

文章编号: 1004- 289X (2006) 04- 0017- 04

电气设备故障诊断中的集成神经网络技术研究

刘霞 吴宏岐

(宝鸡文理学院电子电气工程系 陕西 宝鸡 721007)

摘要: 为准确诊断出电气设备的故障,使设备能够安全运行,从信息融合的角度,研究集成神经网络实现的诊断技术;通过三级网络的建立,充分利用了各种信息,有效的实施信息融合,提高了设备故障诊断率。将其应用在变压器故障诊断中,取得较好的诊断效果。

关键词: 故障诊断;集成神经网络;电气设备

中图分类号: TP183

文献标识码: B

Study on Integrated Neural Network Technology in Fault Diagnoses of Electrical Equipment

LIU- Xia WU Hong- qi

(Dept. Electronics & Elect. Eng., Baoji Coll. Arts & Sci., Baoji 721007, China)

Abstract A diagnoses technology based on integrated neural networks is introduced to determine the electrical device faults and ensure it to operate safely; the efficiency is improved by building networks, using various information and performing information fusion. The result of applying in transformer fault diagnoses is outstanding.

Key words fault diagnosis; integrated neural network; electrical equipment

1 引言

电气设备故障诊断是连续生产系统稳定性和可靠性的重要保证,是安全生产和提高生产效益的重要手段和关键技术。由于诊断对象运行工况复杂,影响因素众多,同一种故障往往有不同的表现,同一种症状又常常是几种故障共同作用的结果,即单一故障信息与故障间并不是一一对应的关系。因此,故障的多样性、不确定性和各种故障之间联系的复杂性构成了故障诊断技术上的难点,仅靠单一的故障特征量和诊断方法无法完成故障诊断的精度要求。为此,从信息融合的角度研究基于信号类型和不同特征向量组合的集成神经网络诊断技术,以便准确诊断电气设备故障。

2 集成神经网络的建立

2.1 单子神经网络特点

神经网络是源于人类神经系统的一种数学模型,它用大量具有非线性映射能力的神经元处理信息,在网络中神经元按层次结构的形式组织,每层上的处理单元都以加权的方式与其它层次上的神经元相连接,

其结构如图1所示。它以其信息的并行分布式处理、联想记忆、自组织及自学习能力在设备故障诊断中显示了极大的应用能力。在故障诊断中其突出优点为:训练过的神经网络能存储有关过程的知识,能直接从定量的、历史的故障信息中学习;可以根据对象的正常历史数据训练网络,然后将此信息与当前测量数据进行比较,以确定故障;神经网络具有滤出噪声及在有噪声的情况下得出正确结论的能力;神经网络具有分辨故障原因和类型的能力。因此,神经网络应用于故障诊断具有很好的效果。

2.2 集成神经网络的构成

单子神经网络虽然通过对多类典型故障样本的学习,可记住这些故障的特性。当输入任一案例时,网络通过联想记忆,将逼近最接近的一类故障,实现对多类故障的诊断。但其缺点主要是要实现对多个故障模式的诊断,网络需要学习大量的故障样本,但构造反映多种故障的特征向量很不容易;适合于诊断多类故障的网络结构难以确定,即使确定,网络的节点也会过多,结构庞大,造成训练困难;对新出现的故障,单子神经网络必须抹去全部记忆,重新学习。基于这些问题,从

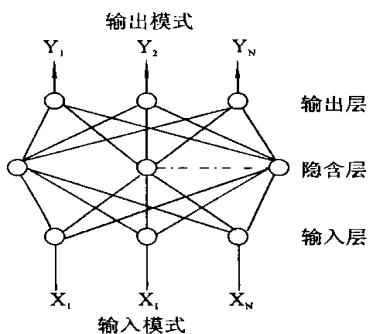


图 1 单神经网络的结构图

信号的有效组合出发,考虑采用各种子神经网络,从不同的侧面诊断故障,再将各子网络的识别结果重新融合,有利于减少决策间的不确定性,提高识别率。这就形成了集成神经网络,如图 1 所示。此集成神经网络由三级组成,从结构上来看,采用的是串联混合的方式。三级网络串联而成,这样就发挥了串联结构数据传递快速的特点;第 2 级各子网络采用并联的方式,这样在一定程度上就避免了串联结构若中间一个网络发生了故障,没有信息传递下来,整个融合过程中止的现象发生。从功能来看,第 1 级网络完成信号向各级设备的定位,第 2 级网络中各个子网络从不同侧面完成对故障的诊断,这属于局部融合。诊断子网络的结果送入决策融合网络进行融合,最终得出诊断结果,这种融合属于全局性融合。

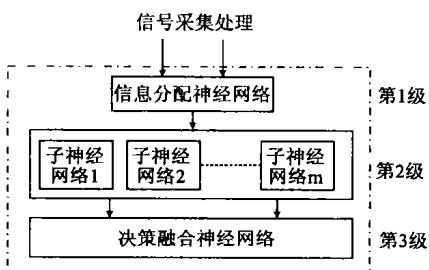


图 2 集成神经网络结构

3 集成神经网络中子网络的组建原则

集成神经网络由若干个子网络组合而成,子网络的构成包括其结构,输入输出样本特性,直接关系到集成神经网络的诊断效果,因此有必要研究子网络的组建应遵循的原则。由信息论可证明如下定理:当 Y_i 相关性最小,即 Y_i 相互独立时,融合系统的输出不确定性达到最小。由此定理,根据集成神经网络中子神经网络的特点可推出下述原则:

- ① 子神经网络间相关性尽

量小,也就是要求构成子神经网络的网络模型机理应尽量不同;其次也要求各子神经网络的训练样本集也应尽量不同。②特征向量间的相关性应尽量小。根据这两条原则,在用于诊断的集成神经网络中,由于不同类型的信号作为不同网络的输入,有利于保证不同输入向量的不相关性,有利于从不同侧面反映故障,所以采用基于信号类型的诊断子网络比较合适。

4 集成神经网络的实现策略

集成神经网络是一个有机的整体,各子网络既相互独立,又相互配合。在各类信号俱全的情况下,集成神经网络系统可以在线实现。如果通过人机接口,可以离线实现。

4.1 信息分配网络的实现

信息分配网络完成信号向各诊断子网络的分配,它完成大的部件级的信息定位。集成神经网络不仅要提高确诊率,而且尽可能实现故障的定位。对故障的定位是通过信号标识符实现的,不同的传感器在设备上位于不同的位置,每一传感器必然对其最近路径上的故障最为敏感,因此传感器的位置可作为故障定位信号,形成信号位置标识符。前置的信号预处理单元对信号处理后形成了特征信息,每一特征信息都保留其定位信息。这样,经预处理后的信息在传递过程中保存两部分,信号的本体和位置标识符。

4.2 诊断子网络的实现

诊断子网络的实现分两部分:一是如何训练网络;二是如何执行诊断。子网络的训练过程即学习过程,可通过离线方式执行。为使用和管理方便,每个网络将建一个档案,档案包括网络的结构特征及输入输出单元的意义,还包括网络学习的标准样本。特征信息在传递过程中以文件形式实现。在系统调用过程中,档案的实现同样以文件形式完成,放在人机交互接口中,在网络学习时通过调用,读出其中的信息,学习后的结果即网络权值和阈值是非常有用的知识块,也以文件形式保存,形成集成网络的知识库。从信息分配网络的信号通过和子网络已学好的权值进行运算,即可得出相应的诊断结果。

4.3 融合决策网络的实现

融合决策网络接收诊断子网络的诊断结论并进行决策融合处理。该集成神经网络融合系统由 m 个诊断子网络和一个决策融合网络组成,诊断 C 类故障。各诊断子网络定义相同的节点进行融合,成为一个节点,作为决策融合网络的输入,保证决策融合网络的输入节

点数始终等于故障类型数

设子网络 NN_i 形成的故障向量 $P_i = [P_{i1}, P_{i2} \dots P_{im}]$, 其对每类故障的置信权值向量为 $r_i = [r_{i1}, r_{i2} \dots r_{im}]$, 则子网络的并行组合 $NN = [NN_1, NN_2 \dots NN_m]$, 形成了故障矩阵 P 和置信权矩阵 R ,

$$P = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mm} \end{vmatrix} \quad R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1c} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2c} \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mc} \end{vmatrix}$$

这样融合网络的输出为 $Y = PR$, 其中第 i 个故障发生的概率为 $P_i = P_{i1}r_{i1} + P_{i2}r_{i2} + \dots + P_{im}r_{im}$, 其中 $\sum_{j=1}^m r_{ij} = 1$

在上面的信息融合过程中, 各诊断子网络对故障的贡献用权系数 r 表示, 因为 r 已归一化, 因而在这融合中, 用代数和可反映出各子网络输出的作用和影响。

4.4 诊断子网络扩展性的实现

集成神经网络在结构设计上的目标是提供一个开放式框架, 其中的诊断子网络可任意进行扩充或删除, 以便新的检测部件的诊断很容易纳入统一的诊断系统。诊断子网络实现扩充的步骤如下: (1) 建立网络档案, 即确立结构参数, 输入输出单元的定义, 并输入学习样本; (2) 网络进行学习; (3) 加入该子网络。由于子网络的加入, 一方面信息分配网络必须为其提供输入映射信号; 另一方面, 子网络的加入为融合决策网络提供额外的输入, 这将对融合决策网络产生一定的影响。子网络的扩充意味着集成神经网络的学习和完善, 与此同时, 由于传感器故障或信号不合理也可能造成网络失效, 有必要考虑子网络的删除问题。为此, 在每个诊断子网络的输入前建立一个判别单元, 检测此输入是否失效, 如果失效, 则跳过诊断网络, 直接给出缺省处理(同时报警), 此时可通过人机接口征求人的意见, 保证诊断子网络在失效情况下, 决策融合网络的正常运行。

5 集成网络实现的变压器故障诊断

电力变压器是电力系统中重要的设备, 其运行状态直接关系到电力系统的安全与稳定, 及时而准确地检测出变压器早期潜伏性故障是非常有价值的。为此, 采用集成神经网络进行变压器故障识别。选择几种故障特征参数作为进行故障识别的信息, 采用信号处理的手段不同, 可形成不同的输入向量。因而, 选取 10 种故障特征参数, 采用两种信息处理方法, 据此组建集成神经网络中的 3 个子网络。子网络 1 采用气体分析数据法诊断变压器故障, 子网络 2 采用三比值法诊断变压

器故障。这两个子神经网络的输入分别为 5 种气体参数 ($C_2H_2, C_2H_4, C_2H_6, CH_4, H_2$) 和三个比值 ($C_2H_2/C_2H_4, C_2H_4/C_2H_6, CH_4/H_2$), 子网络 3 为绝缘预防性试验参照数据构成的子网络, 输入特征值绕组直流电阻, 绝缘电阻, 泄露电阻及介损, 吸收比五个测量数据。子网络 3 作为确认故障子网络, 在前两个网络诊断的基础上, 并入集成网络中进一步确认故障。输出节点均为 4 种故障类型。3 个子神经网络均采用 BP3 层神经网络, 各层神经元为 5/15/4 和 3/15/4 及 5/15/4。

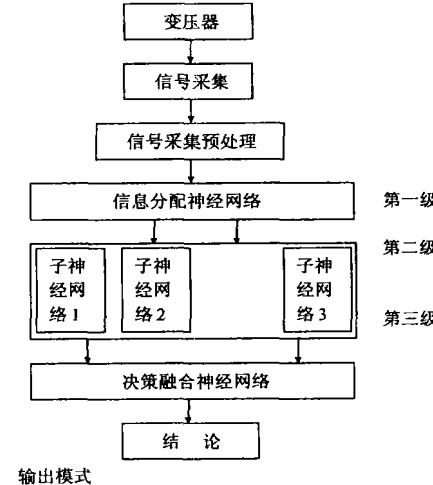


图 3

依据某次采样的信息, 通过子网络诊断, 子网络 1 诊断出故障可能性最大的为过热故障, 其置信度为 0.93; 由子网络 2 诊断可能故障为过热及高能放电, 置信度分别为 0.67 和 0.37。考虑到两个子网络的诊断结果和置信权值, 经过融合网络对两个子网络的诊断结果进行数据融合, 可以得出变压器发生故障类型为过热故障, 其置信度为 0.826。此外, 高能放电也是变压器可能的故障, 置信度为 0.22, 这是子网络 1 诊断不出来的。当在线诊断出现故障, 为进一步确诊, 可采用人工干预的离线方式, 通过试验取得子网络 3 的 5 个输入特征值, 并将子网络 3 加入集成网络中进行诊断以提高确诊率(融合方法同上), 因此, 融合网络给出了比任何一个子网络都要多的信息, 从而极大的提高了确诊率。

6 结束语

单子神经网络可以对多类故障进行诊断, 然而, 单子神经网络存在要实现对多个故障模式的诊断, 需要大量的学习样本, 构造特征向量确定网络结构有一定的难度等问题。集成神经网络信息融合系统提高了学习样本的正确识别率, 改善了检验样本的识别性能。另

一方面,信息融合能够使不同信源的信息相互补充,从而减少了系统信息的不确定性,使系统信息具有更高的精度和可靠性,获得对故障状态的最优估计与判决。

参考文献

- [1] 周东华,叶银忠.现代故障诊断与容错控制 [M].北京:清华大学出版社,2000.
- [2] 王道平,张义忠.故障智能诊断系统 [M].北京:冶金工业出版社,2001.
- [3] 焦李成.神经网络的应用与实现 [M].西安:西安电子科技大学出版社,1993
- [4] 虞和济,陈长征,张省,等.基于神经网络的智能诊断 [M].北京:冶金工业出版社
- [5] 刘振娟,李宏光.混合型集成神经网络故障诊断方法研究 [J].北京化工大学学报(自然科学版),2003,30(1): 65- 68.
- [6] 刘一倪远平 三比值灰关联度分析的变压器故

(上接第 12页)

(以下称小波方向保护)和行波距离保护(称小波距离保护)与以前的行波保护是不同的,其主要差别在于多尺度判据的采用。

小波方向保护的原理是:对电压和电流行波分别施行小波变换,根据不同尺度下的小波变换模极大值构成方向元件,然后比较线路两端方向元件的动作结果做出保护是否动作的决定(即根据故障电压、电流行波从模极大值点的正负极性来分区内区外故障:极性相反时为区内故障,反之亦然)。

小波距离保护的原理是:根据方向行波在不同尺度下的小波变换模极大值,识别出来自于故障点的行波分量,进而计算出故障距离。

主要优点:原理简单,易于实现,抗干扰性良好。

3.2 边界保护

边界保护(boundary protection)属于无通信保护,不需要通信通道来交换被保护元件两端的故障信息,只使用单端电流,避免了通过 CVT 获取电压行波的问题,它能够保护线路全长。边界保护的核心思想是:由于变电站母线对地电容的存在,保护区内外故障时,继电器所测量到的行波频率成分不同。区内故障时,测量到的行波含有高频分量和低频分量;区外故障时,高频分量被母线电容所短接,测量到的行波中只有低频分量。据此,可以有效判断故障发生的区间。

障诊断法 [J].高电压技术,第 28 卷 10期 16- 18

[7] 郑志蕴、谭同德、郭纯一利用人工神经网络进行无损检测的探讨 [J].微计算机信息 2002. (6) 27- 29

[8] 常文平、范峥、王晓敏.变压器故障在线监测系统及其应用 [J].微计算机信息 2005(12) 125- 126

[9] S J Julier. The Scaled unscented transformation [J]. In Proceedings of American control Conference, Anchorage, Ak, USA, May 2002. 6 4555- 4559

收稿日期: 2006- 01- 04

作者简介:

刘霞女,硕士。(1974. 2-),内蒙古包头市人,宝鸡文理学院电子电气工程系,讲师,研究方向:计算机控制。

吴宏岐:男,(1963. 3-),河南漯河市人,宝鸡文理学院电子电气工程系副教授,研究方向:智能控制。

主要优点:不依赖通信,可靠性高,投资小,维护方便

4 结论

本文阐述了各个行波保护原理依据以及它们的优缺点,得出传统行波保护不能准确把握故障信息的缺点,而小波分析在时域和频域上同时具有良好的局部化性质,能对不同的频率成份采用逐渐精细的采样步长,聚焦到信号的任意细节,这对于检测高频和低频信号以及信号的任意细节均很有效,特别适于分析奇异信号,并能分辨奇异的大小。从而克服传统行波保护缺点,不但具有超高速的动作性能和良好的故障判别能力,还具有很高的可靠性以及良好的抗干扰性能。

无通信保护要比行波保护可靠性高,投资较小,是最理想的继电保护方式。伴随着研究深化,该类继电保护必将受到愈来愈广泛的重视。

参考文献

- [1] 贺家李,葛耀中,等.超高压输电线故障分析与继电保护 [M],北京:科学出版社,1987
- [2] 董新洲,等.输电线路行波保护的现状与展望 [J],电力系统自动化,2000. 10

收稿日期: 2005- 11- 24