

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД ТЕРМОКОРРЕКЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК УНИПОЛЯРНЫХ СТРУКТУР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Зеленко М.А.

Свирид В.Л. – к.т.н., доцент

В работе рассматривается дифференциальный метод термокоррекции характеристик биполярных транзисторов.

Известны различные методы термостабилизации, которые позволяют эффективно термокомпенсировать параметры полевого транзистора лишь в одной (рабочей) точке характеристик. При использовании полевого транзистора, например, в качестве управляемых напряжением проводимостей подобные методы являются бесперспективными, так как полевой транзистор должен работать в широком интервале напряжений затвора и полная термокомпенсация проводимостей канала при одном значении напряжения управления приводит при её нарушении при другом. В результате характеристика управления проводимостью канала оказывается не термостабильной. Сложность стабилизации характеристик обусловлена свойствами полевого транзистора, проявляющимися в том, что при определённом напряжении на характеристиках управления имеется так называемая термостабильная точка, в которой параметры транзистора сохраняются постоянными.

Для получения характеристик управления, не зависящих от изменения температуры окружающей среды в широких пределах, с учетом отмеченных свойств полевых транзисторов был разработан метод, и на его основе создано устройство коррекции в виде масштабного усилителя с термозависимой обратной связью (рис. 1), сопряженного с координатами термостабилизации точки полевых транзисторов. Предлагаемый метод может быть описан системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} K_{ку} K_{кэ} &= K_{кэ}, \\ K'_{ку} K'_{кэ} &= K_{кэ}, \end{aligned} \right\}$$

Принимая во внимание, что напряжение затвор – исток транзистора, соответствующее термостабилизации точки, определяется соотношением

$$U_{зи.0} = U_{зи.отс} + \chi \frac{\beta}{\alpha}.$$

Как следует из сущности метода и его математического описания, для удовлетворения требованиям полной термокоррекции характеристик ПТ, при нормальной температуре должно выполняться условие

$$K_{ку} = 1,$$

а в диапазоне температур – условие

$$\frac{K_{ку}}{K'_{ку}} = \frac{K'_{кэ}}{K_{кэ}}.$$

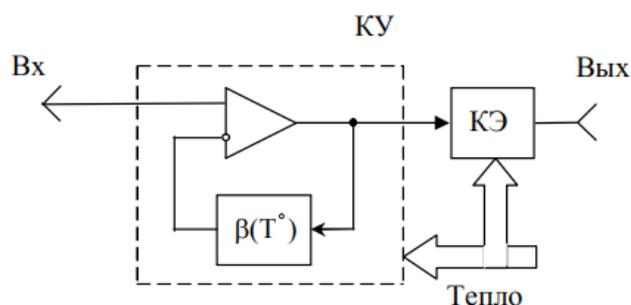


Рис. 1 Схема-модель термокоррекции характеристик ПТ

Пусть выполняется также условие

$$K_{ку} = K K_{оу},$$

где  $K$  – коэффициент передачи вспомогательных цепей, например, элементов связи на входе и выходе

корректирующего устройства;  
 $K_{Oy}$  – коэффициент передачи масштабного (операционного) усилителя.  
 Тогда с учетом условия получим

$$K_{Oy} = \frac{K_{Ky}}{K} = \frac{1}{K}.$$

Если проводимость термозависимого элемента, используемого в цепи ООС корректирующего устройства, аппроксимировать в диапазоне температур выражением

$$G(t^\circ) = G_{t^\circ}(1 - \theta \Delta t^\circ),$$

где  $G_{t^\circ}$  – проводимость термозависимого элемента при нормальных условиях;  
 $\theta$  – термокоррекция проводимости термозависимого элемента, и полагать, что коэффициент передачи ОУ по неинвертирующему входу определяется соотношением

$$K_{Oy} = 1 + \frac{G}{G_{t^\circ}},$$

где  $G_{t^\circ}$  – проводимость резистора в цепи инвертирующего входа ОУ,  
 то коэффициент передачи этого же усилителя в диапазоне температур составит

$$K'_{Oy} = 1 + \frac{K_{Oy} - 1}{1 - \theta \Delta t^\circ} = \frac{K_{Oy} - \theta \Delta t^\circ}{1 - \theta \Delta t^\circ}.$$

Подставляя выражения и полагая, что коэффициент передачи  $K$  вспомогательных цепей не зависит от температуры, получаем

$$\frac{1 - \theta \Delta t^\circ}{1 - \theta \Delta t^\circ K} = 1 - \frac{\alpha \Delta t^\circ}{\chi}.$$

Отсюда термокоррекция проводимости термозависимого элемента, удовлетворяющий полной термокоррекции характеристик определим как

$$\theta = \frac{\alpha}{\chi[1 - K(1 - \alpha \Delta t^\circ / \chi)]}.$$

Подобрать термозависимый элемент с подобным законом изменения термокоррекции в диапазоне температур практически невозможно. Однако при нормальных условиях, когда  $\Delta t^\circ = 0$ , выполнить равенство

$$\theta = \frac{\alpha}{\chi(1 - K)}$$

несложно, если использовать в качестве термозависимого элемента полевой транзистор, работающий в режиме управляемой проводимости, для которого термокоррекция, относительной проводимости канала определяется соотношением

$$\theta(\gamma) = \frac{\delta G_{t^\circ}(\gamma)}{\Delta t^\circ} = - \left[ \alpha + \frac{\beta}{(U_{зи.отс} + \frac{\beta}{\alpha})(1 - \gamma) - \frac{\beta}{\alpha}} \right], \quad [\%/^\circ\text{C}]$$

Список использованных источников:

1. В. Л. Свирид: Проектирование аналоговых микросхем – Минск: БГУИР, 2010. – 296 с.
2. Свирид, В. Л. Оценка температурной стабильности параметров полевых транзисторов / В. Л. Свирид // Радиотехника и электроника. – Минск : Выш. шк., 1976. – Вып. 6. – С. 63–68.