

В заключение необходимо отметить, что в работе приведены два варианта построения ПЧ для электроприводов на основе асинхронных двигателей. Авторам представляется более интересным второй вариант построения ПЧ, наиболее эффективен для применения в промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Меркушев Д. В., Хасцаев Б. Д. Система оптимального управления асинхронным двигателем // Материалы 3-ей межрегиональной конференции: Студенческая наука – экономике России. Ставрополь, 2002. 4.1. С. 100–101.
2. Патент 2415504 С2 РФ, МКИ 7 Н02Н 7/085, 7/08. Устройство релейной защиты асинхронного электродвигателя / Н. Д. Поздеев, О. А. Филичев. Оpubл.: 27.03.2011. Бюл. № 9.
3. Danfoss (2010). VLT Automation Drive FC 300 Operating Instructions.
4. Устройства плавного пуска и преобразователи частоты. Выпуск № 38, май 2011 г. 2 Компания Schneider Electric (Германия).



УДК 621.38

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫЙ ФАЗОМЕТР

Проф. *Хасцаев Б. Д.*,  
студ. *Королев А. Л.*,  
асп. *Тинаев В. В.*

Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический институт),  
г. Владикавказ, РСО-Алания, Россия

*Предлагаются принципы построения современных цифровых фазометров с широкими функциональными возможностями, выполняемых на основе микроконтроллеров. Приводится вариант построения микроконтроллерного фазометра.*

Области применения фазометров непрерывно расширяются по ряду причин, в числе которых – появление в последние годы фазометров с улучшенными функциональными возможностями, с

высокими эргонометрическими показателями, с умеренной себестоимостью. Однако свойства и возможности фазометров можно еще более улучшить, а области их применения еще более расширить, если их строить на основе микроконтроллеров. Такие фазометры относятся к классу цифровых фазометров (ЦФ) [1, 2]. Рассмотрение принципов построения ЦФ и является задачей предлагаемой работы, в которой вначале рассматриваются общие вопросы построения ЦФ, а затем – конкретный пример построения ЦФ на микроконтроллере.

Напомним, что назначение цифрового фазометра состоит в измерении сдвига фазы между двумя синусоидальными сигналами и выводе его значения на цифровой индикатор.

Как правило, ЦФ состоят из двух частей: аналоговой (пример построения аналоговой части ЦФ приведен рис. 1) и цифровой (пример построения цифровой части ЦФ приведен на рис. 2). Схема ЦФ строится в соответствии со следующим алгоритмом функционирования.

На вход аналоговой части ЦФ подаются два синусоидальных сигнала. При этом один из них считается образцовым (опорным), другой – сигналом со сдвигом фазы относительно образцового сигнала. Далее аналоговая часть формирует прямоугольные импульсы, длительность которых прямо пропорционально величине разности исследуемых фаз.

Цифровая часть ЦФ начинает функционировать с момента получения импульса от аналоговой части. Этот импульс, имеющий частоту 1 Гц, поступает на порт параллельного программируемого адаптера (ППА) в случае построения ЦФ на основе микроконтроллера. С момента поступления импульса на порт ППА микроконтроллер начинает отсчитывать при помощи встроенного таймера и 2-х регистров длину принятого импульса.

После отсчета происходит инвертирование полученного в регистрах числа, обращение к группе ячеек памяти, в которых хранится таблица символов, выводимых на индикатор ЦФ. В результате выполнения последней процедуры микроконтроллер выводит на дискретный индикатор полученное двухзначное число, соответствующее сдвигу фазы между двумя синусоидами, в удобном для оператора виде.

Как уже отмечено выше, входной сигнал цифровой части ЦФ должен поступать с частотой 1 Гц. В противном случае необходимо применять делитель частоты, либо применять кварцевый резонатор, подключенный к микроконтроллеру, частота которого подбирается нужным образом. Кроме этого, амплитуда входных импульсов должна составлять 30–40 мВ.

Наиболее важной частью ЦФ является его цифровая часть, которую рассмотрим подробнее. В разработанном ЦФ она включает в себя следующие основные элементы.

1. Микроконтроллер KM1816BE48, имеющий встроенное ПЗУ для хранения программ; 3 порта для связи с ППА. Микроконтроллер еще обеспечивает обработку получаемой информации и вывод результатов вычислений. Его основными выводами являются:

–  $X1$  и  $X2$ , необходимые для подключения кварцевого резонатора (в схеме его частота, необходимая для согласования микроконтроллера и ППА, равна  $f=2$  МГц);

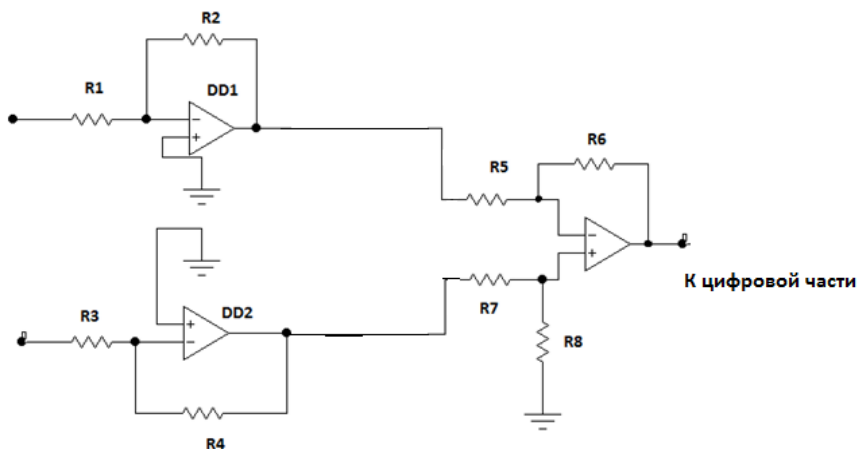


Рис. 1. Схема аналоговой части цифрового фазометра.

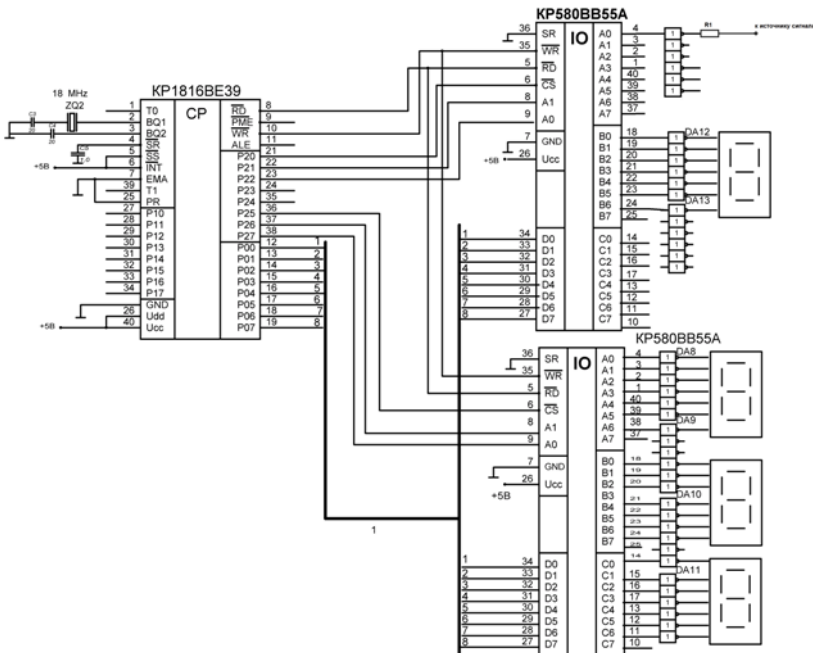


Рис. 2. Цифровая часть цифрового фазометра.

- *SR*, необходимый для сброса ОЗУ и отсоединения выводов портов микроконтроллера в момент подключения к питанию;
- *SS*, обеспечивающий пошаговый режим выполнения программы (в приведенной схеме не используется, поэтому подключён к питанию +5В);
- *INT*, необходимый для обеспечения прерывания выполнения программы;
- *Ucc* и *Udd*, используемые для подключения микроконтроллера к питанию;
- *EMA*, обеспечивающий выбор ПЗУ для работы с микроконтроллером;
- *PR*, необходимый для перепрограммирования микроконтроллера;
- *GND*, используемый как общий вывод;
- *PME*, необходим для обращения к внешнему ПЗУ;

- *ALE*, используемый для стробирования сигнала;
- *P1.0–P1.7*, являющиеся выводами порта *P1* и образующие шину адреса для управления портами ППА;
- *P0.0–P0.7*, являющиеся выводами порта *P0* и образующие шину данных для передачи данных между микроконтроллером и ППА;
- *RD*, необходимый для подачи на выход ППА сигнала чтения.

2. Параллельный программируемый адаптер (KP580BB55A). В его состав входят три порта: порт *A*, необходимый для восприятия сигнала-импульса, соответствующего сдвигу по фазе между образцовой синусоидой и сдвинутой; порт *B*, необходимый для индикации цифры, соответствующей десяткам градуса; порт *C*, необходимый для индикации цифры, соответствующей единицам градуса. Основными выводами ППА являются: *SR*, вывод сброса, работа которого аналогична соответствующему выводу микроконтроллера; *CS*, вывод выбора кристалла; *A0 A1*, выводы, подсоединяющиеся к шине адреса и необходимые для выбора портов ввода/вывода; *D0-D7*, выводы, подсоединяющиеся к шине данных и необходимые для обмена информацией с микроконтроллером; *RD*, *WR*, выводы для получения чтения/записи; порты *A*, *B*, *C* и т. д.

Для обеспечения вывода нужных символов на индикатор в памяти микроконтроллера содержится таблица, необходимая для вывода нужных символов на индикатор. Эта таблица называется прошивкой ПЗУ микроконтроллера и приведена ниже.

### Прошивка ПЗУ

Цифра	Элементы индикатора	Код элементов индикатора								Код выводов индикатора								Шестнадцатеричный код	Адрес ячейки ПЗУ
		A	B	C	D	E	F	G	H	E	D	C	H	B	A	G	F		
0	ABCDEF	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	48	0809
1	BC	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	EB	0808
2	ABEDG	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	8C	0807
3	ABCDG	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	89	0806
4	BCFG	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	2B	0805
5	ACDFG	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	19	0804
6	ACDEFG	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	18	0803
7	ABC	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	CB	0802
8	ABCDEFG	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	08	0801
9	ABCDG	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	09	0800

Параметры микросхем КР1816ВЕ48 и КР580ВВ55А, используемых в разработанном ЦФ.

### Параметры микросхемы КР1816ВЕ48

Параметр	Обозначение	Значения параметров [макс.–мин.]
Напряжение питания, В	$U_{cc}, U_{dd}$	7,0 (–0,5)
Входное напряжение, В	$U_i$	7,0 (–0,5)
Напряжение при программировании, В; на выводе $U_{dd}$	$U_{dd}, \rho_n$	26,0
на выводах $PR, EMA$	$U_{ema}, U_{ph}$	25,0
Выходной ток высокого уровня, мА	$I_{oh}$	(–0,8)
Выходной ток низкого уровня, мА	$I_{ol}$	3,0
Емкость нагрузки, пФ	$cL$	500

### Параметры микросхемы КР580ВВ55А

Выходное напряжение логического нуля	$U_{ol}, В$	< 0,4
Выходное напряжение логической единицы	$U_{oh}, В$	> 2,4
Ток потребления от источника питания	$I_{cc}, мА$	< 60
Ток утечки каналов $A, B, C, D$ при невыбранном режиме	$I_{ioz}, мкА$	100–100
Ток утечки на управляющих входах	$I_{il}, мкА$	– 10–10

Разработанный микроконтроллерный фазометр выполнен на основе отечественного микроконтроллера, что обеспечивает ему преимущества по сравнению с аналогами. В числе этих преимуществ, высокая точность преобразования разности фаз, малые габаритные размеры, низкая цена и пр.

Работа представляет интерес как для научных работников, так и для студентов и аспирантов, проектирующих электронную аппаратуру для научных исследований и пр.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бонни Бэйкер. Что нужно знать цифровому инженеру об аналоговой электронике. Перевод с англ. Ю. С. Магды. М.: Додэка. XXI, 2010. 360 с.; ил.
2. Бойт К. Цифровая электроника. М.: Техносфера, 2007. 472 с.