

基于粗糙集和 BP 神经网络算法的配电网断电故障排除方法

靳盘龙 张 斌 徐鹏飞 张亚鹏 申雅茹

(国网宁夏电力有限公司经济技术研究院, 宁夏银川 750000)

摘 要 针对当前配电网中故障排除准确度不高, 故障排除速度慢等问题, 提出一种基于粗糙集和 BP 神经网络算法的配电网断电故障排除方法。通过建立基于层次分类的多层神经网络, 确定配电网断电故障诊断排除过程, 同时, 以 C/S 架构为基础, 以数据库为核心, 针对系统框架, 分析系统易出现的故障及解决的关键技术, 确定配电网中故障排除系统设计方案。实验结果表明, 所提方法设计的系统能够准确对配电网断电故障进行定位诊断排除, 并且耗时较短, 保证了故障排除的及时性, 确保了配电网的可靠性运行。

关键词 粗糙集; BP 神经网络; 配电网; 断电故障; 可靠性

中图分类号 TP393 文献标识码 A

Fault elimination method of distribution network outage based on RS and BP neural network algorithm

Jin Panlong; Zhang Bin; Xu Pengfei; Zhang Yapeng; Shen Yaru

(Economic and Technological Research Institute, State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan 750000, China)

Abstract Aiming at the problems of low accuracy and slow speed of troubleshooting in current distribution network, a method of troubleshooting power failure in distribution network based on rough set and BP neural network algorithm is proposed. Through the establishment of hierarchical classification-based multi-layer neural network, the diagnosis and elimination process of power failure in distribution network is determined. At the same time, based on C/S architecture, taking database as the core, aiming at the system framework, the system's easy faults and key technologies to solve them are analyzed, and the design scheme of power failure elimination system in distribution network is determined. Experimental results show that the system designed by the proposed method can accurately locate and diagnose the power failure in distribution network, and it takes less time to ensure the timeliness of troubleshooting and the reliable operation of distribution network.

Key words rough set; BP neural network; distribution network; power failure; reliability

市场经济的快速发展使得电力企业的体制发生了重大的变革, 因此, 电力企业为了能够在市场占据相当的优势, 优质的服务成为了其发展的根本。供电可靠已经成为人们关注的重点, 所以针对电力网络的断电故障进行了深入的研究。对于电力网络管理员来讲, 断电故障排除是一项复杂而重要的工作, 做好断电故障排除对保证整个配电网正常运行具有重要意义

义^[1]。配电网断电故障排除系统需要及时准确对断电故障进行定位, 目前采用的断电故障诊断系统是在故障诊断模型的基础上实现的^[2]。利用支持向量机确定信息系统的属性值, 将复杂的神经网络分层约简并剔除不必要的属性, 降低算法的实现复杂度, 并给出基于支持向量机的分层发掘神经网络模型结构及算法, 这种方法进行配电网断电故障排除, 分类识别过程中

模式匹配搜索量较多,分配识别速度过慢,但这种方法对配电网安全运行起到的积极作用,引起了相关专家学者的重视,随着研究内容的深入,产生了较多研究成果^[3]。

文献[4]提出基于粒子群优化反向传播算法的配电网中频发性故障排除系统设计方法,首先阐述反向传播算法(Back Propagation, BP)神经网络故障模型的基本理论知识,针对BP网络的缺点,提出利用粒子群算法优化BP网络,建立起PSO优化BP神经网络故障诊断模型,以配电网断电故障为例进行神经网络建模,并对建立的模型进行仿真,但这种方法由于没有对故障属性进行识别,导致无法分析断电的原因,影响故障排除的效果。文献[5]提出基于贝叶斯网络的故障排除系统设计方法,针对基于贝叶斯网络的故障排除系统中性能评价的重要地位,提出利用二项分布参数估计方法对诊断准确度的置信区域进行计算,利用准确度期望值及其置信区间全面客观评价故障排除模型的性能,得到贝叶斯网络模型排除能力的量化评价指标,实现故障排除系统设计,但这种方法对配电网断电故障进行定位的效率不高,存在误差,导致故障排除效果不理想。

针对上述问题,提出一种基于粗糙集(Rough Sets, RS)和BP神经网络算法的配电网断电故障排除系统设计方法,首先建立多层神经网络模型,针对该模型及系统的实际需求,确定断电故障排除系统的设计方案,在此基础上,利用粗糙集理论和BP神经网络算法,通过对配电网断电故障的特征进行约简处理,提取最小断电故障诊断排除规则,建立断电故障诊断和排除模型。实验结果表明,所提方法能够准确及时对配电网断电故障进行定位诊断排除,为该课题向应用研究领域发展提供理论依据。

1 配电网断电故障排除方法

1.1 配电网断电故障排除系统方案设计

本文以数据库为中心,基于C/S架构实现配电网断电故障诊断系统,根据上述神经网络模型及本文设计系统的需求,设计的配电网断电故障排除系统主要包括数据采集模块、网络化访问数据库模块、配电网运行状态监控模块以及断电故障诊断排除模块^[6-7]。由

于配电网断电故障发生的实时性,因此需要系统实时对配电网运行数据进行监控,保证断电故障能够及时发现并排除,减低断电造成的损失,为实现该目标,对断电故障诊断系统做如下设计:

1) 基于C/S架构的网络化平台搭建。搭建合理的网络化平台有利于实现配电网的远程集中监控,实现断电故障诊断和排除。因此需要对配电网断电故障排除系统进行方案设计,对每个模块运行方案及内容进行设计。

2) 配电网运行数据采集。为实现配电网断电故障诊断排除,需要远程长时间采集配电网运行数据信息,主要包括配电网本身运行信息,配电网中计算机运行数据,以及计算机访问数据等,同时还需要将采集到的数据传输到数据库中,因此还需要设计配电网的信息存储和利用。

3) 对采集到的配电网运行数据进行分类存储,由于采集到的配电网运行数据内容较多,需要对不同的数据类型进行分类存储,对配电网中正常运行数据和异常数据进行区分,分别存储在数据库中,方便配电网故障诊断。

4) 对配电网中异常数据进行分析,断电数据按行程的不同原因别存储在不同的数据样本中,作为断电故障排除系统,需要利用断电故障诊断方法对异常数据进行识别,设计断电故障的客户端信号处理模块,实现断电故障诊断排除^[8]。

数据库需要具有远程访问、数据处理量大、可更改数据样本,并具有可预览及预处理等功能。断电故障诊断排除模块在实现网络化访问的基础上,还应具有以下功能:

1) 数据库基本处理功能:能够对数据库中数据进行基本分析,实现对断网信号的分析 and 预处理功能。

2) 数据特征挖掘:采集的电力配电网运行数据包含的信息较多,需要从数据中挖掘断电故障数据,并对其进行特征提取。

3) 断电故障模式识别排除:对电力配电网断电故障及产生原因进行识别,利用得到的断电故障特征向量,对断电故障进行准确诊断和排除,保证断电故障诊断排除质量。

1.2 基于粗糙集和 BP 神经网络算法的断电故障排除方法

通过粗糙集理论对断电故障知识库 D 进行约简处理^[9], 得到最小断电故障诊断规则库 D^* 为:

$$D^* = \langle F_n^* : \bar{S}(t) \rangle \quad (1)$$

式中, F^* 表示配电网断电故障特征向量集合 F 的约简向量集合, F^* 中特征属性数目为 x , $\bar{S}(t)$ 表示每个特征属性测得的配电网运行状态, 利用最小断电故障诊断规则库 D^* 训练神经网络, 得到基于粗糙集的配电网断电故障诊断排除模型 M^* 。本文选用基于属性重要度的约简算法, 该算法作为一种约简速度快、效率高的启发式算法, 能够满足配电网断电故障快速定位的需要, 并利用神经网络分层融合知识库的优点, 可提高系统的性能, 降低误报率, 具体过程如下所述:

设定 $S(t)$ 表示当前网络状态为, 将测量时间离散为 n , 特征向量 $\bar{f}_k(t)$ 为一个 n 维列向量, 则 n 次测量后的 F 为 $n \times m$ 阶的特征向量矩阵 F_n :

$$F_n = \begin{bmatrix} f_1(t_1) & f_2(t_1) & \cdots & f_m(t_1) \\ f_1(t_2) & f_2(t_2) & \cdots & f_m(t_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(t_n) & f_2(t_n) & \cdots & f_m(t_n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

利用上式进行离散化处理^[10-12], 从而得到决策表 D^a 可以表示为:

$$D^a = \langle F_n^a, \bar{S}(t) \rangle \quad (3)$$

令公式 (7) 为决策表^[10], 设定公式 (8) 为决策表的核 $CORE(F, S(t))$ 。

$$F_n = \begin{bmatrix} f_1(t_1) & f_2(t_1) & \cdots & f_m(t_1), S(t_1) \\ f_1(t_2) & f_2(t_2) & \cdots & f_m(t_2), S(t_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(t_n) & f_2(t_n) & \cdots & f_m(t_n), S(t_n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

假设下式成立, 利用公式 (10) 可知, F^* 即为决策表的约简结果。

$$pos(S(t), F^*) = pos(S(t), F) \quad (5)$$

$$F^* = CORE(F, S(t)) \quad (6)$$

如果公式 (9) 不成立, 则 $\forall F_i \in F/F^*$, 并通过下式计算属性重要度值以求取 f_m 。

$$f_m = \operatorname{argmax} sig(f_i F^*) \quad (7)$$

其中, $\forall F_i \in F/F^*$, 如果存在多个属性满足最大值, 则随机选取任意属性作为 f_m , 从而得到决策表属性的约简结果。

通过上述论述, 利用粗糙集理论对配电网断电故障特征进行约简处理, 提取最小断电故障诊断排除规则, 并利用最小规则训练 BP 神经网络, 建立基于粗糙集和 BP 神经网络的断电故障诊断排除模型, 从而实现配电网断电故障排除系统设计。

2 实验分析

为例验证本文设计系统的性能, 采用 Benchmarks 数据集进行实验。在实验过程中, 对断电故障属性进行编码分类, 得到完整的知识库, 对本文方法, 模糊支持向量机 (Fussy Support Vector Machine, FSVM) 方法^[13]以及改进 BP 神经网络方法^[14]进行分类训练, 得到训练时间对比结果如表 1 所示。

表 1 分类训练时间对比

训练数量	本文方法时间/s	FSVM 时间/s	改进 BP 神经网络时间/s
100	2	5	8
200	3	8	12
500	8	20	29
1000	15	37	55
1500	24	59	87
2000	31	78	106
3000	49	116	154
5000	106	237	289

通过上表 1 可以看出, 本文所提方法设计的系统收敛速度较快, 能够及时对断电故障属性进行分类, 保证了故障排除的及时性, 本文所提方法在进行断电故障诊断排除过程中, 利用粗糙集理论对断电故障特征向量进行约简, 减少了计算过程, 因此提高了系统的收敛速度。

采用本文所提方法对配电网中故障定位性能进

行分析,实验结果如下图1所示。

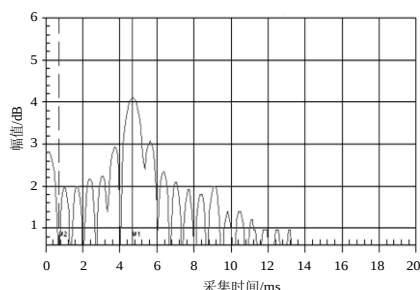


图1 本文算法故障定位性能

通过图1可知,准确描述配电网中数据变化幅值,根据幅值变化,对配电网运行状态进行分析,从而准确对配电网中故障进行定位,保证配电网断电故障排除的效率,由于本文在进行系统设计之前,建立了BP神经网络,保证了检测结果的精确度。

3 结语

经济社会的发展使得电力的需求不断加大,因此也对配电网故障诊断效率和准确度提出了更高的要求。配电网断电故障诊断系统能够及时准确对断电故障进行定位诊断与排除,是保证配电网正常运行的重要手段,上文对配电网断电故障诊断方法进行分析,得出以下结论:

1) 以C/S构架为基础,以数据库为核心,通过设计配电网断电故障排除系统框架,分析系统需要解决的问题及数据库功能,确定配电网断电故障排除系统设计方案。

2) 利用粗糙集理论算法对配电网断电故障的特征进行约简处理,提取最小断电故障诊断排除规则,提高故障诊断排除的效率,并利用该规则训练BP神经网络,建立基于粗糙集和BP神经网络相结合的断电故障诊断排除模型,从而实现配电网断电故障排除的准确性。

3) 本文的研究中,只考虑了基于粗糙集和BP神经网络算法的故障排除方法,希望在以后的研究中,对不同算法的故障排除方法能有一个更为全面,而且系统的对比研究。

参考文献

- [1] 冷华,陈鸿琳,李欣然,等.基于功率或电量预测的智能配电网统计线损同期化方法[J].电力系统保护与控制,2016,44(18):108-114.
- [2] 胡伟,李勇,曹一家,等.基于LOF和SVM的智能配电网故障辨识方法[J].电力自动化设备,2016,36(6):7-12.
- [3] 张明明.基于大数据分析的电能损耗预测模型的仿真分析[J].现代电子技术,2016,39(6):153-156.
- [4] 李达,薛卿,孔德健,等.基于PSO-BP算法的高压输电线路故障分类[J].电气自动化,2018,40(6):42-44.
- [5] 翟永强.贝叶斯网络在道岔控制电路故障诊断中的应用研究[D].兰州交通大学,2012.
- [6] 展鹏,陈勇,郝瑞峰,等.基于微分算法的码盘故障诊断系统及应用[J].电气传动,2020,50(3):97-101.
- [7] 鲍玉川,石一辉,肖峰,等.基于SCADA系统大数据分析的配电网辅助监视方法研究[J].供用电,2019,36(3):63-67+91.
- [8] 林威,刘东,李庆生,等.基于分布式模型预测控制的主动配电网区域协同控制[J].南方电网技术,2016,10(12):10-15.
- [9] 方权,侯金华,翁永春,等.基于GA-BP算法的远距离高压输电线路风险预警系统[J].西安工程大学学报,2019,33(5):531-537.
- [10] 简学军,傅兴强,王秋影.多端高压架空线和电缆混合线路故障定位及诊断系统的设计[J].电子设计工程,2019,27(14):30-34.
- [11] 孙震,王哲斐.基于PSO-BP的小电流接地故障选线法[J].工业控制计算机,2020,33(9):140-141,144.
- [12] 陈柏元,张红民,罗永涛,等.一种基于GA-BP的高压混合输电线路故障分类方法[J].重庆理工大学学报(自然科学版),2018,32(2):199-206.
- [13] 吕宁,姜怀斌.分段最小二乘支持向量机的故障诊断[J].哈尔滨理工大学学报,2018,23(6):94-99.
- [14] 王保义,杨韵洁,张少敏.改进BP神经网络的SVM变压器故障诊断[J].电测与仪表,2019,56(19):53-58.