БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ АВТОКОЛЛИМАТОР ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.И. Либер, И.Л. Ловчий, В.А. Сергеев, Б.Г. Страдов
АО «Научно-исследовательский институт оптико-электронного приборостроения»
г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.

Описана концепция построения линейки быстродействующих автоколлиматоров для динамических угловых измерений килогерцового диапазона. Использование совокупности скоростных фотоприемников, устройств обслуживания, расчетного модуля, модулей интерфейсов, оптического блока позволяет успешно решать задачу синтеза высокоточных быстродействующих приборов с заданными характеристиками.

Для систем автоматического управления требуются прецизионные датчики угловых перемещений, передающие в режиме реального времени информацию об угловом положении исполнительного механизма в блок обработки информации. В качестве такого датчика может быть использован высокоскоростной автоколлиматор. При необходимости визуального наблюдения автоколлиматор может работать в режиме усреднения.

На рисунке 1 представлена обобщенная функциональная схема быстродействующего автоколлиматора.

Рис. 1

Конструктивно блок обработки информации (БОИ) и фотоприемник размещаются на единой печатной плате размером 30×40 мм, которая фиксируется относительно призменного блока автоколлиматора посредством оптического клеевого контакта с защитным стеклом ПЗС линейки. Такой конструктив является универсальным и, в зависимости от назначения и требуемых точностных параметров, позволяет использовать его в линейке измерительных автоколлиматоров, отличающихся фокусными расстояниями и входными зрачками объективов.

Электронная часть автоколлиматора работает следующим образом. В момент инициализации вычислитель (ВЧС) задает параметры генератора - частоту, скважность, и запускает генератор. Генератор является задающим элементом для формирователя циклограммы (ФЦ). На базе частоты задающего генератора ФЦ формирует управляющие сигналы для фотоприемника, импульсы синхронизации для ВЧС и АЦП. Усилитель преобразует логические сигналы ФЦ до необходимого уровня и выдает их на фотоприемник. В качестве фотоприемника используются линейные ПЗС приемники зарубежных и отечественных производителей. Выходные сигналы фотоприемника подаются на вход АЦП, который преобразует их и передает в цифровом виде на ВЧС. Между фотоприемником и АЦП может находиться преобразователь (на рисунке не показан) для сопряжения уровней сигналов.

Описанная функциональная схема может быть реализована с помощью элементной базы дискретной логики или интегральных решений отечественного или иностранного производства. Нами реализованы несколько вариантов этой схемы: на полностью отечественной элементной базе, на импортной и смешанный вариант.

Типовая схема электронной реализации содержит:

- микроконтроллер, работающий в качестве вычислителя, генератора, АЦП и схемы управления осветителем;
- ПЛИС или БМК, работающий в качестве формирователя циклограммы;
- усилитель, собранный на дискретных транзисторах и диодах;
- один или два линейных ПЗС приемника;
- осветитель (светодиод);
- микросхему внешнего интерфейса;
- блок питания.

Центральное процессорное устройство (ЦПУ) микроконтроллера обрабатывает информацию, полученную от АЦП в предыдущем фрейме, и одновременно с этим АЦП в режиме прямого доступа к памяти (ПДП) записывает в память информацию текущего фрейма. ВЧС рассчитывает положение отраженного сигнала (по энергетическому центру тяжести) и, по рассогласованию относительно нулевого положения, рассчитывает угловое положение отражателя. После определения углового положения отражателя – контрольного элемента системы позиционирования, ЦПУ запускает передатчик интерфейса в режиме ПДП для передачи рассчитанной информации на персональный компьютер или внешнее устройство и подстраивает, при необходимости, уровень интенсивности осветителя посредством цифро-аналогового преобразователя, осуществляя таким образом автоматическое регулирование уровня принятого сигнала. Затем цикл повторяется.

Персональный компьютер является вспомогательным элементом функциональной схемы автоколлиматора и служит лишь для визуализации, обработки и архивирования результатов измерений. Вместо компьютера для отображения результатов может быть использован компактный жидкокристаллический дисплей. Также имеется возможность дистанционной передачи результатов измерений на внешнее устройство посредством различных протоколов.

Описанная автоколлимационная система была использована в устройстве стабилизации визирной оси лидара при рабочей частоте 2 кГц. Из-за особенностей фотоприемника одновременно работали два АЦП. Фокусное расстояние объектива равнялось 1600 мм. На рисунке 2 представлены результаты регистрации углового положения контрольного элемента, находящегося в исходном (нулевом) состоянии, – массив измерений из 1200 отсчетов. Величина СКО измерений составила 0,019 угловых секунды при максимальных выбросах ± 0,06 угловых секунды (верхний график). В режиме усреднения по 40 измерениям с частотой выдачи информации 50 Гц величина СКО составила 0,009 угл. сек. - второй график. В режиме плавающего усреднения по 40 измерениям с частотой выдачи информации 2 кГц величина СКО измерений составила 0,009 угловых секунд – третий график. При 40-кратном прореживании исходного массива – симуляция работы фотоприемника с частотой выдачи информации 50 Гц - величина СКО измерений составила 0,019 угл. сек. - нижний график.

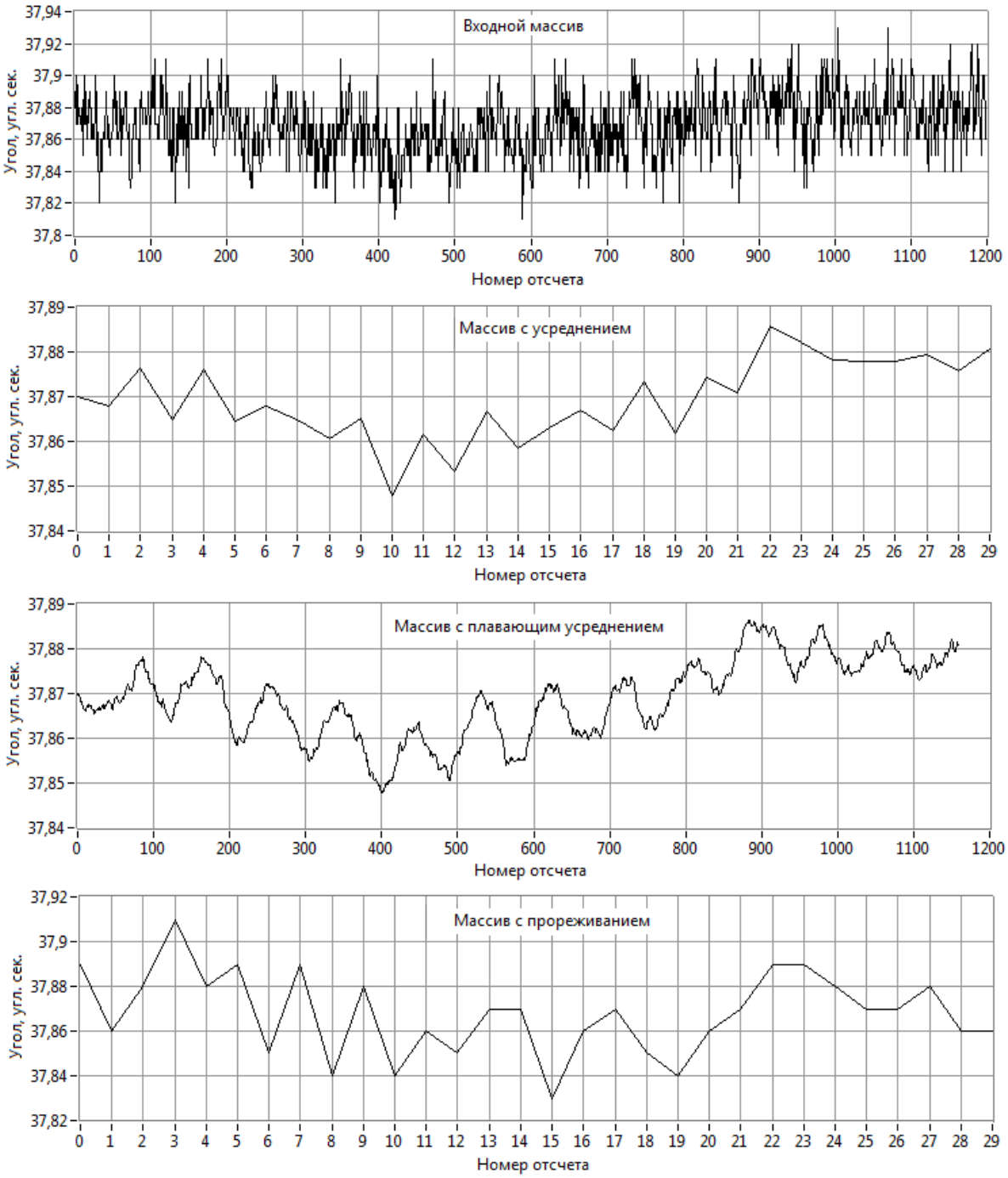

Рис. 2.

Режим высокочастотной регистрации позволяет не только снизить уровень шумовой составляющей в режиме усреднения – а значит и повысить точность угловых измерений, но и получить дополнительную информацию при спектральном анализе массива данных. Так, во входном массиве присутствует ярко выраженная 22-герцовая составляющая, свидетельствующая о систематических паразитных колебаниях контрольного отражающего элемента в оптической схеме лидара в исходном положении. Такие колебания наглядно проявляются на графике с плавающим усреднением.

Для автоколлиматора с фокусным расстоянием объектива 140 мм величина СКО результатов измерений углового положения контрольного отражающего элемента в неподвижном состоянии составила 0,5 угл. сек. при частоте съема информации 1800 кГц. В режиме усреднения с частотой выдачи информации 5 Гц предельная ошибка измерения углового положения отражателя в диапазоне □ 10 угловых минут составила 0,3 угл. сек.