

Вычислительное устройство (ВУ) запоминает величины  $U_1$  и  $U_2$  и производит расчет расхода по формуле (5). Используя одно вычислительное устройство и блок управления, можно осуществлять автокоррекцию большого количества измерителей расхода в системах многоточечного огибающего контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин Д. И., Костина Е. Н., Кузнецова Н. Н. Датчики контроля и регулирования. М., «Машиностроение», 1965.
2. Кремлевский П. П. Расходомеры. М.—Л., Машгиз, 1963.
3. Бромберг Э. М., Куликовский К. Л. Способ определения электрических и неэлектрических величин. Авторское свидетельство № 257621. Бюллетень изобретений № 36, 1969.

Б. К. РАЙКОВ

## УСТРОЙСТВО СРАВНЕНИЯ ДЛЯ ВРЕМЯ-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Как отмечено в [1], сравнение токов в преобразователе с  $LR$  контуром позволяет повысить чувствительность. В ряде случаев это является решающим условием при выборе сравнивающего устройства (малогабаритные датчики). Построение преобразователя осложняется трудностями создания быстродействующих прецизионных компараторов тока. Было предложено условно распространять определение «устройство сравнения токов» (УСТ) на компараторы с входным сопротивлением, значительно меньшим активного сопротивления катушки датчика, т. е. низким уровнем срабатывания по напряжению.

В работе [2] рассмотрено УСТ на туннельном диоде. Туннельный диод (ТД) имеет падающий участок на прямой ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ), что позволяет строить компактные и быстродействующие импульсные устройства. Время переключения схем на ТД составляет доли наносекунд [3].

Простейшее пороговое устройство на ТД, используемое в качестве устройства сравнения, изображено на рис. 1. Если сопротивление резистора  $R_6$  по абсолютной величине больше динамического сопротивления ТД на падающем участке, то при превышении входным напряжением уровня  $U_4$  (рис. 2),  $U_{\text{вых}}$  мгновенно изменится от  $U_1$  до  $U_3$ . Дальнейшее увеличение на-

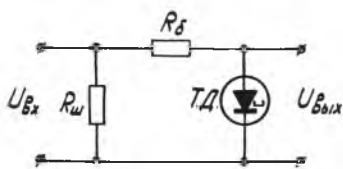


Рис. 1. Пороговое устройство на ТД

пряжения на ТД идет по диффузионной ветви его ВАХ. Напряжение  $U_4$  для данной схемы является порогом срабатывания.

При включении такого устройства в измерительный контур (рис. 3) можно регистрировать момент достижения током, протекающим по  $R_{ш}$ , величины  $I_{ср} = U_4/R_{ш}$ . Перепад напряжения на ТД ( $U_3 - U_1$ ) используется как управляющий сигнал.

Расчет элементов УС проводится с учетом особенностей работы преобразователя и самого ТД. После срабатывания УС входное напряжение продолжает нарастать,

стремясь к установившемуся значению  $U_5$ . Превышение максимальным уровнем  $U_5$  порога срабатывания  $U_{ср} = U_4$  характеризуется коэффициентом  $A = U_4/U_5$ . Величина  $A$  выбирается обычно в пределах  $0,5 \div 0,86$ . Значение тока ТД на диффузионной ветви ВАХ не должно превышать предельно допустимого уровня (с учетом рабочего диапазона температур). Его величина зависит от типа диода. У диодов из арсенида галлия превышение допустимого тока ведет к «деградации» — необратимому изменению в худшую сторону основных статических параметров [4]. Обычно допустимое значение задается как часть тока  $I_{доп} = I_6 = mI_M$ , где  $m \leq 1$ .

Следует отметить, что до настоящего времени «деградация» наблюдалась только у арсенид галлиевых диодов. При работе с другими типами ТД в УС следует установить значение тока на диффузионной ветви ВАХ задавать также меньше  $I_M$  (в этом случае будет выполняться условие сравнения на низком уровне напряжения).

Из построений на рис. 2 находим

$$U_5 = U_6 + mI_M R_8. \quad (1)$$

Учитывая

$$U_1 \approx U_M, \quad I_1 \approx I_M,$$

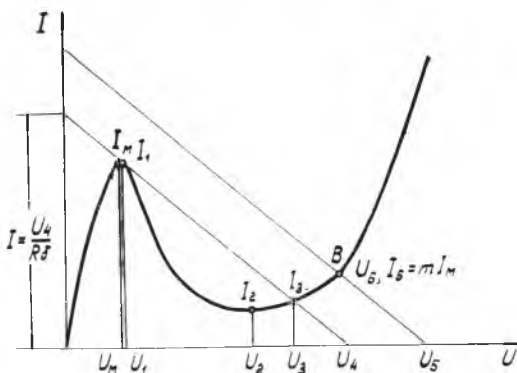


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика

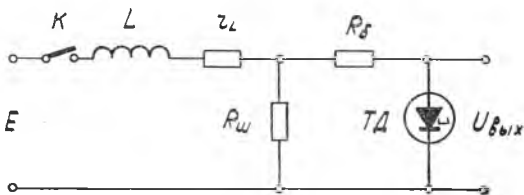


Рис. 3. Устройство сравнения в измерительном  $LR$  контуре

получаем

$$R_{\delta} = \frac{AU_5 - U_M}{I_M}. \quad (2)$$

Из (1) и (2) находим

$$U_5 = \frac{U_6 - mU_M}{1 - mA}. \quad (3)$$

Для установившегося режима справедливо

$$\frac{r_L}{R_B} = \frac{E - U_5}{U_5}, \quad (4)$$

где  $R_B$  — эквивалентное входное сопротивление УС для установившегося режима

$$R_B = \frac{R_{ш} \left( R_{\delta} + \frac{U_6}{mI_M} \right)}{R_{ш} + R_{\delta} + \frac{U_6}{mI_M}}. \quad (5)$$

Из (4) и (5) находим

$$R_{ш} = r_L \frac{U_6 - mU_M}{(1 - mA)(E - r_L mI_M - U_6 + mU_M)}.$$

ТД желательно выбирать с малым  $I_M$ , чтобы отбор мощности УС от измерительного контура был минимальным. Следует проверить неравенство

$$R_{\delta} = \frac{AU_6 - U_M}{(1 - mA)I_M} > |-r_g| \cong 0,4 \frac{U_2 - U_M}{I_M - I_2}.$$

Если оно не выполняется, то необходимо выбрать диод с большим током  $I_M$  и расчет повторить.

Значение максимального тока измерительного контура, определяющее выбор ключевого транзистора, может быть найдено по формуле

$$I_{кл} = \frac{E - U_5}{r_L} = \frac{E}{r_L} - \frac{U_6 - mU_M}{(1 - mA)r_L}.$$

Следует отметить еще одно преимущество ТД по сравнению с транзисторами — относительно высокую стабильность в широком температурном диапазоне и незначительные изменения характеристик при воздействии радиации [4, 5]. Многочисленные исследования показали, что температурные приращения тока  $I_M$  зависят от степени легирования материала ТД и могут быть как положительными, так и отрицательными. Напряжение  $U_M$  германиевых ТД с увеличением температуры уменьшается [3, 5].

Возможность выбора ТД с различными по знаку температурными изменениями  $I_M$  и  $U_M$  позволит существенно уменьшить температурную погрешность порога срабатывания СУ.

Действительно, уменьшение  $U_m$  с повышением температуры (кривая 3 рис. 4) на  $\Delta U_m$  определит отрицательную погрешность порога срабатывания  $\Delta U_{cp}$ , а увеличение  $I_m$  на  $\Delta I_m$  (кривая 2 рис. 4) — положительную погрешность  $\Delta U_{cp}$  (кривая 1 — характеристика для нормальной температуры). Если удастся выполнить условие  $\Delta U_m = \Delta I_m R_{ш}$  то, принимая во внимание  $U_1 \approx U_m$ ,

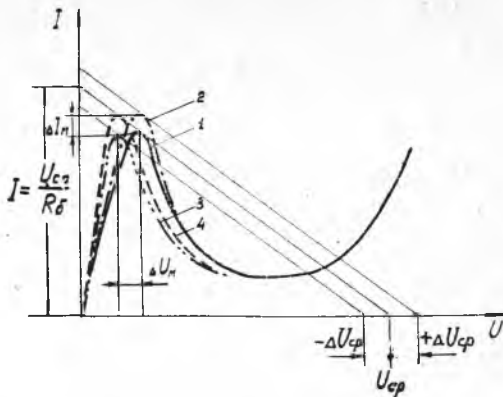


Рис. 4. Температурные изменения вольт-амперной характеристики ТД

$I_1 \approx I_m$ , можно сказать, что температурная погрешность порога срабатывания сведена к нулю (кривая 4 рис. 4). К сожалению в паспортных данных пока еще не приводятся температурные коэффициенты  $I_m$  и  $U_m$ . Для расчета СУ с температурной компенсацией требуется экспериментальное определение ВАХ диодов в рабочем диапазоне температур. Если выбор ТД ограничен и температурные изменения  $I_m$  и  $U_m$  имеют один знак, то возможен другой вариант термокомпенсации. Сопротивление  $R_{ш}$  должно быть термозависимым. Величина и знак температурного коэффициента  $R_{ш}$  выбираются по результатам температурных исследований компаратора. В таком случае возможна частичная компенсация температурных погрешностей образцовых элементов и измерительных ключей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болтянский А. А., Райков Б. К., Скобелев О. П., Старобинский Н. М. Особенности работы экспоненциальных преобразователей с индуктивными датчиками. В сб. «Автоматические измерительные и регулирующие устройства». Научные труды вузов Поволжья, вып. 6. Куйбышев, 1971.
2. Райков Б. К., Скобелев О. П., Усанов В. А. Компараторы тока в экспоненциальном преобразователе с индуктивным датчиком. Материалы научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина, ч. I, Куйбышев, 1970.
3. Сидоров А. С. Импульсные схемы на туннельных диодах. Сб. «Полупроводниковые приборы и их применение», под ред. Я. А. Федотова, вып. 12, М., 1964.
4. Горюнов Н. Н., Кузнецов А. Ф., Экслер А. А. Схемы на туннельных диодах. Изд. «Энергия», М. — Л., 1965.
5. Акчуриин Э. А., Рудь В. В., Спирин В. Я. Туннельные диоды в технике связи. Изд. «Связь», М., 1971.