



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101685130 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 20

(21) 申请号 200910178648. 7

(22) 申请日 2009. 09. 24

(30) 优先权数据

08/05266 2008. 09. 25 FR

08/05265 2008. 09. 25 FR

(73) 专利权人 施耐德电器工业公司

地址 法国吕埃-马迈松

(72) 发明人 吉劳姆·弗尼厄

帕斯卡尔·卡姆耐尔

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 吕晓章

(51) Int. Cl.

G01R 31/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1458725 A, 2003. 11. 26,

US 7099130 B2, 2006. 08. 29,

EP 1890165 A2, 2008. 02. 20,

CN 1550787 A, 2004. 12. 01,

哈恒旭等. 高压输电线路单端测距新原理探讨. 《中国电机工程学报》. 2003, 第 23 卷 (第 2 期),

符玲等. 小波熵证据的信息融合在电力系统故障诊断中的应用. 《中国电机工程学报》. 2008, 第 28 卷 (第 13 期),

审查员 徐辉

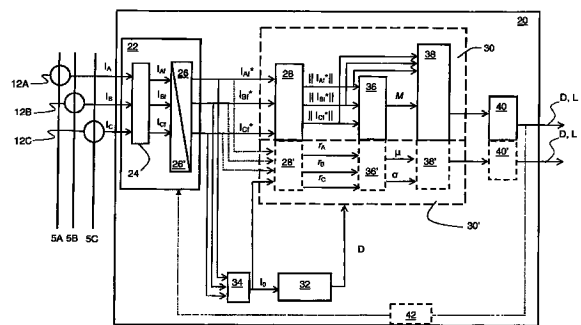
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

接地故障的定向检测

(57) 摘要

根据本发明, 在多相电力系统中用于接地故障的定向检测的方法和设备是基于每个相 (5_A、5_B、5_C) 的电流的幅度或任何其他范数值的变化比较。尤其, 每个相的范数 (||I_A||、||I_B||、||I_C||) 的平均值 (μ) 和每个范数进行比较, 以及, 根据平均值 (μ) 大于范数 (||I_A||、||I_B||、||I_C||) 的次数, 可以相对于相电流传感器 (12) 定位 (L) 该故障。替换地, 在多相电力系统中用于接地故障的定向检测的方法和设备是基于在相电流 (I_A、I_B、I_C) 和零序列电流 (I₀) 之间的线性相关因子 (r_A、r_B、r_C) 的离散度。使用这些变量使得可以确定故障是在相电流 (I_A、I_B、I_C) 测量处的下游还是上游而无需使用任何电压测量。



1. 一种在多相电力系统 (1) 中用于接地故障 (10) 的定向检测的设备 (20), 包括:
 - 第一部件, 用于接收代表每个相的电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号;
 - 第一处理部件 (30), 用于处理代表电流范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号, 包括用于计算在预设时间段的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的第一平均值 (M) 的部件 (36);
 - 用于根据电力系统 (1) 的接地故障的发生的检测信号 (D) 来驱使所述第一处理部件 (30) 的部件;
 - 第一分析部件 (40), 用于分析信号的处理结果以确定故障是在设备 (20) 的上游还是在下游, 包括将所述第一平均值 (M) 和所述范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 比较的部件。
2. 如权利要求 1 所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的设备 (20), 其中计算范数的第一平均值 (M) 的部件 (36) 是和用于在一捕获时间段 (T_{acp}) 期间获取该信号的部件相关联, 该捕获时间段对应于电力系统 (1) 的半个周期的整数倍。
3. 如权利要求 1 到 2 之一所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的设备 (20), 其中用于接收代表每个相的电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号的第一部件包括:
 - 用于接收代表每个相的电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号的部件 (22), 和
 - 用于计算每个代表信号的范数的部件 (28), 并且
 - 用于接收代表每个相的电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号的部件 (22) 包括采样部件 (26)。
4. 如权利要求 1 所述的设备, 还包括用于接收代表全部相的零序列电流 (I_0) 的信号的部件 (34)。
5. 如权利要求 4 所述的设备, 还包括:
 - 第三部件 (22), 用于接收代表每个相的电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号;
 - 代表电流的信号 (I_0 、 I_A 、 I_B 、 I_C) 的第二处理部件 (30') 包括: 计算在预设时间段 (T_{acc}) 内介于代表零序列电流 (I_0) 的信号和代表相电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的每个信号之间的标准相关系数 (r_A 、 r_B 、 r_C) 的部件 (28'); 以及用于计算标准相关系数 (r_A 、 r_B 、 r_C) 的绝对值的第二平均值 (μ) 和标准偏差 (σ) 的部件 (36');
 - 用于根据发生在电力系统 (1) 的接地故障的检测信号 (D) 来驱使所述第二处理部件 (30') 的部件;
 - 第二分析部件 (40'), 用于分析信号的处理结果以确定故障是在设备的上游还是在下游, 包括比较所述第二平均值 (μ) 和所述标准偏差 (σ) 的部件。
6. 如权利要求 5 所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的设备 (20), 其中计算标准相关系数的部件 (28') 是和用于在捕获时间段 (T_{acc}) 期间获取该信号的部件相关联, 该捕获时间段对应于电力系统 (1) 的半个周期的整数倍, 并且用于接收代表每个相的电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号的第三部件 (22) 包括采样部件 (26), 适合于在预设时间段 (T_{acc}) 期间提供足够数量的值。
7. 如权利要求 4 到 6 之一所述的设备, 还包括用于检测在电力系统中接地故障的发生的部件 (32), 其连接到用于驱使第一处理部件 (30) 的部件, 该用于检测故障的发生的部件 (32) 包括将代表零序列电流 (I_0) 的信号和检测的门限 (S_d) 比较的比较器。
8. 一种接地故障流指示器, 包括安置在待监视的电力系统 (1) 的每个相导体 (5_A 、 5_B 、 5_C) 上的电流传感器 (12_A 、 12_B 、 12_C), 并且包括用于根据权利要求 1-7 的其中之一进行定向检测的设备 (20), 其连接到所述电流传感器 (12_A 、 12_B 、 12_C) 以接收代表相电流范数 ($||I_A||$ 、

$||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号。

9. 一种接地故障保护继电器 (9), 包括至少一个根据权利要求 8 的接地故障故障流指示器, 和根据用于指示器的定向检测的设备 (20) 的第一分析部件 (40) 的结果来驱使开关设备 (6) 的部件。

10. 一种在多相电力系统 (1) 中用于接地故障 (10) 的定向检测 (D,L) 的方法, 包括在获得指示所述接地故障 (10) 的存在的信号 (D) 之后触发故障 (10) 的定向确定 (L), 所述定向确定包括以下连续步骤:

一在电力系统的至少一个半周期的预设时间段 (T_{acq}) 获得代表每个相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号;

- 处理代表相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号包括计算在预设时间段 (T_{acq}) 的代表每个相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号的第一算术平均值 (M);

- 分析信号处理的结果以通过在所述第一算术平均值 (M) 和代表每个相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号之间的比较来指示检测的故障 (D) 是位于一位置的下游还是上游, 其中在该位置处获得代表相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号。

11. 如权利要求 10 所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的方法, 其中在预设时间段 (T_{acq}) 内获得代表每个相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号的步骤包括: 代表每个相电流的 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号的捕获和它们的范数的计算。

12. 如权利要求 10 或 11 之一所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的方法, 其中获得代表每个相电流的范数 ($||I_A||$ 、 $||I_B||$ 、 $||I_C||$) 的信号的步骤包括: 以小于 1kHz 的频率采样该电流。

13. 如权利要求 11 所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的方法, 其中, 代表每个相电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号的捕获的步骤包括: 以大于 1kHz 的频率采样该电流, 以及还包括以下连续的步骤:

- 在相同预设时间段 (T_{acq}) 内获得代表在电力系统中流动的零序列电流 (I_0) 的信号;

- 计算在预设时间段 (T_{acq}) 内介于代表零序列电流 (I_0) 的信号和每个相电流 (I_A 、 I_B 、 I_C) 之间的无符号的标准相关系数 (r_A 、 r_B 、 r_C);

- 计算所述标准相关系数 (r_A 、 r_B 、 r_C) 的第二算术平均值 (μ) 和标准偏差 (σ);

- 分析信号处理的结果以通过使用所述第二算术平均值 (μ) 和标准偏差 (σ) 的比较来指示检测的故障 (D) 是位于一位置的下游还是上游, 其中在该位置处获得代表相电流的 (I_A 、 I_B 、 I_C) 的信号。

14. 如权利要求 13 所述的用于接地故障 (10) 的定向检测的方法, 其中分析步骤包括将 0 与在标准偏差 (σ) 的平方的三倍和介于第二算术平均值 (μ) 和 1 之间的差的平方之间的差进行比较, 或者包括利用等式 $y = \frac{1-x}{\sqrt{3}}$ 所示的线条进行的第二算术平均值 (μ) 和标准偏差 (σ) 的图形比较, 在标准偏差的平方的三倍和介于 1 和第二算术平均值之间的差的平方之间的差以便将其和零比较。

15. 一种在发生接地故障 (10) 时保护电流线路 (5) 的方法, 包括如下步骤:

根据权利要求 10 到 14 之一的方法定向检测接地故障 (10);

如果接地故障 (10) 已经检测为开关设备 (6) 的下游, 则驱动所述线路 (5) 的开关设备 (6)。

接地故障的定向检测

技术领域

[0001] 本发明涉及无需线路电压 (line voltage) 测量的接地故障的定向检测。具体地, 本发明涉及一种在电力系统中用于检测接地故障的方法, 此外, 本发明使得能够确定接地故障是否位于检测点的上游或下游位置。根据本发明的方法仅基于代表电力系统的每个相的电流的信号, 其处理产生使能定向位置的参数。

[0002] 根据另一特征, 本发明涉及一种能够实现上述方法的检测设备。具体地, 定向接地故障检测设备包括根据每个相的电流信号计算参数的部件, 所述参数的分析给出故障的相对位置, 而无需使用代表相间电压的值或代表火线 - 零线间电压的值。

[0003] 本发明最后涉及故障指示设备和脱扣继电器 (trip relay), 其包括与电力系统的每个相关联的电流传感器并通过例如指示器灯或电力系统的开关设备的脱扣来给上述检测设备提供信号使能指示。

背景技术

[0004] 接地故障检测设备被具体用于中等电压三相电力分配系统。因此图 1 表示电力分配系统 1 的图, 电力分配系统 1 包括三相变压器 2, 三相变压器 2 的次级连接到主分配线 3。该次级还包括一般经由阻抗接地的公共零线导体 4。主线 3 向馈电线 5、5'、5" 提供电力, 这些馈电线的一些能够包括输入电路断路器或保护这些馈电线的其他开关设备 6。馈电线 5' 或线路 5 的部分能够包括接地故障检测设备 7。设备 7 能够充当故障流指示器, 例如点亮指示器灯 8。设备 7₁ 还能够关联于或集成于保护继电器 9 中以便能够命令电路断路器 6 的接触的开路。

[0005] 理想地, 电力系统 1 是平衡的, 即, 在后面流动的零序列电流 I_0 是零。对于在可能的因素 (例如三相) 内, 零序列电流意味着不同相电流的矢量和、或对应于相电流的瞬时结果的电流, 该电流有时叫做残余电流, 其可以对应于接地故障电流或大地泄露电流。如果各相之一出事故而接地, 该平衡从故障 10 的下游消失, 因此故障的检测会包括: 如图 2A 所示的例如依靠环绕线 5 的螺旋线圈 11 来测量零序列电流 I_0 ; 以及代表所述电流 I_0 的信号和门限 S_0 的比较, 超过该门限被理解为故障 10 的检测 D。替换地, 能够通过每个相的当前电流的求和获得该接地故障电流 I_0 , 然后电流传感器 12 被布置于线路 5 的每个导体上 (见图 2B 和 2C)。

[0006] 可是, 尤其地, 如果馈电线 5 是埋藏线缆, 则在线路导体 5_A、5_B、5_C 和地之间会产生高的电容值。因此, 在线路 5 存在接地故障 10 的情况下, 电容 13 位于在其他馈电线 5'、5" (其不存在任何接地故障) 流过的大的零序列电流 I_0 的起点, 或位于故障 10 的下游。这些 (相对) 强的故障电流 I_0 能够引起存在于无故障相邻线路 5' 的检测设备 7 的错误检测。

[0007] 因此, 重要的是区分位于检测设备 7_i 的下游的故障 10 和设备 7_{i+1} (其能够通过容性连接实际检测相邻馈电线的故障) 的上游的故障 10。在图 2A 示意表示的设备无法执行该区分, 尤其在具体补偿的零线 (即, 零线 4 通过补偿线圈接地) 的电力系统 1 的情况下, 该补偿的零线产生不充分值的残余电流 I_0 , 尤其在埋藏线缆 5 的情况下。对于此类定向故

障检测,如图 2B 中更加具体地说明的检测设备 7 是既基于线路 5 的电压又基于电流的测量。因此检测系统包括:提供代表流经线路 5 的每个相的电流 I_A 、 I_B 、 I_C 的信号的电流感应器 12A、12B、12C;以及具体为电压变压器形式的、提供代表每个相导体的电压 V_A 、 V_B 、 V_C 的信号的电流感应器 14A、14B、14C。检测设备 7 包括:用于来自所述传感器 12 和 14 的数据的处理部件 15;和处理模块 16,其基于代表零序列电流 I_0 和因此得到的零序列电压 V_0 的信号使得故障 10 的存在 D 和相对位置 L 均被检测到。

[0008] 可是电压变压器 14 既巨大又昂贵。此外,它们并不总是必要地适合于安装在已经存在的线路 5 上。为了经济可行的实施方式,优选地是故障检测设备 7 没有用于测量的部件 14 或处理电力系统 1 的电压的部件。

[0009] 因此,如图 2C 所示,接地故障设备 17 被开发成不使用电压。例如,文献 EP 1475874 提出一种定向接地故障检测设备,对此,除了代表残余电流 I_0 的信号,处理模块 18 还使用代表反向电流 I_1 的信号,将每个信号与门限比较以便指示自电流感应器 12 的下游的接地故障。可是上游故障的检测要求第二处理单元,而必须具有用于组合组件的资源使得更进一步加重检测设备 17 的负担。

[0010] 在文献 EP 1890165 中开发了另一种方法,其中处理模块 19 比较零序列电流 I_0 的形状和相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 以确定检测的接地故障是否是来自检测设备 17 的下游。可是该比较是基于神经网络 19 的,一种复杂的系统,其学习基部 (learning base) 主要以检测诊断 D 和定向诊断 L (不和最终电力系统 1 匹配的学习基部会导致错误的检测结果) 为条件。此外,学习基部要求对应于具体的操作模式的固定系数 (神经网络权重和偏置系数),诸如电力系统零线和检测器脱扣电平。接着,检测设备 17 的设置或操作参数的任何修改能够要求新的学习操作,尤其是由负责此类设备的安装或维护的团队执行的话,该新的学习操作很复杂。

[0011] 因此,显然现有定向接地故障检测设备 7、17 由于它们的复杂性没有为广泛实施而优化,不管是由于待安装的传感器 12、14 的数目还是由于信号处理系统 18、19。

发明内容

[0012] 在其他优点中,本发明的一个目的是弥补现有定向接地故障检测设备和方法的缺点。具体地,所实现的定向性原理是基于幅度或其他标准化的相电流值的分析,而不使用电力系统电压以及无需代表所述电流的信号的任何高频采样 (一般小于 1kHz 的采样频率就足够了,例如大约 500Hz),其允许要实现的设备不必有在软件和 / 或硬件级别上大的存储器。可替换地,不需要使用不同的电力系统电压,所实现的定向性原理能够基于在代表零序列电流的信号和代表相电流的信号之间的相关系数的分析。

[0013] 根据其特征之一,本发明涉及一种在优选为三相的多相电力系统中的定向接地故障检测方法,包括故障检测的第一步骤:将代表流经线路监视部分的零序列电流的信号和检测门限比较。代表零序列电流的信号能够直接获得,或者通过代表所述部分的每个相导体的电流的信号的计算得到。

[0014] 如果第一步骤检测到所述部分中接地故障的存在,则触发根据本发明的方法的第二步骤。第二步骤基于对代表所述部分的每个相的电流的矢量范数的信号进行处理,这些信号在足够的预设时段中获得,例如电力系统的半个周期的整数倍。根据本发明,任何 AC

电流范数均适合用于相对定位,但是,优选方式为,使用 rms 电流值或电流幅度。根据本发明,代表相电流的范数的信号能够直接从比如幅度或 rms 值传感器中提供。替换地,能够从代表相电流的信号中确定这些信号,代表相电流的信号随后被任何合适的部件处理以提取从中选择的范数。

[0015] 有利地,代表滤波相电流的信号,尤其是模拟滤波,并且 / 或进行采样。根据本发明,能够使用相对低的采样频率,尤其小于 1kHz,如大约 500Hz。

[0016] 在获取代表相电流的范数的信号之后,该方法的第二步骤继续所述信号的处理以分析在第一步骤检测的故障是否位于相电流测量点的上游或下游。根据本发明,信号处理包括计算代表相电流范数的信号的平均值以及将平均值和每个信号进行比较。如果在故障发生之后的信号相电流范数大于对于三个相计算的范数的平均值,则故障位于检测点的下游。

[0017] 尤其,根据本发明的特定实施例,分析步骤包括在平均值和每个信号之间的连续比较,以及对比较输出求和,然后将和与 1 比较。如果在不良的情况下比较指示器的和与 1 比较等于 1,则故障在获得信号的位置处的下游。

[0018] 替换地,第二步骤是基于代表所述部分的每个相电流和相同部分的故障电流的信号的处理的,这些信号在足够的预设时间中获得,例如电力系统的半个周期的整数倍。有利地,滤波代表相电流的信号,尤其是模拟滤波,并且 / 或进行采样,优选地以允许在预设时间段获得至少大约二十点的频率进行采样,例如,对于 50Hz 电力系统频率为大约 1kHz,预设时间段是半个周期。在滤波和 / 或采样之前或之后,代表零序列电流的信号也能够在此或直接或通过代表所述部分的每个相导体的电流的信号的计算来获得。

[0019] 在获取代表不同电流的信号之后,该方法的第二步骤继续所述信号的处理以分析在第一步骤检测的故障是否位于相电流测量点的上游或下游。根据本发明,信号处理包括在代表该部分的零序列电流的信号和代表相电流的每个信号之间的标准线性相关系数的计算。优选使用 Bravais-Pearson 公式和 / 或无符号系数。然后分析所述系数的离散度,具体通过计算它们的平均值和标准偏差来分析。

[0020] 如果无符号的线性相关系数的离散度高,例如,具有大于 0.3 的标准偏差和大于 0.5 的平均值,则故障位于检测设备的下游。另一方面对于低的离散度,具体为小 0.5 的平均值和小于 0.2 的标准偏差,则故障位于检测设备的上游。

[0021] 优选地通过比较关系公式执行系数的离散度分析。尤其,如果在标准偏差乘以根号 3 和平均值和 1 的差之间的差为正,则故障在检测点的上游。能够使用基于不等式 $3\sigma^2 < (1-\mu)^2$ 的任何其他比较。根据另一选择,相对等式 $y = \frac{1-x}{\sqrt{3}}$ 表示的直线执行图形化比较。

根据平均值和标准偏差坐标点是否位于包含原点的半平面,该故障相应在上游或下游。

[0022] 取决于可能的采样,对于该方法的第二和以下步骤的选项能够连续使用或彼此排除地使用。具体地,根据优选实施例,实现验证采样的可能性的基本步骤,并且,例如根据该频率是大于或小于 1kHz,使用包含相关因子的计算或包含范数的确定的选项。在另一实施例中,如果故障被认为是下游的,经过范数确定第一定位,该定位由通过相关系数的确定来证实。

[0023] 根据本发明的优选实施例,所述定向检测方法和开关设备的驱使相关联以便从故

障被检测的位置的下游开始隔离该部分。

[0024] 根据另一方面,本发明涉及在优选为三相的多相电力系统中线路的定向接地故障的检测设备,其适合于上述方法。根据本发明的定向检测设备能够和线路的每个相的电流的幅度、rms 值或其他范数传感器相关联、或者和每个线路相的电流传感器(如检测螺旋线圈)相关联,该电流传感器向设备提供代表所述电流的信号。定向检测设备还能够组成故障流指示器的部分,例如,如果从传感器的下游检测故障,其驱使指示器灯类型的报警部件。在具体的优选的实施例中,根据本发明的定向检测设备与保护线路的保护继电器相关联,报警部件导致线路的开关设备被驱使由此隔离在其上检测到故障的部分。

[0025] 尤其,根据本发明的接地故障的定向检测设备包括用于接收代表监视的线路的每个相的电流的范数的信号。第一部件能够直接接收所述信号或者包括用于接收代表每个相的电流的信号的部件,以及包括用于从中确定涉及的范数的部件,例如幅度或 rms 值、或甚至是 Manhattan 范数或无穷范数。有利地,用于接收代表相电流的范数的信号的第一部件和滤波所述信号的部件(如模拟滤波器)相关联。第一部件优选地包括采样部件以便以例如 500Hz 频率获得一定数量的离散值。

[0026] 根据本发明的设备包括:用于处理获得的代表信号的第一处理部件,其与用于驱动所述第一处理部件的驱动部件相关联,通过检测接地故障的发生而触发该驱动部件。驱使该驱动部件的检测接地故障的发生优选地通过根据本发明的设备实现,根据本发明的设备包括合适的部件,具体包括用于代表接收所述线路的零序列电流的信号的部件和用于将代表零序列电流的信号和检测门限进行比较的部件。第二部件优选地包括用于具体通过求和来推演代表相电流的信号的零序列电流或它们的范数的部件。

[0027] 用于处理根据本发明的设备的信号的第一部件包括用于计算代表每个相的范数的信号的算术平均值的部件。该计算部件优选地和时间延迟部件关联,该延迟部件允许信号在对应于电力系统的半个周期的整数倍的时段期间获得。

[0028] 用于处理信号的第一部件将输出耦合到第一分析部件,以确定检测的接地故障相对于获得所述信号的位置的相对位置。第一分析部件包括比较器,比较计算的平均值和用于计算所述平均值的每个信号。根据本发明的具体特征,将相电流的范数的算术平均值和讨论的范数的比较进行分析的部件包括:每一相一个比较器,比较算术平均值和相关相的范数;以及求和器,将前一比较器的逻辑输出相加;以及将求和器的输出和值 1 比较的比较器。

[0029] 替换或互补地,根据本发明的接地故障的定向检测设备包括用于接收代表监视的线路的每个相的电流的信号的第三部件,并包括用于接收代表所述线路的零序列电流的信号的部件,其优选地包括用于具体通过求和来根据代表相电流的信号推演代表零序列电流的所述信号的部件。有利地,接收代表相电流的信号的第三部件和滤波所述信号的部件(如模拟滤波器)关联。第三部件优选地包括用于获得足够数量的离散值的采样部件,例如以 1kHz 频率采样。

[0030] 根据本发明的实施例的设备包括第二处理部件,用于处理所获得的代表信号,并与用于驱使与第一处理部件相关联的所述处理部件的驱动部件相关联,通过检测接地故障的发生来触发该驱动部件。

[0031] 用于处理根据本发明的设备的信号的第二部件包括用于计算在代表零序列电流

的信号和代表相电流的每个信号之间的标准线性相关系数的部件,该标准线性相关系数最好是无符号的,优选地根据 Bravais-Pearson 公式得到。该计算部件优选地和时间延迟部件关联,该延迟部件使得信号在对应于电力系统的半个周期的整数倍的时段期间获得。所计算的数据随后发送到用于计算算术平均值和标准偏差的模块,将输出与比较结果的第二分析部件耦合以确定该故障是获得代表相电流的信号的位置处的上游还是下游。第二分析部件能够是图形类型或计算类型的。

[0032] 根据本发明的设备可以包括用于根据由第一分析部件获得的结果驱使第二处理部件的部件。

[0033] 第一和第二处理部件(诸如第一和第二分析部件)能够包括独立的实体或能够组合在相同的模块中,其随后被适配来执行两种方法。此外,用于接收代表电流值的信号的第一和第三部件,以及第二部件可以是相同的。在这种情况下,优选地,存在用于确定采样选项的部件,所述部件能够选择采样频率和相应地激活第一或第二处理部件。

附图说明

[0034] 通过本发明的具体实施例的以下描述,其它优点和特征将变得清楚明了,实施例是仅出于说明和非限制性示例目的给出并在附图中表示。

[0035] 已经描述的图 1 表示一种电力系统,在其中能够使用接地故障检测设备。

[0036] 已经描述的图 2A、2B 和 2C 表示根据现有技术的接地故障检测设备的框图。

[0037] 图 3 以示意和筛选的方式示出当接地故障发生在一相时(分别发生在检测设备的上游和下游时)的代表相电流的信号。

[0038] 图 4A 和 4B 表示根据本发明的优选实施例的检测方法。

[0039] 图 5 表示根据本发明的优选实施例的接地故障检测设备的框图。

具体实施方式

[0040] 根据本发明的用于故障 10 的定向检测的设备 20 能够用于诸如图 1 中所述的电力系统的任何多相电力系统 1,用于替代现有设备 7、17。在优选的示意产品和使用的实施例和本发明的使用中,其上安装有设备 20 的线路 5 包括三相导体 5_A 、 5_B 、 5_C 且电力系统被平衡,即在没有故障时零序列电流 I_0 是零。可是有可能偏离该理想的情形,该电力系统能够包括另外数量的相。

[0041] 当接地故障 10 发生于一个相 A 上时,所述相的电流 I_A (理想地)自故障 10 的下游变为零,可是其幅度的增加损害上游。如图 3 所示,故障导体 5_A 上的电流传感器 12A 由此提供代表电流 I_A (虚线)的信号,电流 I_A 在故障 10 的电平处标记一清楚的突变,且不同之处取决于根据本发明的设备是否位于自所述传感器 12 的上游 20_i 或下游 20_{i+1} 。图 3 示出在其他两个相 B 和 C 的电流也如期被损害,但是维持几乎恒定的形状,尽管其幅度被稍微改动。最后图 3 说明或者通过适合的传感器 11(见图 2A) 或者通过根据传感器 12 获得的三相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 计算在线路 5 检测的零序列电流 I_0 。

[0042] 根据本发明,使用电流范数(norm)的差分变化,诸如尤其是幅度。事实上,如图 3 所示,相电流幅度几乎恒定。在故障之前,每个相电流信号 I_x 的幅度 $\|I_x\|$ 是相同的。在故障之后,未被损害的相电流信号的幅度 $\|I_B\|$ 、 $\|I_C\|$ 维持大体恒定。故障相电流的幅

度 $\|I_A\|$ 在另一方面在下游故障 20_i 的情形下大大增加,而对于上游故障 20_{i+1} 的情形则变为几乎为零。更具体地,在下游故障 20_i 的情形下,故障之后电流幅度的平均值将会比故障相的电流的幅度低而比其他相的电流的各个幅度高。另一方面,在故障 10 发生在设备的上游 20_{i+1} 的情况下,故障之后电流幅度的平均值将会比故障相 A 的电流的幅度高而比其他两个相 B、C 的电流的各个幅度低。

[0043] 根据本发明,由此计算代表每个相的电流幅度的信号的平均值,以及随后确定其相对于其不同部件的位置以相对于提供代表线路 5 的优选滤波的电流的幅度的信号的传感器 12 来定位故障 10。如此的位置取决于该平均值大于用于计算该平均值的信号的次数。如果该幅度的平均值仅大于幅度一次,则该故障是上游的。具体利用信号捕获时间来在足够的时间 T_{acq} 上优选地分析该信号,该信号捕获时间比一个电力系统半周期要长,例如是一个周期或半周期的任何整数。

[0044] 尽管提出利用电流幅度,但是根据本发明的方法也能够应用于表示代表相电流的信号的变化任何范数。尤其,幅度能够被均方根 (rms) 值替代,或被欧几里德范数 (即,范数 2) 或范数 1 (也以 Taxicab 范数或 Manhattan 范数名称著称) 替代,或者再次被无限范数 (超范数) 替代。能够通过通常的电流传感器 12 获得代表每个相的电流的规范值的信号,然后通过适当装置确定。但是根据本发明,有可能限制计算器的数目,由此使用每个相线路 5 上的瞬时幅度 (或 rms 值) 传感器。

[0045] 因此,在根据本发明的图 4A 中示意的方法中,一旦已经检测到故障 D,例如使用类似于参考图 2A 描述的方法的方法,在捕获时间 T_{acq} 期间获得代表相电流幅度 $\|I_A\|$ 、 $\|I_B\|$ 、 $\|I_C\|$ 的信号。替换地,同样如图 4 所示,可以直接使用代表相电流 I_{Af} 、 I_{Bf} 、 I_{Cf} 的优选滤波的信号,尤其在出于其他目的测量这些信号的情况下,例如用于确定零序列电流。随后优选地将捕获时间 T_{acq} 期间获得的所述信号进行采样。事实上优选地按固定的时间间隔工作于离散值。根据本发明,采样频率没有必要高,并且在电力系统 1 的大约半个周期或一个周期的持续时间上的五到十个幅度值是足够的,对于 50Hz 的三相电流例如大约 500 到 1000Hz 的采样频率是适合于根据本发明的方法的。然后通过适合于所选范数的公式确定所述滤波的采样信号的矢量范数 $\|I_{Af}^*\|$ 、 $\|I_{Bf}^*\|$ 、 $\|I_{Cf}^*\|$ 。

[0046] 在实施例中,进行对增加采样频率的可能性验证的步骤。如果其结果为肯定的且例如超过 1kHz 的采样能够实现,则对于更高的精度且根据可用的处理装置,该方法可以通过稍后公开的替代方法完成 P1。

[0047] 一旦获得了三个范数 $\|I_A\|$ 、 $\|I_B\|$ 、 $\|I_C\|$,则计算它们的算术平均 M,然后和单个提取的每个范数比较。如果单个范数 $\|I_A\|$ 低于平均值 M,则认为故障 10 位于上游。优选地通过将来自比较器的结果求和来执行后一分析 (interpretation) 步骤,该比较器的输出是二进制的,即,如果平均值较大时等于 1,如果平均值较小时等于 0。该结果的和与 1 比较,且如果相等的话则与上游故障关联。

[0048] 通过在合适的定向接地故障检测设备 20 中实现,根据本发明的方法能够适用于具有报警系统 8 的故障指示器的保护继电器 9 中。根据本发明的优选实施例的设备 20 在图 5 中表示为示意形式。取决于与其关联的传感器 12 的类型,其能够包括部件 22,用于获得代表由传感器 (如检测螺旋线圈) 提供的、有利地通过合适的部件 24 (诸如模拟滤波器) 滤波的相电流的信号。在优选实施例中,滤波信号 I_{Af} 、 I_{Bf} 、 I_{Cf} 另外受到采样的制约,以及用

于获得代表信号 22 的部件包括采样模块 26, 具体操作于小于 1kHz 的频率, 因此提供滤波的采样信号 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 到部件 28, 以计算它们的范数、幅度、rms 值或其他, 然后在处理模块 30 中处理所述范数。

[0049] 采样模块 26 能够包括适合于修改采样频率和 / 或适合于验证的部件, 然后高于 1kHz 的采样频率是可能的。可替换地, 操作于超过 1kHz 的第二采样模块 26' 是可用的且与选择部件关联。采样部件 26、26' 在它们工作于高频率时能够耦合到稍后描述的另一处理模块 30'。

[0050] 处理模块 30 依据接地故障 10 的检测被激活。为此, 处理模块 30 连接到任何故障检测设备 32。具体地, 故障检测设备 32 与用于获得代表零序列电流 I_0 的信号部件 34 关联, 且包括将零序列电流 I_0 和检测门限 S_d 比较的比较模块。如果超过门限, 则检测到故障 D 且处理模块 30 被激活。用于获得零序列电流 I_0 的部件能够连接到合适的传感器 11 (见图 2A), 或优选地通过处理相对于相电流 I_A 、 I_B 、 I_C (未示出) 的信号来确定所述电流, 相对于相电流 I_A 、 I_B 、 I_C 的信号是有利地滤波的以及可能经过采样 (图 5) 的 I_{Af} 、 I_{Bf} 、 I_{Cf} (未示出)、或甚至是直接源自于它们的幅度 $\|I_{Af}^*\|$ 、 $\|I_{Bf}^*\|$ 、 $\|I_{Cf}^*\|$ (未示出)。

[0051] 用于计算范数的部件 28 优选地形成处理模块 30 的组成部分从而仅在接地故障 10 的发生 D 之后被激活。可替换地, 取决于传感器 12 的性质, 能够省去那些用于根据代表电流的信号提供代表电流的范数的信号的不同元件 22、28。由瞬时幅度传感器 12 提供的信号是直接用于处理模块 30。

[0052] 处理模块 30 则连贯地包括: 设备 36, 用于计算三个输入数据 $\|I_{Af}^*\|$ 、 $\|I_{Bf}^*\|$ 、 $\|I_{Cf}^*\|$ 的算术平均值 M; 具有四个输入的比较设备 38, 用于比较这三个值和计算的平均值, 并连接到分析部件 40; 取决于分析的结果, 分析部件 40 的输出为传感器 12 的下游或上游的接地故障的定向检测信号 L。

[0053] 计算平均值 M 的部件 36 和时间延迟部件相关联以确保在足够的时间段 T_{acq} 期间获得代表相电流范数 $\|I_{Af}^*\|$ 、 $\|I_{Bf}^*\|$ 、 $\|I_{Cf}^*\|$ 的信号, 例如在电力系统 1 的半个周期或一个周期, 或者甚至更长时间期间。有利地, 在根据代表相电流 I_{Af} 、 I_{Bf} 、 I_{Cf} 的信号确定这些信号的情况下, 确定部件 28 也和这些时间延迟部件关联, 例如这些时间延迟部件能够直接耦合到驱使设备 32。

[0054] 比较部件 38 将每个范数值和它们的平均值比较并有利地根据比较指向提供二进制信号到分析部件 40。取决于空值结果的数目, 分析部件提供它们的相对位置信号 L。在优选的实施例中, 分析部件 40 或比较部件 38 包括比较的二进制结果的求和部件, 即在平均值和每个范数之间的比较结果, 如果和等于 1 则认定故障为上游而和等于 2 则故障为下游。

[0055] 如果为了更高的精度, 能够以足够的频率采样, 则根据本发明, 优选使用在不同曲线之间的相关系数以确定是否故障 10 位于传感器 12 的上游或下游, 其中传感器 12 提供代表线路 5 的电流的优选滤波的信号。事实上, 能够观察到, 在发生接地故障之后, 在故障 10 发生于设备 20_i 的下游的情形下, 在零序列电流 I_0 和故障相的电流 I_A 之间的相似性较大, 不同于在零序列电流 I_0 和其他相的电流 I_B 、 I_C 之间的相似性平均的情形。因此对于零序列电流 I_0 的标准化的相关系数应当是: 按绝对值, 对于相 A 接近于 1 而对于其他相则平均些, 例如接近 0.5。另一方面, 在故障 10 发生于设备 20_{i+1} 的上游的情形下, 在故障发生之后, 零序列电流 I_0 和故障相的电流 I_A 之间的相似性较小, 而零序列电流 I_0 和其他相的电流 I_B 、 I_C

之间的相似性维持平均。因此对于零序列电流 I_0 的无符号的标准化的相关系数应当是：对于相 B 和 C 维持平均，例如接近 0.5，而对于相 A 接近零。这里该信号再次优选地在足够时间 T_{acq} 期间被分析，尤其利用在时间长于电力系统的半个周期的时间上获得的信号，例如时间为一个电力系统周期或任何整数个半周期。

[0056] 在根据本发明的方法中使用的标准化的线性相关系数优选地通过 Bravais-Pearson 公式获得且是无符号的。传感器 12 事实上提供流经每个相 5_A 、 5_B 、 5_C （其优选地采样以获得代表电流的被定义数量的离散值）的 AC 电流的信号。有利地，通过采样而提供的值的数量 N 适配于适合捕获时间 T_{acq} 以优化 Bravais-Pearson 公式的结果的可再现性和可靠性，即，在捕获时间 T_{acq} 等于电力系统半周期的情形下，优选地为超过 20 个值，且对于 50Hz 的三相电力系统 1 具有例如大约 1kHz 的采样频率。

[0057] 因此，在根据本发明的如图 4 示意表示的方法中，一旦已经检测到故障 D，例如使用类似于参考图 2A 描述的方法的方法，在捕获时间 T_{acq} 期间获得代表相电流的优选地滤波的信号，随后进行采样。并行地，在相同时间段中计算零序列电流 I_0 。通过 Bravais-Pearson 公式根据等式 (1) 计算在代表相电流 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 的采样的滤波的信号和代表零序列电流 I_0 的信号之间的相关系数（这里是无符号的），其中 r_{XY} 表示在两个变量 X、Y 各自的 N 个精确值 x 、 y （其为已知的）之间的无符号的线性相关索引。

$$[0058] \quad (1) \quad r_{XY} = \frac{\left| \sum_{k=1}^N \left(x_k - \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \right) \times \left(y_k - \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \right) \right|}{\sqrt{\sum_{k=1}^N \left(x_k - \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \right)^2} \times \sqrt{\sum_{k=1}^N \left(y_k - \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \right)^2}}$$

[0059] 由此获得三个无符号的标准化线性相关系数 r_A 、 r_B 、 r_C 。如前面所示，取决于故障 10 是上游或下游，系数 r_A 接近于 1 或 0。根据本发明，为了评估该接近度，使用相关系数的分布的算术平均值 μ 和标准偏差 σ 。事实上，具有高值的（如 $\mu > 0.5$ 和 $\sigma > 0.3$ ）的平均值 / 标准偏差对 (μ, σ) 对应于下游故障，而另一方面，具有低值的（如 $\mu < 0.5$ 和 $\sigma < 0.2$ ）的平均值 / 标准偏差对 (μ, σ) 对应于上游故障。

[0060] 更具体地，可以观察到，对于来自检测 20_i 的下游的故障 10，以下关系 (2) 被验证，而对于来自检测 20_{i+1} 的上游故障 10，其对立面成立，即： $3 \cdot \sigma^2 < (1 - \mu)^2$ 。

$$[0061] \quad (2) \quad \sqrt{3} \times \sigma > (1 - \mu)$$

[0062] 在根据本发明的优选方法中，一旦已经计算平均值和标准偏差，根据关系 (2) 或者根据从中直接推演的任何关系做出比较，以及，根据该结果，给出作为故障位置的定向分析 L，其指示故障在继电器 9 之外或传送到继电器 9 以使上游电路断路器 6 脱扣，或任何其他用途。

[0063] 为了减轻根据本发明的方法的该计算步骤，通过在图形 (x, y) 上定位坐标点 (μ, σ) ，有可能图解地确定故障 10 在上游或下游的相对位置，其中在图形中绘制等式 (3) 表示

的线条。如果该点位于包含原点 (0,0) 的半平面中,则涉及了上游故障。

$$[0064] \quad (3) \quad y = \frac{1-x}{\sqrt{3}}$$

[0065] 为了实现根据本发明的方法,能够制作合适的定向接地故障检测设备 20。根据图 5 示意表示的本发明的优选实施例,样板 (former) 设备 20 由合适的部件补充。具体地,采样模块 26' 有利地操作于超过 1kHz,因此提供滤波的采样信号 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 以被处理。采样模块 26、26' 能够混同并包括选择频率的部件。代表滤波的采样相电流 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 的信号传送至第二处理模块 30',第二处理模块 30' 进一步包括用于代表零序列电流 I_0 的信号的第二输入。第二处理模块 30' 能够和第一处理模块 30 相同。

[0066] 处理模块 30' 连贯地包括:设备 28',用于计算来自四个输入信号 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 、 I_0 的无符号的标准化相关系数 r ;设备 36',用于计算输入的三个数据项 r_A 、 r_B 、 r_C 的算术平均值 μ 和标准偏差 σ ;比较部件 38',用于比较两个输入 μ 、 σ ,并连接到第二分析部件 40',第二分析部件 40' 的输出是取决于分析的结果的传感器 12 的下游或上游的接地故障的定向检测信号 L。用于相关系数的计算设备 28' 能够集成到用于信号的范数的计算设备 28 或者以独立的实体构成。针对相关系数的处理和比较设备 36'、38'、对应的第二分析部件 40' 能够按照相同的方式集成到或不集成到针对范数的处理和比较设备 36、38、及对应的第一分析部件 40。

[0067] 用于计算无符号的标准化的相关系数的部件 28' 优选地使用 Bravais-Pearson 公式 (1) 并且和时间延迟部件相关联以确保代表相电流 I_{Af}^* 、 I_{Bf}^* 、 I_{Cf}^* 的信号在足够的时间段 T_{acq} 期间被获得,例如在电力系统 1 的半个周期或一个周期,或者甚至更长时间。

[0068] 提供该值到分析模块 40' 的比较部件 38' 能够使用不同的函数。具体地,比较部件 38' 能够包括通过相对由等式 (3) 的线限制的半平面输入的两个值的图形比较。部件 38' 能够确定在标准偏差的平方的三倍和介于 1 和平均值之间的差的平方之间的差以便将其和零比较。任何其他选项也是有可能的。

[0069] 图 5 的设备能够有利地和用于电力系统的保护继电器 9 相关联,或和用于连接到电力系统 1 的直埋的中压线路 (buried medium-voltage line) 5 的故障流指示器相关联,分析模块的输出触发电路断路器 6 的断路、触发指示器灯 8 的点亮或任何其他安全和 / 或报警部件。

[0070] 因此,根据本发明,用于多相电力系统 1 的线路的接地故障 10 的定向检测 20 的方法和设备无需电压测量而被实现,并使得设备更轻便和简化其实施方式。此外,用于根据本发明处理信号的采样频率能够较低,具体为包含在 500 和 1000Hz 之间的频率,由此在用于所述设备的存储器和处理器方面体现出便利。该方法能够根据采样的选项而进一步进行适配。

[0071] 即使当采样部件 26 适用于超过 1kHz 的频率,有可能使用两种计算以便加速定位。利用范数的方法的确需要较少的计算,而如此快速的相对定位对于初步确定是有利的。在一些情况下,如果第一分析部件 40 不确定上游故障,优选地,可以经过第二确定 P2 (其更长和需要更多存储器) 通过相关系数证实该结果。随后合适的部件 42 激活采样部件 26' 和 / 或直接激活第二处理部件 28' 以确认该下游位置。

[0072] 虽然已经参考三相电力分布系统描述本发明,其中零线通过补偿阻抗接地,但是

本发明并不局限于此。本发明可以涉及其他类型的多相电力系统,具体地,任何零线体系都是合适的。此外,虽然已经描述瞬时零序列电流 I_0 的确定和处理,根据本发明的方法能够使用相对于在先前周期确定的所述电流 I_0 的值的所述电流 I_0 的变化。该变型证明尤其对电力系统在相之间呈现轻微失衡的情况感兴趣,该情况的零序列电流 I_0 因此在无故障情形中不是零值。

[0073] 在本发明的优选实施例的范围存在的不同电路、模块和功能事实上能够由各组件实现,各组件是模拟的、数字的或利用微控制器或微处理器操作的可编程的形式,并且描述的代表信号能够具有电子或电气信号形状,能够是存储器或寄存器中的数据或信息值的形式、具有能够特定地在显示器显示或读出的光信号的形式,或者具有随制动器起作用的机械信号的形式。以相似的方式,电流传感器可以不同于描述的变压器的形式,如霍尔效应传感器或磁致电阻。

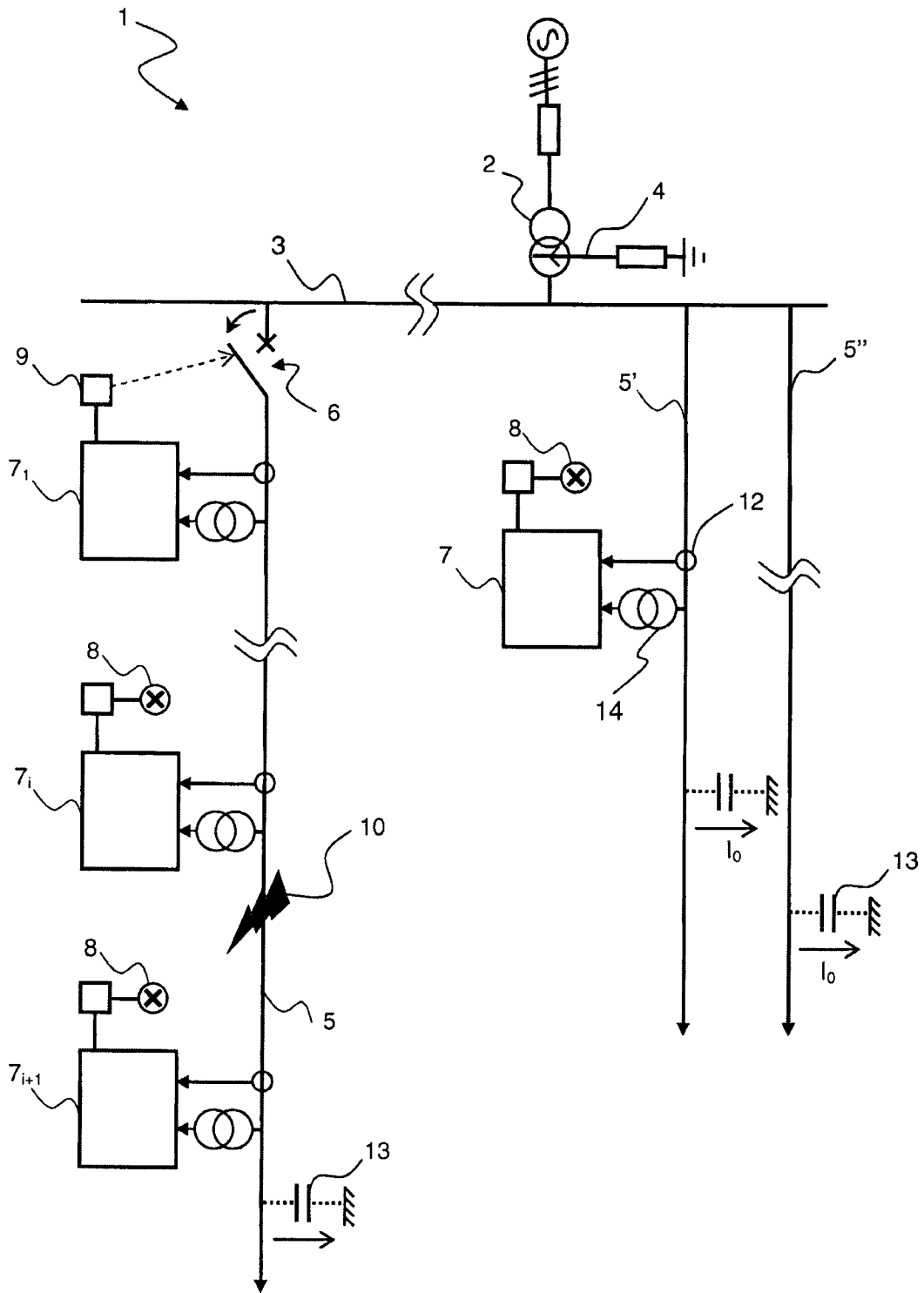


图 1

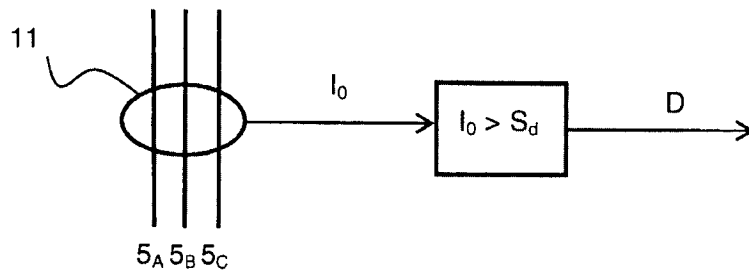


图 2A

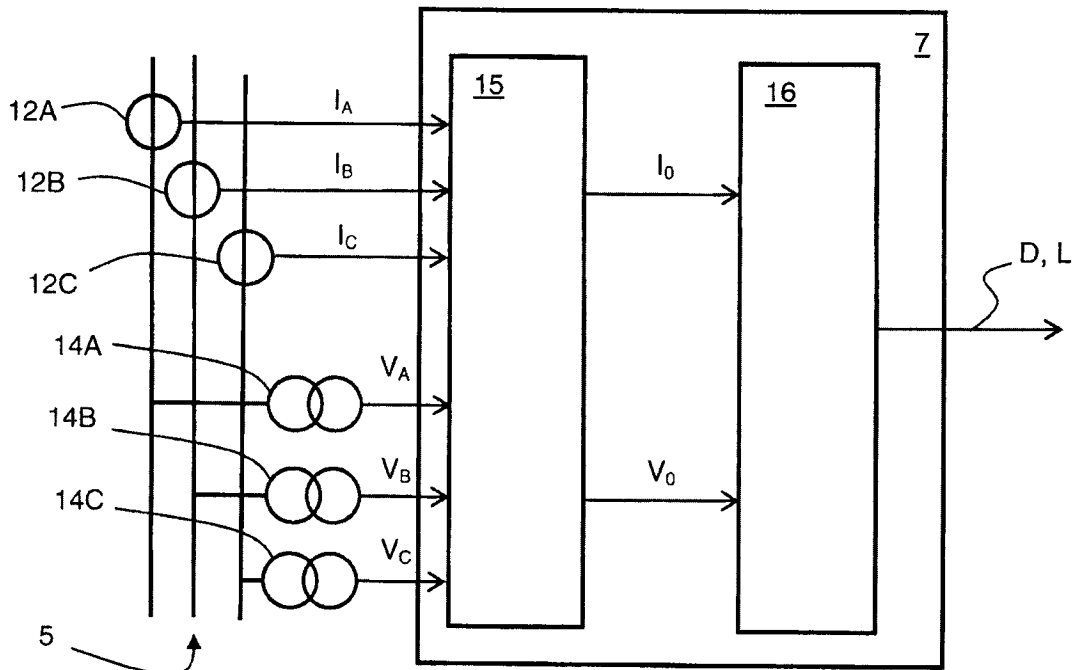


图 2B

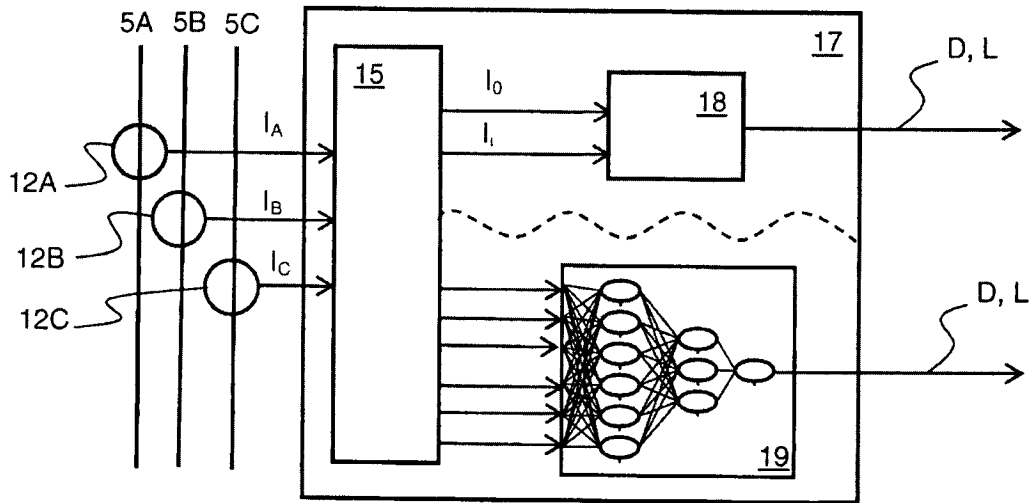


图 2C

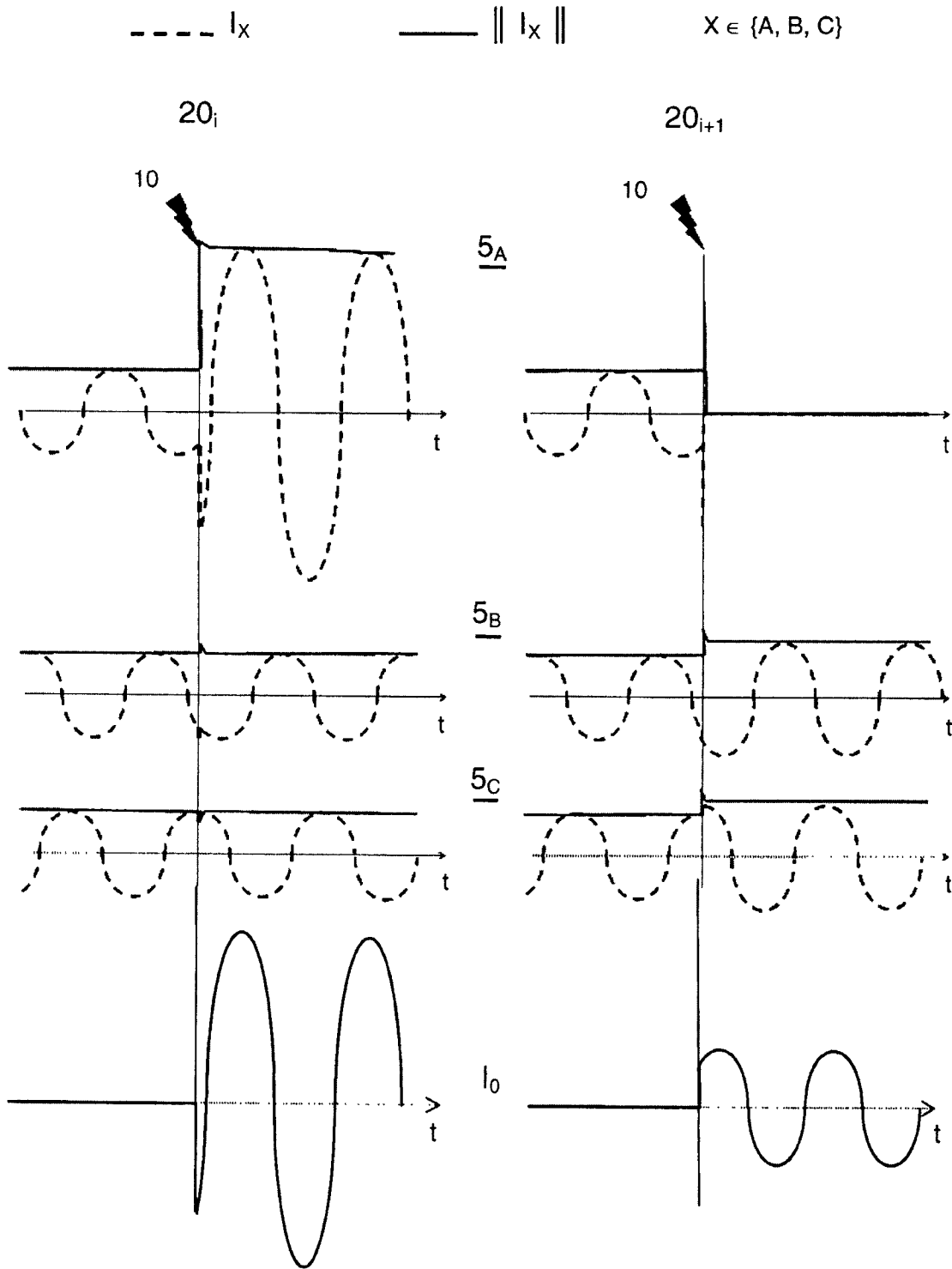


图 3

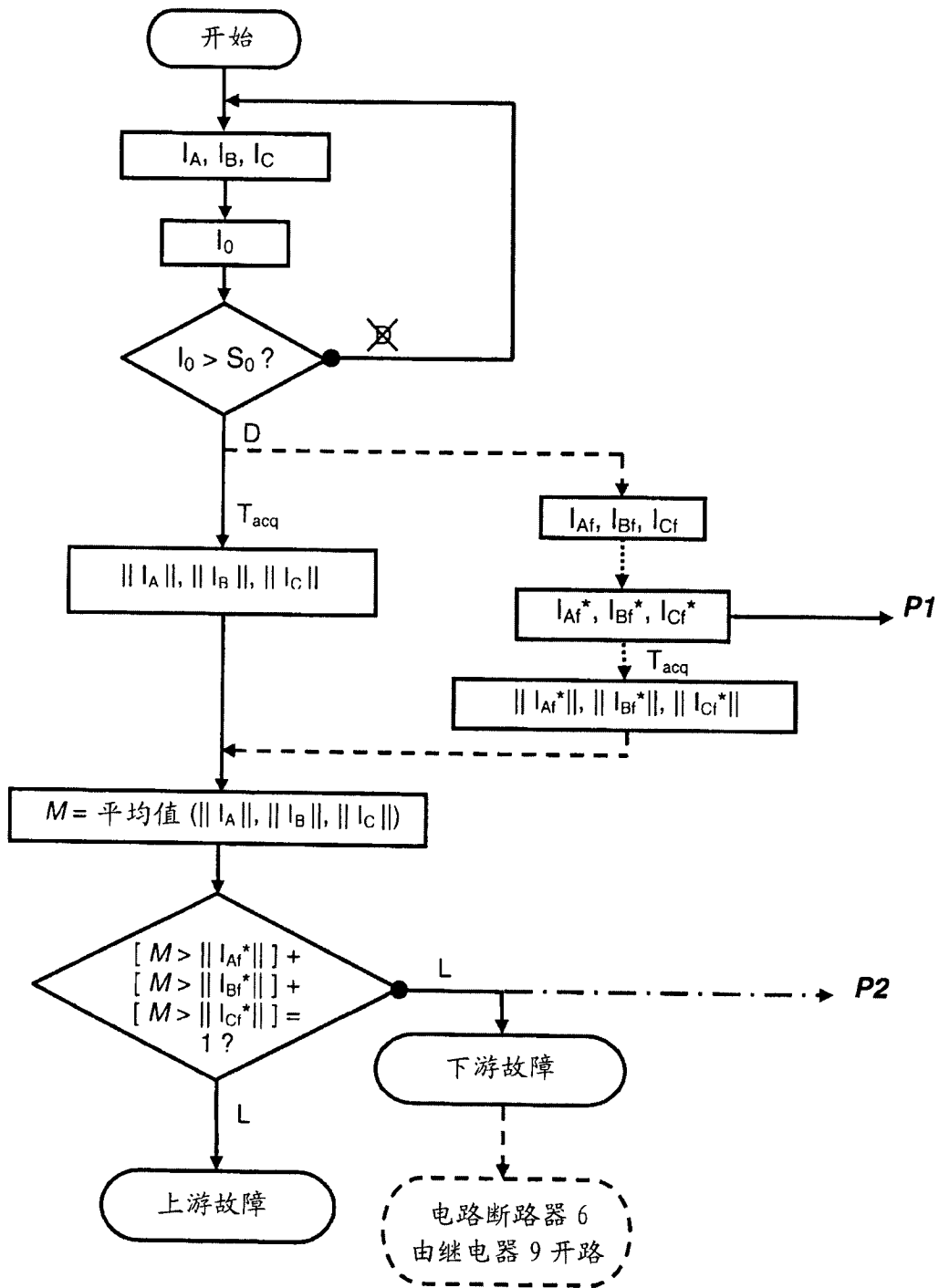


图 4A

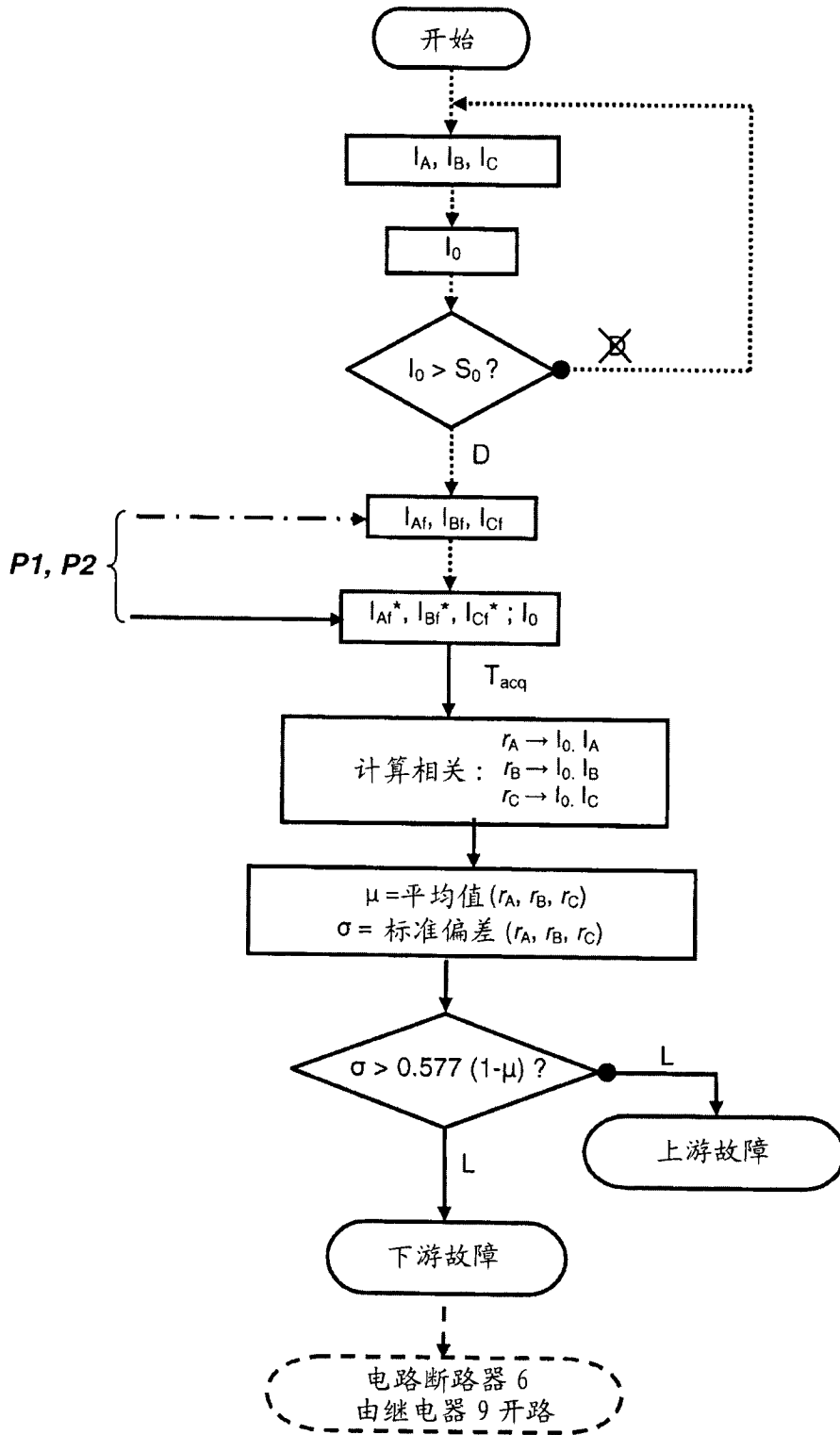


图 4B

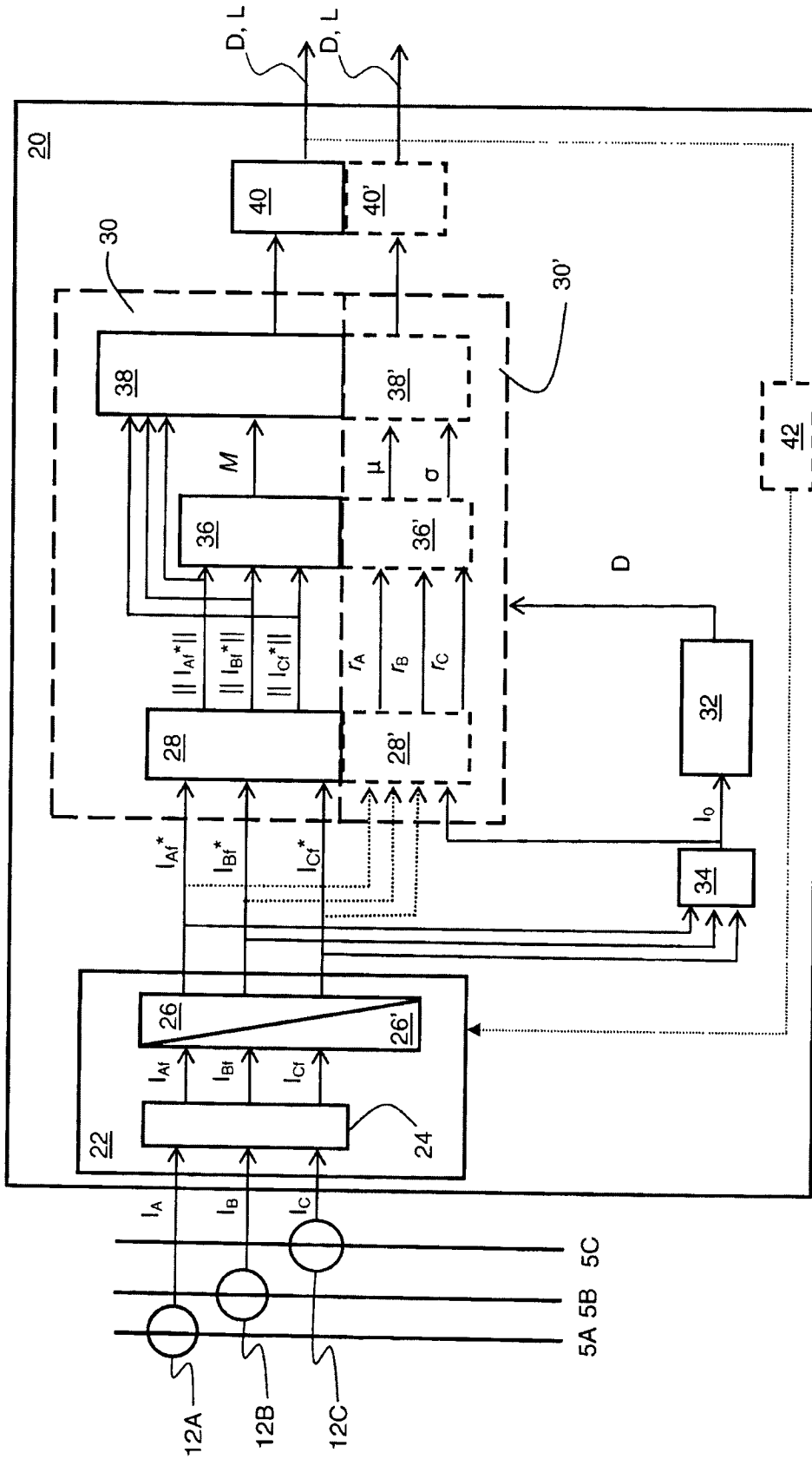


图 5