

(4) 15-16

用数字仿真法精确计算飞轮的转动惯量

王兆伍

(南京林业大学)

TH 133.7

1 引言

在机械系统中,速度的波动将直接影响机械的工作质量,而调节速度波动最简单的方法是使用飞轮。在飞轮设计中,飞轮的大小与盈亏功有关,而盈亏功又取决于角速度。角速度又与飞轮的转动惯量有关。因此在一般情况下,不易精确计算飞轮的转动惯量^[1]。

为此,本文提出利用数字仿真法,在已知等效转动惯量、等效驱动力矩和等效阻力矩的条件下,模拟不同的飞轮转动惯量对机器速度波动的影响,从中求出在满足机器所允许的动转不均匀系数的条件下所需要最小的飞轮转动惯量。

2 精确计算飞轮转动惯量的方法

由刚性构件组成的机械系统的运动微

$$\text{分方程可写成 } \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{d\varphi} + J\omega \frac{d\omega}{d\varphi} = M_d - M_r \quad (1)$$

式中 J ——等效转动惯量,且是等效构件位置的函数,

即 $J = J(\varphi)$ 。若考虑飞轮的转动惯量

J_f , 则 $J = J(\varphi) + J_f$;

ω ——等效构件的角速度;

φ ——等效构件的角位移;

M_d ——等效驱动力矩,且 $M_d = M_d(\varphi, \omega)$;

M_r ——等效阻力矩,且 $M_r = M_r(\varphi, \omega)$ 。

当机械系统处于稳定运动阶段,设在一个周期内角速度的最大值和最小值分别为 ω_{\max} 和 ω_{\min} , 则运转不均匀系统 δ 为

$$\delta = \frac{2(\omega_{\max} - \omega_{\min})}{\omega_{\max} + \omega_{\min}} \quad (2)$$

在给定机器运转不均匀系数 δ 的许用值 $[\delta]$ 后,可按文献[1]中的方法,在忽略构件转动惯量的条件下,近似求出飞轮的转动惯量。设此时求得的转动惯量为 J_{f2} 。这时我们在区间 $[0, J_{f2}]$ 中利用二分法即可精确求出飞轮的转动惯量,其计算框图如图1所示。必要时,还需对最大角速度所对应的转角进行检验。

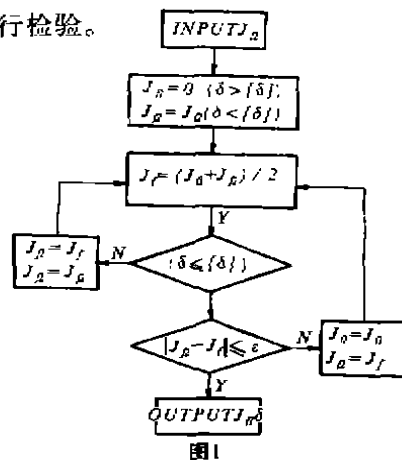


图1

3 数字仿真算法

将式(1)改写为

$$\frac{d\omega}{d\varphi} = \frac{1}{J\omega} (M_d - M_r - \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ}{d\varphi}) \quad (3)$$

由文献[2]我们可将式(3)画为供数字仿真所用的模拟图,如图2所示。

将图2中的各个模块进行编号并确定其参数后,即可利用数字仿真的通用程序方便地计算出角速度 ω 的变化情况,从中求出

运转不均匀系数 δ 。在考虑构件弹性的情况下,利用此法也可以方便地解决机械动力学中的有关问题,可参见文献[3]。

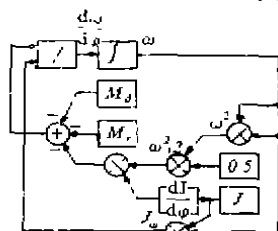


图2

4 算例

某机器的等效转动惯量 $J(\varphi)$ 、等效阻力矩 $M_r(\varphi)$ 的数值列于表1中,其等效驱动力矩 $M_d = 5400 - 980\omega$ (N·m), ω 为等效轴的角速度 (rad/s), 运转不均匀系数的许用值 $[\delta] = 0.05$, 试求飞轮的转动惯量。

由文献[1]可近似求得 $J_{j2} = 750 \text{ kgm}^2$, 此时 $\delta = 0.0422$ 。用本文所述的方法,经迭代后求得 $J_j = 620 \text{ kgm}^2$, 其 $\delta = 0.0495 < [\delta] = 0.05$, 其角速度 ω 的变化规律列于表1中。

5 结论

用数字仿真法精确计算飞轮转动惯量,不需在任何假设条件下进行计算,可适

用于 $J = J(\varphi)$ 、 $M_d = M_d(\varphi, \omega)$ 和 $M_r = M_r(\varphi, \omega)$ 等情况,其方法简单可行。同时,可在考虑构件弹性的情况下,解决其机械动力学问题。

表1

i	ω^0	$J(\varphi)$ (kgm^2)	$M_r(\varphi)$ (Nm)	ω (rad/s)
0	0	33.3	774	5.0873
1	15	33.2	795	5.0595
2	30	32.9	807	5.0329
3	45	32.4	780	5.0094
4	60	31.8	712	4.9918
5	75	31.2	83.3	5.0029
6	90	30.6	103	5.0362
7	105	30.5	134	5.0637
8	120	31	137	5.0841
9	135	32.4	181	5.0980
10	150	34.3	175	5.1086
11	165	36.4	147	5.1184
12	180	37.4	144	5.1312
13	195	36.4	147	5.1494
14	210	34.3	154	5.1711
15	225	32.3	149	5.1923
16	240	31	129	5.2110
17	255	30.5	129	5.2262
18	270	30.6	136	5.2374
19	285	31.2	142	5.2453
20	300	31.8	740	5.2293
21	315	32.4	787	5.1907
22	330	32.9	803	5.1527
23	345	33.2	786	5.1178
24	360	33.3	774	5.0873

参考文献

- 1 唐锡宽等.机械动力学.高等教育出版社,1983.1170~135
- 2 [美]C.M.克洛斯等.动态系统模型的建立和分析.机械工业出版社,1987.1124~143
- 3 王兆伍.某工程抛壳机可靠性研究.华东工学院硕士学位论文,1988.12

(上接第11页)

to Structural Design Engineering with Computers,1991,7,1~9

4 D.G.Ullman et al. Mechanical Design Methodology, Implication on future Developments of Computer Aided Design And Knowledge-Based Systems. ASME Computers in Engineering Conference,1986,PI73~180

5 J.R.Dixon. An Architecture for Application of Artificial Intelligent to Design 21st Design Automation Conference,1984,634~640.

6 陈焕文,阮雪瑜.模式设计方法及其在工程设计专家系统中的应用.第五届全国锻压技术年会,1991

7 Satsuo Ohsuga. Conceptual Design of CAD Systems Involving Knowledge Bases. IFIP,1985,29~56