



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104979795 B

(45)授权公告日 2018. 10. 09

(21)申请号 201410137412.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.04.08

H02H 3/087(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104979795 A

(56)对比文件

CN 103337851 A, 2013.10.02,

CN 103457258 A, 2013.12.18,

CN 103280763 A, 2013.09.04,

CN 103337829 A, 2013.10.02,

CN 103457256 A, 2013.12.18,

CN 103219699 A, 2013.07.24,

(43)申请公布日 2015.10.14

(73)专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

专利权人 国网智能电网研究院

华北电网有限公司

审查员 余细雨

(72)发明人 周万迪 魏晓光 高冲 贺之渊

张升

(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

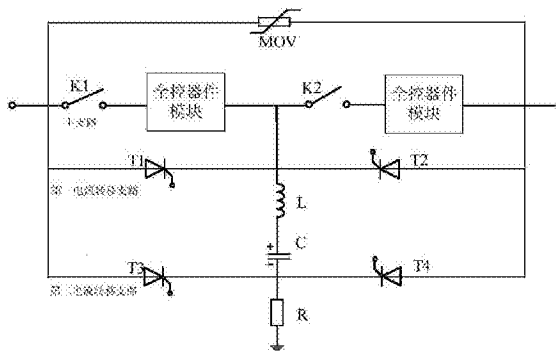
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种无源型高压直流断路器及其实现方法

(57)摘要

本发明涉及一种直流断路器,具体涉及一种无源型高压直流断路器及其实现方法。高压直流断路器包括并联的能量吸收支路、主支路、和电流转移支路,电流转移支路包括第一电流转移支路和第二电流转移支路;能量吸收支路由非线性电阻器构成;高压直流断路器串联连接于直流系统中,主支路包括串联的至少两组高速机械开关和至少两组全控器件模块。还提供一种无源型高压直流断路器的实现方法,本发明的电路拓扑结构简单,控制简便,应用灵活,电容注入电流所需能量,可从系统获得,不需要配置辅助电源,提高了装置可靠性,所使用电力电子器件主要为半控晶闸管,串联技术成熟,易于实现,分断电流能力大,耐受电压等级高,扩展能力强,设备成本低。



1. 一种无源型高压直流断路器的实现方法,其特征在于,

所述无源型高压直流断路器包括并联的能量吸收支路、主支路和电流转移支路,所述电流转移支路包括第一电流转移支路和第二电流转移支路;所述能量吸收支路由非线性电阻器构成;所述高压直流断路器串联连接于直流系统中,其特征在于,所述主支路包括串联的至少两组高速机械开关和至少两组全控器件模块;

所述全控器件模块由反向串联的全控器件构成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管;两组高速机械开关表示为高速机械开关K1和K2,两组全控器件分别表示为第一全控器件、第二全控器件、第三全控器件和第四全控器件;或

所述全控器件模块采用四个全控器件和电容器C1组成的全桥结构,分别表示为第九全控器件模块和第十全控器件模块;全桥结构包括两个桥臂,每个桥臂由2个全控器件串联组成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管;所述电容器C1连接于两桥臂中点之间;或

所述全控器件模块由两组全控器件反向并联构成;两组全控器件分别表示为第五全控器件、第六全控器件、第七全控器件和第八全控器件;

所述全控器件包括IGCT器件、IGBT器件和GTO器件;

所述第一电流转移支路和第二电流转移支路均由2组反方向晶闸管阀串联构成;串联的电容器C和电感L连接在第一电流转移支路和第二电流转移支路的中点处,经电组接地;

所述晶闸管阀分别为晶闸管阀T1、晶闸管阀T2、晶闸管阀T3和晶闸管阀T4;其中晶闸管阀T1和晶闸管阀T2反向串联组成第一电流转移支路,晶闸管阀T3和晶闸管阀T4反向串联组成第二电流转移支路;

所述非线性电阻器为避雷器;

当全控器件模块由反向串联的全控器件构成,所述实现方法包括:

一) 当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

二) 直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁与第一、三全控器件,当正向电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第二全控器件流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第二全控器件对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第四全控器件经接地电阻释放,能量释放完成后闭

锁第二、四全控器件,分断高速机械开关K2;

③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第一、三全控器件,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

2.如权利要求1所述的实现方法,其特征在于,当全控器件模块由全控器件反向并联构成时,所述实现方法包括:

一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁与第五、七全控器件,当正向电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第六全控器件流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第六全控器件对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第八全控器件经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第六、八全控器件,分断高速机械开关K2;

③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第五、七全控器件,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

3.如权利要求1所述的实现方法,其特征在于,当全控器件模块采用四个全控器件和电容器C1组成的全桥结构时,所述实现方法包括:

一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,第九和第十全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同方向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁第九全控器件模块,主支路电流经全控器件的反并联二极管对第九全控器件模块中的电容充电,当其电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高

速机械开关K2-第十全控器件模块流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第十全控器件模块对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第十全控器件模块经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第十全控器件模块,分断高速机械开关K2;

③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第九全控器件模块,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

## 一种无源型高压直流断路器及其实现方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种直流断路器,具体涉及一种无源型高压直流断路器及其实现方法。

### 背景技术

[0002] 随着基于电压源换流器(VSC)的多端柔性直流和直流电网技术的开始应用,快速直流断路器成为保证系统稳定安全可靠运行的关键设备之一。在交流系统中,交流电流在一个周期内存在两个自然过零点,交流断路器正是利用电流的自然过零点关断电流,而在直流系统中,直流电流不存在自然过零点,因此直流电流的开断远比交流电流的开断困难。

[0003] 开断直流电流通常有三种方式,一种是在常规交流机械断路器的基础上,通过增加辅助电路,在开断弧间隙的直流电流上迭加增幅的振荡电流,利用电流过零时开断电路,利用这种原理制造的机械式断路器,在分断时间上无法满足多端柔性直流输电系统的要求;一种是利用大功率可关断电力电子器件,直接分断直流电流,利用这种原理制造的固态断路器,在时间上虽然可以满足多端柔性直流系统的要求,但在正常导通时的损耗过大,经济性较差;最后一种是采用机械开关和电力电子器件混合的方式,正常运行由机械开关通流,故障时分断机械开关,利用产生的电弧电压将电流转移至并联连接的电力电子器件支路中,然后由电力电子器件分断电流。基于该原理断路器既减低了通态损耗,又提高了分断速度,但是需要使用大量的全控器件串联,技术难度大,制造成本高,而且当短路电流超过单个全控器件所能耐受电流峰值时,其成本将接近翻倍。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明的目的是提供一种无源型高压直流断路器,另一目的是提供一种无源型高压直流断路器的实现方法,本发明断路器由高速机械开关和少量电力电子器件流通,通态损耗小,通流能力强;主要采用半控型器件晶闸管,耐压能力高,易于串联,成本低,分断电流能力强,不需要配备辅助高压隔离电源,可靠性高。

[0005] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0006] 本发明提供一种无源型高压直流断路器,所述高压直流断路器包括并联的能量吸收支路、主支路和电流转移支路,所述电流转移支路包括第一电流转移支路和第二电流转移支路;所述能量吸收支路由非线性电阻器构成;所述高压直流断路器串联连接于直流系统中,其改进之处在于,所述主支路包括串联的至少两组高速机械开关和至少两组全控器件模块。

[0007] 进一步地,所述全控器件模块由反向串联的全控器件构成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管;两组高速机械开关表示为高速机械开关K1和K2,两组全控器件分别表示为第一全控器件、第二全控器件、第三全控器件和第四全控器件。

[0008] 进一步地,所述全控器件模块由两组全控器件反向并联构成;两组全控器件分别表示为第五全控器件、第六全控器件、第七全控器件和第八全控器件。

[0009] 进一步地,所述全控器件模块采用四个全控器件和电容器C1组成的全桥结构,分别表示为第九全控器件模块和第十全控器件模块;全桥结构包括两个桥臂,每个桥臂由2个全控器件串联组成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管;所述电容器C1连接于两桥臂中点之间。进一步地,所述全控器件包括IGCT器件、IGBT器件和GTO器件。

[0010] 进一步地,所述第一电流转移支路和第二电流转移支路均由2组反方向晶闸管阀串联构成;串联的电容器C和电感L连接在第一电流转移支路和第二电流转移支路的中点处,经电阻接地。

[0011] 进一步地,所述晶闸管阀分别为晶闸管阀T1、晶闸管阀T2、晶闸管阀T3和晶闸管阀T4;其中晶闸管阀T1和晶闸管阀T2反向串联组成第一电流转移支路,晶闸管阀T3和晶闸管阀T4反向串联组成第二电流转移支路。

[0012] 进一步地,所述非线性电阻器为避雷器。

[0013] 本发明还提供一种无源型高压直流断路器的实现方法,其改进之处在于,当全控器件模块由反向串联的全控器件构成,所述实现方法包括:

[0014] 一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

[0015] 二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁与第一、三全控器件,当正向电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第二全控器件流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

[0016] ②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第二全控器件对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第四全控器件经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第二、四全控器件,分断高速机械开关K2;

[0017] ③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第一、三全控器件,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

[0018] 进一步地,当全控器件模块由全控器件反向并联构成时,所述实现方法包括:

[0019] 一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进

行充电；

[0020] 二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁与第五、七全控器件,当正向电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第六全控器件流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

[0021] ②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第六全控器件对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第八全控器件经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第六、八全控器件,分断高速机械开关K2;

[0022] ③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第五、七全控器件,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

[0023] 进一步地,当全控器件模块采用四个全控器件和电容器C1组成的全桥结构时,所述实现方法包括:

[0024] 一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,第九和第十全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同方向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

[0025] 二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁第九全控器件模块,主支路电流经全控器件的反并联二极管对第九全控器件模块中的电容充电,当其电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第十全控器件模块流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

[0026] ②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第十全控器件模块对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分

断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第十全控器件模块经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第十全控器件模块,分断高速机械开关K2;

[0027] ③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第九全控器件模块,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

[0028] 与现有技术比,本发明达到的有益效果是:

[0029] 本发明提供的高压直流断路器的电路拓扑结构简单,控制简便,应用灵活,电容注入电流所需能量,可从系统获得,不需要配置辅助电源,提高了装置可靠性,所使用电力电子器件主要为半控晶闸管,串联技术成熟,易于实现,分断电流能力大,耐受电压等级高,扩展能力强,设备成本低,具体为:

[0030] 1、本发明所提断路器正常运行时,由快速机械开关和少量电力电子器件流通,通态损耗小,通流能力强;

[0031] 2、本发明所提断路器能够实现机械开关的无弧分断,能够延长开关的使用寿命,提高开关的分断速度,易于实现开关串联连接时的均压问题;

[0032] 3、本发明所提断路器拓扑所使用主要为半控型电力电子器件,技术成熟,易于实现,且分断电流能力强,不需要采用器件的并联连接;

[0033] 4、本发明所提断路器电容储存能量取决于晶闸管可靠关断时间,而不会影响高速机械开关性能,极大降低了电容的体积和成本;

[0034] 5、本发明所提断路器电容可经过系统进行充电,不需要配备高压隔离辅助电源,提高了可靠性;

[0035] 6、本发明所提断路器应用于直流电网中时,检测到系统过流时,可以提前分断高速机械开关,不需要等待系统判定,大为缩短断路器应用电网中的动作时间;

[0036] 7、本发明所提断路器扩展应用性强,应用于高电压等级时,在技术和经济上优势更为明显;

[0037] 8、本发明所提断路器结构新颖、控制简单,应用灵活,动作迅速,设备成本低,耐受电压等级高,且易于扩展至不同电压等级直流电网,包含传统特高压直流电网。

## 附图说明

[0038] 图1是本发明提供的无源型高压直流断路器的拓扑结构图;

[0039] 图2是本发明提供的全控器件模块的实施例一;

[0040] 图3是本发明提供的全控器件模块的实施例二;

[0041] 图4是本发明提供的全控器件模块的实施例三;

[0042] 图5是本发明提供的全控器件模块中的全控器件采用IGCT的实施例结构图;

[0043] 图6是本发明提供的在直流系统中发生接地短路故障时的示意图。

## 具体实施方式

[0044] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0045] 本发明提供的无源型高压直流断路器的拓扑结构图如图1所示,高压直流断路器通过端口1、2串联接入直流系统中,包括并联的能量吸收支路、主支路和电流转移支路,所



述电流转移支路包括第一电流转移支路和第二电流转移支路;所述能量吸收支路由非线性电阻器构成;所述高压直流断路器串联连接于直流系统中,主支路包括串联的至少两组高速机械开关和至少两组全控器件模块。两组高速机械开关表示为高速机械开关K1和K2。

[0046] 全控器件模块由反向串联的全控器件构成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管,如图2所示;或由全控器件反向并联构成,如图3所示;或为全控器件与电容器C1构成的桥式结构,每个全控器件两端都有反并联续流二极管,如图4所示。所选用全控器件可以为IGCT、IGBT或GTO。当全控器件模块由反向串联的全控器件构成时,两组全控器件分别表示为第一全控器件、第二全控器件、第三全控器件和第四全控器件。

[0047] 当全控器件模块由两组全控器件反向并联构成时,两组全控器件分别表示为第五全控器件、第六全控器件、第七全控器件和第八全控器件。

[0048] 当全控器件模块采用四个全控器件和电容器C1组成的全桥结构构成时,分别表示为第九全控器件模块和第十全控器件模块;全桥结构包括两个桥臂,每个桥臂由2个全控器件串联组成,每个全控器件两端均反并联有续流二极管;所述电容器C1连接于两桥臂中点之间。

[0049] 第一电流转移支路和第二电流转移支路均由2组反方向晶闸管阀串联构成;串联的电容器C和电感L连接在第一电流转移支路和第二电流转移支路的中点处,经大电阻R接地。

[0050] 晶闸管阀分别为晶闸管阀T1、晶闸管阀T2、晶闸管阀T3和晶闸管阀T4;其中晶闸管阀T1和晶闸管阀T2反向串联组成第一电流转移支路,晶闸管阀T3和晶闸管阀T4反向串联组成第二电流转移支路。非线性电阻器为避雷器。

[0051] 以选用图2所示全控器件模块的实施例来阐述所提高压直流断路器的工作原理,如图5所示,所用器件优选为IGCT。以图6所示直流系统来阐述所提断路器使用方法。

[0052] 一)当直流系统正常运行时,电流方向从左向右,高速机械开关K1和K2闭合,对全控器件模块中各全控器件施加触发脉冲,主支路电流经高速机械开关和IGCT1、IGCT2(与电流同向)流通。全控器件模块若能耐受高于第一电流转移支路的通态压降,使得晶闸管成功开通而自身不被损坏,即能实现电流的顺利转移,因此其所需要具备的耐压能力很低,一个模块单元即能满足正常运行的需求,降低了主支路中使用的电力电子器件个数,使得断路器正常运行时产生的损耗很小。系统正常运行期间,经过大电阻对连接于电流转移支路两桥臂中点上电容进行充电。

[0053] 二)以断路器右侧发生接地短路故障为例,阐述断路器在系统故障时动作时序。①当在直流系统中发生接地短路故障时如图6所示,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁IGCT1和IGCT3,当正向电压高于阀T1触发所需的最低电压时,阀T1将导通,主支路电流开始向阀T1转移直至过零,发出快速机械开关分断信号。短路电流经T1-K2-IGCT2流通,维持其导通一定的时间(不低于2ms),保证快速高速机械开关产生足够开距耐受系统过电压,同时等待来自于系统或自身的分闸命令。

[0054] ②若系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要该断路器,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容经电感向阀T1注入反向电流,短路电流开始从阀T1向阀T3转移,T1电流降为零时关断,电容需要储存足够的能量用以保证阀T1可靠关断,选用关断时间短的晶闸管,可大为降低所需要高压电容容值。阀T1关断后,短路电流经T3-C-L-K2-

IGCT2对电容进行反向充电,电容极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,阀T3关断,系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断。在晶闸管阀T3关断后,电容储存能量通过IGCT4经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁IGCT2和IGCT4,分断快速开关K2。

[0055] ③若系统判定不需要该断路器动作,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发IGCT1和IGCT3,电流将转移回主支路,由于主支路通态压降低,将无法位置阀T1的正常导通,阀T1将关断,断路器转入稳态运行状态。

[0056] 采用如图3所示全控器件模块时使用方法同上。具体为:

[0057] 一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

[0058] 二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁与第五、七全控器件,当正向电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第六全控器件流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

[0059] ②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第六全控器件对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第八全控器件经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第六、八全控器件,分断高速机械开关K2;

[0060] ③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第五、七全控器件,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

[0061] 对于采用图4结构模块拓扑断路器动作过程略有不同,表现在,断路器动作过程中当与电流同向的IGCT关断后,主支路电流将经二极管对电容充电,直至第一电流转移支路阀开通,主支路电流开始向第一转移支路转移。具体为:

[0062] 一)当直流系统正常运行时,两组高速机械开关均闭合,

[0063] 第九和第十全控器件模块中的全控器件均处于触发状态,主支路电流经高速机械开关和与电流同方向的全控器件流通;直流系统正常运行期间,经过电阻对连接于第一电流转移支路和第二点流支路中点处的电容器C进行充电;

[0064] 二)直流系统发生单侧短路故障,①当直流系统在断路器右侧端口发生接地短路故障时,对第一电流转移支路中的晶闸管阀T1施加长触发脉冲,同时闭锁第九全控器件模

块,主支路电流经全控器件的反并联二极管对第九全控器件模块中的电容充电,当其电压高于晶闸管阀T1触发所需的最低电压时,晶闸管阀T1导通,主支路中流经高速机械开关K1电流开始向晶闸管阀T1转移直至过零,发出高速机械开关K1分断信号;短路电流经晶闸管阀T1-高速机械开关K2-第十全控器件模块流通,维持晶闸管阀T1导通不低于2ms的时间,保证高速机械开关K1产生足够开距耐受直流系统恢复过电压,同时等待来自于直流系统或自身的分闸命令;

[0065] ②若直流系统判定或者达到断路器自身分断电流极限值需要高压直流断路器动作时,则触发第二电流转移支路中的晶闸管阀T3,电容器C经电感L向晶闸管阀T1注入反向电流,短路电流开始从晶闸管阀T1向晶闸管阀T3转移,晶闸管阀T1电流降为零时关断;晶闸管阀T1关断后,短路电流经晶闸管阀T3-电容器C-电感L-高速机械开关K2-第十全控器件模块对电容器C进行反向充电,电容器C极性反转,直至达到避雷器动作阈值避雷器动作,短路电流转移至避雷器中,晶闸管阀T3关断,直流系统能量被避雷器所消耗吸收,断路器完成分断;在晶闸管阀T3关断后,电容器C储存能量通过第十全控器件模块经接地电阻释放,能量释放完成后闭锁第十全控器件模块,分断高速机械开关K2;

[0066] ③若系统判定不需要高压直流断路器动作时,则重新闭合主支路高速机械开关K1,触发第九全控器件模块,电流将转移到主支路,由于主支路通态压降低,无法使晶闸管阀T1正常导通,晶闸管阀T1关断,高压直流断路器转入稳态运行状态。

[0067] 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。

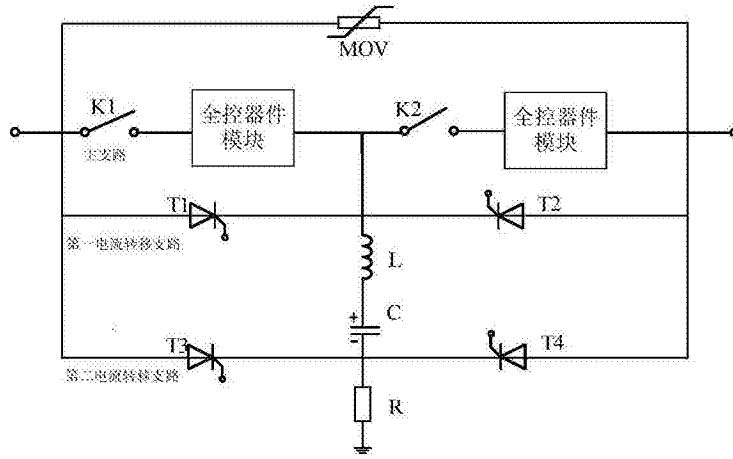


图1

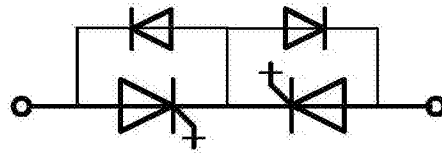


图2

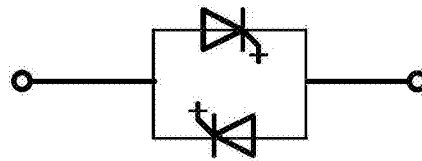


图3

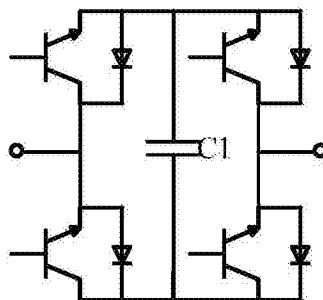


图4

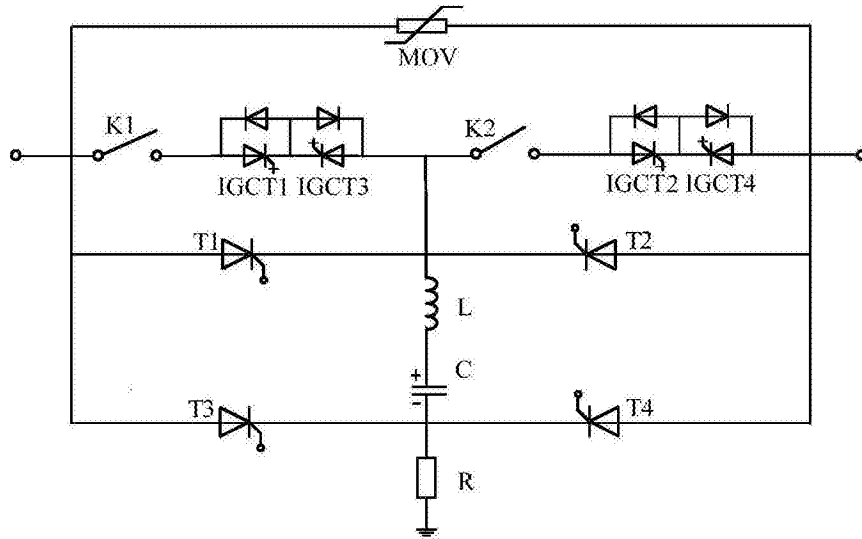


图5

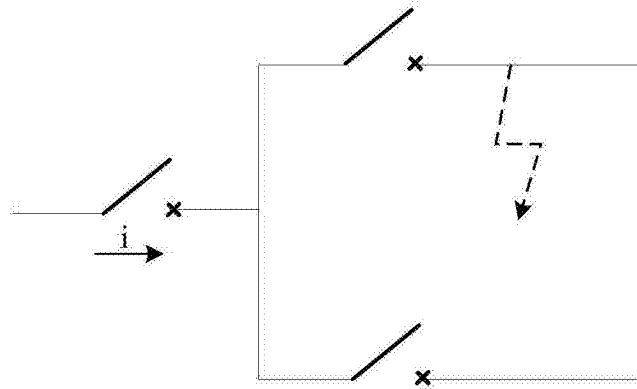


图6