

一种实现数字式阻抗继电器的新方法

金 明 青岛大学电气工程系 (266071)

【摘要】 本文利用人工神经网络技术,提出了一种新的数字式阻抗继电器的实现方法。该方法适用于各种不同动作特性的阻抗继电器。且该法计算量很小,有利于高速保护的实现。同时如需改变保护的動作特性,可由运行人员在现场完成,而不需对源程序进行任何修改。

【关键词】 人工神经网络 阻抗继电器 距离保护

概述

在电力系统高压输电线路中,距离保护以其优良的性能而得到了广泛的应用。作为保护装置核心元件的阻抗继电器理所当然地受到了极大的重视。在传统的模拟式保护装置中,阻抗继电器由于受到硬件的限制,通常很难实现较复杂的动作特性。微机式距离保护的出現,使阻抗继电器的研究取得了较大进展。微机所具有的强记忆功能和快速计算能力,使过去在模拟式保护中很难达到的动作特性有了实现的可能性。目前微机式距离保护一般是通过采样值直接计算电阻 R 和电抗 X ,再根据一系列与动作特性相应的判据判定故障点是否位于动作区内。这种实现方法主要存在两方面的问题:一是必须将动作特性用一组判据加以表示。如果动作特性十分复杂或很难归结为一组简单的判据(如各种非圆形的阻抗继电器),则该特性的实现将十分困难或将导致过大的计算量;二是当电网结构或运行方式发生改变,而使保护的動作特性需有较大变化,特别是动作区的形状需发生变化时,一般需对源程序进行修改,而这类工作很难由现场运行人员来完成。

本文利用人工神经网络技术,提出了一种实现数字式阻抗继电器的新方法。该方法特别适合于实现以往难以得到的一些比较复杂的动作特性。同时该法计算量很小,有利于高速保护的实现。该方法的另一特点是:如需改变保护的動作特性,包括改变动作区的形状,均可由运行人员在现场完成,而不需对源程序进行任何修改。

1 BP网络及其学习算法

本文中所采用的BP网络模型结构如图1所示。该网络由输入层、输出层和隐含层所组成。输入层节点与隐含层节点、隐含层节点与输出层节点之间充分联接,同一层节点之间互不关联。当信号输入时,首先传到隐含层节点,经过作用函数后,再把隐含层节点的输出信号传到输出层节点,经过处理后给出输出结果。节点的作用函数通常选用 sigmoid 型,如

$$f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

可以证明,图1所示的三层BP网络可以映射任何复杂的非线性关系。

图1中同时给出了BP网络训练过程的原理图。训练过程由正向传播和反向传播两个过程组成。在正向传播过程中,输入信号从输入层经隐含层单元处理,并传向输出层,每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果在输出层不能得到期望的输出,则转入反向传播,将输出信号的误差沿原来的连接通路返回,并修改各层神经元的权值,这两个过程反复多次,直到误差达到精度要求。BP网络一旦训练结束,对于新的输入只需经正向传播即可得到相应的

输出。

本文中所采用的BP网络,输入层节点数为2,相应于复阻抗平面上的样本坐标 R 值和 X 值,输出层节点数为1。隐含层单元数的选择是一个十分复杂的问题,目前没有理想的解析式来表示。隐含层单元数的多少与多种因素有关,一般来说,隐含层单元数太少可能导致网络训练的效果不好,难以识别未学习过的样本,容错性差;隐含层单元数太多又使学习的时间过长,误差也不一定最小。本文中采用近来提出的BP网络结构自整定算法^[1],动态选取隐含层节点个数,大大改善了学习效率和网络的适应能力。

设第 n 层第 i 个节点的输出为 O_{ni} , W_{nij} 表示该节点与前一层第 j 个节点的联接权值, M_n 为第 n 层的节点数, $f(x)$ 为作用函数,则正向传播过程的计算公式为:

$$\text{net}_{ni} = \sum_{j=1}^{M_{n-1}} W_{nij} O_{(n-1)j} \quad (2)$$

$$O_{ni} = f(\text{net}_{ni}) \quad (3)$$

$$f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \quad (4)$$

BP网络的学习算法为:

为输出层各节点

$$\delta_{ni} = f'(\text{net}_{ni}) (O_i^* - O_{ni}) \quad (5)$$

$$\Delta W_{nij} = \alpha_n \delta_{ni} O_{(n-1)j} \quad (6)$$

$$W_{nij}^{NEW} = W_{nij}^{OLD} + \Delta W_{nij} \quad (7)$$

其中 O_i^* 为第 i 个节点的期望输出, α_n 为学习

率。

对隐含层各节点,5式可写为

$$\delta_{ni} = f'(\text{net}_{ni}) \sum_{k=1}^{M_{n+1}} \delta_{(n+1)k} W_{(n+1)ki} \quad (8)$$

训练误差指标为平方型误差:

$$E = \sum_{i=1}^{M_n} (O_i^* - O_{ni})^2 \quad (9)$$

其中 M_n 为输出层节点数。

2 阻抗继电器的实现方法

本文提出的基于BP网络的阻抗继电器的实现方法,由以下几步构成:

2.1 基本训练样本的获得

对于某一要实现的动作特性,在该特性的动作边界上取一系列基本样本点,将其作为基本训练样本集。由于每个样本点都是从复阻抗平面上获得,所以它由该平面上的两个坐标值构成,即横坐标 R 和纵坐标 X 。

要获得较好的训练效果,样本集的组织是至关重要的。基本样本集的组织一般应遵循以下两条原则:(1)应使动作特性边界上曲率较大处具有足够数量的样本点;(2)应使样本点均匀分布在边界上。目前多数微机上所配备的高级图形软件,均能借助鼠标等操作工具,自动地以极高的分辨率读取边界上各样本点的坐标。另外,当特性曲线上存在曲率突变点时,该点应被选为样本点。

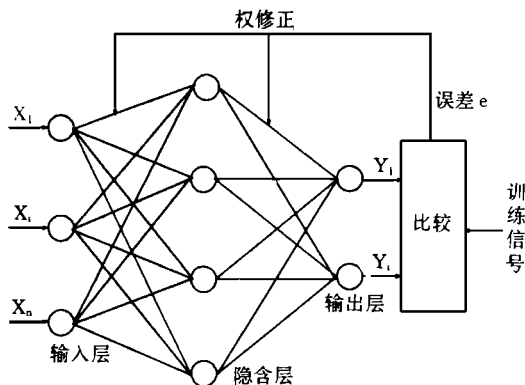


图1 BP网络示意图

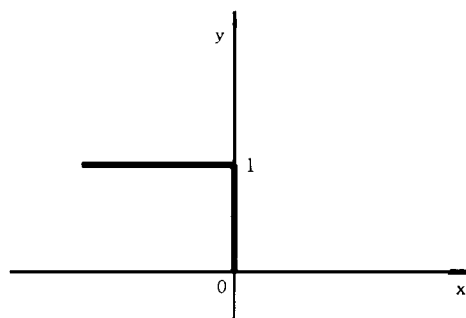


图2 阈值函数

2.2 网络的基本训练过程

本文中我们采用了一种新的边界训练法来进行网络基本训练。将取自动作边界的样本点依次送入BP 网络进行训练, 训练目标是当样本集中的样本点作为输入送入BP 网络时, 网络输出值均为 0, 这种训练方法与以往的ANN 法不同点在于: 以往BP 网络的分类边界是在训练过程中自动形成的。由于边界未知, 样本集选择无规律可循, 训练结果与样本采集经验有很大关系, 且样本数目需要量大; 而本文中动作边界是已知的。所以本文所用的方法所需样本数少, 训练效果好, 且样本的获取有规律可循, 更便于实用。

2.3 网络的二次训练与继电器的工作方式

由于我们的训练目标是当边界上的各个样本点输入网络时, 网络输出为 0。而任何一个定义在复阻抗平面上的特性边界方程均可表为 $f(r, x) = 0$ 的形式(可能我们并不知道该方程的具体形式), 所以网络的训练过程即是用BP 网络来拟合 $f(r, x)$ 这个函数。为使测量阻抗所处的位置与网络计算的输出有确定的对应关系, 需对网络进行二次训练。方法是在动作区内选数个典型的样本点(一般应尽可能远离边界), 将这些样本点依次送入BP 网络进行训练, 训练目标是当这些样本点作为输入送入BP 网络时, 网络输出值均为小于 0 的值, 训练目标值的大小, 可根据样本点距边界的远近在 0 至 -1 之间选择; 然后再在动作区外选数个典型的样本点, 将这些样本点依次送入BP 网络进行训练, 训练目标是当这些样本点作为输入送入BP

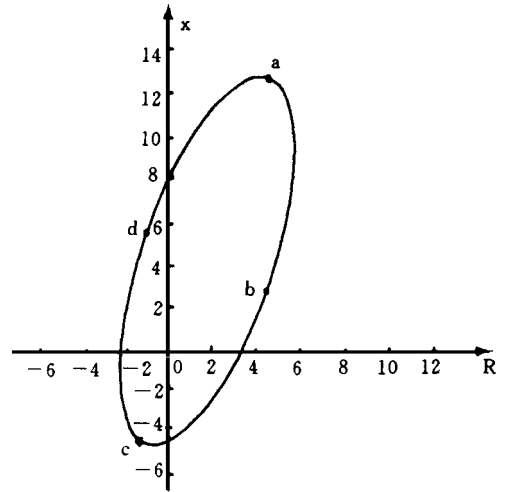


图 3 椭圆动作特性

网络时, 网络输出值均为大于 0 的值, 训练目标值的大小可根据样本点距边界的远近在 0 至 1 之间选择。二次训练中样本集和训练目标值的选择一般没有严格的要求, 所需样本数目很少。二次训练结束后, 只要将网络的输出经阈值函数(图 2) 处理, 即可判断当前测量阻抗是落入动作区内还是落到动作区外, 即网络函数输出为 1 时, 落于动作区内; 输出为 0 时, 落于动作区外。

3 数字试验与结果

我们利用上述方法对多种形状的阻抗继电器进行了试验, 结果令人满意。由于篇幅所限, 现仅将对图 3 中椭圆形阻抗继电器的试验结果列表如下。图中 a, b, c, d 四顶点坐标分别为 $(4.5, 12.2), (4.2, 3.2), (-1.5, -4.0), (-1.2, 5.2)$ 。由表可见, 判断结果完全正确。

表 1 仿真结果

$Z(\Omega)$	$2 + j10$	$4 + j8$	$1.5 - j1.5$	$-1 + j1$	$-2 - j2$
判别结果	1	1	1	1	1
$Z(\Omega)$	$1.5 + j12$	$6 + j2$	$-4 + j2$	$-4 - j2$	$4 + j0$
判别结果	0	0	0	0	0

4 结论

(1) 本文提出的利用BP网络构成的阻抗继电器方案,经仿真结果证明可实现各种形状的动作特性。

(2) 本文方法的优点在于:

a 动作特性的实现不必已知边界方程,因此在复杂特性阻抗继电器的实现上具有独特优点。

b 网络的训练过程是离线完成的,而实际使用时,只是简单地进行前向传播计算,计算量小,有利于高速保护的实现。

c 动作特性的修改可在现场进行,运行人员不必修改源程序,只要启动网络训练程序,输入新的样本点,可自动形成新的保护特性,对操作人员要求低。

d 由于整个训练过程可在通用微机上完成,实际写入EPROM芯片的只是各相应权值的大小,因此算法所占存储量很小。

参考文献

- 1 贺江峰等. 一种BP网络结构和学习参数自整定的学习方法. 第二届中国人工智能联合学术会议论文集, 清华大学出版社, 1994. 10
- 2 史忠植. 神经计算. 北京: 电子工业出版社, 1993. 11

(上接 11 页) 因之一。采用本文提出全线速切保护,可望较好地解决上述问题,在具体实施上,仅需在现有保护设备基础上增设部分通讯设备,工程施工量较小,每站设备改造费用仅需十万元左右。由此可见,采用全线速切保护不仅是必要的,可行的,而且也是十分经济的。

4 结论

本文提出的配电线路全线速切保护的概念,冲破了传统继电保护中的一些思路和框架。采用这种保护,可以较好地解决普遍存在于城市和大中型企业内部配电系统中的电压稳定性问题,对确保配电系统的安全、可靠运行,生产的持续高效都有十分重要的意义。文中给出了两种可行的实施方案,并分析了其各自的优缺点,用户可以根据配电网的特点选择不同的实施方案。

参考文献

- 1 王梅义、吴竞昌、蒙定中. 大电网系统技术. 水利电力出版社, 1991
- 2 马长贵主编. 继电保护基础. 水利电力出版社, 1987
- 3 P. Borremans, A. Clalvar, Voltage Stability-Foundational Concepts and Comparison of Practical Criteria C IGRE Aug 1984

CONTENTS AND ABSTRACTS (Partial)

THEORETICAL STUDY AND CALCULATION

The Influence of Capacitance Current to differential Protection and Its Compensation Scheme

Wu Yekai, Zou Dongxin (4)

The influence of distributed Capacitance of UHV distant transmission line to current differential protection is analyzed and the corresponding capacitance current compensation scheme is presented in this paper. The scheme is simple and practical, not only increasing security during short-circuit beyond protected zone but also improving sensitivity at fault within the protected zone.

Key words: Distributed capacitance Current differential protection Capacitance current compensation

Feasibility Study on Whole Line Fault High Speed Clearing Protection for Distribution Power System

Pan Zhencun et al (9)

A new concept of whole line fault high speed clearing protection is introduced according to the structure of urban distribution power system and requirement of power supplying. Feasibility study on this protection is carried out. A practical implement scheme of this protection, which measures the electrical signal on both sides of the protected line is presented.

Key words: Distribution power system Line protection High speed relay Feasibility

One Convenient Method for Modifying Bus- Impedance Matrix in Open Circuit State

Wang Chun et al (12)

The computing formulas for modifying bus-impedance matrix in open circuit state are derived in this paper. They are convenient to calculate and easily programmed. They have been used in fault-calculating program.

Key words: Open circuit fault Bus-impedance matrix Line with zero-sequence mutual impedance

The Method of Deriving Magnetization Curve When Using Magnetic Characteristic to Discriminate Energization Inrush of Transformer

Zhang Yan et al (16)

A new method of deriving magnetization curve of transformer - the approximating function optimization is presented to meet the requirement of using magnetic flux characteristic to discriminate the energization inrush current in transformer. A actual calculation shows that the magnetization curve derived by the method is of high accuracy and its error is within 1%, thus it can meet the requirement of transformer differential protection.

Key words: Power transformer Magnetization curve Energization inrush

NEW TECHNICAL RESEARCH AND APPLICATION

Reliability Analysis on The microcomputer Supervisory Control System for Substation by Using Two- Model Redundancy Technology

Sun Ying (19)

A microcomputer protection and supervisory control system for substation by using the two-model redundancy technology is briefly described. With reference to the system, the reliability of the two-model redundancy system is analyzed and effect of fault-tolerant technique in improving the reliability of the system is also discussed.

Key words: Redundancy Fault-tolerant Substation Microcomputer supervisory control

A New Method to Realize the Digital Impedance Relay

Jin Ming (22)

A new method to realize the digital impedance relay based on microcomputer is described in this paper. The new method utilizes ANN (artificial neural network) and is available for all kinds of relay characteristics which are used in power system. Some examples are used to test the new algorithm and the results show the algorithm performs well.

Key words: ANN Impedance relay Distance protection

Microcomputer Based Single Phase Earthed Protection of Generator stator Winding of Secondary Harmonic Mould

Yan Zhuosheng et al (26)

A single phase earthed protection of generator stator winding is presented in this paper. It is realized by de-