

А.А. Макаров, В.В. Смолин

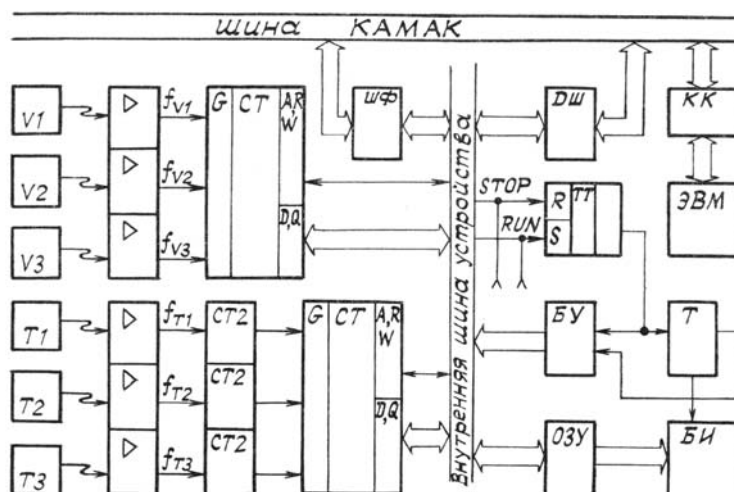
ПРОСТАЯ МЕТЕОСИСТЕМА ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ

Описана метеосистема, предназначенная для измерения средних значений скорости ветра и температуры в трех пространственно-разнесенных точках. Устройство может выполнять измерения как в автономном режиме, так и в автоматическом, под управлением внешней ЭВМ. Конструктивно метеосистема выполнена модулем ЗМ стандарта КАМАК.

Метеосистема предназначена для точных измерений средней температуры и скорости ветра в пространственно-разнесенных точках и позволяет оценить турбулентные и рефракционные свойства атмосферы, необходимые для контроля условий распространения оптического излучения [1–3].

Измерения выполняются в автономном или автоматическом режиме под управлением внешней ЭВМ. Она служит в данном случае внутренним процессором системы, обрабатывающим сигналы с датчиков лишь по окончании усреднения. Это позволяет избавить ЭВМ от рутинных операций накопления данных и повысить точность измерений температур \bar{T}_i и их градиентов $\Delta T_{ik} = \bar{T}_i - \bar{T}_k$, упростить аппаратную реализацию устройства при многоканальной схеме измерений. Упрощение достигается и тем, что физические параметры — температура \bar{T} и скорость ветра \bar{v} — преобразуются первичными датчиками в частоту следования счетных импульсов. В результате метеосистема представляет собой программно-управляемый шестиканальный частотомер с общим блоком управления и таймером, задающим время усреднения, индикации и периодичность циклов измерения (рисунок).

Выносным датчиком скорости ветра \bar{v} служит анемометр М25. Для повышения начальной чувствительности механический узел формирования импульсов анемометра заменён оптико-электронным. Датчик формирует токовый импульсно-модулированный сигнал с несущей частотой $f_1 \approx 300$ кГц и глубиной модуляции $M = 0,5$ импульсами оптического датчика, частота следования которых $f_v \sim V$. Токовый выход через развязывающий фильтр нагружен на присоединительный кабель питания датчика длиной $l = 80$ м.



Структурная схема метеосистемы. V_1 – V_3 , T_1 – T_3 — датчики скорости ветра и температуры; СТ2 — счетчик-делитель; СТ — программируемый таймер; ШФ — шинный формирователь магистрали; ДШ — дешифратор команд КАМАК; БУ — блок управления и синхронизации; БИ — блок индикации; Т — таймер; КК — крейтконтроллер

Выносным датчиком температуры служит автогенератор ($f_T = 5$ МГц) с кварцевым резонатором в цепи контура [4]. Такой термопреобразователь имеет более высокую крутизну преобразования и меньшую нелинейность, нежели широко распространенные медные и платиновые термометры сопротивления [5]. С одной стороны, линейность температурочастотной характеристики датчика типа РЦ 2.821.016 упрощает градуировку термометра и сводит её к калибровке двух реперных точек при автономном режиме работы, а с другой стороны, эта же характеристика с большей точностью и в более широком интервале температур представляется кривой второго порядка [6]. Для хранения её коэф-

фициентов используется внешнее запоминающее устройство из состава ЭВМ. Поэтому в автоматическом режиме с внешней ЭВМ метеосистема имеет большую точность измерений средней температуры и ее градиентов и более сложную градуировочную кривую, нежели в автономном. Для повышения точности каскадный автогенератор потребляет мощность $P_E \approx 150 \mu\text{Вт}$ при напряжении питания $E_K = 3,3 \text{ В}$. В контуре генератора рассеивается мощность $P_V \approx 1,8 \mu\text{Вт}$ с аспирацией термопреобразователя и генератора в целом. При этом расчетный перегрев датчика составляет $\Delta T_n \leq 0,002^\circ\text{К}$ [6]. Выходной сигнал датчика с амплитудой $\approx 20 \text{ мВ}$ на согласованную нагрузку $R_n = 50\Omega$ также по кабелю питания с развязывающими фильтрами на приемном и передающем концах поступает на вход одного из трех резонансных усилителей, повышающих отношение сигнал-шум на входе частотомера.

Выходной сигнал датчиков скорости ветра поступает на вход амплитудного детектора с RC-фильтром нижних частот на выходе. Постоянная фильтра $\tau_V \approx 15 \text{ мс}$, что обеспечивает верхний предел значений скорости ветра $\bar{V}_{\text{max}} = 30 \text{ м/с}$. Входным формирователем из выходных импульсов усилителей и детекторов формируются счетные импульсы TTL-уровня.

При включении питания метеосистемы автоматически устанавливается автономный режим её работы. В этом режиме выходные TTL-импульсы трех датчиков температуры \bar{T}_i и трех датчиков скорости ветра \bar{V}_i подсчитываются в двоично-десятичном коде шестью суммирующими счетчиками на основе управляемого таймера 580ВИ53. Время накопления $t_n = (120 \div 1200) \text{ с}$ задается опорным кварцевым генератором. Результат накопления с выхода счетчиков — число импульсов за время t_n , через внутреннее ОЗУ системы индицируется по каналам с периодом — 2,4 с. Действительные значения скорости и температур рассчитываются по показаниям индикаторов с помощью градуировочных кривых соответствующих датчиков. Содержимое ОЗУ обновляется по окончании нового цикла измерений.

В автоматическом режиме под управлением внешней ЭВМ счетчики частотомера суммируют импульсы в двоичном коде. Истинные значения скорости \bar{V}_i , температуры \bar{T}_i рассчитываются ЭВМ по результату накопления импульсов в регистрах частотомера. В расчетах температурочувствительная характеристика термопреобразователей аппроксимируется кривой второго порядка [6]. Значения коэффициентов кривой определяются при тарировке датчиков и хранятся во внешней памяти ЭВМ. Результаты расчета поступают в ОЗУ метеосистемы для последовательной индикации по каналам без дополнительного обращения к ЭВМ.

Для расчета числа Ричардсона Ri и структурной характеристики показателя преломления C_n^2 метеосистемой измеряется модуль градиентов ΔT_{ik} [2]. В этом случае счетные импульсы датчиков \bar{T}_i поступают на входы логических схем формирования разностных частот $\Delta f_{ik} = f_i - f_k$, на вторые входы которых подается сигнал с опорной частотой $f_1 = 5,0 \text{ МГц}$ с выхода кварцевого генератора [7]. В результате возрастает разрешение системы и расширяется диапазон измеряемых значений градиентов ΔT_{ik} .

Конструктивно метеосистема выполнена модулем 3М стандарта КАМАК и управляется стандартным набором команд КАМАК, включая обработку сигналов запроса, выставляемых модулем по завершению цикла измерений [8].

По результатам испытаний, когда метеопараметры определялись системой и образцовыми датчиками температуры и скорости ветра, диапазон измеряемых значений температуры составил $(-10 \div 50)^\circ\text{С} \pm 0,03^\circ\text{С}$, градиентов температуры — $\pm 2,5^\circ\text{С}$ со среднеквадратическим разрешением в дифференциальной схеме $\pm 0,015^\circ\text{С}$ при $t_n = 300 \text{ с}$, диапазон значений скорости ветра — $(0,6 \div 30) \text{ м/с}$ с паспортной погрешностью анемометра М25. Окончательная проверка метеосистемы проводилась в реальных атмосферных условиях, когда значения структурной характеристики флуктуации показателя преломления C_n^2 рассчитывались из одновременных измерений средних метеопараметров и спектральной плотности флуктуаций температуры воздуха [2]. Результаты расчета суточного хода C_n^2 удовлетворительно согласуются друг с другом.

1. Зуев В. Е. Распространение лазерного излучения в атмосфере. М.: Радио и связь, 1981. 288 с.
2. Татарский В. И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. М.: Наука, 1967. 548 с.
3. Лайхтман Д. Л., Чудновский А. Ф. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гостехиздат, 1949. 254 с.
4. Альтшуллер Г. Б., Елфимов Н. Н., Шакулин В. Г. Экономичные миниатюрные кварцевые генераторы. М.: Связь, 1979. 160 с.
5. Малов В. В. Пьезорезонансные датчики. М.: Энергия, 1978. 86 с.
6. Smith W., Spenser W. // Rev. Sci. Instr. 1963. V. 34. № 8. P. 1132.
7. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергия, 1980. 216 с.
8. Науман Г., Майлинг В., Щербина А. Стандартные интерфейсы для измерительной техники. М.: Мир, 1982. 304 с.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,
Томск

Поступило в редакцию
25 апреля 1989 г.

A. A. Makarov, V. V. Smolin. A Simple Meteorological System for an Instrumental Support of Optical Measurements.

Meteorological system is described in the paper which was designed for measurements of mean values of temperature and wind velocity at three separate points. The system can operate both in autonomous and automatic modes, the latter being controlled with a micro-computer. The hardware design of the system follows the CAMAC standards.