

基于模糊方法的异步电机轻载降压节能控制研究

兴 志

(南京信息职业技术学院, 南京 210046)

摘 要 针对异步电机轻载时运行效率低的缺点,阐述了异步电机降压节能的原理。利用采样后的信号,采用校正的全周波傅氏算法算出电压、电流的相位,从而算出功率因数角。提出了电机轻载降压节能模糊控制方法。实验室测试结果表明,该方法在电机轻载运行时起到了很好的节能效果。

关键词 异步电机 轻载 降压节能 模糊控制

中图分类号 TP273.6; **文献标志码** A

交流异步电机由于结构简单、价格低廉、运行可靠、维护简单以及可用于恶劣环境等优点,在工业、农业、交通运输和日常生活中得到了广泛的应用。但在运行的过程中,所带负载经常处于变化状态,在轻载或空载的状态运行的时候,功率损耗增大,因此对于长期运行在空载、轻载状态下的异步电机,存在着很大的节能空间。异步电动机运行时,一般有三种方式可以达到节能的目的:一是调速技术;二是降低定子电压节能;三是优化电动机本体设计节能。针对异步电动机的降压节能研究,提出了很多优化的端电压控制策略^[1-3],但是这些方法都过度依赖电机的数学模型,很难达到最佳的控制效果。

现今在各个领域中被逐渐采用的模糊控制,是一种非线性的控制方法,是属于智能控制范畴的一种计算机数字控制,具有可靠性高、响应速度快等优点。本文基于模糊控制思想提出电机轻载节能模糊控制器,并取得了好的节能效果。

1 降压节能原理分析

异步电机对应不同的负载率,功率因数和效率

是变化的,在额定负载率左右,可达到较高的功率因数和最高的运行效率。电机轻载运行时的功率因数与效率都很低,采取降压节能的空间很大。

对于满载或重载运行的电动机,降低其端电压将会造成严重后果。随着端电压的降低,电动机的磁通和电动势降小,铁耗减小。与此同时,随电压平方变化的电动机转矩也迅速减小而小于负载转矩,电动机只能增大转差率,增大电磁转矩达到与负载转矩平衡。转差率的增大,引起转子电流增大,同时引起定子和转子间的相角增大,导致定子电流增大,使定子和转子的铜耗增加值大大超过铁耗的下降值,这时电动机绕组的温度会升高,效率将会下降,甚至发生电机烧毁事故。然而对于轻载运行的电动机,情况就截然不同。

假设电机在降低的相电压和额定电压两种端电压下的负载为同一负载,可以得到这两种情况下的效率之比为:

$$\eta = \frac{\eta_x}{\eta_{xN}} = \frac{U_{1N} I_{1N} \cos \varphi_{1N}}{U_1 I_1 \cos \varphi_1} \quad (1)$$

式(1)中, U_1, U_{1N} 分别为电机端降低的相电压和额定相电压; I_1, I_{1N} 分别为两种电压下电机定子电流, $\cos \varphi_1, \cos \varphi_{1N}$ 为功率因数。

不计磁饱和作用和集肤效应,额定电压及降压时电机的各阻抗参数基本不变,由异步电动机近似等值电路的电机阻抗

2010年8月26日收到 南京信息职业技术学院科研基金项目
(YKJ09-001)资助
作者简介:兴 志(1982—),男,黑龙江佳木斯人,硕士生,助教,研究方向:电机驱动与控制。E-mail: xingzhi@dma800.com。

$$Z = \sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2} \approx \frac{\sigma r_2}{s} \quad (2)$$

式(2)中在电机轻载时起端电压不很小的情况下,转差率 s 的大小在额定转差率附近,是数量级较小的数。 σ 为一校正系数,用于减小近似产生的误差,同一电机 σ 为一校正系数,用于减小近似产生的误差,同一电机 σ 基本不变。考虑式(2)得:

$$\frac{I_1}{I_{1N}} = \frac{U_1/Z_1}{U_N/Z_N} \approx \frac{U_1 s}{U_{1N} s_N} \quad (3)$$

式(3)中: Z_1, Z_N 分别为轻载时降压及额定电压下的电机阻抗, s, s_N 分别为两种电压下电机的转差率。将式(3)代入式(1)得

$$\eta_e = \frac{U_{1N}^2 s_N \cos \varphi_{1N}}{U_1^2 s \cos \varphi_1} \quad (4)$$

由式(4)知,只有当 η_e 大于 1 时,轻载降压时电机的运行效率才大于额定电压时的效率,才能实现节能。降压后的功率因数的近似计算公式:

$$\cos \varphi_1 = \frac{\cos \varphi_{1N}}{\sqrt{1 + 3(K_0 K_u)^2 (1/m^2 - 1)/(3 - K_u)^2}} \quad (5)$$

式(5)中 m 为负载系数, K_u 为调压比,即减低的电压与额定电压之比; K_0 为额定空载电流与额定电流之比; $\cos \varphi_{1N}$ 为额定功率因数。

由式(5)知,轻载时,降低电机的端电压可提高功率因数。另外从异步电机的机械特性知,电机带同一负载时,起转差率随端电压降低而增大。考虑这两个因素的变化情况,在根据式(4)得以下结论:不是所有的降压行为都能达到降压的目的,只有当电压的降低程度大于转差率及功率因数的上升程度时,才能使降压时电机的运行效率提高。

2 模糊控制在电机降压节能控制中的应用

人们对异步电机轻载调压节能技术进行了大量的研究,提出了很多优化的端电压控制策略,如:恒功率因数角控制、最小定子电流控制、最小功率因数角控制和最小定子输入功率控制。上述调压控制方式的共同特点是严重依赖电机的数学模型,

而电机是一个强耦合,严重非线性的系统,其在运行过程中由于自身与外界的影响,状态在不断地改变,难以得到精确的数学模型,采用模糊控制算法对其进行控制是一种有效的途径。将电机的功率因数 $\cos \varphi$ 和功率因数的变化 $\Delta \cos \varphi$ 作为输入系统输入,将晶闸管控制的输出电压变化值 u 作为输出量,构成二维模糊控制系统。

2.1 功率因数的计算

傅氏算法是应用数学中的傅里叶级数展开方法,将非正弦周期电压、电信号分解为一系列不同频率的正弦量之和,根据线性电路的叠加定理,分别在各个正弦量单独作用下在电路中产生的同频正弦电流分量和电压分量,然后把所得分量按时域形式叠加,得到电路在非正弦周期激励下的稳态电流和电压,这种方法称为傅氏谐波分析法。实质上是把非正弦周期电流或电压的计算化为系列正弦电流、电压的计算^[4,5]。

通过 A/D 芯片完成电流、电压信号的采集,傅氏计算得到 A 向的电流、电压的实部和虚部,然后就可以计算得到所需的功率因数。

2.2 模糊节能控制算法

选定功率因数 $\cos \varphi$ 的语言变量为 A,论域为 $[0, 1]$,取 7 个模糊子集,分别为 S3、S2、S1、CE、L1、L2、L3,对应当前功率因数 $\cos \varphi$ 相对于期望值为“最低”、“非常低”、“很低”、“低”、“较高”、“非常高”和“最高”。前后两次功率因数的变化记为 $\Delta \cos \varphi$,选其语言变量为 AC,论域 $[-0.8, 0.8]$,取 5 个模糊子集分别为 PB、PS、Z0、NS、NB,分别表示功率因数变化为“功率因数快速增大”、“功率因数增大”、“功率因数不变”、“功率因数减小”和“功率因数快速减小”。输出电压 U 论域为 $[-60, 60]$,取 7 个模糊子集分别为 PB、PM、PS、Z0、NS、NM、NB,分别表示电压变化值为“升压大”、“升压中”、“升压小”、“不变”、“降压小”、“降压中”和“降压大”。输入选择三角隶属函数,输出选择正态隶属函数。根据专家知识和熟练操作人员经验积累,对异步电动机降压运行时输入输出变量的变化,总结出 19 条模糊规则,根据模糊规则建立的规则表如

下。为了提高速度先在离线计算的基础上建立模糊控制器查询表。

表 1 模糊规则表

U	$\cos\varphi$							
	S3	S2	S1	CE	L1	L2	L3	
$\Delta\cos\varphi$	PB	NM	NS	ZO	NM	PM	PB	PB
	PS	NM	NM	ZO	NM	PS	PB	PB
	ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
	NS	NB	NB	NS	NS	ZO	PM	PM
	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM

根据采样得到两个输入变量功率因数和功率因数变化,利用三角隶属函数和正态隶属函数对两个输入变量模糊化,然后根据大量的经验制定出条模糊规则,进行模糊推理,确定输入与输出变量间的蕴含关系矩阵,并进行集中化处理,由于模糊运算所耗系统资源很大,故在初始化时对模糊控制关系进行了离线处理,可以根据输入功率因数及功率因数的变化经过查表就可确定所要降压的大小。模糊控制流程如图 1 所示。

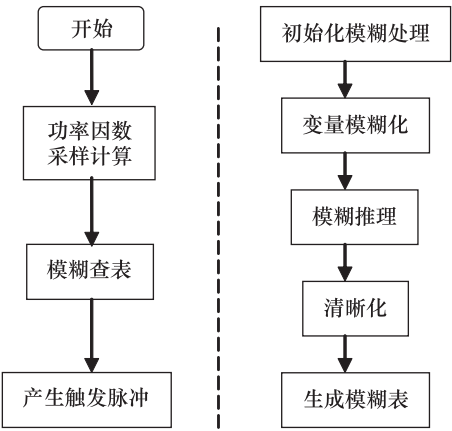


图 1 模糊控制流程图

3 试验结果与分析

为了验证该模糊控制系统的节能效果,对试验电机进行不同复杂率下的轻载试验,结果如表 2 所示。系统控制芯片采用的控制芯片为 SEP4020,是

由东南大学国家专用集成电路系统工程技术研究中心自主开发的一款基于 ARM7TDMI 核的微处理器,主回路采用六只耐压为 4.5 kV 的 KCB—02A1 晶闸管模块,构成三相反并联调压电路。试验电机为 Y2—132S1—2 型电机。

表 2 试验结果数据

负载率 β	输入功率/W	节电率/%
0	110	40
0.1	415	28
0.3	2 050	9
0.6	3 967	3
0.8	4 835	-0.8

从试验数据可以看出,对本试验电机来说,当负载率较低的时候,节能效果比较明显,所以当负载率高于 60% 时,由于管压降,谐波等因素的影响,由可控硅调压控制器供电将增加净功率损耗。本实验表明:用晶闸管调压电路对异步电动机供电,并不总是能够节能的,若要实现调压节能,异步电动机必须工作于轻载状态。

4 结论

针对异步电机轻载节能问题,提出了电机模糊节能控制器,并进行了试验测试,结果表明该控制器在电机轻载时具有良好的节能效果。采用模糊控制技术研究的异步电动机定子降电压节能控制系统,其调节性能只能达到准最优,不容易达到最优,原因就是一旦模糊控制器设计好,其参数、结构等形式就确定下来了,不管电动机实际情况如何变化,模糊控制器的控制规律都是固定的。鉴于以上的不足之处,可以在控制算法上加以改进,使其达到一个较为理想的效果。

参 考 文 献

1 李建民. 异步电机轻载节能控制研究. 自动化与仪器仪表, 2008; 04:85—87
2 刘燕飞,王 倩. 节能型异步电机矢量控制系统的设计与仿真. 电机与控制应用, 2007;34 (7):18—20

(下转第 8072 页)

- 6 Horprasert T, Harwood D, Davis L S. A statistical approach for real-time robust background subtraction and shadow detection. Proceedings of IEEE ICCV'99 Frame-Rate Workshop, 2007;8:109—127

An Improved Statistical Shadow Detection Method

DU Bing-xin, DING Guo-dong

(Educational Information Technology and Communication Institution of Anyang Normal University, Anyang 455000, P. R. China)

[**Abstract**] Shadow detection and suppression were key steps in video processing system. The accuracy of subsequent analysis, such as target tracking and object recognition, will be directly affected by this step. The paradox of the shadow detection was that it was difficult to solve false shadow detection and shadow missing problems simultaneously. An improved method to detect shadows is proposed. The method use Gabor filters to optimize traditional statistical method. The advantage of this method is considering brightness, color and texture features together. Experiments show that the good results obtained.

[**Key words**] Gabor filter shadow detection brightness and chroma distortion

(上接第 8063 页)

- 3 王爱元, 凌志浩. 标量控制的感应电机高效节能运行的实现. 电气传动, 2009;39 (1):19—22
- 4 黄天成. FFT 算法在电机智能保护系统中的应用. 计算机工程与设计, 2003;3:69—71
- 5 金福德, 黄 乐. 傅氏算法的滤波特性分析. 继电器, 2005;33 (21):45—50

Asynchronous Motor Energy-conserving by Step-down Control Based on Fuzzy Method with Light-loading

XING Zhi

(Nanjing College of Information Technology, Nanjing 210046, P. R. China)

[**Abstract**] To the disadvantage that asynchronous motor has lower operational efficiency with light-loading, the energy-conserving principle by step-down is analyzed. The use of sampled signals, full-cycle Fourier algorithm for correction calculated voltage and current phase are used, and thus calculated the power factor angle. A kind of energy-conserving by step-down method is proposed based on fuzzy control. Laboratory test results show that better energy-conserving effect is obtained in light-loading.

[**Key words**] asynchronous motor light loading energy-conserving by step-down fuzzy control