

线损分析预测在供电管理中的应用

田宏杰

(宁夏灵武市宁东镇宁东供电局, 宁夏 灵武 751408)

摘要: 通过采用线损二项式、神经网络两种方法在供电管理中进行电力网线损率预测。通过引入线损二项式、以及对过网电量、供电量的增长、功率因数等单一因素的计算分析, 提出了线损预测方法; 通过引入神经网络(ANN)中BP网络的学习推理能力, 建立网络模型, 建立供电量与线损率的对应关系, 采用样本数据对神经网络训练得出预测线损率。根据计算电网改造项目对线损率的影响对预测结果进行修正。通过结合上述两种方法, 并根据历史数据修正线损预测结果, 指导降低管理线损。

关键词: 二项式; 供电量; 功率因素; 线损; BP神经网络; 负荷预测

Application of line loss analyzing forecast in power supply management

TIAN Hong-jie

(Ningdong Power Supply Bureau, Lingwu 751408, China)

Abstract: This paper applies line loss binomial calculation method and artificial neural network method to forecast line loss. By introducing line loss binomial calculation method and the single influence ingredient of the power consumption passing through power grid, the increment of power consumption and power factor, an idea for line loss forecast is proposed. By introducing a hybrid method used ANN's capability of learning and illation, a network model and the relationship of supplying power consumption and line loss are built, which are trained to forecast line loss by the sample date. At last, the result of line loss forecasting must be corrected by calculating the reformed project of power grid. The result of line loss is corrected by combining two methods and past data to lower manageable line loss.

Key words: binomial; supplying power consumption; power factor; line loss; BP artificial neural; load forecasting

中图分类号: TM715 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)07-0077-04

0 引言

在电力网安全稳定运行的前提下, 电网运行的主要目标是电网最经济运行, 电力网线损率是电网生产经营企业一个重要的综合性技术经济指标。线损管理是供电企业管理的关键环节, 要完成“十一五”节能降损的目标, 就要提高认识、加强管理。由于线损指标是一个综合性很强的指标, 引起波动的因素很多, 而且我国配电网自动化水平比较低, 准确信息难以收集。本文通过引入线损二项式和神经网络模型来预测线损率, 整体把握未来的线损大小。

1 二项式概念

电力负荷计算方法包括: 利用系数法、单位产品耗电量法、需要系数法、二项式系数法。我国一般

使用需要系数法和二项式系数法, 前者适用于确定全厂负荷计算、车间变电所负荷计算及负荷较稳定的干线负荷计算, 后者用于负荷波动较大的干线或支线负荷计算。

电力网是由许多电气元件联结在一起形成的, 而每一个元件的电能损耗总可以用空载损耗与负载损耗来表示, 以二项式出发

$$\Delta A = B + CA^2 \quad (1)$$

引入损耗结构函数 $H(B, C, A)$ 的概念, 定义单位线损率的线损电量对供电量变化率为电能损耗结构系数 H ,

$$H = \frac{d(\Delta A) / dA}{\Delta A\%}$$

式中: B 表示电力网空载损耗; A 表示统计时间段内的供电量; C 是与电力网、元件特性及运行工况相关联的系数; CA^2 是与供电量密切相关的负载损

耗。式 (1) 经换算得到式 (2)

$$\Delta A\% = \Delta A/A = B/A + CA = \Delta A_{kz}\% + CA \quad (2)$$

$$\Delta A_{kz}\% = B/A$$

利用线损率计算公式, 就可以对线损变化的因素进行分析^[1]。

2 过网电量对线损的影响

电网不仅承担着向电力用户配电的任务, 而且也担负着向临近电网输电的义务, 在向临近电网供电中, 也存在着损耗。下面对存在过网电量对线损率产生的影响进行分析。

假设电网无过网电量, 电网售电量为 A_1 , 供电量是 A , 电网线损率按下式计算:

$$\Delta A\% = \Delta A_{kz}\% + CA_1 = \Delta A_{kz}\% (1+a)$$

式中: $\Delta A_{kz}\%$ 表示负载损耗率; $a = \Delta A_{kz}\% / \Delta A_{kz}\%$ 表示损耗结构比。

当有过网电量 A_2 通过, 令过网电量与供电量 A 的比率为 q , 即 $q = A_2/A$, 且假设该级电压网络的损耗系数不变, 其综合线损率用下式表示:

$$\Delta A' \% = \Delta A_{kz}\% A / (A + A_2) =$$

$$(\Delta A_{kz}\% A) / (A + A_2) + CA(1+q) =$$

$$\Delta A_{kz}' \% + \Delta A_{kz}' \%$$

考虑过网电量时的损耗构成, 损耗结构比 $a' = \Delta A_{kz}' \% / \Delta A_{kz}' \%$, 得 $a' = a / (1+q)^2$ 。

$$\text{又因: } \Delta A' \% = \Delta A_{kz}' \% (1+a')$$

$$\Delta A_{kz}' \% = \Delta A_{kz}\% (1+q)$$

$$\Delta A' \% = \Delta A_{kz}\% (1+q) [1 + a / (1+q)^2] =$$

$$\Delta A_{kz}\% [(1+q)^2 + a / (1+q)]$$

将 $\Delta A_{kz}\% = \Delta A\% / (1+a)$ 代入上式, 得

$$\Delta A' \% = \Delta A\% [(1+q)^2 + a] / [(1+q)(1+a)] \quad (3)$$

通过式 (3), 就可以计算过网电量引起的线损率的变化。

3 功率因数的变化、供电量的增长对线损的影响

3.1 供电量增加对线损的影响

我局所辖电网是宁夏宁东电网, 不同于其他地区电网结构。主要为煤化工企业、煤矿开采业、铁路牵引站、抽水泵站等企业, 大都属于工业用电, 大型化企业有自备电厂。

目前负荷预测的方法很多, 例如间序列法、卡尔曼滤波分析法、回归分析法、指数平滑预报法、电力弹性系数法、部门分析法、大用户自然增长法、负荷密度法、遗传算法等, 不同的方法有其特点和适用领域。我局所供企业负荷可预见性低, 其超常发展的特殊性, 负荷预测以负荷密度法为主。

我局根据地方企业发展特性, 对相关企业进行实地负荷调研, 统计企业用电容量, 将收集到的信息进行负荷分类, 对我局所辖地区进行划分, 根据规划的各个区域相应的负荷密度指标, 进行负荷分布预测, 统计总负荷与分类负荷, 最终预测来年的负荷大小, 预测数据可信度高。

根据线损二项式 $\Delta A = B + CA^2$, 两边对供电量求导:

$$d(\Delta A) / dA = 2CA$$

若令线损电量的增长率为 R , 供电量的增长率为 r , 则根据增长率的概念可得 $R = d(\Delta A) / \Delta A$; $r = dA / A$, 便有

$$R = 2CA / (B + CA^2) = 2r / (1+a) \quad (4)$$

从式(4)得出, 供电量的增长和线损电量的增长之间成线性比例关系, 多数情况下, $a < 1$, 有 $2 / (1+a) > 1$, 即线损电量的增长随供电量的增长而增长。

在实际运行中, 电力网参数变化是多方面的, 不仅负荷率、功率因数等发生变化, 负载损耗、空载损耗、供电量都会发生变化, 有降低线损的因数, 也有升高线损的因数。将线损二项式取全微分, 可以用下式求出多因素变化对线损的影响以及对未来时段的预测值^[2]。(当供电量增长与初值相比很小时, dx 与 Δx 近似相等)

$$d(\Delta A) = \frac{\partial \Delta A}{\partial B} dB + \frac{\partial \Delta A}{\partial C} dC + \frac{\partial \Delta A}{\partial A} dA =$$

$$dB + A^2 dC + 2CA dA$$

3.2 提高功率因数对线损的影响

电网中存在着大量感性负载使得功率因数低, 在同样的功率下, 功率因数越低, 负载电流就越高, 线损成平方比增加^[3]。

用户有功功率 P 不变的条件下, 提高用户功率因数, 可以减少用户所取用的无功功率 Q , 也就可以减少电网中输送的无功, 从而降低线损。功率因数由 $\cos \theta_1$ 提高到 $\cos \theta_2$, 降低线损的结果可以用下式计算。

$$\Delta P = (1 - \cos^2 \theta_1 / \cos^2 \theta_2) \times 100\%$$

表 1 提高功率因数与线损率降低关系

Tab.1 Raising power factor and relation of reduction

in line loss rate						
$\cos \theta$	0.6 提高 高到	0.65 提高 高到	0.7 提高 高到	0.75 提高 高到	0.8 提高 高到	0.85 提高 高到
	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
功率损耗 降低 / %	56	48	40	31	21	11

如表 1 所示, 如果功率因数由 0.85 提高到 0.9, 线损率按降低 11% 计算。根据同一电压等级的供电量, 可以计算出减少的线损电量, 根据减少的线损电量, 计算出降低的线损率, 然后再根据降低的线损率, 对预测值进行修正。

在配电网中, 用户感性无功功率较多的设备主要是电动机与变压器, 因此提高用户的无功补偿将产生较好的降损效果^[4]。

4 神经网络模型

人工神经网络 (ANN) 主要是模拟人脑功能的若干基本特征, 神经网络是由大量的神经元组合产生的系统, 有很强的学习能力、计算能力、变容错能力以及各种智能处理能力。图 1 给出一个基本的 BP 神经元, 具有 R 个输入, 每个输入都通过一个适当的权值 W 与下一层相连, 网络输出可表示:

$$a = f(w \times p, b)$$

其中: p 为网络输入; b 为阈值; w 为权值; f 为隐层神经元的变换函数。

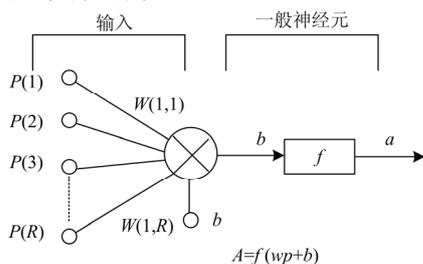


图 1 BP 神经元
Fig.1 BP nerver cell

利用人工神经网络 (ANN) 中 BP 网络的学习推理能力, 完成线损率的基本分量预测, 而不考虑引起线损升降的其他因素。该方法的流程图如图 2。

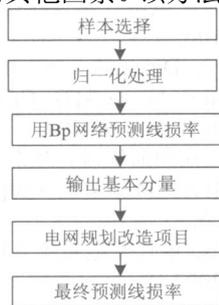


图 2 流程图
Fig.2 Flow chart

线损分析的神经网络预测模型以供电局各电压等级供电量, 各电压线路条数和长度、各等级变压器台数和容量作为输入, 对应年的线损率为输出, 根据我局辖区的负荷特性, 来组织合理的 BP 神经网络样本来预测线损率^[5]。

为了避免神经元出现饱和, 在 ANN 的输入层要进行训练和学习的数据进行归一化处理, 使输入神经元的数值位于 $[-1, 1]$ 之间, 归一化公式如下:

$$Y_j = Y_i / Y_{\max}$$

式中: Y_j 为各电压等级电网参数和典型日供电量的归一化后数据; Y_i 为各等级电压电网参数和典型日供电量的实际值; Y_{\max} 为各等级电压电网参数和典型日供电量的最大值。

用 BP 网络预测线损率, 通过对样本数据的神经网络训练, 可建立供电量与线损率的对应关系。采用 Matlab 中神经网络工具箱函数 *initff*、*trainlm*、*simuff*, 相应的过程为初始化、训练和仿真, W_0 、 W_1 、 W_2 、 W_3 表示各种神经元层的权值, b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 表示各神经元层的阈值。

①初始化

采用一个三层的 BP 网络, 第一个隐层有三个神经元 ($S1$), 第二隐层有七个神经元, 传递函数为 *tansig* ($S2$), 输出层只有一个神经元 ($S3$), 传递函数为 *tansig*, 传递函数为 *purelin*, 该 BP 网络的初始化语句为:

$S1=3$; $S1=7$; $S1=1$;

$[w1, b1, w2, b2, w3, b3]=initff(P, S1, 'tansig', S2, 'tansig', S3, 'purelin')$; P 为样本输入数据

②训练

采用一个三层 *tansig/tansig/purelin* 网络, 利用 *trainlm* 函数训练网络, 该 BP 网络的训练语句为:

$df=10$; %学习过程显示频率

$me=8000$; %最大训练步数

$eg=0.002$; %误差指标

$tp=[df\ me\ eg]$; %训练参数

$[w1, b1, w2, b2, w3, b3, ep, tr]=trainlm(w1, b1, 'tansig', w2, b2, 'tansig', w3, b3, 'purelin', p, t, tp)$

其中: P 为样本输入数据; t 为目标矢量即样本对应的理论线损率。

③仿真

采用一个三层 *tansig / tansig / purelin* 网络, 利用 *trainlm* 函数测试网络, 得到输出的预测线损率 $L1$, 训练语句为:

$L1=simuff(pp, w1, b1, 'tansig', w2, b2, 'tansig', w3, b3, 'purelin')$

④修正后的预测结果

应用人工神经网络可以得到线损率的基本分量, 通过计算电网改造项目对线损率的影响对预测结果进行修正。

$$L = L1 + L2 + L3 - L4 - L5 - L6$$

式中： $L1$ 为修正后的线损率预测结果； $L2$ 为神经网络预测的线损率结果； $L3$ 为过网电量引起的线损率升高的百分比； $L4$ 为增添无功补偿装置引起的线损率下降的百分比； $L5$ 为技术改造引起的线损率下降的百分比； $L6$ 为配变台区三相不平衡经过调整引起的线损率下降的百分比。

通过这种综合预测方法，可以充分利用人工神经网络的学习推理能力，又考虑到电网改造对线损率的影响，并同过测量等手段对这些样本进行线损计算，通过 ANN 的学习过程，就可以得到一个精度高、鲁棒性强的线损模型，只要电网结构不发生大的改变，该模型可适用于今后几年的线损分析，预测和考核使相当方便的。

5 结论

本文在阅读大量文献的基础上，归纳总结了预测线损率的两种方法，阐述了线损二项式、ANN 应用于供电管理的线损率预测中，通过比较两种方法计算出的预测值，修正预测结果，确定出具有参考价值的预测值。根据预测值与线损率统计值进行分析，发现供电网络中的薄弱环节，通过理性分析，及时调整降损措施，使降损工作有的放矢，做出实效，提高企业效益，降低生产成本。

参考文献

[1] Levitin G, Kalyuzhny A, Shenkman A, et al. Optimal

(上接第 76 页 continued from page 76)

结果数据写入 Oracle 数据库，避免了在庞大的数据库中进行操作，大大提高了运算速度。

(4) 通过 ASP.NET 实现实用、专业、美观的人机界面，强大的报表、曲线/棒图、统计分析、事件报警/记录等功能。

(5) 通过 Web 服务器采用网页的方式发布各类信息，方便公司领导和有关部门进行各类查询、下载和打印数据报表。

4 结论

鞍山配电网管理系统将低层数据库进行整合，搭建了统一的数据平台，利用先进的计算机技术实现了实时数据查询，配电网分析包括线损、供电可靠性等技术指标的分析，并通过 Web 网页和可视化潮流平台展示，为供电企业决策者进行决策提供辅助支持，从而节约供电企业投资，使其各部门能科学、高效地保障电网的安全稳定运行，具有较高的科技含量及经济价值。

配电网管理系统对各种指标进行分析和归纳，发现配网运行中存在的问题。但还需要对如何合理

Capacitor Allocation in Distribution Systems Using a Genetic Algorithm and a Fast Engery Loss Computation Technique[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000, 15 (2): 623-628.

[2] 袁宗才. 线损结构分析及其应用[J]. 国际电力, 2005, 6(9): 45-46.
YUAN Zong-cai. Decomposition of Line Loss and Its Application[J]. International Electric Power for China, 2005, 6(9): 45-46.

[3] 丁心海, 罗毅芳, 刘巍, 等. 改进配电网线损计算方法的几点建议[J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (13): 57-61.
DING Xin-hai, LUO Yi-fang, LIU Wei, et al. Proposals on Improving the Current Methods for Calculating Line Losses of Distribution [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (13): 57-61.

[4] 王涛, 张坚敏, 李小平. 计划线损率的计算及其评价[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 40-42, 55.
WANG Tao, ZHANG Jian-min, LI Xiao-ping. Calculation of Scheduled Loss Ration and Its Assessment[J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 40-42, 55.

[5] 楼顺天, 施阳. 基于 MATLAB 的系统分析与设计——神经网络[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.

[6] 高隽. 神经网络原理及仿真实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

收稿日期: 2009-04-08; 修回日期: 2009-06-23

作者简介:

田宏杰 (1981-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力网线损管理和电力网规划设计. E-mail: tianhj_28@163.com

重构网络, 实现最小线损、提高电压合格率等提出合理的解决方案供运行人员参考, 这是后期需要解决的问题。

参考文献

[1] 杨超杰. 对城市配电网管理现状探讨[J]. 广东科技, 2008(16): 98-100.
YANG Chao-jie. Discussion on the Development of Urban Distribution Network[J]. Guangdong Science & Technology, 2008(16): 98-100.

[2] 雷铭. 贵州电力实验研究院, 华北电力科学研究院有限责任公司. 电力网降损节能手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.

[3] 王守相, 王成山. 现代配电系统分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

收稿日期: 2009-04-24; 修回日期: 2009-06-01

作者简介:

刘燕 (1982-), 女, 硕士, 研究方向为电力系统分析与控制; E-mail: liuyan23@ncepu.edu.cn

姜形 (1970-), 男, 教授, 从事电力网络分析和计算机应用方面的研究。