

基于 ANN 的变电站故障诊断系统及其容错性

刘应梅, 杨宛辉, 章健, 许珉, 孔斌

(郑州工业大学电气信息学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 介绍了基于人工神经网络(ANN)方法的变电站故障诊断的系统,并对其容错性进行了研究,该系统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,本系统不仅能在输入信息正确的条件下准确地诊断出故障元件,而且在输入信息不完整或部分信息错误的情况下,仍能给出满意的诊断结果。

关键词: 神经网络; 故障诊断; 容错性

中图分类号: TP206.3; TP183

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2000)09-0019-04

1 引言

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。

人工神经网络是用大量神经元的互连和连接权值来表示特定的概念或产生式规则知识,在获取推理知识时,它只要求专家提供范例和相应的解,通过学习算法对样本进行学习,这样把经验性知识都映射到网络的互连权上。对于给定输入,神经网络就通过“综合效应”给出输出。与专家系统相比,人工神经网络具有高度容错能力和学习能力。本文基于人工神经网络方法,针对河南某一个110kV变电站集控中心,开发了变电站实时故障诊断系统。在对该系统中所有子网络进行训练时,所用样本是在开关跳闸信息、保护动作信息、电气模拟量信息完整及正确的前提下提取的。而在变电站集控中心运行现场,SACDA系统或其它自动化装置采集、传输的信息量是很有限的,有些信息在传输过程中,可能出现错误。即人工神经网络记忆的知识是在各种输入信息完整且正确的情况下获得的,而在利用已有的知识进行故障诊断时,输入的启发性信息经常是不完整的。于是,本文对人工神经网络变电站故障诊断的容错与外推性能也进行了研究。

2 基于人工神经网络的故障诊断模型

2.1 ANN模型

本系统采用的前馈神经网络是三层BP网络,其模型如图1所示。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。

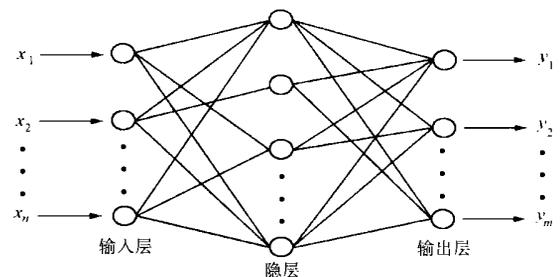


图1 ANN模型

2.2 变电站故障诊断系统

以具体的信息作为神经网络的输入时,神经网络的输入很多,如果只采用单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,使得神经网络训练时间过长,甚至可能造成神经网络不收敛。另外,有些元件仅与其本身的保护有关,而与其它元件的保护没有直接关系,比如:35kV线路故障时,10kV线路的保护或断路器都不会动作。因此,本文构造了若干个子网络来实现整个变电站的故障诊断。下面以集控中心的陈庄变电站某110kV线路故障为例进行详细论述。

陈庄变电站有110kV线路6回,35kV线路3回,10kV线路16回,两台变压器,110kV母线和35kV母线都采用单母线分段接线方式,10kV母线采用单母线分段带旁母接线方式,110kV母线没有专门的保护,现将110kV母线及线路、35kV母线及

线路、10kV 东母及线路、10kV 西母及线路分别用一个子网络进行故障诊断,两台变压器用一个子网络来诊断。这样,整个变电站的故障诊断可用五个子网络。下面以陈庄变电站 110kV 母线及线路子网络为例进行分析。

3 训练样本集的构造

陈庄变电站 110kV 部分一次系统图如图 2 所示,110kV 线路有六条,宛陈一和宛陈二为电源线,陈新线和另三条线路为馈电线。110kV 线路及母线子网络的输入神经元数为 30,隐层神经元数为 10,输出神经元数为 6(分别代表六条线路),隐层神经元传递函数为纯线性函数,输出层神经元传递函数为正切型函数。

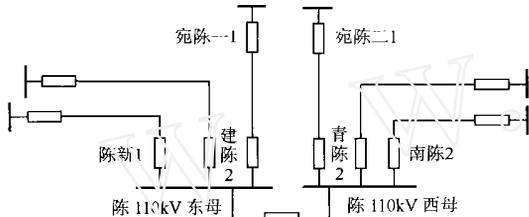


图 2 陈庄变电站 110kV 部分一次系统图

训练人工神经网络时所使用的样本是在保护信息完整、正确的前提下提取的。有关 110kV 线路子网络中陈新线的故障样本,考虑如下三种情况:

- 1) 陈新线零序 段保护范围内发生接地故障时,陈新 1 零序 段保护动作,陈新 1 断路器动作,跳开线路,切除故障。
- 2) 陈新线零序 段保护范围外发生接地故障时,陈新 1 零序 段保护动作,同时事故追忆系统记录故障时线路电流值大于本线路末短路电流值,陈新 1 断路器跳闸,切除故障。
- 3) 陈新线零序 段保护范围内发生接地故障,陈新 1 零序 段保护动作,陈新 1 断路器拒动,宛陈一 1、宛陈二 1 零序 段动作,分别跳开宛陈一 1、宛陈二 1,陈庄变电站的 110kV 线路全部停电。
- 4) 陈新线零序 段保护范围内发生接地故障,陈新 1 零序 段保护动作,陈新 1 断路器拒动,宛陈一 1、宛陈二 1 零序 段动作,分别跳开宛陈一 1、宛陈二 1,陈庄变电站的 110kV 线路全部停电。

依此,对各个线路提取故障样本,最后形成了具有 20 个样本的训练样本集,用提取的 20 个样本对 110kV 线路及母线子网络进行训练,样本输出如表 1 所示,目标输出如表 2 所示。

表 1 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	0.001	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	0.002	0.0016	0.001	0.9761	0.0012	0.0014
10	0.0027	- 0.0016	- 0.0009	0.9814	0.0014	- 0.0012
11	0.0047	- 0.007	- 0.0043	- 0.004	0.9938	- 0.0029
12	- 0.0006	0.003	0.0022	0.0015	0.9762	0.0016
13	- 0.0015	0.0034	0.002	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	0.0023	0.9867
16	0	- 0.0019	0.001	0.0008	0	0.9747
17	0.002	0.0042	0.942	0.0073	0.0014	0.0049
18	0.0085	- 0.0027	0.0005	0.9506	0.0065	- 0.001
19	- 0.006	0.0051	0.0043	0.0047	0.9554	0.0035
20	0.002	- 0.005	0.0077	0.0014	0.0035	0.9613

表 2 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

4 测试样本集的构造

为了便于分析比较,测试样本集的选择考虑了三种情况:

4.1 各种信息完整且正确条件下的样本集

最理想的情况是发生故障时各种故障信息(开关跳闸信息、保护动作信息、电气模拟量信息)完整无误地传递到集控中心,我们选取三个测试样本:

1) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器跳闸。

2) 陈新1零序段保护动作,同时事故追忆系统记录故障时线路电流大于本线路末短路电流值,陈新1断路器跳闸。

3) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,宛陈一1、宛陈二1零序段动作,分别跳开宛陈一1、宛陈二1,陈庄变电站的110kV线路全部停电。

按照一定的规则,提取下列三个输入相量:

$$X_1 = [000001, 000000, 000000, 000100, 000000]$$

$$X_2 = [000001, 000000, 000000, 000001, 000001]$$

$$X_3 = [110000, 010010, 000000, 000100, 000000]$$

4.2 在部分信息缺少条件下的样本集

有时故障信息没有全部传递到集控中心,这种情况在现场经常遇到,我们选取六个测试样本:

1) 陈新1断路器跳闸。(假设“陈新1零序段保护动作”这一信息没有接收到)

2) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器跳闸。(假设“事故追忆系统记录故障时线路电流大于本线路末短路电流值”这一信息没有接收到)

3) 陈新1断路器拒动,宛陈一1、宛陈二1零序段动作,分别跳开宛陈一1、宛陈二1,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(假设“陈新1零序段保护动作”这一信息没有接收到)

4) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,宛陈一1、宛陈二1跳闸,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(假设“宛陈一1、宛陈二1零序段动作”这两条信息没有接收到)

5) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,宛陈一1零序段动作,分别跳开宛陈一1、宛陈二1,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(假设“宛陈二1零序段动作”这一信息没有接收到)

6) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,宛陈一1、宛陈二1零序段动作,宛陈一1跳闸,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(假设“宛陈二1跳闸”这一信息没有接收到)

按照一定的规则,提取下列六个输入相量:

$$X_4 = [000001, 000000, 000000, 000000, 000000]$$

$$X_5 = [000001, 000000, 000000, 000000, 000001]$$

$$X_6 = [110000, 010010, 000000, 000000, 000000]$$

$$X_7 = [110000, 000000, 000000, 000100, 000000]$$

$$X_8 = [110000, 010000, 000000, 000100, 000000]$$

$$X_9 = [100000, 010010, 000000, 000100, 000000]$$

4.3 在部分信息错误条件下的样本集

也有可能某些信息在传递过程中出现误传,但这种情况很少遇到,我们只选取三个测试样本:

1) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,南陈2、宛陈二1零序段动作,分别跳开宛陈一1、宛陈二1,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(“宛陈一1零序段保护动作”误传为“南陈2零序段保护动作”)

2) 陈新1零序段保护动作,同时事故追忆系统记录故障时本线路电流大于本线路末短路电流值,陈新1断路器动作。(“陈新1零序段保护动作”误传为“陈新1零序段保护动作”)

3) 陈新1零序段保护动作,陈新1断路器拒动,宛陈一1、南陈2零序段动作,分别跳开宛陈一1、宛陈二1,陈庄变电站的110kV线路全部停电。(“宛陈二1零序段保护动作”误传为“南陈2零序段保护动作”)

按照一定的规则,提取下列三个输入相量:

$$X_{10} = [110000, 000010, 000010, 000100, 000000]$$

$$X_{11} = [000001, 000000, 000000, 000100, 000001]$$

$$X_{12} = [110000, 010000, 000010, 000100, 000000]$$

这样,共得到三种情况下的十二个测试输入。

表3 三种不同情况下十二个测试样本的诊断输出

条件	序号	宛陈一线	宛陈二线	青陈线	南陈线	建陈线	陈新线	
且正确	信息完整	1	-0.0024	-0.0008	-0.0018	0.0019	0.0012	0.995
	2	0.0017	0.0007	0.0011	0.0008	0.0008	0.9964	
	3	0.0004	0	0.0015	0.0015	0.0006	0.9658	
	4	0.3742	0.0044	0.1604	0.2728	0.2873	0.9131	
部分信息缺少	5	-0.1838	0.0001	0.2671	0.278	0.2782	0.9827	
	6	0.3766	0.0053	0.1637	0.276	0.289	0.5235	
	7	0.3638	0.5104	0.0087	-0.2889	0.4172	0.9548	
	8	0.4162	-0.6614	0.0973	0.2141	0.6	0.9567	
部分信息错误	9	0.3595	0.3359	-0.128	-0.0055	-0.4103	0.9683	
	10	-0.4004	-0.8153	-0.7429	0.5735	0.932	0.9882	
	11	0.0051	0.0001	0.8896	0.0024	0.0013	0.9753	
	12	-0.0392	-0.3502	-0.6709	0.0619	0.8404	0.9776	

5 测试结果及分析

将上面这些相量输入给已训练好的110kV线路

子网络,得到诊断结果如表 3 所示。输出为介于 - 1 与 + 1 之间的任意数,其绝对值代表线路的故障率(“1”代表线路故障,“0”代表线路正常)。显然,该值越接近“1”,相应线路故障的机率也越大。

理想的输出为:除与陈新线对应的一列为“1”外,其余各值全为“0”。

由表 3 不难看出,在各种信息完整且正确的条件下,诊断结果非常准确,即故障线路的故障率接近为“1”,非故障线路的故障率接近为“0”;缺少某些信息或有错误信息时,与各条线路对应的诊断输出与理想输出有一定的偏差,但故障元件的故障率大于非故障元件的故障率,仍能准确地诊断出故障元件。

6 结论

测试结果表明,本系统不仅能在输入信息正确

的条件下准确地诊断出故障元件,在输入信息不完整或部分信息出现错误的情况下,仍能给出满意的诊断结果,这使得该系统具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 阎平凡,黄端旭. 人工神经网络模型分析与应用[M]. 安徽教育出版社,35~37.
- [2] 韩祯祥,文福拴. 人工神经网络在电力系统中应用的新进展[R]. 专题综述,1992.
- [3] 何定,唐国庆,陈珩. 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).

收稿日期: 2000-01-06

作者简介: 刘应梅(1975-),女,硕士研究生,从事电力系统故障诊断的研究; 杨宛辉(1945-),女,副教授,从事电力系统监视与控制的教学与研究。

Fault diagnosis system for substation based on artificial neural network and its robustness

LIU Ying-mei, YANG Wan-hui, ZHANG Jian, XU Min, KONG Bin
(Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A system of fault diagnosis for substation based on Artificial Neural Network is introduced in the paper. It takes advantage of the powerful robustness and learning of Artificial Neural Network to diagnose the fault component in the substation. The simulation results show that the system can exactly diagnose the fault component when the input information is correct, even if the input information is not complete or some is wrong, the diagnosis result is still accurate. Compared to other AI methods, the fault diagnosis based on neural network has better robustness and extrapolation.

Keywords: artificial neural network; fault diagnosis; robustness