

# 舰炮电气故障神经网络预测技术研究

王满林<sup>1</sup>, 谢道明<sup>2</sup>, 应文健<sup>3</sup>

(1. 海装重庆局, 重庆 401120; 2. 东海舰队装备部, 浙江 宁波 315000;  
3. 海军工程大学兵器工程系, 武汉 430033)

**摘要:**为实现舰炮的故障预测和健康管理, 针对舰炮电气系统的运行机理, 利用电路仿真软件提取了该系统的故障知识, 建立了故障诊断专家系统知识库, 并运用BP神经网络方法实现了该舰炮电气系统的故障预测。仿真结果验证了该方法的有效性, 取得了良好的诊断预测效果。

**关键词:**故障预测; 神经网络; 舰炮; PHM

**本文引用格式:**王满林, 谢道明, 应文健. 舰炮电气故障神经网络预测技术研究[J]. 四川兵工学报, 2014(11): 18-20.

中图分类号: TJ391

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)11-0018-03

## Fault Predict Research of Naval Gun Electrical System Using Neural Network

WANG Man-lin<sup>1</sup>, XIE Dao-ming<sup>2</sup>, YING Wen-jian<sup>3</sup>

(1. Chongqing Bureau of Navy Equipment, Chongqing 401120, China;  
2. Armament Department of the East China Sea Fleet, Ningbo 315000, China;  
3. Department of Weapon, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** To realize the fault prediction and health management of naval gun, the fault knowledge is acquired based on that operation mechanism using the circuit simulation software. Then the knowledge database of the fault diagnosis expert system is build. Final, the fault prediction of naval electrical system is realized by using BP neural network (NN). Simulation results show the effectiveness of the method.

**Key words:** fault prediction; neural network; naval gun; PHM

**Citation format:** WANG Man-lin, XIE Dao-ming, YING Wen-jian. Fault Predict Research of Naval Gun Electrical System Using Neural Network[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(11): 18-20.

舰炮武器系统为了提供所需要的功能和高性能, 使用了重要的电子元件, 其自动化程度达到了空前的高度。但舰炮由于工作在盐雾、潮湿等海上环境下条件相对更为恶劣, 导致舰炮电气故障的风险也在加大, 维修成本大幅提高。如果能够评估电气系统与预期正常运行状态相比的偏离或降级程度, 那么这个评估就可以用于: ① 预警, 预防故障的发生或进一步扩大; ② 最大限度减少计划外维护次数, 转为视情维修; ③ 降低检查成本, 缩短停机时间, 延长生命周期; ④ 为未来的系统提供设计依据和技术保障。总体上, 鉴于电气系统在舰炮武器系统中越来越重要的作用, 故障预测技术已变

得炙手可热。

我国对故障预测技术的研究则刚刚起步, 尚未上升到设备视情维护所要求的剩余寿命预测阶段<sup>[1-5]</sup>。目前, 针对电子系统中不同的故障预测研究方法主要有3种: ① 基于保险和预警装置的方法; ② 基于故障预兆监控与推理的方法; ③ 基于失效模型的方法。本文重点针对基于故障预兆监控与推理的方法进行研究。故障预兆是指针对即将到来的故障而显示出的一种数据事件或趋势。例如, 电源输出电压的变化可能预示着由于输入电压的不稳定或者电源内部元件的损坏而即将发生故障。如此, 可以使用所测量信号间的因果



诊断。

表1 效果对比

算法	算法描述	误差	训练次数
trainscg	比例共轭梯度算法	9.922 05e-007	16
traingdx	动量及自适应梯度递减算法	9.387 69e-007	150
traingda	自适应梯度递减算法	8.909 05e-007	121
trainbfg	BFGS 算法	7.253 75e-007	19
traincgb	Powell-beale 算法	7.242 6e-007	16
trainrp	有弹回的 BP 算法	7.203 65e-007	31
traincgp	Polok-riberie 算法	4.744 99e-007	16
trainoss	OSS 算法	1.732 8e-007	27
trainlm	LM 算法	3.402 64e-008	4

### 3 仿真分析

#### 1) 网络样本选取及参数选择

网络样本来自监测点电压和电路状态关联数据库,取电路的4个检测点电压  $X = [x_1, x_2, x_3, x_4]$  作为 BP 神经网络的输入,取  $Y = [y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7]$  作为目标输出向量。其中:  $y_1$  代表状态正常;  $y_2$  代表某线路连接开路;  $y_3$  代表某电阻烧坏开路;  $y_4$  代表二极管击穿后断路;  $y_5$  代表某芯片损坏,  $y_6$  代表某电容量变小,  $y_7$  代表某供电电压变化。

仿真中,故障诊断预测模型为3层 BP 神经网络,且输入层神经元节点数  $N = 4$ ,输出层神经元节点数  $M = 7$ ,隐含层神经元节点数根据公式  $h = \sqrt{N+M} + \sigma$  可得为3-6间的数,  $\sigma$  为经验值。

#### 2) 训练测试分析

通过输入样本组(将近500组)对所设计的网络进行训练(用 trainlm 训练函数训练),训练1000次以后误差收敛到 0.111 324e-006,训练结束。训练网络的过程,实际上就是调整网络参数的过程,具体来说就是确定各个网络权值。

网络训练完成后,选取部分已设置的故障现象(70组)和电压稍有偏差的值(30组)对该预测网络进行对比分析,得到 BP 神经网络的输出正确率为 95.5%,其中,对于已设置的故障现象诊断正确率为 100%,对未设置的为 83.5%。对未能正确识别的,主要在于没有先验知识,和与已知的数据库中知识存在较大差异。这虽然可以通过增加输入样本的数量和样本数,来提高神经网络的适应性和鲁棒性,且其故障诊断的准确性理论上可以达到 100%。但一般来说,先验知识是不太可能覆盖到状态的 100%,因此,在实际使用过程中,对于预测失败的情况可以通过人工校正的方法来对训练过程中未遇到过的状态进行学习,使网络具备学习能力,

如此可使神经网络的故障预测诊断效果更好。

### 4 结论

为实现舰炮的故障预测和健康管理,本文针对舰炮电气系统的运行机理,利用电路仿真软件提取了该系统的故障知识,建立了故障诊断专家系统知识库,并运用 BP 神经网络方法完成了该舰炮电气系统的故障预测。仿真结果验证了该方法的有效性,取得了较好的诊断预测效果。

### 参考文献:

- [1] 王凯,郑建辉,谢道明,等.舰炮健康管理技术研究[J].舰船电子工程,2013,33(3):4-6.
- [2] 曾声奎,Michael G. Pecht,吴际.故障预测与健康管理(PHM)技术的现状与发展[J].航空学报,2005,26(5):626-633.
- [3] 彭宇,刘大同,彭喜元.故障预测与健康管理技术综述[J].电子测量与仪器学报,2010,24(1):1-9.
- [4] 马宁,吕琛.飞机故障预测与健康管理框架研究[J].华中科技大学学报:自然科学版,2009(37):207-209.
- [5] 景博,黄以锋,张建业.航空电子系统故障预测与健康管理技术现状与发展[J].空军工程大学学报:自然科学版,2010,11(6):1-6.
- [6] 王炳,应文健.基于规则和事例推理的电气故障诊断方法[J].舰船电子工程,2014,34(1):129-131.
- [7] 王安娜,申燕,刘泽军,等.电路仿真设计软件 Multisim 在电路实验中的应用[J].实验技术与管理,2005,22(12):64-68.
- [8] 陶贵明,张锡恩,曾兴志.电路仿真与故障知识获取研究[J].系统工程与电子技术,2006,28(12):1945-1947.
- [9] 史忠植.神经网络[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [10] Jiles D C, Atherton D L. Theory of ferromagnetic hysteresis[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2003: 48-60.
- [11] Natal, C., Velar I, F. Modeling and compensation of hysteresis for magnetostrictive actuators[C]//In Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent mechatronics. [S. l.]: [s. n.], 2001:744-749.
- [12] Tan X, Venkataraman R, Krishnaprasad P S. Control of hysteresis: Theory and experimental results[J]. In V. S. Rao (Ed.), Modeling, signal processing, and control in smart structures, 2001, 10(3):101-102.
- [13] 王凯,傅慷,何衡宗.一种智能化的舰炮电气设备故障诊断技术[J].四川兵工学报,2011,32(6):86-88.