

УДК 004.31:35

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ КОМПЛЕКСА
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯВ. А. МИКИТЕВИЧ¹, А. П. КРЕНЬ², К. Л. ТЯВЛОВСКИЙ¹¹Белорусский национальный технический университет²Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Современный комплекс инструментального индентирования предназначен для исследования процессов упругопластического деформирования материалов [1] и представляет собой сложную конструкцию, сочетающую прецизионную механику и электронику. Блок управления комплексом исследования процессов упругопластического деформирования материалов (БУ) представляет собой устройство сопряжения прецизионных датчиков силы и перемещения, драйвера шагового двигателя (ШД) с персональным компьютером (ПК).

БУ состоит из следующих узлов [2]: ПИП силы и АЦП; ПИП перемещения и блока преобразования сигналов; драйвер ШД; узел управления и связи с ПК.

Узел управления и связи с ПК проектируется на основе двух микроконтроллеров STM32F411 и STM32F412. Выбор микроконтроллеров обусловлен соображениями необходимого быстродействия для реализации полностью цифровой обработки измерительных сигналов и наличия аппаратной поддержки последовательных интерфейсов для передачи и получения цифровой информации от внешних источников, а именно: интерфейса USB для связи с ПК и модулей синхронно-асинхронного приемопередатчика UART/USART для связи с датчиком перемещения и SPI для связи с преобразователем сигналов ПИП силы. Связь с драйвером ШД, датчиками крайних положений, узлом индикации и кнопкой аварийного останова осуществляется посредством параллельных цифровых интерфейсов. Использование двух микроконтроллеров обусловлено разделением задач. Первый микроконтроллер обеспечивает сбор данных с ПИП и управление ШД; второй – накопление результатов измерения и передачу на ПК по шине USB.

В качестве драйвера ШД используется драйвер PLD545-G4, обеспечивающий рабочий ток фазных обмоток двигателя в пределах 2,0...5,0 А при напряжении питания 18...45 В, что соответствует характеристикам используемого в составе установки инструментального индентирования ШД PL57WG76-10. Драйвер обеспечивает деление шага ШД (микрошаг) до 1:512, максимальную частоту вращения вала ШД до 3000 мин⁻¹, частоту сигнала STEP (шаг) до 300 кГц при делении шага 1/32, снабжен ПИ-регулятором в контуре регулирования тока фаз ШД, имеет функцию плавного пуска ШД и обеспечивает гальваническую развязку сигналов управления, что повышает помехозащищенность измерительных узлов БУ.

В качестве ПИП силы используется мостовой тензометрический преобразователь НМ2D4. Выходной сигнал – дифференциальное напряжение постоянного тока, чувствительность по напряжению питания на верхней границе

диапазона измерения – $(2,0 \pm 0,002)$ мВ/В. Таким образом, максимальный уровень выходного дифференциального сигнала составляет 10 мВ при напряжении питания 5 В. Это требует использования малошумящего прецизионного АЦП со встроенным дифференциальным усилителем. Для решения поставленной задачи используется интегральный малошумящий прецизионный сигма-дельта АЦП типа AD7190. Для обеспечения требуемой точности преобразования в качестве опорного напряжения для АЦП используется напряжение питания тензометрического моста. По спецификации AD7190 это напряжение не может превышать 5 В, вследствие чего максимальное значение выходного сигнала тензометрического моста ограничивается величиной 10 мВ на верхней границе диапазона измерения.

В качестве датчика перемещений в составе БУ используется датчик ЛИР-19А совместно с блоком преобразования сигнала ЛИР-919Д с цифровым выходом, соответствующим стандарту RS-485. Входящий в состав датчика ПИП перемещения представляет собой оптический кодирующий переключатель. Подсистемы питания ПИП и съема измерительного сигнала, обеспечения последовательного цифрового интерфейса реализованы как интегральные части датчика. Датчик ЛИР-19А обеспечивает измерение перемещений в диапазоне 0...15 мм с погрешностью $\pm 0,5$ мкм. Блок преобразования сигнала ЛИР-919Д позволяет осуществлять подключение к ПК по шине USB и с помощью соответствующего программного обеспечения выполнять настройку параметров блока преобразования сигнала. Обмен данными осуществляется следующим образом: управляющий микроконтроллер отправляет запрос (\$34\$01 в кодах ASCII) и получает ответ в кодах ASCII в BCD-коде.

Связь с ПК осуществляется по шине USB в режиме Custom HID. Такой режим позволяет осуществлять связь с микроконтроллером через стандартный драйвер операционной системы. Параметры связи установлены в дескрипторе репорта микроконтроллера. Один из параметров – объем пакета, который составляет 64 байта. Так как один байт является служебным и определяет направление передачи данных, то объем передаваемых данных в одном пакете составляет 63 байта. Скорость обмена данными составляет 40 пакетов/с или 2,4 кбайт/с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Контроль неразрушающий. Определение физико-механических характеристик конструкционных материалов методами индентирования: СТБ 2495–2017. – Минск: Госстандарт, 2017. – 39 с.
2. **Сороко, Ю. Д.** Электронный блок обработки измерительных сигналов и управления комплексом для исследования процессов упругопластического деформирования материалов / Ю. Д. Сороко, А. К. Тявловский, А. И. Свистун // Новые направления развития приборостроения: материалы 17 Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и студентов, Минск, 17–19 апр. 2024 г. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 60.