

基于数据挖掘技术预测与分析变电站中电磁环境

王玉峰^{1,2}, 邹积岩², 廖敏夫²

(1. 辽宁科技大学, 辽宁 鞍山 114051; 2. 大连理工大学, 辽宁 大连 116024)

摘要: 变电站中恶劣的电磁环境严重干扰其内部的微机保护设备正常工作, 威胁电力系统运行安全。应用数据挖掘技术预测微机保护设备在变电站中发生故障的概率, 并通过分析生成的模型制定有效的电磁干扰抑制策略来改善变电站中的电磁环境。最后, 根据预测的变电站中的电磁环境采取空间隔离措施, 将微机保护设备安装在电磁干扰小的位置。理论分析表明, 应用数据挖掘技术预测与分析变电站中的电磁环境是可行和有效的。

关键词: 微机保护设备; 数据挖掘; 电磁干扰; 电磁环境

中图分类号: TM744

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)05-0077-03

Prediction and Analysis of Electromagnetic Environments in Substation with Data Mining Technology

WANG Yu-feng^{1,2}, ZOU Ji-yan², LIAO Min-fu²

(1. Science and Technology University of Liaoning, Anshan 114051, China;

2. Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Malfunction of microprocessor protection devices due to bad electromagnetic environment in a substation hazards safe operation of power system. In this paper, data mining technology is applied to predict malfunction probability of microprocessor protection devices in a substation. And effective anti-jamming measures are adopted to reduce electromagnetic interference in substation by analyzing data mining results. Moreover, microprocessor protection devices are positioned at the place where electromagnetic interference is weak according to the prediction result. Theoretical analysis shows that data mining technology is feasible and effective to predict and analyze electromagnetic environment in substations.

Key words: microprocessor protection device; data mining; electromagnetic interference; electromagnetic environment

0 引言

变电站中的电磁环境异常复杂, 在正常和异常运行状态下会产生各种电磁干扰, 如高压开关操作和短路故障等引起的暂态过程; 高电压、大电流导线或设备附近的电场和磁场; 雷击; 静电放电; 谐波以及电子设备的工作信号和噪声等^[1-4]。目前, 电磁干扰源量化分析和耦合途径建模分析的研究还不够成熟, 用数值仿真的手段预测与分析变电站中电磁环境存在较大难度^[5]。因此, 通过统计实测数据来预测与分析变电站中的电磁环境是当前较好的选择。

数据挖掘技术能从大量数据中提取有用信息来预测未来的趋势及行为, 并做出基于知识的决策。数据挖掘的过程见图 1, 首先将收集的大量数据清理

和预处理后存入数据仓库, 然后通过数据挖掘算法预测未来的趋势和行为, 最后根据生成的模型做出决策^[6-8]。



图 1 数据挖掘过程

笔者根据变电站电磁环境数据量大的特点, 应用数据挖掘技术预测变电站中的电磁环境, 并通过分析生成的模型制定有效的电磁干扰抑制策略, 改善微机保护设备所处的电磁环境。

1 数据挖掘模型

图 2 是应用数据挖掘技术预测与分析变电站中

收稿日期: 2009-05-23; 修回日期: 2009-07-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(50507001)。

作者简介: 王玉峰(1978), 男, 博士, 从事微机保护 EMC 方面的研究。

电磁环境的流程,具体步骤如下: 在变电站中采集大量的电磁环境数据。把采集的数据清理和预处理后存入数据仓库中。应用具体的数据挖掘算法来处理数据仓库中的数据,生成可供参考的评估模型。通过电磁兼容分析来预测变电站中的电磁环境以及改善变电站电磁环境应采取的电磁干扰抑制措施^[9,10]。若分析结果表明变电站中电磁环境恶劣需要改善,则根据分析结果采取电磁干扰抑制措施,然后重复执行步骤、和,直到变电站中电磁环境满足要求为止。采取空间隔离措施将微机保护设备安装在电磁干扰小的位置。

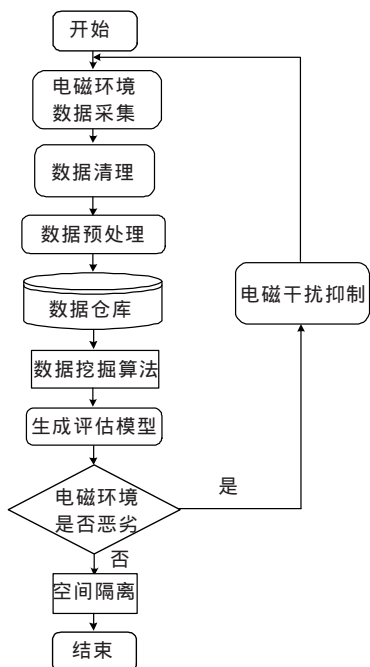


图2 数据挖掘流程

从预测与分析变电站中电磁环境的数据挖掘流程可知,建立的数据挖掘模型见图3。模型由以下3个部分组成: 算法层提供基础的数据挖掘算法。逻辑层对数据挖掘结果进行电磁兼容分析。应用层根据逻辑层的分析结果选取有效的电磁干扰抑制措施。

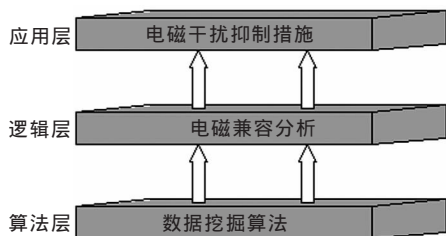


图3 数据挖掘模型

2 数据挖掘算法

应用数据挖掘技术预测与分析变电站中的电磁

环境需要与变电站的电磁兼容问题研究相结合,笔者提出的数据挖掘算法根据微机保护装置发生故障的概率来评估变电站中的电磁环境。各种微机保护设备在投入电力系统使用前都必须通过不同电磁干扰的电磁抗扰度试验,假设微机保护装置的抗扰度阈值为电磁抗扰度试验相应试验等级的试验电压。当电磁干扰小于抗扰度阈值时,微机保护装置正常工作,否则认为微机保护装置发生故障。

应用数据挖掘技术预测与分析变电站中电磁环境的过程如下: 对变电站的平面空间进行网格划分,见图4,在网格的交叉点上放置传感器探头来采集变电站中的电磁环境数据。在数据预处理阶段,将采集到的电磁环境数据与抗扰度阈值相比较,转化为离散量后存入数据仓库中。确定变电站中电磁干扰源的数量,根据干扰源可能出现的情况划分样本空间。应用数据挖掘算法,计算和统计数据仓库中存放的离散量数据来求解微机保护装置发生故障的概率和导致微机保护装置发生故障的主导因素。采取相应的电磁干扰抑制措施改善变电站中的电磁环境。根据预测与分析的结果将微机保护设备安装在电磁干扰小的位置。

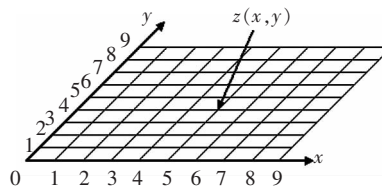


图4 变电所空间网格划分

微机保护装置发生故障用事件 A 表示,电磁干扰源用事件 B 表示,电磁干扰源的耦合途径用事件 X 表示:电阻性耦合为 X_1 ;电容性耦合为 X_2 ;电感性耦合为 X_3 ;辐射耦合为 X_4 。若变电站中有 n 个电磁干扰源,则划分的样本空间 $\Omega = \{B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n\}$ 。根据全概定理,微机保护装置在点 $z(x,y)$ 处发生故障的概率 $P(A)$ 为

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(AB_i) - \sum_{i < j=2}^n P(AB_i B_j) + \sum_{i < j < k=3}^n P(AB_i B_j B_k) + \dots + (-1)^n P(AB_1 B_2 \dots B_n) \tag{1}$$

式中:

$$\begin{cases} P(AB_i) = P(A|B_i)P(B_i) \\ P(AB_i B_j) = P(A|B_i B_j)P(B_i B_j) \\ P(AB_i B_j B_k) = P(A|B_i B_j B_k)P(B_i B_j B_k) \\ \dots \\ P(AB_1 B_2 \dots B_n) = P(A|B_1 B_2 \dots B_n)P(B_1 B_2 \dots B_n) \end{cases} \tag{2}$$

在公式(2)中, $P(A|B_i)$ 表示干扰源 B_i 出现时微机保护装置发生故障的概率, $P(B_i)$ 表示干扰源 B_i 出现的概率, $P(A|B_i B_j \cdots B_m)$ 表示多个干扰源同时出现时微机保护装置发生故障的概率, $P(B_i B_j \cdots B_m)$ 表示多个干扰源同时出现的概率。

按照上述方法, 求出每一个网格交叉点处微机保护装置发生故障的概率, 然后应用数值拟合的方法预测变电站整体空间的电磁环境。笔者提出的预测与分析变电站中电磁环境的数据挖掘算法, 不仅能够预测变电站中电磁环境的未来趋势, 还能够与电磁兼容分析相结合, 制定改善变电站中电磁环境的电磁干扰抑制措施。改善变电站中的电磁环境应从以下两个方面着手: 抑制电磁干扰源; 切断电磁干扰的耦合途径。

根据贝叶斯公式, 在点 $z(x, y)$ 处微机保护装置发生的故障是由干扰源 B_i 引起的, 概率为

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B_i)P(B_i)}{P(A)} \quad (3)$$

根据公式(3)计算变电站中每一个电磁干扰源在 $z(x, y)$ 处引起微机保护装置发生故障的概率, 然后采取有效措施对概率大的电磁干扰源进行抑制, 同时采取电磁隔离措施切断它们到点 $z(x, y)$ 的主要耦合途径。

在提出的数据挖掘算法中, 耦合途径可以看作是电磁干扰源的属性。按耦合途径划分的样本空间 $X = \{X_1 \cup X_2 \cup X_3 \cup X_4\}$, 根据贝叶斯公式, B_i 通过 $X_j (j=1, 2, 3, 4)$ 耦合到点 $z(x, y)$ 的概率为

$$P(X_j|B_i) = \frac{P(B_i|X_j)P(X_j)}{P(B_i)} \quad (4)$$

式(4)中, $P(X_j|B_i)$ 表示干扰源 B_i 通过耦合路径 X_j 到点 $z(x, y)$ 的概率; $P(B_i)$ 表示干扰源 B_i 出现的概率; $P(X_j)$ 表示耦合路径 X_j 出现的概率; $P(B_i|X_j)$ 表示耦合路径 X_j 出现时, 干扰源 B_i 出现的概率。

根据公式(4)可以计算出干扰源 B_i 通过耦合路径 X_j 耦合到 $z(x, y)$ 处的微机保护装置的概率, 进而分析得出干扰源 B_i 的主要耦合方式, 然后结合电磁干扰源的特点采取科学有效的电磁隔离措施, 从而可以改善变电站的电磁环境。

3 结论

应用数据挖掘技术预测与分析变电站中的电磁环境是可行和有效的。但是, 目前结合数据挖掘算法的变电站中电磁环境的测量工作还没有开展, 只是做了初步的、探索性的研究工作, 实际的验证以及应用于实际问题的发现与解决将是下一步的研究课题。

参考文献:

- [1] 梁志成, 傅静波, 李富同, 等. 微机保护装置的电快速瞬变脉冲群抗扰度研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(11): 65-68.
- [2] 肖保明, 王泽忠, 卢斌先, 等. 微机保护装置对开关瞬态干扰的敏感度研究[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3): 61-64.
- [3] 李清泉, 李彦明, 牛亚民. 变电站开关操作引起的瞬变电磁场及其防护[J]. 高电压技术, 2001, 27(4): 35-37.
- [4] WIGGINS C M, WRIGHT S E. Switching Transient Fields in Substations[J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1991, 6(2): 591-600.
- [5] 文武, 贾俊, 阮江军. 电力系统电磁兼容问题综述[J]. 长沙电力学院学报, 2003, 18(3): 42-46.
- [6] 潘祖金, 赵厚奎, 程远国. 数据挖掘技术在军事指挥控制系统中的应用[J]. 应用安全, 2006, 60-61.
- [7] MEHMED KANTARDZIC. 数据挖掘-概念、模型、方法和算法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [8] 邵峰晶, 于忠清. 数据挖掘原理与算法[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [9] 区健昌, 林守霖, 吕英华. 电子设备的电磁兼容性设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [10] CLAYTON R PAUL. 电磁兼容导论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [11] Banks on Substation Surge Environment and Surge Arrester Applications[J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 1996, 11(4): 1798-1806.
- [9] 沈文琪. 温度电压谐波涌流等对电容器寿命的影响[J]. 电力电容器, 2005(2): 6-8.
- [10] MICHAEL L GASPERI. Life Prediction Modeling of Bus Capacitors in AC Variable Frequency Drives [J]. IEEE Trans. on Industry Applications, 2005, 41(6): 1430-1435.
- [11] CHANG GW, SHIH M H, CHU S Y. An Efficient Approach for Tracking Transients Generated by Utility Shunt Capacitor Switching[J]. IEEE Trans. on Power Delivery, 2006, 21(1): 510-512.

(上接第76页)

[J]. 高电压技术, 2005, 31(12): 18-20.

- [4] MARTIN BISHOP, TIM DAY, ARVIND CHAUDHARY. A Primer on Capacitor Bank Protection[J]. IEEE Trans. on Industry Applications, 2001, 37(4): 1174-1179.
- [5] CYGAN P AND, LAGHARI J R. Models for Insulation Aging under Electrical and Thermal Multistress [J]. IEEE Trans. Dielectrics Electrical Insulation, 1990, 25(5): 923-934.
- [6] 施围, 邱毓昌, 张乔根. 高电压工程基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [7] GREBE T E, GUNTHER E W. Application of the EMTP for Analysis of Utility Capacitor Switching Mitigation Techniques [C]//the 8th ICHQP'98, 1998: 583-589.
- [8] Working Group 3.4.17 of IEEE. Impact of Shunt Capacitor