

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.317.733

С. В. ГРУЗДЕВ, Р. Г. КАРПОВ
 (Рязань)

МОСТОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ С РАДИОИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ

Омические датчики нашли широкое применение в современных измерительных, измерительно-вычислительных и контрольно-измерительных устройствах; в большинстве случаев эти датчики используются в качестве элементов мостовых цепей. Одной из важнейших характеристик мостовой цепи является в этом случае ее чувствительность по напряжению S_u , которая определяется в первую очередь величиной напряжения питания моста U_0 в соответствии с формулой [1]

$$S_u = k U_0 \epsilon,$$

где k — постоянный коэффициент, определяемый параметрами мостовой цепи; $\epsilon = \frac{\Delta R}{R}$ — относительное изменение сопротивления измерительного плеча моста (датчика). При заданном ϵ увеличение S_u возможно за счет повышения напряжения питания, однако последнее ограничивается допустимой мощностью рассеивания примененного омического датчика. В частности, при питании моста напряжением постоянного тока (для простоты рассмотрим равноплечий мост) допустимая величина $U_{0 \text{ доп}}$ [1] определяется формулой

$$U_{0 \text{ доп}} = 2 \sqrt{P_{\text{доп}} R_{\text{дат}}},$$

где $P_{\text{доп}}$ — допустимая мощность рассеивания датчика; $R_{\text{дат}}$ — сопротивление датчика; например, для широко применяемых тензометрических мостов эта величина составляет обычно $U_{0 \text{ доп}} < 10 \div 12$ в. Известный способ увеличения чувствительности подобных мостов [2] основан на питании их видеоимпульсами с амплитудой U_m и скважностью $\frac{T}{\tau}$, где T — период повторения и τ — длительность импульсов питания; при том же значении $P_{\text{доп}}$ амплитуда импульсов питания моста может быть в этом случае

увеличена в $\sqrt{\frac{T}{\tau}}$ раз и, следовательно, во столько же раз увеличится и достижимая чувствительность S_u . Однако при питании мостов видеоимпульсами возникают весьма существенные помехи за счет переходных процессов в схеме, которые выражаются в появлении очень коротких импульсов в начале и конце выходного импульса, причем амплитуда этих импульсов всегда больше амплитуды полезного сигнала. Эти паразитные импульсы в значительной степени затрудняют последующее выделение полезной информации, заставляя прибегать к применению «высекающих» схем, существенно усложняющих измерительную установку, особенно при конструировании многоканальных схем.

С целью еще большего увеличения чувствительности и устранения указанных помех можно производить питание моста не видео-, а радиоимпульсами с амплитудой U_m , скважностью $\frac{T}{\tau}$ и частотой заполнения импульсов f_0 . Нетрудно показать, что в этом случае допустимая амплитуда импульсов питания моста при том же значении $P_{\text{доп}}$ определяется соотношением

$$U_{m \text{ доп}} = 2 \sqrt{2 P_{\text{доп}} R_{\text{дат}} \frac{T}{\tau}},$$

т. е. по сравнению с питанием видеопульсами чувствительность мостовой цепи возрастает в $\sqrt{2}$ раз, а по сравнению с питанием напряжением постоянного тока — в $\sqrt{\frac{2T}{\tau}}$ раз. С использованием этого принципа и было построено измерительное устройство, блок-схема которого приведена на рис. 1; здесь измерительный мост 3 питается радиоимпульсами (см. рис. 1, в) от генератора с ударным возбуждением 2, который управляется прямоугольными импульсами со скважностью $\frac{T}{\tau}$ (см. рис. 1, б), формируемыми мультивибратором 1. Если измеряемая величина $x(t)$ изменяется во времени по закону, указанному на рис. 1, а, то напряжение разбаланса моста будет получаться в виде коротких радиоимпульсов с амплитудой $U_m = k' x(t)$, как это показано на рис. 1, г. Благодаря применению на выходе моста 3 резонансного усилителя высокой частоты 4 помехи, связанные с переходными процессами, могут быть практически полностью устранены. Усиленные радиоимпульсы поступают на вход детектирующей цепи 6 с запоминанием напряжения, которая управляется короткими импульсами, получаемыми с помощью формирующей цепи 5 из прямоугольных импульсов задающего мультивибратора 1. Выходное напряжение устройства (см. рис. 1, д) представляет собой последовательность почти прямоугольных импульсов со скважностью, близкой к единице, и с амплитудой, равной амплитуде синусоидального напряжения заполнения радиоимпульсов, которая определяется, в свою очередь, текущим значением измеряемой или контролируемой величины $x(t)$.

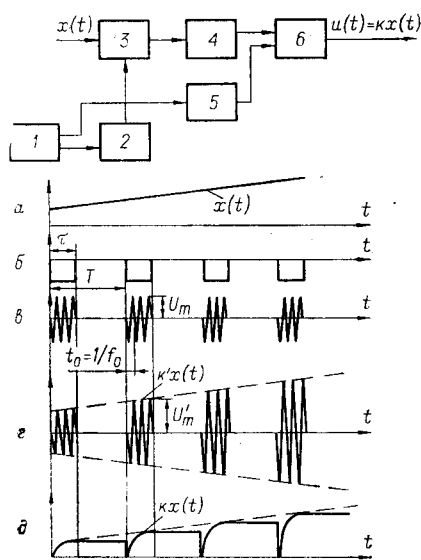


Рис. 1.

На рис. 2 показана несколько упрощенная принципиальная схема измерительного устройства, построенная по вышеописанной блок-схеме.

На лампе Л₁ — 6Н1П выполнен задающий генератор 1 по схеме самовозбуждающегося мультивибратора с анодно-сеточными связями, частота колебаний которого может регулироваться в широких пределах изменением положения движка потенциометра R₃.

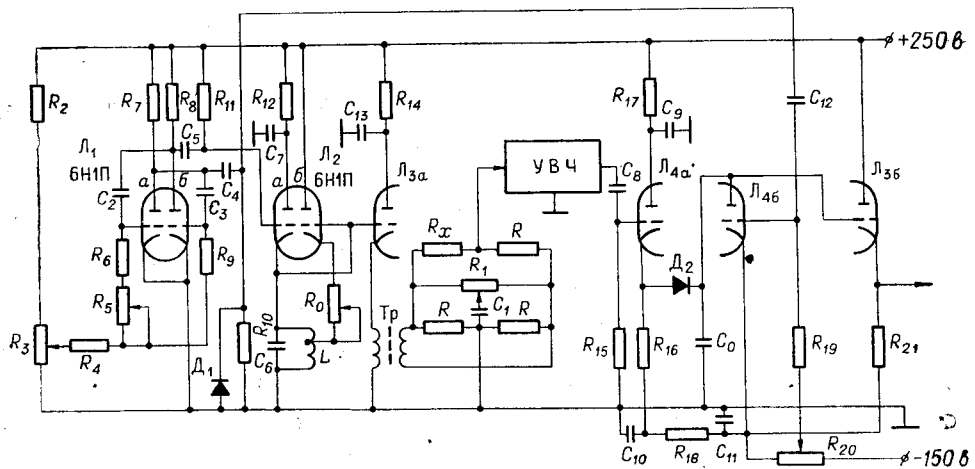


Рис. 2.

Характер и частотный диапазон изменения контролируемой величины $x(t)$ практически всегда с достаточной точностью известны, что дает возможность установить требуемый период T следования импульсов мультивибратора I в соответствии с известной теоремой Котельникова

$$T = \frac{1}{2F_B}$$

где $F_B = \frac{1}{T}$ — высшая частотная составляющая величины $x(t)$. Заданное значение скважности $\frac{T}{\tau}$ в этом случае устанавливается подбором постоянных времени анодно-сеточных цепей мультивибратора $C_2(R_5+R_6)$ и C_3R_9 . Переменное сопротивление R_5 позволяет в некоторых пределах плавно изменять величину скважности.

Прямоугольными импульсами с анода L_{16} управляется генератор 2 ударного возбуждения на лампе L_2 — 6Н1П с колебательным контуром LC_6 в катодной цепи L_{2a} , позволяющая получать короткие радиоимпульсы (см. рис. 1, в) с амплитудой U_m , скважностью $\frac{T}{\tau}$, постоянной фазой и частотой заполнения f_0 , определяемой принятыми па-

раметрами контура LC_6 . Получение таких «пакетов» синусоидального напряжения с постоянной амплитудой U_m обеспечивается введением в схему генератора 2 положительной обратной связи, осуществляемой с помощью катодного повторителя L_{26} и регулируемого сопротивления R_0 . Полученные таким образом импульсы, усиленные по мощности катодным повторителем на лампе L_{3a} , через трансформатор Tr поступают на диагональ питания мостовой цепи. Напряжение разбаланса мостовой цепи, вызываемое изменением сопротивления датчика R_x , усиливается двухкаскадным резонансным усилителем высокой частоты УВЧ. Усиленные радиоимпульсы через конденсатор C_3 подаются затем на вход катодного повторителя L_{4a} , ток которого через диод D_2 заряжает запоминающий конденсатор C_0 малой емкости. Так как постоянная времени заряда конденсатора C_0 очень мала, то напряжение на нем после нескольких периодов $t_0 = \frac{1}{f_0} \ll \tau$ достигает значения U_m и сохраняется до тех пор, пока на сетку нормально запертой разрядной лампы L_{46} через конденсатор C_{12} не поступит импульс разряда.

Импульс разряда формируется с помощью вспомогательной дифференцирующей цепочки C_4R_{10} , сопротивление которой зашунтировано диодом D_1 . При таком построении цепи на сетку разрядной лампы поступают короткие положительные импульсы, по времени соответствующие началу очередного радиоимпульса и обеспечивающие разряд конденсатора C_0 почти до потенциала земли в начале каждого радиоимпульса.

Для того чтобы обеспечить заряд конденсатора C_0 к концу очередного радиоимпульса до полной его амплитуды, обязательно следует соблюдать неравенство

$$3(\tau_3 + \tau_p) \ll \tau,$$

где τ_3 и τ_p — соответственно постоянные времени заряда и разряда конденсатора C_0 ; τ — длительность радиоимпульса.

При соблюдении указанных условий напряжение на запоминающем конденсаторе, а следовательно, и на выходе катодного повторителя L_{36} будет изменяться в соответствии с временной диаграммой, показанной на рис. 1, д.

Отклонение закона изменения выходного напряжения устройства от истинного закона протекания $x(t)$ будет определяться наличием некоторой ошибки, связанной с квантованием исходного сигнала и принятым способом аппроксимации между соседними тактами работы устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Б. Карандеев. Мостовые методы измерений. Киев, Госиздат УССР, 1953.
2. О. Хорн. Тензометрические мосты. М., Госэнергоиздат, 1962.

Поступило в редакцию
26 октября 1967 г.