

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОЧИХ ТОЧЕК НА ЭПЮРАХ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ «УГОЛ—КОД»

В. А. Михайлов, В. Е. Тырса

Харьков

За последние годы в различных областях техники стали широко применяться цифровые измерения, в их числе цифровые измерения, преобразующие измеряемую величину (электрические и неэлектрические величины) во временной интервал, который затем трансформируется в соответствующий код путем заполнения импульсами стабильной частоты с последующим их подсчетом. Речь пойдет, таким образом, о преобразовании аналоговых величин в дискретные. Без указания на конкретные типы преобразователей можно отметить, что они состоят из датчиков стартового и стопового сигналов и счетно — импульсного хронометра.

В качестве датчиков сигналов могут использоваться контактные датчики, индукционные, фотоэлектрические, емкостные и т. д.

Рассмотрим различного рода датчики стартового и стопового импульсов для измерения механических скоростей. Из принципа преобразования вытекает, что единственным критерием правильности выбора датчика и рабочей точки на эпюре его сигнала является стабильность временной координаты этой точки от наблюдения к наблюдению при постоянной скорости, так как именно стабильность временной координаты определяет точность преобразования.

Во всех случаях, когда это допускают условия измерения, выгодно применять контактные датчики. Однако во многих случаях датчик должен обладать свойством детектирования, т. е. не должен влиять на закон движения носителя скорости. При таких требованиях контактные датчики оказываются неприемлемыми. И тогда наиболее подходящими оказываются фотоэлектрические или индукционные. Ниже приводится их сравнительный анализ.

На рис. 1 (кривая *a*) представлен типичный сигнал фотодиода, образованный в результате прохождения сфокусированного светового пучка по светочувствительной поверхности фотодиода. Такая форма кривой сигнала была получена экспериментально и объясняется главным образом неравномерным распределением чувствительности фотодиода. Диаграмма чувствительности фотодиода ФД-3 представлена на рис. 2, взятом нами из работы [1].

В фотоэлектрических датчиках на стабильность временной координаты рабочей точки влияют многие факторы: длительность импульса, крутизна его фронтов, постоянство амплитуды, изменения температуры окружающей среды, уровень засветки и т. п.

Данная статья не ставит своей задачей дать точное описание эпюры сигнала. Для сравнительного анализа можно с известным приближением

в качестве формулы, описывающей эпюру сигнала по рис. 1, принять формулу

$$u(t) = A - \frac{t^2}{2\beta^2}, \quad (1)$$

где A — амплитудное значение напряжения сигнала;

β — некоторая величина, зависящая от типа фотоэлемента и скорости светового луча.

Из рис. 1 и свойств формулы (1) следует, что $u(t)_{\max} = A$, а максимальная крутизна сигнала имеет место при $\beta \approx \frac{\tau}{6}$, т. е. $u(t) = 0,6A$.

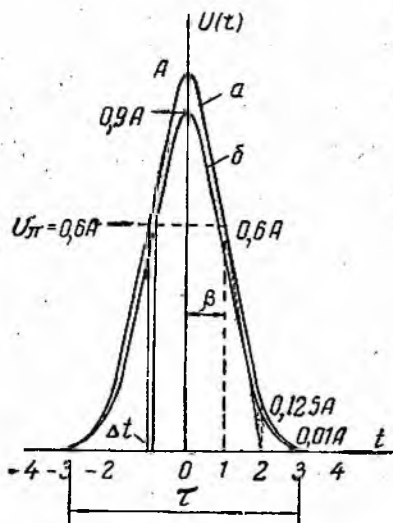


Рис. 1.

Естественно выбрать порог сравнивающего устройства на уровне $0,6A$, сдвинув начало и конец временного интервала на $t = -\beta$.

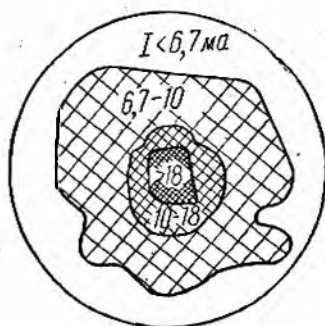


Рис. 2.

При изменении температуры окружающей среды или температуры фотоэлемента (например, фотодиода) под действием тока внутри его изменится эквивалентная мощность шумов, т. е. уменьшится отношение «сигнал — шум». Известно [2], например, что темновой ток германиевых фотодиодов увеличивается на 10% при повышении температуры на 1°C . Если учесть обстоятельство, что отношение «сигнал — шум» невелико (работа [3] формулы (4), (5)), то увеличение температуры даже на 2°C приведет к уменьшению амплитуды сигнала почти на 10% (рис. 1, кривая б) при прежнем световом потоке. Подставляя принятую величину порога сравнивающего устройства $U_{\Pi} = 0,6A$ в (1), при $A_1 = 0,9A$ после преобразования, логарифмирования и вычислений получим

$$t_{\Pi 2} \approx \pm 0,9\beta. \quad (2)$$

Таким образом, ошибка положения начала (конца) временного интервала преобразования составляет $\Delta t = 1,7\%$.

Теперь рассмотрим особенности сигнала индукционного датчика, представляющего собой магнитную головку, применяемую для воспроизведения информации с намагниченного носителя. В качестве запоминающей среды (носителя) в современной аппаратуре памяти ЭЦВМ используются порошковые или гальванические покрытия на немагнитной среде. Если требуется преобразовать механическую скорость во временной интервал, необходимо нанести на носитель, укрепленный соответствующим образом на движущемся объекте, магнитный отпечаток. В моменты про-

хождения носителя с отпечатком мимо рабочих зазоров головок в последних наводятся импульсы э.д.с. Продолжительность этих импульсов определяется протяженностью следов на носителе, скоростью движения носителя и разрешающей способностью головок.

В соответствии с работой [4] возможны четыре варианта записи сигнала на ферромагнитный носитель: запись перепада тока и импульса тока на размагниченный или намагниченный носитель. Практически удобно наносить отпечаток на размагниченный носитель импульсом тока. Тогда при воспроизведении сигнала его форма имеет вид, представленный на рис. 3, а.

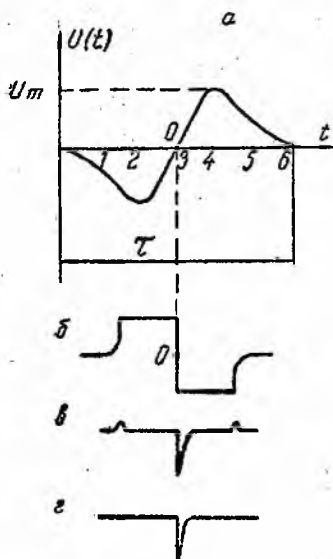


Рис. 3.

Точное аналитическое выражение этого сигнала не найдено, так как не известно точное выражение переходной характеристики головки, т. е. нельзя учесть неодинаковую реакцию реальной головки на разноудаленные элементы следа сигналаграммы в процессе воспроизведения. Однако в работе [4] показано, что для сравнительной оценки сигнала можно использовать формулу

$$u(t) = -2\beta^2 A t e^{-\beta^2 t^2}, \quad (3)$$

где A — амплитудные значения сигнала;
 β — некоторая величина, зависящая от конструкции головки воспроизведения и скорости носителя.

Следуя закону электромагнитной индукции, можно полагать, что магнитный поток во время движения следа у рабочего зазора головки изменялся по формуле

$$\Phi(t) = \Phi_{me}^{-\frac{x^2}{2\gamma^2}}, \quad (4)$$

где Φ_m — максимальное значение магнитного потока отпечатка;

$x = vt - z$;

v — скорость носителя;

z — координата, связанная с головкой;

γ — величина, зависящая от скорости носителя и длительности импульса воспроизведения.

Можно считать, что полное изменение потока в головке от одного нулевого значения до другого [4] происходит на длине

$$z = 2(a + \delta), \quad (5)$$

где a — полудлина следа на носителе;

δ — половина ширины рабочего зазора головки.

Очевидно, длительность реакции следа на головку в процессе воспроизведения при скорости носителя v равна

$$\tau = \frac{z}{v}. \quad (6)$$

Из свойств (4) следует, что

$$\gamma = \frac{z}{\delta} = \frac{v\tau}{\delta}. \quad (7)$$

Учитывая (6), (7), из формулы (4) выводим

$$\Phi(t) = \Phi_{me}^{-\frac{18(t-\tau)^2}{\tau^2}}. \quad (8)$$

После дифференцирования, полагая

$$-\frac{36\Phi_m}{\tau} = U_m, \quad (9)$$

имеем

$$u(t) = U_m \left(\frac{t}{\tau} - 1 \right) \cdot e^{-\frac{18(t-\tau)^2}{\tau^2}}. \quad (10)$$

При

$$t = \frac{\tau}{2}$$

$$u(t) \approx |0,01u_m| > 0. \quad (11)$$

Из рис. 3, а видно, что в точке 0 при $t = \frac{\tau}{2}$ сигнал должен быть равен нулю. Несоответствие (11) этому очевидному факту объясняется допущением, которое мы сделали для определения z в выражении (5).

По формуле (10) положение точки 0 на эпюре сигнала, соответствующее моменту совпадения центра отпечатка и головки, остается неизменным при любых значениях амплитуды сигнала. Из этого положения следует, что:

1) в качестве рабочей точки датчика стартового (стопового) импульса надо брать точку пересечения эпюры сигнала с осью абсцисс при перемене знака сигнала;

2) во всех случаях, когда это возможно, следует применять индукционные датчики, выходной сигнал которых имеет форму дипульса (рис. 3, а);

3) если второе условие невыполнимо, следует добиваться колоколообразной формы импульса датчика, описываемой уравнением (1), а затем дифференцировать такой импульс и в качестве рабочей точки брать точку пересечения эпюры сигнала с временной осью при перемене знака сигнала.

Эти выводы, сделанные с чисто аналитических позиций, хорошо согласуются с практическими результатами, описанными в работе [5] и лабораторными исследованиями датчиков для преобразователей «угол—временной интервал—код».

Заметим, что при использовании в качестве рабочей точки 0 не применяются сравнивающие устройства в обычном понимании. После достаточного усиления, ограничения, дифференцирования и детектирования сигнал приобретает форму импульса, показанного на рис. 3, г. Этапы преобразования показаны на рис. 3, б и 3, в.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Мироненко. Фотоэлектрические измерительные системы. Изд-во «Энергия», 1967.
2. Ю. А. Иванов, Б. В. Тяпкин, Инфракрасная техника в военном деле. Изд-во «Советское радио», 1963.
3. С. Ф. Коридорф и др. Расчет фотоэлектрических цепей. Изд-во «Энергия», 1967.
4. В. Г. Макурочкин. Магнитная запись в вычислительной технике. Изд-во «Советское радио», 1968.
5. П. И. Павленко. Счетно-импульсный хронометр. Физматгиз, 1963.