

基于BP神经网络的 阀控铅酸盐蓄电池劣化程度预测

李东玉¹, 王睿², 冯宜民³

(1. 河南省太康县电业管理局, 河南 太康 461400;

2. 河南省范县供电局, 河南 范县 457500;

3. 洛阳市人力资源和社会保障局, 河南 洛阳 471003)

摘要:为了提高对阀控铅酸盐蓄电池劣化程度的预测准确度,构建了一个具有自学习功能的BP神经网络预报模型,使用不同放电深度下的192组数据对BP神经网络进行训练和学习,然后使用训练好的BP神经网络对实时采集到的数据进行预报和分析,预报准确率达93%以上,证明预报模型具有较高的可靠性.

关键词:阀控铅酸盐蓄电池;BP神经网络;劣化程度预测

中图分类号:TM561 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.1004-1478.2012.04.004

Impairment degree forecast for valve regulated lead acid battery based on BP neural network

LI Dong-yu¹, WANG Rui², FENG Yi-min³

(1. Taikang County Electric Power Administration, Taikang 461400, China;

2. Fan County Power Supply Bureau, Fan County 457500, China;

3. Human Resources and Social Security of Luoyang City, Luoyang 471003, China)

Abstract: In order to improve forecast accuracy of impairment degree for valve regulated lead acid battery, a forecast model based on neural network with autonomic learning function was structured. The BP neural network was trained and learned using 192 different discharge degree data, then the real-time collection data were forecasted and analyzed using trained BP neural network. The forecast accuracy is above 93%, which proves the forecast model's validity.

Key words: valve regulated lead acid battery; BP neural network; impairment degree forecast

0 引言

在供电系统中,通信系统非常重要,而蓄电池

则是通信系统的“心脏”,它是保证通信系统安全运行的关键.蓄电池的作用在于当电网发生停电或充电系统故障时,能够为通信系统和其他UPS电源提

收稿日期:2012-03-19

基金项目:河南省电力公司科技攻关项目(豫电科20111613)

作者简介:李东玉(1970—),男,河南省太康县人,河南省太康县电业管理局工程师,主要研究方向为电业生产技术及管理工作.

供后备电源,保证通信系统的安全运行,以及变电站内事故照明、数据库服务器等重要设备的正常运行,为工作人员进行抢修提供必要的缓冲时间。

目前,国内电力系统中使用的蓄电池主要是阀控铅酸盐蓄电池,简称VRLA(valve regulated lead-acid battery)^[1]。与传统的敞开型电池相比,阀控铅酸盐蓄电池具有密封程度高、电池的自放电系数很小、使用寿命长、维护工作量极小、大电流放电特性好等优点^[2]。国内外学者对阀控铅酸盐蓄电池状态监测进行研究并取得大量的成果,刘百芬等^[3]提出了基于鉴相处理技术的方法,对阀控铅酸盐蓄电池的内阻进行在线测量,取得了不错的结果,但是这种测量方法数据分析较为困难。韩团军^[4]在分析阀控铅酸盐蓄电池充放电过程反应机理的基础上,应用神经网络算法,建立了阀控铅酸盐蓄电池的神经网络模型,用于预报阀控铅酸盐蓄电池放电过程中某一状态下的剩余容量,在一定程度上提高了预报的准确性。舒服华^[5]提出了一种最小二乘支持向量机的阀控铅酸盐蓄电池剩余电量预报新模型,对采集到的数据进行分析,进一步提高了预报精度。

本文在对阀控铅酸盐蓄电池劣化因素分析的基础上,提出基于BP神经网络的阀控铅酸盐蓄电池劣化程度预测,以期及早发现蓄电池组的异常状态,确保其为通信系统提供稳定的服务。

1 阀控铅酸盐蓄电池劣化因素分析

影响阀控铅酸盐蓄电池劣化因素很多,主要包括以下方面。

1) 环境温度。环境温度过高对蓄电池使用寿命的影响很大。温度升高时,蓄电池的极板腐蚀将加剧,同时将消耗更多的水,从而使电池寿命缩短。典型的蓄电池高于25℃时,每升高6~9℃,电池寿命缩短一半。

2) 过度充电。过充电将使产生的气体无法完全再化合,从而引起蓄电池内部压力增加,当到达一定压力时,安全阀打开,氢气和氧气逸出,同时带出酸雾,消耗有限的电解液,导致蓄电池容量下降或早期失效。其次,在长期过充电状态下, H^+ 增加,从而导致正极附近酸度增加,板栅腐蚀加速,使板栅变薄,加速蓄电池的腐蚀,使蓄电池容量降低,从而影响蓄电池的寿命。为避免产生多余的气体,蓄电池对充电机稳压、限流精度提出了较高的要求。

3) 过度放电或小电流放电。当蓄电池被过度放电时,会在电池的阴极造成硫酸盐化。因硫酸铅是一种绝缘体,它的形成必将对蓄电池的充、放电性能产生很大的负面影响。在阴极上形成的硫酸盐越多,蓄电池的内阻越大,电池的充、放电性能就越差,蓄电池的使用寿命就越短。小电流放电条件下形成的硫酸铅,要氧化还原是十分困难的,若硫酸铅晶体长期得不到清理,必然会影响蓄电池的容量和使用寿命。

2 BP神经网络模型建立

本文根据所测的电压、内阻和放电深度等数据,使用模糊神经网络对所测数据进行分析。

2.1 数据分析

由以上分析可知,蓄电池劣化程度的高低主要由电压、内阻和放电深度3个指标来表示。本文的蓄电池组为同一公司生产的蓄电池,共48只,蓄电池组在刚投入运行的时候进行了人工放电检测,整组蓄电池都是完好无损的,并且测得蓄电池组在充满电的情况下电压范围为2.3~2.4V,电阻范围为5.3~5.9mΩ,蓄电池组放电的最低允许电压为1.8V。本次数据的采集是在蓄电池组运行4年后,在不同放电深度下进行的。蓄电池的放电深度分别取5%,10%,15%和20%这4个等级,共有192组数据。表1数据展示了电压、内阻和放电深度3个指标和蓄电池劣化程度的关系。

表1 数据关系表

放电深度/%	电压/V	内阻/mΩ	劣化程度/%
5	2.32	5.54	100
5	2.31	5.88	97.1
5	2.31	6.01	93.8
10	2.29	5.61	100
10	2.28	5.93	96.9
10	2.28	6.11	93.6
15	2.21	5.71	100
15	2.21	6.01	97.0
15	2.19	6.08	93.7
20	2.08	6.12	99.7
20	2.08	6.21	97.2
20	2.09	6.25	93.8

2.2 模型建立

本文采用BP神经网络模型对蓄电池劣化程度进行分析。BP神经网络又叫误差逆传播算法,典型

的 BP 神经网络是 3 层结构,即输入层、隐含层和输出层,各层之间实行全连接. 根据前面的数据分析可知,神经网络的输入量为放电深度、电压、内阻 3 个数据,输出量为蓄电池的劣化程度. 所以本系统的神经网络模型为 3 输入、单输出,其结构如图 1 所示.

BP 神经网络的学习,由 4 个过程组成:模式顺传播、误差逆传播、记忆训练、学习收敛.

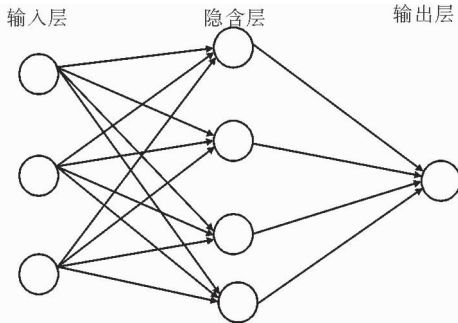


图 1 BP 神经网络模型结构图

1) 模式顺传播. 输入模式是由输入层经中间层向输出层输出的过程. 模式顺传播是由输入模式提供数据给网络的输入层开始的,输入层的各单元对应于输入模式向量的各个元素. 设输入模式向量为

$$A_k = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad k = 1, 2, \dots, m$$

其中, m 为学习模式对, n 为输入层单元个数. 对应输入模式的希望输出向量 $Y_k = (y_1, y_2, \dots, y_q)$, 其中 q 为输出层单元个数. 根据 BP 神经网络的计算原理,首先按公式①计算出隐含层各单元的输入

$$s_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} a_i - \theta_j \quad j = 1, 2, \dots, p \quad \text{①}$$

式中, s_j 为隐含层的输入值; θ_j 为隐含层的阈值; p 为隐含层单元个数; w_{ij} 为连接 i, j 2 层神经元之间的权值. 为模拟生物神经元的非线性特性,以 s_j 作为 S 函数的自变量,计算隐含层各单元的输出, S 函数的数学表达式为

$$b_j = f(s_j) = \frac{1}{1 + e^{-s_j}} = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^n w_{ij} a_i + \theta_j}} \quad \text{②}$$

式中, b_j 为隐含层 j 单元的激活值; 单元输出阈值 θ_j 是为模拟生物神经元的阈值电位而设置的,它和连接权一起不断被修正. 输出层各单元输入输出计算方法为

$$L_t = \sum_{j=1}^p v_{jt} - \gamma_t \quad C_t = f(L_t) \quad t = 1, 2, \dots, q \quad \text{③}$$

式中, v_{jt} 是隐含层至输出层的连接权, γ_t 是输出层单

元阈值, f 是 S 函数, C_t 是输出层神经元的输出结果, L_t 是输出层神经元的输入值. 至此,一个输入模式完成了一遍顺传播过程.

2) 误差逆传播. 误差逆传播的第 1 步是进行误差计算. 误差逆传播过程是由输出层的误差 d_j 向隐含层的误差 e_i 传递的过程,输出层的校正误差计算公式为

$$d_i^k = (y_i^k - C_i^k) f'(L_i) \quad t = 1, 2, \dots, q \quad k = 1, 2, \dots, m \quad \text{④}$$

式中, $(y_i^k - C_i^k)$ 项表示网络希望输出与实际输出的绝对误差, $f'(L_i)$ 项根据各单元的实际响应调整偏差量. 为完成误差向隐含层的传递,需要计算隐含层各单元的校正误差,其计算公式为

$$e_j^k = \sum_{i=1}^q v_{ji} d_i^k f'(s_j) \quad j = 1, 2, \dots, p \quad k = 1, 2, \dots, m \quad \text{⑤}$$

式⑤的物理意义与④相似,只不过每个中间隐含层单元的校正误差都是由 q 个输出层单元校正误差传递而产生的.

得到了校正误差 d_i^k 与 e_j^k 之后,沿逆方向调整整个输出层至隐含层、隐含层至输入层之间的连接权以及各单元的输出阈值,其调整公式如下:

$$\begin{aligned} \Delta v_{jt} &= \partial d_i^k b_j^k & j = 1, 2, \dots, p \\ \Delta \gamma_t &= \partial d_i^k & t = 1, 2, \dots, q \quad k = 1, 2, \dots, m \\ &0 < \partial < 1 (\text{学习系数}) \\ \Delta w_{ij} &= \beta e_j^k a_j^k & 0 < \beta < 1 (\text{学习系数}) \\ \Delta \theta_j &= \beta e_j^k & i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, p \\ && k = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

以上是 BP 神经网络算法中最为重要的 2 步,其他 2 步训练过程和收敛过程相对简单,这里不再详细说明.

2.3 BP 神经网络算法改进

传统的 BP 算法计算速度慢,容易陷入局部最小点,所以实际使用效果不明显,本文拟对 BP 算法进行改进. 常见的 BP 算法有累积误差校正算法、 S 函数输出限幅算法、惯性校正算法等,本文采用惯性校正算法来对传统 BP 算法进行改进.

所谓惯性校正算法,就是在每一次对连接权或输出阈值进行校正时,按一定的比例加上前一次学习时的校正量,即惯性项,以加速网络学习的收敛,具体作法如下式所示:

$$\Delta W(N) = d + \eta \Delta W(N-1)$$

式中, $\Delta W(N)$ 为本次应得校正量, $\Delta W(N-1)$ 为前一次校正量, d 为本次误差计算得到的校正量, η 为

惯性系数($0 < \eta < 1$). 试验表明,改进后的BP算法效果远远好于原来的BP算法,提高了对蓄电池故障诊断的准确性和及时性.

3 网络训练及预测结果分析

利用改进的BP神经网络对采集到的192组数据进行训练和分析,图2为训练过程的误差变化图形.从图2可以看出,随着训练次数的增加,训练误差逐步减小,经过1000次训练后,训练均方误差降低到0.01以下,此时神经网络输出结果基本满足要求.然后另外实时采集100组数据,使用训练好的BP神经网络对其进行预测,并与实际情况进行对比,预报准确率在93%以上,符合预测预报要求.预测与实际结果对比说明BP神经网络方法可以应用于阀控铅酸盐蓄电池的智能预测和预报,并且可以大大提高预报准确度.

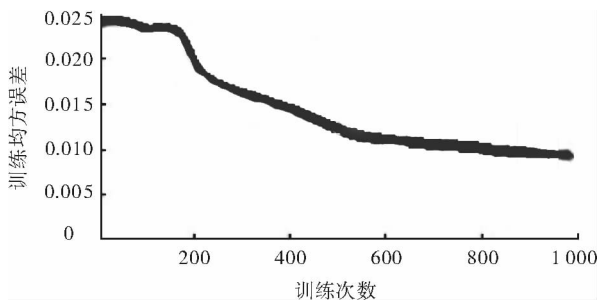


图2 训练过程误差变化图形

4 结论

本文构建了一个具有自学习功能的BP神经网络预报模型,使用不同放电深度下采集的192组数据对BP神经网络进行训练和学习,然后使用训练好的BP神经网络对实时采集到的数据进行预报和分析,通过比较预报数据和实测数据证实,本文构建的BP神经网络预报结果能够以93%以上的准确度逼近真实值,达到了对阀控铅酸盐蓄电池在线监测的目的.

参考文献:

- [1] Rand D A J, Moseley P T, Garche J, et al. Valve-regulated Lead-acid Batteries[M]. London: Elsevier, 2004: 8 - 12.
- [2] 朱松然. 铅酸蓄电池实用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992: 22 - 46.
- [3] 刘百芬, 程海林. 一种新型的蓄电池内阻测量方法的研究及实现[J]. 仪表技术与传感器, 2004, 40(5): 49.
- [4] 韩团军. 基于神经网络的铅酸蓄电池剩余容量预测[J]. 陕西理工学院学报, 2008, 24(4): 26.
- [5] 舒服华. 基于最小二乘支持向量机的电池剩余电量预测[J]. 电源技术, 2008, 32(7): 452.