

基于 Multi-agent 的智能电网自动化自愈控制系统的研究

康洪波¹, 庞福²

(1. 河北建筑工程学院, 河北 张家口 075000; 2. 张家口职业技术学院, 河北 张家口 075000)

摘要: 为了提高智能电网运行的可靠性, 提出了一种基于 Multi-agent 系统的电网自动化自愈控制方法。该方法利用差动电流法实现故障定位, 以停电影响负荷重要程度最小为故障恢复目标, 实现故障的自愈恢复。仿真结果表明, 该自愈控制方法能够实现准确的故障定位和快速故障恢复, 具有动作快、自检和纠错能力强等优点。

关键词: 多智能体; 智能电网; 自愈; 故障恢复

中图分类号: TM 571

文献标识码: A

文章编号: 1002-087X(2014)07-1365-02

Research on self-healing automation control system for smart grid based on multi-agent

KANG Hong-bo¹, PANG Fu²

(1. Hebei College of Architecture Engineering, Zhangjiakou Hebei 075000, China;

2. Zhangjiakou Vocational and Technical College, Zhangjiakou Hebei 075000, China)

Abstract In order to improve the reliability of smart grid operation, a self-healing automation control method for grid was proposed based on multi-agent. The method used differential current method to achieve fault location, taking the minimum impact of power failure on load as fault recovery target, achieving the self-healing recovery of fault. The simulation results show that the proposed self-healing control method can realize accurate fault location and quick fault restoration, and have advantages of fast action, strong self-test and error correction capability and so on.

Keywords multi-agent; smart grid; self-healing; fault restoration

随着电力工业的快速发展, 各国的电力系统网络规模日益扩大。由于电网互联具有提高供电的可靠性、优化配置电力资源等优点, 有助于产生巨大的经济效益和社会效益, 因此, 欧美一些发达国家已经实现了电网的大规模互联。而在我国, 也在不断地实施“西电东送、南北互供、全国互联”的发展战略、大力发展高压、特高压的长距离传输^[1]。

但是互联后的大规模电网带来了电网运行环境更复杂的实际问题。比如: 2003年8月15日在美国加州地区出现的大规模停电事故, 致使5000万人的生活受到影响, 并造成了非常巨大的经济损失和非常严重的社会影响。针对以上情况, 智能电网成为保障电力可靠运行的有效方式。

智能电网就是电网的智能化, 它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上, 通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用, 实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标^[1]。

智能电网代表着未来电网的发展方向, 而智能电网最主

要的特征是故障自愈。电网的故障自愈是指电网的自我预防、自我恢复的能力。这种能力来源于对电网重要参数的监测和有效的控制策略。其实现的关键和核心是一个完善的自愈控制系统。因此, 研究具有更好故障检测、定位、隔离和恢复技术、系统动作迅速且可靠性强的自愈控制系统成为重要的研究内容。

1 Multi-agent 技术分析

电力系统是一个典型的大规模分布式网络系统。这个系统具有以下三个明显的特点: 第一, 超大规模、实时动态性强、复杂性高。随着问题规模和复杂程度的不断增加, 利用已有的算法和计算机条件, 无法在较短的时间内取得满意的计算结果; 第二, 电力系统是非线性的, 很多问题无法建立精确的数学模型, 不能完全用数学形式反映问题实质的约束条件; 第三, 由于人们对电力系统的了解还不够精细, 使许多问题具有模糊性。

面对复杂的电力系统, 传统的方法无法提供有效的解决办法, 因此多代理系统成为科研人员的研究重点。

多代理系统(Multi-agent System)是由多个智能 Agent 体所组成的群体。该群体有能力在某一特定的环境中自主行动以实现相应的目标, 是一个与相关进程和代理相联系的硬件和软件的系统。在该系统中, 每一个智能 Agent(结构如图1所示)均具有自治性、社会性、反应性、适应性和预见性, 能感知环境变化,

收稿日期: 2014-02-20

基金项目: 河北省建工新产品试制费计划项目(2011-114); 住房和城乡建设部项目(2013-K1-5); 河北建筑工程学院2013教学研究课题(2013JY2030)

作者简介: 康洪波(1972-), 女, 河北省人, 副教授, 硕士, 主要研究方向为电气工程。

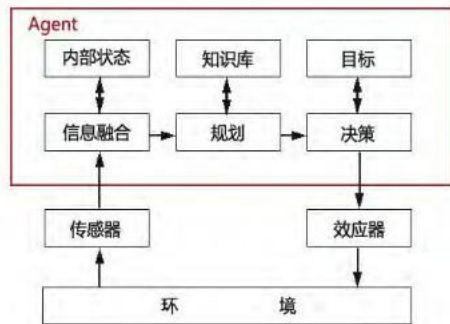


图1 Agent结构图

借助通讯交换信息,由多个代理协调、协商与协作,达到问题的逐步求解,非常适用于结构复杂、非线性强的问题求解。

智能 Agent 作为一种解决分布式系统问题的崭新思路和方法,已经在许多领域包括电力系统得到了研究和应用。例如将 Agent 与各具体问题相结合,设计了电力系统的信息集成系统、电网故障诊断系统、二级电压分布式无功优化系统、电力智能调度系统等,对实际的电网运行研究起到了良好的指导作用。

2 智能电网自愈系统分析与设计

智能电网自愈的目的是在最短的时间内定位和隔离故障,恢复负荷的供电。为了达到此目的,就需要应用先进的数学和控制理论,建立起电网在异常脆弱区、故障扰动区、检修维护区、正常运行区下的自动判别算法,在稳定评价指标、电能质量评价指标、经济评价指标、兼容评价指标、用户服务评价指标体系下,对配电网运行状态进行实时评估和隐患预测,并执行相应区域的控制方案,以实现配电网优化运行和自愈控制的目的,达到安全可靠、经济高效、清洁环保、灵活互动和友好开放的供电要求^[2]。

如上所述,智能电网的自愈功能需要几个技术要点来支撑,分别为:(1)故障检测与定位;(2)故障的隔离;(3)网络重构。

2.1 故障检测与定位

故障检测与定位由数据采集 Agent、状态检测 Agent、分析推理 Agent 模块组成,具体结构如图 2 所示。数据采集 Agent 是系统与外部环境进行交互的接口,通过传感器接口实时采集 SCADA 来传送智能电网的状态参量。状态检测 Agent 接受来自数据采集 Agent 的参数,将参数与内置状态参量数据库中的数据进行对比后,确定出相关的差异,如果差异值在系统设置的阈值之内,说明其运行状态正常,如果差异值超出了相应阈值,则将该参量输入至分析推理 Agent 模块;分析推理 Agent 主要完成电网的知识表示和拓扑分析功能,相关的知识库中包括有电网中的一次设备:发电机、变压器、母线、开关、刀闸、线路、电容、电抗,二次设备:线路保护、变压器保护等的属性(如额定功率、电压)表示,以及对电网各支路的拓扑结构的描述。在分析推理模块中,还设有故障分析模块,该模块内置故障节点算法,结合知识库中的数据对状态检测 Agent 送来的数据进行计算,并采用如电流差动保护原理等判断方法

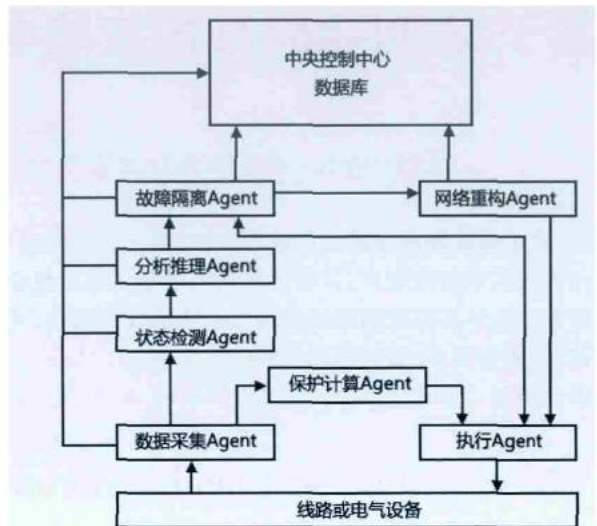


图2 智能电网自愈系统结构图

来确定故障线路。

2.2 故障的隔离

故障的隔离由故障隔离 Agent 与执行 Agent 来共同完成,分析推理 Agent 传递来的故障信号由故障隔离确认后,进行电网支路分析,确定出故障发生支路的执行 Agent 编号,并将相关指令发送至执行 Agent,执行 Agent 接受相关指令后向本地断路器发出跳闸指令,切断故障设备所在电网支路。同时将相应切断信息发送回故障隔离 Agent。

2.3 网络重构

网络重构功能由网络重构 Agent 来完成。网络重构 Agent 接受来自于分析推理 Agent 的参量分析指令及执行 Agent 的故障隔离信息,结合负荷重要程度,为各负荷的供电选择其它相关支路,进行网络拓扑结构的重组和调整。

3 总结

随着智能电网的进一步深入研究,在不久的将来,电力系统必将发生革命性的变化。而电力系统的故障检测与自愈作为智能电网的重要一环,其可靠性直接关系到电网的安全稳定运行。本文根据智能电网的故障自愈功能要求,提出了一种基于 Multi-agent 的智能控制方式。与传统的继电保护配合相比,该方式在整体性能上更具有智能性、可靠性和灵活性等优点,将原本完全或大部分由中央监控中心所承担的管理计算任务分布到电力网络的各个 Agent 节点中,有利于进一步适应大规模、大容量电力系统控制过程的需要。

参考文献:

- [1] 狄义伟. 面向未来智能电网的智能调度研究[D]. 济南: 山东大学, 2010: 1-3.
- [2] 王晓茹. 利用 Agent 实现新的电网后备保护[J]. 电力系统自动化, 2005(21): 57-60.