

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА для усилителя мощности, контролируемого напряжением

Сегодня по мере уменьшения габаритов и расширения функциональных возможностей при одновременном снижении цен и улучшении технических характеристик станций мобильных систем связи (МС) особенно остро стоят вопросы интеграции и повышения функциональной сложности их элементной базы. Один из ключевых элементов МС – усилитель мощности, контролируемый напряжением (УМКН). Для его стабилизации необходима дополнительная замкнутая петля обратной связи, состоящая из ответвителя, диодного детектора и схемы стабилизации. Ответвитель и детектор – дорогостоящие элементы, занимающие большую площадь, и поэтому их прямая интеграция на кристалле затруднена. Очевидно, проблемы проектирования интегрального детектора, обеспечивающего высокую функциональность УМКН и позволяющего вместе с тем снизить его стоимость и габариты, представляют большой интерес.

Концепция построения интегрального детектора дополнительной цепи обратной связи, предназначенной для стабилизации УМКН [1,2], состоит в том, что при работе усилителя в классе АВ постоянный ток коллектора ( $I_{C1}$ ) выходного транзистора ( $T1$ ) пропорционален выходной мощности (рис. 1а). Таким образом, величину постоянного тока можно использовать для контроля и коррекции выходной мощности усилителя [3]. При техническом воплощении этой идеи выходной транзистор ( $T1$ ) и зеркальный транзистор ( $T2$ ) представляют собой токовые зеркала (рис. 1б), так что

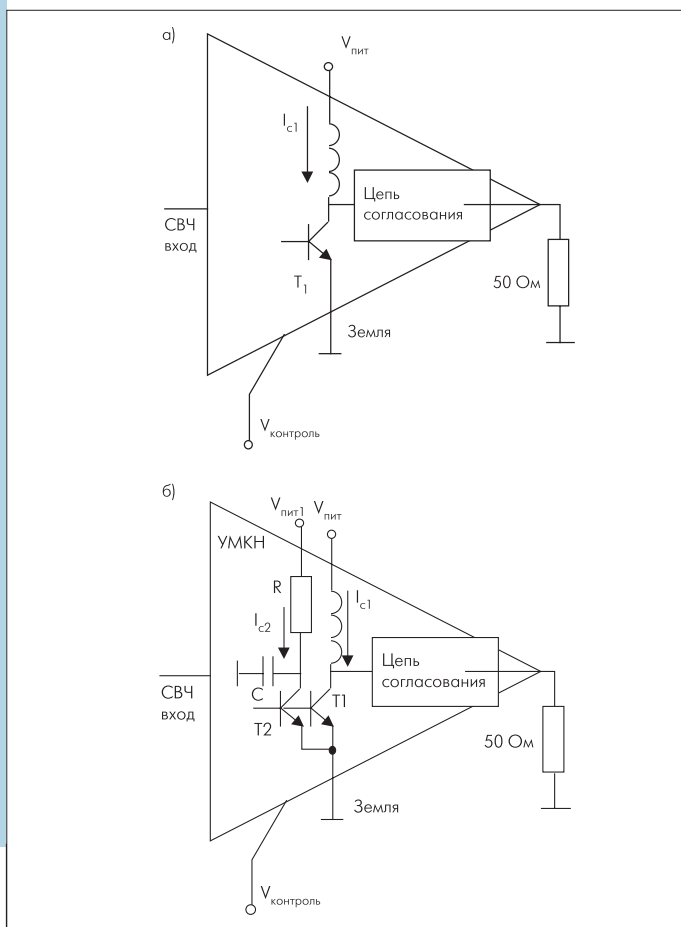
$$I_{C1} / I_{C2} = A_1 / A_2,$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – площади транзисторов  $T1$  и  $T2$ , соответственно.

Следовательно, для контроля и коррекции выходной мощности усилителя можно использовать как  $I_{C1}$ , так и  $I_{C2}$  (рис. 2а и б). Для этого ток  $I_{C2}$  с помощью резистора  $R$ , включенного между коллектором  $T2$  и источником питания  $V_{пит}$  или стабилизированным источником питания  $V_{пит1}$ , преобразуется в напряжение  $V_{det} = V_{пит1} - I_{C2}R$ .

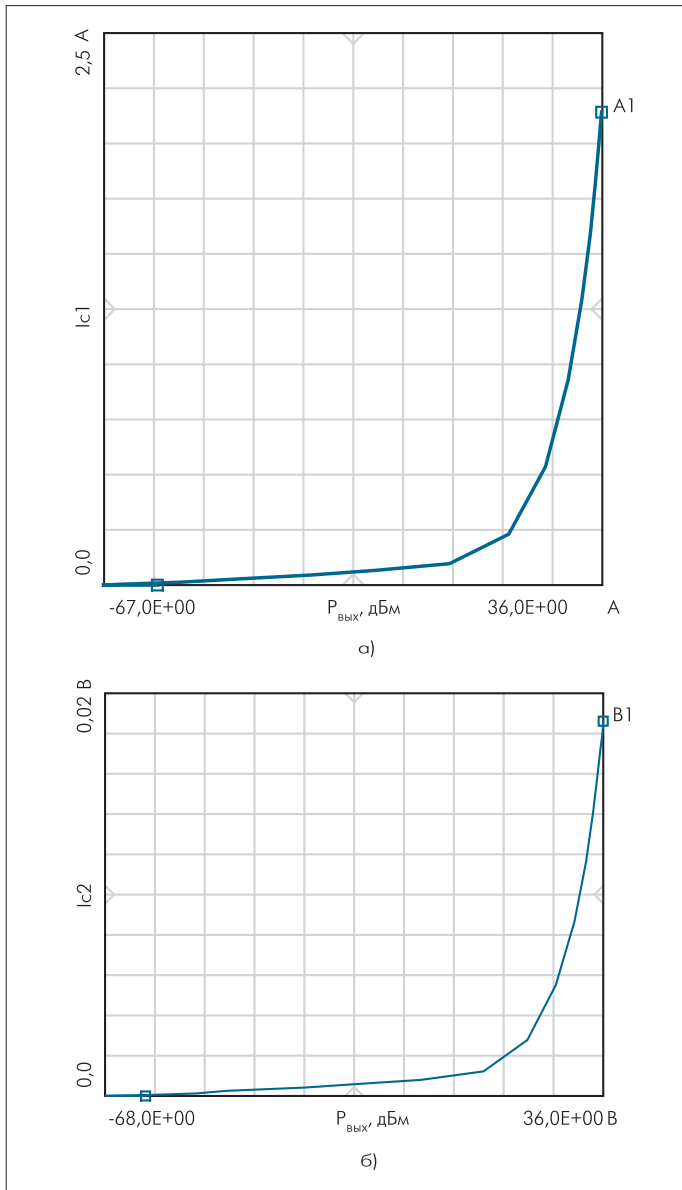
Д. Приходько

Для фильтрации СВЧ-составляющей сигнала в цепь коллектора  $T2$  должен быть включен конденсатор емкостью  $C$ . В этом случае обратная передаточная функция  $f$  отрицательна, что важно для правильного функционирования петли обратной связи с суммирующим узлом (рис. 3) [2].

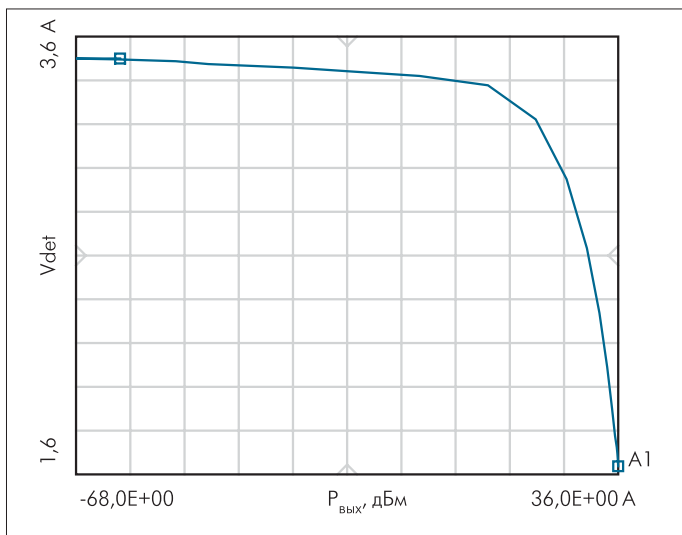


**Рис. 1. Схема выходного каскада с а) обычной конфигурацией и б) конфигурацией с токовым зеркалом**

Важный параметр детектора – динамический диапазон детектируемого напряжения  $\Delta V_{det} = I_{C2}R$  (рис. 4), который помимо сопротивления резистора  $R$  зависит и от отношения площадей транзисторов  $T1$  и  $T2$ . При малой выходной мощности усилителя  $\Delta V_{det}$  повторяет  $\Delta V_{det,dc}$  – динамический диапазон детектируемого напряжения в отсутствие выходной мощности. Значение же  $\Delta V_{det,dc}$  а следовательно, и чувствительность интегрального детектора, зависит от схемы смещения выходного транзистора  $T1$ . Таким образом, при низких уровнях мощности чувствительность детектирования можно достаточно точно контролировать схемой смещения  $T1$ . Правда, как было показано выше, при низких уровнях выходной мощности схема смещения  $T1$  определяет и величины токов  $I_{C1}$  и



**Рис.2. Зависимость  $I_{c1}$  от выходной мощности ( $P_{\text{вых}}$ ) выходного каскада с а) обычной конфигурацией и б) конфигурацией с токовым зеркалом**



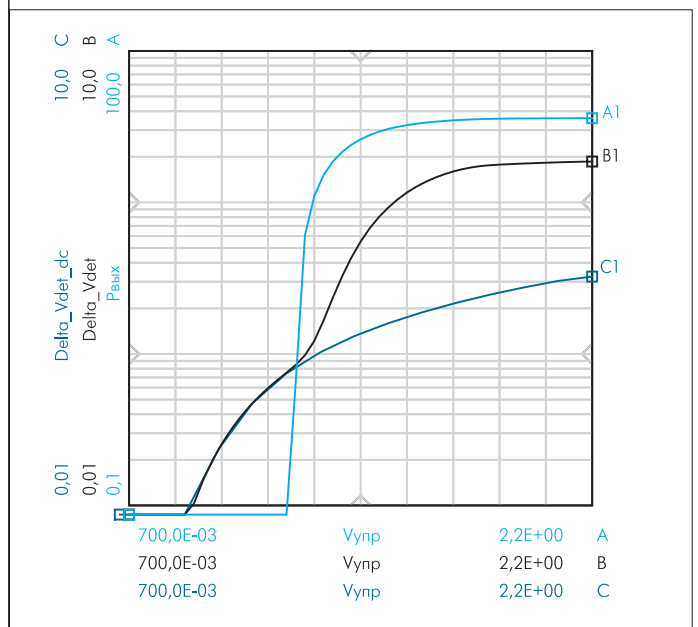
**Рис.3. Зависимость детектируемого напряжения от выходной мощности для конфигурации с токовым зеркалом**

$I_{c2}$  Это может вызвать определенный температурный разброс. С увеличением мощности передаточная функция  $I_{c2}$ , зависящая от выходной мощности ( $P_{\text{вых}}$ ), – стабильна.

Если для питания зеркального транзистора используется стабилизированный источник питания  $V_{\text{пит}1}$ , изменение напряжения питания УМКН  $V_{\text{пит}}$  не оказывает большого влияния на обратную передаточную функцию. Важное преимущество интегрального детектора на основе токового зеркала перед дискретным диодным устройством – незначительная деградация величины КПД усилителя мощности, которая для обычной цепи обратной связи с ответвителем и диодным детектором равна 5,5%. Для конфигурации с токовым зеркалом деградация КПД может быть оценена как

$$\Delta \text{КПД} = \text{КПД}_1 - \text{КПД}_2 = A_2/2 \cdot A_1,$$

где  $\text{КПД}_1$  и  $\text{КПД}_2$  – коэффициенты полезного действия усилителя мощности без токового зеркала и с токовым зеркалом, соответственно;  $A_1$  и  $A_2$  – площади транзисторов  $T1$  и  $T2$ , соответственно.



**Рис.4. Зависимость величины  $\Delta V_{\text{det\_dc}}$  при наличии СВЧ-сигнала  $\Delta(V_{\text{det}})$  и без него  $\Delta(V_{\text{det\_dc}})$**

Таким образом, предложен интегральный детектор для УМКН, чувствительность которого при низких уровнях выходной мощности задается схемой смещения мощного выходного транзистора, а динамический диапазон задается с помощью внешних компонентов (резистора). Поскольку УМКН работает в классе АВ, при низких уровнях мощности ток смещения практически отсутствует, что позволяет проектировать аналоговый контроллер мощности. И, наконец, предлагаемая схема УМКР дешевле обычного усилителя на основе ответвителя и диодного детектора и занимает меньшую площадь кристалла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приходько П.С, Приходько Д.П. Моделирование стабильности усилителя мощности, контролируемого напряжением. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №4, с.32.
2. Басюк М.Н., Приходько Д.П. Схема обратной связи усилителей мощности GSM-стандарта. Методика расчета и проектирования. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №2, с.29.
3. Pat. WO 01/18958A1, UK, Hol. Power Amplifier with Regulation Means/D.Prikhodko, J.Cairo, H.A. Visser.