A-PDF Split DEMO : Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

基于BP神经网络的减振器示功图识别方法

董志成[1],任 强[2]
(1. 浙江蒙力减振器有限公司,浙江 德清 313219;
2. 浙江工业大学 车辆工程研究所,浙江 杭州 310032)

摘要:为解决车辆减振器工业生产中产品性能在线检测完全依赖于人工判断等问题,将BP神经网络理论应用到减振器示功图的自动判别中。在Matlab平台上建立了一个用于减振器示功图识别的3层BP神经网络模型,对示功图的复原和压缩曲线分别进行离散处理,构建了复原和压缩中心距两个特征向量,其中包括复原和压缩饱满度两个特征值;通过训练和分析,选取Scaled共轭梯度算法作为BP神经网络的训练算法;进行了示功图自动判别实验,对示功图复原和压缩阻力作出了评判。研究结果表明,经过训练的BP神经网络能够对减振器示功图进行判别,其判别结果与本领域技术人员判断结果基本一致。

关键词:减振器;示功图;BP神经网络;识别方法
中图分类号:U463.1;TP183;TH89 **文献标志码**:A **文章编号**:1001-4551(2012)08-0929-03

Identification method of indicator diagram of shock absorber based on BP neural network

DONG Zhi-cheng[1], REN Qiang[2]
(1. Zhejiang Menre Shock Absorber Co., Ltd., Deqing 313219, China;
2. Institute of Vehicular Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

Abstract: In order to solve the problems of the artificial judgment in the on-line detection of product performance in the vehicle shock absorber industry, the theory of BP neural network was applied to identification of the indicator diagrams of shock absorber. A three-layer BP neural network used to identify the indicator diagrams was established by means of Matlab. Based on discretizing the tensile and compression parts in the indicator diagram curve, the two eigenvectors of the central distance of tensile and compression, including the two eigenvalues of the satiation degree of tensile and compression, were given. Through training and analysis, the Scaled algorithm of conjugate grads was chosen as the training one for BP neural network. The experimental results indicate that the recognition effect based on the trained BP neural network generally coincides with the judgment of technicians.

Key words: shock absorber;indicator diagram;BP neural network;identification method

0 引 言

汽车悬架是底盘系统的三大关键总成之一,对汽车行驶舒适性和高速行驶安全性具有重要作用。减振器制造企业必须采用示功机对产品进行100%覆盖面的性能检测,以决定其是否能够装车实用[1]。减振器性能检测主要通过示功图来判断其是否合格[2-3]。理论研究表明,减振器的实际示功图与理论示功图往往存在各种各样的偏差[4]。

迄今为止,关于减振器示功图智能识别的研究仍然是空白。在实际生产中,减振器示功图识别完全依赖于人工判断,不仅降低了检测效率,而且检测准确性常常因人而异。因此,本研究采用BP神经网络建立减振器产品性能在线检测识别模型,对于在减振器制造过程中摆脱人工判断实现智能识别具有重要的理论意义和实用价值。

1 BP神经网络的Matlab实现

1.1 神经网络创建

本研究利用Matlab神经网络工具箱内提供的函数

收稿日期:2012-05-09
作者简介:董志成(1968-),男,浙江绍兴人,主要从事减振器产品及生产技术方面的研究. E-mail:dzc@menre.com.cn

newff来创建一个前向型BP神经网络。其调用格式为：

$$Net = newff(P,T,[S1\ S2\cdots SNI]),\{TF1\ TF2\cdots TFNI\},BTF,BLF,PF) \quad (1)$$

式中：P,T—输入样本和期望相应；Si—第i层的神经元数目，共NI层；TFi—第i层网络的传递函数类型；BTF—BP网络的训练函数；BLF—权值和阈值的BP学习算法；PF—网络的性能函数。

网络中间隐层采用tansig函数，输出层采用purelin函数，网络的训练函数采用trainlm函数，网络的权值和阈值的BP学习算法采用learngdm函数，网络的性能函数采用mse函数，函数执行的结果是返回一个N层前向型的BP神经网络。

1.2 主要参数和结构确定

隐层数：根据kolmogorov定理，只要隐层数大于或等于1，BP网络就具有逼近一切非线性映射的能力。考虑到隐层数过多可能会导致网络复杂化，以及增加训练时间等问题，本研究中隐层数取1。

隐层节点数：迄今为止理论上还没有一种普遍适用的确定方法。隐层节点数选取的基本原则是在满足精度要求的前提下尽可能取小值。本研究选用基于最小二乘法的设计方法[5]，具体公式如下：

$$I = \sqrt{0.43mn + 2.54m + 0.77m + 0.35 + 0.12n^2} + 0.51 \quad (2)$$

式中：I—隐层节点数，m—输入节点数，n—输出节点数。

传递函数：参照常规设置，本研究中隐层函数采用sigmoid型传递函数中的log-sigmoid型函数，输出层采用线性函数purelin型传递函数[6]。

2 示功图特征值提取

为了能够识别减振器示功图，需要提取能够表征示功图特征的关键信息。本研究将示功图的复原行程和压缩行程曲线分别采用线性插值的方法离散为25点，并将输入节点设为52个，即O_i（$i \in [1,52]$）为特征值。

（1）归一化复原行程中心距：

$$O_i = \frac{G_{fi}}{G_{f\max}}\left(i \in [1,25]\right) \quad (3)$$

式中：G_{fi}—复原行程各插值点到原点距离，$G_{f\max}$—复原行程各插值点到原点的最大距离。

（2）归一化压缩行程中心距：

$$O_i = \frac{G_{yi}}{G_{y\max}}\ \left(i \in [26,50]\right) \quad (4)$$

式中：G_{yi}—压缩行程各插值点到原点距离，$G_{\max}$—压缩行程各插值点到原点的最大距离。

（3）归一化减振器示功图复原行程饱满度：

$$O_{51} = \frac{T_f}{T_{f\max}} \quad (5)$$

式中：T_f—复原阻力平均阻力，$T_{f\max}$—最大复原阻力。

（4）归一化减振器示功图压缩行程饱满度：

$$O_{52} = \frac{T_y}{T_{y\max}} \quad (6)$$

式中：T_y—压缩阻力平均阻力，$T_{y\max}$—最大压缩阻力。

3 BP神经网络训练

为提高图形识别性能，本研究采用调用不同训练算法的对应函数网络进行训练。通过对常见算法的训练试验，本研究发现采用Scaled共轭梯度算法时，识别系统的性能最好，因此选取Scaled共轭梯度算法作为BP网络的训练算法。

BP神经网络训练的主要参数确定如下：

（1）设定BP网络的步长。步长其实就是学习率，用来控制每一步网络权值改变量的大小。设定步长的方法如下：

$$net.trainParam.lr = \text{步长值} \quad (7)$$

（2）设定BP网络输出误差平方和的均值目标。输出误差平方和的均值目标就是E值，其大小表明了期望训练的网络能达到的精度目标。输出误差平方和的均值目标的设定方法如下：

$$net.trainParam.goal = \text{误差目标} \quad (8)$$

（3）设定BP网络的最大训练次数。BP网络的最大训练次数指的是BP网络训练中设定的最大训练次数。笔者在训练程序中设定了BP网络输出误差平方和的均值目标，而训练程序未必能达到这一精度，所以需要在程序中对训练的次数加以限制。如果程序在达到设定的最大训练次数前已经到达精度目标，则程序在达到了设定的BP网络输出误差平方和的均值目标的时候就停止；如果程序在达到设定的最大次数时，还未达到设定的BP网络输出误差平方和的均值目标，则程序在达到最大训练次数时停止。BP网络的最大训练次数的设定方法如下：

$$net.trainParam.epochs = \text{训练次数} \quad (9)$$

此外，本研究用max_fai来设定网络的最大失败次数，用mem_reduc来控制计算机内存、速度的参量，用min_grad来设定网络的最小梯度，用show来设定显示步数间隔。

4 实 验

减振器示功图的采集是实验极为重要的基础。由于曲柄连杆示功机具有严重的自身缺陷[7]，其示功图不能准确反映所测减振器产品性能的真实情况，因此

该实验完全取自于本公司最新购置的新型示功机[8-9]所测取的产品数据。但是由于该示功机使用时间不长，所积累的产品数据较少，许多类型的减振器缺陷示功图[10]没有见到，因此影响了实验样本的代表性。

为了证明BP神经网络能够识别出减振器的性能缺陷，该实验对样本比较充足的几个常见的减振器缺陷识别进行了训练，将样本不足的故障类型以及未归类的故障类型都设置为“其他”。

根据减振器的常见故障类型，本研究将BP神经网络的输出节点设为7，减振器故障类型与期望输出对应表如表1所示。在样本训练中，本研究将学习常数η设为0.36，隐层节点设为17个，训练结束的条件为单样本的各输出节点最大误差小于0.1，并且样本库输出误差平方和的均值小于0.02。

表1　减振器故障类型与期望输出对应表

示功图类型	期望输出						
正常	1	0	0	0	0	0	0
阻尼偏大	0	1	0	0	0	0	0
阻尼偏小	0	0	1	0	0	0	0
复原阻力不合格	0	0	0	1	0	0	0
压缩阻力不合格	0	0	0	0	1	0	0
复原阻力和压缩阻力都不合格	0	0	0	0	0	1	0
其他	0	0	0	0	0	0	1

注：“其他”指样本不足的故障类型和未归类的减振器故障类型。

一个复原阻力不合格的产品示功图如图1所示。该示功图表面该减振器的复原阻力超过了规定性能的最高值，因此被人工判定为“复原阻力不合格”。BP神经网络识别结果如表2所示，与人工判断的识别结果一致。

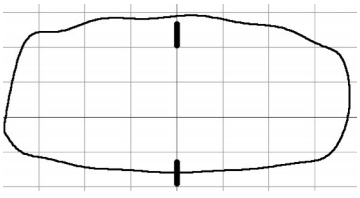

图1　复原阻力不合格示功图

表2　BP神经网络识别结果一

输出节点							输出结论
1	2	3	4	5	6	7	复原阻力
0.814	0.759	1.137	0.997	0.628	1.117	0.554	不合格

一个阻尼力偏小的产品示功图如图2所示。该示功图表明该减振器的复原阻力和压缩阻力均小于规定的要求，因此被人工判定为“阻尼偏小不合格”。这一判断结果与BP神经网络的识别结果（如表3所示）一致。

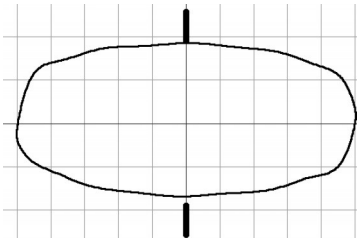

图2　阻尼偏小不合格示功图

表3　BP神经网络识别结果二

输出节点							输出结论
1	2	3	4	5	6	7	阻尼偏小
1.287	1.013	0.751	0.569	0.515	1.111	0.812	

上述两个识别实例表明，经过足够训练的BP神经网络能有效识别减振器示功图所反映的性能缺陷。

5　结束语

本研究在Matlab平台上建立了一个用于减振器示功图识别的三层BP神经网络模型，通过将示功图的复原和压缩行程的曲线分别进行离散处理，构建了复原和压缩中心距两个特征向量，并将复原和压缩饱满率两个特征值分别放置在这两个特征向量中，并对该神经网络进行了训练和示功图识别实验。实验结果表明，经过训练的BP神经网络能够对减振器示功图进行判别，其判别结果与本领域技术人员判断取得基本一致。

由于用于上述实验的缺陷示功图样本类型和数量偏少，实验验证的充分性显得不足。但是实验结果依然能够表明，通过采用BP神经网络对减振器产品性能缺陷进行在线检测具有很大的发展潜力。在减振器产品历史数据不断积累和示功图缺陷类型不断丰富之后，今后的研究重点可放在具有多重缺陷的减振器示功图的识别，以及识别精度和速度的提高等问题上。

参考文献（References）：

[1] 杜燕平，杨建伟. 液压伺服式减振器性能测试系统的设计与开发[J]. 太原科技大学学报，2008，29(3)：239-244.

[2] 邓家龙，龚　进，柳　波. 液压伺服式减振器试验台测控系统设计与开发[J]. 机电工程，2004，21(2)：6-11.

[3] DIXON J C，PH D. The Shock Absorber Handbook[K]. John Wiley Ltd.，1999.

[4] 王来钱，宁晓斌，王秋成. 车用双筒液力减振器的建模与试验[J]. 机电工程，2010，27(12)：32-35.

[5] 蔡　兵. BP神经网络隐层结构的设计方法[J]. 通化师范学院学报，2007，28(2)：18-19.

[6] 何玉彬，李新忠. 神经网络控制技术及其应用[M]. 北京：科学出版社，2000.

[7] 王天利，徐　彦，王　凯. 减振器试验台机构误差分析与补偿措施[J]. 辽宁工学院学报，2003，23(1)：55-57.

[8] 谢伟东. 机械正弦示功机[R]. 中国汽车工业协会减振器分会年会，重庆：[出版者不详]，2010：4-9.

[9] 谢伟东. 电伺服正弦示功机[R]. 中国汽车工业协会减振器分会年会，锦州：[出版者不详]，2011：1-4.

[10] 杨国桢，王天福. 机车车辆液压减振器[M]. 北京：中国铁道出版社，2003.

[编辑：张　翔]