(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112366830 A
(43)申请公布日 2021.02.12

(21)申请号 202011412097.9

(22)申请日 2020.12.03

(71)申请人 北京中煤矿山工程有限公司
地址 100013 北京市朝阳区和平里青年沟路5号64号楼

(72)发明人 赵玉明 周华群 郭垒 王恒 王婧娟 杨明红 张基伟 孙右好 李志军

(74)专利代理机构 北京冠榆知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 11666
代理人 王道川

(51)Int.Cl.
H02J 13/00(2006.01)
H02J 9/08(2006.01)
H02J 3/01(2006.01)
H02J 3/18(2006.01)
H02J 3/16(2006.01)
H02J 3/38(2006.01)
H02J 3/00(2006.01)

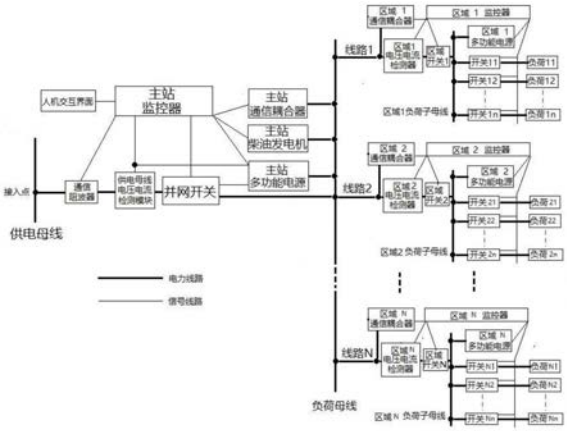
权利要求书5页 说明书14页 附图7页

(54)发明名称

一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统及其方法

(57)摘要

本发明公开一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统及其方法，包括在供电母线与负荷母线之间的主站设备，以及在负荷母线与负荷之间的N个区域站设备。本发明放射式接线的低压供配电系统可靠性高、智能化高，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换到主站柴油发电机上，不存在断电死区时间；主站多功能电源对负荷接入点进行谐波和无功动态跟踪补偿功能，不会将系统内部产生的谐波通过供电母线接入点进入到电网，造成污染。系统内部任何负荷分支发生故障时，不需要整个系统断电，故障区域控制器与区域多功能电源相互配合实现试起动，尝试区域内的故障自愈，显示在主站人机界面上，简化排除过程，减少排除故障的工作量。



CN 112366830 A

1.一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，其特征在于，包括在供电母线与负荷母线之间的主站设备，以及在负荷母线与负荷之间的N个区域站设备，其中N为大于等于1的自然数；

所述主站设备包括主站控制器、主站通信耦合器、主站柴油发电机、主站多功能电源、通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关和人机交互界面；所述供电母线的电流输出端，依次与所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和所述负荷母线的电流输入端电连接；所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机和所述主站多功能电源分别与所述负荷母线电连接；所述主站控制器分别与所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和所述人机交互界面通信连接；所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接；

每个所述区域站设备包括负荷母线与区域负荷子母线之间的区域电压电流检测器、区域开关、区域通信耦合器、区域多功能电源和区域控制器，以及在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关，其中n为大于等于1的自然数；所述负荷母线的电流输出端，依次通过所述区域电压电流检测器和所述区域开关与所述区域负荷子母线电流输入端电连接，所述区域多功能电源与所述区域负荷子母线电连接；所述区域通信耦合器位于所述负荷母线与所述区域电压电流检测器之间；所述区域负荷子母线与n个支路开关电连接；所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域多功能电源和n个支路开关电通信连接；所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

2.根据权利要求1所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，其特征在于，所述主站控制器包括协调控制单元层和功能控制单元层；所述协调控制单元层包括主站通信控制单元和主站功能协调控制单元；所述功能控制单元层包括供电母线检测单元、并网开关控制单元、多功能电源控制单元、柴油发电机控制单元、通信阻波器监控单元和通信收发控制单元；所述人机交互界面与所述主站通信控制单元通信连接，所述主站通信控制单元和所述主站功能协调控制单元通信连接；所述主站功能协调控制单元分别通过所述供电母线检测单元、所述并网开关控制单元、所述多功能电源控制单元、所述柴油发电机控制单元与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站多功能电源、所述主站柴油发电机通信连接，所述主站通信控制单元分别通过所述通信阻波器监控单元和所述通信收发控制单元与所述通信阻波器和主站通信耦合器通信连接。

3.根据权利要求2所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，其特征在于，所述主站多功能电源包括主站多功能电源主控制单元层、主站基本控制单元层和主站主电路，所述主站基本控制单元层包括主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元，所述主电路包括主站软启动开关组K11、主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11，所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机和所述主站控制器与所述主站多功能电源主控制单元层通信连，所述主站多功能电源主控制单元层与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接；所述主站储能元件单元BMS11与所述主站储能元件管理单元通信连接；所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11与所述主站电源功能实现基本控制单元通信连接；所述主站储能元件单元BMS11与所述主站变流电路单元IGBT11电连接，所述主站变流电

路单元IGBT11与所述主站软启动开关组K11的一端电连接，所述主站软启动开关组K11的另一端与所述负荷母线电连接；在所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11之间设有采样装置CPT11，采样装置CPT11信号输出端与所述，在主站电源功能实现基本控制单元通信连接；在所述主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11之间设有采样装置CPT12，采样装置CPT12分别与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接；

所述主站多功能电源设置主电源模式和辅助电源模式，由主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元配合实现；当仅启动主站电源功能实现基本控制单元时，为辅助电源模式；主站控制器能使主站多功能电源实现自动模式切换，主站多功能电源实现供电母线与主站柴油发电机之间的无缝切换。

4.根据权利要求2所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，其特征在于，所述并网开关包括并网开关控制器和并网开关电路，所述主站控制器和所述主站多功能电源与所述并网开关控制器通信连接，所述并网开关电路为并网开关K601；所述并网开关K601的一端与所述供电母线电连接、所述并网开关K601的另一端与所述负荷母线电连接；在所述并网开关K601与所述供电母线电连接之间设有采样装置CTP601，在并网开关K601与所述负荷母线之间设有采样装置CPT602，所述采样装置CTP601和采样装置CPT602的信号输出端与所述并网开关控制器输入端通信连接；所述并网开关K601与所述并网开关控制器通信连接；

所述主站柴油发电机包括主站柴油发电机控制器和柴油发电机控制电路，所述主站控制器和所述主站多功能电源与所述主站柴油发电机控制器通信连接；所述柴油发电机控制电路包括柴油发电机和柴油发电机开关K701，所述柴油发电机通过所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线电连接，所述柴油发电机与所述柴油发电机开关K701之间设有采样装置CPT702，所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线之间设有采样装置CPT701；所述柴油发电机、采样装置CPT702、采样装置CPT701和发电机开关K701分别与所述主站柴油发电机控制器通信连接。

5.根据权利要求1所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，其特征在于，所述区域控制器包括区域协调控制单元层和区域功能控制单元层；所述区域协调控制单元层包括区域通信控制单元和区域功能协调控制单元；所述区域功能控制单元层包括区域检测单元、区域开关控制单元、区域多功能电源控制单元、支路开关状态收集控制单元和通信收发控制单元；所述区域通信控制单元和所述区域功能协调控制单元通信连接；所述区域功能协调控制单元分别通过所述区域检测单元、所述区域开关控制单元、所述区域多功能电源控制单元、所述支路开关状态收集控制单元与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域多功能电源、n个所述支路开关通信连接，所述区域通信控制单元通过所述区域通信收发控制单元与区域通信耦合器通信连接。

所述区域多功能电源包括区域主控制单元层、区域基本控制单元层和区域主电路，所述区域基本控制单元层包括区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元，所述区域主电路包括区域软启动开关组K21、区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21，所述区域控制器与所述区域主控制单元层的区域多功能电源主控制单元通信连接，所述区域多功能电源主控制单元与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能

元件管理单元通信连接;所述区域储能元件单元BMS21与所述区域储能元件管理单元通信连接;所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接;所述区域储能元件单元BMS21与所述区域变流电路单元IGBT21电连接,所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域软启动开关组K21的一端电连接,所述区域软启动开关组K21的另一端与所述区域负荷子母线电连接;在所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21之间设有采样装置CPT21,采样装置CPT21信号输出端与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接;在所述区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21之间设有采样装置CPT22,采样装置CPT22分别与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能元件管理单元通信连接;

所述区域多功能电源设置备用电模式和无功补偿模式,由区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元配合实现;

所述区域开关包括区域开关控制器和区域开关电路,所述区域控制器和所述区域多功能电源与所述区域开关控制器通信连接,所述区域开关电路为区域开关K501;所述区域开关K501的一端与所述负荷母线电连接、所述区域开关K501的另一端与所述区域负荷子母线电连接;在所述区域开关K501与所述负荷母线电连接之间设有采样装置CTP501,在区域开关K501与所述区域负荷子母线之间设有采样装置CPT502,所述采样装置CTP501和采样装置CPT502的信号输出端与所述区域开关控制器通信连接;所述区域开关K501与所述区域开关控制器通信连接;

所述支路开关包括支路开关控制器和支路开关电路,所述区域控制器的与所述支路开关控制器通信连接,所述支路开关电路为支路开关K401,所述支路开关K401的一端与区域负荷子母线电连接,所述支路开关K401的另一端与所述支路负荷电连接,所述支路开关K401与所述支路开关控制器通信连接。

6.基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1)安装权利要求1-5任一所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配系统搭建主站设备和区域站设备,并连接主站设备和区域站设备的电路线路和通信线路;

(2)在主站人机界面录入主站设备和区域站设备中设备类型、特性和参数,设置各个负荷区域的负荷等级和供电要求;

(3)在人机界面输入对应控制策略,控制主站设备功能,控制各个区域站设备功能;

(4)启动运行,然后根据区域负荷实现自检状态、静态运行状态、动态协调状态、主站设备故障状态和系统停机状态。

7.根据权利要求6所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法,其特征在于,在步骤(1)中,包括如下步骤:

(1-1)根据实际供配电容量和电压等级需要,选择并网开关、主站柴油发电机和主站多功能电源;

(1-2)根据各个负荷区域的用电容量和电压,选择区域开关、区域多功能电源;

(1-3)根据负荷区域的具体负荷大小和电压,选择具体负荷支路的支路开关;

(1-4)系统设置主站设备:在供电母线接入点后依次接入通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关,到达负荷母线;负荷母线电连接主站通信耦合器、主站柴油发电机和主站多功能电源;设置主站控制器和人机交互界面;所述主站控制器分别与所述主

站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和人机交互界面通信连接;所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接;

系统根据负荷区域分布情况设置负荷区域的区域站设备:在负荷母线上接供电线路,线路另一端到达负荷区域后,依次连接区域电压电流检测模块、区域开关,到达区域负荷子母线;区域负荷子母线连接区域多功能电源;区域通信耦合器位于连接负荷母线上接供电线路与区域电压电流检测模块之间;在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关;设置区域控制器;所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域多功能电源和n个支路开关电通信连接;所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

8.根据权利要求6所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法,其特征在于,在步骤(4)中:所述自检状态为:系统搭建完成、主站控制器及区域控制器策略预设完成、系统启动,主站控制器对主站设备、区域控制器对所属区域站设备进行自检;若系统状态正常,则在人机交互界面上显示是否启动,等待下一步操作;若系统存在故障,在人机交互界面显示故障信息,禁止启动,等待人工故障排除;若发现具体设备故障,在人机交互界面上将故障设备屏蔽,或人工排除设备故障后再次启动自检;

静态运行状态为:主站设备均正常运行,区域内负荷没有大功率电动机直接起动;主站柴油发电机处于冷备份不起动状态,主站多功能电源处于辅助电源状态;N个区域多功能电源处于无功补偿模式,且仅对所在区域做稳定的常规无功补偿。

9.根据权利要求6所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法,其特征在于,在步骤(4)中:动态协调状态包括7种动态协调状态,具体如下:

动态协调状态1:主站设备均正常运行,区域内负荷有大功率电动机直接起动时,主站柴油发电机处于冷备份不起动状态,主站多功能电源处于辅助电源状态;N个区域多功能电源处于无功补偿模式,起动过程中大功率电动机所在区域的区域多功能电源起用大功率负荷辅助起动补偿功能,补偿大幅突变的无功损耗,抑制区域负荷子母线、负荷母线电压波动;

动态协调状态2:主站设备均正常运行,一个或多个负荷区域内发生故障时,跳开故障所在支路的支路开关,故障被成功切除,故障所在的区域开关保持闭合状态,故障所在区域的区域控制器收到支路开关反馈信号后,上传给主站控制器,并显示在人机界面上,通知人工维修故障支路;

动态协调状态3,主站设备均正常运行,一个或多个负荷区域内发生故障后,故障所在支路的支路开关拒动,或故障点位于区域负荷子母线上时,导致故障所在的区域开关断开;故障所在的区域控制器与故障所在的区域多功能电源相互配合实现试起动、向主站控制器发送申请重新并网报文、自动恢复并网功能的循环过程中,尝试区域内的故障自愈;如果不能实现故障自愈,上传给主站控制器,并显示在人机界面上,通知人工维修故障支路;

态协调状态4:主站设备均正常运行,一个或多个负荷区域内发生故障后,故障所在支路的支路开关拒动,或故障点位于区域负荷子母线上时,导致故障所在的区域开关断开;故障区域控制器主导的区域内的故障自愈失败,区域开关保持断开状态,且区域控制器提交

报文给主站控制器并显示在主站人机界面上，要求人工排除故障；

动态协调状态5：主站设备均正常运行，由于供电母线电压偏低或N个区域的总负荷过大，导致负荷母线电压偏低，主站控制器按照事先设定的供电优先级，逐级向各个区域控制器发送区域负荷切除指令，直至负荷母线电压恢复正常值，保证优先级高的负荷区域供电；

动态协调状态6：供电母线发生异常，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换到主站柴油发电机上；当检测到供电母线恢复正常，关闭柴油发电机，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换回供电母线上；各区域负荷处于正常工作状态；

动态协调状态7：供电母线发生异常，主站多功能电源的主电源模式未被使能、且区域多功能电源以备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供电；当检测到供电母线恢复正常，区域多功能电源将区域内部的供电无缝切换回供电线路母线上；区域多功能电源的备用电模式未被使能，区域多功能电源为所在区域内负荷供电中断。

10.根据权利要求6所述的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，其特征在于，在步骤(4)中：

主站设备故障状态：主站设备发生故障、且区域多功能电源的备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供电，直至区域多功能电源存储的能量耗尽；区域多功能电源的备用电模式未被使能，所在区域内负荷供电中断；

系统停机状态：手动在人机界面上对主站控制器进行“停机”操作，主站控制器向各区域控制器发送停机指令，系统进入停机状态。

一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及供配电技术领域，尤其涉及适用于工业施工现场、发电厂辅助设备、煤矿、钢铁、石化、化纤、芯片制造等负荷区域分散、且现场设备和仪器仪表对供配电质量要求高的应用。具体地说是一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统及其方法。

背景技术

[0002] 目前，低压供配电线路有放射式、树枝式和环形等基本接线方式。放射式接线，基于独立负荷或集中负荷均由单独的配电线路供电，其特点是引出线发生故障时互不影响，一般用在单台设备容量较大、容量比较集中或供电可靠性高的场所。与其他几种接线形式相比，放射式接线已经高于其他几种接线形式。但对于很多应用场景，仅仅采用了放射式接线的常规低压供配电系统依然无法满足负荷对高可靠性供电的要求，而且现有常规低压供配电系统普遍存在智能化低的问题。

[0003] 对于现有的常规供配电系统的监控与保护设备，各个站点与负荷之间除了电力线路外，需要单独敷设专用通信线路，成本和工程复杂度很高，后续工程扩建、改造灵活度受到限制。

[0004] 电网供电存在电压暂降和短时中断情况，对配电系统内负荷造成严重影响。国标《电能质量电压暂降与短时中断》(GB/T 30317)中已经对电压暂降和短时中断进行了明确定义。由于电压暂降和短时中断发生和回复速度都很快，常规供配电系统只能被迫停电，即使系统设有备用柴油发电机，也在供电母线掉电与柴油发电机起动完成之间存在断电死区时间。

[0005] 由于供配电系统内部存在非线性负荷及电力电子类设备，会产生大小和频率时刻变化的谐波电流，谐波将通过供电母线接入点进入到电网，造成污染，超过限值还会遭到电网公司罚款。国标《电能质量公用电网谐波》(GB/T14549)中已明确进行了谐波定义，并给出了注入电网接入点的谐波限值。

[0006] 智能化的微机继电保护装置广泛应用于电力的发电、输电、变电环节，但对于供配电环节却少有使用，导致低压供配电系统原始落后。常规供配电系统内部、尤其是低压配电环节普遍使用热磁脱扣断路器熔断器，任何负荷分支发生故障时，需要整个系统断电，且排除过程复杂，工作量大。

[0007] 由于电力线路和负荷造成的无功损耗，导致负荷侧电压过低，往往最佳解决方案就是就地补偿，而常规就地补偿采用的电容补偿体积大、只能定值补偿，缺乏灵活性，且运维周期短。当有大功率电动机负荷起动过程中，会造成无功损耗突变，大幅拉低系统电压。如果在正常运行或交流电动机直接起动时不采取相应的措施，设备消耗无功功率，会造成电动机所连接的配电母线电压产生较大电压偏差，直接影响接于该配电母线上的其他用电设备的正常运行，还可能触发过、欠压保护动作，造成设备的有害跳闸；同时过大的起动冲击电流会使电动机绕组发热，从而加速绝缘老化，影响电动机寿命。为了应对配电母线的电

压偏差问题，一方面对正常运行和电动机起动过程中造成的配电母线电压偏差水平进行限制；另一方面采取改善措施，降低电动机的起动造成的冲击，以满足母线电压偏差水平的限制要求。现行的相关规范标准对交流电动机起动时母线电压的偏差水平进行了明确限制：母线上接有照明或其他对电压波动敏感的负荷，电动机频繁启动时不宜低于额定电压的90％；电动机不频繁起动时不宜低于额定电压的85％。母线上未接照明或其他对电压波动较敏感的负荷，不应低于额定电压的80％。母线电压上未接其他用电设备时，可按保证电动机起动转矩的条件决定；对于低压电动机，尚应保证接触器线圈的电压不低于释放电压。

发明内容

[0008] 为此，本发明所要解决的技术问题在于：

[0009] 对于常规放射式接线的低压供配电系统可靠性差、智能化低；各个站点与负荷之间除了电力线路外，需要单独敷设专用通信线路，成本和工程复杂度很高；当供电母线出现异常，整个系统将停电，即使起动备用柴油发电机，也在供电母线掉电与柴发起动之间存在断电死区时间；系统内部产生的谐波将通过供电母线接入点进入到电网，造成污染，超过限值还会遭到电网公司罚款；系统内部任何负荷分支发生故障时，需要整个系统断电，且排除过程复杂，工作量大；由于电力线路和负荷造成的无功损耗，导致负荷侧电压过低，常规的电容补偿体积大、只能定值补偿；当有大功率电动机负荷起动过程中，会造成无功损耗突变，大幅拉低系统电压。

[0010] 为克服上述缺陷，通过潜心研究和设计，综合多年从事相关经验和研究成果，本发明公开了一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统及其方法。

[0011] 为解决上述技术问题，本发明提供如下技术方案：

[0012] 一种基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，包括在供电母线与负荷母线之间的主站设备，以及在负荷母线与负荷之间的N个区域站设备，其中N为大于等于1的自然数；

[0013] 所述主站设备包括主站控制器、主站通信耦合器、主站柴油发电机、主站多功能电源、通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关和人机交互界面；所述供电母线的电流输出端，依次与所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和所述负荷母线的电流输入端电连接；所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机和所述主站多功能电源分别与所述负荷母线电连接；所述主站控制器分别与所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和所述人机交互界面通信连接；所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接；

[0014] 每个所述区域站设备包括负荷母线与区域负荷子母线之间的区域电压电流检测器、区域开关、区域通信耦合器、区域多功能电源和区域控制器，以及在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关，其中n为大于等于1的自然数；所述负荷母线的电流输出端，依次通过所述区域电压电流检测器和所述区域开关与所述区域负荷子母线电流输入端电连接，所述区域多功能电源与所述区域负荷子母线电连接；所述区域通信耦合器位于所述负荷母线与所述区域电压电流检测器之间；所述区域负荷子母线与n个支路开关电连接；所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域

多功能电源和n个支路开关电通信连接;所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

[0015] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统,所述主站控制器包括协调控制单元层和功能控制单元层;所述协调控制单元层包括主站通信控制单元和主站功能协调控制单元;所述功能控制单元层包括供电母线检测单元、并网开关控制单元、多功能电源控制单元、柴油发电机控制单元、通信阻波器监控单元和通信收发控制单元;所述人机交互界面与所述主站通信控制单元通信连接,所述主站通信控制单元和所述主站功能协调控制单元通信连接;所述主站功能协调控制单元分别通过所述供电母线检测单元、所述并网开关控制单元、所述多功能电源控制单元、所述柴油发电机控制单元与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站多功能电源、所述主站柴油发电机通信连接,所述主站通信控制单元分别通过所述通信阻波器监控单元和所述通信收发控制单元与所述通信阻波器和主站通信耦合器通信连接。

[0016] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统,所述主站多功能电源包括主站多功能电源主控制单元层、主站基本控制单元层和主站主电路,所述主站基本控制单元层包括主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元,所述主电路包括主站软启动开关组K11、主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11,所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机和所述主站控制器与所述主站多功能电源主控制单元层通信连,所述主站多功能电源主控制单元层与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接;所述主站储能元件单元BMS11与所述主站储能元件管理单元通信连接;所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11与所述主站电源功能实现基本控制单元通信连接;所述主站储能元件单元BMS11与所述主站变流电路单元IGBT11电连接,所述主站变流电路单元IGBT11与所述主站软启动开关组K11的一端电连接,所述主站软启动开关组K11的另一端与所述负荷母线电连接;在所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11之间设有采样装置CPT11,采样装置CPT11信号输出端与所述,在主站电源功能实现基本控制单元通信连接;在所述主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11之间设有采样装置CPT12,采样装置CPT12分别与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接;

[0017] 所述主站多功能电源设置主电源模式和辅助电源模式,由主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元配合实现;当仅启动主站电源功能实现基本控制单元时,为辅助电源模式;主站控制器能使主站多功能电源实现自动模式切换,主站多功能电源实现供电母线与主站柴油发电机之间的无缝切换。

[0018] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统,所述并网开关包括并网开关控制器和并网开关电路,所述主站控制器和所述主站多功能电源与所述并网开关控制器通信连接,所述并网开关电路为并网开关K601;所述并网开关K601的一端与所述供电母线电连接、所述并网开关K601的另一端与所述负荷母线电连接;在所述并网开关K601与所述供电母线电连接之间设有采样装置CTP601,在并网开关K601与所述负荷母线之间设有采样装置CPT602,所述采样装置CTP601和采样装置CPT602的信号输出端与所述并网开关控制器输入端通信连接;所述并网开关K601与所述并网开关控制器通信连接;

[0019] 所述主站柴油发电机包括主站柴油发电机控制器和柴油发电机控制电路,所述主

站控制器和所述主站多功能电源与所述主站柴油发电机控制器通信连接;所述柴油发电机控制电路包括柴油发电机和柴油发电机开关K701,所述柴油发电机通过所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线电连接,所述柴油发电机与所述柴油发电机开关K701之间设有采样装置CPT702,所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线之间设有采样装置CPT701;所述柴油发电机、采样装置CPT702、采样装置CPT701和发电机开关K701分别与所述主站柴油发电机控制器通信连接。

[0020] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统,所述区域控制器包括区域协调控制单元层和区域功能控制单元层;所述区域协调控制单元层包括区域通信控制单元和区域功能协调控制单元;所述区域功能控制单元层包括区域检测单元、区域开关控制单元、区域多功能电源控制单元、支路开关状态收集控制单元和通信收发控制单元;所述区域通信控制单元和所述区域功能协调控制单元通信连接;所述区域功能协调控制单元分别通过所述区域检测单元、所述区域开关控制单元、所述区域多功能电源控制单元、所述支路开关状态收集控制单元与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域多功能电源、n个所述支路开关通信连接,所述区域通信控制单元通过所述区域通信收发控制单元与区域通信耦合器通信连接。

[0021] 所述区域多功能电源包括区域主控制单元层、区域基本控制单元层和区域主电路,所述区域基本控制单元层包括区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元,所述区域主电路包括区域软启动开关组K21、区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21,所述区域控制器与所述区域主控制单元层的区域多功能电源主控制单元通信连接,所述区域多功能电源主控制单元与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能元件管理单元通信连接;所述区域储能元件单元BMS21与所述区域储能元件管理单元通信连接;所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接;所述区域储能元件单元BMS21与所述区域变流电路单元IGBT21电连接,所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域软启动开关组K21的一端电连接,所述区域软启动开关组K21的另一端与所述区域负荷子母线电连接;在所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21之间设有采样装置CPT21,采样装置CPT21信号输出端与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接;在所述区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21之间设有采样装置CPT22,采样装置CPT22分别与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能元件管理单元通信连接;

[0022] 所述区域多功能电源设置备用电模式和无功补偿模式,由区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元配合实现;

[0023] 所述区域开关包括区域开关控制器和区域开关电路,所述区域控制器和所述区域多功能电源与所述区域开关控制器通信连接,所述区域开关电路为区域开关K501;所述区域开关K501的一端与所述负荷母线电连接、所述区域开关K501的另一端与所述区域负荷子母线电连接;在所述区域开关K501与所述负荷母线电连接之间设有采样装置CTP501,在区域开关K501与所述区域负荷子母线之间设有采样装置CPT502,所述采样装置CTP501和采样装置CPT502的信号输出端与所述区域开关控制器通信连接;所述区域开关K501与所述区域开关控制器通信连接;

[0024] 所述支路开关包括支路开关控制器和支路开关电路,所述区域控制器的与所述支

路开关控制器通信连接，所述支路开关电路为支路开关K401，所述支路开关K401的一端与区域负荷子母线电连接，所述支路开关K401的另一端与所述支路负荷电连接，所述支路开关K401与所述支路开关控制器通信连接。

[0025] 基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，包括如下步骤：

[0026] (1)安装上述任一的基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配系统搭建主站设备和区域站设备，并连接主站设备和区域站设备的电路线路和通信线路；

[0027] (2)在主站人机界面录入主站设备和区域站设备中设备类型、特性和参数，设置各个负荷区域的负荷等级和供电要求；

[0028] (3)在人机界面输入对应控制策略，控制主站设备功能，控制各个区域站设备功能；

[0029] (4)启动运行，然后根据区域负荷实现自检状态、静态运行状态、动态协调状态、主站设备故障状态和系统停机状态。

[0030] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，在步骤(1)中，包括如下步骤：

[0031] (1-1)根据实际供配电容量和电压等级需要，选择并网开关、主站柴油发电机和主站多功能电源；

[0032] (1-2)根据各个负荷区域的用电容量和电压，选择区域开关、区域多功能电源；

[0033] (1-3)根据负荷区域的具体负荷大小和电压，选择具体负荷支路的支路开关；

[0034] (1-4)系统设置主站设备：在供电母线接入点后依次接入通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关，到达负荷母线；负荷母线电连接主站通信耦合器、主站柴油发电机和主站多功能电源；设置主站控制器和人机交互界面；所述主站控制器分别与所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和人机交互界面通信连接；所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接；

[0035] 系统根据负荷区域分布情况设置负荷区域的区域站设备：在负荷母线上接供电线路，线路另一端到达负荷区域后，依次连接区域电压电流检测模块、区域开关，到达区域负荷子母线；区域负荷子母线连接区域多功能电源；区域通信耦合器位于连接负荷母线上接供电线路与区域电压电流检测模块之间；在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关；设置区域控制器；所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域多功能电源和n个支路开关电通信连接；所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

[0036] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，在步骤(4)中：所述自检状态为：系统搭建完成、主站控制器及区域控制器策略预设完成、系统启动，主站控制器对主站设备、区域控制器对所属区域站设备进行自检；若系统状态正常，则在人机交互界面上显示是否启动，等待下一步操作；若系统存在故障，在人机交互界面显示故障信息，禁止启动，等待人工故障排除；若发现具体设备故障，在人机交互界面上将故障设备屏蔽，或人工排除设备故障后再次启动自检；

[0037] 静态运行状态为：主站设备均正常运行，区域内负荷没有大功率电动机直接起动；

主站柴油发电机处于冷备份不起动状态，主站多功能电源处于辅助电源状态；N个区域多功能电源处于无功补偿模式，且仅对所在区域做稳定的常规无功补偿。

[0038] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，在步骤(4)中：动态协调状态包括7种动态协调状态，具体如下：

[0039] 动态协调状态1：主站设备均正常运行，区域内负荷有大功率电动机直接起动时，主站柴油发电机处于冷备份不起动状态，主站多功能电源处于辅助电源状态；N个区域多功能电源处于无功补偿模式，起动过程中大功率电动机所在区域的区域多功能电源起用大功率负荷辅助起动补偿功能，补偿大幅突变的无功损耗，抑制区域负荷子母线、负荷母线电压波动；

[0040] 动态协调状态2：主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障时，跳开故障所在支路的支路开关，故障被成功切除，故障所在的区域开关保持闭合状态，故障所在区域的区域控制器收到支路开关反馈信号后，上传给主站控制器，并显示在人机界面上，通知人工维修故障支路；

[0041] 动态协调状态3，主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障后，故障所在支路的支路开关拒动，或故障点位于区域负荷子母线上时，导致故障所在的区域开关断开；故障所在的区域控制器与故障所在的区域多功能电源相互配合实现试起动、向主站控制器发送申请重新并网报文、自动恢复并网功能的循环过程中，尝试区域内的故障自愈；如果不能实现故障自愈，上传给主站控制器，并显示在人机界面上，通知人工维修故障支路；

[0042] 态协调状态4：主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障后，故障所在支路的支路开关拒动，或故障点位于区域负荷子母线上时，导致故障所在的区域开关断开；故障区域控制器主导的区域内的故障自愈失败，区域开关保持断开状态，且区域控制器提交报文给主站控制器并显示在主站人机界面上，要求人工排除故障；

[0043] 动态协调状态5：主站设备均正常运行，由于供电母线电压偏低或N个区域的总负荷过大，导致负荷母线电压偏低，主站控制器按照事先设定的供电优先级，逐级向各个区域控制器发送区域负荷切除指令，直至负荷母线电压恢复正常值，保证优先级高的负荷区域供电；

[0044] 动态协调状态6：供电母线发生异常，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换到主站柴油发电机上；当检测到供电母线恢复正常，关闭柴油发电机，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换回供电母线上；各区域负荷处于正常工作状态；

[0045] 动态协调状态7：供电母线发生异常，主站多功能电源的主电源模式未被使能、且区域多功能电源以备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供电；当检测到供电母线恢复正常，区域多功能电源将区域内部的供电无缝切换回供电线路母线上；区域多功能电源的备用电模式未被使能，区域多功能电源为所在区域内负荷供电中断。

[0046] 上述基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，在步骤(4)中：

[0047] 主站设备故障状态：主站设备发生故障、且区域多功能电源的备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供

电，直至区域多功能电源存储的能量耗尽；区域多功能电源的备用电模式未被使能，所在区域内负荷供电中断；

[0048] 系统停机状态：手动在人机界面上对主站控制器进行“停机”操作，主站控制器向各区域控制器发送停机指令，系统进入停机状态。

[0049] 本发明的技术方案取得了如下有益的技术效果：

[0050] 本发明的放射式接线的低压供配电系统可靠性高、智能化高。

[0051] (1)各个站点与负荷之间除了电力线路外，不需要单独敷设专用通信线路，采用现有的通信线路，成本和工程复杂度大大降低；

[0052] (2)当供电母线出现异常，不需要将整个系统停电，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换到主站柴油发电机上，使得供电母线掉电与柴油发电机起动之间不存在断电死区时间；

[0053] (3)主站和各负荷区域接入通信阻波器，同时主站多功能电源可对负荷接入点进行谐波和无功动态跟踪补偿功能，从而不会将系统内部产生的谐波通过供电母线接入点进入到电网，造成污染；

[0054] (4)系统内部任何负荷分支发生故障时，不需要整个系统断电，故障区域控制器与区域多功能电源相互配合实现试起动，尝试区域内的故障自愈，如果自愈失败，区域控制器提交报文给主站控制器并显示在主站人机界面上，要求人工排除故障，大大简化了排除过程，减少排除故障的工作量；

[0055] (5)主站多功能电源设有无功动态跟踪补偿功能，区域多功能电源设有无功补偿模式，可对电力线路和负荷造成的无功损耗，进行跟踪补偿；

[0056] (6)当有大功率电动机负荷起动过程中，各个区域多功能电源处于无功补偿模式，起动过程中大功率电动机所在区域的区域多功能电源起用大功率负荷辅助起动补偿功能，补偿大幅突变的无功损耗，抑制区域负荷子母线、负荷母线电压波动。

附图说明

[0057] 图1本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的系统结构示意图；

[0058] 图2本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的主站监控器原理框图；

[0059] 图3本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的主站监控器中协调控制单元架构图；

[0060] 图4本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的主站多功能电源原理框图；

[0061] 图5本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的主站柴油发电机原理框图；

[0062] 图6本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的主站并网开关原理框图；

[0063] 图7本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的区域监控器原理框图；

[0064] 图8本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的区域监控器中协调控制单元架构图；

[0065] 图9本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的区域多功能电源原理框图；

[0066] 图10本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的区域开关原理框图；

[0067] 图11本发明基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统的区域内支路开关原理框图；。

具体实施方式

[0068] 如图1所示，基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电系统，包括在供电母线与负荷母线之间的主站设备，以及在负荷母线与负荷之间的N个区域站设备，其中N为大于等于1的自然数；

[0069] 所述主站设备包括主站控制器、主站通信耦合器、主站柴油发电机、主站多功能电源、通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关和人机交互界面；所述供电母线的电流输出端，依次与所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和所述负荷母线的电流输入端电连接；所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机和所述主站多功能电源分别与所述负荷母线电连接；所述主站控制器分别与所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和人机交互界面通信连接；所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接；

[0070] 每个所述区域站设备包括负荷母线与区域负荷子母线之间的区域电压电流检测器、区域开关、区域通信耦合器、区域多功能电源和区域控制器，以及在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关，其中n为大于等于1的自然数；所述负荷母线的电流输出端，依次通过所述区域电压电流检测器和所述区域开关与所述区域负荷子母线电流输入端电连接，所述区域多功能电源与所述区域负荷子母线电连接；所述区域通信耦合器位于所述负荷母线与所述区域电压电流检测器之间；区域耦合器需要安装在区域开关左侧，否则区域开关跳开后，该区域无法与外部通信。区域耦合器属于区域站设备，在线路1、线路2……线路N的末端；所述区域负荷子母线与n个支路开关电连接；所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域多功能电源和n个支路开关电通信连接；所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

[0071] 系统设置主站和若干负荷区域，主站和各个负荷区域中均设有监控器和多功能电源；各个监控器之间通过载波方式利用已有电力线路进行信号通信，主站监控器设有最高优先级，可使能或关闭各个区域监控器的具体功能；主站多功能电源通过主电源模式和辅助电源模式之间切换实现供电母线与柴油发电机之间的无缝切换，并设有对系统接入点进行实现谐波和无功动态跟踪补偿功能；区域控制器设有区域内故障切除、故障排除后试起动及自动恢复并网功能，实现区域内故障自愈；区域多功能电源设有区域试起动功能，具有备用电模式、有无功补偿模式，在无功补偿模式下实现常规线路无功补偿功能和大功率负荷辅助起动补偿功能。

[0072] 如图2和图3所示，所述主站控制器包括协调控制单元层和功能控制单元层；所述协调控制单元层包括主站通信控制单元和主站功能协调控制单元；所述功能控制单元层包括供电母线检测单元、并网开关控制单元、多功能电源控制单元、柴油发电机控制单元、通信阻波器监控单元和通信收发控制单元；所述人机交互界面与所述主站通信控制单元通信连接，所述主站通信控制单元和所述主站功能协调控制单元通信连接；所述主站功能协调控制单元分别通过所述供电母线检测单元、所述并网开关控制单元、所述多功能电源控制单元、所述柴油发电机控制单元与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站多功能电源、所述主站柴油发电机通信连接，所述主站通信控制单元分别通过所述通信阻波器监控单元和所述通信收发控制单元与所述通信阻波器和主站通信耦合器通信连接。

[0073] 主站控制器和各个区域控制器通过各自的主站通信耦合器和区域通信耦合器、利用已有电力线路实现接收或发送系统内部的通信联络信号。主站控制器设置最高优先级，可使能或关闭各个区域监控器功能。

[0074] 主站控制器设置各个负荷区域的供电优先级，并设有甩负荷保重要负荷供电功能。当检测到负荷母线电压过低时，主站控制器按照事先设定的供电优先级，逐级向各个区域控制器发送负荷切除指令，直至负荷母线电压恢复正常值，保证优先级高的负荷区域供电。

[0075] 如图4所示，所述主站多功能电源包括主站主控制单元、主站基本控制单元和主站主电路，所述主站基本控制单元包括主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元，所述主电路包括主站软启动开关组K11、主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11，所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机和所述主站控制器与所述主站主控制单元通信连接，所述主站主控制单元与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接；所述主站储能元件单元BMS11与所述主站储能元件管理单元通信连接；所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11与所述主站电源功能实现基本控制单元通信连接；所述主站储能元件单元BMS11与所述主站变流电路单元IGBT11电连接，所述主站变流电路单元IGBT11与所述主站软启动开关组K11的一端电连接，所述主站软启动开关组K11的另一端与所述负荷母线电连接；在所述主站软启动开关组K11和所述主站变流电路单元IGBT11之间设有采样装置CPT11，采样装置CPT11信号输出端与所述，在主站电源功能实现基本控制单元通信连接；在所述主站变流电路单元IGBT11和主站储能元件单元BMS11之间设有采样装置CPT12，采样装置CPT12分别与所述主站电源功能实现基本控制单元和所述主站储能元件管理单元通信连接；

[0076] 所述主站多功能电源设置主电源模式和辅助电源模式，由主站电源功能实现基本控制单元和主站储能元件管理单元配合实现；主电源模式下，基本控制单元层控制主回路，储能元件单元放电提供配电网所需的全部能量。辅助电源模式下，储能元件单元只提供功能所需的补偿用的能量部分或充电，配电网所需的主要能量来自供电母线接入点。不同模式，功能不同。主站控制器使能主站多功能电源自动模式切换，主站多功能电源实现供电母线与主站柴油发电机之间的无缝切换。主电源模式与辅助电源模式，采用的是一套硬件电路，只是软件控制算法不同。软件控制算法涉及四种情况，主电源控制模式，辅助电源控制

模式，主电源模式切换为辅助电源模式，辅助电源模式切换为主电源模式，均为基本控制单元层中的软件控制算法实现。所有工况下，储能元件单元都是处于工作状态。例如，主电源模式或模式切换过程中，储能元件大量放电。辅助模式，储能元件充电或释放补偿所用能量或处于浮充状态或涓流热备状态。

[0077] 在供电母线正常供电情况下，主站多功能电源处于辅助电源模式，对大小和频率变化的谐波以及变化的无功动态损耗进行实现动态跟踪补偿。

[0078] 在供电母线正常供电出现异常时，系统跳开并网开关，同时主站多功能电源由辅助电源模式切换到主电源模式；主站多功能电源作为系统主电源维持系统内的电压和频率；同时起动主站柴油发电机，当主站柴油发电机完成起动进入正常工作状态以后，主站多功能电源由主电源模式转为辅助电源模式，柴油发电机作为系统主电源维持系统内的电压和频率。

[0079] 当系统检测到供电母线恢复正常后，主站多功能电源转为主电源模式替代主站柴油发电机作为系统主电源，并以检测到的供电母线为基准调整系统的电压、频率和相位，完成调整后合并并网开关，主站多功能电源由主电源模式切换到辅助电源模式，恢复供电母线为系统供电。

[0080] 如图6所示，所述并网开关包括并网开关控制器和并网开关电路，所述主站控制器和所述主站多功能电源与所述并网开关控制器通信连接，所述并网开关电路为并网开关K601；所述并网开关K601的一端与所述供电母线电连接、所述并网开关K601的另一端与所述负荷母线电连接；在所述并网开关K601与所述供电母线电连接之间设有采样装置CTP601，在并网开关K601与所述负荷母线之间设有采样装置CPT602，所述采样装置CTP601和采样装置CPT602的信号输出端与所述并网开关控制器通信连接；所述并网开关K601与所述并网开关控制器通信连接；

[0081] 如图5所示，所述主站柴油发电机包括主站柴油发电机控制器和柴油发电机控制电路，所述主站控制器和主站多功能电源与所述主站柴油发电机控制器通信连接；所述柴油发电机控制电路包括柴油发电机和柴油发电机开关K701，所述柴油发电机通过所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线电连接，所述柴油发电与所述柴油发电机开关K701之间设有采样装置CPT702，所述柴油发电机开关K701与所述负荷母线之间设有采样装置CPT701；所述柴油发电机、采样装置CPT702、采样装置CPT701和发电机开关K701分别与所述主站柴油发电机控制器通信连接。

[0082] 如图7和图8所示，所述区域控制器包括区域协调控制单元层和区域功能控制单元层；所述区域协调控制单元层包括区域通信控制单元和区域功能协调控制单元；所述区域功能控制单元层包括区域检测单元、区域开关控制单元、区域多功能电源控制单元、支路开关状态收集控制单元和通信收发控制单元；所述区域通信控制单元和所述区域功能协调控制单元通信连接；所述区域功能协调控制单元分别通过所述区域检测单元、所述区域开关控制单元、所述区域多功能电源控制单元、所述支路开关状态收集控制单元与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域多功能电源、n个所述支路开关通信连接，所述区域通信控制单元通过所述区域通信收发控制单元与区域通信耦合器通信连接。

[0083] 区域控制器设置区域内故障切除、故障排除后试起动及自动恢复并网功能，实现区域内的故障自愈。

[0084] 区域内各负荷支路与区域负荷子母线之间均设有开关。当支路负荷发生故障时，断开负荷所在支路的开关，切除故障，区域开关保持闭合、区域控制器将收到具体所在故障的支路开关的断开信号反馈，并将信号上传给主站控制器用以在主站人机界面上显示。

[0085] 当支路负荷发生故障且负荷所在支路开关拒动，或故障点位于区域负荷子母线上时，断开区域开关，区域控制器向主站控制器上传故障报文，并授权区域多功能电源试起动功能；试起动失败、确认故障依然存在后，区域控制器提交报文给主站控制器，要求人工排除故障；试起动成功、确认故障已经排除后，区域多功能电源以线路为基准调整区域内的电压、频率和相位，完成调整后闭合区域开关，恢复线路向区域内供电。

[0086] 如图9所示，所述区域多功能电源包括区域主控制单元、区域基本控制单元和区域主电路，所述区域基本控制单元包括区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元，所述区域主电路包括区域软启动开关组K21、区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21，所述区域控制器与所述区域主控制单元通信连，所述区域主控制单元通信连与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能元件管理单元通信连接；所述区域储能元件单元BMS21与所述区域储能元件管理单元通信连接；所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接；所述区域储能元件单元BMS21与所述区域变流电路单元IGBT21电连接，所述区域变流电路单元IGBT21与所述区域软启动开关组K21的一端电连接，所述区域软启动开关组K21的另一端与所述区域负荷子母线电连接；在所述区域软启动开关组K21和所述区域变流电路单元IGBT21之间设有采样装置CPT21，采样装置CPT21信号输出端与所述区域电源功能实现基本控制单元通信连接；在所述区域变流电路单元IGBT21和区域储能元件单元BMS21之间设有采样装置CPT22，采样装置CPT22分别与所述区域电源功能实现基本控制单元和所述区域储能元件管理单元通信连接；

[0087] 区域多功能电源设置区域试起动功能。在收到区域控制器授权后，区域多功能电源作为该区域内主电源尝试建立电压和频率，并逐渐恢复区域内各个负荷支路供电，并向区域控制器上报试起动结果。

[0088] 如图9所示，所述区域多功能电源设置备用电模式和无功补偿模式，由区域电源功能实现基本控制单元和区域储能元件管理单元配合实现；备用电模式和无功补偿模式是由基本控制单元层的“电源功能实现基本控制单元”和“储能元件管理单元”共同实现的。采用的是一套硬件电路，只是软件控制算法不同。备用电模式下，基本控制单元层控制主回路，储能元件单元放电，提供全部能量。无功补偿模式下，储能元件单元只提供功能所需的补偿用的能量部分或充电，能量主要来自负荷母线。电路相同，软件不同，不同模式，功能不同。

[0089] 区域多功能电源设置备用电模式。当与负荷母线连接的线路供电异常，区域控制器控制断开与负荷母线连接的区域开关，区域多功能电源转为该区域内的备用电源，为该区域内的负荷供电。

[0090] 当与负荷母线连接的线路供电恢复正常，区域多功能电源以线路为基准调整区域内的电压、频率和相位，完成调整后闭合区域开关，区域多功能电源由备用电模式切换到无功补偿模式，恢复线路为区域供电。

[0091] 区域多功能电源具有无功补偿模式。在无功模式下，区域多功能电源实现常规线路无功补偿功能和大功率负荷辅助起动补偿功能。

[0092] 正常工况下，连接负荷母线和区域负荷子母线之间的线路无功损耗和区域内负荷无功损耗相对稳定、不会大幅突变，区域多功能电源仅对所在区域做稳定的常规无功补偿。当区域内有大功率电动机负荷起动时，无功损耗大幅突变，导致区域负荷子母线、甚至负荷母线电压发生大幅跌落，区域多功能电源瞬间加大无功补偿量，减少母线电压跌落幅度；当起动完成后，区域多功能电源恢复为仅做稳定的常规无功补偿。

[0093] 如图10所示，所述区域开关包括区域开关控制器和区域开关电路，所述区域控制器和所述区域多功能电源与所述区域开关控制器通信连接，所述区域开关电路为区域开关K501；所述区域开关K501的一端与所述负荷母线电连接、所述区域开关K501的另一端与所述区域负荷子母线电连接；在所述区域开关K501与所述负荷母线电连接之间设有采样装置CTP501，在区域开关K501与所述区域负荷子母线之间设有采样装置CPT502，所述采样装置CTP501和采样装置CPT502的信号输出端与所述区域开关控制器通信连接；所述区域开关K501与所述区域开关控制器通信连接；

[0094] 如图11所示，所述支路开关包括支路开关控制器和支路开关电路，所述区域控制器的与所述支路开关控制器通信连接，所述支路开关电路为支路开关K401，所述支路开关K401的一端与区域负荷子母线电连接，所述支路开关K401的另一端与所述支路负荷电连接，所述支路开关K401与所述支路开关控制器通信连接。

[0095] 实施例2、基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配电方法，包括如下步骤：

[0096] (1)安装实施例1的方法搭建基于放射式接线的智能化高可靠性低压供配系统搭建主站设备和区域站设备，并连接主站设备和区域站设备的电路线路和通信线路；

[0097] (1-1)根据实际供配电容量和电压等级需要，选择并网开关、主站柴油发电机和主站多功能电源；

[0098] (1-2)根据各个负荷区域的用电容量和电压，选择区域开关、区域多功能电源；

[0099] (1-3)根据负荷区域的具体负荷大小和电压，选择具体负荷支路的支路开关；

[0100] (1-4)系统设置主站设备：在供电母线接入点后依次接入通信阻波器、主站供电母线电压电流检测模块、并网开关，到达负荷母线；负荷母线电连接主站通信耦合器、主站柴油发电机和主站多功能电源；设置主站控制器和人机交互界面；所述主站控制器分别与所述主站通信耦合器、所述主站柴油发电机、所述主站多功能电源、所述通信阻波器、所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关和人机交互界面通信连接；所述主站多功能电还分别与所述主站供电母线电压电流检测模块、所述并网开关、所述主站柴油发电机通信连接；

[0101] 系统根据负荷区域分布情况设置负荷区域的区域站设备：在负荷母线上接供电线路，线路另一端到达负荷区域后，依次连接区域电压电流检测模块、区域开关，到达区域负荷子母线；区域负荷子母线连接区域通信耦合器、区域多功能电源；在区域负荷子母线与支路负荷之间的n个支路开关；设置区域控制器；所述区域控制器与所述区域电压电流检测器、所述区域开关、所述区域通信耦合器、所述区域多功能电源和n个支路开关电通信连接；所述区域多功能电源与所述区域开关通信连接。

[0102] 系统根据负荷所在位置划分若干负荷区域，每个负荷区域与系统主站负荷母线之间均由各自的线路连接，形成辐射形式接线。

[0103] (2)在主站人机界面录入主站设备和区域站设备中设备类型、特性和参数，设置各

个负荷区域的负荷等级和供电要求；

[0104] (3)在人机界面输入对应控制策略，控制主站设备功能，控制各个区域站设备功能；

[0105] (4)启动运行，然后根据区域负荷实现自检状态、静态运行状态、动态协调状态、主站设备故障状态和系统停机状态。

[0106] 所述自检状态为：系统搭建完成、主站控制器及区域控制器策略预设完成、系统启动，主站控制器对主站设备、区域控制器对所属区域站设备进行自检；若系统状态正常，则在人机交互界面上显示是否启动，等待下一步操作；若系统存在故障，在人机交互界面显示故障信息，禁止启动，等待人工故障排除；若发现具体设备故障，在人机交互界面上将故障设备屏蔽，或人工排除设备故障后再次启动自检；

[0107] 静态运行状态为：主站设备均正常运行，区域内负荷没有大功率电动机直接起动；主站柴油发电机处于冷备份不起动状态，主站多功能电源处于辅助电源状态；N个区域多功能电源处于无功补偿模式，且仅对所在区域做稳定的常规无功补偿。

[0108] 动态协调状态包括7种动态协调状态，具体如下：

[0109] 动态协调状态1：主站设备均正常运行，区域内负荷有大功率电动机直接起动时，主站柴油发电机处于冷备份不起动状态，主站多功能电源处于辅助电源状态；N个区域多功能电源处于无功补偿模式，起动过程中大功率电动机所在区域的区域多功能电源起用大功率负荷辅助起动补偿功能，补偿大幅突变的无功损耗，抑制区域负荷子母线、负荷母线电压波动；

[0110] 动态协调状态2：主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障时，跳开故障所在支路的支路开关，故障被成功切除，故障所在的区域开关保持闭合状态，故障所在区域的区域控制器收到支路开关反馈信号后，上传给主站控制器，并显示在人机界面上，通知人工维修故障支路；

[0111] 动态协调状态3，主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障后，故障所在支路的支路开关拒动，或故障点位于区域负荷子母线上时，导致故障所在的区域开关断开；故障所在的区域控制器与故障所在的区域多功能电源相互配合实现试起动、向主站控制器发送申请重新并网报文、自动恢复并网功能的循环过程中，尝试区域内的故障自愈；如果不能实现故障自愈，上传给主站控制器，并显示在人机界面上，通知人工维修故障支路；

[0112] 态协调状态4：主站设备均正常运行，一个或多个负荷区域内发生故障后，故障所在支路的支路开关拒动，或故障点位于区域负荷子母线上时，导致故障所在的区域开关断开；故障区域控制器主导的区域内的故障自愈失败，区域开关保持断开状态，且区域控制器提交报文给主站控制器并显示在主站人机界面上，要求人工排除故障；

[0113] 动态协调状态5：主站设备均正常运行，由于供电母线电压偏低或N个区域的总负荷过大，导致负荷母线电压偏低，主站控制器按照事先设定的供电优先级，逐级向各个区域控制器发送区域负荷切除指令，直至负荷母线电压恢复正常值，保证优先级高的负荷区域供电；

[0114] 动态协调状态6：供电母线发生异常，主站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换到主站柴油发电机上；当检测到供电母线恢复正常，关闭柴油发电机，主

站多功能电源采取主电源模式，将系统内部的供电无缝切换回供电母线上；各区域负荷处于正常工作状态；

[0115] 动态协调状态7：供电母线发生异常，主站多功能电源的主电源模式未被使能、且区域多功能电源以备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供电；当检测到供电母线恢复正常，区域多功能电源将区域内部的供电无缝切换回供电线路母线上；区域多功能电源的备用电模式未被使能，区域多功能电源为所在区域内负荷供电中断。

[0116] 主站设备故障状态：主站设备发生故障、且区域多功能电源的备用电模式被使能，各个区域控制器断开区域开关，区域多功能电源进入备用电模式，为所在区域内的负荷供电，直至区域多功能电源存储的能量耗尽；区域多功能电源的备用电模式未被使能，所在区域内负荷供电中断；

[0117] 系统停机状态：手动在人机界面上对主站控制器进行“停机”操作，主站控制器向各区域控制器发送停机指令，系统进入停机状态。

[0118] 显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例，而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本专利申请权利要求的保护范围之中。

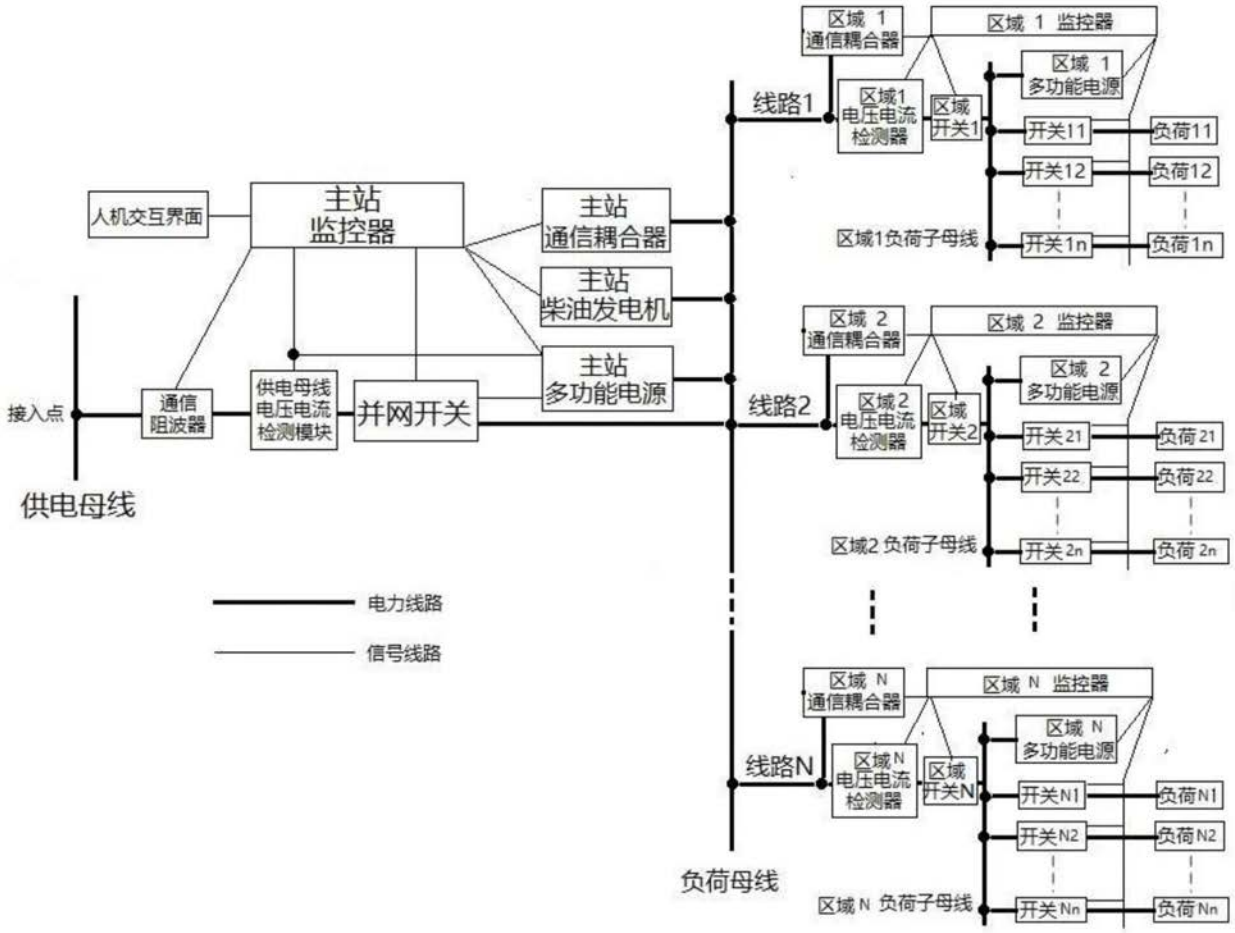

区域 1 通信耦合器
区域 1 监控器
区域 1 多功能电源
线路1
区域1 电压电流检测器
区域 开关1
开关11
负荷11
开关12
负荷12
区域1负荷子母线
开关1n
负荷1n
人机交互界面
主站 监控器
主站 通信耦合器
主站 柴油发电机
主站 多功能电源
接入点
通信 阻波器
供电母线 电压电流 检测模块
并网开关
供电母线
区域 2 通信耦合器
区域 2 监控器
区域 2 多功能电源
线路2
区域2 电压电流检测器
区域 开关2
开关21
负荷21
开关22
负荷22
区域2 负荷子母线
开关2n
负荷2n
电力线路
信号线路
区域 N 通信耦合器
区域 N 监控器
区域 N 多功能电源
线路N
区域N 电压电流检测器
区域 开关N
开关N1
负荷N1
开关N2
负荷N2
负荷母线
区域N 负荷子母线
开关Nn
负荷Nn

图1

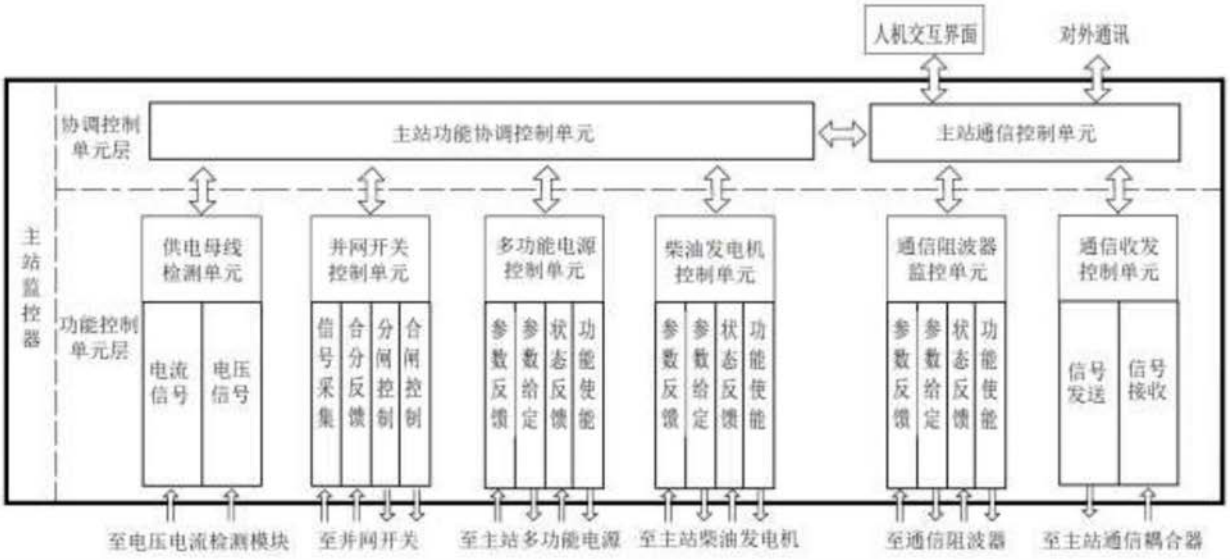

人机交互界面
对外通讯
协调控制 单元层
主站功能协调控制单元
主站通信控制单元
主站 监控器
功能控制 单元层
供电母线 检测单元
电流 信号
电压 信号
并网开关 控制单元
信号 采集
合分 反馈
分闸 控制
合闸 控制
多功能电源 控制单元
参数 反馈
参数 给定
状态 反馈
功能 使能
柴油发电机 控制单元
参数 反馈
参数 给定
状态 反馈
功能 使能
通信阻波器 监控单元
参数 反馈
参数 给定
状态 反馈
功能 使能
通信收发 控制单元
信号 发送
信号 接收
至电压电流检测模块
至并网开关
至主站多功能电源
至主站柴油发电机
至通信阻波器
至主站通信耦合器

图2

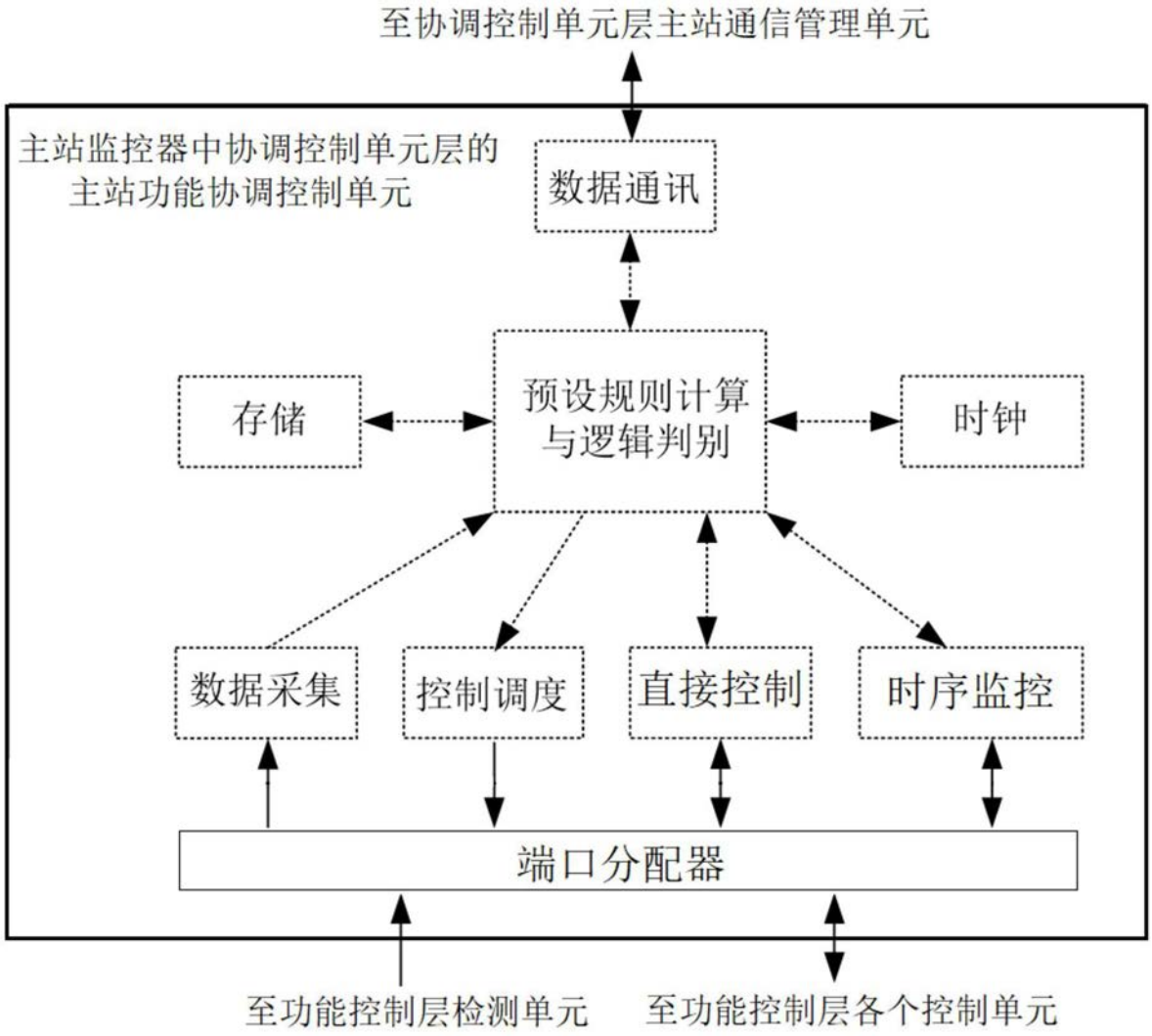

至协调控制单元层主站通信管理单元
主站监控器中协调控制单元层的
主站功能协调控制单元
数据通讯
存储
预设规则计算
与逻辑判别
时钟
数据采集
控制调度
直接控制
时序监控
端口分配器
至功能控制层检测单元
至功能控制层各个控制单元

图3

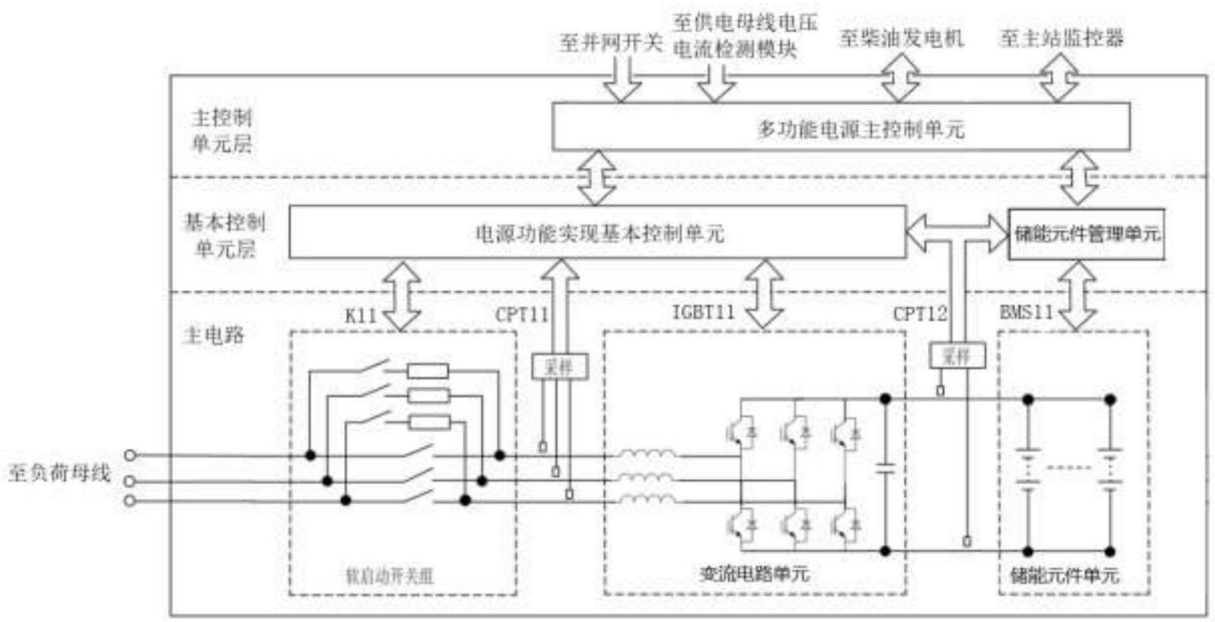

至并网开关
至供电母线电压电流检测模块
至柴油发电机
至主站监控器
主控制单元层
多功能电源主控制单元
基本控制单元层
电源功能实现基本控制单元
储能元件管理单元
K11
CPT11
IGBT11
CPT12
BMS11
主电路
采样
采样
至负荷母线
软启动开关组
变流电路单元
储能元件单元

图4

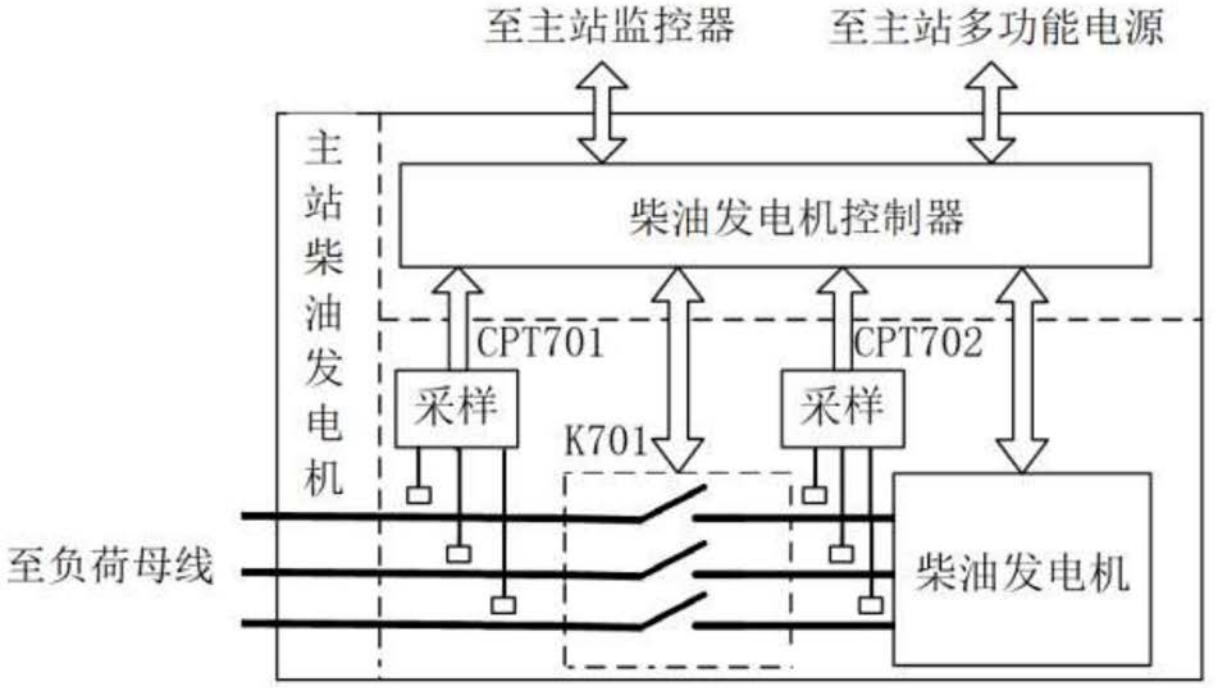

至主站监控器
至主站多功能电源
主站柴油发电机
柴油发电机控制器
CPT701
CPT702
采样
采样
K701
至负荷母线
柴油发电机

图5

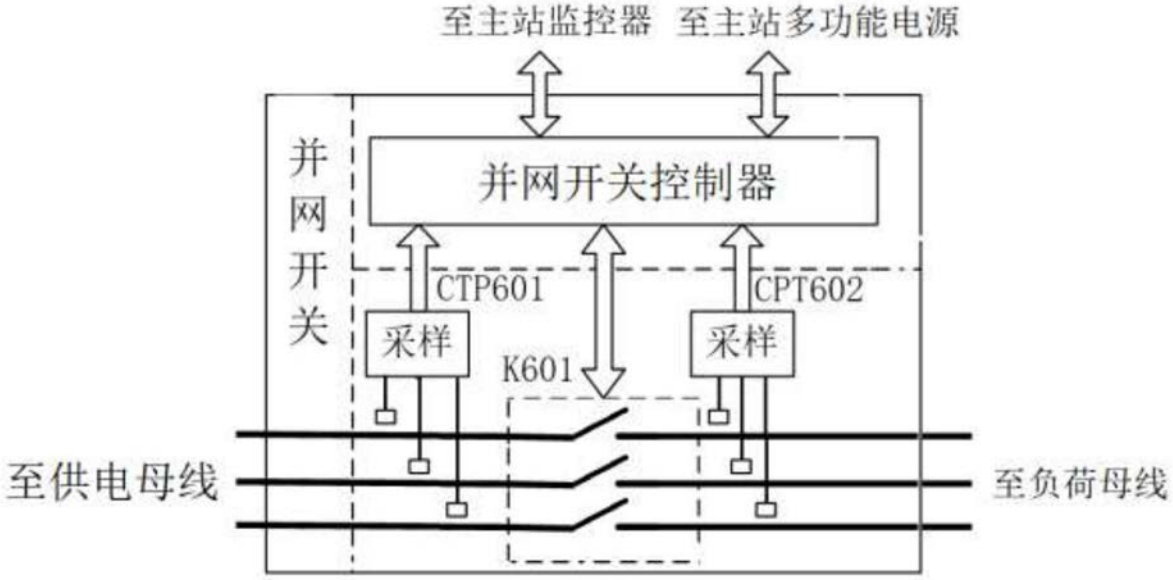

至主站监控器
至主站多功能电源
并网开关
并网开关控制器
CTP601
CPT602
采样
K601
采样
至供电母线
至负荷母线

图6

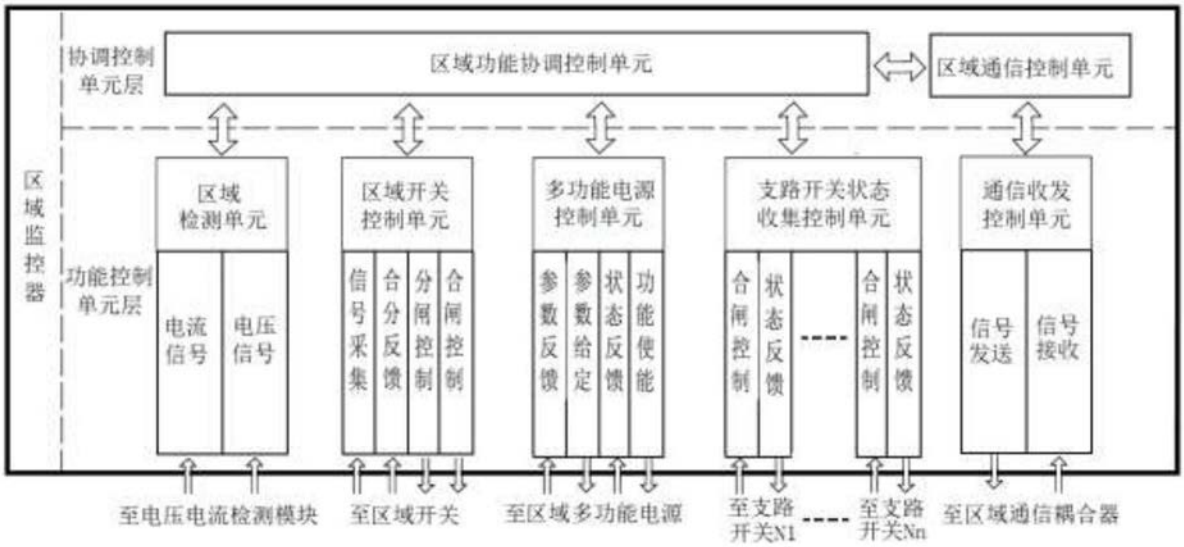

区域监控器
协调控制单元层
区域功能协调控制单元
区域通信控制单元
功能控制单元层
区域检测单元
电流信号
电压信号
区域开关控制单元
信号采集
合分反馈
分闸控制
合闸控制
多功能电源控制单元
参数反馈
参数给定
状态反馈
功能使能
支路开关状态收集控制单元
合闸控制
状态反馈
合闸控制
状态反馈
通信收发控制单元
信号发送
信号接收
至电压电流检测模块
至区域开关
至区域多功能电源
至支路开关N1
至支路开关Nn
至区域通信耦合器

图7

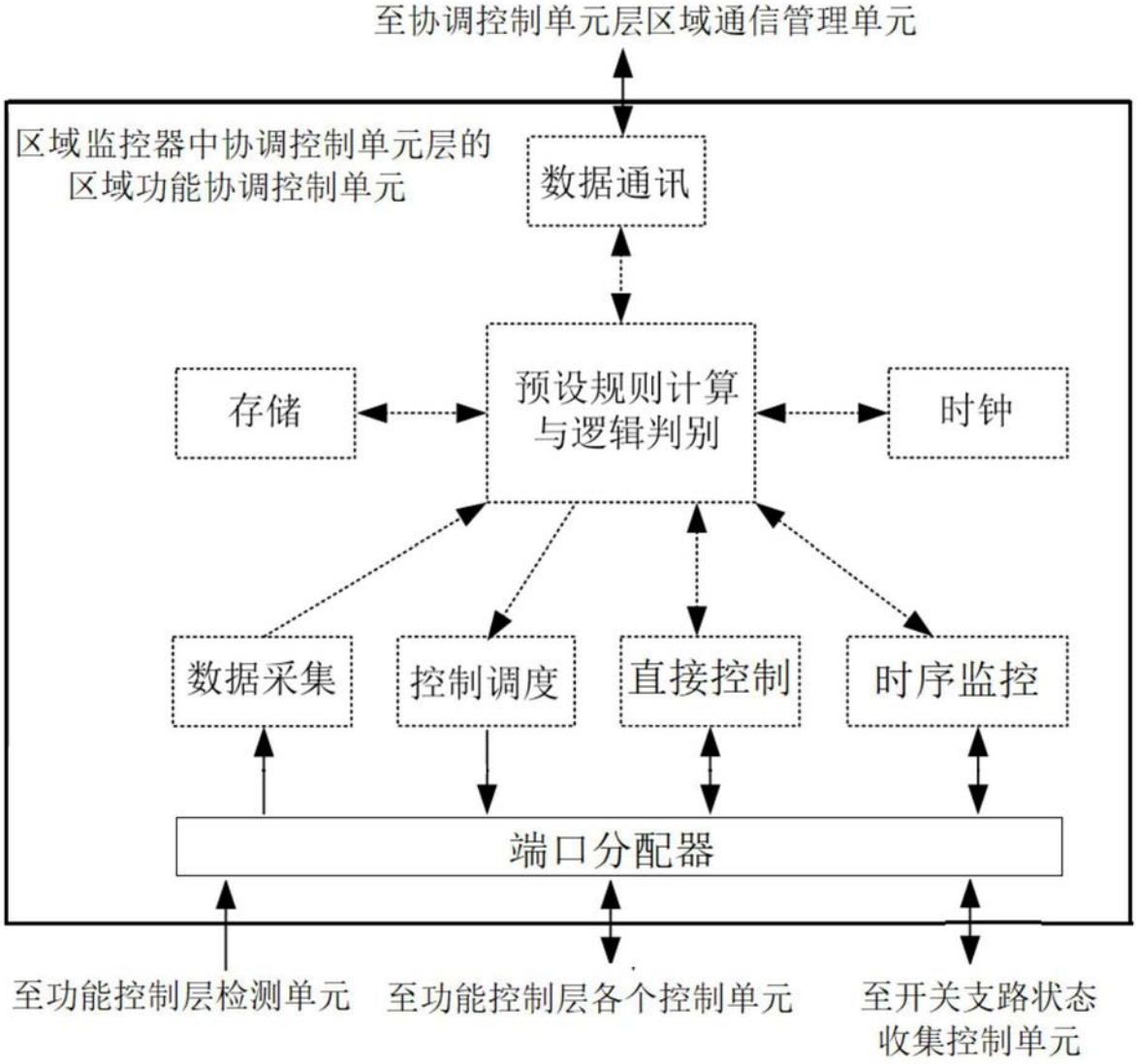

至协调控制单元层区域通信管理单元
区域监控器中协调控制单元层的
区域功能协调控制单元
数据通讯
存储
预设规则计算
与逻辑判别
时钟
数据采集
控制调度
直接控制
时序监控
端口分配器
至功能控制层检测单元
至功能控制层各个控制单元
至开关支路状态
收集控制单元

图8

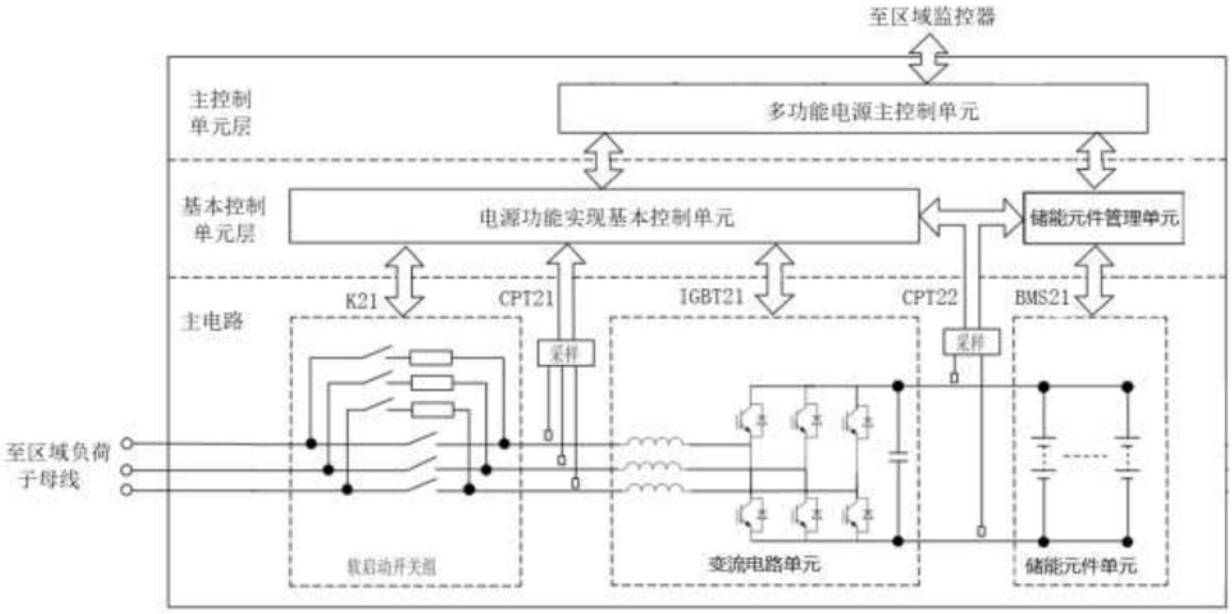

至区域监控器
主控制
单元层
多功能电源主控制单元
基本控制
单元层
电源功能实现基本控制单元
储能元件管理单元
K21
CPT21
IGBT21
CPT22
BMS21
主电路
采样
采样
至区域负荷
子母线
软启动开关组
变流电路单元
储能元件单元

图9

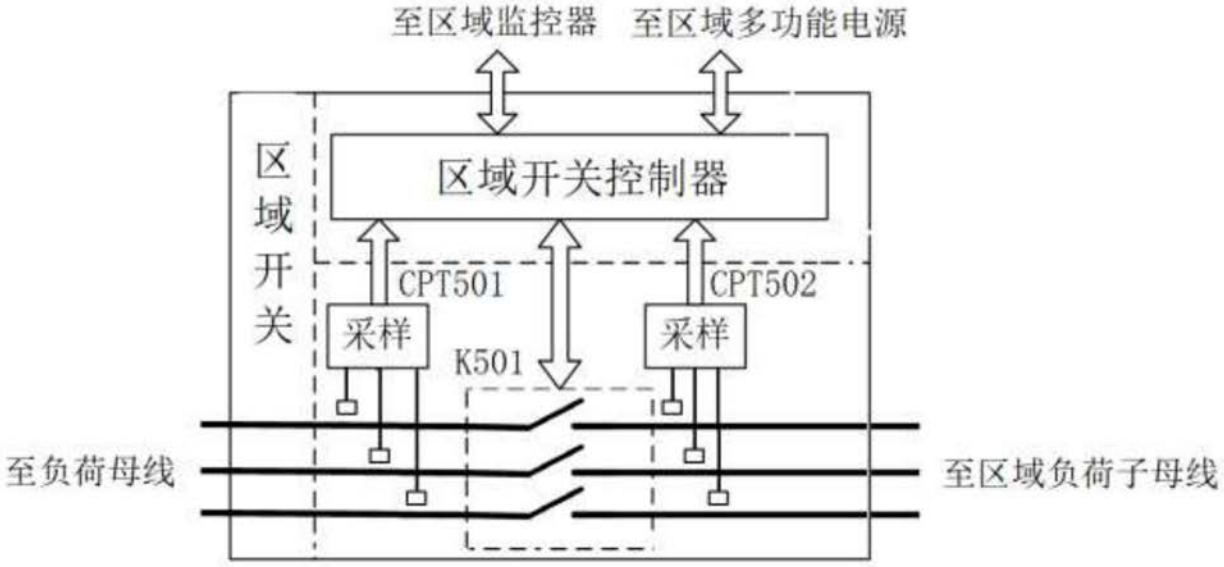

至区域监控器
至区域多功能电源
区域开关控制器
区域开关
CPT501
CPT502
采样
采样
K501
至负荷母线
至区域负荷子母线

图10

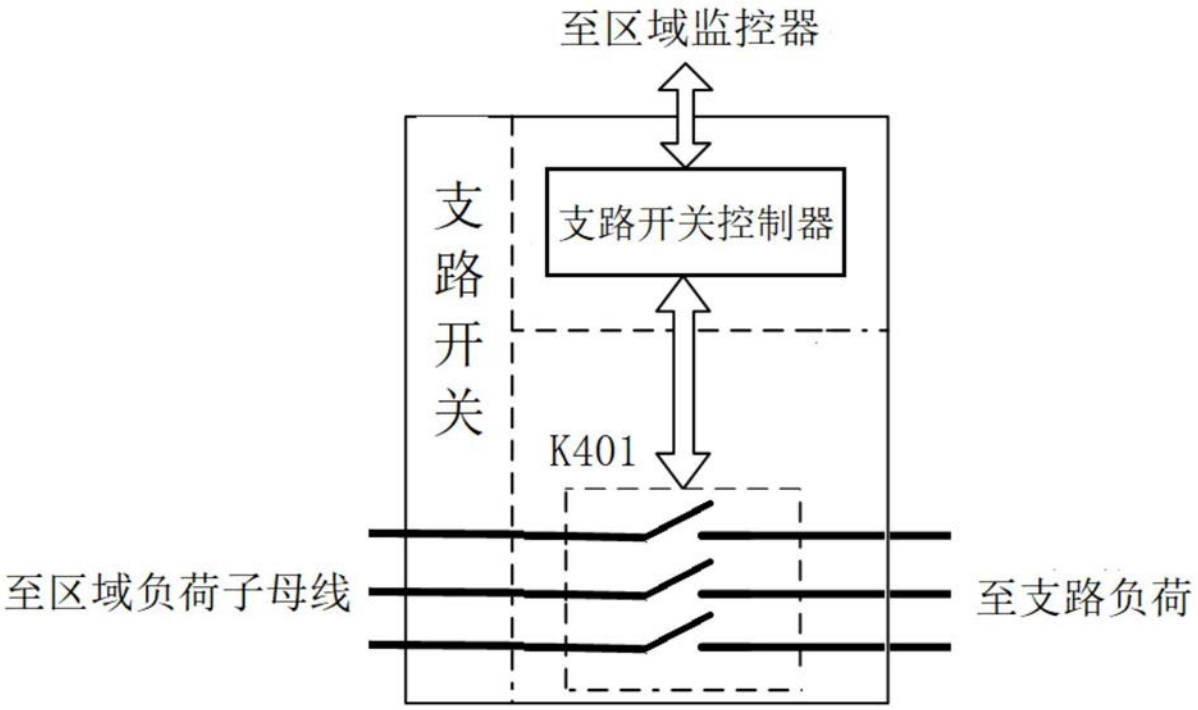


图11