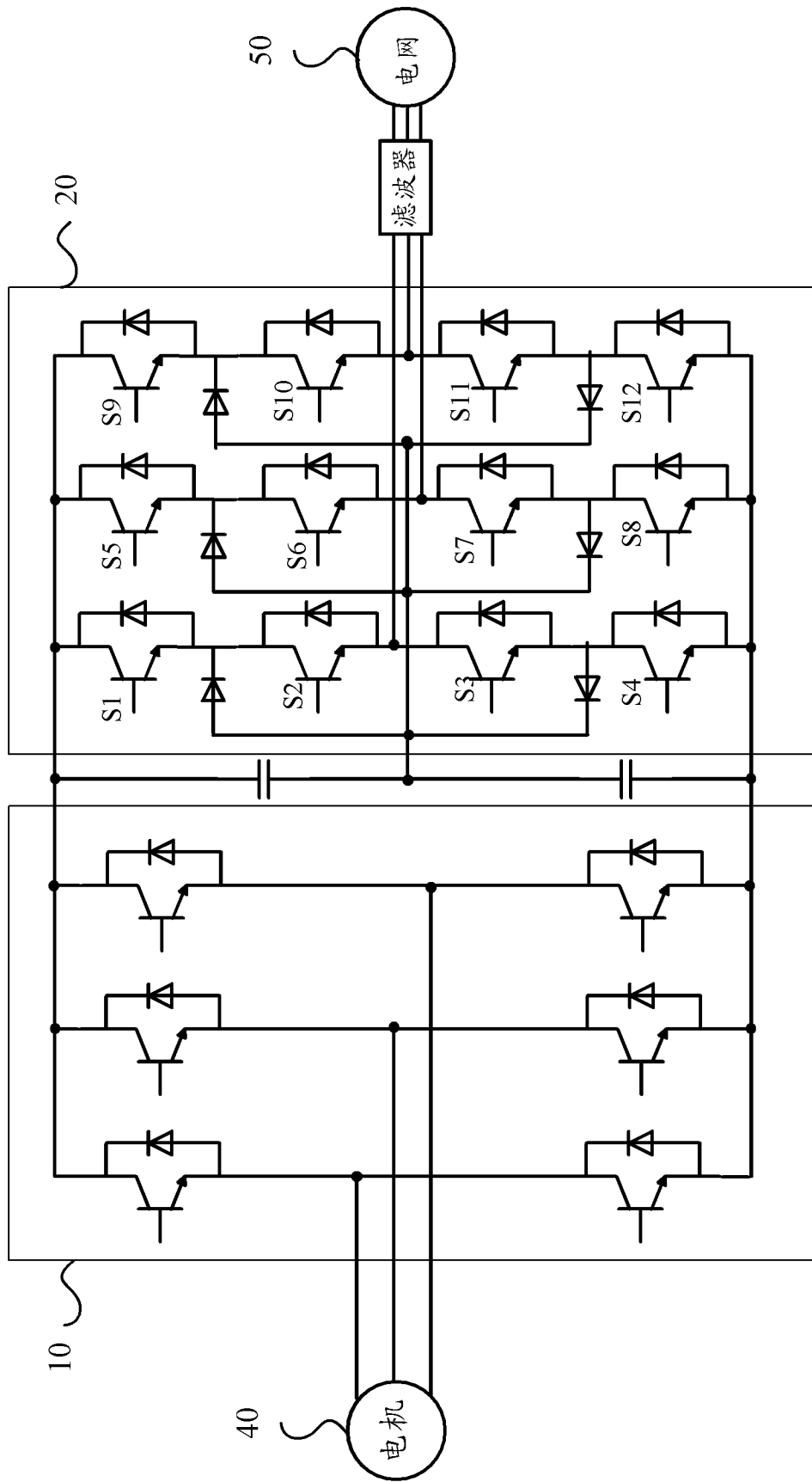


图 2

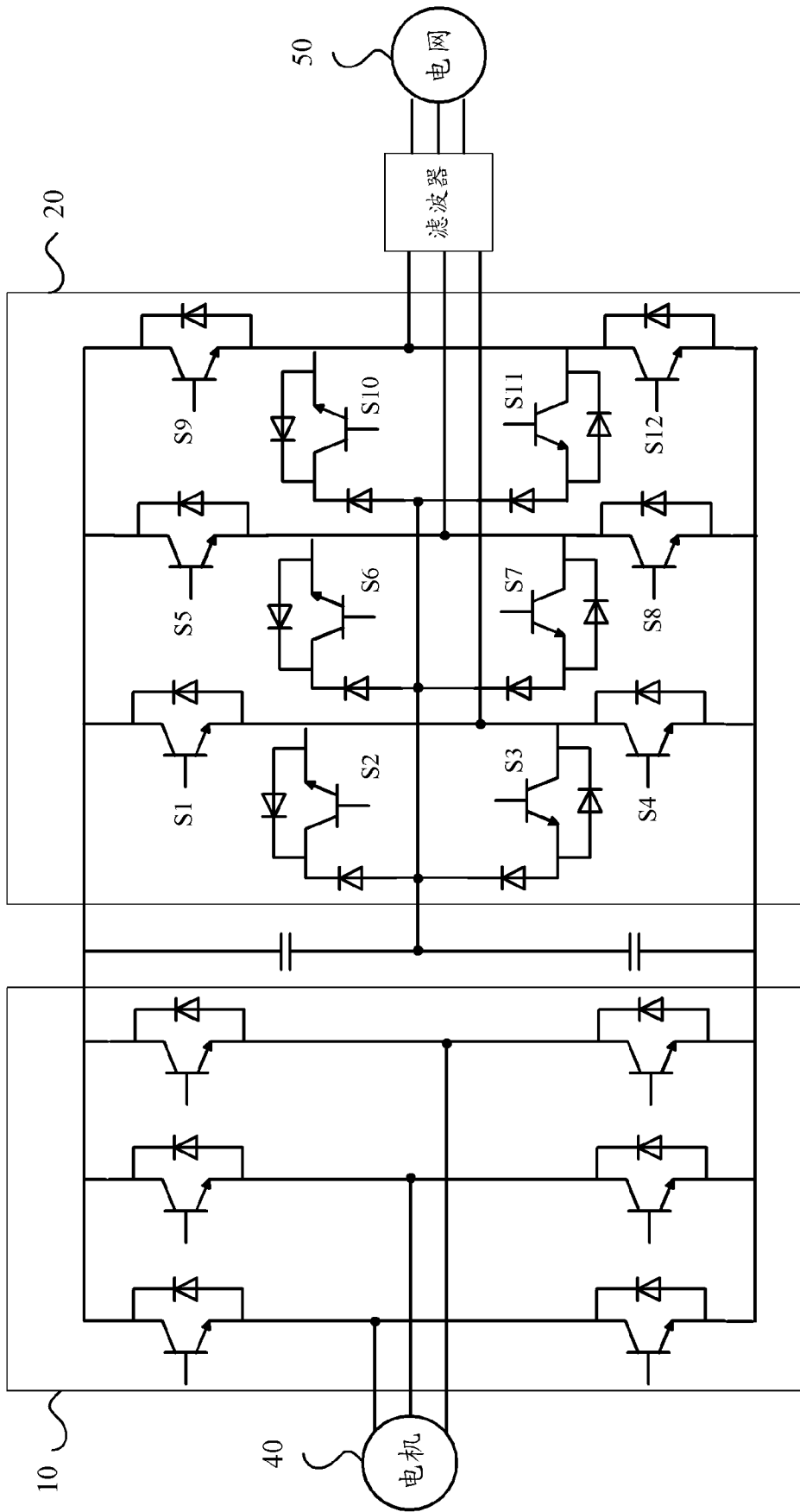


图 3

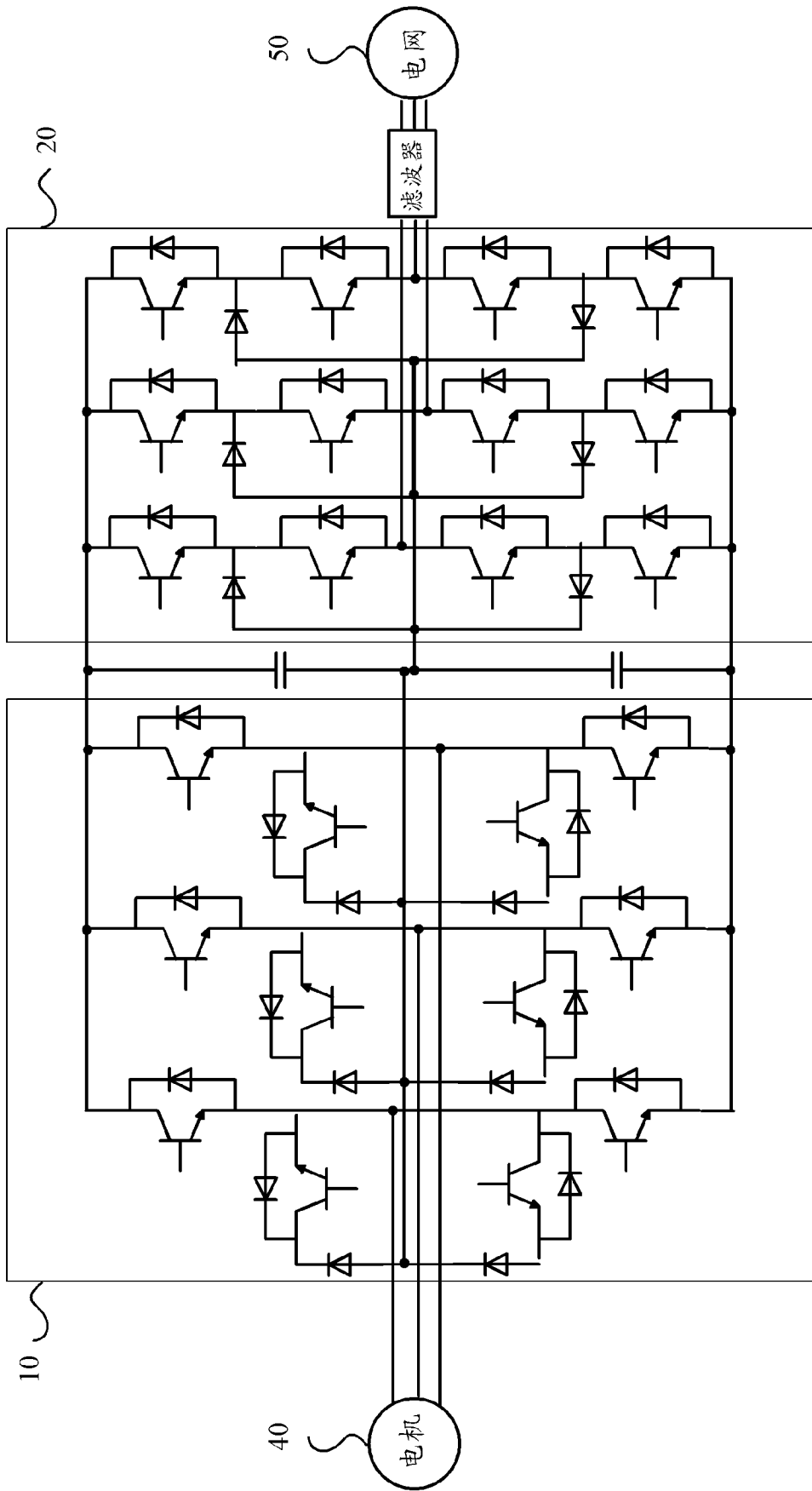


图 4

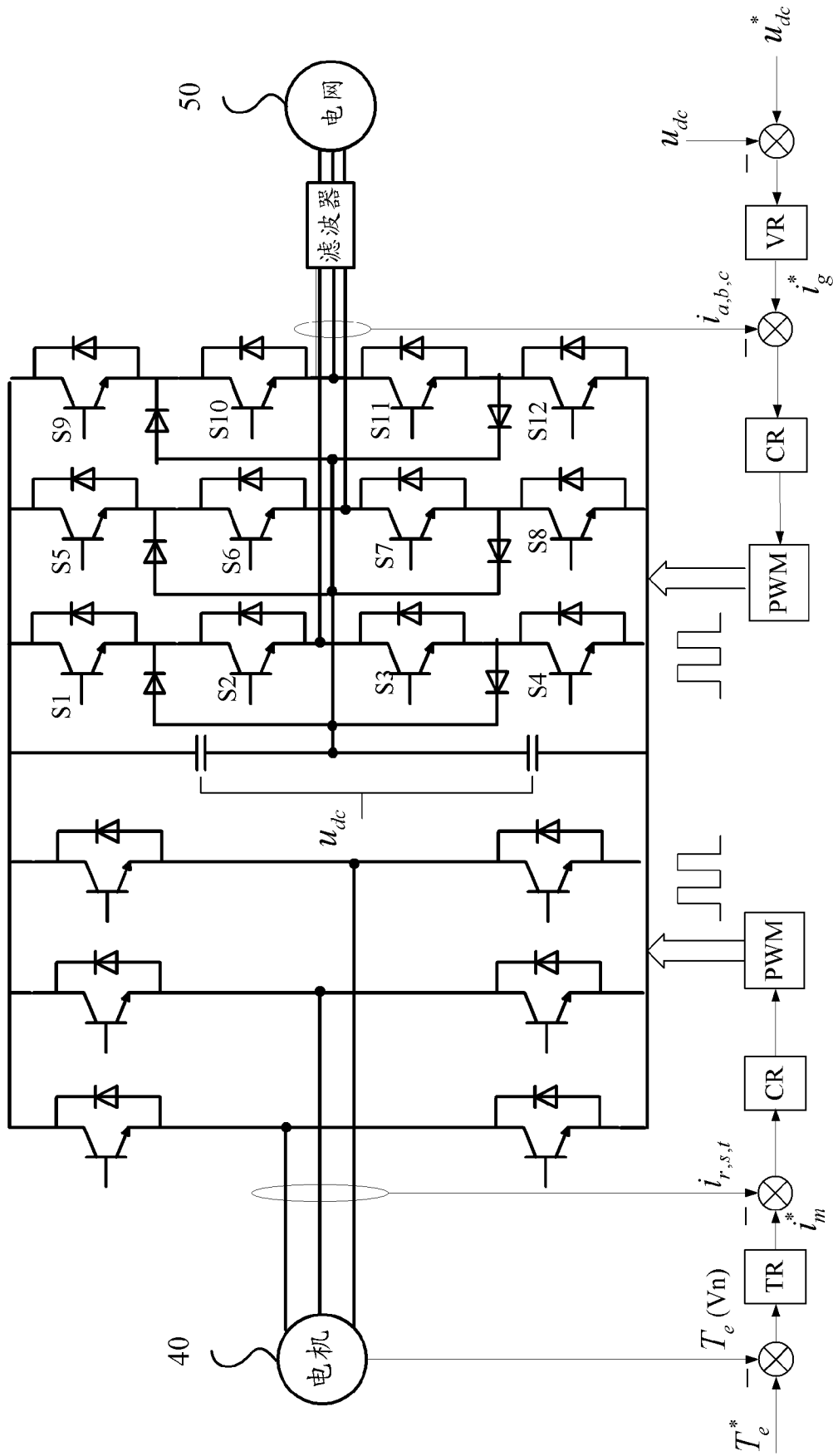


图 5

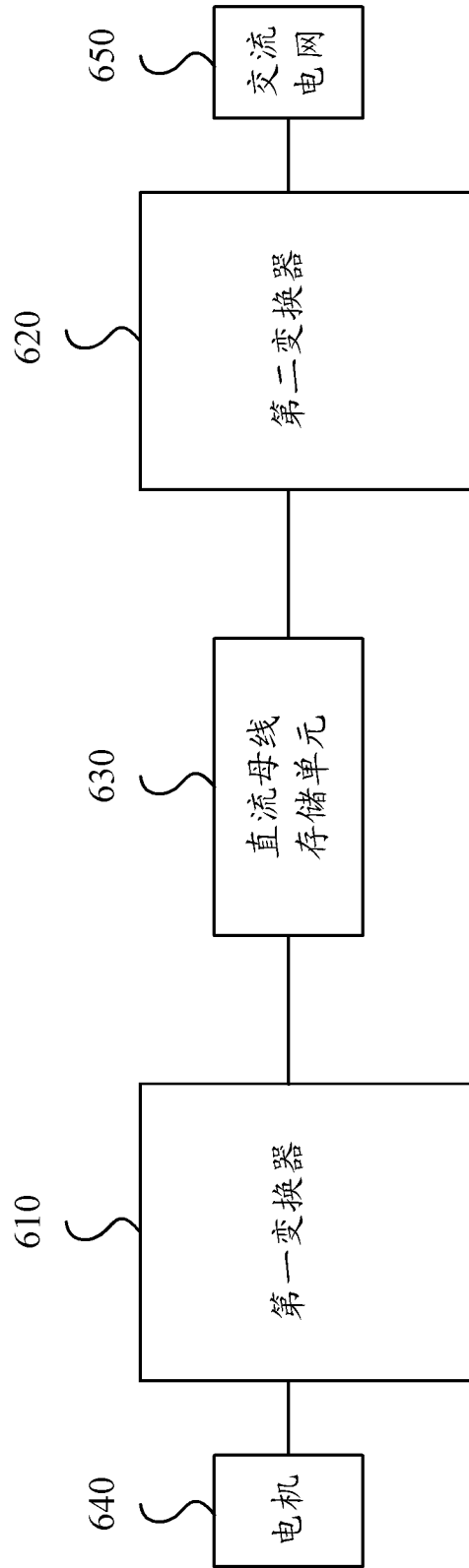


图 6

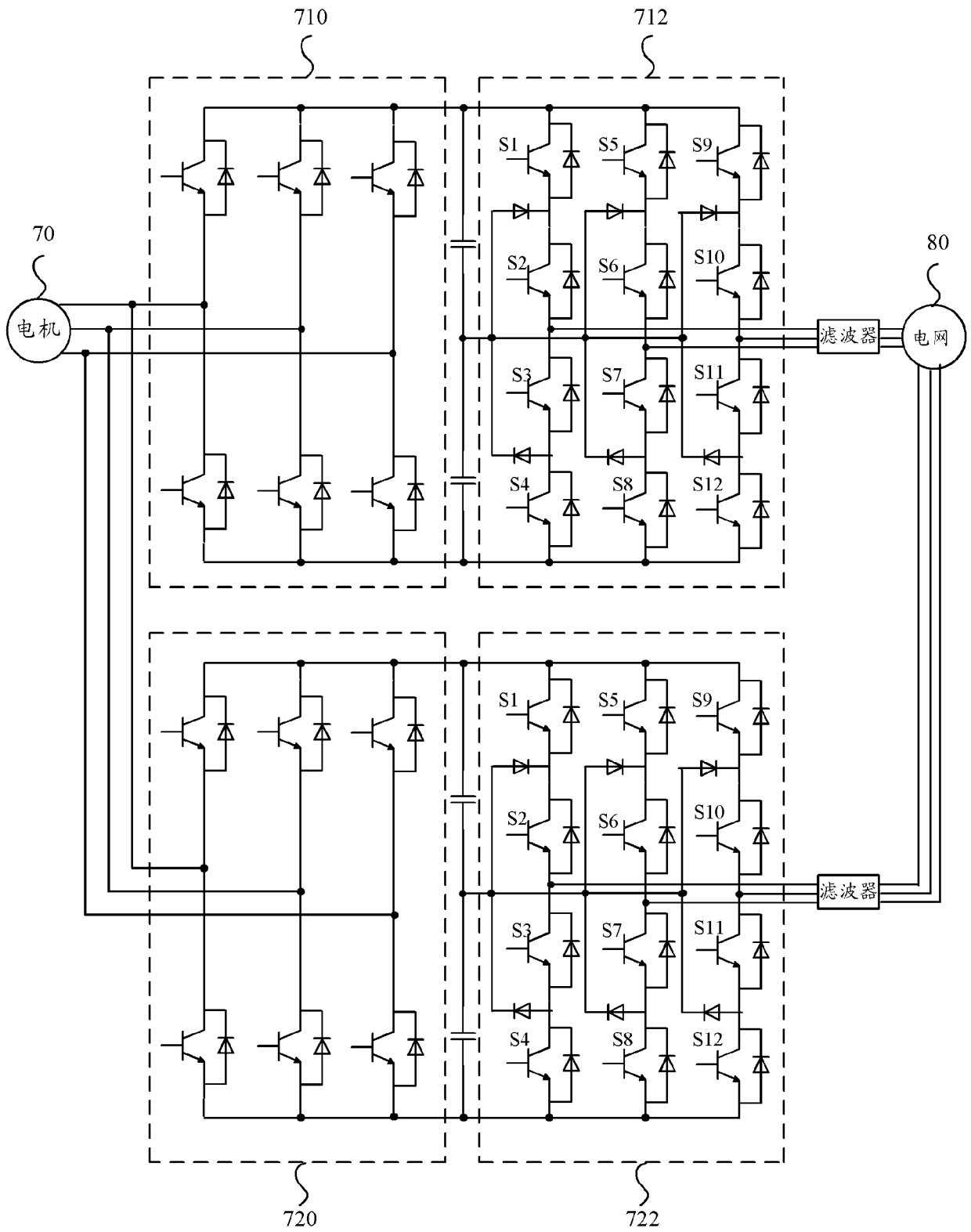


图 7