第9卷 第3期　　重庆工业管理学院学报　　1995年9月
Vol. 9 No. 3　　Journal of Chongqing Institute of Technology Management　　Sep. 1995

直流电动机的参数估计

肖蕙蕙

（重庆工业管理学院电子系）

摘　要　介绍了用矩形脉冲函数法(BPF法)辨识直流电动机的主要参数。

关键词　直流电动机　参数估计　在线辨识　矩形脉冲函数法。

1 前　言

随着计算机技术的普遍应用，利用辨识技术获得被控对象数学模型的方法已得到广泛应用，特别是在直流传动计算机控制系统中，利用在线辨识可以随时获得接近于实际情况的数学模型，并用来修正已控制器的参数，使系统经常获得好的动特性，以实现对直流传动系统的自适应控制。

我们知道，若直流电动机带负载起动时，如果电机电压U是阶跃信号，则系统状态可以用下述两个方程式来描述：

$$L\frac{die}{dt}+R\cdot ie+Ce\Phi n=U \tag{1.1}$$

$$J\cdot\frac{\pi}{30}\cdot\frac{dn}{dt}=C_M\cdot\Phi\cdot ie-Mz \tag{1.2}$$

式中：ie ——电枢电流

n ——转速

M_z ——电动机轴上等效负载转矩

Φ ——励磁磁通

L ——电枢回路等效电感

R ——电枢回路等效电阻

J ——电动机轴上等效惯性矩

$C_e\cdot C_M$——电动机电势常数和转矩常数

由(1·1)、(1·2)式可推导出：

$$\frac{dn}{dt}+\frac{1}{Te}\cdot\frac{dn}{dt}+\frac{1}{T_M\cdot Te}n=\frac{U}{T_M\cdot Te\cdot Ce\Phi} \tag{1.3}$$

由上式可见，这是一个连续时间系统模型，为了估计出系统模型的参数，有必要采用线性连续系统的辨识算法。关于直流电动机的参数估计问题，国内外一些专家、学者做了不少工作，提出了一些方法，但还存在一些缺点，如精度不高，运用复杂等。笔者认为矩形脉冲函数法[2]是方便适用的。

2　矩形脉冲函数法

假设在 $0<t<T_o$ 区间上,有 N 个方块脉冲函数,即

$$\Phi_j(t)\triangleq\begin{cases}1 & (j-1)T\leqslant t\leqslant jT\\0 & \text{其它}\end{cases}\tag{2.1}$$

其中 $T_o=NT_0$,并设

$$\Phi(t)=[\Phi_1(t),\Phi_2(t),\cdots,\Phi_N(t)]^r\tag{2.2}$$

假设 $y(t)$ 是 $t\in(0,T_o)$ 区间上任一绝对可积函数,则有下列近似式:

$$y(t)=\Phi^r(t)\cdot y\tag{2.3}$$

其中　$$y=[y_1,y_2,\cdots,y_N]^r\tag{2.4}$$

且　$$yi=y\frac{(iT)+y[(i-1)T]}{2}\qquad(i=1,2,\cdots,N)$$

由此可得:

$$\int_o^t\Phi(\tau)\cdot d\tau=T\cdot H\cdot\Phi(t)\tag{2·5}$$

其中　$$H=\begin{bmatrix}\frac{1}{2} & 1 & 1 & \cdots & 1\\ 0 & \frac{1}{2} & 1 & \cdots & 1\\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \cdots & 1\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{2}\end{bmatrix}\quad N\times N\tag{2·6}$$

从上式可以看出,H 是一个 $N\times N$ 阶的上三角阵,我们可按下式求得近似积分:

$$I_1(t)=\int_o^t y(\tau)\cdot d\tau\cong\int_o^t\Phi^r(\tau)\cdot y\cdot dt=T\cdot\Phi^r\cdot H^r\cdot y\tag{2.7}$$

也可以采用矩形脉冲来表示 $I_1(t)$

$$I_1(t)=I_1^r\cdot\Phi(t)=[I_{1.1},I_{1.2},\cdots,I_{1.N}]\Phi(t)\tag{2.8}$$

式中

$$\begin{cases}I_{1.1}=\frac{1}{2}Ty_1\\ I_{1.2}=Ty_1+\frac{1}{2}Ty_2\\ I_{1.3}=Ty_1+Ty_2+\frac{1}{2}Ty_3\end{cases}\tag{2.9}$$

若 $y_0=0$,则有下列递推关系式

$$I_{1.i}=I_{1.i-1}\frac{T}{2}(y_i+y_{i-1})\tag{2.10}$$

同样地

$$I_2(t)=\int_0^t\int_0^t Y(\tau)\cdot d\tau\cdot d\tau\cong I_2^r\cdot\Phi(t)\tag{2.11}$$

其中

$$I_2^r=[I_{2.1},I_{2.2},\cdots I_{2.N}]\tag{2.12}$$

再令 $I_{1.0}=0$,则有下列递推关系式

$$I_{2,i}=I_{2,i-1}+\frac{T}{2}(I_{1,i}+I_{1,i-1})\quad(i=1,2\cdots)\tag{2.13}$$

将(2·10)式代入(2·13)式中，得

$$I_{2,i}=I_{2,i-1}+T\cdot I_{1,i-1}+\frac{T^2}{4}(y_i+y_{i-1})\tag{2·14}$$

依此类推，我们可以得到K次积分为：

$$I_K(t)\cong I_K^T\cdot\Phi(t)\tag{2.15}$$

和 $$I_{K,i}=I_{K,i-1}+T\cdot I_{K-1,i-1}+\frac{T^2}{2}I_{K-2,i-1}+\frac{T^3}{4}I_{K-3,i-1}+\cdots+\frac{T^{K-1}}{2^{K-2}}I_{1,i-1}+\frac{T^K}{2^{K-1}}(y_i+y_{i-1})\tag{2.16}$$

下面，我们就可以利用上述关系式由输入输出采样数据辨识直流电动机的参数。

3 直流电动机的参数估计

在(1·3)式中，令

$$a_1=\frac{1}{Te},\quad a_2=\frac{1}{T_M\cdot Te},\quad b_{10}=\frac{1}{T_MTeCe\Phi}$$

则得下式：

$$\frac{d^2n}{dt^2}+a_1\cdot\frac{dn}{dt}+a_2\cdot n=b_{10}u\tag{3.1}$$

运用上述关系式，可得下式：

$$n^T\Phi(t)+a_1\cdot I_1^T\cdot\Phi(t)+a_0\cdot I_2^T\cdot\Phi(t)=b_{10}\cdot J_2^T\cdot\Phi(t)\tag{3.2}$$

式中

$$I_1^T(t)\cdot\Phi(t)=I_1(t)=\int_0^t y(\tau)d\tau$$

$$I_2^T(t)\cdot\Phi(t)=I_2(t)=\int_0^t\int_0^t y(\tau)\cdot d\tau\cdot d\tau\tag{3.3}$$

$$J_2^T\cdot\Phi(t)=J_2(t)=\int_0^t\int_0^t u(\tau)\cdot d\tau\cdot d\tau$$

将(3.3)式代入(3.2)式中，化简得

$$n_K=-a_1\cdot I_{1,K}-a_0\cdot I_{2,K}+b_{10}\cdot J_{2,K}\tag{3.4}$$

式中$I_{i,K}$，$J_{i,K}$的值可由输入输出的采样值按(2·10)式和(2·11)式求得，且

$$n_i=\frac{n(iT)+n[(i-1)T]}{2}$$

$$u_i=\frac{u(it)+u[(i-1)T]}{2}\tag{3.5}$$

从(3·4)式可以看出，在直流传动系统的方程式中引入矩形脉冲函数后，系统的微分方程化成了差分方程的形式，这时可以用离散系统的最小二乘类辨识算法对(3·4)式进行参数估计。

笔者认为将BPF法用于直流电动机的参数估计中，具有以下优点：

(1)其辨识精度高于最小二乘类算法；

(2)比文献[3]中的方法简单、方便；

(3)因为(3·4)式为递推算式，易于实现参数的在线辨识。

参 考 文 献

1　N·K·Sinha and Zhou Qijie, identification of Mnltnvariable continuouj-Time system from sample of inpnt-output Data. 控制理论与应用,1986,1,创刊号
2　B·cheng and N·S·Hsn. Analyris and parameter ertimation of bilinear system uia blotr-pulae functiom ·1NT·J·contonol,1982,36(1)
3　吴宏泽. 用电流响应辨识直流传动装置的参数. 设计理论与计算方法。Vol. 3　No. 2,1990