

ИЗМЕРЕНИЕ МЕТОДОМ СЛЕЖЕНИЯ

Е. И. Мейбаум, Ю. А. Ящук

Киев

Особенностью телевизионных методов измерения размеров предметов или их перемещений является преобразование перепадов освещенностей или яркостей в электрические сигналы. Если предметы имеют большую протяженность, движущуюся с непостоянной скоростью, и сматываются обычно в рулон, обнаруживаются и преобразуются мало-контрастные оптические перепады дефектов на фоне чистой поверхности предмета. В работе Е. И. Мейбаума¹ рассмотрены два основных дискретных телевизионных метода измерения длины предметов большой протяженности: счетный и следящий. В настоящей статье описан разработанный авторами телевизионный метод измерения, основанный на принципе непрерывного слежения, сущностью которого является сопровождение развертывающим элементом передающей телевизионной трубки движущегося предмета в пределах участка измерения.

Пусть проекция движущегося предмета, перемещаясь по фотокатоду диссектора, вызывает появление видеосигналов от оптических неоднородностей поверхности предмета. Метод электронного слежения предусматривает непрерывное слежение за краем наиболее контрастной и достаточно крупной из таких неоднородностей посредством подачи в отклоняющие катушки тока, величина которого автоматически изменяется по мере перемещения по фотокатоду края данной неоднородности. Величина отклоняющего тока в процессе слежения в каждый данный момент времени однозначно характеризует положение проекции края данной неоднородности на фотокатод трубки.

Все основные элементы, входящие в блок-схему слежения, показаны на рис. 1. Сигнал рассогласования поступает с диссектора на видеоусилитель и с видеоусилителя на схему установки уровня формирования сигнала рассогласования. Эта схема обеспечивает слежение только тогда, когда сигнал от края неоднородности превышает заданный уровень, чем устраняется влияние помех от соответственных шумов диссектора и других помех. Далее сигнал рассогласования попадает на схему совпадения, на которую поступает также импульс τ , разрешающий ведение слежения. Источник центрирующего тока создает ток в отклоняющих катушках, величина которого соответствует сигналу рассогласования.

Предварительный амплитудный анализ видеосигнала обеспечивает ведение слежения всегда с одной и той же точки фотокатода. Схема формирования импульсов с интервалом времени Δt обеспечивает подачу сигналов о начале и конце слежения по заданным двум значениям тока в отклоняющих катушках, благодаря чему фиксируется интервал времени Δt , в течение которого движущийся предмет проходит заданный

¹ Е. И. Мейбаум. Два метода измерений предметов большой протяженности. Сб. «Устройство сбора и обработки информации», 1966.

участок пути. Полученная информация поступает на вычислительное устройство, которое в конечном итоге определяет длину всего предмета.

Таким образом, в телевизионной части устройства вырабатываются сигналы, сдвиг Δt между которыми равен времени слежения за неоднородностью на заданном участке слежения. В задачу вычислительной части устройства входит получение этой информации и преобразование ее таким образом, чтобы на выходе получался сигнал, информирующий о длине предмета. Преобразователи можно осуществить двумя способами,

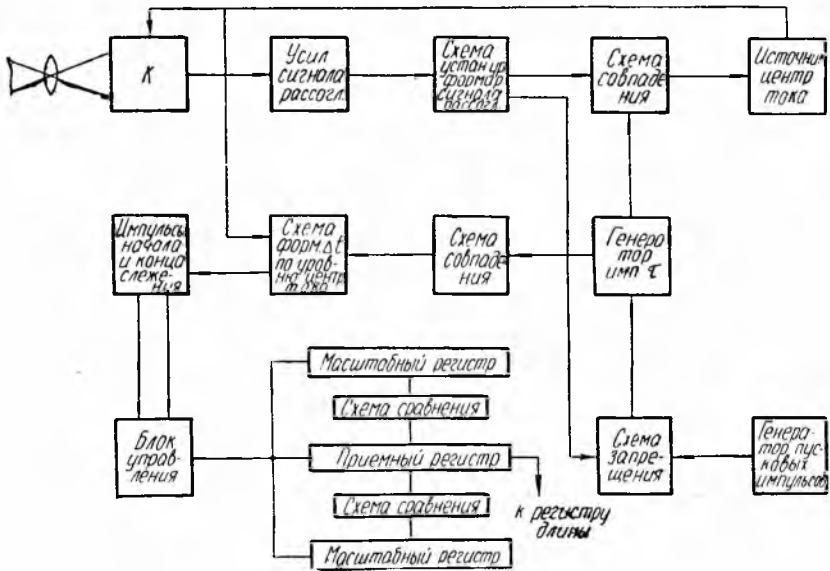


Рис. 1. Блок-схема измерения предмета большой протяженности методом слежения.

В одном случае для определения длины предмета сначала находят скорость его движения V_n , которая в дальнейшем интегрируется во времени. Интервал Δt обратно пропорционален скорости движения предмета. Если в заданном промежутке времени ΔT будет происходить одно измерение скорости V_n , то, умножая скорость V_n на ΔT , получим длину соответствующего отрезка предмета. Предполагается, что в течение промежутка времени ΔT скорость движения предмета имеет допустимые отклонения от постоянной величины V_n . Полная длина предмета получается суммированием элементарных отрезков, равных $V_n \Delta T$. Использование этого принципа влечет за собой создание сложного арифметического устройства и нескольких регистров для запоминания как исходных, так и промежуточных результатов вычислений.

В другом случае используется принцип построения вычислительной части устройства, основанный на суммировании элементарных отрезков Δl , определяемых непосредственно без промежуточных вычислений, так как при слежении за неоднородностью последняя каждый раз проходит один и тот же путь Δl . Если предположить, что за время от одного сеанса слежения за неоднородностью до другого скорость движения предмета не изменяется, то, зная длительность Δt сеанса слежения, можно произвести счет целого числа элементарных отрезков Δl .

Вычислительная часть устройства, кроме блока управления, содержит две схемы сравнения и три регистра: один приемный и два масштабных.

Информация с телевизионной части устройства (в виде серии импульсов, длительность которой равна Δt) через блок управления поступает поочередно на первый или второй масштабные регистры. В перерывах между сеансами слежения за неоднородностью приемный (средний) регистр заполняется импульсами до момента совпадения состояний приемного и масштабного регистров. Этот момент отмечается специальным мерным импульсом, проходящим с соответствующей схемы сравнения на регистр длины. Мерный импульс свидетельствует о том, что отсчитан очередной элементарный отрезок Δl . Приемный регистр устанавливается

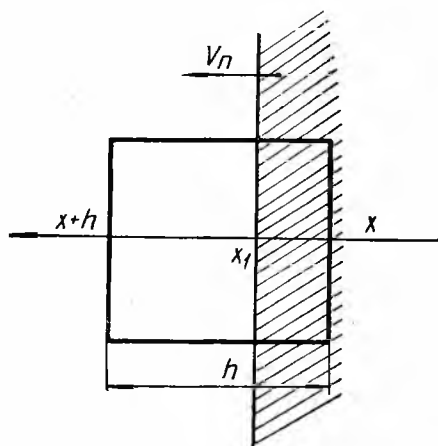


Рис. 2. Механизм слежения.

в 0, тем самым подготавливаясь к следующему заполнению информацией. Если во время заполнения приемного регистра начинается следующий сеанс слежения за неоднородностью, информация с телевизионной части поступает на свободный масштабный регистр. Заполнение приемного регистра вновь поступившей информацией происходит только после окончания сеанса слежения за неоднородностью и отсчета очередного элементарного отрезка Δl .

В заключение произведем анализ механизма слежения разверточного элемента (тока развертки) за движущимся предметом. На рис. 2 изображена проекция развертывающего элемента в форме квадрата со стороной h на фоне предмета, движущегося с постоянной скоростью V_n на участке слежения длиной l . Координаты края предмета (или границы дефекта поверхности предмета) соответственно обозначены через x_1 и x .

Напряжение, управляющее слежением (током развертки), можно представить выражением

$$U = K_1(x_1 - x), \quad (1)$$

где K_1 — коэффициент пропорциональности.

Результатом воздействия напряжения U является изменение тока развертки i в отклоняющей системе с параметрами R и L , т. е

$$Ri + L \frac{di}{dt} = K_y U, \quad (2)$$

где K_y — коэффициент усиления управляющего напряжения.

Так как координаты предмета

$$x_1 = V_n t \quad (3)$$

и разверточного элемента

$$x = K_0 l, \quad (4)$$

то на основании выражений (1) и (2) можно написать следующее дифференциальное уравнение электронного слежения

$$L \frac{1}{K_0} \frac{dx}{dt} + \left(R \frac{1}{K_0} + K_y K_1 \right) x = K_y K_1 V_n t \quad (5)$$

или

$$d \frac{dx}{dt} + bx = ct, \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned}d &= L \frac{1}{K_0}, \\b &= R \frac{1}{K_0} + K_y K_1, \\c &= K_y K_1 V_n, \\K_0 &= \frac{l}{T} \\K_1 &= \frac{U_{\max}}{h} = \frac{I}{K_y h} \left(R + \frac{L V_n}{l} \right),\end{aligned}\tag{7}$$

I — полный размах отклоняющего тока.

Решение уравнения (5) имеет вид

$$x = \beta t - \alpha \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right),\tag{8}$$

где

$$\begin{aligned}\alpha &= -\frac{dc}{b^2}; \\ \beta &= \frac{c}{b}\end{aligned}$$

и постоянная времени слежения

$$\tau = \frac{d}{b}.\tag{9}$$

Для возникновения и развития процесса слежения необходимо, чтобы в каждый момент времени приращение $\frac{d(x_1 - x)}{dt}$ разности хода координат $(x_1 - x)$ было больше нуля. Другими словами $K_0 \frac{di}{dt} < V_n$. Чтобы на длине l это слежение производилось оптимальным образом, необходимо выполнять следующие основные требования:

$$\frac{1}{V_n} \left(\frac{dx}{dt} - V_n \right) \leq \delta;\tag{10}$$

$$|x_1 - x|_{t=t'} = h = (V_n - \beta) t' + \alpha \left(1 - e^{-\frac{t'}{\tau}} \right),\tag{11}$$

где δ — заданная точность слежения;

t' — время прохождения предметом отрезка пути длиной l .

Выполнение второго требования обеспечивает полное использование площади разверточного элемента в процессе слежения. Выполнение обоих требований позволяет не только измерять длину предмета указанным выше способом, но и контролировать скорость его движения путем вычисления первой производной отклоняющего тока по времени, так как

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{K_0} \frac{dx}{dt},\tag{12}$$

а условие (10) выполняется при $h \leq \delta l$, поскольку постоянная времени слежения

$$\tau \ll t' = \frac{l}{V_n}.$$