

# 基于径向基神经网络的风电场无功补偿优化算法

张红涛,张凌云,李晓丹,邱道尹

华北水利水电大学电力学院,郑州 450011

**摘要** 针对风电场无功补偿容量计算工作量大、计算过程复杂的问题,提出了应用径向基神经网络优化风电场无功补偿容量计算的方法。首先建立了含风电场的电力系统潮流计算模型,以某风电场实际有功功率作为模型的输入,计算该风电场所需的无功补偿容量;以有功功率作为输入数据,以计算所得的无功补偿容量作为目标输出,建立径向基神经网络,并对该神经网络进行训练。用训练后的径向基神经网络代替潮流计算模型,对该风电场所需无功功率进行计算,结果表明,该方法计算复杂度比潮流计算模型低,计算量少。研究表明可用训练后的径向基神经网络模型代替潮流计算模型,实时计算风电场无功补偿容量。

**关键词** 无功补偿;风电并网;潮流计算;牛顿-拉夫逊法;径向基神经网络

**中图分类号** TM614

**文献标志码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.11.007

## Reactive Power Compensation Based on Radial Basis Function Neural Network for Wind Farm Connected to Power System

ZHANG Hongtao, ZHANG Lingyun, LI Xiaodan, QIU Daoyin

Electric Power Institute, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China

**Abstract** This paper proposes an optimization algorithm based on radial basis function (RBF) neural network to deal with heavy workload and complex calculation process of wind farm reactive power capacity calculation. First, a model for power flow computation of power systems containing wind farm is established, and the actual active power of a wind farm is taken as the input of the model, to calculate the reactive compensation capacity required. Second, the actual active power of the wind farm is used as input data, and the resulting reactive power compensation capacity as the target output, to establish a RBF neural network and train it. Finally, with the trained RBF neural network replacing the power flow calculation model, the reactive power compensation capacity for the wind farm is calculated. Calculation results show that the computational complexity of RBF neural network model is lower than that of the power flow calculation model, and the workload is reduced. Thus, the RBF neural network model can be trained to replace the power flow calculation model to calculate the reactive power compensation capacity of wind farm in real time.

**Keywords** reactive power compensation; grid-connected wind power; power flow calculation; Newton-Raphson algorithm; RBF neural network

大力发展新能源和可再生能源,是推进能源多元清洁发展、培育战略性新兴产业的重要战略举措,也是保护生态环境、应对气候变化、实现可持续发展的迫切需要。在新能源领域,风能作为一种清洁、可再生能源,越来越受到全球范围内的广泛关注;风力发电具有的环境友好、技术成熟、可靠性

高、规模效益显著等特点,也越来越被人们所认可<sup>[1]</sup>。但由于风速具有波动性和间歇性,且通常将风电场接入到电网末端,与电网连接薄弱,导致了大容量的风电并网必然对电网电压稳定产生较大的影响。风电场的无功补偿是维持风电并网稳定性的重要因素之一,因此,对风电场无功补偿容量

收稿日期:2013-07-19;修回日期:2014-03-18

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)重大项目(SQ2010AA0523193001)

作者简介:张红涛,副教授,研究方向为智能控制,电子信箱:zht1977@ncwu.edu.cn

引用格式:张红涛,张凌云,李晓丹,等.基于径向基神经网络的风电场无功补偿优化算法[J].科技导报,2014,32(11):49-54.

计算的研究具有十分重要的意义。

陈珩等<sup>[2,3]</sup>介绍了利用牛顿-拉夫逊法进行电力系统潮流计算;王海超等<sup>[4,5]</sup>提出了含风电场的电力系统潮流计算的联合迭代算法,通过修正雅克比矩阵以简化迭代过程;李广凯<sup>[6]</sup>针对风力发电无功控制难的问题,介绍了一种新型的带有动态无功控制功能的风力机;董云龙<sup>[7]</sup>讨论了基于静止无功补偿器(SVC)进行无功补偿,从而控制电网电压的原理;张洋<sup>[8]</sup>、张平<sup>[9]</sup>、朱雪凌等<sup>[10]</sup>、刘艳妮等<sup>[11]</sup>、Leung等<sup>[12]</sup>分别采用遗传算法及其改进策略来确定无功补偿容量;江岳文等<sup>[13]</sup>讨论了随机粒子群算法在风电场无功补偿中的应用;冉然<sup>[14]</sup>提出了应用并联电容器组+SVC对风电场进行联合无功补偿策略,以保持并网点电压问题。以上文献中介绍的采用SVC进行无功补偿,当电压水平过低时,补偿器的输出反而会减少,导致换流元件容易对电网产生较多的谐波电流,从而对电网电压波动的调节不理想;而采用智能优化算法虽然无功补偿效果好,风电场电压水平改善明显,但计算复杂,工作量大,不利于实际风电场的无功补偿工作。

风电场的无功补偿容量主要根据风电场母线电压的变化确定。本文分析风电机组有功功率、无功功率和母线电压之间的耦合关系;以牛顿-拉夫逊法潮流计算原理为基础,建立含风电场的电力系统潮流计算模型,以某风电场实际有功功率为潮流计算模型的输入,计算该风电场所需的无功补偿容量;以风电场的实际有功功率作为输入数据,以潮流计算模型所得到的无功补偿容量作为目标输出,建立基于径向基(radial basis function, RBF)神经网络的无功补偿优化算法,并对该神经网络进行训练。用训练后的RBF神经网络代替含风电场的电力系统潮流计算模型,对该风电场所需无功功率进行计算。

## 1 风电机组的简化模型

风电机的功率特性曲线一般由风机制造厂商随风机提供给用户,在计算中可以用分段函数表示,故风电机组的出力为<sup>[14]</sup>

$$P_c = \begin{cases} 0 & v < v_{\text{cut-in}} \\ \frac{v - v_{\text{cut-in}}}{v_r - v_{\text{cut-in}}} P_r & v_{\text{cut-in}} < v < v_r \\ P_r & v_r < v < v_{\text{cut-out}} \\ 0 & v > v_{\text{cut-out}} \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $v_{\text{cut-in}}$  和  $v_{\text{cut-out}}$  分别为风电机组的切入风速和切出风速,  $v_r$  为风电机组的额定风速, m/s,  $P_r$  为风电机组的额定有功出力, kW。

风电机组输出的有功功率  $P_c$  一定时,它吸收的无功功率  $Q_c$  与机端电压  $U$ 、滑差  $s$  的大小密切相关<sup>[5]</sup>。

$$Q_c = -\frac{r_2^2 + x_k(x_k + x_m)s^2}{r_2 x_m s} P_c \quad (2)$$

$$P_c = -\frac{U^2 r_2 / s}{(r_2 / s)^2 + x_k^2} \quad (3)$$

式中,  $r_2$  为转子电阻,  $\Omega$ ,  $x_m$  为励磁电抗,  $x_k = x_1 + x_2$ ,  $x_1$  为定子电抗,  $x_2$  为转子电抗,  $\Omega$ 。

## 2 含风电场的电力系统潮流计算

常规的潮流计算将系统中节点分为PQ节点、PV节点和平衡节点3大类。由于风电的特殊性,风电场节点不能简单地视为PQ或PV节点,求解包含风电场的电力系统潮流时,必须考虑风电机组本身的特点:发出有功的同时吸收无功,且吸收的无功功率的大小与极端电压、发出的有功功率以及滑差密切相关。

由式(3)可得异步电动机的滑差率  $s$  的表达式为

$$s = -\frac{U^2 r_2 - \sqrt{U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2}}{2P_c x_k^2} \quad (4)$$

消除滑差率  $s$  后,可得有功功率和无功功率的关系为

$$Q_c = -\frac{2P_c^2 x_k^2}{r_2^2 (-U^2 r_2 + \sqrt{U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2}) x_m} \quad (5)$$

考虑风电场含有  $n$  台风力发电机,忽略风电场内部线路损耗和变压器损耗,且假定所有机组具有相同的机端电压,并等于待求的风电场母线电压  $U_f$ , 则有

$$\begin{cases} P_f = \sum_{i=1}^n P_{ci}(v_i) \\ Q_f = \sum_{i=1}^n Q_{ci}(P_{ci}, U_f) \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $P_f$ 、 $Q_f$  分别为风电场总的有功和无功功率,  $P_{ci}$ 、 $Q_{ci}$  分别为第  $i$  台风电机组注入电网的有功和无功功率,  $v_i$  为第  $i$  台风力机处的风速(不考虑尾流效应)。

由以上公式可知,当风速已知时,则风电场节点的有功功率为已知量,进而无功功率可表示为关于电压和有功功率的函数表达式。在用牛顿-拉夫逊法计算潮流时,雅克比矩阵中的风电场节点无功增量对电压的偏导数修正增量如下所示<sup>[5]</sup>:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_c}{\partial U} = & -\frac{x_k + x_m}{r_2 x_m x_k} \left( -2Ur_2 + \frac{2U^3 r_2^2}{\sqrt{U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2}} \right) - \\ & \frac{2P_c^2 x_k^2}{r_2 x_m} \left[ -2Ur_2 + 2U^3 r_2^2 (U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2)^{-\frac{1}{2}} \right] \cdot \\ & (-U^2 r_2 + \sqrt{U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2})^{-2} \left[ -r_2^2 - \frac{x_k + x_m}{4P_c^2 x_k^3} (-U^2 r_2 + \sqrt{U^4 r_2^2 - 4P_c^2 x_k^2 r_2^2})^2 \right] \end{aligned} \quad (7)$$

因此,含风电场的电力系统潮流计算具体步骤如下:

- 1) 形成节点导纳矩阵;
- 2) 给定风电场各节点的电压初值,给定风电场风速;
- 3) 由式(1)、(5)计算出风电机组的有功功率和无功功率;
- 4) 求修正方程式中有功和无功不平衡量,并获得雅可比矩阵元素;
- 5) 根据式(7)修改雅可比矩阵中的风电场节点对应的

元素;

6) 用牛顿-拉夫逊方法求解修正方程,并修正各节点电压;

7) 检验是否收敛,若收敛,则计算结束;否则以修正后的节点电压作为初值,返回步骤(3)进行下一次迭代。

### 3 无功补偿容量的确定

#### 3.1 SVC容量的确定

考虑在风电送出系统中,两级升压变的高一级电压升压变低压侧,配置可连续调节的无功补偿装置;在风电场升压站加装静止无功补偿器SVC,控制并网点电压水平。通过枚举法确定SVC无功补偿容量。

令风速在有效风速范围(4~25 m/s)内变化,每15 min采集一次有功数据;同时使并网点的无功值从0开始增加,步长

取0.01 kVar,各个量每变化一次进行一次潮流计算,找到使并网点电压最接近1 pu的并网点一系列无功值,取其最大值,即为风电场所需总的无功补偿容量,即SVC容量值<sup>[10]</sup>。

#### 3.2 算例分析

以中国某实际含风电场的电力系统为例进行分析,搭建仿真模型。风电场装机容量为183 MW,由244台单机容量为750 kW的金风风机组成。箱变244台,共分为24组。风力发电机组经箱变 $T_2$ 升压至35 kV后,再通过24条35 kV电压线路汇集到1座两台容量为 $2 \times 10^5$  kV·A主变 $T_1$ 的230 kV升压变电站。风电场通过变压器和230 kV线路接入WSCC-9节点系统,用PSASP软件进行含风电场的电力系统潮流计算。为了便于仿真分析,将原风电场450个节点模型简化,只考虑其中的42个节点,图1所示为含风电场的电力系统潮流计算单线图。

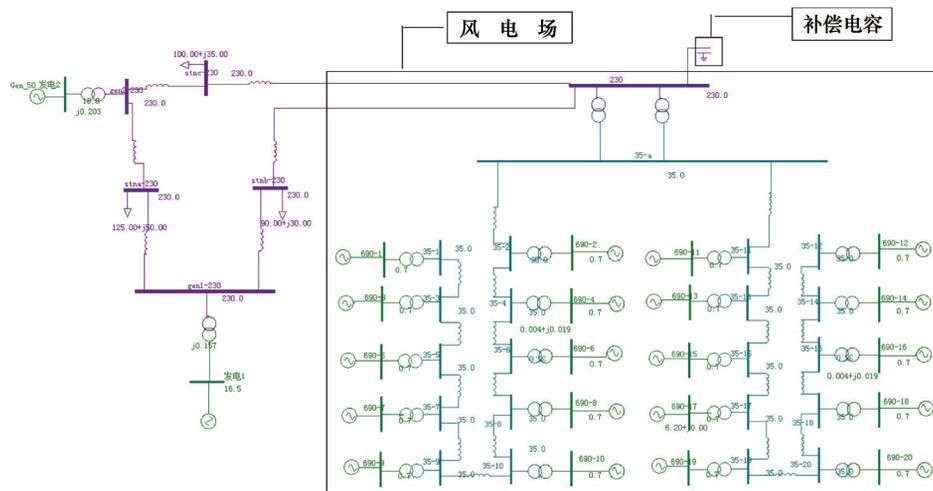


图1 含风电场的电力系统潮流计算单线

Fig. 1 Single line diagram of power flow calculation with wind farms

取该风电场7月1—31日实际发出的有功功率作为潮流计算的有功数据,数据样本为每15 min采集1次,切入风速为3 m/s,额定风速13 m/s,其有功数据如图2所示。

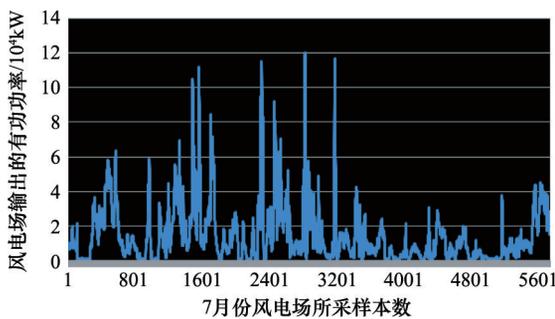


图2 7月风电场输出的有功功率

Fig. 2 Active power of wind farm in July

利用本文介绍的牛顿-拉夫逊法进行潮流计算,可得到相应的7月风电场母线电压变化情况(图3)。图3虚线表示没有进行无功补偿时,相应的母线电压变化情况。从图3可知,风电场并网运行时,随着风速的波动,风电场母线电压不断变化。当风速较低时,风电场有功输出小,此时风电机组从电网吸收的无功功率不大,对母线电压影响较小,能够保持基本稳定;但当风速较高时,风电场输出的有功功率变大,此时风电机组从系统中吸收的无功功率也随之增加,系统母线电压下降严重,甚至超出了风电场母线电压合格范围( $U_0 \in [0.9, 1.1]$  pu)。

因此,考虑在风电场升压站加装静止无功补偿器SVC,以控制并网点电压水平。根据本文3.1中介绍的确定SVC无功补偿容量的方法,对风电场进行无功补偿,图4所示为通过潮流计算得出的7月无功补偿容量。

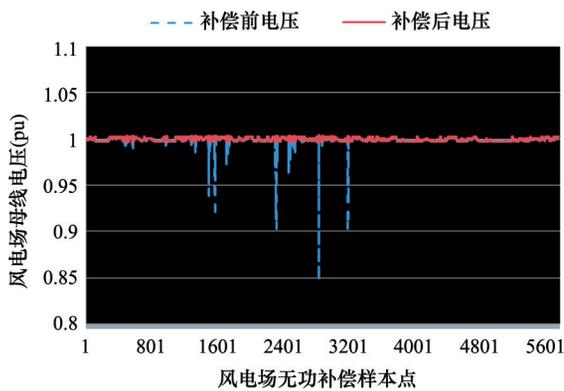


图3 7月风电场无功补偿前后的母线电压

Fig. 3 Bus-bar voltage of wind farm before and after reactive power compensation in July

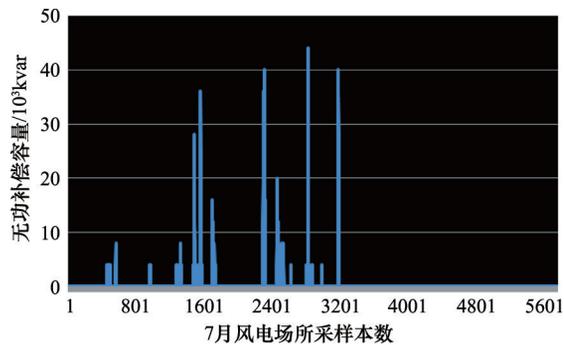


图4 7月风电场无功补偿容量

Fig.4 Required reactive power compensation capacity of wind farm in July

经过无功补偿后,再次进行潮流计算,得到此时的风电场母线电压变化情况为图4中的实线所示。由图4可知,经过无功补偿后,系统的母线电压波动有了明显的改善,母线电压基本保持稳定,并维持在1 pu左右。

利用牛顿-拉夫逊法进行含风电场的电力系统潮流计算,所得的无功补偿容量计算准确,补偿后的风电场母线电压能够达到并网稳定运行要求。但在计算过程中,各个量每变化一次,都要进行一次潮流计算,计算量大,计算过程复杂,耗时长,不利于风电场无功补偿的实时实现。故本文提出了基于径向基神经网络的风电场无功补偿优化算法。

## 4 基于径向基神经网络的无功容量计算

### 4.1 径向基神经网络

人工神经网络具有大规模并行处理能力、分布式存储能力、自适应能力等特征,在非线性系统的建模与辨识中得到广泛的应用。其中,径向基函数RBF<sup>[15-17]</sup>网络是一种局部逼近网络,训练速度快,在近些年开始备受关注。相对于在训练过程中需要对所有权值和阈值进行修正的BP网络,其在逼近能力、分类能力和学习速度等方面均更优。

RBF神经网络的结构与BP神经网络类似,也是一种3层

前向网络,其基本结构如图5所示。该网络具有以下特点:只有一个隐层,隐层单元采用径向基函数作为其输出特性,输入层到隐层之间的权值均固定为1;输出节点为线性求和单元,隐层到输出节点之间的权值可调,因此输出为隐层的加权求和。其中, $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为输入, $f(x)$ 为输出, $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m$ 为权值。

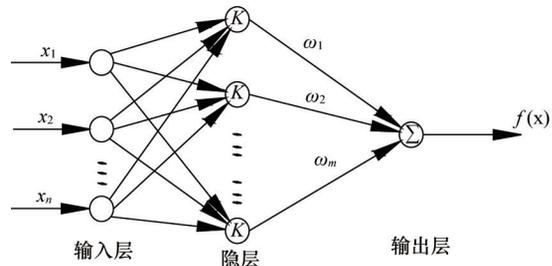


图5 RBF神经网络结构

Fig. 5 Structure of RBF neural network

所谓径向基函数,是指某种沿径向对称的标量函数。通常定义为空间中任一点 $x$ 到某一中心 $x_c$ 的之见欧式距离的单调函数,可记为 $k(\|x-x_c\|)$ ,其作用往往是局部的,即常 $x$ 远离 $x_c$ 时函数取值很小<sup>[18]</sup>。最常用的径向基函数是高斯核函数:

$$k(\|x-x_c\|) = \exp\left\{-\frac{\|x-x_c\|^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (8)$$

式中, $x_c$ 为核函数中心, $\sigma$ 为函数的宽度参数,控制了函数的径向作用范围。

因此,RBF神经网络网络的输出为

$$y=f(x) = \sum_{i=1}^m \omega_i k(\|x-x_c\|) = \sum_{i=1}^m \omega_i \exp\left\{-\frac{\|x-x_c\|^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (9)$$

式中, $m$ 为隐层节点数, $\omega_i$ 为第 $i$ 个基函数与输出节点的连接权值, $i=1,2,\dots,m$ 。

对于隐层神经元个数的确定,通常网络会从0个神经元开始训练,通过检查输出误差使网络自动增加神经元。每次循环使用,重复过程直到误差达到要求。故RBF网络具有结构自适应确定,输出与初始权值无关的特征。

在典型的RBF网络中,隐层节点基函数的中心 $x_c$ ,函数宽度参数方差 $\sigma$ 以及隐层与输出层间的权值 $\omega$ 的确定是网络应用的关键。根据径向基函数中心选取方法的不同,RBF网络有不同的学习方法,其中最常用的4种学习方法是:随机选取中心法、自组织选取中心法、有监督选取中心法和正交最小二乘法。

### 4.2 运用RBF神经网络的无功补偿容量计算

根据RBF神经网络工作原理,创建RBF网络模型:将该风电场6月3日至7月31日的风电场实际输出功率值作为输入数据,其相应的风电场无功补偿容量作为目标输出,对神

神经网络进行训练。训练误差变化曲线如图6所示,图中实线和虚线分别表示风电场6月和7月数据的网络训练误差。

图7为网络的误差平方和与训练步数的变化曲线,亦为网络神经元个数的确定过程。目标误差设为0.0001。由图7可知,RBF网络训练需要2步即达到了训练精度的要求。

以8月风电场实际有功输出作为RBF网络的输入数据,

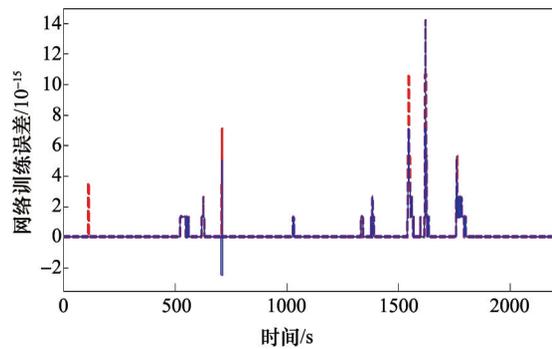


图6 训练误差变化

Fig. 6 Variation curve of training errors

计算相应的风电场所需无功补偿容量。图8为通过牛顿-拉夫逊法潮流计算所确定的无功补偿量与RBF神经网络计算所得无功功率对比图。由图8可知,用牛顿-拉夫逊法潮流计算所确定的无功补偿量与通过神经网络计算所得的无功补偿容量变化趋势相同,表明本文提出的利用RBF神经网络代替潮流计算模型,来计算风电场所需的实时无功补偿容量是实际可行的。

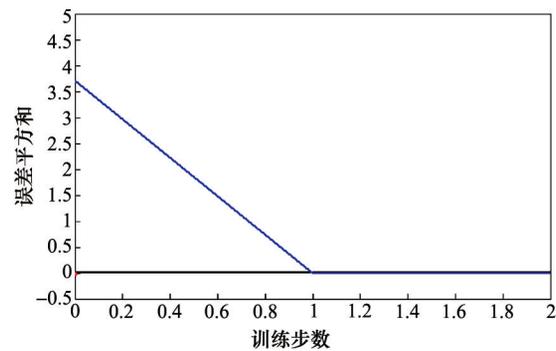


图7 误差平方和与训练步数的变化

Fig. 7 Variation of sum of squared errors with training steps

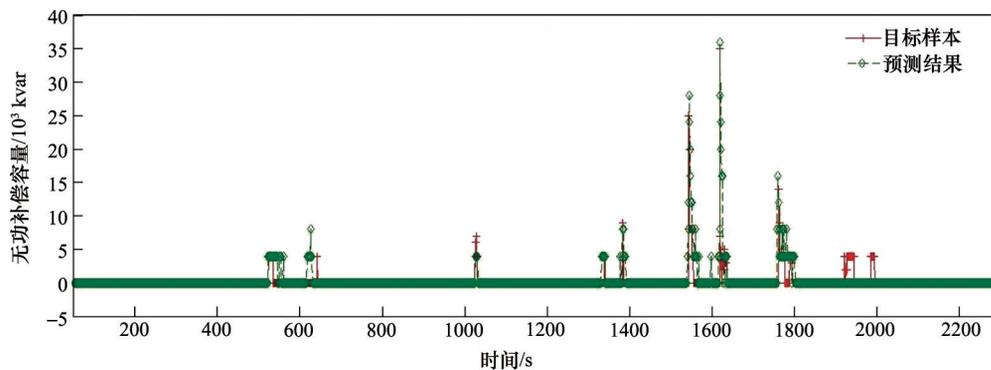


图8 网络目标与预测结果

Fig. 8 Network goals and prediction results

## 5 结论

提出了一种利用RBF神经网络替代传统潮流计算模型来对风电场无功容量进行计算的方法,分析了替代后所带来的优点和所引起的误差,主要结论如下。

1) 分析了风电机组有功功率、无功功率和母线电压的耦合关系,以牛顿-拉夫逊法潮流计算原理为基础,建立了含风电场的电力系统潮流计算模型,以某风电场7月为例,取其实际有功功率为潮流计算模型的输入,计算该风电场所需的无功补偿容量;

2) 以风电场6、7月的实际有功功率作为输入数据,以潮流计算模型所得到的无功补偿容量作为目标输出,建立基于径向基神经网络的无功补偿优化算法,并对该神经网络进行训练;

3) 用训练后的径向基神经网络代替潮流计算模型,对该

风电场8月所需无功功率进行计算。计算结果表明,训练后的径向基神经网络计算所得的无功补偿容量,与潮流计算模型所得的无功补偿容量误差为0.559%,但径向基神经网络的计算复杂度比潮流计算模型要低,减少了工作量。

研究表明,利用RBF神经网络代替传统潮流计算模型实际可行。

## 参考文献 (References)

- [1] 国务院新闻办公室. 中国的能源政策(2012)白皮书[R]. 北京: 新华社, 2012.  
News Office of the State Council. White paper on China's energy policy (2012)[R]. Beijing: Xinhua News Agency, 2012.
- [2] 陈珩. 电力系统稳态分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.  
Chen Heng. Power systems steady-state analysis[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007.

- [3] 陈帅, 王勇, 杨恒. 基于 MATLAB 和 PSASP 的电力系统潮流分析与计算[J]. 上海电力学院学报, 2012, 28(1): 19-22.  
Chen Shuai, Wang Yong, Yang Heng. Flow analysis and calculation of power system based on MATLAB and PSASP[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 2012, 28(1): 19-22.
- [4] 王海超, 周双喜, 鲁宗相, 等. 含风电场的电力系统潮流计算的联合迭代方法及应用[J]. 电网技术, 2005, 29(18): 59-62.  
Wang Haichao, Zhou Shuangxi, Lu Zongxiang, et al. A joint iterative method for load flow calculation of power system containing unified wind farm and its application[J]. Power System Technology, 2005, 29(18): 59-62.
- [5] 吴义纯, 丁明, 张立军. 含风电场的电力系统潮流计算[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(4): 36-39.  
Wu Yichun, Ding Ming, Zhang Lijun. Power flow analysis in electrical power networks including wind farms[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2005, 25(4): 36-39.
- [6] 李广凯. 风力发电中的无功控制[J]. 国际电力, 2005, 9(4): 31-33.  
Li Guangkai. Reactive power control in wind power[J]. International Electric Power for China, 2005, 9(4): 31-33.
- [7] 董云龙, 吴杰, 王念春, 等. 无功补偿技术综述[J]. 节能, 2003(9): 13-19.  
Dong Yunlong, Wu Jie, Wang Nianchun, et al. Summary of reactive power compensation technique[J]. Energy Conservation, 2003(9): 13-19.
- [8] 张洋. 风电场无功补偿容量及其控制方法的研究[D]. 吉林: 东北电力大学, 2005.  
Zhang Yang. Research on wind farm reactive power compensation capacity and its control method [D]. Jilin: Northeast Dianli University, 2005.
- [9] 张平. 风电场无功优化补偿技术研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009.  
Zhang Ping. Research on reactive power optimization compensation technology of wind farm[D]. Changsha: Changsha University of Science and Technology, 2009.
- [10] 朱雪凌, 张洋, 高昆, 等. 风电场补偿问题的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16): 68-72.  
Zhu Xueling, Zhang Yang, Gao Kun, et al. Research on the compensation of reactive power for wind farms[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(16): 68-72.
- [11] 刘艳妮, 王玮, 徐丽杰, 等. 基于遗传算法的风电场无功补偿容量的计算[J]. 太阳能学报, 2008, 29(11): 1444-1448.  
Liu Yanni, Wang Wei, Xu Lijie, et al. Reactive power compensation calculation based on genetic algorithm for wind farm connected to power system [J]. Acta Energetica Solaris Sinica, 2008, 29(11): 1444-1448.
- [12] Leung F H F, Lam H K, Ling S H, et al. Tuning of the structure and parameters of a neural network using an improved genetic algorithm [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2003, 14(1): 79-88.
- [13] 江岳文, 陈冲, 温步瀛. 随机模拟粒子群算法在风电场无功补偿中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(13): 47-52.  
Jiang Yuewen, Chen Chong, Wen Buying. Application of stochastic simulation's particle swarm algorithm in the compensation of reactive power for wind farms[J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2008, 28(13): 47-52.
- [14] 冉然. 并网风电场无功补偿策略研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2011.  
Ran Ran. Study on reactive power compensation strategy for grid-connected wind farm[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2011.
- [15] Chen S. Orthogonal least squares learning algorithm for radial basis function networks[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, 2(2): 302-309.
- [16] Peng H, Ozaki T, Haggan V, et al. A parameter optimization method for radial basis function type models[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2003, 14(2): 432-438.
- [17] Bors G, Pitas I. Median Radial Basis Function Neural Network[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1996, 7(6): 1351-1364.
- [18] 边肇祺, 张学工. 模式识别[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.  
Bian Zhaoqi, Zhang Xuegong. Pattern recognition[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



## 公民科学素质建设共建机制初见成效

2013年,中国科协积极推动《落实全民科学素质行动计划纲要共建协议》签订工作,完成与山东、江苏、重庆、福建、云南、青海、安徽、贵州、广西、湖北、黑龙江、广东、西藏、北京、陕西、浙江、上海、宁夏、河南、甘肃等20个省级政府及新疆生产建设兵团的签约工作,有效地推动地方公民科学素质建设工作。河北、山西、江苏、浙江等省将全民科学素质工作纳入了政府考核工作中。山西、贵州、江苏、山东、湖北、宁夏等省级政府还分别与其所辖市县签订目标责任书,对其所辖地区的“十二五”末公民科学素质的目标值、科普基础设施能力建设、科普宣传传播能力、科普资源开发开放能力和科普经费保障能力提出具体要求。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35533/n38605/15353848.html>。