

# 神经网络在低压脱扣装置选择上的应用

徐卫东<sup>1</sup>, 彭丹<sup>1</sup>, 陈云龙<sup>1</sup>, 刁庆宪<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学自动化学院, 广东 广州 510006;

2. 广东紫光电气有限公司, 广东, 东莞 523000)

**摘要:** 低压脱扣装置应用于环境复杂的场合,选型不当易使得电力事故频发,不利于电力系统的可靠运行。通过分析影响低压脱扣选择的因素,利用Back Propagation神经网络进行建模,提出了一种低压脱扣装置自动选择预测方法,结果表明:该方法在准确性与可重复性上与传统方法相比具有较大优势,在工程应用中有一定的参考作用。

**关键词:** 神经网络; 低压脱扣; 选型系统

**中图分类号:** TM732 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-3643(2017)01-0029-05

**有效访问地址:** <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2017.01.006>

## Application of neural network in the selection of low voltage tripping device

XU Weidong<sup>1</sup>, PENG Dan<sup>1</sup>, CHEN Yunlong<sup>1</sup>, DIAO Qingxian<sup>2</sup>

(1. school of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou Guangdong 510006, China;

2. Guangdong Ziguang Electric Co., Ltd, Dongguan Guangdong 523000, China)

**Abstract:** Low voltage tripping device is applied in complex environment. The improper mode selection will make frequent power accident and harm the reliable operation of the power system. this paper analyzes the factors affecting the selection type of low voltage trip device, uses Back Propagation neural network to build model, and provides a new forecasting method for the selection type of low voltage trip. The result shows that this method have greater advantage than traditional methods in the accuracy and repeatability, and has reference value in engineering applications.

**Keywords:** neural network; low voltage tripping; type selection system

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-3643.2017.01.006

---

基金项目: 东莞市科技局产学研合作项目(2015509132215)。

收稿日期: 2016-10-18

作者简介: 徐卫东(1992),男,工学硕士,研究方向为电力系统在线监测与运行。

国家在“十三五”规划中提出要建设智能配电网,要重点提高配网供电可靠性。低压脱扣装置作为配电网中不可或缺的一部分,在实际使用过程中应当合理选型,才能满足智能配电网的要求。低压脱扣装置通过控制断路器操作机构,实现配电线路过载、短路及欠压等保护功能。选用哪种脱扣装置,与电力设备对电压波动的要求存在很大关系<sup>[1]</sup>。对电能质量要求很高的客户,如精密仪器制造、电力设备生产厂家,供电系统中的低电压会导致其生产的残次品比例增加,需要安装低压脱扣装置;而另一些对电压压降不敏感的客户,如普通的居民用户,若系统中发生了瞬时电压暂降,对其影响不大,如果装设低压脱扣装置会导致停电,反而不利于供电的可靠性。

## 1 低压脱扣选型现状及需考虑的问题

### 1.1 选型现状

低压脱扣选型是一个多目标决策问题,受到多种环境因素影响,近些年相关学者对其作了大量研究,但现有方法都只是从某项指标进行考量,忽略了低压脱扣选型是一个综合问题,仅从单一因素考虑容易造成选型不当。文献[2-3]探讨了在运行中低压断路器脱扣装置选型的难点,提出环境因素、负荷敏感度以及企业重要度对于低压脱扣装置选择的影响。文献[4]采用电流保护整定法对低压脱扣装置进行选型,通过负荷大小的计算判断是否安装以及安装何种脱扣装置,但仅从一项指标难以准确判断安装何种脱扣装置。文献[5]通过用户对电能质量的敏感度以及重要度的方法对低压脱扣进行选型,忽略了雷击率等因素影响。

### 1.2 选型需考虑的问题

针对不同电力用户安装低压脱扣装置的选型目前还没有统一标准,影响低压脱扣装置选型的因素有多种<sup>[6]</sup>,仅从单一因素考虑则容易造成错装,所以必须综合考虑各种影响因素,得出一个合理的选型安装方案。

#### 1.2.1 负荷敏感度

电力负荷的敏感度反映出电力设备对电能质量好坏的敏感程度,为保证设备的正常运行,敏感级别越高,脱扣装置保护就越灵敏。

#### 1.2.2 用电企业重要度

用电企业重要度关系着经济稳定性,在选择脱扣装置类型时,需考虑脱扣装置应最大程度保证企业与设备运行的经济性和可靠性。

#### 1.2.3 电力设备负荷

电力设备负荷大小会影响公共母线上其它电力设备的安全运行<sup>[7]</sup>,合理选择脱扣装置能有效地避免大范围甩负荷造成安全事故的发生。已有研究<sup>[8]</sup>是通过分析负载特性结合继电保护考虑了负荷大小对脱扣装置的影响,但对于不同负荷类型没有进行分类,容易导致脱扣装置误装。

#### 1.2.4 线路故障率水平

线路故障率的高低在选择脱扣装置时需要合理考虑,不同故障率水平的线路应采取不同的脱扣装置。

#### 1.2.5 雷击率水平

雷击率水平的高低也是选择不同类型脱扣装置的参考依据,雷击虽属于瞬时故障,但对脱扣装置的影响巨大,选型不当容易使线路出现大面积停电事故,造成重大经济损失。

## 2 低压脱扣自动选型系统

### 2.1 BP神经网络架构

BP神经网络(Back Propagation Neural Network)<sup>[9-10]</sup>是模拟人的思考和推理分析,将多目标决策化为多层次的简单问题。近年来神经网络已经在故障诊断、预测等多个应用领域中得到了很好的体现。神经网络一般分为输入层、隐含层、输出层3层,BP神经网络的前向网络拓扑如图1所示。

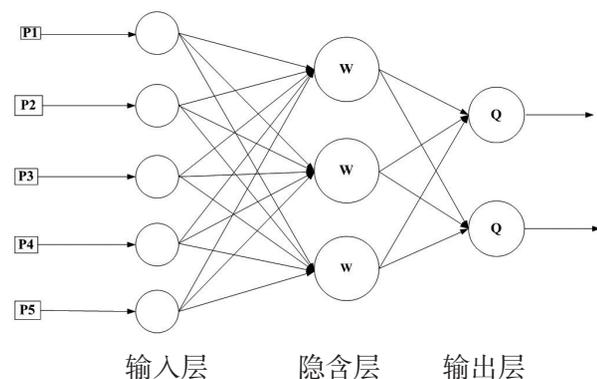


图1 BP神经网络拓扑结构

本文基于BP神经网络方法提出一种低压脱扣自动选型系统,将复杂的脱扣选型问题系统化、简单化。

## 2.2 输入层设计

将影响安装低压脱扣装置的因素作为系统神经网络的输入层。选取负荷敏感度、企业重要度、负荷大小、故障率、雷击率5个参数作为神经网络的输入层参数。

### 2.2.1 负荷敏感度

通过走访周边企业和电力用户,根据不同企业类型和对社会影响的重要度进行分析,采用国家标准GB 14048.2—2008<sup>[11]</sup>根据企业类型对负荷敏感度进行评级及评分,如表1所示。

表1 负荷敏感度评级及评分

设备名称	敏感度/级	敏感度评分/分
变频器、芯片制造、精密仪器、绕线机、贴片机、可编程控制器	I	100
硬化炉、火花机、交流接触器、制冷控制器、数控机床	II	75
回流炉、彩印机、计算机	III	50
高温炉、可变速电机	IV	25
注塑机、生活用电	V	0

表1中不同分值代表用电负荷对电压暂降敏感度的高低,分值越高说明敏感度越高。

### 2.2.2 用电企业重要度

重要度关系着用电企业的经济稳定性,重要度越高的企业一旦发生事故造成的影响是无法估量的,将所有企业根据国民经济行业分类国家标准GB/T 4754—2011<sup>[12]</sup>进行分类并按发生事故造成经济损失大小进行评级及评分,如表2所示。

表2 用户企业重要度评级及评分

序号	行业类型	重要度级别/级	重要度评分/分
1	半导体制造	I	100
2	精密制造	I	100
3	金融	I	100
4	医疗	II	75
5	通信	III	50
6	化工企业	IV	25
7	休闲服务	V	0

表2表示的是不同企业之间相对重要程度,分值越高说明该类型企业对社会的重要性越大,事故发生时经济损失越大,反之重要性越低。

### 2.2.3 电力负荷大小

大型负载如感应电动机、大型变压器、冲击负荷(钢铁厂、电弧炉)还有非线性负荷(可控硅设备)的投运初期会产生高于额定电流5~7倍的启动电流,使得线路和系统的阻抗增大,引起公共母线节点处电压降低,从而影响到同一条支路其它负荷的正常运行,所以单组负荷大小是作为安装低压脱扣装置的一个重要参考指标。通过走访和考察企业并参考国家标准GB/T 15148—2008<sup>[13]</sup>、GB/T 16926—1997<sup>[14]</sup>将负荷大小和影响程度进行评级及评分,如表3所示。

表3 单组负荷大小重要度评级及评分

负荷大小/kW	重要度评级/级	重要度评分/分
>1 000	I	100
500 ~ 1 000	II	75
100 ~ 500	III	50
10 ~ 100	IV	25
<10	V	0

### 2.2.4 线路故障率水平

电网发生故障从而导致低压脱扣动作频次不仅与相连的主馈线故障率相关而且还和分支线路的距离长短有关<sup>[15]</sup>,由于国内在中低压配电线路上没有接线行业标准,故采用使用最多的树状接线方式作为线路故障率的模型,如图2所示。

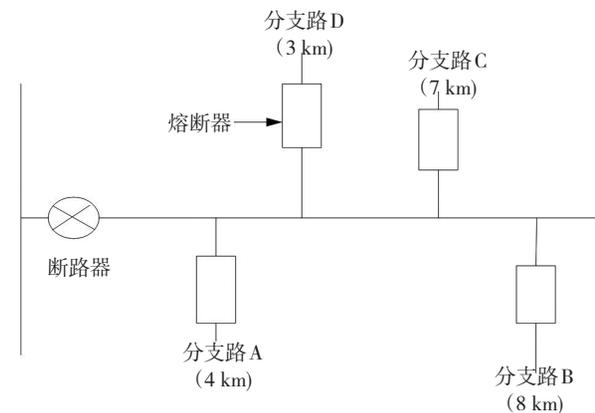


图2 配电系统故障率预估线路

针对图2所示线路故障率模型,文献[12]中介绍了一种计算线路故障率的方法,查阅配网故障相关资料可知主馈线随机故障率为0.1次/(年·km),分支线路随机故障率为0.25次/(年·km)。根据图2中所示可以预估该主馈线发生故障的次数为 $11 \times 0.1 + 22 \times 0.25 = 6.6$ 次/年,这代表着故障率的平均水平;同样发生故障率的大小还和距离有关,从图2中可以知道当离主馈线和分支线路距离越远时,故障率的高低分为 $\geq 10$ 次/年、7~9次/年、3~5次/年、1~3次/年、 $< 1$ 次/年5个级别。

2.2.5 雷击率水平

雷击虽属于瞬时故障,但对脱扣装置的影响巨大,选型不当容易使线路出现故障,影响设备正常工作。雷击率越高,对于安装低压脱扣就越有必要性。

统计全国近10年雷击次数平均为4 451次,针对全国雷击率水平的不同,把全国分为华南、华东、西南、长江中下游、华北、黄河中游、东北和西北8个地区,同时参照国家标准GB 50057-2010<sup>[16]</sup>将雷击次数对应分为大于1500次/年、1 000~1500次/年、500~1 000次/年、300~500次/年、200~300次/年、100~200次/年,雷击次数越高说明受雷击影响就越大,反之重要度越低。

2.3 隐含层设计

将上述5项参数进行归一化处理之后输入到隐含层W中,在隐含层中选择好训练函数、设置阈值、调整误差精度以使神经网络达到满意训练效果后,将结果送到输出层Q中,最后将结果代码显示出来,完成神经网络自动选型过程。所设计神经网络的隐含层采用的函数是logsig函数,则隐含层的输出为

$$m_j = \frac{2}{1 + \exp(-2 \sum_{i=1}^4 I_i W_{ij})} - 1 + a_j \quad (1)$$

式中:  $I_i$ —神经网络的输入;

$m_j$ —隐含层的输出;

$W_{ij}$ —输入层至输出层的连接权值;

$a_j$ —阈值;  $j$ 的范围为1至 $n$ ;  $n$ 为神经网络隐层单元的个数。

参考文献[11]神经网络的输出为

$$A_k = \sum_{j=1}^n m_j w_{jk} \quad (2)$$

式中:  $A_k$ —神经网络的输出;

$w_{jk}$ —隐层单元到输出层单元的连接权值,  $k$ 的范围为1至5。

隐含层作为数据处理的中间环节,直接影响结果精度。隐含层数的确立通常的做法是实验法<sup>[17]</sup>,实验表明一般情况下利用下面公式可以近似求出:

$$n = (x + y)^{1/2} + u \quad (3)$$

式中:  $n$ —隐含层的层数;

$x, y$ —样本输入个数和输出个数;

$u$ —1~10之间的任意常数。

经多次实验可知,当隐含层层数过小,获取样本的能力就会变差;隐含层的数量过多,又会存在过度学习、过度拟合的问题,降低了泛化能力。隐含层层数为10时,网络的性能最好<sup>[18]</sup>。

将训练样本数据输入神经网络中进行训练,直到满足最小误差值,训练效果如图3所示。从图3中可知训练误差精度值达到 $10^{-6}$ ,足以满足现场安装需要。

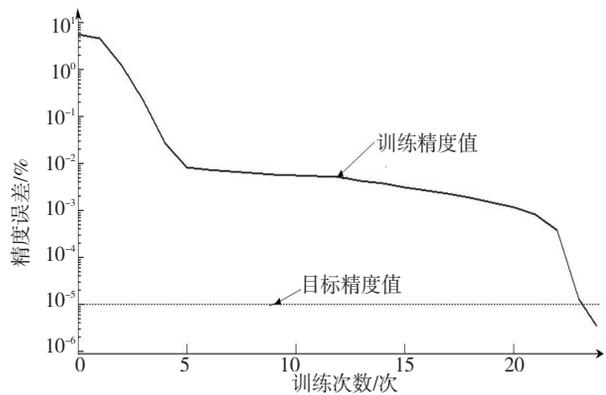


图3 训练效果曲线

2.4 输出层设计

输出层根据输入不同参数显示不同的评判结果,本文选型结果代码有3种,分别为安装不带延时脱扣(100)、安装延时脱扣(010)以及不安装脱扣装置(001)。

2.5 选型结果

对27家不同电力用户通过自动选型系统进行脱扣方案选型,结果如表4所示。

表4中,序号1是东莞市某工业园区生产半导体国有企业,有许多对电能质量要求高的电机设备,如果出现电压暂降情况时需要立即切除设备,否则会使产品残次率升高,不利于企业的经济运行。自动选型系统评判结果代码为100,即安装不带延时脱扣装置,与该企业的实际工况需求相吻合。

表4中,序号3是华东地区某生产精密数控机床企业,有许多控制计算机,要尽可能减少因停电事故造成计算机无法工作,经常性断电对设备也会带来巨大损坏。自动选型系统评判结果代码为010,即安装带延时脱扣装置,可以有效减少停电次数,确保电力设备的正常运行,选型系统评判结果与实际工况需求一致。

表4 脱扣选型输入和输出选型结果代码

序号	敏感度/分	重要度/分	负荷大小/kW	故障率次/年	雷击次数/次	选型结果代码
1	100	100	3 000	12	1 800	100
2	100	75	2 000	10	1 600	100
3	75	100	600	7	1 000	010
4	100	100	800	9	1 400	100
5	75	75	800	8	1 300	010
6	75	100	1 000	10	1 500	100
7	75	75	500	6	1 100	010
8	75	50	150	2	400	001
9	50	50	400	5	700	001
10	25	75	200	4	500	001
11	75	50	700	8	1 200	010
12	25	25	80	3	300	001
13	75	75	900	7	1 200	010
14	50	75	500	8	700	010
15	100	50	1 300	10	1 500	100
16	75	50	700	6	900	001
17	75	75	800	6	800	001
18	75	100	1 200	8	1 000	100
19	50	75	700	6	1 100	010
20	75	100	600	7	900	100
21	75	50	800	10	1 200	010
22	50	25	300	4	1 500	001
23	75	75	1 700	8	800	100
24	100	75	900	7	1 000	100
25	50	75	500	4	500	001
26	75	100	1 800	6	700	100
27	50	50	700	6	600	001

表4中,序号16为西南地区某小区普通居民用户,其用电设备包括空调、电视、洗衣机等常用家电,停电会对用户的正常生活造成一定的影响,因为考虑到脱扣装置的安装需要大量的人力财力,且效果不太明显,综合考虑经济成本和使用效果,不安装脱扣装置更加符合实际需求。自动选型系统评判结果代码为001,即不安装低压脱扣装置,与实际工况需求相符。

通过表4中企业、用户的实际需求与自动选型系统评判结果的对比可知,自动选型系统能根据企业用电工况需求,准确判断安装何种脱扣装置。

### 3 效果评价

(1)与已有研究仅依据负荷敏感度一个指标进行判断相比,基于BP神经网络的低压脱扣自动选型系统考虑的因素更加全面,自动选型系统包含了5种影响因素使结果更接近实际工况,使选择脱扣装置类型的准确性从现有的50%提高到了80%。

(2)在脱扣装置已有研究中没考虑经济成本容易造成脱扣设备的闲置,对于安装何种脱扣装

置没有一个科学的依据,造成大量的人力、财力浪费。通过采用自动选型系统进行综合考量,选择恰当的脱扣装置,在保证安全的前提下既可以节约成本又不浪费资源。

(3)传统数值计算法选择低压脱扣类型,只能评价线性因素,对于冲击负荷等非线性因素无法通过计算的方式得到,而神经网络法针对线性因素和非线性因素都能很好地解决,弥补了传统选型方法的不足。

### 4 结论

(1)BP神经网络在低压脱扣方案选择中对于处理多目标决策问题具有十分强大的功能,可以在多目标决策中找到最优方案,具有操作简便、可重复、泛化能力强等特点。

(2)应用结果验证了该方法在低压脱扣方案选型中的合理性和准确性,解决了综合影响因素下低压脱扣装置的选型问题。

(3)本文提出的自动选型系统解决了传统选型方法由于考虑因素不全面,容易造成设备的闲置,不利于经济运行等问题,为电力部门低压脱扣装置选型提供了一种新的思路。

### 参考文献

- [1] 雷振,叶剑烽,郁哲亮. 20 kV 电网电压暂降及其应对措施研究[J]. 浙江电力, 2015(05): 10-13, 22.
- [2] 陈敏. 浅谈低压智能断路器的脱扣器选型[J]. 价值工程, 2010, 33(01): 277.
- [3] 曾其权,王莉,王永年,等. 运营电厂低压断路器的选型和应用[J]. 低压电器, 2013(07): 53-57.
- [4] 钱金川,贾文军. 低压断路器的选型与应用[J]. 电气制造, 2011(08): 38-41.
- [5] 徐四元,张琪,任福胜,等. 低压断路器选型若干问题的讨论[J]. 电气应用, 2009(07): 16-18, 20.
- [6] 江宇,夏勇,张斌,等. 高压线路故障产生电压暂降的特性及对敏感负荷设备的影响[J]. 电气自动化, 2012, 34(04): 53-55, 64.
- [7] 李海涛. 东莞电网低压脱扣器配置策略分析[J]. 科技视界, 2015(01): 344-345.
- [8] 杨家. 低压断路器脱扣电流的整定计算[J]. 中国高新

(下转第43页)