

基于信息再修正的负荷协调预测方法研究

陈轶玮¹, 高强¹, 王林梅¹, 李秀磊², 刘丽新³

(1. 国网台州供电公司, 浙江 台州 318000; 2. 国网宁波供电公司, 浙江 宁波 315000; 3. 北京清软创新科技股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 负荷预测的准确性与规划的匹配性越来越重要,而在多级负荷预测中,由于预测误差的存在,不同等级的负荷预测结果会出现不统一、不协调的情况。针对该问题提出一种基于信息再修正的负荷协调预测方法,首先以预测年前一年预测结果的预测误差为先期参考数列计算各级预测结果的可信度;然后将同一预测方法下预测年协调前后的负荷预测差作为新的参考数列,替换原先参考数列,进行信息再修正,求得新的可信度,并利用该可信度建立协调预测模型,进而得到协调结果;最后根据算例分析,验证了文中所提方法的正确性。

关键词: 负荷协调预测; 灰色关联度理论; 可信度; 信息再修正

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2019)02-0093-06

0 引言

近年来,随着电改力度的不断加大,对投资的监管力度逐渐加强,负荷预测的准确性和规划的匹配性愈发重要^[1-4]。负荷预测是具有时空分布、层次量级和电压等级等多个维度的复杂体系^[5-7]。其中分电压等级的负荷预测,在当前电改形式下,能一定程度上满足新电改后输配电价分电压等级的要求,受关注度越来越高。在多级负荷预测中,不同级别间负荷预测结果应该是总体与部分的关系,但由于各级负荷预测都有一定的误差,最后导致预测结果出现不统一、不协调的情况^[8-9]。例如,分别对系统中不同电压等级的用电量进行预测,各低电压等级的母线用电量预测值(含线路损耗折算值)之和应为系统用电量预测值,但该值可能与单独根据系统负荷历史数据预测的值相差较大。合理的负荷协调预测方法可以提高每个层级、电压等级的负荷预测精度^[10-11]。

在多级负荷预测研究中,现有文献大多借用状态估计理论的模型,并利用灰色关联度理论计算预测结果可信度,进而进行多级协调^[12-14]。文献[12]为提高预测精度,将某一预测方法下对预测年份前一年的负荷预测误差作为参考数列,然后求可信度值,该方法虽然能得到较好的可信度值,但在数据处理时对历史数据利用不充分。

文中在现有方法基础上提出一种基于信息再修正的负荷协调预测方法,在利用灰色关联度理论求解各级预测结果可信度值时,对预测过程中的负

荷预测误差参考数列进行二次修正,提高参考数列的可参考性,进一步提高历史数据的利用率,以提高各级负荷的预测精度,并根据某实际历史数据,验证该方法可行。

1 协调预测分析

文中研究内容是对各级负荷预测后的预测结果进行再协调,以达到统一。可信度是用来衡量各级负荷预测结果准确性的量化指标之一,利用该指标可建立协调预测模型。负荷预测结果准确性很大程度上取决于收集到的历史数据,其可信度可通过历史数据的评价指标和指标间的关联度求得。

1.1 历史数据评价

预测结果可信度的评估通常是根据历史数据数列进行分析,文中将综合波动指数和方差这两因素作为评价指标,来描述历史数据数列的波动程度^[15-16]。

综合波动指数考虑了时间数列2个相邻点之间的差异,指数大、差异大,数列波动剧烈;相反,指数越小、差异小,数列波动平稳^[17-18]。综合波动指数具体计算公式为:

$$\alpha = \sum_{i=0}^{n-2} (e_i - e_{i+1})^2 / \sum_{i=0}^{n-1} (e_i)^2 \quad (1)$$

式中: α 为综合被动指数; n 为历史数据个数; e_i 为第*i*个历史数据的大小。

通常用方差来描述数据数列的波动情况。方差值越大,数据数列波动越猛烈;反之,波动越弱。方差计算公式为:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2 / n \quad (2)$$

收稿日期:2018-11-09;修回日期:2018-12-21

基金项目:国家电网有限公司总部科技项目(5211DS150015)

式中: \bar{e} 为历史数据的均值。

1.2 评价指标的灰色关联分析

灰色关联分析是将因素之间发展趋势的相似或相异程度,即灰色关联度,作为衡量因素间关联度的一种量化方法^[19-21]。关联度求解过程如图1所示。

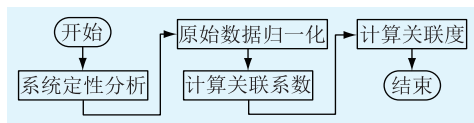


图1 关联度求解过程

Fig.1 Relevance degree solving process

图1中系统定性分析是指对参考数列和对比数列的分析,不同维度的数据比较没有意义,必须在比较之前标准化^[14]。文中将各级预测误差作为参考数列,将各级历史数据的综合波动指数和方差作为2组对比数列。根据关联度的大小可以确定参考数列和对比数列的拟合程度的大小,一般假设参考数列为最优数列,如果关联度越大,则表示对比数列与参考数列越接近,在一系列的对比数列中为较优数列。关联系数的计算公式为:

$$\lambda_k = \frac{\min_i \min_k |x_{0,k} - x_{i,k}| + \rho \max_i \max_k |x_{0,k} - x_{i,k}|}{|x_{0,k} - x_{i,k}| + \rho \max_i \max_k |x_{0,k} - x_{i,k}|} \quad (3)$$

式中: $x_{0,k}$ 为参考数列; $x_{i,k}$ 为对比数列,文中 x 为 α 或 σ^2 , i 为各级对比数列中的某一对比数列, k 为时间点; λ_k 为曲线 $x_{0,k}$ 与 $x_{i,k}$ 在第 k 点的相关系数; ρ 为分辨率,介于 0~1 之间,文中取 0.5。

计算关联度实质上是将对比数列的几何曲线形状进行比较,也是将对比数列各个时间点的关联系数进行综合,其计算公式为:

$$\theta_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \lambda_k \quad (4)$$

式中: θ_i 为作为对比数列的各因素关联度。

1.3 可信度的计算

在可信度计算时,为避免零可信度值的出现,将常用的可信度归一化处理方法改为倒数处理,如式(5)所示:

$$w_i = \frac{1}{\chi_1 \alpha_i + \chi_2 \sigma_i^2} \quad (5)$$

式中: w_i 为各级预测值的可信度; χ 为综合波动指数和方差两因素的权重值,其计算公式如下:

$$\chi_i = \theta_i / \sum_{i=1}^2 \theta_i \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

2 协调预测

在计算各级预测结果可信度时,现有方法是先对预测年前一年进行负荷预测,并将预测结果与实际值对比,将该误差作为先期参考数列,计算历史数据评价指标的关联度,进而得到可信度。用于预测年的历史数据本身就有限,现有方法对用于预测年前一年的历史数据进行评价,被评价数据不全;在计算评价指标关联度时,用预测年前一年的预测误差作为先期参考数列,预测年前一年数据已知,预测中不能利用,数据利用不充分。文中为充分利用历史数据,对用于预测年的历史数据(即已知的所有数据)进行评价,并利用现有方法先对预测年各级负荷预测进行协调,将协调前、后的各级负荷差作为计算关联度时新的先期参考数列,对现有方法下的先期参考数列进行替换修正,进而计算新的可信度,最后再通过协调模型求得协调结果。

2.1 协调预测模型

在多级负荷预测中,如果总预测值为 E_0 ,则每个子级别的预测值为 E_i ($i = 1, 2, 3, \dots, N$),理论上各子级负荷预测值之和为总预测值,但由于预测误差的存在,实际的总预测值与各子级预测值之和会有一冗余量 ΔE ,如式(7)所示。

$$E_0 = \sum_{i=1}^N E_i + \Delta E \quad (7)$$

以各级中总预测调整量和各子级预测调整之和最小为目标函数:

$$\min f = \sum_{i=0}^s w_i \left(\frac{E_i - x_i}{E_i} \right)^2 \quad (8)$$

约束条件为:

$$x_0 = \sum_{i=1}^N x_i \quad (9)$$

式中: s 为各子级和总预测值的总数量; x_i 为协调后各子级负荷预测值; x_0 为协调预测后总预测值。

2.2 模型求解方法

应用拉格朗日乘数法求解模型,即:

$$x'_i = E_i - \frac{E_i^2/w_i}{\sum_{i=0}^N (E_i^2/w_i)} \left(\sum_{i=1}^N E_i - E_0 \right) \quad (10)$$

$$x'_0 = E_0 + \frac{E_0^2/w_0}{\sum_{i=0}^N (E_i^2/w_i)} \left(\sum_{i=1}^N E_i - E_0 \right) \quad (11)$$

2.3 协调预测整体步骤

负荷预测中历史数据利用充分与否将直接影响预测结果的精度。文中在协调预测过程中,为充

分利用历史数据,计算可信度时对数据进行再修正,具体协调预测过程如图2所示。

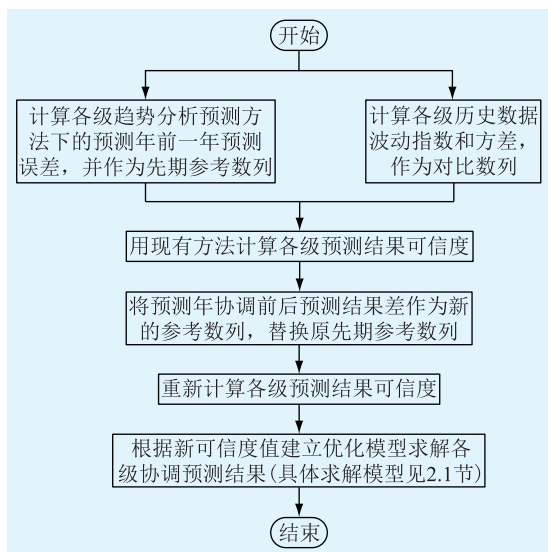


图2 协调预测流程

Fig.2 Coordination prediction flow chart

首先计算用于预测年前一年的各级历史数据综合波动指数和方差,作为对比数列,并将各级预测年前一年的负荷预测误差值作为先期参考数列;其次计算各级综合波动指数和方差2个因素与预测误差(先期参考数列)的关联度;接着计算各级预测结果的可信度;最后对可信度计算过程中的先期参考数列进行信息再修正,将预测年协调前后的负荷预测差作为新的参考数列,替换原有的先期参考数列,并计算新的可信度值,进而通过协调预测模型求得协调结果。

3 实例分析

3.1 实例描述

负荷需求分析是电力规划的重要组成部分,而在负荷需求分析研究中,统计不同产业结构、电压等级下的负荷数据最为常见,文中从这两方面进行协调预测分析。以某市的电量数据为例,表1列出了2011—2017年该市全社会用电量、各产业和居民用电量。

表2为该市所在地区省级的2011—2017年系统总供电量,以及省级系统下一级5条500 kV母线供电量(含线路损耗折算)^[22]。设2011—2016年为历史数据,2017年为预测年,分别用2017年各级用电量真实值验证协调预测结果的准确性。通过实际历史数据分别验证文中方法可以有效协调不同层级和不同电压等级间的负荷预测结果。

采用趋势分析法分别预测某市的全社会、各产

表1 2011—2017年某市全社会和各产业及居民用电量
Table 1 Electricity consumption of the whole society, industries and residents in a city from 2011 to 2017

年份	用电量/(MW·h)				
	全社会	第一产业	第二产业	第三产业	居民
2011年	725.352 2	8.283 5	657.280 3	32.426 2	27.362 2
2012年	785.137 5	9.283 6	706.371 6	38.059 0	31.423 3
2013年	792.670 6	9.505 9	708.441 9	41.646 7	33.076 1
2014年	857.265 2	9.852 9	762.590 8	47.938 1	36.883 4
2015年	861.244 1	10.770 6	763.684 5	50.894 3	35.894 7
2016年	768.700 8	11.549 2	667.983 4	51.161 1	38.007 1
2017年	754.989 0	11.912 8	649.810 0	53.429 5	39.836 7

表2 2011—2017年某地区系统总供电量及下级5条母线供电量

Table 2 Total power supply and five buses power supply in a area from 2011 to 2017

年份	供电量/(MW·h)		
	系统	母线1	母线2
2011年	1 539.768	246.362 8	369.544 3
2012年	1 712.23	273.956 7	410.935 1
2013年	1 747.922	279.667 6	419.501 4
2014年	1 854.716	296.754 6	445.131 9
2015年	1 869.704	299.152 6	448.728 9
2016年	1 910.165	313.626 5	450.439 7
2017年	1 973.505	325.760 9	463.641 3

年份	供电量/(MW·h)		
	母线3	母线4	母线5
2011年	338.748 9	431.135 0	153.976 8
2012年	376.690 5	479.424 3	171.223 0
2013年	384.542 9	489.418 3	174.792 2
2014年	408.037 5	519.320 5	185.471 6
2015年	411.334 9	523.517 1	186.970 4
2016年	416.236 4	518.846 3	211.016 5
2017年	429.171 2	532.581 5	222.350 5

业和居民用电量,然后再分别根据现有方法^[13]和文中方法对全社会、各产业和居民用电量的预测结果进行协调,并对比预测年(2017年)协调后的预测精度。同样,采用趋势分析法分别预测该市所在地区系统和下级母线供电量,并对结果进行协调。

3.2 实例结果及分析

2011—2016年某市全社会用电、各产业和居民用电量历史数据的综合波动指数(α)、标准差(σ)及趋势分析法下2016年的预测绝对误差如表3所示。同样,表4为不同电压等级下的系统及母线供电量历史数据评价指标和预测绝对误差。

按现有方法(信息修正前)、文中方法(信息修正后)依次计算预测年2017年各层级用电量预测结

表3 某市用电量历史数据评价指标和
2016年的预测绝对误差

Table 3 The evaluation index, historical data of
a city and the absolute error of forecast in 2016

指标	全社会	第一产业	第二产业	第三产业	居民
α	0.004 3	0.004 4	0.004 8	0.007 9	0.005 7
σ	48.029 9	1.050 7	41.234 0	6.934 5	3.633 4
误差/ (MW·h)	85.302 1	0.346 8	152.652 7	5.076 2	0.236 2

表4 不同电压等级下的系统及母线供
电量历史数据评价指标和预测绝对误差

Table 4 System and bus power supply historical
data evaluation index and prediction absolute
error under different voltage levels

指标	系统	母线1	母线2	母线3	母线4	母线5
α	0.004 9	0.005 3	0.005 4	0.005 9	0.008 9	0.006 7
σ	118.98	19.03	28.55	26.17	33.31	11.89
误差/ (MW·h)	48.296	7.847	11.27	10.66	7.482	5.029

结果的可信度,并分别通过2.1节协调预测模型进行协调。协调过程中各预测值可信度和协调后精度如表5所示,设现有方法协调时对应可信度 w_1 ,文中方法协调时对应可信度 w_2 。不同电压等级下的系统及母线供电量协调预测时的可信度和协调后的精度如表6所示。

表5 各层级用电量协调预测时
各电量预测可信度和精度

Table 5 Reliability and accuracy of coordinated fore-
casting of electricity consumption at different levels

名称	可信度		精度/%	
	w_1	w_2	现有方法	文中方法
全社会	0.629 5	0.545 8	97.771 4	98.183 7
第一产业	0.976 3	0.993 5	99.428 3	99.423 3
第二产业	0.504 4	0.510 9	97.406 7	99.882 1
第三产业	0.909 4	0.970 8	99.930 7	99.964 1
居民	0.980 3	0.979 0	99.987 2	99.998 7

表6 不同电压等级协调预测时各电量预测可信度和精度

Table 6 Reliability and accuracy of electricity
quantity prediction in harmonized
prediction of different voltage levels

名称	可信度		精度/%	
	w_1	w_2	现有方法	文中方法
系统	0.738 4	0.743 2	96.745 7	98.005 7
母线1	0.897 5	0.924 1	98.868 3	99.126 3
母线2	0.867 4	0.867 7	97.467 7	97.836 7
母线3	0.900 1	0.976 4	99.464 3	99.754 6
母线4	0.916 7	0.963 4	99.745 7	99.747 7
母线5	0.897 9	0.924 4	98.546 2	99.863 1

由表5可知,某市2017年各层级用电量协调预测后,除了第一产业中文中方法的预测精度略微低于现有方法,其他都是文中方法高于现有方法;同样,在表6某地区不同电压等级下的系统及母线供电量协调预测结果中,也是文中方法预测精度高于现有方法预测精度。文中方法在计算预测结果可信度时对先期参考数列进行了修正,提高了历史数据利用率,进而提高了各级负荷预测精度。

4 结语

文中提出一种信息再修正的负荷协调预测方法,将协调预测结果作为基础信息,反馈到原协调预测过程中,充分利用了历史数据,通过算例分析表明协调后的预测精度较高。另外,当各级预测中出现误差绝对值较大,但正误差和负误差抵消的情况时,预测误差冗余量有可能为零或接近零,此时不适用文中方法,下一步将针对该情况进一步研究。

本文得到国网浙江省电力有限公司科技项目(5211TZ16000B)资助,谨此致谢!

参考文献:

- [1] 胡志冰,杨开今. 电网规划设计的关键问题及其技术解析[J]. 山东工业技术,2018(24):217.
HU Zhibing, YANG Kaijin. Key problems and technical analysis of power network planning and design[J]. Shandong Industrial Technology, 2018(24):217.
- [2] 杨英,胡函武,魏晗,等. 电力系统负荷预测分类研究[J]. 电子世界,2018(21):109.
YANG Ying, HU Hanwu, WEI Han, et al. Research on classification of power system load forecasting [J]. Electronic World, 2018(21):109.
- [3] 陈吕鹏,殷林飞,余涛,等. 基于深度森林算法的电力系统短期负荷预测[J]. 电力建设,2018,39(11):42-50.
CHEN Lyupeng, YIN Linfei, YU Tao, et al. Short-term load forecasting of power system based on deep forest algorithm [J]. Power Construction, 2018, 39(11):42-50.
- [4] 靳春旭,董福贵. 长期风电负荷预测方法比较[J]. 广东电力,2018,31(9):70-76.
JIN Chunxu, DONG Fugui. Comparison of prediction methods for long-term wind power load [J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(9):70-76.
- [5] 李秀磊,耿光飞. 考虑蓄电池空间分布的协调控制策略[J]. 电力建设,2016,37(11):35-40.
LI Xiulei, GENG Guangfei. Coordination control strategy considering spatial distribution of batteries [J]. Power Construction, 2016, 37(11):35-40.
- [6] 王德文,孙志伟. 电力用户侧大数据分析并行负荷预测[J]. 中国电机工程学报,2015,35(3):527-537.
WANG Dewen, SUN Zhiwei. Large data analysis and parallel load forecasting on power user side [J]. Proceedings of the

- CSEE, 2015, 35(3):527-537.
- [7] 栾开宁, 鲍敏, 易永仙, 等. 基于用电模式数的大用户负荷短期预测技术研究[J]. 电力工程技术, 2018, 37(3):33-37.
LUAN Kaining, BAO Min, YI Yongxian, et al. Research on short-term load forecasting technology for large users based on number of power use modes [J]. Power Engineering Technology, 2018, 37(3):33-37.
- [8] 李霄, 王昕, 郑益慧, 等. 基于改进最小二乘支持向量机和预测误差校正的短期风电负荷预测[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(11):63-69.
LI Xiao, WANG Xin, ZHENG Yin-hui, et al. Short-term wind load forecasting based on improved least squares support vector machine and prediction error correction[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(11):63-69.
- [9] 肖白, 蒲睿, 穆钢. 基于多尺度空间分辨率的空间负荷预测误差评价方法[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(22):5731-5739.
XIAO Bai, PU Rui, MU Gang. Space load forecasting error evaluation method based on multi-scale spatial resolution[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(22):5731-5739.
- [10] 丁晓, 孙虹, 郑海雁, 等. 基于配用电大数据的短期负荷预测[J]. 电力工程技术, 2018, 37(3):21-27.
DING Xiao, SUN Hong, ZHENG Haiyan, et al. Short-term load forecasting based on big data of power distribution[J]. Power Engineering Technology, 2018, 37(3):21-27.
- [11] 康重庆, 牟涛, 夏清. 电力系统多级负荷预测及其协调问题(一)研究框架[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(7):34-38.
KANG Chongqing, MOU Tao, XIA Qing. Multi-stage load forecasting and coordination in power system (I) research framework [J]. Power System Automation, 2008, 32(7):34-38.
- [12] 牟涛, 康重庆, 夏清, 等. 电力系统多级负荷预测及其协调问题(二)基本协调模型[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(8):14-18.
MOU Tao, KANG Chongqing, XIA Qing, et al. Multi-stage load forecasting and coordination in power system (II) research framework [J]. Power System Automation, 2008, 32(8):14-18.
- [13] 陈明辉, 王珂, 蔡莹, 等. 基于遗传算法的母线负荷预测双向协调优化研究[J]. 电气时代, 2016(8):90-93.
CHEN Minghui, WANG Ke, CAI Ying, et al. Research on two-way coordination optimization of bus load forecasting based on genetic algorithms[J]. Electrical age, 2016(8):90-93.
- [14] 肖白, 王皓, 穆钢, 等. 基于预测可信度的多级协调空间负荷预测方法[J]. 电测与仪表, 2016, 53(6):91-97.
XIAO Bai, WANG Hao, MU Gang, et al. Multi-level coordination space load forecasting method based on forecasting credibility[J]. Electrical Measurement and Instrumentation, 2016, 53(6):91-97.
- [15] 肖白, 杨修宇, 穆钢. 基于元胞历史负荷数据的负荷密度指标法[J]. 电网技术, 2014, 38(4):1014-1019.
XIAO Bai, YANG Xiuyu, MU Gang. Load density index method based on cellular history load data[J]. Power Grid Technology, 2014, 38(4):1014-1019.
- [16] 潘娜. 波动指数:理论、方法和在我国的应用[D]. 武汉:华中科技大学, 2011.
PAN Na. Fluctuation index:theory, method and its application in china [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011.
- [17] 张敬祎, 练萌, 龚杰. 基于时间序列与灰色理论的油料组合预测方法[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(1):132-135.
ZHANG Jingyi, LIAN Meng, GONG Jie. Oil combination forecasting method based on time series and grey theory [J]. Journal of Weaponry and Equipment Engineering, 2018, 39(1):132-135.
- [18] 郭锐. 信号波形对消噪效果影响之研究[J]. 系统工程与电子技术, 2000, 22(11):14-15.
GUO Rui. Study on the effect of signal waveform on noise removal [J]. Systems Engineering and Electronic Technology, 2000, 22(11):14-15.
- [19] 周平, 杨岚, 周家启. 电力系统负荷灰色预测的新方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 1998, 10(3):45-50.
ZHOU Ping, YANG Lan, ZHOU Jiaqi. A new grey prediction method for power system load[J]. Proceedings of the CSU-EP-SA, 1998, 10(3):45-50.
- [20] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1990.
DENG Julong. Grey prediction and decision making [M]. Wuhan: Huazhong University of Technology Press, 1990.
- [21] 周二雄, 辛超山. 光伏电站接入系统综合决策的研究[J]. 智慧电力, 2018, 46(5):96-100.
ZHOU Erxiong, XIN Chaoshan. Study on comprehensive decision-making of PV power station connecting system [J]. Smart Power, 2018, 46(5):96-100.
- [22] 李秀磊, 耿光飞, 季玉琦, 等. 主动配电网中储能和需求响应的联合优化规划[J]. 电网技术, 2016, 40(12):3803-3810.
LI Xiulei, GENG Guangfei, JI Yuqi, et al. Joint optimal planning of energy storage and demand side response in active distribution network [J]. Power Grid Technology, 2016, 40(12):3803-3810.

作者简介:



陈轶玮

陈轶玮(1971),男,硕士,高级工程师,从事电网规划管理工作(E-mail:tzchenyw@163.com);

高强(1985),男,硕士,高级工程师,从事电网规划管理工作(E-mail:gaoqiang242@163.com);

王林梅(1982),女,硕士,高级工程师,从事电网规划管理工作。

Load coordination forecasting method based on information re-modification

CHEN Yiwei¹, GAO Qiang¹, WANG Linmei¹, LI Xiulei², LIU Lixin³

(1. State Grid Taizhou Power Supply Company, Taizhou 318000, China; 2. State Grid Ningbo Power Supply Company, Ningbo 315000, China; 3. Beijing Tsingsoft Technology Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: The accuracy of load forecasting and the matching of planning are becoming more and more important. Due to the existence of forecasting errors, the results of different levels of load forecasting will be inconsistent and inconsistent in multilevel load forecasting. To solve this problem, a load coordination forecasting method based on information re-amendment is proposed. Firstly, the reliability of the prediction results is calculated by taking the prediction error of the prediction results one year before the prediction as the prior reference sequence, then the difference of load forecasting before and after the coordination of forecasting years under the same forecasting method is taken as a new reference sequence. Replace the original reference sequence, re-correct the information, and obtain new credibility. The coordination forecasting model is established by using this credibility, and then the coordination results are obtained. Finally, the correctness of the proposed method is verified by the analysis and calculation of an example.

Keywords: load coordination forecasting; grey correlation theory; reliability; information re-modification

(编辑 方晶)

(上接第 37 页)

The predictive virtual torque control method for distributed DFIG grid connected inverter system

CAO Xiaodong¹, YANG Shihai¹, ZHI Yawei¹, FANG Lei²

(1. State Grid Electric Power Demand Side Management Techniques Laboratory (State Grid Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Research Institute), Nanjing 211103, China; 2. State Grid Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

Abstract: To solve the high performance control grid-connected control problem of doubly fed induction generator (DFIG), we propose a predictive virtual torque control method for distributed DFIG grid connected inverter system. Virtual torque is derived from the concept of direct torque control in motor driven system. It is synthesized from the rotor flux of DFIG and the virtual flux of grid. On the basis of establishing the mathematical model of the DFIG grid-connected inverter system. The effects of voltage vectors in different sectors on virtual torque and rotor flux are analyzed. Sequence of three vectors containing two effective voltage vectors and a zero voltage vector are selected, and it also give a method to calculate the vector action time to make the power tracking. Finally, the performance of the proposed method is verified based on the 55 kW DFIG experimental prototype. The experimental results show that this method can achieve the DFIG system smooth and shock free grid-connection, and guarantee the dynamic and steady power quality of the grid-connection point.

Keywords: doubly fed induction generator; grid connected inverter; virtual torque; predictive torque control

(编辑 钱悦)