

ми силами», так как их величина определяется по закону Ампера. Самое важное для нас в этом законе заключается в том, что в числителе стоит произведение токов в проводниках, т. е. квадрат тока промышленной частоты. Из тригонометрии следует, что квадрат синусоидального сигнала есть другой гармонический сигнал, но имеющий удвоенную частоту. Таким образом, получаем, что сила электродинамического воздействия между двумя проводниками с синусоидальными токами промышленной частоты имеет удвоенную частоту относительно частоты питающей сети.

Таким образом, вибрации электрической машины, не вызванные механическими проблемами, имеют удвоенную частоту относительно частоты питающей сети, т. е. равную 100 Гц. Это определение относится как к электромагнитным причинам повышенной вибрации, появляющейся в сердечниках электрических машин за счет сил магнитострикции, так и к электродинамическим силам взаимодействия проводников друг с другом, возникающим при протекании токов по обмоткам электрической машины.

Литература

1. Баркова, Н. А. Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования / Н. А. Баркова. – СПб. : Изд. центр СПбМТУ, 2006. – 160 с.

УДК 621.38

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДАВЛЕНИЯ С USB-ИНТЕРФЕЙСОМ

Э. М. Виноградов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Интерфейс USB (универсальная последовательная шина) предназначен для подключения различных периферийных устройств к персональному компьютеру. Шина позволяет обеспечить такие основные требования, как высокая скорость передачи, одновременное подключение большого количества устройств, надежная связь, возможность горячего подключения устройств, низкая цена. Шина USB имеет топологию многоярусной звезды, где в центре находится главный компьютер (хост), в средних узлах – хабы, а в конечных точках – индивидуальные устройства. Хост всегда является ведущим на шине и обмен данными осуществляется под его непосредственным управлением.

Передачи по шине (в версии USB 2.0) могут осуществляться в одном из трех режимов: низкая скорость – до 1,5 Мбит/с; полная скорость – до 12 Мбит/с; высокая скорость – до 480 Мбит/с. Для подключения устройств в USB используется 4-жильный кабель: питание $V_{BUS} = +5$ В; общий GND; сигнальные провода D+ и D–. Устройство, подключенное к USB, может получать от шины ток до 500 мА.

USB поддерживает подключение и отключение устройств в процессе своей работы. Обнаружив вновь подключенное устройство, хост выполняет процесс конфигурирования устройства, чтобы оно стало готовым для работы на шине. При этом устройство передает хосту свои параметры, позволяющие идентифицировать устройство, определить его функции, требования к электропитанию и т. д.

В связи с тем, что в интерфейсе USB реализован сложный протокол обмена информацией, в устройстве сопряжения с интерфейсом необходим микропроцес-

сорный блок, обеспечивающий поддержку протокола. Поэтому основным вариантом при разработке устройства сопряжения является применение микроконтроллера, который будет обеспечивать поддержку протоколов обмена. В настоящее время все основные производители микроконтроллеров выпускают продукцию, имеющую в своем составе блок USB.

Некоторые из микроконтроллеров компании Microchip семейства PIC18 непосредственно поддерживают интерфейс USB. Например, микроконтроллер PIC18F4550 имеет встроенный интерфейс USB с возможностью работы на низкой и на полной скоростях, что позволяет выполнить соединение между главным компьютером и микроконтроллером [1].

Важнейшая задача при проектировании микроконтроллерной системы – выбор средства разработки. В настоящее время самым мощным средством разработки программного обеспечения для микроконтроллеров являются интегрированные среды разработки IDE (Integrated Development Environment), имеющие в своем составе текстовый редактор, компилятор языков высокого уровня, отладчик-симулятор, а также библиотеки готовых функций. Один из таких программных инструментов – среда разработки mikroC компании «MikroElektronika». Данная среда разработки позволяет быстро создавать эффективные программы на распространенном языке высокого уровня Си. Среда имеет удобный интерфейс пользователя со встроенным редактором текста и мощным отладчиком программ. Встроенный мастер проектов позволяет в считанные минуты создать заготовку рабочей программы для любого микроконтроллера из целого семейства. Библиотека готовых функций обеспечивает пользователя поддержкой для быстрого и безошибочного создания программы. Компания MikroElektronika создала среду разработки mikroC PRO for PIC для PIC-микроконтроллеров компании Microchip [2].

В среде mikroC PRO for PIC имеются функции для работы с HID-устройствами. Каждый проект на базе библиотеки USB HID должен включать в себя исходный файл дескриптора, содержащий идентификатор и название производителя, идентификатор и название продукта, размер посылки и другую важную информацию. Для создания файла дескриптора следует использовать USB HID-терминал, интегрированный в среду разработки mikroC и вызываемый командой Tools→HID Terminal. Название файла дескриптора по умолчанию USBdsc.c. Файл USBdsc.c может быть включен в проект программы для микроконтроллера с помощью директивы #include.

Среда разработки mikroC поддерживает следующие библиотечные функции, когда используется PIC-микроконтроллер со встроенным USB-интерфейсом (например, PIC18F4550):

- *HID_Enable*. Разрешает обмен по USB и требует два аргумента: адрес буфера для чтения и адрес буфера для записи. Она должна быть вызвана первой перед другими функциями библиотеки USB, и эта функция не возвращает никаких данных.

- *HID_Read*. Получает данные с шины USB и сохраняет их в приемном буфере. Она не имеет аргументов, но возвращает количество принятых символов.

- *HID_Write*. Посылает данные из буфера записи на шину USB. Имя буфера (такое же, как при инициализации) и количество данных для передачи должно быть определено в качестве аргументов функции. Функция не возвращает никаких данных.

- *HID_Disable*. Дезактивирует трансивер данных USB. Она не имеет аргументов и не возвращает никаких данных.

В докладе рассматривается микроконтроллерный измеритель атмосферного давления с USB-интерфейсом. Он выполнен всего на двух микросхемах: микроконтроллере

PIC18F4550 и интегральном датчике давления MPX4115A. Питание прибора осуществляется от разъема шины USB. Измеренное давление каждую секунду посылается через интерфейс USB и отображается на дисплее персонального компьютера. Датчик генерирует аналоговое напряжение, пропорциональное атмосферному давлению. Выходное напряжение датчика определяется:

$$U = 5,0(0,009P - 0,095), \quad (1)$$

где U – выходное напряжение, В; P – атмосферное давление, кПа.

Атмосферное давление обычно показывается в минибарах (мбар). Поэтому формулу (1) удобно преобразовать к виду

$$P(mb) = (2,0U + 0,95)/0,009. \quad (2)$$

В программе для микроконтроллера используется прерывание от таймера TMR0 для генерирования прерывания через каждые 3,3 мс, что необходимо для сообщения хосту об активности присоединенного к шине устройства. В бесконечном цикле напряжение от датчика давления преобразуется с помощью встроенного АЦП в цифровой код, а затем вычисляется действительное напряжение от датчика. Атмосферное давление рассчитывается по формуле (2) и сохраняется в массиве. После этого вызывается функция HID_Write для пересылки данных о давлении на шину USB. Программа затем ждет 1 с и описанный процесс повторяется вновь.

Литература

1. Брей, Б. Применение микроконтроллеров PIC18. Архитектура, программирование и построение интерфейсов с применением C и ассемблера : пер. с англ. / Б. Брей. – К. : МК-Пресс ; СПб. : КОРОНА-ВЕК, 2008. – 576 с.
2. Шпак, Ю. А. Программирование на языке C для AVR и PIC микроконтроллеров / Ю. А. Шпак. – К. : МК-Пресс ; СПб. : КОРОНА-ВЕК, 2011. – 546 с.

УДК 621.3.07

СТРУКТУРА І ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРАЇТВАРАЛЬНИКА АДНАФАЗНОЙ СЕТКИ Ў ТРОХФАЗНУЮ ДЛЯ АСИНХРОННЫХ РУХАВІКОЎ

Ю. В. Крышнёў, А. Я. Запольскі

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт
імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Неад'емнай часткай любога электрычнага прывада з'яўляецца пераўтваральнік частаты, які выкарыстоўваецца для змены частаты электрычнага току, што дазваляе ажыццяўляць плыўнае рэгуляванне хуткасці асінхронных і сінхронных электрычных рухавікоў.

Частотны пераўтваральнік электроннага тыпу ўключае ў сябе 2 асноўныя элементы: выпрамнік і інвертар.

Частотны асінхронны пераўтваральнік дазваляе пераўтварыць частату напружання пераменнага току 50 або 60 Гц у частату ад 1 да 800 Гц, тым самым дазваляючы ажыццяўляць плыўны пуск асінхроннага рухавіка з магчымасцю рэгулявання частаты і напрамку кручэння вала рухавіка [1].

Пераўтваральнік адпавядае наступным характарыстыкам: уваходнае напружанне – аднафазнае, 220 В, 50 Гц; выходнае напружанне – трохфазнае, 220 В, 75 Гц;