

УДК 621.313.3; 621.317.08

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ МЕРТВОГО ХОДА МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И АРХИВИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

Анкудинов К.А.

*Финансовый университет при Правительстве РФ, Тульский филиал, Тула,
e-mail: aai_tula@mail.ru*

Микроконтроллерное устройство по патенту на полезную модель 76181 РФ относится к электромашиностроению, в частности к устройствам встроенного контроля, диагноза и прогноза мертвых ходов механических передач электроприводов переменного тока в ходе их эксплуатации без демонтажа механических передач и электродвигателей с изделий, где они выполняют свои рабочие функции.

Ключевые слова: микроконтроллер, электропривод переменного тока, механическая передача, мертвый ход

MICROCONTROLLER DEVICE OF BUILT-IN CONTROL OF MECHANICAL TRANSMISSION OF AC ELECTRIC DRIVES BACKLASH AND ARCHIVING OF CONTROL RESULTS

Ankudinov K.A.

*Financial University under the Government of the Russian Federation, Tula branch, Tula,
e-mail: aai_tula@mail.ru*

Microcontroller device after the patent for utility model 76181 (Russian Federation) belongs to electric machine-building, in particular to devices of built-in control, diagnosis and the prediction of mechanical transmissions of AC electric drives backlashes in the course of their operation without dismantling of mechanical transmissions and electric motors from the articles where they execute their running functions.

Keywords: microcontroller, AC electric drive, mechanical transmission, backlash

Известны аналоги – устройства встроенного контроля мертвых ходов (МХ) механических передач (МП) электроприводов (ЭП) постоянного тока в ходе их эксплуатации без демонтажа МП и электродвигателей (ЭД) постоянного тока с изделий, где они выполняют свои рабочие функции. Такие устройства ранее строились на основе аналоговых и цифровых ИМС [10, 11, 19], а на современном этапе – на основе микроконтроллеров (МК) [1-5, 15, 16].

Недостатком перечисленных устройств-аналогов является их неработоспособность при измерениях МХ МП ЭП переменного тока.

Известен также прототип [7] – микроконтроллерное устройство, обеспечивающее встроенный контроль МХ МП ЭП переменного тока, содержащее: ЭД переменного тока, который через контролируруемую МП подсоединен к нагрузке; датчик контроля (ДК), включенный последовательно в статорную обмотку ЭД переменного тока – стандартный токовый шунт на 75 мВ, который исключает влияние ДК на режим работы ЭД переменного тока; пиковый амплитудный детектор (ПАД) [12], вход которого подключен к ДК; формирователя импульсов (ФИ) [13], вход которого подключен к выходу ПАД; МК – ATtiny28L

[6, 14], работой которого управляет ФИ; четырехразрядный семисегментный знаковый индикатор (СЗИ) – АЛС329Б, который подключен к МК [6, 8] и высвечивает численное значение МХ МП ЭП переменного тока.

Недостатком этого микроконтроллерного устройства [7] является тот факт, что наряду с обеспечением успешного измерения (диагностирования) величины МХ МП ЭП переменного тока, оно не позволяет прогнозировать величину МХ МП ЭП переменного тока в процессе эксплуатации.

Постановка задачи

Предлагаемое микроконтроллерное устройство [17] должно решать задачу обеспечения возможности архивирования результатов измерения МХ МП ЭП переменного тока в процессе эксплуатации, которые используются при прогнозировании времени выхода величины МХ МП за пределы допустимых значений. Для чего при синтезе микроконтроллерного устройства встроенного контроля [9, 18] при каждом измерении МХ МП необходимо осуществлять архивирование двух параметров:

- величины измеренного МХ МП ЭП переменного тока;
- времени наработки МП ЭП переменного тока с начала эксплуатации до момента последнего измерения МХ МП.

Блок-схема устройства

Блок-схема микроконтроллерного устройства встроенного контроля МХ МП

ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля [17] представлена на рис. 1.

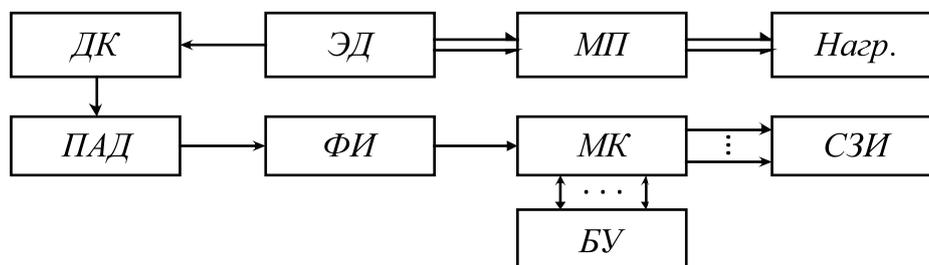


Рис. 1. Блок-схема микроконтроллерного устройства встроенного контроля МХ МП ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля:

ДК – датчик контроля; ЭД – электродвигатель переменного тока;

МП – механическая передача; Нагр. – нагрузка ЭП;

ПАД – пиковый амплитудный детектор;

ФИ – формирователь импульсов;

МК – микроконтроллер PIC16F877;

СЗИ – девятиразрядный семисегментный знаковый индикатор АЛС356А;

БУ – блок управления МК

Поставленная задача достигается тем, что в микроконтроллерное устройство встроенного контроля МХ МП ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля [17], содержащее: ЭД переменного тока, соединенный с нагрузкой через контролируруемую МП; ДК – стандартный токовый шунт на 75 мВ, исключающий влияние ДК на режим работы ЭД, который встроен в статорную обмотку ЭД переменного тока; ПАД [12], вход которого подключен к ДК; ФИ [13], вход которого подключен к выходу ПАД, введены восьмибитный МК – PIC16F877 [4, 9, 17], который наряду с FLASH-памятью программ и SRAM-памятью данных имеет энергонезависимую EEPROM-память данных, БУ МК и девятиразрядный СЗИ – АЛС356А, причем одна линия порта МК, настроенная на вход соединена с выходом ФИ, семь линий порта МК, настроенные как вход-выход, соединены с БУ, а семнадцать линий портов МК, настроенные как выход, подключены к девятиразрядному СЗИ. Блок-схему алгоритма работы МК – PIC16F877, программу на Ассемблере и HEX-файл для программирования МК [17] можно получить по e-mail: aai_tula@mail.ru.

Режимы работы устройства

1. Ввод в эксплуатацию (см. рис. 1). При программировании МК – PIC16F877 в его FLASH-память программ записываются паспортные или полученные экспериментально данные ЭД переменного тока: номинальная скорость вращения Ω_n [об/мин] и электромеханическая постоянная времени $T_{эд} \approx [c]$ ЭД переменного тока.

2. Рабочий режим (см. рис. 1). В большинстве случаев включение ЭП для выполнения рабочих функций не сопровождается измерением МХ МП, так как величина МХ меняется медленно по мере износа МП в процессе эксплуатации. В этом режиме БУ по умолчанию настраивает МК устройства только на подсчет времени работы ЭП в данном цикле, которое фиксируется в SRAM-памяти данных МК – PIC16F877. При отключении ЭП время его работы в данном цикле суммируется с предыдущим временем наработки ЭП с начала эксплуатации и архивируется в EEPROM-память данных МК.

3. Режим измерения (см. рис. 1). Временные диаграммы работы микроконтроллерного устройства встроенного контроля МХ МП ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля [17] в режиме измерения представлены на рис. 2.

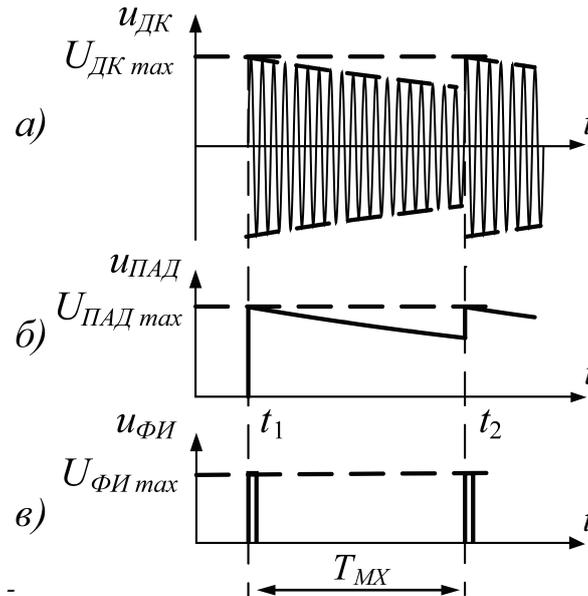


Рис. 2. Временные диаграммы работы микроконтроллерного устройства встроенного контроля МХ МП ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля:
а – выходной сигнал ДК; б – выходной сигнал ПАД; в – выходной сигнал ФИ

В этом режиме перед включением устройства (см. рис. 1) МХ МП устанавливается в максимальное положение. Подается питание на ПАД, ФИ и МК, а девятиразрядный СЗИ и БУ питаются от МК. С БУ на МК подается комбинация управляющих сигналов, задающая режим измерения МХ МП ЭП переменного тока.

В момент времени t_1 (рис. 2) происходят следующие процессы: запускается в работу ЭД переменного тока и в его обмотке статора возникает импульс переменного пускового тока, который создает импульс переменного напряжения на ДК с амплитудой $u_{ДК}(t_1) = U_{ДК\max}$ (рис. 2,а); сигнал с ДК $u_{ДК}(t_1)$ поступает на ПАД, который детектирует фронт сигнала с ДК $u_{ПАД}(t_1) = U_{ПАД\max}$ (рис. 2,б); сигнал с ПАД $u_{ПАД}(t_1)$ подается на ФИ, который вырабатывает первый короткий импульс $u_{ФИ}(t_1) = U_{ФИ\max}$ (рис. 2,в), поступающий на МК; МК начинает отсчет времени выбора МХ $T_{МХ}$ (рис. 2,в) МП и записывает его текущего значения в SRAM-память данных.

В интервале времени $t \in (t_1; t_2)$ (рис. 2) протекают следующие физические процессы: ЭД переменного тока приходит во вращение; переменный пусковой ток обмотки статора ЭД и переменное напряжение на ДК

$u_{ДК}(t)$ (рис. 2,а) уменьшаются по экспоненте; тихоходный вал МП остается неподвижным, так как происходит выбор МХ МП, но он еще не выбран; напряжение на выходе ПАД $u_{ПАД}(t)$ (рис. 2,б) уменьшается по экспоненте; напряжение на выходе ФИ равно нулю $u_{ПАД}(t) = 0$ (рис. 2,в); МК продолжает отсчет времени выбора МХ $T_{МХ}$ (рис. 2,в) МП ЭП и записывает его текущего значения в SRAM-память данных.

В момент времени t_2 (рис. 2) происходят следующие процессы: закончен выбор МХ МП и приходит во вращение тихоходный вал МП и нагрузка; величина нагрузки на ЭД переменного тока скачкообразно возрастает и в его обмотке статора вновь возникает импульс переменного пускового тока, который создает импульс переменного напряжения на ДК $u_{ДК}(t_2) = U_{ДК\max}$ (рис. 2,а); сигнал с ДК $u_{ДК}(t_2)$ поступает на ПАД, который детектирует фронт сигнала с ДК $u_{ПАД}(t_2) = U_{ПАД\max}$ (рис. 2,б); сигнал с ПАД $u_{ПАД}(t_2)$ подается на ФИ, который вырабатывает второй короткий импульс $u_{ФИ}(t_2) = U_{ФИ\max}$ (рис. 2,в), поступающий на МК; МК заканчивает отсчет времени выбора МХ $T_{МХ}$ (рис. 2,в) МП и запоминает его значение в SRAM-памяти данных в размерности [с]; МК производит расчет МХ α_{\approx} МП ЭП переменного тока [17]

$$\alpha_{\approx} = 6 \Omega_H \left[T_{МХ} - T_{ЭД\approx} \left(1 - \exp \left(-\frac{T_{МХ}}{T_{ЭД\approx}} \right) \right) \right] [\text{градус}]$$

по заданному алгоритму и архивирует (записывает) его значение в EEPROM-память данных (физический смысл и размерности величин Ω_n и $T_{ЭД} \approx$ указаны в первом режиме – ввод в эксплуатацию).

Рассмотренный режим измерения скоротечен и не влияет на общее время работы ЭП переменного тока с начала его эксплуатации. Далее продолжается подсчет и архивирование в энергонезависимой EEPROM-память данных МК общего времени работы ЭП с начала его эксплуатации.

4. Режим вывода информации (см. рис 1) обеспечивается подачей управляющих сигналов: с БУ на МК по семи линиям порта, настроенным как вход-выход; с МК на девятиразрядный СЗИ по семнадцати линиям портов, настроенным как выход. Этот режим обеспечивает последовательное высвечивание на СЗИ всех измеренных в процессе эксплуатации величин $MX \alpha_{\approx}$ МП ЭП переменного тока и соответствующего им времени наработки электропривода с начала эксплуатации до момента рассматриваемого измерения, которые архивированы в EEPROM-памяти данных МК. Причем четыре младших разряда девятиразрядного СЗИ высвечивают $MX \alpha_{\approx}$ МП ЭП с точностью до тысячной доли градуса, а пять старших разрядов – соответствующее ему время наработки ЭП переменного тока с начала эксплуатации с точностью до десятых долей часа.

Выводы

Введение в микроконтроллерное устройство встроенного контроля MX МП ЭП переменного тока и архивирования результатов контроля восьмимбитного МК фирмы Microchip PIC16F877, имеющего в своей структуре FLASH-память программ – 8 Кбайт, SRAM память данных – 368 байт и энергонезависимую EEPROM память данных – 256 байт, БУ МК и девятиразрядного СЗИ АЛС356А обеспечивает:

1. Архивирование в EEPROM-памяти МК численных значений измеренных величин MX МП в процессе всего цикла эксплуатации ЭП переменного тока.

2. Архивирование в EEPROM-памяти МК времени наработки ЭП переменного тока с начала эксплуатации до каждого момента измерения MX МП.

3. Вывод информации о величине и времени измерения MX МП ЭП переменного тока, архивированных в EEPROM памяти данных МК, на девятиразрядный СЗИ, где четыре младших разряда высвечивают величины MX МП, а пять старших разрядов – соответствующее им время наработки ЭП с начала эксплуатации и до момента измерения MX МП. Это позволяет прогнозировать отказы МП ЭП переменного тока математическими методами [18].

Список литературы

1. Агафонов Ю.М., Акиншин Р.Н., Анкудинов К.А., Акиншин Н.С., Анкудинов А.И. Электропривод постоянного тока с устройством встроенного контроля мертвого хода механической передачи // Патент на полезную модель RUS 66869. Заявка: 24.05.2007. Опубликовано: 27.09.2007. Бюл. № 27.
2. Агафонов Ю.М., Акиншин Н.С., Анкудинов К.А., Анкудинов А.И., Стец М.И. Двухзвенный электропривод постоянного тока с устройством встроенного контроля // Патент на полезную модель RUS 72586. Заявка: 13.12.2007. Опубликовано: 20.04.2008. Бюл. № 11.
3. Агафонов Ю.М. Методика построения микроконтроллерных устройств управления СКЗ МГ / Ю.М. Агафонов, А.И. Анкудинов, С.И. Петровичев, А.Б. Воскресенский, В.А. Михаленко, П.П. Какалин, Н.С. Акиншин, К.А. Анкудинов // Газовая промышленность. 2007. № 4. С. 48-51.
4. Агафонов Ю.М. Применение микроконтроллеров для синтеза цифровых конечных автоматов / Ю.М. Агафонов, Н.С. Акиншин, Р.Н. Акиншин, К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов, К.Ю. Казаков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2007. № 5. С. 40-44.
5. Агафонов Ю.М. Расчет преобразователя «напряжение-напряжение» на операционных усилителях в измерительных комплексах телемеханики / Ю.М. Агафонов, Н.С. Акиншин, Р.Н. Акиншин, К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов // Датчики и системы. 2007. № 9. С. 14-16.
6. Агафонов Ю.М. Система контроля управления и согласования СКЗ с комплексами телемеханики / Ю.М. Агафонов, Н.С. Акиншин, К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов, А.Б. Воскресенский, Р.Н. Акиншин // Газовая промышленность. 2007. № 7. С. 58-61.
7. Акиншин Н.С., Анкудинов К.А., Анкудинов А.И., Хомяков А.В., Ковалев Ю.М., Самылов М.А. Электропривод переменного тока с устройством встроенного контроля // Патент на полезную модель RUS 72588. Заявка: 13.12.2007. Опубликовано: 20.04.2008. Бюл. № 11.
8. Акиншин Н.С. Синтез микроконтроллерных систем для исследования зрительно-двигательных возможностей человека / Н.С. Акиншин, К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов, Е.Б. Карпов, И.Е. Карпов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 7-2. С. 78-87.
9. Акиншин Р.Н. Вероятностная оценка работоспособности EEPROM-памяти микроконтроллеров при синтезе цифровых конечных автоматов / Р.Н. Акиншин, Ю.М. Агафонов, К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2007. Т. 50, № 8. С. 23-27.
10. Анкудинов А.И., Кравец В.И., Семченко М.Я., Анкудинов К.А. Устройство для контроля мертвого хода механической передачи электропривода // Авторское свидетельство SU 1677792. Опубликовано: 15.09.1991. Бюл. № 34.
11. Анкудинов А.И., Кравец В.И., Анкудинов К.А. Измерение электрохимической постоянной времени электропривода постоянного тока // Измерительная техника. 1990. № 12. С. 31-32.
12. Анкудинов А.И., Кравец В.И., Анкудинов К.А. Искажения фронта и амплитуды экспоненциальных видеосигналов электронным усилителем // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1990. Т. 33, № 9. С. 59-64.
13. Анкудинов А.И., Кравец В.И., Анкудинов К.А. Мощный компенсационный двусторонний амплитудный ограничитель // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 1991. Т. 34, № 7. С. 53-55.
14. Анкудинов К.А. Алгоритм расчета контроллеров согласования микроконтроллерных измерительно-управляющих систем с измерительными преобразователями и исполнительными устройствами / К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов, Е.Б. Карпов, И.Е. Карпов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 2-2. С. 17-21.
15. Анкудинов К.А. Измерение электрохимической постоянной времени электропривода постоянного тока по амплитуде реакции апериодического звена // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2008. № 6. С. 26-29.
16. Анкудинов К.А. Способ измерения постоянной времени электропривода / К.А. Анкудинов, А.И. Анкудинов, Н.С. Акиншин, О.А. Глаголев, А.В. Емельянов, В.В. Мануйлов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 12. С. 43-49.
17. Анкудинов К.А. Устройство встроенного контроля и архивирования результатов контроля // Патент на полезную модель RUS 76181. Заявка: 23.04.2008. Опубликовано: 10.09.2008. Бюл. № 25.
18. Ильин А.А., Ильин Р.А., Анкудинов К.А. Математическое обеспечение синтеза математических моделей сложных динамических процессов по выборке данных их предыстории // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2012. № 3. С. 305-311.
19. Ankudinov A.I., Kravets V.I., Ankudinov K.A. Measurement of the electromechanical time constant of DC electric drives // Measurement Techniques. 1990. Vol. 33, № 12. P. 1229-1231.