

# 小区变智能经济运行控制策略算法研究

刘 忠<sup>1</sup>, 郑海雁<sup>2</sup>, 尹 飞<sup>2</sup>

(1.扬州江都供电公司, 江苏 江都 225200; 2.江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211103)

**摘 要:** 本文研究的小区变智能经济运行控制策略, 通过分析负荷因子建立 BP 神经网络模型来预测小区变未来的日最大负荷总量, 并根据该日最大负荷数据采用模糊理论控制相应的变压器的投切操作, 达到小区变经济运行的目的。该控制策略模型不完全依赖历史负荷数据, 也不局限于特定的住宅小区, 精度高、实用性强, 不仅对中短期负荷预测具有较高的准确度, 而且对相应投切变的控制也具备高操作性。

**关键词:** 负荷因子; 日最大负荷; BP 神经网络; 模糊规则; 控制策略

## 0 引言

随着城市居民小区建设的不断加快以及相关用电配套设施的逐步完善, 居住区配电房(简称小区变)作为智能电网建设的一部分同时又是与居民生活用电直接相关的最后一级配电装置, 一直担负着保障小区用电安全和可靠的重任。

然而, 在保证小区变安全稳定运行的同时, 并没有一套完整规范的控制策略去实现小区变的智能经济运行。在设计选择小区变时, 往往按照最大用电负荷来选择, 并适度超前, 配电容量大; 同时, 为了满足小区居民的用电需求的快速增长, 小区变一般选择两台及两台以上的变压器同时运行, 配变数量多。由于缺乏对小区变的统一运行管理系统, 小区变长期处于多台变压器同时运行的状态, 导致大量配变低负载运行。同时由于配变容量的超前性、小区类型、小区入住率及季节因素影响, 进一步降低了配变的利用效率, 配变损耗大。因此, 研究和制定合适的小区变经济运行控制策略, 降低居住区配电变压器的运行损耗, 对保证小区变经济运行、提高供电设备的利用率、实现小区变的智能化具有重要的经济和社会效益。

## 1 小区变智能经济运行控制策略研究方向

研究小区变智能经济运行控制策略需要考虑的关键因素包括小区配电变压器的经济运行区域和负荷变化数据。其中, 变压器的经济运行指数可以通过变压器铭牌参数确定, 并且计算出的数值在很而小区变负荷是动态变化的, 它受到居民的用电量、环境温度等外在条件的影响。

为了实现小区变的智能经济运行, 其控制策略必须具有一定的前瞻性。也就是说需要根据小区变未来时间内的负荷变化, 制定与之匹配的经济运行控制策略。这样, 预测小区变未来一段时间的负荷变化就变得尤为重要。目前, 主要用于电力负荷的预测方法有时间序列法、线性回归法以及灰色预测等。这些方法都是基于该区域的历史负荷数据来建立数学模型, 然后在时间域上进行扩展, 预测该区域未来一段时间的负荷量。这类预测适用于入住率和类型都固定的成熟住宅小区, 而且未考虑到天气、节假日的影响, 同时对于不同类型入住率不高的居民小区, 此类预测也存在较大误差。

针对上述存在的问题, 本文提出一种基于小区负荷因子的智能经济运行控制策略即通过分析对包含小区类型、占地面积、入住率、温度、时间等因素的负荷因子来预测小区变未来的日最大负荷总量, 并根据该日最大负荷执行相应的变压器的投切操作, 达到小区变经济运行的目的。该方法较全面的考虑到影响小区负荷变化的因素。在一定程度上提高了预测的精度, 同时确保了经济运行控制策略的正确性。

## 2 小区变智能经济运行控制策略研究内容

### 2.1 基于小区负荷因子的控制策略模型

小区负荷因子的指的是综合考虑有可能影响小区负荷总量变化的因子(如住宅区类型、占地面积、入住率、温度、星期及节假日等)。本文提出的控制模型是把小区负荷因子相关参数与对应的小区变日最大负荷变化数据联系起来, 再通过负荷变化控制投切变操作的数学模型。由于该模型输入参

数较多，负荷因子与投切变操作之间没有必然联系，而小区负荷因子与负荷变化之间又存在非线性关系，采用传统的数学预测模型难以解析两者之间的复杂结构。鉴于此，本文采用了 BP 神经网络结合模糊控制的方法。

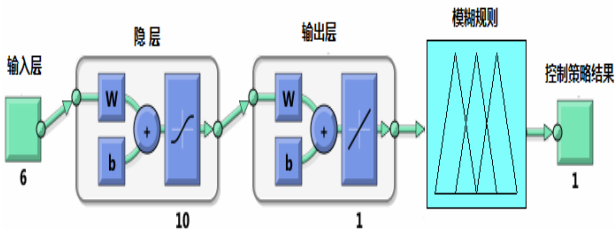


图 1 控制策略模型

BP 神经网络具有自适应建模学习及自动建模功能，非常适合描述电力系统复杂的非线性关系；BP 神经网络模型的建立主要依赖于现场数据，不需要单个实验和识别参数；模型有很强的学习功能，当系统环境发生变化时，只需输入新的资料让模型再学习即可很快跟踪系统的变化，可操作性强；通过学习当前电力系统的输入输出值，可以预测未来当输入因子发生变化时电力系统输出因子的变化趋势。在负荷因子和小区负荷变化之间的数学关系还未完全明确之前，BP 神经网络模型应用能够优化负荷预测。模糊理论具备处理模糊语言信息的能力，能够将某些人类语言或信息表示成计算机可以识别的数字代码，可模拟人类智慧进行判断和决策。根据 BP 神经网络预测的小区负荷总量再运用相关的模糊理论判断是否执行投切变操作，确定经济运行控制策略，控制策略模型如图 1。

2.2 控制模型输出输入量的选择

在控制策略模型的实际研究中，样本的选择十分重要，找出相关性比较强的样本输入和输出，BP 神经网络的学习才能准确、可靠，才能取得满意的负荷预测结果，从而做出正确的经济运行控制策略。

本文选择误差反向传播网络模型，具体流程见图 2，输入层神经元为 6 个，分别是住宅区类型、占地面积、入住率、温度、星期和节假日。其中将住宅区类型为数字如表 1 所示。

是否节假日(H)用简单分段函数表示如式(1)：

$$H = \begin{cases} 0 & \text{节假日} \\ 1 & \text{非节假日} \end{cases} \quad (1)$$

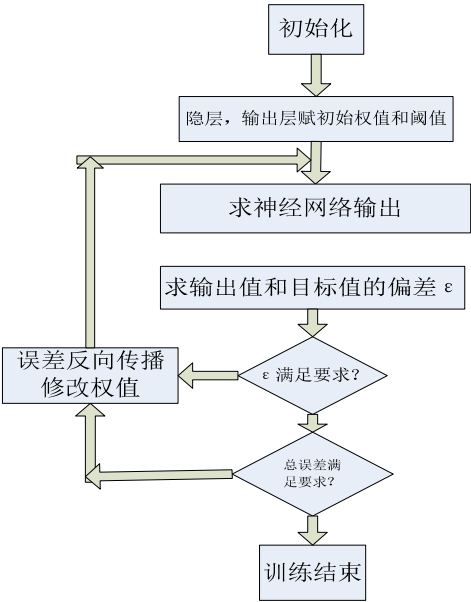


图 2 BP 神经网络算法流程图

表 1 住宅类型

普通住宅	中档住宅	高档住宅	别墅
1	2	3	4

其他负荷因子使用其正常参数表示。隐层节点根据经验公式和多次实例验证确定为 10 个。输出层节点为 1 个，即日最大负荷。

单日负荷预测算例如图 3 所示。

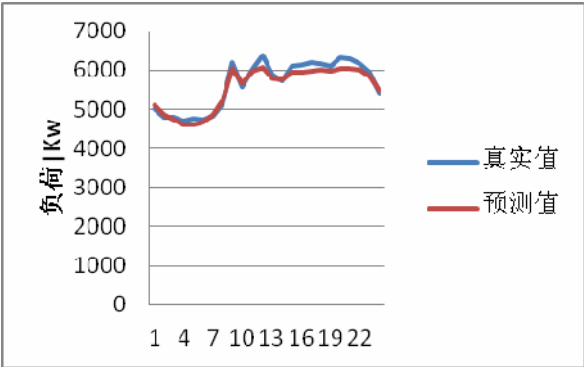


图 3 单日负荷预测对比曲线图

从图 3 可以看出，BP 神经网络算法对于超短期负荷预测的效果很好，误差相对比较小。

2.3 基于模糊规则的经济运行控制策略

一般来说，要提高变压器的运行效率，降低电能损耗，经济运行控制策略就要根据变压器运行特性来综合考虑以下方面：

- 1) 合理选择变压器的容量，使变压器在运行时的负载率尽可能接近最佳负载率；

2) 合理安排变压器的运行台数, 特别是当有多台变压器并联供电时, 应根据实际负荷大小合理安排投入运行的变压器台数, 以达到最小的变压器自身损耗;

3) 提高变压器负载的功率因数, 变压器效率随着输出功率变化的同时, 还随着负荷的功率因数变化而变化。功率因数低时, 效率相应降低, 提高功率因数, 可以降低高压电网的线损, 提高变压器的负载能力并改善用户的电压质量。

4) 调整运行负荷, 降低变压器负载损耗。

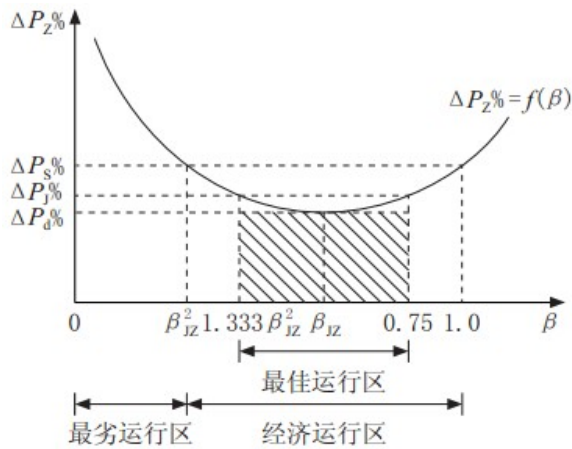


图 4 变压器负载率和变压器损耗关系

考虑到小区变结构的特殊性, 应用于一般变电站的变压器控制策略(如九区图、五区图等)并不适用于小区配电房的变压器操作控制。本文引入模糊理论模糊控制也是一种基于规则的控制, 它直接采用语言型控制规则, 出发点是现场操作人员的控制经验或相关专家的知识, 在应用中不需要建立输入与输出对象之间精确的数学模型, 因而使得控制机理和策略易于接受与理解。因此, 本文根据小区变的特点, 通过预测日最大负荷, 并以此作为变压器投切的主要依据。将模糊控制理论应用到变压器投切中不仅能实现小区变的智能经济运行, 同时也避免了变压器频繁投切, 延长了变压器开关的使用寿命。图 4 为单台变压器经济运行时负载曲线。

基于以上分析, 该变压器投切变控制模型如式(2):

$$S = (1 + \sigma) \frac{P_{\max}}{P_0} \quad (2)$$

式中  $S$  为投切依据;  $\sigma$  为惯性因子, 用于抑制变压器的频繁投切, 它的取值与变压器负载曲线有

关, 范围一般在  $[0, 1]$  之间;  $P_{\max}$  日最大负荷;  $P_0$  为一台或多台变压器并联经济运行时的负载功率; 表 2 则是与之相应的模糊控制规则。

表 2 变压器投切变模糊规则

输入	输出
已有一台变压器运行且 $S < 1$	(0) 无操作
已有一台变压器运行且 $S = 1$	(0) 无操作
已有一台变压器运行且 $S > 1$	(1) 投
已有多台变压器运行且 $S < 1$	(-1) 切
已有多台变压器运行且 $S = 1$	(0) 无操作
已有多台变压器运行且 $S > 1$	(1) 投

### 3 关键技术及研究成果

#### 3.1 中短期小区负荷预测模型的确定

以往电力负荷预测模型都是以历史负荷数据和温度作为参考值进行预测, 由于影响负荷变化的因素较多, 使得该类模型仅适合短期且固定区域的电力负荷预测, 本文提出基于小区负荷因子的 BP 神经网络负荷预测模型在时间长度上和通用性上具有一定优势, 并且在预测精度上也高于目前的其他的电力负荷预测模型, 图 5 为基于负荷因子的 BP 神经网络预测模型。

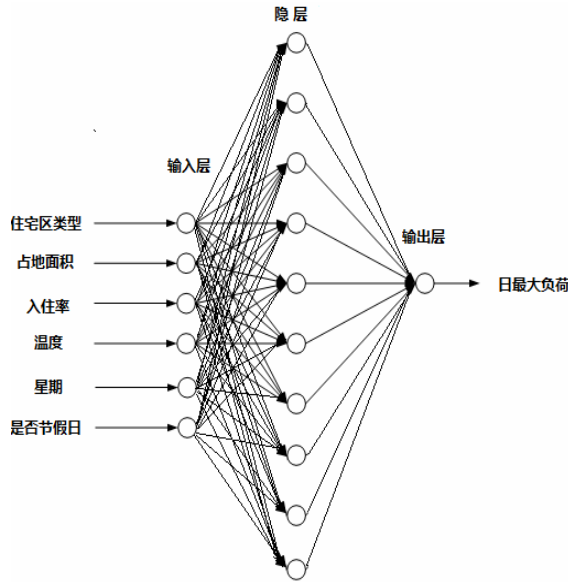


图 5 基于负荷因子的 BP 神经网络模型

#### 3.2 BP 神经网络隐层节点数的确定

隐层节点数目的选择一直都是 BP 神经网络能否成功建模的关键。它的节点数与建模的要求、输入输出的神经元数目都有着直接关系, 若数目太

少,无法产生足够的连接权组合来满足若干样本的学习;若数目太多,不仅增加训练时间,更重要的是隐层神经元数目过多会导致收敛时间过长,泛化能力过差,且误差不一定最佳,也会导致容错性差、不能识别以前没有训练过的样本,还可能出现“过度拟合”。关于确定隐层节点数有以下经验和计算方法:

1) 如果逼近的函数变化幅度大或者逼近精度高,可调整的连接权数也应适当增多,这样隐层节点数也要相应增多;

2) 在不确定隐层节点个数时,可先加入较少隐层神经元数目在网络中或者一开始就加入足够的节点数,然后根据学习情况逐渐增加或者减少;

3)  $k$ 为样本数,  $n_1$ 为隐层节点个数,  $n$ 为输入层节点个数,  $i$ 为 $[0, n]$ 之间的常数;

$$k < \sum_i^n C_i^{n_1}$$

4)  $m$ 为输出层节点个数,常数  $a=1\sim 10$ ;

$$n_1 = \sqrt{n+m} + a$$

5)  $n_1 = \log_2 n$

综合以上,本文采用 3) 4) 5) 的计算方法分别计算出综合确定最佳隐层神经元数目的边界值,根据样本分类,从最小的隐层节点数开始训练网络,逐个增加节点个数,直到验证到最大隐层节点个数,在训练集相同的,隐层神经元个数不同的情况下,待网络收敛后,比较网络的收敛速度;最后,根据训练结果得到的训练误差和测试误差来选择最佳神经元数目。这样可以有效的减少验证次数,从而以相对快的速度找到隐层最佳节点个数。

### 3.3 基于模糊理论的经济运行策略的确定

本文提出了通过投切变操作公式和模糊理论相结合的策略来控制变压器的运行台数,分配运行负荷,并对多配电变压器配电房采用轻退重投的方式实现小区变的经济运行。真正意义上实现了通过模糊规则制定了相对规范的小区变智能经济运行策略。考虑到变压器经济运行点以及投切变次数的限定等因素,引入投切变动态惯性因子  $\sigma$ ,它基于压器负载率和变压器损耗之间的关系曲线自适应地调整  $S$  的取值,使得变压器在经济运行的情况下  $S$  的数值始终能保持为 1,从而避免变压器的频繁投切。

## 4 结束语

本文小区变智能经济运行控制策略研究,通过分析小区变的特点和影响小区变负荷变化的因素,提出了基于 BP 人工神经网络的模糊控制策略系统。该系统采用 BP 人工神经网络预测小区变负荷未来一段时间的变化,并根据该变化数据运用模糊规则判断变压器的投切操作,完成了从中短期负荷预测到变压器投切变处理一整套小区变经济运行系统化流程,实现了小区变经济运行的目的,是一套比较完整规范的控制策略。

### 参考文献:

- [1] 滕菲,王宁.电力负荷预测技术[J].黑龙江电力,2002,24(5):342-345.
- [2] 魏伟,牛东晓.负荷预测技术的新进展[J].华北电力大学学报,2002,29(1):10-15.
- [3] 鲍正江,胡海兵.一种基于神经网络的电力负荷预测方法[J].浙江电力,2004,23(4):10-13.
- [4] 苏奎峰.TMS320F2812原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [5] 王东亮,顾亮,马国新.油气悬架变论域模糊控制仿真分析与试验研究[J].北京理工大学学报,2009,29(4):314-317.
- [6] 梅吉明,叶兰兰,黄彦全,等.调整变压器分接头的经济运行方式研究[J].陕西电力,2011(6).
- [7] 孙玮,孙鹏.变压器经济运行实现节能降耗[J].中国科技纵横,2012(2).
- [8] 卢建昌,韩红领.基于灰色神经网络组合模型的日最高负荷预测[J].华东电力,2008(2).
- [9] 彭怀午,刘方锐,杨晓峰.基于人工神经网络的风电功率短期预测研究[J].华东电力,2009(11).
- [10] 郑风雷.输电网扩展的社会经济性评估方法[J].电力系统及其自动化学报,2008,20(5):74-80.

### 作者简介:

刘忠(1968-),男,江苏扬州人,高级工程师,从事配网自动化系统研究工作;

郑海雁(1979-),男,浙江宁波人,高级工程师,长期从事电力信息化工作;

尹飞(1978-),男,安徽和县人,工程师,从事计量与自动控制相关系统研发工作。