



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106300309 A

(43)申请公布日 2017. 01. 04

(21)申请号 201610955396.4

(22)申请日 2016.10.27

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 李斌 何佳伟 李晔

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理事务所 12201

代理人 程毓英

(51)Int. Cl.

H02H 9/02(2006.01)

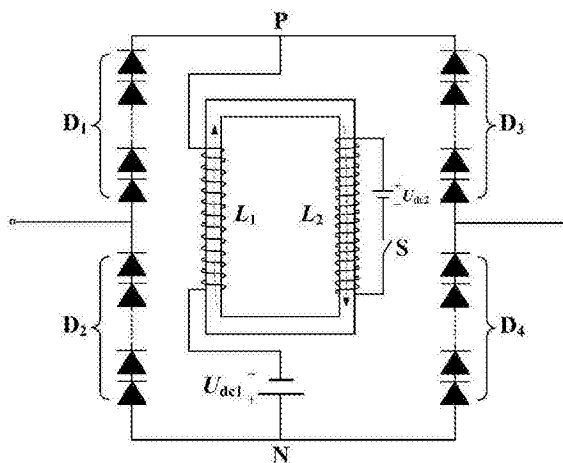
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种具有快速恢复能力的柔性直流电网故障限流器

(57)摘要

本发明涉及一种具有快速恢复能力的柔性直流电网故障限流器,其特征在于,包括四个串联二极管组D₁~D₄,口字形铁芯,绕组L₁和绕组L₂,其中,四个串联二极管组D₁~D₄分别作为四个桥臂构成一个单相整流桥;绕组L₁绕制在口字形铁芯的一侧,绕组与直流偏置电源U_{dc1}串联之后,接在D₁、D₃的共阴极点P和D₂、D₄的共阳极点N之间;在口字形铁芯的另一侧绕制绕组L₂;绕组L₂与直流开关S串联后,接在直流电源U_{dc2}的两端;L₁和L₂的绕制方向应确保产生的磁场方向相同。本发明能够实现故障后快速响应、与直流断路器高效配合、且能够在故障切除后快速恢复。



1. 一种具有快速恢复能力的柔性直流电网故障限流器,其特征在于,包括四个串联二极管组 $D_1 \sim D_4$,口字形铁芯,绕组 L_1 和绕组 L_2 。其中,

四个串联二极管组 $D_1 \sim D_4$ 分别作为四个桥臂构成一个单相整流桥,串联二极管组 D_1 的阳极与 D_2 阴极相连, D_1 与 D_3 共阴极点P; D_2 与 D_4 的共阳极点N, D_4 的阴极与 D_3 阳极相连。而 D_1 与 D_2 的公共连接点、 D_3 与 D_4 的公共连接点则分别与外部的直流线路相连;

绕组 L_1 绕制在口字形铁芯的一侧,绕组与直流偏置电源 U_{dc1} 串联之后,接在 D_1 、 D_3 的共阴极点P和 D_2 、 D_4 的共阳极点N之间;

在口字形铁芯的另一侧绕制绕组 L_2 ;绕组 L_2 与直流开关S串联后,接在直流电源 U_{dc2} 的两端; L_1 和 L_2 的绕制方向应确保产生的磁场方向相同。

一种具有快速恢复能力的柔性直流电网故障限流器

技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统保护控制领域,特别涉及一种适用于柔性直流电网的直流短路故障限流器。

背景技术

[0002] 与传统交流电力系统相比,基于MMC换流器的柔性直流电网有利于提高输电容量、减少输电走廊,而且更加有利于实现风电、光伏等新能源发电的大规模集中接入;与常规直流输电系统相比,柔性直流电网则在可靠换相、无源网络供电、电能质量等方面具备突出优势。因此,柔性直流电网已成为未来电力系统发展的主要趋势之一,亦成为近年来国内外研究、应用的热点。

[0003] 然而,不同于传统交流电力系统和常规直流输电系统,柔性直流电网发生直流故障以后,将会由于换流站子模块电容放电而在几个毫秒内快速达到几十倍于额定电流的过流峰值,其故障发展速度、过流危害均远远大于传统交流系统和常规直流系统。因此,为了保证电网的安全运行,并防止换流站过流闭锁而导致系统瘫痪,往往要求直流断路器能够在几个毫秒之内快速动作切除故障。

[0004] 但是,有别于交流系统,直流电网内发生故障以后,故障电流无自然过零点,故障熄弧难度较大。因此,目前高压大容量的直流断路器工程应用技术尚不成熟。考虑到直流断路器的技术现状,直流限流器由于能够有效限制故障电流上升速度、故障过流水平,降低对直流断路器的动作速度和切除容量要求,并提高电网的故障穿越能力,因而成为柔性直流电网发展的关键技术。目前,直流限流器技术尚处于研究初期,已有的直流限流器很难满足柔性直流电网动作速度要求,也难以实现与直流断路器的有效配合,因此有必要设计一种适用于柔性直流电网的直流限流器。

发明内容

[0005] 本发明提供一种能够实现故障后快速响应、与直流断路器高效配合、且能够在故障切除后快速恢复的直流限流器。技术方案如下:

[0006] 一种具有快速恢复能力的柔性直流电网故障限流器,其特征在于,包括四个串联二极管组 $D_1 \sim D_4$,口字形铁芯,绕组 L_1 和绕组 L_2 ,其中,

[0007] 四个串联二极管组 $D_1 \sim D_4$ 分别作为四个桥臂构成一个单相整流桥,串联二极管组 D_1 的阳极与 D_2 阴极相连, D_1 与 D_3 共阴极点 P ; D_2 与 D_4 的共阳极点 N , D_4 的阴极与 D_3 阳极相连。而 D_1 与 D_2 的公共连接点、 D_3 与 D_4 的公共连接点则分别与外部的直流线路相连;

[0008] 绕组 L_1 绕制在口字形铁芯的一侧,绕组与直流偏置电源 U_{dc1} 串联之后,接在 D_1 、 D_3 的共阴极点 P 和 D_2 、 D_4 的共阳极点 N 之间;

[0009] 在口字形铁芯的另一侧绕制绕组 L_2 ;绕组 L_2 与直流开关 S 串联后,接在直流电源 U_{dc2} 的两端; L_1 和 L_2 的绕制方向应确保产生的磁场方向相同。

[0010] 本发明的优点主要包括:

[0011] 1)正常运行时,限流器外特性不体现电感值,不会影响直流电网的稳定性以及动态响应速度。直流故障以后,一旦直流线路电流上升到偏置电流以上,具有较大电感值的绕组 L_1 就会瞬间投入到故障回路中,起到限流作用。因此通过偏置电流的合理设置,能够实现超快速的故障响应。

[0012] 2)一旦直流断路器的主断路器动作以后,绕组 L_1 将从故障回路中被瞬间旁路出去,限流器外特性不再体现电感值,因此不会对直流断路器的动作速度产生任何影响。

[0013] 3)如上所述,一旦直流断路器的主断路器动作,绕组 L_1 就被瞬间旁路,因此在MOV投入和切除残余电流时均不会再产生暂态过电压。

[0014] 4)直流断路器切除故障以后,通过改变铁芯饱和状态,使 L_1 电感值立即下降到很小的值,因此能够使其电流快速衰减到设定的偏置电流水平,从而实现了限流器的快速恢复。在瞬时性故障下,能够快速重新投入工作。

附图说明

[0015] 图1直流限流器拓扑结构

[0016] 图2直流限流器在柔性直流电网中的安装位置

[0017] 图3铁芯磁化曲线

具体实施方式

[0018] 柔性直流电网发生直流故障以后,故障电流急剧上升。要求直流限流器能够在1毫秒以内(甚至更快)快速响应,体现出大电感特性,发挥限流作用。而在直流断路器主断路器开始动作以后,又要求限流器能够快速恢复到低电感特性,从而避免对直流断路器动作速度造成不利影响,且不会产生暂态过电压。为此,本发明设计提出了一种适用于柔性直流电网的直流限流器。

[0019] 具体拓扑结构如图1所示:

[0020] 串联二极管组 $D_1 \sim D_4$ 分别作为四个桥臂构成一个单相整流桥。其中串联二极管组 D_1 的阳极与 D_2 阴极相连, D_1 的阴极与 D_3 阴极相连; D_4 的阳极与 D_2 阳极相连, D_4 的阴极与 D_3 阳极相连。而 D_1 与 D_2 的公共连接点、 D_3 与 D_4 的公共连接点则分别与直流线路相连。

[0021] 绕组 L_1 (该绕组可以是铜绕组,为了降低损耗也可以使用超导绕组)绕制在口字形铁芯的一侧,绕组一端与 D_1 、 D_3 的共阴极点P直接相连;而另一端则与直流偏置电源 U_{dc1} 的负极相连;直流电源 U_{dc1} 的正极则与 D_2 、 D_4 的共阳极点N相连。

[0022] 此外,在铁芯的另一侧绕制绕组 L_2 (由于正常运行时该绕组不通电,因此仅需铜绕组即可)。绕组 L_2 的一端与直流电源 U_{dc2} 的正极相连; U_{dc2} 的负极与直流开关S相连后再与绕组 L_2 的另一端相连。需要注意的是,如图1中所示, L_1 和 L_2 的绕制方向必须确保产生的磁场方向相同。

[0023] 上述直流限流器工作原理为:

[0024] 如图2所示,直流限流器安装在直流母线出口与直流断路器(以目前最具应用前景的混合式直流断路器为例)之间。正常运行时,直流开关S处于打开状态,因此铁芯处于图3中 H_1 点所示的非饱和状态。此时,绕组 L_1 体现出较大电感值。但是,由于直流线路电流一直小于直流偏置电源 U_{dc1} 产生的偏置电流,因此此时绕组 L_1 体现出的电感并未接入到直流线路

中,不会对直流电网的稳定性、动态响应等产生不利影响。

[0025] 直流电网发生直流故障以后,一旦直流电流上升到偏置电流以上,绕组 L_1 就自动被瞬间接入到直流故障回路,起到限流作用。需要注意的是,上述正常运行及故障限流期间,直流开关 S 一直处于打开状态,从而确保绕组 L_1 在投入故障回路瞬间就具备较大的电感值。而且通过相关参数的合理设计,在限流期间,可使铁芯一直处于非饱和状态,如图3中 H_1 点至 H_2 点所示。因此绕组 L_1 一直能够保持较大的电感值,从而起到最佳限流效果。

[0026] 此后,选择性保护动作,使故障线路两端直流断路器主断路器断开。结合目前最为典型的混合式直流断路器工作原理可知,一旦直流断路器主断路器跳开,MOV投入,直流线路故障电流就会开始下降,从而使得绕组 L_1 两侧电压 V_{L1} 必然不大于零,因此 $D_1 \sim D_4$ 将在直流偏置电源作用下再次全部导通,绕组 L_1 被瞬间从故障回路中旁路出去。也就是说,一旦直流断路器主断路器断开,该直流限流器的绕组 L_1 就会从故障回路中被快速旁路出去,因此不会对直流断路器的动作速度产生任何影响,而且也不会在MOV投入瞬间和残余电流切除瞬间产生暂态过电压。

[0027] 当直流断路器动作切除故障线路以后,闭合直流开关 S ,铁芯将在绕组 L_2 流经的直流电流偏置作用下快速进入如图3中 H_3 点所示的深度饱和状态,铁芯磁导率快速减小,从而使得绕组 L_1 的电感值迅速下降。因此绕组 L_1 上的电流经二极管通态电阻、直流电源内阻衰减时的衰减时间常数大大减小,能够快速衰减到偏置电流值。从而保证限流器能够在瞬时性故障情况下迅速恢复到正常工作状态。

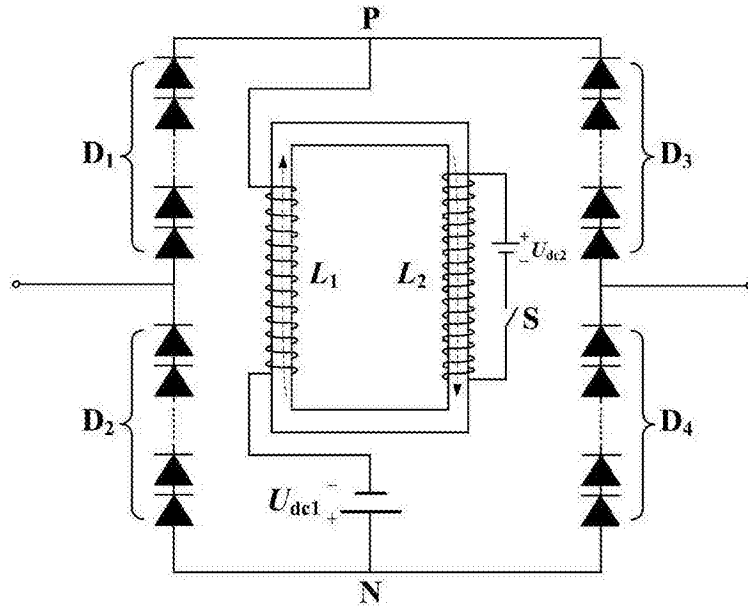


图1

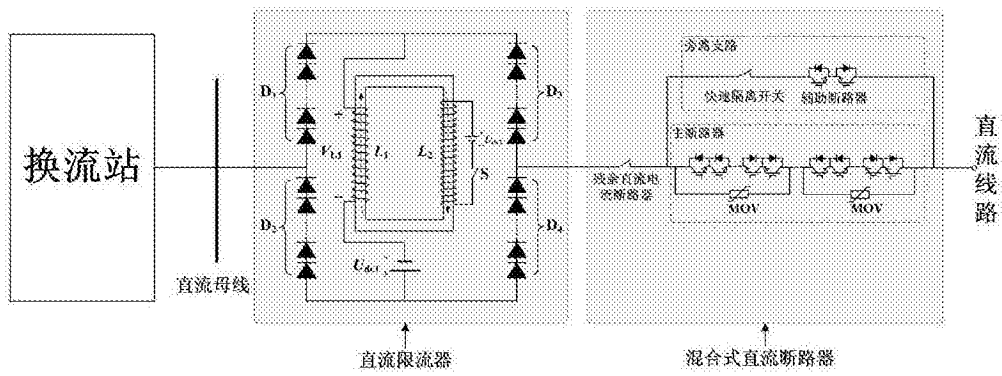


图2

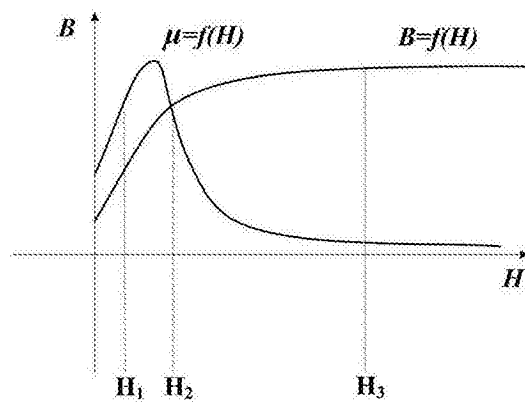


图3