

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЕ-ТОК НА РЕГУЛИРУЕМЫХ СТАБИЛИТРОНАХ

Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

В современных измерительных системах для управления током информационных датчиков, а также для передачи аналогового сигнала в условиях значительных внутрисистемных помех применяются преобразователи напряжение-ток (ПНТ), управляемые сигналом цифроаналогового преобразователя. Для этого используются или стандартные схемы ПНТ на операционных усилителях (ОУ) или специализированные микросхемы, например, XTR110, XTR111 [1]. В ряде случаев это не оптимально по схемотехническим или конструктивным причинам.

В последнее время в аналоговой электронике получили широкое распространение регулируемые стабилизаторы с внутренним опорным источником, включенным относительно анода (TL431, TS431, AMS421) или относительно катода (LM4041-ADJ, LM285, MIC4043, AMS3100). Они применяются для построения усилителей «ошибки», стабилизаторов напряжения, резистивно-управляемых ограничителей и источников тока [2,3].

Вместе с тем, регулируемые стабилизаторы могут успешно использоваться и в качестве высокоточных ПНТ для нагрузки, подключенной к шине питания, общей шине, а также для нагрузки в режиме «короткого замыкания».

На рис. 1 приведены функциональная схема и обозначение регулируемого стабилизатора с внутренним опорным источником, включенным относительно катода (AMS3100, LM4041-ADJ и др.).

На рис.2 приведены различные схемы ПНТ на регулируемом стабилизаторе типа AMS3100 для нагрузки, подключенной к общей шине.

ПНТ на рис.2а включает внешний опорный источник напряжения $U_{оп}$, величина которого должна удовлетворять условию:

$$U_{оп} \geq I_{вых.макс} \cdot R_H.$$

Выходной ток ПНТ возрастает при увеличении входного напряжения

$$I_{вых} = (U_{вх} - U_{оп} - U_{REF}) / R_O - I_{FB}$$

В ПНТ на рис.2б выходной ток уменьшается при увеличении входного напряжения

$$I_{вых} = (U_{п} - U_{REF} - U_{вх}) / R_O - I_{FB}$$

Нормальный режим работы схемы обеспечивается при выполнении условия: $U_{вх} \geq I_{вых} \cdot R_H.$

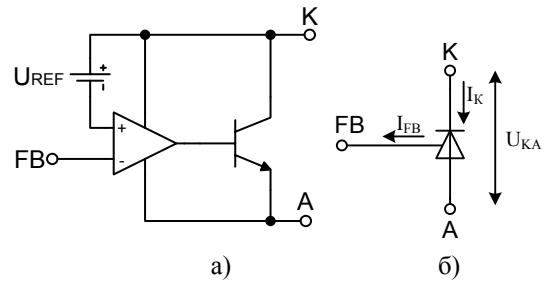


Рисунок 1 - Функциональная схема (а) и обозначение (б) регулируемого стабилизатора с внутренним опорным источником, включенным относительно катода

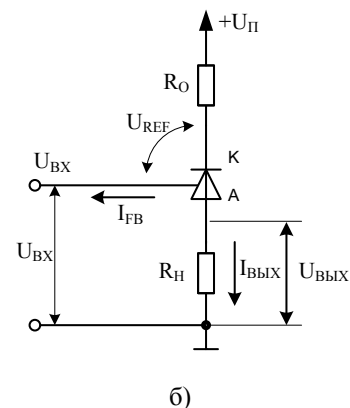
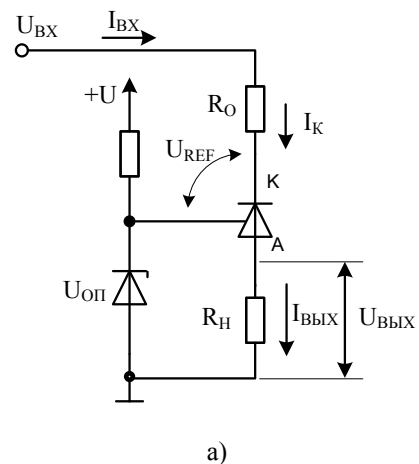


Рисунок 2 – ПНТ на регулируемом стабилизаторе типа AMS3100

Диапазон выходных токов обоих ПНТ ограничивается минимальным и максимальным токами катода используемого стабилитрона (45 мкА – 20 мА для AMS3100). Диапазоны входных напряжений различны и определяются соотношением параметров схемы: U_{OP} , $U_{П}$, R_O , R_H , $I_{ВЫХ.МИН}$, $I_{ВЫХ.МАКС}$.

Рассмотренные схемы ПНТ могут использоваться и для управления нагрузкой в режиме «короткого замыкания» (рис.3,4). Такой нагрузкой может являться вход преобразователя ток-напряжение или вход «повторителя» тока, задающего способ подключения высоковольтной нагрузки к выходному источнику питания. В этом случае величина $U_{ВЫХ}$ обычно мала и определяется выражением

$$U_{ВЫХ} = r_L \cdot I_{ВЫХ} + U_{Д} + \Delta U_{GND},$$

где r_L – сопротивление линии связи, $U_{Д}$ – дифференциальное входное напряжение ОУ, ΔU_{GND} – разность потенциалов «общих» шин.

Если $U_{ВЫХ.МАКС} < 100$ мВ, то опорный источник на управляющем входе FB стабилитрона (см. рис.2а) не обязателен и для ПНТ на рис.3 справедливо равенство: $U_{КА} \approx U_{REF}$.

ПНТ на рис.3 характеризуется малым значением $I_{ВЫХ.МИН}$ выходного тока (9 нА для AMS3100) и повышенными точностными характеристиками. Это связано с низким и постоянным во всем диапазоне входного напряжения значением $U_{КА}$ стабилитрона и отсутствием дополнительного опорного источника U_{OP} . Выходной ток данного ПНТ равен

$$I_{ВЫХ} = (U_{ВХ} - U_{REF}) / R_O - I_{FB}$$

Диапазон изменения входного напряжения определяется выражениями

$$U_{ВХ.МИН} = U_{REF} + (I_{ВЫХ.МИН} + I_{FB}) \cdot R_O > > (U_{REF} + I_{КА.МИН} \cdot R_O),$$

$$U_{ВХ.МАКС} = U_{REF} + (I_{ВЫХ.МАКС} + I_{FB}) \cdot R_O < < (U_{REF} + I_{КА.МАКС} \cdot R_O)$$

Недостаток схемы – большой входной ток ($I_{ВХ} = I_{ВЫХ}$), нагружающий источник входного напряжения.

ПНТ на рис.4 имеет очень малый входной ток ($I_{ВХ} = I_{FB} = 15$ нА для AMS3100) и широкий диапазон изменения входного напряжения. Выходной ток равен

$$I_{ВЫХ} = (U_{П} - U_{REF} - U_{ВХ}) / R_O - I_{FB}$$

При выполнении условия: $U_{ВЫХ.МАКС} < 100$ мВ диапазон изменения входного напряжения определяется значениями

$$U_{ВХ.МИН} = 0,$$

$$U_{ВХ.МАКС} = (U_{П} - U_{REF} - I_{ВЫХ.МИН} \cdot R_O) < < (U_{КА.МАКС} - U_{REF})$$

Недостаток схемы – более высокое значение минимального выходного тока $I_{ВЫХ.МИН}$ (45 мкА для AMS3100) и пониженные точностные характеристики из-за большого диапазона изменения напряжения $U_{КА}$ на стабилитроне и сложности обеспечения стабильности дополнительного источника питания $U_{П}$ во всем диапазоне изменения выходного тока.

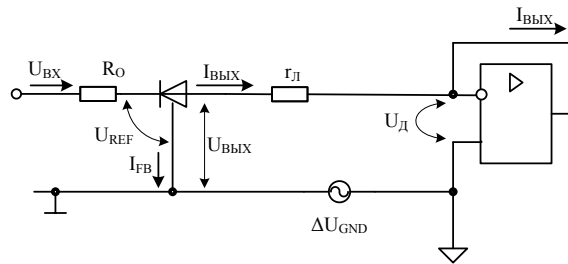


Рисунок 3 – ПНТ с повышенными точностными характеристиками для «короткозамкнутой» нагрузки

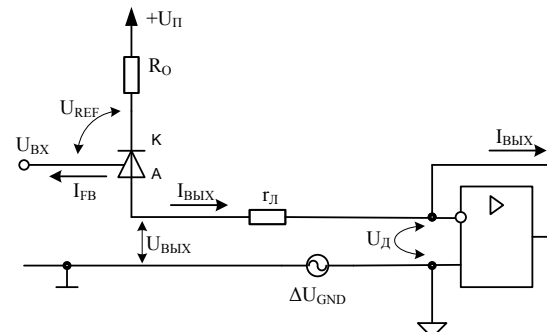


Рисунок 4 – ПНТ с малым входным током для «короткозамкнутой» нагрузки

1. Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М. Прецизионный преобразователь напряжение-ток. Материалы 6-й МНТК Приборостроение-2013, – Мн.: БНТУ, 2013 – С. 58-59.
2. LM611 Operational Amplifier and Adjustable Reference. SNOSC08C – MAY 1998 – REVISED MARCH 2013. Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm611.pdf>
3. AMS3100 Adjustable Micropower Voltage Reference Diode. Advanced Monolithic Systems, Inc. Режим доступа: <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds3100.pdf>