



1. 一种用于监测并保护电力输送系统的系统,所述用于监测并保护电力输送系统的系统包括:

多个安装在导体上的检测器,所述多个安装在导体上的检测器被配置为耦合到电导体,每个安装在导体上的检测器包括:

电力获取子系统,所述电力获取子系统被配置为从所述电导体获取电力;

电流监测子系统,所述电流监测子系统被配置为监测所述电导体中的电流;

故障检测子系统,所述故障检测子系统被配置为确定所述电导体中的电流何时超过故障电流阈值;以及

发送子系统,所述发送子系统被配置为在检测到所述故障电流阈值时发送故障信号;

接收器,所述接收器与所述多个安装在导体上的检测器中的每一个通信,并且被配置为从所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个接收所述故障信号;以及

保护动作子系统,所述保护动作子系统与所述接收器通信,所述保护动作子系统被配置为:

识别所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述故障信号的每一个;

基于所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述故障信号的每一个来确定保护动作,以最小化所述电力输送系统的要清除故障的区域;以及

执行所述保护动作。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个的所述发送子系统包括无线发送子系统。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个还包括心跳子系统,所述心跳子系统被配置为根据时间表经由所述发送子系统来发送心跳信号;

其中,接收器还被配置为:

检测来自所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个的所述心跳信号的所述时间表中的中断;以及

基于所述时间表中的所述中断和所述故障信号来识别故障的位置。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个的所述发送子系统还被配置为发送唯一标识符。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个还包括电容器,所述电容器被配置为存储在所述电导体断电时足以发送所述故障信号的电力。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个还包括显示器组件,所述显示器组件被配置为显示故障的指示。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述保护动作子系统还被配置为确定故障发生在无熔断器的线上;并且

其中,所述保护动作包括在与熔断器曲线相关联的延迟之前激活断路器。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述保护动作子系统还被配置为确定故障发生在有熔断器的线上;并且

其中,所述保护动作的执行包括将断路器的激活延迟长于与熔断器曲线相关联的延迟的时间。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述故障电流阈值包括基于所述电导体中的电流的可变阈值。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个还包括电流损失LOC状况检测子系统;并且

所述发送子系统还被配置为在检测到LOC状况时发送LOC状况信号。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述接收器和所述保护动作子系统被包括在智能电子设备中。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述保护动作子系统还被配置为在执行所述保护动作之前,独立于从所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个接收的所述故障信号接收故障的确认。

13. 一种用于监测并保护电力输送系统的方法,所述方法包括:

将多个安装在导体上的检测器安装到多个电导体,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个:

从所述电导体获取电力;

监测所述电导体中的电流;

确定所述电导体中的电流超过故障电流阈值;以及

当所述电导体中的电流超过故障电流阈值时,发送故障信号;

从所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个接收所述故障信号;

识别所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述故障信号的每一个;

基于所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述故障信号的每一个来确定保护动作,以最小化所述电力输送系统的要清除故障的区域;以及

执行所述保护动作。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,发送故障信号包括无线发送。

15. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

所述多个安装在导体上的检测器中的每一个根据时间表经由发送子系统来发送心跳信号;

检测来自所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个的所述心跳信号的所述时间表中的中断;以及

基于所述时间表中的所述中断和所述故障信号来识别故障的位置。

16. 根据权利要求13所述的方法,还包括所述多个安装在导体上的检测器中的每一个发送唯一标识符。

17. 根据权利要求13所述的方法,还包括所述多个安装在导体上的检测器中的每一个在电容器中存储当所述电导体断电时足以发送所述故障信号的电力。

18. 根据权利要求13所述的方法,还包括在所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述故障信号的每一个上的显示器组件上显示故障的指示。

19. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

确定故障发生在无熔断器的线上;并且

其中,所述保护动作包括在与熔断器曲线相关联的延迟之前激活断路器。

20. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

确定故障发生在有熔断器的线上;并且

其中,所述保护动作包括将断路器的激活延迟比与熔断器曲线相关联的延迟更长的时间。

21. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述故障电流阈值包括基于所述电导体中的电流的可变阈值。

22. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

检测电流损失LOC状况;以及

在检测到所述LOC状况时发送LOC状况信号。

23. 根据权利要求13所述的方法,还包括在执行所述保护动作之前,独立于从所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个接收的所述故障信号接收故障的确认。

24. 一种用于监测并保护电力输送系统中的工作区域的系统,所述用于监测并保护电力输送系统中的工作区域的系统包括:

多个安装在导体上的检测器,所述多个安装在导体上的检测器被配置为耦合到电导体,每个安装在导体上的检测器包括:

电流监测子系统,所述电流监测子系统被配置为监测所述电导体中的电流并且识别所述电导体中的电流中的变化;以及

发送子系统,所述发送子系统被配置为基于所述电导体中的电流中的所述变化来发送报警信号;

接收器,所述接收器与所述多个安装在导体上的检测器中的每一个通信,并且被配置为接收来自所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个的所述报警信号;以及

保护动作子系统,所述保护动作子系统与所述接收器通信,所述保护动作子系统被配置为:

基于所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述报警信号的每一个来生成保护动作,以抵消所述变化;以及

执行所述保护动作。

25. 一种用于监测并保护电力输送系统中的工作区域的方法,所述方法包括:

将多个安装在导体上的检测器安装到工作区域周围的多个电导体,所述多个安装在导体上的检测器中的每一个:

监测所述电导体中的电流;

识别所述电导体中的电流中的变化;以及

基于所述电导体中的电流中的所述变化来发送报警信号;

从所述多个安装在导体上的检测器中的至少一个接收所述报警信号;

识别所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述报警信号的每一个;

基于所述多个安装在导体上的检测器中的发送所述报警信号的每一个来生成保护动作,以抵消所述变化;以及

执行所述保护动作。

## 使用分布式安装在导体上的设备的电力系统监测

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于使用分布式安装在导体上的检测器的电力传输系统的监测和保护系统。

[0002] 附图简述

[0003] 参考附图对本公开的非限制性和非穷举性实施例进行了描述,包括本公开的各个实施例,其中:

[0004] 图1示出了与本公开的实施例一致的包括智能电子设备的电力输送系统的一个实施例的简化图。

[0005] 图2A示出了与本公开的实施例一致的包括多个馈线的电力系统的简化的单线图(one-line diagram)。

[0006] 图2B示出了与本公开的实施例一致的图2A的系统,在该系统中发生故障,并且在系统中多个安装在导体上的检测器(“CMD”)可以用于识别故障的位置。

[0007] 图3示出了与本公开的实施例一致的包括多个支路(由多个CMD监测以用于检测故障)的电力系统的简化的单线图。

[0008] 图4A示出了与本公开的实施例一致的CMD的侧视图。

[0009] 图4B示出了与本公开的实施例一致的图4A的CMD的仰视图。

[0010] 图5示出了与本公开的实施例一致的被配置为向一个或更多个智能电子设备提供信号的CMD的功能框图。

[0011] 图6示出了与本公开的实施例一致的用于识别故障电流或电流损失状况并向智能电子设备发送故障电流或电流损失状况信号的CMD的简化电路图。

[0012] 图7A示出了与本公开的实施例一致的被配置为协调电力输送系统的保护的系统的简化的单线图,其中,CMD向多个IED发送信息。

[0013] 图7B示出了与本公开的实施例一致的图7A中示出的系统的替代配置。

[0014] 图8示出了与本公开的实施例一致的包括在工作区域周围布置的多个CMD的系统。

[0015] 图9示出了与本公开的实施例一致的智能电子设备的功能框图。

[0016] 图10示出了与本公开的实施例一致的被配置为与多个CMD通信的接收器设备的功能框图。

[0017] 图11示出了与本公开的实施例一致的操作CMD的方法的流程图。

[0018] 图12示出了与本公开一致的检测故障、验证故障已经通过保护动作被清除、以及使用来自一个或更多个CMD的信号来定位故障的方法的流程图。

[0019] 详细描述

[0020] 电力系统通常使用悬挂在电缆塔(pylon)之间的导体来传输并分配电力。当电力系统中发生故障时,通过这样的导体传输的电能可能会受到影响。控制系统可以监测整个电力系统的电参数,以检测并修复故障。在与本公开一致的各个实施例中,CMD可以悬挂在两个电缆塔之间的跨度中的电力系统中的导体上。CMD可以监测与流过导体的电能相关联的电参数,以检测故障和/或检测电流损失(LOC)状况。来自CMD的信息可以用于监测并控制

电力系统。更进一步,在一些实施例中,CMD可以被放置在电力系统的维修或维护正在被执行的区域周围,以监测并检测潜在的危险状况,并向工人报警这样的状况。

[0021] 可以利用与本公开一致的各个实施例来增加识别故障位置的能力,以及提高对故障的响应速度。更具体地,多个CMD可以识别通过与故障电流相关联的电力系统的具体路径。提高定位故障的能力可以提供多种优点。这样的优点可以包括但不限于,最小化由电力系统提供的电力对消费者的干扰(disruption),以及最小化定位并修复故障所需的时间。更进一步,与本公开一致的CMD的使用可以减少或消除在包括熔断器(fuse)的馈线上执行的时间延迟。在某些情况下,对于包括有熔断器的线(fused lines)和无熔断器的线(unfused lines)的电力系统的区域中的故障,保护动作可能会被延迟。延迟可以允许熔断器有时间熔化,从而将服务的中断仅限制在受影响的区域。然而,如果无熔断器的线上的CMD识别出故障电流,则可以避免延迟。

[0022] 与本公开一致的系统和方法可以利用多个CMD来监测电力系统。这样的传感器可以被配置成检测与传感器被安装在其上的导体相关联的电故障,并且发送故障的指示。此外,在一些实施例中,CMD还可以被配置为识别LOC状况。在一些实施例中,与本公开一致的安装在导体上的传感器可以与控制系统无线地传送故障状况或LOC状况。控制系统可以被配置成接收来自一个或更多个CMD的传送,并且可以响应地执行一个或更多个控制动作。在某些实施例中,可以选择一个或更多个控制动作,以通过允许识别由于故障而断电(de-energized)的电力系统的最小可能区域来最小化由电力系统提供的电力服务的中断。在其它实施例中,可以利用CMD来确保电力输送系统的某些区域(例如,工作区域)保持断电。

[0023] 通过参考附图将最好地理解本公开的实施例。将容易理解的是,如在本文的附图中一般性地描述并示出的,可以以各种不同的配置来布置并设计本公开的实施例的组件。因此,本公开的系统和方法的实施例的以下详细的描述不旨在限制本公开所要求保护的范

围,而是仅代表本公开的可能实施例。另外,除非另有说明,方法的步骤不一定需要按照任何特定的顺序或甚至依次序地被执行,步骤也不需要仅被执行一次。

[0024] 在一些情况下,众所周知的特征、结构或操作没有被详细示出或描述。此外,所描述的特征、结构或操作可以以任何合适的方式组合在一个或更多个实施例中。还将容易理解的是,如在本文的附图中一般性地描述和示出的,可以以各种不同的配置来布置并设计实施例的组件。例如,在整篇本说明书中,对于“一个实施例”、“实施例(an embodiment)”、或“实施例(the embodiment)”的任何的引用意味着结合该实施例描述的特定特征、结构、或特性被包括在至少一个实施例中。因此,在整篇本说明书中详述的所引用的短语或其变型不一定都适用于相同的实施例。

[0025] 所描述的实施例的几个方面将作为软件模块或组件来被示出。如本文所使用的,软件模块或组件可以包括位于存储器设备内的任何类型的计算机指令或计算机可执行代码,其结合合适的硬件可操作,以执行编程的指令。例如,软件模块或组件可以包括计算机指令的一个或更多个物理块或逻辑块,其可以被组织为例程、程序、对象、组件、数据结构等,其执行一个或更多个任务或实现特定的抽象数据类型。

[0026] 在某些实施例中,特定的软件模块或组件可以包括被存储在存储器设备的位置中的完全不同的指令,其共同实现所描述的模块的功能性。事实上,模块或组件可以包括单一指令或许多指令,并且可以被分布在几个不同的代码段上、被分布在不同的程序之间

以及跨几个存储器设备分布。可以在分布式计算环境中实践一些实施例,其中任务由通过通信网络链接的远程处理设备执行。在分布式计算环境中,软件模块或组件可以位于本地存储器存储设备和/或远程存储器存储设备中。另外,在数据库记录中绑定或呈现在一起的数据可以被驻留在相同的存储器设备中或跨几个存储器设备驻留,并且可以跨网络在数据库中的记录的字段中被链接在一起。

[0027] 实施例可以作为计算机程序产品被提供,该计算机程序产品包括具有在其上存储的指令的非暂时性机器可读介质,该指令可以用于对计算机或其他电子设备编程以执行本文所描述的过程。非暂时性机器可读介质可以包括,但不限于,硬盘、软盘、光盘、CD-ROM、DVD-ROM、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、磁卡或光卡、固态存储器设备、或用于存储电子指令的其他类型的媒介/机器可读介质。在一些实施例中,计算机或其他电子设备可以包括处理设备,例如微处理器、微控制器、逻辑电路等。处理设备还可以包括一个或更多个专用处理设备,例如专用接口电路(ASIC)、可编程阵列逻辑(PAL)、可编程逻辑阵列(PLA)、可编程逻辑设备(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)或任何其他可定制或可编程设备。

[0028] 发电和传输系统被设计成生成、传输电能,并将电能分配给负载。发电和传输系统可以包括各种装备,例如发电机、电动机、电力变压器、电力传输和配电线、电路断路器(breaker)、开关、总线、输电和/或馈线、电压调节器、电容器组等。可以使用智能电子设备(IED)来监测、控制、自动化和/或保护这样的装备,智能电子设备从装备接收电力系统信息,基于信息做出决策,并且向装备提供监测、控制、保护和/或自动化输出。

[0029] 在一些实施例中,例如,IED可以包括远程终端单元、差动继电器、距离继电器、方向继电器、馈电继电器、过电流继电器、电压调节器控件、电压继电器、断路器故障继电器、发电机继电器、电动机继电器、自动化控制器、实时自动化控制器、间隔控制器(bay controllers)、计量表、自动重合闸(recloser)控件、通信处理器、计算平台、可编程逻辑控制器(PLC)、可编程自动化控制器、输入和输出模块、调速器、激励器、静止同步补偿器(STATCOM)控制器、静态无功补偿器(SVC)、有载分接开关(OLTC)控制器等。此外,在一些实施例中,IED可以经由网络被通信地连接,该网络包括例如,多路复用器、路由器、集线器、网关、防火墙和/或交换机(其中的每一个也可以用作IED),以促进网络上的通信,其中的每一个也可以用作IED。联网和通信设备也可以被集成到IED中和/或与IED通信。如本文所使用的,IED可以包括单个离散IED或者多个IED一起操作的系统。

[0030] 可以使用一个或更多个IED来监测并保护电力输送系统装备免于各种失效和/或状况。例如,IED可以被配置成检测并保护电力系统装备免于异常状况(例如故障事件)。IED可以被配置成在检测到故障的情况下采取保护动作,例如命令电路断路器断开(open)。IED还可以被配置为基于在故障事件期间检测到的操作状况来确定到故障的距离和/或方向。

[0031] 在本文的几个实施例中,IED可以在应用于电力输送系统的监测和保护功能中被协调。例如,IED可以被协调以操作来从电力系统的最小部分移除电力,实际上同时从电力输送系统移除故障。通过在电力输送系统上的各个位置处操作电压调节器、电容器组、电抗器等,IED可以被协调以操作来将电力输送系统上的电压和/或频率保持在可接受的水平内。此外,IED可以被协调以确定电力输送系统上的事件位置。

[0032] 图1示出了与本公开的实施例一致的电力输送系统100的简化的单线图。电力输送系统100可以被配置为生成、传输电能,并将电能分配给负载。电力输送系统可以包括诸如

发电机(例如,发电机110、112、114和116)、电力变压器(例如,变压器117、120、122、130、142、144和150)、电力传输和输送线(例如,线124、134、136和158)、电路断路器(例如,断路器152、160)、总线(例如,总线118、126、132和148)、负载(例如,负载140和138)等的装备。在各个实施例中,发电机可以包括分布式电源(例如,太阳能或风力发电)。诸如电压调节器、电容器组等的各种其他类型的装备也可以被包括在电力输送系统100中。

[0033] 变电站(substation) 119可以包括发电机114,其可以是分布式发电机,并且其可以通过升压(step-up)变压器117连接到总线126。总线126可以经由降压(step-down)变压器130连接到配电总线132。各个配电线136和134可以连接到配电总线132。配电线136可以通向变电站141,其中使用IED 106来监测和/或控制该线,IED 106可以选择性地断开和闭合(close)断路器152。负载140可以从配电线136馈电。此外,经由配电线136与配电总线132进行通信的降压变压器144可以用于降低由负载140消耗的电压。

[0034] 配电线134可以通向变电站151,并向总线148输送电力。总线148也可以经由变压器150接收来自分布式发电机116的电力。配电线158可以将来自总线148的电力输送到负载138,并且还可以包括降压变压器142。电路断路器160可以用于选择性地将总线148连接到配电线134。IED 108可以用于监测和/或控制电路断路器160以及配电线158。

[0035] 可以使用智能电子设备(IED)(诸如IED 104、106、108、115和170)以及中央监测系统172来监测、控制、自动化和/或保护电力输送系统100。通常,发电和传输系统中的IED可以用于系统中的装备的保护、控制、自动化和/或监测。例如,IED可以用于监测许多类型的装备,包括输电线、配电线、电流互感器(current transformer)、总线、开关、电路断路器、自动重合闸、变压器、自耦变压器、抽头变换器、电压调节器、电容器组、发电机、电动机、泵、压缩机、阀以及各种其他类型的受监测的装备。

[0036] 如本文所使用的,IED(诸如IED 104、106、108、115和170)可以指监测、控制、自动化和/或保护系统100内的受监测的装备的任何基于微处理器的设备。例如,这样的设备可以包括远程终端单元、差动继电器、距离继电器、方向继电器、馈电继电器、过电流继电器、电压调节器控件、电压继电器、断路器故障继电器、发电机继电器、电动机继电器、自动化控制器、间隔控制器、计量表、自动重合闸控件、通信处理器、计算平台、可编程逻辑控制器(PLC)、可编程自动化控制器、输入和输出模块等。术语IED可以用于描述单个IED或包括多个IED的系统。

[0037] 中央监测系统172可以包括一个或更多个多种类型的系统。例如,中央监测系统172可以包括监测和数据采集(SCADA)系统和/或广域控制和态势感知(WACSA)系统。中央IED 170可以与IED 104、106、108和115进行通信。IED 104、106、108和115可以远离中央IED 170,并且可以通过各种介质进行通信,诸如来自IED 106的直接通信或通过广域通信网络162进行通信。根据各个实施例,某些IED可以与其他IED直接进行通信(例如,IED 104与中央IED 170直接进行通信),或者可以经由通信网络162进行通信(例如,IED 108经由通信网络162与中央IED 170进行通信)。

[0038] 在各个实施例中,IED 104、106、108、115和170可以被配置为监测系统100中交流电流波形的频率、电压电平或其他电状况。网络162可以用于在系统100中的各种组件(包括IED 108、115、170和中央监测系统172)之间发送信息。在各个实施例中,网络162可以被配置为提供可以根据本公开被分析来检测异常的测量结果。

[0039] 公共时间信号168可以用于时间对准测量以进行比较和/或同步系统100上的动作。利用公共或通用的时间源可以确保IED具有可以用于生成时间同步数据(诸如同步相量)的同步时间信号。在各个实施例中,公共时间源可以包括来自全球导航卫星系统(“GNSS”)190的时间信号。IED 106可以包括接收器192,其被配置为从GNSS系统190接收时间信号。在各个实施例中,IED 106可以被配置为将时间信号分配给系统100中的其他组件,例如IED 104、108、115和170。

[0040] 架空的导体或电力线可以用于在系统100中传输和/或分配电力。多个CMD可以被安装在这样的导体上,并且可以监测通过这样的导体的电能的流动。在各个实施例中,传感器可以监测并收集来自导体的能量以用于操作。

[0041] 与本文公开的实施例一致,IED 104-108可以被配置为从监测的系统数据中检测和/或识别一个或多个事件,包括由与本公开一致的CMD收集的信息。例如,IED 104-108可以被配置为接收电流信息和/或测量结果(例如,传输和/或馈线的电流测量结果),并且基于电流信息和/或测量结果,检测和/或识别故障事件。

[0042] 图2A示出了与本公开的实施例一致的包括多个馈线的电力系统的简化的单线图。配电总线200可以电耦合到配电馈线202,配电馈线202具有从其引出的多个馈线204-208(例如,通向一个或多个负载等的馈线等)。IED 212可以监测馈线202的第一位置处的某些测量的参数,除了其它事物之外,测量的参数包括在监测的位置处通过馈线的电流。例如,IED 212可以与电力输送系统的配电变电站位置相关联。IED 212可以与断路器210通信地耦合,断路器210可以被配置为当由IED 212致动时(例如,响应于IED 212检测到故障)切断电力输送系统的一部分。IED 214可以类似地监测馈线202的第二位置处测量的参数(例如,电流),并且被配置成在检测到事件时致动(例如,跳闸(trip))通信地耦合的断路器216。

[0043] 图2B示出了与本公开的实施例一致的图2A的系统,在该系统中发生故障,并且在系统中多个CMD可以用于识别故障的位置。如所示,由于各种状况(例如,当树或其他物体接触线路和/或当导体接触地时),故障218可能发生在配电馈线202上。IED 212和214可以识别配电馈线202上的故障218的发生,并且可以采取一个或多个适当的保护动作来补救潜在的不安全状况和故障对电力输送系统造成的损坏。例如,在检测到故障218的发生时,IED 214可以使断路器216跳闸,从而将故障218与电力输送系统隔离。

[0044] IED 212和214能够确定故障发生在比IED 212更远离配电总线200的地方;然而,由于IED 212和214仅监测两个特定位置的事实,可能难以仅基于IED 212和214可用的信息来具体确定故障的位置。在示出的配置中,馈线204、206和208可以在故障218被解决的同时保持通电(energized)。然而,如果馈线204、206或208之一上发生故障,断路器210将需要跳闸以将受故障影响的电力系统的部分断电。然后可能需要修理人员检查每个馈线204、206或208,以识别故障的位置。进行这样的检查既耗时又昂贵。虽然可以通过在每个馈线上安装IED或其他设备来解决这个问题,但是这样的解决方案可能成本过高,并且可能增加控制系统的复杂性。

[0045] 与本公开一致的系统和方法可以通过允许使用被配置成检测与故障相关联的电参数的CMD来监测每个馈线,来提供关于故障位置的附加信息。在各个实施例中,相对于IED的成本,CMD可能是便宜的,因此允许将这样的设备安装在电力系统中的许多附加位置。这

样的设备的存在可以用于更具体地识别故障的位置,并改善控制系统的可用性,以最小化故障对电力系统的影响。

[0046] 图3示出了与本公开的实施例一致的包括多个支路(由多个CMD监测以用于检测故障)的电力系统300的简化的单线图。配电总线304耦合到降压变压器302。配电总线304电耦合到配电馈线308和311。馈线311可以包括地下线313(以虚线示出)和架空电力线(以实线示出),并且可以向多个支路314-320提供电力。系统300还包括三相支路、两相支路(即,支路316)和单相支路(即,支路315)。某些支路还可以包括多个熔断器343-345,这些熔断器可以响应流经熔断器的故障电流而熔化。

[0047] IED 312可以监测某些测量的参数,除了其他事物外,包括流经馈线的电流。IED 312可以与断路器306和310通信地耦合,断路器306和310可以被配置成当由IED 312致动时(例如,响应于故障的发生)切断电力输送系统的一部分。

[0048] IED 312还可以与多个CMD 326-334通信,多个CMD 326-334被配置为检测流经每个CMD被安装在其上的导体的故障电流。每个CMD 326-334可以从CMD 326-334被安装在其上的导体汲取(draw)电力。此外,每个CMD 326-334可以被配置为向IED 312发送故障指示。在各个实施例中,故障指示可以被无线地发送到IED 312。故障指示的无线发送可以有助于在现有电力系统中安装与本公开一致的监测系统。

[0049] 当在馈线311上发生故障时,IED 312可以分析由多个CMD提供的信息,以确定是使断路器310跳闸还是依赖于熔断器343-345。如可以理解的,如果故障发生在不包括熔断器的支路(例如,支路314-318)上,那么使断路器310跳闸可能是IED 312对受故障324影响的系统300的部分断电的唯一可用的控制策略。因此,通过确定无熔断器的线上发生了故障并立即致动断路器310,可以避免系统中内置的允许熔断器熔化的任何延迟。

[0050] 基于从多个CMD 326-334可获得的信息,IED 312能够确定支路320上已经发生了故障324。更具体地,CMD 326、330、331和332可以各自识别故障电流并将故障电流的检测传送给IED 312。在各个实施例中,故障电流的识别可以由CMD 326、330、331和332无线地发送到IED 312。

[0051] 更进一步,IED 312还可以利用从使用电流互感器307监测通过线311的电流获得的信息。除了由CMD检测电流之外,由故障324引起的增加的电流可以由IED 312直接检测。多个监测系统(即,电流互感器307和CMD 326-334)的使用可以降低欺骗信号(spoofed signals)可以用于使IED 312执行保护动作的可能性。

[0052] 使用系统300的拓扑(topography)和识别故障电流的安装在导体上的设备的位置,IED可以识别两个可能的动作来将支路320断电,即:(1)等待熔断器345由于故障电流而熔化,或者(2)致动断路器310。致动断路器310将与馈线311相关联的所有支路断电,而等待熔断器345熔化,仅将具体受影响的支路(即,支路320)的断电。

[0053] 对于熔断器熔化或跳闸补救(trip-saving)方案,IED 312通常可以被设置为比熔断器343-345的熔断器曲线更慢地操作。在没有关于由多个CMD 326-334提供的故障位置的具体信息的情况下,IED 312可以被配置为等待熔断器343-345熔化的必需的时间。这是因为IED 312不能确定故障是发生在有熔断器的支路上还是发生在没有熔断器的支路上。换句话说,IED 312将对所有下游故障应用相同的方案,而不管故障是否在熔断器保护的支路上。这样的方案可能会导致对于无熔断器的支路上故障而跳闸的不必要的延迟。相反,如果

故障发生在系统300中的无熔断器的支路上,由多个CMD 326-334提供的信息的可用性可以允许IED 312立即操作。在电力系统中更快地清除故障有几个好处,包括增加可靠性、提高安全性和缩短断电持续时间。

[0054] 关于故障位置和替代控制策略的附加信息可以允许操作者以多种方式来提高电力系统的整体可靠性。例如,在示出的实施例中,等待熔断器345熔化减少了受断电影响的消费者数量。与使断路器310跳闸相比,这样的减少可以改善客户平均断电持续时间指数(CAIDI)度量。

[0055] 图4A示出了与本公开的实施例一致的CMD的侧视图。CMD 400可以包括外壳404和突出眼状物(eye) 408,其允许在安装到导体406或从导体406移除期间使用带电操作杆(hot stick)。尽管在示出的定向中未示出,眼状物408可以包括可以使用带电操作杆被抓住的孔(aperture)。外壳404容纳CMD 400的各种电路和其他模块。外壳404中的一个组件是电流互感器(下面讨论)。电流互感器包括极片(pole piece) 412,极片412在大致垂直于外壳404的背面的方向上延伸穿过外壳404。极片412的外部可以涂覆有绝缘材料,或者可以具有设置在其上的绝缘外套(sleeve)。夹具组件402将CMD 400附接到受监测的导体(例如导体406),并将导体406保持在电流互感器的极片412附近。通过铰链(hinge) 414连接到外壳404的夹具组件402被设计成容纳具有不同直径的一系列导体406。当被安装在典型的架空导体上时,CMD 400悬挂成使得极片412通常指向上方。

[0056] 图4B示出了与本公开的实施例一致的图4A的CMD的仰视图。图4B示出了CMD 400的底座(face),当CMD 400被安装在架空导体上时,CMD 400可以指向向下方向。底座可以包括多个发射器诸如,例如,光纤端口416(例如ST连接器)和无线电天线418。底座还可以包括视觉指示器420。在一个实施例中,视觉指示器420可以被实施为LED。LED可以提供CMD 400的状态的视觉指示。例如,LED可以在故障之后被点亮,以提供视觉标识符,修理人员可以使用该视觉标识符来识别故障的位置。发射器416和418可以被配置为使用光(例如光纤上的红外或激光)和/或无线电信号来提供高速通信。CMD可以使用发射器416和418中的一个或更多个与IED通信。在一个实施例中,CMD 400可以被配置为在通过相关联的导体的电流上升到与故障状况相关联的阈值以上的6毫秒内识别并发送故障状况的指示。

[0057] 图5示出了与本公开的实施例一致的被配置为向一个或更多个智能电子设备提供信号的CMD 500的功能框图。CMD 500可以包括向与其通信的IED提供多个信号所必需的组件。一个这样的信号可以是心跳信号,其被配置为指示CMD 500是起作用的。另一个这样的信号可以是故障信号,其指示由CMD 500监测的导体上的故障。

[0058] 根据所示出的实施例,CMD 500接收电流信号,例如由极片412(如图4A中所示)提供的电流信号。在某些实施例中,可以使用例如变压器518来进一步降低(step down)所提供的信号,以将信号转换成一个CMD 500可用的信号。信号可以被提供给电力获取子系统502。电力获取子系统502可以被配置为从电力导体接收信号,从其导出电力,调节从其导出的电力,并且向CMD 500的其他各种模块提供预定规格内的电力。电力获取子系统502可以接收交流电流信号,并且包括必要的组件以将从其导出的电力转换成直流电流。电力获取子系统502可以包括电容器或超级电容器,其能够存储电力以在不能从导体获取电力时使用。

[0059] 心跳子系统504可以从变压器518接收信号,并且被配置为当CMD 500起作用时和/

或当导体上的电流在操作参数内时,向发送子系统508发送信号以激活并向IED发送信号(经由天线510)。心跳子系统504可以包括定时器,并且被配置为启动发送子系统508,并且在定时器流逝的倍数处断言(assert)心跳信号。在一个实施例中,心跳子系统504可以被配置为启动发送子系统508并且根据时间表(例如,每天一次)断言心跳信号。在另一实施例中,心跳子系统504可以被配置成启动发送子系统508,并且每10分钟断言一次心跳信号。也可以考虑其他时间表。心跳子系统504可以被配置为经由发送子系统508通信,并且根据任何时间表断言心跳信号。时间表可以受到从电力获取子系统502可获得的电力的量以及心跳子系统504和发送子系统508所需的电力的量的限制。在一些实施例中,心跳子系统504可以被配置为每秒断言一次心跳信号。在某些实施例中,CMD 500可以被配置为提供连续心跳。

[0060] CMD 500还可以包括故障检测子系统506,其被配置为从变压器518接收电流信号。在某些实施例中,故障检测子系统506可以包括处理器。在某些实施例中,故障检测子系统506可以从电力获取子系统502接收电力。在其他实施例中,可以在硬件中实现(例如,作为集成电路、专用集成电路等)故障检测子系统506。

[0061] 在一个实施例中,故障检测子系统506可以包括比较器,用于将来自变压器518的信号要素(element)与预定阈值进行比较。例如,比较器可以将来自变压器518的信号导出的电压与预定电压阈值进行比较。如果导出的电压降到电压阈值以下,则故障检测子系统506可以确定故障。当故障检测子系统506确定故障时,故障检测子系统506可以启动发送子系统508以向IED发送故障信号。

[0062] 在一个实施例中,当导出的电压太低时,电力获取子系统502可能无法从导体获得电力。电力获取子系统502可以包括电容器或电池(未示出),用于存储电力,使得例如当到变压器518的电力丢失时,故障检测子系统506和发送子系统508可以利用足够的电力来向IED发送故障信号。当检测到LOC状况时,这样的电源也可以用于发送信号。

[0063] 因此,CMD 500可以被配置为周期性地向一个或更多个IED发送心跳信号,并且在到被监测的导体的电力丢失时,可以向一个或更多个IED发送故障信号。在某些实施例中,CMD可以被配置为故障的电路指示器,因为它包括另外的组件,例如能够检测被监测的导体上的故障状况和/或LOC状况的微处理器。

[0064] 图6示出了与本公开的实施例一致的用于识别故障电流或LOC状况并向智能电子设备发送故障电流或LOC状况信号的CMD 600的简化电路图。该图示出了被配置用于电力输送系统监测和保护的使用。在各个实施例中,CMD 600可以被配置为检测(1)故障电流状况和(2)LOC状况。

[0065] 图6中标识了几个功能块,包括电力获取子系统606、放大器子系统608、故障检测子系统610、存储子系统612和发射器子系统614。本领域技术人员将认识到,这些功能块可以在各种配置中被实现,并且示出的实施例仅作为示例被提供。

[0066] 电力获取子系统606可以被配置成存储从电导体获取的电力。电力获取子系统606可以包括变压器602,变压器602被配置为降低来自电力系统中的电导体的电力。整流器子系统604可以将来自电力系统的交流电流整流成适合CMD 600使用的直流电流。在示出的实施例中,电力被存储在电容器620中。在其它实施例中,电池(未示出)可以用于存储电力。在各个实施例中,电池可以是可充电的或不可充电的。存储在电力获取子系统606中的电能可

以用于确保CMD 600准备好检测电力线上的故障状况和/或LOC状况,并且发送反映这种状况的信号。在一些实施例中,CMD还可以使用获取的电力来发送周期性心跳信号,以确认正在进行的CMD 600的操作。

[0067] 可以使用放大器子系统608和检测子系统610来检测故障状况或LOC状况。放大器子系统608可以包括非反相配置的运算放大器628。在示出的实施例中,正输入被耦合到电压调节器630,并且负输入被耦合到整流器子系统604。

[0068] 检测子系统610使用放大器622、基准电压624和放大器子系统608的输出在事件的几毫秒内检测故障电流或LOC。基准电压624可以处于为检测故障电流或LOC状况而建立的适当阈值处。LOC状况可以在故障的检测之后,并且可以提供对受故障影响的电力系统的一部分已经被断电的验证。在一些实施例中,CMD可以包括具有第一基准电压624以检测故障电流的第一检测子系统610,以及具有第二基准电压624以检测LOC状况的第二检测子系统610。

[0069] 在一些实施例中,可以基于流经导体的电流来自动地确定基准电压624。例如,基准电压可以表示特定时间窗上电流的平均值。因此,在短时间内电流中相对较大的偏差可以被识别为故障,而与负载变化相关联的电流的逐渐增加可以不被识别为故障。在其他实施例中,故障电流阈值可以表示静态值。在一个特定实施例中,可以使用CMD上的多个DIP开关来设置故障阈值。

[0070] 检测子系统610可以与发射器子系统614通信。发射器子系统614包括与天线618电连通(communication)的RF发射器616。检测子系统610对故障状况和/或LOC状况的检测可以由发射器子系统614发送。电路还示出了定时器626,定时器626可以被配置为根据建立的时间表发送心跳信号,以指示CMD是活动的并且可操作的。

[0071] IED(未示出)可以被配置为从CMD 600接收并解码信息。来自CMD 600的信息可以被配置成将这样的信息传送给IED或可操作来控制电力系统或电力系统的一部分的其他控制系统。在一些实施例中,IED或其他控制系统可以被配置为使用来自CMD的数据来识别故障类型。例如,在短路故障的情况下,CMD可以发送故障消息,随后是LOC状况消息(由于保护继电器清除了故障)。对于下落的导体故障,CMD可以经由接收器只向IED发送LOC消息。对于临时故障,可以接收故障消息,并且心跳信号可以在此后不久恢复。临时故障可以通过自动重新合上闸(reclose)操作来被清除,其解决了故障,而不需要附加的控制动作。

[0072] 在一些实施例中,未能接收心跳信号可以提供故障发生的指示。例如,CMD可以被配置为每15秒发送一次心跳信号。如果超过15秒没有被接收到心跳信号,最可能的解释可以是LOC状况影响了与CMD相关联的导体。虽然LOC状况的原因可能不容易从LOC状况中被辨别出来,但是未能从系统中的多个CMD接收到心跳信号可以提供导致LOC状况的状况的位置的指示。可能存在CMD可能经历故障的各种情况,但是相关联的IED可以仅通过心跳信号的时间表中的中断(即,未能接收到心跳信号)来识别事件。例如,干扰可能暂时干扰发送,并且可能已经阻碍(block)了故障状况的指示的发送。或者,CMD可能没有足够的存储的电力来发送故障状况的指示。这样的情况更可能是CMD由相关联的导体充电的电容器供电。

[0073] 在本文描述的几个实施例中,多个CMD可以被设置在单个电力输送系统上,并且多个IED可以接收来自多个CMD的通信。因此,来自CMD中的每一个的通信可以不同于其他CMD的通信,使得IED可以区分来自CMD中的每一个的通信。在一个实施例中,每个特定CMD可以

被配置成以不同于特定IED范围内的其他CMD的射频频率的射频频率进行通信。因此,IED可以基于多个CMD的通信频率来区分多个CMD。RF发射器616可以被配置为根据频率进行通信。在一个实施例中,在调试(commission)CMD时,多个预定频率是可选择的。CMD可以包括用于用户选择CMD的特定通信频率的选择器。所选择的频率可以被存储在存储子系统612中。在示出的实施例中,存储子系统612可以包括EEPROM存储器625,EEPROM存储器625存储被包括在消息中的特定频率或唯一标识符,接收器可以使用该频率或标识符来识别CMD 600。

[0074] 在另一实施例中,来自多个CMD中的每一个的通信可以包括在通信中的预定位置处的唯一标识符。唯一标识符可以被分配给特定CMD。例如,来自特定CMD的每个通信可以以代表CMD特定地址的信号开始。因此,接收IED可以基于来自每个CMD的每个消息中的唯一标识符来区分来自每个CMD的通信。在这样的实施例中,地址可以被存储在存储子系统612中,并由RF发射器616添加到消息中。在一个实施例中,标识符可以在制造时被设置,并以人类可读的形式在CMD上被指示。在另一实施例中,在CMD由用户可用的选择器调试时标识符可以是可选择的。地址选择可以被存储在EEPROM中,并由RF发射器读取。

[0075] 图7A示出了与本公开的实施例一致的系统700的简化的单线图,系统700被配置为协调电力输送系统的保护,其中,CMD向多个IED发送信息。电力输送系统可以包括总线702、馈线704、支路714,并且可以包括另外的总线、馈线和支路。使用IED 730监测馈线704,IED 730可以使用CT(例如CT 732)、PT等来获得电力系统信号。IED 730可以与电路断路器706通信,并且可以被配置为如果检测到事件,则发信号给电路断路器706以断开。

[0076] 在IED 730的下游,第二IED 710可以被配置为监测电力系统的一部分。IED 730可以使用例如CT(例如CT 712)、PT等从馈线704获得电力系统信号。IED 710可以与电路断路器708通信,并且被配置成在检测到事件时发信号给电路断路器708以断开。如上所述,当发生事件时,IED 730和710可以被配置成协调以向电力输送系统提供最佳保护。在一些实施例中,这样的协调可以被配置成使得最接近故障的电路断路器断开。在某些实施例中,这样的协调可以被配置为从电力输送系统的最小部分移除电力,从而可能对受故障影响的位置断电。在某些情况下,可能需要基于故障发生的支路来改变保护方案。故障F1的方案可能不同于故障F2的方案。在一些实施例中,当故障仍然活动时,可以检测到故障,因此,IED可以执行针对特定故障定制的保护动作。例如,如果支路714服务于具有许多树的农村地区,这些树可以临时接触导体,IED可以被配置成对故障F1的响应不同于对馈线704上的故障F2的响应,馈线704可以服务于间歇故障可能性较小的城市或住宅区。

[0077] CMD 720可以被配置为从支路714获得信号,并使用如本文详细描述通信模块722(例如无线电)向IED 710和730发送信号,包括心跳信号和/或电流损失信号。可以根据结合图5描述的实施例来配置CMD 720。

[0078] 根据上述实施例,当支路714在故障位置F1处经历故障时,CMD 720将检测到故障状况并向IED 710发信号。IED 710可以使用该信号来确定其保护功能。例如,IED 710可以接收信号并断开电路断路器708。IED 710可以使用来自CMD 720的信号以及它自己的电力系统监测和保护功能来确定断路器708是否应当被断开。

[0079] 此外,来自CMD 720的通信可以由IED 730接收。IED 730可以使用来自CMD 720的信息来通知它自己的保护算法。例如,IED 730可以使用来自CMD 720的心跳来验证支路714正在接收电流。IED 730可以使用来自CMD 720的故障信号来启动定时器,以供在IED 730确

定断开断路器706以清除故障之前,IED 710清除故障。更进一步,IED 730可以使用来自CMD 720的心跳信号和/或LOC状况信号来执行故障位置计算。实际上,IED 730可以被配置为计算到故障的距离,并且当CMD 720指示支路714上的故障状况时,IED 730可以被配置为确定故障存在于支路714上,而不是进一步沿着馈线704上的线向下。因此,来自CMD 720的传输可以由IED 710和730用于协调监测和保护动作,以及故障位置确定。

[0080] 类似地,当故障发生在故障位置F2处时,CMD 720将不会检测到故障状况,也不会向IED 710或730发出损失状况的信号,而是可以继续按时间表提供心跳信号。因此,IED 710和730将依赖于它们的故障检测模块来确定是否断开断路器708。此外,由于来自CMD 720的持续心跳信号和/或来自CMD 720的电流损失信号的不存在,IED 730可以将故障位置确定为在F2处,而不是在F1处。可以在馈线704和其他支路上使用附加的CMD来与IED 710、730等通信,这些信号可以用于确定保护动作、故障位置等。

[0081] 图7B示出了与本公开的实施例一致的图7A中所示出的系统700的替代配置。类似于结合图7A示出并描述的实施例,图7B中示出的实施例包括总线702、馈线704和支路714,它们使用IED 730和710被监测和保护。CMD 720可以安装在支路714上并与支路714电连通。CMD 760可以安装在与支路714连接处的馈线704下行线上并与之连通。CMD 760可以类似于720被配置,以发送心跳信号和/或指示诸如电流损失或电压损失的故障的信号。每个IED 710和730可以被配置为接收来自CMD 720和CMD 760的信号。如上所指示,IED 710和730可以被配置成使用来自诸如CMD 720、760的CMD的通信来协调监测和保护功能,并且使用来自诸如CMD 720、760的CMD的通信来计算故障位置。

[0082] 在一个实施例中,IED 710、730可以被配置成使用来自720的电流损失信号和来自CMD 760的持续心跳信号(或缺少电流损失信号)来协调监测和保护功能和/或故障F1的故障位置计算,以确定故障在支路714上,并协调保护功能。例如,IED 730可以在从CMD 720接收到LOC状况信号时启动定时器,以确保IED 710断开断路器708。也就是说,因为IED 730从CMD 720接收到电流损失信号,所以IED 730可以被配置成推断故障在支路714上,而不是在IED 730和IED 710之间,因此IED 710应当被允许清除故障。当定时器过期时,如果故障状况持续存在,则IED 730可以被配置为断开断路器706以清除故障。

[0083] 类似地,IED 710、730可以被配置成使用来自CMD 760的电流损失信号和来自CMD 720的持续心跳信号(或缺少电流损失信号)来协调监测和保护功能和/或故障F2的故障位置计算,以确定故障在馈线704上,并协调保护功能。例如,IED 730可以在接收到来自CMD 760的电流损失信号时启动定时器,以确保IED 710断开断路器708。也就是说,因为IED 730从CMD 760接收到电流损失信号,所以IED 730可以被配置成推断故障是在馈线704上的进一步下行线,而不是在IED 730和IED 710之间,因此IED 710应当被允许清除故障。当定时器过期时,如果故障状况持续存在,则IED 730可以被配置为断开断路器706以清除故障。

[0084] 此外,IED 750可以被配置为接收来自CMD 720和CMD 760的信号。IED 750可以被配置为自动化控制器,例如实时自动化控制器,并且被配置为协调IED 710、730的保护、监测和其他功能。IED 750还可以与IED 710、730进行通信。当接收到来自CMD 720和760的信号时,IED 750可以被配置成协调如上所述的IED 710和730的动作。此外,IED 750可以被配置成将来自CMD 720、760的信号转换成由其他IED(例如IED 730、710,或者不在接收来自CMD 720、760的通信的范围内的IED)识别的格式。因此,可以经由IED 750将来自CMD 720、

760的通信发送到IED 710、730或其他。

[0085] 在一个特定实施例中,IED 710可以是自动重合闸控件,并且电路断路器708可以是自动重合闸。IED 710可以被配置为接收来自支路714上的CMD 720以及来自馈线704上的CMD 760的传输。当检测到故障状况时,IED 710可以使用来自CMD 720和/或CMD 760的传输来修改其保护算法,以更好地保护电力输送系统。例如,如果故障在位置F1处,则CMD 720可以向IED 710发送故障(或电流损失、或电压损失)消息,而CMD 760不向IED 710发送任何故障、电流损失或电压损失消息。IED 710随后可以延迟到自动重合闸708的断开命令或跳闸命令,以给予支路714上的局部保护(例如熔断器,未单独示出)时间来操作。如果故障持续超过修改时间,则IED 710可以使自动重合闸708跳闸以断开。此外,IED 710可以基于来自CMD 720、760的通信来修改其重新合上闸方案。例如,在断开自动重合闸708时,如果CMD 720和CMD 760都指示电流损失,则IED 710可以确定重新合上闸是正当的,因为故障没有被任何其他源馈送。在各个实施例中,重新合上闸方案可以在具有由断开的自动重合闸分开的两个可能源的系统上。在这样的系统中,根据本文的实施例,可以使用CMD和自动重合闸控件来确定故障的位置,并且进一步确定哪些自动重合闸应当断开,以及哪些应当闭合,以便最小化故障对更广泛的电力输送系统的影响。在一个实施例中,这样的系统上的许多或所有自动重合闸控制器可以从系统上的许多或所有CMD获得通信,使得每个自动重合闸控制器知道故障的位置,并且可以配置其自动重合闸,使得只有故障的分段与能量源隔离。

[0086] 在另一特定实施例中,诸如IED 750的自动化控制器可以接收来自电力输送系统上的各个CMD 720、760的通信。自动化控制器750可以使用来自各个CMD 720、760的信号来执行各种自动化功能。例如,当来自CMD 760的通信指示故障状况时,自动化控制器可以指示IED 710缩短其跳闸之前的时间-过电流延迟,并且指示IED 730延迟跳闸信号,直到IED 710尝试保护操作之后。

[0087] 在另一实施例中,诸如IED 750的自动化控制器可以接收来自各个CMD 720、760和IED 710、730的通信,以协调电力恢复工作(effort)。例如,一旦故障已被清除,IED 750可以根据来自CMD 720、760的信号来确定电力尚未被恢复到支路714或者馈线704上CMD 760的下行线位置。此外,由于馈线704上缺乏电流,IED 710还可以报告馈线704的断开状况。类似地,IED 730可以报告断开的断路器706。自动化控制器750可以使用该信息来自动化自动重合闸应当被闭合的顺序,以最佳地恢复系统的电力。

[0088] 在另一实施例中,诸如IED 750的自动化控制器可以接收来自各个CMD 720、760和IED 710、730的通信,以协调故障定位。例如,如果CMD 760报告故障状况,但是CMD 720没有报告故障状况,则IED 750可以确定在与支路714连接处的馈线704下行线上发现故障。来自IED 710的电力系统信息然后可以用于计算故障距IED 710的距离并且正确定位故障。

[0089] 此外,来自CMD 720、760的信息可以用于更准确地定位故障。例如,如果支路714表现出与馈线704的阻抗分布不同的阻抗分布,则IED 750可以使用这样的信息来定位故障。来自CMD 720的指示故障存在于支路714上的信息和来自IED 710的电力系统测量结果一起可以用于通过将来自IED 710的阻抗分布应用于与支路714的连接来确定故障位置,并且应用支路714的阻抗分布来确定准确的故障位置。

[0090] 在各个实施例中,IED 750可以使用来自IED 710、730和CMD 720、760的信息来验证信息。例如,来自IED 710的故障信息可以用于验证来自IED 730的故障信息;可以对照来

自CMD 720和760的故障信息来检查这两者。

[0091] 图8示出了与本公开的实施例一致的包括在工作区域812周围布置的多个CMD的系统800。系统800包括由IED 806监测的馈线802。电流互感器可以用于监测流经馈线802的电流。断路器816可以被断开以在支路804上执行工作的同时在工作区域断电,支路804可以与馈线802电连通。

[0092] CMD 808和810可以临时地被布置在支路804上,同时执行工作来监测通过支路804的电流的流动。如果在支路804中检测到电流的情况下,可以向IED 806和/或工作区域监测器814发送信号。该信号可以用作故障保护(failsafe),以确保断路器816不会被意外地闭合,从而将支路804重新通电。在断路器闭合的情况下,信号可以使断路器立即断开并将支路804断电。在一些情况下,支路804可能被无意中或由位于馈线802上的分布式发电源重新通电。

[0093] 工作区域监测器814可以存在于工作区域中,以接收来自CMD 808和CMD 810的信号。工作区域监测器814可以提供支路804已经被重新通电的现场警告。在各个实施例中,警告可以包括警报,该警报被配置为警报工人由流过馈线802的电能产生的危险状况。

[0094] 图9示出了与本文公开的实施例一致的IED 900的框图。可以利用IED 900的实施例来实现本文公开的系统和方法的实施例。可以类似于IED 900的框图来实施来自图8的IED 710、730或750中的任何一个。例如,IED 900可以被配置成接收来自各个CMD的通信,并且在其对电力输送系统的监测和保护中使用这样的通信。IED 900还可以被配置成至少部分地基于由其他IED和CMD提供的信息来协调其动作和/或一个或多个其他IED的动作。

[0095] IED 900可以包括被配置为与通信网络进行通信的通信接口902。通信接口902可以包括单独的通信接口,以与一个或多个CMD通信,从其接收与流经电力输送系统的一个或多个相或分段上的导体的电流相关的信号。这样的通信接口可以包括用于从CMD接收信号的天线950。IED 900还可以包括时间输入端904,其可以用于接收时间信号。在某些实施例中,可以经由通信接口902来接收公共时间参考,因此,单独的时间输入端904和/或全球导航卫星系统(GNSS)时间输入端904将不是必要的。一个这样的实施例可以采用IEEE1588协议。

[0096] 受监测的装备接口908可以被配置为从一件受监测的装备(诸如发电机、断路器、导体、电压调节器控制器等)接收装备状态信息,并向其发出控制指令。根据某些实施例,受监测的装备接口908可以被配置为与电力输送系统的各种设备通过接口连接。在某些实施例中,可以通过通信接口902传送设备状态信息和/或控制指令。

[0097] 计算机可读存储介质910可以是被配置为实现本文所描述的过程中的任一个的一个或多个模块和/或计算机可执行指令的储存库。数据总线912可以将受监测的装备接口908、时间输入端904、通信接口902、时间信号输入端906、以及计算机可读存储介质910链接到处理器914。

[0098] 处理器914可以被配置为处理经由通信接口902、时间输入端904、时间信号输入端906、和/或受监测的装备接口908所接收的通信。处理器914可以使用任意数量的处理速率和架构来操作。处理器914可以被配置为使用存储在计算机可读存储介质910上的计算机可执行指令来执行本文描述的各种算法和计算。处理器914可以被实施为通用集成电路、专用集成电路、现场可编程门阵列、和/或其他可编程逻辑设备。

[0099] 在某些实施例中,IED 900可以包括传感器组件916。在所示出的实施例中,传感器组件916被配置为使用电流互感器918和/或电压互感器(voltage transformer) 920来收集来自电力输送系统(未示出)的位置的数据。电压互感器920可以被配置为将电力系统的电压(V)降低为次级电压波形922,次级电压波形922具有可以由IED 900容易地监测并测量的幅度。类似地,电流互感器918可以被配置为将电力系统的线路电流(I)成比例地降低为次级电流波形924,次级电流波形924具有可以由IED 900容易地监测并测量的幅度。虽然没有单独示出,但是电压和电流信号V和I可以从被设计成从电力系统装备获得信号的装备仪器获得的次级信号。例如,可以从与导体电连通的电压互感器(potential transformer, PT)获得次级电压信号V。可以从与导体电连通的电流互感器(CT)获得次级电流信号I。各种其它仪器可以用于从电力输送系统获得信号,包括例如,罗氏线圈(Rogowski coils)、光学变压器等。

[0100] 模数转换器926可以复用、采样和/或数字化测量的电压和/或电流信号,以形成相应的数字化的电流和电压信号。也可以从其他分布式控制器、站控制器、区域控制器或集中控制器接收类似的值。这些值可以是数字格式或其他格式。在某些实施例中,可以利用传感器组件916来监测与电力输送系统的各部分相关联的电流信号和/或检测与被包括在这样的受监测的电流信号中的高阻抗故障(HIF)事件相关联的谐波间含量。另外,传感器组件916可以被配置为监测与受监测的装置相关联的广泛的特征,包括装置状态、温度、频率、压力、密度、红外吸收、射频信息、分压、粘度、速度、旋转速率、质量、开关状态、阀状态、电路断路器状态、接线头(tap)状态、仪表读数等。

[0101] A/D转换器926可以通过总线912连接到处理器914,通过总线912电流信号和电压信号的数字化的表示可以被发送到处理器914。如上所述,处理器914可以用于将装备状态、测量和导出的值应用于IED模块。处理器914可以用于检测HIF状况的发生,并且响应于此发出控制指令(例如,执行保护动作的指令)。

[0102] 在一些实施例中,可以使用单独的设备来代替传感器组件916,用于从电力输送系统向IED 900提供信号。实际上,单独的设备可以被配置成从电力输送系统获得信号(例如电压和/或电流信号),创建信号(例如电流和电压信号)的数字化的表示,应用时间戳,和/或向IED 900提供这样的信息。此外,单独的设备可以被配置为向IED 900提供装备状态和/或测量结果(例如电压和/或电流幅度和/或角度以及时间戳)。在某些实施例中,已经被描述为从传感器组件916接收的信息改为从通信接口902接收。

[0103] 受监测的装备接口908可以被配置成接收来自一个受监测的装备的状态信息,并且向其发出控制指令。受监测的装备接口908可以被配置为将控制指令发出到一个或多个受监测的装备。根据一些实施例,也可以经由通信接口902发出控制指令。例如,经由通信接口902发出的控制指令可以被发送到其他分布式控制器、协调控制器、IED等(未示出),其转而可以将控制指令发出到一个受监测的装置。或者,受监测的装置可以直接经由其自己的通信接口来接收控制指令。

[0104] 计算机可读存储介质910可以是被配置为实现本文所描述的某些功能和/或方法的一个或多个模块和/或计算机可执行指令的储存库。例如,计算机可读存储介质910可以包括故障检测模块928,故障检测模块928可以是被配置为实现本文描述的HIF检测和保护功能的模块和/或可执行指令的储存库。故障检测模块928可以包括故障检测模块934和

保护动作执行模块936。计算机可读存储介质910还可以包括通信模块938和控制模块940。

[0105] 故障检测模块928可以被配置为接收使用天线950从与IED 900通信的CMD获得的信号。如上所述,信号可以包括心跳信号和/或故障检测信号。故障检测模块928可以被配置为按预定时间表预期心跳信号,并且当没有接收到心跳信号时报警。

[0106] 故障检测模块928还可以被配置为使用利用天线950从其保护算法中的CMD接收的故障检测信号。故障检测信号可以用于协调IED 900的操作。在一个实施例中,故障检测信号可以用于发出保护命令,例如断开电路断路器。在另一实施例中,故障检测信号可以与另一故障检测信号(例如由IED 900从电力系统导出的高阻抗故障信号、过电流信号、欠压信号、平衡信号等)结合使用。

[0107] 故障检测模块934可以被配置为实现本文描述的某些故障检测功能。在某些实施例中,故障检测模块934可以被配置为基于例如可以由传感器组件916提供的电流信号信息或电压信号信息来识别故障或其他事件的发生。

[0108] 在确定故障事件时,来自故障检测模块934的指示可以由保护动作执行模块936使用,并且可以执行一个或更多个保护动作以减轻潜在的不安全状况和对电力输送系统的损害(例如,发出控制指令以使断路器跳闸并将故障与系统隔离)。

[0109] 另外,根据本文描述的各个实施例,保护动作执行模块936可以被配置为使用来自各个CMD的信息来修改其保护动作。

[0110] 控制模块940可以被配置为经由受监测的装备接口908和/或经由通信接口902与连接到分布式控制器的受监测的装备交互。根据一些实施例,来自控制模块940的控制指令可以被指定为用于远离IED 900的其他IED和/或受监测的装备的控制指令。在一些情况下,控制指令可以只是信息性的或建议性的,这意味着接收IED没有义务执行控制指令。相反,接收IED可以使用建议的控制指令与它自己的确定和来自其他控制器的信息相协调,以确定它是否将执行控制指令。在其他情况下,控制指令可以是命令(directive),因为它们是不可不执行的。信息性或建议性控制指令和强制性控制指令之间的区别可以基于被包括在控制指令中的信息。

[0111] 通信模块938可以包括用于促进从IED 900到电力输送系统中的其他控制器和/或其他组件的信息通信的指令。通信模块938可以包括关于根据预定协议格式化通信的指令。通信模块938可以配置有某些信息的订阅者,并且可以根据这样的订阅信息来格式化消息头。

[0112] 图10示出了与本公开的实施例一致的被配置为与多个CMD通信的接收器设备1000的功能框图。在某些实施例中,接收器设备1000可以被添加到现有系统中,以增加定位故障和/或LOC状况的能力。天线1018可以与一个或更多个RF接收器1002通信,RF接收器的每一个可以与一个或更多个CMD通信。RF接收器1002可以基于例如嵌入在通信中的地址、射频频率等来区分多个CMD。故障和LOC解码器1006可以被配置为解码来自RF接收器1002的故障和LOC状况消息。在一些实施例中,故障和LOC解码器1006可以包括检测并校正由于无线信道中的噪声引起的错误的逻辑。状态消息地图1004可以被配置成绘制任何故障或LOC状况消息的位置。接收器设备1000可以包括电力输送系统中多个CMD的位置的地图或其他指示。地图可以提供故障位置的指示,以便于修理和/或识别受LOC状况影响的电力输送系统的区域。

[0113] 消息编码器1010可以被配置成对要经由通信端口1014发送到IED的消息进行编码。消息编码器1010可以生成被配置为传递到IED或其他可操作来基于故障实现控制动作的设备的数据包。在各个实施例中,通信端口1014可以包括以太网端口、串行端口、USB端口等。消息解码器1012可以被配置为从通信端口1014接收消息。在一些实施例中,消息解码器1012可以接收与故障状态、LOC状况和心跳信号相关的消息。可以在显示器1008上提供基于这样的消息的信息。在各个实施例中,显示器可以包括文本或图形显示器、多个LED或任何其他形式的人机接口设备。

[0114] DIP开关逻辑1016可以用于配置与接收器设备1000相关联的通信设置。在一些实施例中,DIP开关逻辑1016可以用于识别网络上的CMD。在其它实施例中,DIP开关逻辑1016可以用于配置通信端口1014的速度。更进一步,DIP开关逻辑1016可以用于设置与RF接收器1002相关联的增益参数。

[0115] 图11示出了与本公开的实施例一致的操作CMD的方法1100的流程图。在1102,CMD实现方法1100可以确定是否检测到故障电流。在检测到故障电流时,可以在1112发送故障信号。在一些实施例中,例如图4B中所示出的实施例,故障电流的视觉指示器也可以被激活。在1104,CMD可以确定是否检测到LOC状况。如果检测到LOC状况,则可以在1110发送LOC状况信号。在1110发送LOC状况信号或在1112发送故障信号之后,CMD可以在1114等待复位信号。在一些实施例中,复位信号可以使得通过由CMD实现方法1100监测的导体的电流的流动能够恢复。在1106,方法1100可以确定是否到了发送心跳信号的时间。在各个实施例中,可以根据特定的时间表来发送心跳信号。可以在1108发送心跳信号。

[0116] 图12示出了与本公开一致的检测故障、验证故障已经通过保护动作被清除、以及使用来自一个或更多个CMD的信号来定位故障的方法1200的流程图。在各个实施例中,可以由被配置为从一个或更多个CMD接收信号的控制系统的实现方法1200。在1202,方法1200可以确定是否已经接收到一个或更多个故障信号。如果不是,方法1200可以保持在1202,直到接收到故障信号。在1206,可以响应于故障状况来执行保护动作。在各个实施例中,保护动作可以包括中断受故障影响的电力系统区域中的电流的流动。

[0117] 在1208,方法1200可以确定是否接收到LOC状况信号。基于在1206执行的保护动作,可以预期LOC状况的检测。如果在保护动作之后没有检测到LOC状况,则在1212,保护动作可能没有清除故障,并且方法1200可以执行附加的保护动作。一旦在1212清除了故障和/或在1208接收到LOC状况信号,就可以在1210确定故障位置。如上所讨论,可以基于通过电力系统的故障电流的路径、检测到故障电流的一个或更多个CMD的位置以及电力系统的拓扑来确定故障的位置。

[0118] 虽然已经示出并描述了本公开的具体实施例和应用,但是应理解的是,本公开不限于本文公开的精确配置和组件。例如,本文描述的系统和方法可以应用于工业电力输送系统或在船或石油平台中实现的电力输送系统,其可以不包括高压电力的长距离传输。此外,本文描述的原理还可以用于保护电系统免于过频(over-frequency)状况,其中,发电将被卸载(shed)而不是加载,以减少对系统的影响。因此,在不脱离本公开的基本原理的情况下,可以对上述实施例的细节做出许多改变。因此,本发明的范围应当仅由所附权利要求来确定。

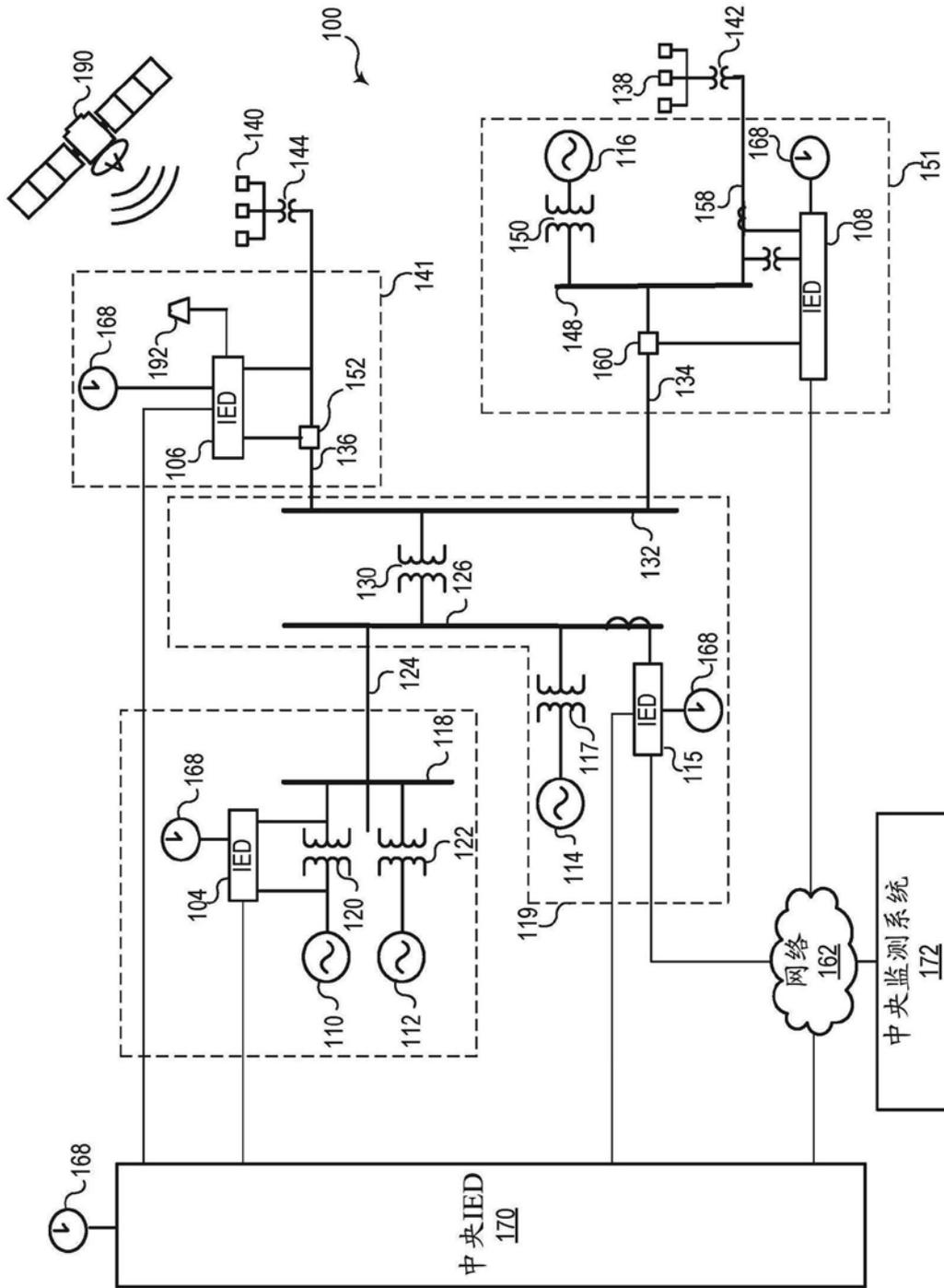


图1

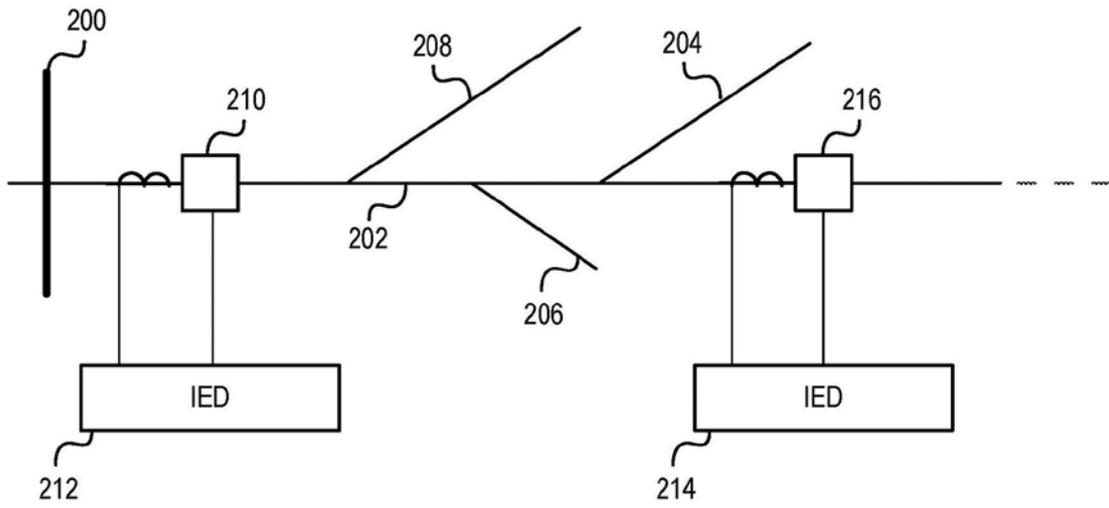


图2A

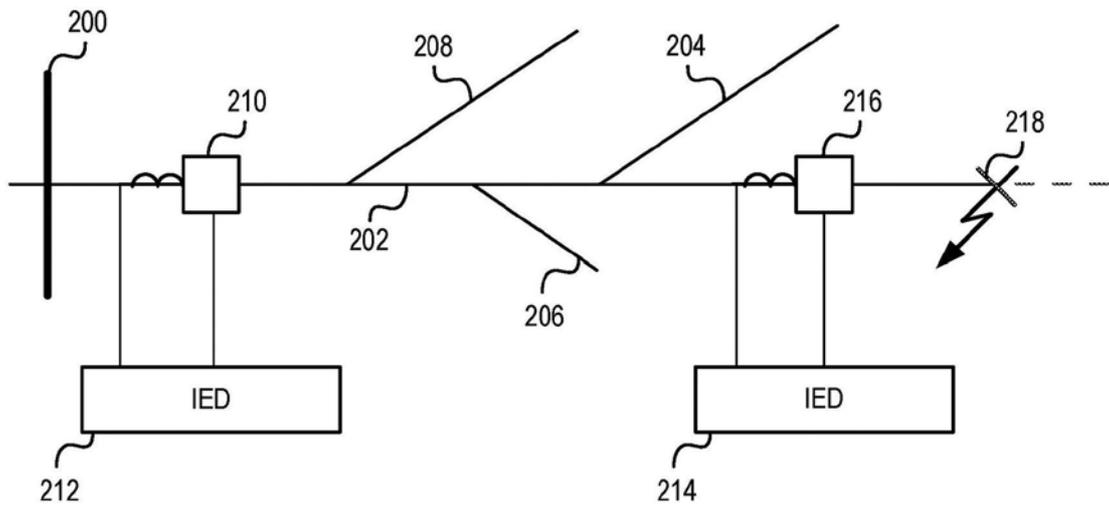


图2B



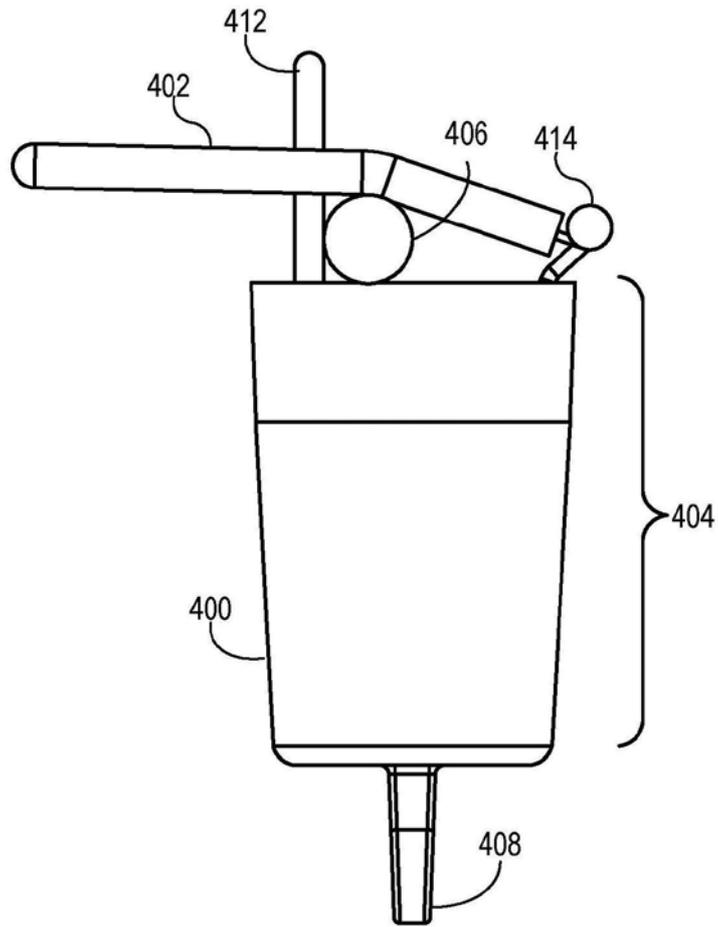


图4A

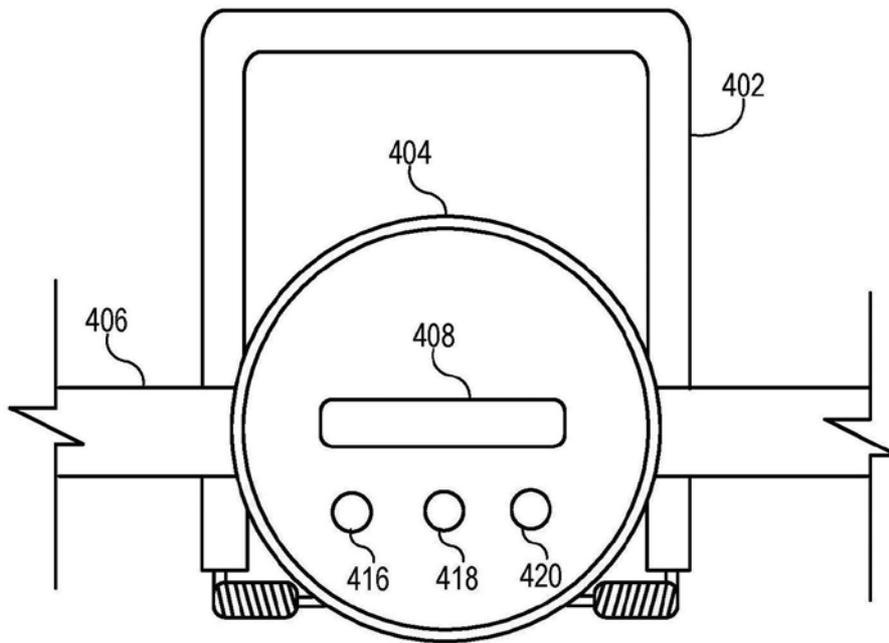


图4B

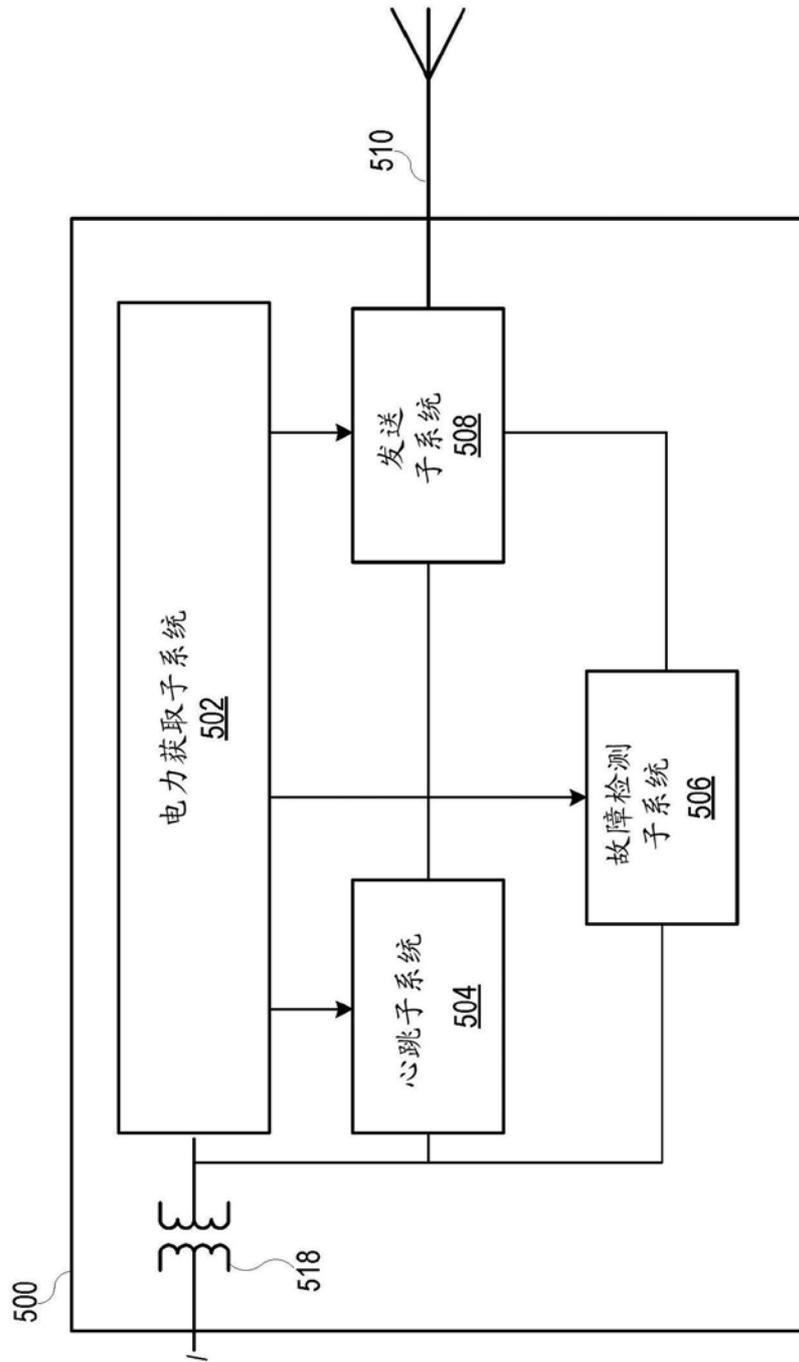


图5

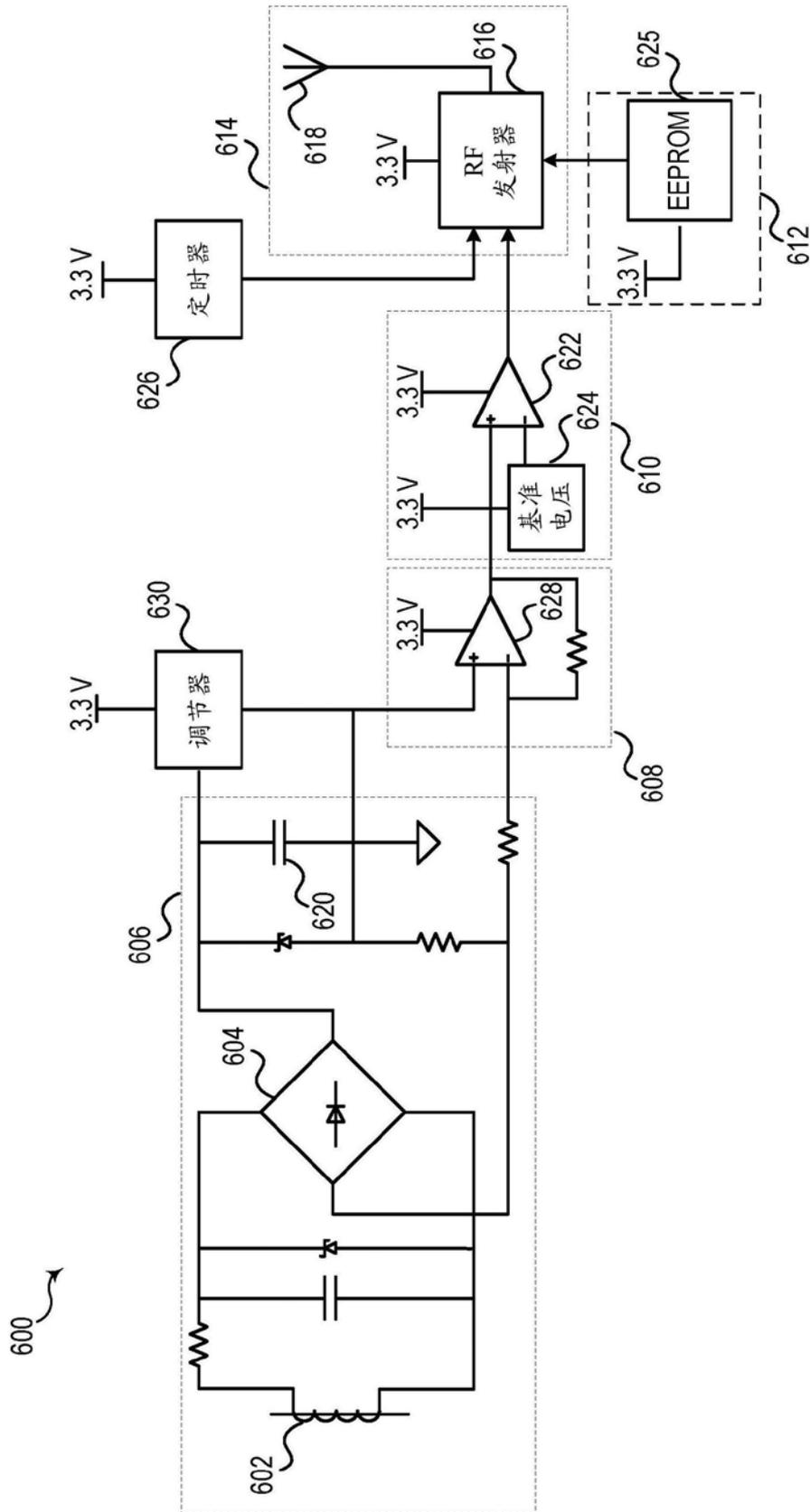


图6

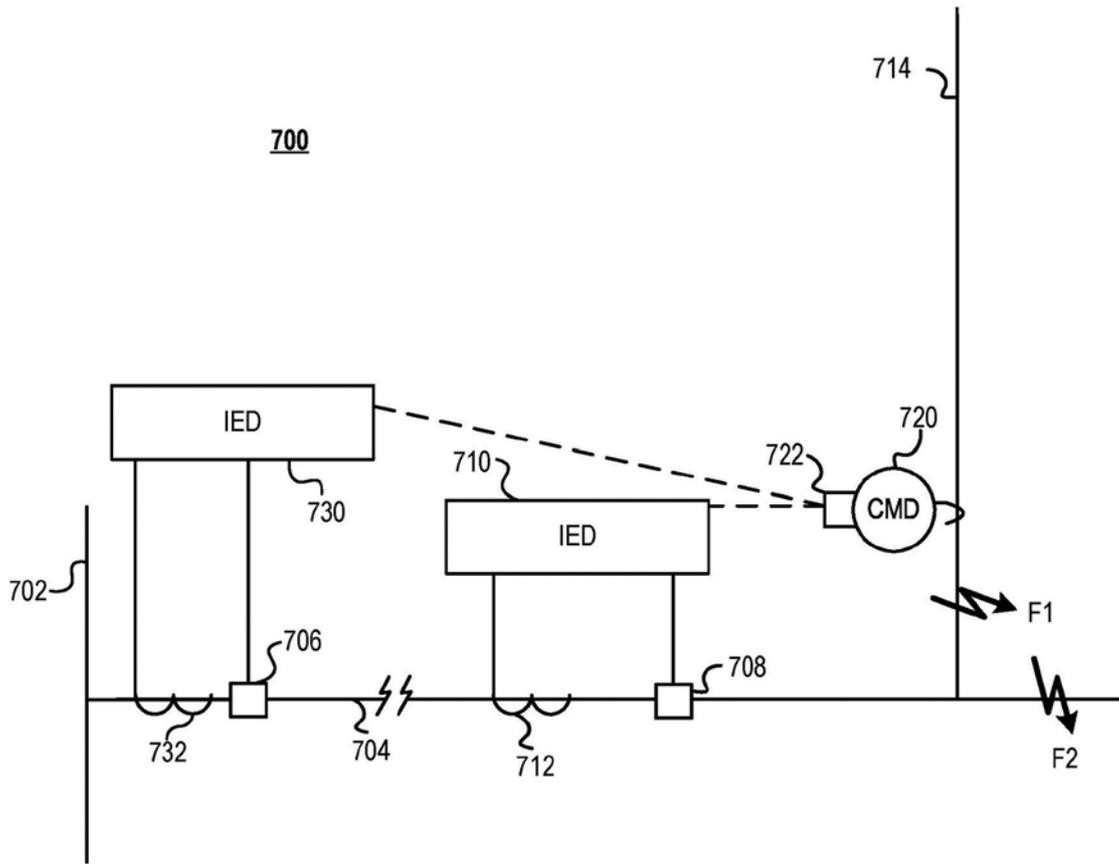


图7A

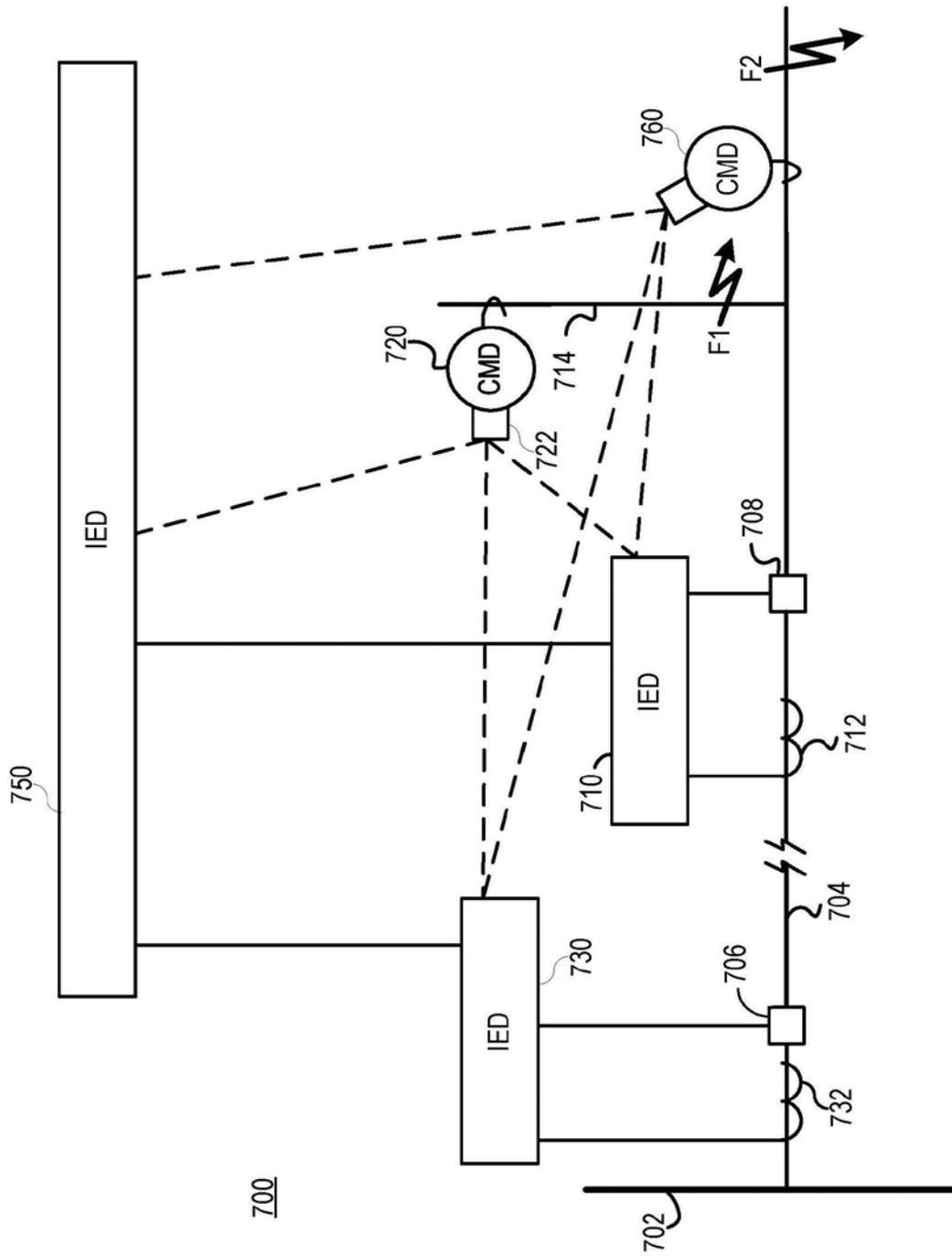


图7B

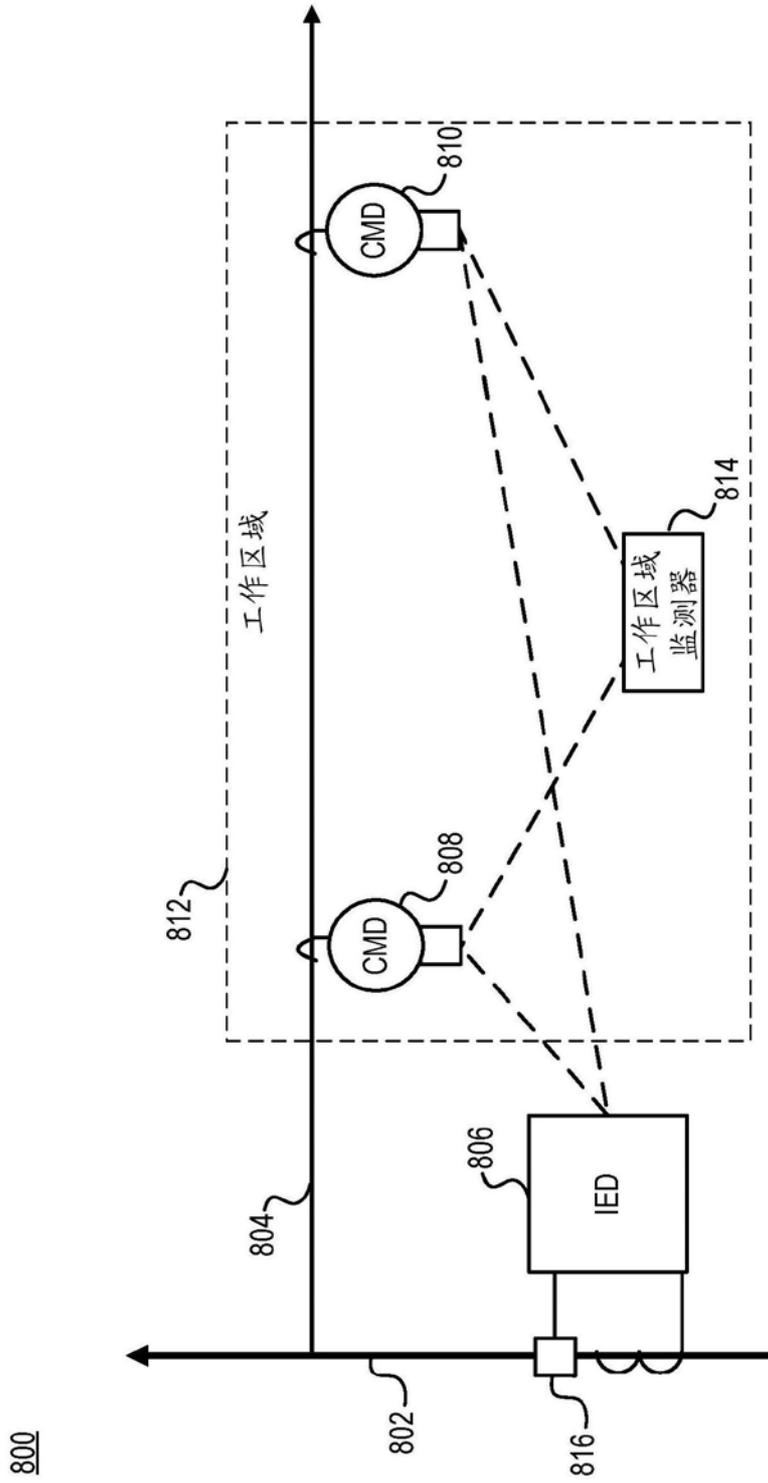


图8

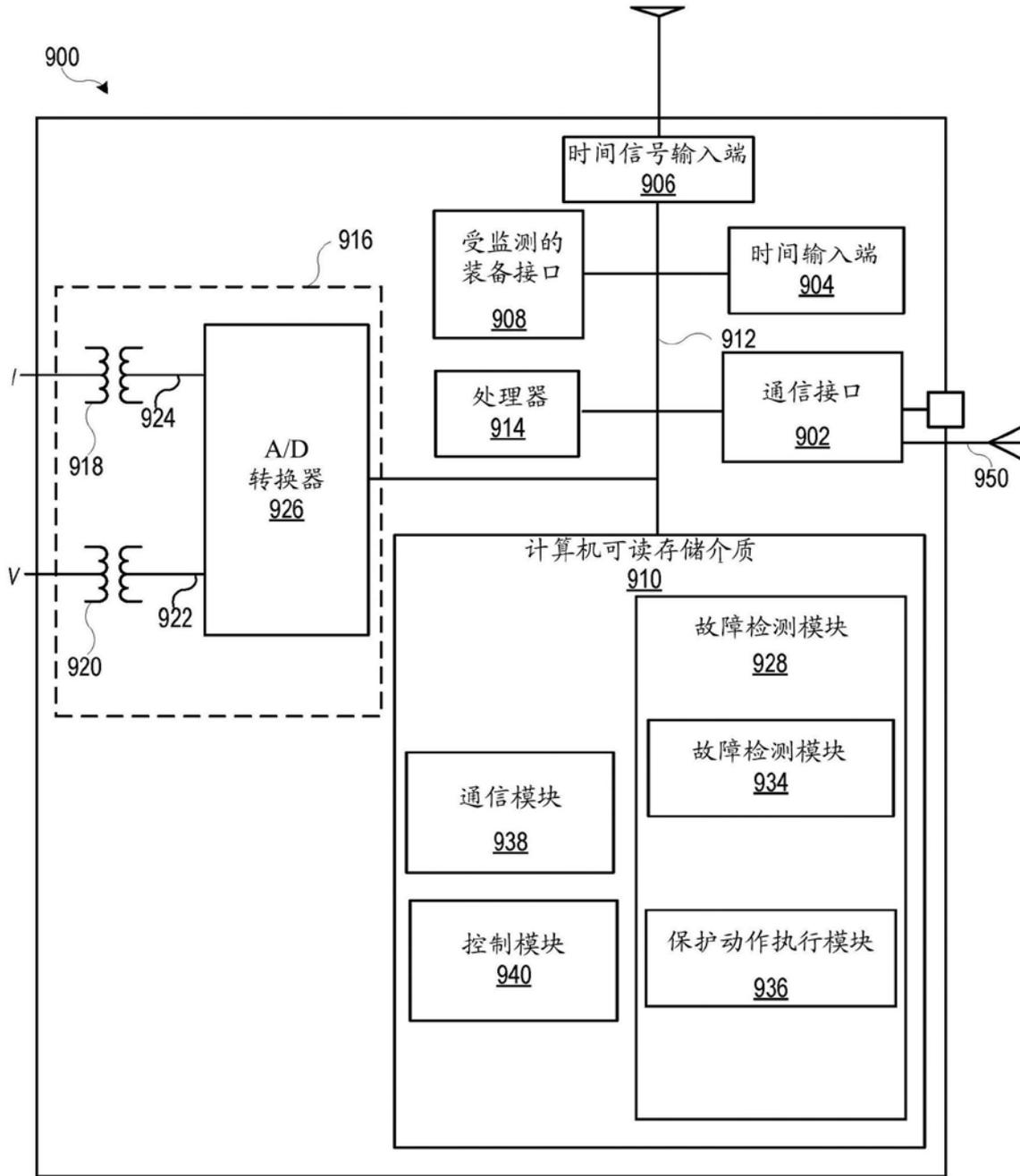


图9

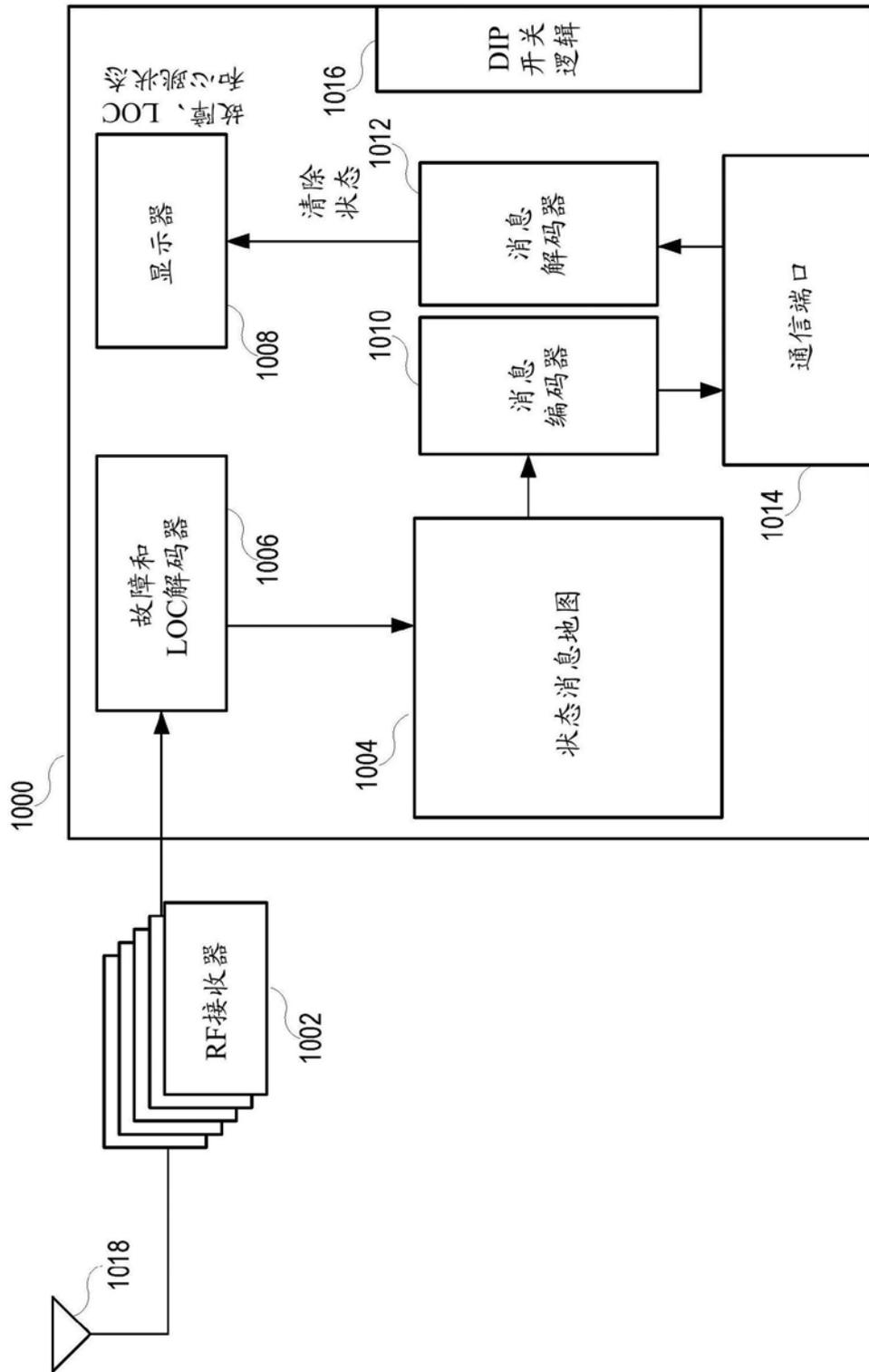


图10

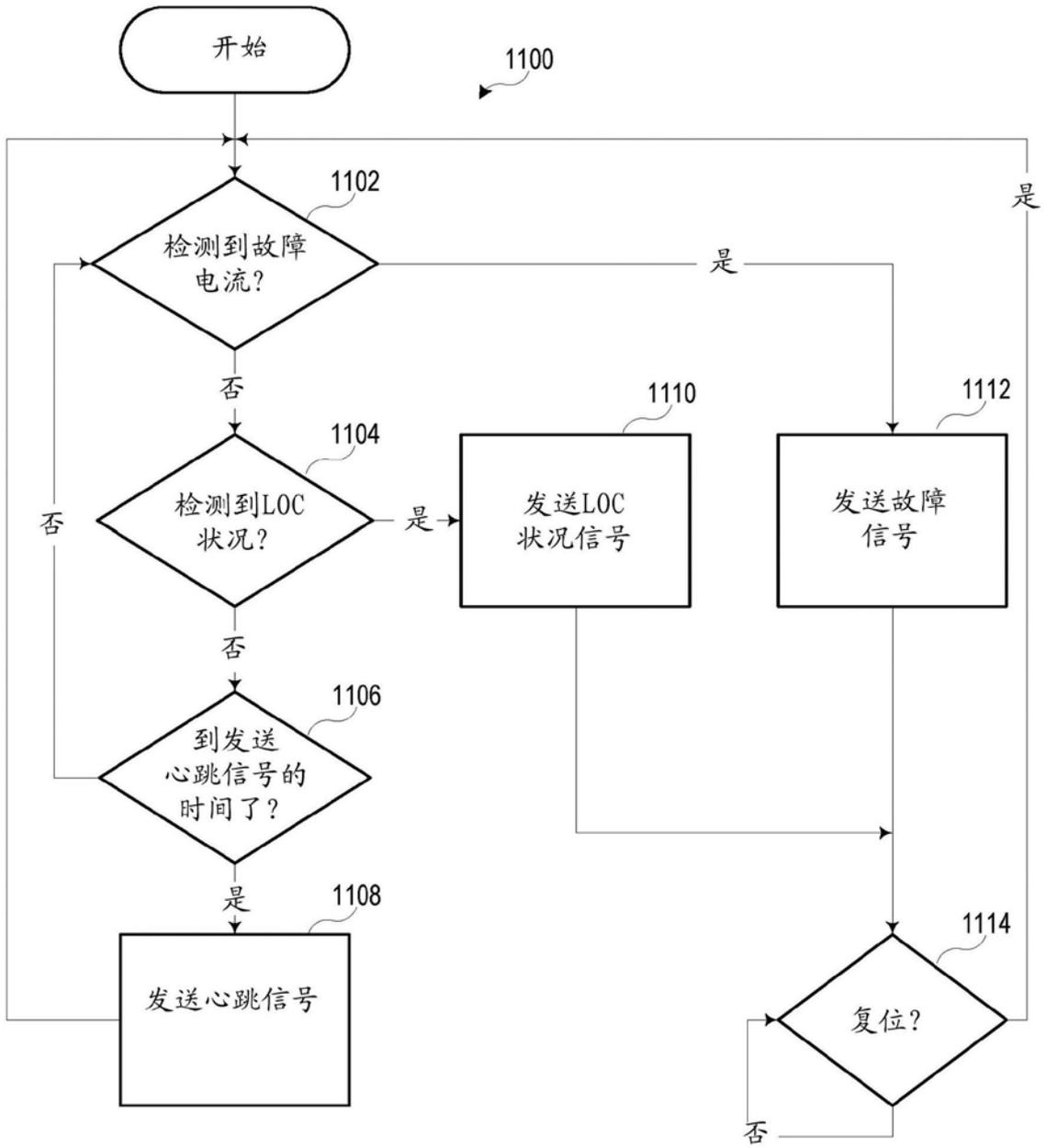


图11

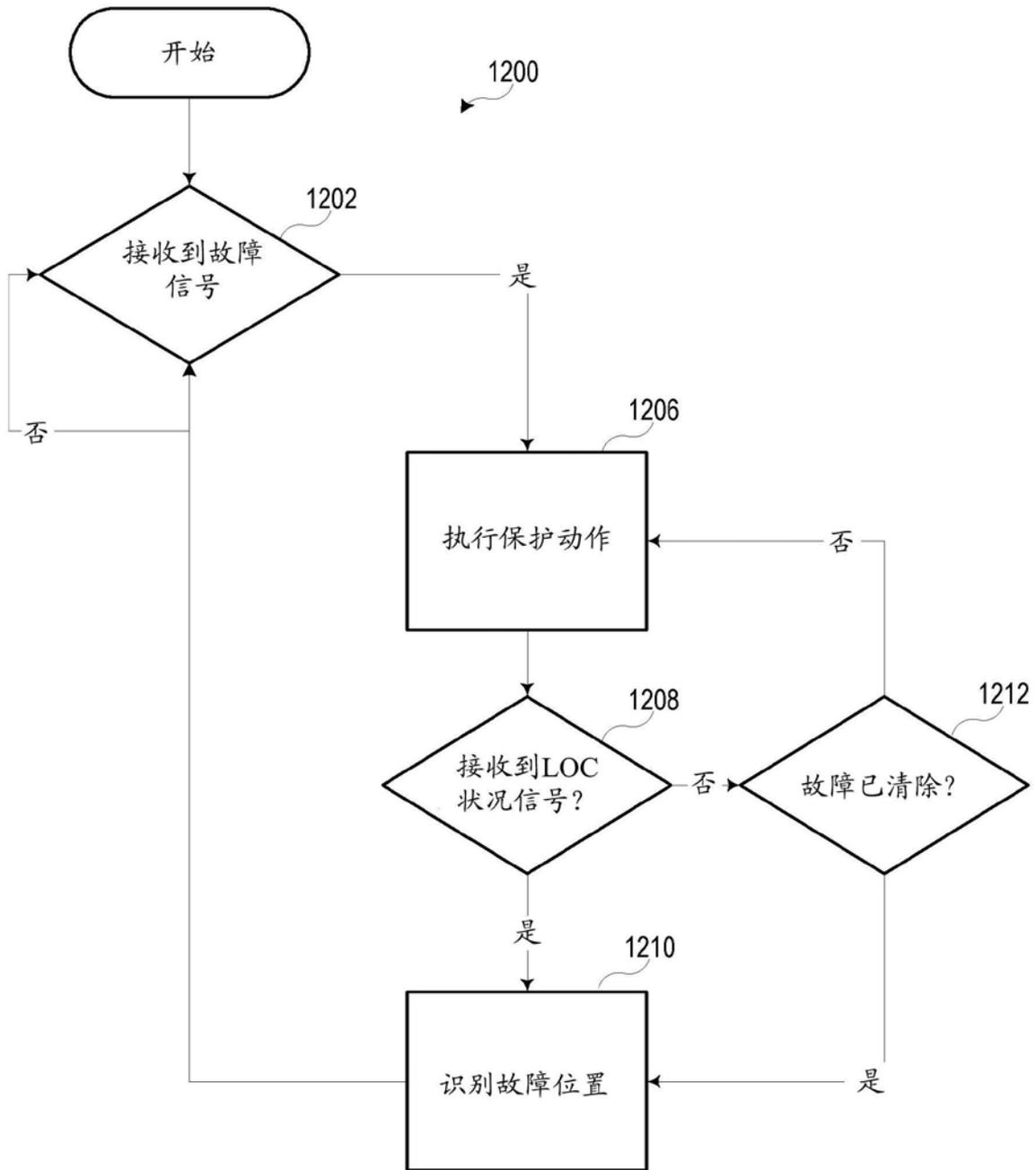


图12