(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111525501 B
(45)授权公告日 2022.05.27

(21)申请号 202010466684.X
(22)申请日 2020.05.28
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111525501 A
(43)申请公布日 2020.08.11
(73)专利权人 中国科学院电工研究所
地址 100190 北京市海淀区中关村北二条6号
专利权人 内蒙古电力(集团)有限责任公司
内蒙古电力科学研究院分公司
山东泰开高压开关有限公司
山东泰开电力电子有限公司
(72)发明人 邱清泉 张志丰 肖立业 张叔禹 刘永江 郭红兵 胡耀东 宫瑞磊 肖培伟 刘增宝 郭坤
(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责任公司 11251
专利代理师 关玲
(51)Int.Cl.
H02H 3/08(2006.01)
H02H 9/02(2006.01)
(56)对比文件
CN 103956719 A,2014.07.30
CN 104134980 A,2014.11.05
WO 2014108010 A1,2014.07.17
审查员 李文婷

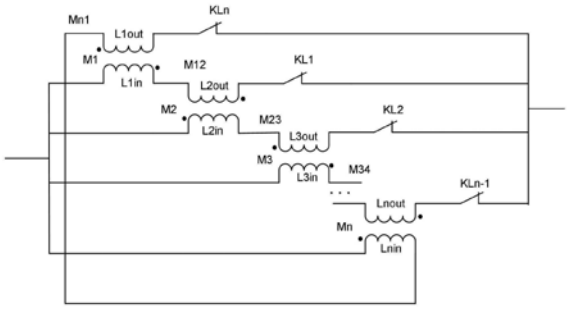
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种模块化大容量限流断路器

(57)摘要

一种模块化大容量限流断路器，由n柱电抗器支路组合而成，n＝2,4,6,…。该限流断路器包括L1柱内线圈L1in和外线圈L1out、L2柱内线圈L2in和外线圈L2out、L3柱内线圈L3in和外线圈L3out,…,Ln柱内线圈Lnin和外线圈Lnout，各柱内外线圈匝数相同，绕向相同。各柱线圈的中心沿圆周均匀分布，两两线圈之间夹角为360°/n，n＝2,4,6,…。电抗器线圈安装在绝缘平台上部。正常工作时，电抗器线圈的电感很小。系统发生突发短路时，各支路断路器同时或相继断开，整个大容量限流断路器的电感逐步增大，限制短路电流，从而更利于开断。



CN 111525501 B

1.一种模块化大容量限流断路器,其特征在于,所述的大容量限流断路器由n个电抗器和n台支路断路器组合而成,n台断路器串联在n个电抗器的输出端支路上,n=2,4,6,…;所述的电抗器采用多柱平行立式结构,包括L1柱内线圈(L1in)和外线圈(L1out)、L2柱内线圈(L2in)和外线圈(L2out)、L3柱内线圈(L3in)和外线圈(L3out),…,Ln柱内线圈(Lnin)和外线圈(Lnout),绝缘平台和支路断路器(KL1、KL2、KL3、…、KLn);各柱内线圈和外线圈匝数相同,绕向相同;各柱线圈的中心沿圆周均匀分布,两两线圈之间夹角为360°/n;L1柱、L2柱、L3柱、…、Ln柱中,各柱内线圈和外线圈的同名端相反;L1柱的内线圈和外线圈分别和L2柱的外线圈和内线圈的同名端相同,L2柱的内线圈和外线圈分别和L3柱的外线圈和内线圈的同名端相同,…,Ln柱的内线圈和外线圈分别和L1柱的外线圈和内线圈的同名端相同;L1柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端(L1a),内线圈输出端(L1b)、外线圈输入端(L1c)和外线圈输出端(L1d),输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧;L2柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端(L2a),内线圈输出端(L2b)、外线圈输入端(L2c)和外线圈输出端(L2d),输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧;L3柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端(L3a),内线圈输出端(L3b)、外线圈输入端(L3c)和外线圈输出端(L3d),输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧;Ln柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端(Lna),内线圈输出端(Lnb)、外线圈输入端(Lnc)和外线圈输出端(Lnd),输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧;所述n个电抗器的内线圈和外线圈布置在绝缘平台上部;

所述的n个电抗器和n台支路断路器采用如下连接方式:n台支路断路器(KL1、KL2、KL3、…、KLn)分别串联在L1柱外线圈输出端(L1d)支路、L2柱外线圈输出端(L2d)支路、L3柱外线圈输出端(L3d)支路,…,和Ln柱外线圈输出端(Lnd)支路;L1柱内线圈输入端(L1a)、L2柱内线圈输入端(L2a)、L3柱内线圈输入端(L3a),…,和Ln柱内线圈输入端(Lna)短接作为n柱组合式大容量限流断路器的输入端,L1柱内线圈输出端(L1b)和L2柱外线圈输入端(L2c)连接,L2柱内线圈输出端(L2b)和L3柱外线圈输入端(L3c)连接,…,Ln-1柱内线圈输出端(Ln-1b)和Ln柱外线圈输入端(Lnc)连接,Ln柱内线圈输出端(Lnb)和L1柱外线圈输入端(L1c)连接;L1柱外线圈输出端(L1d)、L2柱外线圈输出端(L2d)、L3柱外线圈输出端(L3d),…和Ln柱外线圈输出端(Lnd)短接作为n柱组合式大容量限流断路器的输出端;由于各柱内外线圈的匝数相同,因此各支路的电阻和电感对称,保证了各支路的电流分布均匀;

在正常工作时各支路断路器(KL1、KL2、KL3、…、KLn)均为闭合状态;在短路时,各支路断路器(KL1、KL2、KL3、…、KLn)相继或同时断开,整个大容量限流断路器的电感逐步增大,短路电流逐渐减小。

2.根据权利要求1所述的大容量限流断路器,其特征在于,所述电抗器各个柱上的内线圈和外线圈均采用铝导线或铜导线绕制。

一种模块化大容量限流断路器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种应用于短路故障限流和开断的大容量限流断路器。

背景技术

[0002] 随着国民经济的快速发展，各级电网中的短路电流水平不断提高，电网故障短路电流的开断容量不足已经越来越成为限制电网发展的重要瓶颈问题。考虑到断路器的开断容量不足，在电网中装设故障电流限制器这一解决方案得到了广泛关注。故障电流限制器在正常条件下阻抗很小，在短路故障时阻抗变大而限流。当前的故障限流器技术主要有分裂电抗型限流器、串联谐振型限流器、固态限流器等利用常规电力器件实现的限流技术，以及超导限流器、PTC热敏电阻限流器等应用新材料实现的限流技术。

[0003] 考虑到现有高压大容量机械开关和电力电子开关的开断容量不足、故障限流器技术尚不成熟，如果在当前能够用一种非常廉价的方式构造大容量断路器，将具有非常积极的意义。为了降低流过开关器件的电流，中国发明专利200610011904.X公布了一种基于分裂电抗器的超导故障限流器、中国发明专利200710052947.7和201210252205.X分别公开了基于分裂电抗器的并联型断路器和限流断路器，中国发明专利201310007027.9公开了基于分裂电抗器的串联谐振型限流器。发明专利200810197118.2和200910208943.2公开了一种应用于并联断路器的紧耦合空心电抗器的结构，高耦合空心分裂电抗器采用同轴设置的第一绕组和第二绕组，第一绕组和第二绕组的包封由内到外依次交叉设置，任何两个包封之间、以及包封和接线臂之间都要承受限流开断时过电压的2倍。在限流状态时紧耦合电抗器的端口电压为电抗器限流电压的2倍，实用新型专利201220373229.6、201620340866.1和201721528069.7分别公开了紧耦合电抗器的新型结构和出线方式，可以将限流状态紧耦合电抗器的端口电压降低一半。上述专利均采用双臂的分裂电抗器结构，理论上可以实现两台断路器的并联。但对于更多断路器如何实现并联，相关报道比较少。中国发明专利201410116959.1提出一种多柱组合式超导阻感型限流器，利用各支路断路器的相继断开、各支路的电感和电阻逐步增大以实现多组支路断路器的并联开断，但是该拓扑主要采用超导线圈在过流情况下电阻突增来实现电流抑制，仍然属于电阻型超导限流器的范畴，电阻型超导限流器存在造价高、失超恢复慢、安全性差等问题，限制了其推广应用。

发明内容

[0004] 由于现有分裂电抗型限流器或断路器均采用单臂串联断路器或双臂并联两台断路器的结构，故障电流限制和开断的能力有限，本发明的目的是克服上述现有技术的缺点，提出一种模块化大容量限流断路器，可以利用多个柱式结构分裂电抗器模块实现2台、4台、6台或更多台断路器并联，稳态载流和故障电流开断能力可根据实际需要设计，开断能力可达数百kA甚至更高。

[0005] 为了实现上述目的，本发明大容量限流断路器采用以下技术方案：

[0006] 本发明大容量限流断路器由n个电抗器和n台断路器组合而成，n台断路器串联在n

个电抗器的圈输出端支路上，n＝2，4，6，…。所述电抗器采用多柱平行立式结构，包括L1柱内线圈和外线圈、L2柱内线圈和外线圈、L3柱内线圈和外线圈、…、Ln柱内线圈和外线圈。各柱内、外线圈匝数相同，绕向相同；各柱线圈的中心沿圆周均匀分布，两两之间夹角为360°/n；L1、L2、L3、…、Ln各柱中，其内线圈和外线圈的同名端相反。L1柱的内线圈和外线圈分别和L2柱的外线圈和内线圈的同名端相同，L2柱的内线圈和外线圈分别和L3柱的外线圈和内线圈的同名端相同，…，Ln柱的内线圈和外线圈分别和L1柱的外线圈和内线圈的同名端相同。L1柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端，内线圈输出端、外线圈输入端和外线圈输出端，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端和内线圈输出端位于L1柱内线圈的上、下两侧，外线圈输入端和外线圈输出端位于L1柱外线圈的上、下两侧。L2柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端，内线圈输出端、外线圈输入端和外线圈输出端，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端和内线圈输出端位于L2柱内线圈的上、下两侧，外线圈输入端和外线圈输出端位于L2柱外线圈的上、下两侧。L3柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端，内线圈输出端、外线圈输入端和外线圈输出端，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端和内线圈输出端位于L3柱内线圈的上、下两侧，外线圈输入端和外线圈输出端位于L3柱外线圈的上、下两侧。Ln柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端，内线圈输出端、外线圈输入端和外线圈输出端，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端和内线圈输出端位于Ln柱内线圈的上、下两侧，外线圈输入端和外线圈输出端位于Ln柱外线圈的上、下两侧。n个电抗器的内线圈和外线圈布置在绝缘平台上部。n个电抗器和n台断路器采用如下连接方式：n台断路器分别串联在L1柱外线圈输出端支路、L2柱外线圈输出端支路、L3柱外线圈输出端支路和Ln柱外线圈输出端支路。L1柱内线圈输入端、L2柱内线圈输入端、L3柱内线圈输入端和Ln柱内线圈输入端短接作为n柱组合式大容量限流断路器的输入端，L1柱内线圈输出端和L2柱外线圈输入端连接，L2柱内线圈输出端和L3柱外线圈输入端连接，Ln-1柱内线圈输出端和Ln柱外线圈输入端连接，Ln柱内线圈输出端和L1柱外线圈输入端连接。L1柱外线圈输出端、L2柱外线圈输出端、L3柱外线圈输出端和Ln柱外线圈输出端短接作为n柱组合式大容量限流断路器的输出端。由于各柱内外线圈的匝数相同，因此各支路的电阻和电感完全对称，从而保证了各支路的电流分布均匀。各支路断路器正常工作时均为闭合状态。在突发短路时，各支路断路器相继断开，整个大容量限流断路器的电感逐步增大，短路电流逐渐减小。

[0007] 大容量限流断路器在正常运行时支路断路器闭合，电感为各支路漏抗的并联。在系统突发短路时各支路断路器相继或同时断开，装置的总电抗值迅速增加，从而限制短路故障电流，支路断路器更容易断开。

[0008] 本发明具有以下主要优点：

[0009] 1)本发明构造的大容量限流断路器，利用多柱结构分裂电抗器实现各个支路断路器的并联，利用各支路断路器的同时或逐步断开时，多柱电抗器线圈电抗的逐步增大实现对故障电流的限制和开断，降低了大容量断路器制作的技术难度和成本，更有市场竞争力。

[0010] 2)本发明构造的大容量限流断路器，采用多柱单元模块化结构，可依据短时运行电流、长期运行电流和开断电流的不同需求进行组装，以适应于大容量电网系统、大容量短路冲击试验站多种场合，具有良好的适应性。

附图说明

[0011] 图1为本发明模块化大容量限流断路器的等效电路图；

[0012] 图2为本发明具体实施例1双柱组合式大容量限流断路器的安装布局图；

[0013] 图3为本发明具体实施例1双柱组合式大容量限流断路器的线圈结构和接线方式图；

[0014] 图4为本发明具体实施例2四柱组合式大容量限流断路器的安装布局图；

[0015] 图5为本发明具体实施例2四柱组合式大容量限流断路器的线圈结构和接线方式图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明。

[0017] 本发明应用于限流器领域的模块化大容量限流断路器由n个电抗器和n台断路器组合而成，n台断路器串联在n个电抗器的圈输出端支路上，n＝2,4,6,…。

[0018] 图1所示为本发明n柱组合式大容量限流断路器的等效电路图，n＝2,4,6,…。如图1所示，n柱组合式大容量限流断路器各内绕组和外绕组的自感L1＝L2＝L3＝,…,＝Ln＝L，互感M1＝M2＝M3＝,…,＝Mn＝M，各柱内绕组和外绕组分别和相邻柱外绕组和外绕组之间的互感M12＝M23＝M34＝,…,＝Mn1＝M′。由于双绕组匝数相同，绕向相同，自感L和互感M非常接近。在电网系统正常运行时，电抗器的电抗值$\frac{2(L-M)}{n}$为一个非常小的数值，对系统影响很小，第n个支路断路器KL1、KL2、KL3和KLn的载流量为输电线路电流的1/n。在系统发生短路故障时，各支路断路器相继开断，电抗器的电抗值从$\frac{2(L-M)}{n}$逐步增加到2(L+M′)，最终所有开关断开切断短路电流。

[0019] 图2和图3为本发明具体实施例1双柱组合式大容量限流断路器的安装布局图及限流器结构和接线方式图。本实施例双柱组合式大容量限流断路器由L1柱内线圈L1in和外线圈L1out、L2柱内线圈L2in和外线圈L2out、绝缘平台和支路断路器KL1、KL2组成，各柱的内线圈和外线圈匝数相同，绕向相同。两柱线圈的中心沿圆周均匀分布，两两线圈之间夹角为90°。L1和L2两柱中，内、外线圈的同名端相反；L1柱的内线圈和外线圈分别和L2柱的外线圈和内线圈的同名端相同；L1柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L1a，内线圈输出端L1b、外线圈输入端L1c和外线圈输出端L1d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端L1a和内线圈输出端L1b分别位于L1柱线圈的内线圈L1in的上、下两侧，外线圈输入端L1c和外线圈输出端L1d分别位于L1柱线圈的外线圈L1out的上、下两侧。L2柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L2a，内线圈输出端L2b、外线圈输入端L2c和外线圈输出端L2d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端L2a和内线圈输出端L2b分别位于L2柱线圈的内线圈L2in的上、下两侧，外线圈输入端L2c和外线圈输出端L2d分别位于L2柱线圈的外线圈L2out的上、下两侧。限流器两柱上的内线圈和外线圈布置在绝缘平台上方；两支路断路器KL1和KL2分别串联在L1柱外线圈输出端L1d支路、L2柱外线圈输出端L2d支路。L1柱内线圈输入端L1a、L2柱内线圈输入端L2a短接作为双柱组合式大容量限流断路器的输入端，L1柱内线圈输出端L1b和L2柱外线圈输入端L2c连接，L2柱内线圈输出端L2b

和L1柱外线圈输入端L1c连接。L1柱外线圈输出端L1d、L2柱外线圈输出端L2d短接作为双柱组合式大容量限流断路器的输出端。由于两柱内外线圈的匝数相同，因此两支路的电阻和电感完全对称，从而保证了各支路的电流分布均匀。两支路断路器KL1、KL2正常工作时均为闭合状态。在突发短路时，两支路断路器KL1和KL2相继断开，整个大容量限流断路器的电感和电阻都逐步增大，短路电流逐渐减小。L1柱和L2柱上的内线圈和外线圈均采用铝导线或铜导线绕制。

[0020] 图4和图5所示为本发明具体实施例2四柱组合式大容量限流断路器的安装布局图，以及限流器结构和接线方式图。本实施例四柱组合式大容量限流断路器由L1柱内线圈L1in和外线圈L1out、L2柱内线圈L2in和外线圈L2out、L3柱内线圈L3in和外线圈L3out、L4柱内线圈L4in和外线圈L4out、绝缘平台和支路断路器KL1、KL2、KL3、KL4组成，各柱内外线圈匝数相同，绕向相同。各柱线圈的中心沿圆周均匀分布，两两之间夹角为90°。L1、L2、L3、L4各柱中的内外线圈的同名端相反。L1柱的内线圈和外线圈分别和L2柱的外线圈和内线圈的同名端相同，L2柱的内线圈和外线圈分别和L3柱的外线圈和内线圈的同名端相同，L3柱的内线圈和外线圈分别和L4柱的外线圈和内线圈的同名端相同，L4柱的内线圈和外线圈分别和L1柱的外线圈和内线圈的同名端相同。L1柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L1a，内线圈输出端L1b、外线圈输入端L1c和外线圈输出端L1d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端L1a和内线圈输出端Lb分别位于L柱线圈的内线圈L1in的上、下两侧，外线圈输入端L1c和外线圈输出端L1d分别位于L1柱线圈的外线圈L1out的上、下两侧。L2柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L2a，内线圈输出端L2b、外线圈输入端L2c和外线圈输出端L2d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端L2a和内线圈输出端L2b分别位于L2柱线圈的内线圈L2in的上、下两侧，外线圈输入端L2c和外线圈输出端L2d分别位于L2柱线圈的外线圈L2out的上、下两侧。L3柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L3a，内线圈输出端L3b、外线圈输入端L3c和外线圈输出端L3d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧：内线圈输入端L3a和内线圈输出端L3b分别位于L3柱线圈的内线圈L3in的上、下两侧，外线圈输入端L3c和外线圈输出端L3d分别位于L3柱线圈的外线圈L3out的上、下两侧。L4柱线圈的接线端子分别为内线圈输入端L4a，内线圈输出端L4b、外线圈输入端L4c和外线圈输出端L4d，输入端子和输出端子分别位于线圈的上下两侧；内线圈输入端L4a和内线圈输出端L4b分别位于L4柱线圈的内线圈L4in的上、下两侧，外线圈输入端L4c和外线圈输出端L4d分别位于L4柱线圈的外线圈L4out的上、下两侧。限流器四柱上的内线圈和外线圈布置在绝缘平台上方；各支路断路器KL1、KL2、KL3和KL4分别串联在L1柱外线圈输出端L1d支路、L2柱外线圈输出端L2d支路、L3柱外线圈输出端L3d支路和L4柱外线圈输出端L4d支路。L1柱内线圈输入端L1a、L2柱内线圈输入端L2a、L3柱内线圈输入端L3a和L4柱内线圈输入端L4a短接作为四柱组合式大容量限流断路器的输入端，L1柱内线圈输出端L1b和L2柱外线圈输入端L2c连接，L2柱内线圈输出端L2b和L3柱外线圈输入端L3c连接，L3柱内线圈输出端L3b和L4柱外线圈输入端L4c连接，L4柱内线圈输出端L4b和L1柱外线圈输入端L1c连接。L1柱外线圈输出端L1d、L2柱外线圈输出端L2d、L3柱外线圈输出端L3d和L4柱外线圈输出端L4d短接作为四柱组合式大容量限流断路器的输出端。由于各柱内外线圈的匝数相同，因此各支路的电阻和电感完全对称，从而保证了各支路的电流分布均匀。各支路断路器KL1、KL2、KL3和KL4在正常工作时均为闭合状态。在突发短路时，各支路断路器

KL1、KL2、KL3和KL4相继断开，整个大容量限流断路器的电感逐步增大，短路电流逐渐减小。L1柱、L2柱、L3柱和L4柱上的内线圈和外线圈均采用铝导线或铜导线绕制。

[0021] 虽然所述三个实施例讨论了两柱和四柱结构的大容量限流断路器，但应理解，本发明提及的大容量限流断路器不限于实施例中所述情形，因而在不背离本发明的技术原理的原则下，可做出各种改变和变形。如以上实施例中提及的柱体的个数可采用更多数量，在安装时要保证各柱中心之间夹角为360/n，n＝2，4，6，…。支路断路器也可改为电力电子开关。另外，各柱的外线圈和内线圈也可采用多层圆筒式结构，层间留有散热通道。

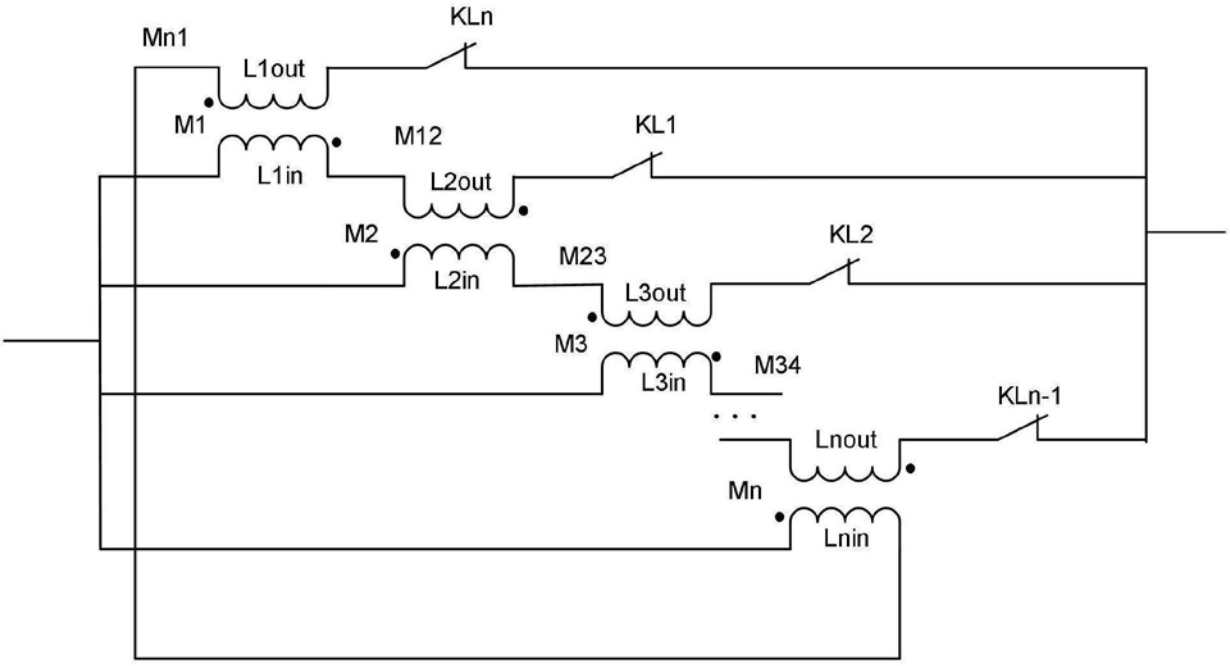

KLn
Mn1
L1out
M1
M12
KL1
L1in
L2out
M2
KL2
M23
L2in
L3out
M3
M34
L3in
KLn-1
Lnout
Mn
Lnin

图1

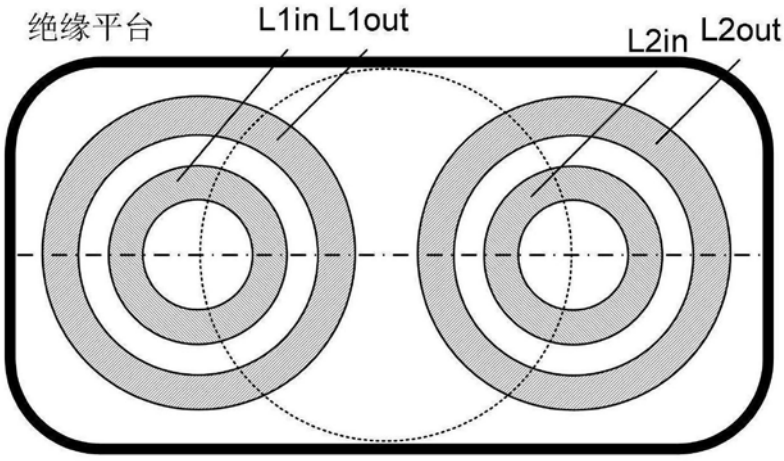

绝缘平台
L1in L1out
L2in
L2out

图2

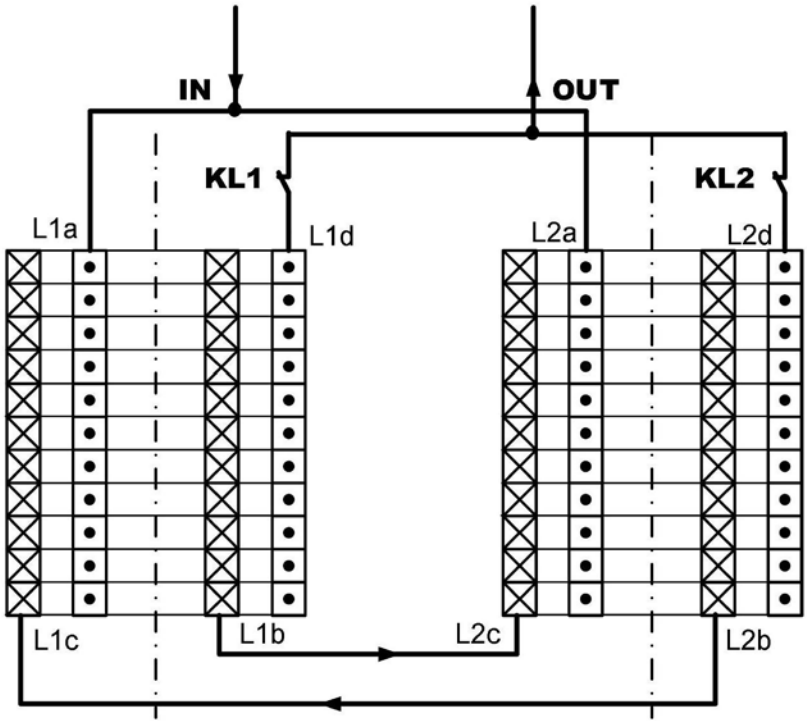


图3

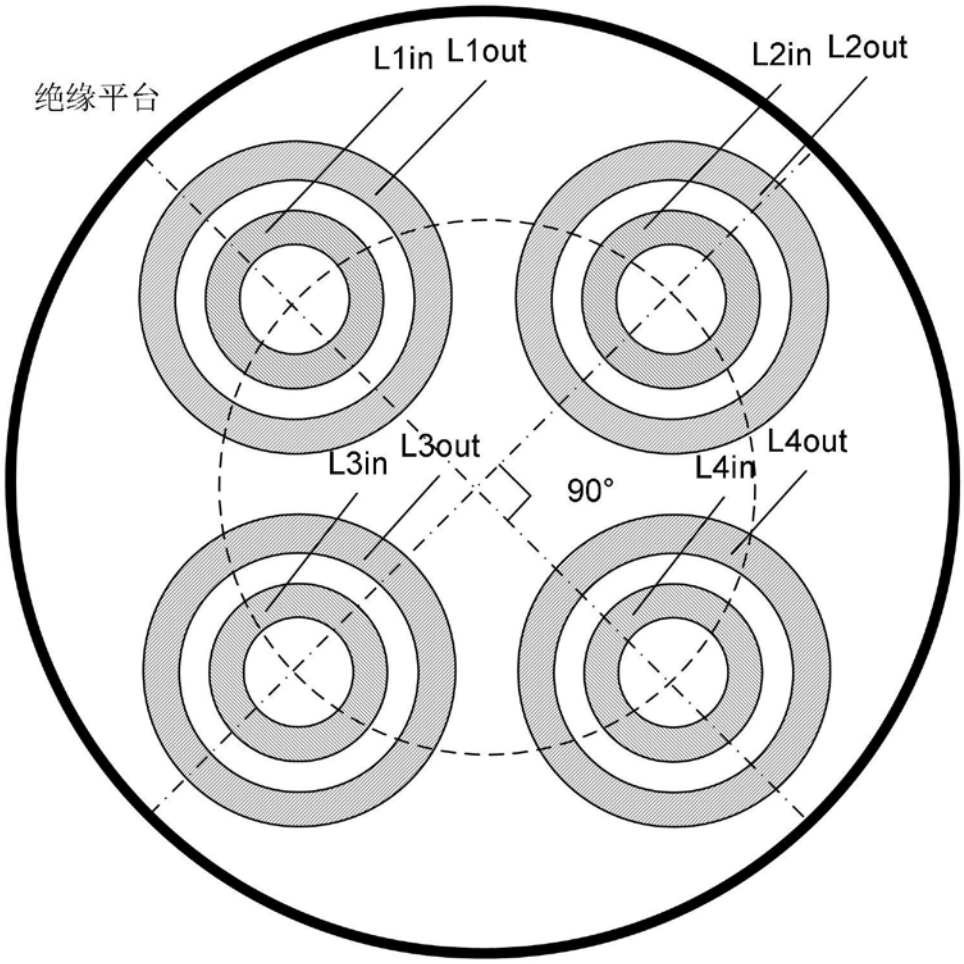

绝缘平台
L1in
L1out
L2in
L2out
L3in
L3out
L4in
L4out
90°

图4

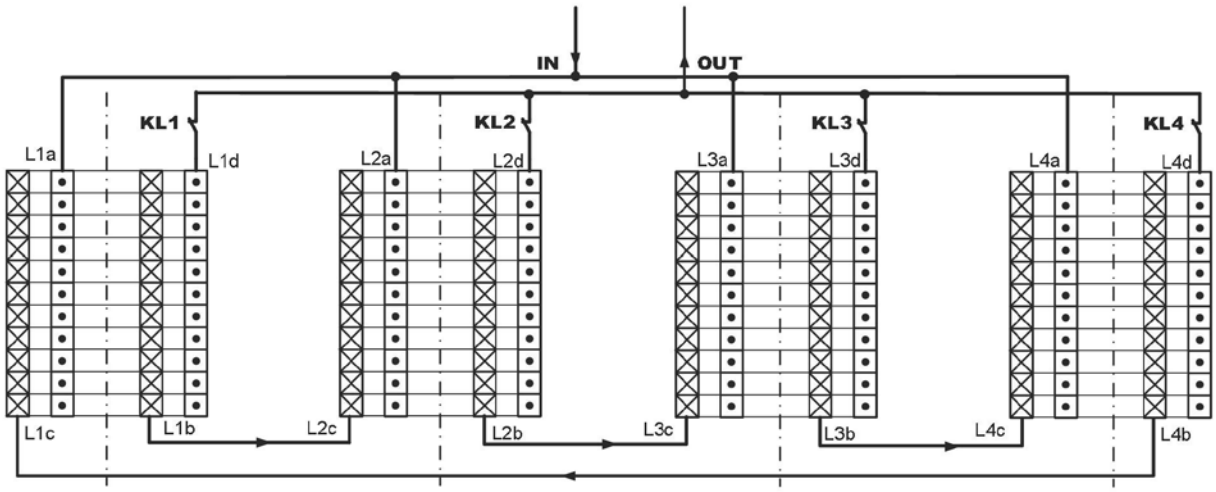

IN
OUT
KL1
KL2
KL3
KL4
L1a
L1d
L2a
L2d
L3a
L3d
L4a
L4d
L1c
L1b
L2c
L2b
L3c
L3b
L4c
L4b

图5