



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108899851 A

(43)申请公布日 2018.11.27

(21)申请号 201810968366.6

H02G 1/02(2006.01)

(22)申请日 2018.08.23

(71)申请人 国网湖南省电力有限公司

地址 410000 湖南省长沙市天心区新韶东路398号

申请人 国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心

国家电网有限公司

(72)发明人 陆佳政 朱远 李波 谭艳军

朱思国 黄清军 毛新果

(74)专利代理机构 长沙联扬知识产权代理事务所(普通合伙) 43213

代理人 何湘玲

(51)Int.Cl.

H02G 7/16(2006.01)

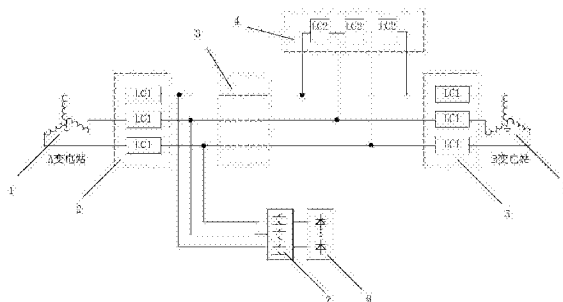
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法

(57)摘要

本发明涉及电气工程技术领域,公开了一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法,以在不影响输电线路正常供电的情况下实现对多条线路的融冰,进一步提高电网抗冰水平;本发明的系统包括并接于输电线路上的融冰切换开关、串接于融冰切换开关外侧的用于产生融冰电压的融冰装置、并接于输电线路上用于短接输电线路上的并联谐振电路、串接在输电线路上的第一串联谐振电路和第二串联谐振电路;其中,第一串联谐振电路设于第一变电站和融冰切换开关之间,第二串联谐振电路设于并联谐振电路和第二变电站之间。



1. 一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统,其特征在于,包括并接于输电线路(3)上的融冰切换开关(7)、串接于所述融冰切换开关(7)外侧的用于产生融冰电压的融冰装置(8)、并接于所述输电线路(3)上用于短接输电线路(3)的并联谐振电路(4)、串接在输电线路(3)上的第一串联谐振电路(2)和第二串联谐振电路(5);

其中,所述第一串联谐振电路(2)设于第一变电站(1)和所述融冰切换开关(7)之间,所述第二串联谐振电路(5)设于所述并联谐振电路(4)和第二变电站(6)之间。

2. 根据权利要求1所述的基于谐振电路的带电融冰拓扑系统,其特征在于,所述并联谐振电路(4)包括三组并联谐振回路,每组并联谐振回路包括旁路刀闸(43)、与所述旁路刀闸(43)串联的电容器(42)、与所述电容器(42)并连的电抗器(41)。

3. 根据权利要求1所述的基于谐振电路的带电融冰拓扑系统,其特征在于,所述第一串联谐振电路(2)包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路(3)的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第一串联电抗器(21)和第一串联电容器(22)组成的第一串联谐振电路(2),与所述第一串联谐振电路(2)并联的第一串联旁路刀闸(23);

所述第二串联谐振电路(5)包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路(3)的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第二串联电抗器(51)和第二串联电容器(52)组成的第二串联谐振电路(5),与所述第二串联谐振电路(5)并联的第二旁路刀闸(53)。

4. 一种基于上述权利要求1-3任一所述带电融冰拓扑系统的带电融冰方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:检测所述输电线路(3)上的覆冰情况,当所述输电线路(3)上的覆冰值大于或等于覆冰警戒值时,短接所述并联谐振电路(4)与所述输电线路(3),断开所述第一串联谐振电路(2)与所述输电线路(3),并断开所述第二串联谐振电路(5)与所述输电线路(3);

S2:调整所述融冰装置(8)的档位,闭合所述融冰切换开关(7)开始融冰,直至所述输电线路(3)上的覆冰掉落,然后断开所述融冰切换开关(7)。

5. 根据权利要求4所述的带电融冰方法,其特征在于,所述S1中,所述短接所述并联谐振电路(4)与所述输电线路(3),断开所述第一串联谐振电路(2)与所述输电线路(3),并断开所述第二串联谐振电路(5)与所述输电线路(3),具体为:

闭合所述并联谐振电路(4)的旁路刀闸(43),断开所述第一串联谐振电路(2)的串联旁路刀闸(23),并断开所述第二串联谐振电路(5)的第二串联旁路刀闸(53)。

6. 根据权利要求4所述的带电融冰方法,其特征在于,所述S2中,开始融冰时形成的电流回路为:

从所述融冰装置(8)流经所述融冰切换开关(7)、所述输电线路(3)、以及所述并联谐振电路(4)。

7. 根据权利要求4所述的带电融冰方法,其特征在于,所述S2中,所述调整所述融冰装置(8)的档位具体包括:

根据输电线路(3)的覆冰情况计算所述输电线路(3)所需的融冰电流;

根据所述融冰电流调整所述融冰装置(8)的档位。

## 一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电气工程技术领域,尤其涉及一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法。

### 背景技术

[0002] 近几年,南方地区雨雪冰冻灾害频发,对电网运行造成了严重的影响,电流融冰是目前应对电网冰灾最直接有效的措施。但现有的融冰方式均为停电融冰方式为主,一方面,线路停电后会造成大量用户限电,影响供电公司的优质服务,还影响人们的日常生活;另一方面,当多条线路需要融冰时,为确保供电安全,不能同时停电融冰,必须依次排队开展,使得融冰不及时,线路依然有倒杆断线的风险。目前部分科研单位提出了几种带电融冰拓扑结构,包括基于统一潮流控制器的带电融冰拓扑结构、基于变电站间双回线路的带电融冰拓扑结构、以及基于负荷电流转移的带电融冰拓扑结构。其中,基于统一潮流控制器的带电融冰拓扑结构系统消耗大,易导致系统失稳;基于变电站间双回线路的带电融冰拓扑结构,对线路结构要求高,适用范围窄;基于负荷电流转移的带电融冰拓扑结构仅能适用于4分裂及以上导线,且融冰效率较低。目前已有的带电融冰拓扑结构均无法很好地推广使用,无法解决现有系统停电融冰导致的不良后果。

### 发明内容

[0003] 本发明目的在于提供一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法,以在不影响输电线路正常供电的情况下实现对多条线路的融冰,进一步提高电网抗冰水平。

[0004] 为实现上述目的,本发明提供了一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统,包括并接于输电线路上的融冰切换开关、串接于所述融冰切换开关外侧的用于产生融冰电压的融冰装置、并接于所述输电线路上的用于短接输电线路的并联谐振电路、串接在输电线路上的第一串联谐振电路和第二串联谐振电路;

[0005] 其中,所述第一串联谐振电路设于第一变电站和所述融冰切换开关之间,所述第二串联谐振电路设于所述并联谐振电路和第二变电站之间。

[0006] 作为上述技术方案的进一步改进:

[0007] 所述并联谐振电路包括三组并联谐振回路,每组并联谐振回路包括旁路刀闸、与所述旁路刀闸串联的电容器、与所述电容器并连的电抗器。

[0008] 所述第一串联谐振电路包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第一串联电抗器和第一串联电容器组成的第一串联谐振电路,与所述第一串联谐振电路并联的第一旁路刀闸;

[0009] 所述第二串联谐振电路包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第二串联电抗器和第二串联电容器组成的第二串联谐振电路,与所述第二串联谐振电路并联的第二旁路刀闸。

[0010] 作为一个总的技术构思,本发明还提供一种基于谐振电路的带电融冰方法,包括

以下步骤:

[0011] S1:检测所述输电线路上的覆冰情况,当所述输电线路上的覆冰值大于或等于覆冰警戒值时,短接所述并联谐振电路与所述输电线路,断开所述第一串联谐振电路与所述输电线路,并断开所述第二串联谐振电路与所述输电线路;

[0012] S2:调整所述融冰装置的档位,闭合所述融冰切换开关开始融冰,直至所述输电线路上的覆冰掉落,然后断开所述融冰切换开关。

[0013] 作为上述技术方案的进一步改进:

[0014] 所述S1中,所述短接所述并联谐振电路与所述输电线路,断开所述第一串联谐振电路与所述输电线路,并断开所述第二串联谐振电路与所述输电线路,具体为:

[0015] 闭合所述并联谐振电路的并联旁路刀闸,断开所述第一串联谐振电路的串联旁路刀闸,并断开所述第二串联谐振电路的串联旁路刀闸。

[0016] 所述S2中,开始融冰时形成的电流回路为:

[0017] 从所述融冰装置流经所述融冰切换开关、所述输电线路、以及所述并联谐振电路。

[0018] 所述S2中,所述调整所述融冰装置的档位具体包括:

[0019] 根据输电线路的覆冰情况计算所述输电线路所需的融冰电流;

[0020] 根据所述融冰电流调整所述融冰装置的档位。

[0021] 本发明具有以下有益效果:

[0022] 本发明提供一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法,设有融冰切换开关、融冰装置、并联谐振电路、第一串联谐振电路、以及第二串联谐振电路,在需要融冰时,调整并联谐振电路和第一、第二串联谐振电路的工作状态,形成输电线路覆冰处的融冰电流回路,实现对输电线路的带电融冰;采用谐振回路方式进行融冰,一方面可有效降低电容器和电抗器融冰时的器件损耗,便于设计,同时可确保隔离效果接近与理论值,不对负荷电流及负荷阻抗构成影响;且该带电融冰系统可对区域内多条线路同时实施融冰,避免出现区域内多条线路停电融冰时负荷无法转供、区域限电等不良后果。同时融冰时不需排队进行,极大地提高了大面积雨雪冰冻灾害下电网应对多条线路同时覆冰的抗冰能力。

[0023] 下面将参照附图,对本发明作进一步详细的说明。

## 附图说明

[0024] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0025] 图1是本发明优选实施例的基于谐振电路的带电融冰拓扑系统结构示意图;

[0026] 图2是本发明优选实施例的融冰拓扑系统的并联谐振电路图;

[0027] 图3是本发明优选实施例的融冰拓扑系统的第一串联谐振电路图;

[0028] 图4是本发明优选实施例的融冰拓扑系统的第二串联谐振电路图。

[0029] 附图标记:

[0030] 1、第一变电站;2、第一串联谐振电路;21、第一串联电抗器;22、第一串联电容器;23、第一串联旁路刀闸;3、输电线路;4、并联谐振电路;41、电抗器;42、电容器;43、旁路刀闸;5、第二串联谐振电路;51、第二串联电抗器;52、第二串联电容器;53、第二串联旁路刀闸;6、第二变电站;7、融冰切换开关;8、融冰装置。

## 具体实施方式

[0031] 以下结合附图对本发明的实施例进行详细说明,但是本发明可以由权利要求限定和覆盖的多种不同方式实施。

[0032] 实施例1

[0033] 如图1所示,本实施例提供一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统,包括并接于输电线路3上的融冰切换开关7、串接于融冰切换开关7外侧的用于产生融冰电压的融冰装置8、并接于输电线路3上用于短接输电线路3的并联谐振电路4、串接在输电线路3上的第一串联谐振电路2和第二串联谐振电路5;

[0034] 其中,第一串联谐振电路2设于第一变电站1和融冰切换开关7之间,第二串联谐振电路5设于并联谐振电路4和第二变电站6之间。

[0035] 上述系统中,通过设有谐振回路实现融冰,一方面可有效降低电容器42和电抗器41融冰时的器件损耗,便于设计,同时可确保隔离效果接近与理论值,不对负荷电流及负荷阻抗构成影响;且该带电融冰系统可对区域内多条线路同时实施融冰,避免出现区域内多条线路停电融冰时负荷无法转供、区域限电等不良后果。

[0036] 在实际应用中,首先根据输电线路3的线路长度和线型确定融冰装置8、融冰切换开关7等相关器件的参数。以110kV系统为例,导线长30km,线型LGJ-300,导线正常运行电流150A,极限输送电流为300A,LGJ-300导线融冰电流范围为680A-1100A。

[0037] 进一步地,根据直流融冰计算规则,30kmLGJ-300导线融冰电压范围为2876V-6204V,选取直流融冰电压为4000V,计算线路两相串联融冰时融冰电流为709A,与线路负荷电流叠加后为859A,可满足线路融冰需求,因此,在器件选型时,可选择融冰装置8容量为2.836MW,输出电压4000V,输出电流709A,融冰切换开关7满足709A通流即可。根据计算融冰装置8可选择XDJS-8.1型直流融冰装置、融冰切换开关7可选取XDJS-1250型六相组合开关。但本发明并不仅限于此,在能满足上述功率要求的情况下,融冰装置8和融冰切换开关7还可以选为其他型号。

[0038] 本实施例中,并联谐振电路4包括三组并联谐振回路,每组并联谐振回路包括旁路刀闸43、与旁路刀闸43串联的电容器42、与电容器42并连的电抗器41。需要说明的是,三组并联谐振回分别并联在输电线路3的任意两相线路之间,且每组并联谐振回路之间首尾相连。

[0039] 具体地,并联谐振电路4隔交通直原理如图2所示。当旁路刀闸43断开时,电抗器41和电容器42均并入线路中,相对于交流电流回路阻值为:

$$[0040] \quad Z = \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{j\omega L}};$$

[0041] 设置参数L、C使得 $\omega C = \frac{1}{\omega L}$ 时即可实现,相当于短路,交流电流无法流通,因电抗器41可实现直流流通,最终实现输电线路3三相直流短路的同时,保持交流开路。

[0042] 本实施例中,第一串联谐振电路2包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路3的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第一串联电抗器21和第一串联电容器22组成的第一串联谐振电路2,与第一串联谐振电路2并联的第一串联旁路刀闸23;

[0043] 第二串联谐振电路5包括三组串联谐振回路,每组串联谐振回路串联在输电线路3的每相导线上,其中,每组串联谐振回路包括由第二串联电抗器51和第二串联电容器52组成的第二串联谐振电路5,与第二串联谐振电路5并联的第二串联旁路刀闸53。

[0044] 具体地,第一串联谐振电路2隔直通交原理如图3所示。第一串联旁路刀闸23断开时,第一串联电抗器21和第一串联电容器22均串入线路中,相对于交流电流回路阻值为:

$$[0045] \quad Z = j\omega L + \frac{1}{j\omega C};$$

[0046] 其中L、C分别为第一串联电抗器21电感值和第一串联电容器22电容值,设置参数L、C使得 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ 时即可实现,相当于通路,交流电流可流通,因第一串联电容器22隔离作用,直流电流无法流通,最终实现直流系统与交流系统的隔离。

[0047] 需要说明的是,第二串联谐振电路5隔直通交原理与第一串联谐振电路2隔直通交原理相同,且第二串联谐振电路5与第一串联谐振电路2的器件选型和参数都一致,如图4所示,在此不多做赘述。

[0048] 作为本实施例优选的实施方式,根据谐振时应满足的条件 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ ,系统中频率为50Hz,  $\omega = 2\pi f = 314$ ,计算可得电感L和电容C满足 $LC = 1.014 \times 10^{-5}$ 即可,因此可选择 $L = 10.14\text{mH}$ 、 $C = 1\text{mF}$ ,其中串联谐振回路用电感L需满足通流能力300A以上,并联谐振回路用电感需满足通流能力1100A以上;串联谐振回路用电容C需满足通流能力300A以上,串联谐振回路旁路开关需满足通流300A以上,并联谐振回路旁路开关需满足通流1100A以上,根据参数和通流能力可选择常规型电容器42、电抗器41以及开关作为带电融冰改造用元器件。

[0049] 实施例2

[0050] 与上述实施例相对应地,本实施例提供一种基于谐振电路的带电融冰方法,包括以下步骤:

[0051] S1:检测输电线路3上的覆冰情况,当输电线路3上的覆冰值大于或等于覆冰警戒值时,短接并联谐振电路4与输电线路3,断开第一串联谐振电路2与输电线路3,并断开第二串联谐振电路5与输电线路3;

[0052] S2:调整融冰装置8的档位,闭合融冰切换开关7开始融冰,直至输电线路3上的覆冰掉落,然后断开融冰切换开关7。

[0053] 本实施例中,S1中,短接并联谐振电路4与输电线路3,断开第一串联谐振电路2与输电线路3,并断开第二串联谐振电路5与输电线路3,具体为:

[0054] 闭合并联谐振电路4的旁路刀闸43,断开第一串联谐振电路2的第一串联旁路刀闸23,并断开第二串联谐振电路5的第二串联旁路刀闸53。

[0055] 在实际应用中,当第一变电站1(A变电站)和第二变电站6(B变电站)之间的输电线路3出现覆冰且覆冰值大于或等于覆冰警戒值时,将第一串联谐振电路2和第二串联谐振电路5中的第一串联旁路刀闸23和第二串联旁路刀闸53打至分开状态,将并联谐振电路4中的旁路刀闸43打至闭合状态,采用串联谐振回路隔直通交和并联谐振回路隔交通直的特性,实现输电线路3与带电融冰系统的隔离以及三相线路直流短接。合上融冰切换开关7,启动融冰装置8,即可实现输电线路3带电情况下直流融冰。其中,融冰切换开关7可实现直流两相与交流三相的对接和切换,每次对三相导线中的一相或者两相实施融冰,融冰完成后进

行换相,直至三相覆冰完全脱落。融冰结束后将第一串联谐振电路2和第二串联谐振电路5中的第一串联旁路刀闸23和第二串联旁路刀闸53打至闭合状态,将并联谐振电路4中的旁路刀闸43打至分开状态,将第一串联谐振电路2、第二串联谐振电路5和并联谐振电路4旁路,将融冰切换开关7断开,输电线路3恢复正常运行。

[0056] 本实施例中,S2中,开始融冰时形成的电流回路为:从融冰装置8流经融冰切换开关7、输电线路3、所述并联谐振电路4。在该方法中,融冰结束后恢复初始运行状态,即可兼顾直流融冰的高效性,又可确保供电的稳定性,融冰迅速且不影响用户供电。

[0057] 本实施例中,S2中,调整融冰装置8的档位具体包括:

[0058] 根据输电线路3的覆冰情况计算输电线路3所需的融冰电流;根据融冰电流调整融冰装置8的档位。具体地,融冰电流的计算在上述实施例中有详细描述,在此,不多做赘述。

[0059] 如上所述,本发明提供一种基于谐振电路的带电融冰拓扑系统及其融冰方法,设有融冰切换开关7、融冰装置8、并联谐振电路4、第一串联谐振电路2、以及第二串联谐振电路5,在需要融冰时,调整并联谐振电路4和第一、第二串联谐振电路5的工作状态,形成输电线路3覆冰处的融冰电流回路,实现对输电线路3的带电融冰;采用谐振回路方式进行融冰,一方面可有效降低电容器42和电抗器41融冰时的器件损耗,便于设计,同时可确保隔离效果接近与理论值,不对负荷电流及负荷阻抗构成影响;且该带电融冰系统可对区域内多条线路同时实施融冰,避免出现区域内多条线路停电融冰时负荷无法转供、区域限电等不良后果。同时融冰时不需排队进行,极大地提高了大面积雨雪冰冻灾害下电网应对多条线路同时覆冰的抗冰能力。

[0060] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,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。

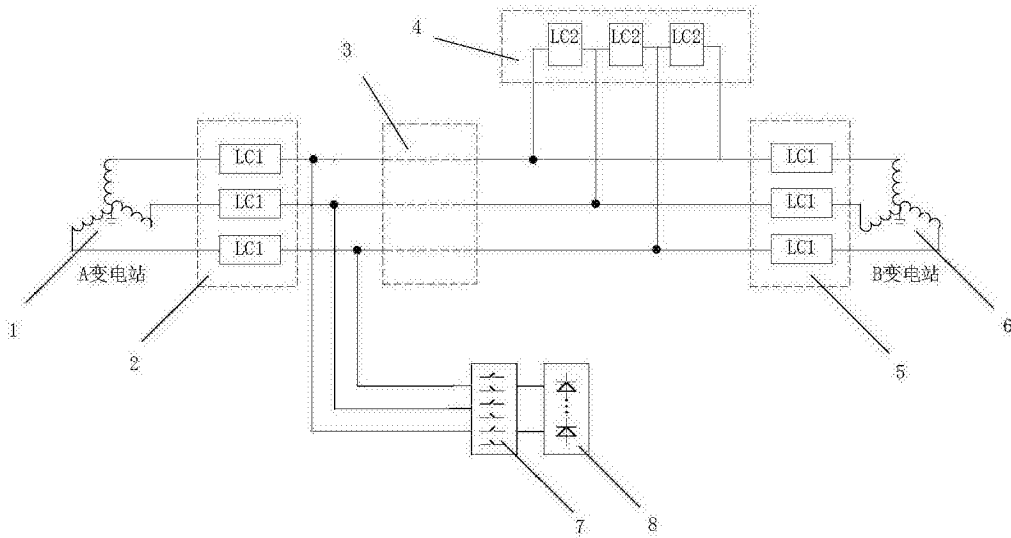


图1

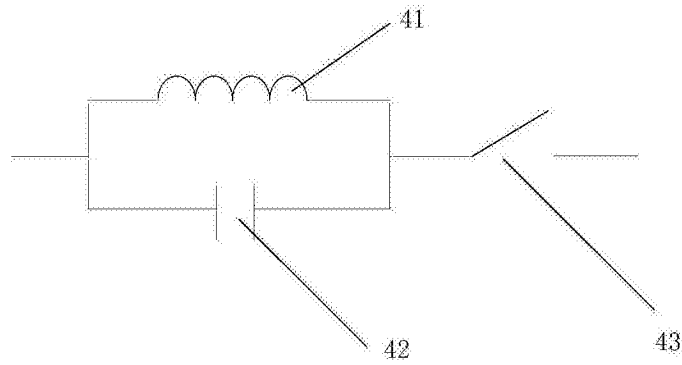


图2

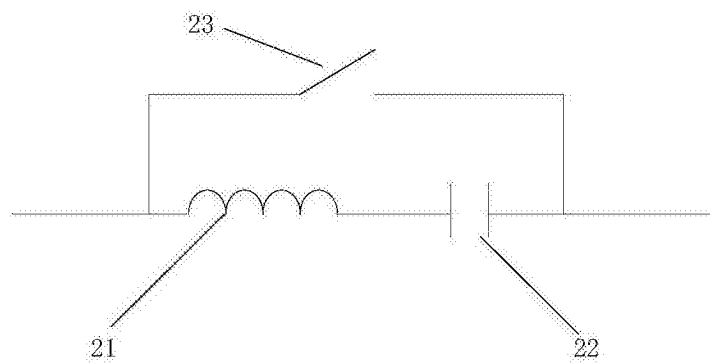


图3



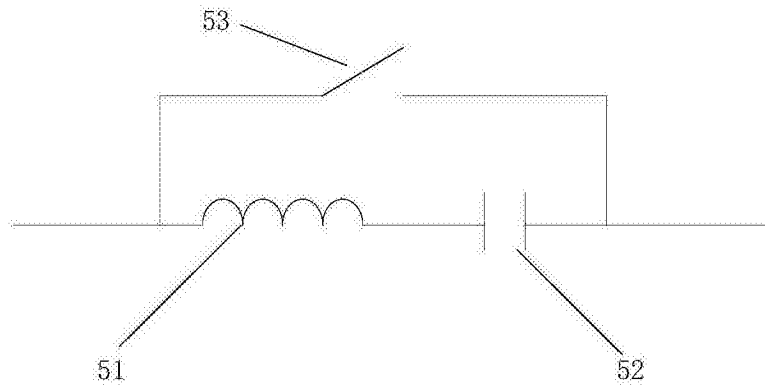


图4