

ПРОСТОЙ синхронный ДЕТЕКТОР со СТАБИЛЬНЫМ нулем

М. С. РОЙТМАН

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

Синхронный детектор (СД) на четырех полупроводниковых триодах [1], благодаря своим высоким метрологическим свойствам [2], получает все более широкое распространение. Однако необходимость применения четырех триодов и главное двух гальванически не связанных обмоток в цепи коммутации является существенным недостатком схемы. Этот недостаток особенно остро ощущается в многоканальных системах, например, в многоканальной тензометрической аппаратуре. В тех случаях, когда СД должен работать не в векторном режиме, а в режиме амплитудного демодулятора (т. е. угол φ между измеряемым U_c и коммутирующим U_k напряжениями близок к $n\pi$ [3]), часто применяется схема СД на 2 триодах (рис. 1). При

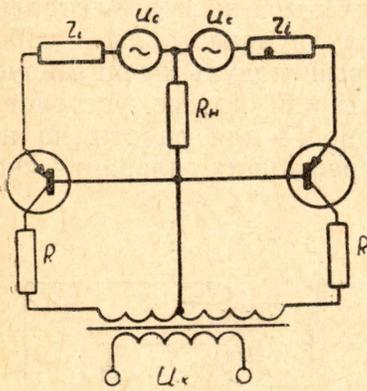


Рис. 1.

$\varphi = n\pi$ и $U_k > U_{c \text{ макс}}$ уход нуля этой схемы в значительной степени определяется остаточным напряжением U_p и токами I_p триодов.

Из рассмотрения упрощенной эквивалентной схемы СД (рис. 2, а, б) для обоих

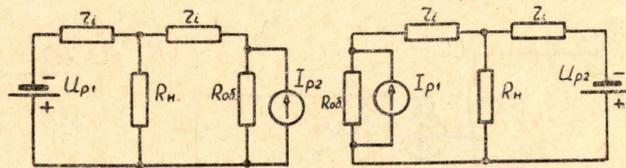


Рис. 2.

полупериодов коммутирующего напряжения видно, что уход нуля равен

$$U_0 \approx \frac{U_{p1} + U_{p2}}{2} \cdot \frac{R_n}{R_n + r_i} + \frac{I_{p1} + I_{p2}}{2} \cdot \frac{R_n \cdot r_i}{R_n + r_i},$$

Схема СД может быть еще более упрощена, а метрологические характеристики повышены, если применить разнотипные триоды (рис. 3) [4].

Напряжение положительной полярности на базы открывает триод типа п-р-п (T_2), отрицательной — р-п-р (T_1). Наличие сопротивлений R в схеме совершенно необходимо. СД может нормально функциони-

ровать лишь при условии, что запирающее напряжение на базе закрытого ключа больше $U_{с\cdot\text{макс}}$. Если сопротивления отсутствуют, то закрытый переход шунтируется открытым и $U'_{к\cdot\text{макс}} = U_{\text{база-коллектор}} \leq 0,15\text{В}$. В случае наличия сопротивлений $U'_{к\cdot\text{макс}} = I_0 \cdot R + U_{\text{база-коллектор}}$. Уход нуля СД, как не трудно видеть из эквивалентных схем рис. 4, равен

$$U_0 \approx \frac{U_{p1} - U_{p2}}{2} \cdot \frac{R_H}{R_H + r_i} + \frac{I_{p1} - I_{p2}}{2} \cdot \frac{R_H \cdot r_i}{R_H + r_i}$$

U_0 при применении сплавных германиевых триодов в инверсном включении и $R_H \leq 500$ ом практически не превышает 0,5 мв даже без подбора триодов. Следует отметить, что описанный СД может работать и в векторном режиме, но при коммутации прямоугольным напряжением или синусоидальным и $U_k \gg U_{с\cdot\text{макс}}$.

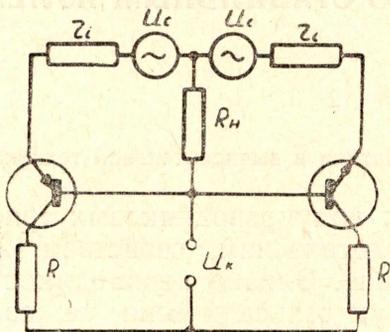


Рис. 3.

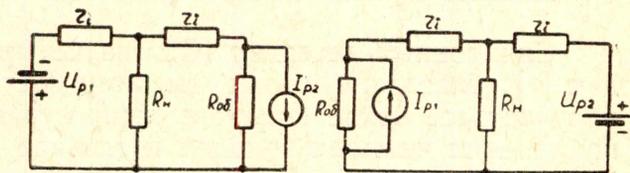


Рис. 4.

Особо большим достоинством схемы является то, что в n -канальной системе для коммутации триодов требуется лишь $n + 1$ проводов, в то время как для СД на 4 триодах требовалось бы минимум $3n + 1$ провод.

На базе схемы рис. 3 нами были разработаны и экспериментально исследованы два модуля (рис. 5, 6). Оба модуля представляют собой сочетание СД с усилителем-инвертором. Первый модуль предназначен для работы на электроизмерительные приборы или другие устройства с входным сопротивлением $R \geq 500$ ом. Второй — для работы на нагрузки ниже 500 ом, а также в устройствах, требующих гальванической развязки цепей.

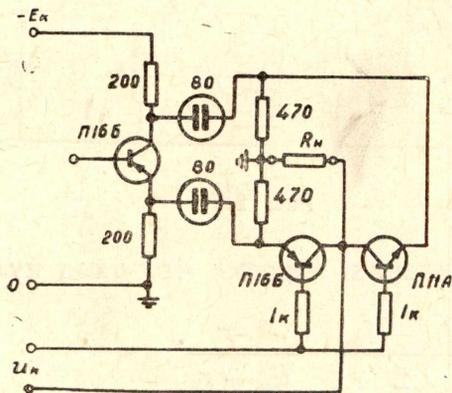


Рис. 5.

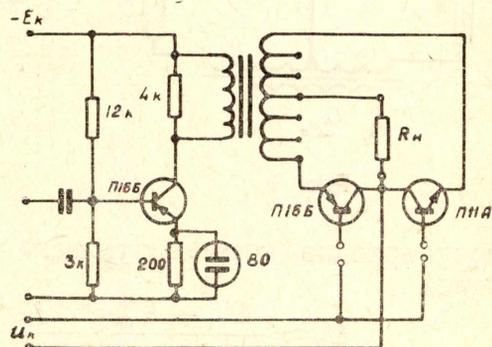


Рис. 6.

Выходное напряжение СД линейно зависит от входного до значений $U_{с\cdot\text{макс}} \leq 0,7 U_k$ для синусоидального коммутирующего напряжения и до $U_{с\cdot\text{макс}} \leq U_k$ для прямоугольного. Напряжение $U_{ас}$, определяемое асимметрией управляемых элементов по цепи измеряемого

напряжения [5], является функцией как величины U_k , так и $U_{\text{помехи}}$. Максимальное значение $U_{\text{ас}}$ при $U_k = 3_{\text{в}}$ и $U_{\text{помехи}} = 2_{\text{в}}$ не превышает 10 мв. Коэффициент передачи СД по напряжению равен 0,8. Следовательно, величина помехозащищенности [4] при $U_k - 3_{\text{в}}$ и $U_{\text{помехи}} \leq 2$ больше 100. Во втором модуле сопротивления R впаиваются лишь после того, как известны значения нагрузки и допустимая мощность коммутации. Расчет необходимой величины R производится по методике, изложенной в [3]. Вторичная обмотка трансформатора имеет ряд отводов, что позволяет согласовывать СД с нагрузкой, приведенное значение которой должно быть около 2 килоом. Коэффициент трансформации для секций соответственно равен 0,5; 0,25; 0,125; 0,07.

Автор весьма признателен студенту Петрову за помощь в выполнении экспериментальных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. L. Bright. AIEE Transactions, 74 pt. 1, p. 111—121, 1955.
2. М. С. Ройтман, С. А. Гофман, А. П. Оломуцкий, А. Н. Кармадонов. О стабильности нуля синхронных детекторов на полупроводниковых диодах и триодах. Измерительная техника, № 2, 1961.
3. М. С. Ройтман. О расчете синхронного детектора на полупроводниковых триодах. Труды Томского института радиоэлектроники, т. 1, 1963.
4. M. J. Weight. A transistor phase sensitive demodulator of high performance. Electronic Eng. № 10, 1962.
5. М. С. Ройтман. К теории синхронного детектора. Труды Томского института радиоэлектроники, т. 1, 1963.