

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ  
АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН**

**MODELING OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL  
OF THE TEXTILE MACHINS**

*В.В. РОМАНОВ, В.С. ПЕТРОВСКИЙ, П.В. СТРЮКОВ  
V.V. ROMANOV, V.S. PETROVSKY, P.V. STRYUKOV*

**(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail:wwr52@rambler.ru**

*В статье приведены результаты исследования модуля ШИМ, выполненного с целью получения математических зависимостей, связывающих параметры выходных управляющих сигналов Lpt-порта с величиной задающего напряжения, подающегося на вход тиристорного преобразователя частоты. Данные зависимости необходимы для создания систем управления приводами с адаптивным управлением.*

*The article presents the results of a study module PWM made in order to obtain mathematical relationships linking the parameters of output control signals Lpt-port with the value of the driving voltage applied to the input of the thyristor frequency converter. These dependences are necessary to create a drive control systems with adaptive management.*

**Ключевые слова:** ШИМ, LPT-порт, период, скважность.

**Keywords:** PWM, LPT-port, period, duty cycle.

Регулирование частоты вращения исполнительных механизмов находит широкое применение в текстильной промышленности. Красильно-отделочное производство характеризуется необходимостью регулирования скоростей машин в широком диапазоне (1:10), их плавного пуска, быстрого торможения, наличия в машинах заправочной скорости. Еще одной проблемой является то, что при агрегировании отделочных машин требуется установка многодвигательного электропривода, чаще всего с плавным регулированием скоростей машин [1].

Для приводов машин, требующих регулирования скорости, в основном применяются двигатели постоянного тока или многоскоростные асинхронные двигатели. Находят применение двигатели переменного тока со ступенчатым изменением ча-

стоты вращения ротора путем переключения обмоток статора на различное число пар полюсов в соответствии с уравнением:

$$n = f \frac{60}{P}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота переменного тока, Гц;  $P$  – число пар полюсов.

Различают несколько видов регулирования линейной скорости движения ткани в машине: установочное регулирование в диапазоне 1:2...1:4; автоматическое регулирование, зависящее от производственных факторов, например, влажности; автоматическое подрегулирование отдельных секций агрегата в диапазоне 1:1,2, обеспечивающее регулирование натяжения ткани и учитывающее изменение ее линейных размеров из-за усадки или вытяжки; автоматическое регулирование угловых скоростей

вращения механизмов намотки при изменении диаметра намотки и сохранении скорости движения ткани. Диапазон регулирования достигает 1:4... 1:10 и выше, например, для печатных машин.

Аналогичные проблемы характерны и для ткацкого производства [2...4].

В связи с развитием полупроводниковой техники в настоящее время для регулирования и синхронизации частоты вращения двигателей успешно используются электроприводы с тиристорными преобразователями, отличающиеся высоким КПД, надежностью, долговечностью, быстрым действием и малыми габаритами (рис. 1) [5...7].

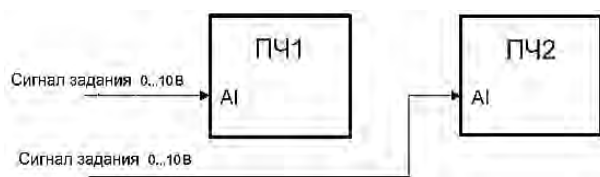


Рис. 1

Одним из распространенных приводов является тиристорный преобразователь частоты LG-iS5 для управления асинхронным двигателем мощностью до 10 кВт. Привод имеет аналоговое управление частотой вращения двигателя и релейное – направлением вращения. Для исключения из систем управления таких дорогостоящих систем, как цифроаналоговые преобразователи (ЦАП), на рынке имеются модули сопряжения, например, PLC4x-2G, в состав которых входят узлы управления приводом посредством ШИМ – широтно-импульсной модуляции [8], [9]. Управление выходным (управляющим для привода) напряжением происходит путем изменения ширины импульсов при неизменной их величине. Графическое представление ШИМ сигнала показано на рис. 3. Основные параметры ШИМ (англ. PWM):  $T$  – период ШИМ – время между фронтами (или спадами) соседних импульсов;  $T/t$  – скважность ШИМ;  $t/T$  – величина ШИМ – коэффициент заполнения.

На рис. 2 представлены типичные графики ШИМ-сигнала. Так как при ШИМ частота импульсов, а значит и период  $T$  остаются неизменными, то при уменьшении

ширины импульса  $t$  увеличивается пауза между импульсами (рис. 1-б) и наоборот: при расширении импульса пауза сужается (эпюра "В" на рис. 1-в).

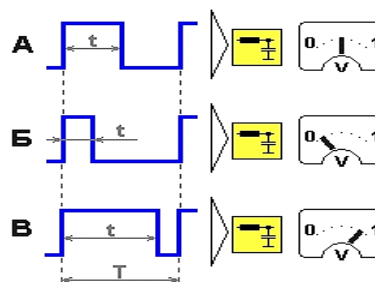


Рис. 2

Очень гибкие возможности конфигурации ШИМ-формирователя микроконтроллера позволяют использовать их в различных схемах электронного управления и автоматики.

В документации на устройство PLC4x-2G отсутствуют тарифовочные характеристики. Поэтому вопрос о программировании частоты вращения двигателя нуждается в конкретизации. На кафедре технологии машиностроения КГУ собран стенд, позволяющий оттарировать данную мехатронную систему. Программное обеспечение по заданному алгоритму изменяет коэффициент заполнения; изменяющееся при этом выходное напряжение ШИМ фиксируется вольтметром. Схема стенда показана на рис. 3. Тестовая программа реализована на алгоритмическом языке Турбо Паскаль 7.0 и основана на следующих основных положениях:

- управляющий сигнал ШИМ (PWM) – AutoFeed (14 пин Lpt- порта);
- логическая «1» формируется оператором `Port[$37A]:=0;`
- логический «0» формируется оператором `Port[$37A]:=2;`
- минимальная дискрета задержки (1 мс) формируется сигналом `delay(1);`
- переменные дискреты задержки формируются операторами `delay(t)` и `delay(T-t);`
- средняя точка графика ( $t/T=0,5$ ) соответствует продолжительности «1» и «0», равным `delay(T/2)`.

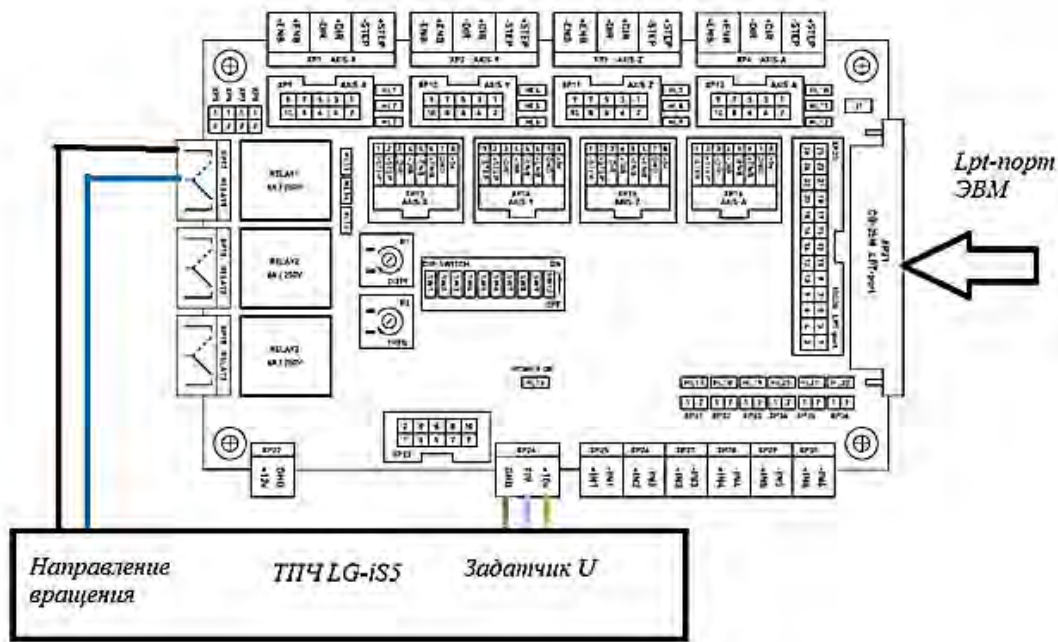


Рис. 3

Для математической обработки результатов эксперимента была выбрана линейная модель метода наименьших квадратов (МНК):

$$P_1(x) = a_0 + a_1x, \quad (2)$$

где  $a_0$  и  $a_1$  – коэффициенты.

Экспериментальные данные по исследованию ШИМ приведены на рис.4 для различной длительности периода  $T=10...20$  мс. Во всех экспериментах  $U_{пит} = 10$  В. Поиск коэффициентов регрессии проводили с использованием пакета MatCAD.

Итоговое уравнение регрессии (при  $T=10$ ) примет вид:

$$U_{вых} = -0,5 + t_1. \quad (3)$$

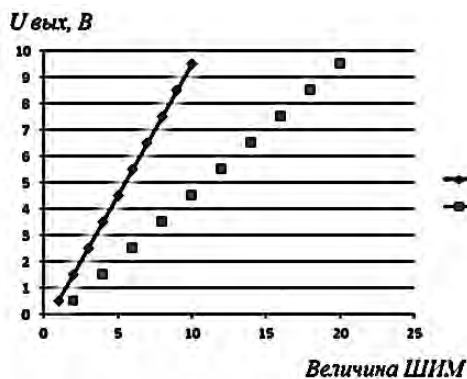


Рис. 4

Анализ экспериментальных данных показал, что с увеличением периода импульсов  $T$  точность регулирования частоты  $\frac{dU}{dt_1}$  повышается. При этом частота управляющих импульсов падает, что снижает быстродействие системы. Сравнение расчетных значений с экспериментальными данными показало, что с вероятностью 95% зависимость (3) является адекватной.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена программная реализация управления приводом на основе ШИМ.
2. Математическая обработка и проверка данных показали, что для управления приводом требованиям точности удовлетворяет линейная модель.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных предприятий. – СПб.: СПГУТД, 2000.
2. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Исследование влияния параметров наладки станка СТБ с модернизированным товарным регулятором на натяжение нитей основы // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №1. С.39...41.
3. Романов В.В., Титов С.Н., Никифоров И.С. Регулирование натяжения нитей основы на ткацких станках // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4С. С.74...76.

4. Романов В.В., Никифоров И.С. Прототип микропроцессорной системы управления отпуском основы и отвода ткани // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №1. С.84...87.

5. Гречухин А.П. Новый способ исследования натяжения ткани в зоне вальян-грудница с использованием сервопривода // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 74...77.

6. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. Математическое моделирование системы управления намоткой ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С.105...109.

7. Тихонов А.И., Булатов Л.Н., Глазунов В.Ф. Математическая модель асинхронного двигателя в системе электропривода сновальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С.117...120.

8. Романов В.В., Титов С.Н., Померанцев М.А. Совершенствование методов контроля неравномерности угловой скорости главного вала ткацкого станка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С. 80...83.

9. Романов В.В., Полозов О.С. Проблемы модернизации устройств ЧПУ промышленных роботов // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2014, №1. С.71...74.

#### REFERENCES

1. Bel'cov V.M. Oborudovanie tekstil'nyh otdelechnykh predpriyatij. – SPb.: SPGUTD, 2000.

2. Grechuhin A.P., Seliverstov V.Ju. Issledovanie vlijaniya parametrov naladki stanka STB s modernizirovannym tovarnym reguljatorom na

natjazhenie nitej osnovy // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №1. S.39...41.

3. Romanov V.V., Titov S.N., Nikiforov I.S. Regulirovanie natjazhenija nitej osnovy na tkackih stankah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2008, №4S. S.74...76.

4. Romanov V.V., Nikiforov I.S. Prototip mikroprocessornoj sistemy upravlenija otpuskom osnovy i otvoda tkani // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №1. S.84...87.

5. Grechuhin A.P. Novyj sposob issledovaniya natjazhenija tkani v zone val'jan-grudnica s ispol'zovaniem servoprivoda // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S. 74...77.

6. Glazunov V.F., Solomanichev M.A. Matematicheskoe modelirovanie sistemy upravlenija namotkoj tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2004, №6. S.105...109.

7. Tihonov A.I., Bulatov L.N., Glazunov V.F. Matematicheskaja model' asinhronnogo dvigatelja v sisteme jelektroprivoda snoval'noj mashiny // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2. S.117...120.

8. Romanov V.V., Titov S.N., Pomerancev M.A. Sovershenstvovanie metodov kontrolja neravnomernosti uglovoj skorosti glavnogo vala tkackogo stanka // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №2. S. 80...83.

9. Romanov V.V., Polozov O.S. Problemy modernizacii ustrojstv ChPU promyshlennyh robotov // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014, №1. S.71...74.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроения. Поступила 01.06.16.