

Ключевые генераторы с внешним возбуждением класса Е с ППГ-ферровариометром в формирующем П-контуре

Ключевые слова: ключевые генераторы, генераторный транзистор, ферровариометр.

Груздев В.В., МТУСИ

Ключевые режимы ГВВ класса Е к настоящему времени широко описаны как в отечественной, так и в зарубежной литературе [1÷6]. Они характеризуются повышенными значениями электронного КПД по сравнению с обычными режимами класса С, а значит пониженными значениями мощностей рассеиваемых в генераторном транзисторе. Появление в последние годы МДП-активных структур вертикального типа, обладающих хорошими ключевыми свойствами, резко расширило область применения ключевых режимов ГВВ класса Е. Известно, что использование ключевых режимов позволяет увеличить надежность работы генераторного транзистора, уменьшить объем и вес радиаторов в выходных каскадах передатчиков, а также весогабаритных параметров всего передатчика, вместе с увеличением коэффициента использования источника питания. В ряде применений (особенно разного рода автономных системах) последнее преимущество играет решающее значение. Поэтому вопросы повышения КПД и улучшения режимов ГВВ класса Е остаются в обозримом будущем актуальными.

На рис. 1 приведена схема ГВВ класса Е с LCR-контуром [2].

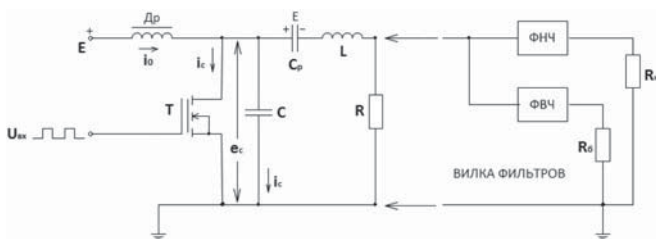


Рис. 1. Схема ГВВ класса Е с LCR-контуром или вилок фильтров

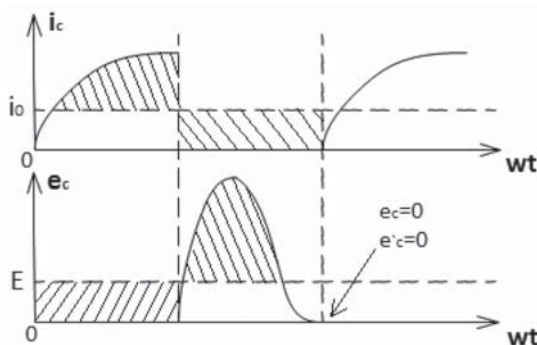


Рис. 2. Эпюры тока и напряжения

Для фильтрации паразитных гармоник выходного сигнала ГВВ прибегают к замене активной нагрузки R "вилкой фильтров", которая обеспечивает активное входное сопротивление на основной первой гармонике и высших паразитных гармониках. Первая гармоника через фильтр нижних частот (ФНЧ) проходит в нагрузочное сопротивление R_n , а паразитные высокие частоты уходят в фильтр высоких частот (ФВЧ) и гасятся в балластном сопротивлении R_b .

На рис. 2 приведены эпюры тока стока i_c и напряжения между стоком и истоком генераторного транзистора в схеме на рис. 1. На рис. 3 приведена динамическая характеристика (ДХ) ГВВ в режиме класса Е (гладкий режим). Из ДХ на рис. 3 видно, что потери мощности в транзисторе Т можно разделить на 2 части. Первая — характеризуется площадью фигуры 0,1,2.

Она отображает потери $P_{с.крит.}$ при прохождении рабочей точки по линии критического режима 0,2. Вторая часть характеризуется площадью фигуры 0,2,3. Она отображает потери в генераторном транзисторе в активном режиме на этапе выключения $P_{с.дсг}$.

Совершенно очевидно, что потери мощности, отображаемые площадью 0,1,2, снизить невозможно, так как она связана с крутизной линии критического режима генераторного транзистора Т и его параметрами. Но потери, характеризующиеся площадью 0,2,3 на рис. 3 можно существенно уменьшить схемотехническими способами передвинув линию спуска 2,3 левее так, чтобы рабочая точка как можно дольше в фазе спуска 2,3 проходила по линии граничного режима 2,0. Такой режим ГВВ можно осуществить заменив LCR-контур в схеме на рис. 1 на П-контур.

Схема ГВВ с П-контуром приведена на рис. 4. На рис. 5 приведены эпюры колебательных процессов в схеме ключевого ГВВ класса Е с П-контуром [2].



Рис. 3. ДХ ГВВ в режиме класса Е (гладкий режим)

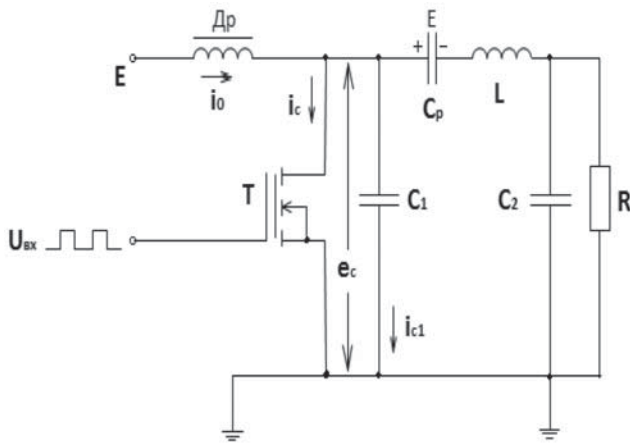


Рис. 4. Схема ГВВ класса Е с П-контуром

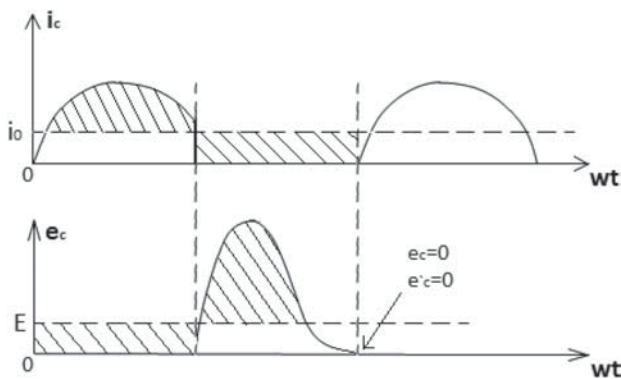


Рис. 5. Эпюры колебаний в схеме ГВВ с П-контуром

В схеме ГВВ класса Е с П-контуром форма тока истока i_c в режиме насыщения описывается дифференциальным уравнением 2-го порядка и имеет колебательный характер, если последовательный LC_2R — контур имеет достаточно высокую нагруженную добротность $Q_H > 1/2$. Из рис. 5 видно, что ток стока i_c достигнув максимума в фазе насыщения (точка 2 на рис. 3) уменьшается до момента выключения транзистора Т. ДХ ГВВ класса Е с П-контуром приведена на рис. 6. Дальнейший сдвиг линии спуска ДХ 2'3' влево при угле отсечки $\theta < \pi/2$ невозможен, так как перестают выполняться граничные условия $e_c = 0$, $de_c/dt = 0$ в момент включения транзистора Т.

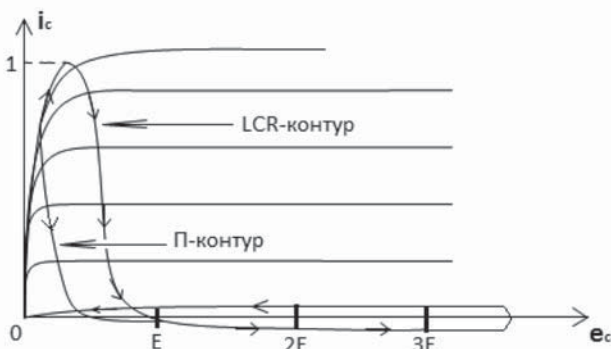


Рис. 6. ДХ в ключевом ГВВ класса Е с RCL и П-контуром

Для того, чтобы сдвинуть линию спуска 2'3' влево и, соответственно, снизить потери в генераторном транзисторе Т необходимо уменьшить в фазе насыщения (когда транзистор Т открыт) индуктивность L в формирующем П-контуре. Иначе говоря индуктивность L колебательного П-контюра должна быть в течение цикла колебаний

ГВВ переменной так, чтобы в фазе насыщения индуктивность L была малой и частота колебаний в последовательном контуре LC_2R была большей, а ток в начальный момент фазы выключения был меньше. Для реализации такого режима следует применить в качестве индуктивности ферровариометр с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ). Схема такого ГВВ приведена на рис. 7.

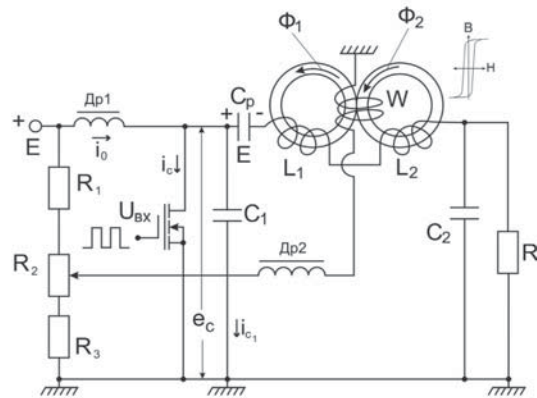


Рис. 7. Схема ключевого ГВВ класса Е с ППГ-ферровариометром в качестве индуктивности колебательного П-контюра

Ферровариометр построен на 2-х ферритовых кольцах с прямоугольной петлей гистерезиса. Такое включение ферритовых колец позволяет разделить цепь радиочастотного сигнала от цепи сигнала смещения. На рис. 8 приведены эпюры колебательных процессов в ГВВ класса Е с ферровариометром.

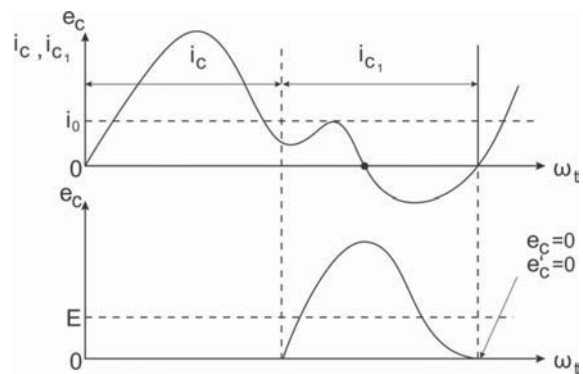


Рис. 8. Эпюры колебательных процессов в ключевом ГВВ класса Е с ферровариометром

На рис. 9 приведена кривая намагничивания ферритовых колец на рис. 7 (прямоугольная петля гистерезиса), определяющая зависимость магнитной индукции B от напряженности магнитного поля H . На рис. 9б приведена идеализированная кривая намагничивания (петля гистерезиса) ферритовых колец на рис. 7.

Из рис. 7 и рис. 9 можно сделать вывод, что обмотка управления ферровариометра W должна с помощью делителя R_1, R_2, R_3 и Др2 установить режим намагничивания ферритовых сердечников по постоянному току в опорную точку А. При этом точка А должна располагаться в начальной фазе режима насыщения ферритовых сердечников, где магнитная проницаемость μ только начинает снижаться. На рис. 10 показаны процесс изменения ДХ ключевого ГВВ класса Е при переходе колебательной нагрузки от П-контюра к П-контюру с ферровариометром. Линия спуска 2'3' на ДХ сдвигается влево и мощность рассеивается в фазе выключения генераторно-

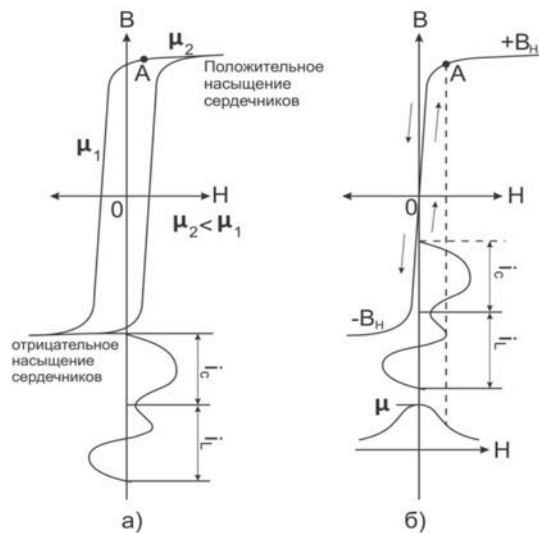


Рис. 9. Прямоугольная петля гистерезиса (кривая намагничивания) ферритовых колец (а); идеализированная кривая намагничивания (петля гистерезиса) ферритовых колец (б)

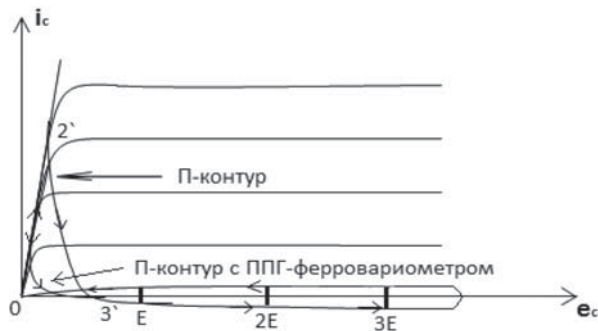


Рис. 10. ДХ ГВВ класса Е с П-контуром и П-контуром с ППГ-ферровариометром

го транзистора существенно снижается.

Заключение

Проведенный анализ ДХ показывает, что использование в ключевом ГВВ класса Е П-контура с ППГ ферровариометром позволяет снизить мощность рассеиваемую в генераторном транзисторе, улучшить коэффициент использования источника питания и повысить КПД ГВВ.

Литература

1. Радиопередающие устройства. Учебник для ВУЗОВ / Под ред. Шахгильдяна В.В. — М. Радио и Связь, 2003.
2. Груздев В.В. Исследование одноконтурного ключевого генератора на транзисторах в оптимальном режиме / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М.: МЭИС, 1970.
3. Нуянский В.П. Исследование вопросов осуществления и качественно-энергетических показателей АМ изменением связи между генератором и нагрузкой / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М. МЭИС, 1968.
4. Несвижский Ю.Б. Высокочастотные ферриты в радиопередающей технике. — М.: Связь, 1976.
5. Grebennicov A., Sokal N.O. Switch Mode RF Power Amplifiers. Oxford: Elsevier, 2007.
6. Attila Telegoly, Bela Molnar and Nathan O. Sokal. Class Em Switching — Mode Tuned Power Amplifier — High efficiency with SEOW — Switching Transistor. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. Vol 51, №06, June 2003.

Key generator expernal excitation class E with PPG-ferrovariometer in the emerging P-loop

Gruzdev Vladimir Vasil'evich, MTUCI, Russia

Abstract

Classic P-loop in HBV Class E with optimal (smooth) mode allows to reduce power, that dissipation in generative transistor, but it doesn't optimize the movement of the operating point along the line of the boundary regime CVC at the corners cut $\theta \leq \pi/2$. The article proposes to reduce the power dissipation in key HBV Class E generative transistor with P-loop by the use of PPG-ferrovariometer induction on ferrite rings. Obtaining the required power in the load is carried out by the choice of the core's necessary bulk and the generating transistor power.