

文章编号:1007-6492(1999)04-0086-03

## 基于人工神经网络的变电站故障诊断

刘应梅<sup>1</sup>, 杨宛辉<sup>1</sup>, 章 健<sup>1</sup>, 许 珉<sup>1</sup>, 孔 斌<sup>1</sup>, 王贺平<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学电气信息工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州白鸽(集团)有限责任公司, 河南 郑州 450006)

**摘 要:**介绍了一种利用人工神经网络(ANN)实现变电站故障诊断的方法,该方法充分利用人工神经网络所具有的强大的学习能力及高度的容错性等特点,实现对变电站故障元件的诊断。仿真结果表明,该方法不仅能准确地诊断出保护、开关正确动作时的故障元件,也可有效地诊断出因保护或开关拒动的越级故障时的故障元件。

**关键词:**神经网络; 故障诊断; 变电站

**中图分类号:** TP 206.3 **文献标识码:** A

随着电力系统的发展和自动化水平的提高,在城市 110 kV 电网中建设变电站集控中心,并实现变电站无人值班,已成为趋势。一个集控中心集中管理若干个,甚至十几个无人值班的变电站,当发生故障时,集控中心会有大量报警信息集中涌现,运行人员要在极短的时间内抓住报警实质;判断故障元件有时是十分困难的。即使是经验丰富的运行人员,由于受现场环境和人为因素的影响,也可能出现误判断。因此利用人工智能的方法自动处理大量报警信息,诊断故障元件和故障类型,对运行人员迅速处理故障,保证电网安全稳定运行具有重要意义。

目前,电力系统故障诊断的方法主要有专家系统法、人工神经网络、基于优化技术等方法。其中,专家系统具有较强的逻辑推理和字符处理能力,比较适合电力系统故障诊断,但专家系统也有其缺点,如:ES 的容错和学习能力很弱,知识获取困难,遇到一个复杂问题时,ES 求解时间过长,甚至可能产生知识组合爆炸问题等,这些不足使得 ES 很难适应未来电力系统的运行和发展的要求。

近年来,人工神经网络逐渐受到电力系统研究人员的高度重视,在故障诊断方面的应用研究尤其引人注目。文献[1~3]都是利用神经网络方法进行电力变压器故障诊断,文献[4]是将神经网络与专家系统相结合运用于故障诊断。本文基于

人工神经网络方法,针对河南某 110 kV 变电站集控中心,开发变电站实时故障诊断系统。由于与集控中心的综合自动化系统实时连接,该系统的主要特点在于它不仅以开关动作信息、保护动作信息等开关量作为人工神经网络的输入,还增加了相应模拟量信息。测试结果表明,该系统能更有效地识别故障元件。

### 1 基于人工神经网络的故障诊断模型

#### 1.1 用于故障诊断的 ANN 模型

本文采用的前馈神经网络是 3 层 BP 网络,其输入量  $[X_1, X_2, \dots, X_n]$  是具体的保护动作和开关跳闸信息及电气量信息,输出量  $[Y_1, Y_2, \dots, Y_m]$  为被诊断元件的状态。

#### 1.2 人工神经网络的训练与知识获取

诊断系统的故障知识由 ANN 隐式表示,知识库是 ANN 各神经元之间的连接权阵,知识获得过程就是 ANN 的训练过程,用多个完备的样本对 ANN 进行训练,待训练完毕后,ANN 就获得了通用的故障诊断知识,即关于故障诊断的知识被存储于神经网络中。变电站发生故障时,将此故障模式输入到已训练好的神经网络,即可给出诊断结果。

#### 1.3 变电站故障诊断系统

在对变电站进行故障诊断时,如果只采用单

收稿日期:1999-09-02;修订日期:1999-10-08

作者简介:刘应梅(1976-),女,河南省武陟县人,郑州工业大学硕士研究生。

一的神经网络来诊断整个变电站的故障,那么神经网络的规模会很庞大,不仅使得神经网络训练时间过长,也会造成神经网络收敛速度变慢.变压器、线路、母线是变电站内的核心元件,且都配有专门的保护,本文构造了分别用于变压器、线路、母线的 ANN 故障诊断模型,形成神经网络的子网络.本文以集控中心的陈庄变电站某 110 kV 线路故障为例,对该方法进行详细论述.

陈庄变电站有 110 kV 线路 6 回、35 kV 线路 3 回,10 kV 线路 16 回,2 台变压器,110 kV 母线和 35 kV 母线都采用单母线分段接线方式,10 kV 母线采用单母线分段带旁母接线方式.依照上述方案,110 kV 线路、35 kV 线路、10 kV 线路分别用一个神经网络进行故障诊断,每台变压器用一个神经网络来诊断,所有母线合用一个神经网络来诊断,整个变电站的故障可用 5 个子网络来诊断.

2 算例及结果

2.1 训练 110 kV 线路子网络

110 kV 线路故障诊断神经网络输入神经元数为 36 个,输出神经元数为 6(分别代表 6 条线路).用提取的 24 个样本对 110 kV 线路故障诊断

神经网络进行训练,训练结果如表 1、2 所示.

表 1 样本目标输出

样本号	宛陈一线	宛陈二线	青陈线	南陈线	建陈线	陈新线
1	1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0
8	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	1	0
13	0	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	1
16	0	0	0	0	0	1
17	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	1	0	0
19	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0	1
21	0	0	1	0	0	0
22	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	0	1	0
24	0	0	0	0	0	1

表 2 网络实际输出

样本号	宛陈一线	宛陈二线	青陈线	南陈线	建陈线	陈新线
1	0.9664	-0.0004	0.0003	0.0004	0.0002	0.0002
2	0.9638	0.0010	0.0003	0.0003	0.0006	0.0002
3	-0.0001	0.9577	-0.0003	-0.0006	-0.0001	-0.0001
4	0.0005	0.9786	0.0002	0.0007	0.0005	0.0006
5	-0.0021	-0.0041	0.9938	-0.0036	-0.0006	-0.0025
6	0.0016	0.0021	0.9853	0.0007	0.0001	0.0003
7	0.0013	0.0021	0.9851	0.0027	0.0013	0.0021
8	-0.0055	0.0005	0.0002	0.9948	-0.0035	0.0002
9	0.0020	0.0016	0.0010	0.9761	0.0012	0.0014
10	0.0027	-0.0016	-0.0009	0.9814	0.0014	-0.0012
11	0.0047	-0.0070	-0.0043	-0.0040	0.9938	-0.0029
12	-0.0006	0.0030	0.0022	0.0015	0.9762	0.0016
13	-0.0015	0.0034	0.0020	0.0023	0.9881	0.0014
14	0.0004	0.0041	-0.0051	-0.0001	-0.0031	0.9914
15	0.0008	0.0007	0.0034	0.0000	0.0023	0.9867
16	0.0000	-0.0019	0.0010	0.0008	0.0000	0.9747
17	0.0020	0.0042	0.9420	0.0073	0.0014	0.0049
18	0.0085	-0.0027	0.0005	0.9506	0.0065	-0.001
19	-0.0060	0.0051	0.0043	0.0047	0.9554	0.0035
20	0.0020	-0.0050	0.0077	0.0014	0.0035	0.9613
21	-0.0015	-0.0017	0.9821	-0.0042	-0.0042	-0.0029
22	-0.0038	0.0012	0.0002	0.9771	-0.0026	0.0010
23	0.0016	-0.0023	-0.0021	-0.0026	0.9714	-0.0017
24	-0.0020	0.0013	-0.0035	-0.0017	-0.0013	0.9809

由表 1、2 可以看出,神经网络的实际输出与目标输出十分逼近.因此,该神经网络可以很好地

描述样本集,即该神经网络可以对样本集中的任何一种故障作出完全正确的诊断.

通过训练 ANN 还得到下列结论: (1) 训练精度可以通过预设误差值来控制; (2) 神经网络隐层神经元个数、各层神经元传递函数的选取会影响神经网络的收敛性. 经过多次试验, 本神经网络隐层神经元个数选为 18 个; (3) 用较多故障模式的样本训练的神经网络, 其诊断结果会更准确.

## 2.2 110 kV 线路子网络的测试

以陈新线发生故障为例.

### 2.2.1 人工神经网络输入的提取

陈庄变电站 110 kV 部分一次系统图如图 1 所示, 其中宛陈一和宛陈二为电源线, 陈新线和另 3 条线路为馈电线. 陈新线零序 I 段保护范围内发生接地故障时, 陈新 I 零序 I 段保护动作, 陈新 I 断路器拒动, 宛陈一 I、宛陈二 I 零序 II 段动作, 分别跳开宛陈一 I、宛陈二 I, 陈庄变电站的 110 kV 线路全部停电.

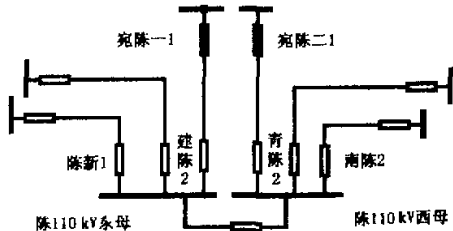


图 1 陈庄变电站 110 kV 部分一次系统图

根据一定的规则, 提取输入向量为  $X_1 = [110000, 010010, 000000, 000100, 111111, 000000]$ , 假设由于某种原因, “陈新 I 零序 I 段保护动作”没有传输给神经网络, 其相应的输入向量为  $X_2 = [110000, 010010, 000000, 000000, 111111, 000000]$ .

### 2.2.2 测试结果

将这两个向量输入已训练好的 110 kV 子网

络, 得到输出结果  $Y_1 = [0.0020, -0.0050, 0.0077, 0.0014, 0.0035, 0.9613]$ ;  $Y_2 = [0.1743, 0.6001, 0.1855, 0.4061, -0.2248, 0.9398]$ .

$X_1$  的前 5 个输出量接近“0”, 表示与其对应的线路正常, 最后一个输出量接近“1”, 表示与其对应的陈新线故障;  $Y_1$  的前 5 个输出量偏离“0”较远, 而最后一个输出量接近“1”, 这说明, 在输入信息不十分准确时, 网络仍能诊断出故障元件.

## 3 结论

(1) 用断路器信息、保护信息和模拟量信息作为输入的 3 层神经网络不仅能有效地诊断保护、开关正确动作的故障, 也可诊断因保护或开关拒动的越级故障, 且有较好的容错性, 在输入信息不完整的条件下, 也能给出满意的结果.

(2) 该方法具有很强的通用性, 知识获取方便, 知识库的修改和扩充只需重新训练 ANN. 对于不同的变电站, 取得该变电站的故障样本对 ANN 进行训练, 即可对此变电站进行故障诊断.

## 参考文献:

- [1] 丁晓群, 林钟云. 神经网络用于变压器故障诊断[J]. 电力系统自动化, 1996, 20(2): 32-35.
- [2] BHATTACHARYYA S K, SMITH R E, HASKEW T A. A neural network approach to transformer fault diagnosis using dissolved gas analysis data[J]. NAPS, 1993, 20(1): 68-74.
- [3] 何定, 唐国庆, 陈昕. 电力变压器故障诊断的神经网络方法[J]. 电力系统自动化, 1993, 17(8): 33-38.
- [4] 何定, 王磊, 董昕, 等. 用于变压器故障诊断的ANNES[J]. 电力系统及其自动化学报, 1994, 6(3): 1-6.

## Fault Diagnosis for Substation Based on Artificial Neural Network

LIU Ying-mei<sup>1</sup>, YANG Wan-hui<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>1</sup>, XU Min<sup>1</sup>, KONG Bin<sup>1</sup>, WANG He-ping<sup>2</sup>

(1. College of Electrical & Information Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou White Pigeon (Group) Limited liability Company, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** A method of fault diagnosis for substation based on artificial neural network is introduced in the paper. It takes advantage of the powerful robustness and learning ability of artificial neural network to diagnose the faulty component in the substation. The simulation results show that the method can exactly diagnose the faulty component when the protection and switch act correctly, as well as when the protection and switch refuse to act.

**Key words:** neural network; fault diagnosis; substation