

# 地方电厂对区域负荷建模的影响

金 艳, 鞠 平, 吴 峰

(河海大学电气工程学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:**针对区域负荷中含有地方自备发电厂, 用通常的综合动态负荷模型有时无法准确描述负荷动态行为, 分析地方电厂对区域负荷动态行为的影响, 并利用动态仿真模型讨论了需计及同步发电机影响时它在实际负荷中所占比例, 最后提出在同步发电机比例大于一个临界值(约28.9%)时, 同步发电机对负荷建模的影响则不可不计; 当小于此值时, 可以采用综合负荷模型来描述实际负荷。

**关键词:**电力系统; 负荷特性; 数字仿真; 参数辨识; 同步发电机

**中图分类号:** TM62

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-7647(2002)05-0035-03

一些电网(如河南电网)中有较多的地方小电厂, 因而在所要测辨的区域负荷特性中就包含了同步发电机的动态特性。当电厂的容量在实际负荷中所占比例较小时, 同步发电机的影响可以忽略不计, 可以用综合负荷模型(感应电动机加静态负荷)<sup>[1]</sup>来描述实际负荷; 当电厂容量在实际负荷中所占比重较大时, 同步发电机的影响则不可忽略, 原有的综合负荷模型就不能准确地描述实际负荷的动态特性。本文分析同步发电机比例对综合负荷模型描述能力的影响。

## 1 动态仿真系统

动态仿真模型为感应电动机与同步发电机组成的综合负荷, 如图1所示。其中, 感应电动机采用三阶机电暂态模型, 同步发电机采用三阶机电暂态模型。

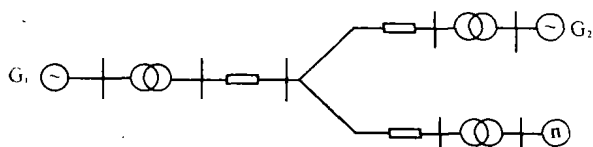


图1 动态仿真模型

### 1.1 模型结构

感应电动机的三阶机电暂态模型<sup>[2]</sup>为

$$\begin{cases} T' \frac{dE'}{dt} = -E' + CV \cos \delta \\ \frac{d\delta}{dt} = (\omega - \omega_s) - \frac{CV}{T'E'} \sin \delta \\ M \frac{d\omega}{dt} = -\frac{VE'}{X'} \sin \delta - T_m \end{cases} \quad (1)$$

其中

$$\begin{cases} E' = \sqrt{E_d'^2 + E_q'^2} \\ \delta = \arctan(-\frac{E_d'}{E_q'}) \\ T' = \frac{X'}{X} T_0 \\ C = \frac{X - X'}{X} \end{cases} \quad (2)$$

功率方程为

$$\begin{cases} P_m = -\frac{VE'}{X'} \sin \delta \\ Q_m = \frac{V(V - E' \cos \delta)}{X'} \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $E_d'$ ,  $E_q'$  分别为  $d$  轴、 $q$  轴的暂态电势;  $X'$ ,  $X$  分别为暂态电抗、同步电抗;  $T_0$  为暂态开路时间常数;  $\omega$  为转子转速;  $M$  为惯性时间常数;  $T_m$  为机械转矩;  $V$ ,  $\omega_s$  分别为端电压及其频率;  $P_m$ ,  $Q_m$  分别为感应电动机的有功功率及无功功率。

同步发电机的三阶机电暂态模型<sup>[2]</sup>为

$$\begin{cases} \frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_s, \quad \omega_s = 1 \\ M \frac{d\omega}{dt} = P_{m0} - P_i - D \frac{d\delta}{dt} \\ T_d' \frac{dE'}{dt} = E_f' - E' - CV \cos(\delta - \theta) \end{cases} \quad (4)$$

其中

$$\begin{cases} E_f' = E_{f0}' - K_v(V - V_0) \\ C = \frac{X - X'}{X} \end{cases} \quad (5)$$

功率方程为

作者简介: 金艳(1974—), 女, 江苏盐城人, 硕士研究生, 主要从事电力系统负荷建模研究。

$$\begin{cases} P_i = \frac{E'V}{X'} \sin(\delta - \theta) \\ Q_i = \frac{E'V \cos(\delta - \theta) - V^2}{X'} \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $E'$  为暂态电抗后电势;  $E_f$  为励磁电势;  $X, X'$  分别为定子电抗、暂态电抗;  $T_d'$  为暂态闭路时间常数;  $\delta$  为  $E'$  与参考轴的夹角;  $\omega$  为转子转速;  $M$  为惯性时间常数;  $D$  为阻尼系数;  $P_{m0}$  为机械功率;  $P_i$  为电磁功率;  $V, \theta$  分别为端电压及其相角;  $K_v$  为电压反馈系数. 则负荷母线功率方程为

$$\begin{cases} P = P_m + P_i \\ Q = Q_m + Q_i \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $P$  为负荷母线有功功率;  $Q$  为负荷母线无功功率.

## 1.2 仿真算法

扰动(双回路切除一条线路)为 0.2 s 时负荷母线电压下降 10% 左右, 10 s 后故障切除.

计算程序采用中国电力科学研究院电力系统分析综合程序(PSASP); 潮流计算采用牛顿法; 暂态稳定计算采用隐式积分法. 辨识软件采用电力负荷建模系统(LOAD); 综合负荷模型选择为三阶感应电动机模型加幂指数静态负荷模型; 辨识方法为基因法<sup>[2]</sup>.

在给定的电压干扰下, 通过 PSASP 仿真计算, 获得负荷母线上的电压、频率、有功功率及无功功率

等动态数据, 以此作为电力负荷建模系统软件所需要的测量数据. 根据这些数据辨识综合负荷模型的等值参数, 然后再计算综合负荷的动态响应, 从而可以进行参数辨识结果的前后比较, 以及动态响应结果与准确值的比较, 其流程见图 2.

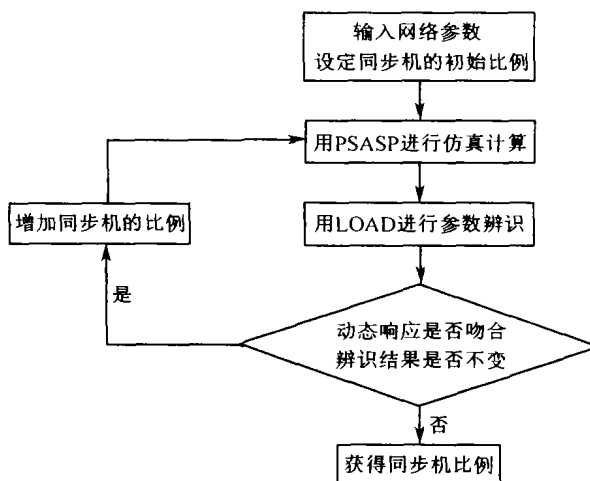
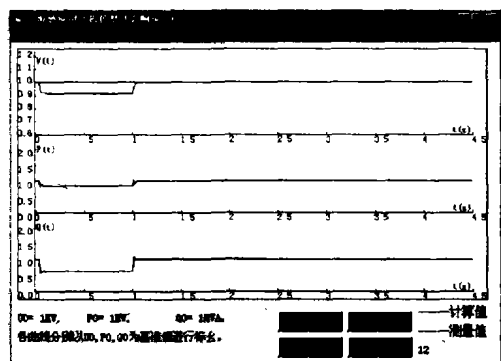


图 2 电力系统负荷建模系统流程

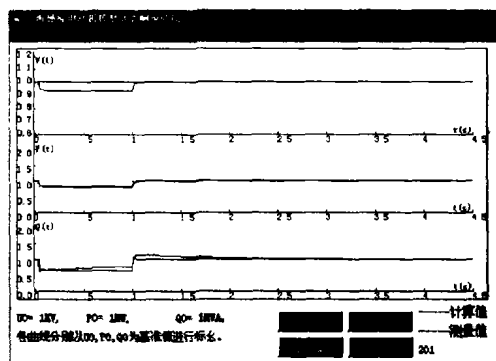
其中, 同步机比例指同步发电机功率占负荷总功率的比值, 同步机的初始比例取较小值.

## 2 结果及分析

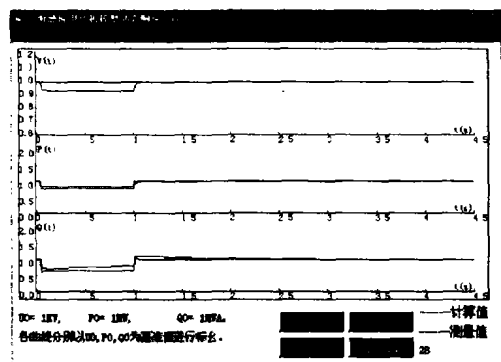
逐步增加同步发电机的比例, 分别得到不同比例的辨识结果(表 1)和动态响应(图 3 和图 4).



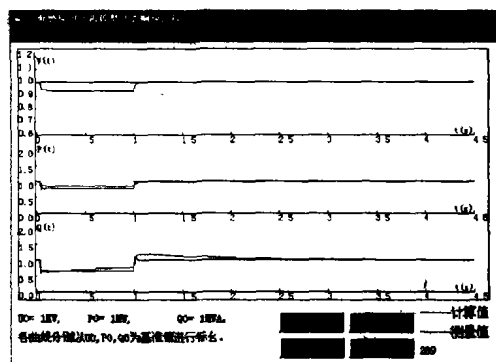
(a) 同步发电机占 12%



(b) 同步发电机占 20%



(c) 同步发电机占 28%



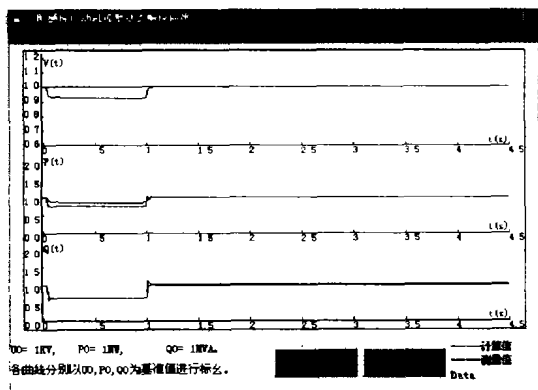
(d) 同步发电机占 28.9%

图 3 电动机模型动态响应

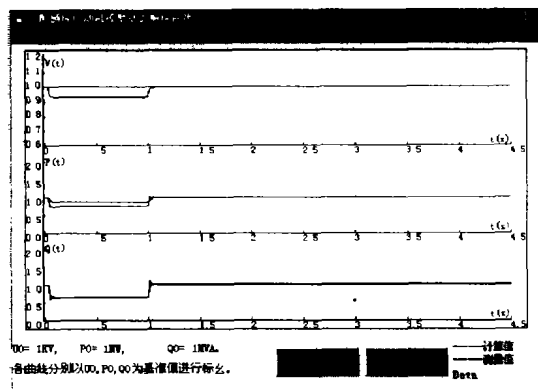
表 1 同步发电机占不同比例时的综合负荷模型辨识结果

| 比例/% | 误差   | $\gamma_p$ | $\gamma_q$ | $P_0$ | $Q_0$ | $p_v$ | $q_v$ | $p_{d0}$ | $q_{d0}$ | $M$  | $T'$  | $\beta$ | $C$    | $X'$ | $X$  | $R$  |
|------|------|------------|------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|------|-------|---------|--------|------|------|------|
| 12.0 | 0.06 | 10.96      | 100.03     | 0.074 | 0.48  | 2.24  | -0.46 | 0.600    | -0.0001  | 7.28 | 0.980 | 0.0032  | -0.258 | 0.67 | 0.66 | 1.97 |
| 20.0 | 0.30 | 8.62       | 100.01     | 0.046 | 0.43  | 2.77  | -0.30 | 0.530    | -0.0005  | 7.30 | 0.990 | 0.0020  | -0.620 | 0.78 | 0.49 | 2.25 |
| 28.0 | 0.35 | 8.37       | 100.02     | 0.041 | 0.38  | 3.00  | -0.26 | 0.450    | -0.0002  | 6.30 | 1.000 | 0.0030  | 0.500  | 0.75 | 0.65 | 2.60 |
| 28.9 | 0.44 | 11.00      | 100.02     | 0.080 | 0.37  | 3.00  | -0.90 | 0.380    | -0.0002  | 7.30 | 0.970 | 0.0020  | 0.350  | 0.76 | 0.67 | 2.64 |
| 29.0 | 0.43 | 99.00      | 213.20     | 0.46  | 0.79  | 0     | -1.00 | 0.005    | -0.4200  | 9.64 | 0.007 | 1.5000  | 0.720  | 0.75 | 0.73 | 2.56 |
| 30.0 | 0.33 | 99.00      | 207.30     | 0.450 | 0.76  | 0     | -1.00 | 0.004    | -0.3900  | 9.97 | 0.006 | 0.5000  | 1.400  | 0.72 | 0.78 | 2.70 |

注:表中比例指同步发电机功率占负荷总功率的比值。



(a)同步电动机占 29%



(b)同步发电机占 30%

图 4 发电机模型动态响应

可见,当同步发电机所占比例小于28.9%时,辨识曲线与仿真曲线拟合较好,主要参数辨识结果在此范围内相差不大;而在同步发电机所占比例大于28.9%时,辨识曲线明显偏离仿真曲线,且辨识结果与同步发电机所占比例小于28.9%时的辨识结果有较大变化,某些参数甚至有数量级上的变化,在这种情况下,区域负荷建模时需计及同步发电机。

### 3 结 语

本文分析了地方电厂对区域负荷建模的影响,由仿真计算可以得到同步发电机所占比例的临界值,当小于此值时,可以采用综合负荷模型来描述实际负荷;当大于此值时,同步发电机对负荷建模的影响则不可不计,而此时所带来的建模问题以及模型的可辨识性问题,需要进行更深入的研究。

### 参考文献:

- [1] 鞠平,马大强.电力系统负荷建模[M].北京:水利电力出版社,1995.
- [2] 鞠平.电力系统非线性辨识[M].南京:河海大学出版社,1999.

(收稿日期:2001-10-22 编辑:张志琴)

(上接第 34 页)

缺点,因而在水文预报中不失为一种好的方法。

随着人们对神经网络研究的进一步深入,许多新的好的网络模型会不断涌现,将这些好的网络模型与实际的水文过程结合起来,使模型既具有方法的先进性又具有现实的可行性,仍将是一个值得深入研究的问题。

### 参考文献:

- [1] 刘国东,丁晶. BP 网络用于水文预测的几个问题探讨[J].水利学报,1999(1):65~69.
- [2] 袁亚湘,孙文瑜.最优化理论与方法[M].北京:科学出版社,1997.50~80.
- [3] 索胜军,孙光伟.几种改进 BP 算法的性能比较[J].哈尔滨建筑大学学报,2000(1):80~83.

- [4] 阎平凡,张长水.人工神经网络与模拟进化计算[M].北京:清华大学出版社,2000.40~56.
- [5] 闻新,周露. MATLAB 神经网络应用设计[M].北京:科学出版社,2000.207~260.
- [6] 林鲁生,李东.人工神经网络在水文预报应用中的探讨[J].广东水利水电,1999(6):12~14.

(收稿日期:2001-05-09 编辑:熊水斌)

