

电网调度智能监控与事故处理辅助决策方法研究

郭茂冉 李 祥 孟 钟

国网安徽省电力有限公司固镇县供电公司 安徽蚌埠 233700

【摘 要】为了解决电网扩展造成的电网调度监控与事故处理的困难问题,设计了电网调度智能监控与事故处理辅助决策系统,采用一体化原则构建了智能监控与事故处理体系,关键设计了监控的告警装置,通过HBJ-G1K主控模块实现数据处理和声光告警通知。最终利用量子遗传优化粗糙Petri网,实现了电网调度事故诊断。实验表明,电网调度智能监控的稳定性高达95%,电网调度事故诊断的准确性高达97%。

【关键词】电网调度; 智能监控; 事故处理; 量子遗传; 告警; Petri网

引言

用电量逐渐增加,电网的规模不断扩增,复杂的电网结构给电网调度运行工作带来了新的问题,导致电网调度数据量增大,同时存在着多种电磁环网,因此给调度员带来巨大的电网运行监控、电网事故处理的困难。

文献[1]提出了一种基于CIM虚结构的电网调度智能监控与事故处理辅助决策的方法,该方法通过构建CIM虚结构,实现电网调度的智能监控,结合事故处理辅助,降低调度员的运行工作量,但该方法存在着运行监控的不稳定性;文献[2]提出了一种基于SCADA/EMS的电网调度智能监控与事故处理辅助决策方法,该方法利用SCADA/EMS系统,实现电网调度员对电网调度运行的监控和事故的处理,但该系统存在着信息混乱的现象,因此还需进行改进。

基于上述文献中存在的问题,本文将围绕电网调度智能监控和事故处理的需求,提出一种电网调度智能监控与事故处理辅助决策系统,并运用量子遗传优化技术实现对电网事故的准确诊断,以期对电网调度智能监控与事故处理领域的研究和实际应用提供新的理论和方法支持。

1 电网调度智能监控与事故处理辅助决策系统

本文系统通过SCADA服务器、数据库服务器和磁盘阵列构建了电网调度智能监控的数据存储库,监控、自动化工作站经过交换机进行对智能监控的延伸,实现存储调用调度监控数据,进而实现电网调度智能监控与事故处理辅助决策的一体化进行。

采用分布式双网架构,在多个服务器节点都有分布应用部署,利用热备方式运行的服务器,通过人机界面工作站,实现电网调度智能监控的数据的图形化展示,并将历史数据存储在外接磁盘阵列上,采用磁盘阵列双套配置,构建数据双活,在各工作站之间采用以太网进行数据之间

的通信,通过设置权限信息进行对系统访问的监控,进行对使用人员的操作分配,通过控制系统对系统的参数进行修改、对故障进行处理,在人机界面系统可实时查询数据信息以及历史数据,并在监控后台掌握数据通信情况。

2 关键技术

2.1 电网调度监控告警装置

考虑到电网调度监控平台若监控到电网事故,不能够及时通知到工作人员,事故仍解决不了,因此本文设计了电网调度监控告警装置。该装置由主控模块、支路开关状态监测模块、显示设备以及告警设备组成^[4]。电网调度监控告警装置结构图如图1所示。

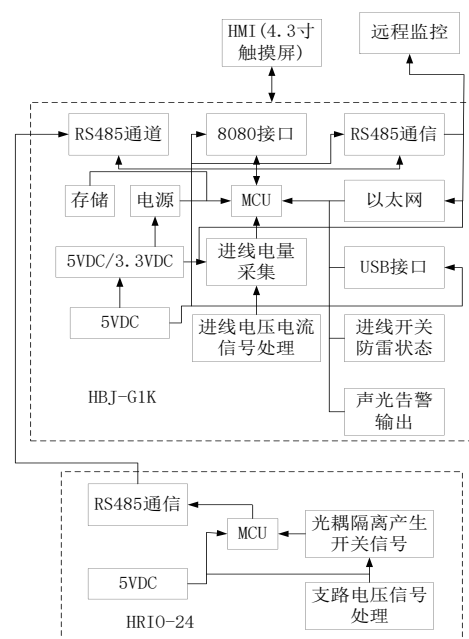


图1 电网调度监控告警装置结构图

该告警装置主控模块采用HBJ-G1K处理器,实现对监测采集到的数据进行处理,通过HRI0-24监测器实现对电网调

度的电压、电流、频率、开关等的监测，通过RS485通信接口与上位机相连接，利用触摸屏进行对数据的显示，同时若出现数据的异常，告警设备会发出声光报警，实现对电网运行监控告警的功能。

通过进线电压、电流信号处理和支路电压信号处理，实现对电网运行数据信号的处理，将告警信号规定为一级告警和二级告警。一级告警有过压告警，超过设定的电压门限值产生告警，欠压告警低于设定的电压门限值，功率告警高于设定的功率门限值，过频告警超过设定的频率门限值，欠频告警低于设定的频率门限值；二级告警有过载告警超过设定的电流门限值^[5]。

2.2 基于量子遗传优化粗糙Petri网的电网调度事故诊断

由于电网调度发生事故会引起电网巨大的损失，因此本文提出了一种基于量子遗传优化粗糙Petri网的电网调度事故诊断，采用粗糙理论对数据进行划分，利用量子遗传算法对基因可能发生的情况进行判断，通过使用量子旋转门策略进行更新染色体，最后利用Petri网模型，进行对故障的诊断^[6]。

使用量子比特的概率幅进行对染色体编码为：

$$P_j = \begin{bmatrix} \cos(\theta_{j1}) \cdots \cos(\theta_{ji}) \cdots \cos(\theta_{jm}) \\ \sin(\theta_{j1}) \cdots \sin(\theta_{ji}) \cdots \sin(\theta_{jm}) \end{bmatrix}, \theta_{ji} = 2\pi r (j=1,2,\dots,n; i=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

式中， θ 表示量子比特的相位， n 表示染色体的个数， m 表示量子比特的位数，也就是代表量子比特有多少空间维数， r 表示 $[0,1]$ 范围内的随机数。

在QGA算法中，通过量子旋转门中旋转角的变化实现基因的更新和变异，其中表达式为：

$$\begin{bmatrix} \alpha_i^{t+1} \\ \beta_i^{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_i^t \\ \beta_i^t \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中， $\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$ 表示量子旋转门， θ 表示旋转角， $\theta = \delta(\alpha_i, \beta_i) \Delta \theta_i$ ， $\delta(\alpha_i, \beta_i)$ 和 $\Delta \theta_i$ 分别代表旋转的方向和步长， t 表示当前进化代数， $\begin{bmatrix} \alpha_i^t \\ \beta_i^t \end{bmatrix}$ 表示染色体的第 i 个量子比特，本文采用量子旋转调整策略更新染色体。

给定决策表 $S=(U,A,V,f)$ ，对 U 中种群 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 中的每个个体 $p_j (j=1,2,\dots,n)$ ，其适应度函数 $f(p_j)$ 的表达式为：

$$f(p_j) = 1 - \frac{|p_j|}{c}, \frac{1}{e^{r_c(D)-r_{p_j}(D)}} \quad (3)$$

式中， $|p_j|$ 表示个体 p_j 中所含的条件属性个数， $|c|$ 表示 s 条件属性个数， $Y_c(D)$ 表示 S 中 C 对 D 的近似分类质量：

$$Y_c(D) = \frac{|U_{X_i \in v/D} C - (X_j)|}{|U|} \quad (4)$$

式中， $Y_{p_j}(D)$ 表示条件属性子集 p_j 对决策 D 的近似分类质量。

Petri网由事故诊断数据库所、数据变化和有相弧3个基础的数据集合组成，假设七元组 $= (P, T, F, M_0, M_1, U, C)$ 表示一个有限的 P/T 系统，其中库所结点的集合为 $P=\{p_1, p_2, \dots, p_m\} (m \geq 0)$ ，变迁结点的集合为 $T=\{t_1, t_2, \dots, t_n\} (n \geq 0)$ ， M_1 表示事故数据变化后点火后的提醒要素，关联矩阵 C 代表事故诊断数据库所与数据变化之间的发送与接收关系，转移控制矢量 U 表示系统变迁点火序列。根据约简后的决策表 S ，提取出条件属性 B 计算出的报警信息，用条件属性的状态值代表Petri网初始事故诊断数据库所，库所中托肯的分布，即为Petri网模型初始标识向量 N_0 ，依据点火规则，对与触发条件已经满足的变化数据节点按照顺序点火，待点火完成后，Petri网进入稳定状态，得到终态标识向量 M_1 ，根据终态标识向量 M_1 ，保护设备动作进行评价，得出故障区域并自行诊断。

3 实验结果与分析

表1 实验数据

设备名	Ua (V)	Ua (V)	Ua (V)	总有功 (kW)
400V受电	222.90	222.30	222.50	164.40
1-2层空调	222.90	222.20	222.30	50.80
3-4层空调	222.90	222.40	222.40	0
1-5层风机	222.80	222.10	222.30	20.83
9-15层风机	222.90	222.30	222.30	1.62

本文实验采用proteus仿真软件进行对系统的仿真，采用的实验数据是某电力有限公司在3月份电网调度监控的数据，实验数据如表1所示。

通过上述实验前的准备，接着进行实验的操作，首先进行对本文研究的系统进行电网调度智能监控的稳定性测试，测试结果与文献[1]和文献[2]的实验结果进行对比，实验结果对比如图2所示。

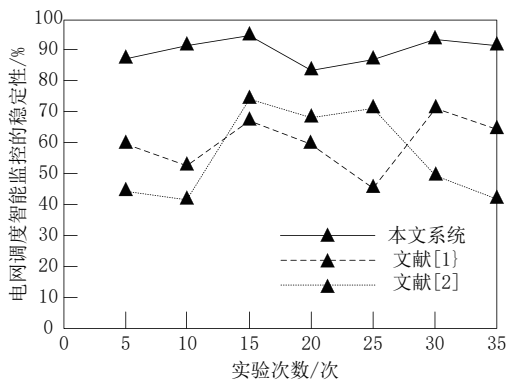


图2 实验结果对比

由图2可知，本文研究的系统进行电网调度智能监控的稳定性测试时，电网调度智能监控的稳定性在80%到100%之间波动，波动的幅度较稳定，并且稳定性相对较高，在进行第15次实验时，电网调度智能监控的稳定性最高为95%，电网智能监控的结果具有可信度。而文献[1]和文献[2]方法的电网调度智能监控的稳定性基本在40%到80%之间进行波动，且波动变化趋势较为明显，稳定性远低于本文系统。由此可见，本文系统在电网调度智能监控上具有明显的优势，验证了本文系统的可行性和有效性。

基于上述对电网调度智能监控的稳定性测试，接着进行对电网调度事故诊断的准确性进行测试，测试结果仍与文献[1]和文献[2]测试结果进行对比，实验结果对比如图3所示。

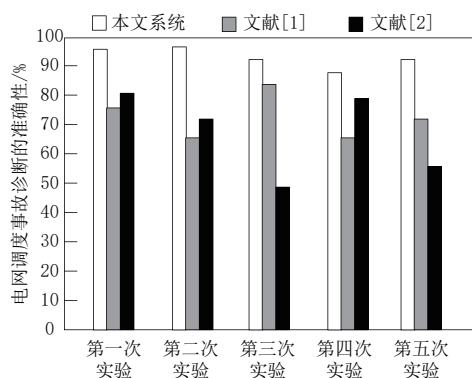


图3 实验结果对比

由图3可知，本文研究的系统进行电网调度事故诊断的准确性测试时，在进行的5次实验中，电网调度事故诊断准确性均高于80%，并且在进行第二次实验时，电网调度事故诊断的准确性最高为97%。而文献[1]和文献[2]方法诊断的准确性明显低于本文系统，且准确性曲线变化的较为明显。由此可见，本文研究的系统对于电网调度事故诊断的准确性相对较高，具有一定的实用价值。

4 结论

本文设计了电网调度智能监控与事故处理辅助决策系统，采用一体化原则构建了电网调度智能监控和事故处理决策的一体化体系，设计了电网调度监控告警装置，通过对电网运行数据的处理与分析，采用声光告警方式，实现告警信息及时通知给调度员，最后利用量子遗传优化粗糙Petri网，实现了电网调度事故诊断。本文系统对信息处理的整理不够完善，因此还需对电网调度智能监控信息处理的更深一步研究。

参考文献：

- [1] 周博曦, 李卓越, 张浩, 等. 时序约束下的配电系统事故推理有限状态机模型[J]. 供用电, 2021, 38(1): 5.
- [2] 张惠荣. 基于图像处理的输电线路运行状态智能监控与故障预警平台研究[J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(4): 4.
- [3] 滕晓毕, 王健, 陆燕玉, 等. 基于TRACER失误辨识方法的电网调度人因风险认知分析[J]. 微型电脑应用, 2020, 36(1): 4.
- [4] 石赫, 杨群, 刘绍翰, 李伟. 基于深度学习的电网故障预案信息抽取研究[J]. 计算机科学, 2020, 47(S02): 5.
- [5] Yu J, Ji H, Song Q, et al. Design and implementation of business access control in new generation power grid dispatching and control system[J]. Procedia Computer Science, 2021, 183(22): 761-767.
- [6] 游昊, 石恒初, 杨远航, 等. 电网故障多源信息智能融合诊断方法[J]. 云南电力技术, 2021, 49(6): 7.

作者简介：

郭茂冉(1982—)，男，汉族，安徽蚌埠人，本科，工程师，研究方向：先进输变电技术。

李祥(1992—)男，汉族，安徽蚌埠人，硕士，工程师，研究方向：新型电力系统规划与运行。

孟钟(1995—)，男，汉族，安徽蚌埠人，硕士，助理工程师，研究方向：大数据电网工程管理。