

智能型静止进相器研制

常雨芳¹,袁佑新²,黄文聪²

(1. 湖北工业大学 电气与电子工程学院,湖北 武汉 430068;

2. 武汉理工大学 自动化学院,湖北 武汉 430070)

摘要: 智能型静止进相器是专为大中型绕线式电动机节能降耗设计的无功功率就地补偿装置。它串接于交流绕线式异步电动机的转子回路,用以提高电动机的功率因数。详细介绍了智能型静止进相器的工作原理、系统设计、硬件及软件设计,并给出了系统调试结果。经在水泥厂磨机、风机等大功率电动机上使用后,证明节能效果明显,功率因数由 0.75 提高到 0.96 以上,定子电流下降约 20 %。

关键词: 静止进相器; 无功功率补偿; 绕线式电机; 功率因数; 节能

中图分类号: TM 714.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)06-0067-03

0 引言

近年来,全国用电增长速度明显高于经济增长速度,电力资源已成为紧缺资源。如何节能降耗已成为近年来研究的热点课题。在我国,电机所耗电能占整个工业用电的 60 %~68 %,电机等感性负载所引起的无功损耗是电网无功损耗的主要来源,而大中型电机又是许多工业企业的主要用电设备,因此,如何减少大中型电机造成的无功损耗成为许多工业企业节能降耗的关键。

智能型静止进相器是专为大中型绕线式电动机节能降耗设计的无功功率就地补偿装置。它串接于交流绕线式异步电动机的转子回路,用以提高电动机的功率因数。智能型静止进相器不仅可以发挥现有供电设备的供电潜力,降低电力损耗,达到节能目的,提高企业经济效益,而且社会效益也十分显著^[1]。

1 进相器的功率补偿原理

进相器无功就地补偿是针对提高绕线式电动机功率因数进行的。改善功率因数^[2]的原理是基于在绕线式异步电动机转子回路内加入附加电势 E_k ,当 E_k 超前转子回路内主电势 E_{2s} 90° 角时,将影响电动机功率因数的变化。补偿原理如图 1 所示。

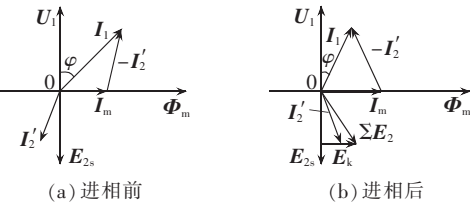


图 1 异步电动机相量图

Fig.1 Vector diagrams of asynchronous electromotor

图 1 中, U_1 是定子电压, I_1 是定子电流, E_{2s} 是转子回路内主电势, I_2' 是转子回路总电流, I_m 是励磁

电流, Φ_m 是气隙主磁通。

进相前: $I_1 = I_m + (-I_2')$ 。

进相后, 附加电势 E_k 超前主电势 E_{2s} 90°:

$$\Sigma E_2 = E_{2s} + E_k$$

由 ΣE_2 产生的转子回路总电流 I_2' 相位发生了变化。因为 $I_1 = I_m + (-I_2')$, 所以定子回路电流相位得到修正, 功率因数 $\lambda = \cos \varphi$ 得到了正的补偿^[3]。

2 系统设计

根据进相原理可确定智能型静止进相器系统结构, 如图 2 所示。

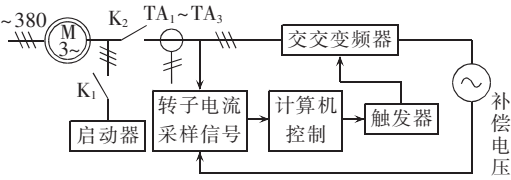


图 2 智能型静止进相器系统结构

Fig.2 Structure of intelligent static phase generator

其工作原理是: 电流检测器件检测电动机转子侧的电流, 并把检测到的电流信号送到 CPU, CPU 通过检测电动机转子回路电流的变化, 进行智能处理, 并把信号传送给触发器, 触发交交变频器中的晶闸管, 控制变频器把 50 Hz 的交流电转变成与异步电动机转子电流频率相同、相位超前原转子电势 90° 的附加电势, 施加到绕线式异步电动机的转子绕组上, 从而改变电动机转子和定子的电流相位, 使电动机的功率因数明显提高, 无功功率大大减少, 定子电流随之也大幅度降低^[4-6]。

3 系统硬件设计

智能型静止进相器的硬件部分主要由主电路、操作电路、控制电路、触发电路组成。主电路原理图如图 3 所示。

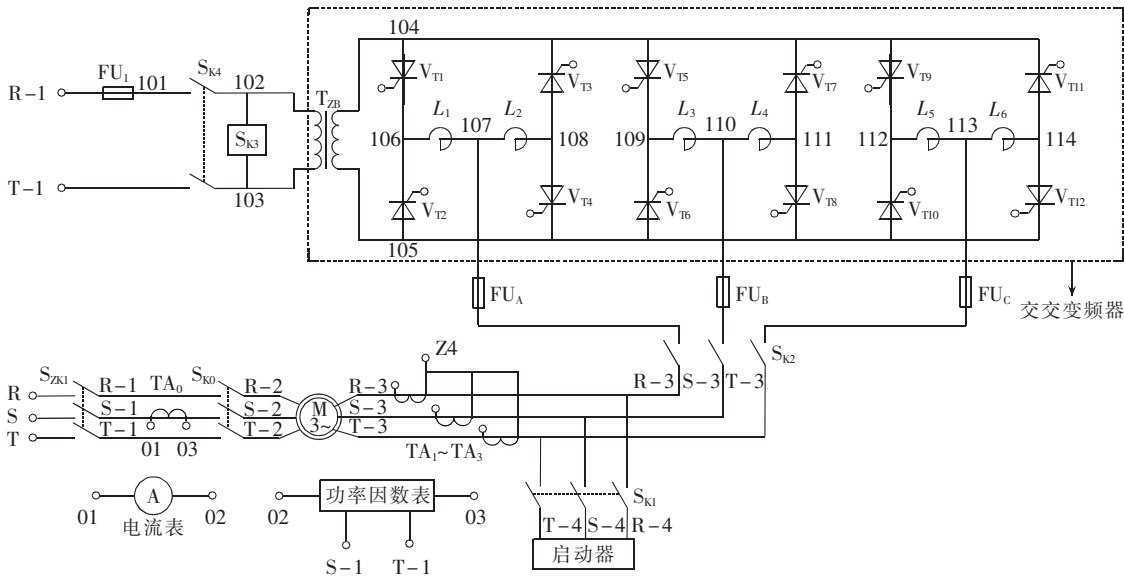


图 3 主电路原理图

Fig.3 Schematic diagram of main circuit

未进相前,电动机带启动器工作,进相后,启动器脱开,将电动机的转子回路切换到进相器^[4]。

TA₁、TA₂、TA₃是霍尔电流传感器,用以检测电动机的转子电流。虚线框内所示为交交变频器的原理图,由V_{T1}~V_{T12}共12只晶闸管和L₁~L₆共6只电抗器以及变压器T_{ZB}组成。该交交变频器将两相380 V交流电变换为三相交流电接入转子回路,从而在转子回路中产生一个附加电势^[7-8]。

操作电路配合主电路完成电动机的启动、停止、进相、退相以及出现故障时的强制退相等操作。

控制电路是进相器弱电部分最核心的单元,主要由电源电路、信号调理电路、逻辑变换电路、单片机电路等组成^[9-10]。主要作用是:采集来自转子回路的电流信号,经过信号调理电路、逻辑变换电路变成单片机能够识别处理的信号,经单片机处理传送给触发电路,控制晶闸管的工作^[10]。

触发电路主要由脉冲发生器及脉冲变压器组成,触发12只晶闸管的导通。

在硬件电路设计中,控制电路和触发电路均以插件形式安装,并设有脉冲指示,为维护和迅速更换元件提供了方便^[1]。

4 系统软件设计

整个系统的控制部分,采用89C 2051单片机作为控制部分的核心器件,所以软件设计部分也主要是对89C 2051单片机进行编程^[10-11]。由于作为控制对象的静止进相器模型的不确定性和复杂性,用传统的PID控制算法很难实现,针对进相器的特点,采用九点控制器^[12],实践表明用九点控制器实现进相器的智能控制是可行的。

5 系统调试结果及分析

系统建立后,进行了系统调试^[1]。调试中,选用

额定功率为2.2 kW的三相绕线型异步电动机(进相器容量为10 kW);负载选用最大阻值为40 Ω的滑动变阻器。进相变压器T_{ZB}的二次抽头接20 V。

当负载阻值为40 Ω时,实验数据如表1所示。

表 1 负载为 40 Ω 时的实验数据			
Tab.1 Experimental data when load is 40 Ω			
进相前、后	I ₁ /A	I ₂ /A	λ
进 相 前	4.30	4.30	0.860
进相后	330 V	3.70	0.953
	360 V	3.65	0.962
	380 V	3.60	0.970
	400 V	3.54	0.975
	420 V	3.48	0.980
	440 V	3.45	0.983

注:I₁、I₂分别为定、转子电流;λ=cos φ为功率因数。

实验时,为了模拟电网电压的变化,用调压器升高或降低电压,使它在380×(1±15%) V变化。从实验数据中,可以看到进相后,电动机定子电流减小,转子电流增大,功率因数也由原来的0.86提高到0.98左右。功率因数随电压变化如图4所示。

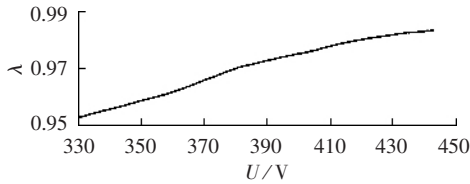


图 4 功率因数随电压变化图

Fig.4 Power factor changes with voltage

功率因数与定子电流关系如图5所示。由图可见,在功率因数提高的同时,定子电流不断减小。从进相前的4.70 A减小到进相后的3.45 A,减小幅度为

$$\frac{4.30-3.45}{4.30}=0.198=19.8\%$$

进相后,绕线式异步电动机的定子电流减小接近

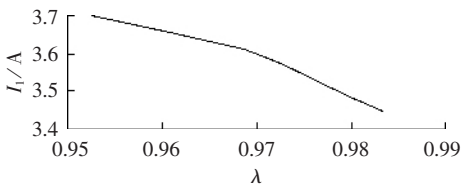


图5 功率因数与定子电流关系图

Fig.5 Relationship between power factor and stator current

20%,从而减小了电动机定子侧的铜耗与铁损,并降低了定子温升,延长了电动机的使用寿命。同时,随着定子电流的降低可增加电动机的负载,提高异步电动机的过载能力。

图6为功率因数与转子电流关系图。从图中可见:功率因数提高的同时,转子电流不断增大。从进相前的4.3 A增加到进相后的4.75 A,增加幅度为

$$\frac{4.75-4.30}{4.30} = 0.105 = 10.5\%$$

转子电流增加的幅度小于定子电流减小的幅度。当然,转子侧的损耗也相对要增加一些,但总体上,电动机能量损耗减小。

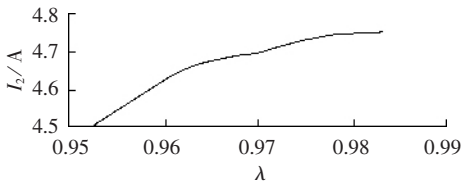


图6 功率因数与转子电流关系图

Fig.6 Relationship between power factor and rotor current

实验表明:智能型静止进相器的无功功率补偿效果明显,电动机功率因数提高、定子电流减小、转子电流增加。当电动机负载增大时,进相效果明显变好,功率因数可提高到0.98以上,甚至接近1;此外,可根据电动机的功率因数提高幅度大小的需要,来适当选择进相变压器 T_{ZB} 二次电压等级。

6 结论

智能型静止进相器采用了智能化技术,能够对缺相、温度过高等作出指示;采用变频技术,使设备本身真正成为无环流系统,自身能耗降低到最小程度^[6]。经在水泥厂磨机、风机等大功率电动机上使用后,证明节能效果非常明显,功率因数由使用前的0.75左右提高至0.96以上,定子电流下降约20%。智能型静止进相器的适用范围广,主要用于水泥、化工、钢铁、冶金、矿山等行业,投资回报快,具有极好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 常雨芳. 智能型静止进相器的研制[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.
CHANG Yu-fang. Development on an intelligent static phase generator[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2004.

- [2] 王兆安, 杨君, 刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [3] 徐志媛. HPS 智能型静止进相器的无功补偿原理及其应用[J]. 建材技术与应用, 2003, 2(1): 43-44.
XU Zhi-yuan. Reactive power compensating principle and application of HPS intelligent static phase generator[J]. Research & Application of Building Materials, 2003, 2(1): 43-44.
- [4] 王翔, 柴承文. 大中型绕线式异步电机的静止进相器[J]. 北京印刷学院学报, 2005, 13(3): 20-23.
WAN Xiang, CHAI Cheng-wen. Advancer-phaser for high power windings rotor asynchronous motor[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2005, 13(3): 20-23.
- [5] 孙鸣, 王治国, 秦建民. 一种新型柱上式无功功率补偿装置的研究[J]. 电网技术, 2004, 28(22): 67-70.
SUN Ming, WANG Zhi-guo, QIN Jian-min. Research on a new type of pole-mounting reactive power compensating device[J]. Power System Technology, 2004, 28(22): 67-70.
- [6] 彭海应, 陈柏超, 彭浒. 一种新型谐波抑制及无功功率补偿装置[J]. 电力电子技术, 2004, 38(6): 34-36.
PENG Hai-ying, CHEN Bai-chao, PENG Hu. Novel device for harmonic suppression and reactive-power compensation[J]. Power Electronics, 2004, 38(6): 34-36.
- [7] 冯广义, 张光, 李宏. 相序自适应全数字智能化晶闸管触发器[J]. 电力电子技术, 2003, 37(5): 82-83.
FENG Guang-yi, ZHANG Guang, LI Hong. A full digital and intelligent SCR trigger with phase self adaption[J]. Power Electronics, 2003, 37(5): 82-83.
- [8] 林渭勋. 现代电力电子电路[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002.
- [9] 董锦凤, 高春玲. $\Phi 3.5m \times 13$ 型水泥磨机电控系统设计[J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2004, 25(5): 43-46.
DONG Jin-feng, GAO Chun-ling. Electric-driving control system design of $\Phi 3.5m \times 13$ cement mill[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2004, 25(5): 43-46.
- [10] 熊茂华, 万文. 基于 AT89C 2051 单片机的无环流静止进相器[J]. 机床与液压, 2004(9): 139-140.
XIONG Mao-hua, WAN Wen. A zero circumfluence static phase corrector based on AT89C 2051 single-chip computer[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2004(9): 139-140.
- [11] 孙光华. 一种新型 TSF 动态无功功率补偿装置的原理和应用[J]. 电力电子, 2004, 2(5): 54-55.
SUN Guang-hua. Theory and application of a new TSP dynamic reactive power compensation device[J]. Power Electronics, 2004, 2(5): 54-55.
- [12] 刘教瑜, 杨艳, 陶亮. 基于改进型遗传算法的九点控制器参数自整定方法[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(4): 28-31.
LIU Jiao-yu, YANG Yan, TAO Liang. Parameter selftuning in nine-point controller based on improved genetic algorithms[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(4): 28-31.

(责任编辑: 柏英武)

作者简介:

常雨芳(1980-), 女, 山西阳城人, 助教, 研究方向为计算机控制与信息系统集成、新型控制技术(E-mail: changyufang@sina.com.cn);
袁佑新(1953-), 男, 湖北新州人, 教授, 研究方向为新型控制技术、信号处理与故障诊断、计算机控制与管理;



常雨芳

黄文聪(1977-), 男, 湖北蕲春人, 硕士研究生, 研究方向为计算机控制与信息系统集成。

Development of intelligent static phase generator

CHANG Yu-fang¹,YUAN You-xin²,HUANG Wen-cong²

(1. Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China;

2. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Intelligent static phase generator is the local reactive power compensation equipment designed for large and medium-sized wound-type electromotors. It is in series with the rotor of the wound-type electromotor to enhance the power factor of the electromotor. By controlling the transducer, the alternating current of 50 Hz is changed into an additional electromotive force exerting on the rotor windings of the asynchronous electromotor, whose frequency is same as the rotor current and whose phase is 90° exceeding the original electromotive force of the rotor. Currents and phases of the stator and the rotor are thus changed and the power factor is enhanced distinctly. Its working principle, system design, hardware and software are introduced in detail. Experiment results show that the intelligent static phase generator enhances the power factor of the electromotor above 0.96 generally.

Key words: intelligent static phase generator; reactive power compensation; wound-type electromotor; power factor; energy saving