

вых преобразователей, с тем чтобы ввести их в компьютер, который и вычисляет Z .

Программный способ характеризуется высокой точностью при сравнительно низком быстродействии. В этом случае выходные сигналы $U_1 \div U_4$ фотоприемного устройства (рис. 2) подаются на входы аналогового коммутатора АК, который, по команде микропроцессорного комплекта МК подключает их поочередно к входу АЦП. После аналого-цифрового преобразования АЦП сигналы записываются в соответствующие ячейки памяти МК. Их значения затем используются для расчета Z_x и Z_y по приведенным выше алгоритмам.

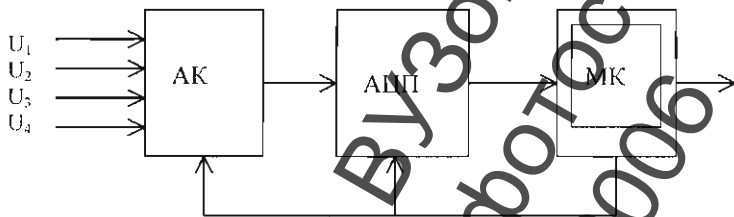


Рис. 5. Структурная схема соединений звеньев при программной реализации логометрического метода

ЛИТЕРАТУРА

1. Ишанин Г.Г. Приемники излучения оптических и оптико-электронных приборов. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. — 175 с.
2. Орнатский И.П. Автоматические измерения и приборы: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. — 560 с.

Поступила 16 января 2006 г.

Рекомендована кафедрой оптико-электронных приборов МИИГАиК.

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ГЕОДЕЗИИ

В настоящее время для выполнения высокоточных угловых измерений (например, для полигонометрии 4-го класса) в отечественной практике используют в основном оптические теодолиты типа ЗТ2КП. При этом повышение точности достигается увеличением количества приемов, что значительно снижает производительность работ. Для повышения производительности требуется автоматизация измерений с помощью электронных тахеометров.

В системе «Наблюдатель — прибор — внешние условия — метод измерений» погрешности прибора ставят определенный барьер точности измерений. Известные для массового применения электронные тахеометры, в которых заложена аналогичная, как у ЗТ2КП, осевая система, но лириатурным источникам имеют погрешность измерения порядка 5" и более. В этих электронных тахеометрах в качестве многозначной меры используются штриховые растры с периодом $T_x \geq 20$ мкм, что в угловой мере при диаметре растрового диска, равном 100 мм, составляет порядка 80". Уменьшение периода растров, изготовленных традиционными методами, связано с технологическими трудностями. Поэтому дальнейшее уменьшение шага квантования осуществляется с помощью интерполяции измерительных сигналов. Наличие в функции пропускания растрового сопряжения высших гармоник ограничивает коэффициент интерполяции [1].

Известно [2, 3, 4], что приборная (инструментальная) погрешность растрового преобразователя определяется погрешностью деления штрихов $\Delta_{\text{дел}}$, погрешностью заданного смещения дорожек $\Delta_{\text{с}}$, погрешностью ширины штрихов $\Delta_{\text{ш}}$, погрешностями, вызванными эксцентриситетами измерительного и индикаторного растров $\Delta_{\text{э}}$ и др.

Для растровых преобразователей погрешность интерполяции [2]:

$$\Delta_{\text{ин}} = \frac{\Delta_p}{T_x} = \frac{3\sqrt{\sigma_{\text{пр}}^2 + \sigma_{\text{кв}}^2}}{T_x} = 3\sqrt{\frac{\sigma_{\text{пр}}^2 + \left(\frac{h_x}{2\sqrt{3}}\right)^2}{T_x}}, \quad (1)$$

где Δ_p — результирующая погрешность, приведенная к номинальному периоду измерительного растра (к измеряемому числу); T_x — период растрового сопряжения; $\sigma_{\text{пр}}$ — среднее квадратическое значение приборной погрешности; $\sigma_{\text{кв}} = \frac{h_x}{2\sqrt{3}}$ — среднее квадратическое значение погрешности квантования; h_x — шаг квантования.

Коэффициент интерполяции можно представить в виде:

$$K_{\text{ин}} = \frac{T_x}{h_x}. \quad (2)$$

Отсюда

$$h_x = \frac{T_x}{K_{\text{ин}}}. \quad (3)$$

Для получения шага квантования (дискретности отсчета) порядка 0,1" необходимо использовать интерполятор с коэффициентом интерполяции, равным $K_{\text{ин}} = 400$, что примерно в 5 раз превышает достижимое значение. В связи с этим необходимо уменьшать линейный период растрового сопряжения.

Рациональным значением шага квантования является величина $h_x \approx \sigma_{\text{пр}}$, при которой результирующая погрешность увеличивается за счет погрешности квантования менее, чем на 5% [2]. Отсюда период растрового сопряжения рационально уменьшать до величины $T \geq \sigma_{\text{пр}} \sqrt{3}$.

С учетом вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Заданный шаг квантования может быть получен только при соответствующей приборной погрешности.

2. Номинальное значение шага квантования определяется отношением периода растрового сопряжения и коэффициента интерполяции.

3. Период растрового сопряжения нецелесообразно уменьшать ниже определенного значения.

Повышение точности измерений путем одновременного уменьшения линейного периода и приборной погрешности возможно применением в тахеометрах угловых преобразователей на голографических дифракционных решетках. При малом периоде решеток (порядка $2''$) функция пропускания растрового сопряжения на голографических решетках по своей интерференционной природе имеет чисто синусоидальный характер (в спектре сигнала присутствует только одна гармоника). Использование для получения интерференционной картины лучей $+1$ -го и -1 -го порядков дифракции позволяет без интерполяции еще в два раза уменьшить шаг квантования [4]. При записи голографической решетки, установленной непосредственно на оси вращения, можно говорить об уменьшении влияния на погрешность измерения механических помех и эксцентриситетов растров.

На голографических решетках могут быть выполнены преобразователи накапливающего типа [2], структурная схема которых показана на рисунке.

Накапливающий преобразователь реагирует не на пространственное положение, а на пространственное перемещение, поэтому при перерыве в работе возникает необходимость установки нуля.

На основе голографических дифракционных решеток в Петербургском институте ядерной физики им. Б.П.Константинова РАН разработан и изготавливается голографический преоб-

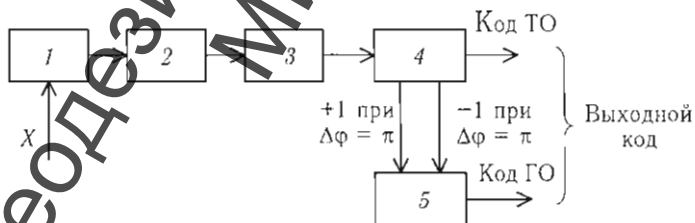


Рис. Структурная схема преобразователя накапливающего типа: 1 — осветительная система; 2 — оптико-механическая часть; 3 — усилительно-преобразующий электрический тракт; 4 — интерполятор; 5 — реверсивный счетчик; ТО — точный отсчет; ГО — грубый отсчет