

# 卷烟条盒输送线堵塞报警装置设计及应用

王淑英<sup>1,2</sup>, 黄玉彦<sup>2</sup>, 乔茜华<sup>2</sup>, 王永华<sup>2</sup>

(1. 河南中烟工业有限责任公司 新郑卷烟厂, 河南 郑州 451150;

2. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**为减少卷烟条盒输送线因堵塞造成的残次品数量和堵塞停机时间,设计了卷烟条盒输送线堵塞报警控制装置.在动力头区域安装堵塞检测装置,通过PLC和变频器切换接口,并安装LED大屏幕,来实现快速定位报警设置,当堵塞发生时可及时报警,并准确指示堵塞点.采用该装置后,每次堵塞发生时的残次品数量由原来的平均300条降低到10条以下,排除故障平均时间由原来的30 min缩短到5 min以内,提高了工作效率,降低了产品残次率.

**关键词:**卷烟条盒输送线;堵塞检测器;定位报警显示

**中图分类号:**TS411.1 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.04.010

## Design and application of cigarette conveying line clogging alarm device

WANG Shu-ying<sup>1,2</sup>, HUANG Yu-yan<sup>2</sup>, QIAO Xi-hua<sup>2</sup>, WANG Yong-hua<sup>2</sup>

(1. Xinzheng Cigarette Factory, He'nan Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou 451150, China;

2. College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** To reduce the number of defective products and the downtime caused by the blockage of cigarette conveying line, the alarm control unit was designed to solve blockage of cigarette conveying line. The jam detection device in power head area was installed. By PLC and inverter switch interface, and installation of LED large screen, rapid locating alarm position was achieved. It would alarm timely and indicate jam accurately when congestion occurred. The quantity of defective tobacco products could be controlled under ten compared to the previous situation when each congestion occurred and the average time of troubleshooting was shortened from thirty minutes to less than five minutes after the device was adopted. The device could improve work efficiency and reduce the rate of defective products.

**Key words:** cigarette conveying line; plugging detector; positioning alarm display

## 0 引言

随着卷烟物流自动化程度的提高,卷烟条盒输送线在卷烟企业得到广泛使用<sup>[1-2]</sup>.在使用过程中,

经常由于条盒包装质量问题和机械故障等原因造成输送线堵塞.因缺少堵塞报警和联动停机装置,每次堵塞都会造成整条输送线上大批条盒相互挤压而变成残次品.此外,堵塞后排除故障时间较长,

收稿日期:2013-11-21

作者简介:王淑英(1976—),女,河南省新郑市人,河南中烟工业有限责任公司新郑卷烟厂工程师、高级技师,主要研究方向为电气维修.

通信作者:王永华(1963—),男,河北省武安市人,郑州轻工业学院特聘教授,主要研究方向为先进工业自动化技术集成、信息化工业测控电器与系统、工业控制网络与系统.

严重影响了输送线有效作业率. 目前, 在卷烟生产企业中, 对解决条盒堵塞的方法缺乏相应的研究, 没有现成的例子可以借鉴.

本文拟在卷烟条盒输送线上设计并安装堵塞报警控制装置, 在输送线发生堵塞时发出报警, 以实现联动停机, 并准确显示堵塞点, 方便维护人员快速处理, 恢复输送线正常运行.

## 1 输送线组成与运行现状

### 1.1 输送线组成

卷烟条盒从包装机出来到装封成件, 需要经过条盒提升、条盒输送、横向收集到装箱机<sup>[3]</sup>. 某卷烟厂输送线总共由 18 台提升机、3 条卷烟条盒输送线(输送线 A, B, C) 和 5 台横向收集机组成, 其中输送线 A 和 B 较长, 各由 3 台电机(俗称动力头)控制, 输送线 C 由 2 个动力头控制.

1) 提升机. 每组包装机对应 1 台提升机, 把条盒从包装出口提升到设定高度, 经机械自行转送入输送线, 提升机出口有堵塞检测装置, 提升机的数据信息通过 PROFIBUS 网络与输送线主柜中的 PLC 建立通信联系.

2) 动力头. 动力头控制电柜由变频器和报警灯组成, 驱动信号从系统主电控柜中的 PLC 输出, 经继电器分组控制各动力头的变频器. 如果运行中变频器和动力头发生故障, 则会通过变频故障继电器将信息发送到条盒主电柜中, 实现对相应输送线停机并报警.

3) 横向收集区. 横向收集区有 72 个滑道口, 在每个滑道入口 0.3 m 处有一堵塞检测传感器. 输送线正常运行时, 滑道口条盒停留时间不能超过 15 s; 否则, 条盒主电柜中的 PLC 就认为滑道口堵塞并停止对应的输送线.

### 1.2 运行现状分析

卷烟条盒输送过程中, 一方面由于条盒包装质量问题, 如条盒走偏、透明纸没包好或无透明纸小盒烟散落在输送线上, 都会造成正常运行的条盒速度放慢, 使后面的条盒逐渐累积在动力头接口处, 造成堵塞; 另一方面由于链带断或链条脱轮等机械问题也会造成堵塞. 某卷烟厂 3 条卷烟条盒输送线 2012 年 1—6 月堵塞统计如表 1 所示. 堵塞情况分析如图 1 所示. 图 1 中  $\rightarrow$  表示链带运行方向, 否则表示链带断点堵塞部位.

表 1 某卷烟厂 2012 年 1—6 月

卷烟条盒输送线堵塞统计 条

输送线	1 月份	2 月份	3 月份	4 月份	5 月份	6 月份
A	300	300	500	400	550	500
B	600	500	400	500	450	650
C	100	200	100	150	100	200

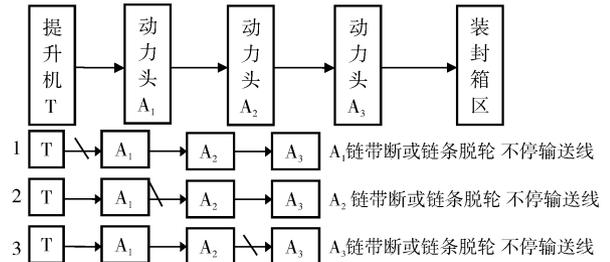


图 1 输送线 A 堵塞分析图

对输送线 A 分析如下:  $A_1$  带断或链条脱轮会造成提升机频繁停机;  $A_2$  带断或链条脱轮,  $A_1$  条盒继续运行会造成  $A_1$  与  $A_2$  之间堵塞;  $A_3$  带断或链条脱轮,  $A_2$  条盒继续运行会造成  $A_2$  与  $A_3$  之间堵塞.

## 2 输送线堵塞原因分析

卷烟条盒经提升机提升到输送线, 要经过 2 个动力头接口才能到达横向收集区, 而动力头衔接口处有一定的间隙(见图 2). 当条盒走偏、透明纸没包好或者无透明纸小盒散落烟走到此处时, 容易造成堵塞. 而动力头衔接处缺少监测装置, 条盒主电柜控制装置不能监测到堵塞并控制输送线停机, 致使很多条盒变成废品. 因此要想减少输送中产生的堵塞数量, 必须在动力头区域安装堵塞检测装置.



图 2 动力头衔接口结构图

## 3 输送线堵塞解决方案

### 3.1 检测器安装位置

选择安装位置以全面检测堵塞区域为目的, 缩小堵塞范围为原则, 经对现场反复考察分析, 检测器最佳安装区域定位在 2 段输送线衔接处的出口和入口处, 安装位置如图 3 所示, 无论哪一个检测器检测长时间有信号, 都会产生相对应的输送线停机信号.

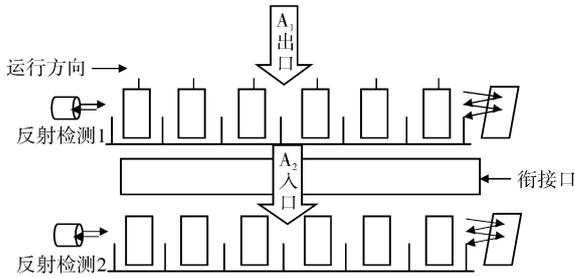


图3 检测器安装位置示意图

### 3.2 堵塞检测器选型

经实地测量,条盒输送线每排6条线总宽度为0.5 m,大于0.5 m范围反射式检测器即可满足要求.选择图尔克公司生产的BT18 - BP - VP6X - H1141偏振反射板传感器,有效检测距离为3.5 m,完全满足要求.

## 4 快速定位报警装置设计

### 4.1 控制输送线动力头改进方法

正常情况下,当按下条盒输送线主电柜的动力头启动按钮时,条盒输送线主电柜的PLC输出信号,动力头开始运行,相对应的输送线也开始运行;出现变频器故障时,故障信号会反馈到条盒输送线主电柜的PLC中,使对应的条盒输送线停止.由此可以用堵塞信号输出1个“变频器故障”假信号,同样会引起条盒输送线停止.

根据以上分析得出,用衔接口堵塞信号去控制输送线是可行的,但要达到有效控制和精确定位,装置宜采用三菱FXoN - 40 PLC来处理堵塞信号.

### 4.2 变频器与PLC电气设计

变频器使能信号通过PLC输出驱动继电器,用

继电器KA01控制动力头变频器端子12,27与端子18闭合来实现.变频器故障信号由变频故障继电器(JK<sub>2</sub>)1脚和3脚输出,控制3L<sub>1</sub>到条盒输送线主柜PLC输入点来实现停机.为使堵塞不影响原有输送线性能,用变频器使能继电器(JK<sub>1</sub>)和变频器故障继电器(JK<sub>2</sub>)设计了PLC与变频器切换接口(见图4),目的是当出现堵塞报警停下输送线时,修改堵塞参数或维修时不影响输送线正常运行.

### 4.3 堵塞定位装置设计

在中间动力头即A<sub>2</sub>处设计安装LED大屏幕,屏幕设计长1.20 m,宽0.65 m,屏幕由“堵塞区域”和“堵塞位置”固定文字信息组成,大屏幕驱动显示与堵塞共用一个PLC.LED显示屏能准确显示装箱区或输送线的堵塞信息,可以帮助维护人员快速定位堵塞位置,减少设备故障排查时间.

## 5 应用效果

经过反复研究和论证,为减少因卷烟条盒输送线堵塞造成的残次品数量和堵塞停机时间,达到对卷烟条盒输送线堵塞的有效控制,在动力头衔接口安装了堵塞报警控制装置,当堵塞发生时及时报警,并准确指示堵塞点.采用该装置后,每次堵塞发生时的残次品数量由原来的平均300条,降低到10条以下,排除故障平均时间由原来的30 min缩短到5 min以内;因输送线堵塞造成的残次品烟减少了85%,故障恢复时间缩短了85%.以B区A线3号机堵塞为例,堵塞停机检查有38条堵在一起,4条轻微变形,其余34条外观无明显变化,从排除故障到机器再次运行仅用了268 s.

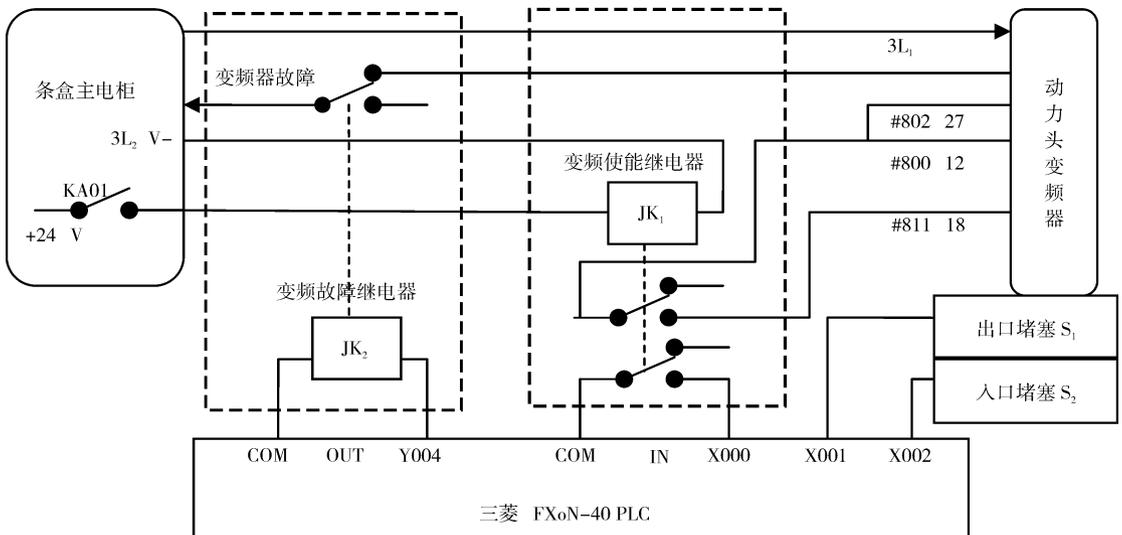


图4 变频器与PLC零切换接口

# 一种改进的永磁同步电机矢量控制 MRAS 方案

郑安平<sup>1</sup>, 程福春<sup>2</sup>, 张智强<sup>1</sup>

(1. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 河南省信息中心, 河南 郑州 450002)

**摘要:**针对传统控制方法在永磁同步电机矢量控制中存在的硬件要求高、低速运行时效果不好、没有考虑定子电阻变化等问题,在模型参考自适应系统(MRAS)基础上,设计了新的自适应律,对电机的转速和定子电阻进行实时辨识,并应用该算法建立了 Matlab 仿真平台,仿真结果表明,改进的 MRAS 模型在定子电阻变化时,电机运行正常,证明了该算法的有效性和优越性。

**关键词:**永磁同步电机;矢量控制;MRAS 模型;无传感器控制

**中图分类号:**TM341 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.04.011

## An improved MRAS scheme of PMSM vector control

ZHENG An-ping<sup>1</sup>, CHENG Fu-chun<sup>2</sup>, ZHANG Zhi-qiang<sup>1</sup>

(1. College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. The Information Center of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Aiming at the problem in the permanent magnet synchronous motor (PMSM) vector control with high demand of hardware, bad effect of low speed and no regard for changes of resistance, on the basis of model reference adaptation system (MRAS) model, a new adaptive law was designed to implement real-time identification of rotational speed of motor and stator resistance. A Matlab simulation platform was established by the application of this algorithm. The simulation results indicated that the improved MRAS model could operate when stator resistance had changed. Compared with the simulation result of the traditional MRAS model, the effectiveness and superiority of the algorithm were proved.

**Key words:** permanent magnet synchronous motor (PMSM); vector control; MRAS model; sensorless control

## 0 引言

在永磁同步电机 PMSM (permanent magnet synchronous motor) 的控制中,为了实现高精度、高动态性能的速度及位置控制,目前普遍采用磁场定向矢量控制或直接转矩控制,而在 PMSM 控制中,对转子位置和速度的准确测量是保证高性能控制的前提。但机械式传感器由于自身的电缆连接、传感器故障等问题,使 PMSM 控制系统的可靠性得不到应

有的保障<sup>[1-4]</sup>。无位置传感器技术的发展,很好地弥补了机械式传感器的不足。PMSM 无位置传感器矢量控制是利用直接计算、参数辨识、状态估计、间接测量等方法,从易于测量的量中提取出与位置有关的信息,从而得到转子位置,并将其应用到转速反馈调节控制系统中<sup>[5]</sup>。无传感器控制策略已成为电机控制领域的研究热点之一。

模型参考自适应系统 MRAS (model reference adaptive system) 具有算法简单、抗干扰性能好等优

收稿日期:2014-03-12

基金项目:河南省科技计划基础研究项目(112300410146)

作者简介:郑安平(1964—),男,河北省承德市人,郑州轻工业学院教授,主要研究方向为现代测控技术。

点,已经被应用于无传感器 PMSM 控制领域中,文献[6]利用神经网络算法设计的自适应律代替了传统的 PI 自适应律,该算法的设计比较复杂,现实应用中对硬件的高要求难以满足.文献[7]参考模型采用的是降维的全观测器,通过估算反电势来辨识转速,因为估计的是反电势,所以在低速下效果不理想.文献[8-12]采用了不同的速度辨识方案,由于没有考虑定子电阻变化的影响,在低速情况下,定子电阻的误差会造成反电动势产生较大的偏差,进而造成速度辨识准确度的降低.

本文拟在研究 MRAS 控制理论的基础上,研究一种改进型 MRAS 方案,以期在传统 MRAS 自适应律基础上,对定子电阻阻值进行估计辨识,提高 PMSM 低速运行时速度辨识的准确性,并用仿真结果证明该方案的有效性和可行性.

### 1 基于改进的 MRAS 的速度辨识方案

在同步旋转坐标系中,PMSM 的定子电流模型为

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_d + \frac{\varphi_f}{L_s} \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_s}{L_s} & \omega_r \\ -\omega_r & -\frac{R_s}{L_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d + \frac{\varphi_f}{L_s} \\ i_q \end{bmatrix} + \frac{1}{L_s} \begin{bmatrix} u_d + \frac{R_s \varphi_f}{L_s} \\ u_q \end{bmatrix} \quad (1)$$

令

$$\begin{cases} i'_d = i_d + \frac{\varphi_f}{L_s} \\ i'_q = i_q \\ u'_d = u_d + \frac{R_s \varphi_f}{L_s} \\ u'_q = u_q \end{cases}$$

其中, $u_d, u_q$  是定子 d 轴, q 轴电压; $i_d, i_q$  是定子 d 轴, q 轴电流; $R_s, L_s$  是定子电阻、电感; $\omega_r$  是转子角速度.

由式①可得

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i'_d \\ i'_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_s}{L_s} & \omega_r \\ -\omega_r & -\frac{R_s}{L_s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i'_d \\ i'_q \end{pmatrix} + \frac{1}{L_s} \begin{pmatrix} u'_d \\ u'_q \end{pmatrix} \quad (2)$$

构造参数可调的估算模型为

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} \hat{i}'_d \\ \hat{i}'_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\hat{R}_s}{L_s} & \hat{\omega}_r \\ -\hat{\omega}_r & -\frac{\hat{R}_s}{L_s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{i}'_d \\ \hat{i}'_q \end{pmatrix} + \frac{1}{L_s} \begin{pmatrix} u'_d \\ u'_q \end{pmatrix} \quad (3)$$

定义广义误差为

$$e = i'_s - \hat{i}'_s$$

式③和式②相减得

$$\begin{pmatrix} \frac{de_d}{dt} \\ \frac{de_q}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_s}{L_s} & \omega_r \\ -\omega_r & -\frac{R_s}{L_s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_d \\ e_q \end{pmatrix} - J(\omega_r - \hat{\omega}_r) \begin{pmatrix} \hat{i}'_d \\ \hat{i}'_q \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中,  $e_d = i'_d - \hat{i}'_d, e_q = i'_q - \hat{i}'_q, J = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$ .

故④式可以写为

$$\frac{de}{dt} = A_e e - W$$

式中,  $A_e = \begin{pmatrix} -\frac{R_s}{L_s} & \omega_r \\ -\omega_r & -\frac{R_s}{L_s} \end{pmatrix}, W = (\omega_r - \hat{\omega}_r) J \hat{i}'_s$ .

根据文献[7]所采用的 Popov 超稳定理论可得转速辨识算法和  $\hat{R}_s$  的自适应律为

$$\hat{\omega}_r = \int_0^t K_i \left[ i_d \hat{i}_q - i_q \hat{i}_d - \frac{\varphi_f}{L_s} (i_q - \hat{i}_q) \right] d\tau + K_p \left[ i_d \hat{i}_q - i_q \hat{i}_d - \frac{\varphi_f}{L_s} (i_q - \hat{i}_q) \right] + \hat{\omega}_r(0) \quad (5)$$

$$\hat{R}_s = - \left( K_p + \frac{K_i}{p} \right) \left[ (i_q - \hat{i}_q) \hat{i}_q + (i_d - \hat{i}_d) \hat{i}_d \right] \quad (6)$$

为了使得转速估计结果更加精确,对 MRAS 的自适应律进行了改进,增加了对定子电阻阻值的实时估计辨识,基于改进的 MRAS 转速辨识算法的结构框图如图 1 所示.

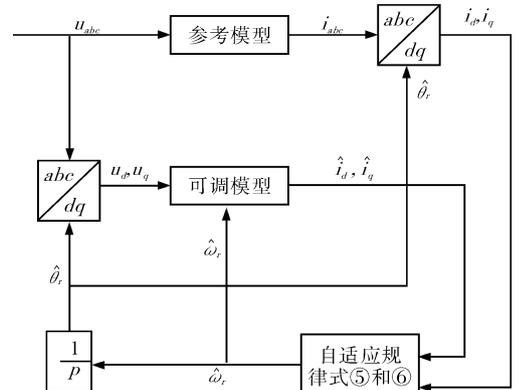


图 1 基于改进的 MRAS 转速辨识框图

## 2 仿真结果与分析

为了验证本文提出的基于改进的 MRAS 的 PMSM 无传感器辨识算法的有效性,笔者用 Matlab 进行仿真验证.电机参数如下:额定电压 300 V,额定转速 3 250 r/min,额定转矩 3.2 N·m,定子每相电阻 1.8 Ω,  $d$  轴和  $q$  轴电感均为 0.006 432 H,极对数为 4,在 MRAS 模块中,  $K_i = 1, K_p = 80$ .由公式⑤⑥可得自适应模块如图 2 所示,图 3 是自适应律改

进后搭建的 Matlab 仿真模型.

图 4 和图 5 是定子电阻变化时,有定子电阻辨识和无定子电阻辨识的仿真运行结果,  $\omega = 80 \text{ rad/s}$ ,在  $t = 0.2 \text{ s}$  时,定子电阻由 1.8 Ω 突变为 2.6 Ω.

由图 5 和图 4 的对比可以看出,加入实时定子电阻辨识的 MRAS 模型,定子电阻阻值的突变对实际转速基本上没有影响,依然能够保证 PMSM 的正常运行,而无实时定子电阻辨识的 MRAS 模型,在电阻突变时实际转速变化很大.可见,定子电阻实时

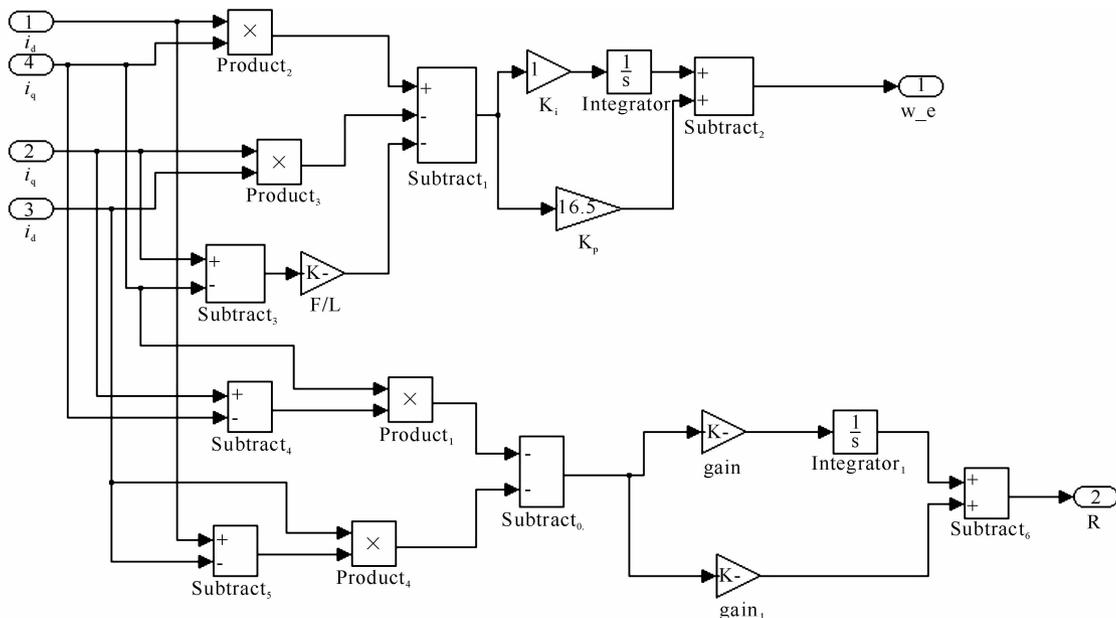


图 2 改进的自适应模块

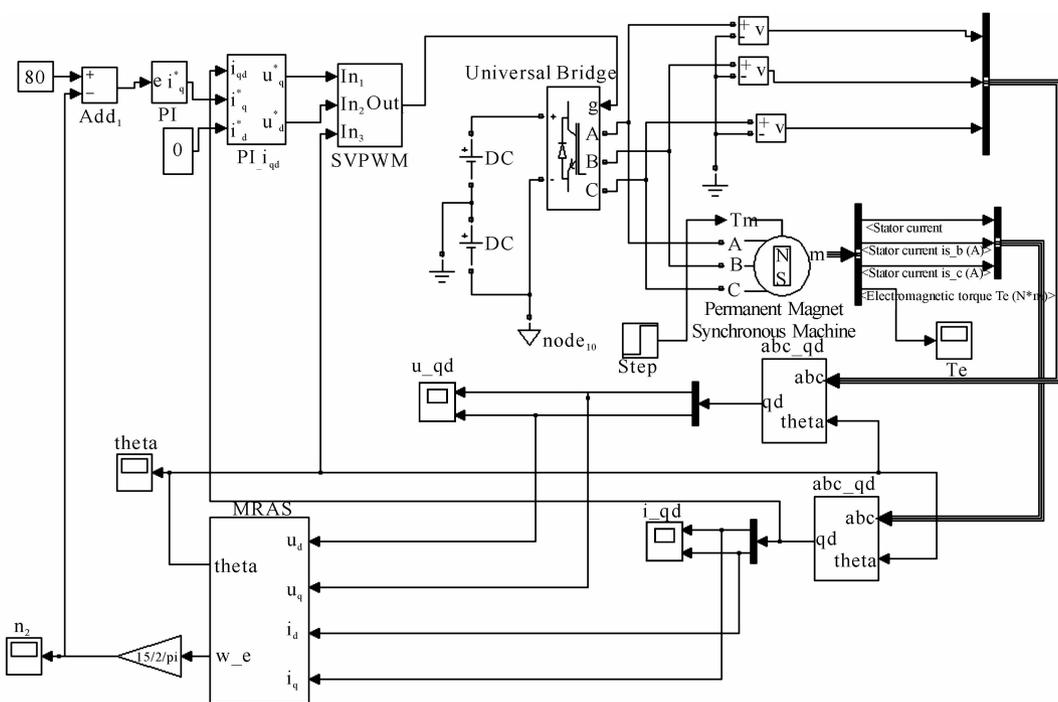


图 3 改进的 MRAS Matlab 仿真模型

辨识对于电阻变化时的电机无传感器控制是很有必要的. 在现实中, 电阻的变化一般是缓慢的, 很少有突变的情况, 所以改进的 MRAS 模型可以很好地满足实际需要.

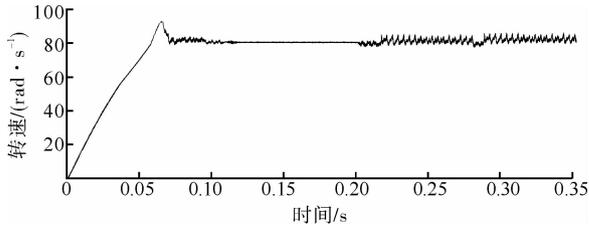


图4 无实时定子电阻辨识的实际转速

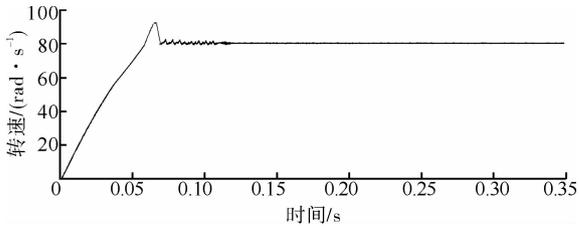


图5 有实时定子电阻辨识的实际转速

### 3 结论

为了降低永磁同步电机无传感器控制时针对定子电阻的敏感性, 本文在传统的 MRAS 基础上, 提出了一种基于改进的 MRAS 的永磁同步电机控制方案. 该方案同时对转速和定子电阻进行辨识, 由传统 MRAS 模型仿真和改进后的 MRAS 模型仿真结果对比可以看出, 改进后的 MRAS 模型在定子电阻变化时, 电机运行正常, 证明了本文所提出控制策略的有效性和准确性.

#### 参考文献:

[1] 刘志龙, 谢宋和, 李淑君. 基于 TMS320L240x DSP 的无

刷电机控制器的设计[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2003, 18(2): 22.

- [2] 齐放, 邓智泉, 仇志坚, 等. 一种永磁同步电机无速度传感器的矢量控制[J]. 电工技术学报, 2007(10): 52.
- [3] Xu Z G, Shao C, Feng D J. An MRAS method for sensorless control of induction motor over a wide speed range [J]. Journal of Control Theory and Applications, 2011, 9(2): 203.
- [4] Dumnic B, Katic V, Vasic V, et al. An improved MRAS based sensorless vector control method for wind power generator[J]. Journal of Applied Research and Technology, 2012, 10(1): 687.
- [5] 王继强, 李国华, 佟宁泽. 高速永磁同步电动机无速度传感器矢量控制[J]. 微特电机, 2012(1): 35.
- [6] 田明秀, 王丽梅, 郑建芬. 永磁同步电机无传感器转速和位置控制方案[J]. 沈阳工业大学学报, 2005, 27(5): 518.
- [7] Kim Y S, Kim S K, Kwon Y A. MRAS based sensorless control of permanent magnet synchronous motor[J]. SICE 2003 Annual Conference, 2003(2): 1632.
- [8] Lei D, Li Y D, Liao X Z. Novel speed sensorless vector control with adaptive rotor flux identification of induction motors[J]. IEEE Trans Ind Applicat, 2003, 29(3): 1691.
- [9] Kim Y R. Speed sensorless vector control of an induction motor using an extended Kalman filter[J]. IEEE Trans on Indus-try Applications, 1994, 30(5): 1225.
- [10] Pydiraju G, Daivaasirvadam M. Sensorless speed control of induction motor using MRAS[J]. International Journal of Recent Technology and Engineering, 2012, 1(5): 31.
- [11] Heredia J R. Sensorless control of induction motors by artificial neural networks[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2001, 48(5): 1038.
- [12] 王丙元, 冯辉. 基于定子电流的模型参考自适应感应电机转速估计[J]. 电机与控制学报, 2013(9): 48.

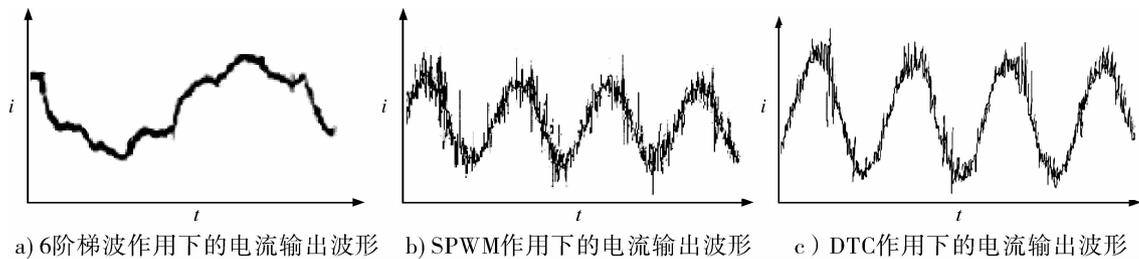


图8 改进后的三相逆变电路输出的电流波形

研究[J]. 电机与控制学报, 2006, 10(1): 40.

- [3] 丁电宽, 黎亚元. 基于 MOSFET 管的电压型逆变器电流质量的改进研究[J]. 电工技术杂志, 2004(3): 56.
- [4] 戴巨川, 吴新开, 文丽. 电压型逆变器电流实时检测质量改善研究[J]. 电力电子技术, 2008, 42(2): 60.
- [5] 贾满满. EPS 的相位超前补偿及模糊自适应 PID 控制[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2013, 28(5): 93.
- [6] 秦森, 张恕远, 陈小静. 辅助二极管谐振极逆变器中零电压检测问题的研究[J]. 电测与仪表, 2010, 47(531): 70.
- [7] 王宏. 基于软开关技术的交流调速系统逆变电路的研

究[D]. 成都: 西华大学, 2007.

- [8] 王金梅, 贾周, 师洪涛. 辅助谐振软开关逆变电路的设计与实现[J]. 武汉大学学报: 理工版, 2010, 56(6): 667.
- [9] Thou thong P, Real S, Davit B. Control algorithm of fuel cell and batteries for distributed generation system[J]. IEEE Trans on Energy Converse, 2008(23): 111.
- [10] 丁电宽, 许树玲, 黎亚元, 等. 基于 MOSFET 管的电压型逆变器开关特性研究[J]. 陕西理工学院学报, 2006, 22(1): 22.
- [11] 李刚, 李佳. 一种改变逆变器输出电流波形的新方法研究[J]. 电力电子技术, 2010, 44(9): 36.

(上接第 45 页)

经过 3 a 的实际运行, 卷烟条盒输送线条盒堵塞数量明显降低, 原来每次堵塞平均使 300 条烟形成残烟, 现在按每月少堵塞 2 次, 减少 600 条残烟计算, 每年可减少堵塞 7 200 条卷烟, 节约产生的经济效益达到 300 000 元. 该装置的使用也缩短了维修时间, 极大提高了生产效率.

#### 参考文献:

- [1] 江志凌. 基于 ControlNet 的条包自动化输送线的设计与实现[J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(12): 158.
- [2] 李学军, 张宝. 条烟输送线分道部件的改进设置[J]. 西南科技大学学报, 2013, 26(2): 61.
- [3] 黄德良, 杨文雷, 刘蔚业. ZB25 型包装机[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.