

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102646968 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 22

(21) 申请号 201210137972. 6

(22) 申请日 2012. 05. 04

(71) 申请人 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

(72) 发明人 肖立业 张志丰 邱清泉 林良真
戴少涛 严萍 夏东 李耀华

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 关玲

(51) Int. Cl.
H02H 9/02 (2006. 01)
H02J 3/18 (2006. 01)

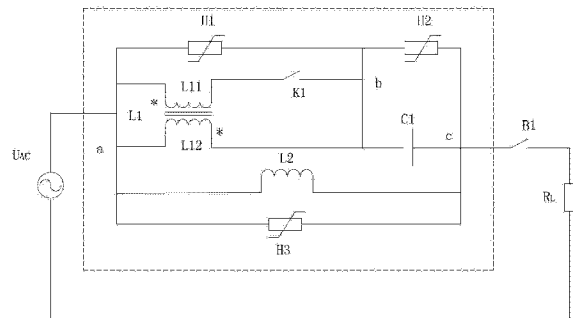
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种电抗器型短路故障限流器

(57) 摘要

一种电抗器型短路故障限流器, 由电抗器、电容器、开关和避雷器等组成。电网稳态时, 限流器工作在串联谐振或串补状态, 呈现低阻抗; 电网发生短路故障后, 电抗器的绕组过流饱和, 或者同时通过开关闭合来控制电抗器的电抗变化, 使限流器产生高阻抗来实现故障限流。该限流器通过电抗器饱和实现了故障自动响应, 通过电路谐振提高了限流能力。同时, 通过限流器结构的合理设计能够大幅度降低了系统的制造成本。该限流器的限流能力强, 对电网影响小, 有效地提高了电网运行的安全性和可靠性。



1. 一种电抗器型短路故障限流器,其特征是包括第一电抗器(L1)、第二电抗器(L2)、开关(K1)、电容器(C1)、第一避雷器(H1)、第二避雷器(H2)和第三避雷器(H3);所述的第一电抗器(L1)由第一绕组(L11)和第二绕组(L12)通过磁路相互耦合构成;所述的第一绕组(L11)的一端与第二绕组(L12)的一端并联连接在第一连接点(a),第一绕组(L11)的另一端与开关(K1)串联后,再与第二绕组(L12)的另一端并联连接在第二连接点(b),并联后的两个绕组与电容器(C1)串联后接入第三连接点(c);第二电抗器(L2)与第三避雷器(H3)并联后接入第一连接点(a)和第三连接点(c)之间,第一避雷器(H1)接入第一连接点(a)和第二连接点(b)之间,第二避雷器(H2)接入第二连接点(b)和第三连接点(c)之间,组成短路故障限流器;所述的限流器通过第一连接点(a)和第三连接点(c)串联接入电源(UAC)、负载(RL)和断路器(B1)之间,构成单相短路故障限流器。

2. 按照权利要求1所述的短路故障限流器,其特征是所述的第一电抗器(L1)的第一绕组(L11)和第二绕组(L12)匝数相同,异名端相连,磁通方向相反,并通过闭合铁芯形成闭合磁路。

3. 按照权利要求1或2所述的短路故障限流器,其特征是:在故障限流时,所述的第二绕组(L12)的电流快速增加时,导致第二绕组(L12)饱和而电感减小,实现自动触发来实现故障限流。

4. 按照权利要求1所述的短路故障限流器,其特征是:在故障限流时,所述的开关(K1)闭合,所述的第一绕组(L11)和第二绕组(L12)反向相互耦合、磁通相互抵消,使所述的第二绕组(L12)快速进入线性区,导致第一电抗器(L1)的电抗减小而呈现低阻抗。

5. 按照权利要求1或2所述的短路故障限流器,其特征是所述的三个单相短路故障限流器串联接入三相系统组成三相短路故障限流器;所述的三相故障限流器中,电抗器的三个单相的铁芯为一体化的铁芯;一体化的三相铁芯由共同一边的三个矩形铁芯(PA、PB、PC)组成,各个矩形铁芯间夹角为 120° ;三个矩形铁芯(PA、PB、PC)上分别绕制了A相、B相和C相的两个绕组(L1、L2);同一矩形铁芯上的所述的两个绕组的磁通方向相反。

6. 按照权利要求1所述的短路故障限流器,其特征是所述的第一绕组(L11)的一端与第二绕组(L12)的一端并联连接在第二连接点(b),并联后的两个绕组(L11、L12)与第二电抗器(L2)串联后接入第三连接点(c);所述的电容器(C1)与第三避雷器(H3)并联后接入第一连接点(a)和第三连接点(c)之间。

7. 按照权利要求1所述的短路故障限流器,其特征是所述的第一电抗器(L1)作为铁芯电抗器与第二电抗器(L2)串联后,再与电容器(C1)、第一避雷器(H1)并联组成短路故障限流器。

8. 按照权利要求1或6或7所述的短路故障限流器,其特征是三个单相的所述的短路故障限流器分别串入三相电源(Ua、Ub、Uc)和三个负载(RL)之间构成三相短路故障限流器。

一种电抗器型短路故障限流器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种短路故障限流器,特别涉及输配电网的故障限流器。

背景技术

[0002] 随着国民经济的快速发展,社会对电力的需求不断增加,带动了电力系统的不断发展,单机和发电厂容量、变电所容量、城市和工业中心负荷不断增加,就使得电力系统之间互联,各级电网中的短路电流水平不断提高,短路故障对电力系统及其相连的电气设备的破坏性也越来越大。而且,在对电能的需求量日益增长的同时,人们对电能质量、供电可靠性和安全性等也提出了更高的要求。然而,大电网的暂态稳定性问题比较突出,其中最重要的原因之一是由于常规电力技术缺乏行之有效的短路故障电流限制技术。目前,世界上广泛采用断路器对短路电流全额开断,由于短路电流水平与系统的容量直接相关,在断路器的额定开断电流水平一定的情况下,采用全额开断短路电流将会限制电力系统的容量的增长,并且断路器价格昂贵且其价格随其额定开断电流的增加而迅速上升。随着电网容量和规模的扩大,断路器的开断能力已经越来越难以适应电网运行的需要。

[0003] 短路故障限流器为这一问题的解决提供了新思路。目前,基于材料特性及其技术突破,提出并发展了多种限流器,包括 PTC(Positive Temperature Coefficient,正温度系数)限流器、谐振限流器、固态限流器、超导限流器等。由于 PTC 限流器的限流容量太小,谐振限流器在限流过程伴有高电压产生从而存在极大安全隐患,因此均不具备在实际电网中的应用前景。固态限流器由于在高电压大容量系统中应用时,需要大量固态开关管(IGBT、GTO 等)串并联来实现,导致结构复杂、价格昂贵、稳态损耗大、可靠性低,因此其实际应用也具有很大局限性。超导限流器在正常运行时可通过大电流而只呈现很小的阻抗甚至零阻抗,只在短路故障时呈现一个大阻抗,因而其限流效果非常明显,但造价极其昂贵。

发明内容

[0004] 为了克服已有技术的不足,本发明提出了一种用于输配电网的短路故障限流器,它不但能够自动串入电网限制故障电流,而且结构简单、成本低,能够有效限制电网故障电流。

[0005] 本发明采用的技术方案为:

[0006] 本发明包括第一电抗器、第二电抗器、开关、电容器、第一避雷器、第二避雷器和第三避雷器。所述的第一电抗器由第一绕组和第二绕组通过磁路相互耦合构成。其中,第一绕组的一端与第二绕组的一端并联连接在第一连接点,第一绕组的另一端与开关串联后,再与第二绕组的另一端并联连接在第二连接点,并联后的两个绕组与电容器串联后接入第三连接点。第二电抗器与第三避雷器并联后接入第一连接点和第三连接点之间,第一避雷器接入第一连接点和第二连接点之间,第二避雷器接入第二连接点和第三连接点之间,组成短路故障限流器。该限流器通过第一连接点和第三连接点串联接入电源、负载和断路器之间,构成单相短路故障限流器。

[0007] 电网稳态时,本发明限流器工作在串联谐振或串补状态,呈现低阻抗;电网发生短路故障后,第一和第二电抗器的绕组过流饱和,或者同时通过开关闭合来控制电抗器的电抗变化,使本发明限流器产生高阻抗来实现故障限流。

[0008] 本发明的主要优点:

[0009] 1. 本发明通过调节电抗器的互感,达到限制故障电流的作用,提高了限流器的限流能力,从而获得比已有短路故障限流器更好的限流效果。

[0010] 2. 本发明中通过断路器闭合来控制电抗器的磁通,达到改变回路的限流阻抗和电路谐振的关系。该故障限流器结构简单、易实现,且可靠性高。

[0011] 3. 本发明中通过合理设计限流器参数,可以大幅度降低了系统的制造成本和体积。

[0012] 4. 本发明的限流器通过电抗器过流饱和,实现电感量减小,从而达到自动响应故障的目的。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明具体实施例 1 电路原理图;

[0014] 图 2 为本发明具体实施例 1 的电抗器结构原理图;

[0015] 图 3 为本发明具体实施例 2 的电抗器结构原理图;

[0016] 图 4 为本发明具体实施例 3 的电路原理图;

[0017] 图 5 为本发明具体实施例 4 的电路原理图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步描述:

[0019] 如图 1 所示,本发明的具体实施例 1 为一种单相短路故障限流器。包括第一电抗器 L1、第二电抗器 L2、开关 K1、电容器 C1、第一避雷器 H1、第二避雷器 H2 和第三避雷器 H3。所述的第一电抗器由第一绕组 L11 和第二绕组 L12 通过磁路相互耦合构成。其中,第一绕组 L11 的一端与第二绕组 L12 的一端并联连接在第一连接点 a,第一绕组 L11 的另一端与开关 K1 串联后,再与第二绕组 L12 的另一端并联连接在第二连接点 b,并联后的两个绕组与电容器 C1 串联后接入第三连接点 c。第二电抗器 L2 与第三避雷器 H3 并联后接入所述的第一连接点 a 和第二连接点 c 之间,第一避雷器 H1 接入第一连接点 a 和第二连接点 b 之间,第二避雷器 H2 接入第二连接点 b 和第三连接点 c 之间,组成短路故障限流器。该限流器通过第一连接点 a 和第三连接点 c 串联接入电源 UAC、负载 RL 和断路器 B1 之间,构成单相短路故障限流器。

[0020] 如图 2 所示,本发明的具体实施例 1 为本发明短路故障限流器的第一电抗器 L1 的结构图。构成第一电抗器的第一绕组 L11 和第二绕组 L12 匝数相同,异名端相连,磁通方向相反,并通过闭合铁芯形成闭合磁路,提高其磁场耦合能力。

[0021] 电网无短路故障时,开关 K1 断开,限流器的阻抗 Z_{11} :

$$[0022] \quad Z_{11} = \frac{j\omega L_2(1 - \omega^2 L_{12} C_1)}{1 - \omega^2 (L_{12} + L_2) C_1}$$

[0023] 其中, L_{12} 为第二绕组 L12 的电感, L_2 为第二电抗器的电感, C_1 为电容器 C1 的电容, j 为虚数单位。当第二绕组 L12 和电容器 C1 处于串联谐振状态或谐振点附近, 满足:

$$[0024] \quad \omega^2 L_{12} C_1 \approx 1$$

[0025] 其中, $\omega = 2\pi f$, f 为电网频率。限流器呈现低阻抗或零阻抗, 电网电流通过第二绕组 L12 和电容器 C1 而导通, 对电网不产生影响。

[0026] 一旦发生短路故障, 电网电流迅速增加。当通过第二绕组 L12 的电流快速增加时, 导致第二绕组 L12 饱和而电感减小, 导致第二绕组 L12 和电容器 C1 的工作点远离串联谐振点。若 L12 的电感减小为 L_{12a} , 则限流器的阻抗 Z_{12} :

$$[0027] \quad Z_{12} = \frac{j\omega L_2 (1 - \omega^2 L_{12a} C_1)}{1 - \omega^2 (L_{12a} + L_2) C_1}$$

[0028] 且 $\omega^2 (L_{12a} + L_2) C_1 < 1$, 这时, 限流器呈现一个较高阻抗, 限制故障电流。同时, 开关 K1 迅速闭合, 第一绕组 L11 和第二绕组 L12 反向相互耦合、磁通相互抵消, 使第二绕组 L12 快速进入线性区, 导致电抗器 L1 的电抗减小而呈现低阻抗, 即漏抗 L_{1a} 。且 $L_{1a} \ll L_2$, 此时, 限流器阻抗 Z_{13} :

$$[0029] \quad Z_{13} = \frac{j\omega L_2}{1 - \omega^2 L_2 C_1}$$

[0030] 从而使限流器产生高阻抗, 实现对故障电流的限制。上述式中: 其中, L_{12} 为第二绕组 L12 的电感, L_2 为第二电抗器的电感, C_1 为电容器 C1 的电容, j 为虚数单位。

[0031] 在故障限流过程中, 第一避雷器 H1、第二避雷器 H2 和第三避雷器 H3 分别保护第一电抗器 L1、电容器 C1 和第二电抗器 L2 免受过压冲击, 保证其安全运行。本发明的限流器经历了从稳态运行的串联谐振到电抗器饱和自触发产生限流阻抗、进一步达到通过开关闭合控制电抗使限流器产生高阻抗的限流过程, 有效地实现了故障限流。

[0032] 本发明的具体实施例 1 所述的三个单相短路故障限流器串联接入三相系统组成三相短路故障限流器。组成三个单相短路故障限流器的每个单相短路故障限流器的结构和具体实施例 1 相同。三相短路故障限流器每一相的工作原理和本发明的单相短路故障限流器的工作原理相同。

[0033] 图 3 所示为本发明的具体实施例 2 为优化的三相短路故障限流器。其特点是在三相短路故障限流器的基础上, 把电抗器的铁芯优化为一个一体化的三相铁芯。一体化的三相铁芯由共同一边的三个矩形铁芯 PA、PB 和 PC 组成, 各矩形铁芯间夹角为 120° , 铁芯 PA、PB 和 PC 上分别绕制了 A 相、B 相和 C 相的第一绕组 L11、第二绕组 L12。并且, 同一矩形铁芯上的两个绕组的磁通方向相反。本实施例其它部分的电路结构和三相短路故障限流器相同。优化的三相短路故障限流器的工作原理和三相短路故障限流器相同。通过优化更有利于磁路间耦合, 减小电流波形畸变。优化的铁芯有利于系统加工和安装, 降低了系统的成本。

[0034] 如图 4 所示, 本发明的具体实施例 3 为一种短路故障限流器。包括第一电抗器 L1、第二电抗器 L2、开关 K1、电容器 C1、第一避雷器 H1、第二避雷器 H2 和第三避雷器 H3。所述的第一电抗器由第一绕组 L11 和第二绕组 L12 通过磁路相互耦合而构成。其中, 第一绕组

L1 和第二绕组 L2 匝数相同、异名端相连、磁通方向相反。并通过闭合铁芯形成闭合磁路。第一绕组 L11 的一端与第二绕组 L12 一端并联连接在第一连接点 a, 第一绕组 L11 的另一端与开关 K1 串联后, 再与第二绕组 L12 的另一端并联连接在第二连接点 b, 并联后的两个绕组与第二电抗器 L2 串联后接入第三连接点 c。电容器 C1 与第三避雷器 H3 并联后接入第一连接点 a 和第二连接点 c 之间、第一避雷器 H1 接入第一连接点 a 和第二连接点 b 之间、第二避雷器 H2 接入第二连接点 b 和第三连接点 c 之间组成短路故障限流器。该限流器通过第一连接点 a 和第三连接点 c 串联接入电源 UAC、负载 RL 和断路器 B1 之间, 构成单相短路故障限流器。

[0035] 电网无短路故障时, 开关 K1 断开, 此时, $L_{12} \gg L_2$, 且 $\omega L_{12} \gg \frac{1}{\omega C_1}$, 电网电流主要通过电容器 C1 而导通, 限流器工作容性状态, 对电网有一定的无功补偿作用。限流器阻抗 Z_{31} :

$$[0036] \quad Z_{31} \approx \frac{1}{j\omega C_1}$$

[0037] 一旦发生短路故障, 电网电流迅速增加, 第二绕组 L12 因过流而饱和, 其电抗迅速减小到 L_{12b} , 导致限流器的阻抗增加而实现限流。这时, 限流器的阻抗 Z_{32} :

$$[0038] \quad Z_{32} = \frac{j\omega(L_{12b} + L_2)}{1 - \omega^2(L_{12b} + L_2)C_1}$$

[0039] 同时, 开关 K1 迅速闭合, 第一绕组 L11 和第二绕组 L12 反向相互耦合、磁通相互抵消, 使第二绕组 L12 快速进入线性区, 导致电抗器 L1 的电抗减小而呈现低阻抗, 即漏感 L_{1b} 。从而使限流器进入并联谐振状态而产生高阻抗, 实现对故障电流的限制。限流器阻抗 Z_{33} :

$$[0040] \quad Z_{33} = \frac{j\omega(L_{1b} + L_2)}{1 - \omega^2(L_{1b} + L_2)C_1}$$

[0041] 且满足 :

$$[0042] \quad \omega^2(L_2 + L_{1b})C_1 < 1$$

[0043] 其中, L_2 为第二电抗器的电感, L_{1b} 为漏感, C_1 为电容器 C1 的电容, j 为虚数单位。

[0044] 在故障限流过程中, 第一避雷器 H1、第二避雷器 H2 和第三避雷器 H3 分别保护第一电抗器 L1、电容器 C1 和第二电抗器 L2 免受过压冲击, 保证其安全运行。

[0045] 本发明的具体实施例 4 所述的三个单相短路故障限流器串连接入三相系统组成三相短路故障限流器。组成三个单相短路故障限流器的每个单相短路故障限流器的结构和具体实施例 4 相同。三相短路故障限流器每一相的工作原理和本发明的单相短路故障限流器的工作原理相同。

[0046] 如图 5 所示, 本发明的具体实施例 4 为一种短路故障限流器。包括第一电抗器 L1、第二电抗器 L2、电容器 C1、第一避雷器 H1。其中, 第一电抗器 L1 作为铁芯电抗器与第二电抗器 L2 串联后, 再与电容器 C1、与第一避雷器 H1 并联组成短路故障限流器。该限流器串联接入电源 UAC、负载 RL 和断路器 B1 之间, 构成单相短路故障限流器。

[0047] 电网无短路故障时, $L_1 \gg L_2$, 且 $\omega L_1 \gg \frac{1}{\omega C_1}$, 电网电流主要通过电容器 C_1 而导通, 限流器工作容性状态, 对电网有一定的无功补偿作用。限流器阻抗 Z_{41} :

$$[0048] \quad Z_{41} \approx \frac{1}{j\omega C_1}$$

[0049] 其中, $\omega = 2\pi f$, f 为电网频率。

[0050] 一旦发生短路故障, 电网电流迅速增加, 第二绕组 L_1 因过流而饱和, 其电抗迅速减小到 L_{1c} , 从而使限流器进入并联谐振状态而产生高阻抗, 实现对故障电流的限制。这时, 限流器的阻抗 Z_{42} :

$$[0051] \quad Z_{42} = \frac{j\omega(L_{1c} + L_2)}{1 - \omega^2(L_{1c} + L_2)C_1}$$

[0052] 且满足 :

$$[0053] \quad \omega^2(L_{1c} + L_2)C_1 < 1$$

[0054] 其中, L_{1c} 为第二绕组 L_1 的电抗, L_2 为第二电抗器的电感, C_1 为电容器 C_1 的电容, j 为虚数单位。

[0055] 在故障限流过程中, 第一避雷器 H_1 保护第一电抗器 L_1 、第二电抗器 L_2 与电容器 C_1 免受过压冲击, 保证其安全运行。

[0056] 本发明的具体实施例 4 所述的三个单相短路故障限流器串联接入三相系统组成的三相短路故障限流器。组成三个单相短路故障限流器的每个单相短路故障限流器的结构和具体实施例 4 相同。三相短路故障限流器每一相的工作原理和本发明的单相短路故障限流器的工作原理相同。

[0057] 在 220kV 的输电系统中, 以本发明的具体实施例 1 为例, 设计电容器 0.2mF、第一电抗器 L_1 的各个绕组自感为 50mH、第二电抗器的电感为 20mH, 本发明的限流阻抗达到 10.4 Ω 。如果 220kV 电网的最大短路电流为 63kA, 本发明的限流器接入电网, 可以把短路电流限制到 11.5kA, 故障电流限制率达到 82% 左右。通过调整电抗器和电容器的参数, 可以进一步提高限流器的限流能力。本发明的限流器对保障高电压大容量电网的安全运行有非常重要的意义。

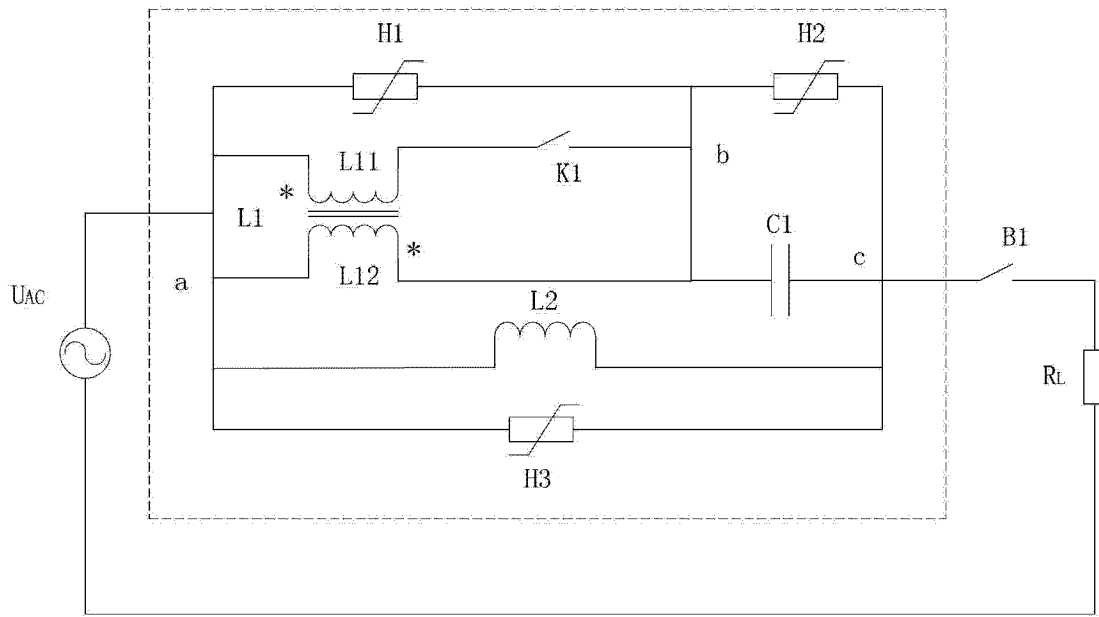


图 1

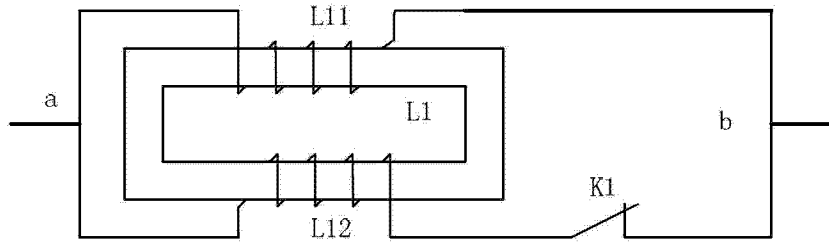


图 2

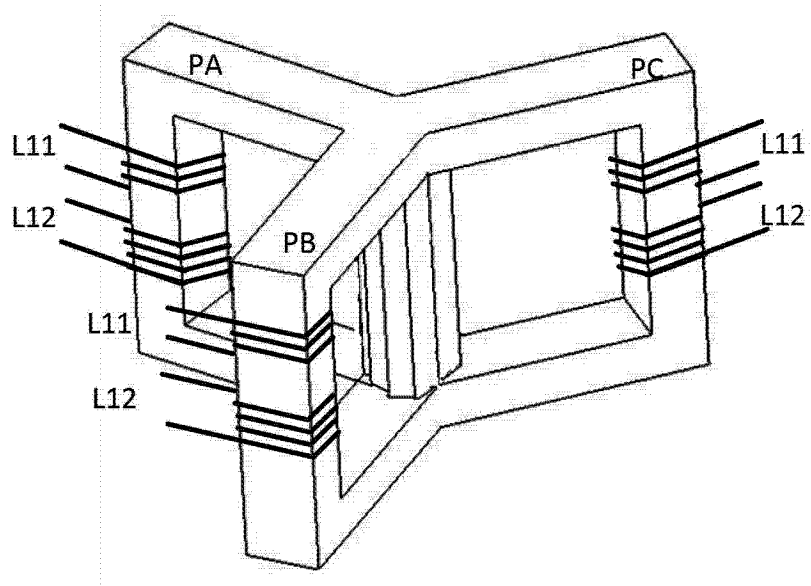


图 3

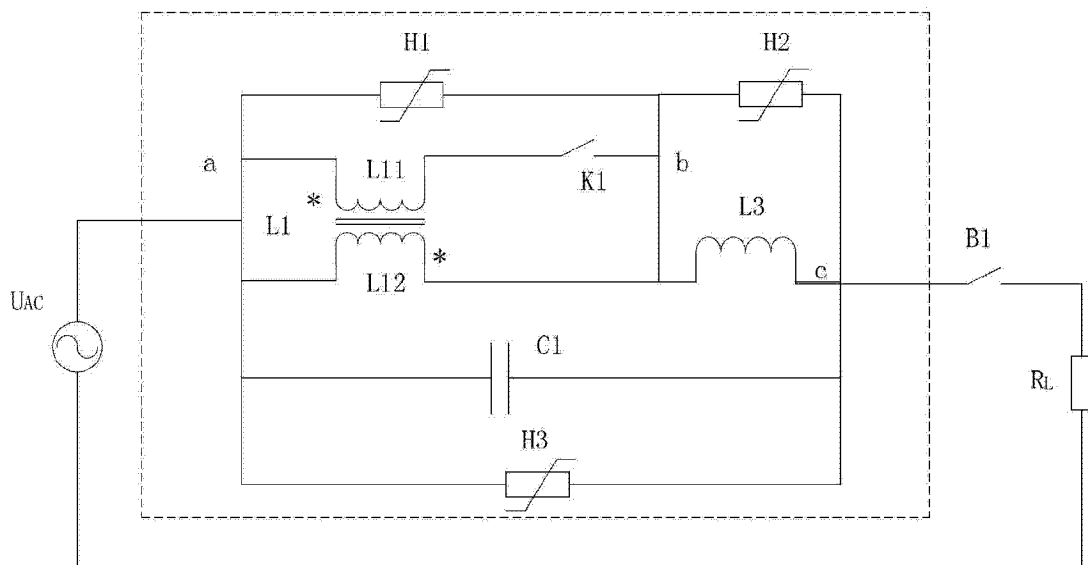


图 4

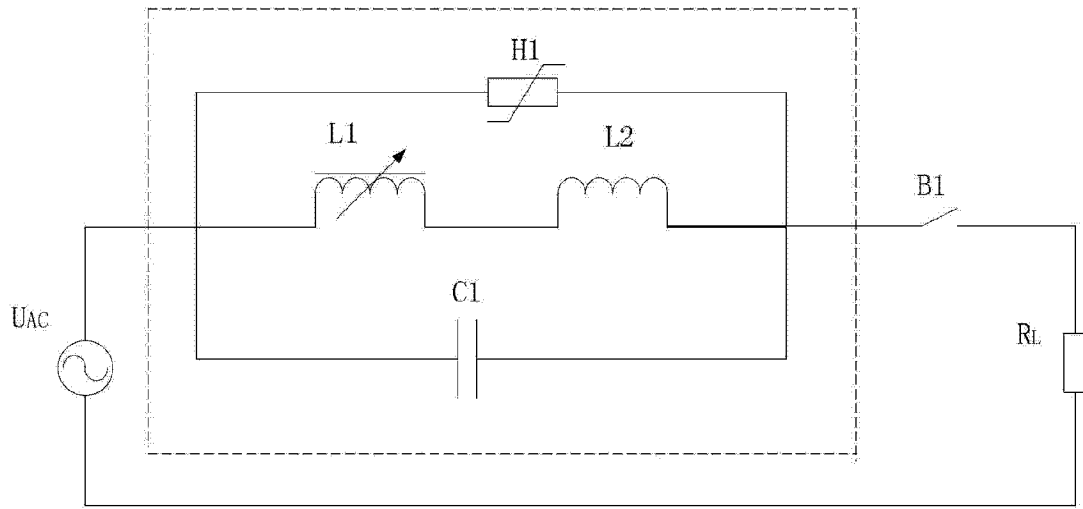


图 5