



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118300394 B

(45) 授权公告日 2024.08.13

(21) 申请号 202410718658.X

(22) 申请日 2024.06.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118300394 A

(43) 申请公布日 2024.07.05

(73) 专利权人 东北林业大学
地址 150040 黑龙江省哈尔滨市香坊区和
兴路26号

(72) 发明人 刘一琦 尹来承 吴昱澄 刘佳逸
顾芳宁 刘玮

(51) Int. Cl.
H02M 1/34 (2007.01)
H02H 9/04 (2006.01)
H02J 3/36 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108879750 A, 2018.11.23

CN 109546638 A, 2019.03.29

审查员 张晓燕

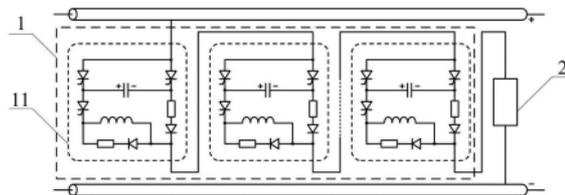
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置

(57) 摘要

本发明中公开了一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,属于电力高压直流输电领域。基于晶闸管的直流侧能量耗散装置拓扑主要包括若干个结构一致的能量耗散子模块与一个能量耗散电阻。各个能量耗散子模块负责在非故障期间支撑直流侧电压,并在故障期间控制能量耗散电阻的投入与切除;各个能量耗散子模块通过控制能量耗散电阻在电路中投入的时间,实现系统中盈余能量耗散功率的调节;由于所提出的装置采用了价格低廉的半控型开关器件,同时所提出的装置布置在系统中岸上直流侧出口处,避免了海上平台的建设,因此提出的装置能够大幅降低设备的硬件成本与建设成本。



1. 一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,其特征在于,所述装置包括能量耗散模块(1)和能量耗散电阻(2),所述能量耗散模块(1)包括若干个能量耗散子模块(11),所述能量耗散模块(1)的输入端连接于输电系统直流母线的正极,所述能量耗散模块(1)的输出端连接能量耗散电阻(2),所述能量耗散电阻(2)的另一端连接于输电系统直流母线的负极,所述能量耗散子模块(11)包括第一晶闸管(111)、第二晶闸管(118)、第三晶闸管(112)、电压支撑电容(119)、电流抑制电感(113)、电感能量耗散电阻(114)、平衡电阻(117)、电感能量耗散二极管(115)与电流限制二极管(116);

所述的能量耗散子模块中,第一晶闸管(111)、电压支撑电容(119)、平衡电阻(117)与电流限制二极管(116)串联在一起,其中第一晶闸管(111)的阴极与电压支撑电容(119)的阳极相连,电压支撑电容(119)的阴极与平衡电阻(117)的一端相连,平衡电阻(117)的另一端与电流限制二极管(116)的阳极相连;

第二晶闸管(118)与第一晶闸管(111)的阳极、电压支撑电容(119)的阴极并联在一起,其中第二晶闸管(118)的阳极与第一晶闸管(111)的阳极相连,第二晶闸管(118)的阴极与电压支撑电容(119)的阴极相连;

第三晶闸管(112)与电流抑制电感(113)串联,第三晶闸管(112)的阴极与电流抑制电感(113)的一端相连,第三晶闸管(112)与电流抑制电感(113)串联后,与电压支撑电容(119)、平衡电阻(117)、电流限制二极管(116)并联,其中第三晶闸管(112)的阳极与电压支撑电容(119)的阳极相连,电流抑制电感(113)的另一端与电流限制二极管(116)的阴极相连;

电感能量耗散电阻(114)与电感能量耗散二极管(115)串联,其中电感能量耗散电阻(114)的一端与电感能量耗散二极管(115)的阴极连接在一起;电感能量耗散电阻(114)与电感能量耗散二极管(115)串联后,与电流抑制电感(113)并联,其中电感能量耗散电阻(114)与电流抑制电感(113)连接的一端与第三晶闸管(112)的阴极相连,电感能量耗散二极管(115)的阳极与电流限制二极管(116)的阴极相连;

其中第一晶闸管(111)的阳极与第二晶闸管(118)的阳极连接后作为能量耗散子模块(11)的电流入口,电感能量耗散二极管(115)的阳极、电流抑制电感(113)的一端与电流限制二极管(116)的阴极连接后作为能量耗散子模块(11)的电流出口。

2. 根据权利要求1所述的一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,其特征在于,若干个所述能量耗散子模块(11)串联连接,前一个能量耗散子模块(11)的电流出口与后一个能量耗散子模块(11)的电流入口相连接。

3. 根据权利要求1所述的一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,其特征在于,所述能量耗散子模块(11)包含三种运行状态,分别为充电状态、导通状态和关断状态;所述充电状态下,第一晶闸管(111)导通,第三晶闸管(112)与第二晶闸管(118)关断;所述导通状态下,第一晶闸管(111)导通与第三晶闸管(112)导通,第二晶闸管(118)关断;所述关断状态下,第一晶闸管(111)关断,第三晶闸管(112)与第二晶闸管(118)导通。

4. 根据权利要求3所述的一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,其特征在于,在系统正常运行期间,控制系统对直流侧电压进行采集,并将直流侧的实际电压与额定电压进行比较;当直流侧电压低于或等于额定电压时,装置中各个能量耗散子模块中的第一晶闸管(111)始终导通,使各个能量耗散子模块始终保持充电状态,不进行动作,由电压支撑电容

(119) 支撑直流侧电压,不进行能量耗散;当系统中交流侧发生电压跌落故障,直流侧电压高于额定电压时,向装置中的各个能量耗散子模块中的晶闸管施加2kHz的PWM信号,使各个能量耗散子模块在导通状态与关断状态进行同步切换,同时根据系统中直流电压的变化对各个晶闸管PWM信号的占空比进行调整,进而实现导通状态的时间在总体时间中的占比的调整,当直流侧实际电压与额定电压偏差增大时,增大其导通状态的时间在总体时间中的占比,以增大单位时间内能量耗散电阻(2)消耗的电能,当直流侧实际电压与额定电压偏差减小时,降低其导通状态的时间在总体时间中的占比,以减小单位时间内能量耗散电阻(2)消耗的电能,进而达到实现能量耗散功率的按需调节的目的。

一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置

技术领域

[0001] 本发明属于柔性直流输电保护技术领域,特别是涉及一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置。

背景技术

[0002] 随着化石能源的逐渐枯竭,与人们环保意识的不断增强,能源供给侧发生了较大的变革,新型清洁能源在能源供给侧的占比不断增大,愈发受到人们的重视。海上风力发电因其更加清洁环保、占用陆地面积较小而逐渐受到人们的重视,随着科学技术的不断发展,海上风力发电将进一步向风能更加持续稳定的远海地区转移,其装机容量也将进一步提升。

[0003] 在此背景下,基于电压源换流器的柔性直流输电技术因其控制灵活、不存在换向失败、线路损耗较低等诸多优点在远海风力发电场景中得以应用并快速发展,同时也对稳定性提出了更严苛的要求,尤其在系统中出现故障后,如何确保系统中各项指标在安全范围内,进一步提升海上风电柔性直流输电系统的故障穿越能力,是目前亟待解决的技术问题和重要研究方向。

[0004] 在基于海上风电的柔性直流输电系统中,能量耗散装置是实现直流侧故障穿越至关重要的设备,当系统受电端交流侧发生瞬时电压跌落故障时,受端换流器输出功率受阻,系统中能量在直流侧聚集,间接造成了直流侧输电线路电压上升。由于系统中各类设备包含大量耐压能力有限的电力电子设备,直流侧线路电压的上升将导致各类设备中的电力电子设备承受的电压超过其耐受等级,进而致使各类电力电子设备因过压而损毁。

[0005] 针对直流侧能量耗散装置,多采用集中式能量耗散电阻与分布式能量耗散电阻对系统中的盈余能量进行耗散。其中采用集中式能量耗散电阻的能量耗散装置,因无需水冷系统对能量耗散电阻进行散热而节省了一定的建设成本。但在其结构中往往仍包含大量的能够耐受较高电压等级的全控型开关器件,仍需投入大量的硬件成本。因此针对集中式能量耗散装置展开深入的探究,发明新型成本更加低廉的能量耗散装置,有着极为重要的研究意义。

[0006] 目前,为了解决能量耗散装置造价昂贵和性能不佳的问题,已有多项专利进行研究并提出了相应的解决方法,例如:

[0007] 1、申请号为CN201810555582.8,名称为“一种风电双极柔直电网的故障穿越及能量耗散控制方法”的专利中,提出了一种在系统交流侧三相增设能量耗散电阻的方式,实现了对系统中盈余能量的耗散,为系统中各个设备的保护,提升了系统整体的安全性。但由于其使用了晶闸管这种半控开关器件,其能量耗散功率的灵活性受到了一定的限制。

[0008] 2、申请号为CN202111388841.0,名称为“一种经柔性直流并网的海上风电系统能量耗散方法”的专利中,提出了一种在交流侧进行能量耗散的控制方法,通过利用换流器子模块电容主动能量控制缓冲交流故障隔离之前的盈余功率与能量构网控制的方式实现了系统盈余功率的耗散。所提出的方式虽然在一定程度上减少了能量耗散设备的成本,但其

控制方法过于复杂,对控制系统造成了一定的运算压力。

[0009] 3、申请号为CN201910159238.1,名称为“一种应用于柔性直流输电的能量耗散系统及其控制方法”的专利中,提出了一种在交流侧进行能量耗散的电路结构与相应的控制方法,其中所提出的结构中通过将两个晶闸管反并联的方式实现了能量耗散电阻的投入与切除,实现了对系统中发生故障后的盈余能量耗散。但如果将该方式安装在海上风电系统中,需要在海上建设用于安装设备的平台,增加了建设成本。

[0010] 综上,目前已有的方法仍存在控制系统运算复杂,能量耗散效果不佳,建设成本昂贵等不足。为此,亟须一种可以具备良好能量耗散性能与降低成本的拓扑结构。

发明内容

[0011] 有鉴于此,本发明的目的是针对目前大多数能量耗散结构的能量耗散功率调节不够灵活,控制系统运算复杂,建设成本高昂的问题,提出一种基于晶闸管的直流侧能量耗散装置。当系统受电端交流侧发生电压跌落故障时,通过能量耗散子模块中晶闸管的通断调整能量耗散电阻的投入与切除,通过能量耗散电阻对直流侧的能量进行耗散。

[0012] 所述基于晶闸管的直流侧能量耗散装置,包括若干能量耗散子模块与能量耗散电阻。所述基于晶闸管的直流侧能量耗散装置由若干能量耗散子模块与能量耗散电阻串联而成。其中,每个能量耗散子模块包括第一晶闸管、第二晶闸管、第三晶闸管、电压支撑电容、电流抑制电感、电感能量耗散电阻、平衡电阻、电感能量耗散二极管与电流限制二极管。

[0013] 所述的能量耗散子模块中,第一晶闸管、电压支撑电容、平衡电阻与电流限制二极管串联在一起,其中第一晶闸管的阴极与电压支撑电容的阳极相连,电压支撑电容的阴极与平衡电阻的一端相连,平衡电阻的另一端与电流限制二极管的阳极相连;

[0014] 第二晶闸管与第一晶闸管的阳极、电压支撑电容的阴极并联在一起,其中第二晶闸管的阳极与第一晶闸管的阳极相连,第二晶闸管的阴极与电压支撑电容的阴极相连;

[0015] 第三晶闸管与电流抑制电感串联,第三晶闸管的阴极与电流抑制电感的一端相连,第三晶闸管与电流抑制电感串联后,与电压支撑电容、平衡电阻、电流限制二极管并联,其中第三晶闸管的阳极与电压支撑电容的阳极相连,电流抑制电感的另一端与电流限制二极管的阴极相连;

[0016] 电感能量耗散电阻与电感能量耗散二极管串联,其中电感能量耗散电阻的一端与电感能量耗散二极管的阴极连接在一起;电感能量耗散电阻与电感能量耗散二极管串联后,与电流抑制电感并联,其中电感能量耗散电阻与电流抑制电感连接的一端与第三晶闸管的阴极相连,电感能量耗散二极管的阳极与电流限制二极管的阴极相连;

[0017] 其中第一晶闸管的阳极与第二晶闸管的阳极连接后作为能量耗散子模块的电流入口,电感能量耗散二极管的阳极、电流抑制电感的一端与电流限制二极管的阴极连接后作为能量耗散子模块的电流出口。

[0018] 在系统运行期间,控制系统对直流侧电压进行采集,并将直流侧的实际电压与额定电压进行比较。当直流侧电压高于额定电压时,装置中的各个能量耗散子模块以2kHz的频率在导通状态与关断状态进行切换,同时根据系统中直流电压的变化对导通状态的时间在总体时间中的占比进行调整,当直流侧实际电压与额定电压偏差增大时,其导通状态的时间在总体时间中的占比增加,当直流侧实际电压与额定电压偏差减小时,其导通状态的

时间在总体时间中的占比减少,实现能量耗散功率的按需调节。

[0019] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0020] 由于所提出的能量耗散装置中其开关器件均采用晶闸管,因此所提出的结构与采用相同电压等级全控型开关器件IGBT的能量耗散装置相比,价格更加低廉,更加具有经济优势。所提出的能量耗散装置需要安装在系统中的直流母线上,可以布置在岸上直流出口的位置,避免了在海上搭设设备平台,降低了建设成本。所提出的能量耗散装置在运行过程中仅需自身投入运行即能够实现所需的功能,无需与系统中其它设备联动,便于实施。

附图说明

[0021] 图1为本发明的基于晶闸管的直流侧能量耗散装置拓扑图;

[0022] 图2为本发明的基于晶闸管的直流侧能量耗散装置中能量耗散子模块的拓扑图;

[0023] 图3为本发明的基于晶闸管的直流侧能量耗散装置中能量耗散子模块充电状态的电流流向图;

[0024] 图4为本发明的基于晶闸管的直流侧能量耗散装置中能量耗散子模块导通状态的电流流向图;

[0025] 图5为本发明的基于晶闸管的直流侧能量耗散装置中能量耗散子模块关断状态的电流流向图;

[0026] 图中:1、能量耗散模块;2、能量耗散电阻;11、能量耗散子模块;111、第一晶闸管;112、第三晶闸管;113、电流抑制电感;114、电感能量耗散电阻;115、电感能量耗散二极管;116、电流限制二极管;117、平衡电阻;118、第二晶闸管;119、电压支撑电容。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明做进一步说明。

[0028] 所述基于晶闸管的直流侧能量耗散装置如说明书附图1所示,所述基于晶闸管的直流侧能量耗散装置包括能量耗散模块1和能量耗散电阻2,所述能量耗散模块1包括若干个能量耗散子模块11。所述能量耗散模块1的输入端连接于输电系统直流母线的正极,所述能量耗散模块1的输出端连接能量耗散电阻2,所述能量耗散电阻2的另一端连接于输电系统直流母线的负极。

[0029] 需要说明的是,能量耗散子模块的数量由晶闸管的耐压程度和直流侧电压决定,其数量随着直流侧电压的升高而增加,随着晶闸管耐压程度的增大而减少。

[0030] 所述能量耗散子模块11包括第一晶闸管111、第二晶闸管118、第三晶闸管112、电压支撑电容119、电流抑制电感113、电感能量耗散电阻114、平衡电阻117、电感能量耗散二极管115与电流限制二极管116。该结构的功能是针对能量耗散电阻2的能量耗散功率进行调节。

[0031] 能量耗散子模块具备三种工作状态,分别为充电状态、导通状态与关断状态。同时,在装置运行过程中全部能量耗散子模块的工作状态一致。

[0032] 其中充电状态时,能量耗散子模块中电流的流动方向如图3所示。控制系统向第一晶闸管111施加导通信号,向第三晶闸管112、第二晶闸管118施加关断信号,能量耗散子模块中的第一晶闸管111导通,第三晶闸管112与第二晶闸管118关断。电流通过第一晶闸管

111、电压支撑电容119,平衡电阻117,电流限制二极管116依次流过,对电压支撑电容119进行充电,当电压支撑电容119能量充满后,通过电压支撑电容119支撑系统直流侧的电压。

[0033] 其中导通状态时,能量耗散子模块中电流的流动方向如图4所示。控制系统向第一晶闸管111、第三晶闸管112施加导通信号,向第二晶闸管118施加关断信号,能量耗散子模块中的第一晶闸管111与第三晶闸管112导通,第二晶闸管118关断。电流通过第一晶闸管111、第三晶闸管112、电流抑制电感113依次流过,使装置中的能量耗散电阻2进行能量耗散。

[0034] 其中关断状态时,能量耗散子模块中电流的流动方向如图5所示。控制系统向第三晶闸管112、第二晶闸管118施加导通信号,向第一晶闸管111施加关断信号,能量耗散子模块中的第三晶闸管112与第二晶闸管118导通,第一晶闸管111因承受反压而关断。电流通过第二晶闸管118、电压支撑电容119、第三晶闸管112、电流抑制电感113依次流过。同时电流抑制电感113中的残余能量通过电感能量耗散电阻114与电感能量耗散二极管115进行能量耗散。

[0035] 在系统正常运行期间,控制系统对直流侧电压进行采集,并将直流侧的实际电压与额定电压进行比较。当直流侧电压低于或等于额定电压时,装置中各个能量耗散子模块中的第一晶闸管111始终导通,使能量耗散子模块始终保持充电状态,不进行动作,由电压支撑电容119支撑直流侧电压,不进行能量耗散。

[0036] 当系统中交流侧发生电压跌落故障,直流侧电压高于额定电压时,向装置中的各个能量耗散子模块中的晶闸管施加2kHz的PWM信号,使能量耗散子模块在导通状态与关断状态进行切换,同时根据系统中直流电压的变化对各个晶闸管PWM信号的占空比进行调整,进而实现导通状态的时间在总体时间中的占比的调整,当直流侧实际电压与额定电压偏差增大时,增大其导通状态的时间在总体时间中的占比,以增大单位时间内能量耗散电阻2消耗的电能,当直流侧实际电压与额定电压偏差减小时,降低其导通状态的时间在总体时间中的占比,以减小单位时间内能量耗散电阻2消耗的电能,进而达到实现能量耗散功率的按需调节的目的。

[0037] 以上所述仅为发明的优选实施例,并不用于限制发明的技术方案,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明技术方案的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

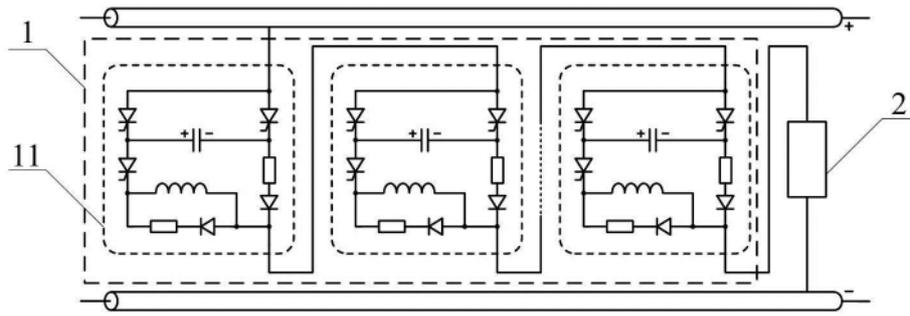


图1

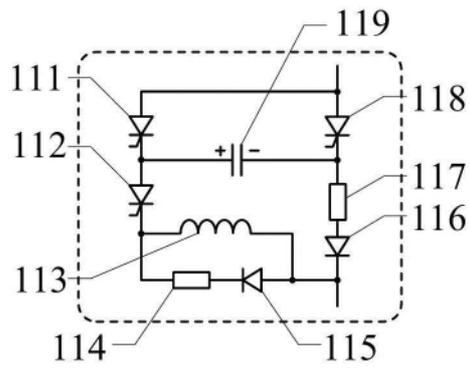


图2

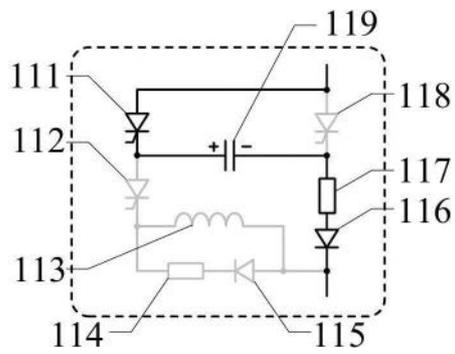


图3

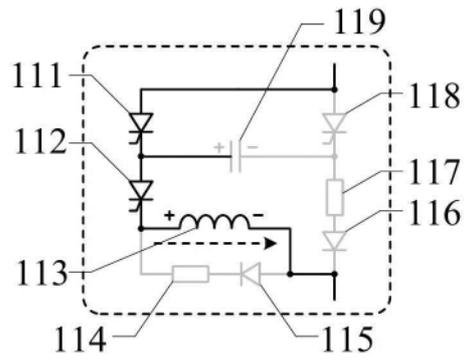


图4

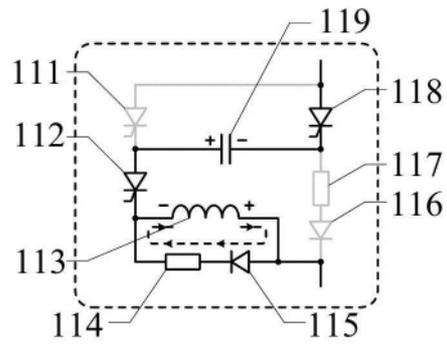


图5