

Стабилитроны с напряжением стабилизации 5,6...7 В и токе больше 3 мА имеют более низкое дифференциальное сопротивление. При уменьшении тока до определенного уровня R_d таких стабилитронов резко возрастает, а при дальнейшем его уменьшении оно ненамного отличается от R_d более низковольтных стабилитронов.

Стабилитроны Д814А — Д814Д также имеют низкое дифференциальное сопротивление при большом токе, но при токе менее 200...300 мкА R_d некоторых экземпляров стабилитронов может иметь гораздо большую величину, чем у низковольтных.

Эксперименты с несколькими экземплярами стабилитронов (КС510А, КС512А, КС515А, КС518А) показали, что большинство из них имеют хорошие стабилизационные характеристики во всем интервале изменения тока вплоть до 3...5 мкА, но они рассчитаны на стабилизацию напряжения более 10 В. Их особенностью является повышенный уровень шума при токе менее 300 мкА.

Нельзя недооценивать такой параметр ИОН как температурный коэффициент напряжения, так как он может являться причиной таких неприятных явлений, как уход частоты гетеродина или повышенная погрешность измерительного прибора при изменении окружающей температуры.

ТКН стабилитронов с $U_{ст} = 5...6,8$ В (КС156А, КС168А и т.п.) с уменьшением тока до 100 мкА и ниже сдвигается в сторону отрицательных значений и может увеличиться до $-2,5$ мВ/°С [2]. Термокомпенсированные стабилитроны серий Д818, КС191 и т.п. при токе менее 1 мА теряют свои прецизионные свойства из-за повышенного отрицательного ТКН. Среди стабилитронов серии Д814 встречаются экземпляры, непригодные для работы в режиме малого тока (менее 0,3...0,4 мА) из-за резкого уменьшения напряжения стабилизации при понижении температуры. У большинства других типов стабилитронов с уменьшением тока ТКН изменяется не столь заметно, но общей тенденцией является сдвиг ТКН в сторону отрицательных значений.

Анализ характеристик стабилитронов при малом токе позволяет сделать следующие выводы. Практически все типы стабилитронов вполне применимы в режиме малого тока, но только после предварительного испытания. При этом следует выбирать те экземпляры, у которых с уменьшени-

ем тока питания напряжение стабилизации изменяется меньше.

Стабилитроны с $U_{ст} < 7$ В (КС133А, КС139А, КС147А, КС156А, КС168А) можно применять в ИОН с уменьшенным током питания до нескольких десятков микроампер. Коэффициент стабилизации стабилитронов КС133А, КС139А и КС147А почти не зависит от тока, но имеет низкое значение (6...10), а напряжение стабилизации монотонно уменьшается с уменьшением тока и при значении 50 мкА может быть в 1,5...2 раза меньше, чем при 5...10 мА. Это обстоятельство позволяет регулировать напряжение стабилизации в некоторых пределах изменением тока, но ток желательно стабилизировать для увеличения $K_{ст}$ [3].

Коэффициент стабилизации стабилитронов КС156А и КС168А при уменьшении тока уменьшается до 8...15, что также может потребовать применения стабилизации тока. Напряжение стабилизации при уменьшении тока до 50 мкА уменьшается в 1,2...1,5 раза.

Стабилитроны с $U_{ст} = 7,5...14$ В (Д808, серий Д814 и Д818 и т.п.) применимы в ИОН при токе до 0,4...0,5 мА с незначительным ухудшением параметров; при значении менее 0,4 мА характеристики могут ухудшиться, но больше половины проверенных стабилитронов такого типа имели приемлемые параметры при уменьшении тока до 80...100 мкА.

Хорошей альтернативой стабилитронам, особенно в режиме малого тока, являются светодиоды [4] видимого излучения ($U_{ст} = 1,5...2$ В в прямом включении) и переходы база—эмиттер [5—7] маломощных кремниевых транзисторов ($U_{ст} = 4...10$ В при обратном включении). Они обеспечивают большее $K_{ст}$ и могут работать, даже если ток стабилизации меньше 20 мкА, причем напряжение стабилизации светодиодов в режиме малого тока достаточно предсказуемо.

В ИОН можно применять не только р-п переходы диодов и транзисторов, но и полевые транзисторы, используемые в качестве стабилизатора тока (рис. 4,а). Образцовое напряжение снимается с резистора в цепи истока [8]. При токе 10 мкА это напряжение равно напряжению отсечки ($U_{отс}$) полевого транзистора. Значение тока, протекающего через полевой транзистор, подбирают изменением сопротивления резистора в цепи истока. Главный недостаток полевых транзисторов — большой разброс напряжения отсечки приборов одного и того

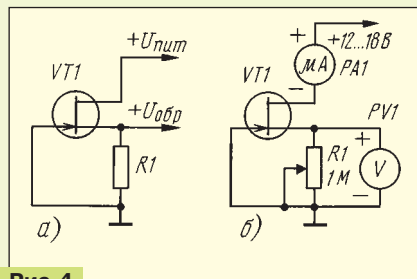


Рис. 4

же типа даже внутри одной партии (упаковки), что в большинстве случаев делает невозможным применение их без предварительного измерения этого параметра и подбора подходящего транзистора.

Для измерения $U_{отс}$ необходимо подключить к стоку транзистора микроамперметр, а параллельно резистору — вольтметр (рис. 4,б). Переменным резистором устанавливают ток стока равным 10 мкА и измеряют падение напряжения на резисторе (или между затвором и истоком) с помощью какого-либо высокоомного вольтметра. Это напряжение и можно считать напряжением отсечки. Подбирать транзисторы удобнее, если вставлять их в какой-нибудь подходящий малогабаритный разъем, к которому подпаиваются провода от остальных приборов.

На рис. 5 показана зависимость напряжения на истоке от тока стока для нескольких полевых транзисторов. Из графиков видно, что при изменении тока от 1 до 150...200 мкА напряжение на истоке большинства транзисторов изменяется не более чем на 20...25% от напряжения отсечки. Это обстоятельство может оказаться полезным при проведении приблизительных расчетов. Коэффициент стабилизации при токе менее 1...2 мА находится в пределах 20...40, немного увеличиваясь с уменьшением тока. ТКН имеет максимальное положительное значение при малом токе и уменьшается с его увеличением, становясь отрицательным при токе более 0,1...3,0 мА [9].

Исследования показали, что наиболее подходящие для использования в качестве микроотоковых ИОН — транзисторы с р-п переходом серий КП103, КП302 и КП303. У большинства из них ТКН в режиме малого тока не превышает $+2,5$ мВ/°С или 0,25%/°С. Применение транзисторов с изолированным затвором (исследовались только транзисторы серий КП305 и

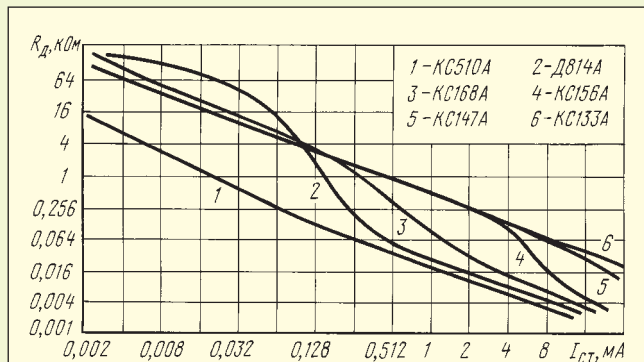


Рис. 3

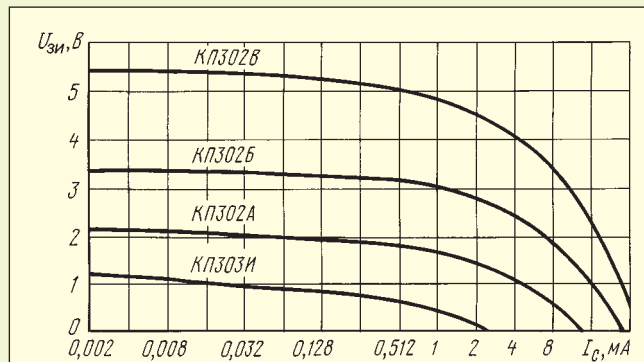


Рис. 5