

基于故障历史数据和BP神经网络的 接地选线方案研究

张宇泽, 仝新宇, 陈商玥, 何亚樵, 王敬朋

(国网天津市电力公司城西供电分公司, 天津 300190)

摘要:针对我国仍大量存在变电站未安装接地选线装置, 电网发生单相接地故障时当值调控员人为试停缺乏科学方法的问题, 分析小电流接地系统发生单相接地故障的特征, 提出了基于故障历史数据和BP神经网络的接地选线方案生成方法, 使用变电站配出线路发生单相接地故障的历史数据训练BP神经网络, 当该变电站再次发生单相接地故障时利用BP神经网络给出线路试停方案, 并通过实例验证, 该方法切实有效。

关键词:接地选线; BP神经网络; 故障历史数据; 小电流接地系统; 单相接地故障

中图分类号: TM732 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-9898-2021(02)-0016-03

Line Selection Scheme Research Based on Fault Historical Data and BP Neural Network

ZHANG Yuze, TONG Xinyu, CHEN Shangyue, HE Yaqiao, WANG Jingpeng

(State Grid Tianjin Electric Power Company Chengxi Power Supply Company, Tianjin 300190, China)

Abstract: Because there are still a lot of substation without grounding line selection device in China, and the on-duty controller fails to stop manually when the single-phase grounding fault occurs in the power grid, the paper analyzes the characteristics of single-phase ground fault in the small current grounding system, and proposes a method to generate the grounding selection scheme based on fault history data and BP neural network. The single phase connection of the distribution line in the substation by BP neural network is trained by historical data of ground fault. When single-phase ground fault occurs again in the substation, BP neural network is used to give the route test stop scheme, through verification, the method is effective.

Key words: fault line selection; BP neural network; fault historical data; small current grounding system; single phase-to-ground fault

0 引言

随着人工智能应用日渐普遍, 国内外电力行业专家正广泛将人工智能手段运用于电力系统各环节中。在小电流接地系统接地选线领域, 文献[1]将仿真系统中线路发生单相接地故障时各出线零序电流幅值和相角的样本数据作为训练集、验证集和测试集进行深度神经网络学习, 建立了小电流接地系统故障选线模型; 文献[2]采集并融合互补零序电流稳态和暂态的多种故障分量信号, 并引入径向基神经网络构成多判据接地选线模型; 文献[3]提出了综合考虑电气量与非电气量的故障选线算法, 应用 Hadoop 技术的大数据平

台和人工神经网络建立了接地选线模型; 文献[4-8]等也分别从不同角度研究了基于人工智能方法的接地选线模型。上述文献集中于利用人工智能手段提高接地选线装置动作正确率方面, 但我国各地区仍大量存在老旧变电站未安装接地选线装置的情况, 且由于设备、场地、经费等原因后期也无法安装接地选线装置。这些变电站的配出线路发生单相接地故障时, 只能依靠当值调控员人为试停的方法查找接地线路。人为试停缺少辅助决策信息, 随机选择试停线路, 缺乏科学合理性, 经常出现一段母线上的若干条配出线路全部试停一轮后才找到接地线路的情况。不仅故障查找时间较长, 而且经过试停的非接地线路所带用户会经

收稿日期: 2020-03-13

作者简介: 张宇泽(1990-), 男, 工程师, 主要从事配电网调控运行分析工作。

历突然停电又来电的情况,不利于提高供电可靠性。本文针对小电流接地系统发生单相接地故障的特征,利用单相接地故障历史数据的机器学习,提出一种基于历史数据和 BP 神经网络的接地选线方案生成方法,为当值调控员准确、快速查找出接地线路提供技术指导。

1 小电流接地系统单相接地故障特征

小电流接地系统发生金属性单相接地故障时,由于未破坏三相电压的平衡性,一般允许该系统继续运行 2 h^[9]。但故障点产生电弧,会烧坏设备,且非故障相对地电压升高,系统中的绝缘薄弱点可能击穿,因此需要当值调控员尽快查找出接地线路。造成线路单相接地故障的原因主要如下。

- 雷雨、大风等恶劣天气造成线路引线断开、异物搭接或避雷器击穿。
- 线路走廊清理不彻底,线路安全距离内存在树枝、违章建筑等,造成异物搭接。
- 小动物接触或接近带电设备,造成异物放电。
- 绝缘子老化、受潮、破裂、表面污秽等情况引起绝缘子击穿。
- 外力破坏,如吊车碰线、外力刨缆等。

根据统计和运行经验,原因 b、c 和 d 具有较强的时间规律性,例如北方地区,鸟类搭窝集中发生在 3 至 5 月份,树枝生长侵犯线路安全距离集中发生在 6 至 9 月份;原因 e 主要发生在工作日中,休息日很少出现外力破坏情况。因此线路发生单相接地故障与月份、天气情况和是否为工作日 3 个因素有密切关系。

2 BP 神经网络

BP 神经网络属于多层状型的人工神经网络,由一个输入层,一个或多个隐含层和一个输出层组成。每一层之间都依靠权值 w 相连。各层由若干个神经元构成,每一个神经元的输出值由输入值、作用函数和阈值决定。输入层的作用函数为隐含层和输出层的作用函数,一般选用 Sigmoid 型函数。

网络的学习过程包括信息正向传播和误差反向传播两个过程。在正向传播过程中,输入信息从输入层经隐含层传到输出层,经作用函数运算后得到输出值与期望值比较,若有误差,则误差反向传播,沿原先的连接通路返回,通过逐层修改各

层神经元的权值 w ,减少误差,如此循环直到输出的结果符合精度要求为止。

3 接地选线方案研究

由第 1 章论述可知,线路发生单相接地故障与月份、天气和是否为工作日 3 个因素密切相关。

第一步,搜集某变电站配出线路发生单相接地故障时的发生月份、当天天气情况和是否为工作日的数据。以天津城西电网 110 kV 万码变电站 110 kV-44 母线为例,其发生单相接地故障的历史数据如下:(万 41,2 月,大风,工作日),(万 42,4 月,晴,非工作日),…,(万 48,1 月,雨,工作日)。

第二步,历史数据归一化。将变电站配出线路按顺序编号;定义天气情况分别为:晴天 1,大风 2,大雾 3,雷雨 4;定义故障发生在工作日为 1,发生在非工作日为 0。则上述例子中可将万 41、万 42、…、万 48 线路分别编号为 1—8,单相接地故障历史数据归一化为(1,2,2,1),(2,4,1,0),…,(8,1,4,1)。

第三步,搭建用于生成接地选线方案的 BP 神经网络(见图 1)。输入为 3 个,其中 x_1 = 发生月份, x_2 = 当天天气情况, x_3 = 是否为工作日。输出为 1 个, y = 接地线路编号。网络层数为 3 层,隐含层节点个数为 7 个。

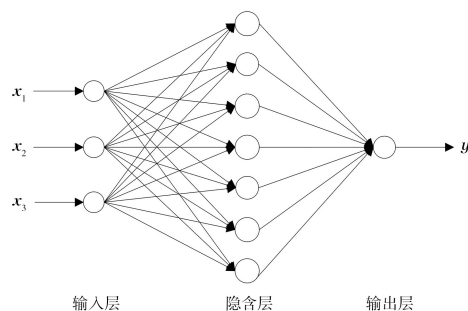


图 1 BP 神经网络结构

第四步,将归一化的历史数据作为样本数据,训练 BP 神经网络。

第五步,当该变电站某时刻发生单相接地故障时,对 BP 神经网络输入当时所在的月份、天气情况和是否为工作日信息。记录其输出线路编号,作为试停的首选线路。

第六步,若该条线路不是接地线路,则说明接地线路是剩下未被选中线路中的 1 条。将样本数据中已试停过线路的历史数据全部去除,重新训

练 BP 神经网络。训练完毕后,再输入当时所在的月份、天气情况和是否为工作日信息,记录其输出线路编号作为第二轮试停的线路。如果这条线路仍不是接地线路,则重复执行第六步,直到找出接地线路为止。接地选线方案见图 2。

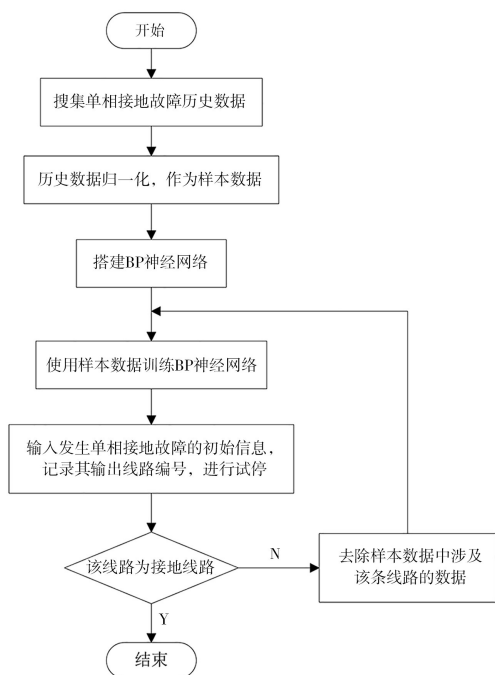


图 2 接地选线方案流程

4 案例分析

选取天津城西电网 35 kV 白塔寺变电站作为算例。白塔寺变电站配出线路运行环境恶劣,经常发生单相接地故障。其 1 号变压器低压侧接线如图 3 所示,10 kV-4 母线共有 6 条配出线路。据统计,10 kV-4 母线配出线路在 2011—2020 年共发生单相接地故障 120 次。为了验证本文所提方法的有效性,首先搜集 2011—2019 年该段母线配出线路的单相接地故障历史数据,如表 1 所示。

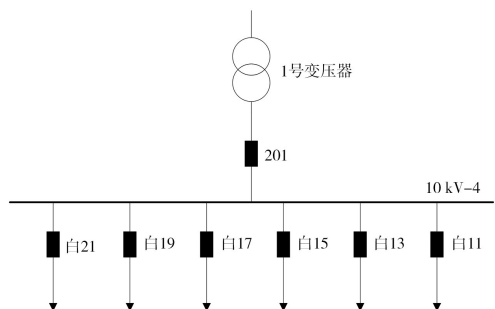


图 3 白塔寺变电站 1 号变压器低压侧接线

表 1 10 kV-4 母线配出线路单相接地故障历史数据

接地线路	月份	天气情况	是否为工作日
白 11	3 月	大风	是
白 11	3 月	大风	是
白 11	5 月	大风	否
白 11	3 月	晴	否
...	...	...	...
白 21	1 月	晴	是
白 21	1 月	晴	是
白 21	2 月	晴	是

将白 11 至白 21 线路依次编号为 1—6,按照第 3 节给出的定义,对表 1 数据进行归一化,如表 2 所示。

表 2 表 1 数据归一化

接地线路	月份	天气情况	是否为工作日
1	3	2	1
1	3	2	1
1	5	2	0
...	...	...	...
6	1	1	1
6	1	1	1
6	2	1	1

使用表 2 数据对 BP 神经网络进行训练。训练完毕后,使用该段母线配出线路在 2020 年发生的单相接地故障情况进行仿真测试,记录下 BP 神经网络给出的线路试停顺序前 3 位,如表 3 所示。

表 3 测试结果

月份	天气情况	是否为工作日	首选试停线路	次选试停线路	第三选择试停线路	实际接地线路
1	1	1	白 21	白 11	白 17	白 21
1	1	0	白 21	白 11	白 19	白 21
2	1	1	白 15	白 19	白 11	白 11
3	2	0	白 11	白 19	白 21	白 11
3	1	1	白 15	白 11	白 21	白 11
3	2	1	白 11	白 15	白 21	白 15
5	2	1	白 19	白 11	白 15	白 19
5	2	1	白 11	白 19	白 15	白 11
10	2	0	白 15	白 21	白 11	白 15
10	1	1	白 21	白 17	白 15	白 17
11	1	0	白 15	白 21	白 11	白 13
12	1	1	白 21	白 19	白 11	白 21
12	1	1	白 21	白 19	白 11	白 19

由表 3 可看出,在进行测试的 13 个案例中,BP 神经网络在第一轮便正确给出接地线路的案例共 7 个,成功率达到 53.8%,明显高于当值调度员随机选中的概率(1/6,即 16.7%);在两轮内给出接地线路的案例共 11 个,成功率达到 84.6%,也明显高于当值调度员随机选中的概率(2/6,即 33.3%),验证了所提方法的有效性。BP 神经网络给出接地线路的准确率与训练(下转第 43 页)

- (15):172-182.
- [4] 郑作伟,郑玉平,潘书燕,等.调相机失磁保护励磁电压判据性能分析与改进[J].电力系统自动化,2020,44(10):174-181.
- [5] 麻常辉,王亮,谭邵卿,等.考虑同步调相机无功特性的多馈入直流同时换相失败风险评估方法[J].山东大学学报(工学版),2020,50(3):98-103.
- [6] 季遥遥,王光,郭自刚,等.大型调相机组非全相启动失灵问题探讨[C].超/特高压直流输电技术会议论文集,2018,济南:78-82.
- [7] 何枢.全球能源互联网发展合作组织与山东大学深化交流合作[N].国家电网报,2018-08-10.
- [8] 王亚婧,朱宏超,袁亚洲,等.大型调相机惰转并网过程中的励磁控制策略[J].电气技术,2019,20(3):89-92,97.

- [9] 毛俊喜,揭萍,谭凌,等.大容量调相机同期并网技术研究[J].河北电力技术,2018,37(6):19-23.
- [10] 张超峰,黄金军,张阳,等.大容量调相机组启机过程分析及建议[J].自动化应用,2019(12):26-28.
- [11] 石祥建,牟伟,韩焦,等.大型同步调相机控制策略研究[J].中国电力,2017,50(12):44-50.
- [12] 王潇,周平,王洋,等.大容量调相机静止变频器启动方式研究[J].电气技术,2016(10):31-35.
- [13] 褚冠星,蔡定国,唐金权,等.变压器励磁涌流试验研究与分析[J].变压器,2020,57(5):33-36.
- [14] 李建平.浅析励磁涌流致使变压器投运不成功的原因[J].中国新技术新产品,2019(23):37-38.

本文责任编辑:秦明娟

(上接第 18 页)

样本数量有很大关系,若样本数量更多,则准确率可进一步提高。

5 结论

电网发生单相接地故障造成的工频过电压容易烧损电气设备,甚至引起相间短路而扩大事故。当值调控员需快速找出接地线路并停电隔离。本文提出了基于故障历史数据和 BP 神经网络的接地选线方案生成方法,使用电网单相接地故障历史数据训练 BP 神经网络,利用 BP 神经网络预测未来发生故障的线路,辅助当值调控员准确、快速查找出接地线路,保障电网非故障部分安全运行。选取天津城西电网 35 kV 白塔寺变电站作为案例进行分析,验证了该方法的有效性,为配电网调控运行提供技术指导。

参考文献:

- [1] 张国栋,蒲海涛,刘凯.基于深度学习的小电流接地系统故障选线方法[J].发电技术,2019,40(6):548-554.
- [2] 覃禹铭,任庭昊,胡兵轩,等.改进禁忌-神经网络在小电流接地系统选线中的应用[J].自动化仪表,2019,40(12):20-24.
- [3] 王连成,代桃桃,邵政,等.基于大数据平台的配电网接地选线关键技术研究[J].供用电,2019,36(3):56-62.
- [4] 赵磊.基于模糊神经网络的配电网故障选线方法研究[D].淄博:山东理工大学,2016.
- [5] 侯隽朗.基于 BP 神经网络多判据小电流接地系统单相故障选线研究[D].太原:山西大学,2018.
- [6] 邵政.基于大数据的小电流接地系统单相接地故障选线方法研究[D].济南:山东大学,2018.
- [7] 姜晓东.基于人工神经网络的小电流接地故障选线方法研究[D].淄博:山东理工大学,2017.
- [8] 王朝艳.小电流接地系统单相接地故障选线方法研究[D].徐州:中国矿业大学,2019.
- [9] 陈珩.电力系统稳态分析[M].北京:中国电力出版社,2018.

本文责任编辑:王丽斌

下 期 要 目

谐波对变压器绝缘老化的影响分析

廊坊市电网发展水平诊断分析深化研究

300 MW 亚临界机组高中压转子开裂失效分析

高压隔离开关热缺陷返修率高原原因分析及处理