

# 异步电动机转差型矢量变换控制系统的 一种实用性参数自校正策略<sup>1)</sup>

李华德 孙韶元

(北京科技大学自动化系)

沈程智

(北京航空航天大学)

**关键词:** 前馈矢量控制, 参数自校正。

## 一、前馈矢量控制方式的问题

图1为异步电动机转差型前馈矢量变换控制系统的结构图<sup>1)</sup>。图中,  $i_T^*$  为电机定子电流矢量  $i_T$  在同步轴系 ( $M-T$ ) 上沿  $T$  轴方向的分量, 称为转矩分量;  $i_M$  为沿  $M$  轴方向的分量, 称为励磁分量; \* 表示给定值;  $i_{mR}$  为相应于转子磁通  $\Phi_2$  的磁化电流;  $\rho$  为磁场定向角;  $\omega_0$  为同步角频率;  $\omega$  为转子旋转角频率;  $\omega_s$  为转差角频率。 $T_R = \frac{L_r}{R_r}$  为转子电路时间常数;  $L_M$  为定、转子间的互感。

由图1可知, 磁场定向角  $\rho$  为

$$\rho = \int (\omega + \omega_s) dt = \int \left( \omega + \frac{L_M}{T_R^*} \cdot \frac{i_T^*}{i_{mR}} \right) dt, \quad (1)$$

由上式可见,  $T_R$  的变化、 $\omega$  的检测误差将使  $\rho$  的计算值与实际值不符合, 并导致矢量解耦控制失效。这是工程实际中亟待解决的一个重要课题。

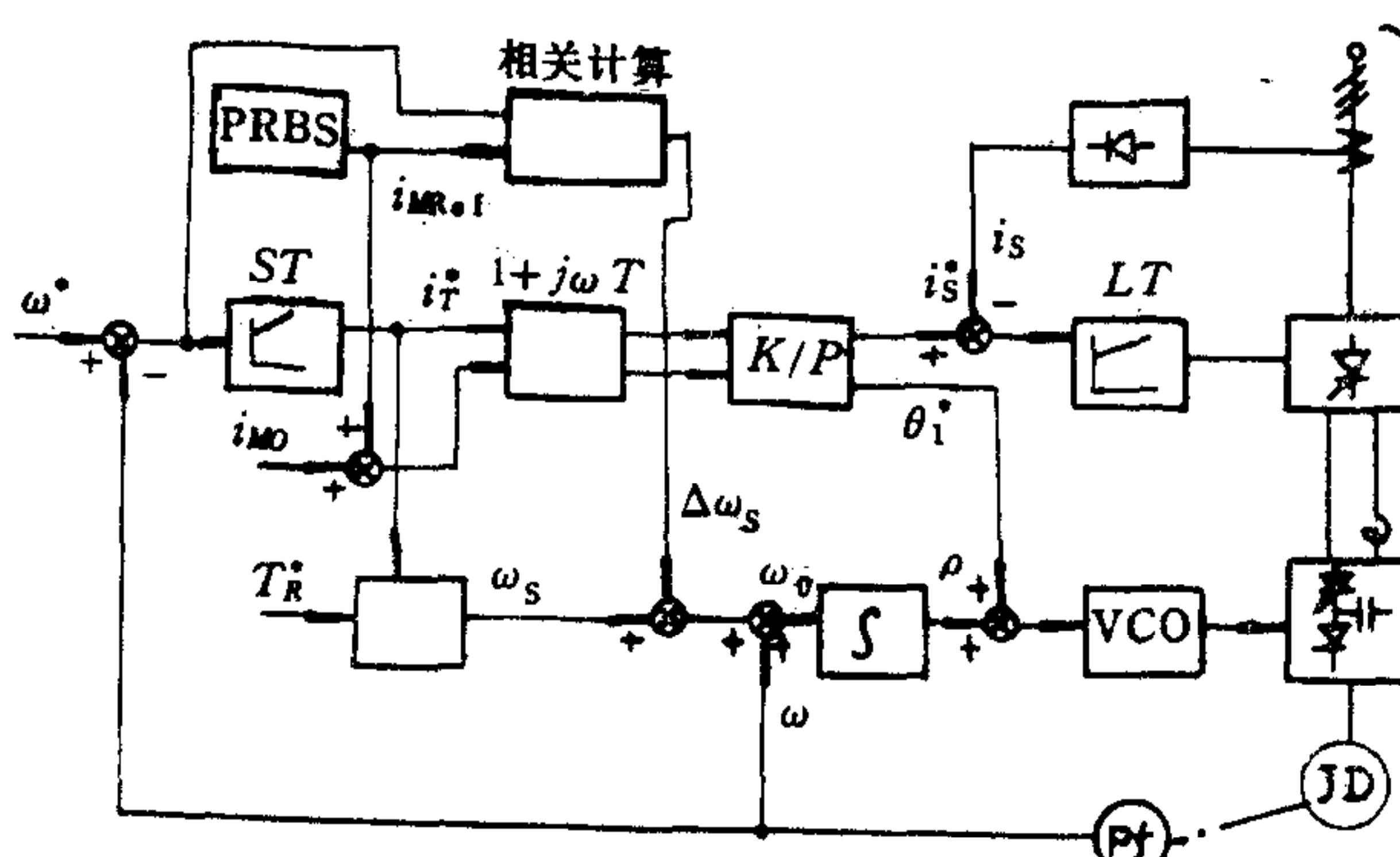


图1 转差型前馈矢量变换控制系统结构图

本文于1989年2月10日收到。

1) 国家自然科学基金资助项目。

## 二、参数自校正方法及实现

1982年西德 Gabriel 提出将 PRBS 信号在线辨识技术用于间接矢量控制系统的磁通模型参数  $T_R^*$  的自校正方法<sup>[2]</sup>。这种方法不需要附加传感器，算法也很简单。但没有考虑对速度检测的小误差，而且存在辨识结果依赖于负载的缺点。对此本文作出如下修正：

由式(1)可知， $\omega_s = \frac{L_m i_T^*}{T_R^* \cdot i_{mR}}$ ，对  $T_R^*$  的修正 ( $\Delta T_R$ ) 引起  $\omega_s$  的修正，即

$$\Delta \omega_s = -\frac{L_m i_T^*}{T_{R0}^* i_{mR} (T_{R0}^* + \Delta T_R)} \Delta T_R, \quad (2)$$

式中  $T_{R0}^*$  为未修正前的  $T_R^*$  值。对相同的  $\Delta T_R$ ， $\Delta \omega_s$  还受负载变化的影响。可见更合理的策略是直接校正  $\omega_s$ ，校正的幅值正比于  $|i_T^*| + K_0$ ，其中  $K_0 > 0$ ， $K_0$  是考虑速度检测小误差及轻载时为抗不相关噪声干扰而设置的校正系数。 $\Delta \omega_s$  的校正方向(符号)证明如下：

若在  $M'$  (计算轴)上存在 PRBS 信号  $\Delta i_{MRef}$ ，则其  $T$  轴上的投影为

$$\Delta i_T = -\Delta i_{MRef} \cdot \sin \beta; \quad \beta = \rho - \rho', \quad -\pi \leq \beta \leq \pi. \quad (3)$$

对(3)式取拉氏变换，得

$$\Delta i_T(s) = -\Delta i_{MRef}(s) \cdot \sin \beta. \quad (4)$$

设同步坐标系上的电机转矩变化量为

$$\begin{aligned} \Delta M_d(s) &= K \cdot i_{mR} \cdot \Delta i_T(s) \\ &= -K \cdot i_{mR} \cdot \sin \beta \cdot \Delta i_{MRef}(s) \end{aligned} \quad (5)$$

设  $\Delta M_d$  引起的转速变化为  $\Delta \omega$ ，则有

$$\Delta \omega(s) / \Delta M_d(s) = \frac{1/J}{s}, \quad (6)$$

结合式(5)得

$$\frac{\Delta \omega(s)}{\Delta i_{MRef}(s)} = -\frac{Ki_{mR} \sin \beta}{J s} = G(s). \quad (7)$$

$\Delta i_{MRef}(s)$  的自相关函数近似为  $\delta$  函数，即

$$R_{xx}(t) = K_1 \delta(t); \quad K_1 > 0. \quad (8)$$

设其它干扰引起的转速波动为  $V(t)$ ，且令  $\Delta \omega(t) = Y(t)$ ，则由  $\Delta i_{MRef}$  及其它干扰引起被测速度的变化为

$$Z(t) = \Delta \omega(t) + V(t) = Y(t) + V(t), \quad (9)$$

由于白噪声  $X(t) = \Delta i_{MRef}(t)$  与任何信号均不相关，可知  $Z(t)$  与  $X(t)$  的互相关函数

$$R_{xz}(t) = R_{xy}(t) + R_{xv}(t) = R_{xy}(t). \quad (10)$$

由 Wiener-Hopf 方程，给出  $Y(t)$  和  $X(t)$  互相关函数

$$R_{xy}(t) = \int_0^\infty g(\tau) R_{xx}(\tau - t) d\tau. \quad (11)$$

令  $C_1 = K_1 K_i_{mR} / J > 0$ ，则

$$R_{XY}(t) = -K_1 K_i m_R \sin \beta / J = -C_1 \sin \beta, \quad (12)$$

$$R_{XZ}(t) = -C_1 \sin \beta, \quad (13)$$

设  $\rho' > \rho$ , 这时  $\beta < 0, R_{XZ}(t) > 0$ . 设  $\rho'$  的修正量为  $\Delta\rho$ , 则  $\rho' + \Delta\rho = \rho$ , 因此有

$$\Delta\rho = \rho - \rho' = \beta < 0, \quad (14)$$

即校正量  $\Delta\rho$  的符号与  $R_{XZ}(t)$  的符号相反.

### 三、实验结果

图2是采用修正的 Gabriel 方法拍摄的电机起动波形; 图3是未采用自校正措施时的起动波形。二者比较, 可明显看出应用修正的 Gabriel 自校正方法, 增强了转差型矢量变换控制系统的鲁棒性, 改善了系统的动态性能。

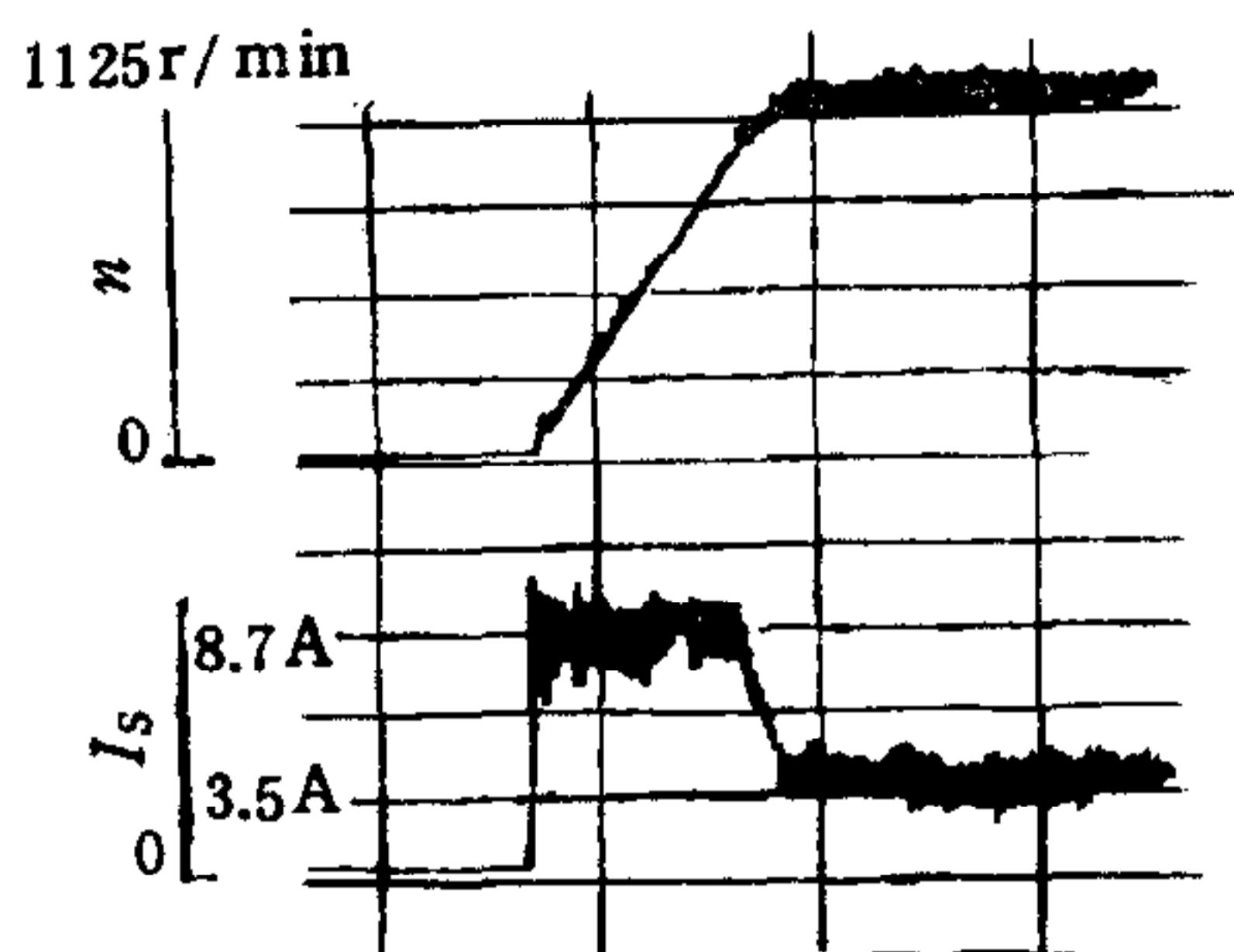


图2 采用修正的自校正措施时阶跃响应波形

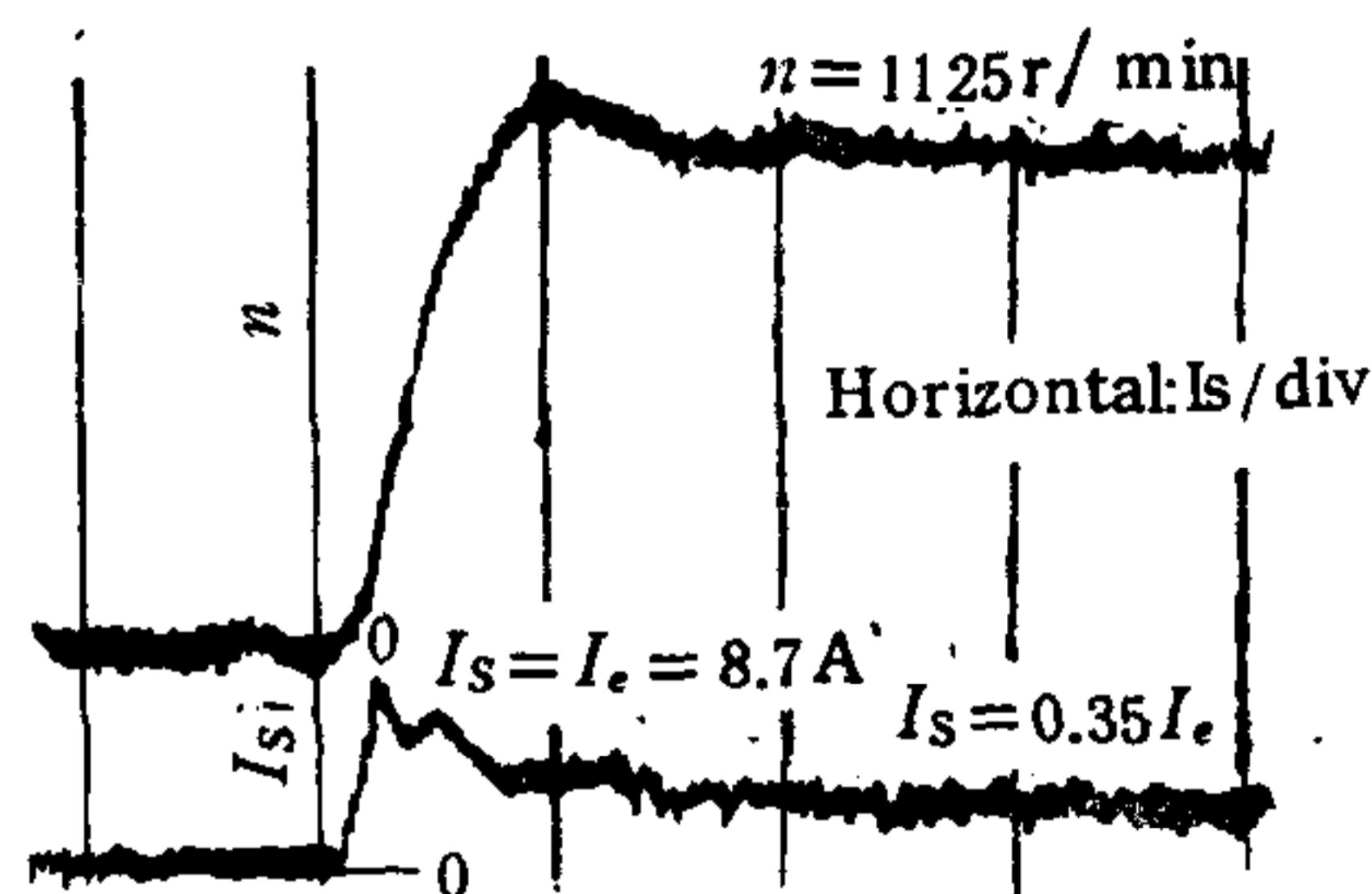


图3 未采用自校正措施时阶跃响应波形

### 参 考 文 献

- [1] 刘竟成, 交流调速系统, 上海交通大学出版社, 1984.
- [2] Gabriel, R. and Leonhard, W., Microprocessor Control of Induction motor, in Proc. IEEE-Int. Semicond. Power Conv. Conf., (1982) 385—396.

## A PRACTICAL PARAMETER SELF-TURNING STRATEGY TO THE SLIP-TYPE VECTOR CONVERSION SYSTEMS OF INDUCTION MOTOR

LI HUADE SUN SHAOYUAN

(Dept. of Automatic Control, University of Science and Technology, Beijing)

SHEN CHENGZHI

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

**Key words:** Feedforward vector control; parameter self-turning.