



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203850835 U

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201420281010. 2

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2014. 05. 29

(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 国网山东省电力公司经济技术研究院

(72) 发明人 郭宜果 侯源红 吴健 李琨

于昉 李越 魏鑫 于文星 兰峰

(74) 专利代理机构 济南诚智商标专利事务有限公司 37105

代理人 王汝银

(51) Int. Cl.

H02J 3/01 (2006. 01)

H02J 3/26 (2006. 01)

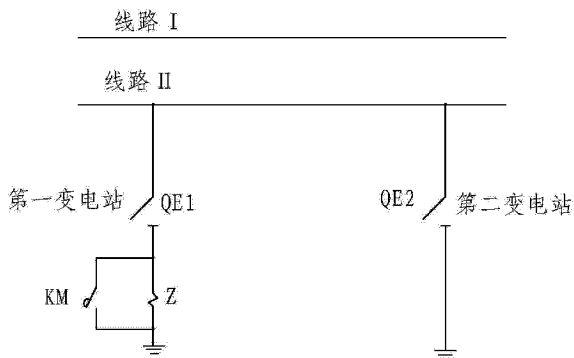
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统

(57) 摘要

一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,它包括分别与线路 I 和线路 II 连接的两个变电站及其接地刀闸控制系统,在第一变电站的接地刀闸与地网之间串联设置一个阻抗,阻抗并联连接一个接触器。本实用新型通过采用在变电站的接地刀闸与地网之间串联阻抗-接触器的并联系统来实现既抑制感应电流又不增加线路电压的目的,为降低检修时操作的复杂度,针对原有接地刀闸的操作回路进行优化设计,实现对与阻抗并联接触器投切的自动控制。本实用新型即能有效降低电磁感应电流,满足开合大容量、长距离、紧凑型同塔双回输电线路的需要,降低了设备造价;而且也提供了一种在已建成变电站电磁感应电流电压超标时不需要更换接地刀闸的解决方案。



1. 一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,包括分别与线路 I 和线路 II 连接的变电站及其接地刀闸控制系统,其特征是:还包括阻抗和接触器,所述变电站包括第一变电站和第二变电站,所述的第一变电站和第二变电站的接地刀闸与地网连接,在所述第一变电站的接地刀闸与地网之间串联设置一个阻抗,所述阻抗分别并联连接一个接触器。

2. 根据权利要求 1 所述的一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,其特征是:所述接地刀闸控制系统包括第一时间继电器和第一时间继电器,所述第一时间继电器和第一时间继电器的触点分别设置在接地刀闸控制系统的一次回路的接触器控制回路中,线圈设置在二次回路中。

3. 根据权利要求 2 所述的一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,其特征是:所述接触器的线圈与第一时间继电器和第一时间继电器的触点串联连接,触点与第一时间继电器的触点并联连接。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一项所述的一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,其特征是:所述接触器采用型号为 JCZ5-7.2/400 的接触器。

## 一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及输电线路检修技术领域，具体地说是一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统。

### 背景技术

[0002] 随着电网的发展以及输电线路走廊的日趋紧张，为降低输电走廊的占地面积，同塔双回甚至多回输电线路得到大面积应用。同塔双回输电线路的两回线路之间存在着较强的静电耦合和电磁耦合，当一回线路正常运行，另一回线路停电检修时，停运线路上会产生感应电流电压。

[0003] 同塔双回输电线路两条线路之间的耦合主要有静电耦合和电磁耦合，假设线路 I 正常运行，线路 II 停电检修，以检修线路的 A 相作为研究对象，则线路间的耦合如图 1 和图 2 所示，在图 1 和图 2 中， $C_{IAIIA}$ 、 $C_{IBIIA}$ 、 $C_{ICIIA}$  表示线路 I ABC 三相与线路 II A 相之间单位长度的电容， $C_{IIA}$  表示线路 II 单位长度的电容； $M_{IAIIA}$ 、 $M_{IBIIA}$ 、 $M_{ICIIA}$  表示线路 I ABC 三相与线路 II A 相之间单位长度的互感， $L_{IIA}$  表示线路 II 单位长度的自感。线路 I 电压为  $U_{IA}$ 、 $U_{IB}$ 、 $U_{IC}$  电流为  $I_{IA}$ 、 $I_{IB}$ 、 $I_{IC}$ ；线路 II A 相静电感应电压为  $U_{II SA}$ ，静电感应电流为  $I_{II SA}$ ；线路 II A 相电磁感应电压为  $U_{II MA}$ ，电磁感应电流为  $I_{II MA}$ 。

[0004] 如图 1 所示，当检修线路两侧接地开关均处于断开状态时，静电感应电压在检修线路上起重要作用，容易得到：

$$[0005] \quad U_{II SA} = \frac{C_{IAIIA} \cdot U_{IA} + C_{IBIIA} \cdot U_{IB} + C_{ICIIA} \cdot U_{IC}}{C_{IAIIA} + C_{IBIIA} + C_{ICIIA} + C_{IIA}} \quad (1)$$

[0006] 由 (1) 式可见，静电感应电压仅与电压等级及线路相间电容的不平衡有关系，与线路长度及传输功率无关。

[0007] 当检修线路一侧接地开关处于断开状态，另一侧接地开关处于合闸状态，线路上流过的电流主要为静电感应电流，可得：

$$[0008] \quad I_{II SA} = j \omega l (C_{IAIIA} \cdot U_{IA} + C_{IBIIA} \cdot U_{IB} + C_{ICIIA} \cdot U_{IC}) \quad (2)$$

[0009] 由 (2) 式可见，静电感应电流与电压等级、线路相间电容的不平衡、线路长度均有关系，与线路传输功率无关。

[0010] 如图 2 所示，当检修线路一侧接地开关处于断开状态，另一侧接地开关处于合闸状态，线路接地开关断开侧的电压主要为电磁感应电压，可得：

$$[0011] \quad U_{II MA} = j \omega l (M_{IAIIA} \cdot I_{IA} + M_{IBIIA} \cdot I_{IB} + M_{ICIIA} \cdot I_{IC}) \quad (3)$$

[0012] 由 (3) 式可见，电磁感应电压与线路传输功率、线路相间耦合电感的不平衡、线路长度均有关系，与电压等级无关。

[0013] 当检修线路两侧接地开关均处于闭合状态时，流过线路的电流主要为电磁感应电流，可得：

[0014]

$$I_{MUA} = \frac{M_{1A2A}I_{IA} + M_{1B2A}I_{IB} + M_{1C2A}I_{IC}}{L_{1A}} \quad (4)$$

[0015] 由(4)式可见,电磁感应电流仅与线路传输功率和线路相间耦合电感的不平衡有关系,与电压等级及线路长度无关。

[0016] 为了保证检修人员的安全,对于同塔双回线路进行检修时,必须先合上检修线路两侧的接地刀闸并挂上接地线;检修结束,转正常运行方式时,又需要先断开检修线路两侧接地刀闸,然后进行倒闸操作送电。在整个过程中,线路两侧接地刀闸需要先投入后退出,期间需要开合从运行线路向检修线路感应过来的电流电压。

[0017] 由于接地刀闸本身结构的特点,其切断电流电压的能力很弱。同塔双回线路间的耦合作用对接地刀闸的切除能力造成了很大的考验,尤其是随着经济的发展,大容量、长距离、紧凑型同塔双回路的出现,对接地刀闸的性能要求更为苛刻。

[0018] 目前根据国家标准及相关企业标准的要求,为满足切断不同感应电流电压的要求,接地刀闸分为A类、B类、超B类,其中A、B类属于常规产品,超B类属于特殊定制产品,由制造单位和用户商定,专门用于切断较大的感应电流电压,需专门的设计、造价较高、运维复杂。

[0019] 另外,在实践中也发现,原来两侧配置常规接地刀闸的同塔双回线路,随着负荷增长、线路改接、运行方式的,会出现同塔双回线路感应电流电压超标,导致两侧的接地刀闸无法满足新接入线路切断感应电流电压的要求,此时需要对已经建成的变电站内接地刀闸整体更换。已建成变电站的设备更换受制于场地面积、设备形式、停电施工方案等多种因素制约,实现不易,同时设备寿命未到期即更换,也造成了很大的经济上的浪费。

### 实用新型内容

[0020] 为了解决上述问题,本实用新型提供了一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,其结构简单,能够有效抑制检修时同塔双回线路之间的感应电流和电压。

[0021] 本实用新型解决其技术问题所采取的技术方案是:一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,包括分别与线路I和线路II连接的变电站及其接地刀闸控制系统,其特征是:还包括阻抗和接触器,所述变电站包括第一变电站和第二变电站,所述的第一变电站和第二变电站的接地刀闸与地网连接,在所述第一变电站的接地刀闸与地网之间串联设置一个阻抗,所述阻抗分别并联连接一个接触器。

[0022] 进一步地,所述接地刀闸控制系统包括第一时间继电器和第二时间继电器,所述第一时间继电器和第二时间继电器的触点分别设置在接地刀闸控制系统的一次回路的接触器控制回路中,线圈设置在二次回路中。

[0023] 进一步地,所述接触器的线圈与第一时间继电器和第二时间继电器的触点串联连接,触点与第一时间继电器的触点并联连接。

[0024] 进一步地,所述接触器采用型号为JCZ5-7.2/400的接触器。

[0025] 本实用新型的有益效果是:本实用新型通过采用在变电站的接地刀闸与地网之间串联阻抗-接触器的并联系统来实现既抑制感应电流又不增加线路电压的目的,为降低检修时操作的复杂度,针对原有接地刀闸的操作回路进行优化设计,实现对与阻抗并联接触器投切的自动控制。常规接地刀闸附加该抑制系统即能有效降低电磁感应电流,满足开合

大容量、长距离、紧凑型同塔双回输电线路的需要,降低了设备造价;在已建成变电站电磁感应电流电压超标时,也提供了一种不需要更换接地刀闸的解决方案。

#### 附图说明

[0026] 通过阅读参照以下附图所作的对非限制性实施例所作的详细描述,本实用新型的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0027] 图 1 为同塔双回线路之间静电耦合示意图;

[0028] 图 2 为同塔双回线路之间电磁耦合示意图;

[0029] 图 3 为本实用新型抑制系统的设备连接结构示意图;

[0030] 图 4 为本实用新型所述抑制系统的一次回路电路图;

[0031] 图 5 为本实用新型所述抑制系统的二次回路电路图;

[0032] 图 6 为接地刀闸只串接阻抗的结构示意图;

[0033] 图 7 为接地刀闸只串接阻抗时 500kV 线路电磁感应电流随电阻变化的仿真曲线图;

[0034] 图 8 为接地刀闸只串接阻抗时 500kV 线路电阻端电压随电阻变化的仿真曲线图。

#### 具体实施方式

[0035] 下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本实用新型的不同结构。为了简化本实用新型的公开,下文中对特定例子的部件和设置进行描述。此外,本实用新型可以在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的,其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。应当注意,在附图中所图示的部件不一定按比例绘制。本实用新型省略了对公知组件和处理技术及工艺的描述以避免不必要地限制本实用新型。

[0036] 如图 3、图 4 和图 5 所示,本实用新型的一种同塔双回线路间感应电流电压的抑制系统,包括分别与线路 I 和线路 II 连接变电站及其接地刀闸控制系统,还包括阻抗和接触器,所述变电站包括第一变电站和第二变电站,所述的第一变电站和第二变电站的接地刀闸与地网连接,在所述第一变电站的接地刀闸与地网之间串联设置一个阻抗,所述阻抗分别并联连接一个接触器;所述接地刀闸控制系统包括第一时间继电器和第一时间继电器,所述第一时间继电器和第一时间继电器的触点分别设置在接地刀闸控制系统的一次回路的接触器控制回路中,线圈设置在二次回路中;所述接触器的线圈与第一时间继电器和第一时间继电器的触点串联连接,触点与第一时间继电器的触点并联连接。所述接触器采用型号为 JCZ5-7.2/400 的接触器。

[0037] 在同塔双回线路检修时,采用本实用新型所述抑制系统来抑制同塔双回线路之间的感应电流和电压,其操作过程如下:

[0038] 1) 在第一变电站的接地刀闸与地网之间分别串接一个阻抗,且每个阻抗分别并联连接一个接触器,所述接触器出去分闸状态;

[0039] 2) 检修前首先合上第二变电站的接地刀闸,然后在合上第一变电站的接地刀闸,此时第一变电站的接地刀闸通过串接阻抗与地网连接;

[0040] 3) 合上接触器,将阻抗短接,进行线路检修;

[0041] 4) 检修完成后,首先断开接触器,将阻抗串联在第一变电站的接地刀闸与地网之间,然后依次断开第一变电站的接地刀闸和第二变电站的接地刀闸。

[0042] 本实用新型的工作原理如下。

[0043] 理论计算与实测均证明同塔双回线路间的耦合电容、耦合电感均非常小,电容值在微法量级、耦合电感在毫亨量级。分析式 (2) 和式 (3) 可见,由于耦合电容、耦合电感很小,故静电感应电流、电磁感应电压很小,在感应电流电压的研究中处于次要因素。分析式 (1) 和式 (4) 可见,虽然耦合电容、耦合电感与线路自身电容、电感相比是比较低的,但是两者相除,仍然具有一定的比值,故静电感应电压、电磁感应电流相对较大。进一步的分析,由于系统的电压往往控制在一个稳定的数值,因而对于某一电压等级线路来说,静电感应电压受运行方式变化不大,一般来说是可预测的,并且根据实测结果采取导线换位等措施后,可将静电感应电压限制在合适的数值。但是由式 (4) 可知,电磁感应电流大小在运线路的电流影响很大,呈线性关系;而电力系统中运行方式的改变、潮流的变化、接入方式的变化均会对运行线路电流造成影响,使电磁感应电流发生变化。一般来说,需要按照在运线路的导线极限传输电流计算停运线路的电磁感应电流,按此标准选择接地刀闸,可确保接地刀闸在开合时能够可靠工作而不发生损坏。

[0044] 根据在运极限传输电流校验停运线路电磁感应电流时,一般会出现静电感应电压、静电感应电流、电磁感应电压三个参数数值均不高,在常规 A、B 类接地刀闸要求的范围内;电磁感应电流数值较大,超过了常规 A、B 类接地刀闸要求。

[0045] 考虑到耦合电感很低,本实用新型通过在接地刀闸与地网之间串接阻抗,来有效增加电磁感应电流回路的阻抗值,起到抑制电磁感应电流的目的。

[0046] 如图 6 所示,设串接阻抗后线路上的电磁感应电流为  $I'_{MIIA}$ ,端部由于静电感应电流引起的电压升为  $U'_{SIIA}$ 。

[0047] 当接地刀闸 QE1 串接阻抗  $Z$  后,流过线路的电磁感应电流得到抑制:

$$I'_{MIIA} = \frac{M_{IAIIA} \cdot I_{IA} + M_{IBIIA} \cdot I_{IB} + M_{ICIIA} \cdot I_{IC}}{L_{IIA} + \frac{Z}{j\omega l}}$$

[0048]

$$= \frac{M_{IAIIA} I_{IA} + M_{IBIIA} I_{IB} + M_{ICIIA} I_{IC}}{L_{IIA} + Z_{add}} \quad (5)$$

[0049] 由 (5) 式可见,当传输容量及线路参数不发生变化的情况下,串接阻抗相当于增加了线路的自感,从而缩小的电磁感应电流。

[0050] 然而,由于感应电流流过附加阻抗将会在附加阻抗上产生电压,从而抬高停电线路的电位,导致停电线路电位升高为:

$$U'_{MIIA} = I'_{MIIA} \cdot Z \quad (6)$$

[0052] 根据典型 500kV 同塔双回线路数据,分别在接地刀闸回路中串接不同的电阻,得出感应电流电压(各相中的最大值)随电阻变化的曲线如图 7 和图 8 所示:

[0053] 由图 7 和图 8 可知,串接电阻后电磁感应电流随着串接电阻的增大急剧减小,同时也会在串接电阻端部造成较高的电位升,从而抬高停电线路的电位,可能对检修人员造成

伤害。进一步分析可见,串接电阻端部的电位升随电阻增大,但不高于线路未串接电阻时的电磁感应电压。为解决这一电压的影响,如图 3 所示,本实用新型的抑制系统由阻抗  $Z$  以及与阻抗  $Z$  并联的接触器  $KM$  组成。

[0054] 当线路 II 停电检修时,先合上第二变电站 B 的接地刀闸  $QE2$ ,然后合上第一变电站 A 的接地刀闸  $QE1$ ,将阻抗  $Z$  接入系统,起到抑制接地刀闸  $QE1$  合闸时的电磁感应电流的作用;接地刀闸  $QE1$  合闸后,合上接触器  $KM$ ,将阻抗  $Z$  短接,同时抑制检修线路上的电位升高。

[0055] 当线路 II 退出检修时,先断开接触器  $KM$ ,将阻抗  $Z$  接入系统,抑制接地刀闸  $QE1$  分闸时的较大的电磁感应电流;然后顺序断开接地刀闸  $QE1$  和接地刀闸  $QE2$  接地刀闸,将检修线路退出。

[0056] 对于典型的 220-500kV 分裂导线而言,线路自感  $L \approx 1.7 \times 10^{-3} \text{H/km}$ ,数值较小。由式 (5) 可见,电磁感应电流大小基本上与串接电阻阻值成反比例关系。设  $k = \frac{L_{\text{IIA}} + Z_{\text{ad2}}}{L_{\text{IIA}}}$ ,当

$k = 2$  即  $Z_{\text{ad2}} = L$  时,静电感应电流将降低至原来的 50%。根据上文提高的线路自感值,对应的串接电阻  $Z = 0.53381$ 。对于 40km 的 220kV 线路串接电阻大约为  $22 \Omega$ ;对于 100km 的 500kV 线路串接电阻大约为  $53 \Omega$ 。

[0057] 根据图 7 和图 8 所示的仿真曲线,可见当串接电阻分别为  $20 \Omega$ 、 $50 \Omega$  时相应的电磁感应电流基本上降低一半,仿真结果与理论分析相一致。

[0058] 当检修线路接地刀闸合上时,随后并联接触器将串接电阻短接。此时,流过接触器的电流为全部电磁感应电流。当检修线路接地开关断开前,需要先断开并联接触器,所以并联接触器需具备开断全部电磁感应电流的能力。接触器断开时,需要承受串接电阻上的电压,根据上文的分析该电压不会超过线路的电磁感应电压。

[0059] 考虑到一般线路的电磁感应电流均不超过 300A,220-500kV 线路电磁感应电压一般不大于 6.3kV,可选择 JCZ5-7.2/400 型号的接触器。该型号接触器的额定工作电压为 7.2kV,额定工作电流为 400A,关合电流可达 4kA,开断电流可达 3.2kA。

[0060] 如图 4 和图 5 所示,为降低操作的复杂性,对接地刀闸的控制回路进行了优化设计,图 4 和图 5 中,  $T1$ 、 $T2$  为时间继电器,  $KM1$ 、 $KM2$  为接地刀闸  $QE$  控制回路,  $KM3$  为接触器  $KM$  的控制回路。通过在原有的接地刀闸控制回路中增加时间继电器,可以自动实现合上接地刀闸后自动投入接触器,断开接地刀闸之前自动先断开接触器,简化了操作过程。

[0061] 以上所述只是本实用新型的优选实施方式,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也被视为本实用新型的保护范围。

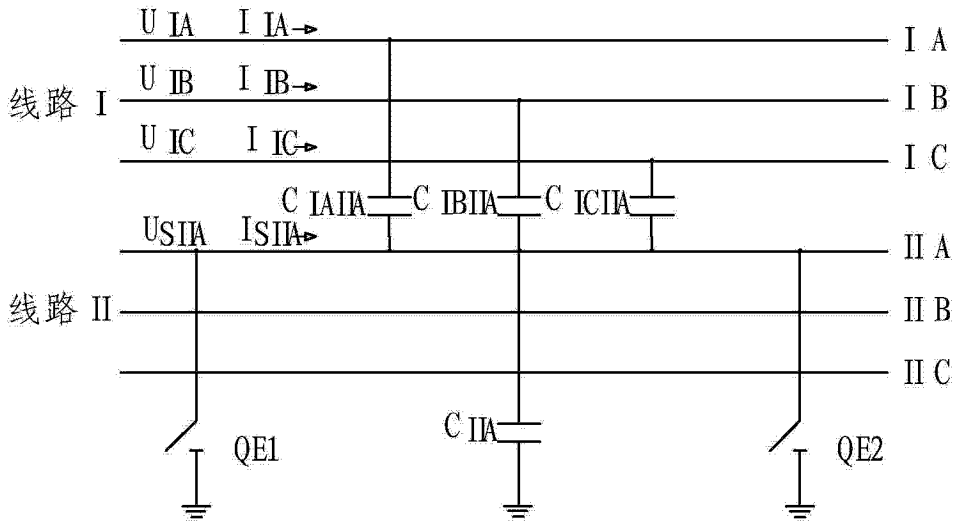


图 1

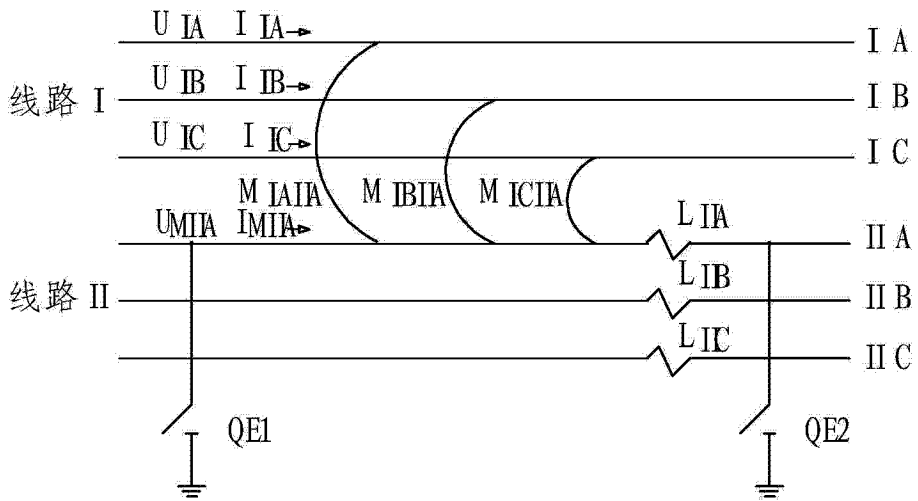


图 2

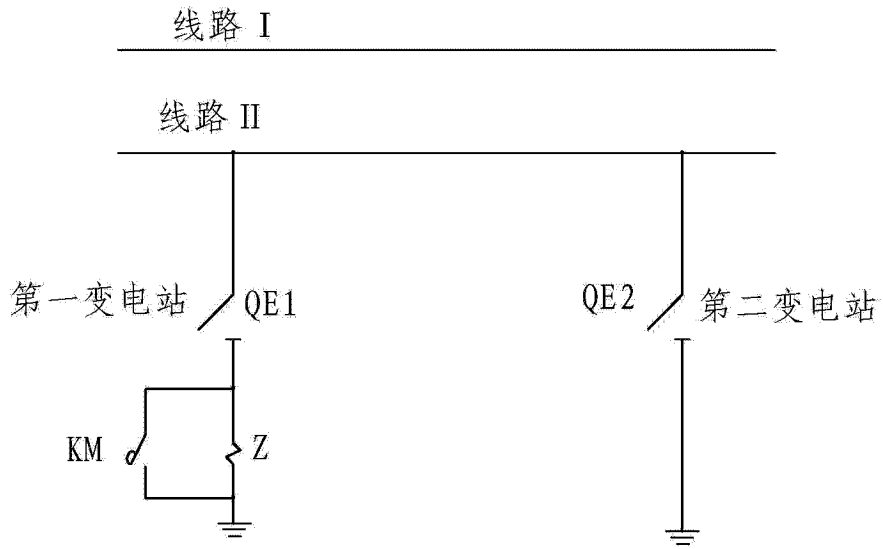


图 3

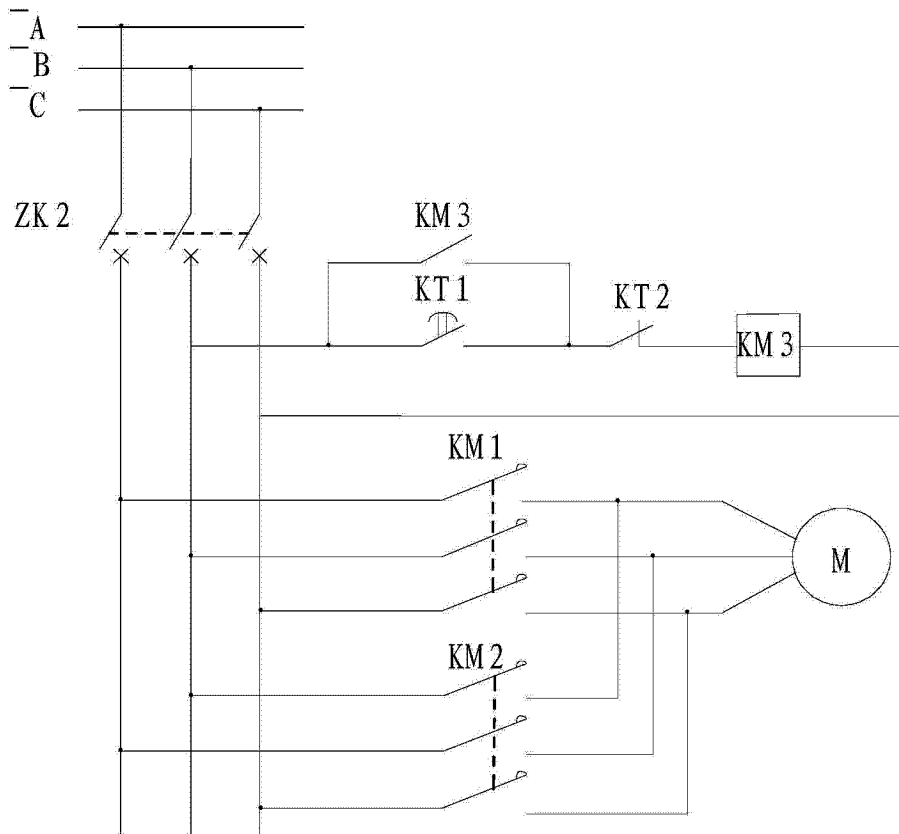


图 4

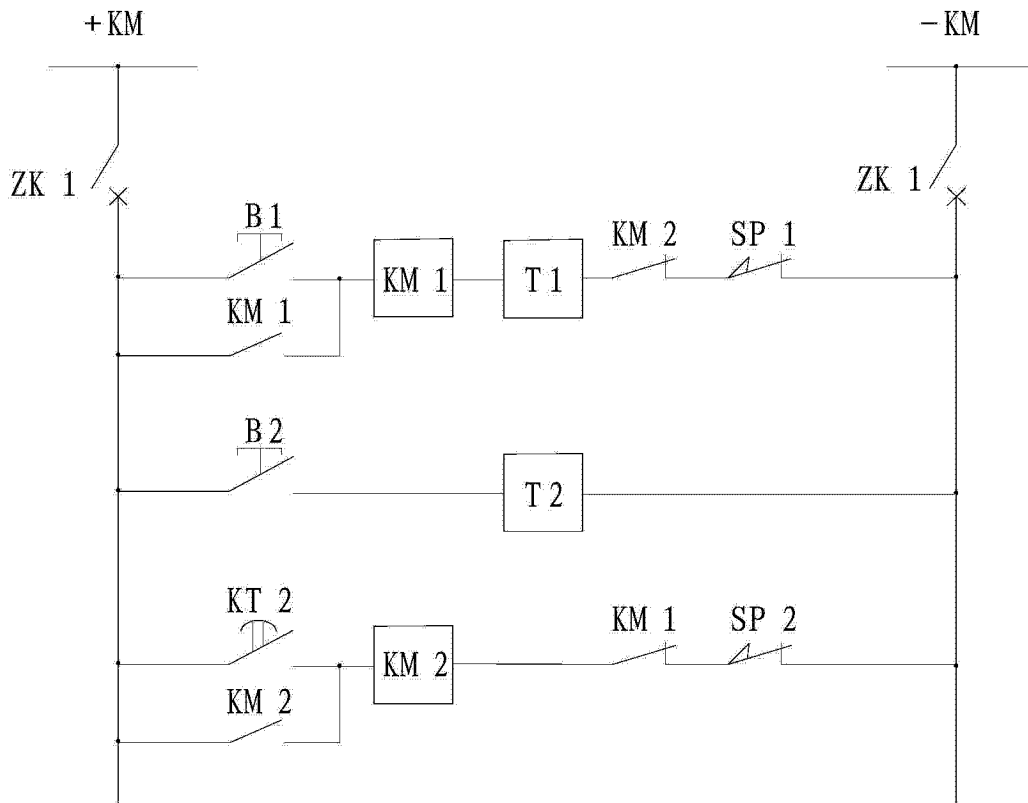


图 5

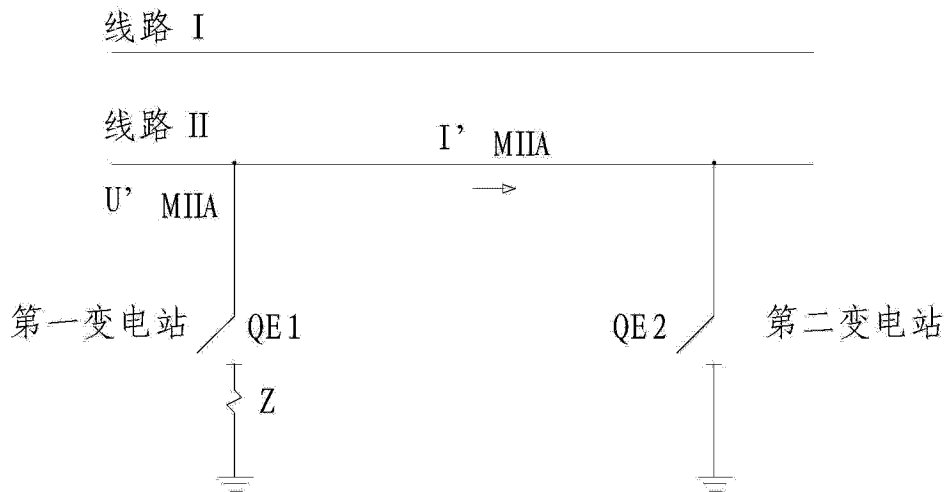


图 6

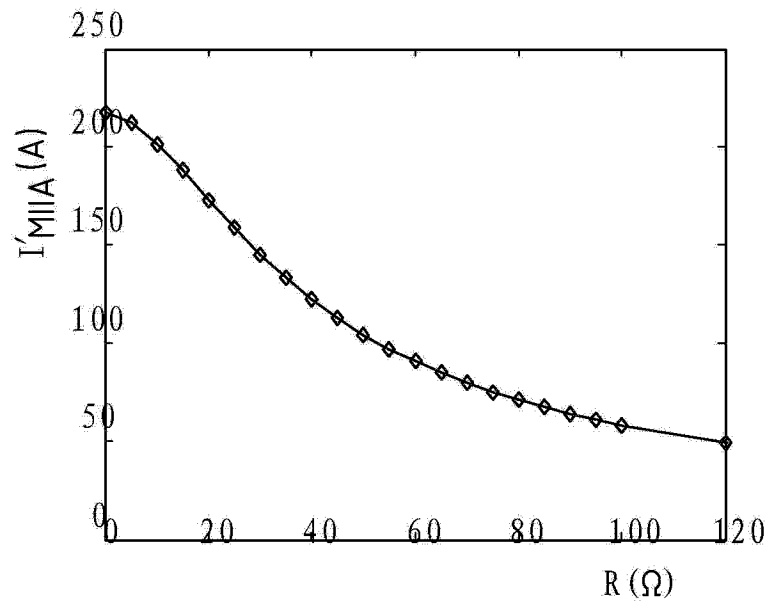


图 7

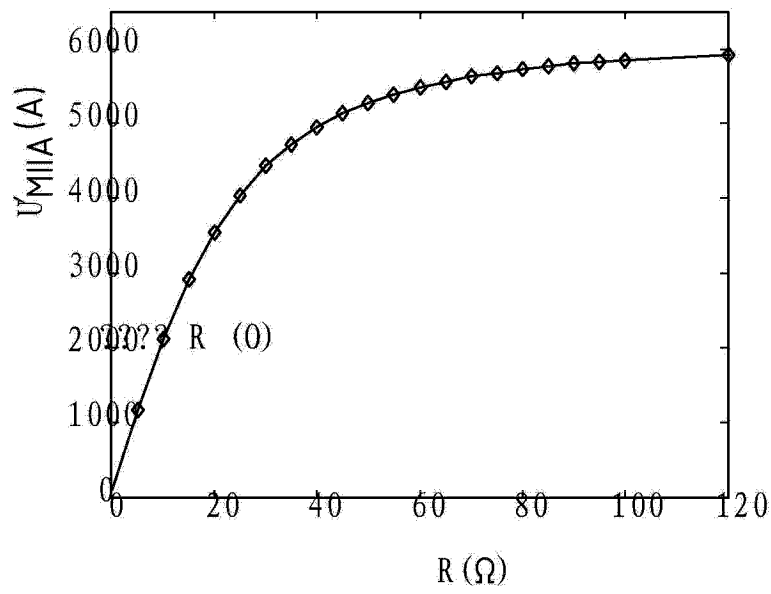


图 8