

УДК 004.31: 621.3.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.П. ПОПОВ

(Омский государственный технический университет),

М.Р. ВИНОКУРОВ

(Донской государственный технический университет),

А.А. МОИСЕЕНКО

(Омский государственный технический университет)

Представлены результаты моделирования работы цифровой части микропроцессорного устройства, описанного в статье [1].

Ключевые слова: моделирование, микроконтроллер, вращающий момент, асинхронный двигатель, импульсный датчик оборотов.

Введение. В настоящее время наблюдается широкое применение различных микропроцессорных устройств различного назначения во многих отраслях промышленности. Это обусловлено невысокой стоимостью микроконтроллеров, например, серии Atmel AVR-8, их высокой надежностью и наличием на рынке широкой номенклатуры ЖК-индикаторов и датчиковой аппаратуры [2].

В работе [3] представлен бесконтактный датчик момента. Однако в рассматриваемом устройстве отсутствует упругий элемент и используется один индукционный датчик оборотов, а само устройство предназначено для привода с асинхронным двигателем (АД). Моделирование осуществлено в программной среде *Proteus* компании *Labcenter Electronics* (Великобритания). Данная среда представляет собой пакет программ для схемотехнического моделирования, базирующихся на основе моделей электронных компонентов. Отличительной чертой среды *Proteus* является возможность моделирования работы программируемых устройств, таких как микроконтроллеры.

Постановка задачи. В настоящей работе для моделирования разрабатываемого микропроцессорного устройства необходимо:

- осуществить моделирование первичных источников сигналов, таких как датчики и первичные преобразователи;
- выполнить моделирование схем, осуществляющих приведение уровней сигналов первичных датчиков до уровней, которые могут быть поданы на входы микроконтроллера;
- составить схему обеспечения работы микроконтроллера;
- составить управляющую программу для используемого типа микроконтроллера.

Метод и результаты исследования. Для моделирования разрабатываемого устройства была составлена структурная схема (рис.1), где устройство подразделено на блоки с указанием формы входных сигналов. Как видно из рис.1, устройство содержит два первичных источника сигналов: датчик напряжения и импульсный датчик оборотов, а также две схемы приведения уровней сигналов: блок смещения уровня и формирователь импульсов. Пройдя необходимые преобразования, обработанные сигналы подаются на входы микроконтроллера, где осуществляется дальнейшая их обработка в соответствии с управляющей программой микроконтроллера.

Для моделирования рассматриваемого устройства была разработана программа на языке *C* для микроконтроллера типа *Atmel Atmega 32* [4, 5], которая осуществляет:

- управление работой периферийных устройств, таких как блок внешних прерываний, таймер и АЦП;
- регистрацию измеренных значений и сохранение их в оперативной памяти микроконтроллера;

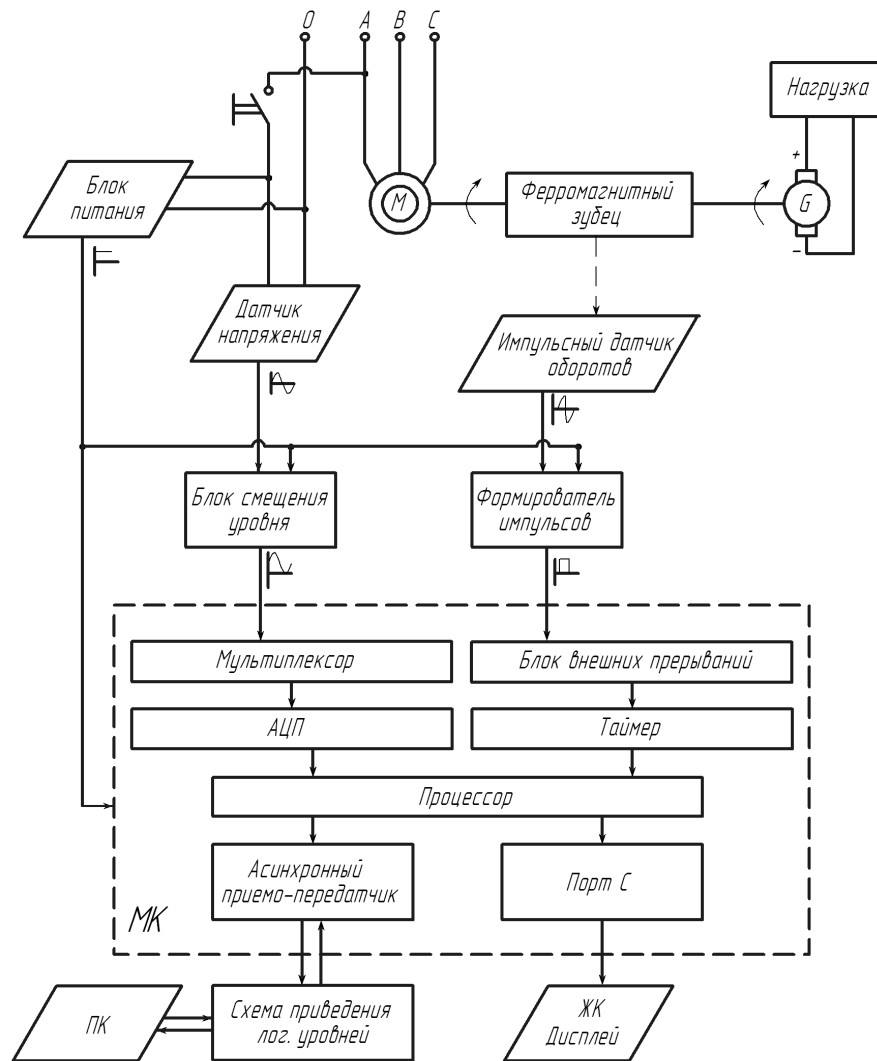


Рис.1. Структурная схема моделируемого устройства

– усреднение и расчет скольжения s асинхронного двигателя по известной частоте вращения магнитного поля статора и по измеренной частоте вращения ротора:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (1)$$

где n_1 – синхронная частота вращения электромагнитного поля статора;

– расчет действующего значения напряжения фазы статора;

– расчет вращающего момента АД по выражению [6]:

$$M = \frac{m \cdot p \cdot T \cdot R_2'}{2\pi \cdot s} \cdot \frac{U_1^2}{(R_1 + R_2'/s)^2 + (X_1 + X_2')^2}, \quad (2)$$

где m – число фаз обмотки статора; p – число пар полюсов двигателя; T – период вращения ротора; R_2' – приведенное активное сопротивление ротора; R_1 – активное сопротивление статора; X_2' – приведенное реактивное сопротивление рассеяния ротора; X_1 – реактивное сопротивление рассеяния статора.

Для моделирования устройства в программной среде *Proteus* была составлена его упрощенная принципиальная схема с использованием библиотечных компонентов (рис.2).

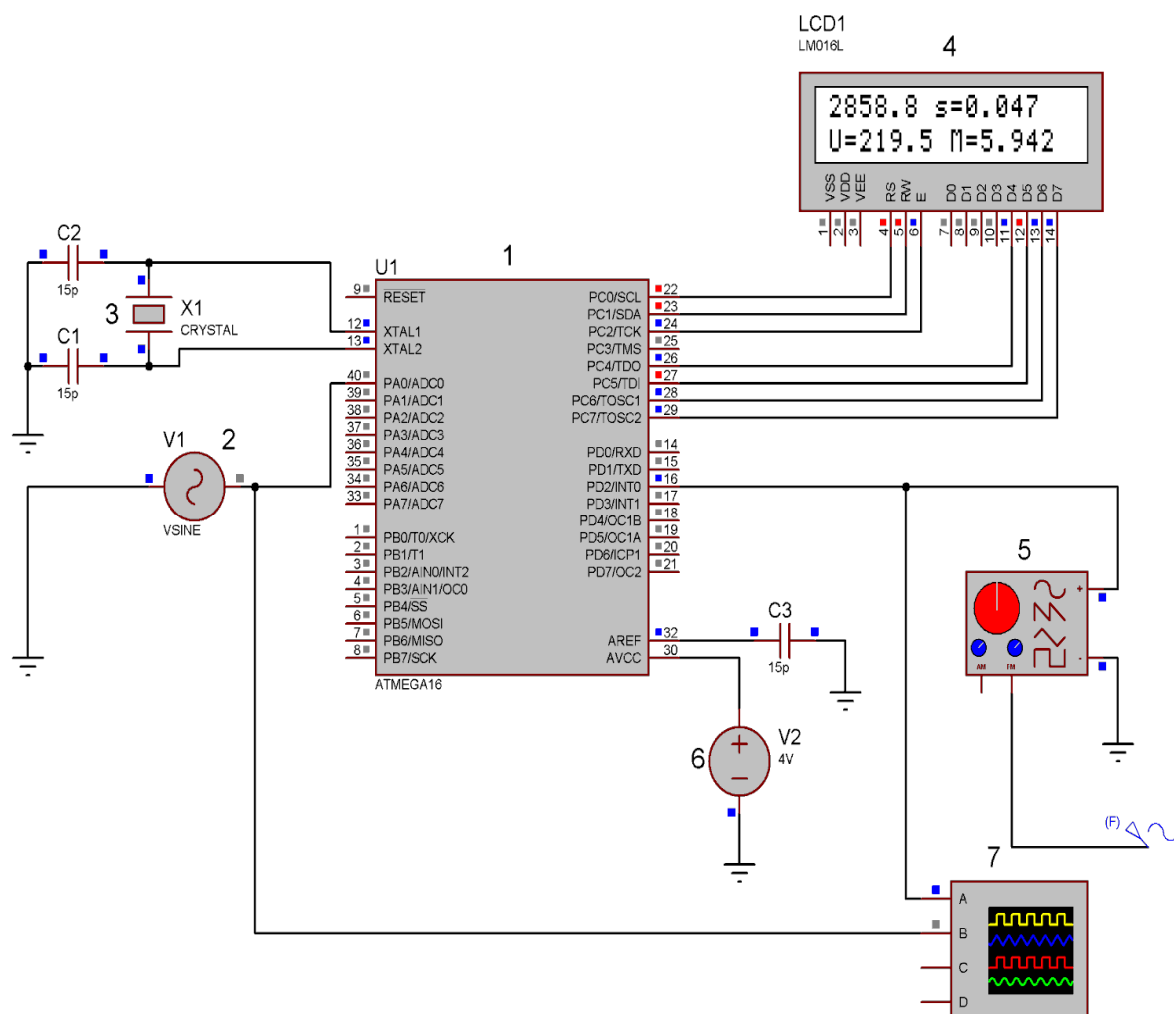


Рис.2. Электрическая схема для моделирования микропроцессорного устройства контроля момента АД в программной среде *Proteus*

Каждый компонент в программной среде *Proteus* обладает набором параметров, изменяя значения которых можно выполнить моделирование необходимых схем и узлов. Выходной сигнал импульсного датчика оборотов моделируется с помощью импульсного генератора 5, при этом ширина выходных импульсов изменяется по синусоидальному закону, что позволяет осуществлять моделирование при изменяющейся скорости вращения двигателя. Выходной сигнал импульсного датчика 3 подается на вход PD2 микроконтроллера 1 и поступает на блок внешних прерываний 7 (INT0), затем программа выполняет расчет периода вращения и скольжение s по формулам (1) и (2). Сигнал датчика напряжения моделируется с помощью синусоидального источника 2 и поступает на порт АЦП ADC0 микроконтроллера 1. Опорное напряжение АЦП принято равным напряжению питания АЦП, которое обеспечивается источником постоянного напряжения 6. В процессе работы устройства в течение двух секунд происходит накопление и усреднение показаний с импульсного датчика оборотов и датчика напряжения питания.

По истечении этого времени осуществляется вычисление вращающего момента по усредненным значениям скольжения и напряжения питания с использованием эквивалентной схемы замещения АД, а затем выводим измеренные данные на ЖК-дисплей 4 (см. рис.2).

Далее было выполнено моделирование работы устройства для тринадцати значений оборотов ротора n_2 АД (т.е. для тринадцати значений нагрузки на валу АД) при скорости вращения поля статора 3000 об/мин. В программе были использованы паспортные данные асинхронного двигателя типа 4А80А2УЗ:

- номинальное напряжение – 220/380;
- номинальная мощность – 1,5 кВт;
- номинальная частота вращения ротора – 2835 об/мин;
- параметры схемы замещения двигателя при работе в номинальном режиме:

$$X_1=3,39 \text{ Ом}, R_1=5,59 \text{ Ом}, X_2'=5,4 \text{ Ом}, R_2'=3,27 \text{ Ом},$$

$$X_0=166,65 \text{ Ом}, R_0=5,59 \text{ Ом}.$$

Результаты моделирования приведены в таблице.

Результаты моделирования устройства

Номер измерения	Частота вращения n_2 , об/мин	Скольжение s	Напряжение U_ϕ , В	Вращающий момент M , Н·м
1	2859	0.047	218.8	5.935
2	2878	0.041	217.2	5.481
3	2883	0.039	217.6	4.949
4	2892	0.036	219.3	4.622
5	2906	0.031	217.3	4.031
6	2917	0.028	219.1	3.714
7	2921	0.026	218.2	2.974
8	2935	0.022	218.9	2.867
9	2944	0.019	218.9	2.576
10	2951	0.016	219.6	2.243
11	2962	0.013	219.4	1.658
12	2971	0.010	217.2	1.281
13	2989	0.004	217.1	0.821

Изложенный в данной статье материал может быть использован в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Выводы. Компьютерное моделирование устройства с использованием программы *Proteus* подтвердило правильность функционирования программы, разработанной авторами [2], что позволило в кратчайшие сроки реализовать недорогой действующий образец микропроцессорного устройства контроля момента асинхронного двигателя и учебный лабораторный стенд по дисциплине «Электрические машины» для студентов, обучающихся по электротехническим специальностям.

Библиографический список

1. Попов А.П. Способ и микропроцессорное устройство контроля вращающего момента асинхронного двигателя / А.П. Попов, А.А. Моисеенко // Омское время – взгляд в будущее: материалы регион. молодеж. науч.-техн. конф. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – Кн.2. – С.108-111.
2. Болл С.Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / С.Р. Болл. – М.: Додэка – XXI, 2007. – 360 с.
3. Попов А.П. Микропроцессорная система бесконтактного контроля и измерения крутящего момента / А.П. Попов, М.Р. Винокуров, А.А. Моисеенко // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т.10. – №2(45). – С.243-248.

4. Моисеенко А.А. Программа микроконтроллера для вычисления вращающего момента асинхронного двигателя с использованием бесконтактного датчика оборотов / А.А. Моисеенко // Свидетельство об отраслевой регистрации. – №15567. – М., 2010.

5. Пат. 2227304 Российская Федерация. МПК7 G01P3/487. Устройство для измерения мгновенной скорости вращения / А.П. Попов, А.А. Горшенков; опубл. 20.04.2004, Бюл. №11.

6. Костенко М. П. Электрические машины: в 2 ч. / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – Л.: Энергия, 1973. – Ч.2. – 648 с.

Материал поступил в редакцию 01.11.10.

References

1. Popov A.P. Spособ i mikroprocessornoe ustroystvo kontrolya vraschayushego momenta asinhronnogo dvigatelya / A.P. Popov, A.A. Moiseenko // Omskoe vremya – vzglyad v budushee: materialy region. molodej. nauch.-tehn. konf. – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2010. – Kn.2. – S.108-111. – In Russian.

2. Boll S.R. Analogovye interfeisy mikrokontrollerov / S.R. Boll. – М.: Dodeka – HHI, 2007. – 360 с. – In Russian.

3. Popov A.P. Mikroprocessornaya sistema beskontaktnogo kontrolya i izmereniya krutyashego momenta / A.P. Popov, M.R. Vinokurov, A.A. Moiseenko // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2010. – T.10. – №2(45). – S.243-248. – In Russian.

4. Moiseenko A.A. Programma mikrokontrollera dlya vychisleniya vraschayushego momenta asinhronnogo dvigatelya s ispol'zovaniem beskontaktnogo datchika oborotov / A.A. Moiseenko // Svidetel'stvo ob otraslevoi registracii. – №15567. – М., 2010. – In Russian.

5. Пат. 2227304 Rossiiskaya Federaciya. MPK7 G01P3/487. Ustroystvo dlya izmereniya mgnovennoi skorosti vrascheniya / A.P. Popov, A.A. Gorshenkov; opubl. 20.04.2004, Byul. №11. – In Russian.

6. Kostenko M. P. Elektricheskie mashiny: v 2 ch. / M.P. Kostenko, L.M. Piotrovskii. – L.: Energiya, 1973. – Ch.2. – 648 s. – In Russian.

A.P. POPOV, M.R. VINOKUROV, A.A. MOISEYENKO

MODELING OF INDUCTION MOTOR TORQUE CONTROL MICROPROCESSOR

Simulation data of the digital part of the described microprocessor are presented.

Key words: modeling, microcontroller, torque, induction motor, speed encoder.