

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 $V_{пит1}$ 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].

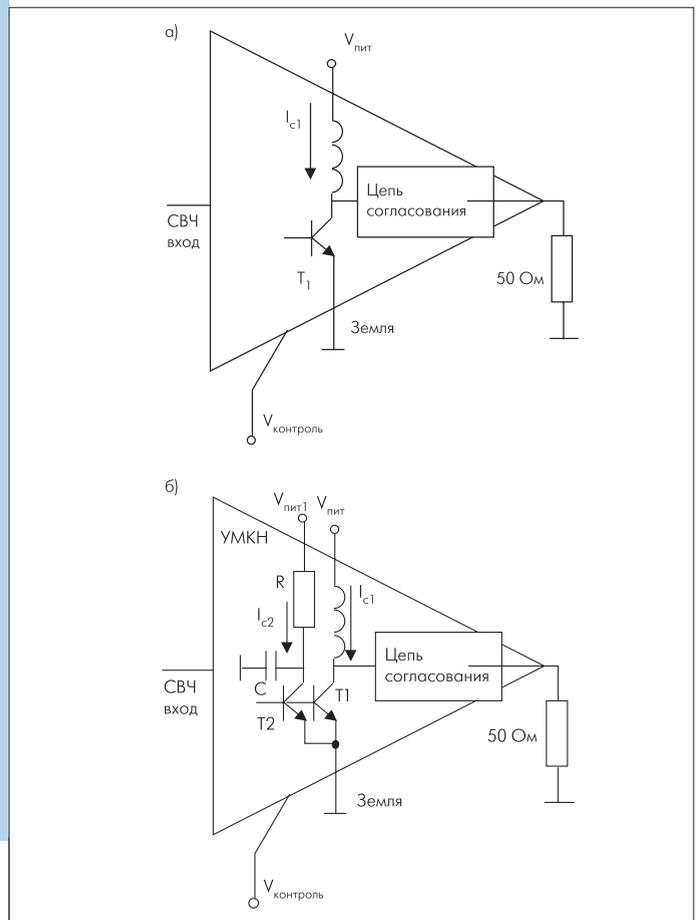


Рис. 1. Схема выходного каскада с а) обычной конфигурацией и б) конфигурацией с токовым зеркалом

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 ΔV_{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

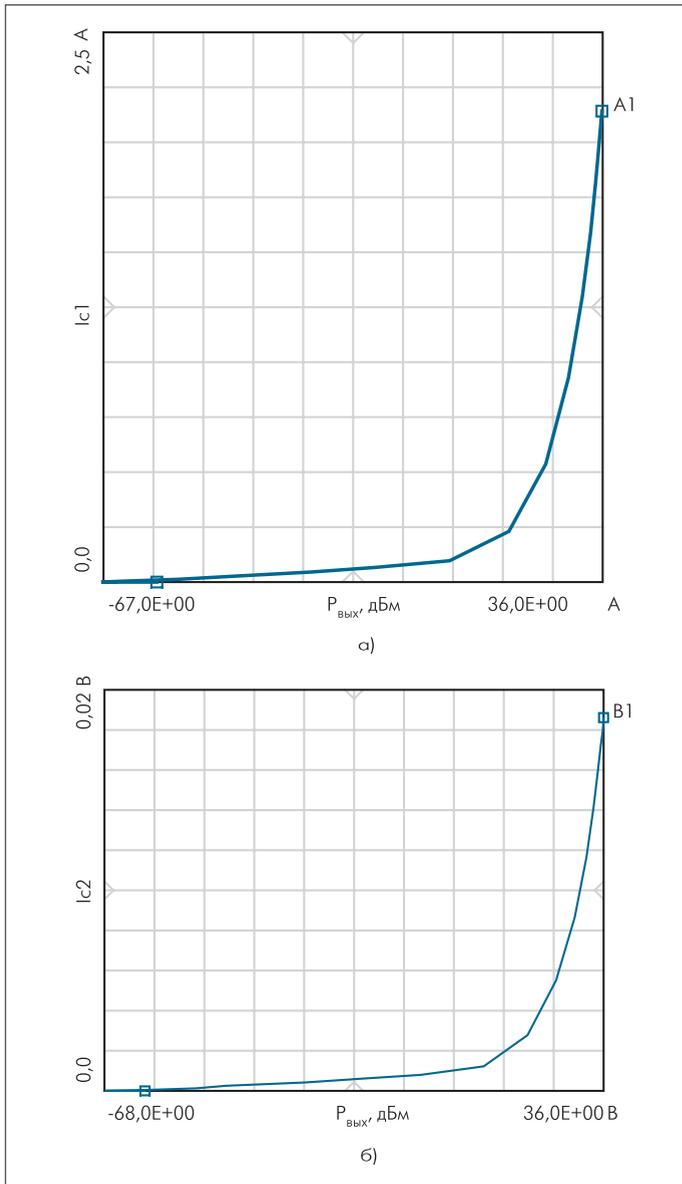


Рис.2. Зависимость I_{c1} от выходной мощности ($P_{\text{вых}}$) выходного каскада с а) обычной конфигурацией и б) конфигурацией с токовым зеркалом

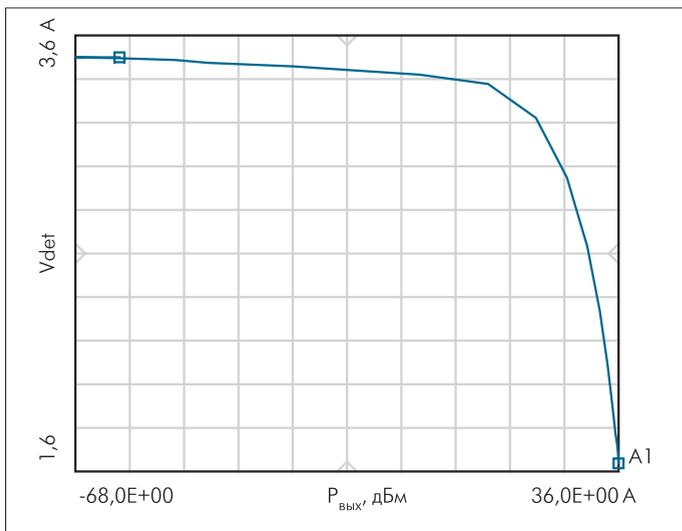


Рис.3. Зависимость детектируемого напряжения от выходной мощности для конфигурации с токовым зеркалом

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 КПД_1 и 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.

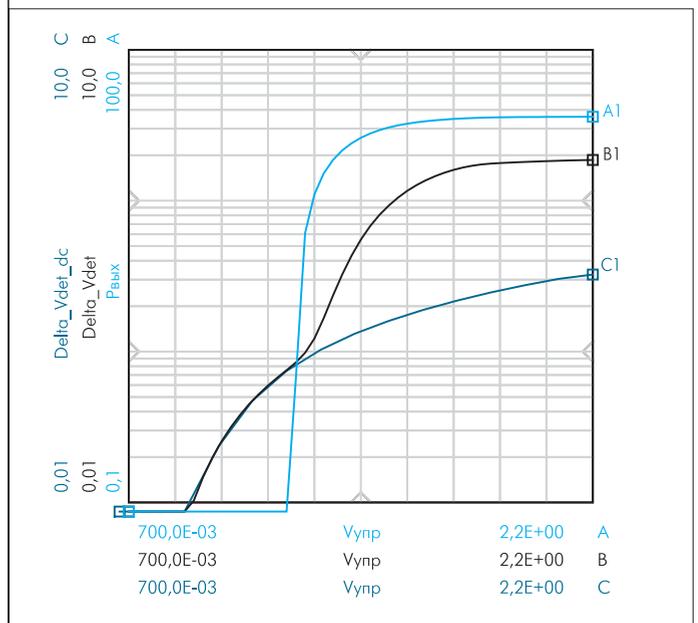


Рис.4. Зависимость величины $\Delta V_{\text{det_dc}}$ при наличии СВЧ-сигнала $\Delta(V_{\text{det}})$ и без него $\Delta(V_{\text{det_dc}})$

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.