



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105656019 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201610051145.3

审查员 王笑寒

(22)申请日 2016.01.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105656019 A

(43)申请公布日 2016.06.08

(73)专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72)发明人 林卫星 周猛 文劲宇

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

42201

代理人 李智

(51)Int.Cl.

H02J 1/00(2006.01)

H02H 3/087(2006.01)

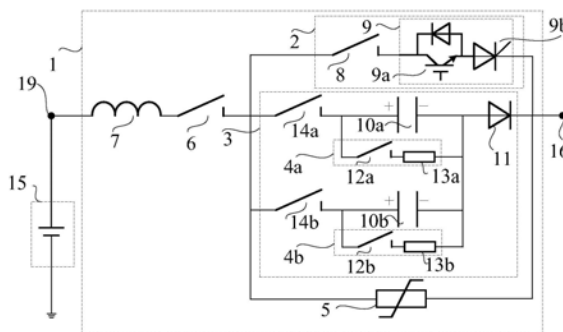
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种电容充电型直流断路器及其应用

(57)摘要

本发明公开了一种电容充电型直流断路器，其包括并联的辅助支路 and 主支路，其中辅助支路由第一机械开关和电力电子器件阀组串联而成，主支路由直流电容和二极管阀组串联而成，通过直流故障期间直流电流对直流电容的充电效应隔离直流故障电流。重合闸时，检测到直流断路器线路侧直流电压高于某一阈值时才发出重合闸指令。本发明还公开了一种直流断路器，其主支路由多组串联的直流电容和机械开关并联而成。本发明还公开来相应的对直流断路器进行快速重合闸的控制方法。本发明可避免目前直流断路器的直流电容与线路电感容易形成电感-电容振荡的缺陷，而且其开断直流故障电流稳定可靠，可实现快速重合闸。



1. 一种电容充电型直流断路器,其特征在于,其包括并联的辅助支路 and 主支路,其中,所述辅助支路由机械开关和电力电子器件阀组串联而成,以作为正常导通时直流电流流经的支路;

所述主支路由直流电容与二极管阀组串联而成,直流电容负极同二极管阀组阳极连接,其用于在需要开断直流故障电流时通过关断辅助支路将直流故障电流转移到该主支路上,并通过在所述直流电容电压高于直流断路器母线侧直流电压时使直流电流开始下降并最终降为零而实现开断,且通过所述二极管阀组防止直流电流降为零后进一步变为负值从而实现防止直流电容与线路电感形成电感-电容振荡;

所述主支路的直流电容两侧还并联有放电回路,对直流断路器重合闸前先对该直流电容放电。

2. 根据权利要求1所述的电容充电型直流断路器,其特征在于,其中,所述直流断路器的辅助支路和主支路上还并联了第三支路,该第三支路由一个避雷器或由多个避雷器串联或并联而成。

3. 根据权利要求1或2所述的电容充电型直流断路器,其特征在于,其中,所述直流断路器的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联了直流限流电感,以限制直流故障电流的上升速率。

4. 根据权利要求1或2所述的电容充电型直流断路器,其特征在于,其中,所述直流断路器的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联连接有机械开关,用于开断直流电流后永久地隔离直流断路器。

5. 根据权利要求1或2所述的电容充电型直流断路器,其特征在于,其中,所述辅助支路的电力电子器件阀组由快速的全控型电力电子器件和较慢速度的晶闸管或可关断晶闸管串联而成。

6. 根据权利要求1或2所述的电容充电型直流断路器,其特征在于,其中,在直流断路器的线路侧额外并联有直流电容,用于判断直流故障是否清除,以作为是否重合闸的条件。

7. 一种利用权利要求1-3中任一项所述的直流断路器进行直流故障隔离的方法,其特征在于,其中,该方法包括在发生直流故障时,先关断所述辅助支路中的电力电子器件阀组,而后打开所述辅助支路上的机械开关。

8. 一种利用权利要求4-6中任一项所述的直流断路器进行直流故障隔离的方法,其特征在于,其中,该方法包括在发生直流故障时,先关断所述辅助支路中的电力电子器件阀组,而后打开所述辅助支路上的机械开关,并待直流电流降为零后,打开外部串联连接的机械开关。

9. 一种利用权利要求1-3中任一项所述的直流断路器进行直流故障隔离后并故障消除后的重合闸方法,其特征在于,其中,该方法包括在接收到重合闸指令后,先闭合辅助支路上的机械开关,再开通所述电力电子器件阀组。

10. 一种利用权利要求4-6中任一项所述的直流断路器进行直流故障隔离后并故障消除后的重合闸方法,其特征在于,其中,该方法包括在接收到重合闸指令后,先闭合外部串联连接的机械开关,再先闭合辅助支路上的机械开关,然后开通所述电力电子器件阀组。

11. 一种可快速重合闸的电容换流式直流断路器,用于隔离直流故障后,无需等待电容放电即可进行快速重合闸操作,其特征在于,该直流断路器由辅助支路和主支路并联而成,

其中，

所述辅助支路由机械开关和电力电子阀组串联而成，以作为正常导通时直流电流流过的支路；

所述主支路包括并联联接的多组串联组合，其中每组串联组合由机械开关和直流电容串联形成，所述主支路还包括二极管阀组，其与并联的多组串联组合串联，该主支路用于在需要开断直流故障电流时通过关断辅助支路从而将直流故障电流转移到该主支路上，并通过在所述直流电容电压高于直流断路器母线侧直流电压时使直流电流开始下降并最终降为零而实现开断，且通过防止直流电流降为零后进一步变为负值从而防止直流电容与线路电感形成电感-电容振荡，可实现无需等待电容放电即进行快速重合闸，每个串联组合中的直流电容上并联有放电回路。

12. 根据权利要求11所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，正常导通状态时，各串联组合中仅其中一个机械开关处于闭合状态，而其他串联组合中的机械开关处于开断状态。

13. 根据权利要求11或12所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，所述直流断路器的辅助支路和主支路上还并联了第三支路，该第三支路由一个避雷器或由多个避雷器串联或并联而成。

14. 根据权利要求11或12所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，所述直流断路器的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联有直流限流电感，以限制直流故障电流的上升速率。

15. 根据权利要求11或12所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，所述直流断路器的的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联联接有机械开关，用于开断直流电流后永久地隔离直流断路器。

16. 根据权利要求11或12所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，所述辅助支路的电力电子器件阀组由快速的全控型电力电子器件和较慢速度的晶闸管或可关断晶闸管串联而成。

17. 根据权利要求11或12所述的快速重合闸的电容充电式直流断路器，其特征在于，其中，在直流断路器的线路侧额外并联有直流电容，用于判断直流故障是否清除，以作为是否重合闸的条件。

18. 一种利用权利要求11-14中任一项所述的快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离的方法，其特征在于，其中，该方法包括在发生直流故障时，先关断电力电子器件阀组，同时给辅助支路上的机械开关发出开断指令，待直流电流降为零后，打开其中一个所述串联组合中处于闭合状态的机械开关，实现直流故障电流开断。

19. 一种利用权利要求15-17中任一项所述的快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离的方法，其特征在于，其中，该方法包括在发生直流故障时，先关断电力电子器件阀组，同时给辅助支路上的机械开关发出开断指令，待直流电流降为零后，打开其中一个所述串联组合中处于闭合状态的机械开关，并待直流电流降为零后，打开外部串联联接的机械开关，实现直流故障电流开断。

20. 一种利用权利要求11-14中任一项所述的快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离后并故障消除后的重合闸方法，其特征在于，其中，该方法包括在接收到重合闸指令

后,闭合串联组合中一个初始处于开断状态的机械开关,而后闭合辅助支路中的机械开关,而后开通电力电子器件阀组,实现重合闸并快速恢复直流供电。

21.一种利用权利要求15-17中任一项所述的可快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离后并故障消除后的重合闸方法,其特征在于,其中,该方法包括在接收到重合闸指令后,先闭合外部串联联接的机械开关,再闭合串联组合中一个初始处于开断状态的机械开关,而后闭合辅助支路中的机械开关,而后开通电力电子器件阀组,实现重合闸并快速恢复直流供电。

22.根据权利要求20或21所述的方法,其特征在于,其中,在直流故障已经清除后才发出重合闸指令。

23.根据权利要求22所述的方法,其特征在于,其中,通过检测直流断路器线路侧的直流电压值来判断直流故障是否已经被清除,当直流断路器线路侧直流电压高于一定阈值时,则判断直流故障已经被清除。

## 一种电容充电型直流断路器及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力系统输配电技术领域,更具体地,涉及一种电容充电型直流断路器及其在进行直流故障隔离中的应用。

### 背景技术

[0002] 随着模块化多电平换流器的发展,利用模块化多电平换流器构成直流电网是电力工业界近年来备受关注的热点。直流电网需要在直流侧对直流输电线路进行互联,发生直流故障时,需要快速隔离故障线路以避免直流电网电压崩溃,为此,直流断路器是大型直流电网不可或缺的装置。

[0003] 固态开关支路断路器是一种典型的直流断路器,其由数量众多的全控型电力电子器件串联而成,这种直流断路器其开断直流故障电流的速度很快,可以快至数百微妙,但是该方案存在的主要缺陷在于由于需要数量众多的全控型电力电子器件,其成本高,导通损耗高,并且多个全控型电力电子器件串联带来了均压困难的缺陷。

[0004] 为克服固态开关支路断路器存在的损耗高缺陷,现有技术中存在一种混合型高压直流断路器,其主要由辅助支路和固态开关支路并联而成,其中辅助支路由全控型电力电子器件和快速机械开关串联而成,而固态开关支路与固态开关直流断路器基本一致,由数量众多的全控型电力电子器件串联而成。正常工作时,辅助支路和固态开关支路同时处于导通状态,由于固态开关支路的导通电阻远高于辅助支路,直流电流主要经过辅助支路流通,固态开关支路上的电流几乎为零,从而使得混合型高压直流断路器克服了固态开关直流断路器损耗高的缺陷。开断直流故障电流时,将先关断辅助直流的全控型电力电子器件从而将直流电流转移到固态开关支路,而后由固态开关支路及其并联的避雷器隔离直流故障电流。这种混合型高压直流断路器具有损耗低的优点,但由于仍包含固态开关支路,其成本比固态开关直流断路器还要高,同时在关断期间其固态开关支路吸收了大量的能量,使得固态开关支路无法短时间内进行连续关断操作,从而混合型高压直流断路器不具备快速重合闸的能力,导致故障恢复后的供电速度缓慢。

[0005] 专利文献W02013/093066A中公开了一种混合型高压直流断路器,如图1所示,其包括主支路24和辅助支路28,其中主支路24包括相互串联的机械开关3和电力电子器件阀组4,辅助支路28与主支路24并联,其包括电容器5。该型直流断路器通过直流故障时将故障电流转移到电容器5的方式,实现隔离直流故障,其可以克服常规的混合型高压直流断路器主支路成本高昂的缺陷等缺陷,但是,其因为限流电感2和电容器5构成串联回路,一方面其在开断故障电流期间存在电感-电容谐振,需要经较长时间才能关断直流故障电流,同时其完成一次关断后,其电容器5的电压被充电至高压状态,需要对电容5放电后才能实现重合闸,而对电容5放电需要一定的时间,为此上述方案无法实现快速重合闸,而且其电力电子器件阀组4全部由全控型电力电子器件构成,电力电子器件阀组4成本较高。

## 发明内容

[0006] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种电容充电型直流断路器,通过改进混合型高压直流断路器的结构,使得隔离直流故障时,可避免目前直流断路器的直流电容与线路电感容易形成电感-电容振荡的缺陷,而且其开断直流故障电流稳定可靠。

[0007] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种电容充电型直流断路器,其包括并联的辅助支路 and 主支路,其中,

[0008] 所述辅助支路由机械开关和电力电子器件阀组串联而成,以作为正常导通时直流电流流经的支路;

[0009] 所述主支路由直流电容与二极管阀组串联而成,其用于在需要开断直流故障电流时关断辅助支路将故障电流转移到该支路上,并通过在直流电容电压高于直流断路器母线侧直流电压时直流电流开始下降并最终降为零而实现开断故障电流,且通过二极管阀组防止直流电流降为零后进一步变为负值而实现防止直流电容与线路电感形成电感-电容振荡。

[0010] 本发明的上述直流断路器,其在正常导通时,辅助支路的机械开关和电力电子器件阀组都处于闭合状态,直流电流流过辅助支路。需要开断直流电流时,将先关断辅助支路的电力电子器件阀组和辅助支路的机械开关,使得直流电流转移到主支路上对直流电容充电,当直流电容电压高于直流断路器母线侧直流电压时,直流电流开始下降并最终降为零,实现开断,二极管阀组可防止直流电流降为零后进一步变为负的值从而防止直流电容与线路电感形成电感-电容振荡。

[0011] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的辅助支路和主支路上还并联了第三支路,该第三支路由一个避雷器或由多个避雷器串联或并联而成。

[0012] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联了直流限流电感,以限制直流故障电流的上升速率。

[0013] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联联接了第二机械开关,用于开断直流电流后永久地隔离直流断路器从而防止母线侧直流电压持续施加在第三支路的避雷器上。

[0014] 作为本发明的进一步优选,所述辅助支路的电力电子器件阀组由可以快速关断的全控型电力电子器件(如绝缘栅双极型晶体管)和较慢速度的其他电力电子器件如晶闸管、可关断晶闸管等串联而成,上述方案可使得整个装置成本大大降低。

[0015] 作为本发明的进一步优选,所述主支路的直流电容两侧还并联有放电回路,对直流断路器重合闸前先对该直流电容放电。

[0016] 作为本发明的进一步优选,所述放电回路由机械开关和电阻串联而成。

[0017] 作为本发明的进一步优选,在直流断路器的线路侧额外并联有直流电容,以可靠判断直流故障是否清除,从而用于重合闸。

[0018] 作为本发明的进一步优选,所述额外并联的直流电容上还串联联接有电阻。

[0019] 按照本发明的另一方面,提供一种利用所述直流断路器进行直流故障隔离的方法,其中,该方法包括在发生直流故障时,先关断所述辅助支路中的电力电子器件阀组,而后打开所述辅助支路上的机械开关。

[0020] 作为本发明的进一步优选,打开所述辅助支路上的机械开关并待直流电流降为零后,打开外部串联联接的第二机械开关。

[0021] 按照本发明的又一方面,提供一种利用所述可快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离后的重合闸方法,其中,该方法包括在接收到重合闸指令后,先闭合辅助支路上的机械开关,再开通所述电力电子器件阀组。

[0022] 作为本发明的进一步优选,在闭合辅助支路上的机械开关前,先闭合外部串联联接的机械开关。

[0023] 按照本发明的另一方面,提供一种可快速重合闸的电容充电式直流断路器,用于隔离直流故障后,无需等待电容放电即可进行快速重合闸操作,其特征在于,该直流断路器由辅助支路和主支路并联而成,其中,

[0024] 所述辅助支路由机械开关和电力电子阀组串联而成,以作为正常导通时直流电流流过的支路;

[0025] 所述主支路包括并联联接的多组串联组合,其中每组串联组合由第四机械开关和直流电容串联形成,该主支路用于在需要开断直流故障电流时关断辅助支路而将其转移到该支路上,并通过在直流电容电压高于直流断路器母线侧直流电压时直流电流开始下降并最终降为零而实现开断,且通过防止直流电流降为零后进一步变为负值而防止直流电容与线路电感形成电感-电容振荡,而且可实现无需等待电容放电即进行快速重合闸。

[0026] 作为本发明的进一步优选,正常闭合状态时,各串联组合中仅其中一个机械开关处于闭合状态,而其他串联组合中的机械开关处于开断状态。

[0027] 作为本发明的进一步优选,每个串联组合中的直流电容上并联有放电回路,对该直流电容放电前先开断与该直流电容串联的第四机械开关。

[0028] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的辅助支路和主支路上还并联了第三支路,该第三支路由一个避雷器或由多个避雷器串联或并联而成。

[0029] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联了直流限流电感,以限制直流故障电流的上升速率。

[0030] 作为本发明的进一步优选,所述直流断路器的的主支路以及辅助支路构成的并联回路的外部还串联联接了第二机械开关,用于开断直流电流后永久地隔离直流断路器从而防止母线侧直流电压持续施加在避雷器上。

[0031] 作为本发明的进一步优选,所述辅助支路的电力电子器件阀组由快速的全控型电力电子器件(如绝缘栅双极晶体管)和较慢速度的其他电力电子器件如晶闸管、可关断晶闸管等串联而成,上述方案可使得整个装置成本大大降低。

[0032] 作为本发明的进一步优选,在直流断路器的线路侧额外并联有直流电容,以可靠判断直流故障是否清除,从而用于重合闸。

[0033] 作为本发明的进一步优选,所述额外并联的直流电容上还串联联接有电阻。

[0034] 优选地,所述主支路还包括二极管阀组,其与并联的多组串联组合串联。

[0035] 按照本发明的又一方面,提供一种利用所述可快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离的方法,其中,该方法包括在发生直流故障时,先关断电力电子器件阀组,同时给辅助支路上的机械开关发出开断指令,待直流电流降为零后,打开其中一个所述串联组合中处于闭合状态的机械开关,实现直流故障电流开断。

[0036] 按照本发明的又一方面,提供一种利用所述可快速重合闸的直流断路器进行直流故障隔离后并故障消除后的重合闸方法,其中,该方法包括在接收到重合闸指令后,闭合一个初始处于开断状态的第四机械开关,而后闭合第一机械开关,而后开通电力电子器件阀组,实现重合闸并快速恢复直流供电。

[0037] 作为本发明的进一步优选,在确直流故障已经清除后才发出重合闸指令。

[0038] 作为本发明的进一步优选,通过检测直流断路器线路侧的直流电压值来判断直流故障是否已经被清除,当直流断路器线路侧直流电压的绝对值高于一定阈值时,则判断直流故障已经被清除。

[0039] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0040] (1) 本发明的直流断路器,其主支路采用直流电容和二极管阀组串联的方案从而利用直流故障电流单向地给直流电容充电,消除了开断直流故障后存在的电感-电容谐振问题;

[0041] (2) 本发明的直流断路器其辅助支路的电力电子阀组采用快速电力电子器件阀组和慢速电力电子器件阀组串联而成从而降低了电力电子阀组的成本,大大降低了主支路的半导体成本;

[0042] (3) 本发明的直流断路器,其多个“机械开关-直流电容”的并联组合替代单个直流电容器从而使得所设计的直流断路器具备快速重合闸能力,大大提高直流故障后系统恢复供电的速度。

[0043] (4) 本发明的直流断路器相比与常规的机械式直流断路器,隔离直流故障期间不会产生电弧从而大大提高了直流断路器开断直流故障电流的可靠性。

## 附图说明

[0044] 图1是现有的一种主支路由直流电容构成的混合型高压直流断路器拓扑。

[0045] 图2是一种电容充电型直流断路器的实施例。

[0046] 图3是主支路由多个第四机械开关-电容器串联组合并联后再与二极管阀组串联而成的直流断路器。

[0047] 图4是主支路中包含多个第四机械开关-直流电容串联组合的直流断路器。

[0048] 图5是在直流断路器的线路侧额外并联了直流电容的直流断路器。

## 具体实施方式

[0049] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0050] 图2所示为本发明一个实施例的电容充电型直流断路器1的电路结构示意图。图2中,直流断路器1主要由辅助支路2和主支路3并联而成,其中辅助支路2由第一机械开关8和电力电子阀组9串联而成,主支路由直流电容器10和二极管阀组11串联而成。

[0051] 为了防止直流电容电压上升过高,在一个优选实施例中,辅助支路2和主支路3上



还可以并联由避雷器5构成的第三支路。

[0052] 为了防止直流电压持续施加在避雷器5上使得避雷器5因泄漏电流而过热,在一个优选实施例中,辅助支路2、主支路3所构成的并联回路的外部还可串联第二机械开关6。另一个实施例中,辅助支路2、主支路3、以及第三支路5所构成的并联回路的外部串联第二机械开关6。

[0053] 为了给直流电容10提供放电通路,在一个优选实施例中,直流电容10的两端还并联了放电回路4,放电回路4由第三机械开关12和放电电阻13串联而成,通过闭合第三机械开关12即可使得直流电容10经过放电支路4放电。

[0054] 为了减低直流故障期间,直流故障电流的上升速率,在一个优选实施例中,辅助支路2、主支路3所构成的并联回路的外部还可串联直流限流电感7。在另一个优选实施例中,辅助支路2、主支路3和第三支路所构成的并联回路的外部串联直流限流电感7。

[0055] 正常闭合状态时,直流电流流经辅助支路2,而开断直流故障时,将直流电流转移到主支路3上。如图2所示,在图2所示的实施例中,正常闭合状态时,第二机械开关6、第一机械开关8以及电力电子阀组9处于闭合状态,第三机械开关4处于开断状态。开断直流故障时,将先关断电力电子阀组9,从而将直流电流转移到主支路3上,直流电流将给直流电容10充电,当直流电容10的电压高于母线侧直流电压15时,直流电流将开始下降直至降为零。

[0056] 关断电力电子阀组9的同时会给第一机械开关8发出开断的指令,第一机械开关8的触头在接收到开断指令后开始分闸操作并且经过一定的时间,其触头间的距离达到额定行程,在第一机械开关8的触头分离期间,直流电容10的电压在上升并且该直流电容电压施加在辅助支路2上,辅助支路2上的第一机械开关8和电力电子阀组9同时分担直流电容电压。

[0057] 在一个实施例中,电力电子阀组9优选地由全控型电力电子器件9a和晶闸管9b串联而成。其中,全控型电力电子器件9a具备自关断能力而晶闸管9b只有在电流过零时才能被关断。关断电力电子阀组9时将同时给全控型电力电子器件9a和晶闸管9b施加关断信号,全控型电力电子器件9a接收到关断信号后可以很快速地关断,从而将辅助支路的电流降为零,进而为晶闸管9b的关断提供了条件,9a和9b都关断后,9a和9b将串联地分担施加在电力电子阀组9上的电压,由于晶闸管9b的额定电压通常高于全控型电力电子器件9a且成本低于全控型电力电子器件9a,通过采用全控型电力电子器件9a和晶闸管9b串联构成电力电子阀组9的方法可以降低电力电子阀组9的成本。

[0058] 图2所示直流断路器完成直流故障隔离操作后,直流电容10的电压将被充电至高电压值,为了使得直流断路器完成一次开断操作后可以进行重合闸操作,需要先对直流电容10放电,为此,在一个实施例中,可以在直流电容10的正、负极并联放电回路4。放电回路4由第三机械开关12和电阻13串联而成。将第三机械开关12闭合即可对直流电容10放电。

[0059] 给直流电容10放电前需要确保直流故障已清除,其判据为检测直流断路器线路侧16的直流电压,当直流断路器线路侧16的直流电压的绝对值持续高于某一最低阈值(例如2kV),则判断直流故障已被清除。

[0060] 图2所示直流断路器的重合闸操作时序为:接收到重合闸指令后先闭合第一机械开关8,而后开通电力电子阀组9。

[0061] 为了防止直流断路器重合闸于直流故障,重合闸前需要判断直流故障是否已消

除,其判据为检测直流断路器线路侧16的直流电压,当直流断路器线路侧16的直流电压的绝对值持续高于某一大于零的阈值(例如2kV),则判断直流故障已被清除。

[0062] 因重合闸前,直流线路17一般为空载状态,在一个实施例中,为了防止在直流断路器线路侧16出现过高的操作过电压,可以在直流断路器线路侧16安装避雷器18。

[0063] 如图3所示,在另一个实施例中,为了进一步提升重合闸的效率,使得等待的延迟缩短,从而加速恢复供电的时间,对图2所示的直流断路器结构进行了进一步的优化。

[0064] 图3中的直流断路器,相对于图2所述的方案,其主支路3中包含了多组直流电容及对应的放电支路和串联机械开关。如图3所示,包含两个直流电容10a和10b,10a和10b的两端分别并联了放电回路4a和4b,直流电容10a和10b的外部还串联了机械开关14a和14b。正常导通状态时,仅一组直流电容投入使用,例如,14a闭合从而将直流电容10a接入至主回路,14b处于开断状态。

[0065] 当直流断路器完成第一次开断直流故障电流后,直流电容10a将被充电至高电压,为了方便后续能快速重合闸,当直流电流降为零时,机械开关14a将被打开。

[0066] 直流断路器接收到重合闸指令后,将依次闭合机械开关14b,第一机械开关8和电力电子阀组9。当直流断路器进入稳定运行状态后,将闭合机械开关12a,对已经充电的直流电容10a放电,使得直流电容10a可用于下次隔离直流故障电流。

[0067] 同样,该实施例中,直流断路器重合闸前需确保直流故障已经清除,判断直流故障是否已清除的方法为监测直流断路器线路侧16的电压,当该电压值的绝对值高于一定阈值(如典型值2kV),则判断直流故障已经清除,可以开始合闸操作。

[0068] 当直流线路较短时,为了使得直流故障被清除后,直流断路器的线路侧16具备足够高的残压,本发明提供了一种在直流断路器的线路侧16额外并联含直流电容支路的方案,如图5所示,在直流断路器的线路侧16额外并联了由直流电容17和电阻18构成的串联回路。

[0069] 为了降低直流断路器的成本,并使直流断路器具备快速重合闸能力,图4给出了去除二极管阀组11的直流断路器拓扑。其结构与图3类似,区别仅在于删除了主支路中的二极管阀组11。

[0070] 图2-图5的实施例中,直流断路器1均连接于正极性直流线路,当直流断路器需要连接于负极性直流线路时,需要调转直流断路器1的正、负极性,即将16与负极直流母线相连接,将母线侧19与外部直流输电线路相连接。

[0071] 本发明提供的电容充电型直流断路器可用于开断直流故障电流,其显著特点在于主支路采用直流电容和二极管阀组串联的方案从而利用直流故障电流单向地给直流电容充电,消除了开断直流故障后存在的电感-电容谐振问题,另外,辅助支路的电力电子阀组采用快速电力电子器件阀组和慢速电力电子器件阀组串联而成从而降低了电力电子阀组的成本,并大大降低了主支路的半导体成本,而且,本发明进一步提供的由多个“机械开关-直流电容”的并联组合替代单个直流电容器从而使得所设计的直流断路器具备快速重合闸能力,大大提高直流故障后系统恢复供电的速度。

[0072] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

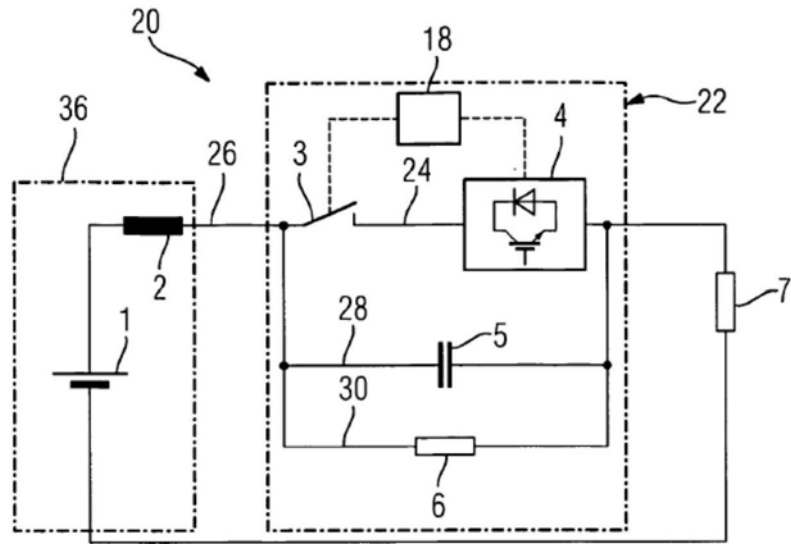


图1

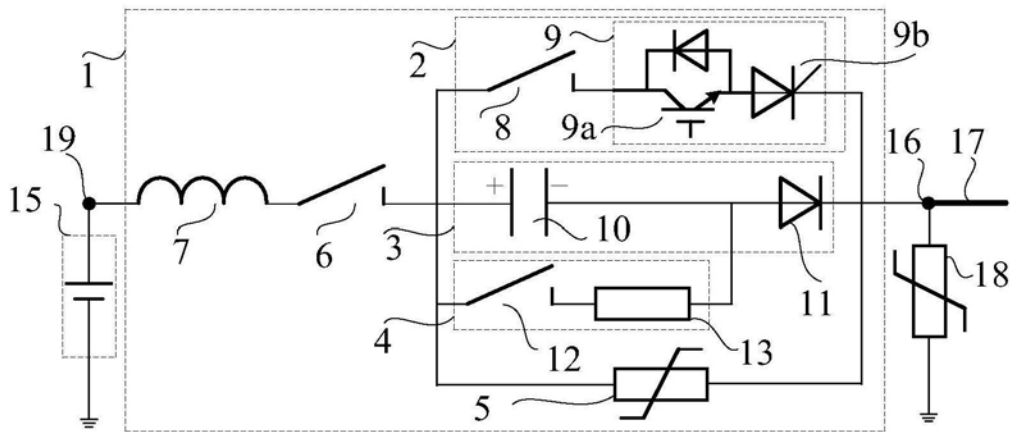


图2

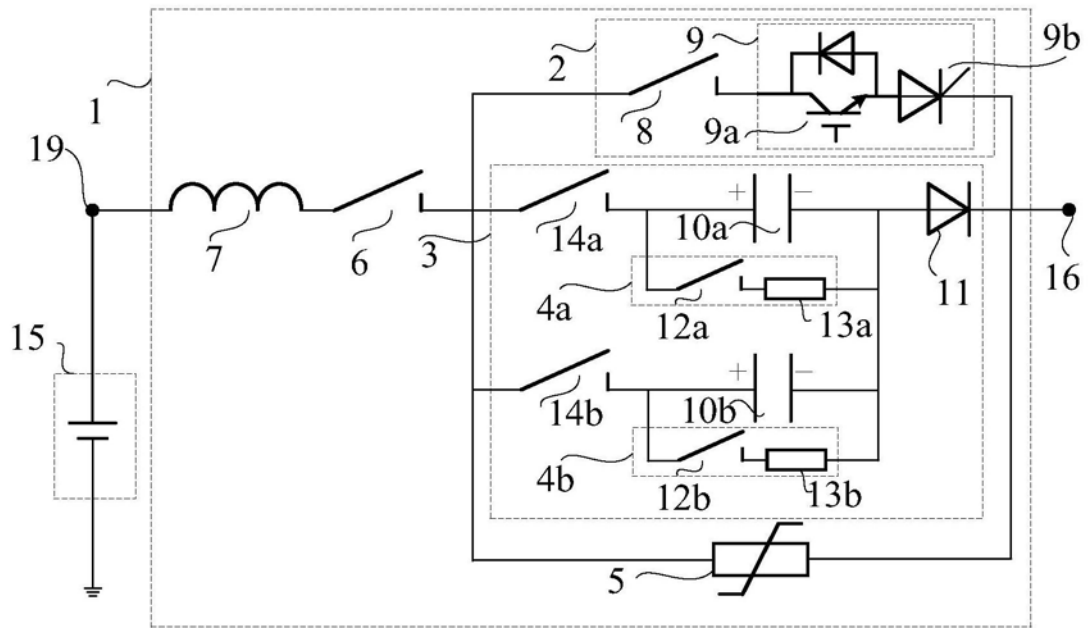


图3

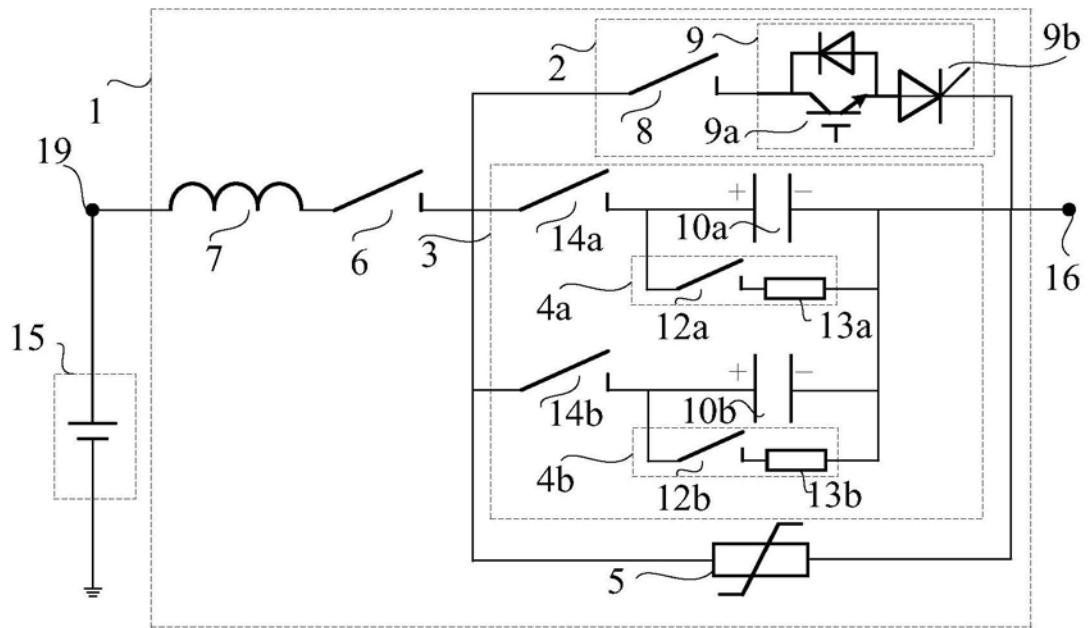


图4

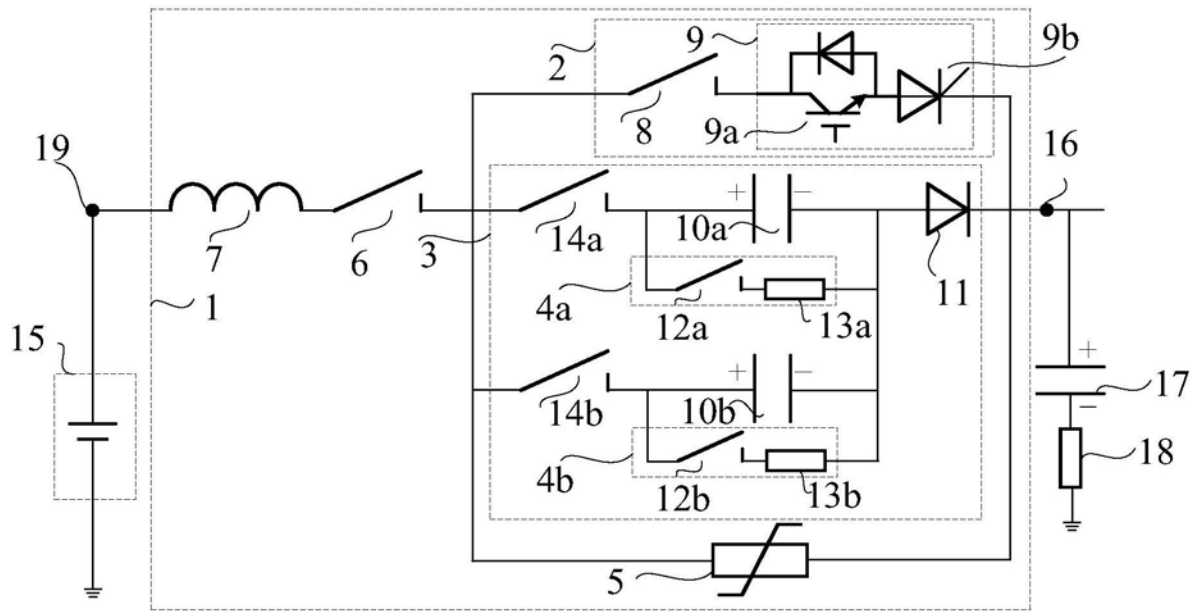


图5