



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103812101 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 21

(21) 申请号 201410078697. 4

(22) 申请日 2014. 03. 05

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 中国电力科学研究院

中电普瑞张北风电研究检测有限公司

江苏省电力公司

(72) 发明人 姚良忠 王志冰 孙蔚 李琰

迟永宁 王伟胜 吴婧

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02J 1/10 (2006. 01)

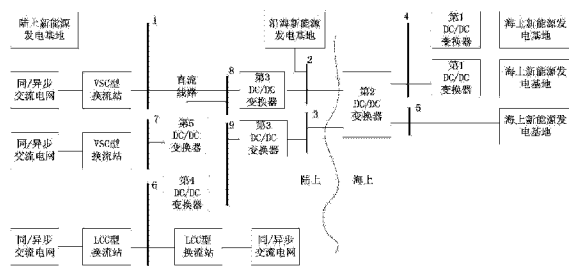
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统

(57) 摘要

本发明提供一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,所述系统包括新能源发电基地、交流电网、DC/DC 变换器和换流站;所述新能源发电基地直接连接直流母线,不同直流母线间通过 DC/DC 变换器连接,所述交流电网通过换流站连接直流母线。本发明提供的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,它不仅解决了大规模新能源电力的平滑可靠接入问题,而且具备控制手段灵活、运行方式丰富等特点,在不增加交流系统短路电流的情况下,可实现广域内交、直流电网的互联和互补,可以实现广域功率的调节和互济,可极大提升现有电力系统运行稳定性。



1. 一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述系统包括新能源发电基地、交流电网、DC/DC 变换器和换流站;所述新能源发电基地直接连接直流母线,不同直流母线间通过 DC/DC 变换器连接,所述交流电网通过换流站连接直流母线。

2. 根据权利要求 1 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述新能源发电基地包括海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地。

3. 根据权利要求 1 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述换流站包括 VSC 型换流站和 LCC 型换流站,所述交流电网包括同步交流电网和异步交流电网,所述 VSC 型换流站和 LCC 型换流站直接接入同步交流电网或异步交流电网。

4. 根据权利要求 2 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地三者均直接连接直流母线的方式接入直流电网,或通过 DC/DC 变换器接入直流电网。

5. 根据权利要求 4 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述 DC/DC 变换器包括第一 DC/DC 变换器、第二 DC/DC 变换器、第三 DC/DC 变换器、第四 DC/DC 变换器和第五 DC/DC 变换器;所述直流母线包括第一直流母线、第二直流母线、第三直流母线、第四直流母线、第五直流母线、第六直流母线、第七直流母线、第八直流母线和第九直流母线。

6. 根据权利要求 5 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述第一直流母线的电压等级与第七、八、九直流母线的电压等级相同,所述第六直流母线电压等级高于第一直流母线电压等级,第一直流母线电压等级高于第二和第三直流母线电压等级,第二和第三直流母线电压等级高于第四和第五直流母线电压等级。

7. 根据权利要求 6 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述陆上新能源发电基地直接连接第一直流母线,沿海新能源发电基地直接连接第二直流母线,所述第八直流母线直接连接第一直流母线,并通过第三 DC/DC 变换器连接第二直流母线,第二直流母线和第二 DC/DC 变换器连接第四直流母线,所述第九直流母线通过第三 DC/DC 变换器连接第三直流母线,第三直流母线通过第二 DC/DC 变换器连接第五直流母线;所述第九直流母线通过第四 DC/DC 变换器连接第六直流母线,第六直流母线通过 LCC 型换流站连接同步交流电网或异步交流电网;所述第七直流母线通过第五 DC/DC 变换器连接第八直流母线,所述第七直流母线直接连接第九直流母线,所述第七直流母线通过 VSC 型换流站连接同步交流电网和异步交流电网;所述海上新能源发电基地直接连接第五直流母线,或通过第一 DC/DC 变换器连接第一直流母线。

8. 根据权利要求 5 或 7 所述的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,其特征在于:所述第一 DC/DC 变换器为单双极性转换 DC/DC 变换器,第二 DC/DC 变换器为直流变电站,所述第三 DC/DC 变换器为高增益 DC/DC 变换器,所述第四 DC/DC 变换器为电压极性可反转 DC/DC 变换器,所述第五 DC/DC 变换器为低增益 DC/DC 变换器。

一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统

技术领域

[0001] 本发明属于新能源发电技术领域,具体涉及一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统。

背景技术

[0002] 随着全球经济的飞速发展,能源的消耗量日益庞大,随之而来的能源紧缺、环境污染、气候恶化等问题日益加剧,世界各国已经认识到能源的利用与开发必须从传统能源向可再生能源过渡。预计到 2013 年底,中国风电总装机容量将达到 7500 万千瓦,成为世界第一风电大国。同时太阳能总装机容量也将达到 1000 万千瓦,但是受限于并网方式、局部电网架构和现有电力系统的消纳能力,大部分可再生能源未得到充分利用,甚至出现“弃风”、“弃光”等现象;另一方面风能、太阳能等新能源发电具有间歇性、随机波动性等特点,随着各种新能源大规模接入电网,传统的电网结构、电力装备和调度运行技术等在接受大规模新能源方面已日益显得力不从心,为此必须采用新型电网结构、新装备和新技术来满足未来能源格局的深刻变化。

[0003] 由于 VSC 多端直流输电不存在交流输电固有的电压、功角及频率等稳定问题,输送距离和输送功率也不受电力系统同步运行稳定性的限制,且具有有功功率和无功功率独立调节的能力,所以该类直流输电系统可以缓冲大规模新能源的波动接入。因此,国内外相关学者相继开展了用于大规模新能源并网的多端直流输电的相关理论研究,且已形成了相关研究成果。

发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,它不仅可以解决大规模新能源电力的平滑可靠接入问题,而且具备控制手段灵活、运行方式丰富等特点,在不增加交流系统短路电流的情况下,可实现广域内交、直流电网的互联和互补,可以实现广域功率的调节和互济,可极大提升现有电力系统运行稳定性。

[0005] 为了实现上述发明目的,本发明采取如下技术方案:

[0006] 本发明提供一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,所述系统包括新能源发电基地、交流电网、DC/DC 变换器和换流站;所述新能源发电基地直接连接直流母线,不同直流母线间通过 DC/DC 变换器连接,所述交流电网通过换流站连接直流母线。

[0007] 所述新能源发电基地包括海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地。

[0008] 所述换流站包括 VSC 型换流站和 LCC 型换流站,所述交流电网包括同步交流电网和异步交流电网,所述 VSC 型换流站和 LCC 型换流站直接接入同步交流电网或异步交流电网。

[0009] 所述海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地三者均直

接连接直流母线的方式接入直流电网,或通过 DC/DC 变换器接入直流电网。

[0010] 所述 DC/DC 变换器包括第一 DC/DC 变换器、第二 DC/DC 变换器、第三 DC/DC 变换器、第四 DC/DC 变换器和第五 DC/DC 变换器;所述直流母线包括第一直流母线、第二直流母线、第三直流母线、第四直流母线、第五直流母线、第六直流母线、第七直流母线、第八直流母线和第九直流母线。

[0011] 所述第一直流母线的电压等级与第七、八、九直流母线的电压等级相同,所述第六直流母线电压等级高于第一直流母线电压等级,第一直流母线电压等级高于第二和第三直流母线电压等级,第二和第三直流母线电压等级高于第四和第五直流母线电压等级。

[0012] 所述陆上新能源发电基地直接连接第一直流母线,沿海新能源发电基地直接连接第二直流母线,所述第八直流母线直接连接第一直流母线,并通过第三 DC/DC 变换器连接第二直流母线,第二直流母线和第二 DC/DC 变换器连接第四直流母线,所述第九直流母线通过第三 DC/DC 变换器连接第三直流母线,第三直流母线通过第二 DC/DC 变换器连接第五直流母线;所述第九直流母线通过第四 DC/DC 变换器连接第六直流母线,第六直流母线通过 LCC 型换流站连接同步交流电网或异步交流电网;所述第七直流母线通过第五 DC/DC 变换器连接第八直流母线,所述第七直流母线直接连接第九直流母线,所述第七直流母线通过 VSC 型换流站连接同步交流电网和异步交流电网;所述海上新能源发电基地直接连接第五直流母线,或通过第一 DC/DC 变换器连接第一直流母线。

[0013] 所述第一 DC/DC 变换器为单双极性转换 DC/DC 变换器,第二 DC/DC 变换器为直流变电站,所述第三 DC/DC 变换器为高增益 DC/DC 变换器,所述第四 DC/DC 变换器为电压极性可反转 DC/DC 变换器,所述第五 DC/DC 变换器为低增益 DC/DC 变换器。

[0014] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0015] 1、能够最大程度的开发、传输和消纳大规模新能源,解决内陆以及近远海新能源电力汇集及外送问题,为大规模新能源基地的友好接入提供技术支撑,缓解全球能源紧缺和改善环境污染等问题。

[0016] 2、提出的直流电网系统中包含多种大功率 DC/DC 变换器,解决了不同电压等级的 VSC 直流电网的互联,双极性与单极性的直流电网的互联,直流电网与现有交流电网的互联,以及 VSC 型直流电网与传统的 LCC 型直流输电系统之间的互联等系统问题,提升了现有电力系统的可靠运行区间及稳定性。

[0017] 3、可以与现有交流电网、传统的 LCC 直流输电系统实现多点互联,功率流可灵活控制,同时可实现对波动性注入功率的缓冲,提升了该类型直流电网的运行灵活性,增强了新能源接入的可靠性,减小了大容量新能源发电机组对交流高电压、低电压以及零电压穿越技术的控制需求,有效降低了大容量新能源发电机组的控制技术门槛。

附图说明

[0018] 图 1 是带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统结构示意图;

[0019] 图 2 是本发明实施例中带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统结构示意图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0021] 本发明基于现有的电压源换相(Voltage Source Converter, VSC)直流输电技术、电网换相(Line Commutated Converter, LCC)直流输电技术以及大功率 DC/DC 变换器技术提出了一种适用于含大规模新能源可靠并网的多电压等级的直流电网系统。该直流电网具有直流潮流灵活可控、故障可快速隔离、网络可重构以及功率波动对系统影响可抑制等特点,能够实现不同电压等级的基于电压源换相的直流电网、双极性与单极性的直流电网、直流电网与交流电网,以及 VSC 直流电网与传统的 LCC 直流输电系统之间的互联,是解决广域内陆上及海上新能源的大规模汇集、传输和消纳等问题的一种重要技术手段。

[0022] 如图 1,本发明提供一种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,所述系统包括新能源发电基地、交流电网、DC/DC 变换器和换流站;所述新能源发电基地直接连接直流母线,不同直流母线间通过 DC/DC 变换器连接,所述交流电网通过换流站连接直流母线。

[0023] 所述新能源发电基地包括海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地。

[0024] 所述换流站包括 VSC 型换流站和 LCC 型换流站,所述交流电网包括同步交流电网和异步交流电网,所述 VSC 型换流站和 LCC 型换流站直接接入同步交流电网或异步交流电网。

[0025] 所述海上新能源发电基地、沿海新能源发电基地和陆上新能源发电基地三者均直接连接直流母线的方式接入直流电网,或通过 DC/DC 变换器接入直流电网。

[0026] 所述 DC/DC 变换器包括第一 DC/DC 变换器、第二 DC/DC 变换器、第三 DC/DC 变换器、第四 DC/DC 变换器和第五 DC/DC 变换器;所述直流电网系统中可包含多种或者一种电压序列,图 1 中的 1、2、3、4、5、6、7、8、9 分别代表一种直流电压序列的直流母线,直流母线包括第一直流母线、第二直流母线、第三直流母线、第四直流母线、第五直流母线、第六直流母线、第七直流母线、第八直流母线和第九直流母线。

[0027] 所述第一直流母线的电压等级与第七、八、九直流母线的电压等级相同,所述第六直流母线电压等级高于第一直流母线电压等级,第一直流母线电压等级高于第二和第三直流母线电压等级,第二和第三直流母线电压等级高于第四和第五直流母线电压等级。

[0028] 所述陆上新能源发电基地直接连接第一直流母线,沿海新能源发电基地直接连接第二直流母线,所述第八直流母线直接连接第一直流母线,并通过第三 DC/DC 变换器连接第二直流母线,第二直流母线和第二 DC/DC 变换器连接第四直流母线,所述第九直流母线通过第三 DC/DC 变换器连接第三直流母线,第三直流母线通过第二 DC/DC 变换器连接第五直流母线;所述第九直流母线通过第四 DC/DC 变换器连接第六直流母线,第六直流母线通过 LCC 型换流站连接同步交流电网或异步交流电网;所述第七直流母线通过第五 DC/DC 变换器连接第八直流母线,所述第七直流母线直接连接第九直流母线,所述第七直流母线通过 VSC 型换流站连接同步交流电网和异步交流电网;所述海上新能源发电基地直接连接第五直流母线,或通过第一 DC/DC 变换器连接第一直流母线。

[0029] 第一 DC/DC 变换器主要功能包括:1) 匹配单双极性直流输电方式;2) 配合双极系统的不对称运行或单极运行;3) 功率的双向流动;4) 故障的隔离。该类变换器的主要控制策略包括:1) 定直流电压控制;2) 定有功功率控制;3) 定电流控制;第一 DC/DC 变换器为单双极性转换 DC/DC 变换器;

[0030] 第二 DC/DC 变换器主要功能包括:1) 多类型新能源发电基地的多端口直流汇集;

2)不同电压等级直流输电系统之间的互联;3)功率双向流动;4)故障隔离;5)功率再分配。该类变换器的主要控制策略包括:1)定直流电压控制;2)定有功功率控制;3)定电流控制;第二 DC/DC 变换器为直流变电站;

[0031] 第三 DC/DC 变换器主要功能包括:1)不同电压等级直流输电系统之间的互联;2)功率双向流动;3)故障隔离。该类变换器的主要控制策略包括:1)定直流电压控制;2)定有功功率控制;3)定电流控制;第三 DC/DC 变换器为高增益 DC/DC 变换器;

[0032] 第四 DC/DC 变换器主要功能包括:1)VSC 直流电网和 LCC 直流输电系统之间的互联;2)LCC 侧电压极性反转;3)功率双向流动;4)故障隔离。该类变换器的主要控制策略包括:1)定直流电压控制;2)定有功功率控制;3)定电流控制;第四 DC/DC 变换器为电压极性可反转 DC/DC 变换器;

[0033] 第五 DC/DC 变换器所连接的直流母线 7、8、9 的电压等级相同,主要功能包括:1)功率的调节和再分配;2)功率双向流动;3)故障隔离。该类变换器的主要控制策略包括:1)定直流电压控制;2)定有功功率控制;3)定电流控制;第五 DC/DC 变换器为低增益 DC/DC 变换器。

[0034] 本发明提供的带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,能够实现不同类型以及不同电压等级电网或输配电系统之间的无缝对接和故障隔离;能够实现内陆和海上大规模新能源基地电力的高度集成,它不仅解决大规模新能源电力的平滑可靠接入问题,而且具备控制手段灵活、运行方式丰富等特点,在不增加交流系统短路电流的情况下,可实现广域内交、直流电网的互联和互补,可以实现广域功率的调节和互济,可极大提升现有电力系统运行稳定性。

[0035] 直流电网系统可集成大规模新能源电力,且与传统交流电网多点互联,也实现了与 LCC 高压直流输电系统无缝对接,可有效解决我国新能源电力传输和消纳问题。

[0036] 实施例

[0037] 实施例中带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统结构示意图如附图 2 所示。图中主要包括多电压等级直流电网、交流电网、LCC 直流输电系统和多类型大规模陆上、海上及沿海新能源发电基地等。图中不同类型海上新能源发电基地出口端的直流母线电压等级为 $\pm 100\text{kV}/\pm 150\text{kV}$,陆上新能源发电基地出口端直流传输网直流母线电压等级 $\pm 320\text{kV}$ 。其中:采用双极直流输电的海上新能源发电基地 1,2 直接通过直流变电站 DC hub5 与海上直流传输网相连,并将电压升高至直流传输网的传输电压等级 $\pm 320\text{kV}$,采用单极直流输电的海上新能源发电基地先经单双极性转换 DC/DC 变换器 DC/DC7,8 进行变换后,再通过直流变电站 DC hub6 与海上直流传输网相连;海上直流传输网再通过高增益 DC/DC 变换器 DC/DC2,3 与陆上直流输电网相连,并将电压升高至直流输电网的电压等级 $\pm 600\text{kV}$;对于陆上直流输电网,可以在架空线上装设低增益 DC/DC 变换器 DC/DC1,用于调节功率或再分配潮流;直流输电网可以通过陆上 VSC1,2 连接到交流电网,也可以通过陆上 VSC3,4 连接到陆上新能源发电基地,也可经电压极性可反转 DC/DC 变换器 DC/DC4 与陆上的 LCC 直流输电系统相连。通过采用本发明提出的这种带 DC/DC 变换器的多电压等级直流电网系统,可以实现大规模陆上和海上新能源发电基地的接入、VSC 直流电网与现有交流系统、LCC 直流输电系统的互联和故障隔离,并且能够最大程度的减小波动功率注入对交流系统的影响和混联电网的影响,同时最大限度的实现新能源的消纳。

[0038] 最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

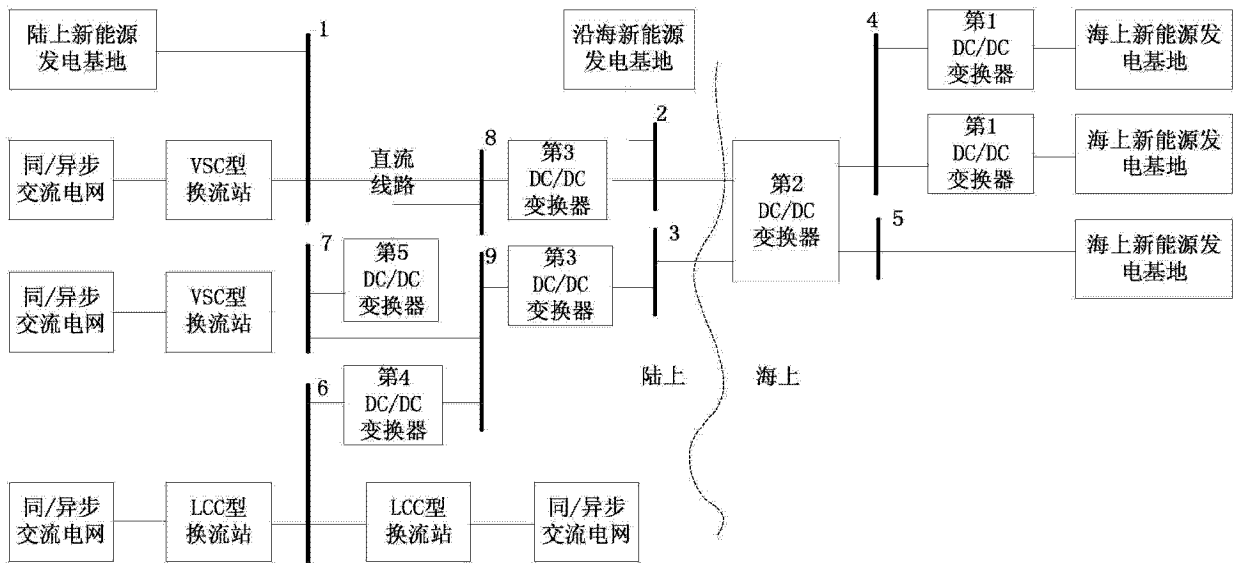


图 1

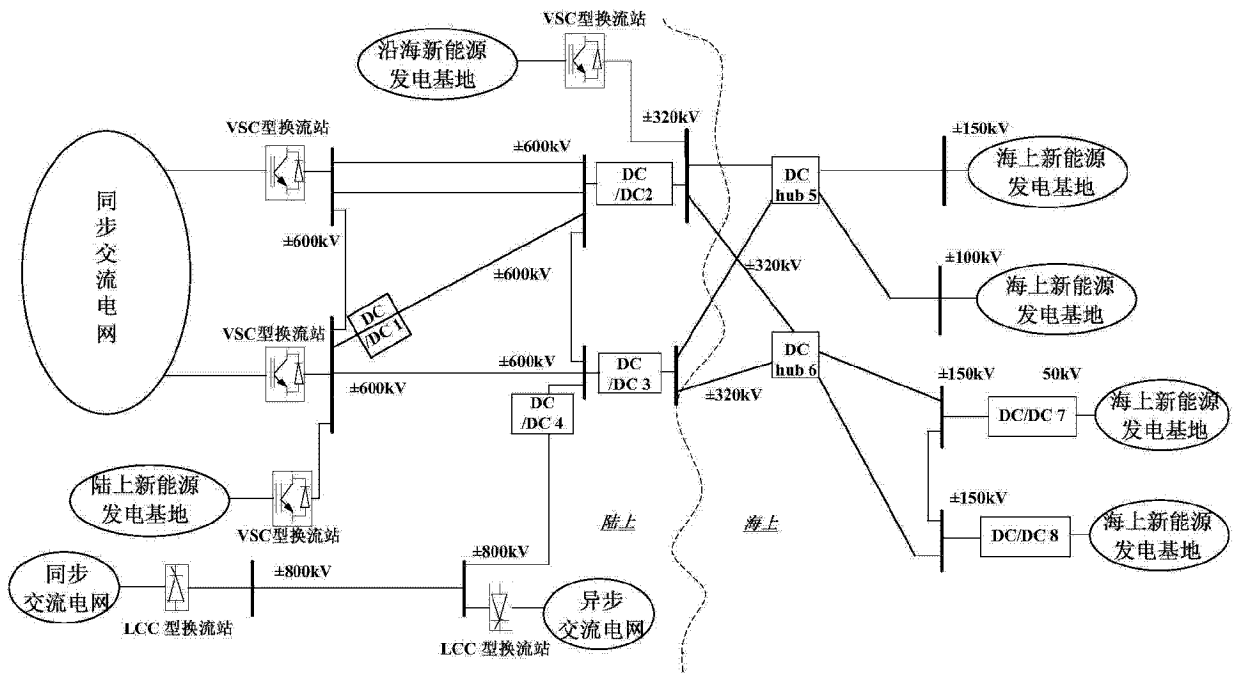


图 2