

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102088209 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201110061522. 9

审查员 宋静婧

(22) 申请日 2011. 03. 15

(73) 专利权人 河海大学

地址 210098 江苏省南京市西康路 1 号

(72) 发明人 陈星莺 余昆

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 叶连生

(51) Int. Cl.

H02J 13/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101594002 A, 2009. 12. 02,

WO 2009/072985 A1, 2009. 06. 11,

CN 101436780 A, 2009. 05. 20,

EP 1716629 B1, 2010. 09. 22,

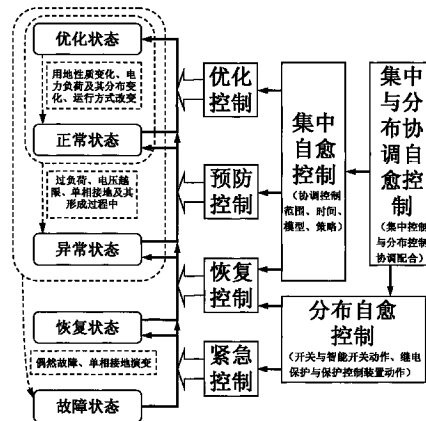
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

配电网自愈控制方法

(57) 摘要

配电网自愈控制方法采用集中与分布协调的配电网自愈控制方法,信号的处理和控制策略的生成具有自适应性,在无人工干预条件下自动完成控制过程,协调继电保护装置与保护控制装置、开关与智能开关、安全自动装置的动作行为,包括分布自愈控制和集中自愈控制两步,通过采集电压、电流、开关状态等数据,判断配电网当前所处的运行状态,并运用智能方法进行决策,对开关、保护控制装置、安全自动装置等进行协调控制,实现配电网始终向更健康状态转移,提高配电网供电安全性、可靠性、优质性和经济性,增强应急能力的目标。



1. 一种配电网自愈控制方法,其特征在于采用集中与分布协调的配电网自愈控制方法,信号的处理和控制策略的生成具有自适应性,在无人工干预条件下自动完成控制过程,协调继电保护装置与保护控制装置、开关与智能开关、安全自动装置的动作行为,包括分布自愈控制和集中自愈控制两步,具体步骤如下:

1) 分布自愈控制步骤:电压电流互感器分别将配电网的电压、电流变换为弱电或光信号,保护控制装置与继电保护装置接收到变换后的电压、电流信号后与保护整定值进行比较,超过动作启动值时触发继电器将开关分闸,同时保护控制装置根据电压电流信号确定故障区段、单相接地和绝缘下降设备,并触发继电器断开与故障区段相连的开关,然后搜索并合闸一个与非故障区段相连且另一端具有正常电压信号的开关,变电站的备自投装置接收到变换后的电压、电流信号和开关状态后与动作阈值比较,满足动作条件时触发继电器合上分段开关,所有变换后电压、电流信号、单相接地和绝缘下降信号、保护控制装置和备自投装置的动作情况、动作前后开关的状态以报文方式通过远程测控终端和电力通讯网络传送给主站计算机;

2) 集中自愈控制步骤:主站计算机接收到报文后对信号进行解析还原,并进行滤波处理,过滤错误信息后将信号传递给主站服务器,同时通过电力通讯网络将收到的主站服务器控制命令信号发送给远程测控终端执行相应的控制操作;

主站服务器将接收到的电压电流与正常电压电流值进行比较、并进行网络拓扑连通性检查,若负荷处的电压电流不在正常值范围内、且与电源不连通时,搜索与该负荷所在区段相连且另一端具有正常电压信号的开关,计算比较这些开关所连的正常供电区段的功率储备,得到功率储备大于负荷且操作开关最少的供电方式,如果没有可行的供电方式能恢复对所有负荷的供电则根据负荷的重要性进行排序,将大于功率储备且重要性低的负荷确定为停电负荷,若负荷的电源中只有分布式电源,则生成切机、切负荷方案,并按遥控报文格式组织开关动作的控制信号,发送给主站计算机;

主站服务器接收到单相接地或绝缘下降信号时,设置单相接地和绝缘下降区段退出,计算配电网各种运行方式和无功补偿方式下的电压分布、电流分布、以及负荷增长时的临界电压,与正常电压电流值进行比较,过滤得到电压和电流都没有超出正常运行范围的配电网运行方式,然后将当前负荷下配电网的临界电压与同样运行方式下负荷增长时的临界电压进行比较,选出安全裕度最大的配电网运行方式,进一步得出当前运行方式转变为该运行方式需要进行的开关操作、电容器投切情况,以及操作顺序,并按遥控报文格式组织控制信号,发送给主站计算机;

主站服务器分别设置各设备退出运行,计算配电网的电压电流分布,并与正常电压电流值进行比较,如果均不超出正常运行范围,则对历史负荷和分布式电源出力进行延拓处理,分别得出负荷和分布式电源出力的变化趋势,然后结合接收到的当前电压、电流、开关状态信号对配电网各种运行方式下的网损进行计算、比较,得到网损最小的运行方式以及由当前运行方式转变为网损最小运行方式所需要进行的操作,进一步根据新的运行方式、负荷与分布式电源出力的变化趋势,计算无功潮流和功率因数,改变无功电源出力重新计算,直到配电网的无功潮流减小、功率因数增大且大于功率因数限值、网损减小时确定为无功补偿设备的运行状态,最后按遥控报文格式组织开关操作命令信号,发送给主站计算机;

主站服务器利用接收到的历史电压电流信号、预测负荷数据、预测分布式电源出力和电网结构对配电网进行评估,比较负荷变化前后各种运行方式下的功率分布和电压的变化情况,输出当前配电网结构、有功电源或无功电源不能满足负荷及其变化的情况,以及调整配电网结构、有功电源或无功电源的策略。

2. 根据权利要求 1 所述的配电网自愈控制方法,其特征在于所述生成切机、切负荷方案的方法为主站服务器利用接收到的孤岛内的频率、电压、电流信号进行功率平衡计算,孤岛内电源能发出的总功率小于总负荷时根据负荷的重要性进行排序,将大于电源功率且重要性低的负荷确定为停电负荷,如果发电机出力远大于总负荷则根据发电机的出力进行排序,出力大小与功率差额最接近的发电机确定为停发机组;在孤岛内功率平衡基础上逐步增大孤岛内的负荷功率,计算各种功率情况下孤岛的临界电压,将当前运行情况与临界电压进行比较,存在电压失稳趋势时对最接近临界电压处的电容器、发电机和负荷进行控制,使孤岛内不发生电压失稳现象。

配电网自愈控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种配电网安全、可靠、优质、经济运行的控制方法,属于电力系统理论、控制理论和人工智能的交叉技术应用领域。

背景技术

[0002] 配电网是联系电力负荷与大电网的中间环节,在我国典型的电压等级为10/6/20kV,社会生产生活水平的提高要求配电网具有更高的供电安全性与可靠性。配电网中分支和级联开关多、运行方式灵活、中性点不直接接地、多种能源形势的小容量分布式电源多点接入、负荷和分布式电源出力具有很强的不确定性、三相不平衡、故障率高、量测点覆盖率低,这些特点使得配电网的控制非常困难,其控制水平远落后于输电网。

[0003] 目前,配电网中只实现了简单的保护和控制功能,当配电网中发生故障时,通过安装在馈线首端的继电保护装置切除故障,一些馈线中装有负荷开关和馈线终端单元,每个馈线终端单元及时采集流过负荷开关的电流、电压及开关状态等信号,并通过通讯网络上送到主站计算机,主站计算机根据馈线终端单元上传的数据判断出故障发生的区域,然后通过遥控指令,由馈线终端单元执行相应的负荷开关分合闸操作,将故障区隔离、恢复无故障区域的供电,以缩小停电区域。正常时,对配电网的运行状态进行优化,但由于以一个时间断面的数据为基础进行静态网络重构,未考虑负荷、分布式电源出力的变化趋势,无法获得优化效果,并且没有发挥分布式电源/微网/储能装置的作用。目前实现的配电网控制中,缺乏从绝缘缺陷到发生单相接地故障、以及发展为相间短路过程的预警监测、分析与控制。

[0004] 与传统控制模式相比,自愈控制技术具有自治性、智能性、适应性、协调性、主动性和社会性等优良特征,使被控对象具备很强的自我愈合、自我防治、自我免疫能力,因此在通讯、网络等领域中纷纷提出了自愈控制方案,目前自愈控制在电网中的应用只针对于35kV以上电网。为了防止出现大面积停电,在被中断供电后,配电网要有自我恢复供电的能力,要求开展配电网规划和改造工作,建成坚强的配电网,提高供电能力和可靠性,确保电网安全稳定运行,满足社会经济发展及人民生活水平不断提高的要求。因此,需要研究并实现配电网的一次系统、二次系统、通讯网和自动化的有效集成与协调控制。

发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是提供一种配电网自愈控制方法,通过采集电压、电流、开关状态等数据,判断配电网当前所处的运行状态,并运用智能方法进行决策,对开关、保护控制装置、安全自动装置等进行协调控制,实现配电网始终向更健康状态转移,提高配电网供电安全性、可靠性、优质性和经济性,增强应急能力的目标。

[0006] 技术方案:配电网的自愈控制通过对配电网状态的自动辨识,并根据实际条件进行控制决策,统一协调智能开关、保护控制装置、安全自动装置等控制设备与配电网集中控制主站计算机,形成分布控制与集中控制、局部控制与全局控制相协调的控制模式。为此,

本发明完整定义了配电网的运行状态、以及各种状态与相应控制之间的关系。

[0007] 本发明的配电网自愈控制方法采用集中与分布协调的控制模式,信号的处理和控制策略的生成具有自适应性,在无人工干预条件下自动完成控制过程,协调继电保护装置与保护控制装置、开关与智能开关、安全自动装置的动作行为,包括分布自愈控制和集中自愈控制两步,具体步骤如下:

[0008] 1) 分布自愈控制步骤:电压电流互感器分别将配电网的电压、电流变换为弱电或光信号,保护控制装置与继电保护装置接收到变换后的电压、电流信号后与保护整定值进行比较,超过动作启动值时触发继电器将开关分闸,同时保护控制装置根据电压电流信号确定故障区段、单相接地和绝缘下降设备,并触发继电器断开与故障区段相连的开关,然后搜索并合闸一个与非故障区段相连且另一端具有正常电压信号的开关,变电站的备自投装置接收到变换后的电压、电流信号和开关状态后与动作阈值比较,满足动作条件时触发继电器合上分段开关,所有变换后电压、电流信号、单相接地和绝缘下降信号、保护控制装置和备自投装置的动作情况、动作前后开关的状态以报文方式通过远程测控终端和电力通讯网络传送给主站计算机;

[0009] 2) 集中自愈控制步骤:主站前置机接收到报文后对信号进行解析还原,并进行滤波处理,过滤错误信息后将信号传递给主站服务器,同时通过电力通讯网络将收到的主站服务器控制命令信号发送给远程测控终端执行相应的控制操作;

[0010] 主站服务器将接收到的电压电流与正常电压电流值进行比较、并进行网络拓扑连通性检查,若负荷处的电压电流不在正常值范围内、且与电源不连通时,搜索与该负荷所在区段相连且另一端具有正常电压信号的开关,计算比较这些开关所连的正常供电区段的功率储备,得到功率储备大于负荷且操作开关最少的供电方式,如果没有可行的供电方式能恢复对所有负荷的供电则根据负荷的重要性进行排序,将大于功率储备且重要性低的负荷确定为停电负荷,若负荷的电源中只有分布式电源,则生成切机、切负荷方案,并按遥控报文格式组织开关动作的控制信号,发送给主站前置机;

[0011] 主站服务器接收到单相接地或绝缘下降信号时,设置单相接地和绝缘下降区段退出,计算配电网各种运行方式和无功补偿方式下的电压分布、电流分布、以及负荷增长时的临界电压,与正常电压电流值进行比较,过滤得到电压和电流都没有超出正常运行范围的配电网运行方式,然后将当前负荷下配电网的临界电压与同样运行方式下负荷增长时的临界电压进行比较,选出安全裕度最大的配电网运行方式,进一步得出当前运行方式转变为该运行方式需要进行的开关操作、电容器投切情况,以及操作顺序,并按遥控报文格式组织控制信号,发送给主站前置机;

[0012] 主站服务器分别设置各设备退出运行,计算配电网的电压电流分布,并与正常电压电流值进行比较,如果均不超出正常运行范围,则对历史负荷和分布式电源出力进行延拓处理,分别得出负荷和分布式电源出力的变化趋势,然后结合接收到的当前电压、电流、开关状态信号对配电网各种运行方式下的网损进行计算、比较,得到网损最小的运行方式以及由当前运行方式转变为网损最小运行方式所需要进行的操作,进一步根据新的运行方式、负荷与分布式电源出力的变化趋势,计算无功潮流和功率因数,改变无功电源出力重新计算,直到配电网的无功潮流减小、功率因数增大且大于功率因数限值、网损减小时确定为无功补偿设备的运行状态,最后按遥控报文格式组织开关操作命令信号,发送给主站前置

机；

[0013] 主站服务器利用接收到的历史电压电流信号、预测负荷数据、预测分布式电源出力和电网结构对配电网进行评估,比较负荷变化前后各种运行方式下的功率分布和电压的变化情况,输出当前配电网结构、有功电源或无功电源不能满足负荷及其变化的情况,以及调整配电网结构、有功电源或无功电源的策略；

[0014] 其中:生成切机、切负荷方案的方法为主站服务器利用接收到的孤岛内的频率、电压、电流信号进行功率平衡计算,孤岛内电源能发出的总功率小于总负荷时根据负荷的重要性进行排序,将大于电源功率且重要性低的负荷确定为停电负荷,如果发电机出力远大于总负荷则根据发电机的出力进行排序,出力大小与功率差额最接近的发电机确定为停发电机组;在孤岛内功率平衡基础上逐步增大孤岛内的负荷功率,计算各种功率情况下孤岛的临界电压,将当前运行情况与临界电压进行比较,存在电压失稳趋势时对最接近临界电压处的电容器、发电机和负荷进行控制,使孤岛内不发生电压失稳现象。

[0015] 有益效果:本方案将自愈控制技术应用到配电网,采用集中与分布协调的自愈控制方法可以得到如下的效果:

[0016] 1、智能化决策

[0017] 本方案根据各种装置与主站、配电网的网络结构与运行特点,采用与其相适应的智能方法进行决策,使整个控制决策与控制过程智能化。

[0018] 2、自治与协调统一

[0019] 本方案中各种装置具有一定的自治性,在没有接到主站命令时自主进行控制,同时也能根据主站的控制信号进行操作,各种控制具有一定的自治性,各自在相应的触发条件下进行决策与控制,并由总体控制进行协调,保证配电网各部分之间的协调性。

[0020] 3、适应能力强

[0021] 本方案能在各种情况下对配电网进行控制,适应能力强。在紧急情况下确保负荷的正常供电,在现有条件下不能保证所有负荷的供电时优先对重要负荷进行供电,能利用中性点不接地的特点支撑配电网持续供电,在配电网能够安全正常供电时尽量提高供电的经济性和对负荷的适应性。

[0022] 4、综合控制效果显著

[0023] 采用本方案进行控制,可以充分发挥分布式电源/微网/储能装置的作用,缩小停电范围,减少用户停电次数,缩短停电时间,优化网络运行方式,降低电能损耗,提高配电设备的利用率。

附图说明

[0024] 图1是配电网自愈控制方案的框架结构示意图。

[0025] 图2是配电网自愈控制试验线路结构图。

具体实施方式

[0026] 配电网自愈控制方案是根据配电网当前所处的运行状态进行控制,使其达到一种更健康的运行状态,从而保证配电网的安全、可靠、优质、经济运行。具体的控制过程如下:

[0027] 1) 分布自愈控制的实施过程:电压电流互感器分别将配电网的电压、电流变换为

弱电或光信号,保护控制装置与继电保护装置接收到变换后的电压、电流信号后与保护整定值进行比较,超过动作启动值如丰富线电流 I 段定值为 3A、采集到的 K103 开关处电流为 5.7A 时触发继电器将 K103 分闸以切除故障;重合闸合上跳开的 K103 开关,此时检测到 K103 开关处的电流仍为 5.7A,重合闸再次跳开刚合上的 K103 开关,此次重合失败;保护控制装置根据电压电流信号确定故障区段、单相接地和绝缘下降设备,并触发继电器断开与故障区段相连的开关,然后搜索并合闸一个与非故障区段相连且另一端具有正常电压信号的开关,如断开 K111、K112、K115 开关,合上 K103、K113 开关,变电站的备自投装置接收到变换后的电压、电流信号和开关状态后与动作阈值比较,满足动作条件如岔路 10kVI 段母线电压为 0.0kV、岔路 10kVII 段母线电压为 10.37kV、岔路 10kV 分段开关 K110 的运行状态为断开时触发继电器合上此时的备用电源开关,即 K110,所有变换后电压、电流信号、单相接地和绝缘下降信号、保护控制装置和备自投装置的动作情况、动作前后开关的状态以报文方式通过远程测控终端和电力通讯网络传送给主站计算机;

[0028] 2) 集中自愈控制的实施过程:主站前置机接收到报文后对信号进行解析还原,并进行滤波处理,如采集到线路段 L2 电压为 1.2kV、处理后为 0.0kV,过滤错误信息后将信号传递给主站服务器;

[0029] 主站服务器将接收到的电压电流与正常电压电流值进行比较、并进行网络拓扑连通性检查,若负荷处的电压电流不在正常值范围内、且与电源不连通时确定为失电负荷,如线路段 L2 电压为 0.0kV,小于正常电压 9.5kV,且线路段 L2 与电源的连接通路被切断,则确定该区段为失电负荷,搜索与该负荷所在区段相连且另一端具有正常电压信号的开关如 K113,计算比较这些开关所连的正常供电区段的功率储备,得到功率储备大于负荷且操作开关最少的供电方式,如果没有可行的供电方式能恢复对所有负荷的供电则根据负荷的重要性进行排序,将大于功率储备且重要性低的负荷确定为停电负荷,从而得出非故障的失电负荷的恢复供电方案,如连接到线路段 L2 的负荷恢复供电的方案为 K112 开关分闸、K113 开关合闸,若负荷的电源中只有分布式电源时确定为供电孤岛,如只有 DG1 为学苑线的负荷供电,这些负荷与 DG1 及其相互之间的连接组成一个供电孤岛,则生成切机、切负荷方案,如学苑线的所有负荷之和为 5.2MW,大于 DG1 最大出力 3MW,孤岛内的有功功率不平衡,经过排序,线路段 L4 的负荷重要性最低,输出的切负荷方案为切除线路段 L4 的负荷,并断开 K211 开关、合上 K212 开关,然后按遥控报文格式组织开关动作的控制信号,发送给主站前置机;

[0030] 主站服务器接收到单相接地或绝缘下降信号如线路段 L3 绝缘下降时,设置单相接地和绝缘下降区段如线路段 L3 退出,计算配电网各种运行方式和无功补偿方式下的电压分布、电流分布、以及负荷增长如将高新线总负荷从 5.4MW 按 0.1MW 的步长逐步增大到 20MW 时的临界电压,与正常电压电流值进行比较,过滤得到电压和电流都没有超出正常运行范围的配电网运行方式,然后将当前负荷下配电网的临界电压如东山 10kVI 段母线电压为 10.07kV 与同样运行方式下负荷增长时的临界电压如东山 10kVI 段母线电压为 6.9kV、电压和电流的正常运行范围如 10kV 母线电压为 9.5 ~ 10.7kV 进行比较,选出安全裕度最大的配电网运行方式如线路段 L2 和 L3 的负荷由方山 10kVI 段母线供电,并投入电容器 C1,进一步得出当前运行方式转变为该运行方式需要进行的开关操作、电容器投切情况,以及操作顺序,如 K112 开关分闸、K113 开关合闸、K212 开关合闸、K312 开关分闸,并按遥控报文格

式组织控制信号,发送给主站前置机;

[0031] 主站服务器分别设置各设备退出运行,计算配电网的电压电流分布,并与正常电压电流值进行比较,如果均不超出正常运行范围,则对历史负荷和分布式电源出力进行延拓处理,分别得出负荷和分布式电源出力的变化趋势,然后结合接收到的当前电压、电流、开关状态信号对配电网各种运行方式下的网损进行计算、比较,得到网损最小的运行方式以及由当前运行方式转变为网损最小运行方式所需要进行的操作,如合上 K113 开关、断开 K312 开关,进一步根据新的运行方式、负荷与分布式电源出力的变化趋势,计算无功潮流和功率因数,改变无功电源出力重新计算,直到配电网的无功潮流减小、功率因数增大且大于功率因数限值、网损减小时确定为无功补偿设备的运行状态,如投入电容器 C1,最后按遥控报文格式组织开关操作命令信号,发送给主站前置机;

[0032] 主站服务器利用接收到的历史电压电流信号、预测负荷数据、预测分布式电源出力和电网结构对配电网进行评估,比较负荷变化前后各种运行方式下的功率分布和电压的变化情况,输出当前配电网结构、有功电源或无功电源不能满足负荷及其变化的情况,如漓江线的负荷增长到 17MW 后其电压严重下降,然后列出调整配电网结构、有功电源或无功电源的策略,如在漓江线上加装电容器、并与学苑线之间建立联络线;

[0033] 主站前置机通过电力通讯网络将收到的主站服务器控制命令信号发送给远程测控终端执行相应的控制操作。

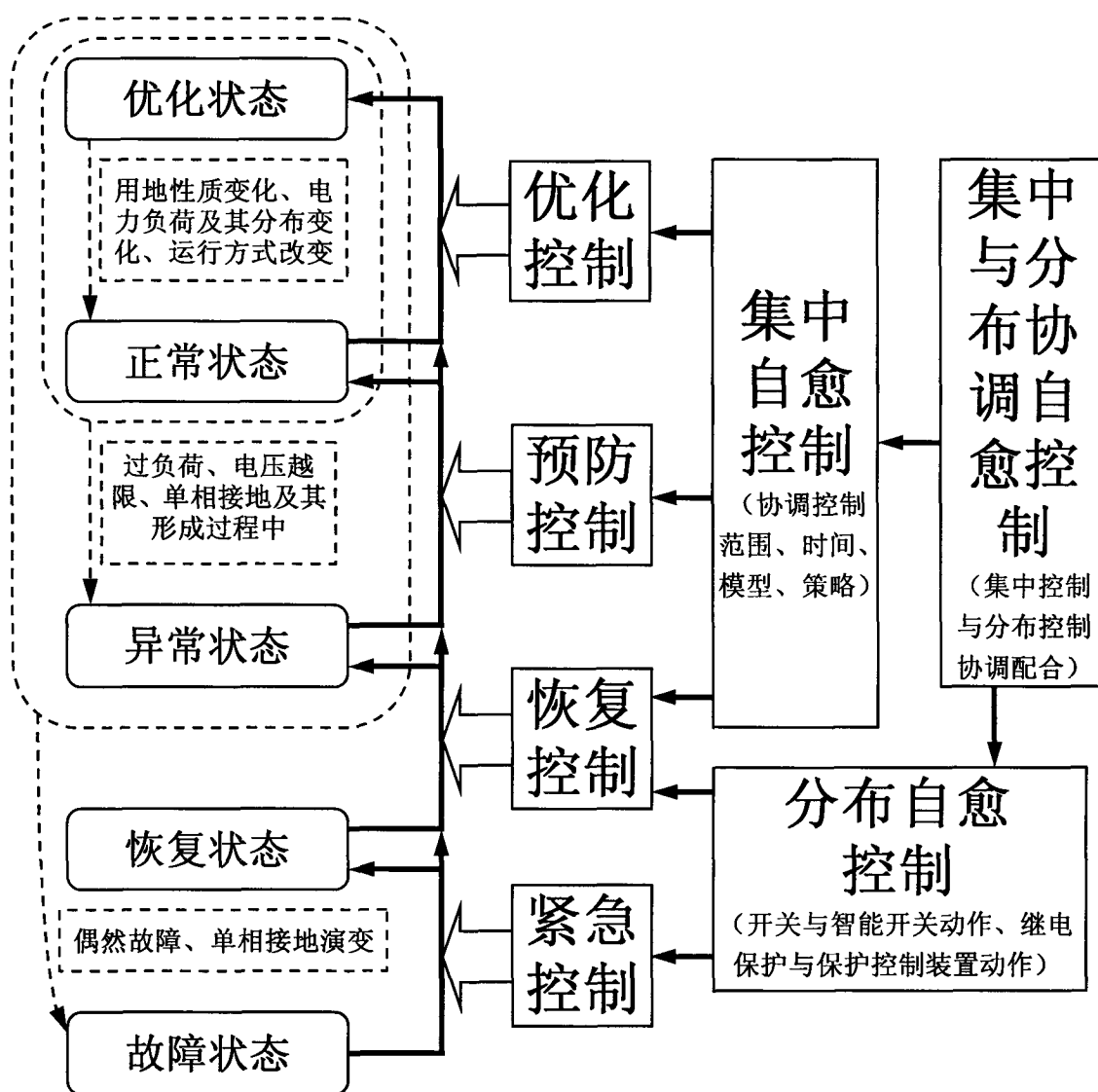


图 1

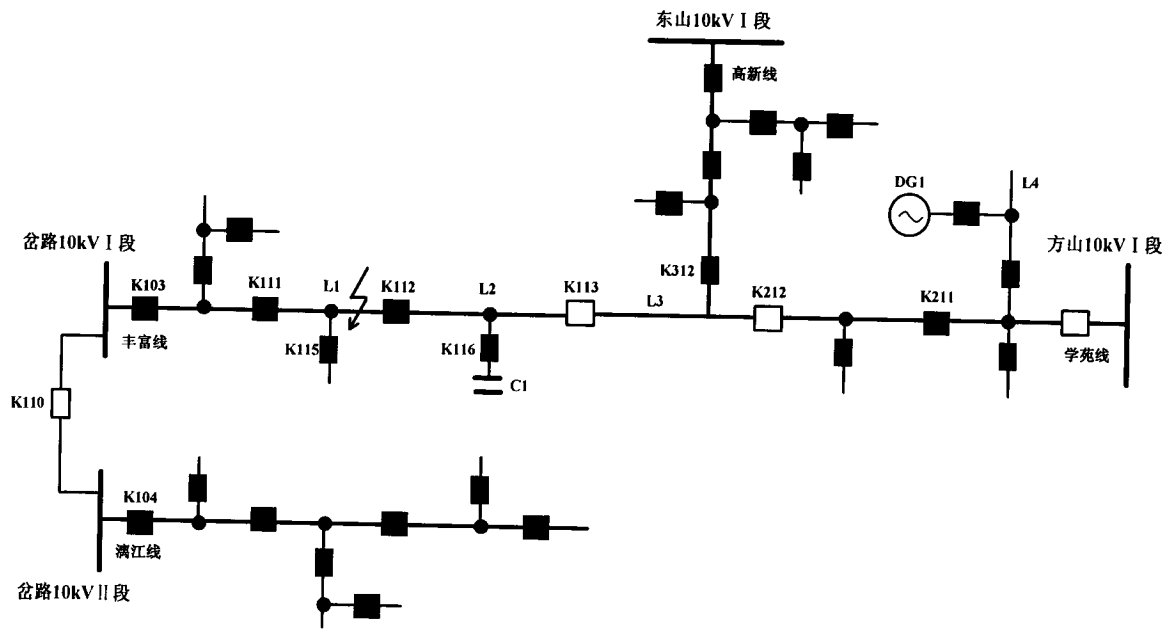


图 2