

схема также позволяет увеличить эффективную апертуру фотоприемника $\alpha \vartheta = \alpha \frac{R^2}{\lambda}$ и повысить мощность регистрируемого сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан и экспериментально реализован устойчивый к дестабилизирующим факторам измеритель коэффициентов рассеяния атмосферы. Предлагаемая оптическая схема измерителя позволяет легко устанавливать значение калибровочной константы, измерять регистрируемые сигналы в большом динамическом диапазоне.

Литература

1. *Кугейко, М. М.* Нефелометр-прозрачномер / М. М. Кугейко, С. А. Лысенко, С. В. Кваченок / Патент Республики Беларусь № 4004 G 01N 21/00 от 06.03.2007.
2. *Кугейко, М. М.* Теория и методы оптико-физической диагностики неоднородных рассеивающих сред / М. М. Кугейко, Д. М. Оношко. Мн. : БГУ, 2003. 185 с.
3. *Воропай, Е. С.* Техника фотометрии высокого амплитудного разрешения / Е. С. Воропай, П. А. Торпачев. Мн. : Университетское, 1988. 208 с.
4. *Кортаев, В. В.* Энергетический расчет ОЭП / Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. СПб. : СПб. ГУ ИТМО, 2006. 44 с.
5. *Гуревич, М. М.* Введение в фотометрию. Л. : 1968. 244 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ГИДРОПРИВОДА ГЕНЕРАТОРА С ИНДИКАТОРОМ И ИНТЕРФЕЙСОМ ARINC-429

С. В. Лазурин, Д. А. Ромашко, И. П. Стецко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

При контроле качества изготовления авиационных генераторов и блоков регулировки, защиты и управления (БРЗУ) генераторов, в ходе проведения приемочных и контрольных испытаний используются специализированные наземные испытательные стенды, с помощью которых проводятся исследования поведения генераторов и БРЗУ в различных рабочих режимах [1]. Структурная схема такого стенда приведена на рис. 1.

В верхней части рисунка изображена структурная схема системы генерации электрической энергии в летательном аппарате (самолёте). Двигатель самолёта (ДВИГ) через привод (ПРИВ) приводит во вращение электрический генератор (ГЕН). В составе самолета блок управления

двигателем (БУД) и блок управления генератором (БУГ) осуществляют управление, соответственно, двигателем ДВИГ и генератором ГЕН.

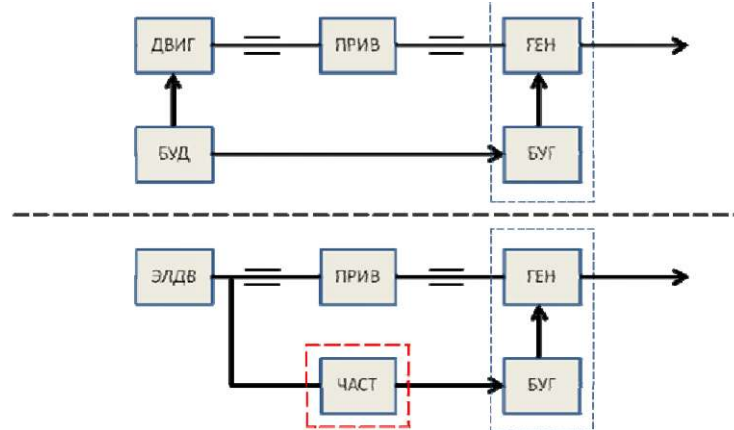


Рис. 1. Наземный стенд для испытаний генераторов самолетов

Для испытаний на наземном испытательном стенде генератора ГЕН и блока управления генератором БУГ двигатель самолета ДВИГ заменяется электродвигателем (ЭЛДВ). А для замены блока управления двигателем БУД требуется специальный измеритель частоты вращения вала электродвигателя (ЧАСТ), способный выдавать результаты измерений в линию на БУГ по интерфейсу ARINC-429. Вал электродвигателя при этом жестко связан с входным валом гидропривода генератора.

Структурная схема измерителя частоты вращения вала гидропривода генератора самолета (далее Измерителя) приведена на рис. 2.

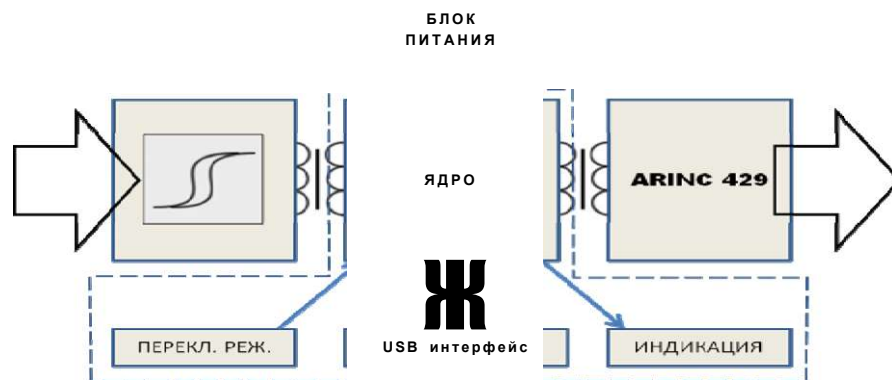


Рис. 2. Структурная схема измерителя частоты вращения вала гидропривода генератора самолета

В структуре Измерителя можно выделить три основных части: блок приёма сигнала; вычислительное ядро; блок интерфейса ARINC 429. Все три перечисленные части являются гальванически изолированными друг от друга. Гальваническая развязка необходима для исключения

возможности протекания «земляных» токов через измеритель частоты между входными и выходными цепями.

На рис. 3 изображена структурная схема вычислительного ядра Измерителя. Оно состоит из двух микроконтроллеров ATmega162, связанных между собой по интерфейсу UART. Первый микроконтроллер производит вычисление частоты входного сигнала, осуществляет индикацию вычисленного значения, преобразование полученного значения частоты в процентное соотношение и передачу последнего во второй микроконтроллер, а также, дополнительно, связь с компьютером посредством интерфейса USB. Второй микроконтроллер каждые 120 мс по прерыванию таймера формирует необходимую последовательность данных согласно протоколу ARINC-429 и передаёт их в блок «ARINC-429».

На входе входного формирователя стоит параметрический стабилизатор на стабилитроне, который ограничивает входной сигнал в пределах от 0 до 5 В. Таким образом, любой входной сигнал в диапазоне ± 50 В будет ограничен до пределов уровней ТТЛ-логики. После того, как сигнал был ограничен и отфильтрован, он поступает на триггер Шмита, используемый для предотвращения случайных срабатываний запуска микроконтроллера на прерывания. На выходе триггера получается сглаженный сигнал прямоугольной формы, который затем достаточно легко и корректно детектируется микроконтроллером.

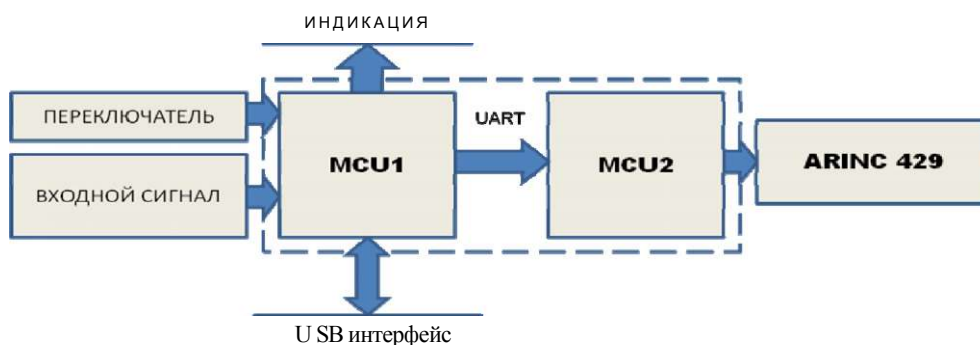


Рис 3. Структурная схема вычислительного ядра Измерителя

ARINC-429 - стандартный цифровой интерфейс, являющийся доминирующей авиационной шиной для большинства самолётов [2]. ARINC-429 является двухпроводной шиной данных. Размер слова составляет 32 бита, большинство сообщений состоит из единственного слова данных. Используется однонаправленный стандарт шины данных (линии передачи и приёма физически разделены). Сообщения передаются на одной из двух скоростей: 12,5 или 100 Кбит/с. Передатчик всегда активен, он либо передаёт 32-битовые слова данных или выдаёт

«пустой» уровень. Ключевым элементом в блоке передатчика ARINC-429 является микросхема HI8586PST. Она служит для преобразования цифровых импульсов на входе в дифференциальный сигнал интерфейса ARINC-429 с необходимыми временами нарастания и спада на выходе.

Разработка программного обеспечения Измерителя проводилась на языке высокого уровня «С++» с применением языка «ассемблер» в критически важных участках.

Программа микроконтроллера MCU\ выполняет следующие функции:

- измерение частоты;
- отображение текущих данных о частоте на индикаторе;
- обработка нажатия кнопки на панели прибора;
- отображение с помощью светодиодов текущего режима индикации;
- вычисление процентного соотношения частоты сигнала и передача его во второй микроконтроллер по UART интерфейсу;
- обеспечение сопряжения прибора с компьютером.

Программа микроконтроллера MCU2 выполняет следующие функции:

- приём данных от первого контроллера;
- формирование пакета и посылка данных в блок формирования уровней (передатчик) ARINC-429.

Микроконтроллер MCU2 выполняет минимум операций, что позволяет избежать случайных конфликтных ситуаций во время передачи и, следовательно, искажения информации.

Существует два подхода в цифровых измерениях частоты сигнала [3]:

- подсчёт количества импульсов тактового сигнала счётчика за один период внешнего импульса (он удобен для низких частот измеряемых сигналов);
- подсчёт количества импульсов внешнего сигнала за определённый промежуток времени (он применим для более высоких частот измеряемых сигналов).

С учетом значений диапазона частот и ограничений времени измерений реализован алгоритм, суть которого заключается в независимом подсчёте количества периодов входного сигнала и количества тактов счётчика. Фиксируя значение счётчика во время первого фронта внешнего сигнала и во время последнего, можно определить время, в течение которого приходили импульсы, и количество периодов сигнала (рис. 4).

Среднее значение частоты может быть определено по формуле (1):

$$f = \frac{t_{сч} - t_{к}}{N_{к} - N_{0} + (N_{max} + 1) \cdot m}, \quad (1)$$

где f_{cik} - частота тактирования счётчика таймера; K - количество периодов; N_0 - значение счётчика при первом срабатывании; N_K - значение счётчика при последнем срабатывании; N_{max} - максимальное значение счётчика; m - количество переполнений таймера.

65535



Рис.4. Диаграмма измерения частоты

Частота тактирования счётчика выбрана в 8 раз меньше частоты ядра контроллера для смещения диапазона измеряемых частот в низшую сторону. В этом случае разрешение по частоте составляет 12,5 мкГц.

Так как процесс измерения повторно инициализируется каждые 100 мс, значение частоты измеряемого сигнала ограничивается снизу величиной 10 Гц. Верхняя граница диапазона измеряемых частот ограничивается быстродействием контроллера и превышает 3400 Гц.

Алгоритм формирования цифровых последовательностей ARINC 429 реализован на языке «Ассемблер» и формирует необходимые временные задержки согласно стандарту ARINC 429 [2]. С периодичностью 120 мс формируется пакет данных для передачи, содержащий адрес, данные и матрицу состояний. Готовый пакет побитно передается следующим образом: если бит - единица, то устанавливается вывод А в высокий уровень, а вывод В - в низкий; осуществляется задержка длительностью в половину периода, и оба вывода сбрасываются. До начала передачи следующего бита снова осуществляется такая же задержка. Если бит имеет нулевое значение, то вывод А устанавливаем в низкий уровень, а вывод В - в высокий. Все данные, кроме адреса передаются младшим битом вперёд. В конце передачи подсчитываются биты, установленные в единицу, и в линию передается бит чётности.

Благодаря использованию «ассемблера» стало возможным отслеживание количества тактов микроконтроллера при условных переходах, и соответствующая компенсация временных задержек.

Сопряжение с компьютером осуществляется через USB-интерфейс при помощи программы эмулятора терминала. Это позволяет производить настройку нормировочного коэффициента, который

используется для вычисления процентного отношения, передаваемого БРЗУ через интерфейс ARINC. Интерфейс позволяет просматривать сведения о частоте в герцах, оборотах в минуту, процентах и сведения о нормировочном коэффициенте. Нормировочный коэффициент хранится в энергонезависимой памяти микроконтроллера и восстанавливается при следующем включении прибора.

Основные характеристики Измерителя:

- входной диапазон напряжений - от минус 50 В до 50 В;
- диапазон измеряемых частот - от 0 Гц до 3400 Гц;
- разрешающая способность прибора по частоте - 2,5 мкГц.

Литература

1. Барвинский, А. П. Электрооборудование самолетов : учеб. для сред. спец. учеб. заведений. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1990. 320 с.
2. Вознесенский, А. С. Средства передачи и обработки измерительной информации : учеб. пособие. М. : Изд. МГГУ, 1999. 267 с.
3. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. М. : Радио и связь, 1985. 256 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ - ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ

А. В. Никитин, А. И. Слободянюк, Г. А. Гачко

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно,
Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Программирование, как самостоятельная дисциплина, изучается на многих специальностях. Для физико-технических специальностей она становится базой, на основе которой можно разрабатывать как образовательный, так и научный инструментарий. Наибольшего эффекта при изучении основ программирования и математического моделирования можно добиться, опираясь на предметный материал (в частности - физику) [1]. Диапазон применения компьютера достаточно широкий: от мощного калькулятора до создания компьютерных моделей реальных процессов. Интуитивно этапы разработки компьютерной модели просты: изучение реальной ситуации или явления - построение математической модели на языке уравнений - разработка алгоритма решения этих уравнений - создание работающей программы - получение результатов. Такая схема, естественно, является упрощенной. Можно сказать, что это модель процесса моделирования. На самом деле, в ходе решения конкретных задач, приходится возвращаться к уже пройденным этапам, например, возможности имеющейся ЭВМ не позволяют