



(21) 申请号 202411552492.5

H02H 3/06 (2006.01)

(22) 申请日 2024.11.01

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106532756 A, 2017.03.22

申请公布号 CN 119050971 A

CN 109120005 A, 2019.01.01

(43) 申请公布日 2024.11.29

CN 108923448 A, 2018.11.30

(73) 专利权人 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院

审查员 杨海龙

地址 310014 浙江省杭州市拱墅区朝晖八区华电弄1号

(72) 发明人 陈騫 裘鹏 陆翌 谢浩铠 王柯

(74) 专利代理机构 浙江翔隆专利事务所(普通合伙) 33206

专利代理师 张建青

(51) Int. Cl.

H02H 7/26 (2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法及装置。本发明的控制保护方法,包括新能源接入形式、电压协调控制策略和直流故障后系统快速恢复策略;所述的新能源接入形式:对于新接入的新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,包含新能源站的新能源支路只需控制功率;所述的电压协调控制策略:当新能源站接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限;所述的直流故障后系统快速恢复策略:包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略。本发明接入新能源后,几乎不影响原有换流站的直流极控装置程序和极保护装置程序。

新能源接入形式:对于新接入的新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,包含新能源站的新能源支路只需控制功率

电压协调控制策略:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限

直流故障后系统快速恢复策略:包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略

1. 一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法, 其特征在于, 包括新能源接入形式、电压协调控制策略和直流故障后系统快速恢复策略;

所述的新能源接入形式: 对于新接入的新能源站, 系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制, 包含新能源站的新能源支路只需控制功率;

所述的电压协调控制策略: 当新能源接入多端柔直系统后, 定直流电压站功率达到满额时, 需增加直流电压协调控制功能, 避免直流电压超过安全极限;

所述的直流故障后系统快速恢复策略: 包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略, 所述的新能源支路故障恢复策略用于恢复新能源支路故障, 所述的终端线路故障恢复策略用于恢复终端线路故障, 所述的联络线故障恢复策略用于恢复联络线故障;

所述的新能源接入形式中, 为保证柔直海缆故障新能源站不脱网和新能源站故障不影响多端柔直系统运行, 需要在新能源支路配置直流耗能装置, 并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器; 所述新能源支路接入的直流母线所在的换流站, 与该换流站相关的直线母线保护程序和直流站控程序需要更新, 其余系统程序不需要调整;

所述的联络线故障恢复策略, 具体为:

联络线路故障发生后, 各柔直换流站保护动作, 所有换流站闭锁, 新能源站需要实现直流故障穿越不闭锁, 拉开新能源支路的直流断路器并投入直流耗能装置;

随后判断出故障的联络线路, 故障联络线路所连接的两个换流站拉开对应线路的直流开关;

最后整个多端柔直系统解列成“故障联络线路所连的一个换流站+余下的正常换流站+新能源站”以及“故障联络线路所连的另一个换流站+余下的正常换流站”两个直流系统运行, 每个直流系统中各有一个换流站先解锁, 控制直流电压, 之后余下的换流站分别解锁; 新能源站合上直流断路器, 若新能源支路的送出功率大于其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限, 通过稳控装置限制新能源送出功率上限至其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限。

2. 根据权利要求1所述的多端柔直系统控制保护方法, 其特征在于, 所述的电压协调控制策略中, 当定直流电压站达到满额时, 其他换流站通过降低功率辅助控制直流电压, 维持多端柔直系统稳定。

3. 根据权利要求1所述的多端柔直系统控制保护方法, 其特征在于, 所述的新能源支路故障恢复策略, 具体为: 新能源支路故障后保护动作, 新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器, 在柔直换流站保护动作前切除故障支路, 确保新能源站及其线路的故障不影响多端柔直系统的稳定运行。

4. 根据权利要求1所述的多端柔直系统控制保护方法, 其特征在于, 所述的终端线路故障恢复策略, 具体为:

终端线路故障发生后, 各柔直换流站保护动作, 所有换流站闭锁, 新能源站不闭锁并拉开新能源支路的直流断路器, 此时为防止新能源站的直流电压上升, 需投入耗能装置;

判断出某换流站及与其相邻的换流站之间的终端线路故障, 该换流站退出运行, 并拉开故障的终端线路两侧的直流开关, 将故障的终端线路隔离;

最后余下的换流站中选择一个换流站先重新解锁运行, 控制直流电压, 再分别解锁其

他无故障的换流站,新能源站合上直流断路器,恢复功率。

5.一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护装置,其特征在于,包括新能源接入单元、电压协调控制单元和直流故障后系统快速恢复单元;

所述的新能源接入单元:用于接入新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,新能源支路只需控制功率,在新能源支路配置直流耗能装置,并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器;

所述的电压协调控制单元:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限;

所述的直流故障后系统快速恢复单元:包括新能源支路故障恢复子单元、终端线路故障恢复子单元和联络线故障恢复子单元;

所述的联络线故障恢复子单元,用于:

联络线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站需要实现直流故障穿越不闭锁,拉开新能源支路的直流断路器并投入耗能装置;

随后判断出故障的联络线路,故障联络线路所连接的两个换流站拉开对应线路的直流开关;

最后整个多端柔直系统解列成“故障联络线路所连的一个换流站+余下的正常换流站+新能源站”以及“故障联络线路所连的另一个换流站+余下的正常换流站”两个直流系统运行,每个直流系统中各有一个换流站先解锁,控制直流电压,之后余下的换流站分别解锁;新能源站合上直流断路器,若新能源支路的送出功率大于其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限,通过稳控装置限制新能源送出功率上限至其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限。

6.根据权利要求5所述的多端柔直系统控制保护装置,其特征在于,所述的新能源支路故障恢复子单元,用于:新能源支路故障后保护动作,新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器,在柔直换流站保护动作前切除故障支路,确保新能源站及其线路的故障不影响多端柔直系统的稳定运行。

7.根据权利要求5所述的多端柔直系统控制保护装置,其特征在于,所述的终端线路故障恢复子单元,用于:

终端线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站不闭锁并拉开新能源支路的直流断路器,此时为防止新能源站的直流电压上升,需投入耗能装置;

判断出某换流站及与其相邻的换流站之间的终端线路故障,该换流站退出运行,并拉开故障的终端线路两侧的直流开关,将故障的终端线路隔离;

最后余下的换流站中选择一个换流站先重新解锁运行,控制直流电压,再分别解锁其他无故障的换流站,新能源站合上直流断路器,恢复功率。

一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于柔性直流输电系统技术领域,具体地说是一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法及装置。

背景技术

[0002] 柔性直流输电技术是以电压源换流器为核心的新一代直流输电技术。相比传统直流输电技术,柔性直流输电技术不存在换相失败问题,可增加系统动态无功储备,改善电能质量,解决非线性负荷、冲击性负荷对系统的影响,具有更强的可控性和灵活性,在大规模清洁能源并网、海岛供电、交流电网同步/异步互联、构建直流电网等方面具有广阔的应用前景,是解决现代电网诸多挑战的重要手段。

[0003] 越来越多的新能源项目亟待并网,由于大部分新能源项目位置较为偏僻,所处地区的交流电网较为薄弱,若采用交流送出的方式,无法实现新能源功率稳定送出。在此背景下,新能源采用柔直送出技术可以有效规避交流送出的缺陷。对于已建多端柔直工程周围的新能源站,可以利用已建的柔直工程设备资源,直接接入新能源站,不仅提升柔直设备的利用率,确保新能源的可靠稳定高效送出,还能降低新能源并网投资。

[0004] 针对直流故障,目前的新建多端柔直工程通过在直流端口配置直流断路器或者直流谐振开关,实现故障的快速隔离以及健全系统的快速重启。但是新能源站的接入会影响多端柔直系统的直流故障隔离及健全系统重启的策略,需要重新设计该策略,并修改控保程序,这给新能源站的接入带来的非常大的不便。因此需要合理设计新能源站的接入形式以及控制保护策略,做到新能源站与多端柔直系统之间的相互影响降至最低。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是克服上述现有技术存在的缺陷,提供一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法及装置,减少站间通讯信息,各个换流站可实现即插即用,接入新能源后,尽量不影响原有换流站的直流极控装置程序(PCP程序)和极保护装置程序(PPR程序),减少由程序升级带来的新增调试工作量,方便新建新能源站接入已有的多端柔直系统。

[0006] 为此,本发明采用如下的技术方案。

[0007] 第一方面,本发明提供一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法,其特征在于,包括新能源接入形式、电压协调控制策略和直流故障后系统快速恢复策略;

[0008] 所述的新能源接入形式:对于新接入的新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,包含新能源站的新能源支路只需控制功率;

[0009] 所述的电压协调控制策略:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限;

[0010] 所述的直流故障后系统快速恢复策略:包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略,所述的新能源支路故障恢复策略用于恢复新能源支路故障,所述的终端线路故障恢复策略用于恢复终端线路故障,所述的联络线故障恢复策略用于恢复联络线故障。

[0011] 本发明合理设计新能源站的接入形式、协调控制策略及故障后快速恢复策略,使新能源站与多端柔直系统之间的相互影响降至最低。

[0012] 进一步地,所述的新能源接入形式中,为保证柔直海缆故障新能源站不脱网和新能源站故障不影响多端柔直系统运行,需要在新能源支路配置直流耗能装置,并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器;所述新能源支路接入的直流母线所在的换流站,与该换流站相关的直线母线保护程序和直流站控程序需要更新,其余系统程序不需要调整。

[0013] 进一步地,所述的电压协调控制策略中,当定直流电压站达到满额时,其他换流站通过降低功率辅助控制直流电压,维持多端柔直系统稳定。

[0014] 进一步地,所述的新能源支路故障恢复策略,具体为:新能源支路故障后保护动作,新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器,在柔直换流站保护动作前切除故障支路,确保新能源站及其线路的故障不影响多端柔直系统的稳定运行。

[0015] 进一步地,所述的终端线路故障恢复策略,具体为:

[0016] 终端线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站不闭锁并拉开新能源支路的直流断路器,此时为防止新能源站的直流电压上升,需投入耗能装置;

[0017] 判断出某换流站及与其相邻的换流站之间的终端线路故障,该换流站退出运行,并拉开该条故障线路两侧的直流开关,将故障的终端线路隔离;

[0018] 最后余下的换流站中选择一个换流站先重新解锁运行,控制直流电压,再分别解锁其他无故障的换流站,新能源站合上直流断路器,恢复功率。

[0019] 进一步地,所述的联络线故障恢复策略,具体为:

[0020] 联络线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站需要实现直流故障穿越不闭锁,拉开新能源支路的直流断路器并投入耗能装置;

[0021] 随后判断出故障的联络线路,故障联络线路所连接的两个换流站拉开对应线路的直流开关;

[0022] 最后整个多端柔直系统解列成“故障联络线路所连的一个换流站+余下的正常换流站+新能源站”以及“故障联络线路所连的另一个换流站+余下的正常换流站”两个直流系统运行,每个直流系统中各有一个换流站先解锁,控制直流电压,之后余下的换流站分别解锁;新能源站合上直流断路器,若新能源支路的送出功率大于其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限,通过稳控装置限制新能源送出功率上限至其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限。

[0023] 第二方面,本发明提供一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护装置,其包括新能源接入单元、电压协调控制单元和直流故障后系统快速恢复单元;

[0024] 所述的新能源接入单元:用于接入新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,包含新能源站的新能源支路只需控制功率,在新能源支路配置直流耗能装置,并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器;

[0025] 所述的电压协调控制单元:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达

到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限;

[0026] 所述的直流故障后系统快速恢复单元:包括新能源支路故障恢复子单元、终端线路故障恢复子单元和联络线故障恢复子单元。

[0027] 本发明具有的有益效果如下:本发明能减少站间通讯信息,各个换流站可实现即插即用,接入新能源后,几乎不影响原有换流站的直流极控装置程序(PCP程序)和极保护装置程序(PPR程序),减少了由程序升级带来的新增调试工作量,方便新建新能源站接入已有的多端柔直系统。

附图说明

[0028] 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地介绍。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附图。

[0029] 图1为本发明一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法的流程图;

[0030] 图2为本发明采用新能源接入形式的示意图;

[0031] 图3为本发明新能源支路直流故障示意图;

[0032] 图4为本发明终端线路故障示意图;

[0033] 图5为本发明联络线路故障示意图。

具体实施方式

[0034] 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、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,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。

[0035] 实施例1

[0036] 本实施例提供一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法,如图1所示,其包括新能源接入形式、电压协调控制策略和直流故障后系统快速恢复策略。

[0037] 所述的新能源接入形式:对于新接入的新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,包含新能源站的新能源支路只需控制功率。

[0038] 为保证柔直海缆故障新能源站不脱网和新能源站故障不影响多端柔直系统运行,需要在新能源支路配置直流耗能装置,并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器;所述新能源支路接入的直流母线所在的换流站,与该换流站相关的直流母线保护程序和直流站控程序需要更新,其余系统程序不需要调整。

[0039] 以图2为例,原有的多端柔直系统包含第一换流站(简称S1)、第二换流站(简称S2)、第三换流站(简称S3)、第四换流站(简称S4)和第五换流站(简称S5)共五个换流站,新能源站(简称S6)通过直流断路器DCCB接至第四换流站的直流母线。由于第四换流站所在直流母线新增支路,母线差动保护等逻辑变化,此时第四换流站相关的直流母线保护程序、直流站控程序需要更新,其余系统程序不需要调整,方便实现即插即用。

[0040] 所述的电压协调控制策略:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限。当定直流电压站达到满额时,其他换流站通过降低功率辅助控制直流电压,维持多端柔直系统稳定。

[0041] 原先多端柔直系统的直流电压由一个运行站控制,其余换流站均运行于定有功功率模式,定直流电压站通常优先选择容量较大的换流站。当新能源站接入多端柔直系统以后,可能引发定直流电压站功率达到满额,此时定直流电压站不再具备控制系统直流电压的能力,因此需要增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限。

[0042] 以图2为例,初始运行工况为:第一换流站定直流电压,第二换流站、第三换流站、第四换流站、第五换流站的功率均为100MW,此时第一换流站向交流系统输送400MW功率,达到满额状态。此时250MW新能源支路接入第四换流站的直流母线。由于第一换流站输送功率已经达到满额,此时第二换流站、第三换流站、第四换流站和第五换流站通过降低功率辅助控制直流电压,维持系统稳定。

[0043] 所述的直流故障后系统快速恢复策略:包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略,所述的新能源支路故障恢复策略用于恢复新能源支路故障,所述的终端线路故障恢复策略用于恢复终端线路故障,所述的联络线故障恢复策略用于恢复联络线故障。

[0044] 新能源接入后,根据故障位置不同,整个柔直系统直流故障后系统恢复策略分成3种情况分析。

[0045] (1) 第一类故障为新能源支路故障。新能源支路故障后保护动作,新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器,在柔直换流站保护动作前切除故障支路,确保新能源站及其线路的故障不影响多端柔直系统的稳定运行。

[0046] 以图3为例,新能源支路故障后保护动作,通过新能源站和第四换流站两侧的电流互感器CT判断出故障发生在新能源支路,新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器,第一换流站、第二换流站、第三换流站、第四换流站、第五换流站均正常运行。

[0047] (2) 第二种类型的故障为终端线路故障,以图4中第一换流站至第二换流站线路故障为例。故障发生后,五个柔直换流站保护动作,换流站闭锁,新能源站不闭锁并拉开新能源支路的直流断路器,此时为了防止新能源换流站的直流电压上升,需要投入耗能装置;第一换流站和第二换流站判断出第一换流站至第二换流站线路故障,第一换流站、第二换流站拉开故障线路的直流开关,将第一换流站至第二换流站的故障线路隔离。最后第二换流站先重新解锁,控制直流电压,第三换流站、第四换流站、第五换流站再分别解锁。新能源站合直流断路器,恢复功率。

[0048] (3) 第三类故障为联络线故障,以图5中第二换流站至第四换流站联络线路故障为例。故障发生后,各柔直换流站保护动作,五站闭锁,新能源站需要实现直流故障穿越,因此不闭锁、拉开新能源支路的直流断路器并投入耗能装置。随后第二换流站和第四换流站判断出第二换流站至第四换流站联络线路故障,第二换流站、第四换流站拉开对应线路的直流开关。最后整个多端柔直系统解列成“S4+S5+S6”以及“S1+S2+S3”两个直流系统运行,S1、S4先解锁,控制直流电压,之后S2、S3、S5分别解锁。新能源站合直流断路器,由于新能源支路的送出功率大于S4、S5两个换流站容量之和的上限,因此通过稳控装置限制新能源送出功率上限至S4、S5两个换流站容量之和的上限。

[0049] 实施例2

[0050] 本实施例为一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护装置,其包括新能源接入单元、电压协调控制单元和直流故障后系统快速恢复单元。

[0051] 所述的新能源接入单元:用于接入新能源站,系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制,新能源支路只需控制功率,在新能源支路配置直流耗能装置,并在新能源支路接入直流母线处安装直流断路器;

[0052] 所述的电压协调控制单元:当新能源接入多端柔直系统后,定直流电压站功率达到满额时,需增加直流电压协调控制功能,避免直流电压超过安全极限;

[0053] 所述的直流故障后系统快速恢复单元:包括新能源支路故障恢复子单元、终端线路故障恢复子单元和联络线故障恢复子单元。

[0054] 所述的新能源支路故障恢复子单元,用于:新能源支路故障后保护动作,新能源站闭锁并跳开新能源支路直流断路器,在柔直换流站保护动作前切除故障支路,确保新能源站及其线路的故障不影响多端柔直系统的稳定运行。

[0055] 所述的终端线路故障恢复子单元,用于:

[0056] 终端线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站不闭锁并拉开新能源支路的直流断路器,此时为防止新能源站的直流电压上升,需投入耗能装置;

[0057] 判断出某换流站及与其相邻的换流站之间的终端线路故障,该换流站退出运行,并拉开该条故障线路两侧的直流开关,将故障的终端线路隔离;

[0058] 最后余下的换流站中选择一个换流站先重新解锁运行,控制直流电压,再分别解锁其他无故障的换流站,新能源站合上直流断路器,恢复功率。

[0059] 所述的联络线故障恢复子单元,用于:

[0060] 联络线路故障发生后,各柔直换流站保护动作,所有换流站闭锁,新能源站需要实现直流故障穿越不闭锁,拉开新能源支路的直流断路器并投入耗能装置;

[0061] 随后判断出故障的联络线路,故障联络线路所连接的两个换流站拉开对应线路的直流开关;

[0062] 最后整个多端柔直系统解列成“故障联络线路所连的一个换流站+余下的正常换流站+新能源站”以及“故障联络线路所连的另一个换流站+余下的正常换流站”两个直流系统运行,每个直流系统中各有一个换流站先解锁,控制直流电压,之后余下的换流站分别解锁;新能源站合上直流断路器,若新能源支路的送出功率大于其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限,通过稳控装置限制新能源送出功率上限至其所在直流系统的所有换流站容量之和的上限。

[0063] 关于一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护装置的具体限定参见实施例1中对于一种实现新能源站即插即用的多端柔直系统控制保护方法的限定,二者具有相同的功能和作用,在此不再赘述。

[0064] 本领域技术的人员显然可以容易地对上述实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,对于本发明做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

新能源接入形式：对于新接入的新能源站，系统直流电压由多端柔直系统原有的柔直换流站控制，包含新能源站的新能源支路只需控制功率

电压协调控制策略：当新能源接入多端柔直系统后，定直流电压站功率达到满额时，需增加直流电压协调控制功能，避免直流电压超过安全极限

直流故障后系统快速恢复策略：包括新能源支路故障恢复策略、终端线路故障恢复策略和联络线故障恢复策略

图 1

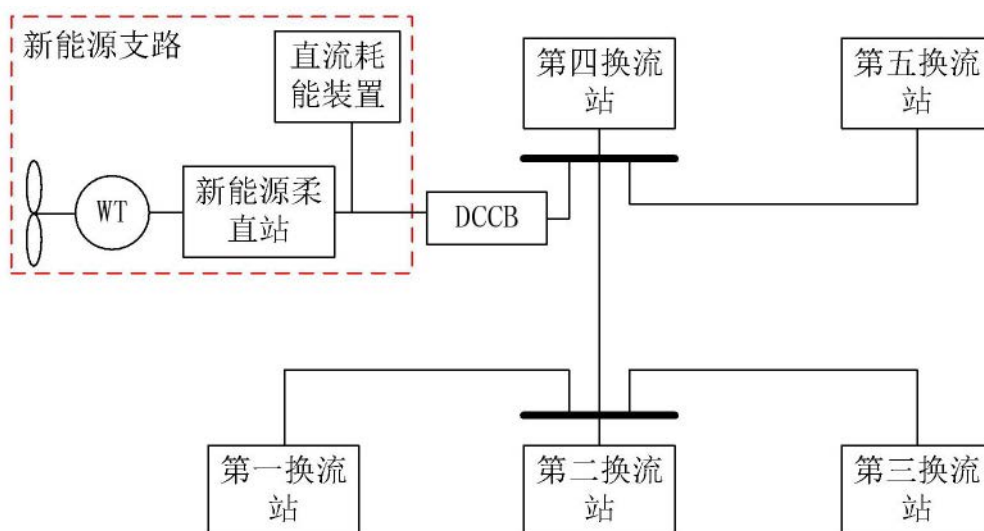


图 2

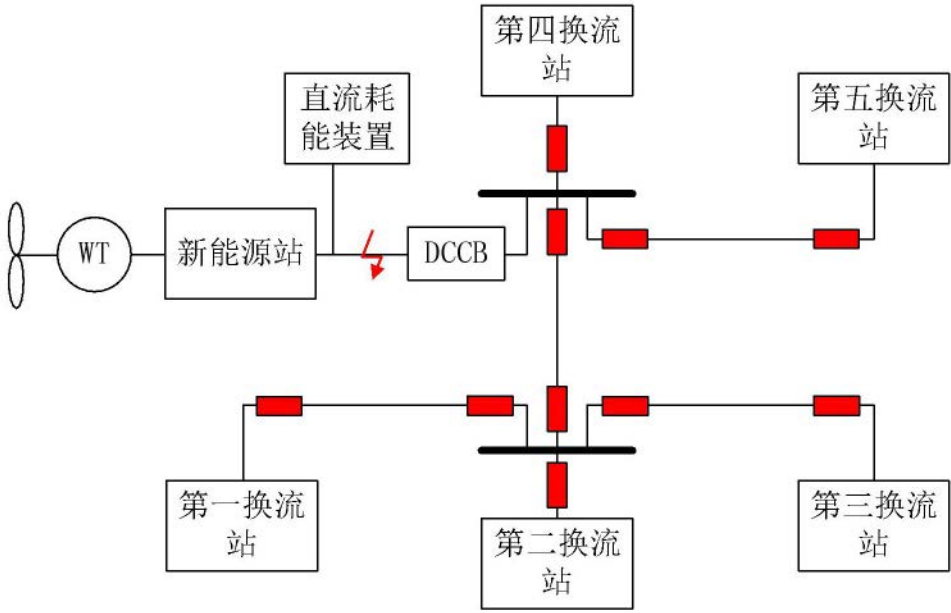


图 3

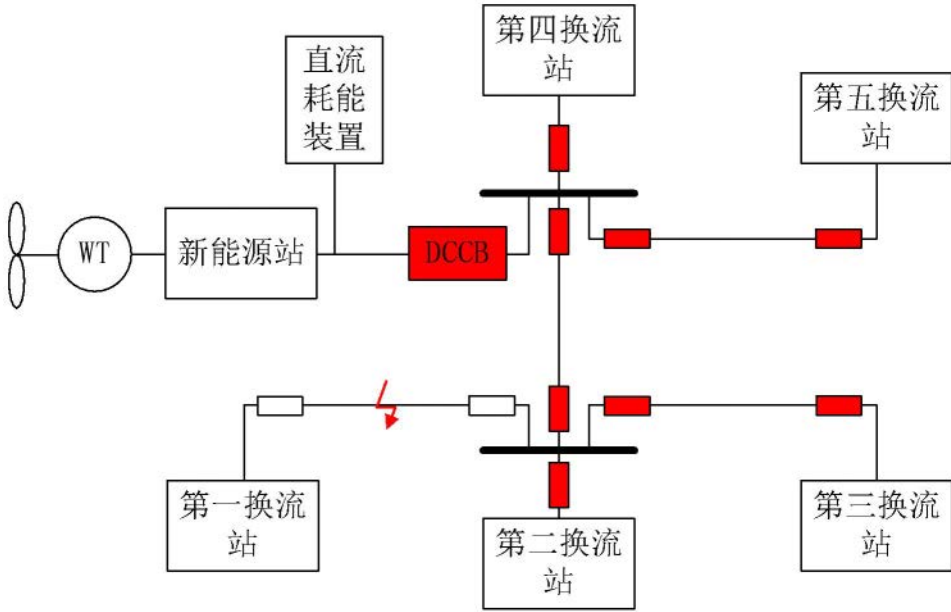


图 4

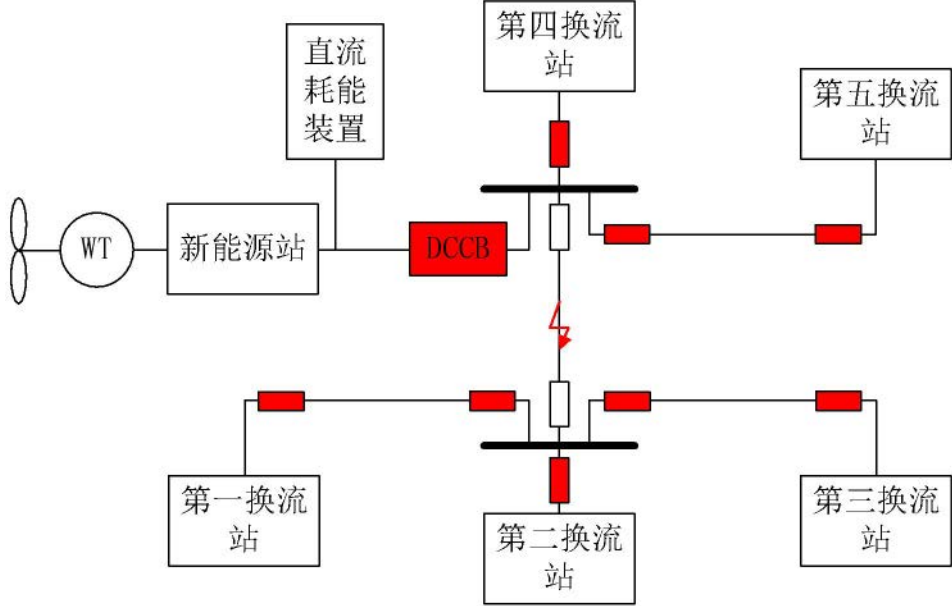


图 5