



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104608008 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201510092816.6

(22)申请日 2015.03.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104608008 A

(43)申请公布日 2015.05.13

(73)专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 刘飞 刘培基 刘高君 虞军波

(74)专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212

代理人 张先芸

(51)Int.Cl.

B23Q 17/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103235554 A,2013.08.07,全文.

CN 102744649 A,2012.10.24,全文.

CN 102179727 A,2011.09.14,全文.

CN 102637014 A,2012.08.15,全文.

JP 特开平11-48096 A,1999.02.23,全文.

审查员 张欢

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种机床主动力系统载荷损耗系数的获取方法

(57)摘要

本发明提出一种根据机床主动力系统能量损耗数学模型而建立的载荷损耗系数获取方法。该方法首先分别建立变频器、主电机和机械传动系统的输入、输出功率模型,并由此导出了基于变频器的额定功率、额定功率损耗、散热器额定功率,主电机的额定功率、额定转速、额定转速下的空载功率、额定转速下的效率,以及机床机械传动系统中每种传动副的数量和载荷效率等基础参数的主动力系统载荷损耗系统计算模型。实际计算时只需将基础参数和功率测量仪测量的机床主动力系统空载功率输入到前面的计算模型中,便可得到机床主动动力系统的载荷损耗系数。该系数可为机床能量消耗分析、效率评价和工件预测及优化提供重要的支持。



CN 104608008 B

1. 一种机床主动力系统载荷损耗系数的获取方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 获取机床主动力系统载荷能量损耗系数所需要的基础参数:包括变频器的额定功率 P_{IN} 、额定功率损耗 P_{veN} 、散热器额定功率 P_r ,主电机的额定功率 P_N 、额定转速 n_N 、额定转速下的空载功率 $P_0(n_N)$ 、额定转速下的效率 η_N ,以及机床机械传动系统中每种传动副的数量 N 和载荷效率 η'_k ;

其中,变频器的输入、输出功率模型是基于变频器的额定功率、额定功率损耗、散热器额定功率等基础参数的功率模型,其表达式为: $P_{in}(n) = (1+b_f b_u)P_1(n) + P_r$

其中 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{IN}$, $n \leq n_N$ 时, $b_f = \frac{n_N}{n}$; $n \geq n_N$ 时, $b_f = 1$; n_N 为主电机额定转速, n 为主电机转速, $P_1(n)$ 为变频器的输出功率;

2) 输入基础参数:输入基础参数 P_{IN} 、 P_{veN} 、 P_r ,根据公式 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{IN}$ 计算变频器能量损耗参数 b_u ;输入基础参数 P_N 、 $P_0(n_N)$ 、 η_N ,根据公式 $b_m = P_N \left(\frac{1}{\eta_N} - 1 \right) - P_0(n_N)$ 计算主电机能量

损耗参数 b_m ;输入基础参数 N 、 η'_k ,根据公式 $\alpha_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^N \eta'_k}$ 计算机械传动系统能量损耗参数

α_m ;输入基础参数 n_N ,根据公式 $b_f = \begin{cases} \frac{n_N}{n}, & n \leq n_N \\ 1, & n \geq n_N \end{cases}$ 计算转速参数 b_f 的表达式;

3) 输入利用功率测量仪测量的机床主动力系统空载功率 $P_{inu}(n)$,计算机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$;

其中,普通机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m (P_{inu}(n) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

变频调速机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m ((P_{inu}(n) - P_r) / (1 + b_f b_u) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

4) 根据2)3)中的数据,计算机床主动力系统的载荷损耗系数 a, b ;

当机床是普通机床时,载荷能量损耗系数 a, b 的计算公式为:

$$a = b_m \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m (1 + b_u)} + 1 \right);$$

当机床是变频调速机床时,载荷能量损耗系数 a, b 的计算公式为:

$$a = b_m (1 + b_f b_u) \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m (1 + b_f b_u) \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m (1 + b_u)} + 1 \right);$$

当忽略变频调速机床的机械传动系统时,载荷能量损耗系数 a, b 的计算公式为:

$$a = b_m \left(\frac{1 + b_f b_u}{P_N} \right)^2, \quad b = b_f b_u.$$

一种机床主动力系统载荷损耗系数的获取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机械制造技术领域,特别是涉及一种机床主动力系统载荷损耗系数的获取方法。

背景技术

[0002] 制造系统能耗状态分析及其能效估评是制造系统降低能量消耗、提高能量效率的基础。为此制造系统能效评估问题的研究正在国际上迅速兴起。机床是制造系统的装备基础,其能效评价是制造系统能效评价的重要方面。目前,载荷损耗系数可为机床能量消耗分析、能量效率评价和工件能量效率预测及优化提供重要的支持。

[0003] 胡韶华等在论文《Characteristics of Additional Load Losses of Spindle System of Machine Tools》中详细研究了机床主动力系统载荷能量损耗与切削功率、主轴转速以及转矩之间的规律,为机床能效分析奠定了一定基础。但是,没有对载荷损耗系数的获取方法作出说明。

[0004] 现有研究机床能效评估问题时,都是通过实验测量来获取机床主动力系统载荷损耗系数的。如CN102179727A公开的《机床主传动系统加工过程能耗信息在线检测方法》提出了通过切削实验获取载荷损耗系数的方法。但是,这种方法需要在每台机床上做切屑实验,实验过程非常繁琐。而且,切削仪器一般价格比较昂贵,保证高精度的测量过程也比较复杂。另外,对于一些工作台无法安装切削仪器的机床而言就不可行。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的上述不足,本发明的目的是提供一种根据机床主动力系统能量损耗数学模型建立的载荷损耗系数获取方法,解决机床主动力系统载荷损耗系数获取困难的问题。

[0006] 为实现以上发明目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种机床主动力系统载荷损耗系数的获取方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0008] 1)获取机床主动力系统载荷能量损耗系数所需要的基础参数:包括变频器的额定功率 P_{1N} 、额定功率损耗 P_{veN} 、散热器额定功率 P_r ,主电机的额定功率 P_N 、额定转速 n_N 、额定转速下的空载功率 $P_0(n_N)$ 、额定转速下的效率 η_N ,以及机床机械传动系统中每种传动副的数量 N 和载荷效率 η'_k ;

[0009] 其中,变频器的输入、输出功率模型是基于变频器的额定功率、额定功率损耗、散热器额定功率等基础参数的功率模型,其表达式为: $P_{in}(n) = (1 + b_f b_u) P_1(n) + P_r$

[0010] 其中 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{1N}$, $n \leq n_N$ 时, $b_f = \frac{n_N}{n}$; $n \geq n_N$ 时, $b_f = 1$, n_N 为主电机额定转速, n 为主电机转速, $P_1(n)$ 为变频器的输出功率;

[0011] 2)输入基础参数:输入基础参数 P_{1N} 、 P_{veN} 、 P_r ,根据公式 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{1N}$ 计算变频

器能量损耗参数 b_u ;输入基础参数 P_N 、 $P_0(n_N)$ 、 η_N ,根据公式 $b_m = P_N \left(\frac{1}{\eta_N} - 1 \right) - P_0(n_N)$ 计算主电

机能量损耗参数 b_m ;输入基础参数 N 、 η'_k ,根据公式 $\alpha_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^N \eta_k}$ 计算机械传动系统能量损耗

参数 α_m ;输入基础参数 n_N ,根据公式 $b_f = \begin{cases} \frac{n_N}{n}, n \leq n_N \\ 1, n \geq n_N \end{cases}$ 计算转速参数 b_f 的表达式;

[0012] 3)输入利用功率测量仪测量的机床主动力系统空载功率 $P_{inu}(n)$,计算机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$;

[0013] 其中,普通机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$[0014] \quad P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m(P_{inu}(n) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

[0015] 变频调速机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$[0016] \quad P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m((P_{inu}(n) - P_r)/(1+b_f b_u) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

[0017] 4)根据2)3)中的数据,自动计算机床主动力系统的载荷损耗系数 a , b 。

[0018] 进一步,当机床是普通机床时,载荷能量损耗系数 a , b 的计算公式为:

$$[0019] \quad a = b_m \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m(1+b_u)} + 1 \right)。$$

[0020] 进一步,当机床是变频调速机床时,载荷能量损耗系数 a , b 的计算公式为:

$$[0021] \quad a = b_m(1+b_f b_u) \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m(1+b_f b_u) \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m(1+b_u)} + 1 \right)。$$

[0022] 进一步,当忽略变频调速机床的机械传动系统时,载荷能量损耗系数 a , b 的计算公式为:

$$[0023] \quad a = b_m(1+b_f b_u) / P_N^2, \quad b = b_f b_u。$$

[0024] 本发明通过理论分析,变频器的输入、输出功率模型是基于变频器的额定功率、额定功率损耗、散热器额定功率等基础参数的功率模型,其表达式为:

$$[0025] \quad P_{in}(n) = (1+b_f b_u)P_1(n) + P_r$$

[0026] 其中 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{1N}$, $n \leq n_N$ 时, $b_f = \frac{n_N}{n}$; $n \geq n_N$ 时, $b_f = 1$ 。

[0027] 主电机的输入、输出功率模型是基于额定功率、额定转速下的空载功率、额定转速下的效率等基础参数的功率模型,其表达式为:

$$[0028] \quad P_1(n) = P_0(n) + b_m \left(\frac{P_2(n)}{P_N} \right)^2 + P_2(n)$$

[0029] 其中, $b_m = P_N \left(\frac{1}{\eta_N} - 1 \right) - P_0(n_N)$ 。

[0030] 根据文献《机械加工系统能量特性及其应用》中基于机床机械传动系统中每种传动副的数量和载荷效率等基础参数的机械传动系统的输入、输出功率模型,其表达式为: P_2

$(n) = \alpha_m P_c + K_{nn}$, 其中, $\alpha_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^N \eta_k}$ 。

[0031] 最终,得到机床主动力系统切削功率 P_c 与输入功率 $P_{in}(n)$ 的函数关系为: $P_{in}(n) = P_{im}(n) + aP_c^2 + (b+1)P_c$ 。从而得到载荷损耗系数 a, b 的表达式。

[0032] 相比现有技术,本发明具有如下优点:

[0033] 1、本发明省去安装切削仪器,不需要测量机床的切削功率;只需安装功率测量仪,测量机床主动动力系统的空载功率。操作简便易实施。

[0034] 2、本发明需要的基础参数通过查看机床说明书、变频器和电机铭牌或向电机生产厂家咨询获取。建立一系列机床主动动力系统的空载功率数据库后,需要获取载荷系数时可直接引用。该方法简单实用,可解决生产过程中因切削功率测量繁杂不准确而无法获得机床整体能耗这一难题。

[0035] 3、通过本发明获取的切削功率与实际测量的切削功率相比,相对误差范围均在6%内,因此在实际工作中具有较好的参考性。

[0036] 4、本发明获取机床主传动系统载荷损耗系数,对于研究机床整体能耗,机床能耗定额定制和提高机床能量效率具有广阔的应用前景。

附图说明

[0037] 图1为普通机床主动力系统简图。

[0038] 图2为变频调速机床主动力系统简图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的说明。

[0040] 变频调速机床主动力系统由变频器、主电机和机械传动系统三部分组成,而普通机床没有变频器环节。如图1和图2所示, P_{in} 为主动动力系统的输入功率, P_1 为输入主电机的总功率, P_2 为机械传动系统的输入功率, P_c 为加工系统的输入总功率。主轴传动系统将主电机的能量传递给加工系统,促使执行元件(刀具或工件)运动。加工系统指由刀具、工件等组成的系统,加工过程是指加工系统对工件进行加工的过程,这一过程会引起主传动系统的能量损耗发生变化。

[0041] 本发明提出一种机床主传动系统载荷损耗系数的获取方法,包括如下步骤:

[0042] 1)通过查看机床说明书、变频器和电机铭牌或向电机生产厂家咨询,获取机床主动力系统载荷能量损耗系数所需要的基础数据:包括变频器的额定功率 P_{1N} 、额定功率损耗 P_{veN} 、散热器额定功率 P_r ,主电机的额定功率 P_N 、额定转速 n_N 、额定转速下的空载功率 $P_0(n_N)$ 、额定转速下的效率 η_N ,以及机床机械传动系统中每种传动副的数量 N 和载荷效率 η'_k ;

[0043] 2)输入基础参数:输入基础参数 P_{1N} 、 P_{veN} 、 P_r ,根据公式 $b_u = (P_{veN} - P_r) / P_{1N}$ 计算变频

器能量损耗参数 b_u ;输入基础参数 P_N 、 $P_0(n_N)$ 、 η_N ,根据公式 $b_m = P_N \left(\frac{1}{\eta_N} - 1 \right) - P_0(n_N)$ 计算主电

机能量损耗参数 b_m ;输入基础参数 N 、 η'_k ,根据公式 $\alpha_m = \frac{1}{\prod_{k=1}^N \eta_k}$ 计算机械传动系统能量损耗

参数 α_m ;输入基础参数 n_N ,根据公式 $b_f = \begin{cases} \frac{n_N}{n}, n \leq n_N \\ 1, n \geq n_N \end{cases}$ 计算转速参数 b_f 的表达式;

[0044] 3)输入利用功率测量仪测量的机床主动力系统空载功率,计算机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 。其中,普通机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$[0045] \quad P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m(P_{inu}(n) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

[0046] 变频调速机床的机床机械传动系统的空载功率损耗功率 $P_{2u}(n)$ 的计算公式为:

$$[0047] \quad P_{2u}(n) = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 + 4b_m((P_{inu}(n) - P_r)/(1+b_f b_u) - P_0(n))}}{2b_m} P_N;$$

[0048] 4)根据步骤2)和3)中的数据,计算获取机床主动力系统载荷能量损耗系数 a 、 b 。

[0049] 普通机床时,载荷能量损耗系数 a 、 b 的计算公式为:

$$[0050] \quad a = b_m \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m(1+b_u)} + 1 \right)。$$

[0051] 变频调速机床主动力系统载荷能量损耗系数 a 、 b 的计算公式为:

$$[0052] \quad a = b_m (1+b_f b_u) \left(\frac{\alpha_m}{P_N} \right)^2, \quad b = \alpha_m (1+b_f b_u) \left(\frac{2b_m P_{2u}(n)}{P_N^2} - \frac{1}{\alpha_m(1+b_u)} + 1 \right)。$$

[0053] 由于有的变频调速机床机械传动结构非常简单,电机输出轴直接输出到加工系统。当忽略变频调速机床的机械传动系统时,变频调速机床主动力系统载荷能量损耗系数 a 、 b 的计算公式为:

$$[0054] \quad a = b_m \left(1 + b_f b_u \right) / P_N^2, \quad b = b_f b_u。$$

[0055] 综上,本发明首先分别建立变频器、主电机和机械传动系统的输入、输出功率模型,并由此导出了基于变频器的额定功率、额定功率损耗、散热器额定功率,主电机的额定功率、额定转速、额定转速下的空载功率、额定转速下的效率,以及机床机械传动系统中每种传动副的数量和载荷效率等基础参数的主动力系统载荷损耗系统计算模型。该方法实际计算时省去安装的切削仪器,不需要测量机床的切削功率,只需测量机床主动力系统的空载功率便可根据前面的计算模型得到机床主动力系统的载荷损耗系数。

[0056] 实施例:

[0057] 在铣削加工中心PL700机床上,采用本发明方法获取在PL700的主动力系统载荷损耗系数,其过程如下:

[0058] 1、获取基础数据。

[0059] 通过查看机床说明书、变频器和电机铭牌,以及向电机生产厂家咨询,获得铣削加工中心PL700机床的基础数据如表1所示。

[0060] 表1铣削加工中心PL700机床基础数据

[0061]

变频器额定功率	变频器额定功率损耗	变频器散热器额定功率
5500W	50W	15W
主电机额定功率	额定转速下空载功率	额定转速下的效率
5500W	293 W	88.6%
传动副个数	传动副 1 的载荷效率	传动副 2 的载荷效率
2	0.98	0.98

[0062] 2、输入基础数据,计算参数。

[0063] 表2铣削加工中心PL700机床参数

[0064]

b_u	b_m	α_m	b_f
0.00636	414.6749	1.041233	$n \leq n_N : 3000/n$

[0065] 3、误差实验。

[0066] 在铣削加工中心PL700机床上,用HIOKI-3390C功率仪测量了不同转速下主轴的空载功率值。为了更加清楚地观察误差实验效果,采用控制变量的思想,分别做了机床在不同主轴转速、不同切深以及不同进给量下的对比误差实验。实验参数如表3所示。

[0067] 表3铣削加工中心PL700机床实验参数

组号	主轴转速 rpm	切深 mm	进给量 mm	切削功率 测量值 W	主轴空载 功率 W	主轴 总功率 W	
[0068]	1	1000	0.4	500	62.07	116	183
	2	1600	0.4	500	67.07	175	246
	3	2800	0.4	500	83.78	287	379
	4	3200	0.4	500	93.54	284	385
	5	4400	0.4	500	118.90	349	478
	6	3600	0.1	500	33.22	295	330
	7	3600	0.15	500	43.25	295	343
	8	3600	0.22	500	57.50	295	358
	9	3600	0.28	500	69.73	295	372
	10	3600	0.36	500	85.15	295	389
[0069]	11	3600	0.4	100	43.71	295	341
	12	3600	0.4	300	74.30	295	373
	13	3600	0.4	350	76.04	295	380
	14	3600	0.4	600	109.92	295	415
	15	3600	0.4	700	120.10	295	427

[0070] 通过对比误差实验,得到载荷损耗系数和相对误差表,如表4所示。

[0071] 表4载荷损耗系数和相对误差:

组号	切削功率 测量值 W	载荷损耗 系数 a	载 荷 损 耗系数 b	切削功率 计算值 W	相 对 误差
1	62.07	1.51456E-05	0.051805	63.64	2.53%
2	67.07	1.50393E-05	0.053319	67.34	0.40%
3	83.78	1.49633E-05	0.056068	87.01	3.85%
4	93.54	1.49566E-05	0.056014	95.51	2.11%
5	118.90	1.49566E-05	0.057881	121.73	2.38%
6	33.22	1.49566E-05	0.056359	33.12	-0.30%
[0072] 7	43.25	1.49566E-05	0.056359	45.41	5.00%
8	57.50	1.49566E-05	0.056359	59.59	3.64%
9	69.73	1.49566E-05	0.056359	72.82	4.42%
10	85.15	1.49566E-05	0.056359	88.87	4.37%
11	43.71	1.49566E-05	0.056359	43.52	-0.43%
12	74.30	1.49566E-05	0.056359	73.76	-0.72%
13	76.04	1.49566E-05	0.056359	80.37	5.69%
14	109.92	1.49566E-05	0.056359	113.42	3.17%
15	62.07	1.49566E-05	0.056359	124.74	3.85%

[0073] 通过误差实验,可以看出:本发明获取的切削功率与实际测量的切削功率相比,相对误差范围均在 $\pm 6\%$ 内,因此在实际工作中具有较好的参考性。

[0074] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

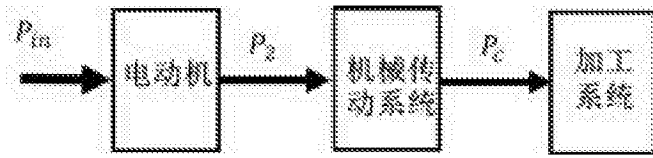


图1



图2