

ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЧАСТОТНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ И С КОРРЕКЦИЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК

А. Б. Попов

Киевский политехнический институт

Известно, что в частотных системах телемеханики при наличии в аппаратуре канала связи нелинейной зависимости между входом и выходом, кроме основных частот, подаваемых на вход, на выходе появятся дополнительные частотные составляющие, часть из которых будет комбинационными [1]. Подобные комбинационные частоты могут возникнуть либо при взаимодействии нескольких рабочих частот, если они посылаются параллельно во времени, либо при взаимодействии одной рабочей частоты и помехи, причем помеха может быть расположена вне выбранного рабочего диапазона и на первый взгляд не представлять опасности. В то же время получаемая комбинационная частота может оказаться в пределах рабочего диапазона и привести к ложному срабатыванию, если не будут приняты специальные меры.

Почти все частотные избиратели, применяемые в настоящее время в системах телемеханики, имеют два существенных недостатка: если возрастает сигнал на входе частотного избирателя, то прямо пропорционально возрастает сигнал на выходе, и увеличивается ширина полосы пропускания на уровне срабатывания. Исключение составляет ряд схем включения частотных избирателей, разработанных А. М. Лучуком, двухконтурный частотный избиратель Грозненского филиала ВНИИКа «Нефтегаз», обеспечивающие практически постоянную полосу пропускания [2]. Эти схемы достаточно сложны, причем первые значительно снижают возможности кодообразования, и как те, так и другие не исключают ложного срабатывания от комбинационных частот. Если уровень помехи значительно слабее уровня полезного сигнала, но превышает уровень срабатывания устройства, включенного на выходе частотного избирателя, то ложное срабатывание не исключается.

Ниже описывается ряд схем, позволяющих в значительной степени устранить недостатки, перечисленные выше. Ранее было показано [3], что применение напряжения смещения, зависящего от уровня входного сигнала, позволяет обеспечить режим стабилизации сигнала на выходе частотного избирателя, при изменении сигнала на входе в широких пределах. В этом режиме при возрастании сигнала на входе ширина полосы пропускания частотного избирателя на уровне срабатывания сужается. Эта же схема со смещением, но при других настройках, может обеспечить стабилизацию ширины полосы пропускания, либо компромиссную (промежуточную) настройку.

Схема смещения представлена на рис. 1, а. Напряжение $U_{вх}$ поступает на схему смещения и на входы частотных избирателей. Напряжение $U_{см}$

поступает на выходы всех частотных избирателей последовательно с выходным напряжением избирателей, но с противоположным знаком. До некоторого входного напряжения $U_{вх \min}$ напряжение $U_{см} = 0$, так как диод D заперт напряжением U_3 . Если $U_{вх} > U_{вх \min}$, то $U_1 > U_3$ и $U_{см} > 0$.

Можно показать [3], что для обеспечения

$$U_{вх} = U_{\Phi} - U_{см} = \text{const}, \quad (1)$$

где U_{Φ} — напряжение на выходе частотного избирателя;

$U_{вх}$ — напряжение на входе последующего элемента, необходимо:

$$U_{см} = U_{ср} \left[\frac{(k_3 - 1) \sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{d/p}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{d/p}\right)^2} - 1} - k_3 \right], \quad (2)$$

где $U_{ср}$ — напряжение срабатывания элемента на выходе частотного избирателя.

k_3 — коэффициент запаса по срабатыванию;

$2\Delta f$ — ширина полосы пропускания на уровне срабатывания;

$\frac{1}{d}$ — добротность частотного избирателя;

f_p — резонансная частота.

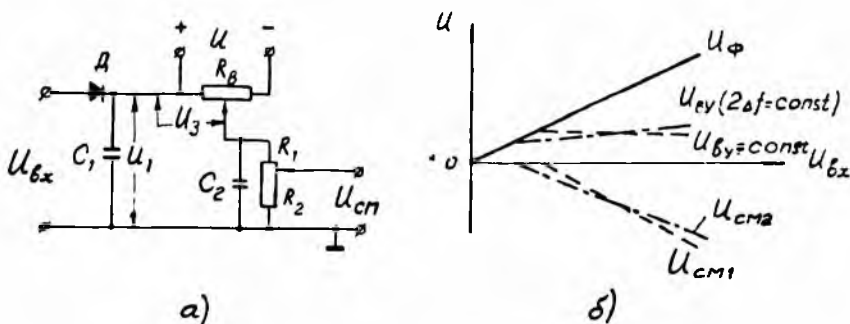


Рис. 1. Схема смещения с эллирируемым диодом и ее характеристики.

Все величины в правой части уравнения (2), как правило, можно определить тем или иным способом, либо задаться их значениями.

Расчет схемы (рис. 1, а) произведем при следующих допущениях: а) элемент, включенный на выходе частотного избирателя, является элементом релейного действия с порогом срабатывания $U_{ср}$ (если он не обладает релейным действием, то условным порогом срабатывания $U_{ср}$ можно считать то напряжение на входе элемента, при котором сработает выходной элемент релейного действия); б) элемент, включенный на выходе частотного избирателя, имеет высокое входное сопротивление. Эти допущения почти всегда имеют место на практике.

Для схемы (рис. 1) можно написать в режиме стабилизации напряжения на выходе:

$$U_1 = k_1 U_{вх}; \quad (3)$$

$$U_{\Phi} = k_2 U_{вх}; \quad (4)$$

где k_1 и k_2 — коэффициенты пропорциональности.

Тогда

$$U_{\text{см}} = k_3(U_1 - U_3) = k_3 k_1 U_{\text{вх}} - k_3 U_3; \quad k_3 = \frac{R_2}{R_1}. \quad (5)$$

Подставляя в (1) уравнения (4), (5), получим:

$$U_{\text{вы}} = (k_2 - k_1 k_3) U_{\text{вх}} + k_3 U_3. \quad (6)$$

Чтобы выходное напряжение не зависело от величины входного напряжения $U_{\text{вх}}$, достаточно, чтобы коэффициент при $U_{\text{вх}}$ был равен нулю, т. е.

$$k_2 = k_1 k_3 \quad (7)$$

или

$$k_1 = k_2 \frac{R_1}{R_3}. \quad (8)$$

Если взять $R_1 = R_2$, то $k_1 = k_2$.

С другой стороны, для нормальной работы элемента на выходе частотного избирателя необходимо обеспечить:

$$U_{\text{см}} = U_m - U_{\text{ср}} \cdot k_3, \quad (9)$$

или

$$U_{\text{вы}} = U_{\text{ср}} \cdot k_3, \quad (10)$$

или

$$U_{\text{ср}} \cdot k_3 = k_3 U_3, \quad (11)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{U_{\text{ср}} \cdot k_3}{U_3}. \quad (12)$$

В этом режиме ширина полосы пропускания сужается при возрастании сигнала на входе. Сужение полосы пропускания происходит по закону:

$$2\Delta f = f_p = \frac{d \sqrt{U_{\text{ср}}(k_3 - 1) [2U_m - U_{\text{ср}}] (k_3 - 1)}}{U_m - U_{\text{ср}}(k_3 - 1)}.$$

В режиме стабилизации ширины полосы пропускания можно написать

$$U_{\text{см}} = \frac{U_m}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{d/p}\right)^2}} - U_{\text{ср}} = k'_1 U_{\text{вх}} - U_{\text{ср}}, \quad (13)$$

где

$$k'_1 = \frac{k_1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{d/p}\right)^2}}.$$

Следовательно, определив предварительно $U_{\text{см}}$ из уравнения (2) или (13), всегда можно определить параметры схемы, обеспечивающие тот или иной режим.

Результаты экспериментальных исследований схемы приведены на рис. 2. На рис. 2, а представлен режим стабилизации напряжения на выходе, причем сплошными линиями изображены экспериментальные данные, а пунктирными — расчетные. Изменение ширины полосы пропускания

в том же режиме показано на рис. 2, б, штрихпунктирной линией изображено изменение ширины полосы пропускания без схемы смещения.

На рис. 2, в представлен режим стабилизации ширины полосы пропускания.

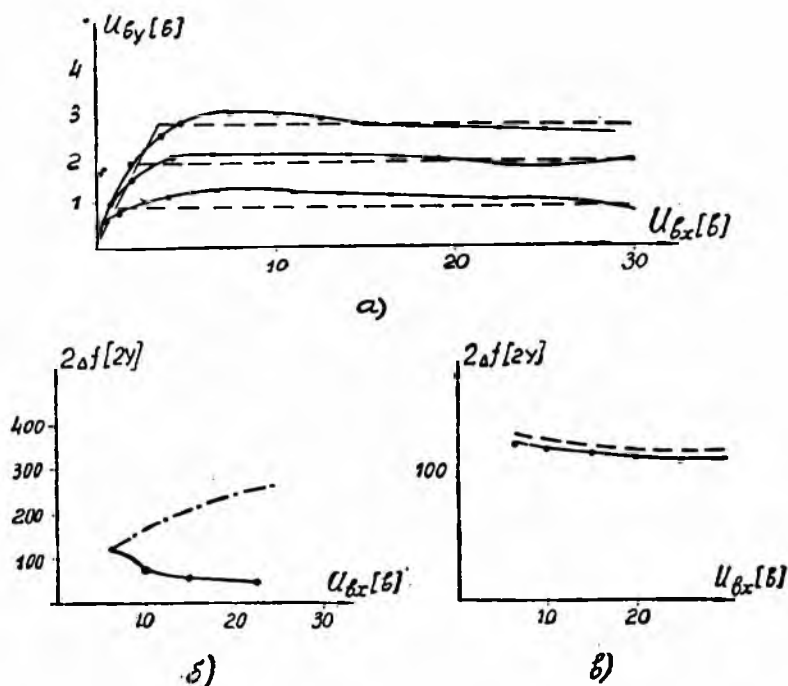


Рис. 2. Экспериментальные характеристики схемы смещения.

Схема смещения, использующая кремниевый стабилитрон, приведена на рис 3. Отличие этой схемы заключается в том, что в качестве порогового элемента здесь применяется не предварительно запертый диод, как в схеме рис. 1, а кремниевый стабилитрон. Напряжение $U_{см} = 0$ до тех пор пока обратное напряжение на стабилитроне не превысит напряжения пробоя, в дальнейшем $U_{см}$ будет возрастать по линейному закону.

$$U_{см} = \frac{R_2 (U_1 - E_0)}{R_d + R_1}, \quad (14)$$

где R_d — динамическое сопротивление стабилитрона.

Величина R_1 в данной схеме произвольно выбрана быть не может, чтобы не был превышен допустимый через стабилитрон ток:

$$R_1 > \frac{U_1 - E_0}{j_{0 \max}} - R_d, \quad (15)$$

где $j_{0 \max}$ — максимально допустимый обратный ток.

Однако чрезмерное увеличение сопротивления R_1 также нежелательно, ибо может привести к тому, что стабилитрон будет работать в области неста-

бильной части своей характеристики. Поэтому, если считать, что минимально допустимый ток стабилитрона равен $I_{\min}$, получим:

$$R_1 < \frac{U_1 - E_0}{I_{\min}} - R_d. \quad (16)$$

Учитывая (3),

$$U_{\text{см}} = \frac{R_2(k_1 U_{\text{вх}} - E_0)}{R_d + R_1} = k_1 \frac{R_2}{R_d + R_1} U_{\text{вх}} - \frac{R_2 E_0}{R_d + R_1}. \quad (17)$$

Если положить $k_3' = \frac{R_2}{R_d + R_1}$, то

$$U_{\text{см}} = k_3' k_1 U_{\text{вх}} - k_3' E_0. \quad (18)$$

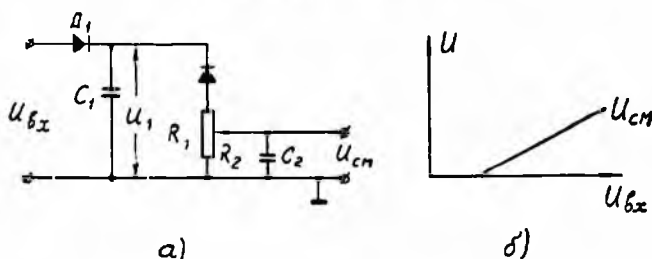


Рис. 3. Схема смещения с кремниевым стабилитроном.

Сравнивая (18) с (5) и (11), получим для режима стабилизации напряжения на выходе схемы

$$k_3 E_0 = U_{\text{ср}} \cdot k_3; \text{ или } \frac{R_2}{R_d + R_1} = \frac{U_{\text{ср}} \cdot k_3}{E_0}. \quad (19)$$

Из уравнения (6) очевидно

$$k_1 = k_2 \frac{R_1 + R_d}{R_2}. \quad (20)$$

В качестве стабилитрона можно использовать выпускаемые промышленностью кремниевые стабилитроны Д 808 — Д 813 с допустимой мощностью рассеяния 0,28 *вт* и $I_{\text{обр max}} = (0,033 - 0,02)$, причем повышенным качеством обладают стабилитроны с напряжением пробоя $U_{\text{обр}} = 7,8 - 8,2$ в.

Необходимо отметить, что поскольку напряжение смещения поступает на все частотные избиратели как работающие, так и неработающие, то на входах элементов, связанных с неработающими частотными избирателями, появляется запирающее напряжение

$$U_{\text{вз}} = U_{\text{см}} - U_{\text{фп}}; \quad U_{\text{см}} > U_{\text{фп}}, \quad (21)$$

где $U_{\text{фп}}$ — паразитное напряжение на выходе неработающего частотного избирателя.

Следовательно, небольшие паразитные сигналы не в состоянии воздействовать на выходы неработающих частотных избирателей и привести к ложному срабатыванию. То же наблюдается при наличии помех, если

$$k_4 U_{\text{п}} < U_{\text{см}}, \quad (22)$$

где $U_{\text{п}}$ — напряжение помех на входе неработающего фильтра;
 k_4 — коэффициент преобразования.

Недостаток описанных выше схем заключается в следующем: если усилители входят в режим ограничения, а напряжение $U_{вх}$ снимается с усилителя, то при дальнейшем росте сигнала на входе $U_{см}$ практически не возрастает.

Значительный интерес представляет поэтому использование в качестве схемы смещения усилителя, насыщающегося позже, чем основной (рис. 4, а). Характеристики схемы приведены на рис 4, б. Видно, что после того как основной усилитель входит в режим ограничения (точка I), напряжение смещения продолжает возрастать, что приводит к окончательному запира-нию всех фильтров (точка II). Возможно, что работающие фильтры запрутся раньше, чем в точке II, ввиду сужения полосы пропускания избирателя.

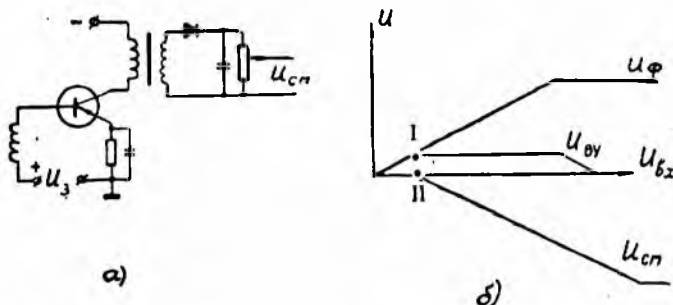


Рис. 4. Схема смещения с усилителем.

В этих схемах при наличии на входах неработающих фильтров напряжения помех (в том числе и комбинационных частот) не происходит ложного срабатывания ввиду запирающего действия напряжения смещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Х. Никольс, Л. Л. Раух. «Радиотелеметрия», Изд-во иностр. лит., М., 1958.
2. В. А. Ильин. Телеконтроль и телеуправление рассредоточенными объектами, Госэнергоиздат, М.-Л., 1963.
3. А. Б. Попов. Метод улучшения характеристик приемников частотных систем, Известия КПИ, Изд-во Киевского ун-та, 1964.