



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101212136 B

(45) 授权公告日 2012.06.06

(21) 申请号 200710186181.1

US 2006/0198073 A1, 2006.09.07, 全文.

(22) 申请日 2007.12.28

CN 1885662 A, 2006.12.27, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 郭春春

11/618192 2006.12.29 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 W·普雷默拉尼 M·瓦尔德斯

T·F·小帕帕洛 G·P·拉瓦

R·纳雷尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张雪梅 王小衡

(51) Int. Cl.

H02H 7/26(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1334627 A, 2002.02.06, 全文.

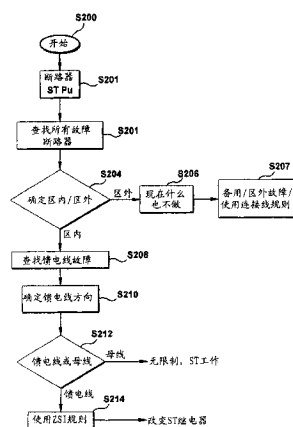
权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图 22 页

(54) 发明名称

用于操作继电器装置的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及继电器装置以及相应的方法。一种操作继电器的方法,该方法包括以下步骤:计算第一和第二干线断路器的正序第一和第二电流相量并计算来自相量值和母线连接线断路器的电流;比较母线连接线断路器的正序电压;当母线连接线断路器处的至少一个故障电流超过阈值,而在馈电线之一上不存在故障时,触发方法;确定故障是内部的还是外部的,其中如果第一和第二干线断路器的正序电流同相,那么故障是内部的,其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流不同相,那么故障在母线之外;确定故障是在连接线路的第一侧还是第二侧;以及定位故障。



1. 一种操作继电器的方法,该方法包括以下步骤:

提供电子电路,该电子电路包括第一和第二干线断路器,以及连接第一和第二干线断路器的母线连接线断路器;

分别计算第一干线断路器和第二干线断路器的正序第一电流相量和第二电流相量,以及计算来自相量值和母线连接线断路器的电流;

计算母线连接线断路器的正序电压;

如果在电压互感器连接中存在任何旋转,那么相对于中间相角基准系计算母线连接线断路器的正序电压的校正值;

当第一干线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值,而馈电线的至少一个上不存在故障时触发方法的执行;

当母线连接线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值,而馈电线的至少一个上不存在故障时触发方法的执行,其中如果执行触发,那么将母线故障或者反向故障通过母线连接线断路器进行反馈;

通过比较流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流的相角来确定故障是内部故障还是外部故障,其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流同相,则故障是内部的,并且其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流不同相,那么故障在母线之外;

如果故障是内部的,那么通过比较流过母线连接线断路器的正序电流与流过第一和第二干线断路器之一的正序电流的相角来确定故障是在母线连接线断路器的第一侧还是在母线连接线断路器的第二侧;以及

如果故障在母线之外,那么通过比较由于流过母线连接线断路器的正序电流所导致的压降与母线上故障之前的正序电压的方向来定位故障。

2. 权利要求 1 的方法,其中通过将流过母线连接线断路器的电流乘以第一和第二变压器之一的标称复阻抗来计算由于流过母线连接线断路器的正序电流所导致的压降。

3. 权利要求 1 的方法,其中每 $1/2$ 周期计算故障位置。

4. 权利要求 3 的方法,其中当总共至少两次计算故障位置为给定位置时宣布故障位置。

5. 权利要求 4 的方法,其中一旦确定了故障位置,就将合适的断路器跳闸。

6. 权利要求 4 的方法,其中对于位置 1 的故障,仅跳闸第一干线断路器。

7. 权利要求 4 的方法,其中对于位置 2 的故障,使第一干线断路器和母线连接线断路器跳闸。

8. 权利要求 4 的方法,其中对于位置 3 的故障,仅使第二干线断路器跳闸。

9. 权利要求 4 的方法,其中对于位置 4 的故障,使第二干线断路器和母线连接线断路器跳闸。

10. 一种用于操作继电器装置的设备,所述设备包括:

用于提供电子电路的部件,该电子电路包括第一和第二干线断路器,以及连接第一和第二干线断路器的母线连接线断路器;

用于分别计算第一干线断路器和第二干线断路器的正序第一电流相量和第二电流相量,以及计算来自相量值和母线连接线断路器的电流的部件;

用于计算母线连接线断路器的正序电压的部件；

用于如果在电压互感器连接中存在任何旋转，那么相对于中间相角基准系计算母线连接线断路器的正序电压的校正值的部件；

用于当第一干线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值，而馈电线的至少一个上不存在故障时触发方法的执行的部件；

用于当母线连接线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值，而馈电线的至少一个上不存在故障时触发方法的执行的部件，其中如果执行触发，那么将母线故障或者反向故障通过母线连接线断路器进行反馈；

用于通过比较流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流的相角来确定故障是内部故障还是外部故障的部件，其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流同相，则故障是内部的，并且其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流不同相，那么故障在母线之外；

用于如果故障是内部的，那么通过比较流过母线连接线断路器的正序电流与流过第一和第二干线断路器之一的正序电流的相角来确定故障是在母线连接线断路器的第一侧还是在母线连接线断路器的第二侧的部件；以及

用于如果故障在母线之外，那么通过比较由于流过母线连接线断路器的正序电流所导致的压降与母线上故障之前的正序电压的方向来定位故障的部件。

用于操作继电器装置的方法和设备

[0001] 版权通知

[0002] 本专利文件公开的一部分包含受版权保护的材料。版权所有者不反对本专利文件或本专利公开的任何人的拓制,如它在专利和商标局专利文件或档案中呈现的,但在别的方面却无论如何均保留所有版权权利。

[0003] 本文中参考的非专利文献

[0004] 本文中引用了下面的文献,并且在此并入这些文献作为参考:

[0005] [1] “用于低压开关中电路断路器的保护和控制的单处理器原理”(“The Single-Processor-Concept for Protection and Control of Circuit Breakers in Low-Voltage Switchgear”, M Valdes, T Papallo&I Purkayastha, IEEE Transactions July/August 2004, pp. 932-940.)。

[0006] [2] “执行弧闪危害计算的 IEEE 指南”(“IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations”, IEEE Standard 1584-2002, Published by The institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. NY, NY.)。

[0007] 缩写以及首字母缩略词列表

[0008] 下面是本文中使用的缩写以及首字母缩略词的部分列表:

[0009] HRG 高电阻接地

[0010] PPE 个人保护设备

[0011] HRC# 危险种类 #

[0012] ST 短时

[0013] PU 拾取

[0014] CB 断路器

[0015] MCC 马达控制中心

[0016] FLA 全负载安培

[0017] ZSI 区域选择互锁

[0018] RMS 均方根

[0019] CT 电流互感器

[0020] ZSI 区域选择互锁

[0021] PDZ 局部差动区域

[0022] RC 反向电流

[0023] P_{Rc} 反向电流保护

[0024] TCC 时间电流曲线

[0025] MCCB 模制壳断路器

技术领域

[0026] 本发明总的来说涉及继电器,更具体地,涉及电力系统保护继电器。

背景技术

[0027] 引言。时基协调和保护是协调低压配电系统的标准基础。诸如区域选择互锁以及母线差动保护这样的加强性保护可用于加快保护器件的操作。然而,这些改进的成本非常大,难于实现,并且不能如希望的那样采用一般技术来起作用。然而,故障清除速度以及选择性的潜在效益在当今的弧闪(arc-flash)以及可靠性已知环境方面比以前任何时候都更有价值。本文的说明书中引入的是一些与包括缺陷的常规保护改进相关的问题,以及实现区域基保护的更有效的方法,从而在维持宽范围的故障幅值,系统结果以及负载类型的选择性同时实现快速故障保护。

[0028] 期望低压配电系统在包括但不局限于成本和大小的范围内采用可靠的技术来传递可靠的功率。选择,安装和调节保护器件以快速工作,选择性地并且可靠地保护低压配电系统。传统上,已经通过这样一种方法引入了保护:对于故障电流的任何特定值(也称作过载电流或者过电流),靠近故障过电流的下游器件更快于远离故障过电流的上游器件。图 20 示出了例如在 ZSI 方案中使用的现有技术的时基协调继电器电路的功能电路方框图。图 20 的方框图包括连接到接口模块上的跳闸单元。每个干线和馈电线断路器以及连接线断路器都对应有跳闸单元。这些跳闸单元连接到接口模块上。干线由例如象一个或多个公共发电机那样的电源进行馈电。跳闸单元和接口模块的使用是通过跳闸单元之间的模拟电压信号进行通信的一个例子。该信号是跳闸或者不跳闸信号。虚线正方形 F1, F2, F3, F4 和 F5 示出了故障的示意性位置。这种时基协调可以实现良好的系统选择性;然而,该系统选择性以一些被协调继电器的速度为代价来实现。在大的电力系统中,重要的主要器件(即,诸如干线断路器的上游,源侧保护器件)被极大延时到使得时间上可以选择性清除各级负载侧器件。为了改进时基协调,通常采用下面的方法:1) 区域选择互锁,以及 2) 差动保护(即,母线差动)。

[0029] 这些方法中存在操作不当的局限以及危险。下面也将进行讨论,同时还将讨论如何采用单处理器原理 [1] 来减少这些危险。

[0030] 区域选择性互锁和差动保护可改进保护器件(即,加速保护器件操作时间)。另外,清除速度对弧闪能量产生影响。这些方法中存在不当操作的局限以及危险。下面也将进行讨论,同时还将讨论如何采用单处理器概念 [1] 来减少这些危险。

[0031] 保护的清除速度效果。事故弧闪能量是用于计算在电弧故障事件中从电弧辐射到空气中的损耗热能的技术,将标题为“用于实现弧闪危害计算的 IEEE 指南(IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations)”(其上提供了完整的参考信息)的参考文献 [2] 中进行描述。用于实现弧闪危害计算的指南 [2] (The Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations) 参考文献提供了各种条件下消除大范围工作距离上的电弧电流以及辐射事故热能的公式。该指南将电弧电流定义为有效电压,有效螺栓故障电流以及电流载体之间的间隙的函数。被计算的电弧电流小于有效螺栓故障电流。图 1,标题为电弧电流为预定故障电流,32mm 间隙,盒式公式中的电弧的函数,示出了 32mm 导体间隙的三个不同电压上的电弧电流与有效螺栓故障电流之间的百分关系。对于 20kA 到 100kA 的有效短路电流值,480V 的电弧电流从有效短路电流的 43%变化到 56%(参考文献 [2] 中描述的图 1)。

[0032] 弧闪能量是这些因素的函数:1) 电压 - 对于系统来说是固定的;2) 有效短路电

流 - 由系统设计和电源固定 ;3) 工作距离 - 只要仅有电弧 ;4) 电弧间隙 - 由设备类型确定 ;5) 电弧故障清除时间 (非短路清除时间) - 保护器件基于电弧电流操作的函数。因此, 短路电流固定, 并且不变化, 这是因为像电压, 弧臂或者带电操作杆这样的因素只要唯一就不会改变。因此清除时间可以被修正以外的唯一参数。这样电弧故障清除时间是非常关键的因数。

[0033] 电弧电流与有效螺栓故障电流之间的关系还依赖于电极之间的间隙变化。这些电极代表电流载体。图 2, 如参考文献 [2] 描述的, 对于各个电极间隙, 电弧电流作为 480V HRG 上预定故障电流函数, 示出该关系可以从有效电流为 20, 000A 以及 13mm 间隙时的 65% 变化到有效电流为 100, 000A 以及 32mm 间隙时的 43%。

[0034] 保护器件反应速度必须考虑成与电弧故障事件中出现的电弧电流相关。图 1 和图 2 演示出电弧电流可以是预定故障电流基于在指南的参考文献 [2] 中指出的多个参数的变量百分数。该指南是基于特定实验室条件下进行的一系列实验, 设定使用电弧电流值的标准, 以识别保护器件操作速度, 以及所得的电弧能量 : 被计算的电弧电流, 以及 85% 的被计算的电弧电流。其他的变量也是可以的, 这是因为被计算的电弧电流公式基于被校准的螺栓故障电流以及特定的电极结构。其他的未加说明的变量可由诸如连接件以及保护器件阻抗的未考虑在短路计算中的系统阻抗所导致。与实验室所采用的那些不同的包含在电弧事件中的导电结构的其他变量可产生实际与预期电弧电流之间的差。所定义的方法未解决可能的变量 ; 然而, 该计算的常规使用可能考虑围绕由被计算的电弧电流公式模型预期值的电弧电流以及事故能量中的其他变量。

[0035] 其他需要考虑的事项是故障电流源, 方向以及每个故障电流分布的路径。具有较大有效短路电流的母线可具有来自马达贡献的部分电流。这些不同的因素意味着通过干线的电弧故障电流非常小。从参考文献 [1] 上考虑到下面的实施例, 62kA, 4, 000A 的低压开关母线, 假定通过馈电线的马达贡献为 10, 000A, 假定通过干线断路器的变压器分布为 52, 000A。对于 480V 开关可确定流过干线过流器件的潜在电弧电流如下 :

[0036] $62, 000A - 10, 000A = 52, 000A$ (仅为变压器分布)

[0037] $52, 000A \times .48 = 25, 000A$ (来自图 2 的图表)

[0038] $25, 000A \times .85 = 21, 250A$ (来自已知螺栓电流的电弧电流变量的 85%) [1]

[0039] 因此, 在具有较大预定短路故障电流的系统中, 通过主母线上的电弧故障的主要器件的电流可以小于 22, 000。如果其是 4000A 母线, 则电弧故障电流可落到干线断路器的 5X 拾取等级的公差范围内, 并且低于 4000AL 级保险丝的电流极限阈值的 50%。干线断路器可不考虑该短时故障。

[0040] 通过错误的公共信息或者短路电流计算中的常规消耗可引入其他电弧电流变量, 其中错误的公共信息或者短路电流计算中的常规消耗使得被计算的故障值比有效值更高。例如, 导体终端和保护器件的阻抗将引入再短路计算过程中非正常考虑的阻抗。通过确定误差使得计算的故障电流较高而非较低, 因此用于识别设备和元件等级的常规故障电流计算是非常保守的。然而, 当计算弧闪故障能量时, 更高危险等级的能量可遭遇更低或更高的电弧故障电流。预定电流值越大, 经受的电弧电流越大, 使得每个周期中的故障能量越大, 然而, 电弧故障电流越低, 使得保护器件操作时间越慢, 同样增加了故障能量。

[0041] 用于低电弧电流的电压增加了较大弧闪事件的危险。任何器件, 不管是保险丝还

是断路器,都取决于快速操作的高电流值,与如果电弧电流低于期望值时与期望值不同操作。对于大的低压电力断路器,甚至可以将使短时拾取点设定值设定成高于可能的电弧电流,从而实现选择性,并具有系统中负载所需的短时特性。

[0042] 弧闪电流对于短时拾取的影响。图 3,如参考文献 [2] 所述,示出了周期中故障能量作为清除时间的函数,480V,HRG,32mm,18 英寸,52kA_{Ibf},盒中的电弧。图 3 示出对于具有 32mm 电极间隙以及 18 英寸工作距离的 HRG(高阻接地)480V 的系统,在周期中计算的能量与时间之间的关系表。就像图表示出的,超过 22 周期的清除时间将达到 $\sim 40\text{cal/cm}$ 。在该等级之上,合适等级的 PPE(个人保护设备)是无效的 [1]。

[0043] 在图 3 的实施例中,短时拾取设定为 5 倍标称值的干线断路器具有 18,000A 到 22,000A 的短时拾取带。尽管对于大的干线断路器来说设定该值很高不是一般的,但是其可以从大馈电线和高冲击电流中相同的设置值得到。该电弧故障电流计算为 21,250A,并且示出了断路器可以在其长时间延时上清除而不是更快的短时延时。即使该器件是部分区域互锁方案,如果电流未超过短时拾取,那么该器件在短时间带内并不操作。清除时间越长,导致故障弧闪能量的值越大,同样在 HRC4(危险种类 4)之上。电流极限阈值约为 55,000A 的 4000A L 级的熔断丝并不能改进这种情形。

[0044] 区域选择性互锁和马达贡献:方向内容。在区域选择性互锁中,几种等级的断路器以区域内短时故障的最小时间延迟选择性操作。图 4 示出了三等级区域选择互锁系统。对于图 4 中示出的一系列断路器,可以进行通信,从而使得器件从下面的器件接收阻断信号,并且还使得器件发动信号给下一个上面的断路器。当断路器检测超过其短时(ST)拾取电平的电流时,产生该信号。如果该断路器还接收阻断信号,那么它将在编程延时上操作。如果未接收阻断信号,它将在其最小延时上操作。

[0045] 图 5 示出两个 CB 方案中上侧 CB 的 ZSI 效果。区域互锁取决于检测区域故障电流和发送阻断信号给干线断路器和连接线断路器的馈电线断路器。图 5 中的时间电流曲线演示了区域选择性互锁在两个断路器(CB)的短时(ST)操作上的效果。如果电流流过馈电线到达其区域内的故障上,那么阻断信号将使得主 CB 在馈电线清除时间之上的设定延时上操作。如果故障电流也超过了干线的短时拾取,这样确保了馈电线的快速操作同时将干线维持为备用。如果故障出现在主母线上,该馈电线将不能发现它,并且干线断路器将在其更快的延时上操作并且在小于 100 毫秒内清除。

[0046] 图 6 示出具有电源和马达贡献的母线故障。在所示的系统中,800A 框架(frame)断路器对具有四个 100Hp 马达的 MCC(马达控制中心)进行供电。每个马达具有 146.3A 电流以及 863A 锁定马达电流($5.9 \times \text{FLA}$)的全负载电流。这些马达在系统的期望操作过程中单独启动;800A CB 设定为高于马达组全负载电流的 125%之上-732A($146.3\text{A} \times 4 \times 1.25$)。断路器的短时拾取设定为 3 个马达 FLA(全负载安培)+一个马达启动电流的 125% ($(146.3\text{A} \times 3 + 146.3 \times 5.9) \times 1.25$),1624A。

[0047] 图 7 示出为 MCC 负载设定的馈电线,1 个马达启动,并且是馈电线,干线断路器(工作在区域互锁模式)以及马达负载的时间-电流曲线。该马达负载示出为一个马达具有 10 秒启动冲击,其他三个运行为全负载状态。

[0048] 图 8 示出主母线故障上的 MCC 故障分布-由来自馈电线的 ZSI 信号将主 CB 强迫为两个延迟。图 8 示出在母线故障情形下与图 7 相同的电路和 0.1-0.05 秒的短电流的 MCC

分布。该马达贡献足以初始化馈电线断路器中的短时,因此该馈电线断路器发出互锁信号给干线断路器,使得它在延迟时间段操作。该干线断路器现在对于由系统设计者想要的以外的保护区域中的故障更加反应迟缓。由马达贡献所导致的反向电流欺骗馈电线断路器进行操作,就像它对其负载侧的故障供电一样。此时,ZSI 与所期望的完全相反地操作。

[0049] 通过设定馈电线延迟到更大的值或者调节短路间拾取到更大的值来处理这种危险。其他情形下,可以折衷一些期望的保护。

[0050] 如果是没有低压干线的母线,最初的中压变压器保护器件可用馈电线进行区域互锁。从马达通过馈电线的故障分布问题在干线断路器在变压器的另一侧时非常有效,并且比中压器件的期望操作更慢也是可能的。

发明内容

[0051] 上述或者其他缺陷中的一个或多个缺陷由本发明的实施例来克服,其中一种操作继电器的方法,该方法包括步骤:a) 提供电子电路,该电子电路包括第一和第二干线断路器,以及连接该第一和第二干线断路器的母线连接线断路器 (bus tie breaker); b) 分别计算第一干线断路器和第二干线断路器的正序第一电流相量和第二电流相量,计算来自相量值和母线连接线断路器的电流;c) 计算母线连接线断路器的正序电压;d) 如果在电压互感器连接中存在任何旋转,那么相对于中间相角基准系计算母线连接线断路器的正序电压的校正值;e) 当第一干线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值,而在馈电线的至少一个上不存在故障时,触发方法的执行;f) 当连接线断路器 (tie breaker) 处的至少一个电流超过预定阈值,而在至少一个馈电线上不存在故障时触发方法的执行,而其中如果执行了触发,则将母线故障或者反向故障通过该母线连接线断路器进行反馈;g) 通过比较流过第一干线断路器的正序电流和流过第二干线断路器的正序电流的相角来确定故障是内部故障还是外部故障,其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流同相,则故障为内部故障,其中流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流不同相,则故障为母线的外部故障;h) 如果故障在内部,通过比较流过连接线断路器的正序电流和流过第一和第二干线断路器之一的正序电流的相角而确定故障在连接线断路器的第一侧还是在连接线断路器的第二侧;i) 如果故障在母线外部,通过将由于通过母线连接线断路器的正序电流所导致的电压降的方向与母线上故障之前的正序电压进行比较而定位故障。

[0052] 在本发明的又一实施例中,一种计算机程序产品包括:可由继电器装置读取的程序存储装置,其明确实施可由继电器装置执行的指令程序,以执行操作继电器装置的方法步骤,所述方法步骤包括:a) 提供电子电路,该电子电路包括第一和第二干线断路器,以及连接第一和第二干线断路器的母线连接线断路器;b) 分别计算第一干线断路器和第二干线断路器的正序第一电流相量和第二电流相量,并且计算来自相量值以及母线连接线断路器的电流;c) 计算母线连接线断路器的正序电压;d) 如果在电压互感器连接中存在任何旋转,则相对于中间相角基准系计算母线连接线断路器的正序电压的校正值;e) 当第一干线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值,而在馈电线的至少一个上不存在故障时,触发方法的执行;f) 当连接线断路器处的至少一个故障电流的至少一个幅值超过预定阈值,而在馈电线的至少一个上不存在故障时触发方法的执行,而其中如果进行

触发,则通过母线连接线断路器反馈母线故障或反向故障 ;g) 通过流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流的相角进行比较而确定故障是内部故障还是外部故障,其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流同相,那么故障是内部的,并且其中如果流过第一干线断路器的正序电流与流过第二干线断路器的正序电流不同相,那么故障是母线的外部故障 ;h) 如果故障是内部的,那么通过将流过连接线断路器的正序电流和流过第一和第二干线断路器中的一个干线断路器的正序电流的相角进行比较而确定故障是在连接线断路器的第一侧还是在连接线断路器的第二侧 ;以及 i) 如果故障在母线之外,那么通过将由于流过母线连接线断路器的正序电流所导致的压降方向与母线上故障之前的正序电压进行比较而定位故障。

[0053] 提出上述的简要说明而不是宽泛地提出本发明更重要的特征,目的在于可以更好地理解随后的详细描述,并且目的在于可更好地识别本发明对现有技术所做的贡献。当然,还存在本发明的其他特征,其在下文中进行描述并且为所附权利要求的主题服务。

[0054] 对此,在详细解释本发明的几个实施例之前,应该理解本发明并不局限于其详细构造以及在下文的说明书提出并且在附图中示出的元件布置的场合。本发明可以是其他实施例,或者以各种途径来实现和实施。同样,可以理解,本文中所用的措词和术语的目的在于描述而不认为是限制。

[0055] 这样,本领域的技术人员将理解基于其上公开的原理可作为设计实现本发明的几个目的其他结构,方法,以及系统的基础来加以利用。因此,认为权利要求包括只要不脱离本发明的精神和范围的那些等效结构是非常重要的。

[0056] 此外,上述摘要中的目的在于能使美国专利和商标局以及一般的公众,尤其是对专利或者法律术语或者措词不是很熟悉的本领域的科学家,工程师和执业者可以从草草的检查中快速确定本申请的技术说明的本质和特性。因此,摘要既没有想要限定本发明或者本申请,其仅由权利要求来限定,也没有想要以任何方式来限定本发明的范围。

[0057] 此外,在背景技术和详细描述中使用上述段落标题的目的在于使美国专利和商标局以及一般的公众,尤其是对专利或者法律术语或者措词不是很熟悉的本领域的科学家,工程师和执业者可以从草草的检查中快速确定本申请的技术说明的本质和特性。因此,该段落标题既没有想要限定本发明或者本申请,其仅由权利要求来限定,也没有想要以任何方式来限定本发明的范围。

附图说明

[0058] 通过参考结合附图考虑的下面的详细描述,可以更好地理解并且更容易得到对本发明更彻底的理解以及其许多伴随的优点,其中 :

[0059] 图 1 是作为盒式公式 (Box Formula) [2] 中 32mm 间隙电弧的期望故障电流函数的电弧电流的曲线图。

[0060] 图 2 是作为对于各种电极间隙 [2] 在 480V, HRG 时的期望故障电流函数的电弧电流的曲线图。

[0061] 图 3 是作为盒 [2] 中电弧在 480V, HRG, 32mm, 18", 52kA Ib_f 示出的周期中的清除时间函数的故障能量的曲线图。

[0062] 图 4 示出了三等级区域选择性互锁系统。

[0063] 图 5 示出了双断路器方案中上侧断路器上的 ZSI 效应。

[0064] 图 6 是示出了具有电源和马达贡献的母线故障。

[0065] 图 7 是馈电线,干线(在区域互锁模式中操作)以及马达负载的时间-电流曲线;该马达负载示出为一个马达具有 10 秒的启动冲击,另外三个全负载运行。

[0066] 图 8 示出了图 7 的电路,其中主母线故障 MCC 故障分布-由 ZSI 信号从馈电线被迫进行 2 个延时的主 CB;在母线故障条件下,0.1-0.05 秒的短路电流的 MCC 分布。其中干线断路器对于系统设计者意图以外的保护区域内的故障更慢操作。

[0067] 图 9 示出了具有选择连接线的区域选择互锁的一般结构(可以由制造者改变)。

[0068] 图 10 示出了具有快速干线的区域选择性互锁的一般结构(可以由制造者改变)。

[0069] 图 11 示出了与快速实现(右侧)重叠馈电线瞬时相比在传统 ZSI(左侧)上瞬时的时间电流曲线。

[0070] 图 12 示出了双区域双端变电站。

[0071] 图 13 示出了通过同时采样而得到的四个波形的同时间点上的瞬时值,其中简单的径向系统中四个电流的四个瞬时(单一数据采样)值用于在每个数据采样上计算母线的差动电流。

[0072] 图 14 示出了左侧故障的故障电流贡献;左干线,以及流向母线的连接线,因此识别出主母线上的故障。

[0073] 图 15 示出了干线前的故障贡献,其中两条母线都示出连接线和干线具有表示贯穿性故障(through-fault)的相反方向流动的电流;采用了保护通过该干线断路器的该特定电流方向。

[0074] 图 16 示出 TCC:MCCB,Swgr 馈电线以及 Swgr 母线,其中为进行比较而添加了 1600A 馈电线之下的电流极限模型情形的断路器。

[0075] 图 17 示出基尔霍夫(Kirchoff)节点定律,其中流进节点的所有电流等于流出该节点的所有电流。

[0076] 图 18 是采用电流方向数据确定故障位置的本发明实施例的流程图。

[0077] 图 19 是确定故障位置的本发明实施例的流程图。

[0078] 图 20 示出了现有技术的时基协调(time-based coordination)继电器电路的功能电路框图,该继电器电路可例如用在 ZSI 方案中,在 ZSI 方案中,该图示出连接到接口模块上的跳闸单元。

[0079] 图 21 示出本发明的功能电路框图的实施例,其示出采用用于跳闸断路器的差动区域选择互锁方案的中央处理器进行构造的智能电子器件 IED,该图还包括每个断路器上的节点,其中每个节点与中央处理器连接,以提供用于处理和进行决定的节点数据等。

[0080] 图 22 示出位于位置 F4 的区外故障,其中由于 IA 和 IB 以不同的方向流入,因此 F4 上的故障是采用与 F4 相邻的 X 示出的区外故障。

[0081] 图 23 示出了位于位置 F2 的区内故障,其中由于 IA 和 IB 以相同的方向流入,F2 上的故障是采用与 F2 相邻的 X 示出的区内故障。

[0082] 图 24 示出确定 INWARD 或者区内故障是否是馈电线故障并且是否不在局部差动区域 320 之内的细节。

[0083] 图 25 示出确定馈电线,馈电线 E,电流 IE 是否流进局部差动区域然后确定故障是

否是位置 F2 位置上的区内故障的其他细节。

[0084] 图 26 示出了 ZSI 区域以及 ZSI 区域内的 DZSI 区域。

[0085] 图 27 示出了采用本发明的具有四个重叠的局部差动区域的电路的实施例。

[0086] 图 28 示出了在 PDZ 方案中干线, 连接线和馈电线具有级联时间延时跳闸的 TCC, 其中通过采用 DZSI 操作, 在干线, 连接线, 馈电线相同的时间点上, 跳闸操作几乎同时进行。

[0087] 图 29 示出了电路图, 其中母线和 / 或反向电流位于并联双端系统中。

[0088] 图 30 是示出本发明实施例中的电流的电路图。

[0089] 图 31 是示出本发明实施例中的电流的电路图。

[0090] 图 32 是示出本发明实施例中的电流的电路图。

[0091] 图 33 是示出本发明实施例的故障之前的正序分量的图。

[0092] 图 34 是示出本发明实施例的故障之后的正序反向故障电流相量和故障之前的正序电压基准相量的图。

具体实施方式

[0093] 引言

[0094] 现在参考附图, 其中在所有不同的图中类似的参考数字表示同样或相应的部件, 将描述本发明的实施例的具有综合测试能力的继电器的实施例中的一个。在此描述的本发明的实施例的有利方面中的一个是被集成到本发明的继电器以便在测试模式中本发明的继电器是测试中的继电器的新的测试特征。这些测试特征利用可以由电力系统创建的仿真的数据测试本发明的继电器。本发明的波形根据用户偏好生成; 用户设计信号以注入继电器。由下列所考虑的详细描述连同附图和权利要求一起将会更容易地理解这些和其它特征和优点。

[0095] 在本说明书中, 可以采用“基本同时运行函数”的表达。在单处理器设备的情况下, 该表述表示在相同的 $1/2$ 周期处理器操作时间内执行一些函数, 这样在相同 $1/2$ 周期处理器操作时间内执行的所有函数的结果在任何一个断路器指令发出之前均予以考虑。因此, 多个函数可以处理基本相同的同步数据并且优化它们的整体性能。对于系统结构上的其他细节, 见由 Vandevanter ; John S., Papallo ; Thomas F., Spahr ; Ellen E. 申请并转让给本申请的受让人的标题为配置中央控制的断路器保护系统 (Configuring A Centrally Controlled Circuit Breaker Protection System) 的美国专利 No. 6, 985, 784, 其在此被并入作为参考。此外, 使用在单处理器设计的电流互感器并不是传统的 ANSI 继电器级变压器。该电流互感器称作检测器并且具有低于 1 安培的二次电流。它们的这些特性包含并用于补偿处理器功能中。

[0096] 图 21 示出了功能电路 300 的方框图, 其示出用中央处理器 306 或者单处理器系统构造的智能电子器件 IED (也称作继电器)。该 IED 可用于例如 DZSI (差动区域选择性互锁) 方案中, 从而跳闸连接到该系统 304 的断路器 304, 306, 308, 310。节点 302 位于每个断路器上并且与中央处理器连接从而提供用于处理和进行决定等的节点数据。应该注意, 节点 302 在本文中可称作元件, 区域中的断路器, 电流源和 / 或测量电流的点。在本系统 304 中, 节点 302 是其中测量电流的点。图 21 的方框图包括连接到中央处理器 304 的节点 302。存在对应于每个干线断路器 306 和馈电线断路器以及连接线断路器 308 的节点。节点 302

连接到中央处理器 304。干线断路器 306 由电源 312 馈电,电源 312 例如是一个或多个效用发电机。虚线正方形 F1, F2, F3, F4 和 F5 示出了故障的示意位置。节点 302 和中央处理器 304 的应用是实时处理的实施例,其中节点 302 和处理器 304 系统几乎同时处理信号。例如将这些信号进行连续并打包,因此通过 CT(未示出)得到的模拟信号转换成数字信号。图 21 中示出的方案可用于例如确定相关电流方向,以便确定跳闸决定和例如定时。本领域普通技术人员也可以进行其他决定。

[0097] 具有连接线(tie)的多电源系统中的 ZSI 应用:选择性或保护

[0098] 在具有连接线断路器的配电系统中,将 ZSI 方案构造成两种不同的方式;具有选择性连接线,或者具有快速干线。图 9 示出具有用于选择性连接线的选择性连接一般结构(其可由制造商改变)的区域选择互锁。图 10 示出具有用于快速干线的快速干线断路器的区域选择互锁。这些方案都在选择性和快速保护之间进行了折衷。

[0099] DZSI 的操作理论:1) 在本发明的实施例中,反向电流采用电压极化来检测和跳闸干线断路器。反相电流将采用“历史”电压 – 例如来自故障之前的约 6 到 30 周期 – 用于方向比较。在本发明中,如果干线断路器 306(即,图 25 的干线 A 的断路器)在设备上闭合,那么该功能并不起作用。此外,在本发明的实施例中,反向电流将与 DZSI 相互作用,这是因为对于反向故障需要“跳过”ZSI 层(tier)。2) 母线差动检测并清除区域母线故障的较低电平;3) 在本发明的实施例中,DZSI 处理方向以及并联故障情形;并且 DZSI 与单个断路器 ST 函数相互作用,改变了用于改进的故障清除的延迟以及基于故障情形上的选择性。

[0100] 此外,针对 DZSI 的操作理论:1) 在本发明的实施例中,DZSI 以母线和区域原理操作,与 ZSI 多点 IED(或者继电器)相同,例如由本发明的受让人通用电子(General Electric)制造的 Entellisys™。因此,DZSI 在 CCPU 硬件上操作;采用多点继电器的母线和区域结构技术进行操作;采用 HMI 结构软件进行操作。单处理器系统为将要确定的电流方向提供平台。DZSI 系统的实施例计算相量。

[0101] 采用 DZSI 检测四种故障情形:1) 区内母线故障;2) 未进行区域拾取的区内馈电线故障;3) 已经进行区域拾取的区内馈电线故障;以及 4) 干线断路器上的反向故障。应该注意,采用 DZSI 进行区分来检测四种故障情形,是因为断路器原始和备用跳闸时间的时刻对于不同的故障情形是不同的。DZSI 逻辑用于基于几种系统电流测试来区分故障类型。测试的结果是确定故障类型。每个测试可由本领域普通技术人员来确定。采用每个测试所得的故障类型(即,区内故障,区外故障,区内馈电线故障,无故障,区内反向故障,区内母线故障)来产生状态表。

[0102] 用于为 DZSI 确定故障情形的电流测试是:1) DZSI 区内故障;2) DZSI 区外故障;3) 干线断路器反向故障;4) 馈电线拾取;馈电线方向。图 26 示出 DZSI 区 330 和 ZSI 区 340 的实施例。DZSI 区 330 包括干线 A、B,断路器 306 和位于母线 324 边界上的母线连接 C, D 断路器 308, DZSI 区 330 的功能在于保护。DZSI 区 330 不包括母线 324 的 E、F 和 / 或 G 馈电线断路器 310。基于干线断路器 306 和连接线断路器 308 的局部差动计算确定 DZSI 区域电流。ZSI 区 340 包括图 26 中示出的所有断路器。图 26 中未示出局部差动区的实施例。

[0103] 将局部差动(PD)计算定义成干线断路器和连接线断路器的相量和。基于电流幅值可将不同的技术用于实现这种计算。DZSI 区的逻辑,简化成:1) 区外:a) PD 确定区内 / 区外故障;b) 采用反向电流来区分通过(pass-through)和反向故障;以及 2) 区内:a) PD 确

定区内 / 区外故障 ;b) 馈电线拾取来区分母线和馈电线故障 ;以及 c) 将馈电线方向用于确定馈电线不对母线故障送电。在本发明中,与以前的例如限制断路器的 ZSI 保护方案那样的保护方案相比,干线断路器和连接线断路器不受限制。

[0104] 在选择性连接线结构中,连接线两侧的馈电线断路器与该连接线互锁。然后该连接线与两个干线互锁。馈电线之下的故障将正确保持连接线和干线以延时间隔操作,同时馈电线将更快地清除故障。对于任一母线上的故障,连接线在分开母线时将延迟干线。然而,分开母线并不能清除故障。发生故障的那条母线保持故障直到后来每条干线清除一个时间延迟为止。在该情形下,馈电线,连接线和干线进行协作,节约了一个延时,但故障仍能通过一个源通电两个延时。

[0105] 快速干线连接采用连接线和两个干线断路器来互锁馈电线。在这种情况下,三个断路器将看见母线故障作为它们各自区域之内的故障,并且三个断路器将以最小的延时进行跳闸。实现了快速保护,但牺牲了系统的可靠性。

[0106] 在理想的系统中,向故障母线馈电的干线和连接线以最短时间清除,同时其他母线仍然连接到其专用源。

[0107] 区域选择性互锁和干线断路器前的故障。

[0108] 大多数的低压电力系统将通过低压干线断路器从变压器进行馈电。当故障出现在低压干线断路器和变压器次级端子之间时就出现了故障检测和隔离问题。在闭合连接线断路器的操作过程中,采用与故障并联的电源从其他电源通过连接和两个干线断路器(见下面的图 15)进行馈电。了解电流幅值不足以识别故障位置。在图 9 所示的选择性连接线结构中,连接线断路器将首先清除并且将故障与其他电源正确隔离开,尽管不能与所有的马达贡献隔离,并且不必在至少一条母线上降压。然而,在快速干线结构中,干线和连接线将几乎同时清除,不必要地将两条母线与它们的电源断开连接。

[0109] 在理想情况下,最靠近故障的干线在大约最小的时间内将故障从其他电源隔开。同样,作为另一干线的连接线保持闭合。中压器件也应尽可能快地操作,从而将故障与其原始电源隔开。为此,必须知道故障位置。

[0110] 正常的具有 ZSI 的断路器跳闸将不能将设备母线上的故障和变压器端子中任何一个端子上的母线前的故障分开。在本实施例中,图 9 的三个断路器 (1a, 2 和 1b),断路器发现基本上由一个变压器贡献的相同故障电流。在该故障情形下,图 9 中示出的连接将跳闸连接线而不是干线跳闸,而不必要地将一条母线从可行电源断开。在图 10 所示的连接中,所有的三个断路器几乎同时跳闸,将两条母线几乎同时从所有的电源断开。

[0111] 区域选择性互锁和瞬时保护

[0112] 图 11 示出常规的 ZSI(左)上瞬时与快速执行(右)重叠馈电线瞬时。为了实现最快速的保护和最小的级联延时,希望采用馈电线断路器,同时,将瞬时特性设定得足够低以便检测被保护电路中的电弧电流。上面的任何断路器可设定为短时间带(short time band)来采用馈电线断路器进行选择。常规上,短时间带定位成超过馈电线断路器瞬时操作的清除时间。采用大储能器件通常可以 3 个周期(50 毫秒)汲取瞬时清除次数。下一个器件中的短时间带将在 3 个周期之上启动,如图 11 的左侧所示。

[0113] 应该更加期望图 11 的第二断路器的短延时更快操作并且仍然采用下面的低压电力断路器的重叠瞬时响应来维持选择性。图 11 的右侧示出两个断路器,其中主要器件以更

快的短时间带操作,该短时间带与馈电线的瞬时带重叠。还在上游的任何区域选择互锁的断路器将以同样的短时间带选择性操作。该第二较快操作模式将是优选的,这是因为它使得保护更快,只要可通过瞬时和快速瞬时保护的相互作用可提供选择性即可。约 20 到 25 毫秒的延时对于采用大多数模制壳断路器 (MCCB) 同时操作的清除时间进行选择是足够的,该断路器可通过干线装置进行馈电(注意,可提供的最小延时可通过制造商进行改变)。注意,图 28 的 TCC 曲线。图 28 示出了采用馈电线在 100ms 时的 PDZ,例如,干线,连接线和馈电线将采用级联延迟时间进行跳闸。注意,不管怎样,对于 DZSI 操作时的母线故障,在干线,连接线和馈电线的相同时间点,跳闸操作基本上是同时的。

[0114] 母线差动保护

[0115] 母线差动保护基于基尔霍夫节点定律,该定律声称流进节点(母线)的所有电流必须等于流出该节点的所有电流。图 17 中示出基尔霍夫节点定律。在图 17 中,基尔霍夫节点定律:流进节点的所有电流 I_1 , I_2 , 和 I_3 等于流出该节点的所有电流 I_4 ;流进和流出节点的电流和等于零,如图 17 所述的表示基尔霍夫节点定律的等式 (5) 所表示的。应该注意到,本文中将节点限定为指的是元件,区内断路器,电流源和 / 或其中测量电流的点。母线差动系统能计算经历检测和信号处理中的误差极限值的故障电流。将典型的中压母线差动实施方式中所用的电流互感器 (CT) 选择成具有高达 20X 的相对线性特性。此外,典型地使用专用 CT,该 CT 具有相同的变换系数并且大小可以为最大期望故障幅值提供足够的动态范围。

$$[0116] \quad I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0 \quad (5)$$

[0117] 传统的(现有技术的)母线保护采用专用电流互感器以及专用继电器来实现,如标题为双区域双端变电站的图 12 所示。在低压场合,传统的母线差动保护方案通常被认为成本太大或者太复杂以致于不考虑用于母线保护。采用断路器检测器的由单处理器设计 [1] 实现的实施方式,成本上更有效,然而它不能处理所要求的动态范围以维持对于一些由于传感器饱和(即 CT 饱和)而导致的故障幅值自由跳闸的损害。

[0118] 在低压系统中,母线差动对于检测较低值的高阻抗故障是很有益的,其中较低值的高阻抗故障可以或者可以不超过大的干线断路器以及连接线断路器的短时 (ST) 拾取。当故障电流增加时,区域互锁系统(即, ZSI) 提供与差动系统类似的结果(即, DZSI 或者 PDZ)。因此,将母线差动保护和正确地设定区域选择瞬时保护进行组合可以在最小时间内提供宽范围的选择保护操作。该期望将选择性地且快速地正确定位非常高的阻抗电弧故障到全螺栓故障 (full bolted fault)。

[0119] 单处理器概念和故障位置

[0120] 用于电路保护的单处理器 [1] 是其中单个处理器获取相关系统信息,并且对于配电设备的全线路能够基本同时进行处理。由于将电流和电压信息同步,并且可以基本同时在一个位置使用,那么可以采用基本同时的信号时间数据采样或者时间上计算的 RMS(均方根)值来进行计算。发出的数据种类取决于哪些对于计算是最佳的。

[0121] 标题为通过同时采样可提供的四种波形的同时,瞬时值的图 13 示出了在采样半径系统中四种电流的四个基本同时的(信号数据采样)值怎样用于计算每个数据采样上母线的差动电流。正确的极性指定使得可以仅采用电流幅值的每个数据采样来进行差动计算。这些计算可对于期望信号以及处理误差进行调整。经验数据显示,通过采用这种方法

和铁心电流互感器,母线额定电流之下的故障电流保护的方案实现了。执行计算诸如 1 或 1.5 个周期的时间长度使得可以形成足够的计算,从而以高度的确定性来确保故障电流的幅值和位置。

[0122] 单处理器概念允许对于例如不需要单一功能的专用器件的母线差动的多种保护和计算或者系统采用相同的电路信息。因此,提供正常过流、接地故障和区域选择互锁的相同的硬件可以基本同时提供母线差动保护。

[0123] 组合母线差动和区域选择互锁:宽范围故障检测

[0124] 差动系统对于低压场合是足够的,其中该差动系统对电路中的任一电流互感器测量 10 倍的额定电流的地方起作用。该差动功能可通过短时区域选择互锁方案来实现。这种组合在所有的期望故障范围上提供故障检测和位置信息。将差动计算限制到其中所测量的电流不超过系统中任一 CT 额定电流的 10 倍的范围内保持了变压器线性范围内的计算。

[0125] 例如,具有 4,000A 干线和连接的 4,000A 母线具有超过 40,000A 的故障电流在母线差动系统中断之前通过干线或者连接线。在其中故障在 1,600A 馈电线之下时,通过馈电线的故障电流超过 16,000A,从而使母线差动系统停止工作。在任一或者这些情况下,电流足够大,从而进行断路器的短时 (ST) 拾取,以便很好地隔离故障,并且对于来自较大电源的 1.5 周期正向馈电故障达到 10X,而不是反馈的马达贡献,如果需要的话。

[0126] 用于检测具有多故障电流源的故障系统中电流方向的方法:相对方向。

[0127] 为了处理由马达贡献或具有多电源的闭合连接操作而产生的可能问题,区域选择互锁系统必须识别相对的故障电流方向。区域选择操作的传统实施方式不能这样做。故障电流方向的充分识别可在单处理器系统中实现,这是因为故障电流可以互相比。由于目的是识别相对方向,因此并未采用精确的角度和幅值,并且可以容许较大的误差而不损失主要的方向信息。为了处理连接的哪一侧是故障的位置的问题,可采用与局部差动计算类似的方法。局部差动计算采用了干线和连接线,因此减小了由多个与馈电线相关的小电流互感器所导致的累积误差。电流方向可定义成流向母线的电流流入 (+1),或者流出母线的电流流出 (-1)。标题为左侧故障的故障电流分布的图 14 示出从左侧干线流向母线的电流,以及从连接线断路器的右侧流向母线的连接线电流。这样就识别了主母线上的故障, (+1) 对于干线电流, (+1) 对于连接线电流,其都流向母线。右侧母线具有流进 (右侧干线电流 (+1) 的一个电流),以及流出 (连接线电流 (-1)) 的一个电流,因此该右侧母线不是故障母线。

[0128] 在单个馈电线断路器进入除干线和连接以外的短时 (ST) 跳闸拾取时序的情况下,该馈电线的电流方向也可与干线电流方向和连接线电流方向进行比较。如果确定电流为流入,那么故障位于母线之中。如果馈电线中的故障电流与干线和连接线中的电流的电流方向相反,故障为由馈电线馈送的贯穿性故障 (through-fault)。

[0129] 在两条馈电线基本同时都到达短时 (ST) 拾取时序的情况下,可确定馈电线电流流入与干线和连接线电流相同的方向,即,流入;这种情况表明故障位于母线之内。如果一条馈电线电流流入并且另一条馈电线电流流出时,那么该故障位于该一条馈电线的负载侧,并且具有与所有其他的过电流流向相反的电流。

[0130] 其中两条馈电线在它们的负载侧基本同时馈送单独的故障的情况是不可能的。然而,它不导致缺少跳闸。方向逻辑可识别不与干线和连接线相同的流入方向流入,因此两条

馈电线都跳闸。

[0131] 局部差动区域

[0132] 用于确定电流方向的断路器跳闸的特定方法考虑每个区域,仅采用连接线和干线的局部差动区域 (PDZ)。当 PDZ 中的任一 CB 识别为具有超过其短时阈值的电流时使用等式 (1)。

$$[0133] \quad I_r = \sum_{1-p} I_M - \sum_{1-q} (I_T * D_T) \quad (1)$$

[0134] 其中 I_r 是局部差动区域的剩余值, I_M 是干线电流, I_T 是连接线电流, D_T 是连接线的参考方向单位矢量。这样设计参考单位矢量: 如果连接线和干线电流流向母线, 那么等式 (1) 将两个电流相加。标记 p 和 q 分别表示馈电局部差动区的干线和连接线数量。 I_r 与例如区域中 (通常为干线) 的最大 CT 的 1.5 倍的最小阈值进行比较。当 I_r 超过该阈值时, 故障位于区域内或者由该区域馈电。

[0135] 在一个或者多个电流读数超过 10X 其相应的 CT 时, 进行测试以确定每相电流的大参考相量。然后, 处于短时 (ST) 拾取的其他电流与每相电流的这些大参考相量进行比较以确定相对方向。

[0136] 在电流读数低于或者等于 10X 其相应的 CT 时, 进行测试以确定每相电流的大参考相量。然后, 处于短时 (ST) 拾取的其他电流与每相电流的这些大参考相量进行比较以确定相对反向。该测试采用下面的等式 (6) 和 (7) :

$$[0137] \quad I_r = \sum_{1-p} (I_M * D_M) + \sum_{1-q} (I_T * D_T) \quad (6)$$

$$[0138] \quad I_r \geq 1.5 * \text{Max}(CT) \quad (7)$$

[0139] 可为确定为真的每个断路器进行下面的相对电流方向测试。该测试将包括提供参考相的断路器。首先, 计算参考断路器和测试之下的断路器之间的角度差, 如下:

$$[0140] \quad \Delta \theta = \text{ang}(I) * D - \text{ang}(I_R) * D_R \quad (8)$$

[0141] 其中, 在等式 (8) 中, $\text{ang}(I)$ 和 $\text{ang}(I_R)$ 分别是在测试和参考相的断路器的故障相上的角度。同样在等式 (8) 中, 其中 D 和 D_R 分别对应于测试中的断路器以及参考相的断路器的方向设定值。

[0142] 对于每相, 选择参考电流和角度, 其中 $-I_\beta$ 是参考电流, $\text{ang}(I_\beta)$ 是角度。局部差动区中该相的其他故障电流是否相同由首先通过下面的等式 (2) 来计算区域中的故障断路器和参考故障断路器之间的角度差来识别。在等式 (2) 中, I_a 是被考虑的电路中的相电流, $\Delta \theta$ 是角度差。

$$[0143] \quad \Delta \theta = \text{ang}(I_a) - \text{ang}(I_\beta) \quad (2)$$

[0144] 计算等式 (2), 并且对于每相一旦发现参考相量, 将局部差动区中超过设定的电流阈值的每个断路器的各相中的电流相量进行比较。将角度差 $\Delta \theta$ 进行检测以确定电流是否同样流入母线, 其中电流流进母线被定义成 IN 或者 INWARD 并且指定为布尔数学体系的数字 1, 电流流出母线被定义成 OUT 或者 OUTWARD 并指定为布尔数学体系的数字 0。该逻辑可处理明显的角度误差, 这是因为, 对于相反的电流, 期望的角度差是 180 度。如果与 180 度的角度差为 ± 60 度, 那么考虑电流方向相反。

[0145] 图 22 和 23 示出了局部差动区域 320 的设计, 用于为区外故障和区内故障分别分析电流方向。在每个图中, 局部差动区由围绕干线 A 的断路器 306 以及母线连接 B 的断路

器 308 的虚线 320 进行限定。

[0146] 图 22 示出位置 F4 处的区外故障,其中该故障由临近 F4 的 X 表示。在本实施例的区外故障情形下,流过干线 A 的断路器 306(从电源 312 流出并流入到局部差动区域 320 中)的电流 I_A 设定成 1,用于显示其 INWARD,或者流进该区域的方向。此外,对于本实施例中的区外故障情形,流过母线连接 B 的断路器 308(即,流过母线连接线断路器 308 并流出局部差动区 320)的电流 I_B 设定为 0,以显示其 OUTWARD,或者流出该区域的方向。总的来说, I_A 被分配 1, I_B 被分配 0;因为 I_A 和 I_B 以不同的方向流动,因此 F4 处的故障是区外故障(即,局部差动区域的外部)。

[0147] 图 23 示出了位于位置 F2 处的区内故障,其中该故障用临近 F2 的 X 表示。在本实施例的区内故障情形下,流过干线 A 的断路器 306(从电源 312 流进局部差动区域 320)的电流 I_A 被分配 1,以显示其 INWARD,或者流入到区域中的方向。此外,对于本实施例中的区内故障情形,流过母线连接 B 的断路器 308(即,通过母线连接线断路器 308 并流入局部差动区 320)的电流 I_B 被分配 1,以显示其 INWARD 或者流进该区域的方向。总的来说, I_A 被分配 1 且 I_B 被分配 1,这是因为 I_A 和 I_B 以相同的方向流入,因此 F2 处的故障是区内故障(即,在局部差动区域内部)。

[0148] 然而应该注意,由于这是局部差动区域系统,因此必须对馈电线进行其他的考虑,以便确定故障是否位于区内还是通过该区域馈电。为了确定故障是在区内还是通过该区域馈电,考虑从母线馈电并且处于短时拾取的馈电线电流。例如,如果确定流过馈电线的电流超过 $10X$ (设计的可能马达贡献之上的值),那么确定故障位于馈电线的下游。如果电流处于定义成低于 $10X$ 但是高于馈电线短时拾取的范围内,那么确定馈电线的故障电流的方向,以正确定位故障。被定义范围内的值经历可靠的结果。同样注意,使用局部差动区域(PDZ)的理由就是 PDZ 的干线和馈电线可具有不同额定值,即,5 : 1,6 : 1, $20 \times \text{Max}$;馈电线断路器可具有 $100 \times \text{Max}$ 的额定值。然而,在该额定值的馈电线断路器可能不会足够精确地读取电流来确定方向。

[0149] 图 24 和 25 示出当结果为区内故障时局部差动区 320 系统的馈电线分布的考虑因素,例如图 23 示出的,图 23 示出了指向区域内的电流 I_A 和 I_B (如同图 23 的 I_A 和 I_B 情形)。接下来,图 24 示出确定 INWARD 或者区内故障是否是馈电线故障并且不在局部差动区域 320 中的细节。如果馈电线,馈电线 E,电流 I_E 流出局部差动区域 320,那么故障是区外故障,在图 24 的 F5 位置处(馈电线 E 断路器 310 的负载侧)。

[0150] 图 25 示出确定馈电线,馈电线 E,电流 I_E 是否流进局部差动区域 320 然后确定位置 F2 处的故障是否是区内故障的其他细节。对于具有 I_E 分布的区内故障, I_E 基本是马达贡献电流;当馈电线上的负载是马达时,如区内 320 的故障情形中馈电线 E 上的虚线中的马达 322 所示,马达负载产生在局部差动区域 320 中的 F2 处的故障馈电的电流 I_E 。本发明的实施例通过确定相对电流方向(与更难确定或计算的电压极性相反)而执行局部差动区域 320 的保护。相对电流方向方法的有益之处包括:1) 在故障事件中电流并不消失(然而在电压极化中使用的电压在故障事件中消失);2) 确定方向可以消除功率因数;以及 3) 故障类型或者由于故障类型不能用于确定电流方向的角度(而在其他计算中,例如以前使用在另一方法中的 30 度相间故障并未采用,这样 30 度的角度不需要使用在该决定中)。所有的这些有益之处简化了本发明实施例的确定。

[0151] 如上所述,为了确定馈电线故障电流的相对方向,将馈电线故障电流与参考相量进行比较,在参考相量中参考相表示每个故障的局部差动区域的 IN 电流。将代表每个故障馈电线的每个相电流的由故障的局部差动区域馈电的相量进行比较,寻找限定在 180 度和 60 度之间的范围内的方向差。如果确定了方向差并且该方向差在限定或者预定的范围内,那么馈电线运送流向下游故障的电流;然而,如果角度差在该范围之外,那么馈电线向主母线运送马达贡献电流。一旦为故障馈电线进行了这种比较,那么可以确定一条馈电线是否馈送其保护区内的故障或者多条馈电线是否向母线故障运送马达贡献电流。

[0152] 一旦确定区域中的每个 CB 运送什么,可打开(跳闸)1 合适的断路器,(即,一条干线,干线和连接线,或者进入到包括马达的母线中的几个电源)。如果备用适合故障时刻的故障位置,幅值和系统结构,那么可识别并操作正确的备用断路器。可在为单个断路器形成短时计算的大致相同的时间内进行,如同例如 1.5 个周期那么快。

[0153] 注意,在本发明的替换实施例中,可重叠多个区域。图 27 示出了本发明具有四个重叠的局部差动区域 320 的实施例。每个局部差动区域 320,称作 Z1, Z2, Z3 或 Z4 中的一个。本实施例中的每个局部差动区域包括干线断路器 306,分别将每个区域 Z1, Z2, Z3 或 Z4 标记为 M1, M2, M3 或 M4。每个干线断路器用 M 标明,并且作为源断路器来区分每个断路器。此外,每个局部差动区域包括两个母线连接线断路器,每个母线连接线断路器分布到两个区域上,如图 27 所确定的。例如,母线连接线断路器 T1 是 Z1 和 Z4 的一部分;母线连接线断路器 T2 是 Z1 和 Z2 的一部分;母线连接线断路器 T3 是 Z2 和 Z3 的一部分;母线连接线断路器 T4 是 Z3 和 Z4 的一部分。母线连接线断路器 308 位于环形母线 325 上。四个区域 Z1, Z2, Z3 和 Z4 一起包括全局区域。

[0154] 下面表现图 27 限定的用于电力系统中的连接线断路器 T1 的层矩阵(tier matrix)的实例。

[0155]

故障区域	直接故障电流	间接故障电流
------	--------	--------

[0156]

	参考断路器	Δ (Delta)	参考断路器	Δ
1	N/A	N/A	N/A	N/A
2	T2	1	T3	2
3	T3	2	T4	1
4	N/A	N/A	N/A	N/A

[0157] 表 1 图 27 的连接线断路器 T1 的层设定值矩阵的实施例

[0158] 相对于图 27 的重叠区域结构,上面的连接线矩阵实例提供了与 T1 相关的故障区域信息。在表 1 的实例中,区域 1 和 4 中的故障设定值应当不设定,这是因为连接线 T1 是这两个区域的元件。区域 3 中的故障设定值也应当不进行设定,因为在这种情况下连接线断路器 T1 是其元件的区域 1 与故障区(该区域中所有的连接线断路器是外部连接线)不

相邻。

[0159] 每个外部连接线断路器具有被限定的层分配矩阵。该表的内容指定与故障区域相邻的非故障区域（包含至少一个外部连接线的区域）的示意性可能系统故障情形的层设定值。不必为仅包含外部连接线的区域指定层矩阵，这是因为相邻的区域为这些连接线提供新的层值。这些矩阵限定了当连接线断路器直接或间接馈送电流到故障位置时对于各情形的参考断路器以及 Δ 。每个连接线断路器具有最大四对不同的参考断路器和对应的 Δ 。参考断路器和对应的 Δ 的数量对于小于 4 个区域的系统可以不同。基于故障的位置（即，故障在哪个区域）计算其他的连接线值，其他的层值等于由 Δ 值增加的故障区的参考断路器的层值，该 Δ 值可以由本领域的普通技术人员确定。

[0160] 进一步相对于图 27 的实施例，基本同时出现多个故障（不同区域上的多个故障），该系统将采用新的层和 ST 延时值来更新故障区，其可以由本领域普通技术人员确定。备用区中的断路器将具有它们的层和相应于每个故障调节的 ST 延时，其可以由本领域普通技术人员确定。

[0161] 相对于图 27 和相邻区域中的故障如果存在处于区内故障状态的多个区域，并且这些区域相邻（具有共享断路器的区域），那么该系统可指定层和对应于每个区域的元件断路器的故障类型的 ST 延时值。在为共享断路器设定新的值时，该系统将确保在一个故障区处于区内母线故障时，通过该区域成功设定共享断路器。在结合其他故障种类时，该系统仅在新的值大于先前的设定值时设定共享断路器的层和 ST 延时值。

[0162] 图 18 是采用电流方向数据来确定故障位置的本发明的实施例的流程图。该方法在步骤 S200 开始。接下来在步骤 S201，断路器进入到短时拾取。接下来在步骤 S202，预见系统上所有的故障断路器。接着步骤 S204，确定局部差动区域中的电流是流进还是流出 PDZ。如果电流流出 PDZ，那么在步骤 S206 什么也不做。然而，步骤 S206 可以替换地接着步骤 S207，其中对于区域故障之外，执行连接线断路器规则或计算。返回到步骤 S204，如果确定电流流进 PDZ，那么在步骤 S208，发现系统上的馈电线故障。在步骤 S210，确定 PDZ 的馈电线故障电流方向。接下来在询问 S212，确定故障电流是馈电线故障还是母线故障。如果询问 S212 的答案是母线故障，那么采用不限制，且短时（ST）拾取工作。如果步骤 S212 询问的答案是存在馈电线故障，那么在步骤 S214 执行 ZSI 规则。接着 ZSI 规则，改变 ST 延迟，就像前面提供的在表 1 矩阵中描述的那样。

[0163] 在干线断路器之前的故障电流方向的检测方法：

[0164] 绝对方向

[0165] 基于电源电路器中的电流相对方向的分析将得到非决定性的结果。在干线路侧上故障的情况下，基于电源断路器中的电流相对方向分析的将不能确定故障位置。左侧母线或者右侧母线将示出故障位于其中。两母线将示出连接线和干线，流进相对方向的电流示出故障结束。见用于示出不确定位置的标题为干线之前故障的故障分布的图 15。为了确定此种情形下的故障位置，需要了解通过干线断路器的实际电流方向。

[0166] 在基于单处理器的系统中，当前的位置数据可与存储在该基于单处理器的系统中的以前的位置数据进行比较。在检测到电流超过拾取阈值之后，当前以及以前的位置数据提供了故障之前的电压与故障之前和之后电流的比较。本发明的这个实施例将故障电流的相角和故障之前电流的相角进行了比较，并且检测了反相电流故障。故障之前的电压相量

可进行连续计算,更新和存储(尤其在其被更新(或之后)可以放弃先前的值)。当超过故障幅值的电流幅值超过时,来自预定数量的在先周期的电压相量用作参考值(即,20个周期)。反相通过180度相移来显示,同样,故障情形也可引入其他的滞后。因为电压在故障情形下相当大地减小,因此故障后相电压是反相信息的不可靠来源。在电压基本完全崩溃时,较小的剩余电压将是母线电压(IR)降,其与电压同相并且因此不经历需要确定反相电流故障的相差信息。对于上面解释的理由,采用方程式(3)实现的计算用于检测电流反相。

[0167] $150^{\circ} \leq \text{ang}(I) - \alpha \leq 250^{\circ}$ (3)

[0168] 对于方程式(3), $\text{ang}(I)$ 是正序电流相量的角度, α 是故障之前的电压正序相量。正向电流的期望理论角度对于纯阻性到纯感性电流位于0度到90度的范围内。电流反向增加180度,并处于约180度到270度的范围内。特别是,正向角对于阻性到非常感性的负载可以在约0度到60度的范围内。上述方法和方程式识别了导致约70度滞后($-30^{\circ} \leq \alpha \leq 70^{\circ}$)的从负载电流移相约30度的故障。可补偿故障之前的正序电压相量,以用于采样速度和频率之间的任何不匹配。为简便起见,在上述公式中忽略了这种补偿;然而本领域的普通技术人员可以进行补偿。

[0169] 接下来是方程式(4),其可在每相电流上周期性的实现以确定故障电流。

[0170] $(I_{\text{RMS}})^2 \geq (P_{\text{RC}})^2$ (4)

[0171] 对于方程式(4),反向电流拾取方程式, I_{RMS} 从每相的1/2周期电流采样中计算得到, P_{RC} 是为被考虑的干线断路器选择的反相电流保护设定值。一旦确定流过干线的电流已经超过反相电流拾取的拾取阈值,那么可进行一系列的计算,通过参考故障之前的正序电压来比较故障之前的正序电流和故障之后的正序电流之间的角度关系。如果确定该电流反相,那么故障在器件之前。由于对于正向电流协调分析不需要考虑这种反相电流设定值,那么该拾取电平可以相当的低,只要需要就使延迟形成可靠的跳闸决定。即使通过反相正向故障的等级而实现的这种反方向时,区域选择互锁也能提供保护的备用电平。

[0172] 应该注意,在本发明的这个实施例中,1) 期望故障电流的范围, CT严重饱和,导致大的差动误差;以及2) 每个子变压器的单个差动区域用于使得系统正确跳闸。

[0173] 我们已经再次调查这些问题,并且合成了并行双端系统中位置母线和反相故障面临CT饱和而不需要测量变电站变压器电流的功能。这种情况在图29中示出。

[0174] 本发明的这种系统中的实施例由次级侧上固定接地的两个变电站变压器进行双反馈。三个断路器全部闭合。问题情形是图29的位置1,2,3,4或5处的任何一种固态故障。该问题就是,尽管更早检测出从流过这些位置上的故障的全部三个断路器的大电流量的故障,但是基于电流的相对幅值的故障位置并不工作。需要另一种方案来确定故障是内部还是外部的,还确定故障位于连接线断路器的哪一侧上(左侧或右侧)。

[0175] 这些确定可使用的方法基于下面的发现(再一次参考图29):1) 对于位置2和4上的内部故障,流过干线断路器的电流位于相同的方向;2) 对于位置1和3上的内部故障,流过干线断路器位于相反的方向;3) 通过比较流过连接线断路器的电流和任何一个干线断路器的电流可以在位置2和4之间区分;4) 不能单独基于电流的相关方向来区分位置1和3。(似非而可能是的,可以在触发馈电系统中进行。)然而,同样通过查看电压和电流之间的相角,可以在故障位置1和3之间区分。

[0176] 本发明实施例的方法包括下面的步骤:

[0177] 对于每个干线断路器和连接线断路器,在一个周期窗口上每 1/2 周期计算相量值的正序电流。如果在 PT 连接中存在任何转动,那么还计算母线的正序电压和相对于中间相角基准系的校正值。每 1/2 周期进行计算,而不管是否存在故障。通过查看实际测试波形,即使在面临严重的 CT 饱和时,也可以确定相量对于该方法是足够精确的。

[0178] 本文中描述的方法包括每 1/2 周期运行然后集成它们的保护计算的批处理。该方法通过超过预定阈值的干线断路器或者连接线断路器上的故障电流的一个或多个幅值来触发,而不需要在一条馈电线上出现明显的故障。这是存在母线故障或者反相故障的一种指示,其中这种指示通过连接线断路器进行反向馈电(即反馈)。

[0179] 通过比较流过干线断路器 M1 的正序电流的相角和流过干线断路器 M2 的正序电流,来确定故障是内部(位置 2 或 4)还是外部(位置 1 或 3)的。如果两个电流同相,那么故障是内部的,反之是外部的。

[0180] 如果故障是内部的,那么确定通过比较流过正路断路器的正序电流和流过一个干线断路器的正序电流的相角来确定其位于连接线断路器的哪一侧。尽管因为电流幅值较大的干线断路器提供一些更精确的结果因此是更好的选择,但理论上,可用任何一个干线断路器来进行比较。

[0181] 如果故障是外部的,那么通过比较由于流过连接线断路器的正序电流而导致的压降方向和母线上故障之间的正序电压来确定它的位置。由于电流所导致的正序电压降通过将它与一个变电站变压器的标称复阻抗相乘而计算。所用的阻抗幅值对于这种计算并不是重要的;然而,阻抗相角应基本正确。

[0182] 每 1/2 周期计算故障位置。不论何时在给定位置发现故障时都总共两次宣布故障位置。这将耗时约 1 个周期,但也可能耗时 1.5 个周期。

[0183] 当确定故障位置时,跳闸恰当的断路器。对于位置 1 的故障,仅跳闸干线断路器 M1。对于位置 2 的故障,跳闸连接线断路器和干线断路器 M1。对于位置 3 的故障,仅跳闸干线断路器 2。对于位置 4 的故障,跳闸连接线断路器 TIE 和干线断路器 M2。

[0184] 注意,系统中特定点处的故障=导致保守(conservative)操作。为了克服保守操作,在可替换实施例中每个断路器提供两个 CT。然而,每个断路器两个 CT 成本太大。例如,考虑位置 Rt5 处的故障,该方法将其定位成连接线断路器左侧的内部故障,结果导致在仅仅跳闸一个干线断路器 M1,M2(也没有连接线断路器 TIE)就已经足够了的情形下跳闸了连接线断路器 TIE 和干线断路器 M1,M2 中的一个。

[0185] 这种方法的其他计算如下。除了计算电压和电流的正序分量的公式之外,使用两个更多的方程式来计算故障方向。首先,存在确定两个电流是在相同方向还是在相反方向的公式。这可通过采用其中一个电流与该电流的复共轭的乘积的实部来实现。如果该实部为正,那么电流大致同向。如果该实部为负,那么电流大致处于相反方向。这个公式是鲁棒性(robust)的,并且允许了两个被计算相量之间存在大到 90 度的相角误差。

[0186] 例如,流过两个干线断路器的电流的相对方向测试从直角坐标系中它们的正序相量值计算得到,如方程式(9):

$$[0187] \quad \text{Real}(\bar{I}_{\text{main } 1} \cdot \bar{I}_{\text{main } 2}^*) > 0?$$

[0188]

$$\bar{I}_{\text{main } 1} = \text{通过干线 1 的正序电流相量}$$

[0189]

 $\bar{I}_{main2}$ = 通过干线 2 的正序电流相量

[0190] * 表示复共轭

[0191] 存在类似的测试,来确定正序电流所引起的等效电压降与故障之前的正序电压是否同相。其他步骤是将正序故障电流与变电站变压器的复阻抗的近似值相乘。不需要采用阻抗的确切幅值。仅要求相角大致准确,这样具有一个幅值的阻抗可用在下面的方程式(10)中:

[0192] $\text{Real}(\bar{I}_{tie} \cdot \bar{Z} \cdot \bar{V}_{bus}^*) > 0?$

[0193]

 $\bar{I}_{tie}$ = 通过连接线的正序电流相量

[0194]

 $\bar{Z}$ = 变电站变压器的近似复阻抗

[0195]

 $\bar{V}_{bus}$ = 故障之前的母线电压

[0196] * 表示复共轭

[0197] 修正故障之前的电压而不是实际的母线电压的原因在于故障之前的电压给出了更好的方向显示,这是因为它与变电站变压器初级侧的等效电压同相。可替换地,如果初级电压可利用,那么我们采用那些值;然而,它们不可用。因此,故障之前的电压为计算提供了足够的精度。

[0198] 时序分量而不是单个相量的使用简化了计算,使得故障种类的识别并不必要。然而,识别和校正 PT 连接中引入的相量旋转是非常重要的。例如,如果使用了线线电压变压器,那么必须将所计算的母线电压相量旋转 60 度。

[0199] 图 30 是示出本发明实施例中的电流的电路图。主 CB 将看见从包括现在提供故障分布的马达负载的所有其他电源的故障电流贡献。该马达贡献可以明显,也可以不明显。其中 $C2 = C1 + \text{马达贡献}$, 电流仍然流过负载。

[0200] 图 31 是示出本发明实施例中的电流的电路图。干线和连接将发现来自电源 2 的相同的电流 (C_1)。干线断路器中的一个还可发现来自马达贡献的其他电流。马达贡献可以继续负载电流,或者可以不明显。在图 31 中的 I 上,电流幅值基本相等,仅通过器件的方向不同。

[0201] 图 32 是示出本发明实施例中电流的电路图。主母线均发现干线电流和连接线电流处于相反方向(1 内和 1 外)。因此相对方向比较将显示通过故障和不在故障情形下。馈电线故障电流分布可以或者可以不呈现用于检测的足够幅值,这样它就不是相对电流比较的可靠来源。

[0202] 图 33 是示出本发明实施例的故障之前的正序相量的图表。故障之前的情形在完全滞后感性到完全超前的范围之内。电流将不完全滞后 (-90 度),或者完全超前 ($+90$ 度) 电压。商用和工业电力负载趋向于在从略微容性到中等感性的范围内。正向电流的角度在约 -90 度到 $+90$ 度的范围内。

[0203] 图 34 是示出本发明实施例的故障之后的正序反向故障电流相量以及故障之前的正序电压参考相量。故障之前的情形在完全滞后的感性到完全超前的范围内。电流将不完

全之后(-90度),或者完全超前(+90度)电压。商业和工业电力负载趋向于在从略微容性到中等感性的范围内。正向电流的角度将在约-90度到+90度的范围内。注意,允许干线的线路侧上的容性负载和相对小的故障幅值将要求考虑左下象限。精确的功能还将包括该区域内的相量。

[0204] 在本发明的实施例中,在上述公开的专利参考文献中的系统提供了反向故障功能。该功能与DZSI功能独立。在本发明的一个实施例中,在每个行列(line-up)基础上选择反向故障功能;其中存在作为系统中干线断路器分类的每个断路器的这种功能的一个实施例。智能电子器件(也称作继电器)执行保护路径,即每半个周期,对于60Hz是每8.333ms,对于50Hz是每10.000ms。

[0205] 这种保护功能可以与短时过流保护继电器相同的方式操作。该功能的有效性与节点结构无关。IED或继电器的反向电流保护功能可以检测各种故障幅值上的反向电流故障情形。

[0206] 反向电流拾取

[0207] 术语拾取表示对于给定的功能来说,一相或多相上的电流达到或者超过阈值,或者指定量。由于存在多个故障情形,可采用例如,一用于相角比较的3相,单相,相对中间线,正序电流和电压,同样可由本领域普通技术人员确定。

[0208] 以下,对于补偿的故障之前的电压相量的计算涉及关于故障相量的部分。过去的电压相量是例如在n-40的半个周期计算的电压相量。其中n是用于计算电流相量的电流数据的半个周期。这充分地意味着由于是系统的开始,对于例如40个半周期中的第一个继电器将不操作。一旦构建了所有的故障之前的数据,继电器将记录表示从现在开始准备执行保护任务的对应事件。在操作的整个过程中,继电器将继续收集故障之前的数据,放弃每个保护路径中最老的时间位置上的信息。如果故障之前的电压相量幅值,例如,低于额定电压的75%,那么该相量被考虑成比较无效,并且假定第二拾取情形故障。在那点上,继电器不进入拾取。

[0209] 故障之前的电压和故障电流相量之间的角度基本连续检测,只要电流电平高于拾取设定值即可。如果在三个连续的半周期之外的任何两个中检测到反向情形,那么继电器将宣布故障为反向故障,并且进入拾取。一旦继电器处于拾取状态,那么它将继续加热加法器直到电流下降到掉电电平为止。掉电将不对故障之前的电压和实际电流角度起作用。一旦继电器宣布故障为反向电流故障,即使继电器从拾取中降压,那么它将认为故障为反向的,直到加法器完全冷却为止。这意味着如果电流电平在其已经低于掉电电平之后但在加法器有过冷却机会之前高于拾取设定值一次或多次,继电器将不执行角度检测,从而确定故障是否是反向电流故障。相反,假定故障是与检测之前的故障相同的故障,进入拾取状态。

[0210] 如果给定干线断路器不在拾取状态,反向电流加法器等于零,那么系统将不修正该断路器的加法器。如果给定干线断路器处于拾取状态,那么系统将“加热”该断路器的加法器。如果给定的断路器不在拾取状态,并且加法器不等于零,那么C/CPU将“冷却”该断路器的加法器。

[0211] 相量旋转补偿

[0212] 反向电流保护继电器将从公知的频率方法中得到频率测量。对于得到的每个电压

相量,将得到对应的系统频率。本领域的普通技术人员可进行旋转调整。本领域的普通技术人员对于例如相角偏量的值来实现补偿功能。

[0213] 反向电流加热。不论何时至少一相的均方输入电流超过反向电流拾取阈值而不管电流和电压方向测试的结果,反向电流加法器将增加或“加热”。

[0214] 其中反向电流加法器更新的方式将取决于进行选择的反向电流保护曲线的类型,以及 I_{RMS}^2 的值。该加法器更新将由本领域普通技术人员来确定。

[0215] 方向电流冷却

[0216] 当反向电流功能落在拾取之外时,反向电流加法器将以称作“冷却”的程序进行减小,从而缩短跳闸的任何接下来的时间。冷却时间常数固定为例如 80 毫秒。本领域的普通技术人员也可确定其他的冷却常数。

[0217] 反向电流操作

[0218] 反向电流继电器由两个干线构建块构成。第一个与短路保护元件的功能非常相似。当电流上升为高于拾取电流并且下降到低于掉电电平时分别加热和冷却加法器。然而,该继电器并不宣布进入拾取和从拾取中出来。仅当继电器的第二部分检测到电流和电压以相反的方向流入时进行这种决定。

[0219] 继电器的第二部分负责检测哪个方向(下游或上游)的故障电流流入。如果继电器的第二部分未检测到电流处于与电压流入方向反向的方向,即使加法器电平高于或者等于跳闸阈值,该继电器仍不跳闸该断路器。如果加法器高于拾取电平,并且电流和电压的正序分量分开预定量,继电器进入拾取状态。一旦发生那样的情况,无论何时加法器电平到达跳闸电平,继电器就准备跳闸断路器。

[0220] 反向电流拾取和跳闸时间精度

[0221] 反向电流拾取和跳闸时间精度与其他单点过流保护继电器类似。

[0222] 误差补偿提示

[0223] 将大多数的误差预算分配给传感器以及节点的电子器件。然而,存在其中 C/CPU 或系统影响精度的两个位置。第一个是由 C/CPU 或系统实现的实际函数。这些方程式或函数在固定点数据上操作并且不是其他误差的来源。其他 C/CPU 或系统可以影响测量精度的第二种方法是广播同步信息给节点的时间。如果将广播信息在与额定(60Hz 为 8.3333 毫秒,50Hz 为 10.0000 毫秒)非常不同的间隔上发送出去,那么将影响拾取计算的精度。

[0224] 检测错误的相位旋转

[0225] 继电器将确定系统的结构化相位旋转是否对应于实际情况。继电器将采用电压的正序分量来完成这个任务。如果计算的正序分量低于标称电压值的 25%,继电器将停止操作,记录对应的事件。只要正序分量一再超过 25%的极限值,继电器将再开始操作。

[0226] 这些比较加上正确的误差补偿,冷却和加热计算用于在任何断路器上提供快速的反向故障保护。这种方法在干线断路器上检测与多电源系统并联的反向馈电故障电流或者当大多数马达贡献可提供所需的电流来识别故障时是有效的。

[0227] 图 19 是用于确定故障位置的本发明实施例的流程图。该方法在步骤 S100 处开始。接下来在步骤 S101,确定 I 是否大于 I_{pickup} 。如果 S100 确定的答案为否,那么在步骤 S103 确定蓄电池的值是否大于零。如果步骤 S103 的询问答案为否,那么该方法在结束步骤 S110 进行结束。如果步骤 S103 询问的答案为是,那么系统在 S107 减少或者冷却(冷却是在例

如软件或硬件编程中为冷却所用的术语)。在 S107 冷却步骤之后,该方法在结束步骤 S110 结束。

[0228] 返回到图 19 的步骤 S101,如果其中确定 I 是否对于 I_{pickup} 的 S101 的询问答案为是,那么在步骤 S102 中将 $I_{present}$ 与 $V_{historic}$ 进行比较。一旦确定流过干线断路器的电流超过用于反向电流拾取的拾取阈值,运行一系列计算,通过将两者与故障之前的正序电压而比较故障之前的正序电流和故障之后的正序电流之间的角度关系。接下来,在步骤 S105,当确定反向故障情形时设定备用保护。可替换地,在步骤 S104,累加器增加(或者加热)。加热是例如在软件和硬件编程中用于累加的术语。接着步骤 S104,在步骤 S106 确定累加器设定值高于还是等于延时的最大设定值。如果确定累加器不大于或等于延时的最大设定值,那么该方法进行到结束 S110。如果在步骤 S106 确定累加器设定值大于或者等于延时最大设定值,那么接下来在步骤 S108,继电器操作。接下来在 S110 结束继电器操作。可替换地,该方法在步骤 S101 再次继续开始并且接着上述步骤。

[0229] 总结

[0230] 方向性灵敏的基于区域的保护

[0231] 基于下面的这种方案,对于保护工程有用,为多电源系统,或者具有能大致进行马达贡献的大马达负载或者具有并行工作的多电源的单电源系统提供基于区域的保护系统。该保护系统或者基本同时工作的子系统是:

[0232] 母线差动保护

[0233] 干线上的短时反向电流检测

[0234] 干线和连接线之间的短时方向性区域互锁

[0235] 它们之上的具有分段的馈电线上的短时方向区域选择互锁

[0236] 在其他 ZSI 功能几乎同时工作能操作的馈电线上的瞬时跳闸功能

[0237] 该瞬时跳闸功能由其中采用数字跳闸装置和方法得到瞬时跳闸的几种方法中的任何一种实现。如果不希望由于母线故障或者单个馈电线故障的马达贡献所导致的瞬时跳闸,那么将该瞬时值设定为高于可能的最大马达贡献。

[0238] 包括那些用于断路器基本同时操作的短时功能可继续起作用,而不管瞬时跳闸功能的初始化,只要将系统设计和设定成执行如上所述的即可。这种设计可以通过本领域的普通技术人员实现。

[0239] 与其他功能独立地执行母线差动功能,继续起作用,只要单个电流不超过例如区域内任何 CT 的额定值的 10 倍即可。母线差动可设定为明显低于任何干线或连接线上的短时拾取电平,与其他方法相比可提供最灵敏的故障保护。由于母线差动功能仅适用于母线故障,因此该设定值与系统中为优化选择性或维持负载所设定的其他设定值。

[0240] 干线上的反向电流保护在本实施例中单独操作,当满足反向电流方程式或函数时,如果提供包括中压变压器干线,那么发出跳闸信号给恰当的断路器。如果其他电源能继续维持负载,由其他瞬时跳闸函数来基本同时阻断操作相同反向电流方程式或函数,从而防止不必要的多余跳闸。

[0241] 本发明的函数能可靠地计算和两个半周期的电流数据一样少的故障信息。各种几乎同时操作的各种函数的组合可提供在具有多个电源和闭合连接的开关线路上的母线之前,之内和之下的故障位置的识别,而不管相对于馈电线断路器的瞬时设定值的马达贡献

幅值。母线差动功能的最小灵敏度使得母线额定电流之下的故障可被定位并且各种瞬时跳闸函数使得故障达到设备的短路额定值,如果断路器使得它可以采用 1 周期数据进行检测和定位的话。

[0242] 设定值,电路以及精确检测和清除时间的极限值取决于本发明实施例并在本文中进行描述的方程式,函数和设定值的特定实施方式以及用于实现本发明的实施例的器件。

[0243] 例如,这些实施方式在 2500kVA 变电站上的网络效应在标题为 TCC:MCCB,Swgr 馈电线和 Swgr 母线的图 16 中的时间电流曲线上示出,其中该变电站具有 4000A 的干线和连接,在变压器之前具有 1600A 馈电线和真空断路器(CB)。用于补偿在 1600A 馈电线之下增加了限流模型断路器。

[0244] 时间电流曲线(TCC)示出了下面的器件:

[0245] 应用到母线上的 250A 模型限流 MCCB,其中该母线具有用于 30kA 螺栓故障,100% 用于 17,100A 电弧故障,85%的 14,500 电弧电流。

[0246] 应用到系统上的 1600A LVPCB 馈电线,该系统具有 65kA 的总螺栓故障电流,100% 在馈电线负载侧计算的电弧为 30,500A,85%为 26,00A,单电源。

[0247] 4000A 可从一个电源得到的 62kA 的螺栓故障电流。采用在 800A 时设定为拾取的母线差动保护和起作用直到 40,000A 并与 92ms 内延迟清除组合保护。区域选择性功能维持了干线操作,同时最小延时所有的路径到最大故障值。

[0248] 此外,主 CB 能将负载侧从任何线路侧故障情形隔离或者如果像在闭环暂态变换过程中提供并联电源。该函数能发现与 87B 怎样在图 16 中示出的相同的明确的时间函数。该反向保护未在该 TCC 上示出。馈电线保护和主母线保护是完全具有选择性的。MCCV 可基于其电流极限值容量来完全选择。

[0249] 馈电线下游的被计算弧闪电流由同时操作的器件进行中断,主母线电弧电流由以最小时间段操作的器件来中断,例如,在 480V 上能量等级如下:

[0250] 主母线,62kA I_{bf} ,32mm,24",.092s $\Rightarrow$ 7.9cal, HRC2

[0251] 主母线,62kA I_{bf} ,32mm,18",.092s $\Rightarrow$ 12cal, HRC3

[0252] 馈电线终端,32mm,18",.05s $\Rightarrow$ 6.5cal, HRC2

[0253] MCCB 母线,30kA I_{bf} ,25mm,18",.05s $\Rightarrow$ 3.8cal, HRC1

[0254] MCCB 终端,25mm,18",.017s $\Rightarrow$ 1.3cal, HRC0

[0255] 上面列出的弧闪能量值不能反应用于弧闪性能的这些器件的实际测试结果,其总体导致较低的故障能量值不能为进一步降低值的马达贡献减少负责。计算上面列出的弧闪能量值;本领域的普通技术人员可以实现弧闪能量的计算。

[0256] 这里撰写的说明书采用了实施例来公开本发明,包括最佳模式,并且还能使得本领域的技术人员实现和利用本发明。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员可想到的其他实施例。如果它们的结构元件与权利要求的文字语言并没有不同,或者如果它们包括与权利要求的文字语言基本没有不同的等效结构元件,那么这些其他的实施例将要包括在权利要求的范围内。

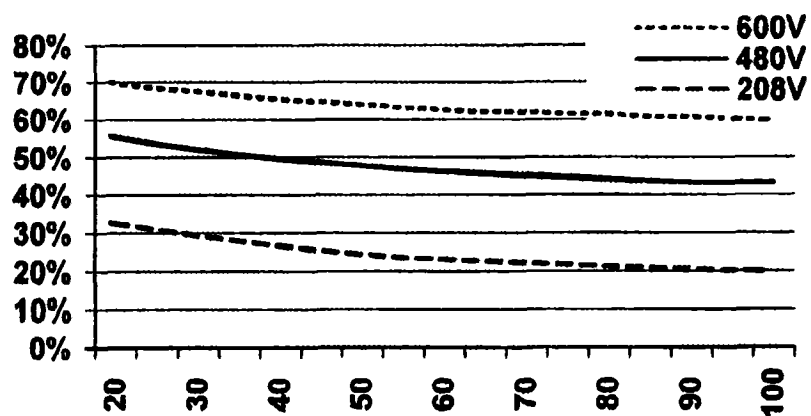


图 1

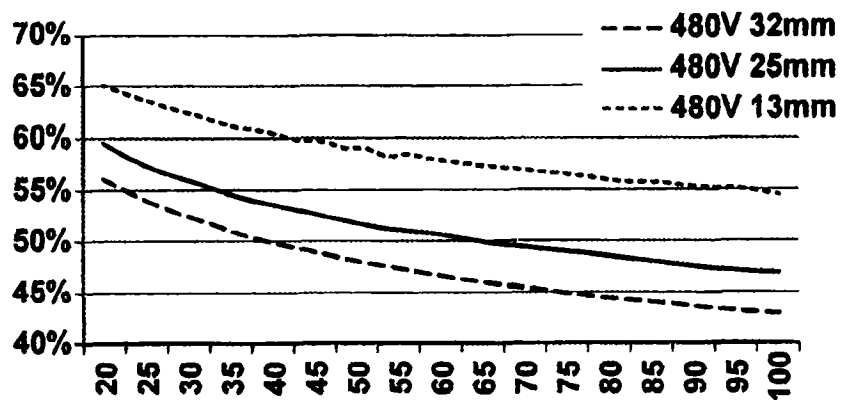


图 2

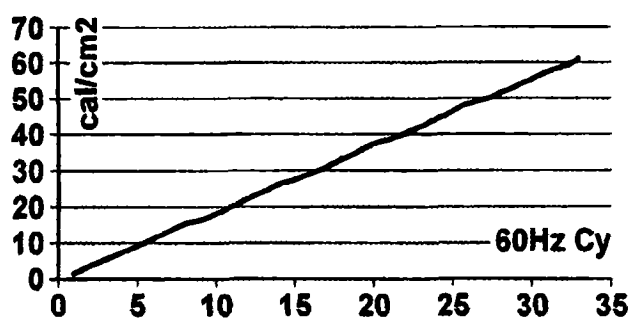


图 3

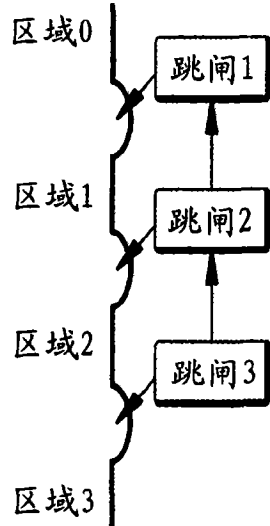


图 4

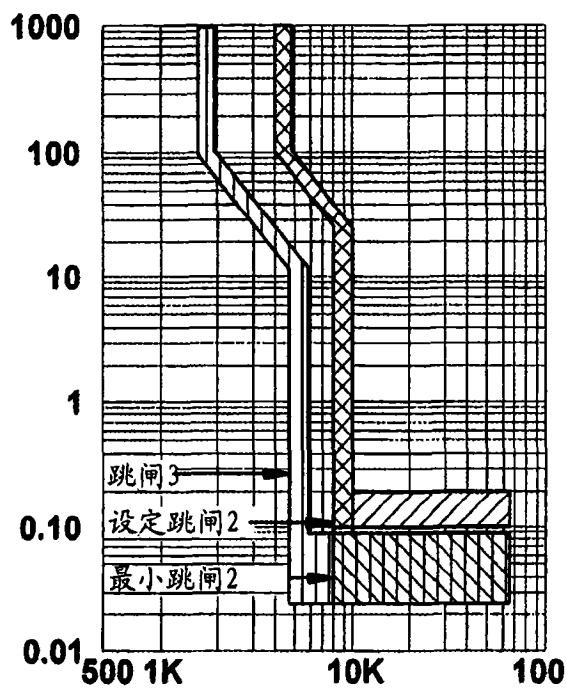


图 5

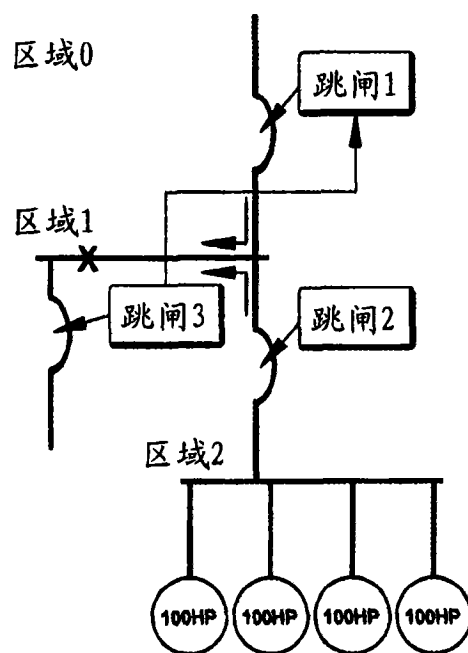


图 6

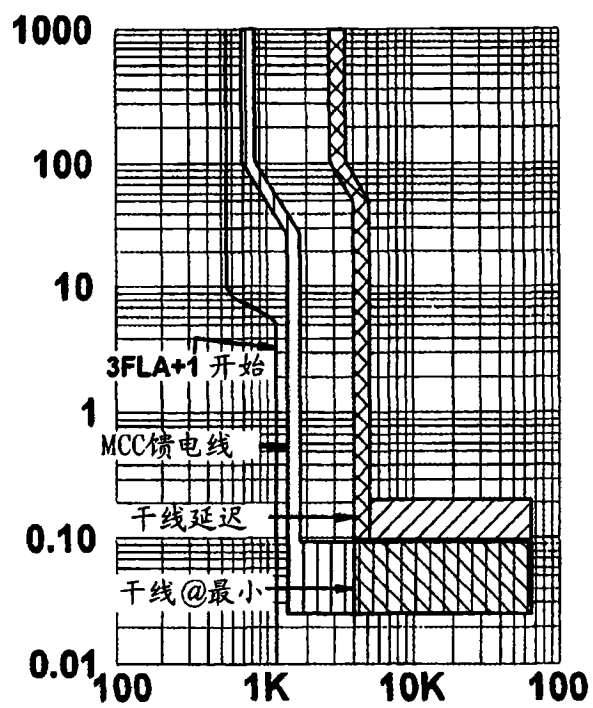


图 7

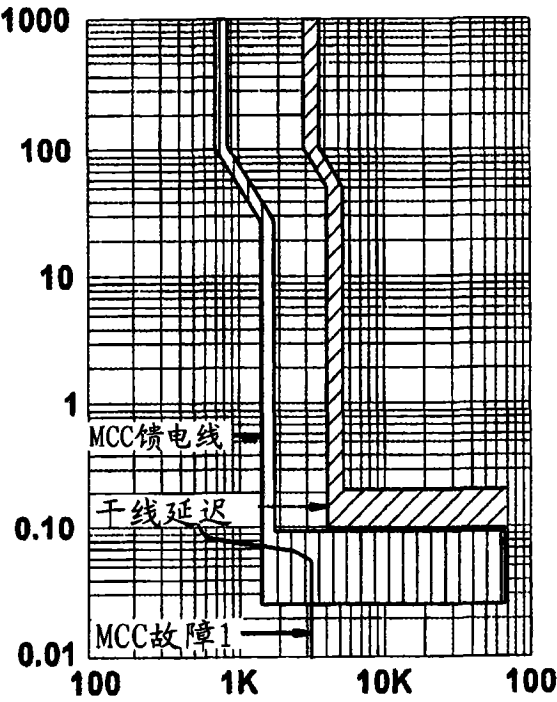


图 8

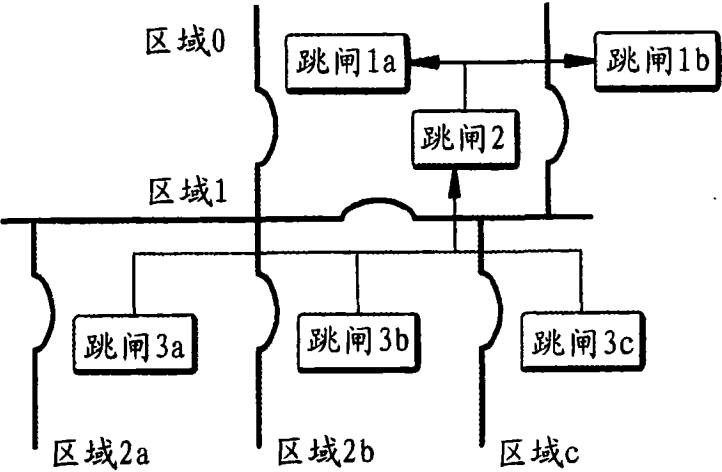


图 9

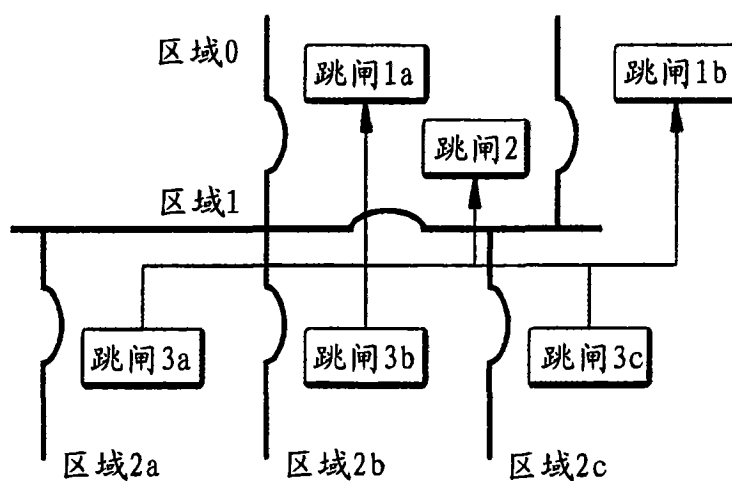


图 10

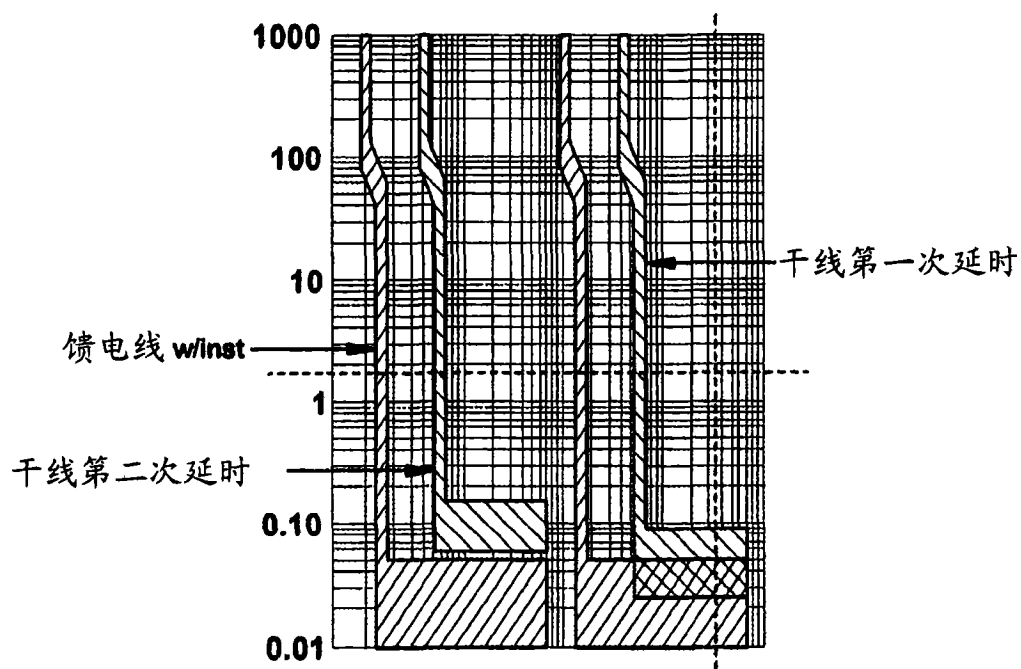


图 11

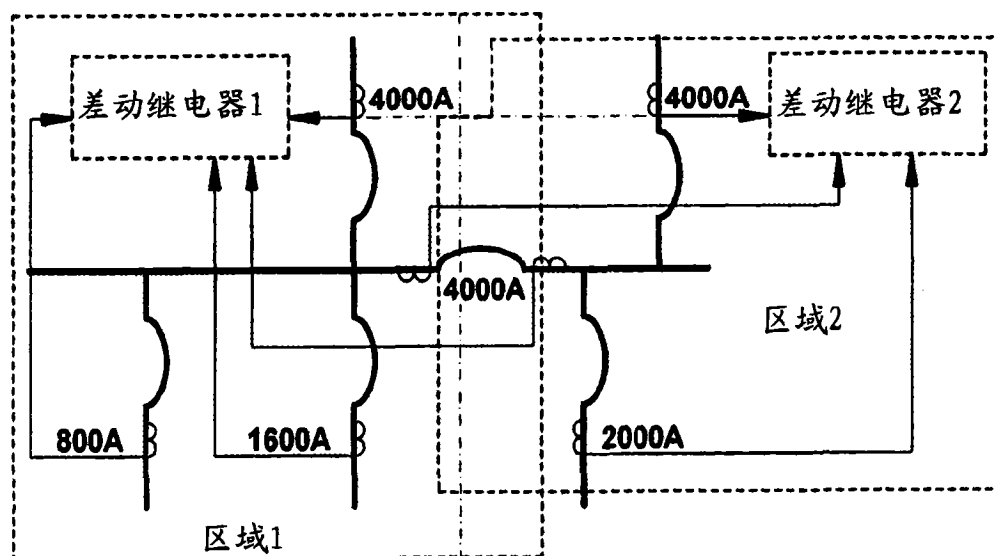


图 12

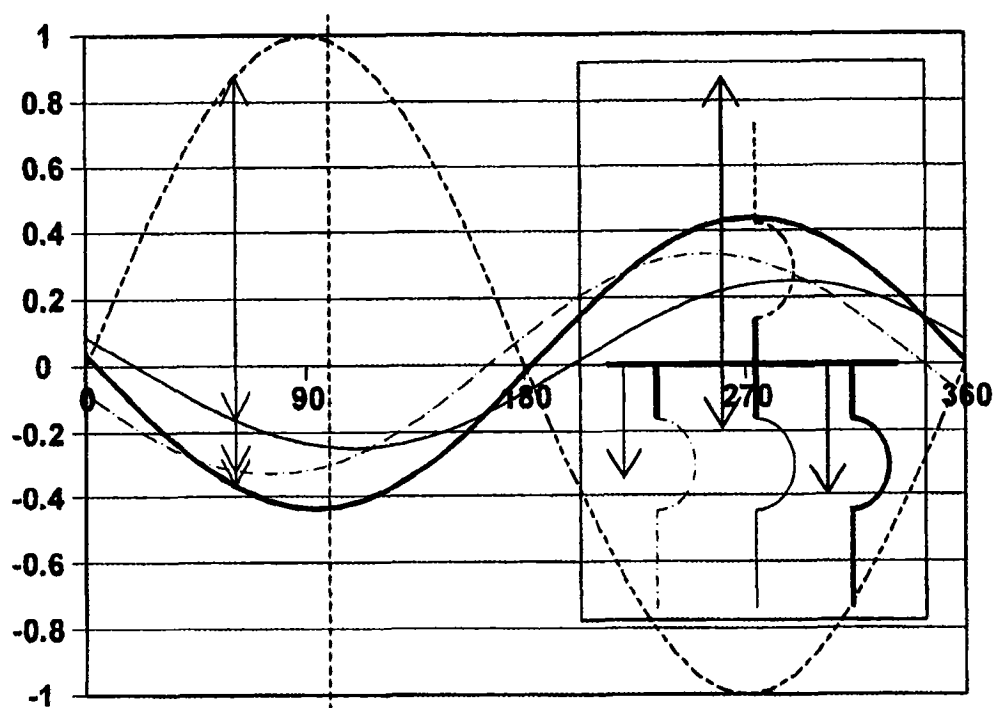


图 13

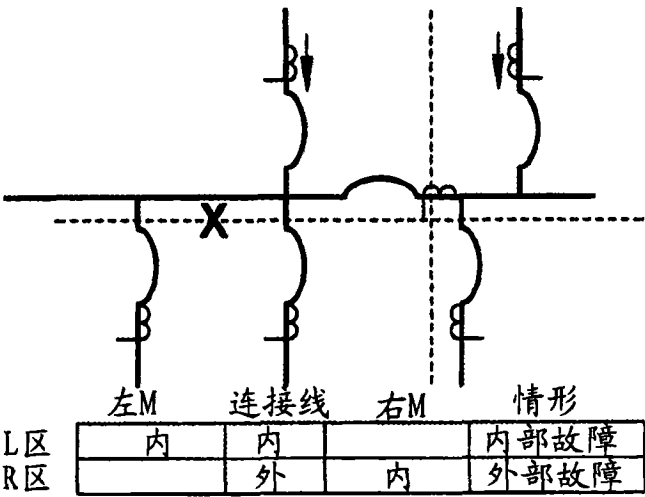


图 14

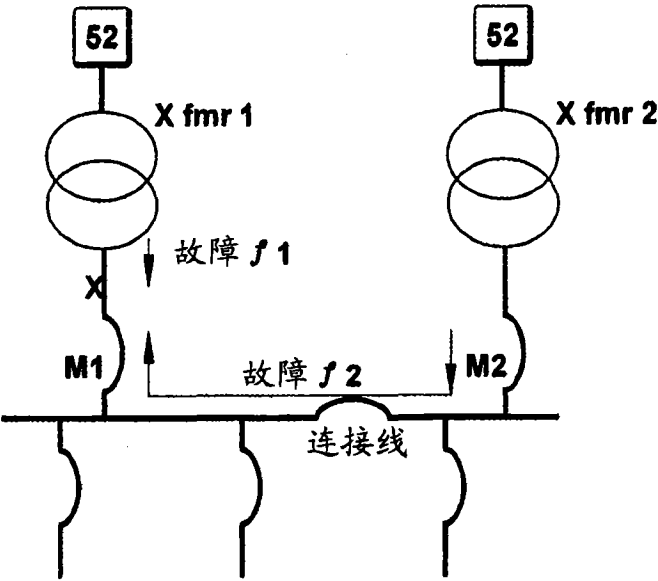


图 15

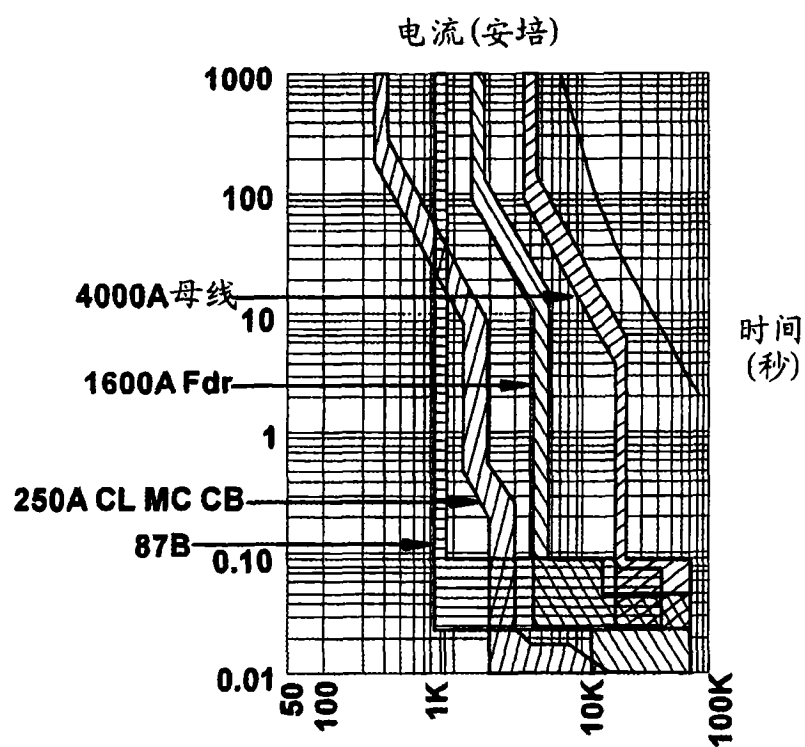


图 16

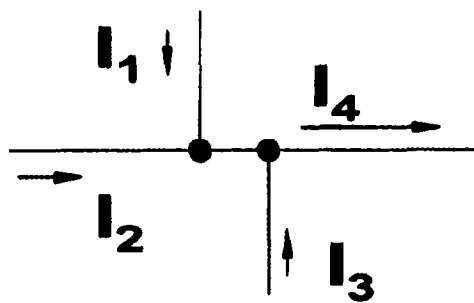


图 17

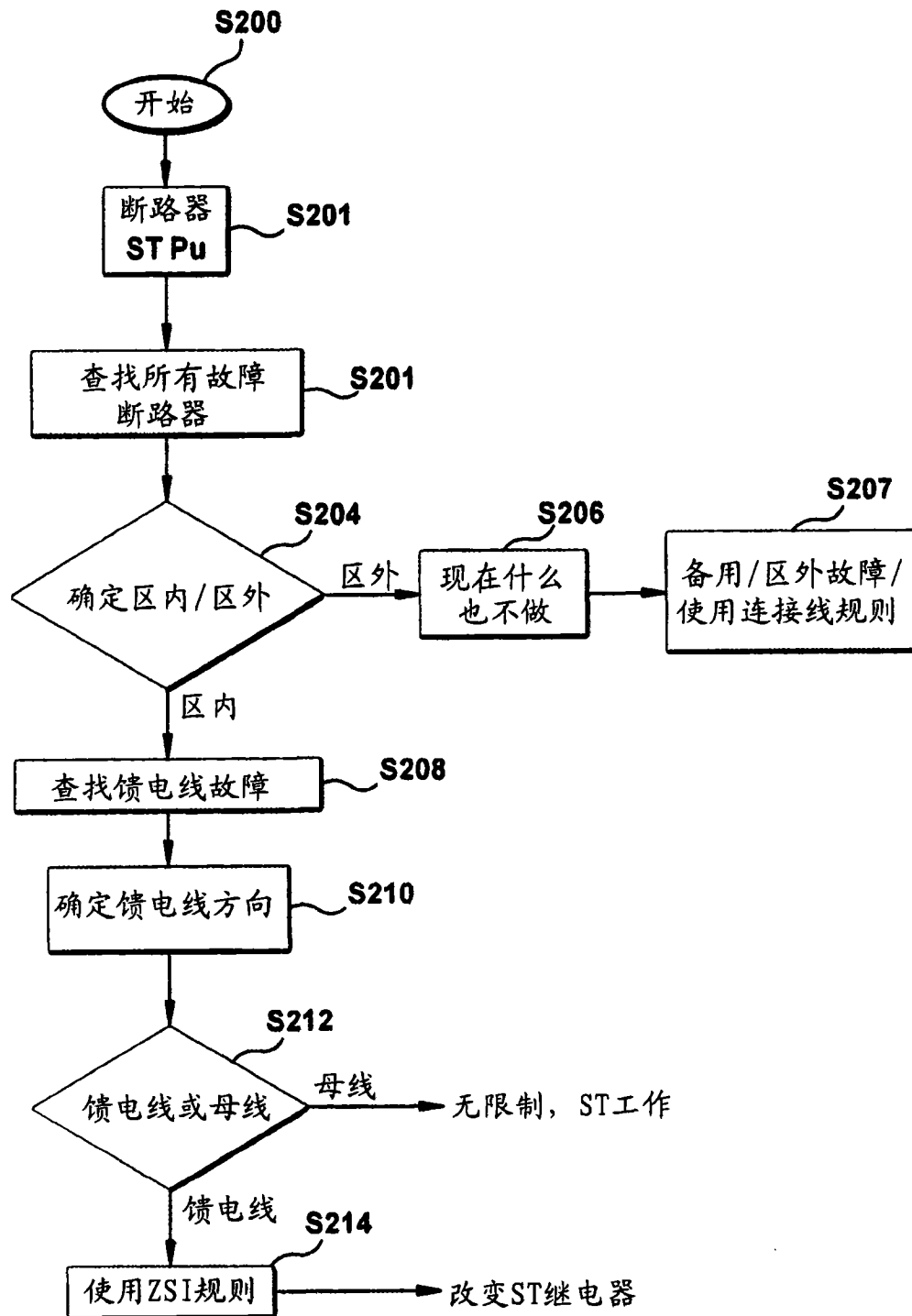


图 18

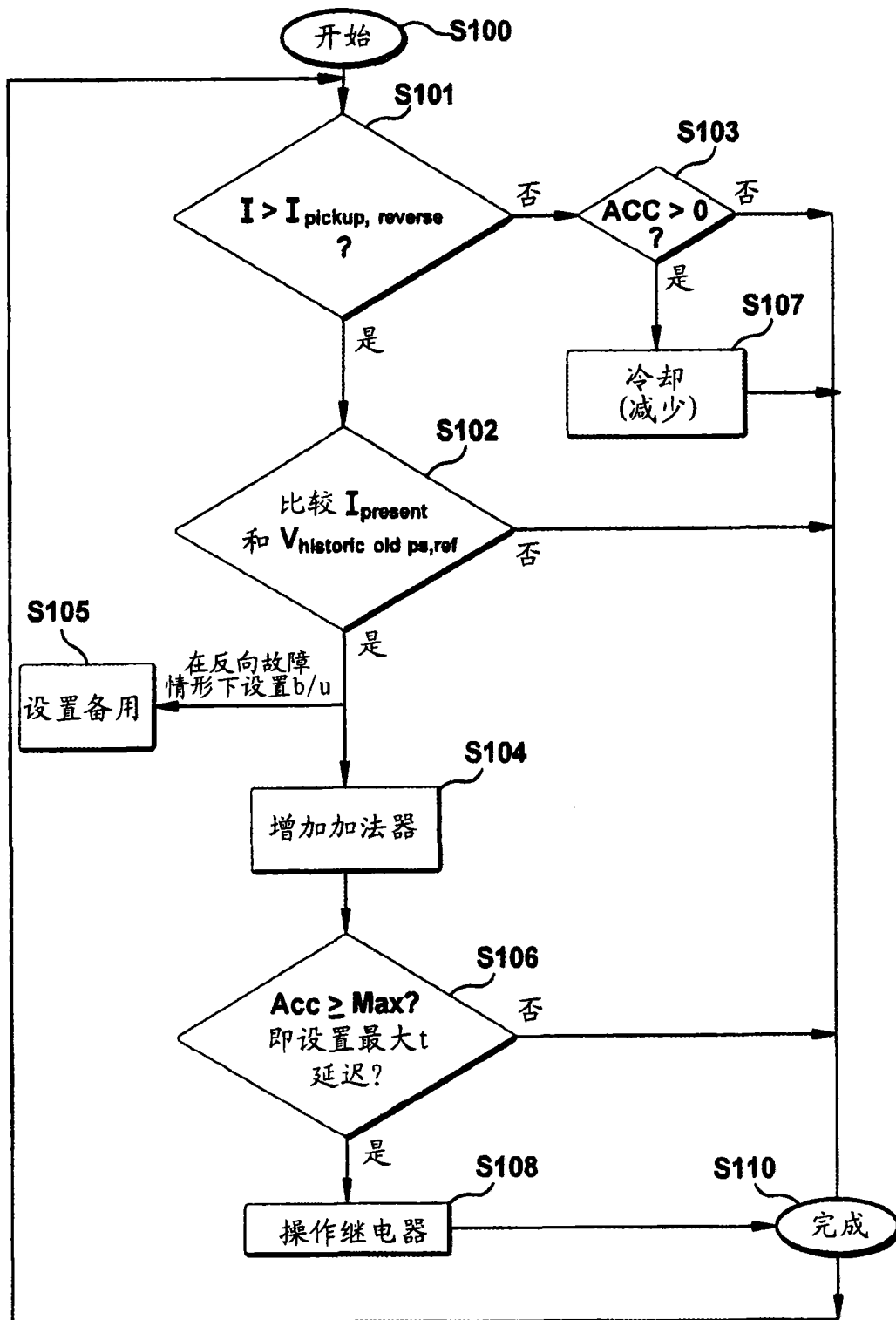


图 19

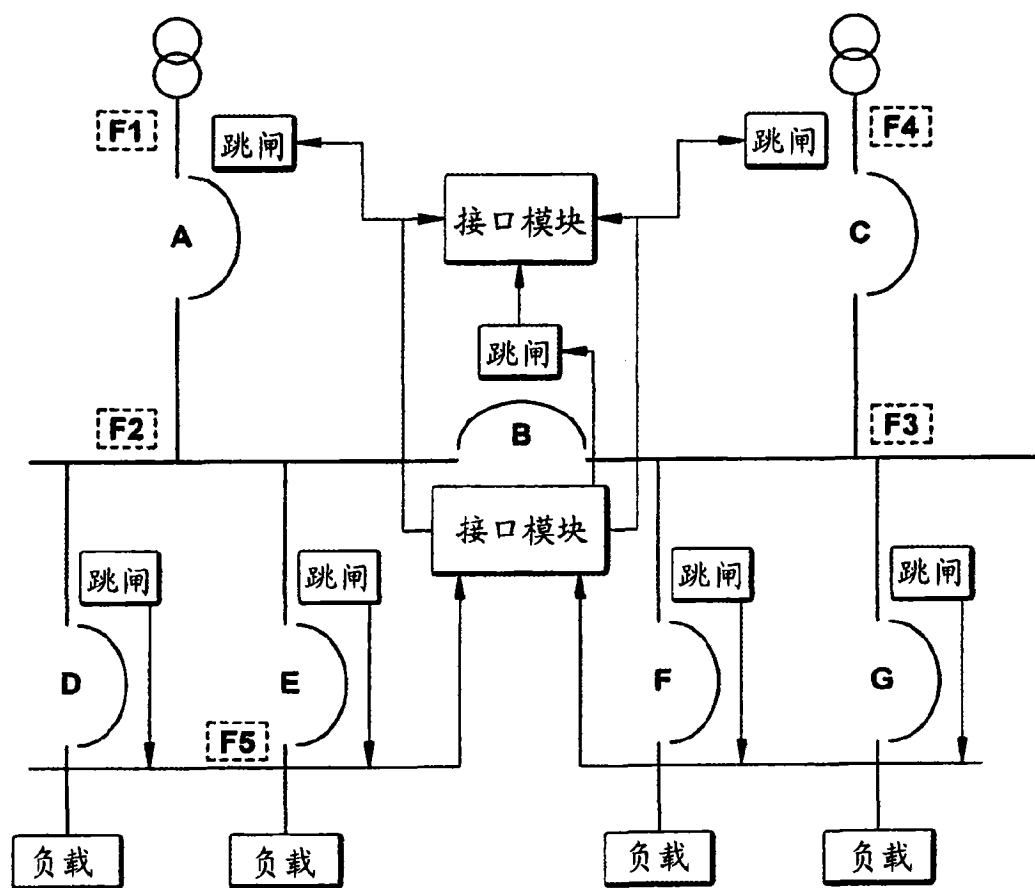


图 20

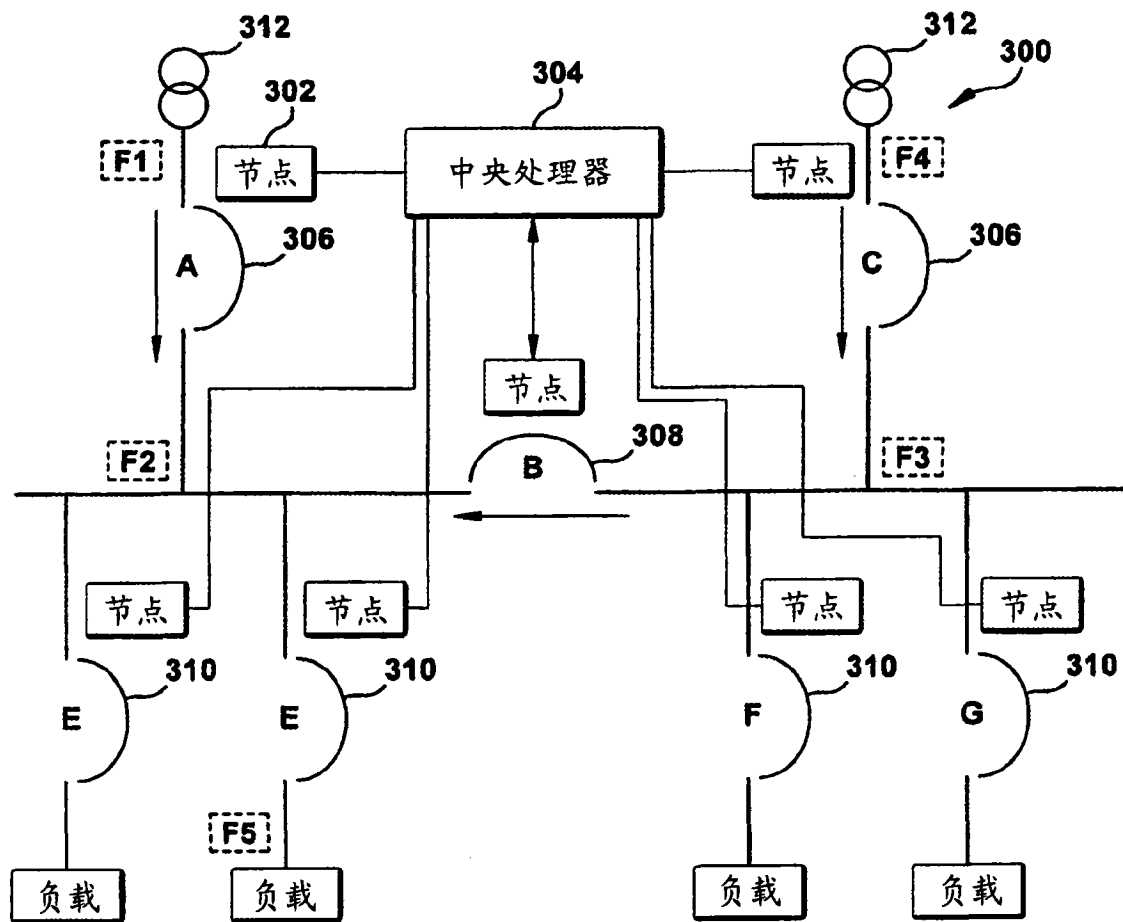


图 21

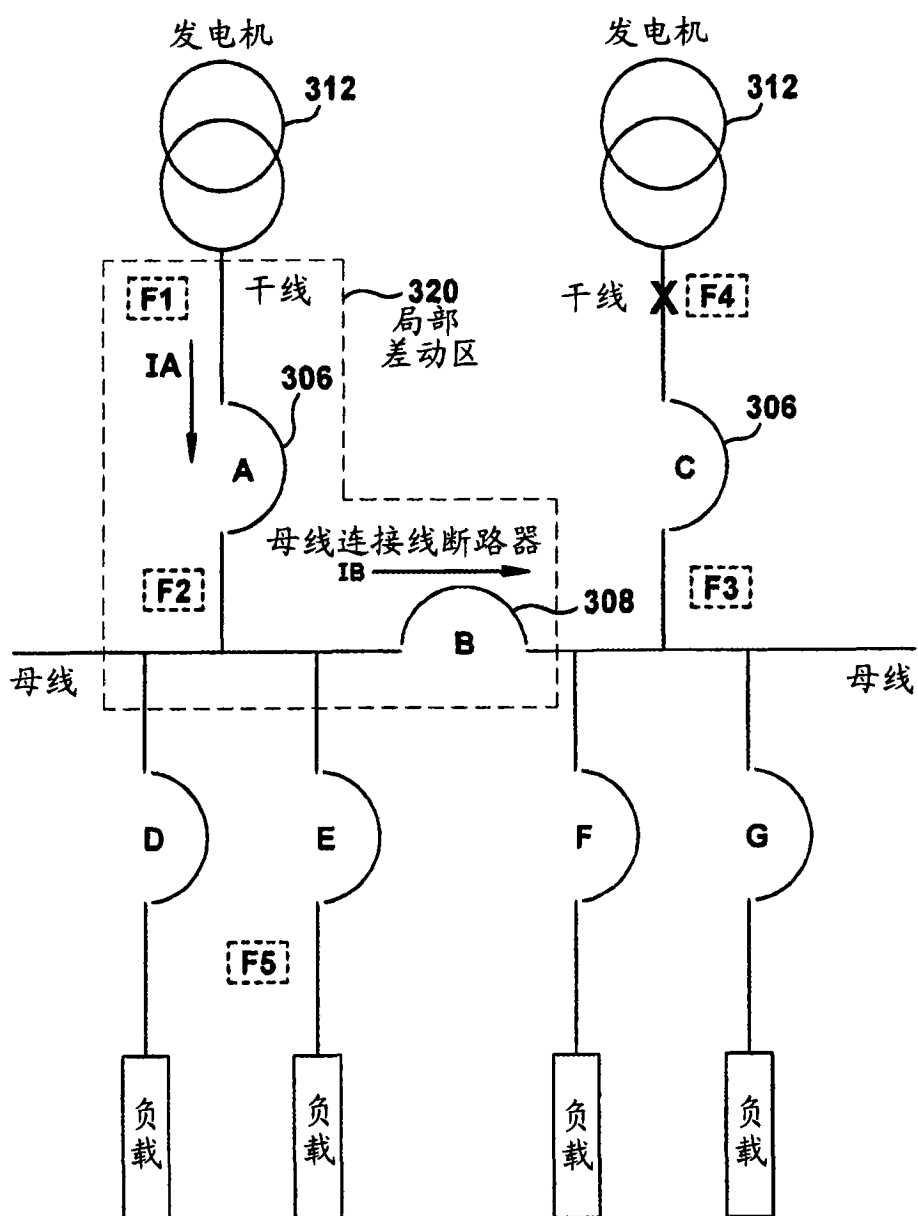


图 22

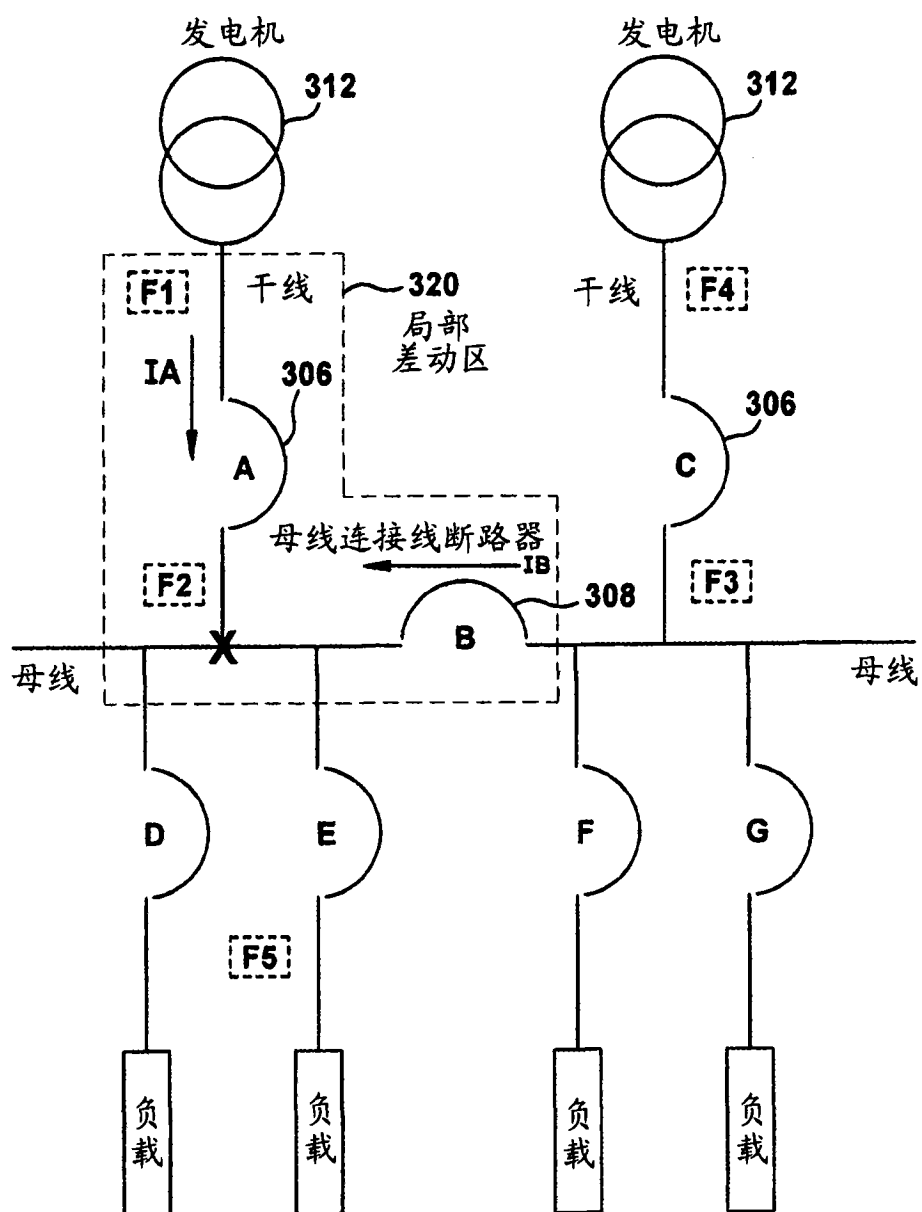


图 23

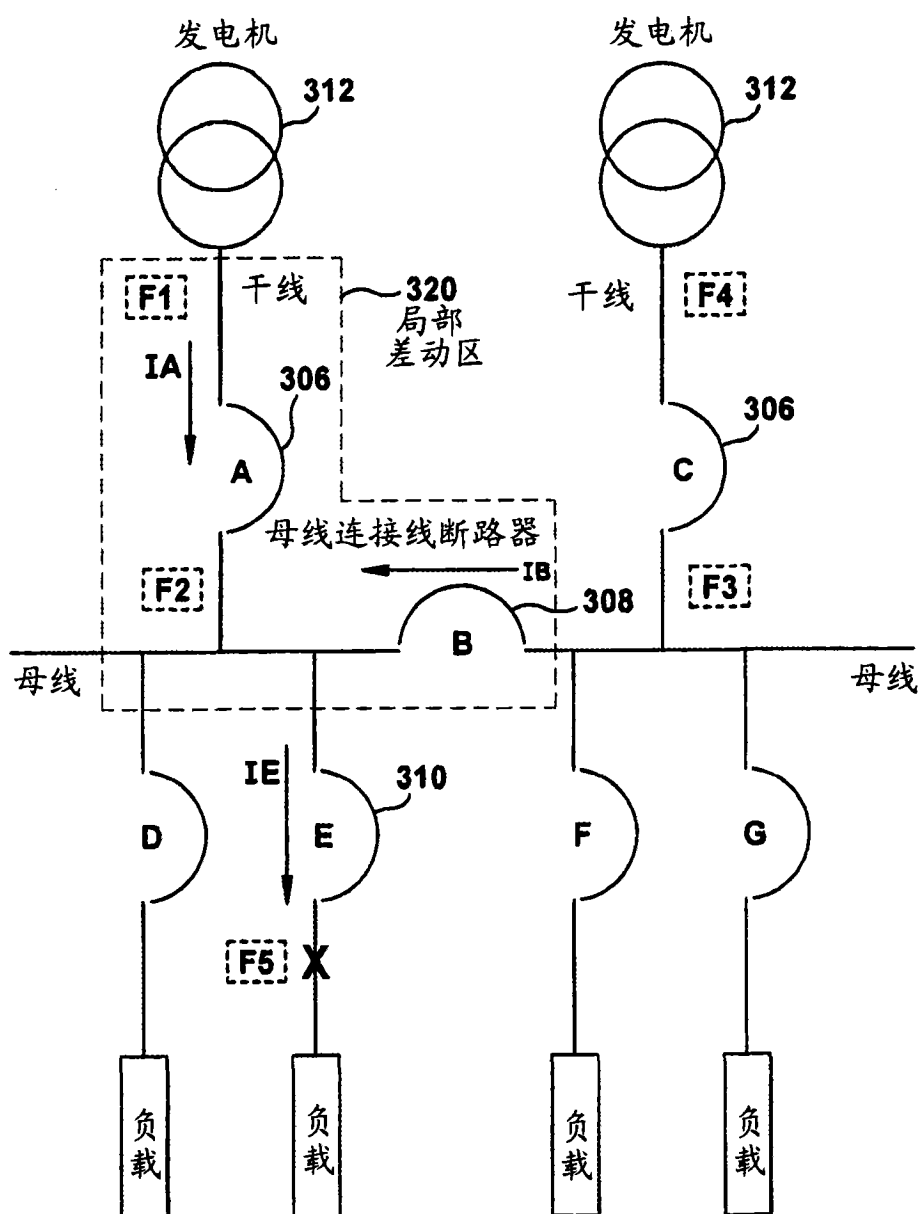


图 24

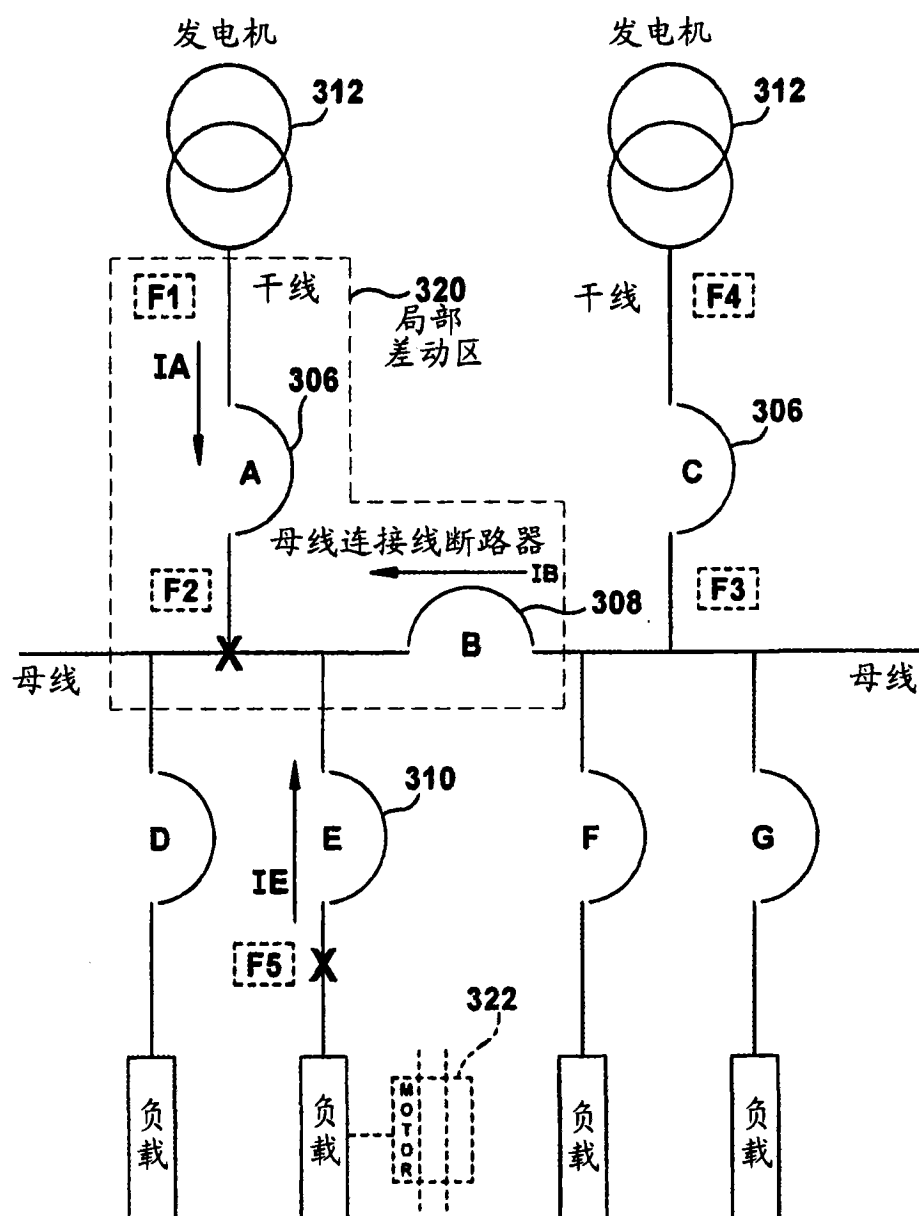


图 25

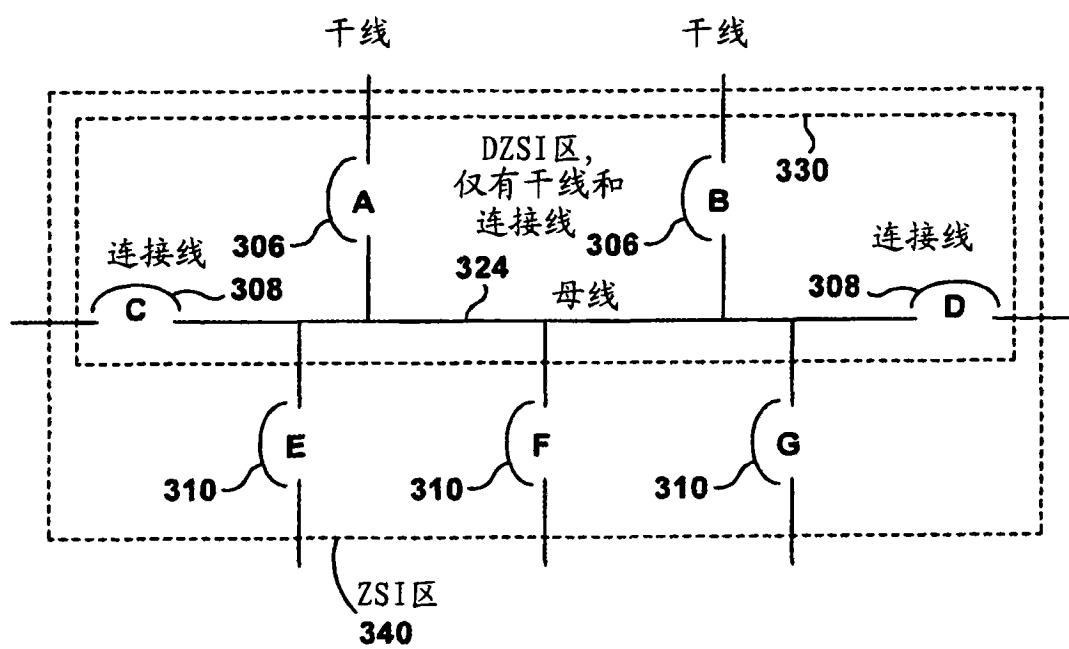


图 26

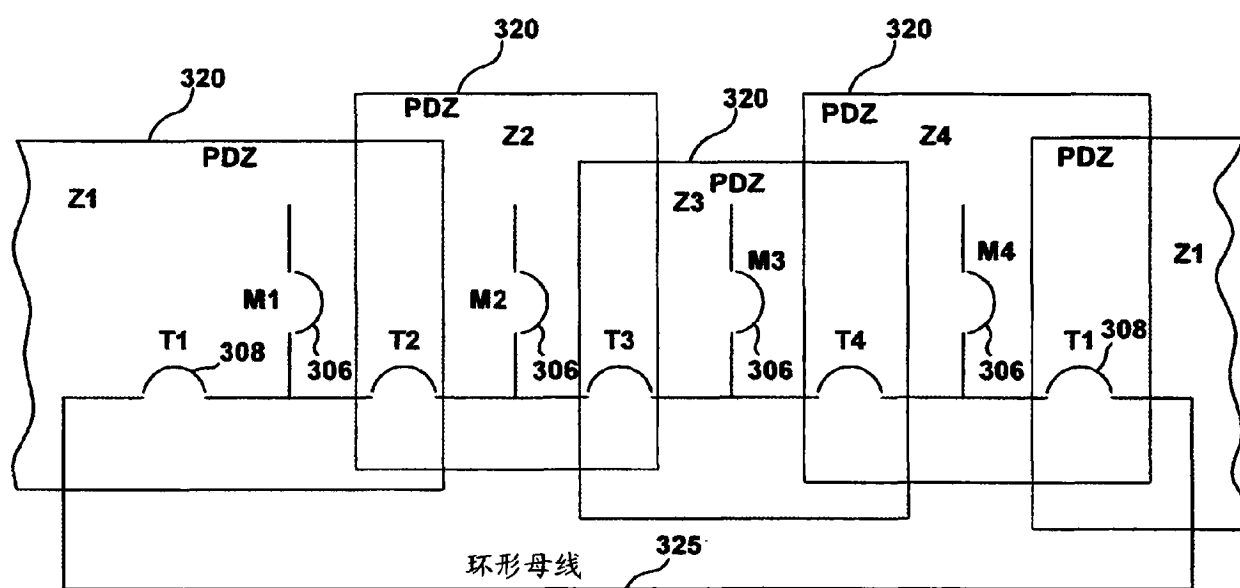


图 27

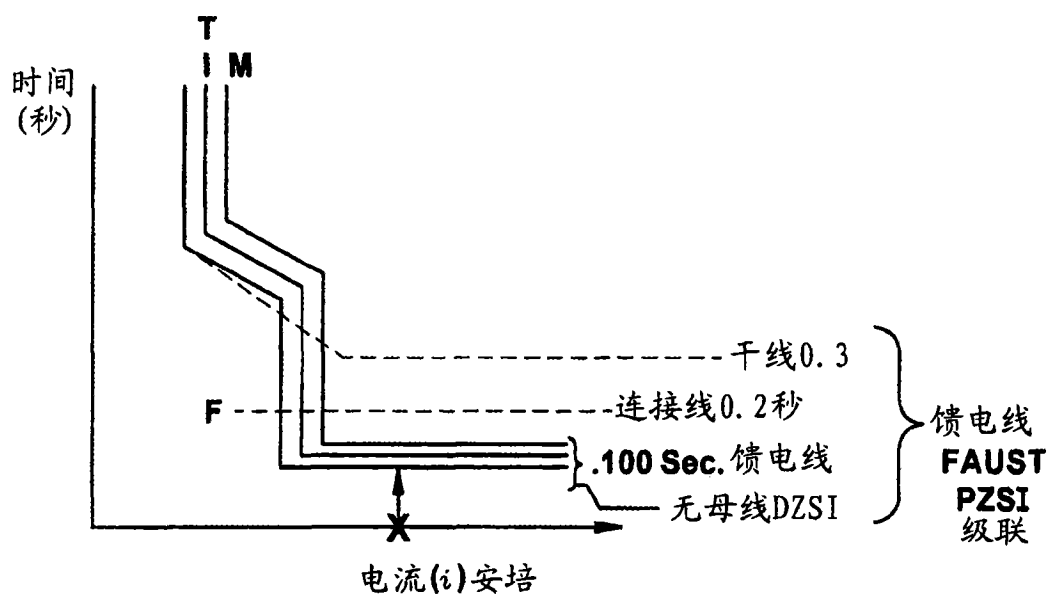


图 28

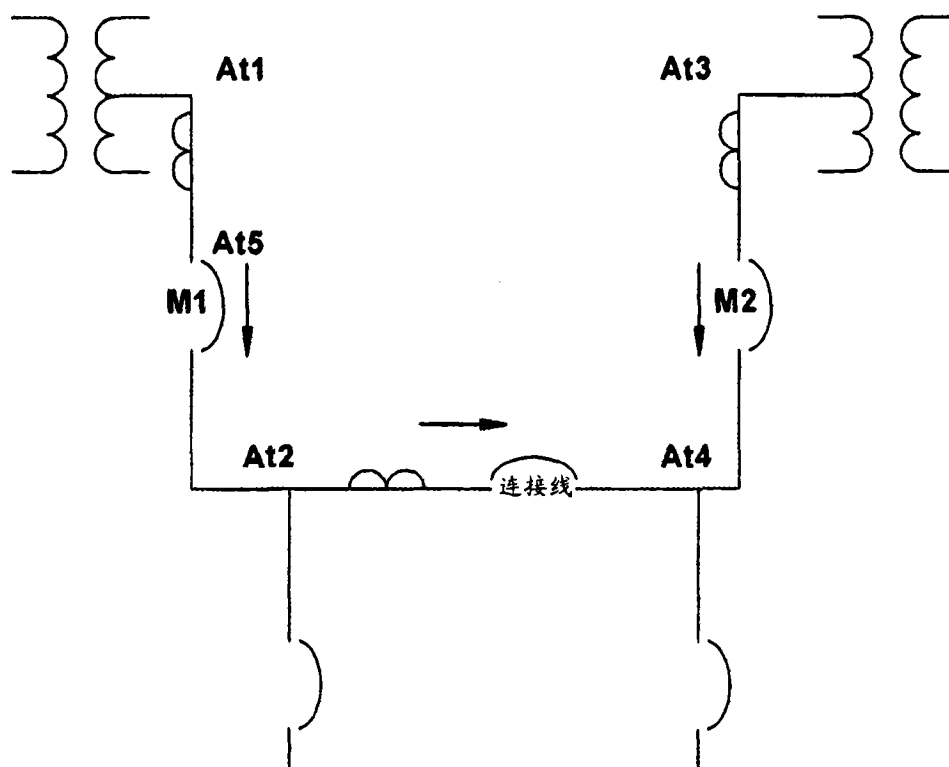


图 29

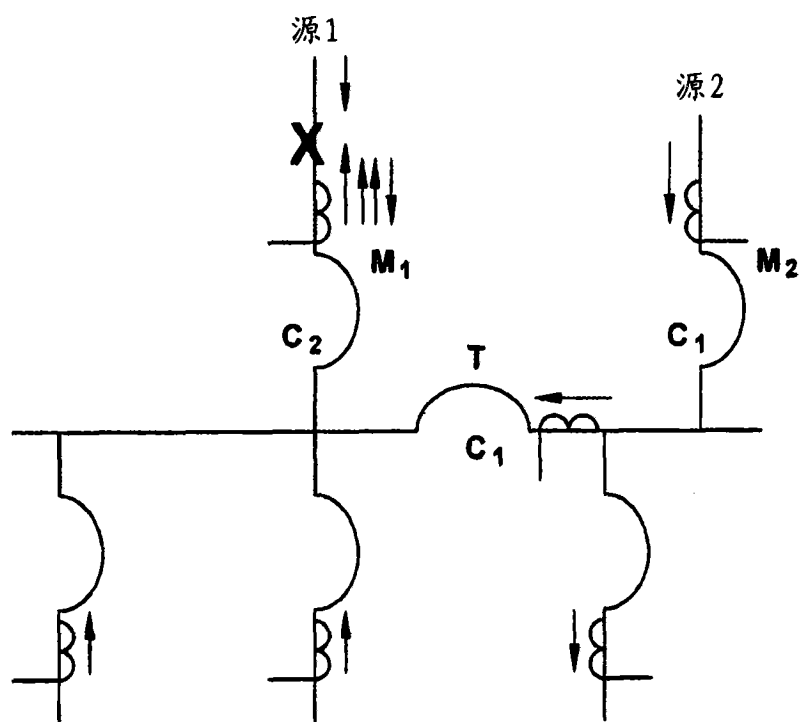


图 30

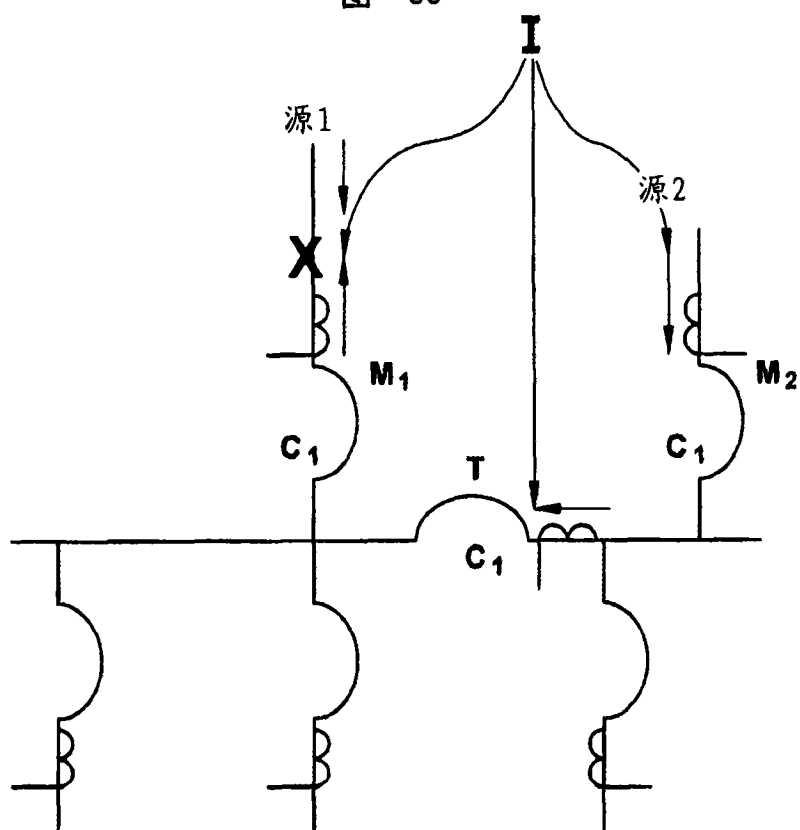


图 31

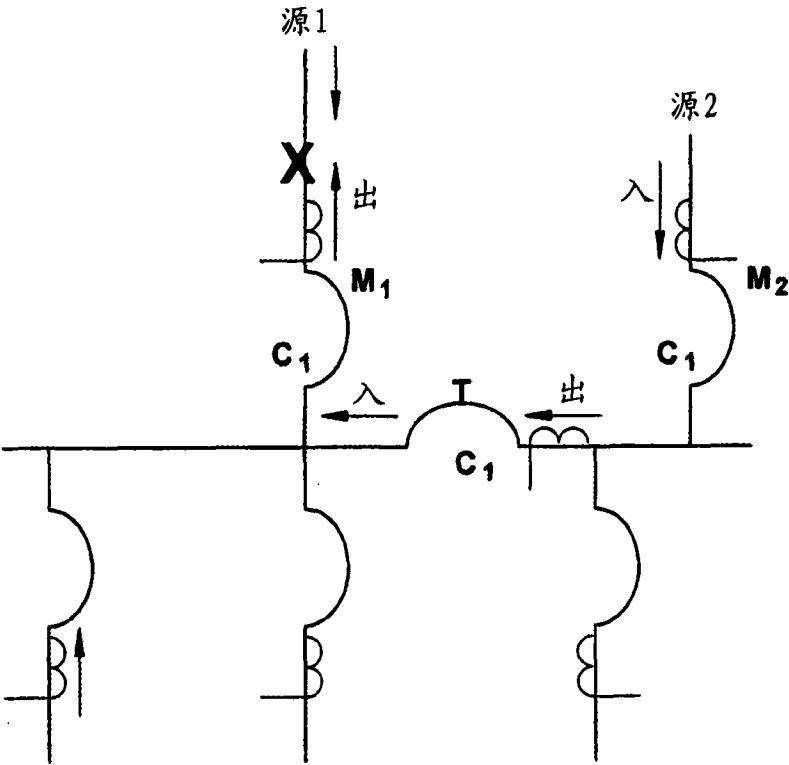


图 32

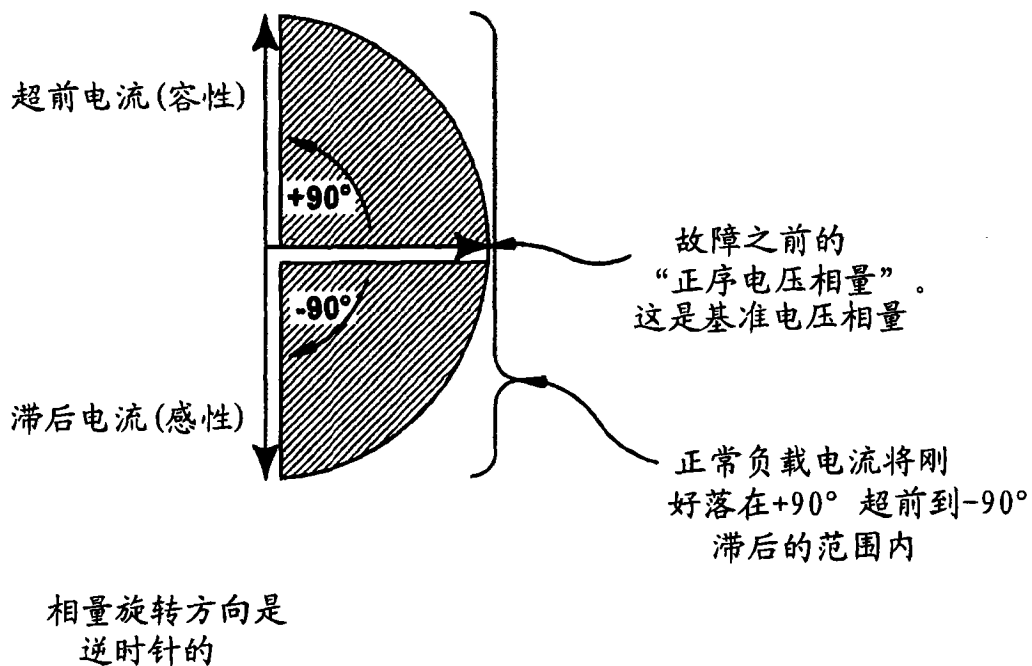


图 33

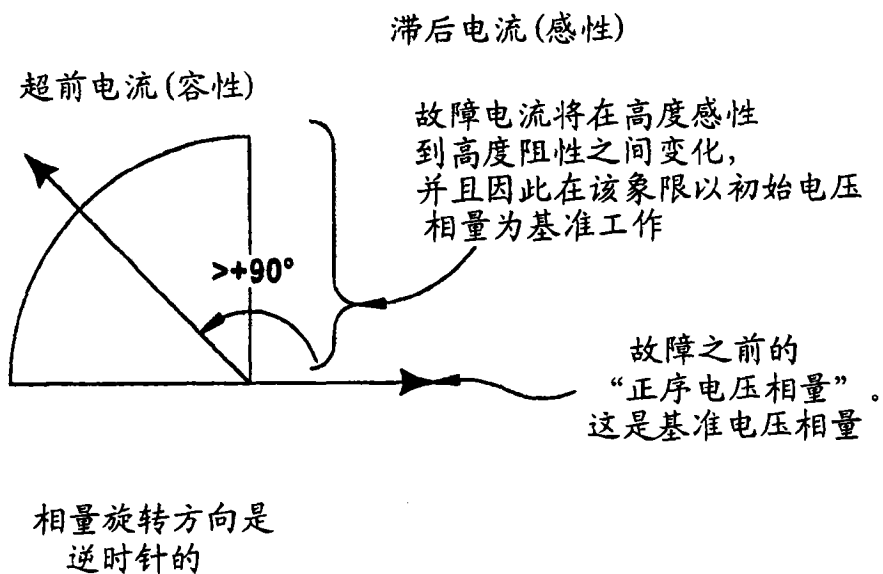


图 34