

# 同步电动机功率因数补偿模型的建立

## Mathematical Model for synchronous motor power factor compensation

(1.长春工业大学;2.中国科学院研究生院;3.长春光学精密机械与物理研究所) 马海涛<sup>1,2,3</sup> 尤文<sup>1</sup> 赵彬<sup>1</sup>

MA Hai-tao YOU Wen ZHAO Bin

**摘要:** 针对鞍钢集团大孤山选矿厂车间同步电动机与异步电动机并列运行的特点,研究采用同步电动机过励运行状态补偿母线上无功的方法,推导并建立了同步电动机的补偿模型,并用软件实现了此补偿思想。只要输入期望达到的功率因数值,就可以算出由几台同步电动机参与补偿,并能给出参与补偿电动机的励磁电流值,通过实验验证,根据此模型计算出的励磁电流值对现有励磁装置进行调节,测得被补偿母线上的功率因数与输入期望值近似相等,误差小于0.01。

**关键词:** 同步电动机;励磁电流;功率因数

**中图分类号:** TM341 **文献标识码:** A

**Abstract:** In view of the AnShan Iron and Steel Company Group Dagushan Ore Workshop synchronous motor and asynchronous motor parallel running characteristic, the research use synchronous motor to urge in the running status compensation generatrix power factor method, inferred and established synchronous motor compensation model, and realized this compensation thought with the software, so long as input the expectation power factor value, The system might figure out several synchronous motor to participate compensation and could give the excitation magnitude of current which electric motor participate compensation, confirmed through the experiment, calculated the excitation magnitude of current according to this model to carry on the adjustment to the existing excitation installment, compensated generatrix power factor and the input expected value is approximately equal, the error is smaller than 0.01.

**Key words:** synchronous motor; excitation current; power factor

### 引言

对大孤山选矿厂电网功率因数实际情况进行科学分析,得出了影响功率因数变化的主要原因是车间中大量异步电动机并列运行,并根据现有实际情况,针对大孤山选矿厂车间中的大型同步电动机可过励运行的特性,采用车间中已配备的励磁装置,实时调节同步电动机的励磁电流进而改变定子电枢电流与电压的相位角,让同步电动机运行在过励状态,使同步电动机吸收电网超前无功(或发出滞后的无功)。解决了大选厂中感性负荷对电网造成的污染,提高了母线上的功率因数,达到了节能的目的,同时增加了大选厂电网系统的裕度。

### 1 同步电动机功率因数补偿机理

在电网电压的作用下,电动机形成一个落后于电网电压的合成磁通 $\sum\phi$ ,当电网电压和机械负载不变时, $\sum\phi$ 也为定值,这时如果改变转子励磁电流,则转子磁通也在变,为保持 $\sum\phi$ 不变,则定子磁通和定子电流也要随之改变,其有功分量为定值,而无功分量在改变。同步电动机运行向量图如图1所示,当转子励磁电流为 $I_{d1}$ 时,这时电动机欠励运行,对电网来说是感性负载。当增加励磁电流到 $I_{d2}$ 时,定子电压和定子电流同相位,此时功率因数 $\cos\phi$ 等于1,电动机相当于电阻性负载,只从电网吸收有功电流,再增加励磁电流到 $I_{d3}$ 时,电动机过励运行,对电网来说

为容性负载,这就是调解励磁电流对电网功率因数进行补偿的机理。

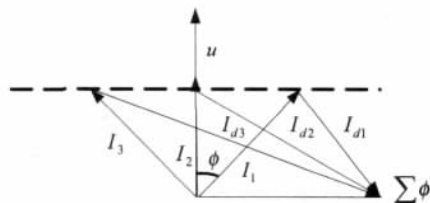


图1 同步电动机向量图

### 2 同步电动机补偿模型

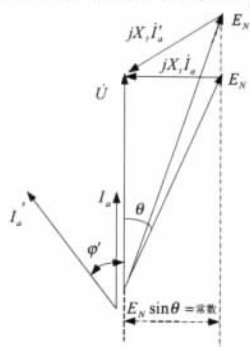


图2 转子直流励磁改变时同步电动机的向量图

根据向量图可得,在正常励磁状态下,定子绕组所感应出的感应电势为:

$$E_N^2 = U_N^2 + (X_t I_N)^2 \quad (1)$$

相应的功角为:

$$\theta = \arctan\left(\frac{X_t I_N}{U_N}\right) \quad (2)$$

马海涛: 助教 博士研究生

基金项目: 基金申请人: 尤文 马海涛; 项目名称: 氢氧精炼铁合金节能减排工艺技术研究; 基金颁发部门: 国家科技部 (2007BAE17B01)

假设过励电流时同步电动机额定电流的  $x$  倍,则过励时的感应电势与正常励磁时的感应电势关系为:

$$E_N' = x E_N \quad (3)$$

由于电磁转矩保持不变,则有下列关系存在

$$\sin \theta \times E_N = \sin \theta' \times E_N' \quad (4)$$

由(1)(2)(3)(4)式推导出过励运行时的功角为:

$$\theta' = \arcsin \frac{\sin \arctan \frac{X_t I_N}{U_N}}{x} \quad (5)$$

假设电磁转矩不变,即电磁功率保持不变,同时忽略定子绕组电阻,则:

$$X_t I_N \cos \varphi_N = X_t I_a' \cos \varphi' \quad (6)$$

于是有:

$$I_a' = \frac{I_N \cos \varphi_N}{\cos \varphi'} \quad (7)$$

由余弦定理得

$$(X_t I_a')^2 = U_N^2 + (x E_N)^2 - 2 \times U_N \times x E_N \times \cos \arcsin \frac{\sin \arctan \frac{X_t I_N}{U_N}}{x} \quad (8)$$

整理得同步电动机功率因数补偿模型为:

$$[U_N^2 + (X_t I_N)^2] \times x^2 - 2 \times U_N^2 \times \sqrt{U_N^2 + (X_t I_N)^2} \times \sqrt{x^2 - \sin^2 \arctan^2 \left( \frac{X_t I_N}{U_N} \right)} = \frac{I_N^2 \times \cos^2 \varphi_N \times X_t^2}{\cos^2 \varphi'} - U_N^2 \quad (9)$$

$U_N$ —同步电动机额定电压

$I_N$ —同步电动机的额定电流

$X_t$ —同步电抗

$\varphi_N$ —同步电动机正常励磁时的功率因数角

$\varphi'$ —同步电动机过磁时的功率因数角

$I_a'$ —同步电动机的电枢电流

$E_N$ —同步电动机正常励磁时产生的反电动势

$\theta'$ —同步电动机过磁时的功角

$E_N$ —同步电动机过励时产生的反电动势

### 3 系统软件实现

根据以上所建模型,采用当今比较流行的适用于 WEB 系统开发的编程语言 JAVA 开发,结合 Oracle 数据库,开发了一套同步电动机功率因数就地补偿应用软件,实现对大孤山选矿厂 7 根母线上功率因数的就地补偿。补偿流程图如图 3 所示:

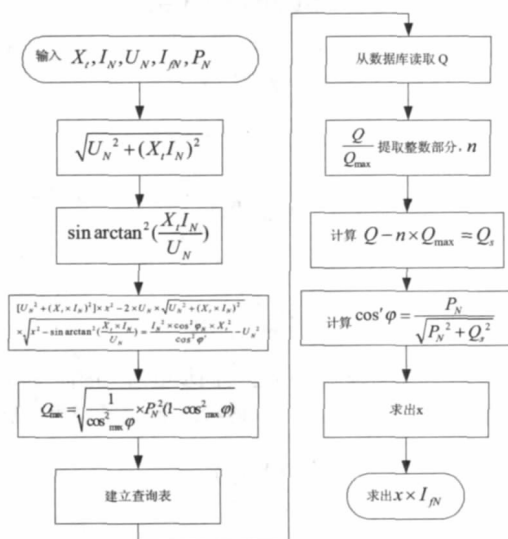


图 3 同步电动机功率因数补偿流程图

### 4 实验结果

在 7 根母线上的一根 4# 进线上做了大量实验,实验结果表明,应用所建模型指导励磁调节装置工作,安全可靠。表 1 是输入功率因数值为 1,检索后,根据界面所提示的 3 台同步电动机的励磁电流值对现有励磁装置进行调解,调解后记录的 4# 进线上的功率因数的离散数据。

表 1 数据采集值

时间	功率因数	时间	功率因数
12.00	0.8111	12.10	0.9902
12.05	0.9554	12.15	0.9910

### 5 结束语

根据大选厂现有条件,本文利用厂内现有同步电动机,通过调节同步电动机的励磁电流,使同步电动机运行在过励状态,对其网络进行无功补偿,调节电网整体的功率因数,实验结果表明此方法安全系数高且性能稳定,节省电费开销,减少了电能电网中的损耗,同时增大了系统的裕度。

本文作者创新点:研究采用同步电动机过励运行状态补偿母线上无功的方法,推导并建立了同步电动机的补偿模型,并用软件实现了此补偿思想。

参考文献

- [1]同步电动机的最佳励磁调节. 煤矿机械. 2004(1)
  - [2]电机与拖动基础. 清华大学出版社. 2006
  - [3]同步电动机励磁电流调解与电网功率因数提高. 自动化与仪器仪表. 2004(2)
  - [4]同步电动机励磁控制系统研究. 湖南大学学报. 2000(2)
  - [5]同步电动机的起动分析及方法. 微计算机信息杂志. 2006(8)—1
- 作者简介:马海涛(1977-11-11),女(汉族),吉林长春人,长春工业大学助教,博士研究生,主要从事冶金自动化方面的研究;尤文(1961-01-17),男(汉族),吉林长春人,长春工业大学教授,博士,主要从事冶金自动化方面的研究。

**Biography:** MA Hai-tao(1977-11-11), Female(Han Nationality), Jilin Province, Changchun University of Technology, Title: Energy-saving research of the air filter Based on the Generalized Predictive Control, Major: Automation, Research area: Metallurgical automation.

(130012 吉林长春 长春工业大学电气学院) 马海涛 尤文 赵彬

(130031 吉林长春 中国科学院研究生院) 马海涛

(130031 吉林长春 长春光学精密机械与物理研究所) 马海涛

(Changchun University of Technology, Changchun 130012, China) MA Hai-tao YOU Wen ZHAO Bin

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China) MA Hai-tao

(Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics Chinese Academy of Sciences, Changchun 130031, China) MA Hai-tao

通讯地址:(130012 吉林省长春市延安大路 17 号长春工业大学电气学院) 马海涛

(收稿日期:2008.10.06)(修稿日期:2009.01.06)

您的才能 + 阅读本刊 = 您的财富